

CERCETĂRI PRIVIND VALORIFICAREA DEȘEURILOR CU CONȚINUT DE FIER ȘI ELEMENTE PENTRU ALIEREA OȚELULUI

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea Politehnica Timișoara
în domeniul INGINERIA MATERIALELOR
de către

Ing. Sorina Gabriela Șerban

Conducător științific:
Referenți științifici:

prof.univ.dr.ing. Teodor Hepuț
C.S.I.dr. Doru Romulus Pascu
prof.univ.dr.ing. Nicolae Constantin
prof.univ.dr.ing. Victor Budău

Ziua susținerii tezei: 15.09.2015

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|--|
| 1. Automatică | 9. Inginerie Mecanică |
| 2. Chimie | 10. Știința Calculatoarelor |
| 3. Energetică | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 4. Ingineria Chimică | 12. Ingineria sistemelor |
| 5. Inginerie Civilă | 13. Inginerie energetică |
| 6. Inginerie Electrică | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor |
| 8. Inginerie Industrială | 16. Inginerie și Management |

Universitatea Politehnica Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul Școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2015

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității Politehnica Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
Tel./fax 0256 403823
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

*Motto: Când discipolul este pregătit, apare și maestrul.
(vechi proverb chinezesc)*

Pe plan național și mondial există o preocupare în multe cercuri științifice, în special în universități tehnice, de a pune la punct tehnologii de procesare a deșeurilor feroase mărunte și pulverulente, rezultate din siderurgie, care dau posibilitatea reintroducerii acestora pe fluxurile industriale existente, realizându-se recuperarea unor elemente utile și diminuarea semnificativă în ceea ce privește poluarea mediului.

Tema abordată caracterizează, delimitează clar și precis conținutul, aria și profunzimea cercetării în domeniul Ingineria Materialelor, fiind localizată în cadrul dezvoltării durabile în contextul reciclării/valorificării produselor și subproduselor provenite din industria siderurgică și nu numai.

Teza de doctorat a fost elaborată pe baza cercetărilor efectuate în laboratoarele Facultății de Inginerie Hunedoara, din cadrul Universității Politehnica Timișoara.

La finalul acestei etape, recunoștința mea se îndreaptă către toți aceia care m-au sprijinit la elaborarea și finalizarea tezei de doctorat.

Cu această ocazie doresc să-mi exprim mulțumirile domnului Prof. Dr.Ing. Teodor Hepuț, conducătorul științific al tezei de doctorat, pentru competența cu care a coordonat întreaga activitate desfășurată pe parcursul elaborării tezei și întregul suport oferit pentru depășirea obstacolelor prevăzute și neprevăzute. Îi mulțumesc în același timp pentru faptul că m-a acceptat ca doctorand, pentru încrederea acordată și pentru sugestiile și indicațiile fără de care această lucrare nu s-ar fi realizat, iar acest pas important în cariera mea profesională nu s-ar fi făcut.

Mulțumesc membrilor Comisiei de Îndrumare care mi-au oferit sprijinul și sfaturile lor competente pentru elaborarea și finalizarea tezei.

Mulțumesc domnilor Conf.dr.ing.Imre Kiss și Conf.dr.Ludovic Dan Lemle, pentru sprijinul și încurajarea acordată, pentru faptul că mi-au fost colegi și prieteni, m-au ajutat cu sugestii și recomandări în cele mai grele momente.

Mulțumesc de asemenea colegilor din Departamentul de Inginerie și Management care m-au susținut, mi-au împărtășit cunoștințe profesionale, m-au sprijinit moral și au fost alături de mine.

Mai mult decât simple mulțumiri, le exprim celor dragi, cei care de-a lungul anilor mi-au fost alături, pentru suportul moral, înțelegerea și răbdarea manifestate constant, susținere care m-a ajutat să duc la bun sfârșit această lucrare.

Timișoara, Septembrie 2015

Sorina Gabriela Șerban

ȘERBAN, Sorina Gabriela

CERCETĂRI PRIVIND VALORIFICAREA DEȘEURILOR CU CONȚINUT DE FIER ȘI ELEMENTE PENTRU ALIEREA OȚELULUI

Teze de doctorat ale UPT, Seria 15, Nr. 18, Editura Politehnica, 2015, 202 pagini, 193 figuri, 64 tabele.

Cuvinte cheie: valorificare, reciclare, pelete, brichete, nămol, monitorizare

Rezumat,

Pe plan național și mondial există o preocupare în multe cercuri științifice, în special în universități tehnice, de a pune la punct tehnologii de procesare a deșeurilor feroase mărunte și pulverulente, rezultate din siderurgie, care dau posibilitatea reintroducerii acestora pe fluxurile industriale existente, realizându-se recuperarea unor elemente utile și diminuarea semnificativă în ceea ce privește poluarea mediului.

Studiul efectuat în cadrul acestei teze, a fost orientat spre valorificarea deșeurilor feroase pulverulente prin procedeele - peletizare, brichetare, aglomerare - deșeuri rezultate pe fluxurile siderurgice (praf de oțelărie, șlam aglomerare-furnale, șlam de țunder), de la procesarea bauxitei (nămol roșu), de la acoperiri metalice în vederea protecției suprafeței împotriva oxidării suprafețelor diferitelor piese (șlam de la cromare, nichelare etc.) și a celor mărunte (țunder, concentrat de fier din deșeu sideritic), precum și a unor adaosuri bazice (var, bentonită). Deșeurile studiate, au provenit din zona Hunedoara, Brașov, Oradea, Sebeș.

În cadrul tezei a fost dezvoltat și implementat un instrument a cărui utilizare să constituie un suport real în monitorizarea gestionării diverselor tipuri de deșeuri din industria siderurgică, minieră și energetică. În prezent nu există o bază de date la nivel local și național privind deșeurile siderurgice, miniere și energetice.

Prin natura sa, lucrarea a necesitat o cercetare cu caracter multidisciplinar, abordând pe de o parte aria și profunzimea cercetării în domeniul Ingineria Materialelor, fiind localizată în cadrul reciclării/valorificării produselor și subproduselor provenite din industria siderurgică și nu numai, iar pe de altă parte a abordat domeniul modelării matematice și al optimizării proceselor tehnologice în vederea valorificării acestor deșeuri. Pornind de la aceste aspecte consider că lucrarea de față este de utilitate practică, ea înscriindu-se în contextul valorificării deșeurilor industriale, pentru care există o preocupare atentă pe plan național și mondial.

CUPRINS

Listă lucrări științifice publicate	8
Listă tabele	10
Listă figuri	13
Listă abrevieri și simboluri	20
Cap.1 INTRODUCERE	21
1.1.Importanța și actualitatea temei	21
1.2. Analiza primară a cercetării	22
1.3. Tema și obiectul supus cercetării	23
1.4. Structura planului de cercetare	24
1.5.Concluzii	26
PARTEA I. ANALIZA SITUAȚIEI ACTUALE A GENERĂRII ȘI VALORIFICĂRII DEȘEURILOR PULVERULENTE ȘI MĂRUNTE CU CONȚINUT DE FIER ȘI ELEMENTE PENTRU ALIEREA OȚELULUI.....	27
Cap.2. DEȘEURILE MĂRUNTE ȘI PULVERULENTE CU CONȚINUT DE FIER, CARBON ȘI ELEMENTE PENTRU ALIEREA OȚELULUI, PROVENITE DIN INDUSTRIA SIDERURGICĂ, MINIERĂ ȘI ENERGETICĂ	28
2.1.Conceptul de dezvoltare durabilă	28
2.2.Prezentarea surselor de deșeuri cu conținut de fier și elemente pentru alierea oțelului	28
2.3.Caracteristici calitative ale deșeurilor rezultate din industria siderurgică	30
2.4.Deșeuri pulverulente generate în procesele din siderurgie	32
2.4.1.Sectorul cocsochimic	32
2.4.2.Sectorul aglomerare-furnale	34
2.4.3.Sectorul oțelărie-turnare continuă	38
2.5.Deșeuri mărunte generate în procesele din siderurgie	40
2.5.1.Țunderul și șlamul de laminare	40
2.5.2. Zgura de oțelărie	42
2.6.Deșeuri feroase mărunte și pulverulente generate în afara industriei siderurgice	45
2.6.1.Deșeuri feroase din industria minieră	45
2.6.2.Deșeuri feroase din industria chimică	47
2.6.3.Deșeuri feroase din industria energetică	49
2.7.Concluzii	53
Cap.3.PROCEDEE ȘI TEHNOLOGII DE VALORIFICARE A DEȘEURILOR REZULTATE DIN INDUSTRIA SIDERURGICĂ, MINIERĂ ȘI ENERGETICĂ	53
3.1.Considerații generale	53
3.2.Valorificarea prafului de cărbune și a prafului de cocs	54
3.3.Procedeul de valorificare a deșeurilor feroase prin peletizare	55
3.3.1.Considerații tehnologice	55
3.3.2.Pregătirea materiilor prime pentru peletizare	57
3.3.3.Mecanismul formării peletelor	57
3.3.4.Instalații pentru producerea peletelor crude	59
3.3.5.Durificarea peletelor	60

3.4.Procedeul de valorificare a deșeurilor feroase prin brichetare	63
3.4.1.Caracteristici generale	63
3.4.2.Metode de brichetare	64
3.4.3.Pregătirea șarjei pentru brichetare	68
3.5.Procedeul de valorificare prin aglomerare	70
3.5.1.Considerații tehnologice	71
3.5.2.Fazele procesului de aglomerare	72
3.5.3.Mecanismul formării aglomeratului	73
3.5.4.Mașini de aglomerare	73
3.6.Procedeul pirometalurgic de valorificare INMETCO	76
3.7.Procedeul de valorificare FASTMET și FASTMELT	76
3.8.Procedeul de valorificare CARBOFER	78
3.9.Procedeul PRIMUS de reciclare a deșeurilor feroase din siderurgie	80
3.10.Procedeul RHF-Demag SMS de reducere directă a oxizilor de fier	81
3.11.Concluzii	83
PARTEA A II-A. CERCETĂRI ȘI EXPERIMENTĂRI PROPRII DE PROCESARE A DEȘEURILOR MĂRUNTE ȘI PULVERULENTE.....	84
Cap.4. CARACTERISTICI TEHNICE ȘI CALITATIVE ALE INSTALAȚIILOR ȘI DEȘEURILOR UTILIZATE ÎN CADRUL EXPERIMENTĂRIILOR.....	84
4.1.Generalități	84
4.2.Caracteristicile tehnice ale instalațiilor și echipamentelor folosite în cadrul experimentărilor	86
4.3.Caracteristicile calitative ale subproduselor și deșeurilor utilizate în cadrul experimentărilor	89
4.3.1.Caracteristici chimice	90
4.3.2.Caracteristici fizice	92
4.4.Concluzii	94
Cap.5.EXPERIMENTĂRI ÎN FAZĂ DE LABORATOR PRIVIND VALORIFICAREA DEȘEURILOR PULVERULENTE PRIN PELETIZARE, BRICHETARE ȘI AGLOMERARE	95
5.1.Fluxul tehnologic și tehnologia de producere a peletelor și brichetelor în fază de laborator	95
5.2.Tehnologia stabilită pentru producerea peletelor	96
5.2.1.Experimentări de laborator în cadrul Facultății de Inginerie Hunedoara, privind producerea peletelor cu durificare prin ardere	97
5.2.1.1.Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul EXCEL	98
5.2.1.2.Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB	101
5.2.1.3.Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB	116
5.2.1.4.Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul DATAFIT	118
5.2.2.Experimentări de laborator în cadrul Facultății de Inginerie Hunedoara, privind producerea peletelor cu durificare la rece	118
5.2.2.1.Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul EXCEL	119
5.2.2.2.Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB	121
5.2.2.3.Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în	

programul MATLAB	123
5.2.2.4.Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul	
DATAFIT	123
5.3.Tehnologia stabilită pentru producerea brichetelor	124
5.3.1.Experimentări de laborator în cadrul Facultății de Inginerie	
Hunedoara, privind producerea brichetelor	124
5.3.1.1. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul	
EXCEL	127
5.3.1.2.Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul	
MATLAB	127
5.3.1.3.Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în	
programul MATLAB	139
5.3.1.4. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul	
DATAFIT	140
5.4.Valorificarea deșeurilor prin aglomerare	141
5.4.1.Considerații tehnologice	141
5.4.2.Experimentări și rezultate	142
5.4.3.Procesarea aglomeratului redus în cuptorul cu rezistență de	
grafit	146
5.4.4.Concluzii	146
Cap.6. STUDIU PRIVIND REALIZAREA UNEI BAZE DE DATE CU	
DEȘEURILE PROVENITE DIN INDUSTRIA SIDERURGICĂ, MINIERĂ	
ȘI ENERGETICĂ	149
6.1. Metodologia și structura aplicației software	149
6.2. Gestionarea bazei de date. Funcționalitatea aplicației	152
6.3.Concluzii	163
PARTEA A III-A. CONCLUZII FINALE RECAPITULATIVE ȘI	
EVIDENȚIEREA CONTRIBUȚIILOR PERSONALE	165
Cap.7. CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DIRECȚII DE	
CONTINUARE A CERCETĂRILOR	165
7.1.Concluzii finale	165
7.2.Contribuții originale	169
7.3.Direcții de continuare a cercetărilor	171
ANEXE	173
BIBLIOGRAFIE	195

Listă lucrări științifice

- [1] **Sorina Gabriela Șerban**, Teodor Hepuț, "Waste Recovery Possibilities in Steel Industry: Briquettes Production from Fine and Pulverous Ferrous Wastes", International Conference on Applied Sciences ICAS2015, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Wuhan, China, June 3 – 5, 2015.
- [2] **Sorina Gabriela Șerban**, Teodor Hepuț, "Ferrous wastes recovery possibilities in the area of steel industry-experiments in the laboratory phase on the briquettes production from fine and pulverous wastes", Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering, Tome VIII, Fascicule 3, ISSN 2067-3809, pp.49-56, [July-September], 2015.
- [3] **Sorina Șerban**, Ludovic Dan Lemle, "Computer science applied for chemical formulas", 2nd World Conference on Educational Technology Research (WCETR), Cyprus,, Procedia Social and Behavioral Sc,iences, Vol.83, pp.290-294, 27-29 June 2012.
- [4] **Sorina Șerban**, "Analysis and design of information system", Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering, Tome V, Fascicule 3, ISSN 2067-3809, pp.49-52, [July-September], 2012.
- [5] **Sorina Șerban**, "The determination of parameters involved in the ideal gas transforming using Microsoft Access", Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering, Tome V, Fascicule 4, ISSN 2067-3809, pp.51-54, [October-December], 2012.
- [6] **Sorina Șerban**, Ludovic Dan Lemle, "On some spectral properties for locally bounded operators", Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM 2011, International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics, Vols A-C, American Institution Physics, Halkidiki, Greece, ISBN 978-0-7354-0956-9, ISSN 0094-243X, pp.524-527, September 19-25, 2011.
- [7] **Sorina Șerban**, Ludovic Dan Lemle, "Teaching molecular diffusion by using ChimUniv", Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM 2011, International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics, Vols A-C, American Institution Physics, Halkidiki, Greece, ISBN 978-0-7354-0956-9, ISSN 0094-243X, September 19-25, pp.551-554, 2011.
- [8] **Sorina Șerban**, Laura Strugariu, "Educational software ChimUniv for chemical bonds", Annals of the Faculty on Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome IX, Fascicule 3, ISSN 1584-2673, pp.485-488, 2011.
- [9] **Sorina Șerban**, George Savii, "About an educational software used in the chemistry for determining the chemical composition and molecular weight chemicals", Annals of the Faculty on Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome IX, Extra Fascicule, , ISSN 1584-2673, pp.191-194, 2011.
- [10] Laura Strugariu, **Sorina Șerban**, Erika Ardelean, Ana Socalici, Teodor Hepuț, "Research on the recovery of oil in the iron and steel mill scale", The 4th International Conference on Manufacturing Engineering, Quality and Production System, MEQAPS, Barcelona, Spain, Vol.I, ISBN 978-1-61804-031-2, ISSN 1792-4693, pp.204-207, 2011.
- [11] **Sorina Șerban**, Alexa Vasile, "About the concept of educational software and the implementation in the university educational", MECH-CONF 2011, The 1 st Regional Conference – Mechatronics in practice and education, Subotica,

- Serbia, Review of Faculty of Engineering, Annalecta Technica Szegedinesia, ISBN 978-86-85409-67-7, pp.356-361, 8-10 December, 2011.
- [12] Laura Strugariu, **Sorina Șerban**, Ana Socalici, Teodor Hepuț, "*Secondary product recovery from water treatment results in steel plant*", International U.A.B.-B.E.N.A. Conference Environmental Engineering and Sustainable development, Alba Iulia, ISSN 978-606-613-002-8, 26-27 Mai, 2011.
- [13] **Sorina Șerban**, Ludovic Dan Lemle, "*The use of Microsoft Access to express solutions concentration*", Proceeding of 2nd International Conference on Education Technology and Computer (ICETC), 22-24 June 2010, Shanghai, China, ISBN 978-1-4244-6368-8, Volume 2, pp.23-26, 22-24 June 2010.
- [14] **Sorina Șerban**, "*Viewing periodical system with the help of Microsoft Access DataBase*", Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering, Tome III, Fascicule 1 [January-March], 2010, ISSN 2067-3809, pp.79-82, [January-March], 2010.
- [15] **Sorina Șerban**, "*Use of education in teaching chemistry*", Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering, Tome III, Fascicule 3, ISSN 2067-3809, pp.39-42, [July-September], 2010.
- [16] **Sorina Șerban**, "*Computer trening in chemistry: strengths and weakness*", Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering, Tome III, Fascicule 2, ISSN 2067-3809, pp.81-84, [April-June], 2010.k
- [17] **Sorina Șerban**, "*Educational soft for chemistry*", Annals of the Faculty on Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome IV, Fascicule 3, ISSN 1584-2673, pp.113-116, 2006.

Listă tabele

Tabelul2.1. Produse primare și derivate în siderurgie.....	29
Tabelul2.2. Deșeuri provenite din sectorul siderurgic.....	29
Tabelul2.3. Compoziția chimică (principalele elemente) a deșeurilor pulverulente.....	32
Tabelul2.4. Distribuția granulometrică a deșeurilor pulverulente.....	32
Tabelul2.5. Compoziția chimică a șlamului de aglomerare – furnale (după uscare).....	35
Tabelul2.6. Compoziția chimică a prafului de furnal.....	37
Tabelul2.7. Compoziția chimică a șlamului de furnal – S.C. ArcelorMittal Galați.....	37
Tabelul2.8. Compoziția chimică a prafului de electrofiltru - Oțelărie Electrică O.E.2 – S.C. ArcelorMittal Hunedoara.....	38
Tabelul2.9. Compoziția chimică a prafului de electrofiltru - Oțelărie Electrică T.M.K. Reșița.....	38
Tabelul2.10. Compoziția chimică a prafului de electrofiltru - Oțelărie Electrică MECHEL Oțelul Roșu.....	39
Tabelul2.11. Compoziția chimică a prafului de convertizor – S.C. ArcelorMittal Galați.....	39
Tabelul2.12. Compoziția chimică a șlamului de convertizor – S.C. ArcelorMittal Galați.....	39
Tabelul2.13. Deșeuri industriale generate de secția Laminoare.....	40
Tabelul2.14. Compoziția chimică a țunderului.....	41
Tabelul2.15. Analiza chimică a deșeurilor tip țunder din industria siderurgică.....	41
Tabelul2.16. Evaluarea haldelor de zgură din România.....	44
Tabelul2.17. Compoziția chimică a deșeurilor de la prepararea minereurilor tip siderită.....	46
Tabelul2.18. Compoziția chimică a deșeurii sideritice din iazurile de decantare.....	47
Tabelul2.19. Compoziția granulometrică a deșeurii sideritice.....	47
Tabelul2.20. Compoziția chimică a cenușilor piritice.....	48
Tabelul2.21. Analiza chimică a nămolului roșu - Fosta fabrică de alumina Oradea.....	49
Tabelul2.22. Analiza chimică a nămolului roșu - Combinatul de alumina Alum S.A. Tulcea.....	49
Tabelul2.23. Analiza granulometrică a nămolului roșu - Fosta fabrică de alumina Oradea.....	49
Tabelul2.24. Analiza granulometrică a nămolului roșu - Combinatul de alumina Alum S.A. Tulcea.....	49
Tabelul2.25. Compoziția cenușilor de termocentrală.....	50
Tabelul2.26. Compoziția concentratului de fier din cenușa de termocentrală.....	50
Tabelul2.27. Analiza granulometrică a concentratului de fier din cenușa de termocentrală.....	50
Tabelul3.1. Adaosuri liante.....	66
Tabelul3.2. Dimensiunile granulometrice ale materialelor reciclate la	

aglomerare.....	71
Tabelul4.1. Compoziția chimică a șlamului de aglomerare-furnale Hunedoara.....	90
Tabelul4.2. Compoziția chimică a prafului de la oțelăria electrică Hunedoara.....	90
Tabelul4.3. Compoziția chimică a șlamului de la Sebeș.....	90
Tabelul4.4. Compoziția chimică a șlamului de țunder.....	90
Tabelul4.5. Compoziția chimică a țunderului ArcelorMittal Hunedoara...	90
Tabelul4.6. Compoziția chimică a șlamului de la Brașov.....	90
Tabelul4.7. Compoziția chimică a concreșcențe de la Cemtrade Oradea	90
Tabelul4.8. Compoziția chimică a nămolului roșu de la Fosta fabrică de alumina Oradea.....	91
Tabelul4.9. Compoziția chimică a nămolului de la acoperiri anticorozive de la Oradea.....	91
Tabelul4.10. Compoziția chimică a țunderului pentru aglomerat.....	91
Tabelul4.11. Compoziția chimică a cenușii de termocentrală.....	91
Tabelul4.12. Compoziția chimică a bentonitei.....	91
Tabelul4.13. Compoziția chimică a prafului de var.....	92
Tabelul4.14. Analiza granulometrică a materialelor.....	92
Tabelul4.15. Analiza granulometrică a concentratului de cenușă de termocentrală.....	92
Tabelul4.16. Analiza granulometrică a nămolului roșu, Fosta fabrică de alumina Oradea.....	92
Tabelul4.17. Analiza granulometrică a țunderului și a concentratului sideritic.....	92
Tabelul4.18. Caracteristicile cineticii capacității de umectare ale deșeurilor feroase.....	92
Tabelul5.1. Componenta rețetelor pentru pelete.....	97
Tabelul5.2. Compoziția chimică a rețetelor pentru pelete.....	97
Tabelul5.3. Componenta rețetelor pentru pelete cu ciment - Seria I.....	119
Tabelul5.4. Componenta rețetelor pentru pelete cu ciment - Seria II.....	119
Tabelul5.5. Componenta rețetelor pentru brichete	126
Tabelul5.6. Componenta rețetelor pentru șarja de aglomerare.....	142
Tabelul5.7. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare..	143
Tabelul5.8. Compoziția granulometrică a materialelor șarjei de aglomerare.....	143
Tabelul5.9. Evoluția depresiunii, temperaturii și reducerii pe înălțimea stratului de aglomerare.....	145
Tabelul5.10. Componenta încărcăturii.....	146
Tabelul5.11. Compoziția chimică a fontei.....	146
Tabelul5.12. Compoziția chimică a zgurii.....	146
Tabelul5.1.Ax. Caracteristici calitative a brichetelor.....	189
Tabelul5.2.Ax. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare – R1.....	189
Tabelul5.3.Ax. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare – R2.....	189
Tabelul5.4.Ax. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare – R3.....	189
Tabelul5.5.Ax. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare – R4.....	189
Tabelul5.6.Ax. Compoziția chimică a componentelor șarjei de	

aglomerare – R5.....	190
Tabelul5.7.Ax. Rezistența aglomeratului – șarja nr.1/rețeta nr.1.....	190
Tabelul5.8.Ax. Rezistența aglomeratului – șarja nr.2/rețeta nr.1.....	190
Tabelul5.9.Ax. Rezistența aglomeratului – șarja nr.3/rețeta nr.2.....	190
Tabelul5.10.Ax. Rezistența aglomeratului – șarja nr.4/rețeta nr.2.....	191
Tabelul5.11.Ax. Rezistența aglomeratului – șarja nr.5/rețeta nr.3.....	191
Tabelul5.12.Ax. Rezistența aglomeratului – șarja nr.6/rețeta nr.3.....	191
Tabelul5.13.Ax. Rezistența aglomeratului – șarja nr.7/rețeta nr.4.....	191
Tabelul5.14.Ax. Rezistența aglomeratului – șarja nr.8/rețeta nr.4.....	192
Tabelul5.15.Ax. Rezistența aglomeratului – șarja nr.9/rețeta nr.5.....	192
Tabelul5.16.Ax. Rezistența aglomeratului – șarja nr.10/rețeta nr.5.....	192
Tabelul5.17.Ax. Compoziția chimică finală a aglomeratului.....	193

Listă figuri

Figura1.1. Structurarea informațională primară a cercetării științifice	23
Figura2.1. Cantități specifice de deșeuri pulverulente generate în cadrul unui combinat siderurgic	31
Figura2.2. Depozite de șlam de aglomerare – furnale	36
Figura2.3. Distribuția pe clase granulometrice a particulelor deșeurilor pulverulente	36
Figura2.4. Compoziția granulometrică a prafului provenit de la furnale.....	36
Figura2.5 Haldă de zgură	44
Figura2.6. Haldă (carieră) steril Teliuc	46
Figura2.7. Histograma privind compoziția chimică a deșeurilor de la prepararea minereurilor tip siderită prin concentrare	46
Figura2.8. Cantități și suprafețe de deșuri sideritice – Teliuc	47
Figura2.9. Iazuri de depozitare a deșeurilor sideritice	47
Figura2.10. Nămolul roșu	48
Figura2.11. Zonă depozitare nămol roșu– Ungaria	49
Figura2.12. Histograma privind compoziția chimică a cenușii de termocentrală - Termocentrala Mintia Deva	51
Figura2.13. Histograma privind compoziția chimică a concentratului de cenușă de termocentrală	51
Figura2.14. Histograma privind analiza granulometrică a concentratului de cenușă de termocentrală rezultată în urma clasării acestuia	51
Figura3.1. Pelete	56
Figura3.2. Formarea peletelor crude	57
Figura3.3. Pașii în procesul de peletizare	58
Figura3.4. Schema unei instalații de peletizare	59
Figura3.5. Instalații pentru producerea peletelor	59
Figura3.6. Peletizor tip tambur cilindric	59
Figura3.7. Schema mișcării materialelor în peletizor	60
Figura3.8. Diagrama de durificare a peletelor	61
Figura3.9. Cuptor cu cuvă pentru durificarea peletelor	61
Figura3.10. Curbele izoterme din zona de durificare a peletelor în cuptorul cu cuvă	61
Figura3.11. Variația temperaturii pe lungimea unei benzi drepte de durificare a peletelor	62
Figura3.12. Schema de principiu a instalației de durificare a peletelor pe bandă circulară	62
Figura3.13. Schema de principiu a procedurii Gräte-Klin	62
Figura3.14. Variația în timp a rezistenței la compresiune a peletelor durificate la rece cu liant	63
Figura3.15. Schema metodelor de brichetare	65
Figura3.16. Influența temperaturii asupra rezistenței brichetelor	65
Figura3.17. Instalația de brichetare a prafului de la oțelăriile cu oxigen	67
Figura3.18. Sistem de colectare și brichetare la cald a prafului de oțelărie	67
Figura3.19. Variația densității brichetelor pe înălțime la presare	67

unilaterală și bilaterală	68
Figura3.20. Valțuri pentru brichete	69
Figura3.21. Fluxul tehnologic de prelucrare a materialelor componente din șarja de brichetare	69
Figura3.22. Ilustrarea schematică a procesului de aglomerare	72
Figura3.23. Mașină de aglomerare cu bandă	74
Figura3.24. Cutie de aglomerare tip Greenwalt	74
Figura3.25. Schema fluxului tehnologic pentru procedeul INMETCO	76
Figura3.26. Procedeul Fastmet, Uzina Kobe Steel Kakogawa Works	77
Figura3.27. Procesul FASTMET, dezvoltat de Midrex Technologies and Kobe Steel	77
Figura3.28. Procesul FASTMELT, dezvoltat de Midrex Technologies and Kobe Steel	78
Figura3.29. Fluxul tehnologic de obținere și utilizare a Carbofer-ului în cuptor electric cu arc	79
Figura3.30. Tratarea deșeurilor din siderurgie prin procedeul PRIMUS....	80
Figura3.31. Recircularea în cazul tehnologiei cu cuptor cu vatră rotativă.	82
Figura3.32. Procesele din cuptorul inelar cu vatră mobilă	82
Figura4.1. Echipamente și instalații utilizate	86
Figura4.2. Ciur vibrator	86
Figura4.3. Moară Kollergang	86
Figura4.4. Moară planetară cu bile PM100	86
Figura4.5. Moară cu rotor ZM 200	86
Figura4.6. Aparat de sitare Fritsch tip Analysette 3 Spartan	87
Figura4.7. Balanță de cântărire	87
Figura4.8. Tobă de omogenizare	88
Figura4.9. Peletizor tip taler	88
Figura4.10. Instalația de aglomerare	88
Figura4.11. Instalația de brichetare	88
Figura4.12. Etuva	89
Figura4.13. Cuptor de topire L15/12/B180	89
Figura4.14. Cuptor de topire LHT 02/17	89
Figura4.15. Cuptor cu rezistori	89
Figura4.16. Cuptor Tammann	89
Figura4.17. Cuptor cu inducție	89
Figura4.18. Distribuția pe clase granulometrice a prafului de oțelărie	93
Figura4.19. Distribuția pe clase granulometrice a prafului de aglomerare-furnale	93
Figura4.20. Distribuția pe clase granulometrice a nămolului roșu	93
Figura4.21. Distribuția pe clase granulometrice a deșeurilor sideritice	93
Figura4.22. Distribuția pe clase granulometrice a concentratului sideritic	93
Figura4.23. Distribuția pe clase granulometrice a bentonitei	93
Figura4.24. Distribuția pe clase granulometrice pentru cenușa de termocentrală	93
Figura4.25. Distribuția pe clase granulometrice a țunderului	93
Figura5.1. Schema tehnologică de peletizare și brichetare	95
Figura5.2. Diagrama de durificarea a peletelor	97
Figura5.3. Variația rezistenței la compresiune=f(%proporția de bentonită)	99
Figura5.4. Variația rezistenței la compresiune = (%proporția de praf de oțelărie)	99

Figura5.5. Variația rezistenței la compresiune =f(% proporția de praf aglomerare-furnale)	99
Figura5.6. Variația rezistenței la compresiune = f(% proporția de nămol roșu)	99
Figura5.7. Variația rezistenței la compresiune =f(% proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	99
Figura5.8. Variația rezistenței la compresiune =f(% proporția de grafit)	99
Figura5.9. Variația rezistenței la compresiune =f(% proporția de var)	99
Figura5.10. Variația rezistenței la compresiune = f(% proporția de CaO).....	99
Figura5.11. Variația rezistenței la compresiune = f(% proporția de SiO ₂)	100
Figura5.12. Variația rezistenței la compresiune = f(% proporția de Fe ₂ O ₃).....	100
Figura5.13. Variația rezistenței la compresiune = f(% proporția de Al ₂ O ₃)	100
Figura5.14. Variația rezistenței la compresiune =f(% proporția de MgO)	100
Figura5.15A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al ₂ O ₃ (%) și raportul CaO/SiO ₂	102
Figura5.16A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al ₂ O ₃ (%) și proporția de SiO ₂ (%).....	102
Figura5.17A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de apă (%) și proporția de bentonită(%).....	103
Figura5.18A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de CaO (%) și proporția de Fe ₂ O ₃ (%).....	103
Figura5.19A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de CaO (%) și proporția de Al ₂ O ₃ (%).....	104
Figura5.20A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de var(%).....	104
Figura5.21A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea(%).....	105
Figura5.22A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol roșu(%).....	105
Figura5.23A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea(%).....	106
Figura5.24A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol roșu(%).....	106
Figura5.25A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de aglomerare-furnale(%)..	107
Figura5.26A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de var(%).....	107
Figura5.27A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de apă (%) și proporția de var(%).....	108
Figura5.28A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de var (%) și proporția de bentonită(%).....	108
Figura5.29B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al ₂ O ₃ (%) și raportul CaO/SiO ₂	109
Figura5.30B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al ₂ O ₃ (%) și proporția de SiO ₂ (%).....	109

Figura5.31B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de apă(%) și proporția de bentonită(%).....	110
Figura5.32B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de CaO (%) și proporția de Fe ₂ O ₃ (%).....	110
Figura5.33B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale(%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea(%).....	111
Figura5.34B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale(%) și proporția de praf de var(%).....	111
Figura5.35B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea(%).....	112
Figura5.36B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol roșu(%).....	112
Figura5.37B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de praf de aglomerare-furnale(%).....	113
Figura5.38B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de praf de var(%).....	113
Figura5.39B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de var(%) și proporția de bentonită(%).....	114
Figura5.40C. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al ₂ O ₃ (%) și raportul CaO/SiO ₂	114
Figura5.41C. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al ₂ O ₃ (%) și proporția de SiO ₂ (%).....	115
Figura5.42C. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de CaO(%) și proporția de Fe ₂ O ₃ (%).....	115
Figura5.43. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de Al ₂ O ₃ (%) și raportul CaO/SiO ₂	118
Figura5.44. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Fe ₂ O ₃ (%) și proporția de CaO (%).....	118
Figura5.45. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al ₂ O ₃ (%) și proporția de CaO (%).....	118
Figura5.46. Variația rezistenței la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%)	119
Figura5.47. Variația rezistenței la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de zgură de furnal (%).....	119
Figura5.48. Variația rezistenței la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de ciment cocs petrol(%).....	120
Figura5.49. Variația rezistenței la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de praf de oțelărie(%).....	120
Figura5.50. Variația rezistenței la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov (%).....	120
Figura5.51A. Rezistența la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și proporția de zgură furnal(%).....	121
Figura5.52A. Rezistența la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și proporția de cocs petrol(%)	121
Figura5.53A. Rezistența la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de zgură furnal (%) și proporția de cocs	

petrol (%)	122
Figura5.54A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov(%)	122
Figura5.55. Rezistența la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și proporția de cocs petrol(%)	123
Figura5.56. Rezistența la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și proporția de zgură furnal(%)	123
Figura5.57. Rezistența la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și proporția de cocs petrol(%)	123
Figura5.58. Diagrama de durificare a brichetelor	125
Figura5.59. Componenta rețetelor pentru brichete	126
Figura5.60. Rezistența la sfărâmare/Rezistența la fisurare/Interval de sfărâmare = f(proporția de praf de aglomerare-furnale)	127
Figura5.61. Rezistența la sfărâmare/Rezistența la fisurare/Interval de sfărâmare = f(proporția de var)	127
Figura5.62. Rezistența la sfărâmare/Rezistența la fisurare/Interval de sfărâmare = f(proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea)	127
Figura5.63. Rezistența la sfărâmare/Rezistența la fisurare/Interval de sfărâmare = f(proporția de grafit)	127
Figura5.64A. Rezistența la sfărâmare = f(proporția de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea)	128
Figura5.65A. Rezistența la fisurare = f(proporția de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea)	128
Figura5.66A. Rezistența la sfărâmare = f(proporția de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov)	129
Figura5.67A. Rezistența la fisurare = f(proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov)	129
Figura5.68A. Rezistența la sfărâmare = f(proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea)	130
Figura5.69B. Rezistența la sfărâmare = f(proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov)	130
Figura5.70B. Rezistența la fisurare = f(proporția de praf de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov)	131
Figura5.71B. Rezistența la sfărâmare = f(proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de praf de oțelărie)	131
Figura5.72B. Rezistența la fisurare = f(proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de praf de oțelărie)	132
Figura5.73B. Rezistența la sfărâmare = f(proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov)	132
Figura5.74B. Rezistența la fisurare = f(proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov)	133
Figura5.75B. Rezistența la sfărâmare = f(proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea)	133
Figura5.76B. Rezistența la fisurare = f(proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea)	134
Figura5.77B. Rezistența la sfărâmare = f(proporția de praf de oțelărie	

(%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	134
Figura5.78B. Rezistența la fisurare = f(proporția de praș de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	135
Figura5.79C. Rezistența la sfărâmăre = f(proporția de praș de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov).....	135
Figura5.80C. Rezistența la fisurare = f(proporția de praș de praș de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	136
Figura5.81C. Rezistența la sfărâmăre = f(proporția de praș de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov).....	136
Figura5.82C. Rezistența la fisurare = f(proporția de praș de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov).....	137
Figura5.83C. Rezistența la sfărâmăre = f(proporția de praș de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	137
Figura5.84C. Rezistența la fisurare = f(proporția de praș de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	138
Figura5.85C. Rezistența la sfărâmăre = f(proporția de praș de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	138
Figura5.86C. Rezistența la fisurare = f(proporția de praș de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	139
Figura5.87. Rezistența la sfărâmăre = f(proporția de praș de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	140
Figura5.88. Rezistența la fisurare = f(proporția de praș de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	140
Figura5.89. Intervalul de sfărâmăre = f(proporția de praș de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	140
Figura5.90. Rezistența la sfărâmăre = f(proporția de praș de aglomerare-furnale(%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	141
Figura5.91. Rezistența la fisurare = f(proporția de praș de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	141
Figura5.92. Intervalul de sfărâmăre = f(proporția de praș de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea).....	141
Figura6.1. Obiectele de tip formular ale aplicației.....	151
Figura6.2. Interfața principală a aplicației.....	152
Figura6.3. Formularul privind calitatea aerului.....	152
Figura6.4. Norme și domenii de concentrații pentru oxizii de azot.....	153
Figura6.5. Formularul privind calitatea apei.....	153
Figura6.6. Formularul privind calitatea solului.....	154
Figura6.7. Formularul Județul Hunedoara.....	154
Figura6.8. Formularul Județul Bihor.....	155
Figura6.9. Formularul Județul Brașov.....	156
Figura6.10. Formularul privind partea experimentală.....	156
Figura6.11. Formularele privind componența și compoziția chimică în cazul peletizării.....	157
Figura6.12. Formularul privind Industria Siderurgică	158
Figura6.13. Formularul Deșeuri industriale generate la OR-TC-ArcelorMittal Hunedoara	158
Figura6.14. Formularul Deșeuri industriale generate la Sectorul	

Laminoare - ArcelorMittal Hunedoara	158
Figura6.15 Formularul Compoziție chimică Țunder	158
Figura6.16 .Formularul Rețete brichetare Varianta A-R1-R5	159
Figura6.17 .Formularul privind Complexul Energetic Hunedoara	159
Figura6.18 .Formularul privind Haldele de steril de la exploatăările miniere din partea vestică	160
Figura6.19 .Formularul privind Centrala Termoelectrică Mintia	160
Figura6.20 .Formularul privind Compoziția oxidică a cenușii de termocentrală – Depozitul Bejan	161
Figura6.21 .Formularul privind indicatorii Cu, Pb, Ni,Cr, Mn – Depozitul Bejan	161
Figura6.22 .Formularul Caracteristici combustibili și deșeuri din industria energetică	161
Figura6.23 .Vizualizare Compoziție chimică cenușă termocentrală	161
Figura6.24 .Vizualizare Compoziție chimică concentrat cenușă termocentrală	161
Figura6.25 .Formularul Analiza statistică suprafețe ocupate cu halde/iazuri	162
Figura6.26 .Raportul privind suprafețele ocupate cu halde/iazuri zona Hunedoara	162

Listă abrevieri și simboluri

MP	- materiale pulverulente
CEA	- cuptor electric cu arc
EBT	- excentric bottom tapping/cuptor electric de topire
OE	- oțelărie electrică
OSM	- oțelărie Siemens Martin
AMHD	- ArcelorMittal Hunedoara
TC	- turnare continuă
SAF	- cuptor cu arc scufundat
RHF	- cuptor cu vatră rotativă
DRI	- fier redus direct
SEI	- analiză microscopică electronică cu baleiaj
XRD	- analiză de difracție de raze X
PAF	- praf de aglomerare furnale
PO	- praf de oțelărie
POSM	- praf oțelărie Siemens Martin
NR	- nămol roșu
NGO	- nămol acoperiri anticorrosive Oradea
NGB	- nămol acoperiri anticorrosive Brașov
IUS	- Întreprinderea de unelte și scule
SS	- șlam acoperiri anticorrosive Sebeș
COS	- concentrat din deșeu sideritic
CT	- cenușă termocentrală
KP	- cocs petrol
ZF	- zgură furnal
G	- grafit
B	- bentonită
V	- var
C	- ciment
Ț	- țunder
R_c	- rezistența la compresiune (daN/pelete)
R_s	- rezistența la sfărâmare (KN/cm ²)
R_f	- rezistența la fisurare (KN/cm ²)
I_s	- Intervalul de sfărâmare (KN/cm ²)
SGBD	- Sistem de gestiune a bazelor de date
ANPM	- Agenția Națională pentru Protecția Mediului
PM₁₀	- particule în suspensie
PM₂₅	
HAP	- hidrocarburi policiclice
COV	- compuși organici volatili
E.M.	- exploatare minieră
C.E.H.	- Complexul Energetic Hunedoara

1. INTRODUCERE

1.1. Importanța și actualitatea temei

Pe plan național și mondial există o preocupare în multe cercuri științifice, în special în universități tehnice, de a pune la punct tehnologii de procesare a deșeurilor feroase mărunte și pulverulente, rezultate din siderurgie, care dau posibilitatea reintroducerii acestora pe fluxurile industriale existente, realizându-se recuperarea unor elemente utile și diminuarea semnificativă în ceea ce privește poluarea mediului.

Studiul efectuat în cadrul acestei teze, a fost orientat spre valorificarea deșeurilor feroase pulverulente prin procedeele - *peletizare, brichetare, aglomerare* - deșeuri rezultate pe fluxurile siderurgice (praf de oțelărie, șlam aglomerare-furnale, șlam de țunder), de la procesarea bauxitei (nămol roșu), de la acoperiri metalice în vederea protecției suprafeței împotriva oxidării suprafețelor diferitelor piese (șlam de la cromare, nichelare etc.) și a celor mărunte (țunder, concentrat de fier din deșeu sideritic), precum și a unor adaosuri bazice (var, bentonită).

Peletizarea reprezintă o metodă de transformare a deșeurilor pulverulente în material - *pelete* - cu dimensiuni mai mari, pentru a putea fi reintroduse în procesul industrial (furnale sau cuptoare electrice cu arc, în acest ultim caz de dorit reduse/metalizate). [47]

Brichetarea constă în obținerea unor bucăți de formă sferică, elipsoidală, cilindrică sau chiar paralelipipedică, din deșeuri mărunte și pulverulente (cu granulația sub 8mm) în urma unor operații de presare pe utilaje specializate, urmate de un proces de uscare/prăjire în scopul creșterii caracteristicilor mecanice ale acestora. [31, 85]

Aglomerarea reprezintă un procedeu de preparare termică a minereurilor de fier, care este definit ca un proces de transformare în bucăți a fracțiilor mărunte sub acțiunea căldurii. Procesul se realizează de obicei, prin aspirarea aerului necesar combustiei prin stratul de amestec de șarjă omogenizată (minereu, cocs mărunț, calcar) situat pe un grătar metalic. [82]

Analiza alegerii uneia dintre tehnologii cuprinde trei aspecte importante: criteriul rentabilității economice sau a pierderilor minime de procesare pentru situația în care nu se pot obține beneficii financiare; criteriul minimizării impactului de mediu prin emisiile directe și indirecte de poluanți; criteriul reducerii riscului de mediu la prelucrarea acestor deșeuri.

Valorificarea deșeurilor și reintroducerea lor în circuitul economic se impune în prezent mai mult ca oricând, mai ales în România, atât sub aspect economic, deoarece conduce la economie de materii prime pe de o parte, iar pe de altă parte din motive legate de protecția mediului.

În urma diferitelor procese ce reprezintă etape de flux tehnologic, din cadrul sectorului siderurgic, rezultă deșeuri secundare constituite din amestecuri de prafuri de diferiți oxizi (de fier, siliciu, calciu, mangan, magneziu, plumb, aluminiu, etc.) și unele cu C (sub formă de cocs și cărbune). Această cantitate apreciabilă de deșeuri pulverulente ridică probleme la valorificare, pe de o parte datorită unei compoziții granulometrice necorespunzătoare (<50 μ m cu o pondere mai mare de 50%) și pe de altă parte datorită conținutului de metale grele din compoziția lor.

Cantitățile mari generate anual se regăsesc sub formă de prafuri, șlamuri de furnale și de oțelărie, prafuri de la electrofiltrele diverselor agregate (cum ar fi cuptoarele electrice cu arc), țunder de la laminoare, etc.

Alegerea unuia din procedeele de procesare a acestor tipuri de deșeuri, în vederea obținerii unui produs apt a fi reciclat în diverse etape de flux tehnologic, din cadrul unei societăți siderurgice, are la bază ideea unor costuri cât mai scăzute ale operațiilor de tratare astfel încât recuperarea elementelor utile din aceste deșeuri să acopere cheltuielile de pregătire și de depozitare controlată. [38]

În Germania, Thyssen Hamborn, Thyssen Stahl AG în parteneriat cu Manesmann și Kuttner au pus la punct o tehnologie de procesare a deșeurilor pulverulente rezultate pe fluxul de elaborare a fontei și oțelului denumită OXYCUP [48]: praf și șlamuri de furnal, șlamuri de oțelărie care, în mod normal erau parțial reintroduse la fabricile de aglomerare, parțial se pierdeau prin decantare în iazuri naturale. Cu un efort de investiție s-a pus la punct o tehnologie de brichetare și topire reducătoare a acestor reziduuri în cubilou, obținându-se fontă cu consumuri scăzute de combustibil și productivitate relativ bună a cubiloului. Este important de amintit că toate furnalele performante, folosesc în încărcătură și fier vechi în bucăți, ceea ce arată o mai simplă și comodă procesare a fierului vechi.

Un alt procedeu aplicat cu succes în Germania este ZWS Lurgi (Zierkullierende Wirbelschicht) care realizează procesarea prafurilor și șlamurilor, deshidratate în prealabil. Acest procedeu prelucrează fracții fine de prafuri și șlamuri (<3mm cu o pondere de 90%) valorificând praf și șlam de aglomerare și furnal, praf fin și șlam de convertizor, țunder și șlam de laminare. Prima utilizare la scară industrială a acestui procedeu a fost la Thyssen Stahl AG în Germania, el fiind adoptat ulterior de numeroase societăți siderurgice din alte țări ca: Anglia, Belgia, S.U.A., Franța. [37]

Un procedeu pirometalurgic bazat pe principiul de reducere selectivă la temperaturi mai mari de 1000°C, a fost dezvoltat de către KHD Humboldt, WEDAG AG Koln, la sfârșitul anului 1988, denumit procedeu Contop. Inițial acest procedeu a fost conceput în principal pentru topirea concentratelor de cupru, dar în urma multiplexelor experimentări s-a constatat că poate fi utilizat cu succes la procesarea deșeurilor pulverulente generate în procesele siderurgice, cum ar fi: praful și șlamul de furnal, praful și șlamul de convertizor, praful de cuptor electric, praful generat din procesele metalurgiei secundare, țunderul și șlamul de laminare. Înainte de procesare, deșeurile trebuie să fie uscate și cu o granulație uniformă (96% din particule trebuie să fie <1mm). [45]

Procedeele, care pe plan mondial au cunoscut o rapidă și bună dezvoltare în procesarea și valorificare deșeurilor pulverulente sunt procedeele hidrometalurgice: procedeu Ezinex dezvoltat pentru prima dată în Franța, procedeu Cebedeau în Belgia, iar în SUA procedeu Amax. [45]

Pe lângă procedeele hidrometalurgice, pe plan mondial (în Japonia, Germania, SUA, Olanda, Austria) s-au dezvoltat și alte procedee de procesare a deșeurilor pulverulente, cum ar fi: hidrociclonarea, peletizarea, brichetarea, toate acestea realizând o corecție corespunzătoare a compoziției granulometrice precum și un randament ridicat de îndepărtare a metalelor neferoase din compoziția lor.

În ceea ce privește hidrociclonarea șlamului de furnal, procedeu este aplicat la Kawaishi în Japonia. În urma procesării acestuia se obține un praf cu un conținut scăzut de Zn care urmează a fi peletizat sau brichetat, putând fi astfel reciclat în procesul de aglomerare cu rezultate satisfăcătoare și un praf cu un conținut ridicat de metale grele, praf ce urmează a fi livrat beneficiarilor din industria neferoasă.

1.2. Analiza primară a cercetării

În cadrul programului de cercetare, sunt prezentate o mulțime de elemente

de informație și cunoaștere, cum ar fi:

- ≡ idei, metode și proceduri specifice de gândire și acțiuni valorificate în concepția, realizarea și obținerea de rezultate în domeniul Ingineria Materialelor;
- ≡ date numerice caracteristice pentru corelațiile cantitative de tip cauzal între diferite mărimi fizice;
- ≡ relații, ecuații și modele matematice specifice unor fenomene, procese sau sisteme reale;
- ≡ observații directe/indirecte, constatări și estimări calitative ale obiectivului cercetării;
- ≡ elemente similare celor menționate, existente în referințele bibliografice și utilizate ca bază pentru lansarea programului de cercetare respectiv și pentru validarea viitoarelor rezultate obținute în cadrul acestuia.

Se analizează, obiectul supus cercetării, tema, funcțiile și strategiile cercetării științifice.

Odată identificate, aceste elemente de informație și cunoaștere disponibile în realizarea cercetării, precum și cele asociate acestora pentru caracterizarea stării și funcționalității temei investigate, au fost caracterizate și ordonate corespunzător, așa cum reiese din figura 1.1.

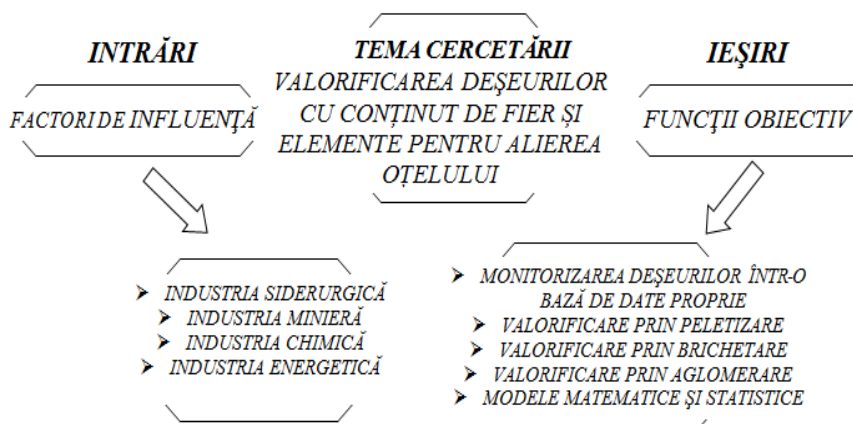


Fig.1.1. Structurarea informațională primară a cercetării

1.3. Tema și obiectul supus cercetării

Principalul obiect al cercetării din sfera Ingineria Materialelor îl reprezintă sistemele/procesele tehnologice abordate atât la nivel teoretic, cât și la nivel practic/experimental, în ceea ce privește valorificarea deșeurilor rezultate din procesele de preparare a minereurilor și cărbunilor.

Tema abordată caracterizează, delimitează clar și precis conținutul, aria și profunzimea cercetării în domeniul Ingineria Materialelor, fiind localizată în cadrul dezvoltării durabile în contextul reciclării/valorificării produselor și subproduselor provenite din industria siderurgică și nu numai.

Câteva din cerințele importante care trebuie satisfăcute de *tema de cercetare aleasă*:

- ≡ are ca punct de plecare necesitatea rezolvării unor probleme tehnologice reale, importante și actuale din sfera Ingineria Materialelor;
- ≡ se regăsește în strategiile de cercetare-dezvoltare-inovare cu caracter prioritar, promovate pe plan național și internațional în ceea ce privește dezvoltarea durabilă;
- ≡ este suficient de complexă, cuprinzătoare pentru a permite abordări teoretice și experimentale de avangardă și contribuții personale semnificative;
- ≡ literatura de specialitate este o sursă principală de informații, prin evidențierea tendințelor de evoluție semnificativă în tehnologie, prin aprofundarea conceptelor și teoriilor existente, prin identificarea contradicțiilor dintre date, informații și opinii existente și prin sugerarea posibilităților de eliminare sau corecție a acestora;
- ≡ oferă o deschidere suficientă pentru cercetări viitoare și un câmp de aplicabilitate cât mai larg și mai profitabil al rezultatelor estimate a fi obținute.

În urma analizei stadiului actual și al literaturii de specialitate, în ceea ce privește valorificarea deșeurilor rezultate din procesele de preparare a minereurilor și cărbunilor, tema de cercetare își propune abordarea următoarelor aspecte:

- ≡ realizarea unei documentații bibliografice referitoare la gestionarea și valorificarea deșeurilor feroase pulverulente și mărunte;
- ≡ determinări cantitative și calitative a deșeurilor utilizate pentru experimentările proprii;
- ≡ realizarea de experimentări în fază de laborator privind procedeele de peletizare, brichetare și aglomerare; stabilirea rețetelor optime de procesare a deșeurilor;
- ≡ realizarea de corelații matematice în Excel și Matlab, DataFit în ceea ce privesc factorii care determină calitatea materiilor prime și calitative a produselor obținute;
- ≡ realizarea de modele matematice, validate de practică, care să devină instrumente operaționale pentru atingerea obiectivelor strategice ale cercetării științifice;
- ≡ stabilirea domeniilor optime de variație a parametrilor tehnologici de procesare a deșeurilor;
- ≡ interpretarea și fundamentarea științifică a rezultatelor obținute;
- ≡ dezvoltarea unor strategii de implementare în practica industrială a rezultatelor obținute;
- ≡ extinderea rezultatelor obținute pentru deșeuri provenite și din alte sectoare industriale;
- ≡ realizarea și implementarea unei baze de date care să cuprindă toate deșeurile provenite din industria siderurgică, minieră, chimică și energetică.

1.4. Structura planului de cercetare

Teza de doctorat va fi structurată astfel:

Partea de introducere care cuprinde CAPITOLUL 1 **Introducere** unde sunt prezentate:

- ≡ Domeniul și tema de cercetare aleasă;
- ≡ Stadiul cunoașterii în domeniul și tema respectivă;

Partea I - Analiza situației actuale a generării și valorificării deșeurilor pulverulente și mărunte, formată din CAPITOLUL 2 și CAPITOLUL 3, cuprinde:

- ≡ Prezentarea surselor de deșeuri provenite din industria siderurgică, minieră, chimică, energetică;
- ≡ Metodele de cercetare avansată din domeniu;
- ≡ Noi interpretări și dezvoltări ale ideilor și abordărilor existente;
- ≡ Anticiparea și rezolvarea unor probleme complexe;
- ≡ Propunerea de soluții fundamentate teoretic și practic.

Partea a II-a - Cercetări și experimentări proprii privind valorificarea deșeurilor pulverulente și mărunte, formată din CAPITOLUL 4, CAPITOLUL 5 și CAPITOLUL 6, cuprinde:

- ≡ Alegerea deșeurilor pulverulente și mărunte, utilizate în experimentări;
- ≡ Determinarea caracteristicilor deșeurilor și aprecierea calității: compoziție chimică, compoziție granulometrică, densitate;
- ≡ Stabilirea tehnologiilor de valorificare: peletizare, brichetare, aglomerare;
- ≡ Experimentări în fază de laborator privind procesarea deșeurilor prin peletizare.
 - ≡ Producerea peletelor cu durificare prin ardere (obișnuite și autoreducătoare);
 - ≡ Stabilirea rețetelor de fabricație;
 - ≡ Determinarea caracteristicilor: grad de reducere, rezistență la compresiune;
 - ≡ Prelucrări de date în programul Excel și Matlab, Datafit cu referire la rezistența la compresiune.
- ≡ Experimentări în fază de laborator privind procesarea deșeurilor prin brichetare.
 - ≡ Stabilirea rețetelor de fabricație;
 - ≡ Brichete autoreducătoare;
 - ≡ Durificare la cald;
 - ≡ Determinarea rezistenței la fisurare, sfărâmare și interval de sfărâmare;
 - ≡ Prelucrări de date în programul Excel și Matlab, DataFit: R_f , R_s , $I_s = f(\text{structura rețetei})$.
- ≡ Experimentări în fază de laborator privind procesarea deșeurilor prin aglomerare.
 - ≡ Stabilirea rețetelor de fabricație;
 - ≡ Analiza chimică a aglomeratului;
 - ≡ Determinarea rezistenței mecanice;
 - ≡ Prelucrări de date în programul Excel și Matlab, DataFit cu referire la rezistența mecanică, gradul de metalizare.
- ≡ Implementarea unei baze de date care să cuprindă informații despre deșeurile provenite din industria siderurgică, minieră, chimică, energetică.

Partea a III-a formată din CAPITOLUL 7, prezintă **Concluzii, contribuții personale și direcții viitoare de cercetare**. Se face o concluzionare a rezultatelor cercetării, se prezintă principalele contribuții originale în domeniul cercetării teoretice și experimentale, precum și direcțiile ulterioare de cercetare.

1.5. Concluzii

Pentru comunitățile umane sau pentru ecosistemele naturale din siturile industriei, poluarea și riscul nu dispar odată cu încetarea activității de exploatare și prelucrare a substanțelor minerale utile, ci continuă, siturile respective rămânând surse de poluare și de risc.

Prin natura sa, lucrarea a necesitat o cercetare cu caracter multidisciplinar, abordând pe de o parte aria și profunzimea cercetării în domeniul Ingineria Materialelor, fiind localizată în cadrul reciclării/valorificării produselor și subproduselor provenite din industria siderurgică și nu numai, iar pe de altă parte domeniul modelării matematice și al optimizării proceselor tehnologice în vederea valorificării acestor deșeuri.

Pornind de la aceste aspecte consider că lucrarea de față este de utilitate practică, ea înscriindu-se în contextul valorificării deșeurilor industriale, pentru care există o preocupare atentă pe plan național și mondial.

PARTEA I

ANALIZA SITUAȚIEI ACTUALE A GENERĂRII ȘI VALORIFICĂRII DEȘEURILOR PULVERULENTE ȘI MĂRUNTE CU CONȚINUT DE FIER ȘI ELEMENTE PENTRU ALIEREA OȚELULUI

2. DEȘEURILE MĂRUNTE ȘI PULVERULENTE CU CONȚINUT DE FIER, CARBON ȘI ELEMENTE PENTRU ALIEREA OȚELULUI PROVENITE DIN INDUSTRIA SIDERURGICĂ, MINIERĂ ȘI ENERGETICĂ

2.1. Conceptul de dezvoltare durabilă

Principiul 1 al Declarației de la Rio (1992) reia sub altă formulare dreptul omului la mediu proclamat la Stockholm (16 iunie 1972): "Omul este în centrul preocupărilor privitoare la dezvoltarea durabilă, având dreptul la o viață sănătoasă și productivă, în armonie cu natura". [53,97]

Prin însuși caracterul ei, „dezvoltarea durabilă reprezintă nevoia de responsabilizare și educație pentru protecția mediului, iar acest aspect este reflectat de evoluția politicii comunitare în ultimii ani, politică marcată de trecerea de la o abordare bazată pe constrângere și sancțiune, la una mai flexibilă, bazată pe stimulente” (conferința de la Göteborg, 2001).

Conform acestui concept utilizarea resurselor oferite de mediu și dezvoltarea societății în general, trebuie organizate în așa fel, încât să nu se pericliteze șansele generațiilor viitoare la dezvoltare. [50,57]

Principiul dezvoltării durabile se bazează pe monitorizarea relațiilor de intercondiționare dintre elementele de bază ale unui sistem spațial (resurse economice, infrastructură, așezări, activități economice etc.). De obicei sunt aplicate concomitent mai multe principii, de unde rezultă diferite tipuri de relații dintre acestea: relații de complementaritate și relații de conflict. Între două principii există o relație de complementaritate dacă aplicarea unuia dintre ele nu împiedică realizarea celui alt. Relațiile de conflict apar atunci când aplicarea unui principiu împiedică total sau parțial aplicarea altuia.[75]

Problema de bază rămâne relația dintre principiul creșterii și celelalte principii (stabilității, echității, ecologic, al dezvoltării durabile), majoritatea conflictelor rezultând din combinarea acestor două categorii. Astfel, creșterea economică are ca efect direct *scăderea calității mediului prin creșterea cantității materialelor poluante eliminate în procesul de producție și în cel de consum* (conflict între principiul creșterii și cel ecologic, precum și cel al dezvoltării durabile). [11,57,64]

O preocupare majoră derivată din acest principiu se referă la reducerea efectelor teritoriale ale crizei din unele ramuri ale economiei. Cele mai sensibile regiuni sunt acelea ale căror industrie se bazează pe prelucrarea materiilor prime

existente (minerit, siderurgie, metalurgie neferoasă, energetică etc.). [39,60]

Măsurile de valorificare a deșeurilor trebuie implementate acolo unde cele de împiedicare a formării nu sunt posibile sau unde, din motive ecologice sau economice, nu ar mai fi raționale. Vis-a-vis de îndepărtarea deșeurilor trebuie să i se recunoască valorificării superioritatea, atâta timp cât: aceasta este posibilă tehnic și cu niște cheltuieli modice de reprezentare; pentru materialele recuperate este disponibilă o piață de desfacere, respectiv poate fi creată această piață. [59,63]

Valorificarea deșeurilor se menționează mai îndeaproape în contextual reciclării. De fapt, *reciclare înseamnă „a reintroduce într-un circuit”*. În sens juridic noțiunea de „reciclare” se definește ca *reprelucrare a deșeurilor într-un proces de producție, fie pentru scopul original, fie pentru alte scopuri*. Imaginea ideală a unui circuit închis nu poate fi transformată în realitate prin valorificarea deșeurilor, deoarece aceasta are nevoie de energie înnoită și de adaosuri de materii prime. Un alt aspect care trebuie luat în considerare aici este faptul că, o reciclare veritabilă, în sensul că, dintr-un material uzat (materie secundară) să se obțină același produs sau un alt produs de aceeași calitate, are loc doar foarte rar. [14,51]

Industria reprezintă sectorul economic cu cel mai mare impact asupra mediului. Ca urmare a exploatării de către acest sector a resurselor naturale, a consumului de energie, a proceselor de producție generatoare atât a poluanților cât și de deșeuri, activitățile din sectorul industrial sunt printre principalele cauze care au ca efect deteriorarea mediului.

În ultimele decenii, o dată cu marile concentrări industriale, cantitățile de deșeuri au crescut continuu și s-au diversificat, cu efecte asupra poluării mediului înconjurător. Țările avansate economic cheltuiesc sume enorme pentru dezvoltarea unor „eco-economii”, descurajând prin lege poluatorii, în același timp stimulând tehnologiile ecologice.[7,56,88]

2.2. Prezentarea surselor de deșeuri cu conținut de fier și carbon

Prin *deșeu* se înțelege partea din materia primă sau dintr-un material care este înlăturată în decursul unui proces tehnologic de realizare a unui produs și care nu poate fi valorificată direct pentru realizarea acelui produs, dar care, se valorifică în parte, prin întrebuințarea lor în diferite domenii de producție. [64]

Procesele din industria siderurgică, energetică și minieră, generează un grad ridicat de poluare a mediului. Din agregatele siderurgice și energetice se degajă cantități mari de *gaze și praf*, acesta din urmă fiind reținut avansat de instalațiile moderne de epurare.

Pe parcursul desfășurării proceselor tehnologice specifice metalurgiei feroase, prin care minereul de fier este transformat în produse siderurgice (fontă, burete de fier, feroaliaje, oțel) și continuând cu procesele de prelucrare a acestor produse, rezultă sub diferite forme, *deșeuri din fontă și oțel*, sau sub o denumire generală, *deșeuri feroase*. [15]

Deșeurile care rezultă în urma diferitelor etape de flux tehnologic din cadrul producției siderurgice, de la sectoarele de transport, depozitare a materiilor prime până la cele de finisare a produselor pe fluxul furnal/convertizor/laminor, datorită posibilităților de valorificare și/sau reutilizare, trec în categoria *subproduselor*. În funcție de condițiile specifice fiecărei societăți siderurgice, orice *deșeu* poate deveni *subprodus* și orice *subprodus* poate deveni *deșeu*. *Subprodusele*, alături de *deșeurile de fier*, constituie în principal surse de fier pentru industria siderurgică.

Deșeurile feroase pot și trebuie să fie reutilizate, în totalitatea acestora, tot în

cadru industrial siderurgic. Orice tonă de deșeuri feroase recuperate și redată în circuitul de producție siderurgic, conduce la mari economii de investiții și de cheltuieli de exploatare. [37]

Tabelul 2.1 își propune să prezinte *produsele primare* și cele *derivate* rezultate pe principalele sectoare de producție siderurgică.

Tabelul 2.1. Produse primare și derivate în siderurgie [42]

Sector de producție	Produse primare	Produse derivate
Cocserie	Cocs	Praf de cocs; Praf de cărbune; Gudron acid; Șlamuri; Moloz.
Aglomerare minereu	Aglomerat	Materiale pulverulente (MP) din instalații de captare desprăfuire gaze; șlam.
Furnale	Fonta	Zgura de furnal; MP de la instalația captare GF (inclusiv hala de turnare); Șlam de furnal, moloz refractar.
Convertizor cu oxigen + turnare oțel	Sleb/Blum/Taglă	Împroșcări + antrenări de oțel; Scoarțe; Zgura desulfurantă; Zgura LD; Zgura LF; Zgura TC; MP de la instalații captare-desprăfuire; Șlam; Țunder; Moloz refractar.
Oțelărie electrică + Turnare	Blum/Taglă/Lingou	Antrenări de oțel; Scoarțe; Zgura CEA; Zgura LF; Zgura TC; MP de la instalații captare-desprăfuire; Șlam; Țunder; Material refractar.
Laminare la cald	Profile /țevi/Tablă/BLC	Materiale refolosibile feroase, rezultate în sectorul de laminare; Țunder de cuptor; Țunder de laminor (uleiat, ne-uleiat); MP de la instalații de captare; Zgura de la tăiere&recondiționarea suprafeței cu flama oxiacetilenică; Produse de la polizare sau sablare; Șlam cu Țunder; Șlam de la instalații de tratare a apei; Refractare uzate.
Laminare la rece/tragere	BLR/Tablă/Produse trase	Materiale refolosibile feroase, rezultate în sector; MP de la instalații de captare; Șlam de la decapare; Țunder; Șlam de la instalații de tratare a apei.

Tabelul 2.2. Deșeuri provenite din sectorul siderurgic [42]

Nr.crt.	Denumire deșeu	% raportat la producție
Sectorul cocsochimic		
1.	Praf de cărbune	7,19%
2.	Fuse (scoală petrolieră sau reziduri de la decantarea gudronului)	4,90%
3.	Gudron acid	3,70%
4.	Șlam de gudron	1,00%
5.	Șlam de cocserie	0,90%
6.	Moloz	14,9%
7.	Praf de cocs	2,90%
Sectorul aglomerare - furnale		
1.	Praf aglomerare	1-2,5% din producția de aglomerat
2.	Praf + șlam furnal	1,1-3% din producția de fontă
3.	Cocs mărunț	<0,5mm de la fabricile de aglomerare
4.	Zgură furnal	25-30% din producția de fontă
Sectorul oțelărie - turnare continuă		
1.	Praf oțelărie	1-1,8% din producția de oțel
2.	Zgură oțelărie (fracția feroasă din zgurile de oțelărie)	15-20% din producția de oțel
3.	Țunder turnare continuă	2,8% din producția de oțel
Sectorul laminoare		
1.	Țunder și șlam de Țunder	
2.	Pilitură de oțel de la polizarea laminatelor	
3.	Șpan de la decojire de laminate	
Sectorul tratamente termice, termochimice și acoperiri anticorozive		
1.	Șlam	

În fluxul de producție al oțelului, agenții economici din siderurgie, generează deșeuri cu conținut de fier și carbon în regim continuu, în cantități apreciabile, proporționale cu producția realizată. Pe lângă produsul principal de fabricație, rezultă uneori *produse secundare* și întotdeauna și *deșeuri, pulverulente, mărunte* și de dimensiuni mari cu conținut de carbon, fier, elemente de aliere praf de carbon și uneori componente utili pentru formarea și corecția compoziției chimice a zgurii. [71]

Deșeurile feroase rezultate în industria siderurgică sunt denumite și *deșeuri proprii, deșeuri de recirculare*. Structura acestei grupe de deșeuri feroase este deosebit de complexă și ca urmare posibilitatea ordonării diferitelor tipuri într-o clasificare devine dificilă. Se pot adopta mai multe criterii de grupare, și anume:

- ≡ *după locul de producere al deșeurilor* (deșeuri de la cocserie, aglomerare, furnale, de oțelărie, de laminoare, etc.);
- ≡ *după locul de consum al deșeurilor respective* (deșeuri pentru aglomeratoare, pentru furnale, pentru oțelării, etc.);
- ≡ *după structura granulometrică a deșeurilor* (prăfoase/pulverulente, mărunte și bucăți, etc.).

Datele înscrise în *tabelul 2.1* au fost preluate din BREF-urile specifice fiecărui sector siderurgic. Aici se găsesc înscrise și valorile normelor rezultate în producția industrială pentru fiecare *produs* derivat, inclusiv cota utilizată în prezent în activități de re-utilizare economică și respectiv cota din totalul produs derivat care nu și-a găsit încă utilizare, fiind dirijat către halda de deșeuri. [106]

În *tabelul 2.2* sunt prezentate *deșeurile pulverulente* cu conținut carbon, de fier, respectiv de fier și carbon, semnalate în industria siderurgică, pe plan mondial.

De asemenea, mai rezultă *deșeuri pulverulente și mărunte* cu conținut de fier, de carbon, oxid de calciu, de aluminiu, magneziu, etc. și anume:

- ≡ din industria aluminiului – *nămolurile roșii*;
- ≡ din industria chimică – *cenușile de pirită*;
- ≡ din industria energetică – concentrat de fier din *cenuși de termocentrală*;
- ≡ din industria minieră – concentrat de fier din *deșeu sideritic*.
- ≡ din industria mecanică – nămoluri de la acoperiri metalice/protecții anticorozive

Cantitățile importante generate și depozitate pe halde și în iazuri, impactul negativ asupra mediului și potențialul economic datorat componentelor utile (în mod deosebit Fe), au impus găsirea de soluții pentru valorificarea acestora.

2.3. Caracteristici calitative ale deșeurilor rezultate din industria siderurgică

Pe platforma unei societăți siderurgice practic toate sectoarele contribuie la poluarea a cel puțin un factor de mediu. În procesele industriale în majoritatea cazurilor, pe lângă produsul principal, rezultă unul sau mai multe produse secundare, unele fiind considerate *deșeuri de fabricație*. Structura acestei grupe de materiale feroase rezultate din industria siderurgică este foarte complexă și de aceea clasificarea lor se face în funcție de dimensiunea materialelor re folosibile feroase: *materiale feroase prăfoase, mărunte și materiale feroase sub formă de bucăți*. [81]

Materialele feroase prăfoase sub formă de praf sau nămol/mâl, provin de la instalațiile de epurare a gazelor evacuate și a apelor uzate rezultate din procesele tehnologice siderurgice. Colectarea lor se face atât sub aspect ecologic – pentru evitarea poluării aerului și a apei, cât și sub aspect economic – pentru valoarea intrinsecă ca materie primă de înlocuire a celei obținute în țară sau din import.

Cantitatea acestor materiale este de circa 25% din componența gazelor descărcate în atmosferă la secțiile siderurgice. Din instalațiile de desprăfuire adecvate conținutul de praf al gazelor evacuate în sectorul siderurgic poate fi redus până la valori de 0,1–0,15 g/m³N, ceea ce înseamnă că se poate recupera peste 97% din cantitatea de praf inițială. Prin sistemul de epurare în mai multe trepte conținutul de praf de furnal din gazele evacuate se reduce la 0,01 g/m³N. Praful de furnal astfel recuperat, evaluat la 30 kg/t fontă are un conținut mediu de 40% Fe. [29]

La convertizoarele LD cantitatea de praf din gazele evacuate variază între 30–50 g/m³N ceea ce revine la 10–25 kg praf raportat la tona de oțel elaborat.

Prin operația de epurare, conținutul de praf din gazele evacuate se reduce la mai puțin de 0,1 g/m³N. Praful obținut, are în proporție de 80% o granulație de 0,8–0,05 μm și conține în jur de 60% Fe.

În apele uzate, evacuate din sectorul laminare, se găsesc, de asemenea, cantități de materiale feroase cu un conținut de 60–70% Fe, care, raportate la producția anuală de 10 milioane tone oțel, totalizează o cantitate de circa 5 mii tone pe an.

Materiale feroase mărunte au dimensiuni cuprinse între 1-10 mm, reprezentative fiind: țunderul de la laminare, forjare, fracția feroasă din zgura de oțelărie, stropi metalici din zgura de oțelărie, fracția metalică din zgura de la feroaliaje, concentratul obținut din deșeu sideritic sau alt deșeu cu conținut de fier rezultat la prepararea minereurilor.

Materialele feroase sub formă de bucăți rezultă din procesele de elaborare a fontei și oțelului și din procesele de laminare și nu din materiale secundare provenite din epurarea gazelor și a apei uzate, ca în cazul materialului feros sub formă de praf. Din punct de vedere al cantității, materialele feroase sub formă de bucăți depășesc cu mult cantitățile feroase sub formă de praf. [2,3]

În cazul fabricării produselor siderurgice, o parte din aceste *deșeuri* se reintroduc în circuit, fiind supuse unor procesări sumare, iar o altă parte se recirculă în procesele de *aglomerare, peletizare și brichetare* permise de tehnologie.

Din totalitatea *deșeurilor* generate în procesele siderurgice, *deșeurile pulverulente*, potențiale subproduse, au ridicat probleme la valorificare datorită pe de o parte compoziției granulometrice nesatisfăcătoare, și anume fracția fin dispersată fiind în cantitate mare, iar pe de altă parte datorită prezenței de metale grele (Zn, Pb, Cu) în compoziția lor. În *figura 2.1* sunt prezentate cantitățile de *deșeuri pulverulente și mărunte* raportate la tona de produs, datele fiind specifice siderurgiei mondiale. [24, 27]

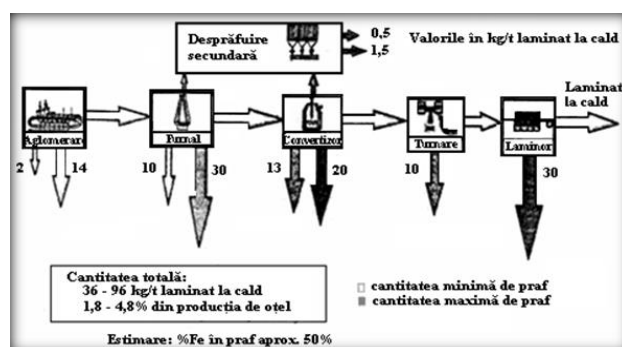


Figura 2.1. Cantități specifice de deșeuri pulverulente generate în cadrul unui combinat siderurgic[45]

Tabelul 2.3. Compoziția chimică (principalele elemente) a deșeurilor pulverulente [45]

Compoziția chimică, [% masă]	Tip produs								
	Aglomerare	Furnal		Convertizor		Cuptor cu arc electric		Laminor	
	praf	praf	șlam	Praf	șlam	oțel carbon	oțel aliat	țunder	șlam
C	5.0-7,0	15-20	6.0-18,0	0.6	0.6	0.3-1.3	0.3-0.6	0,5	3.0-19
Fe	40-45	35-45	35-40	60-85	65-75	35-55	30-40	70-75	65-70
Zn	0.1	0.1	0.2-5.0	0.2-2.0	1.0-10	5.0-35	1.0-10	-	-
Pb	-	-	0.1-1.0	0.1-1.4	0.5-2.0	1.0-5.0	0.3-10	-	-
Cu	-	-	-	-	-	0.3	0.3	-	-
CaO	8.0-12.0	4.0	8.0-12.0	2.0-3.0	3.0-4.0	2.0-14.0	0.3-0.4	-	-
S	0.1	0.3	0.6	-	0.1	-	0.2	<0.1	0.1
K ₂ O	1.0	0.1	0.1	-	-	1.8	0.8	-	-
Cr	-	-	-	-	-	0-0.1	7-15	0-0,2	0,0-0.15
Ni	-	-	-	-	-	0-0.04	2.2-3.8	0 - 0,03	0-0.04
Mo	-	-	-	-	-	0-0.01	0.1-0.15	0-0,01	0-0.015
Mn	-	-	-	-	-	0.4-4.8	0.8-1.5	0.4-0.8	0.4-0.7

În prezent pe plan mondial se pune în mod deosebit problema valorificării deșeurilor pulverulente generate în siderurgie. În tabelul 2.3 sunt prezentate compozițiile chimice, iar în tabelul 2.4 este prezentată distribuția granulometrică a acestor tipuri de deșeuri.

