

**MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE  
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI  
ȘCOALA DOCTORALĂ**

**ing. UNGUR ANDREEA ROXANA**

***TEZA DE DOCTORAT***

**Studiul utilizării în timp a mașinilor și utilajelor de excavare, transport și depozitare în vederea creșterii performanțelor tehnice și capacitive**

**The study of the use in time of machines and equipments for excavation, transport and storage in order to increase the technical and capacitive performances.**

**Conducător științific:  
Prof. univ. dr. ing. NAN MARIN SILVIU**

**Petroșani  
- 2017 -**

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b>	3
<b>Capitolul 1 STUDIUL SISTEMULUI DE EXTRAGERE ÎN CARIERELE DE LIGNIT</b>	6
1.1. Stadiul actual și de perspectivă a mecanizării extragerii în carierele de lignit.	6
1.2. Prezentarea generală a carierelor. (Studiu de caz cariera Jiłt)	14
1.3. Prezentarea condițiilor hidrologice și a stratelor de cărbune.	20
1.4. Construcția și funcționarea utilajelor de excavare, transport și haldare.	23
<b>Capitolul 2 CERCETĂRI PRIVIND PERFORMANȚELE ÎN EXPLOATAREA SISTEMELOR DE EXTRAGERE</b>	33
2.1. Aspecte teoretice pentru studiul utilizării în timp a utilajelor de excavare, transport și depozitare.	33
2.2. Cercetări privind evoluția în timp a gradului de utilizare pentru utilajele de pe liniile tehnologice.	35
2.3. Studiul utilizării în timp a sistemelor de extragere prin metodele statisticii matematice.	36
<b>Capitolul 3 STUDIUL SIGURANȚEI ÎN FUNCȚIONARE A SISTEMELOR DE EXTRAGERE</b>	42
3.1. Conceptul de siguranță în funcționare.	42
3.2. Analiza funcționării utilajelor din carieră.	45
3.3. Studiul fiabilității sistemului de extragere.	50
<b>Capitolul 4 CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA METODELOR PROBABILISTICE ÎN ANALIZA PERFORMANȚELOR PROCESULUI DE PRODUCȚIE</b>	63
4.1. Considerații generale	63
4.2. Considerații teoretice privind analiza unui proces.	65
4.3. Trasarea și interpretarea diagramelor AMSSA-CROW	67
<b>Capitolul 5 STUDIUL FIABILITĂȚII PROCESELOR PRIN METODE</b>	80
5.1. Considerații privind utilizarea diagramelor probabilistice în diagnosticarea proceselor.	80
5.2. Studiul indicatorului de diagnosticare pentru excavatoarele din cariere (studiu de caz)	82
5.3. Cercetări pentru realizarea unui program destinat trasării diagramelor Douanne.	101
<b>Capitolul 6 - CERCETĂRI PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA UTILIZĂRII ÎN TIMP A COMPLEXULUI DE EXTRAGERE ÎN VEDEREA CREȘTERII PERFORMANȚELOR ÎN EXPLOATARE</b>	103
6.1 Simularea sistemului de extragere	103
6.2 Studiul influenței funcționării utilajelor de transport - haldare sau depozitare asupra gradului de utilizare a excavatoarelor cu rotor.	111
6.3 Corelații statistice dintre variabilele semnificative în vederea analizei influenței asupra funcționării în timp a sistemului de extragere.	117
6.4 Aplicații ale regresiei liniare multiple	155
<b>CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE</b>	160

<b>BIBLIOGRAFIE</b>	165
<b>Anexa 1 - Programul SCCET. EXE</b>	170
<b>Anexa 2 - Capturi de ecran cu histogramele și diagramele Douanne obținute cu ajutorul programului elaborat</b>	180
<b>Anexa 3 - Situația utilizării excavatoarelor cu rotor și a mașinilor de haldat</b>	186
<b>Anexa 4- Situația centralizată a timpilor care influențează capacitatea de extragere a sistemului.</b>	187
<b>Anexa 5 - Diagramele timpilor pentru toate elementele luate în analiză</b>	189
<b>Anexa 6 - Etapele demersului pentru determinarea corelațiilor semnificative</b>	193
<b>Anexa 7 – Variabilele considerate</b>	201

