

Vrijeme oporavka šumskog tla sabijenih traktorskih vlaka

Klanica, Melani

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:805866>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-02**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO

MELANI KLANICA

VRIJEME OPORAVKA ŠUMSKOG TLA SABIJENIH TRAKTORSKIH
VLAKA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2023.

Podaci o završnom radu

Zavod:	Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Predmet:	Pridobivanje drva I
Mentor:	prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky
Asistent:	
Student:	Melani Klanica
JMBAG:	0068234665
Akad. godina:	2022/2023.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 27. rujna 2023.
Sadržaj rada:	Slika: 8 Tablica: 3 Navoda literature: 22
Sažetak:	<p>Uslijed visokih dodirnih tlakova i klizanja kota a šumskih vozila tijekom mehaniziranoga pridobivanja drva dolazi do sabijanja šumskog tla, iji je prirodni oporavak vremenski dug proces.</p> <p>Razina prirodnog oporavka sabijenog amfigleja traktorskih vlaka u jaseniku odsjeka 137a gospodarske jedinice Turopoljski Lug, u šest godišnjem razdoblju provedena je usporedbom dva fizikalna pokazatelja površinskog sloja tla dobivena laboratorijskom analizom iz nenarušenih uzoraka tla (Kopeckijevih valjaka) – prirodne gusto e tla i poroziteta tla. Odsjek 137a GJ Turopoljski Lug, zadnji puta je sje en u kasno ljeto 2016. godine sustavom harvester – forvarder, kada su prosjecane paralelne traktorske vlake me usobnoga razmaka 20 m, a koje su u me uvremenu obrasle amorfom. Nenarušeni uzorci tla, na i izvan traktorskih vlaka uzimani su tijekom 2022. godine uzduž osam traktorskih vlaka, kada su i mjerene na deset primjernih ploha zna ajke amorfe (broja biljaka amorfe, visina biljaka amorfe, promjer vrata korijena biljaka amorfe, masa nadzemnoga dijela biljaka amorfe) na traktorskim vlakama.</p> <p>Jednostruka analiza varijance prirodne gusto e i poroziteta tla, po etrdeset uzorka tla izvan (0,726 g/cm³, 68,4 %) i na traktorskim vlakama (0,699 g/cm³, 69,1 %), nije ukazala na statisti ki zna ajne razli itosti, što ukazuje na prirodni oporavak sabijenoga tla traktorskih vlaka u razdoblju od šest godina.</p> <p>Polu eni rezultat prirodnog oporavka tla, utjecan je i obraštanjem traktorskih vlaka amorfom sa prosje no 833 biljke na 100 m traktorske vlake i prosje nom masom nadzemnoga dijela biljaka amorfe od 208 kg na 100 m traktorske vlake, koja je pridonjela melioriranju sabijenoga amfigleja traktorskih vlaka.</p> <p>Niski intenzitet zadnje sje e odsjeka 137a GJ Turopoljski Lug u kasno ljeto (suho tlo) 2016. godine od 43 m³/ha, kada su prosjecane paralelne traktorske vlake me usobnoga razmaka 20 m, sustavom pridobivanja drva harvester – forvarder, utjecao je na manji intenzitet kretanja vozila istim tragom te samim time brže vrijeme oporavka sabijenoga tla.</p>



IZJAVA O AKADEMSKOJ ESTITOSTI

OB FŠDT 05 07

Revizija: 2

Datum: 29.04.2021.

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 22. rujna 2023. godine

vlastoru ni potpis

Melani Klanica

Zahvala

Završni rad je izrađen u sklopu projekta »Ouvanje sastojina poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Republici Hrvatskoj s naglaskom na biotske štetne imbenike« koji financira Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske iz sredstava naknade za korištenje opkorisnih funkcija šuma (OKFŠ) za financiranje znanstvenog rada iz područja šumarstva.

Želim se zahvaliti svom mentoru, prof. dr. sc. Tomislavu Poršinskom na iznimnoj pomoći i uloženom vremenu pri izradi ovoga rada. Također, zahvaljujem svim dobrim ljudima koji su na bilo koji način sudjelovali na ovom projektu i bliskim osobama koje su mi bile podrška tijekom studiranja. Velika hvala i svim prijateljima i kolegama koji su bili dio mojih studentskih dana.

Posebnu zahvalu dugujem svojim dragim roditeljima Josipi i Mariu koji su mi uvijek bili oslonac u životu, vjerovali u mene, pružali mi najbolje što su mogli i omogućili mi ovo obrazovanje.

Sadržaj

Podaci o završnom radu	II
Izjava o izvornosti rada	III
Zahvala	IV
Sadržaj	V
1. Uvod i cilj	1
1.1 Sabijanje tla kretanjem šumskih vozila	2
1.2 Šuma poljskog jasena s kasnim drijemovcem	4
1.3 Amorfa	6
2. Materijal i metode	7
2.1 Odsjek 137a GJ Turopoljski lug	7
2.2 Terensko prikupljanje podataka	10
2.3 Laboratorijska analiza uzoraka	11
2.4 Statisti ka obrada podataka	11
3. Rezultati	12
3.1 Prirodna gusto a i porozitet tla	12
3.2 Zna ajke amorfe na traktorskim vlakama	14
4. Zaklju ci	21
5. Literatura	22

1. Uvod i cilj

Primjena šumskih vozila u mehaniziranim procesima proizvodnje drva predstavlja još uvijek najdjelotvorniji na in pridobivanja drva, pri emu se pred šumska vozila postavlja zahtjev za njihovom što ve om kretnoš u u odnosu na prometnost terena šumskoga bespu a (Poršinsky i dr. 2023). Pri kretanju šumskih vozila, neovisno o njihovoj namjeni (sje a i izradba, privla enje drva, gradnja šumskih prometnica) šumska staništa i sastojine izložene razli itim na inima ošte ivanja (Poršinsky 2023):

- ⇒ gaženje i sabijanje šumskog tla
- ⇒ ošte ivanje dube ih stabala i pomlatka
- ⇒ polucija štetnih tvari u okoliš
- ⇒ ošte ivanje korita vodnih tjela.

Iz navedenoga proizlazi i jedan od glavnih izazova današnjega gospodarenja šumama – izvo enje pridobivanja drva na okolišno prihvatljiv na in. Pridobivanje drva na okolišno prihvatljiv na in odre eno je postupcima u kojima sudjeluju razli iti strojevi i alati te okolnostima primjereni na ini izradbe drva, nakon kojih su štete na staništu (tlo, voda) i sastojini (pomladak, dube a stabla) najmanje mogu e, odnosno prihvatljive (Poršinsky 2023). Isti autor, navodi da ovodobni izbor postupka i pogodnih strojeva treba biti u suglasju s tzv. »5E« kriterijima: i) ekološkim, ii) ergonomskim, iii) ekonomskim, iv) energijskim te v) estetskim, a ije rangiranje ovisi o namjeni šuma.

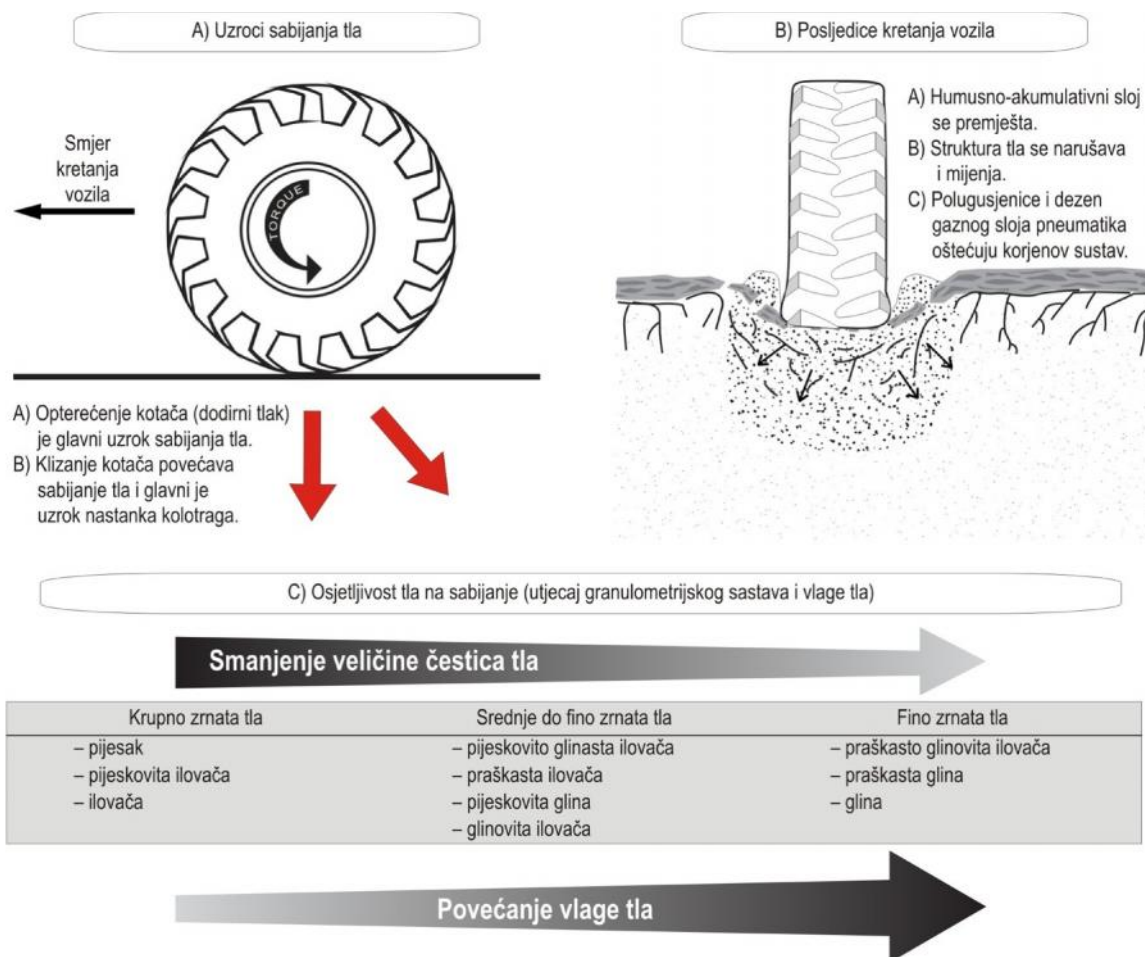
Gaženje tla predstavlja površinu sabijenog tla uslijed prolaska šumskih vozila, a smanjuje se ograni enim kretanjem šumskih vozila po sekundarnoj mreži šumskih prometnica uz obavezno usmjereno rušenje stabala (Poršinsky 2023). Iste mjere rabe se pri zaštiti dube ih stabala pri sje i prethodnog prihoda drva (prorede), ali i prirodnoga pomlatka pri sje i glavnoga prihoda drva (oplodne te preborne sje e). Polucija štetnih tvari u okoliš prvenstveno se otklanja pravilnim i redovitim održavanjem šumskih vozila što otklanja mogu e pucanje vodova ulja, goriva te rashladnih teku ina, odnosno korištenjem biorazgradivih ulja u reznim ure ajima motornih pila i harvesterskih glava, a potrošnja goriva uz smanjenje emisije stakleni kih plinova izborom šumskih vozila koja zadovoljavaju sve strože zahtjeve EURO norme za emisiju ispušnih plinova.

