

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

**ȘCOALA DOCTORALĂ INGINERIA SISTEMELOR
BIOTEHNICE**

**TEZĂ DE DOCTORAT
REZUMAT**

**CERCETĂRI PRIVIND MENTENANȚA MAȘINILOR AGRICOLE DE
SEMĂNAT PLANTE PRĂȘITOARE**

**RESEARCH ON THE MAINTENANCE OF AGRICULTURAL MACHINES
FOR SOWING WEEDY PLANTS**

**Conducător științific:
Prof. univ. dr. ing. Gheorghe VOICU**

**Doctorand:
Ing. Olian-Bogdan ROȘU**

București, 2025

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

**ȘCOALA DOCTORALĂ INGINERIA SISTEMELOR
BIOTEHNICE**

Nr. Decizie..... din.....

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND MENTENANȚA MAȘINILOR AGRICOLE DE
SEMĂNAT PLANTE PRĂȘITOARE**

**RESEARCH ON THE MAINTENANCE OF AGRICULTURAL MACHINES
FOR SOWING WEEDY PLANTS**

Autor: Ing. Olian – Bogdan ROȘU

Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. ing. Gheorghe VOICU

COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof. Habil. dr. ing. Sorin-Ștefan BIRIȘ	de la	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București
Conducător de doctorat	Prof. dr. ing. Gheorghe VOICU	de la	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie București
Referent	CS1. dr. ing. Nicolae-Valentin VLĂDUȚ	de la	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mașini și Instalații destinate Agriculturii și Industriei Alimentare – INMA București
Referent	Prof. dr. ing. Răzvan-George RÎPEANU	de la	Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești
Referent	Prof. dr. ing. Vasile PĂDUREANU	de la	Universitatea Transilvania din Brașov

București, 2025

PREFAȚĂ

Teza de Doctorat „Cercetări privind mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare” prezintă o sinteză a cercetărilor teoretice și experimentale referitoare la mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare.

Lucrarea este structurată pe 6 capitole, 214 pagini, 110 figuri și grafice, 25 tabele, și o bibliografie alcătuită din 134 referințe bibliografice. Pe parcursul derulării tezei de doctorat, au fost elaborate 6 lucrări științifice în care au fost prezentate rezultatele obținute.

Capitolul 1, „*Importanța și obiectivele tezei de doctorat*” cuprinde aspecte legate de importanța temei abordate.

Capitolul 2, „*Ciclul de viață al produselor și activitatea de mentenanță*” prezintă noțiuni despre ciclul de viață al produselor, importanța mentenanței pentru fiabilitatea unei mașini, noțiuni despre indicatorii de mentenanță și concepte moderne și managementul activității de mentenanță.

În Capitolul 3, „*Analiza stadiului actual de dezvoltare a mentenanței sistemelor tehnice, în corelație cu analiza de fiabilitate specifică*”, sunt prezentate cercetări referitoare la studiile teoretice privind fiabilitatea, inclusiv unele scheme logice de verificare a mentenanței, elemente de modelare a fiabilității sistemelor tehnice

În Capitolul 4, „*Contribuții teoretice în domeniul fiabilității și mentenanței mașinilor agricole de semănat plante prășitoare*”, se prezintă o structură a mașinilor agricole de semănat cu identificarea elementelor cele mai predispuse la uzură, modalități de aplicare a metodelor arborilor de defectare și de mentenanță la semănători, prezentarea și organizarea unui service pentru mașini agricole

În Capitolul 5, „*Cercetări experimentale privind fiabilitatea și mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare*”, sunt prezentate activitățile de mentenanță pentru o semănătoare de plante prășitoare Väderstad, model Tempo F8, precum și cercetările experimentale privind comportarea la uzură a discurilor brăzdar, simularea procesului de uzură a discului prin pierderile de masă, activitatea de mentenanță a semănătorii menționate

În Capitolul 6, „*Concluzii finale, contribuțiile personale și propuneri pentru cercetări viitoare*” sunt prezentate concluziile formulate în baza cercetărilor efectuate în cadrul tezei, contribuțiile personale ale autorului și propuneri pentru direcții de cercetare viitoare

Pe perioada desfășurării stagiului de elaborare a tezei am fost susținut și îndrumat de mai multe persoane și instituții pentru care doresc să-mi exprim întreaga recunoștință.

În primul rând, cu deosebită recunoștință, stimă și respect adresez cele mai sincere mulțumiri domnului Prof. univ. dr. ing. Gheorghe Voicu, în calitate de conducător științific, pentru răbdarea, încurajările constante, îndrumarea deosebit de valoroasă, sprijinul și ajutorul pe care mi le-a acordat pe parcursul întregii perioade de cercetare și elaborare a tezei de doctorat.

În continuare doresc să mulțumesc în mod sincer și respectuos membrilor comisiei de îndrumare și integritate academică formată din domnul Prof. dr. ing. Paraschiv Gigel, domnul Prof. dr. ing. George Ipate, domnul Conf. dr. ing. Gabriel-Alexandru Constantin pentru sugestiile constructive și deschiderea arătată pe parcursul acestor ani de studiu. Totodată doresc să adresez mulțumiri domnului Prof. dr. ing. Sorin-Stefan Biriș, care acceptat să fie președintele comisiei de doctorat, domnilor Prof. dr. ing. Edmond Maican, Ș.l. dr. ing. Mușuroi Gabriel și Prof. dr. ing. Ilie Filip pentru observațiile valoroase care au contribuit la perfecționarea și finalizarea acestei teze.

Adresez calde mulțumiri Universității Naționale de Știință și Tehnologie POLITEHNICA din București pentru asigurarea cadrului organizatoric de desfășurare a activității de doctorat.

Mulțumesc conducerii companiei unde îmi desfășor activitatea și fermierilor care au facilitat desfășurarea cercetărilor experimentale, manifestând disponibilitate și sprijin.

Mulțumesc membrilor comisiei de doctorat pentru recomandările formulate.

În încheiere, doresc să mulțumesc soției mele pentru înțelegere, sfaturi, sprijinul necondiționat pe toată durata studiilor doctorale, și familiei care întotdeauna a pus accent pe importanța unei bune educații.

CUPRINS

T R

CAPITOLUL 1 - IMPORTANȚA ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT..12...6	
1.1. Importanța temei abordate.....12...6	
1.2. Considerații generale privind menținerea mașinilor agricole de semănat plante prășitoare.....12...6	
1.3. Scopul și obiectivele tezei de doctorat.....15...6	
CAPITOLUL 2 - CICLUL DE VIAȚĂ AL PRODUSELOR ȘI ACTIVITATEA DE MENȚINERĂ.....17...7	
2.1. Introducere. Ciclul de viață al produselor.....17...7	
2.2. Obiectivele și importanța activităților de menținere.....19...7	
2.2.1. Factori cu influență decisivă în menținerea sistemelor tehnice.....20...8	
2.3. Fiabilitate, menținabilitate, disponibilitate, menținere.....21...8	
2.3.2. Menținabilitatea, disponibilitatea și menținerea sistemelor tehnice. Indicatori specifici activităților de menținere.....34...12	
2.4. Managementul activităților de menținere.....42...15	
2.4.1. Domenii și trăsături specifice managementului activităților de menținere.....42...15	
2.4.2. Concepte moderne de management al activităților de menținere.....44...15	
2.5. Concluzii privind ciclul de viață al produselor și activitatea de menținere.....51...16	
CAPITOLUL 3 - ANALIZA STADIULUI ACTUAL DE DEZVOLTARE A MENȚINERII SISTEMELOR TEHNICE, ÎN CORELAȚIE CU ANALIZA DE FIABILITATE SPECIFICĂ.....54...17	
3.1. Elemente generale.....54...17	
3.2. Sinteza studiilor și cercetărilor teoretice privind fiabilitatea și menținerea mașinilor agricole (ca sisteme tehnice). Scheme logice de verificare și menținere.....55...17	
3.2.1. Clasificarea mașinilor agricole.....55...17	
3.2. Scheme logice de verificare și menținere.....61...17	
3.3 Elemente generale privind modelarea fiabilității sistemelor mecanice.....71...20	
3.3.1. Modele de evaluare a menținabilității sistemelor mecanice.....71...20	
3.3.2. Parametrii caracteristici pentru fiabilitatea echipamentului mecanic.....71...20	
3.3.3. Evaluarea fiabilității în funcție de menținere.....72...20	
3.4. Sinteza unor cercetări experimentale în domeniul fiabilității și menținerii sistemelor tehnice agricole.....76...21	
3.5. Concluzii privind analiza stadiului actual de dezvoltare a menținerii sistemelor tehnice, în corelație cu analiza de fiabilitate specifică.....91...22	
CAPITOLUL 4 - CONTRIBUTII TEORETICE ÎN DOMENIUL FIABILITĂȚII ȘI MENȚINERII MAȘINILOR AGRICOLE DE SEMĂNAT.....73...23	
4.1. Considerații generale privind structura unei mașini agricole de semănat plante prășitoare.....93...23	
4.2. Structura de bază a mașinilor agricole de semănat, în vederea analizei de fiabilitate.....97...23	
4.3. Studiul fenomenelor de frecare la nivelul tribosistemului organ de lucru-sol.....100...24	
4.4. Starea limită de uzură a pieselor mașinilor agricole de semănat plante prășitoare.....104...26	

4.4.1. Specificații generale privind starea limită de uzură.....	104...26
4.4.2. Studiul uzurii la organele de lucru ale mașinii de semănat. Starea limită de uzură.....	106...26
4.4.3. Modelarea procesului tribologic de uzare a discurilor brăzdar prin pierderea de masă.....	115...26
4.5. Statistici privind componentele cele mai schimbate la mașinile agricole de semănat plante prășitoare.....	117...27
4.6. Metode de măsurare a uzurii componentelor la mașinile de semănat.....	119...27
4.7. Metoda arborilor de defectare și a arborilor de mentenanță cu aplicație în mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare.....	121...28
4.8. Prezentarea și organizarea unui service pentru mașini agricole.....	129...31
4.9. Asigurarea pieselor de schimb pentru mașinile de semănat plante prășitoare.....	141...34
4.10. Fluxul aprovizionării cu piese de schimb.....	145...34
4.11. Concluzii.....	145...34

CAPITOLUL 5 - CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND FIABILITATEA ȘI MENTENANȚA MAȘINILOR AGRICOLE DE SEMĂNAT PLANTE

PRĂȘITOARE.....	148...36
5.1. Mentenanța pentru semănătoarea Väderstad, model Tempo F8.....	148...36
5.2. Cercetări experimentale privind comportarea la uzură a discurilor brăzdar ale mașinilor de semănat.....	154...37
5.2.1. Metodele experimentale de stabilire a limitelor de uzură la discurile brăzdar.....	154...37
5.2.2. Cercetări experimentale privind uzura dimensională a discurilor brăzdar.....	160...40
5.2.3. Cercetări experimentale privind uzura prin pierderea de masă a discurilor brăzdar.....	170...43
5.2.4. Cercetări experimentale privind duritatea materialului discurilor brăzdar.....	172...44
5.2.5. Cercetări experimentale structura metalografică a materialului discurilor brăzdar.....	176...45
5.3. Simularea procesului tribologic de uzare a discurilor brăzdar prin pierderea de masă.....	178...46
5.4. Determinări experimentale pentru repararea semănătorilor.....	181...47
5.4.1. Reparația unei semănători pentru plante prășitoare Väderstad, model Tempo F 8.....	181...47
5.4.2. Determinarea experimentală a necesarului de piese de schimb într-un service.....	183...48
5.4.3. Determinarea fiabilității unei semănători.....	185...49
5.5. Concluzii.....	187...50

CAPITOLUL 6 – CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PROPUNERI PENTRU CERCETĂRI VIITOARE

6.1. Concluzii generale.....	188...51
6.2. Concluzii privind cercetările experimentale.....	193...52
6.3. Contribuții personale.....	196...53
6.4. Propuneri pentru cercetări viitoare.....	197...53

Bibliografie.....	198...55
--------------------------	-----------------

CAPITOLUL 1 - IMPORTANȚA ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

1.1. Importanța temei abordate. Considerații generale privind mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare

Importanța temei abordate în prezenta teză de doctorat trebuie privită și încadrată în contextul actual de dezvoltare a agriculturii și a tendințelor de perspectivă ale acesteia, aspecte care de altfel, au stat la baza realizărilor din domeniul mașinilor agricole, în general și al celor de semănat, în special și care au ținut cont de dinamica economică mondială privită sub aspectul demografic în continuă creștere și a schimbărilor climatice, manifestate printr-o creștere a temperaturilor pe glob și o dereglare a distribuției anuale a acestora coroborată cu diminuarea drastică a precipitațiilor, agricultura fiind ramura economică care trebuie să asigure hrana de zi cu zi a miliarde de oameni de pe planetă.

Considerații generale privind mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare

Mentenanța utilajelor în general reprezintă un cumul de operații de întreținere și reparații menit să conducă la menținerea fiabilității utilajului respectiv pe toată durata de viață a acestuia.

Rolul mentenanței în activitatea agenților economici din agricultură a crescut substanțial în ultima perioadă, acesta fiind determinat de o serie de factori, după cum urmează:

- creșterea considerabilă a cheltuielilor de producție și implicit a prețului de vânzare a utilajelor agricole ca urmare a creșterii complexității constructive a acestora (în mod deosebit prin echiparea cu sisteme de precizie, monitorizare și control), a costului cu materiile prime și materialele, cu forța de muncă și energia;
- pierderile crescute cauzate de scoaterea din producție prin staționarea utilajelor în situațiile de defectare din ce în ce mai neprevăzute;
- creșterea cheltuielilor cu mentenanța prin majorarea ponderii acestora în procesul de exploatare a utilajelor;
- alți factori aleatori precum seceta prelungită, umiditatea în exces sau aspecte economice globale.

Un factor deosebit de important, alături de lucrările de întreținere efective, în menținerea stării bune de funcționare a utilajelor agricole, îl constituie modul de stocare al acestora pe perioada de neutilizare. În acest sens, înainte de stocare, mulți dintre dealeri sau fermieri, recomandă lucrări specifice, de la caz la caz, în funcție de tipul utilajului [114;117;118].

Scopul prezentei teze de doctorat este optimizarea activităților de mentenanță pentru mașinile agricole de semănat plante prășitoare, prin îmbinarea studiilor teoretice și experimentale de fiabilitate și mentenabilitate cu propuneri practice menite să crească performanța, durabilitatea și eficiența acestora. În acest sens, cercetarea urmărește elaborarea unui cadru metodologic integrat pentru analiza și optimizarea mentenanței, dezvoltarea și aplicarea unor metode de evaluare a fiabilității adaptate condițiilor specifice de exploatare, precum și formularea de soluții constructive și organizatorice pentru reducerea costurilor de întreținere și prelungirea duratei de viață a utilajelor.

Obiectivul general al tezei îl reprezintă analiza activității de mentenanță a mașinilor agricole de semănat plante prășitoare în scopul prezentării de informații utile în vederea optimizării acesteia, prin dezvoltarea și aplicarea unor metode de evaluare a fiabilității și mentenabilității adaptate condițiilor specifice de exploatare și propunerea unor soluții constructive și organizatorice pentru creșterea duratei de viață și reducerea costurilor de întreținere.

CAPTITOLUL 2 - CICLUL DE VIAȚĂ AL PRODUSELOR ȘI ACTIVITATEA DE MENTENANȚĂ

2.1. Introducere. Ciclul de viață al produselor

Timpul parcurs de la momentul luării deciziei de realizare a unui produs și până la retragerea acestuia constituie ciclul de viață, acesta reprezentând o succesiune de faze, legate între ele, care începe cu achiziția materialelor și continuă până la faza de post-utilizare.

Ciclul de viață tipic pentru un produs, poate fi reprezentat grafic conform fig. 2.1., [40]. Produsul „A”, curba continuă, este cel inițial iar produsul „B”, curba întreruptă, reprezintă o variantă nouă.

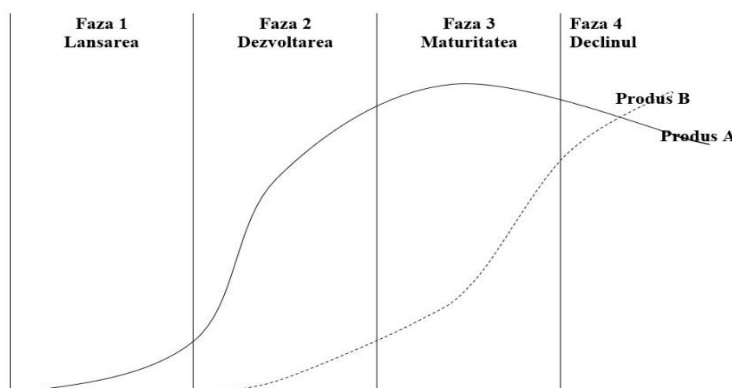


Fig. 2.1. Ciclul de viață al produselor, [40]

O analiză de acest gen trebuie să urmărească separat fiecare fază în dezvoltarea produsului, pentru că poate conduce la schimbări în condițiile de realizare a procesului concurențial caracterizat de: numărul de fabricanți, mărimea și omogenitatea pieței și restricțiile referitoare la accesul, pe piață.

2.2. Obiectivele și importanța activităților de mentenanță

Obiectivele principalele ale mentenanței constau în menținerea instalațiilor tehnologice și a utilajelor în stare bună de funcționare, printr-o strategie de mentenanță în care operațiile de întreținere și reparații să fie cât mai optime, cu cheltuieli și consumuri de resurse materiale și financiare minime.

În practica folosită cu preponderență, cele mai utilizate sisteme de mentenanță sunt:

- sistemul de mentenanță corectivă; sistemul de mentenanță preventivă (planificat); sistemul de mentenanță complexă; sistemul de mentenanță paleativă.

Sistemul de mentenanță corectivă - folosește un ansamblu de măsuri care să asigure:

- reproiectarea unor elemente funcționale noi care să le înlocuiască pe cele care nu realizează parametrii funcționali în concordanță cu cei prevăzuți în documentația proiectată inițial;
- proiectarea și realizarea sau dotarea cu DMM-uri adecvate mentenanței produsului;
- prevederea măsurilor de eliminare a cauzelor care conduc la obținerea unei fiabilități necorespunzătoare a produsului de serie.

Sistemul de mentenanță preventiv (planificat) - înseamnă totalitatea măsurilor adoptate preventiv în scopul diminuării uzurii utilajelor, menținerii în stare bună de funcționare

Factorii cu influență decisivă în mentenanța sistemelor tehnice

Pentru ca mentenanța să-și atingă ținta stabilită, este important să se țină seama de o serie de factori, după cum urmează:

a) *Accesibilitatea pentru mentenanță* – aceasta presupune ca utilajul să permită accesul facil la efectuarea operațiilor de demontare-montare, iar accesibilitatea este caracterizată de *coeficientul de accesibilitate* C_a definit conform relației (2.1):

$$C_a = \frac{H_B}{H_b + H_s} \quad (2.1)$$

unde:

H_b – volumul consumat cu manopera pentru lucrările demontare – montare a unei componente sau unui subansamblu funcțional, exprimat în ore-om;

H_s – reprezintă volumul de manoperă utilizat pentru lucrările suplimentare realizate în cadrul lucrărilor de bază de demontare – montare, exprimat în ore-om.

O accesibilitate acceptabilă este atunci când C_a este mai mare decât 0,5.

b) **Demontabilitatea** – este capacitatea unui utilaj de a asigura accesul ușor la demontarea-montarea elementelor componente, cu manoperă și resurse minime, în mod deosebit pentru componentele cu frecvență ridicată de defectare sau supuse unui grad rapid de uzură.

c) **Interschimbabilitatea** – este capabilitatea unui utilaj de a facilita utilizarea unor elemente compensatorii tehnice sau tehnologice, pentru preluarea anumitor abateri de montaj, în niște limite acceptabile din punct de vedere tehnic, contribuind într-o oarecare măsură la reducerea pieselor de schimb și implicit a cheltuielilor cu mentenanța utilajului.

d) **Standarizarea și tipizarea** – facilitează realizarea sistemelor tehnice în construcții modulare, ceea ce înseamnă un proces de fabricație mai ieftin, conducând la eficientizarea proceselor de mentenanță prin simpla înlocuire a ansamblurilor funcționale ce conțin elemente uzate sau defecte.

2.3. Fiabilitate, mentenabilitate, disponibilitate, mentenanță

2.3.1. Fiabilitatea sistemelor tehnice. Noțiuni generale. Funcții utilizate în analiza de fiabilitate. Indicatori de fiabilitate. Modele logice de fiabilitate

A. Noțiuni generale, terminologie și etapele de realizare a fiabilității

Fiabilitatea reprezintă aptitudinea unui sistem tehnic de a-și realiza funcția pentru care a fost conceput în condiții specificate pe o anumită perioadă de timp. Abordată în mod cât mai științific, fiabilitatea poate duce la rezolvarea multor probleme ale producătorilor [115].

Mentenabilitatea este un atribut calitativ al unui sistem tehnic și înseamnă capacitatea acestuia, în condiții de utilizare specificate, de a fi menținut în starea de a-și realiza funcțiile în condițiile în care atunci atât întreținerea cât și reparațiile se realizează în condițiile specifice sistemului respectiv.

Disponibilitatea reprezintă capacitatea unui sistem tehnic de a-și realiza funcțiile specifice după o perioadă de timp folosită pentru reparații.

Mentananta este un ansamblu de acțiuni tehnico - organizatorice în vederea menținerii sau restabilirii funcționalității unui sistem tehnic pentru ca acesta să-și poată realiza funcțiunile pentru care a fost realizat conform instrucțiunilor specificate.

Funcția de fiabilitate $R(t)$ se utilizează atunci când se vrea determinarea fiabilității sistemului, adică probabilitatea ca sistemul să funcționeze normal la un moment t , iar funcția de reparație $F(t)$ se utilizează când se determină probabilitatea ca sistemul să se defecteze într-un interval de timp $(0, t)$. Din această cauză funcția de repartiție $F(t)$ mai este numită și **funcția de defectare sau de ne-fiabilitate a sistemului**, [101].

Fiabilitatea sistemelor se poate pune în evidență prin intermediul unor parametri, precum:

- **Media timpului de funcționare fără defectare**, exprimată prin relația (2.5), [101]:

$$M(T) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt. \quad (2.5)$$

În teoria fiabilității pentru $M(T)$, a variabilei T se folosește notația **MTTF**, prescurtarea de la **Mean Time To Failure** (Timpul mediu până la defectare), conform (2.6), [101]:

$$MTTF = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \quad (2.6)$$

B. Funcții utilizate în analiza de fiabilitate

Având în vedere multitudinea de elemente care sunt luate în calcul pentru evaluarea fiabilității unui utilaj și varietatea acestora, pentru a permite realizarea unei analize a fiabilității cât mai apropiată de situația reală, se utilizează o serie de funcții, după cum urmează:

- *Funcția risc de defectare; fiabilitatea condiționată; legi de repartiție a funcției de fiabilitate.*

1. Legea exponențială

De-a lungul perioadei de utilizare, în viața unui sistem tehnic există trei perioade, astfel, [29]:

1. *Perioada de rodaj* este perioada de timp t_1 , când riscul de defectare scade cu timpul. La punerea în funcțiune a sistemului încep să apară defecte de fabricație ascunse, riscul de defectare micșorându-se după un anumit timp de la punerea în funcțiune.

2. *Perioada de funcționare normală* este perioada dintre momentele de timp t_1 și t_2 . După trecerea perioadei de rodaj, urmează perioada în care riscul de defectare se stabilizează și devine constant fără să mai depindă de timp.

3. *Perioada de îmbătrânire* a echipamentului reprezintă perioada ulterioară momentul t_2 , când sub influența anumitor factori fizici și chimici sau de altă natură, componentele sistemului se degradează ireversibil și riscul de defectare crește odată cu trecerea timpului.

Graficul funcției empirice referitoare la riscul de defectare, obținut din statistici, are forma celei prezentată în fig. 2.3.

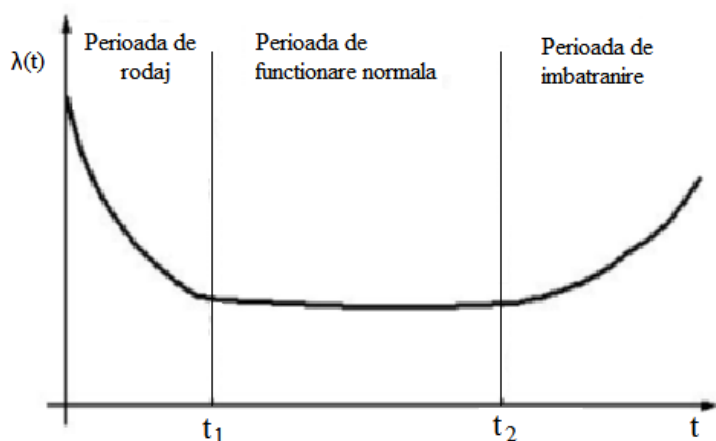


Fig. 2.3. Funcția empirică risc de defectare ("cadă de baie"), [29]

2. Legea normală

În perioada de exploatare a unui sistem tehnic apar de regulă două tipuri de defecțiuni, unele „neșteptate” cu caracter aleatoriu care sunt descrise suficient de bine de legea exponențială și altele „treptate”, care au drept cauză fenomenul de îmbătrânire a unor elemente componente ale sistemului care sunt descrise suficient de bine de legea normală.

Densitatea de probabilitate calculată după legea normală $N(m, \sigma)$ are expresia dată de funcția (2.12), [101]:

$$f(t; m, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)^2\right], t \in \mathbb{R}, \quad (2.12)$$

unde: m este valoarea medie iar σ^2 este dispersia.

C. Indicatori de fiabilitate

C.1. Indicatori de fiabilitate ai elementelor nereparabile

Fiabilitatea unui produs, în general, este caracterizată prin anumiți indicatori care pot determina evoluția acestora în timp, după cum urmează:

1. Funcțiile caracteristice, conform tabel 2.1.

Tabel 2.1. Funcțiile caracteristice ale fiabilității

Denumire	Simbol	Semnificație
Funcția de fiabilitate	$R(t)$	Exprimă probabilitatea unui sistem tehnic de a funcționa în condiții stabilite de-a lungul unei perioade date.
Funcția de nonfiabilitate (probabilitatea de defectare)	$F(t)$	Exprimă probabilitatea ca un element să se defecteze în intervalul $(0, t)$.
Funcția densității defecțiunilor	$f(t)$	Înseamnă raportul dintre numărul de defectări într-o unitate de timp și numărul inițial de elemente aflate în funcționare.
Dispersia timpului de funcționare	D	Este abaterea timpilor de bună funcționare de la media aritmetică a acestora.
Abaterea medie pătratică	σ	Exprimă capabilitatea unui proces de a se încadra în anumite limite de precizie stabilite.
Cuantila timpului de funcționare	t_F	Perioada de timp în care un produs își realizează funcțiunile cu o anumită probabilitate.

2. Rata de defectare

Pune în evidență pericolul de defectare, asigurând totodată stabilirea fiabilității componentei la orice moment. Totodată, rata de defectare este considerată un indicator local al fiabilității care redă numărul de defecțiuni în unitatea de timp, la un anumit moment.

