



ROMÂNIA

MINISTERUL EDUCAȚIEI

UNIVERSITATEA „VASILE ALECSANDRI” DIN BACĂU

Calea Mărășești, Nr. 157, Bacău, 600115
Tel. +40-234-542411, fax +40-234-545753
www.ub.ro; e-mail:rector@ub.ro



TEZĂ DE DOCTORAT

STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA STAȚIILOR DE TRATARE A APEI ASUPRA MEDIULUI

COORDONATOR ȘTIINȚIFIC:

Prof. univ. dr. ing. dr. h. c. Valentin NEDEFF

**Membru corespondent în Academia de Științe Agricole și Silvice „Gheorghe Ionescu
Șișești” București, România**

DOCTORAND:

Ing. Florina FABIAN

2021

**STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA
STAȚIILOR DE TRATARE A APEI ASUPRA
MEDIULUI**

Cuprins

INTRODUCERE.....	6
CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL PRIVIND POSIBILITATEA DE EFICIENTIZARE A STAȚIILOR DE TRATARE A APEI PENTRU DIFERITE CERINȚE, ÎN VEDEREA REDUCERII IMPACTULUI NEGATIV ASUPRA MEDIULUI.	8
1.1. Condiții de calitate a apei pentru diferite cerințe.....	8
1.2. Varietatea stațiilor de tratare a apei în funcție de caracteristicile zonei în care se află și factorul de emisie a acestora.....	10
1.3. Abordări privind apa și procesul de tratare a apei în Bacău - România	13
1.4. Abordări privind apa și procesul de tratare a apei în Torino - Italia	18
1.5. Aspecte privind evaluarea eficientizării stațiilor de tratare a apei.....	20
1.5.1. Raportul dintre apă și energie în procesul de tratare a apei.....	25
1.5.2. Sectorul apei și rolul jucat de acesta în influența asupra mediului.....	27
1.6. Aspecte legislative referitoare la tratarea apei pentru diferite cerințe	29
1.6.1. Aspecte legislative internaționale cu privire la procesul de tratare a apei.....	29
1.6.2. Aspecte legislative europene cu privire la procesul de tratare a apei	30
1.6.3. Aspecte legislative cu privire la procesul de tratare a apei în Italia	32
1.6.4. Aspecte legislative cu privire la procesul de tratare a apei în România	34
1.7. Strategii și tendințe cu privire la procesul de tratare a apei.....	35
1.8. Concluzii referitoare la stadiul actual al cercetărilor privind posibilitatea de eficientizare a stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe.....	36
CAPITOLUL 2. ASPECTE TEORETICE CU PRIVIRE LA EVALUAREA DE MEDIU A PROCESULUI DE TRATARE A APEI.....	38
2.1. Metodologia Evaluării Externalităților	38
2.2. Metodologia Înfășurării Datelor (DEA - Data Envelopment Analysis)	40
2.3. Metodologia Ampreței de Carbon	42
2.4. Concluzii privind evaluarea metodologiilor de analiză a eficientizării procesului de tratare a apei	45
CAPITOLUL 3. ASPECTE CU PRIVIRE LA PROCESUL DE TRATARE A APEI DIN CADRUL STAȚIILOR DE TRATARE A APEI BACĂU, ROMÂNIA ȘI TORINO, ITALIA	48
3.1. Aspecte cu privire la procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău, România	50
3.1.1. Estimarea consumului de energie pentru echipamentele din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău	57
3.1.2. Estimarea consumului de substanțe chimice în stația de tratare a apei Barați, Bacău.....	60
3.1.3. Analiza apei brute la intrarea în stația de tratare a apei Barați	63
3.1.4. Analiza apei la ieșirea din rezervorul de clorinare în stația de tratare a apei Barați.....	69
3.1.5. Analiza apei la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a stației de tratare a apei Barați.....	74
3.2. Aspecte referitoare la procesul de tratarea a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT Torino, Italia.....	80

3.2.1. Estimarea consumului de energie pentru echipamentele din cadrul stației de tratare a apei SMAT	85
3.2.2. Estimarea consumului de substanțe chimice din cadrul stației de tratare a apei SMAT	86
3.3. Concluzii cu privire la aspectele analizate din cadrul stațiilor de tratare a apei din Bacău și Torino	87
CAPITOLUL 4. APLICAREA METODOLOGIEI AMPRENTEI DE CARBON ÎN CADRUL STAȚIILOR DE TRATARE A APEI BARAȚI ȘI SMAT PENTRU ANUL 2015	89
4.1. Aspecte generale cu privire la Amprenta de Carbon și emisiile de gaze cu efect de seră	89
4.2. Aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău, România	97
4.2.1. Calculul consumului energetic din cadrul stației de tratare a apei Barați	97
4.2.2. Calculul consumului de substanțe chimice în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați	107
4.2.3. Calculul Amprentei de Carbon pentru procesul de tratare a apei în stația de tratare a apei Barați	111
4.3. Aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT, Torino, Italia	114
4.3.1. Calculul consumul energetic din cadrul stației de tratare a apei SMAT	114
4.3.2. Calculul consumului de substanțe chimice în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT	116
4.3.3. Calculul Amprentei de Carbon pentru procesul de tratare a apei în stația de tratare a apei SMAT	120
4.4. Stabilirea unor corelații între cele două stații de tratare analizate în studiul de caz	121
4.4.1. Cantitatea de energie electrică consumată în procesul de tratare a apei. Analiză comparativă Barați și SMAT	121
4.4.2. Cantitatea de substanțe chimice utilizată în procesul de tratare a apei. Analiză comparativă Barați și SMAT	129
4.5. Concluzii cu privire la aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon și la stabilirea unor corelații între cele două stații de tratare a apei Barați și SMAT pentru anul 2015	132
CAPITOLUL 5. STAȚIILE DE TRATARE A APEI ȘI INFLUENȚA ACESTORA ASUPRA MEDIULUI	135
5.1. Procesul de tratare a apei și efectele acestuia asupra mediului	135
5.2. Efectul proceselor de tratare a apei din cadrul stațiilor Barați și SMAT asupra factorilor de mediu	137
5.3. Sistemul de evaluare a efectelor asupra mediului a stațiilor de tratare a apei Barați și SMAT	141
5.4. Concluzii și recomandări privind analiza efectelor asupra mediului a procesului de tratare a apei	143
CAPITOLUL 6. CONCLUZII GENERALE	146
CĂILE DE DEZVOLTARE ULTERIOARĂ A CERCETĂRII	154
VALORIFICAREA CERCETĂRILOR REALIZATE	155
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE	159

LISTA FIGURILOR	169
LISTA TABELELOR	171

MULȚUMIRI

Gratitudine tuturor celor care m-au ajutat, susținut și au făcut posibilă realizarea cercetărilor și elaborarea lucrării de doctorat.

Cu deosebită recunoștință și considerație, aduc mulțumiri conducătorului științific de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, Prof. univ. dr. ing. dr. h. c. **Valentin NEDEFF**, pentru îndrumarea fără cusur, pentru răbdare și nu în ultimul rând pentru suportul neconținut pe întreaga perioadă a studiilor mele de doctorat.

Pe parcursul pregătirii lucrării de doctorat am realizat un stagiu de cercetare de opt luni la o importantă universitate din Europa, respectiv Politecnico di Torino, Italia. Pe această cale vreau să îmi aduc recunoștința și mulțumirile pentru supervizarea și îndrumarea neprețuită pe perioada stagiului de cercetare doamnei Prof. univ. dr. chim. **Silvia Fiore** cât și regretatului Prof. univ. **Giuseppe Genon**. De asemenea vreau să mulțumesc **conducerii SMAT - Società Metropolitana Acque Torino S.p.A.** pentru colaborare și deschiderea de care au dat dovadă cât și **conducerii S.C. Compania Regională de Apă Bacău S.A.**, prin domnul șef de stație **Aldea Auraș** care a facilitat accesul în stația de tratare a apei Barați pentru colectarea datelor necesare realizării acestei teze de doctorat.

Totodată mulțumirile mele sunt adresate și membrilor comisiei de îndrumare, în special **S.I. dr. ing. Narcis Bârsan** și **Conf. dr. ing. Emilian Moșneguțu** pentru suportul științific necondiționat și pentru evaluarea tezei de doctorat cât și doamnei S.I. dr. ing. Oana IRIMIA pentru sprijinul acordat pe parcursul programului de doctorat. Mulțumiri întregului colectiv din cadrul Departamentului de Ingineria Mediului, de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău.

Nu în ultimul rând aș dori să mulțumesc colegilor din cadrul grupului de cercetare al domnului Prof. univ. dr. ing. dr. h. c. **Valentin NEDEFF**, pentru spiritul de echipă și pentru suportul reciproc acordat necondiționat, aici as dori să îl menționez pe **Vulpe Mihai** pentru toate orele interminabile petrecute în laborator.

Mulțumesc familiei mele în special **MAMEI** mele, surorilor mele **Ana** și **Maria** și fraților mei **Florin**, **Cătălin** și **Dorul DAR** mai presus de toate vreau să Îi mulțumesc **Lui DUMNEZEU** pentru toate oportunitățile oferite și pentru omul care sunt astăzi.

Știu sigur că de sus m-au vegheat și regretatul meu tată **Gheorghe** și regretatul meu frate pe numele lui tot **Gheorghe**.

Doresc să mulțumesc și unor persoane speciale din viața mea, logodnicului meu **Alin Caldare** pentru înțelegere și pentru sprijinul moral neprețuit, **Mihaelei Malai**, **Mihaelei Enea**, **Luanei Aconstantinensei**, **Claudiei Tomaș**, **Mihaelei Sofronea**, **lui Dragoș Cristian Fînar** și **lui Gabriel Carnariu**, pentru energia și susținerea specială în perioada elaborării dar mai ales a finalizării acestei teze de doctorat.

Dedic aceasta lucrare surorii mele, **Maria**, pentru cărămida de bază pusă în educația mea!
Autoarea.

INTRODUCERE

Conform Protocolului Comisiei Economice a Organizației Națiunilor Unite pentru Europa (UNECE) și Organizației Mondiale a Sănătății (OMS) atunci când vorbim de apă și sănătate ar trebui să ne referim la: *“apa potabilă prin care se înțelege apa care va fi folosită sau va fi destinată consumului uman pentru băut, gătit, prepararea hranei, igienă personală sau alte scopuri similare”* [131].

Potabilizarea apei înseamnă eliminarea majorității componentelor organice, anorganice și biologice prezente în apă, astfel încât apa obținută să corespundă normelor naționale și internaționale referitoare la apa potabilă. Procesele de potabilizare a apei țin cont de sursa de proveniență a apei. Aceasta poate fi: apă de râu, apă de lac, apă subterană. Aceste categorii de apă au o serie de indicatori de calitate. Principalii indicatori de calitate reglementați sunt [2]:

- Indicatori organoleptici și fizici;
- Indicatori chimici, generali și toxici;
- Indicatori bacterologici;
- Indicatori biologici;
- Indicatori de radioactivitate.

Acest studiu oferă informații pentru factorii de decizie din cadrul stațiilor de tratare a apei atunci când planifică și dezvoltă noi procese de tratare a apei și instalații, iar pe managerii stațiilor de tratare îi ajută să identifice oportunitățile de reducere a consumului de energie și substanțe chimice în stațiile de tratare.

Obiectivul acestei teze de doctorat este de a identifica cele mai eficiente metode și echipamente necesare pentru tratarea apei cu scopul de a reduce impactul asupra mediului prin diminuarea consumului de energie și substanțe chimice în procesul de tratare a apei cu ajutorul Metodologiei Amprentei de Carbon. În acest sens au fost propuse următoarele etape, care au vizat:

- Identificarea a două stații de tratare a apei din zone diferite, Torino în Italia și Bacău în România (specificând numărul de locuitori, sursa de apă, capacitatea stației de tratare a apei);
- Analiza consumului de energie și substanțe chimice din stațiile de tratare a apei, care contribuie la creșterea impactului asupra mediului;
- Calculul Amprentei de Carbon pentru fiecare stație de tratare a apei în parte;

- Realizarea unui studiu comparativ a stațiilor de tratare a apei luate în studiu cu ajutorul datelor obținute cu privire la consumul de energie și substanțe chimice;
- Elaborarea unor planuri pentru posibilitățile de optimizare și reducerea impactului asupra mediului generat de instalațiile de tratare a apei luate în studiu.

Este posibil să se obțină valori specifice pentru fiecare studiu de caz în parte, trebuie menționat că și condițiile locale au fost luate în considerare. De asemenea dimensiunile stațiilor de tratare sunt considerate un aspect interesant pentru o estimare cât mai exactă a impactului asupra mediului al procesului de tratare a apei.

Instrumentele tradiționale de evaluare a stațiilor de tratare a apei se referă la eficiența de îndepărtare a indicatorilor critici cât și la evaluarea costurilor pentru activitățile operative. Când vorbim despre indicatori critici, ne referim la acei indicatori (cantitate de energie și substanțe chimice consumate) din cadrul procesului de tratare a apei, a căror valoare este foarte ridicată și odată cu această valoare au impact semnificativ asupra mediului. Acestea trebuie să fie astăzi integrate cu o verificare a compatibilității totale cu procesul de tratare a apei. S-a luat în considerare efectul cel mai mare al acestor aspecte, în special capacitatea de a genera gaze cu efect de seră (GES), consumul de energie, utilizarea substanțelor chimice care trebuie să fie analizate conform Metodologiei Amprentei de Carbon.

În acest scop, definirea și consolidarea echilibrului energetic și a celui de materiale pentru o stație de tratare a apei trebuie să fie completate cu sarcina de mediu specifică, în termenii Metodologiei Amprentei de Carbon.

Impactul schimbărilor climatice și accentuarea poluării mediului în prezent, necesită un studiu aprofundat. Nu este suficient doar studiul eficientizării procesului de tratare a apei. Schemele instalațiilor de tratare se alcătuiesc în funcție de natura și de caracteristicile apei captate deoarece un rol important îl au condițiile de calitate cerute de legislație și nevoile consumatorilor, urmărind soluțiile cele mai economice și mai sigure în exploatare [134].

În prezent, în întreaga lume, peste un miliard de oameni nu au acces la apă potabilă. Chiar și în țările industrializate, apa ca bază a nutriției devine un element din ce în ce mai prețios. Această stare de fapt nu se întâmplă doar din cauza schimbărilor climatice, ci are de asemenea de-a face cu problemele de mediu, cu diminuarea pânzei freatice și nu în ultimul rând cu creșterea cerințelor de apă odată cu creșterea populației. Prin urmare, tratarea apei și purificarea apelor uzate, precum și noile tehnologii în tratarea apei și refolosirea apelor uzate sunt de o importanță tot mai mare la nivel global [42, 48, 133, 140].

CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL PRIVIND POSIBILITATEA DE EFICIENTIZARE A STAȚIILOR DE TRATARE A APEI PENTRU DIFERITE CERINȚE, ÎN VEDEREA REDUCERII IMPACTULUI NEGATIV ASUPRA MEDIULUI.

Conform prevederilor Consiliului Social și Economic al Națiunilor Unite milioane de oameni încă nu au facilități de apă potabilă și canalizare. Datele sugerează că obținerea accesului universal la un serviciu de salubritate de bază chiar până în anul 2030 ar necesita dublarea ritmului anual actual de progres [37]. Același raport ne spune că din 172 de țări, 80% au o implementare medie-mică sau mai bună a gestionării integrate a resurselor de apă. Cu toate acestea, este puțin probabil ca 60% din țări să ajungă la ținta implementării complete până în anul 2030.

Extinderea tratării apei la nivel global nu este doar un element cheie pentru crearea unei lumi mai bune, de asemenea contribuie și la schimbările climatice, la creșterea cantității de emisii de gaze cu efect de seră (GES). În această lucrare, termenul, „gaze cu efect de seră” se referă la toate cele 3 componente cheie ale emisiilor în procesul de tratare a apei, acestea sunt: metan (CH_4), protoxid de azot (N_2O) și dioxidul de carbon (CO_2) care rezultă din energia consumată în procesul de tratare a apei.

Obiectivul primar al eficientizării stațiilor de tratare constă în reducerea consumului de energie și substanțe chimice folosite în procesul de tratare a apei. Acest lucru s-ar putea realiza prin elaborarea unei scheme de tratare a apei integrale din punct de vedere al impactului asupra mediului.

Pentru o caracterizare a managementului stațiilor de tratare, este necesară stabilirea unor metode de analiză. Aceste metode sunt folosite pentru obținerea unui scenariu optim din punct de vedere al consumului de energie și substanțe chimice din cadrul stațiilor de tratare a apei.

1.1. Condiții de calitate a apei pentru diferite cerințe

Pentru a elabora un stadiu al cunoașterii cât mai riguros și pentru a stabili perspectivele referitoare la eficientizarea stațiilor de tratare a apei, se poate realiza o prezentare a celor mai importante metode care evaluează eficientizarea stațiilor de tratare a apei.

Toate aceste metode au în comun același obiectiv, acela de a evalua cele mai eficiente etape din procesul de tratare a apei din punct de vedere al impactului asupra mediului cu accentul pus pe consumul de energie și substanțe chimice deoarece există puține lucrări științifice, care

tratează acest subiect. Acest subiect este un subiect nou și crucial pentru comunitatea științifică, pentru managerii stațiilor de tratare a apei cât și pentru autoritățile publice. Impactul asupra mediului cel mai relevant în procesul de tratare a apei este legat de utilizarea substanțelor chimice și a utilizării energiei. În prezent, este obligatoriu de a îndrepta atenția părților interesate, private și publice la nivel mondial, pentru a sprijini sustenabilitatea ecologică a sistemelor de apă urbane [13, 14, 21, 23, 31, 67, 82, 87, 95, 118, 136].

Apa provenită din mediul natural suportă o serie de tratamente astfel încât să devină potabilă, acestea se referă la [48, 135]:

1. Decantare: coagulantul și flocculantul accelerează sedimentarea particulelor în suspensie;
2. Filtrare pe nisip: sunt filtrate toate particulele în suspensie remanente în apă;
3. Ozonizare: proprietățile de oxidare ale ozonului produc dezinfecția totală a apei, prin distrugerea microorganismelor. Simultan sunt degradate moleculele cu dimensiuni mari;
4. Filtrare pe carbune activ: în etapa de filtrare secundară sunt îndepărtate orice urmă de produși organici remanenți în apă;
5. Clorinare: această etapă previne formarea germenilor în timpul livrării. Este necesar să se garanteze o apă potabilă pe întreg traseul rețelei de distribuție.

Utilizarea diferitelor procese de tratare a apei este dependentă de diferiți parametri (pH, turbiditate, alcalinitate, duritate și compuși organici din apa brută). Principalele procese folosite pentru tratarea apei potabile sunt [48, 59, 135]:

1. Tratamentul primar (treapta de grătare, treapta de site, separator de ulei de suprafață) pentru îndepărtarea produselor groșiere care pot să interfereze în etapele ulterioare de tratare;
2. Preoxidarea fizică (aerare) sau chimică (O_3 , Cl_2 , Cl_2O_2):
 - a) pentru eliminarea gazelor în exces (CO_2 , H_2S);
 - b) pentru oxidarea materiilor organice (cu Fe^{2+} sau Mn^{2+}).
3. Coagularea, floccularea este etapa primară de asigurare a succesului fazelor de separare lichid - solid;
4. Flotația, separare lichid - solid cu bule de aer și injecție de reactivi;
5. Decantarea, separare lichid - solid prin sedimentare;

6. Filtrarea, separare lichid - solid prin filtrare și constă în trecerea unui amestec lichid - solid printr-un material poros care reține solidele și permite trecerea prin el a lichidului;
7. Tratamentele suplimentare (O_3 , absorbție pe carbune activ) îndepartează excesul de materii organice;
8. Dezinfecția (O_3 , UV, Cl , Cl_2O_2) înlătură toate micro-organismele patogene din apă;
9. Tratamentele speciale:
 - a) îndepartarea fierului – oxidarea Fe^{2+} prin aerare (scăderea CO_2);
 - b) îndepartarea manganului – oxidarea Mn^{2+} prin aerare;
 - c) decarbonatarea – scade duritatea apei (exces de calciu);
 - d) neutralizarea apelor agresive (bogate în CO_2 , sarace în carbonați);
 - e) filtrarea prin membrane (micro-filtrare, ultra-filtrare, osmoza inversă).

Aplicarea tehnologiilor de tratare a apei depinde de calitatea apei brute și poate varia de la procese de tratare primare, individuale până la unități de tratare complexe constând în trepte consecutive de tratare [48, 135].

Potabilizarea și tratarea apei în scopul utilizării în procese industriale nu sunt posibile fără utilizarea de echipamente moderne, fiabile și nu în ultimul rând, corect alese și dimensionate în funcție de apa ce trebuie tratată [135].

1.2. Varietatea stațiilor de tratare a apei în funcție de caracteristicile zonei în care se află și factorul de emisie a acestora

Producția de apă potabilă necesită energie și substanțe chimice iar producerea acestora contribuie la Amprenta de Carbon asupra mediului. Schimbările climatice, la rândul lor, au un potențial mare de a afecta procesul de aprovizionare cu apă. Situația tratării apei în diferite zone ale lumii (tab. 1) este destul de eterogenă din punct de vedere a tipului de apă brută, a cererii de apă, a consumului de energie și a schemei procesului de tratare a apei. Mai mult decât atât, energia consumată în procesul de tratare a apei în diferite țări provine din energie hidro-electrică, energie electrică produsă din combustibili fosili și energie electrică produsă din gaz natural, din aceasta cauză apa are un preț diferit în funcție de locația stației de tratare a apei [48].

Tabelul 1. Exemple de stații de tratare a apei din diferite zone ale lumii [21, 67, 82, 87, 136].

Numele stației de tratare a apei	Locație	Capacitatea producție apă potabilă (m ³ /an)	Energia consumată (kWh/an)
Weesperkarspel	Amsterdam, Olanda	2.787.300	77.989.490,19
NF plant of Lebel-sur-Quévillon	Abitibi-Témiscamingue district în provincia Quebec, Canada	730.000	404.712
Sydney Water	Australia	2.468.089	22.527,777
Oset WTP	Oslo, Norvegia	912.500,00	40.150,000
SMAT	Torino, Italia	477.066,01	21. 680.041,93
Barați	Bacău, România	367.920,000	411.017,000

Substanțele chimice folosite în tratarea apei arată diferențele dintre tipul de apă și cantitatea de apă produsă (tab. 2): sursa (apă freatică, apă de suprafață), tip (râu, lac), caracteristicile fizico-chimice, eventuale date despre gradul de poluare și cerințele cu privire la apa tratată etc. [21, 67, 82, 87, 136].

Tabelul 2. Diversitatea tipurilor de tratament și a substanțe chimice folosite în procesul de tratare a apei [21, 67, 82, 87, 136].

Numele stației de tratare a apei	Locație	Substanțe chimice folosite	Tipul tratament	Sursa de apă
Weesperkarspel	Amsterdam, Olanda	FeCl ₃ , HCl, NaOH, GAC (carbon activ granular)	Coagulare, BACF (filtrae cu carbon activ biologic), SSF (filtrare lentă pe nisip)	Lac de acumulare (suprafață)
NF plant of Lebel-sur-Quévillon	Abitibi-Témiscamingue district în provincia Quebec, Canada	Agenti activi pe bază de masă: 4% NaOH; 8% acid etilendiaminotetraacetic, EDTA; 0.0041 m ³ din soluția de curățare /m ³ a apei de băut)	Module de nano-filtrare	Lac cu un conținut ridicat de humus organic natural (suprafață)
Sydney Water	Sydney, Australia	Clorură ferică (FeCl ₃), Clorură feroasă (FeCl ₂)	Filtrare	Lacul Warragamba, (suprafață)
Oset WTP	Oslo, Norvegia	Cl ₂	Clorinare	Lacul Maridalsvannet (suprafață)
SMAT	Torino, Italia	FeCl ₃ , NaClO, HCl, NaClO ₂ , AlCl ₃ , NaOH	Carbon activ granular	Râul Po (suprafață)
Barați	Bacău, România	Cl, Al ₂ (SO ₄) ₃ , polimer anionic	Clorinare	Lacul Valea Uzului (suprafață)

De asemenea, trebuie remarcat faptul că etapele din procesele de tratare a apei (tab. 3) nu sunt identice în fiecare stație de tratare, atât din cauza caracteristicilor apei brute (proprietățile fizico-chimice ale apei), capacitatea stației de tratare cât și din alte cauze non-tehnice [80].

Tabelul 3. Diferite trepte de tratare utilizate în stațiile de tratare a apei în funcție de zona în care se află [21, 67, 82, 87, 136].

Stația de tratare a apei	Etape					
	Pre-decantare	Coagulare Flocolare	Decantare	Filtrare cu nisip	Ozonizare	Dezinfecție
Torino, Italia	x	x	x	x	x	x
Bacău, România		x	x	x		x
Stația de tratare a apei Weesperkarspel, Amsterdam, Olanda	x	x	x			x
Stația de tratare a apei cu sisteme de nano-filtrare Lebel-sur-Quévillon, Quebec, Canada	x	x	x	x	x	x
Ape Sydney, Australia		x	x	x	x	x
Stația de tratare a apei Oset, Norvegia	x	x	x	x	x	x

Unele date despre emisiile directe și indirecte (generate de consumul de energie electrică și utilizarea de produse chimice) sunt schematizate în tabelul 4.

Tabelul 4. Cantitatea de energie și substanțe chimice consumate în diferite stații de tratare a apei [21, 67, 82, 87, 136].

Numele stației de tratare a apei	Energia electrică (kWh/an)	Substanțe chimice (kg/an)	Emisii (CO ₂ eq)	Tipul de apă
Stația de tratare a apei Weesperkarspel, Olanda	77.989.490,19	54.274,30	780.137.644,9	Apă de suprafață
Stația de tratare a apei cu sisteme de nano-filtrare Lebel-sur-Quévillon, Qubec, Canada	404.712	234,111	11.388,23	Apă de suprafață
Ape Sydney, Australia	22.527,777	36,830,00	26.210,777	Apă de suprafață
Stația de tratare a apei Oset, Norvegia	40.150,000	-	-	Apă de suprafață
Stațiile de tratare a apei Torino, Italia	13.885.663,80	580,000	138.914.638,00	Apă de suprafață
Stația de tratare a apei Bacău, România	411.017,000 kWh/y	377.600	405.762,600	Apă de suprafață

Datele obținute cu privire la consumul de substanțe chimice, cantitatea de apă produsă și energia electrică consumată, ajută la calculul amprentei de carbon, care ar trebui să raporteze cantitatea de CO₂eq emisă dintr-o stație de tratare a apei într-un an de zile (tab. 4) [106].

1.3. Abordări privind apa și procesul de tratare a apei în Bacău - România

Teritoriul României dispune de toate tipurile de resurse de apă dulce (râuri, lacuri și din straturile subterane). Cea mai mare resursă de apă dulce provine din Dunăre și din râurile interioare. Apele interioare sunt cele mai accesibile, mai bine repartizate pe teritoriu și cu o pondere mare în privința valorificării economice. Cel mai important factor ce caracterizează resursele de apă din râuri, îl constituie stocul mediu multianual, exprimat fie sub formă de volum scurs, fie sub formă de debit. România este împărțită în 11 bazine hidrografice, conform figurii 1 [3, 10].

Cel mai mare aport de apă îl are bazinul Siret ($224 \text{ m}^3/\text{s}$, 7.083 mil.m^3) reprezentând 17% din volumul total al resurselor de apă ale țării. Urmează Mureșul ($186 \text{ m}^3/\text{s}$, 5.870 mil.m^3) cu 14% și Oltul ($174 \text{ m}^3/\text{s}$, 5.490 mil.m^3) cu 13%. Cele trei bazine furnizează împreună, aproape jumătate din volumul resurselor de apă ale țării [3, 10].



Fig. 1. Bazinele hidrografice din România [2].

Există însă și bazine care deși au suprafețe aproape identice, din cauza condițiilor diferite de altitudine, relief și climă prezintă resurse total diferite. Se poate deci remarca faptul că trei sferturi din resursele de apă ale României sunt neuniform distribuite în spațiu. Cele mai bogate în resurse de apă sunt bazinele cu suprafețe relativ mici dar cu altitudini mari: Nera – Cerna și Tisa superioară, urmate de Jiu, Someș și Olt. Cele mai sărace în resurse de apă sunt

bazinele Dunării și litoralului, în timp ce tot trei sferturi din resursele de apă ale râurilor României sunt neuniform distribuite în timp, având mari variații sezoniere [3, 10].

La nivel de țară, în sezonul de primăvară se produce 39,7% din totalul scurgerii anuale, în timp ce în sezonul de toamnă, cel mai secetos sezon din România, scurgerea nu reprezintă decât 14,2% din cea anuală, comparativ cu sezonul de vară când scurgerea atinge 26,7% din cea anuală și chiar cu cel de iarnă când se scurge 19,4% din stocul mediu multianual. Totalul resurselor hidrologice de apă al apelor de suprafață interioare în condiții climatice normale însumează 42.089 km³/an iar cele provenite din Dunăre 170 km³/an (la intrarea în țară) [3, 10].

Asupra potențialului resurselor de apă ale României trebuie făcute o serie de considerații care rezultă din specificul poziției geografice, reliefului, geologiei, climei, solului și vegetației. Prin urmare [3, 10]:

- fluviul Dunărea care constituie peste 62 % din potențialul resurselor de apă este situat pe cea mai mare parte a cursului său la periferia teritoriului României, motiv pentru care s-ar putea utiliza economic numai cca. 20 - 30 km³/an;
- rețeaua hidrografică interioară (cea mai accesibilă folosințelor) este neuniform distribuită pe teritoriul țării;
- debitele râurilor interioare sunt variabile nu numai de la o zonă la alta, de la un anotimp la altul, ci și de la un an la altul, motiv pentru care în regim natural potențialul utilizabil se cifrează la doar 5 km³/an, sporit însă cu 8,01 km³/an (volum util) prin cele 1.232 lacuri de acumulare realizate;
- potențialul apelor subterane utilizabile din punct de vedere tehnico-economic, este de 5,5 km³/an;
- în România se întâlnesc și ani deosebit de ploioși, când debitele râurilor cresc foarte mult, producând inundații, adeseori catastrofale, cu pierderi de vieți omenești și mari pagube materiale;
- periodic, pe o bună parte a teritoriului României, se manifestă fenomenul de secetă care conduce la scăderea dramatică a resurselor de apă, uneori până la circa 30% din cele ale unui an normal.

Ținând cont de aceste considerații, rezultă că potențialul resurselor de apă utilizabile este evaluat la 41-51 km³/an, ceea ce înseamnă 1.800÷2.250 m³/an/loc. În aceste condiții unii specialiști consideră că România este o țară săracă în resurse de apă [10, 57].

Deși apa este o resursă naturală regenerabilă, este totuși limitată în ceea ce privește volumul anual disponibil, manifestând chiar tendințe de scădere în unele bazine hidrografice

sau imposibilitatea utilizării în caz de poluare accentuată. Limitări ale utilizării resurselor noastre de apă apar și din alte cauze, printre care amintim [10, 57]:

- transportul resurselor de apă la distanță prezintă multe dificultăți sub aspect tehnico - economic, fapt ce face ca ele să fie privite ca o resursă regională, neputându-se realiza un sistem național interconectat al acestora;
- resursele de apă disponibile pe teritoriul României sunt puternic influențate, atât cantitativ cât și calitativ, de activitățile umane: pe de o parte prin prelevări apropiate de limita resurselor socio – economice, iar pe de altă parte, printr-o poluare pronunțată.

Calitatea apelor din România este urmărită conform structurii și principiilor metodologice ale Sistemului Național de Supraveghere a Calității Apelor, care cuprinde cinci subsisteme, dintre care primele patru se referă la sursele naturale de apă (apele curgătoare de suprafață, lacurile naturale și de acumulare, apele subterane și apele marine litorale), iar ultimul, la sursele de poluare a apelor și la apele uzate [37, 42, 57].

Din lungimea totală a râurilor investigate în ultimii ani, 12.862 km (circa 57,5%) s-au încadrat în categoria I de calitate; 6.104 km (circa 30%) în categoria a II-a; 1.252 km (circa 6%) în categoria a III-a și 1.879 km (circa 8,6%) în categoria apelor degradate. Situațiile cele mai defavorabile s-au înregistrat în bazinele hidrografice: Ialomița – cu circa 45% ape degradate, Prut – cu circa 21% ape degradate. Starea calității apelor fluviului Dunărea a evidențiat că, din cei 1.371 kilometri investigați, 830 km (circa 60,5%) s-au încadrat în categoria I de calitate și 541 km (circa 39,5%) în categoria II. În ceea ce privește calitatea apei de pe litoral, din lungimea investigată de circa 245 km litoral, 86 km (circa 35%) s-au încadrat în categoria I de calitate și 159 km (circa 65%) în categoria a II-a de calitate [57, 68].

Studiul calității apei principalelor lacuri din România, cuprinde 98 lacuri de acumulare și naturale, și evidențiază faptul că, în cea mai mare parte, calitatea apei acestor lacuri se încadrează în categoriile I și II (circa 84%). Situații critice privind calitatea apei au fost înregistrate în lacurile Căldărușani, Amara, Jirlău și o serie de lacuri din bazinul hidrografic litoral. O situație a sistemului de distribuție a apei în România poate fi observată după cum urmează în tabelul 5 [10, 57].

Tabelul 5. Situația sistemului de distribuție a apei în România 2017 [10, 57].

Județ	Nr. populație	Nr. orașe cu sisteme de alimentare cu apă	Nr. comune cu sisteme de alimentare cu apă	Lucrări de extindere și reabilitare	
				Stații de tratare (L/s)	Rețele/ km
Arad	461.730	8	67	320	2486
Argeș	653.903	6	57	3732	1928
Bacău	708.751	8	20	531	231
Bihor	600.223	9	51	627	2352
Bistrița-Năsăud	312.325	4	17	603	932
Botoșani	454.023	4	39	1520	268
Brăila	373.897	4	27	146	455
Brașov	588.366	9	16	500	94
București	1.921.751	1		18820	800
Buzău	494.982	4	53	183	658
Călărași	324.629	5	25	1143	198
Caraș-Severin	333.396	8	18	1509	759
Cluj	703.269	6	67	3205	2511
Constanța	715.172	11	44	-	200
Covasna	222.274	5	11	385	122
Dâmbovița	541.606	6	32	317	786
Dolj	734.823	5	3	1765	117
Galati	619.522	4	29	5930	236
Giurgiu	298.022	3	4	350	136
Gorj	387.407	7	24	203	225
Harghita	326.020	9	27	299	237
Hunedoara	487.115	13	21	1021	310
Ialomița	296.486	4	31	481	299
Iași	819.044	4	21	1350	-
Ilfov	300.109	2	28	83	109
Maramureș	510.688	8	50	1890	271
Mehedinți	306.118	5	28	1554	55
Mureș	579.862	7	48	960	293
Neamț	557.084	4	36	420	98
Olt	490.276	7	47	401	230
Prahova	829.224	14	55	550	479
Sălaj	248.407	4	37	750	240
Satu-Mare	369.096	4	29	996	88
Sibiu	422.224	9	9	2196	257
Suceava	690.941	8	28	2546	413
Teleorman	436.926	5	8	398	92
Timiș	677.744	7	55	664	698
Tulcea	258.639	5	36	1662	325
Vaslui	455.550	4	34	1066	355
Vâlcea	413.570	8	27	-	569
Vrancea	390.268	4	40	160	113

Din datele înregistrate în ultimii ani se constată o tendință accentuată de depreciere a calității apelor subterane ca urmare a poluărilor produse, în special, în sectoarele extracției și prelucrării petrolului, în alte sectoare ale industriei extractive și de prelucrare a minereurilor, de acumulările de deșeuri industriale pe mari suprafețe de teren, de depozitele de deșeuri urbane și alte activități industriale și agricole [37, 42, 57].

În cazul regiunilor de dezvoltare (fig. 2), ponderea cea mai mare a populației racordate la sistemul public de alimentare cu apă, s-a înregistrat în regiunea București-Ilfov (83,4%), după care urmează regiunea Sud-Est (77,8%). În partea opusă, gradul cel mai redus de racordare s-a înregistrat în regiunea Nord-Est (47,4%), urmată de regiunea Sud-Vest Oltenia (55,6%) [68].

Calitatea apelor de suprafață și subterane este în strânsă legătură cu deversările de ape uzate (menajere și industriale). O mare parte din apele uzate nu sunt epurate sau sunt insuficient epurate. Se apreciază că în anul 2017 peste 33,5% din apele uzate au ajuns în receptorii naturali, în special în râuri, fără să fie supuse procesului de epurare sau fiind insuficient epurate [68].

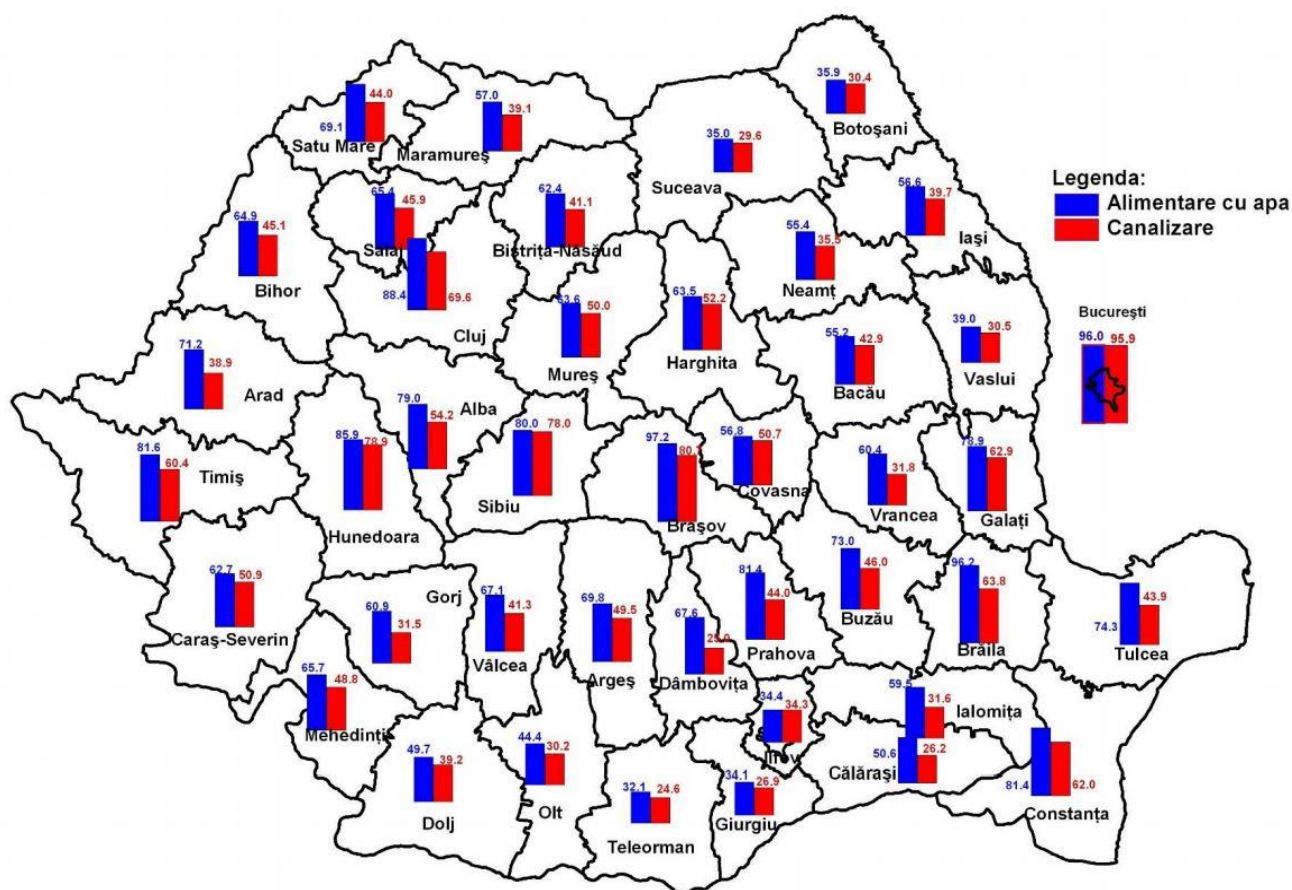


Fig. 2. Populația racordată la sistemul public de alimentare cu apă și conectată la canalizare, pe județe, în anul 2017 [68].

Prin urmare, indiferent de forma în care se găsește în natură, "apa este viață", fiind indispensabilă pentru existența biologică de pe această planetă cât și pentru dezvoltare. Apele de la suprafața globului joacă un rol important în evoluția umană. De asemenea, există mai mulți factori care pot provoca incertitudine în satisfacerea nevoilor actuale și viitoare de apă, de la creșterea populației la încălzirea globală [57, 68].

În ceea ce privește stația de tratare a apei care alimentează municipiul Bacău, aceasta asigură întreg sistemul de apă din municipiul Bacău și procesează un debit maxim $1.400\text{m}^3/\text{h}$ apă brută de la barajul Poiana Uzului. Procesul principal de tratare a apei funcționează gravitațional prin amplasarea punctului de intrare a apei brute la capătul cel mai înalt al stației, ce permite apei să graviteze prin diferitele unități de tratare spre rezervoarele de înmagazinare a apei tratate, care se află la aproximativ 9m mai jos [51].

1.4. Abordări privind apa și procesul de tratare a apei în Torino - Italia

Torino este un important oraș industrial și centru cultural în nordul Italiei, capitala regiunii Piemonte, localizat pe partea stângă a fluviului Po, cu o suprafață de 130 km^2 și o populație de 886.837 locuitori (2019). Alimentarea cu apă a acestui oraș se realizează din fluviul Po care izvorăște din Alpii Cotici în apropiere graniței Italiei cu Franța și se varsă în Marea Adriatică lângă Veneția. Cu o lungime de 652 km, este cel mai lung fluviu din Italia. fluviul are un bazin hidrografic cu o suprafață de 75.000 km^2 și un debit de $1.540\text{ m}^3/\text{s}$. De asemenea, trebuie remarcat faptul că fluviul Po este afectat de poluarea industrială, pentru că traversează Torino și alte patru localități (Ferrara, Piacenza, Milano, Comacchio) [93].

Compania de apă SMAT a fost printre primele din Italia care a tratat apele de suprafață, datorită sistemelor de prelucrare moderne și sistemelor de control al calității. Stațiile de tratare a apei din fluviul Po sunt capabile să acopere 20% din apa produsă și distribuită de-a lungul întregului sistem de apă care are o lungime de 6.283 km cu un flux zilnic de apă de $7.000\text{ L}/\text{sec}$ [90].

În ceea ce privește procesul de tratare a apei, articolul *Modele de consum mai mici a amprentei de carbon: Studiul de caz al apei potabile în Italia* (Towards lower carbon footprint patterns of consumption: The case of drinking water in Italy) scris de S. Botto realizează o comparație între două tipuri de apă potabilă, produse, distribuite și consumate în Italia: apa de la robinet și apa minerală naturală PET-îmbuteliată, folosind Metodologia Amprentei de Carbon [23].

Apa de rețea (tap water - TW) studiată a fost furnizată pentru municipiul Siena (Italia). Rețeaua de apă servește 56 de municipalități mai mici în provincia Siena și este administrată de o singură companie. Acesta include diferite izvoare, puțuri și fântâni. În scopul de a izola și analiza un sistem omogen, doar tronsonul Siena a fost luat în studiu cu 110 km de conducte și alimentarea cu apă a utilizatorilor prin 220 km de conducte secundare [23].

Apa îmbuteliată PET (bottle water - BW) studiată este apă minerală naturală, comercializată de șase companii italiene. Producția celor șase societăți s-a ridicat la aproximativ 10% (în volum) din totalul de apă îmbuteliată vândută în Italia. Aceste companii au fost selectate pentru a oferi un eșantion reprezentativ pe piața italiană. Acestea diferă, printre altele, în [23]:

- localizarea geografică a instalațiilor;
- volumul de apă îmbuteliată pe an;
- practicile de îmbuteliere;
- mărimea ambalării;
- distribuția pe piața din Italia.

Amprenta de Carbon a apei îmbuteliate (CFBW- carbon footprint bottle water) pe unitate funcțională (1,5 L apă potabilă) este $3,37 \times 10^{-1}$ kg CO₂eq. Cea mai mare contribuție vine de la Amprenta de Carbon a materialelor ($1,98 \times 10^{-1}$ kg CO₂eq, 59% din CFBW), care se datorează în principal proceselor de ambalare. Producția PET este de 46% din media Amprentei de Carbon. Amprenta de Carbon a transportului este $8,81 \times 10^{-2}$ kg de CO₂eq (26% din CFBW), urmată de Amprenta de Carbon a energiei consumate $5,10 \times 10^{-2}$ kg de CO₂eq (15% din CFBW) [23].

Amprenta de Carbon a apei de rețea este de $1,35 \times 10^{-3}$ kg de CO₂eq pentru 1,5 L apă potabilă. Amprenta de Carbon pentru energie este cea mai mare (94%) în cazul în care consumul de energie electrică a contribuit aproximativ cu 92%. Amprenta de Carbon a oțelului este cea mai mare contribuție la Amprenta de Carbon a materialelor pentru apa de la robinet, fiind aproximativ 5% din totalul Amprentei de Carbon a apei de rețea (CFTW – carbon footprint tap water). Contribuția altor fluxuri este neglijabilă [23, 69].

Diagrama din figura 3 prezintă diferențele de compoziție a Amprentei de Carbon dintre cele două tipuri de apă potabilă. Amprenta de Carbon a apei îmbuteliate (CFBW -Carbon Footprint Bottled Water) este de aproximativ 250 de ori mai mare decât Amprenta de Carbon a apei de rețea CFTW (Carbon Footprint Tap Water) pe unitate funcțională. Aceasta înseamnă că emisia a $3,36 \times 10^{-1}$ kg de CO₂eq poate fi evitată prin consumarea de 1,5 L de apă de rețea (TW)

în loc de 1,5 L de apă îmbuteliată (BW). Această diferență poate fi explicată, dacă sunt analizate la componentele Amprentei de Carbon. Aceste rezultate ale Amprentei de Carbon sunt folosite pentru a cuantifica reducerea emisiilor (VERs - Discussion Verified Emission Reductions), care pot fi obținute prin schimbarea de la apa îmbuteliată la apa de rețea. În cazul în care diferența este exprimată în termeni monetari, a bea apă de rețea în loc de apă îmbuteliată înseamnă economisirea a 0,0004-0,0158 \$ per unitate VER negociabil. Pentru o persoană care bea 2 L apă pe zi, acest lucru este de 0,20-7,67 \$ pe an [23, 69].

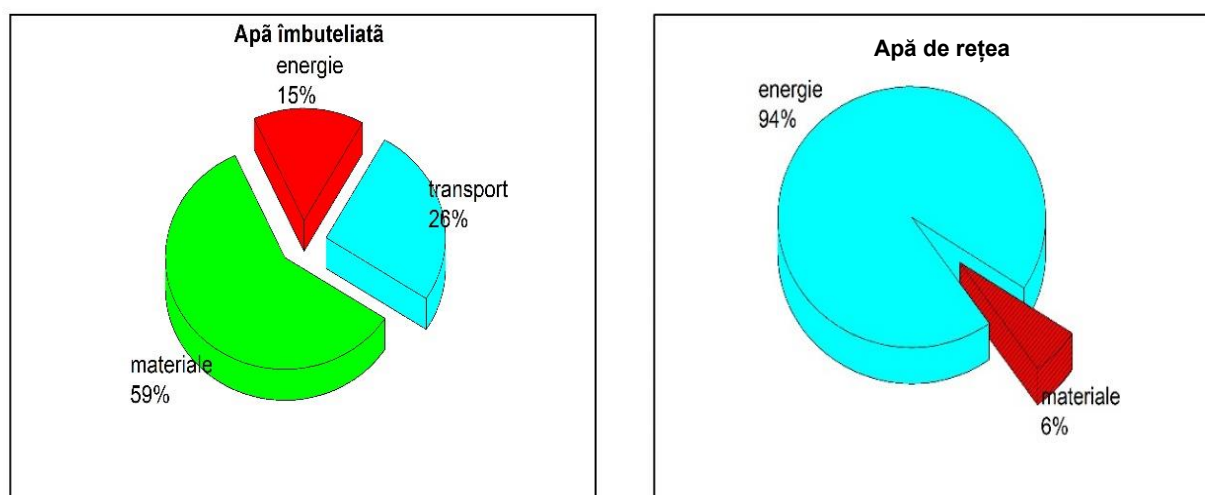


Fig. 3. Compoziția Amprentei de Carbon pentru cele două tipuri de apă potabilă: apă îmbuteliată BW-(stânga) și apă de rețea TW-(dreapta) [23].

Așa cum s-a demonstrat în Italia, a bea apă de rețea în locul apei plate îmbuteliată, este mult mai benefic din punct de vedere economic și al mediului, aceste beneficii sunt departe de a fi neglijabile. Cu toate acestea, marjele mai mari de îmbunătățire a ciclului de viață poate fi de așteptat în lanțul apei imbuteliate decât în apa de rețea [23].

1.5. Aspecte privind evaluarea eficientizării stațiilor de tratare a apei

Apa este o resursă naturală vitală pentru societatea de astăzi, calitatea și cantitatea ei sunt aspecte critice pentru orice regiune sau țară. Instalațiile de alimentare cu apă urbană consumă energie pentru a extrage, transporta, trata și distribui apa potabilă, iar acest lucru produce o considerabilă cantitatea de gaze cu efect de seră (GES) [18, 133].

Aproximativ 7% din energia comercială generată (energie tranzacționată) la nivel mondial este utilizată pentru ciclul antropoc al apei, inclusiv procesele de alimentare, distribuție și tratare a apelor uzate [32]. Un exemplu destul de evident poate fi dat din America de Nord și

Europa deoarece aproximativ jumătate din toate extragerile de apă dulce sunt legate de sectorul energetic [32, 135].

Autorul Pi-Cheng Chen în articolul *Water energy nexus in city and hinterlands: Multi-regional physical inputoutput analysis for Hong Kong and South China* demonstrează legătura stransă care există între cererea de apă și energie pe de-o parte, iar pe de altă parte caută să arate că dacă apar schimbări la anumiți factori, cum ar fi climatul, prețul energiei, tehnologiile și populația, acestea au un impact semnificativ asupra proviziilor și cererii de apă dintr-un oraș. Prin urmare legătura dintre apă și energie implică o descriere cât mai explicită și o modelare a legăturilor dintre apă și sistemele energetice [32].

În articolul “*Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach*”, Kuishuang Feng a concretizat calculul consumului de apă pentru gospodării din mediul urban și cel rural, bazinul în care s-a realizat studiul fiind Bazinul Fluviului Galben (Yellow River Basin). De asemenea aici s-a folosit și conceptul de “apă virtuală” pentru a putea descrie volumul total de apă folosit în produsele agricole. Acesta sugerează că regiunile sărace ar trebui să importe produsele agricole care implică un consum ridicat apă. Acest concept a fost recunoscut ca fiind un concept cu un potențial util pentru redistribuirea apei din zonele bogate spre zonele mai sărace în apă [6, 56].

Conform studiului activitățile de producție și consum din zonele din afara bazinului fluviului Galben pun presiune pe acesta, iar o metodă de a scădea acesta presiune ar fi creșterea importului de mărfuri care necesită un consum mare de apă din alte regiuni mai abundente în apă [34]. Astfel, comercializarea “apei virtuale” poate ajuta la susținerea creșterii economice a regiunilor din bazin, ușurând astfel presiunea din cauza deficitului de apă [56].

Prin urmare consumul de apă global într-o gospodărie din mediul urban este peste dublu față de consumul de apă a unei gospodării din zona rurală, din cauza consumului urban mai mare de produse și servicii care implică un consum mare de apă, cum ar fi produse alimentare procesate, îmbrăcăminte și încălțăminte, electricitate, servicii hoteliere, catering etc. [56].

De asemenea F. Hernández-Sancho a realizat un studiu [64] despre eficiența tehnică și analiza costurilor în procesul de epurare a apei folosind Metodologia Înfășurării Datelor (DEA - Data Envelopment Analysis). Acesta obține un indice de eficiență pentru fiecare stație de epurare prin tehnici matematice de programare, care vizează minimizarea intrărilor din procesul de epurare a apei.

În primă instanță s-a folosit de modelul propus [54] de Farrell un pioner în cercetarea funcțiilor utilizate ca referințe pentru obținerea măsurătorilor de eficiență pentru fiecare stație

de epurare [40]. Se poate spune că de aici a pornit așa zisa literatură economică sub denumirea de Data Envelopment Analysis - Metodologia Înfășurării Datelor (metodologia DEA) [64].

Modelul propus de Farrell construiește o frontieră sau un punct de referință al celor mai bune practici care sunt formate din cele mai eficiente etape din procesul de epurare a apei. F. Hernández-Sancho abordează eficientizarea stațiilor de tratare a apelor uzate cu scopul de a minimiza costurile. Se asociază eficiența cu utilizarea minimă a resurselor (intrări) pentru a ajunge la o cantitate de apă epurată determinată (ieșiri) în funcție de tehnologia existentă în stația de epurare [64]. Utilizarea acestei metodologii oferă o cunoaștere importantă despre activitatea stațiilor de epurare care permit îmbunătățirea eficienței acestora la nivel global [64].

Un alt studiu referitor la eficientizarea stațiilor de tratare în condiții de incertitudine este cel scris de R. Sala-Garrido și M. Molinos-Senante în care se evaluează pentru prima dată eficiența energetică a unui eșantion de stații de tratare a apei [115]. Omiterea gradului de incertitudine poate duce la concluzii părtinitoare, deoarece aceste informații au schimbat clasamentul unor stații de tratare a apei eficiente din punct de vedere energetic. La fel ca în articolul prezentat anterior scris de F. Hernández-Sancho [64], metodologia folosită în acest articol pentru a vedea cât de eficiente sunt stațiile de tratare a apei din punct de vedere al consumului de energie este de asemenea metodologia înfășurării datelor (DEA) adăugând restricția de convexitate [115].

Pe de altă parte articolul *“Benchmarking energy efficiency of water treatment plants: Effects of data variability”* documentat de Ramón Sala-Garrido și María Molinos-Senante metodologia DEA a fost dezvoltată prin asumarea revenirii variabilei la tehnologia de scară (variable returns to scale technology (DEA-VRS)) [115].

Prin urmare Metodologia Înfășurării Datelor (DEA) este o metodologie ce determină datele, deci nu ține cont de incertitudinea datelor în evaluarea eficienței. Pentru a depăși această limitare, în cercetarea realizată de Ramón Sala-Garrido și María Molinos-Senante a fost utilizat un model de toleranță DEA pentru a estima eficiența energetică a stației de tratare a apei. Acest model de toleranță se bazează pe simularea mai multor scenarii pentru fiecare unitate de luare a deciziilor - DMU, presupunând că toate valorile de intrare și ieșire sunt valori mai degrabă variabile decât valori fixe, cuprinzând 3 etape importante [49, 64, 115, 145]:

1. Estimarea valorilor de toleranță pentru fiecare intrare și ieșire;
2. Determinarea numărului de simulări eficiente energetic care au fost efectuate;
3. Estimarea eficienței energetice a stației de tratare a apei. Din cele 81 de scenarii Ramón Sala-Garrido și María Molinos-Senante au luat cazurile cele mai extreme și anume [115]:

- a) **cel mai bun caz posibil** - cele mai mici valori de intrare (consum de energie) și cele mai mari valori de ieșire pentru stația de tratare a apei k_0 ;
- b) **cel mai rău caz posibil** - cele mai mari valori de intrare (consum de energie) și cele mai mici valori de ieșire pentru stația de tratare a apei k_0 evaluată cât și pentru celelalte. Pentru a realiza această evaluare comparativă a eficienței energetice s-a utilizat și modelul propus de către Boscá [22] care folosește doi indicatori pentru a determina eficiența relativă a stației de tratare a apei.

Selectarea variabilelor de intrare și ieșire pentru utilizarea în modelul DEA a fost influențată de numărul de stații de tratare a apei evaluate (51), cu cât sunt mai multe variabile (intrări și ieșiri) incluse în model, cu atât este mai greu să se aplice de la o stație la alta [119].

