

*Academia de Științe Agricole și Silvice*

*“Gheorghe Ionescu Șișești”*

*Secția: Știința Solului, Îmbunătățiri Funciare și Protecția  
Mediului în Agricultură*

*CĂPITANU VASILE*

*Cercetări privind Elaborarea Tehnologiei de Punere  
în Valoare Agricolă a Haldelor de Cenușă rezultate din  
Arderea Cărbunilor de la Termocentrale*

***TEZĂ DE DOCTORAT***

*conducător științific*

*Prof. dr. Corneliu Răuță*

*Dr. Ing. Mihail Dumitru*

1998

# PARTEA I

## STADIUL CERCETĂRILOR PRIVIND POLUAREA PRODUSĂ DE TERMOCENTRALE ȘI MANAGEMENTUL HALDELOR DE CENUȘĂ

### 1. INTRODUCERE

#### *1.1. ENERGIA ELECTRICĂ, FORMĂ SUPERIOARĂ DE ENERGIE*

În decursul istoriei, omul a fost un consumator minor de energie. Evoluția speciei umane este însă direct și implicit legată de consumul de energie. Consumul de energie ca urmare a dezvoltării civilizației umane, raportat la scara planetară, atât în timp cât și sub raport cantitativ, este extrem de recent și puțin însemnat.<sup>51</sup>

Deși anumite fenomene electrice și magnetice erau cunoscute încă din antichitate, istoria curentului electric și a binefacerilor sale este destul de recentă. Descoperirea electricității și, ulterior, utilizarea ei pe scară largă a reprezentat un mare salt înainte în ceea ce privește calitatea traiului și a nivelului de civilizație a oamenilor.

Consumul de energie a crescut semnificativ sub influența avântului general al științelor, care a avut loc la sfârșitul secolului al XVIII-lea și începutul secolului XIX. Curentul electric, ca rezultat al mișcării particulelor încărcate cu sarcină electrică, a stat la baza unora dintre cele mai importante cuceriri ale științei. Prin descoperirea curentului electric, începând din deceniul al patrulea al secolului trecut, au putut fi inventate și construite dispozitive, mașini și aparate pentru utilizarea practică a fenomenelor electrice.

În anul 1833 B.S. Iakobi a construit primul motor electric cu mișcare de rotație. Primele mașini electrice au fost utilizate pentru alimentarea cu energie a instalațiilor de iluminat și a celor din industria electrochimică. Într-o etapă următoare, au fost introduse în industrie mașinile electrice care funcționau pe bază de curent continuu.

Această etapă a început prin înlocuirea treptată a motoarelor termice cu cele electrice și a continuat cu introducerea curentului trifazat și posibilitatea transmiterii acestuia la distanțe mari. Etapa următoare o constituie trecerea la construirea de centrale electrice, acestea stând la baza extinderii electrificării. Construirea primei centrale electrice de 500 KW de către T.H. Edison în anul 1882 marchează începutul producției de energie electrică pe scară industrială.

Electrificarea este una dintre direcțiile principale ale progresului tehnic contemporan, fără de care nu puteau fi atinse ritmurile dezvoltării economice și sociale ale acestui secol. În secolul XX, o dată cu perfecționarea mașinilor și aparatelor electrice se pun bazele revoluției electrotehnice ce caracterizează dezvoltarea economică a acestui secol. Pe baza automatizării și cibernetizării din prezent, se conturează o nouă etapă, bazată pe folosirea elementelor miniaturale cu consum redus de energie. Toate societățile sunt dependente de energie, în orice parte a lumii, aceasta fiind folosită ca un substitut al muncii umane.<sup>140</sup>

Datorită calităților sale remarcabile, dintre care posibilitatea de a fi produsă în cantități mari din alte forme de energie, de a fi transmisă economic la distanțe mari, de a fi distribuită ulterior celor mai diverși consumatori și de a fi transformată cu ușurință în alte forme de energie, energia electrică are în prezent o foarte largă utilizare în toate domeniile economice precum și în viața social-culturală.