3. Timpul de bună funcționare

Timpul mediu de bună funcționare (MTBF) reprezintă raportul între suma timpilor de bună funcționare (t) și numărul defectărilor (N) survenite în funcționarea echipamentului și se exprimă prin relația (2.24), [104]:

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} \quad (2.24)$$

C.2. Indicatori de fiabilitate ai elementelor reparabile

1. **Timpul mediu de reparare** – simbolizat MTR, înseamnă valoarea medie a intrărilor în funcțiune, pentru sistemul verificat.

2. **Rata reparării** – simbolizată RR, reprezintă numărul reparărilor raportat la perioada de viață.

3. Fiabilitatea sistemelor

3.1. Cu structură serie

În cazul acestui tip, sistemul îndeplinește conexiunea și funcționează ca întreg, dacă funcționează toate elementele componente ale acestuia și dacă un element se defectează, întreg sistemul se defectează, [16]. Rezultă că fiabilitatea sistemului este mai mică decât fiabilitatea oricărui element, aceasta micșorându. Fiabilitatea globală a sistemului este conform relației (2.25):

$$R_{\text{sis}}(t) = R_1(t) * R_2(t) * R_3(t) \dots R_n(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (2.25)$$

3.2. Cu structură paralelă

În cazul acestei structuri, funcția unui element este preluată de alt element, astfel că sistemul va putea funcționa până se defectează și ultimul element component [16].

Defectarea sistemului cu structură paralelă se întâmplă, teoretic, după defectarea tuturor

Sistemul cu structură paralel are avantajul că poate conduce la o fiabilitate înaltă utilizând elemente cu fiabilitate mai mică, fiabilitatea sistemului ca un tot unitar fiind mai mare decât cea mai mare fiabilitate din sistem: $R_{sis}(t) > \max R_i(t)$.

3.3. Cu structură mixtă

Sistemele cu structură mixtă, de tip *serie-paralel*, sunt des întâlnite în practică iar schema structurală este formată din m ramuri în paralel și n elemente în serie, fiabilitatea unei ramuri determinându-se cu relația (2.26):

$$R_j(t) = \prod_{i=1}^n R_{ji}(t) \quad (2.26)$$

D. Modele (Scheme) logice de fiabilitate

În economie se lucrează de cele mai multe ori cu produse complexe, alcătuite adesea din mai multe elemente simple, asamblate după rolul funcțional, împreună formând un sistem, caracteristicile de fiabilitate ale componentelor alcătuind fiabilitatea întregului sistem [101].

D.2. Sisteme cu schemă logică de fiabilitate de tip serie

În situația în care un anumit element defect conduce la defectarea sistemului (alcătuit din n elemente simple), se poate spune, conform fiabilității, că există schemă logică de fiabilitate de tip serie fig. 2.6., în acest caz, probabilitatea de bună funcționare fiind conform (2.32):

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (2.32)$$

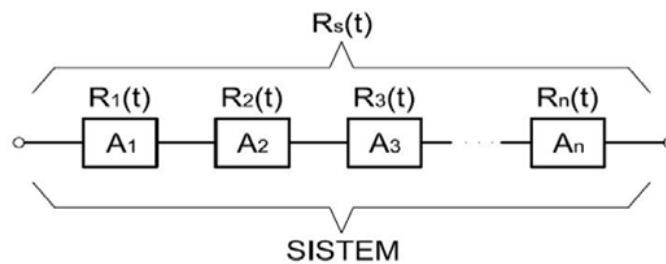


Fig. 2.6. Schemă logică de fiabilitate de tip serie, [101]

În concluzie, ca sistemul să funcționeze, este obligatoriu ca toate elementele A_1, A_2, \dots, A_n să funcționeze.

În cazul particular, dacă ratele de defectare sunt constante ($z_i(t) = \lambda_i$) rezultă relația (2.33):

$$R_s(t) = \exp(-\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot t) = \exp(-A_s \cdot t) \quad (2.33)$$

unde: $A_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ — este rata de defectare echivalentă a sistemului.

D.3. Sisteme cu schemă logică de fiabilitate de tip paralel

Există și situații când sistemul este defect numai când toate componentele se defectează și, prin urmare, sistemul ar funcționa dacă măcar un element ar fi în stare de funcționare. În astfel de situații se spune că sistemul are o schemă logică de fiabilitate de tip paralel. În general pentru un sistem alcătuit din "n" elemente schema este conform celei din fig. 2.7.

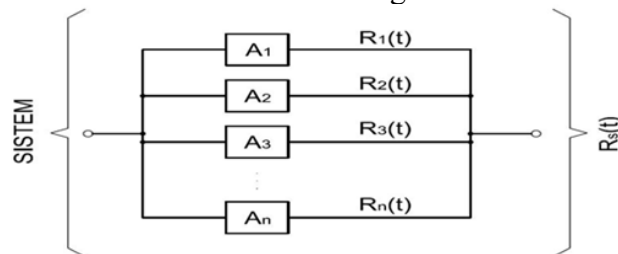


Fig. 2.7. Schemă logică de fiabilitate de tip paralel, [101]

Probabilitatea ca sistemul în întregime să fie defect este conferită de probabilitatea ca toate celelalte elemente componente să fie defecte, și se scrie conform relației (2.34):

$$F_p(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t) \quad (2.34)$$

Funcția de fiabilitate va fi conform (2.35):

$$R_p(t) = 1 - F_p(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)] \quad (2.35)$$

2.3.2 Menenabilitatea, disponibilitatea și menenanța sistemelor tehnice. Indicatori specifici activităților de menenanță

A. Menenabilitatea

Privită din punctul de vedere al întreținerilor și reparațiilor, menenabilitatea este o însușire calitativă a sistemului și prezintă două aspecte:

1. **Aspectul calitativ** – sistemul putea fi monitorizat, întreținut și reparat într-un anumit timp și în condiții specificate;

2. **Aspectul cantitativ** – însușirea sistemului caracterizată prin probabilitatea restabilirii funcționalității la parametrii inițiali, în momentul când apare un defect.

Se numește **funcție de menenabilitate** sau funcția reparării la timp a sistemului și se notează cu $M(t)$, probabilitatea de restabilire în totalitate a funcțiilor sistemului la un moment t și de determină conform relației (2.51):

$$M(t) = P(T < t), \quad (2.51)$$

unde:

$M(t)$ - probabilitatea ca repararea sistemului să fie finalizată în intervalul de timp $(0, t)$.

Dacă se presupune că variabila aleatoare T are densitate de probabilitate funcția continuă $g(t)$

B. Disponibilitatea sistemelor tehnice

Înseamnă calitatea unui sistem tehnic de a-și realiza funcția specifică după o perioadă de timp utilizată pentru reparații. Disponibilitatea unui sistem tehnic depinde atât de fiabilitatea acestuia cât și de activitatea de menenanță și este definită astfel:

$$\text{Disponibilitatea} = \frac{\text{Timpul de functionare}}{\text{Timpul de functionare} + \text{Timpul de intrerupere}}$$

În studiul disponibilității sunt definite și utilizate unele noțiuni, și anume:

Disponibilitate instantanee sau punctuală, $A(t)$ - probabilitatea ca un sistem să fie disponibil pentru folosire la un moment de timp t după punerea sa în funcțiune.

Disponibilitatea medie pe un interval de timp $(t_1; t_2)$ sau disponibilitatea unei misiuni de la t_1 la t_2 este definită prin relația (2.53):

$$A_m(t_2 - t_1) = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} A(t) dt. \quad (2.53)$$

unde: $A_m(t_2 - t_1)$ reprezintă media disponibilității pe parcursul unei misiuni în care sistemul este disponibil pentru utilizare în intervalul (t_1, t_2) .

Disponibilitatea permanentă, A_s , - probabilitatea ca un sistem să fie disponibil pentru folosire la un moment de timp t foarte îndepărtat de momentul punerii sale în funcțiune, adică pentru $t \rightarrow \infty$ și se exprimă prin relația (2.54):

$$A_s = \lim_{t \rightarrow \infty} A(t). \quad (2.54)$$

Cele 3 tipuri de disponibilități definite anterior sunt reprezentate în fig. 2.13.

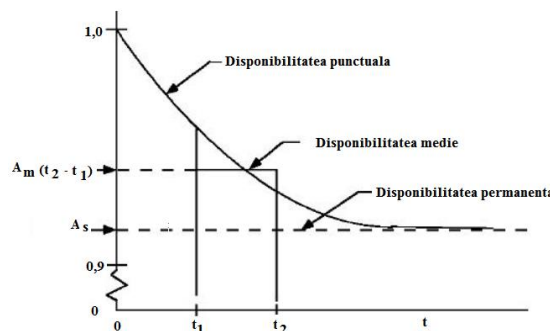


Fig. 2.13. Reprezentarea grafică a disponibilității punctuale, medii și permanente

Notații utilizate în teoria disponibilității:

- a) **MTBF** (Mean Time Between Failures) = timpul mediu între defecțiuni (media duratelor de bună funcționare).
- b) **MTTR** (Mean Time To Repair) = timpul mediu pentru reparație (durata unei reparații).

Coeficientul de disponibilitate sau disponibilitatea intrinsecă, este definit prin relația (2.55):

$$K_A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}, \quad (2.55)$$

și este constant, independent de timp.

Coeficientul de indisponibilitate este definit prin relația (2.56):

$$K_{IN} = 1 - K_A \text{ sau } K_{IN} = \frac{MTTR}{MTBF + MTTR}, \quad (2.56)$$

are o valoare constantă, independent de timp, și reprezintă proporția timpului inactiv (de oprire a sistemului).

Proporția disponibilității se definește ca fiind raportul conform relației (2.57):

$$K_D = \frac{MTTR}{MTBF}, \quad (2.57)$$

Disponibilitatea sistemelor tehnice este asigurată prin menținerea lor în stare de funcționare bună, elementul de bază fiind reprezentată de fiabilitatea sistemelor. Componenta de bază a teoriei fiabilității o reprezintă defectarea (căderea) și faptul că acest lucru poate avea drept cauză o exploatare amormală [29].

Metoda arborilor de defectare (AD) - este schema de calcul care se constituie raportată la o stare de nereușită dată, această stare, unică și bine definită, se numește “eveniment de vârf”.

Arborele de defectare (AD) este alcătuit din niveluri succesive, în așa fel încât fiecare eveniment (mai puțin cele de bază sau presupuse de bază) să fie realizat pornind de la evenimente de nivel inferior utilizând operatori numiți „porți logice”, [32].

În urma unei analize efectuate prin metoda arborelui de defectare, se pot obține:

- a) **Evaluarea probabilității de defectare** - se realizează utilizând proprietățile porților logice, ȘI, SAU, NU, conform fig. 2.14., [32]:

Constituirea **arborelui de defectare** se realizează pe baza unor evenimente conform celor prezentate în tabelul 2.3.

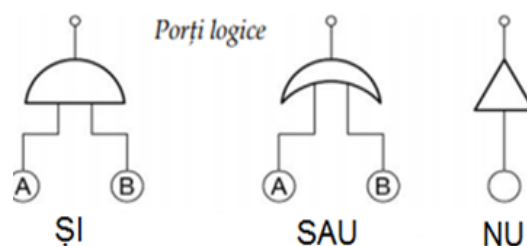
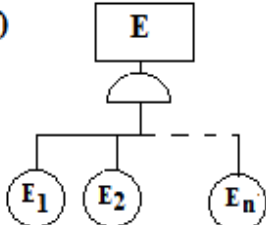
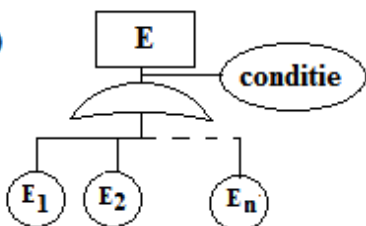
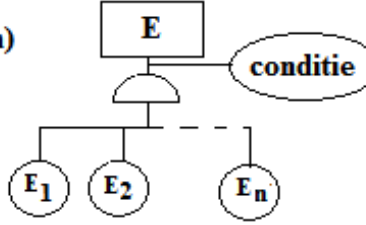
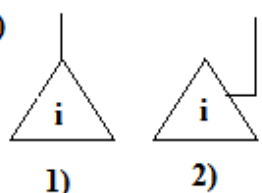


Fig. 2.14. Porți logice, [32]

Tabel 2.3. Desfășurarea evenimentelor de bază pentru „arborele de defectare”, [32]

<p>e)</p>	<p>Poartă logică “SAU” Reprezintă reuniunea unor evenimente $E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_n$ adică evenimentul rezultat E se produce dacă și numai dacă se produce cel puțin unul din evenimentele E_1, E_2, \dots, E_n</p>
-----------	---

<p>f)</p> 	<p>Poartă logică “SI” Reprezintă intersecția unor evenimente $E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_n$ adică evenimentul rezultat E se produce dacă și numai dacă se produc simultan toate evenimentele $E_1, E_2, \dots E_n$</p>
<p>g)</p> 	<p>Poartă logică “SAU” cu condiție Reprezintă reuniunea unor evenimente $E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_n$ adică evenimentul rezultat E se produce dacă și numai dacă se produce cel puțin unul din evenimentele $E_1, E_2, \dots E_n$ și se realizează condiția specificată</p>
<p>h)</p> 	<p>Poartă logică “SI” cu condiție Reprezintă intersecția unor evenimente $E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_n$ adică evenimentul rezultat E se produce dacă și numai dacă se produc simultan toate evenimentele $E_1, E_2, \dots E_n$, și se realizează condiția specificată</p>
<p>i)</p> 	<p>Poartă de transfer Permite fragmentarea arborelui de defectare în sub-arbori, pentru evitarea eventualelor repetări ale unor porțiuni deja construite ale arborelui de defectare. Astfel, partea din arbore care urmează simbolului de la 2), este transferată în locul indicat prin simbolul 1)</p>

C. Mentenanța sistemelor tehnice

Mentenanța sistemelor tehnice reprezintă o serie de activități realizate în vederea creșterii, menținerea sau restabilirea fiabilității unui sistem tehnic. Această definiție are la bază unele măsuri menite să mențină sau să mărească caracteristicile stabilite încă din faza de proiectare a echipamentului și nu specifică modalități de realizare a intervențiilor sau de prelungire a ciclului de viață al echipamentelor, [52].

O clasificare a sistemelor de mentenanță este realizată conform fig. 2.15.

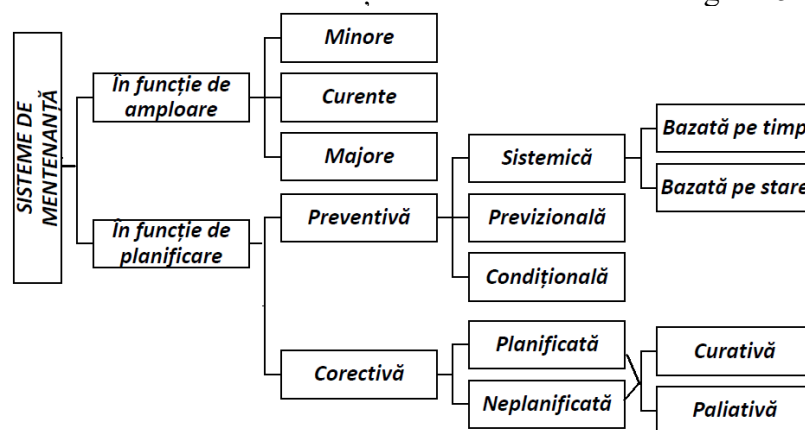


Fig. 2.15. Clasificarea sistemelor de mentenanță

2.4. Managementul activităților de mentenanță

2.4.1. Domenii și trăsături specifice managementului activităților de mentenanță

Activitatea de mentenanță are multiple implicații asupra activității unei firme, un aspect foarte important fiind cel legat de *strategie*, care reprezintă o abordare managerială și organizatorică menite să conducă la realizarea obiectivelor în afacerile unei firme.

2.4.2. Concepte moderne de management al activităților de mentenanță

AMDEC (Analiza Modulului de Defectare a Efectului și Criticității) este o extensie a AMDE (Analiza Modulilor de Defectare și a Efectelor) fiind o metodă de analiză care încearcă să pună împreună componentele grupurilor de lucru angrenate în procesul de producție, pentru întocmirea unui plan de măsuri în vederea creșterii calității sistemelor tehnice, proceselor de muncă și a mediilor de producție, AMDEC fiind orientat către, [119]:

Produs – proiect, Produs – proces, Mijloc de muncă/utilaj

A Managementul mentenanței prin costuri

Principalele criterii după care se realizează evaluarea costurilor de mentenanță sunt:

A.1. Costurile de mentenanță după evidențierea în timp – acestea iau în considerație aspectele legate de durata de funcționare a echipamentului, când se utilizează noțiunea de cost global format din costul direct, semidirect și indirect.

A.2. Costurile de mentenanță după aria de extindere – când există un sistem logistic bine structurat, în care ies în evidență trasabilitatea activităților de întreținere și reparații, se poate realiza diferențierea costurilor pe componentele sistemului de producție, a costurilor cu mentenanță, linia tehnologică în care se realizează unui sistem tehnic, secția de producție, organizația.

A.3. Costuri de mentenanță după tipul de sistem – acestea se identifică la nivelul firmei și evidențiază gradul de competitivitate tehnologică, având implementată politică adecvată la nivel de management în activitatea de mentenanță.

A.4. Costuri de mentenanță după destinație – resursele financiare destinate compartimentului de mentenanță sunt orientate spre o serie de costuri, efectuate pentru realizarea unor activități, referitoare la: achiziționarea pieselor de schimb; depozitarea și stocarea pieselor de schimb și a unor utilități; transportul pieselor de schimb; plata personalului ce desfășoară activități în sfera mentenanței, etc.

C. Indicatori de apreciere ai activităților de mentenanță, [74]

C.1.1. Numărul de intervenții

Numărul de intervenții dintr-o anumită perioadă de timp, dă departamentului de mentenanță o imagine clară asupra eficienței mentenanței pentru anticiparea problemelor și a le corecta înainte ca acestea să apară.

C.1.2. Gradul de utilizare al echipamentului pe durata de viață, este un indicator important, cuantificat în timp și se determină cu relația (2.60):

$$k_u = \frac{T_{TD}}{T_T}, \quad (2.60)$$

unde:

T_{TD} - suma timpilor de transport/distribuție a energiei electrice între două defectări successive;

T_T - durata de viață a echipamentului (timpul total).

C.1.3. Disponibilitatea teoretică a echipamentului, D_T , se determină conform relației (2.61):

$$D_T = \frac{T_F}{T_F + T_A}, \quad (2.61)$$

unde:

T_F - media timpului de funcționare al echipamentului între două defectări successive;

T_A - timpul mediu de mentenanță corectivă (timpul mediu de avarie numai pe perioada de funcționare).

C.1.4. Disponibilitatea practică a echipamentului, D_P , are expresia (2.62).

$$D_P = \frac{T_F}{T_F + T_M}, \quad (2.62)$$

unde:

T_F - media timpului de funcționare reală a echipamentului între două defectări successive, iar

T_M - timpul mediu de mentenanță corectivă (timpul mediu de avarie numai pe perioada de funcționare).

C.2.2. Costul specific al utilizării stocurilor de piese de schimb, r_m , se determină cu relația (2.65):

$$r_m = \frac{C_M}{C_E}, \quad (2.65)$$

unde: C_E este costul de conservare pentru echipamentele nefolosite.

C.2.3. Costul serviciului de mentenanță, are trei componente:

- **Costul serviciului de mentenanță în funcție de serviciul furnizat, C_{SM} , se determină cu relația (2.66):**

$$C_{SM} = C_{SB} + C_{S1} + \dots + C_{Sn} + C_{U1} + \dots + C_{Um} + C_{SN}, \quad (2.66)$$

unde:

C_{SB} - costul mentenanței planificate;

C_{MC} - costul mentenanței corective;

C_{SN} - costul serviciilor noi.

• **Costul serviciului de mentenanță în funcție de sursa costurilor, se determină cu relația (2.68):**

$$C_{SM} = C_{ER} + C_{SC} + C_{EI}, \quad (2.68)$$

unde:

C_{ER} - costul echipelor de reparație,

C_{SC} - costul subcontractat;

C_{EI} - costul echipamentelor înlocuite și a altor materiale necesare.

2.5. Concluzii privind ciclul de viață al produselor și activitatea de mentenanță

În evaluarea ciclului de viață al unui produs se operează cu o serie de concepte, general recunoscute, precum:

Fiabilitatea care, din punct de vedere calitativ, reprezintă capacitatea unui sistem tehnic de a-și realiza funcțiunile fără defecțiuni pe parcursul unui interval de timp în condiții determinate de exploatare și este mărimea care caracterizează siguranța de funcționare a unui echipament tehnic conform anumitor norme prescrise;

Mentenabilitatea, este capacitatea unui sistem tehnic, în condiții specificate de utilizare, de a fi menținut sau repus în starea de funcționalitate deplină, atunci când activitățile de mentenanță se desfășoară în condiții specificate;

Disponibilitatea este capabilitatea unui sistem tehnic de a-și îndeplini funcția specifică după o durată de timp utilizată pentru efectuarea de reparații;

Mentenanța este un ansamblu de acțiuni tehnice și organizatorice (întrețineri și reparații) realizate în scopul menținerii sau restabilirii funcționalității unui produs astfel încât acesta să-și îndeplinească funcțiunile sale la parametrii specificați;

Capitolul 3 ANALIZA STADIULUI ACTUAL DE DEZVOLTARE A MENTENANȚEI SISTEMELOR TEHNICE, ÎN CORELAȚIE CU ANALIZA DE FIABILITATE SPECIFICĂ

3.1. Elemente generale

La ora actuală, producția agricolă dispune de o gamă foarte variată de mașini, utilaje și instalații destinate lucrării de bază a solului, pregătirii unui pat germinativ și semănatului, executarea lucrărilor de întreținere și recoltare la parametri cât mai optimi, în funcție de cultura înființată.

3.2. Sinteza studiilor și cercetărilor teoretice privind fiabilitatea și mentenanța mașinilor agricole (ca sisteme tehnice). Scheme logice de verificare și mentenanță

O *mașină agricolă* este o mașină destinată să realizeze o gamă foarte variată de lucrări în cadrul proceselor de producție din agricultură, în conformitate cu cerințele agrotehnice impuse fiecărei culturi și lucrări în parte.

O mașină agricolă, privită sub aspectul general al scopului acesteia și al fiabilității, trebuie să îndeplinească, total sau parțial, o serie de condiții, dintre care pot fi menționate:

- să fie ușor manevrabile și să aibă o greutate cât mai redusă, în funcție de parametrii de lucru realizați;
- să nu taseze prea mult solul (în special cele cu textură grea);
- să prezinte capacitate mare de lucru, să poată efectua mai multe operații tehnologice concomitent și să asigure o încărcare completă la sursele energetice care le acționează;
- să asigure o diversitate mare tipo-dimensională în corelație cu puterea motoarelor care le acționează pentru a utiliza rațional sursele energetice;
- să aibă o fiabilitate ridicată, la un preț de cost cât mai scăzut, pentru a putea fi deservite facil și în condiții ergonomice sigure [87].

3.2.1. Clasificarea mașinilor agricole și indicii de lucru ai acestora

1. Clasificarea mașinilor agricole

Mașinile agricole pot fi clasificate ținând seama de o serie de criterii, astfel:

a. după tipul lucrării pe care o realizează, mașinile agricole se clasifică în: mașini pentru lucrările solului; mașini pentru semănat și plantat; mașini pentru administrat îngrășăminte (organice și minerale); mașini pentru protecția plantelor; mașini de recoltat; mașini de curățat, sortat și condiționat pentru produse agricole; mașini pentru zootehnie; mașini și utilaje de încărcat, descărcat și transport și utilaje pentru prelucrarea primară a produselor agricole; mașini și instalații pentru lucrări de îmbunătățiri funciare.

b. după modul de realizare a procesului de lucru;

c. după modul de acționare a organelor de lucru:

e. după sursa de acționare: mașini cu acționare manuală sau mecanică.

2. Indicii de lucru ai agregatelor agricole

Indicii de lucru ale mașinilor agricole sunt:

a) Adâncimea de lucru a , este un indice întâlnit la mașinile pentru lucrările solului, la mașinile de semănat, plantat care reprezintă adâncimea la care lucrează organele active ale mașinii respective.

b) Lățimea de lucru B_l , reprezintă produsul dintre numărul de organe active n și lățimea de lucru a unui organ activ b și se determină cu relația (3.2):

$$B_l = n \cdot d \quad , [m] \quad (3.2)$$

unde: d reprezintă distanța între rânduri, m.

c) Viteza de lucru V_l , reprezintă viteza de deplasare a agregatelor și este determinată de viteza teoretică, v_t a tractorului, prescrisă în notația tehnică. Viteza reală de deplasare a agregatelor v_r

se determină ținând cont de coeficientul de patinare al organelor active ale mașinii, δ , care se definește conform relației (3.4):

$$v_l = v_t (1 - \delta), [\text{km/h}] \quad (3.4)$$

d) Rezistența la tracțiune a mașinilor agricole R , reprezintă rezultanta pe direcția de înaintare, a tuturor rezistențelor exterioare care acționează asupra mașinii în timpul lucrului și se calculează cu relația (3.5):

$$R = R_f + R_m, [\text{N}] \quad (3.5)$$

unde:

R_f – rezistența la rulare a mașinii de lucru (la mașinile prevăzute cu roți de rulare), N;

R_m – rezistența întâmpinată la efectuarea lucrării propriu-zise, N.

e) Puterea de acționare a mașinilor agricole

f) Capacitatea de lucru a agregatelor agricole

g) Consumul de combustibil

3. Influența indicilor de lucru ai mașinilor agricole de semănat plante prășitoare asupra fiabilității și mentenanței acestora

O primă idee ar fi aceea că toți indicii de lucru menționați anterior influențează într-o măsură mai mare sau mai mică fiabilitatea, ca element definitoriu ce caracterizează calitatea unui utilaj, în general și mentenanța acestuia, ca parte intrinsecă a fiabilității, astfel.

- adâncimea, lățimea și viteza de lucru sunt în primul rând indici de exploatare, de modul cum sunt realizați, depinzând calitatea lucrării efectuate iar stabilirea și modalitățile de reglare a acestora în funcție de cerințele agrotehnice, specifice fiecărei culturi, de condițiile concrete din teren (gradul de prelucrare a solului, de nivelare, umiditatea, tipul solului) precum și de sursa energetică utilizată, conduc la utilizarea eficientă a mașinii de semănat, conservându-i acesteia fiabilitatea;

- rezistența la tracțiune a solului, cu cele două componente, la rulare și la realizarea rigolei, depinde de tipul de sol și de gradul de prelucrare al acestuia, este un indice foarte important pentru aprecierea gradului de uzură a discurilor brăzdar și a roților de sprijin și de acoperire ale semănătorilor. Efectuarea lucrării de semănat cu viteză neadecvată, în terenuri grele și slab prelucrate, cu rezistențe la tracțiune mari, conduce la accentuarea uzurii organelor de bază (discuri, anvelopa sau bandajul de cauciuc al roților de rulare și de acoperire), la apariția defectărilor mai dese și implicit la creșterea costurilor cu întreținerea și repararea;

3.2.2. Scheme logice de verificare și mentenanță

Ca și în cazul fiabilității și în situația mentenabilității și implicit a mentenanței se pot distinge trei etape, [101].

a) estimarea previzională a mentenabilității;

b) îmbunătățirea mentenabilității în funcție de obiectivele stabilite;

c) verificarea conformității.

