

# Analiza trošenja diskova tanjurače na sijačici za direktnu sjetvu

---

**Podboj, David**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:072540>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

David Podboj

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**ANALIZA TROŠENJA DISKOVA TANJURAČE NA SIJAČICI ZA DIREKTNU  
SJETVU**

**Diplomski rad**

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

David Podboj

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**ANALIZA TROŠENJA DISKOVA TANJURAČE NA SIJAČICI ZA DIREKTNU  
SJETVU**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof.dr.sc. Goran Heffer, predsjednik
2. dr.sc. Ivan Vidaković, mentor
3. izv.prof.dr.sc. Vjekoslav Tadić, član
4. doc.dr.sc. Željko Barač, zamjenski član

Osijek, 2024.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	2
2.1 Trošenje poljoprivredne mehanizacije u proizvodnji .....	2
2.2 Teorijske osnove o trošenju .....	6
2.2.1 Tribologija.....	6
2.2.2 Opći model tribosustava.....	6
2.2.3 Definiranje i razvoj tribologije.....	8
2.2.4 Tribološki sustav .....	10
2.3. Trenje i trošenje materijala .....	11
2.3.1 Trenje .....	11
2.3.2 Trošenje materijala.....	14
2.3.3 Maziva i njihov značaj .....	15
3. MATERIJAL I METODE.....	17
3.1. Poljoprivredno poduzeće „Orahovica d.d.“ .....	17
3.1.2 Ratarstvo.....	17
3.1.3 Ribnjačarstvo.....	18
3.1.4 Vinogradarstvo i vinarstvo .....	19
3.1.5 Voćarstvo .....	20
3.1.6 Stočarstvo .....	21
3.1.7 Kooperacija i silos.....	21
3.1.8 Mehanizacija PP Orahovice .....	22
3.2. Sijačica Pöttinger Terrasem c6 fertilizer .....	23
3.2.1 Tehnički podaci sijačice za direktnu sjetvu Pöttinger Terrasem C6 fertilizer ....	23
3.2.2 Tehničko – tehnološki podaci o sijačici Pöttinger Terrasem C6 fertilizer .....	24
<b>Spremnik za sjeme i gnojivo.....</b>	<b>24</b>
3.3. Metode analize trošenja .....	29
4. REZULTATI .....	31
5. RASPRAVA.....	35
6. ZAKLJUČAK.....	37
7. LITERATURA .....	38

8. SAŽETAK .....	40
9. SUMMARY .....	41
10. POPIS TABLICA .....	42
11. POPIS SLIKA .....	43

## 1. UVOD

Tijekom istraživanja provedenih prilikom izrade ovog diplomskog rada, kao osnovni materijal istraživanja bili su diskovi tanjurače za pripremu tla na sijačici Pöttinger Terrasem C6 Fertilizer.

Prema Ivušić (1998.) negativne posljedice trošenja materijala, izražene kroz značajne financijske gubitke, razlog su stalnim istraživanjima navedenog problema, kojima se bavi znanstveno-stručna disciplina pod nazivom tribologija. Značaj triboloških istraživanja ogleda se kroz moguće uštede primjenom triboloških mjera koje se za industrijski razvijene zemlje, procjenjuju na oko 1 % bruto nacionalnog proizvoda.

Trošenje materijala prisutno je u svim segmentima gospodarstva, gdje se pojavljuju mehanički sastavi bilo kakve vrste koji u sebi sadrže sastavne elemente u gibanju. Poljoprivreda je temelj svakog gospodarstva. Najvažniji segment poljoprivrede je obrada tla, budući da bez odgovarajuće obrade nema niti dobrih prinosa. Tijekom izvođenja različitih postupaka obrade tla primjenjuje se specijalizirana poljoprivredna mehanizacija, koja je skup mehaničkih sustava s nepokretnim i pokretnim dijelovima izloženim trošenju. Posljedice trošenja mogu uzrokovati onečišćenja proizvodnog prostora (tla), te značajno utječu na smanjenje ekonomičnosti poljoprivredne proizvodnje i stvaraju organizacijske probleme (Banaj i sur., 2008.).

Posljedice trošenja dijelova poljoprivrednih strojeva i uređaja su gubici koji mogu bitno utjecati na efikasnost i ekonomičnost poljoprivredne proizvodnje. Ovi gubici se mogu podijeliti na direktne gubitke materijala, što uzrokuje dotrajavanje istrošenih strojnih dijelova, te indirektno gubitke vremena, što uzrokuje zastoje u proizvodnji zbog popravaka ili izmjena dotrajalih dijelova (Emert i sur., 1987., Ivušić i Jakovljević, 1992., Miloš i sur., 1993.).

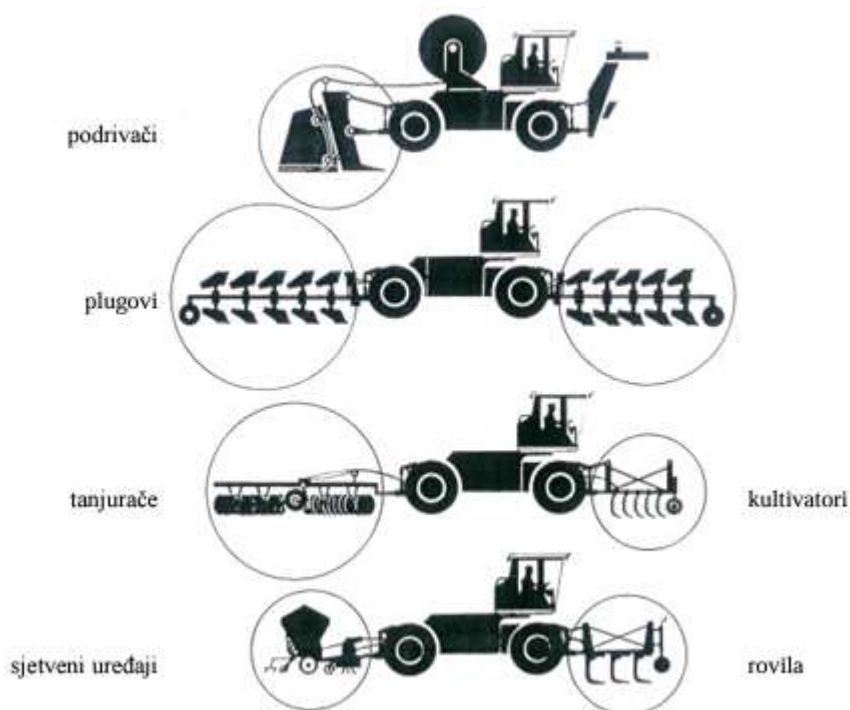
Cilj ovog rada bio je analizirati trošenje diskova tanjurače sijačice za direktnu sjetvu koji su nastali tijekom eksploatacije, kroz analizu stvarnih iznosa trošenja (gubitka mase i smanjenja promjera diskova tanjurače), kao i analiza oblika i mehanizma trošenja koji su isto uzrokovali.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1 Trošenje poljoprivredne mehanizacije u proizvodnji

Značajan dio sveukupnih oblika trošenja mehanizacije koja se koristi u poljoprivrednoj proizvodnji čini trošenje materijala česticama tla, čemu su najviše izloženi radni dijelovi mehanizacije (alati) koji su tijekom eksploatacije uronjeni u tlo (Ivušić i Jakovljević, 1992.).

Heffer i sur. (1998.) navode da tijekom obrade tla alat se giba određenom radnom brzinom koju omogućuje pogonski (vučni) stroj, pri čemu se u tlu pojavljuju otpori za čije svladavanje treba određena energija. Uzroci otporima su otpornost tla prema zbijanju i sitnjenju, trenje tla o površinu alata, unutrašnje trenje između čestica tla, kao i svojstva tla – vezanost, ljepljivost i plastničnost.



Slika 1. Poljoprivredna mehanizacija izložena trošenju u proizvodnji

(Izvor: Heffer i sur. 1998.)

Pellizzi G. i sur. (1988.) navode da u okvirima poljoprivrede država EU od ukupne energije potrebne za obavljanje poslova u polju 38 % iziskuje obrada tla. U tome od navedenih 38 %, čak tri četvrtine troši primarna (osnovna) obrada, što evidentno ukazuje na činjenicu kako je obrada tla jedno od ključnih mjesta u tehnologiji proizvodnje u kojoj treba nastojati realizirati uštedu energije i time, u ne maloj mjeri, utjecati na smanjenje

izravnih troškova proizvodnje i ostvarenje profita s jedne strane, a s druge strane je ekološka pogodnost smanjenjem emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu.

Slika 2. ukazuje na mogućnosti smanjenja troškova proizvodnje pšenice u žetvi, obradi tla i sjetvi, jer ove faze proizvodnje čine zajedno 67 % ukupnih troškova, od čega na samu obradu otpada 45 % proizvodnih troškova. Logično je upravo unutra ovog segmenta proizvodnje tražiti uštede.



Slika 2. Udio rada strojeva u troškovima proizvodnje pšenice

(Izvor: Promidžbeni materijali tvrtke Khun S.A., Saverne-Cedex, Francuska)

Na mogućnost smanjenja troškova poljoprivredne mehanizacije utječe i zbijenost tla. Prije odabira strojeva i oruđa za obradu tla potrebno je pomoću pentometra provjeriti zbijenost tla. Primjer pentometra prikazan je na slici 3. Instrument se sastoji od metalnog šiljka koji se rukohvatima utiskuje u tlo, a na skali očitava otpor prodiranja šiljka. Instrument je opremljen sa šiljkom promjera baze 1/2 " za tvrđa i 3/4 " za mekša tla. Na skali su tri polja koja označavaju koje je radnje potrebno napraviti: zeleno = ne treba orati ni rahliti, žuto = detaljnije ocijeniti i crveno = treba temeljita osnovna obrada. Navedeni instrument se može koristiti do dubine 65 cm (Zimmer i sur. 2014. Integralna tehnika obrade tla i sjetve).





Slika 3. Postupak korištenja mehaničkog penetrometra

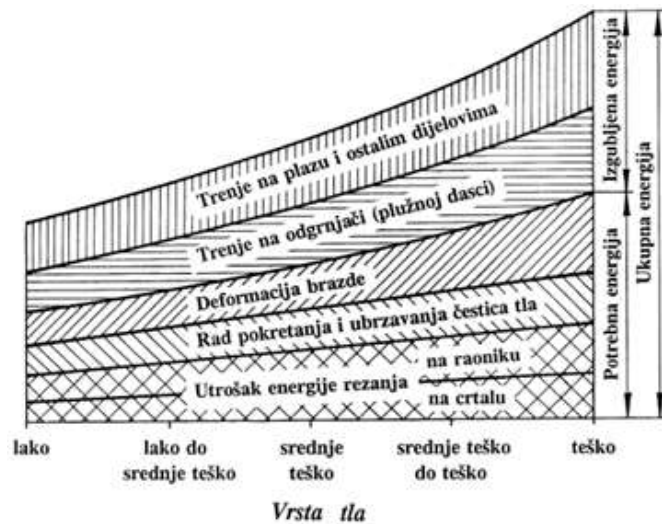
(Izvor: Zimmer i sur. 2014. Integralna tehnika obrade tla i sjetve)



Slika 4. Očitavanje zbijenosti tla

(Izvor: Zimmer i sur. 2014. Integralna tehnika obrade tla i sjetve)