Od po etaka mehaniziranja šumskih radova pa sve do danas smanjenje sabijanja šumskog tla uslijed kretanja šumskih vozila predstavlja izazov za šumarske stru njake zbog narušavanja vodno-zra nih uvjeta u tlu, ograni enja dostupnosti hraniva biljkama, za etka erozionih procesa na nagnutim terenima te vremenski dugog oporavka šumskog tla.

Cilj ovog rada je istraživanje vremena oporavka amfigleja jasenika odsjeka 137a gospodarske jedinice Turopoljski Lug, koji je zadnji puta bio sje en 2016. godine sustavom harvester – forvarder, kada su prosjecane paralelne traktorske vlake me usobnoga razmaka 20 m, a koje su u me uvremenu obrasle amorfom.

1.1 Sabijanje tla kretanjem šumskih vozila

Sabijanje šumskog tla, uz nastanak kolotruga te premještanje slojeva šumskog tla, posljedica je kretanja vozila po šumskom bespu u zbog kratkotrajnoga djelovanja dodirnih tlakova te (pro)klizavanja pogonskih kota a vozila (Poršinsky 2023).



Slika 1. Uzroci, posljedice te osjetljivost šumskog tla na sabijanje (Poršinsky 2023)

Dodirni tlak šumskog vozila s tlom predstavlja omjer težine i površine oslonca – voznog sustava (gume kota a, gusjenice, polugusjenice) vozila s tlom (Poršinsky 2005). Problem izra unavanja dodirnih tlakova leži u injenicama: i) šumska vozila nemaju jednaka osovinska optere enja, kao ni optere enja prednjih i stražnjih kota a vozila (Bumber i dr. 2023), ii) dodirna površina gume kota a i tla ovisi o elasti nim deformacijama pneumatika ovisno o optere enju kota a, tlaku punjenja guma zrakom te vrsto i karkase pneumatika (Poršinsky i dr. 2020), iii) plasti no-elasti nim deformacijama šumskog tla ovisno o njegovom granulometrijskom sastavu i trenutnoj vlazi tla (Poršinsky 2005). Navedenim, za iskazivanje dodirnih tlakova šumskih vozila na tlo esto se koriste uvjetno to ni matemati ki izrazi poput nominalnoga tlaka na podlogu (Poršinsky i dr. 2011).

Pojava klizanja predstavlja smicanje estica tla zahva enog rebrima pneumatika koja se zasjecaju u tlo pri kontaktu s njegovim površinskim slojem. Pri manjim vu nim silama površinski sloj tla po kojem se kre u pogonski kota i šumskih vozila ostaje na svom mjestu, jer je vu na sila vozila manja od kohezijskih sila tla. Proklizavanje kota a

nastupa u trenutku kada dolazi do prekora enja otpora tla na smicanje zahva enog rebrima kota a uslijed pove ane vlažnosti tla (Poršinsky i dr. 2020).

Sabijanjem se tla razbijaju strukturni agregati, smanjuje se me uagregatni prostor te koli ina pora i volumen tla (Poršinsky 2005). Isti autor, navodi da se zbog toga pogoršava toplotni režim u tlu, mijenjaju se vodno-zra ni odnosi u tlu i smanjuju se uvjeti za prehranu koji su potrebni za razvitak biljaka, odnosno smanjuje se mikrobiološka aktivnost zbog dovo enja tla u anaerobne uvjete. Zbijanjem se u prvom redu smanjuje koli ina nekapilarnih pora i propusnost tla za vodu, što na nagnutim izbrazdanim površinama mrežom kolotruga vozila ubrzava površinsko otjecanje vode te u kona nici izaziva eroziju. Osjetljivost šumskoga tla na sabijanje odre ena je njegovim granulometrijskim sastavom tla (sitno zrnata tla s pove anim udjelom glinovitih estica izrazito su osjetljiva na sabijanje), udjelom skeletnih estica, pove anom vlažnoš u te ograni enom nosivoš u i smi nom vrsto om tla u trenutku kretanja šumskih vozila, pove anim udjelom humusa, ali i porastom nagiba terena (Cambi i dr. 2016A).

Na sabijanje šumskog tla utje u i zna ajke šumskih vozila: prvenstveno njihova namjena (sje a i izradba, privla enje drva) masa vozila te njena raspodjela po osovinama vozila (Bumber i dr. 2023), dodirna površina vozila s tlom, zna ajke pneumatika kota a, tlak punjenja pneumatika zrakom te dodatno opremanje šumskih vozila trakcijskom opremom (Poršinsky i dr 2020). U slu aju privla enja drva, pove anjem broja prolazaka vozila istim tragom dolazi i do porasta sabijenosti tla (Pandur i dr. 2022), što je i tipi no za traktorske vlake.

Cambi i dr. (2016B) istražuju i utjecaj sabijanja tla (porast prirodne gusto e za 27 %) na rast i fiziologiju pomlatka hrasta lužnjaka, utvr uju smanjenje lisne površine za 22 %, biomase izbojaka za 26 %, omjera izdanak/korijen za 10 % te duljine glavnog korijena za 24 %.

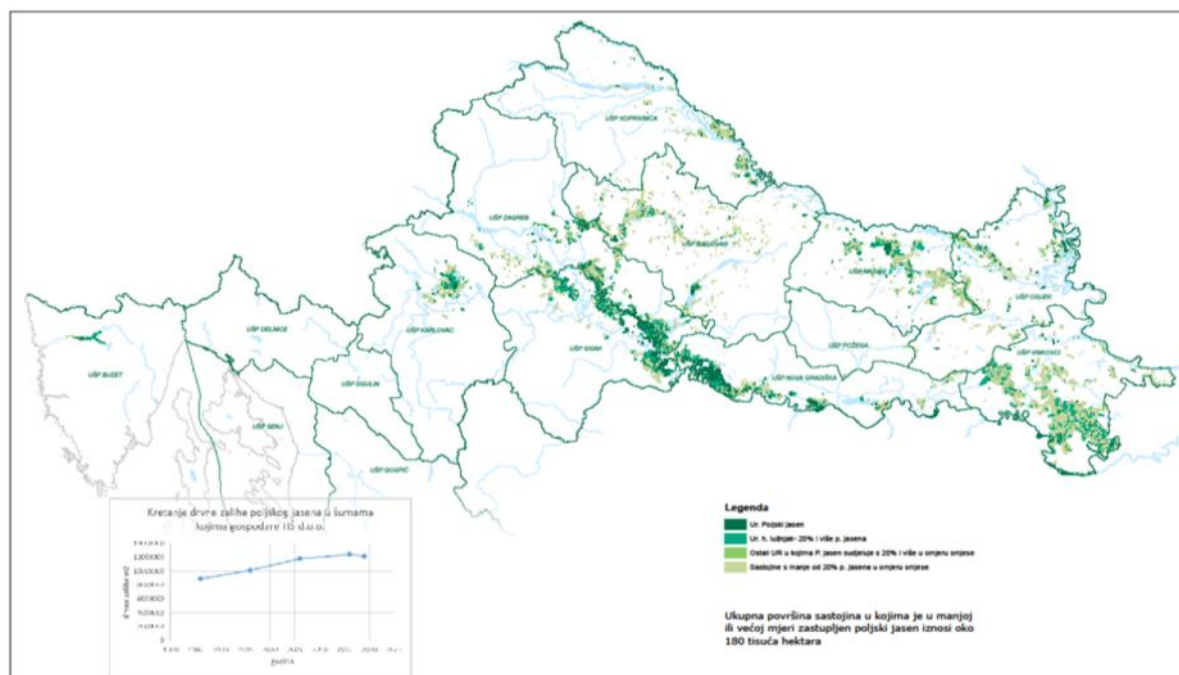
Prirodni oporavak sabijenog šumskog tla dugotrajni je proces na kojega prvenstveno djeluju izmjena sušnog i vlažnog perioda koji dovode do procesa sakupljanja i bubrenja estica tla, kao i sli ni procesi koji se dešavaju tijekom smrzavanja i odmrzavanja tla (Horvat 1995).

DeArmond i dr. (2021) obra uju problem prirodnog oporavka sabijenih traktorskih vlaka na svjetskoj razini, obuhva aju i šume umjerenog pojasa te borealne i tropske šume. Isti autori zaklju uju da su najbolji pokazatelji oporavka šumskog tla usporedba fizikalnih svojstava tla (prirodna gusto a i porozitet tla) prije izvo enja radova (šumskim vozilima neizgaženo tlo) te po proteku odre enoga vremenskog perioda. Isto tako, zaklju uju da je vrijeme oporavka dug vremenski period raspona 10 do 50 godina, ovisno o: i) osjetljivosti tla na sabijanje u trenutku izvo enja radova, ii) zna ajkama korištenih šumskih vozila te iii) intenzitetu (broju) prolazaka vozila po traktorskim vlakama.

Horvat (1995) istražuju i usporednim mjerenjem prodirnih zna ajki tla penetrometrom euglejnog tla (prašinstva ilova a) sabijene traktorske vlake dolazi do spoznaje da se tlo oporavilo nakon deset godina.

