

# Analiza trošenja diskova tanjurače na pneumatskoj sijačici „Väderstad Rapid 400“

---

**Ausec, Antun**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:484792>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



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

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Antun Ausec, apsolvant

Diplomski studij Mehanizacija

**ANALIZA TROŠENJA DISKOVA TANJURAČE NA PNEUMATSKOJ SIJAČICI  
„VÄDERSTAD RAPID 400“**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2018.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Antun Ausec, apsolvant

Diplomski studij Mehanizacija

**ANALIZA TROŠENJA DISKOVA TANJURAČE NA PNEUMATSKOJ SIJAČICI  
„VÄDERSTAD RAPID 400“**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. doc.dr.sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. prof.dr.sc. Goran Heffer, mentor
3. Ivan Vidaković, mag.ing.mech., član

**Osijek, 2018.**

## SADRŽAJ

---

<b>1.</b>	<b>UVOD</b> .....	1
1.1.	CILJ ISTRAŽIVANJA .....	1
<b>2.</b>	<b>PREGLED LITERATURE</b> .....	2
2.1.	TROŠENJE POLJOPRIVREDNE MEHANIZACIJE ZA OBRADU TLA ..	2
2.1.1.	Tribosustav alata za obradu tla .....	4
2.1.2.	Mehanizam trošenja alata za obradu tla .....	5
2.1.2.1.	Osnovni mehanizmi trošenja .....	5
2.1.2.2.	Stvarni oblik trošenja .....	8
2.1.3.	Čimbenici trošenja alata za obradu tla .....	10
2.1.3.1.	Svojstva tla .....	10
2.1.3.2.	Svojstva materijala alata .....	11
2.1.3.3.	Parametri opterećenja u tribosustavu alata .....	12
<b>3.</b>	<b>MATERIJAL I METODE</b> .....	13
3.1.	POLJOPRIVREDNO PODUZEĆE „ORAHOVICA D.D.“ .....	13
3.1.1.	Ribnjačarstvo .....	13
3.1.2.	Vinogradarstvo .....	14
3.1.3.	Voćarstvo .....	15
3.1.4.	Ratarstvo .....	16
3.1.5.	Stočarstvo .....	17
3.1.6.	Kooperacija .....	18
3.1.7.	Maloprodaja .....	18
3.2.	PNEUMATSKA SIJAČICA „VÄDERSTAD RAPID 400“ .....	18
3.2.1.	Osnovni tehnički podaci o sijačici Rapid 400C .....	19
3.2.2.	Tehničko-tehnološki podaci o sijačici Rapid 400C .....	20
3.2.2.1.	Spremnik za sjeme .....	20
3.2.2.2.	Sustav za ulaganje sjemena u tlo .....	20
3.2.2.3.	Mjerenje razmaka sjetve u redu .....	23
3.2.2.4.	Kontrola gibanja sijačice tijekom sjetve .....	23
3.2.2.5.	Upravljanje procesom sjetve .....	24
3.2.3.	Princip rada sijačice Rapid 400C .....	25
3.2.3.1.	Zona 1 – Konsolidacija tla prije sjetve .....	25

3.2.3.2.	Zona 2 – Predsjetvena priprema tla .....	25
3.2.3.3.	Zona 3 – Sjetva .....	26
3.2.3.4.	Zona 4 – Konsolidacija tla nakon sjetve .....	26
3.2.3.5.	Zona 5 – Stvaranje završnog sloja tla .....	27
3.2.4.	Tanjurača prednjih alata sijačice .....	27
3.3.	METODE ANALIZE TROŠENJA .....	29
<b>4.</b>	<b>REZULTATI</b> .....	<b>30</b>
<b>5.</b>	<b>RASPRAVA</b> .....	<b>34</b>
<b>6.</b>	<b>ZAKLJUČAK</b> .....	<b>35</b>
<b>7.</b>	<b>POPIS LITERATURE</b> .....	<b>36</b>
<b>8.</b>	<b>SAŽETAK</b> .....	<b>39</b>
<b>9.</b>	<b>SUMMARY</b> .....	<b>40</b>
<b>10.</b>	<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>41</b>
<b>11.</b>	<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>42</b>
<b>12.</b>	<b>POPIS GRAFIKONA</b> .....	<b>44</b>
	<b>TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA</b> .....	<b>45</b>
	<b>BASIC DOCUMENTATION CARD</b> .....	<b>46</b>

## 1. UVOD

Trošenje materijala prisutno je u svim segmentima gospodarstva, gdje se pojavljuju mehanički sustavi bilo kakve vrste koji u sebi sadrže sastavne elemente u gibanju.

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 (Ivušić, 1998.).

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, odnosno strojevi i uređaji koji predstavljaju skup mehaničkih sustava s nepokretnim i pokretnim sastavnim dijelovima, te su stoga izloženi različitim oblicima trošenja.

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.

Većina dosadašnjih istraživanja problema trošenja kretala su se u smjeru analize posljedica trošenja, kao i iznalaženja mogućih metoda zaštite od trošenja radnih dijelova mehanizacije razvojem i primjenom različitih materijala s izraženijom otpornošću na trošenje te različitih konstrukcijskih izvedbi kojima je cilj smanjenje radne površine u dodiru s tlom.

S obzirom na složenost problema trošenja, vrlo bitno je naglasiti da se dobiveni rezultati istraživanja mogu promatrati samo u okviru konkretnog slučaja trošenja, a ne i općenito.

### 1.1. CILJ ISTRAŽIVANJA

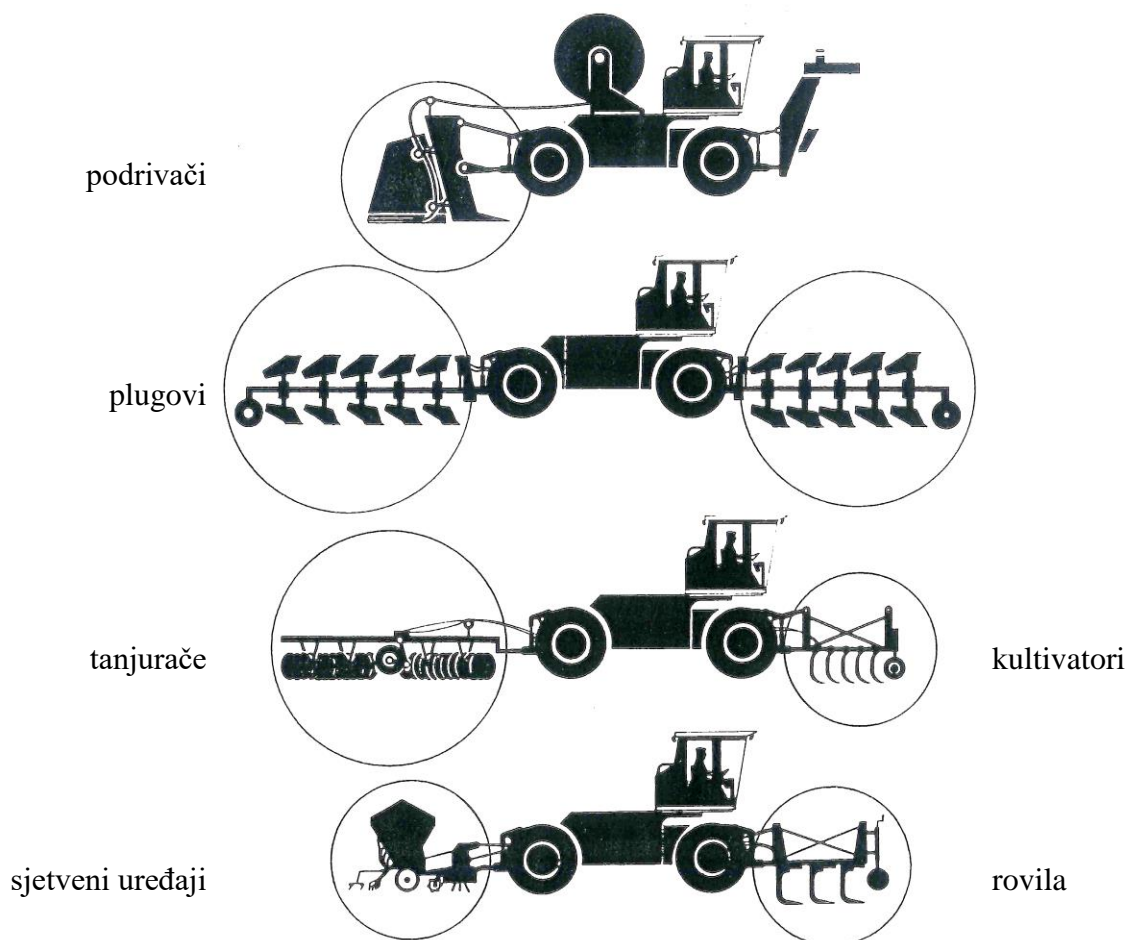
Cilj ovog rada je istražiti trošenje diskova tanjurače na pneumatskoj sijačici „Väderstad Rapid 400“, koji su nastali tijekom njezine eksploatacije, analizom stvarnih iznosa trošenja te oblika i mehanizama trošenja koji su isto uzrokovali.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. TROŠENJE POLJOPRIVREDNE MEHANIZACIJE ZA OBRADU TLA

Zimmer i sur. (1997.) navode da poljoprivredna proizvodnja započinje kulturnom obradom tla u cilju pripreme površinskog sloja za odvijanje biološkog procesa razvoja uzgajanih biljaka. Pri tome najznačajniju ulogu ima osnovna obrada tla koja definira i primarno uređuje dubinu sloja u kome će se razvijati korijen biljke.

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.). Slika 1. prikazuje primjere takve mehanizacije.

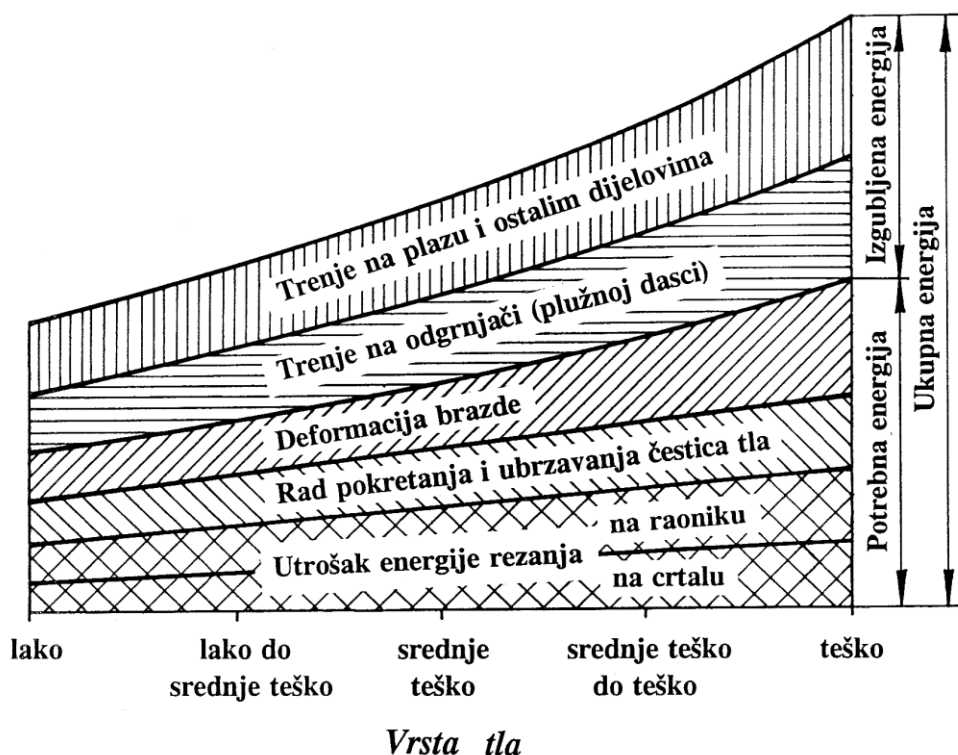


Slika 1. Poljoprivredna mehanizacija za obradu tla izložena trošenju

Izvor: Heffer i sur. (1998.)