În cadrul stațiilor de tratare a apei care au fost incluse în cercetarea din acest articol s-a ținut cont de o serie de parametri ca: turbiditate, arsen, substanțe solide total dizolvate și sulfat deoarece în Chile, acești indicatori și eliminarea lor consumă cea mai multă energie în procesul de tratare a apei. Rezultatele au demonstrat că majoritatea stațiilor de tratare pot economisi mai multă energie decât o fac la momentul studiului. În acest context, autoritatea de reglementare a apei ar trebui să ofere stimulente companiilor de apă care operează stațiile de tratare a apei pentru a implementa practici operaționale mai bune și echipamente eficiente din punct de vedere energetic pentru eficientizarea stațiilor de tratare [49, 61, 115].

Conform acestui articol [115] un rol esențial îl joacă instalațiile din cadrul stațiilor de tratare a apei, de exemplu consumul energetic integrează și cantitatea de poluanți eliminați din apa brută pe lângă volumul de apă tratată. Pe de altă parte rezultatele acestui studiu demonstrează importanța integrării incertitudinii datelor atunci când se utilizează rezultatele comparative pentru clasarea facilităților [115]. Autorităților în domeniu li se recomandă în principal să aibă în vedere incertitudinile inerente din sectorul apei.

În ceea ce privește sectorul de alimentare cu apă cu precădere eficientizarea stațiilor de tratare a apei o provocare cheie cu care se confruntă tot globul Pământesc nu este numai a manageria cât mai bine sau să adaptăm rezervele de apă la cerințele populației, ci mai ales să putem avea răspunsul la impactul negativ pe care îl are sectorul de apă în schimbările climatice și asupra mediului. În acest sens Jayanath Ananda a realizat o cercetare [75] în care explică ce înseamnă eficiența de mediu a apei potabile și a utilităților apei uzate.

Odată cu urbanizarea și creșterea constantă a populației se pune o presiune tot mai mare pe resursele de apă cât și pe cerințele de apă potabilă, de aici a început și studiul *“Explaining the environmental efficiency of drinking water and wastewater utilities”*, studiu în care se vrea

să se găsească o nouă metodă de măsurare a eficienței ajustate ecologic cât și modelarea acesteia folosind gazele cu efect de seră (GES) ca fiind o “ieșire nedorită” (poluanți). Cu toate acestea, stațiile de tratare a apei pot controla intrările (substanțe chimice, energie) utilizate pentru producerea unui volum de apă tratată și ape uzate (ieșiri). Prin urmare, acest articol se concentrează pe măsurarea eficienței la intrarea în stația de tratare a apei [75].

Pentru a evalua eficientizarea stațiilor de tratare a apei, Jayanath Ananda a utilizat o abordare DEA în două etape. Prima etapă calculează eficientizarea stației de tratare a apei, iar în a doua etapă, sunt analizați factorii determinanți ai eficientizării stației de tratare a apei [75].

Emisiile de gaze cu efect de seră și poluanții care rezultă în urma procesului de tratare a apei sunt produse secundare nedorite ale procesului de tratare a apei.

Pentru analiza empirică s-au utilizat datele la nivel industrial din sectorul apei din Australia, aprox. 79 de stații de tratare și epurare a apei din care 30 au fost eliminate din studiu deoarece unele stații se ocupă doar cu extragerea apei din subteran sau doar furnizează apă și servicii de canalizare. În unele stații de tratare a apei datele lipseau și de asemenea acesta a fost un criteriu de eliminare. Au fost incluse în studiu doar stațiile care furnizau servicii de apă și apă uzată complete [75, 78].

Variabilele utilizate în cadrul studiului realizat de Jayanath Ananda fac referire la emisia gazelor cu efect de seră (GES), cantitatea de apă distribuită, cantitatea de apă uzată colectată, costurile totale de operare, lungimea rețelei de apă. Pentru toate acestea s-a obținut o valoare medie de eficientizare de 0,683, ceea ce a indicat că reducerile de la intrare cât și de la ieșire sunt admisibile pentru întregul sector al tratării apei și apei uzate. Rezultatele sugerează că este posibil să se minimizeze intrările în majoritatea cazurilor [75].

În același articol autoarea a realizat și un studiu care explică sensibilitatea eficienței din punct de vedere a mediului și factorii care determină această eficiență, cum ar fi: condițiile locale, deciziile politice și comportamentul clienților. Pe de altă parte studiul demonstrează că stațiile care furnizează apă din surse de suprafață sunt mai puțin eficiente decât în cazul celor care furnizează apă din subteran, deoarece necesită o tratare mai complexă [75].

Odată cu toate studiile realizate în a eficientiza stațiile de tratare a apei putem spune că odată cu noile abordări și procese de tratare a apei descoperite, apar și noi provocări cu care se confruntă sectorul urban de apă cum ar fi eficientizarea stațiilor de tratare a apei din punct de vedere economic, energetic care să aibă un impact minim asupra mediului.

1.5.1. Raportul dintre apă și energie în procesul de tratare a apei

În ceea ce privește consumul de energie a stațiilor de tratare M. Wakeel și colaboratorii au realizat un studiu [145] despre energia consumată în stațiile de tratare a apei din diferite țări. Sectorul apei este un mare consumator de apă mai ales în faza operațională și de întreținere a ciclului de utilizare a apei, deoarece consumul de energie este direct legat atât de cantitate de apă tratată cât și de calitatea apei tratate furnizate/apoi uzate tratate [145].

În acest context trebuie definit clar ce semnifică legătura apă – energie și energie – apă. Cu atât mai mult cu cât The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO - Comunitatea științifică și Organizația de Cercetări Industriale) estimează că populația globală ar putea crește cu 70% până în 2050, ceea ce va conduce la creșterea consumului de apă implicit energie pentru procesul de tratare a acesteia [40].

Conform literaturii de specialitate publicate, a rapoartelor agențiilor de mediu, a guvernelor și rapoartelor de gestionare a apei și energiei putem spune că apa și energia sunt două resurse naturale fundamentale strâns legate între ele, care joacă un rol important în economia și securitatea unui stat [40, 59, 66, 78, 108, 145].

Termenul de “*Energie pentru apă*” se referă la energia consumată în construcția stațiilor de tratare a apei, la fazele operaționale și de întreținere a acestora, cât și la tratarea, distribuția și epurarea apei. La nivel global este acceptată ideea conform căreia relația dintre aceste două resurse fundamentale apa-energie este una de interdependență [145].

Din perspectiva managerilor de resurse de apă, energia consumată în ciclul apei poate fi considerată fie directă, fie indirectă. Pentru utilitățile de apă, consecințele directe duc la o schimbare a consumului de energie. Impactul indirect al apei asupra consumului de energie este mai redus, de exemplu, politica de conservare a apei poate influența gospodăria sau folosirea apei industriale. În timp ce acest lucru poate avea un impact direct asupra consumului de energie și poate influența utilizarea energiei în gospodărirea apei sau în industrie cu un impact indirect din perspectiva utilizării [145].

Consumul de energie (fig. 4) în diferitele faze ale ciclului de utilizare a apei depinde de diverși factori, cum ar fi topografia (afectează apele subterane), climă, temperatură sezonieră, precipitații medii, volumul de apă, cerința totală de apă și tehnologiile utilizate în procesul de tratare a apei. De exemplu, cantitatea de energie utilizată de unele tehnologii este mai mică decât energia utilizată de tehnologii din unele etape în ciclul de utilizare a apei, după cum putem observa și în figura 4 [59, 66, 145].

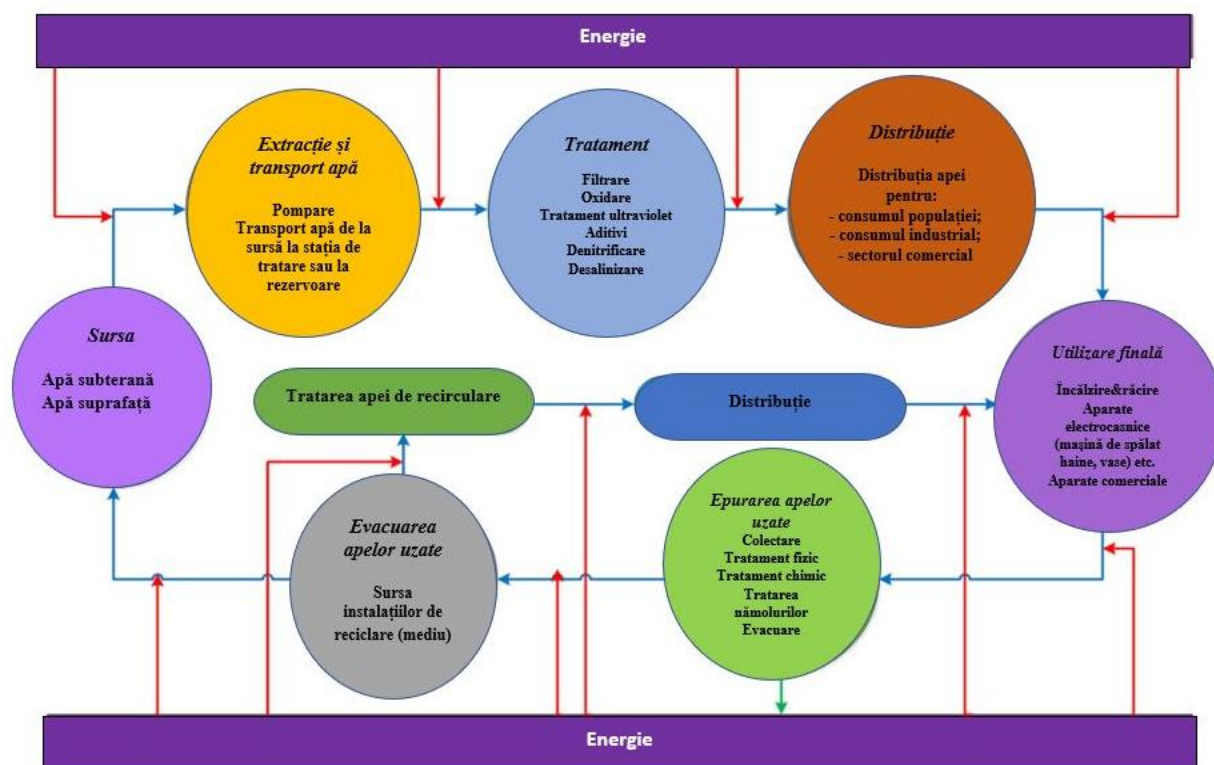


Fig. 4. Etape ale ciclului de utilizare a apei care implică consum de energie [145].

Ciclul de utilizare a apei începe de la extragerea și distribuția apei din resursele naturale, cum ar fi acviferele de apă subterană, râuri, lacuri și oceane. Tratarea și furnizarea apei potabile consumă energie, acestea fiind consumatoare importante la nivel mondial. Procesul de tratare a apelor subterane necesită mai puțină energie comparativ cu apa de suprafață, deoarece apa de suprafață în general, trebuie să treacă prin mai multe faze de tratament mai ales din cauza totalului solidelor dizolvate (TDS). Apa subterană reprezintă cea mai extrasă materie primă din lume și asigură/alimentează 25–40% din populația globală [40, 78, 145].

La nivel global cerințele energetice ale procesului de tratare a apei și cele legate de distribuirea apei depind de diverși factori, vorbim de: calitatea apei brute, condițiile geografice, tehnologia folosită în procesul de tratare a apei și vârsta infrastructurii de apă. De asemenea sunt regiuni care au diferite tipuri de tratament cât și diferite metode de distribuție a apei [145].

Consumul de energie în pomparea apei de suprafață (distribuție) depinde în mare parte de distanța până la consumator și diametrul conductei. Cerințele energetice pentru pomparea apei sunt neglijabile atunci când consumatorul este situat aproape de sursă, pe de altă parte o cantitate uriașă este consumată atunci când distribuția apei se face pe distanțe mari. De exemplu în cazul stației de tratare a apei Barați – Bacău, România (una dintre stațiile de tratare ce vor fi studiate în prezenta lucrare) cel mai mare avantaj al distribuției apei este că, orașul Bacău nu

este un oraș mare iar lungimea rețelei de distribuție a apei este de aprox. de 255,2 km iar numărul de racorduri este de 18.622 [50].

Se așteaptă ca până în anul 2030, consumul de energie de către sistemele urbane de apă să crească cu până la trei ori nivelul actual. Avem doar o înțelegere rudimentară a conexiunilor complexe și omniprezente dintre apă și energie în orașe, deoarece securitatea apei amenință securitatea energetică și economică, aceasta fiind o omisiune majoră. Înțelegerea legăturii apă-energie este absolut necesară dacă dorim să contribuim simultan la rezolvarea problemelor legate de consumul de apă și energie [50, 78].

De asemenea, există multe lacune majore care includ: utilizarea energiei asociate cu apa în operațiunile industriale și comerciale, precum și perspectivele socio-politice. Un decalaj major, este lipsa unui cadru teoretic unificator și a unei metodologii consistente pentru analiza și monitorizarea consumului de apă și energie cât și a cantităților utilizate în relația apă - energie. Aceasta este considerată o condiție prealabilă pentru comparațiile cantitative din orașe [50, 78].

1.5.2. Sectorul apei și rolul jucat de acesta în influența asupra mediului

Când vorbim despre sectorul de apă (fig. 5) ne referim la: industrie, la aprovizionarea cu apă potabilă, colectarea și epurarea apelor uzate. Atunci când apa devine o resursă rară, re-allocarea resursei către utilizări mai eficiente din punct de vedere economic devine un instrument puternic pentru gestionarea cererii sale [145].

Apa și energia sunt interconectate și cererea din ce în ce mai mare de apă potabilă pune o presiune substanțială pe energia consumată în tot procesul de obținere a apei potabile. Procesele de extragere a apei, a transportului, a tratării și a reutilizării apei conduc la creșterea cererii de energie, deoarece energia este consumată și în distribuția apei, în utilizarea finală și în epurarea apei [145].

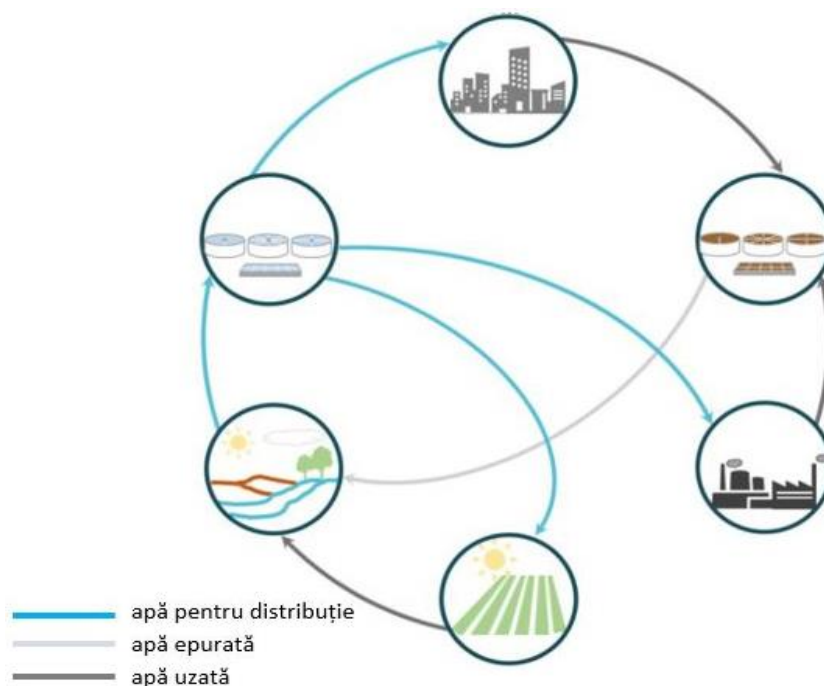


Fig. 5. Sectorul de apă [145].

Mai mult, distribuția inegală a resurselor de apă din diferite țări poate fi exacerbată ca o consecință a schimbărilor climatice [106] conducând astfel spre o creștere a exploatarea apei subterane. Iar aprovizionarea descentralizată scade calitatea apei, care la rândul-i solicită mai multă energie datorită adâncimii mari și distanțelor lungi. Prin urmare, practicile de conservare a apei pot duce direct la economisirea energiei [106, 145].

Unele țări au introdus strategii concrete de conservare a apei prin stabilirea obiectivelor și a parametrilor la nivel național ce trebuie atinși în mod obligatoriu pentru utilizarea apei. Irigarea agricolă, cu referire la zonele rurale în curs de dezvoltare (de ex: zone rurale din China, Pakistan și India, unde se pierde aproximativ 50% din apă în timpul aprovizionării), au cel mai mare potențial de a reduce consumul de energie prin creșterea eficienței utilizării apei cu o mai bună structură și îmbunătățire a liniilor de alimentare cu apă și a sistemului de irigații. De exemplu, guvernul chinez a emis politici de economisire a apei în anul 2020, vizând controlul consumului total de apă sub 700 miliarde m^3 până în anul 2030 pentru sectorul agricol [106, 145].

Dacă ne referim la Uniunea Europeană, datele publicate în anul 2014 demonstrează că pentru perioada 2008-2010, în aproximativ jumătate dintre statele membre, mai mult de 20 % din apa potabilă s-a pierdut în etapa de distribuție, înainte să ajungă la consumatori. Însă există și state membre în care această proporție a ajuns și la 60 % sau mai mult decât atât nu există date înregistrate privind pierderile de apă [36].

La nivelul României este în curs de implementare *Aplicarea economiei circulare în sectorul apei*, din cadrul proiectului “Strategia Pentru Tranziția României Spre Economia Circulară 2020-2030 (ROCES)” parte integrantă a Parteneriatului pentru Economie Verde și Zero Deșeuri în România până în anul 2030.

Creșterea populației și condițiile de viață îmbunătățite, înseamnă o cerere crescută de resurse. În procesul de tratare a apei și alimentare cu apă, energia este utilizată direct pentru tratare, purificare și distribuție, precum și indirect, pentru pompare și în procesul de producție a substanțelor chimice și a dezinfectanților [104, 106].

Producția de apă necesită 906,83 milioane kWh de energie electrică directă, 87,18% din consumul total. Cu toate acestea, doar 133,41 milioane kWh sunt destinate utilizării indirecte (12,82%). Acest lucru arată că producția de apă este un proces semnificativ consumator de energie. Conform aceluiași studiu, dezvoltarea de tehnologii inovatoare pentru agricultură ar reduce consumul direct de apă și în același timp ar scădea presiunea deficitului de apă [104].

Pe de altă parte problemele privind apa, energia și emisiile de carbon se interpătrund și sunt greu de rezolvat în mod separat. Furnizarea apei potabile și a serviciilor de ape uzate este o operațiune complexă care implică un consum semnificativ de energie de unde rezultă emisii de carbon [76]. În termeni generali, eficiența unui proces în sine este considerată a fi gradul în care resursele sunt utilizate în mod optim pentru a produce un set de rezultate dorite. Pentru estimarea productivității și a eficienței sectorului apei potabile pot fi utilizate diverse tehnici parametrice și nonparametrice [76].

În ultimii ani, interesul a crescut atât în reforma structurii aprovizionării cu apă în întreaga lume, cât și în întreprinderea productivității și a performanței procesului de tratare a apei. În ciuda acestui fapt, rezultatele în această zonă sunt mai puțin decât concludente în ceea ce privește dimensiunea și structura optimă a sistemului apelor potabile și a apelor uzate. Aceasta este un efect al activităților de gestionare a mediului (inclusiv conservarea apei) [78].

1.6. Aspecte legislative referitoare la tratarea apei pentru diferite cerințe

1.6.1. Aspecte legislative internaționale cu privire la procesul de tratare a apei

Într-un context internațional în continuă dezvoltare, procesul de tratare a apei a devenit o componentă importantă a societății în care trăim, ca urmare a cererii tot mai mari de apă, cauzată de creșterea populației, atenția trebuie îndreptată către procesul de tratare a apei în contextul creșterii cererii de apă potabilă [37].

Legislația internațională în domeniul protecției mediului are la bază Protocolul de la Kyoto la Convenția Cadru a Organizației Națiunilor Unite privind Schimbările Climatice. Acest tratat internațional stabilește obligațiile țărilor industrializate de a reduce impactul pe care acestea îl au asupra mediului [132].

Un alt document universal este Acordul de la Paris care a intrat în vigoare la data de 4 noiembrie 2016. Au ratificat acordul 195 de părți, inclusiv UE și Statele sale membre. Acesta este primul document cu caracter universal în domeniul schimbărilor climatice, care impune obligații juridice tuturor părților pentru realizarea obiectivului de limitare a creșterii temperaturii medii globale sub 2°C față de nivelul din perioada pre-industrială, avându-se în vedere eforturi suplimentare pentru ca această limită să fie de 1,5°C la nivelul anului 2030 [37, 132].

În trecut Consiliul ONU pentru Drepturile Omului în discuțiile despre drepturile omului au ignorat în mare măsură tematica apei și mai ales a sistemelor sanitare. Totuși, pe 30 septembrie 2010, după ani de dezbateri aprinse, Consiliul Drepturilor Omului a adoptat prin consens, o rezoluție (A/HRC/15/L.14) afirmând că accesul la apă potabilă sigură și sisteme sanitare constituie drepturi ale omului. Problemele legate de schimbările climatice a reprezentat și reprezintă o provocare la nivel global și presupune o abordare responsabilă cât și întreprinderea de acțiuni concrete globale, regionale, naționale și locale [37].

1.6.2. Aspecte legislative europene cu privire la procesul de tratare a apei

La nivel Uniunii Europene, calitatea și conservarea mediului sunt considerate centrul de sănătate și bunăstare. Din anul 1970, Uniunea Europeană și statele sale membre au introdus legi pentru a asigura utilizarea atentă a resurselor naturale, pentru a reduce la minimum impactul negativ asupra consumului, dar și pentru protejarea biodiversității și a habitatelor naturale. În baza titlului XX din Tratatul cu privire la Funcționarea Uniunii Europene, legislația în domeniul protecției mediului prezintă o plajă largă de reprezentare cum ar fi: gestionarea deșeurilor, calitatea aerului și a apei, gaze cu efect de seră și substanțe chimice toxice [27].

Agenția Europeană de Mediu (AEM) este o agenție a Uniunii Europene, responsabilă de evaluarea și coordonarea acțiunilor statelor membre în domeniul protecției mediului și reducerea nivelului de poluare a căror sursă se află în statele membre. Obiectivul acesteia este de a furniza informații corecte și independente despre mediu. Deasemenea AEM își propune să sprijine dezvoltarea durabilă, contribuind la îmbunătățirea semnificativă și cuantificabilă a calității mediului în Europa, furnizând factorilor de decizie și publicului informații de actualitate, precise, pertinente și exacte [5].

Apa este una dintre cele mai vechi și mai reglementate zone din politica de mediu a UE, care acoperă probleme precum apa potabilă, apa uzată și apele subterane. Prin intermediul Directivei Cadru a Apei (WFD - Water Framework Directive), adoptată în decembrie 2000, UE a introdus un set promițător de instrumente politice pentru a face față provocărilor. Acestea au fost și sunt prezente în gestionarea apei din UE și dă un cadru general pentru gestionarea integrată a bazinelor hidrografice în Europa, în vederea atingerii „stării bune a apei” până în anul 2015 și o a treia prelungire de implementare pentru 6 ani după anul 2020. În practică, majoritatea statelor membre pare să fi conceput programe de monitorizare care s-au concentrat „pe monitorizarea parametrilor structurali individuali, cu presupunerea că o calitate bună a acestor parametri corespund unei bune funcționări a ecosistemelor acvatice [5, 27].

Un alt plan de monitorizare a apei la nivelul UE a fost publicat în anul 2012 de către Comisia Europeană pentru salvagardarea resurselor de apă din Europa (BluePrint- COM (2012) 673). Acesta se concentrează asupra acțiunilor de politici în practică care vor îmbunătăți modul de aplicare a legislației în domeniul apei și integrarea obiectivelor politicii în domeniul apei cu alte politici. Proiectul se bazează pe politici de apă referitoare la eficiența resurselor de apă și gestionarea durabilă a apei, în același interval de timp ca și Strategia UE 2020 până în 2050 [5].

Pe lângă Directiva Cadru a Apei (WFD) și Blueprint mai există și alte directive cu privire la asigurarea unei stări bune a apelor Europei [5]:

1. Directiva (2000/60/CE) cadru privind apa - stabilește un cadru legislativ pentru protecția apelor interioare de suprafață, a apelor de tranziție, a apelor de coastă și a apelor subterane;
2. Directiva (2006/118/CE) privind protecția apelor subterane - împotriva poluării și a deteriorării, prevede criterii specifice pentru evaluarea stării chimice bune a apelor subterane;
3. Directiva (98/83/CE) privind apa potabilă - definește standardele de calitate esențiale pentru apă destinată consumului uman;
4. Directiva (91/271/EEC) privind apele uzate urbane - are ca scop protejarea mediului împotriva efectelor negative ale deversărilor de ape reziduale urbane și ale deversărilor din industrie;
5. Directiva (2006/7/EC) privind apa pentru scăldat - vizează să îmbunătățească sănătatea publică și protecția mediului prin stabilirea de dispoziții privind monitorizarea și clasificarea (în patru categorii) apei pentru scăldat și informarea publicului în acest sens;

6. Directiva (91/676/EEC) privind nitrații - urmărește protecția apelor împotriva poluării cauzate de nitrați proveniți din surse agricole;
7. Directiva (2008/105/CE) - privind standardele de calitate a mediului stabilește limite pentru concentrațiile a 33 de substanțe prioritare ce prezintă un risc semnificativ pentru mediul acvatic sau prin intermediul acestuia la nivelul UE și 8 alți agenți poluanți în apele de suprafață.

La nivelul UE s-a realizat un studiu referitor la practicile actuale de gestionare a apei cu accentul pus pe gospodăriile din Europa (gestionarea cererii de apă, prețul practicat). În România și Italia principalele probleme legate de gestionarea apei fac referire la [5, 27,33]:

- secetă, deși fiecare țară este afectată diferit de aceasta;
- exploatarea masivă a resurselor de apă subterană, acest fenomen fiind întâlnit mai mult în Italia comparativ cu România;
- dezechilibru între cererea de apă și disponibilitatea acesteia, caz întâlnit doar în Italia;
- eficiență scăzută a rețelei de apă, această problemă fiind una acută atât în România cât și în Italia.

Majoritatea statelor membre ale UE respectă un cadru legislativ în care politicile la nivel național stabilesc regulile pentru furnizarea de servicii de apă. Aceste reguli sunt apoi urmate de guvernele locale sau municipale, care se află în centrul furnizării serviciilor de apă sau reglementează utilitățile private.

1.6.3. Aspecte legislative cu privire la procesul de tratare a apei în Italia

În Italia, importanța apei și a apei subterane pentru susținerea activităților umane a fost înțeleasă din trecutul antic, de la începutul secolului trecut au existat reguli legislative privind protecția apelor și a apelor subterane. Italia a dezvoltat un cadru politic și instituțional cuprinzător pentru gestionarea serviciilor de apă. Acest cadru a fost format în anul 1994 de către Legea Galli (Decretul 36/1994) care a contribuit la atenuarea fragmentării teritoriale a serviciilor de apă și canalizare prin agregarea și raționalizarea serviciului. Reforma a fost puternic negată de către autoritățile locale, care înainte au fost responsabile pentru serviciile de apă. Acum acoperă majoritatea teritoriului, dar rămân unele dificultăți, deoarece autoritățile locale sunt împotriva alegerii firmei de gestionare a sectorului de apă prin licitație și preferă să

atribuie direct serviciul unei firme publice. În cele ce urmează sunt raportate principalele norme legislative italiene privind gestionarea resurselor de apă [101]:

1. L. nr.129/1963 – master planul rețelelor de apă;
2. L. nr. 183/05/1989 reglementează protecția solului și a apei prin:
 - gestionarea, conservarea și recuperarea solului din bazinele râurilor;
 - protecția și gestionarea apelor de suprafață;
 - reglementarea activităților miniere pentru prevenirea riscurilor hidrogeologice;
 - utilizarea rațională a apelor de suprafață și subterane printr-un management eficient al apei, inclusiv managementul aprovizionării cu apă potabilă și a utilizărilor agricole;
3. L. nr. 36/1994 – reguli privind resursele de apă;
4. D. L. nr.152/1999 - dispoziții privind protecția apelor împotriva poluării, transpusă în directiva 91/271/CEE care se referă la tratarea apelor reziduale urbane și în directiva 91/676/CEE referitoare la protecția apelor.

În Italia, cadrul legal pentru sectorul de apă este fragmentat și inadecvat. Din păcate, principala reformă din anul 1994 nu a oferit o soluție eficientă la problemele din acest sector cauzate de secetă, distribuirea inegală a resurselor de apă și inegalitate la aprovizionarea cu apă pentru cetățeni [33].

Începând cu anul 2008 parlamentul italian a început să discute acest proiect semnificativ, deoarece este o inițiativă populară care arată că cetățenii sunt preocupați de problemele legate de apă și în al doilea rând, pentru că dovedea că furnizarea serviciilor de apă din Italia nu erau capabilă să depășească interesele economice și diferitele opinii politice, astfel încât să țină seama de cererea necontestată pentru punerea în aplicare a dreptului uman la apă [9, 33].

În schimb la 13 ianuarie 2019, un cotidian important italian specializat în știri economice și de afaceri, a publicat un articol despre impactul unei propuneri guvernamentale de naționalizare a sectorului de apă italian. Articolul descrie modul în care reglementare a contribuit la creșterea nivelului investițiilor în ultimii cinci ani și prezintă o serie de estimări ale impactului legate de propunerea guvernamentală. Acestea includ transferul competențelor de stabilire a tarifelor de la Autoritatea De Reglementare Independentă (ARERA) la Departamentul pentru Mediu cu o mutare definitivă și obligatorie către sectorul public în anul

2020. De asemenea se vorbea și de creșterea finanțării publice a investițiilor și subvenții pentru consumul de apă [9].

1.6.4. Aspecte legislative cu privire la procesul de tratare a apei în România

Odată cu intrarea României în Uniunea Europeană autoritățile naționale competente în asigurarea protecției mediului trebuie să pună în acord practicile naționale cu cele prevăzute de legislația europeană și de alte convenții internaționale la care România este parte.

România își menține angajamentul ferm față de cadrul internațional legal dezvoltat de Organizația Națiunilor Unite – Agenda 2030 pentru Dezvoltare Durabilă, Acordul de la Paris și Convenția Cadru a ONU privind Schimbările Climatice (UNFCCC) – care pun schimbările climatice pe primele locuri în agenda ONU. Asigurarea unui mediu sănătos prin managementul eficient al sistemului de apă ține, în fond, de respectarea unui drept constituțional, dreptul la un mediu sănătos prevăzut de art. 35 din Constituția României [38].

Respectarea acestui drept duce la o bună administrare a resurselor naturale și la menținerea calității mediului. În România legislația cu privire la tratarea și alimentarea cu apă a cetățenilor este foarte dinamică deoarece cuprinde un vast segment de subdomenii din sectorul apei [2]:

1. Lg. apelor Nr. 107 din 25 septembrie 1996, cu modificările și completările ulterioare;
2. Lg. nr. 122/2020 pentru modificarea și completarea Legii apelor nr. 107/1996;
3. H.G nr. 546 din 21 mai 2008 privind gestionarea calității apei de băiere;
4. H.G nr. 472 din 9 iunie 2000 privind unele măsuri de protecție a calității resurselor de apă, cu modificările și completările ulterioare;
5. Lg. nr. 310 din 28 iunie 2004 pentru modificarea și completarea Legii apelor nr. 107/1996;
6. Lg. nr. 241 din 22 iunie 2006 (*republicată*) serviciul de alimentare cu apa si de canalizare.

Legea apelor 107/1996 pune în aplicare mai multe directive ale Uniunii Europene în domeniul alimentării cu apă [2]. În februarie 2008, acquis-ul comunitar cuprindea 29 de directive ale Comisiei Europene. Uniunea Europeană a solicitat României să transpună în legislația națională directivele legislative referitoare la apă și tratarea apei. Principalele directive necesare a fi implementate în domeniul apei, respectiv în domeniul tratării apei sunt [5]:

1. Directiva 2000/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 octombrie 2000 de stabilire a unui cadru de politică comunitară în domeniul apei;
2. Directiva 98/83/CE a Consiliului din 3 noiembrie 1998 privind calitatea apei destinate consumului uman;
3. Directiva 91/271/CEE a Consiliului din 21 mai 1991 privind tratarea apelor urbane reziduale;
4. Directiva 80/68/CEE a Consiliului din 17 decembrie 1979 privind protecția apelor subterane împotriva poluării cauzate de anumite substanțe periculoase.

1.7. Strategii și tendințe cu privire la procesul de tratare a apei

Sistemul energetic mondial se află la răscruce. Tendințele globale actuale în furnizarea de energie este nesustenabil - ecologic, economic și din punct de vedere social. Dar asta poate și trebuie – modificat, deoarece timpul încă permite să schimbăm drumul pe care mergem [135]. Interconectarea dintre apă și energie, (EWN – energy water network) a fost anterior publicat de Gleick [59], dar în prezent primește o atenție din ce în ce mai mare din cauza preocupărilor cu privire la apa utilizată în producția de energie și la energia utilizată în sectorul apei [48].

Eficiența scăzută a rețelelor de distribuție a apei poate fi, de asemenea, o problemă importantă în gestionarea cererii de apă. Ipotetic există mai multe motive pentru o astfel de ineficiență, de exemplu, sectorul apei și al canalizării ar fi încă caracterizat printr-o reglementare de supraveghere și guvernare slabă, precum și o lipsă de finanțare (din cauza tarifelor mici) sau ar putea apărea conflicte de interese la nivel local, deoarece autoritățile de reglementare locale ar putea deține acțiuni la companiile de apă [5].

Aceste probleme pot împiedica investițiile private în sectorul apei. Acest lucru, însoțit de un nivel de prețuri inadecvate, duc adesea la: finanțare insuficientă pentru infrastructura de alimentare cu apă și ape uzate, la infrastructuri învechite și creează condiții pentru a favoriza eficiența scăzută la sistemul (infrastructura) de apă, care are legătură cu toate sectoarele (interne, industriale, agricole) [5].

Nu este o exagerare să spunem că, viitorul prosperității umane se bazează pe găsirea unui mod de a satisface nevoile energetice ale lumii care sunt în continuă creștere, într-un mod care să nu dăuneze iremediabil mediului. Nevoia urgentă a unei adevărate revoluții energetice, care implică o schimbare globală orientată către tehnologiile cu emisii scăzute de carbon, este acum recunoscută pe scară largă [66].

În ceea ce privește o economie productivă, termenul de eficiență este asociat utilizării raționale a resurselor disponibile. Cu alte cuvinte, este folosit pentru a descrie utilizarea optimă a tuturor factorilor de producție într-un proces de producție, în conformitate cu tehnologia existentă și cât mai eficient [64, 66].

1.8. Concluzii referitoare la stadiul actual al cercetărilor privind posibilitatea de eficientizare a stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe

Asupra stării de calitate a apelor de suprafață o influență majoră o are evacuarea unei anumite cantități de apă neepurată sau care nu este epurată suficient. De asemenea o influență asupra stării de calitate a apei o au factorii naturali.

Conform unor studii în domeniu [54, 64, 75, 78, 99], eficiența stațiilor de tratare a apei este asociată cu o utilizare minimă a resurselor (intrări) pentru a ajunge la o anumită cantitate de apă tratată determinată (ieșiri) în funcție de tehnologia existentă în stația de tratare. Calitatea apei tratate trebuie să se încadreze în parametri stabiliți de legislația în vigoare.

Se observă o oarecare neglijență generală din partea autorităților care reglementează domeniul apei deoarece nu oferă stimulente companiilor de apă care operează stațiile de tratare a apei, pentru ca acestea la rândul lor să poată implementa practici operaționale mai bune și echipamente cu un consum redus de energie pentru a eficientiza stațiile de tratare.

O provocare actuală la nivel global nu este numai a manageria cât mai eficient sectorul apei sau ca populația să se adapteze la resursele actuale existente, ci deopotrivă trebuie specificat faptul că societatea ar trebui să aibă deja răspunsul la impactul pe care îl are acest sector asupra schimbărilor climatice și asupra mediului. Pentru a avea un răspuns, este obligatoriu ca actorii cu putere de decizie și nu numai în sectorul apei, să înțeleagă foarte bine ce înseamnă “eficiența de mediu a apei potabile și a utilităților apei uzate”.

Un aspect important în țările nu foarte dezvoltate și nu numai în sectorul apei îl are rețeaua de distribuție a apei tratate, deoarece prin ea se pierde aproximativ 50% în timpul aprovizionării cu apă. La nivelul Uniunii Europene pierderile de apă în faza de distribuție ating un procent de 20%.

Studiile în domeniu au indicat că aprox 55.000 de persoane care beau 2L de apă pe zi pot preveni emisia a 9000 T CO₂eq pe an prin alegerea apei de rețea în locul apei îmbuteliate [23, 26].

Pe de altă parte în România cât și în Italia, există zone în care problemele legate de protecția mediului sunt foarte pregnante, de asemenea există și zone mono-industriale care

contribuie la accentuarea acestor probleme. Principalele sectoare care determină poluarea locală/regională a apelor cât și a mediului în cele 2 țări menționate mai sus se referă la: exploatarea petrolieră și de minerit, industriile de prelucrare a minereurilor și petrolului, industria chimică, industria de prelucrare a lemnului și celulozei, metalurgia, siderurgia, industria electrotehnică și a construcțiilor de mașini, industria cimentului, transporturi, gospodăria urbană, agricultura etc [2, 23].

Un rol deosebit de important în eficientizarea procesului de tratare a apei îl joacă legislația în domeniu, care în prezent nu oferă mult spațiu de adaptare la schimbările globale. În schimb nu putem spune același lucru despre politica energetică care oferă mai mult spațiu de adaptare la schimbările globale.

Pentru a contribui simultan la reducerea consumului de apă și energie trebuie înțeles foarte bine consensul dintre acestea două aspecte apă și energie, pentru ca problemele să nu mai fie mutate de la o dimensiune la alta deoarece măsurilor legislative le pot lipsi deseori o documentație adecvată.

Atunci când vorbim de legislația din domeniul apei și mai ales de atenuarea schimbărilor climatice, este necesar un proces laborios de analiză pentru a ajunge la rezultate concrete care să fie transpuse în reglementări legislative dar conform studiilor, de cele mai multe ori rezultatele nu sunt puse la dispoziția opiniei publice indicând astfel o lipsă de transparență.

Prin urmare când vorbim de protejarea mediului ne referim direct la gestionarea resurselor într-o manieră durabilă, în cazul de față fiind vorba de apă. În acest sens, Uniunea Europeană ar putea fi un exemplu de bună practică deoarece are capacitatea necesară de a face procesul legislativ mult mai transparent, datorită capacității instituționale și a cooperării transfrontaliere prin partajarea noilor inovații în domeniu. Scopul ar fi acela de a accelera transferul de cunoștințe și bune practici la nivelul UE, regional și global.

CAPITOLUL 2. ASPECTE TEORETICE CU PRIVIRE LA EVALUAREA DE MEDIU A PROCESULUI DE TRATARE A APEI

Industria apei este o potențială sursă de emisii de gaze cu efect de seră (GES), deși nivelurile de emisii de GES sunt mai mici comparativ cu alte sectoare. Totodată aceste niveluri de emisii au o tendință crescătoare odată cu apariția fenomenului de încălzirea globală cât și cu expansiunea numărului de locuitori ai Terrei. Pentru a putea realiza un bilanț al acestor gaze cu efect de seră rezultate în urma procesului de tratare a apei, studiile de specialitate folosesc o serie de metode [19]. În prezenta lucrare metodele la care se va face referire sunt:

- Metodologia Evaluării Externalităților (ExternE);
- Metodologia Înfășurării Datelor (Data Envelopment Analysis - DEA);
- Metodologia Amprente de Carbon (CF);

2.1. Metodologia Evaluării Externalităților

Potrivit Griffin și Steele (1986), există costuri externe atunci când: "*calculul privat al beneficiilor sau costurilor diferă de la evaluarea societății de beneficii sau costuri*". Poluarea reprezintă un cost extern, deoarece daunele asociate sunt suportate de societate în ansamblu și nu sunt reflectate în tranzacțiile de piață [19].

Metodologia Evaluării Externalităților își propune să acopere toate efectele externe relevante (de exemplu, cele care sunt non neglijabile). Cu toate acestea, în stadiul actual al cunoștințelor în metodologie, există încă lacune și incertitudini. Scopul metodologiei, este de a acoperi mai multe efecte și de a reduce, astfel, lacunele și incertitudinile. În prezent, următoarele categorii de impact sunt incluse în metodologie și descrise în detaliu [19]:

1. Impactul asupra mediului:

Efectele care sunt cauzate de eliberarea fie de substanțe (de exemplu, particule fine) sau de energie (zgomot, radiații, căldură) în mediu: aer, sol și apă. Metodologia utilizată aici este abordarea "Calea de impact", care este descrisă în detaliu în Raportul externalităților din domeniul energetic;

2. Impactul încălzirii globale:

Prejudiciul cuantificabil este estimat. Cu toate acestea, din cauza incertitudinilor mari și a posibilelor lacune, se evită abordarea pe baza costurilor, ca metodologia recomandată;

3. Accidente:

Accidentele sunt evenimente nedorite, rare în contrast cu funcționare normală. Se poate face o distincție între impactul la riscurile de accidente publice și ocupaționale. Riscurile

publice pot, în principiu, să fie evaluate prin descrierea posibilelor accidente, prin înmulțirea prejudiciului cu probabilitatea accidentelor. O problemă care nu a fost prezentată aici este evaluarea așa-numita riscuri "Damocles", pentru care impactul înalt cu probabilitate redusă sunt considerate ca fiind mai problematice decât invers, chiar dacă valoarea așteptată este aceeași. O metodă de abordare a acestui tip de risc încă este dezvoltată;

4. Securitatea energetică:

Dacă apar schimbări neprevăzute în disponibilitatea și prețurile agenților energetici, acest lucru are un impact, de exemplu, asupra creșterii economice.

Metodologia Evaluării Externalităților oferă un cadru oportun pentru transformarea impactului (care este exprimat în unități de măsură diferite), într-o unitate de măsură comună și anume în valori monetare. Metodologia Evaluării Externalităților cuprinde următoarele etape principale [19]:

1. Definirea activității care urmează să fie evaluate și scenariul de fond în cazul în care activitatea este încorporată;
2. Definirea importanței categoriei de impact și a externalităților;
3. Estimarea impactului sau efectele activității (în unități fizice). În general, efectele alocate activității sunt diferența dintre efectele scenariului și scenariul fără activitate;
4. Monetizarea impactului, ceea ce duce la costuri externe;
5. Evaluarea incertitudinilor, analiza de sensibilitate;
6. Analiza rezultatelor, elaborarea de concluzii;

În general, costurile externe pot fi caracterizate de ecuația 1 [19]:

$$CE = MP \times VD \quad (1)$$

unde:

CE - reprezintă *costul externalități* - costurile externe totale pentru societate (exprimate în dolari);

MP - *mărimea pagubei* - exprimate în unități fizice (kg emise de CO₂ sau hectare de suprafață afectate);

VD - *valoarea daunelor aduse mediului pe unitatea de pagubă*, este exprimată în dolari pe unitate fizică de pagubă.

Costurile externalităților trebuie normalizate la unele unități comune de servicii pentru o comparație consistentă. De asemenea, trebuie remarcat faptul că pentru a calcula Externalitățile energetice în procesul de tratare a apei se folosește ecuația 2 [82]:

$$\frac{kWh}{m^3} + \frac{kg SC}{m^3} = \frac{kg CO_2}{m^3} \quad (2)$$

unde:

kWh/m^3 reprezintă cantitatea de energie utilizată pentru a produce un m^3 de apă potabilă;

$kg SC/m^3$ - cantitatea de substanțe chimice utilizate pentru a produce un m^3 de apă potabilă;

$kgCO_2/m^3$ - cantitatea de CO_2 emisă în atmosferă pentru producerea unui m^3 de apă potabilă.

2.2. Metodologia Înfășurării Datelor (DEA - Data Envelopment Analysis)

Metodologia Înfășurării Datelor (DEA) este o metodă care a fost realizată de către Charnes, Cooper și Rhodes (1978) urmând să fie aprofundată de Banker, Charnes și Cooper (1984). Scopul acestei analize este de a evalua eficiența unor unități de decizie (DMU) [142], prin utilizarea unor elemente de intrare (input-uri) care produc una sau mai multe elemente de ieșire (output-uri). Unitățile de luare a deciziilor (DMU) în contextul empiric al respectivei lucrări se referă la „utilitățile de apă potabilă și apă uzată” sau „utilitățile de apă urbană”, iar acești doi termeni sunt folosiți în mod interschimbabil [22, 142].

Formula eficienței unei unități de decizie cu o singură intrare și o singură ieșire este definită prin relația 3 [142]:

$$E = \frac{IE}{IN} \quad (3)$$

unde:

E reprezintă eficiența procesului analizat;

IE – ieșiri, rezultatele obținute;

IN – intrări, resursele utilizate pentru procesul analizat.

Pentru mai multe ieșiri și intrări, formula eficienței unei unități de decizie este definită prin relația 4:

$$E = \frac{SP_{IE}}{SP_{IN}} \quad (4)$$

unde:

E reprezintă eficiența procesului analizat;

SP_{IE} – suma ponderată la ieșire, la finalul procesului analizat;

SP_{IN} – suma ponderată la intrare, resursele utilizate pentru procesul analizat.

Analiza de Înfășurare a Datelor (metodologia DEA) este considerată a fi o programare matematică, abordare care se bazează pe măsurarea eficienței relative a unităților de luare a deciziilor (DMU) care au intrări și ieșiri multiple [29]. De asemenea metodologia DEA poate fi privită ca o metodologie de evaluare cu criterii multiple în care unitățile de luare a deciziilor (DMU) sunt alternative, iar intrările și ieșirile DEA au două seturi de criterii de performanță, unde un set (intrari-inputs) trebuie minimizat și celălalt set (ieșiri - outputs) trebuie maximizat [64, 142].

Intrările de exemplu pot fi măsurile de calitate care să acționeze ca surse pentru resursele utilizate de unitățile de luare a deciziilor (DMU). Ieșirile pot fi rezultatele, cum ar fi satisfacția clienților. O „regulă generală sugerată” este aceea că, numărul unităților de luare a deciziilor (DMU-uri) să fie de cel puțin două ori mai mare decât numărul de intrări și ieșiri combinate. O analiză DEA ar trebui să identifice în mod clar obiectivele ce trebuie atinse în urma acestora [29, 60, 142].

Se subliniază faptul că metodologia DEA este utilizată ca o abordare de referință teoretică (fără a avea o funcție de producție reală). Dar pe lângă faptul că este utilizată ca estimare a eficienței producției, DEA este un tip de „evaluare comparativă echilibrată” care examinează performanța/eficiența în mai multe criterii și ajută inteprinderile să își testeze ipotezele referitoare la performanță, productivitate și eficiență [29, 60, 102].

Prin urmare, modul în care trebuie luate în considerare rezultatele nedorite în modelul tradițional de eficiență DEA devine un subiect cu o mare semnificație teoretică și valoare de aplicare [123].

Multe cercetări se concentrează pe aplicațiile metodologiei DEA sau pe evoluțiile sale teoretice. Sunt propuse multe metode DEA, cum ar fi modelele de măsurare a eficienței, impunerea restricțiilor asupra metodei de greutate, investigarea caracteristicilor variabile și aspecte de modelare a transformării datelor etc. Eficiența de mediu ca subiect interesant are atât valoare teoretică cât și sens practic. Până în prezent, cercetătorii au obținut o mulțime de realizări în ambele aspecte ale evaluării eficienței mediului [123].

Metodologia DEA analizează eficiența relativă printr-un raport între intrări și ieșiri în vederea evaluării fiecărei unități de luare a deciziei (DMU) și măsurarea eficienței sale în

comparație cu celelalte unități de decizie. Modelele utilizate pentru măsurarea eficienței pot fi cu **randamente de scară constantă** (CRS) sau **variabile** (VRS), orientate spre minimizarea intrărilor sau maximizarea ieșirilor [142, 143].

Randamentele de scară sunt asociate cu fiecare tip de suprafață determinată de fiecare unitate de decizie DMU. Această suprafață se referă la eficiența procesului și la cât este de afectată această suprafață de proces în sine. Cele care aparțin acestei suprafețe (sau o determină) sunt considerate eficiente iar cele care nu aparțin sunt considerate ineficiente. Pentru ca unitățile de decizie ineficiente să devină eficiente, putem opta pentru următoarele variante [142]:

- reducerea intrărilor în timp ce ieșirile rămân constante (analiza orientată spre intrări);
- creșterea ieșirilor în timp ce intrările rămân constante (analiza orientată spre ieșire);
- creșterea ieșirilor în același timp cu reducerea intrărilor (versiunea duală).

Măsurarea orientată spre ieșire este echivalentă cu măsurarea orientată spre intrare a eficienței tehnice (TE), doar în situația randamentelor de scară constantă (CRS). Analiza DEA este mai clar definită în cazul în care se analizează un proces de producție, unde intrările și ieșirile sunt definite clar prin resursele utilizate necesare pentru intrări și rezultatele obținute pentru ieșiri. Metoda poate fi aplicată și în situațiile în care unele intrări trebuie să fie ridicate din punct de vedere a consumului de energie pentru a îmbunătăți performanța [142].

2.3. Metodologia Amprentei de Carbon

Conceptul de “amprentă de carbon” își are originea ca un subset de “amprentă ecologică”, subset care a fost propus de Wackernagel și Rees prin anul 1996. Amprenta ecologică se referă la terenul biologic productiv și la suprafața necesară pentru a susține viața unui om pe durata întregii sale existențe, aceasta se exprimă în hectare globale. Pe scurt acest concept se referă la suprafața de teren care este necesară asimilării întregului CO₂ produs de omenire [141].

De-a lungul timpului acest concept este întâlnit destul de rar în literatura științifică, căpătând o importanță deosebită odată cu apariția conceptului de “schimbări climatice”. Conform literaturii științifice - Amprenta de Carbon se referă la *“cantitatea de gaze cu efect de seră emise în atmosferă pe parcursul ciclului de viață al oricărui produs sau al oricărei activități, exprimată în dioxid de carbon echivalent (CO₂ echivalent)”*[141].

Cele mai multe studii au fost realizate de către companii și organizații private cu scopul de a-și minimiza costurile și mai puțin pentru responsabilitatea pe care o au față de mediu [47, 79, 88, 91, 116, 117, 152].

Amprenta de Carbon a activităților și a produselor, a devenit un concept popular, deoarece guvernele, întreprinderile și persoanele fizice sunt tot mai conștiente cu privire la schimbările climatice și preocupate de propriile efecte asupra mediului. Atenția mass-media și a publicului larg este îndreptată spre utilizarea metodologiei Amprente de Carbon ca instrument ce urmărește a reduce emisiile de gaze cu efect de seră. Gazele cu efect de seră au devenit o provocare serioasă, din cauza lipsei de linii directe universale care duc la ambiguitate iar în final la lipsa răspunsurilor politice [67].

Amprenta de carbon este efectul cumulat al diferitelor activități umane asupra mediului. Această estimare se realizează pe baza metodologiei stabilite prin standardul ISO 14040: 2006, *Evaluarea Ciclului de Viață: Principii și Ciclul de Viață, Evaluare: Cerințe și Orientări. Caietul de Sarcini a Publicului, disponibil (PAS 2050)* [25, 87].

Aplicarea metodologiei Amprente de Carbon pentru procesul de tratare a apei ar trebui să includă următoarele etape cheie [74, 147]:

1. O definiție clară a scopului studiului, de utilizare a produsului și a unității funcționale care este compusă din trei parametri: amplitudine (de ex. cantitatea de apă), durata estimată a serviciului și nivelul de calitate așteptat;

2. O analiză a ciclului de viață al produsului luat în studiu, cu o definiție detaliată a tuturor proceselor implicate deoarece este necesar pentru a se detecta toate sursele directe și indirecte de emisii. Standardul este explicit asupra acestei probleme: “un inventar constă în servicii, materiale și fluxuri de energie care devin produs, fac produsul, și poartă produsul prin ciclul său de viață. Acestea sunt definite ca procese care pot fi atribuite” [103]. Ele pot fi enumerate după cum urmează [103]:

- a) bunurile de capital (de exemplu, mașini, camioane, infrastructuri);
- b) operațiuni de secții (de ex. iluminat, aer conditionat);
- c) activități și servicii corporative (de ex. cercetare și dezvoltare, funcții administrative, vânzările companiei și marketing);
- d) transportul produsului la utilizator în locația de vânzare;
- e) transportul angajaților la și de la lucrări.

3. O identificare a materialelor și fluxurilor de energie pentru procesele menționate anterior completează definirea limitelor analizei;

4. Prima fază de colectare a datelor este o scurtă descriere a sursei, calitatea datelor, încercările de îmbunătățire și validitatea datelor colectate;

5. O validare a datelor colectate prin intermediul verificării, cuantificării și raportării surselor de incertitudine este considerat inventarul în cauză. Incertitudinile pot implica parametrii, scenarii și/sau modelul;

6. Cel mai important pas pentru aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon este calculul. După cum urmează în relația 5, vom cuantifica datele pe care le-am utilizat și valorile potențialului de încălzire globală oferite de Grupul Interguvernamental de experți în evoluția climei (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) pentru a le transforma în unitatea de măsură care ne interesează și anume CO₂ echivalent (CO₂eq):

$$kgCO_2eq = DED [kgGES] \times GWP \left[\frac{kgCO_2eq}{kgGES} \right] \quad (5)$$

unde:

kgCO₂eq – reprezintă cantitate de CO₂ emisă în atmosferă;

DED reprezintă datele de emisie directă;

GWP – potențialul de încălzire globală;

kgGES – cantitatea de gaze cu efect de seră emisă în atmosferă.

Prin urmare, Calculul Amprentei de Carbon ar trebui să ia în considerare fluxul de referință, astfel încât suma obținută să fie corectă și justificată [103].

Totalul de CO₂eq/unitatea de analiză- reprezintă cantitatea de CO₂ care este emisă în atmosferă, ca urmare a îndeplinirii funcției unui produs. Prin urmare, în bilanțul masic, emisiile sunt tratate ca valori pozitive și absorbțiile sunt tratate ca valori negative. Efectele schimbărilor de utilizare a terenului sunt incluse în totalul rezultatelor de inventar, dacă acestea sunt imputabile produsului studiat. Dacă impactul de utilizare a terenurilor este atribuit și nu apar mutări în ciclul de viață al produsului, rezultatele totale de inventar sunt pur și simplu suma emisiilor în CO₂eq per flux de referință [103];

7. La sfârșitul calculului și înainte ca rezultatele obținute să fie publicate, compania trebuie să obțină un certificat care să ateste exactitatea datelor. Acest pas este foarte important, deoarece trebuie să fie în conformitate cu standardul de produs, care permite să se evalueze și să interpreteze rezultatele;

8. Ultima etapă constă în realizarea documentului final, care va fi prezentat publicului. Direcțiile în ceea ce privește elaborarea documentului sunt prezentate în standardul corporativ.

Comparativ cu studiile anterioare [47, 79, 87, 88, 91, 103, 116, 117, 141, 152] care se concentrau pe emisiile de CO₂ ca linie principală și pe includerea celor mai importante gaze cu efect de seră în calcul, această metodologie a început să devină mai cuprinzătoare (sunt mai multe gaze cu efect de seră luate în calcul) în ceea ce privește gazele cu efect de seră incluse pe parcursul etapelor unui produs sau activitate. De asemenea Metodologia Amprentei de Carbon a fost extinsă și pentru a acoperi sistemul natural, cumva pentru a putea calcula și emisiile inevitabile care au loc în urma unui proces sau activitate [47, 88, 91, 117].

În prezenta lucrare de cercetare se va utiliza Metodologia Amprentei de Carbon deoarece a ajuns să fie valorificată ca un instrument puternic care scoate în evidență reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră din cadrul activităților, afacerilor, evenimentelor etc. și este promovată ca un indicator al dezvoltării durabile.

2.4. Concluzii privind evaluarea metodologiilor de analiză a eficientizării procesului de tratare a apei

Metodologia Evaluării Externalităților (ExternE) își propune să cuantifice impactul real, și utilizează preferințele individuale (exprimat ca disponibilitatea de a plăti) pentru a cântări fiecare efect dintre categoriile de impact [53]. Un dezavantaj al acestei metode este că are un număr limitat de efecte și incertitudini luate în calcul fapt care ne indică incongruența cu studiul de caz prezent în această lucrare.