1.2 Šuma poljskog jasena s kasnim drijemovcem

Poljski jasen, *Fraxinus angustifolia* (Vahl.), listopadno je, andromonoeci no, anemofilno, brzorastu e, 15 – 25 (40) m visoko drve e iz porodice Oleaceae. Prema morfološkim je obilježjima poljski jasen vrlo varijabilna vrsta. Poljski jasen je vrsta južne i jugozapadne Europe, sjeverne Afrike i jugozapadne Azije. U srednjoj Europi, Panonskoj nizini i na Balkanskom poluotoku ve inom je rasprostranjen uz obale velikih rijeka i njihovih pritoka, uz jezera te u poplavnim podru jima (Idžojti i Poljak, 2022).



Slika 2. Rasprostanjenost poljskog jasena u Hrvatskoj (Žagar 2019)

U mediteranskoj regiji dolazi u manjim, više izoliranim populacijama duž rijeka ili na vlažnim staništima. Stanište poljskog jasena obilježeno je tektonsko – akumulacijskim tipom reljefa i snažnim utjecajem geomorfoloških i hidroloških procesa, kako na nastanak i razvoj tla, tako i na dinamiku njegovih fiziografskih zna ajki. U makroreljefnom smislu to su najniži dijelovi terena gdje se vodnoerozijskim procesima nakupljaju relativno sitnije estice, što rezultira dubokim i, nerijetko, slabo dreniranim tлом (Pernar i dr. 2022). To je naj eš e povremeno poplavljeno zemljište s dugom stagnacijom poplavne vode u zimskom i proljetnom razdoblju i s relativno visokom razinom vode temeljnice tijekom vegetacijskog razdoblja. U takvim stanišnim uvjetima poljski jasen o ituje eurivalentna ekološka obilježja – pridolazi od nizinskih mikroudubina gdje tvori iste sastojine na barskoj granici vegetacije (zajednica poljskog jasena s kasnim drijemovcem (*Leucojo aestivi – Fraxinetum angustifoliae* Glava 1959), preko niza gdje ima fiziološki optimum unutar zajednice hrasta lužnjaka i velike žutilovke (*Genisto elatae – Quercetum roboris* Horvat 1938), pa sve do vlažnih greda, gdje se sporadi no pojavljuje unutar zajednice hrasta lužnjaka i obi nog graba (*Carpino betuli – Quercetum roboris* Ani 1959) – Vukeli i dr. (2022).

Zajednicu posljskoga jasena s kasnim drijemovcem prvi je istražio i opisao Glava 1959. godine na području Posavine. Kasnije je detaljno istraživana na cjelokupnom području pridolaska do donje Posavine (Spava) preko središnje Posavine (Turopoljski lug, Žutica i dr.) do donjega Pokuplja (Pokupski bazen) – Vukeli i dr. (2022).

Mikroreljefna svojstva terena, režim poplavnih i podzemnih voda i svojstva tla temeljni su ekološki imbenici koji određuju fitocenozu. Mikroreljefna zajednica zauzima plavljenjane udubine koje mogu biti površine i do nekoliko stotina hektara. Voda u njih dolazi plavljenjem i slijevanjem iz nešto viših okolnih terena, a najčešće otječe u jarce i kanalizacijama ili se isparava. Tlo na kojem se zajednica razvija jest eugleja, odnosno njegov podtip amfigleja, bazične do kisele reakcije i neravna izgleda (Vukeli i dr. 2022).

U nizinskim poplavnim šumskim ekosustavima proteklih godina bilježi se nagli trend pogoršanja zdravstvenog stanja poljskog jasena. To naglo pogoršavanje zdravstvenog stanja korelira s pojavom nove bolesti jasena uzrokovane fitopatogenom gljivom *Hymenoscyphus fraxineus* (Chalara) (T.Kowalski) koja je utvrđena kao glavni uzročnik bolesti i odumiranja jasena. Istraživanja nove bolesti jasena u nas i u Europi pokazuju da mogućnost uvođenja zaštite poljskog jasena treba tražiti u otpornijim genotipovima. Potencijalno u inkovitom do sada se jedina pokazala metoda selekcije. Jedina dugoročna mjera zaštite i obnove poljskog jasena je u testiranjima i uzgoju otpornijih genotipova (Dimini i Kranjec Orlovi 2022).

Redovite štete na jasenu također uzrokuje jasenova pipa (*Stereonychus fraxini*). U posljednjih nekoliko godina poljski jasen pokazuje sve izraženije simptome odumiranja te je trenutno jedna od najugroženijih vrsta drveća u Republici Hrvatskoj. U vrlo rijetkim slučajevima odumiranje stabala uzrokovano je jednim nepovoljnim imbenikom, a u većini je slučajeva ono posljedica sinergijskog djelovanja više nepovoljnih abiotičkih i biotičkih imbenika. Najveći broj šteta na poljskom jasenu uzrokuju kukci (25,08 % svih šteta), osobito defolijatori (21,71 %). Zatim slijede abiotički uzročnici koji su uzrok 12,54 % svih šteta, od kojih je najznačajnija poplava 10,2 %. Štete od gljiva u ukupnim štetama sudjeluju sa 10,96 % (Seletković i dr. 2022).

Žagar (2019) navodi moguća rješenja za obnovu sastojina poljskog jasena:

- ⇒ Doznavanje i uklanjanje suhih i oboljelih stabala
- ⇒ Obnova sastojina sadnjom sadnica odgovarajućih vrsta (hrast lužnjak, poljski jasen, crna joha, vrbe, topole)
- ⇒ Intenzivno praćenje stanja u nepogodnim zahvaćenim područjima
- ⇒ Provođenje zahvata njege, doznake i sječe uz stručne upute
- ⇒ Intenziviranje znanstvenog i stručnog istraživanja uzročnika bolesti i postupaka sanacije, te primjenjivati stećena znanja i iskustva susjednih zemalja.

1.3 Amorfa

Amorfa (*Amorpha fruticosa* L.) ili grmasta ivitnja a i/ili bagremac podrijetlom je iz isto noga dijela Sjeverne Amerike gdje dolazi uz rije ne tokove od države Iowa do države Montana. U Europu je unesena 1724. godine, a u Hrvatskoj se pojavila po etkom 20. stolje a. Nije osobito zahtjevna prema kvaliteti tla, ali preferira vlažna staništa uz rije ne tokove. Raste kao grm visine oko 2 (– 5) m. ivitnja a je listopadna, heliofilna, higrofilna, entomofilna i jednodomna vrsta. Cvjeta po etkom lipnja. Plodovi sazrijevaju u jesen iste godine. Svake godine obilno plodonosi. Razmnožava se sjemenom i vegetativno. Vrlo brzo raste, te je kod nas opasna invazivna vrsta. Živi u simbiozi s bakterijama koje vežu elementarni dušik iz zraka i tako oboga uju tlo dušikom. Iz plodova se ekstrahira ulje. U p elarstvu je vrlo cijenjena (Franji i Škvorc 2020). U Europu je prenesena kao hortikulturna vrsta i kao vrsta koja služi za stabilizaciju tla. Naj eš i na in širenja amorfe je raznošenje sjemena vodom, ali obzirom da raste uz željezni ke pruge (zbog stabilizacije nožica nasipa željezni kih pruga) i prometnice potencijalni na in širenja sjemena je i pomo u razli itih vozila koja se kre u prometnicama.

Kod nas se ponajviše proširila na podru ju savskoga sliva, gdje agresivno osvaja šumske površine ine i velike probleme kod prirodne obnove šuma hrasta lužnjaka i poljskog jasena. Problemi se doga aju u slu ajevima kada se prirodna obnova nije obavila na pravilan i stru an na in ili kada je zbog nekog opravdanog razloga, odnosno više sile (npr. poplava, ratni uvjeti) došlo do zakorovljenja pomladne površine. Borba protiv ove biljke traje ve desetlje ima, a kombinira se mehani ko uklanjanje i kemijsko tretiranje herbicidima, no za sada još uvijek bitku dobiva amorfa. (<https://www.agroklub.com/sumarstvo/amorfa-nije-samo-korov/16357/>). Me utim, ivitnja a je i cijenjena medonosna biljka me u p elarima jer daje karakteristi no crvenkast med bogat mineralima zbog ega se i pretpostavlja da je prvobitno unesena u naše podru je. Osim što je cijenjena medonosna biljka, dobro veže dušik, sprje ava eroziju tla, te je potencijalno energetski korisna biljna vrsta (Glavaš, 2009).

