



Școala doctorală INGINERIE MECANICĂ ȘI MECATRONICĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

(rezumat extins – limba română)

Autor:

**Drd. Ing. DUMITRESCU-TIVIG (FARCAȘ-
FLAMAROPOL) G. DANA-CLAUDIA**

Conducător de doctorat:

Prof. univ. emerit dr. ing. IATAN I. RADU

București 2025



**UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚE ȘI TEHNOLOGIE
POLITEHNICA BUCUREȘTI**

Școala doctorală INGINERIE MECANICĂ ȘI MECATRONICĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

***"CERCETĂRI TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND DESHIDRATAREA
NĂMOLURILOR INDUSTRIALE CU SITE PLANE, VIBRATOARE "***

***" THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE DEHYDRATION OF
INDUSTRIAL SLUDGES USING FLAT, VIBRATING SCREENS "***

Conducător de doctorat:

Prof. univ. emerit dr. ing. IATAN I. RADU

Doctorand:

**DUMITRESCU-TIVIG (FARCAȘ-
FLAMAROPOL) G. DANA-CLAUDIA**

București 2025

**UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI
TEHNOLOGIE POLITEHNICA BUCUREȘTI**

Școala doctorală INGINERIE MECANICĂ ȘI MECATRONICĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

(rezumat limba română)

C U P R I N S

Tematica	Pag.
COPERTA FAȚĂ	2
COPERTA INTERIOARĂ	3
Cuvânt înainte.....	8
Introducere	9
C A P I T O L U L 1. Stadiul actual al deshidratării nămolului și al utilizării practice.....	10
1. 1. Istoria privind colectarea și depozitarea nămolului.....	10
1. 2. Deșeuri biodegradabile.....	10
1. 3. Gestionarea nămolurilor de epurare.....	11
1. 3. 1. Procedee de tratarea nămolurilor. Aspecte generale.....	11
1. 3. 2. Formarea nămolurilor.....	11
1. 3. 3. Clasificarea nămolurilor.....	-
1. 3. 4. Caracteristici ale nămolurilor.....	12
1. 3. 4. 1. Caracteristici fizico-chimice al nămolurilor.....	12
1.3.4.2. Caracteristici biologice și bacteriologice ale nămolului.....	13
1.4. Cadrul instituțional și legislative privind producerea și gestionarea nămolurilor.....	13
1. 5. Eliminarea și valorificarea nămolurilor de epurare din perspectiva economiei circulare.....	13
1. 5. 1. Utilizarea nămolului în construcții și material.....	13
1. 5. 2. Recuperarea resurselor materiale din nămolul de epurare.....	-
1. 5. 3. Utilizarea în industria farmaceutică și cosmetic.....	-
1. 5. 4. Utilizarea nămolului în agricultură.....	14
1. 5. 5. Utilizarea nămolului în producția de energie.....	14
1. 5. 5. 1. Incinerarea nămolului pentru producerea de energie.....	-
1. 5. 5. 2. Utilizarea în producția de biogaz.....	-
1. 5. 5. 3. Co-incinerarea nămolului.....	14
1.6. Obiectivele tezei.....	15
C A P I T O L U L 2. Procese specifice de deshidratare a nămolurilor	16
2. 1. Introducere. Provocările deshidratării nămolului de epurare.....	-
2. 2. Procese de tratare a nămolului.....	16
2. 3. Deshidratarea nămolului.....	16
2. 3. 1. Procese mecanice de deshidratare.....	17
2. 3. 1. 1. Presarea cu filtre.....	17
2. 3. 1. 2. Centrifugarea.....	18
2. 3. 1. 3. Tehnologia dewatering.....	-
2. 3. 2. Alte procese de deshidratare.....	18
2. 3. 2. 1. Electro-deshidratarea.....	18
2. 3. 2. 2. Deshidratarea ultrasunete.....	-
2. 3. 2. 3. Deshidratarea prin plasmă.....	-
2. 4. Uscarea nămolului.....	-
2. 4. 1. Uscarea naturală pe paturi de iscare și lagune.....	19
2. 4. 2. Uscarea termică.....	20
2. 4. 3. Uscarea prin microunde.....	-

CAPITOLUL 3. Echipamente specifice pentru deshidratarea nămolurilor	21
3. 1. Factorii tehnici și economici care influențează selectarea echipamentelor pentru deshidratarea nămolurilor.....	-
3. 2. Deshidratarea mecanică.....	21
3. 2. 1. Filtre presă pentru deshidratarea nămolului.....	21
3. 2. 2. Filtre presă cu bandă.....	21
3. 2. 3. Filtru presă cu șurub.....	22
3. 2. 4. Presă rotativă.....	-
3. 2. 5. Centrifuge.....	22
3. 2. 5. 1. Centrifuga orizontală cu melc rotativ.....	22
3. 2. 5. 2. Deshidratarea nămolului prin flotație cu aer dizolvat.....	23
3. 2. 6. Deshidratarea mecanică pe vacuum – filtre.....	-
3. 3. Echipamente termice.....	23
3. 3. 1. Uscătoare cu tambur rotativ.....	23
3. 3. 2. Uscătoare cu pat fluidizat.....	23
3. 4. Echipamente hibride.....	23
CAPITOLUL 4. Procese de separare granulometrică și echipamente utilizate.....	25
4. 1. Principiile separării granometrice.....	-
4. 2. Fundamentele teoretice ale cernerii particulelor.....	-
4. 3. Factorii care influențează procesul de cernere.....	25
4. 4. Tipuri de site.....	-
4. 5. Probabilitatea de trecere a unor granule prin ochiurile unei site.....	25
4. 5. 1. Modele probabilistice pentru trecerea particulelor prin site.....	25
4. 5. 2. Probabilitatea de trecere a unei granule prin ochiurile unei site cu găuri circulare.....	26
4. 5. 3. Probabilitatea de trecere a unei granule prin ochiurile unei site cu ochiuri pătrate.....	27
4. 6. Randamentul de sortare.....	27
4. 7. Ciururi vibratoare.....	28
4. 7. 1. Tipuri constructive de ciururi.....	28
4. 7. 2. Situațiile în care se află particulele pe o suprafață orizontală cu mișcare vibratoare, oscilantă.....	28
4. 7. 3. Variația regimurilor de mișcare a granulelor cu salt pe site.....	-
4. 7. 4. Ciurul vibrator bsonic.....	29
4. 7. 5. Ciurul cu mișcare de ruluu.....	29
4. 7. 6. Ciururi vibratoare giraționale.....	-
4. 7. 7. Ciururi vibratoare inerțiale cu oscilații circulare.....	30
CAPITOLUL 5. Cercetări experimentale privind deshidratarea nămolului, în vederea utilizării practice.....	31
5. 1. Analiza granulometrică.....	31
5. 1. 1. Aparare și echipamente utilizate.....	-
5. 1. 2. Desfășurarea experimentului.....	-
5. 1. 3. Interpretarea rezultatelor.....	31
5. 2. Deshidratarea nămolului prin cernere.....	31
5. 2. 1. Generalități.....	-
5. 2. 2. Aparare utilizate la experimentare.....	31
5. 2. 3. Desfășurarea experimentului.....	32

5. 2. 4. Unghiul de taluz natural.....	-
5. 2. 5. Prelucrarea datelor experimentale.....	-
5. 2. 5. 1. Matricea corelațiilor între parametri experimentelor.....	-
5. 2. 5. 2. Analiza împrăștierii datelor.....	-
5. 2. 6. Interpretarea datelor experimentale.....	32
5. 2. 6. 1. Analiza variației deshidratării.....	-
5. 2. 6. 2. Analiza variației deshidratării relative.....	33
5. 2. 6. 3. Analiza variației puterii consumate pentru procesarea șarjei	-
5. 2. 6. 4. Analiza variației energiei consumate pentru procesarea șarjei.....	34
5. 2. 6. 5. Analiza factorului de eficiență energetică în raport cu deshidratarea.....	-
5. 2. 6. 6. Concluzii.....	-
5. 3. Deshidratarea prin presare.....	34
5. 3. 1. Generalități.....	-
5. 3. 2. Analiza comparativă a deshidratării nămolului prin presare și prin cernere.....	34
5. 3. 3. Structura experimentului.....	35
5. 3. 3. 1. Aparatura și accesorii utilizate pe parcursul experimentului....	35
5. 3. 3. 2. Materii prime folosite pentru obținerea materialelor composite cu matrice din nămol.....	35
5. 3. 3. 3. Etapele de lucru ale experimentului.....	36
5. 3. 3. 3. 1. Deshidratarea nămolului prin presare.....	36
5. 3. 3. 3. 2. Desfășurare experiment – obținere eșantioane de material composite cu matrice de nămol și inserție de coji de semințe/rumeguș.....	36
5. 3. 3. 4. Prelucrarea datelor experimentale.....	36
5. 3. 3. 4. 1. Analiza deshidratării nămolului.....	37
5. 3. 3. 4. 2. Prelucrarea datelor experimentale pentru materialul compozit cu matrice de nămol și inserție din coji de semințe.....	-
5. 3. 3. 4. 3. Prelucrarea datelor experimentale pentru materialul compozit cu matrice de nămol și inserție de rumeguș.....	-
5. 3. 3. 5. Comportamentul materialelor compozite obținute în timp în condiții standard de depozitare.....	37
5. 3. 3. 6. Proprietăți mecano – termice ale materialelor compozite obținute.....	38
5. 3. 3. 6. 1. Proprietăți termice.....	38
5. 3. 3. 6. 2. Proprietăți mecanice.....	39
5. 4. Concluzii.....	40
CAPITOLUL 6. Concluzii. Contribuții proprii. Perspective	42
6. 1. Concluzii.....	42
6. 2. Contribuții proprii.....	42
6. 2. 1. Aspecte cu caracter teoretic.....	42
6. 2. 1. 1. Studiu de literatură.....	42
6. 2. 1. 2. Cercetări teoretice proprii.....	43

6. 2. 2. Aspecte cu caracter experimental.....	43
6. 3. Perspective.....	44
Listă cu lucrări.....	45
Bibliografie generală.....	47

CUVÂNT ÎNAINTE

Elaborarea prezentei teze de doctorat reprezintă rezultatul unui proces de cercetare aprofundată desfășurat în cadrul Școlii Doctorale a Facultății de Inginerie Mecanică și Mecatronică, Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București, sub egida Departamentului Echipamente pentru Procese Industriale. Activitatea desfășurată de-a lungul acestei perioade a presupus nu doar efort intelectual susținut, ci și o continuă dezvoltare profesională și personală.

Îmi exprim profunda apreciere față de Domnul Profesor universitar emerit dr. ing. **Radu I. IATAN**, conducătorul științific al acestei teze, pentru îndrumarea competentă, viziunea academică și sprijinul constant oferit în toate etapele cercetării. Exigența domniei sale, însoțită de o generozitate intelectuală remarcabilă, a fost esențială în conturarea direcțiilor de studiu și în finalizarea acestei lucrări.

Încercările mecanice efectuate în cadrul Laboratorului de Încercări pentru Materiale de Construcții al Facultății de Construcții, sub îndrumarea și supravegherea domnului prof. dr. ing. **Dorinel Voinitchi**, au avut un rol central în dezvoltarea acestei teze. Doresc să îi mulțumesc cu recunoștință pentru sprijinul constant, profesionalismul și deschiderea de care a dat dovadă pe tot parcursul activităților experimentale.

Îndrumarea științifică, observațiile pertinente și susținerea constantă a Comisiei Doctorale de îndrumare – formată din domnul prof. univ. dr. ing. **Ion Durbacă**, doamna conf. univ. dr. ing. **Iuliana Marilena Prodea** și domnișoara șef lucr. dr. ing. **Georgiana Luminița Enăchescu** – au fost elemente esențiale în evoluția acestei lucrări. Le adresez pe această cale sincere mulțumiri pentru timpul acordat și pentru contribuția valoroasă la consolidarea conținutului științific al tezei.

Un sprijin deosebit a fost oferit de cercetătorul gr. II **Petru Cârdei** din cadrul Institutului Național de Mașini Agricole, al cărui profesionalism și implicare în procesul de cercetare au contribuit semnificativ la reușita acestei lucrări. De asemenea, țin să adresez mulțumiri doamnei conf. univ. dr. ing. **Nicoleta Sporea**, director al Departamentului Echipamente pentru Procese Industriale, pentru deschiderea și sprijinul constant oferit în realizarea proiectului doctoral.

Nu în ultimul rând, îmi exprim întreaga mea recunoștință familiei mele, care m-a susținut necondiționat pe tot parcursul acestei etape. Răbdarea, înțelegerea și încurajarea lor permanentă au fost esențiale pentru a putea duce la bun sfârșit această muncă.

Lucrarea de față este dedicată, cu profundă recunoștință și respect, tuturor celor care au făcut posibilă realizarea acesteia.

Autoarea

INTRODUCERE

Lucrarea tratează în mod complex problematica nămolurilor de epurare, oferind o analiză teoretică amplă în primele patru capitole, urmată de o componentă aplicativă și experimentală în capitolul al cincilea. Capitolele 1–4 oferă o bază solidă privind evoluția istorică și legislativă a gestionării apelor uzate, clasificarea și caracteristicile fizico-chimice ale nămolurilor, precum și descrierea detaliată a procedeele tehnologice utilizate în tratarea acestora – de la fermentare și deshidratare până la metode moderne de valorificare precum compostarea sau incinerarea. Este analizată și corelarea strategiilor de tratare cu compoziția nămolurilor, în contextul obiectivelor de mediu și al tranziției către o economie circulară.

Capitolul 5 constituie partea aplicativă a lucrării, incluzând cercetări experimentale realizate într-un cadru controlat. Sunt prezentate instalațiile utilizate, metodologia de lucru, precum și rezultatele obținute privind eficiența separării particulelor și comportamentul nămolului în diferite condiții de tratare. În concluzie, lucrarea oferă atât o contribuție teoretică riguroasă, cât și propuneri practice relevante pentru optimizarea proceselor de tratare și valorificare sustenabilă a nămolurilor de epurare.

În final, sunt formulate concluzii și contribuții originale privind optimizarea proceselor de epurare și direcțiile de cercetare viitoare.

CAPITOLUL 1

STADIUL ACTUAL AL DESHIDRATĂRII NĂMOLULUI ȘI AL UTILIZĂRII PRACTICE

1. 1. Istoric privind colectarea și depozitarea nămolurilor

Colectarea și depozitarea nămolurilor au o istorie îndelungată, având rădăcini adânci în civilizațiile antice și în evoluția tehnicilor de gestionare a deșeurilor. În prezent, colectarea și depozitarea nămolurilor sunt aspecte esențiale ale gestionării apelor uzate și ale deșeurilor în comunitățile din întreaga lume. Standardele de mediu și reglementările guvernamentale au devenit tot mai stricte în ceea ce privește tratarea și eliminarea corectă a acestor materiale, pentru a minimiza impactul asupra mediului și al sănătății publice.

Primele stații de epurare a apelor uzate au început să fie dezvoltate în secolul al XIX-lea, odată cu creșterea nevoii de gestionare a poluării din ce în ce mai accentuate datorată urbanizării și industrializării rapide. Unul dintre primele exemple documentate de stații de epurare a apelor uzate este sistemul de canalizare conceput de Sir Joseph Bazalgette pentru Londra, în anii 1850. Acest sistem era destinat să trateze și să transporte apele uzate departe de zona urbană, descărcându-le în estuarul Tamisei. Un alt exemplu timpuriu este stația de epurare din Frankfurt pe Main, Germania, care a fost inaugurată în 1866. Aceasta utilizase metode primare de sedimentare pentru a curăța apele uzate înainte de a le deversa înapoi în râu, conform lucrării [7].

Un moment important în gestionarea apei și a deșeurilor în România l-a constituit prima stație de epurare, construită în 1912 la Timișoara, aproape de podul Modoș. Ea era conectată la o rețea de canalizare și funcționa fără pompe, pe principiul gravitațional, precizat de lucrarea [8].

1. 2. Deșeuri biodegradabile

Principalele categorii de deșeuri includ elementele ilustrate de lucrările [9, 10]:

- *Deșeuri municipale*: deșeuri din gospodărie, precum și alte deșeuri similare din comerț, industrie și instituții.
- *Deșeuri industriale*: substanțele provenite din procese industriale sau de producție.
- *Deșeuri periculoase*: produse care conțin substanțe periculoase și care pot prezenta riscuri serioase pentru sănătatea umană sau mediu.
- *Deșeuri biodegradabile*: produse care se pot descompune natural, provenite din surse organice, cum ar fi resturi alimentare și produse de grădină.

În 2015, Uniunea Europeană a implementat un set de inițiative pentru a promova tranziția spre o *conomie circulară*. Aceste măsuri vizează revizuirea legislației de gestionare a deșeurilor pentru a minimiza producția de deșeuri și pentru a stimula reciclarea, reintroducând deșeurile în circuitul economic ca materii prime secundare. Obiectivul principal este de a "închide bucla" în ciclul de viață al produselor, acoperind toate etapele de la producție și consum până la gestionarea deșeurilor și reintegrarea lor în economie, așa cum arată figura 1.1. Aceste acțiuni sunt menite să contribuie la reducerea volumului de deșeuri prin utilizarea tehnologiilor moderne și inovatoare, care să permită un consum minim și să favorizeze reciclarea și reutilizarea deșeurilor pentru recuperarea energiei.



Figura 1. 1. Traseul economiei circulare [12]

1. 3. Gestionarea nămolurilor de epurare

1. 3. 1. Procedee de tratare a nămolurilor. Aspecte generale

Procedeele de tratare a nămolurilor sunt esențiale pentru gestionarea eficientă a acestora și pentru reducerea impactului negativ asupra mediului. Aceste procedee sunt folosite pentru a stabiliza, deshidrata, a reduce volumul și a elimina agenții patogeni din nămolul de epurare.

La baza procedeeleor de tratare a nămolurilor stau două procese tehnologice esențiale și distincte: fermentarea și deshidratarea. Aceste procese sunt adaptate în funcție de condițiile locale, cantitatea și calitatea nămolurilor, precum și destinația finală a acestora. Alte procedee pot fi adăugate sau modificate pentru a optimiza tratamentul în funcție de contextul specific.

1. 3. 2. Formarea nămolurilor

Există două scheme tehnologice de tratare a apelor uzate industriale, precum și orășenești, în urma cărora rezultă nămoluri, așa cum rezultă din **figurile 1.3 și 1.4**.

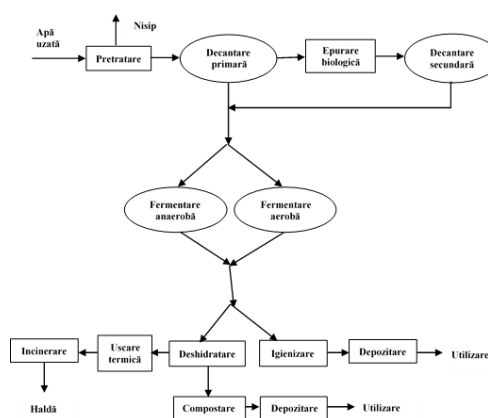


Figura 1. 3. Surse de nămol din stația de epurare mecano-biologică [9, 11]

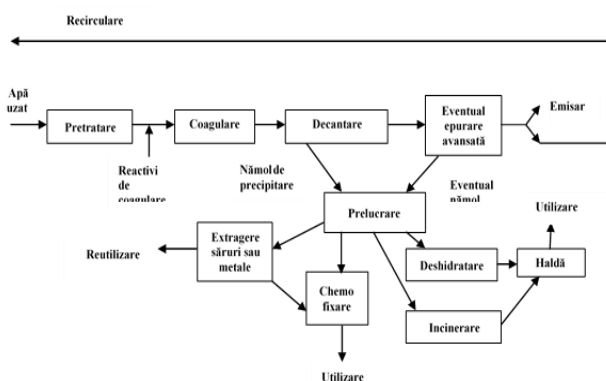


Figura 1. 4. Surse de nămol din stația de epurare mecano-chimică [9, 11]

Diferențele majore între epurarea mecano-chimică și mecano-biologică sunt următoarele:

- Epurarea mecano-chimică include o etapă de epurare biologică (folosind microorganisme), în timp ce epurarea mecano-biologică include o etapă de coagulare (folosind reactivi chimici);
- Primul caz utilizează decantarea secundară pentru îndepărtarea materialului solid rămas după epurarea biologică, în timp ce al doilea include o eventuală epurare avansată pentru eliminarea contaminanților suplimentari;
- În primul caz nămolul este tratat prin fermentare (anaerobă sau aerobă), urmat de diverse metode de deshidratare, igienizare și compostare, iar în al doilea nămolul este tratat prin prelucrarea care include deshidratare, incinerare, chemo-fixare și extracția sărurilor sau metalelor.
- În primul caz avem o etapă de igienizare a nămolului, în timp ce al doilea nu specifică acest lucru, dar include chemo-fixare pentru stabilizarea nămolului.

1. 3. 4. Caracteristici ale nămolurilor

1. 3. 4. 1. Caracteristici fizico-chimice ale nămolurilor

1. Consistența nămolului de epurare este o caracteristică importantă care influențează modul în care acesta este manipulat, tratat și eliminat. Consistența nămolului variază în funcție de conținutul de apă și de particulele solide și este determinată de mai multe etape ale procesului de tratare, conform lucrărilor [24, 25].

2. Densitatea specifică a nămolului variază în funcție de conținutul de apă și de particulele solide și se calculează, conform [26]:

$$r_s = \frac{Y_s}{100 - U(I - Y_s)} [t/m^3] \quad (1. 1)$$

3. Umiditatea nămolului este dată de raportul dintre greutatea apei din nămol (G_a) și greutatea nămolului (G_n) , exprimându-se procentual cu relația indicată de lucrarea [27]:

$$U = \frac{G_a}{G_n} \times 100 \quad (1. 2)$$

4. Dimensiunea particulelor din nămolul de epurare este o caracteristică esențială care influențează numeroase aspecte ale procesului de tratare și gestionare a acestuia.

5. Culoarea și mirosul sunt primele caracteristici care oferă informații legate de starea nămolurilor.

6. Puterea calorică se poate determina experimental cu bomba calorimetrică sau aproximativ cu ajutorul relației empirice, indicate de lucrarea [26]:

$$P_{Cn} = S_v \times 44,4 \quad (1. 3)$$

7. PH-ul nămolului de epurare influențează numeroase aspecte ale procesului de tratare a nămolului, precum și stabilitatea, dezinfectarea și valorificarea acestuia.

8. Conținutul de substanță uscată (SU) sau reziduul uscat la 105°C, variază în funcție de proveniența nămolului, de la 10g până la 1300 g într-un m³ de apă uzată.

9. Fermentabilitatea nămolului, conform lucrărilor [31, 32], se referă la capacitatea acestuia de a fi descompus prin procese biologice anaerobe sau aerobe, în scopul reducerii volumului, stabilizării și a valorificării energetice a acestuia.

1. 3. 4. 2. Caracteristicile biologice și bacteriologice ale nămolului

Nămolul este bogat în microorganisme, inclusiv bacterii, protozoare și fungi, care sunt implicate în descompunerea materiilor organice. Poate conține bacterii patogene, virusuri și paraziți, care necesită tratament adecvat pentru a reduce riscul de răspândire a bolilor.

1. 4. Cadrul instituțional și legislativ privind producerea și gestionarea nămolurilor

1. Cadrul Legislativ European

Producerea și gestionarea nămolurilor în Europa este reglementată printr-o serie de directive și regulamente. Una dintre cele mai importante directive este **Directiva 86/278/CEE a Consiliului din 12 iunie 1986**, privind protecția/protejarea mediului și în special a solului, atunci când nămolurile sunt utilizate în agricultură. Această directivă stabilește limite pentru metalele grele și alte substanțe periculoase din nămolurile aplicate pe solurile agricole, pentru a preveni contaminarea solului și a apei, conform lucrărilor [34, 35].

2. Cadrul Legislativ Național

În România, gestionarea nămolurilor este reglementată de mai multe acte normative care transpun directivele europene în legislația națională, conform lucrărilor [41, 42, 43]:

- *Legea nr. 211/2011 privind regimul deșeurilor*
- *Ordinul nr. 344/2004 pentru aprobarea Normelor tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură*
- *Hotărârea Guvernului nr. 856/2002 privind evidența gestiunii deșeurilor și aprobarea listei cuprinzând deșeurile, inclusiv deșeurile periculoase.*

1. 5. Eliminarea și valorificarea nămolurilor de epurare din perspectiva economiei circulare

Nămolurile cu o umiditate mai mică de 65% și care respectă normele prevăzute în legislație, pot fi stocate temporar, maxim trei ani, la locul de generare în vederea transportării ulterioare, iar în cazul incinerării lui, maxim un an (**fig. 1.4**).



Figura 1. 4. Itinerarul nămolului:

- a) manipularea nămolului [49]; b) stocare temporară a nămolului în saci [50];
c) depozitarea nămolului [51]

1. 5. 1. Utilizarea nămolului în construcții și material

Nămolurile de epurare pot fi valorificate prin utilizarea lor în **producția de cărămizi ecologice**, contribuind astfel la reducerea deșeurilor și la economisirea materiilor prime tradiționale. Aceste cărămizi sunt realizate prin încorporarea nămolurilor deshidratate și stabilizate în amestecul de argilă utilizat pentru fabricarea cărămizilor. Prin ardere, nămolul contribuie la formarea cărămizilor, reducând densitatea acestora și îmbunătățind proprietățile termoizolante și rezistența la comprimare, conform lucrărilor [54, 55].