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 plastičnost.

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 2. prikazuje energetska bilancu pri oranju prema Traulsen 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).

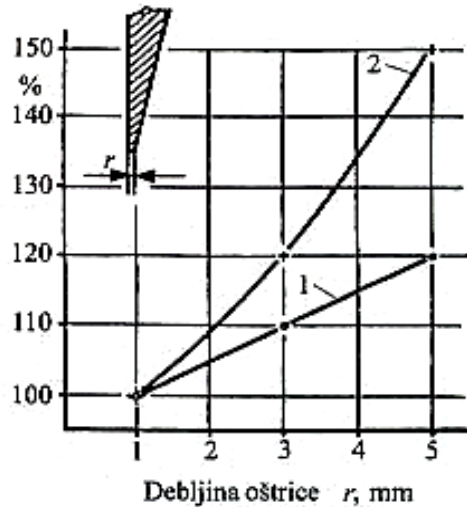


Slika 2. Energetska bilanca pogonskog stroja pri oranju

Izvor: Traulsen i Holz (1982.)

Emert i sur. (1987.) te Miloš i sur. (1993.) ukazuju na to da trenje alata i tla uzrokuje trošenje radne površine alata, uslijed čega se mijenjaju njezin oblik i dimenzije. Takva promjena u značajnoj mjeri utječe na veličinu vučne sile, a time izravno i potrošnju goriva. Budući da je plug jedan od najvažnijih alata za obradu tla, istražili su utjecaj promjene debljine oštrice lemeša pluga na vučni otpor i potrošnju goriva. Slika 3. prikazuje navedeni utjecaj.





Slika 3. Utjecaj debljine oštrice lemeša na potrošnju goriva (1) i vučni otpor (2)

Izvor: Miloš i sur. (1993.)

Posljedice trošenja lemeša su slabija funkcionalnost obrade tla (manja dubina i širina oranja), veći troškovi obrade te smanjenje uroda poljoprivrednih kultura.

Veličinu gubitaka materijala zbog abrazijskog trošenja česticama tla ilustrira podatak da nepovratni gubici materijala, utvrđeni mjerenjem mase novih i dotrajalih dijelova poljoprivredne mehanizacije, iznose prosječno 26 % početne mase proizvoda (Pintarić, 1988.).

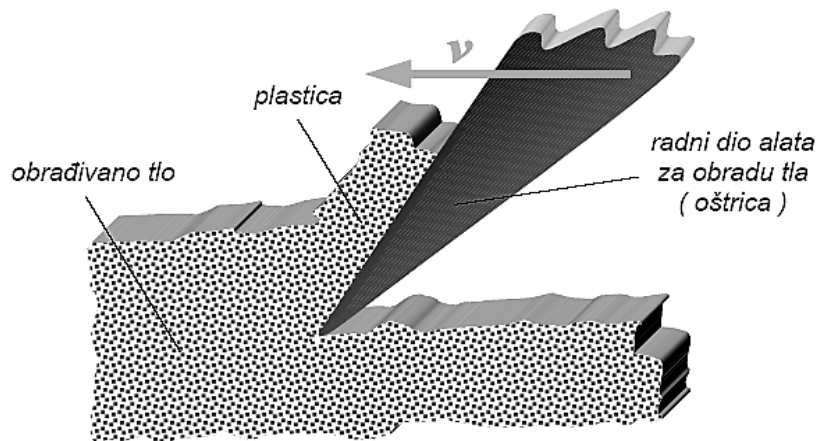
S obzirom na to da je većina pojava trošenja materijala koji se zbivaju u praksi vrlo složena, a takav je slučaj i trošenje alata za obradu tla, istraživanju navedenog problema pristupa se sustavno – definiranjem tribosustava, mehanizma trošenja te čimbenika koji utječu na proces trošenja, budući da je to jedini način da se donesu ispravni i korisni zaključci (Czichos, 1978.).

### 2.1.1. Tribosustav alata za obradu tla

Mehanički sustav u kome se odvija proces trošenja naziva se tribosustav (TS). Zbivanja u TS-u ovisna su o strukturi TS-a, tj. svojstvima elemenata TS-a i njihovim međusobnim odnosima, te o skupu opterećenja TS-a, tj. kinematici gibanja i obliku opterećenja (Ivušić, 1998.).

Pri definiranju tribosustava u okviru kojeg se odvija trošenje alata za obradu tla promatra se onaj dio alata koji je tijekom eksploatacije u neposrednom dodiru s tlom. Funkcionalni dijelovi tribosustava, prikazanog na slici 4., su radni dio alata (oštrica) i tlo (neobrađeni dio i obrađeni

dio – plastica). Obrada tla, a samim time i tribološka zbivanja koja nastaju tijekom iste, uzrokovana su gibanjem oštrice alata kroz tlo određenom brzinom.



Slika 4. Shema tribosustava alata za obradu tla

Izvor: Heffer (1995.)

Prikazani tribosustav ima određene specifičnosti:

- samo jedan funkcionalni dio ima definiranu konstrukciju i oblik – oštrica alata;
- ostali elementi strukture tribosustava (drugi funkcionalni dio, međumedij i okolina) čine jednu cjelinu – masa čestica tla;
- kontakt funkcionalnih dijelova tribosustava i njihovo međusobno trenje nemoguće je točno definirati zbog nehomogenosti strukture tla;
- parametre opterećenja moguće je definirati samo djelomično, jer ovise o svojstvima tla, a ona se mijenjaju tijekom obrade.

Zbog svega navedenog, promatrani tribosustav ima velik broj nepoznanica pri definiranju utjecaja, zbog čega je proces trošenja u njemu vrlo složen za istraživanje (Heffer, 1995.).

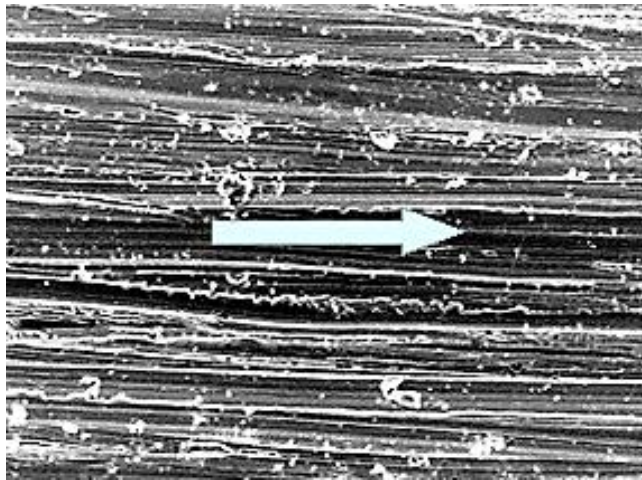
## 2.1.2. Mehanizam trošenja alata za obradu tla

### 2.1.2.1. Osnovni mehanizmi trošenja

Ivušić (1998.) ističe da njemački standard DIN 50320 obrađuje temeljne pojmove u području trošenja te opisuje sustavnu analizu procesa trošenja i klasificira slučajeve trošenja. Navedeni standard definira četiri osnovna mehanizma trošenja. To su:

- abrazija,
- adhezija,
- umor površine,
- tribokorozija.

Abrazija (lat. *abradere* – ostrugati) nastaje kad hrapava površina tvrdog materijala (abraziv, abrazijsko sredstvo) kliže po površini mekšeg materijala (abradirana površina). Pritom se na abradiranoj površini stvaraju pruge, brazde i ogrebotine, te odvojene čestice mekšeg materijala (Jelić Mrčelić, 2010.). Slika 5. prikazuje tragove trošenja abrazijom.

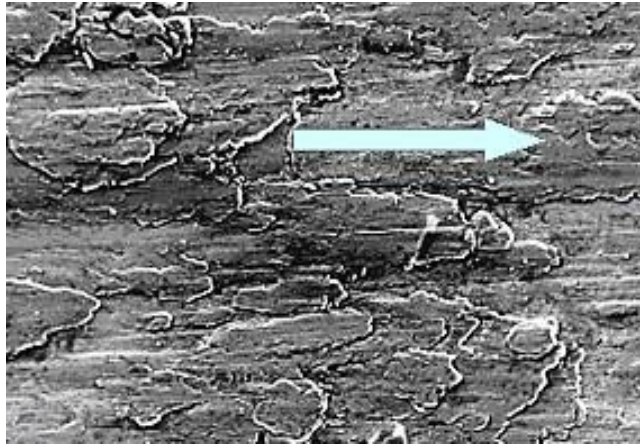


Slika 4. Trošenje abrazijom

Izvor: [http://emrtk.uni-miskolc.hu/projektek/adveng/home/kurzus/korsz\\_anyagtech/1\\_konzultacio\\_elemei/wear\\_and\\_wear\\_mechanism.htm](http://emrtk.uni-miskolc.hu/projektek/adveng/home/kurzus/korsz_anyagtech/1_konzultacio_elemei/wear_and_wear_mechanism.htm) (15.12.2017.)

Adhezija (lat. *adherere* – držati se čega, lijepiti se) nastaje kad dvije glatke površine klize jedna preko druge, a čestice jedne površine se odvajaju i, zbog pojave mikrozavarivanja, lijepe za drugu površinu (Jelić Mrčelić, 2010.).

Na površinama u dodiru ostaju tragovi trošenja u obliku zaglađenih dijelova površine, nalijepljenih čestica, oljuštenih listića i mjesta s istrgnutim djelićima materijala koji su bili mikrozavareni, kao što je prikazano na slici 6.

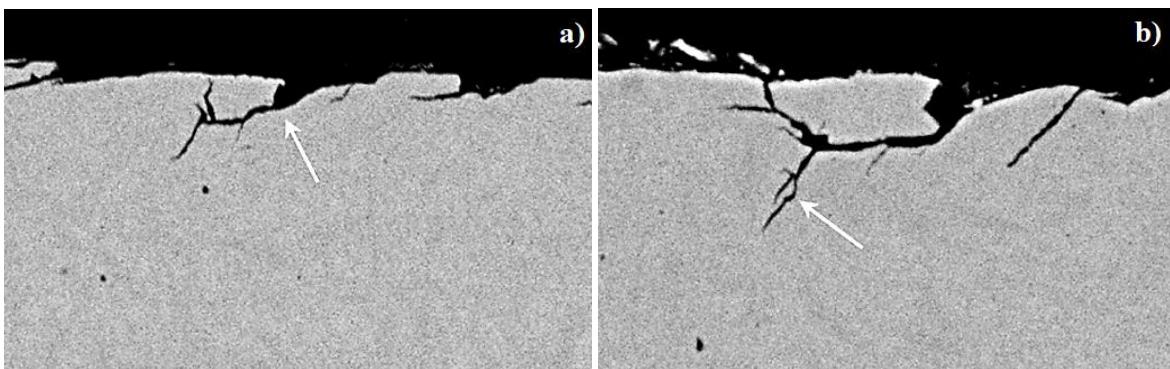


Slika 6. Trošenje adhezijom

Izvor: [http://emrtk.uni-miskolc.hu/projektek/adveng/home/kurzus/korsz\\_anyagtech/1\\_konzultacio\\_elemei/wear\\_and\\_wear\\_mechanism.htm](http://emrtk.uni-miskolc.hu/projektek/adveng/home/kurzus/korsz_anyagtech/1_konzultacio_elemei/wear_and_wear_mechanism.htm) (15.12.2017.)

Umor površine nastaje pri ponavljajućem klizanju ili kotrljanju po istom tragu površina dvaju materijala. Uslijed toga nastaju površinske ili podpovršinske pukotine koje se šire te uzrokuju odvajanje dijelova materijala površine (Jelić Mrčelić, 2010.).

Kao krajnja posljedica trošenja umorom, na površini nastaju sitne pukotine i jamice (rupice). Slika 7. prikazuje presjek materijala u kome se vide podpovršinske pukotine uslijed umora površine. Takve pukotine mogu se, nakon određenog vremena eksploatacije, spojiti u veću pukotinu te uzrokovati ozbiljnije oštećenje ili lom dijela materijala.

