

Horea-George CRIȘAN
Corina BÎRLEANU

Oana-Adriana CRIȘAN
Marius PUSTAN

*Testarea sistemelor filtrante actuale și
dezvoltarea unei soluții ecoinovative
cu scopul creșterii calității
apei potabile*

- Monografie de specialitate -



UTPRESS

Cluj-Napoca, 2024

ISBN 978-606-737-716-3

Horea-George CRIȘAN
Corina BÎRLEANU

Oana-Adriana CRIȘAN
Marius PUSTAN

*Testarea sistemelor filtrante actuale și
dezvoltarea unei soluții ecoinovative cu scopul
creșterii calității apei potabile*

- Monografie de specialitate -



UTPRESS
Cluj-Napoca, 2024
ISBN 978-606-737-716-3



Editura UTPRESS
Str. Observatorului nr. 34
400775 Cluj-Napoca
Tel.: 0264-401.999
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
www.utcluj.ro/editura

Recenzia: Conf.dr.mat. Florina Șerdean
Ș.I.dr.ing. Claudiu Popa

Pregătire format electronic on-line: Gabriela Groza

Copyright © 2024 Editura UTPRESS

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii UTPRESS.

ISBN 978-606-737-716-3

Prefață

Apa potabilă reprezintă o resursă vitală în alimentația publică iar asigurarea calității superioare a acesteia este o preocupare continuă în întreaga lume. Inspirați de această realitate, am decis să explorăm prin cercetare capacitățile tehnice actuale de asigurare a calității, să testăm, analizăm și identificăm problematicile majore care periclitează asigurarea facilă a unei calități superioare și la nivelul standardelor ridicate impuse apei potabile. Pe cale de consecință, dezideratul principal urmărit a fost acela de dezvoltare a unui concept ecoinovativ de sistem filtrant, care să combată neajunsurile identificate și să aducă un aport semnificativ creșterii calității apei potabile, a sănătății consumatorilor și care să genereze în subsidiar și efecte cu impact crescut în reducerea poluării mediului înconjurător.

Lucrarea de față se adresează atât cercetătorilor și profesioniștilor în domeniul ingineriei mediului și industriale, cât și studenților și tuturor celor interesați de dezvoltarea unor soluții filtrante pentru creșterea calității apei potabile. Structura acestei monografii este concepută în așa fel încât să asigure cititorului o ușoară înțelegere asupra problematicii abordate, atât din punct de vedere teoretic cât și ca urmare a aplicării metodelor practice de testare, analiză și interpretare a rezultatelor obținute.

Realizarea acestui volum nu ar fi fost posibilă fără sprijinul și contribuția mentorilor, colegilor, familiilor noastre și specialiștilor în domeniul de cercetare din care facem parte, iar pe această cale ne exprimăm recunoștința pentru aportul adus în punerea în operă a demersurilor de cercetare dorite.

[Autorii]

Cuprins

1. Aspecte introductive legate de calitatea apei potabile.....5

- 1.1 Importanța asigurării calității apei potabile..... 5
- 1.2 Tendințe și obiective propuse în domeniul calității apei potabile în acord cu reglementările la nivel European..... 9
- 1.3 Soluții actuale utilizate în asigurarea calității apei potabile în România..... 20

2. Analiza eficienței filtrării apei potabile cu sisteme filtrante existente, prin realizarea unor teste de laborator..... 25

- 2.1 Descrierea principalelor soluții de filtrare existente, destinate utilizării în regim casnic..... 25
- 2.2 Testarea eficienței de filtrare raportată la capacitatea atribuită cartușelor filtrante, prin încercări efectuate cu apă potabilă din rețeaua publică a unui furnizor regional..... 33
- 2.3 Efectuarea unor analize microscopice privind depunerile mecanice post filtrare a apei potabile testate..... 40

2.4 Interpretarea rezultatelor analizelor microscopice și identificarea limitărilor impuse de soluțiile filtrante testate.....	50
3. Identificarea unor soluții de filtrare eco-inovative și testarea percepției consumatorilor privind importanța filtrării apei potabile prin implementarea soluțiilor filtrante.....	67
3.1 Identificarea unor materiale eco-inovative cu aport asupra eficienței crescute de filtrare a apei potabile dar și a sănătății utilizatorilor.....	67
3.2 Perspectivele de îmbunătățire a calității apei potabile utilizând materiale de tip eco-inovativ și dezvoltarea unui model de cartuș filtrant cu eficiență crescută.....	71
3.3 Testarea percepției consumatorilor privind importanța filtrării apei potabile și implementarea soluțiilor filtrante.....	79
4. Concluzii finale.....	91

1. Aspecte introductive legate de calitatea apei potabile

1.1 Importanța asigurării calității apei potabile

Calitatea apei potabile reprezintă un pilon constant de cercetare, direct legat de atingerea obiectivelor de dezvoltare sustenabilă mai cu seamă în domeniile biodiversității, agriculturii și schimbărilor climatice.

Acestei resurse naturale s-au atribuit de-a lungul timpului mai multe definiții și înțelesuri. Conform Dicționarului Explicativ al Limbii Române, apa este un lichid incolor, fără gust și fără miros, compus din hidrogen și oxigen, care formează unul dintre învelișurile Pământului, alături de litosferă, atmosferă, biosferă și pedosferă.

Înainte de a se aborda aspectele legate de situația apelor potabile, s-a recurs la o analiză macro a nivelului existent al apei pe Globul Pământesc. Rezerva mondială de apă este de 1.386 milioane km³ de apă, peste 96 % fiind apă sărată. Mai mult decât atât, din totalul de apă dulce, peste 68 % este blocată în gheață și ghețari, iar 30 % din apa dulce sunt prezente în subteran. În figura 1.1, s-a procedat la realizarea unui grafic a distribuției apei pe Terra, în procente, din totalul de apă estimativ aflat pe Glob.

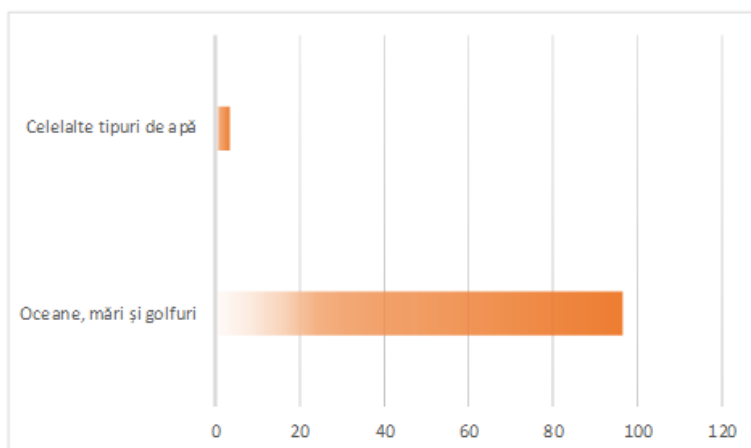


Fig.1.1 Distribuția apei pe Glob

Așadar, un procent foarte mare din totalul de apă îl ocupă apele din oceane, mări și golfuri, iar restul de 3,5 % îl ocupă apele din:

- Calote glaciare, ghețari și zăpadă permanentă (1,74 %);
- Apa subterană (1,7 %);
- Umiditatea din sol (0,001 %);
- Gheața permanentă și nepermanentă din sol (0,022 %);
- Lacuri (0,013 %);
- Atmosferă (0,001 %);
- Apa din mlaștini (0,0008 %);
- Râuri (0,0002 %);
- Apa biologică (0,0001 %).

Pe termen lung, resursele regenerabile de apă au scăzut semnificativ pe cap de cetățean pe continentul european, conform evaluărilor climatice și hidrologice. Acest lucru se întâmplă în ciuda faptului că apa este considerată o resursă infinită de utilizare.

Conform Agenției Europene de Mediu, deși există multă apă din surse regenerabile în Europa, semnalele evaluărilor climatice și hidrologice pe termen lung, inclusiv dinamica populației, arată o scădere cu 24 % a resurselor regenerabile de apă pe cap de locuitor în Europa între anii 1960 și 2010. Acest lucru s-a putut observa în special în sudul Europei. Supraexploatarea afectează în continuare resursele de apă subterană și râuri în multe părți ale Europei, în special în bazinele din vest și est a Europei.

Odată cu creșterea poluării apelor din cauza rapidă a industrializării și a urbanizării, se observă o scădere accentuată a apei potabile, ceea ce duce la o amenințare globală serioasă atât pentru generațiile prezente, cât mai cu seamă pentru cele viitoare.

De-a lungul ultimilor treizeci de ani, politica Uniunii Europene în domeniul apelor a reușit să contribuie la protejarea apelor. Cu toate acestea, din cauza activităților economice în creștere, această resursă, care era considerată odinioară inepuizabilă, a fost supusă unei presiuni crescânde.

Așadar, calitatea apei reprezintă un factor extrem de important cu preponderență în următoarele arii:

- Sănătate umană/ Prevenția bolilor;

- Aspecte referitoare la mediul înconjurător;
- Legislație: Legi menite a oferi dreptul tuturor cetățenilor de a avea acces la o calitate bună și foarte bună a apei potabile.

Conform Statista, pentru anul 2022 a fost efectuată o evaluare la scară largă a tuturor țărilor din Europa în ceea ce privește scorul acordat apelor curate. Acesta este redat în figura 1.2. Indicele apei curate măsoară poluarea cu substanțe chimice, nutrienți excesivi, agenți patogeni umani și gunoi în apele estuariene, de coastă și oceanelor deschise. Ținta de apă curată este de minimum 70 din 100.

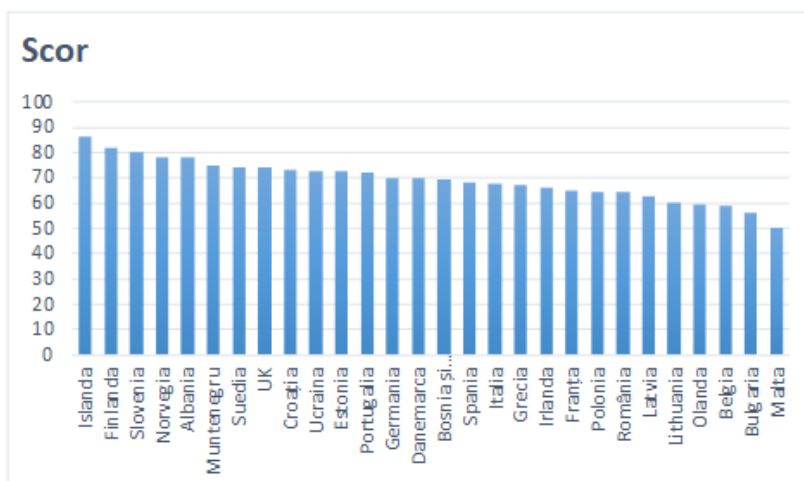


Fig.1.2 Scorul apelor curate din Europa

Din figura 1.2, se poate observa faptul că din totalul de 29 de țări incluse în studiu, doar 14 au atins indicatorul de “apă curată”. Dacă cel mai înalt scor a fost obținut de către Islanda, cu 86.4 puncte, la polul opus se situează Malta, cu doar 50.39 puncte. Este important de menționat faptul că acești indicatori, pentru fiecare țară în parte, pot fi influențați de mai mulți factori, dintre care amintim: reglementările legale locale, investițiile efectuate în infrastructură, sursele de apă și practicile locale de tratare ale acestora.

Așadar, prin conservarea sau chiar îmbunătățirea continuă a calității apei potabile, se va contribui activ la obiectivul de dezvoltare durabilă a resurselor naturale, asigurând un climat de continuitate pentru această resursă vitală pentru generațiile viitoare.

1.2 Tendințe și obiective propuse în domeniul calității apei potabile în acord cu reglementările la nivel European

Reglementările legale, *per se*, au scopul de a stabili modul în care o societate trebuie să funcționeze pentru a respecta bunele practici, folosindu-se totuși de factorul punitiv. Pentru o bună administrare a apelor din zona Europei, au fost elaborate o serie de legi specifice, menite a proteja și preveni risipa de apă.

După cum precizează judecătoarea Veronica Rebreanu, “în dreptul internațional nu există un aparat centralizat care să asigure

prin constrângere respectarea dreptului și să rezolve în mod obligatoriu litigiile apărute ca urmare a nerespectării normelor de drept, astfel că această constrângere se aplică în mod individual sau colectiv de către state, atunci când este necesar pentru a se restabili drepturile ce au fost încălcate”.

În ceea ce privește actele juridice de la nivelul UE, pentru a înțelege mai bine efectele pe care fiecare le produc în domeniul protecției apelor, s-a realizat o reprezentare a acestora în tabelul 1.1.

Tab. 1.1 Actele normative din Uniunea Europeană

<i>Caracteristici</i>	<i>REGULA- MENT</i>	<i>DIREC- TIVĂ</i>	<i>DECIZIE</i>	<i>RECOMAN- DARE</i>	<i>AVIZ</i>
<i>Obligatoriu</i>	X	X	X		
<i>Facultativ</i>				X	X
<i>General</i>	X	X			
<i>Individual</i>			X		
<i>Destinat statelor</i>	X	X	X	X	X
<i>Destinat particularilor</i>	X		X	X	X

Direct	X	X
aplicabile		
Indirect	X	
aplicabile		

Aşa cum menţionează şi Comisia Europeană, fiecare tip de act normativ european dispune de trăsături si caracteristici diferite.

- ❖Regulamentele – sunt acte juridice ce au aplicabilitate automată în toate statele UE, de îndată ce intră în vigoare, fără a avea nevoie de transpunere în legislaţia naţională a fiecărui stat. Odată intrate în vigoare, devin obligatorii pentru toate statele UE.
- ❖Directivele – au rolul de a solicita fiecărui stat membru UE să obţină un anumit rezultat. Statele au obligaţia de a transpune directivele în legislaţia propriei ţări, altfel CE poate iniţia o acţiune în constatarea neîndeplinirii obligaţiilor, ţara în cauză putând ajunge la sancţiuni de ordin financiar.

❖ Deciziile – reprezintă acte juridice obligatorii doar pentru țările vizate care primesc notificare. Acestea nu trebuie să fie transpuse în legislația țărilor.

❖ Recomandările – nu presupun vreo obligație legală pentru state, de altfel acestea nici nu au caracter obligatoriu. Prin acestea, instituțiile UE au un canal deschis de comunicare cu statele, prin care își permit să sugereze anumite direcții de acțiune pentru acestea.

❖ Avizele – permit instituțiilor UE să facă o declarație. La fel ca și recomandările, avizele nu au caracter obligatoriu și nici nu impun obligații statelor.

În ultimele trei decenii, politica UE în domeniul apei a ajutat la protejarea acesteia. Prin urmare, poluarea din surse agricole, urbane și industriale a fost controlată, ceea ce a dus la îmbunătățiri semnificative ale calității apelor în Europa, reducând semnificativ excesul de nutrienți.

Organizația pentru Cooperare și Dezvoltare Economică (OECD) afirmă că trebuie luate măsuri în răspuns la presiunile crescute asupra apei și a sectoarelor conexe din întreaga lume. Printre acestea se numără:

- Apa dulce accesibilă și de înaltă calitate este o resursă limitată și foarte variabilă. Proiecțiile OCDE arată că 40 % din

populația lumii trăiește în prezent în bazine hidrografice, fapt pentru care cererea de apă va crește cu 55 % până în 2050;

- Supra-abstractizarea și contaminarea acviferelor din întreaga lume vor reprezenta provocări semnificative pentru produsele alimentare;

- În anul 2050, se așteaptă ca 240 milioane de persoane să rămână fără acces la apă curată, iar 1,4 miliarde fără acces la salubritate de bază;

- Infrastructura de apă din zona OECD îmbătrânește, tehnologia este depășită și sistemele sunt adesea prost echipate pentru a face față creșterii cererii și provocărilor de mediu, în contextul urbanizării crescute și a variației climatice;

- Sunt necesare investiții semnificative pentru reînnoirea și modernizarea infrastructurii, estimate la 6,7 trilioane de dolari până în anul 2050 pentru alimentarea cu apă și salubritate, în timp ce includerea unei game mai largi de infrastructuri legate de aceasta ar putea tripla această sumă până în anul 2030.

Politicile de administrare a apelor au capacitatea de a contribui în mare măsură la elaborarea și punerea în aplicare a unor direcții publice puternice, asta pentru că reprezintă o responsabilitate comună între diferitele niveluri de guvernare, societatea civilă, întreprinderi și diverse părți interesate care joacă un rol esențial, alături de factorii de decizie, în asigurarea beneficiilor ecologice ale unei bune guvernări a apelor.

Principiile OECD privind buna guvernare a apei sunt prevăzute în figura 1.3.



Fig. 1.3 Principiile OECD privind guvernarea apelor

Dincolo de aceste aspecte, atunci când vine vorba de legislația europeană, sunt de menționat câteva directive importante în ceea ce privește protecția apei. Acestea sunt menționate în tabelul 1.2.

Tab. 1.2 Principalele directive de protecție a apei din UE

Directiva	Scop
Directiva Cadru privind Apa (DCA) - Directiva 2000/60/CE	Considerată a fi una dintre cele mai importante directive, aceasta stabilește cadrul pentru protecția generală a apelor, promovând astfel utilizarea durabilă.
Directiva privind apa potabilă - Directiva (UE) 2020/2184	Această directivă stabilește standardele de calitate a apei destinate pentru consumul uman.
Directiva privind tratarea apelor urbane reziduale - Directiva 91/271/CEE	Se referă în preponderență la tratarea apelor reziduale, oferind astfel protecție mediului înconjurător.
Directiva privind protecția apelor împotriva poluării cu nitrați proveniți din surse agricole - Directiva 91/676/CEE	Se concentrează pe prevenirea poluării cauzate de nitrații proveniți din activitățile agricole.
Directiva privind managementul riscului de inundații - Directiva 2007/60/CE	Se concentrează reducerea riscurilor de inundații, fiind de altfel numită și “Directiva Inundații”.
Directiva privind apa subterană - Directiva 2006/118/CE	Aceasta protejează și îmbunătățește calitatea apelor subterane.