1. 5. 4. Utilizarea nămolului în agricultură

Modalitățile în care nămolul poate fi utilizat în agricultură sunt:

1. Îngrășământ organic;
2. Îmbunătățirea structurii solului;
3. Promovarea activității microbiene;
4. Reducerea erodării solului;
5. Valorificarea deșeurilor.

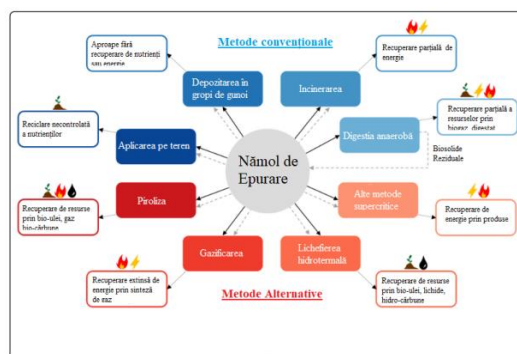


Figura 1. 7. Metode convenționale și alternative de procesare a nămolului de epurare [103]

1. 5. 5. Utilizarea nămolului în producția de energie

Diagrama următoare (**fig. 1.7**) ilustrează diverse metode de procesare a nămolului de ape uzate, împărțite în metode convenționale și metode alternative de conversie termochimică.

1. 5. 5. 3. Co-incinerarea nămolului

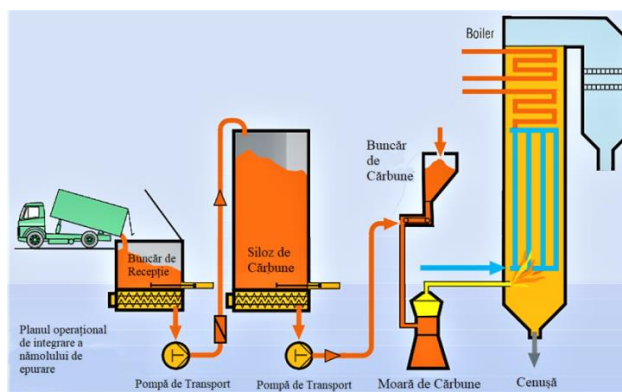


Figura 1. 8. Plan operațional de integrare a nămolului de epurare [119]

În figura 1.8 este redat planul operațional de integrare a nămolului de epurare în procesul de ardere împreună cu cărbunele, cunoscut sub numele de co-incinerare. Această schemă arată modul în care nămolul de epurare este procesat și amestecat cu cărbune pentru a fi utilizat drept combustibil într-un cazan industrial, conform lucrării [120].

1. 6. Obiectivele tezei

a) Aspecte generale privind istoricul producerii nămolurilor industriale; clasificarea nămolurilor; formarea nămolurilor și procedee tehnologice de tratare; caracteristici fizico-chimice, biologice și bacteriologice; utilizarea nămolurilor în obținerea energiei termice și producția de biogaz.

b) Provocările deshidratării nămolului de epurare; procese tehnologice de tratare a nămolului: deshidratarea pe cale mecanică (presare cu filtre, prin centrifugare etc.); electro-deshidratarea, deshidratarea cu ultrasunete sau prin plasmă; uscarea nămolului.

c) Echipamente specifice pentru deshidratarea nămolului și factorii tehnici și economici care îi caracterizează; echipamente mecanice: filtre presă, vacuum filtre, centrifuge etc.; echipamente termice: uscătoare cu tambur rotativ sau cu pat fluidizat; echipamente hibride.

d) Procese de separare granulometrică a amestecurilor poligranulare și echipamente caracteristice.

e) Cercetări experimentale privind deshidratarea nămolului prin cernere sau prin presare.

f) Concluzii. Contribuții proprii.Perspective.

CAPITOLUL 2

PROCESE SPECIFICE DE DESHIDRATARE A NĂMOLURILOR

2. 2. Procese de tratare a nămolului

În general, în schemele tehnologice obișnuite sunt incluse următoarele procedee de prelucrare a nămolului (**figura 2. 2**) [8, 9]:

- *Prelucrarea preliminară* în vederea reducerii dimensiunii materiilor prime conținute în nămol;
- *Condiționarea chimică* care are ca scop îmbunătățirea proprietăților nămolului în vederea concentrării sau deshidratării mecanice;
- *Concentrarea* pentru a reduce volumul de nămol;
- *Stabilizarea* ce reduce cantitatea de nămol prin îndepărtarea substanței organice;
- *Deshidratarea* în vederea reducerii volumului de nămol;
- *Uscarea* cu același rol ca și deshidratarea;
- *Incinerarea* ce are și ea rol de reducere a volumului de nămol;
- *Compostarea* ce are ca scop stabilizarea.

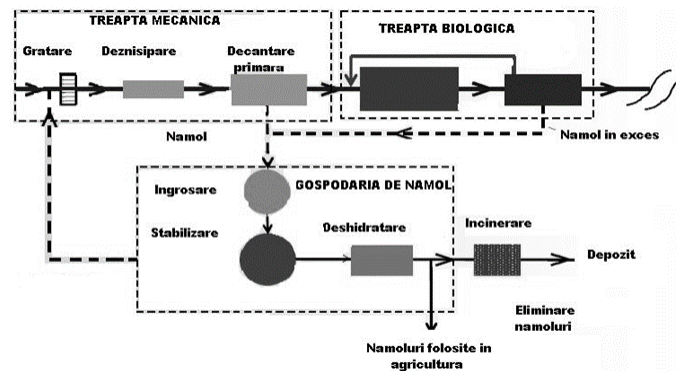


Fig. 2. 2. Schema de ansamblu a unei stații de epurare [8]

2. 3. Deshidratarea nămolului

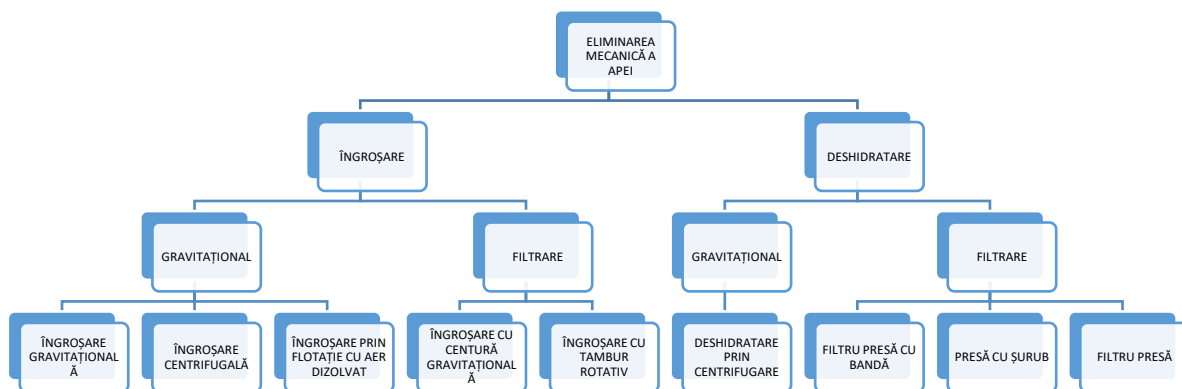


Fig. 2. 4. Procese de îngroșare și deshidratare [27]

Îngroșarea și deshidratarea nămolului reprezintă două procese esențiale în tratarea nămolului din stațiile de epurare a apelor uzate, fiecare având scopul de a reduce cantitatea de apă conținută de nămol și de a concentra materialul solid. Ambele procese contribuie la reducerea volumului de nămol care trebuie gestionat, dar fiecare oferă un produs final cu caracteristici distincte și implică tehnici diferite.

O comparație între procesele de îngroșare și cele de deshidratare este redată în **figura 2. 4.**

2. 3. 1. Procese mecanice de deshidratare

Procesele de deshidratare se bazează pe forța mecanică aplicată în vederea eliminării eficiente a apei. Pentru aceasta se folosesc următoarele mecanisme [27, 28]:

Presarea mecanică care constă în aplicarea unei forțe de comprimare asupra nămolului pentru a elimina apa printr-un mediu permeabil, cu ajutorul unor echipamente adecvate, ca de exemplu filtrele presă cu bandă, presele cu șurub sau filtrele presă.

Centrifugarea, caz în care nămolul este rotit rapid într-un vas cilindric, pentru a separa părțile solide, mai dense, de apă, prin trimiterea acestora către pereții interiori ai vasului, în timp ce apa (sub formă de concentrat diluat) este direcționată spre centrul acestuia.

Deshidratare prin filtrare și evaporare: trecerea nămolului printr-un canal îngust, cu pereți poroși (presa rotativă), care permite filtrarea apei și evaporarea acesteia în condiții ambientale. Alternativ, nămolul este așezat pe un strat permeabil, în paturi de uscare, unde apa este eliminată atât prin evaporare, cât și prin scurgerea gravitațională.

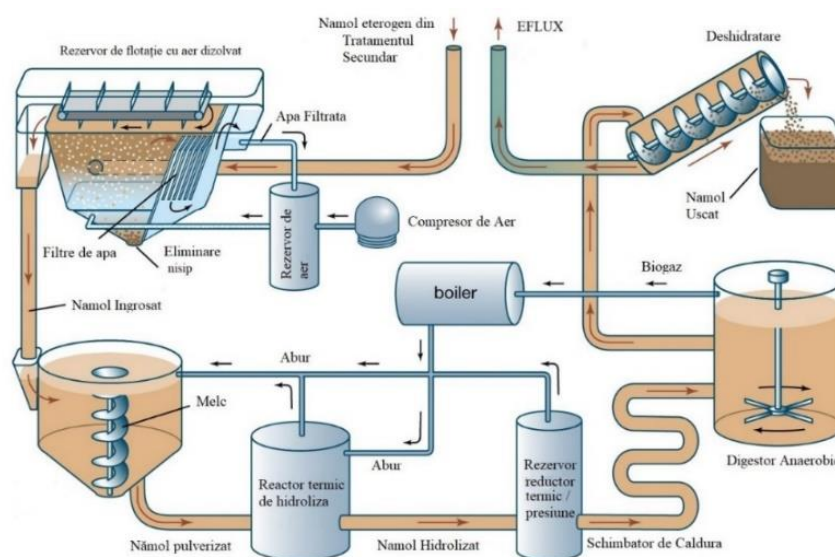


Fig. 2. 5. Tratarea nămolurilor de epurare [29]

2. 3. 1. 1. Presarea cu filtre

În **figura 2.6** se prezintă un exemplu de sistem mecanic de deshidratare a nămolului cu ajutorul unui filtru presă. Cilindrul hidraulic este pus în mișcare cu ajutorul unei pompe hidraulice, fiind utilizat pentru a aplica presiune asupra nămolului, forțând apa să se scurgă prin filtrul textil, reținând particulele solide. Sistemul de control monitorizează și reglează presiunea aplicată de cilindrul hidraulic.

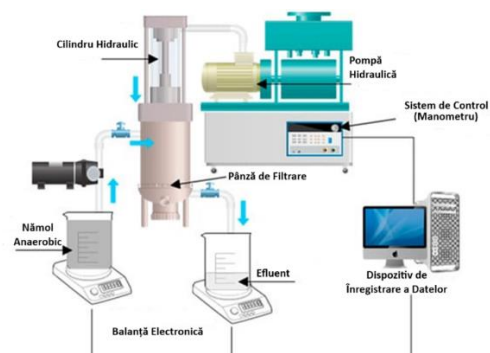


Fig. 2. 6. Sistem mecanic de deshidratare a nămolului cu ajutorul unui filtru presă hidraulic [33]

2. 3. 1. 2. Centrifugarea

Este una dintre cele mai utilizate metode de deshidratare a nămolului provenit din apele uzate și din industriile care generează reziduuri semisolide. Centrifuga aplică forța centrifugală pentru a separa fazele lichidă și solidă. Nămolul este introdus în centrifugă și supus unei rotații rapide, creând o forță centripetă care determină separarea particulelor solide dense de lichidul interstițial. Forța generată depinde de viteza de rotire și de dimensiunea tamburului. Un alt factor esențial de care depinde eficiența centrifugării este conținutul de solide. Compoziția chimică și structura fizică a nămolului influențează semnificativ procesul de centrifugare.

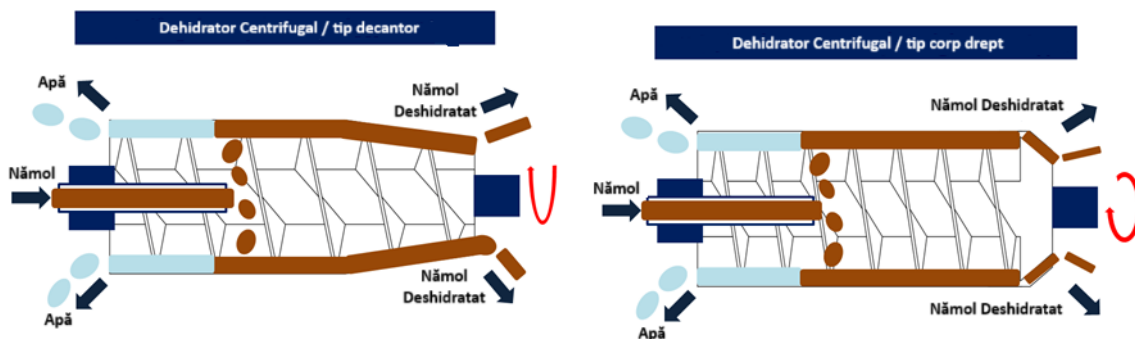


Fig. 2. 7. Tipuri de centrifuge pentru deshidratarea nămolului [39]

2. 3. 2. Alte procese de deshidratare

2. 3. 2. 1. Electro – deshidratarea

Electro - deshidratarea este utilizată pentru eliminarea apei din nămol cu ajutorul unui câmp electric. Electro - deshidratarea combină principii de deshidratare mecanică cu forțele electrostatice, ceea ce o face mai eficientă decât metodele mecanice tradiționale, cum ar fi filtrarea sau centrifugarea.

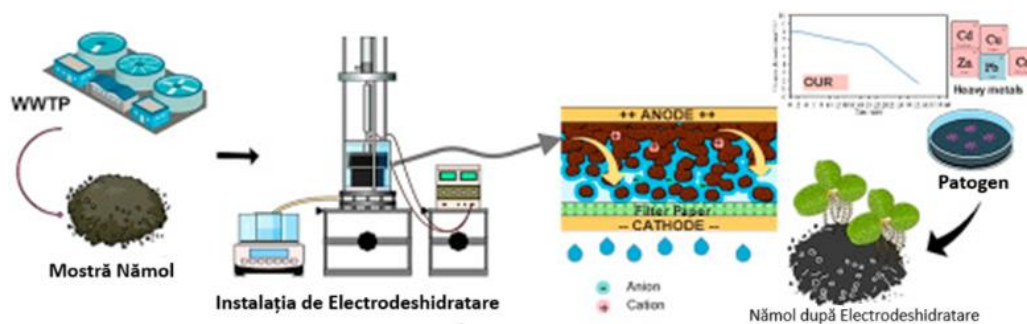


Fig. 2. 10. Procesul de electro - deshidratare a nămolului provenit dintr-o stație de epurare a apelor uzate [52]

Această metodă nu este eficientă pentru nămoluri cu un conținut foarte ridicat de solide și presupune costuri ridicate pentru echipamente. Are eficiență ridicată în deshidratare, consumă puțină energie, față de uscarea termică și, în multe cazuri, decât centrifugarea și poate fi utilizată pentru o gamă largă de nămoluri, inclusiv nămoluri cu conținut organic ridicat sau nămoluri industriale.

Este un proces important în gestionarea și tratarea nămolului rezultat din stațiile de epurare a apelor uzate sau alte procese industriale.

Când nămolul se usucă, trece prin trei faze diferite pe măsură ce apa se evaporă [27]:

- faza de adaptare/preliminare;
- faza cu viteză constantă de uscare;
- faza de scădere a vitezei de uscare.

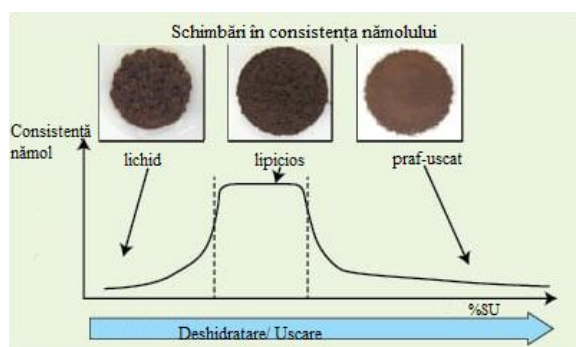


Fig. 2. 14. Modificările în consistența fizică a nămolului rezidual în timpul deshidratării și uscării [27]

Conform **figurii 2.14.** există următoarele cazuri [27]:

- Atunci când nămolul conține o cantitate mare de apă, el fiind lichid, nu se comportă ca o substanță lipicioasă, fiind o soluție de biopolimer cu concentrație scăzută;
- Când conținutul de apă scade, prin uscare, nămolul devine tot mai lipicios, deoarece soluția de biopolimer devine mai concentrată;

2. 4. 1. Uscarea naturală pe paturi de uscare și lagune

Paturile de uscare a nămolului sunt structuri care permit eliminarea apei prin două mecanisme: scurgerea acesteia prin gravitație printr-un strat permeabil și evaporarea în aer

liber. **Lagunele**, spre deosebire de paturi, depind doar de evaporarea naturală pentru deshidratarea nămolului.

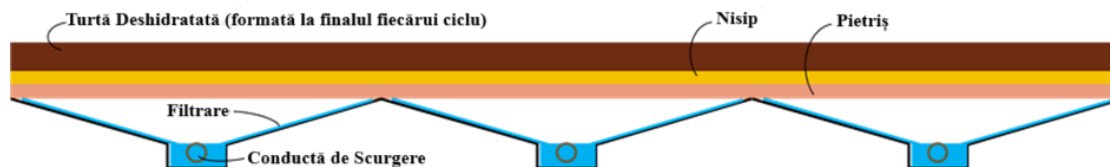


Fig. 2. 15. Pat de uscare a nămolului [20]

2. 4. 2. Uscarea termică

Uscarea termică utilizează surse de energie fosilă (gaz, combustibil lichid, electricitate) sau biogaz pentru a ajunge la un conținut de solide uscate între 60% și 95%. Există trei metode de uscare termică [63 – 65]: *uscătoare directe*, *uscătoare indirecte* și *uscătoare combinate*.

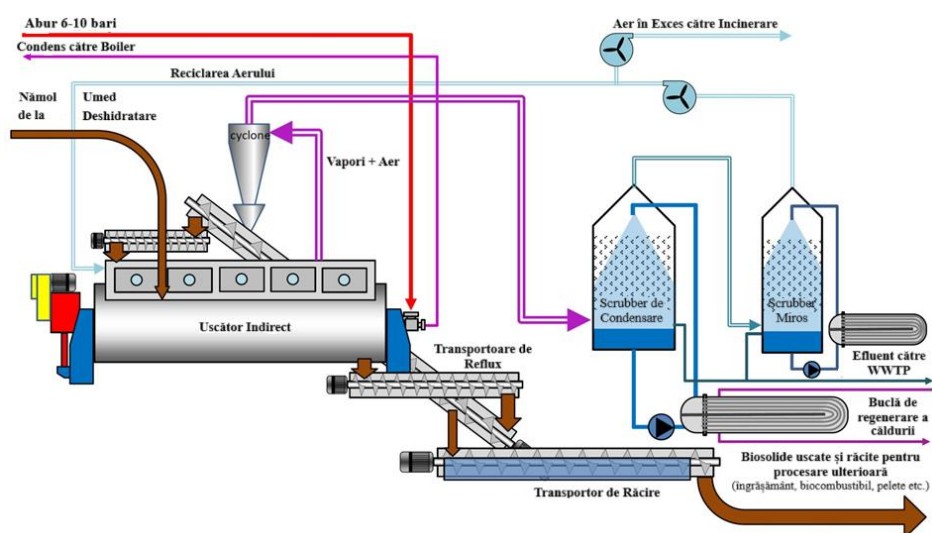


Fig. 2. 18. Proces de uscare a nămolului utilizând uscător indirect și sistem de tratare a vaporilor și mirosurilor [66]

CAPITOLUL 3

ECHIPAMENTE SPECIFICE PENTRU DESHIDRATAREA NĂMOLURILOR

3. 2. Deshidratarea mecanică

Acest proces folosit pentru deshidratarea mecanică a sedimentelor constă în introducerea nămolurilor într-un echipament unde se aplică forțe mecanice, precum forțe de forfecare sau de comprimare. De obicei, este necesară adăugarea de floculanți în nămoluri pentru a îmbunătăți procesul de deshidratare mecanică [13], iar procentul acestora depinde de tipul de echipament.

3. 2. 1. Filtre presă pentru deshidratarea nămolului

Filtrul presă reprezintă un echipament utilizat pentru deshidratarea nămolurilor rezultate din diverse procese de epurare sau tratare a apei, precum cele provenite din stații de epurare a apelor uzate industriale, menajere sau din instalații de tratare a apei. Prin aplicarea acestui procedeu, se obține un nămol sub formă de turte (fig. 3.1), caracterizat printr-un conținut ridicat de materii solide și un grad avansat de uscare. Filtrul presă este cel mai eficient sistem de separare a solidelor/lichidelor fiind și cel mai des folosit sistem de filtrare în diverse tipuri de aplicații.

Un filtru presă este compus dintr-o serie de rame verticale acoperite cu pânză filtrantă întinsă pe ambele părți (fig. 3. 3). Aceste rame sunt apoi așezate una lângă alta și presate împreună cu un cric hidraulic. Între două plăci se formează o cameră de filtrare.

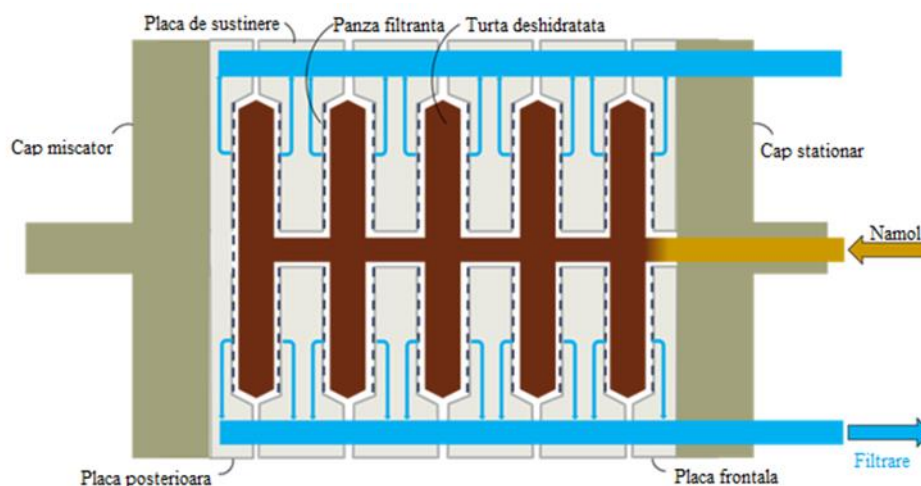


Fig. 3. 3. Elementele principale ale filtrului presă cu rame [23]

3. 2. 2. Filtrul presă cu bandă

O presă cu filtru cu bandă (BFP) asigură deshidratarea nămolului prin presarea nămolului pentru a forța apa să treacă printr-un mediu permeabil. Procesul produce o turtă

(produsul deshidratat) cu un conținut de solide uscate (DS) de 30% sau mai mult în cazul nămolului primar [31 – 34].

Presele cu bandă, moderne, se bazează pe o combinație de condiționare chimică, drenaj gravitațional și presiune mecanică într-un sistem de alimentare continuă pentru deshidratarea nămolului. Nămolul este stors între curele serpentine tensionate și o serie de role cu diametrul descrescător (pentru a crește presiunea) pentru a îndepărta umezeala și a crea o turtă de nămol deshidratat [35 – 37].

3. 2. 3. Filtru presă cu șurub

O presă cu șurub (SP) (**fig. 3.11**) asigură deshidratarea nămolului prin transportarea acestuia de-a lungul interiorului unui cilindru permeabil. Se bazează pe un șurub arhimedian cu rotire lentă (~ 5 rot/min.) într-o sită cilindrică (denumit și tambur sau coș).

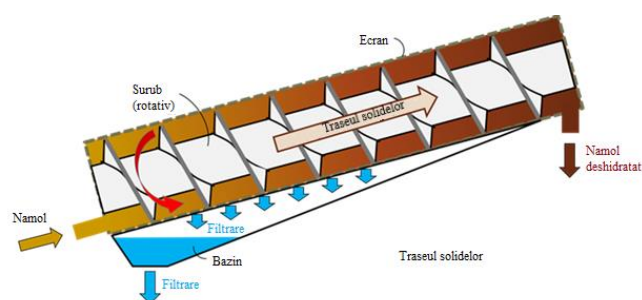


Fig. 3. 11. Presă cu șurub [24]

3. 2. 5. Centrifuge

3. 2. 5. 1. Centrifuga orizontală cu melc rotativ

Centrifugarea constituie un proces de separare fazică a particulelor, bazat pe diferențele de densitate (solid - lichid). Sub acțiunea forței centrifugale, faza solidă, mai grea, se depune pe pereții interni ai tamburului rotativ, de unde este constant îndepărtată de un melc conic. Acesta nu doar că elimină materialul, dar îl și direcționează către orificiul de evacuare, situat la partea conică. Pe de altă parte, faza lichidă, separată prin scurgere gravitațională, este dirijată spre gura de evacuare a lichidelor, situată opus orificiului de evacuare a materialelor solide.