La ora actuală se întâlnesc mai multe metode de evaluare a timpilor de reparație, după cum urmează:

Metoda experimentală

Metoda examinării documentelor tehnice sau metoda lui BAZOVSKY

Metoda arborilor de mentenanță – este metoda care elimină dezavantajele celor două prezentate anterior și este cel mai des utilizată. Arborele de mentenanță este o reprezentare grafică a unei operații logice de mentenanță, furnizând procedurile calitative și cantitative necesare acestei operații.

Prin utilizarea metodei arborilor de mentenanță se elimină dezavantajele metodelor anterioare, fiind cea mai utilizată metodă, iar pentru aplicarea acesteia este necesară parcurgerea a trei faze, astfel, [101]: *faza localizării defectului; faza de reparație; faza de etalonare și control*

Schematic, structura logică a unui arbore de mentenanță (cu șase elemente reparabile, El1-El6 – ca exemplu), este dată în fig. 3.1., [101].

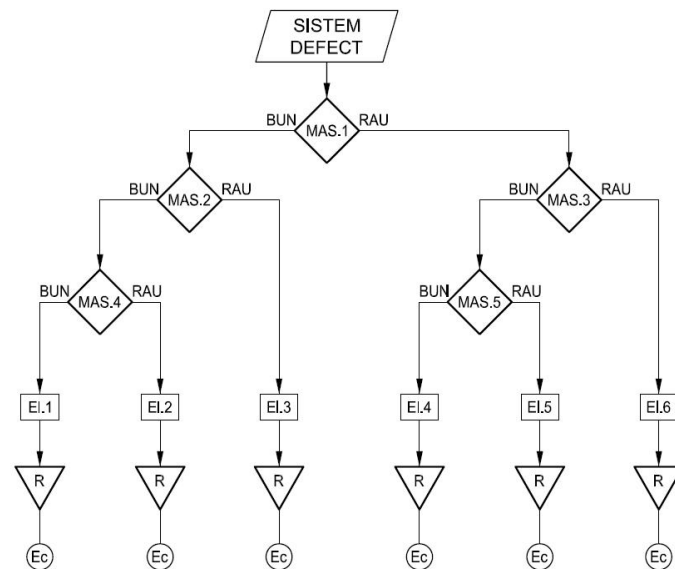


Fig. 3.1. Structura unui arbore de mentenanță, [101]

Un arbore de mentenanță este cu atât mai eficace, cu cât ordinea măsurărilor se va alege astfel încât să dea un maxim de informații. Ordinea în care se realizează măsurătorile este influențată de *fiabilitatea* elementelor sistemului, de *accesibilitatea* la acestea și de *cantitatea de informație* obținută în baza măsurărilor, [101].

O schemă logică a unui sistem organizat de întreținere și reparații în fig. 3.11,b., [12].

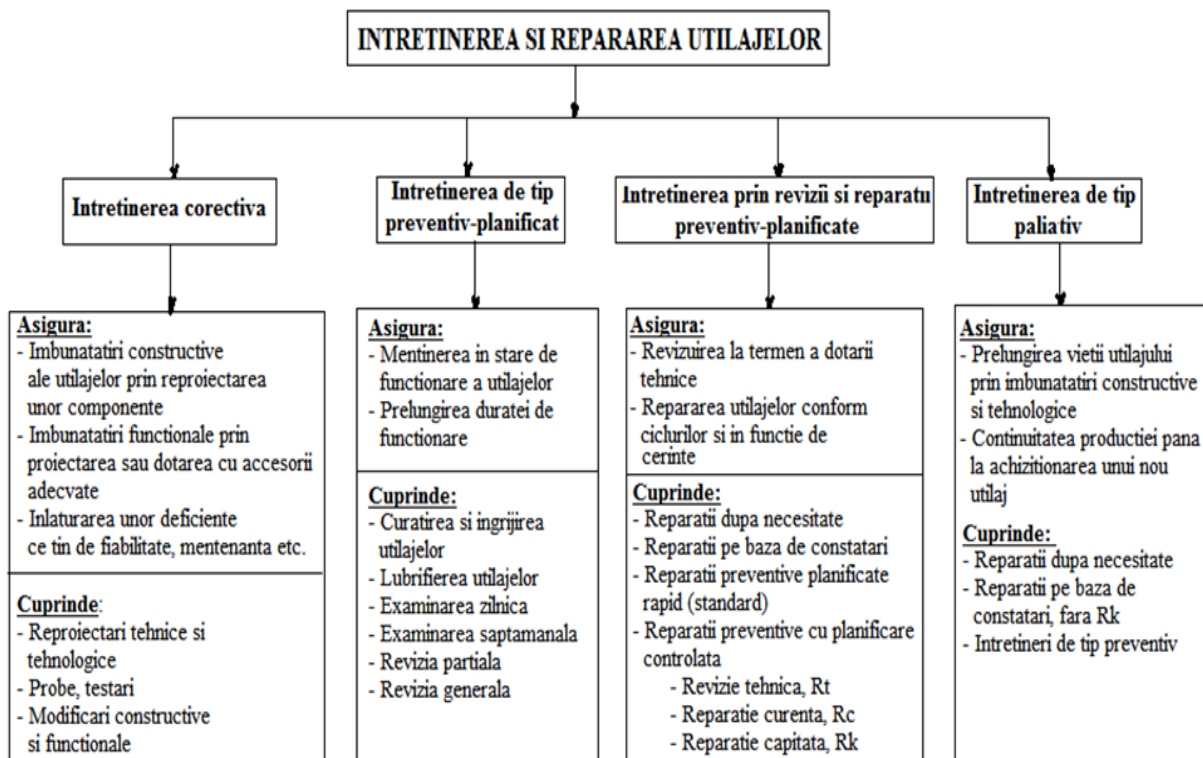


Fig. 3.11,b. Schema logică a unui sistem pentru întreținere și reparații, [12]

3. 3. Elemente generale privind modelarea fiabilității sistemelor mecanice

Modelarea matematică a sistemelor mecanice evaluează parametrii care au influență asupra performanțelor acestora, sub aspectul fiabilității și disponibilității sale, dar și sub aspect economic, [94].

3.3.1. Parametrii caracteristici pentru fiabilitatea echipamentului mecanic

Fiabilitatea unui echipament tehnic, în general, este evaluată prin anumiți parametri, care sunt specifici acestuia și care oferă informații determinante în vederea stabilirii fiabilității echipamentului privite din perspectiva realizării ulterioare și gestionării optime a mentenanței echipamentului. Acești parametri sunt:

A. Probabilitatea de bună funcționare $R(t)$

Probabilitatea ca un echipament sau o componentă a acestuia, să-și îndeplinească funcția specificată în condiții stabilite pe o perioadă de timp dată, reprezintă probabilitatea de bună funcționare $R(t)$ și se determină conform relației (3.42):

$$R(t) = \text{Prob}(T > t) \quad (3.42)$$

unde:

t - variabila (aleatoare) timp;

T - limita specificată a duratei de bună funcționare.

B. Probabilitatea de defectare $F(t)$

Probabilitatea de defectare $F(t)$ reprezintă probabilitatea cumulativă de defectare, adică probabilitatea de apariție a cel puțin unui defect, relația (3.43):

$$F(t) = \text{Prob}(t < T) \quad (3.43)$$

C. Durata medie de funcționare

Cea mai bună cale de a identifica momentul de timp în care funcționarea echipamentelor devine critică o reprezintă cunoașterea legilor de repartiție a timpului dintre defectele consecutive, [94]. Durata medie de funcționare este definită prin mai mulți timpi, ai căror abrevieri sunt:

Media timpului:

MTTF (Mean Time To Failure)

- până la defectare

MTBF (Mean Time Between Failure)

- dintre două defectări succesive

MTTR (Mean Time To Repair)

- de reparare

MUT (Mean Up Time)

- de funcționare

MDT (Mean Down Time)

- de avarie

3.3.2. Evaluarea fiabilității în funcție de mentenanță

Pe lângă parametrii caracteristici, fiabilitatea mai poate fi evaluată și în funcție de tipurile de mentenanță ale unui sistem tehnic, astfel:

A. După mentenanța corectivă

Media timpului de mentenanță corectivă reprezintă media timpului necesar efectuării unei înlocuiri, acțiunile de mentenanță corectivă au un caracter determinist, înlocuirea piesei efectuându-se ca urmare a apariției unui defect. În funcție de aceasta, evoluția în timp a fiabilității în funcție de media timpului de mentenanță corectivă T_c , se poate exprima prin relația (3.48).

$$T_c = \text{MTTF} = \int_0^\infty R(t) dt \quad (3.48)$$

unde: $R(t)$ este fiabilitatea sistemului la momentul de timp t , [94].

B. După mentenanța preventivă

Echipamentul sau un subansamblu al acestuia este înlocuit preventiv după o perioadă de timp T , cu un cost C_p .

C. După mentenanța predictivă

3.3.3. Modele de evaluare a mentenabilității sistemelor mecanice

Pentru asigurarea unei mentenabilități cât mai ridicată, încă din faza de concepere a unei mașini se iau în considerație o serie de principii generale specifice, conform tabelului 3.1.

Tabel 3.1. Principiile generale specifice mentenabilității sistemelor mecanice

Nr. crt.	Principii generale specifice mentenabilității sistemelor mecanice
1	Reducerea costului mentenanței în ciclul de viață
2	Reducerea numărului, frecvenței și complexității lucrărilor de mentenanță
3	Reducerea Timpului Mediu de Reparare (MTTR)
4	Determinarea volumului de mentenanță care trebuie realizat
5	Asigurarea interschimbabilității
6	Reducerea nevoilor de aprovizionare
7	Reducerea sau eliminarea necesității mentenanței
8	Ține seama de avantajele înlocuirii modulare față de repararea componentelor

3.4. Sinteza unor cercetări experimentale în domeniul fiabilității și mentenanței sistemelor tehnice agricole

Într-o lucrare realizată, [39], a fost analizată fiabilitatea utilajelor forestiere standard din agricultura slovacă. Costurile totale de întreținere și reparații pentru utilajele individuale (EUR) și numărul de piese de schimb înlocuite pentru perioada observată în bucăți sunt redată în fig. 3.18.

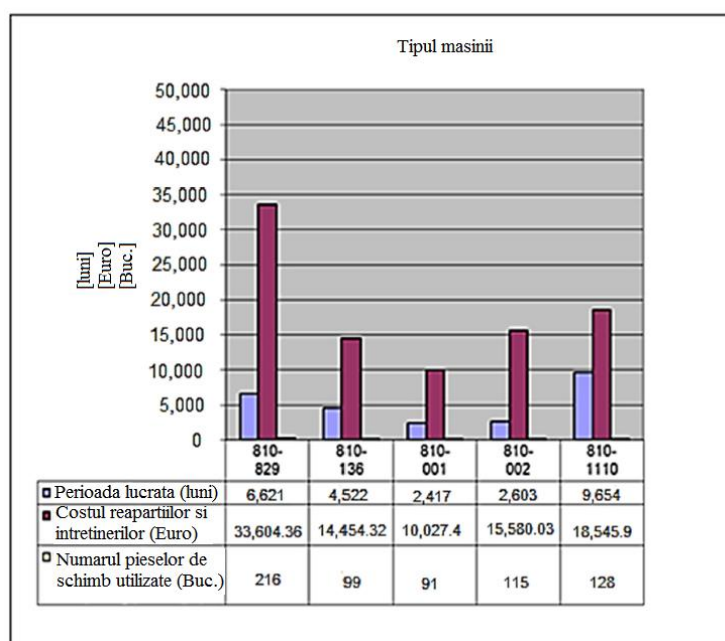


Fig. 3.18. Datele operaționale de bază ale observațiilor colectate pentru perioada monitorizată, [39]

Scopul unui alt studiu, [46] a fost de a oferi o analiză statistică a costurilor de reparație și întreținere a tractoarelor.

O alternativă este reducerea defecțiunilor majore a componentelor și a defecțiunii sistemului cu *întreținere bazată pe condiție* (CBM), [90]. Deci, aceasta implică achiziția, procesarea, analiza și interpretarea datelor și selectarea acțiunilor optime de întreținere și se realizează cu ajutorul sistemelor de monitorizare a stării, [11,59,61].

Conform fig. 3.19., strategia generală de întreținere constă din programe de întreținere preventivă și corectivă.

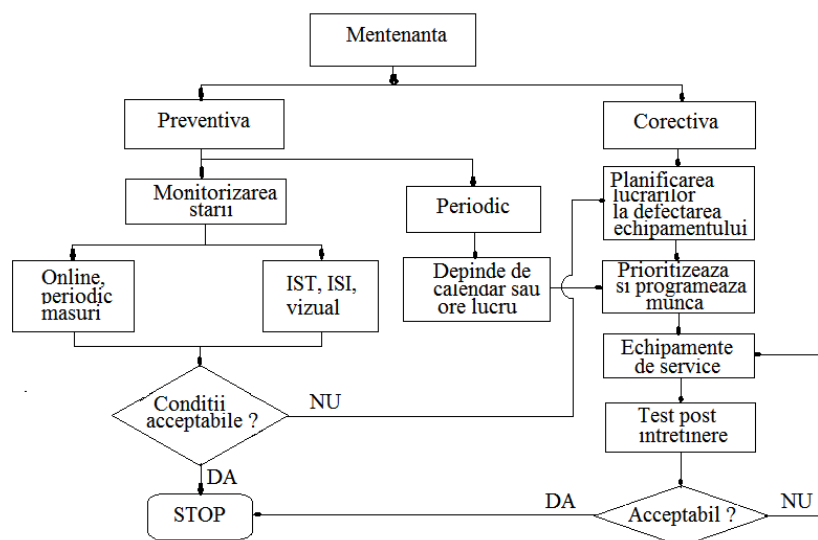


Fig. 3.19. Strategia de întreținere, [77]

INMA București a realizat o tehnologie de mentenanță preventivă și corectivă pentru Semănătoarea pentru semănat în teren nearat, SCN-3 aflată în fabricație la S.C. Mecanica Ceahlău din Piatra Neamț, [20].

Mentenanță corectivă constă în efectuarea *reviziilor tehnice* R_t și a *reparațiilor curente* R_c , la o periodicitate în conformitate cu tabelul 3.4.

Tabel 3.4. Periodicitatea mentenanței corective la semănătoarea SCN-3, [20]

Tipul operației		R _t	R _t	R _t	R _c	R _t	R _t	R _c	R _t	R _t	R _c		
Mașină nouă	ore	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	Casare	
	ore	820				615			615				
	ore	2050											
	ha	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250		
	ha	1000				750			750				
	ha	2500											

3.5. Concluzii privind analiza stadiului actual de dezvoltare a mentenanței sistemelor tehnice, în corelație cu analiza de fiabilitate specifică

Operațiile de mentenanță (întreținere și reparație) sunt parte integrantă a mentenabilității unui sistem tehnic, iar de modul cum acestea sunt efectuate, din punct de vedere calitativ, cantitativ și al costurilor, poate fi evaluată mentenabilitatea și implicit fiabilitatea sistemului.

Mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare, poate fi realizată, din punct de vedere logistic, în mai multe moduri, astfel:

- lucrările de întreținere sau de reparații și reglaje pentru subansamblurile care prezintă defecțiuni minore, sau a căror complexitate este redusă (de obicei subansambluri suport, sau cu funcționalități auxiliare), pot fi efectuate, în general, în atelierele proprii ale utilizatorilor, folosind personalul și infrastructura existente în locația acestora;
- lucrările de reparații mai complexe, pot fi efectuate fie în locația utilizatorului, dacă acesta dispune de dotare și personal adecvat, fie în centre specializate, de la caz la caz;
- reparațiile la subansamblurile sau sistemele super-tehnologizate, care implică măsurători și reglaje speciale (în general instalații de monitorizare și control ai parametrilor funcționali), trebuie efectuate în centre specializate sau la dealerii utilajelor respective.

Capitolul 4 CONTRIBUȚII TEORETICE ÎN DOMENIUL FIABILITĂȚII ȘI MENTENANȚEI MAȘINILOR AGRICOLE DE SEMĂNAT PLANTE PRĂȘITOARE

4.1. Considerații generale privind structura unei mașini agricole de semănat plante prășitoare

În principiu, o mașină agricolă de semănat plante prășitoare, dintre cele mai complexe existente pe piață, aflată în portofoliul majorității constructorilor mondiali de profil, are în componență următoarele unități funcționale principale (pentru exemplificare s-a utilizat semănătoarea de precizie model Tempo F8, de la producătorul Väderstad) fig. 4.1 a,b, [122;124].

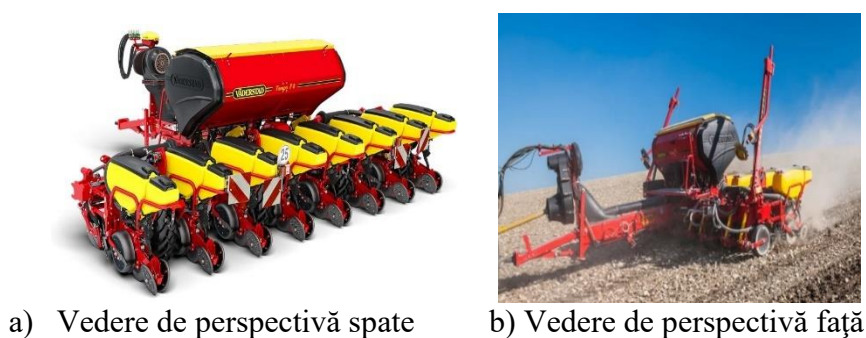


Fig. 4.1. Semănătoare de precizie Väderstad model TempoF8, [122]

A. Unitatea de semănat

Unitatea de semănat, fig. 4.2, este componenta funcțională de bază a unei mașini de semănat, aceasta realizând efectiv plasarea semințelor în sol și acoperirea cu pământ în vederea germinării.

Unitatea de semănat are în principal, următoarea componență: 1. Sistemul de prindere a unității de semănat de cadrul semănătorii; 2. Roțile de reglare a adâncimii de semănat; 3. Roata de presiune (discul de la unitatea de rând); 4. Roțile de acoperire; 5. Buncărul de semințe; 6. Dozatorul; 7. Discurile dozatorului de semințe

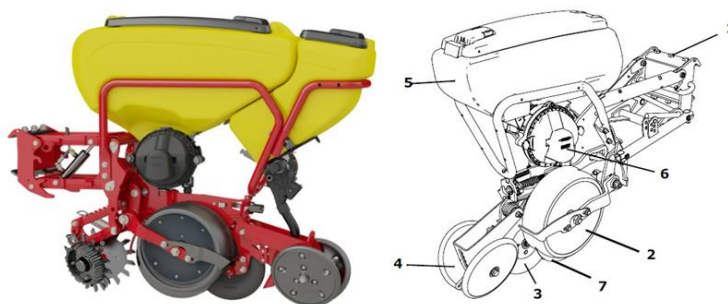


Fig. 4.2. Unitatea de semănare a modelului Tempo F8, [122]

La mașinile de semănat plante prășitoare în rânduri sau în cuiburi, brăzdarele pot fi de tip ancoră, de tip cultural sau cu discuri (simple sau duble). În cazul brăzdarului cu un singur disc, acesta este format dintr-un disc concav, montat sub un unghi de $5^{\circ} - 8^{\circ}$ față de direcția de înaintare, sau dintr-un disc plat, fig. 4.4.a. Brăzdarul cu 2 discuri este alcătuit din două discuri plane dispuse pe un ax comun, înclinate între ele la un unghi cuprins între $9^{\circ} - 12^{\circ}$, fiind tangente la partea anterioară la o distanță de circa 7 cm față de fundul rigolei.

4.2. Structura de bază a mașinilor agricole de semănat plante prășitoare, în vederea analizei de fiabilitate

Discurile brăzdar de la unitatea de rând

Deschizătorul cu discuri de diametru 450 mm prezintă o eficiență mai mare de tăiere a paielor în comparație cu discurile de diametru 600 mm, iar discurile de 330 mm au eficiență de tăiere a resturilor vegetale mai scăzută.

În fig. 4.8. sunt prezentate mai detaliat elementele componente ale discurilor brăzdar, poz. 3 de la unitatea de rând, amplasate în locurile funcționale ale acestora.

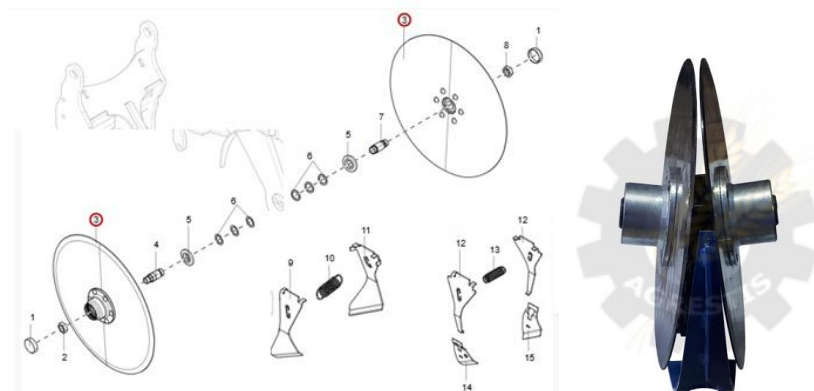


Fig. 4.8. Amplasarea discurilor brăzdar de la unitatea de rând, [124]

Roțile de acoperire

Sunt un ansamblu necesar al secției de semănat supus la uzură și defectare fig. 4.11., care este în contact permanent cu solul și supus unor forțe semnificative, mai ales că acestea sunt înclinate față de verticala la sol. Pe lângă cauciucul roților și alte componente de legătură între acestea și suportul cadru se uzează destul de frecvent.



Fig. 4.11. Roțile de acoperire, [124]

4.3. Studiul fenomenelor de frecare la nivelul tribosistemului organ de lucru-sol

4.3.1. Considerații generale asupra fenomenului de frecare

În condițiile actuale, creșterea duratei de viață a organelor de mașini este o necesitate importantă pentru obținerea unor aparate, instalații și mașini cu fiabilitate ridicată.

A. Modelarea frecării uscate

A.1 Modelarea frecării uscate de alunecare

Procesul frecării uscate de alunecare are loc concomitent cu existența unei forțe de antrenare T și a unei forțe normale N , pe suprafețele de contact, situație în care microneregularitățile se

deformează elastic sau plastic și generează forțele de frecare care apar datorită rezistenței la forfecare a microzonelor de adeziune fig. 4.13, a, b.

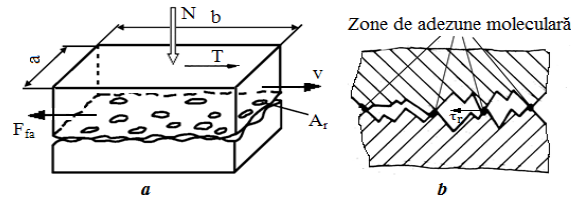


Fig. 4.13. Procesul frecării uscate de alunecare, [128]

Coefficientul de frecare de alunecare variază direct cu natura suprafețelor din contact și nu depinde de mărimea ariei de contact A și de viteza relativă dintre corpurile în contact, v . Unghiul de frecare φ_a fig. 4.14, dintre suprafețele în contact se determină conform relației (4.2):

$$\operatorname{tg} \varphi_a = \frac{F_{fa}}{N} = \frac{\mu_a N}{N} = \mu_a, \quad (4.2)$$

unde: $\varphi_a = \arctg \mu_a$, - unghiul de frecare de alunecare.

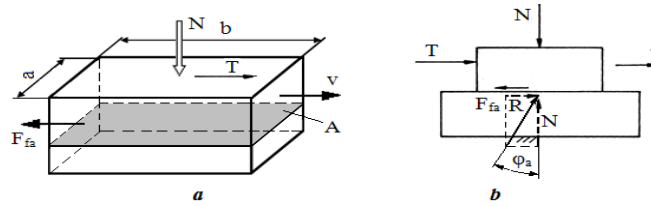


Fig. 4.14. Modelul clasic al frecării uscate de alunecare, [128]

a. schema generală; b. schema forțelor

Forța de frecare de alunecare F_{fa} , care este egală cu forța de rupere a proeminențelor suprafețelor în contact, mai poate fi exprimată și prin legea Bowden-Tabor, relația (4.3), [129]:

$$F_{fa} = \tau_r A_r = \tau_r \frac{N}{\sigma_c} = \mu_a N, \quad (4.3)$$

unde:

N - forța normală de apăsare, [N]; $\mu_a = \tau_r / \sigma_c$ - coeficientul de frecare de alunecare; τ_r - rezistența la forfecare a materialului mai moale, [N/cm²]; σ_c - tensiunea (rezistența) de curgere la compresiune a materialului mai moale; A_r - aria reală de contact, [cm²].

A.2. Modelarea frecării uscate de rostogolire

Frecarea uscată de rostogolire apare când două corpuri aflate în contact sunt deformabile elastic și rezistența la deplasare sub acțiunea forței de antrenare T este determinată de forța rezultantă N a presiunilor pe suprafața de contact care se concentrează într-un punct plasat în afara planului de simetrie la o distanță, f_r , fig. 4.15.

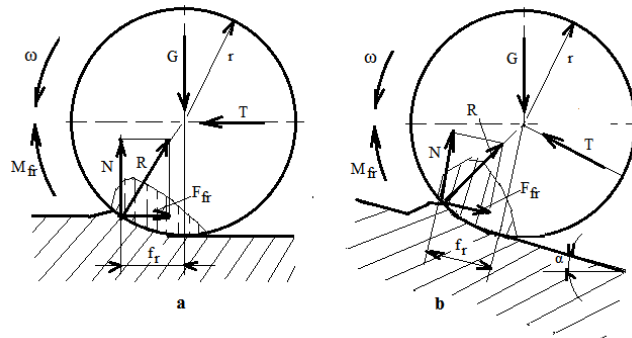


Fig. 4.15. Modele ale frecării uscate de rostogolire, [128]

a. roată în plan orizontal; b. roată în pantă

Se scriu ecuațiile de echilibru (4.4), [129]:

$$T = F_{fr}; N f_r = T r \Rightarrow T = F_{fr} = \frac{f_r}{r} N = f N; M_{fr} = f_r N \quad (4.4)$$

unde:

F_{fr} - forța de frecare de rostogolire (rezistența la rulare), [daN];

$f = f_r/r$ - coeficientul rezistenței la frecarea la rostogolire (rulare);

M_{fr} - moment de frecare la rostogolire [daN m];

r - raza roții, [m].

4.4. Starea limită de uzură a pieselor mașinilor agricole de semănat plante prășitoare

4.4.1. Specificații generale privind starea limită de uzură

Starea limită este determinată pe baza dimensiunilor și ajustajelor limită, precum și a abaterilor limită de la forma geometrică a pieselor și articulațiilor. Starea limită a pieselor și subansamblurilor, exprimată în perioada de timp de funcționare, reprezintă componenta de bază pentru stabilirea normelor de consum de piese de schimb.

