

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU



INTEGRALNA TEHNIKA OBRADJE TLA I SJETVE

Robert Zimmer, Silvio Košutić, Igor Kovačev, Domagoj Zimmer



OSIJEK, 2014.

Nakladnik:

Sveučilište J.J. Strossmayer u Osijeku, Poljoprivredni fakultet

Za izdavača:

dr. sc. Robert Zimmer, red. prof. u trajnom zvanju

Recenzenti:

Prof. dr. sc. Dubravko Filipović, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet

Prof. dr. sc. Mladen Jurišić, Sveučilište J.J. Strossmayer u Osijeku, Poljoprivredni fakultet

Prof. dr. sc. Luka Šumanovac, Sveučilište J.J. Strossmayer u Osijeku, Poljoprivredni fakultet

Lektor:

Vjekoslava Bešlaj, prof.

Fakultetsko vijeće Poljoprivrednog fakulteta Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku na 4. redovitoj sjednici održanoj 30. siječnja 2014. godine donijelo je odluku o suglasnosti za izdavanje sveučilišnog priručnika pod naslovom „Integralna tehnika obrade tla i sjetve“ čiji su autori prof. dr. sc. Robert Zimmer, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, prof. dr. sc. Silvio Košutić, Agronomski fakultet u Zagrebu, dr. sc. Igor Kovačev, Agronomski fakultet u Zagrebu i Domagoj Zimmer, mag. ing. agr., Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

Ova odluka Fakultetskog vijeća upućena je Senatu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, koji je na 5. redovitoj sjednici održanoj 27. ožujka 2014. godine potvrdio odluku Vijeća i dao suglasnost za izdavanje priručnika „Integralna tehnika obrade tla i sjetve“ pod brojem 11/14.

Web izdanje:

<http://www.pfos.unios.hr/>

<http://www.agr.unizg.hr/>

ISBN 978-953-7871-27-7

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Robert Zimmer

Silvio Košutić

Igor Kovačev

Domagoj Zimmer

INTEGRALNA TEHNIKA OBRADE TLA I SJETVE



OSIJEK, 2014.

PREDGOVOR

Priručnik naslova "Integralna tehnika obrade tla i sjetve" namijenjen je prvenstveno studentima poljoprivrednog/agronomskog fakulteta diplomskog studija usmjerenja Poljoprivredna tehnika, no naravno i preddiplomskog studija, a i nastavnicima srednjih poljoprivrednih škola, stručnjacima savjetodavne službe i voditeljima obiteljskih gospodarstava i poljoprivrednih zadruga.

Materijal je pisan s ciljem detaljnijeg prikaza i objašnjenja novijih tehnologija obrade tla i sjetve, a naravno uz osnovni naglasak na tehniku kojom provodimo tehnološke postupke. Inicijalna ideja za ovaj Priručnik potekla je od mog dugogodišnjeg i izuzetno dragog prijatelja i kolege prof. dr. Roberta Zimmera, redovitog profesora u trajnom zvanju Sveučilišta J.J. Strossmayer, Poljoprivrednog fakulteta Osijek. Robertov entuzijazam i ljubav za struku bili su izuzetno jaki što mu je pomoglo da i nas koautore "veže" za ideju i njenu provedbu. Iako Roberta danas nažalost nema među nama, siguran sam da bi uz izvjesnu dozu pozitivne kritike, ipak bio sretan što će naš zajednički rad biti dostupan gotovo svim zainteresiranima i to bez naknade u vidu elektroničkog rukopisa na "mreži" Sveučilišta J.J. Strossmayer, Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i Sveučilišta u Zagrebu, Agronomskog fakulteta.

Autori se zahvaljuju recenzentima prof. dr. Dubravku Filipoviću, prof. dr. Mladenu Jurišiću i prof. dr. Luki Šumanovcu na korisnim i korektnim primjedbama i savjetima, a lektorici, poštovanoj kolegici prof. Vjekoslavi Bešlaj, voditeljici Centralne Agronomske Knjižnice na svim dobrim i korisnim ispravkama i savjetima. Zahvaljujemo se i članovima Izdavačkog odbora, Fakultetskog vijeća Poljoprivrednog fakulteta Osijek i Senata Sveučilišta J.J. Strossmayer koji su pomogli da ovaj Priručnik postane dostupan.

Na posljetku zahvaljujemo prerano otišlom ocu, prijatelju i kolegi Robertu Zimmeru.

Domagoj Zimmer

Igor Kovačev

Silvio Košutić

SADRŽAJ

1. UVOD – INTEGRALNA TEHNIKA BILJNE PROIZVODNJE	6
2. TEMELJNI SUSTAVI OBRADJE TLA	9
3. PLUG	13
3. 1. ODGRNJAČE – OBLICI PLUŽNIH TIJELA	15
3. 2. PRIKLJUČENJE I PODEŠAVANJE PLUGA	18
4. ROVILO	24
5. INTEGRALNA TEHNIKA OBRADJE TLA I SJETVE	28
6. GUME ZA POLJOPRIVREDNE STROJEVE I ORUĐA	51
7. EKSPLOATACIJSKE KARAKTERISTIKE TRAKTORA	57
7. 1. OSNOVNE KARAKTERISTIKE MODERNIH DIESELOVIH MOTORA	57
7. 2. MAPA EFIKASNOSTI MOTORA	59
7. 3. TRAKCIJSKI UREĐAJ	61
7. 4. MJENJAČ I PRIKLJUČNO VRATILO	67
7. 5. TROZGLOBNA POTEZNICA S EH REGULACIJOM	71
7. 6. KABINA I ELEKTRONIČKI UREĐAJI TRAKTORA	76
7. 7. TRAKCIJA I UČINKOVITOST TRAKTORA	81
8. LITERATURA	88
9. VIŠEJEZIČNI POJMOVNIK	91

1. UVOD - INTEGRALNA TEHNIKA BILJNE PROIZVODNJE

Uzgoj bilja na velikim ratarskim, specijaliziranim gospodarstvima u Hrvatskoj gotovo je u potpunosti mehaniziran još sedamdesetih godina prošlog stoljeća, u razdoblju tzv. "industrializacije poljoprivrede". Kasnih osamdesetih godina prošlog stoljeća u Hrvatskoj je osmišljen i objavljen pristup poljoprivrednoj proizvodnji znan kao **Integralna tehnika biljne proizvodnje (ITBP)** i njene temeljne postavke. Od tog vremena u ratarskoj proizvodnji započinje „postindustrijsko“ razdoblje, koje karakterizira puna informatiziranost i nestanak klasičnog fizičkog rada. Projekt ITBP obuhvaćao je pored poljoprivrede i industriju koja proizvodi poljoprivrednu tehniku (oruđa i strojeve), gnojiva, zaštitna sredstva i druge repromaterijale, te industriju koja doraduje i tretira sjeme.

Projekt Integralne tehnike biljne proizvodnje temeljio se na suglasju najvažnijih proizvodnih faktora - tla, biljke, vode, zraka, svjetlosti, topline i čovjeka – organizatora proizvodnje. U tom kontekstu treba ovladati balansiranjem organske tvari i na taj način životom u tlu, balansiranjem mineralnim hranivima, reakcijom tla na razini $> 5,6$ pH, kako bi mogla uspjevati većina kultiviranog bilja, odnosno $> 6,3$ pH kako bi mogli ostvarivati visok urod (prinos). Upitno je da li se i u kojoj mjeri njima ovladalo. Tlo smo nastojali držati pod kontrolom primjenjujući odgovarajuću obradu, a biljke oplemenjivanjem, selekcijom, sjemenarenjem i rasadničarstvom. Vodom smo gospodarili u ograničenom opsegu - navodnjavanjem, odvodnjom i „konzerviranjem“ vode dubokom i kvalitetnom obradom tla. Zrakom, svjetlošću i toplinom upravljali/gospodarili smo djelomično u dobro izgrađenim i opremljenim staklenicima.