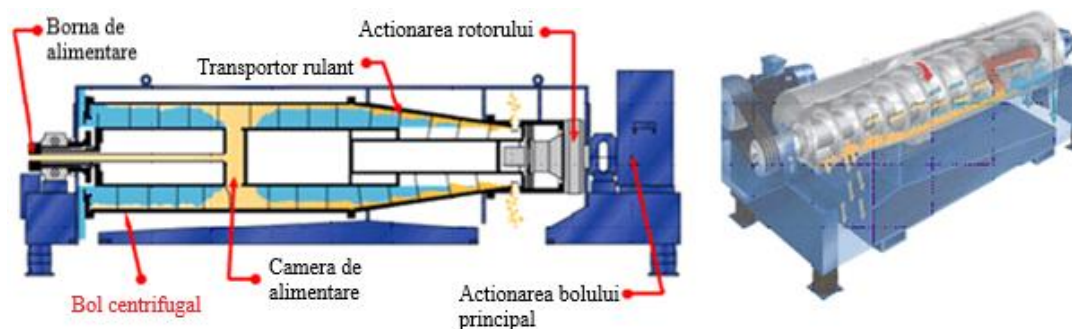


Fig. 3. 16. Părțile componente ale centrifugei cu bol solid [54]

Solidele care se acumulează pe peretele tamburului sunt împinse la capătul opus al debitului de lichid de către transportorul cu șneac, care se rotește cu o viteză puțin diferită de cea a tamburului. Forța centrifugă este exercitată în mod constant asupra solidelor pentru a produce solidele dorite în produsul descărcat (**fig. 3.16**).

3. 2. 5. 2. *Deshidratarea nămolului prin flotație cu aer dizolvat*

Sistemele de deshidratare și filtrare a nămolurilor prin flotație, cu aer dizolvat (DAF), sunt utilizate pentru a îndepărta particulele în suspensie, grăsimile, uleiurile și grăsimile dintr-o varietate de ape uzate, într-o varietate de industrii și aplicații. Sistemele DAF funcționează prin pomparea aerului dizolvat (bule) într-un flux de deșeuri, care se atașează de solide și le fac să plutească la suprafață, unde turta de solide plutitoare este îndepărtată.

3. 3. Echipamente termice

Astfel de echipamente pentru deshidratarea nămolului sunt esențiale în gestionarea deșeurilor rezultate din tratarea apelor uzate, având ca scop principal reducerea volumului acestora și pregătirea pentru eliminare sau utilizare ulterioară. Aceste echipamente utilizează transferul de căldură pentru a evapora apa rămasă în nămol după procesele mecanice de deshidratare. Alegerea unei tehnologii adecvate depinde de caracteristicile nămolului, cerințele de procesare și constrângerile economice.

3. 3. 1. Uscătoare cu tambur rotativ

Sunt echipamente termice utilizate frecvent pentru deshidratarea nămolului, datorită capacității lor de a trata volume mari și diversitatea materialelor compatibile. Ele sunt folosite în aplicații industriale diverse, cum ar fi tratarea nămolului din apele reziduale, prelucrarea materialelor organice sau industriale.

3. 3. 2. Uscătoare cu pat fluidizat

Astfel de echipamente sunt utilizate pentru deshidratarea și uscarea materialelor granulare sau a pulberilor, fiind eficiente și versatile în aplicații industriale diverse, inclusiv tratarea nămolurilor. Aceste uscătoare utilizează un flux de aer pentru a suspenda particulele solide într-o manieră similară unui lichid, asigurând un transfer eficient de căldură și masă. Ele sunt utilizate la uscarea nămolurilor din domeniul industriei zaharului și a condimentelor, în industria chimică, la prelucrarea materialelor plastice și a stațiilor de epurare, în industria alimentară, la uscarea cerealelor și a pigmentilor, în industria farmaceutică pentru uscarea substanțelor active și a excipienților.

3. 4. Echipamente hibride

Spre deosebire de metoda convențională, sistemul constă din plăci de filtru cu membrană și plăci schimbătoare de căldură, care sunt instalate alternativ într-un filtru presă (**fig. 3. 23**).

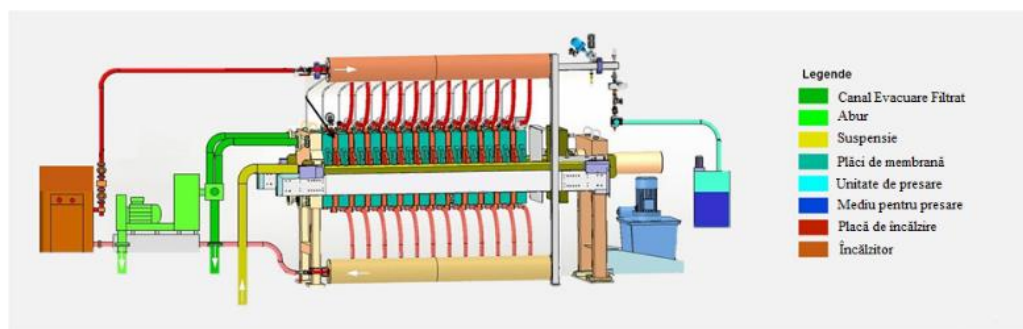


Fig. 3.23. Filtru presă cu plăci încălzite [72]

CAPITOLUL 4

PROCESE DE SEPARARE GRANULOMETRICĂ ȘI ECHIPAMENTE UTILIZATE

4.3. Factorii care influențează procesul de cernere

Eficiența separării materialelor prin cernere depinde de mai mulți factori, care pot fi grupați în trei categorii principale [7, 8]:

Caracteristicile materialului de cernut - distribuirea dimensională și proprietățile fizico-mecanice ale particulelor influențează semnificativ eficiența procesului. Printre factorii relevanți se numără:

- *Distribuirea granulometrică* – un material omogen este mai ușor de separat decât unul eterogen, care conține particule de dimensiuni foarte variate.
- *Masa* – particulele mai grele sunt mai puțin influențate de vibrațiile sitei, reducând astfel probabilitatea de separare.
- *Forma particulelor* – particulele sferice sunt mai ușor de separat decât cele plate sau lungite.
- *Coeficientul de frecare* – un material cu o frecare mare aderă mai mult la suprafața sitei, diminuând eficiența cernerii.
- *Umiditatea* – materialele umede au tendința de a se aglomera și de a bloca ochiurile sitei.

Caracteristicile excitării vibratoare - mișcarea particulelor pe suprafața sitei este generată prin aplicarea unor vibrații controlate, a căror eficiență depinde de mai mulți parametri:

- *Amplitudinea vibrațiilor (A)* – creșterea amplitudinii favorizează desprinderea particulelor fine și reduce riscul colmatării ochiurilor sitei.
- *Frecvența vibrațiilor (f)* – o frecvență optimă îmbunătățește separarea particulelor, evitând acumularea materialului.
- *Unghiul de atac al vibrației* – determină direcția deplasării particulelor; un unghi mai mic favorizează alunecarea, în timp ce un unghi mai mare poate bloca particulele.
- *Natura vibrației* – mișcarea poate fi liniară, circulară sau eliptică, influențând distribuția particulelor pe sită.

Aceste caracteristici pot fi descrise prin **ecuația de bază a mișcării vibratoare**:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{A}} \quad , \quad (4.1)$$

4.5. Probabilitatea de trecere a unei granule prin ochiurile unei site

4.5.1. Modele probabilistice pentru trecerea particulelor prin site

Modelul probabilității statice se bazează pe analiza geometrică a interacțiunii dintre particule și ochiurile sitei, fără a considera mișcarea relativă dintre ele. Probabilitatea de trecere a unei particule prin sită, P_s , este determinată de raportul dintre dimensiunea particulei și dimensiunea ochiului sitei, conform relației [12]:

$$P_s = \left(\frac{d_s - d_p}{d_s} \right)^2 \quad , \quad (4.2)$$

Modelul probabilității dinamice este mai complex și necesită o analiză detaliată a interacțiunilor dintre particule și sită în condiții specifice de operare. Acesta oferă o reprezentare mai realistă a procesului de cernere, fiind util în optimizarea parametrilor operaționali pentru a maximiza eficiența separării [12]:

$$P_d = 1 - e^{-k\left(\frac{d_s - d_p}{d_s}\right)}, \quad (4.3)$$

Un alt model cunoscut este cel propus de **Gaudin**, care exprimă probabilitatea de trecere (PP) în funcție de raportul dintre dimensiunea particulei și dimensiunea ochiului sitei [12]:

$$P = \left(\frac{d_s - d_p}{d_s}\right)^n, \quad (4.4)$$

4. 5. 2. Probabilitatea de trecere a unei granule prin ochiurile unei site cu găuri circulare

Pentru stabilirea relației de calcul al probabilității de trecere a particulelor prin ochiurile sitei se utilizează **figura 4.6**, unde [9]:

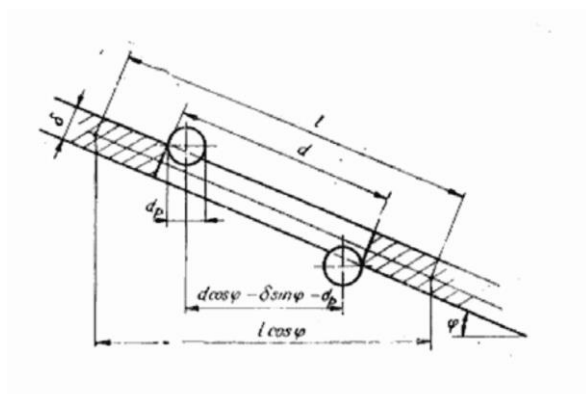


Fig. 4. 6. Schemă pentru stabilirea relației de calcul al probabilității [9]

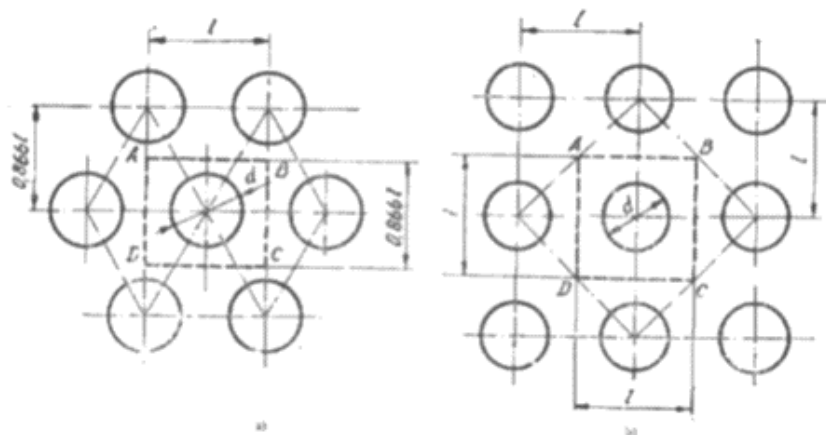


Fig. 4.7. Site cu găuri circulare [9]
a) - configurația I; b) - configurația II

Probabilitatea de trecere rezultă ca raport între proiecțiile ariilor ochiului și cele ale zonei de influență (**fig. 4.7** - delimitată cu linie întreruptă) pe un plan perpendicular pe direcția de deplasare a particulelor. Proiecția ochiului fiind o elipsă, rezultă în urma calculelor [9]:

$$P_{0,I} = 0,907 \left(\frac{d}{l}\right)^2 \left(1 - \frac{d_p}{d}\right) \left(1 - \frac{\delta}{d} tg\varphi - \frac{d_p}{d} \cdot \frac{1}{\cos\varphi}\right), \quad (4.5)$$

pentru configurația I, și:

$$P_{0,II} = 0,785 \left(\frac{d}{l}\right)^2 \left(1 - \frac{d_p}{d}\right) \left(1 - \frac{\delta}{d} tg\varphi - \frac{d_p}{d} \cdot \frac{1}{\cos\varphi}\right), \quad (4.6)$$

Pentru configurația II.

Pentru sitele așezate orizontal se obține [9]:

$$P_{0,I} = 0,907 \left(\frac{d}{l}\right)^2 \left(1 - \frac{d_p}{d}\right), \quad (4.7)$$

pentru configurația I, și:

$$P_{0,II} = 0,785 \left(\frac{d}{l}\right)^2 \left(1 - \frac{d_p}{d}\right), \quad (4.8)$$

pentru configurația II.

4.5.3. Probabilitatea de trecere a unei granule prin ochiurile unei site cu ochiuri pătrate

Acest tip de site se execută în două variante (**fig. 4.8**), iar pentru determinarea probabilității de trecere a particulei prin ochiurile sitei există următoarele relații de calcul [9]:

$$P = \left(\frac{d}{l}\right)^2 \left(1 - \frac{d_p}{d}\right) \left(1 - \frac{\delta}{d} \cdot tg\varphi - \frac{d_p}{d} \cdot \frac{1}{\cos\varphi}\right). \quad (4.9)$$

4.6. Randamentul de sortare

Raportul dintre cantitatea de cernut și cantitatea totală de particule existente mai mici decât ochiurile se exprimă în procente și se numește randament de sortare, care caracterizează calitatea sortării [14].

Randamentul de sortare E, se exprimă prin relația [14]:

$$E = \frac{G_1 \cdot 100}{\frac{G_a}{100}} [\%], \quad (4.12)$$

sau:

$$E = 10000 \frac{G_1}{G_a} [\%], \quad (4.13)$$

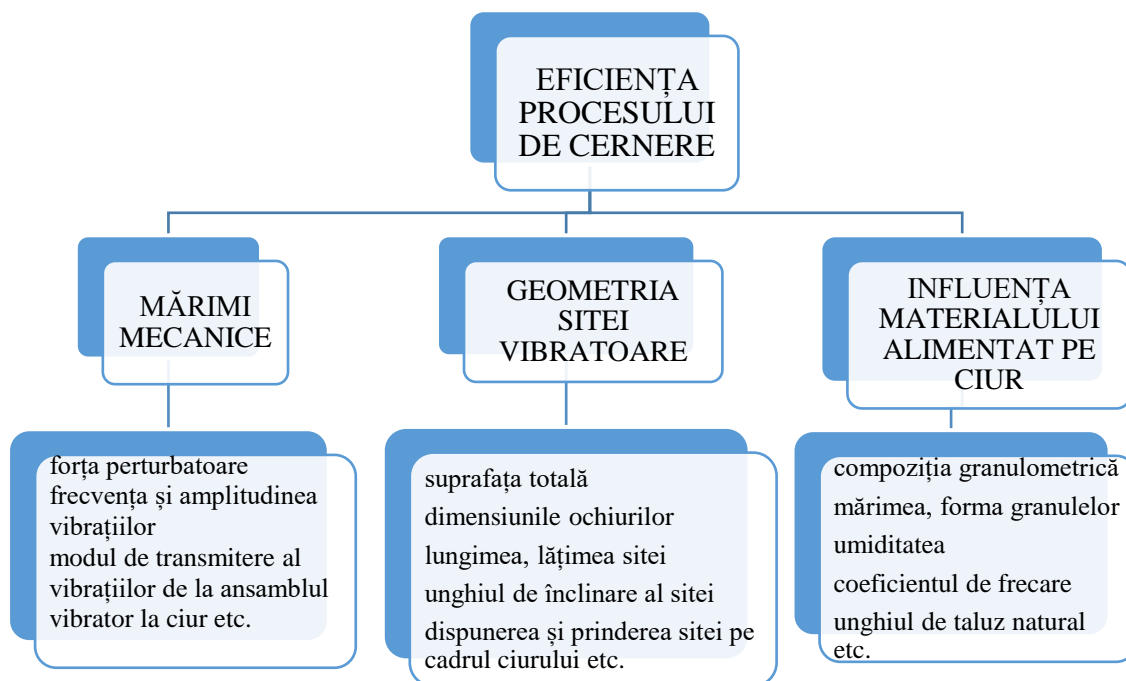


Fig. 4. 11. Structura factorilor de eficiență [16]

4. 7. Ciururi vibratoare

4. 7. 1. Tipuri constructive de ciururi [12]

La ciururile vibratoare, materialul se poate deplasa pe sită prin a lunecare sau prin salturi, în funcție de valorile **coeficientului de aruncare** (raportul accelerațiilor după direcția normală pe sită). Expresia acesteia este [12, 18]:

$$C = \frac{r \cdot \omega^2}{g \cdot \cos \alpha} \quad , \quad (4.14)$$

4. 7. 2. Situațiile în care se află particulele pe o suprafață orizontală cu mișcare vibratoare, oscilantă

Conform sursei [22] și a **figurii 4. 13** comportamentul particulelor pe o suprafață orizontală cu mișcare vibratoare evidențiază cele trei situații principale care pot apărea, în funcție de relația dintre viteza particulei și viteza suprafeței de separare (sitei):

- 1) **Starea de repaus relativ:** atunci când viteza particulei și viteza sitei sunt egale ($v_1 = v_2$), particula nu se deplasează, rămânând în repaus relativ față de suprafața de cernere.
- 2) **Deplasare în același sens cu sita:** dacă viteza particulei este mai mare decât viteza sitei ($v_1 > v_2$), particula se va deplasa în același sens cu mișcarea sitei, având o viteză relativă pozitivă ($v_{1,2} > 0$).
- 3) **Deplasare în sens invers față de sită:** dacă viteza particulei este mai mică decât viteza sitei ($v_1 < v_2$), particula se va deplasa în direcție opusă mișcării sitei, rezultând o viteză relativă negativă ($v_{1,2} < 0$).

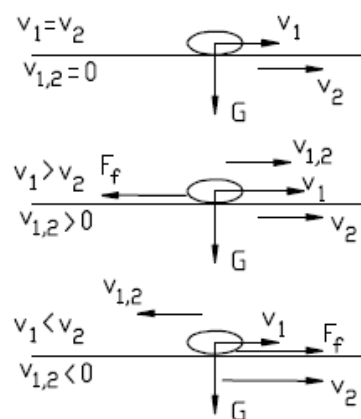


Fig. 4. 13. Cazurile posibile în care se află o particulă pe o suprafață orizontală cu mișcare vibratoare [22]

4. 7. 4. Ciurul vibrator sonic

Principiul de funcționare: Ciururile vibratoare sonice utilizează unde sonore de înaltă frecvență pentru a induce vibrații în suprafața de cernere. Vibrațiile mecanice asigură mișcarea continuă a materialului pe suprafața sitei, facilitând separarea particulelor în funcție de dimensiune. Undele ultrasonice, generate de un transductor, creează oscilații de înaltă frecvență care reduc frecarea dintre particule și suprafața sitei, prevenind astfel colmatarea și asigurând o eficiență crescută a procesului de cernere.

4. 7. 5. Ciurul cu mișcare de ruliu

În **figura 4. 18** este ilustrat principiul de funcționare al sitei cu ruliu. În cazul cel mai simplu (**fig. 4. 18, b**), punctele de pe sită descriu traiectorii circulare în jurul axei sistemului, fără ca sita în sine să se rotească în jurul propriei axe. În configurațiile mai complexe, axa sitei este înclinată față de axa sistemului și descrie o traiectorie conică (**fig. 4. 18, c**) sau chiar un hiperboloid de rotație (**fig. 4. 18, d**), în funcție de distanța dintre axe și unghiul de înclinare. Aceste configurații influențează modul de propagare al vibrațiilor și, implicit, comportamentul materialului în timpul cernutului. În **figura 4.18,a** sita se rotește în jurul propriei axe, iar punctele acesteia urmează traiectorii circulare. Este o mișcare sincronă, stabilă, ce favorizează omogenizarea materialului [30, 31].

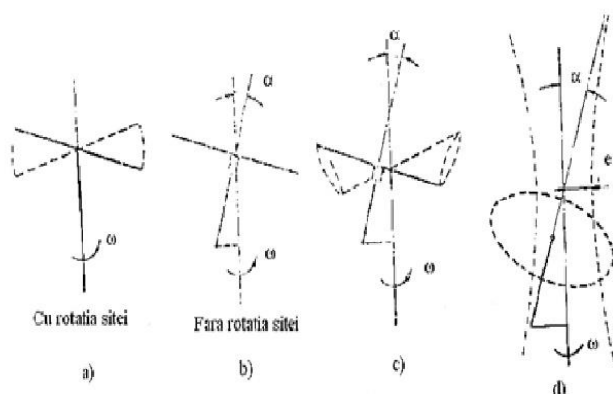


Fig. 4. 18. Scheme de ciururi cu ruliu [30, 31]

4. 7. 7. Ciururi vibratoare inerțiale cu oscilații circulare

În cele ce urmează, este prezentată schema de principiu a unui astfel de ciur (fig. 4. 23) [7, 18, 36], împreună cu explicația detaliată a componentelor constructive și a principiului de funcționare.

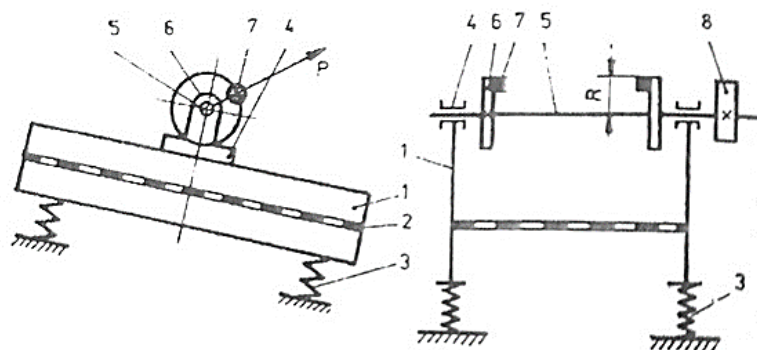


Fig. 4. 23. Ciur inertial cu oscilații circulare (schemă) [18]

1 – carcasa sitei; 2 – sita; 3 – arcuri; 4 – lagăre; 5 – arbore; 6 – discuri;
7 – mase excentrice (contra - mase); 8 – roată de curea

CAPITOLUL 5

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND DESHIDRATAREA NĂMOLULUI, ÎN VEDEREA UTILIZĂRII PRACTICE

5. 1. Analiza granulometrică



Fig. 5. 1. Set site etalon pentru de separarea pulberilor [6]

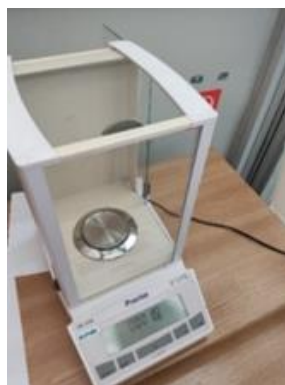


Fig. 5. 2. Balanță analitică



Fig. 5. 3. Aparat cernere cu vibrație

5. 1. 3. Interpretarea rezultatelor

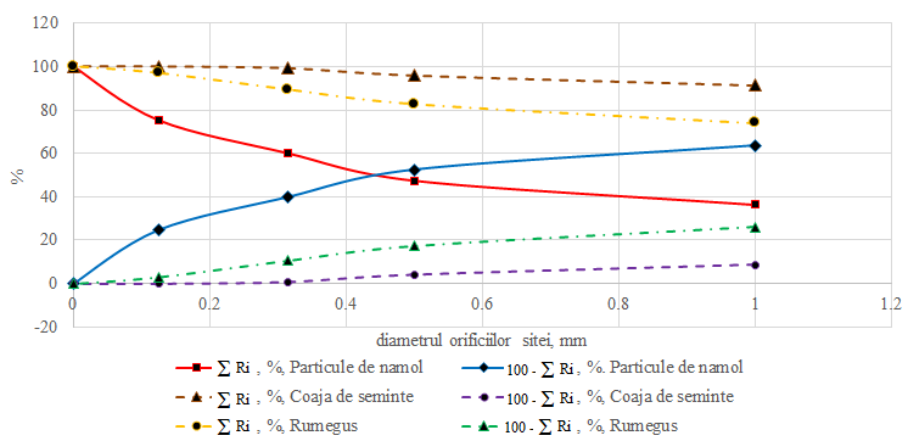


Fig. 5. 8. Prelucrarea rezultatelor pentru nămol, coji de semințe, rumeguș [3]

Analizând diagramele din **figura 5. 8**, prin interpolare, se constată că dimensiunea medie a particulelor are valoarea $D_{med} = 0,463$ mm, pentru particulele de nămol. Pentru diametrul mediu al învelișului seminței și al particulelor de rumeguș, s-a procedat prin extrapolare și s-au obținut valorile de 5,548 mm, respectiv, 2,359 mm.