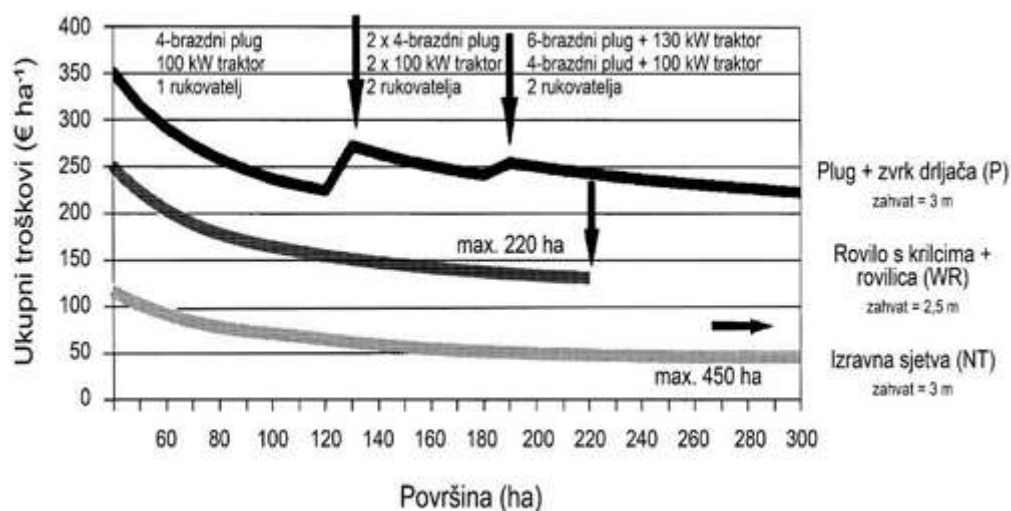
Pojavama trenja u procesu obrade tla bavili su se brojni istraživači (Söhne, 1953., Traulsen i Holz, 1982., Vujčić i sur. 1984., Fröba, 1991.) dokazavši značajan utjecaj trenja na otpore pri obradi, pri čemu se razina trenja kreće u rasponu od 30 do 50 % ukupnih otpora. Slika 5. prikazuje energetska bilancu pri oranju prema Traulsenu i Holzu (1982.), iz čega se vidi da je udio trenja alata i tla u ukupnim otporima na razini od oko 45 % (izgubljena energija stroja) (Ausec 2018.).



Slika 5. Energetska bilanca pogonskog stroja pri oranju

(Izvor: Traulsen i Holz 1982.)

Slika 6. prikazuje da je najviša razina troškova zabilježena primjenom konvencionalnog sustava obrade plugom uz dopunsku obradu sa zvrk drljačkom. Primjenom rovila s krilcima i rovilice s klinovima troškovi se reduciraju i do 60 %. Izravna sjetva omogućuje saljnju redukciju troškova koja seže i do 80 % troškova konvencionalnog sustava obrade. Daljnja pogodnost izravne sjetve ogleda se u vrlo visokom učinku i do 450 ha unutar 25 radnih dana, uz 10 satni radni dan. Nasuprot tome, konvencionalna obrada u istom vremenu zadovoljava do svega 120 ha. Ukoliko treba obraditi veću površinu ovaj sustav iziskuje dodatni traktor i dodatnog rukovatelja. Proračun proizvodnih troškova pojedinih sustava obrade slika 6. uključuje troškove rada strojeva – oruđa i radne snage za sve sustave. Ukupni troškovi izravne sjetve uključuju troškove za dodatnu primjenu glyphosata (totalni herbicid) prije sjetve (Zimmer i sur. 2014. Integralna tehnika obrade tla i sjetve).



Slika 6. Troškovi i učinak različitih sustava obrade

(Izvor: Zimmer i sur. 2014. Integralna tehnika obrade tla i sjetve)

## 2.2 Teorijske osnove o trošenju

### 2.2.1 Tribologija

Tribologija je znanost i tehnika o površinama u dodiru i relativnom gibanju i o pratećim aktivnostima (Grilec, Jakovljević, Marić, 2017.).

Može se i definirati da je tribologija znanstveno – stručna disciplina koja se sveobuhvatno bavi problemima trenja i trošenja (Ivušić, 1998.).

Glavna područja primjene tribologije su:

- mehaničke konstrukcije (zupčanici, ležaji, klizni elementi)
- materijali (novi materijali, keramika, polimeri, metali, inženjstvo površina)
- obrada materijala (sredstva za hlađenje i podmazivanje, alatni materijali, lakoobradljivi materijali)
- podmazivanje (ulja, masti, aditivi).

### 2.2.2 Opći model tribosustava

Prema bivšoj normi DIN 50320, tribosustav je osnovni mehanički sustav u kojemu se zbiva tribološki proces. Postojanjem i praćenjem realnog tribosustava može se pouzdano utvrditi djelujući i prevladavajući mehanizam trošenja kojemu su izloženi pojedini elementi tribosustava i na osnovi toga poduzimati mjere u svrhu upravljanja tim procesom, tj.

smanjenje trošenja, uklanjanje njegovih štetnih posljedica i izbjegavanje iznenadnih kvarova (Ivušić, 1998.).

Tribosustav je definiran skupinom parametara:

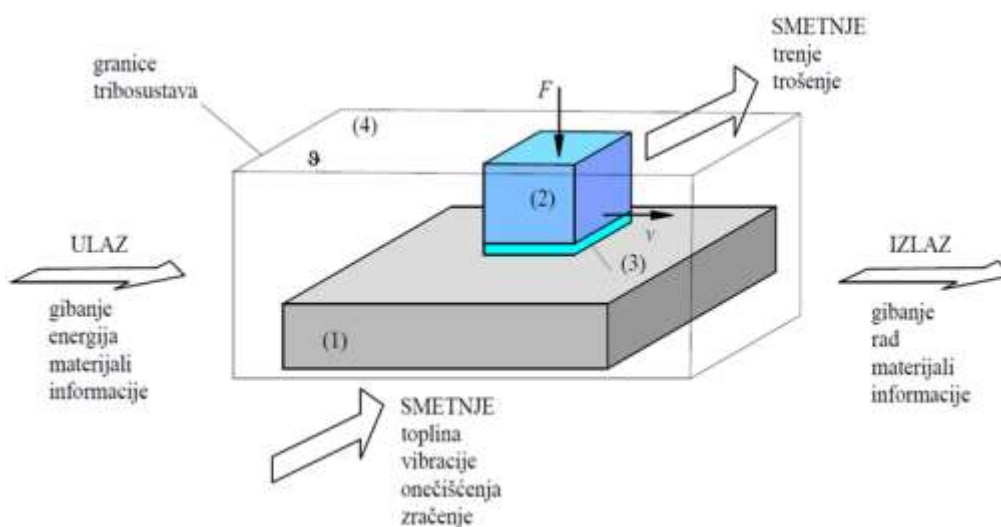
1. Struktura tribosustava:

- elementi tribosustava – funkcionalni dijelovi, međusredstvo, okoliš
- svojstva elemenata tribosustava – materijali, oblici, stanja površine
- tribološki utjecaji među elementima tribosustava – oblik kontakta, trenje, mehanizam trošenja.

2. Radni uvjeti tribosustava:

- oblici gibanja – klizanje, kotrljanje, udar, strujanje, osciliranje
- vremensko određenje gibanja – kontinuirano, intermitirajuće
- veličine opterećenja – sila, brzina, temperatura, trajanje opterećenja.

Na slici 7. prikazana je shema jednostavnog tribosustava s ulaznim i izlaznim parametrima te granicama prikazanog tribosustava.



Slika 7. Shema jednostavnog tribosustava

(Izvor: Czichos 1987.)

### 2.2.3 Definiranje i razvoj tribologije

Problematikom trenja i trošenja bavi se znanstveno – stručna disciplina koja se naziva tribologija. Tribologija u popularnom izražavanju uključuje trenje, trošenje i podmazivanje.

Pokuša li se definirati tribologija, najčešća definicija je ona prema kojoj je tribologija znanost koja proučava pojave i procese na površinama i međusobnom djelovanju, neposrednom ili posrednom dodiru i relativnom gibanju. Osnove tribologije počivaju na pojavi trenja do kojeg dolazi na dodirnim površinama i habanja koje je posljedica tog trenja. Habanje odnosno trošenje površina pojava je zbog koje je potrebno pronaći metode kojima će se smanjiti oštećenje materijala i upravo je to zadatak proučavanja u tribologiji (Ivušić, 1998).

Trenje se pojavljuje kao mehanički otpor odnosno kao sila koja ometa ili sprječava relativno gibanje tijela u međusobnom dodiru. Sila trenja djeluje na tijelo suprotno od relativne brzine gibanja. Trenje se također javlja i pri relativnom gibanju čestica unutar krutih materijala, tekućina i plinova. Kako bi se savladalo trenje koristi se energija koja se pretvara u toplinu. Toplina se potom prenosi na dijelove u dodiru uslijed čega dolazi do zagrijavanja. Količina trenja ovisna je o stupnju iskoristivosti ( $n$ ) mehaničkog sustava pri čemu ( $n$ ) predstavlja omjer izlazne i ulazne mehaničke energije odnosno snage. Brzinu trošenja određuje trajnost konstrukcijskih elemenata. Prema tome, tribološki procesi uzrokuju promjene u karakteristikama mehaničkih sustava uslijed rada i dovode do oštećenja elemenata uključenih u rad (Križan, 2008).



Slika 8. Prekomjerno zagrijavanje kao nuspojava trenja

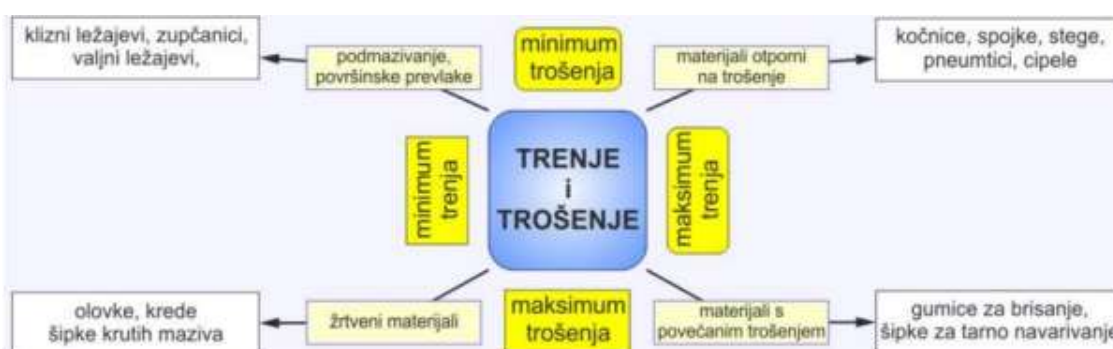
(Izvor: <https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi> )

Posljednjih godina istraživačke aktivnosti na polju tribologije naglo su rasle i u pogledu opsega trenja ali i mogućnosti smanjenja trenja kroz primjenu različitih maziva. Tribologija je multidisciplinarne naravi, a uključuje strojarstvo (posebno strojne elemente kao što su ležajevi i zupčanici, te zupčanici), znanost o materijalima s istraživanjima otpornosti na trošenje, površinsku tehnologiju s analizom površinske topografije i premaza te kemiju maziva i aditiva. Relativno mlađe discipline tribologije su:

- bio – tribologija, koja uključuje (između ostalih tema) trošenje, trenje i podmazivanje ukupne zamjene zgloba i
- nano – tribologiju, gdje se trenje i habanje proučavaju na mikro i nano čestice (Lončarić, I. 2021.).

U bilo kojem stroju postoji puno dijelova među kojima dolazi do trenja (ležajevi, zupčanici, brežuljci bregastog vratila, gume, kočnice, klipni prsten itd.). Ponekad je poželjno imati malo trenje, jer to dovodi do uštede energije, u nekim slučajevima trenje je poželjno, kao u slučaju kočnica.

Tribologija pronalazi primjenu u svim industrijskim sektorima.



Slika 9. Utjecaji i podjela tribologije

(Izvor: <https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi>)

Zbog tehnološkog napretka, očuvanje materijala i energije postaje sve važnije. Trošenje je glavni uzrok gubljenja materijala, pa svako smanjenje trošenja može utjecati na znatne uštede. Trenje je glavni uzrok rasipanja energije i poboljšane kontrole trenja mogu postići značajne uštede. Podmazivanje je najučinkovitije sredstvo za kontrolu trošenja i smanjenja trenja.

