

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere

Ing. Nicolae TALAGAI

**EVALUAREA PERFORMANŢEI PRODUCTIVE ÎN OPERAŢII
PARŢIAL MECANIZATE DE PLANTARE ŞI DE RECOLTARE A
CULTURILOR DE SALCIE ENERGETICĂ**

**ASSESSMENT OF PRODUCTIVE PERFORMANCE IN PARTLY
MECHANIZED PLANTING AND HARVESTING OPERATIONS OF
WILLOW SHORT ROTATION COPPICE**

REZUMAT / ABSTRACT

Conducător științific

Prof.dr.ing. Stelian Alexandru BORZ

BRAŞOV, 2020



D-lui (D-nei)

COMPONENȚA

Comisiei de doctorat

Numită prin ordinul Rectorului Universității Transilvania din Braşov
Nr. din

PREȘEDINTE:	Prof.dr.ing. Alexandru Lucian CURTU
CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:	Prof.dr.ing. Stelian Alexandru BORZ
REFERENȚI:	Conf.dr.ing. Nicușor BOJA
	C.Ș.dr.ing. Lucian DINCĂ
	Conf.dr.ing. Eugen IORDACHE

Data, ora și locul susținerii publice a tezei de doctorat:, ora, sala

Eventualele aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării vor fi transmise electronic, în timp util, pe adresa nicolae.talagai@unitbv.ro

Totodată, vă invităm să luați parte la ședința publică de susținere a tezei de doctorat.

Vă mulțumim.

MULȚUMIRI

Studiile desfășurate pe parcursul perioadei doctorale nu s-ar fi putut realiza și nu ar fi avut finalitate fără implicarea sau ajutorul profesorilor, colegilor, prietenilor și familiei mele. Doresc să le fiu recunoscător și să adresez mulțumiri tuturor pentru suportul moral și material pe care mi l-au furnizat în această perioadă.

Domnului prof. dr. ing. Stelian Alexandru BORZ, conducătorul științific al prezentei teze, îi mulțumesc pentru profesionalismul, răbdarea, generozitatea, înțelegerea de care a dat dovadă pe parcursul stagiului doctoral și pentru aportul pe care l-a avut în formarea mea profesională și personală. Totodată, țin să îmi exprim gratitudinea pentru permanenta sa îndrumare și încurajare de-a lungul anilor de studiu pe care i-am parcurs în cadrul Facultății de Silvicultură și Exploatarea Forestiere din Braşov.

Mulțumesc distinșilor membri ai comisiei de evaluare a lucrării, domnului prof. dr. ing. Alexandru Lucian CURTU - președintele comisiei și referenților științifici: domnului conf. dr. ing. Nicușor BOJA, domnului C.Ș. dr. ing. Lucian DINCĂ și domnului conf. dr. ing. Eugen IORDACHE, pentru bunăvoința, efortul și disponibilitatea de a analiza această teză de doctorat.

Mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare: prof. dr. ing. Bogdan POPA, conf. dr. ing. Maria Magdalena VASILESCU și conf. dr. ing. Rudolf Alexandru DERZENI pentru bunăvoința și timpul acordat, pentru sfaturile științifice și pentru îndrumarea de calitate pe care mi-au furnizat-o pe parcursul pregătirii doctorale.

O deosebită grațitudine datorez întregului colectiv de cadre didactice al Facultății de Silvicultură și Exploatarea Forestiere din Braşov pentru contribuția pe care a avut-o direct, prin sfaturile și îndrumările acordate, sau indirect, prin intermediul disciplinelor studiate, la formarea mea profesională, ce a început din primul an de facultate și s-a finalizat cu ultimii ani din perioada doctorală.

De asemenea, doresc să mulțumesc Departamentului de Exploatarea Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre pentru ajutorul de natură logistică și materială pe care mi l-a pus la dispoziție în vederea desfășurării cercetărilor. Mulțumesc, de asemenea, Universității Transilvania din Braşov, pentru ajutor și pentru bursele oferite pe perioada desfășurării cercetărilor mele.

În continuare, țin să îi mulțumesc domnului Arpad Domokos, proprietarul culturilor de salcie în care s-au realizat studiile, pentru tot ajutorul și bunăvoința de care a dat dovadă pe parcursul perioadei petrecute în teren și pentru punerea la dispoziție a tuturor mijloacelor necesare monitorizării și observării operațiilor din teren. Fără sprijinul acestuia, nu aş fi putut colecta toate datele necesare elaborării prezentei lucrări. Le mulțumesc și muncitorilor care au fost cooperanți și m-au ajutat cu tot ceea ce a fost nevoie pentru a duce la bun sfârșit etapa de cercetare desfășurată în teren.

Mulțumesc colegilor mei doctoranzi și, în special, colegului drd. ing. Marius Cheța pentru ajutorul acordat în etapa colectării datelor în teren și nu numai. Mulțumesc tuturor prietenilor care mi-au fost alături ori de câte ori a fost nevoie.

În mod deosebit, vreau să mulțumesc familiei mele pentru dragostea necondiționată, suportul moral, financiar și încurajările oferite pe perioada doctorală.

Autorul.

CUPRINS

	Pg. teză	Pg. rezumat
LISTA DE ABREVIERI ŞI NOTAŢII.....	10	6
INTRODUCERE.....	13	9
CAPITOLUL 1: STADIUL ACTUAL AL CUNOŞTIINŢELOR ÎN DOMENIU.....	14	10
1.1. Introducere.....	14	10
1.2. Culturile de salcie energetică de rotaţie scurtă: răspândire, funcţii şi roluri.....	15	11
1.3. Structura operaţională în întemeierea, conducerea şi recoltarea culturilor de salcie energetică.....	16	12
1.3.1. Structura operaţională generală.....	16	12
1.3.2. Tipuri de echipamente, unelte şi sisteme tehnice utilizate în operaţii.....	22	16
1.4. Performanţa sistemelor tehnice utilizate în operaţiile implementate în culturi de salcie energetică.....	25	18
1.4.1. Definierea principalelor concepte.....	25	18
1.4.2. Performanţa productivă: aspecte generale.....	26	19
1.4.3. Performanţa productivă în operaţii de întemeiere.....	27	20
1.4.4. Performanţa productivă în operaţii de recoltare.....	27	20
1.4.5. Performanţa de mediu în operaţii de întemeiere, conducere şi recoltare a culturilor de salcie.....	28	21
1.5. Problema de rezolvat.....	30	23
CAPITOLUL 2: SCOPUL ŞI OBIECTIVELE LUCRĂRII.....	31	24
2.1. Scopul lucrării.....	31	24
2.2. Obiectivele lucrării.....	31	24
CAPITOLUL 3: MATERIALE ŞI METODE.....	32	25
3.1. Localizarea studiilor.....	32	25
3.1.1. Localizarea generală a studiilor.....	32	25
3.1.2. Localizarea studiilor de teren pentru operaţiile de plantare.....	32	25
3.1.3. Localizarea studiilor de teren pentru operaţiile de doborâre.....	34	27
3.2. Descrierea echipamentelor utilizate în operaţiile de plantare şi de doborâre cu moto-unelte.....	34	27
3.2.1. Descrierea echipamentelor utilizate în operaţiile de plantare.....	34	27
3.2.2. Descrierea echipamentelor utilizate în operaţiile de doborâre cu moto-unelte..	36	29
3.3. Organizarea muncii în operaţiile de plantare şi de doborâre cu moto-unelte.....	37	30
3.3.1. Organizarea muncii în operaţiile de plantare.....	37	30
3.3.2. Organizarea muncii în operaţiile de doborâre cu moto-unelte.....	40	32
3.4. Echipamente şi organizarea muncii în operaţii post-doborâre.....	42	34
3.4.1. Aspecte generale cu privire la echipamentele şi organizarea muncii în operaţii post-doborâre. Practica din România cu privire la operaţiile post-doborâre.....	42	34
3.4.2. Localizarea studiului, echipamente testate şi organizarea muncii în operaţiile de tocare.....	43	34
3.4.3. Organizarea muncii şi unelte folosite în operaţii de formare şi legare fascinelor.	44	36
3.5. Evaluarea performanţei productive. Tipuri de studii implementate şi scopul acestora.....	46	38
3.6. Colectarea datelor de teren.....	47	38
3.6.1. Colectarea datelor de teren pentru operaţiile de plantare.....	47	38
3.6.2. Colectarea datelor de teren pentru operaţiile de doborâre cu moto-unelte.....	50	41
3.6.3. Colectarea datelor de teren pentru operaţiile post-doborâre.....	54	44
3.6.4. Colectarea altor date de teren.....	54	45
3.7. Procesarea şi analiza statistică a datelor de teren.....	55	45
3.7.1. Procesarea şi analiza statistică a datelor de teren pentru operaţiile de plantare..	55	45
3.7.2. Procesarea şi analiza statistică a datelor de teren pentru operaţiile de doborâre	56	47
3.7.3. Procesarea şi analiza statistică a datelor pentru operaţiile post-doborâre.....	60	50
CAPITOLUL 4: REZULTATE ŞI DISCUŢII.....	62	52



4.1. Rezultate și discuții privind performanța productivă în operații de plantare.....	62	52
4.2. Rezultate și discuții privind operațiile de doborâre cu moto-unelte.....	69	59
4.3. Rezultate și discuții privind operațiile post-doborâre.....	79	67
4.3.1. Rezultate și discuții privind operațiile de tocare.....	79	67
4.3.2. Rezultate și discuții privind operațiile de formare și legare a fascinelor.....	83	71
CAPITOLUL 5: CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI. CONTRIBUȚII PERSONALE. DIRECȚII NOI DE CERCETARE. DISEMINAREA REZULTATELOR.....	85	73
5.1. Concluzii.....	85	73
5.2. Recomandări.....	88	75
5.3. Contribuții personale.....	89	76
5.4. Direcții viitoare de cercetare.....	90	78
5.5. Diseminarea rezultatelor.....	91	78
BIBLIOGRAFIE.....	93	80
ANEXE.....	103	89
Anexa 1: Lista lucrărilor publicate.....	103	89
Anexa 2: Rezumat.....	105	90

CONTENT

	Page thesis	Page abstract
LIST OF ABBREVIATIONS AND NOTATIONS.....	10	6
INTRODUCTION.....	13	9
CHAPTER 1: STATE OF THE ART.....	14	10
1.1. Introduction.....	14	10
1.2. Short rotation willow coppice: spread and functions.....	15	11
1.3. Operational structure in the management of short rotation willow coppice.....	16	12
1.3.1. Operational structure.....	16	12
1.3.2. Type of equipment, tools and technical systems used.....	22	16
1.4. Performance of the technical systems used in operations.....	25	18
1.4.1. Definition of the main concepts.....	25	18
1.4.2. Productivity in general.....	26	19
1.4.3. Productivity in planting operations.....	27	20
1.4.4. Productivity in harvesting operations.....	27	20
1.4.5. Environmental performance in operations.....	28	21
1.5. Problem to be solved.....	30	23
CHAPTER 2: AIM AND OBJECTIVES.....	31	24
2.1. Aim.....	31	24
2.2. Objectives.....	31	24
CHAPTER 3. MATERIALS AND METHODS.....	32	25
3.1. Study location.....	32	25
3.1.1. Description of the study area.....	32	25
3.1.2. Location of field studies for planting operations.....	32	25
3.1.3. Location of field studies for felling operations.....	34	27
3.2 Equipment description.....	34	27
3.2.1. Description of the equipment used in planting operations.....	34	27
3.2.2. Description of equipment used in felling operations.....	36	29
3.3. Organization of work.....	37	30
3.3.1. Organization of work in planting operations.....	37	30
3.3.2. Organization of work in felling operations.....	40	32
3.4. Equipment description and organization of work in post-felling operations.....	42	34
3.4.1. General description of equipment and work organization in post-felling operations. Romanian practice in post-felling operations.....	42	34
3.4.2. Study location, equipment tested and organization of work in chipping operations.....	43	34
3.4.3. Organization of work and tools used in manual willow bundling operations.....	44	36
3.5. Evaluation of productivity. Type of studies implemented and their goals.....	46	38
3.6. Field data collection.....	47	38
3.6.1. Field data collection for planting operations.....	47	38
3.6.2. Field data collection for felling operations.....	50	41
3.6.3. Field data collection for post-felling operations.....	54	44
3.6.4. Collection of other data in the field.....	54	45
3.7. Data processing and statistical analysis.....	55	45
3.7.1. Data processing and statistical analysis for planting operations.....	55	45
3.7.2. Data processing and statistical analysis for felling operations.....	56	47
3.7.3. Data processing and statistical analysis for post-felling operations.....	60	50
CHAPTER 4. RESULTS AND DISCUSSION.....	61	52
4.1. Time consumption and productivity in planting operations.....	61	52
4.2. Time consumption and productivity in felling operations.....	69	59
4.3. Time consumption and productivity in post-felling operations.....	79	67
4.3.1. Time consumption and productivity in chipping operations.....	79	67
4.3.2. Time consumption and productivity in in manual willow bundling operations..	83	71



CHAPTER 5. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS. PERSONAL CONTRIBUTIONS.		73
NEW RESEARCH DIRECTIONS. DISSEMINATION OF RESULTS.....	85	
5.1. Conclusions.....	85	73
5.2. Recommendations.....	88	75
5.3. Original contributions.....	89	76
5.4. New research directions.....	90	78
5.5. Dissemination of results.....	91	78
REFERENCES.....	93	80
APPENDICES.....	103	89
Appendix 1: List of publications	103	89
Appendix 2: Abstract.....	105	90

LISTA DE ABREVIERI ŞI NOTAȚII

Abreviere (Notație)	Definiție și/sau explicații
A	<i>Accelerația. Mărime fizică măsurată în prezenta lucrare cu accelerometre triaxiale și utilizată în delimitarea unor regimuri de funcționare a unor unelte și utilaje prin utilizarea unor serii de timp (pe scară temporală)</i>
AT	<i>Deplasare cu motorul moto-uneltei oprit. Evenimentul sau starea caracterizată de prezența mișcării muncitorului în interiorul suprafeței de operat, precum și de motorul moto-uneltei oprit. Definiția și utilizarea parametrului au fost la scară temporală</i>
BO	<i>Număr de butași pe oră. Parametru de caracterizare a productivității realizate în operațiile de plantare a salciei, constând din numărul de unități plantate într-un interval de timp de o oră</i>
C	<i>Tocare. Evenimentul sau starea caracterizată de folosirea părților active ale echipamentului de tocare în realizarea sarcinii de tocare. Definiția și utilizarea parametrului au fost la scară temporală</i>
CO₂	<i>Dioxid de carbon. Măsură sau categorie cantitativă utilizată pentru caracterizarea emisiilor de gaze cu efect de seră în abordarea cu privire la impactul sau performanța de mediu a operațiilor și managementului specifice culturilor de salcie</i>
CM	<i>Număr de butași pe metru. Parametru de caracterizare a condițiilor operaționale în operații de plantare a salciei, constând din numărul de indivizi sau unități plantate pe metru</i>
CT	<i>Doborâre. Evenimentul sau starea caracterizată de tăierea propriu-zisă a lăstarilor de salcie prin utilizarea moto-uneltei. Definiția și utilizarea parametrului au fost la scară temporală</i>
DC	<i>Distanța între butași. Parametru de caracterizare a condițiilor operaționale în operații de plantare a salciei, constând din statistici cu privire la valorile medii ale intervalului dintre doi butași plantați consecutiv</i>
DT	<i>Întârzieri sau întreruperi ale muncii. Evenimentul sau starea caracterizată de nerealizarea muncii datorată diverselor motive. Definiția și utilizarea parametrului au fost la scară temporală</i>
EER	<i>Eficiența efectivă a muncii. Parametru de caracterizare a performanței productive calculat ca raport dintre resursele de timp consumate pentru realizarea muncii, în interiorul tarlalelor, fără întârzieri (întreruperi), exprimate în unități primare de timp (ore) și producția realizată, exprimată în hectare</i>
EPR	<i>Productivitatea efectivă a muncii. Parametru de caracterizare a performanței productive calculat ca raport dintre producția realizată și resursele de timp consumate pentru realizarea muncii, în interiorul tarlalelor, fără întârzieri (întreruperi), utilizând parametri de calcul similari EER</i>
GER	<i>Eficiența brută a muncii. Similar EER, dar calculată prin includerea consumului de timp clasificat drept întârzieri/întreruperi</i>
GIS	<i>Sistem de Informații Geografice. În sensul prezentei lucrări se referă la componenta software utilizată în procesarea și analiza datelor cu privire la performanța productivă</i>
GPR	<i>Productivitatea brută a muncii. Similar EPR, dar calculată prin includerea consumului de timp clasificat drept întârzieri/întreruperi</i>
GPS	<i>Sistem de Poziționare Globală. În sensul prezentei lucrări se referă la componentele hardware și software utilizate pentru recepționarea semnalului prin intermediul unor unități de colectare a datelor și utilizarea seriilor de date în calcularea parametrilor necesari pentru evaluarea productivității</i>

Abreviere (Notație)	Definiție și/sau explicații
HD	<i>Consumul de timp în întârzieri apărute la capăt de rând și datorate diverselor motive. În sensul prezentei lucrări reprezintă o categorie de consum de timp care cumulează duratele evenimentelor descrise în operații de plantare</i>
HRL	<i>Distanța de întoarcere la capete. Parametru de caracterizare a condițiilor operaționale pentru manevrele realizate la capătul tarlalei pentru ieșire și reintrare în tarla. În sensul prezentei lucrări reprezintă un parametru operațional estimat la nivel de loc de muncă pentru operații de plantare</i>
HS	<i>Viteza specifică manevrelor de întoarcere și reintrare în tarla. Parametru derivat, utilizat în caracterizarea performanței operaționale, calculat pe baza unor parametri primari cum ar fi timpul consumat și distanța acoperită în astfel de evenimente, estimat la nivel de loc de muncă în operații de plantare</i>
HT	<i>Consum de timp pentru ieșirea din tarla, întoarcere și reintrare în tarla. Parametru primar, utilizat în caracterizarea performanței operaționale, estimat la nivel de loc de muncă în operații de plantare</i>
IUFRO	<i>Uniunea Internațională a Organizațiilor de Cercetare în Domeniul Forestier</i>
LCA	<i>Evaluarea Ciclului de Viață. Metodă actuală de evaluare a impactului asupra mediului, specifică sistemelor-produs care utilizează ca date primare inventare de materiale și energie, precum și structura particularizată a proceselor de producție specifice unui produs</i>
M	<i>Mișcare/deplasare. Evenimentul sau starea caracterizată de prezența mișcării utilajului în interiorul suprafeței de operat. Definierea și utilizarea parametrului au fost la scară temporală</i>
NC	<i>Fără tocare/ non-tocare. Evenimentul sau starea caracterizată de starea oprită a dispozitivelor de tocare ale utilajului luat în studiu. Definierea și utilizarea parametrului au fost la scară temporală</i>
NER	<i>Eficiența netă. Parametru de caracterizare a performanței productive calculat ca raport dintre resursele de timp consumate pentru realizarea muncii, în interiorul tarlalelor, fără întârzieri (întreruperi) și incluzând consumul de timp de pregătire a locului de muncă și, respectiv, producția realizată</i>
NM	<i>Staționare. Evenimentul sau starea caracterizată de absența mișcării utilajului în interiorul suprafeței de operat. Definierea și utilizarea parametrului au fost la scară temporală</i>
NPR	<i>Productivitatea netă. Parametru de caracterizare a performanței productive calculat ca raport dintre producția realizată și resursele de timp consumate pentru realizarea muncii, în interiorul tarlalelor, incluzând consumul de timp pentru pregătirea muncii, dar fără întârzieri (întreruperi)</i>
OA	<i>Suprafața plantată/operată. Parametru de caracterizare a producției realizate și/sau a condițiilor operaționale, estimat pe baza înregistrărilor GPS și a prelucrărilor realizate în GIS, prin utilizarea lățimii medii a fâșiilor de plantat la o trecere multiplicată cu numărul de treceri și lungimea rândurilor de cultură plantate pe trecere</i>
PPT	<i>Consumul de timp în operațiile specifice de pregătire a muncii în vederea realizării operațiilor de plantare, specific evenimentelor apărute la un capăt al tarlalei și distribuit locului de muncă în cauză pentru estimarea unor parametri de interes</i>
PS	<i>Viteza în timpul plantării. Parametru derivat, utilizat în caracterizarea performanței operaționale, calculat pe baza unor parametri primari, cum ar fi timpul consumat și distanța acoperită în astfel de evenimente, estimat la nivel de loc de muncă în operații de plantare</i>

Abreviere (Notație)	Definiție și/sau explicații
PT	<i>Consumul de timp în plantare, fără întârzieri/întreruperi. Estimat la nivel de loc de muncă (test)</i>
RD	<i>Consumul de timp în întârzieri/întreruperi, apărut/manifestat în tarla, pe rând. Estimat la nivel de loc de muncă (test)</i>
RER	<i>Eficiența pe rând. Parametru de caracterizare a performanței productive calculat ca raport dintre resursele de timp consumate pentru plantarea efectuată pe rând și producția realizată, măsurată în hectare</i>
RL	<i>Lungimea cumulată a rândurilor plantate. Parametru de caracterizare a producției realizate și/sau a condițiilor operaționale, cumulând distanța acoperită pe rânduri prin plantare</i>
RPR	<i>Productivitatea pe rând. Parametru de caracterizare a performanței productive calculat ca raport dintre producția realizată și resursele de timp consumate pentru plantarea efectuată pe rând</i>
RS	<i>Viteza pe rând. Parametru derivat, utilizat în caracterizarea performanței operaționale, calculat pe baza unor parametri primari, cum ar fi timpul consumat pe rând și distanța acoperită în astfel de evenimente, estimat la nivel de loc de muncă în operații de plantare</i>
RT	<i>Consumul de timp fără întârzieri în plantarea pe rând (în tarla). Parametru primar folosit în estimarea performanței productive</i>
S	<i>Viteză. Parametru derivat de caracterizare a performanței operaționale a muncii în operații de plantare, estimat la nivel global, al unui loc de muncă</i>
ST	<i>Oprit/staționare. Evenimentul sau starea caracterizată de absența mișcării muncitorului în interiorul suprafeței de operat. Definierea și utilizarea parametrului au fost la scară temporală</i>
T	<i>Timp/Consum de timp. Parametru primar de caracterizare a performanței productive a operațiilor</i>
TDFT	<i>Consum total de timp fără întârzieri. Parametru primar de caracterizare a performanței productive a operațiilor cu referire la consumul de timp dintr-o suprafață, loc de muncă, test de teren sau pentru un set de date agregate</i>
TL	<i>Distanța totală de deplasare. Parametru de caracterizare a producției realizate și/sau a condițiilor operaționale în operații de plantare, cumulând distanța de deplasare în interiorul tarlalei și cea de ieșire, întoarcere și reintrare în tarla</i>
TR	<i>Motorul moto-uneltei în stare de funcționare. Evenimentul sau starea caracterizată de motorul moto-uneltei pornit. Definierea și utilizarea parametrului au fost la scară temporală</i>
TS	<i>Motorul moto-uneltei oprit. Evenimentul sau starea caracterizată de motorul moto-uneltei oprit. Definierea și utilizarea parametrului au fost la scară temporală</i>
TST	<i>Timpul total luat în studiu. Parametru primar de caracterizare a duratei de desfășurare a studiului cu referire la consumul de timp dintr-o suprafață sau pentru un set de date agregate, incluzând toate categoriile de timp observate și înregistrate</i>
TT	<i>Timp total. Parametru primar de caracterizare a performanței productive a operațiilor cu referire la consumul de timp dintr-o suprafață sau pentru un set de date agregate, incluzând toate categoriile de timp observate și înregistrate cu excepția întârzierilor sau întreruperilor cauzate de implementarea studiului</i>

INTRODUCERE

Culturile de rotație scurtă de salcie (Salix spp.) intră în categoria culturilor dedicate producției de lemn ce asigură producția de biomasă lignocelulozică utilizată ca materie primă în industria energetică, generând efecte pozitive, economice și ecologice (ca resursă regenerabilă de energie), acesta fiind și principalul rol al unor astfel de culturi. Cu toate acestea, ele îndeplinesc și funcții secundare, dintre care se pot aminti cele de fitoremediere, stocare a carbonului și utilizare în aplicații de bioinginerie. Pe lângă acest lucru, înființarea culturilor de rotație scurtă de salcie poate contribui suplimentar prin (re)integrarea în ciclul de producție a terenurilor agricole abandonate sau a celor slab productive pentru alte tipuri de culturi agricole. Pentru a ajunge la produsul final, constând din biomasa lignocelulozică, astfel de culturi trebuie gestionate prin aplicarea unui set de operații. De asemenea, fezabilitatea culturilor de salcie este dependentă, printre altele, de costurile cauzate de managementul operațional, care vizează trei categorii de operații: operații de întemeiere, operații de conducere și operații de recoltare.

Depinzând de experiența unor țări în domeniu și de practicile acceptate, nivelul de mecanizare în operațiile de întemeiere, conducere și recoltare poate să varieze substanțial. O primă impresie legată de abordările științifice în domeniu și de rezultatele disponibile sub formă de literatură științifică este cea conform căreia performanțele unor sisteme de management operațional ce includ un nivel ridicat de mecanizare, specific cultivării salciei la scară comercială pe suprafețe extinse abundă, pe când sistemele tehnice folosite pentru cultura salciei la scară mică sunt slab reprezentate. Totuși, în multe țări, cultura salciei pe suprafețe relativ mici, fragmentate și dispersate este o caracteristică definitorie, care reflectă natura și distribuția proprietăților de teren. În România, din practicile locale realizate la scară mică, reiese că înființarea și recoltarea culturilor de rotație scurtă de salcie sunt realizate, de obicei, cu echipamente caracterizate de un grad redus de mecanizare. Operațiile de plantare sunt efectuate cu echipamente simple ce implică o cantitate substanțială de forță de muncă umană, ce realizează manual plantarea propriu-zisă, în timp ce tăierea de lăstărire este efectuată cu tractoare agricole echipate cu un agregat simplu ce realizează tăierea și, uneori, chiar prin folosirea de moto-unelte. Recoltarea culturilor de salcie se realizează prin mijloace predominant manuale, utilizând moto-unelte de tipul motocoaselor, asociate uneori cu tocătoare portabile. În astfel de situații, investiția în echipamente costisitoare nu mai este fezabilă, iar posibilitatea de a utiliza un același tip de echipament pentru diferite sarcini de producție ce acoperă, în mod obișnuit, atât practicile agricole generale, cât și practicile particulare de cultură a salciei, devine o realitate.

În cadrul acestei teze, sunt prezentate în detaliu operațiile de plantare cu echipamentele ce intră în componența sistemelor tehnice ce vizează întemeierea și recoltarea culturilor de salcie energetică. S-a recurs la această abordare, dar mai ales la caracterizarea practicilor din România, datorită faptului că, fie literatura internațională de specialitate descrie sumar unele dintre practici, fie cele descrise au avut o posibilitate redusă de adaptare la contextul românesc pentru efectuarea de studii. Prin urmare, o parte dintre elementele descrise reflectă cunoștințe și practici de producție adoptate tacit și nestudiate prin abordări științifice. Ca atare, pe fondul extinderii pe care a căpătat-o cultura salciei în România și în alte țări cu experiență limitată în cultura ei, demersul de a le lua în studiu merită efortul, pentru că rezultatele obținute pot fi integrate ulterior în multe domenii de preocupare științifică și practică. Aspectele menționate sunt completate în cadrul lucrării prin abordările metodologice și rezultatele privind evaluarea performanțelor productive pentru operațiile de plantare și recoltare a culturilor de salcie conduse în rotație scurtă, precum și de evaluarea operațiilor postrecoltare realizate în scopul valorificării materialului rezultat din astfel de culturi. În particular, s-a avut în vedere evaluarea performanțelor productive în operațiile de plantare realizate cu un agregat de plantare semimecanizat conceput și construit la nivel local, precum și evaluarea performanțelor în operațiile de recoltare în care s-au utilizat moto-unelte echipate cu un disc de tăiere, purtate de muncitori. La baza acestei lucrări a stat realizarea unui studiu bibliografic ce a luat în considerare lucrări științifice publicate la nivel național și internațional în reviste de specialitate, dar și a unor studii realizate în teren în culturile de salcie energetică din regiunea centrală a României.

CAPITOLUL 1: STADIUL ACTUAL AL CUNOȘȚINȚELOR ÎN DOMENIU

1.1. Introducere

În general, scopul acestui capitol, care cuprinde stadiul actual al cunoștințelor în domeniu, a fost acela de a documenta conceptele, terminologia și principalele rezultate relaționate cu gestionarea culturilor de salcie de rotație scurtă, prin sinteza și analiza cunoștințelor acumulate pe acest subiect, la nivel național și internațional. Deși capitolul acoperă și unele probleme cu caracter mai general, legate de cultura salciei, el este centrat pe aspecte privind performanța operațiilor desfășurate în astfel de culturi.

Fezabilitatea culturilor de salcie de rotație scurtă este dependentă, printre altele, de costurile cu managementul operațional, care vizează trei categorii mari de operații: operațiile de întemeiere, operațiile de conducere și operațiile de recoltare. Pentru anumite regiuni date, pot să varieze substanțial atât practicile acceptate la nivel local și experiența acumulată în domeniu, cât și nivelul de mecanizare utilizat în astfel de operații. În cazul României, precum și al altor țări, culturile de salcie conduse în rotație scurtă sunt caracterizate de suprafețe cultivate relativ mici și dispersate, aflate, de multe ori, în proprietatea unor ferme și întreprinzători mici. În general, proprietarii unor astfel de culturi nu au la dispoziție capitalul financiar necesar și nici nu posedă abilitatea de a se asocia pentru a achiziționa echipamente specializate, costisitoare (Spinelli et al., 2012), ei recurgând adesea la utilizarea unor echipamente cu funcționalitate mai generală, adaptate pentru realizarea unor astfel de operații (Talagai și Borz, 2016).

La nivel internațional, s-a constatat faptul că gestionarea culturilor de salcie presupune realizarea unor operații cu caracter general (van der Meijden și Gigler, 1995), iar în aceste lucrări, cum ar fi prelucrarea solului, combaterea buruienilor, fertilizarea și tăierea de lăstărire, micii fermieri utilizează echipamente agricole obișnuite, nespecializate (Tubby și Armstrong, 2002), în timp ce pentru restul operațiilor este nevoie, de obicei, de utilizarea unor echipamente specializate (Trzepiecinski et al., 2016). Astfel de echipamente specializate sunt utilizate în operațiile de recoltare (Schweier și Becker, 2012a; Eisenbies et al., 2014), acestea având cea mai mare contribuție sub raport financiar în costul de livrare al biomasei provenite din culturile de rotație scurtă, cu unele variații ce depind de configurația terenului (Buchholz și Volk, 2011) și de caracteristicile culturii (Eisenbies et al., 2014). De asemenea, înființarea unei culturi de salcie energetică necesită resurse importante sub formă de timp și capital financiar pentru producția de butași, pregătirea solului și pentru plantarea în sine (Bergante et al., 2016). Costul ridicat al operațiilor de plantare este adesea legat de costul materialului săditor (Buchholz și Volk, 2011). De asemenea, în cadrul acestei operații este nevoie de o forță de muncă substanțială (Manzone și Balsari, 2014). Economii din punctul de vedere al costurilor și al resurselor de energie necesare pot fi realizate prin implementarea unor metode noi sau regândite de plantare (Bergante et al., 2016; Nissim și Laberque, 2016).

Utilitatea aplicării tăierilor de lăstărire este controversată (Talagai și Borz, 2016). În mod obișnuit, tăierea de lăstărire se aplică după înființarea culturii, în primăvara următorului an, din practică reieșind, de cele mai multe ori, că această tăiere este benefică și că favorizează dezvoltarea noilor lăstari de salcie (Guidi et al., 2013). Acest tip de tăieri se aplică în Canada, Statele Unite (Ens et al., 2013) și în anumite țări europene (Bacchetti et al., 2012), inclusiv în România (Scriba et al., 2014). În alte regiuni, practica tăierii de lăstărire a intrat recent în declin (Edelfeldt, 2015), pe fondul existenței unor argumente cu privire la eficacitatea redusă a acesteia, mai ales dacă operațiile ce vizează înlăturarea buruienilor nu se realizează corespunzător, tăierea de lăstărire neîndeplinându-și scopul (Albertsson et al., 2014) și conducând la pierderea unor exemplare din cultură. În mod obișnuit, tăierea de lăstărire se realizează din punct de vedere tehnic, prin utilizarea unor mijloace sau echipamente care facilitează avansul pe rândurile de cultură, concomitent cu execuția unor tăieturi ce au drept scop înlăturarea părții supraterane a exemplarelor existente. În funcție de suprafața culturilor în cauză, realizarea tăierii de lăstărire implică utilizarea unor echipamente de recoltare prevăzute cu discuri de tăiere sau a unor moto-unelte (Guidi et al., 2013; Pecenka și Hoffmann, 2015). Pentru creșterea gradului de mecanizare, în practica românească s-au mai folosit anumite agregate ce se atașează la tractoare agricole (Talagai și Borz, 2016).

În cazul României, din experiența și practicile locale specifice culturilor cu suprafețe mici, reiese că plantarea și recoltarea sunt realizate, de obicei, cu echipamente caracterizate de un grad redus de mecanizare (Talagai și Borz, 2016). Astfel, operațiile de plantare sunt efectuate cu echipamente simple,

ce implică utilizarea substanțială a muncii manuale, în timp ce tăierea de lăstărire este efectuată, în unele cazuri, cu tractoare agricole echipate cu un agregat simplu ce realizează tăierea. De asemenea, recoltarea culturilor de salcie se realizează, cel mai frecvent, în mai multe etape; cazul cel mai frecvent este cel ce presupune utilizarea unor mijloace manuale de tipul moto-uneltelor echipate cu discuri de tăiere (Talagai et al., 2017; Borz et al., 2018). În funcție de destinația materialului recoltat, exemplarele doborâte cu astfel de unelte pot fi supuse fie unor operații de tocare realizate la fața locului cu ajutorul unor mașini de tocat de mici dimensiuni ce sunt atașate la priza de putere a tractoarelor agricole, urmând ca biomasa rezultată să fie transportată către beneficiar sau către un depozit, fie unor operații manuale de realizare a unor fascine care sunt, în mod obișnuit, destinate altor scopuri decât cel de producție a energiei (e.g. consolidare de maluri, consolidare de baraje etc.).

1.2. Culturile de salcie energetică de rotație scurtă: răspândire, funcții și roluri

Culturile de rotație scurtă ce au drept scop producția de biomasă lignocelulozică constau în utilizarea unor specii lemnoase ce au fost clonate și selecționate în vederea obținerii unor rate de creștere (creșteri) foarte ridicate, aspect care a favorizat recoltarea acestora la intervale de timp scurte (Abrahamson et al., 1998). Ele reprezintă o sursă viabilă de materie primă pentru aprovizionarea cu biomasă (Stolarski et al., 2013). În România, primele culturi pilot de salcie energetică s-au înființat în urmă cu mai mult de zece ani, între anii 2007-2008 (Scriba et al., 2014), iar odată cu înființarea acestora a apărut și interesul pentru cercetarea relaționată cu managementul lor specific.

Biomasa rezultată din culturile de salcie energetică are un potențial real și mare de a contribui la diminuarea substanțială a utilizării resurselor forestiere ca materie primă pentru producerea de energie (Perttu, 1998). De asemenea, salcia, printre alte plante, s-a dovedit a fi potrivită pentru utilizare în alte domenii specifice (Mirck et al., 2005), cum ar fi ameliorarea solurilor prin fitoremediere (Jensen et al., 2009). De exemplu, s-a constatat că salcia prezintă o putere de absorbție ridicată pentru metale precum cadmiul și zincul, în funcție de condițiile de sol și cele staționale (Hammer et al., 2003; Syc et al., 2012), precum și o putere de o absorbție moderată pentru metale precum cuprul și plumbul (Jensen et al., 2009; Zaltauskaite et al., 2016). Culturile de salcie pot avea și alte roluri sau funcționalități. Ele pot fi utilizate în realizarea de perdele de protecție ce au drept scop atenuarea sau reglarea factorilor microclimatici pentru culturile agricole adiacente, protejarea căilor de comunicații, atenuarea emisiilor de gaze cu efect de seră (Dubuisson și Sintzoff, 1998) și a propagării zgomotului în zone cu circulație intensă (Teodorescu et al., 2011). De asemenea, ele și-au găsit alte întrebuniări importante (e.g. Kuzovkina și Volk, 2009), cum ar fi epurarea apelor contaminate (Perttu și Kowalik, 1997), stabilizarea malurilor cursurilor de apă (Wahsha et al., 2012) și a barajelor neconsolidate și, nu în ultimul rând, stabilizarea lucrărilor de terasamente. Perdelele de protecție (barierele vii) realizate în apropierea căilor de comunicație și de transport, în special pentru combaterea înzăpezirilor, efectelor vântului, atenuării emisiilor de gaze cu efect de seră (Baldauf et al., 2008; Yli-pelkonen et al., 2017) și a propagării zgomotului în zone cu circulație intensă (Hong și Jeon, 2014) pot fi înființate ușor, aspect pus pe seama creșterii rapide a salciei (Labrecque și Teodorescu, 2005a). În astfel de cazuri, suprafața ce este protejată de parazăpezi și bariere vii împotriva vântului este limitată de înălțimea efectivă a lăstarilor (Labrecque și Teodorescu, 2005b). Culturile de salcie pot avea și roluri secundare, cum ar fi stocarea carbonului atmosferic (Hammar et al., 2014), fitoremedierea - ce implică utilizarea plantelor verzi pentru decontaminarea solurilor, apelor și a aerului - (Rytter, 2012) și, respectiv, utilizarea în constituirea perdelelor forestiere de protecție a culturilor agricole, ultimele fiind importante, în contextul actual, pentru România (Vasilescu et al., 2014). Înființarea culturilor de salcie aduce un aport economic în zonele rurale (Rosenqvist et al., 2013), introducând în producție terenurile agricole abandonate și creând locuri de muncă (van Dam et al., 2007). Plantațiile de salcie adaugă o diversitate structurală în peisaj și au efecte pozitive asupra biodiversității (Rowe et al., 2011), oferind oportunități de habitat pentru o varietate de animale sălbatice (Campbell et al., 2012). Cu toate acestea, ideea generală de la care pleacă decizia de a cultiva salcie energetică este aceea că astfel de culturi reprezintă o sursă de biomasă lignocelulozică ce poate asigura un flux de materie primă constant pentru industria energetică.

1.3. Structura operațională în întemeierea, conducerea și recoltarea culturilor de salcie energetică

1.3.1. Structura operațională generală

În cadrul managementului operațional al culturilor de salcie de rotație scurtă se disting trei categorii majore de operații (lucrări): operațiile de întemeiere, operațiile de conducere și operațiile de recoltare (Talagai și Borz, 2016). În categoria operațiilor de întemeiere intră *lucrările de pregătire a solului, controlul buruienilor, precum și plantarea propriu-zisă* (Guidi et al., 2013a). În categoria operațiilor de conducere intră *lucrările de fertilizare a culturii, prima tăiere sau tăierea de lăstărire și controlul (tratarea) bolilor și dăunătorilor* (Guidi et al., 2013a). În ultima categorie intră *operațiile de recoltare* (Guidi et al., 2013a).

Lucrările de pregătire a solului sunt realizate cu ajutorul echipamentelor agricole obișnuite, primele fiind caracteristice și aplicându-se în cazul tuturor terenurilor cu destinație general agricolă (Guidi et al., 2013a). Dacă terenul ales pentru întemeierea culturii a fost utilizat anterior în circuitul agricol general, pot să apară operații premergătoare arării, cum ar fi îndepărtarea resturilor vegetale de pe suprafața de cultură (Abrahamson et al., 2002). La fel, dacă terenul nu a fost utilizat anterior în circuitul agricol, este necesară o erbicidare, în vara anului precedent plantării, iar plantele moarte pot fi încorporate în sol printr-o arare de toamnă (Abrahamson et al., 2002). Grăparea terenului se realizează în primăvara anului plantării, pe o adâncime de 15-18 centimetri, înainte de efectuarea propriu-zisă a plantării, în vederea generării unui strat de sol uniform pentru a facilita introducerea în sol a butașilor de salcie (Guidi et al., 2013a). Starea solului în momentul plantării devine deosebit de importantă, fiind de evitat solurile înghețate (Abrahamson et al., 2010).

Controlul (combaterea) buruienilor reprezintă o operație sau un grup de operații ce au un rol esențial în succesul unei culturi de salcie, aspect legat esențial de concurența dintre noile plante de salcie și buruieni, mai ales în primul și cel de-al doilea an, și care, dacă nu este dirijată, reprezintă cea mai frecventă cauză de eșec pentru o cultură (Albertsson et al., 2014). Combaterea buruienilor se realizează prin erbicidarea culturii și, în funcție de substanța utilizată, trebuie urmărite instrucțiunile furnizate pe eticheta produsului, dar și reglementările locale privind utilizarea diferitelor tipuri de erbicide (Abrahamson et al., 2010). Perioada de acționare eficientă a unui erbicid este cuprinsă, în general, între două și patru săptămâni, iar erbicidarea se poate face și după terminarea operațiilor de plantare, caz în care ea acționează împotriva semințelor de buruieni aflate în sol, ajutând astfel la dezvoltarea plantelor tinere de salcie, acestea neavând concurență pentru nutrienții din sol (Abrahamson, 2010). În timpul perioadei de vegetație, se mai pot realiza și alte intervenții împotriva buruienilor, ori de câte ori este nevoie (Abrahamson et al., 2010). Aceste intervenții pot fi chimice (erbicidări) sau mecanice (prășirile mecanice sau manuale).

În România, *plantarea* se realizează prin utilizarea schemei de plantare europene (Talagai și Borz, 2016); aceasta presupune plantarea unor rânduri duble (gemene) de cultură, distanțate la 0,75 metri, cu asigurarea unui spațiu de 1,50 metri între ele, precum și a unei distanțe de circa 0,60 metri între butașii plantați pe rând (Talagai și Borz, 2016). De obicei, operația de plantare necesită utilizarea unor echipamente speciale, ce pot fi caracterizate de diferite niveluri de mecanizare. În România, se utilizează mijloace de plantare ce oferă suportul pentru muncitorii ce încorporează manual butașii în sol, capabile să asigure dimensiunile specifice schemei de plantat, precum și să ofere posibilitatea de introducere a butașilor în sol în poziție verticală (Borz et al., 2019). În practica internațională, dacă lăstarii au fost recoltați din toamna sau iarna anului precedent plantării, aceștia sunt depozitați sub formă de snopi, a câte 50 de bucăți, cu lungimi cuprinse între 1,0-1,4 și 1,8-2,4 metri (Guidi et al., 2013a; Edelfeldt et al., 2013), în camere frigorifice, cu o temperatură constantă cuprinsă între -2 și -4 °C (Digruber et al., 2018), iar secționarea snopilor de lăstari se realizează înainte de plantare, în depozit sau direct în teren. În practica din România, pentru a se asigura rezervele nutritive necesare până la dezvoltarea rădăcinii și a noii plante, butașii se fasonează la lungimi cuprinse între 18 și 20 centimetri, asigurându-li-se un diametru minim de 1-2 centimetri. Pentru a facilita coordonarea operațională, tractoristul trebuie să adapteze viteza de avans la capacitatea fizică și la ritmul plantatorilor ce realizează introducerea butașilor în sol. În aceste condiții, devine evident faptul că este necesară cunoașterea de către plantatorii manuali a momentului în care aceștia trebuie să introducă butașii în sol, pentru a permite alinierea plantelor la distanțele necesare redade de schema de cultură. Momentul în care plantatorii trebuie să încorporeze butașii în sol este semnalat acustic de un dispozitiv care funcționează corelat cu viteza de avans și cu distanța prestabilită între două plante pe un același rând. Dispozitivele ce îndeplinesc funcțiile de

semnalizare a momentului la care trebuie încorporați butașii în sol au fost documentate și de alte studii (e.g. Manzone și Balsari, 2014). Încorporarea manuală a butașilor în sol care, de cele mai multe ori, se realizează într-un ritm destul de susținut, este facilitată de utilizarea a două brăzdare prismatice cu vârf obtuz ce dislocă solul sub forma a două rigole, realizate la distanța standard dintre două rânduri ce compun un rând dublu de cultură; fiecare dintre plantatori realizează plantarea unui singur rând din cele două. Punctele de intrare și de ieșire în și din tarla sunt cele ce corespund limitelor tarlalei de la capete, unde, de obicei, există spații disponibile pentru a realiza manevrele ce implică ieșirea și reintrarea în câmp. În configurația descrisă, operațiile de plantare implică o acoperire continuă în benzi adiacente (deplasarea în părți), caracterizate de o lățime de circa 2,25 metri, plantate succesiv. La un capăt prestabilit al tarlalei se realizează aprovizionarea cu butași, de obicei la capătul unde se află drumul de acces și unde se amplasează toată tehnica de lucru. Pentru o acoperire continuă, numărul de butași ce se pun la dispoziția muncitorilor trebuie să corespundă unei curse complete de plantat (dus-întors), având în vedere desimea culturii, lungimea rândului și numărul de muncitori ce realizează plantarea efectivă. Pe lângă metodele tradiționale de plantare ce folosesc butași cu lungimile menționate anterior, în scop experimental a fost încercată o nouă metodă care a utilizat micro-butași de salcie, având dimensiuni cuprinse între 1,2 și 5 centimetri, constatându-se faptul că micro-butașii cu lungimea de 5 centimetri au generat cel mai bun procent de lăstărire (Guidi și Labrecque, 2016).

Culturile de salcie tind să epuizeze rapid rezervele nutritive și minerale din sol (Guidi et al., 2013b), ceea ce fundamentează, în multe dintre cazuri, necesitatea implementării unor operații de *fertilizare*. Spre deosebire de culturile agricole obișnuite, culturile de rotație scurtă pot fi fertilizate cu o gamă largă de îngrășăminte organice și chimice. Ca fertilizant pentru culturile de salcie energetică se poate utiliza nămolul de epurare (Urbaniak et al., 2017), care este un produs al tratării apelor uzate în stații de epurare și care poate fi folosit în cazul culturilor intensive, constatându-se faptul că în Europa și în lume el este unul dintre cele mai utilizate îngrășăminte ce se administrează culturilor de salcie energetică. În România, utilizarea nămolurilor de epurare este reglementată prin Ordinul nr. 344/2004 cu modificările ulterioare și Directiva 86/278/CEE (1986) privind protecția mediului, în special a solului, care se aplică modului de utilizare a nămolurilor de epurare în agricultură. Astfel, după realizarea controlului calității într-un laborator specializat și autorizat și a unei tratări înainte de utilizare (aplicabilă, dacă este cazul, pentru a ajunge la valorile limită normale, în special pentru metale grele, cum ar fi plumbul, mercurul, cadmiul, zincul, cuprul și nichelul), nămolul de epurare poate fi utilizat ca fertilizant în culturile de salcie energetică (Wyrwicka și Urbaniak, 2018). Cantitatea de nămol utilizată ca îngrășământ organic diferă în funcție de cantitatea de apă conținută, fiind de ordinul a 75-150 t/ha în cazul nămolului umed și, respectiv, de ordinul a 14,3-25,6 t/ha în cazul nămolului în stare uscată (Jama-Rodzenska et al., 2016). Nutrienții regăsiți în nămolul de epurare, cum ar fi azotul, fosforul, potasiul și oligoelementele - calciul, cuprul, fierul, magneziul, manganul, sulful și zincul - sunt necesare pentru producția de biomasă (Adegbidi et al., 2001) și, respectiv, pentru creșterea și dezvoltarea plantelor.