Tabelul 2.4. Distribuția granulometrică a deșeurilor pulverulente [45]

Dimensiune μm	Aglomerare	Furnal		Convertizor		C.E.A.	Laminor	
	praf	praf	șlam	praf	șlam	praf	țunder	șlam
1000	-	-	-	-	-	-	9	-
500	-	2	-	8	-	-	17	-
250	3	19	1	26	-	-	28	-
150	-	-	-	-	-	-	-	5
125	25	41	27	41	1	-	26	-
105	-	-	-	-	-	-	-	-
74	35	24	14	20	2	-	13	7
44	21	10	6	4	5	-	6	5
<44	16	3	52	1	92	100	1	83

2.4. Deșeuri pulverulente generate în procesele din siderurgie

2.4.1. Sectorul cocsochimic

Materia prima folosită în acest sector este *cărbunele cocsificabil*.

Sursele de poluare a aerului în procesul de fabricație a cocsului sunt: fluxul de descărcare, transport pe benzi și pregătire cărbuni în vederea cocsificării; procesul de cocsificare a cărbunilor; fazele tehnologice de încărcare, descărcare a cocsului; stingerea uscată sau umedă a cocsului.

În uzina cocso-chimică de prelucrare a gazului de cocs, pentru obținerea de subproduse, degajările de poluanți în aer se datorează evaporării apelor uzate și

scăpărilor de gaze prin neetanșeități.

Poluanții specifici acestui proces sunt: pulberi de cărbune; gaze de proces (prin neetanșeități) și gaze arse ce conțin: CO, CO₂, NO_x, SO_x, NH₃, H₂SO₄, HCN, H₂S, CH₄, benzen, hidrocarburi policiclice aromatice (HPA), compuși organici volatili (COV); pulberi de cocs.

Datorită tehnologiilor existente în acest sector, în fazele de fabricație se generează o serie de deșeuri :

- ≡ *Șlam de cocs* (praf de cocs + apă) – apare la decantoarele turnurilor de stingere umedă a cocsului. *Șlamul de cocs* este expediat în depozitul de cărbuni pentru stocare și ulterior acesta este valorificat.
- ≡ *Praf de cocs* – acesta apare în urma proceselor de evacuare din cuptor, stingere, transport, sortare și expediere a cocsului. Acesta este transportat în depozitul de cărbuni pentru stocare și ulterior poate fi reciclat la fabricile de aglomerare sau valorificat în exterior.
- ≡ *Praf de cărbune* – captarea acestuia se face cu ajutorul electrofiltrelor din secția de pregătire cărbuni. *Praful de cărbune* este reintrodus în circuitul tehnologic.
- ≡ *Șlam de gudron* – în urma procesului de prelucrare a gudronului în secțiile chimice, pe fundul rezervoarelor au loc depuneri de gudron greu, praf de cocs. Acesta este expediat la instalația de brichetare pentru valorificare sub forma de brichete de cocs.
- ≡ *Fusele de gudron* – rezultă la instalația de răcire primară și decantoarele mecanizate de gudron. Ele reprezintă amestecuri eterogene formate din particule de material cărbunos impregnate cu gudron (cu granulație de 6 – 15 mm). Acestea sunt expediate la instalația de brichetare pentru valorificare sub forma de brichete de cocs.
- ≡ *Ulei polimerizat* – la captarea benzenului, datorită recirculării repetate a uleiului de absorbție se formează o serie de compuși de polimerizare care măresc vâscozitatea uleiului. Pentru a menține constantă vâscozitatea uleiului acesta se regenerează cu ajutorul aburului într-o coloană de regenerare. Reziduurile din coloană se scurg în rezervorul de polimeri, iar de aici în rezervorul de gudron greu, după care sunt reintroduse în circuitul tehnologic.
- ≡ *Reziduuri rafinare naftalină* – sunt rezultate în urma procesului de rafinare a naftalinei, acestea se reintroduc în circuitul tehnologic.
- ≡ *Gudron acid* – rezultă din procesul de fabricare a sulfatului de amoniu (circa 0,8 Kg /1000 Nmc gaz-cocs) care este reintrodus în circuitul tehnologic. [29]

Datorită specificului sectorului cocsochimic și a tehnologiilor existente, în timpul desfășurării procesului de producție se degajă noxe ca: *pulberi de cărbune* și *cocs, gaze arse*, etc.

Agentul poluant degajat în timpul desfășurării procesului tehnologic este *praful de cărbune*. Acest praf poate apare atât în cazul operațiilor de *primire-depozitare*, în punctele de transbordare de pe o bandă transportoare pe alta, cât și în timpul operațiilor de *dozare-concasare*, la utilajele de concasare a cărbunelui. Pentru captarea *prafului de cărbune* din aceste zone sunt prevăzute două instalații cu electrofiltre, una deservind fluxul primire-depozitare și cealaltă fluxul concasare-dozare. Funcționarea electrofiltrelor se bazează pe efectul de ionizare a particulelor de cărbune într-un câmp electric puternic, dirijarea și depunerea lor pe electrozii pozitivi. Periodic electrozii de depunere sunt scuturați, și sub efectul gravitației particulele se desprind și sunt colectate într-un buncăr. *Praful de cărbune* colectat este reintrodus în circuitul tehnologic de umectare. [29]

Deoarece din totalul deșeurilor generate se recuperează și se valorifică doar pulberile, restul depozitându-se pe halde, există pericolul contaminării solului și a

pânzei freatiche cu substanțele periculoase din halde prin fenomenul de spălare și antrenare (lixiviere) a lor de către apele meteorice.

2.4.2. Sectorul aglomerare – furnale

Materialele feroase în bucăți la sectorul furnale se regăsesc în cantități mult mai mici decât materialele feroase sub formă de praf (care apar la toate operațiile de pregătire a minereului de fier: manipulare în depozite, concasare, sortare, omogenizare, aglomerare, transport pe bandă), deoarece cele în bucăți există doar în reziduurile industriale care apar accidental precum scursurile și lipiturile din fontă. Aceste reziduuri solidificate se mărunțesc și devin materiale feroase re folosibile în bucăți. [2,3]

La aceste sectoare produsul final îl reprezintă *fonta lichidă* de afinare, utilizată în procesul de elaborare al oțelului, respectiv *fonta solidă* pentru turnătorii. Din procesul de elaborare a fontei rezultă ca produse secundare *zgura*, care se granulează, *gazul de furnal*, precum și *praful de furnal* care se recirculă, prin stivele de omogenizare, în procesul de aglomerare. [24,32]

Materiile prime utilizate pentru elaborarea fontei sunt *aglomeratul autofondant*, *peletele și/sau minereurile bulgari sortate* (fracții granulometrice 8–40 mm).

Peletele reprezintă un produs metalizat de formă sferică de circa 15 mm, obținut pe cale termochimică din concentrate de minereuri de fier cu granulație fină.

Aglomeratul este un produs metalizat cu 50–60% Fe (funcție de compoziția chimică a componentelor șarjei), poros și rezistent, indispensabil elaborării fontei în furnal, rezultat prin sinterizarea minereurilor de fier pulverulente, improprii utilizării lor directe în furnal. Se utilizează în proporție de 70–100% în încărcătura furnalului. [16,17,24,45]

Alături de *zgură*, la elaborarea fontei în furnal (incluzând și prepararea minereurilor prăfoase) rezultă și alte *deșeuri* care prin valorificare trec în categoria subproduselor. Sub forma materialelor pulverulente uscate sau în amestec cu apa, ele provin din procesele de depoluare: *praful de aglomerare*, *praful și șlamul de furnal*.

Pregătirea minereului pentru încărcătura furnalelor cu toate operațiile aferente (manipulare în depozite, concasare, sortare, omogenizare, aglomerare, transport pe bandă) constituie o sursă importantă de *praf feros*. În acest lanț de operații în care minereul de fier este manipulat la zi, în majoritatea cazurilor, eliminarea degajărilor de *praf* (ponderea minereurilor mărunte și a concentratelor fine devine din ce în ce mai importantă în structura producției de minereu pentru alimentarea furnalelor) nu se poate rezolva decât printr-o folosire cât mai atentă și corectă a utilajelor de manipulare și prin luarea unor măsuri locale. Instalațiile de captare a *prafului* se pot folosi doar la punctele de transbordare de pe circuitul benzilor transportoare, la instalațiile de concasare–sortare și în fabricile de aglomerare (sau peletizare și brichetare). [8,41,44]

Instalațiile de pregătire a încărcăturii feroase a furnalului (fabricile de aglomerare a minereurilor și instalațiile de peletizare a minereurilor) sunt surse deosebit de importante de degajări de *praf* cu un conținut destul de bogat în fier (30–40% Fe).

Aglomerarea este procesul de sinterizare cu ajutorul căldurii a *materialelor feroase pulverulente*, lipirea particulelor și în urma răcirii formarea unor bulgări de dimensiuni convenabile, cu porozitate mare și proprietăți mecanice bune. Pentru *aglomerare* este necesară o anumită cantitate de căldură pentru topirea parțială a unor componente, de aceea minereurile se amestecă cu *cocs mărunț* (o parte poate fi înlocuit cu cărbune, de exemplu cu antracit. În cazul minereurilor

sulfuroase rolul de combustibil îl are și sulful care oricum trebuie eliminat. Sunt cunoscute două tipuri de aglomerat: *aglomerat obișnuit și aglomeratul autofondant (la care încărcătură – "șarja crudă" – conține alături de minereu și cocs și fondanți în proporție mai mare, astfel încât raportul $(CaO)/(SiO_2) \geq 1$).*

Ca puncte generatoare de deșeuri sub formă de *praf de minereu* în procesul tehnologic de aglomerare se poate menționa în primul rând zona benzii de aglomerare (zona de captare a aerului de combustie care antrenează particule din patul de încărcătură supus aglomerării) și apoi zona de ciuruire a aglomeratului cald sau rece precum și punctele de transbordare din circuitul transportoarelor cu bandă, mijlocul cel mai răspândit de manipulare a materialelor în fabricile de aglomerare. [2,3,24,32]

Praful de aglomerare este colectat în electrofiltrele instalației de aglomerare. Din analiza situației pe plan mondial rezultă că cea mai mare parte a acestui praf se recirculă în instalațiile de aglomerare.

Instalațiile de pregătire a încărcăturii feroase a furnalului, sunt surse deosebit de importante de degajări de praf cu un conținut de fier de circa 30–40%. Astfel în 24 ore, la o instalație de aglomerare cu o capacitate de aglomerare anuală de un milion de tone, se elimină din proces între 12–18 milioane Nm^3 gaze arse. Rezultatele utilizării aglomeratului în proporție mai mare în încărcătura furnalului, au condus la creșterea productivității acestuia, îmbunătățirea calității fontei și la reducerea consumului specific de cocs. [24,32,38]

Prin instalații de desprăfuire adecvate conținutul de praf al gazelor evacuate poate fi redus până la valori de $50 \text{ mg}/Nm^3$ în condiții normale de funcționare. În cazul utilizării unui filtru cu saci, emisiile de praf ating valori de $10\text{--}20 \text{ mg}/Nm^3$, adică se poate recupera peste 99% din cantitatea de praf inițială. [27,29,45,57] Având în vedere cantitățile de praf, se impune obligatoriu epurarea gazelor și valorificare acestora în procesul tehnologic, iar în cazul în care nu se poate recicla întreaga cantitate, depozitarea se va face în iazuri acoperite în permanență de apă. Nu este de dorit această variantă, deoarece se produce o anumită poluare la nivel de apă de suprafață și subterană.

În *tabelul 2.5* este prezentată compoziția chimică a *șlamului de aglomerare furnale* după uscare:

Tabelul 2.5. Compoziția chimică a șlamului de aglomerare-furnale (după uscare) [29]

Nr. Crt.	Compoziția chimică, %											
	FeO _{tot}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	S	P	C	PC
1.	28.56	8.77	33.04	10.73	8.9	10.65	2.47	0.84	1.31	0.18	21.89	1.25
2.	28.91	9.6	32.6	10.3	9.38	10.51	2.36	0.85	1.37	0.12	22.44	1.36
3.	30.37	8.57	36.02	9.1	9.76	9.85	2.54	0.88	1.53	0.15	21.1	1.18
4.	29.08	9.3	33.21	10.42	9.54	10.46	2.49	1.03	1.36	0.11	22.5	1.23
Media	29.23	9.06	33.72	10.14	9.40	10.37	2.47	0.9	1.39	0.14	21.98	1.25

Depozite de *șlam de aglomerare – furnale* se prezintă în figura 2.2.

La furnale, degajarea de gaze în cursul procesului de elaborare a fontei antrenează din materialele folosite ca încărcătură particule solide, denumite în mod curent *praf de furnal*.

Praful de furnal este un material cu o granulație fină (90% sub 1 mm) și o compoziție chimică apropiată de compoziția medie a încărcăturii furnalului. Conținutul de *praf de furnal* al gazelor evacuate variază între limite destul de largi ($25\text{--}100 \text{ g}/Nm^3$) în funcție de calitatea încărcăturii (proporția de material fin) și de regimul de funcționare a furnalului (la mersul cu presiune înaltă – pe plan mondial peste 95% din furnale – conținutul de praf din gaze scade în mod sensibil).

Dimensiunile particulelor care compun *praful de furnal* se situează între cele ale prafului de aglomerare și prafului de convertizor (figura 2.3). [33]



Figura 2.2. Depozite de șlam de aglomerare – furnale [45, 57, 70]

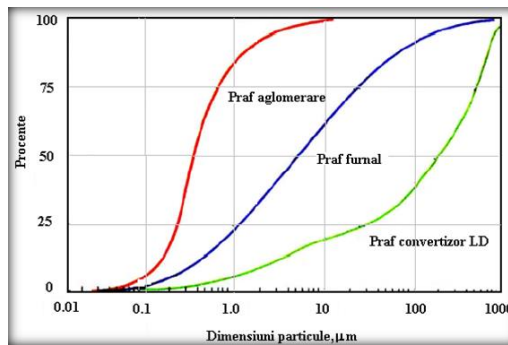


Figura 2.3. Distribuția pe clase granulometrice a particulelor deșeurilor pulverulente

Puritatea gazului de furnal depinde în mare măsură de granulația componentelor încărcăturii furnalului, de caracteristicile chimice și fizico-mecanice și de calitatea cocsului. O încărcătură bogată în componente cu granulație mică favorizează creșterea cantității de praf din *gazul de furnal*, la fel un cocs cu rezistență mecanică slabă.

Compoziția granulometrică a *prafului de furnal* este prezentată în figura 2.4

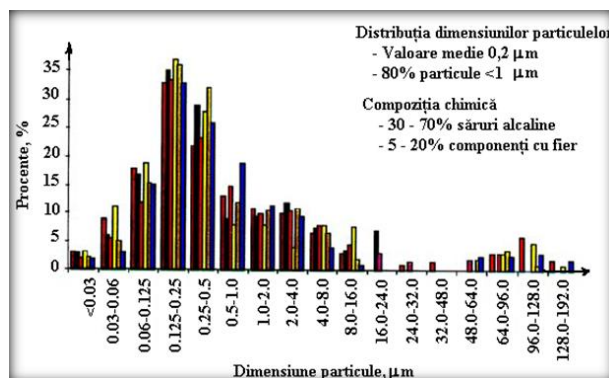


Figura 2.4. Compoziția granulometrică a prafului provenit de la furnale[24]

Praful și șlamul de furnal se separă din procesele de epurare a gazului de furnal rezultat în timpul proceselor de elaborare a fontei. Gazul este evacuat la partea superioară a furnalului. Pentru a putea fi mai apoi utilizat drept combustibil, fie în preîncălzitoarele de aer ale furnalului, fie în alte instalații de ardere, gazul este captat și supus operațiilor de epurare și răcire. Aceste operații comportă două trepte principale:

- ≡ *epurarea primară*, în care separarea particulelor grosiere de praf are loc fără umezire (rezultă *praf de furnal*);
- ≡ *epurarea secundară*, care are loc cu o ceață de apă fin pulverizată, pentru îndepărtarea particulelor fine (rezultă *șlam de furnal*).

Cantitatea de *praf de furnal* care rezultă în urma procesului de epurare brută a gazului de furnal (antrenată în încărcătura furnalului) este determinată de granulația încărcăturii, regimul de lucru al furnalului și variază între 20–50kg/t fontă. Valorile mari corespund furnalelor ce lucrează cu încărcături mărunte și cu presiune joasă la gura de încărcare (în prezent situație mai rar întâlnită).

Mai există și alte puncte generatoare de *praf*, ca de exemplu: gura de încărcare a furnalului, punctele de sortare a materiilor prime și de dozare cu alimentatoare cântar, etc. printr-un sistem de epurare în mai multe trepte conținutul de praf din gazele evacuate se reduce la 0,01 g/Nm³ față de 25–100 g/Nm³ la evacuare. *Praful de furnal* astfel recuperat, evaluat la cca. 30 kg/t de fontă are un conținut de 40%Fe și 18–20%C.

În *tabelul 2.6* și *tabelul 2.7* este prezentată compoziția chimică a prafului de furnal de la ArcelorMittal Hunedoara, T.M.K. Reșița, Sidermet Călan și a șlamului de furnal de la ArcelorMittal Galați (la Hunedoara, Reșița și Călan există numai în iazuri).

Tabelul 2.6. Compoziția chimică a prafului de furnal[87]

Compoziția chimică, %	ArcelorMittal Hunedoara	T.M.K. Reșița	Sidermet Călan
Fe	38.71	38.83	38.64
Fe ₂ O ₃	40.88	40.81	40.84
FeO	12.97	13.97	13.63
C	15.30	15.48	14.06
SiO ₂	7.38	7.27	7.24
Al ₂ O ₃	4.53	4.51	4.05
CaO	7.78	7.82	7.31
MgO	1.13	1.14	1.05
MnO	0.63	0.70	0.65
S	0.27	0.29	0.27
P	0.13	0.15	0.13
Altele	1.17	1.14	1.14

Tabelul 2.7. Compoziția chimică a șlamului de furnal –S.C. ArcelorMittal Galați[87]

A.M. Galați	Compoziția chimică, %											
	Fe	Fe ₂ O ₃	FeO	C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	S	P	Altele
	31.48	32.45	13.67	36.12	6.02	2.32	5.91	1.68	0.33	0.18	0.06	0.13

În societățile siderurgice cu instalații de aglomerare, *praful și șlamul de furnal* sunt returnate în zona de preparare a minereurilor și incluse în încărcăturile pentru aglomerare, cu aport important de carbon drept combustibil în proces. Reciclarea prafului direct în furnal este limitată de dimensiunile granulometrice. Pentru aceasta, amestecurile de deșeuri pulverulente cu conținut de fier, alți oxizi și cocs sunt supuse mai întâi operațiilor de preparare mecanică (hidrociclare) și termică (brichetare, peletizare, sinterizare) urmate de operații de reducere în cuptoare. În comparație cu praful, *șlamul* este mai puțin valorificat, limitative fiind granulația,

umiditatea (20–35%) și compoziția chimică.

2.4.3. Sectorul oțelărie – turnare continuă

Praful de la oțelăria electrică. Folosirea oxigenului de mare puritate, suflat în baia metalică pentru accelerarea reacțiilor de afinare, s-a extins în ultimul timp atât pe plan mondial cât și la noi în țară, la cuptoarele electrice cu arc. Se obțin astfel productivități mari ale agregatelor de elaborare, dar în același timp apar și noi probleme în domeniul poluării aerului și apei, și a recuperării *deșeurilor feroase prăfoase*, probleme care înainte nu se puneau decât în cazul convertizoarelor cu oxigen.

Extinderea utilizării oxigenului la cuptoarele electrice cu arc a impus adaptarea instalațiilor de captare și desprăfuire a gazelor evacuate și la acest tip de agregate. La aceste cuptoare în timpul suflării oxigenului se ajunge la o concentrație a conținutului de praf, de până la 8 g/Nm³, care după epurare scade la 0,02 g/Nm³, rezultând deci o importantă cantitate de material feros prăfos cu un conținut de cca. 40% Fe.

Din punct de vedere al micșorării poluării, problema esențială la cuptoarele cu arc electric este îmbunătățirea colectării prafului din gazele de proces, atât din cuptor cât și din zona de lucru, pentru îmbunătățirea condițiilor de muncă în zonele respective, și pentru respectarea limitelor impuse de legislația de protecție a muncii și a mediului înconjurător. [6,8]

Din punctul de vedere al reutilizării acestui material se poate menționa că *praful*, rezultat în instalațiile de epurare de la cuptoarele electrice, are o compoziție variată și conține elemente reziduale nedorite (Zn, Sn, Cu, Pb etc.) sau elemente de aliere (Cr, Ni, Mo, W etc.) care provin din încărcătura de fier vechi sau de deșeuri feroase nesortate cu grijă. Această impurificare a materialului feros prăfos recuperat, face ca reutilizarea lui să nu fie recomandabilă decât în condiții speciale de dozare atentă sau în amestec cu alte materiale feroase prăfoase curate. [5,6]

Din gazele captate la elaborarea oțelului în cuptoare electrice precipită electrostatic la epurarea uscată produse solide pulverulente cunoscute sub denumirea de *praf de oțelărie*. Periodic, funcție de cantitatea captată și decantată, *șlamul* este stocat și apoi transportat la fabricile de aglomerare. Cantitatea și compoziția este foarte variabilă fiind influențată de:

- ≡ natura fierului vechi și a altor adaosuri utilizate la producerea oțelului;
- ≡ natura oțelului elaborat (oțel carbon, oțeluri speciale sau inoxidabile).

Pentru ca emisiile poluante să nu ajungă în atmosfera halelor de lucru și în mediul înconjurător, cuptoarele cu arc electric au trebuit să fie dotate cu echipamente eficiente de captare și epurare a gazelor, în mod deosebit în cazul cuptoarelor tip E.B.T. (Excentric Bottom Tapping). [6]

Cunoașterea compoziției chimice a acestor deșeuri este foarte importantă, de aceea un studiu asupra lor ne indică impactul depozitării acestora asupra mediului.

Tabelul 2.8. Compoziția chimică a prafului de electrofiltru de la Oțelărie Electrică O.E.2 – S.C. ArcelorMittal Hunedoara [87]

ArcelorMittal Hunedoara	Compoziția chimică, %												
	Fe _{tot}	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	S	ZnO	Altele	
	50.83	73.64	2.89	3.41	1.11	5.18	2.15	4.42	0.72	0.34	1.36	4.68	

Tabelul 2.9. Compoziția chimică a prafului de electrofiltru - Oțelăria Electrică T.M.K. Reșița [87]

T.M.K. Reșița	Compoziția chimică, %												
	Fe _{tot}	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	S	ZnO	Altele	
	43.16	56.56	4.05	4.14	0.85	7.72	3.24	4.41	0.59	0.35	13.32	4.76	

Tabelul 2.10. Compoziția chimică a prafului de la electrofiltru - Oțelăria Electrică MECHEL Oțelul Roșu [87]

MECHEL Oțelul Roșu	Compoziția chimică, %											
	Fe _{tot}	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	S	ZnO	Altele
	43.84	59.17	3.89	3.49	0.81	5.90	3.73	4.37	0.71	0.58	16.14	1.12

Praf și șlamul de convertizor. Epurarea gazelor rezultate în cursul procesului de elaborare a oțelului în convertizorul LD pune probleme deosebite, datorită temperaturii înalte a acestor gaze, a necesității răcirii acestora înaintea desprăfuirii, a fineței particulelor de praf și a naturii intermitente a procesului. Cantitatea de praf conținută în gazele evacuate variază între 30–50 g/Nm³, ceea ce revine la 10–25 kg praf raportat la tona de oțel elaborat. Prin operația de epurare, în gazele evacuate conținutul de praf se reduce la mai puțin de 0,1 g/Nm³. Praful obținut are în proporție de 80% o granulație de 0,8–0,05 μm și conține în jur de 60% Fe. [45, 69, 54]

Din procesul de elaborare a oțelurilor rezultă *praf* care este antrenat de gazele arse. Gazele evacuate, captate la partea superioară a convertizoarelor, sunt supuse operațiilor de epurare primară care în cea mai mare parte se realizează pe cale umedă și doar în unele cazuri în sisteme uscate (precipitare electrostatică). Epurarea umedă se realizează de regulă în două etape:

- ≡ *prima etapă* – gazul este răcit și din el se recuperează *praful grosier*;
- ≡ *a doua etapă* – se captează din gazele evacuate *fracțiile fine de praf*. Captat din bazinele de sedimentare, *șlamul* format din *fracțiile fine* este supus operațiilor de îndepărtare a apei în filtre vidate și sisteme centrifugale. Recuperarea *șlamului* cu *fracții grosiere* se realizează în clasoare cu racleți.

Societățile siderurgice care au instalații de aglomerare recirculă aproape în totalitate *praful și șlamul de convertizor* la producerea aglomeratului. Pentru o astfel de valorificare, conținutul de zinc este limitativ și depinde de compoziția chimică a fierului vechi utilizat la elaborarea oțelului în convertizor. Fără pretratament, aproximativ 30% din totalul *prafului de convertizor* poate fi reciclat la aglomerare. Spre deosebire de *praful de convertizor*, *șlamul* are un conținut ridicat de zinc ce variază între 1,8–7,8% Zn. Când provine de la elaborarea oțelului din deșeuri de tablă galvanizată, nu poate fi introdus direct la aglomerare ci se supune operațiilor de tratare pentru purificare cu recuperarea zincului. În alte societăți siderurgice, *praful și șlamul* sunt brichetate la rece și apoi reintroduse la elaborarea oțelului în convertizor înlocuind parțial fierul vechi în încărcătură.

Compoziția chimică a prafului și șlamului de convertizor este prezentată în *tabelul 2.11.* și *tabelul 2.12.*

Tabelul 2.11. Compoziția chimică a prafului de convertizor – S.C. ArcelorMittal Galați [87]

Compoziția chimică, %											
Fe _{tot}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	S	Zn	Altele
54.35	3.34	78.45	3.15	1.18	4.71	2.05	4.10	0.75	0.35	0.26	1.33

Tabelul 2.12. Compoziția chimică a șlamului de convertizor – S.C. ArcelorMittal Galați [87]

Compoziția chimică, %											
Fe _{tot}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	S	Zn	Altele
58.12	6.38	82.60	1.11	0.11	2.31	0.67	4.12	0.06	0.06	1.26	1.32

Praful de la oțelăria Siemens–Martin. La aceste oțelării oxigenul s-a utilizat pentru intensificarea procesului de ardere a combustibililor (aer îmbogățit în oxigen până la 30 %, suflat prin arzător) și pentru intensificarea procesului de oxidare (oxigen suflat prin lance).

Ca urmare a restructurării fluxul primar s-a redus treptat din punct de

vedere a capacităților de producție, astfel încât în iunie 1999 a fost definitiv închis și dezafectat. [37] În prezent mai există depozitat praf de oțelărie Siemens – Martin depozitat în spațiu închis (hală dezafectată). O parte din praful rezultat există și azi depozitat în spații închise (hale de la laminoarele dezafectate), acesta putând fi valorificat împreună cu cel de la oțelăria electrică.

2.5. Deșuri mărunte generate în procesele din siderurgie

2.5.1. Țunderul și șlamul de laminare

Pe fluxul de elaborare a oțelului, sursele de generare a *țunderului* sunt: turnarea continuă și laminoarele.

Țunderul – este oxidul de fier rezultat din oxidarea superficială a semifabricatelor din oțel în timpul încălzirii și prelucrărilor la cald. Este un deșeu în stare solidă, metalic, care se colectează la gospodăriile de apă unde se tratează după care se transportă la secția de aglomerare. *Țunderul* dacă nu conține ulei nu constituie un element poluant pentru mediu.

Prin *turnare continuă* se obțin direct din oțelul lichid semifabricate (blumuri, țagle, produse plate etc.). De la suprafața acestora, *țunderul* și alte impurități se îndepărtează cu ajutorul apei. Cantitatea de *țunder* care rezultă în secțiile de turnare continuă este influențată de producția de oțel și profilul semifabricatelor turnate continuu (între 30–35 t/zi și 15–18 t/zi, aproximativ 8.000 t/an în cazul bramelor de la ArcelorMittal Galați). Din zonele colectate rezultă:

- ≡ *țunder umed*, din camerele de răcire ale mașinilor de turnare care reprezintă fracția grosieră;
- ≡ *țunder din zona de debitare la cald*, întrucât bramele rezultate din flux sunt debitate cu oxi-gaz.

Țunderul umed grosier se colectează în tăvi special construite și așezate sub rolele de transport, iar *țunderul cu granulație fină* este preluat de apă și transportat.

Sectorul laminare–finisare

Principalele deșuri produse de laminarea la cald sau la rece și în timpul operațiilor de pregătire a suprafeței sunt: *țunderul*, *șlamul*, *soluțiile uzate de la decapare*, *șpanul de prelucrare*, *alte prafuri*.

În *tabelul 2.13* sunt prezentate deșeurile principale, rezultate de la laminoare.

Tabelul 2.13. Deșuri industriale generate la secția Laminoare [45]

Nr. Crt.	Denumire	UM	Cantitate anuală	Mod de gestionare
1.	Deșuri metalice	tone	32.093	Reciclare internă
2.	Ulei uzat	tone	50	Reciclare internă
3.	Țunder	tone	8.150	Depozitare spațiu închis
4.	Azbest	tone	10	Depozitare pe haldă
5.	Deșuri refractare	tone	1.500	Depozitare pe haldă

Într-un combinat siderurgic, sectorul de laminoare constituie cea mai importantă sursă de poluare a apei, datorită particulelor de oxid de fier (*țunder*) și *uleiului în suspensie*, rezultate în cursul diferitelor operații de răcire și curățire care au loc în procesul de laminare. *Țunderul* rezultă în urma proceselor de încălzire și laminare la cald, el nu se formează în cadrul laminării la rece.

Conținutul de *țunder* din apele reziduale de la laminoare variază între 1 g/l în cazul laminoarelor de benzi la cald și tablă groasă și 5 g/l în cazul laminoarelor degrosoare. [58,69]

Instalațiile de epurare permit reducerea conținutului de *țunder* până la 0,03 g/l, obținându-se în medie în cazul unui combinat cca. 20000 t material prăfos, cu un conținut de cca. 70% Fe, la un milion de tone de oțel.[58]

Prin operații de laminare la cald, semifabricatele turnate continuu încălzite (țagle, blumuri și sleburi) sunt transformate prin etape succesive în alte semifabricate și produse finite din oțel.

Întrucât *țunderul* este un material foarte bogat în fier, *depozitele de țunder* prezintă importanță economică. Deși poate furniza fier, principalul inconvenient ce limitează posibilitatea *reciclării țunderului* la aglomerare, îl reprezintă conținutul de ulei. Utilizarea *țunderului uleios* poate cauza arderi înăbușite în precipitățile electrostatice. Din această cauză se limitează conținutul de ulei al *țunderului* ce poate fi introdus în instalația de aglomerare la 0,1–0,55%. *Țunderul* poate fi utilizat și în încărcătura pentru elaborarea oțelului în cuptoare electrice, ca material oxidant pentru completarea necesarului de oxigen și pentru formarea zgurii. [44,69]

Analiza chimică a *țunderului* este prezentată în *tabelul 2.14*.

Tabelul 2.14. Compoziția chimică a *țunderului*,% [45,57]

FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Altele
63.0– 70.0	18.0– 30.0	0.8 – 1.5	1.0 – 3.5	0.1 – 0.40	0.3 – 0.5	0.9 – 2.0	3.0– 4.0

Compoziția *țunderului* variază în funcție de oțelul din care provin, și îl impun ca un material foarte important în balanța de Fe a oricărei uzine siderurgice. Din cauza friabilității ridicate este greu de definit o compoziție granulometrică pe fluxul de transport și manipulare. În *tabelul 2.15* se prezintă compoziția chimică a mai multe *surse de țunder* din siderurgia națională.

Tabelul 2.15. Analiza chimică a *deșeurilor tip țunder* din industria siderurgică [45]

Deșeu feros	Compoziția chimică, %							
	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	Fe	W	Ulei
Țunder ArcelorMittal Galați – medie	1.76	0.63	0.3	0.99	0.484	72.32	–	–
Țunder ArcelorMittal Galați – Haldă	0.21	0.22	0.01	1.64	0.61	67.45	–	–
Țunder ArcelorMittal Hunedoara – TC	0.46	0.15	–	–	0.86	68.19	–	–
Țunder Oțelinox Târgoviște	0.87	0.36	0.11	–	0.80	67.77	–	–
Țunder ArcelorMittal Roman – țunder uleios	0.46	0.15	0.01	–	0.85	68.38	12 – 15	7 – 8
Țunder Arcelormittal Roman – țunder uscat	0.41	0.12	–	–	0.87	68.26	–	–
Țunder TENARIS Silcotub Zalău	0.39	1.11	0.79	–	0.51	72.16	–	–

Șlamul de laminare

Prin operații de laminare la rece se reduce grosimea produselor plate din oțel fără preîncălzire. O soluție de apă–ulei este aplicată la suprafața cilindrilor laminoarelor și produselor laminate pentru disiparea căldurii și respectiv îndepărtarea mecanică a impurităților. Din soluția colectată se recuperează particule fine sub forma unui *șlam*.

Ca și pentru *țunder*, *reciclarea șlamului de laminare* este limitată de conținutul mare de ulei care variază de la 1,5–30%. De asemenea, limitative pentru reciclare

sunt dimensiunile particulelor și umiditatea. Cantitățile însemnate de *șlam* sunt evacuate în mediu și doar cantități mici sunt reciclate în încărcăturile instalațiilor de aglomerare. Îndepărtarea uleiurilor se poate realiza prin extracții în solvent; incinerarea *șlamurilor uleioase* poate fi realizată din punct de vedere tehnic dar nu este eficientă din punct de vedere economic.

2.5.2. Zgura de oțelărie

Zgura este un deșeu rezultat în procesul de elaborare al oțelului și care în timpul desfășurării procesului tehnologic este în stare lichidă pentru ca după evacuarea din agregatul de elaborare să se solidifice.

Marea majoritate a proceselor siderurgice care stau la baza elaborării fontelor, oțelurilor și feroaliajelor se desfășoară în sisteme complexe, multifazice, în care un rol important îl are *zgura*. În cadrul unui astfel de sistem *zgura* influențează desfășurarea tuturor proceselor fizico-chimice, având o puternică influență asupra randamentului de extragere a materialului metalic din materia primă și asupra calității acestuia.

Zgurile siderurgice se împart în două categorii în funcție de sursa de generare:

- ≡ *zguri de furnal* ce intră în categoria deșeurilor nemetalice deoarece conținutul lor în fier nu depășește de regulă 0,5%;
- ≡ *zguri de oțelărie* ce intră în categoria deșeurilor feroase, care au o pondere ridicată a fierului, cca. 20%, cantitate din care 5–11% se află sub formă metalică, ce se poate separa magnetic.

Principalele funcții ale *zgurilor siderurgice* sunt:

- ≡ colectarea și separarea sterilului materiilor prime de metalul sau aliajul elaborat;
- ≡ transmiterea căldurii de la sursă la baia metalică;
- ≡ participarea la procesele fizico-chimice ce au loc, în acest sens ea trebuie să aibă o acțiune reductoare sau oxidantă, funcție de natura procesului;
- ≡ reținerea impurităților (P_2O_5 , MnS, CaS, incluziuni nemetalice) în cursul proceselor de afinare și rafinare;
- ≡ protejarea băii metalice împotriva pătrunderii unor impurități (hidrogen, azot).

Zgurile siderurgice sunt compuse în cea mai mare parte din oxizi ai metalelor și nemetalelor (topituri oxidice), dar conțin și mici cantități de alți compuși (fluoruri, sulfuri, carburi).

În a doua jumătate a secolului XX problema depozitării cantităților uriașe de *zguri* provenite ca urmare a dezvoltării intense a industriei siderurgice, a intrat în atenția cercetătorilor, care au găsit mai multe soluții în ceea ce privește reintroducerea acestor materiale în sectoarele din industrie, construcții și agricultură. Ca urmare în țările cu siderurgie dezvoltată precum Germania, Franța, Luxemburg, Anglia, Italia, S.U.A., Japonia *zgurile siderurgice* în proporție de 100% sunt valorificate în domeniile menționate anterior.

În privința valorificării *zgurilor siderurgice*, în special a celor de oțelărie România a rămas mult în urma țărilor dezvoltate de aceea, astăzi se încearcă încurajarea folosirii *zgurilor* în domeniile pentru care s-a găsit utilizare, în sensul valorificării cât mai eficiente a resurselor naturale.

Zgurile reprezintă aproximativ 70% din deșeurile rezultate în cadrul sectorului siderurgic, de aceea, prelucrarea acestora în scopul obținerii de produse noi, utilizabile în alte ramuri ale economiei naționale, sau reciclarea *zgurilor* în diverse etape tehnologice din cadrul unei societăți siderurgice integrate reprezintă o problemă de strategie în politică de protecție a mediului în sectorul siderurgic. Astfel se poate realiza atât o protecție a resurselor naturale, cât și prevenirea poluării solului prin diminuarea accentuată a haldelor de *zgură*. [45]

Pe plan mondial se desfășoară o activitate intensă pentru găsirea soluțiilor de valorificare integrală a *zgurilor de oțelărie*. Folosirea acestora este determinată atât de considerente economice cât și ecologice, de protecția mediului înconjurător, urmărindu-se desființarea haldelor de zgură. [69,72]

Utilizarea zgurii de convertizor la furnal

Pe lângă faptul că ele pot înlocui minereul de fier și de mangan, acestea contribuie și la micșorarea necesarului de calcar pentru formarea *zgurii de furnal*. Utilizarea acestor *zguri la furnal*, înlocuind parțial materialele de încărcătură cu bazicitate redusă (ce conțin Fe și Mn puțin) a condus la creșterea productivității furnalului și la micșorarea consumului de cocs. Acest lucru a fost posibil datorită proprietăților specifice ale acestor adaosuri care ușurează formarea *zgurii în furnal* și îmbunătățesc caracteristicile gazo-dinamice ale încărcăturii (prezența compușilor fluorului în aceste *zguri* crește fluiditatea *zgurilor de furnal* determinând astfel creșterea productivității furnalului). [69]

Când sunt utilizate la aglomerare au ca efect economisirea materialelor ce conțin Fe și Mn, creșterea productivității mașini de aglomerare, creșterea scoaterii de aglomerat și îmbunătățirea proprietăților lui de rezistență (micșorarea cotei de mărunț rezultate). [29]

Prelucrarea *zgurilor de convertizor* se realizează de regulă în două etape:

- ≡ *etapa primară* – în secțiunile de zgură după evacuarea din agregatul de elaborare;
- ≡ *etapa secundară* – în complexe specializate de măcinare–sortare–separare magnetică, obținându-se un produs standardizat și o separare maximă a părții metalice.

Etapa primară se realizează practic în toate întreprinderile, obținându-se un semiprodus (pietriș gros) și separându-se bucățile metalice mari. Secția de prelucrare primară a *zgurilor de oțelărie* cuprinde gropi de zgură cu estacade pentru turnarea acestora și poduri rulante cu grătar și magnet. Cu ajutorul podurilor se prelucrează zgura monolit, se separă bucățile metalice și se încarcă zgura pentru a fi transportată fie la beneficiari, fie la prelucrarea secundară.

Valorificarea zgurilor din halde

Pentru a evita depozitarea deșeurilor producătorii de oțel încearcă să proceseze *zgura* în resurse utile. *Zgura de oțelărie*, fracția feroasă se reciclează în siderurgie, ca și component a încărcăturii metalice a cuptoarelor din oțelărie (fracția cu fier metalic), la furnal (fracția feroasă atât cu fier metalic, cât și legat chimic), iar fracția neferoasă în construcții și agricultură.

Ca urmare a valorificării avansate a *zgurilor* depozitate pe halde, a procedeelelor și tehnologiilor siderurgice îmbunătățite, a determinat o folosire mai bună a materiilor prime introduse în procesele de producție, la reciclarea avansată a deșeurilor, minimizarea cantității de deșeuri generate. [45]

Marii producători de oțel au fost obligați să găsească soluții de utilizare într-o manieră ecologică a tuturor categoriilor de deșeuri, ceea ce se impune și pentru România.

Conceptul de *haldă zero* reprezintă un scop abstract, scopul realist fiind acela de minimizare continuă a haldelor existente prin găsirea unor tehnologii de valorificare a deșeurilor neprelucrate în prezent.

Pe plan național, dispunerea deșeurilor pe halde s-a făcut necontrolat (ele amestecându-se din diverse surse de proveniență), iar o evidență calitativă și cantitativă a tipurilor de deșeuri din halde nu există, deoarece ele sunt neamenajate, au taluz natural, sunt autoconsolidate prin cimentare naturală și expuse acțiunii agenților chimici și fizici (temperatură, precipitații, curenți de aer, radiații solare) care le depreciază permanent calitatea, valorificarea acestor halde

fiind dificilă și complexă.

Referitor la depozitarea zgurilor necontrolat, halda de zgură de la ArcelorMittal Hunedoara prezintă un caz aparte, pe această haldă fiind depozitate zguri de la 4 oțelării, 2 Siemens-Martin și 2 electrice, precum și zguri de la furnale și turnătorii. O depozitare controlată ar fi creat posibilități mai bune, respectiv soluții tehnologice mai eficiente de valorificare a acestora, având în vedere diferența dintre caracteristicile zgurilor de furnal și de oțelărie (de menționat diferența între caracteristicile zgurile de la cele 2 oțelării, ba mai mult între zgura Martin de la topire bogată în fosfor – indicată pentru agricultură –și zgura finală).

Necesitatea exploatării haldelor este determinată în primul rând de impactul negativ asupra factorilor de mediu, efectul benefic al prelucrării deșeurilor din halde exprimându-se indirect prin:

- ≡ reducerea sau chiar eliminarea degajărilor de gaze și praf ce impurifică bazinul atmosferic și hidrografic;
- ≡ redarea în circuitul agricol a suprafețelor de pământ arabil ocupate de halde;
- ≡ protejarea rezervelor de agregate naturale (granit, bazalt etc.) prin reducerea numărului de cariere din care se exploatează acestea, prin înlocuirea lor cu produse similare obținute din prelucrarea zgurilor metalurgice.

Ținând seama că în aceste halde se găsește încorporată o cantitate însemnată de fier sub formă metalică (între 3–10% din greutatea lor), recuperarea acestuia prin separare magnetică ar fi o importantă sursă de economisire de materii prime, de reducere a poluării și cu efecte pozitive privind dezvoltarea durabilă.

În România sunt mai multe halde cu zgură de oțelărie, cele mai reprezentative fiind prezentate în *tabelul 2.16 (1-6)*. Aceste halde sunt încă alimentate cu zgură provenită din oțelăriile încă funcționale.

Tabelul 2.16. Evaluarea haldelor de zgură din România[45]

Nr. Crt.	Halda de zgură	Începutul haldării	Începutul valorificării	Zgură în haldă, mil. tone
1.	Reșița	1771	2006	70
2.	Hunedoara	1884	2007	100
3.	Galați	1968	2003	50
4.	Câmpia Turzii	1920	2002	1,5
5.	Târgoviște	1971	1998	5,0
6.	Oțelu Roșu	1857	1999	12
Total				238,5

În figura 2.5 se prezintă haldele de zgură de la Călan, Hunedoara respectiv de la Galați.

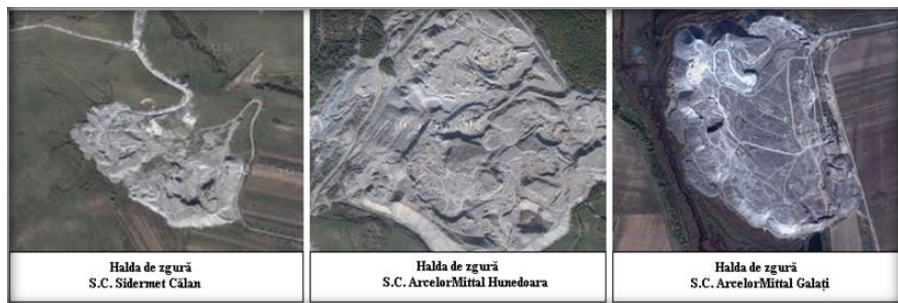


Figura 2.5. Haldă de zgură

Desigur, principalul obiect urmărit în valorificarea zgurilor de oțelărie, este acela al recuperării metalului antrenat mecanic în zgură și al deșeurilor metalice rezultate din diferite sectoare ale uzinelor metalurgice ce sunt amestecate cu zgura din halde.

2.6. Deșuri feroase mărunte și pulverulente generate în afara industriei siderurgice

2.6.1. Deșuri feroase din industria minieră

Industria extractivă poluează mediul atât în faza de extracție, cât și în fazele de preparare, respectiv la mărunțire, clasare, concentrare, preparare termică ș.a.

Pe durata extracțiilor în subteran sau la suprafață se elimină *praf* cu conținut de silicați, cărbune. Din operațiile de preparare rezultă steril care se depozitează pe halde, ape poluate, praf. Haldele scot teren din circuitul agricol, îl contaminează cu metale grele, praf de cărbune, îi schimbă pH-ul. Prafurile se îndepărtează din hale prin ventilație, sunt eliminate apoi în atmosferă, de unde poluează apa și solul, sau sunt captate cu instalații și echipamente adecvate. [61]

Industria minieră reprezintă o sursă puternică de poluare a mediului atât prin cantitățile de gaze și praf emansate în atmosferă cât și prin cantitățile de deșuri depozitate în iazuri sau pe halde .

În acest sens minereurile de fier tip *siderita* cu conținut de fier de 25–40%Fe sunt supuse operației de prăjire în vederea eliminării dioxidului de carbon, ceea ce determină îmbogățirea minereului în fier și transformarea mineralului din carbonat în oxizi de fier cu proprietăți magnetice. În urma unei operații de concentrare magnetică, în concentratul rezultat, fierul ajunge la o concentrație de 51–53%, fiind utilizat în procesul de aglomerare, iar sterilul este depozitat în iazuri.

Sideritul, FeCO_3 , este un mineral care se prezintă sub formă de amestecuri izomorfe, cu un conținut în metal de 48,3 %. Este casant și are slabe proprietăți magnetice.

Minereul de fier de tip siderită se supune în practică operației de prăjire pentru îndepărtarea dioxidului de carbon, iar după aceea operației de concentrare magnetică. În timpul operației de prăjire carbonatul de fier se transformă în oxizi de fier, astfel încât crește concentrația de fier în minereul prăjit, creștere care se accentuează prin concentrarea magnetică. Concentratul rezultat are un conținut de fier între 49–51% și este utilizat în șarjele de aglomerare. Temperatura de disociere a carbonatului de fier este de 400°C, inferioară carbonaților de calciu (910°C), de magneziu (650°C) și respectiv carbonatului dublu de calciu și magneziu (750°C), aceștia nu disociază în procesul de prăjire. [45]

Un asemenea proces tehnologic s-a desfășurat la Fabrica de preparare a Minereului de la Teliuc-Hunedoara, până în 1999 când fluxul primar de elaborare a oțelului (cocserie– aglomerare–furnale–oțelăria Siemens–Martin) de la S.C. Siderurgica S.A a fost complet dezafectat.

În iazurile aferente (în număr de 3) Fabricii de preparare a Minereurilor de la Teliuc-Hunedoara au rămas depozitate cantități mari de *steril sideritic*.

Sterilul poate fi supus unei operații de concentrare iar produsul rezultat concentrat secundar poate fi reciclat ca și componenbt feroas alături de alte deșuri feroase mărunte și pulverulente, iar sterilul secundar ca adaos de corecție pentru obținerea clincherului (compoziția chimică permite acest lucru).

În *figura 2.6* este prezentată imaginea din satelit a haldei de steril de la Teliuc și o imagine mai detaliată a acestei halde.

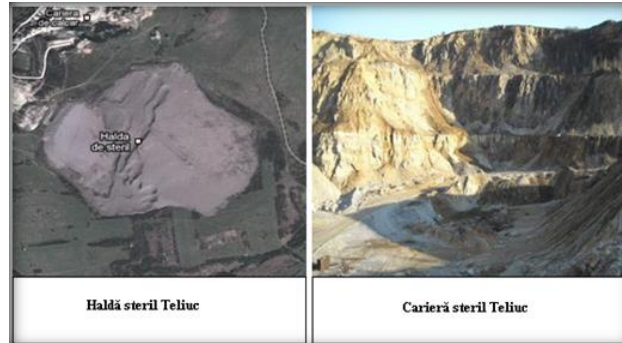


Figura 2.6. Haldă (carieră) steril Teliuc [29]

În *tabelul 2.17* este prezentată compoziția chimică a deșeurilor de la prepararea minereurilor de tip siderită prin concentrare. Caracteristicile sterilului sunt date de minereul din care provine și de finețea de măcinare determinate de procesul de preparare, uneori fiind posibil ca unele caracteristici ale sterilului să fie înrăutățite de adaosurile din procesul de preparare.

Tabelul 2.17. Compoziția chimică a deșeurilor de la prepararea minereurilor tip siderită[45]

Nr. crt.	Material	Compoziție chimică %							
		SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO
1.	Deșeu iaz decantare	34.41	7.09	7.76	9.18	2.89	16.31	6.62	1.38
2.	Concentrat sideritic secundar	19.83	9.96	18.69	21.08	3.18	20.28	7.59	2.21
3.	Steril secundar	37.65	6.8	5.56	6.39	2.82	15.17	6.50	1.49

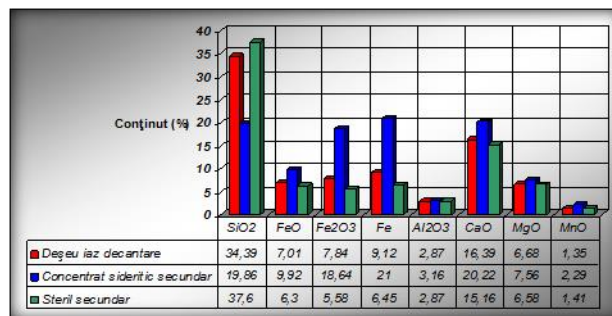


Figura 2.7. Histograma privind compoziția chimică a deșeurilor de la prepararea minereurilor tip siderită prin concentrare

Este inevitabilă apariția unei variații în timp a caracteristicilor sterilului. În aceeași problemă a caracteristicilor materialelor de care depinde starea depozitului de steril se încadrează și evoluția în timp a însușirilor materialului.

Deșeul sideritic poate fi valorificat și recirculat în procesul tehnologic din siderurgie prin peletizare, brichetare sau aglomerare alături de alte deșeuri cu conținut ridicat de fier (de exemplu praf de oțelărie, tunder, etc) sau în alte sectoare economice. În zona Hunedoarei, în urma preparării minereului sideritic utilizat în procesarea aglomeratului, există trei iazuri de decantare cu deșeu sideritic la Teliuc. În *figura 2.8.* sunt prezentate cantități de deșeuri sideritice depozitate și suprafețe

ocupate de acestea, iar în *tabelul 2.18* și *tabelul 2.19* – compoziția chimică, respectiv compoziția granulometrică a deșeurii sideritice din iazurile de decantare.

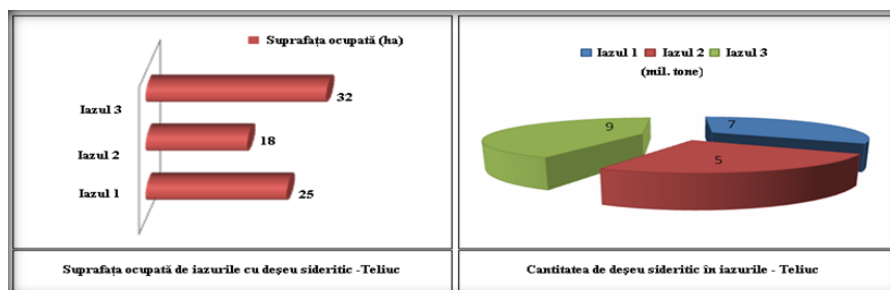


Figura 2.8. Cantități și suprafețe de deșuri sideritice – Teliuc

Tabelul 2.18. Compoziția chimică a deșeurii sideritice din iazurile de decantare

Deșeu sideritic din iaz de decantare	CaO [%]	SiO ₂ [%]	Al ₂ O ₃ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	Alți oxizi [%]	P.C. [%]
1.	16.54	35.02	2.84	7.80	14.98	22.82
2.	16.27	34.80	3.04	7.94	15.22	22.73
3.	16.59	34.91	3.00	8.04	15.46	22.00
4.	16.55	33.89	2.68	7.80	15.01	24.07
5.	16.48	34.22	3.07	7.90	14.63	23.70
6.	16.34	34.25	2.88	7.54	14.75	24.24
7.	16.44	34.28	2.75	7.85	15.21	23.47
8.	16.40	34.19	2.81	8.01	14.95	23.64
9.	16.20	34.10	2.85	7.88	15.15	23.80
10.	16.07	34.24	2.78	7.64	15.04	24.23
Media	16.39	34.39	2.87	7.84	15.04	23.47

Tabelul 2.19. Compoziția granulometrică a deșeurii sideritice

Denumire material	Clase granulometrice, [%]						
	< 25 μm	25-56 μm	56-90 μm	90-180 μm	180-315 μm	315-500 μm	> 500 μm
Deșeu sideritic	2.19	3.30	6.42	32.79	50.72	3.97	0.61



Figura 2.9. Iazuri de depozitare a deșeurii sideritice

2.6.2. Deșeuri feroase din industria chimică

În rândul surselor pentru obținerea de materiale re folosibile feroase trebuie incluse și unele reziduuri prăfoase cu conținut feros, rezultate în cursul unor procese tehnologice din alte ramuri industriale și care pot folosi în industria siderurgică după o prelucrare prealabilă. Acestea sunt: *cenușile de pirită* și *nămolurile roșii*.

Cenușile de pirită reprezintă subproduse obținute ca deșeuri la fabricarea acidului sulfuric. Actualmente aceste deșeuri nu sunt valorificate din cauza scăderii

consumului la furnale și eliminarea lor din baza de materii prime.

De menționat că asemenea deșeu a fost valorificat prin peletizare (Combinatul chimic Turnu Măgurele) și utilizat în încărcătura furnalelor de la C.S.Hunedoara (Siderurgica) până în anul 2005. Acestea conțin o cantitate de As, Zn care le fac restrictive în încărcătura furnalelor, respectiv elaborarea fontei de afinare destinată elaborării oțelului.

Cenușile de pirită rezultă prin prăjirea piritelor în procesul de fabricare a acidului sulfuric și care conține 40–65% fier, 0,08–1,8 % Zn, 0,01–1,2 % Pb, 2,0 – 29,5 argint/t, până la 1,2 aur/t etc.

Există diferite metode prin care metalele neferoase pot fi extrase, iar partea reziduală a materialului care constituie un aglomerat feros se poate utiliza în încărcătura furnalelor.

Prelucrarea *cenușilor de pirită* în scopul valorificării lor este necesară și sub aspectul evitării poluării mediului înconjurător.

Analiza chimică a acestor deșeuri se prezintă în *tabelul 2.20*:

Tabelul 2.20. Compoziția chimică a cenușilor piritice [29,87]

Compoziție/ sursă	Compoziția chimică, %											
	Fe	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	S	P	As	Alcalii	Cu	Pb	Zn
Valea Calugarească	52.7	2	12.2	0.5	0.6	3.8	0.2	0.6	2.5	0.5	0.5	1.2
Navodari	54	4	8	–	–	6	–	0.6	2.1	0.55	0.5	1.8
Turnu Magurele	53.8	3.03	8.3	–	–	3.28	–	0.15	1.8	0.55	0.17	0.33
Baia Mare	47.5	0.7	15.6	–	–	0.89	–	0.22	1.65	0.8	0.28	0.25
Făgăraș	21.9	3.64	13.6	–	–	5.28	–	0.28	2.31	0.14	0.41	0.46

La obținerea acidului sulfuric se utilizează, în principal, ca materie primă, *concentrate de pirită* care conțin în medie peste 40% sulf. Depozitarea deșeurilor de *cenuși de pirită* ridică o serie de probleme legate de scoaterea din circuitul agricol a unor suprafețe importante, pentru extinderea haldelor de depozitare, cheltuieli cu transportul și depozitarea cenușilor precum și întreținerea haldelor.

Efecte negative majore sunt datorate în special faptului că *cenușile* sunt ușor luate de vânt și afectează suprafețe foarte mari de teren care devin neproductive, pulberea fină creează un mediu puternic poluant în zonă, cu efecte dintre cele mai nedorite.

Nămolul roșu este un material pulverulent fin rezultat de la extragerea aluminei din bauxitele roșii prin procedeul Bayer, care constă în dizolvarea conținutului de oxid de aluminiu din bauxită, cu leșie fierbinte, concentrată, la temperaturi și presiuni ridicate. Acest reziduu industrial conține 45 – 55 % Fe₂O₃. Depozitarea controlată a acestor reziduuri industriale ar provoca mari dificultăți din punct de vedere al poluării apelor. Din această cauză se impune o neutralizare specială.



Figura 2.10. Nămolul roșu

Nămolul roșu se depozitează în iazuri menținându-se în stare permanentă umedă, în caz contrar curenții de aer antrenează acest material pulverulent ducând la poluarea mediului. Iazurile trebuie foarte bine dimensionate și să existe un control al depozitării, în sensul de a nu se depăși cantitatea maximă care poate fi depozitată, deoarece ar exista pericolul ruperii digului, situație întâlnită în Ungaria-2010.



Figura 2.11. Zonă depozitare nămol roșu- Ungaria

Există însă metode industriale de fabricare a acestor reziduuri care, în afară de faptul că le neutralizează, la transformă într-un aliaj de fier cu conținut de carbon de 1-3% ce poate fi utilizat în oțelării.

În tabele de mai jos sunt prezentate analiza chimică și granulometrică a nămolului roșu de la fosta Fabrică de alumina Oradea și de la Combinatul de alumina Alum S.A. Tulcea:

Tabelul 2.21. Analiza chimică a nămolului roșu - fosta Fabrică de alumina Oradea [29]

Compoziția chimică, %													
Fe	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	C ¹⁾	Pb	As	Altele ²⁾
41.63	46.48	8.85	9.47	21.44	0.64	0.47	3.88	5.08	0.43	1.20	0.28	0.013	1.76

¹⁾Carbonul din carbonați; ²⁾Oxizi de Zn, V, Cu, Cd, Cr și Ni

Tabelul 2.22. Analiza chimică a nămolului roșu - Combinatul de alumina Alum S.A. Tulcea [45]

Compoziția chimică, %													
Fe	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	C	Cu	Zn	Pb	As
26.15	7.09	9.41	21.22	0.59	0.27	4.5	6.25	0.29	1.55	0.043	0.17	0.31	0.013

Tabelul 2.23. Analiza granulometrică a nămolului roșu - fosta Fabrică de alumina Oradea

Fracții granulometrice, μm	>12.63	>7.29	>4.21	>3.06	>2.75	>1.48	<11.48
Pondere pe fracție, %	31.33	10.29	10.76	8.45	5.44	4.56	29.17

Tabelul 2.24. Analiza granulometrică a nămolului roșu - Combinatul de alumina Alum S.A. Tulcea [29]

Fracții granulometrice, μm	>12.63	>7.29	>4.21	>3.06	>2.75	>1.48	<11.48
Pondere pe fracție, %	29.26	10.63	12.24	8.51	5.85	4.79	28.27

Din această analiză reiese conținutul relativ mic de fier, dar și un conținut important de alumina. Distribuția granulometrică oferă un spectru de granulații cu 90% sub 12μm și cel puțin 20% sub 1μm ceea ce îl recomandă ca un material care se peletizează foarte bine. [45]

2.6.3. Deșeuri feroase din industria energetică

Industria energetică poluează termic, fonic, electromagnetic, chimic și estetic mediul. Astăzi energia electrică se obține din sursele convenționale astfel: 40% prin arderea țițeiului, 27% din cărbuni, 23% din gaze naturale, 7% din procese nucleare și 3% din apă. Procesele de combustie au așadar o mare pondere, atât pentru

obținerea energiei electrice, cât și a celei termice.

Producția și consumul de energie exercită presiuni considerabile asupra mediului, care includ contribuții la schimbările climatice, deteriorarea ecosistemelor naturale, deteriorarea mediului construit și producerea de efecte negative asupra sănătății umane. Energia prejudiciază mediul prin creșterea emisiilor de gaze cu efect de seră, prin poluarea mediului cu hidrocarburi, prin stocarea pe termen lung a deșeurilor nucleare și prin alte activități.

Poluarea provenită din activitatea energetică este responsabilă de existența poluanților în proporție de peste 50% la emisiile de metan și monoxid de carbon, 97% la emisiile de dioxid de sulf, 88% din emisiile de oxizi de azot, 99% la emisiile de dioxid de carbon. [69,92]

Din sectorul energetic avem în vedere *cenușa de termocentrală* utilizabilă ca liant în procesul de peletizare și respectiv brichetare, în plus conține fier și carbon. Cărbunii conțin întotdeauna o cantitate oarecare de impurități minerale, care formează în timpul arderii cenușa. Conținutul de cenușă depinde de felul cărbunelui, condițiile de formare și metodele de extragere. [6]

În urma arderii cărbunilor energetici la termocentrale rezultă o cantitate importantă de cenușă care trebuie depozitată, cu efecte negative asupra poluării.

Termocentralele elimină cenușă, pulberi, gaze, aer cald și abur. Cenușa poate reprezenta 40–50 % la lignit, cărbune brun, turbă, sau chiar peste 80 % în cazul arderii șisturilor bituminoase. Din ardere rezultă gaze cu conținut de CO₂, oxizi de sulf, de azot, compuși cu arsen, fluor. Energetica contribuie cu 57 % la efectul de seră, deoarece emite 55 % din totalul CO₂, 15 % din CH₄, 6 % din N₂O. Deține primul loc la emisiile de oxizi de sulf și de azot și locul al doilea, după materialele de construcții, la emisiile de pulberi. Numai termocentralele emit 60 % din SO₂ total și 30 % din Nox total. Pulberile se regăsesc aruncate la 10–20 km distanță, iar oxizii de sulf și de carbon la peste 1000 km, față de locul emisiei. [43, 46]

Numai o centrală de 2000 MW elimină anual 1,3 mil t cenușă la sol și în aer: 42000 t CO₂, 600 t SO₂ și 10 t praf de cenușă. La acestea se adaugă aburul evacuat prin turnul de răcire, care modifică umiditatea și temperatura atmosferică în zonă.

Concentratele din cenuși de termocentrală, obținute prin procesarea acestora pe mese de concentrare, sunt asemănătoare din punct de vedere a compoziției chimice cu alte deșeuri feroase prăfoase, sunt acide din punct de vedere a indicelui de bazicitate și în comparație cu alte deșeuri nu conțin elemente dăunătoare calității fontei și oțelului. [70]

Tabelul 2.25. Compoziția cenușilor de termocentrală [45]

Compoziția chimică, [%]								
SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
47.08	6.72	1.82	23.06	20.12	0.5	0.20	0.20	0.30

Tabelul 2.26. Compoziția concentratului de fier din cenușă de termocentrală [45]

Compoziția chimică, [%]								
SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Fe	Mn	P
11.89	51.96	8.85	13.39	7.31	3.85	46.71	1.15	0.028

Tabelul 2.27. Analiza granulometrică a concentratului de fier din cenușa de termocentrală [45]

Fracția granulometrică [mm]	0,315–0,20	0,20–0,10	0,10–0,071	< 0,071
Conținut, [%]	0.02	54	33.4	12.58

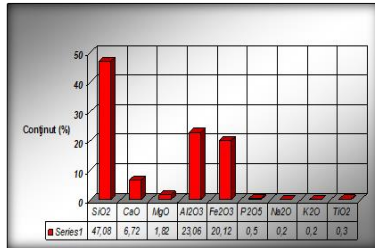


Figura 2.12. Histograma privind compoziția chimică a cenușii de termocentrală - Termocentrala Mintia Deva

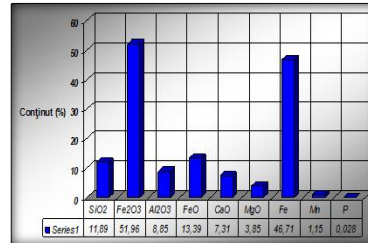


Figura 2.13. Histograma privind compoziția chimică a concentratului de cenușă de termocentrală

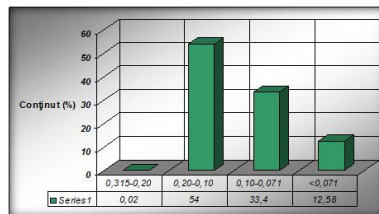


Figura 2.14. Histograma privind analiza granulometrică a concentratului de fier din cenușă de termocentrală rezultată în urma clasării acestuia

2.7. Concluzii

Din analiza celor prezentate în cadrul acestui capitol, cu referire la geneza și calitatea deșeurilor mărunte și pulverulente, cu conținut de Fe, C și diferite elemente de aliere a oțelului (sau fontei de turnătorie) rezultate din activitatea productivă în diferite domenii industriale, sunt scoase în evidență următoarele concluzii:

- ≡ cantitățile mari din deșeurile menționate mai sus sunt generate de industria siderurgică, în mod deosebit de ramura extractivă în care se lucrează pe flux integrat (elaborarea oțelului în convertizoare cu oxigen);
- ≡ din industria siderurgică rezultă prafuri și șlamuri de la cocserie, aglomerare furnale, oțelărie, laminoare și deșeuri mărunte de la oțelărie (fracția feroasă din zgură) și țunder cu conținut de fier în limitele 32- 65%;
- ≡ deșeuri rezultate din alte domenii industriale (minier, energetic, chimic, mecanic), fie sub formă pulverulentă fie mărunță, din punct de vedere al conținutului de fier, carbon și alte elemente metalice sau compuși favorabili pentru calitatea zgurii (nămol roșu cu 27% Al₂O₃ - Oradea, nămol protecție anticorrosivă cu 63% CaO - Brașov etc.) pot fi reciclate împreună cu deșeurile din siderurgie în limite bine fundamentate;
- ≡ granulația deșeurilor permite ca acestea să poată fi valorificate în siderurgie în cantități limitate.

O atenție deosebită trebuie acordată deșeurilor de la acoperiri anticorrosive care conțin elemente precum crom, nichel, mangan, zinc, astfel tehnologia de recuperare a elementelor metalice să permită obținerea unui produs/produse reciclabile în metalurgie (fie în siderurgie, fie în metalurgia neferoasă, de exemplu zincul, dar și produs redus cu Fe,Cr, Ni, Mn pentru corecția compoziției chimice a diferite aliaje neferoase).

3. PROCEDEE ȘI TEHNOLOGII DE VALORIFICARE A DEȘEURILOR CU CONȚINUT DE FIER REZULTATE DIN INDUSTRIA SIDERURGICĂ, MINIERĂ ȘI ENERGETICĂ

3.1. Considerații generale

În cadrul acestui capitol sunt prezentate procedee și tehnologii aplicate pe plan mondial și național, în ceea ce privește procesarea deșeurilor mărunte și pulverulente, cu conținut de fier și carbon generate în siderurgie. De asemenea sunt prezentate și alte deșeuri cu conținut de carbon și fier rezultate din industria energetică și minieră, valorificabile în siderurgie.

Prelucrarea deșeurilor este un complex amplu de operații tehnologice mecanice (*preparare mecanică*) și termice (*preparare termică*), pentru aducerea acestora într-o formă care să permită valorificarea lor rațională. Alegerea tehnologiilor de preparare a deșeurilor este determinată de compoziția lor chimică, de forma sub care se află elementele utile sau dăunătoare în deșeuri și de particularitățile proprietăților fizice ale acestora (în special cele granulometrice). [22, 23]

În procedeele de fabricație din siderurgie rezultă deșeuri secundare constituite din amestecuri de prafuri de diferiți oxizi (oxizi de fier, de siliciu, de calciu, mangan, magneziu, plumb, aluminiu) și unele cu carbon (sub formă de cocs și cărbune).

Cantitățile mari generate anual se regăsesc sub formă de praf și șlam de furnale și de oțelărie, prafuri de la electrofiltrele diverselor agregate cum ar fi cuptoare electrice cu arc, stații de desprăfuire ale estacadelor/stivelor de depozitare a materiilor prime, hale de turnare a metalului lichid – fontă și oțel, sau praf de oxid feric rezultat de la regenerarea soluțiilor acide uzate de la decaparea laminatelor plate. De asemenea sunt generate anual cantități mari de țunder care sunt deșeuri de oxizi de fier cu un conținut ridicat de peste 65% Fe. O gamă largă de deșeuri pulverulente bogate în Fe sunt generate și în alte industrii cum ar fi: extracția aluminei prin procedeul Bayer din care rezultă nămol roșu, cenușile piritice rezultate de la fabricarea acidului sulfuric, cenușile de termocentrale, etc. [26]

Deșeurile provenite din siderurgice și-au găsit parțial o utilizare prin valorificare pe propriile fluxuri industriale prin reintroducerea ca atare în fluxul de aglomerare a minereurilor de fier, cum este cazul prafului de furnal și de oțelărie, posibilitate care este dată de granulația mai mare a acestora de circa 0,2-1,2mm. [68]

Complexitatea proprietăților deșeurilor nu permite întotdeauna prepararea lor printr-o singură operație. Transformarea deșeurilor în subproduse sau materii prime pentru industria siderurgică sau alte industrii are loc printr-o succesiune de operații metalurgice și procese ce se constituie în *fluxuri tehnologice de prelucrare*.

În funcție de proprietățile deșeurilor și de scopul urmărit, operațiile de preparare se realizează prin:

- ≡ *metode fizico-mecanice* fără transformări chimice sau structurale;
- ≡ *metode fizico-chimice* cu transformări chimice și structurale.

Din punct de vedere al scopului urmărit, operațiile de preparare se clasifică:

- ≡ *operații de modificare sau îmbunătățire a granulației materialelor:*
- ≡ *sfărâmarea* prin care se realizează reducerea dimensiunilor materialelor;
- ≡ *clasarea* care realizează separarea materialelor pe clase cuprinse între anumite dimensiuni;
- ≡ *transformarea în bucăți a materialelor fine* ce se realizează mecanic prin *brichetare* sau *peletizare* și termic prin *aglomerare-sinterizare*;
- ≡ *operații auxiliare*: eliminarea apei (prin procedee mecanice–deșlamare, îngroșare, filtrare sau prin procedee termice–uscarea), desprăfuirea aerului sau gazelor, amestecarea și omogenizarea, transportul, depozitarea, evacuarea apelor, etc.

Din studiul literaturii de specialitate, vom considera ca și reprezentative în cadrul acestui capitol, următoarele procedee:

- ≡ procedee *de tip pirometalurgic și hidrometalurgic*;
- ≡ procedee clasice: *peletizarea, brichetarea și aglomerarea*;
- ≡ procedee noi: *CARBOFER, INMETCO, Primus, Fastmet, Fastmelting, RHF-Demag SMS*.

Deșeurile sunt preparate pentru a elimina din ele anumite substanțe sau elemente dăunătoare (plumb sau zinc din materialele feroase, uleiuri din țunder, etc.). Tehnologii precum *hidrociclonarea, peletizarea, brichetarea, aglomerarea* realizează o corecție a compoziției granulometrice precum și o îndepărtare la un randament ridicat a metalelor neferoase din compoziția deșeurilor feroase mărunte și pulverulente supuse preparării. Ele se aplică în prezent, cu rezultate satisfăcătoare atât pentru îmbunătățirea compoziției granulometrice cât și pentru reducerea conținutului de metale neferoase, în Japonia, Germania, SUA, Olanda, Austria. [65]

3.2. Valorificarea prafului de cărbune și a prafului de cocs

În cadrul unei cocserii, sursele de poluare cu praf sunt localizate în principal în zona cuptoarelor de cocsificare (bateriile de cocsificare), 80% din cantitatea totală de praf provenind din procesul de încărcare/descărcare a camerelor de cocsificare. Toate celelalte operații care se execută într-o cocserie în spații deschise (preluarea cărbunilor din vagoane sau stive, măcinarea și clasarea cărbunilor, încărcarea bateriilor, clasarea, stingerea și sortarea cocsului) produc o poluare avansată a solului cu particule de cărbune și cocs de diferite dimensiuni.

Combustibilul de bază utilizat în prezent ca sursă de căldură și agent reducător în furnal este cocsul metalurgic, care se obține prin distilarea uscată a cărbunilor.

Rezervele mondiale de cărbuni sunt mari, peste 4500 miliarde tone, însă din acestea numai 930 miliarde tone sunt cocsificabili.

În procesul de aglomerare, căldura necesară procesului tehnologic este adusă de combustibili solizi care sunt cocsul mărunț, antracitul, cocsul de fluidizare și cocsul petrol.

Cocsul mărunț este combustibilul principal folosit în procesul de aglomerare, el rezultând în timpul procesului de fabricare a cocsului, din cocsul metalurgic destinat furnalelor. Înainte de apariția și dezvoltarea instalațiilor de aglomerare, acest combustibil era socotit un deșeu și nu își avea utilizare decât în cantități reduse. După procesul de cocsificare, la evacuarea cocsului din baterii, în timpul stingerii și a manipulării la cocserie, o parte din cocsul bulgări se fisurează și

formează o fracție mărunță între 0-25mm. Scoaterea de cocs metalurgic cu granulație mai mare de 25mm este de 92-94% din cantitatea de cocs produsă, restul de 6-8% îl reprezintă cocsul mărunț. Acesta are un conținut de până la 12% umiditate, materii volatile până la 3%, cenușă maxim 14% și sulf până la 2,4%.

Antracitul este combustibilul care înlocuiește cel mai bine cocsul mărunț în procesul de aglomerare. Conține 2-7% volatile, 6-9% cenușă și 1-2% S.

Cocsul de fluidizare este un combustibil cu o granulație fină, sub 3mm, conținut de volatile de maxim 7%, cenușă maxim 14% și umiditate până la 14%.

Cocsul petrol este un alt combustibil care poate fi folosit în procesul de aglomerare. El se obține în rafinăriile de petrol sub formă de bulgări. Are un conținut scăzut de cenușă, sub 4%, putând fi degresat când are 2-3% volatile și nedegresat cu până la 10% volatile. Din cauza conținutului mai ridicat de carbon s-a stabilit experimental că 0,89 t cocs petrol înlocuiește 1 tonă cocs mărunț. [46]

Toți acești combustibili se introduc în amestecul de aglomerare și trebuie măcinați la o granulație de 3mm, cu excepția cocsului de fluidizare. Utilajele specifice pentru măcinarea combustibililor la aglomerare sunt concasoarele cu valțuri. Pentru realizarea unei granulații corespunzătoare, măcinarea acestora se realizează de obicei în două trepte. Calitatea aglomeratului și consumul specific de combustibil sunt direct influențate de gradul de măcinare a combustibilului. Granulația combustibilului la aglomerare, care conduce la consumuri minime și calitate bună a aglomeratului este cuprinsă între 0,5-2mm. Franciile mai mari de 2mm și în special peste 3mm, prin ardere dezvoltă local cantități mari de căldură și conduc la supratopirea amestecului supus aglomerării, iar fracția sub 0,5mm este ușor reactivă și căldura rezultată nu este utilizată în mod eficient.

Pe plan mondial, valorificarea prafului de cărbune și cocs se realizează în proporție ridicată, ajungându-se până la 100% în țări ca Germania, Austria, Franța, S.U.A., Japonia, etc. [28]

Valorificarea acestor deșeuri se realizează prin reintroducerea prafului de cocs în șarja de cocsificare pe post de material degresant și reintroducerea prafului de cărbune în șarjă în cazul încărcării ștampate.

Aceste deșeuri la mai multe procedee, sunt procesate împreună cu alte tipuri de deșeuri mărunte și pulverulente, în scopul obținerii unui produs apt a fi valorificat în diverse etape de flux tehnologic din cadrul sectorului siderurgic. În acest sens se are în vedere producerea peletelor și brichetelor complexe cu fier și carbon, precum și CARBOFER-ul, utilizabile fie în procesul de elaborare a fontei, fie a oțelului, ca agent de spumare a zgurii. [52]

3.3. Procedeu de valorificare a deșeurilor feroase prin peletizare

3.3.1. Considerații tehnologice.

Din procesul de preparare a minereurilor rezultă materiale cu granulații diferite. Creșterea procentului de fier și eliminarea unei părți importante din sterilul minereurilor sărace, a necesitat concasarea și măcinarea avansată a acestora. Granulațiile ultrafine rezultate ca urmare a folosirii acestor tehnologii de concentrare nu mai fac posibilă utilizarea lor în fabricile de aglomerare decât în cantități limitate, iar utilizarea directă în încărcătura furnalelor, de asemenea, nu este posibilă.

Valorificarea minereurilor pulverulente a impus fundamentarea unui procedeu tehnologic care să permită transformarea lor în bulgări (granule) în mod economic.

Începând din anul 1912, a început să fie cunoscut *procedeul de peletizare*, primul brevet aparținând suedezului A. G. Anderson. După anul 1950 pe plan mondial a apărut și s-a impus ca procedeul industrial *peletizarea minereurilor de fier*. [12,21,58] Acest procedeul constă în transformarea minereurilor pulverulente în granule de formă sferică denumite pelete, cu abateri minime de la un diametru mediu.