Sukladno značaju smanjenja trenja u strojevima i samim time smanjenja energije, može se zaključiti kako je primarna namjena tribologije uvođenje tvari između dodirnih površina pokretnih dijelova radi smanjenja trenja i odvođenja topline. Odabir najboljeg maziva i razumijevanje mehanizma kojim on djeluje za razdvajanje površina u ležaju ili drugim dijelovima stroja glavno je područje za proučavanje tribologije (Ivušić, 1998).

Podmazivanje se obavlja kako bi se smanjilo trenje između dviju uzajamno djelujućih površina u relativnom kretanju. Do trenja dolazi jer čvrsta površina nikada nije mikroskopski glatka. Čak i najbolje obrađena površina ima vrhove i doline zvane „hrapavost“. Kad dvije takve površine dođu u kontakt, stvarni kontakt stvaraju samo vrhovi na površinama. Ti kontakti podržavaju normalno opterećenje i plastično se deformiraju i hladno zavaruju. Ovisno o veličini normalnog opterećenja, sve više i više visokih točaka ili vrhova dolazi u kontakt i „stvarno područje“ dodira povećava se za razliku od „prividnog područja“, što je geometrijsko područje dodirnih površina. Taj se fenomen naziva adhezija.

Vjeruje se da je ovo prianjanje uzrokovano trenjem. Kad se dvije takve površine moraju pomicati u odnosu jedna na drugu, potrebna je neka sila da bi se ti kontakti preusmjerili. Ta sila naziva se sila trenja. Tribologija pomaže u konceptualnoj vizualnoj vizualizaciji problema trenja, trošenja i podmazivanja uključenih u relativno kretanje između površina.

Tribologija je složena znanost s malim mogućnostima za teoretske izračune trenja i trošenja. Stoga je tribologija snažno povezana s praktičnom primjenom koja razradni rad i empirijsko iskustvo čine dragocjenima. Tribološka svojstva su od najveće važnosti za materijale u kontaktu, a sustav je osjetljiv na radne uvjete i okoliš. Optimizacijom trenja i trošenja u tehnološkim primjenama, poput dijelova stroja ili u sustavima za obradu metala, može se očuvati okoliš i smanjiti troškovi. (Lončarić, I. 2021.).

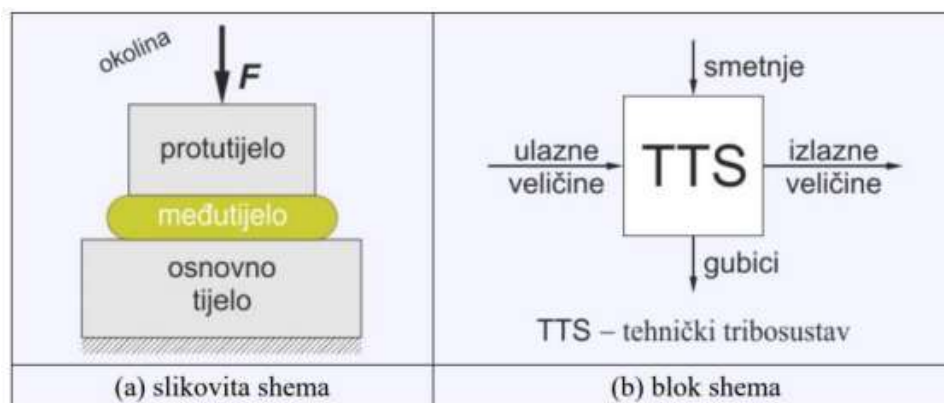
#### 2.2.4 Tribološki sustav

Tri su temeljne komponente koje se pojavljuju u tribološkom sustavu, to su:

- osnovno tijelo koje predstavlja temeljni element stroja iz perspektive trošenja (klizna staza vodilice, grabilica bagera i dr.).
- Protutijelo odnosno unutar zatvorenih strojnih sustava u pravilu strojni element (rukavac vratila, klizna prizma vodilice) dok kod otvorenih strojnih sustava čini tijelo u stalnoj promjeni (prešani komadi, stijene).

- Međutijelo, odnosno „treće tijelo“ koje se pojavljuje u prostoru između glavnog tijela i protutijela (sredstvo za podmazivanje, abrazivno sredstvo) (Ivušić, 1998).

Osim navedenih elemenata, kako bi se moglo ostvariti optimalne rezultate prilikom rješavanja triboloških problema trenja, trošenja i podmazivanja, mora se uzeti u obzir opterećenje,  $F$ , silu trenja, smjer gibanja, protok kroz sustav (gibanje, energija, materijali, informacije), kao i razne druge čimbenike poput smetnji i gubitaka do kojih dolazi uslijed trenja odnosno trošenja (Kovačević i Vrsaljko, 2020, str. 8). Shematski prikaz tribološkog sustava prikazan je na slici u nastavku:



Slika 10. Shematski prikaz tribološkog sustava

(Izvor: <https://repository.pfri.uniri.hr/islandora/object/pfri%3A2261/datastream/PDF/view>)

Uloga elemenata koji se nalaze unutar tribološkog sustava ili koji značajno djeluju ne mora biti razumljiva za optimalno djelovanje i dugotrajnu pouzdanost i ekonomsku opravdanost. U većini slučajeva do trošenja dolazi preko površinskih interakcija na neravninama te se upravo na ta područja u proučavanju tribološkog sustava mora staviti posebna pozornost (Lončarić, I. 2021.).

## 2.3. Trenje i trošenje materijala

### 2.3.1 Trenje

Trenje se može definirati kao otpor kretanju tijela o drugo i od najveće je važnosti u postupcima obrade metala. Trenje nije materijalni parametar, već odziv sustava u obliku reakcijske sile. Ovisi npr. temperatura, vlaga, opterećenje, mehanička svojstva i topografija površine. Općenito zakon trenja, poznat kao Amonton-Coulombov zakon, koeficijent



trenja ( $M$ ) opisuje kao odnos sile trenja  $F_t$  (tangencijalna sila) i normalne sile  $F_n$  (opterećenja) (Bhushan, 2013.).

$$M = F_t / F_n$$

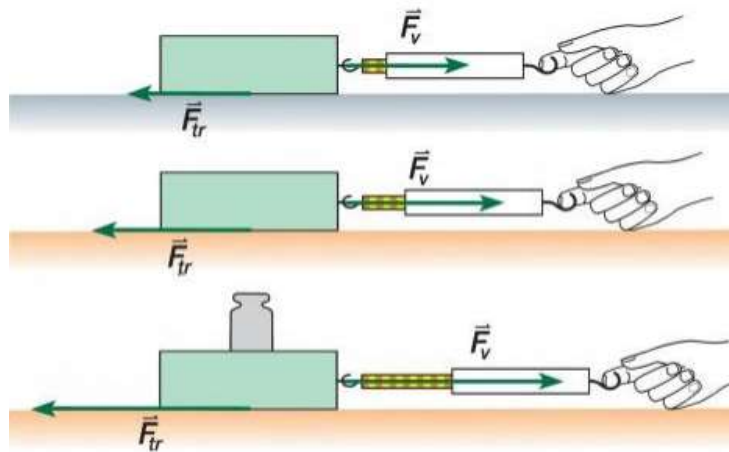
Pretpostavlja se da je ovaj zakon točan u tribološkim kontaktima s uobičajenim kontaktnim pritiscima (kao što je većina kontakata oko njega) i često se naziva Coulombovim trenjem.

Posljedice trenja su:

- Zagrijavanje na mjestu dodira
- „Gubitak“ mehaničke energije koja se pretvara u toplinu
- Moguća dodatna toplinska naprezanja u dijelovima koji se dodiruju
- Trošenje dodirnih površina
- Povećani šum tijekom rada
- Promjena fizikalnih svojstava površine.

Važno je napomenuti kako trenje nije izvorna sila, već čini silu koja nastaje kao reakcija djelovanja neke druge sile. Čine ga elektromagnetne sile koje se pojavljuju između atoma. U trenutku kad površine koje su u kontaktu počnu pomicati u relativno suprotnim smjerovima, dolazi do pojave trenja između navedene dvije površine pri čemu se kinetička energija pretvara u termalnu energiju.

Trenje uvijek djeluje u smjeru suprotnom od smjera u kojem se objekt kreće ili se pokušava pomaknuti. Trenje uvijek usporava pokretni predmet. Količina trenja ovisi o materijalima od kojih su izrađene dvije površine. Što je površina hrapavija, stvara se više trenja. Trenje također proizvodi toplinu (Križan, 2008.).



Slika 11. Shematski prikaz djelovanja sile trenja

(Izvor: [http://www.mediateka.hr/portal/print.php?tb=ss\\_fzk2&vid=6](http://www.mediateka.hr/portal/print.php?tb=ss_fzk2&vid=6))

U većini slučajeva u strojarstvu i strojarskim sustavima pojava trenja je štetna i zadaća tribologije je maksimalno smanjiti trenje i tako produžiti trajanje elemenata. Najčešće se u praksi u strojarskim konstrukcijama trenje pojavljuje u:

- Ležajevima i vodilicama
- Zupčastim i lančanim prijenosnicima snage i gibanja
- Između alata i izratka
- Prilikom protjecanja fluida kroz cijev (pri tome je zagrijavanje fluida zanemarivo (Ivušić, 1998., str. 31).

Ipak u strojarstvu se pojavljuju i slučajevi u kojima je trenje funkcionalno neophodno, a to je prvenstveno:

- Vijčani spojevi
- Stezni spojevi
- Kočnice i tarne spojke
- Remenski i tarni prijenosnici snage i gibanja
- Prilikom kontakta kotača s podlogom (Križan, 2008., str. 317).

Tri su temeljna razloga zbog kojih dolazi do pojave trenja pri relativnom klizanju dviju suhih površina čvrstih tijela. Prvi uzrok je adhezija odnosno privlačna sila koja se pojavljuje između čestica dva tijela u dodiru. Drugi uzrok je pojava hladno zavarenih mikrospojjeva, pri čemu se zavarivanje zbiva na mjestima na kojima se velike sile prenose

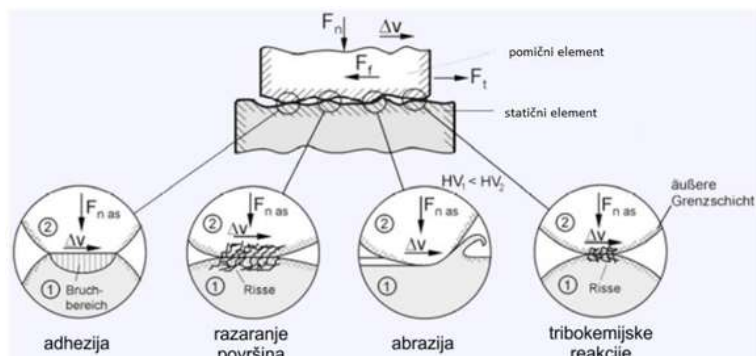
preko veoma malih površina. Pri tome dolazi do pojave velike topline u jednoj točki te se ta toplina ne može procesom prevođenja dovoljno brzo odvesti u okolni materijal uslijed čega se pojavljuje taljenje, a potom i skrućivanje odnosno spajanje vrhova neravnine u dodirnoj točki. Pri tome gotovo u istom trenutku pojavljuje se prekid zavarenog spoja. Kako bi se ostvarilo klizanje jedne površine po drugoj, potrebno je primijeniti silu koja će nadvladati adheziju i izvršiti prekid na zavarenom mjestu. Treći je uzrok pojave trenja prilikom klizanja brazdanje mekše površine neravninama tvrđe površine pri čemu vrhovi tvrdog tijela zapinju za vrhove neravnina mekšeg tijela te pri žilavim materijalima dolazi do plastične deformacije, a kod krhkih materijala dolazi do loma. Deformiranje i lomovi također dodatno povećavaju potrošnju energije zbog potrebnog djelovanja sile (Križan, 2008).