4.4.2. Studiul uzurii la organele de lucru ale mașinii de semănat plante prășitoare. Starea limită de uzură

Din practica agricolă și statistici s-a constatat că la o mașină de semănat organele de lucru cele mai des supuse fenomenului de uzare sunt brăzdarele, indiferent de tipul lor și roțile de acționare, cheltuielile și timpul alocate cu mentenanța acestora însemnând cel mai mare procent și de aceea, analiza din perspectiva uzurii trebuie axată în această direcție.

A. Uzarea discurilor brăzdarelor de la mașinile de semănat plante prășitoare în rânduri

În cazul plantelor prășitoare, brăzdarele dublu disc asigură și o calitate bună a încorporării semințelor în sol, astfel că ele pot fi utilizate și în cazul patului germinativ semi-pregătit sau cu multe resturi vegetale, respectiv direct în miriște. Un disc riflat are o eficiență mai mare de tăiere a resturilor vegetale, forță moderată la prelucrarea solului și o lățime adecvată de perturbare a solului, comparativ cu discurile netede, [113].

A.1. Caracteristicile brăzdarelor disc

Caracteristicile constructiv-dimensionale și fizico-chimice ale brăzdarelor disc se încadrează între anumite limite valorice determinate de rolul acestora în cadrul unei secții de semănat.

Din analiza unui număr mare de tipuri de semănători realizate de diverși producători s-a desprins concluzia că diametrele discurilor semănătorilor de plante prășitoare au valori în intervalul 340 - 420 mm, iar grosimea lor este de 3,5–4,5 mm.

Oțelurile aliate utilizate conțin o serie de elemente de aliere (cromul, manganul, nichelul, molibdenul, vanadiul) care îmbunătățesc proprietățile mecanice. Așa sunt oțelurile aliate cu mangan, cunoscute pentru duritatea și rezistența lor crescută la impact și uzură (de exemplu, 42CrMo4 - oțel aliat cu crom-molibden sau 30MnB5 - oțel aliat cu mangan și bor).

A.3. Starea limită de uzură la mașinile de semănat plante prășitoare

După cum s-a menționat la începutul prezentului capitol starea limită de uzură a componentelor unei mașini de semănat reprezintă starea la care aceste componente nu-și mai pot îndeplini rolul funcțional în parametrii proiectați care să realizeze parametrii de lucru ai lucrării de semănat în conformitatea cu tehnologia stabilită.

4.4.3. Modelarea procesului tribologic de uzare a discurilor brăzdar prin pierderea de masă

Pentru o unealtă agricolă (cum ar fi un brăzdar, plug, cultivator, disc brăzdar de semănătoare, etc.), pierderile de masă prin frecarea cu solul pot fi estimate folosind un model de uzură abrazivă. Un model comun utilizat în ingineria agricolă și tribologie este modelul lui Archard prin care se

determină volumul de material uzat din organul de lucru. Expresia generală prin care se determină acest volum este de tipul relației (4.5):

$$V = \frac{K \cdot F \cdot s}{H}, [\text{m}^3] \quad (4.5)$$

unde:

V - volumul de material uzat, $[\text{m}^3]$; K - coeficient de uzură (adimensional, între 10^{-2} - 10^{-6} în funcție de material și condiții); F - forța normală aplicată pe unealtă, $[\text{N}]$; s - distanța de alunecare (distanța parcursă în sol), $[\text{m}]$; H - duritatea materialului unelei (de obicei în, $[\text{N}/\text{m}^2]$).

Pentru a converti volumul uzat în pierdere de masă, se poate utiliza relația generală (4.6):

$$m = \rho \cdot V, [\text{kg}] \quad (4.6)$$

unde:

m - pierderea de masă, $[\text{kg}]$;

ρ - densitatea materialului unelei, $[\text{kg}/\text{m}^3]$.

Modelul nu ia în calcul compoziția solului, umiditatea, rugozitatea suprafeței sau variația presiunii. Pentru unelte moderne se pot face măsurători experimentale și calibra modelul.

Cu unele adaptări pentru condițiile specifice, folosind cu modelul uzurii abrazive (Archard), pentru brazdarul tip disc al semănătorii de porumb, pierderea de masă prin frecare cu solul poate fi estimată destul de bine.

4.5. Statistici privind componentele cele mai schimbate la mașinile agricole de semănat plante prășitoare

În cadrul acestui capitol este prezentată o analiză efectuată pe o perioadă de timp de șase ani (2019-2024) referitoare la piesele defectate de la unitatea de rând pentru semănătoarea de plante prășitoare Väderstad Tempo TPF 8, dar situația poate fi extrapolată și la alte modele similare.

Componentele cele mai schimbate pe perioada analizată sunt următoarele:

- discul brăzdar de la secția de fertilizare; discurile brăzdar; tub de semințe; cauciucul de la roata de tasare; roata de acoperire; răzuitorii de la discurile brăzdar; roata de presiune; roata de tasare.

Situația valorică a analizei statistice pentru componentele cele mai utilizate, menționate mai sus, dar și pentru altele, poate fi vizualizată în tabelul 4.3.

Tabel 4.3. Piese de uzură la unitate de rând semănătoare Väderstad, [124]

Nr. Crt.	Reper	Denumire reper	Furnizor	2024	2023	2022	2021	2020	2019
1	180078	Disc brăzdar fertilizare, D 410mm, convex	Vaderstad AB	490	326	305	126	53	0
2	203795	Tub de semințe D 16mm	Vaderstad AB	40	52	32	14	10	2
3	203799	Tub de semințe D 22mm	Vaderstad AB	14	36	2	6	1	0
4	223584	Disc brăzdar, D380mm	Vaderstad AB	529	495	635	397	110	0
5	223710	Disc curățitor de rând, stg.	Vaderstad AB	114	59	51	12	0	0
6	223712	Disc curățitor de rând, dr.	Vaderstad AB	128	65	51	11	0	0
7	225966	Roată de presiune	Vaderstad AB	490	375	234	169	16	0
8	239922	Răzuitor roată tasare, stg.	Vaderstad AB	16	0	0	0	0	0
9	239923	Răzuitor roată tasare, dr.	Vaderstad AB	16	0	0	0	0	0
10	242307	Cauciuc roată tasate	Vaderstad AB	25	0	0	0	0	0
11	247401	Roată de închidere	Vaderstad AB	243	188	203	40	0	0
12	252780	Răzuitor stg.	Vaderstad AB	28	48	8	0	0	0
13	252781	Răzuitor dr.	Vaderstad AB	28	48	8	0	0	0
14	307002	Razuitor roată de transport	Vaderstad AB	20	81	87	79	55	0

Din analiza datelor prezentate în tabelul 4.8 și fig. 4.20 se observă că în topul uzurilor se află discul brăzdar de la secția de fertilizare și discurile brăzdar de la unitatea de semănat, motiv pentru care, experimentările ulterioare au fost efectuate pe aceste componente uzate.

4.6. Metode de măsurare a uzurii componentelor la mașinile de semănat

În orice proces de cercetare experimentală care are ca scop determinări cantitative ale uneia sau ale mai multor mărimi, sunt realizate un anumit număr de măsurători cu o exactitate acceptabilă, asigurând aceleași condiții (metode, mijloace de determinare, mediu ambiant, etc), [4].

1. Metoda micrometrării

- A. Măsurarea cu șublerul
- B. Măsurarea cu micrometrul

2. Metoda cântăririi

3. Metoda utilizării calibrelor sau a dispozitivelor speciale

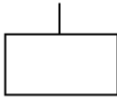
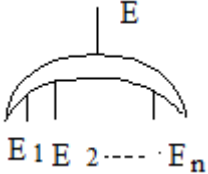
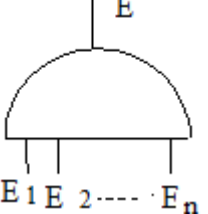
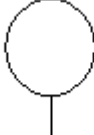
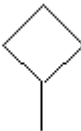
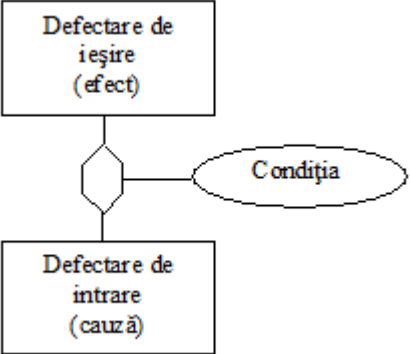
4.7 Metoda arborilor de defectare și a arborilor de mentenanță cu aplicație în mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare

1. Considerații generale

Arborele de defectare reprezintă diagrama logică care prevede ce anume feluri de defecțiuni ale subsistemelor unui conduc la un anumit fel de defecțiune dat al sistemului, [32].

În mod uzual un arbore de defectare este scris folosind simboluri convenționale ale porții logice, conform tabelului 4.4.

Tabel 4.4. Simboluri convenționale ale unui arbore de defectare, [32]

Simbol	Interpretări
	Dreptunghi: simbolizează defectarea ca eveniment rezultat al propagării defectărilor primare
	Poarta logica "SAU": simbolizează faptul că pentru producerea evenimentului la ieșire E este necesar să se producă unul din evenimentele de intrare E_i : $E = E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_n$
	Poarta logica "SI": simbolizează faptul că realizarea evenimentului la ieșire E , presupune realizarea tuturor evenimentelor la intrare E_i : $E = E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_n$
	Cerc: simbolizează defect elementar al componentei a cărei repartiție (frecvență) este cunoscută sau poate fi determinată
	Romb: simbolizează un eveniment de defectare care nu este analizat până la cauze.
	Hexagon: simbolizează relația causală între două evenimente de defectare dacă este satisfăcută condiția menționată

2. Aplicarea metodei arborilor de defectare la mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare. Etape logice de construire a unui arbore de defectare

Pentru construirea unui arbore de defectare care să fie utilizat pentru un anumit sistem tehnic în vederea gestionării fiabilității și mentenanței acestuia, în general, trebuie parcurse unele etape logice.

Un exemplu de schemă logică a arborelui de defectare pentru una din defecțiunile cele mai des întâlnite la mașinile agricole de semănat plate prășitoare, respectiv defectarea secției de semănat, este prezentată în fig. 4.21.

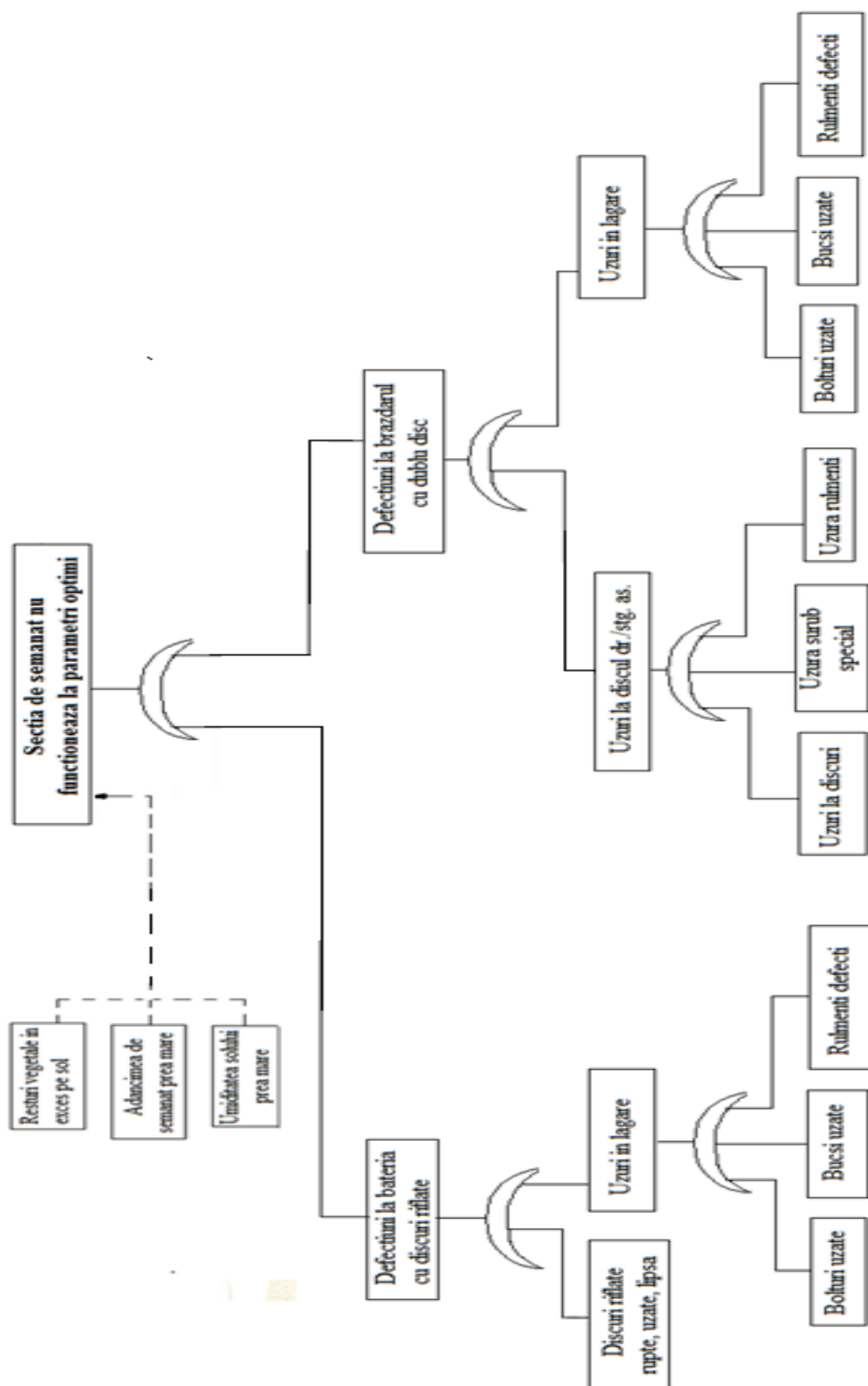


Fig. 4.21. Schema logică a arborelui de defectare pentru secția de semănat de la mașinile agricole de semănat plante prășitoare

3. Aplicarea metodei arborilor de mentenanță la mașinile agricole de semănat plante prășitoare

Structura cadru al unui arbore de mentenanță, particularizat pentru semănătoarea Väderstad, model Tempo F8, este prezentată în fig. 4.24.

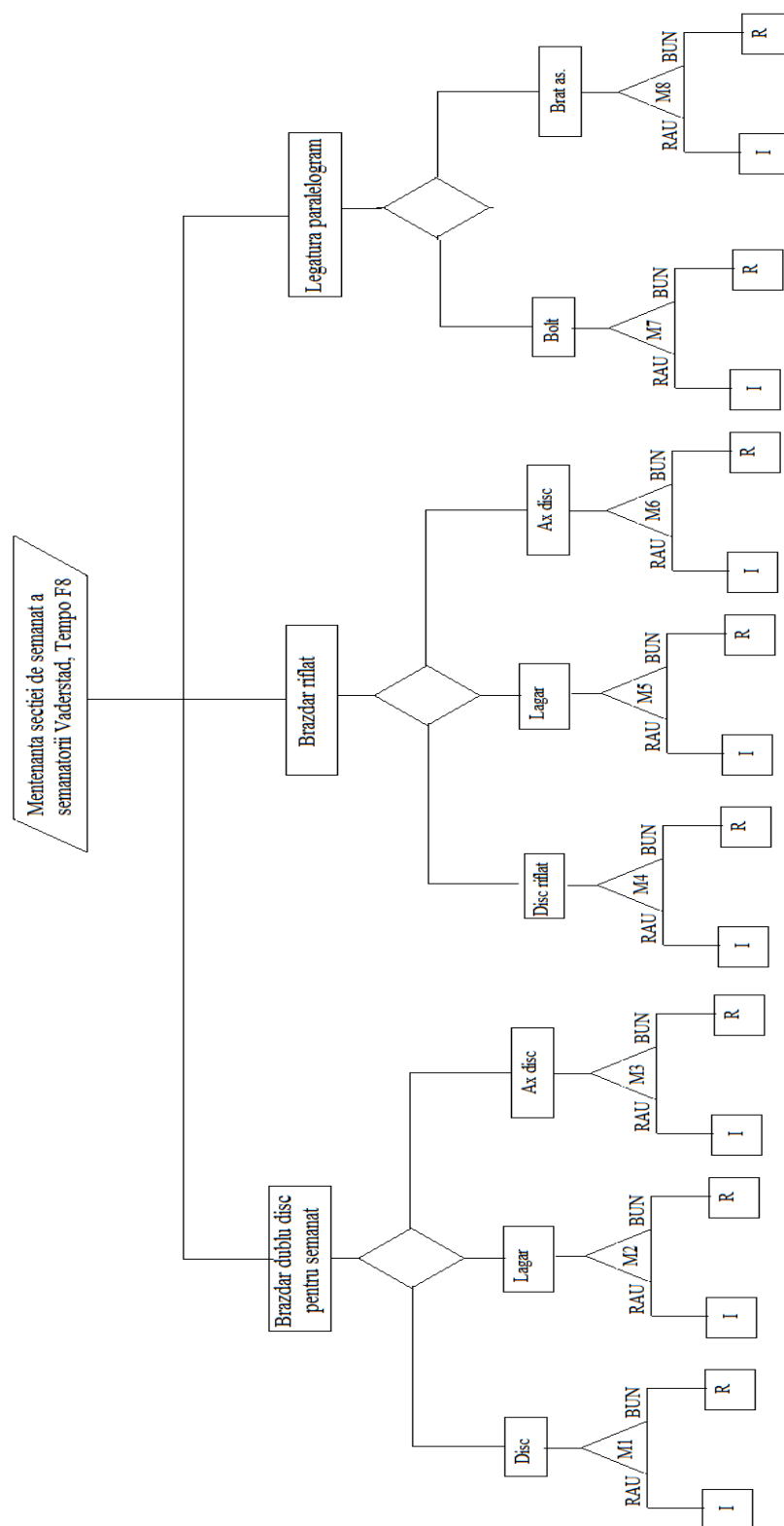


Fig. 4.24. Arborele de mentenanță pentru secția de semănat de la semănătoarea Văderstad, model Tempo F8, I-înlocuit; R – reutilizat; M1-M8 – măsurători

4.8. Prezentarea și organizarea unui service pentru mașini agricole

Un service pentru mașini agricole este un atelier specializat în întreținerea și reparația mașinilor și instalațiilor pentru agricultură oferind o gamă variată de servicii.

1. Organizarea și dimensionarea unui service pentru reparat mașini agricole

Un atelier destinat efectuării reparațiilor la mașinile agricole, trebuie să fie astfel organizat, încât să îndeplinească o serie de condiții, după cum urmează:

- să fie suficient de mare pentru a permite accesul mașinilor agricole cu gabaritul cel mai mare și asigurat de precipitații și intemperii;
- operatorii trebuie să poarte în mod obligatoriu echipament de protecție corespunzător operațiilor pe care le execută la instalațiile și utilajele din dotare;
- utilajele și instalațiile din atelier trebuie să fie fixate corespunzător în pardoseală, să fie echipate cu dispozitive de protecție în bună stare de funcționare și să aibă reviziile tehnice și verificările periodice efectuate;
- sculele și DMM-urile trebuie așezate pe suporturi speciale, amplasate în locuri corespunzătoare, la înălțimi accesibile operatorilor;
- finalul operației efectuate sculele și DMM-urile trebuie curățate și depozitate în dulapurile pentru scule adecvate fiecăruia.

2. Dimensionarea unui service pentru mașini agricole

Service de tip foarte mic, cu până la 5 posturi de lucru, **service de tip mic**, au între 6 – 10 posturi de lucru, **service de tip mijlocii** au în componență 11 – 25 posturi de lucru, **service de tip mari** au în componență peste 25 de posturi

3. Organizarea producției industriale

Organizarea producției industriale aplicabilă în reparații, în funcție de volumul și metodele de lucru, [38].

Metode de organizare a reparațiilor

Prin metoda de organizare a reparațiilor se înțelege programul, utilajele și succesiunea de către muncitori cu specializare corespunzătoare, folosind DMM-uri (dispozitive de măsură și monitorizare) adecvate, în scopul refacerii capacității de lucru a utilajelor agricole.

Organizarea lucrului în staționar presupune executarea tuturor operațiilor într-un loc de muncă, de către un anumit număr de muncitori, fără ca obiectul producției să-și schimbe locul. Durata operațiilor depinde de calificarea muncitorilor și de organizarea locului de muncă. În general, metoda impune formarea unor echipe care să efectueze întregul volum de lucrări necesare reparării utilajului agricol. Calificarea individuală a muncitorilor nu se folosește rațional, iar în timpul de staționare în reparație este mare.

În funcție de managementul fiecărui service, metodele de organizare pot fi clasificate în mai multe tipuri, după cum urmează, [38].

A. Metoda individuală de organizare a reparațiilor se folosește în prezent în efectuarea întreținerilor tehnice sau remedierea unor defecțiuni accidentale la mașini agricole simple.

Metoda individuală se caracterizează printr-o organizare simplă, productivitate maximă și diviziune a muncii la nivel de utilaj („omul și mașina”), [38].

B. Metoda de organizare a reparațiilor pe echipe universale constă în faptul că fiecare utilaj defect este reparat în întregime de către o echipă de 3–6 sau mai mulți muncitori cu calificare universală, care lucrează în cooperare, [38].

C. Metoda de organizare a reparațiilor pe echipe specializate reprezintă o îmbunătățire a metodei precedente, prin aceea că la nivelul atelierului se formează echipe specializate care se deplasează succesiv de la o mașină agricolă la alta (sau pe la care trec mașinile), executând lucrările de o anumită specialitate, [38].

D. Metoda de organizare a reparațiilor pe posturi de lucru specializate pe ansambluri constituie o formă de organizare a procesului de producție în atelierele de reparații unde tot complexul de lucrări care compun procesul tehnologic de reparație se defalcă pe grupe de operații, fiecare grupă reprezentând un proces complex de reparare a unui ansamblu sau subansamblu. [38].

E. Metoda de organizare a reparațiilor pe ansambluri în flux se caracterizează prin aceea că posturile de lucru sunt dispuse în succesiunea logică a procesului tehnologic, iar mașinile agricole se repară cu intermitență pe o linie de rulare oarecare, ocupând poziții succesive în fața posturilor de lucru corespunzătoare diverselor faze ale procesului de reparație.

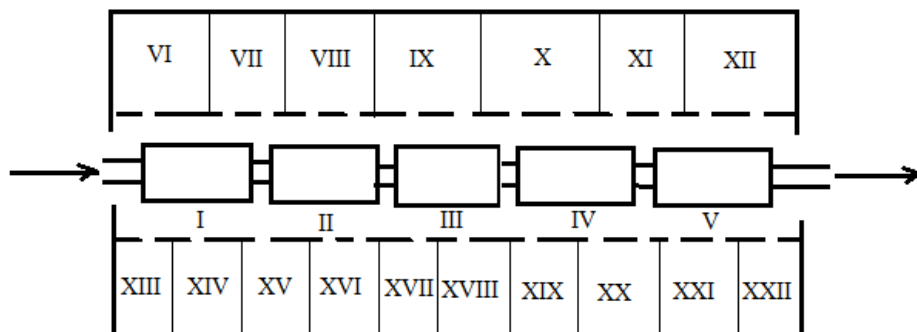


Fig. 4.26. Schema organizării unui atelier după metoda pe ansambluri în flux, [38]

Diferitele ansambluri sau subansambluri sunt reparate la posturile VI – XXII, dotate cu documentația, sculele, dispozitivele și aparatura necesare realizării unui lucru de cea mai bună calitate.

5. Dotările unui service pentru reparat mașini agricole de semănat plante prășitoare

În ceea ce privește dotarea unui service cu scule și dispozitive pentru repararea mașinilor agricole, în general, acesta trebuie să fie dotat cu minimum următoarele utilaje de lucru: instalație de spălare sub presiune; compresor de aer comprimat; macara tip girafă; presă hidraulică; strung; mașină de găurit; aparate de sudură (electric, oxiacetilenic); aparatură de vulcanizare; bancuri de lucru cu menghine de banc, dulapuri cu scule, DMM-uri specifice etc.

Schema unui service pentru reparat mașini agricole (semănători) este prezentată în fig. 4.27.

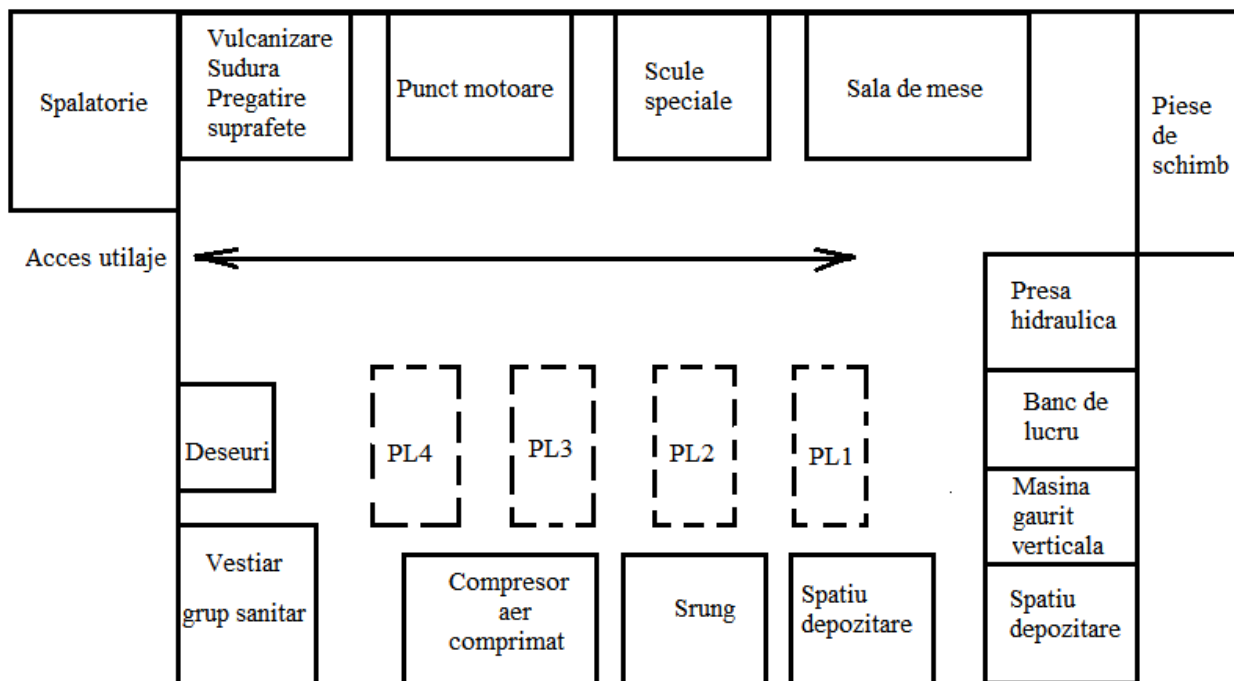


Fig. 4.27. Schema unui service pentru reparat mașini agricole
PL1-PL4 – Posturi de lucru

6. Modul de desfășurare a activităților de reparație într-un service pentru mașini agricole

Pentru desfășurarea în cele mai bune condiții a lucrărilor de întreținere și reparații, atât din punct de vedere cantitativ și calitativ, cât și economic și în deplină siguranță și securitate, trebuie respectate anumite reguli generale dar și speciale, în funcție de natura reparației, astfel:

- Mașinile agricole autopropulsate trebuie introduse în service cu motorul în funcțional;
- Demontarea componentelor instalației electrice se va realiza numai după decuplarea bateriei de acumulatori;
- Demontarea subansamblurilor de sub cadrul șasiu sau caroseria mașinii agricole se va efectua numai după ce aceasta este așezată pe suporturi metalici prevăzuți în partea superioară cu pene din lemn sau cauciuc pentru a se asigura stabilitatea mașinii agricole;
- Pentru lucrările absolut necesare sub mașina agricolă, când înălțimea de lucru nu permite o poziție de lucru în picioare, mecanicii/tehnicienii vor folosi paturi rulante adiacente;
- Utilizarea aparatelor de sudură sau cu flacără oxiacetilenică este interzisă atât timp cât mașinile agricole sunt în lucru, [38].