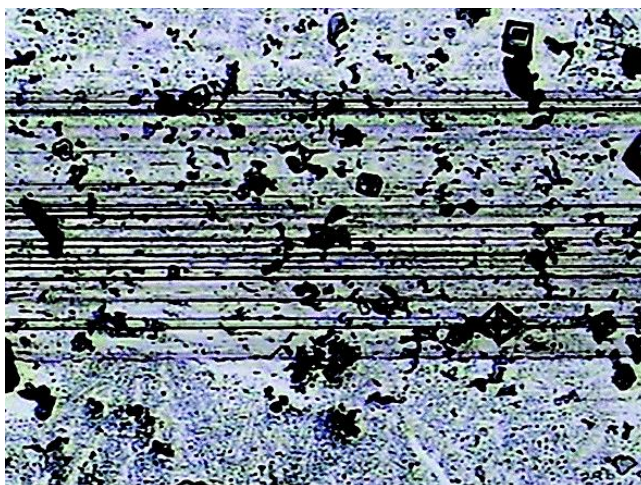


Slika 7. Trošenje umorom površine: nastala pukotina (a), širenje pukotine i lom (b)

Izvor: <https://www.nextgenfluids.com/the-importance-of-clean-oil.html> (16.12.2017.)

Tribokorozija nastaje pri međusobnom klizanju dviju površina u korozivnom okolišu, pri čemu se trošenju pridodaje i kemijska degradacija svojstava materijala (Jelić Mrčelić, 2010.).

Posljedice tribokorozije vide se kao tragovi trošenja (abrazijom,..) s mjestimično degradiranim mjestima u obliku mrlja i plitkih jamica odnesenog materijala, kao što se vidi na slici 8.



Slika 8. Trošenje tribokorozijom

Izvor:

[http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/Articleimage/2015/RA/c5ra21207c/c5ra21207c-f14\\_hi-res.gif](http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/Articleimage/2015/RA/c5ra21207c/c5ra21207c-f14_hi-res.gif) (16.12.2017.)



#### 2.1.2.2. Stvarni oblik trošenja

Grilec i sur. (2017.) ističu da se stvarni oblici (slučajevi) trošenja, koji nastaju u uvjetima eksploatacije, sastoje od dva ili više osnovnih mehanizama trošenja i pritom djeluju istodobno ili u vremenskom slijedu, ovisno o vrsti tribosustava, relativnom gibanju i radnim uvjetima.

Svaki stvarni oblik trošenja moguće je detaljnije razraditi prema sličnosti strukture (elemenata) tribosustava i vrsti dodira te načinu opterećenja i obliku relativnog gibanja.

Ranije navedeni njemački standard DIN 50320, kao i smjernice za analizu oštećenja uzrokovanih mehaničkim naprezanjima VDI 3822, primjenjuju složenu klasifikaciju koja obuhvaća većinu poznatih oblika trošenja i razrađuje ih na način da utvrđuje razinu značajnosti pojedinih osnovnih mehanizama trošenja u ukupnom procesu trošenja. Na slici 9. prikazan je izvadak iz tablice cjelokupne razrade procesa trošenja, prema DIN 50320 i VDI 3822, koji je najbliži obliku trošenja alata za obradu tla.



Struktura sustava	Tribološko naprezanje		Primjeri iz prakse	Vrsta trošenja	Mehanizam trošenja			
					• uglavnom prevladava		○ manje značajno	
					Adhezija	Abrazija	Umor površine	Tribokorozija
Kruta tijelo - Čestice	Udaranje		Udarne ploče na transportnim uređajima	Abrazijsko-udarno		●	●	○
	Klizanje		Lopate bagera, svrdla za kamion, lopatice, gusjeničasti pogoni	Abrazijsko-klizno	ABRAZIJA	●		○

Slika 9. Razrada procesa trošenja krutog tijela česticama

Izvor: Grilec i sur. (2017.)

Iz prikazane slike vidi se da u trošenju krutog tijela česticama dominira mehanizam abrazije, a ukoliko su čestice krupnije i imaju naglašenije udarno djelovanje, može se pojaviti mehanizam umora površine. Također, ukoliko u procesu sudjeluju vlažne čestice, može se pojaviti i tribokorozija materijala, ali je njezin značaj u navedenom obliku trošenja puno manji.

Heffer i sur. (1998.) u svojim istraživanjima trošenja alata za obradu tla navode da je abraziv u procesu trošenja masa čestica tla, sastavljena od tvari različitih svojstava. Glavni abrazijski element u tlu je kvarc, ali mogu biti i druge modifikacije silicijevog dioksida. Ostali abrazijski elementi su različiti metalni oksidi koji se mogu naći u sastavu tla – oksidi kalcija, željeza, aluminijski, itd. Tijekom eksploatacije površina alata za obradu tla izložena je procesu trošenja uslijed klizanja, udara i tlaka čestica tla, te se stoga osim abrazije (a) mogu pojaviti umor površine (b) i tribokorozija (c), kao što se vidi iz primjera tragova takvog trošenja na slici 10.



Slika 10. Tragovi trošenja alata za obradu tla (lemeš, crtalo i odgrnjača)

Izvor: <http://www.tractorshed.com/gallery/upptest/a58441.jpg> (20.12.2017.)

### 2.1.3. Čimbenici trošenja alata za obradu tla

Na abrazijsko trošenje alata za obradu tla utječe niz čimbenika, koji se mogu svrstati u tri osnovne skupine i tako ih se analizirati (Heffer i Vujčić, 1996.):

- svojstva tla (abraziva),
- svojstva materijala alata,
- parametri opterećenja u tribosustavu alata.

#### 2.1.3.1. Svojstva tla

Svojstva tla utječu na mehanizam trošenja ovisno o vrsti tla te njegovoj zbijenosti i vlažnosti.

Vrsta tla ima utjecaj na trošenje alata kroz sastav, koji je određen vrstom čestica i udjelom u ukupnom sastavu, odnosno strukturom, oblikom i veličinom čestica.

Dosadašnja istraživanja ukazuju na to da se alat za obradu tla najjače troši u pješčanim tlima, zatim u teškim pjeskovitim glinama te pjeskovito-ilovastim tlima (Vinogradov i sur., 1990.).

Oblik čestice tla najčešće je nepravilan i čestice oštih rubova jače odnose materijal s površine alata nego čestice zaobljenih površina. Intenzitet trošenja također je proporcionalan veličini abrazijskih čestica – veće čestice uzrokuju veće trošenje materijala (Vujčić i sur., 1984.).

Zbijenost tla ima utjecaj na trošenje kroz stanje kompaktnosti, izraženo gustoćom i čvrstoćom tla, kao mjerljivim svojstvima.

Vujčić i sur (1984.). navode da zbijenost tla, izražena kao otpornost prodiranju u površinu tla, odnosno kao čvrstoća tla, uzrokuje opterećenje koje izvodi tlo na trošenu površinu alata. Ovo opterećenje uzrok je trošenja materijala koje raste s povećanjem zbijenosti tla.

Prema Vinogradovu i sur. (1990.), zbijenost je u uskoj vezi sa stupnjem vezanosti abrazijskih čestica u masi tla. Pri većoj zbijenosti veći je i stupanj vezanosti abrazijskih čestica, što u mehanizmu abrazije onemogućuje klizanje unutar slojeva tla i pojačava klizanje abrazijskih čestica po trošenoj površini materijala, a time trenje i trošenje površine alata za obradu tla

Vlažnost tla utječe na pojavu klizanja i tzv. “podmazivanja” unutar slojeva tla, što se odražava na iznos trošenja materijala.

Vinogradov i sur. (1990.) navode da se pri oranju pjeskovito-ilovastog černozema vlažnosti do 10 % oštrica pluga troši 7-8 puta brže nego pri vlažnosti 25–26 %. Također su uočili da promjena vlažnosti ne utječe uvijek jednako na trošenje materijala, te da je vrlo bitna vrsta tla u kojoj se zbiva ta promjena.

Prema Vujčiću i sur. (1984.), povećana prisutnost vlage u pjeskovitim tlima uzrokuje intenzivnije trošenje radnih dijelova, dok je kod ilovastih i glinastih tala pri istom povećanju vlage znatno manje trošenje. Autori navode da je u pjeskovitim tlima maksimalno trošenje pri vlažnosti 14 %, a u glinasto-ilovastim tlima je minimalno trošenje pri vlažnosti 14-18 %.

#### 2.1.3.2. Svojstva materijala alata

Svojstva trošenog materijala najčešće su istraživani čimbenik mehanizma abrazijskog trošenja i otpornosti istom mehanizmu.

U okviru toga najvažniji čimbenici su pripadajuća mehanička i mikrostrukturalna svojstva.

Mehanička svojstva materijala na trošenje utječu kroz svojstva elastičnost i tvrdoću materijala.

- Svojstva elastičnost materijala definiraju se kao elastično ponašanje trošene površine u dodiru s abrazijskim česticama tla. Ista svojstva bitno utječu na abrazijsko trošenje česticama tla, ali je njihov utjecaj nemoguće jednoznačno utvrditi (Heffer i Vujčić, 1996.).
- Tvrdoća materijala je vrlo značajan čimbenik, budući da je abrazija česticama tla većinom proces dinamičkog prodiranja tvrdih čestica u površinu materijala i rezanja materijala, te je za očekivati izrazitu vezu otpornosti trošenju i tvrdoće trošene površine, i to tako da s povećanjem tvrdoće raste i otpornost trošenju. No, većim brojem istraživanja utvrđeno je da materijali jednake tvrdoće mogu imati vrlo različite otpornosti trošenju. Može se zaključiti da je utjecaj tvrdoće na trošenje materijala vrlo složen i često ovisi o dodatnim utjecajima, ali se u zaštiti od trošenja prolazi do temeljne pretpostavke: veća tvrdoća materijala = veća otpornost abrazijskom trošenju (Ivušić, 1998.).

Mikrostrukturalna svojstva materijala podrazumijevaju svojstva skupa mikrostrukturnih faza, određenih mikrosvojstava, koja definiranjem svojstava ukupne strukture (makrostrukture), utječu na određeni mehanizam trošenja. Pri tome su za određivanje istog utjecaja najznačajniji sastav mikrostrukture i tvrdoća mikrostrukturnih faza (mikrotvrdoća). Ovisno o sastavu, mikrostrukturalna materijala može biti homogena, pri čemu je sastavljena od mikrostrukturnih



faza sličnih svojstva (naročito mikrotvrdoće), te heterogena, pri čemu postoje velike razlike u svojstvima faza. Kod heterogenih mikrostruktura najčešće je slučaj da su tvrde faze (uglavnom karbidi) dispergirane u mekšoj matrici, pri čemu je vrijednost tvrdoće makrostrukture materijala u području između mikrotvrdoća tvrdih faza i matice (Ivušić, 1998.).

S obzirom na prirodu mehanizma abrazijskog trošenja česticama tla (slobodne tvrde čestice pijeska, kamena i sl. klize i udaraju u radnu površinu alata), kod heterogenih mikrostruktura trošenog materijala abrazijske čestice, ako imaju dovoljno prostora, mogu prodrijeti među tvrde mikrostrukturne faze i izbaciti ih iz matice. Stoga su za promatrani slučaj trošenja otporniji materijali heterogene mikrostrukture s gušćom disperzijom tvrdih faza u mekšoj matrici (Heffer, 1995.).

#### 2.1.3.3. Parametri opterećenja u tribosustavu alata

Parametri opterećenja u tribosustavu alata za obradu tla definirani su svojstvima tla, o kojima je prethodno bilo riječi, te parametrima gibanja alata tijekom obrade. Parametri gibanja alata su brzina gibanja i prijeđeni put trošenja.