Ca urmare, a apărut *procedeul de peletizare* a minereurilor ultrafine, inițial dezvoltat în S.U.A. folosindu-se concentratele magnetitice. Ulterior, producerea peletelor de fier a fost extinsă și la alte tipuri de minereuri de fier, cum ar fi concentratele hematitice, unele minereuri în stare naturală limonitice, magnetite artificiale sau reziduuri piritice.

În prezent, se află în funcțiune numeroase instalații care produc mari cantități de pelete, acestea putând fi întâlnite în America de Sud, America Centrală, Australia, Japonia, Ucraina și Africa de Vest. [12,16,21]

În mare, *procesul de peletizare* se bazează pe formarea unor sfere (pelete) crude prin rostogolirea unui minereu măcinat fin sau concentrat pe instalații speciale, prin folosirea umidității și a unor lianți (frecvent bentonită, în cazul durificării prin ardere), după care peletele se usucă și se ard în atmosferă oxidantă până la temperaturi de 1250-1350°C. Consumul de căldură pentru procesul de peletizare este diferit funcție de tipul materialului prelucrat. [19,58]

În cazul durificării la rece se folosește ca liant cimentul și durificare are loc în aer (durata cca. 28 de zile).

Deșeurile folosite în procesul de peletizare trebuie să aibă o granulație fină pentru a se putea forma peletele. Creșterea fineții atrage după sine micșorarea porozității peletelor, cu consecințe negative asupra reactivității. În privința granulației amestecului de peletizare, tehnologia din estul Europei prevede că min. 80% din amestec nu trebuie să depășească 0,061mm. Tehnologia aplicată în statele din Vest, ia în considerare granulația sub 0,044mm, iar valoarea procentuală a acestei fracții trebuie să fie mai mare de 60%. Peletizarea este favorizată de prezența lianților (argilă, var, CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , leșii sulfite, bentonite, Na_2SiO_3 , H_2SO_4). Dimensiunile peletelor sunt influențate de viteza de rotație și variază între 10-30mm (figura3.1.).



Figura 3.1. Pelete

Pe lângă aceste considerente *peletizarea* minereurilor de fier prezintă câteva avantaje esențiale, dintre care se menționează:

- ≡ forma rotundă a peletelor cât și uniformitatea lor granulometrică, având ca efecte mărirea permeabilității încărcăturii, face posibilă intensificarea regimului de funcționare, printr-o mai bună repartizare a gazelor în furnal și creșterea gradului de reducere indirectă, cu consecințe asupra scăderii consumului specific de cocs;

- ≡ conținutul de sulf în pelete mult mai mic decât în aglomerat (0,01% față de 0,10 – 0,15 % S din aglomerat);
- ≡ apariția peletelor autofondante, îmbunătățește în mare măsură performanțele economice ale furnalelor;
- ≡ utilizarea procentuală în încărcătura furnalelor este foarte diversă, putând fi folosite în asociere cu aglomeratul sau constituind, în anumite condiții, singurul element din încărcătură;
- ≡ consumul specific de energie termică pentru producerea peletelor este mai mic cu cca. 50 % față de același consum specific necesar pentru obținerea aglomeratului. [12,16,21]

Procesul de peletizare are următoarele faze: prepararea șarjei (pregătirea minereurilor); producerea de pelete (sfere) crude; întărirea peletelor (durificarea sau tratarea termică a peletelor); răcirea peletelor. [3,21,58]

3.3.2. Pregătirea materiilor prime pentru peletizare

Din cele prezentate anterior, rezultă că formarea peletelor ca urmare a consolidării mecanice a particulelor prin rostogolire, sub influența tensiunii superficiale create de adaosul de umiditate, necesită măsuri speciale privind asigurarea unei granulații optime, a stabilirii cantității optime de adaos de apă funcție de natura materiei prime, precum și alegerea liantului cel mai eficient.

Conținutul de umiditate al unui amestec pentru *peletizare* se determină în mod normal prin experimentare, după care el trebuie măsurat și controlat în regim continuu. Se preferă această metodologie de măsurare, întrucât determinările prin calcul, nu iau în considerare și capacitatea de absorbție a umidității care poate fi diferită de la material la material. [12,47,58]

Pregătirea materiilor prime feroase (inclusiv deșeuri), fondanți, cocs mărunț implică uscarea și clasarea (ciuruirea) acestora.

Uscarea minereurilor de fier este necesară pentru a reduce conținutul de umiditate din minereurile de fier la mai puțin 1%. *Peletizarea* necesită aducerea minereului de o anumită finețe necesară formării peletelor și ulterior arderii în cuptor. Materiile prime clasate sunt dozate conform rețetei de fabricație, după care sunt supuse omogenizării în toba de omogenizare.

3.3.3. Mecanismul formării peletelor

Peletizarea constituie un proces în urma căruia particulele fine de minereu, printr-o mișcare de rostogolire, se adună în formă de sfere, datorită unor forțe de coeziune provocate de un lichid, care în cele mai multe cazuri este apa (*figura 3.2.A*).

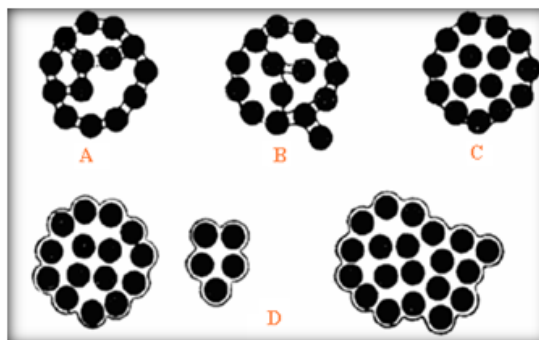


Figura 3.2. Formarea peletelor crude [21]

În granulele umezite se formează punți hidraulice care mențin aceste particule strâns legate și care, favorizate de mișcarea de rotație, generează apariția

primilor germeni. Prin adăugare de apă, germenii încep să crească, coeziunea dintre granule fiind menținută datorită unor forțe capilare (figura 3.2.B). Pe măsură ce procesul de formare a peletelor avansează, aerul din interior este eliminat, apa umplând toate golurile până la marginea peletei (figura 3.2.C). Granulele de material sunt menținute la un loc datorită tensiunii superficiale a picăturilor de apă (figura 3.2.D).

De asemenea în figura 3.3 se prezintă principalii pași în procesul de peletizare.

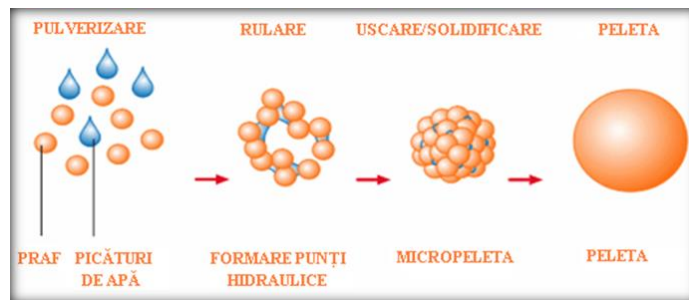


Figura 3.3. Pașii în procesul de peletizare

Mărimea forței de aderență depinde de o serie de factori, printre care: compoziția chimică și mineralogică a minereului, forma și mărimea granulelor, natura lianților folosiți, puritatea și cantitatea de apă de adaos. Prezența apei este decisivă, iar numărul și mărimea porilor materialului peletizat sunt foarte importante.

Funcție de natura și mărimea porilor, trebuie determinat necesarul de adaos de apă, astfel încât acesta să ducă la umplerea completă a porilor și eliminarea aerului din interior, efectul capilar fiind simțitor redus de prezența aerului în pori. Practic, sfera astfel formată, fiind supusă unui întreg flux tehnologic de tratamente termice este necesar ca încă de la formare, ea să aibă o rezistență la compresiune care să-i asigure stabilitate. [21,58]

Peletizarea poate avea loc pornind de la un minereu uscat în stare pulverulentă, la care cantitatea necesară de apă se adaugă în timpul formării peletelor crude, fie de la un material adus deja la umiditatea necesară. Cum cel din urmă caz se întâlnește în practică destul de rar, pentru concentratele rezultate de la o preparare mecanică umedă, se preferă a se micșora umiditatea inițială până la câteva procente sub cea normală, urmând a se adăuga restul de apă în timpul procesului de peletizare. [27,58]

În sprijinul celor afirmate este faptul că prafurile uscate nu formează sfere de rulare, iar sferile crude imersate în apă, se pot dezintegra destul de repede.

S-a constatat că, minereurile care sunt formate din granule cu o suprafață neregulată, au o bună capacitate de umezire (cenușile de pirită, limonitele, sideritele). De asemenea o capacitate bună de umezire o prezintă și minereurile care au tendința de a reacționa cu lichidul de peletizare, fiind vorba de acele minereuri care au tendința de legare chimică a apei. [53,73,77]

Umiditatea amestecului ce urmează a fi peletizat are o însemnătate deosebită, constatându-se că până la o anumită limită, aceasta crește rezistența peletei, iar la o depășire a acestei limite, rezistența scade. Limita până la care crește rezistența este hotărâtă de dimensiunile și natura minereului, deci de suprafața specifică ce poate asigura absorbția apei. Îmbunătățirea rezistenței peletelor poate fi asigurată

și de folosirea unor lianți, cel mai folosit fiind bentonita. [12]

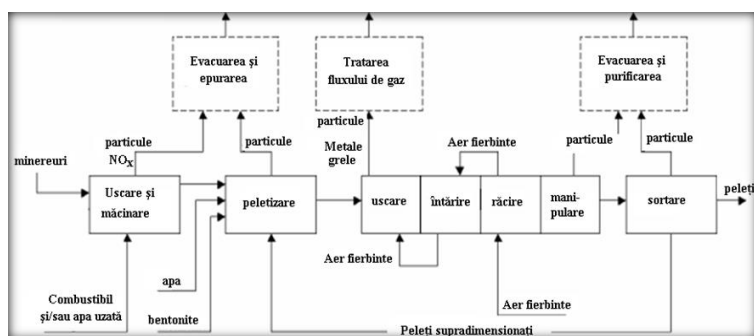


Figura 3.4. Schema unei instalații de peletizare[35]

3.3.4. Instalații pentru producerea peletelor crude

Din numărul de procedee propuse pentru producerea peletelor crude, din punct de vedere al tipului de utilaje folosite și care au căpătat o largă răspândire în practica mondială, se disting trei procedee: *peletizare în teler* (disc), *în tambur cilindric* (cea mai răspândită) și *în tambur conic*, (figura.3.5). [63]

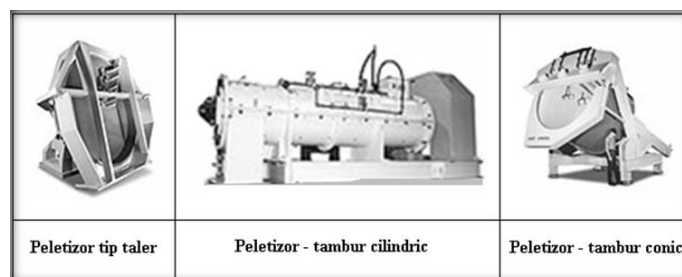


Figura 3.5. Instalații pentru producerea peletelor

3.3.4.1. Peletizarea în tambur cilindric (figura 3.6.), este cel mai des procedeu folosit pentru obținerea peletelor crude, deoarece procesul său tehnologic este foarte simplu, cu condiția asigurării unei alimentări constante a amestecului de material și de apă și totodată a unei compoziții granulometrice constante amestecului de material.

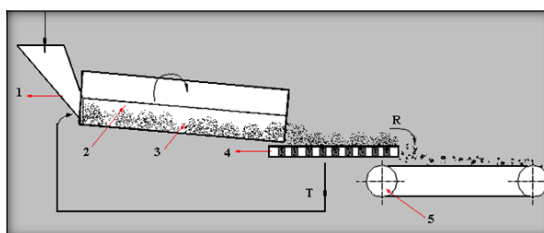


Figura 3.6. Peletizor tip tambur cilindric

1 – buncăr de alimentare; 2 – cilindru de peletizare; 3 – minereu; 4 – instalație de clasare; 5 – bandă transportoare.

La trecerea materialului prin tambur, se formează pelete de diferite dimensiuni. Din acest motiv, la ieșirea din tambur, peletele trec printr-o instalație de sortare (ciur), peletele mici fiind reintroduse în tambur. Tamburii de peletizare sunt

prevăzuți cu dispozitive de răzuire, care reglează grosimea materialului lipit de manta.

3.3.4.2. Peletizorul cu taler înclinat. În acest caz se omogenizează amestecul de deșuri prăfoase cu un liant și cu praf de cărbune sau de cocs fin cu diametrul mediu $d_m < 0,06\text{mm}$ (dacă se urmărește obținerea de pelete autoreducătoare), se adaugă diverși lianți solizi în proporție de 2-4%, se preumectează la 7-8% apă, apoi se peletizează pe taler înclinat. Pe durata procesului de peletizare se face adaos de apă controlat.

În urma contactului *material în rostogolire – jet de apă*, are loc formarea peletelor, acestea având diferite dimensiuni. Din această cauză, după evacuarea peletelor de pe taler, acestea sunt sortate. Peletele cu dimensiuni mai mici de 5mm sunt reintroduse pe disc, iar cele mai mari de 20mm sunt sparte și reintroduse în fluxul de alimentare. Principalul avantaj al talerelor de peletizare, este efectul de autosortare pe care îl prezintă și în urma căruia se obțin pelete cu o dimensiune aproape constantă. Dimensiunea și rezistența peletei, poate fi mărită prin micșorarea unghiului de înclinare a talerului. De asemenea, dimensiunea peletei este influențată și de viteza de rostogolire a acesteia pe taler. În acest scop trebuie determinată o viteză corectă de rotație a peletizorului, care să asigure nucleelor formate, o mișcare de rostogolire continuă și uniformă.

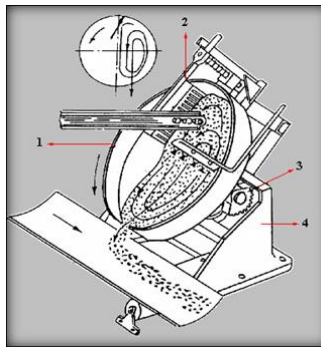


Figura 3.7. Schema mișcării materialelor în peletizor
1 - taler; 2 - răzuitor; 3 - mecanism de înclinare; 4. - cadru

Peletizarea în taler (figura 3.7.) prezintă o serie de avantaje față de peletizarea în tambur, printre care productivitatea mare, omogenitatea din punct de vedere dimensional a peletelor și rezistență corespunzătoare, consum mai mic de energie electrică.

3.3.4.3. Peletizoarele conice permit obținerea peletelor după o variantă combinată a primelor două procedee (tambur și taler). Cu toate avantajele pe care le prezintă conurile de peletizare, în prezent tamburul cilindric (circa 80%) este cel mai des folosit. [13]

3.3.5. Durificarea peletelor

În urma *procesului de peletizare* rezultă peletele crude, care pentru a putea fi utilizate trebuie supuse unui proces de durificare. Acesta se poate realiza prin:

- ≡ arderea la temperaturi de până la 1300°C conform unei diagrame de încălzire;
- ≡ durificarea chimică, prin întărirea cu CO_2 sau adaos de ciment.

Temperatura joacă un rol deosebit în procesul de durificarea peletelor prin tratament termic și o dată cu creșterea ei se mărește și rezistența la compresiune, atât pentru minereurile hematice, cât și pentru cele magnetice. [8]

Această tendință se manifestă numai până la atingerea unei anumite temperaturi optime, după care o creștere în continuare a temperaturii provoacă, dimpotrivă o micșorare a rezistenței la compresiune, deoarece în interiorul *peletelor* apare o topitură, care favorizează formarea unei zguri sticloase care la răcire devine sfărâmicioasă. [19,58]

3.3.5.1. Durificarea peletelor prin încălzire (tratament termic) comportă mai multe faze: uscare, preîncălzire, ardere, răcire.

Stabilirea tehnologiei de realizare a tuturor acestor faze este foarte importantă, mai ales că în funcție de natura deșeurilor, comportarea în timp pentru toate aceste faze este foarte diferită pentru aceleași solicitări termice ce sunt aplicate.

Durificarea prin ardere se deosebește fundamental de aglomerarea minereurilor de fier, cu toate că în ambele cazuri se utilizează temperaturi de până la 1350°C. La arderea peletelor, în interiorul fiecărei pelete are loc un proces de cristalizare și o schimbare de structură. Spre deosebire de aglomerare, unde granulele de minereu se topesc parțial și se aglutinează, peletele își mențin forma lor și după ardere.

Procesul de durificare al peletelor prin tratament termic, este influențat de următorii factori: compoziția chimico-mineralogică și granulația minereului, temperatura de ardere, durata de ardere și lianții utilizați. [16, 66]

În *figura 3.8.* este prezentată diagrama de durificare pentru pelete:

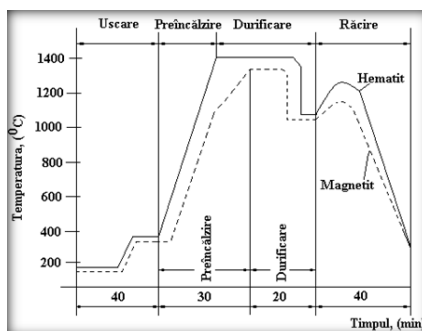


Figura 3.8. Diagrama de durificare a peletelor[21]

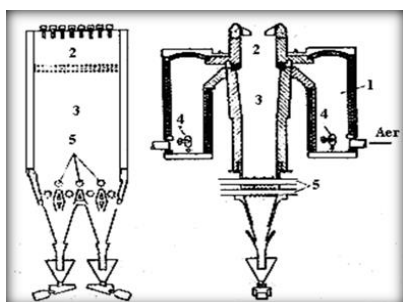


Figura 3.9. Cuptor cu cuvă pentru durificarea peletelor

- 1- cameră de ardere, 2- zonă de încălzire, 3- zonă de răcire, 4- arzător,
- 5- cilindri dințați

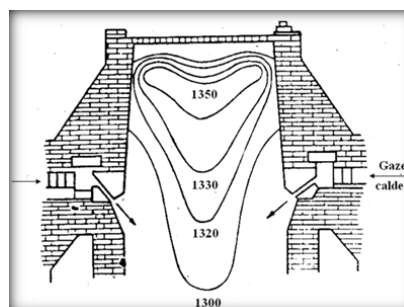


Figura 3.10. Curbele izoterme din zona de durificare a peletelor în cuptorul cu cuvă

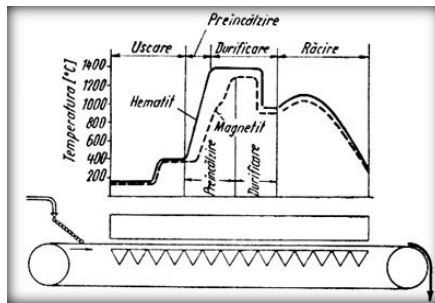


Figura 3.11. Variația temperaturii pe lungimea unei benzi drepte de durificare a peletelor

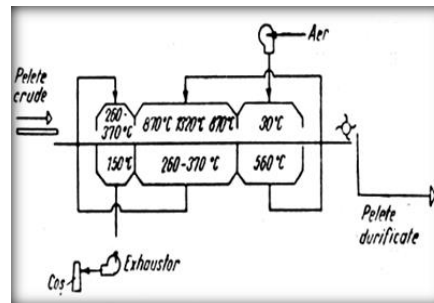


Figura 3.12. Schema de principiu a instalației de durificare a peletelor pe bandă circulară

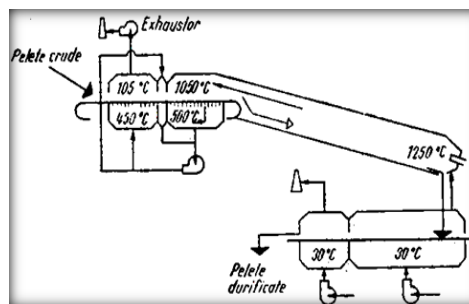


Figura 3.13 Schema de principiu a procedurii Grăte-Klin

Durificarea la cald a peletelor se poate efectua în următoarele variante: cuptor cu cuvă (figura 3.9. izotermele figura 3.10), pe bandă dreaptă (figura 3.11.), pe bandă circulară (figura 3.12.), pe bandă și cuptor rotativ (Grate – Klin) (figura 3.13.) [16,66]

În momentul de față durificarea peletelor pe bandă dreaptă constituie cea mai răspândită metodă, ea permițând tratamentul oricărui tip de minereu.

3.3.5.2. Peletizarea cu autoîntărire (la rece) a prafulilor și șlamurilor prezintă inconvenientul că peletele astfel obținute necesită o perioadă de stocare de câteva zile, pentru a obține o rezistență la compresiune aproximativ satisfăcătoare cerințelor procesului de elaborare a fontei în furnal.

Rezistența peletelor este o caracteristică foarte importantă pentru calitatea acestora, care trebuie respectată atât în cazul peletelor crude având în vedere manevrarea și transportul lor până la instalațiile de prăjire, cât și a peletelor durificate la manevrare și transport de la producător la consumator.

Procedeele de durificare cel mai cunoscut este *procedeele Grăncold* (Suedia) și constă în utilizarea unui liant în proporție de 10% din greutatea minereului care se amestecă cu minereul înainte de peletizare.

Liantul folosit se compune din: 60% ciment Portland și 40% zgură de furnal granulat.

Pentru creșterea rezistenței la compresiune, se adaugă 3-5% din greutate, față de amestecul inițial cu liant, cocs de petrol. [12,21]

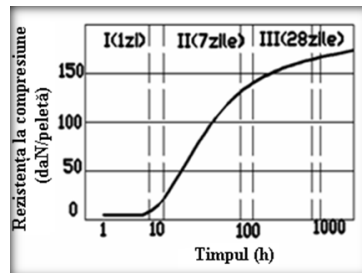


Figura 3.14. Variația în timp a rezistenței la compresiune a peletelor durificate la rece cu liant: I - perioada de întărire latentă (1-2 zile); II - perioada de durificare secundară (3 - 6 zile); III- perioada de durificare finală (7 -30 zile) [12,21]

Pentru a nu se lipi peletele între ele în timpul întăririi cimentului, peletele se acoperă cu un strat de minereu fără liant, iar umiditatea peletelor trebuie să fie 8-9%. Durata de durificare este relativ lungă, ea cuprinzând trei faze sau perioade (figura 3.14.):

- ≡ I - circa 1-2 zile, rezistența are o creștere neînsemnată;
- ≡ II - circa 3-6 zile, creșterea rezistenței este destul de rapidă (70%);
- ≡ III - circa 4 săptămâni, stabilizarea rezistenței.

3.4. Procedul de valorificare prin brichetare

3.4.1. Caracteristici generale

În urma procedurii de extracție din zăcământ, prelucrare mecanică și îmbogățire a minereurilor de fier, rezultă o cantitate însemnată de minereuri mărunte și fine a căror utilizare și valorificare a fost complet soluționată și rezolvată în ultimul timp. Ca urmare același lucru se impune și în domeniul deșeurilor mărunte și pulverulente mai ales că în România, comparativ cu majoritatea țărilor din Uniunea Europeană procesul de valorificare a acestor sortimente de deșeuri este mult rămas în urmă. Primele încercări de transformare a minereurilor pulverulente și mărunte în bulgări spre utilizarea lor în furnal, au fost făcute prin *brichetare*. [2,19,56]

Brichetarea constă în obținerea unor bucăți de formă sferică, elipsoidală, cilindrică sau chiar paralelipedică/cubică, din minereuri/deșeuri mărunte și pulverulente (cu granulația sub 8mm) în urma unor operații de presare pe utilaje specializate, urmate de un proces de uscare/prăjire în scopul creșterii caracteristicilor mecanice ale acestora. [30] Calitatea acestora trebuie în cea mai mare măsură corelată cu capacitatea furnalelor la care sunt utilizate. Brichetarea se aplică deșeurilor pulverulente (prafuri colectate în instalațiile de desprăfuire) precum și produselor fine obținute prin precipitare. Această metodă se poate utiliza și pentru brichetarea altor deșeuri cum ar fi deșeurile din lemn, de aluminiu, paie de cereale, deșeuri din plastic, polistiren, hârtie și carton, textile. Se pot obține, de asemenea brichete din cărbune. [19,28, 56]

Transformarea în brichete a materialelor feroase mărunte și pulverulente, reprezintă în prezent o preocupare deosebită în procesul de valorificare a deșeurilor feroase pulverulente și mărunte rezultate în urma proceselor metalurgice, respectiv siderurgice, dar și a celor rezultate din alte ramuri industriale. [29]

În principal din punct de vedere fizic, brichetele utilizate în siderurgie sau în metalurgia neferoasă trebuie să îndeplinească următoarele condiții: rezistență în condiții variabile (să nu se deterioreze sub influența variației de căldură, frig sau

umiditate); rezistență la temperaturi înalte (900°C); rezistență la apă; permeabilitate corespunzătoare la trecerea gazelor; rezistență mecanică și rezistență la mărunțire (fisurare și sfărâmare); rezistență în atmosferă la vapori încălzii; umiditate redusă (max. 2%); greutate volumetrică mare. [28,30,31]

Pentru a se putea utiliza în procesul de brichetare, deșeurile pulverulente nu trebuie să conțină fracții mai mari de 5mm. Pentru obținerea brichetelor, materia primă este supusă unei măcinări fine, măcinare care de regulă, se face în mori cu bile sau bare. [19,80]

3.4.2. Metode de brichetare

3.4.2.1. Clasificarea metodelor de brichetare

Metodele de brichetare existente pot fi împărțite în două categorii:

- ≡ *brichetare fără adaosuri de substanțe liante;*
- ≡ *brichetare cu adaosuri de substanțe liante* (lianți organici sau anorganici de tipul: gudron, leșii sulfite, smoală, ciment, var, Na_2SiO_3 – silicat de sodiu/apă de sticlă, bentonită).

Din prima categorie fac parte metodele în cadrul cărora rezistența brichetelor se obține datorită substanțelor liante aflate chiar în minereu (minereu al cărui steril conține argilă), sau datorită aglomerării particulelor de minereu prin prăjirea care urmează brichetării. Prin presare la 30-50daN/cm², minereurile cu un conținut ridicat de gangă argiloasă vâscoasă se transformă în brichete destul de rezistente. Prin arderea acestor brichete la temperaturi înalte de circa 1200°C, particulele de minereu presate se lipesc, realizându-se o aglomerare superficială, în urma căreia rezistența crește. Arderea brichetelor se realizează în cuptoare tunel încălzite cu combustibili gazoși, lichizi sau chiar solizi. Datorită atmosferei oxidante din cuptor, se realizează și o bună îndepărtare a sulfului.

În a doua categorie intră numeroase metode de brichetare a minereului mărunț cu adaosuri de diverși lianți organici sau anorganici, care permit obținerea de brichete cu rezistență ridicată, datorită măririi capacității de legare a particulelor de minereu printr-un fenomen de *cimentare*. [8]

Brichetarea nămolurilor din hidrometalurgie sau a șlamurilor din instalațiile de desprăfuire umedă se realizează după desecare și amestecare cu fondanți (borax/boratul de sodiu – $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, sodă – Na_2CO_3 , var) care au rol de lianți. Lianții se adaugă până la 0,5-1%.

Brichetarea materialelor pulverulente se face mai rar fără liant (doar la materialele cu proprietăți liante) și cu lianți inerți sterili (ciment, Na_2CO_3 , MgCl_2) sau utili (varul în proporție de 5-10%). În acest ultim caz se obțin brichete autofundate.

Instalațiile prin care se execută presarea brichetelor pot fi:

- ≡ instalații de brichetare la presiune joasă (50 – 100 daN/cm²);
- ≡ instalații de brichetare la presiune medie (150 – 750 daN/cm²);
- ≡ instalații de brichetare la presiune ridicată (peste 750 daN/cm²) [7].

În *figura 3.15.* se prezintă schematic clasificarea acestor metode de brichetare.

La brichetarea minereurilor și a concentratelor fine de fier, au importanță mai mare pentru practică, metodele fără tratament termic, cele cu tratament termic fiind mai costisitoare. [23,80] Dintre acestea se exclud metodele de brichetare cu lianți organici, cum ar fi smoala și gudroanele, deoarece la încărcarea unor asemenea brichete în furnal, rezistența brichetelor scade repede prin arderea lianților. Se consideră însă că prezintă totuși interes producerea brichetelor feroase autoreducătoare destinate utilizării în încărcătura cuptoarelor electrice cu arc. [19,28, 56]

Operațiile de brichetare constau în prepararea, amestecarea și

omogenizarea deșeurilor cu liantul, pentru asigurarea granulației și umidității optime, presarea amestecului, întărirea, transportul și depozitarea brichetelor. Amestecarea și omogenizarea se realizează în tobe de amestec, amestecătoare cu melc, malaxoare cu palete. Presarea se efectuează în prese cu cilindrii rotativi și cu prese cu piston (hidraulice). Durificarea (întărirea) brichetelor se face la rece sau prin sinterizare la cald.

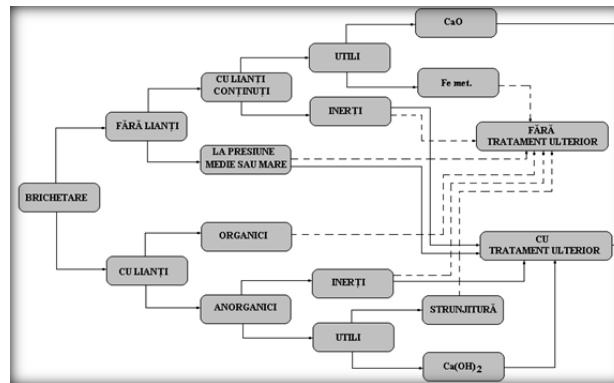


Figura 3.15. Schema metodelor de brichetare [19]

3.4.2.2. Brichetare fără adaosuri liante

Această metodă de brichetare este aplicată în general deșeurilor rezultate din industria de materiale care au în compoziție argilă, aceasta constituind liantul.

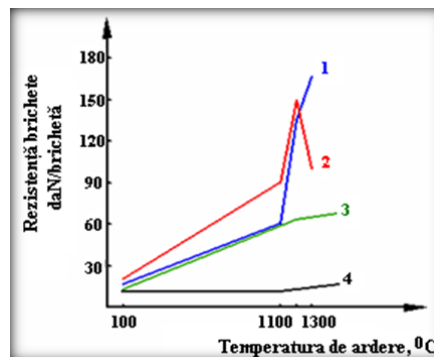


Figura 3.16. Influența temperaturii asupra rezistenței brichetelor
1 – minereu magnezic; 2 – martit; 3 – martit + 10% argilă; 4 – minereu brun – roșcat

Cum aceste substanțe lipsesc, sau sunt în cantități mici, se obțin brichete cu rezistență mică, drept urmare pentru creșterea rezistenței brichetele sunt supuse arderii în cuptoare tunel la temperaturi de 1200–1400 °C, prin ardere producându-se o sinterizare parțială a minereului ceea ce face să crească mult rezistența, figura 3.16.

În prima zonă are loc uscarea la 150 – 200°C, în zona a doua prăjirea la 1200–1400 °C, iar în ultima zonă brichetele sunt răcite. [12,26]

3.4.2.3. Brichetarea cu adaosuri liante

Brichetarea cu adaosuri liante este caracterizată prin utilizarea unor adaosuri liante foarte diversificate ca natură, o parte dintre acestea fiind

prezentate în *tabelul 3.1.*, împreună cu condițiile de pretratere a brichetelor.

În cazul brichetării cu lianți anorganici, acești lianți se împart în:

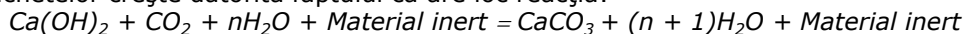
- ≡ *lianți inerți sau sterili* (care conduc la o scădere a conținutului de fier, fiind uneori chiar dăunători prin compoziția lor) dintre care amintim: cimentul Portland, sticla solubilă, amestec de cuarț cu var stins, clorură de magneziu etc.;
- ≡ *lianți utili* din care amintim: varul și așchiile de fontă. [12,26]

Datorită proprietăților pe care le au, substanțele anorganice formează în timpul procesului de brichetare compuși chimici, cu particulele substanței care se supun brichetării și aceste reacții conduc la legarea particulelor între ele, astfel încât brichetele rezultate să aibă proprietăți corespunzătoare proceselor metalurgice. Factorul care determină producerea acestor reacții este presiunea de lucru, iar în ceea ce privește viteza reacțiilor chimice o influență hotărâtoare o au proprietățile liantului, gradul de pregătire al șarjei, umiditatea, amestecul etc.

Tabelul 3.1. Adaosuri liante

Adaosuri liante	Cantitate adaosuri, %	Presiune brichete kg/cm ²	Prelucrare brichete după presare	Rezistența la compresiune, kg/cm ²
Ciment Portland	3,5 – 6,0	300 – 500	Menținere la temperatura camerei 7 – 10 zile	Satisfăcătoare
Zgură măcinată fin	8 – 10	300 – 500	Opărire în cuptoare	Satisfăcătoare
Var stins Zgură de furnal	6 – 8	250 – 500	Menținere în aer liber 3 – 4 săptămâni	Satisfăcătoare
Sticlă solubilă	15 – 18	250 – 500	Menținere în aer 6 – 7 zile sau în cuptoare 2 – 3 ore la 400°C	100
Cocs mărunț Calcar măcinat	8 16	250 – 500	Menținere în aer 6 – 7 zile sau în cuptoare 2 – 3 ore la 400°C	80 – 100
Cuarț fin măcinat Var stins	1 – 5 3 – 8	300 – 400	Tratare cu abur timp de 12 ore la 8 ore	100 – 130
Siderită măcinată Pulbere de var	13,5 1,5	250	Menținere la aer 7 zile	112
Clorură de magneziu	0,5 – 2,0	300	Menținere la aer vara 10 ore	150
Pulbere de var Gelatină fină măcinată	5 5	250 – 750	Opărire 6 ore	Până la 63
Pulbere de var cu lapte de var	4 – 8	400 – 700	Menținere la aer 120 ore sau menținere în atmosferă de CO ₂ , 6 ore.	70 – 110

3.4.2.4. Brichetarea cu hidroxid de calciu are loc după introducerea unui adaos de lapte de var care se amestecă bine cu șarja, consumându-se 5 – 10% var praf și 8 – 12% apă și se aplică o presiune specifică de lucru de 200 – 500 daN/cm². Rezistența brichetelor se datorează atât forțelor de coeziune, ce apar în urma efectului de presare cât și în urma formării cristalelor de hidrat de calciu, care prin evaporarea apei cimentează particulele de minereu. Ulterior după absorbția CO₂ din aer și prin trecerea hidratului de calciu în carbonat de calciu rezistența brichetelor crește datorită faptului că are loc reacția:



Această reacție se produce încet și de aceea numai după un timp îndelungat de păstrare în aer, brichetele capătă rezistența necesară, însă brichetele pregătite

după această metodă sunt stabile la apă, au o porozitate suficient de mare și sunt autofondante. [19]

3.4.2.5. Brichetarea cu așchii de fontă constă în principal în amestecarea mărunțului de minereu (concentrat) cu cca. 10 -15% așchii de fontă măcinată, iar pentru creșterea vitezei de formare a hidroxizilor de fier se adaugă sub formă de soluție 0,5 – 1% NaCl. Brichetele obținute și menținute timp de câteva zile în condiții speciale de temperatură și umiditate vor căpăta o rezistență mare datorită cimentării granulelor de minereu cu hidroxidul de fier ce se formează prin oxidarea așchiilor de fontă. [19]

3.4.2.6. Brichetarea la cald, ca procedeu de corecție a compoziției granulometrice a deșeurilor pulverulente, este utilizată pentru valorificarea prafului de convertizor.

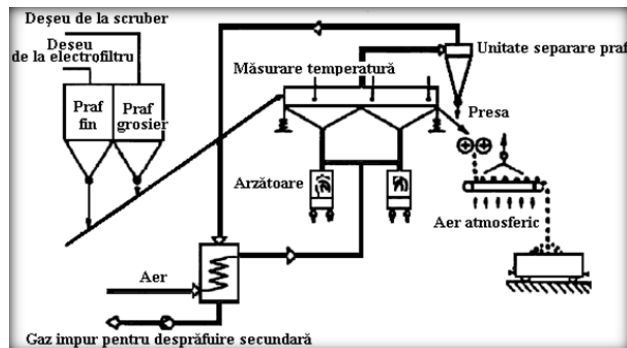


Figura 3.17. Instalația de brichetare a prafului de la oțelăriile cu oxigen

Instalația prezentată în figura 3.17. este alcătuită dintr-un reactor tip tambur pentru fluidizarea particulelor de praful încălzit până la aproximativ 570°C (pentru oxidarea fierului). Praful este brichetat și reintrodus în procesul de elaborare a oțelului și fontei.

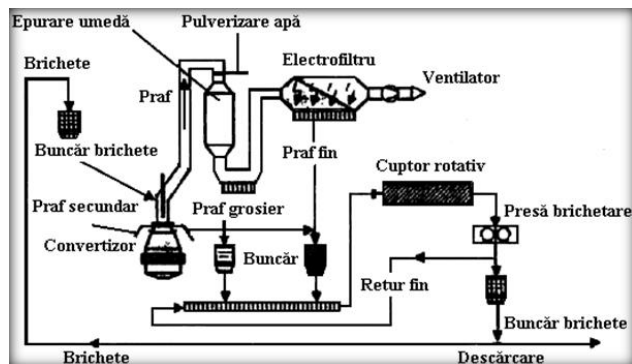


Figura 3.18. Sistem de colectare și brichetare la cald a prafului de oțelărie

În figura 3.18. se prezintă soluția de recuperare a prafului colectat la elaborarea oțelului, la Linz – Austria. Gazele colectate sunt supuse unei epurări primare umede, de aici rezultând praful grosier, și unei epurări secundare în electrofiltru, de unde rezultă praful fin. Praful grosier și fin sunt colectate și stocate în buncăre. Cantitatea totală de praful recuperat este de 15-20kg/t oțel din

care se colectează aproximativ 40% la epurarea umedă și aproximativ 60% în electrofiltre.

Se apreciază că din sistemele de desprăfuire ale convertizoarelor din întreaga lume, peste 90% sunt de tip umed.

3.4.3. Pregătirea șarjei pentru brichetare

Șarja de minereu pregătită pentru brichetare, constă de obicei din minereu mărunț, cu granulometria cuprinsă între 0-5 mm. În cazul brichetării concentratelor fine de fier sau a deșeurilor feroase pulverulente, rezistența brichetelor crește odată cu creșterea gradului de măcinare al concentratelor care se utilizează.

Pentru obținerea brichetelor, materia primă este supusă unei măcinări fine, care de obicei se face în mori cu bile sau bare similare cu cele folosite la prepararea minereurilor. În vederea amestecului între minereu și adaosurile liante s-au folosit diferite tipuri de utilaje ca amestecătoarele cu racleți cu unul sau două axe amestecătoare, în multe cazuri utilizându-se tobe de amestec cu șnecc interior care se rotește în sens invers sensului de rotire al tobei. [19]

Factorul de bază în procesul tehnologic de brichetare este valoarea presiunii specifice. S-a constatat că la început, cu cât această presiune este mai mare, cu atât brichetele obținute sunt mai rezistente. Totuși, pentru fiecare tip de minereu sau concentrat în parte, mărimea presiunii specifice are o anumită valoare limită peste care nu se poate trece deoarece rezistența nu mai este influențată favorabil, ci dimpotrivă duce la sfărâmarea piesei. În general acest fenomen negativ are loc la o presiune de 2000 daN/cm². [26]

Presele utilizate în operațiile de brichetare sunt cu presiune unilaterală sau bilaterală. Rezultate mai bune, din punct de vedere al densității de presare pe înălțimea de încărcare a formei de brichetare, se obțin prin acțiune cu presă bilaterală. Variațiile densităților de presare în funcție de înălțime, la presare unilaterală și bilaterală, sunt prezentate în figura 3.19.

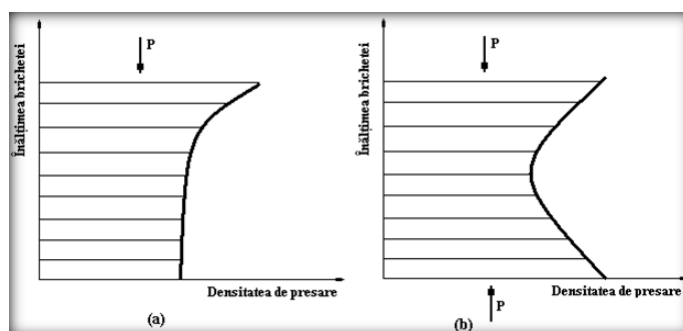


Figura 3.19. Variația densității brichetelor pe înălțime la presare unilaterală (a) și bilaterală (b) [26]

Din practică s-a stabilit că diferența de densitate, în secțiune crește cu creșterea înălțimii brichetei. Timpul de menținere al brichetelor sub presiune, este de asemenea un factor important în operația de brichetare.

De asemenea, pentru brichetare pot fi utilizate mai multe tipuri de utilaje, unele cu productivități limitate, altele cu productivități ridicate. Pentru productivități ridicate și presiuni joase necesare anumitor tipuri de brichete se utilizează presele cu valțuri (figura 3.20). Acestea pot avea două sau patru valțuri, dispuse față în față, câte două, fiecare din valțuri având bandaje cu orificii care corespund unei

jumătăți de brichetă. Prin rotire și suprapunere a două orificii rezultă bricheta.

Cel mai des, pentru producerea brichetelor cu presiune mare de realizare, dar și cu productivități considerabile, sunt folosite presele inelare, care sunt constituite dintr-un inel exterior sprijinit de role și un cilindru dințat interior, așezat excentric, care prin rotire presează brichetele pe interiorul inelului. Presele inelare pot realiza presiuni de până la 300 daN/cm³, cu productivități de până la 9 t/h pentru uscarea brichetelor și pentru tratamentul termic al acestora sunt utilizate cuptoare tip tunel, prevăzute cu linie ferată pentru vagoaneți, în care sunt puse brichetele supuse uscării.

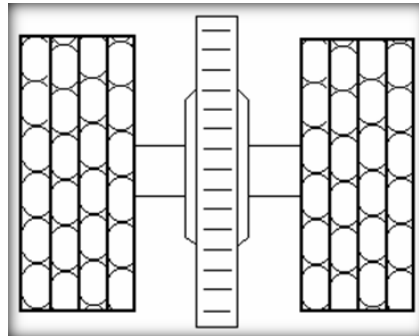


Figura 3.20. Valțuri pentru brichete[28]

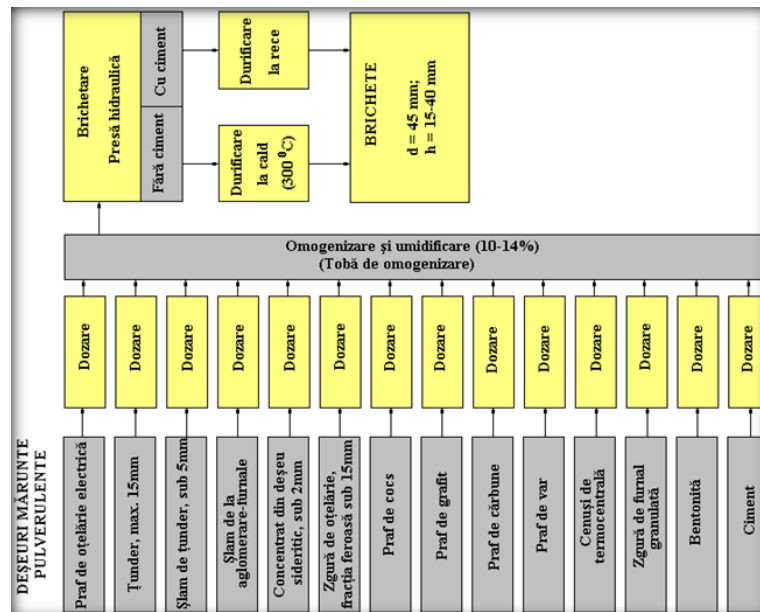


Figura 3.21. Fluxul tehnologic de prelucrare a materialelor componente din șarja de brichetare[30]

În figura 3.21. este prezentat fluxul de obținere a brichetelor.

3.5. Procedeele de valorificare prin aglomerare

3.5.1. Considerații tehnologice

Creșterea continuă a productivității de fontă, concomitent cu restrângerea plajei granulometrice a încărcăturii furnalelor au favorizat obținerea unor cantități mari de minereuri mărunte. În același timp pe plan mondial se manifestă tot mai pregnant tendința de creștere continuă a conținutului de fier la minereurile ce urmează a fi supuse procesului de elaborare a fontei.

Întrucât procedeul de brichetare neputând satisface din punct de vedere calitativ necesitățile producției de fontă, pentru transformarea minereurilor fine și mărunte în bucăți, au început să se impună procedee noi de transformare în bucăți a minereurilor fine și mărunte. Procedeul de bază care asigură cel mai bine transformarea minereurilor mărunte și fine în bulgări, combinat cu o pregătire termică este *aglomerarea*. [17,24]

Aglomerarea reprezintă un procedeu de preparare termică a minereurilor de fier, care este definit ca un proces de transformare în bucăți a fracțiilor mărunte sub acțiunea căldurii. Procesul se realizează de obicei, prin aspirarea aerului necesar combustiei prin stratul de amestec de șarjă (minereu, cocs mărunț, calcar) așezat pe un grătar metalic.

Primele încercări de aglomerare au fost făcute la începutul secolului al XX-lea, iar după anul 1950, *aglomerarea* ca procedeu de transformare și pregătire s-a extins. Pe plan mondial aglomeratul reprezintă peste 85% din încărcătura furnalelor.

În țara noastră, înainte de cel de-al doilea război mondial, exista o singură instalație de aglomerare la Reșița, iar începând din anul 1954, când a fost pusă în funcțiune prima instalație de aglomerare la Hunedoara, toate combinatele siderurgice existente în România până în 1990 (Reșița, Hunedoara, Galați, Călan, Vlăhița) au fost dotate cu instalații de aglomerare moderne și de înaltă productivitate. [8] Ca urmare a restructurării economiei, respectiv industriei și în mod deosebit a celei siderurgice, în prezent mai există o singură Fabrică de Aglomerare la ArcelorMittal Galați, celelalte sunt complet dezafectate (demolate), cu consecințe negative asupra economiei. Referitor la valorificarea deșeurilor feroase depozitate în iazuri și halde, ca urmare a acestei restructurări se impune efectuarea unor cercetări care să furnizeze cele mai adecvate tehnologii pentru introducerea acestora în fluxurile siderurgice. [96]

Aglomerarea termică este procedeul cel mai răspândit de transformare în bucăți a minereurilor mărunte, atât pentru siderurgie cât și pentru metalurgia neferoasă, însoțite de deșeurile mărunte și pulverulente la compunerea încărcăturii supuse aglomerării. *Aglomerarea* realizează o concentrare în elemente utile, prin îndepărtarea compușilor sau elementelor volatile (S, CO₂, As, Zn) și se obțin produse mai ușor reductibile, datorită porozității lor.

Instalația de aglomerare este soluția optimă pentru reciclarea deșeurilor mărunte și pulverulente, oferind posibilitatea prelucrării unor mari cantități de astfel de materiale. Pentru a mări posibilitatea folosirii acestor materiale cu rezultate pozitive asupra funcționării instalațiilor, calității produselor metalurgice și protecției mediului, sau adoptat o serie de soluții de preparare a deșeurilor mărunte și pulverulente, înaintea introducerii la aglomerare și anume:

- ≡ recernerea ținderului de laminare;
- ≡ prelucrarea zgurilor de convertizor și cuptor electric cu arc, atât a celor rezultate în mod curent pe fluxurile de fabricație, cât și a celor depozitate în halde (inclusiv a celor de la oțelăriile Siemens – Martin, existente în cantități mari la Hunedoara, Reșița și Oțelu Roșu) pentru separarea părților cu

conținut ridicat de fier prin separare magnetică urmată de sfărâmare și clasare.

Produsele rezultate sunt procesate separat la oțelărie, furnale sau aglomerare (funcție de granulație, conținutul total de fier și de cel legat chimic).

- ≡ praful colectat de la electrofiltrele instalațiilor de aglomerare poate fi reciclat până la 10% funcție de compoziția sa chimică (conținut de Zn,As,Pb);
- ≡ praful de furnal este aproape în totalitate recirculat, în timp ce șlamul de furnal nu este utilizat în mod obișnuit datorit conținutului său ridicat de zinc și plumb. Conținutul de carbon ridicat din praful de furnal face ca acesta să furnizeze combustibil suplimentar în procesul de aglomerare.
- ≡ cantitățile de praf și șlam de convertizor și cuptor electric cu arc variază funcție de conținutul de zinc care la rândul său depinde de calitatea fierului vechi utilizat la elaborarea oțelului;
- ≡ Țunderul poate fi procesat la aglomerare dacă conținutul său de ulei este limitat între 0,1...0,5%.

Utilizarea acestor deșuri metalice ca adaosuri în încărcătura supusă aglomerării este condiționată, alături de compoziția chimică, de granulație și de gradul de amestecare. Cu excepția Țunderului, toate celelalte materiale sunt constituite din particule foarte fine, granulația lor variind în limite foarte mari (*tabelul 3.2.*). Ele acționează în timpul aglomerării, în principal ca material de aderență.

Tabelul 3.2. Dimensiunile granulometrice a materialelor reciclate la aglomerare

Materialul	< 0.5mm, în %	< 0.1mm, în %	< 0.063mm, în %
Praf aglomerare	95-99,8	44-85	25-61
Praf de furnal	82-100	-	-
Șlam furnal	100	-	-
Praf convertizor	97	0,8	0,7
Țunder	30-42	2-5	1-2

Agglomerarea este un proces fizico-chimic, dependent de:

- ≡ *granulația materialelor ce determină alături de grosimea stratului, permeabilitatea încărcăturii*

- *minereurile fine* provin din procesele de concentrare, au în general o granulație sub 1mm și împreună cu deșeurile feroase pulverulente nu trebuie să depășească o pondere de 25% în structura încărcăturii (reduc productivitatea mașinii și permeabilitatea);

- *minereurile mărunte* (respectiv deșeurile feroase mărunte) care sunt componentul principal al șarjei crude de aglomerare, din punct de vedere granulometric trebuie, să fie în totalitate sub 8 mm, chiar sub 6 mm, iar pentru fonanți sub 3mm;

- ≡ *umiditatea materialului* - variabilă între 5% – 18 % în funcție de granulația, natura și proprietățile superficiale ale materialului;
- ≡ *conținutul de materiale combustibile (cărbuni, cocs, sulf):* minereurile cu conținut ridicat de sulf, folosite în unele cazuri în procesul de aglomerare, trebuiesc aduse la o granulație sub 3mm pentru a se realiza o desulfurare avansată în procesul de aglomerare (sulful arde în proporție de 80-95%). În procesul de aglomerare, căldura necesară este adusă de combustibilii solizi care sunt cocsul mărunț, antracitul, cocsul de fluidizare și cocsul petrol. Toți acești combustibili se introduc în amestecul de aglomerare și trebuiesc măcinați la o granulație sub 3mm, cu excepția cocsului de fluidizare.;

≡ *proprietățile fizico-chimice ale materialului* ce influențează temperatura optimă de aglomerare, regimul de încălzire, natura transformărilor chimice. [12,18,46]

Schematic, modul în care are loc procesul de aglomerare propriu-zisă este redat în *figura 3.22*.

Procesul de transformare în bucăți a minereurilor mărunte și fine are loc pe mașina de aglomerare sub influența căldurii rezultată din arderea combustibilului care este intim amestecat cu materialele în stratul supus aglomerării. Acest proces începe din momentul trecerii stratului pe sub cuptorul de aprindere când se produce aglomerarea în stratul superficial.

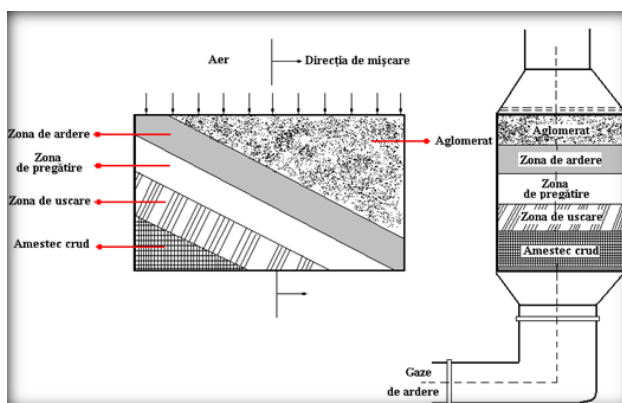


Figura 3.22. Ilustrarea schematică a procesului de aglomerare[53]

Prin acest strat superficial de aglomerat se aspiră aer din atmosferă. Astfel după aprinderea combustibilului, care durează maxim un minut pe mașina de aglomerare de sus în jos se pot distinge următoarele zone: o primă zonă de răcire a aglomeratului format și de preîncălzire a aerului aspirat, zona de ardere a combustibilului și de aglomerare a materialelor, zona de încălzire a materialelor, zona de uscare a materialelor și ultima zonă de umezire a încărcăturii.

3.5.2. Fazele procesului de aglomerare

Fazele procesului de aglomerare (figura 3.22) sunt: uscarea și preîncălzirea materialului, aglomerarea propriu-zisă și faza de răcire și recristalizare. Atmosfera reducătoare a încărcăturii datorită arderii combustibilului și formării oxidului de carbon determină reducerea Fe_2O_3 la Fe_3O_4 și a FeO până la fier metalic. [46]

Proprietățile aglomeratului sunt determinate de procesele fizico-chimice care au loc în zona de ardere, în mod deosebit cel de formare a faialitei ($(FeO)_2SiO_2$). Creșterea conținutului de faialită în aglomerat are influența pozitivă asupra rezistenței aglomeratului, dar din considerente privind reductibilitatea se limitează la max. 18%, de dorit să fie în limitele 12% – 14%, fiind astfel necesară dozarea riguroasă a combustibilului și prezența CaO , ce determină formarea altor compuși ușor fuzibili (feriți și silicați de calciu). [46]

Aglomeratele ușor fuzibile sau autofondante cu un indice de bazicitate de 0,9 – 1,2 asigură avantajele cunoscute procesului de topire și reducere din furnal.

În cazul minereurilor, concentratelor, deșeurilor sulfuroase, procesele fizico-chimice sunt mai complexe, fiind dependente și de conținutul de sulf. Desulfurarea este avansată (90% – 95%), aglomeratele obținute având max. 0,5 %. Dezarsenierea este mai puțin intensă (50% – 60%), datorită arseniaților de calciu stabili.

3.5.3. Mecanismul formării aglomeratului

Mecanismul formării aglomeratului în mașinile de aglomerare comportă mai multe zone:

- ≡ *zonă de ardere* a combustibilului cu înmuierea materialului, formată dintr-un strat de 15-30mm, care se deplasează cu o viteză de aglomerare de 10-20mm;
- ≡ *zonă de încălzire intensă*, cu ajutorul gazelor calde rezultate din zona precedentă, unde are loc tasarea materialului datorită lipirii și plastifierii incipiente a granulelor minerale;
- ≡ *zonă de uscare și condensare* a vaporilor de apă rezultați din zonele precedente.

Cu deplasarea zonei de aglomerare se deplasează și se micșorează grosimea zonelor ce tind să se unifice, în timp ce zona superioară zonei de ardere, zona de răcire, crește pe înălțimea încărcăturii. Datorită degajării gazelor și micșorării distanței intergranulare, aglomeratul este poros, iar volumul lui este cu 10-20% mai mic față de volumul inițial. Temperatura și stratului (viteza de curgere a gazelor) variază cu deplasarea zonei de aglomerare. [46]

3.5.4. Mașini de aglomerare

Acestea pot fi cu aer aspirat și cu aer suflat, cu funcționare continuă sau discontinuă. *Aglomerarea* se poate face indirect (materialul este încălzit de la o flacăra – *aglomerare în cuptor rotativ*) sau prin introducerea în amestecul de elaborare a unei cantități de combustibil mărunț și arderea lui în amestec – *aglomerarea pe bandă*, cutii de aglomerare. Cele mai răspândite mașini de aglomerare sunt benzile de aglomerare utilizate atât pentru minereurile feroase cât și pentru concentratele neferoase.

3.5.4.1. Aglomerarea pe bandă

Banda de aglomerare este formată dintr-o serie de cărucioare mobile din cadre de oțel turnat, pe care sunt prevăzute în interior bare din fonte refractare sub formă de grătar și în exterior sunt prevăzute cu role de deplasare, acestea formând banda continuă de aglomerare (figura 3.23). Mașina de aglomerare propriu-zisă, de tipul Dwight-Lloyd (figura 3.23) constă dintr-o bandă continuă alcătuită dintr-un șir de cărucioare mobile din cadre de oțel turnat și prevăzute cu role de deplasare, acestea formând banda de aglomerare.

Amestecul de aglomerare este alcătuit din minereu de fier cu granulație sub 5mm, calcar (fondant) cu granulație sub 2...3mm, retur cald de la aglomerare, iar ca și combustibil se folosește cocs mărunț (circa 80kg/tonă). Toate acestea sunt încărcate într-o tobă de amestecare, unde sunt umezite cu apă caldă și adaos de lapte de var, obținându-se în acest mod șarja crudă. Șarja crudă se încarcă pe banda de aglomerare într-un strat de 200-300 mm. Când trece prin cuptorul de aprindere, combustibilul din stratul de deasupra se aprinde, iar datorită camerelor de absorbție, aerul se absoarbe prin stratul de pe bandă, făcând posibilă aprinderea cocsului din restul stratului. Prin arderea combustibilului se dezvoltă cantitatea de căldură necesară uscării, înmuierii și aglomerării (sinterizare sub acțiunea căldurii).

În figura 3.23. se prezintă aspecte din procesul de aglomerare și o schemă a mașinii de aglomerare cu bandă de tipul *Dwight-Lloyd*. [46]

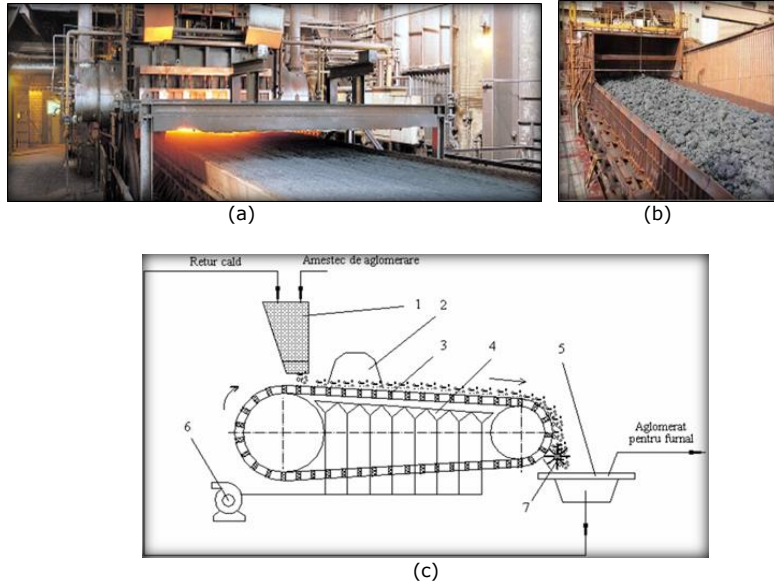


Figura 3.23. Mașină de aglomerare cu bandă:

a - aprinderea și formarea aglomeratului; b - răcirea aglomeratului; c - schema mașinii de aglomerare:

1-dispozitiv de alimentare; 2-cuptor de aprindere; 3-banda de aglomerare; 4-guri de absorbție (camere de vacuum); 5-dispozitiv de clasare-depozitare; 6-exhaustor; 7-concasor [27].

După ce cocsul a ars pe toată înălțimea stratului de amestec, trecerea mai departe a aerului prin aglomerat duce la răcirea acestuia. Pentru arderea completă a cocsului, este necesară corelarea vitezei de înaintare a benzii cu lungimea acesteia și înălțimea stratului de material de pe bandă.

La capătul benzii, aglomeratul rezultat este supus operației de concasare și apoi clasat volumetric: refuzul (fracția > 10 mm) este trimis la furnal iar trecerea (fracția < 10 mm) constituie retur cald și este reintrodusă în șarja crudă (șarja de aglomerare).

3.5.4.2. Aglomerarea în cutii de aglomerare tip Greenwalt

Aglomerarea minereurilor în instalații ce lucrează prin aspirație de aer se poate realiza și în mod discontinuu în cutii. Procedeeul, în principiu, constă în încărcarea amestecului de aglomerare pe deasupra într-o cutie într-un strat de 200-300mm (figura 3.24). După încărcare, are loc aprinderea la suprafața încărcăturii, concomitent cu creșterea unei depresiunii sub grătarele cutiei, care prin arderea combustibilului produce aglomerarea încărcăturii.

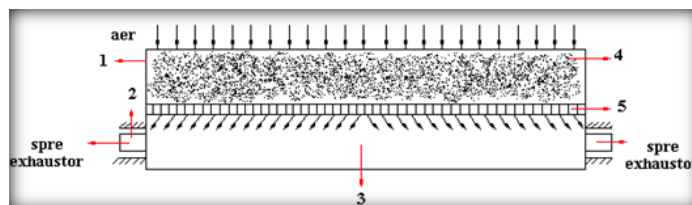


Figura 3.24. Cutie de aglomerare tip Greenwalt

1-corpul cutiei metalice; 2- fusuri/axe rotire; 3- cameră de aspirație; 4- amestec/încărcătură aglomerare; 5- grătare metalice.

Cutiile de aglomerare au formă dreptunghiulară sau circulară. Alimentarea cutiilor se realizează prin trecerea pe deasupra lor a unui vagon cu două buncăre, din primul buncăr asigurându-se patul de protecție, iar din al doilea amestecul de aglomerare. Aprinderea șarjei se face cu ajutorul unui cuptor de aprindere care se deplasează deasupra cutiilor, timpul de aprindere fiind de 1-2 minute. Procedeul discontinuu prezintă avantajul unor cheltuieli de investiții mai reduse, precum și de fabricație și întreținere mai mici.

În condițiile unei încărcături conținând 45-55%Fe, se produc circa 30-35 tone pentru fiecare m² de grătare pe zi. Durata aglomerării în cutii este cuprinsă între 10-20 minute fiind funcție de materia primă. Depresiunea este de ordinul a 1200mm col.H₂O și posibilitatea infiltrării de aer fals este mult mai redusă în cazul acestor instalații.

Luând în considerație cele prezentate, se consideră că prezintă interes această instalație de aglomerare, acolo unde ca urmare a restructurărilor care au avut loc în industria siderurgică, au rămas în halde și iazuri cantități mari de deșeuri mărunte și pulverulente. Utilizarea unor astfel de instalații în zonele cu deșeuri de tipul celor menționate anterior, poate conduce la obținerea unor aglomerate prereduse utilizabile ca sortiment de încărcătură feroasă în oțelării. În funcție de cantitatea de deșeuri depozitate, de livrare a produsului obținut se determină capacitatea cutiei de aglomerare și numărul acestora, precum și durata de funcționare (ore/an).

3.5.4.3. Aglomerarea în cuptoare rotative

Cuptoarele rotative sunt printre primele instalații care au servit la aglomerarea minereurilor. Aceste cuptoare se folosesc în special pentru aglomerarea minereurilor mărunte și foarte umede (până la 30% umiditate).

Materialul de încărcare pentru cuptoarele rotative îndeplinește aceleași condiții de granulație ca și cel folosit la instalațiile cu bandă, adică are granulația 0-10mm. Pentru bunul mers al procesului se adaugă în încărcătură 2-3% cocs mărunț sau cărbune măcinat. În cuptor se deosebesc trei zone: zona de uscare și încălzire, zona de reducere parțială și zona de aglomerare și răcire.

Materialul după uscare, pierzând umezeala începe să se preîncălzească eliminând CO₂ și alți componenți volatili, apoi intră în zona de reducere parțială, unde datorită gazelor și combustibilului din amestec au loc reacții de reducere directă a oxizilor superiori de fier până la oxidul feros.

După zona de reducere parțială, materialul intră în zona temperaturilor înalte de circa 1300-1400⁰C, în care se produce înmuierea granulelor de minereu cu formarea parțială a fazelor lichide, când datorită rotirii cuptorului, începe aglomerarea minereului. Granulele astfel obținute cresc în dimensiuni de 12-50mm și ajung la descărcarea cuptorului la temperatura de 1000⁰C, fiind necesară răcirea lor. Neajunsul principal la aglomerarea minereurilor în cuptoare rotative, îl constituie formarea lipiturilor în zona de înmuiere și aglomerare, consumul de combustibil mai mare și antrenarea de praf în gazele de evacuare în cantități foarte mari, atingând valori de 30% în cazul materialelor foarte fine.

Avantajele aglomerării în cuptor rotativ sunt legate de faptul că se pot aglomera minereuri foarte fine cu umiditate ridicată, operația de pregătire și amestecare prealabilă a încărcăturii este mai simplă, se poate folosi combustibil gazos, aglomeratul are o granulație uniformă (12-50mm), iar consumul de energie electrică pe tona de aglomerat este mai redus decât la celelalte procedee. [8]

3.6. Procedeele pirometalurgice de valorificare INMETCO

Procedeele INMETCO permite valorificarea unei palete largi de deșuri și anume: praful de cărbune și praful de cocs; praful și șlamul de aglomerare; praful și șlamul de la convertizor, cuptor electric cu arc; țeșterul și șlamul de laminare.

Aceste procedee are în esență două etape și anume:

- ≡ *producerea peletelor crude* – deșeurile pulverulente bine omogenizate sunt peletizate împreună cu agenții reducători (praful de cărbune și/sau praful de cocs). Dacă este necesar, se va adăuga liant (praful de var) doar pentru obținerea unei compactități care va conferi rezistență peletelor crude la impactul cu temperatura din cuptorul cu vatră rotativă. Conținutul de carbon al peletelor crude este condiționat de prelucrarea ulterioară a produsului rezultat din procesul de reducere, un burete de fier.
- ≡ *reducerea peletelor crude* – într-un cuptor cu vatră rotativă vor fi introduse în strat subțire peletele, timp de 10-15 minute. În acest timp, oxizii metalici se vor reduce, Zn, Pb și Cd rezultate vor fi înlăturate în proporție de 90% după care vor fi colectate în praful secundar sub formă de oxizi.

Produsul obținut prin acest procedee este un burete de fier cu conținut mare de fier. Totodată se obține un praful secundar și o zgură. Praful bogat în ZnO și PbO (~50 ... 60%ZnO, ~10 ... 15%PbO) poate fi valorificat în metalurgia neferoasă, iar gazul ce conține $N_2 \sim 64\%$, $O_2 \sim 2\%$, $CO_2 \sim 15\%$, $H_2O \sim 19\%$ poate fi folosit la obținerea aburului.

Schema fluxului tehnologic este prezentată în figura 3.25.

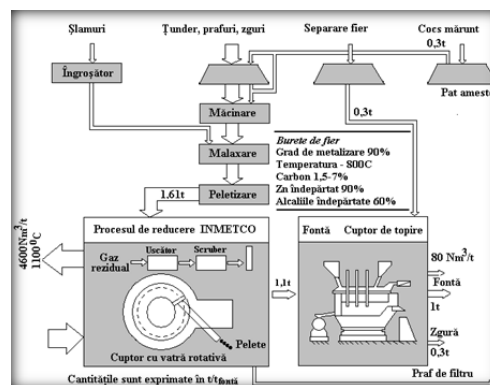


Figura 3.25. Schema fluxului tehnologic pentru procedeul INMETCO[28].

3.7. Procedeele de valorificare FASTMET și FASTMELT

Procedeele FASTMET și FASTMELT au fost dezvoltate de Midrex și Kobe Steel cu scopul de a permite producătorilor de oțel să rezolve problema reziduurilor cu conținut de fier, respectiv a celor de fier și carbon (Figura 3.26). În 1995 cele două companii au început cercetările pentru stabilirea tehnologiei de obținere a unui produs rezultat din reducere directă – DRI, cu conținut ridicat de carbon ce poate fi utilizat în continuare pentru elaborarea unei fonte cu 2-3%C în cuptor electric cu arc. Ei au numit acest produs FASTMELT și l-au folosit pentru obținerea unei fonte cu conținut ridicat de carbon ce poate fi asimilat cu fonta de furnal.

Procesul FASTMET transformă reziduurile oțelăriei cu sau fără adăugarea

minereului de fier, în metal feros într-un RHF folosind carbonul ca reducător, produsul rezultat fiind burete de fier rece, burete de fier fierbinte sau HBI. [21]

FASTMET este un proces continuu de reducere directă și descendent al procesului de încălzire rapidă, realizat pentru prima dată în anul 1965, ca o fuziune riscantă, între Miland Ross Corp., National Staal Corp. și Hanna Mining. În procesul original de încălzire rapidă, un RHF – *creuzet circular de furnal* – a fost folosit pentru a procesa peletele de magnetită uscată care conține carbon. Procesul a fost demonstrat cu succes la uzina Coolez Pilot, unde 50% până la 70% burete de fier metalizat a fost produs cu o productivitate de 1,7 tone burete de fier/oră.

Dezvoltarea la scară înaltă a procesului de încălzire rapidă nu a fost continuată, datorită dezvoltării simultane a procesului de reducere directă Midrex, bazat pe gaze naturale, proces care oferă costuri de operare reduse, gazul fiind aproape gratis.

Procesul FASTMET transformă minereurile de oxid și/sau reziduurile de la oțelării în metal feros folosind, dacă este necesar, cărbune pulverizat sau alt material conținând carbon ca reducător. Produsul final, fier redus direct, poate fi brichetat fierbinte, descărcat ca burete de fier fierbinte în containerele de transfer, răcit dacă este cerut ca și burete de fier rece, sau încărcat direct într-un topitor *EIF* pentru producerea *FASTIRON*-ului. [28]

Modul de reducere rapidă obținut prin *procesul FASTMET* se datorează temperaturii mari de reducere, transferului mare de căldură și contactului apropiat al carbonului din interiorul materialului de alimentare cu oxidul de fier. Gazele arse eliminate de *RHF* sunt arse în totalitate și înăbușite parțial de aparatul de control al gazelor. Aparatele pentru recuperarea căldurii folosesc energia termică din gazele de arse pentru a încălzi înainte aerul de combustie pentru injectoarele *RHF*. Gazele arse sunt mai departe purificate printr-un epurator de gaze cu SO_2 , determinat de regulamentele de mediu. De asemenea, metalizarea materialului redus direct poate fi modificată. [17]



Figura 3.26. Procedeele Fastmet, Uzina Kobe Steel Kakogawa Works

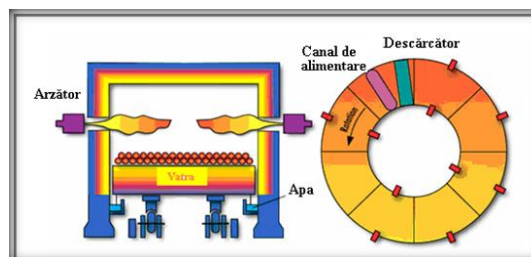


Figura 3.27. Procesul FASTMET, dezvoltat de Midrex Technologies and Kobe Steel
Procesul FASTMELT folosește *RHF FASTMELT* pentru a produce burete de fier care alimentează apoi un cuptor electric cunoscut ca *furnal electric producător*

de fier, realizat de EMC INTERNATIONAL, o companie ce produce fier de înaltă calitate denumit *FASTIRON*.

Procesul *FASTMELT* transformă buretele de fier *FASTMET* într-un metal fierbinte de calitate superioară, cunoscut ca *FASTIRON* lichid. Buretele de fier este descărcat din *FASTMET RHF* și introdus prin gravitație în topitorul *EIF*. În topitor, o mare parte a sulfului este înlăturată în timpul încărcării, oxidul de siliciu din steril și cenușa de cărbune pot fi de asemenea reduse, asigurând controlul nivelului de siliciu în *FASTIRON*. Conținutul de carbon poate varia, prin reglarea adaosului de carbon din materialul de alimentare la *RHF*. Feroaliaje ca ferosiliciu și feromanganul se pot adăuga în cuptorul de topire dacă este necesar. Cuptoarele cu arc scufundat – *SAF* – au proprietatea că pot să topească oxizii de fier și să producă topitură metalică cu 3,5 până la 4% C. Cuptoarele *SAF* sunt alimentate printr-un orificiu cu material feros și carbon, repartizat ca o încărcătură deasupra stratului de zgură în perimetrul cuptorului. [17]

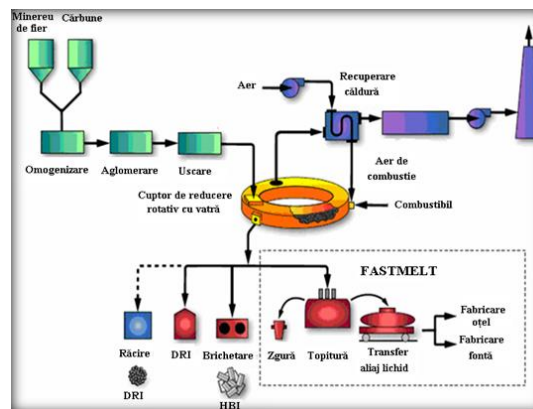


Figura 3.28. Procesul *FASTMELT*, dezvoltat de Midrex Technologies and Kobe Steel

Midrex și Kobe Steel au investit resurse semnificative în cercetări și dezvoltare pentru a crea procesele *FASTMET* și *FASTMELT*. Îmbunătățirile obținute din acest proiect au avut ca rezultat singurele procese bazate pe *creuzetul cilindric* care a demonstrat posibilitatea de a obține fier redus direct foarte metalizat sau oțel lichid cu un procent de productivitate rezonabil.

Astfel, se poate concluziona că prelucrarea deșeurilor de la oțelăriile uzinale *FASTMET* și *FASTMELT* asigură următoarele beneficii: valorificarea deșeurilor care conțin fier, eliminarea necesității de îndepărtare a deșeurilor, recuperarea fierului valoros pentru producția de oțel, posibila reducere a consumului de cocs. [28]

3.8. Procedeele de valorificare Carbofer

Procesarea simultană a deșeurilor pulverulente cu conținut de fier și a deșeurilor pulverulente cu conținut de carbon, în vederea obținerii unui produs apt a fi utilizat în diverse etape de flux tehnologic, a condus la dezvoltarea procedeei de obținere a unui produs denumit *carbofer*. [37]

Procedeele *Carbofer* reprezintă unul din cele mai avantajoase procedee de procesare și valorificare a deșeurilor pulverulente greu reciclabile.

Carboferul este un amestec mecanic, obținut din diferite deșeuri

pulverulente (țunder, șlam de laminare, șlam uleios de la laminare, praf de furnal, praf de var, praf de cărbune și cenuși cu conținut ridicat de carbon, etc.), în compoziția cărora elemente ca fier, calciu, carbon ș.a., utile diferitelor procese care se desfășoară în agregatele siderurgice, se găsesc în proporții suficiente valorificării acestora. [41]

Cercetători ai Institutului de fonte și oțeluri din Freiberg au propus în urma unor experimentări de laborator, ca produsul denumit *Carbofer* să fie insuflat la gurile de vânt ale furnalelor, în amestec cu praf de cărbune. [19,78]

În Germania, în cadrul uzinei Maxhütte, Unterwellenborn, la furnalul nr. 2, s-au efectuat experimentări industriale de utilizare a *Carbofer*-ului în amestec cu praf de cărbune, la suflarea în furnal, proporțiile fiind: 5 % *Carbofer* + 95 % praf de cărbune; 10 % *Carbofer* + 90 % praf de cărbune. Cantitatea de amestec a variat între 97 și 123kg/t fontă. [41]

În Marea Britanie, la Co-Steel Sheerness, produsul *Carbofer* a fost utilizat ca agent de spumare a zgurii într-un cuptor cu arc electric cu capacitate de 100 t. Produsul *Carbofer* a fost obținut din țunder și nămol de laminare, praf de cuptor electric, praf cu conținut ridicat de carbon și praf de var.

Rezultatele experimentale au demonstrat că efectul injectării *Carbofer*-ului variază în funcție de calitatea fierului vechi utilizat la elaborare, de condițiile de lucru ale cuptorului, precum și de marca de oțel produsă. Aceste rezultate indică următoarele efecte: recuperarea a 40-80% din fierul prezent în materialul injectat; nemodificarea calității oțelului și a zgurii; diminuarea cantităților de deșeuri pulverulente generate în procesele siderurgice; îmbogățirea prafului de cuptor electric în Zn de la 20% la 28%, în Pb de la 1,8% la 3,8% precum și o scădere a conținutului de Fe de la 51% la 37%. [41]

Utilizarea *Carbofer*-ului ca înlocuitor al agenților uzuali de spumare a zgurii la cuptorul electric cu arc, are atât un avantaj ecologic cât și unul economic. Avantajul ecologic este redat de diminuarea semnificativă a poluării mediului și anume prin creșterea gradului de valorificare a deșeurilor pulverulente, precum și prin reducerea spațiilor de depozitare a acestor deșeuri. Avantajul economic constă în transferul imediat al costurilor pentru depozitarea deșeurilor, în Marea Britanie acestea fiind între 30 ÷ 57 £/t_{deșeu} depozitat, către alte destinații. [29,41]

În figura de mai jos (*figura 3.29*) este prezentat fluxul tehnologic de obținere și utilizare a *Carbofer*-ului în cuptor electric cu arc.