9. Fluxul tehnologic într-un service

Fluxul tehnologic într-un service reprezintă itinerarul parcurs de piesa de bază a subansamblului unui echipament tehnic până la ultima operație de montare și poate fi organizat în linie dreaptă, în formă de L, în formă de U sau în circuit.

Fluxul în linie dreaptă

Fluxul în linie dreaptă se organizează în general, în clădirile de formă alungită ale unităților de reparații cu volum de lucrări mic sau mijlociu fig. 4.28, [38].

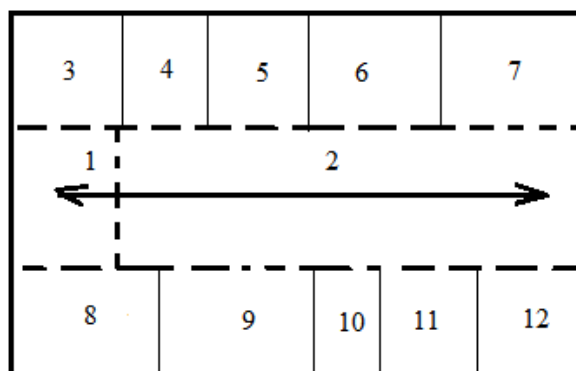


Fig. 4.28. Fluxul tehnologic în linie dreaptă, [30]

B. Fluxul tehnologic în formă de L

Fluxul tehnologic în formă de L, permite găsirea unor soluții avantajoase de amplasare a atelierelor 4 – 12, pentru repararea diferitelor ansambluri sau pentru recondiționarea pieselor, față de compartimentele 1 – 3, de demontare, recondiționare a piesei de bază și montare, când complexitatea lucrărilor nu este prea ridicată, volumul de lucru este mediu, iar numărul de posturi de lucru și compartimente este relativ redus.

D. Fluxul tehnologic în circuit

Fluxul tehnologic în circuit fig. 4.31 constituie o dezvoltare a fluxului în U și se folosește în cazul unităților cu program de producție mare și procese tehnologice complexe.

Metoda de organizare a lucrului este în flux continuu sau intermitent, traseul 1 – 5 fiind parcurs de cărucioare sau banda de demontare, reparare a piesei principale și montare.

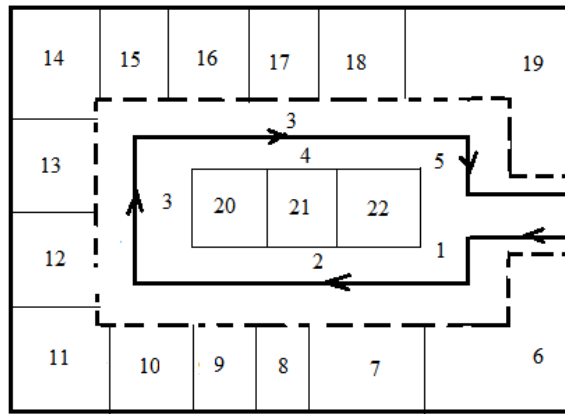


Fig. 4.31. Fluxul tehnologic în circuit, [38]

4.9. Asigurarea pieselor de schimb pentru mașinile de semănat

Piese de schimb sunt articole din stoc utilizate în activitățile de întreținere pentru a menține echipamentele sau produsele în condiții de funcționare.

Cererile de produse și cele de piese de schimb se comportă diferit pe parcursul ciclului de viață (faza inițială, faza de maturitate și faza terminală), fig. 4.32, [110].

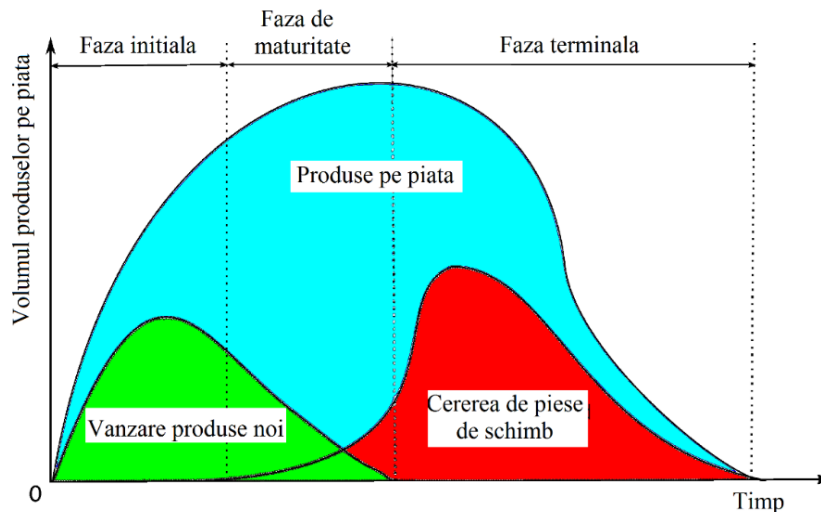


Fig. 4.32. Vânzările de produse noi, cererea de piese de schimb și produsele de pe piață, în ciclul de viață al produsului, [110]

2. Gestionarea stocurilor

Gestionarea stocurilor de piese reparabile este mai complexă decât cea a consumabilelor. Pentru piesele reparabile, sursele de aprovizionare includ nu numai furnizorii, ci și atelierele de reparații, ale căror operațiuni sunt afectate de capacitatea de reparații, timpul de reparație, etc.

Modelul de referință al operațiunilor lanțului de aprovizionare este utilizat pe scară largă pentru a măsura performanța lanțului de aprovizionare după tipul indicatorilor analizați: *timp de livrare*, *indicatori de cost*, *indicatori de servicii/calitate* și *indicatori de active*.

4.11. Concluzii privind contribuțiile teoretice în domeniul fiabilității și mentenanței mașinilor agricole de semănat plante prășitoare

Structura unei mașini agricole de semănat plante prășitoare este alcătuită, în principal, din trei categorii de componente de bază, astfel: *componentele de susținere* a întregii alcătuirii structurale a mașinii; *componentele funcționale*, alcătuite din totalitatea ansamblurilor sau elementelor, incluzând sistemele de transmitere a unor mișcări între acestea, care realizează efectiv lucrarea

agricolă; *elementele de cuplare la sursele energetice* de lucru aferente (în general tractoare agricole), cilindri hidraulici, lagăre și articulații între subansamblurile componente între care există mișcare relativă; *sisteme de monitorizare, reglare și control*, care asigură buna funcționare a componentelor de lucru ale mașinii agricole de semănat plante prășitoare.

Din punct de vedere al analizei de fiabilitate și mentenanță, de interes sunt componentele din ultimele trei categorii deoarece acestea sunt supuse uzurii în timp și a apariției condițiilor de defectare.

Starea limită este stabilită pe baza dimensiunilor și ajustajelor limită, precum și a abaterilor limită de la forma geometrică a pieselor și articulațiilor. Starea limită a pieselor și subansamblurilor, exprimată în perioada de timp de funcționare, constituie elementul de bază pentru stabilirea normelor de consum de piese de schimb.

La stabilirea limitelor uzurii se iau în considerare o serie de criterii, fiecare dintre acestea având importanța cuvenită, de la caz la caz, în funcție de politica fiecărei organizații în ceea ce privește mentenanța echipamentelor tehnice pe care le gestionează, după cum urmează: criteriul tehnic; criteriul funcțional; criteriul economic; criteriul recondiționabilității; criteriul siguranței.

Discurile brăzdarelor mașinilor de semănat plante prășitoare, indiferent de întreprinderea constructoare, sunt realizate într-o gamă de valori ale parametrilor de bază (diametru, masă, grosime disc), varietate care poate urma o distribuție normală sau un alt tip de distribuție, fără să ținem seama că ele pot fi netede sau cu ondulații, respectiv cu tăiș crestă.

Metodele de măsurare a uzurii componentelor la mașinile de semănat plante prășitoare cele mai utilizate sunt: metoda micrometrării; metoda cântaririi și metoda calibrelor sau a dispozitivelor speciale de verificare.

Cea mai uzuală și totodată cea mai pretabilă metodă utilizată în fiabilitatea mașinilor agricole de semănat plante prășitoare, este Metoda arborilor de defectare, aceasta fiind o metodă de bază în proiectarea operațională care pornește de la defect, cu o probabilitate specificată și acceptată ce presupune determinarea fiabilității, pentru un calcul al probabilității de cedare și, prin acesta, pentru determinarea riscului.

Capacitatea service-ului se stabilește în funcție de necesarul de ore de funcționare/an sau ha lucrate/an pentru fiecare tip de mașină agricolă, stabilit pe baza unor statistici efectuate referitoare la frecvența intervențiilor (ocazii/an) și la durata medie a intervențiilor, în cazul de față al semănătorilor.

Pe baza capacității de funcționare stabilite, se calculează numărul posturilor de lucru, numărul de angajați, de aici rezultând în continuare necesarul de spațiu și de necesarul de utilaje.

Capitolul 5 CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND FIABILITATEA ȘI MENTENANȚA MAȘINILOR AGRICOLE DE SEMĂNAT PLANTE PRĂȘITOARE

Fiabilitatea unui utilaj, în general, depinde în mare măsură de modul cum este realizată mentenanța acestuia, atât ca perioade de realizare, cât și din punct de vedere calitativ. Mentenanța unui utilaj presupune parcurgerea unor etape și activități logice menționate într-un plan de mentenanță aprobat de către managementul agentului economic, structurat în așa fel încât, în final, activitatea de mentenanță să fie realizată la o calitate ridicată și cu cheltuieli cât mai reduse.

5.1. Mentenanța pentru semănătoarea Väderstad, model Tempo F8

Lucrări pregătitoare. Înainte de realizarea efectivă a operației de mentenanță preventivă planificată trebuie verificat dacă sunt asigurate toate elementele necesare unei astfel de acțiuni, precum: materialele necesare (piese de schimb, lubrifianți, materiale auxiliare etc.); scule și dispozitive; forța de muncă calificată; organizarea spațiului necesar; resurse financiare; logistica.

A. Lucrări de întreținere și service la nivelul secției de semănat

Schimbarea și reglarea discurilor de semințe

Se reglează discurile de semințe din secția de semănat, atunci când acestea prezintă semne de uzură, astfel încât să nu mai existe nici un contact unul cu celălalt, urmând ordinea operațiilor prezentate mai jos, fig. 5.2. Limita de uzură recomandată este de $\phi 350$ mm la diametrul exterior al discului.

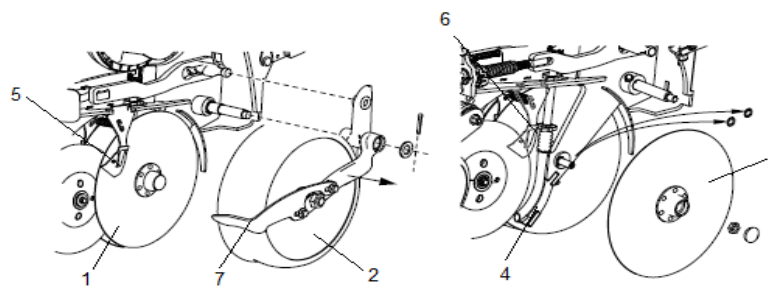


Fig. 5.2. Schimbarea și reglarea discurilor de semințe, [122]

1. brăzdar dublu disc; 2. roată de reglare adâncime de semănat; 3. disc;
4. captator de semințe; 5. răzuitor disc; 6. răzuitor de semințe; 7. suport roată de reglare

Discurile montate corespunzător nu trebuie să se sprijine unul pe celălalt. Jocul corect între discuri trebuie să fie de 0–0,2 mm. Înlocuirea discurilor brăzdar se realizează atunci când partea exterioară a discului (tăișul) se uzează complet și nu mai pot funcționa în ansamblul secției de semănat. Acest lucru se întâmplă cel mai des la o uzură în diametru de cca 20 mm.

B. Lucrările de întreținere și service asupra funcției Combi

Reglarea și schimbarea discurilor de fertilizator se face conform fig. 5.3;

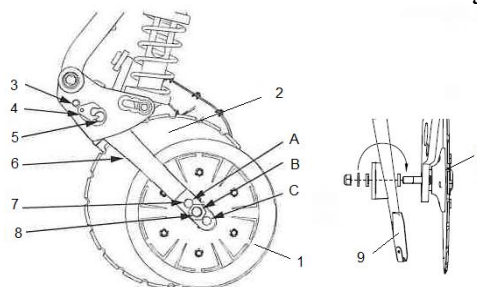


Fig. 5.3. Reglarea și schimbarea discurilor de fertilizator, [122]

1. roată de adâncime; 2. disc; 3. șurub de fixare; 4. blocator de rotație;
5. arbore; 6. braț; 7. piuliță de fixare; 8. ax roată; 9. brăzdar de semințe

Pozițiile A, B, C, fig. 5.3, reprezintă distanțele de referință între discul 2 și brăzdarul de semințe 9, și au valorile: A > 0 mm; B - 0 mm; C - 0 mm.

E. Lubrifierea

Lubrifierea semănătorii Väderstad, model Tempo F8, se realizează la intervalele și locurile de ungere, conform specificațiilor din arborele de mentenanță pentru operația de lubrifiere, prezentat în fig. 5.9.

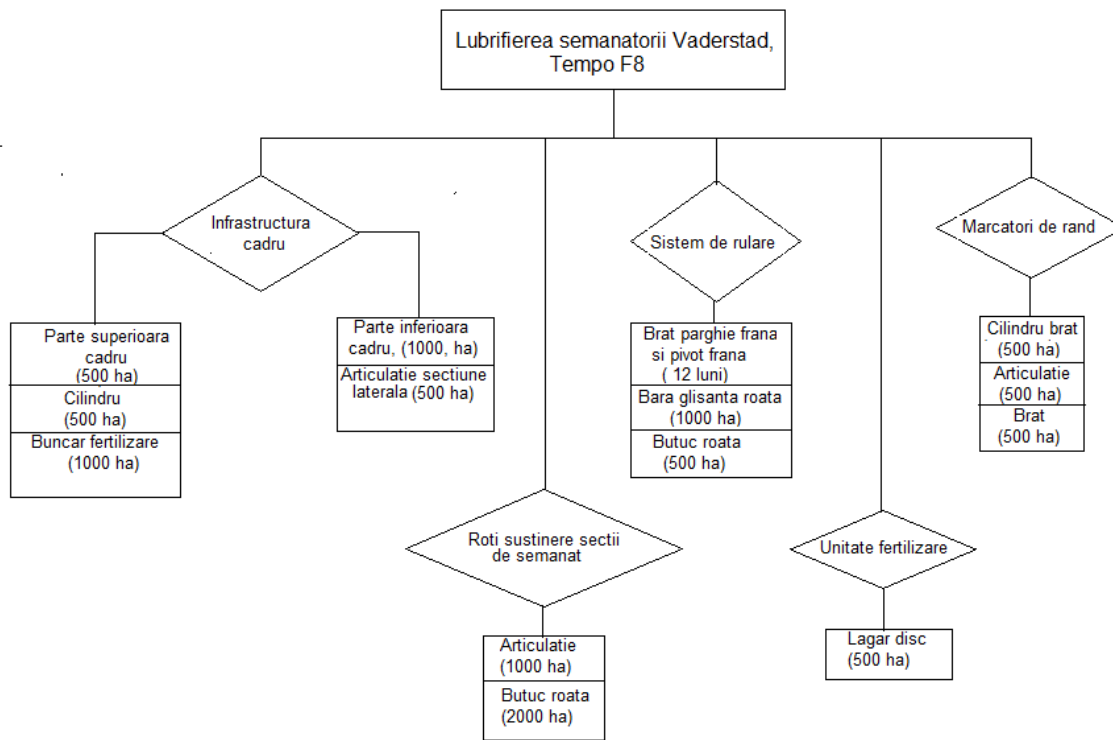


Fig. 5.9. Arborele de mentenanță pentru lubrifierea semănătorii Väderstad, model Tempo F8

5.2. Cercetări experimentale privind comportarea la uzură a discurilor de brăzdar ale mașinilor de semănat plante prășitoare

Pentru efectuarea cercetărilor experimentale privind comportarea la uzură a discurilor de brăzdar ale mașinilor de semănat plante prășitoare a fost ales modelul de semănătoare Väderstad, Tempo TPT 6, seria 1912, unul dintre cele mai utilizate modele de către fermieri, pe care s-au efectuat determinările și măsurătorile atât în stadiul de produs nou cât și după utilizarea la semănatul unor suprafețe apreciabile pentru a se putea face aprecieri asupra evoluției fenomenului de uzură.

5.2.1 Metodele experimentale de stabilire a limitelor de uzură

Întrucât mentenanța unei mașini agricole de semănat plante prășitoare cuprinde o multitudine de lucrări, după cum au fost descrise la subcapitolul 5.1, în cadrul tezei sunt prezentate în detaliu activitățile efectuate în cadrul mentenanței, doar pentru discurile de brăzdar, cele mai des supuse uzurii și cu impact major asupra cheltuielilor, dintre componentele unei semănători.

A. Metodele experimentale de stabilire a limitelor de uzură dimensionale și a pierderilor de masă

Etapa experimentală de stabilire a limitelor de uzură la discurile de brăzdar a constat în măsurarea dimensiunilor discului, diametrul, respectiv grosimea acestuia și a pierderilor de masă în procesul de lucru, utilizând ca dispozitiv de măsurare un șubler electronic cu precizia de măsurare de 0,01mm și micrometru cu precizia de 0,01mm, pentru dimensiuni și o balanță electromagnetică Radwag, model WLC 20/A2, cu precizia de 0.1g, pentru determinarea pierderilor de masă ale discului [79,80,82].

Valorile măsurate pentru parametrii discurilor noi sunt centralizate în tabelul 5.1.

Tabel 5.1. Valorile parametrilor discurilor noi

Nr. disc	Masa disc, [g]	Media diametrului exterior, [mm]	Grosimea medie a discului, [mm]				
			D=360 mm	D=340 mm	D=320 mm	D=300 mm	D=280 mm
1	4041,60	380,42	4,24	4,20	4,25	4,08	4,17
2	4058,80	380,66	4,22	4,23	4,21	4,00	4,18
3	4045,10	380,35	4,23	4,24	4,21	4,06	4,29
4	4043,80	380,68	4,21	4,25	4,22	4,16	4,27
5	4040,30	380,37	4,24	4,21	4,35	4,17	4,23
6	4036,60	380,18	4,19	4,26	4,45	4,50	4,14
7	4042,20	380,44	4,14	4,18	4,19	4,35	4,47
8	4053,10	380,44	4,26	4,27	4,26	4,22	4,16
9	4055,60	380,52	4,27	4,26	4,28	4,25	4,24
10	4050,90	380,23	4,24	4,21	4,19	4,18	4,10
11	4014,60	380,51	4,17	4,12	4,10	4,08	4,40
12	4053,30	380,63	4,27	4,22	4,21	4,17	4,10
13	4066,00	380,64	4,21	4,19	4,16	4,17	4,12
14	4049,70	380,44	4,29	4,26	4,26	4,24	4,25
15	4016,50	380,38	4,23	4,17	4,23	4,19	4,10
16	4017,50	380,42	4,19	4,19	4,11	4,11	4,20
17	4021,20	380,53	4,17	4,28	4,16	4,13	4,16
18	4028,60	380,43	4,19	4,17	4,19	4,19	4,18
19	4049,20	380,49	4,28	4,2205	4,24	4,24	4,34
20	4041,30	380,48	4,17	4,18	4,20	4,19	4,16
Valori medii	4041,295	380,462	4,2205	4,214	4,224	4,184	4,213
Abaterea standard	14,7498	0,1308	0,0419	0,0391	0,0778	0,1002	0,1009
Abaterea de la medie, %	-0,66 – +0,61	-0,07 – +0,06	-1,91 – +1,65	-2,23 – +1,33	-2,92 – +5,36	-4,40 – +7,55	-2,68 – +6,10

Măsurătorile au fost efectuate în vederea realizării unei analize a variației dimensiunilor discurilor mașinilor de semănat plante prășitoare cu brăzdare cu dublu disc pentru un număr mare de discuri, calculând pe baza măsurătorilor, *densitatea de probabilitate* și *probabilitatea cumulativă* pentru masa discurilor, *grosimea medie* a acestora și *diametrul exterior*, parametri ale căror valori sunt precizate la vânzare/cumpărare de către distribuitor.

Au fost calculate, de asemenea, *abaterea standard* și *abaterea de la medie* pentru o distribuție cumulativă normală (gaussiană), așa cum era normal să fie pentru un număr mare de discuri brăzdar. În plus, s-a efectuat o analiză a *diminuării parametrilor* menționați la discurile utilizate.

Au fost realizate, de asemenea, determinări asupra discurilor brăzdarelor unei mașini de semănat plante prășitoare Väderstad, model Tempo TPT 6, seria 1912, care deja a lucrat 80 ha semănat, la viteza medie 6,4 km/h.

Pentru discurile utilizate deja (la semănătoarea Väderstad, model Tempo T 6 s-a determinat și grosimea discului la exteriorul acestuia (la tăiș), valorile prezentate în tabelul 5.2. fiind, de asemenea, media celor patru determinări pe patru direcții radiale la 90 de grade.

Tabel 5.2. Valorile parametrilor discurilor la Väderstad Tempo T6, seria 1912 utilizată

Nr. disc	Masa disc, [g]	Media diametrului exterior, [mm]	Grosimea medie a discului, [mm]					Gros.la Dext.
			D=360 mm	D=340 mm	D=320 mm	D=300 mm	D=280 mm	
1	4007,0	380,00	4,15	3,99	3,99	4,57	4,37	1,85
2	3970,8	379,90	3,89	3,86	4,06	4,06	4,06	2,00
3	3966,1	379,90	3,96	3,90	4,06	4,09	4,14	1,76
4	3941,8	379,75	3,63	3,76	3,91	4,04	4,05	1,92
5	3947,0	379,90	3,82	3,82	4,02	4,19	4,02	1,92
6	3949,7	380,00	3,88	3,84	4,08	4,15	4,13	1,84
7	3972,6	379,90	3,89	3,90	4,09	4,23	4,16	1,82
8	3970,8	379,90	3,91	3,85	4,05	4,07	4,17	1,86
9	3940,5	380,00	3,78	3,80	3,97	4,18	4,11	1,93
10	3986,6	379,65	4,05	3,89	4,12	4,16	4,14	1,89
11	3966,9	379,90	3,95	3,91	4,07	4,15	4,11	2,08
12	3977,4	379,78	3,70	4,00	4,11	4,26	4,17	1,76
Valori medii	3966,4	379,88	3,88	3,88	4,04	4,18	4,14	1,88
Abaterea standard	19,51	0,11	0,14	0,07	0,06	0,14	0,09	0,09
Abaterea de la medie, %	-0,65 – +1,02	-0,03 – +0,03	-6,52 – +6,80	-2,94 – +3,05	-3,21 – +1,80	-3,27 – +9,35	-2,73 – +5,67	-6,86 – +10,39

2. Metodele experimentale de stabilire a durității și structurii metalografice a discurilor

Determinările au fost efectuate în mai multe puncte pe suprafața discurilor, atât pe direcție radială, cât și pe patru direcții radiale dispuse la 90°.

S-au efectuat determinări de la exteriorul discului până spre centrul acestuia, în vederea estimării gradului de duritate pe direcție radială.

Discurile au fost curățate și șlefuite pe zonele pe care au fost realizate determinările și s-au făcut inscripționări pe acestea, pe patru direcții radiale, la o distanță de circa 20-22mm. Așadar, măsurătorile au fost efectuate pe 5 cercuri relativ concentrice la aproximativ 340 mm, 295 mm, 250 mm, 205 mm și 170 mm, astfel încât să se observe și eventualele neuniformități pe diferite zone ale discului, [81;83;84].

Determinările au fost efectuate asupra a două probe prelevate dintr-un disc al unui brăzdar de la o semănătoare Väderstad – una în secțiune longitudinală, alta în secțiune transversală, scopul fiind observarea neuniformităților structurale care pot apare pe parcursul operațiilor de prelucrare a piesei, dar și stabilirea structurii propriu-zise care să fie corelată cu proprietățile mecanice ale discurilor.

Analiza metalografică a fost efectuată pe un Microscop Optic Olympus BX51M, anul de fabricație 2015, pentru investigații în câmp luminos/întunecat/lumină polarizată, cu software de achiziție și analiză imagine cu aplicații în metalurgie, sursa de iluminare inclusă cu bec cu halogen min. 100 W, filtru pentru conversie în lumina naturală, domeniul de mărire de la 50x până la 1000x, cu cameră digitală color, rezoluție 3.2 Mp cu senzor CCD de 1/1.8" cu modul software pentru determinarea mărimii de grăunte G prin metoda interceptiei.

În tabelul 5.4. sunt redate valorilor de durități HV, înregistrate în cele 3 puncte, valoarea medie HV, dar și valoarea de conversie HRC (HRC mediu).

Tabel 5.4. Valorile durităților înregistrate

Punct 1, punct 2, punct 3	HV ₁	HV ₂	HV ₃	HV mediu	HRC mediu
Proba 1 (secțiune longitudinală)	521	527	529	526	50
Proba 2 (secțiune transversală)	529	526	530	528	51

5.2.2. Cercetări experimentale privind uzura dimensională a discurilor brăzdar

Pe baza valorilor prezentate în tabelul 5.1, s-au realizat graficele densității de probabilitate și probabilității cumulative pentru grosimea discurilor noi, măsurată din 10 în 10 cm pe direcție radială, utilizând *Data Analysis* din programul Microsoft Excel, în fig. 5.13 fiind prezentate doar graficele pentru valorile medii ale măsurătorilor (pentru că măsurarea grosimii a fost efectuată pe 4 direcții radiale la 90 grade).

Din tabelul 5.1. se observă că diametrul discurilor noi are valori minime de 380.18 mm și valori maxime de 380,68 mm, cu abateri de la medie ale celorlalte valori în intervalul $[-0,07 - +0,06\%]$.