Brzina gibanja alata za obradu tla, kao čimbenik trošenja alata, uglavnom je istraživana u eksploatacijskim uvjetima, dakle pokusima u polju. Dobiveni rezultati provedenih istraživanja su različiti – od onih koji tvrde da brzina ne utječe na abraziju, preko zaključaka o slabom utjecaju, do tvrdnji o izuzetno jakom utjecaju na abrazijsko trošenje česticama tla. No, većina rezultata ipak je ukazala na to da s povećanjem brzine gibanja raste i trošenje, pri čemu njihova ovisnost može biti linearna ili eksponencijalna. Posebno je važno naglasiti da je utjecaj brzine gibanja u značajnoj interakciji sa sastavom tla i vrstom materijala alata (Heffer i sur. 1998.).

Put trošenja uglavnom nije istraživan kao posebni čimbenik, nego je opći zaključak da trošenje materijala linearno raste s povećanjem puta trošenja (Heffer i Vujčić, 1996.).

### **3. MATERIJAL I METODE**

Pri izradi rada korišteni su podaci iz eksploatacije poljoprivredne mehanizacije u vlasništvu Poljoprivrednog poduzeća „Orahovica d.d.“ koja se koristi za sjetvu žitarica.

Istraživanje trošenja materijala provedeno je u eksploatacijskim uvjetima, tj. tijekom rada pneumatske sijačice „Väderstadt Rapid 400“ u kombiniranoj izvedbi „C“.

Alizirano je trošenje diskova tanjurače koja je sastavni dio prednjih alata sijačice koji služe za predsjetvenu pripremu tla.

#### **3.1. POLJOPRIVREDNO PODUZEĆE „ORAHOVICA D.D.“**

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

Poduzeće od preustroja u dioničko društvo 1993. godine nosi naziv Poljoprivredno poduzeće „Orahovica dioničko društvo“ (skraćeno: PP „Orahovica d.d.“).

PP „Orahovica d.d.“ (u daljnjem: PP Orahovica) bavi se poljoprivrednom proizvodnjom u okviru sljedećih djelatnosti: ribnjačarstvo, vinogradarstvo, voćarstvo, ratarstvo, stočarstvo, kooperacija i maloprodaja. (<http://www.pporahovica.hr/>).

##### **3.1.1. Ribnjačarstvo**

U PP Orahovica 5.100 ha rezervirano je za ribnjačarsku proizvodnju. Uzgojena riba plasira se na tržišta Europske unije (Češka, Poljska, Mađarska, Italija) i zemlje regije (BiH, Srbija). Proizvodnju ribe prati HACCP sustav (<http://www.pporahovica.hr/O-nama-44.aspx>).

Jedan od ključnih zahtjeva postavljenih proizvodnji jest osiguranje intenzivne proizvodnje, uz postizanje maksimalne efikasnosti svih poslovnih procesa. Uz to, potrebno je osigurati i kvalitetan sustav praćenja, mjerenja i kontrole koji će osigurati sve informacije potrebne pri praćenju i upravljanju proizvodnjom. Navedeni zahtjevi međusobno su implementirani primjenom najmodernijih rješenja iz područja energetike, mrežnih tehnologija, automatizacije i softverskih rješenja.

Ribnjaci su opremljeni najmodernijom tehnologijom za uzgoj slatkovodne ribe. Potpuna automatizacija omogućava električno napajanje na svim dijelovima ribnjaka, a osigurana je i optička mreža, čime su svi ribnjaci povezani u jedinstven sustav kojim se iz centralne sobe upravlja automatskim hranjenjem. Sustav također u svakom trenutku ima podatke o parametrima vode (kisik, pH vrijednost, temperatura vode, ...), čime se postiže praćenje riba i omogućava se postizanje optimalnih uvjeta za uzgoj riba. Slika 11. prikazuje panoramu ribnjaka PP Orahovica.



Slika 11. Ribnjaci PP Orahovica

Izvor: <http://www.pporahovica.hr/O-nama-44.aspx> (8.01.2018.)

Proces proizvodnje sastoji se od nekoliko faza, a cilj svake faze je uzgojiti zdravu ribu, bogatih nutritivnih vrijednosti. Zbog boljeg iskorištenja proizvodnog potencijala, ribe se nasaduju u polikulturi. Dominantna vrsta je šaran, a uz njega se uzgaja i amur, tolstolobik, som, linjak, štika, smuđ, cvergl, deverika, bodorka, ... Prema intenzitetu uzgoja, ribe se uzgajaju u poluintenzivnom te intenzivnom sustavu, a osim prirodne hrane koristi se i visoko kvalitetna ekstrudirana hrana. U sustavu proizvodnje ribe nalazi se i laboratorij opremljen najmodernijom opremom za praćenje kvalitete vode koji osigurava maksimalno korištenje prirodne hrane i stvaranje idealnih uvjeta za uzgoj zdrave i kvalitetne ribe (<http://www.pporahovica.hr/Uzgoj-ribe-37.aspx>).

### **3.1.2. Vinogradarstvo**

PP Orahovica obavlja djelatnost vinogradarstva na 179 ha vinograda koji su smješteni na 10 lokacija: Jezerac, Krčenik, Velike ledine, Martin, Albus, Grabovi, Lipovac, Toplice, Ribnjak i Sićevo. Sorte grožđa koje se uzgajaju u PP Orahovici su: Graševina, Frankovka, Pinot sivi, Rizling rajnski, Sauvignon, Chardonnay, Cabernet sauvignon te Silvanac zeleni. Posebnost

Silvanca zelenog iz orahovačkih vinograda proizlazi iz smještaja vinograda, prikazanih na slici 12., koji se nalaze na blagim podnožjima planina i brežuljcima Papuka i Krndije, uz ravnicu s maglovitim jutrima, izloženi laganom prohladnom strujanju zraka koji dolazi s rijeke Drave. Uzgojni oblici su Guyot i dvokraki Guyot (<http://www.pporahovica.hr/Vinogradi-12.aspx>).



Slika 12. Vinogradi PP Orahovica

Izvor: <http://www.pporahovica.hr/O-nama-44.aspx> (8.01.2018.)

PP Orahovica proizvodi vino u najmodernijoj vinariji, opremljenoj inox posuđem s mogućnošću hlađenja, gdje se fermentacija i čuvanje odvija u strogo kontroliranim uvjetima.

U vinariji se fermentacija crnog vina odvija u 5 vinifikatora od kojih su dva vertikalna, jedan horizontalni te dva vinifikatora tipa Gimar. Grožđe se preša u tri pneumatske preše. Uz takav strogo kontrolirani način proizvodnje, PP Orahovica je u mogućnosti isporučiti ujednačenu vrhunsku kvalitetu vina (<http://www.pporahovica.hr/Vinarstvo-11.aspx>).

### **3.1.3. Voćarstvo**

PP Orahovica najveći je proizvođač lješnjaka u Hrvatskoj i regiji, a u svom poslovnom sastavu ima i najmoderniji pogon za doradu lješnjaka. Uzgajaju se lješnjaci sortimenta: istarski dugi, rimski i haleški div. Uzgoj lješnjaka prati certifikat ISO 22000-2005 i HACCP sustav.

PP Orahovica je najveći izvoznik lješnjaka na tržišta Europske unije i regije (<http://www.pporahovica.hr/O-nama-44.aspx>).

PP Orahovica proizvodi lješnjake na 310 ha nasada lijeske, prikazanih na slici 13., starosti 28 godina, te 46 ha mladog nasada, zasađenog u jesen 2011. godine, sortimenta istarski dugi, rimski i haleški div. Plantaža se nalazi između sela Donja Pištana, Bukvik i Čačinci.

Godišnja proizvodnja lješnjaka iznosi 500 do 600 tona i namijenjena je domaćem i stranom tržištu (<http://www.pporahovica.hr/Vocarstvo-99.aspx>).



Slika 13. Nasadi lješnjaka PP Orahovica

Izvor: <http://www.pporahovica.hr/Vocarstvo-99.aspx> (9.01.2018.)

#### 3.1.4. Ratarstvo

Ratarstvo PP Orahovice odvija se na 5.500 ha obrađenih površina, gdje se većinom uzgajaju pšenica, soja, kukuruz te šećerna i uljana repica, kao što je prikazano na slici 14.



Slika 14. Primjeri ratarskih kultura na PP Orahovica

Izvor: <http://www.pporahovica.hr/Ratarstvo-20.aspx> (9.01.2018.)

U ratarskoj proizvodnji primjenjuju se najmodernije tehnologije koje osiguravaju stabilnost prinosa bez obzira na vremenske utjecaje, a pažljivim iskorištavanjem resursa osiguran je potpuni sklad prirode i proizvodnje.

Primjena modernih tehnologija u obradi tla, njegovoj zaštiti i njezi usjeva nije moguća bez primjene odgovarajuće poljoprivredne mehanizacije, a u ratarstvu PP Orahovice prevladavaju strojevi i uređaji tvrtke „John Deere“ (<http://www.pporahovica.hr/Ratarstvo-20.aspx>).



### 3.1.5. Stočarstvo

Stočarska proizvodnja PP Orahovica obuhvaća svinjogojstvo, govedarstvo i tov junadi.

Svinjogojstvo obuhvaća uzgoj francuskih pasmina Naima i Gallia na svinjogojskoj farmi Zdenci. U planu je izgradnja najsuvremenije farme i povećanje kapaciteta.

Govedarstvo se odvija na više od 1.400 hektara PP Orahovica, gdje se uzgaja stoka pasmine Simentalac, Sharole i Limousine u sustavu krava-tele koji se intenzivno provodi od 1993. godine. Držanje i uzgoj stoke odvija se na dvije govedarske farme Vereš Majtur i Krivaja.

Junad za tov većinom dolazi iz uzgoja krava-tele. Ishrana junadi je prirodnom hranom, sijenom i kukuruzom s vlastitih površina, što osigurava vrhunsku kvalitetu mesa (<http://www.pporahovica.hr/Stocarstvo-21.aspx>).

Uzgoj u sustavu krava-tele, prikazan na slici 15., najprirodniji je način uzgoja mesa, potpuno u skladu s prirodom, jer su životinje oslobođene stresa, žive na farmama okružene lijepom prirodom i svježim zrakom. Farme se nalaze u brdskoplaninskom dijelu Parka prirode Papuk.

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 goveđeg 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 (<http://www.pporahovica.hr/Sustav-krava-tele-80.aspx>).



Slika 15. Uzgoj stoke u sustavu krava-tele na PP Orahovica

Izvor: <http://www.pporahovica.hr/Sustav-krava-tele-80.aspx> (10.01.2018.)

### **3.1.6. Kooperacija**

Kooperacija PP Orahovice podrazumijeva pomoć kooperantima uslugama i robom za svakodnevno obavljanje ratarskih i voćarskih poslova. Trenutačno je u kooperaciji okupljeno više od stotinu kooperanata s više od 3.000 hektara obrađenih površina. Aktivnosti obuhvaćaju ugovaranje kooperacije s obiteljskim gospodarstvima u proizvodnji ratarskih kultura (kukuruz, soja, suncokret, pšenica i uljana repica) i za voćarstvo (lješnjak). U ratarstvu se kooperantima nude poslovi jesenske i proljetne sjetve, za koje se osigurava repromaterijal, odnosno sredstva za zaštitu bilja, sjeme te umjetno gnojivo. Također, kooperantima se nudi stručna pomoć vezana uz uzgoj kultura, pripremu i obradu tla, skidanje usjeva, osiguranje repromaterijala te otkup i plasman proizvoda (<http://www.pporahovica.hr/Kooperacija-29.aspx>).

### **3.1.7. Maloprodaja**

PP Orahovica svoje proizvode, osim u partnerskoj mreži, prodaje i u vlastitoj maloprodajnoj mreži koja se sastoji od ribarnica, vinimarketa i poljoprivrednih apoteka te web-trgovine eKupi. U ribarnicama PP Orahovice mogu se kupiti sve vrste slatkovodne ribe, svježa morska riba, zamrznuta riba i vino (<http://www.pporahovica.hr/Maloprodaja-83.aspx>).