Studiul utilizării în timp a sistemelor de extragere reprezintă un demers care asigură suficiente argumente pentru decizii, acțiuni și programe de dezvoltare. Creșterea performanțelor în exploatare, cu influență asupra competitivității și eficienței economice a procesului reprezintă un fapt important. În acest sens există o plajă pentru cercetări, care să conducă la îmbunătățirea activităților din industria extractivă.

Exploatarea lignitului în carierele Jilț Sud și Jilț Nord, a presupus soluționarea unui volum mare de probleme de ordin tehnic, tehnologic și organizatoric. S-au elaborat și s-au aplicat studii și proiecte privind tehnicile și tehnologiile de extragere a lignitului care utilizează mașini și utilaje cu funcționare continuă. Acestea au fost achiziționate din import sau din producția indigenă, realizată în colaborare cu firme specializate din străinătate, cu preponderență firme germane.

Din analiza efectuată privind extragerea în bazinul Olteniei, rezultă că în prezent și în viitorul apropiat se va extrage lignit. În consecință, se justifică efectuarea unor cercetări privind creșterea eficienței actualului sistem de mașini și utilaje. Printre altele prin creșterea gradului de utilizare intensivă și extensivă ale acestora. Se ține seama mai ales de posibilitățile modeste de realizare unor investiții mari privind înlocuirea parțială sau totală a mașinilor de pe liniile tehnologice.

Există, atât condiții geologo-miniere avantajoase, cât și dotare tehnică corespunzătoare, este necesar să se facă investigații pentru de creșterea utilizării mașinilor și utilajelor. Prin analiza statistică a modului de funcționare a utilajelor de excavare, transport, haldare și/sau depozitare s-au urmărit timpii de funcționare, respectiv de întreruperi. S-au determinat indicii de utilizare extensivă, intensivă și globală. Analiza efectuată pune în evidență faptul că din punct de vedere tehnologic utilajele din cele două cariere sunt la nivel mondial. Din punct de vedere tehnic (mecanic și electric), se află la nivelul anilor 1970. Se constată că utilajele din carierele analizate sunt folosite doar în proporție de 9 ... 15 %. Cele din Europa occidentală au un grad de utilizare de peste 40 %, cu consumuri specifice mult mai mici.

Studiului efectuat asupra activității de exploatare a lignitului în carieră, a arătat necesitatea implementării unor măsuri de restructurare. Acest proces impune reabilitarea și modernizarea utilajelor de excavare, transport și haldare, pentru a asigura eficiența funcționării carierelor de lignit.

Restructurarea este un proces de mare amploare și importanță, în abordarea căruia se apreciază că trebuie analizate o serie de aspecte specifice. Trebuie adoptate strategii de restructurare care se bazează pe modernizarea instalațiilor și tehnologiilor existente. Obiectivul modernizării îl constituie readucerea stării tehnice a întregului complex de excavare, transport și haldare la starea inițială pentru creșterea capacității de producție. Acest obiectiv se poate realiza prin înlocuirea unor părți din instalațiile electrice și mecanice, sau prin îmbunătățirea sistemului de comunicații și intervenții în carieră.

Costul unitar de producție este în medie constant, variind între 8 și 10\$/tonă. Raportat la un preț mediu de vânzare de aproximativ 13 \$/tonă, implică o rezervă de profit de circa 35%. Aceste date demonstrează faptul că reabilitarea tehnologică a carierelor reprezintă o necesitate imperioasă. Reabilitarea este susținută de efectele pozitive obținute în urma implementării la câteva cariere din bazinul Olteniei.

Obiectivul principal al modernizării utilajelor de carieră, este acela de a optimiza parametrii tehnico-funcționali. Aceasta se poate realiza prin proiectarea unor mecanisme în vederea prelungirii duratei de viață, funcționării în deplină siguranță și cu costuri specifice acceptabile. În scopul atingerii acestui obiectiv, este necesară.