Dacă la masa discurilor și la diametrul acestora, abaterile de la valoarea medie sunt foarte mici, nu același lucru se poate spune despre grosimea acestora, care se dovedește a fi mai neuniformă. Astfel, pentru diametrul de 360 mm (cel mai mare diametru la care s-au efectuat măsurători), grosimea discurilor noi are valori în intervalul 4,14-4,29 mm, cu abateri de la medie în intervalul $[-1,91 - +1,65\%]$. La diametrul 340 mm, grosimea discurilor are valori în intervalul 4,12-4,27 mm, cu abateri de la medie în intervalul $[-2,23 - +1,33\%]$. Lângă butuc (la diametrul 280 mm), grosimea discurilor a avut valori în intervalul 4,10-4,47 mm, cu abateri de la medie în intervalul $[-2,68 - +6,10\%]$. Pentru celelalte diametre intermediare abaterea grosimii discurilor de la medie este chiar mai mare, până spre 8%, așa cum apare în tabelul 5.1.

Analiza statistică efectuată, prezintă grafic distribuția densității de probabilitate și a probabilității cumulative pentru valorile grosimii discului, conform fig. 5.14.

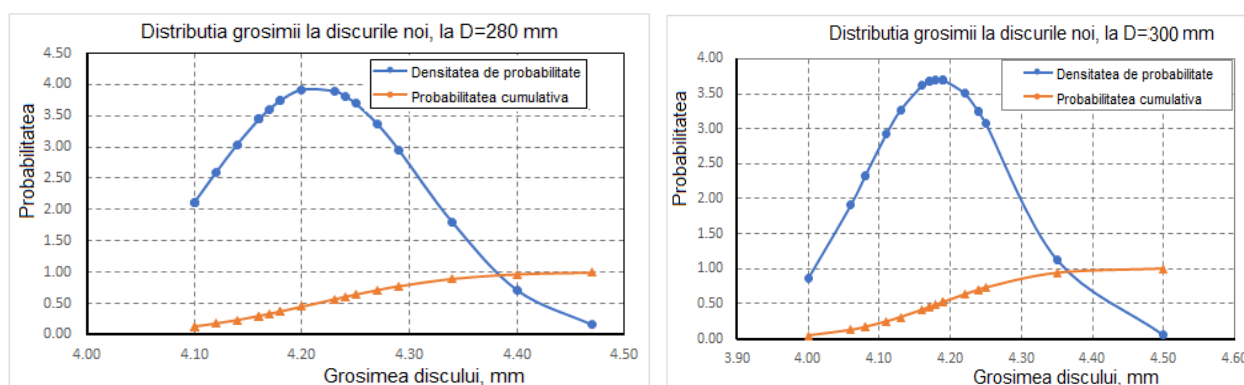


Fig. 5.14. Distribuția valorilor grosimii discurilor noi pentru cinci diametre concentrice

Histograma și distribuția densității de probabilitate și a probabilității cumulative pentru valorile diametrului discurilor noi din tabelul 5.1., sunt prezentate în fig. 5.15.

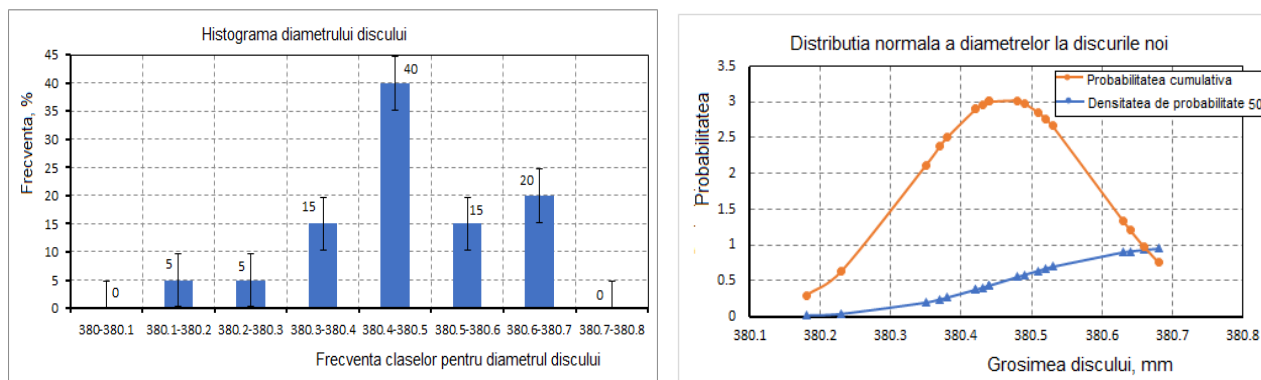


Fig. 5.15. Histograma și distribuția densității de probabilitate și a probabilității cumulative pentru valorile diametrului discurilor noi

Procedând în continuare la prelucrarea datelor experimentale și având în vedere histogramele de variație a valorilor grosimii discurilor la cele cinci diametre menționate mai înainte, se obțin graficele din fig. 5.16, în care regăsim frecvența valorilor parametrului amintit, dar și frecvența cumulativă (în procente) a acestor valori. Valorile relativ ridicate ale coeficientului de determinare R^2 (0,838 - 0,943) arată legitimitatea utilizării aceste funcții, pentru cazul analizat.

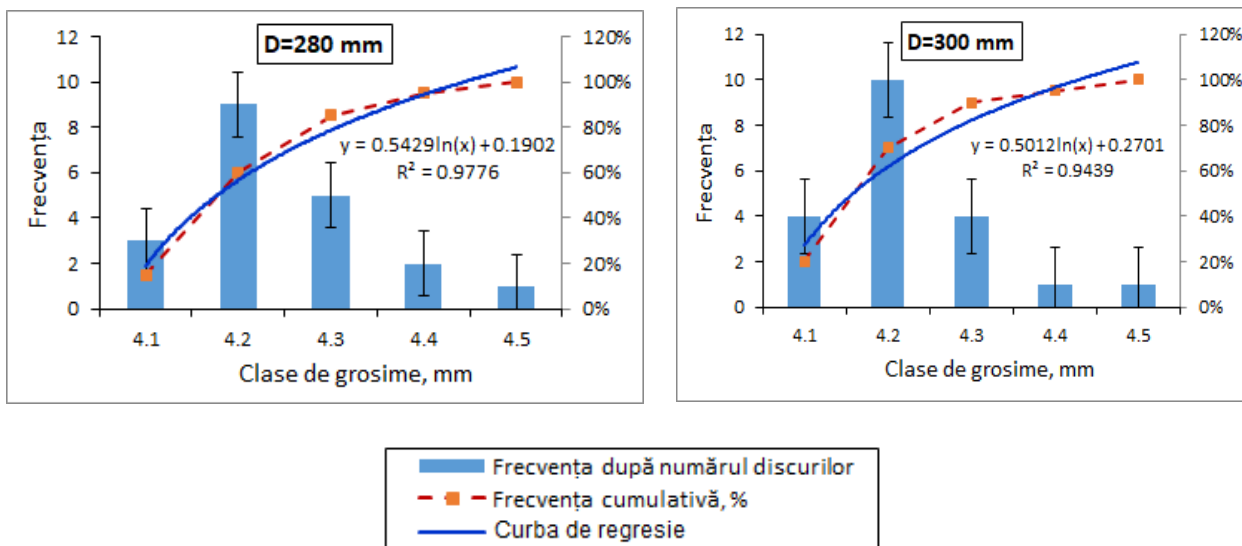


Fig. 5.16. Distribuția după grosimea discului, la cinci diametre de testare pentru discuri noi ale brăzdalelor semănătorilor Väderstad ($D_{\text{ext. nominal}} = 380$ mm)

Având în vedere numărul mai mic de discuri analizate și distribuția valorilor grosimii discurilor pentru cele cinci diametre (ca și în cazul discurilor noi), valorile coeficientului de determinare R^2 se încadrează în limite mai largi, pornind de la $R^2=0.545$ la valori $R^2=0.996$, atunci când valorile măsurate sunt în limite mai restrânse, fig. 5.17.

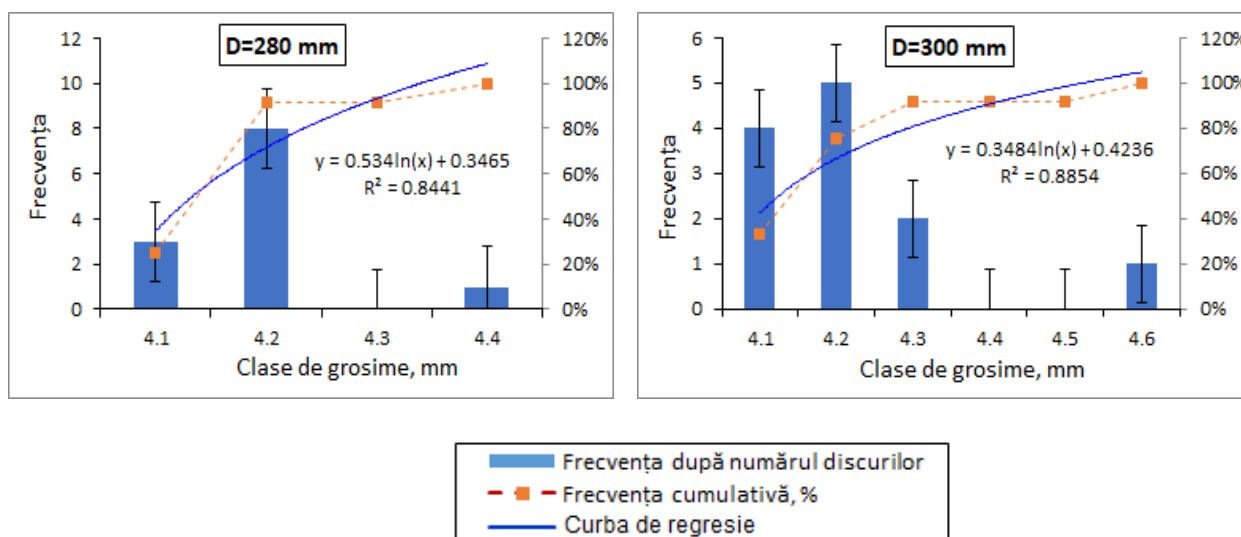


Fig. 5.17. Distribuția după grosimea discului, la cinci diametre de testare, pentru discuri ale brăzdelor semănătorilor Väderstad, cu 80 ha lucrate ($D_{\text{ext. nominal}} = 380$ mm)

Poziția acestor discuri pe cadrul semănătorii se poate observa și din dispunerea graficelor din fig. 5.19, care arată modul de împerechere a acestora în procesul de semănat.

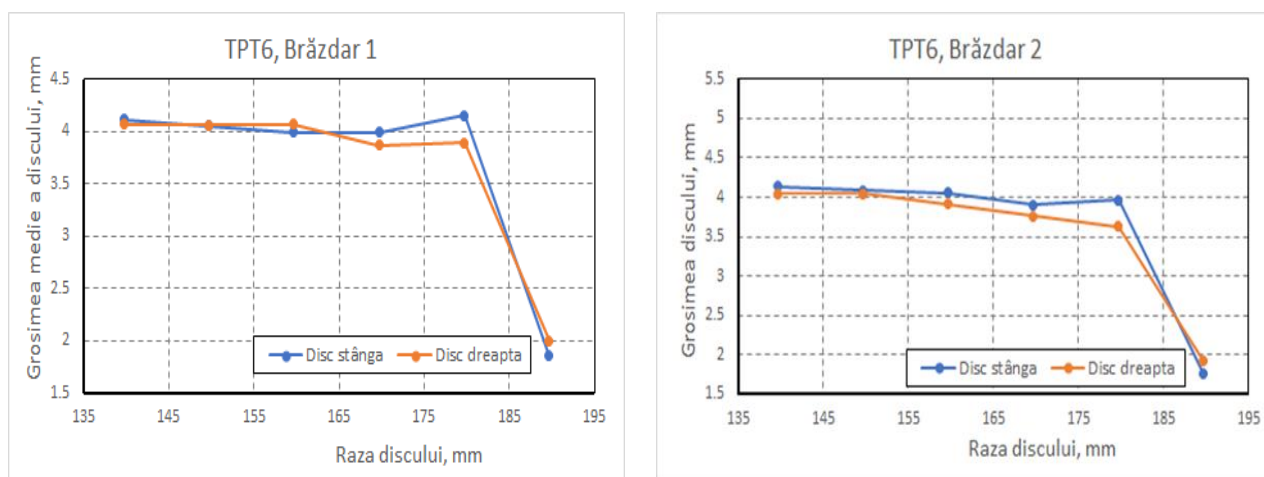


Fig. 5.19. Distribuția uzurii grosimii discurilor la diferite diametre ale discurilor la mașina de semănat Väderstad, model Tempo T6, la care au fost efectuate măsurătorile experimentale

Din analiza graficelor din fig. 5.19, se observă o tendință de subțiere a discurilor către diametrul exterior, acolo unde, de fapt, discurile sunt ascuțite (grosimea la limita exterioară fiind mult mai mică decât în celelalte zone în care s-au efectuat măsurători), deoarece panta drepte de regresie (coeficientul lui x în analiza de regresie liniară) are valoare negativă, dacă se iau în analiză numai primele cinci puncte de pe grafice.

Dacă se analizează, în continuare, ultimele rânduri ale tabelelor 5.1 și 5.2 (cu valorile medii ale parametrilor studiați), cu atât mai mult se observă că discurile care au lucrat (fie ele și numai 80 ha semănat sau 380 ha) prezintă atât o masă mai scăzută, cât și un diametru exterior mai mic, conform datelor din tabelul 5.5, din cauza uzurilor din procesul de lucru. Același fenomen îl arată și valorile grosimilor medii ale discurilor utilizate la semănat, în comparație cu valorile grosimilor medii ale discurilor noi (care au fost prezentate și grafic în fig. 5.18).

Tabel 5.5. Valorile parametrilor discurilor folosite, pentru Văderstad, model Tempo T 6, seria 1912

Parametru							
	Masa, [g]	D _{ext} , [mm]	t ₃₆₀ , [mm]	t ₃₄₀ , [mm]	t ₃₂₀ , [mm]	t ₃₀₀ , [mm]	t ₂₈₀ , [mm]
Discuri noi							
Valori medii	4041,295	380,462	4,2205	4,214	4,2245	4,184	4,213
Discuri uzate, la 80 ha semămate							
Valori medii	3966,43	379,83	3,88	3,88	4,04	4,180	4,140
Δm	74,865	0,632	0,3405	0,334	0,1845	0,004	0,073
Discuri uzate, la 380 ha semămate							
Valori medii	3843,17	379,11	3,28	3,53	3,79	3,77	3,80
Δm	198,12	1,352	0,9405	0,684	0,4345	0,414	0,413

Distribuția uzurii discurilor în grosime pentru diferite suprafețe și diferite diametre ale discurilor, lucrate este prezentată în fig. 5.21.

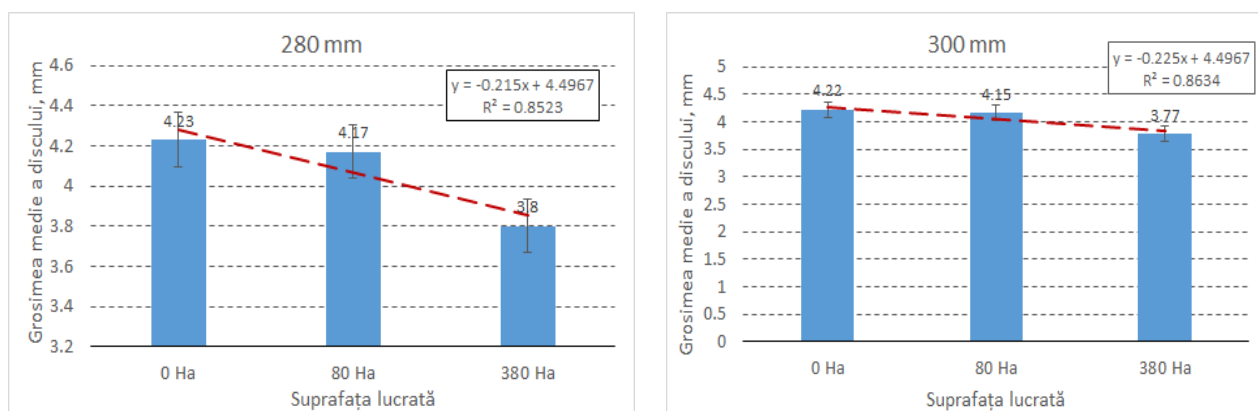


Fig. 5.21. Distribuția uzurii discurilor în grosime pentru diferite suprafețe lucrate

Din fig. 5.21. se observă că, funcția logaritmică aplicată distribuției uzurilor în grosime, la diferite suprafețe lucrate, prezintă un coeficient de determinare care variază crescător cu diametrul discurilor, cuprins între 280-360 mm, cu valori în intervalul $R^2 = 0,8523 - 0,9851$.

5.2.3. Cercetări experimentale privind uzura prin pierderea de masă a discurilor

Din tabelul 5.1. se observă că masa discurilor noi se încadrează între 4014,6 – 4066,0 g, cu abateri față de medie de până la 0,66%, în plus sau în minus.

Histograma și distribuția densității de probabilitate și a probabilității cumulative pentru valorile masei discurilor noi din tabelul 5.1 sunt prezentate în fig. 5.22.

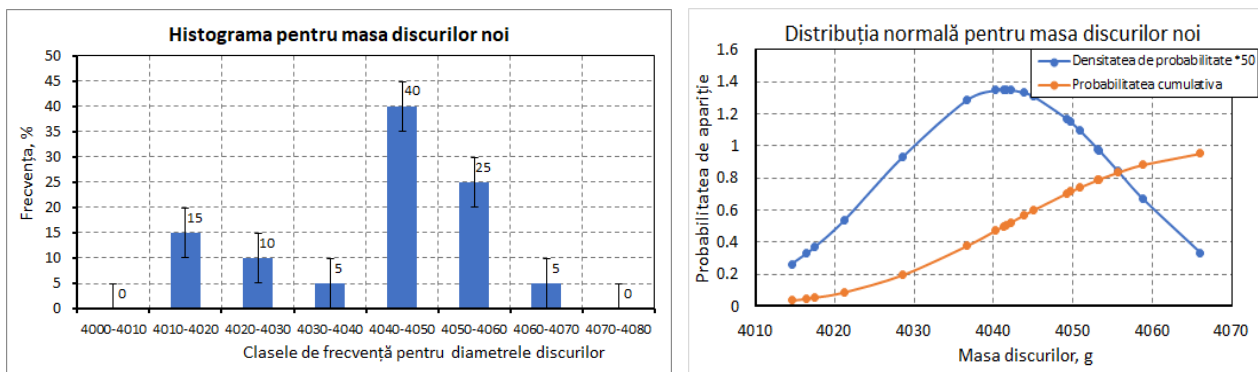


Fig. 5.22. Histograma și distribuția densității de probabilitate și a probabilității cumulative pentru valorile masei discurilor noi

Din analiza histogramei prezentată în fig. 5.22 se observă că cele mai multe discuri noi (circa 70%) au mase peste medie, cântărind peste 4040 g, însă circa 15% au mase în intervalul de masă minim (4010 – 4020 g), sub media valorilor masei care este de 4041 g.

De asemenea, circa 75% dintre discuri au diametrul peste 380,40 mm, cu circa 15% dintre discuri având diametrul între 380,30 – 380,40 mm, media valorilor diametrului discurilor fiind 380,46 mm.

Este de remarcat, totuși, ca 40% dintre discuri au atât o masă medie de 4040 - 4050 g și diametrul 380,40 – 380,50 mm, ceea ce reprezintă mijloacele intervalelor de valori considerate pentru cei doi parametri.

În fig. 5.23. este prezentată distribuția după masa discului pentru brăzdare ale semănătorilor Väderstad, cu 80 ha lucrate ($D_{\text{ext. nominal}} = 380$ mm).

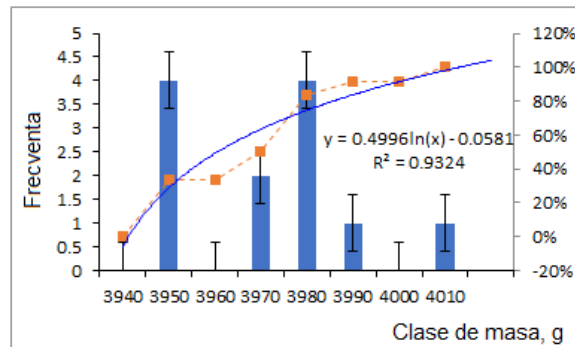


Fig. 5.23. Distribuția după masa discurilor pentru brăzdare semănătorilor Väderstad, cu 80 ha lucrate ($D_{\text{ext. nominal}} = 380$ mm)

Pentru distribuția valorilor masei discurilor brăzdarelor mașinii de semănat, funcția logaritmică prezintă un coeficient de determinare cu valoare ridicată ($R^2 = 0,932$), chiar dacă domeniul de valori este și aici mai larg.

5.2.4. Cercetări experimentale privind duritatea materialului discurilor mașinilor agricole de semănat plante prășitoare

Pentru discurile brăzdarelor de semănători agricole, se utilizează de obicei oțeluri cu conținut ridicat de carbon sau oțeluri aliate, care oferă un echilibru optim între duritate, rezistență la uzură și tenacitate.

Graficul valorilor medii ale durității discurilor de brăzdar, pentru cele cinci cercuri concentrice la care s-au efectuat măsurătorile, utilizând datele măsurate conform tabelului 5.3., sunt prezentate în fig. 5.25.

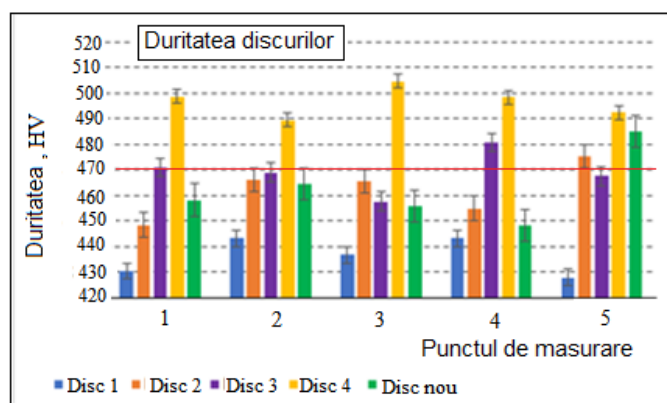


Fig. 5.25. Graficul valorilor medii ale durităților măsurate la cele 5 discuri, cercuri concentrice

Se poate observa că există diferențe relativ mari între puncte foarte apropiate, așa cum avem la discul 1, pe una din direcțiile radiale, respectiv 429, 401, 422 HV (valoarea 401 HV iese în evidență față de celelalte valori) sau la discul 4 tot pe o direcție radială între puncte apropiate, respectiv 528, 543, 505 HV (valoarea 505 HV iese în evidență).

5.2.5. Cercetări experimentale privind structura metalografică a materialului discurilor mașinilor agricole de semănat plante prășitoare

În afara testelor privind duritatea discurilor de brăzdar ale semănătorilor agricole, au fost realizate determinări privind structura metalografică a acestor discuri, în vederea estimării compoziției chimice a oțelului utilizat la realizarea acestora.

Analizele au fost efectuate în laboratorul de specialitate al facultății de Ingineria Materialelor din UPB.

În fig. 5.26.; 2.28. sunt prezentate imagini microscopice ale analizei metalografice efectuată asupra discurilor brăzdar de la semănătoarea de plante prășitoare Väderstad.

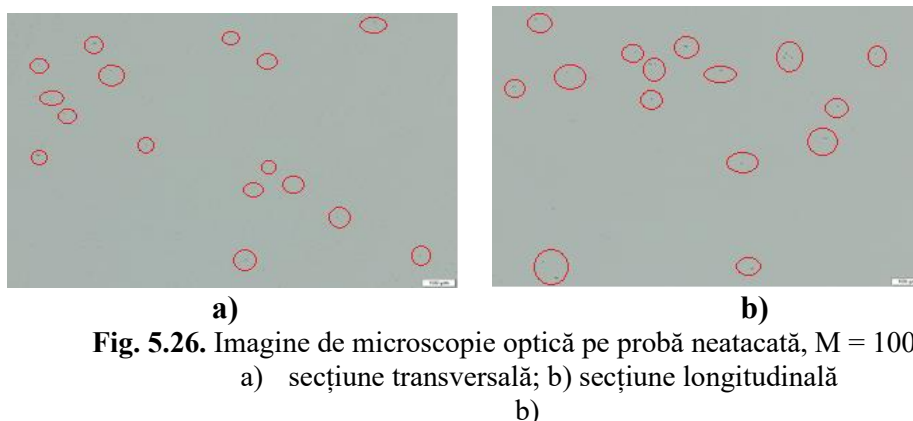


Fig. 5.26. Imagine de microscopie optică pe probă neatacată, M = 100 x
a) secțiune transversală; b) secțiune longitudinală

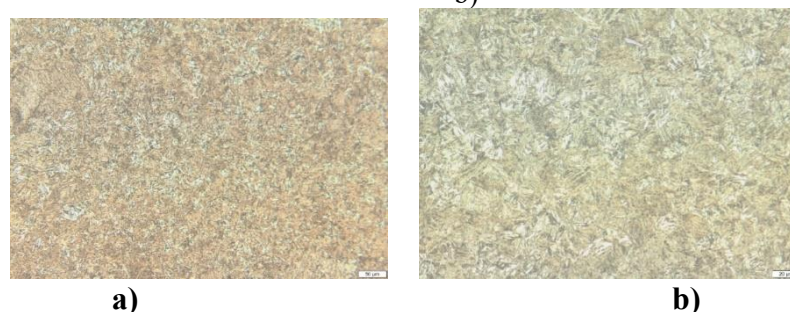


Fig. 5.28. Imagine de microscopie optică pe probă atacată în secțiune longitudinală - atac: Nital 2% a) M = 200 x ; b) M = 500 x

5.3. Simularea procesului tribologic de uzare a discurilor brăzdar prin pierderea de masă

Modelul cel mai comun, utilizat în ingineria agricolă și tribologie, pentru determinarea uzurii abrazive, este modelul lui Archard prin care se determină volumul de material uzat din organul de lucru conform relației (4.5) de la subcapitolul. 4.4.3.

Simularea pierderilor de masă prin uzură abrazivă, la un disc brăzdar de semănătoare plante prășitoare cu diametrul de 380 mm, s-a determinat pentru un caz concret al unei semănători pentru plante prășitoare Väderstad, model Tempo T6, echipată cu brăzdar dublu disc, în următoarele condiții:

- suprafața lucrată a fost de 80 ha sau 800.000 m²;
- semănătorea a semănat pe șase rânduri, la o lățime de lucru de 3 m;
- distanța de alunecare, s parcursă în sol, calculată la suprafața menționată este de 266.667 m;

Forța normală aplicată pe discul brăzdar s-a determinat ținând seama de următoarele considerente: în cazul grapelor cu discuri sau a plugurilor se estimează, din lucrări științifice, că forța normală aplicată unui organ de lucru în sol este $F=500-2000$ N, depinzând de condițiile solului. Având în vedere că suprafața discului semănătorilor care este în contact cu solul, față de discurile grapelor, este mult mai mică iar solul la semănat are un grad mai ridicat de prelucrare, s-a estimat în cazul de față o forță normală aplicată pe discul brăzdar de $F = 350$ N.

- valoarea coeficientului de uzură K , estimat pentru oțel – sol este estimat între $10^{-2} \dots 10^{-6}$, în funcție de condițiile de lucru ale solului (tipul de sol, grad de prelucrare, umiditate). Având în vedere că experimentările au fost efectuate în condiții de sol mijlociu, relativ bine prelucrat, cu umiditate normală, s-a adoptat coeficientul de uzură mediu de 10^{-4} .