Tăierea de lăstărire se aplică în primăvara primului an de la înființarea culturii, din practică reieșind, în cele mai multe cazuri, că această tăiere este benefică, favorizând dezvoltarea noilor lăstari de salcie (Guidi et al., 2013a). Cu toate acestea, necesitatea primei tăieri sau a *tăierii de lăstărire* este încă dezbătută la nivel internațional. Pentru condițiile de vegetație din Suedia, unele studii au concluzionat că tăierea de lăstărire nu se recomandă a fi aplicată (Albertsson et al., 2014), deoarece nu are un efect pozitiv asupra cantității de biomasă recoltată la hectar. În condițiile de vegetație din nordul continentului european, producția de biomasă, după prima tăiere, este cuprinsă între 4,0-6,3 tone de biomasă uscată la hectar (Albertsson et al., 2014). Tăierea de lăstărire nu are un efect negativ în ceea ce privește mortalitatea exemplarelor din cultură, dacă se realizează cel puțin o combatere mecanică a buruienilor (Albertsson et al., 2016) și ajută la creșterea semnificativă a numărului de lăstari ce se dezvoltă pe butaș (Finnan et al., 2016). Acest tip de tăiere se realizează și în culturile de salcie energetică din România (Scriba et al., 2014; Borz et al., 2019). Mijloacele utilizate pentru realizarea tăierii de lăstărire necesită capacitatea tehnică de a avansa în cultură și a tăia prima serie de lăstari. Din perspectivă operațională, organizarea muncii se face în funcție de utilajul folosit, de capacitatea tehnică a acestuia și de condițiile impuse de cultură. Indiferent de echipamentul folosit, în general, avansul se realizează concentric (în părți), de la exteriorul spre interiorul culturii, condiție ce este impusă de necesitatea doborârii lăstarilor înspre exterior pentru a se facilita avansul (Talagai et al., 2017; Borz et al., 2019). În cazul în care se utilizează un agregat de tăiere

cu două dispozitive rotative echipate cu cuţite (Borz et al., 2019), echipa de lucru este compusă dintr-un singur muncitor - tractoristul, iar în cazul utilizării moto-uneltelor, echipa de muncă este, în mod obișnuit, compusă din doi muncitori (Borz et al., 2018): mecanicul moto-uneltei și un muncitor care ajută direcționarea căderii lăstarilor, depinzând destul de larg și de dimensiunile lăstarilor. Astfel, în multe dintre cazuri, se folosește în operații numai mecanicul moto-uneltei deoarece lăstarii au, în general, dimensiuni mici. Diametrul lăstarilor este relativ mic, iar progresul operațiilor de tăiere efectivă se realizează cu o viteză de avans destul de mare în cazul utilizării de tractoare (Borz et al., 2019), respectiv cu o viteză mai mică în cazul moto-uneltelor (Borz et al., 2018). Lăstarii de salcie recoltați în urma acestei operații sunt adunați manual, în mănunchiuri, și sunt depozitați la marginea culturii în vederea tocării (Scriba et al., 2014) sau pentru alte întrebunțări. Atunci când este realizată de tractoare echipate cu dispozitive de tăiere, organizarea operațională și optimizarea acestei operații trebuie gândită în prealabil, prin tehnicile consacrate, deoarece manevrele de întoarcere și reintrare în zona unde se realizează tăierea pot fi mari consumatoare de timp (Talagai et al., 2017; Borz et al., 2019).

Controlul dăunătorilor și al insectelor nu pune probleme importante în culturile de salcie energetică din România. În practică, au fost observate frunze atacate de insecte, dar impactul a fost considerat de intensitate foarte mică și nu a justificat implementarea unor lucrări de tratare a dăunătorilor. În Europa, în culturile de *Salix viminalis* și a hibridilor săi, s-au semnalat atacuri de *Empoasca fabae*, daunele realizate aparatului foliar al plantei fiind cauzate de hrănirea directă a insectelor adulte și a micilor nimfe (Abrahamson et al., 2010). Aceste insecte, odată cu hrănirea, injectează salivă în plantă, ducând la o creștere anormală a celulelor și afectând transportul de fluide în frunză (Abrahamson et al., 2010). Efectul vizibil al atacului apare ca o arsură, o îngălbenire a frunzelor, ultimele oprindu-se din creștere și încrețindu-se (Abrahamson et al., 2010). Din punct de vedere fitopatologic, în Europa, rugina frunzei (*Melampsora spp.*) este cea mai gravă problemă, cauzând pierderea prematură a frunzelor, încetinirea procesului de creștere a lăstarilor de salcie în anul respectiv, iar în cazuri extreme, uscarea plantei (Abrahamson et al., 2010). Cele mai bune metode de combatere a dăunătorilor constau din plantarea de clone rezistente la astfel de dăunători sau realizarea de culturi mixte, formate din mai multe tipuri de clone (Begley et al., 2009).

În practică, s-a observat că recoltarea culturii de salcie energetică se efectuează în timpul repausului vegetativ, în perioada noiembrie - februarie. În costul de livrare al biomasei provenite din culturi de salcie de rotație scurtă, un aport semnificativ îl are costul generat de *operațiile de recoltare* (Buchholz și Volk, 2011). În cadrul acestora, se pot utiliza unelte și echipamente caracterizate de diferite niveluri de mecanizare (Vanbeveren et al., 2015), începând cu moto-uneltele concepute pentru tăierea tufişurilor și terminând cu echipamentele complet mecanizate, specializate pentru recoltarea culturilor de rotație scurtă; ultimele sunt caracterizate de costuri ridicate de achiziție, iar investițiile făcute în astfel de utilaje joacă un rol important în costul final al biomasei rezultate.

Moto-uneltele pentru tăierea tufişurilor sunt utilizate de micii fermieri pentru a recolta culturile de rotație scurtă și foarte scurtă, aceștia nedisponând de echipamente performante (Talagai et al., 2017). În mod obișnuit, la rotații foarte scurte, diametrul lăstarilor de salcie este mic, astfel că poate fi secționat de discurul de tăiere al acestor unelte (Talagai et al., 2017). Atât proprietarii din România, cât și din alte țări, au plantat culturile de salcie pe suprafețe mici și dispersate, pe distanțe și teritorii relativ mari, ceea ce implică costuri suplimentare în cazul unor utilaje specializate, favorizând utilizarea moto-uneltelor, care prezintă avantaje precum: cost de achiziție al uneltei și al pieselor de schimb relativ redus, costul de mentenanță scăzut, durata de viață a uneltelor relativ mare, dacă se au în vedere unelte similare (e.g. Calvo et al., 2013), transport facil între locații și, respectiv, asimilare rapidă a tehnicii de lucru (Talagai et al., 2017). Pe de altă parte, folosirea moto-uneltelor la recoltare prezintă dezavantaje legate, în principal, de capacitatea tehnică specifică și de condițiile operaționale. Aceste unelte nu pot secționa lăstarii de salcie cu diametre foarte mari, fapt ce limitează și rotația culturii la 2-3 ani. Alte dezavantaje în desfășurarea operațiilor de recoltare sunt date de condițiile atmosferice, în special de direcția și viteza vântului în raport cu poziția rândurilor de cultură, dar și de distanțele foarte lungi, de ordinul kilometrilor, parcurse zilnic de echipa de muncă (Talagai et al., 2017; Borz et al., 2018). Utilizarea acestor unelte pentru doborâre implică alte operații pentru a transforma lăstarii în tocătură și pentru a o livra pe ultima către utilizator. Din acest punct de vedere, în practica românească se întâlnesc frecvent două situații: fie tocarea lăstarilor doborâți

cu moto-unelte se face în teren, biomasa livrându-se sub formă de tocătură, fie se grupează lăstarii în snopi și se transportă către beneficiari sau depozite, urmând a fi tocați (Talagai și Cheța, 2017). Dacă lăstarii au alte întrebuințări (realizarea de fascine pentru consolidarea malurilor apelor, a digurilor de pământ), de obicei aceștia se transformă, prin operații ce vizează gruparea și legarea manuală în fascine, urmând să fie livrați către beneficiari sub această formă (Talagai și Cheța, 2017).

În practica românească a operațiilor de recoltare a salciei cu moto-unelte, echipa de muncă este alcătuită din doi muncitori (Talagai și Borz, 2016), dintre care unul execută operația de doborâre, prin aplicarea unor tăieturi cu moto-uneltele și, respectiv, asigură întreținerea echipamentului în timpul muncii, iar cel de-al doilea, în timpul recoltării, are atribuția de a predirecționa manual lăstarii ce se doboară înspre exteriorul culturii. Acesta realizează direcționarea lăstarilor de salcie cu ajutorul unui băț realizat în teren dintr-un lăstar de salcie destul de lung și de gros pentru a permite imprimarea direcției de cădere înainte de execuția tăieturii de desprindere (Talagai et al., 2017; Borz et al., 2018). De asemenea, în practica operațiilor de recoltare cu moto-unelte, pentru a reduce timpul și efortul depus de muncitori și pentru a se crește productivitatea muncii într-o tarla dată în care se aplică operațiile, se utilizează, în unele cazuri, câte două echipe de muncă (Talagai și Borz, 2016; Talagai et al., 2017). Atât în acest ultim caz, cât și în cazul utilizării unei singure echipe de muncă, ultima operează prin înaintarea pe un singur rând ce intră în alcătuirea unui rând dublu de cultură. Pentru realizarea operațiilor cu două echipe, operația de doborâre se realizează cu asigurarea unei distanțe de securitate a muncii între cele două echipe (Talagai și Borz, 2016). Efortul depus de echipele de muncă este considerabil, iar muncitorii pot fi expuși la intemperii și la zgomotul produs de moto-uneltele. Operatorul moto-uneltei este expus, adițional, la vibrații. În cazul utilizării moto-uneltelor, tăierea lăstarilor de salcie se realizează prin executarea unei mișcări de balans a moto-uneltei, urmată de accelerarea motorului atunci când dispozitivul activ de tăiere se apropie de lăstarii ce urmează a fi doborâți (Talagai și Borz, 2016). Procedurile descrise sunt foarte sensibile la unii factori meteorologici precum vântul, care cauzează probleme adiționale și poate conduce chiar la sistarea muncii. Atunci când rândurile de cultură sunt foarte lungi, este preferabilă deschiderea unor culoare transversale, creând astfel spații pe unde se poate traversa cultura sau porțiunea (postața) operată dintr-o parte în alta cu echipamentul de recoltare, scurtându-se astfel distanțele de parcurs, recoltarea realizându-se în acest caz pe porțiuni (Talagai et al., 2017). Aceste degajări au un rol important în organizarea lucrărilor, deoarece trebuie asigurat necesarul de combustibil pentru o distanță dată de parcurs. Se pot preveni astfel situațiile în care apar pauze tehnice în câmp și un muncitor trebuie să se deplaseze să aducă carburanți sau piese de schimb de la capătul tarlalei. Pauzele de realimentare cu carburant și lubrifiant, pauzele de înlocuire a dispozitivelor de tăiere uzate și pauzele de odihnă și necesități personale se realizează, de obicei, la capătul de unde au început lucrările, acolo fiind depozitate uneltele necesare pentru realizarea întreținerii echipamentului la începutul zilei de muncă.

Recoltarea cu echipamente complet mecanizate a culturii de salcie se realizează cu mașini destinate acestor tipuri de operații, ele rezultând din reconfigurarea unor mașini de origine agricolă (Spinelli et al., 2009), pentru a răspunde recoltării materialului lemnos de dimensiuni mici. Aceste echipamente de recoltare a culturilor de rotație scurtă și foarte scurtă își justifică achiziția, având costuri foarte mari doar atunci când sunt utilizate în culturi realizate la scară industrială, caracterizate de suprafețe de parcurs prin operare mari și foarte mari. Aceste utilaje sunt caracterizate, de cele mai multe ori, de productivități ridicate și ele se îmbunătățesc continuu, productivitatea țintă la recoltare estimându-se a fi de ordinul a 50-60 tone pe oră (aproximativ 0,8 ha/oră) (Abrahamson et al., 2010). Echipa de lucru este alcătuită, în mod obișnuit, din 2-3 muncitori (operatorul mașinii de recoltat și 1-2 operatori ai tractoarelor agricole echipate cu remorci unde se transferă automat tocătura). Spre deosebire de moto-unelte, aceste mașini pot recolta cu ușurință lăstarii de salcie cu diametre mai mari. Un dezavantaj al acestor mașini este masa foarte mare, ceea ce nu permite lucrul pe toate tipurile și în toate condițiile de teren, recoltarea realizându-se în condiții bune atunci când solul este înghețat (Abrahamson et al., 2002; Schweier și Becker, 2012b). Recoltarea cu mașini multifuncționale de recoltat nu este influențată, într-o măsură egală cu cea specifică operațiilor realizate cu moto-unelte, de condițiile atmosferice, deși acestea au efecte semnificative asupra productivității (Eisenbies et al., 2014) și nu implică folosirea altor echipamente pentru transformarea lăstarilor de salcie în tocătură, aceasta realizându-se mecanizat, printr-o trecere a mașinii (Abrahamson et al., 2010; Eisenbies et al., 2014). Recoltarea lăstarilor de salcie se efectuează prin parcurgerea dus-întors pe unul-două rânduri duble de cultură, în funcție de construcția dispozitivelor de

recoltare ale utilajului și de schema de plantare, combinat cu manevre de întoarcere la capăt de rând și de reintrare (Eisenbies et al., 2014). Pentru micșorarea distanțelor parcurse în afara culturii, reintrarea în teren pentru recoltare se face adiacent rândurilor deja recoltate (Eisenbies et al., 2014).

1.3.2. Tipuri de echipamente, unelte și sisteme tehnice utilizate în operații

În cadrul lucrărilor de pregătire a solului și de control (combatere) al buruienilor, echipamentele tehnice utilizate sunt cele agricole generale. Dacă terenul nu a fost utilizat în circuitul agricol, pentru controlul buruienilor se face erbicidarea în vara anului prealabil plantării. Pe suprafețe mari, erbicidarea se realizează cu echipamente de erbicidare purtate sau tractate (mașini de erbicidat), atașate la cuplul de putere al tractorului (Abrahamson et al., 2010). Lucrările de pregătire a solului se execută cu diferite mașini și unelte agricole pentru a crea un mediu favorabil creșterii și dezvoltării plantelor. Lucrarea de bază este aratul și se execută cu plugul cu două până la cinci brazde, în funcție de puterea tractorului utilizat. În practica din România, se recurge uneori la frezarea solului; operația de frezare a solului are rolul de a mărunți și a afâna solul prin așchiere, de a distruge buruienile de talie mică și de a fragmenta îngrășămintele organice, încorporându-le în sol (Popescu, 1984). Lucrarea se realizează cu atenție din partea tractoristului, pentru că poate produce prăfuirea solului din cauza turației mari a organului rotativ activ. Frezele utilizate de fermierii din România, observate în timpul lucrărilor, sunt frezele agricole rotative cu lățimea de 4 metri cu tăvălug tip packer sau frezele agricole cu rotor verticale cu dimensiunea de 6 metri, cu tăvălug în spirală, atașate la priza de putere a tractorului.

Culturile de rotație scurtă de salcie se înființează cu ajutorul unor mașini și echipamente ce prezintă diferite grade de mecanizare. Pentru culturile înființate la noi în țară, echipamentele utilizate sunt de tipul celor agricole generale, configurate pentru a realiza operațiile de plantare (Talagai și Borz, 2016), constând din cuplarea unei mașini de plantat, care mecanizează numai operațiile de deschidere a rigolelor, la tractoare agricole de uz general (Borz et al., 2019). În această configurație, tractorul asigură funcțiile de mișcare, deschidere și închidere a rigolelor, ultimele facilitând introducerea butașilor în sol. Dispozitivul de remorcare atașat la tractor asigură funcția de ridicare a mașinii de plantat pentru curățarea brăzdarelor, precum și funcțiile de orientare și reglare spațială a operațiilor de plantare în teren. Când agregatul este pus în mișcare, funcția de semnalizare a momentului în care se introduc butașii în sol devine activă. Mașina de plantat este echipată cu două seturi de role metalice (tamburi metalici de formă cilindrică), reprezentând tăvălugii de tasare pentru fiecare brăzdar, poziționați oblic și proiectați pentru a închide rigolele, prin împingerea - tasarea pământului, după ce butașii au fost introduși în sol (Borz et al., 2019).

La nivel internațional, într-un studiu realizat de Manzone et al. (2017), s-a prezentat un prototip de utilaj ce realizează plantarea orizontală a unor lăstari de salcie cu lungimea de 1,2 metri, cu o productivitate de 0,88 ha/h și un consum de combustibil de 7,99 l/ha, echivalent a 0,18 l pe 100 de lăstari. De asemenea, există mașini de plantat semiautomate, precum plantatorul Fröebbesta care a fost proiectat și dezvoltat în Suedia (Abrahamson et al., 2010). Acesta nu dispune de un sistem automat de secționare a butașilor și este asemănător cu cel utilizat la noi în țară, fiind proiectat să planteze un singur set de rânduri duble (gemene), caz în care singura operație executată manual este alimentarea cu butași de salcie în orificiul deschis al tubului de plantare (Abrahamson et al., 2010). După introducerea în sol a butașului, pământul este presat (compactat) de o parte și de alta a rândului cu ajutorul tăvălugilor de tasare în scopul fixării cât mai bune a butașului. Tot în Suedia a fost proiectată mașina de plantat automată Salix Maskiner - plantatorul în pași (*eng. Step planter*) - aceasta fiind echipată cu un sistem de configurare dimensională automată a materialului săditor, direct din lăstarii de salcie (Abrahamson, 2010). Lăstarii care alimentează mașina au dimensiuni cuprinse între 1,5-2,5 metri și sunt introduși între două benzi care îi ghidează în mecanismul de secționare și de plantare (Bush et al., 2015). Această mașină poate planta concomitent două rânduri duble și este caracterizată de o productivitate ridicată, impunându-se ca utilaj standard utilizat pentru culturile de salcie de rotație scurtă (Abrahamson et al., 2010). De asemenea, în Danemarca, a fost proiectat plantatorul Egedal Energy, care efectuează secționarea și plantarea automată a butașilor de salcie, plantarea realizându-se pe două seturi de rânduri duble (Bush et al., 2015).

În cadrul lucrărilor de fertilizare, în practică s-a observat că există o mare varietate de maşini folosite în operaţii de administrare a îngrăşămintelor chimice; acestea pot fi purtate sau tractate, ataşate la priza de putere a tractorului sau de tipul celor care utilizează remorci cu care se transportă îngrăşământul. Împrăştierea îngrăşământului se realizează manual de către doi muncitori cu ajutorul unor lopeţi. Pentru îngrăşământul organic solid sau pentru mătul de la staţiile de epurare, în practica din România sunt folosite maşini pentru administrarea de îngrăşăminte organice solide - remorci tehnologice de împrăştiat îngrăşăminte. În teren, s-a observat că aceste maşini sunt echipate cu o podea mobilă (transportor de podea cu racleţi) acţionată hidraulic, ce asigură alimentarea uniformă cu material a organelor de împrăştiere. Astfel de remorci sunt utilizate şi pentru transportul şi descărcarea biomasei rezultate din tocarea lăstarilor de salcie (Abrahamson et al., 2010).

Tăierea de lăstărire se poate realiza cu ajutorul moto-uneltelor sau cu o cositoare rotativă ataşată la priza de putere a tractorului (Talagai şi Borz, 2016; Borz et al., 2019). Această tăiere se aplică în primul an de cultură, iar pentru că diametrul lăstarilor este mic, este posibilă tăierea acestora cu cuţitele cu care este prevăzută cositoarea (Talagai şi Borz, 2016). Cositoarele rotative utilizate în această operaţie sunt prevăzute cu doi tamburi, astfel încât tăierea lăstarilor se face pe un rând dublu de cultură (Talagai şi Borz, 2016). De obicei, cositoarea rotativă este poziţionată în partea din spate a tractorului cu organele active de tăiere poziţionate în lateral, pentru o bună vizibilitate a zonei de operare, iar înălţimea de la sol la care se află cuţitele este de aproximativ 10 centimetri (Talagai şi Borz, 2016). Realizarea tăierii de lăstărire cu acest tip de agregat necesită o atenţie sporită din partea tractoristului, deoarece cuţitele cu care se realizează tăierea se pot rupe în pietrele cu dimensiuni mari rămase pe sol.

Moto-uneltele utilizate în tăierea de lăstărire sunt de tipul motocoaselor multifuncţionale destinate tăierii ierbii, arbuştilor pe suprafeţe medii şi mari, dar şi operaţiilor de întreţinere forestieră, fiind proiectate să funcţioneze cu un cap de tăiere de forma unui disc metalic (Talagai et al., 2017). Aceste motocoase sunt purtate de utilizator cu ajutorul hamului de susţinere şi sunt manevrate cu ajutorul a două mâner de prindere pe care sunt poziţionate şi comenzile de accelerare sau oprire a motorului. Din practică, reiese că echipa de lucru este formată dintr-un singur muncitor, deoarece creşterea lăstarilor în înălţime în primul an nu este foarte mare, iar aceştia nu necesită o pre-direcţionare a căderii.

Dacă în culturile de salcie sunt semnalate gradaţii ale dăunătorilor, se iau imediat măsuri, pentru că aceştia pot produce daune serioase culturii, începând cu încetinirea creşterii sau chiar oprirea acesteia; în situaţii grave, aceasta poate conduce la moartea în masă a exemplarelor din cultură sau chiar la distrugerea culturii (Abrahamson et al., 2010). În funcţie de tipul de atac, culturile trebuie stropite cu fungicide sau cu insecticide (Abrahamson et al., 2010). În practică, s-a observat că din cauza desimii şi înălţimii culturii, aceste stropiri nu pot fi realizate cu echipamentele cu care se face şi erbicidarea. Atunci când suprafeţele de cultură sunt mici şi dispersate, cum e şi în cazul României, în practică sunt utilizate atomizoarele, pulverizatoarele portabile (vermorelele) şi aparatele de stropit. Primele două pot fi purtate de muncitori în spate. Aparatele de stropit au capacitate mare a rezervorului pentru soluţia utilizată, de obicei mai mare de 100 litri, iar deplasarea în cultură a acestora se face prin utilizarea sistemului de rulare cu care sunt echipate, prin tragerea sau împingerea realizată de unul sau doi muncitori. Deoarece pompele de stropit au volume mari, în practică, deplasarea cu acestea se poate realiza doar pe spaţiile rămase libere, de 1,5 metri, dintre seturile de rânduri duble ale culturii.

În general, în practica românească, prima recoltare a culturilor de salcie se realizează după doi-trei ani de la plantare, cu aceleaşi moto-unelte utilizate pentru tăierea de lăstărire sau, într-o măsură mai mică, cu utilaje specializate pentru această operaţie (Talagai şi Borz, 2016). Utilizarea moto-uneltelor pentru doborârea lăstarilor de salcie este asociată cu alte operaţii necesare pentru livrarea biomasei sub formă de tocătură către beneficiar în vederea utilizării, cum ar fi gruparea manuală a lăstarilor în snopi, urmată de deplasarea cu aceşti snopi până la un tocător (Talagai şi Borz, 2016). De obicei, tocarea lăstarilor de salcie se realizează în teren cu ajutorul unui tocător de biomasă ataşat la priza de putere a tractorului, iar evacuarea tocăturii rezultate se face în remorci specializate pentru transportul de biomasă. În practică, aceste remorci sunt utilizate pentru transportul biomasei până la un depozit, până la beneficiar, dacă acesta se află în apropiere sau până la un camion cu remorcă pe care se află un container ce urmează să facă transportul biomasei pe distanţe mari, pe drumurile publice. Remorcile specializate pentru

transportul biomasei sunt echipate cu podea rulantă ce facilitează descărcarea biomasei (Abrahamson et al., 2010).

În culturile de dimensiuni mari, pentru recoltare, se utilizează echipamente concepute pentru astfel de operații (Spinelli et al., 2011), cum ar fi mașinile speciale care pot să doboare lăstarii fără a îi toca și mașinile speciale care pot să taie (doboare) și să toace lăstarii de salcie. Prima categorie de mașini (*eng. cut-and-store*) este utilizată pentru a recolta lăstarii de salcie întregi (Pecenka și Hoffmann, 2015). Depozitarea lăstarilor întregi de salcie se poate face pe o perioadă mai îndelungată decât tocătura, însă această metodă de recoltare implică costuri mai mari pentru transport și manipulare (Whittaker et al., 2018).

Câteva companii producătoare de echipamente agricole au răspuns cerințelor producătorilor de biomasă prin adaptarea și dezvoltarea unor mașini de tipul combinelor agricole cărora le-au fost atașate diferite dispozitive de tăiere și tocare pentru a realiza operațiile de recoltare a culturilor de rotație scurtă. Aceste tipuri de mașini de recoltat au capacitatea tehnică de a tăia și toca lăstarii de salcie și sunt utilizate pentru culturile din Europa și din Statele Unite, ele fiind denumite în literatura de specialitate internațională *single-pass cut-and-chip harvesters* (Berhongaray et al., 2013; Eisenbies et al., 2014) sau *forage harvesters* (Spinelli et al., 2009). În ajutorul acestor fermieri au venit companii ce au realizat agregate specializate pentru recoltarea și tocarea lăstarilor de salcie ce pot fi atașate la priza de putere a tractoarelor agricole (*eng. mower-chippers*) (Pecenka și Hoffmann, 2015). Astfel de mașini sunt considerate a fi mult mai flexibile și mult mai adaptabile la culturile de dimensiuni reduse și dispersate pe teritorii mari (Ehlert și Pecenka, 2012). Depinzând de tipul constructiv, dispozitivele de tăiere-tocare pot fi amplasate în spatele tractorului sau în lateral (Vanbeveren et al., 2017). Evacuarea tocăturii se poate face în remorci ce sunt tractate de același tractor la care este cuplată mașina de tăiere-tocare sau în remorci ce sunt tractate de un alt tractor agricol ce lucrează în tandem cu primul (Spinelli et al., 2008). Un alt tip de echipament de dimensiuni medii cuplat la priza de putere a tractorului este un utilaj ce taie, secționează parțial lăstarii și realizează pachete sub formă de baloți (*eng. biobaler*). Utilajul Biobaler WB-55 (Savoie et al., 2013) realizează baloți cu un diametru și, respectiv, o lungime de 1,22 metri. În funcție de model, acesta poate pachetiza materialul recoltat cu un înveliș de plasă realizată din material plastic (Savoie et al., 2013).

1.4. Performanța sistemelor tehnice utilizate în operațiile implementate în culturi de salcie energetică

1.4.1. Definirea principalelor concepte

Performanța unor sisteme tehnice utilizate în operații, cum sunt cele relaționate cu culturile de salcie energetică, poate fi apreciată prin prisma mai multor puncte de vedere și indicatori, care se încadrează în domeniul sau în sfera științifică și de activitate a mai multor discipline. O descriere comprehensivă a modalităților în care se poate cuantifica performanța unui sistem tehnic este redată, de exemplu, de Wasson (2006), care descrie o abordare cantitativă și calitativă pe baza unor parametri obiectivi și subiectivi, ce vine din (este specifică) sfera ingineriei sistemelor și care poate fi aplicabilă problemelor descrise în lucrarea de față. Cu toate acestea, pentru păstrarea tradiției îndelungate a măsurării performanței operaționale în recoltarea lemnului și în ciuda faptului că utilizează unele concepte din sursa menționată anterior, lucrarea de față adoptă, în general, conceptele, terminologia și abordările utilizate în știința relaționată cu operațiile de exploatare a lemnului. Dat fiind specificul operațiilor implementate în culturile de salcie energetică, există motive pertinente pentru adoptarea ariilor de performanță specifice, a conceptelor și a terminologiei utilizate în silvicultura tradițională, ale căror principii directe sunt descrise pe larg de sursele menționate (Heinimann, 2007; Marchi et al., 2018) și explicate, în detaliu, în alte lucrări de specialitate din literatura internațională (*i.e.*; Björheden et al., 1995; Acuna et al., 2012; Björheden et al., 2013) și cea românească (*e.g.* Ciubotaru, 1998; Oprea, 2008; Borz, 2014). Scopul acestei lucrări nu este de a detalia toate abordările și conceptele, ea reprezentând mai degrabă o implementare a acestora. Cu toate acestea, în cele ce urmează, se prezintă câteva dintre elementele directe care au fost considerate a fi importante pentru abordarea utilizată în lucrarea de față, care a vizat, în primul rând, evaluarea performanței productive a unor operații implementate în astfel de culturi. În ceea ce privește performanța productivă, se redau, pentru o mai bună înțelegere a abordării lucrării, următoarele definiții adaptate, formulate și definite de Björheden et al. (1995), explicate în ceea ce privește aplicabilitatea în

diverse operații forestiere de Björheden (2013) și traduse și adaptate limbii române, cu completările de rigoare sub raport metodologic de Borz (2014):

- **Studiul de productivitate (studiul productivității)** - reprezintă un studiu ce se realizează, în mod obișnuit, pe durată lungă, și care vizează stabilirea ratei productivității, într-un scop bine specificat al studiului;
- **Studiul de performanță** - reprezintă un studiu care vizează stabilirea ratei unei ieșiri, raportată la unitatea de timp. Pe lângă cronometrare (măsurarea timpului), măsurarea cantității și calității produselor face parte integrantă a studiului;
- Timpul consumat ca întârzieri relaționate cu munca sau pe scurt **întârzierile**, se referă la porțiunea din timpul neproductiv, care poate fi relaționată cu modul de organizare și desfășurare a muncii;
- **Productivitatea** - reprezintă rata sau volumul producției raportată la unitatea de timp pentru un sistem de producție dat. Productivitatea poate fi stabilită în raport cu consumul de timp și/sau cu cel al altor tipuri de resurse utilizate;
- **Productivitatea brută** - reprezintă rata producției pe unitatea de timp, într-un sistem dat, care rezultă dintr-un calcul ce cumulează și timpii neproductivi (întârzierile);
- **Productivitatea netă** - reprezintă rata producției pe unitatea de timp, într-un sistem dat, excluzând întârzierile;
- **Eficiența** - reprezintă rata de intrare (utilizare) a timpului pe unitatea produsă, pentru un sistem de producție dat. Eficiența poate fi, de asemenea, măsurată în baza utilizării altor resurse precum energia;
- **Eficiența brută** - reprezintă rata de intrare a timpului pe unitatea produsă pentru un sistem de producție dat, ce rezultă dintr-un calcul ce cumulează și timpii neproductivi (întârzierile);
- **Eficiența netă** - reprezintă rata de intrare a timpului pe unitatea produsă pentru un sistem de producție dat, excluzând întârzierile.

Echivalentul acestor concepte, termeni și definiții, în literatura uzuală românească, este prezentat, de exemplu, în Oprea (2008). Explicații cu privire la perspectiva utilizată și conceptul de „înterupere”, respectiv cel de „întârziere” sunt redată în Borz (2015). În lucrarea de față, prin formularea de „performanță productivă” s-a făcut referire, în majoritatea cazurilor, la productivitatea și eficiența operațiilor, ca măsuri derivate din producția realizată (*i.e.* număr de butași, suprafață etc.) și consumul de timp.

1.4.2. Performanța productivă: aspecte generale

Pentru întemeierea, conducerea și recoltarea culturilor de salcie energetică, există o mare varietate de tipuri de echipamente, agregate și mașini specializate sau adaptate pentru a realiza diferitele operații specifice acestor culturi. Sistemele tehnice care le înglobează sunt caracterizate de diferite niveluri de mecanizare dar, de multe ori, în măsura în care nivelul de mecanizare este mai crescut, costurile de achiziție și operare sunt, de asemenea, mai mari. Dacă literatura de specialitate abundă în studii cu privire la sistemele caracterizate de un înalt nivel de mecanizare, cele care sunt folosite la scară mică au fost, în general, omise din astfel de studii, aspect care împiedică luarea deciziei pe baza informării și cu privire la alte tipuri de sisteme tehnice utilizate în cultura salciei.

Evaluarea performanțelor operaționale în culturile de salcie de rotație scurtă ce au ca scop principal producția de biomasă pentru utilizări energetice (Abbas et al., 2011; Dias et al., 2017) și nu numai, se poate efectua prin realizarea unor studii specifice, încadrabile în sfera generală a științei muncii (Acuna et al., 2012). Aceste studii se dovedesc a fi esențiale pentru varii domenii ale științei, dar realizate în mod tradițional sunt mari consumatoare de resurse (Borz, 2016; Borz et al., 2018). Din perspectiva consumului de resurse, în realizarea studiilor specifice culturilor de rotație scurtă s-a făcut o trecere de la colectarea datelor în mod tradițional, la colectarea datelor prin proceduri caracterizate de un nivel mai ridicat de

automatizare. Astfel, cu ajutorul tehnologiilor GPS (*eng.* Global Positioning System) și GIS (*eng.* Geographic Information System) (Voets et al., 2013) se poate realiza colectarea de date automat, cu o precizie ridicată în operațiile specifice ce se aplică în astfel de culturi (*e.g.* Schweier și Becker, 2012a; Eisenbies et al., 2014; Bush et al., 2015; Talagai et al., 2017; Borz et al., 2018).

1.4.3. Performanța productivă în operații de întemeiere

În Europa, culturile de salcie au fost și sunt înființate pe suprafețe mari, la scară industrială, iar costul cu forța de muncă este ridicat, ceea ce a condus la realizarea sau adaptarea unor mașini și echipamente agricole pentru a executa diferite operații în aceste culturi. Mașinile de plantat butași, care asigură o mecanizare completă, au diminuat considerabil costul pentru întemeierea unei culturi de salcie (Krasuska și Rosenqvist, 2012), datorită faptului că într-un singur proces acestea taie lăstarii de salcie în butași și îi introduc în sol, excluzând pașii premergători plantării și, respectiv, scutind o parte din costurile cu forța de muncă. Plantatoarele *Salix Maskiner* și *Egedal* sunt utilizate pe scară largă pentru înființarea culturilor de rotație scurtă. Studii recente au indicat faptul că, în raport cu anumite condiții operaționale, cu ajutorul acestor echipamente, se pot planta circa 0,8 hectare pe oră (Abrahamson *et al.*, 2010). Alte studii au concluzionat că productivitatea este afectată de condițiile atmosferice și de sol, fiind cuprinsă între 0,89 și 1,14 ha/h (Bush et al., 2015). În studiul lui Manzone și Balsari (2014), realizat pe o suprafață de 3 ha, productivitatea plantatorului *Salix Maskiner* a fost evaluată la 1,21 ha pe oră. Pe baza celor de mai sus, este de așteptat ca operațiile de plantare cu astfel de mașini să aibă o productivitate de ordinul a 1 ha/h. Utilizarea unor agregate adaptate pentru plantare, pe de altă parte, în condițiile românești, a condus la productivități nete de ordinul a 0,22-0,30 ha/h, care au fost afectate semnificativ de diferitele întârzieri, conducând la productivități brute de ordinul a 0,15-0,23 ha/h (Borz et al., 2019).

1.4.4. Performanța productivă în operații de recoltare

O descriere sumară a productivității diverselor echipamente și utilaje ce sunt folosite în operațiile de recoltare a salciei energetice, elaborată pe baza consultării unora dintre studiile efectuate până în prezent, este redată în **Tabelul 1**, alături de sursele din care au fost preluate datele descriptive prezentate. Sub raport conceptual, s-au considerat a fi echipamente, unelte sau mașini utilizate în recoltare cele care au servit la îndepărtarea biomasei în scopul utilizării sau a valorificării acesteia pentru diverse domenii, chiar dacă biomasa a fost recoltată într-o singură sau mai multe treceri și a fost sau nu transformată în tocătură la locul de recoltare. De asemenea, **Tabelul 1** prezintă, pentru comparație, și date care s-au raportat în prezenta lucrare pentru operațiile de recoltare realizate prin folosirea de mijloace moto-manuale.

După cum se observă, performanța productivă, exprimată sub forma producției realizate pe oră sau sub forma suprafeței operate pe oră, este influențată, pe lângă condițiile specifice operaționale, de nivelul de mecanizare; astfel, apar diferențe la nivelul productivității de la 5 până la 10 ori mai mari în cazul utilajelor specializate pentru astfel de operații, în comparație cu situațiile în care recoltarea se realizează cu moto-unelte.

Tabelul 1. Performanţele productive ale echipamentelor utilizate în operaţiile de recoltare a culturilor de rotaţie scurtă

Echipamentului utilizat	Productivitatea exprimată în:			Sursa
	Tone materie uscată pe oră	Tone materie proaspătă pe oră	Hectare pe oră	
Echipament de tip <i>forage harvesters</i> (productivitate medie, pentru diferite condiţii operaţionale)	-	30	-	Vanbeveren et al., (2017)
Maşină New Holland FR9060 - echipată cu un dispozitiv de procesare de tip F30 FB	15-21	-	-	Pecenka şi Hoffmann (2015)
	15-28	-	0,51 -0,97	Schweier şi Becker (2012a)
Maşină Claas Jaguar Mega 880 - echipată cu un dispozitiv de procesare de tip GBE ₁	36,13	-	1,08	Civitarese et al., (2015)
Echipament de tip <i>mower-chippers</i> (productivitate medie, pentru diferite condiţii operaţionale)	10-12	-	-	Pecenka şi Hoffmann (2015)
Echipament de tip <i>shoot harvester</i> (productivitate medie, pentru diferite condiţii operaţionale)	19,2	-	-	Vanbeveren et al., (2017)
Maşină Stemster MK III	16-21	-	-	Schweier şi Becker (2012b)
Maşină Stemster MK III	20	-	-	Vanbeveren et al., (2018)
Echipament de tip <i>cut-and-bale</i> (productivitate medie)	-	13,8	-	Vanbeveren et al., (2017)
Echipament de tip Biobaler WB-55	-	15	-	Savoie et al., (2013)
Recoltare manuală cu moto-unelte (pentru doborârea lăstarilor de salcie)	-	-	0,13	Talagai et al. (2017)

Trebuie menţionat faptul că, în cazul utilizării moto-uneltelor, pe lângă limitarea capacităţii de a se opera cu diametre mai mari, apare şi necesitatea unor operaţii suplimentare de tocare. După cum se observă, maşinile mecanizate de recoltare a salciei pot să atingă productivităţi de ordinul a 15-36 tone masă uscată pe oră şi, respectiv, productivităţi de ordinul a 0,5 - 1,0 hectare pe oră. La fel, în cazul în care biomasa este balotată, productivitatea orară este de ordinul a 14-15 tone masă verde pe oră.

1.4.5. Performanţa de mediu în operaţii de întemeiere, conducere şi recoltare a culturilor de salcie

Culturile de salcie energetică de rotaţie scurtă prezintă un interes crescut în domeniul energiei bio-regenerabile (Keoleian şi Volk, 2005), reprezentând o sursă de biomasă lignocelulozică ce poate asigura un flux de materie primă constant pentru generarea de energie (Fantozzi şi Buratti, 2010). La nivel european, biomasa, ca sursă de materie primă energetică, constituie aproape jumătate din resursele regenerabile de materie primă necesară, utilizată pentru încălzire (EurObserv'ER, 2017). Sectorul industrial al utilizării biomasei lignocelulozice în scop energetic joacă un rol de tranziţie spre utilizarea amplă a energiei din surse regenerabile (Kaygusuz şi Keleş, 2008). Pe lângă rolul primar, de sursă de materie primă cu destinaţie energetică, aceste culturi mai au rolul de a înmagazina carbon, contribuind la reducerea emisiilor de CO₂ (Rytter et al., 2015). Emisiile de dioxid de carbon (CO₂) şi intensitatea cu care acestea se produc în relaţie cu cultura salciei energetice reies din arderea combustibilului în motoarele utilajelor ce realizează operaţiile specifice unei culturi de salcie, la care se adaugă emisiile din producţia materialelor

anexe și din care se scade cantitatea de carbon înmagazinată de către aceste culturi (Djomo et al., 2010). În cadrul managementului operațional al unei culturi de salcie de rotație scurtă, emisiile de CO₂ sunt cuprinse între 2,1 și 4,8 grame emise pe mega joule (MJ) de energie provenită din biomasă. Tot în cadrul managementului operațional al unei culturi de salcie de rotație scurtă, emisiile de gaze cu efect de seră (excluzând CO₂, dar adăugând peroxidul de azot N₂O rezultat în urma aplicării de fertilizanți pe bază de azot) sunt cuprinse între 0,7 și 10 grame pe MJ de energie provenită din biomasă (Djomo et al., 2010). De exemplu, în operațiile de plantare realizate cu mașina de plantat Salix Maskiner, atașată la un tractor cu o putere de 65 kW, s-a identificat un consum de carburant de ordinul a 9 litri pe oră, respectiv 7,82 l/ha, rezultând, în urma estimărilor, un consum de energie, în operațiile de plantare, de 356 MJ/ha (54 kJ/butaș), precum și emisii de CO₂ de circa 31 kg/ha (Manzone, 2016). Dintre operațiile de conducere, fertilizarea joacă un rol important în analiza unei culturi de salcie energetică, din punctul de vedere al performanței de mediu. Tipul de fertilizant utilizat și cantitatea dispersată la hectar sunt factori care pot conduce la volatilizarea în atmosferă a unei fracțiuni din îngrășământ. Echipamentele utilizate la administrarea fertilizanților sunt, de asemenea, luate în considerare. Îngrășămintele pe bază de azot (N) sunt utilizate frecvent ca fertilizant în culturile de rotație scurtă, iar o fracțiune din acești compuși se volatilizează în atmosferă (Harrison și Webb, 2001). De exemplu, volatilizarea amoniacului (NH₃) este dependentă de tipul de sol pe care se află cultura, de pH-ul acestuia (pentru un pH < 7 emisiile sunt de 2%; pentru un pH > 7 emisiile sunt de 18%) și de condițiile atmosferice (Harrison și Webb, 2001). Îngrășământul pe bază de azot și uree are emisiile cele mai ridicate, acestea variind de la 6 până la 47% din azotul aplicat. Alte tipuri de fertilizanți (azotat de amoniu, îngrășămintele complexe) au emisii mult mai mici, de ordinul a 1-2% din azotul aplicat (Heller et al., 2003). Fertilizarea cu îngrășământ mineral cu azot (N) poate fi împărțită în patru categorii, în funcție de cantitatea de fertilizant utilizată (Aronsson et al., 2014; Nordborg et al., 2018).

Cea mai recentă recomandare cu privire la fertilizarea culturilor de rotație scurtă de salcie din Suedia specifică o cantitate de 220 kg de azot mineral la hectar, ce se aplică pe ciclul de recoltare (Nordborg et al., 2018). Cel mai bun răspuns al culturii de salcie la aplicarea de îngrășământ mineral pe bază de azot este cel specific tratamentului normal, unui kilogram de azot aplicat corespunzându-i o creștere de aproximativ 67 kilograme de biomasă (10,8 tone de materie uscată la hectar pe an). Pentru o astfel de creștere, dozajul de îngrășământ este cuprins între 200 și 250 kg de azot aplicat la hectar (Aronsson et al., 2014). Aplicarea de fertilizanți pe bază de azot în cantități mai mari de 160 kg/ha/an poate conduce la contaminarea pânzei de apă freatică (Aronsson et al., 2000), în acele situații în care ea se află la adâncimi mici. În astfel de cazuri, cu toate că salcia are o eficiență ridicată în a stoca azotul (Weih și Rönnberg-Wästljung, 2007), este necesară monitorizarea atentă și, dacă este cazul, drenarea excesului de apă de suprafață (Aronsson et al., 2010) pentru a nu spăla și conduce azotul în pânza de apă freatică.

Într-un alt studiu, în care s-a aplicat ca fertilizant nămolul de la stațiile de epurare, pentru un kilogram de azot disponibil a rezultat o cantitate de biomasă cuprinsă între 65 - 77 kg. Pentru o astfel de creștere, dozajul este de 150 kg de azot (disponibil în nămol) la hectar, ceea ce corespunde unei cantități, pe hectar, de 12,5 tone de nămol uscat provenit de la stațiile de epurare (Labrecque și Teodorescu, 2005a).

Pentru a se estima consumul de combustibili fosili și emisiile de gaze cu efect de seră asociate cu recoltarea culturilor de salcie de rotație scurtă (Hammar et al., 2016) s-au realizat studii de tipul celor privind Evaluarea Ciclului de Viață (*eng. Life Cycle Assessment - LCA*) - (Kamp și Østergård, 2013). Astfel de studii se realizează pentru estimarea unor indicatori importanți cu privire la performanța de mediu a sistemelor-produs și facilitează măsurarea anumitor variabile în ipoteza unor scenarii cu privire la condițiile operaționale (Caputo et al., 2013). Frecvent, pentru estimarea consumului de combustibil se utilizează o metodă ce presupune umplerea la plin și determinarea consumului de carburant prin diferență (Ignea et al., 2017), după realizarea operațiilor sau a unor porțiuni din acestea, abordare implementată și în cazul culturilor de salcie energetică (Fiala și Bacenetti, 2012). În același timp, consumul de combustibil pentru diverse echipamente, atașate la priza de putere a tractoarelor agricole, depinde de puterea și modelul tractoarelor utilizate pentru recoltarea culturilor de rotație scurtă.

1.5. Problema de rezolvat

În ultima perioadă, cultura salciei energetice a căpătat un important avânt, cel mai probabil pe fondul posibilității de diversificare a culturilor agricole și a produselor dobândite, al valorificării unor terenuri abandonate și, nu în ultimul rând, al obținerii unor venituri mai mari prin utilizarea terenurilor în acest scop. Cu toate acestea, principalele caracteristici ale cultivării salciei energetice în România sunt cele legate de distribuția și mărimea suprafețelor cultivate care, datorită gradului ridicat de fragmentare al proprietăților și al mărimii reduse a acestora, pot crea probleme logistice importante și, în plus, conduc, de cele mai multe ori, la aplicarea unor sisteme tehnice operaționale caracterizate de un grad redus de mecanizare, aspecte ce se pot reflecta negativ în productivitatea muncii, costurile operaționale și în componenta de ergonomie a muncii. De asemenea, studiile existente la nivel național și internațional, în relație cu problemele enumerate, sunt aproape inexistente. După cunoștințele proprii, în România există doar un singur studiu pe probleme de performanță operațională realizat în afara acestei lucrări. La nivel internațional, studiile care tratează subiectul sistemelor tehnice cu grad de mecanizare redus sunt puține și, în plus, sistemele tehnice abordate diferă substanțial de practica curentă din România. Din contextul descris anterior, se desprinde și necesitatea și importanța lucrării de față care abordează astfel de probleme pentru sistemele descrise, din punctul de vedere al performanței productive. Dată fiind marea variabilitate a operațiilor și sistemelor tehnice utilizate, nu s-a putut acoperi întregul spectru operațional al acestora, studiul fiind îndreptat către elementele și operațiile cele mai importante: plantarea și recoltarea. Cu toate acestea, lucrarea furnizează soluții metodologice pentru extinderea studiilor și pentru acoperirea variabilității operaționale, aspecte care pot fi luate în considerare în demersul de a crește precizia evaluărilor în astfel de operații.

CAPITOLUL 2: SCOPUL ŞI OBIECTIVELE LUCRĂRII

2.1. Scopul lucrării

Principalul scop al acestei lucrări a fost acela de a produce informații cu privire la performanțele productive ale operațiilor de plantare și de recoltare a culturilor de salcie energetică conduse în rotație scurtă, tratând, în esență, sistemele tehnice operaționale parțial mecanizate implementate în România, dar și în alte țări caracterizate de o experiență mai mică în domeniu. Caracteristic sistemelor analizate a fost faptul că suprafețele pe care au fost observate au fost mici și dispersate, reflectând stadiul actual al practicii din România cu privire la cultura salciei la scară mică.