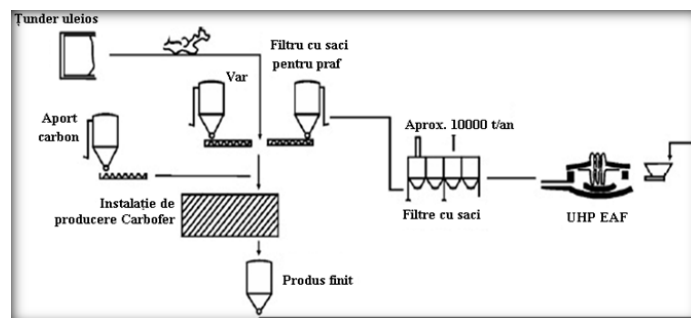


Figura 3.29. Fluxul tehnologic de obținere și utilizare a *Carbofer*-ului în cuptor electric cu arc [13]

În România au fost realizate experimentări de obținere a unui produs de tip *Carbofer* din deșeuri pulverulente prelevate de pe platforma siderurgică S.C.

ArcelorMittal S.A- Galați și de la S.C. Republica S.A. București.

Deșeurile de pe platforma S.C. ArcelorMittal S.A. Galați, au fost: praf de cărbune, praf de cocs, praf de furnal, praf de var. Procesarea acestor deșeuri s-a realizat prin micropeletizare, în vederea obținerii unui produs *Carbofer* apt pentru a fi valorificat atât în procesul de aglomerare, cât și în elaborarea oțelului în cuptorul electric cu arc, ca agent e spumare a zgurii.

Experimente prin procedeul *Carbofer* au fost efectuate și la Hunedoara – *Laboratorul Baza energetică și de materii prime* – din cadrul Facultății de Inginerie Hunedoara, după următoarele tehnologii:

- ≡ obținerea unui amestec mecanic pulverulent *Carbofer*;
- ≡ obținerea micropeletelor *Carbofer*;
- ≡ obținerea peletelor *Carbofer*.

În vederea realizării experimentelor, au fost prelevate probe de deșeuri pulverulente din mai multe secții ale platformei siderurgice S.C. ArcelorMittal Hunedoara S.A. și din iazurile de decantare-depozitare, fiind colectate probe reprezentative din următoarele tipuri de deșeuri: praf de oțelărie electrică, țunder și șlam de țunder, praf de aglomerare-furnale, praf de var. [28]

3.9. Procedeul Primus de reciclare a deșeurilor feroase din siderurgie

Procedeul *PRIMUS* dezvoltat de producătorul Paul Wurth S.A. este un procedeu nou pentru reciclarea deșeurilor feroase din siderurgie, care utilizează tehnica cuptorului etajat, evitându-se astfel pregătirea prealabilă a materialului de încărcare, mod de lucru ce permite, de exemplu introducerea directă a șlamurilor.

În *figura 3.30* se prezintă schema tratării deșeurilor din siderurgie prin procedeul *PRIMUS*.

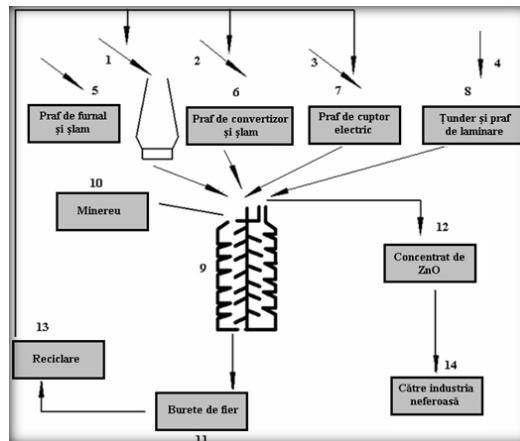


Figura 3.30. Tratarea deșeurilor din siderurgie prin procedeul PRIMUS

- 1 – furnal; 2– convertizor cu oxigen; 3 – cuptor electric cu arc; 4 – laminor;
 5 – praf de furnal și șlam; 6 – praf de convertizor și șlam; 7 – praf de la cuptorul electric; 8 – țunder și șlam de la laminare; 9 – Primus; 10 – minereu de fier; 11– burete de fier / concentrat de fier; 12 – concentrat de oxid de zinc; 13 – reciclare; 14– către industria neferoasă [17].

În instalația *PRIMUS* se pot prelucra minereuri, amestec de minereuri și deșeuri feroase sau numai deșeuri feroase (țunder de la laminare, șlam de țunder,

praf de la cuptorul electric, șlam de la furnal și convertizor). [17]

Prin procesarea deșeurilor pulverulente (praf și șlam de oțelărie, țănder și șlam de laminare, cărbune fin ca reducător) se obține un produs cu conținut ridicat de fier care la evacuare are o temperatură de 1050...1080°C și un material pulverulent cu conținut ridicat de zinc antrenat în curentul ascendent de gaze. Produsul metalizat este utilizat direct în cuptorul electric ca încărcătură pentru elaborarea oțelului. Temperatura la care se desfășoară aceste procese în cuptor depășește 1100°C.

Împreună cu materialele care conțin oxizi de fier se introduce în cuptor și reducător solid (cărbune), unde are loc amestecarea. În cuptor, materialele parcurg etapele: uscare la 110°C, după caz eliminarea uleiului (400°C) și încălzirea la 1050°C. Prin amestecarea și încălzirea intensivă se realizează în patul de materiale, condițiile pentru reducerea oxizilor metalelor, aceasta fiind ultima etapă a procesului.

Cuptorul etajat și numărul etajelor sunt variabile și se adaptează la cerințele materialului. [19] Introducerea materialelor se face la etajul superior, cărbunii sau alte adaosuri pot fi de asemenea introduse pe etajul superior, dar și la alte etaje dacă condițiile procesului o cer, ulterior produsul final (buretele de fier) este evacuat din cuptor și răcit. Buretele de fier *PRIMUS* este mărunț și poate fi transportat pneumatic, iar gazele arse se evacuează de la ultimul etaj, cea mai mare parte din particulele de praf antrenate fiind captate de ciclon și returnate în cuptor. Epurarea finală a gazelor este adaptată condițiilor de proces și cerințelor de protecție a mediului ambiant. [17]

Există o variantă a procedurii *PRIMUS* special, dezvoltată pentru tratarea prafurilor de la cuptorul electric cu arc, având drept scop creșterea conținutului de Zn separat la valori peste 90 %. Aceasta se poate obține prin separarea vaporizării plumbului, alcaliilor și clorului de vaporizarea zincului. [19]

3.10. Procedul RHF-Demag SMS de reducere directă a oxizilor de fier

În acest caz este vorba despre materiale pulverulente, la care nu se pune problema reținerii elementelor însoțitoare (în special zinc). Produsul final al procesării este un material feros (cu conținut ridicat de fier) utilizabil în continuare la elaborarea fontelor și oțelurilor.

Acest procedeu se bazează pe reducerea directă a oxizilor de fier în *cuptorul cu vatră rotativă* (RHF). Sunt tratate prafuri de oțelărie, în special de convertizor.

Tehnologia constă în două etape principale: *prima*, de producere a peletelor brute în faza de pregătire materiei prime, iar *cea de-a doua*, de transformare a peletelor brute în fier redus direct (DRI) într-un cuptor cu vatră rotativă.

Un amestec de deșeuri feroase și mărunțiș de cărbune, este peletizat într-un tambur (tobă) sau pe disc, pentru a forma pelete brute cu dimensiunea de 9-15mm. Acestea sunt transportate cu o bandă transportoare la cuptorul cu vatră rotativă. Peletele se mișcă în trei zone ale vetrei rotative, timp de 8-10 minute, unde sunt reduse până la burete de fier (DRI). Cea mai mare temperatură a cuptorului, de aproximativ 1350°C, este atinsă în zona finală de reducere.

Căldura transferată la pelete, este dată de radiația de la gazele de deasupra peletelor și vetrei. Transferul termic nu este dat de conducție, ci predominant de radiație. Diametrul peletelor crude este sub 20mm. Dacă peleta este prea mare, transferul de căldură este prea lent în interiorul peletei, astfel, viteza de transfer

totală este scăzută, în ciuda faptului că viteza foarte mare a fluxului de căldură este dată de radiație.

Oxizii de carbon și fier din pelete reacționează când temperatura peletelor este peste 1100°C . Se obțin fierul metalic și monoxidul de carbon. Oxizii ZnO și PbO reacționează de asemenea cu carbonul din pelete. Aceștia sunt reduși și devin zinc și plumb metalic, apoi se evaporă și părăsesc peletele în gaze. Astfel, zincul și plumbul sunt eliminați din pelete în RHF. Alte impurități alcaline, halogeni, etc., sunt eliminate parțial din pelete. [28,41]

În spațiul de deasupra peletelor, monoxidul de carbon emis din pelete, reacționează cu oxigenul din aerul furnizat de arzătoare. Acesta este transformat (prin ardere) în bioxid de carbon. Combustibilul gazos și oxigenul din aerul furnizat de arzătoare ard împreună, combustia producând căldura necesară încălzirii peletelor și reducerii fierului, zincului și altor oxizi. Reducerea oxidului de fier formează în jurul peletelor un strat de gaz bogat în monoxid de carbon. Acesta oferă protecție împotriva agresiunii bioxidului de carbon și vaporilor de apă (gaze oxidante) din gazul de deasupra peletelor, astfel că reacțiile de reducere ale peletelor continuă lent (figura 3.32).

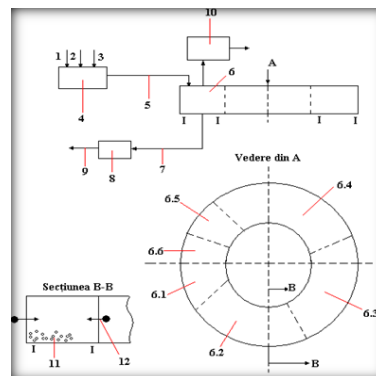


Figura 3.31. Recircularea în cazul tehnologiei cu cuptor cu vatră rotativă
1 - praf; 2 - reducător; 3 - adaosuri; 4 - peletizare; 5 - pelete; 6 - cuptor cu vatră rotativă;
6.1 - zona de încărcare; 6.2 - zona de încălzire; 6.3 - zona de reducere I; 6.4 - zona de reducere II;
6.5 - zona de evacuare a gazelor arse; 6.6 - zona de descărcare; 7 - DRI; 8 - răcire; 9 - spre consumatori (furnal, convertizor, CAE); 10 - epurare gaze arse; 11 - încărcătura (pelete, brichete); 12 - arzătoare.

Figura 3.32. ilustrează ideea transferului de căldură și a reacțiilor în RHF.

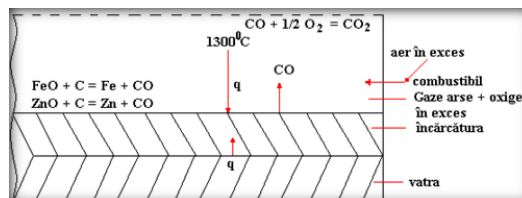


Figura 3.32. Procesele din cuptorul inelar cu vatră mobilă

Formarea stratului de monoxid de carbon este foarte importantă pentru reacțiile din RHF. Procentul total de dioxid de carbon din gazele arse trebuie să fie mare pentru a obține mai multă căldură prin combustie și în același timp, procentul

de gaz din jurul peletelor să fie scăzut, pentru o rată de reducere mare a oxizilor de fier și zinc.

RHF are trei zone: încălzire, zonele I și II de reducere. Temperatura fiecărei zone este controlată. În *zona de încălzire* este luat în considerare transferul de căldură pentru încălzirea peletelor. Oxidarea gazului este mare în această zonă, deoarece nu au loc reacții de reducere. În *zona de reducere I*, temperatura și presiunea gazului sunt controlate pentru a obține o viteză de reacție mare. Reacțiile de reducere din această zonă sunt foarte rapide. În *zona de reducere II*, condițiile sunt controlate pentru a promova atât reacția de reducere, cât și pe cea de aglomerare.

În funcție de procedeu este posibilă reglarea conținutului de carbon al DRI între 0,5 și 5%, metalizarea totală fiind între 75% și 94%.

Cuptorul cu vatră rotativă, constituie o soluție viabilă de valorificare, în special pentru combinatele care utilizează furnale. [28,41]

3.11. Concluzii

În procesele industriale din industria siderurgică au rezultat cantități apreciabile de deșeuri cu conținut de fier, carbon (în limite mari de variație în cele pulverulente) și elemente de aliere în cazul oțelurilor aliate, acestea putând fi valorificate utilizând fie instalații clasice, fie instalații recent introduse în practica tehnologică.

Deșeurile sub formă de bucăți rezultate pe fluxul de elaborare /turnare/laminare au fost reintroduse în circuitul productiv în proporție de 100%. Până în 1990 nu au fost reintroduse în circuitul tehnologic decât în proporție de cca.20-25% deșeurile pulverulente și mărunte, ceea ce cumulativ cu restructurarea industriei siderurgice a condus la existența unor cantități mari de asemenea deșeuri depozitate în iazuri, halde și mai recent în hale industriale dezafectate.

Valorificarea deșeurilor mărunte și pulverulente a avut loc prin aglomerare, lucru posibil în prezent numai la S.C.ArcelorMittal S.A Galați, unitate care mai are flux integrat (la Reșița și Hunedoara au fost complet dezafectate).

La societățile siderurgice care nu mai au flux integrat și cele cu cuptoare electrice, considerăm ca soluții economice, atât ca investiție și cheltuieli de fabricație, *peletizarea* pentru deșeurile pulverulente (peletizor tip tambur sau cilindric) cu producerea peletelor autoreducătoare, respectiv *aglomerarea* discontinuă în cutie de aglomerare tip Greenwalt (secțiune circulară), cu producerea aglomeratului cu grad ridicat de metalizare (peste 60%). Atât peletele cât și aglomeratul cu grad ridicat metalizare poate fi utilizat ca sortiment metalic în încărcătura cuptorului electric cu arc.

Interes deosebit prezintă procedeul RHF-Demag SMS de reducere directă a oxizilor de fier pentru valorificarea prafului de oțelărie.

În funcție de granulația deșeurilor și la societățile care generează deșeuri (cenuși piritice, tunder, nămol acoperiri metalice etc.) dar nu au oțelării, pot fi instalate instalații de peletizare sau de aglomerare discontinuă, cu livrarea produselor obținute la diferiți producători de oțel.

PARTEA A II-A

CERCETĂRI ȘI EXPERIMENTĂRI PROPRII DE PROCESARE A DEȘEURILOR MĂRUNTE ȘI PULVERULENTE

4. CARACTERISTICI TEHNICE ȘI CALITATIVE ALE INSTALAȚIILOR ȘI DEȘEURILOR UTILIZATE ÎN CADRUL EXPERIMENTĂRILOR

4.1. Generalități

Soluțiile tehnologice experimentale, propuse în cadrul tezei de doctorat, au în vedere valorificarea materialelor secundare constând din deșeuri pulverulente și mărunte (praf de oțelărie, praf de aglomerare-furnale, praf de var, țunder, zgură de oțelărie, nămol protecție anticorrosivă, nămol roșu etc.).

Pentru a justifica necesitatea desfășurării cercetărilor experimentale propuse, trebuie menționat faptul că în România fierul vechi a devenit materie primă deficitară, datorită liberalizării exporturilor și a creșterii prețului de achiziție a acestuia, în mod deosebit a celui de calitate superioară, pe de o parte, iar pe de altă parte condițiile impuse de Uniunea Europeană referitor la calitatea mediului. [9]

Industria siderurgică românească înregistrează în prezent decalaje tehnologice în ceea ce privesc procesele de valorificare în vederea extragerii fierului, subprodusele obținute prin reciclarea deșeurilor cu conținut de fier, fiind supuse unor operații de manipulare și transport (încărcare, descărcare, dozare).

Pe plan mondial se valorifică circa 80% din deșeurile siderurgice, în timp ce în România, în momentul actual, se valorifică aproximativ 48% dintre acestea, restul fiind haldate. Haldarea acestor deșeuri conduce atât la poluarea mediului ambiant prin degajări difuze ale compușilor nocivi, cât și la impurificarea apelor de suprafață și a pânzelor freatice, pe suprafețe care depășesc cu mult perimetrele de haldare. [12]

Abordarea, rezolvarea și implementarea tehnologiilor propuse depind în mare măsură de:

- ≡ natura materialelor supuse procesării și anume a deșeurilor ca materiale secundare care trebuiesc valorificate prin reciclare;
- ≡ forma produsului finit, sub care sunt procesate aceste materiale.

În baza documentației din literatura de specialitate și pe baza experimentărilor și rezultatelor proprii, se consideră ca fiind fundamentate soluțiile tehnologice propuse, în vederea procesării acestor deșeuri ca materii prime în siderurgie și nu numai [27,29,45].

Cercetările s-au axat predominant pe valorificarea deșeurilor prin *peletizare*, *brichetare* și *aglomerare*, primele două procedee fiind cele mai convenabile din punct de vedere tehnico-economic pentru societățile siderurgice puternic

restructurate cât și pentru alte societăți care produc cantități relativ mici de deșeurii până la circa 200 tone pe an.

4.2. Caracteristicile tehnice ale instalațiilor și echipamentelor folosite în cadrul experimentărilor

Determinarea caracteristicilor calitative a deșeurilor procesate în cadrul experimentărilor în fază de laborator, precum și a *peletelor*, *brichetelor* și *aglomeratelor* obținute, au fost efectuate în laboratoarele Facultății de Inginerie din Hunedoara/Universitatea Politehnica Timișoara, a societății ArcelorMittal S.A. Hunedoara și Facultății de Știința și Inginerie Materialelor/Universitatea Politehnica București.

Pentru experimentări referitoare la producerea *peletelor*, *brichetelor* și *aglomeratelor*, s-au folosit instalațiile (echipamentele) prezentate în cele ce urmează.



Figura 4.1. Echipamente și instalații utilizate



Figura 4.2. Ciur vibrator



Figura 4.3 . Moară Kollergang



Figura 4.4. Moară planetară cu bile PM100



Figura 4.5 . Moară cu rotor ZM 200

Clasarea prin refuz se realizează pe site la care prima sită este cu ochiurile cele mai mari, trecerea de pe această sita va constitui alimentarea pentru a doua sită pe care se va obține din nou o trecere și un refuz și așa mai departe pentru

sitele următoare ce vor avea ochiurile din ce în ce mai mici.

Moara planetară cu bile PM 100 CM pulverizează și amestecă materiale cu duritate medie, până la cele extrem de dure, precum și materiale casante și fibroase. Este folosită atunci când cel mai înalt grad de finețe este necesar. Se poate efectua atât măcinare uscată, cât și umedă. Forțele centrifuge produse de rotație împing bilele de măcinare și proba pe peretele interior al incintelor de măcinare, unde are loc reducerea dimensiunilor, în principal prin presare și frecare.

Inițial, materialul se supune clasării granulometrice pe site cu dimensiuni ale ochiurilor mai mari (se stabilesc tipurile sitelor în funcție de natura materialului inițial).

Măcinarea materialului granular se realizează într-o moară planetară cu bile sau într-o moară ultracentrifugală (în funcție de duritatea materialului granular supus măcinării), iar cantitatea de material granular supus operației de măcinare se stabilește în funcție de diametrul bilor utilizate, știindu-se capacitatea recipientului de măcinare ca fiind de 500 ml.

ZM 200 este o moară centrifugală care dezvoltă o viteză de rotație foarte mare și este folosită pentru reducerea mărimii particulelor, cu duritate medie sau a materialelor fibroase.

Data fiind tehnica eficientă de reducere a dimensiunii, ZM 200 asigură o preparare delicată a probelor analitice într-un timp foarte scurt.

Prezintă avantajul unei concasări fine și foarte rapidă a dimensiunii prin pre-măcinare și măcinare fină într-un singur ciclu de operare.



Figura 4.6. Aparat de sitare Fritsch tip Analysette 3 Spartan



Figura 4.7. Balanță de cântărire

Aparatele de sitare Fritsch sunt dimensionate astfel încât să răspundă tuturor cerințelor unui laborator. Aparatele vibratoare (pentru site pentru site de Ø 100, 200, 250, 300, 315, 350, 400, 450 mm și 8, 12, 16, 18 inch) sunt instrumente fiabile pentru sitare uscată, umedă și de micro-precizie, de la 0.05 g la 15 kg.

Instalația de laborator este alcătuită dintr-un platou vibrator pe care se așează sitele, care sunt rigidizate cu ajutorul unor curele, după cum se observă din figura 4.6. Vibrarea întregului ansamblu de site se realizează electromagnetic, putându-se regla amplitudinea de vibrație a acestora dar și timpul de funcționare a instalației. Se cântărește refuzul de pe fiecare sită, inclusiv de pe sita oarbă cu ajutorul balanței electronice.

Ambele modele de balanță, (figura 4.7.) prezintă funcția încorporată de calibrare și reglare. Aceasta înseamnă ca balanța va realiza în mod automat calibrare și ulterior reglare oricând temperatura mediului se schimbă cu o anumită valoare sau când s-a scurs un anumit interval de timp.



Figura 4.8. Tobă de omogenizare



Figura 4.9 . Peletizor tip taler

Peletizarea se aplică numai minereurilor cu granulația sub 0,2 mm, cele cu granulație mai mare de 0,2 mm se supun măcinării până la obținerea fineței necesare.

În peletizor se introduce o anumită cantitate de prafuri și se face un adaos de apă pentru umezire, iar ca liant se folosește bentonită, var, cenușă de termocentrală. Peletizarea se continuă până se obțin pelete cu diametrul între 10-15 mm. De la fiecare încărcare se rețin câteva pelete crude pentru determinarea rezistenței la compresiune, restul fiind arse în cuptoare de calcinare, iar după răcire se vor determina caracteristicile fizico-mecanice.



Figura 4.10 . Instalația de aglomerare



Figura 4.11 . Instalația de brichetare

Producerea de aglomerat în cutia de aglomerare se face folosind diferite rețete de aglomerare. În funcție de tipul de minereuri existente și de caracteristicile dorite pentru aglomerat se fac diverse dozări între componentele încărcăturii: minereuri de fier, coacs, fondanți, diferite adaosuri.

În cadrul experimentărilor după terminarea procesului de aglomerare, produsul, respectiv aglomeratul, se lasă în cutie pentru răcire cu aspirare de aer timp de 4-5 min.), după care se evacuează din cutie și se supune clasării (pe ciurul vibrator), iar apoi se depozitează.

Instalațiile de brichetare, transformă deșeurile cu granulație sub 8 mm, în bucăți de formă determinată (cilindrică, prismatică) prin presare.

Instalațiile prin care se execută brichetarea materialelor pot fi instalații de joasă presiune (până la 75N/mm^2) și instalații de presiune înaltă (peste 75N/mm^2).

Pentru valorificarea sub formă de brichete a deșeurilor mărunte și pulverulente, provenite din industriile siderurgice, energetice și miniere, am avut în vedere următoarele deșeuri: praf de oțelărie, praf aglomerare-furnale, nămol roșu, nămol protecție anticorrosivă, țunder (șlam de țunder), grafit, iar ca liant: var, bentonită.



Figura 4.12 . Etuva



Figura 4.13 . Cuptor de topire L15/12/B180



Figura 4.14 . Cuptor de topire LHT 02/17



Figura 4.15 . Cuptor cu rezistori



Figura 4.16. Cuptor Tammann



Figura 4.17. Cuptor cu inducție

4.3. Caracteristicile calitative ale subproduselor și deșeurilor utilizate în cadrul experimentărilor

Caracteristicile calitative ale produselor obținute prin procesarea deșeurilor cu conținut de fier, fier și carbon sunt în mare măsură influențate de *caracteristicile chimice și fizice* ale acestora.

Deșeurile utilizate în cadrul experimentărilor, au provenit din puncte diferite: deșeuri pulverulente feroase (prafuri) din iazuri și halde industriale, fluxurile de aglomerare și elaborare a fontei, elaborarea oțelului în cuptoare electrice cu arc și convertizoare cu oxigen, țunder și șlam de țunder de la turnarea continuă, laminoare, etc.

În rândul surselor pentru obținerea de materiale re folosibile feroase, trebuie incluse și unele reziduuri prăfoase cu conținut feros, rezultate în cursul unor procese tehnologice din alte ramuri industriale și care se pot folosi în industria siderurgică, după o prelucrare prealabilă. Acestea sunt nămolurile roșii și de la acoperiri de protecție anticorrosivă.

Pentru aprecierea calității acestor deșeuri, s-au determinat pentru fiecare deșeu caracteristicile fizico-chimice și anume compoziția chimică și compoziția granulometrică.

S-a considerat că prezintă interes pentru reciclare, deșeurile provenite provenite de la S.C. ArcelorMittal Hunedoara S.A., Cemtrade Oradea, Galvan Alco Oradea, I.U.S Brașov, S.C.Prompt Distrib Sebeș.

Este necesar ca la aprovizionarea cu materiile prime/deșeuri, acestea să fie depozitate în spații bine delimitate astfel încât să nu se producă amestecarea lor și

nici impurificarea acestora cu resturi de pământ, beton, materiale refractare etc. În condițiile de laborator a fost asigurată depozitarea deșeurilor în recipiente de plastic, atât înainte de procesare (măcinare, clasare volumetrică) în vederea peletizării, cât și după această procesare, menționându-se denumirea deșeurii și a caracteristicilor calitative. De asemenea s-a asigurat depozitarea peletelor obținute în cutii de tablă.

4.3.1. Caracteristici chimice

Compoziția chimică a grupelor de materiale/deșeurii folosite la partea experimentală, este prezentată în tabelele de mai jos:

Tabelul 4.1. Compoziția chimică a șlamului de aglomerare-furnale Hunedoara

Material	Compoziția chimică, (%)										
Șlam de aglomerare	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	FeO	Fe ₂ O ₃	Fe_tot	Zn	C	S
	14.06	10.01	2.57	6.44	0.96	12.36	40.71	30.35	4.79	10.9	1.11

Tabelul 4.2. Compoziția chimică a prafului de la oțelăria electrică Hunedoara

Material	Compoziția chimică, (%)								
Praf oțelărie electrică	Fe _t	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Alți oxizi
	53.67	2.98	73.37	4.80	3.49	5.11	2.34	1.07	4.92

Tabelul 4.3. Compoziția chimică a șlamului de la Sebeș

Material	Compoziția chimică, (%)											
Șlam 1	Fe ₂ O ₃	CaO	MnO	ZnO	Al ₂ O ₃	Cl ₂	SiO ₂	MgO	Cr ₂ O ₃	NiO	SO ₃	Alți oxizi
Șlam 1	63.74	16.93	3.24	2.87	0.79	0.48	3.21	1.82	0.51	0.46	0.49	18.51
Șlam 2	59.96	17.75	1.13	0.87	0.10	0.20	2.57	1.0	0.42	0.29	0.34	19.65

Tabelul 4.4 Compoziția chimică a șlamului de tunder

Material	Compoziția chimică, (%)									
Șlam tunder	Fetot	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Alți oxizi	
	71.45	68.44	26.04	1.27	1.46	0.23	0.32	1.28	0.97	

Tabelul 4.5. Compoziția chimică a tunderului ArcelorMittal Hunedoara

Material	Compoziția chimică, (%)									
Tunder	Fe _{tot}	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Alți oxizi	
	68.22	67.42	25.08	1.13	1.63	0.25	0.39	0.78	3.32	

Tabelul 4.6. Compoziția chimică a nămolului de la protecție acoperiri anticorozive de la Brașov

Material	Compoziția chimică, (%)									
Șlam Brașov	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	S	Na ₂ O	NiO	Cr ₂ O ₃	MgO	
	63.25	7.72	6.75	5.07	3.86	3.05	2.75	1.77	1.58	

Tabelul 4.7. Compoziția chimică a concreșente de la Oradea

Material	Compoziția chimică, (%)									
Concreșente	NiO	CuO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	ZnO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	S	CaO	
	86.60	6.21	33.01	1.12	0.548	0.382	0.343	0.312	0.309	

Tabelul 4.8 Compoziția chimică a nămolului roșu de la Oradea

Material	Compoziția chimică, (%)								
	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	TiO ₂	Na ₂ O	Cr ₂ O ₃	ZnO	Alți oxizi
Nămol roșu Oradea	36.63	27.22	16.35	8.31	5.12	3.77	0.250	0.112	1.10

Nămolurile roșii sunt reziduurile industriale care rezultă în procesul de fabricare a oxidului de aluminiu din bauxită. Acest reziduu industrial conține 45 – 55 % Fe₂O₃. Depozitarea controlată a acestor reziduuri industriale poate provoca mari dificultăți din punct de vedere al poluării apelor. Din această cauză, se impune o neutralizare specială. Există însă metode industriale de prelucrare a acestor reziduuri, care, în afară de faptul că le neutralizează, le transformă într-un aliaj de fier cu conținut de carbon de 1 – 3%, ce poate fi utilizat în oțelării.

Tabelul 4.9 Compoziția chimică a nămolului de la protecție acoperiri anticorozive - Oradea

Material	Compoziția chimică, (%)									
	ZnO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	NiO	P ₂ O ₅	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Alți oxizi
Nămol protecție acoperiri anticorozive	24.43	21.59	12.33	7.73	5.56	5.44	3.52	1.72	1.15	8.02

Tabelul 4.10. Compoziția chimică a țunderului pentru aglomerat

Material	Compoziția chimică, (%)								
	Fe _t	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Alți oxizi
Țunder	70.16	66.57	26.27	0.8	1.76	0.17	0.46	0.95	3.02

Tabelul 4.11. Compoziția chimică a cenușii de termocentrală

Material	Compoziția chimică, (%)							
	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Altele
Cenușă de termocentrală	50.66	8.41	0.83	17.63	8.90	0.89	0.27	0.69

Cenușile de termocentrală sunt materiale granulare, de culoare gri, gri-închis, până la negru, alcătuite din granule cu dimensiuni mici și forme variate. Cenușile de termocentrală rezultă ca deșeuri la arderea în suspensie de gaz a cărbunilor fin măcinați în focarele centralelor termoelectrice. Ele sunt valorificate, în mod curent, pentru proprietățile lor puzzolanice sau cementoide, în tehnologia cimentului și a betonului. Prin material puzzolanic se înțelege un produs natural de origine vulcanică sau artificial rezultat ca urmare a unor procese tehnologice, bogat în silice (SiO₂) amorfă și alumină (Al₂O₃) care, în prezența apei și a unui activator (oxizi alcalini – ex. CaO) dezvoltă proprietăți liante (de priză și întărire) prin formarea de hidrocompuzi asemănători cu cei care rezultă la hidratarea cimentului portland.

La microscopia optică se găsește sub formă de sfere microporoase, iar la microscopia electronică sub formă de sfere sticloase sau cavernoase.

Compoziția chimică a adaosurilor pentru lierea materialelor utilizate, se prezintă în tabele de mai jos.

Tabelul 4.12. Compoziția chimică a bentonitei

Material	Compoziția chimică, (%)						
	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
Bentonită	1.5 - 2	68 - 75	1.0 - 2.5	10 - 12	0.2 - 1.5	2.8 - 4.5	3.2 - 4.5

Tabelul 4.13. Compoziția chimică a prafului de var

Material	Compoziția chimică, (%)								
	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Fe _{tot}	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	S	P
Praf de var	96.3	0.7	0.5	0.35	0.45	1.15	0.25	0.1	0.2

4.3.2. Caracteristici fizice

Una dintre cele mai importante caracteristici fizice ale deșeurilor utilizate, este clasa granulometrică a pulberilor. O parte din aceste deșeuri au fost măcinate: nămolul roșu (datorită depozitării se prezintă sub formă de bulgări), concentrat din steril de siderită Teliuc, țunderul, pilitura de fier și fracția feroasă a zgurii de oțelărie și clasate volumetric. Alegerea deșeurilor s-a făcut în funcție de compoziția chimică și mineralogică a acestora.

S-au făcut experimentări în ceea ce privește clasa granulometrică a prafului de furnal, prafului de oțelărie, țunderului (provenit de la ArcelorMittal Hunedoara), nămolului roșu (provenit de la Oradea), nămolului protecție anticorozivă (provenit de la Oradea și Brașov), sitându-se câte 10 kg din aceste tipuri de deșeuri.

Compoziția granulometrică a amestecului obținut din toate aceste componente va fi influențată de ponderea fiecărui deșeu din rețetă, determinând calitatea produsului reciclabil și anume o distribuție granulometrică cât mai uniformă.

Tabelul 4.14. Analiza granulometrică a materialelor

Denumire material	Clase granulometrice, [%]						
	< 63 μm	63-100 μm	100-250 μm	250-500 μm	500-710 μm	710-1000 μm	> 1000 μm
P.O.HD	60.11	10.28	8.43	7.52	6.81	6.85	0
Ș.L.	46.26	18.31	15.65	8.12	6.45	3.21	2
C.D.S.	42.16	21.18	12.48	10.13	6.42	4.29	3.34
N.R.	54.17	15.82	12.13	7.41	7.36	3.18	0
V	65.21	19.71	5.82	4.13	3.10	2.03	0
B	47.12	23.25	15.41	7.02	4.08	3.12	0

*) P.O.HD – Praf oțelărie Hunedoara; Ș.L. – Șlam de aglomerare; C.D.S. – Concentrat din deșeu sideritic; N.R. – nămol roșu Oradea; B – Bentonită; V – Var;

Tabelul 4.15. Analiza granulometrică concentratului de cenușă de termocentrală

Fracția granulometrică [mm]	0,315-0,20	0,20-0,10	0,10-0,071	< 0,071
Conținut, [%]	0.02	54	33.4	12.58

Tabelul 4.16. Analiza granulometrică a nămolului roșu, întreprinderea de alumina Oradea

Fracții granulometrice, μm	>12.63	>7.29	>4.21	>3.06	>2.75	>1.48	<11.48
Pondere pe fracție, %	31.33	11.29	11.96	8.45	5.64	4.66	29.77

Tabelul 4.17. Analiza granulometrică a țunderului și a concentratului sideritic

Material	Fracții granulometrice, %			
	> 5mm	5 - 2 mm	2 - 1mm	< 1mm
Țunder	60.34	17.16	13.77	8.73
Concentrat sideritic secundar	-	26.12	60.49	13.39

Tabelul 4.18. Caracteristicile cinetice de umectare ale deșeurilor feroase

Nr. crt.	Praf de la	Volum cm ³	Masa probei, g	Masa în vrac g/ cm ³	Densitatea g/ cm ³	Porozitate strat %	Timp umectare min	Capacitate de umectare g/g	Presiune capilară MPa
1.	AMHD*	-	2.42	3.93	3.93	-	**)	**)	**)

*) ArcelorMITTAL Hunedoara

***) Materialul prezintă o anomalie privind capacitatea de umectare, comportându-se ca un material hidrofob, cu viteză extrem de scăzută de absorbție 10⁻³g/min.

În România au fost construite două uzine pentru extragerea aluminei la Oradea și Tulcea, aceasta din urmă funcționând și acum. Reziduu rezultat de la aceste uzine – nămolul roșu – deocamdată nu are nici o soluție de procesare. Distribuția granulometrică oferă un spectru de granulații cu 90% sub 12 μ m și cel puțin 20% sub 1 μ m, ceea ce îl recomandă ca un material care poate fi supus la procesarea prin peletizare și brichetare.

Deșeurile avute în vedere în cadrul experimentărilor de laborator au fost procesate conform fluxului care este prezentat în capitolul 5 - figura 5.1., utilizând aparatura și instalațiile aflate în dotarea laboratoarelor Facultății de Inginerie Hunedoara.

Pentru determinarea caracteristicilor calitative, au fost determinate rezistențele la compresiune, la fisurare, sfărâmare, fiind totodată calculat intervalul de sfărâmare în cazul brichetelor experimentale.

În figurile de mai jos se prezintă structura granulometrică, determinările fiind efectuate în laboratorul de Baza energetică și de materii prime, din cadrul Facultății de Inginerie Hunedoara.

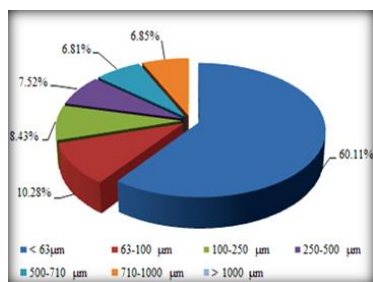


Figura 4.18. Distribuția pe clase granulometrice a prafului de oțelărie

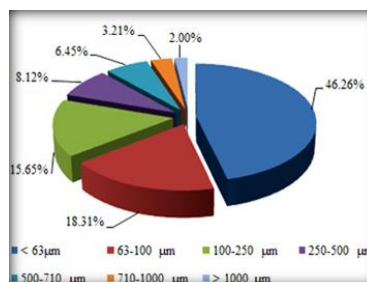


Figura 4.19. Distribuția pe clase granulometrice a prafului de aglomerare-furnale

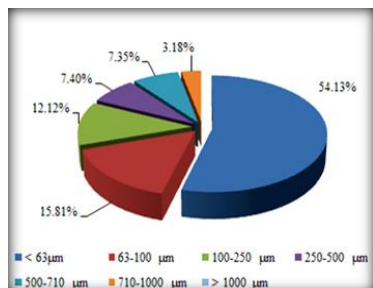


Figura 4.20. Distribuția pe clase granulometrice a nămolului roșu

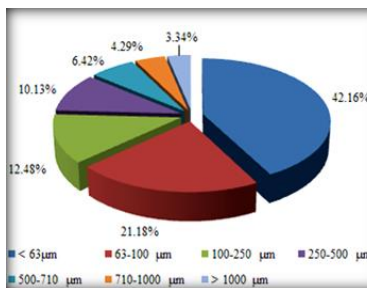


Figura 4.21. Distribuția pe clase granulometrice a deșeurii sideritice

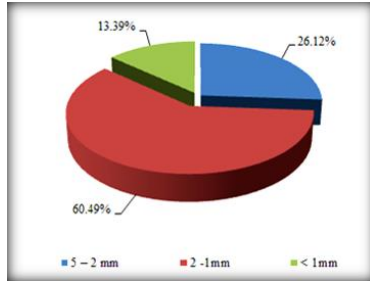


Figura 4.22. Distribuția pe clase granulometrice a concentratului sideritic

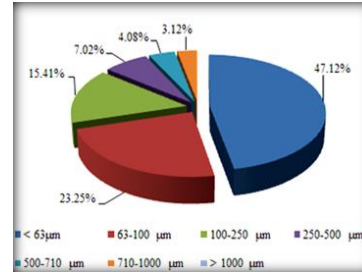


Figura 4.23. Distribuția pe clase granulometrice a bentonitei

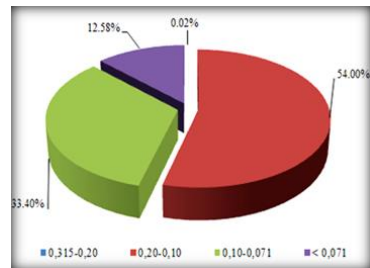


Figura 4.24. Distribuția pe clase granulometrice pentru cenușa de termocentrală

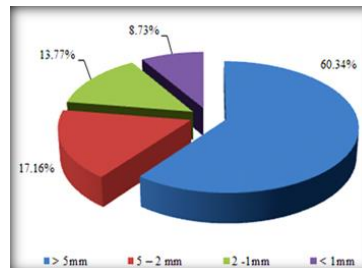


Figura 4.25 Distribuția pe clase granulometrice a țunderului

4.4. Concluzii

Din analiza caracteristicilor instalațiilor și echipamentelor, precum și a deșeurilor utilizate în cadrul experimentărilor rezultă următoarele concluzii:

- ≡ instalațiile și echipamentele existente în cadrul laboratoarelor Facultății de Inginerie din Hunedoara permit atât producerea peletelor, brichetelor și aglomeratelor, din deșeuri feroase pulverulente și mărunte, în cele mai multe variante tehnologice fără o măcinare prealabilă, cât și determinarea caracteristicilor calitative;
- ≡ unele dintre deșeuri conțin și carbon, ceea ce prezintă un avantaj pentru procesul de durificare prin ardere a peletelor și brichetelor, sau de sinterizare a aglomeratului;
- ≡ compoziția chimică și granulometrică, precum și conținutul de elemente dăunătoare, permit procesarea deșeurilor prin tehnologiile luate în studiu și anume peletizare, brichetare și aglomerare;
- ≡ o atenție deosebită trebuie acordată deșeurilor cu conținut de elemente de aliere a oțelurilor (prafuri de la elaborarea oțelului aliat, șlam de la acoperiri anticorozive etc.) și de multe ori zinc;

O parte din deșeurile utilizate în cadrul experimentărilor au fost luate în studiu la solicitarea unor societăți comerciale generatoare de deșeuri (S.C. ArcelorMittal S.A. Hunedoara, Cemtrade Oradea).

5. EXPERIMENTĂRI ÎN FAZĂ DE LABORATOR PRIVIND VALORIFICAREA DEȘEURILOR MĂRUNTE ȘI PULVERULENTE PRIN PELETIZARE, BRICHETARE ȘI AGLOMERARE

5.1. Fluxul tehnologic și tehnologia de producere a peletelor și brichetelor în fază de laborator

Procesarea deșeurilor mărunte și pulverulente reprezintă ansamblul de operații tehnologice prin care acestea sunt prelucrate în vederea utilizării lor în condițiile cerute de utilizator. Operațiile tehnologice sunt hotărâtoare în procesele de valorificare/reciclare a materialelor secundare – *deșeuri pulverulente și mărunte*.

Pentru efectuarea experimentărilor în bune condiții și obținerea unor pelete și brichete a căror caracteristici calitative să fie corect redade de cele ale materiilor prime utilizate, a fost stabilită următoarea schemă tehnologică aplicată pentru fiecare variantă experimentală.

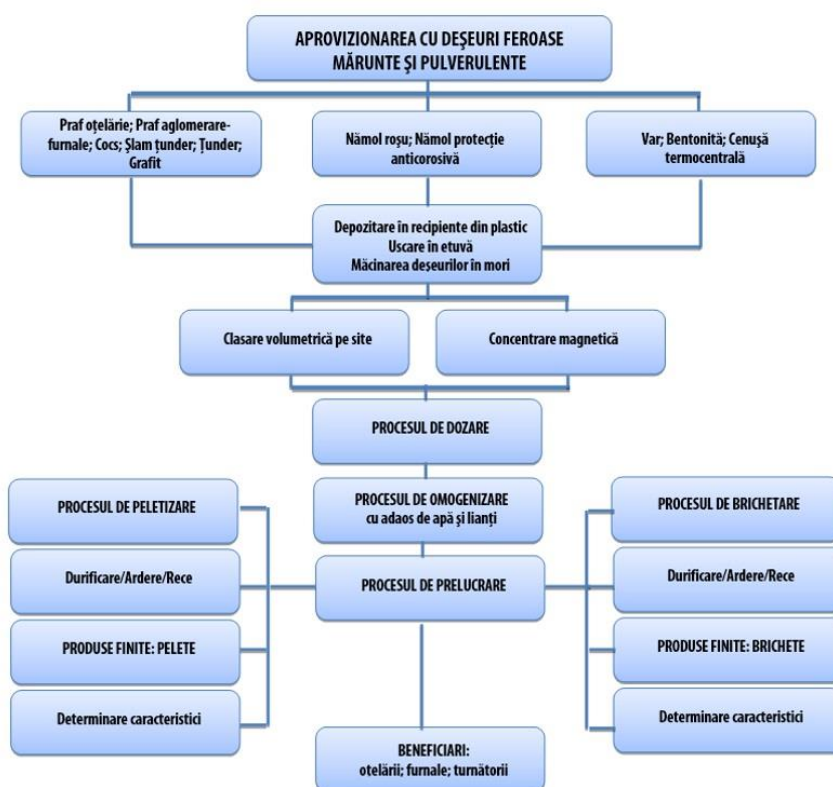


Figura 5.1. Schema tehnologică de peletizare și brichetare

Bazate pe procese de reducere a materialelor oxidice, soluțiile tehnologice pe care le propune teza, au în vedere valorificarea materialelor secundare, constând din deșeuri pulverulente și mărunte provenite din industria siderurgică, minieră și energetică.

Pe baza documentației din literatura de specialitate și pe baza experimentărilor și rezultatelor proprii, consider ca și soluții tehnologice pentru procesarea acestor deșeuri, procedeele de *peletizare* și *brichetare*.

5.2. Tehnologia stabilită pentru producerea peletelor

Tehnologia stabilită pentru producerea peletelor cuprinde următoarele etape:

- ≡ Aprovizionarea cu deșeuri pulverulente și mărunte de la următoarele societăți: S.C. ArcelorMittal S.A. Hunedoara, Termocentrala Mintia – Deva Hunedoara, Cemtrade Oradea, Galvan Alco Oradea, IUS (Intreprinderea de Unelte și Scule) Brașov;
- ≡ Depozitarea acestora a fost făcută în recipiente din material plastic;
- ≡ Uscarea deșeurilor a avut loc în etuvă, măcinarea bulgărilor din deșeuri pulverulente depozitate în iazuri în moara Kollergang, cu bile PM 100 și ZM 200;
- ≡ Materialele pulverulente se supun clasării volumetrice folosind 8 site cu ochiuri de 125 μm și mai mici, ajungând până la 25 μm;
- ≡ Materialul cu granulație sub 125 μm se depozitează în recipiente separate în vederea utilizării la diferite rețete de peletizare, materialele cu granulație mare sunt introduse în moara Kollergang, iar cel cu granulație peste 125 μm se introduce în moara cu bile, după măcinare se depozitează în silozuri (recipiente);
- ≡ După clasarea și depozitarea tuturor deșeurilor și materialelor necesare se dozează materialele în funcție de rețeta utilizată și se introduc în instalația de omogenizare cu adăugarea lianților;
- ≡ Șarja crudă se peletizează cu ajutorul instalației de peletizare, ținând cont atât de cantitatea de material folosit cât și de cantitatea de apă necesară pentru a obține pelete;
- ≡ În urma procesului de peletizare, peletele sunt supuse procesului de clasare folosindu-se site cu ochiuri având diametrul de 10 mm; peletele cu diametrul mai mic de 10 mm sunt reintroduse în procesul de peletizare sau cel de obținere a aglomeratului.
- ≡ Se selectează pelete cu diametrul de 15 mm, pentru determinarea rezistenței la compresiune;
- ≡ Peletele obținute sunt supuse unor procese de durificare, inițial în atmosferă normală și ulterior în funcție de gradul de reducere dorit, în cuptoare cu rezistență, încălzite la 1150°C, timp de 2 ore, menținere 0,5 ore și răcire în aer, după o diagramă de încălzire – menținere - răcire stabilită pe baza experimentărilor proprii – rezultate, prezentată mai jos.

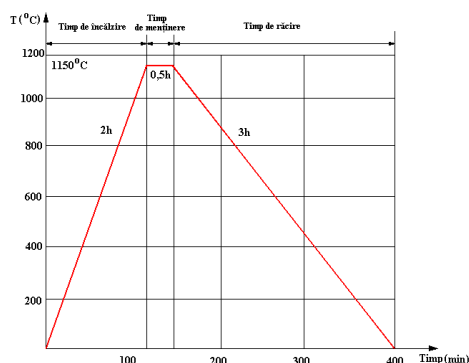


Figura 5.2. Diagrama de durificare a peletelor

5.2.1 Experimentări de laborator în cadrul Facultății de Inginerie Hunedoara privind producerea peletelor cu durificare prin ardere

Pentru producerea peletelor, deșeurile utilizate, precum și rețetele de fabricare sunt prezentate în tabelul 5.1. De asemenea se prezintă, în același tabel, proporția de grafit utilizat ca reducător, precum și proporțiile de bentonită și var, utilizați drept lianți. Pentru fiecare rețetă au fost produse 4 serii de pelete, deci în total 52.

Peletele au fost produse cu respectarea tehnologiei prezentate mai sus. Durificarea acestora s-a făcut conform diagramei prezentate, iar încercările de rezistență la compresiune au fost efectuate în laboratorul de încercări mecanice, din cadrul Facultății de Inginerie Hunedoara (din fiecare serie de pelete s-au ales câte 3 pelete cu diametru cca.13mm).

Tabelul 5.1. Componenta rețetelor pentru pelete, [%]

Nr. crt.	Deșeurile utilizate	Componenta rețetelor, [%]												
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
1.	P.O.	37	18	29	32	21	11	57	72	-	72	-	69	68
2.	P.A.F.	28	45	29	32	42	53	11	-	72	-	72	-	-
3.	N.R.	14	7	10	10	11	11	11	12	12	-	-	-	23
4.	N.P.A.-O	9	18	20	10	11	11	11	12	12	24	24	23	-
5.	G	4	5	5	4	-	-	-	-	-	-	-	1	2
6.	B	6	5	4	4	5	5	3	4	4	4	4	3	5
7.	V	2	2	3	4	4	5	3	-	-	-	-	2	2
8.	C.T.	-	-	-	-	5	4	2	-	-	-	-	-	-

*) PAF – Praf aglomerare-furnale; P.O. – Praf oțelărie; N.R. – nămol roșu; N.G.-O. – nămol protecție anticorosivă Oradea; B – Bentonită; V – Var; G – Grafit; C.T. – Cenușă termocentrală

Tabelul 5.2. Compoziția chimică a rețetelor pentru pelete [%]

Nr. rețetă	Compoziția chimică a rețetelor, (%)											
	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	ZnO	CaO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO	MnO	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	NiO	Alți oxizi
R1	37.16	16.95	10.82	10.56	7.16	4.10	2.47	1.63	1.54	0.40	0.71	6.5
R2	40.26	17.52	8.47	9.42	7.40	4.80	2.13	1.28	1.87	0.37	1.48	5.0
R3	39.66	15.70	8.56	10.64	10.14	3.75	2.04	1.37	1.18	0.36	1.61	4.99
R4	36.47	19.30	9.54	9.92	8.55	4.66	2.19	1.44	1.21	0.35	0.78	5.59
R5	40.08	18.29	8.42	11.23	7.68	3.80	2.27	1.41	1.21	0.32	0.86	4.43
R6	36.10	18.01	9.76	11.62	6.1	5.16	1.41	1.13	1.10	0.39	0.86	8.36
R7	39.20	18.58	8.40	10.32	9.14	7.23	1.57	1.08	1.93	0.45	0.86	1.24
R8	43.15	17.28	9.13	11.56	8.14	4.13	1.15	1.04	1.34	0.48	0.94	1.66
R9	33.57	16.84	9.47	11.08	8.33	4.20	2.08	1.33	1.45	0.60	0.94	10.11
R10	38.42	16.52	8.76	10.96	7.54	5.32	1.89	1.62	1.28	0.57	1.91	5.21
R11	40.02	18.68	5.81	9.56	7.26	6.12	2.37	1.13	3.11	0.41	1.92	3.61
R12	34.73	11.15	16.99	7.57	2.80	7.33	2.60	2.20	2.41	0.52	1.86	9.84
R13	36.02	10.37	16.73	7.44	2.43	7.67	2.56	2.14	2.53	0.52	1.86	9.73

Datele obținute au fost prelucrate în programele de calcul Excel, Matlab, DataFit, în vederea obținerii unor corelații între principala caracteristică a peletelor -

rezistența la compresiune - și proporția componentelor în rețetă pe de-o parte și pe de altă parte *proporția oxizilor* din compoziția chimică.

Reprezentarea grafică cu ajutorul programului DataFit

- ≡ Sunt analizate seturile de valori x , y și z pentru obținerea dependențelor $z=f(x,y)$;
- ≡ Variabila z este dependentă, iar variabilele x și y sunt independente;
- ≡ Sunt afișate datele statistice și graficele diferitelor ecuații posibile, în ordinea descrescătoare a coeficientului de determinare multiplă;
- ≡ Din mulțimea de ecuații se rețin doar cele care au valori acceptabile ale coeficientului de determinare multiplă (>0.6);
- ≡ Sunt salvate valorile corelațiilor neliniare: Eroarea standard de estimare; Coeficientul de determinare multiplă R^2 ; Ecuația de regresie; Coeficienții ecuației de regresie;
- ≡ Sunt reprezentate grafic suprafețele $z=f(x,y)$.

Programul DataFit nu permite reprezentarea în grafică 2D sau 3D a liniilor de contur pentru a putea efectua o analiză mai în detaliu a dependențelor celor 3 variabile: x , y și z . Din acest motiv se utilizează reprezentarea în Matlab care realizează atât suprafețe grafice $z=f(x,y)$, cât și linii de contur $y=f(x)$ pentru diferite secțiuni ale suprafeței cu plane $z=const$.

Reprezentarea grafică cu ajutorul programului Matlab

- ≡ Se importă din Datafit: Ecuația $z=f(x,y)$; Coeficienții ecuației de regresie; Coeficientul de determinare multiplă;
- ≡ Se rulează programul din Matlab care va reprezenta grafic suprafața $z=f(x,y)$. Acest grafic poate să difere ușor de cel obținut în Datafit deoarece $R^2 < 1$.

În DataFit se obține o suprafață prin fitarea datelor experimentale cu cele calculate pe baza unei ecuații teoretice propuse (astfel încât coeficientul de determinare multiplă R^2 să fie cât mai bun).

Suprafața obținută în Matlab se realizează pe baza ecuației găsite în DataFit, a coeficienților ecuației de regresie, la o anumită valoare a lui R^2 . Dacă $R^2=1$ suprafața din Matlab trebuie să fie la fel ca cea din DataFit.

Suprafața din Matlab poate conține valori ale lui z negative sau care depășesc valorile experimentale deoarece sunt calculate pe baza unei ecuații teoretice (cu $R^2 < 1$).

Programul Matlab poate să limiteze reprezentarea grafică de-a lungul axei oz pentru valori limită corespunzătoare variabilei z experimentale.

Principalele ecuații utilizate pentru reprezentarea grafică în Matlab și DataFit sunt:

$$z = a \cdot x^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f \quad (5.1.)$$

$$z = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5 \quad (5.2.)$$

$$z = a + b \cdot \ln x + c \cdot \ln x^2 + d \cdot \ln x^3 + e/y + f/y^2 + g/y^3 + h/y^4 + i/y^5 \quad (5.3.)$$

5.2.1.1. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul EXCEL

La prelucrarea datelor experimentale s-a avut în vedere obținerea unor corelații exprimate prin funcții polinomiale exponențiale, logaritmice și alegerea celor care au valori reprezentative pentru coeficientul de regresie pe de-o parte, iar pe de altă parte s-a avut în vedere ca exprimarea analitică să aibă o formă cât mai simplă. În acest sens majoritatea corelațiilor sunt exprimate prin funcții polinomiale de gradul doi. Pentru fiecare corelație s-a determinat și expresia funcțiilor care

limitează domeniile la partea superioară și respectiv inferioară, acestea fiind exprimate tot prin ecuații polinomiale de gradul 2.

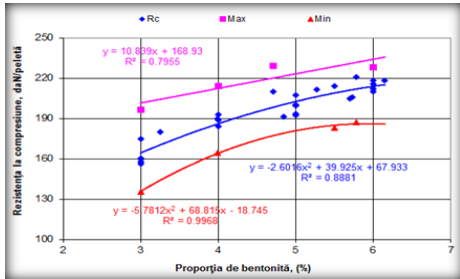


Figura 5.3. Rc = f(proporția de bentonită)

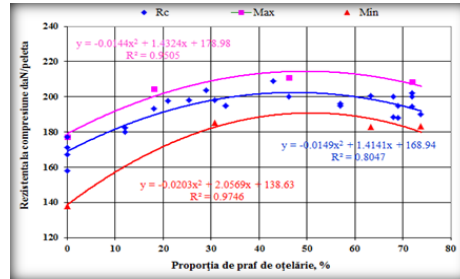


Figura 5.4. Rc = f(proporția de praf de oțelărie)

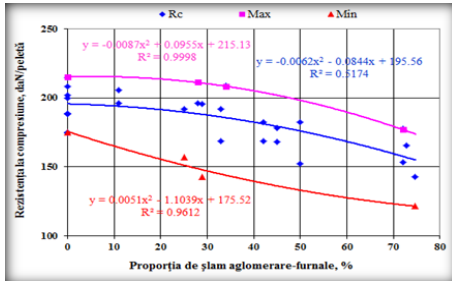


Figura 5.5. Rc = f(proporția de praf aglomerare-furnale)

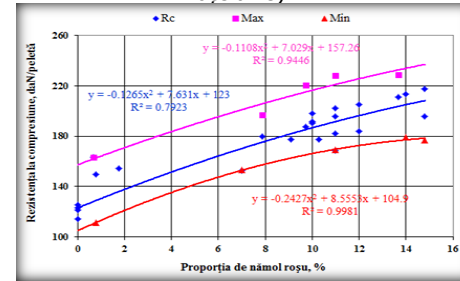


Figura 5.6. Rc = f(proporția de nămol roșu)

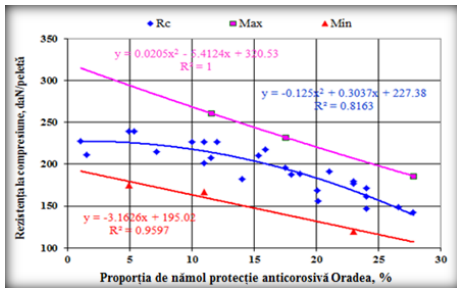


Figura 5.7. Rc = f(proporția de nămol protecție anticorosivă Oradea)

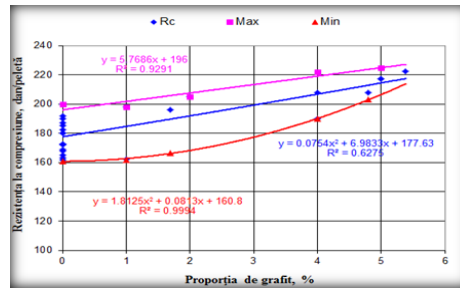


Figura 5.8. Rc = f(proporția de grafit)

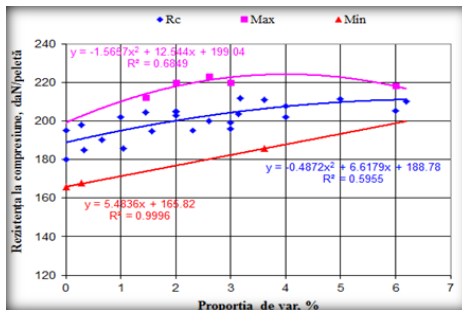


Figura 5.9. Rc = f(proporția de var)

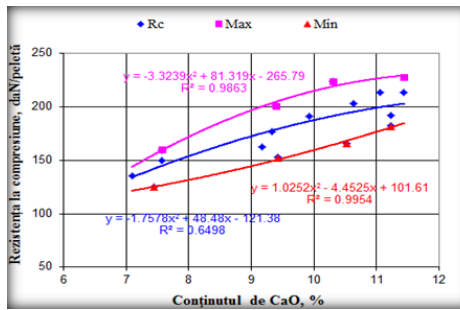


Figura 5.10. Rc = f(proporția de CaO)

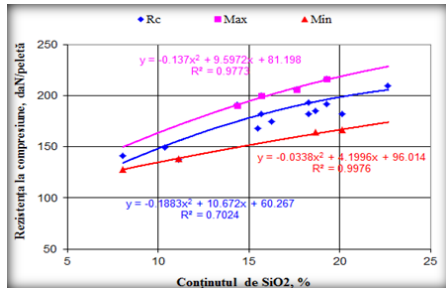
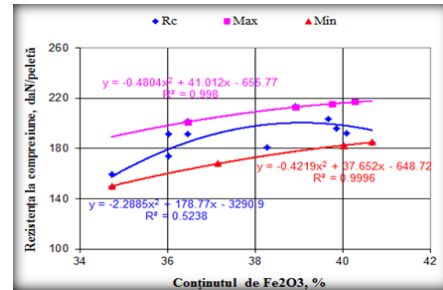
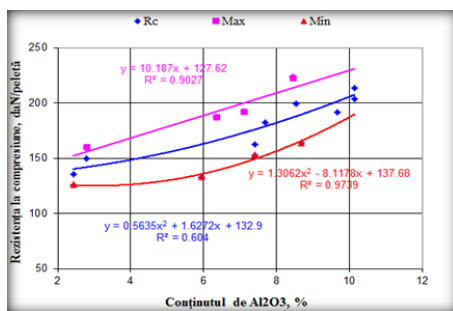
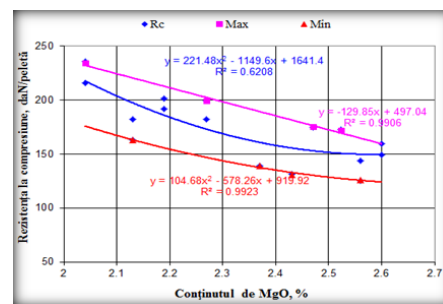
Figura 5.11. Rc = f(proporția de SiO₂)Figura 5.12. Rc = f(proporția de Fe₂O₃)Figura 5.13. Rc = f(proporția de Al₂O₃)

Figura 5.14. Rc = f(proporția de MgO)

Figura 5.3. - Rc = f(proporția de bentonită) - o creștere a cantității de bentonită conduce la creșterea rezistenței la compresiune, urmare a calității de liant a acesteia. Pentru domeniul de utilizare al peletelor ca încărcătură la cuptoarele electrice cu arc, este suficient un conținut de bentonită 3-3,5%.

În cazul utilizării la furnale cu volum de peste circa 2000m³, având în vedere eforturile la care sunt supuse, se poate efectua un adaos de până la 5%.

Figura 5.4. - Rc = (proporția de praf de oțelărie) - creșterea ponderii prafului de oțelărie are o influență asupra rezistenței la compresiune, cele mai bune valori obținându-se între 30-60% praf de oțelărie, ceea ce dovedește influența pozitivă a granulației și a capacității de umectare a acesteia. Ca urmare se recomandă utilizarea în funcție de sortimentele disponibile a acestui sortiment în proporție de 20-75%. În unitățile restructurate la care s-au închis fluxurile integrate (Hunedoara, Reșița) și care sunt echipate cu cuptoare EBT, este evident că se poate procesa acest tip de deșeu, fie singur fie în completare cu altele.

Figura 5.5. - Rc = f(proporția de praf aglomerare-furnale) - referitor la praful de aglomerare-furnale depozitat în același iaz, se observă că poate fi utilizat foarte bine în șarja de peletizare în proporție de circa 20%, dacă peletele sunt destinate ca și component al încărcăturii furnalelor și până la 60% dacă au destinație în cuptoare electrice cu arc. Cu creșterea adaosului, rezistența la compresiune scade ușor ca urmare a capacității mai slabe de umectare a acestui sortiment (conține până la 20% carbon, acesta acționând în timpul durificării ca reducător).

Figura 5.6. - Rc = f(proporția de nămol roșu) - în ceea ce privește influența

nămolului roșu creșterea proporției acestuia conduce la o creștere a rezistenței la compresiune, explicația tehnologică constând în faptul că are un conținut ridicat de Al_2O_3 și SiO_2 , ceea ce îi asigură și rol de liant. În acest sens, se poate utiliza în concentrație de 10-12%, cu mențiunea că față de alte sortimente de acest material, acesta (depozitat în iazuri la Oradea) are conținut foarte redus de As pe de-o parte, iar pe de altă parte în prezent nu este valorificat prin reciclare.

Figura 5.7. - $R_c = f(\text{proporția de nămol protecție anticorosivă Oradea})$ - se observă că deși rezistența la compresiune scade cu creșterea proporției de nămol de la protecția anticorosivă, acesta poate fi utilizat fără restricții până la circa 12% în șarja de peletizare. De fapt având în vedere cantitățile de circa 20-25 tone/an care rezultă în procesul de protecție anticorosivă, prelucrătorii de reciclare a deșeurilor prin peletizare pot folosi acest deșeu și în proporții mai mici în funcție de destinația produsului obținut.

Figura 5.8. - $R_c = f(\text{proporția de grafit})$ - în ceea ce privește proporția de grafit, creșterea rezistenței la compresiune este explicabilă prin faptul că la încălzire în timpul procesului de durificare are loc reducerea oxidului de fier, crescând astfel valorile pentru rezistența la compresiune.

Figura 5.9. - $R_c = f(\text{proporția de var})$ - referitor la var acesta având rol de liant evident că mărește rezistența la compresiune a peletelor, în cazul utilizării în acest scop alături de bentonită, este suficient un adaos de max. 2%.

Figurile 5.10. - $R_c = f(\text{proporția de CaO})$ și 5.12. - $R_c = f(\text{proporția de } Al_2O_3)$ - creșterea conținutului de CaO și Al_2O_3 asigură o creștere a rezistenței la compresiune fapt prezentat anterior, bazat pe capacitatea de liere a acestor oxizi. Referitor la SiO_2 , deși are influență pozitivă asupra rezistenței la compresiune (figura 5.11.), ca urmare a reducerii oxidului superior de oxid de fier la FeO și formare a silicaturii de fier, component care asigură sinterizarea particulelor de material, este de dorit să avem conținut de SiO_2 cât mai mic și Fe_2O_3 (figura 5.13.) cât mai mare pentru a avea o valoare economică cât mai mare a produsului obținut.

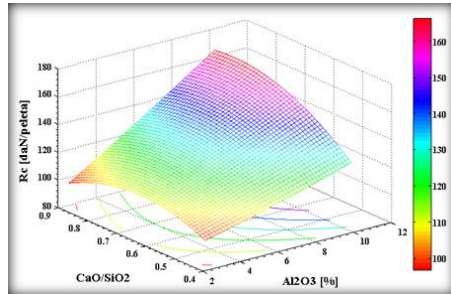
5.2.1.2. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB

Pentru stabilirea unor ecuații de corelație dublă între factorii tehnologici și rezistența la compresiune a peletelor în stare crudă, datele au fost prelucrate în programul de calcul Matlab, iar rezultatele sunt prezentate atât sub formă grafică cât și analitică.

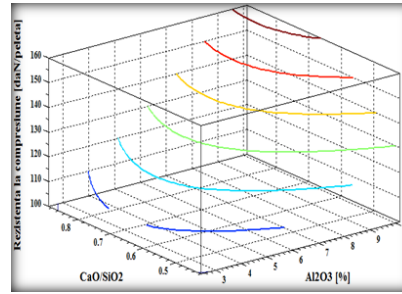
În cadrul experimentărilor, prin analiza de regresie, s-a urmărit determinarea formei funcțiilor matematice care leagă variabilele dependente ale procesului tehnologic de variabilele independente, pe baza unor determinări experimentale, aceasta după ce s-a efectuat o analiză de corelație a acestor date.

Sub formă grafică se prezintă suprafața de regresie, care prezintă fie punct de maxim/punct de minim (forma unui paraboloid) sau punct staționar, deci suprafață tip șea. Pe baza curbilor de nivel se pot determina limitele de variație a parametrilor independenți (a factorilor de influență) asupra parametrului dependent, în speță a rezistenței la compresiune a peletelor în stare crudă.

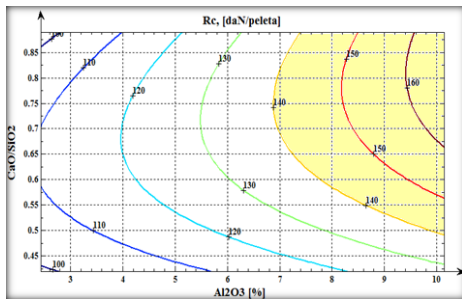
A). Corelația de forma: $z = ax^2 + by^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$, unde: z - parametrul dependent; x, y - parametrii independenți; a, b, c, d, e, f - coeficienți.