Energia electrică este una din cele mai utilizate forme de energie, fără de care, în etapa contemporană, nu poate fi concepută nici una din activitățile societății umane. Astfel, în orice parte a lumii energia electrică este folosită de la iluminat la încălzit, de la banalul radio la modernele stații radar, de la motorul electric la roboții industriali. Toate activitățile umane, începând cu cele distractive sau casnice și continuând cu cele din sectoarele economice, presupun de la utilizarea lămpilor, aparatelor electrocasnice, calculatorului, microscopului, instrumentelor electrice, până la utilajele mari consumatoare de electricitate. Energia electrică este de fapt promotorul civilizației moderne, fără de care omenirea nu poate evolua.

## CUPRINS

<b>PARTEA I STADIUL CERCETĂRILOR PRIVIND POLUAREA PRODUSĂ DE TERMOCENTRALE ȘI MANAGEMENTUL HALDELOR DE CENUȘĂ.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCERE.....</b>	<b>1</b>
1.1 ENERGIA ELECTRICĂ, FORMA SUPERIOARĂ DE ENERGIE.....	1
<b>2. STRUCTURA ENERGETICĂ.....</b>	<b>5</b>
1.2 STRUCTURA ENERGETICĂ MONDIALĂ.....	5
1.3 STRUCTURA ENERGETICĂ ÎN ROMÂNIA.....	8
<b>3. CĂRBUNII DE PĂMÂNT.....</b>	<b>18</b>
1.4 PROCESUL DE FORMARE A CĂRBUNILOR.....	18
1.5 STRUCTURA ȘI UNELE PROPRIETĂȚI CHIMICE ALE CĂRBUNELUI.....	19
1.6 COMPOZIȚIA CHIMIC A CĂRBUNELUI.....	22
1.7 ZĂCĂMINTELE DE CĂRBUNE DIN ROMÂNIA ȘI UNELE PROPRIETĂȚI ALE ACESTORA.....	28
<b>4. ANALIZA DIFERITELOR TIPURI DE POLUANȚI REZULTAȚI PRIN ARDEREA CĂRBUNILOR ÎN TERMOCENTRALE.....</b>	<b>31</b>
4.1 PROCESUL DE ARDERE A CĂRBUNILOR ȘI MEDIUL ÎNCONJURĂTOR.....	31
4.2 TERMOCENTRALELE, PUTERNICE SURSE ÎNALTE DE POLUARE A MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR.....	32
4.2.1 Componenta gazoasă.....	33
4.2.1.1 CO emis în atmosfera terestră de termocentralele pe cărbune.....	33
4.2.1.2 CO <sub>2</sub> emis în atmosfera terestră de termocentralele pe cărbune.....	35
4.2.1.3 CO <sub>2</sub> emis de termocentralele românești.....	40
4.2.1.4 SO <sub>2</sub> emis în atmosfera terestră de termocentralele pe cărbune.....	42
4.2.1.5 SO <sub>2</sub> emis de termocentralele românești.....	47
4.2.1.6 No <sub>x</sub> emis în atmosfera terestră de termocentralele pe cărbune.....	49
4.2.1.7 Oxizii de azot emiși de termocentralele românești.....	50
4.3 COMPONENTA SOLULUI.....	51
4.3.1 Cenușa.....	51
4.3.2 Metalele grele.....	52
<b>5. CENUȘA DEȘEURILOR INDUSTRIAL.....</b>	<b>54</b>
5.1 CANTITĂȚILE DE CENUȘĂ PRODUSE PRIN ARDEREA CĂRBUNILOR ÎN TERMOCENTRALE.....	54
5.2 CANTITĂȚILE DE CENUȘĂ PRODUSE PRIN ARDEREA CĂRBUNILOR ÎN TERMOCENTRALELE DIN ROMÂNIA.....	57
5.3 HALDELE DE CENUȘĂ.....	58
5.4 PROPRIETĂȚILE GENERALE ALE CENUȘILOR.....	60
5.4.1 Aspectul general.....	60
5.4.2 Compoziția mineralogică.....	61
5.4.3 Compoziția oxilică.....	62
5.4.4 Proprietățile fizice ale cenușilor.....	64
5.4.4.1 Textura.....	64
5.4.4.2 Densitatea aparentă.....	66
5.4.4.3 Porozitatea.....	67
5.4.5 Caracteristicile chimice.....	67
5.4.5.1 Reacția.....	72
5.4.5.2 Fosforul.....	75