Mai mult decât atât pentru a compara sau a evalua impactul asupra mediului a unei industrii prin această metodologie trebuie să se asigure convertirea unității de măsură a acelui impact într-o unitate de măsură comună metodologiei, acest lucru nu este simplu deoarece există posibilitatea ca unele categorii de impact să nu agreeze acea unitate de măsură.

Pentru a estima cât mai exact productivitatea și eficiența sectorului apei pot fi utilizate diverse tehnici parametrice (cea mai utilizată este Analiza Frontierei Stochastice - Stochastic Frontier Analysis -SFA) și nonparametrice (Metodologia Înfășurării Datelor - DEA), pentru a analiza performanța firmelor publice și private din literatura de specialitate fără a avea o funcție de producție reală [142, 143].

După cum s-a specificat și anterior Metodologia DEA este recomandată a fi folosită mai ales în sectorul serviciilor, unde poate utiliza comparații între diferite niveluri de eficiență, poate propune modificări și îmbunătățiri în gestionarea serviciilor [143]. Ca oricare alta metodă aceasta este limitată în ceea ce privește stabilirea dimensiunii eșantionului cât și la selectarea producției, acestea conducând la diferențe mari între rezultatele obținute și nu ar putea fi explicate.

Prin urmare, având în vedere specificul studiului de caz din prezenta lucrare se recomandă utilizarea Metodologiei Amprentei de Carbon care poate evalua potențialul de încălzire globală a unei organizații, produs, proiect sau serviciu.

Dincolo de numărul variat de categorii de impact examinate, Amprenta de Carbon separă intrările în trei categorii de aplicare [25, 72, 87], ceea ce conduce la o exactitate în datele obținute, după cum urmează:

- domeniul de aplicare (1): toate emisiile directe, gaze cu efect de seră asociate cu activitățile deținute sau controlate;
- domeniul de aplicare (2): toate emisiile indirecte - achiziționarea de energie electrică, energie termică sau abur;
- domeniul de aplicare (3): alte emisii indirecte, cum ar fi activitățile legate de transport în vehicule care nu sunt deținute de companie, de eliminare a deșeurilor etc.

Datorită complexității domeniului pe care îl cuprinde, vom utiliza Metodologia Amprentei de Carbon pentru a evalua potențialul de încălzire globală generat de procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați- Bacău, România și SMAT- Torino, Italia.

Atunci când se va calcula Amprenta de Carbon este recomandat să se țină cont de toate cele 3 domenii definite de Standardul corporativ, enumerate mai sus. De asemenea când se realizează o situație a elementelor luate în considerare, aceasta este recomandată să cuprindă fluxuri de servicii, materiale și energie care devin produsul obținut, în cazul nostru apa potabilă.

Mai trebuie specificat faptul că Metodologia Amprentei de Carbon oferă cadrul complex de a evalua impactul asupra mediului a unui proces, în cazul de față procesul de tratare a apei. Dacă e să comparăm această Metodologie a Amprentei de Carbon cu LCA (Evaluarea Ciclului de Viață - metodă pe care nu am specificat-o în prezenta lucrare deoarece poate fi un subiect amplu de cercetare într-o altă lucrare) se poate observa că procesele analizate cu aceste metode sunt mult mai complexe și nu mai este suficient să inventariem doar emisiile de CO₂. Acest lucru poate fi observat în metodologiile de evaluare și în sistemele de management de mediu.

Dintr-o perspectivă a accesibilități, Metodologia Amprente de Carbon mai mult decât orice altă metodă sau alt concept a devenit un instrument care a atras atenția publicului. Putem observa la o simplă cercetare că există un număr covârșitor de site-uri web, unele chiar aparținând guvernelor unde se poate calcula impactul unei persoane și a oferi sugestii pentru compensarea sau diminuarea emisiilor.

În general această Metodologie (Amprenta de Carbon) are potențialul să atragă atenția societății și să genereze discuții despre impactul produselor și serviciilor asupra mediului, unde se poate genera un cadru mai consistent din punct de vedere al informațiilor care să conducă spre evaluarea de mediu a activităților desfășurate de către consumator.

CAPITOLUL 3. ASPECTE CU PRIVIRE LA PROCESUL DE TRATARE A APEI DIN CADRUL STAȚIILOR DE TRATARE A APEI BACĂU, ROMÂNIA ȘI TORINO, ITALIA

Perioada la care se referă datele obținute din cadrul stațiilor de tratare este anul 2015 și vor fi prezentate mai detaliat în următoarele capitole. Metodologia Ampreței de Carbon utilizată pentru a afla cantitatea de CO₂eq emisă în atmosferă de fiecare stație de tratare în parte se referă la anul 2015. Metodele care au fost prezentate în capitolul anterior au fost studiate și analizate pe toată perioada studiilor doctorale.

A fost aleasă pentru studiu stația de tratare a apei Bacău, România deoarece aceasta este o stație de tratare rereativ nouă, orașul Bacău fiind un oraș cu un număr mediu de locuitori. Acest aspect este specificat deoarece experiența în domeniul tratării apei este la început la Bacău iar stația de tratare a apei din Torino (SMAT), Italia vine cu o vastă experiență în domeniul tratării apei și poate fi dată ca exemplu de bună practică, acesta fiind și principalul motiv pentru care s-a studiat procesul de tratare a apei din cadrul stației SMAT, Torino.

De asemenea trebuie specificat faptul că datele folosite, calculate și analizate în acest studiu de caz au fost utilizate cu acordul **S.C. Compania Regională de Apă Bacău S.A.** pentru STA Barați și de către **Società Metropolitana Acque Torino S.P.A.** pentru STA SMAT.

Două preocupări generale gravitează în jurul proceselor de tratare a apei respectiv, eficiența energetică și compatibilitatea cu mediul. Stațiile de tratare a apei sunt îmbunătățite pentru o utilizare rațională a energiei și implementarea surselor regenerabile de energie.

Schemele instalațiilor de tratare se alcătuiesc în funcție de natura și caracteristicile apei captate, precum și condițiile de calitate cerute de nevoile consumatorilor, urmărind soluțiile cele mai economice și mai sigure în exploatare. Aporturile de energie ale unui ciclu tipic de utilizare a apei pot fi defalcate în cinci etape de bază după cum se poate observa și în figura 6 [2, 13, 50, 59, 60, 111, 135].

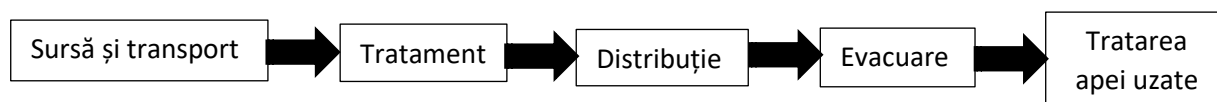


Fig. 6. Etape principale consumatoare de energie în procesul de tratare a apei [2, 50, 59, 60, 111, 135].

Impactul schimbărilor climatice și accentuarea poluării mediului, în momentul de față necesită un studiu aprofundat, nu numai asupra eficientizării procesului de tratare a apei ci și asupra impactului acestuia asupra mediului prin diferite abordări.

Schema procesului de tratare a apei este eterogenă din cauza mai multor factori. În primul rând putem vorbi despre caracteristicile fizico-chimice ale apei brute, care depind de proveniența acesteia (ape de suprafață sau subterane) și de nivelul de poluare. În al doilea rând schema procesului de tratare a apei poate fi diferită, în funcție de utilizarea finală a apei (alimentare cu apă, irigații, industrie etc.). Apele subterane sunt o sursă primară importantă de apă pentru că de obicei sunt mai puțin poluate, de asemenea și apa de suprafață poate fi destinată consumului uman, cu măsuri minime, uneori doar dezinfecție. Trebuie remarcat faptul că, indiferent de unde provine apa sau ce fel de tratare i se aplică, într-o stație de tratare a apei un pas obligatoriu este dezinfecția [2, 13, 115].

Principalele substanțe prezente în apele subterane sunt metale (în principal fier și mangan), sulfuri, amoniac, precum și substanțe organice, cum ar fi solvenții. În ceea ce privește apele de suprafață, substanțele principale prezente implică materii în suspensie (turbiditate), amoniac și compuși organici (cea mai mare parte solvenți și pesticide). Din această cauză procesul de tratarea a apei aplicat pentru apele de suprafață este realizat din mai multe faze consecutive, cum ar fi pre-oxidare, coagulare-floculare, filtrare pe nisip și/sau carbon activ granular (CAG) (fig. 7a), iar stația de tratare a apei de suprafață se caracterizează printr-o cerere foarte mare de produse chimice, energie și spațiu [2, 115].

Pe de altă parte, procesul de tratare aplicat pentru apele subterane, de obicei, prevede un sistem de tratare simplu și compact, care poate fi destul de variat în funcție de caracteristicile fizico-chimice ale apei brute. Prin urmare separarea, aerarea, filtrarea și/sau adsorbția pe CAG poate preceda alternativ dezinfecția (fig. 7b). De obicei, în apele subterane utilizarea substanțelor chimice este limitată iar cererea de energie se datorează în principal pompări apei și eventual filtrării [2, 120].

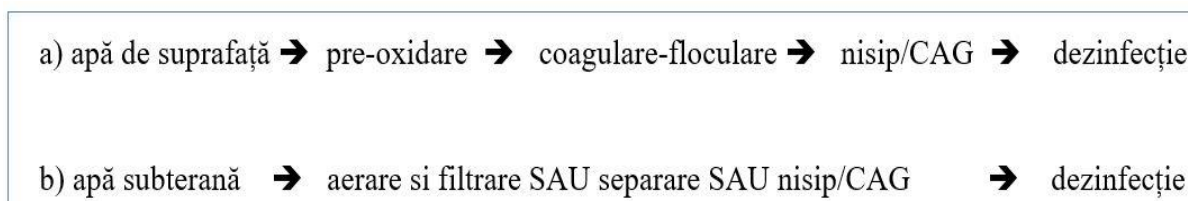


Fig. 7. Schema generală a procesului de tratare a apei pentru diferite surse de apă [13].

În general în stațiile de tratare a apei, extragerea apei brute din sursele subterane sau de suprafață și distribuției apei potabile la utilizatorii finali pot juca un rol important pentru stabilirea impactului asupra mediului și asupra cererii de energie. De exemplu pentru sursa de apă și pentru transportul acesteia este posibil să fie necesare cantități semnificative de energie,

atât pentru a crea o sursă de apă potabilă și transportul ei acolo unde va fi tratată sau consumată [2, 111].

Majoritatea apei utilizate provine din surse de suprafață, cum ar fi râuri și lacuri sau pompată de la acviferele de apă subterană. În general, cantități mai mici de apă dulce sunt produse din apă sărată sau ape uzate folosind tehnologii de desalinizare sau de epurare a apei. Desalinizarea necesită energie pentru a elimina sărurile din apă folosind osmoza inversă sau alte procese. Epurarea apei necesită energie pentru a elimina poluanții din apele uzate. Apa este folosită fie în apropierea sursei sale, fie transportată pentru depozitare și utilizare în altă parte [2, 5].

În același timp transportarea apei necesită adesea pomparea apei pe dealuri și munți sau în spații de depozitare, un proces care poate consuma cantități mari de energie. Astfel de sisteme au, de asemenea, generatoare hidroelectrice care recuperează o parte din această energie pe măsură ce apa cade gravitațional în cealaltă parte a acestor dealuri sau munți [13].

Pe de altă parte instalațiile de tratare a apei utilizează energia pentru pomparea și tratarea apei. Cantitatea de energie necesară pentru tratament depinde de calitatea apei la sursă. Apele subterane de înaltă calitate pot necesita un tratament simplu dar dacă apa de suprafață prelevată din râuri care au deversori în amonte de ape uzate, poate necesita un tratament mult mai complex. Energia necesară pentru tratarea apei este de așteptat să crească în următorul deceniu, pe măsură ce capacitatea de tratare se extinde, sunt stabilite noi standarde de calitate a apei și sunt dezvoltate noi tratamente pentru a îmbunătăți gustul și culoarea apei potabile [14, 72].

Utilizatorii de apă consumă energie prin tratarea suplimentară a apei (de ex. cu îndulcitori sau filtre), circulând și presurizând-o (de ex. cu pompe de circulație a clădirilor sau sisteme de irigare) și încălzind-o sau răcind-o. Colectarea și tratarea apelor uzate consumă energie în procesul de pompare, aerare și alte procese.

3.1. Aspecte cu privire la procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău, România

Stația de tratare a apei Bacău (STA Barați) este alcătuită din următoarele unități componente [50]:

- Priza de apă brută și camera de distribuție;
- Camere de debitmetre sub forma unor bazine îngropate, din beton armat;
- Bazine de mixare rapidă, bazine de floculare
- Decantoare lamelare;

- Filtre de nisip gravitaționale;
- Rezervor de contact clor;
- Rezervor cu apă de spălare;
- Rezervor de sedimentare apă murdară de la spălarea filtrelor;
- Clădire pentru suport procese și control servicii;
- Cameră colectare namol;
- Clădire clorinare formată din camera stocare clor, camera de pregătire a concentrației de clor, camera de neutralizare.

Stația de tratare a apei manageriază întreg sistemul de apă din orașul Bacău (fig. 8) și procesează un debit maxim $1.400\text{m}^3/\text{h}$ apă brută de la barajul Poiana Uzului. Procesul principal de tratare a debitului funcționează gravitațional prin amplasarea punctului de intrare a apei brute la capătul cel mai înalt al stației, care permite ca apa să graviteze prin diferitele unități de tratare în jos spre rezervoarele de înmagazinare a apei tratate, acestea se află la aproximativ 9m mai jos [50].

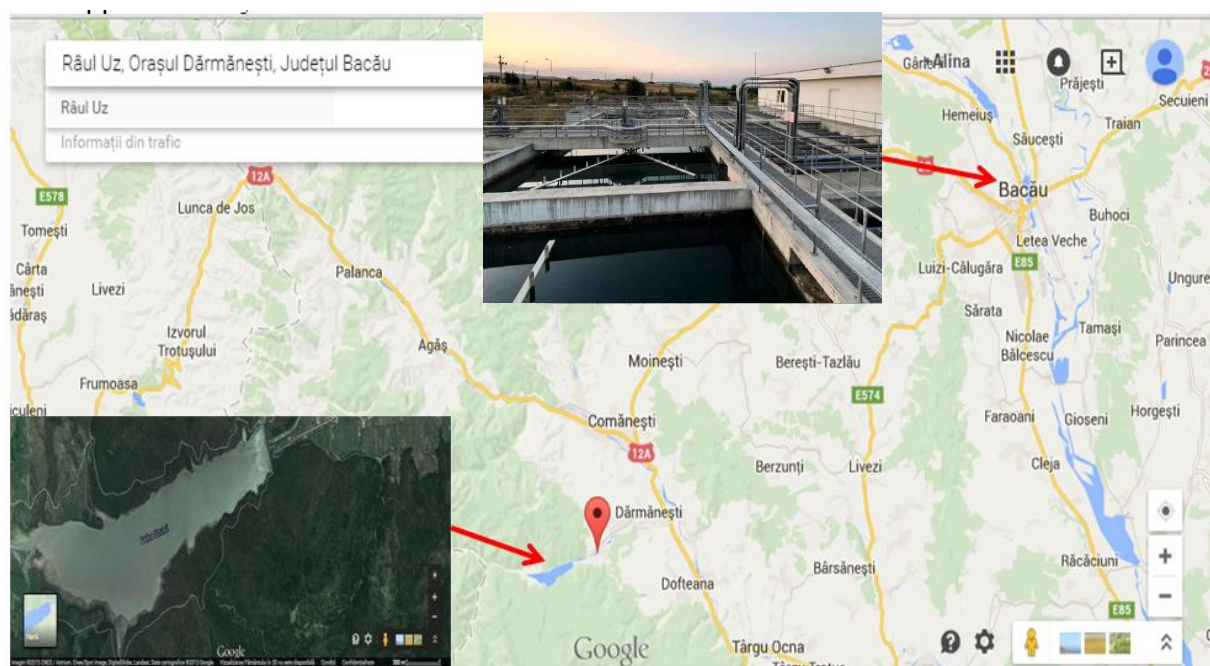


Fig. 8. Lacul Poiana Uzului și stația de tratare a apei Bacău [150].

Acumularea nu are nici o funcție de apărare împotriva inundațiilor, dar poate reduce descărcarea de apă. Barajul Poiana Uzului a fost construit între anii 1965 - 1972, este un baraj de greutate din beton, cu o înălțime maximă de 80 m și o lățime maximă de 15 m la baza barajului. Volumul acumulat: 90 de milioane de m^3 . Zonă lac: 340 ha [50].

Procesul de tratare a apei (fig. 9) constă în [50]: coagulare, mixare, floculare, decantare, corectarea finală a pH-ului, clorurare.

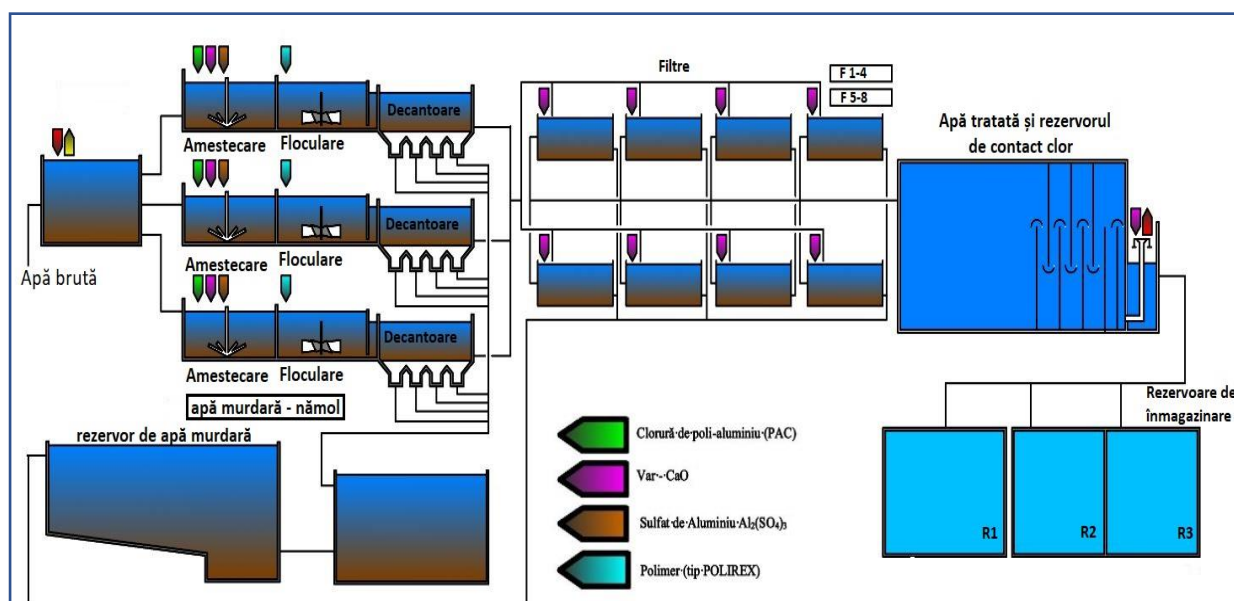


Fig. 9. Schema procesului de tratare a apei în stația de tratare a apei Bacău [50].

- Camera de intrare a apei brute în stația de tratare a apei

Pentru a putea controla debitul de intrare a apei în stație, în camera de intrare a apei brute este instalat un deversor. Acesta evacuează în cel mai apropiat canal apa de restituție, deversorul este realizat astfel încât să admită nivelul maxim al debitului stației.

Linia de tratare are instalate grătare de autocurățire în amonte de cele 3 deversoare care au rolul de a echilibra debitul de intrare a apei în stație (fig. 10).



Fig. 10. Intrarea apei brute în stația de tratare Barați, Bacău.

Camera de intrare a apei brute permite divizarea debitului în trei părți (fig. 11) egale deversând peste trei deversoare orizontale, la aceeași înălțime în camere individuale pentru a forma începutul a trei linii paralele de mixare/floculare/decantare.



Fig. 11. Deversor orizontal în stația de tratare Barați, Bacău.

În aval de fiecare deversor, apa curge din fiecare cameră de intrare printr-un stăvilă de izolare printr-o conductă care este prevăzută cu un debimetru electromagnetic către camera de amestec (mixare).

- **Etapa de coagulare în procesul de tratare a apei**

În interiorul conductei, imediat în amonte de camera de amestec este dozat sulfatul de aluminiu (și var dacă este necesară corectarea pH-ului). De asemenea punctul de dozare a prafului de carbon activat (PAC) este amplasat la punctul de dozare al coagulantului.

- **Camera de amestec a apei brute (mixare)**

În apa brută este dozat coagulant după care aceasta intră în camera de amestec. Apa este amestecată mecanic de un mixer montat pe o consolă de beton cu o deschidere egală cu cea a rezervorului. După finalizarea acestei etape, apa trece apoi la un nivel scăzut într-o cameră de floculare unde este agitată mecanic.

- **Etapa de floculare în procesul de tratare a apei**

Procesul de floculare poate fi reglat și în timpul procesului formării flocoanelor. La un debit maxim, apa care este dozată cu coagulant are o perioadă minimă de floculare de aprox. 20 de minute (fig. 12). Pentru ca fenomenul de formare a flocoanelor să fie unul corespunzător se adaugă doze specifice de polielectroliți, fie în timpul amestecării, fie în stadiile de floculare.

- **Etapa de decantare a apei în procesul de tratare a acesteia**

După ce se finalizează etapa de floculare, apa ajunge într-un decantor lamelar prin două seturi de sisteme de țevi de colectare și dispersie pentru ca apa să fie distribuită în mod egal pe întreaga suprafața a decantorului.



Fig. 12. Bazinul de amestecare (floculator).

Decantorul este prevăzut cu module de tuburi decantoare cu lamelă. Apa flocluată curge în sus pe diagonală și se devarsă peste 10 jgheaburi (total 30), cu partea superioară în formă de V.



Fig.13. Decantorul lamelar al apei.

La baza fiecărui decantor există 3 pâlnii de colectare a nămolului care este evacuat secvențial și deversat la rezervorul de recepție/reciclare comun.

- **Corectarea finală a pH-ului apei (pre-filtru)**

Supranatantul de la cele 3 decantoare este evacuat într-un canal de preluare a apei decantate. Varul va fi dozat astfel încât pH-ul să fie ridicat la nivelul prescris. Există și un punct de dozare alternativă a varului după etapa de contact Cl₂, pentru a împiedica: creșterea solubilității flocoanelor, calitatea neadecvată a apei sau temperatura care influențează decantarea.

- **Filtrarea**

Fiecare filtru are o suprafață de filtrare minimă de 63 m² și sunt amplasate în două grupe (fig. 14) de câte patru în partea de jos, de-a lungul încăperii centrale a camerei filtrelor, unde se află suflantele de aer, spălarea inversă, apa de serviciu și pompele de antrenare a compresoarelor de apă și aer.

Rezervorul apei de spălare este poziționat central de-a lungul încăperii stației sub nivelul principal al încăperii. Evacuarea apei filtrate, admisia apei de spălare și conductele de spălare cu aer și vanele sunt instalate cât mai departe de-a lungul perimetrului inferior al acestei zone. Rezervorul unic de colectare/decantare a apei de spălare asigură 2 spălări complete a filtrelor [50].



Fig. 14. Filtre din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău.

- **Etapa de clorurare a apei**

Rezervorul cu clor este poziționat sub unitățile de filtrare. Clorul gazos este dozat la intrarea în rezervorul de contact prin intermediul unei conducte de pulverizare montată transversal sub intrarea în deversor. La finalul acestei etape se efectuează monitorizarea clorului rezidual (împreună cu pH-ul, turbiditatea și conductivitatea (fig. 15)) pentru a putea regla/corecta parametrii la nivelul dorit înainte ca apa să ajungă în rezervoarele de înmagazinare.



Fig. 15. Colectarea probelor în laborator din apă tratată, înainte de distribuție.

Prin urmare o mostră comună este pompată la laborator și este conectată la același set de instrumente care va măsura mostra de apă netratată de la de priza de apă a stației (camera de intrare).

- **Corectarea finală a pH - ului apei (post contact Cl₂)**

La capatul din aval al rezervorului de contact, apa tratată trece de un deversor la nivel înalt pentru a menține rezervorul plin și pentru a asigura realizarea unei perioade minime de contact. Aceasta poziționare asigură un amestec bun.

Apa tratată curge peste deversor spre cele trei rezervoare de înmagazinare existente, această curgere este controlată de o vană acționată electric, montată pe fiecare linie. Vanele sunt reglate de la unitatea centrală SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition (fig. 16)) din camera de comandă. Debitul de admisie al fiecărui rezervor va fi monitorizat de un debitmetru electromagnetic montat în amonte de vana sa de control activată.

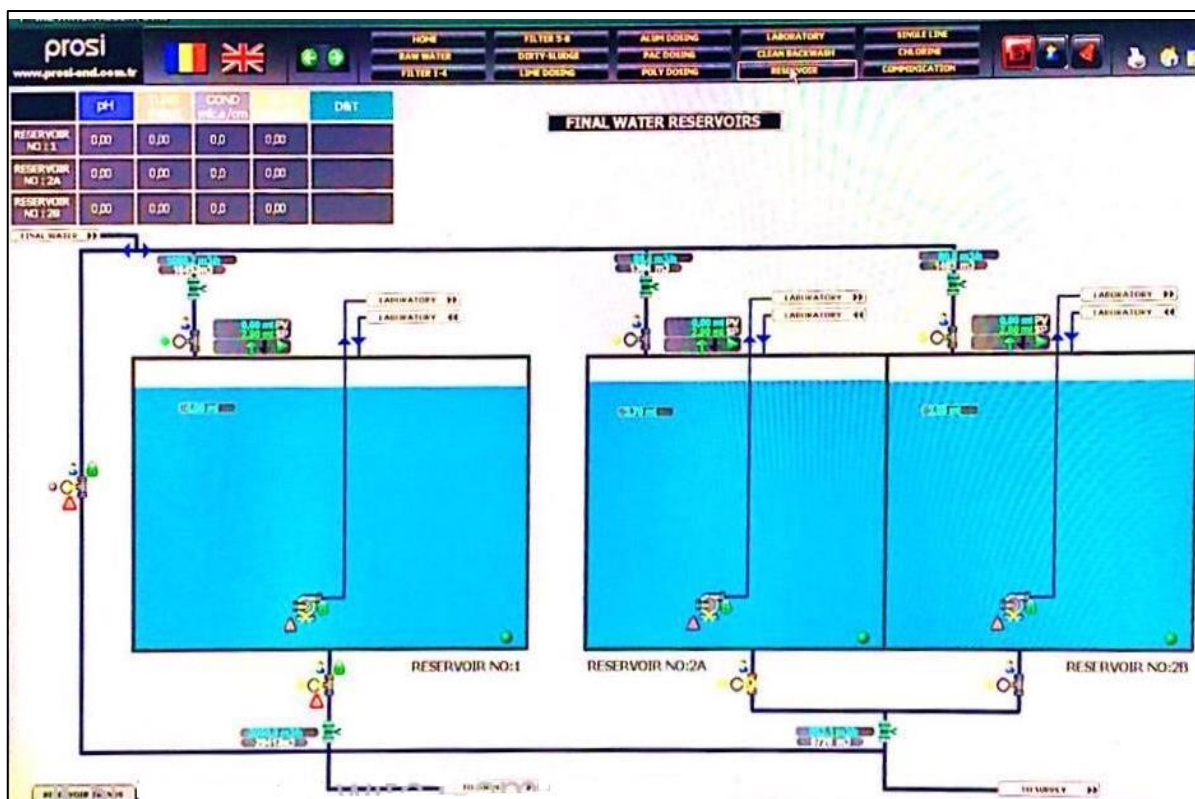


Fig. 16. Imagine de reprezentare a sistemul de control al STA Barați, Bacău; bazin de înmagazinare a apei [50].

O mențiune care trebuie făcută este că stația de clorinare are alocate trei camere [50]: camera de depozitare (stocare) a clorului, camera de pregătire a concentrației de clor, camera de neutralizare.

La ieșirea apei tratate din stație către distribuție, sunt prelevate probe în interiorul fiecărui rezervor pentru a urmări parametrii ceruți de legislația în vigoare: clorul rezidual, pH-ul, turbiditate, conductivitate etc., rezultatele fiind înregistrate de sistemul SCADA.

3.1.1. Estimarea consumului de energie pentru echipamentele din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău

Schemele instalațiilor de tratare se alcătuiesc în funcție de natura și caracteristicile apei captate, precum și condițiile de calitate cerute de nevoile consumatorilor, urmărind soluțiile cele mai economice și mai sigure în exploatare [111].

Energia este de obicei, necesară pentru extragerea apei brute din oricare sursă. Unele surse de apă necesită un proces de tratare simplu, astfel încât consumul de energie este foarte scăzut, așa cum vom vedea că este cazul stației de tratare a apei Barați, Bacău. Extragerea apelor subterane necesită aproximativ cu 30% mai multă energie electrică decât extragerea apei de suprafață. Cantitatea de energie consumată pentru extragerea apei subterane este unică pentru fiecare sistem de apă, variind de la cerințele reduse de energie ale unui sistem de alimentare

prin gravitație la cerințele ridicate de energie ale unui sistem de osmoză inversă cu apă pompată din mare [76, 111].

Diferiți factori, cum ar fi distanța de la sursa de apă la consumator, volumul de apă distribuit, calitatea apei brute și tratamentul necesar pentru utilizarea apei determină cheltuielile globale de energie per unitate de volum de apă [50, 76, 111].

După realizarea procesului de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău rezultă o cantitate de apă tratată cu diferite caracteristici fizico-chimice, care implică un consum de energie și o cantitate de substanțe chimice. Pentru stația de tratare a apei considerată în acest studiu de cercetare, pe perioada monitorizată, **anul 2015**, trebuie specificat faptul că energia consumată pentru tratarea apei este interdependentă de turbiditatea apei brute care a înregistrat valori cuprinse între 2,76 - 27,72 NTU.

Cât privește eficiența energetică și compatibilitatea cu mediul, stațiile de tratare a apei sunt îmbunătățite continuu pentru o utilizare rațională a energiei și implementarea surselor regenerabile de energie. Astfel, obiectivele de mediu ca, reducerea emisiilor de CO₂ și optimizarea eficienței energetice sunt principalele preocupări actuale. Folosind utilaje cu eficiență superioară, tehnologii avansate de tratare a apei se oferă posibilitatea de a obține sinergii suplimentare pentru reducerea consumului de energie. Mai mult, prin optimizarea proceselor de tratare a apei se poate reduce consumul de substanțe chimice folosite la tratarea chimică a apei. Prin instalarea unor sisteme adecvate de control al proceselor și a unor programe de întreținere, stațiile pot beneficia de o verificare extrem de atentă. Intervalele de întreținere sunt extinse și durata de viață a utilajelor/instalațiilor de potabilizare a apei poate fi de asemenea prelungită [50, 111].

Extragerea și tratarea apei brute este prima fază a unui din cadrul unui sistem de apă municipal. De obicei, energia electrică este necesară pentru extragerea apei brute din orice sursă. Unele surse de apă au nevoie de foarte puțin tratament, astfel încât intensitatea lor energetică este scăzută, așa cum este cazul și stației de tratare a apei Barați, Bacău [74].

Stația de tratare a apei Barați (STA Barați), pe perioada monitorizată a celor 12 luni din anul 2015 a înregistrat un consum de energie (tab. 6) electrică de aproximativ 40.538 MW h/an.

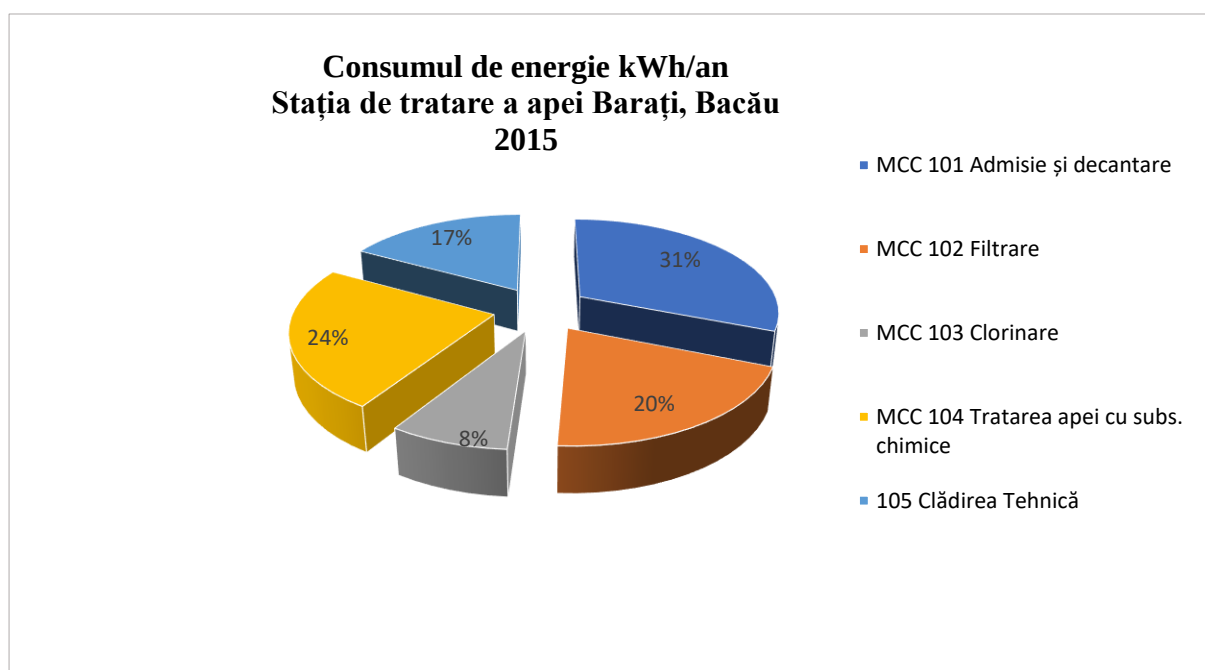
Conectarea echipamentelor la alimentarea cu energie electrică din cadrul stației de tratare a apei Barați se face la rețeaua locală. În circuitul apei tratate, alimentarea cu apă, transportul, tratarea și eliminarea sunt procese care consumă o cantitate considerabilă de energie electrică. În plus, există o utilizare indirectă a energiei pentru producerea de substanțe chimice.

Tabelul 6. Consumul de energie din cadrul STA Barați [50].

Punct	Descriere	kWh/zi	kWh/lună	kWh/an
MCC 101	Admisie și decantare	345,785	10.373,550	124.482
MCC 102	Filtrare	228,375	6.851,250	82.215
MCC 103	Clorinare	94,32	2.829,6	33.955
MCC 104	Tratarea cu substanțe chimice	268,094	8.042,82	96.513
105	Clădirea Tehnică	189,5	5.685	68.220
Total kWh/zi		1.126,074	33.782,22	405.386,64

*MCC- centrul de control al motorului (motor control center).

Așa cum se poate observa (fig. 17), în cazul procesului de tratare a apei din Bacău cel mai mare consum anual de energie este înregistrat în etapa de admisie și decantare a apei care reprezintă mai mult de 30% din consumul total de energie.

**Fig. 17.** Consumul de energie pentru stația de tratare a apei Barați.

După cum s-a specificat deja, cantitatea de energie consumată depinde de turbiditatea apei brute tratate. Calculul real al consumului de energie (tab. 7) constă din debitul mediu de apă brută (25.785 m³/zi) și energie pentru anul 2015 care este de aproximativ de 800 kWh/zi. Consumul mediu real de energie electrică pentru perioada luată în calcul este de 0,0209 kWh/m³.

Tabelul 7. Valorile energiei electrice consumate la STA Barați.

Echipamentele de proces	Debitul mediu, m ³ /zi	Consumul de energie electrică garantat, kWh/m ³
	(60.000 m ³ /zi)	
1	2	3
Turbiditatea apei brute		
Apă brută NTU 1 - 10	30.000	0,02726
Apă brută NTU 10 - 20	21.000	0,02726
Apă brută NTU 20 - 70	9.000	0,02726

3.1.2. Estimarea consumului de substanțe chimice în stația de tratare a apei Barați, Bacău

Substanțele chimice folosite în procesul de tratare a apei și din distribuția acesteia ajung în aceasta direct, iar aceste substanțe chimice se încadrează în 3 mari categorii [50]:

- substanțe rezultate din adăugarea substanțelor chimice utilizate în procesul de tratare a apei pentru coagulare și dezinfectare - aceste substanțe chimice sunt adăugate în mod intenționat și pot da naștere la reziduuri sau subproduse;
- dezinfectanți care sunt adăugați în mod deliberat cu intenția de a menține un reziduu în distribuție, de obicei la robinet - aceste substanțe chimice pot da naștere și subproduselor;
- substanțe care se scurg din materiale utilizate în distribuție sau din instalații sanitare care provin din produsele de coroziune ale țevelor.

Organizației Mondiale a Sănătății pentru Calitatea apei potabile acoperă un număr semnificativ de substanțe potențiale provenite din tratarea sau distribuția apei (tab. 8), dar doar câteva dintre aceste substanțe au o semnificație practică [149].

Este important ca stațiile de aprovizionare cu apă să gestioneze corect orice substanță chimică pe care o utilizează [149]. În multe cazuri, cea mai bună metodă de control este prin practici de management, cum ar fi optimizarea procesului de tratare și reglarea materialelor și substanțelor chimice care vin în contact cu apa potabilă, mai degrabă decât prin monitorizare și analize chimice.

Tabelul 8. Monitorizarea riscurilor substanțelor chimice folosite în procesul de tratare a apei [149].

Substanța chimică	Relevanța monitorizării	Măsuri ce pot fi aplicate
Substanțe chimice pentru tratament		
<i>Dezinfectanți:</i>		
Clor	Indicator util pentru monitorizarea operațională a dezinfectării	Important pentru dezinfectare, este monitorizarea post tratament pentru a asigura dezinfecția
Dioxidul de clor	Verificare împreună cu monitorizarea cloritului și cloratului	Control prin optimizarea dozei
Monocloramină	Verificare	Gestionat prin asigurarea condițiilor și a dozei corecte
Ozon	-	Control prin optimizarea dozei
<i>Coagulanți:</i>		
Aluminiu	Verificare	Peste 0,2mg/l poate cauza probleme în apa murdară, control prin optimizarea tratamentului
Fier	Verificare	Peste 0,3mg/l poate cauza probleme în apa murdară, control prin optimizarea tratamentului
<i>Alți coagulanți:</i>		
Acrilamidă	-	În specificațiile produsului
Epiclorhidrină	-	În specificațiile produsului
<i>Produse secundare de clorinare:</i>		
Trihalometanii	Verificare	Control prin optimizarea coagulării și filtrării pentru a elimina substanțele precursore
Alți dezinfectanți secundari	Posibila verificare doar pentru acizii haloacetici (HAAs)	Control prin optimizarea coagulării și filtrării pentru a elimina substanțele precursore

Producția de apă potabilă din apa de suprafață implică mai multe procese, iar consumul de energie și substanțe chimice au un impact global asupra mediului. Acestea ar trebui luate în considerare în alegerea proceselor de tratare a apei și în același timp, atrăgând atenția asupra importanței alegerii substanțelor chimice pentru tratarea apei (tab. 9) și a sursei de energie. În general pentru tratarea chimică a apei se folosește o mare varietate de substanțe chimice, în cazul stației de tratare a apei Barați se utilizează Cl, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, polimer (tab 10).

Tabelul 9. Consumul de substanțe chimice în funcție de turbiditatea apei [50].

Substanța chimică	Debitul mediu, 60.000 (m ³ /zi)	Doza de substanță chimică (kg/m ³)
Apă Brută, NTU 1 - 10		
Sulfat de Aluminiu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	30.000	0,04
Var (CaO)	30.000	0,02
Clorură de poli-aluminiu (PAC)	30.000	

Polimer	16.800	0,00015
Cl ₂	30.000	0,0015
Apă brută, NTU 10 – 20		
Sulfat de Aluminiu Al ₂ (SO ₄) ₃	21.000	0,04
Var (CaO)	21.000	0,02
Clorură de poli-aluminiu (PAC)	21.000	
Polimer	21.000	0,00015
Cl ₂	21.000	0,0015
Apă brută, NTU 20 - 70		
Sulfat de Aluminiu Al ₂ (SO ₄) ₃	9.000	0,05
Var (CaO)	9.000	0,03
Clorură de poli-aluminiu (PAC)	9.000	0,01
Polimer	9.000	0,0002
Cl ₂	9.000	0,0015
NaOH	-	-

Tabelul 10. Consumul de substanțe chimice/lună, stația de tratare a apei Barați.

Nr.	Substanța chimică	Unitatea de măsură	Cantitatea
1.	Clor – Cl ₂	kg/lună	800
2.	Sulfat de Aluminiu Al ₂ (SO ₄) ₃	kg/lună	30.000
3.	Polimer anionic	kg/lună	250

Cantitatea de substanțe chimice utilizate în tratarea apei (fig. 18) în cadrul STA - Barați, Bacău este relativă și depinde de turbiditatea apei brute (min. 5 NTU), de exemplu în perioada de iarnă, apa brută din punct de vedere fizico – chimic se situează în rândul apelor cu stare foarte bună deoarece nu există modificări antropice ale valorilor și necesită doar o clorurare simplă [1, 96].

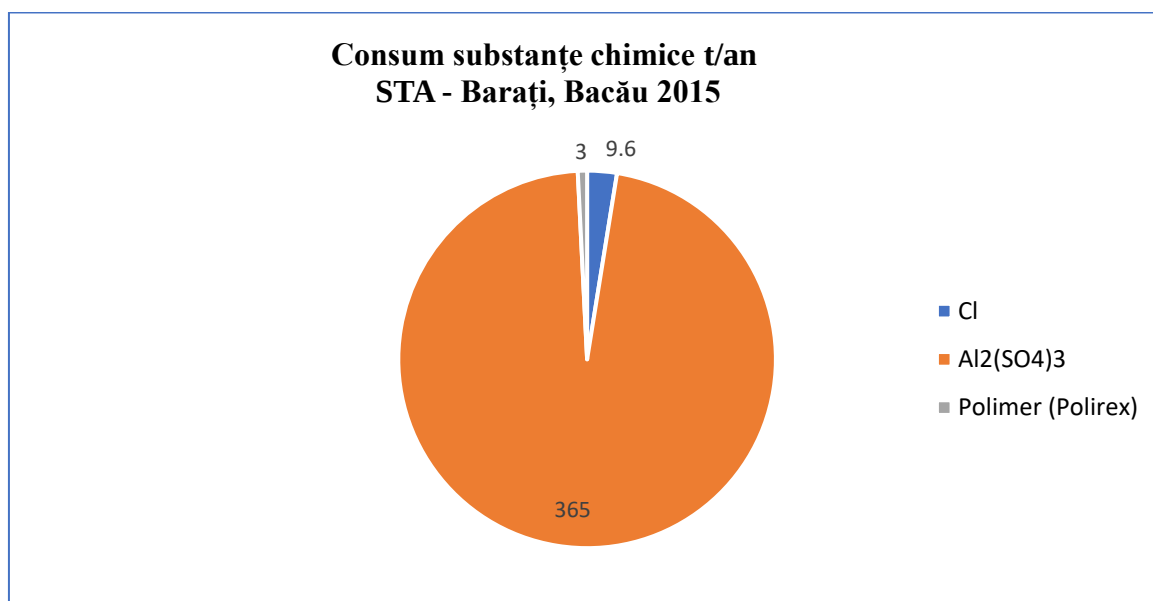


Fig. 18. Cantitatea de substanțe chimice utilizate în procesul de tratare a apei STA Barați.

În ceea ce privește cantitatea de substanțe utilizate în procesul de tratare a apei din cadrul STA Barați în anii anteriori anului 2015 este constantă și nu diferă de la un an la altul începând cu anul 2011 până la anul de referință.

O altă specificație importantă face referire la faptul că la STA Barați nu există diferențe majore între cantitățile de substanțe folosite în procesul de tratare a apei de la un an la altul (2011 - 2015) datorită faptului că STA Barați a fost construită între anii 2007 -2010 iar toată aparatura a fost nouă. Totodată nu au fost factori externi care să influențeze procesul de tratare a apei.

3.1.3. Analiza apei brute la intrarea în stația de tratare a apei Barați

Sursa sistemului actual de alimentare cu apa a locuitorilor din municipiul Bacău constă din dubla alimentare respectiv, din sursa de apă de suprafață și sursa de apă subterană. Sursa de apă de suprafață este Lacul Poiana Uzului. Sursa subterană este formată dintr-un total de șase fronturi de colectare, care includ puțuri de adâncimi mici și mijlocii situate în albia râului Bistrița. Acestea sunt limitate și nu au potențial de extindere și asigură numai parțial consumul intern și industrial de apă potabilă [1]. Lacul Poiana Uzului este o acumulare de apă complexă construită pentru [1]:

- alimentarea cu apă brută pentru tratament, în scopul de a oferi apă potabilă pentru localităților de pe Valea Troțușului: Onești, Bacău, Comanesti, Tg. Ocna, Dărmănești;
- producția de energie electrică în stația hidro-electrică în aval de baraj.

Indicatorii de calitate ai apei potabile analizați pentru probele recoltate din apa brută provenită din Lacul Poiana Uzului timp de 12 luni în anul 2015 au fost: pH-ul, clorurile, suspensiile, turbiditatea, nitrati, nitriti, conductivitatea, duritatea totală, oxidabilitatea, amoniu. pH-ul reprezintă concentrația ionilor de hidrogen dintr-o soluție, iar scara pH care merge de la 0 la 14 unități, se folosește pentru a măsura aciditatea și alcalinitatea soluției. pH-ul apei este foarte important, fie că vorbim de apa de la robinet sau cea de la fântână și numai, un pH între 6,5 și 9 este tolerabil de către corpul uman, deși există necesități diferite pe plan intern și extern [2, 100].

Valorile (pH-ul, clorurile, suspensii, turbiditatea, nitrati, nitriti, conductivitatea, duritatea totală, oxidabilitatea, amoniu) apei de la robinet pot fi diferite de la o regiune la alta [115]. În cazul nostru (fig. 19) pH-ul apei brute de la stația de tratare a apei Barați a înregistrat valori între 7,19 -7,86, astfel nu a depășit valorile maxime admisibile.

Prezența clorurilor în apa brută de la Lacul Poiana Uzului (fig. 20) se încadrează în limitele admise de lege. Trebuie specificat că aceste cloruri pot fi de origine organică (roci sedimentare ce conțin clorură de sodiu) sau anorganică (resturi organice din apele menajere [124]. Prin urmare prezența clorurilor în apă în cantități mari pot să dea apei un gust caracteristic neplăcut (sărat, amar).

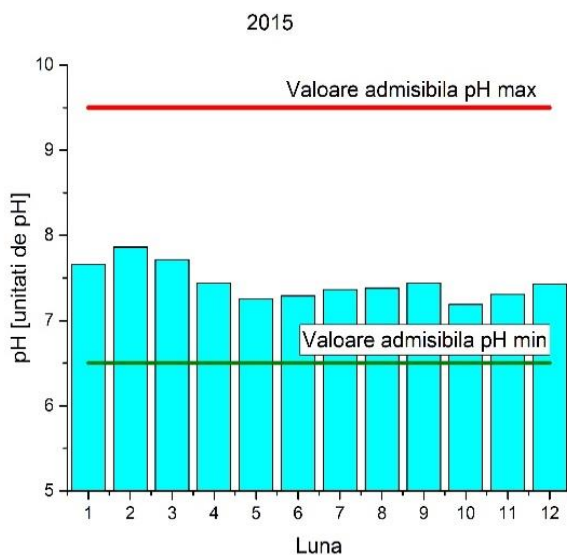


Fig. 19. Variația pH-ului apei brute din lacul Poiana Uzului.

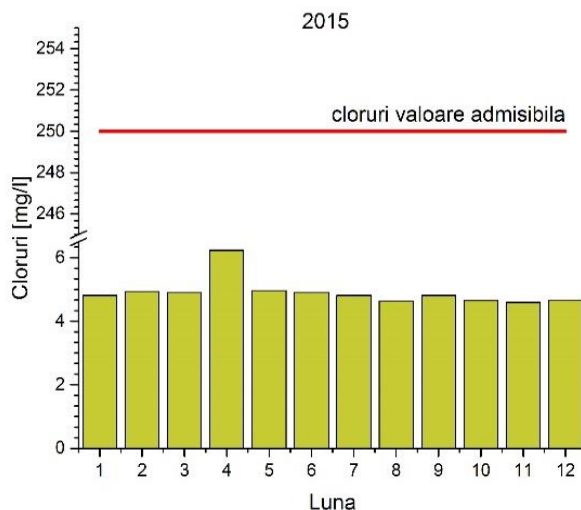


Fig. 20. Clorurile prezente în apa brută din lacul Poiana Uzului.

După cum putem observa (figurile 21, 22) calitatea apei brute de la Lacul Poiana Uzului este la un nivel superior datorită situării sale departe de sursele de poluare (industrie, orașe, populație), cel mai apropiat oraș fiind orașul Dărmănești situat la o distanță de lac de aprox. 7 km, comparativ cu alte surse de apă brută cum ar fi fluviul Po care a fost luat în studiu în această

lucrare [33, 101, 113, 119]. Apele curgătoare de suprafață conțin cantități variabile de substanțe aflate în stare de suspensie, în cazul apei brute provenite de la lacul Poiana Uzului în anul de referință 2015 suspensiile au valori cuprinse între 4 - 43 mg/L, iar turbiditatea este cuprinsă între 2,76 -27,72 NTU.

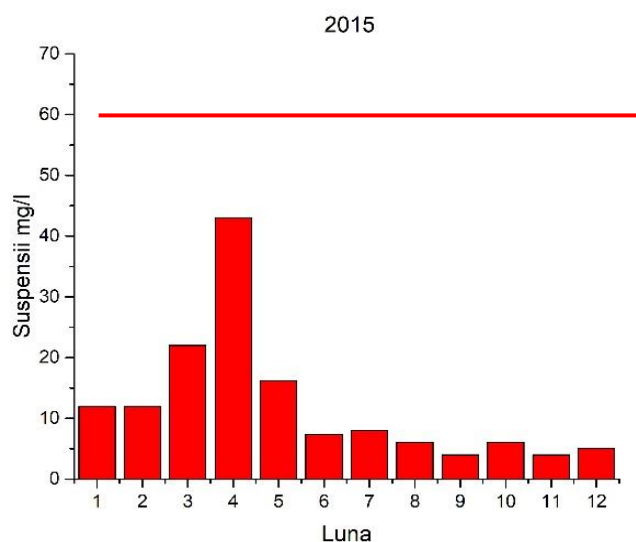


Fig. 21. Variația suspensiilor din apa brută, provenită din lacul Poiana Uzului.

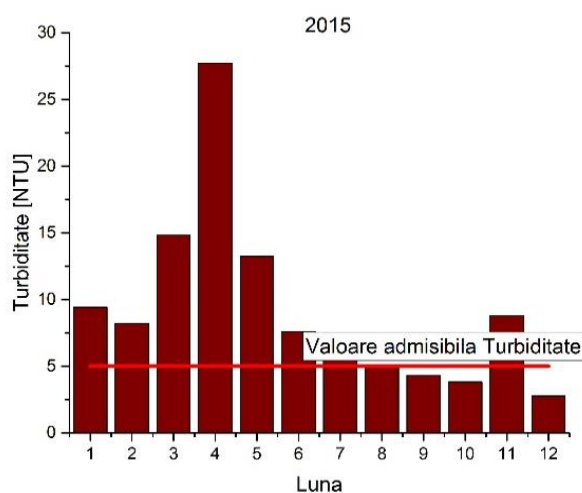


Fig. 22. Gradul de turbiditate al apei brute, din lacul Poiana Uzului.

Trebuie specificat faptul că suspensiile solide sunt un poluant important în apele de suprafață din această cauză au fost stabilite standarde privind calitatea apei unde sunt specificate concentrațiile recomandate pentru apele de suprafață. La nivelul Uniunii Europene conform directivei 78/659/EEC și 2004/44/EC nu ar trebui să depășească 25 mg/L.

În cazul de față mărimea efectului depinde de concentrația, durata expunerii, compoziția chimică și distribuția mărimii particulelor solidelor, dar variază și între organisme și între medii. Din această cauză o consecință a acestei complexități este stabilirea unor linii directoare stricte privind calitatea apei pentru suspensiile solide deoarece după cum s-a specificat și mai sus suspensiile solide pentru anul de referință au avut valori cuprinse între 4 - 43 mg/L depășind astfel valorile recomandate de Uniunea Europeană dar totuși fiind considerată o apă potabilă superioară conform legislației din România.

Situația mai sus prezentată dovedește faptul că este nevoie de o monitorizare mult mai atentă a substanțelor solide prezente în apă. Această recomandare care se găsește și în mai multe cercetări de specialitate care demonstrează faptul că trebuie să se ia în considerare atât analiza compoziției chimice a apei cât și distribuția dimensiunii particulelor solide. Aceste date asociate, vor oferi o înțelegere mai holistică a efectelor suspensiilor solide în apa de suprafață.

Nitrații (NO_3) (fig. 23) sunt componenți chimici fără culoare, miros sau gust care contaminează pânza freatică datorită agriculturii intensive. Fertilizatorii cu azot folosiți pentru îmbogățirea solului sunt sursa numărul unu de nitrați din apa potabilă, pe când cea de-a doua sursă principală o reprezintă deșeurile umane și excrementele animale [127, 128]. Acestea pot contribui la contaminarea atât a apelor potabile urbane cât și a celor îmbuteliate. Un nivel ridicat de nitrați face apa nepotabilă și periculoasă dar atunci când vorbim despre lacul Poiana Uzului, nu este cazul [114, 127].

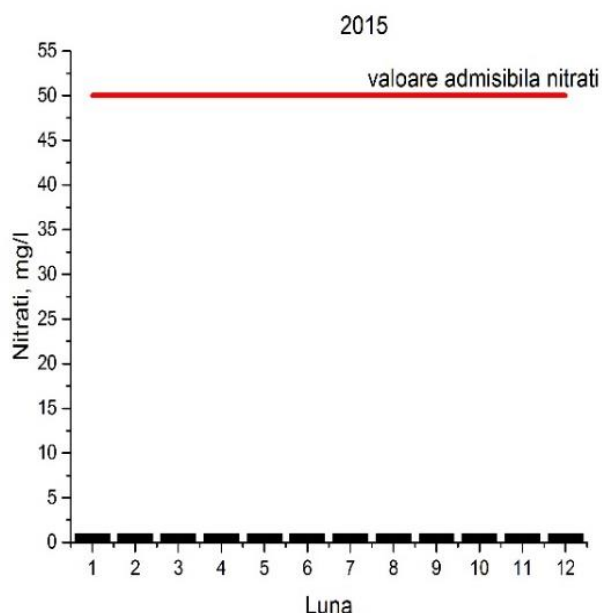


Fig. 23. Cantitatea de nitrați existentă în apa brută, provenită din lacul Poiana Uzului.

Odată ingerați, nitrații se transformă în nitriți (NO_2) (fig. 24), substanțe mult mai toxice decât nitrații în urma contactului cu microflora bacteriană a stomacului. În studiul nostru de caz aceștia au înregistrat valori foarte mici, de asemenea au fost luni în care rezultatele analizelor au arătat faptul că aceștia lipsesc din apă, cum este și cazul lunii noiembrie din anul de referință 2015.

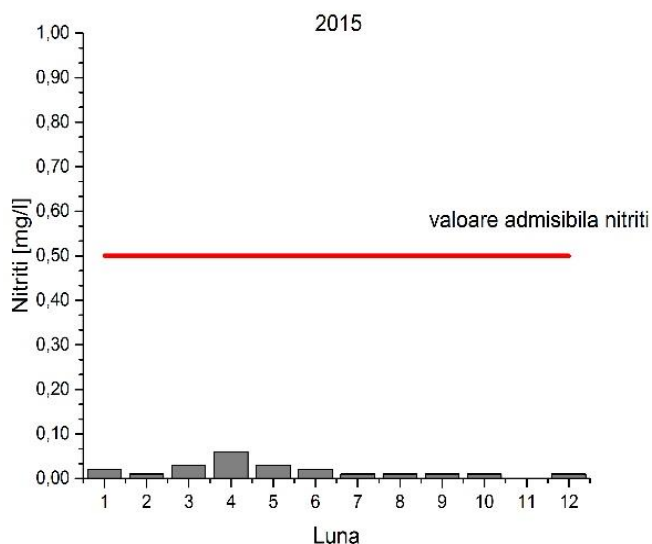


Fig. 24. Cantitatea de nitriți existentă în apa brută, provenită din lacul Poiana Uzului.