### 2.3.2 Trošenje materijala

Prema Ivušić (1998.) trošenje je postupni gubitak materijala s površine krutog tijela uslijed dinamičkog dodira s drugim krutim tijelom, fluidom i/ili česticama. Prema Kovačević i Vrsaljko (2011.) trošenje predstavlja oštećenje površine ili odstranjenje materijala s jedne ili s obje strane dviju čvrstih površina koje su u dodiru tijekom gibanja. Ivušić (1998.) navodi kako se mehanizmi trošenja opisuju jediničnim događajima. Jedinični događaj je slijed zbivanja koji dovodi do odvajanja jedne čestice trošenja s trošene površine. On uvijek uključuje proces nastajanja pukotina i proces napredovanja pukotina. Prema Kovačević i Vrsaljko (2011.) posljedice trošenja materijala mogu biti potpuno uklanjanje materijala s površine ili samo premještanje materijala prema dodirnim površinama. U slučaju samo prijenosa materijala s jedne na drugu površinu konačni volumen ili gubitak mase na međupovršini je nula, odnosno nema odvajanja materijala kao čestice kod trošenja. Kako se oštećenje materijala zasniva na gubitku materijala, ali oštećenje i bez promjene volumena i mase, također predstavlja trošenje. Vizualni izgled trošenih površina i oblik čestica nastalih trošenjem, primarni su pokazatelj za određivanje mehanizma trošenja. Iako postoji veliki broj primjera različitih vrsta trošenja, pod osnovne mehanizme trošenja ubrajaju se: adhezijski, abrazijski, umor površine, efekt erozije i sudara, kemijski (ili korozijski) i inducirano električnim lukom (Radić A. 2023).

Svi mehanizmi trošenja, osim umora, pojavljuju se uz postupno odstranjanje materijala. Neželjeno trošenje mehaničkih komponenti obično rezultira smanjanjem preciznosti i učinkovitosti elemenata, većom zračnošću između komponenata, vibracijama, pojačanim

trošenjem te ponekad i lomom uslijed umora materijala. Prema tome, trošenje može predstavljati značajan financijski gubitak (Dadić, 2013.).



Slika 12. Prikaz različitih vrsta trošenja ovisno o uzročnicima

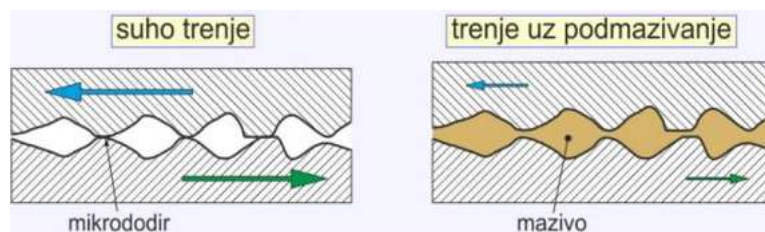
(Izvor: <https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi>)

### 2.3.3 Maziva i njihov značaj

Maziva predstavljaju kemijske tvari specifičnih fizikalnih i kemijskih osobina i karakteristika koja se upotrebljavaju za podmazivanje prvenstveno strojeva. Temeljna im je namjena smanjiti trenje između kliznih ploha koje su u međusobnom odnosu odnosno gibanju. Njihova je primarna namjena smanjenje potencijalnih oštećenja koja mogu nastati trošenjem dijelova strojeva, ali isto tako namjena im je i odvođenje topline, ali i zaštita od negativnih utjecaja atmosfere, poput korozije te stvaranja naslaga i taloga zbog oksidacije i drugih kemijskih promjena. Prva maziva koja su bila u primjeni su bila životinjska i biljna ulja te masti. Njihova je primjena bila aktualna sve do prve polovice dvadesetog stoljeća kada je mlada naftna industrija iznijela na tržište maziva ulja dobivena od teških naftnih frakcija. Danas svijest o potrebi očuvanja okoliša i zdravlja utječe i na proizvodnju svih vrsta maziva, tako da se iz njih isključuju sastojci štetni za zdravlje i okoliš, a u pojedinim se područjima rabe i biološki razgradiva maziva na osnovi biljnih ulja ili sintetskih esterskih ulja. Prema agregatnom stanju razlikuju se tekuća maziva (ulja), polučvrsta (mazive masti) i čvrsta maziva (Leksikografski zavod Miroslava Krlež, 2015.).

Pojam podmazivanja može se primijeniti na dva različita uvjeta: čvrsto podmazivanje i podmazivanje tekućim filmom (tekuće ili plinovito). U bilo kojoj vrsti materijala korišteno je čvrsto mazivo poput čvrstog filma i praha za zaštitu klizne površine od neočekivanih oštećenja tijekom postupka klizanja i smanjenje brzine trošenja i koeficijenta trenja. Čvrsta maziva korištena su u kliznim aplikacijama. Primjerice, ležaj je radio s malim brzinama i

većim opterećenjima, a hidrodinamički podmazani ležajevi zahtijevali su pokretanje i zaustavljanje. Čvrsto mazivo sadrži veću raznolikost materijala koji može proizvesti nižu brzinu trošenja i koeficijent trenja. Uz to, tvrdi materijali korišteni su i kao mazivo za smanjenje trenja i trošenja u ekstremnoj radnoj atmosferi (Bhushan, 2013.).



Slika 13. Podmazivanje na dva različita uvjeta

(Izvor: <https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi>)

Temeljna osobina maziva jest njihova viskoznost koja predstavlja mjeru unutarnjeg trenja kod maziva. Kako bi se postiglo bolje podmazivanje prilikom velikih okretaja u strojevima, potrebna su maziva koja imaju manju viskoznost, povećanjem opterećenja pojavljuje se potreba za većom viskoznosti maziva. Viskoznost je određena sa temperaturom, povećanje temperature smanjuje viskoznost maziva. Promjena viskoznosti u odnosu na promjenu temperature označuje se indeksom viskoznosti (pri tome su maziva većeg indeksa viskoznosti najčešće manje promjene viskoznosti ovisno o promjeni temperature). Mineralna bazna ulja kao maziva imaju indeks viskoznosti do približno 100, dok se upotrebom raznih aditiva može postići i znatno viši indeks viskoznosti, sve do 200. Sintetska ulja s druge strane imaju veoma visoku viskoznost, koja doseže razine i preko 200 (Šilić i sur. 2012).

Viskoznost se mjeri kao unutarnje trenje u tekućini, što odražava način na koji molekule odolijevaju interakciji u kretanju. To je bitno svojstvo maziva, jer utječe na sposobnost ulja da formiraju sloj za podmazivanje ili utječe na smanjenje trenja te smanjenje trošenja. Do viskoznosti dolazi djelovanjem međumolekulske kohezijske sile u fluidu i adhezijske sile između fluida te krutoga tijela kroz koje se zbiva proces strujanja. Pri tome slojevi fluida koji se nalaze uz stijenke cijevi usporavaju kretanje brzih slojeva. Pri tome sila  $F$  na jedinicu površine među dva sloja fluida djeluje razmjerno gradijentu relativne brzine  $v$ , odnosno razmjerno brzini kojom se relativna brzina gibanja mijenja od sloja do sloja  $dy$  (Šilić i sur. 2012.).

### 3. MATERIJAL I METODE

Pri izradi diplomskog rada korišteni su podaci iz eksploatacije poljoprivredne mehanizacije u vlasništvu PP-Orahovica d.d. namijenjene za direktnu sjetvu žitarica. Istraživanje se odnosilo na trošenje materijala na diskovima tanjurače koji su sastavni dio prednjih alata sijačice Pottinger Terrasem C6 Fertilizer koji na navedenom stroju služe za predsjetvenu pripremu tla.

#### 3.1. Poljoprivredno poduzeće „Orahovica d.d.“

Osnovano je 1963. godine u obliku Poljoprivredno prehrambenog kombinata „Orahovica“ (skraćeno: PPK „Orahovica“).

PP – Orahovica d.d. smještena je u netaknutoj prirodi istočne Hrvatske, u predjelu između rijeke Drave na sjeveru i padalina Papuka i Krndije na sjeverozapadu, uz rubove UNESCO Geoparka Papuk.

PP – Orahovica d.d. bavi se poljoprivrednom proizvodnjom u okviru sljedećih djelatnosti: ribnjačarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo, voćarstvo, ratarstvo, stočarstvo, povrćarstvo, kooperacija i silos. (<https://pporahovica.hr/>)

##### 3.1.2 Ratarstvo

Ratarstvo PP Orahovice odvija se na 5 220 ha obrađenih površina gdje se uzgajaju u najvećim količinama pšenica, soja, uljana repica i kukuruz. U proizvodnji se koriste najmodernije tehnologije koje osiguravaju stabilnost prinosa bez obzira na vremenske utjecaje, a pažljivim iskorištavanjem resursa osiguran je potpuni sklad prirode i proizvodnje. (<https://pporahovica.hr/>)



Slika 14. Primjeri ratarskih kultura na PP Orahovica

(Izvor: <http://www.pporahovica.hr/Ratarstvo-20.aspx>)

### 3.1.3 Ribnjačarstvo

U potpunosti automatizirani i opremljeni najmodernijom tehnologijom ribnjaci su povezani u jedinstven sustav kojim se upravlja automatskim hranjenjem i nadgledaju svi procesi u uzgoju ribe.

U vlastitom mrjestilištu bira se za daljnji uzgoj samo najkvalitetnija autohtona mlad šarana tradicionalno prisutnog na tim područjima. Kvalitetna hrana kojom se hrani riba osigurava visokoproteinsku kakvoću mesa, a laboratorij opremljen najmodernijom opremom za praćenje kvalitete vode osigurava maksimalno korištenje prirodne hrane i stvaranje idealnih uvjeta za uzgoj osigurava maksimalno korištenje prirodne hrane i stvaranje idealnih uvjeta za uzgoj zdrave i kvalitetne ribe. Dominantna vrsta je šaran, a uz njega se uzgaja i amur, tolstolobik, som, linjak, štika, smuđ, cvergl, deverika, bodorka...

Mjesta u kojima se uzgaja riba u PP Orahovici su:

- Grudnjak – ukupna površina ribnjaka je 981,2 ha
- Donji Miholjac – ukupna površina ribnjaka je 1017,9 ha
- Pisarovina – obuhvaća 11 jezera ukupne površine 464,6 ha
- Lipovljani – ukupna površina ribnjaka je više od 742,1 ha
- Narta – ukupna površina ribnjaka je 639,1 ha
- Baranja Bilje – ukupna površina ribnjaka je oko 685,2 ha
- Kaniška Iva – ukupna površina ribnjaka je 487,1 ha
- Jasinje – ukupna površina ribnjaka 1.128,2 ha. (<https://pporahovica.hr/>)



Slika 15. Ribnjaci PP Orahovice

(Izvor: <https://pporahovica.hr/>)

### 3.1.4 Vinogradarstvo i vinarstvo

Ukupna površina vinograda iznosi 175 ha. Vinogradi su smješteni na 160 do 250 metara nadmorske visine, uz južnu ekspoziciju imaju savršene uvjete za uzgoj najkvalitetnijeg grožđa, a jedinstveni uvjeti vinu daju kompleksnost i okus mjesta u kojem se uzgaja.

Sorte grožđa koje se uzgajaju u PP Orahovici su:

- Graševina
- Frankovka
- Pinot sivi
- Rizling rajnski
- Sauvignon
- Chardonnay
- Cabernet Sauvignon
- Silvanac zeleni.

Vinogradi PP Orahovice smješteni su na 10 lokacija:

- Jezerac
- Krčeničnik
- Velike ledine
- Martin
- Albus
- Grabovi
- Lipovac
- Toplice
- Ribnjak
- Sićevo. (<https://pporahovica.hr/>)





Slika 16. Vinogradi PP Orahovice

(Izvor: <https://pporahovica.hr/>)

### 3.1.5 Voćarstvo

Ukupna površina voćnjaka iznosi 660 ha.