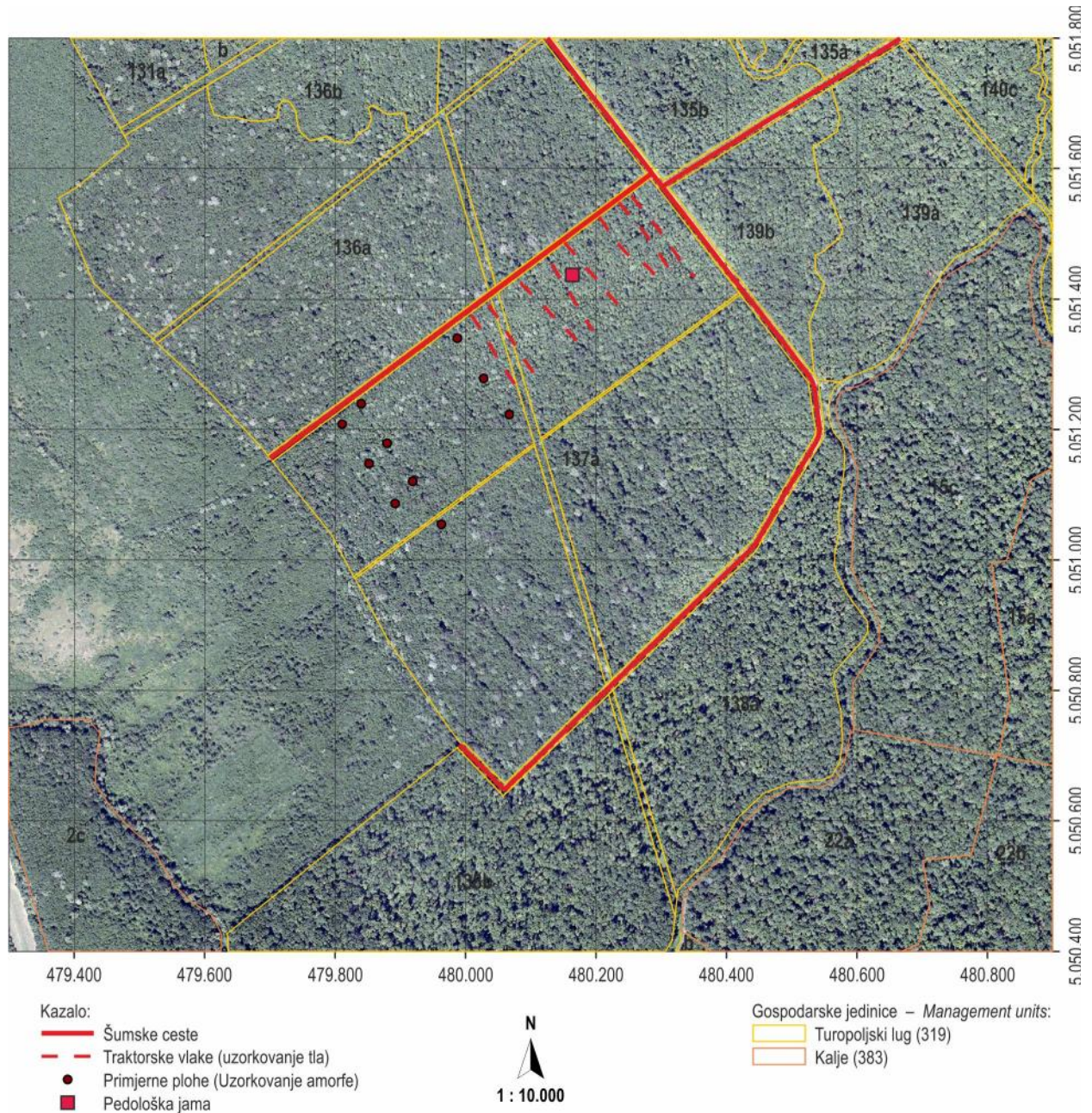


Slika 3. Amorfa (*Amorpha fruticosa* L.)

2. Materijal i metode

Poglavlje materijal i metode, sastoji se od etiri potpoglavlja: 1) Odsjek 137a GJ Turopoljski lug, 2) Terensko prikupljanje podataka, 3) Laboratorijska analiza uzoraka tla, 4) Statisti ka obrada podataka.

2.1 Odsjek 137a GJ Turopoljski lug



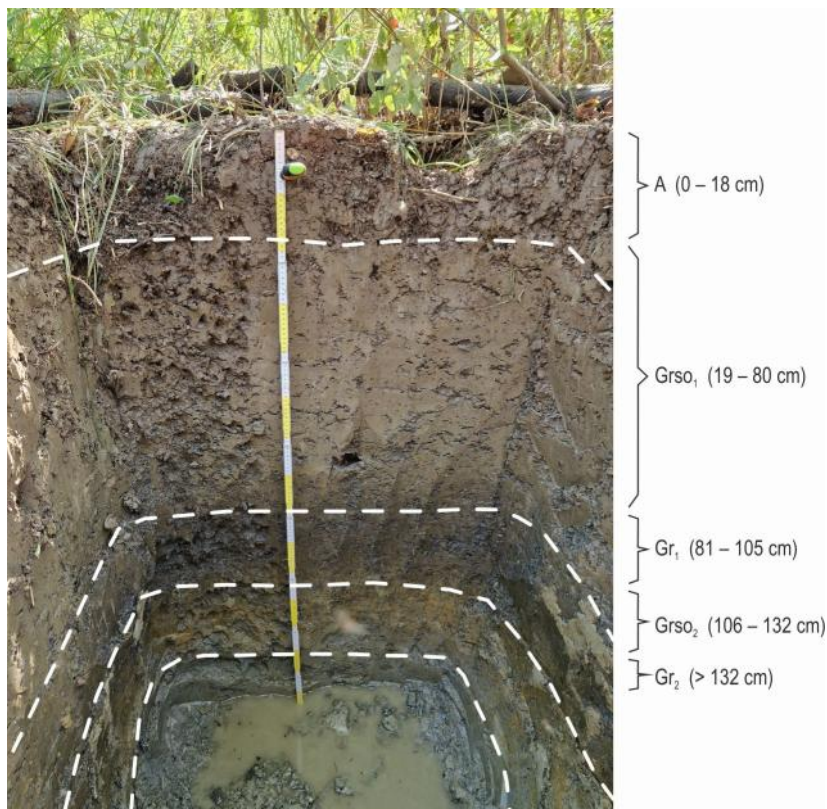
Slika 4. Karta odsjeka 137a GJ Turopoljski lug

Istraživanje vremena oporavka šumskog tla sabijenih traktorskih vlaka provedeno je u odsjeku 137a gospodarske jedinice Turopoljski Lug, šumarije Velika Gorica. Odsjek 137a fitocenološki pripada šumi poljskoga jasena s kasnim drijemovcem (*Leucojo-Fraxinetum angustifoliae* Glava 1959), starija je mješovita sastojina poljskog jasena i crne johe s primješanim hrastom lužnjakom, ameri kim jasenom, doma om topolom i bijelom

vrбом te pojedina no nizinskim brijestom i divljom kruškom, dobre do osrednje kvalitete, nastala iz sjemena u dobi od 58 godina. Sastojina je gusta, mjestimi no srednje gusta, gustog do nepotpunog sklopa, sa pretežno grupimi nim rasporedom stabala. Po odsjeku se izmjenjuju u prosjeku starije i mla e grupe, a tako er i iste grupe poljskog jasena i crne johe sa mješovitima. Stabla su uzrasta tanjeg letvika do stupovlja, visoka, vitka, dugih i ravnih do blago zakrivljenih debala, malih do srednje razvijenih krošanja, zdrava i vitalna. Pripada ure ajnom razredu poljskog jasena (gospodarenje uz ophodnju 100 godina), odnosno ekološko-gospodarskom tipu II-G-30. Površine je 39,90 ha, teren je ravan, s nadmorskom visinom od 97 m. Drvna zaliha iznosi 280 m³/ha, a temeljnica 29,63 m²/ha uz 679 stabla po hektaru. U omjeru smjese prednja i crna joha sa 36,6 % te poljski jasen sa 30,46 % drvnog obujma, hrast lužnjak s 13,17 % te ameri ki jasen sa 1,87 %, dok ostatak otpada na ostale vrste meke bjelogorice.

Propis gospodarenja odsjekom 137a je njega sastojine proredom intenziteta 45 m³/ha. Odsjek 137a zadnji puta je u kasno ljeto 2016. godine sustavom pridobivanja drva harvester – forvarder za vrijeme sušeg tla, kada su prosjecane paralelne traktorske vlake me usobnoga razmaka 20 m. Sje na gusto a iznosila je 43 m³/ha.

Tlo je u odsjeku mo varno glejno (euglej-amfiglej), džombasto, obraslo je prizemnim raš em u kojem dominira šaš te grmljem vrbe, amorfe, trušljike i gloga.



Slika 5. Pedološka jama u odsjeku 137a GJ Turopoljski lug

U odsjeku 137a su do razvoja amfigleja, kao najtežeg oblika mo varnog glejnog tla, doveli specifi ni uvjeti vlaženja tla u GJ Turopoljski lug (prisutnost visoke podzemne

vode zbog korištenja podruja u retencijske namjene te teže prirodno otjecanje vode iz depresija prouzrokuje da poplavne i oborinske vode imaju smanjene mogućnosti povlačenja nakon poplava).

Amfiglej pripada euglejnoj grupi hidromorfnih tala, kojih je značajka trajno prekomjerno vlaženje cijelog profila tla oborinskom i dopunskom vodom (slivena, poplavna i podzemna). Euglejna tla vezana su za reljefne depresije, kod kojih se podzemna voda nalazi na maloj dubini (1 m). Njena razina pokazuje malo kolebanje tijekom godine, što dovodi do izlaganja većeg dijela profila procesima oglejavanja i anaerobne transformacije organskih ostataka (Pernar 2017). Ti se procesi javljaju u različitim modifikacijama, ovisno o hidrološkom režimu podzemnih voda, stupnju njene mineralizacije, ali i teksturnom sastavu supstrata (Pernar 2017). Sklop profila ovih tala nosi oznaku Aa–Gso–Gr.

Za amfiglej je, kao podvrstu euglejnog tla, značajno istovremeno odvijanje dvaju procesa oglejavanja. U gornjem se dijelu profila javlja epiglejni proces tj. površinsko oglejavanje pod utjecajem površinskih voda (oborine, poplavna i slivena voda). Za donji dio profila značajni su hipoglejni procesi pod utjecajem podzemnih voda. Navedeni procesi sjedinjavaju svojstva dvaju podtipova euglejnih tala, koja u amfigleju postoje samostalno u različitim dijelovima jedinstvenoga profila. U podruju trajne stagnacije vode donjeg dijela profila tla, gdje trajno vladaju anaerobni uvjeti, nalazi se glejni redukcijski podhorizont (Gr), u kojem su željezo, mangan, sulfati i nitrati u trajno reduciranom stanju (crne, sivozelene i plavkaste mazotine). Prisustvom vode dolazi do značajnog trošenja primarnih minerala te tvorbe gline, što kvari fizikalne značajke tla kroz smanjenje poroznosti i propusnosti za vodu te povećanje plastičnosti (Pernar 2017). Podruje gornjeg dijela profila tla obilježava povremena pojava suvišnog vlaženja tla gornjim vodama (oborine, poplava) i formiranje oksido-redukcijskog podhorizonta (Gso). U njemu za vrijeme stagnacije vode pretežu redukcijski, a u vrijeme njenog povlačenja oksidacijski procesi. Morfokromatski se to jasno opaža po pojavi hrastocrvenkastih mazotina koje nastaju oksidacijom željeza u suhom razdoblju. Kao posebnu značajku amfigleja, većina autora ističe razvitak jednog slabije oglejenog ili neoglejenog mehorizonta, koji se po položaju nalazi između dva glavna glejna horizonta. Za amfiglejna tla Martinović (2003) navodi da su težeg teksturnog sastava, sa sadržajem glinenih i praškastih čestica iznad 70 %, nalaze se na donjoj granici visoke poroznosti (~ 60 %), velikog su retencijskog kapaciteta tla za vodu (~ 50 %) te malenog kapaciteta tla za zrak (< 10 %).