Conductivitatea electrică (fig. 25) se referă la proprietatea apei de a permite trecerea curentului electric. Conductivitatea apei crește odată cu conținutul ei în substanțe dizolvate. Apa, în general, indiferent de sursă conține pe lângă molecule de H_2O (apă pură) și o mulțime de alte substanțe. Pe măsură ce purificăm apa, conductivitatea scade.

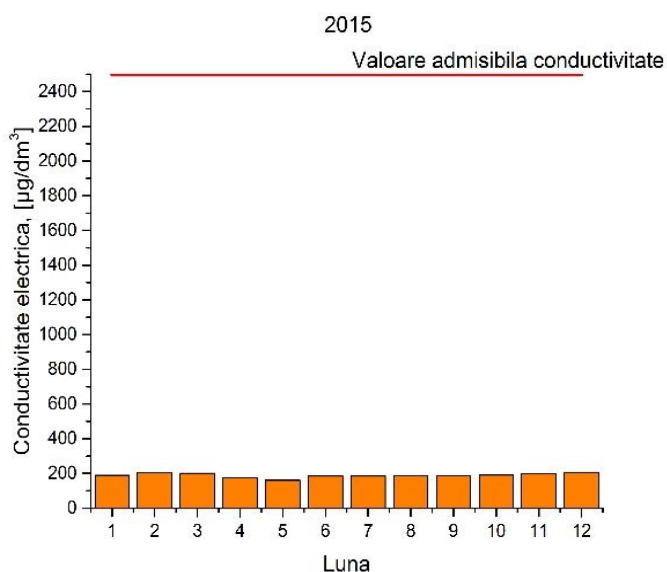


Fig. 25. Conductivitatea apei brute, provenită din lacul Poiana Uzului.

Conductivitatea apei dă informații despre compoziția ei chimică și reprezintă concentrația de ioni, mișcarea lor, valența care depind și de temperatura apei [128], în cazul de față conductivitatea apei brute din lacul Poiana Uzului este de aprox. $200 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ aceasta fiind cuprinsă în limitele legale admise, indicând un conținut total scăzut de săruri dizolvate.

Duritatea apei este dată de conținutul de calciu, magneziu și alte minerale din apă, iar cel mai des se măsoară în grade Germane-dH. Putem observa, așadar, că legea prevede doar o valoare minim admisă de 5 grade Germane, nu și o valoare maximă pentru duritatea apei (fig. 26) [127, 128]. În cazul STA Barați duritatea apei (fig. 26) este peste 6 grade germane ceea ce indică un conținut ridicat de ioni de calciu și magneziu în apă. Trebuie specificat faptul că apa cu duritate ridicată are o întrebuințare limitată în industrie și în scopuri gospodărești.

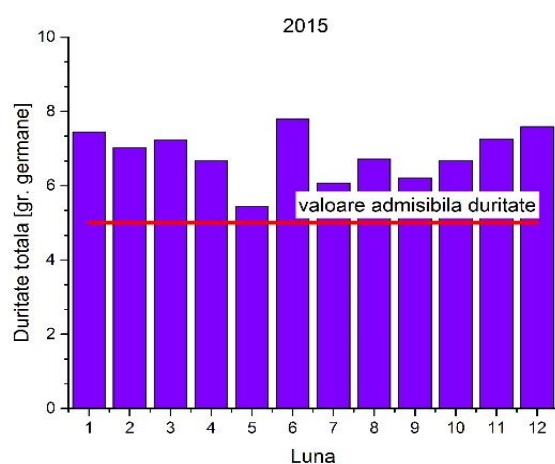


Fig. 26. Duritatea apei brute, provenită din lacul Poiana Uzului.

Pe de altă parte atunci când vorbim de oxidabilitate (fig.27), ne referim la cantitatea de oxigen ce se consumă pentru oxidarea substanțelor organice din apă sau este un indice indirect al prezenței substanțelor organice ușor oxidabile din apă [127, 128].

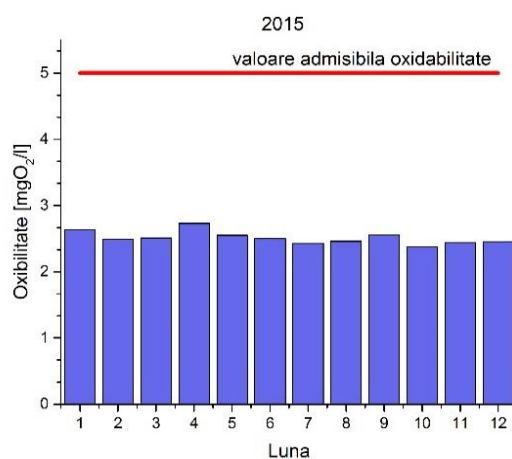


Fig. 27. Oxidabilitatea apei brute, provenită din lacul Poiana Uzului.

Substanțele organice se pot forma ca rezultat al vitalității și descompunerii organismelor acvatice și al celor ce ajung în sursele de apă împreună cu torențele de ploaie, însă cantitatea cea mai mare a substanțelor organice provin din apele reziduale. Cu cât oxidabilitatea este mai mare, cu atât mai multe substanțe organice sunt în apă și cu atât este mai mare posibilitatea prezenței microflorei patogene [128]. Nu este cazul în studiul de caz prezentat deoarece oxidabilitatea se află sub limita legală admisă.

Amoniul în sine, nu are efecte toxice asupra organismului uman și animal și nu ar limita folosința apei. În cazul prezentului studiu (fig. 28) cantitatea de amoniu prezentă în apă se află cu mult sub limita admisibilă, importanța lui sanitară constă în faptul că amoniul indică poluarea apei cu alte elemente chimice sau mai ales bacteriologice care pot avea efecte nocive asupra populației.

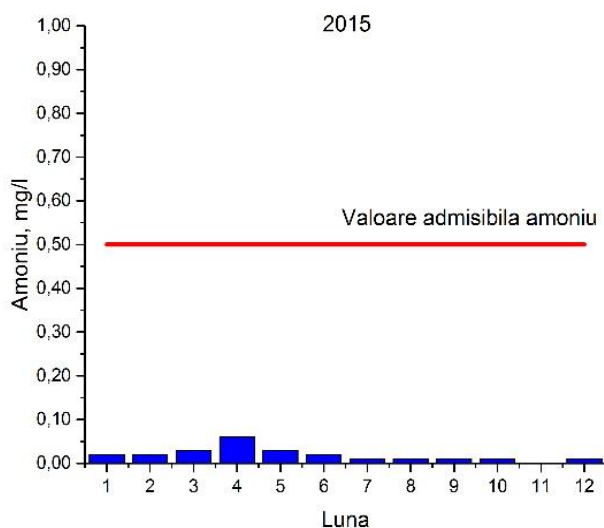


Fig. 28. Variația amoniului în apa brută, provenită din lacul Poiana Uzului.

Conform Legii nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile, acești indicatori de calitate ai apei au valori minime admise și valori maxime admise, de asemenea în studiul nostru de caz mulți dintre indicatori de calitate urmăriți ai apei brute nu depășesc (fig. 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28) valorile maxime admise. Lacul Poiana Uzului nu este afectat de poluarea industrială fiind situat între vârfurile Dealul Mare (909 m) și Farcu Mic (1.364 m) din Munții Nemira – sud și Piciorul Arsurii (1.050 m) și Obcina Lapoșului (1.337 m) din Munții Ciucului – nord, la o distanță de municipiul Bacău de aprox. 65 km.

3.1.4. Analiza apei la ieșirea din rezervorul de clorinare în stația de tratare a apei Barați

Acest rezervor este poziționat sub unitățile de filtrare cu un deversor prevăzut la un capat asigurând un nivel constant de lucru. Clorinarea prin definiție asigură prevenirea

proliferării microorganismelor dăunătoare. În procesul de tratare a apei este una dintre etapele cele mai utilizate [43].

După cum se observă în urma acestei etape de clorinare, parametrii prezentați mai sus variază și se încadrează în intervalele permise de legislația în vigoare. Acest lucru este posibil datorită calității superioare a apei brute din sursa de suprafață de la lacul Poiana Uzului.

Fără o reglare a pH-ului conform standardelor de calitate a apei potabile, nu se poate realiza eficient din punct de vedere a performanței etapa de dezinfectare, deoarece sensibilitatea diferitelor microorganisme la dezinfectanți variază în limite largi, eficiența dezinfectanților depinde de concentrația acestora, timpul de contact cu agenții patogeni, pH-ul și temperatura apei [128]. Putem observa o interdependență între acești factori ai procesului de tratare a apei, în etapa de dezinfecție. Trebuie specificat faptul că în cazul STA Barați variația pH-ului și a clorurilor (fig. 29, 30) se încadrează în intervalul impus de legislația în vigoare fără a exista anomalii.

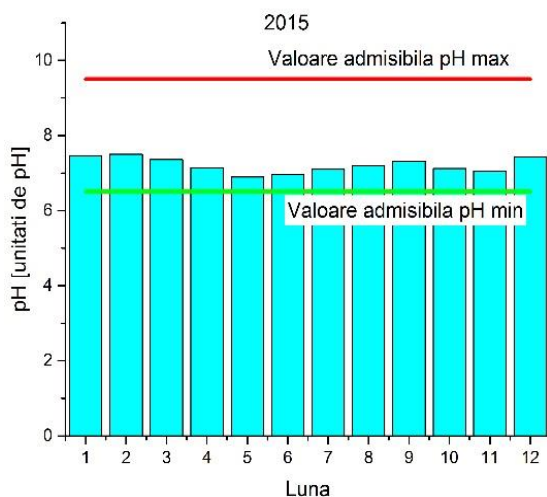


Fig. 29. Variația pH-ului, la ieșirea apei din rezervorul de clorinare.

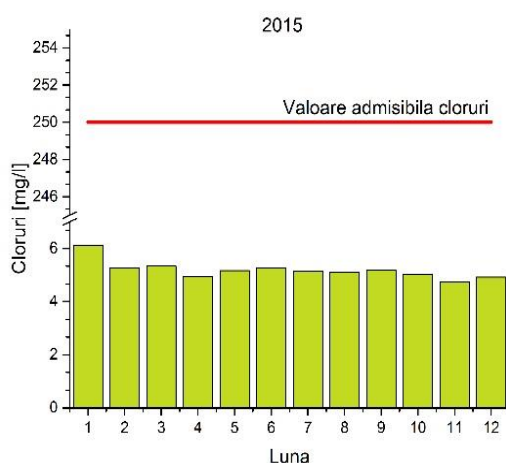


Fig. 30. Variația cantității de cloruri, la ieșirea apei din rezervorul de clorinare.

Monitorizarea clorului rezidual (împreună cu pH-ul, turbiditatea, conductivitatea, aluminiu și oxdabilitatea (fig. 31, 32, 33)) este necesară la capatul rezervorului de contact pentru a regla/corecta reziduurile la nivelul dorit înainte de intrarea apei în rezervoarele de înmagazinare. Astfel, mostra comună este pompată la laborator și este conectată la același set de instrumente care măsoară mostra de apă netratată de la de priza de apă a stației (camera de intrare).

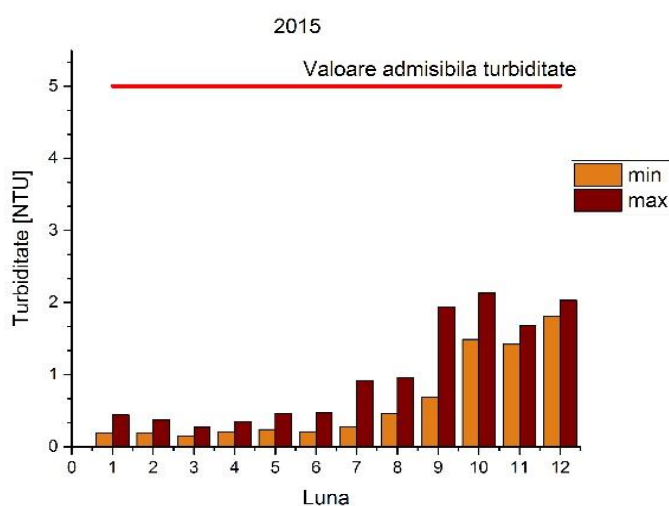


Fig. 31. Variația turbidității la ieșirea apei, din rezervorul de clorinare.

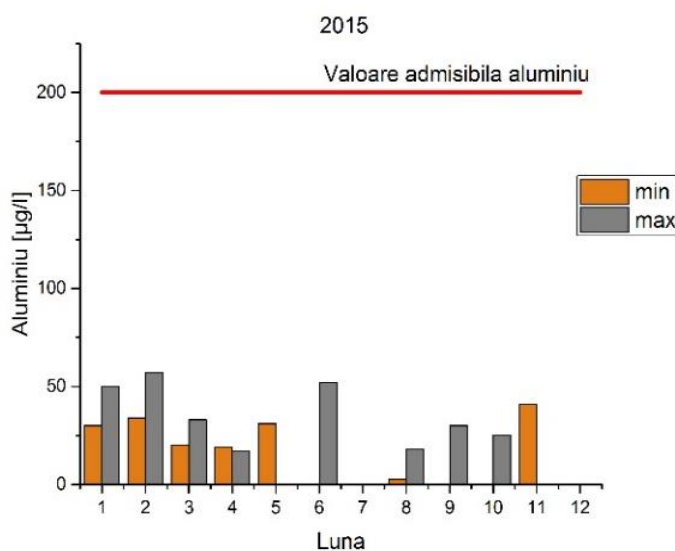


Fig. 32. Variația cantității de aluminiu, la ieșirea apei din rezervorul de clorinare.

Conform valorilor maxime admise de legea privind calitatea apei potabile, indicatori urmăriți și analizați la ieșirea din rezervorul de clorinare a apei care nu depășesc valorile maxime admise din cadrul STA Barați sunt: pH-ul, clorurile, aluminiu, turbiditatea, conductivitatea electrică și oxidabilitatea (fig. 29, 30, 31, 32, 33,37).

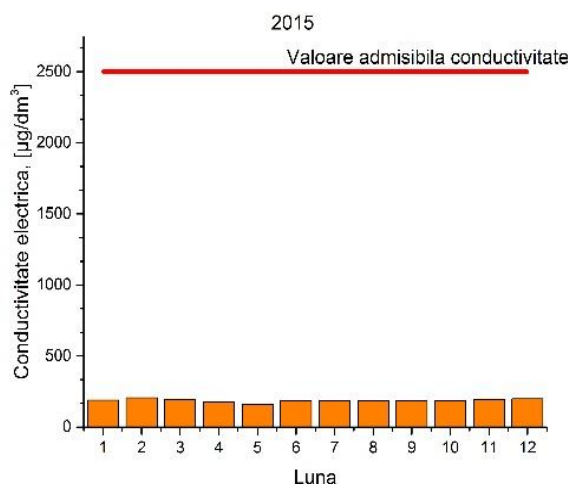


Fig. 33. Variația conductivității electrice a apei tratate, la ieșirea din rezervorul de clorinare.

În acelaș timp putem observa că avem și o serie de indicatori de calitate ai apei care depășesc valorile maxime admise, cum ar fi duritatea totală (fig. 34) care a indicat o valoare maximă de 8,5 gr. germane în luna ianuarie și 5,5 gr. germane în mai. Astfel apa tratată care iese din STA Barați se situează în categoria apelor cu duritate crescută. Acest fapt este rezultat din cauza cantității mari de minerale prezente în apă (calciu și magneziu), datorită caracteristicilor locului de proveniență a apei brute.

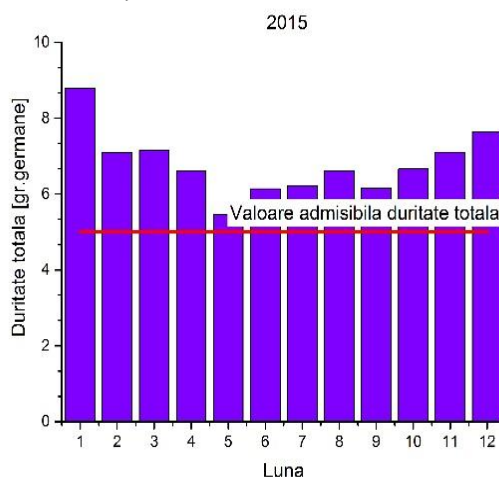


Fig. 34. Variația durității totale a apei, la ieșirea din rezervorul de clorinare.

În sistemele de distribuție a apei potabile tehnologiile de senzori existente necesită curățare și întreținere frecventă, acest fapt le face prea costisitoare și nesigure pentru a fi utilizate la scară largă într-un sistem de distribuție [127]. În același timp monitorizarea continuă a clorului liber (fig.35) în sistemele de distribuție a apei potabile îi ajută pe operatorii de sistem

să respecte cerințele de reglementare: să protejeze sănătatea umană, să detecteze modificările spațiale și temporale ale nivelurilor de clor pe întregul sistem de distribuție.

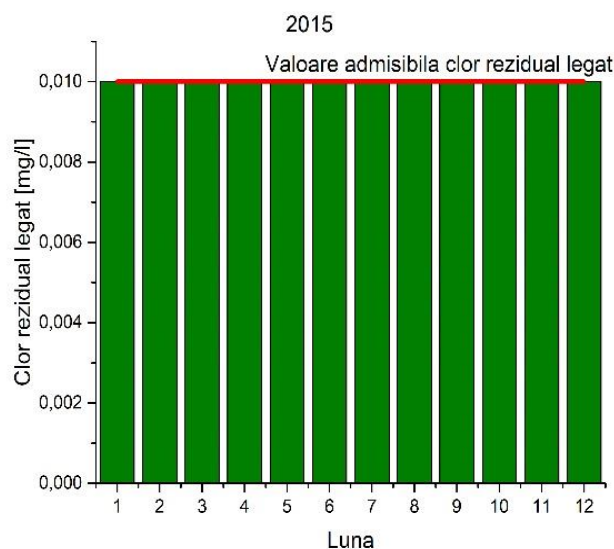


Fig. 35. Variația clorului rezidual din apa tratată, la ieșirea din rezervorul de clorinare.

Pe de altă parte la parametrul clor rezidual liber (fig. 36) se efectuează o serie de repetări pentru a stabili o valoare maxima și una minimă a clorului rezidual în fiecare lună. Aceste minime și maxime depășesc limita admisibilă și trebuie specificat faptul că în general acest parametru nu este monitorizat continuu. În cazul apei tratate care iese din STA Barați acest indicator depășește limita admisă din cauza infrastructurii de distribuție foarte vechi deoarece clorul rezidual liber este mai crescut la ieșirea din rezervor a apei pentru a putea menține calitate acesteia la nivelul cerut de legislația în vigoare pe parcursul distribuției apei prin rețea către populație.

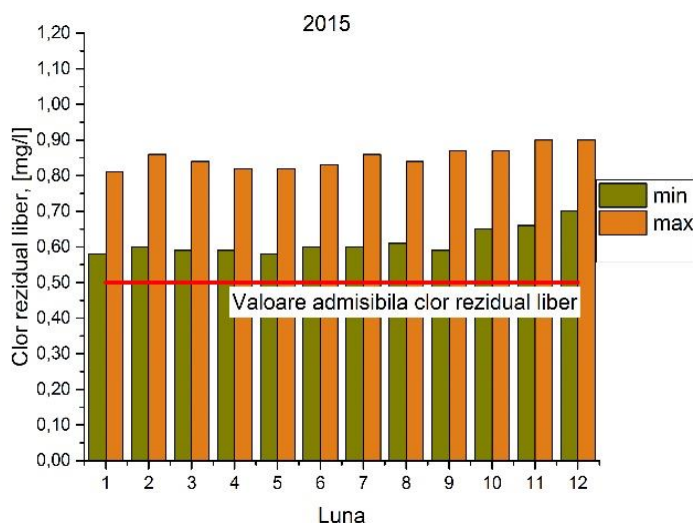


Fig. 36. Variația clorului rezidual liber din apa tratată, la ieșirea din rezervorul de clorinare.

Atunci când vorbim de conținutul de substanțe organice din apele naturale, aceste sunt monitorizate prin intermediul indicatorului oxidabilitate, acest indicator fiind un indice indirect de poluare al apei. Trebuie menționat faptul că atunci când avem o oxidabilitate a apei cu valoare ridicată, probabilitatea ca prezența microflorei patogene în apă este de asemenea ridicată [128]. După cum putem observa în cazul STA Barați acest indicator se află sub limita valorii admisibile, încadrându-se între 1-2 mgO₂/l.

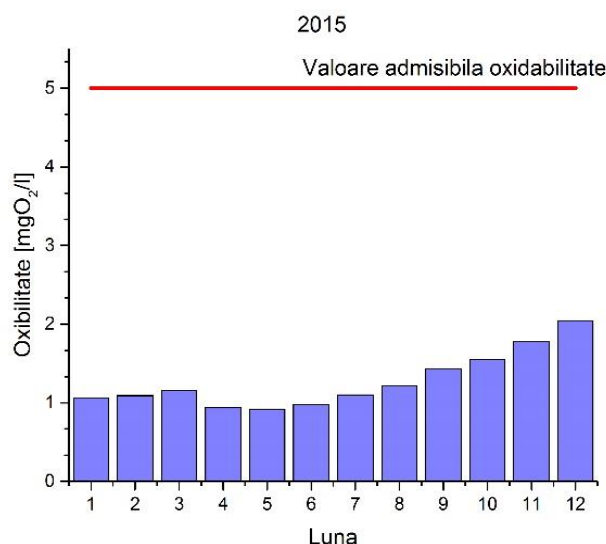


Fig. 37. Oxidabilitatea apei tratate la ieșirea din rezervorul de clorinare.

Trebuie specificat faptul că aceste analize sunt efectuate pentru apa care iese din rezervorul de clorinare, iar în funcție de aceste analize, acei indicatori care au depășit valorile maxime admise sunt corecțati pe parcurs prin substanțele chimice care sunt folosite în procesul de tratare a apei. La ieșirea din stație a apei sunt efectuate un al set de analize pe aceiași parametri pentru a fi siguri că nu se depășesc valorile maxime admise și pentru ca apa să fie distribuită în siguranță către populație.

3.1.5. Analiza apei la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a stației de tratare a apei Barați

În aval de rezervorul de contact clor, apa tratată trece de un deversor la nivel înalt pentru a menține rezervorul plin și pentru a asigura realizarea unei perioade minime de contact. Dozarea suspensiei de var se realizează printr-o conductă de pulverizare montată imediat sub deversorul de evacuare a rezervorului de contact. Aceasta poziționare asigură un amestec bun.

Apa tratată curge peste acest deversor spre unul dintre cele trei rezervoare de înmagazinare existente în cadrul STA Barați, Bacău.

pH-ul sau potentialul de hidrogen exprimă echilibrul acido-bazic al unei ape pe o scară de referință cuprinsă între 1 și 14. La un pH mai mic de 7 apa are un caracter acid, iar la unul

mai mare de 7 ea are un caracter bazic sau alcalin [114]. În studiul nostru de caz (fig. 38) în perioada monitorizată la stația de tratare a apei Barați, pH-ul apei tratate are o valoare de aprox. 7,2 ceea ce ne indică ca avem o apă cu un caracter neutru.

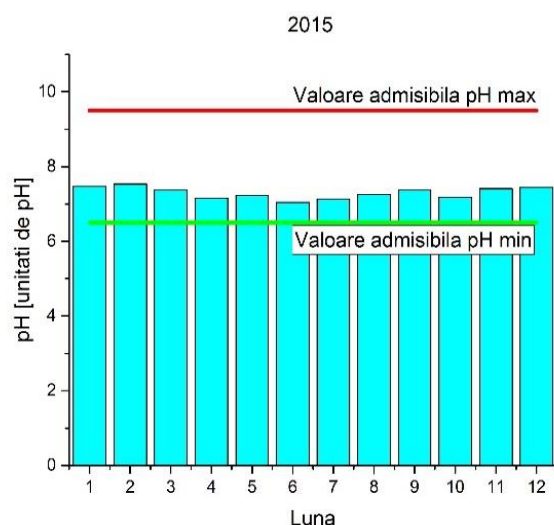


Fig. 38. pH-ul apei tratate la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.

În România nivelul de turbiditate este prevăzut de Legea 458/2002 la maximum de 5 UNT (Unități Nefelometrice de Turbiditate) cu specificația că apa trebuie să aibă maximum 1 UNT înainte de a intra în procesul de dezinfecție [10, 111, 127].

Conform rezultatelor analizelor apei la ieșirea din stația de tratare a apei Barați (fig. 39) turbiditatea apei a avut valori cuprinse între 0,21 – 1,76 UNT.

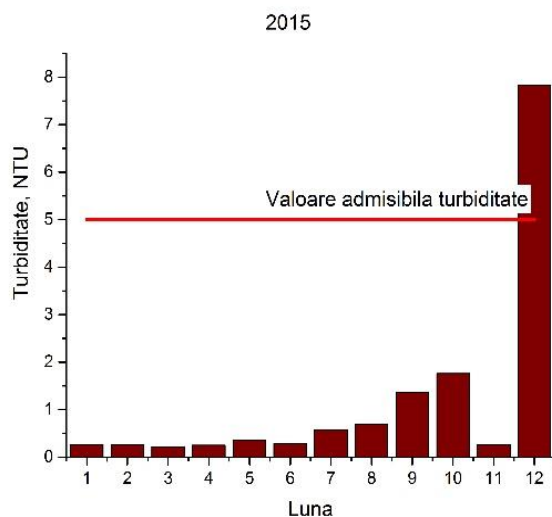


Fig. 39. Turbiditatea apei tratate la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.

Trebuie specificat că în lunile august, septembrie, octombrie și decembrie anul 2015 în municipiul Bacău au avut loc o serie de avarii care au afectat considerabil calitatea apei distribuită către populație aceasta având o turbiditate crescută. În aceste situații a fost recomandat să nu se folosească apa de la robinet pentru băut și după remedierea problemei s-a realizat spălarea conductelor prin lăsarea apei de la robinete să curgă o anumită perioadă de timp.

Clorul în exces din apa potabilă este considerat dăunator pentru că acesta se poate combina cu alte substanțe organice și poate forma compuși toxici și cancerigeni [128]. Aplicarea incorectă sau excesivă a îngrășămintelor chimice, a dus în țara noastră la un surplus de nitrați care contaminează pânza freatică, aceștia regăsindu-se în râuri, lacuri sau în apele subterane.

În studiul de caz pentru stația de tratare a apei Barați valorile pentru cloruri (fig. 40) s-au înregistrat aprox. între 6-8 mg/L și nu depășesc valoarea maximă admisă.

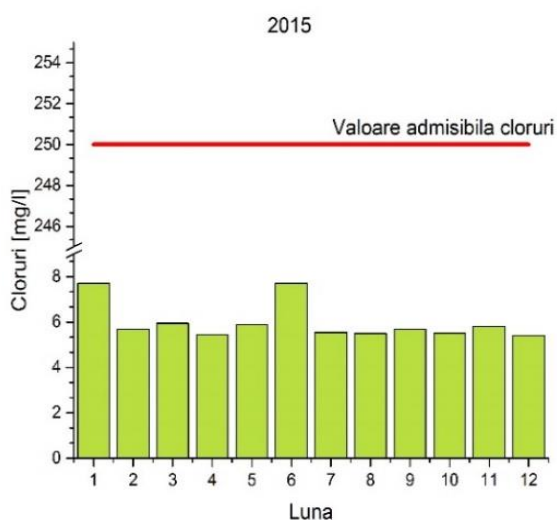


Fig. 40. Variația clorurilor în apa tratată, la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.

Pentru nitrați (fig. 41) valorile au fost cuprinse între 0,59 – 1,39 mg/L această ultimă valoare fiind înregistrată în luna noiembrie a anului 2015.

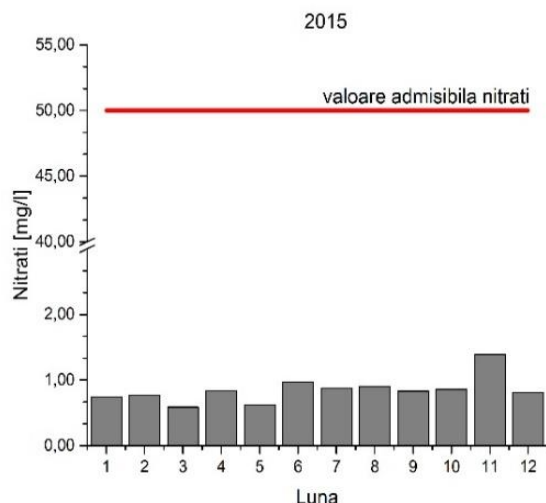


Fig. 41. Variația nitraților în apa tratată, la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.

Referindu-ne la indicatorii de calitate ai apei tratate la STA Barați, în special la conductivitatea electrică (fig. 42) și sulfăți (fig. 44), aceștia nu depășesc valorile maxime admise, înregistrându-se valori foarte mici.

Nu putem spune același lucru când vorbim despre indicatorul duritate și clor rezidual liber (fig. 43, 45), acești doi indicatori depășind valorile maxime admise după cum putem observa și în graficele prezentate anterior. Motivul pentru depășirea limitei admisibile pentru indicatorul duritate fiind împiedicarea compromiterii procesului de dezinfecție a apei deoarece dacă s-ar modifica concentrațiile de calciu și magneziu din apa potabilă acest indicator s-ar afla sub limitele admisibile. Din motive de sănătate trebuie să se respecte și cerințele tehnice pentru a furniza apă adecvată pentru distribuție. Pe de altă parte motivul pentru care a fost depășită limita admisă a clorului rezidual liber a fost explicat în partea anterioară a acestei lucrări la graficul cu ieșirea apei din rezervorul de clorinare (fig.30).

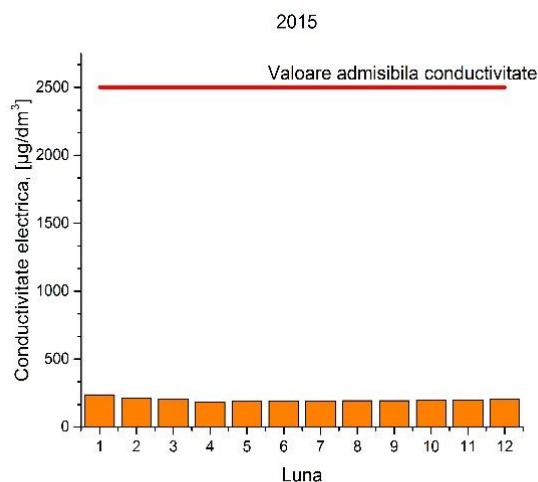


Fig. 42. Valorile conductivității electrice a apei tratate, la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.

Trebuie specificat că în general apa potabilă cu o duritate mare nu este considerată a fi dăunătoare pentru sănătate, dar nu este de dorit o apă cu o duritate ridicată în gospodării deoarece aparatele de uz casnic pot fi deteriorate. Iar când apa este utilizată pentru curățare aceasta necesită mai mult detergent [128].

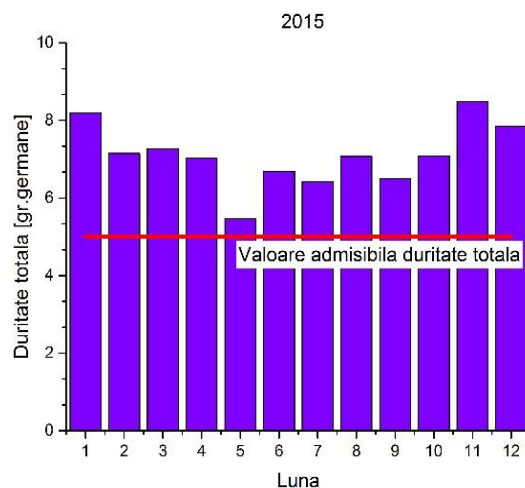


Fig. 43. Duritatea apei tratate, la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.

Pe de altă parte Organizația Mondială a Sănătății recomandă ca pentru o dezinfecție eficientă a apei potabile, „pH-ul să fie mai mic decât 8,0 și timpul de contact mai mare de 30 de minute [149], rezultând un clor rezidual liber de 0,2 până la 0,5 mg/L”. În cazul STA Barați această valoare fiind depășită cu puțin peste 0,05 mg/L situația fiind explicată anterior, cauza fiind infrastructura de distribuție a apei învechită.

Sulfații împreună cu clorul rezidual liber și oxidabilitatea (fig. 44, 45, 46) sunt monitorizați în laborator la un număr de trei linii de apă (probe pompate și prelevate din interiorul fiecărui rezervor) din apropierea racordului de ieșire către distribuție.

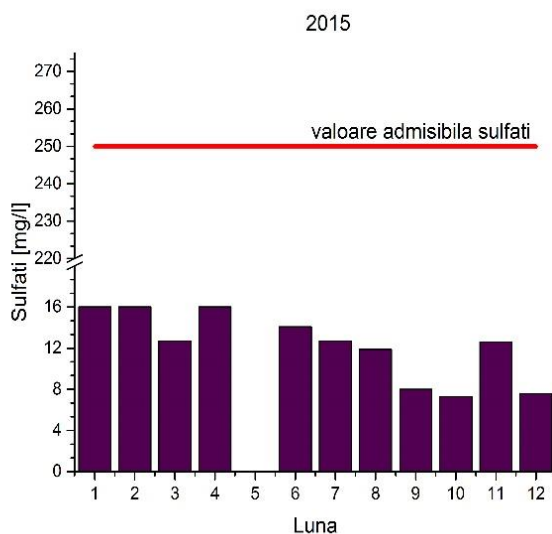


Fig. 44. Valorile indicatorului sulfați, a apei tratate la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.

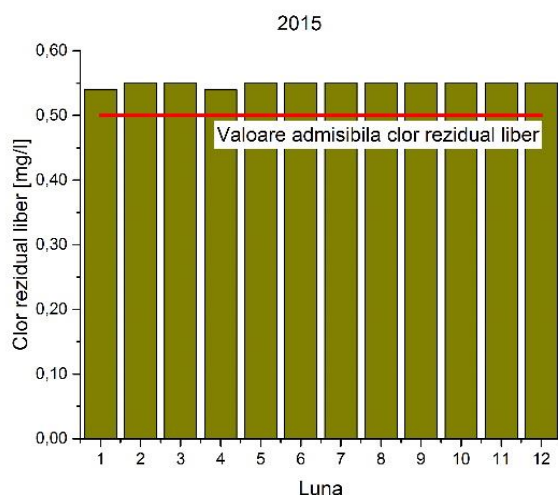


Fig. 45. Valorile indicatorului, clor rezidual liber, a apei tratate, la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.

După cum putem observa în graficul de reprezentare a valorilor oxidabilități (figura 46) variația anuală a acestora crește odată cu scăderea temperaturii. De asemenea se poate observa că în luna septembrie a fost depășită limita admisibilă, cauza fiind legată de conținutul crescut a indicatorului de clor rezidual liber deoarece infrastructura de distribuție a apei este veche. Un alt motiv este seria de avarii de la aducțiunea de apă în perioada august – octombrie 2015. Mai trebuie specificat faptul că oxidabilitatea și clorul rezidual liber alături de temperatura apei și pH influențează și duce la formarea produșilor secundari de dezinfecție.

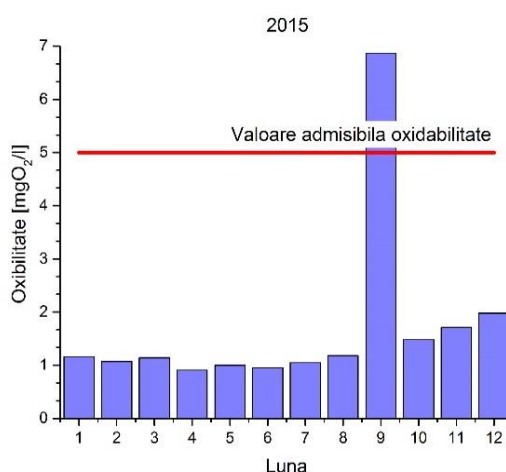


Fig. 46. Variațiile indicatorului oxidabilitate la ieșirea apei tratate din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.

Toți acești indicatori sunt monitorizați în secvențe automate iar rezultatele sunt indicate și înregistrate de sistemul SCADA. În mod obișnuit, se prelevează probe la fiecare 15 minute, drept urmare vor rezulta patru probe pe ora din fiecare rezervor.

3.2. Aspecte referitoare la procesul de tratarea a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT Torino, Italia

SMAT gestionează întregul ciclu de apă în orașul Torino și provincia sa. Principalele activități se concentrează asupra alimentării cu apă, apă de băut și tratarea apelor uzate. Apa este extrasă dintr-un râu de admisie în amonte de confluența cu râul Sangone acolo existând și o instalație de acumulare, zona exactă este La Loggia [33].

De asemenea este de notat faptul că Societatea Metropolitană de Apă Torino (SMAT) este certificată ISO 14001:2005 în vederea desfășurării unor activități legate de managementul resurselor de apă, acestea se referă la [119, 120]:

- monitorizarea și extinderea sistemului de apă (rețeaua de alimentare, instalația de tratare a apei, rezervoarele și rețelele de distribuție a apei potabile);
- monitorizarea rețelilor de colectare a apelor reziduale municipale și industriale, stații de epurare, instalații de purificare și reutilizare a apelor epurate în vederea îmbunătățirii continuie;
- posibilitatea exploatării diverselor surse de apă brută pentru tratarea și distribuirea către populație;
- majorarea producției de energie din surse regenerabile, referindu-se în principal la producția de biogaz obținut din arderea nămolului rezultat de la stația de epurare și totodată realizarea unei creșteri a producției de energie produsă cu ajutorul panourilor fotovoltaice.

De asemenea SMAT a avut întotdeauna în vedere aspectele de mediu și problema resurselor de apă disponibile. Recunoscând nevoia și valoarea unui management atent și a unei utilizări durabile a activităților, SMAT, a definit următoarele priorități [119, 120]:

- gestionarea corespunzătoare a aprovizionării cu apă, asigurând rezerve adecvate prin construcția de infrastructură nouă;
- asigurarea calității și siguranței apei potabile prin adoptarea unei noi abordări integrate „de la resurse la robinet”;
- îmbunătățirea procesului de tratare a apei din punct de vedere al impactului asupra mediului prin conservarea apei, eficiență energetică și inovare;
- managementul infrastructurii prin planurile adecvate în urma reînnoirii liniei tehnologice.

Datorită angajamentului continuu în acest domeniu al apei, în ultimii ani SMAT, a atins deja câteva obiective semnificative [9, 119]:

- este în prezent cea mai importantă infrastructură nouă pentru nevoile generațiilor viitoare, prin asigurarea utilizării rezervoarelor de acumulare deja utilizate în scopuri hidroelectrice, evitând astfel exploatarea resurselor de apă subterană;
- a adoptat procese de tratare a apei adecvate pentru a crește reutilizarea apelor purificate și a reduce cantitatea de deșeuri;
- a reușit să elimine tendința ascendentă a pierderilor în rețelele de distribuție;
- a crescut cantitatea de energie generată de către stația de tratare a apei SMAT, inclusiv și energia regenerabilă;
- promovarea apei la kilometrul zero, prin implementarea punctelor de apă în întreg orașul Torino.

Compania de apă SMAT a fost printre primele din Italia care a purificat apele de suprafață. Stațiile de tratare a apei considerate sunt următoarele [119, 120]:

- stația de tratare a apei Po1;
- stația de tratare a apei Po2;
- stația de tratare a apei Po3.

Primele două stații de tratare a apei Po1-Po2 (fig. 47a) au început să funcționeze după jumătatea anilor '60 cu un potențial de 500 L/s. Acestea operează 11 luni pe an iar în luna august se efectuează mentenanța atunci când cererea de apă este scăzută și poate fi susținută doar de stația de tratare Po3.

Stația de taratare a apei Po3 (fig. 47b) a fost construită 10 ani mai târziu, bazată pe o previziune a Planului de apeducte a orașului Torino pentru o populație de 1.780.000 locuitori. Stația de tratarea a apei Po3 a fost programată pentru un potențial de 3.000 L/s. În prezent capacitatea stației Po3 este de 1.500 L/s. Aceasta folosește tehnologii diferite și mult mai eficiente decât cele folosite la stațiile de tratare a apei Po1-Po2. Fiecare etapă a procesului de tratare a apei utilizează sisteme diferite. În stația de tratare Po1 și Po2, procesul de tratare a apei este împărțit în următoarele trepte de tratare [124]:

- decantare;
- oxidarea primară cu dioxid de clor (ClO_2) și hipoclorit de sodiu (NaClO);
- sedimentare în bazine tip Accelerator;
- filtrare prin carbon activ granular (GAG);

- dezinfecție finală cu ClO_2 .

În stația de tratare Po3, sistemele de tratare a apei utilizate sunt diferite [120]:

- decantare;
- oxidare;
- oxidare cu NaClO ;
- filtrare pe 2 straturi de cărbune activ granular (GAG);
- dezinfecție finală cu ClO_2 .

Stația de tratare a apei SMAT, Torino este construită în ansamblu ca un sistem care este împărțit în etape de tratare a apei în așa fel încât să nu se întrerupă procesul de tratare a apei în momentul în care se face mentenanța.

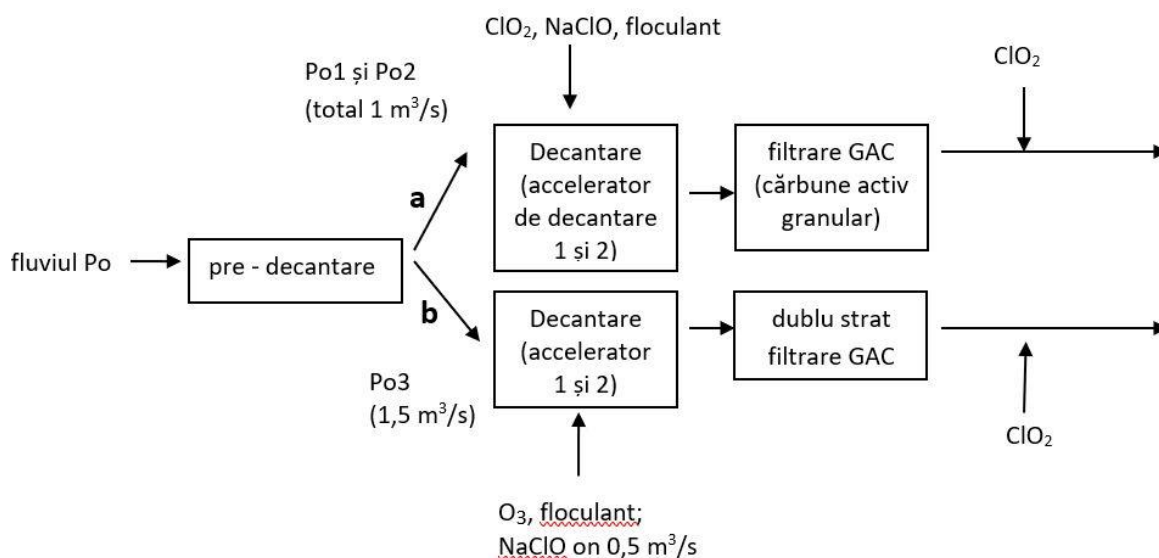


Fig. 47. Procesul de tratare a apei Po1-Po2-Po3 – STA SMAT [120].

Tratarea apei în cadrul acestor două sisteme poate fi realizată în paralel, deoarece procesul urmează aceleași etape cu același tip de echipament, schema generală a procesului de tratare a apei poate fi observată în figura 48. Tratarea apei cuprinde o etapă de pre-clorurare, cu adăugarea de dioxid de clor (ClO_2), hipoclorit de sodiu (NaClO), clorură de aluminiu (AlCl_3) și ozon rezidual din Po3, înainte ca apa care urmează să fie tratată să ajungă la acceleratorul de sedimentare a cărei funcție este de a elimina turbiditatea [120].

Procesul de tratare a apei în cadrul stației de tratare SMAT, cuprinde în general următoarele etape (fig 48) [120]: oxidarea primară, accelerator de decantare, filtrare, rezervor de înmagazinare a apei, pompare.

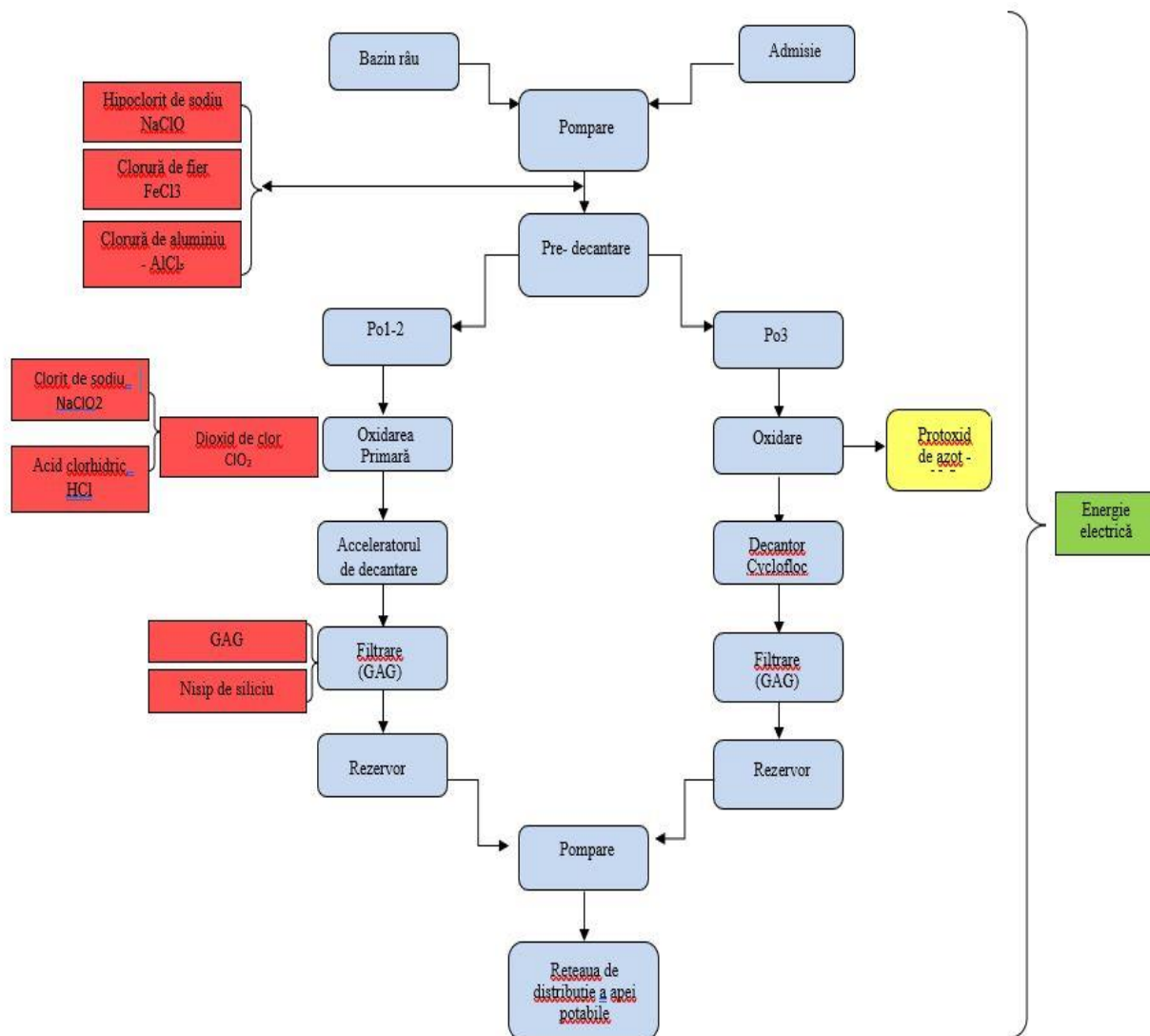


Fig. 48. Procesul de tratare a apei Po1-2-3 SMAT [120].

- Oxidarea primară în procesul de tratare a apei, SMAT S.p.a Torino

În procesul de tratare a apei o importanță deosebită este acordată dezinfecției odată cu eliminarea virușilor, bacteriilor patogene și oxidarea NH_3 , Fe, Mg, nitrăților și substanțelor organice care dau un gust și miros neplăcut apei [120].

Metodele folosite în prezent pentru tratarea apei utilizează hipoclorit de sodiu (NaClO) sau calciu (Ca), dioxid de clor (ClO_2) sau ozon (O_3). Controlul parametrilor din cadrul procesului de tratare a apei se realizează prin concentrația reziduurilor libere și timpul de

contact. Reacția de oxidare poate duce în funcție de reactivul utilizat, la producerea de subproduse nedorite [119, 120].

- **Acceleratorul de decantare**

Etapă de decantare a apei este destinată în primul rând eliminării particulelor coloidale care nu pot fi separate prin sedimentare normală. Procesul de decantare este influențat foarte mult de factori precum: doza și tipul de coagulant, pH, duritatea apei și de alcalinitatea apei.

Procedeu trebuie să asigure de asemenea o etapă de amestecare adecvată în faza de coagulare favorizată de gradul de turbulență sau de timpul de floculare. Coagulanții folosiți sunt sărurile din aluminiu și fier, cum ar fi sulfatul de aluminiu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ și clorura ferică FeCl_3 . Acestea în soluție dau naștere unor fenomene complexe de hidroliză [129].

Încă de la început folosirea pe scară largă a policlorurii de aluminiu (PAC), a manifestat experimental cea mai bună activitate în decantare, rezultând un timp mai scurt de floculare și este mai puțin sensibil la modificările de pH [119, 120].

- **Filtrarea apei în cadrul STA SMAT**

Filtrarea are sarcina de a elimina impuritățile care nu au sedimentat, împiedicând astfel să ajungă la rezervoare. Stațiile de tratare a apei Po1-2-3 sunt echipate cu filtre cu straturi din carbon activat granular (GAC), cu dubla funcție, de filtrare și adsorbție a poluanților. Spre deosebire de pulberea de carbon activ sau cărbunele “de unică folosință” acesta este utilizat în suspensie și nu este recuperat. În același timp se optează să se utilizeze GAC deoarece straturile sunt alcătuite dintr-un material de dimensiuni și forme mai mult sau mai puțin constante, în care, după câteva luni de utilizare cărbunele este extras și regenerat [120].

Stațiile de tratare Po1 și Po2 utilizează 12-14 filtre în paralel, cu o înălțime a unui singur filtru de 80 cm, cu dimensiunile de 10,2/3,7 m și o suprafață de 37,74 m², viteza de filtrare fiind de 4 m/h.

În general, un ciclu de adsorbție durează de la 12 la 18 luni, dincolo de care este necesar să fie eliminat cărbunele pentru a fi trimis către regenerare. Operația de regenerare are ca rezultat o pierdere de aproximativ 10% din mediul de filtrare, ceea ce face necesară restabilirea cantității de GAC achiziționat anual. Având în vedere tipul de poluanți care urmează a fi tratați, SMAT nu utilizează cărbune activ granular complet nou, dar poate să utilizeze GAC din alte etape a proceselor, evitând în acest fel eliminarea [120].

- **Pomparea și rezervorul de înmagazinare a apei în STA SMAT**

Pompele electrice prezente în acest rezervor sunt de tip centrifugal cu axă verticală. În special, pe conducta de curgere a fiecărei pompe este montată o supapă de accelerație și o supapă de control. Acționarea supapei poate fi acționată manual, din camera de control sau poate funcționa automat în funcție de nevoia electrică. Cuplarea dintre acest tip de pompă și supapă înseamnă că acesta din urmă este deschisă complet numai atunci când motorul electric este în regim deschis în timp ce închiderea supapei se face progresiv iar poziția finală coincide cu oprirea mașinii [119, 120].

3.2.1. Estimarea consumului de energie pentru echipamentele din cadrul stației de tratare a apei SMAT

Calculul energiei electrice utilizate în cadrul STA SMAT (fig. 49) este simplificat prin prezența unui contor de energie amplasat de compania responsabilă cu furnizarea de energia electrică. Datele colectate sunt rezumate în tabelul 11 pentru a oferi o imagine de ansamblu asupra consumului de energie, înregistrat pentru anul 2015 [120].

Tabelul 11. Consum energie STA SMAT, anul 2015 [119, 120].

Stația de tratare	Energie consumată [kWh]
Captare apă	4.409.043,86
Predecantare	32.635,18
Po1	
Total	2.613.494,13
Po2	
Total	2.728.316,11
Po3	
Total	11.896.552,41
Total Po1-Po2	5.341.810,41
Total stația de tratare SMAT	21. 680.041,93

În general sistemele de tratare a apei acordă o atenție deosebită tehnologiei, reactivilor și energiei utilizate în procesul de tratare a apei. Aceștia conduc la costuri mai mari de producție a apei potabile [49, 61, 97, 108]. Cu toate acestea calitatea apei potabile furnizate este de o importanță deosebită pentru sănătate sau pentru domeniul unde va fi utilizată. Pentru a respecta aceste limite care ne indică calitatea apei potabile sunt implementate diverse sisteme integrate de management a resurselor de apă și utilizarea celor mai bune tehnologii în procesul tehnologic de obținere a apei potabile [110].

Conform datelor publicate de STA SMAT [120], consumul de energie electrică pentru serviciile centrale reprezintă 1,1% din totalul global. La consumul de energie pentru Po1 și Po2 etapele procesului de tratare sunt: decantare, filtrare, înmagazinare și eliminarea nămolului rezultat în urma procesului de tratare a apei. La consumul de energie pentru procesul de tratare a apei în Po3 se mai adaugă o etapă de ozonizare. Trebuie specificat faptul că pentru camera de admisie și predecantare se înregistrează separat energia consumată deoarece este o etapă comună pentru toate cele 3 stații de tratare.

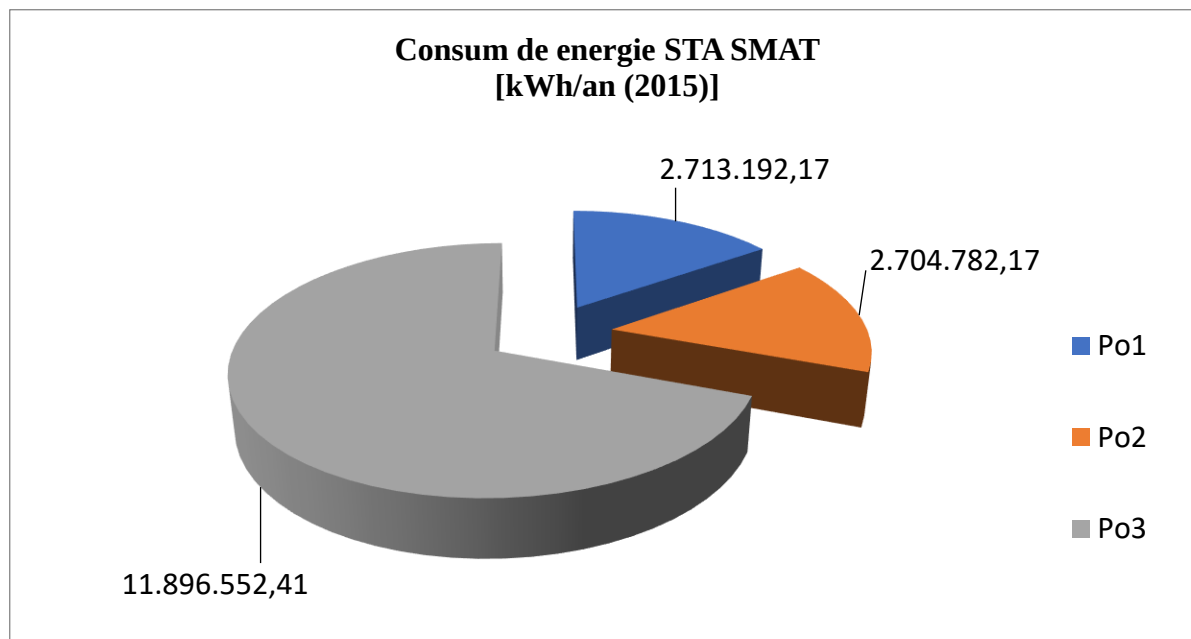


Fig. 49. Consumul de energie pentru stațiile de tratare a apei Po1-2-3 SMAT [119, 120].