Pe lângă aspectele menționate, un scop secundar al lucrării de față a fost cel de a documenta și sintetiza cunoștințele cu privire la cultura salciei, în general, precum și cunoștințele practice implementate în România. Acest demers a fost alimentat de lipsa cvasitotală a literaturii științifice în limba română, pe subiectul abordat. Caracterizarea practicilor curente a fost realizată prin observație directă, discuții cu proprietarii de culturi și deținătorii de echipamente, abordări care au permis înglobarea cunoștințelor practicii în știință. Ca atare, pe lângă practicile curente observate în teren sau documentate din alte izvoare și surse, s-au luat în considerare și practicile documentate și raportate de literatura de specialitate internațională. Acest lucru a permis evidențierea diferențelor și a importanței fiecărui sistem tehnic în mediul său specific de operare.

2.2. Obiectivele lucrării

Pentru a îndeplini atât scopul principal al cercetărilor, cât și scopurile secundare amintite, s-au stabilit obiectivele specifice redate în enumerarea de mai jos. În general, fiecare dintre obiectivele specifice enumerate a fost susținut de publicare unui articol științific, această formă de diseminare reprezentând un rezultat al atingerii obiectivului respectiv. Obiectivele specifice stabilite au fost următoarele:

- i.) *De a descrie practicile operaționale și echipamentele utilizate în operații specifice contextului românesc de gestionare a culturilor de salcie energetică, raportat la contextul general, internațional, caracterizat de prezența studiilor efectuate pentru culturi gestionate la scară mare;*
- ii.) *De a descrie rolul multifuncțional pe care îl îndeplinesc culturile de salcie de rotație scurtă, precum și principalele aplicații și/sau utilizări ale acestora, pe baza rezultatelor publicate în fluxul principal științific;*
- iii.) *De a prezenta conceptele utilizate cu privire la monitorizarea și măsurarea performanțelor productive în contextul actual de tranziție de la metodele tradiționale la cele ce permit automatizarea parțială sau totală a colectării, prelucrării și analizei datelor, inclusiv de a dezvolta metode de colectare a datelor simple și capabile să automatizeze acest demers;*
- iv.) *De a evalua performanța operațională a operațiilor de plantare și recoltare a unor astfel de culturi, prin utilizarea unor echipamente cu nivel de integrare tehnologică redus și prin implementarea unor metode specifice în vederea estimării indicatorilor performanței productive;*
- v.) *De a evalua și descrie factorii care acționează ca modifikatori ai performanței productive în operațiile luate în studiu, precum și de a identifica direcțiile potențiale de limitare a efectului negativ al acestora, în strânsă relație cu operațiile observate și practicile utilizate în producție.*

CAPITOLUL 3: MATERIALE ŞI METODE

3.1. Localizarea studiilor

3.1.1. Localizarea generală a studiilor

În **Figura 1** se prezintă locurile luate în considerare pentru realizarea etapei de teren a studiilor, respectiv localitățile pe raza cărora se află terenurile agricole pe care existau culturi de salcie energetică și care au fost supuse recoltării și, respectiv, cele pe care s-au întemeiat noi culturi de salcie energetică, prin plantare.

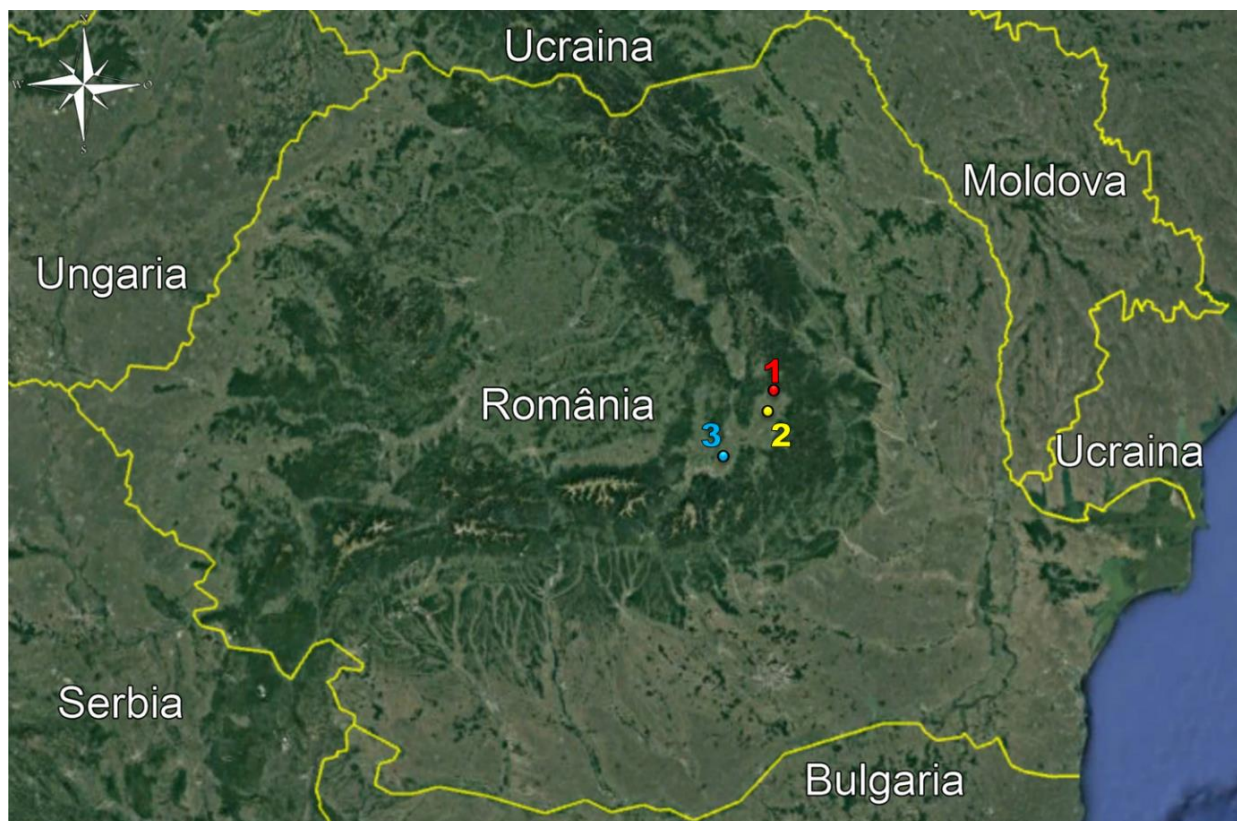


Figura 1. Localizarea generală a studiilor de teren

Sursa: adaptare după Google Earth (2019). Legendă: 1 - localitatea Poian, 2 - localitatea Dalnic, 3 - localitatea Tărlungeni

Localitatea Poian (**Figura 1**) face parte din județul Covasna. Pe raza acestei localități se află terenuri agricole pe care existau sau au fost întemeiate culturi agricole de salcie pe durata elaborării lucrării de față. Studiile de teren efectuate în preajma acestei localități au vizat monitorizarea și colectarea de date cu privire la operațiile de plantare și la operațiile de recoltare (doborârea cu moto-unelte, tocarea și operații de realizare a unor fascine din lăstarii de salcie recoltați). Localitatea Dalnic (**Figura 1**) se află, de asemenea, în județul Covasna. Aici au fost evaluate operațiile de doborâre cu moto-unelte, prin intermediul unui studiu implementat prin combinarea tehnicilor tradiționale (realizat în teren cu ajutorul unui cronometru și al unui carnet de teren) cu cele GPS. Localitatea Tărlungeni (**Figura 1**) se află în județul Brașov. Pe raza acestei localități s-au monitorizat și s-au colectat date de teren pentru operațiile de plantare.

3.1.2. Localizarea studiilor de teren pentru operațiile de plantare

Operațiile de plantare au fost monitorizate în partea centrală a României (**Figura 1, Tabelul 2**), pe raza județelor Brașov și Covasna, în care s-au selectat 14 suprafețe reprezentative pentru întemeierea culturilor de salcie la scară mică. În aceste suprafețe, au fost efectuate 14 teste de teren (denumite, în continuare, **FT1 ... FT14**), în care operațiile de plantare s-au realizat cu ajutorul a două echipamente de plantare similare. Astfel, a rezultat un număr de 28 de studii individuale (**FT1_1, FT1_2** până la **FT14_1** și **FT14_2**), care au urmărit să acopere variabilitatea dată de dimensiunile suprafețelor de plantat și de

capacitatea tractoarelor folosite (**Tabelul 2**). Plantarea propriu-zisă nu a fost realizată de aceiași muncitori în fiecare test efectuat în teren, preferându-se schimbarea acestora pentru a acoperi și potențiala variabilitate operațională la nivel individual. Se precizează faptul că, în prezent, există un număr destul de limitat de muncitori cu experiență în realizarea acestui tip de operații, iar cei luați în considerare pentru realizarea etapei de teren cu privire la operațiile de plantare au fost selectați dintre cei care au avut experiență în plantarea salciei. Testele **FT1** până la **FT12** au fost efectuate în suprafețe situate în apropierea localității Poian (județul Covasna), iar testele **FT13** și **FT14** s-au realizat în parcele situate în apropierea localității Târlungeni (județul Braşov). Suprafața totală luată în studiu a fost de 16,8 hectare (**Tabelul 2**), iar suprafețele pe care au fost întemeiate culturile au fost situate în zone cu teren plan, la altitudini cuprinse între 580 și 610 m.

Tabelul 2. Localizarea și descrierea sumară a condițiilor specifice testelor de teren

Testul de teren (Suprafața, hectare)	Abrevierea studiului individual	Suprafața studiului individual [ha]	Data realizării testelor de teren	Tractoarele utilizate	Coordonatele geografice
FT1 (1,940)	FT1_1 FT1_2	1,087 0,853	26/04/2017	Deutz 6.30 Valtra N123	N 46° 03' 43'' E 26° 11' 29''
FT2 (0,212)	FT2_1 FT2_2	0,106 0,106	26/04/2017		N 46° 04' 01'' E 26° 11' 38''
FT3 (1,486)	FT3_1 FT3_2	0,743 0,743	26/04/2017		N 46° 03' 50'' E 26° 11' 10''
FT4 (1,022)	FT4_1 FT4_2	0,533 0,489	27/04/2017	Valtra N123 Belarus 4.7L	N 46° 03' 51'' E 26° 11' 11''
FT5 (0,681)	FT5_1 FT5_2	0,324 0,357	28/04/2017		N 46° 03' 52'' E 26° 10' 07''
FT6 (1,119)	FT6_1 FT6_2	0,652 0,467	28/04/2017		N 46° 02' 15'' E 26° 10' 30''
FT7 (1,351)	FT7_1 FT7_2	0,600 0,751	28/04/2017		N 46° 02' 41'' E 26° 11' 50''
FT8 (1,165)	FT8_1 FT8_2	0,665 0,500	28/04/2017		N 46° 03' 02'' E 26° 11' 12''
FT9 (0,420)	FT9_1 FT9_2	0,218 0,202	29/04/2017		N 46° 03' 33'' E 26° 10' 20''
FT10 (0,578)	FT10_1 FT10_2	0,289 0,289	29/04/2017		N 46° 03' 28'' E 26° 10' 12''
FT11 (2,489)	FT11_1 FT11_2	1,119 1,370	29/04/2017		N 46° 03' 03'' E 26° 11' 53''
FT12 (0,457)	FT12_1 FT12_2	0,304 0,153	29/04/2017		N 46° 03' 08'' E 26° 12' 06''
FT13 (0,923)	FT13_1 FT13_2	0,502 0,421	24/03/2017	UTB 450	N 45° 40' 34'' E 25° 45' 38''
FT14 (2,973)	FT14_1 FT14_2	1,561 1,412	24/03/2017		N 45° 40' 07'' E 25° 45' 41''
TOTAL	28	16,816	-	-	-

În ambele județe, culturile de salcie (*Salix spp.*) întemeiate în scopul producției de biomasă cu destinație energetică au un precedent, iar soiul (cultivarul) "Inger" și, în măsură mai mică, soiul "Tordis", sunt folosite pentru a înființa culturi de salcie pe suprafețe mici, cu ajutorul unor mașini de plantat proiectate și construite, la nivel local, de micii fermieri.

O caracteristică comună a suprafețelor luate în studiu a fost aceea că ele au făcut parte din circuitul agricol. Aceste terenuri au fost utilizate anterior pentru cultura cartofului, porumbului și a diferitelor tipuri de cereale.

3.1.3. Localizarea studiilor de teren pentru operațiile de doborâre

Operațiile de doborâre cu moto-unelte (doborârea lăstarilor de salcie) s-au realizat în iarna anului 2017, într-o cultură din apropierea localității Poian, județul Covasna (**Figura 1**), situată la coordonatele 46°04'21"N - 26°10'55"E și la o altitudine de 580 m, sub forma a două teste de teren independente (**Poian 1** și **Poian 2**), realizate asupra aceleiași echipe de muncă. Aceste teste (**Tabelul 3**) au avut drept scop, pe lângă evaluarea performanței productive în astfel de operații, identificarea posibilităților de automatizare a colectării datelor de teren. În testul **Poian 1** s-au utilizat dispozitive capabile să realizeze colectarea automată a datelor cu privire la performanța productivă, în timp ce în testul **Poian 2**, setul de dispozitive a fost extins și pentru a se evalua anumite condiții legate de ergonomia muncii, ale căror rezultate sunt prezentate în studiul elaborat de Borz et al. (2018). Din acest test de teren, pentru lucrarea de față, și în scop comparativ, au fost reținute doar datele cu privire la evaluarea performanței productive.

Tabelul 3. Localizarea și descrierea sumară a condițiilor specifice testelor de teren

Denumirea testului	Caracteristicile descriptive de bază ale culturii în care s-au aplicat operațiile	Data realizării testelor de teren	Coordonatele geografice
Poian 1	Înălțimea medie a lăstarilor: 2,8 m Suprafața: 1,940	Aprilie 2017	N 46°04'21" E 26°10'55"
Poian 2	Înălțimea medie a lăstarilor: 2,7 m Suprafața: 0,212	Martie 2017	N 46° 04' 22" E 26° 10' 56"
Dalnic	Înălțimea medie a lăstarilor: 3,9 m Suprafața: 1,800	Februarie 2016	N45°53'24", E 25°59'19"

Pentru studiul realizat prin utilizarea unor tehnici tradiționale (**Dalnic**), datele de teren au fost colectate în primăvara anului 2016, într-o cultură de salcie de rotație scurtă, situată în apropierea localității Dalnic, județul Covasna (45°53'24"N, 25°59'19"E) (**Figura 1**), situată la o altitudine de 600 m. Suprafața recoltată a fost de 1,8 ha.

3.2. Descrierea echipamentelor utilizate în operațiile de plantare și de doborâre cu moto-unelte

3.2.1. Descrierea echipamentelor utilizate în operațiile de plantare

Înființarea culturilor de rotație scurtă de salcie se poate realiza cu echipamente și mașini ce integrează, din punct de vedere tehnic, diferite niveluri de mecanizare. Echipamentele specializate, complet mecanizate, concepute pentru a realiza operațiile de plantare, au contribuit substanțial la reducerea costurilor pentru întemeierea unei culturi de salcie (Krasuska și Rosenqvist, 2012). Diminuarea costurilor generate de înființarea culturilor se datorează faptului că într-un singur proces și printr-o singură trecere, mașina taie lăstarii de salcie, transformându-i în butași, care sunt apoi introduși în sol. Prin utilizarea unui astfel de echipament, se pot omite anumiți pași premergători plantării și se poate contribui, de asemenea, la scutirea unei părți din costurile cu forța de muncă. Plantatoarele *Salix Maskiner* - plantatorul în pași (*Salix Maskiner*, Hedemora, Suedia) și *Egedal* (*Egedal Maskinfabrik A/S*, Tørring, Danemarca) sunt utilizate pentru întemeierea culturilor de salcie de rotație scurtă, în regiunile care au o anumită experiență în cultivarea salciei (e.g. Bush et al., 2015).

Pentru culturile înființate sau ce se înființează la noi în țară, echipamentele utilizate sunt, în mod majoritar, de tipul celor agricole generale, configurate sau adaptate pentru a realiza operațiile de plantare (Talagai și Borz, 2016). Acestea sunt compuse dintr-un echipament de plantare caracterizat de un nivel redus de mecanizare care se atașează (cuplează) la tractoare agricole de uz general (Borz et al., 2019). În această configurație, tractorul asigură direct funcțiile de mișcare și indirect pe cele de deschidere și închidere a rigolelor în care se plantează și care facilitează introducerea butașilor în sol (**Figura 3**). Dispozitivul de remorcare atașat la tractorul de utilitate generală asigură funcția de ridicare-coborâre a echipamentului de plantat (**Figura 3**), care este importantă pentru curățarea brăzdarelor și pentru

efectuarea unor manevre, precum și funcțiile de orientare și reglare spațială a operațiilor de plantare în teren. Când agregatul este pus în mișcare, funcția de semnalizare a momentului în care se introduc butașii în sol devine activă, fiind bazată pe semnale acustice. Echipamentul de plantat este prevăzut cu două seturi de role metalice (tăvălugi de tasare) pentru fiecare brăzdar, poziționate oblic, proiectate pentru a închide rigolele prin împingerea - tasarea pământului (**Figura 3**) după ce butașii au fost introduși în sol (Borz et al., 2019). Agregatul nu posedă capacități mecanizate sau automatizate legate de pregătirea butașilor de plantat, motiv pentru care astfel de operații pregătitoare se realizează frecvent prin mijloace manuale.

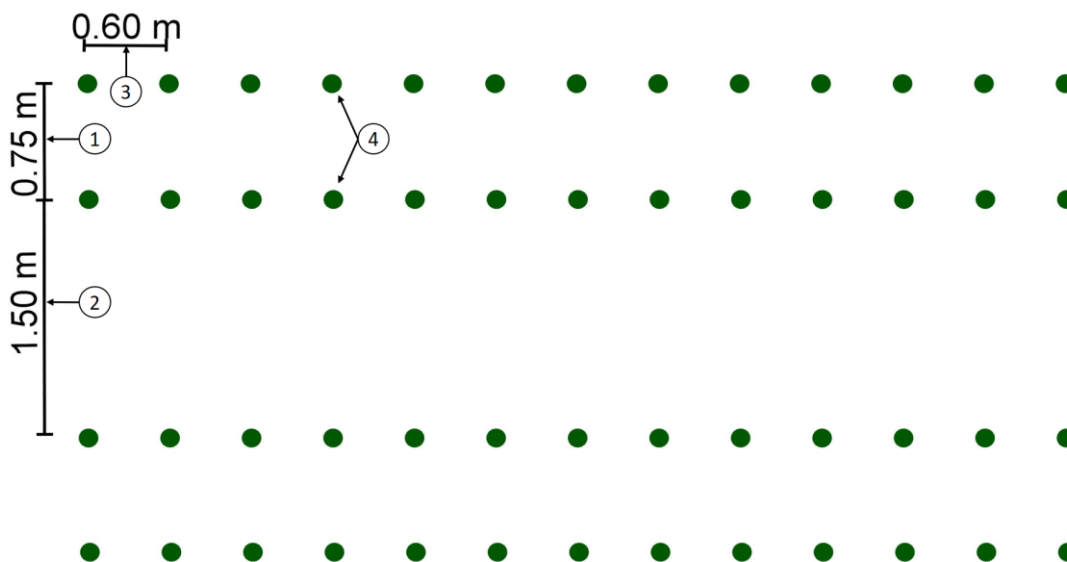


Figura 2. Schema de plantare utilizată în România

Legendă: 1 - distanța între două rânduri gemene, 2 - distanța între rânduri gemene, 3 - distanța între butași (plante), 4 - butași (plante).



Figura 3. Alcătuirea echipamentului de plantat

Legendă: 1 - tractor, 2 - cuplaj mecanic pentru tracțiune și ridicare-coborâre, 3 - scaun pentru operatorul manual, 4 - roată de susținere a cadrului, 5 - dispozitiv de marcare a fâșiei de plantat (plantate), 6 - tambur metalic de închidere a rigolei de plantare, 7 - sapă (brăzdar) cu rol de dislocator, 8 - cadrul metalic al dispozitivului de plantat.

Echipamentul de plantare a fost conceput pentru a respecta o schemă de plantare, respectiv anumite dimensiuni standardizate, precum și pentru a facilita introducerea butașilor în sol, în poziție verticală. Schema adoptată larg în România este schema de plantare europeană, ce constă în plantarea unor rânduri duble (gemene) la o distanță de 0,75 m, cu asigurarea unui spațiu de 1,50 m între seturi de rânduri gemene și a unei spațieri de circa 0,60 m între butașii de plantat pe un rând dat (**Figura 2**) (Talagai și Borz, 2016, Borz et al., 2019).

În fiecare suprafață în care s-au realizat testele, s-au utilizat câte două tractoare agricole echipate pentru a realiza operațiile de plantat (**Tabelul 2**); pentru a se acoperi variabilitatea potențială generată de tipul de tractor, s-au observat și testat patru tipuri de tractoare ce sunt utilizate frecvent pentru a tracta echipamentele de plantat. Alegerea tractoarelor luate în studiu s-a bazat pe ponderea de utilizare a diferitelor modele, dar și pe disponibilitatea acestora în perioada de realizare a testelor în teren. Astfel, pentru testele **FT1-FT3** (**Tabelul 2**) s-au utilizat un tractor Deutz 6.30, cu o putere nominală de 85,8 kW, de construcție germană și un tractor Valtra N123, cu o putere nominală de 99,2 kW, fabricat în Finlanda. Pentru testele **FT4-FT12**, tractorul Valtra a fost înlocuit cu un tractor Belarus 4.7L, cu o putere nominală de 60,4 kW, iar în testele **FT13** și **FT14** au fost folosite două tractoare UTB 450, de fabricație românească, cu o putere nominală de 33,6 kW.

3.2.2. Descrierea echipamentelor utilizate în operațiile de doborâre cu moto-unelte

Dintre lucrările specifice managementului operațional al culturilor de salcie de rotație scurtă, ultima categorie de operații, excluzând aici operațiile de transport, cuprinde *operațiile de recoltare*. Operațiile de recoltare au un aport semnificativ în costul final de livrare al biomasei provenite din astfel de culturi (Buchholz și Volk, 2011). În România, interesul pentru culturile de salcie de rotație scurtă de salcie a apărut relativ târziu, în anii 2007-2008, odată cu înființarea unor astfel de culturi cu scop experimental. Aceste culturi se află în proprietatea unor fermieri și sunt caracterizate prin dimensiuni mici, fiind dispersate pe teritorii destul de mari (Talagai și Borz, 2016). În practica românească, proprietarii culturilor realizează operațiile de recoltare (doborâre a lăstarilor) cu ajutorul unor moto-unelte de tipul motocoaselor destinate tăierii ierbii și arbuștilor, dar și operațiilor de întreținere forestieră, acestea fiind prevăzute cu un dispozitiv de tăiere de forma unui disc metalic (Talagai et al., 2017).

Tabelul 4. Descrierea moto-uneltelor luate în studiu

Sursa: adaptat după husqvarna.com/ro (2019)

Parametru	Unitate de măsură	Valoare
Producător și model	-	Husqvarna 545RX
Capacitate cilindrică	cm ³	45,7
Putere motor	cp	2,9
Putere motor	kW	2,1
Capacitate rezervor	l	0,9
Turație mers în gol	rpm	2.700
Turație maximă	rpm	12.500
Consum combustibil	g/kWh	470
Greutate	kg	8,7
Tip motor: 2 timpi		
Tip alimentare: amestec carburant (amestec combustibil de benzină și ulei de motor)		
Capăt de tăiere: disc circular cu dinți vidia		

Motocoasele utilizate în practica românească, inclusiv cele observate în etapa de teren a acestui studiu (**Tabelul 4**) sunt de construcție Husqvarna, modelul 545 RX (Husqvarna AB, Stockholm, Suedia). Acestea au o masă de 8,7 kg, sunt purtate de utilizator cu ajutorul hamului de susținere și sunt manevrate cu ajutorul a două mâneri de prindere pe care sunt poziționate și comenzile de accelerare sau oprire a motorului.

3.3. Organizarea muncii în operațiile de plantare și de doborâre cu moto-unelte

3.3.1. Organizarea muncii în operațiile de plantare

Întemeierea unei culturi de rotație scurtă depinde, în mare măsură, de reușita operațiilor de plantare. În cazul plantării verticale, prin operațiile de plantare, se urmărește facilitarea încorporării cvasitotale a butașilor în sol, pentru a crește șansele de dezvoltare a rădăcinilor și, respectiv, a celor legate de intrarea în vegetație (Talagai și Borz, 2016). Solul în care se realizează plantarea trebuie pregătit corespunzător, iar dacă terenul ales a fost utilizat anterior în circuitul agricol, trebuie avută în vedere îndepărtarea resturilor vegetale de pe suprafața de cultură (Abrahamson et al., 2002). Starea solului în momentul plantării este deosebit de importantă, fiind de evitat solurile înghețate (Abrahamson et al., 2010).

Operațiile premergătoare plantării constau în pregătirea materialului de plantat (Talagai și Borz, 2016). Astfel, butașii necesari au fost realizați prin fasonarea unor snopi de lăstari cu lungimi cuprinse între 1,0 și 1,4 m ce au conținut aproximativ 50 de lăstari (Talagai și Borz, 2016). Din practica românească, reiese că butașii pot fi realizați atât în teren, unde snopii se secționează cu ajutorul unui ferăstrău mecanic, cât și în depozit, unde poate fi utilizat un ferăstrău circular staționar. Când se realizează butașii, cel mai important lucru de urmărit este dimensiunea acestora. Prin mărimea lor, se urmărește asigurarea necesarului de rezerve biologice, de nutrienți, pentru a se dezvolta rădăcina și, respectiv, noua plantă (Talagai și Borz, 2016). În mod obișnuit, lungimile butașilor rezultați ar trebui să fie de 18-20 cm, iar diametrul acestora ar trebui să fie de 1-2 cm (Edelfeldt et al., 2013), dimensiuni care au fost constatate și în practica românească (Talagai și Borz, 2016).

În vederea organizării adecvate a operațiilor de plantare (inclusiv prin economisirea spațiului și prin facilitarea dezlegării snopilor de butași), în momentul fasonării, seturile de butași sunt legate, de obicei, cu materiale elastice (Talagai și Borz, 2016). Mănunchiurile de butași sunt poziționate în cutii de carton sau material plastic (**Figura 4**), care se livrează ulterior muncitorilor ce execută operațiile manuale de plantare (Talagai și Borz, 2016).

Plantarea efectivă, respectiv introducerea butașilor în sol, se realizează manual de către doi muncitori ce sunt poziționați pe scaunele cu care este prevăzut echipamentul de plantat. Echipa operațională (formația de muncă) pentru plantarea unui set de rânduri gemene este alcătuită din 3 muncitori (un tractorist și doi plantatori). În teren s-a observat că, suplimentar, echipei de muncă i se pot adăuga 1-2 muncitori ce au rolul de a planifica și urmări operațiile în teren (Talagai și Borz, 2016).



Figura 4. Descrierea snopilor de lăstari și a mănunchiurilor de butași utilizați ca material săditor

Legendă: A - Livrarea snopilor cu material pre-săditor la locul de plantare: 1 - dispozitiv pentru fixarea snopilor în timpul fasonării, 2 - snopii de lăstari folosiți pentru pregătirea butașilor; B - Butași pregătiți (ambalați) în cutii de carton pentru plantare.

Planificarea operațiilor de plantare constă în direcționarea și alinierea echipamentului de plantare la fâșiile deja parcurse sau la limitele suprafeței de cultivat (**Figura 5**), dar nu se rezumă doar la acestea, deoarece pot să apară și situații neprevăzute. Urmărirea operațiilor de plantare constă, în principal, în acțiuni ce vizează asigurarea calității în ceea ce privește încorporarea butașilor în sol, inclusiv acțiunile corective ce se impun la constatarea de abateri (Talagai și Borz, 2016). Aprovizionarea cu material săditor

se realizează la unul dintre capetele suprafeței în care se execută operațiile de plantare. În practică, s-a observat că zona în care este lăsată, la începutul lucrărilor, toată tehnica de lucru este și zona în care se produce și aprovizionarea cu butași noi. Adicional, cei 1-2 muncitori ce urmăresc și planifică operațiile, contribuie la realimentarea lăzilor cu mănunchiuri de butași în momentul în care agregatul de plantare ajunge la capătul suprafeței unde este stocat materialul săditor. Pentru a nu apărea întârzieri (opriri) în timpul desfășurării operațiilor din cauza cantității prea mici de butași puși la dispoziția muncitorilor, este necesar ca activitățile să fie planificate atent. Cantitatea (numărul) de butași ce se livrează la fiecare intrare în suprafața de plantat trebuie să acopere necesarul de material săditor, pentru a realiza cel puțin o cursă completă dus-întors.

Operațiile de plantare propriu-zisă presupun parcurgerea continuă (cu excepția apariției unor fenomene neprevăzute) a unor benzi cu o lățime de aproximativ 2,25 m. Aceste fâșii sunt parcurse adiacent, prin curse dus-întors, intercalate cu manevre de întoarcere și reintrare în câmp. Punctele de intrare și de ieșire în și din suprafața de plantat sunt situate la capetele opuse ale suprafeței de plantat (**Figura 5**) la care, în mod obișnuit, există spații disponibile pentru a efectua manevrele de întoarcere (Talagai și Borz, 2016). Întârzierile ce apar în câmp, în timpul desfășurării operațiilor de plantat fac parte din categoria evenimentelor neprevăzute. Din această categorie fac parte întârzierile datorate curățirii sabelor de reziduurile de natură agricolă, cele datorate ajustării și reglării echipamentului de plantare, dar și întârzierile ce se manifestă uneori pe bază ciclică, la capetele tarlalei: realimentarea cu butași, pauze de odihnă și necesități fiziologice etc.

În teren, s-a observat, ca fenomen general, că aceste cicluri de muncă în operațiile de plantare sunt caracterizate de durate de desfășurare lungi, iar unele evenimente, ce apar la capetele suprafeței, pot să aibă durate foarte lungi. Schema operațională specifică echipamentului de plantat cuplat la un tractor agricol de uz general este descrisă în **Figura 5**.

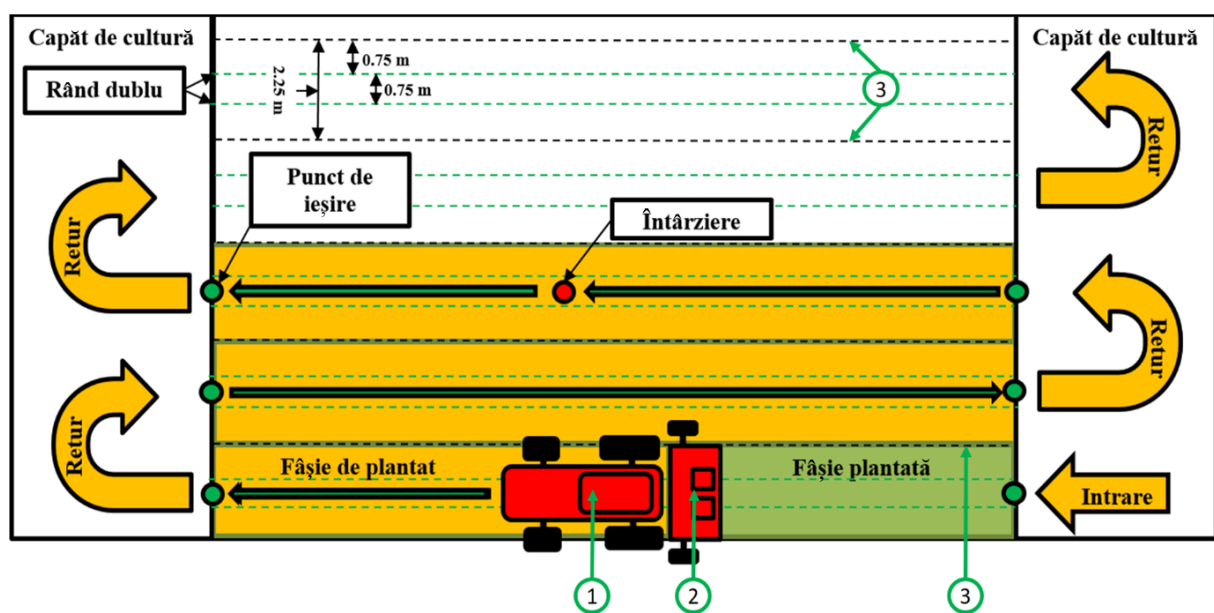


Figura 5. Schema operațională specifică echipamentului de plantare utilizat

Legendă: 1 - tractor, 2 - echipament de plantare, 3 - marcaj de delimitare a fâșiei plantate. Metoda de deplasare este în suveică (Popescu, 1984).

Ca atare, un ciclu de muncă de plantare ar fi fost cel care ar fi trebuit să conțină o intrare (reintrare) în suprafața de plantat și plantarea propriu-zisă, în timp ce un obiect al muncii potrivit din punct de vedere descriptiv ar fi fost o fâșie plantată într-un ciclu de muncă. Cu toate acestea, nu s-au abordat testele de teren la nivel de ciclu de muncă, ci la nivelul interacțiunii unei echipe și a unui echipament de plantat cu un loc de muncă, plecându-se de la constatarea că au mai apărut și alte sarcini de muncă neciclice. Această abordare a fost facilitată de variabilitatea dimensională ridicată a suprafețelor de plantat la nivelul testelor de teren luate în considerare, variabilitate care a facilitat modelarea datelor în vederea obținerii unor

indicii atât cu privire la variația performanței productive în funcție de anumiți parametri operaționali, cât și cu privire la posibilitățile de îmbunătățire operațională.

3.3.2. Organizarea muncii în operațiile de doborâre cu moto-unelte

Din perspectivă operațională, în lucrările de recoltare (doborâre a lăstarilor) cu moto-unelte, organizarea muncii se aliază la capacitatea tehnică a acestor unelte și la condițiile operaționale impuse de cultura ce se recoltează, ultimele referindu-se la dimensiunile lăstarilor ce sunt supuși doborârii. În studiile de teren, în ceea ce privește operațiile de recoltare a salciei cu moto-unelte, forța de muncă a fost reprezentată de către o echipă de muncă alcătuită din doi muncitori, dintre care unul a executat operațiile de doborâre cu moto-unealta și a asigurat întreținerea echipamentului în timpul muncii, iar cel de-al doilea, în timpul recoltării, a avut atribuția de a predirecționa manual lăstarii supuși doborârii înspre exteriorul culturii (Figurile 6 și 7).

Direcționarea lăstarilor de salcie s-a realizat cu ajutorul unui băț confecționat în teren dintr-un lăstar de salcie destul de lung și de gros pentru a permite imprimarea direcției de cădere înainte de execuția tăieturii de desprindere. Recoltarea lăstarilor prin doborârea cu moto-unelte este adaptată la schema de cultură utilizată și s-a realizat prin avansarea echipei de muncă pe un singur rând de cultură (din cele două). Pentru a reduce timpul și efortul depus de muncitori, în practică se pot utiliza câte două echipe de muncă (Figurile 6 și 7), caz în care recoltarea se realizează cu asigurarea (păstrarea) unei distanțe de securitate a muncii (Talagai și Borz, 2016; Talagai et al., 2017).

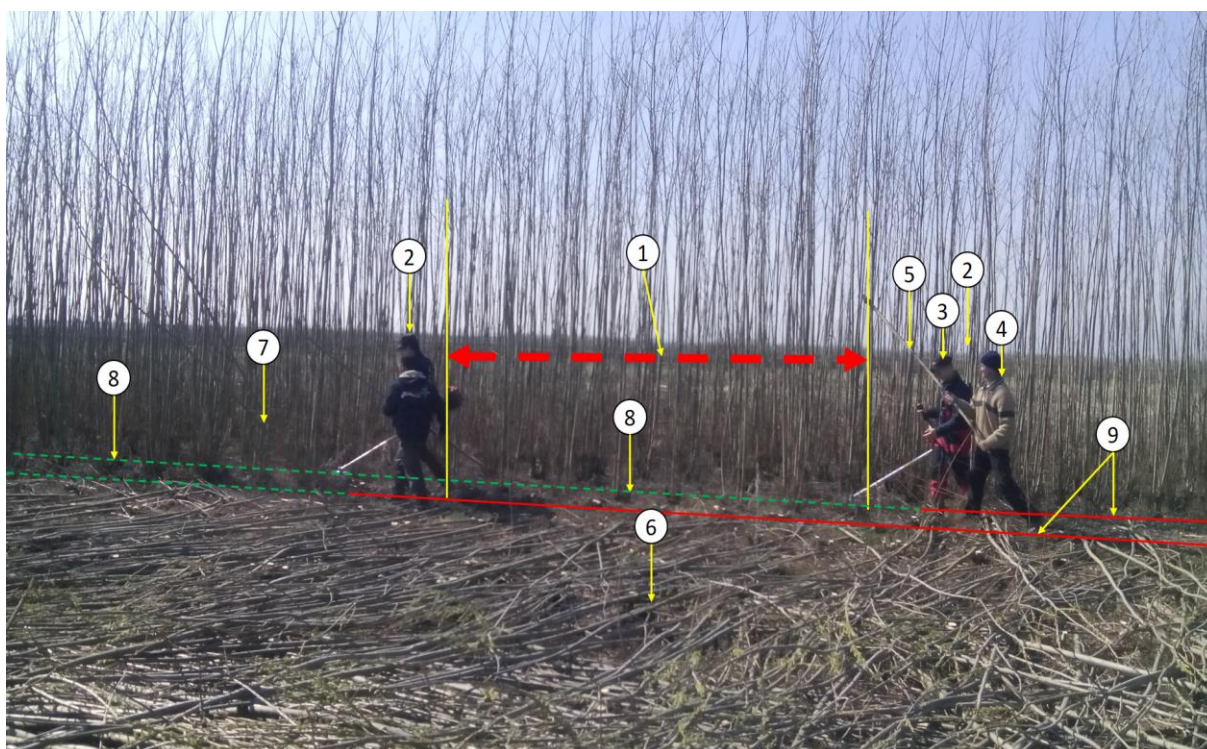


Figura 6. Organizarea operațiilor de doborâre a lăstarilor de salcie cu moto-unelte

Legendă: 1 - distanța de securitate dintre două echipe de recoltare ce operează pe rânduri succesive (cel puțin o înălțime de lăstar), 2 - formație de muncă, 3 - operator moto-unealtă, 4 - operator manual, 5 - băț pentru direcționare, 6 - lăstari recoltați prin treceri pe rânduri succesive, 7 - lăstari supuși doborârii, 8 - rând de parcurs de către o echipă la o trecere, 9 - rând parcurs de către o echipă la o trecere.

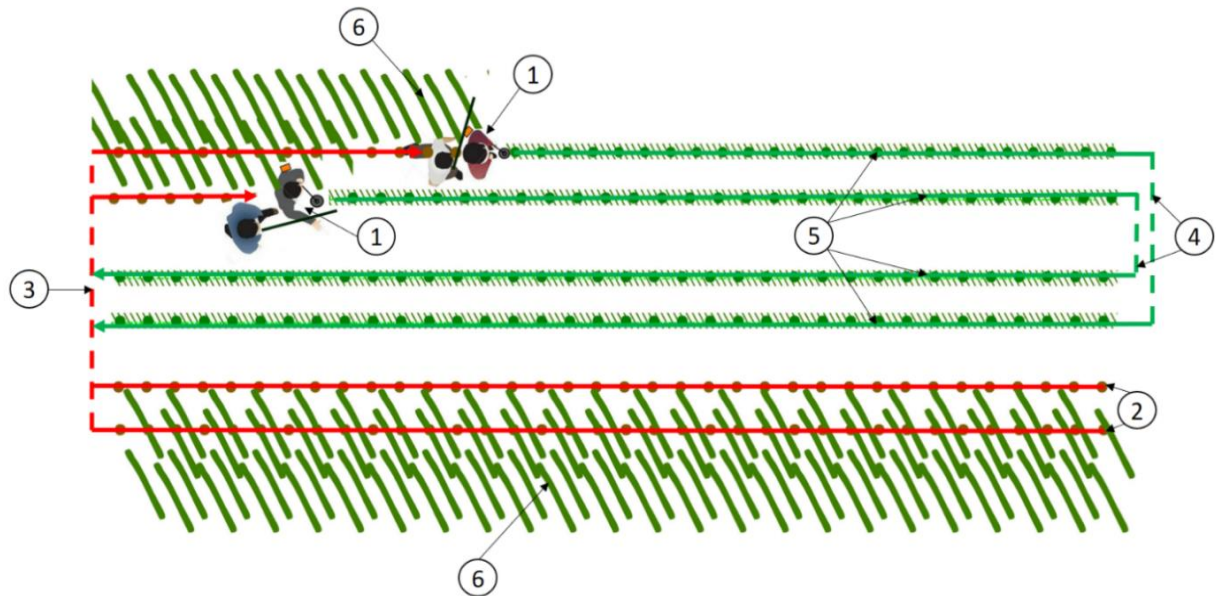


Figura 7. Schema operațională pentru doborârea lăstarilor de salcie cu moto-unelte

Legendă: 1 - echipă de muncă, 2 - rânduri de cultură parcurse cu tăieri, 3 - degajare transversală cu rol de asigurare a pasajului de trecere, 4 - capătul culturii, trecere transversală, 5 - rânduri de cultură de parcurs, 6 - lăstari recoltați prin treceri pe rânduri succesive.

Un avantaj al acestor unelte este acela că asimilarea tehnicii de lucru se realizează destul de rapid; din experiența practicii reiese faptul că, în cazul acestor operații, poate fi necesară deschiderea de culoare transversale, creându-se astfel spații pe unde se poate traversa cultura dintr-o parte în alta, cu echipamentul de recoltare, aspect ce contribuie la scurtarea distanțelor de parcurs. Din practică, a reieșit că aceste degajări realizate transversal în cultură au un rol important în organizarea lucrărilor, deoarece trebuie asigurat necesarul de combustibil pentru o distanță de recoltat dată, prevenind astfel situațiile în care apar întârzieri de natură tehnică în câmp, cazuri în care un muncitor trebuie să se deplaseze pentru a aduce carburanți sau piese de schimb de la capătul tarlalei. Ca atare, operațiile de doborâre se pot realiza pe porțiuni (Talagai et al., 2017), iar avansul formației sau a formațiilor de muncă se realizează concentric (**Figura 7**), de la exteriorul spre interiorul culturii, condiție ce este impusă de necesitatea doborârii lăstarilor înspre exterior pentru a se facilita avansul (Talagai et al., 2017; Borz et al., 2019).

Tăierea propriu-zisă s-a executat prin imprimarea unor mișcări de balans a moto-uneltei dinspre și înspre exteriorul culturii, caracterizate de accelerarea motorului în momentul în care dispozitivele de tăiere au fost apropiate de lăstarii de doborât. Deși diametrul lăstarilor este relativ mic, progresul operațiilor de doborâre a lăstarilor se realizează cu o viteză de avans mică în comparație cu alte echipamente mecanizate utilizate în operațiile de recoltare (Borz et al., 2018). Pauzele de realimentare cu carburanți și lubrifianți, pauzele de înlocuire a dispozitivelor de tăiere uzate și pauzele de odihnă și necesități personale s-au realizat la capătul de unde au început lucrările, acolo fiind depozitate unelte necesare pentru realizarea întreținerii echipamentului la începutul zilei de muncă. Organizarea operațională și optimizarea acestor operații trebuie gândită în prealabil, prin tehnicile consacrate, deoarece pauzele tehnice, distanțele de parcurs pentru reintrarea în zona unde se realizează tăierea sunt mari consumatoare de timp (Talagai et al., 2017; Borz et al., 2019).

Sub raport operațional, un ciclu de muncă a cuprins avansul și doborârea lăstarilor pe un rând, urmate de deplasarea echipei pentru a intra pe un nou rând la capătul opus al culturii sau în culoarul de traversare. Din acest punct de vedere, abordarea din lucrarea de față este duală. În primul rând, s-a dorit identificarea efectelor unor variabile operaționale asupra performanței productive, caz în care s-a implementat un test de teren (**Dalnic**) la nivel de ciclu de muncă, ale cărui rezultate au fost utilizate pentru modelarea performanței productive și, în al doilea rând, s-a dorit și găsirea unor metode caracterizate de un grad de automatizare ridicat în colectarea de date și în prelucrarea și analiza acestora, caz în care s-a recurs la o analiză a consumului de timp la nivel de loc de muncă, inclusiv la derivarea unor indicatori ai performanței productive specifice testelor **Poian 1** și **Poian 2**. În ambele tipuri de teste realizate în teren, muncitorii

care s-au luat în studiu și-au exprimat acordul nemijlocit de a participa în studiu și au avut o experiență substanțială în operații de doborâre a lăstarilor de salcie cu moto-unelte. Diferențele între cele două tipuri de teste au constat din numărul echipelor de doborâre care au operat și care au fost monitorizate prin studiile de teren efectuate. Astfel, testele **Poian 1** și **Poian 2** au fost caracterizate de monitorizarea în teren a unei singure echipe, în timp ce testul **Dalnic** a constat în monitorizarea a două echipe ce au operat în același timp pe suprafața luată în studiu.

3.4. Echipamente și organizarea muncii în operații post-doborâre

3.4.1. Aspecte generale cu privire la echipamentele și organizarea muncii în operații post-doborâre. Practica din România cu privire la operațiile post-doborâre

Culturile de rotație scurtă de salcie sunt capabile să producă o cantitate de biomasă cuprinsă între 8 și 14 tone materie uscată pe hectar și pe an (Willebrand et al., 1993). Această biomasă lemnoasă este recoltată cu diverse tipuri de echipamente, caracterizate de grade de mecanizare specifice. Ca atare, numărul și succesiunea operațiilor specifice de recoltare depinde de nivelul de mecanizare al uneltei sau al utilajului folosit, ele fiind reduse ca număr în cazul unor echipamente ce asigură o mecanizare completă a operațiilor. Există mașini capabile să doboare lăstarii de salcie și să îi stocheze (*eng. cut-and-store; shoot harvester*), ele fiind utilizate atunci când lăstarii de salcie sunt destinați pentru aplicații de inginerie ecologică (*i.e.* consolidarea malurilor, barajelor etc.). Totodată, există și mașinile ce sunt capabile să taie și să toace lăstarii de salcie printr-o singură trecere (*eng. single-pass cut-and-chip harvesters; forage harvesters*). De asemenea, în operațiile de recoltare sunt utilizate și agregate specializate pentru recoltarea și tocarea lăstarilor de salcie, ce pot fi atașate la priza de putere a tractoarelor agricole (*eng. mower-chippers*). Un alt tip de echipament cuplat la priza de putere a tractorului este un utilaj care taie lăstarii și îi pachetizează sub forma unor baloți (*eng. biobaler*). În urma recoltării culturilor de salcie cu utilaje din categoriile descrise, terenul rămâne liber, respectiv, printr-o singură trecere, lăstarii recoltați nu ajung la sol, ci sunt purtați, tocați sau pachetizați.