În afară de aceste directive, mai există următoarele directive importante:

Directiva privind tratarea apelor urbane – Directiva 91/271/CEE privind tratarea apelor urbane reziduale;

1) Directiva privind apa de îmbăiere – Directiva 75/160/CEE privind calitatea apei de îmbăiere;

2) Directiva privind apa de suprafață destinată preparării apei potabile – Directiva 75/440/CEE privind cerințele calitative pentru apa de suprafață destinată preparării apei potabile în statele membre;

3) Directiva privind frecvența măsurării apei – Directiva 79/869/CEE privind metodele de măsurare și frecvența prelevării de probe și a analizării apei de suprafață destinate preparării apei potabile în statele membre;

4) Directiva privind apele conchilicole – Directiva 79/923/CEE privind normele de calitate pentru apele conchilicole;

5) Directiva privind calitatea apelor dulci – Directiva 78/659/CEE privind calitatea apelor dulci care trebuie să fie protejate sau ameliorate pentru a se întreține viața piscicolă;

6) Directiva privind strategia pentru mediul marin - Directiva 2008/56/CEE, a Parlamentului European și a Consiliului de instituire a unui cadru de acțiune comunitară în domeniul politicii privind mediul marin;

7) Directiva privind apele minerale - Directiva 2009/54/CEE, a Parlamentului European și a Consiliului din 18 iunie 2009 privind exploatarea și comercializarea apelor minerale naturale.

Până în prezent, Directiva-cadru privind apa 2000/60/CE (DCA) este considerată cea mai importantă și mai ambicioasă secțiune a legislației europene de mediu.

A fost adoptat în anul 2000 cu scopul de a crea un cadru pentru gestionarea și protecția apelor europene, în special pentru a îmbunătăți calitatea acestora. De asemenea, a fost creată pentru a servi drept model viitor pentru reglementările privind mediul. DCA impune statelor membre ale UE să gestioneze apa în mod optim, să pregătească planuri strategice de gestionare a bazinelor hidrografice și mai multe programe operaționale de măsuri și, în același timp, să colaboreze cu părțile interesate și publicul larg.

Obiectivele sale principale sunt:

- extinderea protecției apei la toate categoriile de ape;
- să atingă "o stare bună" pentru toate apele;
- să se bazeze pe gestionarea apei din bazinele hidrografice;
- combinarea valorilor limită de emisie cu standardele de calitate a mediului;
- asigurarea faptului că prețurile apei oferă stimulente adecvate pentru utilizarea resurselor de apă în mod eficient;
- implicarea mai strânsă a cetățenilor;
- simplificarea legislației.

În ansamblu, DCA a fost considerată ca fiind prima directivă europeană care s-a axat pe sustenabilitatea mediului.

Comisia Europeană colaborează îndeaproape cu statele membre și părțile interesate pentru a realiza o mai bună integrare a Directivei-cadru privind apa cu alte politici ale UE.

Porivit articolului 1 al DCA, “Obiectul prezentei directive este de a stabili un cadru pentru protecția apelor interioare de suprafață, a apelor de tranziție, a apelor de coastă și a apelor subterane, urmărind:

- (a) prevenirea deteriorărilor ulterioare, conservarea și îmbunătățirea stării ecosistemelor acvatice și, în ceea ce privește necesitățile de apă ale acestora, a ecosistemelor terestre și a zonelor umede care depind în mod direct de ecosistemele acvatice;
- (b) promovarea utilizării durabile a apei pe baza unei protecții pe termen lung a resurselor de apă disponibile;
- (c) asigurarea unei protecții sporite și a îmbunătățirii mediului acvatic, în special prin măsuri speciale de reducere progresivă a evacuărilor, emisiilor și pierderilor de substanțe prioritare și prin stoparea sau eliminarea treptată a evacuărilor, emisiilor și pierderilor de substanțe periculoase prioritare;
- (d) asigurarea reducerii treptate a poluării apelor subterane și prevenirea poluării ulterioare a acestora și
- (e) contribuția la atenuarea efectelor inundațiilor și ale perioadelor de secetă și contribuind la:

- asigurarea unei aprovizionări suficiente cu apă de suprafață și subterană de bună calitate, aceasta fiind necesară pentru o utilizare durabilă, echilibrată și echitabilă a apei;
- o reducere semnificativă a poluării apelor subterane;
- protecția apelor marine și teritoriale;
- realizarea obiectivelor stabilite în acorduri internaționale corespunzătoare, inclusiv în acordurile care urmăresc prevenirea și eliminarea poluării mediului marin, printr-o acțiune comunitară în temeiul articolului 16 alineatul (3), stoparea sau eliminarea treptată a evacuărilor, emisiilor și pierderilor de substanțe periculoase prioritare prezentând un risc inacceptabil pentru sau prin intermediul mediului acvatic, cu scopul ultim de a obține, în mediul marin, concentrații apropiate de nivelurile de bază pentru substanțele de origine naturală și a unor concentrații apropiate de zero pentru substanțele sintetice artificiale.”

La nivel global, se poate observa, sub aspect legislativ, că obiectivele de bază ale politicii de mediu au ca scop principal protecția și dezvoltarea mediului, precum și gestionarea sa în deplină eficiență în scopul unei dezvoltări durabile eficiente pentru viitoarele generații ale Terrei.

1.3 Soluții actuale utilizate în asigurarea calității apei potabile în România

Importanța asigurării calității apei potabile reprezintă o preocupare permanentă a organismelor de control din România, în special prin legile și organismele de control existente.

Cu toate acestea, infrastructura veche și poluarea permanentă reprezintă doi dintre cei mai importanți factori în ceea ce privește calitatea ei. Pentru a se asigura obligațiile prevăzute de Tratatul de aderare și de directivele europene, în special de Directiva Cadru privind Apa, s-au instituit măsuri de ajutorare europene, mai exact modernizări pe partea de infrastructură de alimentare cu apă și de canalizare în județele din România.

Cele mai importante companii de alimentare cu apă se regăsesc în tabelul 1.3.

Tab. 1.3 Companii de alimentare cu apă de pe teritoriul României

Companii	Scurtă descriere
<i>APA NOVA BUCUREȘTI SA</i>	Captarea și tratarea apei brute în vederea potabilizării, transport și distribuție la consumatori (persoane fizice și juridice din Municipiul București); canalizarea apelor menajere și a apelor uzate.
<i>RAJA SA</i>	Captarea, tratarea și distribuția apei.

COMPANIA DE APĂ SOMEȘ SA	Captarea, tratarea și distribuția apei.
APAVITAL SA	Servicii de alimentare cu apă potabilă și industrială.
AQUATIM SA	Servicii de alimentare cu apă potabilă și industrială.
COMPANIA DE APĂ BRAȘOV SA	Tratarea și distribuția apei potabile.
COMPANIA DE APĂ OLTENIA SA	Servicii de alimentare cu apă și canalizare.
APĂ CANAL SA	Captare, tratare și distribuție apă.
COMPANIA AQUASERV SA	Producere și furnizare apă potabilă.
APA-CTTA SA	Captare, tratare și distribuție apă.
APĂ CANAL SIBIU SA	Captarea, tratarea și distribuția apei potabile.
COMPANIA DE APĂ ARAD SA	Captarea, tratarea și distribuția apei.
COMPANIA DE APĂ ORADEA SA	Captarea, tratarea și distribuția apei.
APĂ-CANAL 2000 SA	Servicii de alimentare cu apă și de canalizare.
ACET SA	Distribuție apă rece.
COMPANIA DE UTILITĂȚI PUBLICE DUNAREA BRAILA SA	Captarea, tratarea și distribuția apei.
COMPANIA DE APĂ SA	Captarea, tratarea și distribuția

	apei.
VITAL SA	Distribuția apei potabile la consumatorii casnici și industriali.
COMPANIA DE APĂ TÂRGOVIȘTE-DÂMBOVIȚA SA	Captare, tratare, transport și distribuție apă potabilă.
COMPANIA REGIONALĂ DE APĂ BACĂU SA	Captarea, tratarea și distribuția apei.

În ceea ce privește tratarea apei potabile, putem aminti câteva dintre cele mai importante și avansate metode și tehnologii:

- adsorbție; în fizică, adsorbția este procesul prin care moleculele unei substanțe fluide (adsorbat) sunt reținute pe suprafața unui corp lichid sau solid (adsorbant).
- aerare;
- utilizarea cartușelor filtrante care conțin diverse proprietăți și caracteristici;
- osmoză inversă; procesul de purificare a apei cunoscut sub numele de osmoză inversă utilizează o membrană parțial permeabilă pentru a separa ionii, moleculele nedorite și particulele mai mari din apa potabilă.
- distilare; acest proces presupune fierberea apei și apoi condensarea vaporilor obținuți într-un anumit recipient.
- congelare;
- ultrafiltrare;

➤ dezinfectarea cu radiații ultraviolete; are o eficiență de până la 99%.

➤ clorinarea și utilizarea ozonului pentru eliminarea bacteriilor și virusurilor etc.

În ceea ce privește monitorizarea calității apei la nivel de România, putem menționa câțiva actori importanți care coordonează programe specifice în acest sens și anume:

1. Programul Național de Monitorizare a Calității Apelor cunoscut și sub acronimul ANAR, prin acest program se colectează probe de apă în vederea monitorizării permanente a acesteia.
1. Direcția de Sănătate Publică, cunoscută și ca DSP, are în prim plan programul de monitorizare a standardelor de calitate a apei potabile.
2. Agenția Națională pentru Protecția Mediului, cunoscută și ca ANPM, monitorizează inclusiv și calitatea apei.

Dincolo de aceste aspecte, pentru a putea vorbi de calitatea apei, este necesar să analizăm proiectele de infrastructură existente în România. Potrivit Ministerului Investițiilor și Proiectelor Europene, prin Programul Operațional Infrastructură Mare (POIM), în perioada 2014-2020, 1.9 milioane de români au fost conectați la rețeaua de apă-canalizare. Sectorului de apă și apă uzată i-au fost atribuiți 2.9 miliarde de euro.

Deși îmbunătățirea calității vieții românilor a fost făcută prin proiectele din Programul Operațional Sectorial Mediu (POSM), Programul Operațional Infrastructură Mare (POIM) și Programul Național Dezvoltare Rurală (PNDR), se pare că 20% din populație încă nu are acces la sistemul public de alimentare cu apă. Continuarea procesului de conectare a României la rețeaua de apă este una dintre obiectivele Programului Dezvoltare Durabilă 2021-2027, care a fost aprobat la finele anului 2022 de Comisia Europeană.

Cu privire la actele normative existente în domeniul apei potabile, este de menționat că Directiva 98/83/CE a Consiliului din 3 noiembrie 1998, este transpusă în legislația noastră prin Legea nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile, cu modificările și completările ulterioare.

Pe lângă aceasta, menționăm alte 3 acte normative care reglementează aspectele legate de apa potabilă în România:

- Ordonanța de Urgență a Guvernului nr. 114/2005 pentru modificarea și completarea Legii nr. 458/2002.
- Hotărârea Guvernului nr. 974/2004 pentru aprobarea Normelor tehnice de realizare a sistemelor centralizate de alimentare cu apă și canalizare.
- Hotărârea Guvernului nr. 1020/2005 privind organizarea și funcționarea sistemului de supraveghere și control al calității apei potabile.

2. Analiza eficienței filtrării apei potabile cu sisteme filtrante existente, prin realizarea unor teste de laborator

2.1 Descrierea principalelor soluții de filtrare existente, destinate utilizării în regim casnic

Cu toate că în prezent standardele de calitate ale apei potabile distribuite prin rețelele publice impun indicatori de performanță ridicați, o serie de factori tehnici contribuie la diminuarea acestei calități. Dacă stațiile de tratare și epurare a apei potabile, în cele mai multe cazuri au fost modernizate și re tehnologizate la nivelul cerințelor actuale, starea de degradare accentuată și vechimea sistemelor de transport destinate apei potabile, contribuie la apariția unor diferențieri calitative, uneori semnificative, ce se regăsesc la punctul final de distribuție, cel al utilizatorului.

Plecând de la premisa conștientizării importanței consumului de apă potabilă cu proprietăți calitative superioare și a impactului major asupra sănătății consumatorilor dar și necesarul de consum zilnic în regim casnic, s-au dezvoltat mai multe categorii de soluții filtrante și purificatoare pentru apa potabilă provenită din rețelele publice.

Desigur, aceste soluții oferă perspective diferite de îmbunătățire a calității apei potabile, iar costurile de achiziție și implementare variază de la caz la caz, în mod direct proporțional. Principala problemă însă, constă în deținerea unui spectru limitat

de eficiența de filtrare raportat la durabilitatea acestora, adesea fiind și soluții nesustenabile. O analiză descriptivă a principalelor sisteme existente pe piața de larg consum, este relevată în cele ce urmează.

a. Sisteme de alcalinizare prin ionizarea apei potabile

Creșterea cantității de minerale ale apei potabile (antioxidanți), cu aport asupra stării de sănătate a consumatorilor, se poate face cu ajutorul sistemelor de alcalinizare prin creșterea concentrației ionice.

Un indicator al concentrației ionilor de hidrogen din apa potabilă dă determinarea nivelului de Ph, care ne indică bazicitatea sau aciditatea acesteia, conform figurii 2.1.

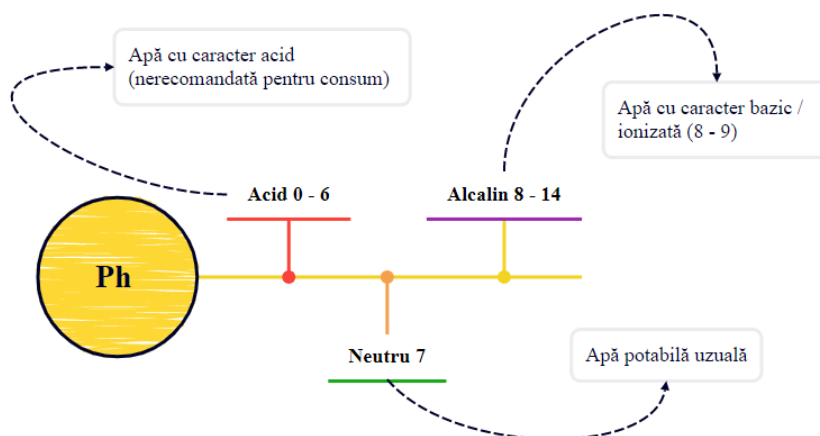


Fig. 2.1 Clasificarea apei în funcție de scara Ph

Dispozitivele de ionizare în flux continuu (electrice) sunt construite să funcționeze pe principiul electrolizei apei, schimbând în permanență fluxul de apă de pe electrozii pozitivi pe cei negativi, astfel fiind determinată separarea mineralelor de tip acid de cele de tip alcalin și totodată alcalinizează și mineralele benefice, necesare organismului. Mai mult, au posibilitatea eliminării fluorului din apă, îmbunătățind gustul și mirosul acesteia.

Cu toate că o astfel de soluție are un potențial ridicat în susținerea sănătății consumatorilor, prezintă și o serie de dezavantaje care limitează utilitatea lui. Astfel, este necesară întreținerea riguroasă a sistemului prin curățarea plăcilor de ionizare, a electrozilor, întrucât pot să apară depuneri de minerale, să se formeze mușgai sau diverse bacterii (mai ales dacă utilizarea nu este regulată), practic anulând sau diminuând efectele pozitive pentru care sistemul a fost conceput.

Există și sisteme avansate cu funcții de autocurățare, dar în oricare variantă, aceste sisteme de filtrare sunt costisitoare, astfel nefiind o soluție destinată publicului de larg consum. Nu în ultimul rând, variațiile de presiune ale apei potabile din rețeaua de distribuție pot afecta buna funcționare sau pot deteriora sistemul de filtrare.

b. Sisteme de filtrare cu osmoză inversă

Procesul de filtrare prin osmoză inversă presupune trecerea forțată, sub presiune, a apei (cu precădere dintr-o sursă salină), printr-o membrană semipermeabilă care reține contaminanți precum particule organice, impurități mecanice, etc (figura 2.2). După traversarea membranei, rezultă două zone de evacuare, una a concentratului de deversare, compus din elementele filtrate, iar cealaltă din permeatul destinat utilizării, respectiv apa potabilă decontaminată.

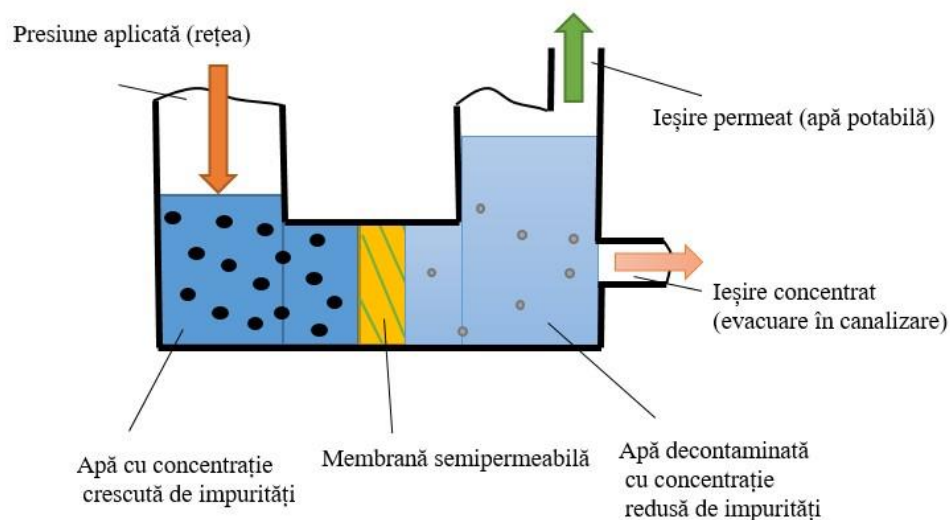


Fig. 2.2 Procesul de osmoză inversă

Astfel, acest sistem susține eliminarea considerabilă a nitraților și nitriților din componența apei, a poluanților chimici, bacteriilor sau virusurilor și totodată poate reduce cantitatea de săruri dizolvate. Totuși, este necesar să se păstreze o cantitate de săruri minerale pentru asigurarea necesarului în organismul celor care consumă apa obținută prin acest proces de filtrare.

Membrana semipermeabilă este compusă, de regulă, din trei straturi. Primul strat, aflat în contact cu apa contaminată, este din poliester, cel intermediar din polisulfonă și cel superior, cu dimensiuni extrem de reduse în grosime (cca. 0.2 microni) din poliamidă. Straturile active sunt separate prin straturi pasive, cu rol de a permite spațierea necesară trecerii în flux a apei și realizarea turbulenței necesare procesului de filtrare.

Desigur, acest sistem poate fi montat și în serie împreună cu alte sisteme de filtrare identice sau similare, cu scopul de a produce o cantitate și mai mare de apă potabilă și cu cantități și mai reduse de particule poluante, printr-o filtrare mult mai eficientă.