PP Orahovica proizvodi lješnjake sortimenta:

- Istarski dugi
- Rimski
- Haleški div.

Plantaže podignute prema najvišim svjetskim standardima godišnje daju 500-600 tona lješnjaka namijenjenog domaćem i stranom tržištu. U jednoj vegetacijskoj godini PP Orahovica proizvede do 150.000 komada vrhunskih sadnica lijeske, sorti Istarski duguljasti i Rimski okrugli i plasira ih na tržište. Upravo taj sortiment je idealan za klimatske uvjete u kontinentalnoj Hrvatskoj. Kvalitetna sadnica, dobro odabranog sortimenta, temelj je održivosti proizvodnje svake voćne vrste pa tako i lijeske. (<https://pporahovica.hr/>)



Slika 17. Primjer skupljanja lješnjaka u PP Orahovici

(Izvor: <https://pporahovica.hr/>)

### 3.1.6 Stočarstvo

Na više od 1000 ha PP Orahovica uzgaja stoku u sustavu krava – tele pasmina:

- Angus
- Charolais
- Limousine.

Osnovne odlike takvog načina držanja su bolja iskorištenost travnjačkih površina, jer goveda 6 – 7 mjeseci provode na pašnjacima hraneći se isključivo travom (pašom), kao i proizvodnjom dovoljne količine vlastite teladi za proizvodnju govedeg mesa. Krave se slobodno drže na pregonskim pašnjacima gdje se same tele i odgajaju telad, koja se hrani mlijekom, a kasnije i sama pase. Tim uzgojem čuva se prirodna ravnoteža, smanjeno je onečišćenje tla, vode i zraka, a proizvodnja je usklađena sa svim propisima o ekološkoj, organskoj i biološkoj proizvodnji.

Pašnjaci se nalaze u brdsko planinskom dijelu Parka prirode Papuk i u okolini Zdenaca. Govedarstvo u okviru PP Orahovica d.o.o. odnosi se na držanje i uzgoj u sustavu krava-tele, koji se intenzivno provodi od 1993. godine. U uzgoju krava-tele uzgaja se više od tisuću grla. (<https://pporahovica.hr/>)



Slika 18. Primjer uzgoja stoke u PP Orahovici

(Izvor: <https://pporahovica.hr/>)

### 3.1.7 Kooperacija i silos

Kooperacija PP Orahovice podrazumijeva pomoć kooperantima uslugama i robom za svakodnevno obavljanje ratarskih i voćarskih poslova. Aktivnosti obuhvaćaju ugovaranje kooperacije s obiteljskim gospodarstvima u proizvodnji ratarskih kultura (kukuruz, soja, suncokret, pšenica i uljana repica). Kooperacija u svom ratarskom dijelu kooperantima

nudi poslove jesenske i proljetne sjetve, za koje se osigurava repromaterijal, odnosno sredstva za zaštitu bilja, sjeme te mineralno gnojivo.

U sklopu PP Orahovice djeluje i silos kapaciteta 35 000 tona. U silosu se skladište i čuvaju ratarske kulture: uljana repica, soja, pšenica, kukuruz, ječam i suncokret.

(<https://pporahovica.hr/>)



Slika 19. Silosi PP Orahovice smješteni u Čačincima

(Izvor: <https://pporahovica.hr/>)

### 3.1.8 Mehanizacija PP Orahovice

Struka i primjena modernih tehnologija u obradi tla, njegovoj zaštiti i njezi usjeva nije moguća bez mehanizacije. U ratarstvu PP Orahovice prevladava mehanizacija Class, Case i John Deere, kojom se u optimalnim rokovima mogu odraditi sve faze proizvodnje, od sjetve do žetve. (<https://pporahovica.hr/>)



Slika 20. Mehanizacija PP Orahovice

(Izvor: autor)

### **3.2. Sijačica Pöttinger Terrasem c6 fertilizer**

Terrasem koncept za direktnu sjetvu tvrtke Pöttinger objedinjuje radne korake obrade tla, pripreme za sjetvu i sjetve u jednom stroju. Učinkovita kratka tanjurača, jedinstveni paker valjak s gumama te savršena sijačica za sjetvu osiguravaju optimalan rezultat.

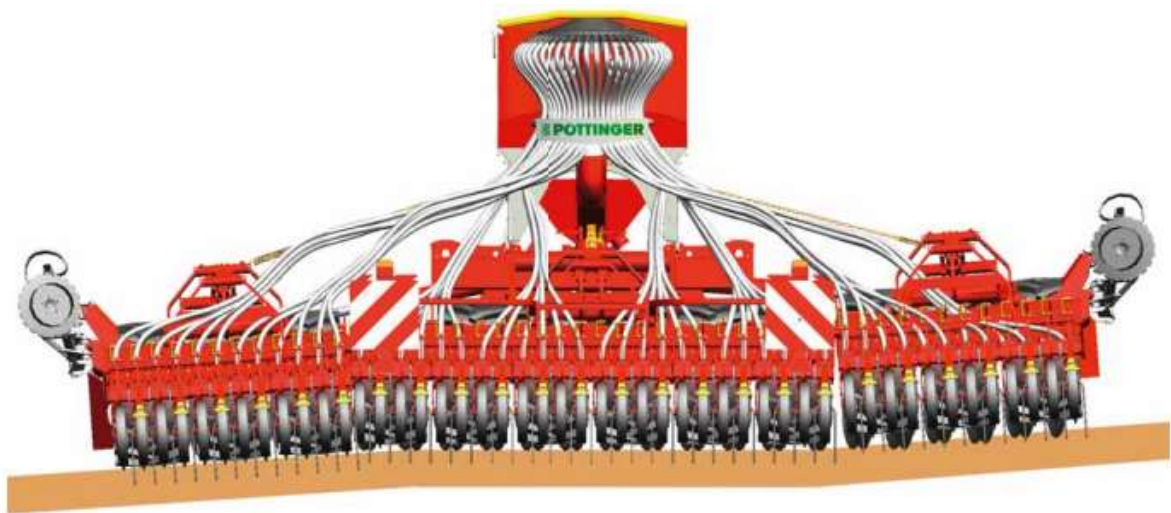
Pöttinger Terrasem koncept je sijačice projektiran od vučne rude do stražnjih zubaca drljače s kompaktnom tanjuračom vrhunske kvalitete, učinkovitim podvozjem s gumama paker valjka i optimiziranim raonicima. Savršeno integrira pripremu sjetvene gredice, pakiranje i sijanje na radnim širinama od 3 do 9 m. Univerzalna sijačica Terrasem može se ekonomično uključiti u bilo koji slijed rada, bilo da se radi o usitnjavanju ili konvencionalnom sijanju. Sijačice pružaju precizno polaganje sjemena zahvaljujući svojim paralelno vođenim raonicima DUAL-DISC sa stražnjim valjcima za određivanje dubine. Takva konfiguracija osigurava jedinstveno praćenje tla. Centralno podešavanje pritiska raonika između 40 i 120 kg po raoniku, spremnici za sjeme velikog kapaciteta i inteligentni sustavi upravljanja također doprinose uspjehu sjetve.

Pöttinger Terrasem sijačice postoje u deset izvedbi – R3, R3 fertilizer, R4, C4, C6, C8, C9, C4 fertilizer, C6 fertilizer i C8 fertilizer. Izvedbe s oznakom „R“ su sijačice sa krutim okvirom, izvedbe s oznakom „C“ su sijačice sa sklopivim okvirom i takve sijačice namijenjene su samo za sjetvu. Izvedbe sijačica s oznakom „fertilizer“ namijenjene su za sjetvu i ulaganje umjetnog gnojiva između redova sjemena.

([https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513\\_Terrasem\\_fertilizer\\_en.pdf](https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513_Terrasem_fertilizer_en.pdf))

#### **3.2.1 Tehnički podaci sijačice za direktnu sjetvu Pöttinger Terrasem C6 fertilizer**

Izvedba sijačice „C6 fertilizer“ ima radnu širinu (zahvat) od 6 m. Dizajn s tri okvira Terrasem C sijačica omogućuje savršeno praćenje tla na maksimalnoj radnoj širini. Vanjski okviri su sklopivi i imaju dovoljno slobode kretanja kako bi se osiguralo točno praćenje tla. ([https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513\\_Terrasem\\_fertilizer\\_en.pdf](https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513_Terrasem_fertilizer_en.pdf))



Slika 21. „C“ izvedba sijačice i prikaz praćenja tla

(Izvor: <https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)

Tablica 1. Osnovni tehnički podaci o sijačici

Radna širina	6 m
Transportna širina	3 m
Broj sjetvenih ulagača	48
Broj ulagača gnojiva	24
Razmak između redova	12,5 cm
Dvodjelni spremnik za sjeme i gnojivo	4000 l
Potrebna vučna snaga	173 kW / 235 KS
Broj kotača	12
Težina	9 880 kg
Visina	8 m

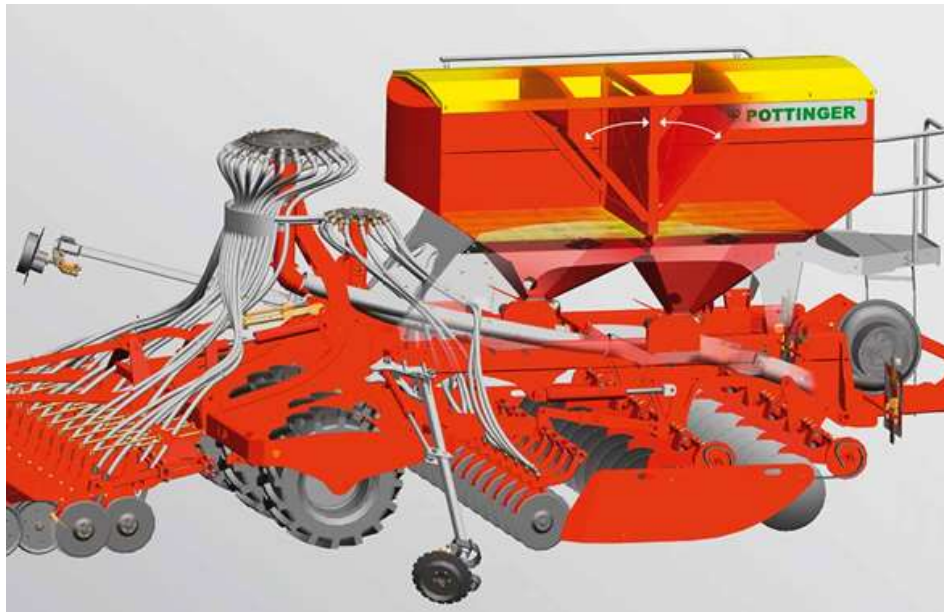
Izvor: (<https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)

### 3.2.2 Tehničko – tehnološki podaci o sijačici Pöttinger Terrasem C6 fertilizer

#### ***Spremnik za sjeme i gnojivo***

Prednost Pöttinger Terrasem C6 fertilizer sijačice je podijeljeni spremnik za sjeme i gnojivo velike izvedbe kako bi se smanjilo vrijeme zastoja tijekom punjenja spremnika. Dvodijelni spremnik za sjeme s prilagodljivom razdvojnomo stijenkom za sjeme i gnojivo –

podjela 40:60, 50:50 ili 60:40, te se sastoji od dvije jedinice za doziranje.  
([https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513\\_Terrasem\\_fertilizer\\_en.pdf](https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513_Terrasem_fertilizer_en.pdf))



Slika 22. Spremnik sijačice Pöttinger Terrasem C6 fertilizera

(Izvor: <https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)

### ***Sustav za ulaganje sjemena u tlo***

Dobro oblikovan žlijeb za sjeme neophodan je za uspješno sisanje, te jamstvo za optimalnu sadnju i ravnomjerno klijanje. Veliki raonici s dva diska sjeku ravno kroz površinski sloj kako bi formirali uredan utor za sjeme bez pritiskanja žetvenog ostatka u tlo. U kombinaciji s raonikom između diskova, sjeme se stavlja u definiranim razmacima, prekriva se slojem sitne zemlje i pritišće tlačnim kotačima.