Otvaranjem profila tla u odsjeku 137a GJ Turopoljski lug uočava se A–G profil. U glejnom horizontu formirano je više proslojaka koji tvore četiri glejna podhorizonta uslijed kombiniranoga djelovanja redoks procesa (slika 5).

Posebno treba napomenuti vertikalnost humusno-akumulativnog horizonta tla (A) sa vertikalnim pukotinama koje nastaju zbog visokog udjela glinovitih čestica koja se stežu pri sušenju tijekom kasnog ljeta, što dovodi do pojave džombaste površine tla cijelog odsjeka (slika 5).

2.2 Terensko prikupljanje podataka

Terensko prikupljanje podataka obuhvatilo je va enje uzoraka tla u neizmjenjenom obliku uzduž osam traktorskih vlaka te izmjeru zna ajki amorfe koja je obrasla traktorske vlake od zadnje sje e na deset primjernih ploha površine 3×3 m (slika 4).

Va enje uzoraka tla u neizmjenjenom obliku provedeno je na na in da se je uz i na površini svake od osam traktorskih vlaka vadio uzorak (Kopeckijev valjak) na me usobnoj udaljenosti od cca. 20 m.

Uzorci tla fizi ki neizmijenjenoga stanja uzimani su tako da se ne poremeti njegova prirodna struktura. Za ovaj postupak korišteni su Kopeckijevi valjci zapremine 100 cm^3 zbog namjene – utvr ivanja dva fizikalna pokazatelja tla koji najbolje opisuju oporavak sabijenog tla traktorskih vlaka (prirodna gusto a i porozitet tla). Utiskivanjem se valjaka u tlo ne deformira uzorak, bilo zbog koherentnosti tla, njegove ljepljivosti u mokrom/vlažnom stanju, zbog fragmenata skeleta, korjenove mreže, te trenja koje se javlja izme u estica tla i stijenke kalupa odnosno cilindra. Uvjet valjanosti ovakvih uzoraka je fizi ka neizmijenjenost tla (Pernar i dr. 2013). Gusto a tla je odnos mase suhog tla i njegovog obujma u fizi ki neizmijenjenom stanju. Gusto a tla je relativno dinami no svojstvo, izravno povezano s bubrenjem i stezanjem tla zbog promjene njegove vlažnosti (Pernar i dr. 2013). Valjak je utiskivan u površinski sloj tla okomito na površinu tla, koje je i najzna ajnije izloženo sabijanju uslijed prolaska šumskih vozila (Poršinsky 2005, Cambi i dr. 2016, Pandur i dr. 2022).

Ukupna poroznost i struktura pora u tlu spadaju me u najvažnije pokazatelje njegovih fizi kih svojstava. Zbog jednostavnog na ina izra una poroznost se gotovo redovito odre uje i koristi za karakterizaciju fizi kih svojstava tla. Ovaj parametar iskazuje obujmeni postotak svih pora u tlu na bazi obujma maksimalno vlažnog tla (Pernar i dr. 2013).

Na deset primjernih ploha $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$, mjerene su zna ajke amorfe koja je obrasla od zadnje sje e površinu traktorskih vlaka u cilju njene valorizacije prirodnome oporavku sabijenoga amfigleja traktorskih vlaka. Na iskol enim primjernim plohama (slika 6A) mjerene su slijede e zna ajke amorfe: 1) broj biljaka amorfe, 2) visina biljaka amorfe, 3) promjer vrata korijena biljaka amorfe, 4) masa nadzemnoga dijela biljaka amorfe (slika 6B).



Slika 6. Iskol ena primjerna ploha (A) i vaganje amorfe posje ene na plohi (B)

2.3 Laboratorijska analiza uzoraka tla

Laboratorijska analiza neizmjenjenih uzoraka tla u cilju utvrđivanja prirodne gustoće i poroziteta tla izvan i na površini traktorskih vlakova provedena je u Ekološko-pedološkom laboratoriju Zavoda za Ekologiju i uzgajanje šuma Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.

Laboratorijsko utvrđivanje prirodne gustoće i poroziteta tla izvan i na površini traktorskih vlakova iz uzoraka tla u neizmjenjenom obliku provedeno je u skladu s priručnikom »Terenska i laboratorijska istraživanja tla« (Pernar i dr. 2013).

2.4 Statistička obrada podataka

Laboratorijskim analizama utvrđeni podatci iz neizmjenjenih uzoraka tla (prirodna gustoća i porozitet tla) izvan i na površini osam traktorskih te podaci terenskih izmjerna polja amorfe na traktorskim vlakovima sa deset primjernih ploha površine 3 m × 3 m (broj biljaka amorfe, visina biljaka amorfe, promjer vrata korijena biljaka amorfe, masa nadzemnoga dijela biljaka amorfe) su tablično razvrstani u računalnoj datoteci, tako da su lako dostupni za obradu podataka. Obrada i analiza podataka provedena je uz pomoć Microsoft Excela i statističkog paketa Statistica 8.0.

Pri obradi podataka korišteni su pokazatelji deskriptivne statistike: aritmetička sredina, standardna devijacija, medijan, najmanja i najveća vrijednost mjerenja.

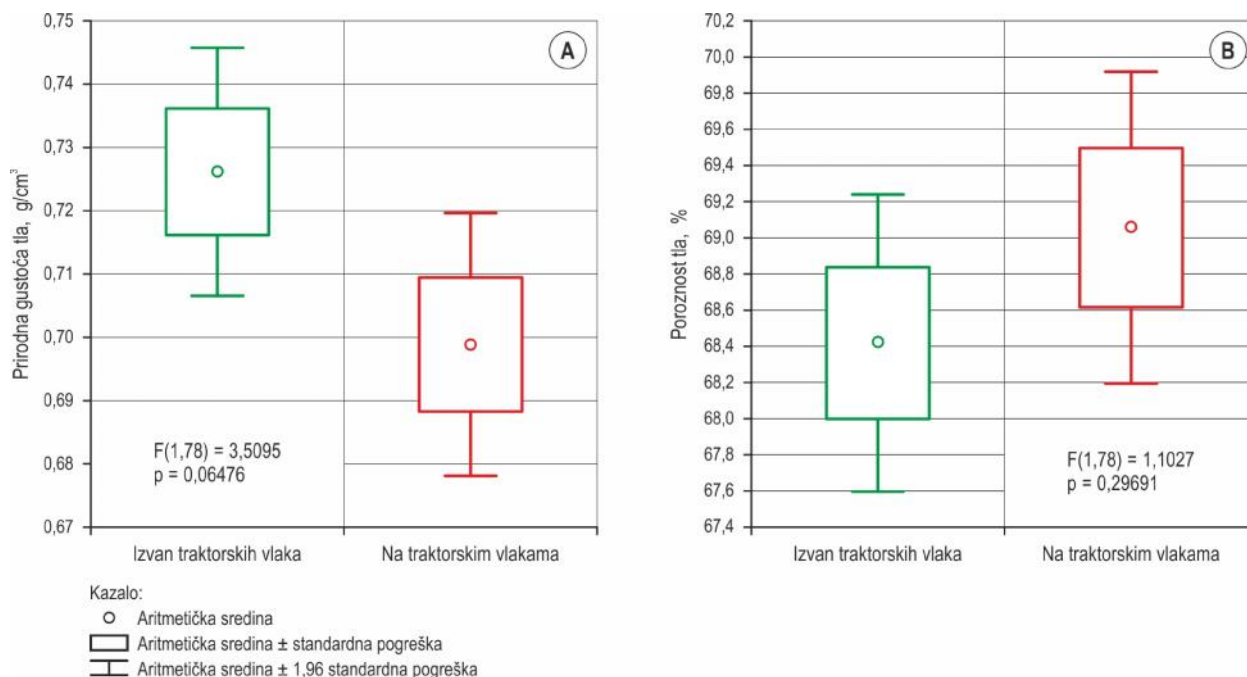
Jednostruka analiza varijance (ANOVA), korištena je za utvrđivanje statistički značajne razlike mjerenja podataka prirodne gustoće i poroziteta tla izvan i na površini traktorskih vlakova. Isto tako, jednostruka analiza varijance korištena je za testiranje podataka promjera vrata korijena biljaka amorfe te visine biljaka amorfe između pokusnih ploha. Pri svim analizama pogreška od 5 % smatrala se statistički značajnom.

3. Rezultati

U skladu sa zacrtanim ciljevima, rezultati istraživanja vremena oporavka šumskog tla sabijenih traktorskih vlaka, prikazani su kroz slijede a potpoglavlja: 1) Prirodna gusto a i porozitet tla te 2) Zna ajke amorfne na traktorskim vlakama.

3.1 Prirodna gusto a i porozitet tla

Razina prirodnog oporavka sabijenog amfigleja traktorskih vlaka u jaseniku odsjeka 137a gospodarske jedinice Turopoljski Lug, u šest godišnjem razdoblju provedena je usporedbom dva fizikalna pokazatelja površinskog sloja tla dobivena laboratorijskom analizom iz nenarušenih uzoraka tla (Kopeckijevih valjaka) – prirodne gusto e tla i poroziteta tla. Odsjek 137a GJ Turopoljski Lug, zadnji puta je sje en 2016. godine sustavom harvester – forvarder, kada su prosjecane paralelne traktorske vlake me usobnoga razmaka 20 m, a koje su u me uvremenu obrasle amorfom. Nenarušeni uzorci tla, na i izvan traktorskih vlaka uzimani su tijekom 2022. godine uzduž osam traktorskih vlaka. Polu eni rezultati prirodne gusto e tla i poroziteta tla na (40 uzoraka) i izvan (40 uzoraka) površine traktorskih vlaka prikazani su na slici 7 te tablici 1.



Slika 7. Usporedba prirodne gusto e i poroziteta tla izvan i na površini traktorskih vlaka

Prirodna gusto a tla izvan traktorskih vlaka (kontrolno mjerenje) kretala se je u rasponu od 0,609 do 0,877 g/cm³, s prosje nom vrijednoš u od 0,726 ± 0,063 g/cm³ (medijan 0,718 g/cm³). Na traktorskim vlakama, prirodna gusto a tla kretala se je od 0,562 do 0,830 g/cm³, s prosje nom vrijednoš u od 0,699 ± 0,067 g/cm³ (medijan 0,685 g/cm³).