În comparație, doborârea lăstarilor de salcie cu ajutorul moto-uneltelor este asociată cu alte operații necesare, în funcție de scopul pentru care se recoltează culturile de salcie în cauză. De exemplu, dacă lăstarii de salcie recoltați sunt folosiți în domenii precum consolidarea malurilor, operațiile adiționale necesare livrării acestora către beneficiar în vederea utilizării sunt reprezentate de gruparea manuală a lăstarilor în snopi, urmată de mutarea acestor snopi într-o zonă prestabilită de pe suprafața recoltată în care se realizează fascinele.

3.4.2. Localizarea studiului, echipamente testate și organizarea muncii în operațiile de tocare

După operațiile de doborâre, realizate cu ajutorul moto-uneltelor purtate de muncitori, lăstarii căzuți pe sol au fost grupați în snopi și au fost transportați manual spre un tocător de mici dimensiuni, atașat la priza de putere a unui tractor agricol de uz general (**Figura 8**). Tocarea lăstarilor de salcie s-a realizat pe suprafața de teren supusă operațiilor de recoltare (**Figura 9**), iar evacuarea tocăturii s-a realizat în remorci specializate atașate la tractoare. Remorcile specializate pentru transportul biomasei sub formă de tocătură au fost de tipul celor echipate cu podea rulantă, ce facilitează descărcarea tocăturii.



Figura 8. Tocătorul montat pe tractor, observat în timpul studiului realizat în teren

Tabelul 5. Descrierea tehnică a tocătorului luat în studiu

Adaptat din sursa: www.daviesimplementsltd.co.uk/wp-content/uploads/2015/05/Farmi-forest-woodchippers-brochure.pdf (2019)

Parametru	Unitate de măsură	Valoare
Producător și model	-	FARMI Forest 260 HF-EL
Capacitate	m ³ /h	10-40
Orificiul de alimentare	mm	260 × 320
Puterea recomandată a tractorului	kW	90 - 125
Numărul de cuțite de tăiere	bucăți	2 (3)
Înălțimea sistemului de evacuare	m	3,0
Distanța maximă de evacuare	m	6,6
Atașarea de tractor: în 3 puncte		
Echizat opțional cu sistemul electric de control FARMI W150		

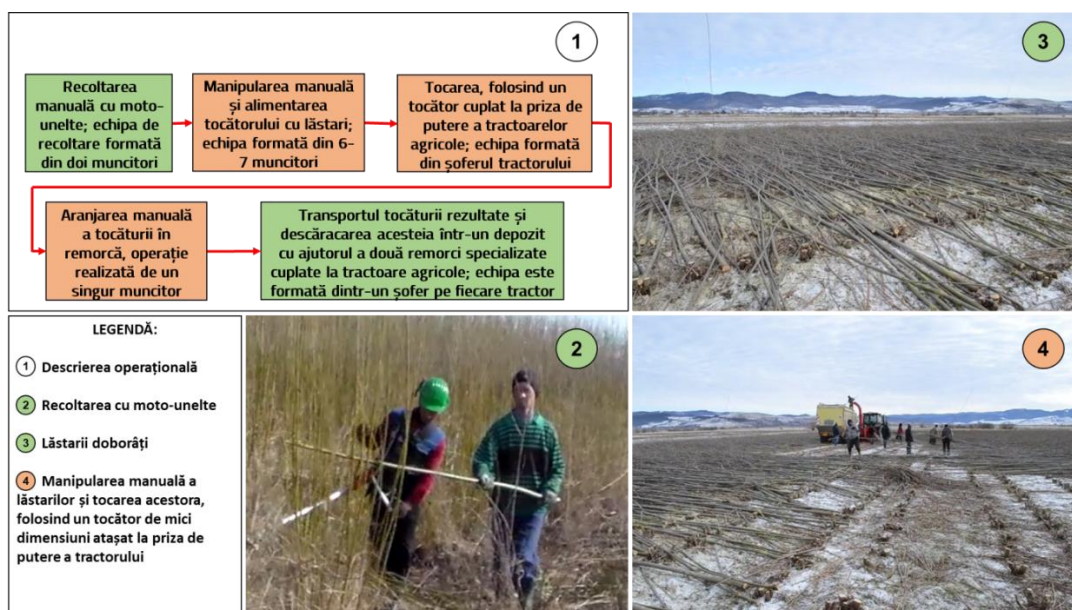


Figura 9. Organizarea muncii pentru operațiile de manipulare și tocare a lăstarilor de salcie

Legendă: 1 - structura generală operațională și echipele de lucru, 2 - procedeele folosite pentru doborârea lăstarilor, 3 - lăstarii de salcie doborâți ce urmează a fi grupați și transportați manual la tocător și 4 - manipularea manuală și tocare lăstarilor

În momentul în care remorca ataşată la un tractor a fost aproape plină, unul dintre muncitorii disponibili s-a urcat în remorcă și a nivelat tocătura cu o lopată (**Figura 9**), iar când încărcarea a fost completă, tractorul și remorca în cauză au realizat transportul tocăturii către un depozit provizoriu, fiind înlocuit de un alt tractor cu remorcă, aflat în staționare în zona suprafeței recoltate.

Studiul privind productivitatea operațiilor post-doborâre, reprezentate de transformarea lăstarilor de salcie în tocătură (biomasă), s-a realizat într-o cultură de rotație scurtă de salcie aflată în apropierea localității Poian, județul Covasna (46° 04'20.2" N - 26° 11' 04.2" E), unde a fost luată în studiu o echipă de 6-7 muncitori (**Figura 9**). Echipa de muncitori ce a avut ca sarcină de muncă gruparea și deplasarea lăstarilor de salcie până la tocător a fost selectată dintre muncitorii disponibili local, care au mai realizat astfel de operații înainte de implementarea studiului de teren. Din punct de vedere organizatoric și spațial, gruparea lăstarilor și deplasarea manuală a acestora până la tocător s-a realizat pe suprafețe mai mici, ce au avut o lățime de maxim 15 m și o lungime de până la 10 m, acoperind astfel o suprafață limitată pe lățimea a circa 7 rânduri gemene de cultură. După epuizarea operațiilor de manipulare și tocare a lăstarilor într-o astfel de suprafață, tocătorul a fost mutat pentru a începe o nouă porțiune, mod de organizare al muncii care s-a păstrat până la atingerea capătului suprafeței de recoltat, moment în care tractorul prevăzut cu tocător a fost întors și a pătruns pe o nouă fâșie de operat, cu avans în direcție opusă față de prima. Lăstarii de salcie supuși tocării au fost doborâți pe întreaga suprafață, antemergător operațiilor de manipulare și tocare. Orientativ, dimensiunile medii ale lăstarilor doborâți au fost următoarele: 48 mm în diametru la nivelul tăieturii de doborâre, respectiv circa 3,0 m înălțime. O descriere tehnică sumară a tocătorului luat în studiu este redată în **Tabelul 5**.

3.4.3. Organizarea muncii și unelte folosite în operații de formare și legare fascinelor

Culturile de salcie conduse în rotație scurtă sunt utilizate, în mod tradițional, pentru producția de materie primă necesară sectorului energetic. Totuși, există mai multe posibile aplicații pentru materia primă provenită din astfel de culturi, incluzându-le aici pe cele specifice ingineriei ecologice, cum ar fi stabilizarea taluzurilor, a malurilor de ape și a barajelor de pământ (Talagai și Cheța, 2017). Pentru unele dintre aplicațiile menționate este necesară formarea și legarea de fascine de salcie la locul recoltării acestora. În România, astfel de fascine sunt produse, în majoritate, manual (Talagai și Cheța, 2017). Materia primă utilizată în realizarea de fascine este reprezentată, în principal, de către lăstarii de salcie. Acești lăstari de salcie provin din culturile de rotație scurtă de salcie ce au fost parcurse cu operații de doborâre realizate cu ajutorul moto-uneltelor purtate de muncitori (**Figura 10b,c**). După operațiile de doborâre, lăstarii sunt grupați manual de muncitori și sunt transportați până la niște suporturi (capre) de lucru confecționați din lemn, unde sunt așezați de o manieră convenabilă, apoi legați prin utilizarea de sârmă (Talagai și Cheța, 2017). Dimensiunile lăstarilor utilizați pentru formarea și legarea fascinelor au avut o lungime medie de circa 380 cm și un diametru mediu la nivelul tăieturii de circa 28 mm (Talagai și Cheța, 2017).



Figura 10. Structura operațională specifică formării și legării fascinelor de salcie

Legendă: a - realizarea fascinelor din lăstari de salcie de către echipa observată, b - doborârea lăstarilor de salcie cu moto-unelte, ca operație premergătoare, c - structura și echipele specifice operațiilor de formare și legare a fascinelor, inclusiv grămezile de fascine realizate și d - operații de încărcare a fascinelor în mijlocul de transport

Studiul cu privire la productivitatea operațiilor post-doborâre, reprezentate de operațiile de confecționare manuală a fascinelor, s-a realizat într-o cultură de rotație scurtă de salcie aflată în apropierea localității Poian, județul Covasna (46° 04' 20.2" N - 26° 11' 04.2" E), reprezentând o porțiune din suprafața pe care s-au realizat și observat și operațiile de tocare. De fapt, posibilitatea de a flexibiliza furnizarea diverselor produse, având la bază culturile de salcie, este demonstrată chiar de studiile realizate în această suprafață, de unde s-au recoltat lăstari de salcie atât pentru producția de tocătură, cât și pentru cea de fascine, în funcție de cererea de moment existentă pe piață. În cazul de față, s-a luat în studiu o echipă de 5 muncitori (**Figura 10a**), dintre care 4 au desfășurat, predominant, sarcini de așezare a lăstarilor pe suport și de legare a acestora, în timp ce un muncitor a realizat aprovizionarea cu lăstari de pe suprafața supusă recoltării. Pentru realizarea fascinelor, echipa de muncitori a utilizat două capre așezate apropiat, la o distanță de circa 1.5 m una de alta. O astfel de poziționare a suporturilor de lucru asigură o distanță de aproximativ 5 m între capetele exterioare ale acestora (**Figura 10a**), distanță care reprezintă și lungimea totală a fascinelor realizate (Talagai și Cheța, 2017). Fascinele au fost legate cu sârmă galvanizată, deoarece erau destinate utilizării în medii umede. După legare, fascinele rezultate au avut un diametru cuprins între 15-20 cm, lungimea de circa 5 m și o masă cuprinsă între 25 și 30 kilograme. Pentru a efectua acest studiu, s-a observat o singură echipă de muncitori ce a realizat, pe durata studiului un număr de 47 de fascine de salcie. În realitate, operațiile de formare și legare a fascinelor sunt realizate cu ajutorul mai multor echipe.

După finalizarea activităților într-o zonă de muncă dată, respectiv după ce toți lăstarii aflați pe sol au fost adunați și legați în fascine, iar fascinele au fost la rândul lor așezate în grămezi, echipa de lucru s-a mutat împreună cu standurile de lucru într-o nouă porțiune a suprafeței, pentru a continua activitatea. Pe măsură ce munca a avansat pe suprafață, stivele de fascine rezultate au fost încărcate cu ajutorul unui încărcător frontal (**Figura 10d**) într-un camion, urmând a fi transportate către beneficiar. Aceste operații de încărcare și de transport au fost excluse din studiu.

3.5. Evaluarea performanței productive. Tipuri de studii implementate și scopul acestora

Tabelul 6 descrie tipurile de studii realizate pentru evaluarea performanței productive în operații de plantare și recoltare (doborâre, tocare și manufacturare fascine). Studiile implementate au folosit tehnici tradiționale, tehnici tradiționale combinate cu tehnici moderne, precum și tehnici moderne de colectare și prelucrare a datelor. După cum se prezintă în **Tabelul 6**, toate studiile au vizat colectarea de date care poate fi integrată în analiza performanței productive a operațiilor.

În cazul operațiilor de plantare, s-au combinat tehnicile GPS cu cele de înregistrare video și tradiționale, pentru a se colecta date cu privire la consumul de timp și producția realizată, având drept scop estimarea unor indicatori ai performanței productive și, respectiv, modelarea variației acestora în funcție de variația unor parametri operaționali. În cazul operațiilor de doborâre cu moto-unelte, s-au testat mai multe tipuri de studii pentru a cuantifica consumul de timp, producția realizată și pentru a modela performanța productivă prin tehnici specifice. Parte dintre aceste studii a vizat testarea unor posibilități de automatizare a activităților de colectare a datelor de teren.

Pentru operațiile de tocare s-au folosit tehnici moderne pentru a estima consumul de timp și a-l clasifica în categorii specifice, ca o premisă pentru extinderea tehnicilor descrise, la scară mai largă, pentru implementarea de studii ce vizează estimarea productivității operațiilor realizate cu tocătoare atașate la priza de putere a tractoarelor. În ultimul caz, și anume cel al formării și legării de fascine din lăstarii de salcie, s-au implementat studii sub formă de observații video pentru a se estima consumul de timp și productivitatea muncii. S-a ales această abordare datorită faptului că echipele de muncă observate au fost compuse din mai mulți muncitori, fiind nefezabilă utilizarea altor tipuri de instrumente sau tehnici. Indiferent de tehnica și de instrumentele adoptate, merită precizat faptul că o componentă importantă a studiilor ce urmăresc estimarea performanței productive constă în măsurarea consumului de timp și clasificarea structurii timpului consumat în anumite categorii specifice.

Tabelul 6. Tipuri de studii implementate în teren

Tipul de operație	Abordarea și tehnicile utilizate	Abrevierea studiului (testului)	Scopul studiului
Plantare	GPS + tradițional + înregistrare video	FT1_1 și FT1_2 până la FT14_1 și FT14_2	Evaluarea consumului de timp Evaluarea productivității muncii Modelarea performanței productive în funcție de variabilele operaționale
Doborâre	GPS + tradițional	Dalnic	Evaluarea consumului de timp Evaluarea productivității muncii Modelarea consumului de timp în funcție de variabilele operaționale
	GPS + accelerometre	Poian 1	Evaluarea consumului de timp Clasificarea automată a consumului de timp pe categorii
	GPS + accelerometre	Poian 2	Evaluarea consumului de timp Clasificarea automată a consumului de timp pe categorii
Tocare	GPS + accelerometre	Poian	Evaluarea consumului de timp Clasificarea automată a consumului de timp pe categorii
Manufacturare de fascine	Tradițional + video	Poian	Evaluarea consumului de timp Evaluarea productivității muncii

3.6. Colectarea datelor de teren

3.6.1. Colectarea datelor de teren pentru operațiile de plantare

În cazul operațiilor de plantare, studiile realizate în teren au fost proiectate pentru a colecta date cu privire la consumul de timp și la variabilele operaționale relevante, parametri care au fost utilizați pentru a estima

valorile unui set de indicatori descriptivi ai performanţei productive în astfel de operaţii (**Tabelul 7**). Prin luarea în considerare a variabilităţii condiţiilor operaţionale, precum şi a celor legate de consumul de timp şi de indicatorii performanţei productive, mai departe, datele au fost utilizate în elaborarea unor modele statistico-matematice care să caracterizeze relaţiile dintre aceşti parametri. Specific studiului de evaluare a performanţei productive în operaţiile de plantare a fost faptul că structura timpului a fost tratată din perspectiva conceptelor generale ale IUFRO cu privire la clasificarea muncii şi a structurii consumului de timp în operaţiile forestiere, descrise de Björheden et al. (1995), cu unele adaptări minore ce au fost necesare datorită specificului operaţiilor observate. Ca atare, timpul total luat în studiu (**TST**, ore) a corespuns categoriei timpului consumat la locul de muncă, descrisă de clasificarea IUFRO şi a fost împărţit după cum urmează: timpul de plantare (**PT**, ore), corespunzând timpului productiv, timpul de pregătire a plantării (**PPT**, ore), corespunzând timpului suport (echivalentul românesc este timpul de deservire tehnică şi organizatorică - e.g. Oprea (2008)) şi timpul consumat sub forma diferitelor întârzieri (**DT**, ore) care a corespuns, conform clasificării IUFRO, timpului de întârziere relaţionat cu munca (echivalentul românesc este timpul de întrerupere - e.g. Oprea (2008)).

Tabelul 7. Descrierea conceptelor şi a variabilelor utilizate în studiu pentru operaţiile de plantare

Parametru (variabila)	Prescurtare (unitate de măsură)	Descriere
Variabile operaţionale		
Suprafaţa plantată	OA (ha)	Suprafaţă totală (plantată) acoperită de o echipă de muncă într-un test (FT) dat
Lungimea cumulată a rândurilor plantate	RL (km)	Lungimea cumulată a rândurilor (distanţa) plantate (acoperite) de o echipă de muncă într-un test (FT) dat
Distanţa de întoarcere la capete	HRL (km)	Distanţa totală (lungimea) parcursă de o echipă de muncă în timpul manevrelor de întoarcere realizate la capătul suprafeţei plantate într-un test (FT) dat
Lungimea totală	TL (km)	Suma dintre RL şi HRL pentru o echipă de muncă dată într-un test (FT) dat
Consumul de timp		
În plantarea efectivă pe rând	RT (ore)	Timpul petrecut de o echipă de muncă în deplasarea pe rânduri şi plantarea efectivă într-un test (FT) dat
În întoarceri la capăt, fără întârzieri	HT (ore)	Timpul petrecut o echipă de muncă dată pentru a realiza manevrele de întoarcere şi reintrare pe rând într-un test (FT) dat
În plantare	PT (ore)	Suma dintre RT şi HT pentru o echipă de muncă dată într-un test (FT) dat
În pregătirea plantării	PPT (ore)	Timpul consumat de o echipă la capătul suprafeţei cu activităţile de pregătire (premergătoare) a plantării propriu-zise într-un test (FT) dat
În întârzieri pe rând	RD (ore)	Timpul consumat de o echipă atunci când agregatul de plantare a fost oprit pe rând într-un test (FT) dat
În întârzieri la capăt de rând	HD (ore)	Timpul consumat de o echipă atunci când agregatul de plantare a fost oprit la capăt de rând într-un test (FT) dat
În întârzieri	DT (ore)	Suma dintre RD şi HD pentru o echipă dată într-un test (FT) dat
Timpul total observat	TST (ore)	Suma dintre PT , PPT şi DT pentru o echipă dată într-un test (FT) dat
Indicatori ai performanţei productive		
Indicatori spaţiali		
Raportul dintre HRL şi RL	R_HRL-RL	Raportul dintre distanţa totală de întoarcere şi lungimea totală (cumulată) a rândurilor, specific unei echipe de muncă într-un test (FT) dat
Raportul dintre HRL şi TL	R_HRL-TL	Raportul dintre distanţa totală de întoarcere şi lungimea totală acoperită (parcursă), specific unei echipe de muncă într-un test (FT) dat
Raportul dintre RL şi TL	R_RL-TL	Raportul dintre lungimea totală (cumulată) a rândurilor şi lungimea totală acoperită (parcursă), specific unei echipe de muncă într-un test (FT) dat

Tabelul 7 (continuare). Descrierea conceptelor și a variabilelor utilizate în studiu pentru operațiile de plantare

Parametru (variabila)	Prescurtare (unitate de măsură)	Descriere
Indicatori temporali		
Raportul dintre <i>HT</i> și <i>RT</i>	<i>R_{HT-RT}</i>	Raportul dintre timpul consumat cu manevrele de întoarcere și reintrare în câmp și timpul în care s-a realizat plantarea efectivă
Raportul dintre <i>HT</i> și <i>PT</i>	<i>R_{HT-PT}</i>	Raportul dintre timpul consumat cu manevrele de întoarcere și reintrare în câmp și timpul de plantare
Raportul dintre <i>RT</i> și <i>PT</i>	<i>R_{RT-PT}</i>	Raportul dintre timpul în care s-a realizat plantarea efectivă și timpul de plantare
Viteze de operare		
Viteza pe rând	<i>RS</i> (km×h ⁻¹)	Viteza medie a tractorului în deplasarea pe rând într-un test (<i>FT</i>) dat
Viteza în timpul manevrelor de întoarcere	<i>HS</i> (km×h ⁻¹)	Viteza medie a tractorului în timpul manevrelor de întoarcere și reintrare pe rând realizate la capătul suprafeței într-un test (<i>FT</i>) dat
Viteza în timpul plantării	<i>PS</i> (km×h ⁻¹)	Viteza medie a tractorului în operații de plantare într-un test (<i>FT</i>) dat
Butași plantați		
Număr de butași pe oră	<i>BO</i> (butași×h ⁻¹)	Estimat în baza unui număr de 21 de rânduri eșantionate și calculat ca raportul dintre numărul de butași și timpul de plantare (<i>PT</i>)
Număr de butași pe metru	<i>CM</i> (butași×m ⁻¹)	Estimat în baza unui număr de 21 de rânduri eșantionate și calculat ca raportul dintre numărul de butași și lungimea rândurilor respective
Distanța între butași	<i>DC</i> (m)	Estimată în baza unui număr de 21 de rânduri eșantionate și calculată ca raport între lungimea rândului și numărul de butași plantați
Productivitate și eficiență		
Productivitatea brută	<i>GPR</i> (h×h ⁻¹)	Rata productivității calculată pe baza <i>TST</i>
Productivitatea netă	<i>NPR</i> (h×h ⁻¹)	Rata productivității calculată prin excluderea <i>DT</i>
Productivitatea efectivă	<i>EPR</i> (h×h ⁻¹)	Rata productivității calculată pe baza <i>PT</i>
Productivitatea pe rând	<i>RPR</i> (h×h ⁻¹)	Rata productivității calculată pe baza <i>RT</i>
Eficiența brută	<i>GER</i> (h×ha ⁻¹)	Eficiența calculată pe baza <i>TST</i>
Eficiența netă	<i>NER</i> (h×ha ⁻¹)	Eficiența calculată prin excluderea <i>DT</i>
Eficiența efectivă	<i>EER</i> (h×ha ⁻¹)	Eficiența calculată pe baza <i>PT</i>
Eficiența pe rând	<i>RER</i> (h×ha ⁻¹)	Eficiența calculată pe baza <i>RT</i>

În continuare, pentru a se realiza o evaluare a operațiilor la un nivel de detaliu mai ridicat și adoptând terminologia echivalentă din limba română, timpul de plantare a fost împărțit în timpul (de plantare efectivă pe rând) de bază (*RT*, ore) și timpul (consumat cu întoarceri la capete) ajutor (*HRT*, ore), iar întârzierile au fost tratate în funcție de locul unde au apărut: pe rând (*RD*, ore) și la capăt de rând (*HD*, ore). Categoria *RT* a inclus timpul în care s-a realizat plantarea efectivă pe rând, iar categoria *HRT* a inclus timpul consumat pentru executarea manevrelor de întoarcere și reintrare pe rând, realizate la capătul suprafeței de plantat. În **Tabelul 7** sunt descriși parametrii colectați în teren, cei derivați în urma prelucrării datelor în etapa de birou și cei analizați în scopul evaluării performanței productive a operațiilor de plantare a culturilor de rotație scurtă de salcie.

Operațiile de plantare a salciei s-au desfășurat în teren deschis, aspect care a permis, pentru anumite tipuri de date, utilizarea unor procedee moderne de colectare a datelor de teren. Astfel, o parte dintre datele cu privire la consumul de timp și la mișcările și manevrele efectuate de fiecare echipă de muncă (tractor) în fiecare test realizat în teren au fost colectate prin utilizarea de receptoare GPS de tipul celor descrise în **Tabelul 8**. În anumite condiții, receptoare de tipul celor descrise și utilizate pot să înregistreze date cu o precizie de poziționare cuprinsă în intervalul 1 - 5 m (Keefe et al., 2019) și pot să ajute în colectarea de date care să caracterizeze anumite evenimente specifice încadrabile în categorii de consum de timp, încadrare a cărei precizii depinde de complexitatea studiilor realizate și a sistemelor tehnice

observate. Mai multe detalii în acest sens sunt redată în subcapitolul următor. Astfel de receptoare GPS au fost utilizate cu succes în a documenta deplasarea, staționarea, dar și viteza de deplasare, parametri care sunt necesari în studii de timp și care sunt redați în unele dintre rezultatele acestei lucrări. Receptoarele GPS utilizate au fost setate astfel încât să colecteze date la o rată de eșantionare de o secundă. Datele colectate de unitățile GPS au fost completate cu observații făcute în teren de către doi cercetători. Fișierele înregistrate au fost descărcate și salvate într-un calculator în format .GPX, pentru fiecare suprafață luată în studiu, dar și pentru fiecare tractor, respectiv echipă de muncă ce a realizat operațiile de plantare, împreună cu observațiile suplimentare realizate în teren.

Tabelul 8. Descrierea receptorului GPS utilizat în colectarea datelor de teren cu privire la operațiile de plantare
Adaptat din Sursa: garmin.com (2019)

Parametru	Unitate de măsură	Valoare
Producător și model	-	Garmin 62 STC
Dimensiuni	mm	61 x 160 x 36
Dimensiuni afișaj diagonală	mm	66
Greutate	g	223

Tabelul 9. Descrierea camerei video utilizate în colectarea datelor de teren cu privire la operațiile de plantare
Adaptat din Sursa: samsung.com (2019)

Parametru	Unitate de măsură	Valoare
Producător și model	-	Samsung HMX-F90 WP
Rezoluție senzor	Mpx	5
Rezoluție imagine	p	1920 x 1080
Dimensiuni	mm	53,8 x 118,8 x 56,3
Masa	g	222
Fișierele video au fost preluate la 30 de cadre pe secundă		
Fișierele video au avut durate de 20 de minute fiecare		

Camera video (**Tabelul 9**) a fost poziționată în cabina tractorului cu obiectivul orientat înspre echipa de plantatori și a fost utilizată pentru înregistrarea operațiilor de plantare specifice unui număr de 21 de rânduri complet plantate, acestea fiind eșantionate întâmplător, astfel încât să acopere toate echipele de plantare, reprezentând aproximativ 8% din numărul de rânduri plantate.

3.6.2. Colectarea datelor de teren pentru operațiile de doborâre cu moto-unelte

În teren, procedurile de colectare a datelor cu privire la operațiile de doborâre cu moto-unelte au vizat obținerea de date descriptive pentru evaluarea performanței productive în astfel de operații. Datele colectate în teren au fost împărțite în două categorii: date caracteristice, ce descriu cultura de salcie ce s-a recoltat și date privind consumul de timp. Evaluarea performanței productive în operațiile observate s-a realizat prin punerea în practică a recomandărilor cu privire la cadrul general al științei muncii în domeniul forestier descris, de exemplu, în Acuna et al. (2012). Realizarea acestor studii (*i.e.* studii de timp și productivitate) în mod tradițional prezintă marele dezavantaj de a fi mari consumatoare de resurse, inclusiv timp (Borz, 2016). Ca atare, în colectarea datelor pe teren, atât în domeniul forestier, cât și în cel specific culturilor de rotație scurtă, s-a făcut tranziția între implementarea de studii tradiționale și cele cu un nivel de automatizare ridicat (Talagai și Borz, 2016). În particular, utilizarea tehnologiilor GPS (*eng. Global Positioning System*) și GIS (*eng. Geographic Information System*) a condus la facilitarea implementării unor astfel de studii la un nivel de precizie acceptabil pentru domeniul forestier (McDonald și Fulton, 2005), precum și la implementarea lor la un nivel ridicat de precizie în cadrul operațiilor implementate în culturile de rotație scurtă (Bush et al., 2015; Eisenbies et al., 2014; Schweier și Becker, 2012b). Astfel, evaluarea performanței productive în operațiile specifice culturilor de rotație scurtă poate fi realizată prin implementarea unor tehnici, metode și echipamente capabile să automatizeze colectarea de date (Talagai și Borz, 2016). De exemplu, în operațiile de recoltare cu moto-unelte se poate recurge la echiparea operatorului moto-uneltei cu un receptor GPS capabil să colecteze locațiile pe baza unui interval temporal prestabilit (1-5 secunde) (Talagai și Borz, 2016). Avantajul în colectarea de date cu ajutorul tehnologiei GPS este cel legat de poziționarea geografică, însoțită de etichete temporale, date ce pot fi

transferate într-un mediu de prelucrare precum GIS, unde, pe baza unor proceduri specifice, pot fi derivate alte date de interes sau datele respective pot fi exportate în diferite formate pentru o prelucrare ulterioară.

Depășirea acestui inconvenient se poate realiza și s-a realizat în lucrarea de față prin integrarea diferitelor tipuri de colectori de date, aspect ce a fost pus în evidență de Talagai și Borz (2016) sub formă de concept. Acești colectori de date (*eng. dataloggers*) pot monitoriza și înregistra în timp real anumite mărimi fizice, cum ar fi accelerația sau pot fi utilizați pe baza acelorași mărimi fizice pentru a detecta mișcarea. Moto-uneltele luate în studiu sunt echipate cu un motor cu ardere internă în doi timpi, aspect care a facilitat utilizarea colectoarelor de date respectivi pentru a detecta și înregistra perioadele de funcționare ale motorului într-un interval de muncă dat. Din seriile de date înregistrate în timpul operațiilor de doborâre, s-au distins diferite regimuri de funcționare ale motorului. Aceste distincții în seriile de date au fost rezultatul variației în magnitudine a vibrațiilor, ca efect al regimurilor de funcționare ale motorului. Din seriile de date obținute cu astfel de dispozitive, se pot cuantifica anumiți parametri ce urmează a fi evaluați. Parametrii rezultați din mișcare și accelerație, pot contribui la deducerea unor regimuri de funcționare ale motorului în cadrul procesului de muncă. În ceea ce privește performanța productivă, o caracteristică importantă o reprezintă perioada în care motorul funcționează în relanti și, respectiv, timpul de funcționare în acest regim. Detectarea acestor porțiuni în seriile de date poate pune în evidență anumiți parametri de interes, facilitând și realizarea de comparații cu alte serii de date. În lucrarea de față, s-au utilizat colectori de date de tipul accelerometrelor echipate cu senzori ce realizează înregistrările pe trei axe (**Tabelul 10**), pentru a caracteriza regimurile de funcționare ale moto-uneltelor și pentru a extrage datele necesare în studii cu privire la performanța productivă în operații de doborâre a lăstarilor.

Sincronizând datele colectate cu accelerometre cu cele provenite din receptoarele GPS, se pot acoperi necesitățile de monitorizare a operațiilor, fără a mai fi necesară observarea acestora în detaliu la locul efectiv de desfășurare. Din seriile de date obținute din colectorii folosiți (accelerometre) rezultă informații cu privire la regimul de funcționare al motorului, iar din datele înregistrate de receptoarele GPS rezultă informațiile cu privire la poziționarea și mișcarea echipei în timpul procesului de muncă. În acele situații în care există incertitudini cu privire la posibilitatea identificării anumitor evenimente din seriile de date, pentru a explica datele respective, în primă fază trebuie conduse studii comparative. Din studiile comparative ce au la bază colectarea de date cu accelerometre, corelate cu studii ce presupun înregistrări video, se pot corela înregistrările realizate de accelerometre în diferitele regimuri de funcționare ale motorului, având la bază duratele seriilor de timp înregistrate prin ambele procedee. Din acest punct de vedere, trebuie descrise, în baza unor considerente logice, toate situațiile ce ar putea să apară în condiții concrete operaționale, după care trebuie conduse studii experimentale care să pună în evidență comportamentul sistemului de senzori ca efect al acestor regimuri operaționale. În **Figura 11** este ilustrat un concept de poziționare a dispozitivelor, specific experimentelor de monitorizare a performanțelor productive ale operațiilor de doborâre cu moto-unelte, concept ce s-a implementat pentru monitorizarea unei părți dintre operațiile de doborâre.

Tabelul 10. Descrierea accelerometrului utilizat în colectarea de date
Adaptat din sursa: *extech.com* (2020)

Parametru	Unitate de măsură	Valoare
Producător și model		Extech VB300
Rata de prelevare a datelor cu privire la accelerație	Hz	200
Frecvența	Hz	0 - 60
Domeniul de măsurare pentru accelerație	g	±18
Rezoluția pentru măsurarea accelerației	g	0,00625
Acuratețea pentru măsurarea accelerației	g	±0,5
Rata de prelevare a datelor în mod de utilizare rapid	ms	500
Rata de prelevare a datelor în mod de utilizare lent	h	24
Dimensiuni	mm	95 × 28 × 21
Masă	g	20
Înregistrează citirile cu data și ora în timp real		



Legendă

- A – Amplasarea generală a dispozitivelor
 B – Poziţionarea senzorului de vibraţii pe moto-unealtă
- 1 – GPS (Garmin 62 STC)
 2 – Sonometru (Extech® 407760)
 3 – Senzor de vibraţie (Extech® VB 300)

Figura 11. Amplasarea colectoarelor de date

Pentru monitorizarea și înregistrarea în timp real a accelerației, s-au utilizat senzori ce colectează date pe trei axe (3-Axis G-Force USB Datalogger), integrați într-un colector de date Extech VB300 (Extech Instruments, FLIR Commercial Systems Inc., Nashua, USA) ale cărui caracteristici de bază se redau în **Tabelul 10**. Acești colectori de date pot opera prin înregistrare pe toate cele trei axe (axele selectabile X, Y și Z) sau în orice combinație prestabilită prin utilizarea unui program software dedicat. Rata de eșantionare poate fi stabilită la valori ce încep de la 500 ms (când dispozitivul este conectat la software prin intermediul portului USB) și ajung până la 24 ore. Seriile de date înregistrate sunt stocate în memoria internă ce are o capacitate de 4 Mb. Acest dispozitiv de înregistrare este caracterizat de dimensiuni reduse și de o masă mică, ceea ce îl face pretabil pentru colectarea de date în operațiile manuale sau cele realizate cu moto-unelte, deoarece nu încarcă suplimentar muncitorul luat în studiu.

Receptorul GPS utilizat pentru colectarea datelor cu privire la evenimentele ce au presupus mișcarea sau staționarea operatorului moto-uneltei a fost de tipul Garmin 62 STC (Garmin Ltd., Olathe, USA). Acest instrument este caracterizat de dimensiuni relativ mici și de o masă redusă (**Tabelul 8**), ceea ce a permis montarea sa pe hamul de susținere a motocosei (**Figura 11**).

Colectorul de date cu privire la accelerație și receptorul GPS sunt dispozitive capabile să documenteze detaliat seriile de date, iar valorile caracteristice eșantioanelor colectate sunt însoțite de etichete temporale ce redau data și ora specifice fiecărei înregistrări realizate. Această funcționalitate, comună celor două tipuri de dispozitive de înregistrare, a fost utilizată pentru sincronizarea datelor. În teren, configurarea colectoarelor de date s-a realizat cu ajutorul unui calculator portabil, respectiv prin utilizarea interfeței specifice a receptorului GPS, apoi aceștia au fost porniți la începutul zilei de muncă, s-au instruit muncitorii să își desfășoare activitățile în mod normal și s-a folosit și o cameră (**Tabelul 9**) pentru a prelua date comparative necesare pentru identificarea regimurilor de funcționare ale moto-uneltei, respectiv de mișcare ale operatorului, pe baza datelor înregistrate de colectorii de date. La sfârșitul zilei de muncă, dispozitivele au fost demontate de pe echipamentul de muncă, iar colectorii de date au fost opriți simultan. Ratele de eșantionare specifice celor două teste, **Poian 1** și **2**, se prezintă în **Tabelul 11**.

Tabelul 11. Rate de eșantionare utilizate în testele de teren pentru accelerometru și receptorul GPS

Testul de teren	Accelerometru	Receptor GPS
Dalnic	-	5
Poian 1	1	5
Poian 2	1	1

În teren, s-a condus și un studiu în care colectarea datelor s-a realizat prin combinarea tehnicilor tradiționale cu cele moderne (**Dalnic**). Datele colectate prin tehnici tradiționale au fost colectate concomitent cu date înregistrate de receptoare GPS (Global Positioning System). Apoi, au fost utilizate tehnici specifice GIS (Geographic Information System) pentru extragerea datelor necesare în evaluarea performanței productive în operațiile de doborâre. În teren, pentru a realiza colectarea datelor în mod tradițional, doi cercetători au folosit cronometre profesionale de buzunar și carnete de teren concepute special pentru a nota evenimentele specifice acestor lucrări și timpii de început și de sfârșit al fiecărui eveniment. Fiecare cercetător a observat câte o echipă de lucru ce a realizat operațiile de recoltare cu moto-unelte, colectând în mod continuu date cu privire la consumul de timp. S-au aplicat, în acest sens, tehnicile specifice tradiționale de cronometrare continuă, după cum acestea sunt descrise în Björheden et al. (1995) și în Acuna et al. (2012). Muncitorii care au efectuat operațiile de tăiere au fost echipați cu câte un receptor GPS portabil, având caracteristici similare celui prezentat în **Tabelul 8**, amplasat la nivelul umărului și setat pentru a colecta date cu privire la poziție și mișcare la o rată de timp de 1, respectiv 5 s (**Tabelul 11**). Datele respective au fost salvate într-o manieră similară celei prezentate pentru testele **Poian 1** și **2**.

Referitor la datele caracteristice culturii de salcie ce a fost recoltată, s-au ales aleatoriu patru segmente a câte 10 m fiecare, ce au fost marcate pentru a se evalua distanțele între cioate. Pentru aceste segmente de rânduri, s-a măsurat cu o ruletă distanța între cioate cu precizia de 1 cm, și, pentru fiecare tulpină s-a consemnat într-un carnet de teren, numărul de lăstari aferenți acesteia. În urma operațiilor de doborâre, pentru fiecare lăstar de pe cioată s-a măsurat diametrul la nivelul tăieturii cu precizia de 1 mm, prin utilizarea unui șubler. Înălțimea medie a lăstarilor a fost evaluată pe baza unui eşantion ce a cuprins un număr de 140 de indivizi ce au fost selectați în mod aleator pe suprafața luată în studiu. Pentru fiecare dintre aceștia s-a măsurat înălțimea cu o ruletă, la precizie centimetrică.

3.6.3. Colectarea datelor de teren pentru operațiile post-doborâre

Pentru colectarea datelor de teren cu privire la operațiile de tocare, s-a utilizat o abordare similară testului **Poian 1**. S-au utilizat pentru aceasta receptorul GPS descris în **Tabelul 8**, accelerometrul descris în **Tabelul 10** și camera video descrisă în **Tabelul 9**. Receptorul GPS a fost setat pentru colectarea de date la un interval de 5 secunde. Accelerometrul a fost plasat pe tocător, în partea stângă a gurii de alimentare (**Figura 12**), și a fost setat pentru colectarea de date la un interval de o secundă.



Figura 12. Amplasarea colectorilor de date pe tractor și pe tocător

Legendă: a.-poziționarea receptorului GPS;b.-tractorul utilizat; c.-poziționarea colectorilor de date de tip dattaloger

S-au colectat fişiere cu durate de 10 până la 20 de minute, care au avut rolul de a documenta operaţiile supuse observării. Colectarea datelor de teren pentru operaţiile de manufacturare - formare şi legare - a fascinelor din lăstarii de salcie s-a realizat prin implementarea unui studiu prin procedee de înregistrare video. În acest scop, camera s-a plasat pe un tripod care a fost mutat succesiv, astfel încât să se acopere activităţile realizate de toţi membrii unei echipe de muncă, precum şi mutările suporturilor de lucru între diferite porţiuni ale suprafeţei pe care s-au desfăşurat activităţile. Fişierele video preluate au avut durate de 20 de minute şi au acoperit o zi de muncă.

3.6.4. Colectarea altor date de teren

Suplimentar faţă de cele prezentate anterior, s-au mai colectat, pentru anumite operaţii din setul celor observate, date de teren de natură antropometrică şi ergonomică. Aceste date s-au utilizat sau vor fi utilizate în realizarea unor studii cu privire la performanţa ergonomică a operaţiilor luate în studiu şi au fost considerate a fi externe prezentei lucrări. Parte dintre aceste date au fost integrate în articole care s-au publicat şi care conţin şi date din prezenta lucrare (a se vedea lista bibliografică).

3.7. Procesarea şi analiza statistică a datelor de teren

3.7.1. Procesarea şi analiza statistică a datelor de teren pentru operaţiile de plantare

Procedurile de detaliu utilizate în transferul şi procesarea datelor GPS pentru operaţiile de plantare sunt redate în subcapitolul următor, acestea fiind similare celor descrise de Talagai et al. (2017) şi adaptate la cerinţele de procesare a datelor pentru operaţiile de plantare. **Figura 13** oferă o imagine de ansamblu cu privire la abordarea utilizată pentru separarea şi clasificarea consumului de timp pe categorii, începând de la nivelul unui rând plantat şi terminând cu scara de reprezentare a unui studiu individual sau a unui test de teren.

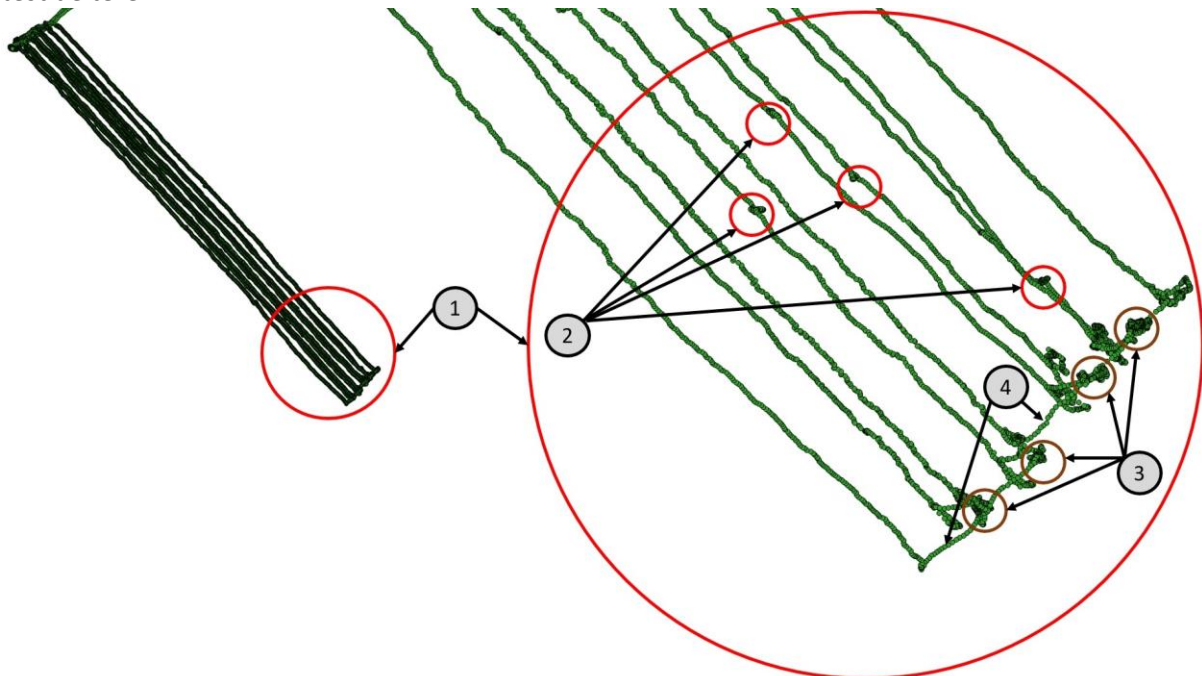


Figura 13. Conceptul utilizat în separarea categoriilor de consum de timp

Legendă: în partea stângă - datele GSP reprezentate pentru un studiu individual, la o scară mare; în partea dreaptă - detaliu asupra datelor colectate prin intermediul receptorului GPS: 2 - întârzieri apărute pe rând 3 - întârzieri apărute la capăt de rând; 4 - manevre realizate la capăt de rând

Datele au fost procesate prin utilizarea programului QGis (<https://www.qgis.org/en/site/>), după descărcarea şi organizarea fişierelor .GPX. După cum se observă (**Figura 13**), au fost identificate diferite

elemente (sarcini) de muncă, cum ar fi: plantarea efectivă pe rând, întârzieri ce au apărut pe rând, manevrele de întoarcere și reintrare pe rând, dar și întârzierile apărute la capătul suprafețelor, elemente ce au fost vizibile și desprinse din arhitectura spațială a datelor cu privire la locație, colectate prin intermediul unui receptor GPS.

Pentru a evalua consumul de timp specific acestor evenimente, sub raport conceptual, s-a implementat metoda cronometrării continue realizată la birou, etapă ce a fost realizată în foi de calcul Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, U.S.A.), pe baza numărului de locații atribuite unui element de muncă înmulțite cu rata de eșantionare a datelor. Pentru a se evalua consumul de timp pe diferite evenimente, baza de date ce a stocat locațiile, pentru fiecare studiu individual, a fost exportată în fișiere Microsoft Excel. În urma analizei, rezultatele s-au raportat la nivel de suprafață (test de teren), echipă de muncă, precum și pentru tot studiul, sub forma timpului consumat în anumite evenimente, extras în secunde și transformat în ore. Suprafața operată (**OA**, ha), după caz pentru un rând, pentru un studiu individual, pentru un test de teren și pentru tot studiul, a fost calculată folosind lungimea rândului în cauză, lungimea cumulată a rândurilor (**RL**, km) într-un test sau într-un studiu individual sau, respectiv, lungimea totală a rândurilor luate în studiu care s-a multiplicat cu lățimea operabilă a unei echipe de plantare la o trecere. Determinarea lungimi rândurilor a fost realizată în programul software QGis, prin utilizarea funcționalităților specifice pentru măsurarea distanțelor. Aceeași procedură a fost utilizată pentru a calcula lungimea manevrelor de întoarcere și reintrare pe rând; aceste lungimi au fost determinate în Qgis, în metri, și au fost calculate pentru fiecare studiu individual realizat în teren (**HRL**), în kilometri.

Fișierele video colectate cu ocazia etapei de teren au fost analizate în detaliu pentru a extrage numărul de butași de salcie plantați pe un rând, pentru a asocia acest număr cu unii parametri operaționali, cum ar fi lungimea rândului și timpul consumat pentru plantare. Această etapă a fost necesară pentru a estima, din punct de vedere cantitativ și calitativ, performanța productivă a operațiilor de plantare, în funcție de numărul de butași plantați pe rând. În special, pentru a descrie performanța productivă sub raport spațial-calitativ, au fost calculate raporturile dintre lungimea manevrelor de întoarcere, lungimea rândurilor și lungimea totală acoperită într-un studiu individual. Astfel de relații calitative de ordin spațial pot afecta performanța productivă (Borz et al. 2019a), efectul lor putând fi analizat prin tehnici de modelare, cum este cea a regresiei. O procedură similară a fost utilizată pentru a analiza consumul de timp, ca etapă premergătoare pentru regândirea modului de implementare a operațiilor de plantare, în sensul îmbunătățirii performanței productive. Parametrii menționați au fost descriși în secțiunea variabilelor de timp, redată în **Tabelul 7**. După cum se poate observa în **Tabelul 7**, pentru a evalua performanța productivă a operațiilor de plantare, s-au luat în considerare indicatori derivați precum viteza ($\text{km} \times \text{h}^{-1}$), productivitatea ($\text{ha} \times \text{h}^{-1}$) și eficiența ($\text{h} \times \text{ha}^{-1}$). În ceea ce privește viteza de operare, pentru a se distinge efectele ce au apărut ca efect al dimensiunilor suprafețelor considerate în studiile de teren individuale și a spațiului rămas liber la capetele acestora, dar și pentru evaluarea efectelor acestora asupra performanței productive a plantării. În cadrul lucrării de față s-a făcut distincția între viteza generală de plantare, viteza de întoarcere și viteza de plantare efectivă pe rând. O abordare similară a fost utilizată pentru a estima eficiența și productivitatea acestor operații. Detalii cu privire la acești indicatori sunt cuprinse în **Tabelul 7**, reflectând efectul pe care îl generează includerea sau excluderea anumitor categorii de consum de timp în eficiența și productivitatea muncii. Din acest punct de vedere, indicatorii bruți reflectă situația înregistrată cu ocazia observațiilor de teren, în timp ce indicatorii neți reflectă un mod mai bun de organizare a muncii, dar păstrează efectele generate de configurația spațială a suprafețelor luate în studiu și sunt mai puțin realiști pentru aplicabilitatea practică. Pentru a se diferenția performanțele productive între studiile individuale, între echipele de muncă s-au mai estimat acești indicatori prin luarea în considerare a consumului de timp pentru plantarea efectivă fără întârzieri.