## **3.2. PNEUMATSKA SIJAČICA „VÄDERSTAD RAPID 400“**

U švedskoj tvornici poljoprivrednih strojeva „Väderstad“ već dvadesetak godina razvijaju stroj Rapid i kombinirane alate za više operacija, pa se tlo obrađuje, ravna, sije i valja u jednom prohodu (Zimmer i sur. 2014.).

Pneumatska sijačica Rapid 400 obavlja sjetvu sjemena, ravnavanje i rekonfiguriranje terena u jednom prolazu. Rezultat sjetve je pouzdan pri visokoj radnoj brzini. Jednostavnost gradnje, u kombinaciji s visokom kvalitetom stroja, osigurava dugi radni vijek i niske troškove rada.

Sijačice Rapid postoje u četiri izvedbe – 300S, 300C, 400S i 400C. Izvedbe s oznakom „S“ namijenjene su samo za sjetvu, a izvedbe s oznakom „C“ namijenjene su za sjetvu i ulaganje umjetnog gnojiva između redova sjemena. Ukoliko se sijačica koristi samo za sjetvu, moguće je podići diskove ulagače gnojiva kako ne bi došlo do trošenja ili ostaviti na tlu kako bi se poboljšala obrada tla (<https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/>).

### 3.2.1. Osnovni tehnički podaci o sijačici Rapid 400C

Izvedbe sijačice 300S i 300C imaju radnu širinu (zahvat) od 3 m, a izvedbe 400S i 400C radnu širinu od 4m. Istraživanje je provedeno na sijačici tipa Rapid 400C, prikazanoj na slici 16.



Slika 16. Pneumatska sijačica „Väderstad Rapid 400C“

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (15.12.2017.)

Tablica 1. Osnovni tehnički podaci o sijačici Rapid 400C

Mjerenje	hidraulično	Broj sjetvenih ulagača	32
Radna širina (m)	4	Preporučena brzina rada (km/h)	10-14
Transportna širina (m)	4,05	Potrebna vučna snaga (kW)	96-175
Transportna visina (m)	3,2	Najveće dopušteno opterećenje spojnice na traktoru, kuka traktora (kg)	2500
Transportna dužina min/max (m)	6,35/8,3		
Osnovna masa stroja (kg)	3800	Najveće dopušteno opterećenje spojnice na traktoru, krakovi (kg)	2700
Najveća masa stroja (kg)	10800		
Volumen spremnika (l)	4350		
Maksimalno opterećenje (kg)	4300		

Izvor: „Väderstad Holding AB“ (2015.)



### 3.2.2. Tehničko-tehnološki podaci o sijačici Rapid 400C

#### 3.2.2.1. Spremnik za sjeme

Da bi se smanjilo vrijeme zastoja tijekom punjenja spremnika za sjeme, Rapid 400C ima spremnik velikog kapaciteta. Spremnik je dizajniran s velikim otvorom, omogućavajući brzo i jednostavno punjenje. Kombinirana izvedba sijačice Rapid 400C opremljena je podesivim zidom koji odvaja sjeme i gnojivo u spremniku, čime korisniku omogućuje maksimiziranje kapaciteta u svakom trenutku. Slika 18. prikazuje otvor spremnika sijačice Rapid 400C.



Slika 17. Spremnik sijačice Rapid 400C

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (15.12.2017.)

#### 3.2.2.2. Sustav za ulaganje sjemena u tlo

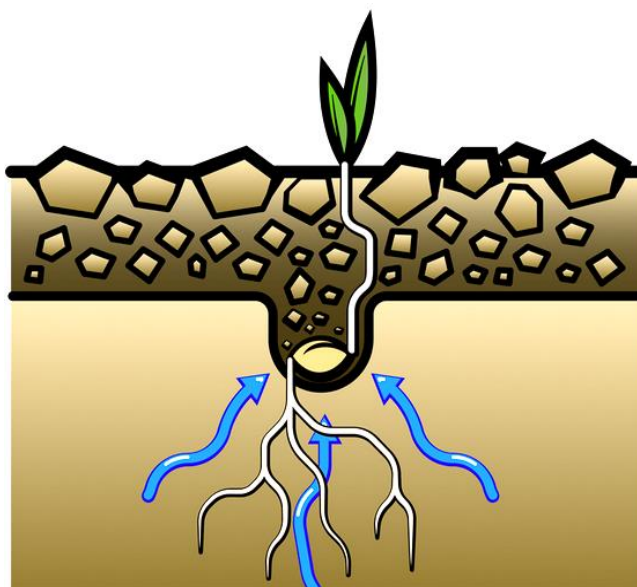
Najvažniji segment sijačice Rapid 400C je jedinstveni sustav za ulaganje sjemena u tlo. Sijačica ima sustav kontrole dubine koji je podesiv iz kabine vozača traktora. Sustav nadzire svaki segment sjetve, kako bi kontrolirao dubinu sjetvenih kotača, čime se istovremeno prati konfiguracija terena. Zahvaljujući tome, sijačica je u stanju ostvariti ravnomjerno sijanje u svim radnim uvjetima. Crtalo (coulter) s jednim diskom prodire u tlo vrlo visokim tlakom od 150 kg, što dovodi do točne dubine sjemena i pri velikoj radnoj brzini. Zahvaljujući tom agresivnom crtalu, stvara se čisti utor za sjeme bez mogućih slamki i nečistoća, neovisno o vrsti tla ili sustavu obrade tla. Slika 18. prikazuje shemu rada sustava za ulaganje sjemena.



Slika 18. Shema rada sustava za ulaganje sjemena sijačice Rapid 400C

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/> (18.12.2017.)

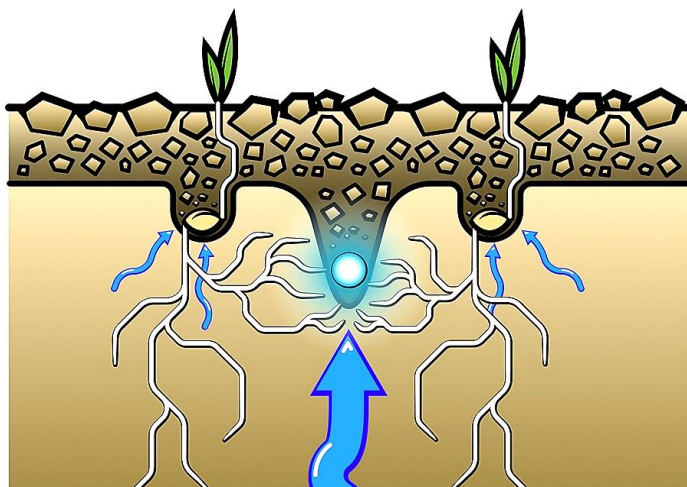
Radni kut diska stvara fino tlo blizu sjemena, čime se osigurava važan kontakt sjemena i tla koji je presudan za klijanje. Glavna prednost postavljanja sjemena je u činjenici da je sjeme na većoj dubini od radne dubine prednjih alata koji obrađuju tlo. Time se sjeme okružuje tлом, pružajući pristup vodi iz tri smjera. Slika 19. prikazuje shemu ulaganja sjemena u tlo.



Slika 19. Shema ulaganja sjemena u tlo

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/> (18.12.2017.)

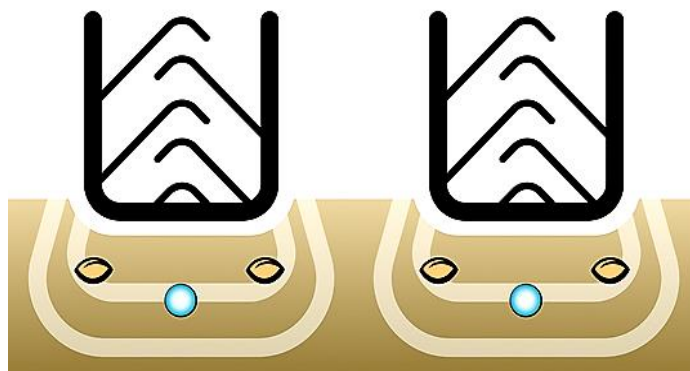
Sijačica Rapid 400C tijekom sjetve može obavljati i ulaganje umjetnog gnojiva između redova sjemena. Time se omogućuje pravilni raspored hranjivih tvari i njihovu bolju učinkovitost, što osigurava brzo i pouzdano klijanje sjemena te u konačnici visoke prinose. Interes za ulaganje gnojiva tijekom sjetve globalno se povećao, potaknut većim ulaznim troškovima sjetve i povećanom ekološkom svijesti. Slika 20. prikazuje shemu istovremenog ulaganja sjemena i umjetnog gnojiva u tlo.



Slika 20. Shema istovremenog ulaganja sjemena i gnojiva u tlo

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/> (18.12.2017.)

Iza sjetvenog crtala veliki kotači učinkovito zatvaraju uloženo sjeme, stvarajući optimalni kontakt sjemena i tla u svim uvjetima. Bočni tlak sprječava stvaranje tvrdog pokrovnog sloja tla iznad sjemena, dok okomiti tlak nad duboko umetnutim gnojivom osigurava brže otapanje hranjivih tvari. Slika 21. prikazuje shemu zatvaranja uloženog sjemena.



Slika 21. Shema zatvaranja uloženog sjemena

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/> (18.12.2017.)

### 3.2.2.3. Mjerenje razmaka sjetve u redu

Sijačica Rapid 400C opremljena je hidrauličkim mjernim sustavom za mjerenje razmaka sjetve u redu, pogonjenim s traktora. Kako bi se podudarao s unaprijed postavljenom brzinom sjetve, sustav stalno komunicira sa zemaljskim radarom, mjereći brzinu kretanja stroja. Ovaj vrlo pouzdani sustav osigurava precizno mjerenje koje je otporno na vibracije i nepravilnosti terena. Sustav, prikazan na slici 22., također je vrlo jednostavan za postavljanje i kalibriranje.

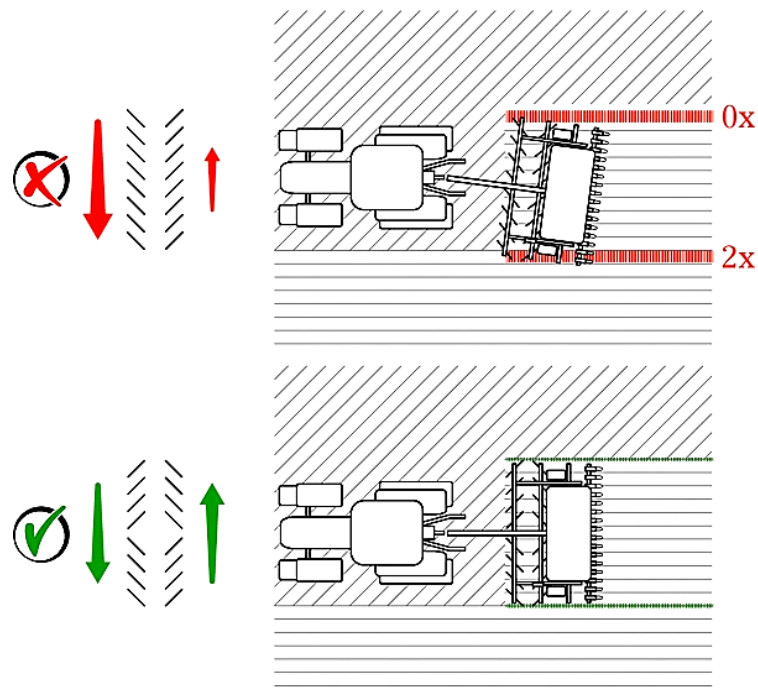


Slika 22. Sustav za hidrauličko mjerenje na sijačici Rapid 400C

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (17.12.2017.)

### 3.2.2.4. Kontrola gibanja sijačice tijekom sjetve

Da bi se postigla potpuna kontrola gibanja sijačice tijekom obavljanja sjetve, vrlo je važno da sijačica ne mijenja svoje ravne tragove iza traktora. To se ostvaruje postavljanjem x-diskova prednjih alata, uslijed čega će se sijačica uvijek kretati ravno iza traktora. Ovakva kontrola gibanja sijačice ključna je za postizanje punog potencijala sustava GPS (Global Positioning System – opće pozicioniranje) ili RTK (Real Time Kinematic – gibanje u stvarnom vremenu) na traktoru. Slika 23. prikazuje shemu rada s postavljenim x-diskovima prednjih alata.