- creșterea gradului de fiabilitate a instalațiilor electro-mecanice.
- alegerea unor componente mecanice și electrice care reclamă foarte puține lucrări de întreținere.
- reducerea greutății brațului de susținere a rotorului la excavatoare și prin aceasta a sollicitărilor statice și dinamice a construcției de rezistență. Aceasta va asigura prelungirea duratei de viață a utilajelor.
- creșterea capacității orare de excavare și a timpului de funcționare în sarcină.

- reducerea consumului specific de energie electrică și eliminarea funcționării în gol a instalațiilor de excavare, transport și haldare.

- reducerea duratei și a cheltuielilor cu întreținerea, reviziile și reparațiile aferente.

Modernizarea excavatoarelor cu rotor vizează, din punct de vedere mecanic, roata cu cupe cu reductorul de acționare și mecanismul de deplasare pe șenile. Din punct de vedere electric trebuie acționat asupra aparatului electric cu comutație dinamică și a instalațiilor electrice de forță, comandă, măsurare și semnalizare. În ceea ce privește mașinile de haldat, lucrările de modernizare trebuie să aibă drept obiectiv echipamentele și instalația electrică. Transportoarele cu bandă supuse modernizării necesită perfecționarea pornirii motoarelor asincrone cu rotorul bobinat prin convertizoare statice și perfecționarea sistemelor de întindere a benzilor transportoare. De asemenea, se impune îmbunătățirea performanțelor rotelor, a benzilor și a îmbinărilor acestora, utilizarea unor sisteme de curățire eficiente a benzii, etc.

Pentru studiul utilizării în timp și la capacitate a sistemelor tehnologice cu o configurație complexă, există o metodologie cu caracter clasic. Aceasta permite cuantificarea gradului de utilizare extensiv, intensiv și global folosind o bază de date ce radiografiază funcționarea sistemului studiat. Dezavantajul acestei metode derivă din faptul că surprinde aspectele cantitative, însă nu pune în evidență aspectele calitative.

Pentru a elimina dezavantajele amintite, în lucrare s-a utilizat în premieră, o altă metodă, bazată pe studii statistice și programe de calcul realizate. Această nouă abordare reprezintă un mijloc eficient și de finețe pentru studiul funcționării sistemelor de extragere, dacă este integrată într-un sistem de monitorizare. Este utilă factorilor de decizie pentru a cunoaște în timp real modul de funcționare a sistemului pe care îl conduc prin procesul decizional. În lucrare s-au valorificat datele privind structura timpului calendaristic din perspectiva timpului de funcționare, a timpilor auxiliari și a timpilor de oprire. Ansamblul timp de funcționare reunit cu timpul auxiliar conduce la definirea timpului de lucru al sistemului. Utilizând baza de date existentă la carierele menționate s-au realizat analize statistice clasice, utilizând reprezentări grafice sub forma unor histograme. Aici sunt menționate toate elementele semnificative ale procesului urmărit, din perspectiva utilizării în timp a complexului de extragere.

Există o serie de timpi din componența timpului calendaristic care consumă din timpul de lucru al sistemului, prin urmare din capacitatea de extragere realizată. Este o analiză succintă și suficient de precisă. Dacă avem în vedere aspecte de finețe și profunzime, metodele clasice de abordare a acestor probleme trebuie aprofundate prin utilizarea unor metodologii și softuri adecvate.

Cât privește determinarea gradului de utilizare a utilajelor de excavare s-a întreprins un studiu de fiabilitate a sistemului de extragere utilizând diagramele Pareto. Se începe cu stabilirea condițiilor ce trebuie îndeplinite de produs pentru a avea siguranță în funcționare, respectiv cu detalierea metodologiei pentru întocmirea diagramelor Pareto. Expunerea problemelor teoretice, referitoare la metodologia precizată a fost urmată de o aplicație concretă pentru E.M.C. Jilț în perioada 2013 și 2014. S-a ținut seama de datele existente din cele două cariere, referitoare la 13 excavatoare cu rotor de 1400 și la 6 mașini de haldat.