Cu toate că inițial au fost utilizate în sistem industrial, în special pentru producerea apei potabile din cea provenită din surse saline, în prezent sunt concepute și pentru uzul casnic, pentru filtrarea suplimentară a apei din rețeaua de distribuție publică.

Cu toate acestea, fiind totuși un sistem complex, implică anumite costuri de achiziție și montare la punctul final de consum,

dar mai ales costuri de mentenanță prin înlocuirea frecventă a tuturor cartușelor din sistemul filtrant.

c. Sisteme de filtrare individuale

Aceste sisteme sunt destinate utilizării cu precădere pentru filtrarea apei potabile distribuite prin rețeaua publică și pot fi ușor achiziționate, fiind comercializate publicului de larg consum. Aceste filtre sunt compuse dintr-o carcasă unitară în care pot fi introduse diverse tipuri de cartușe filtrante din materiale diferite, conform figurii 2.3 (în funcție de particularitățile apei ce se dorește a fi filtrată).

Principalele tipuri de cartușe filtrante utilizate sunt cele de tip ceramic (permite filtrarea mecanică a particulelor de oxid de fier, sedimente naturale și alte impurități cu dimensiuni de până la 3 microni), polipropilenă expandată (cu capacități de filtrare similare ca și cel ceramic dar pentru particule de până la 5 microni), carbon (sau cărbune activ presat, ajută la eliminarea clorului din apă și filtrarea impurităților organice și mecanice de până la 1 micron, îmbunătățind totodată și gustul și mirosul apei filtrate), textil (sau țesătură de polipropilenă, este capabil să rețină impurități mecanice cu dimensiuni de până la 25 microni) și lavabil (reține sedimente grosiere de nisip, cărbune, nămol, rugină, etc., cu dimensiuni de până la 70 microni).

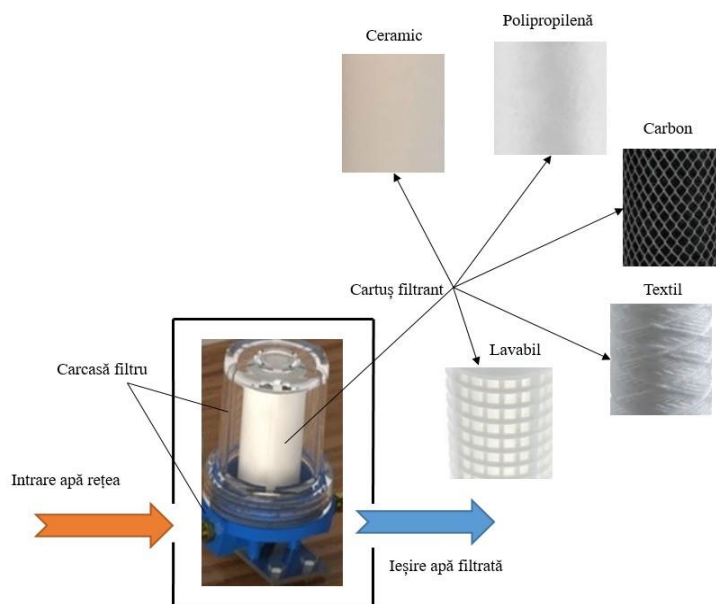


Fig. 2.3 Sistem de filtrare individual

Cu toate că fiecare tip de cartuș filtrant dintre cele descrise prezintă avantaje mai mari sau mai reduse privind destinația și capacitatea de filtrare, principalul aspect favorabil al acestora îl reprezintă prețul de achiziție și întreținere mult redus în comparație cu celelalte tipuri de sisteme filtrante prezentate. Atât întreg sistemul filtrant cât și cartușele filtrante sunt disponibile în marile lanțuri de magazine pentru bricolaj sau de specialitate. Pe de altă parte, un cartuș filtrant are o durată de viață de circa 3 luni

sau 3 – 5 metri cubi de apă filtrată, fiind ușor de înlocuit. Pentru o utilizare zilnică în regim casnic, poate reprezenta o soluție avantajoasă pentru obținerea unei ape potabile cu calitate superioare față de cea transportată prin rețelele de distribuție, consumată în mod direct, fără filtrare.

d. Sisteme de filtrare independente

În afara sistemelor de filtrare destinate utilizării exclusive prin montarea la punctul terminus de distribuție prin rețelele publice, respectiv în regim casnic, mai există soluții de filtrare a apei potabile independente de rețea. Ele sunt compuse din recipiente proprii unde se depozitează/completează apă din surse externe sau de la rețea, iar procesul de filtrare are loc cu elemente filtrante specifice, similare cu cele ale sistemelor individuale de filtrare, însă prin proces gravitațional sau antrenat cu sursă de energie externă (căni filtrante, rezervoare filtrante).

Unele sisteme autonome de dozare a apei filtrate pot fi alimentate totuși cu apă de la rețeaua publică, însă preponderent ele sunt concepute pentru asigurarea disponibilității apei potabile filtrate în locuri unde fie nu există posibilitatea conectării la rețea, fie nu se impune acest lucru. Mai mult, sistemele de dozare a apei filtrate, necesitând și alimentare la tensiunea electrică de rețea, pot aduce un plus în sensul răcirii sau încălzirii apei potabile filtrate. Cu toate acestea, astfel de sisteme nu sunt cele mai accesibile ca și preț de achiziție și întreținere (filtrele specifice trebuie înlocuite

des și asigură filtrarea unor cantități reduse de apă), de regulă necesită operațiuni de completare a rezervelor necesare de apă de filtrat și procesul de filtrare poate dura un timp mai îndelungat.

2.2. Testarea eficienței de filtrare raportată la capacitatea atribuită cartușelor filtrante, prin încercări efectuate cu apă potabilă din rețeaua publică a unui furnizor regional

Scopul urmărit prin testările efectuate în condiții de laborator este acela de a determina eficiența propriu-zisă de filtrare a cartușelor filtrante comerciale, în condițiile specifice impuse de calitatea apei potabile distribuită prin rețeaua municipală a orașului Cluj-Napoca. Desigur, rezultatele obținute vizează stabilirea necesității achiziționării și utilizării în regim casnic a unor astfel de cartușe filtrante. Pentru aceasta, au fost alese două zone de prelevare ale apei potabile din punctele finale de distribuție a două locații situate diametral opus una față de cealaltă, pe harta de distribuție.

Preliminar testelor efectuate asupra cartușelor filtrante, au fost realizate o serie de determinări de calitate asupra apei potabile prelevate. Testele efectuate au fost realizate în conformitate cu standardele SR EN ISO 7027/2001, 10523/2012, 27888/1997 și 5814/2013. Aceste determinări reprezintă principalii parametri fizico-chimici ai apei și stau la baza stabilirii eficienței de filtrare

a fiecărui tip de cartuş filtrant asupra apei potabile. Seria de teste preliminare a fost efectuată într-un laborator specializat, cu echipamente specifice. Pentru interpretarea comparativă a rezultatelor obținute, în diagrama din figura 2.4 sunt prezentate rezultatele procentuale obținute.

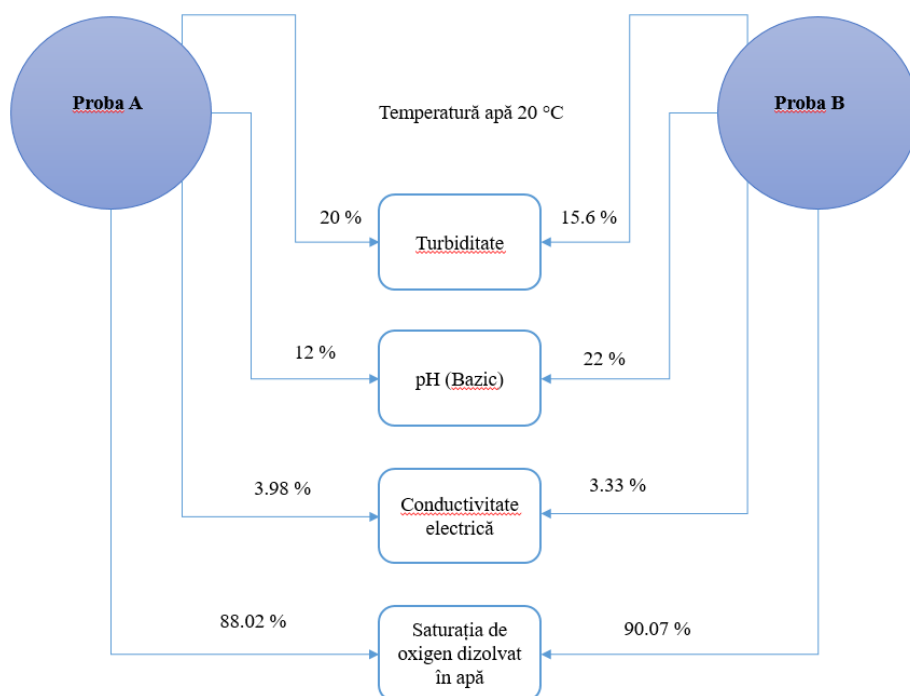


Fig. 2.4 Determinări calitative procentuale privind parametri fizico-chimici din probele de apă utilizată pentru încercările experimentale

Rezultatele obținute indică, pe de o parte, asemănări privind determinările analitice în cazul celor două probe prelevate cu diferențe cantitative ne semnificative ale parametrilor analizați. Pe de altă parte, toate direcțiile de analiză au generat rezultate care se încadrează în limitele impuse de reglementările în vigoare în conformitate cu care s-au realizat testele preliminare. Temperatura la care au fost realizate analizele a fost cea de 20 °C. Așadar, turbiditatea apei care indică prezența unor suspensii fine în aceasta și conduce la modificări cu privire la nivelul de transparență a acesteia, este la un nivel minim, sub 20 % în ambele cazuri.

Cu privire la determinarea nivelului de pH (prezența ionilor de hidrogen în apă), probele analizate indică un caracter minim bazic (alcalin) al acesteia, cu ioni de oxidril predominanți în locul celor de hidrogen. Lipsa caracterului acid al apei potabile este un important aspect calitativ.

Nivelul de conductivitate electrică a apei din probele încercate este sub 5 %. Acest rezultat relevă o concentrație redusă de săruri în apa analizată. O importanță la fel de mare o are și determinarea concentrației de oxigen dizolvat în apa testată.

Nivelul ridicat de oxigen, ca și în cazul de față de aproximativ 88 – 90 %, indică lipsa unor poluanți majori sau a unor bacterii dăunătoare sănătății consumatorilor dar și un caracter crescut de prospețime a apei potabile analizate.

În concluzie, rezultatele testelor preliminare de laborator reflectă faptul că apa utilizată pentru determinarea eficienței de filtrare a cartușelor filtrante de încercat corespunde nivelului de calitate impus iar experimentele de laborator vor conduce la rezultate concludente.

Pentru efectuarea unor încercări experimentale asupra cartușelor filtrante descrise și prezentate în figura 2.3, a fost dezvoltat un stand experimental care să permită testarea tuturor cartușelor filtrante, în condiții similare. Preliminar au fost concepute două variante constructive ale standului experimental. În prima variantă, în aval de sistemul de filtrare s-ar fi montat un pergament absorbant situat între două plăci metalice de fixare. Rolul lui ar fi fost acela de a reține micro-nanoimpuritățile colectate post-filtrare.

Modelul tridimensional realizat este prezentat în figura 2.5. Aceasta soluție nu a fost adoptată întrucât are utilitate limitată fiind favorabilă prelevării aleatorii (prin sondare) a unor particule postfiltrare depuse pe parcursul duratei de viață a cartușelor filtrante testate. Totodată, pergamentul absorbant nu are capacitatea de a rezista unui debit constant și considerabil (raportat la întreaga durată de viață a cartușelor filtrante încercate) de apă furnizată la presiunea de rețea (figura 2.6 - detaliu).

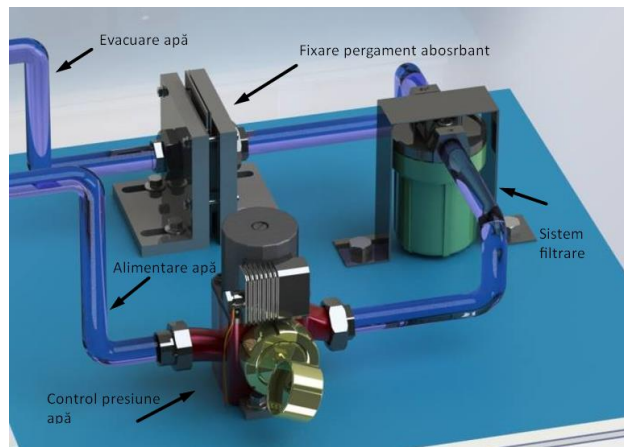


Fig. 2.5 Model tridimensional stand experimental - Varianta constructivă I

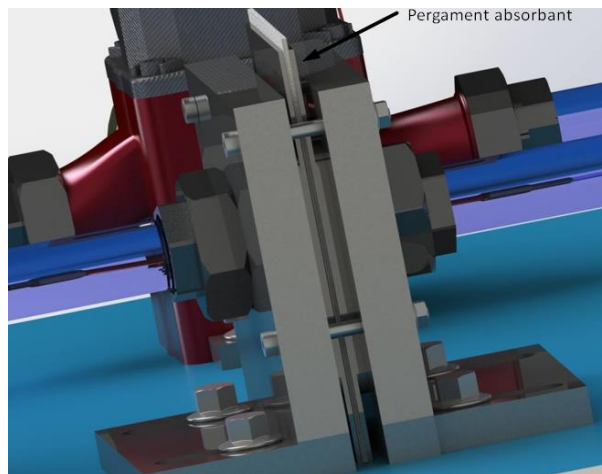


Fig. 2.6 Detaliu zonă fixare pergament absorbant

În cea de-a doua variantă constructivă, a cărei model tridimensional realizat este prezentat în figura 2.7 și care a fost adoptată pentru dezvoltare, a fost îndepărt sistemul de fixare a pergamentului absorbant, colectarea probelor de apă postfiltrare urmând a fi efectuată prin sistemul de evacuare, în oricare moment al efectuării încercărilor sau la atingerea pragului de viață utilă a cartușelor.

Post colectare, impregnarea pergamentelor absorbante (realizată cu scopul determinării probelor ce vor fi supuse analizelor microscopice) se va face manual, într-un mediu controlat.

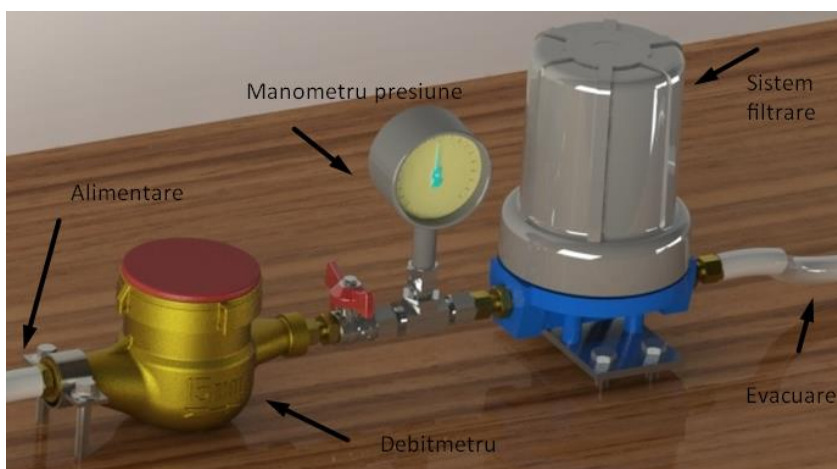


Fig. 2.7 Model tridimensional stand experimental - Varianta constructivă II

Standul experimental construit și utilizat este prezentat în figura 2.8 și este compus, de la stânga la dreapta, dintr-o zonă de alimentare cu apă potabilă de la rețea, urmată de un contor debitmetru pentru măsurarea cantității de apă ce urmează să pătrundă în sistemul de filtrare, un robinet, un manometru pentru controlul presiunii apei și sistemul filtrat destinat tuturor tipurilor de cartușe filtrante încercate și racordul de eliminare a apei filtrate.

Încercările efectuate au constatat în traversarea prin fiecare cartuș filtrant (de tip ceramic, polipropilenă expandată, carbon, textil și lavabil), a unei cantități de 3 m³ de apă din rețea (durata utilă de viață impusă), din locurile de unde au fost prelevate și testate preliminar probele de apă.



Fig. 2.8 Stand de încercare a cartușelor filtrante în condiții de laborator

2.3 Efectuarea unor analize microscopice privind depunerile mecanice post filtrare a apei potabile testate

Pentru caracterizarea strukturală și topografică a depunerilor de particule reziduale post-filtrare, s-au urmărit două direcții de analiză.

Pe de o parte, s-au analizat probe prelevate din cartușele filtrante utilizate în testare, iar pe de altă parte, eșantioane formate din pergamente impregnate cu depuneri provenite în mod direct din apa potabilă filtrată.

Pregătirea probelor și analizele microscopice propriu-zise au avut loc într-un laborator cu mediu controlat, compus dintr-o cameră curată clasa 1000 cu control al temperaturii, presiunii și umidității dar și într-un sistem de filtrare a impurităților din aer (figura 2.9).

Microscopul utilizat a fost “Park XE-70” cu tehnologie de microscopare de forță atomică. Acesta permite realizarea unor măsurători specifice nano-structurale, prin scanarea tridimensională a suprafețelor.

Acesta dispune atât de posibilitatea scanării în mod non-contact cât și în contact direct, oferind imagini cu rezoluție înaltă.

Tehnologia de microscopare AFM este un mijloc de mare importanță în analizele de precizie, la scară micro și nanometrică, cu impact semnificativ în cercetările privind contaminarea apei potabile și eficiența de filtrare a acesteia.

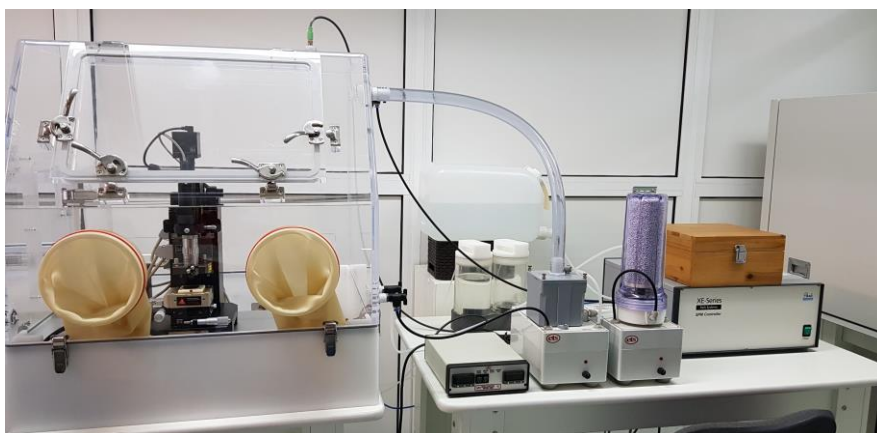


Fig. 2.9 Incinta cu atmosferă controlată și microscop AFM

Direcțiile de analiză microscopică au urmărit trei căi. În prima fază, s-a realizat un eșantion format din seturi de probe prelevate din fiecare cartuș filtrant testat pe standul experimental și ajuns la durata maximă de utilizare.