(a)



(b)



(c)

Figura 5.15.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al_2O_3 (%) și raportul de CaO/SiO_2 (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

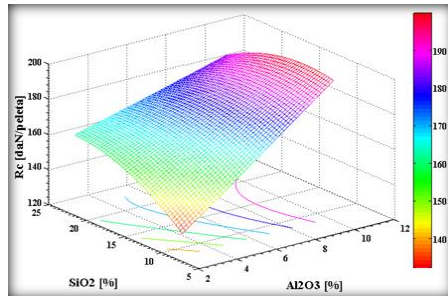
$$z = ax^2 + by^2 + cx \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 =$

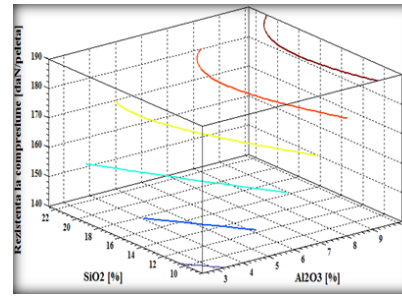
0.8362; Coeficienții ecuației de regresie:

$a = 0.0645$; $b = -234.2070$; $c = 10.9758$;

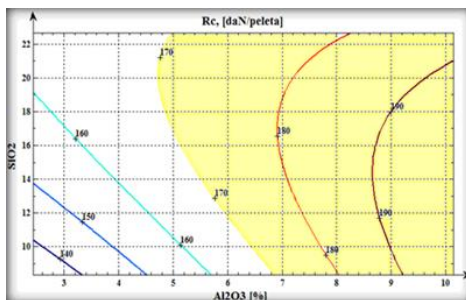
$d = -1.6986$; $e = 275.8171$; $f = 16.8735$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.16.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al_2O_3 (%) și proporția de SiO_2 (%) (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

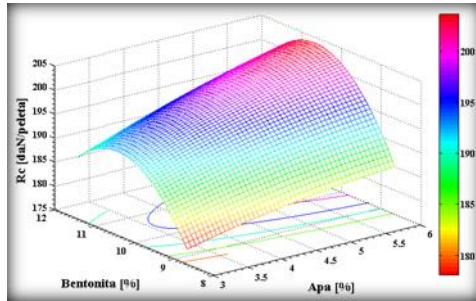
$$z = ax^2 + by^2 + cx \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 =$

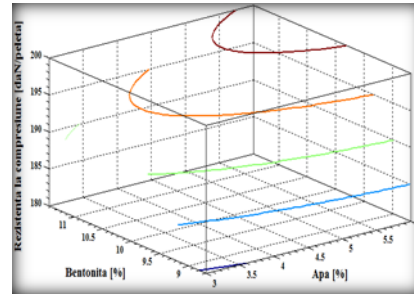
0.7896; Coeficienții ecuației de regresie: a

$= 0.0138$; $b = -0.1292$; $c = -0.3813$;

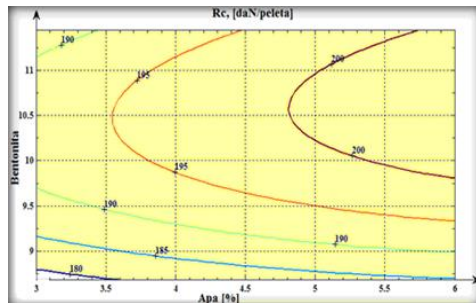
$d = 11.5129$; $e = 7.0288$; $f = 62.4198$)



(a)



(b)



(c)

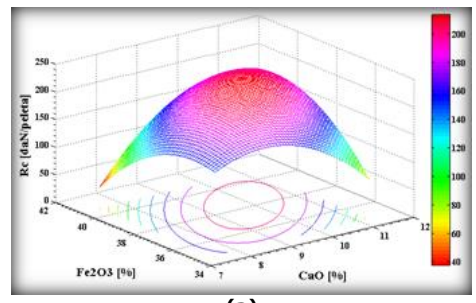
Figura 5.17.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de apă (%) și proporția de bentonită (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

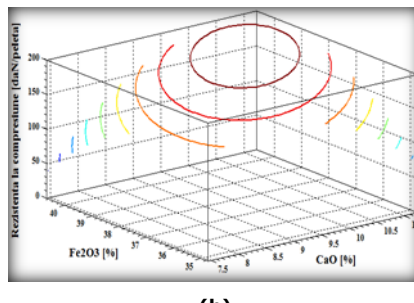
(Ecuția de regresie:

$$z=ax^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$$

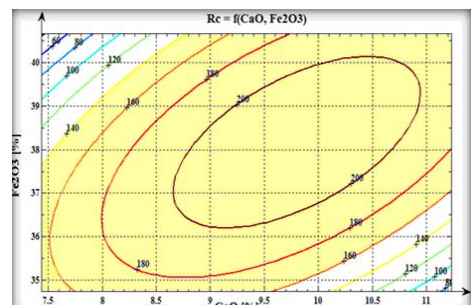
Coefficientul de determinare multiplu $R^2=0.7922$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -0.4072$; $b = -4.7305$; $c = 0.8048$; $d = -1.1150$; $e = 96.2018$; $f = -314.4748$)



(a)



(b)



(c)

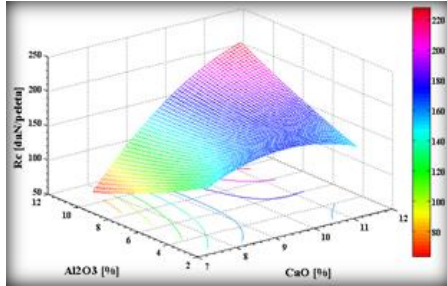
Figura 5.18.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de CaO (%) și proporția de Fe₂O₃(%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

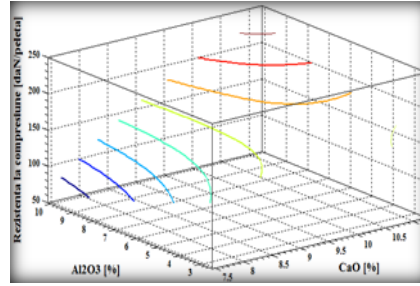
(Ecuția de regresie:

$$z=ax^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$$

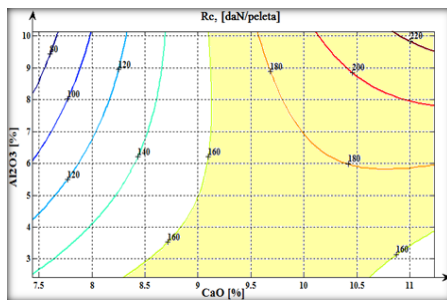
Coefficientul de determinare multiplu $R^2=0.9721$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -0.0152$; $b = -0.0051$; $c = 0.0101$; $d = -0.0876$; $e = 0.2915$; $f = -4.9212$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.19.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de CaO (%) și proporția de Al_2O_3 (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

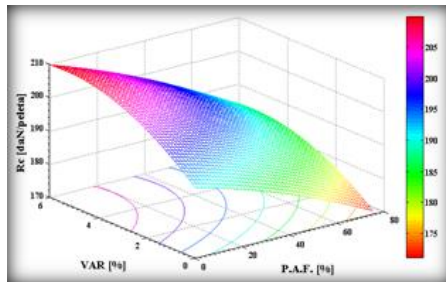
$$z=ax^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2=$

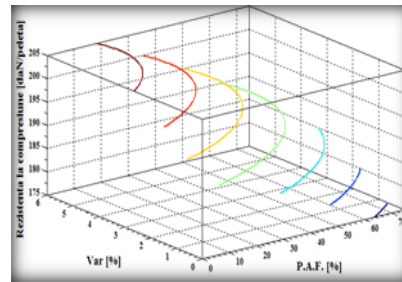
0.8721; Coeficienții ecuației de regresie: a =

-6.9441; b = 0.2929; c = 5.3992;

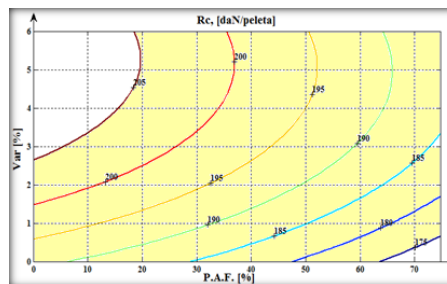
d = 118.2120;e = -53.9114; f = -322.2744)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.20.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de var (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

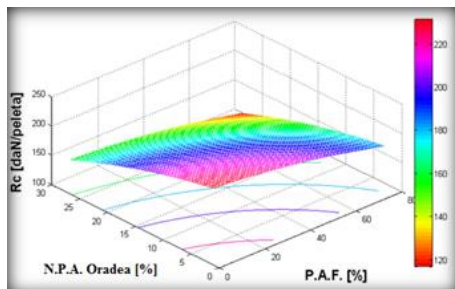
$$z=ax^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2=$

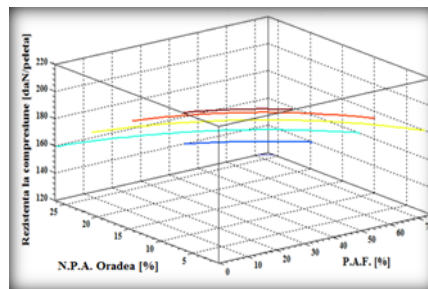
0.7759; Coeficienții ecuației de regresie: a =

-0.0012; b = -0.6413; c = -0.0085;

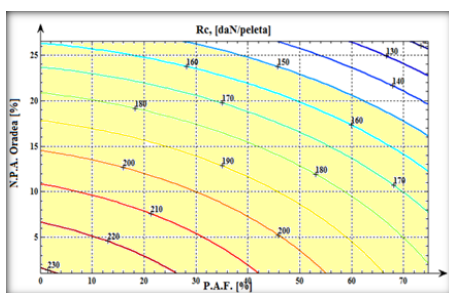
d = -0.1783;e = 6.9270; f = 191.1665)



(a)



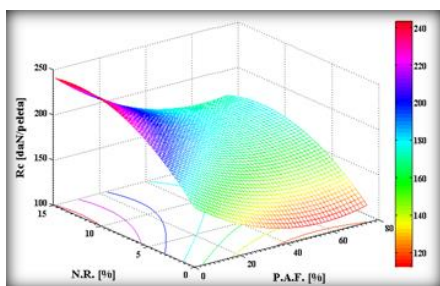
(b)



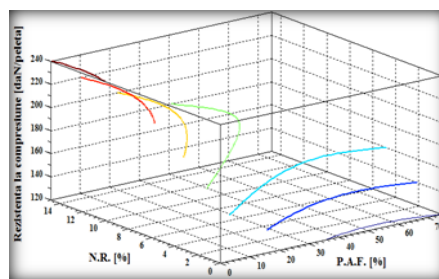
(c)

Figura 5.21.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)

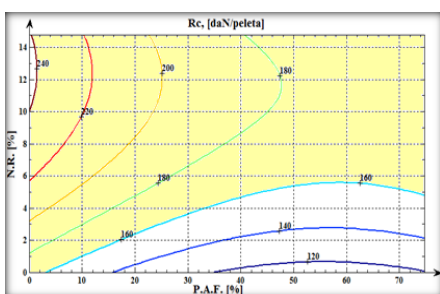
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal
 (Ecuția de regresie:
 $z=ax^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2=$
0.8742; Coeficienții ecuației de regresie: $a =$
 -0.0050 ; $b = -0.0430$; $c = 0.0037$;
 $d = -0.2944$; $e = -1.6302$; $f = 232.8057$)



(a)



(b)

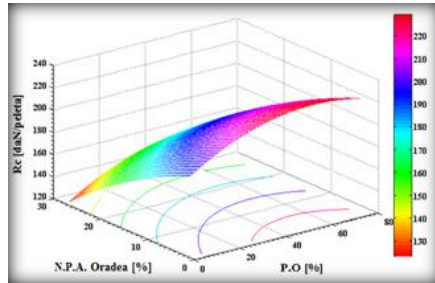


(c)

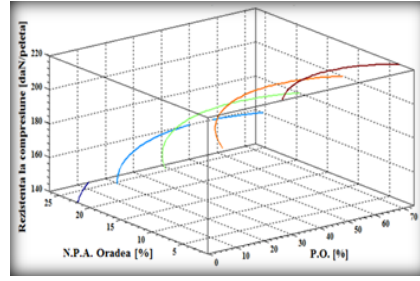
Figura 5.22.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol roșu (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

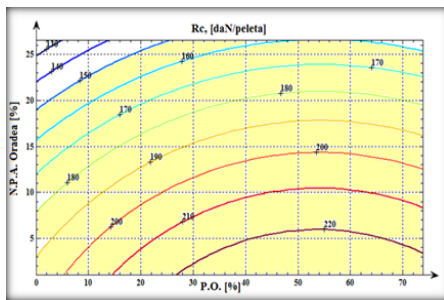
(Ecuția de regresie:
 $z=ax^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2=$
0.8652; Coeficienții ecuației de regresie: $a =$
 0.0173 ; $b = -0.4860$; $c = -0.0193$;
 $d = -1.9154$; $e = 12.2658$; $f = 165.8485$)



(a)



(b)



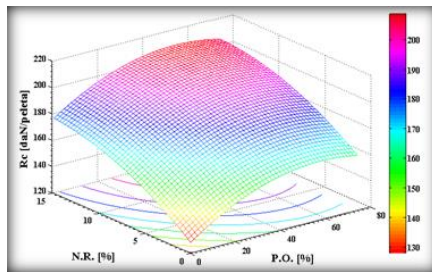
(c)

Figura 5.23.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea(%)
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

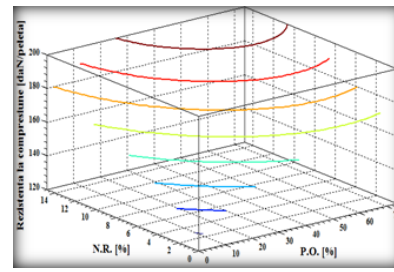
(Ecuția de regresie:

$$z = ax^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

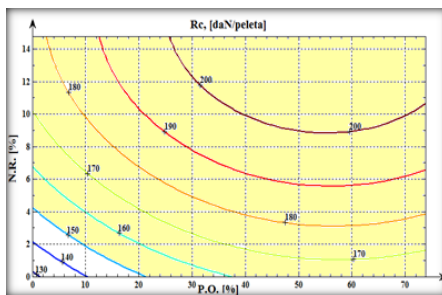
Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.8967$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -0.0124$; $b = -0.0420$; $c = 0.0007$; $d = 1.3304$; $e = -1.5737$; $f = 194.9876$)



(a)



(b)



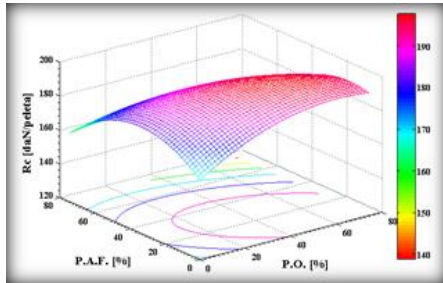
(c)

Figura 5.24.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol roșu(%)
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

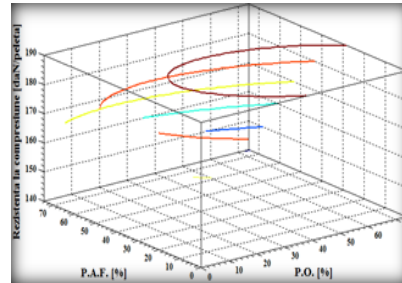
(Ecuția de regresie:

$$z = ax^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

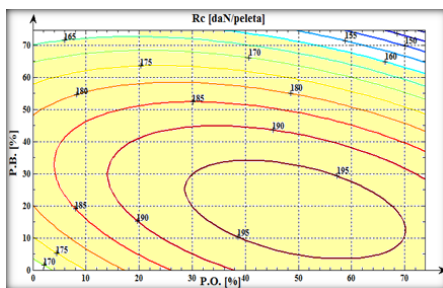
Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9389$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -0.0109$; $b = -0.1750$; $c = -0.0055$; $d = 1.2592$; $e = 5.8883$; $f = 128.1288$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.25.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de aglomerare-furnale(%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

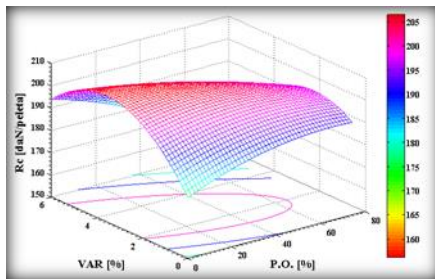
$$z=ax^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2=$

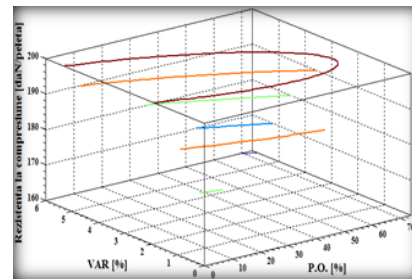
0.7482; Coeficienții ecuației de regresie: a =

-0.0074; b= -0.0137; c= -0.0085;

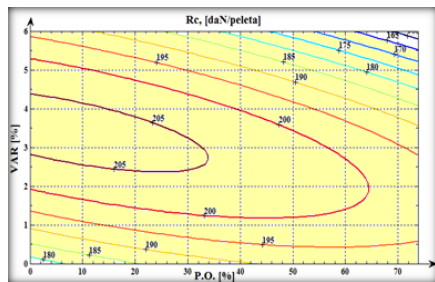
d= 0.8945;e = 0.9330; f= 166.7903)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.26.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de var(%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

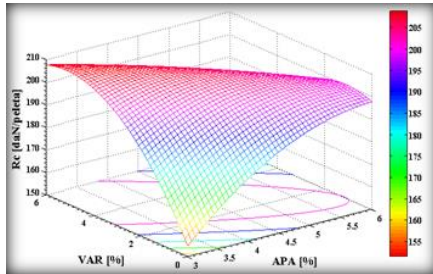
$$z=ax^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2=$

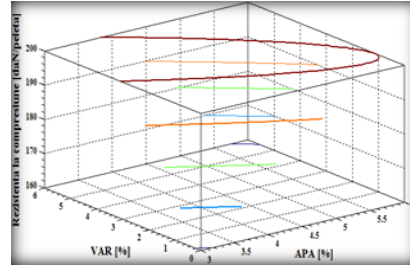
0.8171; Coeficienții ecuației de regresie: a =

-0.0034; b = -2.2408; c = -0.1161;

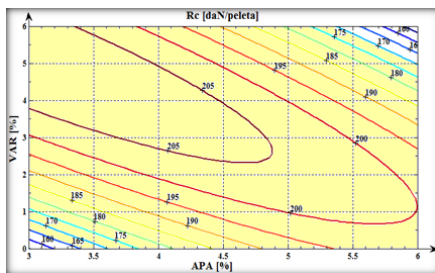
d = 0.4437;e= 16.1699; f= 177.2020)



(a)



(b)



(c)

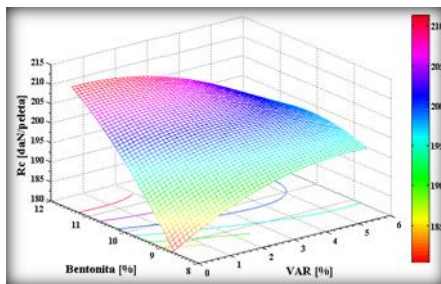
Figura 5.27.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de apă (%) și proporția de var (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

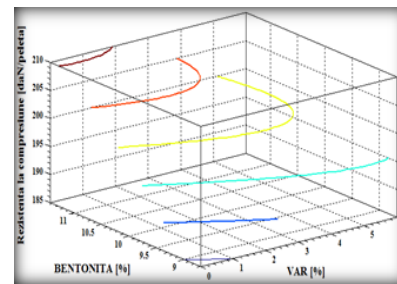
(Ecuția de regresie:

$$z = ax^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

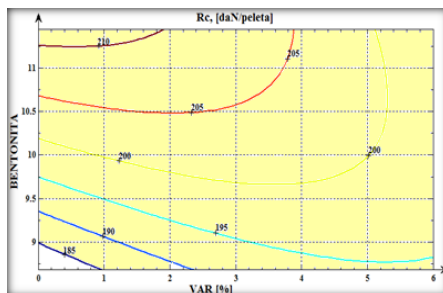
Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.6056$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -4.4814$; $b = -2.0376$; $c = -5.4652$; $d = 54.5467$; $e = 37.3916$; $f = 31.4430$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.28.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de var (%) și proporția de bentonită (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

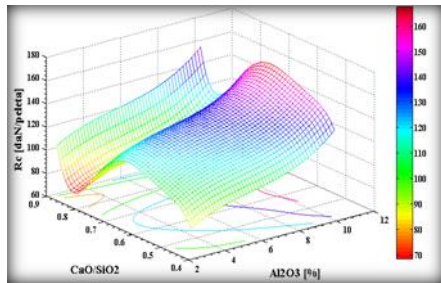
$$z = ax^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.8698$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -0.4720$; $b = -1.4200$; $c = -1.7941$; $d = 20.7279$; $e = 39.7588$; $f = -57.6807$)

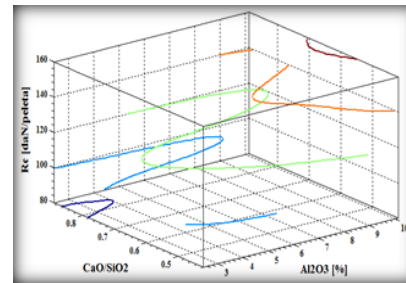
B). Corelația de forma:

$$z = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5, \text{ unde: } z - \text{parametrul}$$

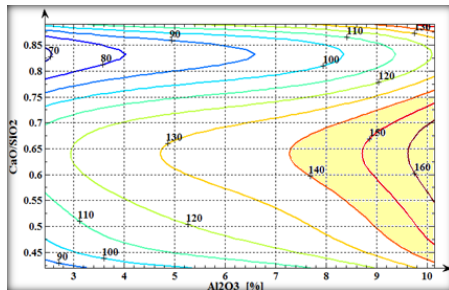
dependent; x, y – parametrii independenți; $a-i$ – coeficienți.



(a)



(b)

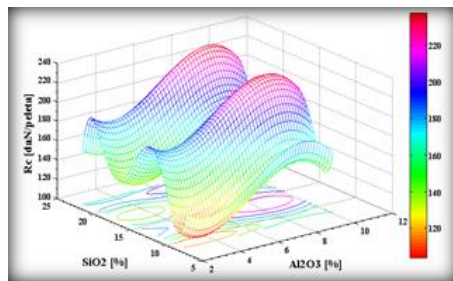


(c)

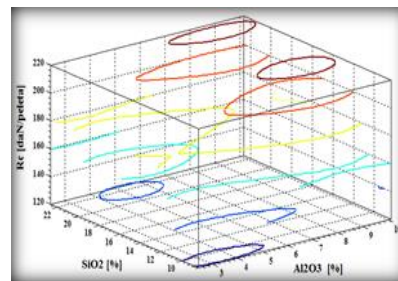
Figura 5.29.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al_2O_3 (%) și raportul de CaO/SiO_2 (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:
 $z = a+bx+cx^2+dx^3+ey+fy^2+gy^3+hy^4+iy^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.7150$;

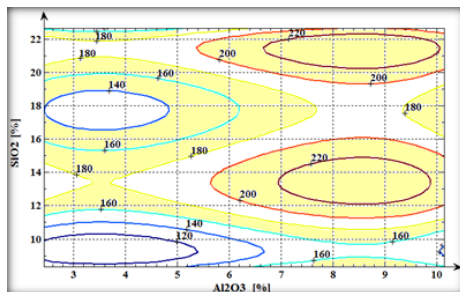
Coeficienții ecuației de regresie:
 $a = -9746.7503$; $b = 22.6052$; $c = -3.3876$;
 $d = 0.2003$; $e = 83133.7111$; $f = -280033.1813$; $g = 467323.95685$;
 $h = -385098.7530$; $i = 125012.9631$)



(a)



(b)



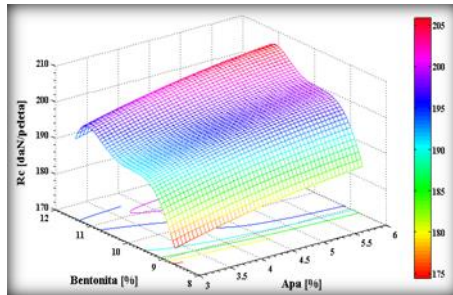
(c)

Figura 5.30.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al_2O_3 (%) și proporția de SiO_2 (%)

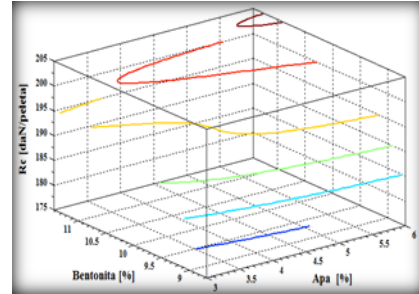
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:
 $z = a+b\cdot x+c\cdot x^2+d\cdot x^3+e\cdot y+f\cdot y^2+g\cdot y^3+h\cdot y^4+i\cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.6905$;

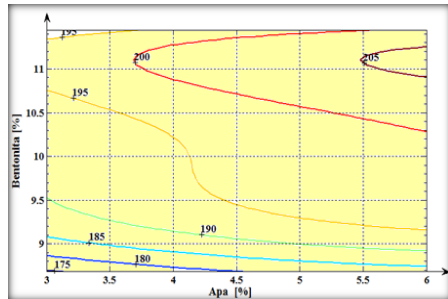
Coeficienții ecuației de regresie:
 $a = 12791.1694$; $b = -76.5224$; $c = 15.2685$;
 $d = -0.8408$; $e = -4646.96073$;
 $f = 662.8562$; $g = -45.5863$; $h = 1.5168$; $i = -0.01960$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.31.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de apă (%) și proporția de bentonită (%)
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

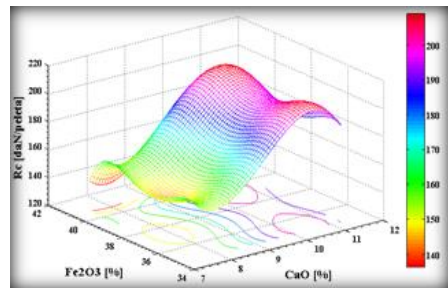
$$z = a + bx + cx^2 + dx^3 + ey + fy^2 + gy^3 + hy^4 + iy^5$$

Coefficientul de determinare multiplu:

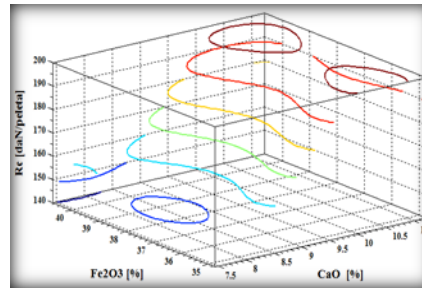
$$R^2 = 0.6602;$$

Coefficienții ecuației de regresie:

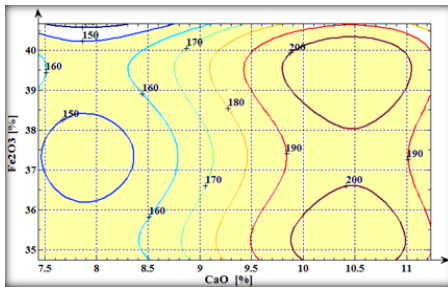
$$a = 210411.446813; b = 7.5570; c = -0.55321; d = 0.0047; e = -110462.79185; f = 23084.87925; g = -2399.7983; h = 124.1443; i = -2.5574)$$



(a)



(b)



(c)

Figura 5.32.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de CaO (%) și proporția de Fe₂O₃ (%)
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

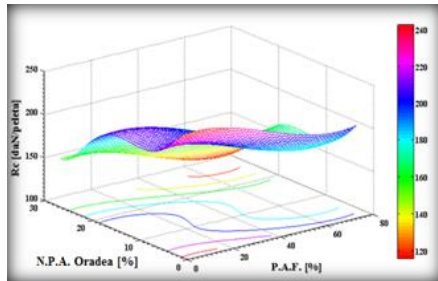
$$z = a + bx + cx^2 + dx^3 + ey + fy^2 + gy^3 + hy^4 + iy^5$$

Coefficientul de determinare multiplu

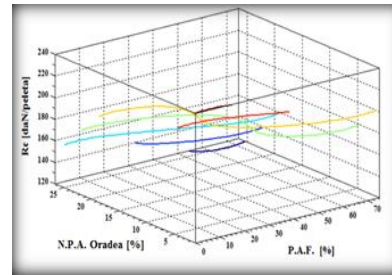
$$R^2 = 0.9387;$$

Coefficienții ecuației de regresie:

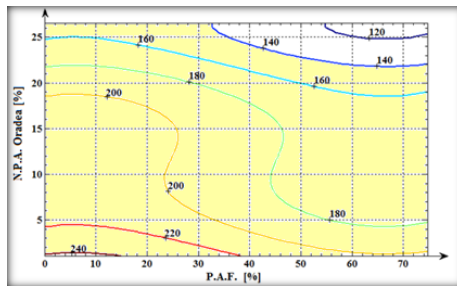
$$a = 0; b = 1510.8835; c = 167.8847; d = -6.0951; e = -23753.6308; f = 2585.6584; g = -104.5180; h = 1.87160; i = -0.0125)$$



(a)



(b)

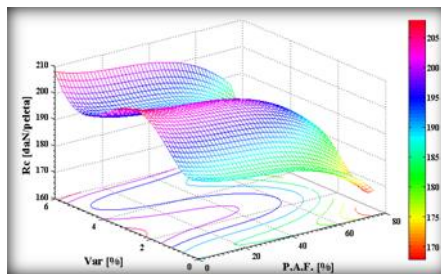


(c)

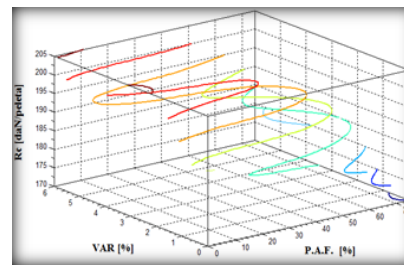
Figura 5.33.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale(%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea(%) (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:
 $z = a + bx + cx^2 + dx^3 + ey + fy^2 + gy^3 + hy^4 + iy^5$
 Coeficientul de determinare multiplu
 $R^2 = 0.8261$;

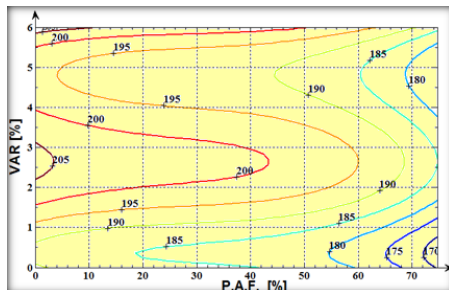
Coeficienții ecuației de regresie:
 $a = 249.1274$; $b = 0.42506$; $c = -0.0396$; $d = 0.0003$; $e = -7.0040$; $f = -0.4024$; $g = 0.1326$; $h = -0.0077$; $i = 0.0001$)



(a)



(b)



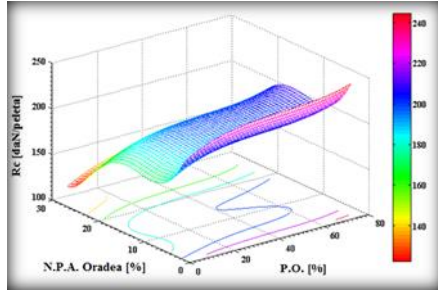
(c)

Figura 5.34.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale(%) și proporția de praf de var(%)

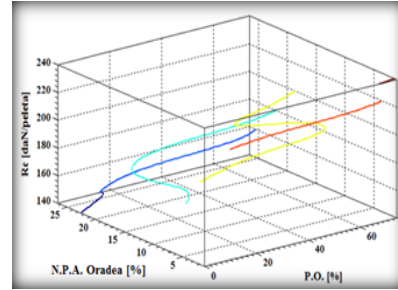
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:
 $z = a + bx + cx^2 + dx^3 + ey + fy^2 + gy^3 + hy^4 + iy^5$
 Coeficientul de determinare multiplu
 $R^2 = 0.6566$;

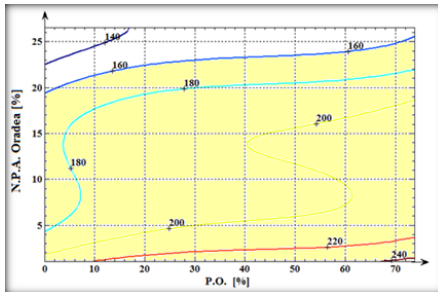
Coeficienții ecuației de regresie:
 $a = 190.8211$; $b = -0.3572$; $c = 0.0105$; $d = -0.0001$; $e = -12.9427$; $f = 23.85238$; $g = -9.6678$; $h = 1.44380$; $i = -0.0703$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.35.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol protecție anticorosivă Oradea(%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

$$z = a+bx+cx^2+dx^3+ey+fy^2+gy^3+hy^4+iy^5$$

Coefficientul de determinare multiplu

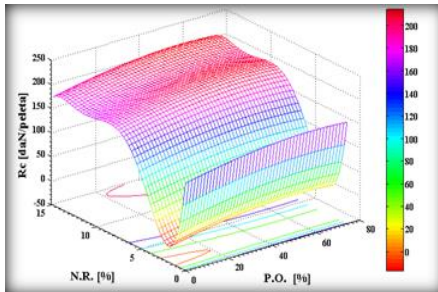
$$R^2 = 0.8789;$$

Coefficienții ecuației de regresie:

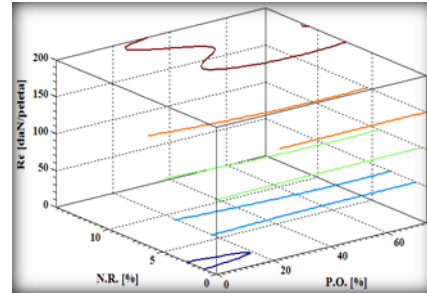
$$a = 222.49427; b = 1.4992; c = -0.0313; d =$$

$$0.0002; e = -14.5460; f = 1.0850; g =$$

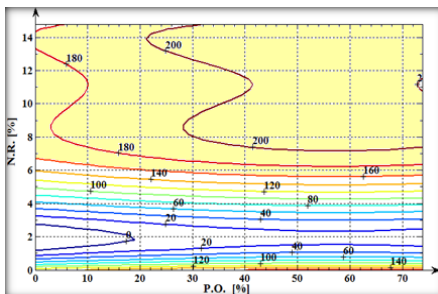
$$0.0142; h = -0.0036; i = 7.9264E-05)$$



(a)



(b)



(c)

Figura 5.36.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol roșu(%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

$$z = a+bx+cx^2+dx^3+ey+fy^2+gy^3+hy^4+iy^5$$

Coefficientul de determinare multiplu

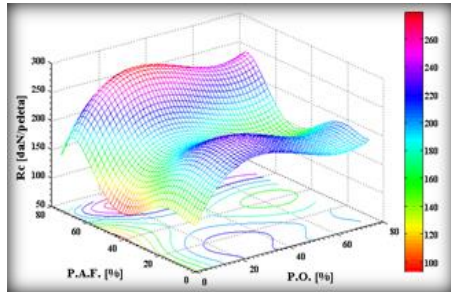
$$R^2 = 0.8879;$$

Coefficienții ecuației de regresie:

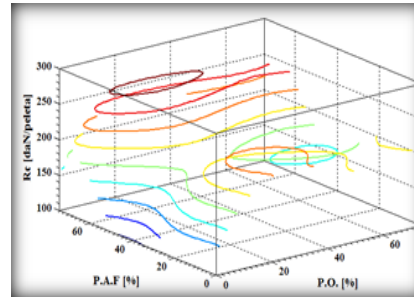
$$a = 131.1064; b = 0.98609; c = -0.0049; d =$$

$$-4.1223E-05; e = -185.3547; f = 74.4423;$$

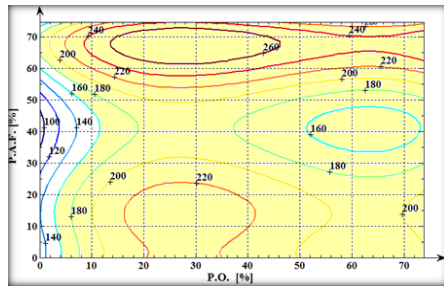
$$g = -10.5843; h = 0.6497; i = -0.01462)$$



(a)



(b)



(c)

Figura 5.37.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de praf de aglomerare-furnale(%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

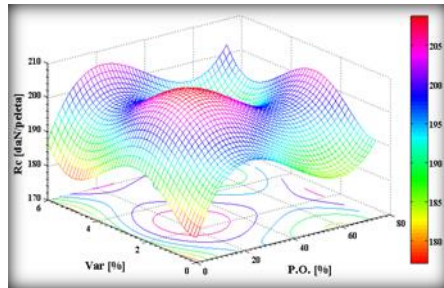
$$z = a+bx+cx^2+dx^3+ey+fy^2+gy^3+hy^4+iy^5$$

Coefficientul de determinare multiplu

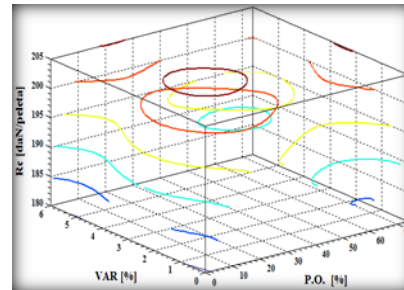
$$R^2 = 0.7263;$$

Coefficienții ecuației de regresie:

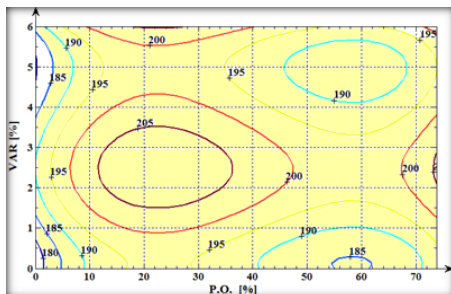
$$a = 130.8875; b = 7.9890; c = -0.2093; d = 0.0015; e = -0.7372; f = 0.2982; g = -0.0198; h = 0.0004; i = -2.6644E-06)$$



(a)



(b)



(c)

Figura 5.38.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de praf de var(%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

$$z = a+bx+cx^2+dx^3+ey+fy^2+gy^3+hy^4+iy^5$$

Coefficientul de determinare multiplu

$$R^2 = 0.7576;$$

Coefficienții ecuației de regresie:

$$a = 177.28882; b = 1.9087; c = -0.0589; d = 0.0004; e = -2.1267; f = 11.6177; g = -5.17862; h = 0.7602; i = -0.0337)$$

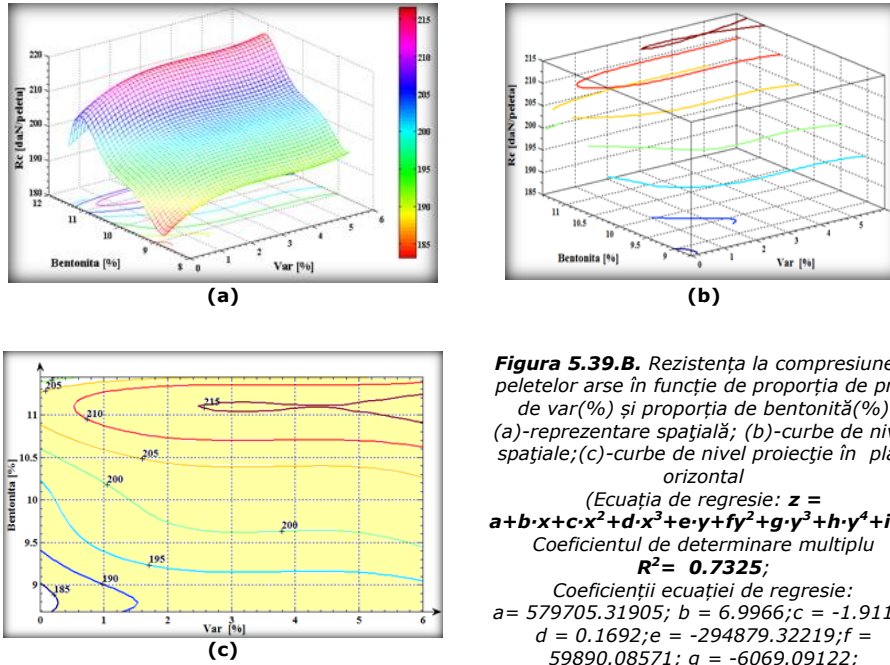


Figura 5.39.B. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de var(%) și proporția de bentonită(%)
 (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal
 (Ecuția de regresie: $z = a+b \cdot x+c \cdot x^2+d \cdot x^3+e \cdot y+f \cdot y^2+g \cdot y^3+h \cdot y^4+i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.7325$;
 Coeficienții ecuației de regresie:
 $a = 579705.31905$; $b = 6.9966$; $c = -1.9112$;
 $d = 0.1692$; $e = -294879.32219$; $f = 59890.08571$; $g = -6069.09122$;
 $h = 306.87222$; $i = -6.1935$)

C). Corelația de forma:

$z = a+b \cdot \ln x+c \cdot \ln x^2+d \cdot \ln x^3+e/y+f/y^2+g/y^3+h/y^4+i/y^5$, unde: z – parametrul dependent; x,y – parametrii independenți; a-i – coeficienți.

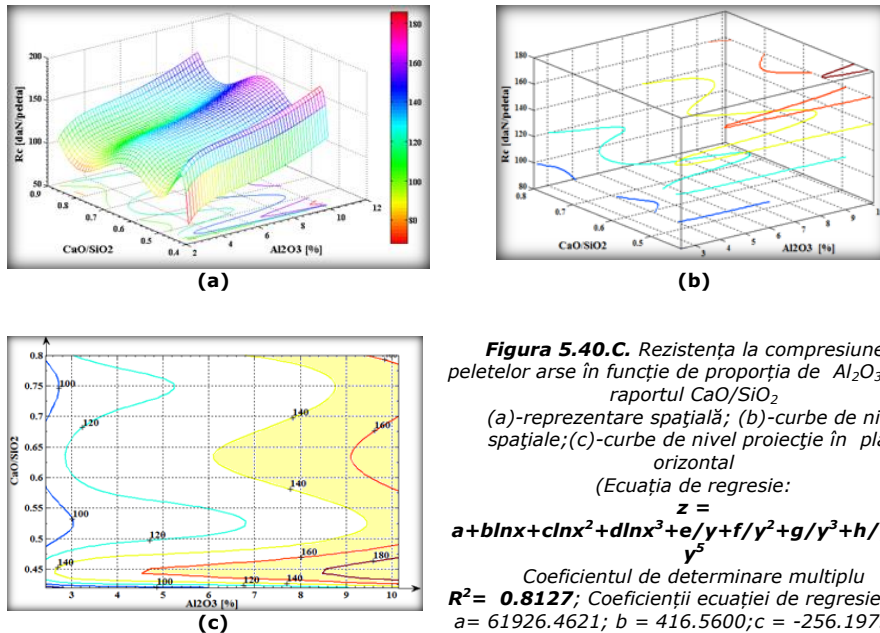
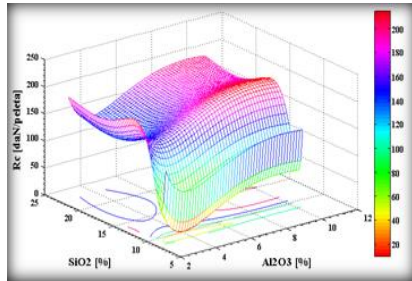
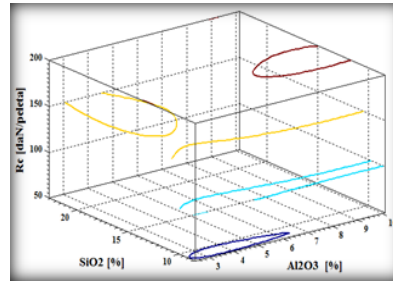


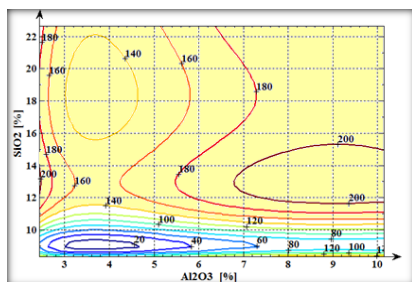
Figura 5.40.C. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al_2O_3 (%) și raportul CaO/SiO_2
 (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal
 (Ecuția de regresie:
 $z = a+b \ln x+c \ln x^2+d \ln x^3+e/y+f/y^2+g/y^3+h/y^4+i/y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.8127$; Coeficienții ecuației de regresie:
 $a = 61926.4621$; $b = 416.5600$; $c = -256.19752$;
 $d = 54.5561$; $e = -184819.1824$; $f = 217536.5222$;
 $g = -126423.1044$; $h = 36275.4512$; $i = -111.6126$)



(a)



(b)



(c)

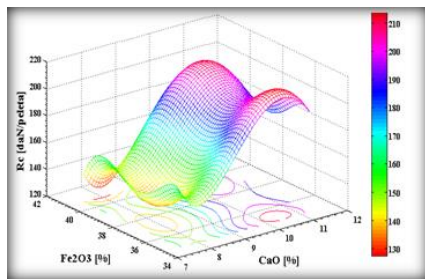
Figura 5.41.C. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al_2O_3 (%) și proporția de SiO_2 (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal (Ecuatia de regresie:

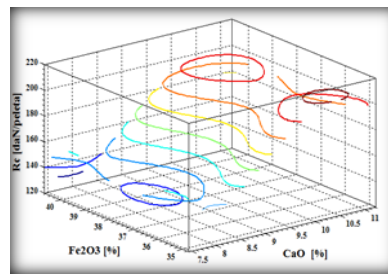
$$z = a+b \cdot \ln x+c \cdot \ln x^2+d \cdot \ln x^3+e/y+f/y^2+g/y^3+h/y^4+i/y^5$$

Coefficientul de determinare multiplu

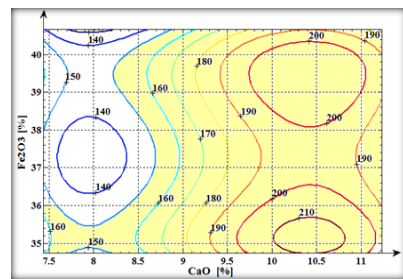
$R^2= 0.6416$; Coeficienții ecuației de regresie:
 $a= -944.9547$; $b= -1353.2738$; $c= 826.0101$; $d= -156.8837$; $e= 163066.7335$; $f= -5573722.9713$; $g= 89729435.7093$; $h= -681966820.9612$; $i= 1961126934.4713$



(a)



(b)



(c)

Figura 5.42.C. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de CaO (%) și proporția de Fe_2O_3 (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal (Ecuatia de regresie:

$$z = a+b \cdot \ln x+c \cdot \ln x^2+d \cdot \ln x^3+e/y+f/y^2+g/y^3+h/y^4+i/y^5$$

Coefficientul de determinare multiplu

$R^2= 0.9434$; Coeficienții ecuației de regresie:
 $a= -1256169.3298$; $b= -91065.9559$; $c= 383.5521$; $d= -6245.0473$; $e= 197603453.6517$; $f= -11056310110.1065$; $g= 274633448582.5618$; $h= -2555270430769.91$; $i= 0$

5.2.1.3. Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB

Analiza rezultatelor este prezentată simultan, pentru o anumită corelație fiind realizată în prisma rezultatelor obținute, reprezentarea grafică în cele trei variante de ecuații (A), (B) și (C). Se constată că indiferent de ecuația de regresie utilizată pentru stabilirea corelației, factorii independenți acționează în același sens, iar domeniul de variație a parametrului dependent este divizat în mai multe subdomenii în ordinea grupului de corelații (A) → (B) → (C).

Corelația - $R_c = f(\%Al_2O_3, CaO/SiO_2)$ - Figurile 5.15A; 5.29B și 5.40C - o creștere a conținutului de Al_2O_3 concomitent cu creșterea raportului CaO/SiO_2 conduce la creșterea rezistenței la compresiune, valori superioare obținându-se pentru un conținut Al_2O_3 mai mare de 8-10%, chiar la valori mici pentru indicii de bazicitate. Sterilul deșeurilor cu mic adaos de bentonită pe lângă capacitatea de a lega particulele de material asigură valori bune pentru rezistența la compresiune.

Corelația - $R_c = f(\%Al_2O_3, \%SiO_2)$ - Figurile 5.16A; 5.30B și 5.41C - creșterea celor doi componenți asigură o creștere a rezistenței la compresiune explicabilă prin compuşii complecși care se formează în timpul durificării (silicoalumiinați, de exemplu mult).

Corelația - $R_c = f(\% apă, \% bentonită)$ - Figurile 5.17A și 5.31B - creșterea proporției de apă și bentonită conduce la creșterea rezistenței la compresiune, deoarece au fost asigurate condiții corespunzătoare pentru liere, respectiv obținerea peletelor crude cu rezistență ridicată, ceea ce se regăsește și în peletele arse.

Corelația - $R_c = f(\%CaO, \%Fe_2O_3)$ - Figurile 5.18A; 5.32B și 5.42C - din punct de vedere al conținutului de CaO și Fe_2O_3 este indicat ca în peletele arse să se găsească conținuturi de CaO și Fe_2O_3 (în domeniul hașurat) astfel încât să nu se formeze ferigi de calciu friabili.

Corelația - $R_c = f(\%CaO, \%Al_2O_3)$ - Figura 5.19A - în privința conținuturilor de CaO și Al_2O_3 se constată că o creștere a celor doi oxizi conduce la o creștere a rezistenței la compresiune a peletelor, ca urmare a capacității de legare a particulelor, ambii având rol de liant, iar pentru a avea valori mari pentru rezistența la compresiune (peste 140 daN/peletă) este indicat a se situa valorile pentru oxizi în domeniul hașurat, de dorit spre colțul dreapta sus;

Corelația - $R_c = f(\% praf aglomerare-furnale, \% var)$ - Figurile 5.20A și 5.34B - creșterea rezistenței la compresiune a peletelor scade ușor cu creșterea proporției de praf de aglomerare-furnal și (capacitatea de umectare mai redusă) în schimb crește cu creșterea adaosului de var. Praful de aglomerare-furnal are și un efect pozitiv prin faptul că în procesul de ardere asigură reducerea oxizilor de fier crescând gradul de metalizare a peletelor și evident și rezistența la compresiune (care uneori poate depăși efectul negativ al umectării).

Corelația - $R_c = f(\% praf aglomerare-furnale, \% nămol protecție anticorosivă Oradea)$ - Figurile 5.21A și 5.33B - în cazul utilizării nămolului protecție anticorosivă alături de praful de aglomerare-furnale se constată că valori superioare pentru rezistența la compresiune se obțin la proporții mai scăzute a acestora în șarja de peletizare. Se pot obține pelete de calitate foarte bună cu

încadrarea prafului de aglomerare-furnale în limita de maxim 50% și pentru nămolul protecție anticorosivă 10-15%, cu situarea valorilor pentru R_C în domeniul hașurat.

Figura 5.24A - $R_C = f(\% \text{ praf aglomerare-furnale}, \% \text{ nămol roșu})$ - din diagramă se observă influența pozitivă a nămolului roșu care acționează ca liant, practic un adaos de nămol roșu între 14-16% asigură valori bune pentru pelete chiar dacă conținutul de praf de aglomerare-furnale depășește 50%. În aprecierile efectuate se are în vedere că în majoritatea cazurilor peletele sunt destinate valorificării în oțelării.

Corelația - $R_C = f(\text{ praf oțelărie, nămol protecție anticorosivă Oradea})$ - *Figurile 5.23A și 5.35B* - creșterea proporției de praf de oțelărie are o influență pozitivă asupra rezistenței la compresiune a peletelor, iar nămolul de protecție anticorosivă o influență negativă (capacitate de liere mai scăzută), dar în limitele utilizate asigură realizarea valorilor necesare pentru rezistență (se observă clar în subdomeniile hașurate).

Corelația - $R_C = f(\% \text{ praf oțelărie, } \% \text{ nămol roșu})$ - *Figurile 5.24A și 5.36B* - se constată că are loc o creștere a rezistenței la compresiune o dată cu creșterea proporției de nămol roșu și praf de oțelărie, cele mai bune valori obținându-se pentru limitele superioare ale celor doi componenți ai rețetei. Explicația tehnologică constă în finețea mare a ambelor sortimente de material și conținutul de Al_2O_3 din nămolul roșu. În funcție de disponibilul de sortimente de deșeuri ar fi de preferat situarea proporției acestora la valori pentru R_C peste 140 daN/peletă, în mod deosebit în colțul dreapta sus.

Corelația - $R_C = f(\% \text{ praf oțelărie, } \% \text{ praf aglomerare-furnale})$ - *Figurile 5.25A și 5.37B* - în prima diagramă se observă că există o zonă care prezintă un punct de maxim, iar domeniul cu valori mai mari de 140 daN/peletă este destul de extins, astfel încât limitele de variație pentru cei doi componenți sunt destul de mari; se observă că în a doua diagramă sunt două maxime cu valori superioare decât în primul caz și un minim cu valori peste 140 daN/peletă. În ambele diagrame domeniile hașurate cu valori pentru R_C sunt extinse, ceea ce arată o bună comportare a acestor două sortimente de deșeuri feroase pulverulente în procesul de peletizare;

Corelația - $R_C = f(\% \text{ praf oțelărie, } \% \text{ var})$ - *Figurile 5.26A și 5.38B* - în aceste diagrame se constată că din punct de vedere al corelației prafului de oțelărie și adaosului de var, practic indiferent de proporția acestora și limitele adaosului de var până la 6%, se obțin pelete corespunzătoare utilizării în oțelării și la furnale (valori pentru R_C peste 180 dan/peletă).

Figura 5.27.- $R_C = f(\% \text{ apă, } \% \text{ var})$ - proporțiile adaosului de apă și de var sunt bine corelate în majoritatea cazurilor, cu excepția adaosului de var sub 1% și apă sub 4% ,respectiv adaos de var de peste 5%, Domeniul de lucru este foarte extins, din acest punct de vedere nu apar proleme deosebite.

Corelația- $R_C = f(\% \text{ var, } \% \text{ bentonită})$ - *Figurile 5.28A și 5.39B* - proporțiile de var și bentonită sunt foarte bine alese astfel încât ele având influență apropiată se pot substitui reciproc, asigurându-se pentru rezistența la compresiune valori peste 180 daN/peletă utilizabile în siderurgie.

5.2.1.4. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul DataFit

În cazul prelucrării datelor în programul DataFit, în lucrare se prezintă ca rezultate obținute, reprezentarea spațială a suprafeței de corelație (forma grafică) și ecuația de corelație (forma analitică). Majoritatea corelațiilor sunt prezentate în anexa 5 (figura 5.1.- 5.33.).

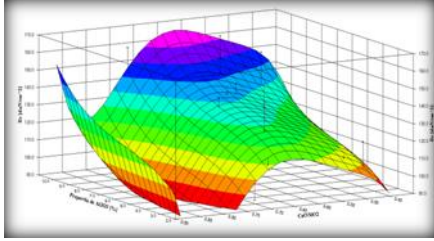


Figura 5.43. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al_2O_3 (%) și raportul de CaO/SiO_2

(Ecuția de regresie:
 $z = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.7150$;
 Coeficienții ecuației de regresie: $a = -9746.7503$;
 $b = 22.6052$; $c = -3.3876$; $d = 0.2003$; $e = 83133.711$;
 $f = -280033.1813$; $g = 467323.95683$;
 $h = -385098.7530$; $i = 125012.9631$)

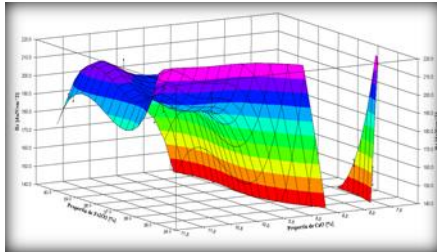


Figura 5.44. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Fe_2O_3 (%) și proporția de CaO (%)

(Ecuția de regresie:
 $z = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9485$;
 Coeficienții ecuației de regresie: $a = 13011.8969$;
 $b = -121114.9123$; $c = 316.5555$; $d = -2.7551$;
 $e = -602534.3046$; $f = 1259.4953$; $g = -13098.2539$;
 $h = 678.0217$; $i = 13.9813$)

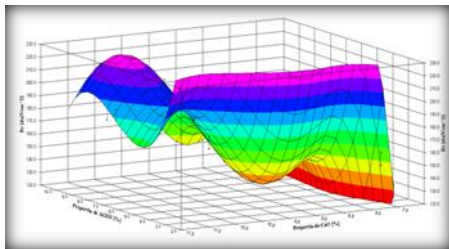


Figura 5.45. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al_2O_3 (%) și proporția de CaO (%)

(Ecuția de regresie:
 $z = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9694$;
 Coeficienții ecuației de regresie: $a = -581787.4545$;
 $b = -242.2191$; $c = 35.5981$; $d = -1.6516$;
 $e = 302746.3863$; $f = -62555.9512$; $g = 6422.2627$;
 $h = -3.27.5723$; $i = 6.6408$)

5.2.2. Experimentări de laborator în cadrul Facultății de Inginerie Hunedoara privind producerea peletelor cu durificare la rece

Soluția privind reciclarea deșeurilor prin durificare la rece a fost luată în vedere ca urmare a calității nămolului de la protecții anticorozive rezultat de la I.U.S. Brașov. Operațiile tehnologice de producere a peletelor crude sunt aceleași ca și la durificarea la cald, iar lianții folosiți sau adăugați la început pe șarja de peletizare având loc procesul de omogenizare în totalitate în întreaga șarjă. După peletizare, peletele crude au fost lăsate la întărire în aer un timp de 30 de zile după care au fost alese pelete cu diametrul de 13 mm și s-a determinat rezistența la compresiune, din fiecare șarjă fiind selectate 3 pelete, iar pentru prelucrarea datelor s-a utilizat media acestora. La fel ca și în cazul anterior, s-a urmărit obținerea corelațiilor între rezistența la compresiune și proporțiile componentelor din șarja de peletizare.

Compoziția rețetelor se prezintă în tabelul 5.3.

Tabelul 5.3. Compoziția rețetelor pentru pelete cu ciment, Seria I [%]

Nr. rețetă	P.O.	N.R.	N.P.A. - B	C	Z.F.	K.P.	Rc (daN/pelete)
R1	70	10	10	5,5	4,5	3,0	170
R2	70	10	10	6,0	4,0	3,0	174
R3	70	10	10	6,5	3,5	3,0	176
R4	70	9,0	10	6,0	5,0	3,0	180
R5	70	9,0	10	6,5	4,5	3,0	182
R6	70	9,0	10	7,0	4,0	3,0	186
R7	70	10	10	5,5	4,5	4,0	185
R8	70	10	10	6,0	4,0	4,0	185
R9	70	10	10	6,5	3,5	4,0	200
R10	70	9,0	9,0	6,0	5,0	4,0	198
R11	70	9,0	9,0	6,5	4,5	4,0	207
R12	70	9,0	9,0	7,0	4,0	4,0	215
R13	70	10	10	5,5	4,5	5,0	172
R14	70	10	10	6,0	4,0	5,0	176
R15	70	10	10	6,5	3,5	5,0	178
R16	70	9,0	10	6,0	5,0	5,0	200
R17	70	9,0	10	6,5	4,5	5,0	201
R18	70	9,0	10	7,0	4,0	5,0	203

*) P.O. – Praf oțelărie; N.R. – nămol roșu; N.G.-B – nămol protecții anticorrosive Brașov; C – Ciment; Z.F. – Zgură furnal; K.P. – Cocs petrol; Adaos 4% pentru 100%

Tabelul 5.4. Compoziția rețetelor pentru pelete cu ciment, Seria II [%]

Nr. rețetă	P.O.	N.R.	N.P.A.- B	Liant	K.P.	Rc (daN/pelete)
R1	0	0	90	10	4,0	98
R2	10	10	70	10	4,0	112
R3	20	10	60	10	4,0	127
R4	30	10	50	10	4,0	139
R5	40	10	40	10	4,0	151
R6	50	10	30	10	4,0	160
R7	60	10	20	10	4,0	168
R8	70	10	10	10	4,0	174

*) P.O. – Praf oțelărie; N.R. – nămol roșu; N.G.-B – nămol protecție anticorrosivă Brașov; K.P. – Cocs petrol;

5.2.2.1. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul EXCEL

În urma prelucrării datelor în programul EXCEL au rezultat următoarele corelații prezentate grafic și analitic.

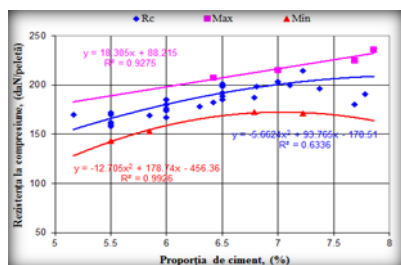


Figura 5.46. Rc = f(proporția de ciment)

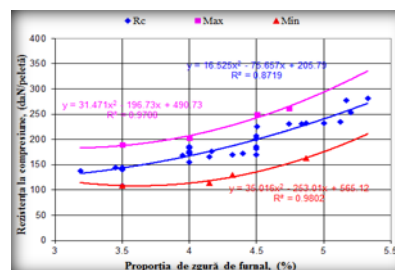


Figura 5.47 Rc = f(proporția de zgură de furnal)

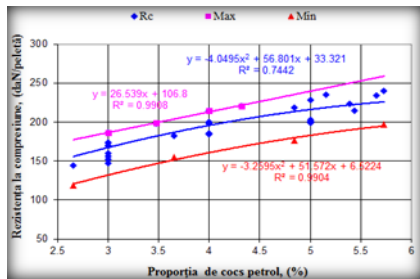
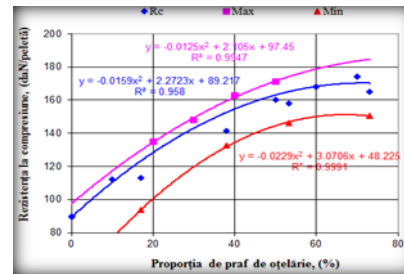
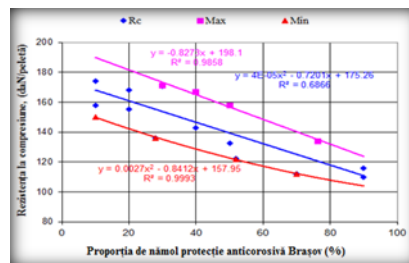
Figura 5.48 $R_c = f(\text{proporția de cocs petrol})$ Figura 5.49. $R_c = f(\text{proporția de praf de oțelărie})$ Figura 5.50. $R_c = f(\text{proporția de nămol protecție anticorozivă Brașov})$

Figura 5.46. - $R_c = f(\text{proporția de ciment})$ - din analiza influenței cimentului asupra rezistenței la compresiune rezultă că este suficientă o cantitate de ciment în limitele 6-7%, limita inferioară pentru pelete utilizate în oțelării. Din punct de vedere al compoziției chimice cimentul corespunde aceleiași diagrame ternare ca și zgurile de furnal, el având drept componente CaO , Al_2O_3 și SiO_2 , deci și pentru zgura de oțelărie are o influență pozitivă în sensul reglării vâscozității și tensiunii superficiale.

Figura 5.47. - $R_c = f(\text{proporția de zgură de furnal})$ - referitor la adaosul de zgură de furnal aceasta poate fi utilizată în cantități de 4-5% chiar și la 5,5% având în vedere efectul pozitiv al rezistenței la compresiune și prețul de cost mult inferior cimentului; din punct de vedere al compoziției chimice are proprietăți de liant precum cimentul;

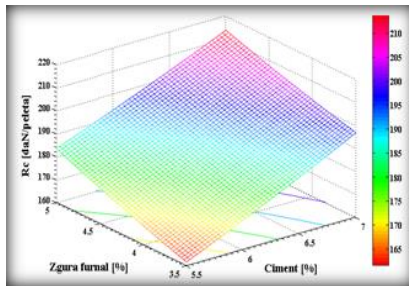
Figura 5.48. - $R_c = f(\text{proporția de cocs petrol})$ - cocsul petrol este suficient a fi utilizat în proporție de circa 4% el având rol de preluare a eforturilor la care sunt supuse peletele, acționând ca un component cu capacitate de absorbție a eforturilor, deci evident se justifică influența pozitivă asupra rezistenței la compresiune.

Figura 5.49. - $R_c = f(\text{proporția de praf de oțelărie})$ - praful de oțelărie, principalul component al rețetelor, la fel ca și în cazul celor durificate prin ardere, are influență pozitivă asupra rezistenței la compresiune ca urmare a fineții granulației și capacități de umectare. Se poate utiliza în proporție cât mai mare (până la 70%) restul revenind celorlalți componente.

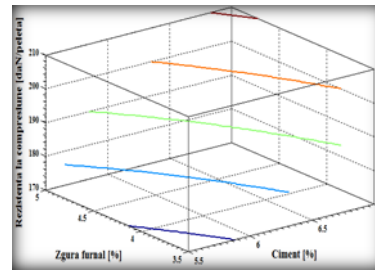
Figura 5.50. - $R_c = f(\text{proporția de nămol protecție anticorozivă Brașov})$ - referitor la șlamul de protecție anticorozivă Brașov se constată că o creștere a acestuia la peste 20%, scade rezistența la compresiune, motiv pentru care nu este indicată utilizarea în proporție mai mare a acestuia.

5.2.2.2. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB

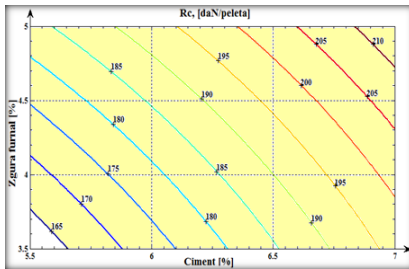
A). Corelația de forma: $z=ax^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$, unde: z – parametrul dependent; x,y – parametrii independenți; $a - f$ – coeficienți.



(a)



(b)



(c)

Figura 5.51.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și proporția de zgură de furnal (%) (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

$$z=a\cdot x^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$$

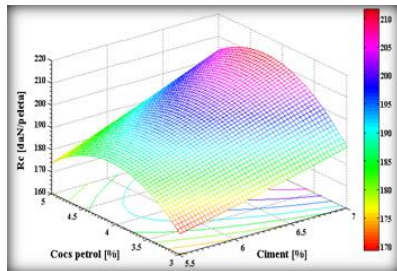
Coeficientul de determinare multiplu $R^2=$

0.7099

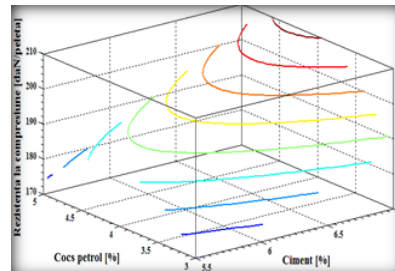
Coeficienții ecuației de regresie: $a = 0.9394$;

$b = 1.2727$; $c = -2.1212$; $d = 19.0227$; $e =$

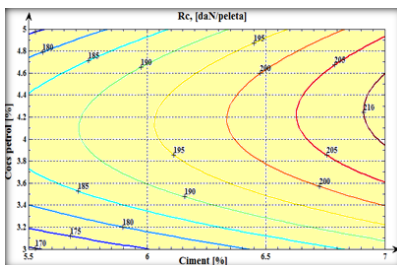
15.3561 ; $f = 0$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.52.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și proporția de cocs petrol (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

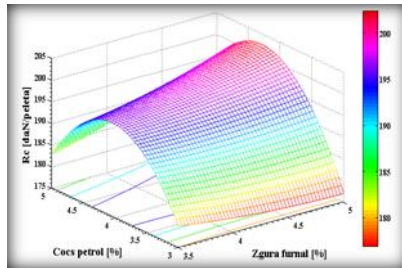
$$z=a\cdot x^2+b\cdot y^2+c\cdot x\cdot y+d\cdot x+e\cdot y+f$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2=$

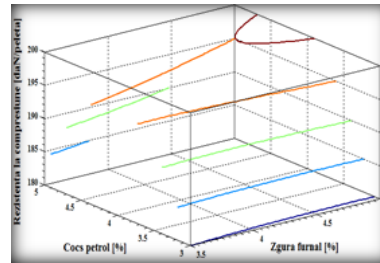
0.8582; Coeficienții ecuației de regresie: $a =$

0.8333 ; $b = -15.1667$; $c = 4.000$; $d =$

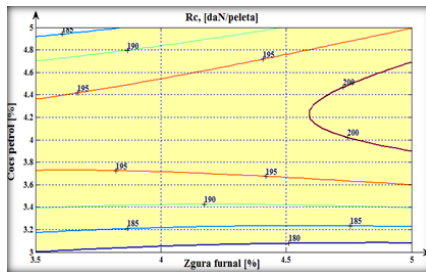
-10.5379 ; $e = 101.5000$; $f = -31.8813$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.53.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse durificate la rece în funcție de proporția de zgură de furnal (%) și proporția de cocs petrol (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

$$z = ax^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

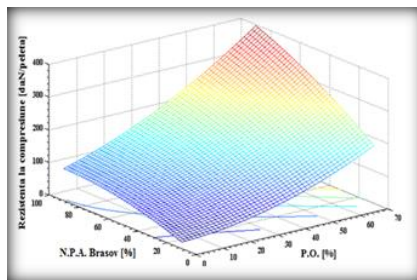
Coefficientul de determinare multiplu $R^2 =$

$$0.6542;$$

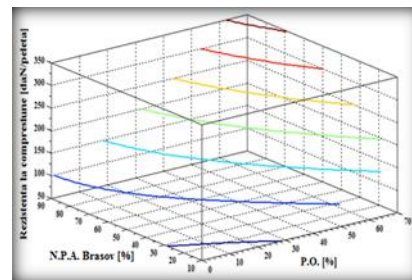
Coefficienții ecuației de regresie: $a = 1.3333;$

$b = -15.1667;$ $c = 5.0909;$ $d = -28.6667;$ $e =$

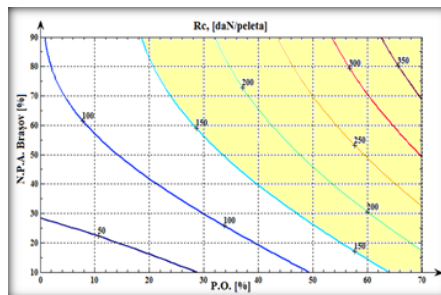
$104.8636;$ $f = 32.4444$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.54.A. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Brașov (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

$$z = ax^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 =$

$$0.9999;$$

Coefficienții ecuației de regresie: $a = 0.0279;$

$b = -0.0109;$ $c = 0.0254;$ $d = 0;$ $e = 2.0728;$

$f = 0$)

5.2.2.3. Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB

Figura 5.51A - $R_c = f(\% \text{ ciment, } \% \text{ zgură furnal})$ - adaosul de liant, ciment și zgură de furnal, a fost bine ales atât din punct de vedere cantitativ cât și al proporțiilor, obținându-se pelete cu rezistență la compresiune foarte bună utilizabile atât la elaborarea fontelor cât și a oțelului. Rezultă foarte clar influența pozitivă a celor doi lianți, cu creșterea lor, crește și rezistența la compresiune (colțul dreapta sus). Având în vedere costurile cu cele două categorii de lianți se poate considera că un adaos de 5-6% ciment este suficient. Se pot asigura pentru componenți luați în considerare în limitele experimentale valori pentru R_c peste 160daN/peletă.

Figura 5.52A - $R_c = f(\% \text{ ciment, } \% \text{ cocs petrol})$ - o creștere a proporției de ciment până la 7% și a celei de cocs petrol de 3,6-4,4% conduce la o creșterea rezistenței la compresiune (peste 170daN/peletă), ca urmare a capacității de liere, respectiv de preluare a eforturilor;

Figura 5.53A - $R_c = f(\% \text{ zgură furnal, } \% \text{ cocs petrol})$ - la fel ca în cazul anterior un adaos de cocs petrol de 3,6-4,4% și de zgură de furnal până la 5% conduce la creșterea rezistenței la compresiune a peletelor (peste 175daN/peletă);

Figura 5.54A - $R_c = f(\% \text{ praf de oțelărie, } \% \text{ nămol protecție anticorrosivă Brașov})$ - o creștere a acestor componenți determină o creștere a rezistenței la compresiune ca urmare a fineței granulației și conținutul de CaO la nămolului; se indică un conținut de nămol de 0-12% și până la 60% praf de oțelărie.

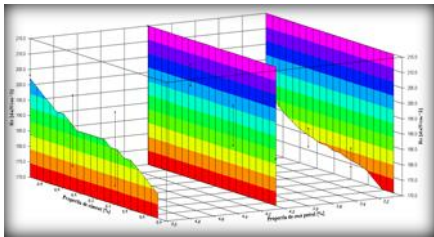


Figura 5.55. Rezistența la compresiune a peletelor durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și de cocs petrol (%);

(Ecuția de regresie:

$$z = ax^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

Coefficientul de determinare: $R^2 = 0.7325$

Coefficienții ecuației de regresie : $a = 356227.1883$;
 $b = 2527.1079$; $c = -404.6724$; $d = 21.6453$; $e = -17141.9115$; $f = -32529.2219$; $g = 19635.81205$; $h = -426411.3389$; $i = 31896.7388$

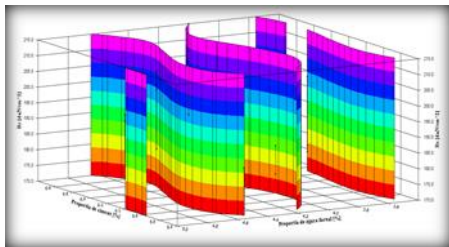


Figura 5.56. Rezistența la compresiune a peletelor durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și de zgură de furnal (%);

(Ecuția de regresie:

$$z = ax^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

Coefficientul de determinare: $R^2 = 0.4608$

Coefficienții ecuației de regresie : $a = -253023.0672$;
 $b = 1.2854$; $c = -206.4389$; $d = 1101.0077$; $e = 1.1996$; $f = -2.6293$; $g = 1.1028$; $h = -1855.0831$; $i = 1125.4113$

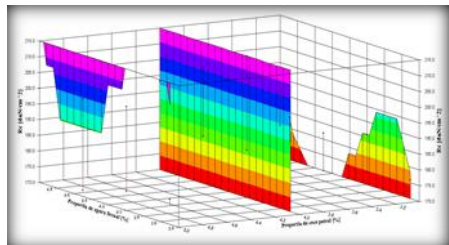


Figura 5.57. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de zgură furnal (%) și proporția de cocs petrol (%)

(Ecuția de regresie:

$$z = ax^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

Coefficientul de determinare: $R^2 = 0.4796$

Coefficienții ecuației de regresie: $a = -7080.7394$; $b = -1069.7647$; $c = 44265.5917$; $d = -60535.3092$; $e = 5.3717$; $f = -1.5693$; $g = -86224.3304$; $h = 3885.2957$; $i = -39094.7520$

Celelalte corelații realizate sunt prezentate în anexă (figura 5.34.Ax.- 5.37.Ax.).

5.3. Tehnologia stabilită pentru producerea brichetelor

Brichetarea prezintă avantajul că permite procesarea unei game largi de deșeuri mărunte și pulverulente, atât din punct de vedere al compoziției chimice (în primul rând al conținutului de fier), cât și granulometric.

Pentru zonele industriale, în mod deosebit cele cu profil siderurgic, supuse unor puternice restructurări economice, valorificarea prin brichetare, constituie o soluție tehnologică viabilă.

5.3.1. Experimentări de laborator în cadrul Facultății de Inginerie Hunedoara privind producerea brichetelor

Pentru efectuarea experimentărilor în bune condiții și obținerea unor brichete a căror caracteristici calitative să fie corect redade de cele ale materiilor prime utilizate, am stabilit o tehnologie de producere a brichetelor aplicabilă pentru fiecare variantă experimentată.

Tehnologia stabilită pentru producerea brichetelor cuprinde următoarele etape:

- ≡ Aprovizionarea cu deșeuri pulverulente și mărunte de la următoarele societăți: S.C. ArcelorMittal S.A. Hunedoara, Cemtrade S.A. Oradea; Galvan Alco Oradea, I.U.S. Brașov, Exploatare minieră Teliuc și Termocentrala Mintia Deva;
- ≡ Depozitarea în recipiente cu menționarea denumirii deșeurilor și a caracteristicilor calitative (compoziție chimică și granulometrică);
- ≡ Uscarea deșeurilor în etuvă, cuptoare cu rezistență electrică sau cu flacără (numai dacă este necesară);
- ≡ Clasarea volumetrică pe sita cu ochiuri de 1mm, materialul cu granulație sub 1mm se depozitează în recipiente separate în vederea utilizării la diferite rețete de brichetare, iar cel cu granulație peste 1mm se introduce în moara cu bile și după măcinare se depozitează în silozuri;
- ≡ După clasarea și depozitarea tuturor deșeurilor și materialelor necesare se dozează materialele în funcție de rețeta utilizată și se introduc în instalația de omogenizare cu adăugarea lianților;
- ≡ Șarja crudă se brichetează pe presa pe care inițial s-a montat matrița, tipul acestei fiind ales în funcție de tipul de brichetă dorit (cilindrică plină, tubulară și multicavă); s-a ales pentru experimentări forma cilindrică (Figura 5.54.Ax. din anexă);
- ≡ Brichetele obținute sunt supuse unor procese de durificare, inițial în aer 1-2 zile (în funcție de umiditatea acestora) și ulterior în funcție de gradul de reducere dorit în cuptoare cu rezistență după o diagramă de încălzire - menținere - răcire stabilită pe baza datelor din literatură și a experimentărilor proprii - rezultate; [45]

Determinările pentru rezistențele la fisurare, sfărâmare au fost determinate pe instalația de încercări mecanice din laboratorul de Rezistența Materialelor de la Facultatea de Inginerie Hunedoara.

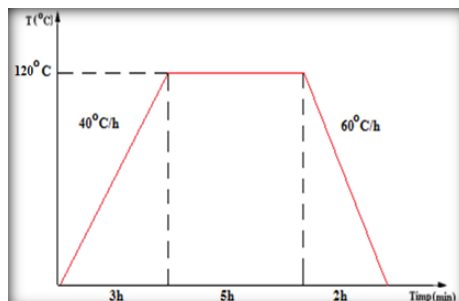


Figura 5.58. Diagrama de durificare a brichetelor
(T-temperatura de durificare, [°C]; t- timpul de durificare, [h])

Pentru evaluarea caracteristicilor calitative de rezistență la manipulare și transport a brichetelor, s-au determinat prin experimentări trei caracteristici tehnologice: rezistența la sfărâmare, rezistența la fisurare și intervalul de sfărâmare.

- *Rezistența la fisurare:*

$$R_f = \frac{F_f}{A}, [kN/cm^2] \quad (5.4.)$$

unde: F_f – forța de fisurare, [kN];

A – aria secțiunii eșantionului (brichetei), [cm²]

În cazul brichetelor studiate, brichete de formă cilindrică, relația de mai sus ia forma:

$$R_f = \frac{4 \cdot F_f}{\pi \cdot d^2}, [kN/cm^2] \quad (5.5)$$

Forța de fisurare F_f se consideră a fi forța la care apar primele fisuri detectate vizual. În urma unui număr destul de mare de încercări preliminare și pe baza datelor din literatura de specialitate [1,2,6] se consideră că această forță are valoarea înregistrată la $\tau = 2$ secunde.

- *Rezistența la sfărâmare:*

$$R_s = \frac{F_s}{A}, [kN/cm^2] \quad (5.6)$$

unde: F_s – forța de sfărâmare, [kN];

A – aria secțiunii eșantionului (brichetei), [cm²]

În cazul brichetelor studiate, brichete de formă cilindrică, relația de mai sus ia forma:

$$R_s = \frac{4 \cdot F_s}{\pi \cdot d^2}, [kN/cm^2] \quad (5.7)$$

Pe baza datelor din literatura de specialitate și a observațiilor preliminare am considerat că forța de sfărâmare să fie cea înregistrată la $\tau = 12$ secunde.

- *Intervalul de sfărâmare:*

$$\Delta R_{fs} = I_s = R_s - R_f, [kN/cm^2] \quad (5.8)$$

În ceea ce privește posibilitatea de utilizare prin reciclare, orice cercetare trebuie să relaționeze la valorile admisibile pentru rezistențele menționate mai sus.

În literatură [13,32,62] există informații referitoare la peletele destinate

încărcării în furnal, produse care fac parte din aceeași categorie cu brichetele care fac obiectul cercetării.

Având în vedere faptul că brichetele destinate procesării în furnal suportă operații de manipulare multiple, în numeroase cazuri fiind transportate la distanțe mari (sute de kilometri) și luând în considerare datele din literatura de specialitate, consider că în condițiile în care brichetele obținute vor fi utilizate în cadrul unei societăți de profil siderurgic, aflat la mică distanță de fabrica de brichetare, consider că rezistența la fisurare trebuie să corespundă relației:

$$R_f > 0,2, \text{ [kN/cm}^2\text{]} \quad (5.9)$$

Literatura de specialitate [13,32,62] pentru brichetele care au în componență praf de la oțelăria electrică (CAE) peste 70%, indică următoarea relație pentru rezistența la sfărâmare R_s :

$$R_s = (1,2-1,35) R_f, \text{ [kN/cm}^2\text{]} \quad (5.10)$$

În cele de urmează, se prezintă rezultatele cercetărilor efectuate în cadrul experimentărilor, referitoare la rezistența brichetelor din materiale reciclabile, cercetări efectuate pentru a cunoaște: modificarea rezistențelor brichetelor în funcție de ponderea în rețeta de preparare a acestora a particulelor de praf de oțelărie, tunder de laminare, șlam de la aglomerare-furnale, var, bentonită, etc.; influența asupra rezistențelor a unor compuși chimici din materialele reciclate prin brichetare.

Tabelul 5.5. Componența rețetelor pentru brichete, [%]

Nr crt.	Deșeuri utilizate	Componența rețetelor, [%]												
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
1.	P.A.F	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66
2.	P.O.	40	36	33	30	27	24	20	17	15	13	8	5	2
3.	N.G.-O	2	2	3	4	5	6	7	5	6	6	5	7	8
4.	N.G.-B	8	9	7	7	6	4	5	6	5	4	7	5	4
5.	N.R.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6.	G	2	2	2	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4	4,5	4,5
7.	B	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	3	2,5	2,5	2,5	2	2
8.	V	4	4	4,5	4	4	4	4	3,5	4	3,5	3,5	3,5	3,5

*) PAF – Praf aglomerare-furnale; P.O. – Praf oțelărie; N.R. – nămol roșu; N.P.A-B – nămol protecție anticorosivă IUS Brașov; N.P.A-O. – nămol protecție anticorosivă Galvan Alco Oradea; B – Bentonită; V – Var; G – Grafit.

Pentru valorificarea sub formă de brichete a deșeurilor mărunte și pulverulente provenite din domeniul siderurgic, minier și energetic, mecanic s-au avut în vedere deșeurile prezentate în tabelul 5.5 fiind produse brichete în fază de laborator, după 13 rețete.

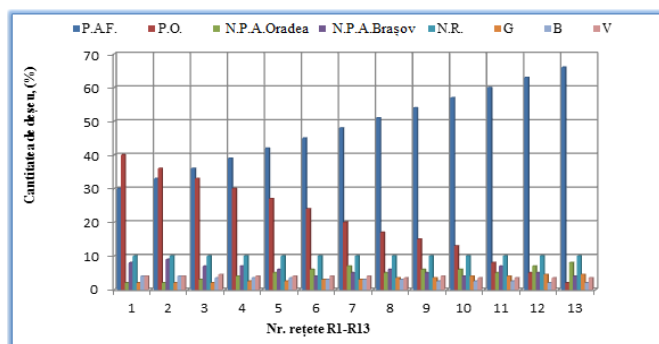


Figura 5.59. Componența rețetelor

Datele obținute în urma experimentărilor au fost procesate în programele de calcul Excel, Matlab și DataFit, în vederea obținerii unor ecuații de corelații simple și multiple. Au fost realizate dependențe care demonstrează influența componenței încărcăturii de brichetare asupra celor trei indicatori – rezistență la sfărâmare, rezistență la fisurare și interval de sfărâmare.

5.3.1.1. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul EXCEL

Am reprezentat variația rezistenței la fisurare, sfărâmare și respectiv a intervalului de sfărâmare în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale, praf de oțelărie, nămol protecție anticorrosivă Oradea, nămol protecție anticorrosivă Brașov, var, grafit și bentonită.

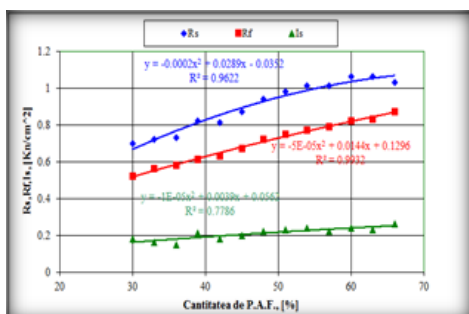


Figura 5.60. $R_s, R_f, I_s = f(\text{proporția de praf de aglomerare-furnale})$

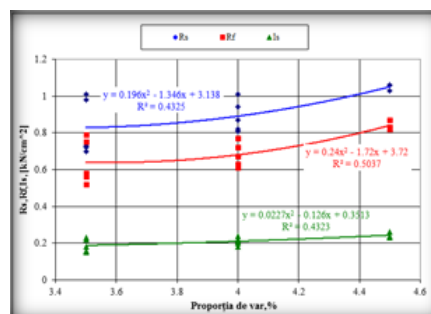


Figura 5.61. $R_s, R_f, I_s = f(\text{proporția de var})$

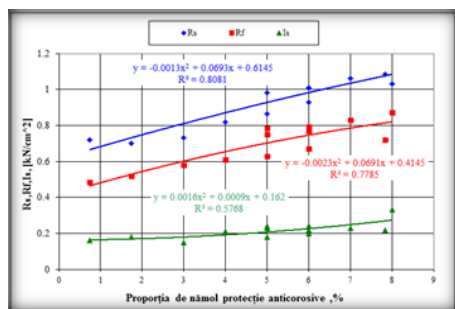


Figura 5.62. $R_s, R_f, I_s = f(\text{proporția de N.P.A.Oradea})$

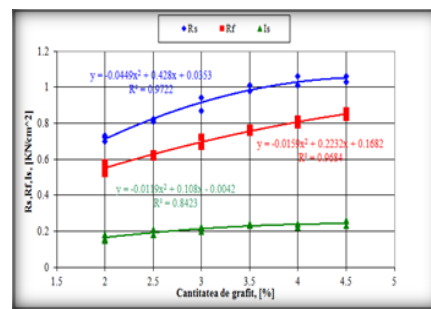


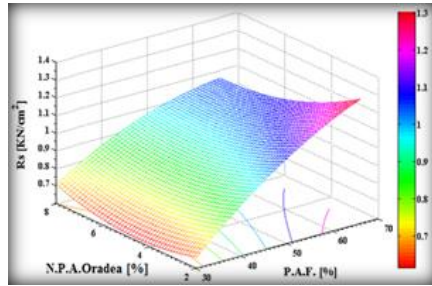
Figura 5.63. $R_s, R_f, I_s = f(\text{proporția de grafit})$

O creștere a proporției de praf de aglomerare-furnal (fig.5.60) și de grafit (fig.5.63), conduce la creșterea valorilor pentru caracteristicile de rezistență ca urmare a creșterii gradului de reducere a oxizilor, în primul rând a celor de fier, cu formarea unei rețele metalice, cu efect pozitiv asupra caracteristicilor de rezistență.