Slika 23. Shema rada sijačice s postavljenim x-diskovima

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/> (18.12.2017.)

### 3.2.2.5. Upravljanje procesom sjetve

Sustav za upravljanje sjetvom „Väderstad E-Control“, prikazan slikom 24., koristi se iPad uređajem koji bežično pruža opsežnu kontrolu i upravljanje procesom sjetve pri kretanju traktora na terenu. Također, može se koristiti i kao daljinski upravljač za kalibraciju. Uz iPad se može preuzeti i najnoviji programski softver koji omogućuje korištenje budućih aplikacija.



Slika 24. Sustav za upravljanje sjetvom „Väderstad E-Control“

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (18.12.2017.)



### 3.2.3. Princip rada sijačice Rapid 400C

#### 3.2.3.1. Zona 1 – Konsolidacija tla prije sjetve

Prije sjetve, tlo konsolidiraju (sjedinjaju) traktorski kotači. Pivotni paker kotači, prikazani na slici 25., omogućuju obavljanje istog postupka i u područjima između traktorskih kotača.



Slika 25. Prva zona rada sijačice Rapid 400C

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (19.12.2017.)

#### 3.2.3.2. Zona 2 – Predsjetvena priprema tla

U svrhu različitih tehnika obrade, sijačica raspolaže s više prednjih alata, prikazanih na slici 26. Podešavanje rada vrši se hidraulički iz traktora u pokretu, ovisno o zahtijevanim uvjetima.



Slika 26. Druga zona rada sijačice Rapid 400C

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (19.12.2017.)

### 3.2.3.3. Zona 3 – Sjetva

Sijačica Rapid 400C ima naglašenu sposobnost zadržavanja točne dubine sjetve pod najtežim uvjetima, što je omogućeno visokim tlakom na crtalu (coulturu). Svaki paker kotač kontrolira dubinu sjetve s dva kotačića putem jedinstvene mehaničke veze. Gumeni ovjes osigurava mirno djelovanje i pri velikoj brzini. Slika 27. prikazuje treću zonu rada sijačice.



Slika 27. Treća zona rada sijačice Rapid 400C

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (19.12.2017.)

### 3.2.3.4. Zona 4 – Konsolidacija tla nakon sjetve

Svaki kotač paker valjka, prikazanog na slici 28., pritisne tlo na dva reda sjemena i jedan niz gnojiva. Time se sjeme prekriva u potpunosti i pružaju mu se optimalni uvjeti za klijanje.



Slika 28. Četvrta zona rada sijačice Rapid 400C

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (19.12.2017.)

### 3.2.3.5. Zona 5 – Stvaranje završnog sloja tla

Zadnji dio sijačice je drljača, prikazana na slici 29., koja na površini tla stvara labavu barijeru za isparavanje i sprječavanje površinskog sljepljivanja nakon teške kiše.



Slika 29. Peta zona rada sijačice Rapid 400C

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (19.12.2017.)

### 3.2.4. Tanjurača prednjih alata sijačice

Kao što je naznačeno u poglavlju 3.2.3.2., tanjurača prednjih alata sijačice Rapid služi u svrhu predstjetvene pripreme tla, budući da se sjetva obavlja u prethodno neobrađeno ili minimalno obrađeno tlo. Uobičajeni naziv za sijačicu koja obavlja takvu sjetvu je „no-till“ sijačica.

Tijekom sjetve, ispred ulagača sjemena, kroz tlo prolazi tanjurača koja miješa i usitnjava tlo prije ulaganja sjemena i gnojiva. Pritom je najveće opterećenje u cjelokupnoj obradi tla i sjetvi upravo na istoj tanjurači jer njezini diskovi ulaze u tvrdo i neobrađeno tlo. Stoga su diskovi tanjurače izloženi vrlo intenzivnom procesu trošenja česticama tla.

Tanjurača prednjih alata sijačice Rapid 400C ima dva reda s po 18 ravnih diskova, tj. ukupno 36 diskova. Svaki disk ima vlastiti nosač, a njegovo spajanje je izvedeno preko osovine s prirubnicom koja je čvrsto spojena na završetku nosača. Disk je učvršćen na prirubnicu pomoću 5 vijaka, kao što je prikazano na slici 30.



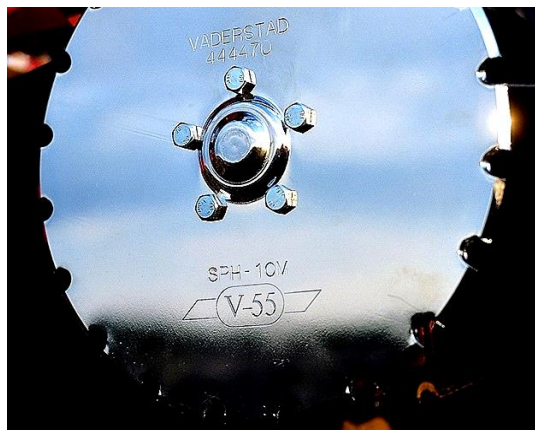


Slika 30. Segment tanjurače prednjih alata sijačice Rapid 400C

Izvor: <https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (21.12.2017.)

Diskovi tanjurače sijačice Rapid 400C imaju masu od 5,2 kg i promjer od 56 cm. Izrađeni su od kvalitetnog švedskog čelika oznake V-55. Kod čelika za diskove uspješno je kombinirana visoka tvrdoća s očuvanom otpornosti na udarce (udarna žilavost). Tvrdoća osigurava trajnost, a otpornost na udarce daje disku otpor prema vanjskim silama u polju. Optimalna kombinacija navedenih svojstava osigurava dugi vijek trajanja diska tanjurače u otežanim radnim uvjetima.

U oznaci V-55 slovo „V“ označava tvrtku „Väderstad“, a broj 55 predstavlja tvrdoću izmjerenu metodom Rockwell-C (HRC). Struktura navedenog materijala omogućila je razinu tvrdoće od industrijskih standarda HRC 47-48 do HRC 55, uz zadržavanje vrlo visoke otpornosti na udarce. Čelik tvrdoće HRC 55 uobičajeno se primjenjuje u izradi noževa i drugih aplikacija kod kojih je potrebna naglašena tvrdoća. Slika 31. prikazuje disk tanjurače Rapid.



Slika 31. Disk tanjurače prednjih alata sijačice Rapid 400C

Izvor: <https://www.vaderstad.com/uk/service--parts/genuine-parts/> (21.12.2017.)

### 3.3. METODE ANALIZE TROŠENJA

Analiza trošenja diskova tanjurače provodi se za jedan komplet diskova prednjih alata sijačice, i to za prvi red od 18 diskova – redni brojevi od 1. do 18. s lijeva na desno, gledano s prednje strane sijačice. Taj red je izloženiji trošenju tijekom rada sijačice, budući da prvi ulazi u tvrdo i neobrađeno tlo. Istrošenje se analizira nakon odrađenih 2300 ha, tj. nakon cca. 2 godine rada.

Trošenje diskova tanjurače utvrđuje se mjerenjem dva parametra:

- mase svakog istrošenog diska i usporedbom s promjerom novog diska – gubici masa ( $\Delta m$ ),
- promjera svakog istrošenog diska i usporedbom s novim diskom – gubici promjera ( $\Delta d$ ).

Mjerenje masa provedeno je profesionalnom digitalnom vagom visoke točnosti „Probus”, tip PRO-SV30K05. Mjerno područje vage, prikazane na slici 32., je 0 - 30 kg, a preciznost 0,5 g.



Slika 32. Digitalna vaga za vaganje masa diskova

Izvor: <http://www.probus.hr/industrijske-vage/kompaktne-vage.html> (21.12.2018.)

Mjerenje promjera diskova obavljeno je digitalnim metrom za precizno mjerenje „Skil“. Mjerno područje metra, prikazanog na slici 33., je 5 m, a preciznost  $\pm 1$  mm na 3m duljine.



Slika 33. Digitalni metar za mjerenje promjera diskova

Izvor: <https://www.ie.screwfix.com/skil-digital-laser-tape-measure-5m.html> (21.12.2018.)

#### 4. REZULTATI

Istrošeni diskovi tanjurače demontirani su sa svojih nosača, očišćeni i pripremljeni za mjerenje mase i promjera, kao što je prikazano na slici 34.



Slika 34. Demontirani istrošeni diskovi tanjurače

Izvor: Autor, 2017.

Prva usporedba trošenja diskova izvedena je slaganjem diskova jedan na drugi, kako bi se uočila razlika u promjerima istrošenih diskova, kao što je prikazano na slici 35.



Slika 35. Usporedba istrošenosti diskova tanjurače

Izvor: Autor, 2017.



Budući da je trošenje diskova definirano kao gubitak mase i gubitak promjera istrošenih u odnosu na nove diskove, na slici 36. je prikazana usporedba novog i istrošenog diska.



Slika 36. Usporedba novog i istrošenog diska tanjurače

Izvor: Autor, 2017.

Na slici 37. također je prikazana usporedba promjera istrošenog i novog diska tanjurače.



Slika 37. Usporedba promjera istrošenog i novog diska tanjurače

Izvor: Autor, 2017.

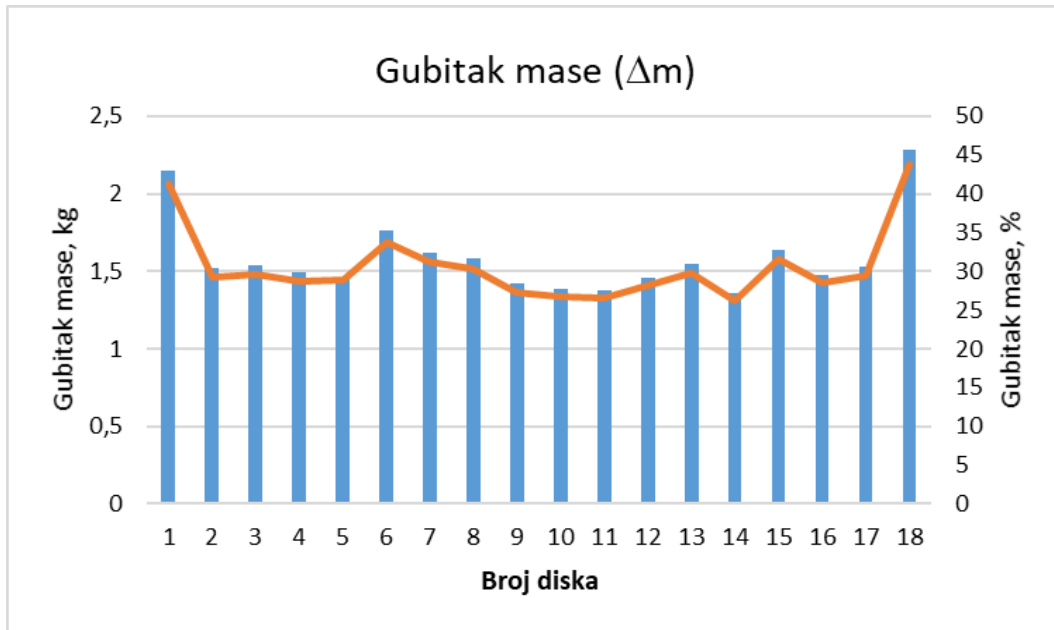
Kao što je navedeno, novi diskovi tanjurače sijačice Rapid 400C imaju masu od 5,2 kg i promjer od 56 cm.

Rezultati mjerenja masa i promjera istrošenih diskova tanjurače prikazani su u tablici 2. Gubici masa i promjera izračunati su kao razlike masa i promjera novih i istrošenih diskova.