3.2.2. Estimarea consumului de substanțe chimice din cadrul stației de tratare a apei SMAT

Deja în anii 90 SMAT s-a angajat într-un program de reducere a utilizării substanțelor chimice (tab. 12) utilizate în tratarea și epurarea apei prin optimizarea proceselor (de exemplu prin controale automate de tip „feedback” și „feed-forward”) și adoptarea de tehnologii ecologice (carbon activ granular, raze ultraviolete etc.) [119, 120].

Datorită acestor activități de îmbunătățire, se poate afirma că utilizarea substanțelor chimice în tratarea apei destinate consumului uman a fost optimizată în cea mai mare măsură în concordanță cu necesitatea asigurării calității sanitare a apei produse.

De asemenea, trebuie amintit că variațiile consumului unor reactivi, pot fi considerate fiziologice până la 10-20%, deoarece sunt condiționate de evenimentele climatice care au avut loc în perioada de raportare. De exemplu, precipitațiile abundente pot conduce la creșteri de

până la 4-5 ori mai mari decât doza medie de floclulant utilizat (policlorură de aluminiu - PAC) [95, 120].

Tabelul 12. Consum substanțe chimice, stația de tratare a apei SMAT [119, 120].

Reactivi (tone)	2011	2012	2013	2014	2015
Hipoclorit de sodiu - NaClO	1.525	1.328	1.247	1.478	1.264
Acid clorhidric - HCl	182	209	174	179	187
Clorit de sodiu - NaClO ₂	274	251	228	216	210
Clorură de aluminiu - AlCl ₃	3.006	3.178	2.869	3	2.789
Dioxid de siliciu - SiO ₂	45	49	42	33	20
Sare de mare granulară	393	378	366	275	341
Carbon activat reactivat	146	610	481	440	479
Carbon activ granular	208	163	135	120	129
Clorură de fier - FeCl ₃	26	30	125	47	8
Hidroxid de sodiu - NaOH	0	0	16	10	5

În STA Barați cât și în STA SMAT cantitatea de substanțe chimice este constantă de la un an la altul (nu există diferențe majore). Cantitatea de substanțe chimice folosită în procesul de tratare a apei, după cum se poate observa în figura 50 este constantă de la un an la altul. Din această motiv, anul de referință este anul 2015, deoarece acesta este o medie a cantității de substanțe chimice utilizate în general când vorbim STA SMAT.

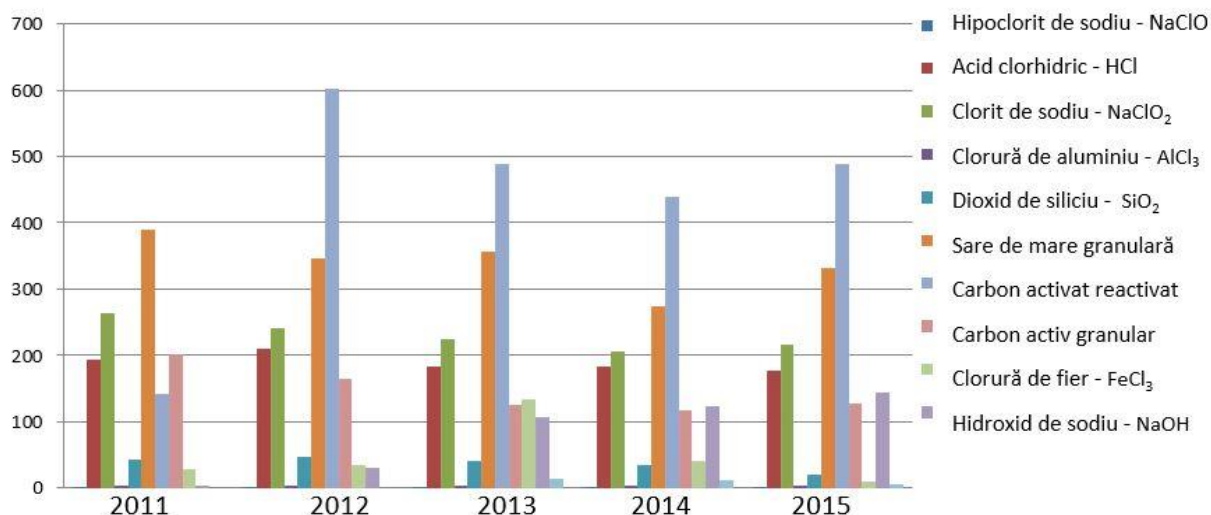


Fig. 50. Consum de substanțe chimice stația de tratare a apei Po1-2-3 SMAT [120].

3.3. Concluzii cu privire la aspectele analizate din cadrul stațiilor de tratare a apei din Bacău și Torino

Pentru ca analiza comparativă dintre cele 2 stații de tratare a apei Barați și SMAT să fie una aplicată și cât mai consolidată pe datele existente trebuie să avem în vedere câteva aspecte legate de:

- Mărimea /capacitatea de tratare a apei a stației. Acest aspect este unul foarte important deoarece fiecare stație în parte a fost construită pentru a deservi un anumit număr de locuitori, din acest punct de vedere orașul Bacău este cu mult mai mic decât orașul Torino. Prin urmare cu siguranță vor exista diferențe mari în ceea ce privește consumul de energie între cele 2 stații de tratare a apei;
- Calitatea apei brute. Aceasta joacă un rol important în estimarea consumului unei stații de tratare a apei deoarece putem spune că în cazul de față fiecare stație de tratare a apei nu pleacă din același punct de start. STA Bacău are un avantaj deoarece lacul Poiana Uzului nu este afectat de poluarea industrială, cea ce nu putem afirma în cazul fluviului Po care traversează alte 5 localități înainte de punctul de prelevare a STA SMAT;
- Tehnologiile de tratare a apei. În ambele cazuri sunt utilizate tehnologii diferite de tratare a apei adaptate în funcție de calitatea apei brute. În acest punct trebuie să se noteze faptul că STA SMAT folosește tehnologii mai noi iar etapele din cadrul procesului de tratare a apei sunt mai numeroase comparativ cu structura procesului de tratare a apei care are loc la Bacău. Printre etapele la care ne referim sunt ozonizarea și filtrarea cu cărbune activ granular (GAG). Etapa de ozonizarea fiind un consumator de energie major;
- Capacitatea fiecărei stații de a produce energie regenerabilă. STA Barați consumă energie din sistemul public. STA SMAT are capacitatea de a produce energie regenerabilă prin amplasarea unor panouri fotovoltaice mobile (ghidate după mișcarea soarelui) pe suprafața de teren din interiorul stației cât și prin procesul de tratare a nămolului rezultat din tratarea și epurarea apei. Un avantaj major al STA SMAT este faptul că stația de tratare a apei se află în același loc cu stația de epurare a apelor uzate. În cazul STA Barați, stația de epurare a apei uzate se află la marginea orașului Bacău neavând nici un fel de conexiune cu stația de tratare a apei.

Aceste aspecte au fost enunțate cu scopul de a stabili o imagine cât mai reală asupra situației existente în fiecare stație de tratare a apei iar rezultatele obținute în urma calcului emisiei de CO₂eq să țină cont de acestea, deoarece o comparație directă nu poate fi realizată ci poate doar recomandări de îmbunătățire a unor etape din procesele de tratare a apei din cadrul stațiilor de tratare prezentate.

CAPITOLUL 4. APLICAREA METODOLOGIEI AMPRENTEI DE CARBON ÎN CADRUL STAȚIILOR DE TRATARE A APEI BARAȚI ȘI SMAT PENTRU ANUL 2015

Acest studiu a analizat procesul de tratare a apei din punct de vedere al consumului de energie cât și a consumului de substanțe chimice cu ajutorul Metodologiei Amprentei de Carbon cât și de a explora posibilitățile de eficientizare a procesului de tratare a apei într-o stație de tratare a apei.

Studiul de caz din cadrul acestei lucrări de cercetare s-a concentrat pe stația de tratare a apei Barați (STA Barați) și pe stația de tratare a apei SMAT (STA SMAT), unde s-a monitorizat și analizat timp de 12 luni (anul 2015) cantitatea de energie și de substanțe chimice consumate pentru procesul de tratare a apei.

Instrumentele tradiționale de evaluare a stațiilor de tratare a apei se referă la eficiența de îndepărtare a parametrilor critici și evaluarea costurilor pentru activitățile operative. Acestea trebuie să fie astăzi integrate cu o verificare a compatibilității totale cu procesul. S-a luat în considerare efectul cel mai mare al acestor aspecte, în special capacitatea de a genera gaze cu efect de seră (GES) de la consumul de energie, transport și utilizarea substanțelor chimice care trebuie să fie analizate cu atenție [12, 103].

4.1. Aspecte generale cu privire la Amprenta de Carbon și emisiile de gaze cu efect de seră

Schimbările climatice reprezintă o caracteristică a istoriei planetei noastre. Pământul a suferit de-a lungul timpului o serie de schimbări majore și acum este într-un proces de încălzire treptată [140].

Dioxidul de carbon (CO_2) este de obicei recunoscut cu un rol crucial în poluarea atmosferică în cadrul general al încălzirii globale. Gazele cu efect de sera (GES) se referă la o listă precisă de poluanți, recunoscuți și identificați de Protocolul de la Kyoto și sunt clasificați în funcție de 6 categorii de bază: dioxid de carbon (CO_2), metan (CH_4), protoxid de azot (N_2O), hidroclorofluorcarburile (HCFC, HFC), perfluorocarburile (PFC), hexafluorură de sulf (SF_6) (tab. 13). Din anul 1980, concentrația de GES a înregistrat o tendință de creștere (fig. 51), ca urmare a dezvoltării la nivel mondial a activităților industriale și tehnologice [103, 140].

Legătura dintre aceste gaze cu efect de seră și Amprenta de Carbon stă în faptul că Metodologia Amprentei de Carbon realizează o estimare a acestor gaze care sunt eliberate sau eliminate în mediu ca urmare a unui proces, activități, proiect într-o anumită perioadă de timp.

Această estimare a Amprentei de Carbon este posibilă odată cu documentarea și cuantificarea diferitelor activități care emit în atmosferă oricare dintre aceste 4 tipuri de gaze.

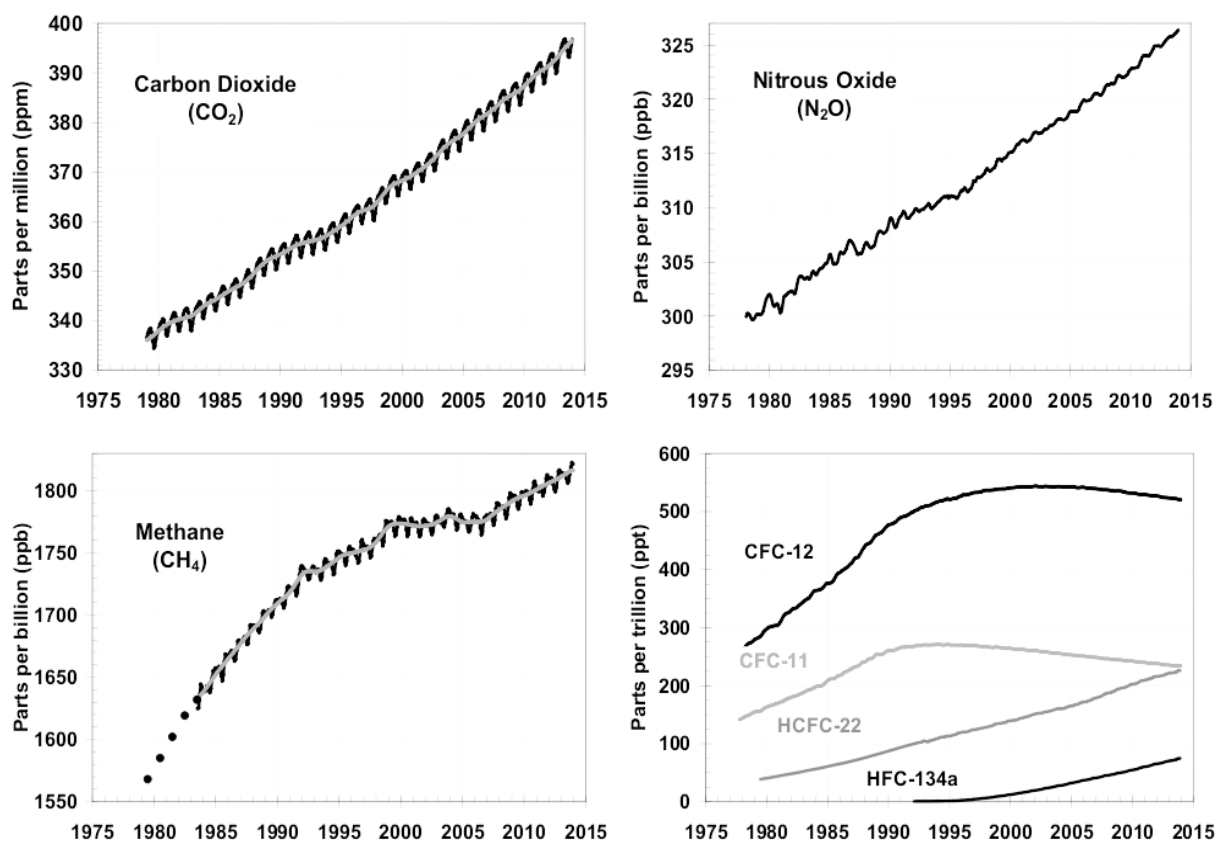


Fig. 51. Trendul crescător al gazelor cu efect de seră în atmosferă [103].

IPCC (Grupul Interguvernamental pentru Schimbările Climatice) a definit potențialul de încălzire globală (Global Warming Potential - GWP) prin factori de evaluare a emisiilor, legate de fiecare gaz cu efect de seră în parte ca CO₂ echivalent (CO₂ eq), ținând seama de o perioadă egală cu 100 de ani (tab. 13). Potențialul de încălzire global al fiecărui gaz cu efect de seră în parte ar trebui să fie înmulțit cu valoarea medie a concentrației în atmosferă a acesteia pentru a obține "cotele de participare" specifice [15, 70, 71, 103].

Trebuie remarcat faptul că prezența gazelor cu efect de sera în atmosferă este esențială pentru existența vieții pe Pământ. Anumite gaze din atmosferă acționează ca pereții de sticlă ai unei sere: reține o parte din radiațiile infraroșii (căldura) reflectată de pe suprafața planetei și menține temperatura suficient de ridicată pentru a susține viața pe Pământ. Fără efectul de seră temperatura medie a Pământului ar fi de -18°C [42, 140].

Deși schimbările climatice sunt prezentate deseori sub denumirea de "încălzire globală", rezultatul pentru Europa s-ar putea să fie o nouă eră glaciară, datorită în primul rând

modificărilor curenților oceanici și în special a Curentului Golfului. Curentul Golfului ia naștere în apropierea Ecuatorului, se îndreaptă spre Caraibe și apoi o ia drept spre Nordul Atlanticului. Pe măsură ce înaintează spre nord apa caldă a curentului Golfului (care la Ecuator are 26-28°C) se evaporă, fapt care determină creșterea concentrației de săruri. La circa 55 grade latitudine nordică apele sărate ale curentului Golfului devenind mai dense, coboară la adâncimi mai mari (2.000-3.000m) fiind împinse înapoi spre punctul de plecare [42, 140].

Tabelul 13. GES, Potențial de Încălzire Globală și sursa de producere [80, 103].

Gaz cu efect de seră (GES)	Potențial de Încălzire Globală	Sursa de producere
Dioxid de carbon (CO ₂)	1	procese de ardere, generarea de căldură, producția de beton, defrișări
Metan (CH ₄)	25	cultivarea orezului, combustibili fosili minieri, depozite de deșeuri, procese de degradare anaerobă
Protoxid de azot (N ₂ O)	298	agricultură, procese de ardere, producție de acid azotic tratarea apei procese de combustie
Hidroclorofluorcarburile (HFCs, HCFCs)	77-14.800	sistemele de refrigerare
Perfluorocarburi (PFCs)	7.390-17.700	sistemele de refrigerare producția de aluminiu și magneziu
Hexafluorură de sulf (SF ₆)	22.800	producția de aluminiu și magneziu electricitatea de înaltă tensiune

În dreptul Ecuatorului apele reci ies la suprafață, se încălzesc și ciclul se reia. Totul se datorează diferențelor de temperatură, de salinitate și de densitate ale apelor Oceanului Atlantic. Dacă ghețurile polare s-ar topi, apa oceanului Atlantic în zona sa nordică s-ar îndulci iar modificările de salinitate ar putea perturba delicatul echilibru care determină curentul Golfului. Iar dacă apele calde nu ar mai scălda coastele nordice ale Europei și insulelor adiacente, clima acestor zone s-ar modifica dramatic. Islanda, Norvegia, Finlanda, Suedia, nordul Marii Britanii (Scoția și Nordul Angliei) ar fi acoperite de ghețuri veșnice [42].

Un alt aspect aparent paradoxal al acestor schimbări climatice este aridizarea asociată inundațiilor. Acest rezultat aparent paradoxal este datorat modificărilor tiparului precipitațiilor: ierni blânde cu ploi producătoare de inundații, veri cu temperaturi mai ridicate și cu precipitații mai rare, mult mai violente și mai importante din punct de vedere cantitativ [42, 140].

De fapt, concurența pentru resursele de apă prezintă un risc în creștere pentru economie, comunități și ecosistemele de care depind. Dacă schimbările climatice vor continua să genereze

o creștere a temperaturilor medii din Europa este de așteptat ca, în multe zone deficitul de apă ar putea chiar crește. Găsirea de soluții pentru a proteja apa sunt foarte vitale [51].

Deficitul de apă are loc oricum în cazul în care cererea de apă depășește disponibilitatea resurselor durabile de apă. O rezervă adecvată de apă, de bună calitate, este o cerință esențială pentru progresul social și economic. Pentru a preveni orice deficiențe de apă sunt necesare două abordări: a învăța cum să se economisească apă și să opereze cât mai eficient resursele disponibile [51, 140].

Europa consumă apă în principal din resurse proprii, de asemenea Europa nu este un continent uscat, dar aprovizionarea cu apă este în prezent un factor de îngrijorare pentru cel puțin jumătate din populația UE [42, 51, 140].

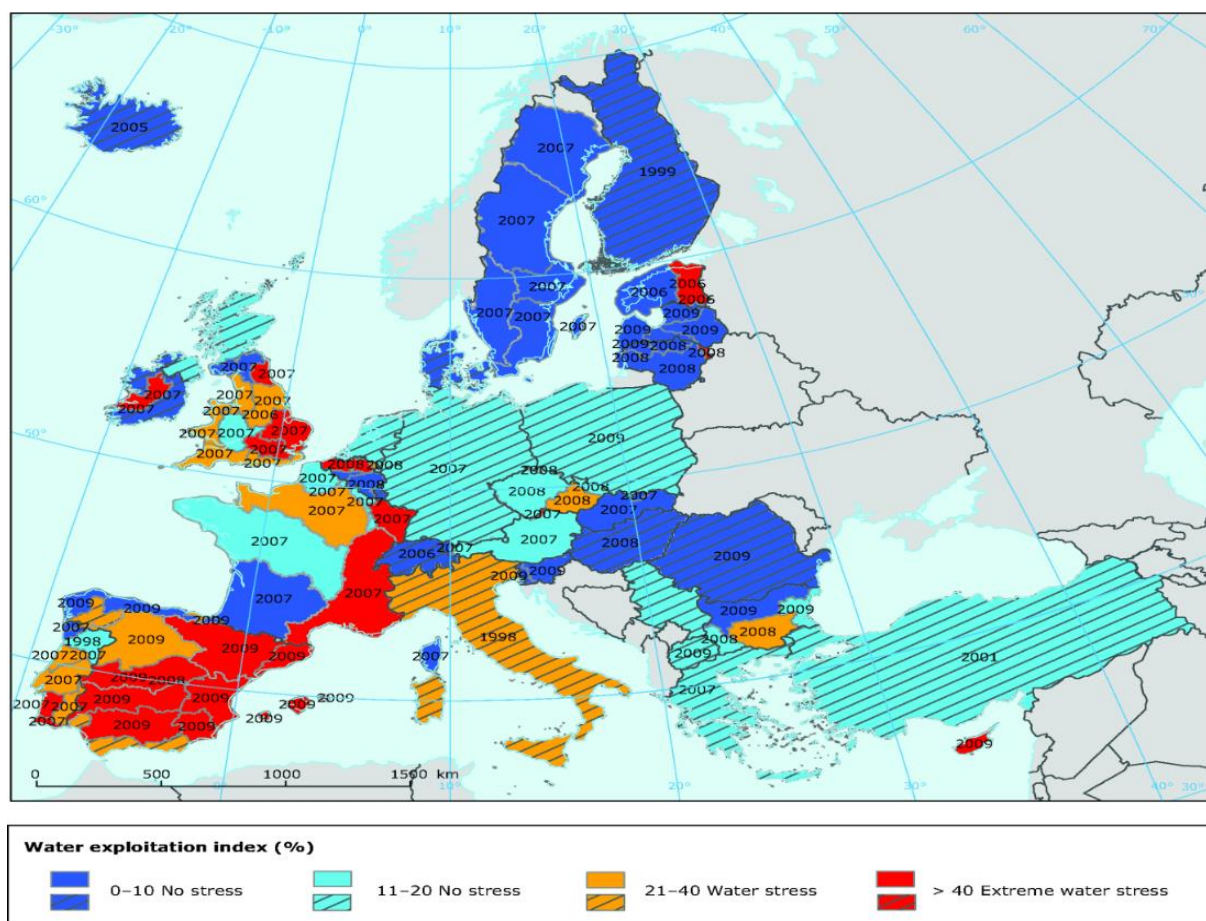


Fig. 52. Exploatarea apei în Europa [51].

Figura 52 prezintă situația din diferite țări europene. Indicele de exploatare a apei (water exploitation index - WEI) reprezintă raportul dintre cantitatea de apă extrasă în fiecare an și totalul resurselor de apă dulce disponibil într-o perioadă lungă de timp și reflectă presiunea la care sunt supuse rezervele de apă. Un indice de exploatare a apei de peste 20% implică o condiție de stres în rezervele de apă, în timp ce valorile de peste 40% reflectă o tensiune severă

de apă și utilizarea în mod nesustenabil a resurselor disponibile de apă. Geografia și clima din Europa implică UE într-o disparitate în distribuția de apă, o situație care a devenit mult mai gravă din cauza omului [51, 140].

În sudul Europei, de exemplu, dezvoltarea turismului a dus la creșterea cererii de apă, cât și la creerea deșertificării și pătrunderea apei sărate în diferite acvifere de apă dulce de coastă. În Europa de Sud deficitul de apă este mai critic, dar problema nu este cu siguranță limitată doar la acele zone. Din anul 1976, o mare parte din Statele Unite ale Americii a trecut prin mai multe secete și deficite de apă și acum ne este indicat faptul că apele subterane sunt exploatate excesiv. Problema este în creștere [51]:

- 60% din orașele europene folosesc excesiv apa lor subterană;
- din anul 1985, în partea de sud a Europei suprafața de teren irigată a crescut cu 20%;
- numărul regiunilor și populațiile afectate de secetă a crescut cu aproximativ 20% în perioada cuprinsă între anii 1976 și 2006;
- seceta din anul 2003, una dintre cele mai grave înregistrate până în prezent, a afectat peste 100 de milioane de persoane și o treime din teritoriul UE;
- 20% din apele de suprafață din Europa sunt grav amenințate de contaminanți;
- deficitul de apă este un fenomen îngrijorător și acoperă cel puțin 11% din populația europeană și 17% din teritoriul UE;
- în ultimii 30 de ani numărul de cazuri de secetă în Europa a înregistrat o creștere și de asemenea s-au amplificat episoadele de secetă, care au dus la costuri estimate de 100 de miliarde de euro;
- cererea de apă este în creștere în întreaga Europă și se pune presiune asupra resurselor de apă. Într-un scenariu de situație neschimbată a consumului de apă, populația, industria și agricultura ar putea crește consumul de apă cu 16% până în anul 2030. Mai mult decât atât, schimbările climatice vor agrava problemele deficitului de apă și seceta.

Pe de altă parte conform rapoartelor publicate de Națiunile Unite, utilizarea apei a crescut la nivel mondial cu aproximativ 1% pe an începând cu anii 1980, această creștere este determinată de o combinație de creștere a populației, dezvoltare socio-economică și schimbarea tiparelor de consum. Se preconizează că cererea globală de apă va continua să crească la o rată similară până în anul 2050, deoarece până în anul 2030, 60% din populația lumii se așteaptă să locuiască în zonele urbane (fig. 53) [37, 146, 151].

În ultima decadă în ceea ce privește apa s-a înțeles că aceasta nu are valoare doar economică ci și socială, religioasă, culturală și de mediu, iar toate acestea sunt interdependente între ele. Valorizarea apei este parte integrată în managementul resurselor de apă și de asemenea are rol în alocarea apei, în gestionarea cererii de apă și în finanțarea investițiilor în domeniul apei [146].

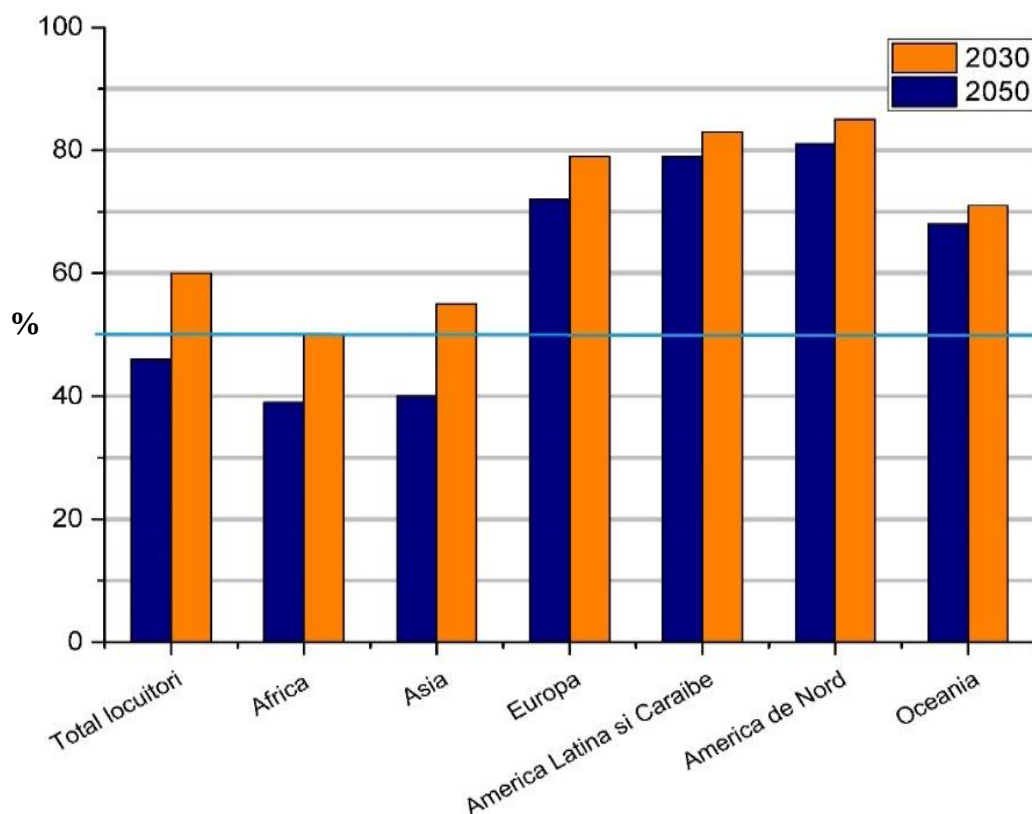


Fig. 53. Variația populației care va locui în mediul urban până în 2030 [146].

Mai mult decât atât prețul apei este un factor important care reflectă costurile reale de dezvoltare, furnizare și menținere a sistemului de apă. În general prețurile corecte încurajează gospodărirea apei conform cu strategiile de management integrat al apei existente, dar în același timp tariful acesteia trebuie să țină cont de rolul ca bun social al apei, pentru ca grupurile vulnerabile să fie protejate [105]. În principal sistemele de tarificare cum ar fi taxele și subvențiile, pot fi utilizate pentru a transfera beneficiile către grupurile vulnerabile, fără să diminueze productivitatea economică a resurselor de apă.

Vom observa în tabelul 14 că în țările dezvoltate tariful apei diferă și de 4 ori de la o țară la alta. Tariful apei în România este superior celui din Italia, cu toate că procesul de tratare în Italia este unul mai complex comparativ cu România. Dacă ne uităm la cele 2 studii de caz din STA Barați și STA SMAT, prețul diferit din cele două țări poate reflecta de asemenea că:

- diferitele sectoare economice consumatoare de apă pot fi apreciate diferit în funcție de capacitatea de dezvoltare a fiecărei țări. Sectoare economice consumatoare de apă pot fi: sectorul mâncării, orașele, industriile etc.;
- tradiția plății apei, este posibil sa nu fie stabilită peste tot în țară;
- principiul “poluatorul plătește” nu poate fi aplicat întodeauna din cauză că poluarea apei nu poate fi un fenomen care poate fi controlat.

Tabelul 14. Compararea tarifului apei în țările dezvoltate [105, 146].

Țara	\$/m³
Germania	1,91
Danemarca	1,64
Belgia	1,54
Olanda	1,25
Franța	1,23
Marea Britanie și Irlanda de Nord	1,18
România	0,91
Italia	0,76
Finlanda	0,69
Irlanda	0,63
Suedia	0,58
Spania	0,57
S.U.A	0,51
Australia	0,50
Africa de Sud	0,47
Canada	0,40

Buna gospodărire a apelor este fundamentală pentru a asigura sănătatea umană și pe cea a mediului. Cu tehnologiile, politicile, planurile și programele existente în prezent principalul scop al managerilor din sectorul apei ar trebui să fie furnizarea apei către utilizatori la o calitate adecvată cu o Amprentă de Carbon cât mai scăzută. De asemenea vor fi necesare modificări în atitudini ca utilizarea de surse alternative de apă (apă uzată, ape pluviale) pentru a stimula modele inovatoare.

Este important să estimăm capacitate de emisie de CO₂eq a procesului de tratare a apei prin Metodologia Amprentei de Carbon deoarece activitățile zilnice din cadrul procesului de tratare a apei pot fi monitorizate și incluse într-o platformă și pot ajuta la îmbunătățirea operațiilor din procesul de tratare a apei.

Exprimarea în CO₂eq permite managerilor din sectorul apei să aibă o serie de alegeri care să ajute la o operare continuă și durabilă a stației de tratare a apei și de asemenea va permite evaluarea impacturilor financiare, sociale și de mediu a apei. Datele obținute cu ajutorul Metodologiei Amprentei de Carbon pot fi urmărite în timp și vor ajuta în viitor să informeze dacă anumite decizii au avut un impact marcant [126].

Realizarea unui studiu utilizând Metodologia Amprentei de Carbon a demonstrat de-a lungul timpului că oferă o conștientizare asupra efectelor asupra mediului pe care le poate avea un proces, activitate, acțiune. În același timp oferă posibilitatea de a stabili repere pentru cantitatea de emisii de CO₂ să poată fi controlată și redusă în viitor, după care aceste baze de date pot deveni rapoarte de încredere. Cu timpul acestea pot deveni un punct de pornire pentru monitorizarea altor procese din domeniu și nu numai [105, 126, 146].

Aplicabilitatea Metodologiei Amprentei de Carbon în stațiile de tratare a apei ajută în creionarea unei imagini de ansamblu (fig. 54) a surselor de emisie de CO₂ asociate procesului de tratare a apei. Trebuie avut în vedere principalele surse de emisie de CO₂ din cadrul stației de tratare a apei, deoarece stațiile de tratare a apei din întreaga lume au o varietate de abordări prin care evaluează Amprenta de Carbon a instalațiilor sau operațiilor pe care le compun.

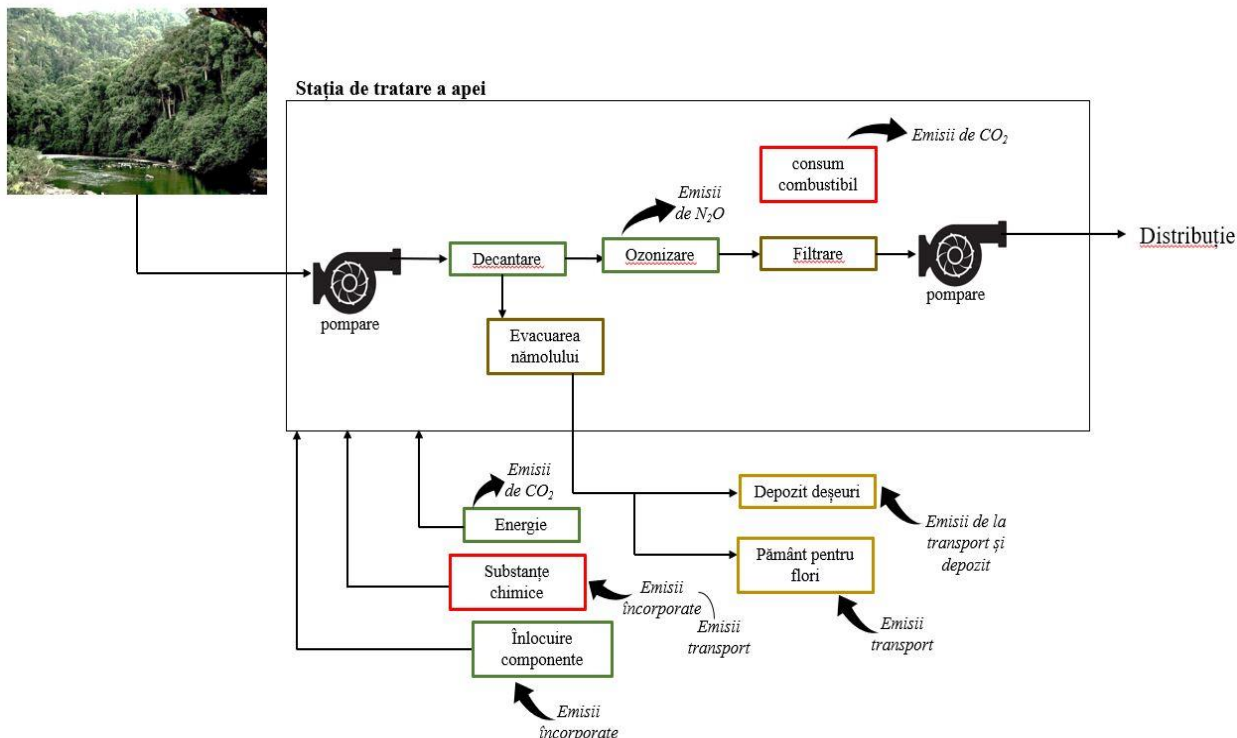


Fig. 54. Sursele de emisii provenite din producția de apă potabilă [8].

O evaluare prin intermediul Metodologiei de Carbon încă reprezintă un instrument de management insuficient exploatat care poate veni în ajutorul factorilor de decizie din sectorul apei, pentru a dezvolta construcții și operațiuni durabile, de asemenea pentru viitor poate fi o resursă importantă pentru planificarea procesului de tratare a apei. Cel mai adesea Metodologia Amprentei de Carbon este folosită mai ales în procesele de epurare a apei datorită complexității procesului comparativ cu procesul de tratare a apei [126].

Într-o serie de studii [21, 67, 82, 87, 136] prezentate în capitolul 1 al acestei lucrări în care s-a aplicat Metodologia Amprentei de Carbon, putem observa că în general cantitatea de emisii de carbon în atmosferă este mai mare în cazul proceselor de tratare a apei în care sursa de apă este subterană, deoarece procesul de pompare a apei la suprafață necesită o cantitate considerabilă de energie.

4.2. Aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău, România

4.2.1. Calculul consumului energetic din cadrul stației de tratare a apei Barați

Calculul consumului de energie în procesul de tratare a apei cu ajutorul Metodologiei Amprentei de Carbon cu datele obținute din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău (STA Barați, Bacău) permite o evaluare rapidă odată ce se cunoaște întreg procesul de tratare a apei.

Un obiectiv al acestui studiu este acela de a calcula cantitatea de CO₂eq emis în atmosferă de cele două stații de tratare a apei din Bacău și Torino în urma consumului de energie și substanțe chimice cât și efectul avut asupra mediului a fiecărei stații de tratare cu posibilitatea de eficientizare a procesului de tratare a apei. Datele privind consumul de energie din procesul de tratare a apei au fost colectate zilnic de către centrul de control al motorului (MCC - motor control center) și pot fi rezumate în următorul tabel:

Tabelul 15. Centralizarea datelor referitoare la consumul de energie electrică pe zi la stația de tratare a apei Barați pentru anul 2015 [50].

Descriere	kW	Perioadă de funcționare /zi	kWh/zi
MCC 101- Admisie și decantare			
Pompă de prelevare	0,37	1	0,37
Mixer nr. 3	3,50	24	84
Floculator nr. 3	3,00	24	72
Debitmetru - reciclarea nămolurilor	0,05	24	1,2

Pompa apă supranatantă nr. 1	6,60	20	132
Debitmetru supernatant	0,05	24	1,2
Supapă de scurgere a nămolului	1,00	1	1
Rezervor de nămol	0,02	24	0,36
Rezervor B - recipient stocare apă set	0,02	24	0,36
Debitmetru de intrare 1	0,05	24	1,2
Debitmetru de intrare 2	0,05	24	1,2
Debitmetru de intrare 3	0,05	24	1,2
Robinet pneumatic - 12 buc	2,40	0,5	1,2
Contor măsurare turbiditate	0,02	24	0,48
Supapă electromagnetică cu apă de proba - 3 buc	0,03	0,5	0,015
Controler logic programabil (PLC)	2,00	24	48
Total energie MCC 101 kWh/zi			345,785
MCC 102 - Filtrarea			
Panou de control al filtrului 1			
Valvă pneumatică de intrare a apei tratate	0,02	0,1	0,002
Robinet motorizat de evacuare a apei filtrate	0,37	0,1	0,037
Robinet pneumatic de intrare a apei de spălare	0,02	0,1	0,002
Supapă pneumatică de admisie a aerului	0,02	0,1	0,002
Vană motorizată de depozitare apă din spălare	0,55	0,1	0,055
Contor de nivel al filtrului	0,02	24	0,48
Total energie a PLC 2-1 :	0,50	24	12
SUB TOTAL			12,578
Panou de control al filtrului 2			
Valvă pneumatică de intrare a apei tratate	0,02	0,1	0,002
Robinet motorizat de evacuare a apei filtrate	0,37	0,1	0,037
Robinet pneumatic de intrare a apei de spălare	0,02	0,1	0,002
Supapă pneumatică de admisie a aerului	0,02	0,1	0,002
Vană motorizată de depozitare apă din spălare	0,55	0,1	0,055
Contor de nivel al filtrului	0,02	24	0,48
SUB TOTAL			0,578
Panou de control al filtrului 3			
Valvă pneumatică de intrare a apei tratate	0,02	0,1	0,002

Robinet motorizat de evacuare a apei filtrate	0,37	0,1	0,037
Robinet pneumatic de intrare a apei de spălare	0,02	0,1	0,002
Supapă pneumatică de admisie a aerului	0,02	0,1	0,002
Vană motorizată de depozitare apă din spălare	0,55	0,1	0,055
Contor de nivel al filtrului	0,02	24	0,48
SUB TOTAL			0,578
Panou de control al filtrului 4			
Valvă pneumatică de intrare a apei tratate	0,02	0,1	0,002
Robinet motorizat de evacuare a apei filtrate	0,37	0,1	0,037
Robinet pneumatic de intrare a apei de spălare	0,02	0,1	0,002
Supapă pneumatică de admisie a aerului	0,02	0,1	0,002
Vană motorizată de depozitare apă din spălare	0,55	0,1	0,055
Contor de nivel al filtrului	0,02	24	0,48
SUB TOTAL			0,578
Panou de control al filtrului 5			
Valvă pneumatică de intrare a apei tratate	0,02	0,1	0,002
Robinet motorizat de evacuare a apei filtrate	0,37	0,1	0,037
Robinet pneumatic de intrare a apei de spălare	0,02	0,1	0,002
Supapă pneumatică de admisie a aerului	0,02	0,1	0,002
Vană motorizată de depozitare apă din spălare	0,55	0,1	0,055
Contor de nivel al filtrului	0,02	24	0,48
SUB TOTAL			0,578
Panou de control al filtrului 6			
Valvă pneumatică de intrare a apei tratate	0,02	0,1	0,002
Robinet motorizat de evacuare a apei filtrate	0,37	0,1	0,037
Robinet pneumatic de intrare a apei de spălare	0,02	0,1	0,002
Supapă pneumatică de admisie a aerului	0,02	0,1	0,002
Vană motorizată de depozitare apă din spălare	0,55	0,1	0,055
Contor de nivel al filtrului	0,02	24	0,48
SUB TOTAL			0,578
Panou de control al filtrului 7			
Valvă pneumatică de intrare a apei tratate	0,02	0,1	0,002
Robinet motorizat de evacuare a apei filtrate	0,37	0,1	0,037

Robinet pneumatic de intrare a apei de spălare	0,02	0,1	0,002
Supapă pneumatică de admisie a aerului	0,02	0,1	0,002
Vană motorizată de depozitare apă din spălare	0,55	0,1	0,055
Contor de nivel al filtrului	0,02	24	0,48
SUB TOTAL			0,578
Panou de control al filtrului 8			
Valvă pneumatică de intrare a apei tratate	0,02	0,1	0,002
Robinet motorizat de evacuare a apei filtrate	0,37	0,1	0,037
Robinet pneumatic de intrare a apei de spălare	0,02	0,1	0,002
Supapă pneumatică de admisie a aerului	0,02	0,1	0,002
Vană motorizată de depozitare apă din spălare	0,55	0,1	0,055
Contor de nivel al filtrului	0,02	24	0,48
SUB TOTAL			0,578
Pompă de prelevare (rezervor de contact cu clor)	0,55	1	0,55
Pompa de spălare nr.1 (27,5kW)	24,00	0,3	7,2
Pompa de spălare nr. 2 (27,5kW)	24,00	0,3	7,2
Pompa de spălare nr. 3 (27,5kW)	24,00	0,3	7,2
Suflanta de aer nr.1	45,00	0,3	13,5
Suflanta de aer nr. 2	45,00	0,3	13,5
Pompă de apă de dirijare a clorului 1	2,20	24	52,8
Pompe pentru presiunea apei	5,50	2	11
Compresor de aer nr.1	7,50	1	7,5
Pod rulant (2,5kw)	3,00	0,5	1,5
Supapă de descărcare a apei de spălare	0,37	0,5	0,185
Debitmetru de evacuare a apei de spălare	0,05	24	1,2
Contor măsurare turbiditate 1	0,02	24	0,48
Contor măsurare turbiditate 2	0,02	24	0,48
Contor de nivel a rezervorului de apă de spălare	0,02	24	0,48
Electrovane filtrante pentru evacuarea apei - 8 buc	1,60	1	1,6
Panou de comandă PLC	3,00	24	72
Panou de iluminare - LP-FB	15,00	2	30
Total energie MCC 102 kWh/zi			228,375
MCC 103 - Clorinarea			

Detectorul camerei de depozitare a clorului	0,01	24	0,24
Ventilator de aerisire 1	1,50	0,1	0,15
Pod rulant (2,5kw)	3,00	0,1	0,3
Unitate neutralizare gaze	10,00	0,1	1
Ventilator de aerisire 2	1,50	0,1	0,15
Detectorul de scurgeri a camerei clorului	0,01	24	0,24
Monitorizare Cl	0,01	24	0,24
Panou de comandă PLC	3,00	24	72
Panou de iluminare LP-CB	10,00	2	20
Total energie kWh/zi			94,32
MCC 104 – Tratarea cu substanțe chimice			
Mixer pentru rezervorul de Aluminiu nr. 1	3,50	24	84
Pompa de dozare a Aluminiului nr. 3	0,37	24	8,88
Contor de debit de descărcare a soluției de Alum 1	0,05	24	1,2
Contor de debit de descărcare a soluției de Alum 2	0,05	24	1,2
Contor de debit de descărcare a soluției de Alum 3	0,05	24	1,2
Contor de debit de descărcare a soluției de Alum 4	0,05	24	1,2
Robinetul de intrare a apei de serviciu 3 (la rezervorul de Al nr. 2)	0,02	0,1	0,002
Rezervorul de Al transmițător de nivel:1	0,02	24	0,48
Rezervorul de Al transmițător de nivel:2	0,02	24	0,48
Rezervorul de var transmițător de nivel:1	0,02	24	0,48
Rezervorul de var transmițător de nivel:2	0,02	24	0,48
Rezervorul de PAC transmițător de nivel:1	0,02	24	0,48
Rezervorul de PAC transmițător de nivel:2	0,02	24	0,48
Prepararea polimerului & Unitatea de dozare	2,50	24	60
Pompa de dozare a polimerului nr. 3	0,37	24	8,88
Debitmetru de descărcare a soluției polimerice 1	0,05	24	1,2
Debitmetru de descărcare a soluției polimerice 2	0,05	24	1,2
Debitmetru de descărcare a soluției polimerice 3	0,05	24	1,2
Debitmetru de descărcare a soluției polimerice 4	0,05	24	1,2
Electrovalva de diluare a polimerului	0,02	0,1	0,002
Pompa de prelevare nr. 1 pentru evacuarea apei din rezervor	0,55	1	0,55

Rezervorul contorului de debit intrare nr. 1	0,05	24	1,2
Rezervorul contorului de debit intrare nr. 2A	0,05	24	1,2
Rezervorul contorului de debit intrare nr. 2B	0,05	24	1,2
Rezervorul cu contor de debitmetru de ieșire nr. 1	0,05	24	1,2
Rezervorul cu contor de debitmetru de ieșire nr. 2A&B	0,05	24	1,2
Pod rulant (2,5kw)	3,00	0,1	0,3
Panouri comandă PLC	3,00	24	72
Iluminarea panourilor LP-CH	15,00	1	15
Total energie MCC 104 kWh/zi			268,094
105 - Clădirea tehnică			
Boiler	1,50	5	7,5
Pompă de circulație 1	2,20	5	11
Analizor de probă de apă 1	0,50	24	12
Analizor de probă de apă 2	0,50	24	12
Panouri PLC	3,00	24	72
Iluminat intern LP-TB	7,50	2	15
Panou de iluminat exterior LP-OL	20,00	3	60
Total energie 105 kWh/zi			189,5
TOTAL ENERGIE kWh /zi			1.126,074
TOTAL ENERGIE kWh /lună			33.782,22
TOTAL ENERGIE kWh /an			411.017

Calculul necesarului de energie electrică utilizată în procesul de tratare a apei este simplificat de existența unui contor de energie instalat de compania responsabilă cu furnizarea energiei electrice (tab.16). Astfel că datele pot fi comparate cu cantitatea de apă captată și tratată.

Din analiza etapelor procesului de tratare a apei și a componentelor prezentate, consumul de energie în cadrul stației de tratare a apei Barați este constant pe parcursul anului 2015 (tab. 17).

Tabelul 16. Consumul de energie electrică pe fiecare treaptă de tratare a apei în cadrul STA Barați [50].

Treaptă de tratare	Timpul de funcționare (h/zi)	Consum energie/zi (kw)	Energie electrică consumată an (kWh)
Admisie și decantare	24	345,785	126.211
Filtrare	24	228,375	83.357
Clorinare	24	94,32	34.427
Tratarea cu substanțe chimice	24	268,094	97.854
Clădirea Tehnică	24	189,5	69.168
Total kWh/zi	24	1.126,074	411.017

Tabelul 17. Consum lunar energie electrică în STA Barați [50].

Anul 2015 Luna	Medie apă brută tratată (m ³ /zi) ≅	Consum specific de energie (kwh/m ³)	Energie electrică consumată/lună (kWh)	Energie electrică consumată/an (kWh)
Ianuarie	26.710	0,0050	4.140	49.680
Februarie	27.513	0,0121	9.321	111.852
Martie	30.041	0,0144	13.410	160.920
Aprilie	22.975	0,0058	3.998	47.976
Mai	25.671	0,0091	7.242	86.904
Iunie	26.404	0,0126	9.980	119.760
Iulie	27.513	0,0121	10.320	123.840
August	30.041	0,0144	13.410	160.920
Septembrie	22.975	0,0058	3.997	47.964
Octombrie	25.767	0,0129	10.304	123.648
Noiembrie	28.186	0,0118	9.977	119.724
Decembrie	15.625	0,0085	4.118	49.416
Media	25.785	0,0103	8.351	100.217

După cum s-a specificat în capitolul anterior în cazul STA Barați apa brută are un grad de turbiditate foarte scăzut în diferite perioade ale anului, mai exact iarna. Datorită acestui fapt diferă cantitatea de apă tratată de la o perioadă la alta a anului, prin urmare va fi diferită și cantitatea de energie necesară pentru tratarea acesteia (tab. 18).

De asemenea poate observa că va exista întotdeauna un anumit exces de consum electric în ceea ce privește debitul mediu zilnic de apă tratată în funcție de turbiditatea acesteia cu precizarea că instalația funcționează la debitul maxim de livrare. În același timp trebuie

specificat faptul că turbiditatea apei poate varia în fiecare zi în funcție de activitățile și condițiile vremii din amonte de Lacul Poiana Uzului.

Tabelul 18. Consum energie electrică în STA Barați în funcție de turbiditate [50].

	Debitul mediu (m ³ /zi) (60.000 m ³ /zi)	Consumul de energie electrică garantat (kWh/m ³)	Consumul de energie electrică garantat (kWh)		
			zi	lună	an
Echipamentele de proces					
Apă brută NTU 1 - 10	30.000	0,02726	817,8	24.534	294.408
Apă brută NTU 10 - 20	21.000	0,02726	572,5	17.175	206.100
Apă brută NTU 20 - 70	9.000	0,02726	245,36	7.360	88.320

După cum se poate observa, va exista întotdeauna un anumit exces de consum electric în ceea ce privește debitul mediu zilnic de apă tratată în funcție de turbiditatea acesteia cu precizarea că instalația funcționează la debitul maxim de livrare. În același timp trebuie specificat faptul că turbiditatea apei poate varia în fiecare zi în funcție de activitățile și condițiile vremii din amonte de lacul Poiana Uzului.

Gradul de turbiditate al apei are mai degrabă impact asupra cantității de apă tratată decât asupra cantității de energie consumate, deoarece un rol mai important îl joacă sursa de apă și sistemul de distribuție. Pe de altă parte conform studiilor în domeniu, aproximativ 11% din totalul de energie este necesară procesului de tratare în sine iar restul de aproximativ 89% din energie este utilizată în pomparea apei brute și în distribuție [8, 21, 26, 67, 82, 87, 108, 136]. În cazul de față pentru STA Barați sursa de apă este de suprafață iar procesul de distribuție al apei se face gravitațional deoarece stația de tratare a apei se află în localitatea Barați, Mărgineni, localitate care se află în zona deluroasă a orașului Bacău.

Un alt factor care implică un consum ridicat de energie este complexitatea etapelor procesului de tratare a apei. În cazul STA Barați etapele prin care trece apa brută sunt cele de bază dintr-un proces de tratare a apei din cauză că sursa de apă brută nu este afectată de poluarea industrială după cum s-a specificat în capitolele anterioare.

De asemenea trebuie specificat faptul că variațiile consumului de energie înregistrate prin prisma analizei volumelor de apă tratată ajută managerii stației de tratare să înțeleagă dacă tipul de instalație folosit în STA Barați este cel potrivit pentru apa brută din lacul Poiana Uzului.

De aici putem trage concluzia că acestui fapt se datorează simplitatea procesului de tratare a apei care are loc la Barați. În cazul de față consumul energetic care are loc în urma acestui proces de tratare a apei poate fi exprimat și în termeni de emisii indirecte așa cum au fost ele definite în capitolul 2 din prezenta lucrare.

Conform studiilor de specialitate [8, 26, 82, 87], se poate realiza o funcție (ec. 6) simplă în Microsoft Excel pentru a putea să se obțină un consum de electricitate lunar la STA Barați.

$$\frac{kW}{DAB} \left[kW \frac{h}{m^3} \right] \quad (6)$$

unde:

kW reprezintă cantitatea de energie totală consumată într-un an pentru tratarea apei brute în STA Barați;

DAB – cantitatea medie de apă brută tratată zilnic.

S-a aplicat aceasta funcție (6) și s-a obținut un raport între energia electrică (kW) și debit având la dispoziție debitul anual furnizat de STA Barați. În final s-a obținut o estimare finală a consumului de energie (ec. 7) kwh/m³ pentru apa tratată în anul 2015 la STA Barați.

$$\frac{411.017}{25.785} \left[kW \frac{h}{m^3} \right] = 15,940 \left[kW \frac{h}{m^3} \right] \quad (7)$$

O parte relevantă a procesului de calcul a Amprentei de Carbon a instalațiilor de tratare a apei este cea referitoare la consumul de energie (tab. 19) folosită în procesul de tratare a apei. Aceasta are o contribuție semnificativă în stabilirea impactului asupra mediului. Pentru a putea obține consumul energetic specific procesului de tratare a apei trebuie să se cunoască cantitatea anuală de apă tratată cât și consumul de energie înregistrat de stația de tratare a apei Barați.

Tabelul 19. Consum global energie electrică în STA Barați, anul 2015.

	Consum de energie anual (kWh)	Volum apă tratată anual (m ³)	Consum energetic specific kWh ($\frac{kWh}{m^3}$)
STA Barați, Bacău	411.017	12.096.000	0,033

Pentru a putea calcula emisiile produse de către procesul de tratare a apei în cadrul STA Barați, Bacău (tab. 20) s-a utilizat un factor de conversie furnizat de către Departamentul pentru

Mediu, Alimentație și Afaceri Rurale (DEFRA) din Regatul Unit cât și de Agenția Internațională pentru Energie (AIE) [25, 44, 65].

Tabelul 20. Emisii indirecte de CO₂eq STA Barați, anul 2015.

Consum energie electrică consumată (kWh)	Emisii indirecte (kg CO ₂ eq)
411.017	13.563,56

Conform Departamentului pentru Mediu, Alimentație și Afaceri Rurale (DEFRA) din Regatul Unit emisiile indirecte sunt o consecință a acțiunilor noastre care au loc la surse pe care nu le deținem sau nu le controlăm noi [44]. Dacă vorbim despre procesul de tratare a apei ne referim la materiile prime și la combustibili utilizați în proces. Emisiile pot proveni din operații care pot avea loc înainte sau după procesul de tratare a apei.

Pentru a calcula valorile energiei electrice consumată și pierderile sistemului de transport și distribuție a apei s-a înmulțit fiecare valoare în parte cu factorul de emisie atribuit de către Departamentul pentru Mediu, Alimentație și Afaceri Rurale (DEFRA) și de Agenția Internațională pentru Energie (AIE), (tab 21).

Tabelul 21. Factor Emisie pentru energie în România, STA Barați, anul 2015 [25, 44, 65].

Tip de energie	Cantitate de energie (kWh)	Factorul de emisie ($\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}}$)
Energie electrică generată (kWh)	411.017	0,43720
Pierderi ale sistemului în transport și distribuție (T&D) cladirea tehnic)	69.167	0,08871
Total		0,51857

Datele obținute (tab. 22) se încadrează în categoria datelor procesului de activitate și sunt considerate primare deoarece se referă la măsurători făcute direct asupra procesului de tratare a apei.

Tabelul 22. Amprenta de Carbon în STA Barați, anul 2015.

Tip de emisie	Emisii (kgCO ₂ eq)
Energie electrică generată	179.679,768
Pierderi ale sistemului (T&D, cladirea tehnică)	6.135,804
Total	185.815,59

Procesele de tratare a apei sunt, în general, considerate a avea un impact redus asupra mediului (tab. 23) deoarece, după cum s-a specificat anterior principalul impact asupra mediului îl are cantitatea de energie electrică consumată în procesul de tratare a apei. Din această cauză se acordă o importanță deosebită calculului consumului de energie comparativ cu cantitatea de substanțe chimice folosite în proces.

Tabelul 23. Materiale și procese cu intensitate ridicată și joasă în emisii de CO₂eq [25].