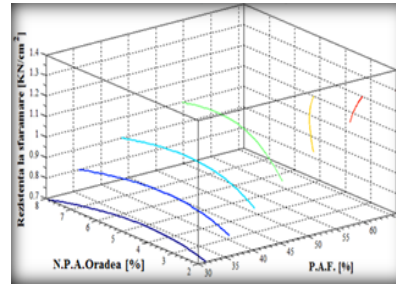
De asemenea un efect pozitiv are adaosul de var și de nămol protecție anticorrosivă, prin faptul că acționează ca și lianți.

5.3.1.2. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB

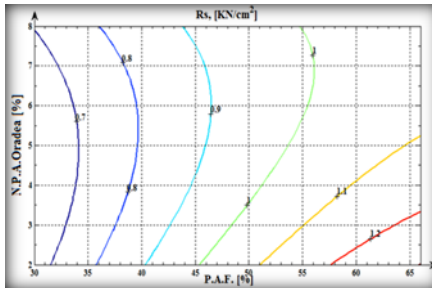
A). Corelația de forma: $z=a \cdot x^2+b \cdot y^2+c \cdot x \cdot y+d \cdot x+e \cdot y+f$, unde: z – parametrul dependent; x, y – parametrii independenți; $a, b \dots f$, coeficienți.



(a)



(b)



(c)

Figura 5.64.A. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

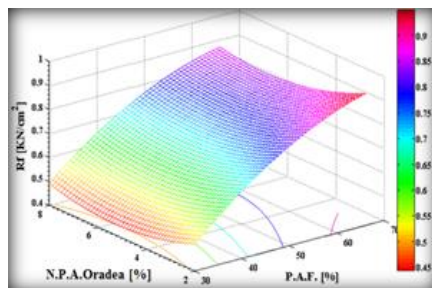
$$z=a \cdot x^2+b \cdot y^2+c \cdot x \cdot y+d \cdot x+e \cdot y+f$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2=$

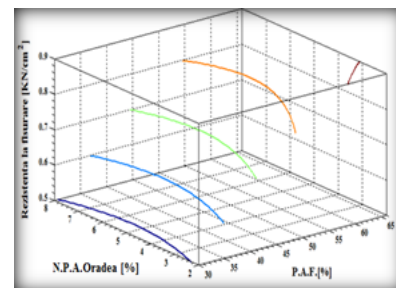
0.9858; Coeficienții ecuației de regresie: a

$= -0.0002$; $b = 0.0075$; $c = -0.0014$;

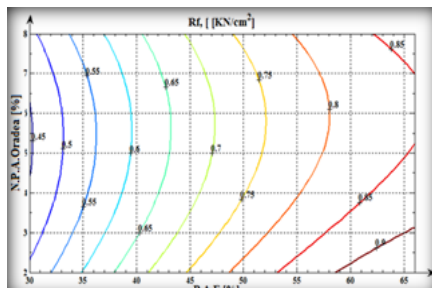
$d = 0.0399$; $e = -0.0270$; $f = -0.2477$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.65.A. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

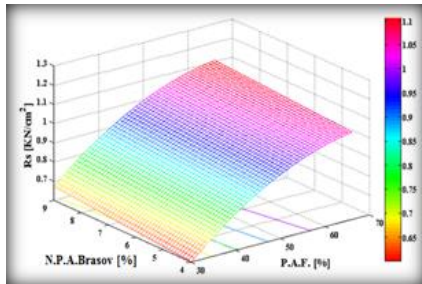
$$z=a \cdot x^2+b \cdot y^2+c \cdot x \cdot y+d \cdot x+e \cdot y+f$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2=$

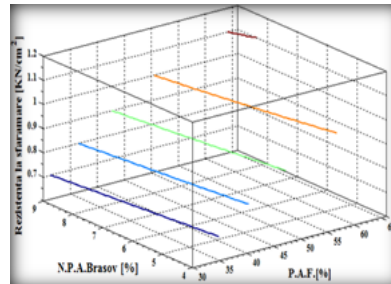
0.9990; Coeficienții ecuației de regresie: a

$= -0.0002$; $b = 0.0061$; $c = -0.0003$;

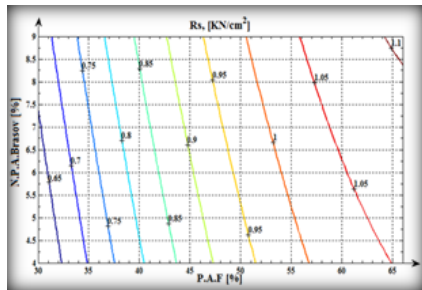
$d = 0.0309$; $e = -0.0573$; $f = -0.1376$)



(a)



(b)



(c)

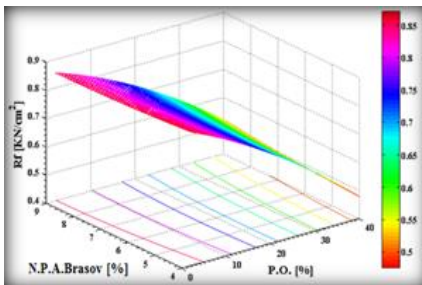
Figura 5.66.A. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov (%) (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

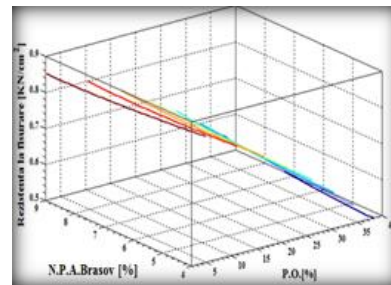
$$z = a \cdot x^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9852$; Coeficienții ecuației de regresie: a

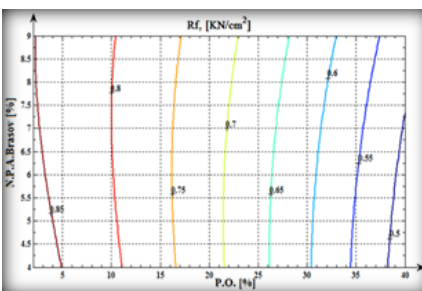
= -0.0003; b = -0.0001; c = -0.0001; d = 0.0373; e = 0.0190; f = -0.3511)



(a)



(b)



(c)

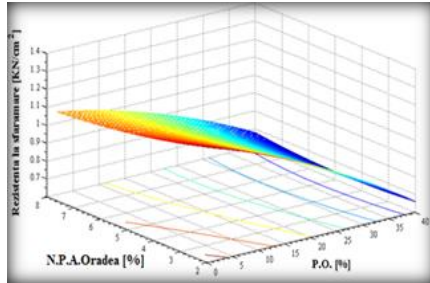
Figura 5.67.A. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov (%) (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

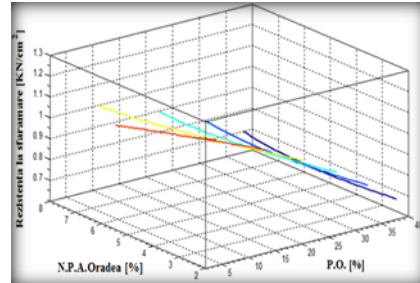
$$z = a \cdot x^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9973$; Coeficienții ecuației de regresie: a

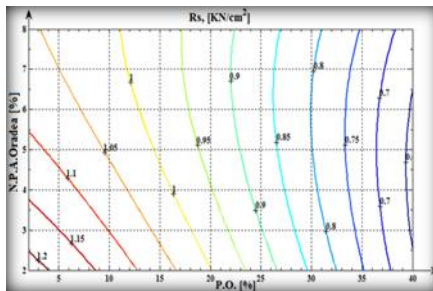
= -0.0001; b = 0.0009; c = 0.0003; d = -0.0080; e = -0.0159; f = 0.9344)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.68.A. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie:

$$z = a \cdot x^2 + b \cdot y^2 + c \cdot x \cdot y + d \cdot x + e \cdot y + f$$

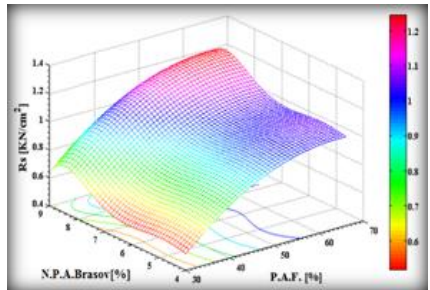
Coeficientul de determinare multiplu $R^2 =$

0.9854; Coeficienții ecuației de regresie: a

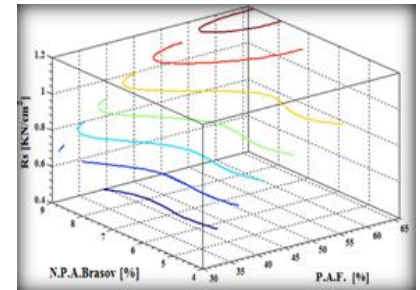
= -0.0003; b = 0.0011; c = 0.0003;

d = -0.0060; e = -0.0137; f = 0.7364)

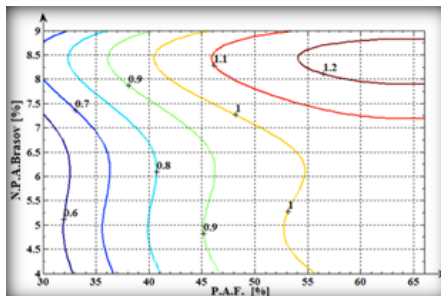
B). Corelația de forma: $z = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$, unde: z – parametrul dependent; x,y – parametrii independenți; a-i – coeficienți.



(a)



(b)



(c)

Figura 5.69.B. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol de protecție anticorozivă Brașov (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie: z =

$$a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2 =$

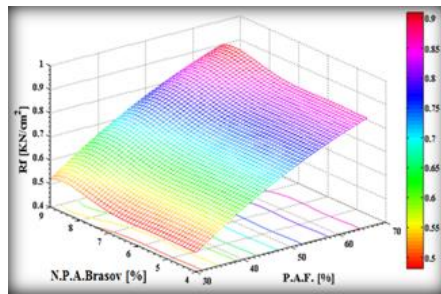
0.9956; Coeficienții ecuației de regresie: a

= 8.9276;

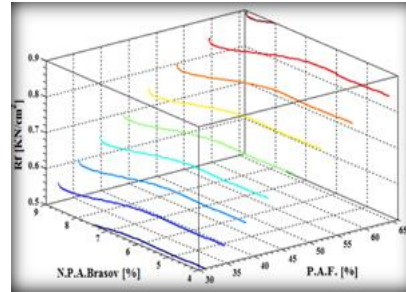
b = 0.0613; c = -0.0005; d = 6.4016E-07;

e = -9.7332; f = 3.7444; g = -0.6963; h =

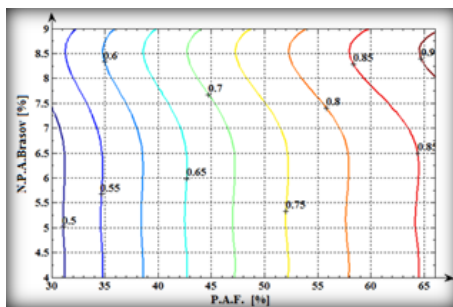
0.0626; i = -0.0021)



(a)



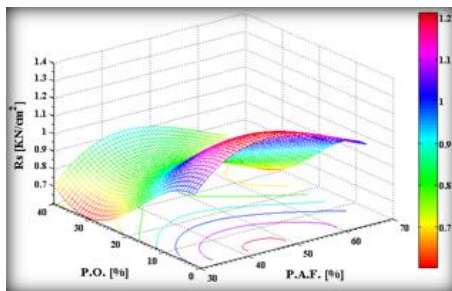
(b)



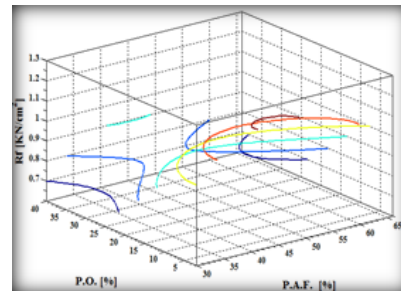
(c)

Figura 5.70.B. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de nămol de protecție anticorrosivă Brașov (%) (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

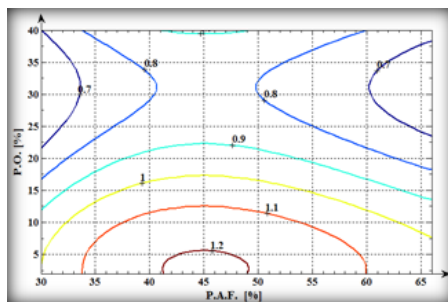
(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9953$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 3.9241$; $b = 0.0248$; $c = -0.0001$; $d = 5.0063E-07$; $e = -3.6460$; $f = 1.2934$; $g = -0.2247$; $h = 0.01909$; $i = -0.0006$)



(a)



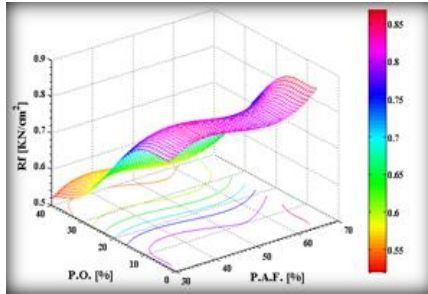
(b)



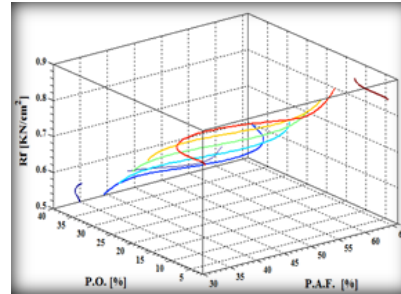
(c)

Figura 5.71.B. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de praf de oțelărie (%) (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

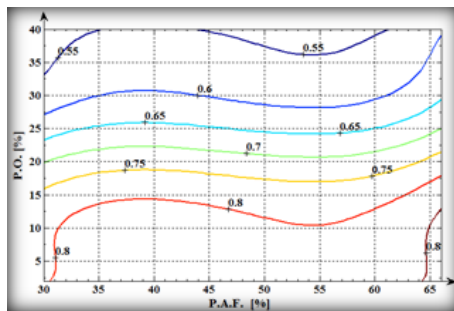
(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9910$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -1.6066$; $b = 0.1547$; $c = -0.0027$; $d = 1.4815E-05$; $e = 0.0082$; $f = -0.0015$; $g = 1.2048E-05$; $h = 9.4468E-07$; $i = -1.2605E-08$)



(a)



(b)

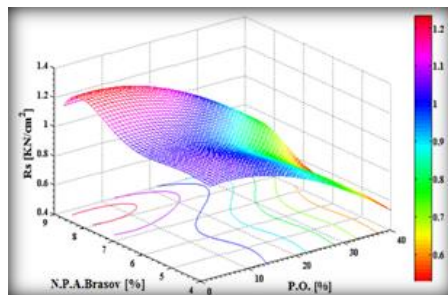


(c)

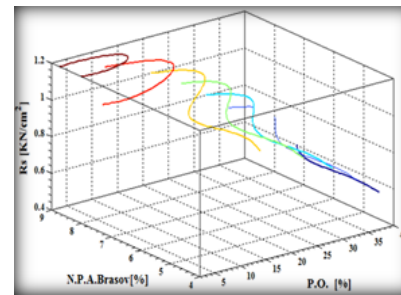
Figura 5.72.B. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare (%) și proporția de praf de oțelărie (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

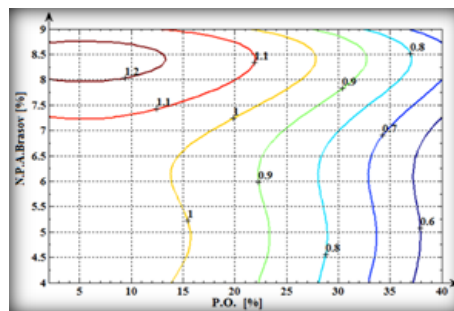
(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9994$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -0.4097$; $b = 0.0844$; $c = -0.0018$; $d = 1.32347E-05$; $e = -0.01130$; $f = 0.0023$; $g = -0.00018$; $h = 5.3400E-06$; $i = -5.0148E-08$)



(a)



(b)

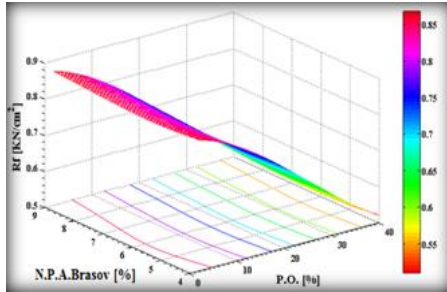


(c)

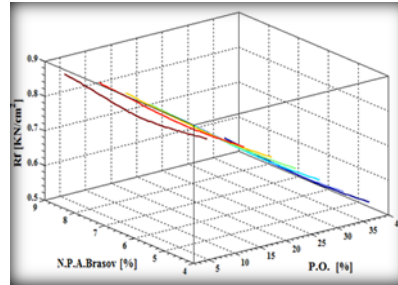
Figura 5.73.B. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorosivă Brașov (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

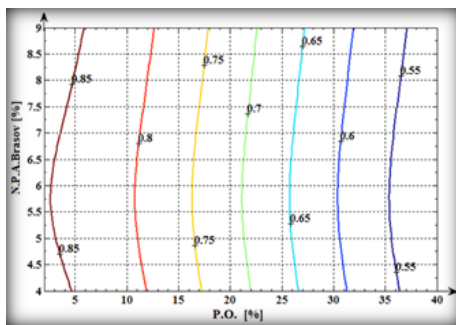
(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9956$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 12.4221$; $b = 0.0058$; $c = 0.0005$; $d = 3.1115E-06$; $e = -10.9945$; $f = 4.1303$; $g = -0.75459$; $h = 0.0669$; $i = -0.0023$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.74.B. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol protecție anticorosivă Brașov (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie: $z =$

$$a+b \cdot x+cx^2+d \cdot x^3+e \cdot y+fy^2+g \cdot y^3+h \cdot y^4+i \cdot y^5$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2=$

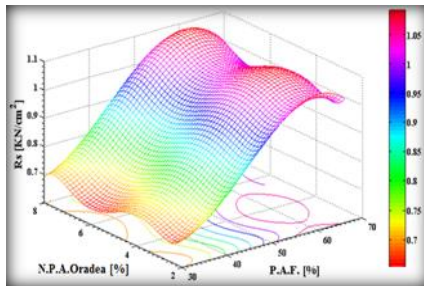
0.9971; Coeficienții ecuației de regresie: $a =$

0.5613 ; $b = -0.0021$; $c = -0.0003$; $d =$

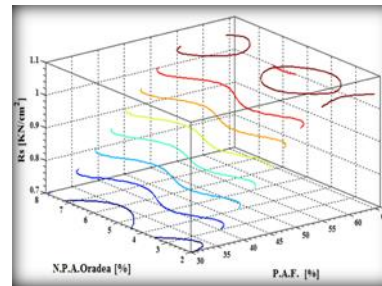
$4.6905E-06$; $e = 0.29598$;

$f = -0.1048$; $g = 0.0171$; $h = -0.0013$;

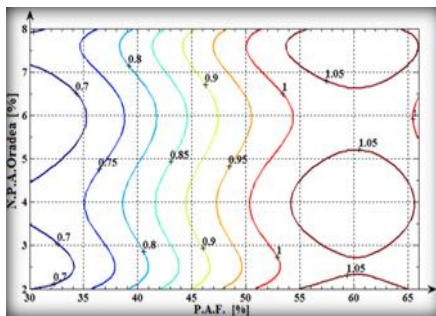
$i = 3.9232E-05$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.75.B. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale(%) și proporția de nămol protecție anticorosivă Oradea (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie: $z =$

$$a+b \cdot x+cx^2+d \cdot x^3+e \cdot y+fy^2+g \cdot y^3+h \cdot y^4+i \cdot y^5$$

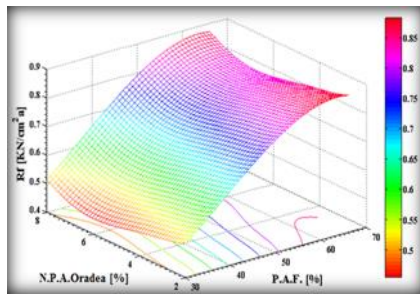
Coefficientul de determinare multiplu $R^2=$

0.9947; Coeficienții ecuației de regresie: $a =$

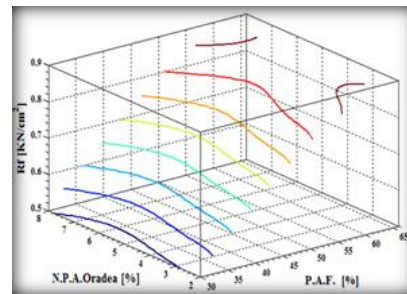
4.3340 ; $b = -0.1165$; $c = 0.0030$; $d = -$

$2.2981E-05$; $e = -2.8833$; $f = 1.36979$; $g =$

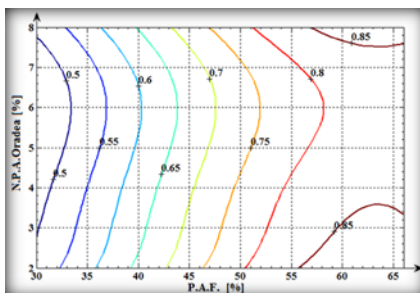
-0.3051 ; $h = 0.03207$; $i = -0.0012$)



(a)



(b)

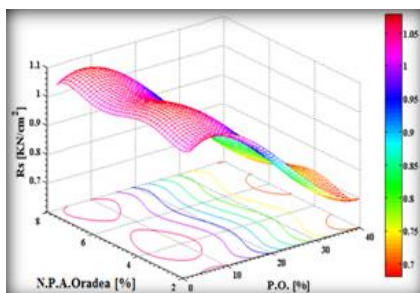


(c)

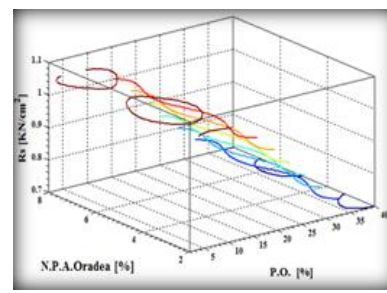
Figura 5.76.B. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale(%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

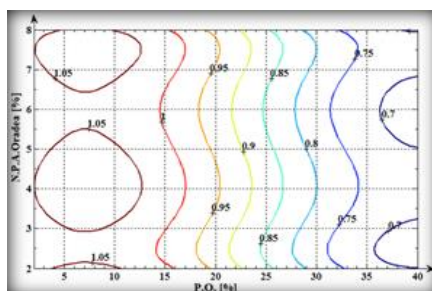
(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot x + cx^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + fy^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9997$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 0.81353$; $b = -0.0181$; $c = 0.0008$; $d = -7.5288E-06$; $e = -0.3749$; $f = 0.1666$; $g = -0.0366$; $h = 0.003$; $i = 0.0001$)



(a)



(b)

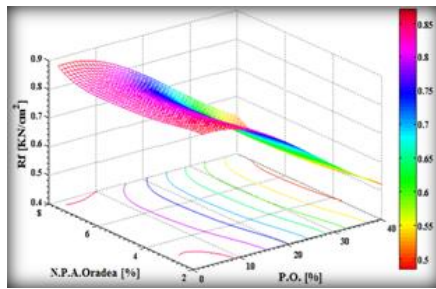


(c)

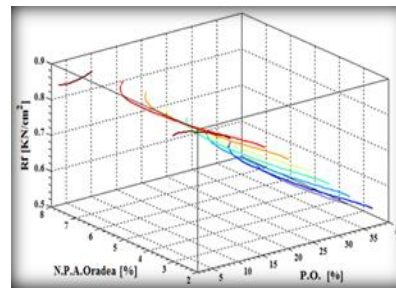
Figura 5.77.B. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

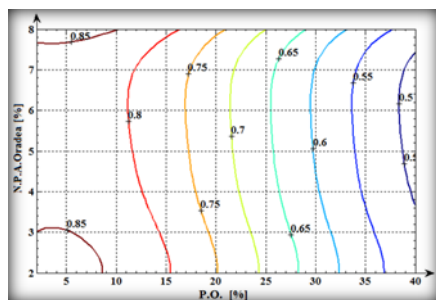
(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot x + cx^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + fy^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9941$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 2.6211$; $b = 0.0166$; $c = -0.00131$; $d = 1.9356E-05$; $e = -2.0653$; $f = 0.98021$; $g = -0.217623$; $h = 0.02280$; $i = -0.0009$)



(a)



(b)



(c)

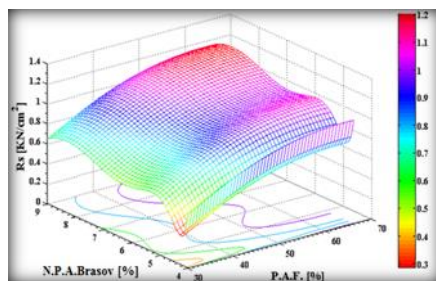
Figura 5.78.B. Rezistența la fisurarea brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol protecție anticorosivă Oradea (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

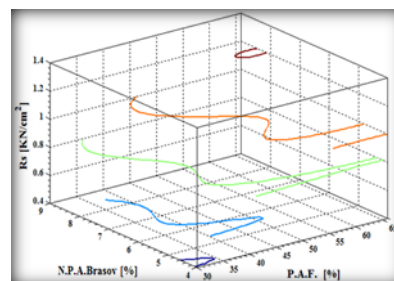
(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot x + c x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9994$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 0.65053$; $b = 0.0042$; $c = -0.0006$; $d = 7.75578E-06$; $e = 0.2835$; $f = -0.1430$; $g = 0.0326$; $h = -0.0035$; $i = 0.0001$)

C). Corelația de forma:

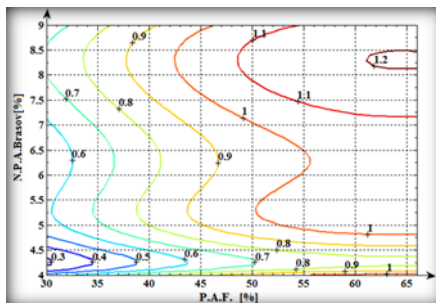
$z = a + b \cdot \ln x + c \cdot \ln x^2 + d \cdot \ln x^3 + e/y + f/y^2 + g/y^3 + h/y^4 + i/y^5$, unde: z – parametrul dependent; x, y – parametrii independenți; $a-i$ – coeficienți.



(a)



(b)

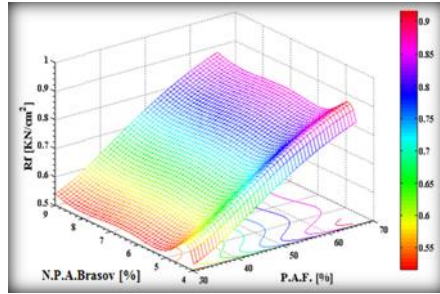


(c)

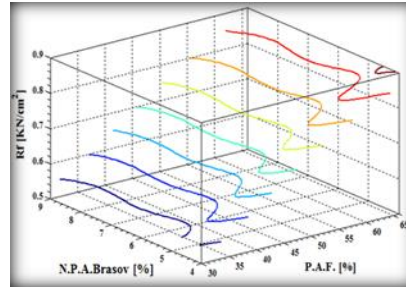
Figura 5.79.C. Rezistența la sfărâmarea brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale(%) și proporția de nămol protecție anticorosivă Brașov (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal;(Ecuția de regresie: $z = a + b \ln x + c \ln x^2 + d \ln x^3 + e/y + f/y^2 + g/y^3 + h/y^4 + i/y^5$

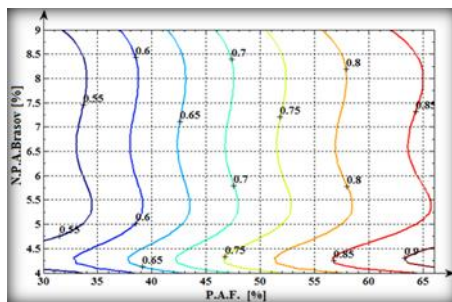
Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9956$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -60.4614$; $b = -36.4833$; $c = 10.3339$; $d = -0.9530$; $e = 3179.4900$; $f = -38376.4536$; $g = 226871.3945$; $h = -657547.6909$; $i = 747903.8970$)



(a)



(b)

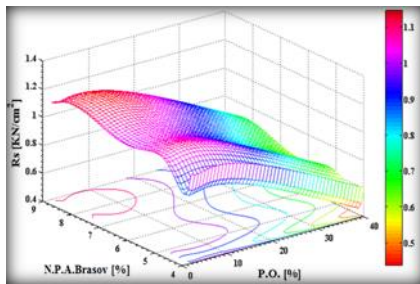


(c)

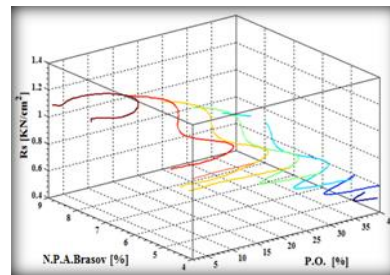
Figura 5.80.C. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare-furnale(%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov (%) (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot \ln x + c \cdot \ln x^2 + d \cdot \ln x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$)

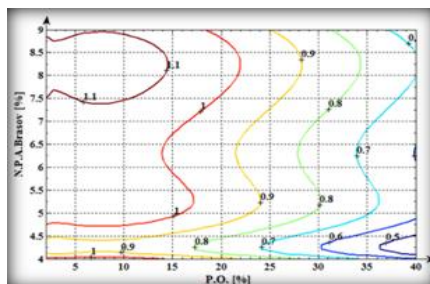
Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9957$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 47.22712$; $b = -23.1337$; $c = 6.0859$; $d = -0.52195$; $e = -552.46180$; $f = 6710.3557$; $g = -40042.8909$; $h = 117332.78080$; $i = -134994.3327$



(a)



(b)

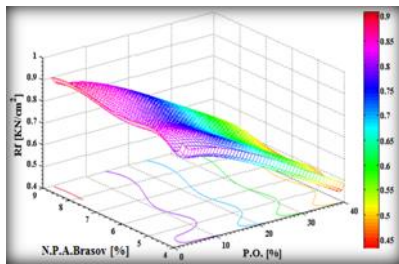


(c)

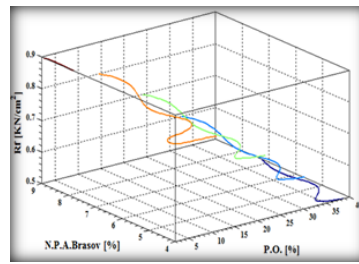
Figura 5.81.C. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Brașov (%) (a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiecție în plan orizontal

(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot \ln x + c \cdot \ln x^2 + d \cdot \ln x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$)

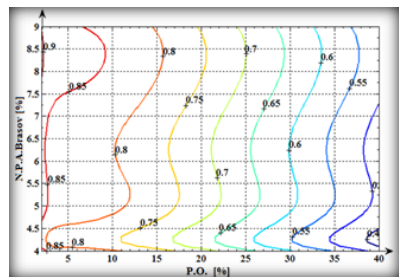
Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9942$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -69.78287$; $b = -0.33127$; $c = 0.2381$; $d = -0.05141$; $e = 2182.5353$; $f = -26280.74786$; $g = 155052.2271$; $h = -448580.3127$; $i = 509373.4267$



(a)



(b)



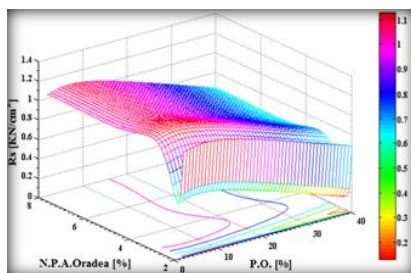
(c)

Figura 5.82.C. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Braşov (%)

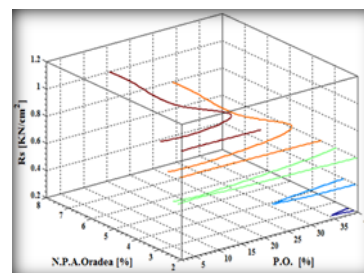
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuatia de regresie: $z = a+b \cdot \ln x+c \cdot \ln x^2+d \cdot \ln x^3+e/y+f/y^2+g/y^3+h/y^4+i/y^5$

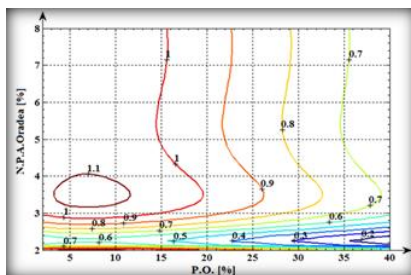
Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9991$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -20.7409$; $b = -0.3099$; $c = 0.18106$; $d = -0.03675$; $e = 672.09504$; $f = -8113.8779$; $g = 47930.6406$; $h = -138727.10758$; $i = 157523.0521$)



(a)



(b)



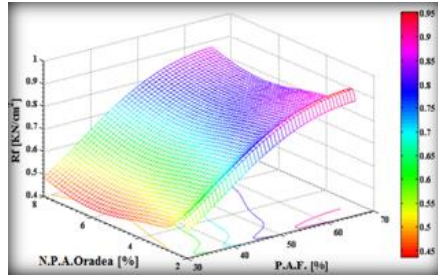
(c)

Figura 5.83.C. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de otelarie(%) și proporția de nămol protecție anticorrosivă Oradea (%)

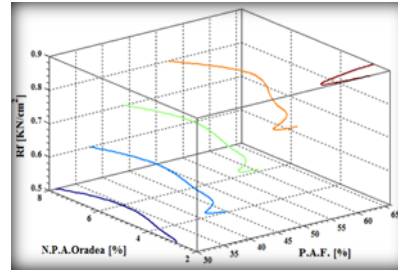
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuatia de regresie: $z = a+b \cdot \ln x+c \cdot \ln x^2+d \cdot \ln x^3+e/y+f/y^2+g/y^3+h/y^4+i/y^5$

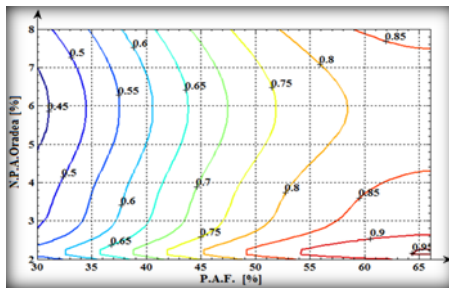
Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9933$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -1.2410$; $b = -0.$; $c = 0.1462$; $d = -0.0382$; $e = 57.1471$; $f = -535.5093$; $g = 2353.9589$; $h = -4826.756$; $i = 3682.7754$)



(a)



(b)



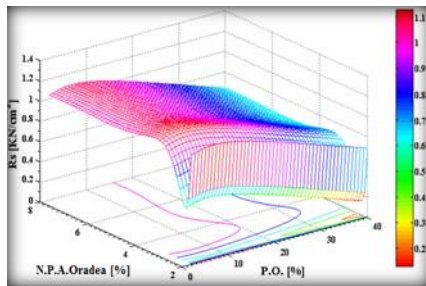
(c)

Figura 5.84. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)

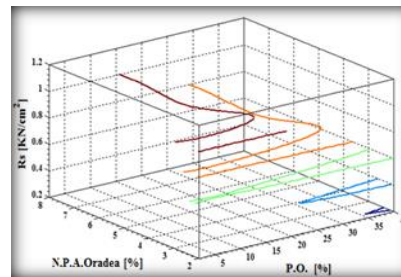
(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot \ln x + c \cdot \ln x^2 + d \cdot \ln x^3 + e/y + f/y^2 + g/y^3 + h/y^4 + i/y^5$)

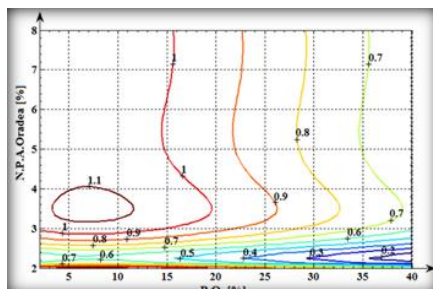
Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9998$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 50.7467$; $b = -39.995$; $c = 10.9011$; $d = -0.9744$; $e = -39.1104$; $f = 285.5662$; $g = -994.9571$; $h = 1671.1512$; $i = -1083.9194$)



(a)



(b)



(c)

Figura 5.85. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale; (c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie: $z = a + b \cdot \ln x + c \cdot \ln x^2 + d \cdot \ln x^3 + e/y + f/y^2 + g/y^3 + h/y^4 + i/y^5$)

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9933$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -1.2410$; $b = -0.1372$; $c = 0.1462$; $d = -0.0382$; $e = 57.14712$; $f = -535.5093$; $g = 2353.9589$; $h = -4826.7569$; $i = 3682.7754$)

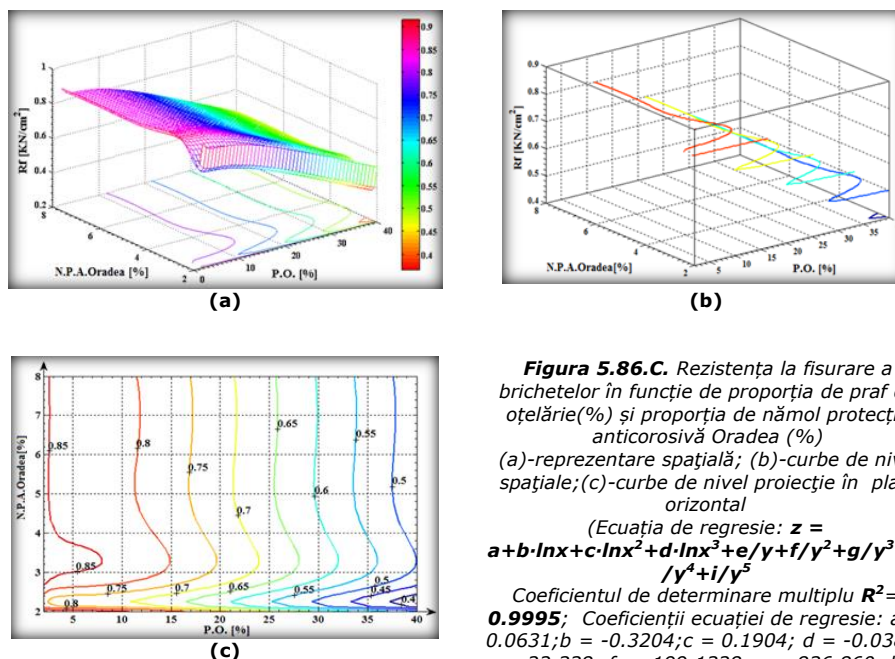


Figura 5.86.C. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie(%) și proporția de nămol protecție anticorosivă Oradea (%)

(a)-reprezentare spațială; (b)-curbe de nivel spațiale;(c)-curbe de nivel proiectie în plan orizontal

(Ecuția de regresie: $z =$

$$a+b \cdot \ln x+c \cdot \ln x^2+d \cdot \ln x^3+e/y+f/y^2+g/y^3+h/y^4+i/y^5$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 =$

0.9995; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 0.0631$; $b = -0.3204$; $c = 0.1904$; $d = -0.0389$; $e = 22.338$; $f = -199.1328$; $g = 836.860$; $h = -1648.5049$; $i = 1217.0417$)

5.3.1.3. Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în Matlab

Analizând corelațiile obținute atât sub formă grafică cât și analitică, se observă că acestea au puncte extreme (maxim sau minim) dar și puncte șea.

Prezentarea curbelor de nivel, respectiv a valorilor acestora, permite stabilirea limitelor de variație pentru componenții rețetelor, astfel încât să se obțină anumite valori pentru parametrul dependent, în acest caz pentru indicatorii de calitate a brichetelor (rezistența la fisurare R_f , la sfărâmare R_s și intervalul de sfărâmare I_s , acest din urmă indicator fiind determinat de primii doi).

În toate reprezentările grafice, indiferent de forma ecuației de corelație (tip A - relația 5.1., tip B - relația 5.2. și tip C - relația 5.3.), influența parametrilor analizați are același sens, dar simplitatea corelației se reduce de la A la C; în același timp crește numărul subdomeniilor de variație, practic sunt mai bine delimitate intervalele de variație în mod deosebit pentru parametrii independenți, pe de o parte iar pe de altă parte o dată cu creșterea gradului ecuației de corelație de la 2 la 5 are loc evident o creștere a punctelor de extrem (apar și puncte de maxim și de minim), respectiv mai multe puncte staționare.

Analizând corelațiile prezentate în fig. 5.65A, 5.76B și 5.84C se deduce că suprafața de corelație prezintă punct șea, iar subdomeniile de variație sunt foarte asemănătoare, diferă puțin întinderea lor și forma curbelor de nivel.

De exemplu, la 45% praf de aglomerare-furnale și la 5% nămol de protecție anticorosivă de la Oradea, rezistența la fisurare $R_f = 0,657 \text{ KN/cm}^2$ (figura 5.65A); $R_f = 0.675 \text{ KN/cm}^2$ (figura 5.76B); $R_f = 0.657 \text{ KN/cm}^2$ (figura 5.84C); deci valori foarte apropiate, practic diferențe ne semnificative.

Pentru a se obține o rezistență la sfărâmare $R_s = 1 \text{ KN/cm}^2$, la un conținut de 50% praf de aglomerare-furnale nămolul de protecție anticorosivă trebuie să aibă participarea de 3,5%.

La 50% praf de aglomerare-furnale și 4% nămol de protecție anticorosivă de

la Oradea, rezistență la fisurare $R_f=0,75\text{KN/cm}^2$ (figura 5.65A); $R_f=0,7452\text{KN/cm}^2$ (figura 5.76B); $R_f=0,753\text{KN/cm}^2$ (figura 5.84C). Deci rezultă practic valori aproape identice.

Având în vedere că valorile pentru rezistențe – rezistență la sfărâmare și rezistență la fisurare – rezultate din calculele efectuate sunt mai mari de $0,2\text{KN/cm}^2$, respectiv $R_s=0,27\text{KN/cm}^2$ și $R_f=0,2\text{KN/cm}^2$ [29], nu au mai fost hașurate domeniile de variație.

Se consideră că rezultatele obținute, prezentate atât analitic, cât și în mod deosebit grafic, prezintă importanță atât pentru partea aplicativă, cât și pentru cea de cercetare.

5.3.1.4. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul DataFit

Pentru o apreciere mai complexă a factorilor studiați, datele au fost prelucrate și în programul DataFit, rezultând corelații multiple, de gradul unu, doi, trei, patru și cinci, exprimate analitic prin ecuații polinomiale, logaritmice și combinate, prin suprafețele de regresie sub formă grafică.

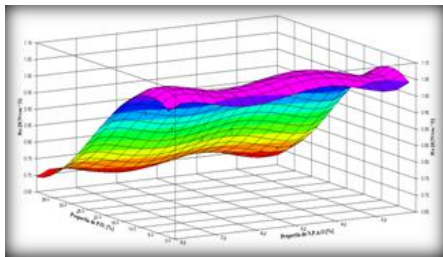


Figura 5.87. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praful de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%);

(Ecuția de regresie:

$$z = a + b \cdot x + c x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$$

Coefficientul de determinare: $R^2 = 0.9941$

Coefficienții ecuației de regresie : $a = 2.6211$; $b = 1.6638$; $c = -1.3812$; $d = 1.9356$; $e = -2.0653$; $f = 0.9802$; $g = -0.2176$; $h = 2.2807$; $i = -9.1013$

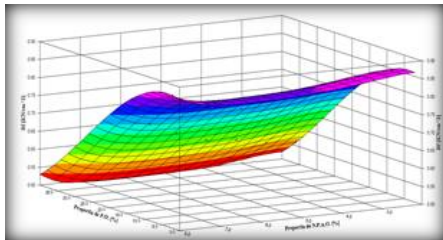


Figura 5.88. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praful de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%);

(Ecuția de regresie:

$$z = a + b \cdot x + c x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$$

Coefficientul de determinare: $R^2 = 0.9994$

Coefficienții ecuației de regresie : $a = 0.6505$; $b = 0.0042$; $c = -6.2594$; $d = 7.7557$; $e = 0.2835$; $f = -0.1430$; $g = 3.2672$; $h = -3.5666$; $i = 1.5190$

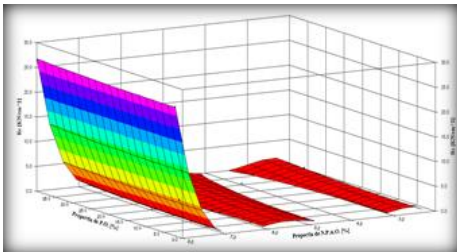


Figura 5.89. Intervalul de sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praful de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%);

(Ecuția de regresie:

$$z = a + b \cdot x + c x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$$

Coefficientul de determinare: $R^2 = 0.9979$

Coefficienții ecuației de regresie : $a = -144.8165$; $b = -4.7633$; $c = 5.3126$; $d = 2.1303$; $e = 194.1586$; $f = -98.5480$; $g = 23.7485$; $h = -2.7327$; $i = 0.1208$

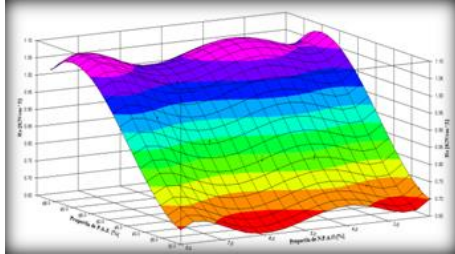


Figura 5.90. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)

(Ecuția de regresie:
 $z = a + b \cdot x + cx^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare: $R^2 = 0.9947$
 Coeficienții ecuației de regresie : $a = 4.3340$; $b = -0.1165$; $c = 3.0441$; $d = -2.2981$; $e = -2.8833$; $f = 1.3697$; $g = -0.3051$; $h = 3.2071$; $i = -1.2813$

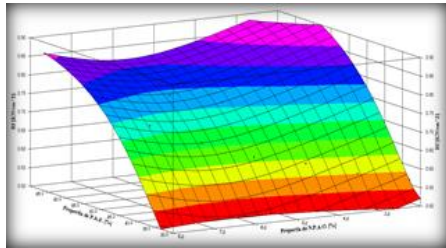


Figura 5.91. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)

(Ecuția de regresie:
 $z = a + b \cdot x + cx^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare: $R^2 = 0.9997$
 Coeficienții ecuației de regresie : $a = 0.5464$; $b = 102.9234$; $c = -5624.2334$; $d = 79582.9398$; $e = -0.1548$; $f = 6.3728$; $g = -1.6109$; $h = 1.9225$; $i = -8.2038$

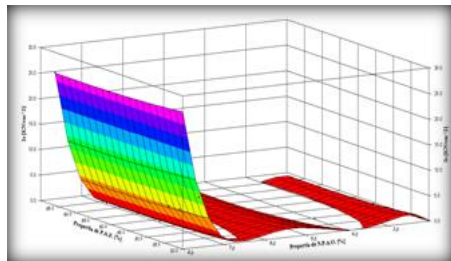


Figura 5.92. Intervalul de sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)

(Ecuția de regresie:
 $z = a + b \cdot x + cx^2 + d \cdot x^3 + e \cdot y + f \cdot y^2 + g \cdot y^3 + h \cdot y^4 + i \cdot y^5$
 Coeficientul de determinare: $R^2 = 0.9978$
 Coeficienții ecuației de regresie : $a = -140.0415$; $b = -0.2808$; $c = 4.1606$; $d = -2.0067$; $e = 195.5418$; $f = -99.1117$; $g = 23.8646$; $h = -2.7443$; $i = 0.1215$

5.4. Valorificarea deșeurilor prin aglomerare

5.4.1. Considerații tehnologice

Aglomerarea este cel mai răspândit procedeu de transformare a minereurilor feroase mărunte și pulverulente (uneori și minereurilor neferoase) în bucăți. În procesul tehnologic toate societățile industriale din domeniul siderurgic introduc în componența șarjei de aglomerare și deșeuri feroase, (de dorit cu conținut cât mai ridicat de fier și carbon sau deșeuri cu carbon) și mai puțini componenți nocivi pentru calitatea fontei, respectiv oțelului.

Aglomeratul (sinterul) este componenta de bază în încărcătura furnalelor în toate fluxurile de elaborare a oțelului prevăzute cu convertizoare cu oxigen, caracteristicile fizico chimice ale aglomeratului au o importanță deosebită pentru calitatea fontei, componentă care îi revine în șarja convertizorului, o pondere în medie de 80%. În societățile moderne cu tehnologii bine fundamentate deșeurile rezultate de pe fluxul tehnologic se reciclează în totalitate.

În România ca urmare a restructurărilor (după cum am mai precizat și în capitolele anterioare) au rămas cantități mari de deșeuri feroase mărunte și pulverulente depozitate în halde și iazuri, sau în multe cazuri în hale industriale

dezafectate).

În ceea ce privește reciclarea deșeurilor prin aglomerare, experimentările au avut în vedere utilizarea instalației de aglomerare din dotarea Facultății de Inginerie Hunedoara, instalație cu funcționare discontinuă, iar ca implementare în practică a rezultatelor obținute se are în vedere procesarea acestora, tot într-o instalație de aglomerare discontinuă (din considerente privind atât calitatea deșeurilor procesate, compoziția chimică, cât și potențialii beneficiari).

Experimentările privind procesarea deșeurilor sub formă de aglomerat, au urmărit producerea unui aglomerat cu un grad ridicat de metalizare [73], utilizabil în încărcătură cuptoarelor pentru producerea fontei, feroaliajelor sau oțelului, pe de o parte, iar pe de altă parte posibilitatea valorificării unor deșeuri cu conținut de elemente de aliere a fontei și oțelului, care rezultă în cantități relativ mici de la multe societăți comerciale (se are în vedere nămolurile rezultate de la acoperiri anticorrosive).

Din punct de vedere economic nu este rentabil ca societățile care generează cantități de deșeuri de sub 25t/an [45] să-și proceseze deșeurile (cu livrarea la diverși utilizatori a produsului obținut), mai economic fiind asocierea acestora sau livrarea la o societate specializată în acest domeniu.

5.4.2. Experimentări și rezultate

Având în vedere caracteristicile constructive ale instalației de aglomerare s-a ales greutatea șarjei de aglomerare egală cu 30 kg. S-a experimentat valorificarea prin aglomerare a nămolurilor/șlamurilor de la acoperiri anticorrosive, rezultate de la trei societăți: GALVAN ALCO Oradea, I.U.S. Brașov și S.C. Prompt Distrib S.R.L. Sebeș și următoarele deșeuri cu conținut de fier de la S.C. ArcelorMittal Hunedoara: șlamuri de aglomerare furnale (depozitate în iazul Bataga - Hunedoara), praf de oțelărie electrică rezultat curent pe fluxul tehnologic, țunder și zgură de oțelărie fracția feroasă.

De menționat că deșeurile de bază sunt praful de oțelărie și praful de aglomerare furnale, acestora revenindu-le împreună o pondere de 45 – 60%, iar dacă luăm în considerare țunderul și zgura de oțelărie fracția feroasă, în total ponderea acestor 4 deșeuri feroase care provin de pe fluxul siderurgic este de 75 – 90%, restul revenind deșeurilor de la acoperiri anticorrosive.

În cadrul experimentărilor efectuate s-au produs 10 șarje de aglomerat după 5 rețete, 2 șarje/rețetă, componența șarjelor fiind prezentată în Tabelul 5.6.

Pe baza rețetelor prezentate în tabelul 5.6. s-a calculat compoziția chimică a șarjelor de aglomerare crude, datele obținute fiind prezentate în tabelele 5.2. A – 5.6.Ax. (Anexe).

Tabelul 5.6. Componența rețetelor pentru șarja de aglomerare

Nr. Crt.	Sortiment deșeu	Componența rețetelor, (%)				
		R1	R2	R3	R4	R5
1.	Praf oțelărie	25	25	30	20	20
2.	Șlam aglomerare furnale	25	30	30	25	28
3.	Zgură de oțelărie fracția feroasă	10	10	10	15	20
4.	Țunder	15	15	20	15	20
5.	Șlam acoperiri anticorrosive Oradea	10	5	-	5	-
6.	Șlam acoperiri anticorrosive Brașov	15	15	10	15	-
7.	Șlam acoperiri anticorrosive Sebeș	-	-	-	5	10
8.	Calcar	-	-	-	-	2
TOTAL		100	100	100	100	100

Adaosul de cocs pentru sinterizare și reducere, a fost de 18 kg/100 kg șarjă crudă.
Adaosul de apă pentru micropelletizare 10kg/100kg șarjă crudă

Tabelul 5.7. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare

Component	Compoziție chimică, (%)									
	Fe _t	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S
Praf oțelărie ¹⁾	56.67	2.98	73.37	3.49	4.8	1.07	5.11	2.34	-	0.34
Șlam aglomerare furnale	24.41	7.14	26.93	8.30	0.72	7.48	8.39	1.98	0.11	1.10
Zgură de oțelărie fracția feroasă ²⁾	45.28	11.95	9.96	16.44	4.71	4.47	18.90	6.72	0.31	0.24
Tunder	68.22	67.42	25.07	1.64	1.13	0.78	0.25	0.38	-	-
Șlam acoperiri anticorrosive Oradea	15.65	-	21.59	5.44	0.15	3.52	1.72	0.31	4.56	1.04
Șlam acoperiri anticorrosive Brașov	4.72	-	6.75	5.07	0.06	7.72	63.25	1.58	0.54	3.86
Șlam acoperiri anticorrosive Sebeș ³⁾	46.54	1.85	60.24	2.13	1.13	0.13	3.11	1.74	-	0.15
Calcar	0.3	-	0.42	2.01	0.91	0.8	52.2	1.21	0.9	0.07

¹⁾ ZnO = 0.84%; ²⁾ K₂O = 0.23; Na₂O = 0.69%; ³⁾ K₂O = 0.25; Na₂O = 0.76%

Tabelul 5.8. Compoziția granulometrică a materialelor în șarja de aglomerare

Nr. Crt.	Denumire sortiment material	Dimensiune material, (μm) / Clase granulometrice, (%)						
		<100	100-250	250-500	500-710	710-1000	1000-2500	2500-3000
1.	Praf oțelărie	70.39	8.41	7.52	6.81	6.85	0	0
2.	Șlam aglomerare furnale	66.51	15.25	8.04	5.72	4.48	0	0
3.	Zgură de oțelărie fracția feroasă	0	0.5	1.81	15.56	24.76	55.25	2.12
4.	Tunder	0.32	0.56	1.21	22.24	28.45	53.78	2.44
5.	Șlam acoperiri anticorrosive Oradea	15.82	12.13	7.41	7.36	3.18	0	0
6.	Șlam acoperiri anticorrosive Brașov	23.14	16.23	8.11	6.93	4.58	0	0
7.	Șlam acoperiri anticorrosive Sebeș ³⁾	83.14	7.33	5.08	2.25	1.2	0	0
8.	Cocs	0.53	0.98	1.09	16.03	33.67	46.67	1.03

Tunderul și zgura de oțelărie fracția feroasă au fost supuse fiecare operației de ciurire, fracția mai mare de 5mm fiind reintrodusă la măcinat (în moara Kollergan). În șarja de aglomerare nu s-a introdus calcar având în vedere conținutul ridicat de CaO în nămolul de la protecție anticorrosivă I.U.S. Brașov, cu excepția șarjelor 9 și 10 (rețeta nr.5).

Calitatea aglomeratului și consumul de combustibil, sunt direct influențate de gradul de măcinare a combustibilului. Granulația optimă a combustibilului la aglomerare, care conduce la consumuri minime și calitate bună a acestuia, este cea cuprinsă între 0.5-2 mm. [13]

Fracțiile mai mari de 2 mm și în mod deosebit cele de 3 mm (mai ales peste 3mm) dezvoltă prin ardere cantități mari de căldură și conduc la o supraîncălzire a amestecului supus aglomerării, iar fracția fină sub 0.5 mm este ușor reactivă și căldura rezultată nu este utilizată în mod eficient. Combustibilul trebuie să fie cât mai omogen amestecat cu materialele supuse aglomerării, astfel încât în procesul de sinterizare să se evite temperaturi locale prea mari. [25]

În timpul procesului de sinterizare a minereurilor mărunte, respectiv deșeurilor feroase, oxidul de calciu prezent în șarja de aglomerare, reacționează cu componentii acizi din sterilul acestora, cu care formează compuși eutectici cu punct de topire scăzut, acestea constituindu-se ca nuclee primare de formare a noi faze, aglomeratului. Pentru aceasta, granulația componentei purtătoare de CaO (calcar) trebuie să fie măcinată (de regula cu ajutorul concasoarelor cu cilindrii) la granulații sub 3 mm, considerându-se pentru procesul de aglomerare și calitatea aglomeratului, valoarea optimă a granulației cuprinsă între 0.2-2 mm (nămolul

utilizat satisface această condiție).

Pentru obținerea unui aglomerat cu indicele de bazicitate $I_B = \text{CaO}/\text{SiO}_2 > 1$, în componența șarjei se introduce calcar metalurgic care pe durata procesului de aglomerare disociază.

Asimilarea calcarului în masa de aglomerat se face cu atât mai bine cu cât granulația lui este mai fină. Granulele de calcar peste 3 mm, nu se asimilează complet, în timpul procesului de aglomerare se calcinează la oxid de calciu, care în timpul răcirii, depozitării și transportului, absoarbe din umiditatea atmosferică și se hidratează, ducând la sfărâmarea aglomeratului. În ceea ce privește compoziția chimică, calcarul trebuie să satisfacă condițiile tehnice impuse pentru calcarul metalurgic. [19,45] În baza celor prezentate s-a ales pentru aceste 2 sortimente de material granulația de la 0.5-2 mm.

Deoarece sortimentul de deșeu, nămol de la acoperiri anticorozive, I.U.S. Brașov este foarte bogat în CaO (60-63%) la primele 4 rețete nu s-a introdus în șarjă calcar (s-a avut în vedere și oxidul de CaO din zgura de oțelărie (fracția feroasă), acesta fiind introdus numai la șarja nr. 5 (în care nu a fost introdus deșeu de la S.C. I.U.S. Brașov).

Deșeul I.U.S. Brașov are o granulație foarte fină astfel încât CaO este foarte bine asimilat.

Patul de protecție este format din pelete cu granulație de 13-15 mm fiind încărcate direct pe grătarul instalației. În cadrul experimentărilor înălțimea patului de protecție a fost de 60 mm (acesta variind între 30-60 mm), consumul fiind în acest sens pentru instalația de laborator de 5kg pelete/m² grătar (35-50 kg pelete/m² grătar). Patul de protecție îmbunătățește condițiile de aglomerare. Protejând grătarul împotriva temperaturilor ridicate, acesta reduce antrenarea fracțiilor mărunte din încărcătură sub grătar și permite conducerea procesului de aglomerare până la ultimul strat, fără a se produce lipirea aglomeratului de barele grătarului. De asemenea patul de protecție împiedică obturarea cu material mărunț a secțiunii libere dintre barele grătarului, îmbunătățind astfel regimul de aspirație. S-a avut în vedere grosimea spre limita superioară a patului de protecție, deoarece s-a efectuat un adaos de cocs mai mare în șarja cruda (tabelul 5.6.) în vederea obținerii unui grad de metalizare pentru aglomerat de cel puțin 85%.

După dozarea deșeurilor utilizate în procesul de aglomerare, dozare în funcție de rețeta utilizată, aceste materiale au fost introduse în toba de omogenizare și umectate în vederea formării micropelurilor. Împreună cu aceste materiale a fost introdus și cocul mărunț necesar asigurării căldurii procesului de sinterizare, pe de o parte, iar pe de altă parte pentru a asigura dezvoltarea reacțiilor de reducere a oxizilor de fier, nichel și într-o anumită măsură mult mai mică a celor de mangan, crom. [4,80]

După omogenizarea amestecului de aglomerare, șarja crudă se introduce în ceașca de aglomerare, în care inițial s-a introdus pe grătar stratul de protecție, se repartizează cât mai uniform pe secțiune instalației și se îndeasă uniform. Se aprinde arzătorul se rabate capacul instalației deasupra șarjei, timp în care este pornit exhaustorul (ventilatorul) și se lasă aprins în medie 60 secunde pentru aprinderea cocsului, după care se rabate de pe ceașcă și se stinge. Ca urmare a aspirației de aer prin stratul de material cocsul se aprinde și frontul de sinterizare avansează de la suprafața încărcăturii spre grătar.

În funcție de excesul de cocs, în stratul de sinterizare se dezvoltă reacțiile de reducere a oxizilor de fier de la forma superioară spre forma inferioară și, într-o anumită proporție la fier metalic. [45] De asemenea având în vedere excesul de carbon are loc o reducere a oxidului de nichel la forma metalică și a oxidului de

crom într-o anumită proporție de la forma superioară la cea inferioară. Deoarece șlamul de la acoperiri anticorozive (Oradea și Sebeș) conține substanțe care generează compuși volatili (Cl_2, S) pe durata sinterizării s-a urmărit și evacuarea gazelor arse. La proporții de până la 10% nămol/șlam (însurate proporțiile celor două șlamuri) în componența șarjei, degajările de volatile aduse de șlamul de la acoperiri anticorozive nu ridică probleme deosebite. La proporții de peste 10% din nămol/șlam se degajă intens volatile în gazele arse, astfel încât acestea au un miros înțepător (compuși ai clorului și sulfului). Nămolul de la I.U.S.Brașov este neutralizat, astfel că în limitele în care a fost experimentat nu a degajat volatile nocive. Pe durata procesului de aglomerare s-a urmărit evoluția presiunii, temperaturii și reducerii pe înălțimea stratului de aglomerare, datele fiind prezentate în Tabelul 5.9. După terminarea procesului de aglomerare s-a evacuat aglomeratul s-a lăsat să se răcească, după care s-au determinat caracteristicile calitative (compoziția chimică și rezistența mecanică).

Tabelul 5.9. Evoluția presiunii, temperaturii și reducerii pe înălțimea stratului de aglomerare

Timpul	Număr șarjă									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Depresiunea mm. coloană apă									
1	405	425	413	419	416	405	410	408	400	412
5	405	420	410	415	412	400	406	404	400	408
10	385	420	405	411	407	395	401	399	394	402
15	385	415	400	404	400	390	396	395	389	396
20	380	415	396	398	395	385	391	391	385	390
25	380	410	392	390	391	380	387	386	380	386
30	375	400	390	385	386	376	383	383	374	381
35	370	395	385	382	382	372	378	379	371	375
40	370	385	380	376	376	370	373	374	368	370
45	365	380	374	372	370	368	360	369	364	366
Oprirea procesului de aglomerare în minutul 48										
Timpul	Temperatura (°C)									
1	54,3	53,2	50,6	51,1	52,4	53,6	55,2	53,9	51,8	54,2
5	65,1	64,4	61,3	63,7	62,8	63,2	64,6	63,5	60,9	65,4
10	73,4	72,5	72,6	73,5	72,9	77,7	78,5	78,3	73,6	78,1
15	83,7	82,2	83,1	84,3	82,8	87,9	88,8	87,9	82,6	87,9
20	87,5	88,7	96,9	87,6	88,9	96,8	97,5	96,4	88,9	95,4
25	111,4	112,5	118,7	113,7	114,7	115,8	113,7	112,5	111,3	117,5
30	192,4	200,7	199,4	196,7	194,6	196,5	187,8	191,9	192,8	199,8
35	309,3	318,9	319,4	314,1	313,5	312,6	307,8	315,2	310,3	312,8
40	432,3	434,5	438,5	437,3	436,4	437,5	437,8	438,3	436,8	437,9
45	466,4	475,8	472,8	467,7	470,8	469,4	468,9	469,1	470,2	471,3
Oprirea procesului de aglomerare în minutul 48										
Timpul	Reducerea înălțimii șarjei de aglomerare, (mm)									
1	3	3	4	4	5	5	4	5	4	4
5	8	8	8	9	9	9	10	10	8	8
10	12	13	12	13	14	14	15	15	14	14
15	18	18	21	21	22	22	22	23	21	21
20	26	26	26	26	26	28	28	28	27	27
25	30	32	32	30	31	30	32	32	31	31
30	52	54	55	55	56	57	57	58	57	56
35	65	65	66	66	76	77	80	80	78	78
40	75	76	79	80	81	79	82	82	80	90
45	81	81	81	82	84	84	86	86	83	83
Oprirea procesului de aglomerare în minutul 48										

5.4.3. Procesare aglomeratului redus în cuptorul cu rezistență de grafit tip Tamman

Având în vedere că în componența șarjelor de aglomerare s-au introdus deșeuri cu conținut de crom, nichel și mangan, s-a experimentat și topirea reducătoare a aglomeratului produs după rețetele 1 (șarja 1 și 2) și 4 (șarja 7 și 8) în cuptorul Tamman.

Creuzetul cuptorului Tamman are o capacitate de 3 kg fontă, astfel încât având în vedere conținutul de fier din aglomerat (în medie 47%) și greutatea specifică a acestora (în medie 2.75kg/dm³) în creuzet au fost încărcate pe măsura topirii 2.75–3.0 kg aglomerat. Nu s-a considerat necesar introducerea de var încărcătura, aglomeratul având o bazicitate de peste 1.35.

Tabelul 5.10. Componența încărcăturii

Nr.Șarjă fontă	Nr. Șarjă aglomerat	Componența încărcăturii, (kg)				
		Aglomerat	Cocs	FeSi	Al	Total
1.	1/rețeta 1	3.0	0.50	15	15	3.80
2.	2	2.91	0.50	15	15	3.71
3.	7	2.96	0.50	15	15	3.76
4.	8	2.84	0.50	15	15	3.64

Pentru experimentări s-a utilizat un creuzet de grafit, în timpul topirii a avut loc și un proces de carburare (cu carbon din grafit) ceea ce conduce la o uzură avansată a acestuia. În creuzet s-a introdus o cantitate de 50 grame/șarjă cocs cu granulație 1.5-2mm, 15g/șarjă FeSi cu granulație 0.5-2mm și aluminiu 15g/șarjă granulație de granulație 1.5mm (sârmă de aluminiu debitată la cca. 15mm). S-a considerat să se efectueze o topire reducătoare cu o zgură apropiată de cea carbidică.

În tabelele 5.10, 5.11 și 5.12 se prezintă componența încărcăturii, compoziția topiturii metalice și a zgurii rezultate din procesul de topire.

Durata topirii șarjelor a fost de 30-35 de minute, la terminarea acesteia s-a turnat topitura metalică (fonta) și zgura în forme de grafit. S-a determinat greutatea fontei și a zgurii, rezultând o scoatere de metal prezentată în tabelul 5.11.

Tabelul 5.11. Compoziția chimică a fontei

Nr.șarjă fontă	Nr.șarjă aglom.	Compoziția chimică a fontei, %								Fontă, kg	Scoatere, %
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Fe		
1.	1/R1	3.57	1.41	0.68	0.20	0.05	0.42	1.35	92.37	1.87	49.34
2.	2/R1	3.86	1.38	0.72	0.21	0.05	0.39	1.29	92.10	1.86	50.12
3.	7/R4	3.98	1.22	0.65	0.19	0.04	0.32	1.04	92.44	1.93	51.24
4.	8/R4	3.92	1.21	0.71	0.19	0.04	0.34	1.02	92.45	1.78	48.97

Tabelul 5.12. Compoziția chimică a zgurii

Nr. șarjă	Compoziția chimică, (%)									CaO/SiO ₂
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	MnO	Cr ₂ O ₃	S		
1.	53.23	28.31	8.58	6.72	0.65	0.58	0.12	1.72		1.88
2.	55.01	28.29	7.28	6.54	0.61	0.53	0.15	1.62		1.94
3.	54.92	27.32	8.34	6.24	0.72	0.56	0.13	1.23		2.01
4.	54.31	28.18	8.02	6.41	0.68	0.58	0.18	1.34		1.93

5.4.4. Concluzii

Pe baza analizei procesului de aglomerare, a rezultatelor obținute în cadrul experimentărilor efectuate privind valorificarea diferitelor tipuri de deșeuri, rezultă următoarele concluzii:

- ≡ prin procesul de aglomerare pot fi valorificate o gamă largă de deșeuri cu conținut de fier și de elemente însoțitoare ale fierului, de exemplu nichel,

crom și mangan, rezultate din diferite operații siderurgice (elaborare fontă și oțel, laminarea la cald a oțelurilor, nămol de la protecții acoperiri anticorozive);

- ≡ conținutul de fier din aglomeratul obținut, principalul element urmărit a se valorifica din punct de vedere cantitativ, variază în limite mari, în funcție de componența rețetei de aglomerare;
- ≡ prin adaosul ridicat de cocs în componența rețetelor s-a urmărit a se obține aglomerat cu grad de metalizare ridicat, de dorit spre valori cât mai apropiate de 90% și chiar peste;
- ≡ parametrii urmăriți pe durata procesului de aglomerare pentru fiecare șarjă au variat în limite normale;
- ≡ valorile obținute pentru rezistența aglomeratului demonstrează că acesta poate fi folosit și în agregatele pentru elaborarea fontei.

În cazul utilizării aglomeratului pentru elaborarea fontei, se consideră că cel mai indicat este procesarea aglomeratului în cuva Hamborn, unul din cele mai eficiente procedee de valorificare a deșeurilor .

Din datele prezentate mai sus rezultă că prin topirea aglomeratului redus în cuptoare în care sunt create condiții pentru dizolvarea carbonului, se poate obține fontă.

Zgura rezultată din topirea sterilului din aglomerat, corespunde din punct de vedere al compoziției chimice a zgurii bazice. Oxizii elementelor de aliere a oțelului prezenți în încărcătura cuptoarelor de reducere (de elaborare a aliajului feros) sunt reduși în funcție de afinitatea față de oxigen și capacitatea de reducere a zgurii (de exemplu cei de nichel 100%, cei de mangan și crom 85-90%).

6. STUDIU PRIVIND REALIZAREA UNEI BAZE DE DATE CU DEȘURI DIN INDUSTRIA SIDERURGICĂ, MINIERĂ ȘI ENERGETICĂ

6.1. Considerații generale privind structura aplicației

Odată cu dezvoltarea societății umane a devenit evident faptul că activitatea umană influențează mediul și este la rândul său influențată de către acesta. Trecând prin diverse stadii de organizare, protecția calității mediului și mai nou abordarea integrată de management a mediului a devenit o necesitate vitală în scopul asigurării prosperității societății și dezvoltării durabile. [76,97]

Scopul prezentului capitol este de a dezvolta și implementa un instrument a cărui utilizare să constituie un suport în monitorizarea și gestionarea diverselor tipuri de deșuri din industria siderurgică, minieră și energetică.

Principalele obiective propuse în vederea realizării acestui studiu au fost:

- ≡ realizarea unei aplicații software interactivă, care să gestioneze datele privind deșeurile pentru cele trei tipuri de industrii;
- ≡ prezentarea indicatorilor specifici fiecărui tip de deșeu în parte;
- ≡ prezentarea caracteristicilor calitative ale deșeurilor provenite din cele trei industrii avute în studiu.

Dezvoltarea economică durabilă și funcționarea adecvată a mecanismelor de piață, impun elaborarea de strategii care să abordeze unitar conceptele de creștere economică și protecția mediului. Fundamentarea acestor strategii și urmărirea implementării lor se poate realiza numai pe baza unor statistici. [55] Astfel de statistici se structurează cu ajutorul unor baze de date care cuprind date și informații privind resursele și emisiile de poluanți.

Pentru a înțelege modul în care a fost proiectată și dezvoltată aplicația software care face obiectul acestui capitol, pentru început sunt explicate câteva noțiuni referitoare la gestionarea datelor (*baze de date*).

Tehnologia informației este tehnologia necesară pentru procesarea informațiilor, în particular folosința computerelor electronice pentru a converti, procesa și a transmite informații. [10,65] Toate aplicațiile utilizează informația structurată sub o formă sau alta, indiferent dacă este vorba despre date economice, rezultate ale măsurărilor, informații despre deșuri, etc. Toate aceste structuri ale informației au fost numite, unitar, *baze de date*. Bazele de date sunt manipulate cu ajutorul sistemelor de gestiune a bazelor de date. Cel mai răspândit model de baze de date este cel relațional, în care datele sunt memorate în tabele. [18,66,68]

Un sistem de gestiune a bazelor de date (SGBD) este o aplicație care permite păstrarea și gestionarea bazelor de date și care execută operații asupra datelor solicitate de utilizatori. Sistemul de gestiune a bazei de date folosită de aplicația software interactivă dezvoltată în cadrul acestui capitol este *Microsoft Access*. *Access* folosește ca model relațional o reprezentare logică a datelor stocate fizic. Relația este reprezentată printr-o tabelă caracterizată prin două elemente de baza: coloane și rânduri. [20,86, 87]

În contextul general al sistemelor de gestiune a bazelor de date, *Access* este un sistem de gestiune a bazelor de date relaționale pentru Microsoft Office sub Windows.

Privit din punct de vedere conceptual, *Access* poate fi considerat ca făcând

parte din cadrul sistemelor de gestiune a bazelor de date de nivel mediu. Explicația ierarhizării pe acest nivel constă în faptul că sistemul Access combină atât caracteristicile sistemelor de gestiune a bazelor de date simple, care nu utilizează modelul relațional de organizare a bazelor de date, fiind axate numai pe operații de stocare și căutare a datelor, cât și caracteristicile sistemelor de gestiune a bazelor de date complexe, care stochează, prelucrează și transmit un volum mare de date. [67,86, 87]

Având în vedere faptul că, procesul de realizare a aplicației implică parcurgerea unor etape similare, activitățile desfășurate în vederea atingerii obiectivelor stabilite, au fost următoarele:

≡ *Definirea scopului bazei de date*

Prima etapă în proiectarea unei baze de date este definirea scopului acesteia și a modului în care va fi folosită. A fost necesară cunoașterea exactă a tipurilor de informații care se doresc a fi obținute în urma gestionării aplicației, pentru a determina parametrii de intrare și caracteristicile acestora. [20,65,66]

≡ *Stabilirea structurii logice de stocare a datelor*

Au fost create structurile primare de stocare a datelor luându-se în considerare faptul că, pentru o mai bună gestionare, informația trebuie împărțită și stocată în unități cât mai mici, pentru a permite interogări ulterioare cât mai diverse.

≡ *Stabilirea relațiilor existente între diversele tipuri de date stocate*

Odată stabilită structura logică de stocare a datelor, s-au definit relațiile care există între acestea. Ca principiu general, cu cât există mai multe astfel de relații stabilite cu atât rapoartele generate vor fi mai diverse. [28]

≡ *Proiectarea și realizarea propriu-zisă a aplicației*

Pe baza parametrilor stabiliți, s-a realizat dezvoltarea aplicației, luând în considerare și caracteristicile hardware a echipamentelor pe care va fi instalată și va rula.

Etapă de proiectare include fazele de stabilire a caracteristicilor obiectelor bazei de date și de proiectare a interacțiunilor dintre aceste obiecte în vederea obținerii funcționalității dorite a aplicației.

După finalizarea analizei am trecut la proiectarea obiectelor bazei de date, începând cu tabelele și corelațiile dintre acestea. Tabelele constituie obiectele Access destinate păstrării informațiilor.

Implementarea aplicației reprezintă cea etapă de realizare a sistemului informatic în care se asigură testarea cu date reale, definitivarea și punerea în funcțiune a sistemului proiectat.

O interfață eficientă cu utilizatorul reprezintă esența succesului unui program. Într-un program pentru baze de date, acest deziderat este deosebit de important, deoarece introducerea informației se poate produce într-un format nefamiliar. [21,35,79]

Din multe puncte de vedere, interfața cu utilizatorul poate fi chiar mai importantă în cadrul unui program pentru baze de date decât pentru aplicațiile tradiționale. Programele pentru baze de date trebuie să acceseze și să manipuleze informația cu mare precizie. O interfață cu utilizatorul prost concepută poate determina introducerea incorectă a informațiilor, apariția de erori combinate care duc la date eronate și la facilitarea pierderii sau ștergerii unor date deosebit de importante. [68]

Astăzi nu există aplicație care să nu aibă o interfață grafică prin intermediul căreia să se acceseze opțiunile programului. Proiectarea interfeței grafice utilizator, reprezintă faza cea mai importantă a procesului de implementare a unui sistem de

instruire informatic. Crearea unei interfețe de bună calitate a necesitat utilizarea a două practici: anticipare și feedback. Realist vorbind, lumea nu prea mai citește manualele de utilizare.