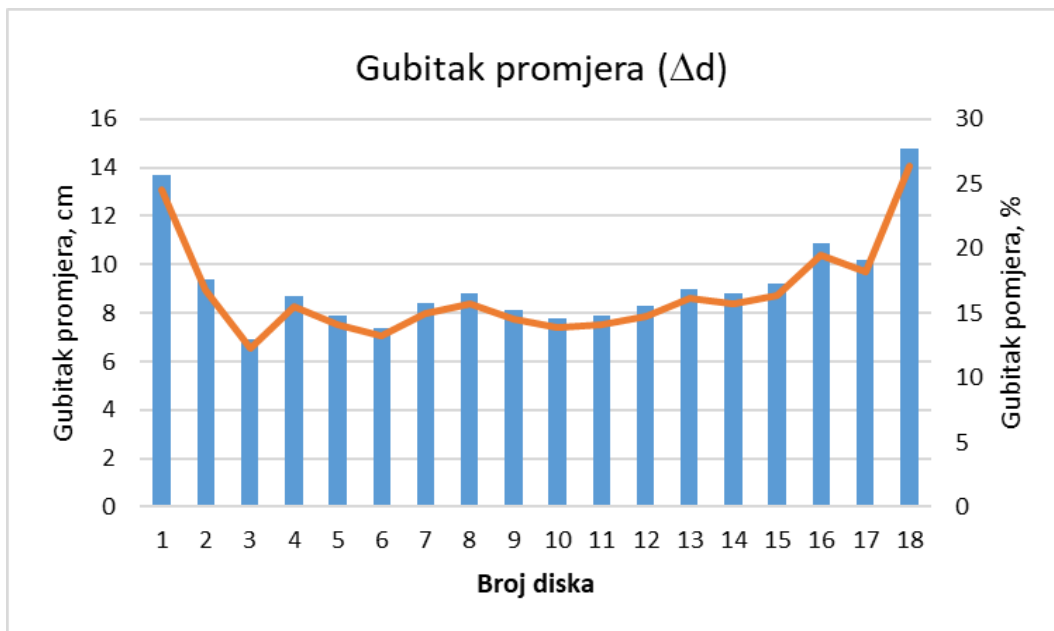
Tablica 2. Rezultati mjerenja istrošenih diskova tanjurače

Redni broj diska	Masa istrošenog diska, kg	Gubitak mase ( $\Delta m$ )		Promjer diska, cm	Gubitak promjera ( $\Delta d$ )	
		kg	%		cm	%
1.	3,05	2,15	41,3	42,3	13,7	24,5
2.	3,68	1,52	29,2	46,6	9,4	16,8
3.	3,66	1,54	29,6	49,1	6,9	12,3
4.	3,71	1,49	28,7	47,3	8,7	15,5
5.	3,75	1,45	28,9	48,1	7,9	14,1
6.	3,44	1,76	33,8	48,6	7,4	13,2
7.	3,58	1,62	31,2	47,6	8,4	15,0
8.	3,62	1,58	30,4	47,2	8,8	15,7
9.	3,78	1,42	27,3	47,9	8,1	14,5
10.	3,81	1,39	26,7	48,2	7,8	13,9
11.	3,82	1,38	26,5	48,1	7,9	14,1
12.	3,74	1,46	28,1	47,7	8,3	14,8
13.	3,65	1,55	29,8	47,0	9,0	16,1
14.	3,84	1,36	26,2	47,2	8,8	15,7
15.	3,56	1,64	31,5	46,8	9,2	16,4
16.	3,72	1,48	28,5	45,1	10,9	19,5
17.	3,67	1,53	29,4	45,8	10,2	18,2
18.	2,92	2,28	43,8	41,2	14,8	26,4
X	3,61	1,59	30,6	46,8	9,2	16,5

Dobiveni rezultati mjerenja trošenja diskova prikazani su grafikonima 1. i 2.



Grafikon 1. Gubici masa diskova tanjurače uslijed trošenja



Grafikon 2. Gubici promjera diskova tanjurače uslijed trošenja

## 5. RASPRAVA

Analiza trošenja diskova tanjurače sijačice „Väderstad Rapid 400C“ provedena je mjerenjem gubitka mase i gubitka promjera svakog pojedinog diska. Utvrđeno je da se trošenje diskova, tijekom eksploatacijskog perioda u kome je obrađeno 2300 ha poljoprivrednog tla (cca. 2 godine), odvijalo ravnomjerno po obodu diskova, zadržavajući početni kružni oblik, kao i to da su trošeni rubovi diskova značajno stanjeni i izoštrjeni. Budući da je riječ o alatima za obradu tla koji se tijekom rada okreću oko središnje osi, navedene posljedice trošenja su očekivane i sukladne ranijim istraživanjima (Emert i sur., 1987. te Miloš i sur., 1993.).

Na istrošenim diskovima su uočeni tragovi trošenja abrazijom i djelomično tribokorozijom, što je uzrokovano prethodno navedenim načinom gibanja alata i kontakta s abrazijskim česticama tla. Takvim gibanjem radna oštrica alata konstantno mijenja uvjete kontakta, pa se trošenje odvija uglavnom abrazijom zbog trenja čestica tla po površini oštrice i tribokorozijom (kada je tlo vlažno), dok uvjeti za nastanak umora materijala ne postoje. Navedeno je u skladu s ranijim istraživanjima mehanizama trošenja alata za obradu tla (Heffer i sur., 1998.).

Prosječna masa istrošenih diskova iznosi 3,61 kg, a njihov prosječni gubitak mase je 1,59 kg, odnosno 30,6 %. Prosječni promjer istrošenih diskova je 46,8 cm, a njihov prosječni gubitak promjera je 9,2 cm, odnosno 16,5 %. Najveća vrijednost izgubljene mase diska utvrđena je kod 18. diska i iznosi 2,28 kg, odnosno 48,3 %. Kod istog diska utvrđen je i najveći gubitak promjera od 14,8 cm, odnosno 26,4 %. Najmanji gubitak mase utvrđen je kod 14. diska i iznosi 1,36 kg, odnosno 26,2 %, dok je najmanji gubitak promjera utvrđen kod 3. diska i iznosi 6,9 cm, odnosno 12,3 %.

Gubitak promjera većinom je nastao istrošenjem u području nazubljenog dijela diska (oštrica), a kod nekoliko diskova istrošenje se proširilo i u području tijela diska. Takvo istrošenje je očekivano, budući da se diskovi gibaju po tlu različitih svojstava i tvrdoće, a skidanje i zamjena diskova obavlja se kada najistrošeniji disk dosegne graničnu vrijednost, sukladno uputstvima za rukovanje sijačice Rapid 400C („Väderstad Holding AB“, 2015.).

Iz podataka o gubicima masa i promjera vidljivo je da su se najviše trošili krajnji bočni diskovi (1. i 18.), što je vjerojatna posljedica rada sijačice s postavljenim x-diskovima prednjih alata (vidi poglavlje 3.2.2.4.), uslijed čega su upravo ti diskovi najviše izloženi trenju i trošenju.

## 6. ZAKLJUČAK

U poljoprivrednoj proizvodnji izuzetno važnu ulogu ima osnovna obrada tla i bez nje je takova proizvodnja gotovo nezamisliva. U osnovnoj obradi tla koriste se različite vrste mehanizacije. Radni dijelovi (alati) iste mehanizacije izloženi su tijekom eksploatacije abrazijskom trošenju česticama tla, što rezultira odnošenjem materijala s radne površine alata. Negativne posljedice abrazijskog trošenja očituju se u promjeni oblika alata za obradu tla, što neposredno utječe na smanjenje učinkovitosti mehanizacije, a kao posredne posljedice trošenja nastaju i povećani troškovi obrade te smanjena efikasnost i ekonomičnost cjelokupne poljoprivredne proizvodnje. 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 slučaj konkretni trošenja.

Provedenom analizom trošenja diskova tanjurače tijekom eksploatacije pneumatske sijačice „Väderstad“ Rapid 400C utvrđeni su stvarni iznosi trošenja te oblici i mehanizmi trošenja koji su isto uzrokovali. Eksploatacijski period je bio cca. 2 godine, pri čemu je obrađeno 2300 ha.

Mjerenjem masa diskova prije i nakon procesa trošenja utvrđen je prosječni gubitak mase od 1,59 kg, odnosno 30,6 %. Istovremeno, utvrđen je prosječni gubitak promjera od 9,2 cm, odnosno 16,5 %. Gubitak materijala trošenjem uglavnom je nastao u području nazubljenog dijela diska (oštrica), a kod nekoliko diskova se proširio i u području tijela diska.

Analizom tragova trošenja na diskovima tanjurače uočeno je da su isti uglavnom nastali mehanizmom abrazije i tek djelomično mehanizmom tribokorozije materijala.

Na smanjenje trošenja diskova može se utjecati izborom abrazijski otpornih materijala u izradi diskova tanjurače, što tvrtka „Väderstad“ primjenjuje. Također, trošenje tribokorozijom može se smanjiti redovitim i pravilnim održavanjem, kako tijekom eksploatacije tako posebno nakon završene sezone sjetve. U okviru toga, sa diskova je potrebno redovito uklanjati nataložene ostatke tla i biljnog materijala, te ih premazivati antikorozijskim sredstvima i kvalitetno uskladištiti (garažirati), kako bi bili zaštićeni za vrijeme dok su izvan primjene i na taj način im se produžio vijek trajanja.



## 7. POPIS LITERATURE

1. Czichos, H. (1978.): Tribology – a system approach to the science and technology of friction, lubrication and wear. Elsevier, Amsterdam - Oxford - New York.
2. 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
3. Fröba, N. (1991.): Belastungskollektive bei Pflugwerkzeugen und deren Anwendung. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 14, Nr. 52, Düsseldorf, Deutschland.
4. Grilec, K.; Jakovljević, S.; Marić, G. (2017.): Tribologija u strojarstvu. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
5. Heffer, G. (1995.): Utjecaj brzine gibanja i mikrostrukture materijala na abrazijsko trošenje česticama tla. Magistarski rad. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
6. Heffer, G.; Vujčić, M. (1996.): Čimbenici trošenja poljoprivredne mehanizacije pri obradi tla. Zbornik radova 24. savjetovanja „Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede“, Opatija, 89-94.
7. Heffer, G.; Vujčić, M.; Jurić, T. (1998.): Trošenje poljoprivrednih oruđa česticama tla. Strojarstvo, 40(5,6)1998, 221-227.
8. Hendrick, J.G.; Bailey, A.C. (1982.): Determining Components of Soil-Metal Sliding
9. Ivušić, V. (1998.): Tribologija. Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Zagreb
10. Ivušić, V.; Jakovljević, M. (1992.): Zaštita od trošenja kod poljoprivredne mehanizacije. Zbornik radova simpozija „Znanost i praksa mehanizacije poljoprivrede“, Đakovo
11. Jelić Mrčelić, G. (2010.): Korozija i zaštita materijala. Skripta. Pomorski fakultet u Splitu.
12. Miloš, B.; Pintarić, A.; Buljan, G. (1993.): Trošenje abrazijom dijelova poljoprivrednih strojeva. Zbornik radova savjetovanja „Tribologija u agroindustrijskom kompleksu“, Osijek, 44-48.
13. Söhne, W. (1953.): Reibung und Kohäsion bei Ackerboden. Grundlagen des Landtechnik, 5/1953., 64-80.

14. Traulsen, H.; Holz, W. (1982.): Streifenpflüge in der Praxis. Landtechnik 37(1982)6, 288-290.
15. „Väderstad Holding AB“ (2015.): Originalna uputstva za rukovanje „Rapid 400C“, 902644-hr (hrvatski prijevod). Väderstad, Sweden.
16. Vinogradov, V.N.; Sorokin, G.M.; Kolokolnikov, M.G. (1990.): Abrazivnoe iznašivanje. Mašinstroenie, Moskva.
17. Vujčić, M.; Bilandžić, M.; Vukić, M. (1984.): Trenje, trošenje, podmazivanje i maziva. Agrotehničar 20(1984)11, 11-36.
18. Zimmer, R.; Banaj, Đ.; Brkić, D.; Košutić, S. (1997.): Mehanizacija u ratarstvu. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
19. Zimmer, R.; Košutić, S.; Kovačev, I.; Zimmer, D.: (2014.): Integralna tehnika obrade tla i sjetve. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
20. Živković, N. (2015.): Kvaliteta rada sijačice „Väderstad Rapid“ u postrnoj sjetvi soje. Završni rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

#### **Jedinice s Interneta:**

[http://emrtek.uni-miskolc.hu/projektek/adveng/home/kurzus/korsz\\_anyagtech/1\\_konzultacio\\_elemei/wear\\_and\\_wear\\_mechanism.htm](http://emrtek.uni-miskolc.hu/projektek/adveng/home/kurzus/korsz_anyagtech/1_konzultacio_elemei/wear_and_wear_mechanism.htm) (datum pristupa: 15.12.2017.)