Analiza statistică utilizată în cazul operațiilor de plantare a fost adaptată conceptelor generale descrise de Acuna et al. (2012). În particular, etapele utilizate în lucrarea de față pentru analiza statistică a datelor cu privire la operațiile de plantat au constat din verificarea normalității datelor, estimarea statisticilor descriptive și modelarea datelor prin utilizarea tehnicii regresiei liniare. Statisticile descriptive generale s-au utilizat pentru a caracteriza majoritatea parametrilor incluși în **Tabelul 7**, în timp ce tehnicile de modelare au fost utilizate pentru a estima relațiile funcționale dintre consumul de timp și variabilele operaționale, precum și pentru a pune în evidență care dintre parametrii de natură spațială și temporară

afectează performanţa operaţiilor de plantare şi în ce mod. Toate operaţiile ce au implicat transformarea, calculul şi analiza statistică a datelor au fost efectuate în cadrul programului de calcul tabelar Microsoft Excel. Pentru a extinde funcţionalitatea acestuia în sensul verificării normalităţii datelor, s-a utilizat pachetul Real Statistics care a fost instalat în cadrul Microsoft Excel. Detalii cu privire la nivelul de încredere ales, indicatorii utilizaţi pentru caracterizarea semnificaţiei modelelor şi valorile acestora sunt redată în capitolul de rezultate şi discuţii.

3.7.2. Procesarea şi analiza statistică a datelor de teren pentru operaţiile de doborâre

Colectorii de date utilizaţi în teren, de tipul accelerometrelor, sunt prevăzuţi cu programe software specifice pentru setarea şi descărcarea datelor colectate. Programul software specific acestor colectori permite, printre altele, stabilirea ratei de eşantionare, vizualizarea şi exportul datelor. După cum s-a prezentat anterior, pentru accelerometre s-a adoptat o rată de eşantionare de 1 secundă, atât pentru studiile efectuate asupra operaţiilor de doborâre cu moto-unelte, cât şi pentru cele efectuate asupra operaţiilor de tocure. Această abordare a fost utilizată pentru a colecta date la un nivel de detaliu mai ridicat şi pentru a permite analiza comparativă a acestora prin luarea în considerare a fişierelor video colectate. În cazul datelor colectate prin tehnici GPS, ratele (intervalele) de eşantionare au fost stabilite la 1 sau 5 secunde, depinzând de testul de teren (**Tabelul 11**); pe de o parte, s-a vizat o caracterizare cât mai precisă a evenimentelor de mişcare, caz în care s-a adoptat o rată de eşantionare de o secundă (**Poian 2**), iar pe de altă parte, s-a încercat şi uşurarea efortului computaţional de prelucrare a datelor, cazuri în care s-au adoptat rate de eşantionare de 5 secunde (**Poian 1**), pentru care a fost necesară re-eşantionarea datelor colectate de accelerometre.

Procedurile utilizate în procesarea şi analiza datelor au fost diferite în ceea ce priveşte seturile de date colectate din cele două zone generale de studiu: Dalnic şi Poian. În cazul datelor colectate prin testele realizate în Poian, procedurile de procesare utilizate au fost următoarele:

- Pentru prelucrarea datelor de teren, s-au realizat baze de date în format Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, SUA). Seriile de date rezultate din senzorii ce au înregistrat acceleraţia au fost descărcate din colectori prin intermediul programului software dedicat, apoi au fost exportate în format compatibil cu Microsoft Excel (.CSV). Fişierul .CSV conţine etichetele de timp şi valorile acceleraţiei (**A**, g) pe cele trei axe de referinţă, precum şi o sumă a celor trei vectori, parametru care a fost utilizat mai departe în analiză, fără alte procesări sau conversii;
- Datele rezultate din receptorul GPS cu privire la poziţia şi starea muncitorilor sub raportul mişcării au fost descărcate pe un computer în format .GPX, utilizând procedurile specifice de transfer ale receptorului, care permite transferul datelor prin conectarea directă la un calculator;
- Ulterior, în faza de birou, datele în format .GPX au fost încărcate în programul software Base Camp (versiunea 4.6.2., Garmin Ltd.), program în care acestea au fost supuse unei analize preliminare. Utilizându-se funcţionalităţile acestui program, s-au extras seriile de date sub formă de text, date care au fost transferate în foi Microsoft Excel şi care au cuprins etichetele temporale pentru fiecare înregistrare. Acestea au fost folosite ca referinţă pentru împerecherea cu datele extrase din accelerometre, după care s-a trecut la aplicarea unor funcţii logice care să permită extragerea unor valori numerice din datele de tip text, în special cu privire la timpul efectiv al unei înregistrări şi la viteza calculată de programul software Base Camp pe baza datelor importate în acesta;
- Înainte de a împerechea datele din accelerometre cu cele GPS, primele au fost, în cazuri specifice, re-eşantionate la o rată de cinci secunde pentru a reprezenta valorile reale corespunzătoare celor colectate prin tehnici GPS. Procesarea datelor colectate a constat din extragerea timpului (**T**, 5 s) şi vitezei (**S**, km/h) ca şiruri de date în format text;
- Şirurile de date împerecheate au fost documentate prin codificare, pe evenimente distincte, etapă ce a fost realizată, de asemenea, în Microsoft Excel.

Procedura de re-eşantionare a presupus extragerea sistematică a fiecărei a cincea valoare din şirul de date cu privire la acceleraţie, pornindu-se de la prima înregistrare disponibilă în comun, sub raport temporal,

atât în setul de date GPS, cât și în cel cu privire la accelerație. Primul pas în procesarea datelor cu privire la re-eșantionare fost acela de a compara baza de date originale provenite din accelerometru cu baza de date în care au fost extrase datele re-eșantionate, pentru a verifica eventualele pierderi cauzate de re-eșantionarea acestora. Procedura de verificare s-a bazat pe dinamica și variația temporală a datelor cu privire la accelerație și a constat în extragerea datelor cu privire la funcționarea motorului din ambele seturi de date, urmată de o comparație procentuală a acestora. Pentru a extrage datele caracteristice consumului de timp, s-a utilizat procedura stabilirii unui prag, apoi datele caracterizând accelerația (**A**), ca sumă de vectori au fost reprezentate grafic în raport cu datele caracterizând viteza (**S**) extrase din fișiere GPS procesate în programul software Base Camp.

În ceea ce privește structura consumului de timp, a consumului de resurse și a indicatorilor de performanță ce se pot estima, există mai multe sisteme de clasificare care sunt specifice atât domeniului agricol (*i.e.* ASAE, 2011), cât și celui forestier (*e.g.* Lu și Ackerman, 2012). În lucrarea de față, pentru descrierea, caracterizarea și clasificarea datelor specifice cu privire la consumul de timp și la performanța productivă a operațiilor de doborâre efectuate cu moto-unelte s-a adoptat sistemul IUFRO (Björheden et al., 1995), care precizează conceptele și terminologia specifică domeniului forestier. În conformitate cu cele descrise de acest sistem, consumul de timp poate fi încadrat în categorii care descriu consumul de timp principal și complementar. În prima categorie s-a încadrat consumul de timp specific tăierii proprii-zise (**CT**, s), iar în cea de a doua categorie s-au încadrat alte consumuri de timp ce au fost asociate, de exemplu, cu deplasarea cu motorul moto-uneltei pornit, dar fără a executa tăierea lăstarilor, precum și cu deplasarea cu motorul moto-uneltei oprit (**AT**, s).

Toate celelalte categorii de consum de timp au fost considerate a reprezenta timpul de nerealizare a muncii (**ST**, s), iar suma tuturor categoriilor de timp observate a fost considerată a fi timpul total luat în analiză (**TT**, s). Precizia utilizată cu privire la consumul de timp a fost cea impusă de re-eșantionarea datelor și a fost de ± 5 s.

Pentru detectarea mișcării operatorului, s-a luat în considerare un prag (**S**) pentru datele analizate cu privire la viteza GPS, a cărui valoare a fost stabilită la 0,5 km/h, abordare ce a împărțit datele în două subseturi: date caracterizate de absența mișcării $S \leq 0,5$ km/h și, respectiv, date care au indicat prezența mișcării $S > 0,5$ km/h. Valoarea care s-a luat în considerare pentru acest prag a fost documentată pe baza unor date descrise de alte studii, precum cel al lui Talagai et al. (2017) a cărui abordare metodologică și rezultate se redau în lucrarea de față și, respectiv, studiile efectuate de Keskin și Say (2006), Eisenbies et al. (2014) și Bush et al. (2015), care indică unele limite, precum și problemele legate de detectabilitatea mișcării față de zgomotul produs de erorile specifice colectării și analizei datelor GPS. În ceea ce privește seriile de date cu privire la accelerație, în lucrarea de față s-a recurs la stabilirea a două praguri care au împărțit seriile de date în trei subseturi. Primul prag a fost stabilit la 1,5 g, pentru a caracteriza starea de nefuncționare a motorului. În mod obișnuit, dispozitivul utilizat colectează date cu privire la accelerație care au valori apropiate de 1 g, atunci când nu sunt detectate vibrații sau mișcări. Cel de-al doilea prag a fost stabilit la 4 g, pentru a se putea distinge și pentru a separa din seriile de date, consumul de timp pentru cazurile în care motorul moto-uneltei a fost pornit (**TR**, s) și, respectiv, oprit (**TS**, s) sau când au avut loc alte evenimente ce au făcut ca accelerația înregistrată să se situeze între valorile de 1,5 și 4 g, cum ar fi înlocuirea discului de tăiere. În continuare, limitele stabilite pentru datele GPS și pentru cele cu privire la accelerație au fost utilizate pentru a caracteriza evenimentele specifice supuse observării, după cum urmează:

- Starea caracterizată de lipsa mișcării și motorul moto-uneltei oprit (**ST**): când $A \leq 1,5$ g, $S \leq 0,5$ km/h;
- Starea caracterizată de prezența mișcării în interiorul suprafeței de operat și motorul moto-uneltei oprit (**AT**): când $A \leq 1,5$ g, $S > 0,5$ km/h;
- Starea caracterizată de mișcarea în afara suprafeței de operat și motorul moto-uneltei oprit (**ST**): când $A \leq 1,5$ g, $S > 0,5$ km/h și, respectiv
- Starea caracterizată de tăierea propriu-zisă (**CT**): când $A \geq 4$ g, $S > 0,5$ km/h.

Seriile de date împerecheate (viteză GPS și accelerație), atașate ca baze de date la punctele (locațiile) colectate cu receptorul GPS, au fost importate în programul software QGIS (<https://qgis.org/en/site/>) în scopul afișării acestora în format digital și a realizării unei hărți tematice specifice care să permită identificarea evenimentelor descrise și extragerea consumului de timp, inclusiv pentru acele evenimente care au avut loc în afara suprafeței operate și care ar fi putut să fie neidentificabile doar prin folosirea pragurilor descrise anterior. În acest scop, a fost dezvoltat un strat GIS de tip .SHP pentru a stoca datele originale, colectate prin tehnici GPS. Acesta a fost utilizat pentru a importa și împerechea datele procesate în Microsoft Excel cu privire la viteză și accelerație cu cele privind geo-locația punctelor colectate, stocate în stratul .SHP. Prima analiză a avut ca scop separarea și cartografierea celor două stări ale motorului (pornit vs. oprit) și s-a realizat cu ajutorul pragului setat pentru datele ce au caracterizat accelerația înregistrată de colectorul de date. Cea de-a doua analiză a avut ca scop diferențierea între categoriile de consum de timp stabilite a fi importante, descrise anterior, și a presupus utilizarea unei proceduri simple de codificare, realizată în Microsoft Excel, prin utilizarea limbajului Visual Basic for Applications, pentru a codifica evenimentele ca numere și pentru a extrage consumul de timp specific fiecărui eveniment, în urma unei categorizări automate. Codurile obținute au fost importate în fișierul .SHP și au fost reprezentate sub forma unei noi hărți realizate în QGIS, care a fost elaborată pentru a se identifica posibile probleme de clasificare. În același timp, datele privind consumul de timp, clasificate pe categorii, au fost utilizate pentru o evaluare suplimentară a performanței productive.

În evaluarea productivității și a eficienței operațiilor, s-au utilizat datele privind consumul de timp (ce au rezultat din procedurile descrise mai sus) și caracteristicile geometrice ale suprafeței operate (lungimea totală a rândurilor și suprafața). Productivitatea operațiilor de doborâre cu moto-unelte a fost estimată ca raportul dintre suprafața operată și timpul de desfășurare al operațiilor, iar eficiența a rezultat ca raport invers între parametrii denumiți. Procedurile menționate anterior au fost aplicate în cazul celor două teste de teren realizate în vecinătatea localității Poian (**Poian 1** și **Poian 2**).

Pentru testul de teren realizat în vecinătatea localității Dalnic, procedeele de prelucrare a datelor au fost diferite, aliniate la modul în care s-au colectat datele. Astfel, pe baza datelor colectate din teren, s-au identificat trei categorii de evenimente (sarcini, elemente de muncă), iar datele cu privire la consumul de timp specific acestora au fost tratate separat. Timpul consumat pe rând pentru efectuarea tăieturilor de doborâre propriu-zisă a fost separat de diferitele categorii de consum de timp ce au caracterizat întârzierile specifice și a fost considerat a fi timp de bază. Întoarcerile, reintrările pe rând și ieșirile de pe rând, excluzând, de asemenea, diferitele întârzieri, au fost incluse în categoria consumului de timp ajutător. Restul timpului, constând din întârzieri de natură tehnică, personală, operațională sau organizatorică, a fost grupat global în categoria întârzierilor.

În teren, studiul s-a realizat la cel mai înalt nivel posibil de atenție și de detaliu, dar, având în vedere metoda utilizată în colectarea datelor, precum și procedeele tehnice și operaționale aplicate în doborârea lăstarilor cu moto-unelte, nu a fost posibilă luarea în considerare și separarea a câtorva dintre întârzierile foarte scurte. Acestea au fost puține și au fost cauzate, în principal, de remedierea situațiilor în care lăstarii de salcie, după tăiere, au căzut în direcția greșită. Datele colectate referitoare la timpul petrecut în fiecare categorie distinctă de evenimente au fost prelucrate ulterior în etapa de birou a studiului. Prelucrarea datelor a constat în mai mulți pași, specifici studiilor implementate în mod tradițional, după cum urmează:

- Transferul datelor brute din caietele de teren în foi de calcul specifice programului Microsoft Excel, etapă ce a presupus formatarea corespunzătoare a datelor introduse în celule, prin aplicarea unui format care să indice timpul de început și de sfârșit al fiecărui element de muncă înregistrat în carnetul de teren;
- Configurarea unor câmpuri pentru calculul și extragerea consumului de timp în secunde, pe elemente de muncă, prin efectuarea diferențelor dintre timpul de început și timpul de sfârșit al fiecărui element;
- Reorganizarea datelor la nivel de ciclu de muncă, prin separarea consumului de timp specific întârzierilor de cel specific tăierii și, respectiv, întoarcerilor, intrărilor și ieșirilor de pe rând;

- Organizarea datelor cu privire la un ciclu de muncă pe rânduri supuse operațiilor și pe echipe și zile de muncă;
- Descărcarea datelor colectate cu receptoarele GPS în calculator, salvarea acestora în dosare specifice pe zile de muncă și echipe;
- Încărcarea datelor respective în programul software QGis, urmată de utilizarea funcționalităților acestuia pentru a estima lungimea fiecărui rând parcurs, a distanțelor parcurse de fiecare echipă în deplasările specifice întoarcerilor, ieșirilor și intrărilor pe rând, precum și a suprafeței parcurse pe echipe de muncă și pe zile;
- Asocierea, pentru fiecare rând luat în calcul, corespunzând unui ciclu de muncă, a consumului de timp specific tăierii cu lungimea rândului și, respectiv, al consumului de timp pentru întoarceri, intrări și ieșiri cu distanțele acoperite în aceste elemente de muncă;
- Obținerea bazei de date finale pentru analiza statistică și pentru estimarea indicatorilor performanței productive.

Performanța productivă s-a estimat, pe baza datelor colectate din teren sau prelucrate în etapa de birou, prin prisma mai multor indicatori. Viteza de deplasare pe rând a fost calculată pe baza lungimii rândurilor și a timpului de parcurgere cu tăieri fără întârzieri. Același principiu a fost utilizat și pentru a calcula viteza specifică deplasărilor de întoarcere, intrare și ieșire de pe rând. Productivitatea netă a fost calculată ca raport dintre suprafața operată și suma timpilor consumați fără întârzieri, care au inclus timpul de operare pe rând și timpii de întoarcere, intrare și ieșire de pe rând. Productivitatea brută a fost calculată prin luarea în considerare a timpului total observat. Estimarea indicatorilor menționați s-a realizat prin luarea în considerare a celor două echipe, precum și a setului de date global, rezultat din comasarea datelor pe echipe și pe zile. Această abordare a fost necesară pentru a se acoperi și caracteriza condițiile concrete de operare observate în teren.

Analiza statistică a datelor a vizat, în principal, obținerea unor modele care să descrie relațiile funcționale dintre anumite variabile operaționale și consumul de timp specific anumitor elemente de muncă. Pașii parcurși în analiza statistică a datelor au fost următorii:

- Estimarea statisticilor descriptive principale pentru variabilele operaționale și consumul de timp;
- Estimarea indicatorilor performanței productive prin aplicarea abordării descrise anterior;
- Modelarea datelor prin aplicarea tehnicii regresiei liniare simple pentru punerea în evidență a relației funcționale dintre consumul de timp pe categorii și unele variabile operaționale.

Nivelul de încredere adoptat, pragurile de semnificație utilizate, precum și explicațiile cu privire la indicatorii statistici utilizați sunt redată în capitolul de rezultate și discuții, pentru cazul particular al acestui test de teren.

3.7.3. Procesarea și analiza statistică a datelor pentru operațiile post-doborâre

În cazul operațiilor de tocare, colectarea datelor de teren s-a realizat, după cum s-a precizat, prin utilizarea unui receptor GPS și a unui accelerometru. Suplimentar, s-au realizat și înregistrări video. Pentru descărcarea datelor colectate de către cele două dispozitive (receptor GPS și accelerometru) s-au utilizat metodele specifice fiecăruia dintre acestea. Procedurile complete cu privire la transferul, asocierea, procesarea și analiza datelor pentru operațiile de tocare sunt similare celor descrise anterior și prezentate, de asemenea, în Borz et al. (2018). Reșantionarea datelor colectate de către accelerometru a fost realizată de o manieră similară celor expuse în subcapitolul anterior, tocmai pentru a se putea sincroniza acest set de date cu cele colectate prin proceduri GPS.

În comparație cu procedurile utilizate în cazul operațiilor de doborâre cu moto-unelte, principalele diferențe ce au apărut și au fost tratate ca atare, au fost cele legate de regimul de funcționare al tocătorului și de pragurile stabilite pentru separarea unor evenimente specifice. Având în vedere organizarea muncii în operațiile de tocare, s-au urmărit două evenimente cu privire la mișcarea

agregatului compus din tractor și tocător: staționare (**NM**) și, respectiv, mișcare sau deplasare (**M**). Prima categorie de evenimente reprezintă situația în care agregatul a staționat într-un anumit punct, indiferent de alte stări sau operații desfășurate (**C** - tocare sau **NC** - fără tocare), iar cea de-a doua categorie de evenimente este cea legată de deplasarea tocătorului dintr-o porțiune a suprafeței parcurse cu operații în alta (în timpul deplasării nu au fost tocați lăstari). Pentru a documenta evenimentele de mișcare, pentru datele GPS, a fost setat un prag care a avut în vedere viteza GPS și care a fost stabilit la 0,5 km/h (**S** = 0,5 km/h), pe baza argumentelor precizate în cazul doborârii cu moto-unelte. În urma analizei fișierelor video, s-a stabilit un prag de 5 g pentru separarea datelor cu privire la accelerație (**A** = 5 g), făcându-se astfel diferența între regimurile de funcționare ale tocătorului; valorile mai mici decât 5 g au fost atribuite evenimentelor **NC**, iar cele mai mari sau egale cu 5 au fost atribuite evenimentelor **C**. Ca urmare a analizei video, au fost identificate trei stări specifice ale tocătorului: cu motorul oprit, cu motorul în funcțiune fără a toca și, respectiv, cu motorul în funcțiune tocând. Ultima stare a tocătorului a fost aceea în care datele colectate cu privire la accelerație au depășit, prin valorile proprii, valoarea pragului **A** = 5 g. Ca atare, pentru operațiile de tocare, procesarea datelor s-a realizat în scopul separării a trei evenimente ce caracterizează regimurile de operare sau funcționare ale tocătorului și anume: tocare - **NM_C**, staționare fără tocare - **NM_NC** și deplasare sau mișcare - **M**.

Datele colectate în teren pentru operațiile de formare și legare a fascinelor din lăstarii de salcie au fost organizate în succesiunea logică de înregistrare a fișierelor video. Apoi, aceste fișiere au fost analizate prin utilizarea unor programe software de vizualizare gratuite, similar celor specificate în cazul operațiilor de doborâre și de tocare. Deși a fost posibilă o separare mai precisă a sarcinilor de muncă specifice fiecărui muncitor, s-a constatat că o astfel de abordare ar fi fost contraproductivă, dat fiind că anumite secvențe ar fi putut fi reorganizate în alte situații de studiu, diferite de cea de față. Ca atare, contorizările care s-au realizat au fost cele din perspectiva produsului muncii, și anume, fascinele realizate. Prin urmare, nu s-au realizat separări pe elemente specifice de muncă, ci s-a luat în considerare doar perioada de timp necesară pentru a produce o fascină de către o echipă de muncă, perioadă din care s-au exclus timpii consumați ca întârzieri. Pentru aceasta, timpii de muncă au fost extrași din fișierele video înregistrate în teren, prin rularea și vizionarea fiecărui fișier video în parte, concomitent cu înscrierea pe un carnet a datelor relevante pentru calcul, activitate ce s-a realizat în etapa de birou a studiului. Consumul de timp estimat în acest fel a fost cel care a caracterizat un ciclu de muncă, ultimul fiind alcătuit din elementele de muncă descrise în capitolul de colectare a datelor de teren specifice acestor operații.

Analiza statistică cu privire la datele procesate pentru operațiile de tocare și pentru cele de formarea și legare a fascinelor a constatat, în general, din estimarea statisticilor descriptive cu privire la distribuția consumului de timp pe categorii specifice. Acestea au constatat din estimarea frecvențelor relative sub formă procentuală, pe categorii, precum și în estimarea cantităților absolute pe categorii, în cazul operațiilor de tocare. Tot pentru aceste operații, analiza a inclus, similar operațiilor de doborâre, o componentă geospațială care indică vizual modul și performanța algoritmilor și pragurilor utilizate pentru separarea consumului de timp pe categorii. Atât în cazul operațiilor de tocare, cât și în cazul celor de formare și legare a fascinelor, analiza statistică a datelor a condus și la estimarea unor indicatori ai performanței productive, redați sub formele deja descrise: indicatori neți și bruți.

CAPITOLUL 4: REZULTATE ŞI DISCUŢII

4.1. Rezultate şi discuţii privind performanţa productivă în operaţii de plantare

Suprafaţa totală pe care s-au desfăşurat operaţiile de plantare şi care a fost luată în studiu a însumat aproximativ 16,8 hectare, revenind în medie o suprafaţă de circa 1,20 hectare pe test luat în studiu şi de aproximativ 0,6 hectare pe studiu individual, configurat la nivelul unei echipe de muncă observată (**Tabelul 12**). Aceste date caracterizează destul de bine situaţia curentă actuală, cel puţin din România, cu privire la mărimea suprafeţelor cultivate cu salcie energetică. După cum se mai poate observa, a existat o variaţie semnificativă în ceea ce priveşte mărimile suprafeţelor operate, atât la nivelul testelor implementate, cât şi la nivelul studiilor individuale, conturate în jurul echipelor de muncă (**Tabelul 12**), mărimi ce au variat între circa 0,1 şi 1,6 hectare. Lungimea totală, cumulată, a rândurilor de plantat dintr-un studiu individual, a fost, în medie, de 2,67 km (cu o valoare mediană de aproximativ 2,23 km), iar distanţa totală acoperită, reprezentând suma lungimilor rândurilor şi a distanţelor acoperite cu manevre de capăt, a însumat, la nivelul unui studiu individual, în medie, aproximativ 3 km (cu o valoare mediană de 2,5 km).

În condiţiile observate, la nivel de studiu individual, manevrele de întoarcere realizate la capăt de rând au cumulat, în medie, doar 0,27 km (cu o valoare mediană de 0,2 km); trebuie menţionat că acest tip de manevre a însumat, la nivelul total al studiului cu privire la performanţa productivă a operaţiilor de plantare, aproape 7,5 km, reprezentând aproximativ 9% din distanţa totală acoperită, ce a însumat aproximativ 82 de kilometri (**Tabelul 12**). Prin urmare, cea mai mare distanţă parcursă în cadrul acestor operaţii a fost cea specifică plantării propriu-zise (respectiv distanţa parcursă pe rând), reprezentând 91% din distanţa parcursă şi însumând aproximativ 74,7 kilometri.

În teren, observaţiile au acoperit aproape 118 ore de muncă (**Tabelul 12**); din acest total, predominant a fost timpul consumat în operaţiile de plantare, ce a însumat peste 88 de ore de muncă, reprezentând 75,6% din timpul total observat. Mai mult de 73% din timpul de plantare a fost consumat pentru a realiza plantarea efectivă (**RT**), iar restul a fost consumat cu manevrele de întoarcere şi reintrare pe rând, realizate la capătul suprafeţelor (**HT**). Întârzierile de diferite naturi au avut un procent semnificativ în timpul total luat în studiu, reprezentând 19,4% (circa 23 de ore). În categoria întârzierilor (**DT**), o proporţie de peste 76% a fost cea specifică unor evenimente apărute la capetele suprafeţelor (**HD**). Timpul de pregătire a operaţiilor de plantare a însumat, la nivelul studiului, 5,8 ore, reprezentând 4,9% din timpul total luat în studiu (**TST**). În medie, timpul total observat, la nivelul unui studiu individual de teren, a fost de aproximativ 4,2 ore de muncă (cu valoarea mediană de 3,2 ore) şi a variat destul de larg, în funcţie de mărimea suprafeţelor testelor şi, respectiv, a studiilor individuale realizate în teren (**Tabelul 12**). Din timpul total la nivelul unui studiu de teren, timpul consumat cu plantarea a fost sesizabil dominant, în medie fiind de aproximativ 3,2 ore de muncă (cu valoarea mediană de 2,6 ore); din acesta, timpul petrecut pe rând a fost, în medie, de circa 2,4 ore (cu valoarea mediană de 2,0 ore) şi, de asemenea, a fost caracterizat de o variabilitate amplă, având valori cuprinse între circa 0,4 şi aproape 6 ore. Întârzierile globale la nivel de studiu individual au fost, în medie, de aproximativ o oră (cu o valoare mediană de 0,5 ore). O distribuţie de detaliu a consumului de timp pe categorii este redată în **Figura 14**, pentru fiecare studiu individual în parte, din care reiese o eterogenitate evidentă, ce s-a datorat, în principal, dimensiunilor suprafeţelor operate. Ambele categorii de întârzieri (cele apărute la capăt şi cele apărute pe rând) au indicat tendinţa de a creşte ca valoare relativă, în funcţie de mărimea suprafeţelor studiilor individuale (**Tabelul 2**). O dinamică similară a fost observată în cazul consumului de timp cu plantarea propriu-zisă pe rând (**RT**), precum şi pentru consumul de timp specific manevrelor de întoarcere şi reintrare în rând (**HT**), ce au avut o creştere proporţională cu mărimile suprafeţelor, după cum acestea sunt redată în **Tabelul 2**.

Tabelul 12. Statistici descriptive cu privire la variabilele operaţionale şi la consumului de timp, specifice operaţiilor de plantare

Variabile	Statisticile descriptive ^a				
	Valoarea minimă	Valoarea maximă	Mediana	Sume	Pondere
Variabile operaţionale					
Suprafaţa operată - OA (ha)	0,106	1,561	0,501	16,816	-
Lungimea cumulate a rândurilor - RL (km)	0,471	6,937	2,227	74,747	90,9
Lungimea manevrelor de întoarcere - HRL (km)	0,034	0,939	0,200	7,438	9,1
Lungimea totală cumulată- TL (km)	0,516	7,876	2,504	82,185	100,0
Consumul de timp					
În plantare efectivă pe rând - RT (ore)	0,416	5,869	1,982	65,861	74,1^b
În întoarceri - HT (ore)	0,081	2,933	0,529	22,971	25,9^b
În plantare - PT (ore)	0,531	8,455	2,577	88,832	75,6^d
În pregătirea plantării - PPT (ore)	0,000	1,043	0,143	5,812	4,9^d
Întârzierile pe rând - RD (ore)	0,000	0,610	0,153	5,381	23,4^c
Întârzierile apărute la capăt de rând- HD (ore)	0,057	2,285	0,378	17,577	76,6^c
Întârzieri - DT (ore)	0,132	2,844	0,503	22,958	19,5^d
Timpul total observat - TST (ore)	0,726	10,984	3,213	117,601	100,0

Notă: ^amajoritatea datelor nu au trecut testul de verificare a normalităţii, motiv pentru care au fost utilizate valorile mediane pentru raportare. În text, se precizează şi valorile medii; ^bponderea în timpul plantării, ^cponderea în timpul consumat ca întârzieri, ^dponderea în timpul total luat studiu.

Factorul cel mai semnificativ şi util pentru cercetare şi practică, ce a explicat variaţia consumului de timp în astfel de operaţii, a fost suprafaţa operată (**OA**, ha). În **Figura 15** este prezentată relaţia de dependenţă dintre majoritatea categoriilor de consum de timp luate în studiu şi variaţia mărimii suprafeţei operate. Toate modelele dezvoltate şi prezentate în **Tabelul 13** au fost semnificative ($\alpha = 0,05$, $p < 0,01$) şi majoritatea au reuşit să explice variabilitatea consumului de timp în proporţii mai mari de 95% ($R^2 > 0,95$). Din modelul dezvoltat pentru consumul de timp total, pentru condiţiile observate, rezultă că plantarea unui hectar poate dura mai mult de 7 ore, rezultat susţinut şi de proprietarul agregatului de plantat, el indicând faptul că rata sa de plantare este de circa un hectar pe zi. Cu toate acestea, prin excluderea întârzierilor, această valoare scade la 77% faţă de cea iniţială (aproximativ 5,5 ore). Presupunând că timpul de pregătire al lucrărilor ar fi comun unor suprafeţe apropiate, timpul de lucru s-ar reduce până la 74% faţă de valoarea iniţială. Orientativ, în ceea ce priveşte plantarea propriu-zisă pe rând, aceasta a fost influenţată de mărimea suprafeţei operate, rezultând că un hectar poate fi plantat în aproximativ 3,9 ore de muncă.

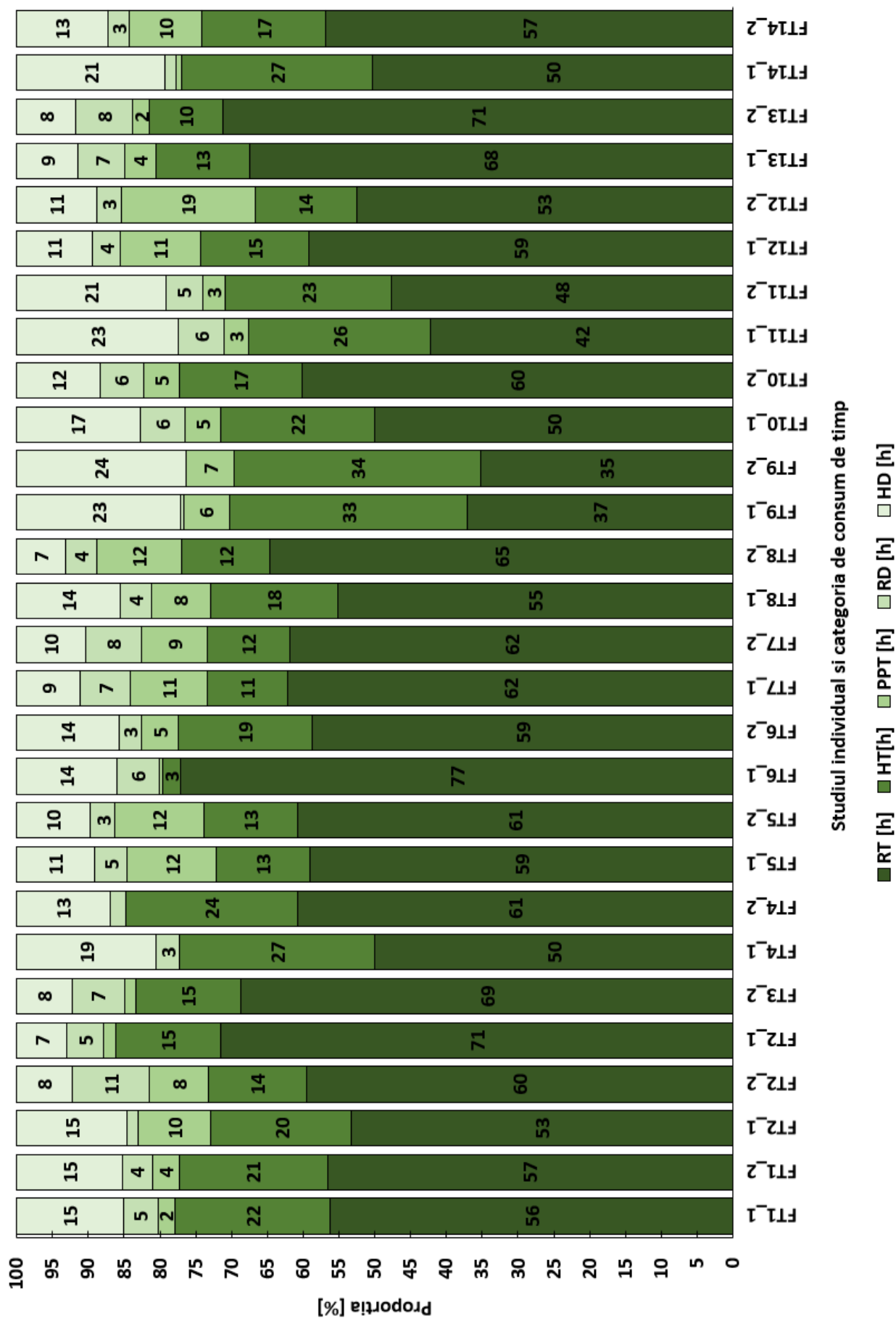


Figura 14. Distribuția timpului pe categoriile studiate și pe testele din teren

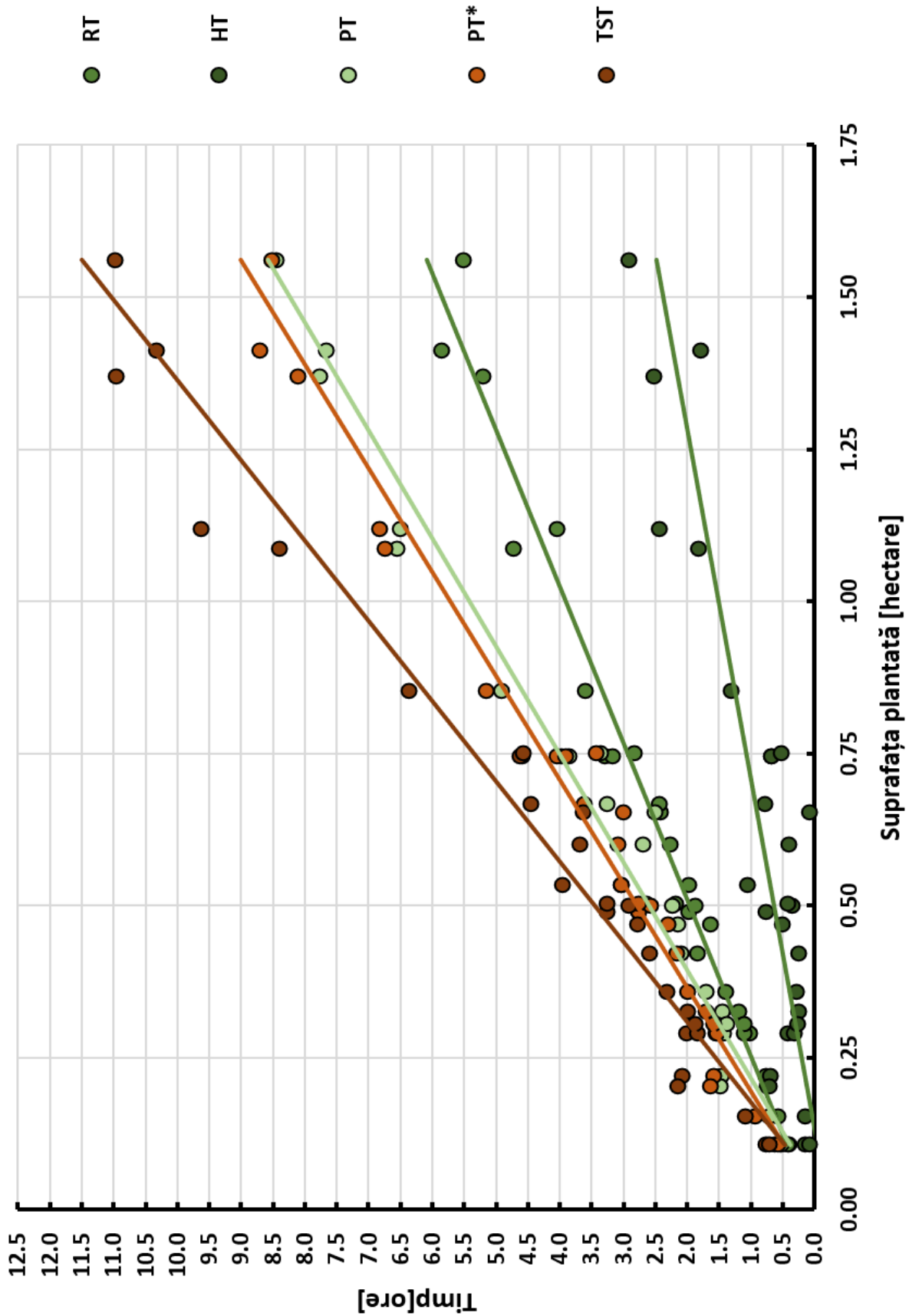


Figura 15. Modele de predicție care arată variația datelor privind consumul de timp explicate de variația zonei de operate

Legendă: **TST** - timp total de studiu, **PT *** - timp de plantare, inclusiv timpul de pregătire a plantării, **PT** - timp de plantare, **RT** - timp pe rând, **HT** - timp de întoarcere, **OA** - suprafața operată.

Tabelul 13. Modele predictive ce exprimă variația consumului de timp în funcție de suprafața operată

Model predictiv	N	Statisticile modelului		
		R ²	α	p
$TST \text{ [ore]} = 7,58 \times OA \text{ [ha]} - 0,33$	28	0,97	0,05	<0,01
$PT \text{ [ore]} = 5,62 \times OA \text{ [ha]} - 0,21$	28	0,98	0,05	<0,01
$PT^* \text{ [ore]} = 5,85 \times OA \text{ [ha]} - 0,13$	28	0,98	0,05	<0,01
$RT \text{ [ore]} = 3,89 \times OA \text{ [ha]} + 0,02$	28	0,98	0,05	<0,01
$HT \text{ [ore]} = 1,73 \times OA \text{ [ha]} - 0,22$	28	0,78	0,05	<0,01

Notă: *TST* - timp total de studiu, *PT* * - timp de plantare, inclusiv timpul de pregătire a plantării, *PT* - timp de plantare, *RT* - timp pe rând, *HT* - timp de întoarcere, *OA* - suprafața operată.

Tabelul 14 oferă o imagine de ansamblu cu privire la principalii indicatori ai performanței productive, după cum aceștia au fost estimați din datele colectate în teren. Viteza de plantare a fost, în medie, de aproximativ $0,94 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$ și a variat între aproximativ $0,8$ și $1,2 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$, fiind influențată, în mare măsură, de unele manevre foarte lente ce au apărut la capetele suprafețelor operate. Viteza cu care s-au realizat manevrele de întoarcere și reintrare pe rând a fost cuprinsă între mai puțin de $0,2$ și mai mult de $1,9 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$, cu o valoare mediană de aproximativ $0,3 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$. Viteza de deplasare în timpul plantării propriuzise a fost totuși mai mare ($RS = 1,17 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$).

În condițiile observate (**Tabelul 14**), eficiența brută a variat, în studiile individuale de teren, de la aproximativ $5,5$ până la peste $10,5 \text{ ore} \times \text{ha}^{-1}$, fiind estimată, în medie, la aproximativ $6,7 \text{ ore} \times \text{ha}^{-1}$. O îmbunătățire evidentă a fost observată în cazul eficienței efective, ce a avut o valoare medie de aproximativ $5,1 \text{ ore} \times \text{ha}^{-1}$, în timp ce eficiența estimată pentru plantarea propriu-zisă pe rând a fost de circa $3,8 \text{ ore} \times \text{ha}^{-1}$. În aceste condiții, productivitatea brută a variat între aproximativ $0,10$ și $0,18 \text{ ha} \times \text{oră}^{-1}$, și a fost, în medie, de aproximativ $0,15 \text{ ha} \times \text{h}^{-1}$. Întârzierile, indiferent de natura lor, au influențat productivitatea în proporție de aproximativ 20%, dat fiind faptul că valoarea netă a acesteia a fost, în medie, de aproximativ $0,18 \text{ ha} \times \text{h}^{-1}$.

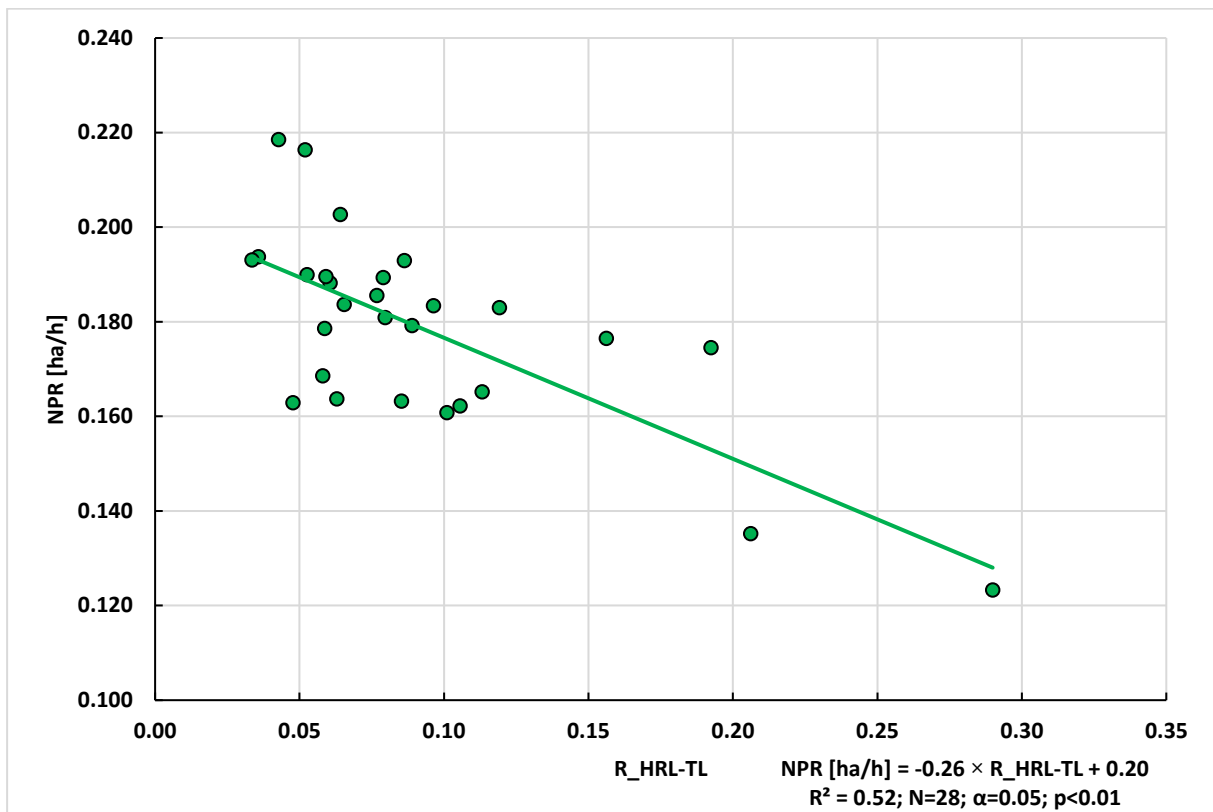
Pentru a îmbunătăți eficiența și productivitatea muncii, trebuie acordată o atenție deosebită părții organizatorice a acestor operații. În **Figura 16** sunt prezentate relațiile de dependență și variabilitatea acestora, dintre productivitatea netă (*NPR*) și raportul dintre lungimea manevrelor de întoarcere și distanța totală acoperită (*R_HRL-TL*), pe de o parte, și, respectiv, raportul dintre consumul de timp în manevre de întoarcere și reintrare în rând și consumul de timp în plantare (*R_HT-PT*), pe de altă parte. Ambii indicatori au variat destul de larg, primul fiind cuprins în intervalul $0,03 - 0,29$, iar cel de-al doilea fiind cuprins în intervalul $0,03 - 0,50$ (**Tabelul 14**). Modelele dezvoltate au indicat o scădere evidentă și invers proporțională a productivității, în funcție de mărimile indicatorilor menționați (**Figura 16**).