Integralna tehnika u obradi tla i sjetvi, sastavnica je integralne tehnike biljne proizvodnje od koje se očekuje uvođenje novih tehnologija i visokoučinkovitih tehničkih agregata s kojima će proizvesti više hrane uz niža ulaganja i očuvanje okoliša. Integralna tehnika u obradi tla i sjetvi provediva je ukoliko je osmišljena i u djelo provodi obrazovan, zdrav i educiran agrotehničar. Dakle, uvođenjem integralne tehnike u obradu tla i sjetvu na našim poljima fizički rad neupitno ustupa mjesto tehničarima i stručnim osobama, koji će dobro organizirati i znati provoditi postavljene zadatke.

Najveća energetska rezerva u poljoprivredi je racionalizacija pojedinih elemenata proizvodnje. U ratarstvu je to npr. izostavljanje oranja, jer je ispitivanjima dokazano da se bez oranja (koje troši 25 do 35 kg/ha diesel goriva, što je polovica ukupne potrebe za rad u polju) može ne samo održavati visoki prinos, već i podizati. Pelizzi, Guidobono Cavalchini, Lazzari [30] 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 CO₂ u atmosferu.

Ilustracija tvornice poljoprivrednih strojeva Kuhn, Slika 1. ukazuje na mogućnosti smanjenja troškova proizvodnje pšenice u žetvi, obradi tla i sjetvi, jer ove faze proizvodnje čine 67% ukupnih troškova, a sama obrada čini 45% proizvodnih troškova. Logično je upravo unutar ovog segmenta proizvodnje tražiti uštede.



Slika 1. Udio rada strojeva u troškovima proizvodnje pšenice [55]

Obradu tla treba obavljati znanjem i voljom i pri tome imati na umu da je osnovni smisao obrade *uređeno tlo*. Nema čvrstih pravila niti krute sheme za projekt Integralne tehnike biljne proizvodnje, jer bi time isključili kreativnost čovjeka (agrotehničara) u poljoprivredi.

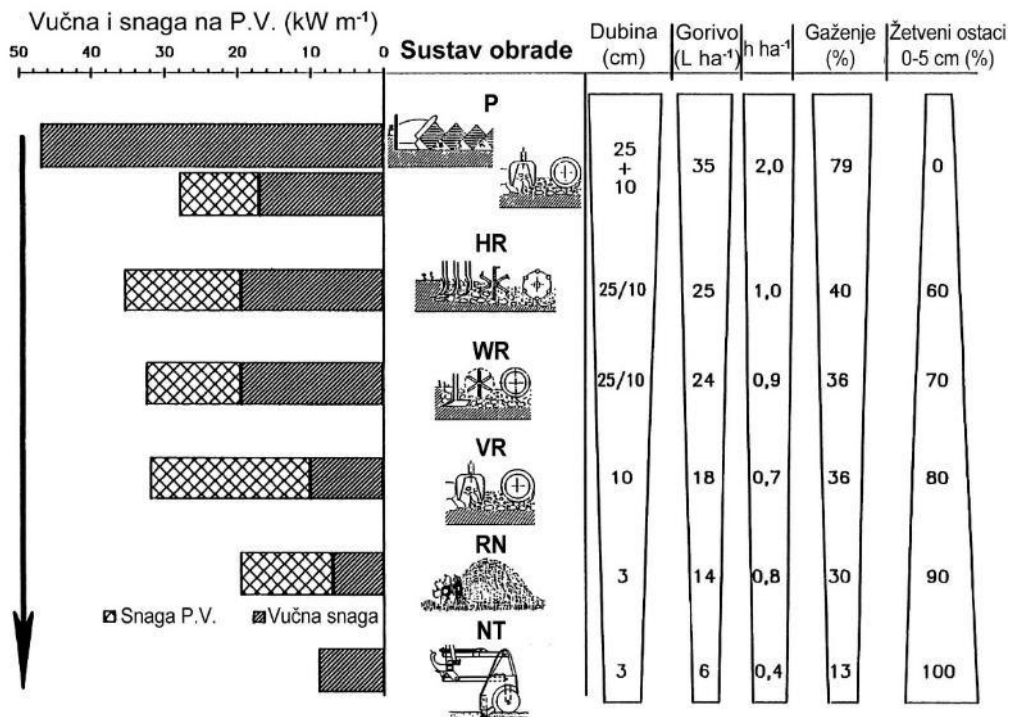
Ključni zadaci za današnjeg agrotehničara su:

- u potpunosti provesti tehnologiju kako bi ostvarili vrhunski urod (prinos);
- koristiti se modernom tehnikom (oruđima i strojevima) kako bi iz nje izvukli njezin ugrađeni eksploatacijski potencijal, i
- u dobro opremljenim radionicama savjesno i stručno popravljati i održavati tehniku (strojeve i agregate) za eksploataciju.

Može li se racionalizirati rad u obradi tla i sjetvi i istovremeno povećati učinkovitost?

Može, uz ispunjenje slijedećih važnijih postupaka:

- spajanje poslova agregatiranjem strojeva;
- osigurati optimalni agrotehnički slijed poslova kako bismo smanjili negativni utjecaj klime;
- uvesti podrivanje u intervalu 3-5 godina kao redovnu agrotehničku mjeru;
- orati plugom treba kad je nužno, radi suzbijanja korova, zaoravanja većih količina žetvenih ostataka i stajnjaka, te ispravljanja prethodnih pogrešaka u obradi tla. Treba koristiti plugove premetnjake uz integriranje oruđa u dopunskoj obradi;
- smanjiti broj prohoda u pripremi tla za jesensku sjetvu zamjenom tanjurača i sjetvospremača novom generacijom višeslojnih kombiniranih oruđa s pasivnim organima ili oruđima s pogonjenim radnim organima od P.V.;
- objediniti-integrirati ukupnu obradu tla i sjetvu koristeći strojeve najviše tehnologije i tehničke kvalitete.

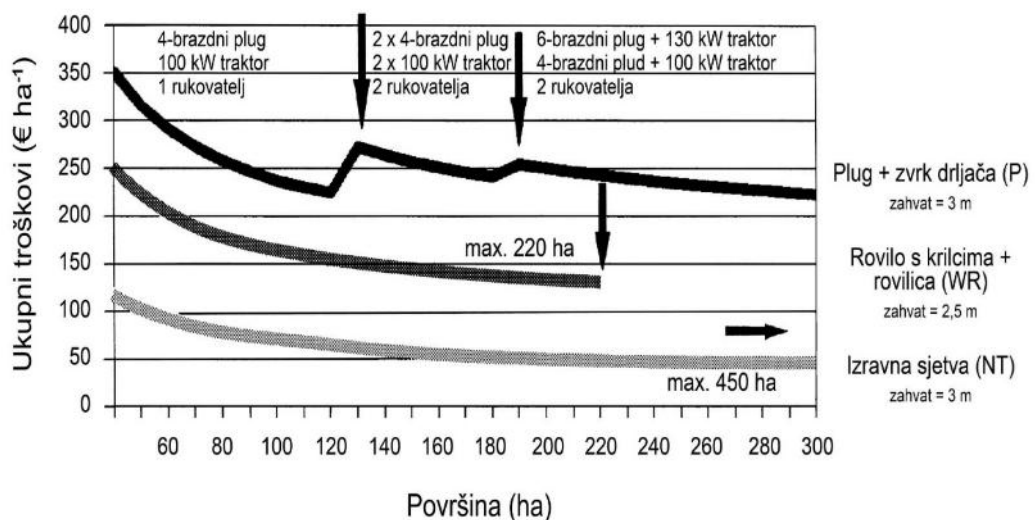


P - Konvencionalna; HR, WR, VR, RN - Konzervacijska; NT - Izravna sjetva

HR - rovilo+rotirajuća drljača, WR - rovilo s krilcima+rotirajuća drljača, VR - zvrk drljača+sijačica, RN - rovilica (freza)+sijačica, NT - izravna sjetva

Slika 2. Agrotehnički aspekti različitog intenziteta obrade [36]

Slika 2. zorno prikazuje pogodnosti nekonvencionalnih sustava obrade tla u širokom rasponu usporednih karakteristika, stoga je i razumljiv porast primjene integralnih agregata za obradu tla i sjetvu na svjetskoj razini.