([https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513\\_Terrasem\\_fertilizer\\_en.pdf](https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513_Terrasem_fertilizer_en.pdf))



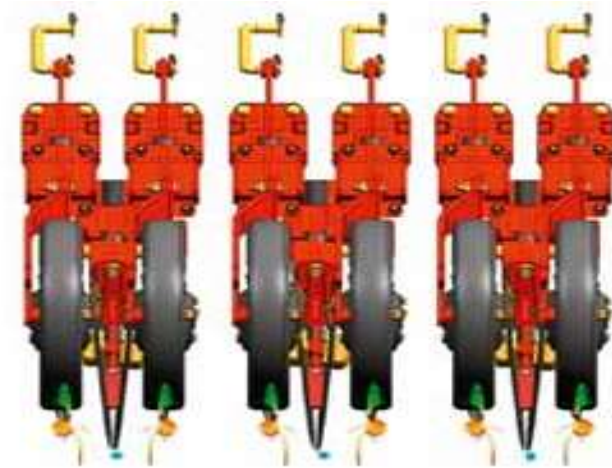
Slika 23. Sustav za ulaganje sjemena

(Izvor: <https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)

Svi ulagači dovode se do ravnomjerne dubine polaganja pomoću pritisnih valjaka. Podešavanje dubine provodi se centralno, podešavanje pritiska ulagača hidraulički od 40 do 120 kg. Nosači ulagača pomoću svojih gumenih elemenata optimalno se prilagođavaju tlu i ne zahtjevaju dodatno održavanje. (<https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)

#### ***Sustav za ulaganje gnojiva u tlo***

Unos gnojiva kod modela Terrasem fertilizer provodi se preko DUAL DISC preciznih ulagača. Pri tome se gnojivo polaže između kratke tanjurače i paker valjka između dva reda sjemenja. Dubina polaganja može se varijabilno podesiti. DUAL DISC precizni ulagači savršeno polažu gnojivo uz bazu zrna tj. korijena. Tako se štedi gnojivo, samnjuje neproduktivne gubitke, a masa korijena se brže povećava, što je preduvjet za optimalan prinos. (<https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)



Slika 24. Sustav za ulaganje gnojiva

(Izvor: <https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)

### ***Sustav za doziranje – velika preciznost***

Pogon za doziranje izvodi se električno – regulirano preko radarskog senzora ili signala ISOBUS s traktora. Stupnjevito namještanje količine sjemena, automatsko uključivanje kotača za sijanje s preddoziranjem. Jednostavna proba okretanja s praktičnom vrećom za prikupljanje – poklopac za okretanje nadzire se pomoću senzora. Izlazni klizač osigurava pražnjenje sjemenja iz spremnika bez ostatka.

(<https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)



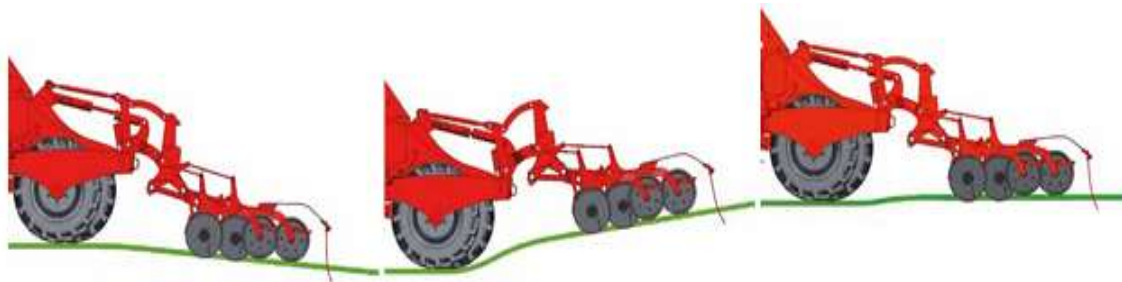
Slika 25. Sustav za doziranje

(Izvor: <https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)



### ***Kontrola gibanja sijačice tijekom sjetve***

Sklopivi okviri tanjurača, paker valjka i raonika omogućuju vertikalnu slobodu kretanja do 5 stupnjeva za prilagodbu konturama tla. Sklopivi dijelovi su predopterećeni pomoću akumulatora dušika kako bi se osigurala jednaka raspodjela tlaka u bilo kojem radnom položaju po cijeloj radnoj širini, time se jamči temeljita obrada cijele površine. Precizno praćenje tla u smjeru vožnje postiže se podešenim pritiskom na raonik dok kotač paker valjka prati konture terena. (<https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)



Slika 26. Kontrola gibanja sijačice

(Izvor: <https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)

### ***Inteligentna kontrola sjetve***

Terrasem C3 do C9 standardno su opremljeni za traktore s ISOBUS sustavom. Kotač za doziranje je elektonički pokretan, mjerenje udaljenosti je pomoću radarskog senzora ili signala traktora. Pöttinger ISOBUS CCI 100 terminal dostupan je kao opcija. ([https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513\\_Terrasem\\_fertilizer\\_en.pdf](https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513_Terrasem_fertilizer_en.pdf))



Slika 27. Sustav inteligentne kontrole sjetve

(Izvor: <https://www.poettinger.at/landtechnik/download>)

### 3.3. Metode analize trošenja

Analiza trošenja diskova tanjurače provodi se za jedan komplet diskova prednjih alata sijačice, za prvi red od 24 diska. Gledano sa zadnje strane sijačice s lijeva na desno diskovi su označeni rednim brojevima od 1 do 24. Prvi komplet diskova izloženiji je trošenju zbog toga što prvi ulaze u tvrdo i neobrađeno tlo. Analizu trošenja diskova napravljena je nakon 2 godine rada sijačice, te oko 4000 zasijanih hektara.

Trošenje diskova tanjurače utvrđuje se mjerenjem dva parametra:

- masa svakog istrošenog diska i usporedba s masom novog diska – gubitak mase ( $\Delta m$ ),
- promjer svakog istrošenog diska i usporedba s promjerom novog diska – gubitak promjera ( $\Delta d$ ).

Mjerenje mase provedeno je digitalnom vagom visoke točnosti „Constant“, tip 14192-115E. Vaga mjeri masu od 0 do 50 kg, a preciznost je 0,25 g, navedena vaga prikazana je na slici 28.



Slika 28. Digitalna vaga „Constant“, tip 14192-115E

(Izvor: autor)

Mjerenje promjera diskova provedeno je pomičnim mjerilom. Raspon pomičnog mjerila je 0 – 500 mm, a točnost je  $\pm 0,05$  mm.



Slika 29. Pomično mjerilo

(Izvor: <https://metal-kovis.hr/>)

#### 4. REZULTATI

Istrošeni diskovi tanjurače skinuti su sa svojih nosača, očišćeni od blata i korozije, te pripremljeni za mjerenje mase i promjera. Diskovi su na nosače bili pričvršćeni s 4 vijka, za skidanje diskova koristio sam akumulatorski odvijač Milwaukee, okasto vilasti ključ 19 mm i nasadni ključ 19 mm.



Slika 30. Alat za skidanje diskova

(Izvor: vlastiti izvor)

Trošenje diskova definirano je kao gubitak mase i promjera istrošenih diskova u odnosu na nove diskove, na slici 25. je prikazana usporedba istrošenog i novog diska.



Slika 31. Usporedba istrošenog i novog diska

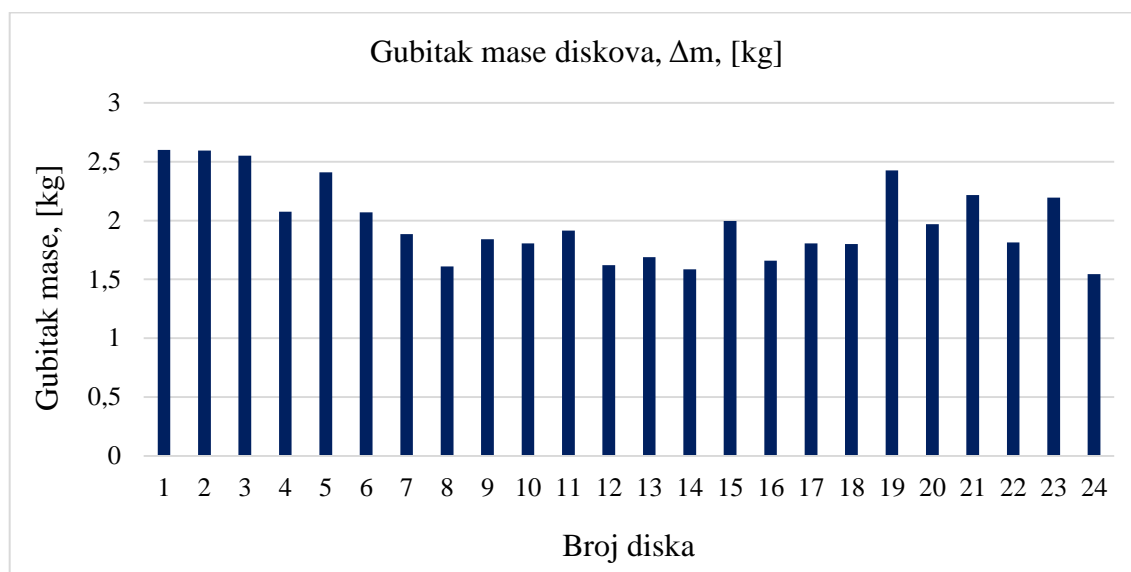
(Izvor: vlastiti izvor)

Novi diskovi za pripremu tla sijačice Pöttinger Terrasem C6 fertilizier imaju masu 6,03 kg i promjer 510 mm. Rezultati mjerenja mase i promjera istrošenih diskova u odnosu na nove diskove prikazani su u 2. tablici.

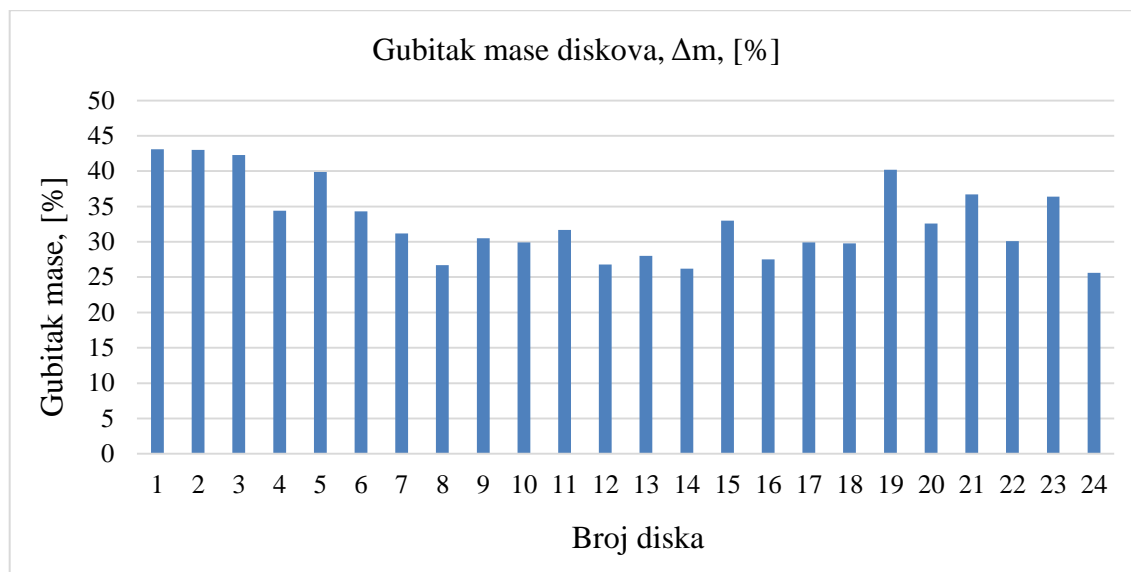
Tablica 2. Rezultati mjerenja istrošenih diskova