Relația de dependență a fost și mai evidentă atunci când s-a utilizat raportul *R_HT-PT* ($R^2 = 0,64$), ceea ce a indicat faptul că, pentru a crește performanța productivă a operațiilor de plantare, ar trebui reprojctate ieșirile și intrările din și în suprafața de plantat, respectiv minimizarea timpului consumat cu manevrele de întoarcere petrecute la capătul suprafeței. Întrucât aceste sarcini de muncă sunt legate din punctul de vedere al consumului de timp de distanțele parcurse, probabil că o bună reorganizare a procesului de muncă ar putea avea în vedere mutarea din aproape în aproape, pe măsură ce operațiile progresează într-o suprafață dată, a tehnicii de depozitare provizorie a materialului săditor, respectiv depozitul provizoriu de realimentare cu butași. Mutarea din aproape în aproape a acestuia ar conduce la micșorarea distanțelor parcurse în afara suprafeței, eliminând parțial unele manevre realizate la capătul acesteia și, respectiv, scurtând timpul consumat la capete. Pentru a susține această idee și pentru o imagine de ansamblu mai bună cu privire la efectele pe care le au aceste rapoarte asupra productivității, se pot lua în analiză valorile extreme prezentate în **Figura 16**. Astfel, când raportul dintre *HL* și *TL* a fost de aproximativ $0,05$, situația s-a transpus, din punctul de vedere al productivității, într-o creștere a acesteia de aproape $1,50$ ori în comparație cu o valoare a aceluiași raport de $0,3$, obținându-se astfel o creștere de aproximativ 50% în ceea ce privește productivitatea muncii. Acest aspect ar putea contribui la sustenabilitatea

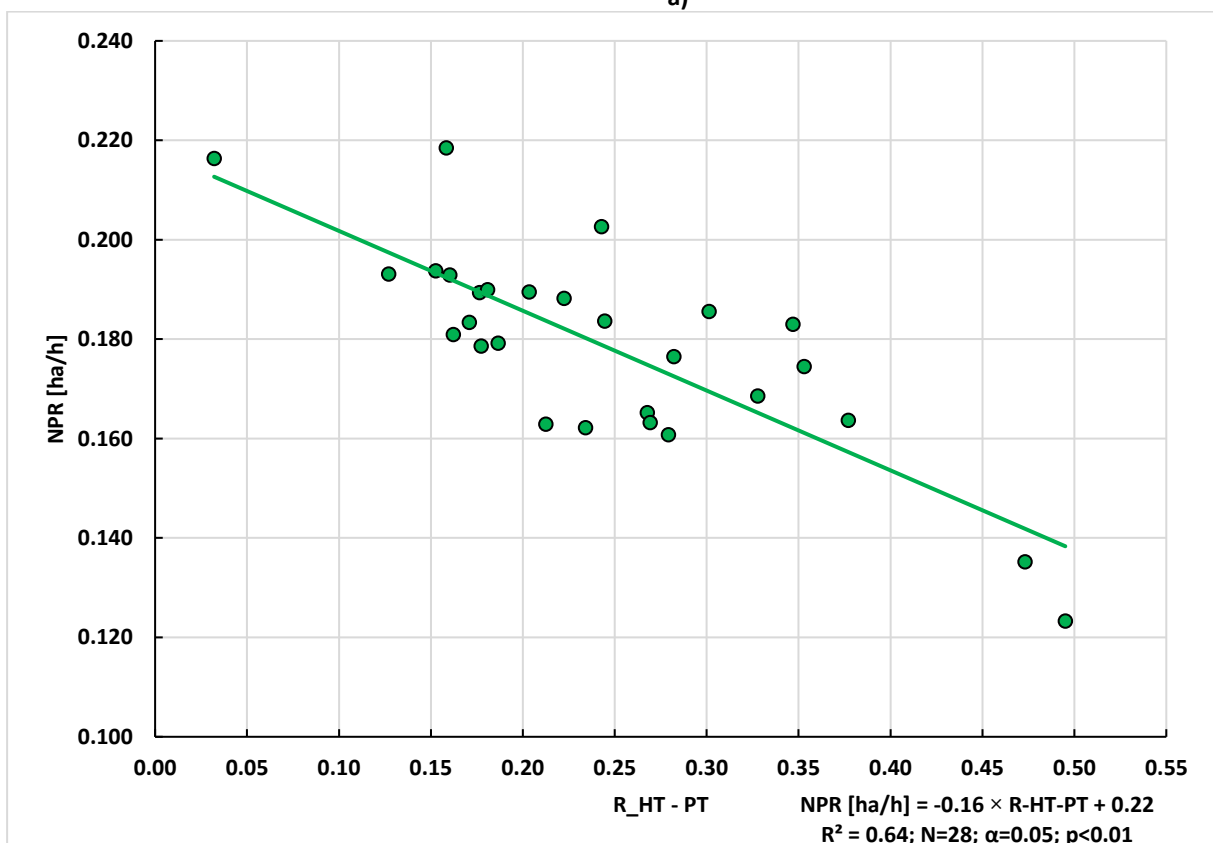
operațiilor de întemeiere a culturilor de salcie realizate la scară mică. Rezultate similare pot fi obținute atunci când se analizează și raportul ce ia în considerare consumul de timp.

Tabelul 14. Statisticile descriptive cu privire la indicatorii performanței productive

Variabile	Statistici descriptive		
	Valoarea minimă	Valoarea maximă	Valoarea mediană
Indicatori spațiali			
Raportul dintre HRL și RL (R_{HRL-RL})	0,03	0,41	0,08
Raportul dintre HRL și TL (R_{HRL-TL})	0,03	0,29	0,08
Raportul dintre RL și TL (R_{RL-TL})	0,71	0,97	0,92
Indicatori temporali			
Raportul dintre HT și RT (R_{HT-RT})	0,03	0,98	0,30
Raportul dintre HT și PT (R_{HT-PT})	0,03	0,50	0,23
Raportul dintre RT și PT (R_{RT-PT})	0,50	0,97	0,77
Viteza de operare			
Viteza pe rând - RS ($km \times h^{-1}$)	1,00	1,27	1,17
Viteza în timpul manevrelor pe capăt - HS ($km \times h^{-1}$)	0,14	1,97	0,31
Viteza în timpul plantării - PS ($km \times h^{-1}$)	0,81	1,22	0,94
Butași plantați			
Număr de butași plantați pe oră - BO (butași $\times h^{-1}$)	4515,4	6089,8	5032,0
Număr de butași plantați pe metru - CM (butași $\times m^{-1}$)	1,81	2,59	2,32
Distanța dintre butași - DC (m)	0,39	0,55	0,43
Productivitate și eficiență			
Productivitatea brută - GPR ($ha \times h^{-1}$)	0,094	0,179	0,149
Productivitatea netă - NPR ($ha \times h^{-1}$)	0,123	0,218	0,182
Productivitatea efectivă - EPR ($ha \times h^{-1}$)	0,135	0,223	0,196
Productivitatea pe rând - RPR ($ha \times h^{-1}$)	0,225	0,285	0,263
Eficiența brută - GER ($h \times ha^{-1}$)	5,589	10,627	6,696
Eficiența netă - NER ($h \times ha^{-1}$)	4,577	8,113	5,497
Eficiența efectivă - EER ($h \times ha^{-1}$)	4,484	7,400	5,114
Eficiența pe rând - RER ($h \times ha^{-1}$)	3,508	4,438	3,797



a)



b)

Figura 16. Relația de dependență dintre productivitatea netă și indicatorii R_HRL-TL (a) și R_HT-PT (b)

Scopul principal al studiului cu privire la operațiile de plantare realizate cu mijloace parțial mecanizate a fost acela de a documenta performanța productivă în astfel de operații, pe fondul lipsei de date cu privire la acest tip de operații și echipamente de plantare. Prin urmare, studiul a produs rezultate ce pot fi comparate cu cele disponibile în literatura internațională și care, în același timp, permit luarea unor

măsuri pentru îmbunătăţirea performanţei productive. În studiile de specialitate, de exemplu, s-a constatat că viteza de operare variază destul de mult, în funcţie de maşina folosită şi, probabil, de configurarea operaţională. Manzone şi Balsari (2014) au relatat viteze de operare cuprinse în intervalul de 1,0 - 1,2 km × h⁻¹, pentru un set de maşini de plantat testate în suprafeţe în care terenul a fost pregătit anterior, în condiţii de sol nisipos şi pentru o densitate de plantare de 6.700 de butaşi pe hectar. Pentru maşinile din alte clase de mecanizare, cum ar fi plantatorul în paşi (Salix Maskiner), s-a constatat faptul că sunt capabile să susţină viteze de deplasare mai mari, care se situează în intervalul de 2 - 5 km × h⁻¹ (Bush et al., 2015; Manzone şi Balsari, 2014). Viteza de operare, după cum a rezultat din testele realizate în teren pentru acest studiu, a fost cuprinsă în intervalul 1,0 - 1,3 km × h⁻¹, fiind astfel comparabilă cu cea a unui echipament similar (Allasia), descris de Manzone şi Balsari (2014). Cu toate acestea, după cum reiese din acest studiu, variaţia vitezei de operare a fost scăzută, iar creşteri ale acestui parametru sunt puţin probabil să apară, dacă se utilizează acelaşi nivel tehnologic şi o aceeaşi densitate de plantare (circa 14.000 de butaşi la hectar). Acest lucru se datorează faptului că, este puţin probabil ca muncitorii (plantatorii manuali) să poată menţine ritmul plantării manuale la viteze mai mari, pentru o aceeaşi densitate de plantare. Pe de altă parte, o îmbunătăţire poate apărea dacă echipamentul de plantare este reproiectat pentru a putea planta la aceeaşi viteză şi densitate de plantare un set de rânduri duble la o trecere, o încercare al cărei succes va depinde, în cele din urmă, de capacitatea tractoarelor utilizate şi de limitările de natură tehnică impuse de forma şi de dimensiunile suprafeţelor care trebuie plantate. De fapt, proprietarul echipamentului a dezvoltat o astfel de maşină de plantare, dar totuşi este utilizată, în prezent, într-o măsură mai mică, datorită dimensiunilor mici pe care le au suprafeţele ce urmează a fi plantate.

4.2. Rezultate şi discuţii privind operaţiile de doborâre cu moto-unelte

Pentru evaluarea performanţei operaţionale în lucrările de doborâre cu moto-unelte, s-au realizat trei teste de teren: **Poian 1** şi **Poian 2**, unde s-au folosit aceleaşi tipuri de colectori de date şi, respectiv, **Dalnic**, unde s-a folosit un receptor GPS în combinaţie cu o colectare tradiţională a datelor. Pentru testul **Poian 1**, studiul realizat prin asocierea seriilor de date colectate cu ajutorul acestor dispozitive a acoperit aproape 26.700 de observaţii colectate pentru acceleraţie şi peste 5.400 de poziţii (puncte) GPS, având o durată totală ce s-a extins pe o zi de muncă. În **Figura 17** sunt reprezentate grafic proporţiile ce au rezultat, prin cele două abordări de eşantionare (1, respectiv 5 secunde), între timpul în care motorul moto-uneltei a fost oprit (**TS**, s) şi respectiv, timpul în care motorul moto-uneltei a fost pornit (**TR**, s), în timpul total luat în studiu (**TT**). Re-eşantionarea seriilor de date a condus la rezultate similare în ceea ce priveşte precizia de identificare a cele două stări ale motorului (**TS** şi **TR**), deoarece diferenţele dintre cele două distribuţii au fost mai mici de 0,01%.

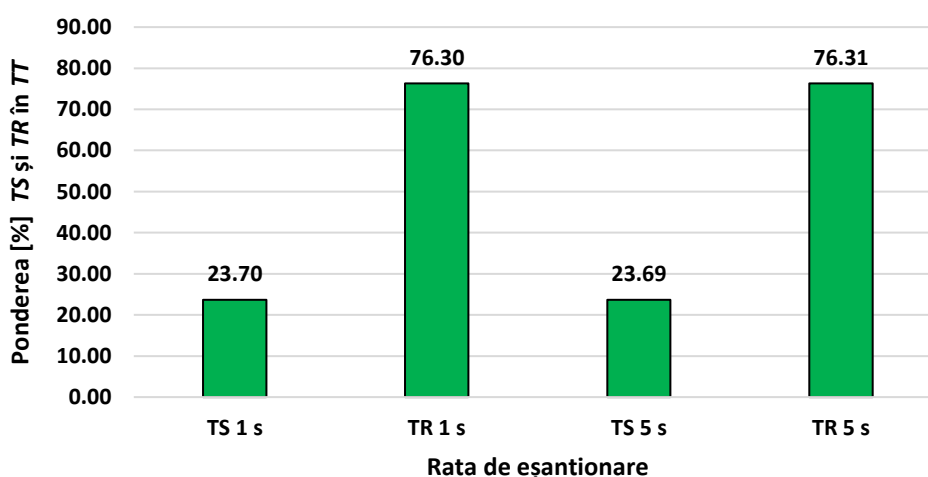


Figura 17. Ponderea timpului cu motorul în stare oprită (**TS**) şi pornită (**TR**) în timpul total (**TT**), în funcţie de rata de eşantionare (1 şi, respectiv, 5 s)

În seria de date re-eşantionată cu privire la acceleraţie, de cele mai multe ori (în mai mult de 75% din cazuri) motorul a fost recunoscut ca fiind în starea de funcţionare, un aspect care ar putea indica o proporţie mare a consumului de timp ca timp productiv (**Figurile 18** şi **19**). Aceste rezultate cu privire la

timpul de funcționare ar putea fi de un mare folos în studii de viitor care să cuantifice consumurile de carburant și să le coreleze cu consumul de timp.

În **Figura 18** sunt reprezentate două imagini de ansamblu, detaliate, ale datelor originale descărcate din colectorul de date (colectate la un interval de o secundă, **Figura 18a**) și, respectiv, a datelor re-șantionate (**Figura 18b**) alături de pragul stabilit ($A = 4$ g), din care reiese consumul de timp ce caracterizează cele două stări ale motorului: în funcțiune (**TR**) și oprit (**TS**). Pregătirea moto-uneltei, inclusiv montarea și demontarea discului de tăiere, au reprezentat evenimente în care accelerația a depășit primul prag setat la 1,5 g, dar au avut o durată mai scurtă în comparație cu activitatea de tăiere efectivă. De asemenea, echiparea și dezechiparea cu moto-uneltea a fost caracterizată de o accelerație ce a depășit pragul de 4 g, dar fără a atinge nivelul specific activității de tăiere (de ordinul a 10-18 g). Astfel de evenimente pot fi observate în datele din **Figura 18a** și au avut loc la începutul și la sfârșitul zilei de muncă. Cu toate acestea, după re-șantionarea datelor, aceste evenimente, care în setul original au fost recunoscute ca stare de funcționare a motorului, au fost eliminate din seriile de date. Prin urmare, prin abordarea utilizată, s-a reușit separarea celor două stări ale motorului, iar studiul din teren a indicat și prezența întârzierilor, în timpul cărora motorul se află în stare de funcționare.

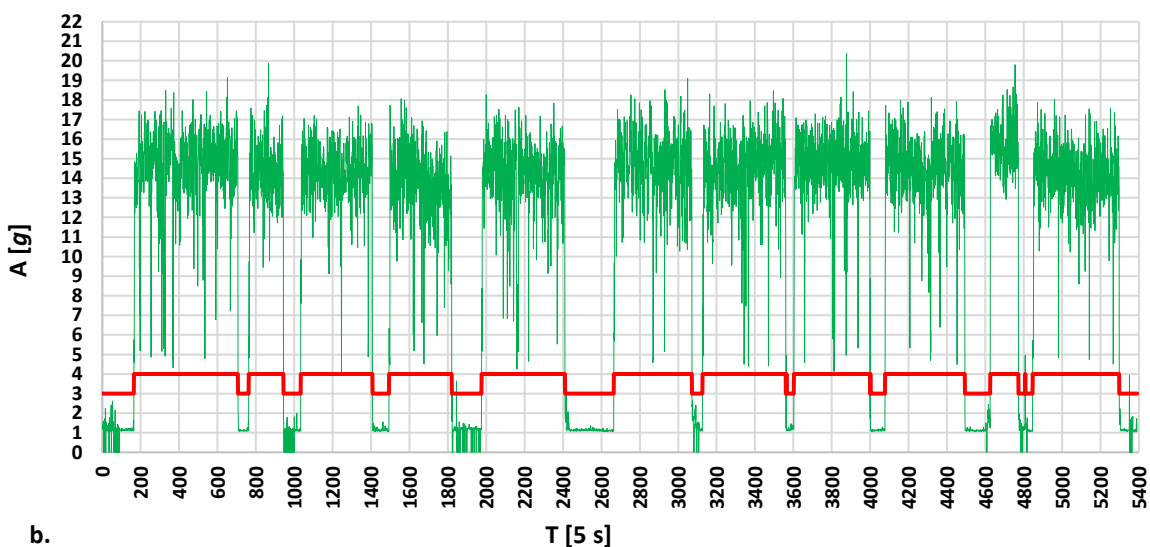
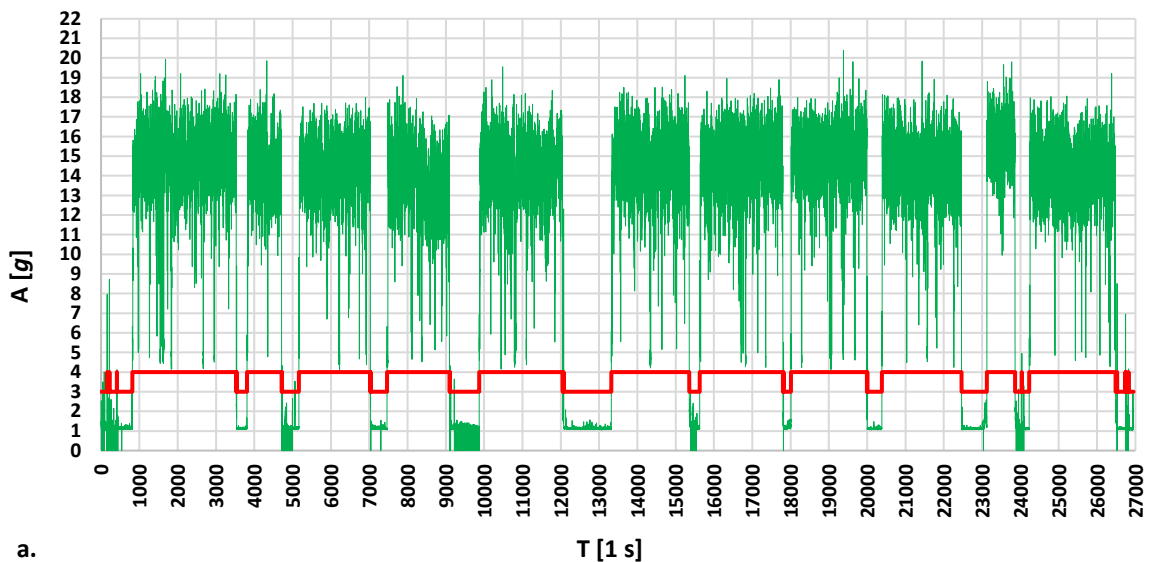


Figura 18. Precizia de recunoaștere a stării de funcționare a motorului

Legendă: motor oprit (**TS**) și, respectiv, pornit (**TR**) în timpul total (**TT**) pentru ratele de eșantionare de 1 (a) și, respectiv, 5 s (b); culoarea verde reprezintă dinamica seriilor de date cu privire la accelerație și culoarea roșie reprezintă starea motorului (funcționare: $A = 4$ g și, respectiv, oprit: $A = 3$ g)

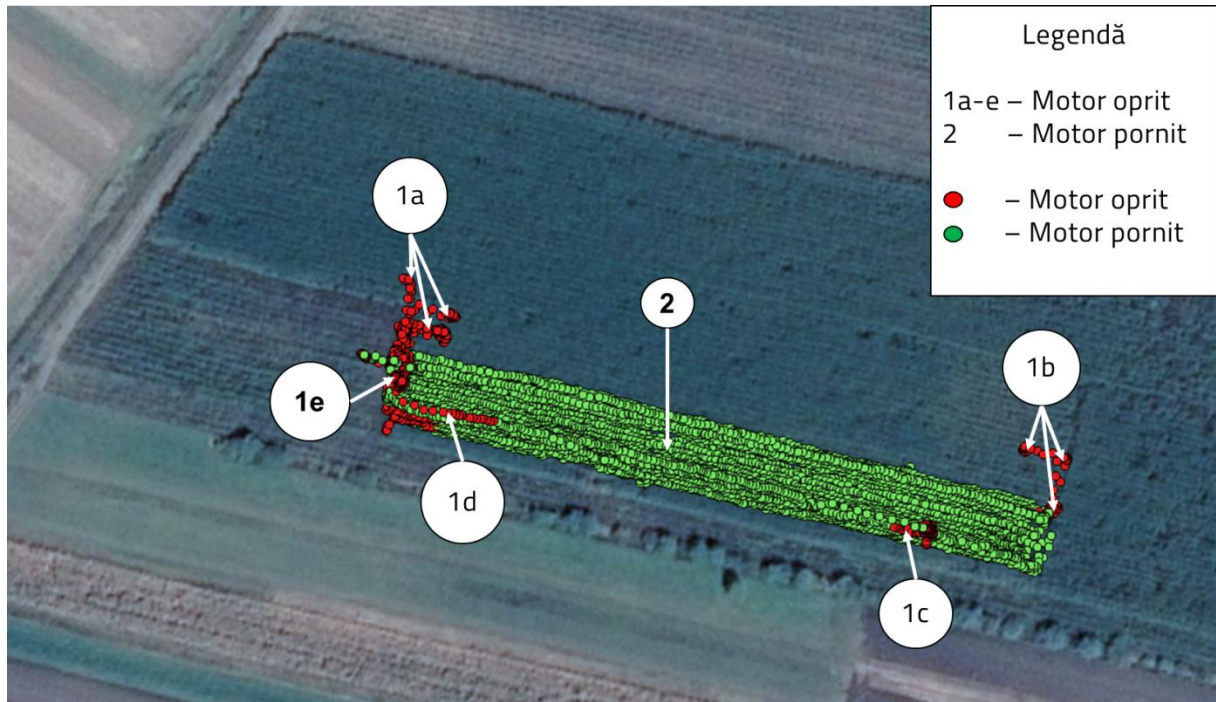


Figura 19. Starea motorului reprezentată grafic pe hartă

Surs: prelucrare în QGis pe baza datelor de teren și a imaginilor aeriene disponibile gratuit. Legendă: 1a - motor oprit, în timpul pregătirii echipamentului de tăiere la începutul studiului, incluzând alimentarea cu combustibil; 1b - timpul de odihnă la sfârșitul rândului și necesități personale; 1c - timpul de odihnă și de alimentare cu combustibil în teren; 1d - deplasare cu motorul oprit pentru reparații la capătul rândului; 1e - pauze de odihnă și alte evenimente ce au avut loc la capătul suprafeței; 2 - motorul în stare de funcționare

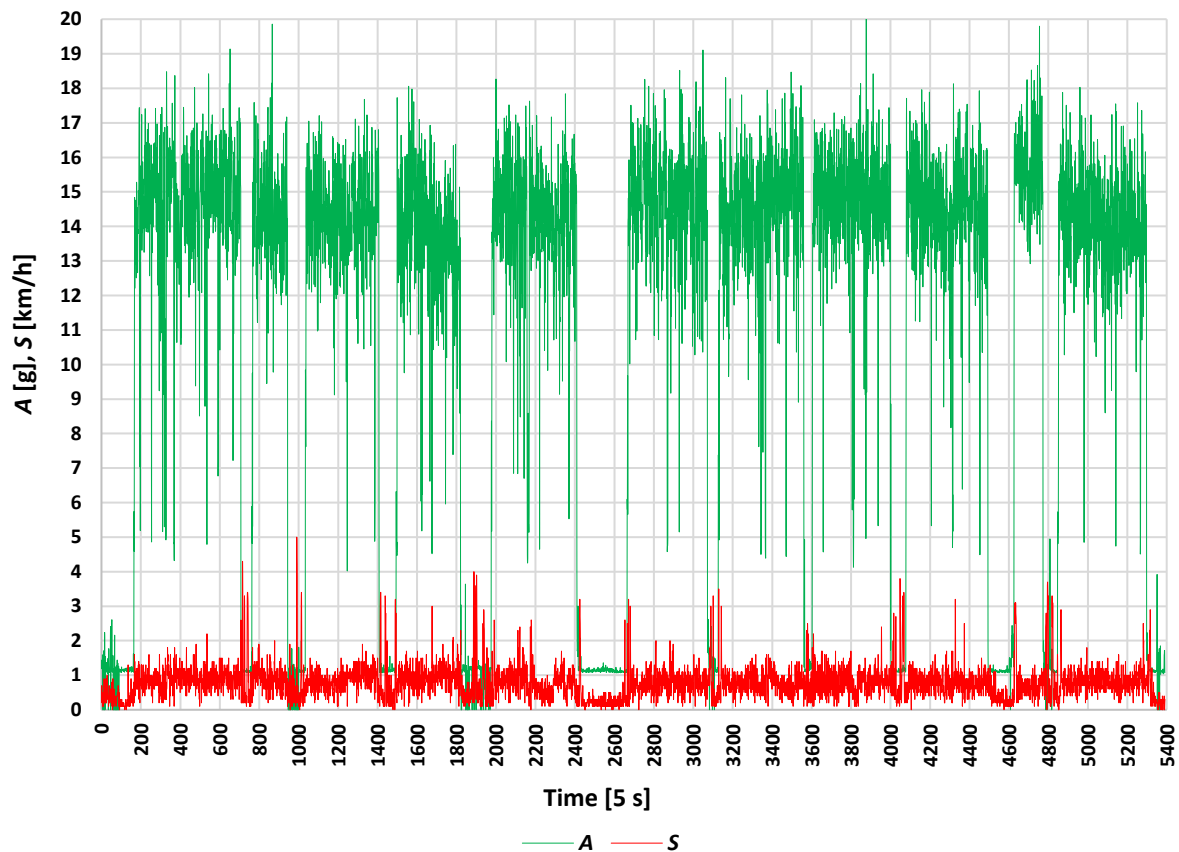
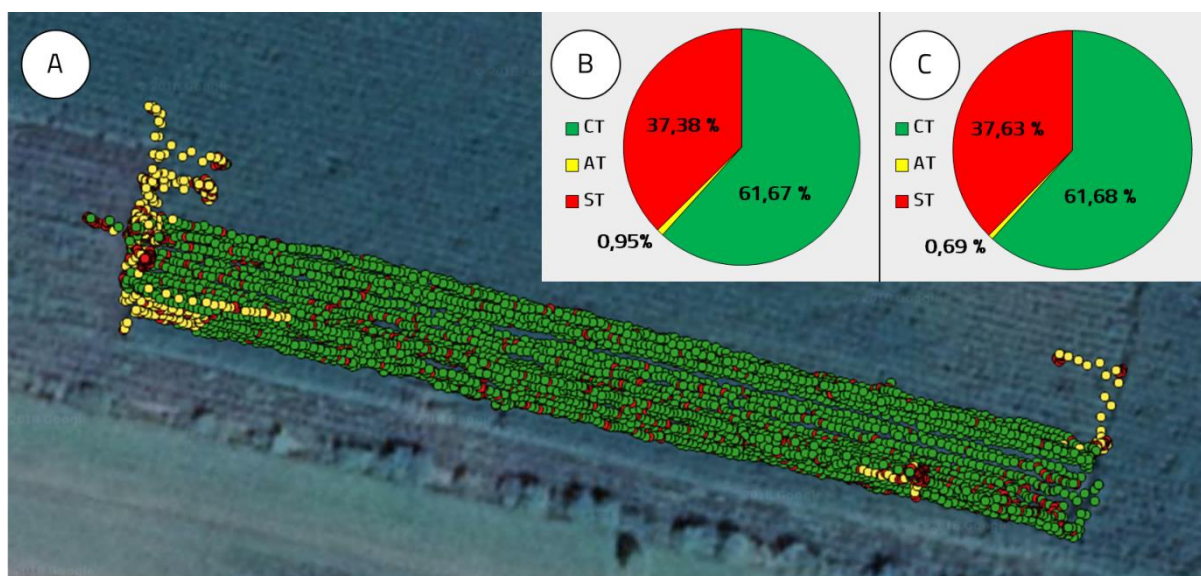


Figura 20. Dinamica accelerației și a vitezei de deplasare în seriile de date re-șantionate

În **Figura 20** se prezintă dinamica accelerației și a vitezei GPS în seriile de date re-șantionate, asociate cu seriile de date de natură temporală. Evenimentele specifice pot fi identificate la o simplă observare mai atentă a seriilor de date. În general, elementele de muncă ce au caracterizat tăierea propriu-zisă au fost caracterizate de accelerații mari și viteze de deplasare mici. Un alt tip de eveniment se poate observa în centrul figurii, fiind caracterizat de o accelerație și de o viteză scăzută, acesta indică pauza de masă respectiv, timpul de odihnă (**ST**). Alte evenimente ce au avut loc au fost cele caracterizate de viteze de deplasare mai mari de $2 \text{ km} \times \text{oră}^{-1}$ și de valori scăzute ale accelerației, specifice deplasărilor muncitorului cu motorul moto-uneltei oprit.

Rezultatele cu privire la consumul de timp, separat pe categorii, sunt prezentate în **Figura 21**. Tăierea propriu-zisă (**CT**) a reprezentat aproape 62% din timpul total luat în studiu (**TT**), indiferent de corecțiile efectuate după vizualizarea seriilor de date în QGIS. Mai puțin de 1% din timpul total (**TT**) a reprezentat deplasarea în interiorul suprafeței de operat cu motorul oprit (**AT**). Pauza de masă, timpul de odihnă, întârzierile de natură personală, precum și alte tipuri de întârzieri (**ST**) au reprezentat mai mult de 37% din **TT**. O parte din **AT** (70 secunde) au fost încadrate în categoria **ST**, după vizualizarea seriilor de date în QGIS, deoarece timpul respectiv a fost specific unei deplasări în afara suprafeței operate, din motive de natură personală.



Legendă

- - CT - Timpul efectiv de tăiere
- - ST - Pauza de masă, timp de odihnă întârzieri de natură personală sau alte întârzieri
- - AT - Timp complementar

Figura 21. Separarea timpului de lucru pe categorii

Legendă: A - Prezentare generală a categoriilor de consum de timp asociate cu locațiile (punctele) colectate în teren, obținută prin algoritmul de separare; B - distribuția consumului de timp pe categorii, după implementarea algoritmului de separare; C - distribuția consumului de timp pe categorii, după revizuirea și filtrarea geo-spațială a datelor în QGIS

În testul **Poian 1**, realizat cu ajutorul colectorilor de date, în timpul total observat, echipa de muncă a doborât un număr de 11 rânduri gemene (cu o lungime medie de 210 m), ceea ce a reprezentat o lungime totală a rândurilor de 4620 m și o suprafață operată de 0,5 ha, rezultând astfel o productivitate brută de $0,07 \text{ ha} \times \text{oră}^{-1}$ și o productivitate netă de $0,11 \text{ ha} \times \text{oră}^{-1}$.

În testul **Poian 2**, realizat prin proceduri similare, suprafața operată a fost de circa 0,35 ha și a fost abordată similar testului **Poian 1** de către o singură echipă de recoltare. Studiul a acoperit o durată de circa 6,3 ore, în care echipa a parcurs cu operații de doborâre întreaga suprafață. Principalele diferențe față de abordarea utilizată în testul **Poian 1** au fost cele legate de rata de eșantionare care, în testul **Poian**

2, a fost de o secundă atât pentru accelerație, cât și pentru datele GPS, precum și în pragul stabilit pentru viteza GPS, care a fost de $2 \text{ km} \times \text{oră}^{-1}$ și a avut la bază compararea datelor cu înregistrările video.

Figura 22 prezintă distribuția spațială a punctelor înregistrate prin procedee GPS, prin luarea în considerare a stării de funcționare a motorului moto-uneltei, care a fost categorizată în baza pragului stabilit pentru accelerație ($A = 4 \text{ g}$).

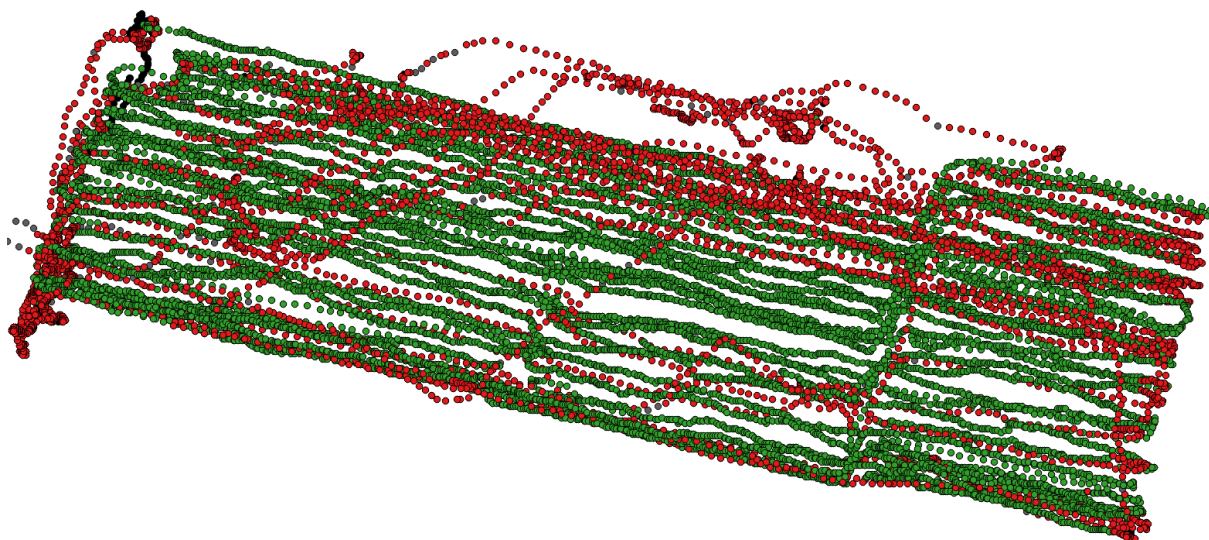


Figura 22. Reprezentarea grafică a punctelor colectate cu indicarea stării motorului în testul **Poian 2**
Legendă: roșu - motor oprit, verde - motor pornit

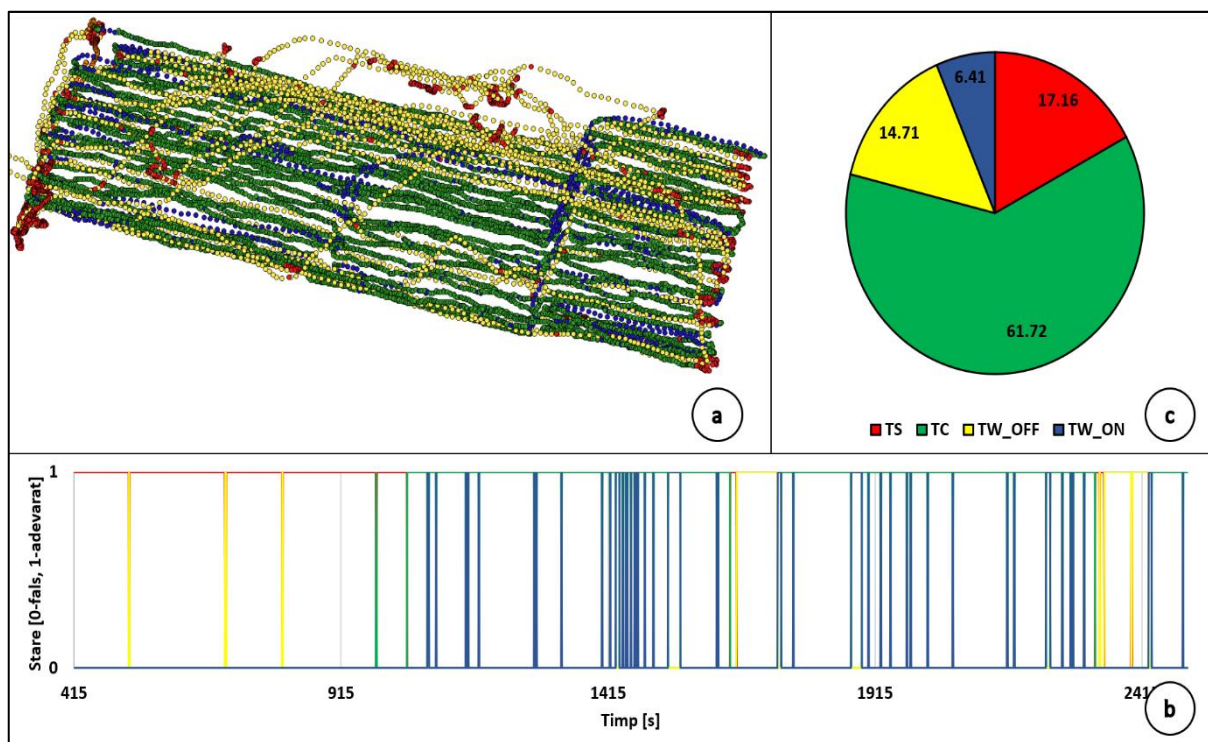


Figura 23. Rezultate cu privire la consumul de timp pe categorii în testul **Poian 2**

Legendă: a - reprezentarea generală, geospațială, b - identificarea evenimentelor pe baza accelerației și vitezei (exemplu), c - distribuția consumului de timp pe categorii de evenimente: **TS** - staționare cu motor oprit, **TC** - deplasare cu motor pornit și tăiere (doborâre), **TW_OFF** - deplasare cu motor oprit, **TW_ON** - deplasare cu motor pornit fără tăiere (doborâre)

De asemenea, **Figura 23** prezintă distribuția spațială a punctelor înregistrate prin procedee GPS, prin luarea în considerare a unor categorii de consum de timp care au fost similare celor din testul **Poian 1**;

excepția în cazul testului **Poian 2** a fost aceea că s-a mai făcut distincția între timpii consumați în deplasări cu motorul pornit (**TW_ON**) și, respectiv, oprit, fără realizarea operațiilor de doborâre (**TW_OFF**). După cum se observă, consumul de timp ce a caracterizat doborârea propriu-zisă (**TC**) a reprezentat 61,72% din **TT**, o proporție relativ egală cu cea a aceleiași categorii în testul **Poian 1**, care a fost de 61,68%. Raportat la durata totală luată în studiu pentru ambele teste, se poate afirma faptul că și valorile absolute au fost apropiate. Diferențele principale au fost cele legate de staționări, care au fost mai mici ca proporție în testul **Poian 2**, comparativ cu testul **Poian 1**. De asemenea, au mai apărut diferențe legate de prezența unei proporții mai mari a deplasărilor în cadrul suprafeței recoltate în cazul testului **Poian 2**. Ca atare, productivitatea netă în operațiile de doborâre specifice testului **Poian 2** a fost estimată la $0,07 \text{ ha} \times \text{oră}^{-1}$, valoare care a fost mai mică decât cea specifică testului **Poian 1** ($0,11 \text{ ha} \times \text{oră}^{-1}$). Cu toate acestea, productivitatea brută în testul **Poian 2** a fost estimată la circa $0,06 \text{ ha} \times \text{oră}^{-1}$, fiind apropiată de valoarea indicatorului similar pentru testul **Poian 1**.

În studiul realizat în mod tradițional (**Dalnic**), s-a urmărit evaluarea performanței productive a operațiilor de doborâre cu moto-unelte într-o cultură de salcie în vârstă de 2 ani, recoltarea fiind realizată în primul ciclu de producție (prima rotație). Rezultatele acestui test de teren au indicat o productivitate netă a operațiilor de doborâre cu moto-unelte $0,13 \text{ ha} \times \text{oră}^{-1}$, care a fost comparabilă cu cea specifică unor moto-unelte diferite de cele luate în studiu (e.g. Schweier și Becker 2012a). În cadrul acestui test, a fost observat consumul de timp în cadrul operațiilor de doborâre pentru un număr de 62 de rânduri, având o lungime totală de aproximativ 12 km, respectiv, o lungime medie a rândului de aproximativ 200 m (**Tabelul 15**). Au fost observate și, de asemenea, incluse în studiu, un număr de 53 de întoarceri, evenimente de ieșire și de intrare pe rândurile de recoltat. Acest tip de evenimente a condus la estimarea unei lungimi cumulate de aproximativ 0,8 km, respectiv la o medie, pe eveniment, de aproximativ 15 m. Distanța medie între tulpinile de salcie a fost estimată la aproximativ 35 cm (**Tabelul 15**). Această distanță a fost mult mai mică în comparație cu cea specifică schemei de cultură aplicate în zonă și poate fi datorată tehnologiei utilizate pentru înființarea culturii de pe suprafața luată în studiu. Din punct de vedere statistic, o tulpină a fost caracterizată de prezența, în medie, a 6 lăstari de salcie, aceștia având, tot în medie, o înălțime de aproximativ 395 cm. Totodată, diametrul cumulat al lăstarilor prezenți pe o cioată, la nivelul tăieturilor efectuate, a fost, în medie, de 8,6 cm (**Tabelul 15**).

Din totalul timpului luat în studiu (**TST**), timpul de lucru fără întârzieri (**TDFT**), constând din doborârea propriu-zisă și deplasările pentru intrare, ieșire și întoarcere, a reprezentat 81%. În structura totală a timpului fără întârzieri, timpul de doborâre propriu-zisă pe rând fără întârzieri (**TC**), a reprezentat 97%, ceea ce arată că, în cadrul consumului de timp fără întârzieri (**TDFT**), evenimentele de întoarcere la capăt de rând au reprezentat o proporție mică; proporția scăzută a acestora în **TDFT** a fost legată și de vitezele mai mari cu care s-au petrecut aceste evenimente de întoarcere ($2,21 \text{ km} \times \text{oră}^{-1}$, **Tabelul 15**). Cu toate acestea, viteza specifică manevrelor de întoarcere a prezentat o variație mai mare în comparație cu viteza de doborâre propriu-zisă pe rând (care a fost estimată la o valoare de $0,87 \text{ km h}^{-1} \pm 0,18 \text{ km h}^{-1}$), dacă se ia în considerare abaterea standard ca indicator al variabilității (**Tabelul 15**). Rezultatele cu privire la distribuția consumului de timp și a vitezelor de operare au influențat valorile estimate pentru indicatorii productivității. Astfel, productivitatea netă a fost de circa 1,2 ori mai mare decât productivitatea brută (**Tabelul 15**).

Modelele empirice dezvoltate descriu relațiile de dependență dintre timpul de doborâre propriu-zisă pe rând, fără întârzieri (**TC**) și lungimea rândului (**RL**), respectiv timpul petrecut pentru manevrele de întoarcere și reintrare pe rând, fără întârzieri (**TT**) și lungimea distanței de întoarcere (**TL**); toate acestea sunt prezentate împreună cu principalele statistici descriptive ale modelelor dezvoltate în **Tabelul 16**. Timpul de doborâre propriu-zisă pe rând, fără întârzieri, a fost semnificativ influențat de variația lungimii rândurilor operate, iar variația acestuia a fost explicată într-o proporție de 95% ($R^2 = 0,95$) de către modelul dezvoltat. Un efect similar de dependență semnificativă a fost observat între timpul de întoarcere fără întârzieri și lungimea distanței parcurse pentru a executa aceste manevre. În ciuda acestui fapt, variația timpul de întoarcere fără întârzieri a fost explicată într-o măsură mai mică de către variația distanței de întoarcere, judecând acest aspect prin prisma coeficientului de determinație ajustat ($R^2 = 0,39$), chiar dacă modelul, respectiv predictorul ales în modelare, a fost semnificativ pentru un prag de încredere $\alpha = 0,05$.

Tabelul 15. Statistici descriptive privind variabilele operaţionale, consumul de timp şi indicatorii performanţei productive pentru testul Dalnic

Parametri	Unitatea de măsură	Număr de observaţii	Sume	Valoarea medie şi abaterea standard
Variabile operaţionale				
Numărul de rânduri recoltate (NR)	-	62	-	-
Lungimea rândurilor (RL)	m	-	12169	196,3 ± 199,9
Numărul de întoarceri (NT)	-	53	-	-
Distanţele de întoarcere (TL)	m	-	815	15,4 ± 9,5
Distanţele între cioate (DS)	cm	-	-	34,6 ± 22,0
Numărul de lăstari pe cioată (NS)	-	-	-	6,1 ± 3,5
Lungimea lăstarilor (SL)	cm	-	-	394,8 ± 82,6
Diametrul cumulată pe cioată (CD)	cm	-	-	8,6 ± 4,5
Consumul de timp				
Timpul de recoltare pe rând, fără întârzieri (TC)	secunde	-	48652	784,7 ± 768,9
Timpul de întoarcere, fără întârzieri (TT)	secunde	-	1392	26,3 ± 13,7
Timpul de lucru fără întârzieri (TDFT)	secunde	-	50044	-
Întârzieri (DT)	secunde	-	11599	-
Timpul total luat în studiu (TST)	secunde	-	61643	-
Indicatorii performanţei productive				
Viteza pe rând (RS)	km × oră ⁻¹	-	-	0,87 ± 0,18
Viteza de întoarcere (TS)	km × oră ⁻¹	-	-	2,21 ± 1,12
Productivitatea netă (NPR)	ha × oră ⁻¹	-	-	0,13
Productivitatea brută (GPR)	ha × oră ⁻¹	-	-	0,11

În general, rezultatele celor trei teste de teren indică performanţe productive limitate de tehnicile operaţionale şi de echipamentele de muncă folosite în operaţiile de doborâre. Productivitatea netă a acestor operaţii a fost de ordinul a 0,07 - 0,11 hectare pe oră, atunci când s-a folosit o singură echipă de muncă, şi, respectiv, de ordinul a 0,13 hectare pe oră, în cazul în care s-au folosit două echipe de muncă (**Tabelul 17**). Evident, există şi alţi parametri care pot să influenţeze aceste rezultate, diferiţi de cei care iau în considerare modul de organizare a muncii şi numărul de echipe folosite. Printre aceştia se pot număra: caracteristicile dimensionale ale lăstarilor doborâţi, numărul de lăstari pe cioată, înălţimea lăstarilor, distanţa între cioate şi așa mai departe. De exemplu, Toupin et al. (2007) a indicat că, pentru studiile realizate în cazul silviculturii tradiţionale, eficienţa netă a operaţiilor de recoltare cu moto-unelte poate varia între 5 şi 35 ore × ha⁻¹, în funcţie de diverşi factori, cum ar fi cei legaţi de distribuţia vegetaţiei, gradul de acoperire cu vegetaţie şi prezenţa obstacolelor în teren. În plus, operaţiile de doborâre a culturilor de rotaţie scurtă de salcie cu moto-unelte purtate de muncitori se realizează în teren deschis, în timpul iernii sau al primăverii timpurii, aspecte ce pot influenţa performanţa productivă în aceste operaţii ca efect al condiţiilor meteorologice.

Tabelul 16. Modele de regresie liniară pentru timpul de recoltare pe rând și timpul de întoarcere fără întârzieri, ca o funcție a variației lungimii rândului și a lungimii de întoarcere

Modelul predictiv al consumului de timp	Statisticile modelului				
	N	R ²	Sig. F	Predictor	Valoarea p
TC (secunde) = $3,752 \times RL$ (m) + 48,25	62	0,95	<0,001	RL	<0,001
TT (secunde) = $0,919 \times TL$ (m) + 12,13	53	0,39	<0,001	TL	<0,001

Note: N - Numărul de observații, R² - coeficientul de determinație ajustat, Sig. F - rezultatele testului de semnificație la nivel global, valoarea p - rezultatele testelor de semnificație pentru predictorii (variabilele independente), TC - Timpul de recoltare pe rând fără întârzieri, RL - lungimea rândului, TT - Timpul de întoarcere fără întârzieri, TL - Distanța de întoarcere

Tabelul 17. Indicatori principali ai performanței productive în operații de doborâre cu moto-unelte

Testul de teren și organizarea generală a muncii	Indicatorii performanței productive	
	NPR [ha × oră ⁻¹]	GPR [ha × oră ⁻¹]
<i>Poian 1, operare cu o echipă</i>	0,11	0,07
<i>Poian 2, operare cu o echipă</i>	0,07	0,06
<i>Dalnic, operare cu două echipe</i>	0,13	0,11

Operațiile de recoltare a culturilor de rotație scurtă cu moto-unelte purtate de către muncitori sunt caracterizate, în general, prin performanțe productive mai scăzute; indiferent de echipamentul utilizat la recoltare, acestea sunt caracterizate de productivități mai mici de 0,3 ha × oră⁻¹ (Burger, 2010; Schweier și Becker, 2012a; Vanbeveren et al., 2015; Talagai et al., 2017). De asemenea, procedurile de recoltare (tăiere) sunt diferite în cazul moto-uneltelor (motocoaselor) comparativ cu cele în care se utilizează motoferăstrăul. Cel din urmă poate necesita posturi de lucru destul de incomode în timpul tăierii. Factorii menționați mai sus influențează performanța productivă în astfel de operații și ar trebui examinați în cadrul unor studii mai detaliate. Procedurile utilizate pentru colectarea datelor în testele *Poian 1* și *Poian 2* și descrise în cadrul acestei lucrări, precum și în articolele științifice publicate pe baza rezultatelor, pot susține demersul de a efectua studii pe termen lung, care să includă variabilitatea operațională, tehnică și organizatorică a muncii. De asemenea, procedurile utilizate pot fi îmbunătățite. De exemplu, rândurile pot fi văzute ca elemente liniare relativ drepte, în timp ce limitele suprafețelor de operat se pot determina în medii GIS pe baza unor date colectate din teren prin proceduri GPS, aspecte care pe baza analizei datelor GPS colectate ar putea conduce la o separare ulterioară a evenimentelor cu un grad mai ridicat de automatizare. O abordare similară se poate utiliza pentru a determina evenimentele ce au loc la capătul parcelei, adică locația și lungimea manevrelor de întoarcere și reintrare pe rând. Astfel de abordări au fost utilizate în studii specifice colectării lemnului cu tractoare în silvicultura tradițională (McDonald și Fulton, 2005).