Foarte ridicat (>5 kg CO₂eq/kg)	Ridicat (1-3 kg CO₂eq/kg)	Mediu (<1 kg CO₂eq/kg)	Scăzut (<0,1 kg CO₂eq/kg)
Refrigeranții	Materiale plastice	Culturile de câmp din Marea Britanie / UE	Minerale neprocesate (pietriș, nisip)
Componente electronice	Majoritatea substanțelor chimice	Sticlă	Subproduse (paie, lemn)
Produse din carne	Combustibili	Hârtie și carton	Procesul de tratare a apei
Aluminiu	Lactate	Prelucrarea materialelor plastice	Transport <1.000 km camion sau
-	-	-	<20.000 km pe mare
Alte metale (excepție oțelul)	Culturi de seră	Depozite din materiale biodegradabile	Depozit de deșeuri din materiale non biodegradabile
Pigmenții/coloranții	Orez	-	-
Unele alimente concentrate	Cărbune	-	-
Spălătorie/ tratarea apei calde	Congelare	-	-
	Gătire	-	-

Trebuie menționat că, în calculul Amprentei de Carbon s-a luat în considerare consumul total de energie prezentat la începutul acestui capitol, dar s-au calculat separat și pierderile de energie din cadrul sistemului de transport și distribuție a apei.

4.2.2. Calculul consumului de substanțe chimice în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați

După finalizarea analizei privind consumul de energie, același calcul trebuie să fie repetat pentru fluxurile de materiale (substanțe chimice) care intră în instalația de tratare a apei după cum este descris în standardul [103] prezentat în capitolul 2 al acestui studiu.

Când ne referim la fluxuri de materiale acestea sunt substanțele chimice care intră în procesul de tratare a apei prezentate în capitolul 3, aceste substanțe contribuind la emisiile de CO₂eq în conformitate cu domeniul de aplicare 3 al Standardului [103].

Având la dispoziție datele din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău (STA Barați, Bacău) pentru anul 2015, fluxurile de materiale care intră în stația de tratare pot fi rezumate în tabelul 24. Putem observa că există un consum constant de substanțe chimice utilizate în procesul de tratare a apei, neexistând mari diferențe de consum de la o lună la alta.

Tabelul 24. Consum substanțe chimice/lună în STA Barați, pentru anul 2015 [50].

Luna	Cantitatea					
2015	Sulfat de Aluminiu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (t/lună)	Var (CaO) (t/lună)	Clorură de poli-aluminiu (PAC)	Polimer anionic (t/lună)	Clor Cl (t/lună)	NaOH
Ianuarie	31	18	-	0,25	0,8	-
Februarie	28	18	-	0,25	0,8	-
Martie	31	18	-	0,25	0,8	-
Aprilie	30	18	-	0,25	0,8	-
Mai	31	18	-	0,25	0,8	-
Iunie	30	18	-	0,25	0,8	-
Iulie	31	18	-	0,25	0,8	-
August	31	18	-	0,25	0,8	-
Septembrie	30	18	-	0,25	0,8	-
Octombrie	31	18	-	0,25	0,8	-
Noiembrie	30	18	-	0,25	0,8	-
Decembrie	31	18	-	0,25	0,8	-
Total/an	365	216	-	3	9.6	-

Pentru fiecare substanță chimică în parte conform bazelor de date internaționale [16, 25, 30, 65, 122] există un factor de conversie în funcție de procesul/activitatea care are loc. În studiul de față s-au extras factorii de conversie specifici procesului de tratare a apei.

O altă remarcă care trebuie făcută este cantitatea lipsă a unor substanțe chimice. Acest fapt este explicat de gradul de turbiditate a apei brute din Lacul Poiana Uzului, astfel la turbiditatea cuprinsă între 1-10 NTU (figura 55) nu este necesară folosirea acestor substanțe chimice.

După cum s-a specificat mai sus fiecare substanță chimică are un factor de emisie pentru a putea converti cantitatea de substanță chimică folosită în procesul de tratare a apei în emisii de CO_2eq . Acești factori de emisie se regăsesc în diferite standarde sau baze de date. După cum urmează în tabelul 25, acești factori de emisie sunt atribuiți pentru procesul de tratare a apei.

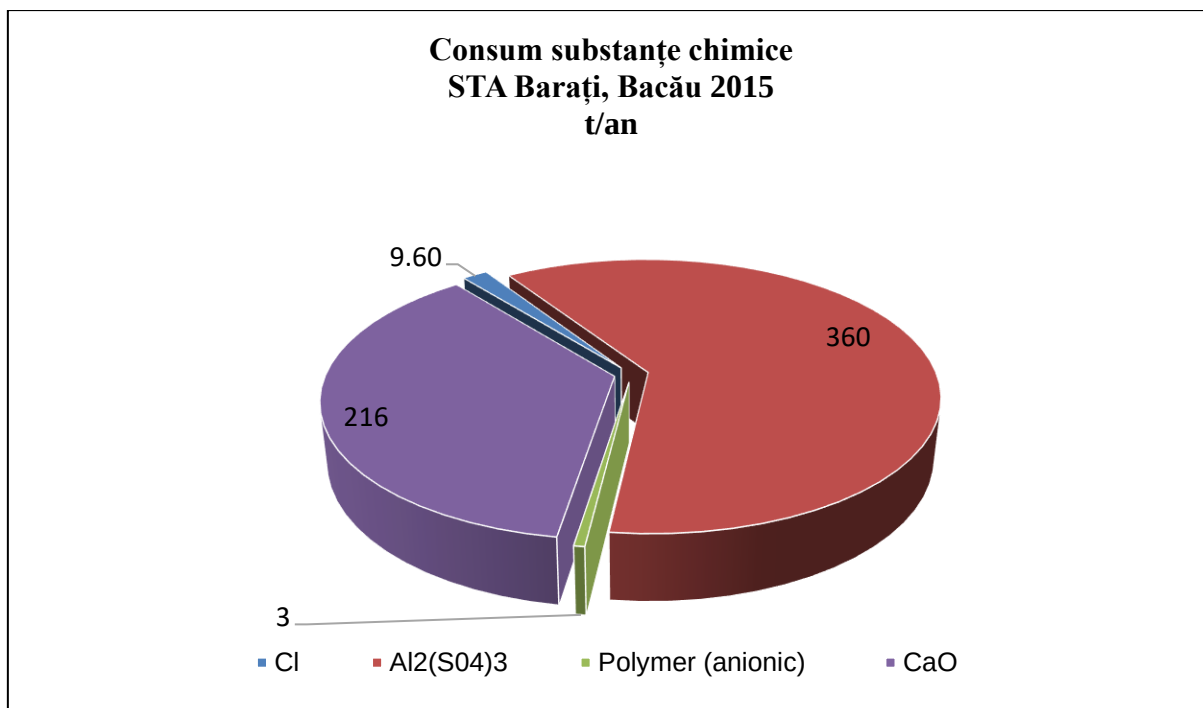


Fig. 55. Consum substanțe chimice în STA Barați pentru anul 2015, turbiditate: 1-10 NTU.

Tabelul 25. Factorul de emisie pentru fiecare substanță chimică folosită în STA Barați.

Substanța chimică	Factor de emisie ($\frac{\text{kgCO}_2\text{eq}}{\text{kg}}$)	Sursa
Sulfat de Aluminiu - Al ₂ (SO ₄) ₃	0,365	Wageningen University [122]
Var (CaO)	0,216	Wageningen University [122]
Polimer (anionic)	0,031	Chemviron [30]
Clor- Cl	0,148	Ecoinvent 2.2 [16]

Avand în vedere faptul că se cunoaște cantitatea de substanțe chimice folosită în procesul de tratare a apei cât și factorul de emisie putem calcula (tab. 26) cantitatea indirectă de CO₂eq generată în atmosferă în anul 2015 în urma consumului acestor substanțe chimice în procesul de tratare a apei în STA- Barați.

Într-adevăr procesul de tratare a apei de suprafață este mai costisitor atât din punct de vedere energetic cât și din punct de vedere al consumului de substanțe chimice dacă se realizează o comparație cu ceea ce se întâmplă în procesul de tratare a apei subterane.

Tabelul 26. Cantitatea de CO₂eq generată de către procesul de tratare a apei în STA Barați în urma consumului de substanțe chimice, anul 2015.

Substanța chimică	Factor de emisie ($\frac{kgCO_2eq}{kg}$)	Cantitatea utilizată (kg)	Emisii generate ($\frac{kgCO_2eq}{kg}$)
Sulfat de Aluminiu Al ₂ (SO ₄) ₃	0,365	365.000	133.225
Var (CaO)	0,216	216.000	46.656
Polimer (anionic)	0,03	3.000	90
Clor (Cl)	0,148	9.600	1.420,8
Total kgCO₂eq în anul 2015 la STA Barați, Bacău			181.391,8

În figura 56 observăm că substanța chimică cu cel mai mare impact asupra mediului este Al₂(SO₄)₃, acestui fapt i se datorează în primul rând cantitatea mare de substanță folosită în procesul de tratare a apei cât și factorului de conversie care este cel mai dezavantajos. Acesta reprezintă aproape jumătate din cantitatea totală de emisii.

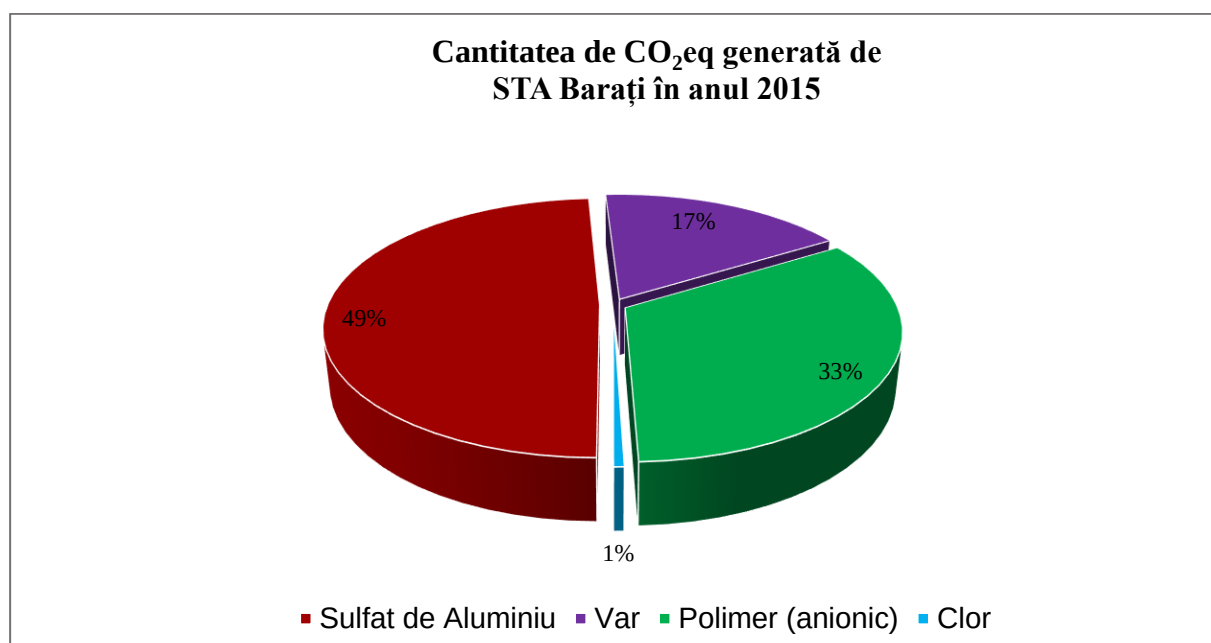


Fig. 56. Cantitatea de CO₂ eq generată în urma utilizării substanțelor chimice în STA Barați, pentru anul 2015.

Metodologia Amprente de Carbon formează cadrul cel mai agreabil pentru a avea o unitate de măsură comună pentru emisiile de carbon în urma consumului de energie și substanțe chimice în procesul de tratare a apei. Numai pe baza acesteia se pot face aprecieri reale în ceea ce privește impactul asupra mediului al stației de tratare a apei luată în considerare.

Reactivul folosit în procesul de tratare a apei care are cea mai mare contribuție asupra emisiilor de gaze în atmosferă este sulfatul de aluminiu, acesta are o valoare de aproximativ

49% din impactul total pe categoria de impact, deoarece acest reactiv este utilizat constant. În medie pe zi se consumă aproximativ 1 tonă de sulfat de aluminiu.

4.2.3. Calculul Amprentei de Carbon pentru procesul de tratare a apei în stația de tratare a apei Barați

Calculul amprentei de carbon (tab. 27) reprezintă ultima fază prin care se obține factorul Amprentei de Carbon al procesului de tratare a apei din cadrul STA Barați pentru anul 2015. Se va calcula suma rezultatelor obținute pentru consumul de energie și substanțe chimice rezultat în urma procesului de tratare a apei.

În cazul stației de tratare a apei Barați în anul 2015 pentru o cantitate de apă tratată de aproximativ 12.096.000 m³ se emite în atmosferă o cantitate de emisii de 367.207,39 kg CO₂eq.

Această valoare s-a calculat în funcție de totalul cantității de energie și substanțe chimice consumate în procesul de tratare a apei. Un alt factor important, luat în considerare în prezentul calcul a fost capacitatea de tratare a apei a stației.

Tabelul 27. Cantitatea totală de CO₂eq emis în atmosferă în urma procesului de tratare a apei STA Barați.

Sursa de emisie - 2015	Emisii (kg CO ₂ eq)
Consum de energie	185.815,59
Consum substanțe chimice	181.391,8
Total	367.207,39

Comparativ cu alte studii, valoarea Amprentei de Carbon obținută pentru STA Barați se situează sub media anuală de emisie a gazelor cu efect de seră conform mai multor studii care au fost dezvoltate în această direcție [12, 20, 62, 89, 112]. De exemplu în Statele Unite în Raportul pentru Rețeaua Râurilor (River Network 2009), energia și emisiile de carbon încorporate în aprovizionarea cu apă a Statelor Unite ale Americii s-au calculat următoarele valori: la 521 milioane MWh, consumul de energie legat de apă este echivalent a 13% din consumul de energie electrică din SUA și are o Amprentă de Carbon de cel puțin 290 de milioane de tone metrice [62]. În Marea Britanie sectorul de apă contribuie cu aproximativ 0,8% anual din cantitatea totală de emisii de gaze cu efect de seră [112].

De asemenea după cum s-a specificat anterior și în cazul STA Barați, este dificil să se calculeze exact cantitatea totală de energie și Amprenta de Carbon a unui sistem de apă, deoarece acesta este afectat de diferiți factori pe care noi nu îi putem controla, cum ar fi

topografia, eficiența procesului de epurare a apei uzate, modul de producere a energiei electrice etc. [12].

Pentru a obține factorul Amprentei de Carbon pentru procesul de tratare a apei din STA Barați trebuie menționat faptul că s-a luat în considerare consumul total de energie și substanțe chimice detaliate în capitolele anterioare pentru anul 2015.

După cum putem observa în tabelul 28, pentru tratarea unui m³ de apă la STA Barați, se generează aproximativ **30 gr de CO₂eq**. Această valoare s-a obținut în condițiile existente în STA Barați descrise pe larg în capitolul 3. punctul 3.1. unde s-a luat în considerare contribuția fiecărei surse consumatoare de energie în procesul de tratare a apei.

După cum s-a și specificat în subcapitolul anterior, procesul de tratare a apei încă face parte din categoria industriilor cu un impact scăzut asupra mediului conform Ghidului PAS 2050 [25], fapt dovedit de studiul de caz prezentat în capitolul 4 al acestei lucrări. Vom putea face comparație cu o altă stație de tratare a apei mai mare (STA SMAT) și cu un debit de apă de tratare mult mai ridicat, pentru a putea veni cu variante de eficientizare și îmbunătățire a schemei procesului de tratare a apei.

Tabelul 28. Amprenta de Carbon (CO₂eq) generată de procesul de tratarea apei STA Barați în anul 2015.

Amprenta de Carbon 2015	Emisii (kg CO₂eq)
Emisii (kg CO ₂ eq)	367.207,39
Apă tratată (m ³) STA Barați, Bacău	12.096.000
Amprentă Carbon 2015 ($\frac{\text{kgCO}_2\text{eq}}{\text{m}^3}$)	0,030

Alt studiu care a comparat diferite stații de tratare a apei potabile sunt stații de tratare care furnizează apă în zona metropolitană din Barcelona, Spania. Acest studiu a utilizat evaluarea ciclului de viață (LCA) a două stații de tratare a apei convenționale și o stație de desalinizare a apei de mare. Studiul a concluzionat că utilizarea energiilor regenerabile este principalul mijloc care trebuie folosit pentru a reduce Amprenta de Carbon [89].

Pe aceeași metodă s-a mers și în analiza LCA pentru trei opțiuni separate de producere a apei potabile, pentru a vedea care are cea mai mare cantitate de emisii de gaze cu efect de seră, cele trei opțiuni au fost, o stație de tratare a apelor subterane, o stație de tratare a apelor de suprafață și o instalație de desalinizare a apei de mare. Rezultatele indică că cele mai mari emisii de gaze cu efect de seră provin de la instalația de desalinizare a apei de mare prin osmoză

inversă, în timp ce stația de tratare a apelor subterane are cea mai mică Amprentă de Carbon [20].

De asemenea trebuie specificat că Amprenta de Carbon variază mult în funcție de mixul de energie utilizată în procesul de tratare a apei, de timp și de locație/țară [83]. În România Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei (ANRE), oferă informații despre 6 surse primare de energie (tab. 29) [11]: cărbune, gaze naturale, păcură, alte surse convenționale, nucleară, și surse regenerabile, aceste informații sunt furnizate prin rețeaua inteligentă de contorizare.

Tabelul 29. Structura și emisiile specifice de CO₂, în funcție de sursa de energie de producție a energiei electrice, în România [11].

Nr.	Sursa de energie	Pondere sursă de energie în producția totală de energie electrică (%)	Factor de emisie CO ₂ (g/kWh)
1.	Cărbune	24,47	910,73
2.	Gaze Naturale	14,99	395,9
3.	Păcură	0,28	593,1
4.	Alte surse convenționale	0,39	840,6
5.	Nucleară	17,49	0
6.	Surse alternative (hidro, vânt, biomasă, solară)	42,38	0

După cum putem observa din tabelul 29, energia, mai ales sursa din care acesta este produsă este principala sursă de emisii de carbon în industria apei.

În cazul STA Barați, pentru ca emisiile de carbon să fie cât mai mici și cantitatea de energie să fie redusă ar trebui să fie luat în considerare utilizarea surselor regenerabile de energie și noile tehnologii pentru recuperarea diferitelor produse din apele uzate și din nămol.

Trebuie să se conștientizeze faptul că trecerea la o industrie de tratare a apei cu emisii reduse de carbon nu este posibilă printr-o modalitate ușoară. În acest proces de trecere este nevoie de implicații de infrastructură și noi tehnologii, pe scurt, de implicații financiare. Din această cauză responsabilitatea ca efectul de seră să fie redus depinde de fiecare în parte și de consumatori, dar mai ales de către furnizori.

4.3. Aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT, Torino, Italia

4.3.1. Calculul consumului energetic din cadrul stației de tratare a apei SMAT

STA SMAT a fost prima stație de tratare a apei din Italia care a tratat apă de suprafață, cu o instalație care permite să extragă până la 2.500 L/s, echivalent a aprox. 18% din apă introdusă în rețea, apă extrasă din fluviul Po. În ceea ce privește consumul de energie electrică a stației de tratare a apei, acesta este rezumat în tabelul următor (tab.30) [119].

Tabelul 30. Consum energie STA SMAT, anul 2015 [119, 120]

Operația	Energie consumată (kWh)
Camera de admisie	430,86
Captarea apei	1.884.642,00
Captarea apei din bazin	2.523.971,00
Total	4.409.043,86
Predecantare	32.635,18
Po1	
Decantare	126.732,13
Filtrare	37.612,00
Floculare/ Coagulare	2.275.150,00
Eliminarea nămolului	174.000,00
Total	2.613.494,13
Po2	
Decantare	129.624,11
Filtrare	28.479,00
Floculare/ Coagulare	2.396.213,00
Eliminarea nămolului	174.000,00
Total	2.728.316,11
Po3	
Oxidare	1.372.261,00
Decantare	821.345,90
Filtrare	221.789,70
Floculare/ Coagulare	9.198.876,23
Eliminarea nămolului	502.705,00
Total	11.896.552,41
Total Po1-Po2	5.341.810,24
Total stația de tratare SMAT	21.680.041,69

Stația de tratare a apei SMAT (STA SMAT) gestionează rețelele de apă și stațiile de tratare a apei potabile și a apelor uzate. Este una printre cele mai mari și mai avansate stații de tratare a apei din Europa. Trebuie specificat faptul că lungimea rețelei de distribuție este de 12.483 km iar STA SMAT furnizează un debit mediu zilnic de aprox. 6.137 L, în ziua în care cerința de apă ajunge la maxim

Din aceste date trebuie specificat faptul că STA SMAT funcționează 11 luni pe an deoarece în luna august se face mentenanța instalației. Din datele furnizate de către STA SMAT, se poate observa, stația Po3 poate garanta performanțe de calitate superioară și în același timp un consum de energie specific ușor mai mic. Stația Po1 și Po2 au instalații mai vechi, de aici și consumul de energie mai mare.

Interesant de văzut este volumul de apă tratat de fiecare instalație în parte (tab 31), deoarece Po3 tratează o cantitate de apă de aproape două ori mai mare comparativ cu Po1 și Po2.

Tabelul 31. Consum global de energie electrică în STA SMAT, anul 2015.

	Consum de energie anual (kWh)	Volum apă tratată anual (m³)	Consum energetic specific ($\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$)
STA Po1-Po2	5.341.810,24	10.319.877,00	0,517
STA Po3	11.896.552,41	29.479.924,00	0,403
Total	17.238.362,65	39.799.801,00	0,920

Când vorbim despre procesul de tratare a apei acesta include, energie, materii prime, combustibilii utilizați în proces care produc o anumită cantitate de emisii (tab. 32), pe care noi nu le putem controla, conform Departamentului pentru Mediu, Alimentație și Afaceri Rurale (DEFRA) din Regatul Unit, din această cauză fiecare tip de energie are un factor de emisie care ne ajută să calculăm cât mai exact cantitatea de CO₂eq emisă în atmosferă pentru consumul unei anumite cantități de energie.

Tabelul 32. Emisii indirecte CO₂eq STA SMAT, Torino pentru anul 2015.

Instalația	Consum energie electrică consumată (kWh)	Emisii indirecte (kg CO₂eq)
Po1-Po2	5.341.810,24	2.147.407,71
Po3	11.896.552,41	4.354.138,18

După modelul aplicat la calculul emisiilor de gaze cu efect de seră produse în urma procesului de tratare a apei pentru STA Barați, același model a fost aplicat la în cazul STA

SMAT. S-a utilizat un factor de conversie (tab 33) furnizat de către Departamentul pentru Mediu, Alimentație și Afaceri Rurale (DEFRA) din Regatul Unit [25, 44]. De asemenea pentru a calcula energia consumată în cadrul STA SMAT pentru procesul de tratare a apei s-au folosit și datele publicate de Agenția Internațională pentru Energie (AIE) [25, 65].

Tabelul 33. Factor Emisie pentru energie în Italia, STA SMAT, anul 2015.

Tip de energie	Factorul de emisie $(\frac{kg\ CO_2}{kWh})$
Energie electrică generată (kWh)	0,38641
Pierderi ale sistemului în transport și distribuție (T&D)	0,02394
Total	0,41035

După cum am specificat și în cazul STA Barați, din datele obținute (tab. 34) se observă că și în acest caz faptul că energia consumată în procesul de tratare a apei este de o importanță majoră, deoarece predomină peste orice alt reactiv chimic utilizat în diferitele faze ale procesului de tratare a apei.

Tabelul 34. Cantitatea de emisii generată de STA SMAT în anul 2015.

Tip de emisie	Emisii (kg CO₂eq)
Energie electrică generată	2.093.559,46
Pierderi ale sistemului (T&D)	284.803,53
Total	2.378.362,99

4.3.2. Calculul consumului de substanțe chimice în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT

Pentru cantitatea de substanțe chimice achiziționată și consumată în cadrul STA SMAT a fost necesar să se utilizeze un factor potrivit de conversie pentru a transforma valoarea greutatei în unitatea de măsură luată în considerare pentru Amprenta de Carbon. Acest factor ca și pentru studiul de caz din Bacău se referă la ciclul de viață al produsului considerat, acesta nu a putut fi calculat pe baza mijloacelor disponibile (poate fi un obiectiv al unui studiu din viitor). Prin urmare acest factor a fost căutat în bazele de date adecvate puse la dispoziție de principalele agenții LCA, o parte din acestea sunt Wageningen University, Chemviron, Ecoinvent 2.2, ALCAS [16, 17, 30, 122]. Cantitatea de substanțe chimice utilizată în STA SMAT este rezumată în tabelul 35.

Tabelul 35. Consum substanțe chimice, stația de tratare a apei SMAT, anul 2015.

Substanța chimică, anul 2015	(kg)	≈(t)
Clorură de fier - FeCl_3	18.723	18
Policlorură de aluminiu	2.541.672	2.541
Hipoclorit de sodiu - NaClO	871.680	871
Acid clorhidric - HCl	150.798	150
Clorit de sodiu - NaClO_2	250.160	250
Carbon activ granular	50.747	50
Carbon activat reactivat	273.000	273
Nisip de siliciu	35.102	35
Total	4.191.822	4.191

Odată ce datele privind consumul de substanțe chimice a fost documentat (fig. 57), pentru fiecare substanță chimică utilizată în procesul de tratare a apei din cadrul STA SMAT s-a identificat factorul de emisie în bazele de date internaționale principale prezentate în tabelul 37.

Când spunem “factor de emisie” ne referim conform Directivei 2003/87CE la rata medie de emisie a unui gaz cu efect de seră raportată la datele de activitate ale unui flux de surse, presupunând că oxidarea este completă în cazul arderii și a conversiei integrale pentru toate celelalte reacții chimice [45].

După cum putem observa și în figura 57 cea mai mare cantitate de substanță chimică consumată în procesul de tratare a apei este policlorura de aluminiu. Trebuie menționat faptul că tipul de reactiv și cantitatea de reactivi utilizați în procesul de tratare a apei de la STA SMAT sunt influențați de atât de parametrii fizico-chimici ai apei brute, cât și de factorii externi (temperatură, sezon, etc.).

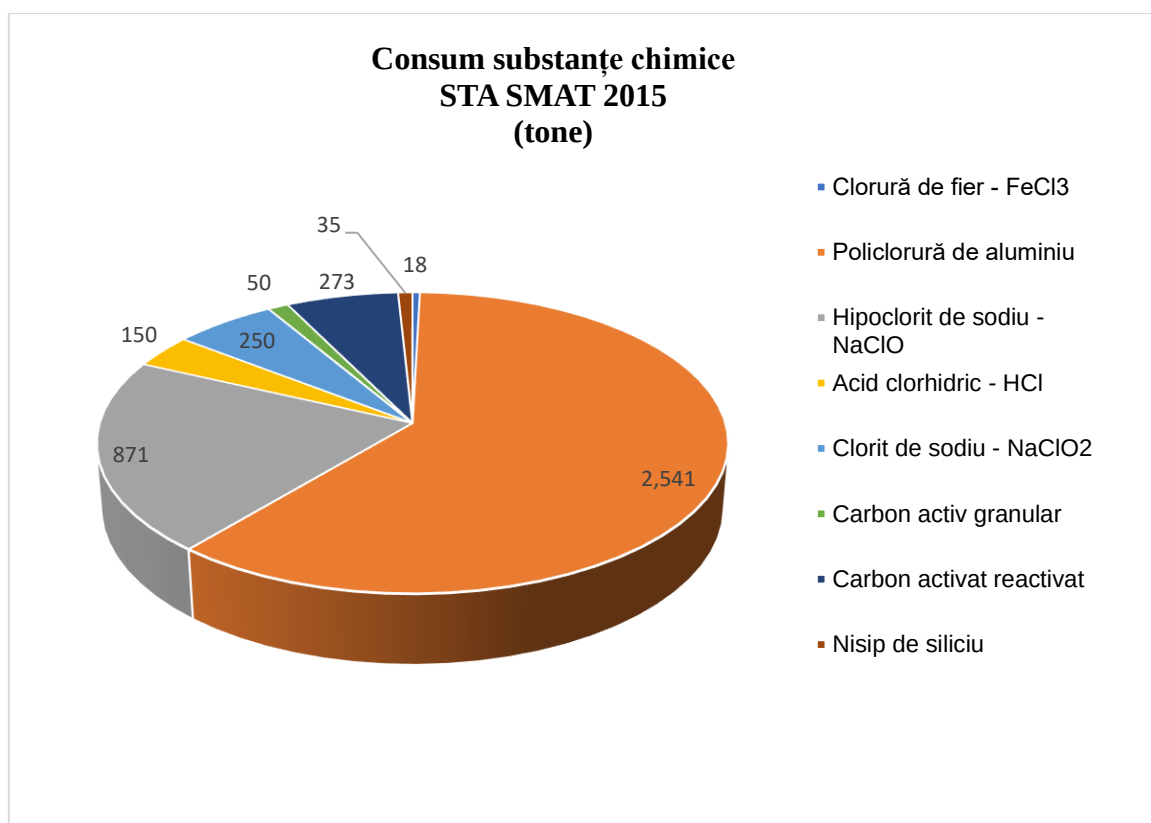


Fig. 57. Consum substanțe chimice în procesul de tratare a apei în STA SMAT, anul 2015.

În ceea ce privește policlorura de aluminiu după cum putem observa și în tabelul 36 are printre cel mai ridicat factor de emisie, fapt care conduce la o cantitate mare de emisii de CO₂eq rezultate în urma utilizării acestuia.

Tabelul 36. Factori emisie, stația de tratare a apei SMAT, anul 2015.

Substanța chimică (kg)	Factor de emisie ($\frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg}}$)	Sursa
Clorură de fier (FeCl ₃)	0,351	Wageningen University [122]
Policlorură de aluminiu	1,43	Wageningen University [122]
Hipoclorit de sodiu (NaClO)	1,412	Chemviron [30]
Acid clorhidric (HCl)	1,2	Ecoinvent 2.2 [16]
Clorit de sodiu (NaClO ₂)	0,477	ALCAS [17]
Carbon activ granular	7	Ecoinvent 2.2 [16]
Carbon activat reactivat	2	ALCAS [17]
Nisip de siliciu	0,011	Chemviron [30]

Cunoscând cantitatea de substanțe chimice folosită în procesul de tratare a apei la STA SMAT cât și factorul de emisie pentru fiecare substanță în parte, s-a calculat (tab. 37) cantitatea

aproximativă de CO₂eq generată în urma utilizării fiecărei substanțe chimice în parte, pentru a putea avea un total general în ceea ce privește STA SMAT pentru anul 2015.

Tabelul 37. Cantitate CO₂eq generată de preocelul de tratare a apei în STA SMAT, anul 2015.

Numele substanței chimice	Factor de emisie ($\frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg}}$)	Cantitatea utilizată (kg)	Emisii generate ($\frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg}}$)
Clorură de fier (FeCl ₃)	0,351	18.723	6.571,773
Policlorură de aluminiu	1,43	2.541.672	3.634.590,96
Hipoclorit de sodiu (NaClO)	1,412	871.680	1.230.812,16
Acid clorhidric (HCl)	1,2	150.798	180.957,6
Clorit de sodiu (NaClO ₂)	0,477	250.160	119,326,32
Carbon activ granular	7	50.747	355.229
Carbon activat reactivat	2	273.000	546.000
Nisip de siliciu	0,011	35.102	386,122
Total STA SMAT, Torino pentru anul 2015			6.073.873,93

Pentru a putea vedea procentual ce cantitate de emisii de CO₂eq generează fiecare substanță chimică utilizată și predominanța fiecăreia din punct de vedere a emisiilor. S-au reprezentat grafic (fig. 58) valorile obținute. După cum putem observa sunt superioare celor obținute la consumul de energie.

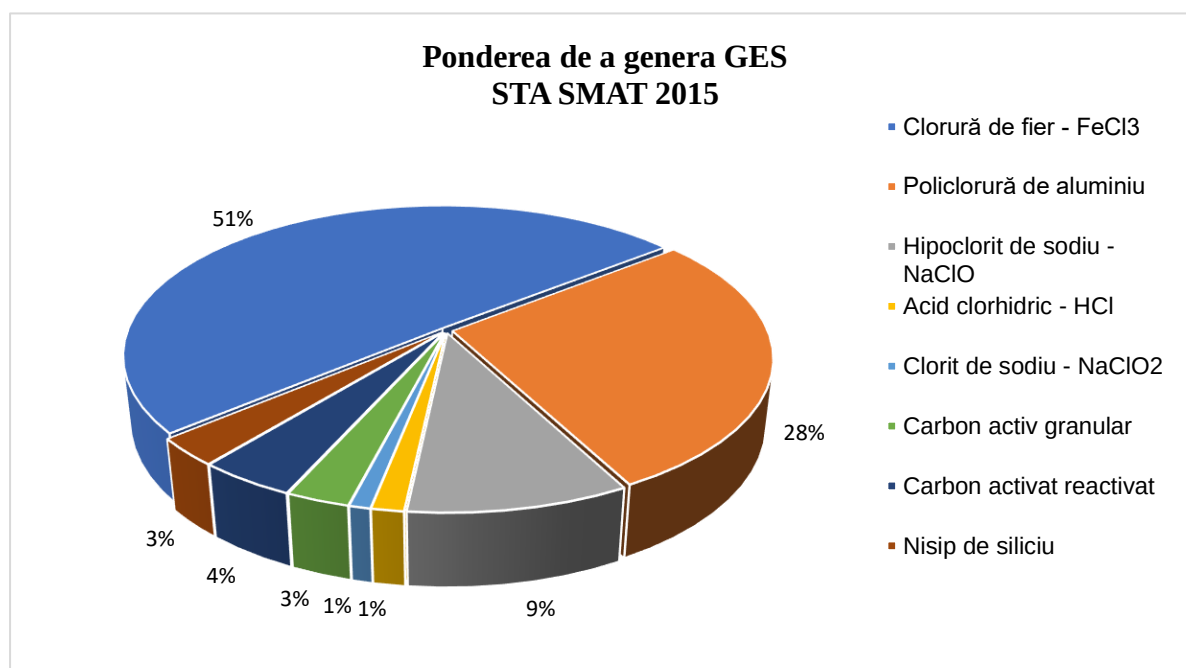


Fig. 58. Cantitatea de CO₂ eq generată de către STA SMAT, anul 2015.

După cum putem observa în figura 58 și după cum s-a și specificat anterior cea mai mare cantitate de emisii de CO₂eq este generată în urma utilizării policlorurii de aluminiu, acest reactiv fiind eficient conform literaturii științifice în utilizare în procesul de tratare a apei după cum urmează [92]: poate fi dozat direct; simplifică diluarea, dozarea și manipularea; este eficient la nivel de doze reduse; pentru ajustarea pH-ului reduce necesarul de substanțe chimice, poate scădea volumul de nămol, conducând la un număr redus de spălări și prelungește durabilitatea filtrelor iar în final este eficient pentru toate tipurile de apă mai ales la temperaturi scăzute.

4.3.3. Calculul Amprentei de Carbon pentru procesul de tratare a apei în stația de tratare a apei SMAT

Calculul amprente de carbon (tab. 38) reprezintă ultima fază prin care se obține factorul Amprente de Carbon al procesului de tratare a apei din STA SMAT pentru anul 2015, cu ajutorul valorilor calculate pentru consumul de energie și substanțe chimice utilizate în procesul de tratare a apei.

Tabelul 38. Cantitatea totală de CO₂eq generată în urma procesului de tratarea apei în STA SMAT, anul 2015.

Sursa de emisie	Emisii (kg CO ₂ eq)
Consum de energie	2.378.362,99
Consum substanțe chimice	6.073.873,93
Total	8.452.236,92

Factorul amprente de carbon (tab. 39) pentru procesul de tratare a apei în cadrul STA SMAT este de aproximativ 0,212 CO₂eq fapt ce dovedește încă odată că sectorul tratării apei este unul cu un impact scăzut asupra mediului comparativ cu alte industrii prezentate în Ghidul PAS 2050 [25].

Tabelul 39. Amprenta de Carbon (CO₂eq) a procesului de tratarea apei în STA SMAT, anul 2015.

Amprenta de Carbon, anul 2015	Emisii kg CO ₂ eq
Emisii kg CO ₂ eq	8.452.236,92
Apă tratată (m ³) în STA SMAT, Torino	39.799.801,00
Amprentă Carbon STA SMAT $\left(\frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{m}^3}\right)$	0,212

Conform literaturii de specialitate [11, 12, 20, 25, 56, 83, 89, 101, 112] și în cazul STA SMAT impactul asupra mediului a procesului de tratare a apei este unul scăzut iar pentru tratarea unui m³ de apă brută se generează **212 gr de CO₂eq**, în mare parte emisiile de gaze cu efect de seră generate provenind de la consumul de substanțe chimice.

În schimb, sectorul de tratare a apei din studiile de caz analizate Barați - Bacău și SMAT - Torino dar și sectorul apei în general trebuie să-și asume responsabilitatea ce-i revine în ceea ce privește protejarea climei. În acest scop reducerea Amprentei de Carbon prin eficientizarea consumului de energie și substanțe chimice în stațiile de tratare a apei trebuie să rămână un obiectiv principal, deoarece în viitor va apărea o presiune din ce în ce mai mare asupra sectorului apei odată cu creșterea populației, investind în concepte capabile să conserve energia și să reducă emisiile de gaze cu efect de seră.

4.4. Stabilirea unor corelații între cele două stații de tratare analizate în studiul de caz

4.4.1. Cantitatea de energie electrică consumată în procesul de tratare a apei. Analiză comparativă Barați și SMAT

În ceea ce privește exploatarea unui sistem de alimentare cu apă, se ridică probleme deosebit de complexe, începând de la captarea apei și terminând cu distribuirea ei, iar în final cu evacuarea apei epurate în emisar. Din multiplele părți componente ale sistemului de alimentare cu apă, se consideră că stației de tratare trebuie să i se acorde o atenție deosebită, deoarece aspectele ce țin de asigurarea cantitativă și calitativă a apei impun personalului de exploatare cunoștințe și profesionalism la cel mai înalt nivel [61, 114, 127, 138].

În studiile de caz analizate în prezenta lucrare consumul de energie este unul foarte diferit de la o stație de tratare a apei la alta mai ales din cauza ariei geografice în care se află acestea și a altor caracteristici de baza identificate în tabelul 40.

În cele două studii de caz analizate sursa de apă pentru stațiile de tratare este sursă de apă de suprafață, în cazul STA Barați sursa de apă este lacul de acumulare de la Valea Uzului acesta nefiind afectat de poluarea industrială. În cazul STA SMAT sursa de apă este fluviul Po care este afectat de poluarea industrială, deoarece traversează Torino și alte patru localități componente înainte de punctul de captare.

Un exemplu numeric rezultă din cercetarea lui A.K. Plappally [107]. Pentru a putea identifica ce cantitate de energie este necesară pentru extragerea apei subterane de la o anumită adâncime, pentru un sistem cu o putere de pompare de 46 m și care necesită o presiune de descărcare de 4 bari s-ar consuma 0,367 kWh/m³ pentru apa subterană.

Tabelul 40. Detalii despre caracteristicile celor 2 stații de tratare, anul 2015.

Stația de tratare	STA Barați	STA SMAT, Po1, Po2 și Po3
Oraș	Bacău	Torino
Nr. locuitori (mii)	144.307	886.837
Sursă de apă	de suprafață – lacul Valea Uzului	de suprafață – fluviul Po
Sursa de apă afectată de poluarea industrială	Nu	Da
Lungimea rețelei de distribuție (km)	255,2	12.483
Turbiditate apă brută	0,21 – 1,76 NTU	20 FNU [24]
Volum apă tratată (m ³ /an)	12.096.000	39.799.801,00
Energie consumată (kWh/an)	411.017	17.711.617,07
Amprentă de Carbon ($\frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{m}^3}$)	0,030	0,212

Primul aspect luat în considerare vis a vis de de stațiile de tratare a apei analizate este mărimea orașului care este deservit de stația de tratare a apei. Orașul Bacău din punct de vedere al numărului de locuitori comparativ cu orașul Torino este mai mic de aproximativ 6 ori. De asemenea trebuie specificat faptul că orașul Bacău nu se află într-o zonă urbanizată a României așa cum este cazul orașului Torino în Italia. Acest fapt conduce la o calitate superioară a apei brute din Bacău. Prin urmare, teoretic am putea vorbi și de un consum de energie scăzut în cazul Bacăului, dar în cele prezentate până acum am putut observa că nu este chiar așa.

După cum putem observa în figura 59 unitățile de măsură a turbidității diferă de la o stație de tratare apei la alta dar în aceeași măsură trebuie specificat faptul că unitățile nefelometrice de formazină (FNU) sunt similare cu unitățile nefelometrice de turbiditate (NTU) în care ambele măsoară lumina împrăștiată la 90 de grade față de fasciculul luminos incident. FNU se măsoară cu o sursă de lumină în infraroșu conform metodei ISO 7027, în timp ce NTU se măsoară cu o lumină albă conform metodei EPA 180.1. Prin urmare 1NTU = 1FTU = 1FAU atunci când este trasată la standardele primare de formazină, cum se întâmplă și în cazul celor două stații de tratare a apei prezentate în cercetarea de față [55].

Odată cu schimbările climatice și efectele sale asupra deficitului de apă (acesta afectează două treimi din populația lumii), acest deficit a devenit o provocare importantă pentru orașele industrializate, (cazul STA SMAT). Fapt ce conduce la necesitatea planificării integrale a orașului, care poate fi susținut prin optimizare. Aceste optimizări se referă la gestionarea

surselor de apă, iar apa desalinizată, apa recuperată, apa de ploaie, să fie considerate ca surse de apă [61].

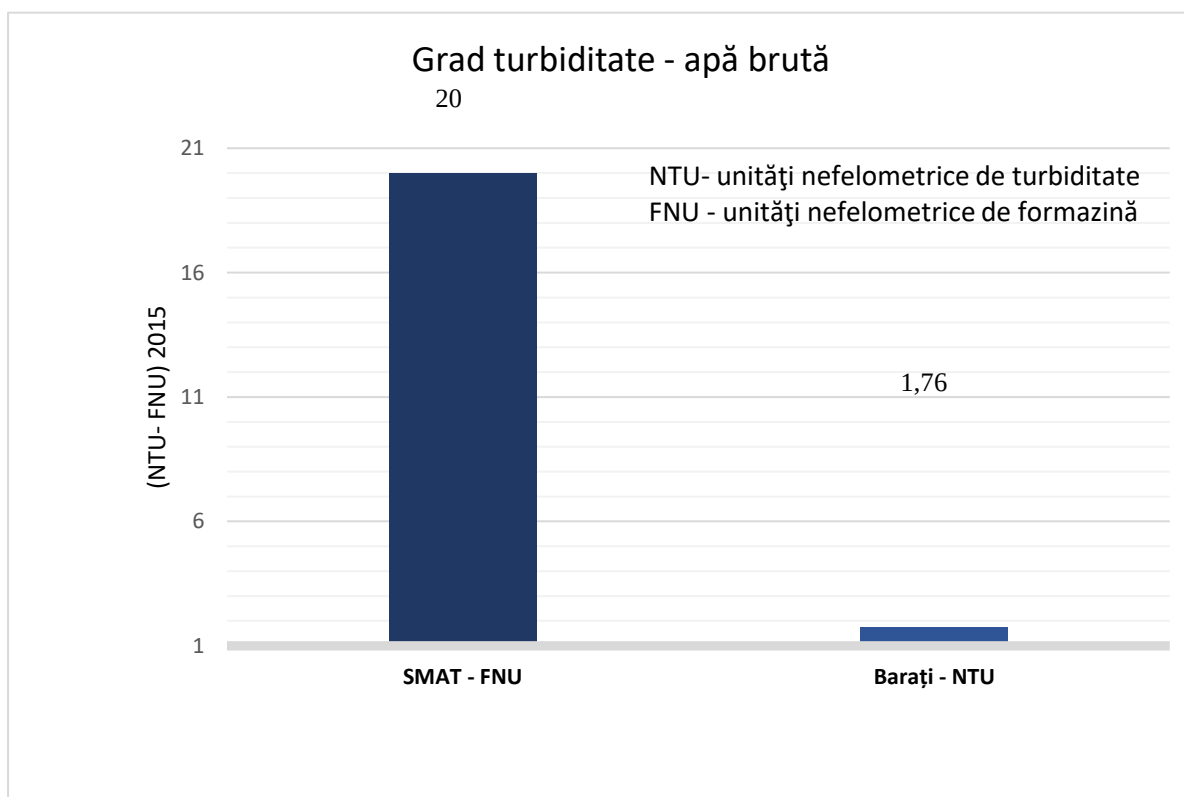


Fig. 59. Turbiditate apă brută, STA Barați, SMAT, anul 2015.

Referitor la tehnologiile necesare fiecărei etape în parte din cadrul unei stații de tratare a apei, acestea diferă în funcție de mărimea stației, după cum urmează să fie prezentate în tabelul 41. În studiile de caz analizate, diferența în ceea ce privește capacitatea STA Barați (stație de tratare a apei cu capacitate mică) și STA SMAT (stația de tratare a apei cu capacitate mare) este că STA Barați furnizează/colectează apa direct către consumatorii ei, în timp ce STA SMAT trebuie să utilizeze noduri de distribuție/colectare pentru a ajunge la consumatori săi. Existența acestor noduri este considerată un avantaj deoarece aceste noduri reduc pierderile de apă asociate rețelei de distribuție.

Aceste noduri reduc pierderile de apă mai ales în cazul unor avarii la rețeaua de distribuție prin oprirea imediată a distribuției apei la aceste noduri. De exemplu în cazul rețelei de distribuție a apei a orașului Bacău care este de asemenea foarte veche au loc anual aproximativ 6-7 avarii majore care lasă orașul fără apă între 2-7 zile iar de cele mai multe ori se pierd cantități enorme de apă. Cauzele cele mai frecvente care conduc la avariile rețelei de

distribuție în orașul Bacău sunt legate de coroziune, îmbătrânirea sistemului de îmbinare a tuburilor, calitatea execuției de reabilitare etc.

Tabelul 41. Tipuri tratament în funcție de capacitatea stației de tratare a apei [4, 63, 85, 97].

Tip de apă	STA cu capacitate mare (STA SMAT, Torino)	STA cu capacitate mică (STA Barați, Bacău)
Apă brută	Tratament standard, cărbune activ, microfiltrare, nanofiltrare și clorurare.	Tratament standard, filtrare prin picurare, microfiltrare, nanofiltrare și ozonizare
Apă tratată	Tratament standard, cărbune activ, microfiltrare, osmoză inversă, clorurare și schimb de ioni.	Tratament standard, filtrare prin picurare, microfiltrare, osmoză inversă, ozonizare și schimb de ioni.
Apă pentru irigații	Tratament standard, cărbune activ, filtrare și clorurare.	Tratament standard, filtrare prin picurare, filtrare și ozonizare.
Apă uzată	Tratament standard, cărbune activ, filtrare și clorurare.	Tratament standard, filtrare prin picurare, filtrare și ozonizare.

După cum s-a specificat în capitolul dedicat stadiului actual al cercetărilor în domeniul tratării apei, un rol important pentru fiecare stație de tratare al apei ar trebui să îl aibă tipul de proces ales pentru tratarea apei care depinde de calitatea apei la intrarea în stație cât și calitatea dorită a apei distribuită către consumatori. Printre prioritățile fiecărei stații de tratare a apei analizate este respectarea intervalului permis pentru principalii parametri urmăriți (tab. 42 și 43) în cadrul procesului de tratare a apei conform legislației în vigoare din fiecare țară, România respectiv Italia.

În ceea ce privește sursele de apă (subterane sau de suprafață), acestea sunt de o importanță fundamentală din perspectiva sănătății publice. În prezent există o îngrijorare din ce în ce mai mare cu privire la cererile de aprovizionare cu apă în condițiile în care populația este într-o continuă creștere.

Realizând o comparație directă între cele două stații de tratare a apei se poate observa că dacă se aplică un tratament nișat exact pe sursa de apă se poate reduce considerabil consumul de energie electrică aici fiind cazul ambelor stații de tratare, dar pe de altă parte în cazul Râului Po, dacă acesta nu ar fi afectat de poluarea industrială procesul de tratare ar fi mult mai simplificat iar consumul de energie mult mai mic.

Tabelul 42. Situația privind parametrii de calitate pentru apa tratată și furnizată de către STA SMAT în anul 2015 [120].

Nr. Crt	Indicator	Unitate de măsură	CMA (D.Ieg 31/2001)	Valori intrare	Valori ieșire
1	pH	Unități pH	6,5-9,5	7,7	7,5
2	Conductivitate	$\mu\text{S}/\text{cm}^3$ la 20°C	2500	420	450
3	Turbiditate	UNT	1 pentru apă de suprafață	10	0,2
4	Temperatură	°C	-	10	9
5	Carbon Organic Total (COT)	mg/L	-	2	1,2
6	Oxigen Dizolvat	mg/L	-	9,5	9,1
7	Amoniu	mg/L	0,5	0,4	-
8	Nitrați	mg/L	0,5	0,16	-
9	Nitriți	mg/L	50	13	14
10	Fier	$\mu\text{g}/\text{L}$	200	90	-
11	Aluminiu	$\mu\text{g}/\text{L}$	200	-	20
12	Cloruri	mg/L	250	16	26
13	Fosfor	$\mu\text{g}/\text{L}$ P2O5	-	300	-
14	Dioxid de clor	mg/L	0,2	-	0,2
15	Mangan	$\mu\text{g}/\text{L}$	50	60	-
16	Duritate	°F	-	23	22
17	Alcalinitate	°F	-	18	17
18	Calciu	mg/L	-	76	69
19	Magneziu	mg/L	-	12	14
20	Sulfati	mg/L	250	55	48
21	Silica	mg/L	-	9	9
22	Nichel	$\mu\text{g}/\text{L}$	20	3	2
23	Cupru	$\mu\text{g}/\text{L}$	1000	3	10
24	Cadmiu	$\mu\text{g}/\text{L}$	5	0	0
25	Crom	$\mu\text{g}/\text{L}$	50	4	2
26	Plumb	$\mu\text{g}/\text{L}$	25	1	0
27	Pesticide totale	$\mu\text{g}/\text{L}$	0,5	0,17	0,03
28	TTHM	$\mu\text{g}/\text{L}$	30	-	2
29	Bacterii Coliforme la 37 °C	Nr./100mL	0	70000	0
30	Escherichia coli	Nr./100mL	0	10000	0
31	Enterococi	Nr./100mL	0	3000	0
32	Colonii la 37 °C	Nr./100mL	-	90000	0

În studiile de caz analizate sursele de unde provine apa sunt foarte diferite deoarece una provine din lacul de acumulare Valea Uzului situat la 54 de km de Bacău, fiind departe de poluarea industrială, pe când fluviul Po este expus poluării industriale deoarece înainte de punctul de captare acesta mai trece prin alte 5 localități.

Tabelul 43. Situația privind parametrii de calitate pentru apa tratată și furnizată de către STA Barați în anul 2015 [50].

Nr. crt.	Indicatorii determinați	Legea Nr.458 / 2002	Rezultatul determinării	
		Valori maxime admise	valori medii	
			Intrări	Ieșiri
Parametrii indicatori				
1	pH, (unitati de pH)	6,5....9,5	7,44	7,53
2	Conductivitate electrica, μS/cm	2500	174	350
3	Turbiditate, UNT	5	27,72	0,70
4	Amoniu (NH ₄ ⁺), mg/dm ³	0,50	0,06	0
5	Fier (Fe ²⁺ +Fe ³⁺), μg/dm ³	200	-	30
6	Cloruri (Cl ⁻), mg/dm ³	250	6,23	15,48
7	Clor rezidual liber, mg/dm ³	0,50	-	0,28
8	Mangan (Mn), μg/dm ³	50	-	1
9	Culoare	Accept. consumat.si nici o modificare anormala	gălbuie	Accept. consumatorilor si nici o modificare anormala, cu exceptia zonelor de unde s-au primit reclamatii
10	Duritate totala (grade germane), minim	minim 5	6,68	10,35
11.	Gust	Accept. consumat.si nici o modificare anormala	-	Accept. consumatorilor si nici o modificare anormala, cu exceptia zonelor de unde s-au primit reclamatii
12.	Sulfat, mg/dm ³	250	-	57,12
13.	Miros	Accept. consumat.si nici o modificare anormala	fără miros	Accept. consumatorilor si nici o modificare anormala, cu exceptia zonelor de unde s-au primit reclamatii
14.	Oxidabilitate, mgO ₂ /dm ³	5	2,73	1,07
15.	Zinc (Zn ²⁺), μg / dm ³	5000	-	54
Parametrii chimici				
16.	Aluminiu (Al ³⁺), μg/dm ³	200	-	50,8
17.	Cadmiu (Cd ²⁺), μg/dm ³	5	0	0
18.	Crom (Cr ⁶⁺), μg/dm ³	50	0	0
19.	Cupru (Cu ²⁺), μg/dm ³	100	-	1,7
20.	Nichel (Ni ²⁺), μg/dm ³	20	0	0
21.	Nitriti (NO ₂ ⁻), mg/dm ³	0,50	0,06	0
22.	Nitrati (NO ₃ ⁻), mg/dm ³	50	-	3,90
23.	Plumb (Pb ²⁺), μg/dm ³	10	0	0

Valorile parametrilor urmăriți la intrarea apei în cele două stații de tratare luate în studiu putem observa că parametrii indicatori cum ar fi: pH, conductivitatea electrică, turbiditate, amoniu, fier, cloruri, clor rezidual liber, mangan, culoare, duritate totală, gust, miros, sulfați, oxidabilitate etc., în cazul STA Barați au valori aproximativ mai mici comparativ cu valorile măsurate în STA SMAT. O mică excepție făcând turbiditatea deoarece în anul de referință în România cantitatea lunară de precipitații medie pe țară a fost de 39,9 mm, deci cu 19% mai

mare (fig. 60) decât normala climatologică standard [3], acesta fiind o posibilă explicație pentru valoarea medie aproximativ mai mare a turbidității pentru anul 2015.

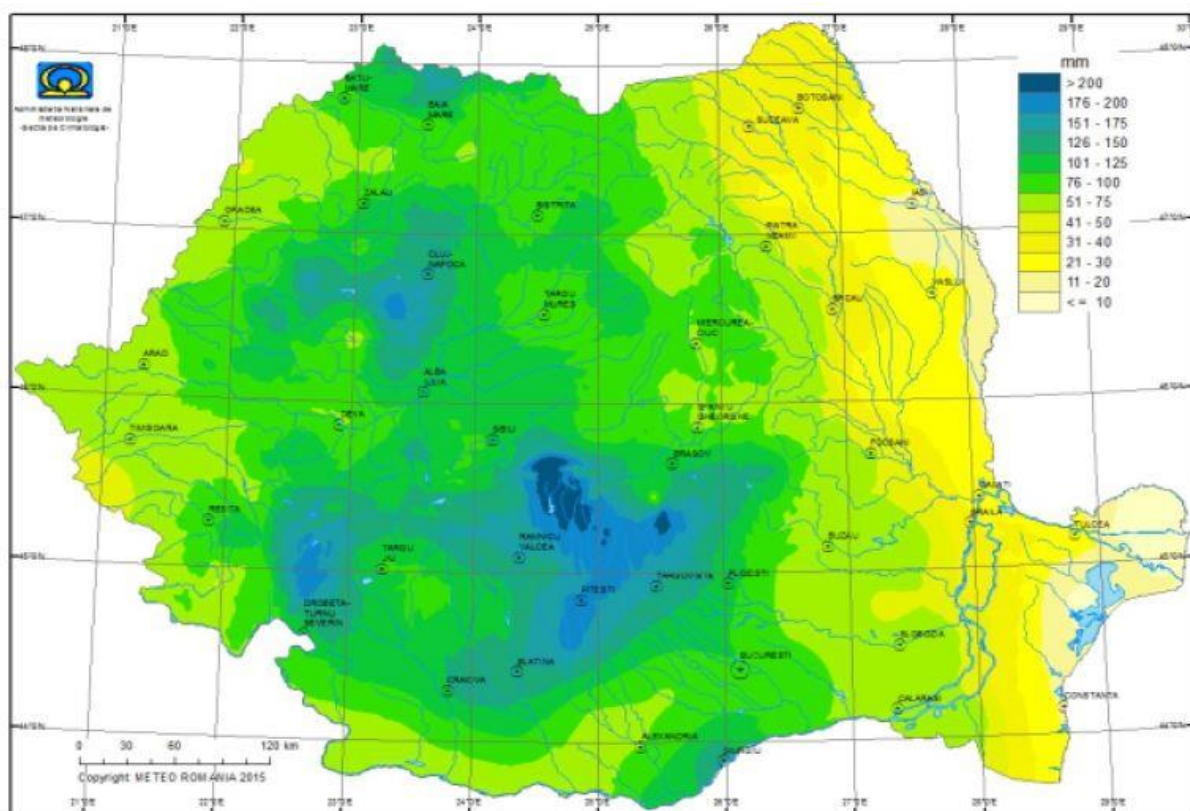


Fig. 60. Cantitatea anuală de precipitații, anul 2015 [3].