5. 2. Deshidratarea nămolului prin cernere

5. 2. 2. Aparat utilizate la experimentare

Pentru efectuarea experimentului s-au utilizat:

- Higrometru pentru umiditate sol
- Cântar digital
- Tahometru digital laser
- Clampmetru Clește Ampermetric Ditz tip 266
- Dispozitiv de deshidratare a nămolului, ciurul vibrator din figura 5. 12,

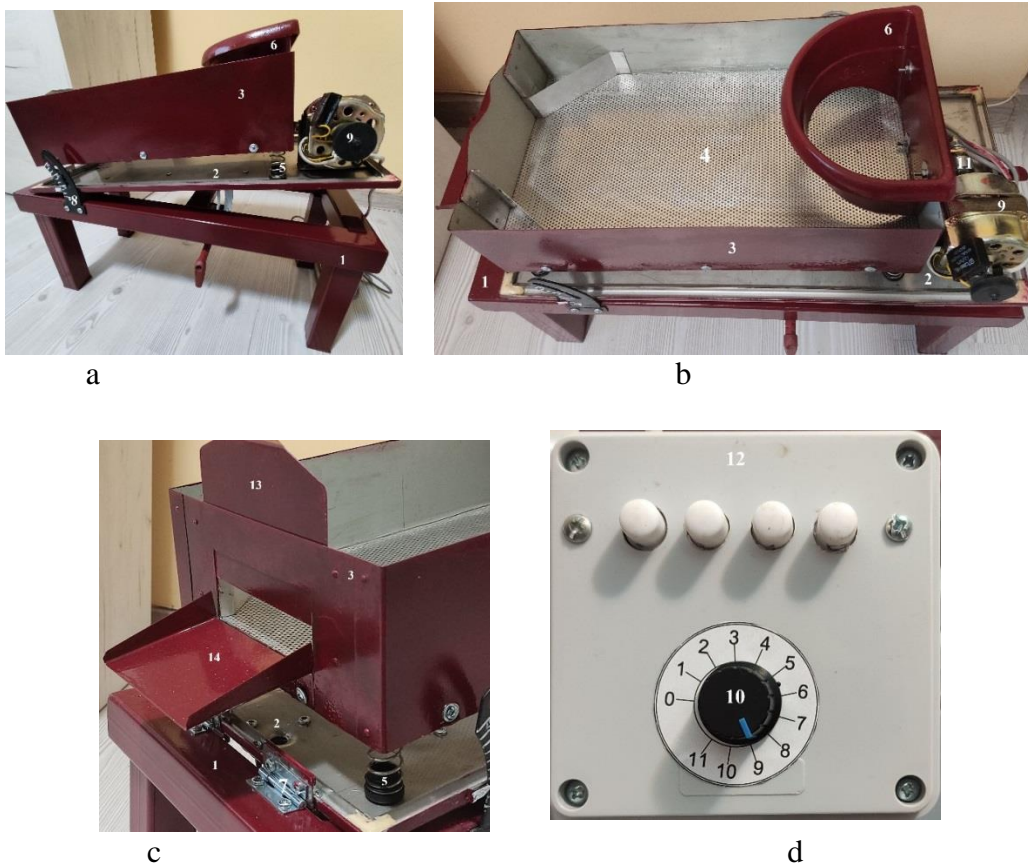


Fig. 5. 12. Ciur vibrator pentru deshidratarea nămolului

a - vedere din lateral; b - vedere de sus; c - vedere din spate; d - cutie, regulator.

- 1 - suport; 2 - tavă de scurgere; 3 - cuvă de separare a nămolului;
 4 - sită; 5 - pâlnie de alimentare; 6 - arcuri elicoidale; 7 - sistem de înclinare;
 8 - raportor; 9 - motor; 10 - regulator de tensiune; 11 - mecanism cu excentric;
 12 - cutie; 13 - clapetă; 14 - jgheab de scurgere.

5. 2. 3. Desfășurarea experimentului

Experimentul efectuat are ca scop determinarea intensității deshidratării efectuate prin procedeul de deshidratare care folosește cernerea vibratorie. În afara intensității deshidratării, se vor estima eventualele pierderi și o evaluare a consumului energetic, cu scopul de a compara pe diverse planuri procedeul de deshidratare, propus, cu alte procedee folosite în acest scop.

5. 2. 6. Interpretarea datelor experimentale

Regresiile obținute pentru deshidratare, ca funcție de umiditatea inițială (u_i), unghiul de înclinare al sitei (α) și turația motorului (ν) arată că:

- *deshidratarea depinde semnificativ de umiditatea inițială și de unghiul de inclinare al sitei;*

- *deshidratare este mai intensă cu cât umiditatea inițială este mai mică;*
- *deshidratarea este cu atât mai intensă cu cât unghiul de înclinare al sitei este mai mic;*
- *deshidratarea, cu un nivel de semnificație mai scăzut, depinde slab și de turația motorului sitei, crescând odată cu aceasta;*

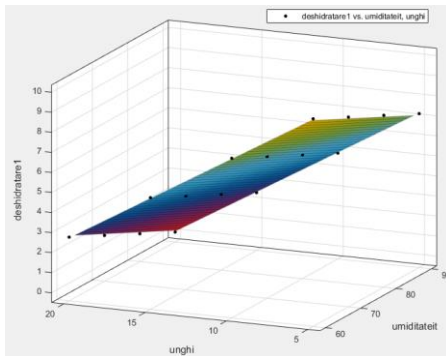


Fig. 5.21. Variația deshidratării (interpolarea prin polinom de gradul 1, %) cu umiditatea inițială (%) și unghiul de înclinare al sitei (grade).

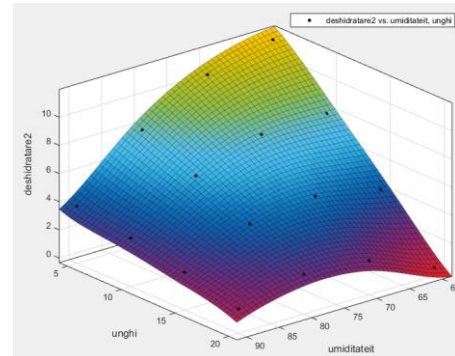


Fig. 5.22. Variația deshidratării (interpolarea prin polinom de gradul 2, %) cu umiditatea inițială (%) și unghiul de înclinare al sitei (grade).

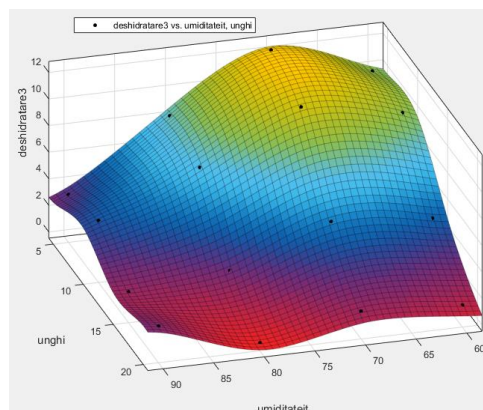


Fig. 5. 23. Variația deshidratării (interpolarea prin polinom de gradul 3 (%)) cu umiditatea inițială (%) și unghiul de înclinare al sitei (grade)

În figurile 5. 21, 5. 22 și 5. 23 (făcute cu programul Matlab [27]) sunt reprezentate grafic funcțiile de deshidratare, interpolate prin polinoame de gradul 1, 2 și respectiv 3; fiecare reprezintă o funcție de trei variabile, două din ele fiind precizate în figură (umiditatea inițială și unghiul de înclinare al sitei); a treia, turația motorului, este fixată la valoarea 670 rot/min. Pe aceste figuri se pot observa variațiile deshidratării dependente de cele două variabile (umiditatea inițială și unghiul de înclinare al sitei). **Intervalul în care deshidratarea variază este cuprins între valorile 1 % și 18 %.**

5. 2. 6 .2. Analiza variației deshidratării relative

Regresiile obținute pentru deshidratarea relativă, ca funcție de umiditatea inițială, unghiul de înclinare a sitei și turația motorului arată că:

- *deshidratarea relativă depinde semnificativ de umiditatea inițială a materiei prime și de unghiul de înclinare al sitei (relațiile (5.9 - 5.10));*
- *deshidratarea relativă este cu atât mai intensă cu cât umiditatea inițială a materiei prime este mai mică (relațiile (5. 9 - 5. 10));*
- *deshidratarea relativă este cu atât mai intensă cu cât unghiul de înclinare a sitei este mai mic;*
- *deshidratarea relativă, cu un nivel de semnificație mai scăzut, depinde slab și de turația motorului, crescând odată cu aceasta, după cum arată relația (5.10).*

5. 2. 6. 4. Analiza variației energiei consumate pentru procesarea șarjei

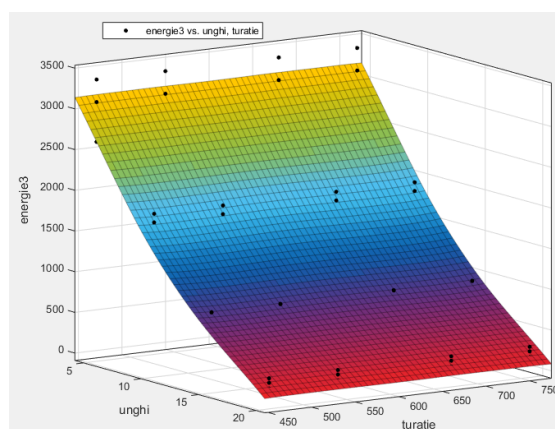


Fig. 5. 33. Funcția energie consumată pe șarjă (Ws sau J) cu variația unghiului de înclinare (grade) a sitei și turația motorului (rot/min), interpolarea de gradul al treilea. Punctele negre corespund datelor experimentale

În **figurile 5. 31, 5. 32 și 5. 33** sunt date reprezentări ale funcției energie consumată în funcție de unghiul de înclinare a sitei și turația motorului. Pe aceste reprezentări, în domeniul de definiție al funcției energiei consumate, nu se observă puncte critice. Prin urmare, *energia consumată scade cu unghiul sitei (și aceasta datorită faptului că evacuarea masei supusă uscării este mai rapidă, ceea ce implică o deshidratare mai puțin intensă) și crește cu turația motorului.*

5. 3. Deshidratarea nămolului prin presare

5.3. 2. Analiza comparativă a deshidratării nămolului prin presare și prin cernere

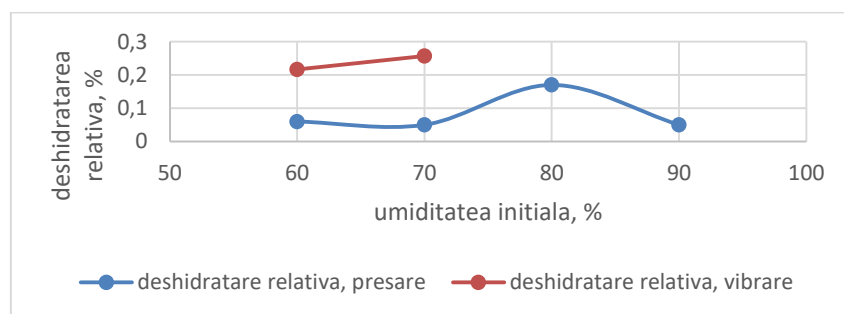


Fig. 5. 41. Deshidratarea relativă a nămolului în cele două metode de deshidratare

Cele două curbe arată că datele experimentale demonstrează că deshidratarea prin vibrare este mai intensă decât deshidratarea prin presare, relativ la intervalul de umiditate inițială (60, 70) %.

5. 3. 3. Structura experimentului

5. 3. 3. 1. Aparate și accesorii utilizate pe parcursul experimentului

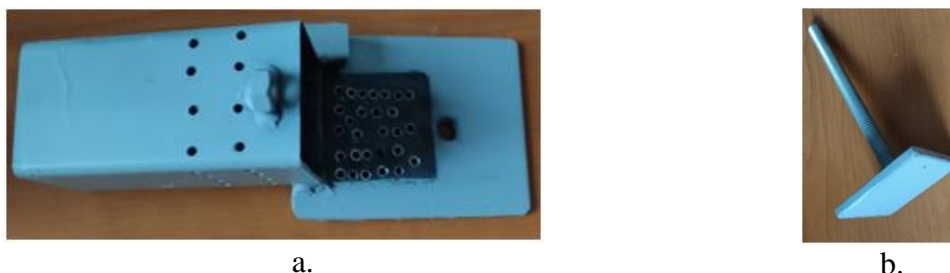


Fig. 5. 42. Matrița de formare a materialului compozit
a - matrița b - pistonul

Matrița (fig. 5. 42, a) pentru formarea materialului compozit și pentru compactarea materialului a fost folosit un piston (fig. 5. 42. b), presat cu mase etalonate.

Higrometru pentru umiditate sol – utilizat la măsurarea umidității amestecului înainte de formare și după.

Cântar digital de bucătărie cu o capacitate maximă de 5 kg și acuratețe de 1 g – utilizat pentru cântărirea conținutului de material din amestec.

5. 3. 3. 2. Materii prime folosite pentru obținerea materialelor compozitecu matrice din nămol

Nămolurile provenite din procesele de epurare a apelor reprezintă **sisteme coloidale complexe**, caracterizate printr-o **compoziție eterogenă**. Acestea includ particule coloidale cu dimensiuni sub 1 mm, elemente dispersate cu diametre cuprinse între 1 și 100 mm, precum și agregate de material aflat în suspensie. Textura nămolului este, de regulă, **gelatinoasă**, iar **conținutul ridicat de apă** conferă acestuia o consistență specifică, ce îngreunează manipularea și transportul fără o etapă prealabilă de deshidratare [36, 37].

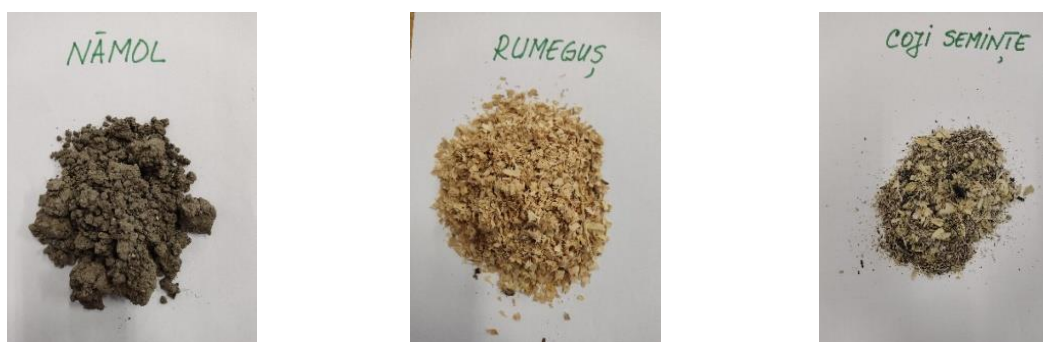


Fig. 5. 42. Materiale utilizate pentru obținerea unor compozite cu matrice de nămol și inserție de rumeguș și/sau coji de semințe

5. 3. 3. 3. Etapele de lucru ale experimentului

5. 3. 3. 3. 1. Deshidratarea nămolului prin presare

S-au cântărit 100 g de nămol și s-a măsurat umiditatea inițială cu ajutorul unui higrometru. S-a turnat în matriță, s-au notat dimensiunile înainte de presare, forța de presare, timpul și dimensiunile probelor după ce au fost scoase din matriță.

5. 3. 3. 3. 2. Desfășurare experiment obținere eșantioane de materiale compozite cu matrice de nămol și inserție de coji de semințe/ rumeguș

Au fost stabilite concentrațiile de nămol și de material de adaos: N100, N95S5, N90S10, N85S15, N80S20, N75S25, N70S30, N50S50, N95R5, N90R10, N85R15, N80R20, N75R25, N70R30, N65R35, N60R40, N50R50 (unde N este codul pentru matricea de nămol; S este codul pentru inserția din coji de semințe, iar R este codul corespunzător inserției de rumeguș).

S-au urmărit aceeași pași ca la 5. 3. 3. 3. 1.



Fig. 5. 48. Eșantioane de material compozit după două săptămâni de la ieșirea din matrița de formare

După două săptămâni în care sunt lăsate la temperatură constantă (**fig. 5. 48**), probele se cântăresc și se măsoară pentru a studia evoluția în timp.

5. 3. 3. 4. Prelucrarea datelor experimentale

Se definesc: **reducerea relativă a volumului** cărămidii după formula:

$$\delta V = \frac{V_i - V_f}{V_i} ; \quad (5. 23)$$

deshidratarea relativă:

$$\delta u = \frac{u_i - u_f}{u_i} ; \quad (5. 24)$$

pierdere de masă relativă:

$$\delta m = \frac{m_i - m_f}{m_i} ; \quad (5. 25)$$

densificarea sau creșterea relativă a densității:

$$\delta \rho = \frac{\rho_i - \rho_f}{\rho_i} . \quad (5. 26)$$

5. 3. 3. 4. 1. Analiza deshidratării nămolului

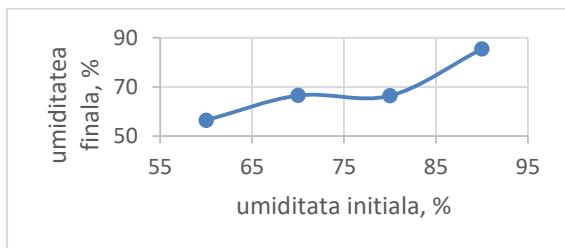


Fig. 5. 49. Distribuirea datelor experimentale pentru valorile finale și inițiale ale umidității nămolului

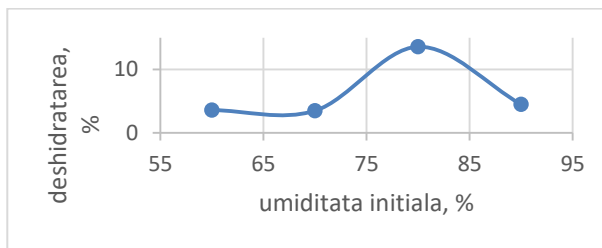


Fig. 5. 50. Distribuirea datelor experimentale privind deshidratarea nămolului relativ la umiditatea inițială

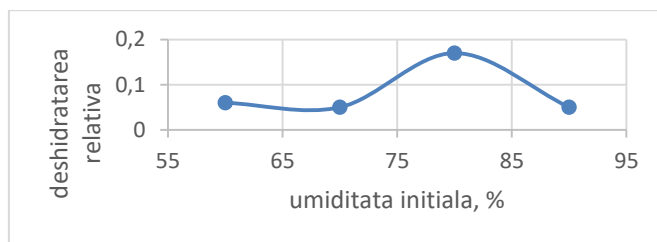


Fig. 5. 51. Distribuirea datelor experimentale privind deshidratarea relativă a nămolului în funcție de umiditatea inițială

În **figura 5.49** se observă că deshidratarea prin presare, în procesul de formare a cărămizilor de nămol pur, conduce la valori pozitive, adică diferențele dintre umiditatea inițială și cea finală sunt pozitive (la umiditate inițială 60 %, umiditatea finală este sub 60 %, la umiditate inițială 70 %, umiditatea finală este sub 70 % etc.). Acest comportament se vede mai bine în **figura 5. 50**, prin faptul că deshidratarea, definită ca în relația (5. 3) este pozitivă, luând valori cuprinse între 2 și 14 %. Același fenomen se observă și în **figura 5. 51**. Prin urmare deshidratarea prin presare (cu presiunea sau forța de presare la valori convenționale alese) funcționează, rolul acesteia în procesul de formare al cărămizilor fiind acela de eliminare a apei și nu de uscarea; practic, uscarea se realizează după ieșirea din procesul de formare.

5. 3. 3. 5. Comportamentul materialelor compozite obținute în timp în condiții standard de depozitare

În **figura 5. 59** se pot observa variațiile cu concentrația de coji de semințe a dimensiunilor cărămizilor de material compozit cu matrice de nămol și inserție de coji de semințe. Se observă că lungimea nu variază cu concentrația, lățimea variază neglijabil, dar înălțimea variază apreciabil.

În **figura 5. 60** se reprezintă grafic variația raportului dintre fiecare dimensiune (după două săptămâni de stocare) și inițială (la ieșirea din procesul de fabricare). Curbele sunt situate sub dreapta de ordonată unu, deci valorile rapoartelor sunt subunitare. Aceasta arată contracția cărămizilor pe timpul stocării, imediat după fabricare, cel puțin în intervalul de două săptămâni de la fabricare și în condițiile de stocare care trebuie precizate.

Același lucru este studiat și pentru materialul compozit cu matrice de nămol și inserție de rumeguș.

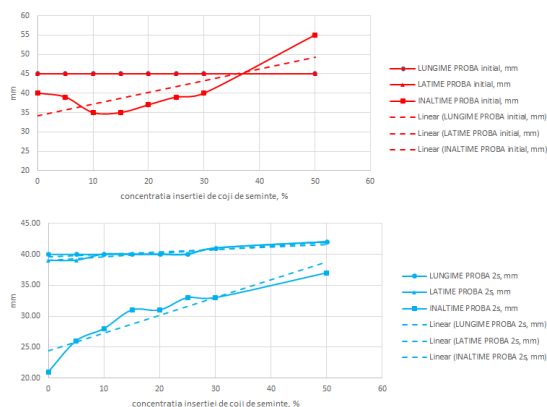


Fig. 5. 59. Variația dimensiunilor cărămizilor cu concentrația de coji de semințe pe timpul stocării (2 săptămâni).

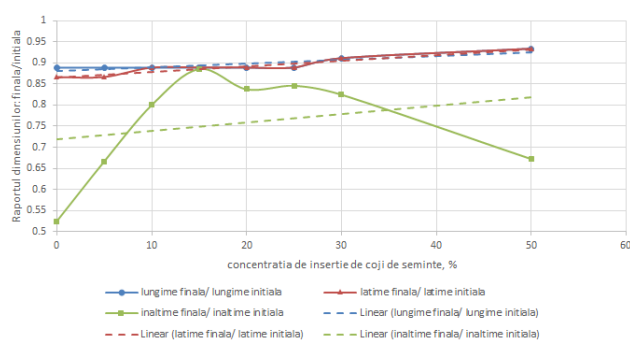


Fig. 5. 60. Raportul dintre valorile finale (stocare 2 săptămâni) și cele inițiale ale dimensiunilor cărămizilor de material compozit, nămol cu inserție de coji de semințe

5. 3. 3. 6. Proprietăți mecano-termice ale materialelor compozite obținute

5. 3. 3. 6. 1. Proprietăți termice



Fig. 5. 66. Măsurarea temperaturii exterioare pe cărămizi [53]
a - așezarea cărămizilor b - măsurarea temperaturii

Pentru determinarea transferului termic al cărămizilor din nămol cu inserție de coji de semințe sau cu rumeguș a fost folosită o cutie din material rezistent la foc, având prevăzută pe peretele superior o fantă în care sunt introduse etanș cărămizile. În interiorul cutiei există o sursă de căldură care încălzește cutia pe interior la 100 °C [54]. Temperatura mediului ambiant și distanța de măsurare vor fi aceleași. Temperatura exterioară de pe cărămizi se măsoară cu un termometru digital cu infraroșu. Pentru fiecare concentrație de material se vor măsura trei temperaturi, pe trei cărămizi, **figura 5. 66**. Trebuie măsurată grosimea cărămizii și calculată densitatea medie a celor trei cărămizi.

Variația conductivității termice a compozitului cu matrice de nămol și inserție de coji de semințe cu concentrația cojilor de semințe, se poate observa în **figura 5. 67**. În acord cu linia de tendință, conductivitatea termică crește cu concentrația de inserție, relativ lent. Valoarea minimă a conductivității termice este 0,4089 W/mK, iar cea maximă 0,59989 W/mK.

Variația conductivității termice a compozitului cu matrice de nămol și inserție de rumeguș, cu concentrația de rumeguș, se poate observa în **figura 5. 68**. În acord cu linia de tendință, conductivitatea termică crește cu concentrația de inserție. Valoarea minimă a conductivității termice este 0,430946 W/mK, iar cea maximă 0,674512 W/mK.

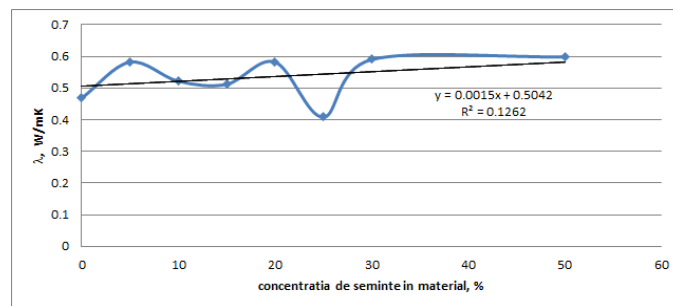


Fig. 5. 67. Variația conductivității termice a materialului compozit (matrice de nămol cu inserție de coji de semințe) cu concentrația inserției de coji de semințe

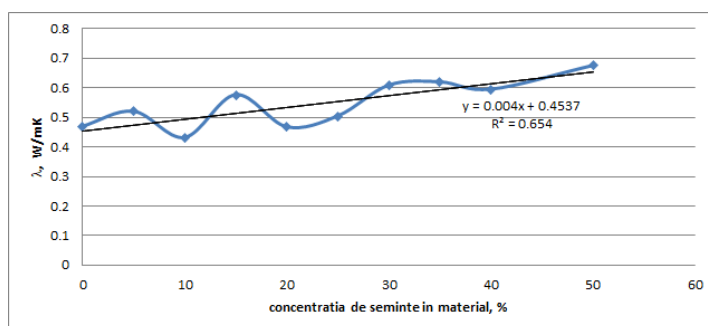


Fig. 5. 68. Variația conductivității termice a materialului compozit (matrice de nămol cu inserție de rumeguș) cu concentrația inserției de rumeguș

5. 3. 3. 6. 2. Proprietăți mecanice

Încercarea la comprimare [67]



a.

b.