Redni broj diska	Masa istrošenog diska (kg)	Gubitak mase ( $\Delta m$ )		Promjer diska (mm)	Gubitak promjera ( $\Delta d$ )	
		kg	%		mm	%
1.	3,430	2,600	43,1	400	110	21,6
2.	3,435	2,595	43	404	106	20,8
3.	3,515	2,551	42,3	416	94	18,4
4.	3,955	2,075	34,4	436	74	14,5
5.	3,620	2,410	39,9	419	91	17,8
6.	3,960	2,070	34,3	434	76	14,9
7.	4,145	1,885	31,2	431	79	15,5
8.	4,420	1,610	26,7	439	71	13,9
9.	4,190	1,840	30,5	425	85	16,6
10.	4,225	1,805	29,9	442	68	13,3
11.	4,115	1,915	31,7	440	70	13,7
12.	4,410	1,620	26,8	454	56	10,9
13.	4,340	1,690	28	452	58	11,3
14.	4,445	1,585	26,2	455	55	10,7
15.	4,035	1,995	33	437	73	14,3
16.	4,370	1,660	27,5	443	67	13,1
17.	4,225	1,805	29,9	430	80	15,6
18.	4,230	1,800	29,8	430	80	15,6
19.	3,605	2,425	40,2	417	93	18,2
20.	4,060	1,970	32,6	438	72	14,1
21.	3,815	2,215	36,7	427	83	16,2
22.	4,215	1,815	30,1	446	64	12,5
23.	3,835	2,195	36,4	421	89	17,4
24.	4,485	1,545	25,6	453	57	11,1
X	4,050	1,990	32,91	432,88	77,13	15,08

Rezultati mjerenja mase istrošenih diskova prikazani su grafički su prikazani na slikama 32 i 33. Slika 32 prikazuje gubitak mase istrošenih diskova izražen u kg, dok slika 33. prikazuje gubitak mase istrošenih diskova iskazan u postocima u odnosu na novi disk.

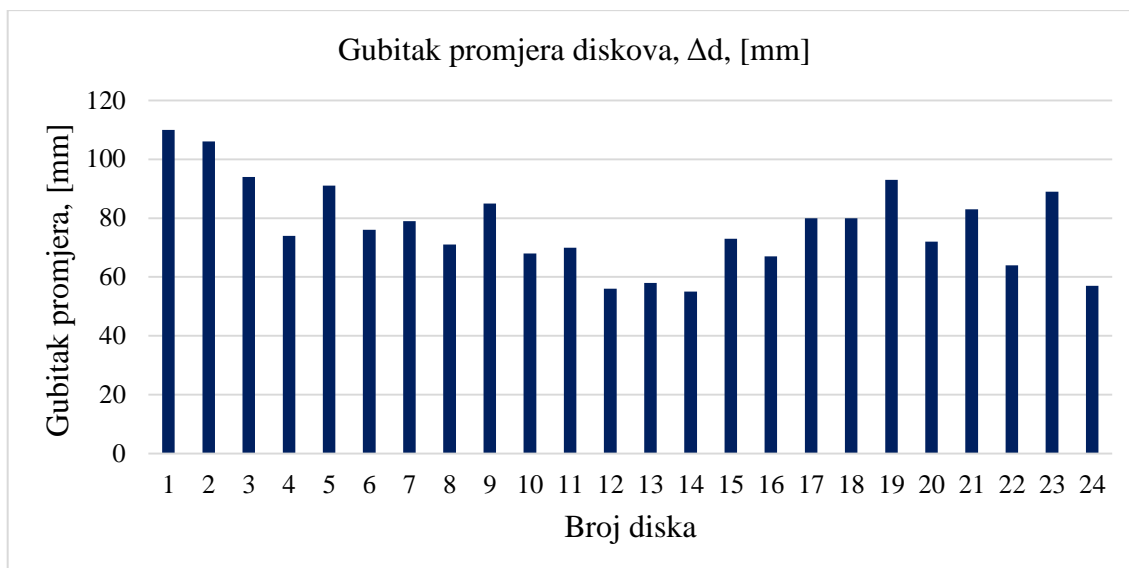


Slika 32. Grafički prikaz gubitka mase diskova u kilogramima uslijed trošenja

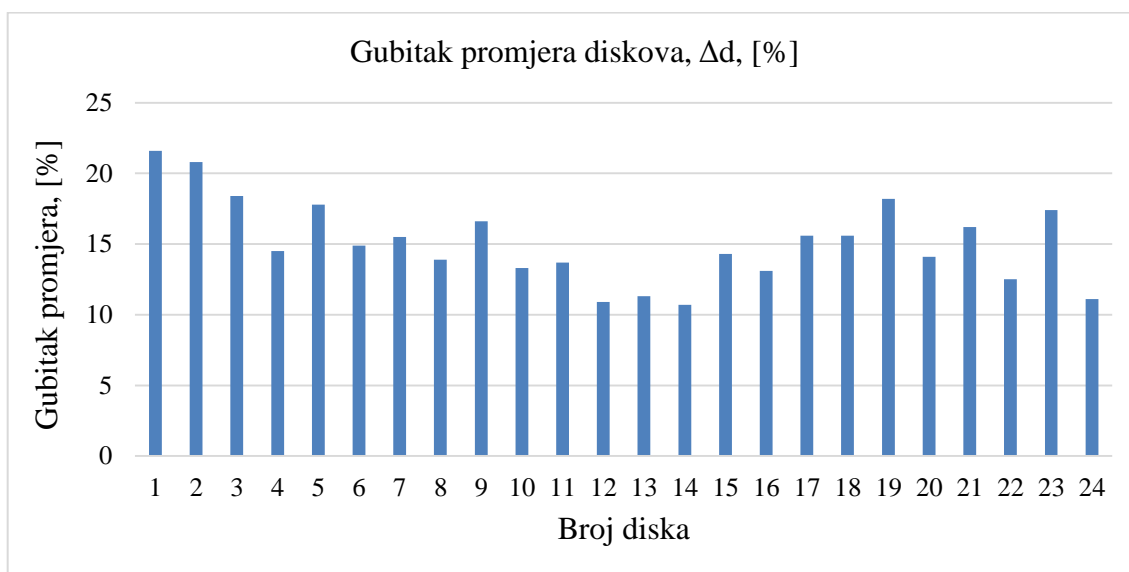


Slika 33. Grafički prikaz gubitka mase diskova izražen u postocima

Rezultati mjerenja promjera istrošenih diskova grafički su prikazani na slikama 34 i 35. Na slici 34 dan je grafički prikaz smanjenja promjera diskova uslijed trošenja izražen u milimetrima, dok je na slici 35 dan grafički prikaz smanjenja promjera diskova iskazan u postocima u odnosu na nove diskove.



Slika 34. Grafički prikaz smanjenja promjera diskova uslijed trošenja izražen u milimetrima



Slika 35. Grafički prikaz smanjenja promjera uslijed trošenja diskova izražen u postocima

## 5. RASPRAVA

Analiza trošenja diskova tanjurače na sijačici za direktnu sjetvu „Pöttinger Terrasem C6 fertilizer“ provedena je mjerenjem gubitka mase i promjera svakog diska. Tijekom eksploatacijskog perioda koji je trajao 2 godine i u kojem je obrađeno oko 4000 ha utvrđeno je da se trošenje diskova odvijalo ravnomjerno po obodu, zadržavajući svoj početni kružni oblik, što je bilo i očekivano budući da diskovi prilikom eksploatacije obavljaju kružno gibanje, također uočeno je da su rubovi diskova značajno stanjeni što je posljedica abrazijskog djelovanja tla.

Na istrošenim diskovima su uočeni tragovi trošenja abrazijom što je uzrokovano prethodno navedenim načinom gibanja alata i kontakta s abrazijskim česticama tla i djelomično tribokorozijom što je posljedica djelovanja vlage iz tla u kombinaciji s abrazijskim djelovanjem čestica tla na diskove prilikom eksploatacije. Prilikom ovog istraživanja nisu uočena oštećenja na diskovima koji bi bili posljedica umora površine. Navedena oštećenja u skladu su ranijim istraživanjima mehanizama trošenja alata za obradu tla (Heffer i sur., Ausec 2018.).

Prosječna masa istrošenih diskova iznosi 4,05 kg, a njihov prosječni gubitak mase iznosi 1,99 kg, odnosno 32,91 %. Prosječni promjer istrošenih diskova iznosi 432,88 mm, a njihov prosječni gubitak promjera iznosi 77,13 mm, odnosno 15,08 %. Najveća vrijednost izgubljene mase diska utvrđena je kod 1. diska i iznosi 2,6 kg, odnosno 43,1 %. Također i najveća vrijednost izgubljenog promjera diska utvrđena je kod 1. diska i iznosi 110 mm, odnosno 21,6 %. Najmanji gubitak mase utvrđen je kod 24. diska i iznosi 1,545 kg, odnosno 25,6 %. Najmanji gubitak promjera utvrđen je kod 14. diska i iznosi 55 mm, odnosno 10,7 %.

Provedenim istraživanjem uočeno je da je gubitak promjera diska većinom nastao istrošenjem u području nazubljenog dijela diska (oštrica) koji je najviše u kontaktu s abrazijskim česticama tla. Također, uočeno je da se kod nekoliko diskova istrošenje proširilo i u području tijela diska. S obzirom da se prilikom eksploatacije diskovi gibaju kroz tlo koje je različitog sastava i tvrdoće (primjese kvarca, pijeska, kamena, itd.) ovakav rezultat bio je očekivan.



Iz podataka o gubicima mase i promjera vidljivo je da su se najviše trošili krajnji bočni diskovi (1., 2. i 3.), što je vjerojatno posljedica najvećeg otpora tla jer se su ti diskovi prilikom eksploatacije u kontaktu s tlom koje je najviše zbijeno.

## 6. ZAKLJUČAK

Kod poljoprivrednih strojeva čija je funkcija obrada tla prisutan je problem trošenja dijelova koji su u kontaktu tlom. Pri tome je dominantan mehanizam trošenja abrazijom s čvrstim česticama tla u vezanoj ili nevezanoj strukturi kao što su kvarc, kremen i drugi oblici silicijevog dioksida. U radu je opisano trošenje diskova tanjurače, a najdominantniji mehanizam trošenja je abrazijsko trošenje česticama tla, što rezultira odnošenje materijala s radne površine alata. Da bi se izbjegle negativne posljedice, provode se različiti postupci, odnosno različite zaštitne mjere koje utječu na smanjenje trošenja alata za obradu tla. No, kako bi se za određene alate odabrale i uspješno primijenile zaštitne mjere, potrebno je istražiti i utvrditi konkretni slučaj (mehanizam) trošenja.

Kako bi se uspješno smanjilo trošenje dijelova poljoprivredne mehanizacije zadatak je pronaći odgovarajuće mjere primjenom kojih se sprječava ili smanjuje trenje i trošenje, tj. Postižu se njihove prihvatljive vrijednosti. Te mjere obuhvaćaju izbor materijala, zaštitu površina od trošenja, uhodavanje (početno trošenje) i podmazivanje.

U provedenom istraživanju, mjerenjem mase diskova prije i nakon procesa trošenja utvrđen je prosječni gubitak mase od 1,99 kg, odnosno 32,91 %. Istovremeno, utvrđen je prosječni gubitak promjera od 77,13 mm, odnosno 15,08 %. Gubitak materijala trošenjem uglavnom je nastao u području nazubljenog dijela diska (oštrica), a kod nekoliko diskova se proširio i u području tijela diska. Svi diskovi bili su ravnomjerno istrošeni po njihovom obodu, što je posljedica kružnog gibanja diskova prilikom eksploatacije.