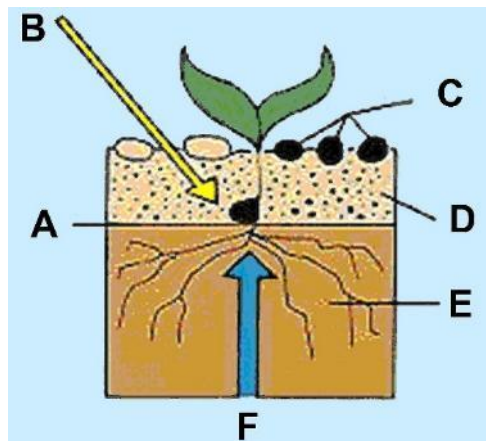


Slika 3. Troškovi i učinak različitih sustava obrade [36]

Slika 3. pokazuje da je najviša razina troškova zabilježena primjenom konvencionalnog sustava obrade plugom uz dopunsku obradu sa zvrk drljačom. Primjenom rovila s krilcima i rovilice s klinovima troškovi se reduciraju i do 60%. Izravna sjetva omogućuje daljnju 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, a 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 3.) 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.

2. TEMELJNI SUSTAVI OBRADJE TLA

Uzgoj ratarskih kultura temelji se na međusobnom odnosu tla, biljke, vode i u njoj otopljenih tvari, zraka, sunčeve energije, tehnike i čovjeka – agrotehničara. Uporabom oruđa i strojeva (agregata) podržavaju se biološki, kemijski i fizički razvojni procesi u tlu i stvaraju optimalni uvjeti za klijanje, rast i razvoj bilja.



Slika 4. Biljka u okruženju zraka, topline, vode i tla

- A – sjetvena posteljica, B – zrak i toplina,
- C – krupno zrnati (grublji) sloj štiti tlo od zamuljivanja i isparivanja vlage,
- D – fino mrvičasti (rahli) sloj tla, E – zona korjenovoga sustava, F - vlaga

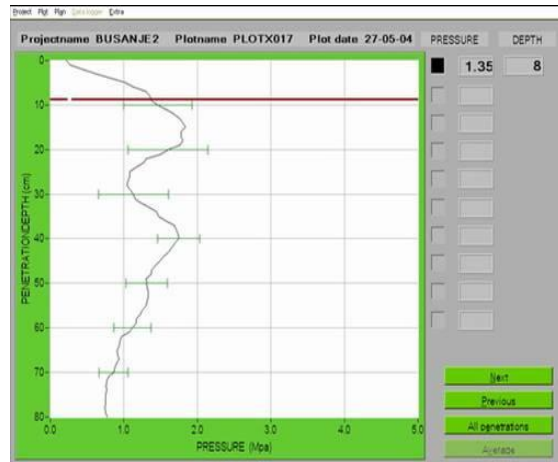
Prije odabira strojeva i oruđa za obradu tla potrebno je penetrometrom provjeriti zbijenost tla (Slika 5.). Instrument se sastoji od metalnoga šiljka koji se rukohvatima utiskuje u tlo, a na skali očitava otpor prodiranju šiljka. Instrument je opremljen sa šiljkom promjera baze $\frac{1}{2}$ inča za tvrđa i $\frac{3}{4}$ inča za mekša tla. Na skali su tri polja: zeleno = ne treba orati ni rahliti, žuto = detaljnije ocijeniti i crveno = treba temeljita osnovna obrada. Instrument se može koristiti do dubine 65 cm.



Slika 5. Postupak korištenja mehaničkog penetrometra (foto R. Zimmer)



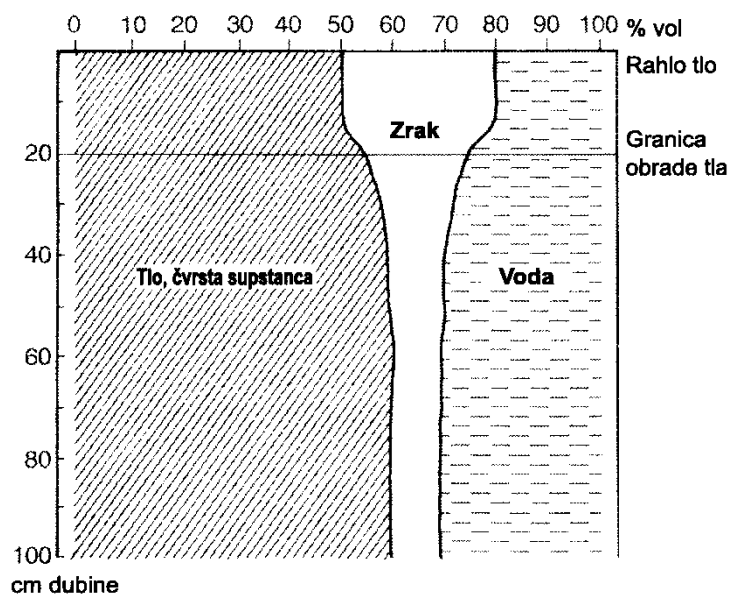
Slika 6. Očitavanje zbijenosti tla mehaničkim penetrometrom (foto R. Zimmer)



Slika 7. Elektronički penetrometar (lijevo) i grafički prikaz zbijenosti tla na displeju, Eijkelkamp [50]

Zbijenost tla može se izmjeriti i elektroničkim penetrometrom, a dobivene vrijednosti trenutno očitati na digitalnom ekranu-displeju. Penetrometar *Eijkelkamp* može obaviti 500 mjerenja (radna memorija) do dubine tla od 80 cm. Ovaj penetrometar ima mogućnost prijenosa podataka u *Microsoftov* tablični kalkulator *Excel*.

Cilj mehaničke obrade tla je stvaranje sitno-mrvičaste strukture, kakvu u prirodi najbolje stvaraju kišne gliste, ako u tlu ima dovoljno organske tvari koju one probavljaju i pretvaraju u humus. U oraničnome sloju poželjno je da tlo sadrži oko 50% krutih tvari, oko 25% pora za zrak i oko 25% pora za vodu. Kada je obujam (volumen) pora manji od 45%, tlo je zbijeno i ne sadrži dovoljno kisika, što otežava razvoj korjenovog sustava. Previše rahla tla s više od 55% pora slabo ili nedovoljno zadržavaju vodu.



Slika 8. Odnosi između krute tvari, vode i zraka u „zdravom tlu“

Kišne gliste aktivne su u tlu u kojem ima mrtve organske mase u površinskom sloju tla, te u toplom i vlažnom tlu. U kiselom tlu njihova je aktivnost vrlo mala, a u tlu s obiljem vapna naglašena. Ilovasto i glineno tlo im pogoduje, a u pijesku ih se ne može naći.

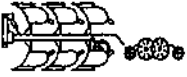











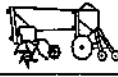





Slika 9. Nazočnost gujavica u tlu je znak dobro prorahljenog tla [46]

Prema postojećoj terminologiji temeljenoj na *American Society of Agricultural and Biological Engineers* klasifikaciji (ASAE Ep 291.3 Feb 2005 [4]) *Terminology And Definitions For Soil Tillage And Soil-Tool Relationships*), od 18 poznatih sustava obrade tla postoje 3 temeljna ili najčešće korištena sustava obrade tla:

- konvencionalna: oruđe za osnovnu obradu je plug,
- konzervacijska :na površini polja ostaje do 30 % biljnih rezidua i
- izravna (direktna) sjetva ili No-till obrada: svi biljni rezidui ostaju na polju.

U konvencionalnoj obradi tla plugom, osnovna obrada podrazumijeva okretanje-invertiranje, mrvljenje i rahljenje tla do ustaljene dubine obrade. Obrada tla plugom, uz neupitne pozitivne, nosi i neke negativne efekte, kao što su glatko odrezivanje tla, njegovo podizanje, okretanje i premještanje, pri čemu se ono izlaže mogućem riziku odnošenja djelovanjem vjetra ili vode. Mogućnost pojave erozije povećana je i zato što se biljni pokrov, koji štiti tlo, zaorava, a na površinu se izdiže „golo i neživo“ tlo.