Fig. 5. 67. Așezarea și alinierea pieselor pe suportul presei mașinii de încercări mecanice

Fig. 5. 68. Cărămida după comprimare, a - forța aplicată; b - cărămida după comprimare.

Variația rezistenței la comprimare în funcție de concentrația de inserție a cărămidzilor din materialul compozit cu matrice de nămol și inserție din coji de semințe, este reprezentată grafic în **figura 5. 69**.

Rezistența la comprimare a cărămidzilor din materialul compozit cu matrice de nămol și inserție din coji de semințe scade odată cu creșterea concentrației de coji de semințe în materialul compozit. Descreșterea nu este liniară. Linia de tendință arată și ea ca și ecuația drepte de regresie că rezistența la comprimare scade odată cu creșterea conținutului de coji de semințe în materialul compozit. Valorile rezistenței la comprimare pentru variantele de

compozit cu matrice de nămol și inserție din coji de semințe, variază între 0,375 MPa și 2,292 MPa.

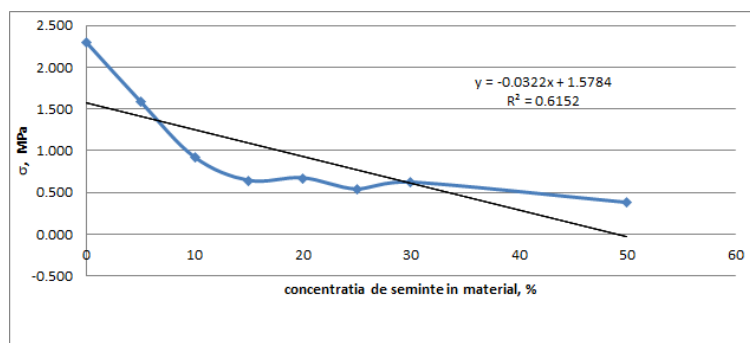


Fig. 5. 69. Variația rezistenței limită la strivire a materialului compozit cu matrice de nămol și inserție de coji de semințe, cu concentrația de coji de semințe

Prin urmare, cărămidile din compozit cu matrice de nămol și inserție din coji de semințe sunt situate la limita inferioară a materialelor uzuale din domeniul construcțiilor.

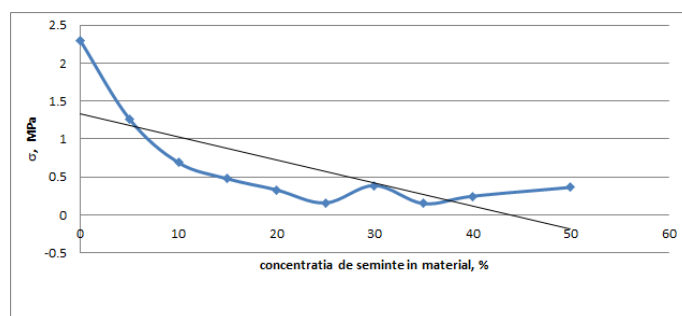


Fig. 5. 70. Variația rezistenței limită la strivire a materialului compozit cu matrice de nămol și inserție de rumeguș, cu concentrația de rumeguș

Variația rezistenței la comprimare, în funcție de concentrația de inserție a cărămidilor din materialul compozit cu matrice de nămol și inserție de rumeguș, este reprezentată grafic în **figura 5.70**. Și în acest caz rezistența la comprimare a cărămidilor scade odată cu creșterea concentrației de rumeguș. Descreșterea nu este liniară. Valorile rezistenței la comprimare pentru variantele de compozit cu matrice de nămol și inserție de rumeguș, variază între 0,149 MPa și 2,292 MPa.

5. 4. Concluzii

În urma experimentelor efectuate au fost constatate următoarele aspecte:

1. La deshidratarea prin cernere:

- nu au existat valori aberante, ceea ce nu presupune eventuale corecții sau completări;
- deshidratarea este mai intensă cu cât umiditatea inițială este mai mică și unghiul de înclinare a sitei este mai mic;
- deshidratarea, cu un nivel de semnificație mai scăzut, depinde slab și de turația motorului sitei, crescând odată cu aceasta;
- intervalul în care deshidratarea variază este cuprins între valorile 1,0 % și 18 %;

- variațiile deshidratării relative cu cele două variabile (umiditatea inițială și unghiul de înclinare al sitei) între valorile 1,0 % și 25,7 %;
- puterea consumată depinde liniar numai de turația motorului de acționare a sitei și variază între valorile 18,15 W și 24,75 W;
- energia consumată scade odată cu creșterea unghiului de înclinare a sitei și crește cu turația motorului;
- se observă o tendință de scădere a eficienței cu unghiul de înclinare a sitei și o creștere ușoară cu turația motorului; turația sitei scurtează timpul de scurgere a șarjei, iar creșterea turației crește viteza curentului la suprafața nămolului supus uscării.

2. La deshidratarea prin presare:

- variațiile deshidratării sunt cuprinse între 2,0 și 14 %, dar cu valori ale forței de presare, convențional alese;
- umiditatea finală are valoare mai mare în cazul presării, decât în cazul sitării; ca urmare, deshidratarea este mai intensă în cazul deshidratării prin cernere vibratorie;

3. La materialele compozite cu matrice de nămol și inserție de coji de semințe sau rumeguș:

- concentrația de inserție este nesemnificativă pentru deshidratare, la fel ca și forța de apăsare;
- forța de apăsare este parametrul de intrare (independent) cel mai important pentru densificarea relativă a materialului compozit;
- valorile volumului, ale densității și ale umidității materialului cărămidii, sunt mai mici după două săptămâni de depozitare decât la ieșirea din procesul de fabricare;
- conductivitatea termică pentru materialul compozit cu inserție de coji de semințe crește cu concentrația de inserție, relativ lent; valoarea minimă a conductivității termice este 0,4089 W/mK, iar cea maximă 0,59989 W/mK.
- conductivitatea termică a materialului compozit cu matrice de nămol și inserție de rumeguș crește cu concentrația de inserție; valoarea minimă a conductivității termice este 0,430946 W/mK, iar cea maximă 0,674512 W/mK;
- rezistența la comprimare a cărămidilor din materialul compozit cu matrice de nămol și inserție din coji de semințe scade odată cu creșterea concentrației de coji de semințe în materialul compozit; valorile rezistenței la comprimare variază între 0,375 MPa și 2,292 MPa; prin urmare, cărămidile din compozit cu matrice de nămol și inserție din coji de semințe sunt situate la limita inferioară a materialelor uzuale din domeniul construcțiilor;
- și în cazul materialelor compozite cu matrice de nămol și inserție de rumeguș rezistența la comprimare a cărămidilor scade odată cu creșterea concentrației de rumeguș; descreșterea nu este liniară; valorile rezistenței la comprimare pentru variantele de compozit cu matrice de nămol și inserție de rumeguș, variază între 0,149 MPa și 2,292 MPa.

C A P I T O L U L 6

CONCLUZII. CONTRIBUȚII PROPRII. PERSPECTIVE

6. 1. Concluzii

Scopul acestei lucrări a fost de a examina în detaliu probleme legate de deshidratare și de utilizare a nămolurilor de epurare. Acestea sunt probleme foarte importante și de actualitate în procesul de trecere la o economie circulară și durabilă. Nămolul obținut în stațiile de tratare a apelor uzate este o resursă importantă, și o provocare în ceea ce privește protecția mediului, sănătatea publică și eficiența economică pe plan mondial.

În istoria gestionării nămolului, un rol important l-a avut dezvoltarea tehnologiilor legate de tratarea acestuia, începând cu realizarea metodelor de evacuare rudimentară și ajungând la soluțiile contemporane de compostare, ardere și recuperare de energie. Mai mult, analiza proprietăților fizico-chimice și biologice ale nămolurilor prezintă o perspectivă mai profundă asupra înțelegerii comportamentului lor în procesele de tratare.

Cadrul legislativ este o altă concluzie semnificativă. Deși Directiva 86/278/CEE și toate legile existente la nivel național și european, oferă un cadru solid pentru utilizarea în siguranță a nămolului în agricultură și în alte domenii, implementarea lor în România este încă în stadiu incipient.

Această lucrare evidențiază potențialul de a utiliza nămolul de epurare în mai multe domenii, și de a promova dezvoltarea economiei circulare datorită prezenței siguranței ecologice, utilizarea nămolului ca îngrășământ, combustibil alternativ sau material pentru construcții este avantajoasă pentru a reduce deșeurile și a economisi resursele naturale.

6. 2. Contribuții proprii

Această lucrare integrează elemente din literatura de specialitate, cu contribuții proprii, conducând la atingerea obiectivelor inițiale ale cercetării:

1. Studiul literaturii de specialitate cu privire la formarea, clasificarea și proprietățile fizico-chimice și biologice ale nămolului rezultat din tratarea apelor uzate.
2. Analiza legislației pentru gestionarea și valorificarea nămolului la nivel european, și național, concentrată pe strategiile specifice economiei circulare
3. Prezentarea celor mai recente tehnologii moderne de tratare a nămolurilor cu avantajele și dezavantajele lor
4. Determinarea posibilităților de utilizare a nămolului în agricultură, industrie și generare de energie, în funcție de compoziția și de potențialul caloric al lui.
5. Corelarea strategiilor optime de valorificare cu parametrii fizico-chimici, în funcție de tipul de nămol.
6. Formularea rezultatelor și recomandărilor pentru cercetări viitoare care să vină în sprijinul progresului științific și al aplicabilității practice a soluțiilor propuse.

Conținutul tezei reflectă unele contribuții personale, după cum urmează:

6. 2. 1. Aspecte cu caracter teoretic

6. 2. 1. 1. Studiu de literatură

Capitolul 1

- Studiul evoluției sistemelor de epurare a apelor uzate și al procesului de formare a nămolurilor de epurare, precum și descrierea principalelor metode de tratare a apelor și a modului în care acestea generează nămol.

- Prezentarea tehnologiilor moderne de valorificare și reciclare a nămolului.

- Economia circulară și rolul nămolurilor în acest sistem.

Capitolul 2

- Etapele procesului de deshidratare, precum și criteriile de alegere a metodei potrivite.

- Analiza metodelor uzuale de deshidratare (pat deshidratant, centrifugare, presare, uscare termică etc.), în funcție de parametri precum umiditatea reziduală, eficiența energetică și costurile implicate, precum și influența caracteristicilor nămolului asupra randamentului procesului de deshidratare, cu referire la metodele mecanice și termice.

Capitolul 3

- Analiza echipamentelor necesare pentru deshidratarea nămolului, cu evidențierea caracteristicilor constructive, principiilor de funcționare și a randamentului în funcție de tipul nămolului.

- Avantajele și dezavantajele fiecărui tip de echipament, alături de exemple de aplicare practică.

Capitolul 4

- Studiul echipamentelor dedicate separării granulometrice a particulelor solide din nămoluri și eficiența lor în funcție de compoziția nămolului și de cerințele procesului tehnologic în care sunt integrate.

6. 2. 1. 2. Cercetări teoretice, proprii

- Efectuarea unei analize detaliate a metodelor implicate în procesele de deshidratare a nămolurilor și separare granulometrică. A fost examinat, de asemenea, modul în care tipurile de echipamente utilizate și caracteristicile nămolurilor sunt conectate. Au fost studiate numeroase surse bibliografice referitoare la metodele și echipamentele utilizate la deshidratarea nămolului, pentru a combina informațiile într-un mod logic, coerent și adaptat la contextul românesc.

- Au fost identificate și studiate cele mai frecvente tipuri de site vibratoare utilizate în tratarea nămolurilor. Fiecare tip constructiv are caracteristici specifice în ceea ce privește eficiența de separare, debitul procesat și adaptabilitatea la granulometrii diferite. De asemenea, au fost efectuate comparații între sitele cu ochiuri pătrate și sitele cu ochiuri circulare.

- A fost studiată probabilitatea de trecere a unei granule prin ochiurile unei site, cu diferite tipuri de găuri.

6. 2. 2. Aspecte cu caracter experimental

Analiza experimentală a deshidratării nămolului prin presare în matriță și prin cernere cu ajutorul unui ciur vibrator, care se înclină sub diferite unghiuri, modificându-și turația. Nămolul a fost amestecat cu coji de semințe/rumeguș, obținându-se materiale compozite, care ar putea fi utilizate în construcții. Astfel, au fost efectuate:

- Analiza granulometrică a celor trei materiale cu ajutorul balanței analitice și a setului de site etalon din dotarea Departamentului Echipamente de Proces, Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică, Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București.

- Deshidratarea nămolului cu ajutorul ciurului vibrator realizat și a aparaturii necesare. Rezultatele sunt trecute în tabele, iar interpretarea și modelarea matematică a acestora este reprezentată grafic.

- Deshidratarea prin presare a nămolului se realizează într-o matriță fabricată; rezultatele sunt interpretate și comparate cu cele obținute prin cernere, interpretarea acestora fiind reprezentată grafic.

- Obținerea materialelor compozite, prelucrarea datelor experimentale, observarea comportamentului în timp și în condiții standard de depozitare, supunerea la încercări mecanice, cu ajutorul aparaturii din dotarea Facultății de Construcții, Laboratorul pentru încercări materiale de construcții și termice, pe standul experimental al doctorandei Dobrițoiu I. Elena, modelarea matematică și reprezentarea grafică a rezultatelor.

6. 3. Perspective

Pe baza rezultatelor anterioare, au fost depistate câteva direcții suplimentare pentru a continua și îmbunătăți cercetarea:

- Utilizarea sitelor stratificate, cu ochiuri de dimensiuni diferite, pe ciurul vibrator, pentru ca separarea fracțiunilor granulometrice să fie mai precisă, iar tratamentul să se poată ajusta la fiecare lot de material;

- Extinderea gamei de materiale de umplură, testate, inclusiv materiale industriale recuperabile, pentru a realiza compoziții optime pentru materialele compozite;

- Optimizarea rețetelor de amestec, pe baza rezultatelor granulometriei și a testelor mecanice și termice, pentru a găsi combinațiile cele mai potrivite la capitolul raport între rezistență, durabilitate și sustenabilitate;

- Analiza posibilității de implementare la o scară mai mare, într-o unitate reală de producție sau într-o stație de epurare deja existentă, pentru a analiza fezabilitatea tehnică și economică;

- Implementarea unui sistem de monitorizare a calității și a trasabilității produselor rezultate, care să asigure caracterul ecologic și sigur pentru utilizare

LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE

ARTICOLE SCOPUS/WEB OF SCIENCE

1. **FARCAȘ-FLAMAROPOL Dana-Claudia**, Elena SURDU*, Radu I. Iatan, Petru CÂRDEI, Ramona MARE, *Preliminary research regarding the creation of a category of composite material based on a mud matrix and agricultural waste as filler materials*, INMATEH-Agricultural Engineering, vo. 71, no. 3, **2023**, p 205-214 (ISSN 2068-4215; On line ISSN 2068-2239), [WOS : 001146897700001](#).
2. Elena SURDU, **Dana-Claudia FARCAȘ-FLAMAROPOL**, Radu I. IATAN, Petru CÂRDEI, Nicoleta SPOREA, Gheorghița TOMESCU, Ion DURBACĂ, *Heat transmission through walls of composite material with clay matrix (Transmiterea caldurii prin pereti de material compozit cu matrice de lut)*, INMATEH-Agricultural Engineering, vo. 73, no. 2, **2024**, p 416-426 (ISSN 2068-4215; On line ISSN 2068-2239), [WOS:001293857700035](#).
3. **FARCAȘ-FLAMAROPOL Dana-Claudia**, Elena SURDU1, Radu I. IATAN, Petru CÂRDEI, Georgiana ENĂCHESCU, Iuliana PRODEA, Ion DURBACĂ, *Mechanical and thermal properties of composite materials obtained with sludge matrix and agricultural waste inserts (Proprietăți mecanice și termice ale materialelor compozite obținute cu matrice de nămol și inserții din deșeuri agricole)*, INMATEH-Agricultural Engineering, vo. 73, no. 2, **2024**, p 427-434 (ISSN 2068-4215; On line ISSN 2068-2239), [WOS:001293857700036](#).
4. **Farcas-Flamaropol Dana-Claudia**, Radu Iatan, Petru Cardei, Ion Durbaca, Elena Surdu, Nicoleta Sporea, *Dewatering of sludge through vibratory sieving*, MDPI, Sustainability 2025, 17(1), 141; (ISSN: 2071-1050), [WOS:001393879300001](#).
5. Elena Surdu, Radu Iatan, Petru Cardei, Nicoleta Sporea, **Dana-Claudia Farcas -Flamaropol**, Ion Durbaca, *Mechanical Properties of Composite Materials Obtained with Clay Matrices and Plant Waste Inserts*, MDPI, Sustainability 2025, 17(7), 2888; (ISSN: 2071-1050), [WOS:001465640300001](#).

ARTICOLE SCOPUS

1. Durbacă I., Iatan R., Surdu Elena, **Farcas – Flamaropol Dana – Claudia**, *Approaches to the evaluation of the mechanical properties of single – layer composite plates made of recyclable polymeric and protein materials*, ICMAS **2020** – 8th International Conference on Advanced Materials and Systems, p 71-76 (ISSN 2068-0783).
2. Durbacă I., Sporea Nicoleta, **Farcas – Flamaropol Dana Claudia**, Surdu Elena, *Application of the “six sigma” method for the analysis of the improvement of the environmental air quality parameters at the municipality of Bucharest, by monitoring the pollutants of NO_x pollutants*, ICMAS **2020** – 8th International Conference on Advanced Materials and Systems, p 277-281 (ISSN 2068-0783).

ARTICOLE BDI

1. Surdu Elena, **Farcas – Flamaropol Dana – Claudia**, *Recycling household waste*, Hidraulica, nr. 1, **2020**, p. 102 – 108 (ISSN 1453 – 7303).
2. **Farcas – Flamaropol Dana – Claudia**, Surdu Elena, *Wastewater Purging. Case Study*, Hidraulica, nr. 1, **2020**, p. 109-113 (ISSN 1453 – 7303).

3. **Flamaropol – Farcaș Dana – Claudia**, Prodea Iuliana Marlena, Enăchescu Georgiana Luminița, Surdu Elena, *Sewage sludge removal and valorification from the circular economy's point of view*, Hidraulica, nr. 4, **2021**, p. 49 – 56 (ISSN 1453 – 7303).
4. Surdu Elena, **Flamaropol – Farcaș, Dana Claudia**, Sporea Nicoleta, Tomescu Gheorghita, *The use of biomass can help save the Planet*, Hidraulica, nr. 4, **2021**, p. 76 – 85 (ISSN 1453 – 7303).
5. Silvia - Andreea Nițu (Corresponding author), Radu I. Iatan, Ion Durbacă, Gabriel Petroșel, Elena Surdu, **Dana Claudia Farcaș-Flamaropol**, *Comparative analytical determination of thermal protection behavior for experimental models made of stratified biocomposite boards of ligno-cellulose nature*, Journal of Engineering Studies and Research, Volume 27, No. 3, **2021**, p. 37-42 (ISSN online 2068-7559).
6. **Farcaș-Flamaropol Dana-Claudia**, Elena Surdu, Ion Durbacă, Andreea Nițu, Ramona Mare, Eugen Duțu, *Aspects regarding the energetical valorification of urban sludge treatment*, Journal of Engineering Studies and Research, Volume 27, No. 4, **2021**, p. 14 - 23 (ISSN online 2068-7559).
7. Radu I. Iatan, Andreea - Silvia Nitu, Mihai Statescu, Elena Surdu, **Dana-Claudia Farcaș - Flamaropol**, Melania Corleciuc (Mituca), Cosmin Ciocoiu, *Some Comparative Opinions Regarding The Working Of Fibers And Matrix On Axial Stress Limit. Matrix With Longer Fiber Extensions*, Journal of Engineering Studies and Research, Volume 28, No. 1, **2022**, p. 43 - 52 (ISSN online 2068-7559).
8. **Farcaș-Flamaropol Dana-Claudia**, Elena Surdu, Ramona Mare, *Sludge Dewatering Instalations*, Hidraulica, nr. 1, **2023**, p. 68-75 (ISSN 1453 – 7303).
9. Elena Surdu, **Dana-Claudia Farcaș-Flamaropol**, *Energy Efficiency From Sustainable Materials*, Hidraulica, nr. 1, **2023**, p. 53-61 (ISSN 1453 – 7303).
10. Elena Surdu , **Claudia-Dana Farcaș-Flamaropol**, Petru Cârdei, Ion Durbacă, Nicoleta Sporea, *Research On The Recovery Of Some Agricultural Waste For Manufacturing Of Composite Materials With Clay Matrices*, The 18th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building Field OPROTEH **2023** Journal of Engineering Studies and Research – Volume 29 (2023) No. 4, pag. 57-68 (ISSN 2457 – 3388).

BIBLIOGRAFIE GENERALĂ

CAPITOLUL 1

1. Marc Van De Mieroop, *A History of Ancient Egypt*, Ed. Wiley-Blackwell, 2011
2. Greg Woolf, *Rome: An Empire's Story*, Oxford University Press, 2022
3. Stephen Halliday, *The Great Stink of London: Sir Joseph Bazalgette and the Cleansing of the Victorian Metropolis*, Ed. Sutton, London, England, 2001
4. Metcalf & Eddy Inc., *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, McGraw-Hill Companies, New York, 2003
5. Kerry J. Howe, *Principles of Water Treatment*, Ed. John Wiley & Sons, 2012
6. Charles R. Rhyner, Leander J. Schwartz, Robert B. Wenger, Mary G. Kohrell, *Waste Management and Resource Recovery*, Ed. CRC Press, 2020
7. Jamie Benidickson, *The Culture of Flushing: A Social and Legal History of Sewage*, Ed. UBC Press, 2007
8. Idvorean R., *Alimentarea cu apă a Timișoarei – o istorie mai puțin cunoscută*, Ziarul Spiritului Timișorean, 23 Martie 2022
9. Szöke A. M., *Valorificarea deșeurilor de nămol din ape reziduale în materiale de construcții*, teză doctorat, București, 2014
10. Surdu Elena, **Farcaș-Flamaropol Dana Claudia**, *Recycling Household Waste*, Hidraulica nr. 1/2020, p. 102-108, ISSN 1453 – 7303
11. Moșneguțu E. F., *Gestionarea deșeurilor industriale*, curs didactic pentru uzul studenților, Bacău, 2007
12. Neș A. M., Crișan O. A., Orban M., Lakatos E. S., *Valorificarea nămolurilor provenite de la stațiile de tratare a apelor uzate din perspectiva economiei circulare*, a XV-a Conferință internațională - multidisciplinară “Profesorul Dorin Pavel-fondatorul hidroenergeticii românești”, Sebeș, 2017
13. *** *Planul Național de Gestionare a Deșeurilor*, 2 noiembrie 2017 - https://mmediu.ro/app/webroot/uploads/files/PNGD_vers5.pdf
14. * * * *Sustebailitate, economie circulară* - <https://ecoteca.ro/eurostat-in-2021-romania-a-reciclat-113-din-deseurile-municipale.html>
15. *** *Gestionarea durabilă a deșeurilor: ce face UE* - <https://www.europarl.europa.eu/topics/ro/article/20180328STO00751/gestionarea-durabila-a-deseurilor-ce-face-ue>
16. *** *Sewage sludge* - https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/sewage-sludge_en
17. Anderson N., Snaith R. et al., *Sewage sludge and the circular economy*, 17 Mai 2021- [https://forum.eionet.europa.eu/nrc-eionet-freshwater/library/urban-waste-water-treatment/sewage-sludge-and-circular-economy/download/en/1/Sewage Sludge and the Circular Economy - Final Report.pdf](https://forum.eionet.europa.eu/nrc-eionet-freshwater/library/urban-waste-water-treatment/sewage-sludge-and-circular-economy/download/en/1/Sewage%20Sludge%20and%20the%20Circular%20Economy%20-%20Final%20Report.pdf)
18. Giwa A.S., Maurice N. J. et al., *Advances in sewage sludge application and treatment: Process integration of plasma pyrolysis and anaerobic digestion with the resource recovery*, Helion, Volume 9, September 2023 - <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19765>
19. *** SR EN 12832, *Caracterizarea nămolurilor. Valorificarea și eliminarea nămolurilor-vocabular*, Ianuarie 2002
20. *** IRS SR 12702, *Nămoluri rezultate de la tratarea apelor de suprafață și epurarea apelor uzate*, Noiembrie 1997
21. Iticescu C., Murărescu M., Georgescu L., *Utilizarea nămolurilor de epurare*, Ed. Galați University Press, Galați, 2015