Prelevarea s-a efectuat după ce a avut loc uscarea completă a acestora, iar secțiunile prelevate au avut dimensiuni similare și au provenit din zone identice (zona medie a cartușelor).

În figura 2.10 este prezentat un set de probe de acest tip.



Fig. 2.10 Eșantion probe filtre uzate

În cea de-a doua fază, au fost prelevate probe de apă filtrată prin fiecare tip de cartuș, după atingerea duratei maxime de viață utilă. În figura 2.11 sunt prezentate eșantioanele de probe de apă prelevate.



Fig. 2.11 Probe de apă prelevate post-filtrare

Din fiecare proba de apă prelevată, utilizând câte o pipetă, s-au extras și așezat câte 5 ml de apă pe trei zone ale fiecărei lamele de sticlă ce corespunde a câte unui tip de cartuș filtrant astfel: 1-polipropilenă, 2-carbon, 3-lavabil, 4-textil și 5-ceramic (figura 2.12).



Fig. 2.12 Lamele de sticlă cu apă din probele prelevate

După finalizare procesului de uscare completă a cantității de apă de pe lamelele de sticlă (proces ce a avut loc în camera cu mediu controlat), probele ce urmează a fi supuse analizelor microscopice arată precum cele din figura 2.13. În urma procesului de evaporare a apei, la nivelul fiecărei zone unde inițial

a fost amplasată proba de apă, s-au format depuneri mecanice cu particule reziduale post-filtrare.



Fig. 2.13 Lamele de sticlă cu depuneri după evaporarea apei

În cea de-a treia fază, s-a utilizat o metodă de colectare a depunerilor reziduale ce presupune utilizarea unui pergament absorbant. Așadar, procesul este apropiat de cel desfășurat în faza anterioară, însă mostrele de apă prelevate post-filtrare au fost impregnate în fâșii de pergament absorbant, precum în figura 2.14. Procesul de evaporare a apei a fost identic cu cel din faza secundă, iar ordinea probelor este identică.



Fig. 2.14 Pergament cu depuneri după evaporarea apei

Pentru a face posibile analizele microscopice, din fiecare probă de pergament s-a determinat un set a câte trei probe secundare dispuse pe un material suport care permite utilizarea microscopului de forță atomică și obținerea unor rezultate concludente.

Exemple de probe secundare astfel realizate sunt prezentate în figura 2.15.



Fig. 2.15 Probe secundare de pergament pentru analiză microscopică

Din punct de vedere topologic și structural, au fost identificate diferite tipuri de depozite sedimentare, cu densități de aglomerare diferite. Depunerile au prezentat similarități pentru fiecare probă analizată, independent de metoda abordată pentru obținerea depunerilor post-filtrare.

În figura 2.16 sunt prezentate câteva exemple de depuneri identificate pe probele din material (a) Textil, (b) Ceramic, (c) Lavabil, (d) Polipropilenă iar (e) Cărbune activ. Imaginile au

fost realizate în cadrul aplicării primei metode de obținere a depunerilor de particule reziduale.

Se remarcă depuneri de sedimente atașate pe stratul exterior al cartușelor filtrante, situație care poate conduce la concluzia că decontaminarea apei este parțială iar formațiuni precum cele identificate pot ușor fi regăsite în apă după procesul de filtrare. Majoritatea formațiunilor au structură volumetrică sferică, iar mici excepții reprezintă formațiuni compuse din diferite tipuri de aglomerări cu forme geometrice neregulate.

Așa cum este posibil de văzut și în cele ce urmează, aceste depuneri mecanice reprezintă sedimente de nămol, formațiuni minerale, particule desprinse în urma oxidării conductelor de transport a apei, diferite microorganisme, etc.



(a) Textil



(b) Ceramic



(c) Lavabil



(d) Polipropilenă

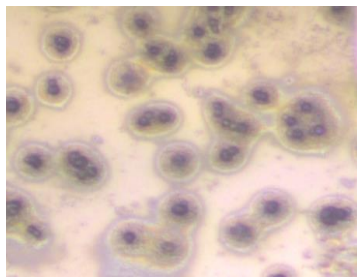


(f) Cărbune

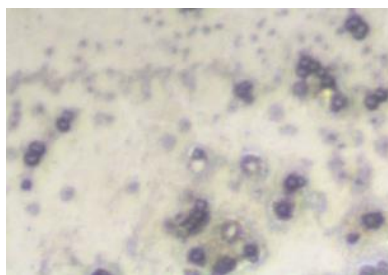
Fig. 2.16 Exemple depuneri reziduale – Metoda I

În urma aplicării celei de-a doua metode de obținere a depunerilor reziduale post-filtrare a fost posibilă identificarea depozitelor pe lamelele din sticlă, din zonele de evaporare a probelor de apă depse anterior. În figura 2.17 sunt prezentate câteva exemple privind depunerile reziduale obținute din apa

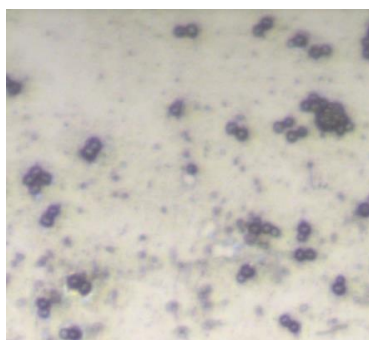
filtrată prin: (a) Cartuş lavabil; (b) Cartuş polipropilenă;
(c) Cartuş Textil; (d) Cartuş ceramic.



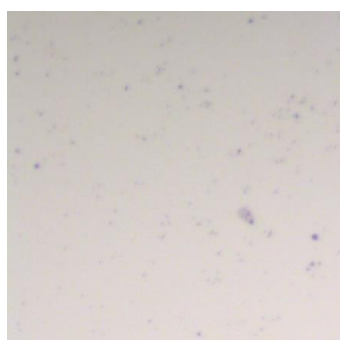
(a) Lavabil



(b) Polipropilenă



(c) Textil



(d) Ceramic

Fig. 2.17 Exemple depuneri reziduale – Metoda II

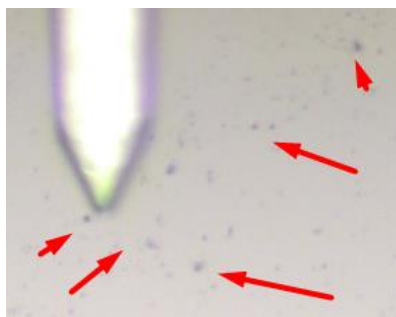
În cadrul celei de-a treia metodă, s-au analizat microscopic probele pe suport de tip pergament absorbant, unde după

evaporarea apei prelevate, s-au format depunerile reziduale identificate. În figura 2.18 (a) cartuş polipropilenă; (b) cartuş lavabil; (c) cartuş ceramic, sunt prezentate exemple privind depozitele identificate.



Fig. 2.18 (a) Polipropilenă

(b) Lavabil



(c) Ceramic

Fig. 2.18 Exemple depuneri reziduale – Metoda III

Toate măsurătorile efectuate cu microscopul de forță atomică au fost efectuate prin „scanare în modul de contact cu proba”, iar suprafața scanată a fiecărei probe a valorat $40\text{ }\mu\text{m} \times 40\text{ }\mu\text{m}$. Măsurătorile au fost efectuate la o frecvență scăzută, de $0,25\text{ [Hz]}$ și cu o forță de presiune de $100\text{-}150\text{ [nN]}$. În acest fel, rezultatele obținute prin fiecare metodă aplicată asupra probelor, au avut caracter unitar și cu precizie crescută.

2.4 Interpretarea rezultatelor analizelor microscopice și identificarea limitărilor impuse de soluțiile filtrante testate

Pentru a face posibilă evaluarea calitativă a cartușelor filtrante testate în condiții de laborator, prin analizele microscopice efectuate s-a urmărit identificarea din perspectivă topografică și topologică a particulelor din depozitele identificate în strânsă corelație cu particularități structurale precum rugozitatea și duritatea particulelor, care influențează, spre exemplu, distribuția aglomerării particulelor reziduale depuse și nivelul de adeziune la materialul suport reprezentat de cartușul filtrant.

Pentru aceasta, într-o aplicație (XEI v5.1.6 componentă a Park System XE-70) care permite analiza particulelor identificate cu ajutorul microscopului AFM, s-au interpretat rezultatele măsurătorilor în direcțiile precizate anterior.

În figurile 2.19, 2.20 și 2.21 sunt prezentate exemple de scanare dimensională a unor particule rezultate prin depuneri reziduale post filtrare. Scopul urmărit este acela de a identifica diametrul precum și rugozitatea aritmetică a acestora.

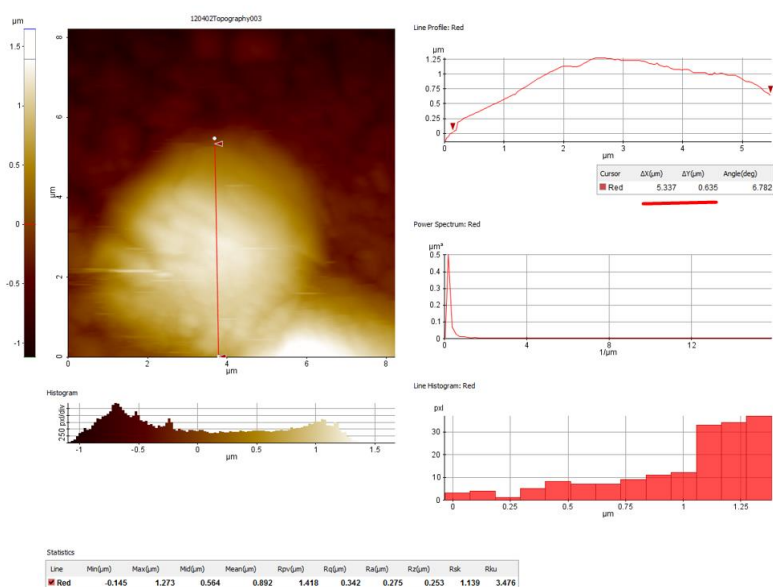


Fig. 2.19 Diametru și rugozitate particulă unitară

În exemplul din figura 2.19 s-a identificat diametrul unei particule unitare, cu valoarea de 0,635 μm și cu rugozitatea aritmetică 0,275 μm . În cel de-al doilea caz, prezentat în figura 2.20 s-a identificat un diametru în valoare de 0,612 μm și o

rugozitate aritmetică de 0,092 [μm] în cazul unei particule care face parte dintr-un șir comun de depuneri, format prin adeziune.

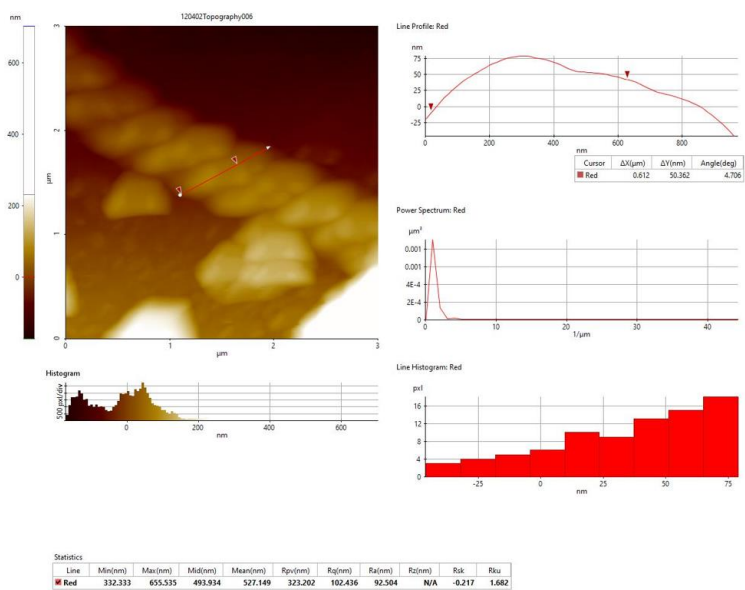


Fig. 2.20 Diametru și rugozitate particulă compusă

În figura 2.21 este prezentat un exemplu al unei măsurători topografice tridimensionale în vederea caracterizării unei formațiuni de tip conglomerat al depunerilor remanente.

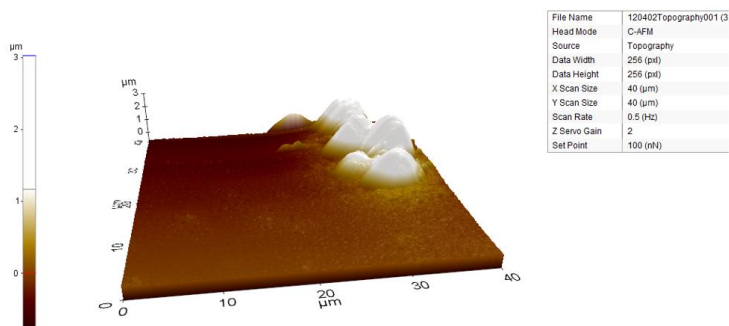


Fig. 2.21 Scanare tridimensională depozit particule

În continuare, pentru completarea analizei dimensionale a particulelor mecanice depuse, s-au efectuat o serie de determinări privind duritatea particulelor scanate. Aceste măsurători au fost realizate utilizând tehnica de nanoindentare, în mod contact cu proba, aplicându-se forțe de adeziune de 150-250 [nN].

Valorile durității pentru particulele microscopice au fost determinate prin interpretarea curbilor de tip “load-displacement”. Pentru aceasta, a fost folosit modelul de distribuție al lui Oliver & Pharr. Precizia în zona de contact indenter/particulă are o deosebită importanță pentru stabilirea proprietăților mecanice. În ceea ce privește modulul de elasticitate al probei, ca urmare a unei adâncimi reduse de indentare în modul contact, acesta a fost stabilit conform legii lui “Berkovich” (fiind o funcție a segmentului de descărcare a forței), după cum este posibil de remarcat în figura 2.22.

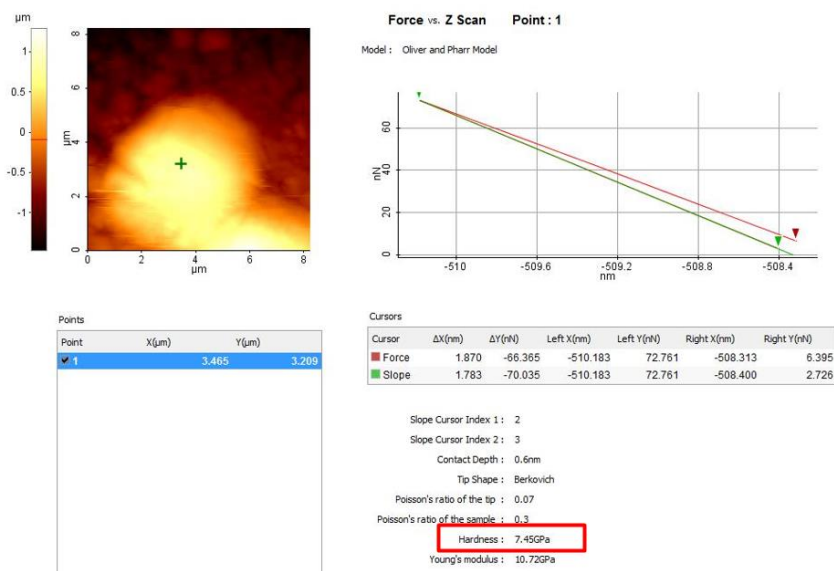


Fig. 2.22 Exemplu de determinare a durității unei particule reziduale

În exemplul prezentat s-a determinat duritatea unei particule remanente în urma procesului de filtrare, aceasta înregistrând o valoare de 7,45 [GPa].

În vederea interpretării corelative a rezultatelor obținute în urma determinărilor microscopice, în tabelele 2.1, 2.2 și 2.3 s-au înscris valorile medii din totalul măsurătorilor realizate pentru fiecare direcție de analiză (dimensiuni/diametre particule depuse, rugozitățile aritmetice și duritățile particulelor).

Fiecare set de date înscris reprezintă rezultatele obținute pentru fiecare metoda utilizată (dintre cele trei metode descrise la subcapitolul 2.3 – analiză directă pe mostre din cartușele filtrante utilizate, analiza depunerilor postfiltrare prin evaporarea apei de pe lamelele de sticlă și analiza depunerilor remanente postfiltrare în pergamentul din hârtie absorbantă).

Așadar, în tabelul 2.1 sunt prezentate media valorilor determinate pentru dimensiunea (diametrul) particulelor măsurate, obținute prin cele trei metode aplicate asupra celor cinci tipuri de filtre testate.

Tab. 2.1 Dimensiuni particule

	Dimensiuni diametrice particule [μm] / Tip Proba				
	Polipropilena	Carbon	Lavabil	Textil	Ceramic
Metoda 1	1.2	1.5	3.3	2.7	0.3
Metoda 2	1.4	1.39	3.8	2.9	0.65
Metoda 3	0.9	1.11	4.69	3.8	0.59

Tab. 2.2 Rugozități particule

	Rugozități aritmetice particule [μm] / Tip Proba				
	Polipropilena	Carbon	Lavabil	Textil	Ceramic
Metoda 1	0.09	0.06	0.33	0.4	0.06
Metoda 2	0.04	0.05	0.3	0.36	0.04
Metoda 3	0.1	0.06	0.39	0.37	0.04

Tab. 2.3 Durități particule

	Duritati particule [GPa] / Tip Proba				
	Polipropilena	Carbon	Lavabil	Textil	Ceramic
Metoda 1	2.9	3.9	9.6	5.5	2.2
Metoda 2	3.3	5.9	8.5	4.9	1.5
Metoda 3	3.5	4.2	7.9	5.2	1.1

În tabelul 2.2 sunt prezentate media valorilor determinate pentru rugozitatea particulelor măsurate, obținute prin cele trei metode aplicate asupra celor cinci tipuri de filtre testate.

Tabelul 2.3 prezintă media valorilor determinate pentru duritatea particulelor măsurate, obținute prin cele trei metode aplicate asupra celor cinci tipuri de filtre testate.