Jednostruka analiza varijance prirodne gusto e tla uzoraka prikupljenih izvan i na površini traktorskih vlaka nije ukazala na statisti ki zna ajne razlike – F(1,78) = 3,5095; p = 0,06476 (slika 7A), na što je svakako pored prirodnog oporavka tla utjecala i obraslost traktorskih vlaka biljkama amorfne.

Porozitet tla izvan traktorskih vlaka (kontrolno mjerenje) kretao se je u rasponu od 62,83 do 73,17 %, s prosje nom vrijednoš u od $68,42 \pm 2,65$ % (medijan 69,42 %). Na traktorskim vlakama, porozitet tla kretao se je od 62,90 do 75,22 %, s prosje nom vrijednoš u od $69,06 \pm 2,78$ % (medijan 69,42 %).

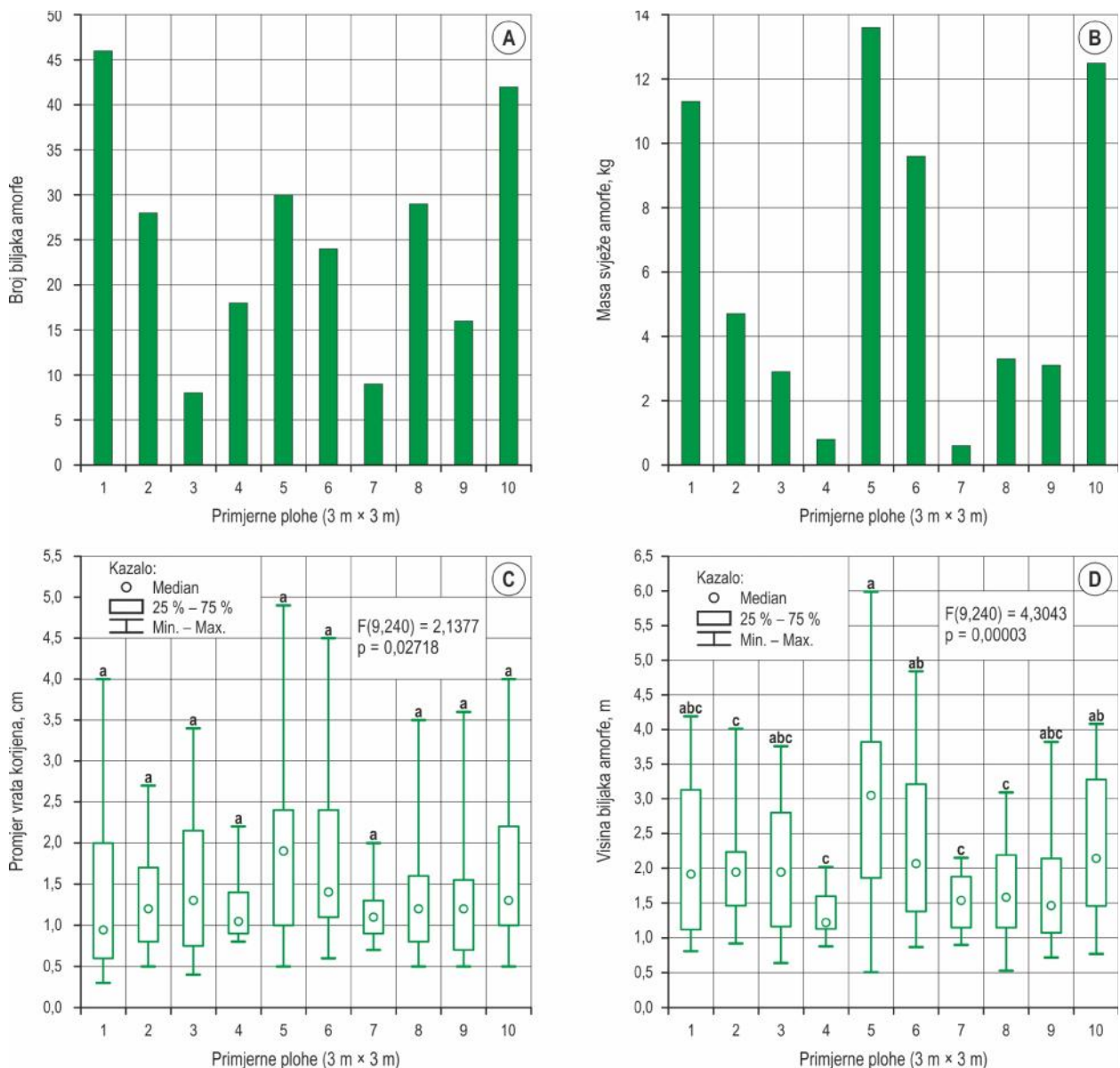
Tablica 1. Rezultati prirodne gusto e i poroziteta tla izvan i na površini vlaka

Broj uzorka	Prirodna gusto a tla, g/cm ³		Broj uzorka	Ukupna poroznost tla, %	
	Izvan traktorske vlake	Na traktorskoj vlaci		Izvan traktorske vlake	Na traktorskoj vlaci
1	0,733	0,761	1	69,37	67,77
2	0,686	0,648	2	71,12	71,58
3	0,670	0,634	3	69,05	72,01
4	0,684	0,588	4	71,96	73,81
5	0,690	0,629	5	69,74	72,48
6	0,750	0,644	6	68,61	70,80
7	0,781	0,664	7	68,16	69,50
8	0,690	0,767	8	70,44	67,44
9	0,686	0,591	9	71,76	75,22
10	0,748	0,703	10	68,99	68,95
11	0,671	0,666	11	70,35	71,66
12	0,703	0,670	12	70,05	70,42
13	0,609	0,655	13	72,04	69,40
14	0,644	0,670	14	72,54	71,15
15	0,744	0,710	15	68,28	68,88
16	0,642	0,664	16	71,69	70,59
17	0,757	0,686	17	68,85	69,15
18	0,719	0,657	18	70,62	70,27
19	0,700	0,626	19	69,80	71,74
20	0,621	0,643	20	73,17	70,79
21	0,739	0,830	21	67,04	62,90
22	0,697	0,724	22	67,35	68,02
23	0,649	0,771	23	70,25	65,49
24	0,877	0,664	24	64,33	70,13
25	0,838	0,684	25	63,59	68,81
26	0,702	0,814	26	63,99	65,27
27	0,770	0,749	27	65,83	67,29
28	0,800	0,562	28	65,45	73,72
29	0,776	0,697	29	66,33	69,44
30	0,745	0,672	30	66,27	69,78
31	0,801	0,789	31	64,64	65,17
32	0,684	0,754	32	69,44	66,46
33	0,652	0,801	33	70,33	65,19
34	0,823	0,698	34	66,88	69,78
35	0,804	0,744	35	65,15	67,66
36	0,753	0,750	36	66,66	67,16
37	0,716	0,756	37	67,72	66,84
38	0,761	0,773	38	67,22	64,86
39	0,694	0,809	39	68,86	64,52
40	0,838	0,642	40	62,83	70,17
Arit. sredina	0,726	0,699	Arit. sredina	68,42	69,06
Stand. devijacija	0,063	0,067	Stand. devijacija	2,65	2,78
Medijan	0,718	0,685	Medijan	68,85	69,42
Minimum	0,609	0,562	Minimum	62,83	62,90
Maksimum	0,877	0,830	Maksimum	73,17	75,22

Jednostruka analiza varijance poroziteta tla uzoraka prikupljenih izvan i na površini traktorskih vlaka, isto tako, nije ukazala na statistički značajne razlike – $F(1,78) = 1,1027$; $p = 0,29691$ (slika 7B), na što je pored prirodnog oporavka tla utjecala i obraslost traktorskih vlaka biljkama amorfe.

3.2 Značajke amorfe na traktorskim vlakama

Valorizacija utjecaja amorfe koja je od 2016. godine obrasla harvesterom prosjecne traktorske vlake, provedena je na deset kvadratnih primjernih ploha dimenzija stranica $3\text{ m} \times 3\text{ m}$, na kojima je provedena izmjera: i) broja biljaka amorfe, ii) visina biljaka amorfe, iii) promjer vrata korijena biljaka amorfe te iv) masa nadzemnoga dijela biljaka amorfe (tablica 3, slika 8).



* Slova označavaju statističku razliku između pojedinačnih ploha za promjer vrata korijena i visinu biljaka (Tukey HSD), pri $p < 0,05$.

Slika 8. Značajke amorfe na deset primjernih ploha

Broj biljaka amorfe po primjernoj plohi kretao se u širokome rasponu od 8 (Ploha 3) do 46 biljaka (Ploha 1) s prosje nom vrijednoš u od 25 ± 13 (medijan 26) biljaka na 9 m^2 (slika 8A).

Aritmeti ke sredine vrijednosti promjera vrata korijena biljaka amorfe na deset primjernih ploha kretale su se u rasponu vrijednosti od $1,2 \pm 0,4 \text{ cm}$ (Ploha 4) do $1,9 \pm 1,0 \text{ cm}$ (Ploha 5). Najmanja vrijednost promjera vrata korijena amorfe od $0,3 \text{ cm}$ zabilježena je na Plohi 1 (koja ima i najve i broj biljaka po primjernoj plohi), a najve a vrijednost od $4,9 \text{ cm}$ na Plohi 5. Jednostruka analiza varijance mjerenja promjera vrata korijena po primjernim ploham a nije ukazala na statisti ki zna ajne razlike – $F(9,240) = 2,1377$; $p = 0,02718$, ovog pokazatelja po primjernim ploham a (slika 8C). Obuhva aju i sve primjerne plohe, prosje an promjer vrata biljaka amorfe iznosio je $1,5 \pm 0,9 \text{ cm}$, dok je medijalna vrijednost iznosila $1,2 \text{ cm}$.