- duritatea materialului discului brăzdar (oțel manganos tratat) este de $H = 1,1 \cdot 10^9$ Pa sau $1,1 \cdot 10^9$ N/m²;

- densitatea materialului discului (oțel), $\rho = 7850$ kg/m³.

Înlocuind valorile în relația (4.5), rezultă:

$$V = \frac{1 \cdot 350 \cdot 266667}{10^4 \cdot 1,1 \cdot 10^9} = 8,485 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Pentru a converti volumul uzat în pierdere de masă, se poate utiliza relația generală:

$$m = \rho \cdot V = 7850 \cdot 1000 \cdot 8,485 \cdot 10^{-6} = 66,6 \text{ grame}$$

Dacă se compară cu masa uzată determinată conform relației (4.5), în condițiile menționate, cu pierderea medie de masă reală determinată prin cântărire, conform valorilor din tabelul 5.2 pentru discul nou și tabelul 5.3 pentru discul lucrat 80 hectare, se constată următoarele:

- masa medie cântărită, pentru 12 discuri, a fost de 4041,295 g;
- masa medie cântărită, pentru aceleași 12 discuri, după 80 ha lucrate, a fost de 3966,4 g;
- pierderea de masă rezultată ca diferența dintre cele două mase este de 74,895 g;
- diferența de pierdere de masă dintre cea cântărită și cea determinată prin simulare este de 66,60 g care procentual reprezintă 12, 45%, cele două valori fiind comparabile.

Analizând cele două valori determinate, se constată o diferență nesemnificativă ceea ce înseamnă că modelul lui Archard utilizat se pretează a fi utilizat pentru determinarea pierderilor de masă prin uzare abrazivă, la discurile brăzdar de la semănători, fig. 5.29 iar variația pierderilor de masă în funcție de forța normală pe disc, F , pentru diferite suprafețe lucrate în fig. 5.30.

Simularea pierderilor de masă la discurile brăzdar ale semănătorilor de plante prășitoare utilizând modelul Archard constituie un instrument valoros pentru fundamentarea planurilor de mentenanță preventivă având impact pozitiv asupra aprovizionării cu piese de schimb și asupra eficientizării alocării resurselor financiare.

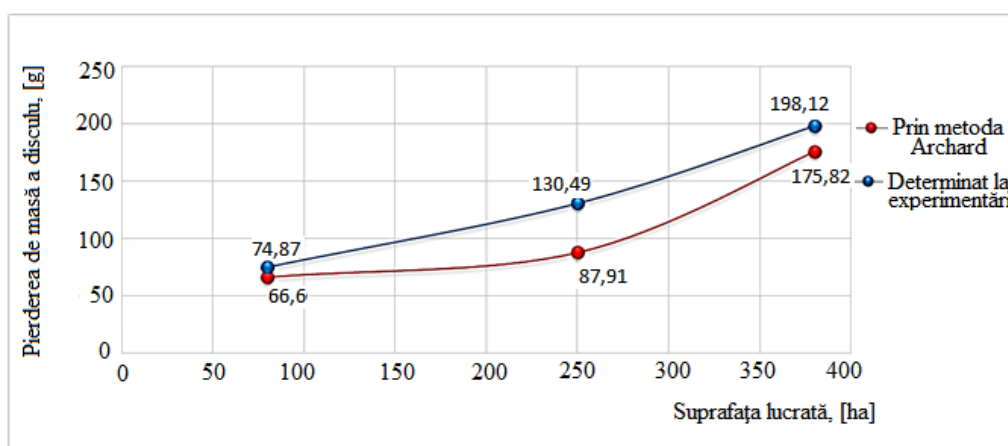


Fig. 5.29 Diagrama comparativă a pierderilor de masă a discului determinată experimental și prin metoda Archard

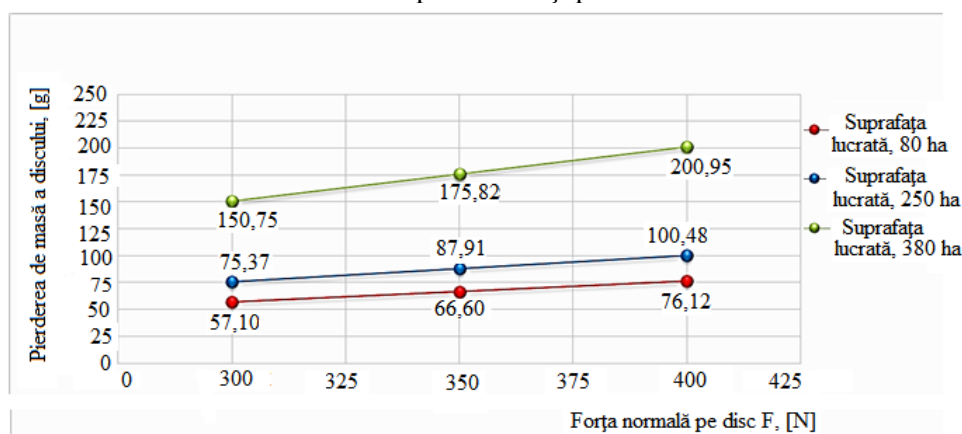


Fig. 5.30. Variația pierderilor de masă în funcție de forța normală pe disc, F, pentru diferite suprafețe lucrute, determinată prin metoda Archard

5.4. Determinări experimentale pentru repararea semănătorilor de plante prășitoare

5.4.1. Reparația unei semănători pentru plante prășitoare, Väderstad, model Tempo F8

În cadrul prezentului capitol este prezentată reparația unei semănători pentru plante prășitoare Väderstad model Tempo F 8, fig. 5.29, aflat în unitatea service de la sediul de lucru.

Desfășurătorul pieselor de schimb, cele mai importante, aferente efectuării reparației semănătoarei Väderstad Tempo F 8, sunt prezentate în tabelul 5.9.

Tabel 5.9. Desfășurătorul pieselor de schimb pentru semănătoarea Väderstad, Tempo F 8

Cod piesă	Denumire piesă	U.M.	Canti tate	Preț uitar, [Euro], fără TVA	Reduce re, [Euro]	Total cost, fără TVA, [Euro]
10.0/75-15.3	Anvelopă	Buc.	4	141,00	0,00	564,0
471539	Placă reflectorizantă	Buc	1	90,00	0,00	90,00
188865	Elemente de iluminare	Buc	2	86,30	25,89	146,71
497292	Placă	Buc	2	45,00	13,74	77,86
485734	Scară	Buc	1	537,00	80,55	456,45
432116	Brăzdar semințe stg.	Buc	4	58,90	35,34	200,26
432117	Brăzdar semințe dr.	Buc	4	58,90	35,34	200,26
156003	Suport roată	Buc	1	212,00	31,80	180,20
5001201621	Bolț cap hexaonal, M12x16	Buc	40	0,60	3,60	20,40

451371	Disc plat D410mm RD V55	Buc	8	41,50	49,80	282,20
443333	Disc D 325 mm	Buc	2	109,00	32,70	185,30
168990	Capac	Buc	8	318,00	381,6	2162,40
165951	Recipient	Buc	8	529,00	634,80	3597,20
188282	Kit disc	Buc	8	139,00	0,00	1112,00
194476	Ax stg.	Buc	8	36,20	0,00	289,60
194625	Ax stg.	Buc	8	36,20	0,00	289,60
499630	Braț	Buc	1	379,00	0,00	379,00
261002	Suport arbore roată stg.	Buc	1	230,00	0,00	230,00
151409	Bucșă distanțier	Buc	2	40,30	0,00	80,60
425108	Rulment 30x34x30 V8802	Buc	4	21,10	0,00	84,40
159465	Ax	Buc	1	61,00	0,00	61,00
495337-1	Kit senzori	Buc	1	176,00	0,00	176,00

Costurile totale efectuate pentru repararea unei semănători de plante prășitoare Väderstad Tempo F8, cu identificarea fiecărei pe grupe de cheltuieli, sunt prezentate în tabelul 5.8.

Tabel 5.8. Costuri totale pentru repararea semănătoarei Tempo F8

Nr.crt.	Tipul costului	Preț, [Euro] Fără TVA
1	Piese de schimb	12660,52
2	Monoperă	2481,60
3	Materiale consumabile	850,00
	TOTAL REPARATIE	15992,12

Obs.: curs valutar 1 Euro = 5 lei

5.4.2. Determinarea experimentală a necesarului de piese de schimb într-un service

Organizarea într-un service este realizată în baza unui sistem de management al calității care cuprinde o serie de proceduri și instrucțiuni de lucru adecvate compartimentului care se ocupă cu programarea și asigurarea necesarului de piese de schimb în situația adoptării sistemului de mentenanță preventivă.

Pentru acest lucru s-a luat în calcul piesele cu uzură ridicată (consumabilele), piesele pentru mentenanța anuală/sezonieră, piesele de rezervă critice (care pot bloca activitatea în sezon) și componentele de rezervă pentru urgențe (stoc minim de siguranță), aceste piese fiind prezentate în tabelul 5.10. Estimarea a fost efectuată pentru 20 semănători Väderstad Tempo F8, modele cu lățimea de lucru între 4 - 8 m, presupunând un ciclu de utilizare anual standard între 300 - 500 ha/semănătoare.

Tabel 5.10. Necesari general piese de schimb – Väderstad Tempo F8 (pentru 20 unități)

Categorie	Piesă	Cantitate totală	Preț unitar (EUR)	Preț total (EUR)	Preț total (RON)	Stoc/ fermă
Brăzdare & discuri	Disc semănat Ø410 mm	250	38	9500	47500	12
Brăzdare & discuri	Disc fertilizare	100	41	4100	20500	5
Brăzdare & discuri	Brăzdar complet	40	120	4800	24000	2
Brăzdare & discuri	Răzuitor disc	80	8	640	3200	4
Role & tăvălugi	Rulou de tasare	60	58	3480	17400	3
Role & tăvălugi	Lagăr rolă tasare	80	19	1520	7600	4
Role & tăvălugi	Roată copiere	60	36	2160	10800	3
Transmisie & dozare	Lanț transmisie	20	42	840	4200	1
Transmisie & dozare	Roțițe dozatoare (set)	60	29	1740	8700	3
Transmisie & dozare	Rulment dozator	30	22	660	3300	1
Transmisie & dozare	Tub dozare semănat	80	16	1280	6400	4
Electrică / senzori	Senzor viteză	10	115	1150	5750	0
Electrică / senzori	Senzor lipsă semințe	20	96	1920	9600	1
Electrică / senzori	Senzor presiune	10	88	880	4400	0
Întreținere	Kit unsoare	20	25	500	2500	1
Întreținere	Lanțuri diverse	40	45	1800	9000	2
Întreținere	Burdof dozator	60	14	840	4200	3
Consumabile	Set garnituri dozator	20	18	360	1800	1
Consumabile	Șuruburi/piulițe (kit)	200	1	200	1000	10
Consumabile	Rulmenți (diverse)	60	28	1680	8400	3
				40050	200250	

5.4.3. Determinarea fiabilității unei semănători

Determinarea fiabilității unei semănători de plante prășitoare (Exemplu -Väderstad Tempo) implică o analiză tehnico - economică structurată, cu accent pe următoarele aspecte:

1. Colectarea și analizarea datelor din teren

Pentru determinarea fiabilității unei semănători și calculul anumitor indicatori specifici acesteia, este necesar ca pentru fiecare semănătoare și în fiecare sezon de lucru, să se înregistreze anumite date sau indicatori de exploatare

2. Calculul fiabilității - exemplu practic

Calculul fiabilității s-a efectuat utilizând indicatori de fiabilitate specifici pentru 3 buc. de semănători plante prășitoare Väderstad, model Tempo F8, utilizate în sezonul de primăvară, indicatorii determinați fiind prezentați în Tabelul 5.12.

Tabel 5.12. Indicatori principali de fiabilitate determinați

Model semănat oare	Sezon	Suprafața semănată [ha]	Număr defecți uni	Timp de funcționare [ore]	Timp de reparații [ore]	MTBF [ha/def.]	MTTR [ore/def.]	Disponibilitatea tehnică [%]
Tempo A-01	Primăvara 2024	450	3	75	4	150	1,33	94,936
Tempo A-02	Primăvara 2024	500	2	80	2	250	1	97,561
Tempo A-03	Primăvara 2024	430	4	70	6	107,5	1,5	92,105

Indicatori de intrare:

- Suprafața medie lucrată: 460 ha
- Număr mediu de defecțiuni: 3
- timp mediu de funcționare: 75 h
- timp mediu pierdut (reparații): 4 h

Indicatori determinați:

- Fiabilitatea = 460 ha / 3 defecțiuni = 153,33 ha/defecțiune;
- MTBF (ha) = 153,33 ha;
- MTTR (ore) = 4 h / 3 defecțiuni = 1,33 ore;
- Disponibilitatea tehnică (DT), [%] = Timpul de funcționare / (Timpul de funcționare + Timpul de reparare) = 75 / 75 + 4 = 94,93%;
- Coeficientul de disponibilitate, $K_A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) = 153,33 / (153,33 + 1,33) = 0,9914$;
- Coeficientul de indisponibilitate, $K_{IN} = 1 - K_A = 1 - 153,33 / (153,33 + 1,33) = 1 - 0,9914 = 0,0086$;
- Proportia disponibilității, $K_D = \text{MTTR} / \text{MTBF} = 0,005405$.

Instrumentele utile pentru a calcula Disponibilitatea tehnică sunt: Fișele de mentenanță standardizate (Excel/ Google Sheets); senzori ISOBUS + aplicația Väderstad E-Control – exportă rapoarte necesare; Power BI / Excel Pivot Table – pentru analiză pe loturi și ani.

Coeficientul de disponibilitate obținut pentru suprafața medie lucrată este la o valoare foarte ridicată ceea ce înseamnă că cele 3 semănători analizate au o fiabilitate ridicată, în contextul suprafeței medii de 450 ha lucrate. Cu certitudine, în cazul creșterii suprafețelor lucrate, coeficientul de disponibilitate va manifesta o ușoară scădere.

În mod logic, coeficientul de disponibilitate este influențat mai mult de componentele cele mai defectabile conform statisticii prezentate în tabelul din fig. 4.20, aceste componente fiind: discul brăzdar, disc curățitori de rând (stânga, dreapta), roata de presiune și reprezintă circa 85% din cauzele de apariție a defectărilor.

5.5. Concluzii Capitolul 5

Din cercetările experimentale efectuate s-a constatat că există o legătură directă între uzurile pe grosime și diametrul exterior al discurilor și suprafața de teren semănată, discurile subțindu-se, de la exterior către interior cu circa 0,25 mm pentru 100 hectare semămate, sau cca. 22% pentru 380 hectare semămate și micșorări în diametru cu 0,17-0,35% pentru suprafețe de teren semămate de la 80 la 380 hectare;

Din comparația făcută între masa uzată a discurilor determinată prin simulare, după modelul lui Archard, conform relației (4.5), care este de 66,60g, cu pierderea medie de masă reală determinată prin cântărire la experimentări, conform valorilor din tabelul 5.1 pentru discul nou și tabelul 5.2 pentru discul lucrat pe 80 hectare, care a fost de 74,895g, s-a constatat o diferență nesemnificativă de doar 8,295g, sau cca. 12,45%. Prin urmare, se poate concluziona că metoda Archard de determinare a pierderilor de masă prin uzare abrazivă, poate fi utilizată cu succes în cazul discurilor brăzdar de la semănători;

Fiabilitatea determinată pentru trei exemplare de semănători Väderstad Tempo F8, utilizată în campania de semănat de primăvară din anul 2024, pe o medie de 460 ha, conform tabelului 5.11, a condus la o medie a disponibilității tehnice de 99,14%;

Capitolul 6. CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PROPUNERI PENTRU CERCETĂRI VIITOARE

6.1. Concluzii generale

În evaluarea ciclului de viață al unui produs se operează cu o serie de concepte, general recunoscute, precum:

- *Fiabilitatea* care, din punct de vedere calitativ, reprezintă capacitatea unui sistem tehnic de a funcționa fără defecțiuni în decursul unui interval de timp în condiții determinate de exploatare și este mărimea care caracterizează siguranța de funcționare a unui sistem tehnic în conformitate cu anumite norme prescise;

- *Mentenabilitatea*, care reprezintă capacitatea unui sistem tehnic, în condiții date de utilizare, de a fi menținut sau restabilit în starea de a-și îndeplini funcțiile specifice, atunci când întreținerile și reparațiile se desfășoară în condiții date;

- *Disponibilitatea*, care este definită ca aptitudinea unui sistem de a-și îndeplini funcția specifică după o durată de timp utilizată pentru reparații;

- *Mentenanța*, care este ansamblul acțiunilor tehnice și organizatorice (întrețineri și reparații) având drept scop menținerea sau restabilirea funcționalității unui produs astfel încât acesta să poată îndeplini funcțiunile pentru care a fost conceput la parametrii specificați;

Mentenanța poate fi evaluată prin intermediul unor *indicatori de apreciere ai mentenanței* care, în funcție de strategia abordată, se pot clasifica în indicatori tehnici, indicatori economici și indicatori de timp, astfel:

- *Indicatorii tehnici ai activităților de mentenanță* sunt: numărul de intervenții; gradul de utilizare al echipamentului pe durata de viață; disponibilitatea teoretică a echipamentului; disponibilitatea practică a echipamentului; stocul de piese de schimb; procentul de recăderi;

- *Indicatorii economici de evaluare a mentenanței* reprezintă cea mai utilizată metodă de măsură a eficienței departamentelor de mentenanță și constă în împărțirea costurilor totale ale mentenanței pe costuri de activități tipizate, astfel: costul specific al mentenanței; costul specific al utilizării stocurilor de piese de schimb; costul serviciului de mentenanță; ponderea mentenanței planificate; ponderea costului de reparație în costul total; indicatori de productivitate;

- *Indicatorii de timp pentru activitatea de mentenanță*, sunt: timpul mediu de răspuns; timpul mediu pentru reparații; timpul de mentenanță planificată, indicatorul de performanță de timp al activității de mentenanță;

Pentru gestionarea defecțiunilor unui sistem tehnic, mai complex, se utilizează anumite metode dintre care cea mai utilizată, și care se pretează destul de bine și în cazul mașinilor agricole de semănat plante prășitoare, este *metoda arborelui de defectare*. Arborele de defectare reprezintă o diagramă logică care indică legătura între un anumit defect al sistemului și defectele componentelor fiind compus dintr-o reprezentare grafică a evenimentelor într-o structură ierarhică, arborescentă, reprezentare grafică logică și este folosită pentru a determina diferite combinații de erori care ar putea conduce la o defecțiune a sistemului complex;

Utilizarea *metodei arborelui de mentenanță* se pretează a fi utilizată la realizarea mentenanței mașinilor agricole sub forma unei scheme logice care reflectă o succesiune a operațiilor de bază ale mentenanței, stabilite să fie efectuate asupra unui sistem tehnic, oferind totodată instrucțiuni calitative și cantitative necesare pentru metodele de evaluare a timpilor de reparație. Etapele logice de construire a unui arbore de mentenanță sunt: *etapa localizării defectului; etapa de reparație și reglaje; etapa de control*.

Realizarea unei statistici privind componentele cele mai schimbate la mașinile agricole de semănat plante prășitoare o reprezintă o activitate destul de laborioasă care necesită o logistică bine pusă la punct în concordanță cu realitățile din exploatare. În cadrul tezei, analiza a fost efectuată pe în perioada 2019-2024 referitoare la piesele defectate de la unitatea de rând pentru semănătoarea de plante prășitoare Väderstad, model Tempo TPF 8, dar situația poate fi extrapolată și la alte modele similare, pentru componentele cu gradul cel mai ridicat de defectare, astfel: discul brăzdar de la

secțiile de semănat și de fertilizare; tubul de semințe; cauciucul de la roata de tasare; roata de acoperire; răzuitorii de la discurile brăzdar; roata de presiune; roata de tasare.

6.2. Concluzii privind cercetările experimentale

În cadrul cercetărilor experimentale au fost desfășurate o serie de activități de mentenanță specifice mașinilor agricole de semănat plante prășitoare, cu particularizare pe o semănătoare Väderstad, model Tempo F8, în concordanță cu scopul și obiectivele declarate ale prezentei teze, în urma cărora s-au desprins următoarele concluzii:

- Au fost determinate limitele de uzură la 20 de discuri de brăzdar noi cu diametrul exterior de 380 mm, constând în măsurarea uzurilor pe diametru și pe grosime (la diametrele 360 mm; 340 mm; 320 mm; 300 mm; 280 mm în câte patru puncte diametral opuse) noi și aceleași măsurători pentru aceleași discuri după 80, respectiv 380 ha lucrate, pentru comparație, și a pierderilor de masă în procesul de lucru, utilizând dispozitivele de măsurare stipulate la capitolul 4, conform fig. 5.10, fig. 5.11, valorile determinate fiind conform tabelelor 5.1; 5.2; 5.65.

- Din analiza datelor măsurate, conform tabelului 5.2 și reprezentate grafic în histograma din fig. 5.20 se observă că cele mai multe discuri noi (circa 70%) au mase peste medie, cântărind peste 4040 g, însă circa 15% au mase în intervalul de masă minim (4010 – 4020 g), sub media valorilor masei care este de 4041 g.

- De asemenea, s-a constatat că circa 75% dintre discuri au diametrul peste media de 380,46 mm, iar circa 15% dintre discuri având diametrul între 380,30 – 380,40 mm, sub media valorilor diametrului discurilor de 380,46 mm.

- Este de remarcat, totuși, ca 40% dintre discuri au o masă medie de 4040 - 4050 g și diametrul 380,40 – 380,50 mm, ceea ce reprezintă mijloacele intervalelor de valori considerate pentru cei doi parametri.

- Discurile se subțiază prin uzură abrazivă produsă la contactul cu solul, evident mai mult la exterior și mai puțin în centrul discului, așa cum arată și datele din tabelul 5.6., deoarece presiunea exercitată de sol este mai mică spre suprafața solului.

- Din punctul de vedere al pierderilor de masă ale discului, analizând datele din tabelul 5.6, se constată că masa discurilor scade în medie cu 1,85% după 80 hectare semăcate, iar după 380 ha cu 4,90%. Același lucru se remarcă și pentru diametrul discurilor care scade cu 0,0017% după 80 ha lucrate și cu 0,0035% după 380 ha, fig. 5.19, concluzionând astfel că uzura crește de peste două ori mai puțin decât suprafața lucrată neexistând o proporționalitate între acești parametri.

- În urma măsurărilor efectuate asupra durtății discurilor, s-a constatat că există diferențe relativ mari între puncte foarte apropiate, așa cum avem la discul 1, pe una din direcțiile radiale, respectiv 429, 401, 422 HV (valoarea 401 HV iese în evidență față de celelalte valori) sau la discul 4 tot pe o direcție radială între puncte apropiate, respectiv 528, 543, 505 HV (valoarea 505 HV iese în evidență).

- Din comparația făcută între masa uzată a discurilor determinată prin simulare, după modelul lui Archard, conform relației (4.5), care este de 66,60g, cu pierderea medie de masă reală determinată prin cântărire la experimentări, conform valorilor din tabelul 5.1 pentru discul nou și tabelul 5.2 pentru discul lucrat pe 80 hectare, care a fost de 74,895g, s-a constatat o diferență nesemnificativă de doar 8,295g, sau cca. 12,45%. Prin urmare, se poate concluziona că metoda Archard de determinare a pierderilor de masă prin uzare abrazivă, poate fi utilizată cu succes în cazul discurilor brăzdar de la semănători.

- Realizarea efectivă în cadrul cercetărilor experimentale a reparației unei semănători pentru plante prășitoare Väderstad, model Tempo F8 (parte definitorie a operației de mentenanță), în care au fost folosite piese de schimb noi, materiale consumabile și forța de muncă pentru derularea operațiilor și lucrărilor în conformitate cu instrucțiunile generale de reparare a unei semănători de tipul celei menționate mai sus, a condus la o serie de cheltuieli financiare, totalizate la 15992,12 euro, fără TVA. Această sumă poate constitui o bază de comparație pentru activitățile de mentenanță ale altor tipuri de semănători, în vederea optimizării acestora, bineînțeles, în condițiile respectării întocmai a instrucțiunilor tehnice aferente.

● Fiabilitatea determinată pentru trei exemplare de semănători Väderstad Tempo F8, utilizată în campania de semănat de primăvară din anul 2025, pe o medie de 460 ha, conform tabelului 5.11, a condus la o medie a disponibilității tehnice de 99,14%.

6.3. Contribuții personale

În urma cercetărilor teoretice și experimentale efectuate în cadrul prezentei teze de doctorat, se desprind următoarele contribuții personale:

- Formularea unor considerații generale privind mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare;
- O sinteză a unor cercetări experimentale în domeniul fiabilității și mentenanței sistemelor tehnice;
- Contribuții teoretice în domeniul fiabilității și mentenanței mașinilor agricole de semănat plante prășitoare în care sunt prezentate considerații referitoare la starea limită de uzură a pieselor mașinilor agricole de semănat plante prășitoare, o statistică privind componentele cele mai schimbate la mașinile agricole de semănat plante prășitoare, aplicarea metodei arborilor de defectare și mentenanța la mașinile agricole de semănat plante prășitoare precum și prezentarea și organizarea unui service pentru mașini agricole;
- Elaborarea arborilor de defectare, de mentenanță pentru secția de semănat de semănătoare de plante prășitoare Väderstad, model Tempo F8, precum și a arborelului de mentenanță pentru lubrifierea semănătorii Väderstad, model Tempo F8;
- Efectuarea de cercetări experimentale privind fiabilitatea și mentenanța mașinilor agricole de semănat plante prășitoare, Väderstad, model Tempo F8 în care s-au realizat: experimentări privind comportarea la uzură a discurilor brăzdar ale mașinilor de semănat în grosime, diametru și prin pierderea de masă; cercetări experimentale privind duritatea și structura metalografică a materialului discurilor brăzdar; simularea procesului tribologic de uzare a discurilor brăzdar prin pierderea de masă. Efectuarea diagramei de variație a parametrilor determinați și interpretarea datelor;
- Realizarea unor determinări experimentale pentru repararea unei semănători de plante prășitoare Väderstad, model Tempo F8, determinarea experimentală a necesarului de piese de schimb într-un service pentru semănători și determinarea fiabilității unei semănători de plante prășitoare Väderstad;
- Realizarea simulării procesului tribologic de uzare a discurilor brăzdar prin pierderea de masă utilizând metoda Archard;

6.4. Propuneri pentru cercetări viitoare

Prezenta teză de doctorat poate constitui o lucrare importantă pentru utilizatori, fermieri, constructori, dealeri și service-uri de mașini agricole de semănat plante prășitoare sau pentru mediile universitare, oferind suficiente informații care pot constitui puncte de temelie pentru viitoare cercetări în domeniul lucrării.