Din analiza diagramelor Pareto întocmite, rezultă că aceste utilaje necesită o modernizare în primul rând la.

- excavatoarele cu rotor.
  - rotor cu sistemul de acționare;
  - sistemul de vehiculare;
  - căruciorul de distribuții (BRs)
- mașinile de haldat.
  - tobele transportoarelor cu bandă;
  - sistemul de vehiculare.

În general, pentru acest domeniu a mașinilor tehnologice din cariere studiul de fiabilitate este dificil de realizat, în principal, din următoarele cauze.

- varietate relativ mare de tipuri de mașini și utilaje.
- numărul relativ mare de observații de efectuat.
- lipsa unui sistem informațional adecvat.

- inexistența unor materiale bibliografice concrete privind utilajele tehnologice din cariere, etc.

Pentru un nivel de încredere de 90% și pentru un timp de funcționare de 36.535 ore, respectiv 52 defecte mecanice, MTBF de 54 ore. Intensitatea medie este de 0,0188 defecte pe oră. Pentru un timp de funcționare efectiv de 50 ore, datele precedente conduc la concluzia că fiabilitatea acestor utilaje este cuprinsă între 30 ... 50%. În consecință ele sunt perfectibile.

Metodele statistice cu vizualizarea grafică a rezultatelor oferă noi instrumente de analiză prin utilizarea tehnicii moderne de calcul. Asemenea instrumente de analiză sunt de exemplu diagramele AMSAA – Crow și Douanne, în variantele modificate de Barringer.

Pe baza elementelor teoretice, au fost analizate datele aferente anului 2014 și 2015, furnizate de beneficiar, pe excavatoare, cariere și pe întreaga exploatare. S-au construit diagrame AMSAA –Crow , respectiv Douanne , realizate în utilitarul Excell.

S-a demonstrat viabilitatea acestor procedee pentru a reprezenta, într-un mod sintetic și expeditiv, cu vizualizare grafică, aspectele calitative, integratoare ale siguranței în funcționare. Din acest motiv, s-a propus și s-a realizat o aplicație informatică pentru trasarea diagramelor Douanne. Aceasta este folosită pentru analiza utilizării în timp a excavatoarelor și a celorlalte utilaje din componența liniilor tehnologice.

Utilitatea aplicației informatice a fost demonstrată pe datele din anul 2014 , pentru fiecare excavator, cele două cariere și întreaga exploatare. Această aplicație informatică se constituie într-un instrument de analiză eficient, la îndemâna practicienilor, putând fi ulterior integrat într-un sistem informatic de monitorizare.

Simularea funcționării sistemelor tehnologice, considerând fiabilitatea ca bază pentru prognoza producției reprezintă o abordare originală și în premieră în țara noastră. Producția instantanee este definită ca rezultat al unui sistem cu parametri medii. Aceștia sunt influențați de probabilitatea existenței fluxului de material, de probabilitatea operațională a sistemului și de caracterul continuu al funcționării. Toate acestea sunt implementate într-un sistem informatic dinamic. Sistemul permite optimizarea parametrilor și poate fi adăugat sistemului de monitorizare și conducere a procesului.

Studiul influenței funcționării utilajelor asupra gradului de utilizare a excavatoarelor cu rotor pune în evidență rezervele existente pentru îmbunătățirea procesului și din această perspectivă. Analiza efectuată are la bază situația existentă în cariere privind utilizarea sistemelor de mașini. Ea a fost efectuată în detaliu pentru anul 2015 și la general pentru perioada 2013 ... 2016.

Măsurile și direcțiile de cercetare ce urmează a fi parcurse sunt menționate sintetic dar suficient de bine detaliat. Acestea reprezintă soluții posibile și viabile pentru îmbunătățirea procesului de extragere. Aceste măsuri și direcții sunt detașate în urma cercetărilor teoretice, a celor experimentale cât și în baza experienței existente în domeniul abordat.