Aplicația software interactivă dezvoltată în cadrul acestui capitol este structurată în trei secțiuni și anume:

- ≡ baza de date - structura fizică a bazei de date, partea de interogare și actualizare a datelor;
- ≡ interfața care este liantul între partea de prezentare (ecranele/formularele) și partea de baza de date;
- ≡ partea de prezentare (ecranele/formularele).

Cel mai important lucru în ceea ce privește proiectarea unei baze de date este stabilirea structurii datelor de intrare, a relațiilor dintre acestea și a rapoartelor ce vor fi generate.

Schema din figura 6.1. expune obiectele de tip formular (ecranele) ale aplicației și modul în care acestea pot fi apelate.

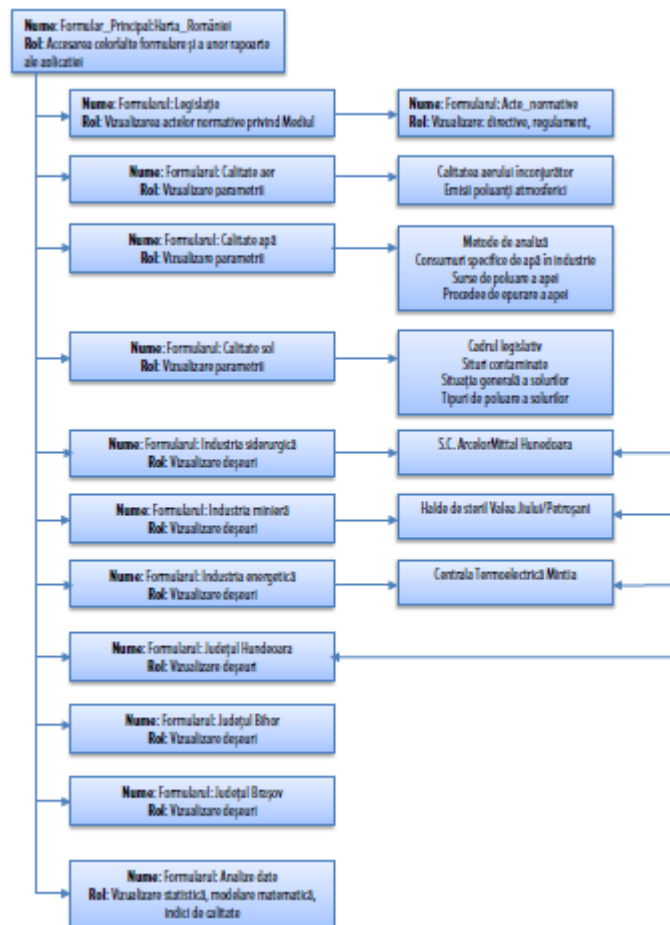


Figura 6.1. Obiectele de tip formular

Trebuie precizat faptul că în vederea realizării acestei aplicații, am avut în vedere datele și informațiile existente pe site-ul Agenției Naționale pentru Protecția Mediului și nu numai [98,99,100, 102,103,104,105,106]

6.2. Gestionarea aplicației

A fost realizată o interfață familiară, ca un model de dialogare și interactivitate, care să satisfacă necesitățile specifice utilizatorilor, pentru a putea naviga în aplicație intuitiv și cât mai transparent.

Interfața prezintă patru zone:

- ≡ zona I - legislație; calitate aer; calitate apă; calitate sol;
- ≡ zona II – deșeuri industria siderurgică, minieră, energetică;
- ≡ zona III – harta interactivă cu deșeuri utilizate în cadrul experimentărilor prezentate în capitolele 4 și 5, din județele Hunedoara, Bihor, Brașov;
- ≡ zona IV – analize statistice; modelare matematică; indici de calitate; vizualizare rapoarte.



Figura 6.2. Interfața principală a aplicației

În **zona I**, la partea de - **Legislație** - sunt prezentate: Legea nr.278/2013 privind Emisiile Industriale; Legea nr.211/2011 privind regimul deșeurilor; Legea nr.265/2006 privind protecția mediului, precum și o serie de directive și regulamente în ceea ce privește protecția mediului.

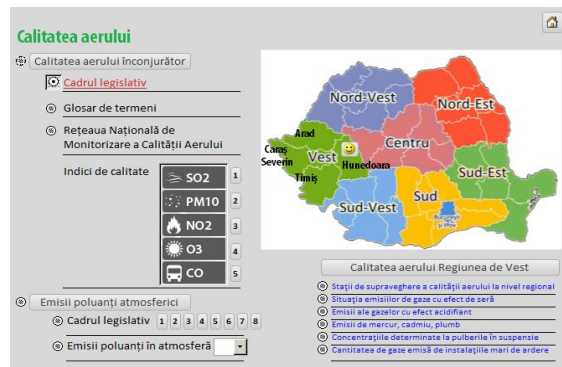


Figura 6.3. Formularul privind calitatea aerului

Formularul - **Calitate aer** - cuprinde informații privind parametrii de calitate ai aerului, indicii de calitate, valorile măsurate, emisiile de poluanți atmosferici și calitatea aerului în Regiune 5 Vest.

În România, în conformitate cu Legea 104/15.06.2011 privind calitatea aerului înconjurător, poluanții pentru care se realizează evaluarea calității aerului înconjurător: 1. Dioxid de sulf (SO_2); 2. Dioxid de azot (NO_2); 3. Oxizi de azot (NO_x); 4. Particule în suspensie (PM_{10} și $\text{PM}_{2,5}$); 5. Plumb (Pb); 6. Benzen (C_6H_6); 7. Monoxid de carbon (CO); 8. Ozon (O_3); 9. Arsen (As); 10. Cadmiu (Cd); 11. Nichel (Ni); 12. Hidrocarburi aromatice policiclice/Benzo(a)piren (BaP); 13. Mercur (Hg). [84,95]

Pentru acești poluanți se prezintă caracteristicile privind pragul de alertă, valorile limită și nivelul critic. Pentru exemplificare în figura 6.4. se prezintă cele trei caracteristici pentru oxizii de azot:

LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011 Oxizi de azot - NO _x		Domeniul de concentrații pentru dioxid de azot (ug/m ³)		Indice specific
Prag de alerta	400 ug/m ³ - masurat timp de 3 ore consecutive, in puncte reprezentative pentru calitatea aerului pentru o suprafata de cel puțin 100 km ² sau pentru o întreaga zona sau aglomerare, oricare dintre acestea este mai alerta mica.	0-49,(9)		1
Valori limita	200 ug/m ³ NO ₂ - valoarea limita orara pentru protectia sanatatii umane 40 ug/m ³ NO ₂ - valoarea limita anuala pentru protectia sanatatii umane	50-99,(9)		2
Nivel critic	30 ug/m ³ NO _x - nivelul critic anual pentru protectia vegetatiei	100-139,(9)		3
		140-199,(9)		4
		200-399,(9)		5
		>400		6

Figura 6.4. Norme și domenii de concentrații pentru oxizii de azot NO_x (No,NO₂)

În ceea ce privește calitatea aerului în Regiune 5 Vest, se prezintă numărul de stații de supraveghere a calității aerului în cele 4 județe (Arad, Caraș Severin, Hunedoara, Timiș), emisiile ale gazelor cu efect de seră, emisiile ale gazelor cu efect acidifiant, emisiile de mercur, plumb, cadmiu, concentrațiile determinate la pulberile în suspensie, cantitatea de gaze emisă de instalațiile mari de ardere. Ponderea principală la emisiile de CO₂ și N₂O o are județul Hunedoara - 47,2% la CO₂ și 56,7% la N₂O. [85]

Formularul - **Calitate apă** - cuprinde informații privind distribuția apei pe Pământ; metode de analiză actuale pentru diverse tipuri de ape; consumuri specifice de apă în industrie; volumul apelor uzate din România; sursele de poluare a apei; procedee de epurare a apei; limite de încărcare cu poluanți a apelor uzate.

Referitor la situația volumelor de apă uzată generate la nivelul Regiunii 5 Vest, cel mai mare volum rezultă din județul Hunedoara, 496,8 mil.m³, datorită volumului mare de ape uzate din sectorul siderurgic și energetic. [85,95]



Figura 6.5. Formularul privind calitatea apei

Formularul - **Calitate sol-subsol**- cuprinde informații privind situurile contaminate din Regiunea 5 Vest; situația generală a solurilor cu referire la procesele de poluare diversă a solului determinate de activitățile industriale din sectorul siderurgic, minier și energetic; tipuri de poluare a solurilor prin exploatări miniere, halde, iazuri de decantare, emisii de la termocentrale.



Figura 6.6. Formularul privind calitatea solului

În **zona II**, se prezintă harta interactivă cu marcarea zonelor de unde au provenit deșeurile utilizate în cadrul experimentărilor prezentate în capitolele 4 și 5. Astfel se prezintă cele trei zone: Județul Hunedoara, Județul Bihor, Județul Brașov.

- ≡ **zona Județului Hunedoara** cu cele trei surse de generare a deșeurilor și anume ArcelorMittal Hunedoara, Electrocentrale Mintia și Exploatarea Minieră Valea Jiului.

SiO2	CaO	MgO	Al2O3	MnO	Fe	Zn	C	S
14.06	10.01	2.57	6.44	0.96	30.35	4.79	10.9	1.11

< 63μm	63-100μm	100-250μm	250-500μm	500-710μm	710-1000μm	> 1000μm
46.26	18.31	15.65	8.12	6.44	3.21	2

Figura 6.7. Formularul Județul Hunedoara

Cu ajutorul acestui formular, utilizatorul selectează deșeurul dorit în una dintre cele trei zone de generare a deșeurilor. Utilizatorul va ține apăsată tasta Shift sau Ctrl executând click în fiecare listă de derulare, pentru a obține o selecție multiplă. Fiecare sector este reprezentat printr-o casetă tip listă, care cuprinde deșeurile aferente, compoziția chimică, compoziția granulometrică și reprezentarea grafică a deșeurii selectat. Toate aceste informații se întâlnesc în capitolele 4 și 5 sub o altă prezentare.

Din zona Hunedoara și în special de la ArcelorMittal Hunedoara au fost utilizate deșeurile – praf de aglomerare furnale, praf de oțelărie.

- ≡ *zona Județului Bihor* cu cele două surse de generare a deșeurilor și anume Cemtrade Oradea și Galvan Alco Oradea. Se prezintă compoziția chimică, compoziția granulometrică și reprezentarea grafică a deșeurii selectat.

Cemtrade Alumina Oradea conține 80 hectare terenuri contaminate cu șlam rezultat din prelucrarea bauxite. De la Alumina Oradea provine nămolul roșu utilizat în cadrul experimentărilor.

S.C. Galvan Alco Oradea are ca obiect de activitate *Tratarea și acoperirea metalelor*, acoperiri galvanice pentru produse industriale. Gama de acoperiri cuprinde zincare, nichelare, cromare, stanare, argintare, aurire, cuprare, alămiră. [102]

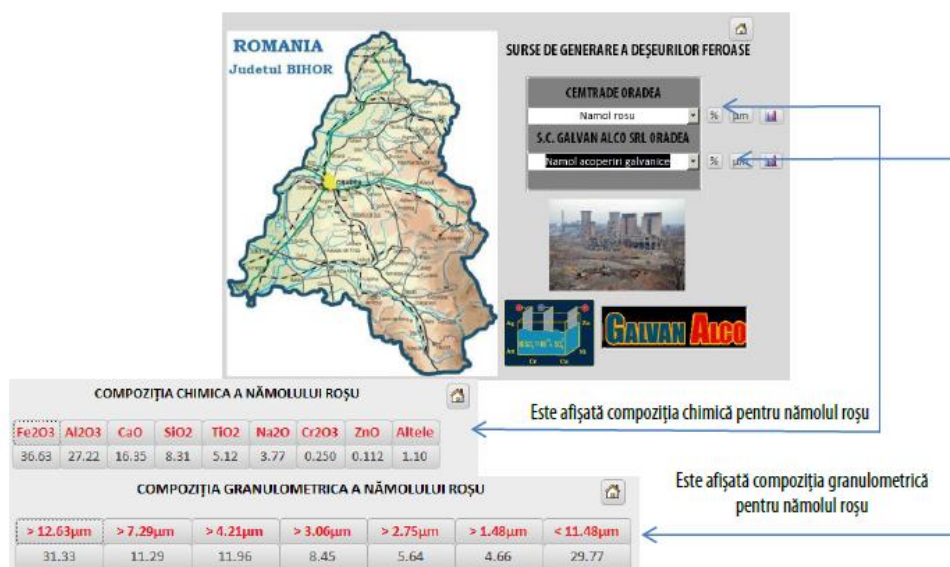


Figura 6.8. Formularul Județul Bihor

- ≡ *zona Județului Brașov* cu sursa de generare S.C. I.U.S. Brașov. Se prezintă compoziția chimică, compoziția granulometrică și reprezentarea grafică a deșeurii selectat.

S.C. IUS Brașov oferă posibilitatea de a executa un spectru larg de acoperiri galvanice (cromare, nichelare), efectuează procese electrochimice pentru obținerea acoperirilor galvanice (nichel-crom), prin procedeul de cromare trivalentă, în funcție de dimensiunile băii. [101]



Figura 6.9. Formularul Județul Brașov

Galvanizarea este metoda electrochimică de formare a acoperirilor metalice și chimice pe diverse suprafețe pentru a le da anumite proprietăți: protecție anticorrosivă, rugozitate mica, duritate, rezistență.

Tot în această zonă II sunt prezentate tehologiile de valorificare a deșeurilor provenite din cele trei industrii:

- ≡ tehnologia de valorificare prin peletizare;
- ≡ tehnologia de valorificare prin brichetare;
- ≡ tehnologia de valorificare prin aglomerare;

The image shows a web application interface for 'ECHIPAMENTE SI INSTALAȚII UTILIZATE PENTRU PARTEA EXPERIMENTALĂ'. It features a sidebar with a list of equipment types, a main area with a 'PELETIZOR' section, and a table of experimental data. Blue callout boxes point to 'Etapete peletizării', 'Selectăm instalația de peletizare', and 'Este afișată componența rețetelor'.

ID	Rețeta	PO%	PA%	NR%	NG%	G%	B%	V%	CT%
1	R1	37	20	14	9	4	6	2	0
2	R2	10	65	7	10	5	5	2	0
3	R3	29	29	10	20	5	4	3	0
4	R4	35	55	10	10	0	4	4	0
5	R5	24	43	11	11	0	5	4	0
6	R7	57	11	11	11	0	5	2	0
7	R8	72	0	12	12	0	4	0	0
8	R9	0	72	12	12	0	4	0	0
9	R10	72	0	0	24	0	4	0	0
10	R11	0	72	0	24	0	4	0	0
11	R12	60	0	0	23	3	3	2	0
12	R13	60	0	0	23	2	5	2	0

Figura 6.10. Formularul privind partea experimentală

Astfel cu ajutorul formularului privind echipamentele și instalațiile utilizate în partea experimentală prezentată în capitolele 4 și 5, utilizatorul poate selecta oricare echipament existent în lista din partea stângă, precum și una dintre cele trei tehnologii de valorificare din caseta tip listă.

Tot în acest formular se prezintă tehnologia de valorificare prin peletizare care cuprinde etapele necesare procesului, componența și compoziția chimică pentru fiecare rețetă în parte.

Sunt prezentate un număr de 15 rețete, pentru fiecare rețetă utilizatorul având posibilitatea de a selecta componenta și compoziția chimică a acestora. De asemenea se poate introduce o nouă rețetă pentru aceeași componentă dar într-o altă cantitate procentuală. Fiecare deșeu (component) poate fi reprezentat atât sub formă procentuală cât și în grame, acest lucru fiind posibil în urma calculelor pe care le realizează aplicația.

În același mod se prezintă tehnologia de valorificare prin brichetare care cuprinde etapele necesare, precum și componenta și compoziția chimică pentru fiecare rețetă în parte.

The screenshot shows a software interface with several key sections:

- Recipe List Table:** A table with columns for ID, Recipe name, and various chemical components (P.D., P.B., N.L., N.G., G, B, V, Total).
- Form for New Recipe:** A section titled 'Introducere rețetă nouă' with fields for 'REȚETA NOUĂ', 'COMPONENTĂ', and 'COMPOZIȚIE'. It includes a list of components and their chemical formulas (e.g., Al2O3, FeO, SiO2, CaO, MgO).
- Calculation Panels:** Two panels at the bottom for calculating components in grams and percentages. Each panel has input fields for 'Cantitate' and 'Introducem cantitatea:' and buttons for 'calculează' and 'Total'.
- Annotations:** Blue arrows and text boxes point to specific parts of the interface: 'Introducere rețetă nouă' points to the recipe form, 'Introducere valori noi' points to the table, and two panels point to the calculation sections with the text 'Este calculată compoziția în grame' and 'Este calculată compoziția în procente'.

Figura 6.11. Formularele privind componenta și compoziția chimică în cazul peletizării

În **zona III**, se prezintă deșeurile feroase rezultate în industria siderurgică, minieră și energetică. Deșeurile din *industria siderurgică* constau în principal în zgură, nămol și praf.

Deșeurile din industria metalurgică neferoasă, pot avea un conținut ridicat de metale grele care pot avea un potențial impact negativ asupra mediului, dacă nu se recuperează și se depozitează în mod corespunzător. [85,96]



Figura 6.12. Formularul privind Industria Siderurgică

La S.C. ArcelorMittal Hunedoara S.A. colectarea deșeurilor industriale se face în funcție de starea lor fizică. Se depozitează temporar în incinta societății și periodic se evacuează la haldă sau se valorifică total sau parțial (reciclare, comercializare). Accesând în formularul de mai sus *Selectare zonă*, utilizatorul poate alege de exemplu zona Hunedoara și vor fi prezentate tipurile de deșeuri industriale generate, cantitatea, starea fizică și modul de eliminare, figura 6.13 – figura 6.14. Menționez că în lista zonelor sunt cuprinse și sectoarele industriale Mintia, Paroșeni, Reșița, Oțelul Roșu, Oradea, Brașov, Galați, Târgoviște, Roman, Zalău, Câmpia Turzii.

Denumire	UM	Cantitate anuala	Starea fizica	Mod de eliminare
Ulei uzat	kg	1020	lichid vascos	reciclare interna
Azbest	tone	21	solid	eliminare pe haldă
Deseu otel	tone	10223	solid	reciclare interna
Fier vechi	tone	38	solid	reciclare interna
Moloz	tone	1116	solid	eliminare pe haldă
Tunder	tone	1352	solid	depozitare SF2

Figura 6.13 Formularul Deșeuri industriale generate la OE-TC-ArcelorMittal Hunedoara

Denumire	UM	Cantitate anuala	Mod de gestionare
Deseuri metalice	tone	32093	Reciclare interna
Ulei uzat	tone	50	Reciclare interna
Tunder	tone	8150	Depozitare spatiu inchis
Azbest	tone	10	Depozitare pe haldă
Deseuri refractare	tone	1500	Depozitare pe haldă

Figura 6.14 Formularul Deșeuri industriale generate la Sectorul Laminoare ArcelorMittal Hunedoara

Deseu feros	SiO2	CaO	MgO	Al2O3	MnO	Fe	W	Ulei
Tunder ArcelorMittal Galati - haldă	0.21	0.22	0.01	1.64	0.61	67.45	-	-
Tunder ArcelorMittal Hunedoara	0.46	0.15	-	-	0.86	68.19	-	-
Tunder Otelinox Targoviste	0.87	0.36	0.11	-	0.80	67.77	-	-
Tunder ArcelorMittal Roman	0.46	0.15	0.01	-	0.85	68.38	12 - 15	7 - 8
Tunder TENARIS Zalău	0.39	1.11	0.79	-	0.51	72.16	-	-

Figura 6.15 Formularul Compoziție chimică Țunder

Formularul din figura 6.12, oferă posibilitatea de a vizualiza compoziția chimică pentru oricare din deșeurile selectate din cele patru sectoare siderurgice. Astfel în cazul Țunderului, compoziția chimică variază funcție de oțelul din care provine și îl impun ca un material foarte important în balanța Fe.

Selectând deșeu *țunder* și *compoziție chimică*, se prezintă analiza chimică a Țunderului din diferite zone siderurgice, figura 6.15.

O altă opțiune pe care o oferă formularul din figura 6.12., este acela de selectare a unei rețete pentru oricare din cele trei tehnologii de valorificare – *peletizare, brichetare, aglomerare* -, afișându-se componența și compoziția chimică a rețetelor pentru fiecare variantă (A-B-C-D-E).

REȚETE BRICHETARE VARIANTA A							COMPOZITIE	
RETETE	P.A.F	P.O.	T	B	V	G		
R1	25	50	14	3	3	5	SiO ₂	5.02
R2	30	40	19	3	3	5	FeO	3.60
R3	35	35	19	3	3	5	Fe ₂ O ₃	63.81
R4	35	30	25	3	3	4	P ₂ O ₅	0.18
R5	40	25	25	3	3	4	S	0.28
R6	45	20	25	3	3	4	C	14.33
R7	50	24	15	4	3	3	Al ₂ O ₃	2.33
R8	55	19	15	4	3	3	CaO	5.36
R9	60	15	13	5	3	2	MgO	0.67
R10	65	10	13	5	3	2	MnO	2.60
							Alti oxizi	1.84

Figura 6.16 Formularul Rețete brichetare Varianta A - R1-R5

COMPLEXUL ENERGETIC HUNEDOARA	
	INDUSTRIA MINIERĂ <input checked="" type="radio"/> Exploatarea minieră LONEA <input type="radio"/> Exploatarea minieră LIVEZENI <input type="radio"/> Exploatarea minieră VULCAN <input type="radio"/> Exploatarea minieră LUPENI
	INDUSTRIA ENERGETICĂ <input checked="" type="radio"/> Electrocentrale DEVA <input type="radio"/> Electrocentrale PAROȘENI
	HALDE DE STERIL <input checked="" type="radio"/> Starea tehnică a haldelor de steril E.M. Bazinul Petroșani <input type="radio"/> Halde de steril din zona E.M. a Bazinului Petroșani



Figura 6.17. Formularul privind Complexul Energetic Hunedoara

Acest formular cuprinde inventarierea haldelor de steril din partea vestică a Bazinul Petroșani, figura 6.18. Există în prezent 43 de halde de steril din care sunt în funcțiune 25, iar 18 sunt în conservare. Principala resursă a Bazinului Petroșani o constituie cărbunii, cunoscuți ca huilă energetică și cocsificabilă.

Huila exploatăată după mijlocul secolului al XIX-lea în Bazinul Petroșani a fost de mare utilitate pentru industrie, însă rocile sterile aduse la suprafață odată cu roca utilă au generat adevărați munți artificiali, halde care în perimetrele miniere deja închise au fost reabilitate și ecologizate. În perimetrele miniere încă active se urmărește în mod continuu stabilitatea haldelor de steril. Cărbunii cocsificabili se află în perimetrul Lupeni, Uricani, Bărbăteni. Cărbunii din Bazinul Petroșani sunt folosiți în scopuri energetice la termocentralele Paroșeni și Mintia. În prezent huila se exploatează la Uricani, Lupeni, Vulcan. [34,52]

Principalele daune provocate de halde asupra mediului înconjurător sunt următoarele: impactul vizual neplăcut; distrugerea suprafețelor de teren acoperit cu sol vegetal și vegetație; poluarea apelor de la suprafață și din subteran cu elemente chimice dizolvate sau suspensii de particule solide antrenate din halde de către apele de ploaie sau de infiltrație; poluarea aerului cu praf rezultat în urma deversărilor sterile în halde și gaze rezultate din mine. [42,52]

Unitatea economică	Suprafața haldei, ha	Volum haldă, m ³
Halde de steril rezultate din sterilul extras din subteran și de la suprafață		
E.M.Aninoasa	5,23	1619
E.M.Vulcan	34,25	3782
E.M.Parogeni	5,34	773
E.M.Lupeni	28,04	10001
E.M.Bărbănteni	4,9	223
E.M.Uricani	18,3	1516
E.M.Valea de Brazi	28,3	4161
E.M.Câmpu lui Neag	207,84	31470
Halde de steril rezultate din preparațiile de cărbune		
I.P.C.V.J.Uricani	0,10	100
I.P.C.V.J.Lupeni	22,10	3700
I.P.C.V.J.Coroești	16,50	3300
Depozite de zgură de termocentrală		
C.T.E.Parogeni	20	1450

Unitatea economică	Denumirea haldei	Activă/Inactivă
Aninoasa	Tricoane Pisu	Inactivă
	Funicular Sud	Inactivă
Vulcan	Puț 7 Vest (halda veche)	Inactivă
	Puț 7 Vest (tricoane)	Inactivă
	Valea Arzului	Activă
Parogeni	Halda funicular	Inactivă
	Valea Lupului	Inactivă
	Tericon cota 630	Inactivă
Lupeni	Halda ramură I	Inactivă
	Halda ramură II	Inactivă
	Halda ramură III	Activă
	Halda veche Ileana	Inactivă
	Halda nouă Ileana	Inactivă
Bărbănteni	Halda nouă Victoria	Inactivă
	Mierlapu	Inactivă
Uricani	Galeria de Coastă	Inactivă
	Funicular vechi	Inactivă
Valea de Brazi	Funicular nou	Activă
	Funicular Puț nr 8	Inactivă

Figura 6.18. Formularul privind Haldele de steril de la exploatarea miniere din partea vestică[90]

Centrala Termoelectrică Mintia - Deva

Combustibilul principal utilizat este cărbunele de Valea Jiului (hulă energetică sortată și mixte de hulă), din preparațiile Lupeni, Coroești, Petrila, Livezeni. [49,77]

Cantitatea de zgură și cenușă evacuată hidraulic din centrală în cursul unui an este de 1÷1,3 mil. tone. În acest scop se folosesc două depozite de zgură - cenușă, situate unul în albia majoră a râului Mureș, pe malul drept, pe o suprafață de cca. 67 ha și altul în locul denumit Valea Bejan-Târnăvița, la cca. 4 km de termocentrală, ocupând o suprafață de cca. 80 ha.

Figura 6.19. Formularul privind Centrala Termoelectrică Mintia

Astfel în acest formular, pentru depozitul Bejan și depozitul Mureș (actualmente închis) se prezintă: compoziția oxidică a probelor de zgură și cenușă; indicatorii Cu, Pb, Ni, Cr, Mn; analizele chimice pe probele de ape tehnologice. Analizând valorile se observă că: indicatorii Cu, Pb, Ni, Cr, Mn depășesc valorile pragului de alerta pentru soluri amplasate în zone cu folosință mai puțin sensibilă.

Component	1 Bejan %	3 Bejan %	4 Bejan %	5 Bejan %	5 Bejan %	7 Bejan %	8 Bejan %	9 Bejan %	10 Bejan %
Al2O3	18,3432	19,6744	18,9734	18,9779	20,4111	23,3407	11,1198	14,0009	23,2555
SiO2	39,2683	43,7202	41,2519	41,4955	43,2169	46,7394	24,3263	30,5123	49,8828
P2O5	0,106	0,1736	0,1251	0,1325	0,254	0,1729	0,0994	0,1628	0,1914
SO3	0,5133	0,1937	0,5594	0,5338	0,3969	0,1554	0,6783	0,4511	0,1651
Cl	0,0448	0,0108	0,0155	0,0257	0,0138	0,0159	0,0275	0,0164	0,0106
K2O	4,3328	3,588	3,2855	3,8827	4,4915	5,3428	2,2188	2,5779	5,1353
CaO	4,1645	4,4512	4,6271	4,2547	3,4553	2,1988	6,3039	5,3698	2,0355
TiO2	3,5502	2,3187	2,5615	2,5869	3,3426	3,2191	2,0994	2,2782	3,2052
Cr2O3	0,6333	0,3557	0,3923	0,5692	0,5644	0,6828	1,0412	0,445	0,493
MnO	0,2622	0,2011	0,3092	0,3235	0,2005	0,1684	0,4533	0,4633	0,1716
Fe2O3	25,3203	22,3858	25,6799	24,399	21,5411	14,988	48,8062	40,6143	12,9387
NiO	0,1146	0,0846	0,0857	0,0839	0,1556	0,0775	0,1289	0,1537	0,0899
CuO	0,0661	0,0226	0,041	0,0533	0,0598	0,052	0,0393	0,0699	0,0658
ZnO	0,0315	0,0371	0,0324	0,0316	0,0377	0,0360	0,037	0,0320	0,0307
As2O3	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000	0,0032	0,0019	0,0000	0,0029	0,0023
PbO	0,0388	0,0798	0,0487	0,0477	0,0402	0,0396	0,0609	0,0381	0,0645

Figura 6.20. Formularul privind Compoziția oxidică a cenușii de termocentrală Depozitul Bejan

Component	1 Bejan mg/kg s.u.	3 Bejan mg/kg s.u.	4 Bejan mg/kg s.u.	5 Bejan mg/kg s.u.	5 Bejan mg/kg s.u.	7 Bejan mg/kg s.u.	8 Bejan mg/kg s.u.	9 Bejan mg/kg s.u.	10 Bejan mg/kg s.u.
Ba	0,845	0,512	0,421	0,574	0,053	0,898	0,290	0,119	0,046
Cd	0,015	0,015	0,017	0,020	0,017	0,022	0,022	0,015	0,019
Cr_total	0,055	0,046	0,037	0,064	0,062	0,061	0,098	0,049	0,043
Cu	0,121	0,048	0,081	0,126	0,125	0,100	0,090	0,131	0,133
Ni	0,182	0,115	0,111	0,122	0,167	0,137	0,165	0,202	0,147
Pb	0,014	0,034	0,019	0,018	0,018	0,018	0,028	0,017	0,026
Se	0,008	0,008	0,007	0,008	0,010	0,010	0,023	0,018	0,010
Zn	0,122	0,120	0,121	0,119	0,145	0,132	0,142	0,125	0,122
As	0,009	0,000	0,000	0,000	0,011	0,007	0,000	0,009	0,008
Cloruri	303,2	68,0	100,4	186,7	105,4	123,2	187,0	100,6	73,6
Sulfati	446,0	163,8	8437,1	472,7	301,8	129,8	505,7	393,1	155,0

Figura 6.21. Formularul privind indicatorii Cu, Pb, Ni, Cr, Mn Depozitul Bejan

Se prezintă combustibilii atât din punct de vedere al stării de agregare, cât și după proveniență.

Cea mai importantă caracteristică a combustibilului este puterea calorifică, astfel că aplicația permite și calculul puterii calorifice, cunoscând analiza elementară a acestuia.

The screenshot shows the 'Combustibili' form with a dropdown menu open. The menu lists various fuel types and their states: lemn (solid), turbă (solid), cărbune brun (solid), antracit (solid), șisturi combustibile (solid), țiței (lichid), gaz natural (gazos), mangal (solid), cocs de turbă (solid), cocs de huiță (solid), brichete (solid), combustibil praf (solid), benzină (lichid), petrol lampant (lichid), motorină (lichid), păcură (lichid), alcool (lichid), gaz de iluminat (gaz), gaz de cocserie (gaz), gaz de furnal (gaz), gaz de generator (gaz), and gaz de apă (gaz). Below the menu, there are radio buttons for 'Naturali' and 'Artificiali', and a section for 'Cenușa de termocentrală' with options for 'Compoziția chimică', 'Analiza granulometrică', 'Concentrat cenușa de termocentrală', and 'Emisii de substanțe poluante în gazele de ardere mg/Nm3'.

Figura 6.22. Formularul Caracteristici combustibili și deșeuri din industria energetică

The screenshot shows the 'Combustibili' form with the 'Caracteristici deșeuri' section selected. The 'Analiza elementară combustibil' dropdown is open, showing a table of elemental analysis results: Carbon (C) 38.23, Hidrogen (H) 3.10, Sulf (S) 0.6 - 1.8, Oxigen (O) 8.15, Azot (N) 0.70, Substanțe minerale 41.26, Umiditate (W) 7.80, and Substanțe volatile 3.12. Below this, there are radio buttons for 'Naturali' and 'Artificiali', and a section for 'Cenușa de termocentrală' with options for 'Compoziția chimică', 'Analiza granulometrică', 'Concentrat cenușa de termocentrală', and 'Emisii de substanțe poluante în gazele de ardere mg/Nm3'.

SiO2	CaO	MgO	Al2O3	Fe2O3	Na2O	K2O	Alți oxizi
50.66	8.41	0.83	17.63	8.90	0.89	0.27	0.69

Figura 6.23. Vizualizare Compoziție chimică cenușă termocentrală

SiO2	Fe2O3	Al2O3	FeO	CaO	MgO	Fe	Mn	P
11.89	51.96	8.85	13.39	7.31	3.85	46.71	1.15	0.028

Figura 6.24 Vizualizare Compoziție chimică concentrat cenușă termocentrală

Totodată formularul prezintă compoziția chimică, compoziția granulometrică și reprezentarea grafică a acestor caracteristici, pentru cenușa rezultată în urma arderii de la Termocentrala Mintia și compoziția chimică a concentratului de cenușă de termocentrală. Concentratele din cenușă de termocentrală sunt asemănătoare din punct de vedere al compoziției chimice, cu alte deșeuri feroase prăfoase, sunt acide din punct de vedere al indicelui de bazicitate și în comparație cu alte deșeuri nu conțin elemente dăunătoare calității fontei și oțelului.

Zona IV cuprinde o analiză statistică a deșeurilor din industria siderurgică, minieră și energetică, precum și partea de vizualizare rapoarte privind caracteristicile calitative a deșeurilor analizate.

Suprafețele ocupate de halde în țara noastră se prezintă astfel: 799 halde de steril brut rezultate din industria minieră; 109 halde de flotație (iazuri de decantare) rezultate din prelucrarea zăcămintelor feroase și neferoase; 63 halde de zgură și cenușă de la termocentrale și 133 halde aferente industriei siderurgice și chimice.

The image shows two screenshots of a web application. The left screenshot, titled "ANALIZA STATISTICĂ", displays a summary of waste types and a list of counties. The right screenshot, titled "ZONA HUNEDOARA", shows a detailed view for a specific region, including a list of waste types and a small image of a waste site.

Figura 6.25. Formularul Analiza statistică suprafețe ocupate cu halde/iazuri

Județele cele mai afectate de halde de steril brut, rezultate ca urmare a exploatărilor de cărbune sau minereuri feroase și neferoase sunt: Gorj, Vâlcea, Hunedoara, Covasna, Caraș Severin, Mehedinți, Alba. Județele cele mai afectate de prezența haldelor de flotație, sunt: Caraș Severin, Cluj, Maramureș, Hunedoara, Harghita, Bihor, Suceava, Bistrița Năsăud, iar județele cu suprafețele cele mai însemnate cu depozitele de zgură și cenușă de termocentrala sunt: Gorj, Dolj, Bihor și Hunedoara. [52]

Numărul depozitelor de deșeuri industriale din județul Hunedoara este de circa 110, dintre care majoritatea sunt inactive, deșeurile fiind rezultate în principal din industriile minieră, energetică și metalurgică.

SUPRAFETE OCUPATE CU DEȘEURI		Tuesday, August 18, 2015
S.C. OMYA CALCITA S.R.L. Vața de Jos	Halda de steril Vața - Ponor - suprafața totală a depozitului: 1,88 ha - amestec de pământ și rocă - suprafața activă: 1,32 ha, suprafață inactivă 0,56 ha.	1:02:05 PM
S.C. TALC DOLOMITA S.A. Hunedoara	Depozite de steril (halde de steril de la exploatarea și prepararea talcului și dolomitei - Cariera Telluc 3 Sud: 1,2 ha; halda Lelese Vest: 1 ha; halda Poligon - Cariera Zlaști: 1,9 ha). Suprafața totală a depozitelor active - 4,1 ha.	
SUCURSALA ELECTROCENTRALE PAROȘENI	Depozite de zgură și cenușă (VALEA CAPRIȘOARA - 46 ha; laz Rezervă nr. 1-10 ha) - suprafața totală a depozitelor active - 56 ha.	
SUCURSALA ELECTROCENTRALE DEVA	Depozit de zgură și cenușă (Valea Bejan); - suprafața totală a depozitului activ - 146 ha;	
C.N.H. S.A. PETROȘANI:	- E.M. LONEA - haldă steril (Lonea I - 5,8 ha, Jieț - 1 ha) - suprafața totală a depozitelor active: 6,8 ha; - E.M. URICANI - haldă steril (Ramura II) - suprafața totală a depozitului activ: 2,7 ha; - EPCVJ VULCAN - haldă steril (Nr. 2) - suprafața totală a depozitului activ: 8 ha; - E.M. VULCAN - haldă steril (Valea Arsului) - suprafața totală a depozitului activ: 1,9 ha; - E.M. LUPENI - haldă steril (Ramura III) - suprafața totală a depozitului activ: 3,6 ha;	
S.C. CARPATCEMENT HOLDING S.A.	- haldă steril, carieră: calcar 3 ha, argilă 2 ha, gips 4 ha; - suprafața totală a depozitului: 9 ha	

Figura 6.26. Raportul privind Suprafețele ocupate cu halde/iazuri zona Hunedoara

Tot în zona Hunedoara există iazuri de decantare de steril sideritic la Teliuc cu o suprafață totală a depozitelor 75 ha și volum estimat deșeu sideritic 21 mil tone. De asemenea amintim depozitele de zgură metalurgică (Halda Buituri și Halda Călan) - suprafața totală a depozitelor 100 ha, volum estimat zgură 120 mil tone și șlamul de aglomerare furnale (Bataga, Călan) cu o suprafață totală a depozitelor de 3 ha.

Din analiza statistică efectuată se poate trage concluzia că eliminarea deșeurilor industriale rămâne încă o problemă care se va rezolva într-o perioadă mai îndelungată în funcție de resursele financiare și soluțiile tehnice de care se va dispune. Din aceste motive trebuie să fie luate toate măsurile pentru o monitorizare și gestionare modernă a deșeurilor.

6.3. Concluzii

Dezvoltarea economică durabilă și funcționarea adecvată a mecanismelor de piață impun elaborarea de strategii care să abordeze unitar conceptele de creștere economică și protecția mediului. Fundamentarea acestor strategii și urmărirea implementării lor se poate realiza numai pe baza unor statistici. Astfel de statistici se structurează cu ajutorul unor baze de date care cuprind date și informații privind resursele și emisiile de poluanți.

Conform studiului realizat, pe teritoriul României au fost identificate 1.393 de situri contaminate/potențial contaminate. Acestea reprezintă zone în care s-au desfășurat în principal activități din industria minieră și metalurgică, unde procesarea și depozitarea deșeurilor s-a făcut fără măsuri preventive, iar impactul cel mai mare asupra mediului provine de la iazurile de decantare și de la haldele de steril, precum și de la instalațiile de prelucrare.

Inventarul național al Agenției Naționale pentru Protecția Mediului a fost actualizat în luna noiembrie 2013, iar pe baza datelor obținute s-a constatat un total de 1183 de situri potențial contaminate, județele cu cele mai multe astfel de situri fiind Giurgiu (223), Argeș (111) și Maramureș (109). Numărul de situri contaminate a înregistrat un total de 210, cele mai afectate județe fiind *Hunedoara* și *Caraș-Severin*.

Până în prezent nu există o bază de date la nivel local și național privind caracteristicile fizice/chimice ale deșeurilor siderurgice, miniere și energetice.

Capitolul de față a abordat o problemă complexă, atât din punct de vedere al diversității cât și al noutății acesteia. Unul dintre rezultatele elaborării studiului, aplicația software interactive pe fluxuri speciale de deșeu din industria siderurgică, minieră și energetică, reprezintă un început care trebuie continuat.

În viitorul apropiat aplicația software elaborate, își propune completarea bazei de date cu informații în ceea ce privește evaluarea logistică și economică a deșeurilor provenite din cele trei industrii.

Astfel, pe măsura ce vor fi introduse noi date, această aplicație va necesita o dezvoltare și adaptare continuă (ca oricare altă aplicație de acest gen). Prin modul în care a fost realizată, aplicația este foarte flexibilă, permițând dezvoltări ulterioare complexe.

PARTEA A III-A

CONCLUZII FINALE RECAPITULATIVE ȘI EVIDENȚIEREA CONTRIBUȚIILOR PERSONALE

7. CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DIRECȚII DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR

7.1. Concluzii finale

Având în vedere cantitatea de deșeuri depozitate în halde și iazuri, varietatea privind compoziția chimică, precum și numărul acestora, județul Hunedoara se situează pe primul loc în țară, ceea ce justifică pe deplin o cercetare privind reciclarea deșeurilor analizate în cadrul acestei teze de doctorat.

Pe baza studiului din literatura de specialitate și a rezultatelor experimentale proprii, privind valorificarea deșeurilor pulverulente și mărunte (provenite din surse diferite) cu conținut de fier/fier și carbon, elemente de aliere a oțelului/fontei, precum și oxizi bazici și amfoteri, pot fi formulate următoarele concluzii:

- ≡ în procesele industriale pe lângă produsul principal cu destinație precizată, rezultă unul sau mai multe produse secundare (care la rândul lor sunt procesate pe diferite fluxuri tehnologice) și respectiv deșeuri;
- ≡ în procesele metalurgice și în mod deosebit cele din metalurgia extractivă, care prelucrează cantități mari de minereuri și concentrate metalifere cu diferite conținuturi de steril, pe lângă produsul principal aliaj feros, neferos sau metale neferoase, rezultă cantități apreciabile de zgură, praf și nămol, rezultate de la epurarea gazelor și uneori a apelor industriale, considerate deșeuri, precum și subproduse (de exemplu gazul de furnal);
- ≡ în industria siderurgică extractivă, ca urmare a prelucrării unor cantități mari de minereuri și concentrate feroase pentru producerea fontei și feroaliajelor, materiale de bază pentru producerea oțelului, rezultă pe lângă produsele principale fontă, oțel și feroaliaje, cantități apreciabile de zgură, prafuri și șlamuri, considerate deșeuri feroase, care din punct de vedere calitativ pot fi reciclate în siderurgie;
- ≡ în unitățile siderurgice care lucrează pe flux integrat (cocserie/aglomerare/furnale/oțelării/laminoare) rezultă următoarele deșeuri *pulverulente*: praf și șlam de la cocserie, praf și șlam de la aglomerare, furnale, praf și șlam de la oțelării, șlam de țunder de la laminare, pilitură de la polizarea laminatelor, etc.; *mărunte*: zgură, țunder de la turnarea continuă și laminoare, șpan de la decojirea laminatelor; *deșeuri de dimensiuni mari* (de regulă peste 10 mm): stropi, scoarțe, șutaje, produse rebutate etc.;
- ≡ deșeuri feroase pulverulente și mărunte rezultă (după cum am menționat mai sus) în cea mai mare parte din *industria siderurgică*, dar și din alte ramuri industriale, și anume: *industria chimică* (cenuși piritice), *mecanică* (șlam/nămol de la acoperiri metalice, respectiv de la protecție anticorrosivă)

- energetică* (concentrat de fier din cenuși de termocentrală), *minieră* (concentrat sideritic secundar) și *metalurgia neferoasă* (nămol roșu de la fabricarea aluminei, iazurile cu steril de la Zlatna, Iacobeni, Valea Tarnișoara, Tarnița etc.);
- ≡ deșeurile rezultate din industria siderurgică au un conținut de elemente chimice utile cum ar fi Fe, C (18 -22 % în praful de furnal), precum și CaO și MgO (oxizi caracter bazic), Al₂O₃ (amfoter), cei trei oxizi influențând semnificativ caracteristicile zgurii;
 - ≡ unele deșeuri conțin și elemente dăunătoare (As-nămolul roșu, Zn, Cu, Pb-cenușile piritice) calității produselor obținute prin reciclarea deșeurilor;
 - ≡ deșeurile au conținut de fier diferit de la cca. 30 % (concentrat sideritic) până la peste 60% (țunderul, praful de oțelărie);
 - ≡ din punct de vedere al compoziției chimice și granulometrice deșeurile, din zona Hunedoara, Brașov, Oradea, Sebeș, pot fi valorificate prin reciclare, iar alegerea tehnologiei de procesare trebuie să aibă în vedere toate caracteristicile calitative ale acestora, destinația produsului obținut și instalațiile de procesare existente în zona de deșeuri;
 - ≡ alături de tehnologiile clasice de procesare a deșeurilor pulverulente (peletizare, brichetare și aglomerare), care permit procesarea simultană a mai multor sortimente de deșeuri feroase, prezintă interes deosebit procedeele neconvenționale de reciclare a deșeurilor (de obicei un singur tip de deșeu) în vederea obținerii unui produs cu conținut ridicat de fier metalic;
 - ≡ varietatea deșeurilor feroase existente în zonele Hunedoara, Călan, Oțelu Roșu și Reșița, atât din punct de vedere a compoziției granulometrice, cât și compoziției chimice, a condus la ideea de valorificare a acestora prin peletizare, brichetare și aglomerare;
 - ≡ laboratorul de Bază energetică și de Materii Prime de la Facultatea de Inginerie din Hunedoara –Universitatea Politehnica Timișoara are în dotare instalațiile și echipamentele necesare procesării deșeurilor utilizate în cadrul experimentărilor;
 - ≡ pentru determinarea caracteristicilor calitative au fost utilizate echipamente și instalații din dotarea laboratoarelor de Chimie și Rezistența materialelor;
 - ≡ referitor la deșeurile utilizate în cadrul experimentărilor efectuate s-a avut în vedere utilizarea în componența șarjelor a nămolurilor de la acoperiri anticorozive cu conținut de elemente de aliere (crom, nichel, mangan), în diferite proporții fiecare, dar în total de până la 15%, restul revenind în diferite proporții unor deșeuri din industria metalurgică, funcție de procedeele de valorificare.

7.1.1. Procesarea deșeurilor prin peletizare

7.1.1.1. Peletizare cu durificare prin ardere

- ≡ în acest caz s-au produs pelete cu caracter reducător, principalul component urmărit fiind nămolul de la acoperiri metalice, respectiv cromare și nichelare rezultat la GALVAN ALCO Oradea;
- ≡ alături de acest deșeu au mai fost utilizate și alte deșeuri și anume; praf de oțelărie, praf de aglomerare furnale și nămol roșu, iar ca adaosuri, pentru influențarea unor caracteristici, s-a utilizat var (*bazicitatea*), bentonită (*liant*), grafit, cenușă de termocentrală (*gradul de reducere*);
- ≡ în cadrul experimentărilor s-au produs pelete după un număr de 13 rețete, în toate cazurile procesul de peletizare a decurs corespunzător, peletele fiind corespunzătoare din punct de vedere calitativ;

- ≡ datele obținute în cadrul experimentărilor au fost prelucrate în programele EXCEL, MATLAB și DATAFIT, în vederea obținerii unor corelații simple, respectiv multiple între principala caracteristică calitativă a peletelor - *rezistența la compresiune* (parametru dependent) și *proporția componentelor* din fiecare rețetă pe de-o parte și pe de altă parte *proporția oxizilor* din compoziția chimică (considerați parametri independenți);
- ≡ rezultatele obținute au fost prezentate atât sub formă grafică cât și analitică, ele fiind reprezentative atât din punct de vedere a valorilor pentru coeficienții de regresie, cât și a sensului tehnologic;
- ≡ programul DATAFIT nu permite reprezentarea în grafica 2D sau 3D a liniilor de contur, necesare pentru efectuarea unei analize mai detaliate a dependențelor variabilelor, din acest motiv pentru unele corelații s-au importat din DATAFIT ecuația (de formă liniară sau neliniară), coeficienții ecuației de regresie, precum și coeficientul de determinare multiplă, aceste date fiind rulate în programul MATLAB, obținându-se astfel, atât suprafețe grafice 3D, cât și 2D pentru liniile de contur;
- ≡ în majoritatea cazurilor analizate suprafețele reprezentate în DATAFIT diferă într-o oarecare măsură de suprafețele reprezentate în Matlab, deoarece $R^2 < 1$; în cazul în care $R^2 = 1$ atunci cele două suprafețe sunt identice ca și formă;
- ≡ prin reprezentarea rezultatelor sub formă grafică s-au putut stabili subdomenii de variație a parametrului dependent, acestea fiind mai bine delimitate o dată cu creșterea gradului de corelație a ecuației;
- ≡ s-a considerat ca valoare minimă pentru rezistența la compresiune - 140daN/peletă, dar evident în funcție de valoare dorită se pot alege limitele de variație pentru componentii șarjei (subdomeniile hașurate);
- ≡ analizând procesul de peletizare rezultă că nămolul de la acoperiri metalice (cromare și nichelare) de la GALVAN ALCO Oradea poate fi valorificat prin peletizare);
- ≡ peletele obținute (metalizate ca urmare a autoreducerii) pot fi utilizate în încărcătura aliată a cuptoarelor electrice cu arc.

7.1.1.2. Peletizare cu durificare la rece

- ≡ referitor la peletele durificate la rece în cazul ambelor loturi, acestea au avut în componență nămol de la acoperiri metalice de la S.C. IUS Brașov, caracterizat prin conținut ridicat de CaO și apreciabil de Ni și Cr;
- ≡ în procesul de peletizare cu durificare la rece au mai fost utilizate și deșeurile praf de oțelărie și nămol roșu, precum lianți cimentul și zgura de furnal, iar cocsul petrol pentru capacitatea de absorbție a eforturilor;
- ≡ cercetările experimentale privind determinarea caracteristicilor calitative au urmat aceeași linie de cercetare ca și la durificarea la rece; de asemenea pentru stabilirea corelațiilor au fost utilizate aceleași programe de calcul;
- ≡ s-a considerat că pentru valorificarea nămolului de la S.C. IUS Brașov, varianta de durificare la rece este cea mai indicată, CaO având caracter de liant;
- ≡ procesul de peletizare a decurs corespunzător pentru ambele loturi de pelete

7.1.2. Procesarea deșeurilor prin brichetare

- ≡ procesul de brichetare a avut în vedere valorificarea împreună, a deșeurilor sub formă de nămol de la acoperiri anticorozive de la S.C. GALVAN ALCO Oradea și S.C. IUS Brașov, proporția lor cumulată variind între 10 -12%;

- ≡ deșeurile de bază au fost praful de oțelărie, de aglomerare furnale și nămolul roșu, iar ca lianți bentonita și varul; pentru a crește capacitate de reducere s-a făcut adaos de grafit;
- ≡ au fost produse brichete după un număr de 13 rețete, în toate cazurile caracteristicile calitative (rezistența la fisurare, sfărâmare și intervalul de sfărâmare) au fost corespunzătoare;
- ≡ relațiile de corelație obținute prin prelucrarea datelor experimentale în aceleași programe de calcul ca și la studiul procesului de peletizare sunt reprezentative, atât din punct de vedere a coeficienților de corelație, cât și a sensului tehnologic;
- ≡ din reprezentarea grafică rezultă că în limitele de variație a deșeurilor utilizate în cadrul experimentărilor, se asigură obținerea brichetelor cu caracteristici calitative necesare în procesul de valorificare a acestora;
- ≡ în funcție de deșeurile disponibile și de posibilitățile de livrare la diverși beneficiari se alege rețeta de brichetare.

7.1.3. Procesarea deșeurilor prin aglomerare

- ≡ în cadrul procesului de aglomerare au fost introduse în componența șarjei unul, două, respectiv toate cele trei deșeuri utilizate în cadrul experimentărilor, proporția cumulată a acestora fiind de până la 25%;
- ≡ componenta de bază a șarjei de aglomerare a fost reprezentată de următoarele deșeuri; praf de oțelărie, șlam aglomerare furnale, zgura de oțelărie, tunder;
- ≡ a fost produs aglomerat după un număr de 5 rețete, în număr de 10 șarje (2șarje/rețetă), adaosul de cocs fiind de 18kg/șarjă pentru a asigura un grad de metalizare ridicat;
- ≡ la o singură rețetă s-a introdus calcar (rețeta 5) pentru a asigura un indice de bazicitate supraunitar, în rest nu a fost necesar deoarece nămolul rezultat de la S.C.IUS Brașov are un conținut ridicat de CaO;
- ≡ aglomeratul produs a corespuns din punct de vedere al caracteristicilor calitative (compoziție chimică și rezistență);
- ≡ prin topirea reducătoare a aglomeratului în cuptorul Tamman (4 șarje după 2 rețete) rezultă că pot fi recuperate elementele de aliere, trecerea acestora în baia metalică cu realizarea unei scoateri de metal de 48 – 50%, apropiată de scoaterea de la elaborare fontei în furnal;
- ≡ din punct de vedere al conținuturilor de elemente de aliere, produsul obținut poate fi asimilat cu un deșeu de fier vechi slab aliat, astfel încât poate fi utilizat în încărcătura cuptoarelor electrice cu arc la elaborarea oțelului;
- ≡ valorificarea prin aglomerare a deșeurilor analizate este o soluție viabilă mai ales dacă se procesează cantități mari de deșeuri, de compoziție chimică și granulometrică variată.

7.1.4. Studiu privind realizarea bazei de date

- ≡ scopul acestui studiu a fost acela de a dezvolta și implementa un instrument a cărui utilizare să constituie un suport real în monitorizarea gestionării diverselor tipuri de deșeuri din industria siderurgică, minieră și energetică;
- ≡ până în prezent nu există o bază de date la nivel local și național privind caracteristicile fizice/chimice și proveniența deșeurilor siderurgice, miniere și energetice;
- ≡ studiul efectuat a încercat să abordeze o problemă complexă, atât din punct de vedere al diversității cât și al noutății acesteia;

- ≡ unul dintre rezultatele elaborării studiului, aplicația software interactivă, pe fluxuri speciale de deșeuri din industria siderurgică, minieră și energetică, reprezintă un început care trebuie continuat;
- ≡ pe măsura ce vor fi introduse noi date, această aplicație va necesita o dezvoltare și adaptare continuă (ca oricare altă aplicație de acest gen).
- ≡ prin modul în care a fost realizată, aplicația este foarte flexibilă, permițând dezvoltări ulterioare complexe.

7.1.5. Soluții comparative

- ≡ valorificarea deșeurilor studiate prin oricare din procedeele prezentate este viabilă;
- ≡ în cazul în care sunt supuse procesării deșeuri pulverulente în proporție de aproape 100% se indică peletizarea;
- ≡ la cantități mari de deșeuri în proporții apropiate ca și granulație (pulverulente și mărunte), este indicat procedeul prin aglomerare;
- ≡ dacă se procesează deșeuri cu structura 75% pulverulent și 25% mărunte este indicată brichetarea;
- ≡ indiferent de procedeul de valorificare trebuie avut în vedere și potențiali beneficiari (dar și principali furnizori de deșeuri).

7.2. Contribuții originale

Pe baza studiului literaturii de specialitate, privitor la tematica tezei de doctorat, a experimentărilor efectuate în fază de laborator, a analizei matematice și tehnologice a rezultatelor obținute, consider că mi-am adus următoarele contribuții personale:

1. Realizarea unor sinteze tehnologice privind:

- ≡ sursele industriale de generare a deșeurilor pulverulente și mărunte cu conținut de fier/(fier și carbon, fier și oxizi bazici), elemente de aliere a oțelurilor (Ni, Cr, Mn) din diferite ramuri industriale (siderurgie, metalurgie neferoase, industria minieră, chimică, energetică etc.);
- ≡ caracteristicile calitative a deșeurilor feroase pulverulente și mărunte (compoziția chimică și granulometrică, densitate);
- ≡ procedee și tehnologii clasice și neconvenționale de valorificare prin reciclare în siderurgie a deșeurilor feroase pulverulente și mărunte, sau a unor subproduse rezultate din reciclarea lor în alte domenii (materiale de construcții, autostrăzi, drumuri, parcuri, aeroporturi, agricultură);

2. Stabilirea sortimentelor de deșeuri pentru experimentări, determinarea compoziției chimice și granulometrice a acestora, a conținutului de componente nocive, precum și a tehnologiilor adecvate de procesare și în funcție de acestea a rețetelor utilizate.

3. Stabilirea tehnologiilor de peletizare cu durificare prin ardere și la rece.

4. Producerea peletelor durificabile prin ardere după un număr de 13 rețete din diferite deșeuri, principalul deșeu urmărit fiind nămolul de la acoperiri metalice, respectiv nichelare și cromare, preluat de la S.C. GALVAN ALCO Oradea.

5. Stabilirea diagramei de durificare a peletelor.

6. Determinarea rezistenței la compresiune pentru peletele arse.

7. Prelucrarea datelor obținute în programele de calcul EXCEL, MATLAB, DATAFIT și obținerea ecuațiilor de corelație dintre principalul parametru calitativ rezistența la compresiune și proporțiile componentelor, respectiv compoziția chimică; analiza acestora din punct de vedere matematico-tehologic și stabilirea limitelor optime de variație a parametrilor urmăriți.

8. Stabilirea rețetelor pentru producerea peletelor durificabile la rece și a diagramei de durificare.

9. Producerea a două loturi peletelor durificabile la rece, pentru lotul A-18 rețete și pentru lotul B-8 rețete, în ambele cazuri fiind urmărit nămolul de la acoperiri anticorrosive de la S.C. IUS Brașov.

10. Determinarea rezistenței la compresiune și prelucrarea datelor în programele de calcul EXCEL, MATLAB și DATAFIT în vederea stabilirii unor corelații între acest parametru și proporția componentilor din rețete, analizate din punct de vedere matematico-tehnologic și stabilirea limitelor optime de variație a parametrilor urmăriți.

11. Stabilirea tehnologiei de procesare a deșeurilor și producerea brichetelor după un număr de 13 rețete având în componență nămoluri de la acoperiri anticorrosive rezultate de la S.C. GALVAN ALCO și S.C. IUS Brașov.

12. Determinarea rezistențelor la fisurare, sfărâmare, determinarea intervalului de sfărâmare și stabilirea corelațiilor între acești parametri și componenții rețetelor, analiza acestora din punct de vedere matematico-tehnologic și stabilirea limitelor optime de variație a acestora.

13. Stabilirea rețetelor de valorificare prin aglomerare a deșeurilor având în componență toate cele trei șlamuri/nămoluri de la acoperiri anticorrosive, rezultate de la S.C. GALVAN ALCO Oradea, S.C. IUS Brașov, S.C. Prompt Distrib Sebeș; producerea aglomeratului și determinarea caracteristicilor calitative – rezistență mecanică și compoziție chimică.

14. Testarea topirii reducătoare a aglomeratului în vederea obținerii unei fonte aliate (mangan, nichel, crom).

15. Realizarea unei aplicații software interactive care prezintă date și informații privind monitorizarea și gestionarea deșeurilor provenite din industria siderurgică, chimică, minieră și energetică, la nivelul județului Hunedoara și al Regiunii 5 Vest, aplicație ce permite:

- ≡ prezentarea factorilor de calitate privind poluarea aerului, unde sunt cuprinse informații cu privire la parametrii de calitate a aerului, indicii de calitate, valorile măsurate, emisiile de poluanți atmosferici și calitatea aerului în Regiune 5 Vest;
- ≡ prezentarea pentru diverși poluanți a caracteristicilor privind pragul de alertă, valorile limită și nivelul critic;
- ≡ prezentarea factorilor de calitate privind poluarea apei, unde sunt scoase în evidență informații cu privire la metodele de analiză actuale pentru diverse tipuri de ape; consumuri specifice de apă în industrie; volumul apelor uzate; sursele de poluare a apei; procedeele de epurare a apei; limite de încărcare cu poluanți a apelor uzate;
- ≡ prezentarea factorilor de calitate privind poluarea solului, fiind cuprinse informații privind siturile contaminate din Regiunea 5 Vest; situația generală a solurilor cu referire la procesele de poluare diversă a solului determinate de activitățile industriale din sectorul siderurgic, minier și energetic; tipuri de poluare a solurilor prin exploatarea miniere, halde, iazuri de decantare, emisii de la termocentrale;

- ≡ prezentarea sub formă de hartă interactivă a zonelor de unde au provenit deșeurile utilizate în cadrul experimentărilor;
- ≡ posibilitatea determinării prin calcul, în cadrul aplicației, a compoziției chimice atât în procente cât și în grame, pentru fiecare deșeu utilizat;
- ≡ inventarierea haldelor de steril din partea vestică a Bazinul Petroșani;
- ≡ calculul puterii calorifice, cunoscând analiza elementară a diversilor combustibili analizați.

16. Din analiza statistică efectuată în cadrul aplicației, se poate trage concluzia că eliminarea deșeurilor industriale rămâne încă o problemă care se va rezolva într-o perioadă mai îndelungată în funcție de resursele financiare și soluțiile tehnice de care se va dispune. Din aceste motive trebuie să fie luate toate măsurile pentru o monitorizare și gestionare cât mai modernă a deșeurilor.

7.3. Direcții de continuare a cercetărilor

Trecând în agendă rezultatele cercetărilor efectuate referitoare la "*Valorificarea deșeurilor cu conținut de fier și elemente pentru alierea oțelului*", consider că acestea prezintă interes deosebit pentru industria siderurgică și nu numai și pot continua pe viitor în următoarele direcții:

1. Extinderea cercetărilor privind utilizarea și a altor nămoluri de la acoperiri anticorrosive.
2. Extinderea cercetărilor privind valorificarea deșeurilor cu conținut de elemente de aliere a oțelului prin procedeele existente în fază pilot.
3. În viitorul apropiat aplicația software interactivă elaborată, își propune completarea bazei de date cu informații în ceea ce privește evaluarea logistică și economică a deșeurilor provenite din cele trei industrii.

Astfel, pe măsură ce vor fi introduse noi date, această aplicație va necesita o dezvoltare și adaptare continuă (ca oricare altă aplicație de acest gen).

ANEXE

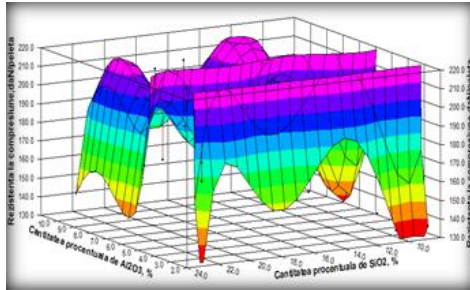


Figura 5.1.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praful de SiO₂ (%) și proporția de Al₂O₃ (%)
(Ecuația de regresie:
$$y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_1^2} + \frac{d}{x_1^3} + \frac{e}{x_1^4} + \frac{f}{x_1^5} + gx_2 + hx_2^2 + ix_2^3 + jx_2^4 + kx_2^5$$

Coeficientul de determinare: **R² = 0.7142**
Coeficienții ecuației de regresie : a = 5598.0719;
b = 151385.98555; c = -1665641.0839;
d = 8511018.69649 ; e = -19957909.02644; f = 17298731.78494; g = -3946.813569;
h = 565.66551; i = -39.1075; j = 1.30964
k = -1.705773E-02

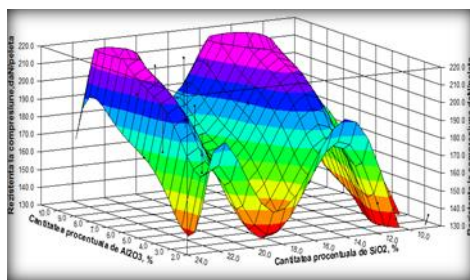


Figura 5.2.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praful de SiO₂ (%) și proporția de Al₂O₃ (%)
(Ecuația de regresie:
$$y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_1^4 + fx_1^5 + gx_2 + hx_2^2 + ix_2^3 + jx_2^4 + kx_2^5$$

Coeficientul de determinare multiplu **R² = 0.7025**
; Coeficienții ecuației de regresie: a = 12952.91170; b = -733.36938; c = 264.9752; d = -45.0832; e = 3.6900; f = -0.1170; g = -4472.6447; h = 637.75873; i = -43.8084; j = 1.455417; k = -1.8776E-02

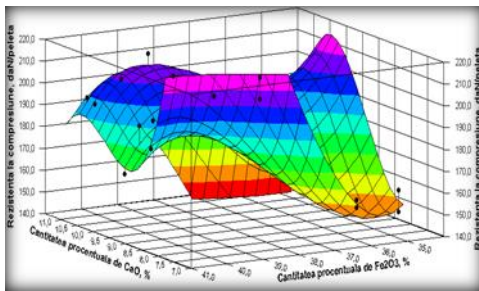


Figura 5.3. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Fe₂O₃ (%) și proporția de CaO (%)
(Ecuația de regresie:
$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_1^2 + ex_1^3 + fx_1x_2 + gx_1^2 + hx_1^3 + ix_1x_2^2 + jx_1^2x_2$$

Coeficientul de determinare multiplu **R² = 0.95191**
Coeficienții ecuației de regresie: a = 75770.73380; b = 756.9124; c = -6240.7912; d = 0.83818; e = 169.8667; f = -34.8177; g = -11.6400; h = -1.3556; i = -1.71290; j = 8.5883)

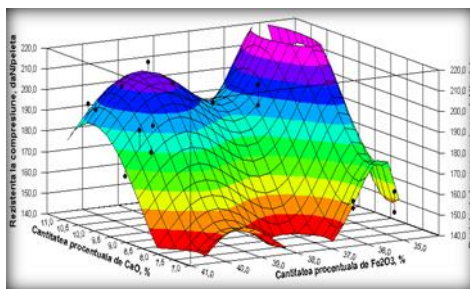


Figura 5.4.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Fe₂O₃ (%) și proporția de CaO (%)
(Ecuația de regresie:
$$y = a + bx_1 + \frac{c}{x_2} + dx_1^2 + \frac{e}{x_2^2} + f \frac{x_1}{x_2}$$

Coeficientul de determinare multiplu **R² = 0.9504**; Coeficienții ecuației de regresie: a = 2552325.6475; b = -62820.8870; c = 28762.9970; d = -4368.8066; e = -4876112683.4971; f = 3728598382.113; g = -14238127392045.3; h = 27153.603; i = -2.0689)

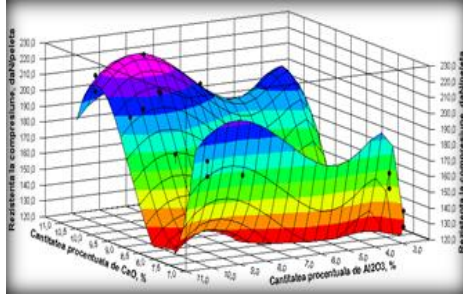


Figura 5.5. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al_2O_3 (%) și proporția de CaO (%)

(Ecuția de regresie:
 $y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + e \cdot \ln(x_2) + f \cdot \ln(x_2)^2 + g \cdot \ln(x_2)^3 + h \cdot \ln(x_2)^4$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.96707$;
 Coeficienții ecuației de regresie: $a = 12631.6393$;
 $b = -4936.6696$; $c = 525.30538$; $d = -18.3886$; $e = 7361.47648$;
 $f = -7115.48033$; $g = 2965.8265$; $h = -449.85306$)

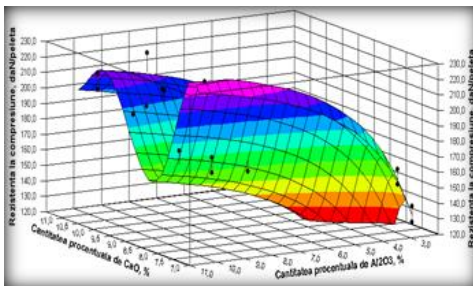


Figura 5.6. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al_2O_3 (%) și proporția de CaO (%)

(Ecuția de regresie:
 $y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_1^4 + fx_1^5 + \frac{b}{x_2}$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9333$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -459712.7750$; $b = 247270.58114$; $c = -52738.9713$; $d = 5579.39164$;
 $e = -292.86700$; $f = 6.1041$; $g = -304.76318$)

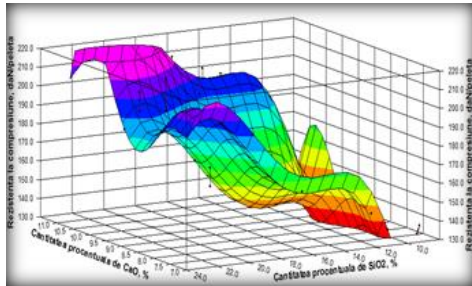


Figura 5.7. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de SiO_2 (%) și proporția de CaO (%)

(Ecuția de regresie:
 $y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_1^2} + \frac{d}{x_1^3} + \frac{e}{x_1^4} + \frac{f}{x_1^5} + g \cdot \ln(x_2) + h \cdot (x_2)^2 + i \cdot (x_2)^3 + j \cdot (x_2)^4 + k \cdot (x_2)^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9641$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 236998.8662$; $b = 218621.7346$; $c = -388603.6170$; $d = 34348.9182$;
 $e = -150923202.3782$; $f = 26351.2056$; $g = 10748.1011$; $h = -410901.8529$; $i = 78156.80729$;
 $j = -5920.0098$)

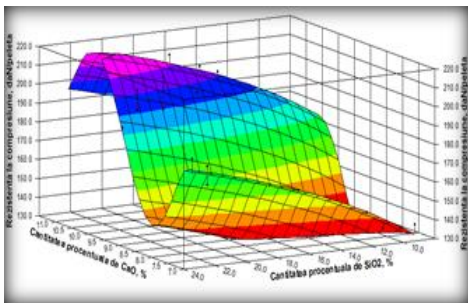


Figura 5.8. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de SiO_2 (%) și proporția de CaO (%)

(Ecuția de regresie:
 $y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_1^4 + g \cdot \ln(x_2)$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9444$;
 Coeficienții ecuației de regresie: $a = -289897.8657$; $b = 158227.79263$; $c = -34224.8255$; $d = 3667.17048$;
 $e = -194.6692$; $f = 4.0968$; $g = 49.1329$)

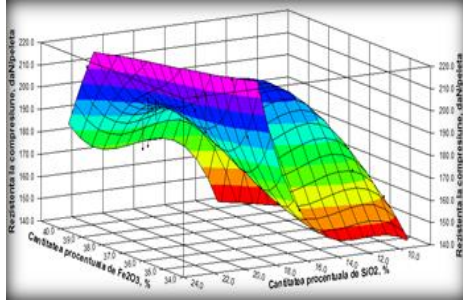


Figura 5.9.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de SiO₂ (%) și proporția de Fe₂O₃ (%)

(Ecuația de regresie:

$$y = a + \frac{b}{x_1} + cx_2 + \frac{d}{x_1^2} + ex_2^2 + f \frac{x_2}{x_1} + \frac{g}{x_1^2} + hx_2^2 + i \frac{x_2}{x_1} + j \frac{x_2}{x_1^2}$$
 Coeficientul de determinare multiplu **R² = 0.9156**
 Coeficienții ecuației de regresie: a = -12812.5214;
 b = 127439.45962; c = 3000.78022; d = -423028.3457; e = -42.9033; f = -17478.5706; g = 47040.8161;

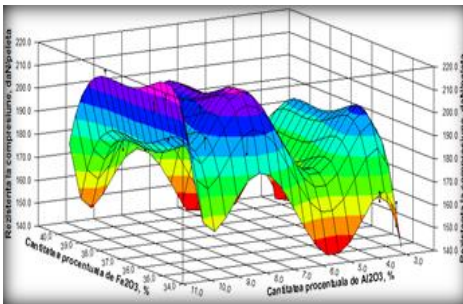


Figura 5.10.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al₂O₃ (%) și proporția de Fe₂O₃ (%)

(Ecuația de regresie:

$$y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_1^2} + \frac{d}{x_1^3} + \frac{e}{x_1^4} + fx_2 + gx_2^2 + hx_2^3 + ix_2^4 + jx_2^5$$
 Coeficientul de determinare multiplu **R² = 0.9934**;
 Coeficienții ecuației de regresie: a = -15540.9708; b = 232860.0022; c = -1311158.5936; d = 32808327.215; e = -30743334.19; f = 1766. g = -653.58439; h = 113.90820; i = -9.40183; j = 0.296185)

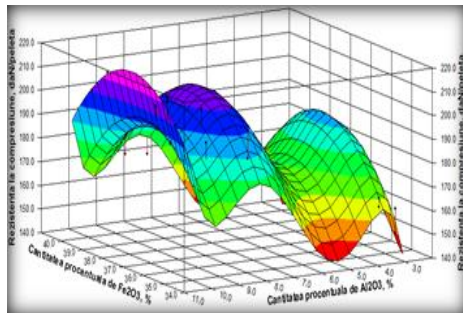


Figura 5.11.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al₂O₃ (%) și proporția de Fe₂O₃ (%)

(Ecuația de regresie:

$$z = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_2 + ex_2^2 + fx_2^3 + gx_2^4 + hx_2^5$$
 Coeficientul de determinare multiplu **R² = 0.9073**;
 Coeficienții ecuației de regresie: a = -6069.9014; b = 264.7394; c = -3.5126; d = 1269.5026; e = -477.92170; f = 84.4486; g = -7.0419; h = 0.2235

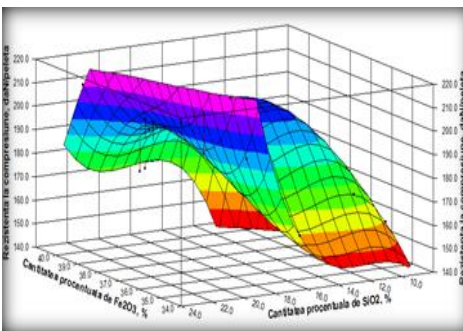


Figura 5.12.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de SiO₂ (%) și proporția de Fe₂O₃ (%)

(Ecuația de regresie:

$$y = a + bx_1 + c \cdot \ln(x_2) + dx_1^2 + e \cdot \ln(x_2)^2 + f \cdot \ln(x_2) + gx_1^2 + h \cdot \ln(x_2)^2 + ix_1 \cdot \ln(x_2)^2 + jx_1^2 \cdot \ln(x_2)$$
 Coeficientul de determinare multiplu **R² = 0.9156**;
 Coeficienții ecuației de regresie: a = -129812.52145; b = 12439.4596; c = 3000.78022; d = -4236028.3457; e = -42.9033; f = -17778.5706; g = 4706740.81618; h = 0.23810; i = 1209.1816; j = 2654245.6502

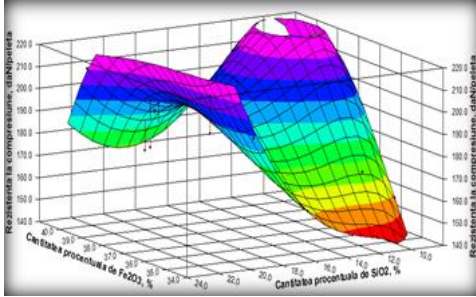


Figura 5.13. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de SiO_2 (%) și proporția de Fe_2O_3 (%)

(Ecuația de regresie:

$$y = a + \frac{b}{x_1} + cx_2 + \frac{d}{x_1^2} + ex_2^2 + f \frac{x_2}{x_1} + \frac{g}{x_1^2} + hx_2^3 + i \frac{x_2}{x_1} + j \frac{x_2}{x_1^2}$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2 =$

0.9094; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 29687.34048$; $b = -2837.6209$; $c = 4665.91420$; $d = 79.036337$; $e = -1670.8985$; $f = -2.5927119$; $g = -0.7684$; $h = 396.6226$; $i = -35.7837$; $j = 2.1365$

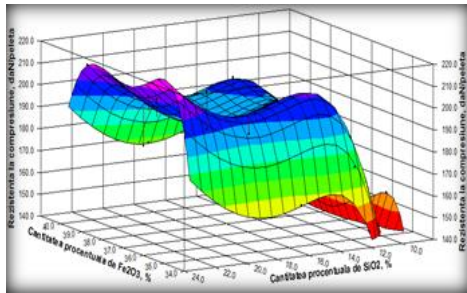


Figura 5.14. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de SiO_2 (%) și proporția de Fe_2O_3 (%)

(Ecuația de regresie:

$$y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_1^2} + \frac{d}{x_1^3} + \frac{e}{x_1^4} + \frac{f}{x_2} + \frac{g}{x_2^2} + \frac{i}{x_2^3} + \frac{j}{x_2^4}$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2 =$

0.88295; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -17506.0110$; $b = 25737.5418$; $c = -145745.5304$; $d = 3658627.465$; $e = -3443639012.4$; $f = -57516.48428$; $g = 93002.6841$; $h = -418565.0465$; $i = -24708.2845$; $j = 18356.39687$

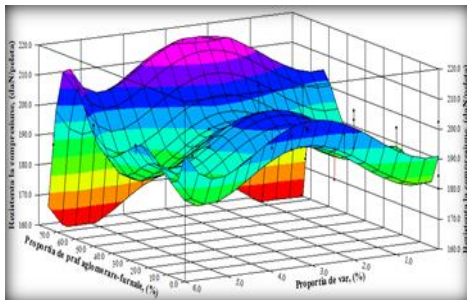


Figura 5.15. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de var (%) și proporția de praf de aglomerare (%)

(Ecuația de regresie:

$$y = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_1^2 + d \cdot x_1^3 + e \cdot x_1^4 + f \cdot x_1^5 + g \cdot x_2 + h \cdot x_2^2 + i \cdot x_2^3 + j \cdot x_1^2 + k \cdot x_2^2$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2 =$