Postupci obrade tla	Osnovna obrada tla	Predsjetvena priprema tla	Sjetva	Način izvedbe radne operacije
Obrada tla s plugom				Odvojeno
				Kombinirano pret. priprema i sjetva
				Kombinirane sve radne operacije
Obrada tla bez pluga konzervirajuća				Odvojeno
				Kombinirano pret. priprema i sjetva
				Kombinirane sve radne operacije
				Bez osnovne obrade kom. pret. priprema tla i sjetva
Direktna sjetva				Direktna sjetva bez obrade tla

Slika 8. Osnovni sustavi obrade tla [28]

Većina ratarskih površina u Hrvatskoj danas se obrađuje plugom i višekratnim prohodima oruđima za dopunsku obradu tla, tj. oruđima koja porano tlo pripremaju za sjetvu. Oranje treba izvoditi u slučaju potrebe zaoravanja veće količine biljne mase (žetveni ostaci, zelena gnojidba, korov) i stajnjaka, te popravljivanja pogrešaka prethodnih radova. Oranje treba obaviti kvalitetno (uniformna dubina i širina tako da je površina oranice poravnata i "čista" od biljnih ostataka) suvremenim okretnim (premetnjacima) plugovima u uvjetima povoljne vlage tla. Osnovna obrada prekomjerno vlažnoga tla plugom ima za posljedicu višegodišnje narušavanje strukture tla i značajno smanjenje uroda tijekom tih godina. Najpovoljniji moment za oranje je kada tlo sadrži 18 – 24 masenih (težinskih) postotaka vode. Ako nemamo takav podatak, tada treba napraviti štapić od tla duljine 5 – 10 cm i promjera 0,5 cm. Ukoliko pri savijanju štapić ispuca, vlažnost je normalna. Nakon oranja prekomjerno vlažnoga tla, uslijed zaglađivanja dna brazde donjom stranom plaza pluga, stvara se zbijeni, slabo propustan sloj, tzv. *taban pluga*, koji se pojačava ukoliko se dopunska obrada obavlja tanjuračom.

Konzervacijska obrada ili obrada tla bez pluga je prorahljivanje tla bez okretanja. Započinje doslovno odmah nakon žetve/berbe pšenice, uljane repice, soje, suncokreta, kukuruza i dr., kada se kombiniranim oruđem biljni ostaci (usitnjena slama i pljeva zajedno s rasutim zrnom i eventualno sjemenjem korova) izmiješaju s površinskim slojem tla te „zatvara“ površina radi očuvanja vlage. Još je bolje ako se odmah usije sjeme postrnog usjeva (kukuruz,

soja, djetelina.....) ili neki od međuusjeva (lupina, facelija, rauola, gorušica), a dobro je usijati i smjesu ovih kultura, kako bi dobili što bujniju masu humusnih tvari.

Ako se tlo obradi nakon nekoliko dana, gotovo nećemo imati što konzervirati i koncepcija nije održiva. Ukoliko se oranica ostavi nezaštićenom sunčeva energija čini štetu – uništava mikrofloru, isušuje tlo i otežava obradu, naročito konvencionalnu. Konzervacijsku obradu moguće je izvesti plugom za prašenje, tanjurastim plugom, rovilom (gruberom ili chiselom ili kultivatorom za duboku obradu), mulcherom, teškim vučenim sjetvospremačem (npr. multitillerom), rotirajućom drljačom (npr. rototillerom ili rotacijskim sjetvospremačem), „V“ ripperom, teškom tanjuračom i drugim.

Pod izravnom ili direktnom sjetvom (No-till) podrazumijeva se ulaganje sjemenki u neobrađeno (nedodirnuto) tlo, na čijoj su površini usitnjeni i razasrti biljni ostaci prethodne kulture. Na tom tlu ne provodi se niti jedna mjera obrade, a sjetva se obavlja posebno izvedenim sijačicama. Primjenjiva je na tlima koja nisu ”sklona” zbijanju, a to znači na laganim humusno bogatim tlima, kojih je u Hrvatskoj vrlo malo. Taj sustav (izostavljanja) obrade tla omogućuje visok učinak, a nizak utrošak ljudskog rada i energije. Posljednjih 15 godina postaje pretežiti način proizvodnje u poljoprivredi SAD.

3. PLUG

Na našim poljima još uvijek je dominantna osnovna obrada tla plugom i stoga ćemo tom oruđu dati dovoljno prostora s najbitnijim objašnjenjima za pravilnu uporabu.

Intenzivan razvoj industrije i trgovine tijekom XVIII stoljeća u državama Europe povezan s rastućom populacijom ljudi u gradovima, značajno je utjecao i na razvoj intenzivne poljoprivrede, odnosno proizvodnje hrane. Posljedica toga bila je pojava naprednije obrade tla koja je inicirala razvoj i modernizaciju plugova u oruđa za efikasniju obradu tla. Tako su mnoge dotadašnje kovačnice tijekom vremena transformirane u tvornice za proizvodnju plugova:

- *Ransomes, Sims & Head, Engleska (1785),*
- *J. & F. Howard, Engleska (1837),*
- *H.F. Weckert, Berlin, Njemačka (1846)*
- *braća Eberhardt, Njemačka (1854),*
- *Sack, Njemačka (1863).*

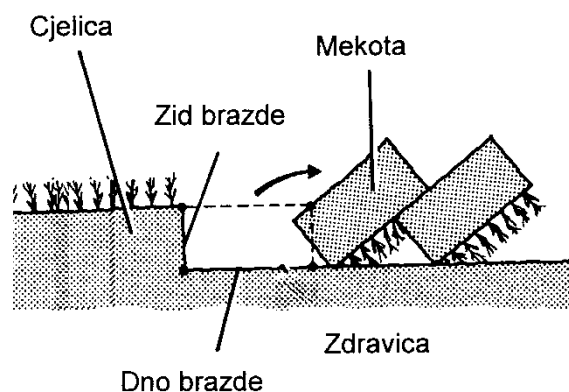
Prva tvornica poljoprivrednih oruđa i strojeva u Hrvatskoj, *OLT (Osječka Ljevaonica Tuča)* utemeljena je 1912. godine. U nastavku navodimo neke od povijesnih ”kamenova temeljaca” u razvoju željeznog pluga:

- *braća Wawerka, Češka (1825),* izrađuju plug kojem su odgrnjača i lemeš načinjeni od jednog komada cilindrično savinute pravokutne željezne ploče,
- *John Deere, USA (1837),* izrađuje prvi čelični jedno i dvobrazni sprežni plug,
- *Morrison, USA (1862),* izrađuje dvoslojnu odgrnjaču od dvije ”toplo” valjane metalne ploče različitih tvrdoća,

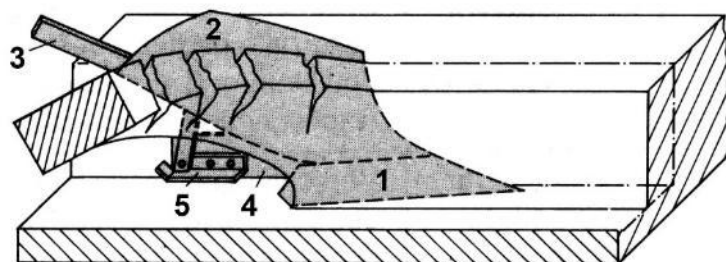
- John Fowler i James Howard, Velika Britanija (1850), konstruiraju plug za vuču čeličnim užetom i dva tzv. lokomobila, odnosno traktora pogonjena parnim strojem,
- Robert Stock, Njemačka (1907), konstruirao prvi tzv. "motorni plug"-samokretni plug,
- Harry Ferguson, Velika Britanija (1920), patentira sustav ovjesa pluga o trozglobnu poteznicu traktora.

Plugovi su različite konstrukcije i izvedbe, a moguće ih je razlikovati po sljedećim kriterijima:

- prema obliku plužnoga tijela: lemešni, tanjurasti, diskosni, dlijetasti, plug s rotirajućim radnim tijelima
- prema načinu priključenja: nošeni, polunošeni (poluovjesni), vučeni
- prema dubini oranja: plitko (prašenje) do 15 cm, predstjetveno do 30 cm (oranje u jesen neposredno prije sjetve), duboko ili zimsko 35 – 40 cm (izvodi se u jesen), rigolanje 65 – 85 cm (za zasnivanje voćnjaka ili vinograda). prema smjeru okretanja brazde: ravnjak, okretni (premetni), četverokutni (zakretni);
- prema broju plužnih tijela: jednobrazdni, višebrazdni.