Aritmeti ke sredine vrijednosti visina biljaka amorfe na deset primjernih ploha kretale su se u rasponu vrijednosti od $1,33 \pm 0,32 \text{ m}$ (Ploha 4) do $2,79 \pm 1,28 \text{ m}$ (Ploha 5). Najmanja vrijednost visine biljke amorfe od $0,64 \text{ m}$ zabilježena je na Plohi 3 (koja ima i najmanji broj biljaka po primjernoj plohi), a najve a vrijednost od $5,99 \text{ m}$ na Plohi 5. Jednostruka analiza varijance mjerenja visine biljaka amorfe po primjernim ploham a ukazala je na statisti ki zna ajne razlike – $F(9,240) = 4,3043$; $p = 0,00005$, ovog pokazatelja po primjernim ploham a. Tukey-ev post-hoc test ukazao je nema statisti ki zna ajne razlike izme u visine biljaka amorfe na primjernim ploham a: i) 1, 3 i 9, ii) 6 i 10 te iii) 2, 4, 7 i 8 (slika 8D). Obuhva aju i sve primjerne plohe, prosje na visina biljke amorfe iznosila je $2,09 \pm 1,04 \text{ m}$, dok je medijalna vrijednost iznosila $1,85 \text{ m}$.

Masa nadzemnih dijelova biljaka amorfe po pokusnim ploham a površine 9 m^2 , kretala se je u u širokome rasponu od $0,8 \text{ kg}$ (Ploha 4) do $13,6 \text{ kg}$ (Ploha 5) s prosje nom vrijednoš u od $6,2 \pm 5,0 \text{ kg}$ (medijan $4,0 \text{ kg}$).

Prera unati broj biljaka i masa nadzemnoga dijela biljaka amorfe po dužnome metru te 100 m traktorske vlake prikazana je u tablici 2.

Tablica 2. Usporedba biljaka amorfe po plohi, dužnom metru i 100 m traktorske vlake

Broj primjerne plohe	Na primjernoj plohi $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ (9 m^2)		Na m traktorske vlake		Na 100 m traktorske vlake	
	Broj biljaka	Masa biljaka, kg	Broj biljaka	Masa biljaka, kg	Broj biljaka	Masa biljaka, kg
1	46	11,3	15	3,8	1533	376,7
2	28	4,7	9	1,6	933	156,7
3	8	2,9	3	1,0	267	96,7
4	18	0,8	6	0,3	600	26,7
5	30	13,6	10	4,5	1000	453,3
6	24	9,6	8	3,2	800	320,0
7	9	0,6	3	0,2	300	20,0
8	29	3,3	10	1,1	967	110,0
9	16	3,1	5	1,0	533	103,3
10	42	12,5	14	4,2	1400	416,7
Prosje no	25	6,2	8,3	2,1	833,3	208,0

Tablica 3. Podatci mjerenja amorfe na primjernim ploham 3 m × 3 m – 1. dio

Primjerna ploha 1				Primjerna ploha 2			
Broj biljaka amorfe	Promjer vrata korijena, cm	Visina amorfinih biljki, m	Masa biljaka amorfe, kg	Broj biljaka amorfe	Promjer vrata korijena, cm	Visina amorfinih biljki, m	Masa biljaka amorfe, kg
1	0,8	1,39	11,3	1	0,9	1,64	4,7
2	1,1	2,01		2	1,0	2,00	
3	0,4	1,17		3	2,3	1,82	
4	0,5	1,12		4	1,6	2,17	
5	0,3	0,89		5	2,7	4,01	
6	0,5	0,85		6	1,7	1,88	
7	0,4	1,07		7	1,1	2,01	
8	0,9	1,84		8	2,1	3,45	
9	0,3	0,88		9	1,5	2,26	
10	0,6	1,42		10	1,9	2,12	
11	0,4	0,84		11	1,4	2,32	
12	2,2	3,82		12	0,8	1,54	
13	1,8	2,53		13	0,8	1,48	
14	0,9	1,50		14	1,8	2,51	
15	0,6	1,29		15	1,4	2,18	
16	1,8	2,66		16	1,9	2,29	
17	2,2	4,05		17	1,2	1,80	
18	0,7	1,37		18	0,9	1,45	
19	1,3	2,46		19	1,2	2,61	
20	2,8	4,19		20	1,3	1,45	
21	1,6	2,63		21	0,7	1,27	
22	1,6	2,79		22	0,5	0,92	
23	1,6	2,60		23	0,8	2,21	
24	0,9	1,85		24	1,7	2,02	
25	0,9	0,81		25	0,9	1,58	
26	4,0	4,15		26	0,8	1,37	
27	0,7	1,21		27	0,7	1,11	
28	0,5	0,87		28	0,8	1,20	
29	2,0	3,94		29			
30	3,6	4,07		30			
31	2,4	3,05		31			
32	0,8	1,52		32			
33	3,2	3,85		33			
34	1,0	1,98		34			
35	0,9	1,36		35			
36	2,4	3,57		36			
37	1,5	2,26		37			
38	2,5	3,75		38			
39	1,7	3,66		39			
40	1,6	3,13		40			
41	0,6	1,10		41			
42	0,4	0,90		42			
43	2,2	2,91		43			
44	0,5	0,88		44			
45	3,4	3,33		45			
46	0,4	1,08		46			
Arit. sredina	1,4	2,19	Arit. sredina	1,3	1,95		
Stand. devijacija	1,0	1,15	Stand. devijacija	0,6	0,67		
Medijan	1,0	1,92	Medijan	1,2	1,94		
Minimum	0,3	0,81	Minimum	0,5	0,92		
Maksimum	4,0	4,19	Maksimum	2,7	4,01		

Tablica 3. Podatci mjerenja amorfe na primjernim ploham 3 m × 3 m – 2. dio

Primjerna ploha 3				Primjerna ploha 4			
Broj biljaka amorfe	Promjer vrata korijena, cm	Visina amorfnih biljki, m	Masa biljaka amorfe, kg	Broj biljaka amorfe	Promjer vrata korijena, cm	Visina amorfnih biljki, m	Masa biljaka amorfe, kg
1	1,4	2,37	2,9	1	1,7	2,02	0,8
2	1,6	2,33		2	0,9	0,93	
3	1,0	1,57		3	1,4	1,16	
4	1,2	1,49		4	1,0	1,53	
5	0,5	0,84		5	1,5	1,67	
6	0,4	0,64		6	0,9	1,17	
7	3,4	3,76		7	1,1	1,24	
8	2,7	3,23		8	2,2	1,73	
9				9	1,0	1,44	
10				10	1,2	1,48	
11				11	1,8	1,60	
12				12	0,9	1,21	
13				13	1,3	1,14	
14				14	0,9	1,13	
15				15	0,9	0,88	
16				16	1,2	1,63	
17				17	1,0	0,90	
18				18	0,8	1,04	
19				19			
20				20			
21				21			
22				22			
23				23			
24				24			
25				25			
26				26			
27				27			
28				28			
29				29			
30				30			
31				31			
32				32			
33				33			
34				34			
35				35			
36				36			
37				37			
38				38			
39				39			
40				40			
41				41			
42				42			
43				43			
44				44			
45				45			
46				46			
Arit. sredina	1,5	2,03		Arit. sredina	1,2	1,33	
Stand. devijacija	1,0	1,10		Stand. devijacija	0,4	0,32	
Medijan	1,3	1,95		Medijan	1,1	1,23	
Minimum	0,4	0,64		Minimum	0,8	0,88	
Maksimum	3,4	3,76		Maksimum	2,2	2,02	

Tablica 3. Podatci mjerenja amorfe na primjernim ploham 3 m × 3 m – 3. dio

Primjerna ploha 5				Primjerna ploha 6			
Broj biljaka amorfe	Promjer vrata korijena, cm	Visina amorfinih biljki, m	Masa biljaka amorfe, kg	Broj biljaka amorfe	Promjer vrata korijena, cm	Visina amorfinih biljki, m	Masa biljaka amorfe, kg
1	4,9	4,09	13,6	1	2,2	3,25	9,6
2	1,9	3,14		2	1,0	0,96	
3	2,2	3,25		3	1,1	1,37	
4	0,8	1,34		4	3,3	3,72	
5	2,1	3,83		5	1,4	2,18	
6	1,0	1,96		6	2,0	2,38	
7	1,9	3,00		7	3,2	3,65	
8	2,5	3,42		8	1,1	1,50	
9	1,0	2,22		9	2,5	3,13	
10	3,3	4,44		10	1,8	2,52	
11	2,4	3,31		11	4,5	4,84	
12	1,5	1,93		12	2,3	3,17	
13	1,6	3,35		13	1,4	1,96	
14	0,9	0,83		14	1,1	1,83	
15	1,0	1,53		15	3,1	3,65	
16	2,1	3,29		16	1,1	1,31	
17	0,5	1,25		17	3,6	3,97	
18	2,2	2,83		18	0,6	1,04	
19	2,7	4,25		19	1,0	1,39	
20	2,9	4,22		20	1,7	1,74	
21	2,2	3,82		21	0,9	1,26	
22	0,7	0,95		22	1,1	1,56	
23	0,5	0,51		23	0,7	0,87	
24	1,5	2,22		24	1,2	2,27	
25	3,1	3,96		25			
26	2,6	5,99		26			
27	1,3	1,86		27			
28	1,0	1,58		28			
29	1,3	2,23		29			
30	2,4	3,10		30			
31			31				
32			32				
33			33				
34			34				
35			35				
36			36				
37			37				
38			38				
39			39				
40			40				
41			41				
42			42				
43			43				
44			44				
45			45				
46			46				
Arit. sredina	1,9	2,79		Arit. sredina	1,8	2,31	
Stand. devijacija	1,0	1,28		Stand. devijacija	1,0	1,11	
Medijan	1,9	3,05		Medijan	1,4	2,07	
Minimum	0,5	0,51		Minimum	0,6	0,87	
Maksimum	4,9	5,99		Maksimum	4,5	4,84	