22. Tchobanoglous G., Stensel H.D., Tsuchihashi R., Burton F.L., *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, McGraw-Hill, 2014
23. Vesilind P. A., Peirce A. I., Weiner R. T., *Sludge Management in Wastewater Treatment Plants*, Technomic Publishing, 1994
24. Rittmann B. E., McCarty P. L., *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*, Ed. McGraw-Hill, 2001
25. Trașcă F., Mihăilescu D., Ionescu N., Trașcă G., Ciodaru I., *Cercetări privind posibilitatea utilizării nămolului de epurare ca fertilizant organic a solurilor acide grele*, AN I.N.C.D.A. FUNDULEA, vol. LXXIX, nr. 2, 2011, p. 293-311
26. Durbacă I., *Echipamente pentru prevenirea poluării mediului*, Editura Printech, București, 2011
27. Ciolea D. I., *Cercetări privind ciclul de viață al nămolurilor rezultate la epurarea apelor uzate urbane*, Editura U.T.PRESS, Cluj-Napoca, 2018
28. Stuetz R. M., Stephenson T., *Principles of Water and Wastewater Treatment Processes*, IWA Publishing, London, 2009
29. Yan S., Bala Subramanian S., Tyagi R.D., Surampalli R.Y., *Wastewater Sludge Characteristics*, book Sustainable Sludge Management: Production of Value Added Products, chapter 2, ASCE, september 2009, p. 6-36
https://www.researchgate.net/publication/283016984_Wastewater_Sludge_Characteristics
30. Mihelcic J., Zimmerman J., *Environmental Engineering: Fundamentals, Sustainability, Design*, John Wiley & Sons, 2014
31. Kelessidis A., Stasinakis A. S., *Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries*, Waste Management 32, 2012, pp 1186–1195
32. Burcea M., Trofin O. și alții, *On the agricultural use of sewage sludge in Romania*, Lucrări științifice, seria Agronomie, vol. 59(2), 2016, pag. 147-150
33. Spinosa L., *Wastewater sludge: a global overview of the current status and future prospects*, IWA Publishing, 2011
34. *** Directiva 86/278/CEE privind protecția mediului și în special a solului atunci când nămolurile sunt utilizate în agricultură
35. * * * Anexa 4. 4. *Strategia privind managementul nămolurilor și reziduurilor provenite de la stațiile de epurare din arii de epurare A. O. R.* - www.apa_canal.ro / Anexa 4.4. Strategia nămolului.pdf
36. * * * Directiva-cadru privind deșeurile (2008/98/CE)
37. * * * Regulamentul (CE) nr. 1774/2002 privind regulile de sănătate publică referitoare la subprodusele de origine animală neutilizate în consumul uman
38. Christodoulou, A., & Stamatelatou, K., *Overview of legislation on sewage sludge management in developed countries worldwide*, Water Science and Technology, 73(3), 2016, pag. 453-462
39. Cieřlik, B. M., Namieřnik, J., Konieczka, P., *Review of sewage sludge management: standards, regulations and analytical methods*. Journal of cleaner production, 90, 2015, pag. 1-15
40. Bianchini A., Bonfiglioli L., Pellegrini M., Saccani, C., *Sewage sludge management in Europe: a critical analysis of data quality*, International Journal of Environment and Waste Management, 18(3), 2016, pag. 226-238
41. * * * Legea nr. 211/2011 privind regimul deșeurilor, Monitorul Oficial al României
42. * * * Ordinul nr. 344/2004 pentru aprobarea Normelor tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură

43. * * * *HG nr. 856/2002 privind evidența gestiunii deșeurilor și aprobarea listei cuprinzând deșeurile, inclusiv deșeurile periculoase*
44. Ghinea, C., & Apostol, L., *Environmental Management of Wastewater Treatment Sludge in Romania*, Journal of Environmental Protection and Ecology, 12(4), 2011, pp 1803-1813
45. Popescu, L., Barna, L., *Managementul Deșeurilor. Legislație și Norme Tehnice*, Editura Universității din Oradea, 2008
46. Iancu I., Bica I., Dimache A., *Optimizarea soluțiilor de gestiune a nămolurilor provenite de la epurarea apelor uzate*, Conferința Tehnico-Științifică „Tehnologii noi de epurare a apelor uzate”, București, 2012
47. * * * Enviromental Policies –
https://www.sginetwork.org/2022/Romania/Environmental_Policies
48. **Farcaș – Flamaropol Dana Claudia**, Surdu Elena, *Wastewater Purging. Case Study*, Hidraulica, nr. 1, 2020, p. 109-113, ISSN 1453 – 7303
49. ***http://www.anpm.ro/anpm_resources/migrated_content/uploads/9361_Namoluri_pdf
50. *** http://www.biogas-renewableenergy.info/sludge_valorisation.html
51. *** *Warehouse and Logistics News* - <http://warehousenews.co.uk/2013/02/dwr-cymru-welsh-water-cuts-ludge-transport-costs-with-vscmapmechanics-solution>
52. Sabău M., *The Management of Sewage Sludge from Purge Water in Romanian Agriculture*, Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Agriculture , vol. 72, nr. 2, 2015, pp. 522-525
53. Fytili, D., Zabaniotou, A., Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12(1), 2008, p. 116-140
54. Ponsá S., Gea T., Sánchez A., Garrido-Baserba M., *Incorporation of sewage sludge in ceramic materials: From waste to resource*, Journal of Environmental Management, 261, 110229, 2020.
55. Mohajerani A., Vajna J., Cheung T. H. H., Kurmus H., Arulrajah A., Horpibulsuk, S., *Practical recycling applications of sewage sludge in clay bricks and fired bricks*, Construction and Building Materials, 212, 2019, p. 206-215
56. Ahmad S., Ghani U., Khan S., *The potential use of sewage sludge in brick making*, Journal of Cleaner Production, 196, 2018, p. 1280-1289
57. *** <http://www.promdes.ro/images/prezentare-tex.pdf>
58. Zhang L., *Production of bricks from waste materials – A review.*, Construction and Building Materials, 47, 2013, p. 643-655
59. Sutcu M., Akkurt S., *The use of recycled paper processing residues in making porous brick with reduced thermal conductivity*, Ceramics International, 35(7), 2009, p. 2625-2631.
60. Barbieri L., Lancellotti I., Rincon J. M., *Use of industrial wastes and by-products as raw materials in the manufacture of ceramic tiles*, Journal of the European Ceramic Society, 33(3), 2013, p. 813-821
61. Oliveira D. M., Holanda J. N. F., *Ceramic tiles from waste materials: A review*, Waste Management, 34(11), 2014, p. 2172-2180
62. González-Corrochano B., Alonso-Azcárate J., Rodas M., *Characterization of lightweight aggregates manufactured from washing aggregate sludge, fly ash and used motor oil*, Waste Management, 29(1), 2009, p. 187-194
63. Muntohar A. S., *Engineering characteristics of the compressed-stabilized earth brick (CSEB) produced from industrial waste*, Construction and Building Materials, 25(11), 2011, p. 4215-4220

64. Rusănescu Carmen Otilia, Voicu Gh., Paraschiv G., Begea Mihaela, Purdea Larisa, Petre Ivona Camelia, Stoica Elena Valentina, *Recovery of Sewage Sludge in the Cement Industry*, MDPI, Energies, 15(7), 2664, 2020, <https://doi.org/10.3390/en15072664>
65. Neczaj E., Grosser A., et al., *Conversion of Sewage Sludge and Other Biodegradable Waste into High-Value Soil Amendment within a Circular Bioeconomy Perspective*, MDPI, Energies, 14(21), 6953, 2021, <https://doi.org/10.3390/en14216953>
66. Zheng W., Shao Y., Wang Z., *Future Directions of Sustainable Resource Utilization of Residual Sewage Sludge: A Review*, Sustainability 16(16), 6710, 2024, <https://doi.org/10.3390/su16166710>
67. Khan M. I., Ayers M. E. *Use of sewage sludge ash in concrete and cementitious products: A review*, Construction and Building Materials, 27(1), 2012, p. 43-50.
68. Elangovan M., Subramanian K., *Utilization of sewage sludge ash as fine aggregate with partial replacement of sand in concrete*, Journal of Cleaner Production, 35, 2015, p. 1-9.
69. Luo R., Hu J., Xu Y., *Effects of sewage sludge ash on the durability of concrete*, Construction and Building Materials, 48, 2013, p. 178-185.
70. Parker J., Marsalek J., *Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) and their role in reducing urban flooding*, Journal of Environmental Management, 92(6), 2011, p. 1284-1293.
71. Gupta S., Kumar A., *Utilization of sewage sludge in road construction: A review*, Construction and Building Materials, 102, 2016, p. 596-615.
72. Akyıldız M. H., Yön S., . *Experimental Investigation of Usability of Treatment Sud Ash with Road Filling Materials in Highways*, Sustainability, 15(5), 4593, 2013, <https://doi.org/10.3390/su15054593>
73. Bora R., Richardson R., You F., *Resource recovery and waste-to-energy from wastewater sludge via thermochemical conversion technologies in support of circular economy: a comprehensive review*, BMC Chemical Engineering, 2:8, 2020, <https://doi.org/10.1186/s42480-020-00031-3>
74. Mulopo J., *A systematic overview of current advancements for chemical, material, and energy production using sewage sludge for industrial ecology and sustainability transition*, Environmental Sustainability 7:5–29, 2024, <https://doi.org/10.1007/s42398-023-00301-9>
75. Mavugara R., Matsa M., Defe R., *Enhancing Optimal Resource Recovery from Municipal Wastewater Sludge: Selection of Appropriate Waste to Energy Technologies for Zvishavane Urban, Zimbabwe*, Materials Circular Economy, 5, 18, 2023, <https://doi.org/10.1007/s42824-023-00090-w>
76. ****State-of-the-Science Energy and Resource Recovery from Sludge*, <https://www.waterrf.org/research/projects/state-science-energy-and-resource-recovery-sludge>
77. Naoum C. et al., *Removal of heavy metals from sewage sludge by acid treatment*, Journal of Environmental Science and Health Part A Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering, 36(5):873-81, 2001, <https://doi.org/10.1081/ESE-100103767>
78. ****Significant Additional Metal Recovery from Ash at Waste-to-Energy Facilities Documented*, Waste Advantage Magazine, 18 october 2016
79. *** *The Process of Energy from Waste (EFW)*, Severn Waste Services, 2024
80. *** *New WTE Facility Practices Could Enhance Bottom Ash Recovery*, Waste Today Magazine, 18 october 2016
81. Ribeiro M. R. et at., *Synthesis of value-added materials from the sewage sludge of cosmetics industry effluent treatment plant*, Journal of Environmental Chemical Engineering, vol.9, issue 4, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105367>

82. Lim D. K. et al., *Assessment of Fertilizer Efficiency of Pharmaceutical Byproduct and Cosmetic Industry Wastewater Sludge as Raw Materials of Compost*, Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 38(2), 2005, p. 108-117, 2288-2162(eISSN)
83. Cecconet D., Capodaglio, *Sewage Sludge Biorefinery for Circular Economy*, Sustainability, 14(22), 14841, 2022; <https://doi.org/10.3390/su142214841>
84. Qu J., Wang D., Deng Z., Yu H., Dai j., Bi X., *Biochar Prepared by Microwave-Assisted Co-Pyrolysis of Sewage Sludge and Cotton Stalk: A Potential Soil Conditioner*, Sustainability, 15(9), 7265, 2023; <https://doi.org/10.3390/su15097265>
85. Goldan E., Nedeff V., Barsan N., Culea M., Tomozei C., Panainte-Lehadus M., Moşneguţu E., *Evaluation of the Use of Sewage Sludge Biochar as a Soil Amendment—A Review*, Sustainability, 14(9), 5309, 2022; <https://doi.org/10.3390/su14095309>
86. Rehman R. A., Qayyum M. F., Haider G., Schofield K., Abid M., Rizwan M., Ali S., *The Sewage Sludge Biochar and Its Composts Influence the Phosphate Sorption in an Alkaline–Calcareous Soil*, Sustainability, 13(4), 1779, 2021; <https://doi.org/10.3390/su13041779>
87. Elkhalfa S., Mackey H., Al-Ansari T., McKay G., *Pyrolysis of Biosolids to Produce Biochars*: Sustainability, 14(15), 9626, 2022; <https://doi.org/10.3390/su14159626>
88. Jien S. H., Wang C. S., *Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil*, Catena 110, 2013, p. 225-233; www.elsevier.com/locate/catena
89. Aytenew M., Bore G., *Effects of Organic Amendments on Soil Fertility and Environmental Quality: A Review*, 8(5), Journal of Plant Sciences, 2020, p. 112-119; <https://doi.org/10.11648/jps20200805.12>
90. Celik I., Gunal H., Budak M., Akpinar C., *Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions*, Geoderma 160(2), 2010, p. 236-243; <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.09.028>
91. Andrieş S., Cerbari V., Filipciuc V., *Starea de calitate a învelișului de sol și măsuri de remediere*, Akademos 3(18), 2010, p. 80-87; https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/Starea%20de%20calitate%20a%20inveli%20sului%20de%20sol%20si%20masuri%20de%20remediere.pdf
92. Bakalár T., Pavolová H., Šimková S., Bednářová L., *Phosphorus Management in Slovakia—A Case Study*, Sustainability, 14(16), 10374, 2022; <https://doi.org/10.3390/su141610374>
93. Liu Y., Jin J., Li J., Zou Z., Lei R., Sun J., Xia J., *Enhanced Phosphorus Recovery as Vivianite from Anaerobically Digested Sewage Sludge with Magnetic Biochar Addition*, Sustainability, 14(14), 8690, 2022; <https://doi.org/10.3390/su14148690>
94. Bagheri M., Öhman M., Wetterlund E., *Techno-Economic Analysis of Scenarios on Energy and Phosphorus Recovery from Mono- and Co-Combustion of Municipal Sewage Sludge*, Sustainability, 14(5), 2603, 2022; <https://doi.org/10.3390/su14052603>
95. Shaddel S., Bakhtiary-Davijany H., Kabbe C., Dadgar F., Østerhus S. W., *Sustainable Sewage Sludge Management: From Current Practices to Emerging Nutrient Recovery Technologies*, Sustainability, 11(12), 3435, 2019; <https://doi.org/10.3390/su11123435>
96. Negulescu C., *Prelucrarea și valorificarea nămolurilor rezultate din epurarea apelor uzate orășenești, industriale și din zootehnie*, Editura AgroTehnica, 2006
97. Panaitescu M., *Tehnici de epurare ape uzate*. Îndrumar de proiectare stație de epurare, Editura Nautica, Constanța, 2011
98. **Farcaș-Flamaropol Dana Claudia**, Prodea Iuliana Marlina, Enăchescu Georgiana Luminița, Surdu Elena, *Sewage Sludge Removal and Valorification from the Circular Economy's Point of View*, Hidraulica, Nr. 4/2021, p. 49-56, ISSN 1453 – 7303,

99. Gherghel A., *Valorificarea sustenabilă a nămolurilor din stațiile de epurare*, teză de doctorat, Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi, Iași, 2020
100. Iancu I., Dimache A., Ciugulea O., *Opțiuni actuale de valorificare/eliminare a nămolurilor provenite de la stațiile de epurare a apelor uzate*, Conferința Tehnico-Științifică Performanța în serviciile de apă-canal, București, 2014
101. Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D., *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, McGraw-Hill, 2003
102. Demichelis F., Piovano F., Fiore S., . *Biowaste Management in Italy: Challenges and Perspectives*, *Sustainability*, 11(15), 4213, 2019; <https://doi.org/10.3390/su11154213>
103. Bora R. et al., *Resource recovery and waste-to-energy from wastewater sludge via thermochemical conversion technologies in support of circular economy: a comprehensive review*, *BMC Chemical Engineering*, 2:8, 2020; <https://doi.org/10.1186/s42480-020-00031-3>
104. Morsy O. et al., *A Superstructure Mixed-Integer Nonlinear Programming Optimization for the Optimal Processing Pathway Selection of Sludge-to-Energy Technologies*, *Sustainability*, 15(5), 4023, 2023; <https://doi.org/10.3390/su15054023>
105. Fytli D., Zabaniotou A., *Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods—A review*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(1), 2008, p. 116-140; <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.05.014>
106. Werther J., Ogada T., *Sewage sludge combustion*, *Progress in Energy and Combustion Science*, 25(1), 1999, p. 55-116; [https://doi.org/10.1016/S0360-1285\(98\)00020-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1285(98)00020-3)
107. Wielinski J., Muller C. et al., *Combustion of Sewage Sludge: Kinetics and Speciation of the Combustible*, *Energy & Fuels* 32(10), 2018; <http://dx.doi.org/10.1021/acs.energyfuels.8b02106>
108. Appels L., Baeyens J., Degreè J., Dewil R., *Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge*, *Progress in Energy and Combustion Science*, 34(6), 2008, p. 755-781; <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2008.06.002>
109. Persson M., Jonsson O., Wellinger A., *Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection*, IEA Bioenergy, 2006, Task 37: Energy from Biogas and Landfill Gas, p. 1-30; https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2007/12/upgrading_report_final.pdf
110. Kapdi S. S., Vijay V. K., Rajesh S. K., Prasad R., *Biogas scrubbing, compression and storage: perspective and prospectus in Indian context*, *Renewable Energy*, 30(8), 2005, p. 1195-1202; <https://doi.org/10.1016/j.renene.2004.09.012>
111. Sawatdeenarunat C., Surendra K. C., Takara D., Oechsner H., Khanal S. K., *Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: challenges and opportunities*, *Bioresource Technology*, 178, 2015, p. 178-186; <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.09.103>
112. Biney M., Gusiatiu M. Z., *Biochar from Co-Pyrolyzed Municipal Sewage Sludge (MSS): Part 1: Evaluating Types of Co-Substrates and Co-Pyrolysis Conditions*, *Materials*, 17(14), 3603, 2024; <https://doi.org/10.3390/ma17143603>
113. Gusiatiu M., Kulikowska D., Bernat K., *Municipal Sewage Sludge as a Resource in the Circular Economy*, *Energies*, 17(11), 2474, 2024; <https://doi.org/10.3390/en17112474>
114. Spinoso L. et al., *Sustainable and Innovative Solutions for Sewage Sludge Management*, *Water*, 3(2), 2011, p. 702-717; <https://doi.org/10.3390/w3020702>
115. Fernando-Foncillas C., Estevez M., Uellendahl H., Varrone C., *Co-Management of Sewage Sludge and Other Organic Wastes: A Scandinavian Case Study*, *Energies*, 14(12), 3411, 2021; <https://doi.org/10.3390/en14123411>
116. Chen M., Oshita K., Takaoka M., Shiota K., *Co-incineration effect of sewage sludge and municipal solid waste on the behavior of heavy metals by phosphorus*, *Waste*

- Management, volume 152, 2022, p. 112-117;
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.08.010>
117. Luts D., Devoldere K., Laethem B., Bartholomeeusen W., Ockier P., *Co-incineration of dried sewage sludge in coal-fired power plants: a case study*, Water Science & Technology, 42(9), 2000, p. 259-268; <https://doi.org/10.2166/wst.2000.0221>
 118. Sun Y. et. al., *Behaviour of mercury during Co-incineration of sewage sludge and municipal solid waste*, Journal of Cleaner Production, volume 253, 119969, 2020; <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119969>
 119. *** *Co-Incineration of Sewage Sludge in Coal-Fired Power Plants*, Adapted from RULKENS (2007), Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox ; <https://sswm.info/sswm-solutions-bop-markets/inclusive-innovation-and-service-delivery/identifying-and-realizing/heat-recovery-from-sludge>

CAPITOLUL 2

1. Wu B., Dai X., Chai X., *Critical review on dewatering of sewage sludge: Influential mechanism, conditioning technologies and implications to sludge reutilizations*, Water Research, Volume 180, 115912, 2020; <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115912>
2. Liang J., Zhou Y., *Iron-based advanced oxidation processes for enhancing sludge dewaterability: State of the art, challenges, and sludge reuse*, Volume 218, 118499, 2022; <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118499>
3. Zakaria M.S., Hassan S., Faizairi M.N., *Energy Content Of The Domestic Wastewater Sludge Dried In The Thermal Dryer*, MATEC Web of Conferences 225, 03008, 2018; <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822503008>
4. Filibeli A. et al., *Special issue: Facing sludge diversities: Challenges, risks, and opportunities – Forward*, Journal of Environmental Science and Health Part A-toxic/hazardous Substances & Environmental Engineering, 43(13), 1483, 2008; <https://www.doi.org/10.1080/10934520802293560>
5. Hernández-Chover V., Castellet-Viciano L., Hernández-Sancho F., *Preventive maintenance versus cost of repairs in asset management: An efficiency analysis in wastewater treatment plants*, Process Safety and Environmental Protection, Volume 141, 2020, p. 215-221; <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.04.035>
6. Rulkens W. H., *Sustainable sludge management- what are the challenges for the future?*, Wageningen University and Research Centre, 01 Jan 2003, p. 13-20
7. ***<https://www.dreamstime.com/atmosphere-factors-vector-illustration-labeled-weather-characteristics-set-infographic-nature-forecast-prediction-measurements-image162113613>
8. Olsson G., Newell B., *Wastewater treatment systems: modelling, diagnosis and control*, Editura IWA Publishing, 2000
9. *** *Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - partea a V-a: Prelucrarea nămolurilor*; https://www.academia.edu/18461170/V_NP_118-06_prelucrare_namol
10. Novak J. T., Park C., *Chemical conditioning of sludge*, Water Science and Technology (IWA Publishing), 49(10), 2004, p. 73-80; <https://www.doi.org/10.2166/WST.2004.0612>
11. Novak J. T., Haugan B. E., *Chemical Conditioning of Activated Sludge*, Journal of the Environmental Engineering Division (ASCE), 105(5), 1979, p. 993-1008; <https://www.doi.org/10.1061/JEEGAV.0000963>

12. Fergen R. E., *Chemical conditioning of liquid and semi-liquid sludge for dewatering, odor control, pathogen control, nutrient enhancement of the residual, and handling characteristics*, SCISPACE, 22 Aug 1997
13. Zhang H. et al., *Environmental and economic assessment of electro-dewatering application to sewage sludge: A case study of an Italian wastewater treatment plant*, Journal of Cleaner Production, Vol. 210, 2019, p. 1180-1192; <https://www.doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.11.044>
14. Bien B., Bien J., *Conditioning of Sewage Sludge with Physical, Chemical and Dual Methods to Improve Sewage Sludge Dewatering*, MDPI Energies, 14(16), 5079, 2021, <https://doi.org/10.3390/en14165079>
15. Aboulfotouh A.M., Dohdoh A.M., *Enhancement of thickening and dewatering characteristics of sewage sludge using cement kiln dust*, ELSEVIER, Vol. 81, p. 40-46, 2017; <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.21035>
16. Nor A. R., Hamidi A. A., Leonard L. L. P., Inawati O., Jethro H. A., Yung-Tse H., *Stabilization and Solidification of Sludges*, SCISPACE Handbook of environmental engineering (Springer International Publishing), p. 87-133, 2023; https://doi.org/10.1007/978-3-031-46747-9_12
17. Panaitescu M., *Tehnici de epurare ape uzate*. Îndrumar de proiectare stație de epurare., Editura Nautica, Constanța, 2011
18. I. Neamț, I. Ionel, I. Vlaicu, *Valorificarea energetică a nămolului în stațiile de epurare municipale din România*, Buletin AGIR, Supliment 1/2013
19. Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D., *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, McGraw-Hill, 2003
20. Metcalf & Eddy Inc., *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, McGraw-Hill Education, New York, 2003
21. Andreoli, C. V., Von Sperling, M., & Fernandes, F.. *Sludge Treatment and Disposal*. IWA Publishing, 2007
22. Jenkins, B. M., Baxter, L. L., & Miles Jr., T. R., *Combustion properties of biomass*, Fuel Processing Technology, Vol. 54, Issues 1-3, p. 17-46, 1998; [https://doi.org/10.1016/S0378-3820\(97\)00059-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3820(97)00059-3)
23. Werther, J., Ogada, T., *Sewage Sludge Combustion*, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 25, No. 1, p. 55-116, 1999; [https://doi.org/10.1016/S0360-1285\(98\)00020-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1285(98)00020-3)
24. R. Stănescu, *Valorificarea și eliminarea nămolurilor rezultate în etapa de epurare biologică a apelor uzate*, UPB, 2010
25. Haug, R. T., *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers, 1993; <https://doi.org/10.1201/9780203736234>
26. Epstein, E., *The Science of Composting*, CRC Press, 1997; <https://doi.org/10.1201/9780203736005>
27. x x x <https://www.sludgeprocessing.com/sludge-dewatering/introduction-to-sludge-dewatering/>
28. x x x <https://www.alfalaval.ro/industrii/tratarea-apei-i-a-deeurilor/tratarea-apelor-uzate-municipale/tratarea-namolului/>
29. x x x <https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment/Sludge-treatment-and-disposal>
30. Jin B., Wilén B.M., Lant P., *Impacts of morphological, physical and chemical properties of sludge flocs on dewaterability of activated sludge*, Chem. Eng. J., 98, p.115–126, 2004