Slika 9. Shematski prikaz oranja







Slika 10. Shema prolaska plužnoga tijela kroz tlo (1-lemeš, 2-odgrnjača, 3-produžetak odgrnjače ili pero, 4-plaz, 5-taban)

3.1. Odgrnjače – oblici plužnih tijela

Prema osnovnom tipu tla, razvijeni su i osnovni oblici plužnih tijela. Promjene veličina kutova određuju oblik i povijenost odgrnjače ili plužne daske pa su napravljeni osnovni oblici odgrnjača: cilindrične, kulturne, poluvijčane, vijčane i četverokutne.

Za obradu pjeskovitih, praškastih, glinastih ili zatravljenih površina razvijeni su osnovni oblici plužnih tijela, koja se danas, uz traktore s dovoljnom vučnom silom kod nas koriste kako prikazuje slijedeći prikaz.

Oblik plužnog tijela	Primjenjiv na tipu tla	Oblik brazde	Moguća radna brzina km/h	Dobro okretanje kod odnosa dubine i zahvata
 <p>Kulturno, strmo tijelo</p>	Pjeskovito, do pjeskovito - praškasto tlo i za prašenje strništa, to jest za plitko oranje do 12 cm s većom brzinom	sipko tlo, ravne brazde	oranje 4 - 5 prašenje 8-10	najmanje 1 : 1 veća širina od dubine
 <p>Univerzalno plužno tijelo</p>	Pjeskovita do teška praškasta ilovača	usitnjene mrve, razgovijetna brazda	5 - 6	najmanje 1 : 1 veća širina od dubine
 <p>Polu vijčano, dobro okretanje</p>	ilovača i glina. Tipični plug za ratarske površine za tzv. pred-sjetvena i za duboka jesensko - zimska oranja	gruba, lagano oblikovana brazda	6 - 8 kod povoljne vlažnosti veća brzina	1 : 1,2 do 1,3 (poželjno više od 1 : 1,28 prema klasičnom učenju)
 <p>Vijčano plužno tijelo</p>	Travnjak. Takmičarski plug jer ostavlja složenu potpuno okrenutu cijelu, kompaktnu brazdu	zavijena, nelomljena brazda	7 - 8	oko 1 : 1,4

Slika 11. Oblici plužnih tijela i područja njihove primjene [34]

Za različite vrste tla razvijeni su posebni oblici odgrnjača. Za lagana i pjeskovita tla preporučuje se cilindričan oblik odgrnjača s velikim kutom podizanja (α) i velikim kutom rezanja i premještanja tla (γ) u stranu. To je kratka i strma odgrnjača, koja vrlo dobro mrvči brazdu, ali je radi maloga kuta β slabije okreće.

Za srednje teška tla može se koristiti odgrnjaču koja je u prednjem dijelu cilindrična, a u zadnjem vijčana. Kut α manje je strm, a kut γ manje šiljast u odnosu na cilindričnu odgrnjaču. Takva odgrnjača nosi naziv „kulturna“, podjednako dobro mrvči, miješa i okreće brazdu.

Kombinacijom cilindrične i vijčane ili spiralne, s naglašenim karakteristikama vijčane, dobivena je poluvijčana odgrnjača. Kut γ je nakon dodira lemeša s odgrnjačom veći nego u prethodno opisanim oblicima odgrnjača pa je mrvljenje brazde zadovoljavajuće. Kut α je mali, tj. manji nego u prethodnih oblika odgrnjača pa se brazda ne lomi. Kut β je velik, naročito na krilu, zbog čega se brazda jako dobro okreće. Taj se oblik odgrnjače koristi za oranje teških tala.

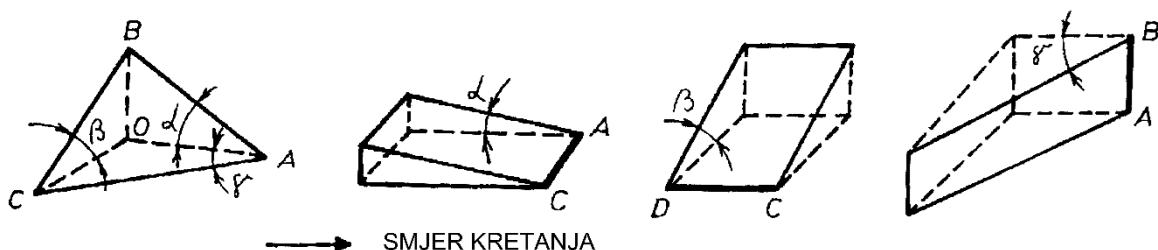
Vijčana odgrnjača najbolje okreće brazdu zbog intenzivnog povećanja kuta β , od prednjeg (grudi) do stražnjeg dijela (krila) plužnog tijela. Zbog malih kutova α i γ , brazda se uspinje i premješta u stranu vrlo blago i postupno pa se stoga vrlo malo lomi, mrvči i miješa,

odnosno ne „raspada“, ostaje kompaktna. Takva odgrnjača služi za oranje vrlo teških tala i preoravanje livada i ledina.

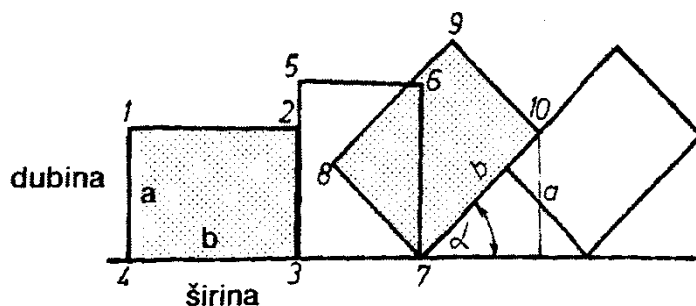
U Hrvatskoj se većina poljoprivrednika odlučuje za univerzalno plužno tijelo, iako bi im bolje odgovarao plug s poluvijčanim odgrnjačama, zbog boljeg okretanja brazde i manjeg otpora tla oranju. Dobro opremljen okretni ili premetni plug, koji sve brazde slaže na jednu stranu i nema naora i razora, ima:

- rešetkastu odgrnjaču, jer pruža manji otpor za oko 18%, bolje mrvli i sitni tlo,
- mogućnost mehaničkog mijenjanja zahvata u četiri položaja,
- samooštreći lemeš s tvrdom jezgrom i mekanih vanjskih slojeva koji se brže troše; iako skuplji, ekonomičniji je jer ne treba kovanja, manji je otpor i manja potrošnja goriva; postoji mogućnost produljenja vijeka lemeša kvalitetnim navarivanjem tvrdih materijala,
- plaz osigurava stabilnost u održavanju smjera i dubine rada,
- crtalo oblika diska, bolje ako je nazubljeno; položaj crtala u odnosu na vrh lemeša: donji rub crtala 2 – 5 cm iznad vrha lemeša, a njegova ravnina pomaknuta 1,5 do 3 cm u neorano. Položaj glavčine crtala u odnosu na vrh lemeša: točno iznad vrha u srednje teškim tlima, do 5 cm iza vrha pri oranju teških tala, a do 5 cm ispred kada orema lagana tla. Glavčina crtala mora biti najmanje 5 cm iznad površine tla, u protivnom su moguća zagušenja. Crtalo u vidu noža pričvršćenog odozdo i bočno na plužnu glavu podrezuju tlo bez zagušenja,
- pretplužnjak uski za zaoravanje kukuruzovine, široki za unošenje stajnjaka,
- povišenje odgrnjače (plužne daske) zbog ubacivanja svih organskih tvari u tlo,
- produžetak odgrnjače pomaže potpuno okretanje brazde.