În momentul realizării testelor de teren, nu s-au identificat date utile pentru comparare în literatura de specialitate națională și internațională. Cu toate acestea, Danfors și Nordén (1994), citați ulterior de van der Meijden și Gigler (1995), au indicat o productivitate de 0,17 ha × oră⁻¹ pentru o mașină Nicholson capabilă să recolteze lăstari întregi. De asemenea, în studiile descrise de Comisia Forestieră (1998), ce prezintă exploatarea culturilor de rotație scurtă de salcie, s-a indicat o productivitate a echipamentelor ce realizează recoltarea de lăstari întregi de salcie situată în intervalul 0,09 - 0,22 ha × oră⁻¹, estimată prin includerea timpului de odihnă al operatorului, precum și a consumului de timp specific altor activități realizate în teren în momentul recoltării. Vanbeveren et al. (2015) au concluzionat că recoltarea cu moto-unelte a culturilor de rotație scurtă de salcie este mai puțin performantă și mai costisitoare decât cea realizată mecanizat. În studiul lor, performanța productivă a recoltării manuale folosind motoferăstraie a fost estimată la o valoare de 0,01 ha × oră⁻¹ și, respectiv, 0,15 tone × oră⁻¹. De asemenea, Schweier și Becker (2012a) au studiat performanța recoltării cu moto-unelte, în condițiile utilizării unui motoferăstrău, indicând o productivitate de ordinul a 0,12 ha × oră⁻¹, pentru o cultură de salcie de 2 ani.

Studii mai recente (e.g. Schweier și Becker, 2012c) au raportat performanțe productive în operațiile de recoltare cuprinse între 0,51 și 0,97 ha × oră⁻¹ pentru utilajele specializate de tipul combinelor agricole modificate pentru recoltat (*eng. forage harvesters*). De asemenea, aceiași autori au indicat într-un alt studiu (Schweier și Becker, 2012b), productivități de ordinul a 0,47 ha × oră⁻¹ în operațiile de recoltare a

culturilor de rotație scurtă cu echipamente ce recoltează lăstari întregi de salcie (*eng. cut and store*). Cu toate acestea, o alternativă operațională, cum este cea descrisă în lucrarea de față, include echipamente ce pot fi achiziționate la prețuri accesibile și care pot fi transportate ușor la locul în care se realizează operațiile. Totodată, astfel de echipamente pot fi operate destul de ușor și tehnica de muncă se poate învăța ușor. Dacă se intenționează ca lăstarii recoltați să fie transformați în tocătură, atunci operațiile presupun existența la fața locului a unor echipamente suplimentare pentru manipulare, transport și tocare.

Distanța dintre cioate, numărul de lăstari la cioată și dimensiunile lăstarilor, conceptul operațional, efortul depus de muncitori, condițiile meteorologice locale, precum și alți factori, pot acționa în sensul influențării pozitive sau negative a performanței productive în operațiile de doborâre cu moto-unelte. În teorie, o creștere a distanței dintre cioate, de la 0,35 m, după cum aceasta a fost raportată în testul *Dalnic*, la circa 0,6 m distanță între butași, care este specifică schemei de cultură tipice europene, s-ar transpune într-o viteză de avans pe rând, în timpul doborârii, cu o valoare de aproximativ $1,5 \text{ km} \times \text{oră}^{-1}$, aspect ce ar putea conduce, potențial, la o creștere a performanței productive până în jurul valorii de $0,2 \text{ ha} \times \text{oră}^{-1}$, ceea ce înseamnă un spor de aproximativ 50% pentru ultima. O mai bună planificare a operațiilor are potențialul de a reduce întârzierile, care au reprezentat circa 19% din timpul total luat în studiu pentru testul realizat lângă Dalnic și, probabil, circa 17, respectiv circa 37% pentru testele realizate lângă Poian. Această problemă ar trebui abordată prin planificarea atentă a operațiilor, pentru a se obține viteza de avans maxim posibilă în condiții adecvate din punctul de vedere al ergonomiei și al protecției muncii. La fel, planificarea trebuie să vizeze și fragmentarea suprafețelor mai mari în porțiuni mai mici de operat, pentru o organizare adecvată a realimentărilor cu carburanți și lubrifianți și pentru înlocuirea pieselor de schimb.

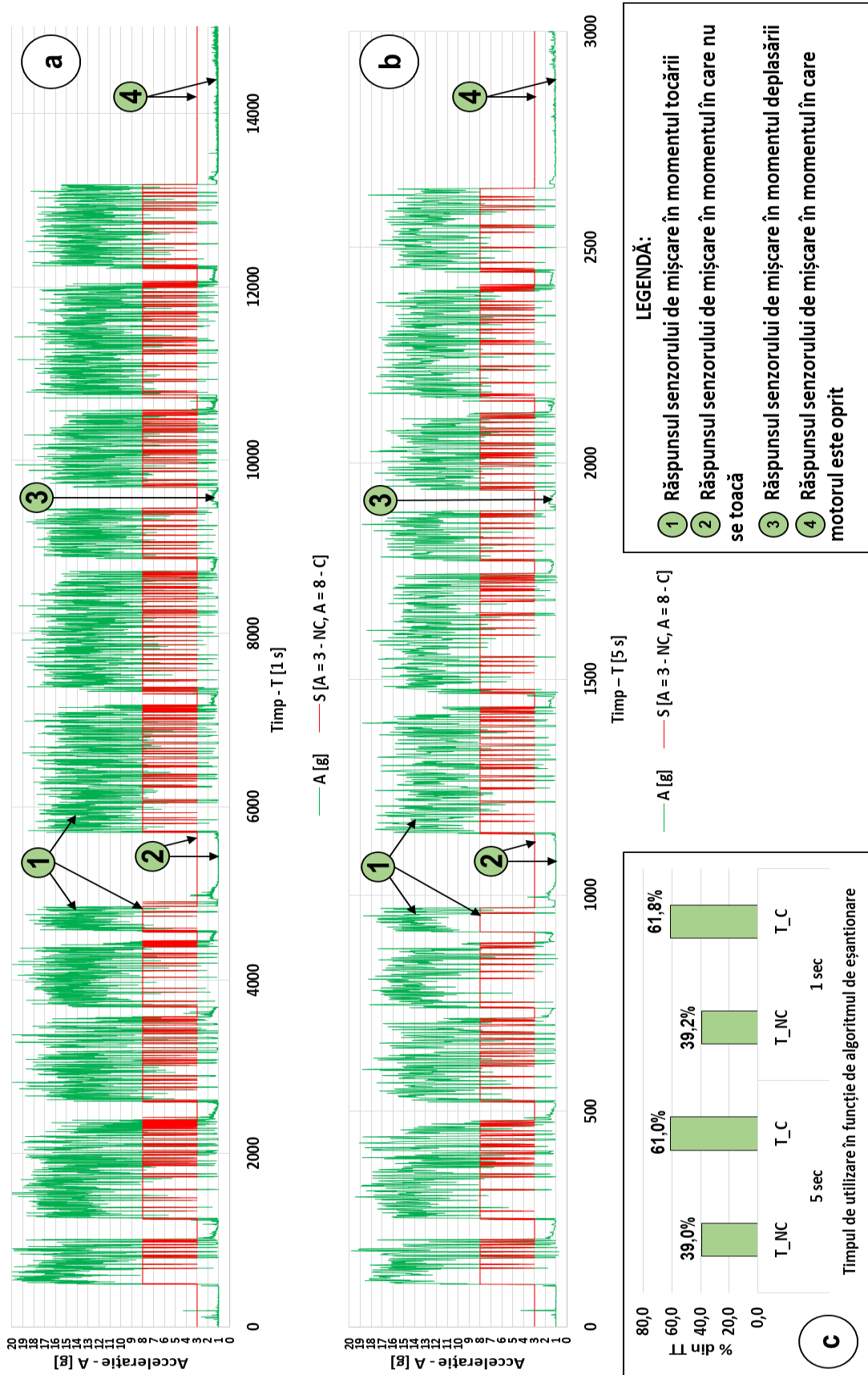
4.3. Rezultate și discuții privind operațiile post-doborâre

4.3.1. Rezultate și discuții privind operațiile de tocare

Conform practicii locale, manipularea manuală este folosită pentru a muta (deplasa) lăstarii doborâți cu moto-unelte pe distanțe scurte de la locul doborârii până la un tocător portabil, atașat la priza de putere a unui tractor. Operațiile de manipulare manuală și de tocare a lăstarilor de salcie s-au realizat la câteva săptămâni după cele de doborâre cu moto-unelte. Un avantaj al acestui mod de organizare și desfășurare al operațiilor, respectiv de utilizare a tehnicii de muncă descrise, a fost acela de a nu fi constrânse, din punct de vedere tehnic și spațial, de necesitatea de a lăsa zone (suprafețe) libere, cu ocazia plantării la margini, pentru a permite accesul cu utilajele specifice, cunoscut fiind faptul că astfel de suprafețe pot reprezenta până la 8% din suprafața culturii (Buchholz și Volk, 2011). Prin urmare, această modalitate de a transforma lăstarii de salcie în tocătură, prin intermediul manipulării manuale a acestora înspre un tocător, permite o utilizare spațială îmbunătățită a teritoriului. Pe de altă parte, manipularea manuală a lăstarilor este o operație care necesită resurse fizice importante. În contextul actual, ea este încă fezabilă pe fondul disponibilității forței de muncă la costuri mici.

În ceea ce privește studiul realizat pentru operațiile de tocare, acesta a fost bazat pe o serie de date ce a acoperit un număr de 34.715 de observații pentru datele cu privire la accelerație și, respectiv, un număr de 6.945 de poziții (puncte) GPS.

În **Figura 24** sunt reprezentate detaliat seriile de date colectate din teren (**Figura 24a**), precum și cele rezultate după re-eșantionarea la un interval de cinci secunde (**Figura 24b**), alături de principalele evenimente observate în teren și transpuse prin codificare în seturile respective de date. Pragul utilizat pentru separare a fost similar ($A = 5 \text{ g}$), acesta fiind identificat pentru a separa foarte bine regimurile de funcționare ale tocătorului luat în studiu. Pentru distingerea evenimentelor respective, desfășurate în timp, alături de datele cu privire la accelerație, s-a mai inclus și o linie de culoare roșie care descrie evenimentele în cauză (**Figura 24a,b**). După re-eșantionare (**Figura 24c**), nu s-au constatat redistribuții majore pe categorii de consum de timp între cele două evenimente specifice: tocare (T_C) și, respectiv, non-tocare (T_{NC}).



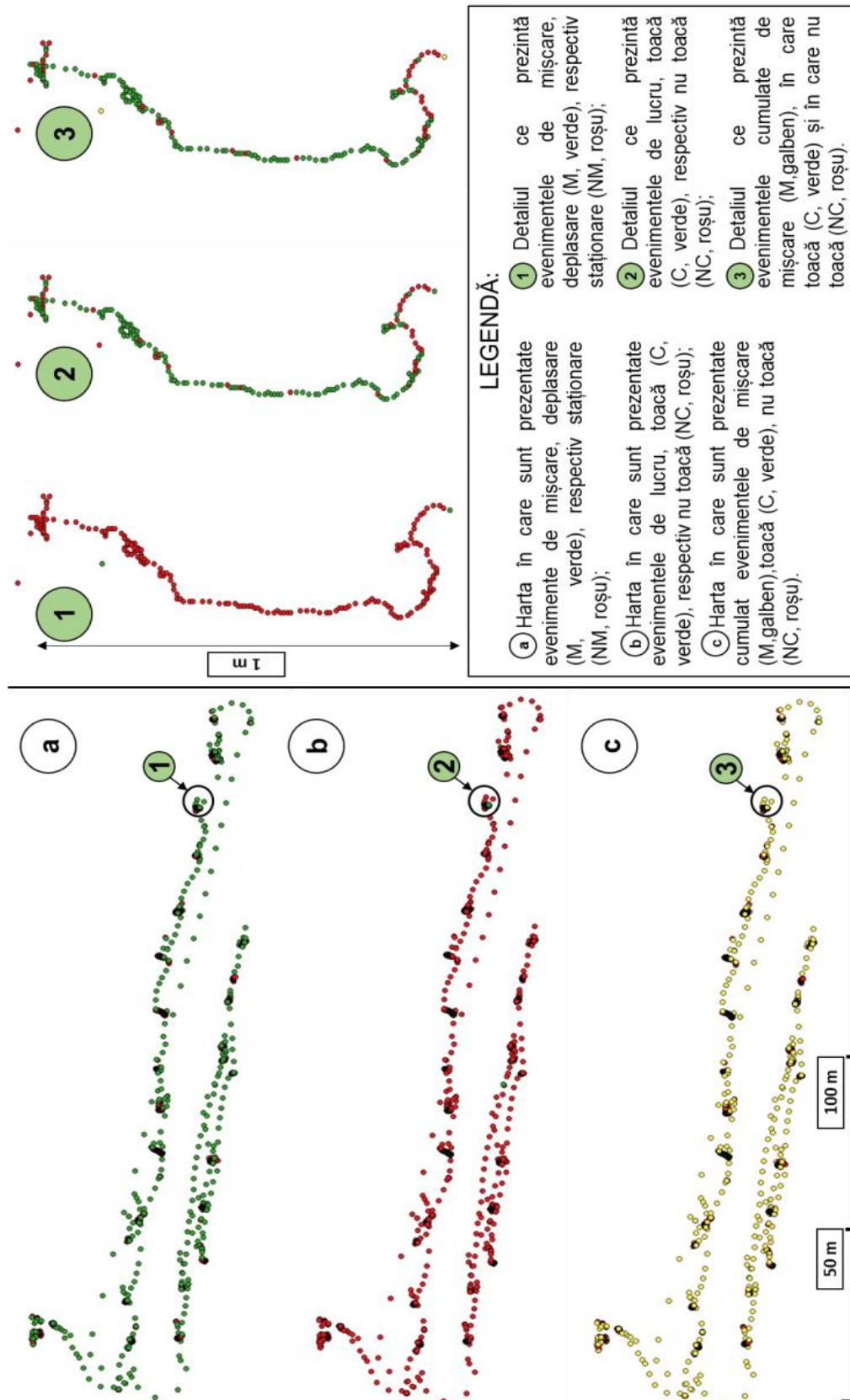


Figura 25. Reprezentarea geo-spațială a evenimentelor ce au presupus mișcarea, tocarea și staționarea fără tocarea

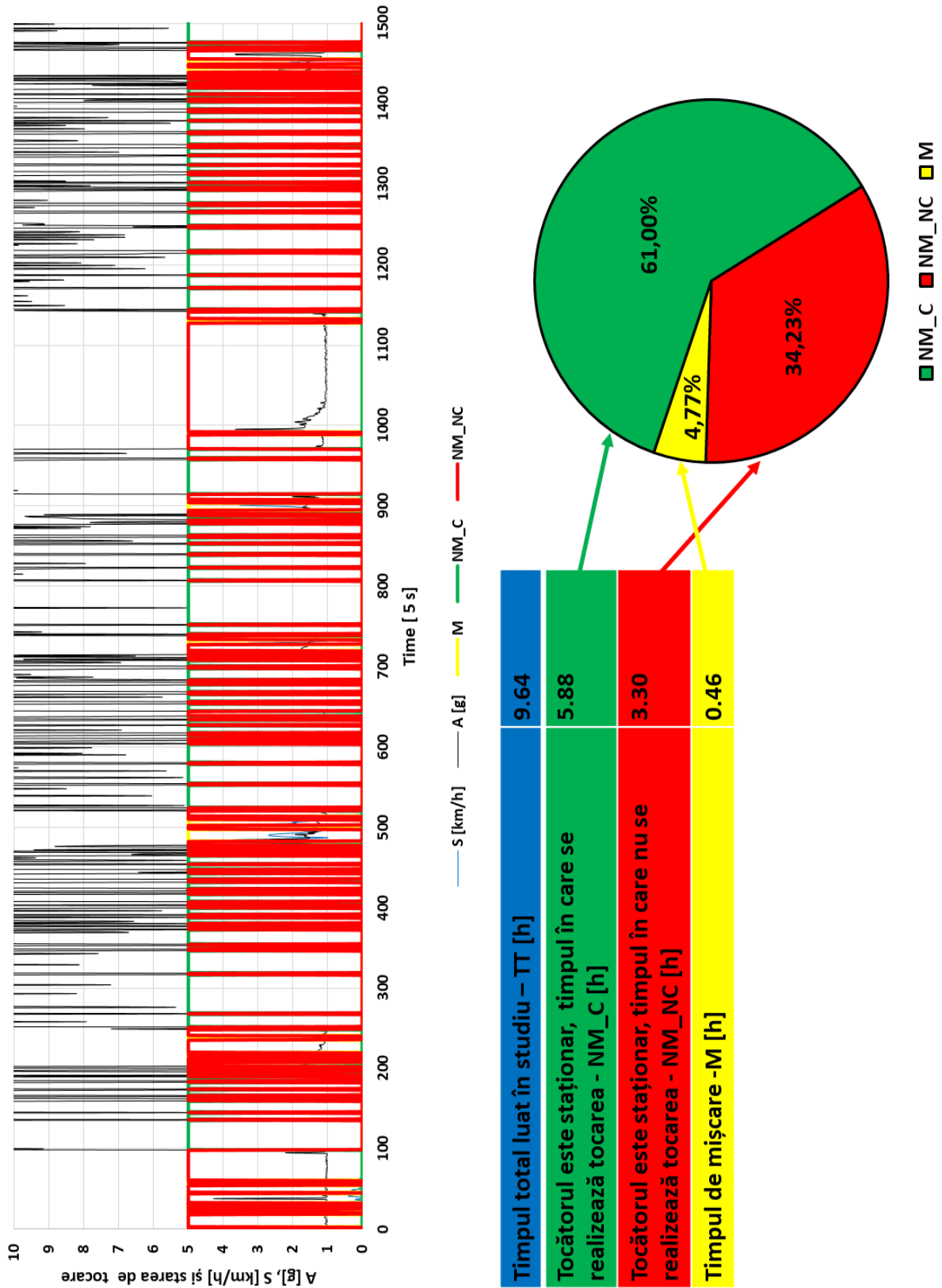


Figura 26. Statistici privind consumul de timp pe categorii şi rezultatele algoritmului de separare pentru operaţiunile de tocare

În **Figura 25** sunt prezentate, din punct de vedere geo-spațial, evenimentele ce au caracterizat funcționarea tocătorului. Pentru a distinge aceste evenimente, au fost utilizați trei algoritmi de separare. Ca atare, **Figura 25** a fost împărțită în mai multe secțiuni sugestive care prezintă, în totalitate sau parțial, diferitele evenimente separate:

- În **Figura 25a** sunt prezentate datele geo-spațiale cu privire la timpul de mișcare (timpul în care utilajul se deplasează) și, respectiv timpul în care utilajul a fost staționar;
- În **Figura 25b** sunt prezentate datele geo-spațiale cu privire la timpul de lucru, respectiv timpul în care utilajul realizează tocarea lăstarilor și timpul în care nu au avut loc operații de tocare;
- În **Figura 25c** sunt prezentate datele geo-spațiale cu privire la timpul de mișcare și la timpul de lucru, punând astfel în evidență și posibilele întârzieri;
- În ultima parte a **Figurii 25**, la punctele 1, 2 și 3, se prezintă detalii de reprezentare la o scară de detaliu mai mare a aspectelor cu privire la evenimentele luate în studiu.

Structura consumului de timp de muncă specifică testului realizat este prezentată, în detaliu, în **Figura 26**. Diferențele prezentate au fost rezultatul acelor evenimente în care tocătorul s-a aflat în funcțiune, dar nu a fost alimentat cu lăstari de salcie. În urma algoritmului utilizat pentru a separa consumul de timp pe categorii distincte de evenimente, din timpul total luat în studiu (**TT**, 9,64 ore), timpul ce a caracterizat evenimentele de mișcare a reprezentat 4,8% (0,46 ore). În această categorie de consum de timp au fost incluse deplasările tractorului împreună cu tocătorul între porțiunile succesive în care s-a staționat pentru manipularea lăstarilor și alimentarea tocătorului, precum și timpul consumat cu manevrele de întoarcere, intrările și ieșirile din suprafața operată. Tocarea propriu-zisă a contribuit în structura consumului de timp total cu o proporție de peste 60%.

Performanța productivă a operațiilor de tocare poate fi analizată prin prisma mai multor indicatori specifici. În cadrul testului de teren realizat în această lucrare, nu a fost măsurată producția de biomasă, din motive legate de disponibilitatea resurselor. Ca atare, datorită faptului că operațiile s-au realizat într-o cultură similară din punct de vedere biometric culturilor recoltate la un interval de 2 ani, performanța productivă s-a apreciat pe baza suprafeței parcurse cu operații, parametru ce a putut fi apreciat pe baza datelor colectate din teren. Astfel, pe suprafața luată în studiu, lăstarii de salcie au fost doborâți, în prealabil, cu moto-unelte, iar suprafața operată, estimată pentru testul de teren, a fost de circa 0,5 hectare. În cadrul acestei suprafețe, tocătorul a lucrat staționar, într-un număr de 23 de puncte și a mai făcut alte 3 staționări majore datorate altor motive. În urma procesării datelor, productivitatea brută a evaluată la circa $0,05 \text{ ha} \times \text{oră}^{-1}$, fiind estimată pe baza includerii timpului total observat. Productivitatea netă, calculată prin includerea timpului consumat cu deplasările agregatului și cu tocarea propriu-zisă, a fost evaluată la circa $0,08 \text{ ha} \times \text{oră}^{-1}$. Echivalenții acestor valori, din punctul de vedere al eficienței, au fost de 18,92 și, respectiv, 12,68 ore $\times \text{ha}^{-1}$. Ca atare, productivitatea acestor operații a fost influențată, într-o mare măsură, de necesitatea manipulării manuale a lăstarilor de salcie, fiind destul de redusă, chiar dacă echipa de muncitori manuali a fost destul de mare ca număr.

4.3.2. Rezultate și discuții privind operațiile de formare și legare a fascinelor

În ceea ce privește operațiile de formare și legare a fascinelor, consumul de timp mediu pe fascină realizată a fost de aproximativ 2 minute și 39 de secunde (**Tabelul 18**), dar, în conformitate cu datele de teren, acesta a variat foarte larg, între circa un minut și jumătate și patru minute. Variabilitatea în consumul de timp a reflectat variabilitatea condițiilor de muncă, precum și cea indusă de realizarea manuală a operațiilor de către echipe de muncă destul de mari. Cel mai probabil, factorul cu influența cea mai mare asupra variabilității consumului de timp a fost reprezentat de către distribuția lăstarilor de salcie pe suprafața de pe care s-au preluat pentru formarea și legarea de fascine. S-a constatat astfel că, deplasările pentru aprovizionarea cu lăstari au consumat mai mult timp, pe măsură ce suprafețele din preajma suporturilor de lucru au fost epuizate, iar lăstarii au fost aduși de la distanțe crescânde. În conformitate cu datele luate în studiu, întârzierile au reprezentat aproximativ 9% din timpul total luat în studiu. Acestea au fost cauzate de momente de pauză scurte precum, și de alte motive minore.

Tabelul 18. Statistici descriptive sumare cu privire la consumul de timp în operații de formare și legare a fascinelor

Parametru	Indicatorii performanței productive				
	Valoarea minimă	Valoarea maximă	Media și abaterea standard	Sume	Proporții [%]
<i>Număr de observații</i>	-	-	-	47	-
<i>Consumul de timp productiv (s)</i>	88	249	158,83±29,83	7465	91,2
<i>Întârzieri (secunde)</i>	-	-	-	716	8,8
<i>Consum total de timp (s)</i>	-	-	-	8181	100,0

Tabelul 19. Indicatorii performanței productive în operații de formare și legare a fascinelor

Indicatorul performanței productive	Parametri utilizați în estimare		
	Valoare	Consum de timp	Număr de fascine
<i>Productivitatea netă (NPR)</i>	22,66 fascine / oră	T = 2,07 ore	N = 47
<i>Productivitatea brută (NPR)</i>	20,68 fascine / oră	T = 2,27 ore	N = 47
<i>Eficiența netă (NER)</i>	0,04 ore / fascină	T = 2,07 ore	N = 47
<i>Eficiența brută (GER)</i>	0,05 ore / fascină	T = 2,27 ore	N = 47

Productivitatea netă, calculată pe baza timpului care nu a inclus întârzierile, a fost estimată la o valoare de 22,66 fascine pe oră (**Tabelul 19**), iar productivitatea brută a fost evaluată pe baza timpului total consumat și a avut o valoare de 20,68 fascine pe oră. Aceste valori pot fi transformate în eficiența netă și brută, care au avut valori de 0,04 și, respectiv, 0,05 ore pe fascină. Din păcate, la momentul efectuării acestui studiu nu au fost găsite date sau studii similare pentru a putea efectua comparații.

CAPITOLUL 5: CONCLUZII ŞI RECOMANDĂRI. CONTRIBUŢII PERSONALE. DIRECŢII NOI DE CERCETARE. DISEMINAREA REZULTATELOR

5.1. Concluzii

Pe baza rezultatelor obţinute şi a discuŢării acestora, dar şi pe baza experienŢei nescrise, de natură practică, se pot formula următoarele concluzii:

a.) Cu privire la operaŢiile de plantare:

- În contextul internaŢional, productivitatea şi eficienŢa evaluate în acest studiu indică o performanŢă productivă mai mică comparativ cu rezultatele semnalate de alŢii. În esenŢă, acest lucru poate fi atribuit schemei de plantare, care a fost destul de densă, situaŢie care are consecinŢe în viteza de plantare şi, prin urmare, în eficienŢă şi productivitate. În condiŢiile observate, eficienŢa brută a variat, în studiile individuale de teren, de la aproximativ 5,5 până la peste 10,5 ore \times ha⁻¹, fiind estimată, în medie, la aproximativ 6,7 ore \times ha⁻¹. O îmbunătăŢire evidentă a fost observată în cazul eficienŢei nete, ce a fost estimată la o valoare medie de aproximativ 5,1 ore \times ha⁻¹, în timp ce eficienŢa estimată pentru plantarea propriu-zisă, pe rând, a fost estimată la circa 3,8 ore \times ha⁻¹. În aceste condiŢii, productivitatea brută, specifică operaŢiilor de plantare, a variat între aproximativ 0,10 şi 0,18 ha \times oră⁻¹, şi a fost de aproximativ 0,15 ha \times h⁻¹;
- Similar altor studii privind performanŢa operaŢională a diferitelor tipuri de echipamente, găsirea modalităŢilor de excludere a întârzierilor are un potenŢial mare în încercarea de a îmbunătăŢi performanŢa productivă. Pe de altă parte, realitatea este că întârzierile par să apară întâmplător, iar factorii operaŢionali pot contribui mai puŢin la frecvenŢa şi durata lor. Din acest motiv, o mai bună organizare a muncii şi a logisticii relaŢionate cu munca pot îmbunătăŢi substanŢial întregul proces de muncă. Întârzierile, indiferent de natura lor, au influenŢat productivitatea operaŢiilor de plantare în proporŢie de aproximativ 20%, dat fiind faptul că valoarea netă a acestora a fost de aproximativ 0,18 ha \times h⁻¹;
- Caracteristicile dimensionale ale suprafeŢelor pe care s-au înfiinŢat culturile au reprezentat cel mai important factor care a afectat performanŢa productivă. Astfel, datorită faptului că viteza operaŢională a fost relativ constantă, se poate aprecia că dimensiunile suprafeŢelor operate au fost cele care au conturat o distribuŢie specifică a timpului petrecut în manevrele de întoarcere şi reintrare în teren în vederea plantării. Pentru a obŢine o performanŢă îmbunătăŢită, trebuie reorganizată munca în teren, în special prin mutarea progresivă, pe măsură ce operaŢiile avansează, a depozitului provizoriu din care se face re aprovizionarea cu butaşi. O astfel de încercare va contribui la o diminuare a timpului petrecut cu manevrele de capăt, prin urmare va contribui la creşterea productivităŢii şi cel mai probabil va reduce costurile de operare;
- PerformanŢa productivă poate fi legată de organizarea muncii în astfel de operaŢii. Astfel, în ceea ce priveşte numărul de agregate utilizate într-o suprafaŢă dată, prin utilizarea unei singure maşini de plantat dispar o mare parte din întârzierile ca apar la capăt de rând. Atunci când sunt folosite două tractoare echipate cu maşini de plantat, poate creşte procentul întârzierilor în consumul total de timp datorită faptului că prima maşină de plantat ce ajunge la capătul parcelei trebuie să aştepte ieşirea celei de-a doua maşini înainte de a reîncepe operaŢiile de plantare pe o nouă fâşie adiacenă fâşiei de pe care iese cel de-al doilea agregat. Cu toate acestea, plantarea unei zone date prin utilizarea a două maşini contribuie la reducerea semnificativă a consumului de timp, iar productivitatea generală va creşte;
- PerformanŢa operaŢiilor de plantare raportată în lucrarea de faŢă a fost mai mică decât cea specifică echipamentelor specializate ce realizează plantarea pe un set de două rânduri gemene, însă poate fi comparată cu cea raportată pentru echipamentele ce realizează plantarea pe rânduri unice;
- În afară de cele menŢionate mai sus, meritul studiului cu privire la performanŢa productivă a operaŢiilor de plantat este acela că se bazează pe un set mare de date colectat în teren şi, prin urmare, el explică variabilitatea operaŢională, contribuind printr-o abordare mai informată în descrierea performanŢelor operaŢionale şi în derivarea indicatorilor de productivitate. De

asemenea, abordarea a permis și indicarea direcțiilor care ar putea fi utilizate pentru îmbunătățirea operațională;

- Condițiile operaționale legate de starea solului pot afecta performanța productivă a plantării, după cum este descris și în această lucrare. În special, ar trebui efectuate mai multe cercetări pentru a separa efectele variabilității operaționale și organizaționale asupra performanței productive a operațiilor de plantare și pentru a permite optimizarea de ansamblu a sistemului tehnic operațional;
- În plus față de cele enumerate mai sus și pe baza documentării bibliografice și de altă natură, se mai pot concluziona următoarele:
 - Întemeierea unor culturi de salcie energetică de rotație scurtă favorizează dezvoltarea zonelor rurale, deoarece contribuie la dezvoltarea economică a acestora, creând locuri de muncă;
 - Primul pas pentru întemeierea unei culturi de salcie energetică este alegerea terenului. Un plus economic în alegerea terenului este acela de a introduce în circuitul de producție a unor terenuri agricole nefolosite, prin urmare, dezvoltarea unor culturi în astfel de condiții poate conduce la o mai bună utilizare a teritoriului.

b.) Cu privire la operațiile de doborâre cu moto-unelte:

- Pentru a evalua performanța operațională în lucrările de doborâre cu moto-unelte, s-au realizat trei teste de teren. Operațiile de recoltare a culturilor de rotație scurtă cu moto-unelte purtate de către muncitori sunt caracterizate, în general, prin performanțe productive mai scăzute. În cadrul celor trei teste, productivitatea netă a acestor operații a fost de ordinul a 0,07 - 0,11 hectare pe oră atunci când s-a folosit o singură echipă de muncă și, respectiv, de ordinul a 0,13 hectare pe oră în cazul în care s-au folosit două echipe de muncă;
- În studiul realizat cu ajutorul colectorilor de date, pragurile limită utilizate pentru a face distincția între cele două stări ale motorului cu ardere internă, în funcțiune (**TR**) și oprit (**TS**), au condus la o separare precisă a șirurilor de date. Această caracteristică poate contribui la evaluarea performanței de mediu în operațiile de recoltare, prin contorizarea directă a energiei provenite din consumul de combustibili fosili;
- Asocierea datelor GPS din care reiese viteza de deplasare cu datele colectate de accelerometre, urmată de setarea pragurilor limită, permite o separare suficient de precisă a celor mai importante categorii de consum de timp. Această caracteristică poate sprijini colectarea datelor în teren pe termen lung, pentru a acoperi variațiile diferiților factori operaționali ce intervin în timpul realizării acestor lucrări de recoltare;
- Rezultatele obținute sunt asemănătoare cu cele existente în literatura internațională de specialitate, ce indică performanțe productive scăzute în operații similare, realizate cu alte tipuri de moto-unelte. În cazul variabilității indicatorilor între testele de teren din această lucrare, principalele diferențe au fost cauzate, cel mai probabil, de gestionarea generală a timpului de lucru care a fost diferită între cele trei locuri luate în considerare;
- Atât în studiul realizat prin metoda tradițională, cât și în celelalte, realizate prin utilizarea de colectori de date, operația de doborâre cu moto-unelte purtate de muncitori a avut o performanță mică comparativ cu cea specifică echipamentelor de recoltat specializate. Pe lângă acest fapt, transformarea în tocătură implică operații suplimentare. Cu toate acestea, recoltarea cu astfel de echipamente se potrivește cerințelor operaționale ale fermierilor mici, deoarece investițiile pentru achiziționarea și mentenanța echipamentului sunt mici, iar procedurile de utilizare ale acestuia sunt ușoare;
- Ca perspectivă de viitor, costul final al operațiilor de doborâre poate fi afectat, într-o mare măsură, de variabilitatea costului cu forța de muncă în diferite regiuni, aspect care ar putea cauza schimbări majore în tehnica de lucru. Acestea pot fi susținute și de gradul de sustenabilitate ergonomică și de siguranța muncii, cunoscându-se că echipamentele complet mecanizate sunt net superioare din acest punct de vedere;

- Performanța productivă a operațiilor executate cu moto-unelte se poate îmbunătăți prin excluderea întârzierilor produse de abordările organizaționale nonconforme ale muncii. Din acest punct de vedere, lucrarea de față furnizează datele de intrare în vederea unei organizări mai adecvate a muncii, urmând ca asemenea probleme să fie abordate după o înțelegere mai profundă a sistemului în ansamblu, urmată de o programare atentă a operațiilor;
- Există câteva limitări tehnice ale procedurilor de doborâre studiate ce delimitează spectrul lor operațional. Moto-uneltele de tipul motocoaselor dotate cu disc de tăiere pot fi sensibile la variația caracteristicilor dimensionale ale culturii, în special cele legate de diametrul lăstarilor. Totodată, vânturile puternice pot împiedica realizarea operațiilor de doborâre.

c.) Cu privire la operațiile post-doborâre:

- În cadrul studiului realizat în vederea evaluării operațiilor post-doborâre, reprezentate de transformarea lăstarilor de salcie în tocătură, s-a testat posibilitatea de a colecta date automat. Prin asocierea datelor ce caracterizează mișcarea cu datele ce caracterizează accelerația, urmate de stabilirea unor praguri specifice pentru fiecare set de date, s-a ajuns la rezultate ce indică faptul că separarea timpului productiv și neproductiv este posibilă și este precisă. Din categoria timpului de funcționare a tocătorului, s-a putut extrage cu acuratețe timpul în care tocătorul a realizat tocarea propriu-zisă, dar și timpul în care acesta nu a tocat. Timpul ce a caracterizat mișcarea a fost, de asemenea, extras cu acuratețe, din viteza de deplasare extrasă din datele GPS. O astfel de abordare, cum a fost cea descrisă în subcapitolul operațiilor post-doborâre de transformare a lăstarilor de salcie în tocătură, poate susține colectarea datelor pe termen lung, cu un efort mic deplasat în etapa de cercetare în teren;
- În cadrul studiului realizat în vederea evaluării operațiilor post-doborâre, reprezentate de formarea și legarea (manufacturarea) de fascine în teren, s-a testat posibilitatea de a extrage și separa consumul de timp, dar și de a evalua productivitatea în astfel de operații, din fișiere video capturate în teren. Deși după vizionarea fișierelor video s-a ajuns la concluzia că timpul de lucru poate fi separat precis în sarcinile de lucru realizate de fiecare muncitor în parte, în acest studiu nu s-a abordat această evaluare, ci timpul a fost contorizat doar din perspectiva producerii de fascine și întârzierile ce au apărut. Evaluarea operațiilor de formare și legare a fascinelor din fișierele video este mare consumatoare de timp. Din punctul de vedere al resurselor utilizate, un cercetător trebuie să fie în teren pentru a observa mersul lucrărilor și pentru a muta aparatul de filmat atunci când echipa de muncă termină lucrările și se mută într-o altă parte a parcelei, în vederea continuării activității de realizare de fascine. Realizarea de fascine manual este o muncă solicitantă fizic, iar, din acest punct de vedere, ar trebui realizate studii ergonomice pentru a evalua în ce măsură muncitorii pot face față unei astfel de activități extinse pe perioade îndelungate;
- Compararea performanțelor productive nu a fost posibilă pentru operațiile post-doborâre luate în studiu datorită faptului că nu s-au identificat studii similare. De exemplu, este posibil ca formarea și legarea de fascine din salcie să fie specifică doar condițiilor românești.

5.2. Recomandări

Recomandările precizate în cele ce urmează sunt, în esență, de natură metodologică și aplicativă, practică. Astfel:

a.) În ceea ce privește operațiile de plantare:

- În primul rând, culturile de rotație scurtă de salcie sunt recomandate a se înființa pe terenurile agricole neutilizate. Un avantaj economic este cel pe care îl au terenurile aflate în apropierea beneficiarului. Distanța de transport a biomasei până la zona de depozitare intermediară sau definitivă este recomandată să fie relativ redusă, deoarece transportul joacă, la rândul său, un rol important în costul produsului;
- În al doilea rând, echipamentele și utilajele folosite în operațiile de întemeiere și conducere a culturilor de rotație scurtă de salcie trebuie adaptate la dimensiunea culturii, perioada de amortizare a costului de achiziție și, respectiv, prețul biomasei pe plan local;

- În al treilea rând, lucrările de pregătire a solului în care se vor realiza operațiile de plantare trebuie realizate cu mare atenție, în special prin eliminarea reziduurilor agricole rămase de la culturile precedente de pe suprafața solului;
- În ultimul rând, colectarea și analiza datelor cu privire la performanța operațională în operațiile de plantare este necesară pentru a înțelege fezabilitatea culturilor realizate la scară mică. În acest sens, colectarea de date pe termen lung poate fi facilitată de utilizarea unor procedee automatizate. Este recomandat, pentru a acoperi cât mai multe variații ce apar în timpul muncii, să se realizeze studii pe termen lung, ce sunt capabile să gestioneze astfel de evenimente neprevăzute care se pot manifesta în diferite condiții de lucru.

b.) În ceea ce privește operațiile de doborâre:

- În primul rând, echipamentele și utilajele folosite în operațiile de recoltare a culturilor de rotație scurtă de salcie trebuie raportate la dimensiunea culturii, la perioada de amortizare a costului de achiziție și, respectiv, la prețul biomasei pe plan local;
- În al doilea rând, colectarea și analiza datelor cu privire la performanța operațională în operațiile de recoltare este necesară pentru a înțelege fezabilitatea culturilor realizate la scară mică. Acest lucru este valabil în special cazurilor care s-au luat în studiu în lucrarea de față. Procedeele folosite în lucrarea de față sunt recomandate pentru astfel de demersuri și, bineînțeles, pot fi îmbunătățite pentru a oferi posibilitatea unui grad mai mare de automatizare în colectarea, analiza și interpretarea datelor;
- În al treilea rând, în operațiile de doborâre cu moto-unelte, operatorii sunt expuși la vibrații și zgomot, iar siguranța în timpul muncii este sensibil mai mică în comparație cu cea pe care o pot furniza echipamentele specializate pentru astfel de operații. Din acest punct de vedere, purtarea echipamentului de protecție devine absolut necesară.

c.) În ceea ce privește operațiile post-doborâre:

- Operațiile post-doborâre apar doar atunci când nivelul de mecanizare este redus, așa cum a fost cazul operațiilor descrise în lucrarea de față. Când doborârea se face cu ajutorul moto-uneltelor, lăstarii doborâți rămân pe sol, ceea ce implică o manipulare a acestora de către o echipă numeroasă de muncitori, pentru a se realiza operația de transformare a lăstarilor în tocătură. Această etapă implică un consum mare de timp, deoarece distanțele și suprafețele de acoperit sunt, la rândul lor, mari, raportat la poziția tocătorului. Deși în contextul actual acest mod de organizare al operațiilor este încă fezabil datorită costurilor reduse, în viitor trebuie luată în considerare posibilitatea schimbării acestei modalități manuale cu una mecanizată, pentru a crește productivitatea muncii sau cel puțin pentru micșorarea distanței totale parcursă într-o zi de către muncitorii ce trebuie să transporte lăstarii.
- Operațiile post-doborâre de formare și legare a fascinelor implică, ca și în cazul operației de tocare, o echipă de muncă numeroasă. Și în cadrul acestei operații, lăstarii trebuie manipulați și transportați de la locul unde au fost doborâți la locul unde se realizează fascinele. Având în vedere că munca se realizează manual, este necesar să se evalueze condițiile ergonomice de muncă, deoarece concentrarea atenției asupra sănătății și securității muncii ar putea oferi îmbunătățiri din punctul de vedere al productivității și al condițiilor de muncă.

5.3. Contribuții personale

Principalele contribuții personale, sub raport științific și practic, sunt cele ce se prezintă în continuare. Astfel:

a.) Sub raport științific, s-au adus următoarele contribuții:

- Cercetările realizate pentru a evalua operațiile de plantare cu ajutorul unor echipamente parțial mecanizate au constatat din realizarea unui număr de 28 de teste individuale în teren. Acestea au

stat la baza descrierii statistice și a modelării statistice pentru derivarea unor indicatori de performanță productivă și pentru caracterizarea factorilor de influență asupra performanței productive. Abordarea este, în esență, singura de acest fel din mai multe puncte de vedere. În primul rând, ea se bazează pe un set mare de date care acoperă variabilitatea operațională și, în al doilea rând, ea indică relațiile dintre indicatorii de performanță și caracteristicile dimensional-spațiale ale suprafețelor de operat, indicând măsurile care ar trebui luate pentru îmbunătățire;

- Evaluarea operațiilor de recoltare s-a axat pe două metode de colectare a datelor în teren: prima metodă a fost aceea de colectare a datelor în mod tradițional, cu ajutorul unui cronometru și a unui carnet de teren corelat cu un receptor GPS din care a rezultat performanța operațională în operațiile de recoltare a culturilor de rotație scurtă, iar în cea de-a doua metodă s-a folosit o abordare de colectare a datelor care să permită creșterea gradului de automatizare a acestei activități. Deși nu s-a făcut o analiză specifică de beneficiu-cost, este evident că ambele metode furnizează rezultate similare, cu deosebirea că ultima salvează foarte multe resurse. De asemenea, ultima metodă era complet nouă la data publicării articolului științific relaționat cu modul său specific de utilizare, între timp apărând metode similare în literatura de specialitate, bazate pe principii similare;
- Operațiile de recoltare cu moto-unelte în culturile de rotație scurtă de salcie energetică, la scară mică, sunt specifice contextului românesc și al altor țări caracterizate de astfel de practici. Ca atare, o altă contribuție personală constă din realizarea în premieră, după cunoștințele proprii, a unor studii de evaluare a performanței productive în unele dintre aceste operații;
- Abordarea utilizată la automatizarea colectării datelor în operații de doborâre cu moto-unelte a fost extinsă cu rezultate foarte bune și la operațiile de tocare, reprezentând un prim pas către monitorizarea automată a acestor operații pentru echipamente similare care nu integrează sisteme de gestiune a producției. De asemenea, din moment ce abordarea utilizată în premieră pentru monitorizarea acestei categorii de echipamente a generat rezultate bune, în viitor s-ar putea implementa un sistem de senzori extern care să permită conducerea de studii științifice de durată mai mare;
- Totodată, o contribuție însemnată constă din documentarea sistemului operațional specific condițiilor românești și încadrarea acestuia în știința și practica internațională de ansamblu. S-a urmărit prin aceasta și furnizarea de suport pentru caracterizarea generală a culturilor de rotație scurtă, pe lângă caracterizarea strict operațională.

b.) Sub raport practic, s-au adus următoarele contribuții:

- În cazul operațiilor de plantare în teren, s-a observat că pregătirea solului trebuie realizată cu atenție, fiindcă odată eliminate reziduurile agricole rămase de la culturile precedente, nu mai apar întârzieri sau acestea au durate mult mai mici în câmp, în timpul operațiilor;
- Tot pentru a elimina întârzierile apărute în timpul operațiilor de plantare în teren, s-a observat că aprovizionarea cu material săditor trebuie să acopere necesarul pentru butași, pentru realizarea unei curse dus-întors a agregatului, aspect care poate fi programat pe baza densității de plantare și a lungimii rândurilor de plantat;
- În cazul operațiilor de doborâre realizate cu moto-unelte, s-au observat că realizarea culoarelor de trecere poziționate transversal în cultură au un rol important în organizarea lucrărilor, deoarece trebuie asigurat necesarul de combustibil pentru o distanță de recoltat dată, prevenind astfel situațiile în care apar întârzieri de natură tehnică în câmp, cazuri în care un muncitor trebuie să se deplaseze pentru a aduce carburanți sau piese de schimb de la capătul tarlalei;

- Pe baza rezultatelor obținute și având în vedere constatările anterioare, s-au furnizat date de natură practică atât sub formă de raport, cât și sub formă de publicații științifice proprietarului uneltelor și suprafețelor în care s-au desfășurat studiile de teren. Acestea au fost furnizate pentru a permite adaptarea operațiilor în vederea creșterii performanței muncii și pentru diseminare în rândul cultivatorilor de salcie energetică.