Rezultatele centralizate tabelar au permis analiza sub formă grafică a distribuției valorilor înregistrate. Astfel, în figurile 2.23, 2.24 și 2.25 sunt prezentate aceste interpretări.

În fiecare dintre cele trei tipuri de distribuții ale particulelor depuse identificate, se observă că prin toate cele trei metode de identificare ale particulelor remanente post-filtrare aplicate, cele mai crescute valori privind dimensiunile particulelor depuse, rugozitatea acestora și duritatea acestora, se înregistrează în dreptul filtrului lavabil, urmat de cel textil și cel de carbon. În mod evident, această constatare reflectă capacitatea redusă de filtrare a acestor tipuri de elemente filtrante.

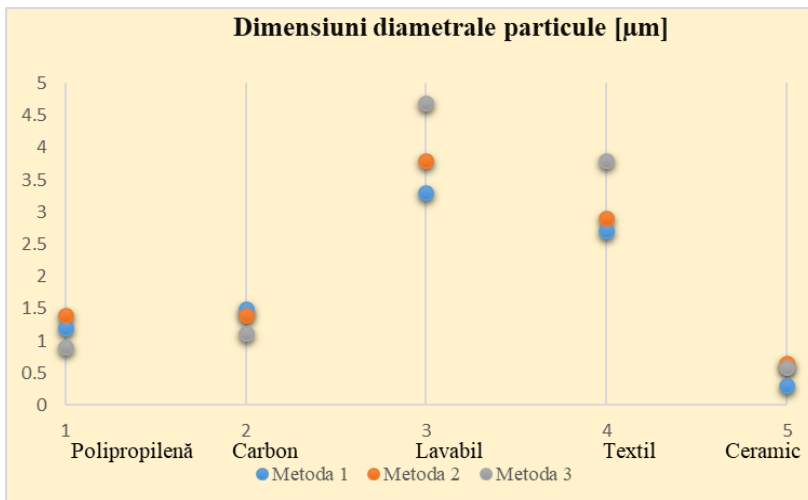


Fig. 2.23 Distribuția dimensiunilor particulelor

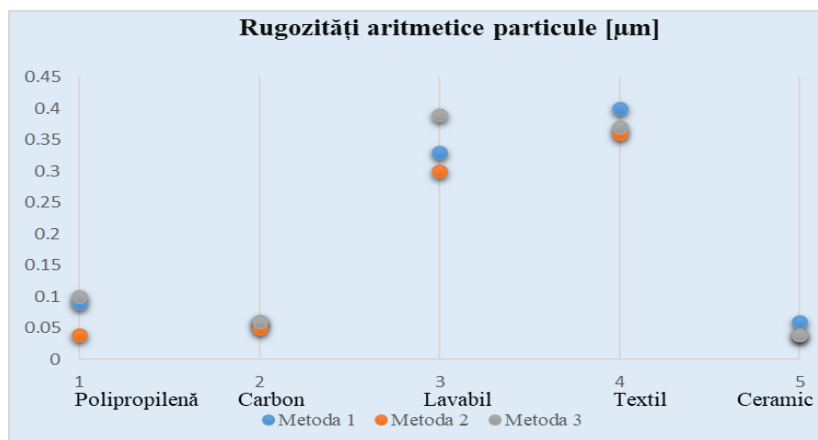


Fig. 2.24 Distribuția rugozităților particulelor

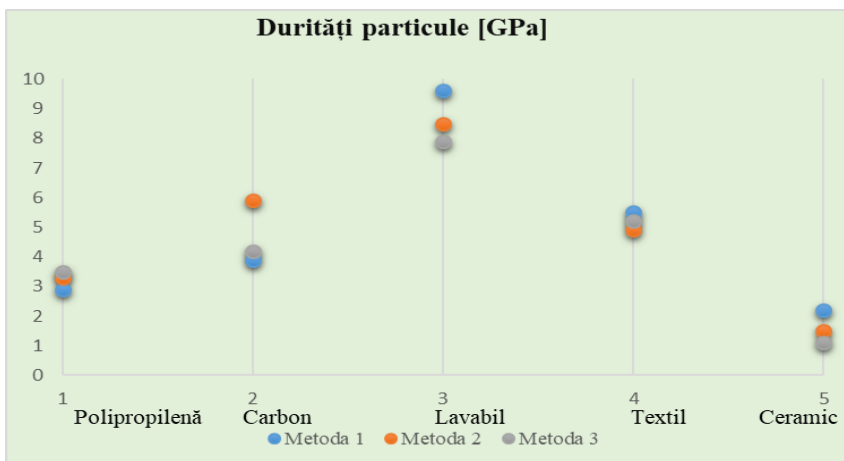


Fig. 2.25 Distribuția durităților particulelor

Cu scopul interpretării rezultatelor obținute s-a efectuat o analiză corelativă de tip “Pearson”.

Astfel, s-au analizat, pentru fiecare dintre cele trei metode de testare aplicate, pe de o parte, gradul de corelație al dimensiunilor diametrale determinate microscopic pentru particulele identificate cu duritățile măsurate pentru aceste particule, iar pe de altă parte, corelația dimensiunilor diametrale cu rugozitățile măsurate asupra particulelor identificate microscopic.

În figurile 2.26 și 2.27 sunt prezentate diagramele grafice de regresie corelativă pentru corelațiile analizate în cadrul primei metode de testare.

În cazul analizei diametru-duritate, funcția de distribuție corelativă identificată este de tip Polinomială de gradul 1-Gaussiană.

Privitor analizei diametru-rugozitate funcția de distribuție corelativă identificată este de tip Polinomială de gradul 2-Curbilinie.

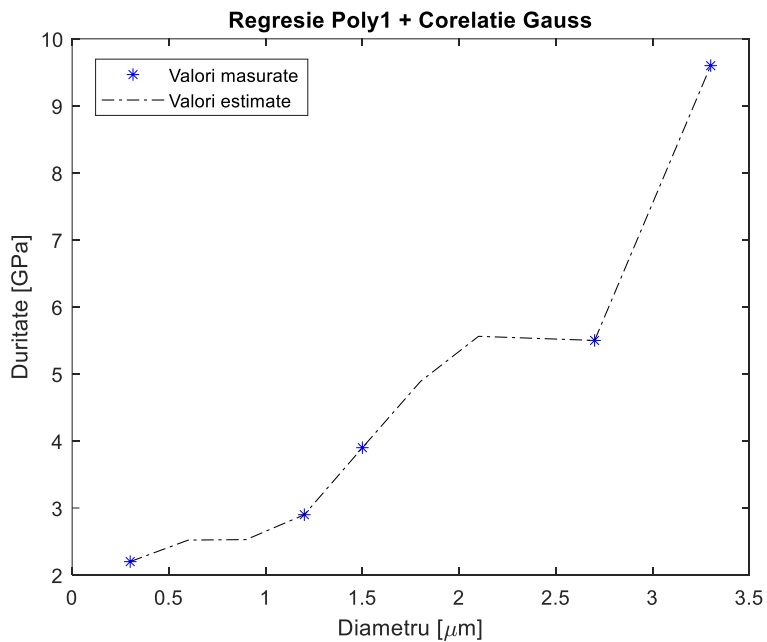


Fig. 2.26 Analiză corelație Diametru-Duritate Metoda 1

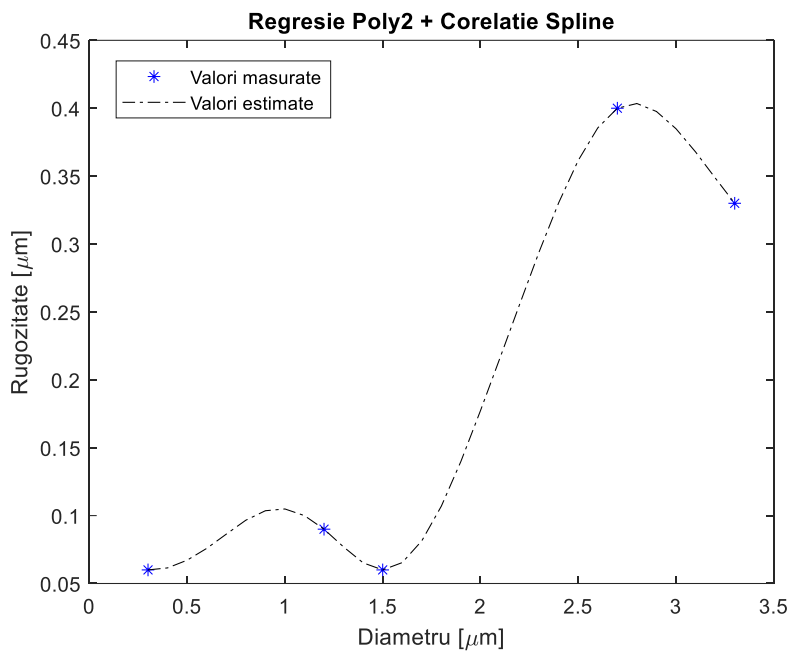


Fig. 2.27 Analiză corelație Diametru-Rugozitate Metoda 1

În figurile 2.28 și 2.29 sunt prezentate diagramele grafice de regresie corelativă pentru corelațiile analizate în cadrul celei de-a doua metode de testare. În cazul analizei diametru-duritate, funcția de distribuție corelativă identificată este de tip Polinomială de gradul 1-Exponențială.

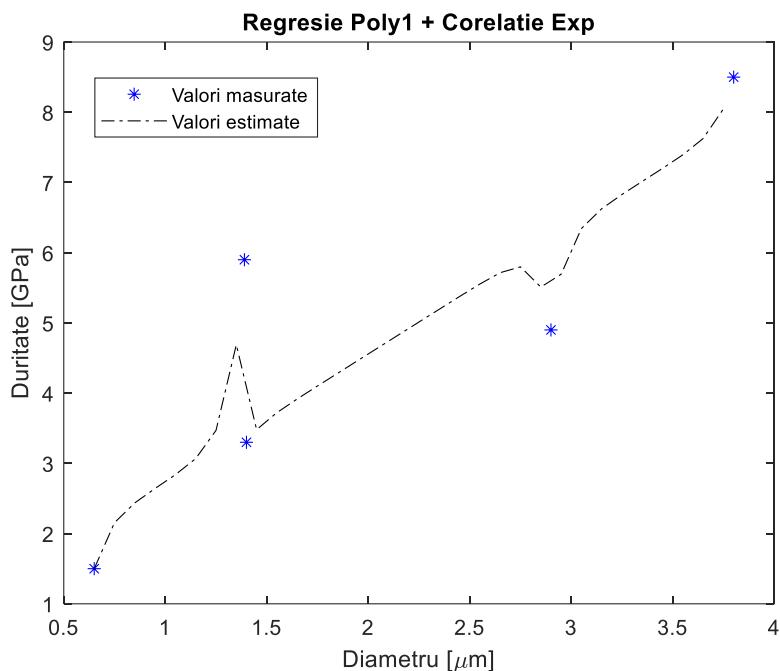


Fig. 2.28 Analiză corelație Diametru-Duritate Metoda 2

Privitor analizei diametru-rugozitate funcția de distribuție corelativă identificată este de tip Polinomială de gradul 2-Curbilinie.

În figurile 2.30 și 2.31 sunt prezentate diagramele grafice de regresie corelativă pentru corelațiile analizate în cadrul celei de-a treia metode de testare.

În cazul analizei diametru-duritate, funcția de distribuție corelativă identificată este de tip Polinomială de gradul 1-Gaussiană.

Privitor analizei diametru-rugozitate funcția de distribuție corelativă identificată este de tip Polinomială de gradul 2-Curbilinie.

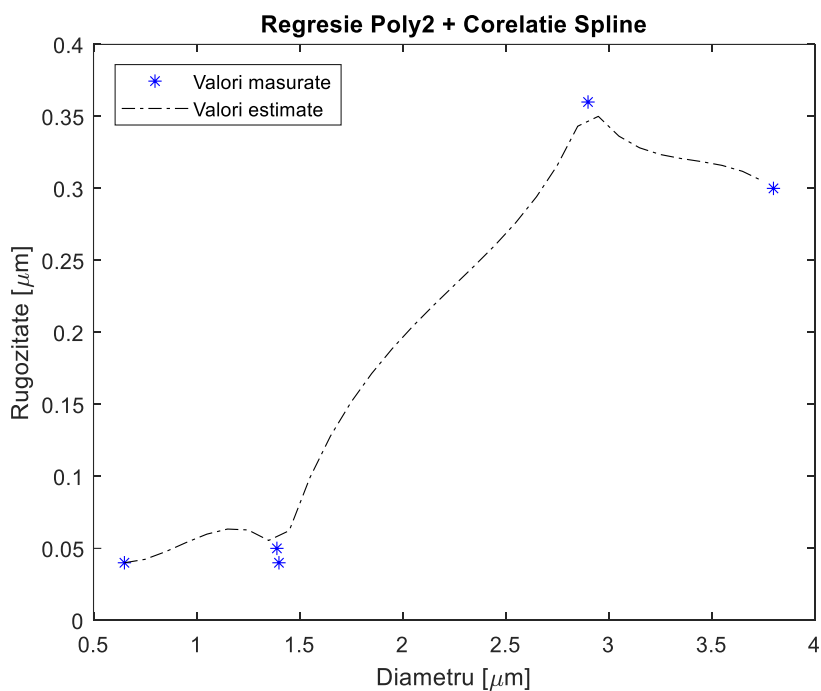


Fig. 2.29 Analiză corelație Diametru-Rugozitate Metoda 2

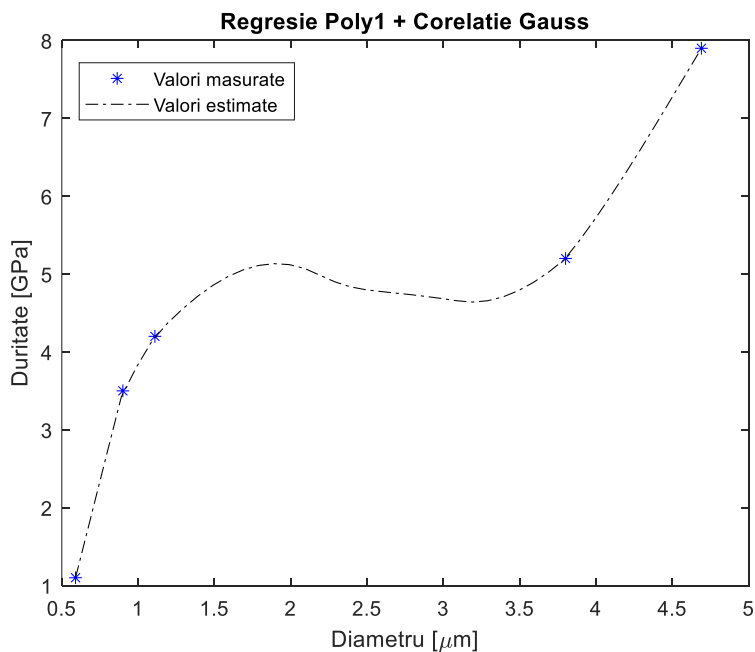


Fig. 2.30 Analiză corelație Diametru-Duritate Metoda 3

Pentru fiecare dintre cele trei tipuri de metode de testare aplicate, s-a utilizat analiza corelativă “Pearson” a variabilelor ce reprezintă parametri descriptivi ai particulelor poluante identificate microscopic.

Coeficienții de corelație “p” pentru fiecare analiză efectuată asupra fiecărei metode de testare aplicată, sunt prezentați centralizat în tabelul 2.4.

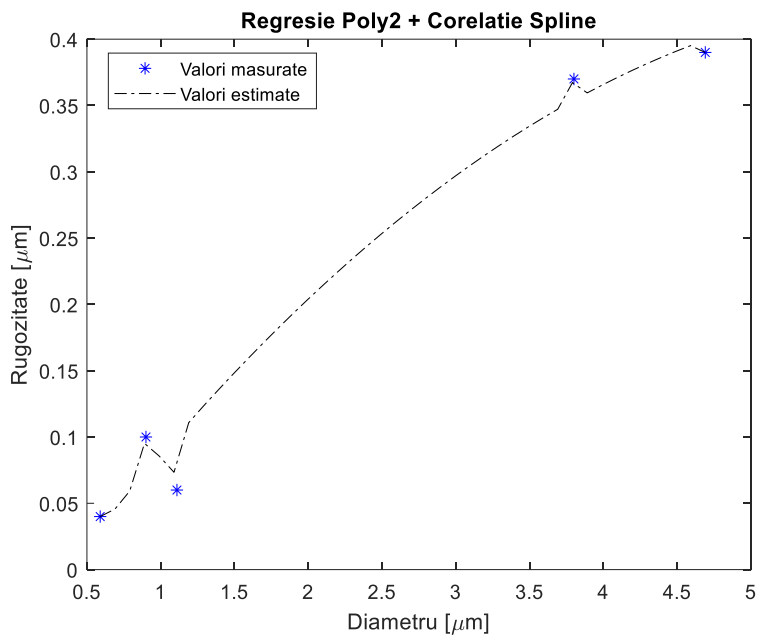


Fig. 2.31 Analiză corelație Diametru-Rugozitate Metoda 3

Tab. 2.4 Rezultate centralizate coeficienți corelație “Pearson”

Corelație	Metoda 1	Metoda 2	Metoda 3
<i>Diametru si rugozitate</i>	$\rho=0.8807$	$\rho=0.9005$	$\rho=0.9846$
<i>Diametru si duritate</i>	$\rho=0.9293$	$\rho=0.8401$	$\rho=0.8919$

Așadar, după cum a fost precizat anterior, metoda de stabilire a nivelului și modului de corelație a variabilelor analizate a fost analiza de tip “Pearson”. În mod specific, a fost stabilită dependența statistică între clasamentele variabilelor investigate, prin calcularea coeficientului de corelație Pearson, utilizând relația de calcul:

$$\rho = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad , \quad (1)$$

unde: ρ este coeficientul de corelație Pearson, n este numărul perechilor datelor de intrare iar x reprezintă valorile primei variabile și y valorile celei de-a doua variabile.

Datele expuse în tabelul 2.4 reflectă existența unor bune corelații între variabilele analizate asupra particulelor identificate prin metodele de testare și analiză microscopică aplicate (diametrul particulelor, duritatea și rugozitatea acestora). Pentru fiecare metoda de testare, se constată că pe măsură ce au fost identificate particule cu dimensiuni crescătoare, crește și valoarea rugozității, dar mai ales a durității acestora.