Plužno tijelo prodirući kroz tlo djeluje poput klina, pri čemu tlo podiže, okreće, rahli i istovremeno premješta čestice uzduž i u stranu. Svako plužno tijelo karakteriziraju tri kuta. Kut α odgovoran je za podsijecanje i podizanje tla, kut γ za rezanje i premještanje u stranu, mrveći i miješajući pri tome čestice tla, a kut β za naginjanje na bok i okretanje tla. Kut α ili kut uspona čini radna površina lemeša s dnom brazde, a veličina mu je od 13° 20° 25° . Kut rezanja γ čini oštrica lemeša i smjer oranja (zid brazde), a veličina varira od 35° 45° 50° . Vrijedi pravilo: što su kutovi α i γ veći, plužno tijelo bolje mrvli, a slabije okreće brazdu i obrnuto. Kut β najčešće je u rasponu od 90° do 110° .



Slika 12. Trostrani klin i kutovi plužnoga tijela



Slika 13. Shematski prikaz okretanja brazde

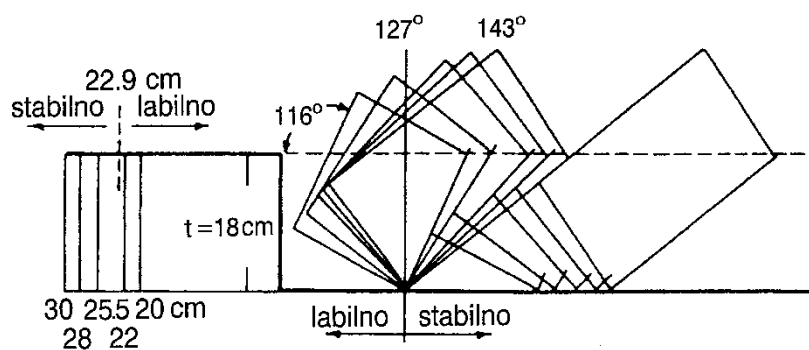
Dubina oranja (a) i zahvat (b) plužnoga tijela čine s dnom brazde pravokutni trokut, u kojem kut α predstavlja kut naližavanja brazde. Veličina kuta α određena je izrazom:

$$\sin \alpha = a : b \quad [1]$$

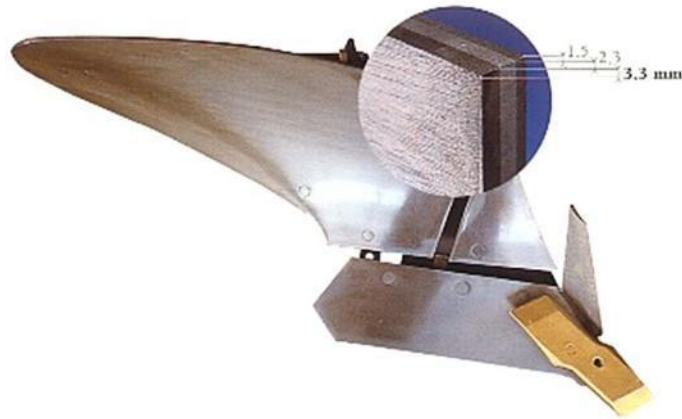
Povećanjem dubine oranja kut naližavanja brazde postaje veći. Kod prevelikoga kuta naližavanja (α) brazda postaje labilna i ima tendenciju vraćanja na dno brazde. Kako se to ne bi dogodilo, kut naližavanja ne smije biti veći od 51° do 57° , odnosno vrijednost $\sin \alpha$ može iznositi najviše 0,787. Jednostavnije rečeno, odnos između zahvata (b) i dubine oranja (a) određuje izraz:

$$b : a = 1 : \sin \alpha = 1 : 0,787 = 1,27 \quad [2]$$

Zaključno, odnos dubine i zahvata mora biti najmanje $1 : 1,28$; dakle, zahvat je 28% veći od dubine, kako bi se brazda potpuno okretala.



Slika 14. Promjene kuta okretanja brazde u ovisnosti o promjeni širine zahvata plužnog tijela pri stalnoj radnoj dubini oranja od 18 cm



Slika 15. Plužno tijelo s odgrnjačem od troslojnog čelika, dljetastim izmjenjivim vrhom lemeša i tzv. ”peraja” (fin coulter) crtalom integriranim u tijelo pluga, Kuhn [55]

Odgrnjače (plužne daske) se izrađuju iz troslojnoga čelika, od kojih su vanjski slojevi vrlo tvrdi, a srednji od relativno meka čelika. Tim žilavim i relativno mekim srednjim dijelom štite se od loma oba vanjska sloja. Kao opciju neki proizvođači plugova nude ugradnju odgrnjača i izmjenjive dijelove (nos) lemeša s povećanom čvrstoćom habajućeg sloja. Kod odgrnjača, habajući sloj podebljan je za 3,3 mm, a izmjenjivi vršni dio lemeša posebno je toplinski obrađen i oplemenjen volfram karbidom.

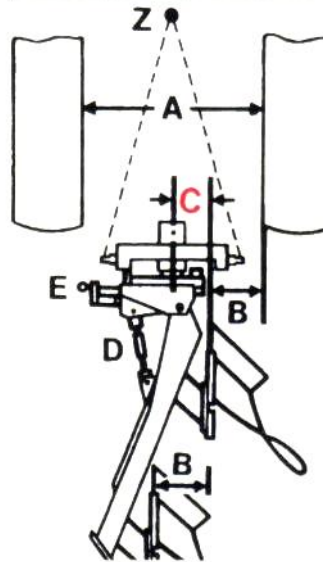
3.2. Priklučenje i podešavanje pluga

Poštujte li se osnovna načela podešavanja pluga koja su sadržaj Uputa što ih proizvođači daju uz svaki plug, što je preduvjet valjane kvalitete oranja. Slijedeći „koraci“ osiguravaju kvalitetnu obradu tla plugom:

- prilagoditi (upariti) traktor i plug shodno osnovnim tehničkim značajkama prema uputama za podešavanje pluga,
- razmak između pete prvog lemeša (raonika) i unutrašnje strane stražnje gume smije biti 2-4 cm,
- traktorski hidraulički podizač prije priključivanja pluga treba postaviti na „Reguliranje položaja“,
- na prednjim kotačima treba ostati najmanje 20% težine od praznog traktora, kako bi mogli pouzdano upravljati agregatom,
- tlak zraka u stražnjim gumama dovesti na poželjnu razinu, ali ne više od 1,1 bar,

Prije priključenja traktora uz plug potrebno je izmjeriti svjetli razmak između prednjih i stražnjih guma. Ako se gumama (naizmjenično lijevom i desnom) vozi po dnu brazde razmak unutarnjih stjenki pneumatika između prednjih i stražnjih guma treba biti jednak, te jednak od sredine traktora do gume na lijevoj i desnoj strani. Prije rada treba provjeriti podešenost traga prednjih i stražnjih kotača, tj. da su u istoj liniji. Uz navedeno, treba poznavati tehničke podatke pluga: masu, zahvat i promjenjivost zahvata po plužnom tijelu, broj plužnih tijela, visinu do okvira (klirens) te razmak plužnih tijela.

(cm)	A \ B	35	40	45
120		18	13	8
130		23	18	13
140		29	24	19
150		35	30	25

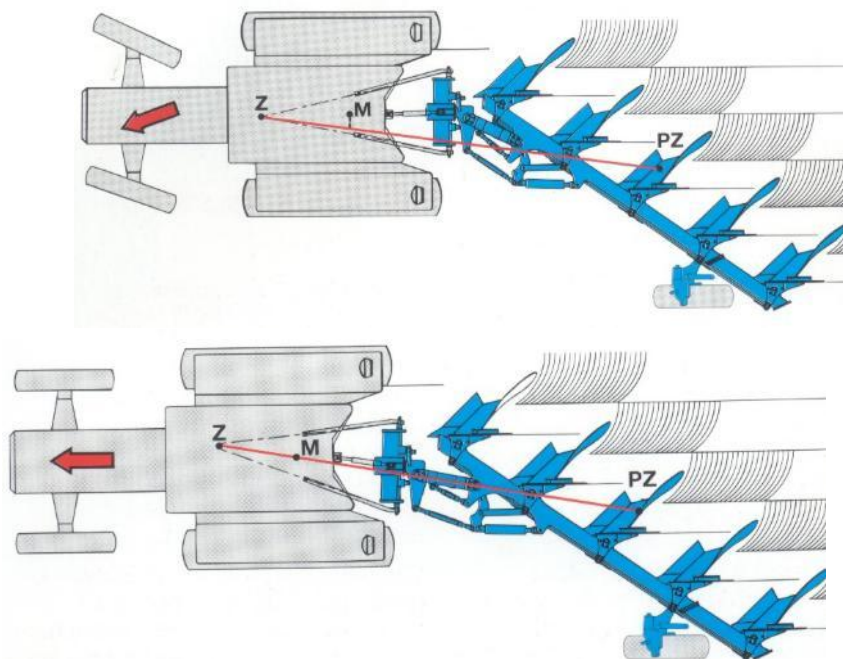


Slika 16. Položaj pluga u odnosu na traktor, Rabe [60]