31. Novak J.T., Sadler M.E., Murthy S.N., *Mechanisms of floc destruction during anaerobic and aerobic digestion and the effect on conditioning and dewatering of biosolids*, Water Res., 37, p. 3136–3144, 2003
32. Wang W., Luo Y., Qiao W., *Possible solutions for sludge dewatering in China*, Front. Environ. Sci. Eng., China, 4, p.102–107, 2010
33. Eunhye S., Eunju K., Gyeong W. K., Cheol J. J., Wonbae L. and Seong K. H., *Dewaterability Enhancement of Anaerobic Sludge Using Polymeric Aluminum Chloride and Polyoxyethylene Alkyl Ether Surfactants*, Water, 16(16), 2303, 2024; <https://doi.org/10.3390/w16162303>
34. Malik A., Sohani E., Shahreza M. S., Aliyu A. M., *Retrofitting of a Full-Scale Dewatering Operation for Industrial Polymer Effluent Sludge*, Processes, 12(4), 703, 2024; <https://doi.org/10.3390/pr12040703>
35. Harald A., *Recent developments in centrifuge technology*, Separation and Purification Technology Volume 58, Issue 2, p. 242-246, 2007; <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2007.05.012>
36. Kharkov N., Ermak O., Averyanova O., *Numerical Simulation of the Centrifugal Separator for Oil-Water Emulsion*, Advanced Materials Research (Volumes 945-949), p. 944 - 950, 2014; <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.945-949.944>
37. Rollemberg S. L. D. S., Ferreira T. J. T., Firmino P. I. M., Santos A. B. D., *Impact of cycle type on aerobic granular sludge formation, stability, removal mechanisms and system performance*, J. Environ. Manag. 256:109970, 2020; doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109970
38. Yan A., Chen Y., Li N., Ma T., Qi Y., Xu D., *Dewatering performance of aerobic granular sludge under centrifugal with different sludge conditioning agent*, Frontiers in Microbiology 15:1386557, 2024; <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2024.1386557>
39. *** *Centrifugal dehydrator / Sludge drying, Recycling drying*; <https://kenkidryer.com/2020/06/05/centrifugal-dehydrator/>
40. Cao X., Yu R., Wang X., *Impact of Conditioning Agent Addition Sequence on Dewatering Performance of Advanced Anaerobic Digested Sludge*, Water, 16(5), 695, 2024; <https://doi.org/10.3390/w16050695>
41. Lekniute-Kyzike E., Bendoraitiene J., Navikaite-Snipaitiene V., Peciulyte L., Rutkaite R., *Production of Cationic Starch-Based Flocculants and Their Application in Thickening and Dewatering of the Municipal Sewage Sludge*, Materials, 16(7), 2621, 2023; <https://doi.org/10.3390/ma16072621>
42. Ruffino B., Campo G., Idris S. S., Salihoğlu G., Zanetti M., *Automotive Paint Sludge: A Review of Pretreatments and Recovery Options*, Resources, 12(4), 45, 2023; <https://doi.org/10.3390/resources12040045>
43. Zhu P., Li X., Feng J., Zhang R., Bai H., Bu D., Dan Z., Li W., Lu X., *Short-Chain Fatty Acids Production from Anaerobic Fermentation of Sewage Sludge: The Effect of Higher Levels Polyaluminium Chloride*, Int. J. Environ. Res. Public Health, 19(5), 2806, 2022; <https://doi.org/10.3390/ijerph19052806>
44. Liang Y., Wang R., Sun W., Sun Y., *Advances in Chemical Conditioning of Residual Activated Sludge in China*, Water, 15(2), 345, 2023; <https://doi.org/10.3390/w15020345>
45. Cheng W., Lin X., Liu W., Cao H., Xu J., *Evaluation of the Feasibility and Utilizability of Pretreated Sewage Sludge in Cement Kiln Co-Processing*, Sustainability, 16(20), 9025, 2024; <https://doi.org/10.3390/su16209025>
46. Mo J., Li Q., Sun X., Zang H., Xing M., Dong B., Zhu H., *Capacity and Mechanisms of Phosphate Adsorption on Lanthanum-Modified Dewatered Sludge-Based Biochar*, Water, 16(3), 418, 2024; <https://doi.org/10.3390/w16030418>

47. Guo W., Yue J., Zhao Q., Zhang L., Lu S., *Comparison of 17 β -Estradiol Adsorption on Corn Straw- and Dewatered Sludge-Biochar in Aqueous Solutions*, *Molecules*, 27(8), 2567, 2022; <https://doi.org/10.3390/molecules27082567>
48. Janca E., Pathak S., Rasti A., Gyawali S., Wang S., *Simultaneous Heterotrophic Nitrification and Aerobic Denitrification of Water after Sludge Dewatering in Two Sequential Moving Bed Biofilm Reactors (MBBR)*, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19(3), 1841, 2022; <https://doi.org/10.3390/ijerph19031841>
49. **Farcaș-Flamaropol Dana-Claudia**, Surdu Elena., Mare Ramona., *Sludge Dewatering Installations*, *Hidraulica*, 2023/1, p. 68-75, ISSN 1453 – 7303
50. Kang J., McLaughlin R. A., *Simple systems for treating pumped, turbid water with flocculants and a geotextile dewatering bag*, *J Environ Manage*, Nov 1:182:208-213, 2016; <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.071>
51. Aparicio Ardila M. A., De Souza S. T., Da Silva J. L., Di Bernardo Dantas A., *Geotextile Tube Dewatering Performance Assessment: An Experimental Study of Sludge Dewatering Generated at a Water Treatment Plant*, *Sustainability*, 12(19), 8129, 2020; <https://doi.org/10.3390/su12198129>
52. Rumky J., Visigalli S., Turolla A., Gelmi E., Necibi C., Gronchi P., Canziani R., *Electro-dewatering treatment of sludge: Assessment of the influence on relevant indicators for disposal in agriculture*, *Journal of Environmental Management*, Volume 268, 110689, 2020; <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110689>
53. Lambert N., Van Aken P., Smets I., Appels L., Devil R., *Performance assessment of ultrasonic sludge disintegration in activated sludge wastewater treatment plants under nutrient-deficient conditions*, *Chemical Engineering Journal*, Volume 431, Part 2, 133979, 2022; <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.133979>
54. Zhang G., He J., Zhang P., Zhang J., *Ultrasonic reduction of excess sludge from activated sludge system II: Urban sewage treatment*, *Journal of Hazardous Materials* Volume 164, Issues 2–3, p. 1105-1109, 2009; <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.09.015>
55. Kootenaei F. G., Mehrdadi N., Bidhendi G. N., Rad H. A., Hasanlou H., Mahmudia A., *Improvement of Sludge Dewatering by Ultrasonic Pretreatment*, *International Journal of Environmental Research*, Volume 16, article number 50, 2022; <https://doi.org/10.1007/s41742-022-00434-5>
56. Li T., Fan Y., Li H., Ren Z., Kou L., Guo X., Jia H., Wang T., Zhu L., *Excess sludge disintegration by discharge plasma oxidation: Efficiency and underlying mechanisms*, *Science of The Total Environment*, Volume 774, 145127, 20 June 2021; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145127>
57. Ajmal M., Shao Y., Huo W., Lu W., *Deep-dewatering of sewage sludge using double dielectric barrier discharge (DDBD) plasma technology*, *Science of The Total Environment*, Volume 912, 168887, 2024; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168887>
58. *** *Soluții de tratare a nămolului – CALORSET* - <https://www.calorset.com/solutii-de-tratare-namoluri>
59. Wang K. L., Li Y., Shammas N., Sakellaropoulos G. P., *Drying Beds, Biosolids Treatment Processes*, November 2007; http://dx.doi.org/10.1007/978-1-59259-996-7_13
60. Babutiu S., capitolul 14 *Tratamentul, re folosirea și evacuarea solidelor și biosolidelor*; <https://www.academia.edu/38847093>
61. *** *Sludge Drying with Solar and Renewable Energy*; <https://www.huber-technology.com/solutions/sludge-treatment/sludge-drying/solar-and-regenerative-drying.html>
62. *** *Strategia privind nămolul în județul Botoșani*. pdf; <https://www.apabotosani.ro>

63. Chen G., Yue P. L., Mujumdar S., *Sludge dewatering and drying*, Drying Tehnology, volume 20, issue 4-5, p. 883-916, 2002; <https://doi.org/10.1081/DRT-120003768>
64. Bennamoun L., Arlabosse P., Leonard A., *Review on fundamental aspect of application of drying process to wastewater sludge*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 28, Pages 29-43, , December 2013; <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.07.043>
65. *** Sludge Treatment; <https://www.amof-fjell.com/plant-design/sludge-drying-system/>
66. Vaxelaire J., Bongiovanni J.M., Mousques P., Puiggali J.R., *Thermal drying of residual sludge*, Water Research, Volume 34, Issue 17, p. 4318-4323, , December 2000; [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00193-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00193-7)
67. Hassebrauck M., Ermel G., *Two examples of thermal drying of sewage sludge*, Water Sci Technol 33 (12): 235–242, 1996; <https://doi.org/10.2166/wst.1996.0341>
68. Xue Y., Wang C., Hu Z., Zhou Y., Liu G., Hou H., Xiao Y., Wang T., Li J., *Thermal treatment on sewage sludge by electromagnetic induction heating: Methodology and drying characterization*, Waste Management, Volume 78, p. 917-928, August 2018; <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.009>
69. Collard M., Teychené B., Lemée L., *Comparison of three different wastewater sludge and their respective drying processes: Solar, thermal and reed beds – Impact on organic matter characteristics*, Journal of Environmental Management, Volume 203, Part 2, p.760-767, December 2017; <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.070>
70. Fraikin L.; Salmon T.; Herbreteau B.; Levasseur J.P.; Nicol F.; Crine M.; Léonard A., *Impact of Storage Duration on the Gaseous Emissions during Convective Drying of Urban Residual Sludges*, Chem. Eng. Technol., 34, p. 1172–1176, 2011; <https://doi.org/10.1002/ceat.201100071>
71. Deng W.Y., Yan J.H., Li X.D., Wang F., Lu S.Y., Chi Y., Cen K.F., *Measurement and simulation of the contact drying of sewage sludge in a Nara-type paddle dryer*, Chem. Eng. Sci., 64, p. 5117–5124, 2009; <http://dx.doi.org/10.1016/j.ces.2009.08.015>
72. Ferrasse J.H., Arlabosse P., Lecomte D., *Heat, momentum, and mass transfer measurements in indirect agitated sludge dryer*, Dry. Technol., 20, p. 749–769, 2002; <http://dx.doi.org/10.1081/DRT-120003755>
73. Cieslik B.M., Namiesnik J., Konieczka P., *Review of sewage sludge management: Standards, regulations and analytical methods*, J. Clean. Prod., 90, p. 1–15, 2015; <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.031>
74. Pickles C.A., Gao F., Kelebek S., *Microwave drying of a low-rank sub-bituminous coal*, Miner. Eng., 62, p. 31–42, 2014; <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2013.10.011>
75. Xinzhi Z., Lun S., Ke C., Yang Y., Yu Z., Ruobin Z., *Research on multi-stage power control system of lignite microwave drying production line*, CIESC J., Vol. 69, p. 274–282, 2018; <https://doi.org/10.11949/j.issn.0438-1157.20181210>
76. Bennamoun L., Chen Z., Afzal M.T., *Microwave drying of wastewater sludge: Experimental and modeling study*, Dry. Technol., 34, p. 235–243, 2016; <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2015.1040885>
77. Song Z., Jing C., Yao L., Zhao X., Wang W., Mao Y., Ma C., *Microwave drying performance of single-particle coal slime and energy consumption analyses*, Fuel Process Technol., 143, p. 69–78, 2016; <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.11.012>
78. Wang G., Zhang K., Huang B., Zhang K., Chao C., *Microwave Drying of Sewage Sludge: Process Performance and Energy Consumption*, Processes, 12(3), 432, 2024; <https://doi.org/10.3390/pr12030432>
79. Shen L.Y., Zhu Y., Liu C.H., Wang L., Liu H., Kamruzzaman M., Liu C., Zhang Y.P., Zheng X.Z., *Modelling of moving drying process and analysis of drying characteristics for germinated brown rice under continuous microwave drying*, Biosyst. Eng., 195, p. 64–88; <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.05.002>

80. Wei Q.Y., Huang J.P., Zhang Z.Y., Lia D.J., Liu C.Q., Xiao Y.D., Lagnika C., Zhang M., *Effects of different combined drying methods on drying uniformity and quality of dried taro slices*, Dry. Technol., 37(11), p. 1-9, 2018; <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2018.1445639>
81. Wang Y., Zhang M., Mujumdar A.S., Mothibe K.J., Roknul Azam S.M., *Study of drying uniformity in pulsed spouted microwave–vacuum drying of stem lettuce slices with regard to product quality*, Dry. Technol., 31(1), p. 91–101, 2013; <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2012.721431>
82. Hii C.L., Ong S.P., Yap J.Y., Putranto A., Mangindaan D., *Hybrid drying of food and bioproducts: A review*. Dry. Technol., 39 (11):1-23, 2021; <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2021.1914078>
83. Tahmasebi A., Yu J., Han Y., Zhao H., Bhattacharya S., *A kinetic study of microwave and fluidized-bed drying of a Chinese lignite*, Chem. Eng. Res. Des., 92, p. 54–65, 2014; <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2013.06.013>
84. x x x *Freeze Drying* - https://en.wikipedia.org/wiki/Freeze_drying

CAPITOLUL 3

1. Vesilind P. A., *The role of water in sludge dewatering*, Water Environment Research, 66(1), p. 4-1, . 1994; <https://doi.org/10.2175/WER.66.1.2>
2. Sanin F. D., Clarkson W. W., Vesilind, P. A., *Sludge Engineering: The Treatment and Disposal of Wastewater Sludges*, DEStech Publications Inc., 2011
3. Spinoso L., Vesilind P. A., *Sludge into Biosolids: Processing, Disposal, Utilization*, IWA Publishing, 2001; <https://doi.org/10.2166/9781780402215>
4. Appels L., Baeyens J., Degreè J., Dewil R., *Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge*, Progress in Energy and Combustion Science, 34(6), p. 755-781, 2008; <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2008.06.002>
5. Wei Y., Van Houten R. T., Borger A. R., Eikelboom D. H., Fan Y., *Minimization of excess sludge production for biological wastewater treatment*, Water Research, 37(18), p. 4453-4467, 2003; [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00441-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00441-X)
6. Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H. D., *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (4th ed.), Metcalf & Eddy Inc., 2003
7. Henze M., van Loosdrecht M. C. M., Ekama G. A., Brdjanovic D., *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design*, Volume 7, IWA Publishing, 2008; <https://doi.org/10.2166/9781780401867>
8. Koop J., Dichtl N., *Influence of the free water content on the dewaterability of sewage sludges*, Water Science and Technology, 44(10):177-83, 2001; <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2001.0613>
9. Fytili D., Zabaniotou A., *Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods—A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12(1), p.116-140, 2008; <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.05.014>
10. Kelessidis A., Stasinakis A. S., *Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries*, Waste Management, 32(6), p.1186-1195, 2012; <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.012>
11. Werther J., Ogada T., *Sewage sludge combustion*, Progress in Energy and Combustion Science, 25(1), p.55-116, 1999; [https://doi.org/10.1016/S0360-1285\(98\)00020-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1285(98)00020-3)
12. Camacho P., Deleris S., Geaugey V., Ginestet P., Paul E., *A comparative study between mechanical, thermal and oxidative disintegration techniques of waste activated sludge*. Water Sci Technol, 46 (10), p.79–87, 2002; <https://doi.org/10.2166/wst.2002.0295>

13. Boullosa Allariz B., Levacher D., Thery F., *La Presse à Boues KDS®: Une nouvelle technique de déshydratation mécanisée en continu des sédiments*, Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil, p. 607–615, La Rochelle, France, 29–31 May 2018; <http://dx.doi.org/10.5150/jngcgc.2018.070>
14. Šulc P., Procházka P., Starý V., *Dewatering and transport in sustainable sediment management: A review.*, Sustainability, 16(22), 9663, 2024; <https://doi.org/10.3390/su16229663>
15. *** *Metodele de deshidratare a nămolului*, AquaSust, 15.02.2023; <https://ro.chinambbr.com/news/sludge-dewatering-methods-66144010.html>
16. *** Selection of sludge dewatering equipment such as filter press, 22.08.2022; <https://www.doyenchina.com/selection-of-sludge-dewatering-equipment-such-as-filter-press/>
17. *** Tratatamentul și deshidratarea nămolului, Aqua D&P Tehnologies; <https://www.aquadp.ro/aplicatii/deshidratarea-namolului/>
18. Larsen J. D., Hoeve M. T., Nielsen S., Scheutz C., *Life cycle assessment comparing the treatment of surplus activated sludge in a sludge treatment reed bed system with mechanical treatment on centrifuge*, Journal of Cleaner Production, 185, p. 148 - 156, 2018; <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.193>
19. Chang H., Zhao Y., Xu A., Damgaard A., Christensen T., *Mini-review of inventory data for the dewatering and drying of sewage sludge*, Waste Management & Research, 41(6), p. 1081 - 1088, 2023; <https://doi.org/10.1177/0734242x221139170>
20. *** *Sludge dewatering technologies*, WaterHQ; <https://waterhq.world/issue-sections/wastewater-treatment/sludge-dewatering-processing/sludge-dewatering-technologies/>
21. Rojanschi V., și coord., *Protecția și ingineria mediului*, Ediția a II- a, Editura Economică, București, 2002
22. Marinetti M., Malpei F., Bonomo L., *Relevance of expression phase in dewatering of sludge with chamber filter presses*, Journal of Environmental Engineering, 135(12), 2009; [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000089](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000089)
23. Abu-Orf M., Robert Junnier R., Mah J., Dentel, S., *Demonstration of combined dewatering and thermal vacuum drying of municipal residuals*, Journal of residuals science and technology 4(1), p. 25-34, 2007; <https://www.researchgate.net/publication/216346663>
24. Tchobanoglous G., Stensel H. D., Tsuchihashi R., Burton F. L., , *Wastewater Engineering: treatment and resource recovery* (5th ed.), Metcalf & Eddy Inc., 2014
25. *** *Sisteme robuste de separare a solidelor/lichidelor. Filtre presă*; <https://www.cefain.ro/pdf/Filtre-presa.pdf>
26. Yang, G. C. C., Chen, M. C., Yeh, C. F., *Dewatering of a biological industrial sludge by electrokinetics-assisted filter press*, Separation and Purification Technology, (2011); <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2011.02.012>
27. Olivier J., Vaxelaire J., *Municipal sludge dewatering by belt filter press: effect of operating parameters*, Jurnal of Chemical Technology and Biotechnology, 80(8), p. 948-953, 2005; <https://doi.org/10.1002/jctb.1267>
28. Lee J.E., Lee J.K, Choi H.K., *Filter press for electrodewatering of waterworks sludge*, Drying Technology, 25(12), 2007; <https://doi.org/10.1080/07373930701727333>
29. An D., Fangshu O., Heng L., Shaocong G., Yuhui R., Guoren X., Guibai L., *Effect of adding wood chips on sewage sludge dewatering in a pilot-scale plate-and-frame filter press process*, RSC Advances (47), p. 1 - 27, 2014; <https://doi.org/10.1039/C4RA03584D>

30. Heij la E. J., Kerkhof P. J. A. M., Herwijn A. J. M., Coumans, W. J., *Fundamental aspects of sludge filtration and expression*, Water Research, 30(3), p. 697 - 703, 1996; [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(95\)00205-7](https://doi.org/10.1016/0043-1354(95)00205-7)
31. To V. H. P., Nguyen T. V., Vigneswaran S., Duc Nghiem L., Murthy S., Bustamante H., Higgins M., *Modified centrifugal technique for determining polymer demand and achievable dry solids content in the dewatering of anaerobically digested sludge*, Desalination and Water Treatment, 57(53), 25509-25519, 2016; <https://doi.org/10.1080/19443994.2016.1157524>
32. Porter B., Josse J., Lockyer V., Berk J., *Belt filter press dewatering: Operator-centered optimization to extend useful life of installed equipment*. Proceedings of the Water Environment Federation, 2009(9), p. 6184 - 6193, 2009; <http://dx.doi.org/10.2175/193864709793956842>
33. Sieger R., *Optimization of Belt Filter Presses*, Proceedings of the Water Environment Federation, 2005(2), p. 438 - 450, 2005; <http://dx.doi.org/10.2175/193864705783968006>
34. *** *Belt Filter Presses in Wastewater Treatment: Maximizing Efficiency and Performance*; <https://www.waterandwastewater.com/belt-filter-presses-in-wastewater-treatment-maximizing-efficiency-and-performance/>
35. Olivier J., Vaxelaire J., *The prediction of filter belt press dewatering efficiency for activated sludge by experimentation on filtration compression cells*, Environmental Technology, 25(12):1423-30, 2005; <http://dx.doi.org/10.1080/09593332508618474>
36. Ebeling J., Welsh C., Rishel K., *Performance evaluation of an inclined belt filter using coagulation/flocculation aids for the removal of suspended solids and phosphorus from microscreen backwash effluent*, Aquacultural Engineering, 35(1), p. 61 - 77, 2006; <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.006>
37. Reitz D. D., *Municipal sludge dewatering using a belt filter press* (Master's thesis). Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 1988; <https://vtechworks.lib.vt.edu/server/api/core/bitstreams/b3fb3e19-dae3-4732-8843-b9ae0273d641/content>
38. *** *Biosolids Technology Fact Sheet. Belt Filter Press*, EPA 832-F-00-057, 2000; <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-11/documents/belt-filter-pressfactsheet.pdf>
39. Richardson J. F., Harker J. H., *Chemical Engineering Volume 2: Particle Technology and Separation Processes*, Butterworth-Heinemann, 2002
40. Reitz D., *Municipal sludge dewatering using a belt filter press*, Blacksburg , Virginia, August, 1988
41. Hwang S., Min K. S., *Improved sludge dewatering by addition of electro- osmosis to belt filter press*, Journal of Environmental Engineering and Science, 2(2), p.149 - 153, 2011; <http://dx.doi.org/10.1139/s03-013>
42. Cernii O., *Tratarea nămolurilor de la stația de epurare a apelor uzate din Chișinău*, Universitatea Tehnică a Moldovei, 2016
43. *** *Broșură generală – Filtru presă bandă CNP*; <https://catalog.edwards.ro/filtru-presacu-banda-cnp-5-8-10-12-15>
44. Andreoli C.V., von Sperling M., Fernandes F., *Sludge treatment and disposal*, IWA Publishing (Lon, NY), 2007; <https://doi.org/10.2166/9781780402130>
45. Sharma S. K., Sanghi R., *Wastewater Reuse and Management, Advances in Mechanical Dewatering of Wastewater Sludge Treatment*, Springer,p. 253 - 303, 2013; <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-4942-9>

46. *** Presă cu șurub pentru o deshidratare eficientă a nămolului, ANDRITZ Separation; <https://grzg.andritz.com/c/com2011/00/04/10/41081/1/1/0/559943686/se-c-press-ro.pdf>
47. Wambui Mumbi A., Fengting L., Mwarania F., Uuganchimeg B., *An assessment of multi-plate screw press in dewatering process of sludge treatment*, International Journal of Advanced Research, 5(12), p. 740 - 747, 2017; <https://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/6014>
48. Chitte P.G., Tapsi P., Deshmukh B.B., *Design and Development of Dewatering Screw Pres*, in Recent Advances in Manufacturing Modelling and Optimization, Lecture Notes in Mechanical Engineering, Springer, Singapore, p 569 – 578, 2022; https://doi.org/10.1007/978-981-16-9952-8_48
49. Rehmat T., Branion R., Duff S., Groves, M., *A laboratory sludge press for characterizing sludge dewatering*, Water Science and Technology, 35(2–3), p. 189 – 196, 1997; [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(96\)00931-6](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(96)00931-6)
50. *** *Sludge Dehydrator (Clog-free Multi-Disc Screw Press)*; <https://www.ding-hui.com.tw/Sludge%20Dehydrator-En.htm>
51. Gülşen Yılmaz, Handbook of Water and Used Water Purification, *Sludge Dewatering by Chamber Filter Presses*, Springer, p. 839-846, 2024
52. Heindl A., Belt Drying of Sludge, chapter *Technological and Economic Importance of Sludge Dewatering*, Springer, p. 49-57, 2024
53. *** *Deshidratare nămol*; <https://borgeraquatech.ro/produse/tratare-namol/deshidratare-namol/>
54. *** *Sludge dewatwring*; <http://www.hiller-us.com/sludge-dewatering.php>
55. Ginisty P., Mailler R., Rocher, V., *Sludge conditioning, thickening and dewatering optimization in a screw centrifuge decanter: Which means for which result?*, Journal of Environmental Management, 280, 111745, 2021; <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111745>
56. Jang G. G., Ladshaw A., Keum J. K., Zhang P., Tsouris C., *Continuous-flow centrifugal Solid/Liquid separation for the recovery of rare-earth elements containing particles from phosphoric acid sludge*, Industrial and Engineering Chemistry Research, 59(50), p. 21901-21913, 2020; <https://dx.doi.org/10.1021/acs.iecr.0c04128?ref=pdf>
57. Yan A., Li J., Liu L., Ma T., Liu J., Ni Y., *Centrifugal dewatering of blended sludge from drinking water treatment plant and wastewater treatment plant*, Journal of Material Cycles and Waste Management, 20(1), 421-430, 2018; <http://dx.doi.org/10.1007/s10163-017-0597-1>
58. *** *DAF Sludge Dewatering*; <https://langleyseparation.com/applications/daf-sludge-dewatering/>
59. *** *Sludge Dewatering Applications. DAF Sludge Dewatering*; <http://www.hiller-us.com/daf-sludge-dewatering.php>
60. *** *Rotary Drum Vacuum Filter Basics*; <https://www.micronicsinc.com/filtration-news/rotary-vacuum-drum-filter-basics/>
61. Fenfen Z., Zhaolong Z., Huimin J., Luyao Z., *The study of sewage sludge thermo-drying efficiency*, Procedia Environmental Sciences 16(14):363–367, 2012; <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2012.10.052>
62. El-Qanni A., Alsayed M., Alsurakji I. H., Najjar M., Odeh D., Najjar S., Hmoudah M., Zubair M., Russo V., Di Serio M., *A technoeconomic assessment of biological sludge dewatering using a thermal rotary dryer: A case study of design applicability, economics, and managerial feasibility*, Biomass Conversion and Biorefinery, 14(6), p.13055–13069, 2024; <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03480-3>
63. Babutiu S., Capitolul 14. Tratamentele, re folosirea și evacuarea solidelor și biosolidelor;