Utilizând softul SP SS – SELF – SERVICE DATA ANALYTICS, pentru prima dată la noi în țară, s-a elaborat un studiu statistic detaliat. Se au în vedere variabilele dependente și independente care definesc, din perspectiva utilizării în timp, elementele componente ale complexului de extragere.

S-au efectuat teste de normalitate, s-au aplicat artificii matematice în zonele mai puțin acoperite cu informație. De asemenea, s-au elaborat metode de regresie multiplă pentru motivarea statistică a variabilelor dependente versus variabilele independente și s-au stabilit corelațiile utile între acestea.

Modelele utilizate pentru elaborarea corelațiilor sunt modelul Pearson, modelul Summary și modelul ANOVA. Acest demers permite înțelegerea profundă a funcționării în timp a componentelor sistemului de extragere prin prisma influenței reciproce.

Se oferă un tablou destul de complex, care presupune un anumit nivel de pregătire, dar care poate conduce la decizii bine argumentate. Aceste decizii trebuie urmate de acțiuni care să conducă la creșterea utilizării în timp a sistemului supus analizei.

## *Contribuții personale*

Se pot menționa o multitudine de aspecte care au fost abordate pentru prima dată la noi în țară într-o lucrare de asemenea importanță.

S-a elaborat o analiză critică a sistemului de extragere, mai ales din perspectiva studierii gradului de utilizare în timp a acestuia.

S-a decelat, pentru prima dată starea utilizării în timp a complexelor de extragere din țară versus sistemele întâlnite în țări cu industrie modernă. S-au adunat, ordonat, și ierarhizat numeroase date, prin culegerea acestora în situații reale și pe durate de timp reprezentative (peste un an).

S-au obținut valori pentru coeficienții de utilizare privind studiul de caz referitor la carierele Jił.

Elaborarea unui studiu privind fiabilitatea elementelor componente ale sistemului de extragere și influența acestuia asupra gradului de utilizare a sistemului în ansamblu.

Utilizarea diagramelor probabilistice, oferă noi instrumente de analiză, beneficiind și de facilitățile tehnicii moderne de calcul.

Au fost analizate date aferente unor perioade de timp pe baza elementelor teoretice fundamentate, construind diagrame AMSAA- Crow, respectiv Duoanne. S-a demonstrat viabilitatea acestor procedee.

Simularea funcționării sistemelor tehnologice de extragere considerând fiabilitatea ca bază pentru prognoza producției unui sistem cu funcționare continuă.

Implementarea într-un sistem informatic dinamic a tuturor elementelor de influență permit optimizarea parametrilor. Într-un viitor apropiat există premisele adăugării acestuia la sistemul de monitorizare și conducere a procesului.

Studiul statistic elaborat prin utilizarea softului, a permis obținerea unor rezultate în premieră privind influențele reciproce și corelațiile posibile.

Decelarea unui set de măsuri și direcții de acțiune pentru îmbunătățirea utilizării în timp a complexelor de extragere.

## *Direcții de cercetare*

În viitor, cercetările vor trebui continuate pentru că există un câmp larg de acțiune care să asigure performanță și eficiență economică.

Cercetări privind conceperea, proiectarea și realizarea unui sistem de monitorizare integrat pentru sistemele de extragere utilizate în bazinul Olteniei.

Studiul punctelor vulnerabile în vederea stabilirii unor strategii de acțiune, fie pentru modernizarea unor elemente, fie pentru intensificarea și modernizarea sistemelor de mentenanță.

Cercetări privind modernizarea tehnologiilor de extragere care să îmbunătățească timpul de funcționare, prin raționalizarea elementelor componente ale timpului auxiliar.

Cercetări privind posibilitățile de micșorare a rezistenței specifice la tăiere prin utilizarea unor tehnici de fisurare, în vederea micșorării consumului specific de energie.

Cercetări privind modernizarea și integrarea într-un concept general, a sistemelor de automatizare individuale utilizate în construcția elementelor componente ale sistemelor de extragere.