U nekim tvornicama obavljaju se predpodešavanja plugova za pojedina područja svijetlog razmaka između guma traktora. Na primjer: ako su poznate vrijednosti A i B, a sredina priključnog trokuta („piramida“, trotočje, trozglobna poteznica) pluga se podudara s osi traktora, odnosno da se nalazi u njegovoj simetrali - lagano je podesiti odstojanje od simetrale pluga do plaza prvog plućnog tijela. Zahvat i položaj prvog plućnog tijela podešava se mijenjanjem svijetlog razmaka između kotača traktora (A) i korigira navojnim vretenom (ili hidrauličkim cilindrom) E, a usklađivanje linije vuče i linije otpora pluga sa D (Slika16).

Primjer: ako je zahvat plućnoga tijela $B = 40$ cm i koristi se traktor s unutrašnjim svijetlim razmakom kotača $A = 140$ cm, odstojanje od simetrale pluga do plaza prvoga plućnoga tijela pluga mora biti $C = 24$ cm. $D =$ usklađivanje linije vuče i linije otpora pluga, $E =$ podešavanje zahvata prvoga plućnoga tijela, $Z =$ težište traktora. Važno je ne podešavati pod opterećenjem, ne u podignutom položaju i ne u radu – u vuči.

Tzv. kosa vuča javlja se kod oranja plugom ravnjakom s jednim i dva plućna tijela, ali je moguća i kod pluga s tri brazde. Najbolje se može podesiti plug s tri plućna tijela, jer se lagano u isti pravac podese linija vuče i linija otpora. Kod četiri i više plućnih tijela „poravnavanje“ - poklapanje linije vuče (linija koja spaja vučnu točku Z i točku otpora pluga PZ) nije uvijek jednostavno, te veliki dio opterećenja preuzimaju vučne poluge traktora i piramida pluga. Ako je plug valjano podešen, linija vuče (spoj točke Z i PZ) mora prolaziti sredinom razmaka stražnjih kotača (točka M). U pravilu, plug treba podesiti tako da se oranje obavlja bez držanja upravljača i da je zahvat prvog plućnog tijela jednak ostalima, te da su sve brazde položene ravno u smjeru kretanja.



Slika 17. Podešavanje zahvata prvoga plužnoga tijela i usklađenost linije vuče i linije otpora pluga, Lemken [56]

Primjer: ako spojna linija točaka PZ i Z ne prolazi sredinom razmaka stražnjih kotača traktora (M), dolazi do kose vuče (gornja slika). Otpor tla oranju potiskuje cijeli plug u neorano, te stražnji dio pluga izrazito „bježi“ u neorano. Opisana reakcija sila potiskuje prednje kotače traktora u orano dio tla. U opisanim uvjetima je upravljanje agregatom izuzetno teško. Na donjoj slici je podešavanjem pluga načinjeno tako da spojna linija Z-PZ prolazi točkom M. Sada su dio opterećenja preuzele vučne poluge traktora i „piramida“ pluga, pa je kosa vuča eliminirana i upravljanje agregatom traktor-plug lakše.

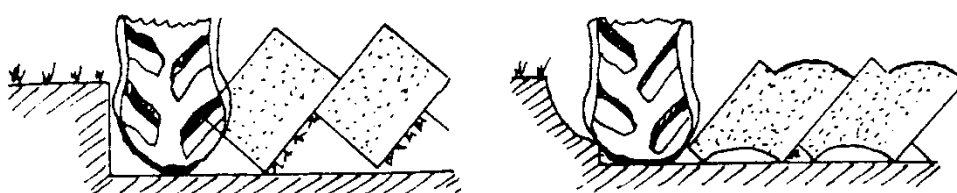


Slika 18. Mjesta podešavanja zahvata prvog plužnog tijela i usklađivanje linije vuče i linije otpora pluga na okretnom plugu Rabe [60]

Noviji okretni plugovi imaju promjenjiv zahvat plužnih tijela. Podešavanje se izvodi kontinuirano hidraulički, što je skuplja varijanta, ili mehanički, u četiri položaja: 35, 40, 45 i 50 cm zahvata po plužnom tijelu.



Slika 19. Podesivi radni zahvat po plužnome tijelu od 33/35; 37/40; 42/45 i 47/50 cm, Rabe [60]



Slika 20. Karakterističan oblik, okretanje i položaj brazde standardne (lijevo) i romboidne odgrnjače (desno)

Plug „prašač“ namijenjen je za plitku obradu tla do 15 cm. Radni zahvat plužnoga tijela je 20 cm, a veliki klirens i veliki razmak između tijela omogućuju čist rad bez zagušenja. Kako mnogi za prašenje strništa koriste tanjuraču to je ova vrsta plugova gotovo iščezla s naših polja.



Slika 21. Nošeni plug za prašenje strništa zahvata 1,6 m OLT [57]

Predstjetveno oranje u rasponu dubina 18 – 25 – 30 – 32 cm (oranje u jesen neposredno prije sjetve) treba obaviti plugovima s poluvijčanom odgrnjačom (daskom) i podesivim zahvatom svakog plužnog tijela od 30 do 45 cm ili od 35 do 50 cm. Radna brzina oranja (bez obzira na odabranu dubinu) od 2,2 m/s \approx 8 km/h potrebna je kod svih plugova s poluvijčanom odgrnjačom.



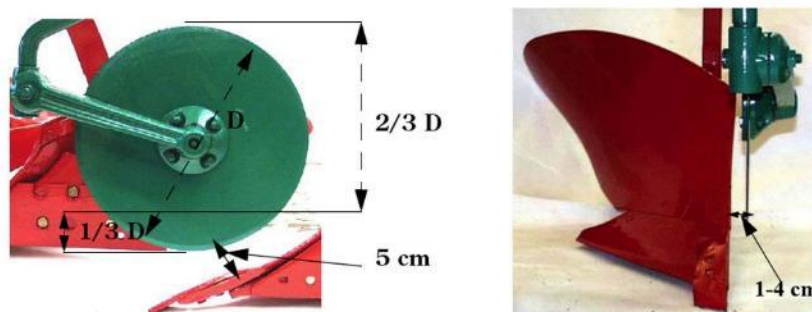
Slika 22. Četverobrazdni nošeni plug ravnjak Överum [58]

Duboko ili „zimsko“, oranje na dubinu 35 do 40 cm izvodi se okretnim plugovima radi zaoravanja biljnih ostataka, stajskog gnoja - stajnjaka ili ispravljanja prethodne pogreške u obradi tla. Dubokom obradom tla u jesen tlo se „otvara“ zbog akumulacije oborinske vode i djelovanja niskih temperatura tijekom zime.



Slika 23. Oranje nošenim četverobrazdnim okretnim plugom (R. Zimmer)

Crtalo treba postaviti ispred svakog plužnog tijela ili barem na zadnjem plužnom tijelu. Mora se kretati ravno u smjeru kretanja pluga i biti stručno postavljeno.