Fiecare stație de tratare a apei monitorizează zilnic diferiți parametri de calitate a apei pentru a putea identifica timpuriu posibilele riscuri de poluare accidentală a surselor de apă cât și îmbunătățirea procesului de tratare a apei prin monitorizarea parametrilor la ieșirea apei din stația de tratare. Toți acești parametri ai apei furnizate către populație sunt monitorizați în fiecare stație de tratare de către un laborator intern acreditat unde se recoltează zilnic probe pentru a identifica posibilele anomalii din fiecare sursă de apă de suprafață, fluviu Po respectiv lacul Poiana Uzului.

Conform literaturii științifice scurgerea apei pluviale poate acumula poluanți microbieni și chimici care afectează parametrii indicatori de calitate ai apei printre care și turbiditatea. Dacă nu se gestionează în mod eficient, scurgerea apelor pluviale pot duce la contaminarea apelor de suprafață cât și a apelor subterane [7, 41, 70, 93].

O provocare majoră în sectorul apei este aceea că obiectivele de mediu și strategiile de aprovizionare cu apă sunt foarte slab integrate în managementul energiei, ceea ce conduce la consecințe economice și de mediu așa cum este cazul STA Barați, cauza principală fiind

substanțele chimice folosite în procesul de tratare a apei cât și energia, aceasta provenind din sistemul public de distribuție.

În cazul STA SMAT energia electrică provine și din surse de energie regenerabilă (energie eoliană sau solară), în incinta complexului SMAT sunt amplasate panouri fotovoltaice (fig. 61), singurul impact major al acestora asupra mediului este suprafața mare de teren necesar amplasării acestor panouri. De exemplu avem cazul unei stații de epurare a apei uzate care utilizează energie provenită de la panourile fotovoltaice, suprafața care este necesară unui amplasament care să producă 1.200 MWh/an este de 43.000 m², pe această suprafață pot fi amplasate 7.000 m² de panouri solare [120, 121].



Fig. 61. Panouri fotovoltaice în interiorul amplasamentului STA SMAT, anul 2015.

Un exemplu de bună practică în a integra obiectivele de mediu și strategiile de aprovizionare cu apă în managementul energiei poate fi dat de guvernul chinez și unele orașe braziliene care se confruntă cu lipsa apei. Acestea au implementat politicile de stimulare a utilizării raționale a apei și de reutilizare a acesteia. De asemenea au fost alocate stimulente și investiții în sector, pentru recuperarea potențialului energetic al apelor uzate [130].

În cele 2 stații de tratare a apei analizate Barați și SMAT conform literaturii de specialitate, din punct de vedere a îmbunătățirii eficienței energetice se pot aplica diferite măsuri preventive în funcție de situația existentă în fiecare stație de tratare, acestea pot fi [63, 94, 97, 108, 115, 144]:

- echipamente de monitorizare a motoarelor electrice pentru ca acestea să funcționeze eficient în funcție de cerința de apă tratată și debitul acesteia în stație;
- instalații cu eficiență energetică ridicată (echipamente de pompare, motoare etc);
- monitorizarea în timp real a energiei consumate în fiecare treaptă de tratare a apei și a echipamentelor mari, pentru a putea permite eficientizarea procesului de tratare a apei;
- realizarea unei proceduri pentru întreținerea echipamentelor;
- după cum s-a mai specificat și anterior, comportamentul și atitudinea personalului pot avea un impact notabil asupra eficienței energetice;
- dimensionarea corectă a echipamentelor în conformitate cu fluxurile de apă tratată, deoarece există posibilitatea ca unele dintre ele să fi fost concepute pentru debite mai mari de apă;
- realizarea unor simulări folosind diferite metode de reducere a consumului de energie electrică.

4.4.2. Cantitatea de substanțe chimice utilizată în procesul de tratare a apei. Analiză comparativă Barați și SMAT

Fluviul Po curge (fig. 62) prin una din cele mai urbanizate și productive (în special agricultură și industrie) regiuni din Europa și reprezintă o sursă importantă de apă dulce [35]. În cazul lacului Poiana Uzului acesta reprezintă un punct important din punct de vedere economico – social în România iar comparativ cu fluviul Po, lacul de acumulare Poiana Uzului (fig. 63), face parte din Rezervația Naturală Nemira, astfel fiind protejat de poluarea industrială [1].

Trebuie menționat faptul că atunci când calitatea apei brute este una redusă cantitatea de substanțe chimice și materiale crește deoarece apa nu îndeplinește cerințele calitative ale apei. După cum a fost prezentat subcapitolul anterior (tab. 43, 44) acest scenariu nu este valabil pentru STA Barați deoarece apa brută nu este afectată de poluarea industrială (fig. 63), dar nu putem spune același lucru despre STA SMAT.



Fig. 62. Fluviul Po [35].

Tratarea apei cu substanțe chimice a devenit nucleul proceselor de tratare a apei și a căpătat o importanță deosebită odată ce a fost considerată cu sute de ani în urmă ca fiind un mijloc de prevenire a bolilor care pot fi transmise prin apă [49, 73, 108, 139].

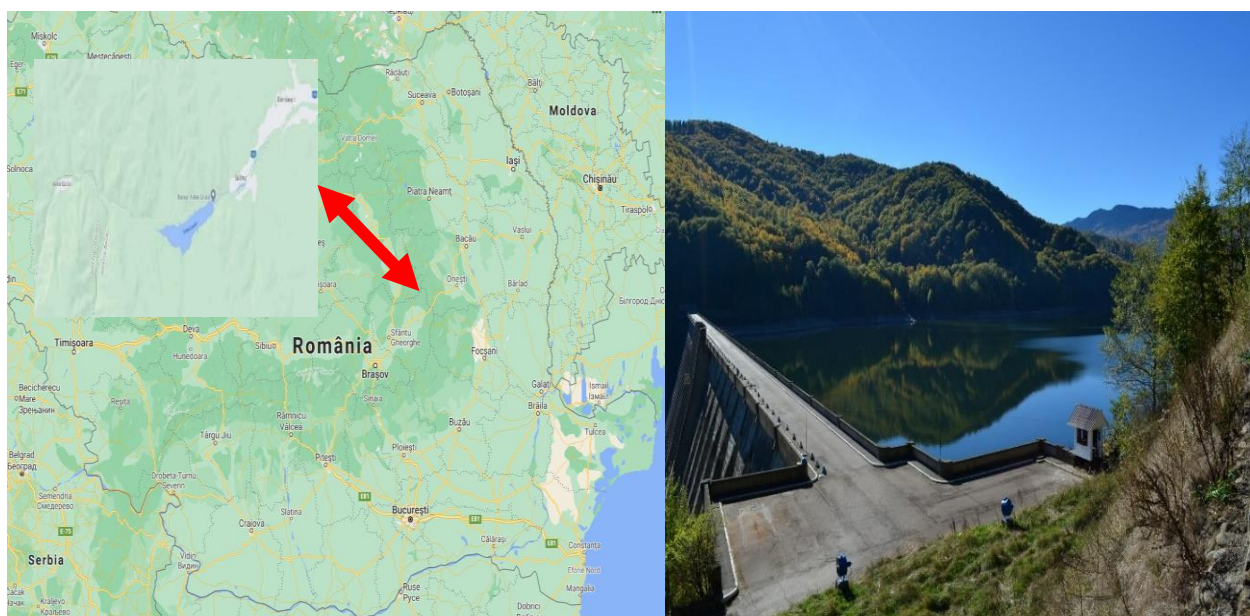


Fig. 63. Lacul Poiana Uzului [1].

Efectele utilizării substanțelor chimice asupra sănătății umane în procesele de tratare a apei analizate nu sunt pe deplin stabilite sau evaluate, dar de departe cel mai nedorit efect

secundar al tratării apei cu substanțe chimice, mai exact al introducerii clorului în apă, este formarea de trihalometani [73, 138].

Un factor care poate influența cantitatea de substanțe chimice consumate în procesul de tratare a apei este variația anotimpurilor după cum s-a și specificat în capitolul 3. În perioada caldă este necesară o cantitate mai mare de substanțe chimice folosite în tratarea apei sau în cazul unei avarii.

Un alt aspect care trebuie avut în vedere în viitor pentru ambele stații de tratare a apei cu privire la tratarea cu substanțe chimice a apei face referire la ridicarea standardelor privind calitatea apei brute din cauza supraexploatării acestei resurse și odată cu acesta scăderea calității apei. Pentru a putea preveni acest scenariu și pentru a diminua efectele negative ale schimbărilor climatice asupra parametrilor de calitate ai apei în situațiile analizate Barați - SMAT și nu numai, ne putem referi la întreaga industrie a apei. Se fac recomandări referitoare la folosirea de noi tehnologii mai avansate care să includă sistemele cu membrană, dezinfecție UV, rășinile schimbătoare de ioni cât și utilizarea de cărbune activ care este folosit pentru îndepărtarea contaminanților reziduali care nu sunt îndepărtați în prezent de membrane și au o povară de mediu considerabilă [138].

În cazul stațiilor de tratare a apei analizate (Barați, SMAT) și de asemenea în general odată cu schimbările climatice calitatea apei brute are tendința de a se deteriora, acesta este un trend general valabil atunci când vorbim de calitatea apei brute. Din această cauză se preconizează că în viitor va fi nevoie de un tratament chimic mai accentuat pentru a produce aceeași calitate a apei ca în prezent, ceea ce va duce la creșterea consumului de substanțe chimice și odată cu acesta va crește și impactul asupra mediului generat de sectorul apei [138].

În studiile noastre de caz, un exemplu de substanță chimică care este folosită în procesul de tratare a apei și contribuie la reducerea de CO_2eq emis în atmosferă este cărbunele activ, acesta fiind deja utilizat în STA SMAT. Putem spune că atât tipul cât și cantitatea de reactiv utilizată în proces depinde în special de adoptarea unor măsuri, astfel încât impactul generat să fie minim și constant pe toată perioada în care este adoptată o anumită tehnologie sau proces.

Conform diferitelor studii de specialitate schimbările climatice au un efect negativ asupra surselor de apă (tab. 44) care acționează în trei moduri generale: modificări ale precipitațiilor anuale; creșteri ale nivelului mării; creșterea revărsării apelor (inundații), toate acestea conducând la scăderea calității apei brute [15, 52, 71, 81, 148].

Tabelul 44. Schimbări observate la diferite niveluri ale mediului [15, 70, 71].

Sectorul	Schimbarile Observate	Perioada
Atmosfera	Temperaturi și precipitații extreme	2012-2016
Oceane și mediul marin	Reducerea conținutului de oxigen	2012-2016
Sistemul de apă dulce	Secete meteorologice și fluviale	2012-2016
- reversarea apelor (inundații)	- creșterea cu 5% în general, iar în perioada de iarnă cu 25-90% din cauza creșterii topirii și dezghețării permafrostului; - revarsarea apelor mai devreme cu 1-2 săptămâni deoarece s-a decalat perioada de topire a zăpezii; - creșterea inundațiilor catastrofale de frecvență (0,5-1%) din cauza topirii mai timpurii a gheții râului și ploi abundente.	1935-2000 cât și în prezent (anii recente)
- secete	- scăderea cu 29% a debitului anual zilnic maxim din cauza creșterii temperaturii și evaporarea crescută fără modificări în cantitatea de precipitații; - veri uscate și neobișnuit de calde, încălzirea oceanelor tropicale occidentale din Pacific și India în ultimii ani.	1847 – 1996 cât și în prezent (anii recente) 1998- 2004
- temperatura apei	- 0,1–1,5°C creșterea temperaturii în lacuri; - 0,2–0,7°C creșterea temperaturii în apele de adâncime a lacurilor.	ultimii 40 ani ultimii 100 de ani
- compoziția chimică a apei (râuri și lacuri)	- scăderea nutrienților datorită stratificării crescute;	ultimii 100 ani
Sănătatea umană	Poluarea aerului prin ozon, existența unor boli transmisibile prin apă și alimente	2012-2016
Agricultura	Creșterea cerinței de apă pentru irigații pentru culturi	2012-2016
Energie	Trendul de creștere a cererii energiei	2012-2016

4.5. Concluzii cu privire la aplicarea Metodologiei Ampreței de Carbon și la stabilirea unor corelații între cele două stații de tratare a apei Barați și SMAT pentru anul 2015

Potrivit literaturii de specialitate și pe baza studiilor de caz analizate în această lucrare trebuie notat faptul că provocările legate de cantitatea de energie și substanțe chimice utilizate în procesul de tratare a apei cât și cantitatea de gaze cu efect de seră emisă în atmosferă în urma procesului de tratare a apei sunt provocări complexe cu o interconexiune deosebită și nu pot fi rezolvate separat.

Putem observa că pentru a furniza apă potabilă, acesta este un proces complex care implică mai mulți factori, cei mai importanți fiind energia și substanțele chimice care și

generează cele mai mari cantități de CO₂eq. Pentru a estima această cantitate de CO₂eq, abordarea studiilor este realizată prin intermediul Metodologiei Amprentei de Carbon, care indică faptul că este foarte important să fie consultate diverse surse de date cum ar fi protocoalele naționale, standardele etc., iar odată cu consultarea acestora vor fi automat îmbunătățite analizele anterioare din sectorul apei ale Metodologiei Amprentei de Carbon care în prezent sunt într-un număr aprox. mic.

După ce au fost prezentate și analizate cele două stații de tratare a apei Barați și SMAT se pot trasa câteva concluzii referitoare la procesul de tratare după cum urmează:

- procesele de tratare a apei sunt direct dependente de energie, energie care contribuie substanțial la impactul generat asupra mediului;
- un rol important în stabilirea cantității de substanțe chimice în procesul de tratare îl are atât calitatea apei brute, cât și mărimea liniei de producție de apă potabilă conform parametrilor de calitate, în final toți acești factori cumulează un impact major asupra mediului;
- pe viitor pentru evaluarea performanțelor unei stații de tratare a apei se recomandă o analiză precisă a datelor inventariate pentru ca rezultatele obținute să fie cât mai fidele. Atunci când vorbim de un proces de tratare a apei vorbim de un proces complex și laborios;
- în cazul ambelor stații de tratare a apei luate în studiu, reactivii folosiți în etapa de coagulare/floculare au un impact constant asupra mediului în ciuda faptului că volumul de apă tratat de fiecare stație de tratare a apei este foarte diferit, după cum s-a specificat și anterior contează foarte mult și capacitatea stației de tratare analizată.

În urma calculului Amprentei de Carbon pe fiecare stație de tratare a apei, diferența de CO₂eq emis în atmosferă poate fi exprimată în cantitatea de energie electrică care este folosită pentru a trata 1m³ de apă. Un alt aspect care poate să explice aceste diferențe ar fi tipul sau mixul de energie utilizată în proces, putem să considerăm acest factor ca fiind unul important care contribuie semnificativ la diferența de CO₂eq generat în cele 2 stații de tratare a apei, deoarece acestea se află în țări diferite.

Pentru fiecare caz în parte, energia poate proveni din diferite surse de energie (eoliană, solară, hidroenergie, nucleară, termală etc.). În Italia de exemplu 1 kWh de energie electrică în sistemul public de distribuție a acesteia poate fi alcătuit din fracții diferite de energie (cele enumerate mai sus) [69].

Un al aspect care trebuie luat în considerare în acest studiu la STA Barați face referire la adaptarea procesului de tratare a apei în funcție de anotimp și utilizarea unor substanțe chimice în anumite perioade ale anului. Conform unor publicații de specialitate [92, 121] policlorura de aluminiu este recomandată să fie utilizată în perioadele mai reci (septembrie – aprilie) iar clorura ferică în perioadele mai calde ale anului (mai - august). În cazul STA SMAT acest aspect este deja pus în aplicare deoarece pentru tratarea unui m^3 de apă se utilizează aprox. 0,0002 kg de clorura ferică iar pentru policlorura de aluminiu cantitatea utilizată pentru tratarea unui m^3 de apă este de 0,0591 kg.

De asemenea o mențiune importantă care trebuie trecută în revistă se referă la clorura ferică utilizată în procesul de tratare a apei în STA SMAT care înlocuiește sulfatul de aluminiu, deoarece în urma mai multor studii de specialitate [58, 86, 129], s-au constatat efectele dăunătoare pe care le are această substanță asupra sănătății oamenilor până la efecte mai grave cum ar fi declanșarea sindromului Alzheimer [58]. În cazul STA Barați sulfatul de aluminiu este folosit constant, aprox. 1 t/zi fiind astfel și un factor decisiv în cantitatea de CO_2eq generat în atmosferă în urma utilizării lui.

Acest studiu poate oferi metode alternative pentru sectorul apei în a diminua potențialul de a genera gaze cu efect de seră în procesul de tratare a apei și îmbunătățirea procesului de tratare a apei în alte stații de tratare. De asemenea poate contribui la aplicarea metodelor folosite în STA SMAT și în alte stații de tratare a apei inclusiv și în STA Barați.

CAPITOLUL 5. STAȚIILE DE TRATARE A APEI ȘI INFLUENȚA ACESTORA ASUPRA MEDIULUI

5.1. Procesul de tratare a apei și efectele acestuia asupra mediului

Mediul înconjurător este considerat a fi totalitatea factorilor naturali și a celor creați prin activități umane (fig. 64) (antropici), care într-o strânsă interacțiune determină condițiile pentru existența vieții și dezvoltarea societății. Conform legislației din domeniu expresia este considerată a fi pleonastică, drept pentru care se folosește doar termenul mediu [98].

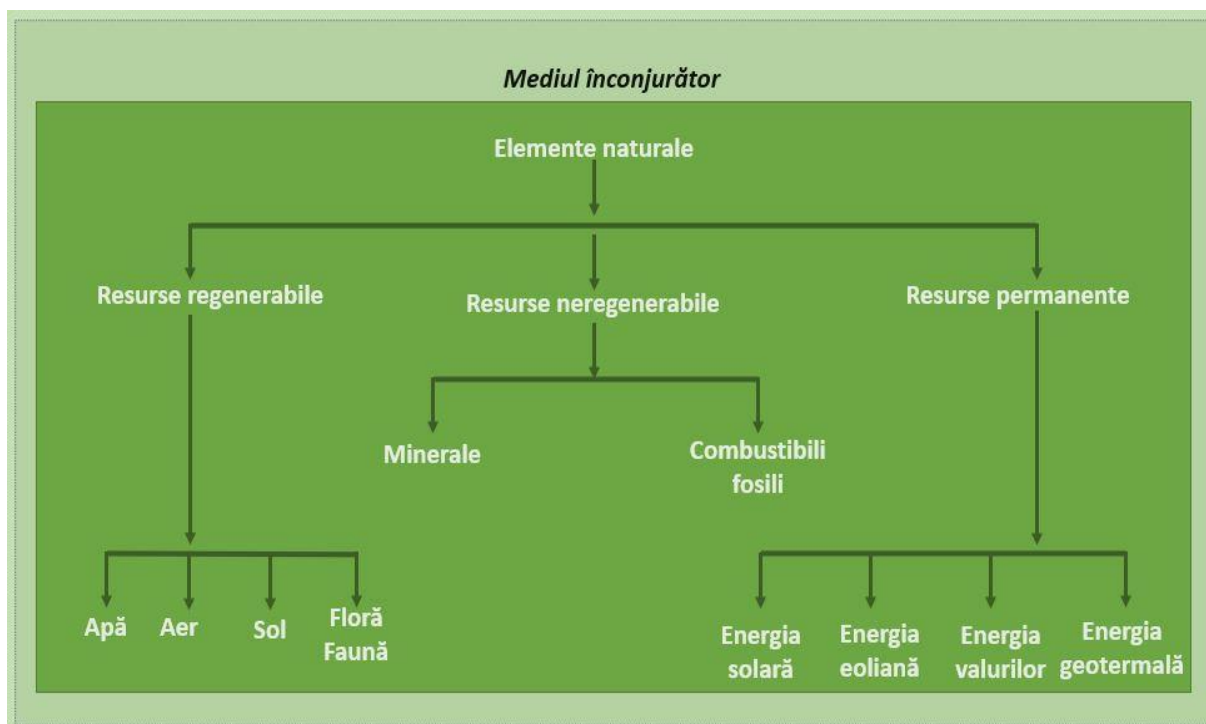


Fig. 64. Elementele naturale ale mediului înconjurător [73].

În ceea ce privește calitatea apei, România trebuie să își îmbunătățească în continuare politica în domeniu, în conformitate cu Directiva cadru privind apa. Conservarea naturii în general, punerea în aplicare a directivelor privind natura, rămân o provocare importantă în țara noastră.

După cum s-a specificat în capitolul 4 procesul de tratare a apei se încadrează în categoria proceselor cu o influență redusă asupra mediului. Înțelegerea și cuantificarea utilizării energiei în procesul de tratare a apei este crucială pentru utilizarea durabilă a resurselor prin modele eficiente, prin tehnologie, printr-un management mai bun și adecvat. Deși legislația legată de energie și de apă este prezentată separat, transpunerea ei comună este o necesitate, deoarece deciziile luate cu privire la apă afectează consumul de energie [77, 137].

Incidența activităților din cadrul procesului de tratare a apei asupra mediului (fig. 65) constă în poluarea aerului odată cu emisia de gaze cu efect de seră. Apa necesită tratare înainte de a fi utilizată dar și după utilizare. Apele uzate necesită o tratare (epurare) specială pentru a fi deversate înapoi în mediu. Dacă apa este gestionată necorespunzător, atunci alimentarea cu apă va fi afectată. Dacă apele uzate sunt deversate fără tratamentul necesar, atunci calitatea mediului va fi afectată [137].

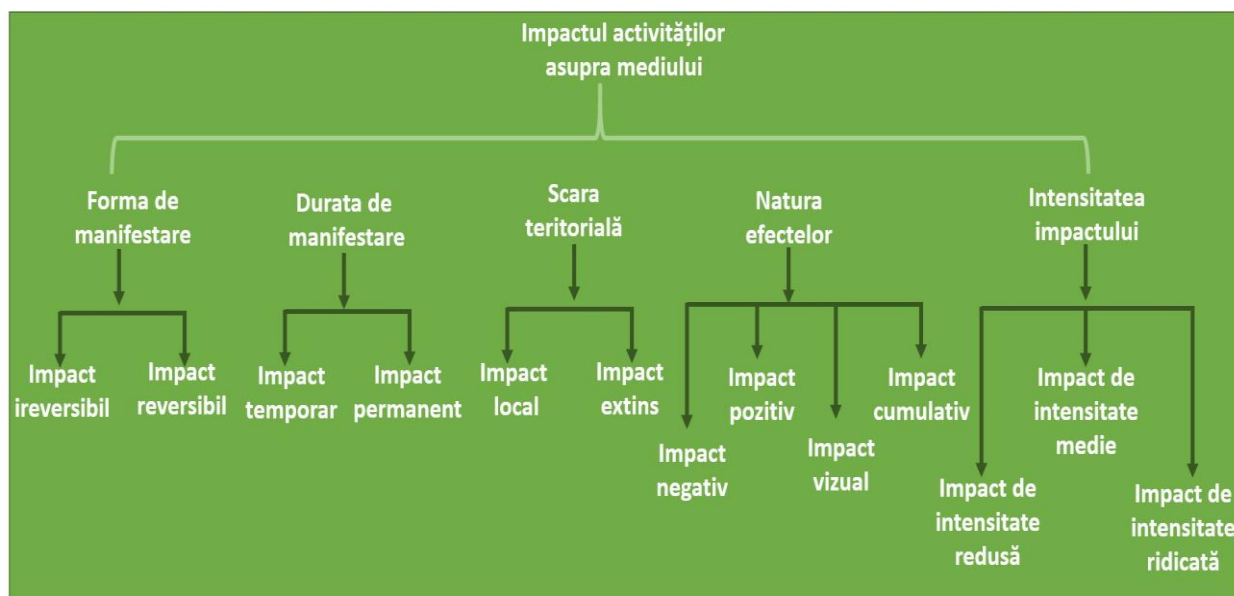


Fig. 65. Categoriile de impact ale activităților asupra mediului [34, 73].

Impactul pe care îl au aceste activități asupra mediului pot fi clasificate după mai multe criterii astfel (fig. 65) [34]:

- după forma de manifestare:
 - impact ireversibil – nu poate fi încorporat de către mediu într-o perioadă de timp dată;
 - impact reversibil – provenit dintr-un factor permanent, poate fi absorbit de către mediu într-un interval de timp stabil;
- după durata de manifestare:
 - impact temporar – energia utilizată în proces este consumată într-un timp relativ scurt iar efectul dispare tot într-un interval de timp scurt;
 - impact permanent – efectul se întinde pe o perioadă îndelungată de timp;
- după natura efectelor:
 - impact negativ – se degradează calitatea mediului;

- impact pozitiv – flora, fauna și omul se află într-o stare de siguranță;
- impact vizual – impact asupra peisajului cât și asupra esteticii sistemelor teritoriale;

- impact cumulativ – cu efecte complexe și amplificate în timp, acestea sunt determinate de acțiuni sinergice;

- după intensitatea efectului:

- impact de intensitate redusă – nu survin modificări asupra calității mediului;
- impact de intensitate medie – starea calității mediului se află într-o stare de siguranță;
- impact de intensitate ridicată – calitatea mediului este afectată dar menținută în parametrii stabiliți de legislația în vigoare.

5.2. Efectul proceselor de tratare a apei din cadrul stațiilor Barați și SMAT asupra factorilor de mediu

Scopul unei monitorizări asupra mediului reprezintă un proces care identifică, descrie și stabilește în conformitate cu legislația în vigoare efectele directe și indirecte, sinergice, cumulative, principale și secundare ale activităților umane asupra mediului înconjurător și sănătății oamenilor. De asemenea trebuie avut în vedere că apa distribuită către populație are efecte mai degrabă asupra epuizării resurselor de apă, schimbărilor climatice, eutrofizării etc. [34].

Pentru a reduce aceste efecte asupra mediului (figura 65) pot fi întreprinse o serie de acțiuni la nivelul procesului de tratare a apei valabile în cazul ambelor stații de tratare a apei Barați și SMAT, acestea fac referire la aspecte cum ar fi:

1. Efecte asupra factorului de mediu - apă:

- în faza de operare a stațiilor de tratare a apei cea mai importantă sursă de poluare a apei o reprezintă apa epurată care este evacuată și nu respectă legislația în vigoare (nefiind cazul în studiile de caz din prezenta lucrare);
- contaminarea apelor de suprafață și subterane cauzate de scurgeri din conducte în cazul deteriorării rețelei de canalizare;
- evacuarea de apă uzată neepurată din cauza unor posibile avarii semnificative la stația de epurare prin care se poluează receptorul efluentului;

- posibilitatea de depozitare necorespunzătoare a deșeurilor rezultate din lucrările de reparații și întreținere a stației de tratare a apei și a anexelor;
- scurgeri accidentale provenite de la echipamentele și utilajele folosite în operațiile de reparații și întreținere;
- contaminarea potențială a receptorului cu substanțe periculoase cauzate de scurgerea/drenarea apelor de pe amplasamentele industriale (inclusiv ape pluviale).

Măsuri de diminuare a efectelor asupra factorului de mediu - apă:

- se reactualizează periodic regulamentele de funcționare - exploatare, întreținere cât și planurile de prevenire și combatere a poluărilor accidentale pentru toate elementele componente ale stației de tratare;
- se pot lua o serie de măsuri de control și de reducere a evacuarilor industriale în rețeaua de canalizare, implementate de operatorul rețelei;
- realizarea periodică de inspecții ale rețelei de distribuție și a rețelei de evacuare a apelor uzate pentru a putea fi detectate la timp disfuncționalitățile și să se adopte măsurile necesare pentru remediere;
- implementarea unui program de monitorizare pentru operarea în condiții de siguranță pentru mediu a stației de tratare a apei.

Putem concluziona că dacă se respectă procedurile de lucru pentru fiecare etapă în parte din cadrul procesului de tratare a apei și măsurile de diminuare a impactului asupra mediului se poate nota faptul că impactul asupra mediului a unei stații de tratare a apei asupra factorului de mediu apă este nesemnificativ. Iar dacă va avea loc implementarea planurilor de măsură și combatere a poluării cât și a programului de monitorizare, stațiile de tratare a apei pot avea un impact pozitiv asupra apei de suprafață (emisar) și asupra apelor subterane comparativ cu situația actuală (mai ales în cazul STA Barați), prin reabilitările care au fost propuse în sistemele de apă.

2. Efecte asupra factorului de mediu - aer

Conform studiilor de specialitate consumul de energie electrică este unul dintre cei mai importanți generatori de impact în procesul de tratare a apei [21], din cauza emisiilor de CO₂. În timpul exploatării stației de tratare a apei, gazele reziduale sunt practic nesemnificative și nu

influențează compoziția aerului atmosferic. Cele mai importante surse de emisii în atmosferă pot fi reprezentate de:

- substanțele care pot polua aerul în urma procesului de tratare a apei sunt CO₂, NO_x, SO₂, COV (compusi organici volatili), CH₄ etc., rezultate din arderea carburanților în motoare cât și în urma consumului ridicat de energie electrică;
- praful și emisiile de gaze din lucrările de execuție care au loc în stațiile de tratare a apei;
- emisiile de noxe rezultate din funcționarea utilajelor, autovehiculelor, echipamentelor utilizate în procesul de tratare a apei;
- un alt factor care ar putea avea impact asupra factorului de mediu aer este mirosul ce ar putea proveni de la stația de tratare a apei, dar trebuie specificat ca ambele stații de tratare a apei care au fost analizate în prezenta lucrare sunt amplasate la o distanță considerabilă de cea mai apropiată zonă rezidențială.

Măsuri de diminuare a efectelor asupra factorului de mediu - aer:

- instalații și motoare cu eficiență energetică ridicată;
- întreținerea corespunzătoare a rețelelor de distribuție a apei și de evacuare a apei uzate;
- întreținerea corespunzătoare a instalațiilor și echipamentelor din cadrul stațiilor de tratare a apei conform unui program de revizii și reparații;
- verificarea procesului de tratare a apei și monitorizarea parametrilor la intrarea și ieșirea apei din stațiile de tratare;
- asigurarea unui management corect al materialelor și substanțelor utilizate în procesul de tratare a apei;
- plantarea de arbori pe perimetrul și în jurul amplasamentului stațiilor de tratare;
- inspecții periodice ale rețelei de distribuție pentru a se detecta la timp orice disfuncționalitate și aplicarea măsurilor corective pentru evitarea situațiilor de risc de avarie.

Deși se apreciază că impactul asupra calității aerului este unul nesemnificativ în ciuda consumului mare de energie, se poate recomanda să fie specificate o serie de măsuri de reducere a emisiilor, pentru minimizarea disconfortului creat în etapele proceselor de tratare a apei. Potrivit unor studii de dispersie [14, 34, 152] care au la baza calculul teoretic, putem

concluziona că în faza de exploatare a stațiilor de tratare a apei, concentrațiile emisiilor sunt mai mici decât limita admisibilă, prin urmare impactul este nesemnificativ.

3. *Efecte asupra factorului de mediu -sol*

Când vine vorba de rezervorul de colectare a nămolului de la decantoare și de nămolul care provine de la spălarea filtrelor, acesta asigură o etanșeizare ridicată astfel încât să nu permită exfiltrațiile [50]. Potențialele surse de poluare ale solului în cadrul stațiilor de tratare sunt:

- deșeuri rezultate din operațiile de întreținere și reparații la stațiile de tratare a apei;
- deșeuri rezultate în urma operațiilor de întreținere a rețelelor de alimentare cu apă;
- schimbarea definitivă a folosinței terenului – stația de tratare a apei;
- posibila contaminare a solului prin infiltrare/scurgeri accidentale de produse/substanțe chimice cu potențial poluant (reactivi, substanțe chimice) – acest scenariu este puțin probabil să se întâmple la nivelul celor două stații de tratare a apei care au fost analizate în prezenta lucrare;
- eroziunea sau instabilitatea solului chiar și alunecări de teren (în zonele în pantă) cazul STA Barați, cauzate de scurgerea apei din precipitații către apele de suprafață.

Măsurile de diminuare a efectelor asupra factorului de mediu - sol:

- monitorizarea periodică a amplasamentului stațiilor de tratare a apei și respectarea procedurilor de lucru;
- pentru a preveni poluările accidentale cu produse sau substanțe chimice folosite în procesul de tratare se va întocmi un plan de prevenire și combatere a poluărilor accidentale;
- implementarea și respectarea unor proceduri de stocare și manipulare a substanțelor folosite în procesul de tratare a apei, inclusiv proceduri de limitare a contaminării solului;
- întreținerea, alimentarea cu substanțe chimice, spălarea unor echipamente din cadrul stației de tratare. Operațiile de reparații/întreținere a utilajelor se vor efectua în locuri prevăzute cu dotări adecvate, care împiedică scurgerile de produse poluante sau pentru situații accidentale.

În cazul unor intervenții de remediere a unor posibile avarii efectul asupra solului este nesemnificativ. De asemenea gestionarea corectă a deșeurilor de la stația de tratare a apei, execuția și întreținerea corectă a stației de tratare, a rețelei de distribuție a apei și a rețelei de evacuare a apei uzate are un efect nesemnificativ în condiții de operare normală.

4. Biodiversitatea

Ambele stații de tratare sunt localizate în zone nelocuite atât în orașul Bacău cât și în orașul Torino. În zonele unde sunt amplasate aceste stații de tratare a apei există suprafețe de teren antropizate (există drumuri), astfel încât nu putem vorbi de un posibil efect asupra habitatelor sau speciilor din zona amplasamentelor. Activitățile de execuție se desfășoară în incinta stației de tratare a apei, neafectând zonele limitrofe iar asupra ecosistemelor terestre efectul va fi temporar și nesemnificativ.

5.3. Sistemul de evaluare a efectelor asupra mediului a stațiilor de tratare a apei Barați și SMAT

Atunci când vorbim de activitatea de management a resurselor de apă ne referim la:

- sistemul de tratare a apei;
- alimentarea cu apă potabilă a populației;
- sistemul de captare, distribuție și stocare a apei utilizat pentru alimentarea cu apă a populației și pentru industriei;
- colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate și meteorice.

Pentru a evalua efectul asupra mediului a stațiilor de tratare a apei, se utilizează o metodă matricială bazată pe determinarea indicilor de calitate ai factorilor de mediu. Factorii de mediu sunt analizați din punct de vedere al impactului asupra mediului și sunt încadrați în diferite clase cu punctaj specific [34, 96, 128].

Interdependența dintre etapele procesului de tratare a apei și efectele asupra mediului înconjurător (E) se pot evidenția prin reliefarea în dreptul fiecărei etape mărimea acesteia, care se estimează printr-un sistem comun pentru tot procesul în cazul ambelor stații de tratare a apei Barați și SMAT (cu +, - sau zero), cu următoarele specificații [34, 128]:

„+” reprezintă influență pozitivă;

„0” - influență nulă;

„—” este influență negativă.

„E” – efect pozitiv sau negativ rezultat din evaluarea influențelor etapelor procesului de tratare a apei asupra calității factorilor de mediu, în raport cu normativele de reglementare.

Pentru a elabora un studiu care să determine efectele asupra factorilor de mediu a procesului de tratare a apei cât mai realist, se va acorda un punctaj fiecărei surse generatoare de poluare din cadrul procesului de tratare a apei. În final se obține un cumul de efecte rezultate în urma procesului de tratare a apei din studiile de caz analizate (tab. 45).

Tabelul 45. Însușirea efectelor asupra factorilor de mediu a proceselor de tratare a apei din STA Barați și SMAT pentru anul 2015.

Sursa generatoare	Efectele asupra factorilor de mediu			
	Apă	Aer	Sol	Biodiversitate
Consum de energie	0	-	0	-
Utilizarea substanțelor chimice	0	-	-	0
Gestionarea deșeurilor	-	0	-	-
Emisii noxe rezultate din funcționarea instalațiilor și echipamentelor	0	-	0	-
MĂRIMEA EFECTELOR	-1	-3	-2	-3

$E_{APĂ} = -1$

$E_{AER} = -3$

$E_{SOL} = -2$

$E_{BIODIVERSITATE} = -3$

Pentru a putea să se stabilească efectul mediu cumulat de toți factorii (tab. 46), se au în vedere punctajele medii care au rezultat în urma elaborării matricei. De asemenea se folosește sintagma de “efect cumulativ” deoarece se presupune că există mai multe efecte de intensitate mică și dacă se face suma acestor efecte pot produce efecte semnificative. În același timp sintagma “efecte cumulative” poate să se refere la rezultatele acumulării în timp a unui singur efect cu o constantă mică în intensitate dar care se întinde pe o perioadă lungă de timp.

Tabelul 46. Valorile indecelui de calitate în cadrul proceselor de tratare a apei din STA Barați - SMAT pentru anul 2015.

Factor de mediu	Valoarea efectului cumulat	Observație
Apă	-1	influențele sunt negative iar efectele asupra mediului sunt reduse pe perioada exploatării
Aer	-3	influențele sunt negative iar efectele asupra mediului sunt majore pe perioada exploatării
Sol	-2	influențele sunt negative iar efectele asupra mediului sunt medii pe perioada exploatării
Biodiversitate	-3	influențele sunt negative iar efectele asupra mediului sunt majore pe perioada exploatării

Evaluarea efectelor procesului de tratare a apei asupra mediului s-a realizat pentru perioada de exploatare a stațiilor de tratare a apei aferentă anului 2015. Conform legislației în domeniu și când vorbim despre studii de impact, acestea sunt mai ample și se realizează pentru aproximativ o perioadă de de 18-36 de luni, această perioadă variază în funcție de tipul investiției. Pentru perioada de funcționare se consideră că este valabil 30 de ani pentru construcții și 50 de ani pentru rețelele de alimentare cu apă și canalizare [34, 96, 128, 137].

5.4. Concluzii și recomandări privind analiza efectelor asupra mediului a procesului de tratare a apei

Pentru studiile viitoare referitoare la impactul asupra mediului a stațiilor de tratare a apei, acestea trebuie să fie analizate la scară largă atât în perioada de execuție a lucrărilor de mentenanță a stației cât și pentru perioada de funcționare a stației de tratare a apei. Trebuie să se aibă în vedere sursele potențiale de poluare, impactul potențial asupra fiecărei componente de mediu în parte și măsurile care trebuie aplicate pentru a reduce impactul asupra mediului.

La scară largă conform legislației în vigoare direcțiile de acțiune ce pot fi implementate pentru reducerea impactului asupra mediului la nivelul stațiilor de tratare a apei (figura 66), trebuie să cuprindă măsuri aplicate de la începutul construcției stației de tratare a apei până la etapa de colectare a apei uzate [34, 96].

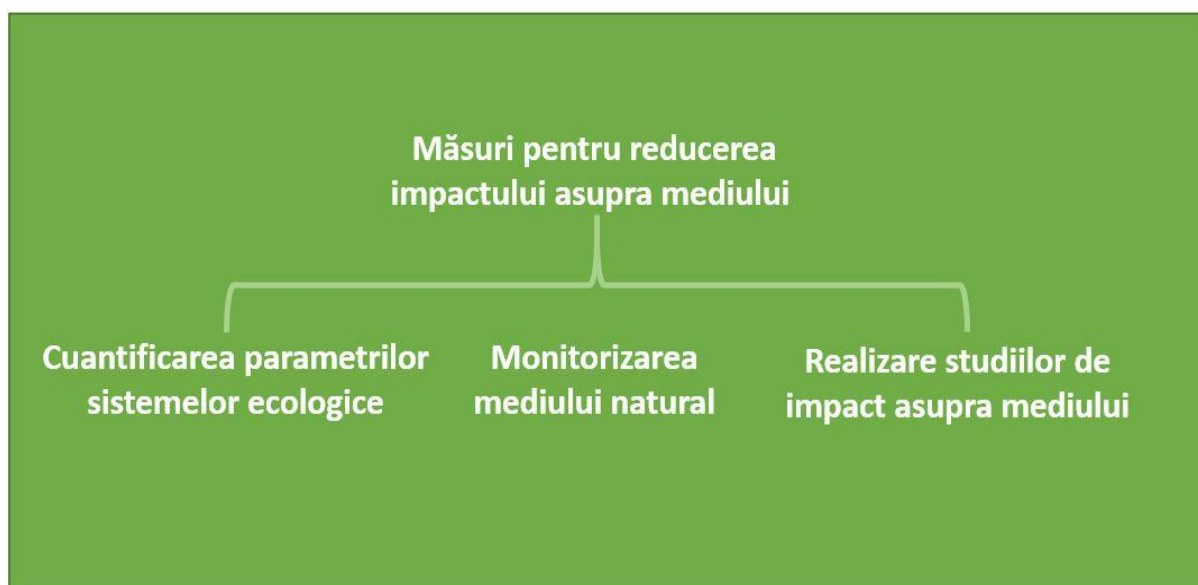


Fig. 66. Activități pentru reducerea efectelor procesului de tratare a apei asupra mediului [34, 96, 128].

În studiile de caz analizate (STA Barați și STA SMAT) se pot face următoarele specificații referitoare la efectele asupra mediului ale acestora:

1. Ambele stații de tratare a apei se află în zone limitrofe ale orașului prin urmare efectul asupra sănătății oamenilor este nesemnificativ. Pe de altă parte în zona amplasamentului sunt plantați brazi pentru a diminua cât mai mult efectele asupra mediului a stațiilor de tratare.
2. De asemenea activitățile din cadrul proceselor de tratare a apei nu constituie surse de impact major sau semnificativ asupra factorilor de mediu sau al altor obiective din zona acestora.
3. Elementele cele mai negative ale efectului asupra mediului a procesului de tratare a apei fac referire la consumul crescut de energie și cel de substanțe chimice (cazul ambelor stații de tratare a apei).
4. În cazul STA Barați dacă se vor executa lucrări de investiții prin înlocuirea unor echipamente în vederea reducerii consumului de energie și aplicarea unor noi tehnologii de tratare a apei pentru reducerea consumului substanțe chimice în conformitate cu noile instalații existente pe piață, analiza globală a procesului de tratare a apei în sine ar putea avea efecte benefice prin îmbunătățirea calității apei odată cu îmbunătățirea calității vieții locuitorilor, îmbunătățirea stării de sănătate a populației cât și protejarea factorilor de mediu.
5. Dacă se respectă prevederile legii în vigoare, cât și planurile de exploatare a stațiilor în perioada de exploatare, efectul asupra factorilor de mediu se va

încadra în limitele admisibile și vor avea un trend descrescător, iar pe o perioadă de timp îndelungată poate deveni chiar un efect nesemnificativ.

6. Efectele secundare, sinergice, pe termen scurt, mediu și lung, permanente și temporare rezultate din procesele de tratare a apei în perioada monitorizată (anul 2015) nu afectează factorii de mediu datorită măsurilor de prevenire și diminuare a impactului specificate în documentația amintită la punctul 5.
7. În general monitorizarea procesului de tratare a apei trebuie să cuprindă două mari categorii [34, 128]: monitorizarea cu privire la respectarea legislației în vigoare și monitorizarea aplicării obiectivelor stației de tratare a apei din punct de vedere a consumului de energie și substanțe chimice. Aceste 2 categorii fiind respectate de către ambele stații de tratare a apei Barați și SMAT.
8. Pentru a putea respecta în totalitate normele și standardele în vigoare necesare protecției factorilor de mediu este recomandat să se organizeze programe de instruire a personalului din cadrul stației de tratare a apei pentru a atinge gradul de cultură necesar respectării normelor de protecție a mediului și reducerea impactului asupra mediului. Acest aspect este aplicat periodic în ambele stații de tratare a apei cu participarea personalului la conferințe, traininguri, cursuri etc., specifice sectorului apei.
9. Pentru a veni în preîntâmpinarea posibilelor situații de risc de poluare sau avarie este recomandat ca pentru fiecare etapă de tratare din cadrul procesului de tratare a apei să existe un set de măsuri alternative care să diminueze efectul situației de risc.

CAPITOLUL 6. CONCLUZII GENERALE

Obiectivul principal al tezei de doctorat intitulată “*Studii și cercetări privind influența stațiilor de tratare a apei asupra mediului*” este identificarea celei mai eficiente metode și a celor mai eficiente echipamente folosite la tratarea apei cu scopul de a reduce impactul asupra mediului prin diminuarea consumului de energie și substanțe chimice în procesul de tratare a apei aplicând Metodologia Amprentei de Carbon.

Studiile de caz din cadrul acestei lucrări de cercetare s-au axat pe analiza și compararea a două stații de tratare a apei: stația de tratare a apei Barați care deservește orașul Bacău și stația de tratare a apei SMAT care deservește 293 municipalități din împrejurimile orașului Torino din regiunea Piemont.

În cadrul acestor 2 stații de tratare a apei s-a analizat și monitorizat timp de 12 luni (anul 2015) calitatea apei tratate la ieșirea din rezervorul de înmagazinare, cantitatea de energie și substanțe chimice utilizate în procesul de tratare a apei. Rolul aceste monitorizări a fost de a colecta datele necesare pentru a calcula cantitatea de **CO₂eq** (dioxid de carbon echivalent) emis în atmosferă în urma tratării unui m³ de apă. S-a folosit Metodologia Amprentei de Carbon, cu scopul eficientizării procesului de tratare a apei din punct de vedere al consumului de energie și substanțe chimice.

Procesului de producție a apei îi este necesară o anumită cantitate de energie și producerea energiei contribuie la creșterea Amprentei de Carbon astfel crescând și impactul asupra mediului a procesului de tratare a apei. Odată cu acest studiu se demonstrează o importanță deja bine cunoscută a apei și a resurselor de apă. După cum s-a mai specificat și schimbările climatice la rândul lor, au un potențial mare de a afecta aprovizionarea cu apă deoarece la fel de importantă sunt și energia electrică și reactivii utilizați în procesul de tratare a apei. Situația tratării apei în lume este destul de eterogenă din punct de vedere a tipului de apă brută, a cererii de apă, a cantității de energie consumată în procesul de tratare a apei și de schema aplicată pentru tratarea apei.

Concluziile acestui studiu iau în considerare aspectele legate de analiza celor două stații de tratare a apei (Barați - România și SMAT - Italia) din punct de vedere al consumului de energie și substanțe chimice care scot în evidență importanța sursei de apă cât și calitatea acesteia, procesul de tratare a apei urmat de fiecare stație în parte și nu în ultimul rând substanțele chimice utilizate. Toate acestea au un rol definitoriu în a stabili cantitate de **CO₂eq** emis în atmosferă în urma fiecărui proces de tratare a apei.

În **Capitolul 1** se prezintă *stadiul actual privind posibilitatea de eficientizare a stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe, în vederea reducerii impactului asupra mediului* cât și o analiză a studiilor realizate în domeniul eficientizării stațiilor de tratare a apei până în prezent atât la nivel internațional cât și în cele două țări considerate. De asemenea este specificată și principala legislație existentă în domeniul apei la nivel global, european și național. În ciuda interesului tot mai crescut la nivel global în reforma structurii aprovizionării cu apă cât și în eficientizarea procesului de tratare a apei, rezultatele sunt puțin concludente deoarece nu există o dimensiune sau structură optimă a sistemului apei potabile sau a apei uzate.

În ceea ce privește *evaluarea de mediu a procesului de tratare a apei prin intermediul mai multor abordări* prezentată în **Capitolul 2** a lucrării de față s-a realizat o analiză asupra a trei metode de evaluare de mediu acestea fiind Metodologia Evaluării externalităților (ExternE), Analiza frontierei stochastice -Stochastic Frontier Analysis -SFA și Metodologia înfășurării datelor – DEA. La finalul acestui capitol a fost prezentată Metodologia Amprentei de Carbon care a fost utilizată pe parcursul întregului studiu deoarece are capacitatea cea mai potrivită pentru a evalua potențialul de încălzire globală a unei stații de tratare a apei fiind și cea mai practică în studiul de caz analizat în prezenta lucrare. Studiul de caz care face referire la analiza consumului de energie și substanțe chimice utilizate în tratarea apei în stațiile de tratare Barați și SMAT.

Pentru a putea prezenta contribuțiile originale obținute în urma analizei și aplicării Metodologiei de Carbon în cele două stații de tratare a apei, în **Capitolul 3** din prezenta lucrare de cercetare s-au prezentat *aspectele referitoare la procesul de tratarea a apei din cadrul stațiilor de tratare a apei din Bacău, România (Barați) și Torino, Italia (SMAT)*, pentru a afla cantitatea totală a emisiilor de CO₂eq și de alte gaze cu efect de seră, unde CO₂eq reflectă potențialul de încălzire globală care corespunde diferitelor tipuri de emisii de seră generate

Pentru ca analiza celor două stații de tratare a apei Barați și SMAT să fie una aplicată s-a avut în vedere câteva aspecte legate de: mărimea/capacitatea stației de tratare a apei, calitatea apei brute, tehnologiile de tratare a apei, capacitatea fiecărei stații de a produce energie regenerabilă. Toate aceste aspecte fiind foarte diferite de la o stație de tratare la alta, prin urmare exista diferențe mari în ceea ce privește consumul de energie și substanțe chimice în cele două stații de tratare a apei.

Aceste aspecte au fost enunțate cu scopul de a stabili o imagine cât mai reală asupra situației existente în fiecare stație de tratare a apei iar rezultatele obținute în urma calcului emisiei de CO₂eq scot în evidență că o comparație directă nu poate fi făcută între cele două stații de tratare a apei. Cel mult se poate realiza o analiză pentru fiecare în parte deoarece după

cum putem observa, diferențele plecând de la capacitatea stației și terminând cu lungimea rețelei de distribuție, sunt foarte mari. De exemplu atunci când vorbim de lungimea rețelei de distribuție a STA SMAT, aceasta are aprox. 12.483 km iar STA Barați are doar 255,2 km, prin urmare putem analiza și realiza o proporție a calității apei la ieșirea din stații cât și la eficiența energetică și nu neaparat o comparație.

Având în vedere aceste aspecte *aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon în stațiile de tratare a apei Bacau, Torino* prezentată în **Capitolul 4**, presupune o analiză pentru tratarea a **1 m³ de apă brută** – unitatea funcțională a sistemului. S-a luat în calcul toată cantitatea de energie și substanțe chimice consumate în cadrul proceselor de tratare a apei în cele două stații de la intrarea apei brute în stația de tratare până la punctul în care apa pleacă spre distribuție din rezervorul de înmagazinare.

Metodologia Amprentei de Carbon presupune documentarea și cuantificarea etapelor procesului de tratare a apei care emit în atmosferă o anumită cantitate de gaze cu efect de seră în urma consumului de energie și substanțe chimice. Cu ajutorul acestei metodologii s-au inventariat pe parcursul unui an (anul 2015), energia și reactivii consumați într-o stație de tratare a apei. Acest inventar s-a realizat pentru o apreciere cât mai obiectivă asupra îmbunătățirii procesului de tratare a apei astfel:

- a. descrierea fiecărei stații de tratare a apei și caracterizarea procesului adoptat de fiecare în parte unde s-au inclus toate aspectele care generează impact asupra mediului;
- b. caracterizarea acestor aspecte și influența lor asupra mediului prin factorii de emisie prin care s-a calculat cantitatea de CO₂eq.

După aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon și după ce s-a calculat cantitatea de CO₂eq pentru stația de tratare a apei Barați se pot enunța următoarele concluzii:

1. Impactul major generat asupra mediului și contribuția substanțială la generarea de CO₂eq o are energia electrică consumată, aceasta provenind din sistemul public de alimentare cu energie electrică. Emisiile generate de CO₂eq în urma consumului de energie din cadrul STA Barați de aproximativ **411.017 kWh/an** este de **185.815,59 kg CO₂eq/an**. Cantitate ce ar putea fi redusă dacă energia utilizată în stația de tratare a apei ar proveni și din surse regenerabile;
2. În ceea ce privesc substanțele chimice utilizate în procesul de tratare a apei, cea mai mare contribuție în cantitatea de CO₂eq emisă în atmosferă este sulfatul de aluminiu fiind utilizat zilnic, (aprox. 1 t/zi). În urma utilizării lui se emit în

atmosferă aprox. **133.225 kg CO₂ eq/an**, devenind astfel unul dintre factorii definitorii în stabilirea cantității de CO₂eq emis în atmosferă în urma utilizării substanțelor chimice în procesul de tratarea apei la STA Barați. Acest reactiv având și printre cel mai ridicat factor de emisie de **0,365**;

3. Analiza în ansamblu aplicată procesului de tratare a apei din STA Barați scoate în evidență faptul că pot fi aduse modificări sistemului de tratare a apei pentru a îmbunătăți performanțele de mediu, economice și sociale iar odată cu acestea se poate asigura și sustenabilitatea stației de tratare Bacău;
4. O situație de bună practică care ar trebui să vină în întâmpinarea îmbunătățirii procesului de tratare a apei din cadrul STA Barați ar fi înlocuirea sulfatului de aluminiu cu clorura ferică. Aplicarea acestei schimbări în cadrul procesului de tratare a apei la STA Barați ar reduce atât cantitatea de CO₂eq generat în atmosferă, sulfatul de aluminiu fiind cel mai mare contribuitor. Pe de altă parte se elimină și riscul apariției efectelor dăunătoare pe care le are această substanță asupra sănătății umane;
5. Valorile obținute pentru STA Barați scot în evidență faptul că au loc foarte multe pierderi de energie, substanțe chimice și apă din cauza infrastructurii învechite a sistemului de distribuție a apei, fiind afectat de: coroziune, îmbătrânirea sistemului de îmbinare a tuburilor, calitatea slabă a execuției de reabilitare etc.;
6. Privind în ansamblu stația de tratarea a apei Barați, aceasta tratează un volum de apă aprox. de **12.096.000 m³/an** iar în urma procesului de tratare se generează aprox. **367.207,39 kg CO₂eq**, amprenta de carbon a stației de tratare apei Barați fiind **0,030 kgCO₂eq/m³**, încadrându-se astfel în categoria proceselor cu impact scăzut asupra mediului deoarece se încadrează sub valoarea de **<0,1 kg CO₂eq/kg**. Dar în viitor se preconizează că această valoare se va modifica odată cu fenomenul de creștere a populației care va pune presiune tot mai mare asupra resurselor de apă de suprafață și subterane. Odată cu această presiune se va modifica și calitatea apei brute fapt care va conduce la creșterea consumului de energie și materiale folosite în tratarea apei.

Luând în considerare toate aceste aspecte se așteaptă o creștere semnificativă a Ampreței de Carbon a stațiilor de tratare a apei. Pentru a diminua acest fenomen trebuie să se țină cont de câteva aspecte care pot fi realizate direct în stația de tratarea, făcând referire la STA Barați, putem menționa:

- investiții în instalații cu eficiență energetică ridicată (echipamente de pompare, motoare etc.);
- monitorizarea în timp real a energiei consumate în fiecare treaptă de tratare a apei și a echipamentelor mari pentru a putea permite eficientizarea procesului de tratare a apei acolo unde poate fi intervenit. La momentul actual cantitatea de energie consumată fiind înregistrată și raportată de către furnizorul de energie;
- adaptarea periodică a procedurilor pentru întreținerea echipamentelor din stația de tratare;
- după cum s-a mai specificat și anterior realizarea concretă a unor programe de instruire a personalului din cadrul stației de tratare a apei Barați pentru a atinge gradul de cultură necesar respectării normelor de protecție a mediului și reducerea impactului asupra mediului;
- dimensionarea corectă a echipamentelor în conformitate cu fluxurile de apă tratată, deoarece atunci când a fost proiectată stația există posibilitatea ca unele echipamente să fi fost concepute pentru debite mai mari sau mai mici de apă;
- realizarea unor simulări periodice folosind diferite metode de reducere a consumului de energie electrică și substanțe chimice în funcție de cererea de apă potabilă.

În prezent, încălzirea globală implică, două probleme majore pentru omenire, pe de o parte necesitatea reducerii drastice a emisiilor de gaze cu efect de seră în vederea stabilizării nivelului concentrației acestor gaze în atmosferă care să împiedice influența antropică asupra sistemului climatic și a da posibilitatea ecosistemelor naturale să se adapteze în mod natural, iar pe de altă parte necesitatea adaptării societății la efectele schimbărilor climatice, având în vedere că aceste efecte sunt deja vizibile și inevitabile datorită inerției sistemului climatic, indiferent de rezultatul acțiunilor de reducere a emisiilor.