5.4. Direcții viitoare de cercetare

În urma cercetărilor realizate în lucrarea de față, s-au obținut atât metode mai bune de evaluare a performanței productive a principalelor operații aplicate în cultura salciei, cât și rezultate de natură descriptivă și orientativă cu privire la performanța productivă a acestor operații. Cu toate acestea, încă rămân nerezolvate o serie de probleme care se prezintă în continuare și care ar putea fi abordate, prin cercetare, în viitor:

- Odată cu dezvoltarea industriei energetice ce folosește ca sursă principală resursele regenerabile de biomasă lignocelulozică, a crescut și interesul față de culturile de rotație scurtă de salcie. În țări din Europa și America de Nord, aceste culturi sunt realizate la scară industrială, iar cerința pentru echipamente și utilaje performante și cu productivități mari a crescut în ultimii ani. Tot în aceste țări cu experiență în gestionarea acestor culturi s-au realizat studii în care au fost estimate costurile, studii din care reiese performanța operațională pentru lucrările specifice unei astfel de culturi, dar și studii de tipul LCA pentru diferite tipuri de scenarii, locații, echipamente și utilaje folosite în operațiile de întemeiere, conducere și recoltare din care reiese performanța de mediu a unor astfel de culturi. Performanța operațională în cadrul acestor culturi este dată de nivelul tehnologic al echipamentelor utilizate, iar aceste echipamente diferă de la o țară la alta. Ca atare, rezultatele deja existente ar putea fi incluse în analize integratoare care să indice și performanța de mediu a operațiilor luate în studiu. Acest demers este în curs de desfășurare;
- În România, nivelul tehnologic specific culturilor de salcie este scăzut. Acestea au fost înființate relativ recent, sunt de dimensiuni mici și dispersate și se află în proprietatea unor mici fermieri ce nu dețin o putere financiară ridicată pentru a achiziționa echipamente performante. Ca atare, există un deficit de literatură cu privire la situația acestui sector, mai ales cu privire la plantarea și recoltarea cu echipamente parțial mecanizate. Prin urmare, sunt necesare studii care să caracterizeze, pe lângă performanța operațională în astfel de situații, aspectele ergonomice și cele de mediu;
- Dat fiind faptul că astfel de culturi sunt înființate pe suprafețe mici și dispersate, flexibilitatea operațională este un aspect cheie de luat în considerare. Cu toate acestea, industria constructoare de utilaje nu este aliniată la cerințele operaționale ale acestor situații particulare. În viitor, nu ar fi rău dacă s-ar concepe utilaje multifuncționale adaptate la astfel de situații atât ca dimensiuni de gabarit, cât și sub raportul costului de achiziție.

5.5. Diseminarea rezultatelor

Sinteza următoare prezintă doar lucrările elaborate, prezentate și publicate sau acceptate pentru publicare, ce au făcut parte integrantă, parțială sau totală a celor expuse în prezenta lucrare.

A. Lucrări acceptate spre publicare sau publicate în reviste BDI:

1. **Talagai, N.,** Cheța, M., (2017). Work performance in manual manufacturing of willow bundles for bioengineering applications. Revista Pădurilor 132(3): 24-49.

Link: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193155945>

2. **Talagai, N. ,** Borz, S.A., (2016). Concepte teoretice de automatizare a activității de colectare a datelor cu aplicabilitate în monitorizarea performanței productive a echipamentelor cu nivel de mecanizare redus în operații de gestionare a culturilor de salcie de rotație scurtă. Revista Pădurilor 131 (3-4), 74-90.

Link: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173105756>

B. Lucrări acceptate spre publicare sau publicate în reviste indexate Clarivate Analytics:

1. **Talagai, N.**, Marcu, M.V., Proto, A.R., Zimbalatti, G., Borz, S.A. (2020). Productivity and pathways for its improvement in partly mechanized planting operations of willow short rotation coppice. Biomass and Bioenergy. **Acceptat pentru publicare. SRI = 2,595. FI = 3,537.**

2. Borz S.A., **Talagai N.**, Cheța M., Chiriloiu D., Gavilanes Montoya A.V., Castillo Vizuetes D.D., Marcu M.V. (2019). Physical strain, exposure to noise and postural assessment in motor-manual felling of willow short rotation coppice: results of a preliminary study. Croatian Journal of Forest Engineering 40(2): 377-388, DOI: 10.5552/crojfe.2019.550, **SRI = 1,030. FI = 1,118.**

Link:http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C4WtTN9wibBV9EponpK&page=1&doc=1

3. Borz, S.A., **Talagai, N.**, Cheța, M., Gavilanes Montoya, A.V., Castillo Vizuetes, D.D. (2018). Automating data collection in motor-manual time and motion studies implemented in a willow short rotation coppice. Bioresources, 13(2): 3236-3249, DOI10.15376/biores.13.2.3236-3249, **SRI = 1,404. FI = 0,845.**

Link:http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C4WtTN9wibBV9EponpK&page=1&doc=2

4. **Talagai, N.**, Borz, S. A., Ignea, G. (2017). Performance of brush cutters in felling operations of willow short rotation coppice. Bioresources 12(2): 3560-3569, DOI: 10.15376/biores.12.2.3560-3569 **SRI = 1,694. FI = 0,919.**

Link:http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C4WtTN9wibBV9EponpK&page=1&doc=3

C. Lucrări prezentate la conferințe și simpozioane internaționale

1. **Talagai N.**, Cheța M., Gavilanes Montoya, A.V., Castillo Vizuetes, D.D., Borz S.A., (2018). Predicting time consumption of chipping tasks in a willow short rotation coppice from GPS and acceleration data. Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and Sustainable Development" 8th Edition, 25th-27th of October 2018, Braşov, Romania.

Link: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193382863>

BIBLIOGRAFIE

1. Abbas, D., Current, D., Phillips, M., Rossman, R., Hoganson, H., Brooks, K.N. (2011). Guidelines for harvesting forest biomass for energy: A synthesis of environmental considerations. *Biomass and Bioenergy*, Elsevier Ltd, 35(11), 4538-4546. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.06.029.
2. Abrahamson, L.P., Robison, D.J., Volk, T.A., White, E.H., Neuhauser, E.F., Benjamin, W.H., Peterson, J.M. (1998). Sustainability and environmental issues associated with willow bioenergy development in New York (U.S.A.). *Biomass and Bioenergy*, 15(1), 17-22. DOI:10.1016/s0961-9534(97)10061-7.
3. Abrahamson, L.P., Volk, T.A., Knopp, R., White, E., Ballard., J. (2002). Willow biomass producer's handbook. State University of New York. Syracuse, New York.
4. Abrahamson, L.P., Volk, T.A., Smart L.B., Cameron, K.D. (2010). Shrub willow biomass producer's handbook. State University of New York, Syracuse, New York.
5. Acuna, M., Bigot, M., Guerra, S., Hartsough, B., Kanzian, C., Kärhä, K., Lindroos, O., Magagnotti, N., Roux, S., Spinelli, R., Talbot, B., Tolosana, E., Zormaier, F. (2012). Good practice guidelines for biomass production studies. In: Magagnotti, N. and Spinelli, R. (eds.), CNR IVALSIA, Sesto Fiorentino, Italy. *Forest Energy*, (<http://www.forestenergy.org/pages/cost-action-fp0902/good-practice-guidelines>), Accessed on 15th January 2018
6. Adegbidi, H.G., Volk, T.A., White, E.H., Abrahamson, L.P., Briggs, R.D., Bickelhaupt, D.H. (2001). Biomass and nutrient removal by willow clones in experimental bioenergy plantations in New York State. *Biomass and Bioenergy*, 20(6), 399-411. DOI:10.1016/s0961-9534(01)00009-5.
7. Albertsson, J., Verwijst, T., Hansson, D., Bertholdsson, N.-O., Åhman, I. (2014). Effects of competition between short-rotation willow and weeds on performance of different clones and associated weed flora during the first harvest cycle. *Biomass and Bioenergy*, 70, 364-372. DOI:10.1016/j.biombioe.2014.08.003.
8. Albertsson, J., Verwijst, T., Rosenqvist, H., Hansson, D., Bertholdsson, N.-O., Åhman, I. (2016). Effects of mechanical weed control or cover crop on the growth and economic viability of two short-rotation willow cultivars. *Biomass and Bioenergy*, 91, 296-305. DOI:10.1016/j.biombioe.2016.05.030.
9. Aronsson, P., Rosenqvist, H., Dimitriou, I. (2014). Impact of nitrogen fertilization to short-rotation willow coppice plantations grown in Sweden on yield and economy. *BioEnergy Research*, 7(3), 993-1001. DOI:10.1007/s12155-014-9435-7.
10. Aronsson, P.G., Bergström, L.F., Elowson, S.N.E. (2000). Long-term influence of intensively cultured short-rotation Willow Coppice on nitrogen concentrations in groundwater. *Journal of Environmental Management*, 58(2), 135-145. DOI:10.1006/jema.1999.0319.
11. Aronsson, P., Dahlin, T., Dimitriou, I. (2010). Treatment of landfill leachate by irrigation of willow coppice – Plant response and treatment efficiency. *Environmental Pollution*, 158(3), 795-804. DOI:10.1016/j.envpol.2009.10.003.
12. Bacenetti, J., Gonzalez Garcia, S., Mena, A., Fiala, M. (2012). Life cycle assessment: An application to poplar for energycultivated in Italy. *J. Agric. Eng.*, 43, 72-78. <https://doi.org/10.4081/jae.2012.14>
13. Baldauf, R., Thoma, E., Khlystov, A., Isakov, V., Bowker, G., Long, T., Snow, R. (2008). Impacts of noise barriers on near-road air quality. *Atmospheric Environment* 42, 7502-7507. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.05.051.
14. Bergante, S., Manzone, M., Facciotto, G. (2016). Alternative planting method for short rotation coppice with poplar and willow. *Biomass and Bioenergy* 87: 39-45. DOI:10.1016/j.biombioe.2016.02.016
15. Begley, D., McCracken, A.R., Dawson, W.M., Watson, S. (2009). Interaction in short rotation coppice willow, *Salix viminalis* genotype mixtures. *Biomass and Bioenergy*, 33(2), 163-173. DOI:10.1016/j.biombioe.2008.06.001.

16. Berhongaray, G., El Kasmioui, O., Ceulemans, R. (2013). Comparative analysis of harvesting machines on an operational high-density short rotation woody crop (SRWC) culture: One-process versus two-process harvest operation. *Biomass and Bioenergy*, 58, 333-342. DOI:10.1016/j.biombioe.2013.07.003.
17. Björheden R., Apel K., Shiba M., Thompson M. (1995). IUFRO Forest work study nomenclature, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Grappenberg, 16p.
18. Björheden R. (2013). Basic time concepts for international comparisons of time study reports, Swedish University of Agricultural Science, Dept. of Operational Efficiency, Garpenberg DOI: 10.1080/08435243.1991.10702626. 7p
19. Borz S.A. (2015). Ştiinţa muncii în activitatea forestieră: istoric, concepte şi exemple. *Revista Pădurilor* 130(3-4): 52-59.
20. Borz S.A. (2014). Evaluarea eficienţei echipamentelor şi sistemelor tehnice în operaţii forestiere. Editura Lux Libris, Braşov.
21. Borz, S.A. (2016). Turning a winch skidder into a self-data collection machine using external sensors: a methodological concept. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 9 (58), 2, 1-6.
22. **Borz, S.A., Niţă, M.D., Talagai, N., Scriba, C., Grigolato, S., Proto, A.R. (2019 a). Performance of small-scale technology in planting and cutback operations of short-rotation willow crops. *Transactions of the ASABE*, 62(1): 167-176. DOI: 10.13031/trans.12961.**
23. **Borz, S.A., Talagai, N., Cheţa, M., Gavilanes Montoya, A.V., Castillo Vizuete, D.D. (2018). Automating data collection in motor-manual time and motion studies implemented in a willow short rotation coppice. *Bioresources* 13(2), 3236-3249. DOI: 10.15376/biores.13.2.3236-3249.**
24. **Borz S.A., Talagai N., Cheţa M., Chiriloiu D., Gavilanes Montoya A.V., Castillo Vizuete D.D., Marcu M.V. (2019 b). Physical strain, exposure to noise and postural assessment in motor-manual felling of willow short rotation coppice: Results of a preliminary study. *Croatian Journal of Forest Engineering* 40(2): 377-387. DOI:10.5552/crojfe.2019.550**
25. Buchholz, T., Volk, T.A. (2011). Improving the profitability of willow crops - Identifying opportunities with a crop budget model., *Bioenergy Research* 4(2), 85-95. DOI: 10.1007/s12155-010-9103-5
26. Burger, F.J. (2010). Cultivation and life cycle assessment of short rotation coppice, Lehrstuhl für Holzkunde und Holztechnik: Technische Universität München., 180 pp. (<http://mediatum.ub.tum.de/doc/981861/file.pdf>)
27. Bush, C., Volk, T.A., Eisenbies, M.H. (2015). Planting rates and delays during the establishment of willow biomass crops. *Biomass and Bioenergy*, 83, 290-296. DOI:10.1016/j.biombioe.2015.10.008.
28. Calvo, A., Manzone, M., Spinelli, R. (2013). Long term repair and maintenance cost of some professional chainsaws. *Croatian Journal of Forest Engineering* 34(2): 265-272.
29. Calzoni, J., Caspersen, N., Dercas, N., Gaillard, G., Gosse, G., Hanegraaf, M., ... Van Zeijts, H. (2000). *Bioenergy for Europe: Which ones fit best?* Heidelberg, Germany: Institute for Energy and Environmental Research. Retrieved from <https://www.ifeu.de/en/project/biofit-fair/>
30. Campbell, S.P., Frair, J.L., Gibbs, J.P., Volk, T.A. (2012). Use of short-rotation coppice willow crops by birds and small mammals in central New York. *Biomass and Bioenergy*, 47, 342-353. DOI:10.1016/j.biombioe.2012.09.026.
31. Caputo, J., Balogh, S.B., Volk, T.A., Johnson, L., Puettmann, M., Lippke, B., Oneil, E. (2013). Incorporating uncertainty into a life cycle assessment (LCA) model of short-rotation willow biomass (*Salix* spp.) Crops. *BioEnergy Research*, 7(1), 48-59. DOI:10.1007/s12155-013-9347-y.
32. Ciubotaru, A. (1998). *Exploatarea pădurilor*, Editura Lux Libris, Braşov.
33. Danfors, B., Nordén, B. (1994). *Logistics for simultaneous harvesting and cutting of short rotation*

- energy forest,. Swedish Institute of Agricultural Engineering, (http://slub-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo_library/libweb/action/dlSearch.do?institution=SLUB&vid=SLUB_V1&prefLang=en_US&tab=default_tab&search_scope=default_scope&mode=Basic&displayMode=full&bulkSize=10&highlight=true&dum=true&query=any%2Ccontains%2Clogistics+for+simultaneous+harvesting+and+cutting+of+short+rotation+energy+forest&displayField=all), Accessed 28 December 2016.
34. Dias, G.M., Ayer, N.W., Kariyapperuma, K., Thevathasan, N., Gordon, A., Sidders, D., Johannesson, G.H. (2017). Life cycle assessment of thermal energy production from short-rotation willow biomass in Southern Ontario, Canada. *Applied Energy*, Elsevier Ltd, 204, 343-352. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.07.051.
 35. Dickmann, D. (2006). Silviculture and biology of short-rotation woody crops in temperate regions: Then and now. *Biomass and Bioenergy*, 30(8-9), 696-705. DOI:10.1016/j.biombioe.2005.02.008.
 36. Digrubera, T., Sassa, L., Cseria, A., Paula, K., Nagya, A.V., Remenyik, J., Molnár, I., Vassa, I., Toldid, O., Gyuricza, C., Duditsa, D. (2018). Stimulation of energy willow biomass with triacontanol and seaweed extract. *Industrial Crops and Products* 120, 104-112. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.04.047.
 37. Dimitriou, I., Rosenqvist, H. (2011). Sewage sludge and wastewater fertilisation of short rotation coppice (SRC) for increased bioenergy production-biological and economic potential. *Biomass and Bioenergy*, 35(2), 835-842. DOI:10.1016/j.biombioe.2010.11.010.
 38. Djomo, S.N., kasmoui, O.E., Ceulemans, R. (2010). Energy and greenhouse gas balance of bioenergy production from poplar and willow: a review. *GCB Bioenergy*, 3(3), 181-197. DOI:10.1111/j.1757-1707.2010.01073.x.
 39. Dubuisson, X., Sintzoff, I. (1998). Energy and CO₂ balances in different power generation routes using wood fuel from short rotation coppice. *Biomass and Bioenergy*, 15(4-5), 379-390. DOI:10.1016/s0961-9534(98)00044-0.
 40. Edelfeldt, S. (2015). Influence of pre-emergence cutting characteristics on early willow establishment. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
 41. Edelfeldt, S., Verwijst, T., Lundkvist, A., Forkman, J. (2013). Effects of mechanical planting on establishment and early growth of willow. *Biomass and Bioenergy*, 55, 234-242. DOI:10.1016/j.biombioe.2013.02.018.
 42. Ehlert, D., Pecenka, R. (2013). Harvesters for short rotation coppice: current status and new solutions. *International Journal of Forest Engineering* 24(3), 170-182. DOI: 10.1080/14942119.2013.852390.
 43. Eisenbies, M.H., Volk, T.A., Posselius, J., Foster, C., Shi, S., Karapetyan, S. (2014). Evaluation of a single-pass, cut, and chip harvest system on commercial-scale, short rotation shrub willow biomass crops. *Bioenergy Research* 7(4), 1506-1518. DOI: 10.1007/s12155-014-9482-0.
 44. Ens, J., Farrell, R.E., Belanger, N. (2013). Early effects of afforestation with willow (*Salix purpurea*, "Hotel") on soil carbon and nutrient availability. *Forests* 4, 137-154. DOI: 10.3390/f4010137.
 45. Fantozzi, F., Buratti, C. (2010). Life cycle assessment of biomass chains: Wood pellet from short rotation coppice using data measured on a real plant. *Biomass and Bioenergy*, 34(12), 1796-1804. DOI:10.1016/j.biombioe.2010.07.011.
 46. Fiala, M., Bacenetti, J. (2012). Economic, energetic and environmental impact in short rotation coppice harvesting operations. *Biomass and Bioenergy*, 42, 107-113. DOI:10.1016/j.biombioe.2011.07.004.
 47. Finnan, J.M., Donnelly, I., Burke, B. (2016). The effect of cutting back willow after one year of growth on biomass production over two harvest cycles. *Biomass and Bioenergy*, 92, 76-80. DOI:10.1016/j.biombioe.2016.06.006.

48. Gillingham, K.T., Smith, S.J., Sands, R.D. (2008). Impact of bioenergy crops in a carbon dioxide constrained world: an application of the MiniCAM energy-agriculture and land use model. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13(7), 675–701. DOI:10.1007/s11027-007-9122-5
49. Griffiths, J.W., McAlpine, K.G. (2017). Aerial glyphosate application reduces grey willow (*Salix cinerea*) canopy cover, increases light availability, and stimulates kahikatea (*Dacrydium dacrydioides*) growth. *New Zealand Journal of Ecology* 41(2), 234- 239. DOI:10.20417/nzjecol.41.22.
50. Guidi Nissim, W., Labrecque, M. (2016). Planting microcuttings: An innovative method for establishing a willow vegetation cover. *Ecological Engineering*, 91, 472-476. DOI:10.1016/j.ecoleng.2016.03.008.
51. Guidi, W., Pitre, F.E., Labrecque, M. (2013a). Short rotation coppice of willows for the production of biomass in Eastern Canada. *Biomass Now - Sustainable Growth and Use*, DOI:421-448. DOI:10.5772/51111.
52. Guidi, N.W., Pitre, F.E., Teodorescu, T.I., Labrecque, M. (2013b). Long-term biomass productivity of willow bioenergy plantations maintained in southern Quebec, Canada. *Biomass and Bioenergy*, 56, 361-369. DOI:10.1016/j.biombioe.2013.05.020.
53. Harrison, R., Webb, J. (2001). A review of the effect of N fertilizer type on gaseous emissions. *Advances in Agronomy*, 65-108. DOI:10.1016/s0065-2113(01)73005-2.
54. Hammar, T., Ericsson, N., Sundberg, C., Hannson, P.A. (2014). Climate impact of willow grown for energy in Sweden. *Bioenergy Research* 7, 1529-1540. DOI 10.1007/s12155-014-9490-0.
55. Hammar, T., Hannson, P.A., Sundberg, C. (2016). Climate impact assessment of willow energy from a landscape perspective: a Swedish case study. *GCB Bioenergy* 9, 973-985, DOI: 10.1111/gcbb.12399.
56. Hammer, D., Kayser, A., Keller, C. (2003). Phytoextraction of Cd and Zn with *Salix viminalis* in field trails. *Soil Use and Management*. *Soil Use and Management*, 19(3), 187-192. DOI: 10.1079/SUM2002183.
57. Houghton, A. J., Bond, A. J., Lovett, A. A., Dockerty, T., Sünnerberg, G., Clark, S. J., ... Karp, A. (2009). A novel, integrated approach to assessing social, economic and environmental implications of changing rural land-use: a case study of perennial biomass crops. *Journal of Applied Ecology*, 46(2), 315–322. DOI:10.1111/j.1365-2664.2009.01623.x
58. Hasselgren, K. (1998). Use of municipal waste products in energy forestry: highlights from 15years of experience. *Biomass and Bioenergy*, 15(1), 71-74. DOI:10.1016/s0961-9534(97)10052-6.
59. Heaton, E.A., Clifton-Brown, J., Voigt, T.B., Jones, M.B., Long, S. P. (2004). Miscanthus for renewable energy generation: European Union experience and projections for Illinois. *mitigation and adaptation strategies for Global Change*, 9(4), 433–451. DOI:10.1023/b:miti.0000038848.94134.be
60. Heinimann, H.R. (2007). Forest operations engineering and management - The ways behind and ahead of a scientific discipline," *Croat. J. For. Eng.* 28(1), 107-121.
61. Heller, M.C., Keoleian, G.A., Volk, T.A. (2003). Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass and Bioenergy*, 25(2), 147-165. DOI:10.1016/s0961-9534(02)00190-3.
62. Hong, J.Y., Jeon, J.Y. (2014). Landscape and urban planning the effects of audio - visual factors on perceptions of environmental noise barrier performance. *Landscape and Urban Planning*, Elsevier B.V., 125, 28-37. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.02.001.
63. Ignea, G., Ghaffaryan, M.R., Borz S.A. (2017). Impact of operational factors on fossil energy inputs in motor-manual tree felling and processing: results of two case studies. *Annals of Forest Research* 60(1): 161–172, doi: 10.15287/afr.2016.705

64. Jama-Rodzeńska, A., Bocianowski, J., Nowak, W., Cizek, D., Nowosad, K. (2016). The influence of communal sewage sludge on the content of macroelements in the stem of selected clones of willow (*Salix viminalis* L.). *Ecological Engineering*, 87, 212-217. DOI:10.1016/j.ecoleng.2015.11.046.
65. Jensen, J.K., Holm, P.E., Nejrup, J., Larsen, M.B., Borggaard, O.K. (2009). The potential of willow for remediation of heavy metal polluted calcareous urban soils. *Environmental Pollution*, Elsevier Ltd, 157(3), 931-937. DOI: 10.1016/j.envpol.2008.10.024.
66. Kamp, A., Østergård, H. (2013). How to manage co-product inputs in emergy accounting exemplified by willow production for bioenergy. *Ecological Modelling*, 253, 70-78. DOI:10.1016/j.ecolmodel.2012.12.027.
67. Kaygusuz, K., Keleş, S. (2008). Use of biomass as a transitional strategy to a sustainable and clean energy system. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31(1), 86-97. DOI:10.1080/15567030701468225.
68. Keefe R.F., Wempe A.M., Becker R.M., Zimbelman E.G., Nagler E.S., Gilbert S.L., Caudill C.C. (2019). Positioning methods and the use of location and activity data in forests. *Forests* 10, 458. doi:10.3390/f10050458.
69. Keoleian, G.A., Volk, T.A. (2005). Renewable energy from willow biomass crops: life cycle energy, environmental and economic performance. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24(5-6), 385-406. DOI:10.1080/07352680500316334.
70. Keskin, M., Say, S.M. (2006). Feasibility of low-cost GPS receivers for ground speed measurement., *Comput. Electron. Agr.* 54(1), 36-43. DOI: 10.1016/j.compag.2006.07.001
71. Khanam, T., Matero, J., Mola-Yudego, B., Sikanen, L., Rahman, A. (2014). Assessing external factors on substitution of fossil fuel by biofuels: model perspective from the Nordic region. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 21(3), 445-460. DOI:10.1007/s11027-014-9608-x
72. Krasuska, E., Rosenqvist, H. (2012). Economics of energy crops in Poland today and in the future. *Biomass and Bioenergy*, 38, 23-33. DOI:10.1016/j.biombioe.2011.09.011.
73. Kuzovkina, Y.A., Volk, T.A. (2009). The characterization of willow (*Salix* L.) varieties for use in ecological engineering applications: Co-ordination of structure, function and autecology. *Ecological Engineering*, 35(8), 1178-1189. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2009.03.010.
74. Labrecque, M., Teodorescu, T.I., (2005a). Field performance and biomass production of 12 willow and poplar clones in short-rotation coppice in southern Quebec (Canada). *Biomass and Bioenergy*, 29 (1), 1-9. DOI:10.1016/j.biombioe.2004.12.004.
75. Labrecque, M., Teodorescu, T.I. (2005b). Preliminary evaluation of a living willow (*Salix* spp.) sound barrier along a highway in Québec, Canada. *Journal of Arboriculture* 31(2), 95-98.
76. Lowthe-Thomas S.C., Slater F.M., Randerson P.F. (2010). Reducing the establishment costs of a short rotation willow coppice (SRC) - A trial of a novel layflat planting system at an upland site in mid-Wales. *Biomass and Bioenergy* 34: 677-686. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.01.011.
77. Lu, C., Ackerman, P. (2012). Work study nomenclature and protocols: a literature review (ICFR Bulletin 3/2012), FESA and ICFR, Pietermaritzburg, South Africa.
78. Manzone, M. (2016). Energy and CO₂ emissions associated with mechanical planters used in biomass plantations. *Biomass and Bioenergy*, 87, 156-161. DOI:10.1016/j.biombioe.2016.01.011.
79. Manzone, M., Balsari, P. (2014). Planters performance during a very short rotation coppice planting. *Biomass and Bioenergy* 67, 188-192. DOI: 10.1016/j.biombioe.2014.04.029.
80. Manzone, M., Bergante, S., Facciotto, G., Balsari, P. (2017). A prototype for horizontal long cuttings planting in short rotation coppice. *Biomass and Bioenergy*, 107, 214-218. DOI:10.1016/j.biombioe.2017.10.013.

81. Marchi, E., Chung, W., Visser, R., Abbas, D., Nordfjell, T., Mederski, P.S., McEwan, A., Brink, M., Laschi, A., (2018). Sustainable forest operations (SFO): A new paradigm in a changing world and climate. *Science of the Total Environment* 634, 1385-1397.
82. McDonald, T.P., Fulton, J.P. (2005). Automated time study of skidders using global positioning system data., *Comput. Electron. Agr.* 48(1), 19-37. DOI: 10.1016/j.compag.2005.01.004
83. Mirck, J., Isebrands, J.G., Verwijst, T., Ledin, S. (2005). Development of short-rotation willow coppice systems for environmental purposes in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 28(2), 219-228. DOI:10.1016/j.biombioe.2004.08.012.
84. Mosseler, A., Major, J.E., Labrecque, M., Larocque, G.R. (2014). Allometric relationships in coppice biomass production for two North American willows (*Salix* spp.) across three different sites. *Forest Ecology and Management* 320, 190-196. DOI:10.1016/j.foreco.2014.02.027.
85. Nordborg, M., Berndes, G., Dimitriou, I., Henriksson, A., Mola-Yudego, B., Rosenqvist, H. (2018). Energy analysis of willow production for bioenergy in Sweden. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 473-482. DOI:10.1016/j.rser.2018.05.045.
86. Oprea, I. (2008). *Tehnologia exploatării lemnului*. Editura Universităţii Transilvania din Braşov, 273p.
87. Pecenka, R., Hoffmann, T. (2015). Harvest technology for short rotation coppices and costs of harvest, transport and storage. *Agronomy Research* 13 (2), 361-371.
88. Perttu, K.L. (1998). Environmental justification for short-rotation forestry in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 15(1), 1-6. DOI:10.1016/S0961-9534(98)00014-2.
89. Perttu, K.L., Kowalik, P.J. (1997). *Salix* vegetation filters for purification of waters and soils. *Biomass and Bioenergy*, 12(1), 9-19. DOI:10.1016/S0961-9534(96)00063-3.
90. Picchio, R., Maesano, M., Savelli, S., Marchi, E. (2009). Productivity and energy balance in conversion of a *Quercus cerris* L. coppice stand into high forest in Central Italy., *Croat. J. For. Eng.* 30(1), 15-26.
91. Popescu I. (1984). *Mecanizarea lucrărilor silvice*. Editura Ceres, Bucureşti (pp 86)
92. Quaye, A.K., Volk, T.A. (2013). Biomass production and soil nutrients in organic and inorganic fertilized willow biomass production systems. *Biomass and Bioenergy*, 57, 113-125. DOI:10.1016/j.biombioe.2013.08.002.
93. Rosenqvist, H., Berndes, G., Börjesson, P. (2013). The prospects of cost reductions in willow production in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 48, 139-147. DOI:10.1016/j.biombioe.2012.11.013.
94. Rowe, R.L., Hanley, M.E., Goulson, D., Clarke, D.J., Doncaster, C.P., Taylor, G. (2011). Potential benefits of commercial willow Short Rotation Coppice (SRC) for farm-scale plant and invertebrate communities in the agri-environment. *Biomass and Bioenergy*, 35(1), 325-336. DOI:10.1016/j.biombioe.2010.08.046.
95. Rytter, R.M. (2012). The potential of willow and poplar plantations as carbon sinks in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, Elsevier Ltd, 36, 86-95. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.10.012.
96. Rytter, R.-M., Rytter, L., Högbom, L. (2015). Carbon sequestration in willow (*Salix* spp.) plantations on former arable land estimated by repeated field sampling and C budget calculation. *Biomass and Bioenergy*, 83, 483-492. DOI:10.1016/j.biombioe.2015.10.009.
97. Savoie, P., Hébert, P., Robert, F., Sidders, D. (2013). Harvest of short-rotation woody crops in plantations with a biobaler. *Energy and Power Engineering* 5(2A), 39-47. DOI: 10.4236/epe.2013.52A006.
98. Schweier, J., Becker, G. (2012a). New Holland forage harvester's productivity in short rotation coppice: Evaluation of field studies from a German perspective. *International Journal of Forest Engineering* 23 (2), 82-88. DOI: 10.1080/14942119.2012.10739964.
99. Schweier, J. Becker, G. (2012b). Harvesting of short rotation coppice - harvesting trials with a cut and storage system in Germany. *Silva Fennica* 46(2), 287-299.

100. Schweier, J., Becker, G. (2012c). Motor manual harvest of short rotation coppice in South-West Germany, *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 183(7-8), 159-167.
101. **Scriba, C., Borz, S.A., Talagai, N. (2014). Estimating dry mass and bark proportion in one year shoots yielded by one-year *Salix viminalis* L. plantations in Central Romania. *Revista Pădurilor, Nr.3-4/2014, Anul 129, 57-66.***
102. Souch, C.A., Martin, P.J., Stephens, W., Spoor, G. (2004). Effects of soil compaction and mechanical damage at harvest on growth and biomass production of short rotation coppice willow. *Plant and Soil*, 263(1), 173-182. DOI:10.1023/b:plso.0000047734.91437.26.
103. Spinelli, R., Magagnotti, N., Picchi, G., Lombardini, C., Nati C. (2011). Upsized harvesting technology for coping with the new trends in short-rotation coppice. *Applied Engineering in Agriculture*, 27(4), 551-557. DOI:10.13031/2013.38201.
104. Spinelli, R., Nati, C., Magagnotti, N. (2008). Harvesting short-rotation poplar plantations for biomass production. *Croatian Journal of Forest Engineering* 29(2), 129-139.
105. Spinelli, R., Nati, C., Magagnotti, N. (2009). Using modified foragers to harvest short-rotation poplar plantations. *Biomass and Bioenergy*, 33(5), 817-821. DOI:10.1016/j.biombioe.2009.01.001.
106. Spinelli, R., Schweier, J., de Francesco, F. (2012). Harvesting techniques for non-industrial biomass-plantations., *Biosystems Engineering* 113 (4), 319-324. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2012.09.008
107. Stolarski, M.J., Szczukowski, S., Tworkowski, J., Krzyżaniak, M. (2013). Cost of heat energy generation from willow biomass. *Renewable Energy*, 59, 100-104. DOI:10.1016/j.renene.2013.03.025.
108. Šyc, M., Pohořelý, M., Kameníková, P., Habart, J., Svoboda, K., Punčochář, M. (2012). Willow trees from heavy metals phytoextraction as energy crops. *Biomass and Bioenergy*, 37, 106-113. DOI:10.1016/j.biombioe.2011.12.025.
109. **Talagai, N., Borz, S.A. (2016). Concepts for data collection automation with applicability in the evaluation of productive performance of willow short rotation coppice. *Revista Pădurilor*, 131(3-4), 78-94.**
110. **Talagai, N., Borz, S.A., Ignea, G., (2017). Performance of brush cutters in felling operations of willow short rotation coppice. *BioResources* 12(2), 3560-3569. DOI: 10.15376/biores.12.2.3560-3569.**
111. **Talagai, N., Cheța, M. (2017). Work performance in manual manufacturing of willow bundles for bioengineering applications. *Revista Pădurilor*, 132(3), 42-49.**
112. Teodorescu, T.I., Guidi, W., Labrecque, M. (2011). The use of non-dormant rods as planting material: A new approach to establishing willow for environmental applications. *Ecological Engineering*, Elsevier B.V., 37(9), 1430-1433. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2011.03.031.
113. Trzepieciński, T., Stachowicz, F., Niemiec, W., Kepa, L., Dziurka, M. (2016). Development of harvesting machines for willow small-sizes plantations in east-central Europe. *Croatian J. Forest Eng.*, 37, 185-199.
114. Toupin, D., LeBel, L., Dubeau, D., Imbeau, D., Bouthillier, L. (2007). Measuring the productivity and physical workload of brushcutters within the context of a production-based pay system., *Forest Policy Econ.* 9(8), 1046-1055. DOI: 10.1016/j.forpol.2006.10.001
115. Tubby, I., Armstrong, A. (2002). Establishment and management of short rotation coppice. Practice note, Forestry Commission, 12 p. ([http://www.forestry.gov.uk /pdf/fcpn7.pdf/\\$FILE/fcpn7.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/fcpn7.pdf/$FILE/fcpn7.pdf)), Accessed 28 December 2016.
116. Urbaniak, M., Wyrwicka, A., Tołoczko, W., Serwecińska, L., Zieliński, M. (2017). The effect of sewage sludge application on soil properties and willow (*Salix* sp.) cultivation. *Science of the Total Environment*, 586, 66-75. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.012.

117. Vanbeveren, S.P.P., De Francesco, F., Ceulemans, R., Spinelli, R. (2018). Productivity of mechanized whip harvesting with the Stemster Mk III in a short-rotation coppice established on farmland. *Biomass and Bioenergy*, 108, 323-329. DOI:10.1016/j.biombioe.2017.11.024.
118. Vanbeveren, S.P.P., Schweier, J., Berhongaray, G., Ceulemans, R. (2015). Operational short rotation woody crop plantations: Manual or mechanised harvesting? *Biomass Bioenerg.* 72, 8-18. DOI: 10.1016/j.biombioe.2014.11.019.
119. Vanbeveren, S.P.P., Spinelli, R., Eisenbies, M., Schweier, J., Mola-Yudego, B., Magagnotti, N., Acuna, M., Dimitriou, I., Ceulemans, R. (2017). Mechanised harvesting of short-rotation coppices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 90-104. DOI:10.1016/j.rser.2017.02.059.
120. van der Meijden, G.P.M., Gigler, J.K. (1995). Harvesting techniques and logistics of short rotation energy forestry. A descriptive study on harvest and transport systems in *Salix* production currently used in Sweden., Jordbrukstekniska Institutet, (http://www.jti.se/uploads/jti/JTI_Rapport_200.pdf), Accessed on 15th January 2018.
121. van Dam, J., Faaij, A.P.C., Lewandowski, I., Fischer, G. (2007). Biomass production potentials in Central and Eastern Europe under different scenarios. *Biomass Bioenergy* 31, 345-366. DOI: 10.1016/j.biombioe.2006.10.001.
122. Vasilescu, M.M., Tereşneiu, C., Vorovencii, I. (2014). Assessment of the forest shelterbelts effect on local dynamics of snow layer, soil moisture and agricultural crop yields as a second protective function. In: 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, www.sgem.org, SGEM2014 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-18-6 / ISSN 1314-2704, June 19-25, 2014, Book 5, Vol. 2, 69-76.
123. Voets, T., Neven, A., Thewys, T., Kuppens, T. (2013). GIS-BASED location optimization of a biomass conversion plant on contaminated willow in the Campine region (Belgium). *Biomass and Bioenergy*, 55, 339-349. DOI:10.1016/j.biombioe.2013.02.037.
124. Wahsha, M., Bini, C., Argese, E., Minello, F., Fontana, S., Wahsheh, H. (2012). Heavy metals accumulation in willows growing on Spolic Technosols from the abandoned Imperina Valley mine in Italy. *Journal of Geochemical Exploration*, Elsevier B.V., 123, 19-24. DOI: 10.1016/j.gexplo.2012.07.004.
125. Wasson C.S. (2006). System analysis, design, and development. Concepts, principles and practices. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 818p.
126. Weih, M., Ronnberg-Wastjung, A.-C. (2007). Shoot biomass growth is related to the vertical leaf nitrogen gradient in *Salix* canopies. *Tree Physiology*, 27(11), 1551-1559. DOI:10.1093/treephys/27.11.1551.
127. Whittaker, C., Yates, N.E., Powers, S.J., Misselbrook, T., Shield, I. (2018). Dry matter losses and quality changes during short rotation coppice willow storage in chip or rod form. *Biomass and Bioenergy*, 112, 29-36. DOI:10.1016/j.biombioe.2018.02.005.
128. Willebrand, E., Ledin, S., Verwijst, T. (1993). Willow coppice systems in short rotation forestry: Effects of plant spacing, rotation length and clonal composition on biomass production. *Biomass and Bioenergy*, 4(5), 323-331. DOI:10.1016/0961-9534(93)90048-9.
129. Wyrwicka, A., Urbaniak, M. (2018). The biochemical response of willow plants (*Salix viminalis* L.) to the use of sewage sludge from various sizes of wastewater treatment plant. *Science of The Total Environment*, 615, 882-894. DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.10.005.
130. Yli-pelkonen, V., Setälä, H., Viippola, V. (2017). Landscape and urban planning urban forests near roads do not reduce gaseous air pollutant concentrations but have an impact on particles levels. *Landscape and Urban Planning*, Elsevier B.V., 158(2), 39-47. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2016.09.014.

131. Yoshioka, T., Sugiura, K., Inoue, K. (2012). Application of a sugarcane harvester for harvesting of willow trees aimed at short-rotation forestry: An experimental case study in Japan. *Croatian J. Forest Eng.*, 33(1), 5-14.
132. Žaltauskaitė, J., Judeikytė, S., Sujetovienė, G., Dagiliūtė, R. (2016). Sewage sludge application effects to first year willows (*Salix viminalis* L.) growth and heavy metal bioaccumulation. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1813-1818. DOI:10.1007/s12649-016-9691-1.
133. ASAE (2011). Uniform terminology for agricultural machinery management., American Society of Agricultural Engineers (ASAE) Standards, (http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs143_009472.pdf), Accessed on 15th January 2018.
134. Forestry Commission (1998). Harvesting and comminution of short rotation coppice. harvesting machine trials. Technical Development Branch. Technical Note 8/98. Forestry Commission, ([http://www.forestry.gov.uk/pdf/FR_BEC_Harvesting_and_comminution_of_short_rotation_coppice_TN898_1998.pdf/\\$FILE/FR_BEC_Harvesting_and_comminution_of_short_rotation_coppice_TN898_1998.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FR_BEC_Harvesting_and_comminution_of_short_rotation_coppice_TN898_1998.pdf/$FILE/FR_BEC_Harvesting_and_comminution_of_short_rotation_coppice_TN898_1998.pdf)), Accessed 28 December 2016.
135. EurObserv'ER Report (2017). THE STATE OF RENEWABLE ENERGIES IN EUROPE. 17th EurObserv'ER Report, p 134.

ANEXE

Anexa 1: Lista lucrărilor publicate

1. **Talagai, N.**, Marcu, M.V., Proto, A.R., Zimbalatti, G., Borz S.A. (2019). Productivity and pathways for its Improvement in partly mechanized planting operations of willow short rotation coppice. *Biomass and Bioenergy* 138. 105609. DOI: 10.1016/j.biombioe.2020.105609
Link: <https://authors.elsevier.com/c/1b97-3QkGxw5Hw>
2. Borz, S.A., Niță, M.D., **Talagai, N.**, Scriba, C., Grigolato, S., Proto, A.R. (2019). Performance of small-scale technology in planting and cutback operations of short-rotation willow crops. *Transactions of the ASABE*, 62(1): 167-176. DOI: 10.13031/trans.12961.
Link: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193312471>
3. Borz, S.A., **Talagai, N.**, Cheța, M., Chiriloiu, D., Gavilanes Montoya, A.V., Castillo Vizuetete, D.D., Marcu, M.V. (2019). Physical strain, exposure to noise and postural assessment in motor-manual felling of willow short rotation coppice: Results of a preliminary study. *Croatian Journal of Forest Engineering* 40(2):377-388, DOI: 10.5552/crojfe.2019.550.
Link: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C4WtTN9wibBV9EponpK&page=1&doc=1
4. Borz, S.A., **Talagai, N.**, Cheța, M., Gavilanes Montoya, A.V., Castillo Vizuetete, D.D. (2018) Automating data collection in motor-manual time and motion studies implemented in a willow short rotation coppice. *Bioresources*, 13(2):3236-3249 DOI10.15376/biores.13.2.3236-3249.
Link: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C4WtTN9wibBV9EponpK&page=1&doc=2
5. **Talagai, N.**, Cheța, M., Gavilanes, Montoya, A.V., Castillo, Vizuetete, D.D., Borz, S.A. (2018). Predicting time consumption of chipping tasks in a willow short rotation coppice from GPS and acceleration data. *Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and Sustainable Development" 8th Edition, 25th-27th of October 2018, Braşov, Romania.*
Link: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193382863>
6. Afrăşinei, I.I., Cheța, M., **Talagai, N.**, Muşat, E.C., Borz, S.A. (2017). Testing the capacity of willow short rotation crops to act as sound barriers. *Revista Pădurilor* 132(4), 3-17.
Link: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193155946>
7. Cheța, M., **Talagai, N.** (2017). Using motion detection and sound pressure sensors to automate data collection in motor-manual production studies. *Revista Pădurilor*, 132(4), 18-29.
Link: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193155947>
8. **Talagai, N.**, Cheța, M. (2017). Work performance in manual manufacturing of willow bundles for bioengineering applications. *Revista Pădurilor*, 132(3), 42-49.
Link: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193155945>
9. **Talagai, N.**, Borz, S.A. , Ignea, G. (2017) Performance of brush cutters in felling operations of willow short rotation coppice. *Bioresources* 12(2): 3560-3569.
Link: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C4WtTN9wibBV9EponpK&page=1&doc=3
10. **Talagai, N.**, Borz, S.A. (2016). Concepte teoretice de automatizare a activității de colectare a datelor cu aplicabilitate în monitorizarea performanței productive a echipamentelor cu nivel de mecanizare redus în operații de gestionare a culturilor de salcie de rotație scurtă. *Revista Pădurilor*, 131(3-4), 74-90.
Link: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173105756>
11. Scriba, C., Borz, S.A., **Talagai, N.** (2014). Estimating dry mass and bark proportion in one-year shoots yielded by one - year *Salix viminalis* L. plantations in Central Romania, *Revista Pădurilor*, 129(3-4), 57-66.
Link: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183029829>

Anexa 2: Rezumat

Rezumat

Culturile de rotație scurtă de salcie energetică reprezintă o sursă viabilă de biomasă lignocelulozică, utilizată ca materie primă în industria energetică. În România, aceste culturi sunt realizate la scară mică, iar plantarea și recoltarea lor se realizează, de obicei, cu echipamente cu un grad redus de mecanizare. În cadrul acestei teze, sunt luate în studiu pentru evaluarea performanței productive, operațiile de plantare, operațiile de doborâre, precum și operațiile post-doborâre, aici fiind incluse operațiile de tocare și operațiile de formare și legare manuală a fascinelor. În cazul operațiilor de plantare, s-a utilizat un echipament de plantare cu grad redus de mecanizare, care se atașează la tractoare agricole de uz general. Plantarea efectivă, respectiv introducerea butașilor în sol, se realizează manual de către doi muncitori. În condițiile observate, productivitatea brută a variat între aproximativ 0,10 și 0,18 ha × oră⁻¹ și a fost de aproximativ 0,15 ha × h⁻¹. În cazul operațiilor de doborâre, s-au utilizat moto-unele, iar echipa de muncă a fost formată din doi muncitori, dintre care unul a executat operațiile de doborâre cu moto-unealta, iar cel de-al doilea, în timpul recoltării, a avut atribuția de a predirecționa manual lăstarii supuși doborârii înspre exteriorul culturii. În testele realizate, a rezultat o productivitate brută cuprinsă între 0,06 ha × oră⁻¹ și 0,11 ha × oră⁻¹ și o productivitate netă cuprinsă între 0,07 ha × oră⁻¹ și 0,13 ha × oră⁻¹. Pentru a transforma lăstarii de salcie în tocătură (biomasă), o echipă formată din 6-7 muncitori au grupat și s-au deplasat cu lăstarii de salcie de pe suprafața de cultură până la un tocător montat pe tractor. Productivitatea brută în această operație a fost de 0,05 ha × oră⁻¹, iar productivitatea netă a fost estimată la 0,08 ha × oră⁻¹. Operația de formare și legare a fascinelor din lăstari de salcie a fost realizată de o echipă formată din 5 muncitori. După legare, fascinele rezultate au avut un diametru cuprins între 15-20 cm, lungimea de circa 5 m și o masă cuprinsă între 25 și 30 kilograme, iar productivitatea brută a avut o valoare de 20,68 fascine pe oră. Productivitatea netă a fost estimată la o valoare de 22,66 fascine pe oră. Pe lângă metodele dezvoltate pentru colectarea datelor în astfel de operații, care permit automatizarea efortului de colectare a datelor de teren, rezultatele obținute furnizează fundamentul pentru alte studii și direcții de cercetare.

Abstract

Short rotation coppice of willow represents a viable source of lignocellulosic biomass, used as a feedstock in the energy industry. In Romania, these crops are grown on a small scale and their planting and harvesting is usually done by the means of manual or partly mechanized equipment. In this thesis, are presented the results on productivity of planting, motor-manual felling, chipping and manual bundling operations following the implementation of time and motion studies in the field. Planting operations were carried out by the use of planters propelled by agricultural tractors and the effective planting was done by manually pushing the cuttings into the soil, by two workers. Under the conditions observed, gross productivity ranged from about 0.10 to 0.18 ha × h⁻¹ and it was estimated, on average, to about 0.15 ha × h⁻¹. Felling operations were carried out by the use of brushcutters and the work team consisted of two workers, of which one worker operated the brushcutter and one was a manual assistant. Based on the carried-out tests, gross productivity was found to vary between 0.06 and 0.11 ha × hour⁻¹ and the net productivity between 0.07 and 0.13 ha × hour⁻¹. In the case of chipping operations, a team of 6-7 workers was used to manually bunch and transport the biomass to a small chipper powered by an agricultural tractor. In this case, the gross and net productivity were estimated at 0.05 ha and 0.08 ha × hour⁻¹, respectively. Manual manufacturing of willow bundles was carried out by a team of 5 workers. Following this manual operation, the resulted bundles had a diameter of 15-20 cm, a length of about 5 m and a mass of 25-30 kilograms. For this operation, the gross and net productivity were estimated at 20.68 and 22.66 bundles per hour, respectively. Besides the methods developed for data collection in these operations, which enable the automation of the field data collection effort, the obtained results may give the ground for other studies and research directions.