- https://www.academia.edu/38847093/CAPITOLUL_14_TRATAMENTUL_REFOLO_SIREA_%C5%9EI_EVACUAREA_SOLIDELOR_%C5%9EI_BIOSOLIDELOR
64. Shin Y. S., Kim H. C., Chun H. S., *Drying of water treatment process sludge in a fluidized bed dryer*, Korean Journal of Chemical Engineering, 17(1), p. 22–26, 2000; <https://doi.org/10.1007/BF02789248>
 65. Wang L. K., Li Y., Shammas N., Sakellariopoulos G. P., *Drying beds*, Biosolids Treatment Processes, November 2007; http://dx.doi.org/10.1007/978-1-59259-996-7_13
 66. Đuriš M., Arsenijević Z., Povrenović D., Kaluđerović Radoičić T., *Drying of waste water treatment sludge in fluidized bed of inert particles*, Procesna tehnika. 31(2):14, 2019; <http://dx.doi.org/10.24094/ptc.019.31.2.14>
 67. Wéry F., *Process intensification of fluidized bed technology : CFD-DEM model development*, Ghent: Ghent University, 2024
 68. *** Metode de deshidratare a nămolului, AquaSust, 15 Feb. 2023; <https://ro.chinambbr.com/news/sludge-dewatering-methods-66144010.html>
 69. *** Super rotary sludge dryer; <https://en.benenv.com/products/super-rotary-sludge-dryer.html>
 70. Mahmoud A., Olivier J., Vaxelaire J., Hoadley A., *Advances in Mechanical Dewatering of Wastewater Sludge Treatment*, in Wastewater Reuse and Management, Springer Netherlands, 2013; http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-4942-9_9
 71. *** Hot filter press; <https://mse-filterpressen.com/products/filter-presses/hot-filter-press/>
 72. Mujumdar, A. S., *Handbook of Industrial Drying*. CRC Press, 2006; <https://doi.org/10.1201/9781420017618>

CAPITOLUL 4

1. Mitucă (Corleciuc) Melania., *Cercetări privind eficiența separării particulelor în echipamente centrifugale de tip ciclon*, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica din București, 2024
2. Staron L., Phillips J.C., Stress partition and microstructure in size-segregating granular flows, APS Physical Review Journals, 92, 022210, August 2015; <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.92.022210>
3. Byola C., *Concepții actuale privind separarea suspensiilor pe site vibratoare și tehnici de investigare*, referat științific, IPB, 1995
4. Shekunov B., Chow A., Tong H., *Particle Particle Size Analysis in Pharmaceuticals: Principles, Methods and Applications*, Pharmaceutical Research 24(2):203-27, 2007; <http://dx.doi.org/10.1007/s11095-006-9146-7>
5. Allen T., *Particle size measurement*, Springer, 21 nov. 2013, ISBN1489930639, 9781489930637
6. Merkus H. G., *Particle Size Measurements*, Springer, 2009, ISBN: 978-1-4020-9015-8; <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-9016-5>
7. Jinescu V., *Utilajul tehnologic pentru industrii de proces*, vol. IV., Ed. Tehnică, București, 1989
8. Munteanu M., *Un model matematic al separării granulometrice pe sitele vibratoare*, Studii și cercetări de mecanică aplicată, XXXII, nr. 4, 1972
9. Iatan R., *Aspecte asupra comportării în exploatare a sitelor din tablă*, Revista Construcția de mașini, 23, nr. 12, 1971, p. 719-722
10. Ștefănescu I., *Utilaje pentru prelucrarea primară a materiilor prime din industria alimentară*, Ed. Tehnica-Info, Chișinău, 2003

11. Băisan I., *Utilaje pentru morărit și panificație*, 2021; <https://mec.tuiasi.ro/wp-content/uploads/2021/12/Utilaje-pentru-morarit-si-panificatie.pdf>
12. Ene G., *Echipamente pentru clasarea și sortarea materialelor solide polidisperse*, Ed. Matrix Rom, București, 2005
13. Iatan R., *Cu privire la probabilitatea de trecere a granulelor prin ochiurile pătrate ale sitelor din țesătură*, Revista de chimie, nr. 10, 23, 1972, p. 611-516
14. Kasatkin A. G., *Procese și aparate principale în tehnologia chimică*, Ed. Tehnică, București, 1963
15. Ene Gh., Sima T., *Aspecte privind cernerea materialelor pe ciururile vibratoare II. Corelarea parametrilor tehnologici și funcționali ai ciururilor vibratoare*, Sinteze de Mecanică Teoretică și Aplicată, Volum 4, nr.2, Matrix Rom, 2013
16. Stematiade C. P., *Analiza performanței parametrice a procesului de sortare prin vibrație a agregatelor minerale, pentru asigurarea calității betonului*, teză de doctorat, Univ. Dunărea de Jos, Galați, 2011
17. Radeș M., *Vibrații mecanice*, Ed. Printech, 2008
18. Renert M., *Calculul și construcția utilajului chimic*, vol. 2, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1971
19. Lawinska K., Modrzewski R., *Analysis of sieve holes blocking in a vibrating screen and a rotary and drum screen*, Physicochemical Problems of Mineral Processing, 53(2), 2017, 812–828; <https://doi.org/10.5277/ppmp170212>
20. Yu Y., Zhang K., *Size-Sieving Separation of Hard-Sphere Mixtures through Cylindrical Pores*, Soft Matter, Issue 44, 2021; <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.10881>
21. Hill J., Spencer A., McCue S., *Application of a continuum theory to vertical vibrations of a layer of granular material*, International Journal of Engineering Science 47, 1216–1231, 2009; <https://doi.org/10.1016/j.ijengsci.2009.05.012>
22. Stoica D., *Contribuții la studiul fenomenelor vibratorii privind utilajele din domeniul prelucrării produselor agricole*, teză de doctorat, UPB, 2011
23. Dănoiu A., *Contribuții la studiul dinamicii și vibrațiilor unor organe delucru ale mașinilor agricole*, teză de doctorat, Universitatea Politehnică Timișoara, 2003
24. Peicu R. A., *Mașini din industria materialelor de construcții*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1966.
25. Peicu R. A., *Studiul vibrațiilor la ciururi în vederea stabilirii unor metode de calcul și proiectare, în scopul îmbunătățirii coeficientului de calitate a cernerii*, Teza de doctorat, Institutul de Construcții București, 1975
26. Horgoș M., Stoicovici D., *Variația regimurilor de mișcare cu salt pe site a granulelor*, Fascicle of Management and Technological Engineering, Universitatea din Oradea, p. 379-384
27. Vlad M., *Vibrațiile mașinilor și utilajelor pentru construcții. Stabilirea unui model dinamic unificat pentru unele tipuri de ciururi și mori vibratoare*, Lucrare de disertație, UTCB, 2013.
28. Iatan I. R., *Ciururi sonice – construcție și utilizare*, Materiale de construcții, 3, 1973, nr. 1, p. 41-47
29. Iatan I. R., Gueron I., *Aspecte privind epurarea apelor brute și deshidratarea nămolurilor cu ajutorul ciururilor vibratoare sonice*, Simpozionul “Echipamente și instalații pentru epurarea și valorificarea substanțelor utile din apele reziduale”, Litografia Institutului Politehnic București, Catedra Hidraulică și Mașini Hidraulice, 2 – 4 noiembrie 1983, p. 56 – 60
30. Iatan R., Renert M., *Contribuții la studiul dinamicii ciurului cu ruluu*, Buletinul Institutului Politehnic “ Gheorghe Gheorghiu – Dej ”București, tom XXXIII, nr. 6, 1971, p. 79 – 91

31. Iatan R., Ene Gh., *Contribuții asupra dinamicii ciururilor cu ruluu*, Revista de chimie 27, nr. 1, 1976, p. 44-48
32. Ene Gh., Iatan R., *Cercetări teoretice și experimentale privind dinamica sitelor cu mișcare de ruluu*, Buletinul Institutului Politehnic București, Seria Mecanică, Tomul XLIX, anul 1987, p. 93 – 101
33. Iatan R., *Contribuții la studiul dinamicii ciururilor cu ruluu (II)*, Buletinul Institutului Politehnic “Gheorghe Gheorghiu - Dej” București, tomul XXXIV, nr. 2, 1972, p. 85 – 92
34. Ene Gh., *Dinamica materialelor granulare corelată cu dinamica particulei individuale, cu aplicație la ciururile cu ruluu*, teză de doctorat, I.P.B., 1984
35. Sullivan J. F., *Screening Theory and Practice*, Triple/S Dynamics, 2012; <https://www.sssdynamics.com/wp-content/themes/va/pdf/screeningtheory.pdf>
36. Iordache Gh., Ene Gh., Rasidescu M., *Utilaje din industria materialelor de construcții*, Editura Tehnică, București, 1987
37. *** *Gyratory Screen*; https://www.pkmachinery.com/vibrating-screen/gyratory-screen.html?gad_source=1
38. *** *Gyratory Vibrating Screen*; <https://www.vibrosievingmachine.com>
39. Ene Gh., *Aspecte privind calculul ciururilor vibratoare inertiale stabilirea parametrilor regimului vibrator. Dimensionarea generatorului de vibrații/Aspects regarding the calculation of inertial vibrating screens. Determination of the vibratory parameters regime. Sizing of vibration generator*, Sinteze de Mecanica Teoretica si Aplicata; Bucharest Vol. 5, Iss. 2, (2014): 105-116.

CAPITOLUL 5

1. x x x https://www.academia.edu/34411263/Cursul_nr_2
2. Durbacă I., Roman G., *Analiza granulometrică prin cernere a pulberilor poluante și/sau a materialelor granulare*, Îndrumar laborator, UPB
3. **Farcaș-Flamaropol Dana-Claudia**, Elena SURDU*, Radu I. Iatan, Petru CÂRDEI, Ramona MARE, *Preliminary studies and research regarding the feasibility of a category of composite material based on a mud matrix and agricultural waste as filler materials*, INMATEH-Agricultural Engineering, vo. 71, no. 3, 2023, p 205-214 (ISSN 2068-4215; On line ISSN 2068-2239)
4. **Farcaș-Flamaropol Dana-Claudia**, Radu Iatan, Petru Cardei, Ion Dubraca, Elena Surdu, Nicoleta Sporea, *Dewatering of sludge through vibratory sieving*, MDPI, Sustainability 2025, 17(1), 141; (ISSN: 2071-1050)
5. Ungureanu V., *Scheme de prelucrare a nămolurilor provenite din stații de epurare a apelor uzate*, https://www.academia.edu/39069593/scheme_de_prelucrare_a_namolurilor_provenite_din_sta%C8%9Aii_de_epurare_a_apelor_uzate20190509_58896_1952rey
6. Danciu A.M., Crișan O-A., Orban M., Lakatos E.S., *Valorificarea nămolurilor provenite de la stațiile de tratare a apelor uzate din perspectiva economiei circulare*, A XVII-a Conferința internațională – multidisciplinară „Profesorul Dorin Pavel-fondatorul hidroenergeticii românești”, Sebeș, 2017
7. Gherghel A., *Valorificarea sustenabilă a nămolurilor din stațiile de epurare*, Teza de doctorat Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iasi, 2020
8. Negulescu C.A.L., *Prelucrarea și valorificarea nămolurilor rezultate din epurarea apelor uzate orășenești, industriale și din zootehnie*, Editura Agrotehnica, <https://www.cartiagricole.ro/produs/prelucrarea-valorificarea-namolurilor-rezultate-epurarea-agrotehnica/>

9. Jianu N.R., Moga I.C., Chivoiu A., Marin E., Gageanu I., *Valorificarea namolurilor de la statiile de epurare in vederea utilizarii in agricultura*, Buletinul AGIR, 2/2020
10. Plămădeală V., Rusu A., Bulat L., *Model tehnologic de valorificare ca îngrășământ a nămolului orășenesc tratat și deshidratat în geotuburi*, Știința Agricolă, 2021
11. Crivoi L., Gumovschi A., *Utilizarea nămolurilor netratate de la stațiile de epurare ca îngrășământ în agricultură este foarte periculoasă*, Agrobiznes.MD, AgroEco, 2020
12. Wang, Z., Wang, Q., Lai, J., Liu, D., Hu, A., Xu, L., Chen, Y. *Numerical Simulation of Heat and Mass Transfer in Sludge Low-Temperature Drying Process*. Entropy 2022, 24, 1682. <https://doi.org/10.3390/e24111682>
13. Wei Ling, Yi Xing, Chen Hong, Bo Zhang, Jiashuo Hu, Chengwang Zhao, Yijie Wang, Lihui Feng, *Methods, mechanisms, models and tail gas emissions of convective drying in sludge: A review*, *Science of The Total Environment*, Volume 845, 2022, 157376, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157376>
14. Siqueira A.M., Krink N., Pereira F.P.S., Villela F.G., Silva G.S., Moura A.F., *One-Dimensional Mathematical Model for Solar Drying of Beds of Sludge*, *Journal of Applied Fluid Mechanics*, Vol. 11, No. 5, pp. 1407-1419, 2018
15. Zhao G., Yin F., Liang X., Yuan D., Geng W., Wang L., Sun R., *Drying Experiment and Drying Model Analysis of Dehydrated Sludge Particles*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 768 (2020) 022031, IOP Publishing, SAMSE 2019, doi:10.1088/1757-899X/768/2/022031
16. Zhang Z., Zbicinski I., Huang L., Nozaki T., Wu Z., *Drying Modeling and Simulation, Mathematical Problems in engineering*, Hindawi Publishing Corporation, vol. 2012, Article ID 398130
17. Chai L.H., Statistical dynamic features of sludge drying systems, *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 46, issue 8, 2007, pp. 802-811
18. Wang Z., Xu L., Liu D., Zhang Q., Hu A., Wang R., Chen Y., *Effects of Air Temperature and Humidity on the Kinetics of Sludge Drying at Low Temperatures*, *Energies*, 2021
19. Li Z., Tong X., Zhou B., Wang X., *Modeling and parameter optimization for the design of vibrating screens*, *Minerals Engineering*, vol. 83, 2015, pp. 149-155
20. Ivanov K., Vaisberg L.A., *New Modelling and Calculation Methods for Vibrating Screens and Separators*, *Lecture Notes in Control and Information Sciences*, 22:55-61, 2015
21. x x x <https://www.statskingdom.com/advanced-boxplot-maker.html>
22. x x x <https://www.simplypsychology.org/boxplots.html>
23. x x x <https://www.wellbeingatschool.org.nz/information-sheet/understanding-and-interpreting-box-plots>
24. x x x <https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/boxplots>
25. x x x https://www.statskingdom.com/410multi_linear_regression.html
26. x x x MathSoft, Inc., *Mathcad User's Guide*, Mathcad 2000 Professional, 1999
27. x x x <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
28. https://www.academia.edu/38847093/capitolul_14_tratamentul_refolosirea_si_evacuare_a_solidelor_si_biosolidelor
29. x x x <https://aosts.com/what-is-a-sludge-dewatering-screw-press/>
30. Surdu Elena, **Flamaropol – Farcaș, Dana Claudia**, Sporea Nicoleta, Tomescu Gheorghita, *The use of biomass can help save the Planet*, *Hidraulica*, nr. 4, 2021, p. 76 – 85 (ISSN 1453 – 7303).
31. Pricop F., Chivoiu A., Jianu R., Moga I. C., *Soluții inovative pentru tratarea și valorificarea nămolurilor din stațiile de preepurare industriale*, Buletinul AGIR nr. 3, Octombrie 2017, București

32. Rocha, S., Soares, P. & Maia, L. *Briquettes from sludge in sewage treatment plant: calorific power*. Environ SciPollutRes 29, 91096–91104 (2022)
33. Tay J. H., Show K. Y., Hong S. Y., Chienand C. Y., Lee D. J., *Potential reuse of wastewater sludge for innovative application in construction industry*, Bulletin of the College of Engineering N.T.U, No. 86, October 2002
34. Matar M., *Use of wastewater sludge in concrete mixes*, The Islamic University of Gaza, Februarie 2008
35. J. E. Allemanand N.A., *Constructive Sludge Management: Biobrick*, Journal of Environmental Engineering, Vol. 110, No. 2, March/April 1984, pp.301-311
36. Batali L., Carastoian A., *Caracterizarea, din punct de vedere geotehnic, a nămolurilor de la stațiile de epurare, în vederea depozitării lor*, Revista Construcțiilor nr. 117, 2015, pp. 56-59
37. Elena Surdu , **Claudia-Dana Farcaș-Flamaropol**, Petru Cârdei, Ion Durbacă, Nicoleta Sporea, *Research On The Recovery Of Some Agricultural Waste For Manufacturing Of Composite Materials With Clay Matrices*, The 18th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building Field OPROTEH 2023 Journal of Engineering Studies and Research – Volume 29 (2023) No. 4, pag. 57-68 (ISSN 2457 – 3388)
38. Arulrajah, A., Disfani, M. M. et al., *Select chemicaland engineering properties of wastewaterbiosolids*, Waste management no. 31/2011, pp. 2522 – 2526
39. Diliunas, J., Dundulis, K. et al., *Geotechnical and hydrochemical properties of sewage sludge*, Bulletin of Engineering GeologyandEnvironment, no. 69/2010, pp. 575 – 582
40. Coșoreanu C., *Compozite din deșeuri agricole și industriale reciclate*, teză de reabilitare, Universitatea Transilvania din Brașov, 2015
41. x x x <http://docplayer.org/73032490-Furnizarea-de-biocombustibili-solizi-pentru-centralele-termice-de-putere-medie.html>
42. Babor A., Plian D., *The preservation of adobe buildings*, Buletinul Institutului Politehnic Iasi, Universitatea Tehnica „Grigore Asachi” din Iași, Tomul LVI(LX), Fasc. 1, 2010
43. Clifton J. R., *Preservation of Historic Adobe Structures-A Status Report*, U.S. Departament of Commerce/National Bureau of Standards, 1977
44. x x x Cornerstones, Adobe Conservation, *A Preservation Handbook CORNERSTONES COMMUNITY PARTNERSHIPS*
45. x x x <https://www.solidearth.co.nz/products-and-services/adobe-manufacture/>
46. x x x <https://www.bamboo-earth-architecture-construction.com/adobe-bricks/>
47. Tunali S.. *Structurile Adobe ca moștenire culturală și caracteristicile lor*, European Scientific Journal february 2015/SPECIAL/edition vol.1 ISSN: 1857-7881 (Print)e - ISSN 1857-7431
48. x x x <https://dharmaalaya.in/articles/natural-building/how-to-make-adobe-bricks>
49. Brito M.R.. Marvila M.T.. Linhares J.A.T., Azevedo. A.R.G.d. *Evaluation Properties of Adobe Blocks with Clay and Manure*. Buildings 2023. 12 [ehttps://doi.org/10.3390/buildings13030657](https://doi.org/10.3390/buildings13030657)
50. Rasa H.. Mishima N. Hatanaka S.. *Effect of combined additives on improvement of adobe brick characteristics*, Scispace, vol. 31, iss. 1, 823:828, 2019
51. Ouedraogo K.A.J., J.E. Aubert, C. Tribout, Y. Millogo. G. Escadeillas, *Ovalbumin as natural organic binder for stabilizing unfired earth bricks: Understanding vernacular techniques to inspire modern constructions*, Journal of Cultural Heritage. Volume 50, 2021, Pages 139. 149, ISSN 1296-2074
52. Durbacă I., Iatan R., Surdu Elena, **Dana-Claudia Farcaș-Flamaropol**, *Approaches to the evaluation of the mechanical properties of single – layer composite plates made of*

- recyclable polymeric and protein materials*, ICMAS 2020 – 8th International Conference on Advanced Materials and Systems, p 71-76 (ISSN 2068-0783)
53. **Farcaș-Flamaropol Dana-Claudia**, Elena SURDU1, Radu I. IATAN, Petru CÂRDEI, Georgiana ENĂCHESCU, Iuliana PRODEA, Ion DURBACĂ, *Mechanical and thermal properties of composite materials obtained with sludge matrix and agricultural waste inserts (Proprietăți mecanice și termice ale materialelor compozite obținute cu matrice de nămol și inserții din deșeuri agricole)*, INMATEH-Agricultural Engineering, vo. 73, no. 2, 2024, p 427-434 (ISSN 2068-4215; On line ISSN 2068-2239)
 54. Elena SURDU, **Dana-Claudia Farcaș-Flamaropol**, Radu I. IATAN, Petru CÂRDEI, Nicoleta SPOREA, Gheorghița TOMESCU, Ion DURBACĂ, *Heat transmission through walls of composite material with clay matrix (Transmiterea caldurii prin pereti de material compozit cu matrice de lut)*, INMATEH-Agricultural Engineering, vo. 73, no. 2, 2024, p 416-426 (ISSN 2068-4215; On line ISSN 2068-2239)
 55. Silvia - Andreea Nițu (Corresponding author), Radu I. Iatan, Ion Durbacă, Gabriel Petroșel, Elena Surdu, **Dana Claudia Farcaș-Flamaropol**, *Comparative analytical determination of thermal protection behavior for experimental models made of stratified biocomposite boards of ligno-cellulose nature*, Journal of Engineering Studies and Research, Volume 27, No. 3, 2021, p. 37-42 (ISSN online 2068-7559)
 56. Radu I. Iatan, Andreea - Silvia Nitu, Mihai Statescu, Elena Surdu, **Dana-Claudia Farcaș - Flamaropol**, Melania Corleciuc (Mituca), Cosmin Ciocoiu, *Some Comparative Opinions Regarding The Working Of Fibers And Matrix On Axial Stress Limit. Matrix With Longer Fiber Extensions*, Journal of Engineering Studies and Research, Volume 28, No. 1, 2022, p. 43 - 52 (ISSN online 2068-7559).
 57. x x x <https://www.rombadconstruct.ro/tabel-cu-conductivitate-termica-a-materialelor-de-constructii.html>
 58. x x x <https://builder.techinfus.com/ro/uteplenie/teploprovodnost-uteplitelej.html>
 59. **Farcaș-Flamaropol Dana-Claudia**, Elena Surdu, Ramona Mare, *Sludge Dewatering Instalations*, Hidraulica, nr. 1, 2023, p. 68-75 (ISSN 1453 – 7303)
 60. x x x <https://www.imaterial.ro/exteriorare/caramizi-perfromante-termic.html>
 61. x x x https://www.heluz.com/files/20255_10-Technicky-list-EN.pdf
 62. x x x https://www.heluz.com/files/vyrobky/prohlaseni-o-vlastnostech/311897-20305.00+_en-v4.pdf
 63. Parra-Saldivar M.S., Batty W.. *Thermal behaviour of adobe constructions*, Building and Environment, 41, 2006
 64. Revuelta-Acosta J.D., Garcia-Diaz A., Soto-Zarazua G.M., Rico-Garcia E.. *Adobe as a Sustainable Material: A Thermal Performance*, Journal of Applied Sciences, 10(19), 2211-2216, 2010
 65. Jové-Sandoval, F.. García-Baños, E.M., Barbero-Barrera, M.M. *Characterisation and thermal improvement of adobe walls from earth-straw lightweight panels*. MRS Advances (2023)
 66. Ghiga D., Rezumat Teza Doctorat, *Tehnici moderne de consolidare a structurilor din zidarie*, Universitatea Tehnica „Gheorghe Asachi” din Iasi, 2021
 67. Sucală D., Sucală I. N., Ciplea S. A., Bojan A. C., *Studiu privind caracteristicile de rezistență la compresiune a cărămidilor, la clădiri vechi realizate din zidărie de cărămidă*, Conferința multidisciplinară Profesorul Sorin Pavel, Sebeș, 2016, pp 601-608
 68. Elena Surdu, Radu Iatan, Petru Cardei, Nicoleta Sporea, **Dana-Claudia Farcaș-Flamaropol**, Ion Durbacă, *Mechanical Properties of Composite Materials Obtained with Clay, Matrices and Plant Waste Insters*, MDPI, Sustainability 2025, 17(7), 2888; (ISSN: 2071-1050)
 69. x x x <https://www.rombadconstruct.ro/rezistenta-la-compresiune.html>

70. Silveira D., Varum H., Costa A., Martins T., Pereira H., Almeida J., *Mechanical properties of adobebricks in ancient constructions*, Construction and Building Materials, 2012
71. Oliveira C., Silveira D., Varum H., Parisi F., Miccoli L., Solís M., Rodríguez_Mariscal J.D., Tarque N., *Mechanical Characterization of Adobe Masonry, Chapter of Structural Characterization and Seismic Retrofitting of Adobe Constructions*, Experimental and Numerical Developments, Springer, 2021