5.4.5.3 Potasiul .....	76
5.4.5.4 Materia organică .....	76
5.4.5.5 Capacitatea de schimb cationică .....	77
5.4.5.6 Caracteristicile microbiologice ale cenușilor .....	78
5.4.5.7 radioactivitatea .....	79
<b>6. POLUAREA CENUȘILOR TERMOCENTRALELOR.....</b>	<b>81</b>
6.1. POLUAREA SOLULUI.....	82
6.2 INFLUENȚA CENUȘILOR ȘI A EMISIILOR ACIDE ASUPRA PLANTELOR .....	84
<b>7. VALORIFICAREA CENUȘILOR DE TERMOCENTRALE.....</b>	<b>91</b>
7.1 VALORIFICAREA CENUȘII PE PLAN MONDIAL.....	94
7.2 VALORIFICAREA CENUȘILOR ÎN ROMÂNIA.....	97
7.3 VALORIFICAREA CENUȘILOR ÎN AGRICULTURĂ.....	101
7.4 VALORIFICAREA CENUȘILOR ÎN AGRICULTURA ROMÂNIEI.....	108
<b>8. FIXAREA BIOLOGICĂ A HALDELOR DE CENUȘĂ.....</b>	<b>114</b>
<b>9. RECVLTIVAREA HALDELOR DE CENUȘĂ.....</b>	<b>118</b>
9.1 CERCETĂRI SPECIFICE PE PLAN INTERNAȚIONAL.....	118
9.2 RECVLTIVAREA BIOLOGICĂ DIRECTĂ.....	120
9.2.1 <i>Recultivarea biologică a haldelor prin copertare cu materiale de sol.....</i>	<i>127</i>
9.2.2 <i>Cercetări de recultivare a haldelor în România.....</i>	<i>133</i>
 <b>PARTEA II CERCETĂRI PERSONALE.....</b>	<b>149</b>
 <b>10. MATERIAL ȘI METODĂ DE LUCRU .....</b>	<b>149</b>
10.1 INVENTARIEREA HALDELOR DE CENUȘĂ PE TERITORIUL ȚĂRII.....	149
10.2. METODOLOGIA DE LUCRU .....	152
10.2.1. <i>Modul de abordare a efectelor poluării produse de termocentrale.....</i>	<i>153</i>
10.2.2 <i>Modul de abordare a cercetărilor pe diversele halde de cenușă.....</i>	<i>154</i>
10.2.3 <i>Modul de abordare a cercetărilor de recultivare pe haldele epuizate tehnic.....</i>	<i>154</i>
10.2.4. <i>Modul de abordare a cercetărilor pe câmpul experimental Rovinari.....</i>	<i>155</i>
10.2.5. <i>Metodologia de lucru în laborator.....</i>	<i>162</i>
 <b>11. IMPACTUL ACTIVITĂȚII TERMOCENTRALELOR PE CĂRBUNE ASUPRA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR .....</b>	<b>164</b>
11.1 TERMOCENTRALELE SURSE COMPLEXE DE POLUARE.....	164
11.2 IMPACTUL ESTETIC .....	168
11.3 IMPACT CLIMATIC .....	170
11.4 IMPACTUL ASUPRA ATMOSFEREI.....	170
11.5 IMPACTUL ASUPRA VEGETAȚIEI.....	173
11.6 IMPACTUL ASUPRA APELOR SUBTERANE ȘI A CELOR DE SUPRAFAȚĂ .....	173
 <b>12. POLUAREA SOLURILOR PRODUSĂ DE TERMOCENTRALELE PE CĂRBUNE.....</b>	<b>179</b>
12.1 SOLUL COMPONENT AL MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR.....	179
12.1.1. <i>Solul principal component al mediului înconjurător .....</i>	<i>179</i>
12.1.2. <i>Solul, organism natural supus poluării.....</i>	<i>180</i>
12.2 POLUAREA SOLURILOR CU METALE GRELE .....	182
12.3 POLUAREA SOLURILOR CU SULF.....	190