[http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/Articleimage/2015/RA/c5ra21207c/c5ra21207c-f14\\_hi-res.gif](http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/Articleimage/2015/RA/c5ra21207c/c5ra21207c-f14_hi-res.gif) (datum pristupa: 15.12.2017.)

[http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/Articleimage/2015/RA/c5ra21207c/c5ra21207c-f14\\_hi-res.gif](http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/Articleimage/2015/RA/c5ra21207c/c5ra21207c-f14_hi-res.gif) (datum pristupa: 16.12.2017.)

<http://www.pporahovica.hr/> (datum pristupa: 7.01.2018.)

<http://www.pporahovica.hr/Kooperacija-29.aspx> (datum pristupa: 12.01.2018.)

<http://www.pporahovica.hr/Maloprodaja-83.aspx> (datum pristupa: 12.01.2018.)

<http://www.pporahovica.hr/O-nama-44.aspx> (datum pristupa: 8.01.2018.)

<http://www.pporahovica.hr/Ratarstvo-20.aspx> (datum pristupa: 9.01.2018.)

<http://www.pporahovica.hr/Stocarstvo-21.aspx> (datum pristupa: 10.01.2018.)

<http://www.pporahovica.hr/Sustav-krava-tele-80.aspx> (datum pristupa: 10.01.2018.)

<http://www.pporahovica.hr/Uzgoj-ribe-37.aspx> (datum pristupa: 8.01.2018.)

<http://www.pporahovica.hr/Vinarstvo-11.aspx> (datum pristupa: 8.01.2018.)

<http://www.pporahovica.hr/Vinogradi-12.aspx> (datum pristupa: 8.01.2018.)

<http://www.pporahovica.hr/Vocarstvo-99.aspx> (datum pristupa: 9.01.2018.)

<http://www.probus.hr/industrijske-vage/kompaktne-vage.html> (datum pristupa: 21.12.2017.)

<http://www.tractorshed.com/gallery/uptest/a58441.jpg> (datum pristupa: 20.12.2017.)

<https://www.ie.screwfix.com/skil-digital-laser-tape-measure-5m.html> (datum pristupa: 21.12.2017.)

<https://www.nextgenfluids.com/the-importance-of-clean-oil.html> (datum pristupa: 16.12.2017.)

<https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/> (datum pristupa: 18.12.2017.)

<https://www.vaderstad.com/en/drilling/rapid-seed-drills/rapid-300-400cs/> (datum pristupa: 15.12.2017.)

<https://www.vaderstad.com/uk/service--parts/genuine-parts/> (datum pristupa: 21.12.2017.)

## 8. SAŽETAK

Radni dijelovi poljoprivredne mehanizacije za obradu tla (alati za obradu tla) izloženi su tijekom eksploatacije trošenju česticama tla koje razara njihovu radnu površinu.

U poljoprivrednoj tehnici sve češće se primjenjuju strojevi i kombinirani alati za više operacija, kojima se tlo obrađuje, ravna, sije i valja u jednom proходу. Pneumatska sijačica „Väderstad Rapid 400“, u izvedbi „S“ i „C“, jedna je od takvih strojeva.

U radu je analizirano trošenje diskova tanjurače na sijačici Rapid 400C u eksploataciji tijekom cca. 2 godine i obrađenih 2300 ha. Utvrđen je prosječni gubitak mase od 1,59 kg, odnosno 30,6 % te prosječni gubitak promjera od 9,2 cm, odnosno 16,5 %. Trošenje je uglavnom nastalo mehanizmom abrazije i djelomično mehanizmom tribokorozije materijala.

U zaključku je naznačeno nekoliko mjera za zaštitu od trošenja alata za obradu tla.

### **Ključne riječi:**

pneumatska sijačica, „Väderstad Rapid 400“, trošenje diskova tanjurače, mehanizmi trošenja

## 9. SUMMARY

Working parts of agricultural machinery for soil tillage (tillage tools) are exposed during exploitation to abrasive wear by soil particles which destroys their working surfaces.

In agricultural technique increasingly applied machinery and combined tools for more operations, where the soil is tilled, straight, shining and roll in one pass. The pneumatic seed drill „Väderstad Rapid 400“, in version „S“ and „C“, is one of such machines.

The paper analyzes the wear of disc harrows on seed drill Rapid 400C in operation of approx. 2 years and processed 2300 ha. An average mass loss of 1.59 kg or 30.6 % and an average diameter loss of 9.2 cm or 16.5 % are established. The wear was mainly due to the mechanism of abrasion and partly the mechanism of tribocorrosion of material.

In conclusion, several measures for protection against the wear of tillage tools are indicated.

### **Key words:**

pneumatic seed drill, „Väderstad Rapid 400“, wear of disc harrows, wear mechanisms

## **10. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Osnovni tehnički podaci o sijačici Rapid 400C .....	19
Tablica 2. Rezultati mjerenja istrošenih diskova tanjurače .....	32



## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Poljoprivredna mehanizacija za obradu tla izložena trošenju .....	2
Slika 2. Energetska bilanca pogonskog stroja pri oranju .....	3
Slika 3. Utjecaj debljine oštrice lemeša na potrošnju goriva (1) i vučni otpor (2) .....	4
Slika 4. Shema tribosustava alata za obradu tla .....	5
Slika 5. Trošenje abrazijom .....	6
Slika 6. Trošenje adhezijom .....	7
Slika 7. Trošenje umorom površine: nastala pukotina (a), širenje pukotine i lom (b) .....	7
Slika 8. Trošenje tribokorozijom .....	8
Slika 9. Razrada procesa trošenja krutog tijela česticama .....	9
Slika 10. Tragovi trošenja alata za obradu tla (lemeš, crtalo i odgrnjača) .....	9
Slika 11. Ribnjaci PP Orahovica .....	14
Slika 12. Vinogradi PP Orahovica .....	15
Slika 13. Nasadi lješnjaka PP Orahovica .....	16
Slika 14. Primjeri ratarskih kultura na PP Orahovica .....	16
Slika 15. Uzgoj stoke u sustavu krava-tele na PP Orahovica .....	17
Slika 16. Pneumatska sijačica „Väderstad Rapid 400C“ .....	19
Slika 17. Spremnik sijačice Rapid 400C .....	20
Slika 18. Shema rada sustava za ulaganje sjemena sijačice Rapid 400C .....	21
Slika 19. Shema ulaganja sjemena u tlo .....	21
Slika 20. Shema istovremenog ulaganja sjemena i gnojiva u tlo .....	22
Slika 21. Shema zatvaranja uloženog sjemena .....	22
Slika 22. Sustav za hidrauličko mjerenje na sijačici Rapid 400C .....	23

Slika 23. Shema rada sijačice s postavljenim x-diskovima .....	24
Slika 24. Sustav za upravljanje sjetvom „Väderstad E-Control“ .....	24
Slika 25. Prva zona rada sijačice Rapid 400C .....	25
Slika 26. Druga zona rada sijačice Rapid 400C .....	25
Slika 27. Treća zona rada sijačice Rapid 400C .....	26
Slika 28. Četvrta zona rada sijačice Rapid 400C .....	26
Slika 29. Peta zona rada sijačice Rapid 400C .....	27
Slika 30. Segment tanjurače prednjih alata sijačice Rapid 400C .....	28
Slika 31. Disk tanjurače prednjih alata sijačice Rapid 400C .....	28
Slika 32. Digitalna vaga za vaganje masa diskova .....	29
Slika 33. Digitalni metar za mjerenje promjera diskova .....	29
Slika 34. Demontirani istrošeni diskovi tanjurače .....	30
Slika 35. Usporedba istrošenosti diskova tanjurače .....	30
Slika 36. Usporedba novog i istrošenog diska tanjurače .....	31
Slika 37. Usporedba promjera istrošenog i novog diska tanjurače .....	31

## 12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Gubici masa diskova tanjurače uslijed trošenja .....	33
Grafikon 2. Gubici promjera diskova tanjurače uslijed trošenja .....	33

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayerau Osijeku  
Poljoprivredni fakultet u Osijeku  
Sveučilišni diplomski studij, smjer Mehanizacija

Diplomski rad

## Analiza trošenja diskova tanjurače na pneumatskoj sijačici „Väderstad Rapid 400“

Antun Ausec

### Sažetak:

Radni dijelovi poljoprivredne mehanizacije za obradu tla (alati za obradu tla) izloženi su tijekom eksploatacije trošenju česticama tla koje razara njihovu radnu površinu.

U poljoprivrednoj tehnici sve češće se primjenjuju strojevi i kombinirani alati za više operacija, kojima se tlo obrađuje, ravna, sije i valja u jednom proходу. Pneumatska sijačica „Väderstad Rapid 400“, u izvedbi „S“ i „C“, jedna je od takvih strojeva.

U radu je analizirano trošenje diskova tanjurače na sijačici Rapid 400C u eksploataciji tijekom cca. 2 godine i obrađenih 2300 ha. Utvrđen je prosječni gubitak mase od 1,59 kg, odnosno 30,6 % te prosječni gubitak promjera od 9,2 cm, odnosno 16,5 %. Trošenje je uglavnom nastalo mehanizmom abrazije i djelomično mehanizmom tribokorozije materijala. U zaključku je naznačeno nekoliko mjera za zaštitu od trošenja alata za obradu tla.

**Rad je izrađen pri:** Poljoprivredni fakultet u Osijeku

**Mentor:** prof. dr. sc. Goran Heffer

**Broj stranica:** 46

**Broj grafikona i slika:** 39

**Broj tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 41

**Broj priloga:** -

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** pneumatska sijačica, „Väderstad Rapid 400“, trošenje diskova tanjurače, mehanizmi trošenja

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. prof. dr. sc. Goran Heffer, mentor
3. Ivan Vidaković, mag. ing. mech., član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

# **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agriculture in Osijek**  
**University Graduate Studies, Mechanization, course**

**Graduate thesis**

## **Analysis of wear of disc harrows on the pneumatic seed drill "Väderstad Rapid 400"**

Antun Ausec

### **Abstract:**

Working parts of agricultural machinery for soil tillage (tillage tools) are exposed during exploitation to abrasive wear by soil particles which destroys their working surfaces.

In agricultural technique increasingly applied machinery and combined tools for more operations, where the soil is tilled, straight, shining and roll in one pass. The pneumatic seed drill „Väderstad Rapid 400“, in version „S“ and „C“, is one of such machines.

The paper analyzes the wear of disc harrows on seed drill Rapid 400C in operation of approx. 2 years and processed 2300 ha. An average mass loss of 1.59 kg or 30.6 % and an average diameter loss of 9.2 cm or 16.5 % are established. The wear was mainly due to the mechanism of abrasion and partly the mechanism of tribocorrosion of material. In conclusion, several measures for protection against the wear of tillage tools are indicated.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek

**Mentor:** prof. dr. sc. Goran Heffer

**Number of pages:** 46

**Number of figures:** 39

**Number of tables:** 2

**Number of references:** 41

**Number of appendices:** -

**Original in:** Croatian

**Key words:** pneumatic seed drill, „Väderstad Rapid 400“, wear of disc harrows, wear mechanisms

**Thesis defended on date:**

### **Reviewers:**

1. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, president
2. prof. dr. sc. Goran Heffer, mentor
3. Ivan Vidaković, mag. ing. mech., member

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