Pentru aceasta se propun următoarele direcții noi de cercetare:

- Ca direcție de dezvoltare viitoare, ar fi utilă integrarea inteligenței artificiale în metodologia de mentenanță, utilizând datele experimentale legate de uzură și a indicatorilor de fiabilitate pe modele de machine learning în vederea anticipării momentului optim pentru intervențiile de mentenanță, care să reprezinte un suport practic pentru fermieri;
- Continuarea cercetărilor pentru dezvoltarea metodei simulării procesului de pierdere de masă prin uzură prin utilizarea de date cât mai aproape de valorile reale ale categoriilor de sol și a condițiilor concrete de lucru a semănătorilor pentru plante prășitoare.

BIBLIOGRAFIE

1. Alkahtani M., Omair M., Khalid Q.S., Hussain G., Sarkar B., 2020, An agricultural products supply chain management to optimize resources and carbon emission considering variable production rate: Case of nonperishable corps, *Processes*, 8(11), 1505, <https://doi.org/10.3390/pr8111505>.
2. Andrei Poștaru, 2018, Modelarea dinamică a tribosistemului de alunecare la mișcarea de translație, Universitatea Tehnică a Moldovei.
3. Aramide, B.P., Pityana, S., Sadiku, R., Jamiru, T., Popoola, P., Improving the durability of tillage tools through surface modification—a review, *The Intenational Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2021, 116(1), <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07487-4>
4. Aurel Ciocîrlea-Vasilescu, Ion Neagu, Mariana Constantin, 2007, Tehnici de măsurare în domeniu. Editura CD Press.
5. Bai, X.; Lin, J.; Lu, C.; Hu, Y., 2014, Analysis and experiment on working performance of disc coultter for no-tillage seeder, *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 30(15):1-9.
6. Ben-Daya, M.S., and A. R. Duffuaa, 2009, Handbook of maintenance management and e. ngineering. Springer Verlag London Limited.
7. Bhacat, A.S., Mishra, A.K., Mishra, N.S., Characterization of wear and metallurgical properties for development of agricultural grade steel suitable in specific soil conditions, *Wear*, 2007, 263, 228-233.
8. Biris, S.S.; Maican, E.; Paraschiv, G.; Vlăduț, V.; Bungescu, S. A model for prediction of stress state in soil below agricultural tyres using the finite element method, *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, **2007**, Vol. 69, No. 4, p.19-28.
9. Bogdan Chiriac, 2024, Cercetări privind procesele de frecare și de uzare în tribosisteme de alunecare cu suport de sticlă – Rezumatul Tezei de Doctorat, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Mecanică, <https://doctorat.tuiasi.ro/wp-content/uploads>.
10. Bruhn I., 2000. Erhebung zu Reparaturkosten von Maschinen auf Grossbetrieben, dargestellt für Traktoren und Mähdresche r.Forschungsbericht Agrartechnik No. 357. PhD diss. Kiel, Germany: Christian Albrechts University.
11. Campbell J. D., and A.K.S. Jardine, 2001. Maintenance excellence: optimizing equipment life-cycle decisions, New York.
12. Ceaușu I., Ghiță N., Potârcă T., 1980, Organizarea și conducerea activităților de întreținere și reparații, Editura tehnică București.
13. Chen, W.; Ren, J.; Huang, W.; Chen, L.; Weng, W.; Chen, C.; Zheng, S. Design and parameter optimization of a dual-disc trenching device for ecological tea plantations. *Agriculture*, **2024**, 14, 704. doi:org/10.3390/ agriculture14050704
14. Cosmescu Nadejdea, Organizarea service-ului auto, Suport de curs Proiect implementat de S. C. Grupul de formare profesională Master SRL în parteneriat cu S. C. Master S. A. și Blocul Național Sindical.
15. Cosmin Trif, 2018, Întreținerea utilajelor agricole în sezonul rece, Articol publicat in revista FERMA.
16. Crișan, H. G., 2013, Cerințele de Mentenanță ale unui Parc Auto de Transport Public Urban de Dimensiune Medie. București: Editura AGIR, Volum 24.
17. Crudu I., 1985, On the concept of state of the tribosystem and tribomodelling criterion, Proc. of 4th Int. Congres EUROTRIB'85, Ecully France.
18. Czichos H., Salomon G., 1974, The Application of Systems Thinking and Systems Analysis to Tribology, BAM-BERICHT nr.30, Berlin.

19. Czichos H., 1978, Tribology, Elsevier Publ.
20. Danciu A., Vlăduț V., Gângu V., Marin E. , 2006, Tehnologie de mentenanță preventivă și corectivă pentru Semănătoarea pentru semănat în teren nearat SCN-3, Editura printech, ISBN 978-973-718-651-5.
21. Dean, J. (n.d.), . 2000, *Managerial Economics*. Ebeling, CAn Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. In *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
22. Deshpande, V. S., and J. P. Modak, 2002, Application of RCM for safety considerations in a steel plant. *Reliability Engineering and System Safety*, 78(3): 325-34.
23. Dobre, P. 2010, Energy base and horticultural machinery (Baza energetică și mașini horticole – In Romanian), P II – Horticultural machinery, Bucharest.
24. Dumitru Olaru, 2020, Tribologie – Cursuri cu aplicații predate online studenților din anul al II-lea în perioada (martie – iunie).
25. Dumitru Olaru, 2003, Fundamente de Lubrificație, Ed. “Gh. Asachi” Iași.
26. Dzhabborov, N.I., Dobrinov, A.V., Jabborov, P.N., Research and modeling of the wear process of parts of the soil tillage working implements, IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science*, 2021, 699, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/699/1/012038.->
27. Ebeling, C. E., 2000, An Introduction to Reliability and Maintainability Engineer- ing, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
28. El-Thalji I., 2025, Green spare parts evaluation for hybrid warehousing and on-demand manufacturing, *Appl. Syst. Innov.*, 8(1), 8, <https://doi.org/10.3390/asi8010008>.
29. Gabriel Burlacu, Costica Brandabur, Nicolae Danet, Tache Duminica, 2005, *Fiabilitatea, Mentenabilitatea si Disponibilitatea Sistemelor Tehnice*. (MatixRom, Ed.) Bucuresti, Romania.
30. Gallego-García S., Gejo-García J., García-García M., 2021, Development of a maintenance and spare parts distribution model for increasing aircraft efficiency, *Appl. Sci.*, 11(3), 1333, <https://doi.org/10.3390/app11031333>.
31. Geng, Y., Wang, X., Zhong, X., Zhang, X. Chen, K. Wei, Z., Lu, Q., Cheng, X, Wei, M. (2022). Design and optimization of a soil-covering device for a corn no-till planter, *Agriculture* 12(8), 1218
32. Gheorghe Voicu, P. D. (n.d.), 2019, *Curs Fiabilitate si Mentenanța*. UPB.
33. Gruescu, C., 2012, *Fiabilitatea Sistemelor Mecatronice*. Retrieved from www.mec.upt.ro.
34. Gulyarenko, A., Bembenek, M., The method of calculing ploughshares durability in agricultural machines verified on plasma-hardened parts, *Agriculture*, 2022, 12, 841, <https://doi.org/10.3390/agriculture12060841>
35. Holicky, M., 2013, Basic concepts of probability, In book: Introduction to probability and statistics for engineers, Springer, doi: 10.1007/978-3-642-38300-7_2.
36. Hucanu Ionut Alexandru, 2020, *Tehnician mecanic pentru întreținere și reparații*. Proiect pentru certificarea competențelor profesionale.
37. Ian M. Hutchings, „Leonardo da Vinci’s studies of friction” *Wear*, 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2016.04.019>.
38. Ionuț V., Moldoveanu Gh., 1982, „Proiect pentru examenul de certificare a calificării profesionale nivel 4, calificarea profesională: Tehnician mecanic pentru întreținerea și reparații, Tema proiect – Organizarea spațiilor de reparații”, Editura „Didactică și pedagogică”, București.
39. Ján Kovác, Pavel Ťavoda, Pavol Harvánek, Jozef Krilek și Zdeněk Aleš, 2021, “The Operational Reliability Analysis of Machinery: A Case Study of Forest Forwarders and Their Technological Equipment”, *Forests*, 12(4), 404; <https://doi.org/10.3390/f12040404>.

40. Joelean, 1951, Managerial Economics, Englewood Cliffs, Pentice-Hall Inc., , p- 410 – 413.
41. Jun, G., Yue, Y. Memon, M.S., Chuang, T. Linyu W., Pei, T. (2022). Design and simulation for seeding performance of high-speed inclined corn metering device based on discrete element method (DEM). Scientific Reports, 12, 19415
42. Juściński S., 2012, The analysis of the demand for technical inspections carried out during the period of farm vehicle operation, Annals of Warsaw University of Life Sciences– SGGW, Agriculture (Agricultural and Forest Engineering) 60: 119–127.
43. Karayel, D.; Jotautienė, E.; Sarauskis, E., 2024, The effect of furrow opener and disc coulter configurations on seeding performance under different residue cover densities, AgriEngineering, 6(2), 1277-1288.
44. Karpuzov V., Golinitzky P. V., Cherkasova E., Toigambayev S. K., Antonova O., 2020 Journal of Physics: Conference Series 1691 012031.
45. Kertics R., 2003, Planificarea și programarea efectivă a întreținerii, Conferința de inginerie și întreținere a plantelor din Carolina, Florida.
46. Khodabakhshian R., Shakeri M, 2011, Prediction of Repair and Maintenance Costs of Farm Tractors by Using of Preventive Maintenance, International Journal of Agriculture Sciences, Vol.3, no. 1, pg.39-44. <http://dx.doi.org/10.9735/0975-3710.3.1.39-44>.
47. Kim, K. and Kang, M., 2023, Mechanical and microstructural characteristics of 1.5 GPa-Grade Boron steel by high-frequency induction of eddy currents, Metals, 2023, Vol.13(11), pp.1810, doi: 10.3390/met13111810.
48. Knezevic, J., 1993, Reliability, maintainability and supportability engineering: a probabilistic approach, McGraw Hill.
49. Kostencki, P., Stawicki, T., Krolicka, A. Wear of the working parts of agricultural tools in the context of the mass of chemical elements introduced into soil during its cultivation, *International Soil and Water Conservation Research*, 9 (2021) 229-240.
50. Koval, I., Bodrova, L. Kramar, H., Marynenko, S. Kovalchuck, Y., Kondzelko, N., Wear resistant hard alloys for agricultural machines elements, *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*, 2020, 2(98), https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2020.02
51. Kravchenko I N., Galinovsky A., Kartsev S., Korneev V M., Toigambayev S K., Abdumuminova D., 2020, Studies of the influence of the regime parameters of the plasma deposition process on the porosity of the coating AIP conference 19 00189.
52. Krolicka, A., Szczepanski, L., Konat, L., Stawicki, T., Kostencki, P., The influence of microstructure on abrasive wear micro-mechanisms of the claddings produced by welding used in agricultural soil, *Materials* 2020, 13, 1920; <https://doi.org/10.3390/ma13081920>
53. Li J., Ren W., Wang X., Joint, 2023, Location–allocation model for multi-level maintenance service network in agriculture, *Appl. Sci*13(18), 10167, <https://doi.org/10.3390/app131810167>.
54. Li, X., Zhang, Y., He, H., Wang, B., Zhou, H., Geng, D., Zhang, Y. (2023). Design and experiment of row cleaner with staggered disc teeth for no-till planter, *Agriculture*, 13(7), 1373
55. Ligier K., Napierkowski J., Lemecha M., 2020, „Effect of abrasive soil mass grain size on the steel wear process”, *Tribology in Industry*, Vol. 42, No. 2165-176.
56. Lipinski T., Influence of size and distances between impurities on fatigue strength structural steel for agricultural machines, *Engineering For Rural Development*, Jelgava, 2018, pp.1419-1424
57. Lucaciu, L., 2003, *Aspecte generale privind managementul mentenanței tehnicii militare*. Retrieved from <https://www.armyacademy.ro>.
58. Marek Gaworski, Piotr Ruszkowski, Ukasz Kozio, 2014, Investigations on agricultural equipment maintenance and storage system using an example of the selected commune

- in Poland, *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture No 64 (Agricultural and Forest Engineering)*, 69–75 (Ann. Warsaw Univ. Life Sci. – SGGW, Agric. 64).
59. Marcel Dekker, Marquez F.P., 2006, An approach to remote condition monitoring systems management. *The IET International Conference on Railway Condition Monitoring*, 156-60.
 60. Markus Lips, 2013, Repair and Maintenance Costs for Nine Agricultural Machine Types, *Transactions of the ASABE* (DOI:10.13031/trans.56.10083, <https://www.researchgate.net/publication/275042761>).
 61. Marquez F. P., D.J. Pedregal, and C. Roberts, 2010, Time series methods applied to failure prediction and detection, *Reliability Engineering and System Safety*, 95(): 698-703.
 62. Marquez F.P., F. Schmid, and J. C. Collado, 2003, A reliability centered approach to remote condition monitoring. A railway points case study. *Reliability Engineering & System Safety*, 80(1): 33-40.
 63. Martin L. Bell, 1966, *Marketing. Concepts and Strategy*, Boston, Houghton Mifflin Co., p. 288 – 296.
 64. Martynova N B, Shavazov K A, Telovov N K, Toigambayev S K, Yusupov Sh., 2020, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 614 012145.
 65. Moubray, J., 1997, *Reliability-centered maintenance*. New York: Industrial Press.
 66. Muchiri Peter, 2011, Maintenance optimization models and criteria, *International Journal of System Assurance Engineering and Management*.
 67. Napiorkowski, J., Lemecha, M., Konat, L. Forecasting the wear of operating parts in an abrasive soil mass using the Holm-Archard model, *Materials*, 2019, 12(13), 2180, <https://doi.org/10.3390/ma12132180>
 68. Omar Ahmed ALSSADI, 2020, Studii și cercetări privind fiabilitatea și optimizarea sistemelor de mentenanță pentru instalațiile de climatizare utilizate în locuințe, Teză de doctorat, Facultatea de Mecanică și Tehnologie Pitești, pag. 80.
 69. O V Myalo, S P Prokopov, V V Myalo, G V Redreev, and E V Demchuk, 2021, Feasibility and efficiency of agricultural machinery maintenance, *Earth and Environmental Science* 659 012053 doi:10.1088/1755-1315/659/1/012053.
 70. Paczkowska, M.; Selech, J.; Piasecki, A., 2016, Effect of surface treatment on abrasive wear resistance of seeder coulter flap, *Surf. Rev. Letter*, 23, 1650007.
 71. Pedregal D. J., Marquez F. P., and Roberts C., 2009, An algorithmic approach for maintenance management. *Annals of Operations Research*, 166(1): 109-24.
 72. Pessina, D., Special steels for the manufacturing of agricultural machinery, *Mondo machina, Information on the mechanization of the agriculture, gardening, components and multifunctionality*, 2019, <https://www.mondomacchina.it/en/special-steel-for-the-manufacturing-of-the-agricultural-machinery-c2382> (accessed at 20 September 2024).
 73. Popova E., Popov V. L., 2020, „ The Legacy of Coulomb and generalized laws of friction”, *The Authors Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics*, DOI: 10.1002/pamm.202000062.
 74. Portella, J.A.; Capellari, F. 2018, Forces on double disc coulters with different angles of attack for a planter unit, *Scientia cum Industria*, 6(2):7-9, DOI: 10.18226/23185279.v6iss2p7.
 75. Qiu C., Zhao B., Liu S., W., Zhou L., Li Y., Guo R., 2023, Data classification and demand prediction methods based on semi-supervised agricultural machinery spare parts data, *Agriculture*, 13(1), 49; <https://doi.org/10.3390/agriculture13010049>.
 76. Rasool Khodabakhshian și Jalai Baradaran Motie, 2009, Preventive maintenance of agricultural machinery, *AIJSTPME, Asian International Journal of Science and Technology*, Volume (2), No (2), Pag. 11-16.

77. Rasool Khodabakhshian, 2013, A review of maintenance management of tractors and agricultural machinery: preventive maintenance systems, *Agricultural Engineering International*, 15(4), pg.147-157.
78. Rogovskii, I.L., Borak, K.V., Yu Makisimovich, E., Smelik, V.A., Voinash, S.A., Yu Maksimovich, K, Sokolova, V.A., Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes T-series, *Journal of Physics: Conference Series* 2020, 1679, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1679/4/042084>.
79. **Roșu B., Gh. Voicu, G.A. Constantin, M.-L. Toma, P. Tudor, D.-N. Anghelache**, Control of seeding rate and seeding management in precision seeders / Controlul dozelor de semănat și managementul brăzdarelor la semănătorile de precizie, *Proceedings of International Symposium Agricultural and Mechanical Engineering, ISB-INMA Theh'2023*, pag.468-475, ISSN 2344-4118, Indexed in: CAB DIRECT (<http://www.cabdirect.org/>), Index Copernicus, Google Scholars.
80. **Roșu B., Voicu Gh., Constantin G.A., Toma M.L., Tudor P., Anghelache D.-N.**, Control of seeding rate and seeding management in precision seeders, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, Tome XXII, 2024, Fascicule 2, pg. 27-32.
81. **Roșu O. B. *, Gh. Voicu*, G. Coman, G.A. Constantin, G. Paraschiv, P. Tudor, E. Marin**, Metallographic structure and hardness of steel for sowing machines disc coulters – Review and research, *Proceedings of International Symposium Agricultural and Mechanical Engineering ISB-INMA The'2024*, pag.290-297, ISSN 2344-4118, Indexed in: CAB DIRECT (<http://www.cabdirect.org/>), Index Copernicus, Google Scholars.
82. **Roșu B.; Gh. Voicu; G.A. Constantin; P. Tudor; E.-M. Stefan**, Aspects regarding the physical parameters and wear in the work process of the disc openers for seeding machines, *Agriculture*, 2024, 14(7), 1066; ISSN: 2077-0472, <https://doi.org/10.3390/agriculture14071066>, WOS:001276449000001, IF=3.3/2023, Q1.
83. **Roșu O.B., Gh. Voicu, G. Coman, G.-A. Constantin, P. Tudor**, Research on the hardness and metallographic structure of steel for the furrow openers from cereal seeders, *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, Vol. 87, Iss. 2, 2025, 257-268, Index Scopus, ISSN 1454-2358.
84. Saeed Ghali, Hoda El-Faramawy, Mamdouh Eissa, 2012, Influence of Boron Additions on Mechanical Properties of Carbon Steel, *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering* Vol. 11(10):995-999, DOI:10.4236/jmmce.2012.1110102.
85. Sánchez-Iznaga, A.; Montes-Rodríguez, C.; Torres-Rodríguez, R.; González-López, N.; Pérez-Guerrero, J.; Recarey-Morfa, C.; Herrera-Suárez, M., 2024, Numerical and experimental analysis of the abrasive wear of two steels used in tillage tools. *INMATEH Agric. Eng.* 72, 611–620.
86. Sarauskis, E.; Masilionyte, L.; Romanekas, K.; Kriauciuniene, K.; Algirdas, J., 2013, The effect of the disc coulters forms and speed ratios on cutting of crop residues in no-tillage system, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(3):620-624.
87. Scripnic V., Babiciu P., 1979, *Agricultural machinery (Masini agricole – In Romanian)*, Ceres Publishing Company.
88. Selech, J., Paczkowska, M., Kinal, G., Baran, B., Chruscinski, W. (2015). The comparison of effects of thermal spraying eutalloy 10112 and laser alloying with silicon nitride of cast iron outmost disk coulter, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 60(1), pp.88-92
89. Shepelev, S.; Pyataev, M.; Kravchenko, E. Study of the tractive resistance of the no-till planting section, *FME Transaction*, **2022**, 50(3):502-511, doi: 10.5937/fme2203502S
90. Shumaev, V.V.; Ovtov, V.A.; Kalabushev, A.N.; Papchev, M.A., 2022, Single disc coulter with gauge wheel for pneumatic seed drill.

91. Shutkin A., Ishkov A., Shmykova P., Kalimullin M., Aksenov A., Sakhapov R., Yakushev A. 2024, Study of the wear resistance of hardened harrows of agricultural machines. E3S Web Conf. 525, 03018.
92. Smith, A. M., 1993, Reliability-centred maintenance. New York: McGraw-Hill, Inc;
93. Sorina Costinas, Gheorghe Comanescu. (n.d.), 2004, *Indicatori de eficienta pentru activitatea de mentenanta*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/271705003>.
94. Sorina Costinaș, 2005, *Partea electrică a centralelor și stațiilor*. Bucuresti: Universitatea Politehnica din București - Facultatea de Energetică.
95. Soza E., Botta, G. Tourn, M. Hidalgo, R.J. (2004). Sowing efficiency of two seeding machines with different metering devices and distribution systems: a comparison using soybean, Glycine max (L) Merr, Spanish Journal of Agricultural Research, 2(3):315-321
96. Stachowiak G. W, Batchelor A.W., 1993, Engineering Tribology, Butterworth &Heinemann Ed.
97. Stata Corp, 2007, Stata User's Guide, Stata Statistical Software. Release 10. College Station, Tex.: StataCorp pg. 268f.
98. Sun, H., Ling, G., Li, H., Su, Y., Xiong, S., Yao, H. (2010). The influence of laser hardening on the microstructure and wear resistance of disk opener, *Advanced Materials Research Online*, Vols. 97-101, pp 1497-1501, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.97-101.1497
99. Teplyakova, S.V.; Kotesova, A.A.; Kotesov, A.A. Theoretical substantiation of ensuring the machine parts' reliability for the assigned target life, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2021, 1083, 012067
100. Thomopoulos, N.T., 2018, Probability distributions, with truncated, log and bivariate extensions, Springer International Publishing AG.
101. Toader MUNTEANU Gelu GURGUIATU Ciprian BĂLĂNUȚĂ, 2009, Fiabilitate și calitate în inginerie electrică, Note de Curs, Universitatea Dunarea de Jos, Galați.
102. Toigambayev S., N Martinova, K Shavazov, N Telovov, 2022, Justification of the methods of material and technical maintenance and repair of agricultural machines HIRM-2021 - Journal of Physics: Conference Series 2176 012089, doi:10.1088/1742-6596/2176/1/012089.
103. Toigambayev S K, Bondareva G I, Didmanidze O N, 2020, Organization and calculation of the site of maintenance and repair of machinery Rural machine operator 12 43-47.
104. Toma, V. N., 2010, *Cercetări în vederea optimizării activităților de mentenanță pentru eficientizarea sistemelor de producție mici și mijlocii*. Brasov: Universitatea Transilvania din Brasov.
105. Tukhtakuziev, A.; Rasuljonov, A.; Azizov, S.; Temirkulova, N. Substantiation of the parameters of the double flat disc seeder for directly sowing repeated crops in the soil after wheat crop harvesting in Uzbekistan, *BIO Web of Conferences AEGISD-IV 2024*, 105, 01015, doi:10.1051/bioconf/202410501015
106. Turcu, E., 2017, *Modele de Analiza si Preventie in Mentenanta Proactiva*. Bucuresti.
107. Ugoni, A.; Walker, B.F. An introduction to probability distributions, COMSIG review, 1995, 4(1):16.
108. Upadhyay, G., Raheman, H. (2018). Comparative analysis of tillage in sandy clay loam soil by free rolling and powered disc harrow, *Engineering in Agriculture Environment and Food*, 12 (1):118-125
109. Zhong, G.; Li, H.; He, J.; Wang, Q.; Lu, C.; Wang, C.; Tong, Z.; Cui, D.; He, D. Design and test of single-disc opener for no-till planter based on support cutting, *Agriculture*, 2023, 13, 1635, doi:org/10.3390/agriculture13081635
110. Zhang S., Huang K., Yuan, Y., 2021, Spare parts inventory management: A literature review, *Sustainability* 13(5), 2460; <https://doi.org/10.3390/su13052460>.

111. Zubarev, A.G.; Laryushin, N.P.; Kukharev, O.N., 2021, Innovative grain seeder coulters, IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 839(5):052032.
112. Wiggelinkhuizen E. T., Verbruggen J., Xiang S. J. , Watson G. Giebel, and E. Norton, 2007, CONMOW: condition monitoring for offshore wind farms. In: Proceedings of the 2007 EWEA European Wind Energy Conference (EWEC2007), Milan, Italy.
113. Xu, G.; Xie, Y.; Peng, S.; Liang, L.; Ding, Q., 2023, Performance evaluation of vertical discs and disc coulters for conservation tillage in an intensive rice–wheat rotation system, Agronomy, 13, 1336, doi: org/10.3390/ agronomy13051336.
114. ***(<https://revista-ferma.ro/intretinerea-utilajelor-agricole-in-sezonul-rece/>; Cosmin Trif, Întreținerea utilajelor agricole în sezonul rece, Articol publicat în revista FERMA – ianuarie 2018 .
115. *** <https://magazin.asro.ro/ro/standard/17686>. (n.d.). Retrieved from magazin.asro.ro.
116. ***<https://ro.scribd.com/document/360234615/Managementul-Activitatii-de-Mentenananta-Prin-Costuri>. (n.d.). Retrieved from <https://ro.scribd.com/document>.
117. ***<https://trilex.ro/ce-este-six-sigma/>. (n.d.). Retrieved from <https://trilex.ro>.
118. ***<https://www.scrigroup.com/management/Introducere-in-problematICA-MA75671.php>. (n.d.). Retrieved from <https://www.scrigroup.com>.
119. ***<https://www.scrigroup.com/management/Metode-de-managemant-al-activi32259.php>. (fără an). Preluat de pe <https://www.scrigroup.com>.
120. *** Anatomy of Wearparts seed opener blades, 2023, <https://wearpartsweb.com/a-guide-to-seed-disc-openers/>, (accesed 4 May 2024)
121. *** Mecanica CEAHLAU, Agricultural equipment and machines, <https://mecanicaceahlau.ro> (accesed 4 May 2024)
122. ***<https://titanmachinery.bg/en/tempo-f-6-8/>. (n.d.). Retrieved from [www.titanmachinery.bg](https://titanmachinery.bg).
123. ***<https://www.scrigroup.com/management/Introducere-in-problematICA-MA75671.php>. (n.d.). Retrieved from <https://www.scrigroup.com>.
124. ***<https://www.vaderstad.com/en/planting/tempo-planter/>. (n.d.). Retrieved from www.vaderstad.com.
125. ***<https://titanmachinery.bg/en/tempo-f-6-8/>, n.d.
126. ***<https://amazone.co.uk>.
127. ***<https://horticultura-bucuresti.ro/wp-content/uploads/2022/08/Pedologia.pdf>.
128. ***<http://www.omtr.pub.ro> > tribosisteme > cap. 10.
129. ***<https://rrv.unitbv.ro/mg/SIOM/TRI/ETB-T.2.htm#ETB-T.2.4.1>.
130. *** <https://www.rasfoiesc.com/inginerie/tehnica-mecanica/ETAPELE-FENOMENULUI-DE-UZARE-C91.php>.
131. * * * HD XP Double Row 204 Bearing, Seed Disc Opener, Wearparts Tillage Tools, <https://www.tonnerprecision.com/products/wearparts-tillage-tools/hd-xp-double-row-204-bearing-seed-disc-opener>, accesat 4 may 2024.
132. * * * Wearparts Seed Disc Openers, <https://sidist.com/index.cfm?category=2210>, accesat 4 may 2024
133. *** Disc Openers, <https://sidist.com/index.cfm?category=2210> (accesed 4 May 2024).
134. *** ICPA, 1987, Metodologia elaborarii studiilor pedologice.