Acest fenomen este observat pentru toate eșantioanele de probe testate (formate din cele cinci categorii distincte de cartușe filtrante uzate), dar în special în cazul în care se elimină din analiza corelativă cartușul filtrant de tip ceramic.

Pentru stabilirea gradului de corelație, utilizând coeficientul Pearson, se constată că ce-a de-a treia metoda de testare este cea mai eficientă pentru analiza corelativă de tip dimensiune-rugozitate particulă, cu un coeficient de corelație $\rho=0.9846$.

Aceasta indică faptul că cea mai mare dimensiune diametrală a particulelor identificate prin această metodă, este puternic corelată cu rugozitatea măsurată, astfel încât creșterea valorilor rugozității particulelor odată cu creșterea dimensiunilor diametrale, nu este una accidentală.

Cu privire la analiza corelativă de tip dimensiune-duritate, prima metodă se dovedește a fi cea mai eficientă, existând un coeficient de corelație $\rho=0.9293$.

Și în acest caz cea mai mare dimensiune diametrală a particulelor identificate prin această metodă, este puternic corelată cu duritatea măsurată, astfel încât creșterea valorilor durității particulelor odată cu creșterea dimensiunilor diametrale, nu reprezintă o simplă coincidență.

În ambele situații, coeficientul lui Pearson, ρ , stabilește un nivel de corelație de peste 90 % între variabilele analizate, fapt care reprezintă o validare a rezultatelor determinate prin metodele de testare și analiză.

3. Identificarea unor soluții de filtrare eco-inovative și testarea percepției consumatorilor privind importanța filtrării apei potabile prin implementarea soluțiilor filtrante

3.1 Identificarea unor materiale eco-inovative cu aport asupra eficienței crescute de filtrare a apei potabile dar și a sănătății utilizatorilor

Conceptul de “eco-inovare” include atât inovarea tehnologică precum și cea netehnologică în corelație cu dezvoltarea activităților economice cu efecte privind reducerea impactului negativ asupra mediului înconjurător și optimizarea utilizării resurselor existente. În conformitatea cu rapoartele Observatorului European pentru Eco-Inovare, se propun obiective precum introducerea unor produse sau modificarea lor, a unor categorii de servicii, dezvoltarea proceselor și procedurilor care să conducă, fără echivoc, la reducerea continuă a utilizării resurselor și scăderea poluării cu substanțe nocive și implicit reducerea poluării asupra mediului înconjurător.

Din perspectiva consumului de apă ca resursă de bază, acest concept este fundamental de aplicat. Pe de o parte, asigurarea calității apei potabile de larg consum, furnizată prin rețelele publice de distribuție, poate reprezenta o alternativă importantă la consumul apei potabile îmbuteliate și deci la diminuarea poluării

cu ambalaje de tip PET, care sunt cel mai des utilizate în această industrie. Pe de altă parte, scăderea consumului de apă necesar fabricării acestor tipuri de ambalaje, reprezintă un alt aspect cu impact pozitiv asupra mediului înconjurător. Totodată, politicile europene de încurajare a reciclării și reutilizării ambalajelor de tip PET reprezintă o măsură complementară de sprijin în protejarea mediului înconjurător. Deasemenea, nu în ultimul rând, prin reducerea consumului apei îmbuteliate în ambalaje de tip PET, se asigură și sprijinirea sănătății consumatorilor, pentru că după cum este bine cunoscut, în anumite condiții de depozitare și utilizare, particule din materialul de tip PET pot contamina apa îmbuteliată ce urmează să fie consumată. Desigur, aceste deziderate pot fi posibile doar prin asigurarea unei ape potabile, la domiciliul utilizatorului (punctul final de distribuție) cu calități superioare celei îmbuteliate.

Soluțiile ce vizează utilizarea cartușelor filtrante în regim casnic, reprezintă alternativa facilă a consumului de apă îmbuteliată. Cu toate acestea, din studiile și cercetările efectuate asupra cartușelor filtrante uzuale, disponibile publicului de larg consum, rezultă că până și cel mai eficient cartuș filtrant (raport capacitate filtrare-preț), nu înregistrează performanțele optime, atât din perspectiva caracteristicilor mecanice ale particulelor contaminante (mărime, densitate de aglomerare, duritate, etc), cât mai ales privind capacitatea de neutralizare a unor bio-micropoluanți.

Pe cale de consecință, devinde de importanță deosebită provocarea de a identifica, analiza și utiliza materiale eco-inovative cu scopul dezvoltării unor soluții de filtrare compuse din cartușe filtrante destinate publicului larg, cu capacități superioare și cu aport în îmbunătățirea sănătății utilizatorilor.

Pentru aplicațiile de filtrare, substanțele și materialele provenite biologic, cum ar fi cheratina, celuloza, soia, chitina, mătasea, etc, sunt alternative atractive la substanțele sintetice tradiționale. Sunt ieftine, abundente în mod natural și relativ ușor de obținut.

Fibrele antibacteriene și antivirale sunt, de asemenea, esențiale pentru sănătatea publică și în mediile medicale. Spre exemplu, în timpul pandemiei actuale de COVID-19, necesitatea materialelor din fibre antivirale ieftine și ușor de produs în masă a crescut. Biopolimerii sunt în mare parte polizaharide și proteine din surse animale și vegetale, cum ar fi lână de animale, mătase de viermi de mătase, proteine de soia și porumb și celuloză de bumbac. Datorită biocompatibilității și bioactivității lor, biopolimerii sunt deja utilizați în aplicații biomedicale precum administrarea de medicamente și ingineria tisulară. În plus, în ultimii zece ani, a existat o creștere a atenției pentru aplicațiile lor de filtrare.

Pentru ca biopolimerii să fie utili în aplicațiile de filtrare, ar trebui să aibă anumite proprietăți fizice și chimice favorabile, care sunt esențiale pentru absorbția și eliminarea anumitor

contaminanți chimici sau pentru furnizarea de proprietăți bactericide sau viricide.

Așadar, cercetările efectuate în direcția dezvoltării unor filtre bazate pe biopolimeri și îmbunătățite funcțional cu diverse tipuri de fibre, au condus la posibilitatea obținerii unor reacții la contactul cu diferite tipuri de agenți poluatori chimici din apa potabilă. Cu toate acestea, există preocupări continue pentru identificarea unor materiale noi, eco-inovative care să asigure capacități de filtrare superioare în spectru larg, mecano-bio-chimic. Astfel, utilizarea unor minereuri precum roca vulcanică, reprezintă o soluție utilizată deja în filtrarea apei, dar cu anumite limitări în aria apei potabile.

O altă metodă de purificare a apei, utilizată la scară redusă și care prezintă o serie de controverse, este utilizarea ionilor de argint. În concentrații mari, acești ioni de argint pot avea efecte bactericide. Pe de altă parte însă, ei pot avea efect xenobiotic asupra celulelor corpului uman, conducând la distrugerea acestora. Pentru filtrarea apei potabile utilizând ioni de argint, se folosesc cartușe filtrante din cărbune activ, ca material suport.

Un material eco-inovativ, cu proprietăți bio-chimice naturale, este Konjacul. Acesta deja a fost utilizat în realizarea unor teste privind filtrarea apei potabile, în anumite comunități subdezvoltate unde apa consumată nu îndeplinea, nici pe departe standardele minime de securitate alimentară existente. Acest material se află în atenția cercetătorilor pentru a putea fi folosit

ca temei al dezvoltării unor soluții filtrante eficiente de utilizat la nivel global, pentru purificarea apei furnizate prin rețelele de distribuție.

3.2 Perspectivă de îmbunătățire a calității apei potabile utilizând materiale de tip eco-inovativ și dezvoltarea unui model de cartuş filtrant cu eficiență crescută

Din perspectiva posibilității realizării unui prototip de cartuş filtrant care să îndeplinească cerințele de eco-inovativitate, sustenabilitate și eficiență crescută de filtrare a apei potabile, s-a analizat utilizarea ca element principal de filtrare a biomaterialul denumit Konjac. Studiul preocupărilor asupra importanțelor beneficii aduse de utilizarea acestui material, a reprezentat un punct de plecare în stabilirea capacităților și utilității lui în scopul urmărit. De fapt, acest Konjac, sau *Amorphophallus Konjac*, este o plantă perenă care provine din Asia de Sud-Est. Este cunoscut pentru rădăcina sa tuberoasă, bogată în fibre solubile.

Această plantă este folosită frecvent în alimentație și în industria produselor naturale datorită beneficiilor sale pentru sănătate.

Propunerea utilizării acestui material a apărut ca urmare a publicării rezultatelor cercetării efectuate de către un grup aparținând Universității de Silvicultură și Agricultură Fujian.

Compozitul filtrant are la bază fibre de Konjac și microsfele de gel de Glucomannan, deoarece fibrele de Konjac pot fi folosite pentru purificarea apei, iar în același timp, microsfelele de gel Glucomannan pot fi folosite pentru filtrarea microorganismelor din apă, precum microbicidele.

Glucomannanul este un extract de Konjac și este o sursă de beta-glucan, un tip de fibre solubile cu aport semnificativ asupra sănătății umane.

Microparticulele de Glucomannan au capacitatea de a elibera treptat nutrienți în apă filtrată, care mai apoi ajung în organismul consumatorilor.

Pe de altă parte, fibrele de Konjac au și un rol nutritiv, benefic pentru sănătatea organismului, conținând elemente precum: Carbonat de Calciu, Zincsulfat, Selenit de Sodiu, Chromicolinat, Sulfat de Mangan, Sulfat de Cupru, etc .

Deși materialul bazat pe fibre de Konjac are capacitatea uimitoare de a filtra cantități mari de apă însă rafinamentul filtrării mecanice, în sensul asigurării reținerii particulelor poluante cu durități de ordinul a zeci de [GPa] și dimensiuni de până la 5 [μm], va fi posibil de obținut prin utilizarea unor elemente suplimentare, adiacente, cu rol filtrant.

În acest sens, a fost dezvoltat, la nivel de concept, un sistem filtrant al cărui model tridimensional este prezentat în figurile 3.1, 3.2 și 3.3. Acesta conține un cartuș filtrant ecoinovativ.

Sistemul de filtrare este alcătuit dintr-un capac cilindric 1 care va fi racordat la rețeaua de alimentare cu apă potabilă, în care se înșurubează corpul 2 al sistemului de filtrare, care este racordat la robinetul final al utilizatorului.

Prevenirea scurgerii apei printre suprafețele de separație se face prin etanșarea frontală între cele două componente ale carcasei, cu garnitura elastică 3.

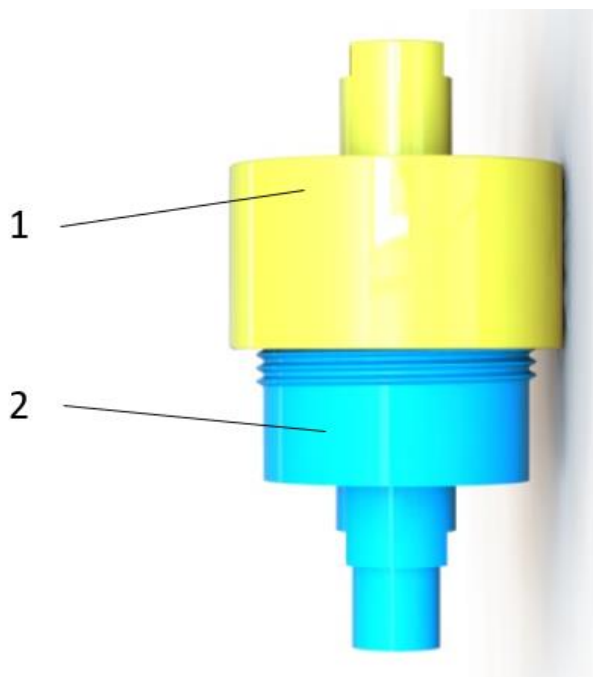


Fig. 3.1 Vedere asupra sistemului filtrant

Elementele 1 și 2 se pot obține ușor prin prototipare rapidă.

Elementul de etanșare este disponibil în comerț.

În figura 3.2 se prezintă o secțiune în detaliu prin sistemul filtrant în care se poate observa elementul de etanșare 3 dar și discurile de prefiltrare 4 și 5.

Prefiltrul 4 este o bobină de sârmă din cupru cu dimensiuni ale liței de 0,1 [mm] iar prefiltrul 5 este alcătuit din peleți de cărbune activ presat obținut din cărbune-antracit, lemn și coji de nucă de cocos, în granulație de până la 0,5 [μ m].

Pentru fabricarea prefiltrului 4 s-a prevăzut un taler suport pentru bobinare, în timp ce prefiltrul 5 se poate obține cu ușurință prin formare la rece cu ajutorul unei prese hidraulice cu forță medie de presare.

Ordinea amplasării prefiltrelor este foarte importantă deoarece prefiltrul din cupru are rolul de a efectua o filtrare primară a elementelor chimice poluatoare care nu ar putea fi filtrate de către elementul filtrant principal (Konjac).

Totodată, prefiltrul de carbon neutralizează gustul neplăcut al apei de rețea dar și ca urmare a contactului cu cuprul, realizând în același timp și o filtrare dublă a elementelor poluatoare mecanice și chimice din apa care urmează să treacă prin elementul filtrant principal.

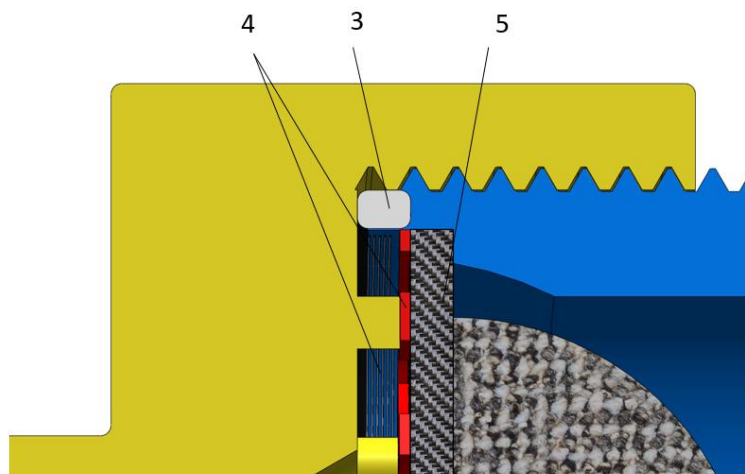


Fig. 3.2 Detaliu asupra elementelor filtrante

În figura 3.3 se poate observa forma completă și modul de amplasare a elementului filtrant principal, filtrul din Konjac 6.

Atunci când filtrul din Konjac vine în contact cu apa el se transformă în gel cu consistență crescută, astfel încât se produce o autoașezare în locașul predestinat dar și o dublă fixare a discului din carbon.

Acest lucru determină blocarea particulelor reținute de prefiltrul de carbon, care ar putea avea o tendință naturală de migrare. Inclusiv după oprirea fluxului de apă ce trece prin filtrul din Konjac, acesta eliberează microsferă de Glucomannan cu rol fundamental în capacitatea crescută de neutralizare microbiologică și chimică a agenților poluatori ai apei potabile, dar permite și

eliberearea de micronutrienți cu efecte benefice asupra sănătății utilizatorilor apei purificate cu un astfel de sistem filtrant.

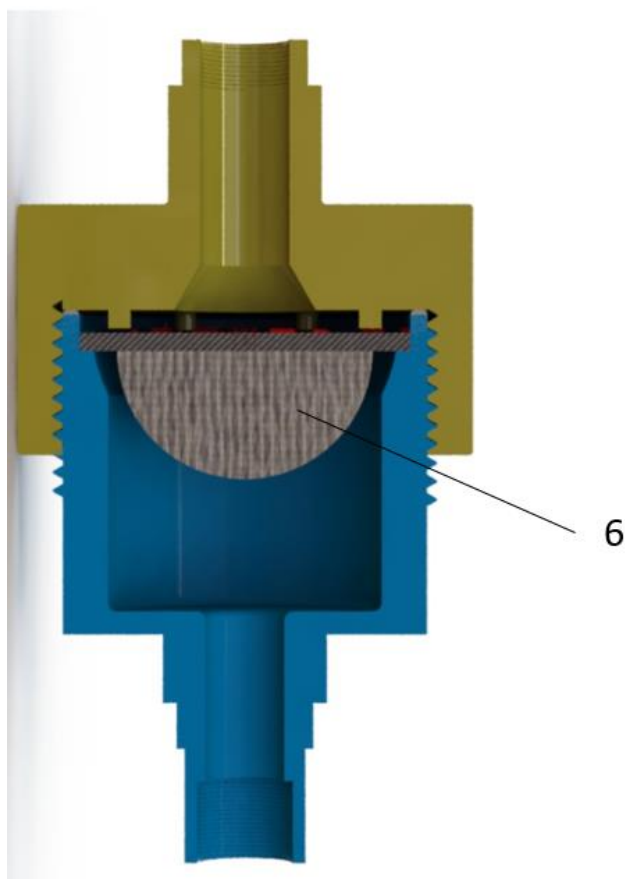


Fig 3.3 Secțiune prin sistemul filtrant

Filtrele din Konjac există pe piața de specialitate, la prețuri accesibile în raport cu alte elemente filtrante uzuale. Forma finală a unui astfel de cartuș filtrant este obținută ca urmare a unui proces destul de amplu ce presupune cultivarea plantațiilor de Konjac în condiții ideale de mediu și sol, recoltarea plantei maturate, curățări și spălări repetate, măcinare multiplă, realizarea unei paste din pulbere de Konjac și apă, realizarea în matrițe a formei finale, uscarea în condiții optime iar mai apoi ambalarea și comercializarea produsului finit. În figura 3.4 și 3.5 se pot observa exemple ale acestui produs.



Fig. 3.4 Vedere frontală elemente filtrare din Konjac

După cum se poate observa din cele două imagini, consistența finală a produsului este solidă și cu porozitate relativ crescută, dar acest aspect se va modifica în momentul utilizării lui în sistemul filtrant, în contact cu apa.

Aceste elemente filtrante sunt obținute în culori de diferite nuanțe, ca urmare a procesului de formare, dar și a densității de pulbere din pasta obținută prin procesare, înainte de uscare.



Fig. 3.5 Vedere laterală și detaliu elemente filtrante din Konjac

Următorul pas după realizarea modelului tridimensional este fabricarea pieselor componente (care nu se pot achiziționa), asamblarea lor și testarea sistemului filtrant în ansamblu.

Posibilitățile de realizare pentru un astfel de prototip sunt accesibile, nefiind necesare echipamente speciale de producție. Se va utiliza tehnica prototipării rapide, prese hidraulice, matrițe obținute tot prin prototipare, etc, după cum a fost descris anterior.