12.4. POLUAREA CU PRAF DE CĂRBUNE.....	192
12.5 POLUAREA CU CENUȘĂ .....	194
12.5.1. Aspecte privind spulberarea cenușii de pe unele halde .....	195
12.5.2 Aspecte privind poluarea cu cenuși zburătoare.....	200
12.6. SUPRAFETELE DE TEREN OCUPATE DE HALDELE DE CENUȘĂ .....	212
12.7 PROTOSOLURILE DIN JURUL HALDELOR DE CENUȘĂ.....	216
12.8 POLUAREA SOLURILOR PRIN ÎNMLĂȘTINIRE ȘI SĂRĂTURARE.....	217
12.8.1 Sărăturarea secundară a solurilor. ....	217
12.8.2 Inmlăștinire.....	219
<b>13. PRINCIPALELE PROPRIETĂȚI ALE CENUȘILOR.....</b>	<b>222</b>
13.1 STUDIUL MINERALOGIC AL CĂRBUNILOR ȘI CENUȘII DE TERMOCENTRALĂ .....	222
13.1.1. Studiul mineralogic al cărbunilor .....	222
13.1.2. Studiul mineralogic al unora din cenușile rezultate prin arderea cărbunilor. .....	225
13.2. MODUL DE DEPUNERE AL CENUȘII ÎN HALDE ȘI PROPRIETĂȚILE MATERIALULUI HALDAT .....	229
13.2.1. Textura pe verticala haldelor de cenușă.....	229
13.2.2. Particulele de cărbune nears din haldele de cenușă.....	232
13.2.3. Straturi cu textură grosieră.....	235
13.2.4 Straturi cu textura mijlocie. ....	238
13.2.5. Diferențierea granulometrică a profilelor.....	242
13.2.6 Textura cenușilor pe orizontala haldelor .....	245
13.3. TEXTURA CENUȘILOR DIN CÂMPUL EXPERIMENTAL ROVINARI .....	250
13.4 POROZITATEA HALDELOR DE CENUȘI .....	255
13.5. FENOMENE DE CIMENTARE .....	257
13.6 PROPRIETĂȚI HIDRO-FIZICE .....	261
13.7. PRINCIPALELE PROPRIETĂȚI CHIMICE ALE CENUȘILOR.....	264
13.7.1 Reacția cenușilor.....	264
13.7.2 Conținutul de materie organică .....	265
13.7.3 Conținutul de azot total. ....	268
13.7.4 Conținutul de fosfor mobil. ....	269
13.7.5 Conținutul de potasiu mobil. ....	269
13.7.6 Capacitatea de schimb cationic.....	270
13.7.7. Conținutul unor elemente ce pot deveni restrictive pentru cultura plantelor. .....	274
13.8 PROPRIETĂȚILE BIOLOGICE ALE CENUȘII DIN HALDE .....	275
<b>14. CERCETĂRI DE RECVLTIVARE A HALDELOR DE CENUȘĂ.....</b>	<b>278</b>
14.1. REFACEREA TERENURILOR DEGRADATE OBLIGAȚIE A SOCIETĂȚII MODERNE.....	278
14.2. RECVLTIVAREA HALDELOR DE CENUȘĂ, DEFINIȚII, CLASIFICĂRI .....	279
14.2.1. Revcultivarea agricolă .....	280
14.2.2. Revcultivarea silvică .....	281
14.2.3. Revcultivarea edilitară sau moderatoare de cadru.....	281
14.3. ETAPELE RECVLTIVĂRII .....	282
14.3.1. Etapu premergătoare.....	282
14.3.2. Revcultivarea tehnică.....	283