Tablica 3. Podatci mjerenja amorfe na primjernim ploham 3 m × 3 m – 4. dio

Primjerna ploha 7				Primjerna ploha 8			
Broj biljaka amorfe	Promjer vrata korijena, cm	Visina amorfnih biljki, m	Masa biljaka amorfe, kg	Broj biljaka amorfe	Promjer vrata korijena, cm	Visina amorfnih biljki, m	Masa biljaka amorfe, kg
1	0,9	0,90	0,6	1	1,5	2,19	3,3
2	1,1	1,54		2	1,9	2,68	
3	1,4	1,88		3	1,5	2,26	
4	2,0	2,15		4	1,0	1,15	
5	0,7	1,15		5	1,7	1,85	
6	1,1	1,57		6	1,8	1,47	
7	0,8	1,17		7	2,2	2,22	
8	1,3	1,91		8	3,5	3,09	
9	0,9	0,96		9	1,2	1,55	
10			10	1,1	1,91		
11			11	1,7	2,09		
12			12	2,2	2,96		
13			13	0,7	1,12		
14			14	0,5	0,69		
15			15	0,6	0,84		
16			16	1,6	2,78		
17			17	0,9	1,57		
18			18	0,5	0,53		
19			19	1,5	2,44		
20			20	1,3	2,09		
21			21	0,9	1,59		
22			22	0,8	1,39		
23			23	0,5	0,87		
24			24	0,8	1,28		
25			25	1,3	2,04		
26			26	1,3	2,03		
27			27	0,8	1,17		
28			28	0,7	0,79		
29			29	0,5	0,75		
30			30				
31			31				
32			32				
33			33				
34			34				
35			35				
36			36				
37			37				
38			38				
39			39				
40			40				
41			41				
42			42				
43			43				
44			44				
45			45				
46			46				
Arit. sredina	1,1	1,47		Arit. sredina	1,3	1,70	
Stand. devijacija	0,4	0,45		Stand. devijacija	0,7	0,72	
Medijan	1,1	1,54		Medijan	1,2	1,59	
Minimum	0,7	0,90		Minimum	0,5	0,53	
Maksimum	2,0	2,15		Maksimum	3,5	3,09	

Tablica 3. Podatci mjerenja amorfe na primjernim ploham 3 m × 3 m – 5. dio

Primjerna ploha 9				Primjerna ploha 10			
Broj biljaka amorfe	Promjer vrata korijena, cm	Visina amorfnih biljki, m	Masa biljaka amorfe, kg	Broj biljaka amorfe	Promjer vrata korijena, cm	Visina amorfnih biljki, m	Masa biljaka amorfe, kg
1	3,6	3,69	3,1	1	1,6	2,65	12,5
2	3,0	3,82		2	3,5	3,59	
3	1,2	1,29		3	4,0	3,68	
4	0,8	1,08		4	1,6	2,65	
5	1,5	1,99		5	3,5	3,54	
6	3,2	3,71		6	0,7	1,13	
7	0,5	1,07		7	1,1	2,16	
8	1,5	2,10		8	1,0	1,72	
9	0,9	1,63		9	2,1	2,37	
10	1,0	1,75		10	0,7	0,77	
11	1,2	1,25		11	1,4	2,30	
12	1,6	2,18		12	3,2	3,82	
13	1,4	1,30		13	2,3	3,71	
14	0,6	0,92		14	1,2	1,75	
15	0,5	0,72		15	2,2	3,66	
16	0,6	0,96		16	2,3	3,77	
17				17	1,9	3,45	
18				18	1,8	1,35	
19				19	2,6	4,08	
20				20	1,2	1,85	
21				21	0,9	1,46	
22				22	3,1	4,01	
23				23	1,2	1,93	
24				24	3,2	3,20	
25				25	0,9	1,63	
26				26	2,5	3,28	
27				27	0,7	1,28	
28				28	2,2	3,15	
29				29	1,9	3,17	
30				30	1,8	2,32	
31				31	1,1	1,65	
32				32	1,7	2,33	
33				33	1,0	1,14	
34				34	1,1	1,75	
35				35	1,1	1,61	
36				36	1,2	2,13	
37				37	1,0	1,38	
38				38	0,9	1,61	
39				39	0,7	0,84	
40				40	0,5	0,92	
41				41	0,7	1,01	
42				42	0,8	1,06	
43				43			
44				44			
45				45			
46				46			
Arit. sredina	1,4	1,84		Arit. sredina	1,7	2,31	
Stand. devijacija	1,0	1,04		Stand. devijacija	0,9	1,03	
Medijan	1,2	1,47		Medijan	1,3	2,15	
Minimum	0,5	0,72		Minimum	0,5	0,77	
Maksimum	3,6	3,82		Maksimum	4,0	4,08	

4. Zaključci

Razina prirodnog oporavka sabijenog amfigleja traktorskih vlaka u jaseniku odsjeka 137a gospodarske jedinice Turopoljski Lug, u šest godišnjem razdoblju, provedena je u skladu s postavljenim ciljevima navedenima u poglavlju 1., primjenom metoda istraživanja koje su opisane u potpoglavljima 2.2, 2.3 i 2.4.

Na temelju polu enih spoznaja (poglavlje 3) donose se sljedeći zaključci:

- ⇒ Jednostruka analiza varijance prirodne gustoće i poroziteta tla, po četrdeset uzorka tla izvan (0,726 g/cm³, 68,4 %) i na traktorskim vlakama (0,699 g/cm³, 69,1 %), nije ukazala na statistički značajne razlike, što ukazuje na prirodni oporavak sabijenoga tla traktorskih vlaka u razdoblju od šest godina.
- ⇒ Polu eni rezultat prirodnog oporavka tla, utjecan je i obrađivanjem traktorskih vlaka amorfom sa prosječno 833 biljke na 100 m traktorske vlake i prosječnom masom nadzemnoga dijela biljaka amorfe od 208 kg na 100 m traktorske vlake, koja je pridonijela melioriranju sabijenoga amfigleja traktorskih vlaka.
- ⇒ Niski intenzitet zadnje sječe odsjeka 137a GJ Turopoljski Lug u kasno ljeto (suho tlo) 2016. godine od 43 m³/ha, kada su prosječane paralelne traktorske vlake me usobnoga razmaka 20 m, sustavom pridobivanja drva harvester – forvarder, utjecao je na manji intenzitet kretanja vozila istim tragom te samim time brže vrijeme oporavka sabijenoga tla.

5. Literatura

- Anon. 2015: Osnova gospodarenja za gospodarsku jedinicu »Turopoljski lug« (2015. – 2024.)
- Bumber, Z., Đuka, A., Pandur, Z., Poršinsky, T., 2023: Gradeability of a Forwarder Based on Traction Performance. *Forests* 14(1): 103.
- Cambi, M., Certini, G., Neri, F., Marchi, E., 2016A: The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *For. Ecol. Manage.* 338: 124–138.
- Cambi, M., Hoshika, Y., Mariotti, B., Paoletti, E., Picchio, R., Venanzi, R., Marchi, E., 2016B: Compaction by a forest machine affects soil quality and *Quercus robur* L. seedling performance in an experimental field. *For. Ecol. Manage.* 384: 406–414.
- DeArmond, D., Ferraz, J.B.S., Higuchi, N., 2021: Natural recovery of skid trails: a review. *Can. J. For. Res.* 51: 1–14.
- Dimini, D., Kranjec Orlovi, J., 2022: Bolesti poljskog jasena. *Poljski jasen u Hrvatskoj* (ur. Ani, I.). Akademija šumarskih znanosti, 279–314.
- Franji, J., Škvorc, Ž., 2020: Šumsko drve e i grmlje Hrvatske. Udžbenik, Sveu ilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, 1–516.
- Horvat, D., 1995: Prirodni oporavak šumskog tla 10 godina nakon izvoženja drva forvarderom – Usporedna mjerenja penetrometrom (Natural recovery of damaged forest soil 10 years after wood transportation – Measurement with cone penetrometer). *Meh. šumar.* 20(3): 129–135.
- Idžojti, M., Poljak, I., 2022: Moroflošla i biološka obilježja i prirodna rasprostranjenost poljskog jasena. *Poljski jasen u Hrvatskoj* (ur. Ani, I.). Akademija šumarskih znanosti, 33–48.
- Martinovi, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj (Management of forest soils in Croatia). Šumarski institut Jastrebarsko i Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, 1–525.
- Pandur, Z., Korseak, H., Šušnjar, M., Landeki, M., Ba i, M., 2022: Effect of forwarder multipassing on forest soil parameters changes. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 15: 476–483.
- Pernar, N., Bakši, D., Perkovi, I., 2013: Terenska i laboratorijska istraživanja tla – priručnik za uzorkovanje i analizu. Priručnik, Sveu ilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, 1–192.
- Pernar, N., 2017: Tlo – nastanak, zna ajke, gospodarenje. Udžbenik, Sveu ilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, 1–799.
- Pernar, N., Bakši, D., Perkovi, I., Vrbek, B., 2022: Zna ajke tla staništa poljskog jasena u Hrvatskoj. *Poljski jasen u Hrvatskoj* (ur. Ani, I.). Akademija šumarskih znanosti, 179–196.

Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–170.

Poršinsky, T., I., Stankić, A., Bosner, 2011: Ecoefficient Timber Forwarding Based on Nominal Ground Pressure Analysis. Croat. j. for. eng. 31(1): 345–356.

Poršinsky, T., Matas, J., Horvat, D., Čučka, A., 2020: Pneumatici kotača šumskih vozila (Tyres of Forestry Vehicles). Šum. list 144 (9–10): 509–522.

Poršinsky, T., 2023: Pridobivanje drva na okolišno prihvatljiv način. Predavanja iz kolegija Pridobivanje drva I, prediplomski studij Šumarstvo, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Merlin, 1–49. https://moodle.srce.hr/2022-2023/pluginfile.php/7224168/mod_resource/content/1/Pridobivanje10.pdf

Poršinsky, T., Bumber, Z., Pandur, Z., Čučka, A., 2023: Područje rada forvardera – modeliranjem do podrške operativnoj primjeni (Forwarder's Working Range – From Modeling to Support for Operational Application). Šum. list 147(7–8): 319–334.

Seletković, I., Potočić, N., Ugarković, D., Ognjenović, M., 2022: Vitalitet i odumiranje poljskog jasena u Hrvatskoj. Poljski jasen u Hrvatskoj (ur. Anić, I.). Akademija šumarskih znanosti, 315–340.

Vukelić, J., Barišević, D., Šapić, I., 2022: Florističko-vegetacijske značajke šuma poljskog jasena. Poljski jasen u Hrvatskoj (ur. Anić, I.). Akademija šumarskih znanosti, 197–226.

Žagar, K., 2019: Hrvatsko šumarstvo u svjetlu klimatskih promjena. Sjednica Saborskog odbora za poljoprivredu, Opatija, 4. lipnja 2019., ppt. Prezentacija, 1–28. <https://www.sabor.hr/hr/press/priopcenja/odrzana-sjednica-nadleznih-odbora-o-posljedicama-steta-od-prirodnih-nepogoda-i>