În ceea ce privește aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon, analiza și calculul cantității de CO₂eq emis în atmosferă în urma procesului de tratare a apei din cadrul STA SMAT (aceasta este formată din cele trei linii de tratare Po1, Po2, P3) s-au urmat aceeași pași ca și în cazul STA Barați în urma cărora se pot formula următoare concluzii:

1. În cazul STA SMAT o contribuția semnificativă la impactul asupra mediului și asupra cantității de CO₂eq emis în atmosferă în urma procesului de tratare a apei o are energia consumată pentru tratarea apei, pentru anul 2015 aceasta fiind de aprox. **17.711.617,07 kWh**, în urma consumului acesteia cantitatea de CO₂eq emisă în

atmosferă este de **2.378.362,99 kg CO₂eq**. O cantitate care clasează procesul de tratare a apei în categoria activităților cu impact redus asupra mediului.

Pe de altă parte, dacă comparăm această cantitate de CO₂eq cu cea din STA Barați putem constata că diferența este uriașă dar în același timp aceste cantități sunt proporționale cu volumele de apă pe care le tratează. De asemenea trebuie specificat faptul că în cazul STA SMAT o parte din energia consumată provine și din sursele regenerabile ceea ce face cantitatea de CO₂eq să aibă un impact mai scăzut asupra mediului;

2. Substanțele chimice utilizate în procesul de tratare a apei generează un impact semnificativ sau mai redus, în principal în funcție și de factorul de emisie pe care îl au dar și de cantitatea care este consumată. În acest sens cea mai mare contribuție în cantitatea de CO₂eq generată în atmosferă o are policlorură de aluminiu, consumul fiind de **2.541.672 kg** care a generat o cantitate de **3.634.590,96 kg CO₂eq**, de asemenea acest reactiv are și printre cei mai mari factori de emisie de **1,43**. Pe lângă contribuția majoră a utilizării policlorurii de aluminiu, în cazul STA SMAT un alt reactiv care are o importanță crescută în stabilirea cantității de CO₂eq generat în atmosferă este hipocloritul de sodiu. În anul 2015 a fost consumată o cantitate de **871.680 kg** care a generat în atmosferă o cantitate de **1.230.812,16 kg CO₂eq**, acest reactiv la rândul său având un factor de emisie ridicat de **1,412**;
3. Analizând în ansamblu stația de tratare a apei SMAT, aceasta tratează un volum de apă de aprox. **39.799.801,00 m³/an** care a produs o cantitate de emisii de **8.452.236,92 kg CO₂eq**. Amprenta de Carbon a acesteia fiind de **0,212 kgCO₂eq/m³**, astfel se încadrează în categoria proceselor cu impact mediu asupra mediului deoarece nu depășește valoarea de **<1 kg CO₂eq/kg**;
4. Un factor care influențează tipul și cantitatea de reactivi utilizați în procesul de tratare a apei pot fi variațiile sezoniere și parametrii fizico-chimici ai apei brute. Parametrii sunt influențați de calitatea procesului de epurare a apei și la ce nivel se află calitatea acesteia când este deversată în emisar;
5. Un element foarte important ce trebuie specificat este faptul că STA SMAT este certificată ISO 14001:2005 fapt care comparativ cu STA Barați pornește cu un avantaj în a diminua impactul pe care îl are stația de tratare a apei asupra mediului;
6. Un exemplu de bună practică care are loc în STA SMAT, este faptul că s-a înlocuit sulfatul de aluminiu cu clorura ferică, această schimbare din cadrul procesului de

tratare a apei diminuează cantitatea de CO₂eq generat în atmosferă, sulfatul de aluminiu fiind un contribuitor major (cazul STA Barați). Pe de altă parte elimină riscul apariției efectelor dăunătoare pe care le are această substanță asupra sănătății oamenilor dacă este folosită un timp îndelungat.

Pentru a demonstra impactul scăzut asupra mediului a procesului de tratare a apei în **Capitolul 5** s-a realizat la nivel micro, *evaluarea influenței asupra mediului a stațiilor de tratare a apei* pentru anul 2015. S-a specificat că această evaluare de impact este realizată la nivel micro deoarece pentru o evaluare de impact asupra mediului complexă trebuie să se analizeze la scară largă și aprofundată atât pentru perioada de construcție, de execuție a lucrărilor de mentenanță cât și pentru perioada de funcționare a stației de tratare a apei următorii indicatori: sursele potențiale de poluare, impactul potențial asupra fiecărei componente de mediu în parte și măsurile care trebuie aplicate pentru a reduce impactul. De asemenea se poate face recomandarea ca aceasta să fie obiectivul unei lucrări de cercetare viitoare.

Trebuie specificat faptul că activitățile din cadrul proceselor de tratare a apei care au fost analizate în studiul de caz din prezenta lucrare nu constituie surse de impact major sau semnificativ asupra factorilor de mediu sau al altor obiective din zona acestora, dar acest trend va deveni unul crescător din punct de vedere al impactului asupra mediului odată cu creșterea preconizată a populației.

Analiza globală a proceselor de tratare a apei din studiul de caz considerat prezintă impactul asupra factorilor de mediu a proceselor de tratare a apei s-a încadrat în limitele admisibile.

Valorile calculate (0,030 kg CO₂eq/m³ – STA Barați și 0,212 kg CO₂eq/m³ – STA SMAT) ale stațiilor de tratare a apei studiate în prezenta lucrare scot în evidență principali factori care contribuie la creșterea impactului asupra mediului din sectorul apei dar în același timp oferă și o imagine de ansamblu asupra posibilităților de diminuare a impactului asupra mediului prin îmbunătățirea tehnologiilor utilizate în cadrul unei stații de tratare.

Mai mult decât atât, datele stațiilor de tratare a apei din care au fost calculate valorile mai sus menționate au fost furnizate de către **S.C. Compania Regională de Apă Bacău S.A.** pentru STA Barați și de către **Società Metropolitana Acque Torino S.P.A.** pentru STA SMAT.

Evoluția consumului de apă dulce confirmă evoluția umană, astfel dacă la începutul secolului trecut consumul mediu era de doar 240 metrii cubi pe întreaga perioadă a vieții unui individ, în ultimii ani s-a ajuns la un consum aproape triplu, conform standardelor moderne de

viață. Criza resurselor de apă este determinată de anumiți factori, printre care putem menționa explozia demografică, procesul rapid de urbanizare care a condus la mari aglomerări populaționale, dar mai ales de necesarul crescut de apă dulce din industrie și agricultură [136].

O specificație majoră care trebuie evidențiată face referire la calitatea apelor de suprafață și subterane care sunt în strânsă legătură cu deversările de ape uzate (menajere și industriale). Sunt studii care demonstrează că o mare parte din apele uzate nu sunt epurate sau sunt insuficient epurate [109, 127].

Cu certitudine, cauza principală, care a determinat curba ascendentă a necesităților și consumului de apă actual, o constituie progresul tehnic, astfel încât industria și agricultura au cea mai mare parte din consumul de apă de pe glob. Criza resurselor de apă dulce și mai ales gestionarea lor eficientă, a devenit printre cele mai importante probleme a lumii contemporane.

Totodată este binecunoscut faptul că acționa în scopul prevenirii poluării factorilor de mediu este mult mai ușor decât a trece la măsuri ameliorative și de remediere ulterioară sau în cel mai rău caz de combatere a poluării mediului.

CĂILE DE DEZVOLTARE ULTERIOARĂ A CERCETĂRII

Având în vedere tendințele actuale privind creșterea consumului de apă, procesul de tratare a apei și impactul acestuia asupra mediului, este recomandat, chiar obligatoriu să se studieze în continuare provocările ce țin de eficientizarea procesului de tratare a apei din punct de vedere al consumului de energie și substanțe chimice. După cum am putut observa, sursele de apă și disponibilitatea acestora au un trend descrescător iar satisfacerea necesarului de apă în anumite zone a ajuns să fie greu de acoperit.

După cum s-a specificat și în lucrarea de față, o problemă importantă care trebuie studiată în continuare face referire la evaluarea mai multor stații de tratare a apei din diferite zone ale lumii din punct de vedere al impactului asupra mediului folosind Metodologia Amprentei de Carbon. Această metodologie poate monitoriza o serie mult mai mare de factori ca parte a procesului de tratare a apei, după care rezultatele pot fi comparate cu rezultatele din alte stații de tratare, pentru optimizarea procesului de tratare a apei în vederea reducerii impactului asupra mediului a acestuia.

Pentru a putea studia mult mai în detaliu această problemă a eficientizării procesului de tratare a apei și a impactului acestuia asupra mediului, un studiu care s-ar putea realiza în viitor, ar face referire la evaluarea procesului de tratare a apei prin ciclul de viață a produsului. Deoarece pentru cantitatea de substanță chimică achiziționată și consumată în cele două stații de tratare a apei a fost necesar să se utilizeze un factor potrivit de conversie pentru a transforma valoarea greutatei, în unitatea de măsură luată în considerare pentru Amprenta de Carbon. Acest factor, se referă la ciclul de viață al produsului considerat, acesta nu a putut fi calculat pe baza mijloacelor disponibile, din acest motiv poate fi un obiectiv al unui studiu din viitor.

De asemenea o altă cercetare care ar putea să contribuie la eficientizarea procesului de tratare a apei ar fi o cercetare de tip review a metodologiilor prin care se poate studia eficiența procesului de tratare a apei. În urma acestui studiu se poate determina cea mai potrivită metodologie care să ia în calcul toți factorii globali care sunt implicați în procesul de tratare a apei care duc la un impact ridicat asupra mediului.

Un alt studiu care ar putea fi derivat din această lucrare ar face referire la analiza factorilor din cadrul procesului de tratare a apei și nu numai care conduc la stabilirea prețului apei în diferite regiuni al Europei sau de ce nu ale lumii. Prețul apei fiind foarte diferit de la o regiune la alta.

VALORIFICAREA CERCETĂRILOR REALIZATE

A. ARTICOLE ÎN CURS DE PUBLICARE ÎN REVISTE COTATE ISI:

1. **Florina Fabian**, Valentin Nedeff, Narcis Barsan, Mirela Panainte-Lehadus, Emilian Florin Moşnegutu, Paul-Claudiu Cotirlet, Dana Chitimus, Claudia Tomozei, Oana Irimia, *Estimating the Carbon Footprint in water treatment. Case study: the treatment plants from Bacau, Romania and Turin, Italy*, Fresenius Environmental Bulletin and Advances in Food Sciences (FEB Journal), October Issue 2021.

B. ARTICOLE PUBLIFICATE ÎN REVISTE COTATE ISI:

1. **Florina Fabian**, Silvia Fiore, Giuseppe Genon, Deborah Panepinto, Valentin Nedeff, Mirela Panainte, *Preliminary evaluation of the environmental impact of Water Treatment process*. - Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ), vol.15, nr.8, 2016.

2. **F Fabian**, V Nedeff, N Birsan, E Mosnegutu, *Energy and Chemicals Consumption Evaluation in Water Treatment Plant A comparative study between Bacau and Turin*.- Revista De Chimie, vol. 70, nr. 3, pp 881-886, 2019.

C. ARTICOLE PUBLIFICATE ÎN REVISTE INDEXATE ÎN BAZE DE DATE INTERNAȚIONALE

1. **Florina Fabian**, Valentin Nedeff, Mirela Panainte-Lehadus, Oana Irimia, Silvia Racovita, *Environmental impact of water treatment process. A systematic review of evaluation method*. Journal of Engineering Studies and Research, vol.22, nr.3, pp 34-39, 2016.

2. Laurentiu Tataru, Valentin Nedeff, Narcis Barsan, Mirela Panainte-Lehadus, Emilian Mosnegutu, Dana Chitimus, **Florina Fabian**, *A comparative study between water-gap and air-gap distillation membranes for removal of salts from saline water by desalination method*. - Journal of Engineering Studies and Research, vol.24, nr.2, pp 46-57, 2018.

D. ARTICOLE SUSȚINUTE LA CONFERINȚE ȘI PUBLIFICATE ÎN VOLUMELE CONFERINȚELOR:

1. **Florina Fabian**, Valentin Nedeff, Narcis Bârsan, Emilian MOSNEGUTU, *Energy consumption Assessment in the Water Treatment Process, Bacău City Case Study*. The Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati. Fascicle IX, Metallurgy and Materials Science, vol. 40, nr.3, pp 5-10, 2017.

- Conferințe internaționale în străinătate:

1. Irimia Oana, Nedeff Valentin, Panainte Lehaduș Mirela, Tomozei Claudia, Țirtoacă Alexandra, **Fabian Florina** – *Study regarding the measuring of particulate matter PM2.5 and PM10 in the printing house of “Vasile Alecsandri” University of Bacău*, EE&AE’2015 – VI th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, ENERGY EFFICIENCY AND AGRICULTURAL ENGINEERING, 11 – 12 November 2015, „Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria.

2. Barsan, N., Nedeff, V., Chitimus, D., Mosnegutu, E., **Fabian, F.**, *Increasing the wastewater treatment capacity of small sequencing batch reactor treatment plants using sequential operation*, - International Multidisciplinary Scientific GeoConference-SGEM, vol.17, nr.52, pp 523-530, Bulgaria, 2015.

3. Oana Irimia, Claudia Tomozei, Valentin Nedeff, Mirela Panainte-Lehadus, Alexandra Dana Chitimus, **Florina Fabian**, *Experimental results regarding the groundwater quality in Bacau city, Romania*, poster, Ecological and Environmental Chemistry (EEC), pp 56, 2017.

- Conferințe internaționale în țară:

1. **Florina Fabian**, Silvia Fiore, Giuseppe Genon, Deborah Panepinto, Valentin Nedeff, Mirela Panainte - *Preliminary evaluation of the environmental impact of water treatment process*, poster, OPROTEH 2015, Bacau, Romania.

2. Plenary presentation at The 12th International Conference OPROTEH, June 2-4, 2016, Bacău: **Florina Fabian**, Valentin Nedeff, Silvia Fiore, Giuseppe Genon, Mirela Panainte, Narcis Bârsan, Oana Irimia, Silvia Racovita - *Environmental impact of water treatment process. a systematic review of evaluation methods*, OPROTEH 2016, Bacau, Romania.

3. Racoviță S., Duca G., Gladchi V., Nedeff V., Barsan N., **Fabian F.** - *Evaluation methods for determining the surfactants in aquatic systems*, OPROTEH 2016, Bacau, Romania.

E. PARTICIPARE CURSURI/SEMINARII/MODULE DE STUDIU/MODULE DE CERCETARE:

1. **Florina Fabian**, Silvia Fiore, Giuseppe Genon, Valentin Nedeff, *Studies and research increasing efficiency of water treatment plant in order to reduce environmental impact*, PHD Day, November 2015, Politecnico di Torino, Italia.

2. Managementul proiectelor de cercetare științifică. Universitatea "V.Alecsandri" din Bacău, România octombrie 2014 –februarie 2015.

3. Compatibilitate ambientale dei servizi pubblici locali (Compatibilitatea ecologică a serviciilor publice locale), Politehnica din Torino, Italia, martie 2015 – iunie 2015.

4. Ingegneria dei processi biologici (Ingineria proceselor biologice), Politehnica din Torino, Italia, martie 2015 – iunie 2015.

5. Descrizione modellistica dei meccanismi ambientali nell'ambito dell'LCIA (Life Cycle Impact Assessment) (Descrierea modelării mecanismelor de mediu în contextul evaluării impactului asupra ciclului de viață (LCIA), Politehnica din Torino, Italia, martie 2015 – iunie 2015.

F. BURSE DE STUDII DOCTORALE ȘI STAGII DE PREGĂTIRE:

1. 01 Martie – 01 Octombrie 2015: Realizarea unui stagiului de plasament Erasmus la Politehnica din Torino, Italia - "Eficientizarea procesului de tratare al apei pentru diferite cerințe"

G. REFERATE PREZENTATE:

1.	<i>Eficientizarea stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe, în vederea reducerii impactului asupra mediului (Mai 2016).</i>
2.	<i>Stabilirea bazei tehnice de cercetare privind eficientizarea stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe, în vederea reducerii impactului asupra mediului (Octombrie 2016)</i>
3.	<i>Rezultate parțiale cu privire la eficientizarea stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe, în vederea reducerii impactului asupra mediului (Februarie 2017)</i>

H. EXAMENE SUSȚINUTE:

1.	<i>Modelare fizică și principii privind achiziția și prelucrarea datelor experimentale;</i>
2.	<i>Noțiuni și norme de legislație a drepturilor de proprietate intelectuală și de etică în cercetare;</i>
3.	<i>Modelare matematică și principii privind simularea numerică;</i>

4.	<i>Managementul proiectelor de cercetare științifică;</i>
	Proiect de cercetare științifică: <i>1. Studii și cercetări privind eficientizarea stațiilor de tratare a apei, în scopul de a reduce impactul asupra mediului. Aplicarea metodologiei Amprentei de Carbon și a Externalităților energetice (prezentare Bacău, Octombrie 2015)</i> <i>2. Studies and research on increasing the efficiency of water treatment for different requirements (prezentare Torino, Mai 2015)</i>

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- [1] Administrația Bazinală de Apă Siret, [http://www.rowater.ro/dasiret/Continut% 20Site/ Acasa/Contact.aspx](http://www.rowater.ro/dasiret/Continut%20Site/Acasa/Contact.aspx). (accesat 16.04.2020).
- [2] Administrația Națională “Apele Române”, disponibil la: [http://www.rowater.ro/Lists/ Legislatie%20specifica/Allitemsg.aspx](http://www.rowater.ro/Lists/Legislatie%20specifica/Allitemsg.aspx), accesat 06.03.2020.
- [3] Administrația Națională de Meteorologie, *Raport anual 2015 - caracterizarea meteorologică a anului 2015 în România*, 2016. Online la: <http://www.meteoromania.ro/despre-noi/raport-anual/raport-anual-2015/>, (accesat în 24.10.2020).
- [4] Adham S.S., J.G. Jacangelo, J.M. Laine, *Characteristics and costs of MF and UF plants*, Journal AWWA., 88, pp. 22-31, 1996.
- [5] Agenția Europeană de Mediu, pagina web: <http://www.eea.europa.eu/ro/>, (accesat 06.06.2020).
- [6] Allan J.A., *Virtual water: a strategic resource global solutions to regional deficits Ground Water*, 36 (4), pp. 545-546, 1998.
- [7] American Water Works Association. *Water Reuse*: Disponibil la: <https://www.awwa.org/Store/NSFAWWAANSI-416-2015-Sustainability-Assessment-for-Water-Treatment-Chemical-Products/ProductDetail/54129011>, (accesat la 24.06.2020).
- [8] Andrews, J.; Hobson, J.; Hunt, D., Shepherd D., *Carbon Accounting Methodology*., UKWIR Draft Rept, 2008.
- [9] Articol disponibil la: <https://www.oxera.com/italian-water-sector-investment-in-infrastructure/>, (accesat 06.03.2020).
- [10] Asociația Română a apei, *Strategia de Dezvoltare Durabilă a Serviciilor Publice de Alimentare cu Apă și Canalizare “România 2025”*, București, 2018.
- [11] Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei (ANRE). *Raport privind rezultatele monitorizării pieței de energie electrică în luna decembrie 2016*. Online la: <http://www.anre.ro/ro/energie-electrica/rapoarte/rezultate-monitorizare-piata-energie-electrica/20161467098100>, (accesat în 09.05.2020).
- [12] Bakhshi A.A., de Monsabert, S.M., *Estimating the carbon footprint of the municipal water cycle*, Journal - American Water Works Association, 104(5), E337-E347, 2012.
- [13] Barrios R., Siebel M., Helm A., Bosklopper K., Gijzen H., *Environmental and financial life cycle impact assessment of drinking water production at Waternet*, Journal of Cleaner Production, Amsterdam, Netherlands, vol. 16, p 471-476, 2008.
- [14] Barjoveanu G., Comandaru I.M., Gonzalo R.G., Hospido A., Teodosiu C., *Evaluation of water services system through LCA. A case study for Iasi City, Romania*, The International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 10, 2013.

- [15] Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. & Palutikof, J. P., *Climate Change and Water. Technical Paper VI of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland, 2008.
- [16] *Baza de date ecoinvent*, disponibilă la: <https://v36.ecoquery.ecoinvent.org/Search/Index>, (accesat 22.02.2017).
- [17] *Baza de date LCA Australiană*, disponibilă la: <https://www.alcas.asn.au/>, (accesat 23.08.2016).
- [18] Bazilian M, H. Rogner, M. Howells, S. Hermann, D. Arent, D. Gielen, et al. *Considering the energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach*, Energy Policy, vol.39, 2011, p 7896-7906.
- [19] Bickel P., Friedrich R., *Externalities of Energy, Methodology, Update*, European Commission, Stuttgart, Germany, 2005. Available at: http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/kina_en.pdf (accessed on 07/8/2015).
- [20] Biswas W.K., Yek, P., *Improving the carbon footprint of water treatment with renewable energy: a Western Australian case study*, Renewables: Wind, Water, and Solar, 3:14, 2016.
- [21] Bonton A., Bouchard C., Barbeau B., Jedrzejak S., *Comparative life cycle assessment of water treatment plants*, Desalination, p 42-45, 2012.
- [22] Boscá J. E, V. Liern, R. Sala, A. Martínez, *Ranking decision making units by means of soft computing DEA models*, Int. J. Uncertainty, Fuzziness Knowledge-Based Syst., 19 (1) pp. 115-134, 2011.
- [23] Botto S., Niccolucci V., Rugani B., Nicolardi V., Bastianoni S., Gaggi C., *Towards lower carbon footprint patterns of consumption: The case of drinking water in Italy*, Environmental Science&Policy, vol.14, p 388-395, 2011.
- [24] Braga F., L.Zaggia, D.Bellafiore, M.Bresciani, C.Giardino, G.Lorenzetti, F.Maicu, C.Manzo, F.Riminucci, M.Ravaioli, V.E.Brande, *Mapping turbidity patterns in the Po river prodelta using multi-temporal Landsat 8 imagery*, Estuarine, Coastal and Shelf Science, vol. 198, Part B, pp.555-567, 0272-7714, 2017.
- [25] BSI, *The guide to PAS 2050*, 2011, disponibil la: <https://www.bsigroup.com/en-GB/our-services/developing-new-standards/Develop-a-PAS/pas-20502011-guide-thank-you-for-your-interest/>, (accesat 15.01.2016).
- [26] Bukhary S., J. Batista, S. Ahmad, *Water -energy -carbon nexus approach for sustainable large-scale drinking water treatment operation*, Journal of Hydrology, vol. 587, 124953, ISSN 0022-1694, 2020.
- [27] *Carta Drepturilor Fundamentale a Uniunii Europene*, Disponibil la: http://europa.eu/pol/pdf/consolidated-treaties_ro.pdf, (accesat 06.03.2020).
- [28] Charnes A., W.W. Cooper, *Programming with linear fractional functionals*, Naval Research Logistics Quarterly, vol. 9, pp. 181-185, 1962.
- [29] Charnes A., W.W. Cooper, E. Rhodes, *Measuring the efficiency of decision making units*, European Journal of Operational Research, vol. 2, pp. 429-444, 1978.

- [30] Chemviron, a Kuraray company, disponibil la: <https://www.chemviron.eu/> (accesat 23.04.2017).
- [31] Cheng Qi, Ni-Bin Chang., *Integrated carbon footprint and cost evaluation of a drinking water infrastructure system for screening expansion alternatives*, Journal of Cleaner Production, vol. 27, p 51- 63, 2012.
- [32] Chen P-C, Alvarado V, Hsu S-C., *Water energy nexus in city and hinterlands: Multiregional physical input-output analysis for Hong Kong and South China*. Appl Energy, 225:986–97, 2018.
- [33] Chiara Armeni, *The Right To Water In Italy*, International Environmental Law Research Centre, 2008, disponibil la: <http://www.ielrc.org/content/f0801.pdf>, (acesat 06.03.2020).
- [34] Ciolpan O., *Monitoring-ul integrat al sistemelor ecologice*. Ed. Ars Docendi, București, ISBN 973-558-191-4, 2005.
- [35] Climate Change Post, <https://www.climatechangepost.com/italy/references/>, (accesat 15.06.2020).
- [36] Comisia Europeana, *Raport de sinteză privind calitatea apei potabile în UE de analiză a rapoartelor statelor membre pentru perioada 2008-2010 în temeiul Directivei 98/83/CE*, Bruxelles, 2014.
- [37] Connor, Richard, Koncagül, Engin, *The United Nations world water development report 2014*, UNESCO World Water Assessment Programme, 2014.
- [38] *Constituția României*, (1991, revizuită 2003).
- [39] Cooper W.W, L.M. Seiford, K. Tone, *Data Envelopment Analysis*, Springer, New York, 2007.
- [40] CSIRO. *Climate change: science and solution for Australia*. Australia: CSIRO Publishing; 2011.
- [41] Cunningham W., & Saigo, B., *Environmental science: A global concern*. Massachussets: McGraw Hill Publishing, Boston, 2001.
- [42] Curs despre: *Schimbările climatice și efectele acestora asupra solului. Activități economice care generează emisii de gaze cu efect de seră*, p 1-5, 2010. Disponibil la: <http://www.eco-research.eu/CURS%2010%20ECO.pdf> , (accesat 17/10/2019).
- [43] Dávid Stefán, Norbert Erdélyi, Bálint Izsák, Gyula Záray, Márta Vargha, *Formation of chlorination by-products in drinking water treatment plants using breakpoint chlorination*, Microchemical Journal, vol. 149, 104008, ISSN 0026-265X, 2019.
- [44] DEFRA, *Greenhouse gas conversion factors for company reporting: 2012 guidelines*, 2019, disponibil la: <https://www.gov.uk/government/publications/2012-greenhouse-gas-conversion-factors-for-company-reporting>, (accesat 15.01.2020).
- [45] Directiva 2003/87CE privind monitorizarea și raportarea emisiilor de gaze cu efect de seră a Parlamentului European și a Consiliului.

- [46] Drinking Water Inspectorate, *Private Water Supply Chemical Disinfection Systems*, 2015. Disponibil la: <http://dwi.defra.gov.uk/research/completed-research/2015todate.htm>, (accesat la 17.09.2017).
- [47] East, A. J., What is a carbon footprint? An overview of definitions and methodologies. In Vegetable industry carbon footprint scoping study—Discussion papers and workshop, Sydney: Horticulture Australia Limited, 26 September 2008.
- [48] EEA. *Water resources across Europe: Confronting water scarcity and drought*. European Environment Agency (EEA); 2009.
- [49] Environmental Protection Agency, Local Government Climate And Energy Strategy Guides, *Energy Efficiency in Water and Wastewater Facilities*, disponibil la: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/wastewater-guide.pdf>, 2013.
- [50] Environmental Protection Bacau Agency, *The Environment Agreement for the construction of water treatment plant Bacau*, Bacau, 2007.
- [51] European Commission 'Water scarcity and droughts in the European Union', August 2010. disponibil la: http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/water_scarcity/it.pdf, (accesat 27/11/2019).
- [52] European Drought Observatory (EDO). *Emergency Management Service*: Disponibil la: <https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1138>, (accesat la 10.05 2016).
- [53] Fabian F., Nedeff V., Panainte-Lehadus M., Irimia O., Racovita S., *Environmental impact of water treatment process. A systematic review of evaluation method*, JESR, vol. 22, nr. 3, 2016.
- [54] Farrell M., *The Measurement of Productive Efficiency*, J. Royal Stat. Soc., Serie A 120 (3), 1957.
- [55] Federal Water Pollution Control Administration, *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*, United States Environmental Protection Agency, 1969. Online la: <https://nepis.epa.gov.com>, (accesat în 23.10.2020).
- [56] Feng K., Y.L. Siu, D. Guan, K. Hubacek, *Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach*, Applied Geography, vol. 32, 2, pp 691-701, 2012.
- [57] Fistung D., Miroiu R., Popescu T., Antonescu D., *Premisele dezvoltării durabile a regiunilor din România*, Centrul de Economie a Industriei și Serviciilor, Noiembrie 2017.
- [58] Flaten T. P., *Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water*. Brain Research Bulletin, v. 55, n. 2, p. 187-196, 2001.
- [59] Gleick P.H., *Water and energy*, Annu Rev Energy Environ, 19, pp. 267-299, 1994.
- [60] Golany B., Y. Roll, *An application procedure for DEA*, OMEGA, 17 (3), pp. 237-250, 1989.
- [61] Gormaz-Cuevas D., J. Riffo-Rivas, L. Montastruc, M. Brüning-González, F.A. Díaz-Alvarado, *A multi-objective optimization model to plan city-scale water systems with economic*

and environmental objectives: A case study in santiago, Chile, Journal of Cleaner Production, vol. 279, ISSN 0959-6526, 2021.

[62] Griffiths-Sattenspiel, B., Wilson, W., *The carbon footprint of water*, River Network, 2009, Disponibil la: <http://www.solaripedia.com/files/1332.pdf>, 2012, (accesat 20.10.2020).

[63] Guo T., J.D. Englehardt, T. Wu, *Review of cost versus scale: water and wastewater treatment and reuse processes*, Water Sci. Technol-a journal of the International Association on Water Pollution Research, 69 (2), pp. 223-234, 2014.

[64] Hernández-Sancho F., R. Sala-Garrido, *Technical efficiency and cost analysis in wastewater treatment processes: A DEA approach*, Desalination, vol 249,(1), pp 230-234, 2009.

[65] IEA, *CO₂ emissions from fuel combustion, highlights*, 2011, disponibil la: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21589332>, (accesat 15.01.2020).

[66] IEA, *World Energy Outlook*, Paris, France: International Energy Agency, 2008.

[67] Igos E., Benetto E., Baudin I., Tiruta-Barna L., Mery Y., Arbault D., *Cost-performance indicator for comparative environmental assessment of water treatment plants*, Science of the Total Environment, vol. 443, p 367-374, 2013.

[68] INS – Institutul National de Statistică, *Distribuția apei și evacuarea apelor uzate, în anul 2017*. Disponibil la: <https://insse.ro/>, (accesat la 15.12.2019).

[69] Instituto Nazionale di Statistica, <https://www.istat.it/en/>, (accesat 19.02.2019).

[70] Interguvernamental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate change 2014- Impacts, Adaption, and Vulnerability*: Cambridge University Press and New York, 2014.

[71] Interguvernamental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate change - Impacts, and Vulnerability in Europe 2016*: European Environment Agency, Luxemburg, 2017.

[72] International Water Association. Link available at: <https://iwa-network.org/how-can-more-water-treatment-cut-co2-emissions/> (accesat 01.07.2020).

[73] Ives K.J., *The Scientific Basis of Flocculation*, Springer, Netherlands, 1978.

[74] James D. Klein PhD Rita C. Richey PhD, *Improving individual and organizational performance: The case for international standards*, Perf. Improv., vol 44, ISSN1090-8811, 2005.

[75] Jayanath Ananda, *Explaining the environmental efficiency of drinking water and wastewater utilities*, Sustainable Production and Consumption, vol. 17, pp 188-195, 2019.

[76] Jayanath Ananda, *Productivity implications of the water-energy-emissions nexus: An empirical analysis of the drinking water and wastewater sector*, Journal of Cleaner Production, vol.196, pp1097-1105, 2018.

[77] Kang, J.; Chae, K. J. *Estimating the energy independence of a municipal wastewater treatment plant incorporating green energy resources*. Energy Conversion and Management, v. 75,p. 664-672, 2013.

[78] Kenway S. J., P. A. Lant, A. Priestley, P. Daniels; *The connection between water and energy in cities: a review*. Water Sci Technol, 63 (9): 1983–1990, 2011.

- [79] Kleiner, K., *The corporate race to cut carbon*. Nature, 3, 40–43, 2007.
- [80] Kluwer Academic Publishers, '*Handbook on Life Cycle Assessment*', United States of America, vol.7, 2002.
- [81] Kundzewicz Z. W., Mata, L. J., Arnell, N. W., Döll, P., Kabat, P., Jiménez, B., Miller, K. A., Oki, T., Sen, Z. & Shiklomanov, I. A., *Freshwater resources and their management*. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 173–210, Cambridge University Press, Cambridge, UK 2007.
- [82] Lemos D., Dias A.C., Gabarrell X., Arroja L., *Environmental assessment of an urban water system*, Journal of Cleaner Production, vol. 54, 2013, p 157-165.
- [83] Levis F., *CO2 emissions accounting: Whether, how, and when different allocation methods should be used*, Energy, 68, 811-818, 2012.
- [84] Lingbo Yang, Siyu Zeng, Jining Chen, Miao He, Wan Yang; *Operational energy performance assessment system of municipal wastewater treatment plants*. Water Sci Technol, 62 (6): 1361–1370, 2010.
- [85] Loftus, A., *Adapting urban water systems to climate change: A handbook for decision-makers and the local level*. ICLEI, UNESCO-IHE and IWA, 2011.
- [86] Lo Monaco, P. A. V.; Matos, A. T.; Ribeiro, I. C. A.; Nascimento, F. S.; Sarmiento, A. P., *Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias*. Ambi-Água, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 222-231, 2010.
- [87] Lundie S., Peters G., Beavis C., *Life Cycle Assessment for Sustainable Metropolitan Water Systems Planning*, Environmental Science & Technology, vol. 38, 2004, p 3465-3473.
- [88] Maria Nadia Postorino, Luca Mantecchini, *A transport carbon footprint methodology to assess airport carbon emissions*, Journal of Air Transport Management, vol. 37, pp 76-86, ISSN 0969-6997, 2014.
- [89] Marín D., Juncà, S., Massagué, A., Cortina, J.L., Fonseca, I., Valero, F., *Impacts on climate change of three drinking water treatment plants supplying Barcelona Metropolitan Area*, Proceedings of the IWA Water, Climate and Energy Congress, 13-18 May 2012, Dublin, Ireland, 2012.
- [90] Massarutto A., Musolino D., *Drought management in a wide, densely populated and highly developed area, Po River Basin, Italy*, University Milano, 2010.
- [91] Maximilian Schueler, Sissel Hansen, Hans Marten Paulsen, *Discrimination of milk carbon footprints from different dairy farms when using IPCC Tier 1 methodology for calculation of GHG emissions from managed soils*, Journal of Cleaner Production, vol. 177, pp 899-907, ISSN 0959-6526, 2018.
- [92] Mășu Smaranda, *Evaluarea și aplicarea procedurii de coagulare avansată la tratarea apelor de suprafață în scop potabil*. Diss. Timișoara: Editura Politehnica, 2010.
- [93] McCarthy J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D., & White, K.S., *Climate change 2001: Impacts, adaptations, and vulnerability*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.

- [94] McGivney W., S. Kawamura, *Cost Estimating Manual for Water Treatment Facilities*, 9780470260036, Wiley, 2008.
- [95] Merenda A., Rovero G., *Applicazione della metodologia Carbon Footprint agli impianti di potabilizzazione*, Torino, Italy 2012.
- [96] Ministerul Mediului și Pădurilor, *Ordinul nr. 135/2010 privind aprobarea Metodologiei de aplicare a evaluării impactului asupra mediului pentru proiecte publice și private*, 2010.
- [97] Miranda R., *Analysis of the investment costs in municipal wastewater treatment plants in Cundinamarca*, vol.192, pp. 230-238, 2015.
- [98] Mohan G. and Ardelean A., *Ecologie și protecția mediului*. Ed. Scaiul, București, 1993.
- [99] Molinos-Senante M., C. Guzmán, *Benchmarking energy efficiency in drinking water treatment plants: Quantification of potential savings*, J. Clean. Prod., 176, pp. 417-425, 2018.
- [100] Monaledi Modiegi, Isaac T. Rampedi, Solomon G. Tesfamichael, *Comparison of multi-source satellite data for quantifying water quality parameters in a mining environment*, Journal of Hydrology, vol. 591, 125322, ISSN 0022-1694, 2020.
- [101] Muraro G., Clini C., Musu I., Gullino M.L., *Water Services and Water Policy in Italy*, Sustainable Development and Environmental Management. Springer, Dordrecht., 2008.
- [102] Orive Serrano, V., Latorre Martinez, P., Artero Munoz, J.P., *Measuring the technical efficiency of public service broadcasters: An application of DEA in Spain*, Revista De Metodos Cuantitativos Para La Economía Y La Empresa, 21, 1886-516X, Spain, 2016.
- [103] Pankaj B., Brown A., World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development, *Greenhouse Gas Protocol, Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*, vol 1, 2011, p.18,20, 84.
- [104] Pei-Chiun Li, Hwong-wen Ma, *Evaluating the environmental impacts of the water-energy-food nexus with a life-cycle approach*, Resources, Conservation and Recycling, vol.157, 2020.
- [105] Pena, H.. *Social equity and integrated water resources management*. Global Water Partnership (GWP), Technical Committee (TEC), Background Paper No 15. Global Water Partnership, Stockholm, 2011.
- [106] Piao S, Ciais P, Huang Y, Shen Z, Peng S, Li J, et al. *The impacts of climate change on water resources and agriculture in China*. Nature, 467, (7311):43–51, 2010.
- [107] Plappally A.K., J.H. Lienhard V, *Energy requirements for water production, treatment, end use, reclamation, and disposal*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, 7, pp 4818-4848, 1364-0321, 2012.
- [108] Presura E., Robescu L., *Energy use and carbon footprint for potable water and wastewater treatment*, University POLITEHNICA of Bucharest, Romania, International Conference on Business Excellence, vol. 1, issue 1, ISSN: 2558 – 9652, 2017.
- [109] Proiect de reglementare tehnică, *Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare a localităților*. Indicativ NP 133–2011, disponibil la: <http://novainstal.ro/tratarea-apei-potabile/>, (accesat 30/11/2016).

- [110] Prouty, C. și Zhang, Q., *How do people's perceptions of water quality influence the life cycle environmental impacts of drinking water in Uganda?*, Conservation and Recycling, 109, 24–33., 2016.
- [111] *Raport tratarea apei*, 2014, disponibil la: <http://novainstal.ro/tratarea-apei-potabile.pdf> (accesat 30/03/2020).
- [112] Reffold E., Leighton, F., Choudhury, F., Rayner, P.S., *Greenhouse gas emissions of water supply and demand management options*, Science Report – SC070010, Environment Agency, 2008.
- [113] Roessler, W.G., and C.R. Brewer.. *Permanent turbidity standards*. Appl. Microbiol., 15:1114–112, 1967.
- [114] Rojanschi V., Ocnean T., *Cartea operatorului din stații de tratare și epurare a apelor*, Edit. Tehnică, București 1989.
- [115] Sala-Garrido R., M. Molinos-Senante, *Benchmarking energy efficiency of water treatment plants: Effects of data variability*, Science of The Total Environment, vol 701, 2020.
- [116] Sergio Zubelzu, Roberto Álvarez, Adolfo Hernández, *Methodology to calculate the carbon footprint of household land use in the urban planning stage*, Land Use Policy, vol. 48, pp 223-235, ISSN 0264-8377, 2015
- [117] Sergio Zubelzu, Roberto Álvarez, *Urban planning and industry in Spain: A novel methodology for calculating industrial carbon footprints*, Energy Policy, vol. 83, pp 57-68, ISSN 0301-4215, 2015.
- [118] Shrestha E., Sajjad A., Johnson W., Batista J.R., *The carbon footprint of water management policy options*, Energy Policy, vol. 42, 2012, p 201–212.
- [119] Site oficial “La Società SMAT S.p.A”: disponibil la: <https://www.smatorino.it/>, (accesat 29.05.2017).
- [120] SMAT- Società Metropolitana d'Acque Torino, *Raport de sustenabilitate*, 2015. Disponibil la: http://www.smatorino.it/documenti/area_istituzionale/SMAT-Bilancio-sost-2015.pdf, (accesat 30/11/2017).
- [121] SMAT- Società Metropolitana d'Acque Torino, *Raport de sustenabilitate*, 2017. Disponibil la: <https://www.smatorino.it/wp-content/uploads/2018/09/BILANCIO-SOSTENIBILITA-2017-copertina-sostituita-1.pdf>, (accesat la 27.11.2019).
- [122] Snip L.J.P., *Thesis Systems and Control, Quantifying the greenhouse gas emissions of wastewater treatment plants*, Wageningen the Netherlands, 2009.
- [123] Song M., Q. An, W. Zhang, Z. Wang, J. Wu, *Environmental efficiency evaluation based on data envelopment analysis: A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.16, 7, pp. 4465-4469, ISSN 1364-0321, 2012.
- [124] Standard de calitate a apei ISO 9297:2001, *Calitatea apei. Determinarea conținutului de cloruri. Titrare cu azotat de argint utilizând cromatul ca indicator (Metoda Mohr)*, 2001.

- [125] Standard standard de calitate a apei: SR EN ISO 10523:2012, *Calitatea apei. Determinarea pH-ului*, 2012.
- [126] Strutt J., Wilson S., Shorney-Darby H., Byers A., *Assessing the Carbon Footprint of Water Production*. Journal American Water Works Association - J AMER WATER WORK ASSN. 100. 80-91. 10.1002/j., 2008.
- [127] Toma P.D., *Consideratii privind exploatarea statiilor de tratare a apei*, Ecoterra – „Journal of Environmental – Research and Protection, nr.32, 2012.
- [128] Trîmbițașu E., *Fizico chimia mediului. Factorii de mediu și poluanții lor*. Ed. Universității din Ploiești, Ploiești, 2002.
- [129] Tukki O. H., Barminas, J. T., Osemeahon, S. A., Onwuka, J. C., Donatus, R. A., *Adsorption of colloidal particles of Moringa oleifera seeds on clay for water treatment applications*, Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA, 61, 75-86, 2016.
- [130] Țările latine și mediul: <https://dialogochino.net/en/climate-energy/18534-an-environmental-agenda-for-brazil-and-china/>. (accesat 18.02.2020).
- [131] United Nations Economic Commission For Europe, “Transboundary flood risk management: experiences from the UNECE region”, New York and Geneva 2009. Disponibil la: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/publications/oes/Transboundary_Flood_Risk_Management_Final.pdf, (accesat la 15.10.2015).
- [132] United Nations Framework Convention on Climate Change, *Kyoto Protocol Reference Manual. United Nations Framework Convention on Climate Change*, Available at: http://unfccc.int/kyoto_protocol, in English 2008.
- [133] United States Environmental Protection Agency, disponibil la: <https://www.epa.gov/water-research/small-drinking-water-systems-research>, (accesat la 17.06.2017).
- [134] United States of America Protection Agency, ‘Life Cycle Impact Assessment’. Available at: <http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/pdfs/chapter4lca101.pdf>, (accessed on 05/8/2015).
- [135] USGS. *Estimated use of water in the United States in 2010*, United States Geologic Survey (USGS); 2010.
- [136] Venkatesh G., Bratteb H., *Energy consumption, costs and environmental impacts for urban water cycle services: Case study of Oslo (Norway)*, Energy, vol. 36, p 792-800, 2011.
- [137] VILANOVA, Mateus R. N., BALESTIERI, José A. P., *Exploring the water-energy nexus in Brazil: The electricity use for water supply*. Energy, v. 85, p. 415-432, 2015.
- [138] Vitaly Gitis, Nicholas Hankins, *Water treatment chemicals: Trends and challenges*, Journal of Water Process Engineering, vol. 25, pp. 34-38, ISSN 2214-7144, 2018.
- [139] Yang Y., Ok Y. S., Kim K.-H., Kwon E. E., Tsang Y. F, *Occurrences and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water and water/sewage treatment plants: A review*, Science of The Total Environment, 596-597, 303–320. doi:10.1016/j.scitotenv.04.102, 2017.

- [140] WABAG Company, *Annual report 2015-2016* , No.17, disponibil la: <http://www.wabagindia.com/documents/report/1WABAG%20AR%20with%20notice.pdf>, (accesat 30.11.2019).
- [141] Wackernagel, M., Rees, W. E., *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*, Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [142] Wade D., Cook, K. Tone, Joe Zhu, *Data envelopment analysis: Prior to choosing a model*, Omega, vol. 44, pp.1-4, 2014.
- [143] Wade D. Cook, Larry M. Seiford, *Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on*, European Journal of Operational Research, vol.192, 1, pp.1-17, ISSN 0377-2217, 2009.
- [144] Wahidul K. Biswas, Pauline Yek, *Improving the carbon footprint of water treatment with renewable energy: a Western Australian case study*, Biswas and Yek, Renewables 3:14, DOI 10.1186/s40807-016-0036-2, 2016.
- [145] Wakeel M., B. Chen, T. Hayat, A. Alsaedi, B. Ahmad, *Energy consumption for water use cycles in different countries: A review*, Applied Energy, vol. 178, pp. 868-885, 2016.
- [146] Watertech Online, 2001. Disponibil la: <https://www.watertechusa.com/potable-water-treatment>, (accesat 03.10.2017).
- [147] Weidema B.P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J. and Løkke, S., *Carbon Footprint*, Journal of Industrial Ecology, 12: 3-6, 2008.
- [148] Whitehead G., R. L. WILBY , R. W. BATTARBEE , M. KERNAN & A. J. WADE, *A review of the potential impacts of climate change on surface water quality*, Hydrological Sciences Journal, 54:1, 101-123, 2009. Disponibil la: <https://doi.org/10.1623/hysj.54.1.101>, (accesat la 10.05.2016).
- [149] World Health Organization, *Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum*, ISBN: 978-92-4-154995-0, 2017.
- [150] World Map. Disponibil la: www.google.com/maps, (accesat la 29.05.2018).
- [151] World Water Assessment Programme, *UN World Water Development Report 2019: Leaving no one behind; Paris, UNESCO and London, Earthscan*, 2019. (based on United Nations 2006, World Urbanisation Prospects: The 2005 Revision. New York:Population Division, department of Economic and Social Affairs, United Nations. Disponibil la <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>), (accesat 18.05.2020).
- [152] Zoran Miodrag, Jan Kaffka, Uwe Clausen, Lars Munsel, Stefan Drost, *Assessment of Emissions Caused by Logistics Handling Operations in Multimodal-terminals*, Transportation Research Procedia, vol. 14, pp 2754 – 2761, ISSN 2352-1465, 2016.

LISTA FIGURILOR

Capitolul 1

Fig. 1. Bazinele hidrografice din România.

Fig. 2. Populația racordată la sistemul public de alimentare cu apă și conectată la canalizare, pe județe, în anul 2017.

Fig. 3. Compoziția Amprentei de Carbon pentru cele două tipuri de apă potabilă: apă îmbuteliată BW-(stânga) și apă de rețea TW-(dreapta).

Fig. 4. Etape ale ciclului de utilizare a apei care implică consum de energie.

Fig. 5. Sectorul de apă.

Capitolul 3

Fig. 6. Etape principale consumatoare de energie în procesul de tratare a apei.

Fig. 7. Schema generală a procesului de tratare a apei pentru diferite surse de apă.

Fig. 8. Lacul Poiana Uzului și stația de tratare a apei Bacău.

Fig. 9. Schema procesului de tratare a apei în stația de tratare a apei Bacău.

Fig. 10. Intrarea apei brute în stația de tratare Barați, Bacău.

Fig. 11. Deversor orizontal în stația de tratare Barați, Bacău.

Fig. 12. Bazinul de amestecare (floculator).

Fig. 14. Filtre din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău.

Fig. 15. Colectarea probelor în laborator din apa tratată, înainte de distribuție.

Fig. 16. Imagine de reprezentare a sistemului de control al STA Barați, Bacău; bazin de înmagazinare a apei.

Fig. 17. Consumul de energie pentru stația de tratare a apei Barați.

Fig. 18. Cantitatea de substanțe chimice utilizate în procesul de tratare a apei STA Barați.

Fig. 19. Variația pH-ului apei brute din lacul Poiana Uzului.

Fig. 20. Clorurile prezente în apa brută din lacul Poiana Uzului.

Fig. 21. Variația suspensiilor din apa brută, provenită din lacul Poiana Uzului.

Fig. 22. Gradul de turbiditate al apei brute, din lacul Poiana Uzului.

Fig. 23. Cantitatea de nitrați existentă în apa brută, provenită din lacul Poiana Uzului.

Fig. 24. Cantitatea de nitriți existentă în apa brută, provenită din lacul Poiana Uzului.

Fig. 25. Conductivitatea apei brute, provenită din lacul Poiana Uzului.

Fig. 26. Dureitatea apei brute, provenită din lacul Poiana Uzului.

Fig. 27. Oxidabilitatea apei brute, provenită din lacul Poiana Uzului.

Fig. 28. Variația amoniului în apa brută, provenită din lacul Poiana Uzului.

Fig. 29. Variația pH-ului, la ieșirea apei din rezervorul de clorinare.

Fig. 30. Variația cantității de cloruri, la ieșirea apei din rezervorul de clorinare.

Fig. 31. Variația turbidității la ieșirea apei, din rezervorul de clorinare.

Fig. 32. Variația cantității de aluminiu, la ieșirea apei din rezervorul de clorinare.

Fig. 33. Variația conductivității electrice a apei tratate, la ieșirea din rezervorul de clorinare.

Fig. 34. Variația durității totale a apei, la ieșirea din rezervorul de clorinare.

Fig. 35. Variația clorului rezidual din apa tratată, la ieșirea din rezervorul de clorinare.

Fig. 36. Variația clorului rezidual liber din apa tratată, la ieșirea din rezervorul de clorinare.

- Fig. 37.** Oxidabilitatea apei tratate la ieșirea din rezervorul de clorinare.
- Fig. 38.** pH-ul apei tratate la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.
- Fig. 39.** Turbiditatea apei tratate la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.
- Fig. 40.** Variația clorurilor în apa tratată, la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.
- Fig. 41.** Variația nitraților în apa tratată, la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.
- Fig. 42.** Valorile conductivității electrice a apei tratate, la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.
- Fig. 43.** Duritatea apei tratate, la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.
- Fig. 44.** Valorile indicatorului sulfați, a apei tratate la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.
- Fig. 45.** Valorile indicatorului, clor rezidual liber, a apei tratate, la ieșirea din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.
- Fig. 46.** Variațiile indicatorului oxidabilitate la ieșirea apei tratate din rezervorul de înmagazinare a STA Barați.
- Fig. 47.** Procesul de tratare a apei Po1-Po2-Po3 – STA SMAT.
- Fig. 48.** Procesul de tratare a apei Po1-2-3 SMAT.
- Fig. 49.** Consumul de energie pentru stațiile de tratare a apei Po1-2-3 SMAT.
- Fig. 50.** Consum de substanțe chimice stația de tratare a apei Po1-2-3 SMAT.

Capitolul 4

- Fig. 51.** Trendul crescător al gazelor cu efect de seră în atmosferă.
- Fig. 52.** Exploatarea apei în Europa.
- Fig. 53.** Variația populației care va locui în mediul urban până în 2030.
- Fig. 54.** Sursele de emisii provenite din producția de apă potabilă.
- Fig. 55.** Consum substanțe chimice în STA Barați pentru anul 2015, turbiditate: 1-10 NTU.
- Fig. 56.** Cantitatea de CO₂ eq generată în urma utilizării substanțelor chimice în STA Barați, pentru anul 2015.
- Fig. 57.** Consum substanțe chimice în procesul de tratare a apei în STA SMAT, anul 2015.
- Fig. 58.** Cantitatea de CO₂ eq generată de către STA SMAT, anul 2015.
- Fig. 59.** Turbiditate apă brută, STA Barați, SMAT, anul 2015.
- Fig. 60.** Cantitatea anuală de precipitații, anul 2015.
- Fig. 61.** Panouri fotovoltaice în interiorul amplasamentului STA SMAT, anul 2015.
- Fig. 62.** Fluviul Po.
- Fig. 63.** Lacul Poiana Uzului.

Capitolul 5

- Fig. 64.** Elementele naturale ale mediului înconjurător.
- Fig. 65.** Categoriile de impact ale activităților asupra mediului.
- Fig. 66.** Activități pentru reducerea efectelor procesului de tratare a apei asupra mediului.

LISTA TABELELOR

Capitolul 1

Tabelul 1. Exemple de stații de tratare a apei din diferite zone ale lumii.

Tabelul 2. Diversitatea tipurilor de tratament și a substanțe chimice folosite în procesul de tratare a apei.

Tabelul 3. Diferite trepte de tratare utilizate în stațiile de tratare a apei în funcție de zona în care se află.

Tabelul 4. Cantitatea de energie și substanțe chimice consumate în diferite stații de tratare a apei.

Tabelul 5. Situația sistemului de distribuție a apei în România.

Capitolul 3

Tabelul 3.6. Consumul de energie din cadrul STA Barați.

Tabelul 3.7. Valorile energiei electrice consumate la STA Barați.

Tabelul 3.8. Monitorizarea riscurilor substanțelor chimice folosite în procesul de tratare a apei.

Tabelul 3.9. Consumul de substanțe chimice în funcție de turbiditatea apei.

Tabelul 3.10. Consumul de substanțe chimice/lună, stația de tratare a apei Barați.

Tabelul 3.11. Consum energie STA SMAT, anul 2015.

Tabelul 3.12. Consum substanțe chimice, stația de tratare a apei SMAT.

Capitolul 4

Tabelul 13. GES, Potențial de Încălzire Globală și sursa de producere.

Tabelul 14. Compararea tarifului apei în țările dezvoltate.

Tabelul 15. Centralizarea datelor referitoare la consumul de energie electrică pe zi la stația de tratare a apei Barați pentru anul 2015.

Tabelul 16. Consumul de energie electrică pe fiecare treaptă de tratare a apei în cadrul STA Barați.

Tabelul 17. Consum lunar energie electrică în STA Barați.

Tabelul 18. Consum energie electrică în STA Barați în funcție de turbiditate.

Tabelul 19. Consum global energie electrică în STA Barați, anul 2015.

Tabelul 20. Emisii indirecte de CO₂eq STA Barați, anul 2015.

Tabelul 21. Factor Emisie pentru energie în România, STA Barați, anul 2015.

Tabelul 22. Amprenta de Carbon în STA Barați, anul 2015.

Tabelul 23. Materiale și procese cu intensitate ridicată și joasă în emisii de CO₂eq.

Tabelul 24. Consum substanțe chimice/lună în STA Barați, pentru anul 2015.

Tabelul 25. Factorul de emisie pentru fiecare substanță chimică folosită în STA Barați.

Tabelul 26. Cantitatea de CO₂eq generată de către procesul de tratare a apei în STA Barați în urma consumului de substanțe chimice, anul 2015.

Tabelul 27. Cantitatea totală de CO₂eq emis în atmosferă în urma procesului de tratare a apei STA Barați.

Tabelul 28. Amprenta de Carbon (CO₂eq) generată de procesul de tratarea apei STA Barați în anul 2015.

Tabelul 29. Structura și emisiile specifice de CO₂, în funcție de sursa de energie de producție a energiei electrice, în România.

Tabelul 30. Consum energie STA SMAT, anul 2015.

Tabelul 31. Consum global de energie electrică în STA SMAT, anul 2015.

Tabelul 32. Emisii indirecte CO₂eq STA SMAT, Torino pentru anul 2015.

Tabelul 33. Factor Emisie pentru energie în Italia, STA SMAT, anul 2015.

Tabelul 34. Cantitatea de emisii generată de STA SMAT în anul 2015.

Tabelul 35. Consum substanțe chimice, stația de tratare a apei SMAT, anul 2015.

Tabelul 36. Factori emisie, stația de tratare a apei SMAT, anul 2015.

Tabelul 37. Cantitate CO₂eq generată de preprocesul de tratare a apei în STA SMAT, anul 2015.

Tabelul 38. Cantitatea totală de CO₂eq generată în urma procesului de tratarea apei în STA SMAT, anul 2015.

Tabelul 39. Amprenta de Carbon (CO₂eq) a procesului de tratarea apei în STA SMAT, anul 2015.

Tabelul 40. Detalii despre caracteristicile celor 2 stații de tratare, anul 2015.

Tabelul 41. Tipuri tratament în funcție de capacitatea stației de tratare a apei.

Tabelul 42. Situația privind parametrii de calitate pentru apa tratată și furnizată de către STA SMAT în anul 2015.

Tabelul 43. Situația privind parametrii de calitate pentru apa tratată și furnizată de către STA Barați în anul 2015.

Tabelul 44. Schimbări observate la diferite niveluri ale mediului.

Capitolul 5

Tabelul 45. Însușirea efectelor asupra factorilor de mediu a proceselor de tratare a apei din STA Barați și SMAT pentru anul 2015.

Tabelul 46. Valorile indecelui de calitate în cadrul proceselor de tratare a apei din STA Barați SMAT pentru anul 2015.