Na smanjenje trošenja diskova može se utjecati primjenom materijala koji su otporni abrazijskom trošenju, također na smanjenje trošenja može se utjecati primjenom odgovarajućih mjera za promjenu strukture materijala (npr. toplinske i termodifuzijske mjere) i promjenu materijala radne površine alata (npr. postupci navarivanja ili toplinskog naštrcavanja). Kako bi se smanjilo trošenje tribokorozijom potrebno je redovito i pravilno održavanje tijekom eksploatacije, te na kraju sezone sjetve. Pri tome se misli na redovno i ispravno održavanje diskova, odnosno uklanjanje nataloženih ostataka tla i biljnog materijala, te zaštita diskova antikorozijskim sredstvima. Također jedna od mjera zaštite poljoprivredne mehanizacije od korozije je kvalitetno skladištenje (garažiranje) u vremenskom periodu između dvije eksploatacije (izvan sezone).

## 7. LITERATURA

1. Ausec, A. (2018.): diplomski rad FAZOS
2. Banaj, Đ., Tadić, V., Duvnjak, V., Kanisek, J., Turkalj, D. (2008.): Ispitivanje trošenja lemeša. Poljoprivreda Osijek
3. Bhushan, B. (2013.): Introduction to tribology. Philadelphia: John Wiley & Sons.
4. Dadić, Z. (2013.): Tribološki principi i mjere za smanjenje trošenja alata kod obrade odvajanjem čestica. Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split.
5. Emert, R., Tot, A., Musa, I., Šimić, I. (1987.): Istraživanje racionalnih oblika radnih organa na strojevima za osnovnu obradu tla. Zbornik XI. savjetovanja mehanizatora Slavonije i Baranje, Vinkovci
6. Grilec, K., Jakovljević, S., Marić, G. (2017.): Tribologija u strojarstvu. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
7. Heffer, G., Vujčić, M., Jurić, T. (1998.): Trošenje poljoprivrednih oruđa česticama tla. Strojarstvo, 40 (5,6) 1998, 221-227.
8. Ivušić, V. (1998.): Tribologija. Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Zagreb
9. Ivušić, V., Jakovljević, M. (1992.): Zaštita od trošenja kod poljoprivredne mehanizacije. Zbornik radova simpozija „Znanost i praksa mehanizacije poljoprivrede“, Đakovo.
10. Kovačević, V. i Vrsaljko, D. (2011.): Tribologija. Nastavni materijali za kolegij Inženjerstvo površina, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
11. Kovačević V. i Vrsaljko D. (2020.): Inženjerstvo površina. Zagreb: Fakultet kemijskog inženjerstva i tribologije.
12. Križan, B. (2008.): Osnove proračuna i oblikovanja konstrukcijskih elemenata.
13. Krleža, M. (2015.): Leksikografski zavod.
14. Lončarić, I. (2021.): Završni rad, Pomorski fakultet Rijeka.
15. Miloš, B., Pintarić, A., Buljan, G. (1993.): Trošenje abrazijom dijelova poljoprivrednih strojeva. Zbornik radova savjetovanja „Tribologija u agroindustrijskom kompleksu“, Osijek, 44-48.
16. Pellizzi, G. (1988.): Agriculture towards 2000: role and goals of engineering and of technological innovation Rivista di Ingegneria Agraria (Quaderno 10)
17. Radić, A. (2023.): Diplomski rad FAZOS
18. Zimmer, R., Košutić, S., Kovačev, I., Zimmer, D.: (2014.): Integralna tehnika obrade tla i sjetve. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

19. Šilić, Đ., Stojković, V. i Mikulić, D. (2012.): Goriva i maziva. Velika Gorica: Veleučilište.
20. <https://pporahovica.hr/> (08.06.2024.)
21. [https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513\\_Terrasem\\_fertilizer\\_en.pdf](https://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.02.0513_Terrasem_fertilizer_en.pdf) (03.07.2023.)

## 8. SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je analizirati trošenje diskova tanjurače sijačice za direktnu sjetvu koji su nastali tijekom eksploatacije, kroz analizu stvarnih iznosa trošenja (gubitka mase i smanjenja promjera diskova tanjurače), kao i analiza oblika i mehanizma trošenja koji su isto uzrokovali. U radu je analizirano trošenje diskova na sijačici „Pöttinger Terrasem C6 fertilizer“ u eksploataciji tijekom 2 godine i obrađeno oko 4000 ha. Utvrđen je prosječni gubitak mase od 1,99 kg, odnosno 32,91 %, te prosječni gubitak promjera od 77,13 mm, odnosno 15,08 %. Iz podataka o gubicima mase i promjera vidljivo je da su se najviše trošili krajnji bočni diskovi (1., 2. i 3.). Trošenje diskova je uglavnom nastalo mehanizmom abrazije i djelomično mehanizmom tribokorozije materijala, dok trošenje nastalo umorom površine nije uočeno. Kako bi se produžio vijek trajanja materijala u zaključku su navedene neke mjere za zaštitu od trošenja.

**Ključne riječi:** trošenje diskova, sijačica „Pöttinger Terrasem C6 fertilizer“, mehanizmi trošenja

## **9. SUMMARY**

The aim of this work was to analyze the wear of disc seed drills for direct seeding that occurred during exploitation, through the analysis of the actual amount of wear (loss of mass and reduction in diameter of disc discs), as well as the analysis of the form and mechanism of wear that caused the same. The paper analyzed the wear of the discs on the seed drill "Pöttinger Terrasem C6 fertilizer" in operation for 2 years and cultivated about 4000 ha. An average weight loss of 1.99 kg, or 32.91%, and an average diameter loss of 77.13 mm, or 15.08%, were determined. From the data on mass and diameter losses, it is evident that the end side discs (1st, 2nd and 3rd) were the most worn. Disc wear was mainly caused by the mechanism of abrasion and partially by the mechanism of tribocorrosion of the material, while wear caused by surface fatigue was not observed. In order to extend the service life of the material, some measures for protection against wear are listed in the conclusion.

**Key words:** disc wear, "Pöttinger Terrasem C6 fertilizer" seeder, wear mechanisms

## **10. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Osnovni tehnički podaci o sijačici

Tablica 2. Rezultati mjerenja istrošenih diskova

## **11. POPIS SLIKA**

Slika 1. Poljoprivredna mehanizacija izložena trošenju u proizvodnji

Slika 2. Udio rada strojeva u troškovima proizvodnje pšenice

Slika 3. Postupak korištenja mehaničkog penetrometra

Slika 4. Očitavanje zbijenosti tla

Slika 5. Energetska bilanca pogonskog stroja pri oranju

Slika 6. Troškovi i učinak različitih sustava obrade

Slika 7. Shema jednostavnog tribosustava

Slika 8. Prekomjerno zagrijavanje kao nuspojava trenja

Slika 9. Utjecaji i podjela tribologije

Slika 10. Shematski prikaz tribološkog sustava

Slika 11. Shematski prikaz djelovanja sile trenja

Slika 12. Prikaz različitih vrsta trošenja ovisno o uzročnicima

Slika 13. Podmazivanje na dva različita uvjeta

Slika 14. Primjeri ratarskih kultura na PP Orahovica

Slika 15. Ribnjaci PP Orahovice

Slika 16. Vinogradi PP Orahovice

Slika 17. Primjer skupljanja lješnjaka u PP Orahovici

Slika 18. Primjer uzgoja stoke u PP Orahovici

Slika 19. Silosi PP Orahovice smješteni u Čačincima

Slika 20. Mehanizacija PP Orahovice

Slika 21. „C“ izvedba sijačice i prikaz praćenja tla

Slika 22. Spremnik sijačice Pöttinger Terrasem C6 fertilizer



Slika 23. Sustav za ulaganje sjemena

Slika 24. Sustav za ulaganje gnojiva

Slika 25. Sustav za doziranje

Slika 26. Kontrola gibanja sijačice

Slika 27. Sustav inteligentne kontrole sjetve

Slika 28. Digitalna vaga

Slika 29. Pomično mjerilo

Slika 30. Alat za skidanje diskova

Slika 31. Usporedba istrošenog i novog diska

Slika 32. Grafički prikaz gubitka mase diskova u kilogramima uslijed trošenja

Slika 33. Grafički prikaz gubitka mase diskova izražen u postotcima

Slika 34. Grafički prikaz smanjenja promjera diskova uslijed trošenja izražen u milimetrima

Slika 35. Grafički prikaz smanjenja promjera uslijed trošenja diskova izražen u postotcima

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, Mehanizacija

Diplomski rad

Analiza trošenja diskova tanjurače na sijačici za direktnu sjetvu  
Podboj David

## Sažetak:

Cilj ovog rada bio je analizirati trošenje diskova tanjurače sijačice za direktnu sjetvu koji su nastali tijekom eksploatacije, kroz analizu stvarnih iznosa trošenja (gubitka mase i smanjenja promjera diskova tanjurače), kao i analiza oblika i mehanizma trošenja koji su isto uzrokovali. U radu je analizirano trošenje diskova na sijačici „Pöttinger Terrasem C6 fertilizer“ u eksploataciji tijekom 2 godine i obrađeno oko 4000 ha. Utvrđen je prosječni gubitak mase od 1,99 kg, odnosno 32,91 %, te prosječni gubitak promjera od 77,13 mm, odnosno 15,08 %. Iz podataka o gubicima mase i promjera vidljivo je da su se najviše trošili krajnji bočni diskovi (1., 2. i 3.). Trošenje diskova je uglavnom nastalo mehanizmom abrazije i djelomično mehanizmom tribokorozije materijala, dok trošenje nastalo umorom površine nije uočeno. Kako bi se produžio vijek trajanja materijala u zaključku su navedene neke mjere za zaštitu od trošenja.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** dr.sc. Ivan Vidaković

**Broj stranica:** 46

**Broj slika:** 35

**Broja tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 21

**Broj priloga:** -

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** trošenje diskova, sijačica „Pöttinger Terrasem C6 fertilizer“, mehanizmi trošenja

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof.dr.sc. Goran Heffer, predsjednik
2. dr.sc. Ivan Vidaković, mentor
3. izv.prof.dr.sc. Vjekoslav Tadić, član
4. doc.dr.sc. Željko Barač, zamjenski član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
University Graduate Studies, Mechanization**

**Graduate thesis**

Analysis of the wear of disc discs on a seed drill for direct seeding  
Podboj David

### **Abstract:**

The aim of this work was to analyze the wear of disc seed drills for direct seeding that occurred during exploitation, through the analysis of the actual amount of wear (loss of mass and reduction in diameter of disc discs), as well as the analysis of the form and mechanism of wear that caused the same. The paper analyzed the wear of the discs on the seed drill "Pöttinger Terrasem C6 fertilizer" in operation for 2 years and cultivated about 4000 ha. An average weight loss of 1.99 kg, or 32.91%, and an average diameter loss of 77.13 mm, or 15.08%, were determined. From the data on mass and diameter losses, it is evident that the end side discs (1st, 2nd and 3rd) were the most worn. Disc wear was mainly caused by the mechanism of abrasion and partially by the mechanism of tribocorrosion of the material, while wear caused by surface fatigue was not observed. In order to extend the service life of the material, some measures for protection against wear are listed in the conclusion.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** dr.sc. Ivan Vidaković

**Number of pages:** 46

**Number of figures:** 35

**Number of tables:** 2

**Number of references:** 21

**Number of appendices:** -

**Original in:** Croatian

**Key words:** disc wear, "Pöttinger Terrasem C6 fertilizer" seeder, wear mechanisms

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. prof.dr.sc. Goran Heffer, president
2. dr.sc. Ivan Vidaković, mentor
3. izv.prof.dr.sc. Vjekoslav Tadić, member
4. doc.dr.sc. Željko Barač, substitute member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.