După obținerea prototipului, acesta va fi testat în condiții de laborator, pe standul de încercare utilizat și pentru sistemele filtrante comerciale (descrie în capitolul 2).

Aspecte precum posibilitatea racordării la rețea și montării pe standul experimental, utilizarea presiunii apei potabile și a volumului necesar de filtrat, în mod similar condițiilor de testare a filtrelor comerciale, au fost prevăzute în etapa de concept.

După finalizarea testărilor experimentale, elementul filtrant din Konjac va fi secționat și analizat microscopic, utilizând tehnologia AFM pentru identificarea dimensiunilor, componenței și naturii particulelor poluante reținute și compararea rezultatelor analizelor microscopice cu cele obținute prin testarea cartușelor filtrante comerciale.

Ca urmare a identificării unor rezultate superioare în termeni de eficiență de filtrare, durabilitate în funcționare și randament crescut de cost privind obținerea unui astfel de sistem filtrant, vor fi luate în considerare posibilitățile de omologare și fabricare în regim industrial, cu scopul comercializării unui astfel de sistem filtrant eco-inovativ, publicului de larg consum.

3.3 Testarea percepției consumatorilor privind importanța filtrării apei potabile și implementarea soluțiilor filtrante

Testarea atitudinii consumatorilor de apă potabilă cu privire la utilizarea filtrelor în regim casnic este un pas cu importanță crescută pentru analiza preferințelor, disponibilității pentru testare, stabilirea nivelului de conștientizare asupra importanței

utilizării filtrelor de apă potabilă, modul de cunoaștere a efectelor creșterii calității apei asupra sănătății și reducerea impactului negativ asupra mediului înconjurător. Pe de altă parte, această etapă reprezintă calea spre dezvoltarea fezabilă și sustenabilă a sistemului filtrant ecoinovativ, cu destinația finală reprezentată de implementarea pe piața de larg consum și utilizarea lui la scară largă.

Astfel, atenția a fost acordată în direcția stabilirii interesului utilizatorilor în achiziționarea sistemelor filtrante pentru apă potabilă în raport cu scăderea interesului privind consumul de apă îmbuteliată în ambalaje de tip PET. De asemenea, s-a urmărit și testarea preferințelor utilizatorilor privind consumul de apă potabilă de la rețelele publice de distribuție, prin prisma percepției asupra aspectului, gustului și mirosului și a nevoii de creștere a calității apei consumate. Iar nu în ultimul rând, deschiderea consumatorilor spre implementarea unui sistem filtrant eficient și inovativ dar și modul în care utilizatorii înțeleg importanța contribuției lor asupra scăderii risipei consumului de apă și a gradului de poluare a mediului înconjurător.

Punerea în aplicare a acestui deziderat a fost posibilă prin anchetarea unui eșantion reprezentativ de respondenți, utilizând ca instrument de lucru chestionarul. Premergător elaborării variantei finale a chestionarului, a fost realizată o pretestare a

acestui pe o pondere de aproximativ 10 % din numărul total de subiecți anchetați.

Chestionarul cuprinde un număr de 23 de întrebări, ce vizează:

- identificarea respondenților;
- preferințele și modul de consum al apei potabile;
- informarea respondenților cu privire la existența unor alternative de consum ale apei potabile îmbuteliate;
- conștientizarea respondenții cu privire la risipa de apă, dar și observarea posibilității de a considera ca alternativă achiziția filtrelor de apă pentru regimul casnic.

Sondajul a constatat în interviuarea a 226 de persoane alese aleatoriu din diferite regiuni ale țării, de toate vârstele, studiile și ocupațiile. Pentru realizarea studiului, s-a utilizat platforma “Google Forms”, iar prin aceasta a fost generat un link de accesare al chestionarului. Acesta a fost completat pe o perioadă de 6 luni.

Ipotezele care au determinat realizarea acestei cercetări și care au condus la construcția actuală a chestionarului au fost:

- ⇒ Ipoteza 1: Cel puțin jumătate dintre oamenii care au răspuns preferă să bea apă plată îmbuteliată;
- ⇒ Ipoteza 2: Mai mult de 25 % dintre oamenii care au răspuns au băut apă plată îmbuteliată de cinci ori pe săptămână;

- ⇒ Ipoteza 3: Un sfert dintre respondenți beau apă plată în cantități de doi litri;
- ⇒ Ipoteza 4: În comparație cu apa plată de la robinet, peste 50 % dintre respondenți consumă apă plată îmbuteliată în ambalaje de tip PET;
- ⇒ Ipoteza 5: Brandurile de apă potabilă care au cele mai multe achiziții sunt cele care conduc cele mai multe campanii de marketing;
- ⇒ Ipoteza 6: Majoritatea respondenților sunt de acord că apa plată îmbuteliată este mai bună decât apa de la domiciliu, deoarece are un gust mai bun, este mai limpede, nu conține impurități și brandul oferă o anumită garanție a calității;
- ⇒ Ipoteza 7: Majoritatea respondenților nu au nicio părere în ceea ce privește încrederea în calitatea apei îmbuteliate, respectiv în raportul calitate-preț ca fiind mai avantajos;
- ⇒ Ipoteza 8: Calitatea apei potabile de la domiciliu a fost evaluată în medie spre mare de minim 20 % dintre participanți;
- ⇒ Ipoteza 9: Majoritatea respondenților cred că apa de la domiciliu personal necesită îmbunătățiri în ceea ce privește calitatea;

- ⇒ Ipoteza 10: Majoritatea respondenților sunt conștienți de existența unor opțiuni alternative ale consumului de apă plată îmbuteliată;
- ⇒ Ipoteza 11: Majoritatea celor care au răspuns cred că este esențial ca filtrele pentru apă potabilă să fie durabile, să filtreze eficient impuritățile, să fie fabricate din materiale specifice, să poată fi reciclate atunci când sunt uzate, să fie realizate din anumite materiale cu caracteristici ecoinovative și să aibă un impact minim asupra mediului.
- ⇒ Ipoteza 12: Majoritatea celor care au răspuns cred că este esențial ca filtrele pentru apă potabilă să fie accesibile și reutilizabile.
- ⇒ Ipoteza 13: Majoritatea celor care au răspuns cred că există multe efecte negative asupra mediului cauzate de utilizarea continuă a ambalajelor de apă plată de tip PET;
- ⇒ Ipoteza 14: În cadrul dezvoltării durabile și al economiei circulare, cel puțin 50 % dintre respondenți sunt de părere că este imperativ să reducem cantitatea de resurse utilizate pentru acest proces;
- ⇒ Ipoteza 15: Conform majorității respondenților, utilizarea filtrelor de apă plată este o alternativă mult mai bună decât utilizarea ambalajelor de tip PET;

⇒Ipoteza 16: Pentru a proteja mediul înconjurător, majoritatea respondenților ar alege să nu mai cumpere apă îmbuteliată în ambalaje de tip PET dacă ar trebui să aleagă între a cumpăra filtre de apă pentru consum casnic sau apă plată îmbuteliată.

Cele mai relevante răspunsuri din perspectiva ecoinovativă și sustenabilă a consumului de apă sunt redate sub formă grafică în cele ce urmează.

În figura 3.6 se prezintă preferința consumatorilor de apă potabilă privind utilizarea apei de la rețeaua publică de distribuție sau achiziționării apei îmbuteliate.

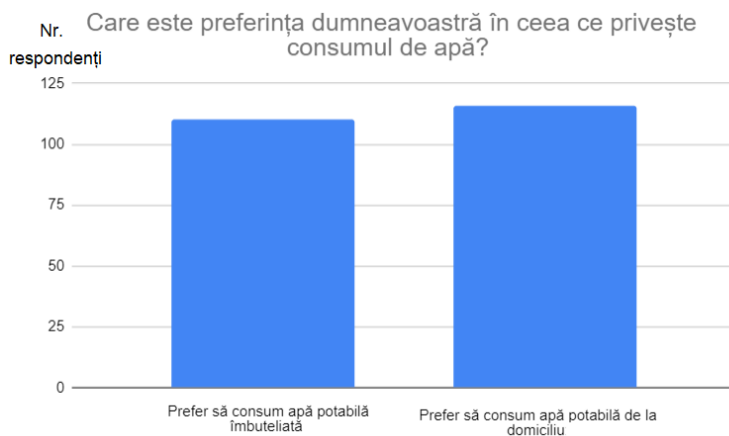


Fig. 3.6 Preferința consumatorilor privind apa potabilă

În proporție majoritară de 54 %, respectiv 121 de respondenți preferă consumul apei potabile furizate prin rețeaua publică de distribuție (la domiciliu). Acest aspect reflectă importanța creșterii calității apei potabile din această categorie.

În figura 3.7 se prezintă distribuția frecvenței consumului de apă potabilă îmbuteliată. Din analiza grafică rezultă că doar o pondere de 38 %, respectiv 85 dintre respondenți consumă apă îmbuteliată mai mult de 5 ori pe săptămână.

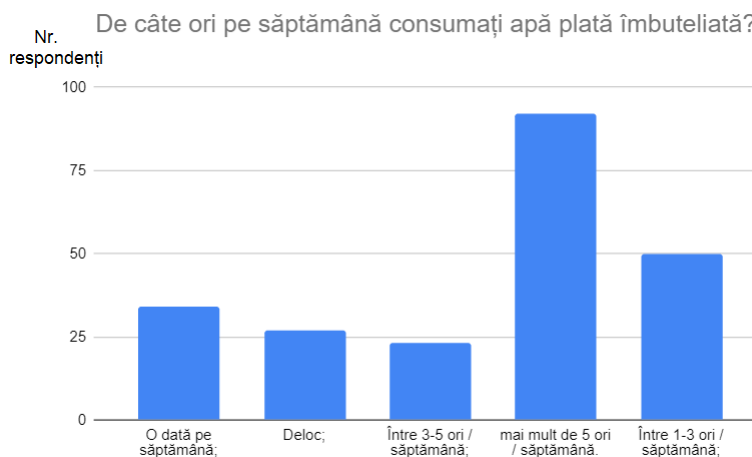


Fig. 3.7 Frecvența consumului de apă plată îmbuteliată

În continuare s-a analizat percepția subiecților intervievați privind calitatea apei potabile furnizate prin rețeaua publică de distribuție. Din reprezentarea grafică din figura 3.8 se observă că 17 % dintre aceștia au acordat nota 7 din 10 iar 22 % au

acordat nota 8 din 10 pentru calitatea apei consumate. Celelalte note de evaluare sunt distribuite în procente reduse.

Este evidențiată astfel nevoia importantă de aplicare a unor soluții de îmbunătățire a calității apei potabile provenită de la distribuitorii regionali, prin rețelele publice.

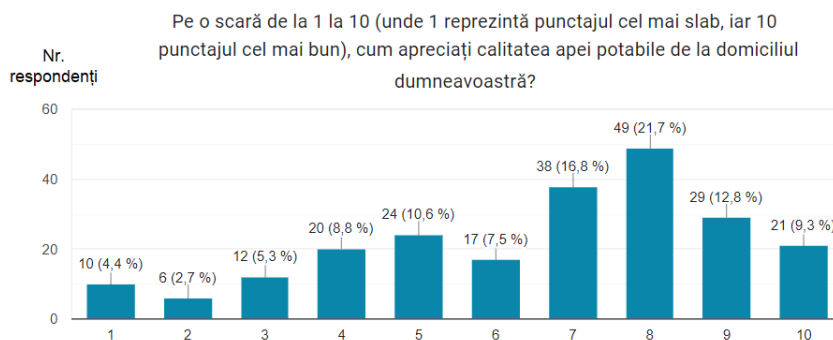


Fig. 3.8 Evaluarea calității apei potabile distribuită prin rețelele publice

În graficul din figura 3.9 este prezentată percepția respondenților privind importanța diferitelor tipuri de caracteristici specifice filtrelor de apă potabile, utilizate domestic. Se constată că cea mai importantă caracteristică o reprezintă eficiența de filtrare, urmată de durata de viață și mai apoi de prețul de achiziție și întreținere a sistemelor filtrante. Pe următoarele poziții se plasează materialul din care este confecționat cartușul sistemului filtrant (perspectiva de

ecoinovativitate a acestuia), iar mai apoi posibilitatea de reciclare a acestuia.

Filtrele pentru apa potabilă reprezintă o nouă soluție alternativă pentru consum și au rolul de a îmbunătăți calitatea apei la nivelul utilizatorului casnic.

Pornind de la aceste

informații de bază, vă rugăm să evaluați care sunt cele mai importante caracteristici pe care un filtru de apă trebuie să le conțină:

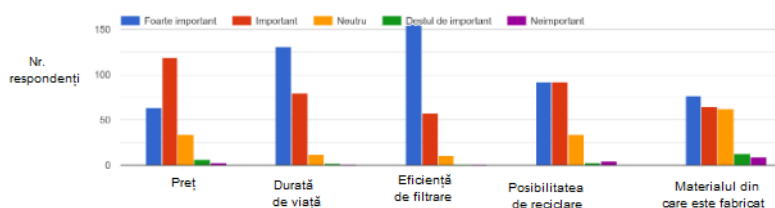


Fig. 3.9 Evaluarea importanței caracteristicilor filtrelor destinate apei potabile provenite de la rețeaua publică

Mai apoi a fost chestionată percepția respondenților asupra conștientizării relației de legătură dintre consumul apei îmbuteliate în ambalaje de tip PET și efectele negative asupra mediului înconjurător.

Rezultatele evaluării sunt prezentate în figura 3.10. Se constată că în proporție covârșitoare de 75 %, mai exact 170 din intervievați consideră că există numeroase efecte negative asupra mediului înconjurător, ca urmare a utilizării frecvente a ambalajelor de tip PET.

Acestă constatare este îmbucurătoare întrucât reflectă un nivel relativ crescut de conștientizare asupra consecințelor utilizării apei îmbuteliate în ambalaje de tip PET și justifică

îndreptarea spre consumul apei potabile calitative, cu proveniență din rețelele publice de distribuție

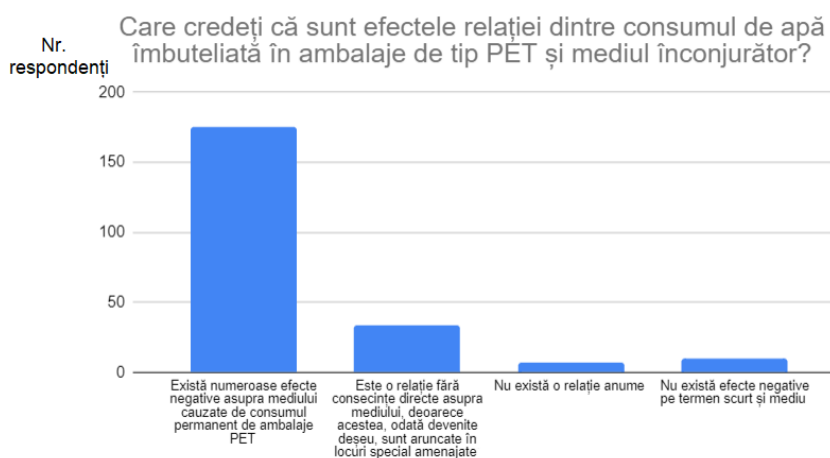


Fig. 3.10 Evaluarea gradului de conștientizare privind relația de între apa îmbuteliată în ambalaje de tip PET și mediul înconjurător

Nu în ultimul rând a fost evaluată importanța implementării filtrelor de apă potabilă, reflectată de intenția subiecților chestionați privind achiziția acestora. În figura 3.11 sunt prezentate răspunsurile grupate centralizat. Astfel, o proporție de 45 %, respectiv 102 subiecți consideră că achiziționarea și utilizarea filtrelor de apă potabilă în regim casnic, reprezintă o alternativă mai bună față de consumul apei îmbuteliate în

ambalaje de tip PET. O pondere de 37 %, respectiv 84 din respondenți consideră că aceste filtre îmbunătățesc considerabil calitatea apei potabile și utilizarea lor reprezintă o alternativă viabilă în contextul economiei circulare. În pondere de 28 %, respectiv 63 din respondenții chestionați consideră că utilizarea acestor filtre și consumul apei potabile din rețea, astfel filtrată, influențează semnificativ sănătatea și calitatea vieții consumatorilor.

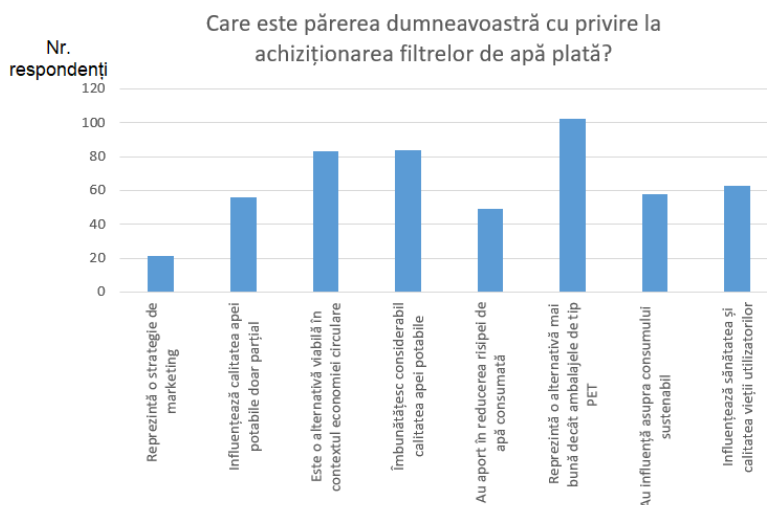


Fig. 3.11 Evaluarea importanței implementării unor sisteme filtrante pentru apa potabilă

Așadar, în contextul global al răspunsurilor ponderii majoritare a respondenților, se constată că există o deschidere

asupra achiziționării și utilizării sistemelor filtrante eficiente și ecoinovative, cu aport crescut asupra îmbunătățirii calității apei consumate.

Totodată, se înregistrează un nivel relativ ridicat de conștientizare privind efectele negative aduse de consumul apei îmbuteliate în ambalaje de tip PET dar și de efectele pozitive atrase prin consumul apei potabile furnizate prin rețelele publice de distribuție, dar filtrate în regim casnic.

Aceste concluzii reprezintă premisele favorabile realizării și implementării pe piața de larg consum, a unui sistem filtrant eficient, sustenabil, durabil și ecoinovativ.