0.7515; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 191.0503$; $b = -3.89774$; $c = 0.44811$; $d = -1.85911$; $e = 3.16355$; $f = -1.8680$; $g = -3.0235$; $h = 8.5739$; $i = -1.74947$; $j = -0.1664$; $k = 4.0385$

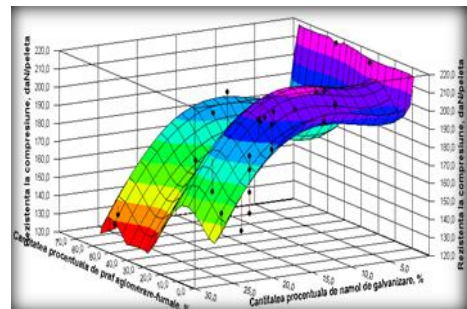


Figura 5.16. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%) și proporția de praf de aglomerare (%)

(Ecuația de regresie:

$$y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_1^4 + fx_1^5 + g \cdot \ln(x_2) + h \cdot \ln(x_2)^2 + i \cdot \ln(x_2)^3 + j \cdot \ln(x_2)^4 + k \cdot \ln(x_2)^5$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2 =$

0.8541; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 262.64198$; $b = -3.51211$; $c = 0.51319$; $d = -0.02281$; $e = 3.8224$; $f = -2.16767$; $g = -187.67395$; $h = 243.4048$; $i = -161.73016$; $j = 53.2527$; $k = -6.7796$

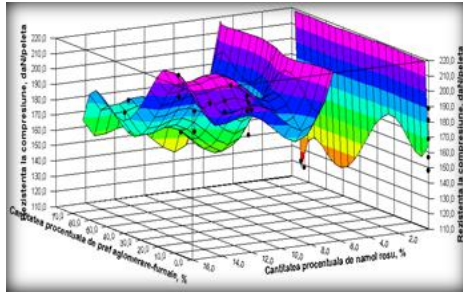


Figura 5.17.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de nămol roșu (%) și proporția de praf de aglomerare (%)
 (Ecuatia de regresie:
 $y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_1^4 + fx_1^5 + gx_2 + hx_2^2 + ix_2^3 + jx_2^4 + kx_2^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.8569$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 164.25607$; $b = -4.19323$; $c = 0.6009$; $d = -0.0004$; $e = 0.00041$; $f = -2.26716$; $g = 320.2833$; $h = -118.612$; $i = 16.291$; $j = -0.9754$; $k = 2.151$)

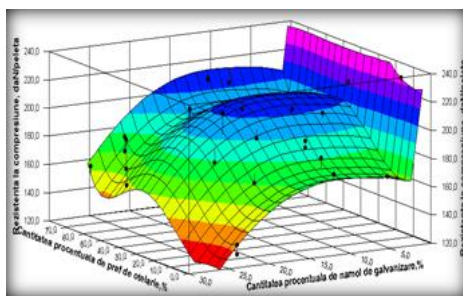


Figura 5.18.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%) și proporția de praf de oțelărie (%)
 (Ecuatia de regresie:
 $y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_1^4 + fx_1^5 + g \cdot \ln(x_2) + h \cdot \ln(x_2)^2 + i \cdot \ln(x_2)^3 + j \cdot \ln(x_2)^4 + k \cdot \ln(x_2)^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9241$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 247.2160$; $b = -0.75167$; $c = 7.96278$; $d = 4.$; $e = 05.21494$; $f = 4.79774$; $g = -282.90336$; $h = 370.74586$; $i = -229.8078$; $j = 69.0629$)

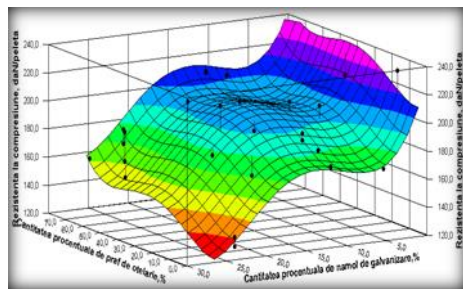


Figura 5.19.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%) și proporția de praf de oțelărie (%)
 (Ecuatia de regresie:
 $y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_1^4 + fx_1^5 + gx_2 + hx_2^2 + ix_2^3 + jx_2^4 + kx_2^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.8887$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 232.737$; $b = -0.17233$; $c = 9.2955$; $d = -2.65492$; $e = 2.28408$; $f = -2.975103$; $g = -22.2106$; $h = 2.6511$; $i = -0.1169$; $j = 1.28650$; $k = 1.218583$)

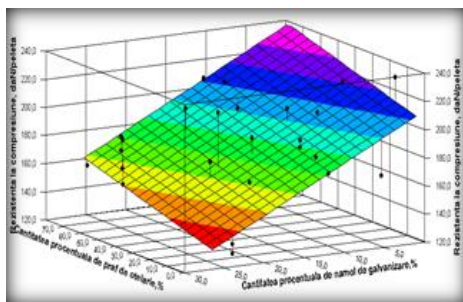


Figura 5.20.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%) și proporția de praf de oțelărie (%)
 (Ecuatia de regresie:
 $y = a + bx_1 + cx_2$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.7296$;
 Coeficienții ecuației de regresie: $a = 213.5263$; $b = 0.412662$; $c = -3.0044$)

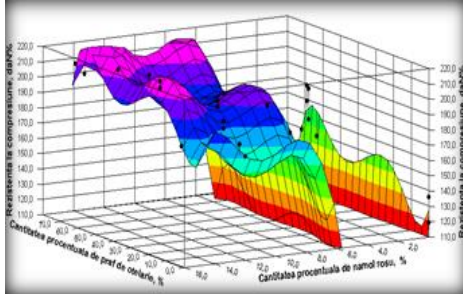


Figura 5.21. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de nămol roșu (%) și proporția de praf de oțelărie (%)

(Ecuția de regresie

$$y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_1^4 + fx_1^5 + gx_2 + hx_2^2 + ix_2^3 + jx_2^4 + kx_2^5$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 =$

$$0.9203; \text{ Coeficienții ecuației de regresie: } a = 127.8480; b = -5.6906; c = 0.7636; d = -3.0353; e = 4.8279; f = -2.67173; g = -320.8449; h = 128.0528; i = 18.2784; j = 1.12827; k = -2.55209$$

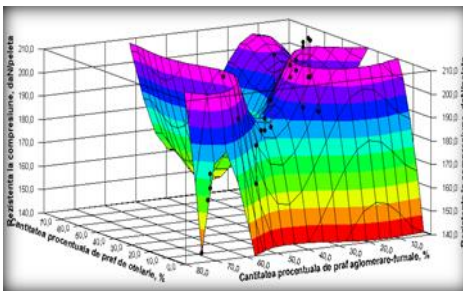


Figura 5.22. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de praf de aglomerare-furnale (%)

(Ecuția de regresie:

$$y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_1^4 + fx_1^5 + gx_2 + hx_2^2 + ix_2^3 + jx_2^4 + kx_2^5$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 =$

$$0.7372; \text{ Coeficienții ecuației de regresie: } a = 111.3599; b = 7.53900; c = -3.14111; d = -7.21417; e = 1.53412; f = -8.93216; g = -8.41550; h = 0.30271; i = -0.0213; j = 4.49022; k = -2.9011$$

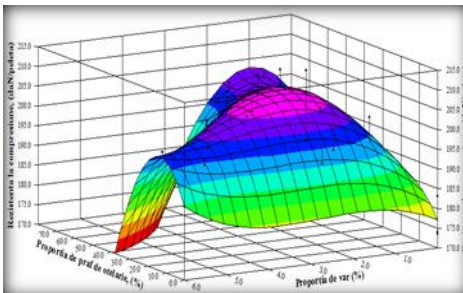


Figura 5.23. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de var (%) și proporția de praf de aglomerare-furnale (%)

(Ecuția de regresie:

$$y = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_2 + d \cdot x_1^2 + e \cdot x_2^2 + f \cdot x_1 \cdot x_2 + g \cdot x_1^3 + h \cdot x_2^3 + i \cdot x_1 \cdot x_2^2 + j \cdot x_1^2 \cdot x_2$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 =$

$$0.7804; \text{ Coeficienții ecuației de regresie: } a = 177.06264; b = 0.98501; c = 5.9888; d = -3.0632; e = -2.4513; f = 0.61458; g = 2.71854; h = 0.29554; i = -8.56247; j = -5.70188$$

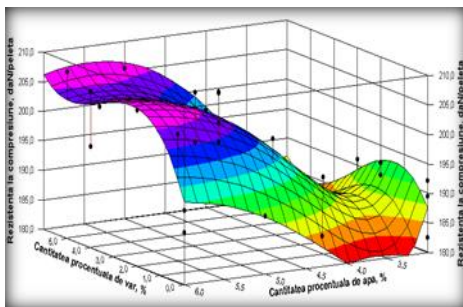


Figura 5.24. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de apă (%) și proporția de praf de var (%)

(Ecuția de regresie:

$$y = a + bx_1 + \frac{c}{x_2} + dx_1^2 + \frac{e}{x_2^2} + f \frac{x_1}{x_2} + gx_1^3 + \frac{h}{x_2^3} + i \frac{x_1}{x_2^2} + j \frac{x_1^2}{x_2}$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 =$

$$0.7508; \text{ Coeficienții ecuației de regresie: } a = 51.3941; b = 3.29240; c = 2237.1189; d = -4.7722; e = -11098.22389; f = 105.43953; g = 0.40448; h = 16839.39048; i = -269.008538; j = 2.694336$$

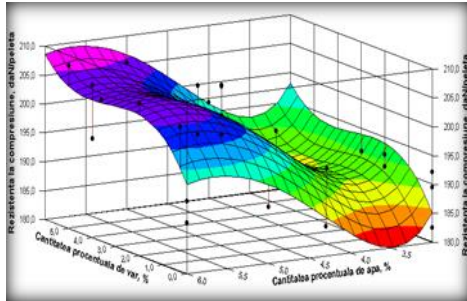


Figura 5.25. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de apă (%) și proporția de praf de var (%)

(Ecuația de regresie:

$$y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_2 + fx_2^2 + gx_2^3$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.7009$;

Coefficienții ecuației de regresie: $a = 467.23759$;
 $b = 9.2384$; $c = -3.01622$; $d = 0.30624$; $e = -204.210$; $f = 46.9618$; $g = -3.4129$

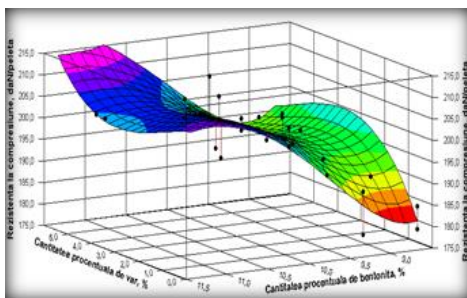


Figura 5.26. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de var (%) și proporția de bentonită (%)

(Ecuația de regresie:

$$y = a + bx_1 + \frac{c}{x_2} + dx_1^2 + \frac{e}{x_2^2} + f \frac{x_1}{x_2} + gx_1^3 + \frac{h}{x_2} + i \frac{x_1}{x_2^2} + j \frac{x_1^2}{x_2}$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.7878$;

Coefficienții ecuației de regresie: $a = -3625.4568$; $b = 2.78295$; $c = 116244.6592$; $d = 7.3809$; $e = -1160838.2005$; $f = -528.4468$; $g = 0.20949$; $h = 380704$; $i = 5467.74306$;
 $j = -92.513234$

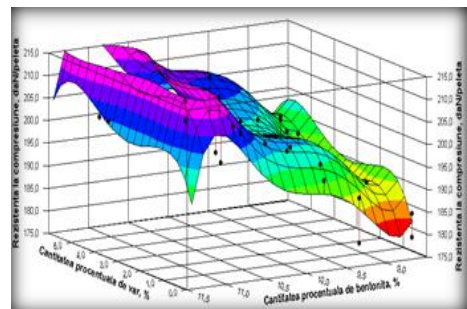


Figura 5.27. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de var (%) și proporția de bentonită (%)

(Ecuația de regresie

$$y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + ex_2^2 + fx_2 + gx_2^2 + ix_2^3 + jx_2^4$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.7650$;

Coefficienții ecuației de regresie: $a = 10044.82364$; $b = 19.8472$; $c = -13.6753$; $d = 3.5382$; $e = -0.29362$; $f = -510778.1591$; $g = 10224.35542$; $h = -10408.81853$;
 $i = 523.71716$; $j = -10.51858$

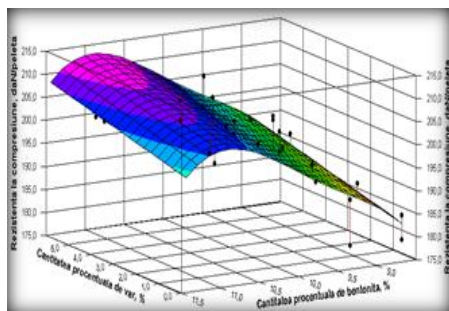


Figura 5.28. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de var (%) și proporția de bentonită (%)

(Ecuația de regresie:

$$y = a + bx_1 + c \cdot \ln(x_2) + d \cdot \ln(x_2)^2 + e \cdot \ln(x_2)^3 + f \cdot \ln(x_2)^4$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.7026610098$;

Coefficienții ecuației de regresie: $a = -587403.985192392$; $b = 1.3396470160625$; $c = 1036358.35613128$; $d = -685332.611839331$; $e = 201372.458091518$; $f = -22180.8827799498$

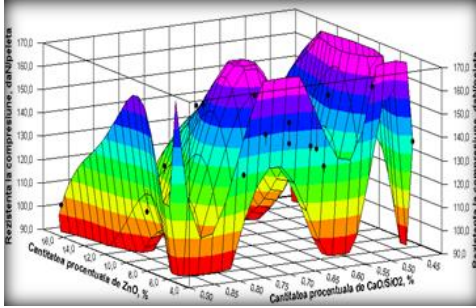


Figura 5.29.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de ZnO (%) și proporția de CaO/SiO₂

(Ecuția de regresie:

$$y = a + b \cdot \ln(x_1) + c \cdot \ln(x_1)^2 + d \cdot \ln(x_1)^3 + e \cdot \ln(x_1)^4 + f \cdot \ln(x_1)^5 + g \cdot \ln(x_2) + h \cdot \ln(x_2)^2 + i \cdot \ln(x_2)^3 + j \cdot \ln(x_2)^4 + k \cdot \ln(x_2)^5$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9144$
 Coeficienții ecuației de regresie: $a = 214904.9800$; $b = -462691.9835$; $c = 397043.78841$; $d = -169156.95$; $e = 35802.8673$; $f = -3013$; $g = 11805.513270$; $h = 64500.53563$; $i = 155918.9175$; $j = 171622.765$; $k = 70125.1714$

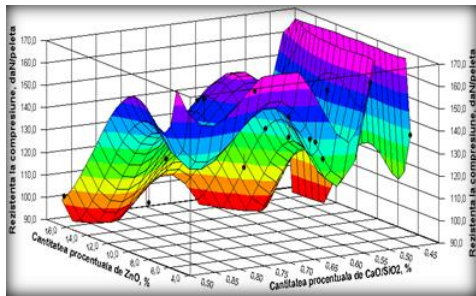


Figura 5.30.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de ZnO (%) și proporția de CaO/SiO₂

(Ecuția de regresie:

$$y = a + b \cdot \ln(x_1) + c \cdot \ln(x_1)^2 + d \cdot \ln(x_1)^3 + e \cdot \ln(x_1)^4 + \frac{i}{x_2} + \frac{g}{x_2^2} + \frac{h}{x_2^3} + \frac{j}{x_2^4}$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.8937$
 Coeficienții ecuației de regresie: $a = 61610.3629$; $b = -30247.2109$; $c = 19570.7768$; $d = -5555.66996$; $e = 583.1519$; $f = -140058.9467$; $g = 174753.93939$; $h = -107142.9064$; $i = 32273.5895656$; $j = -3821.1185$

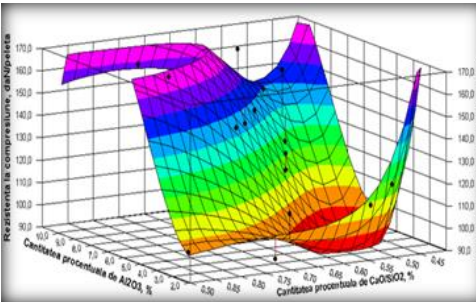


Figura 5.31.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Al₂O₃ (%) și raportul de CaO/SiO₂

(Ecuția de regresie:

$$y = a + bx_1 + \frac{c}{x_2} + dx_1^2 + \frac{e}{x_2^2} + f \frac{x_1}{x_2} + gx_1^3 + \frac{h}{x_2^3} + i \frac{x_1}{x_2}$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.8433$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -333.1960$; $b = 47.6106$; $c = 767.0836$; $d = 5.8925$; $e = -421.3788$; $f = -75.5498$; $g = -0.94004$; $h = 103.52409$; $i = -7.5405$; $j = 7.4528$

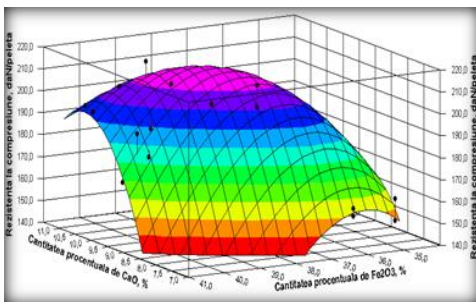


Figura 5.32. Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de Fe₂O₃ (%) și proporția de CaO

(Ecuția de regresie:

$$y = a + b \cdot \ln(x_1) + c \cdot \ln(x_1)^2 + d \cdot \ln(x_1)^3 + \frac{e}{x_2} + \frac{i}{x_2^2} + \frac{g}{x_2^3} + \frac{h}{x_2^4} + \frac{1}{x_2^5}$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.94612$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -13397.1443$; $b = 764.3623$; $c = 751823.3827$; $d = -16.7237$; $e = -11210177.6566$; $f = -16652.9852$

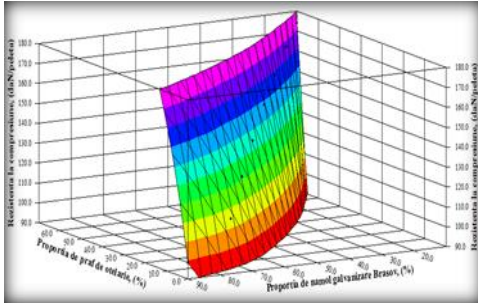


Figura 5.33.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Braşov (%)
 (Ecuția de regresie:
 $y = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_1^2 + d \cdot x_1^3 + e \cdot x_1^4 + g \cdot \ln(x_2)$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9999$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -832.28428$; $b = 8.92367$; $c = -0.3309$; $d = 1.1408$; $e = -17475$; $f = 1.0768$; $g = 206.74029$

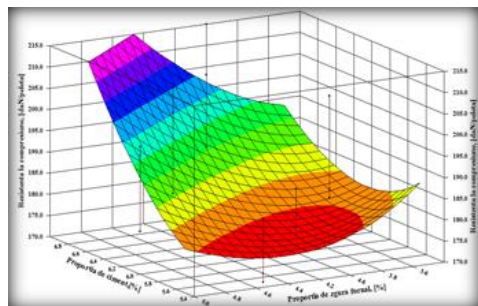


Figura 5.34.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de ciment (%) și proporția de zgură de furnal (%)
 (Ecuția de regresie:
 $y = a + b \cdot \ln(x_1) + c \cdot \ln(x_2) + d \cdot \ln(x_1)^2 + e \cdot \ln(x_2)^2 + f \cdot \ln(x_1) \cdot \ln(x_2)$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.5061$;
 Coeficienții ecuației de regresie:
 $a = 3867.80276$; $b = -2806.6805$; $c = -1778.8043$; $d = 573.7353$; $e = 265.1276$; $f = 585.3389$

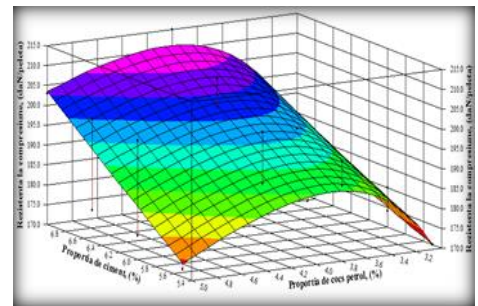


Figura 5.35.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și de cocs petrol (%)
 (Ecuția de regresie:
 $y = a + b \cdot \ln(x_1) + \frac{c}{x_2} + d \cdot \ln(x_1)^2 + \frac{e}{x_2^2} + f \cdot \frac{\ln(x_1)}{x_2}$
 Coeficientul de determinare: $R^2 = 0.7405$
 Coeficienții ecuației de regresie : $a = -172.1589$; $b = -41.6049$; $c = 2470.9247$; $d = 68.6196$; $e = -3330.0$; $f = -422.17533$

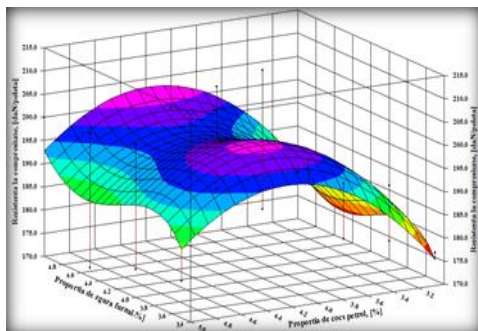


Figura 5.36.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor durificate la rece în funcție de proporția de ciment (%) și de zgură de furnal (%)
 (Ecuția de regresie:
 $y = a + b \cdot \ln(x_1) + c \cdot \ln(x_1)^2 + d \cdot \ln(x_1)^3 + e \cdot x_2 + f \cdot x_2^2$
 Coeficientul de determinare: $R^2 = 0.4366$
 Coeficienții ecuației de regresie : $a = -5680.72$; $b = 11871.45$; $c = -8337.16$; $d = 1945.22$; $e = 126.50$; $f = -15.16$

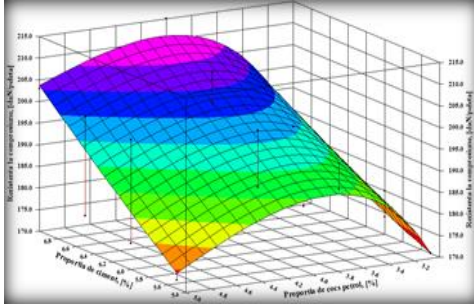


Figura 5.37.Ax. Rezistența la compresiune a peletelor arse în funcție de proporția de ciment (%) și proporția de cocs petrol (%)
(Ecuția de regresie:

$$y = a + b \cdot x_1 + \frac{c}{x_2} + d \cdot x_1^2 + \frac{e}{x_2^2} + f \cdot \frac{x_1}{x_2}$$

Coeficientul de determinare: $R^2 = 0.7406$
Coeficienții ecuației de regresie: $a = -195.4994$; $b = 23.1343$; $c = 2121.5055$; $d = 0.8333$; $e = -3330,0$; $f = -67.6808$).

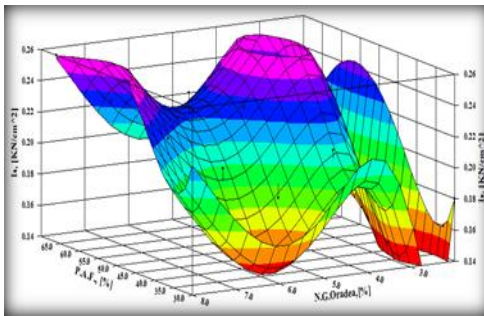


Figura 5.38.Ax. Intervalul de sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de paf de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)
(Ecuția de regresie:

$$y = a + b \cdot \ln(x_1) + c \cdot \ln(x_1)^2 + d \cdot \ln(x_1)^3 + e \cdot \ln(x_1)^4 + f \cdot \ln(x_2) + g \cdot \ln(x_2)^2 + h \cdot \ln(x_2)^3 + i \cdot \ln(x_2)^4 + j \cdot \ln(x_2)^5$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9588$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 109.3894$; $b = -88.073$; $c = 27.33640$; $d = -3.4599$; $e = 0.13876$; $f = -32.3173$; $h = -33.086$; $i = 11.0639$; $j = -1.42498$

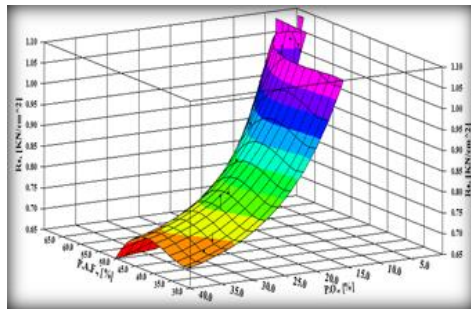


Figura 5.39.Ax. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de paf de praf de aglomerare-furnale (%) și proporția de paf de oțelărie (%)
(Ecuția de regresie:

$$y = a + b \cdot \ln(x_1) + c \cdot \ln(x_1)^2 + d \cdot \ln(x_1)^3 + \frac{e}{x_2} + \frac{f}{x_2^2} + \frac{g}{x_2^3} + \frac{h}{x_2^4} + \frac{i}{x_2^5}$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9914$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 157.4646$; $b = -131.2426$; $c = 36.5871$; $d = -3.3950$; $e = -12.8938$; $f = 567.9699$; $g = -5571.5631$; $h = 20257.8180$; $i = -22538.5077$

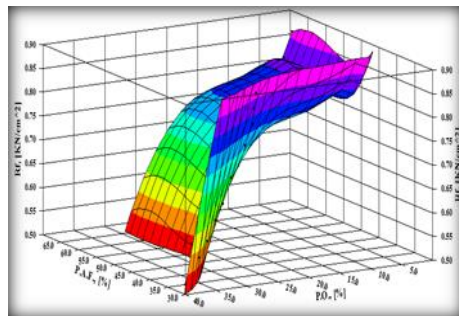


Figura 5.40.Ax. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de paf de praf de aglomerare (%) și proporția de paf de oțelărie (%)
(Ecuția de regresie:

$$y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_1^2} + \frac{d}{x_1^3} + \frac{e}{x_1^4} + \frac{f}{x_1^5} + g \cdot \ln(x_2) + h \cdot \ln(x_2)^2 + i \cdot \ln(x_2)^3 + j \cdot \ln(x_2)^4 + k \cdot \ln(x_2)^5$$

Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.99972$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = -25.0972$; $b = 6130.9579$; $c = -5221.7161$; $d = 222342.34768$; $e = -4550586.2718$; $f = 365254.694$; $g = -5.2537$; $h = 6.0398$; $i = -3.2911$; $j = 0.8587$; $k = -0.0867$

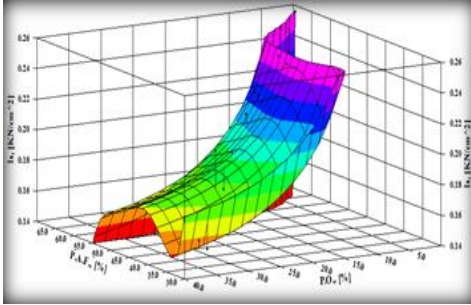


Figura 5.41.Ax.Intervalul de sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de paf de praf de aglomerare (%) și proporția de paf de oțelărie (%)

(Ecuția de regresie:
 $y = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_1^2 + d \cdot x_1^3 + e \cdot x_1^4$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9064$;
 Coeficienții ecuației de regresie: $a = 44.668$
 $b = -5.2913$; $c = 0.2486$; $d = -5.78513$; $e = 0,000066$;

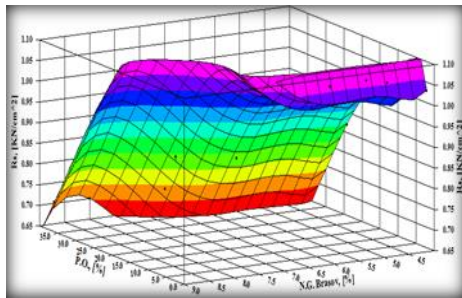


Figura 5.42.Ax.Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de paf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Brașov (%);

(Ecuția de regresie
 $y = a + b \cdot \ln(x_1) + c \cdot \ln(x_1)^2 + d \cdot \ln(x_1)^3 + e \cdot \ln(x_1)^4 + f \ln(x_1)^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9981$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 492.021$; $b = 7.9624$; $c = -8.2236$; $d = 3.852$; $e = -0.8357$; $f = 0.06740$;

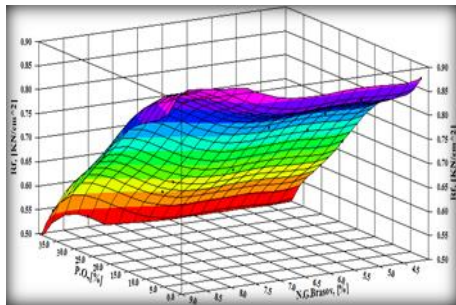


Figura 5.43. Ax. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de paf de paf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Brașov (%)

(Ecuția de regresie:
 $y = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_1^2 + d \cdot x_1^3 + e \cdot x_1^4 + f \cdot x_1^5$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9999$; Coeficienții ecuației de regresie: $a = 10.7002$; $b = -3.16574$; $c = 3.890771$; $d = -2.4558$ $e = 6.5096$ $f = -6.2151$; $g = -8.6713$; $h = 3.0231$; $i = -0.5177$; $j = 4.3505$ $k = 1.4325$

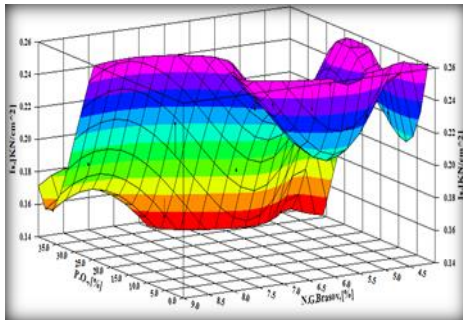


Figura 5.44.Ax.Intervalul de sfărâmare al brichetelor în funcție de proporția de paf de paf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Brașov (%)

(Ecuția de regresie:
 $y = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_1^2 + d \cdot x_1^3 + e \cdot x_1^4$
 Coeficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9356$;
 Coeficienții ecuației de regresie: $a = -4.92704$
 $b = -3.10174$; $c = 3.113$;
 $d = -1.16400$; $e = 1.37130$;

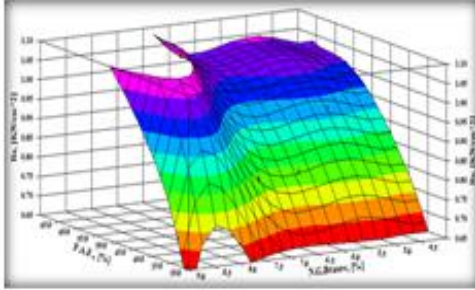


Figura 5.45. Ax.Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de paf de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Braşov (%)

(Ecuția de regresie:

$$y = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_1^2 + d \cdot x_1^3 + e \cdot x_1^4$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9961$;

Coefficienții ecuației de regresie: $a = 14.18302$;
 $b = 2.03975$; $c = -8.28108$;
 $d = 1.6912$; $e = -1.71665$

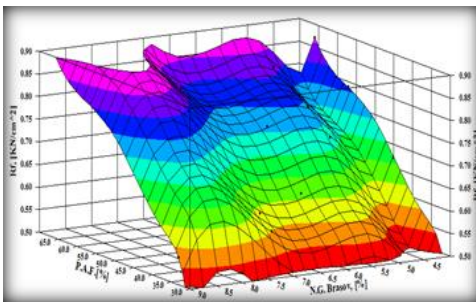


Figura 5.46. Ax.Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de paf de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Braşov (%)

(Ecuția de regresie;

$$y = a + b \cdot \ln(x_1) + c \cdot \ln(x_1)^2 + d \ln(x_1)^3 + e \cdot \ln(x_1)^4 + f \cdot \ln(x_1)^5 + g \cdot \ln(x_2)^2$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9997$;

Coefficienții ecuației de regresie: $a = -20345.193735$; $b = 28148.75883$; $c = -14799.793661$; $d = 3886.13442$;
 $e = -509.6095$; $f = 26.6996$; $g = -3008.3300$

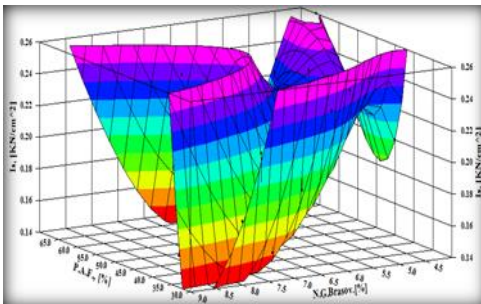


Figura 5.47. Ax.Interval de sfărâmare al brichetelor în funcție de proporția de paf de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Braşov (%)

(Ecuția de regresie:

$$y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_2} + \frac{d}{x_1^2} + \frac{e}{(x_1 \cdot x_2)} + \frac{g}{x_1^3} + \frac{h}{x_2^3}$$

Coefficientul de determinare multiplu $R^2 = 0.9535$;

Coefficienții ecuației de regresie: $a = -7.8028$; $b = 1303.9895$; $c = -8.8424$; $d = -4425.5596$; $e = 255.9938$; $f = -4240.6804$; $g = 42828.6302$; $h = -468.8869$

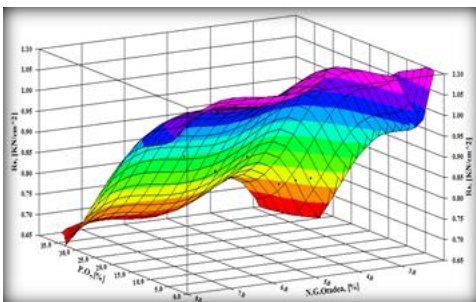


Figura 5.48. Ax.Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de paf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)

(Ecuția de regresie:

$$y = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_1^2 + d \cdot x_1^3 + e \cdot x_1^4 + f \cdot x_1^5 + g \cdot \ln(x_2) + h \cdot \ln(x_2)^2 + i \cdot \ln(x_2)^3 + j \cdot \ln(x_2)^4 + k \cdot \ln(x_2)^5$$

Coefficientul de determinare: $R^2 = 0.9988$

Coefficienții ecuației de regresie : $a = 19.1701$; $b = -0.0264$; $c = 0,0003$; $d = -0,00001$; $e = 0$; $f = 0$; $g = -72.18146$; $h = 110.3705$; $i = -81.11249$; $j = 28.8341$; $k = -3.9877$

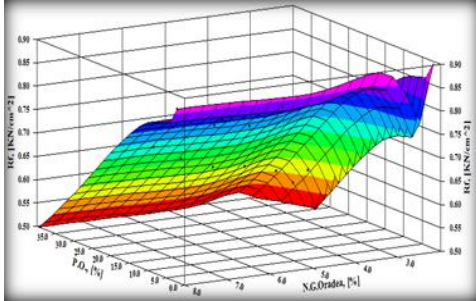


Figura 5.49.Ax. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)
 (Ecuația de regresie:

$$y = a + b \cdot \ln(x_1) + c \cdot \ln(x_1)^2 + d \cdot \ln(x_1)^3 + e \cdot \ln(x_1)^4 + f \cdot \ln(x_1)^5 + \frac{g}{x_2} + \frac{h}{x_2^2} + \frac{i}{x_2^3} + \frac{j}{x_2^4}$$
 coeficientul de determinare: $R^2 = 0.9999$
 Coeficienții ecuației de regresie : $a = 0.16629$; $b = 0.11613$; $c = -0.3206874$; $d = 0.238725$; $e = -0.0706$; $f = 0,00679$; $g = 17.4015$; $h = -160.21129$; $i = 689.8077$; $j = -183.4198$;

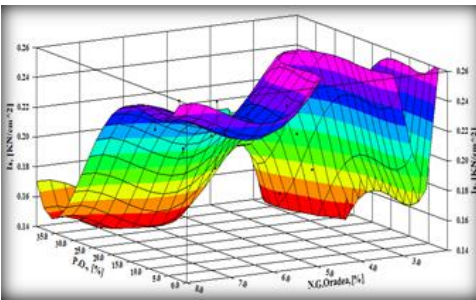


Figura 5.50.Ax. Intervalul de sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de oțelărie (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)
 (Ecuația de regresie:

$$y = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_1^2 + d \cdot x_1^3 + e \cdot x_1^4 + f \cdot \ln(x_2) + g \cdot \ln(x_2)^2 + h \cdot \ln(x_2)^3 + i \cdot \ln(x_2)^4 + j \cdot \ln(x_2)^5$$

 Coeficientul de determinare: $R^2 = 0.9568$
 Coeficienții ecuației de regresie : $a = 9.9369$; $b = -0,01162$; $c = 0,00134$; $d = -0,500009$; $e = 0$; $f = -37.9465$; $g = 56.589$; $h = -40,3688$; $i = 13.8606$; $j = -1.8441$

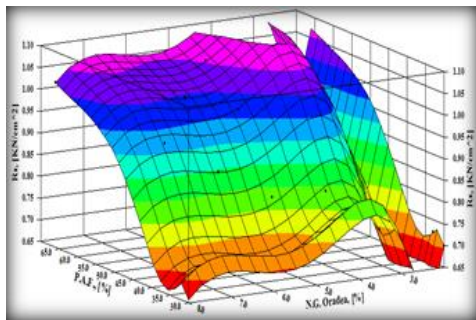


Figura 5.51.Ax. Rezistența la sfărâmare a brichetelor în funcție de proporția de praf de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)
 (Ecuația de regresie:

$$y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_1^2} + \frac{d}{x_1^3} + \frac{e}{x_1^4} + \frac{f}{x_1^5} + g \cdot \ln(x_2) + h \cdot \ln(x_2)^2 + i \cdot \ln(x_2)^3 + j \cdot \ln(x_2)^4 + k \cdot \ln(x_2)^5$$

 Coeficientul de determinare: $R^2 = 0.9983$
 Coeficienții ecuației de regresie : $a = 41.9341$; $b = -4896.1065$; $c = 458356.7238$; $d = -20972691.3158$; $e = 466103858.1947$; $f = -4026109555.96221$; $g = -81.7401$; $h = 125.21834$; $i = -91.8823$; $j = 32.5248$; $k = -4.4697$

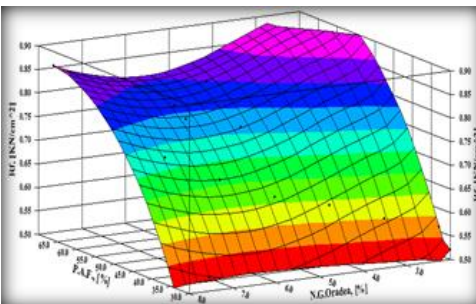


Figura 5.52.Ax. Rezistența la fisurare a brichetelor în funcție de proporția de praf de praf de aglomerare (%) și proporția de nămol protecție anticorozivă Oradea (%)
 (Ecuația de regresie:

$$y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_1^2} + \frac{d}{x_1^3} + \frac{e}{x_1^4} + \frac{f}{x_1^5} + g \cdot \ln(x_2) + h \cdot \ln(x_2)^2 + i \cdot \ln(x_2)^3 + j \cdot \ln(x_2)^4 + k \cdot \ln(x_2)^5$$

 Coeficientul de determinare: $R^2 = 0.9998$
 Coeficienții ecuației de regresie : $a = -4.08478$; $b = 1420.8108$; $c = -122741.3188$; $d = 5206346.9799$; $e = -110447538.6237$; $f = 935449364.7535$; $g = -5.11108$; $h = 7.4563$; $i = -5.2627$; $j = 1.7427$; $k = -0.2137$



Figura 5.53.Ax. Pelete rezultate

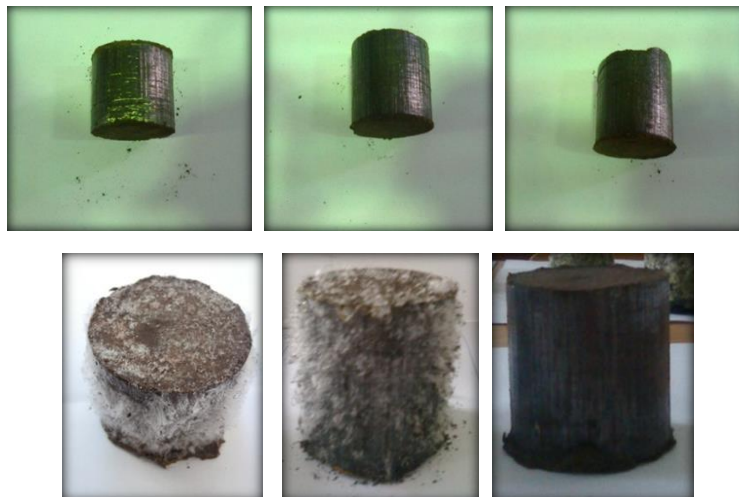


Figura 5.54. Ax. Brichete rezultate



Figura 5.55.Ax. Pelete și brichete introduse în cuptorul de calcinare

Tabelul 5.1Ax. Caracteristici calitative a brichetelor

Rețeta	R _{sr} [KN/cm ²]	R _{fr} [KN/cm ²]	I _{sr} [KN/cm ²]
R1	0.7	0.52	0.18
R2	0.72	0.56	0.16
R3	0.73	0.58	0.15
R4	0.82	0.61	0.21
R5	0.81	0.63	0.18
R6	0.87	0.67	0.2
R7	0.94	0.72	0.22
R8	0.98	0.75	0.23
R9	1.01	0.77	0.24
R10	1.01	0.79	0.22
R11	1.06	0.82	0.24
R12	1.06	0.83	0.23
R13	1.03	0.87	0.26

Tabelul 5.2Ax. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare – R1

Nr. crt.	Compo-nența	%	Rețeta Nr.1													
			Fe _s	FeO	Fe ₂ O ₃	ZnO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	NiO	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S
1.	P.O.	25	13.41	0.74	18.34	0.20	0.87	1.2	0.26	1.27	0.58	-	-	-	-	-
2.	P.A.F.	25	9.72	3.25	10.25	-	1.75	-	1.1	1.85	0.3	-	-	-	0.025	0.05
3.	Z.O.	10	4.52	1.19	0.99	-	1.64	0.47	0.45	0.01	0.67	-	-	-	-	0.005
4.	Ț	15	10.22	10.11	3.75	-	0.24	0.16	0.11	0.033	0.055	-	-	-	-	-
5.	N.P.A.O.	10	-	-	2.16	2.44	0.54	0.013	0.352	0.172	-	1.233	0.773	0.115	0.56	-
6.	N.P.A.B.	15	-	-	1.01	-	0.76	0.01	1.15	9.48	0.23	0.45	0.412	0.265	-	-
7.	S.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			37.87	15.29	36.5	2.64	5.8	1.85	3.42	12.82	1.84	1.68	1.185	0.38	0.59	0.15

*) P.O. – praaf de oțelărie; P.A.F. – praaf aglomerare furnale; Z.O. – zgură oțelărie; Ț – țunder; N.P.A.O. – nămol protecție anticorosivă Oradea; N.P.A.B. – nămol protecție anticorosivă Brașov; S.S. – șlam Sebes.

Tabelul 5.3Ax. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare – R2

Nr. crt.	Compo-nența	%	Rețeta Nr.2													
			Fe _s	FeO	Fe ₂ O ₃	ZnO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	NiO	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S
1.	P.O.	25	13.41	0.73	18.33	0.21	0.87	1.2	0.267	1.28	0.57	1.36	-	-	0.19	0.08
2.	P.A.F.	30	11.67	3.9	12.3	-	2.1	-	1.32	2.22	0.36	-	-	-	0.03	0.06
3.	Z.O.	10	4.52	1.19	0.99	-	1.64	0.47	0.45	0.015	0.67	-	-	-	-	0.005
4.	Ț	15	10.22	10.11	3.75	-	0.24	0.16	0.11	0.033	0.055	-	-	-	-	-
5.	N.P.A.O.	5	-	-	1.08	1.22	0.27	0.06	0.18	0.09	-	0.62	0.39	0.06	0.28	-
6.	N.P.A.B.	15	-	-	1.01	-	0.76	0.02	0.16	9.49	0.24	0.46	0.412	0.265	-	-
7.	S.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			39.82	15.93	37.46	1.43	5.88	1.91	2.49	13.13	1.89	2.44	0.802	0.325	0.50	0.15

*) P.O. – praaf de oțelărie; P.A.F. – praaf aglomerare furnale; Z.O. – zgură oțelărie; Ț – țunder; N.P.A.O. – nămol protecție anticorosivă Oradea; N.P.A.B. – nămol protecție anticorosivă Brașov; S.S. – șlam Sebes.

Tabelul 5.4Ax. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare – R3

Nr. crt.	Compo-nența	%	Rețeta Nr.3													
			Fe _s	FeO	Fe ₂ O ₃	ZnO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	NiO	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S
1.	P.O.	30	16.09	0.88	22	0.25	1.05	1.44	0.32	1.53	0.69	1.63	-	-	0.22	0.09
2.	P.A.F.	30	11.67	3.9	12.3	-	2.1	-	1.32	2.22	0.36	-	-	-	0.03	0.06
3.	Z.O.	10	4.52	1.19	0.99	-	1.64	0.46	0.45	1.88	0.67	-	-	-	-	0.02
4.	Ț	20	13.62	13.48	5.007	-	0.32	0.22	0.14	0.04	0.07	-	-	-	-	-
5.	N.P.A.O.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	N.P.A.B.	10	-	-	0.68	-	0.51	0.012	0.77	6.33	0.16	0.31	0.275	0.177	-	-
7.	S.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			45.9	19.45	40.98	0.25	5.62	2.13	3.00	12.00	1.95	1.94	0.275	0.177	0.25	0.17

*) P.O. – praaf de oțelărie; P.A.F. – praaf aglomerare furnale; Z.O. – zgură oțelărie; Ț – țunder; N.P.A.O. – nămol protecție anticorosivă Oradea; N.P.A.B. – nămol protecție anticorosivă Brașov; S.S. – șlam Sebes.

Tabelul 5.5Ax. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare – R4

Nr. crt.	Compo-nența	%	Rețeta Nr.4													
			Fe _t	FeO	Fe ₂ O ₃	ZnO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	NiO	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S
1.	P.O.	20	10.72	0.59	14.67	0.16	0.69	0.96	0.20	1.02	0.47	-	-	-	0.15	0.16
2.	P.A.F	25	11.31	2.98	2.48	-	4.1	1.17	1.13	4.72	1.67	-	-	-	-	0.06
3.	Z.O.	15	6.78	1.79	1.49	-	2.46	0.70	0.68	0.02	1.005	-	-	-	-	0.08
4.	Ț	15	10.22	10.11	3.75	-	0.24	0.16	0.11	0.033	0.06	-	-	-	-	-
5.	N.P.A.O.	5	-	-	1.08	1.22	0.27	0.006	0.18	0.09	-	0.62	0.385	0.058	0.28	-
6.	N.P.A.B.	15	-	-	1.01	-	0.76	0.02	1.16	9.49	0.24	0.46	0.412	0.265	-	-
7.	S.S.	5	-	-	0.36	0.31	-	1.79	-	0.005	-	0.36	0.023	0.026	1.36	-
Total			39.03	15.47	24.84	1.69	8.52	4.81	3.46	15.38	3.44	1.44	0.82	0.35	1.79	0.3

*) P.O. – praf de oțelărie; P.A.F. – praf aglomerare furnale; Z.O. – zgură oțelărie; Ț – țunder; N.P.A.O. – nămol protecție anticorosivă Oradea; N.P.A.B. - nămol protecție anticorosivă Brașov; S.S. – șlam Sebeș.

Tabelul 5.6Ax. Compoziția chimică a componentelor șarjei de aglomerare – R5

Nr. crt.	Compo-nența	%	Rețeta Nr.5													
			Fe _t	FeO	Fe ₂ O ₃	ZnO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	NiO	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S
1.	P.O.	20	10.72	0.59	14.67	0.16	0.69	0.96	0.20	1.02	0.47	-	-	-	0.15	0.16
2.	P.A.F	20	9.05	2.39	1.99	-	3.28	0.94	0.91	3.78	1.34	-	-	-	-	0.05
3.	Z.O.	20	9.05	2.39	1.99	-	3.28	0.94	0.91	0.03	1.34	-	-	-	-	0.01
4.	Ț	20	13.62	13.48	5.007	-	0.32	0.22	0.14	0.04	0.07	-	-	-	-	-
5.	N.P.A.O.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	N.P.A.B.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.	S.S.	10	-	-	0.72	0.62	-	3.58	-	0.01	-	0.73	0.046	0.051	2.72	-
Total			42.44	18.85	24.37	0.78	7.57	6.64	2.16	4.88	3.22	0.73	0.046	0.051	2.87	0.22

*) P.O. – praf de oțelărie; P.A.F. – praf aglomerare furnale; Z.O. – zgură oțelărie; Ț – țunder; N.P.A.O. – nămol protecție anticorosivă Oradea; N.P.A.B. - nămol protecție anticorosivă Brașov; S.S. – șlam Sebeș

Tabelul 5.7Ax. Rezistența aglomeratului –șarja nr.1/rețeta nr.1

CĂDERE				TOBA MICUM			
Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %	Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %
+50	4,4	19,91	100	+50	0	0	
35-50	1,5	6,79	80,09	35-50	0,4	3,57	100
25-35	2,2	9,95	73,30	25-35	0,8	7,14	96,43
15-25	3,2	14,48	63,35	15-25	2,5	22,32	89,29
10-15	2,0	9,05	48,87	10-15	2,2	19,64	66,97
5-10	3,6	16,22	39,82	5-10	3,3	29,47	47,33
-5	5,2	23,60	23,60	3-5	0,7	6,25	17,87
				-3	1,3	11,61	11,61
Σ	22,1	100		Σ	11,2	100	
Rezistența aglomeratului 23,60%				Rezistența aglomeratului 17,87%			

Tabelul 5.8Ax. Rezistența aglomeratului –șarja nr.2/rețeta nr.1

CĂDERE				TOBA MICUM			
Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %	Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %
+50	4,6	22,35	100	+50	0	0	
35-50	1,7	7,52	79,65	35-50	0,5	4,5	100
25-35	2,0	8,85	72,13	25-35	0,5	4,5	95,5
15-25	3,4	15,05	63,28	15-25	2,4	21,63	91,0
10-15	2,1	9,29	48,23	10-15	2,4	21,63	69,37
5-10	3,6	15,93	38,94	5-10	3,3	29,72	47,74
-5	5,2	23,01	23,01	3-5	0,8	7,21	18,02
				-3	1,2	10,81	10,81
Σ	22,6	100		Σ	11,1	100	
Rezistența aglomeratului 23,01%				Rezistența aglomeratului 18,02%			

Tabelul 5.9Ax. Rezistența aglomeratului –șarja nr.3/rețeta nr.2

CĂDERE				TOBA MICUM			
Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %	Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %
+50	4,6	20,72	100	+50	0	0	
35-50	2,6	7,21	79,28	35-50	0,4	3,36	100
25-35	2,2	9,91	72,07	25-35	0,9	7,56	96,64
15-25	3,2	14,41	57,66	15-25	2,8	23,53	89,08
10-15	2,1	9,56	47,75	10-15	2,3	19,33	65,55
5-10	3,4	15,32	38,29	5-10	3,3	27,74	46,22
-5	5,1	22,97	22,97	3-5	0,8	6,72	18,48
				-3	1,4	11,76	11,76
Σ	22,2	100		Σ	11,9	100	
Rezistența aglomeratului 22,97%				Rezistența aglomeratului 18,48%			

Tabelul 5.10Ax. Rezistența aglomeratului –șarja nr.4/rețeta nr.2

CĂDERE				TOBA MICUM			
Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %	Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %
+50	4,4	19,99	100	+50	0	0	
35-50	1,5	6,82	80,01	35-50	0,4	3,54	100
25-35	2,2	10,00	73,19	25-35	1,0	8,85	96,46
15-25	3,4	15,46	63,19	15-25	2,3	20,35	87,61
10-15	2,0	9,09	47,73	10-15	2,2	19,47	67,26
5-10	3,5	15,91	38,64	5-10	3,4	30,09	47,79
-5	5,0	22,73	22,73	3-5	0,8	7,08	17,7
				-3	1,2	10,62	10,62
Σ	21,8	100		Σ	11,3	100	
Rezistența aglomeratului 22,73%				Rezistența aglomeratului 17,7%			

Tabelul 5.11Ax. Rezistența aglomeratului –șarja nr.5/rețeta nr.3

ĂDERE				TOBA MICUM			
Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %	Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %
+50	4,3	19,73	100	+50	0	0	
35-50	1,8	8,26	80,27	35-50	0,4	3,54	100
25-35	2,1	9,63	72,01	25-35	0,9	7,96	96,46
15-25	3,1	14,21	62,38	15-25	2,7	23,89	88,5
10-15	2,1	9,63	48,17	10-15	2,2	29,48	64,61
5-10	3,3	15,14	38,54	5-10	3,1	27,43	45,13
-5	5,1	23,40	23,40	3-5	0,8	7,08	17,7
				-3	1,2	10,62	10,62
Σ	21,8	100		Σ	11,3	100	
Rezistența aglomeratului 23,40%				Rezistența aglomeratului 17,7%			

Tabelul 5.1A2x. Rezistența aglomeratului –șarja nr.6/rețeta nr.3

CĂDERE				TOBA MICUM			
Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %	Clasa granul. mm	Kg	%	Cumul %
+50	4,4	19,73	100	+50	0	0	
35-50	1,7	7,62	80,27	35-50	0,3	2,63	100
25-35	2,3	10,31	72,65	25-35	0,9	7,9	97,37
15-25	3,2	14,35	62,34	15-25	2,4	21,05	89,47
10-15	2,0	8,97	47,99	10-15	2,3	20,18	68,42
5-10	3,7	16,59	39,02	5-10	3,4	29,82	48,24
-5	5,0	22,43	22,43	3-5	0,7	6,14	18,42
				-3	1,4	12,28	11,4
Σ	22,1	100		Σ	11,4	100	
Rezistența aglomeratului 22,43%				Rezistența aglomeratului 18,42%			

Tabelul 5.13Ax. Rezistența aglomeratului –șarja nr.7/rețeta nr.4

CĂDERE				TOBA MICUM			
Clasa granul, mm	Kg	%	Cumul %	Clasa granul, mm	Kg	%	Cumul %
+50	4,3	19,64	100	+50	0	0	
35-50	1,7	7,76	80,36	35-50	0,6	5,2	100
25-35	2,1	9,59	72,6	25-35	0,8	6,95	94,8
15-25	3,2	14,61	63,01	15-25	2,6	22,60	87,93
10-15	1,9	8,68	48,4	10-15	2,2	19,12	65,3
5-10	3,5	15,98	39,72	5-10	3,3	28,8	46,18
-5	5,2	23,74	23,74	3-5	0,7	6,08	17,38
				-3	1,3	11,3	11,3
Σ	21,9	100		Σ	11,5	100	
Rezistența aglomeratului 23,74%				Rezistența aglomeratului 17,38%			

Tabelul 5.14Ax. Rezistența aglomeratului –șarja nr.8/rețeta nr.4

CĂDERE				TOBA MICUM			
Clasa granul, mm	Kg	%	Cumul %	Clasa granul, mm	Kg	%	Cumul %
+50	4,0	18,01	100	+50	0	0	
35-50	1,7	7,69	81,90	35-50	0,5	4,31	100
25-35	2,2	9,95	74,24	25-35	0,9	7,76	95,69
15-25	3,5	15,84	64,26	15-25	2,5	21,56	87,93
10-15	2,0	9,05	48,42	10-15	2,4	20,69	66,37
5-10	3,6	16,29	39,37	5-10	3,1	26,72	45,68
-5	5,1	23,08	23,08	3-5	0,9	7,76	18,96
				-3	1,3	11,12	11,12
Σ	22,1	100		Σ	11,6	100	
Rezistența aglomeratului 23,08%				Rezistența aglomeratului 18,96%			

Tabelul 5.15Ax. Rezistența aglomeratului –șarja nr.9/rețeta nr.5

CĂDERE				TOBA MICUM			
Clasa granul, mm	Kg	%	Cumul %	Clasa granul, mm	Kg	%	Cumul %
+50	4,2	18,92	100	+50	0	0	
35-50	1,5	6,76	81,08	35-50	0,5	4,27	100
25-35	2,1	9,46	74,32	25-35	0,8	6,84	95,73
15-25	3,4	15,31	64,86	15-25	2,5	21,37	88,89
10-15	2,0	9,01	49,55	10-15	2,5	21,37	67,52
5-10	3,8	17,12	40,54	5-10	3,2	27,35	46,15
-5	5,2	23,42	23,42	3-5	0,9	7,69	18,80
				-3	1,3	11,11	11,2
Σ	22,2	100		Σ	11,7	100	
Rezistența aglomeratului 23,42%				Rezistența aglomeratului 18,80%			

Tabelul 5.16Ax. Rezistența aglomeratului –șarja nr.10/rețeta nr.5

CĂDERE				TOBA MICUM			
Clasa granul, mm	Kg	%	Cumul %	Clasa granul, mm	Kg	%	Cumul %
+50	4,1	18,47	100	+50	0	0	
35-50	1,7	7,66	81,53	35-50	0,5	4,42	100
25-35	2,1	9,46	73,87	25-35	0,8	7,08	95,58
15-25	3,4	15,31	64,41	15-25	2,3	20,35	88,5
10-15	2,0	9,01	49,10	10-15	2,4	21,24	68,15
5-10	3,8	17,12	40,09	5-10	3,1	27,45	46,91
-5	5,1	22,97	22,97	3-5	0,9	7,96	19,46
				-3	1,3	11,5	11,5
Σ	22,2	100		Σ	11,3	100	
Rezistența aglomeratului 22,97%				Rezistența aglomeratului 19,46%			

Tablul 5.17Ax. Compoziția chimică finală a aglomeratului

Nr. șarjă	Nr. rețetă	Compoziția chimică, %															
		G _m	Fe _m	Fe _s	FeO	Fe ₂ O ₃	ZnO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	NiO	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S
1	1	88,35	41,13	46,55	6,34	1,89	0,62	7,23	1,65	3,48	13,32	1,78	1,21	0,21	0,34	0,47	0,12
2	1	90,55	44,24	48,89	5,89	1,36	0,54	8,21	1,25	3,78	12,82	1,84	1,68	0,24	0,32	0,62	0,11
3	2	91,11	42,82	47,06	4,89	1,21	0,21	7,81	1,17	3,51	13,12	1,78	1,44	0,20	0,22	0,56	0,11
4	2	91,92	43,81	47,66	4,45	1,12	0,20	8,81	1,11	3,59	13,45	1,81	1,49	0,22	0,20	0,16	0,10
5	3	91,92	43,81	47,66	4,45	1,12	0,20	8,81	1,11	3,59	13,45	1,81	1,48	0,22	0,20	0,16	0,10
6	3	92,10	49,98	54,27	4,36	1,05	0,21	8,24	1,12	3,78	14,12	1,23	1,36	0,19	0,11	0,18	0,11
7	4	89,12	42,86	46,96	4,19	1,22	0,21	7,89	1,18	3,56	13,13	1,67	1,45	0,20	0,22	0,56	0,11
8	4	89,32	43,78	47,16	4,35	1,16	0,21	8,88	1,12	3,58	13,46	1,71	1,41	0,22	0,20	0,16	0,10
9	5	90,78	43,84	47,10	4,41	1,11	0,20	8,89	1,11	3,58	13,87	1,76	1,41	0,22	0,20	0,16	0,10
10	5	89,87	42,99	47,29	4,38	1,11	0,21	8,78	1,11	3,67	13,56	1,69	1,39	0,22	0,20	0,16	0,10

BIBLIOGRAFIE

- [1] Altun N.E., Hicyilmaz C., Bagci A.S., *Combustion Characteristics of Coal Briquettes 1 Thermal Features*, Energy&Fuels, 2003, pp.1266-1276
- [2] Ardelean E., Ardelean M., Hărău C., Crișan E., *Researches on the production of self-reducing briquettes from waste containing iron and carbon*, International Applied Sciences Exchange Materials, Octombrie 2013, Whuan, China
- [3] Ardelean, E., Ardelean, M., Socalici, A., Hepuț, T., *Researches in laboratory Phases regarding to capitalization of ferrous pulverous waste in pellets*, National Conference of Metallurgy and Materials Science, Bucharest, September 25-26, Romania, Romat, 2008
- [4] Ardelean M., Ardelean E., *Tehnologia Materialelor – Teme experimentale*, Editura Politehnica Timișoara, 2013, pp.15-34
- [5] Avram, N., *Teoria proceselor de generare a poluanților*, București, Ed. Printech, 2006, pp. 23-46.
- [6] Avram, N., .a., *Conducerea optimă a cuptoarelor electrice cu arc electric*, București, Editura Fair Partners, 2002, pp. 20-60
- [7] Barde J. P., *Économie et politique de l'environnement*, Paris: Presses Universitaires de France, 1992.
- [8] Bejan Mircea, *Managementul ecologic în sectoarele calde*, Proiect POSDRU/81/3.2/S/55652, Cluj -Napoca, Editura Mega 2012, ISBN 973-662-124-3, Colecția Știința și Tehnica.
- [9] Bejan, M., Rusu, T., *Tehnologii ecologice în sectoarele calde*. În: Standardizarea, nr. 8/august 2011, ISSN 1220-2061, pag. 27-32.
- [10] Boian F. M. , *Sisteme de operare interactive*, Ed. Libris, Cluj-Napoca, 1994
- [11] Bold, O.V., Mărăcineanu, G.A., *Managementul deșeurilor solide urbane și industriale*, Editura MATRIX ROM, București, 2003, ISBN 973-685-571-6
- [12] Bold, O.V., Mărăcineanu, G.A., *Depozitarea, Tratarea și Reciclarea Deșeurilor și Materialelor*, Editura MATRIX ROM, București, 2004, ISBN 973-685-807-3
- [13] Borza, I., Popoiu, Ghe., Ciocan, A., *Tehnologia elaborării fontei, Vol. I*, 1984, Institutul Politehnic Traian Vuia, Institutul de Subingineri Hunedoara
- [14] Bularda, Ghe., Bularda, D., *Reziduuri Menajere, Stradale și Industriale*, Editura Tehnică, București, 1992, ISBN 973-31-0418-3
- [15] Butnariu, I., Constantin, N. *Process and technologies in extractive metallurgy*, Technical Publishing, Bucharest, 1995
- [16] Buzea, O., *Guide for blast furnaces*, Technical Publishing, 1994
- [17] Buzea, O. , *Îndrumător furnale, Partea I, Materii prime*, Combinatul Siderurgic Galați, 1995
- [18] Bâscă O. , *Baze de date*, Ed. ALL, 1997
- [19] Ciocan, A. , *Valorificarea deșeurilor mărunte și pulverulente generate în siderurgie*, Ed. Grupul Editorial National, București, 2003

- [20] Connolly T, ș.a. , *Baze de date. Proiectare, implementare, gestionare*, Ed.Teora, 2001
- [21] Cooper, Alan, *Proiectarea interfețelor utilizator*, Editura Tecâhnică, București, 1997
- [22] Constantin, N., Proiect de cercetare nr. 13 – 098/2006, titlul *Tehnologie integrată de obținere a unor resurse energo-tehnologice neconvenționale utilizate ca materii prime la elaborarea oțelului*, Programul Excelență – Proiect de cercetare-dezvoltare complex, Coordonator CEMS București, director proiect Prof.dr.ing. Constantin Nicolae
- [23] Constantin, N., *Procedee neconvenționale de obținere a materialelor feroase*, București, Ed. Printech, 2002, ISBN-973-652-682-8, pp.20-140
- [24] Constantin, N., *Determinarea caracteristicilor metalurgice ale materialelor din amestecul de aglomerare utilizat la U.A.F.-SIDEX Galați*. Contract nr. 9/1996 beneficiar I.C.E.M. – S.A. București
- [25] Constantin N., *Ingineria producerii fontei în furnal*, Editura Printech, București, 2002
- [26] Constantin, N., Nicolae, M., Geanta, V., Butnariu, I., Lepadatu, G. – *Procese și tehnologii alternative în siderurgie*, București, Editura PRINTECH 2009
- [27] Constantin, N., Nicolae, M., Rucai, V., *Research regarding the physical and chemical characteristics of pre-reduced iron ores the analysis of the possibilities of their use in the iron and steel elaborating process*, – Milano – Italia, international Conference – Prereduced products and Europe, 23–24 september 1996, pp 230–239
- [28] Cârstoiu, Dorin, *Baze de date relaționale*, Editura Printech, 1999
- [29] Crișan, E., *Cercetări privind valorificarea în siderurgie a deșeurilor pulverulente și mărunte cu conținut de fier și carbon*, Teză de doctorat, 2013, Facultatea de Inginerie Hunedoara
- [30] Crișan E.M., Strugariu L., Todoruț A., Petroesc V., *Research on Recycling of Waste to Achieve Prereduse Briquettes*, The 4th International Conference on Advanced Materials and Structures, 2011, 27-28 October, Timișoara, România
- [31] Crișan, E., Vilceanu, L., Ardelean, M., Puțan, V. *Research regarding of the compression behavior for ferrous briquettes*, Technical Gazette, Nr.4(20), 2013, Croația, ISSN 1330-3651, Revistă indexată ISI
- [32] Dobrovici, D., Hătăărăscu, O., Șoit-Vizante, I., Alexandrescu, A., Banu, Șt. – *Intensificarea proceselor din furnal*, București, Editura Tehnică, 1983, pp.100-290
- [33] Eduard Koller, Monica Roșculeț, *Programare în Acces 97*, Editura Teora, 2002, ISBN 973-601-909-8
- [34] Fodor D., Baican, G., *Impactul industriei miniere asupra mediului*, Editura Infomin, Deva, 2001
- [35] Fotache M. , *Proiectarea bazelor de date*. Normalizare și postnormalizare
- [36] Fruehan, R.J., Astier, J.E., Steffen, R., *Status of Direct Reduction and Smelting in the Year 2000*, prezentată la al IV – lea Congres al metalurgiei, Paris, Franța, pp. 19 – 22.
- [37] Gaudean, H.W. , *Zirkulierende Wirbelschicht zur Aufbereitung von Stauben*, Aachener Umwelttage, nov. 1992
- [38] Gebert. W., Steger, P.L., Gould, L.P., *Des solutions antipolluant integrees pour l'augumentation de la productivite et de la rentabilite des*

- usines siderurgiques*, La Revue de Metallurgie – CIT, Nov. 1999, p.1427
- [39] Grupul BDASEIG, *Baze de date, Fundamente teoretice și practice*, Editura Infomega, 2002
- [40] Guran, M., Tripșa, I., *Noutăți în pregătirea minereurilor de fier pentru furnal*, București, Editura Tehnică, 1964, pp. 25-55
- [41] Heino, J., *Recycling or utilisation of dust, scales and sludge from steel industry*, www.ce.jyn.fi/helsie/pdf/heino.pdf
- [42] Hepuț, T., *Prevention and fighting pollution in the steel making, energetic and mining industrial areas through the recycling of small-size and powdering wastes*, Proiect de cercetare nr.31- 098/2007, Program PN2 – Consorțiu : UPT-UPB – CCPPR- Alba Iulia; coordonator UPT-Facultatea de Inginerie din Hunedoara
- [43] Hepuț, T. , *Proiect nr.31-098/2007: Prevention and fighting pollution in the steel making, energetic and mining industrial areas through the recycling of small-size and powdering wastes*, Program PN2-Consoțiu-CO
- [44] Hepuț, T., Socalici, A., Ardelean E., *Cercetări privind protecția mediului în industria siderurgică*, Analele Facultății de Inginerie Hunedoara, Tomul II, Fascicola 1, 2000, pp.84
- [45] Hepuț, T., Socalici, A., Ardelean E., Ardelean M., Constantin N., Buzduga R., *Valorificarea deșeurilor feroase mărunte și pulverulente*, Editura Politehnica Timișoara, 2011
- [46] Hunger, J., Krugen, W., *Verwertung von olhaltigem Walzzunder und Schrederleichtfractionen durch Einblasen in den Hochofen*, Stahl und Eisen, no.11, 1988
- [47] Hătărăscu, O. , *Peletizarea minereurilor de fier și utilizarea peletelor la elaborarea fontei în furnal. Procedee noi și tendințe*, I.D.T. București 1972
- [48] Ilie, A. L., *Cercetări privind valorificarea superioară a materialelor pulverulente din siderurgie*, Teză de doctorat, Universitatea "Politehnica" București, 1999
- [49] Inișconi Ioan, *Studii privind riscurile de mediu generate de depozitele de cenușă și zgură de la SC Electrocentrale Deva SA și măsuri de prevenire a acestora*, Teză de doctorat
- [50] Ivănoiu, M. Sandu, V. *Dezvoltare durabilă*, Brașov, Editura Transilvania, 2005
- [51] Jones, J., *The future of Hot Metal Use in EAF Steelmaking*, Atlanta, Georgia, USA, 5 – 7 iunie, 2000
- [52] Kiraly Marte, *Strategii de reabilitare a reliefului antropic generat de activități miniere. Studiu de caz: zona metropolitan Deva-Hunedoara I*, Teză de doctorat, Cluj-Napoca, 2014
- [53] Manoliu Mihai, Ionescu Cristina, *Dezvoltarea durabilă și protecția mediului*, H.G.A., București, 1998
- [54] Marinescu Daniela, *Tratat de dreptul mediului*, Editura Universul Juridic, București, 2007
- [55] Mihăiescu Radu, *Monitoringul Integral al Mediului*, Cluj Napoca, 2014
- [56] Mircea Dușu, *Dreptul mediului*, București, 1993, pag.50-51 și *Dreptul fundamental al omului la un mediu sănătos și echilibrat din punct de vedere ecologic*, Revista „Drepturile omului” nr.1/1992, pag.17
- [57] Nicolae, A., ș.a., *Dezvoltarea durabilă în siderurgie prin valorificarea materialelor secundare*, București, Editura Printech, 2004

- [58] Nicolae, M., ș.a., *Proceduri de analiză în managementul ecometalurgic*, Editura Fair partners, București, 2002
- [59] Nicolae A., Borș I., Predescu C., Nicolae M., Șerban V., Predescu A., *Ecologie metalurgică*, Editura Printech, București, 2009, pp.9-40
- [60] Oancea, V., *Studii și cercetări experimentale privind ecologizarea obținerii fontei de primă fuziune prin micșorarea consumului de cost și îmbunătățirea randamentului proceselor de transfer de masă și energie din furnal*, Teză de doctorat, Universitatea Politehnică București, 2012
- [61] Onica, Ilie., *Impactul exploatării zăcămintelor de substanțe minerale utile asupra mediului*, Editura Universitas, Petroșani, 2001
- [62] Parpală I., *Studii și cercetări pentru consolidarea unui plan de învățământ din domeniul ecometalurgiei*, Teză de doctorat, UPB București 2007
- [63] Platon, V., ș.a., *Dezvoltarea durabilă și reciclarea materialelor*, Academia Română, Institutul Național de Cercetări Economice, Institutul de Economie Națională, ISBN 973-618-094-8, București, 2006, pp. 12-40
- [64] Popa, M.E., Hepuț, T., Ardelean, M., *Procese industriale*, Editura Politehnica 2012, ISBN 978-606-554-425-3
- [65] Popescu M., *Baze de date*, Editura Renaissance, București, 2010
- [66] Popescu M., *Baze de date relaționale*, Editura Academiei Tehnice Militare, București, 2001
- [67] Popescu M., *Sisteme de gestiune a bazelor de date*, Editura Renaissance, București, 2010
- [68] Pribeanu, Costin, *Baze de date și aplicații*, Editura MatrixRom, 2000
- [69] P.A. Cundall and O.D.L. Stack: *Geotechnique*, 1979, vol. 29 (1), pp. 47-65.
- [70] Philipp, A.J., *Bilanțuri ecologice*, Stahl und Eisen, nr.6, 1999, 91.
- [71] Rău, Al., Tripsa, I., *Metalurgia oțelului*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1985
- [72] Rhodes, M.J., Wang, X.S., Nguyen, M., Stewart, P., Liffman, K.- *Use of discrete element method simulation in studying fluidization characteristics: influence of interparticle force*, Chemical Engineering Science 56, 2001, pp. 9-76
- [73] Robinson R., *High temperature properties of by-product cold bonded pellets containing blast furnace flue dust*, Thermochimica Acta, 432(1), 2005, pp.112-113
- [74] Rizescu C.Z., Stoian E.V, Ittu C., Ungureanu N.D., Bacinschi Z., *Heavy metals dust from electric arc furnace*, International Conference on Biomedical Engineering and Technology, Singapore, IPCBEE, 2011, pp.137-141
- [75] Rojanschi, Vl., Bram, Fl., Diaconu, Gh., *Protecția și ingineria mediului*, Editura Economică, București, 1997
- [76] Sandu M., Dobre A., Mănescu Al., *Ingineria Mediului*, Editura Matrix Rom, București, 2007, pp.10-53
- [77] Semberg P., Rutqvist A., Andersson C., Bjorkman B., *Interaction between iron oxides and olivine in magnetite based pellets during reduction at temperatures below 1000°C*, Ironmaking&Steelmaking, 2011, 38(5), pp.321-328
- [78] Socalici, A., Ardelean, E., *Using the wates with carbon contend for producing CARBOFER*, Journal MASINSTVO nr.3/4, 2005, Zenica Bosnia Herzgovina, pp.101

- [79] Socalici, A., Benea L., Todoruț, A., Strugariu, L., *Ingineria mediului – Teme experimentale*, Editura Politehnica Timișoara, 2013, pp. 10-40
- [80] Socalici A., Hepuț T., Ardelean E., Ardelean M., *Ferrous waste processing by pelletizing, briquetting and mechanically mixed*, International Journal of Energy and Environment, 4(5),2011, pp.532-540
- [81] Șerban, S., *Analiza situației actuale a generării și valorificării deșeurilor pulverulente și mărunte*, Raport de cercetare numărul 1- Facultatea de Inginerie Hunedoara, 2015
- [82] Șerban, S., *Cercetări și experimentări proprii de procesare a deșeurilor mărunte și pulverulente*, Raport de cercetare numărul 2-Facultatea de Inginerie Hunedoara, 2015
- [83] Șerban S., Strugariu L., Lemle L.D., *Teaching Molecular Diffusion by Using ChimUniv*, International Conference on Numerical Analysis and Applied ICNAAM 2011, 1389, pp.551-555
- [84] Șerban Sorina, Teodor Hepuț, *Ferrous wastes recovery possibilities in the area of steel industry-experiments in the laboratory phase on the briquettes production from fine and pulverous wastes*, Acta Technica Corviniensis – Buletin of Engineering, Tome VIII, 2015, Fascicule 3 – July-September, ISSN: 2067-3809, pp. 50-56
- [85] Șerban,V., Nicolae, A., *Bilanț de materiale – instrument de analiză a eficienței valorificării materialelor secundare*, Metalurgia nr.1, 2004, pp130
- [86] Tilca M., Boriga R., *Baze de date*, Ed. Univ. Titu Maiorescu, 2007
- [87] Todoruț, A., *Cercetări privind gestionarea și valorificarea deșeurilor mărunte și pulverulente, rezultate din industria de materiale, în contextul dezvoltării durabile a județului Hunedoara*, Teză de doctorat, 2014, Facultatea de Inginerie Hunedoara
- [88] Vasile, V., Zaman, Gh. , *Dezvoltarea durabilă*, Editura Expert, București, 2005
- [89] Vladimir R. ș.a. *Economia și protecția mediului*, Editura Tribuna Economica, București, 1997
- [90] ***Biroul de mediu-CNH, 2010
- [91] *** Contract de cercetare nr.233/2006, titlul *Tehnologie integrate de obținere a unor surse energo-tehnologice neconvenționale utilizate ca materii prime la elaborarea oțelului*, Programul Excelență – Proiect de cercetare-dezvoltare complex, Coordonator CEMS București, director proiect Prof.dr.ing. Constantin Nicolae
- [92] ****Information Centre for Environmental Licensing (InfoMil) Dutch Notes on BAT for the Production of Primary Iron and Steel*, Final report, prepared for the Ministry of Housing, Spatial Planning and the environment, Directorate for Air and Energy, Department of Industry – 1997
- [93] *** Managementul deșeurilor: 1993-2000. *Impactul dezvoltării economice asupra mediului înconjurător* - <http://www.mdp.ro>
- [94] ***OECD – *Integrating Environment and Economy: Progress in the 1996*, Paris
- [95] ***Raport annual, *Starea factorilor de mediu în România*, 2014
- [96] ****Raport de amplasament la S.C. ARCELORMITTAL Galați S.A.* Revizuit Iunie 2013
- [97] *** *Strategia Națională pentru Dezvoltare Durabilă a României.*

Orizonturi 2013-2020-2030, Programul Națiunilor Unite pentru Dezvoltare, Centrul Național pentru Dezvoltare Durabilă, Guvernul României, Ministerul Mediului și Dezvoltării Durabile, București, 2008

- [98] *** www.adrvest.ro
- [99] *** www.mmediu.ro
- [100] *** www.anpm.ro/-/legea-nr-278-2013-privind-emisiile-industriale
- [101] *** www.ius-piesecromate.ro
- [102] *** www.galvanalco.ro
- [103] *** www.arcelormittalhunedoara.ro
- [104] *** www.termodeva.ro
- [105] *** www.cenhd.ro
- [106] *** www.anpm.ro