14.3.3. Recultivarea biologică.....	283
<b>15. RECULTIVAREA BIOLOGICĂ A HALDELOR DE CENUȘĂ.....</b>	<b>287</b>
15.1. CERCETĂRI DE RECULTIVARE AGRICOLĂ EFECTUATE PE CÂMPUL EXPERIMENTAL ROVINARI.....	287
15.1.1. <i>Influența măsurilor agropedoameliorative asupra proprietăților chimice ale     cenușii.....</i>	287
15.1.2. <i>Influența măsurilor agropedoameliorative asupra proprietăților biologice ale     cenușii.....</i>	299
15.1.3. <i>Influența măsurilor agropedoameliorative asupra producțiilor obținute.....</i>	303
15.2. CERCETĂRI DE RECULTIVARE EFECTUATE PE HALDELE TERMOCENTRALEI ORADEA I.....	317
15.3. CERCETĂRI DE RECULTIVARE EFECTUATE PE HALDELE TERMOCENTRALEI DOICEȘTI.....	322
15.3.1 <i>Aprecieri asupra modului de realizare a recultivării Depozitului 2.....</i>	322
15.3.2 <i>Aprecieri asupra modului de realizare a recultivării Depozitului 1.....</i>	328
15.3.3. <i>Cercetări de fixare a cenușii și recultivare biologică a versanților     haldei Mal drept Mureș.....</i>	331
15.3.3.1 <i>Fixarea biologică a cenușii de pe suprafața haldei.....</i>	335
15.3.3.2 <i>Recultivarea silvică a taluzelor și teraselor haldei.....</i>	339
<b>16. TEHNOLOGII DE RECULTIVARE A HALDELOR DE CENUȘĂ.....</b>	<b>342</b>
16.1 ETAPA PREMERGĂTOARE.....	343
16.1.1. <i>Caracterizarea haldelor de cenușă și a materialelor de sol.....</i>	343
16.1.2 <i>Inventarierea surselor de pământ și caracterizarea lor.....</i>	344
16.1.3. <i>Întocmirea proiectelor de execuție.....</i>	347
16.2. RECULTIVARE TEHNICĂ.....	347
16.2.1 <i>Amenajări de drumuri de acces.....</i>	348
16.2.2. <i>Fixarea taluzurilor și coronamentelor digurilor.....</i>	350
16.2.3. <i>Realizarea sistemului de irigare.....</i>	350
16.2.4 <i>Afânarea adâncă.....</i>	351
16.2.5 <i>Spălarea sărurilor solubile și a metalelor grele de pe profilul cenușilor.....</i>	351
16.2.6. <i>Amendarea.....</i>	352
16.2.7. <i>Omogenizarea profilului de cenușă.....</i>	353
16.2.8 <i>Copertarea.....</i>	353
16.2.9 <i>Nivelarea de bază.....</i>	354
16.2.10. <i>Fertilizare ameliorativă.....</i>	355
16.2.11 <i>Omogenizarea.....</i>	357
16.2.12. <i>Pregătirea patului germinativ.....</i>	357
16.3 RECULTIVARE BIOLOGICĂ.....	357
16.3.1 <i>Recultivarea biologică activă.....</i>	358
16.3.2. <i>Recultivarea biologică pasivă.....</i>	360
16.4 RECULTIVAREA TALUZURILOR EXTERNE.....	362
<b>CONCLUZII.....</b>	<b>363</b>