4. Concluzii finale

Calitatea apei potabile reprezintă un subiect central de interes la nivel mondial. Multitudinea factorilor de influență care au ca rezultat diminuarea calității apei potabile, cu impact semnificativ asupra sănătății consumatorilor și poluării mediului înconjurător, conduc la necesitatea preocupării continue pentru adoptarea celor mai eficiente măsuri de îmbunătățire a calității acesteia.

Totodată, preocuparea creșterii calității apei potabile este un deziderat central în țările dezvoltate, măsurile propuse fiind reglementate prin diverse acte normative. În această direcție se aliniază și țările aflate în curs de dezvoltare.

Soluțiile administrative centrale precum construirea unor stații noi de epurare sau modernizarea celor existente, înlocuirea sistemelor de transport din componența rețelelor publice, identificarea unor metode alternative de obținere a apei potabile, au numeroase dezavantaje. Printre aceste dezavantaje se numără costurile ridicate de implementare, durata crescută a execuției lucrărilor, perturbarea mobilității urbane și periurbane, etc.

În acest sens, identificarea unor soluții alternative de îmbunătățire a calității apei potabile furnizate prin rețelele publice de distribuție și descurajarea consumului de apă îmbuteliată în ambalaje de tip PET, a determinat apariția unor echipamente facile, ușor de implementat și cu costuri relativ reduse.

Aceste soluții vizează amplasarea unor sisteme filtrante în punctul terminus de distribuție, cum ar fi domiciliul consumatorului. Sistemele de filtrare menționate au în componență cartușe filtrante consumabile, cu capacitate crescută de filtrare a apei din rețea. Cu toate acestea, până și cele mai eficiente sisteme filtrante, cu spectru de uz comun, existente pe piața generală de consum, prezintă anumite lipsuri în asigurarea înaltei calități a apei potabile.

Rezultatele cercetărilor efectuate și expuse in extenso în lucrarea de față, au condus la identificarea prin testare în condiții de laborator și analizare microscopică prin tehnologia AFM, dar și analizarea matematică a rezultatelor, a unui cartuș filtrant cu eficiență crescută față de altele similare existente în comerț.

Totuși, s-a dovedit că până și acesta prezintă carențe în filtrarea eficientă a unui volum crescut de apă, a unor densități de particule cu diferite forme de aglomerare structurală, nu îmbunătățește semnificativ gustul sau mirosul apei și cel mai important lucru, nu are capacitatea de filtrare crescută a altor tipuri de agenți poluatori în afară de particulele mecanice (precum agenți microbiologici sau chimici).

În urma concretizării acestor neajunsuri, subiectul central de orientare a cercetărilor a devenit identificarea unor soluții cu eficiență crescută de filtrare, care să prezinte caracteristici de ecoinovare și care să combată neajunsurile sistemelor filtrante uzuale existente în prezent.

Astfel, s-a analizat și propus spre dezvoltare un sistem filtrant nou, cu un cartuș filtrant complex, bazat pe materiale ecoinovative, care oferă nu doar posibilitatea utilizării lui pe o perioadă mult mai îndelungată de timp și implicit reducerea semnificativă a costurilor de înlocuire frecventă a cartușelor filtrante, ci și un aport crescut asupra sănătății consumatorilor apei potabile din rețea, astfel filtrate. Mai mult, acesta are capacitatea filtrării microorganismelor biologice și a agenților chimici cu potențial crescut în contaminarea apei potabile.

Totodată, compoziția structurală a acestui sistem filtrant permite eliberarea treptată a unor elemente necesare organismului uman și care au aport ridicat asupra stării de sănătate. În plus, creșterea semnificativă a calității apei potabile de rețea, pe lângă numeroasele beneficii amintite, are ca dublu efect descurajarea achiziționării apei potabile îmbuteliate în ambalaje de tip PET.

Acest lucru atrage implicit după sine reducerea risipei consumului de apă necesar fabricării acestor ambalaje dar și a resurselor folosite pentru reciclare și a impactului devastator al acestor ambalaje asupra mediului înconjurător. Nu în ultimul rând, implementarea unei soluții de filtrare cu capacități superioare, facile tuturor utilizatorilor, are aport semnificativ și în sens economic asupra bugetului fiecărui consumator, prin reducerea costurilor de înlocuire frecventă a cartușelor filtrante uzuale existente sau achiziționării regulate a apei îmbuteliate.

Testarea fezabilității fabricării industriale a unui sistem filtrant nou, eficient, durabil, sustenabil și ecoinovativ, a fost realizată prin evaluarea percepției consumatorilor asupra importanței achiziționării și utilizării filtrelor destinate apei potabile.

Evaluarea a fost posibilă prin aplicarea metodei anchetei asupra unui eșantion reprezentativ de subiecți intervievați, din diferite zone ale țării și diverse categorii de vârstă, sociale, etc.

Constatările înregistrate ca urmare a centralizării rezultatelor chestionarelor aplicate, sunt îmbucurătoare. Majoritatea respondenților și-au manifestat interesul pentru utilizarea sistemelor filtrante eficiente, conștientizând necesitatea și importanța creșterii calității apei potabile consumate. Totodată, aceștia înțeleg efectele pozitive ale consumului de apă filtrată asupra sănătății consumatorilor dar și efectele negative asupra mediului înconjurător, aduse de achiziționarea și consumul apei îmbuteliate în ambalaje de tip PET.

Impactul înțelegerii importanței utilizării sistemelor filtrante destinate apei potabile consumate în regim casnic, reprezintă perspectivele fundamentale necesare continuării cercetărilor în domeniul dezvoltării unor soluții filtrante noi, eficiente, durabile, sustenabile și ecoinovative, dar mai ales implementarea acestora în rândul publicului de larg consum.

Continuarea cercetărilor efectuate până în prezent presupune testarea riguroasă a sistemului filtrant conceput și fabricat ca prototip, în condițiile de laborator existente, analiza comparată a

rezultatelor obținute, certificarea, identificarea celei mai viabile
căi de fabricare industrială a sistemului de filtrare dezvoltat și
comercializarea acestuia utilizatorilor pe scară largă.

Bibliografie

1. Statista- Clean waters score in Europe as of 2022, by select country, <https://www.statista.com/statistics/1203428/clean-water-index-europe-by-select-country/>.
2. Gleick, P. H., Water resources, In Encyclopedia of Climate and Weather, edited by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, 1996, vol. 2, pp.817-823.
3. Boboș, G., Buzdugan, C., Rebreanu, V., Teoria generală a statului și dreptului, Editura Argonaut, Cluj-Napoca, 2009, pp. 47-48.
4. Munteanu, R., Drept European. Evoluție – Instituții. Ordine juridică, Editura Oscar Print, București, 1996, p. 279.
5. Tipuri de acte juridice ale UE, https://commission.europa.eu/law/law-making-process/types-eu-law_ro .
6. OECD Principles on Water Governance, <https://www.oecd.org/cfe/regional-policy/OECD-Principles-on-Water-Governance-brochure.pdf>
7. Types of EU Law, https://commission.europa.eu/law/law-making-process/types-eu-law_en .
8. Ministerul Investițiilor și Proiectelor Europene, Comunicat de presă, <https://mfe.gov.ro/18-milioane-de-romani-conectati-la-reteaua-de-apa-si-canalizare-prin-programul-operational-infrastructura-mare-investitiile-pregatite-din-fonduri-europene-pentru-urmatorii-ani/>

9. Sisteme de filtrare-ionizare, <http://www.topfiltreapa.ro/ionizatoare-de-apa/filtre/sistem-de-filtrare-%E2%80%93-ionizare-purepro-pj-%E2%80%93-103/PJ-103> .
10. Bhukumuzi P. Gumbi, Leon J. Khoza, Nokwanda Hendricks, Gbadebo C. Adeyinka, Pinkie Ntola, Siyabonga S. Ndlela, Patrick G. Ndungu, Detection of emerging disinfection by-products by reversed-phase ion-pair chromatography electrospray-ionization mass spectrometry in drinking water, *International Journal of Mass Spectrometry*, Volume 496, 2024, 117186, ISSN 1387-3806, <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2023.117186>.
11. Amin Tabatabaeefar, Chad Penn, Dominique Claveau-Mallet, Nitrogen and phosphorus removal by reactive filter as a tertiary treatment unit for isolated houses with high alkalinity groundwater source, *Journal of Water Process Engineering*, Volume 62, 2024, 105319, ISSN 2214-7144, <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105319>.
12. Hongjiao Chen, Bin Hui, Flexible NiFeP@filter paper electrode for alkaline overall water electrosplitting, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 51, Part B, 2024, Pages 615-623, ISSN 0360-3199, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.08.279>.
13. Lauri Järvinen, Pietari Puranen, Vesa Ruuskanen, Antti Kosonen, Pertti Kauranen, Jero Ahola, Christodoulos

- Chatzichristodoulou, Experimental study of alkaline water electrolyzer performance and frequency behavior under high frequency dynamic operation, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 67, 2024, Pages 50-61, ISSN 0360-3199, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.04.093>.
14. Senan F. Amireh, Niels N. Heineman, Paul Vermeulen, Rodrigo Lira Garcia Barros, Dongsheng Yang, John van der Schaaf, Matheus T. de Groot, Impact of power supply fluctuation and part load operation on the efficiency of alkaline water electrolysis, *Journal of Power Sources*, Volume 560, 2023, 232629, ISSN 0378-7753, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2023.232629>.
 15. Tatiana Prado, Antônio de Castro Bruni, Mikaela Renata Funada Barbosa, Suzi Cristina Garcia, Luisa Zanolli Moreno, Maria Inês Zanolli Sato, Noroviruses in raw sewage, secondary effluents and reclaimed water produced by sand-anthracite filters and membrane bioreactor/reverse osmosis system, *Science of The Total Environment*, Volume 646, 2019, Pages 427-437, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.301>.
 16. Dhaval Patel, Anurag Mudgal, Vivek Patel, Jatin Patel, Kiho Park, Philp Davies, Nirajan Dhakal, Exergy analysis for enhanced performance of integrated batch reverse osmosis – Forward osmosis system for brackish water

treatment, *Desalination*, Volume 580, 2024, 117548, ISSN 0011-9164, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2024.117548>.

17. Fatemeh Zirrahi, Mahdi Hadi, Ramin Nabizadeh Nodehi, Esfandiar Ghordouei Milan, Parnia Bashardoust, Samaneh Abolli, Mahmood Alimohammadi, A systematic review on the investigation of optimal operating conditions of the reverse osmosis process in nitrate removal from drinking water, *Results in Engineering*, Volume 21, 2024, 101947, ISSN 2590-1230, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101947>.
18. Mohammed A. Alhussaini, Bianca M. Souza-Chaves, Varinia Felix, Andrea Achilli, Comparative analysis of reverse osmosis and nanofiltration for the removal of dissolved contaminants in water reuse applications, *Desalination*, 2024, 117822, ISSN 0011-9164, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2024.117822>.
19. Reem Shaheen, Edit Cséfalvay, The effect of pretreatment and the operating temperature on reverse osmosis in make-up water preparation, *Water Resources and Industry*, Volume 31, 2024, 100244, ISSN 2212-3717, <https://doi.org/10.1016/j.wri.2024.100244>.
20. Alim, M.A.; AliAshraf, A.F.M.; Rahman, A.; Tao, Z.; Roy, R.; Khan, M.M.; Shirin, S. Experimental investigation of an integrated rainwater harvesting unit for drinking water

- production at the household level. *J. Water Process. Eng.* 2021, 44, 102318.
21. Zhai, Y.; Liu, G.; van der Meer, W.G. One-step reverse osmosis based on riverbank filtration for future drinking water purification. *Engineering* 2021, in press.
 22. Shafiquzzaman, M. Effect of pre-aeration on the removal of arsenic and iron from natural groundwater in household based ceramic filters. *J. Environ. Manag.* 2021, 291, 112681.
 23. Afkhami, A.; Marotta, M.; Dixon, D.; Ternan, N.G.; Montoya-Jaramillo, L.J.; Hincapie, M.; Galeano, L.; Fernandez-Ibanez, P.;
 24. Dunlop, P.S. Assessment of low-cost cartridge filters for implementation in household drinking water treatment systems. *J. Water Process Eng.* 2021, 39, 101710.
 25. Crişan, H.-G.; Şerdean, F.; Bîrleanu, C.; Pustan, M.; Crişan, O.-A. An Efficient Method for Testing the Quality of Drinking-Water Filters Used for Home Necessities. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 4085. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074085>.
 26. Crişan OA, Bîrleanu C, Crişan HG, Pustan M, Merie V, Şerdean F. Eco-Innovation Analyses in the Management of Drinking Water Provided by the Main Suppliers in Romania. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jun

- 9;18(12):6232. doi: 10.3390/ijerph18126232. PMID: 34207608; PMCID: PMC8296045.
27. Crisan, Horea & Crişan, O & Pustan, M. & Corina, Birleanu & Merie, Violeta. (2020). Microscopic testing and analysis of drinking water filters after the final life cycle, using an experimental stand. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 724. 012036. 10.1088/1757-899X/724/1/012036.
 28. Crişan, Oana-Adriana & Pustan, M. & Corina, Birleanu & Tiuc, Ancuta Elena & Sur, Ioana & Crisan, Horea & Şerdean, Florina & Flămînd, Lazăr & Rusu, Tiberiu. (2020). "Qualitative analysis of filters for the mechanical nanofiltration of household drinking water ". Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia. 65. 253-266. 10.24193/subbchem.2020.1.20.
 29. Crişan, H.G., Şerdean, F., Covaciu, F., Bîrleanu, C., Pustan, M., Crişan, O.A. (2024). Testing the Quality of Filtered Drinking Water and Developing Technical Solutions to Improve It. In: Moldovan, L., Gligor, A. (eds) The 17th International Conference Interdisciplinarity in Engineering. Inter-ENG 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 928. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-54671-6_20
 30. Bellitto, Victor, Atomic Force Microscopy Imaging, Measuring and Manipulating Surfaces at the Atomic Scale,

Chapter 2: Atomic Force Microscopy in Optical Imaging and Characterization, Intech Open, 2012.

31. Blunt, L., Jiang, X., Advanced techniques for assessment surface topography. Development of a basis for 3D surface texture standards “Surfstand”, ISBN 1903996112, Butterworth-Heinemann Publisher, 2003.
32. Yang, Fuqian, Li, C.M. James, Micro and Nano Mechanical Testing of Materials and Devices, Springer Science and Business Media, LLC, pp. 2-42, 2008.
33. Gleick, P. H., Water resources, In Encyclopedia of Climate and Weather, edited by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, 1996, vol. 2, pp.817-823.
34. European Environment Agency, Use of freshwater resources, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/use-of-freshwater-resources-2/assessment-2>.
35. Voulvoulis, N., Arpon, K.D., Giakoumis, T., The EU Water Framework Directive: From great expectations to problems with implementation, Elsevier, Journal of Science of the Total Environment, pp. 358-366, 2017.
36. Wu, Hao-Hsuan & Brillson, Leonard & Lu, Wu. Angle-Resolved X-Ray Photoemission Spectroscopy of Self-Assembled Polymer Films on AlGaIn/GaN Field Effect Transistors.

37. Legea Apelor nr. 107/1996, republicată în Monitorul Oficial nr. 244 din 8 aprilie 2004, cu modificările și completările ulterioare.
38. 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.
39. Water Governance, Principles on Water Governance, 2018, <https://www.oecd.org/cfe/regional-policy/OECD-Principles-on-Water-Governance-brochure.pdf>.
40. Briggs G and Briscoe B 1977 The effect of surface topography on the adhesion of elastic solids J. of Phys. - Appl Phys. D 10 (18) 2453.
41. Howe K H, Hand D W, Crittenden J C, Trussel R R and Tchobanoglous G 2012 Water Treatment: Principles and Design – 1st Ed. (Wiley) 321.
42. Gray N F 2010 Water Technology IWA Edition: An Introduction for Environmental Scientists and Engineers – 3rd Ed. (IWA Publishing).
43. Lobontiu N and Garcia E 2004 Mechanics of Microelectromechanical Systems (Springer-Verlag, New York)
44. XEI Software Manual, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://core.s.research.asu.edu/sites/default/files/2020-08/XEIManual_1_8_0_0.pdf

45. Chicot, D., Yetna N'Jock, M., et. al., A contact area function for Berkovich nanoindentation: Application to hardness determination of a TiHfCN thin film, *Thin Solid Film* 558, 259-266, 2014.
46. Cao, D., Song, Y., et. al., Advances in Atomic Force Microscopy: Weakly Perturbative Imaging of the Interfacial Water, *Frontiers-Front. Chem.* (7) 12, 626, 2019.
47. Song, Y., Huang, D., et. All., Physicochemical and Structural Properties of Gluten-Konjac glucomannan Conjugates Prepared by Maillard Reaction, *Polymers* 15(3), 631, 2023.
48. Muttill, N., Jagadeesan, S., et. Al. Production, Types, and Applications of Activated Carbon Derived from Waste Tyres: An Overview, *Applied Sciences MDPI* 13(1). 257, 2023.
49. Devesh U. Kapoor, Himanshu Sharma, Rahul Maheshwari, Ashutosh Pareek, Mansi Gaur, Bhupendra G. Prajapati, Guillermo R. Castro, Kasitpong Thanawuth, Supakij Suttiruengwong, Pornsak Sriamornsak, Konjac glucomannan: A comprehensive review of its extraction, health benefits, and pharmaceutical applications, *Carbohydrate Polymers*, Volume 339, 2024, 122266, ISSN 0144-8617, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122266>.
50. Jiaming Qin, Man Xiao, Shuangshuang Wang, Chun Peng, Xiaohe Wu, Fatang Jiang, Effect of drying temperature on microstructural, mechanical, and water barrier properties of konjac glucomannan/agar film produced at industrial scale,

LWT, Volume 173, 2023, 114275, ISSN 0023-6438,
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114275>.

51. Christopher Schulz, Lukas J. Wolf, Julia Martin-Ortega, Klaus Glenk, Maarten Gischler, Valuing water: A global survey of the values that underpin water decisions, Environmental Science & Policy, Volume 153, 2024, 103685, ISSN 1462-9011,
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103685>.
52. Melissa Haeffner, Douglas Jackson-Smith, Matthew J. Barnett, Categorizing relative water use perception bias using household surveys and monthly water bills, Journal of Environmental Management, Volume 334, 2023, 117443, ISSN 0301-4797,
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117443>.
53. Chiradip Chatterjee, Russell Triplett, Chung-Ping A. Loh, Christopher K. Johnson, Consumer perception and information in a model of household water usage: The case of jacksonville, FL, Water Resources and Economics, Volume 39, 2022, 100207, ISSN 2212-4284,
<https://doi.org/10.1016/j.wre.2022.100207>.