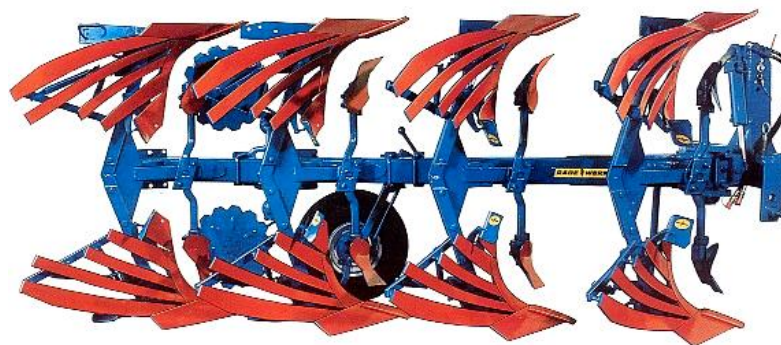
Slika 24. Podešavanja tanjurastog crtala, Kverneland Group [54]

Crtala se koriste u oranju uređenih, tzv. kultiviranih, oranica i to za dubine do 40 cm. U odnosu na nožasto, tanjurasto crtalo pruža manji otpor, jer tlo reže rotiranjem tanke oštrice. Položaj crtala u odnosu na vrh lemeša:

- donji rub kružne ploče treba biti iznad vrha lemeša 2 – 5 cm;
- ravnina tanjurastoga crtala treba biti pomaknuta u neorano 1 –2 - 3 cm;

Položaj glavčine crtala u odnosu na vrh lemeša:

- točno iznad vrha u srednje teškim tlima;
- do 5 cm iza vrha u teškim tlima;
- do 5 cm ispred vrha u laganim tlima;
- glavčina tanjura treba biti najmanje 5 cm iznad tla, u protivnom su moguća zagušenja.



Slika 25. Nošeni četverobrazdni okretni-premetnjak plug Rabe [60]

Okretni plug - premetnjak bitno je skuplji od ravnjaka, jer ga čine dva pluga. Oranjem okretnim plugom na polju nema razora i naora, jer su sve brazde složene u istu stranu i zato površina ostaje ravna. Kao i kod plugova ravnjaka oranjem brzinom većom od 2,2 m/s ili oko 8 km/h, postiže se odlično mrvljenje i rasipanje tla, kao i ravnanje mikro reljefa.

Za primarnu obradu tla plugom treba odgovarajuća snaga motora traktora. Za plugove podesivog zahvata 35 do 50 cm po brazdi treba osigurati do 27 kW (37 KS). Lagano je izračunati da za plug s tri brazde treba koristiti traktore snage do 81 kW (110 KS), za četiri dopuštena je snaga od 108 kW (149 KS), za pet brazdi 135 kW (185 KS) i za šest brazdi do 162 kW (220 KS). Plugove s više brazdi treba agregatirati uz traktore vođene izvan brazde i/ili gusjeničare.

Priključenje više oruđa uz traktor i njihova istovremena uporaba u osnovnoj i dopunskoj obradi tla kod nas još nije uobičajena, unatoč činjenici da u trenutku kada se tlo ore ono je najpovoljnije i za dopunsku pripremu. Proizvođači poljoprivredne tehnike nastoje konstruirati raznolika oruđa kojima će se na određenom tipu tla postići najbolji efekti. Poznata je kombinacija u kojoj se za plug priključuju dvoredni Packer valjak promjera 70 – 90 cm (popunjava praznine nakon oranja), a ozubljeni koluti Crosskill valjka dodatno razmrve i poravnaju površinu tla (slika 26).



Slika 26. Okretni plug (premetnjak) + dvoredni Packer valjak + jednoredni Crosskill valjak, Lemken [56]

Priključenjem oruđa za dopunsku pripremu tla ispred i sijačice iza traktora, te udvajanjem svih pneumatika bitan je korak ka pojeftinjenju proizvodnje u ratarstvu i brige oko očuvanja uređenih ratarskih površina. Primjerice, tvornica Rabe za dopunsku pripremu tla nudila je packer valjak, a za sjetvu strnih žita mehaničko-pneumatsku sijačicu Turbodrill zahvata 3m - za traktor snage motora 118 kW (160 KS). Traktor je bio opremljen s osam pneumatika.



Slika 27. Dopunska obrada oranoga tla Packer valjkom i istovremena sjetva mehaničko-pneumatskom sijačicom zahvata 3 m, Rabe Agrarsystem [60]

4. ROVILO

Rovilo - plošni kultivator ili gruber (njem.: Grubber) ili čizel (eng.: Chisel) oruđe je koje obrađuje (rahli) tlo bez preokretanja i poremetnje prirodne slojevitosti, stoga rovilo troši manje energije nego plug, jer i obrađuje manji volumen tla. Rovilom se može "razbiti" slabo propusni sloj tla, tzv. taban pluga, koji nastaje učestalim oranjem lemešnim plugom na približno istu dubinu.

Radni elementi-organi su zupci, kruto ili elastično pričvršćeni o okvir. Vršni dio zubca je motičica: dljetasta - namijenjena težim uvjetima rada i dubljem rahljenju, kopljasta – za srednje teške uvjete i oblika „pačje noge“ („lastin rep“) za lakše uvjete rada, dobro podrezivanje

korova i pliće rahljenje zone tla s ciljem smanjenja evaporacije i akumulacije vode. Zupci su preko držača razmješteni naizmjenično („cik-cak“) po širini na okvir. Dubina obrade podešava se hidraulikom traktora za nošena ili prigrađenim valjkom za polunošena oruđa. Rovila tlo obrađuju, u pravilu, do dubine oranja, tj. do 40 cm. Prikladna su za agregatiranje s drugim oruđima ili strojevima za obradu tla, u tzv. složenim ili kombiniranim agregatima.



Slika 28. Nošeno rovilo s dlijetastom motičicom na krutom nosaču i cjevastim valjkom (lijevo), Kuhn [55]; Rovilo s dlijetastom motičicom na opružnom nosaču, diskovima promjera 46 cm i gumenim rednim valjkom (desno), Amazone [46]

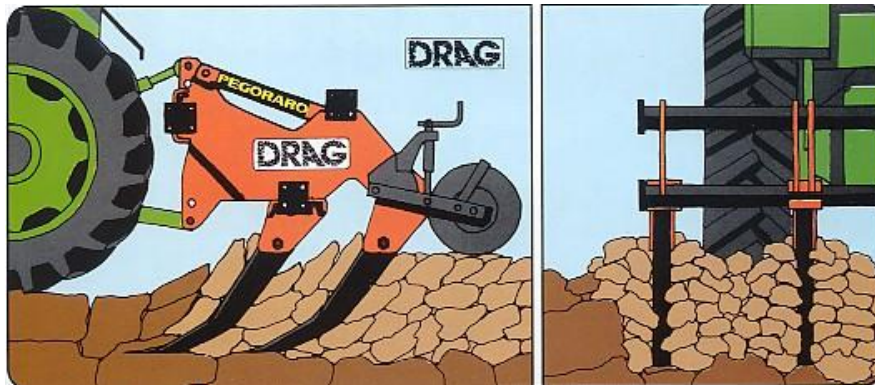


Slika 29. Nošeno rovilo s motičicama oblika ”pačja noga”, osiguranjem od oštećenja opstrukcijama, te četiri tanjura promjera 46 cm i dvostrukim cjevastim valjkom (lijevo) i u radu (desno), Amazone [46]

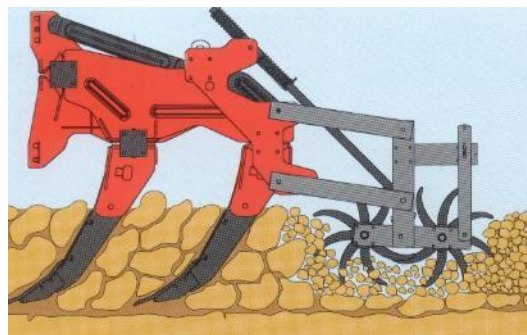
Široke motičice ”pačje noge” po cijeloj površini tlo razrahljuju, podrezuju biljne ostatke i miješaju ih sa zemljom, tanjuri niveliraju površinu, a valjci dodatno ravnaju i učvrste tlo. Maksimalna dubina obrade je do 20 cm. Rovilo se izrađuje s zahvatom $B_r = 3-4-5$ i 6 m za traktore snage motora od 66 - 132 kW (90 - 180 KS). Prema tvorničkim podacima rovilo se može raditi brzinom do 12 km/h, a učinak je u rasponu od 3 do 6 ha/h. Masa rovila, obzirom na zahvat u rasponu je od 1260 do 2910 kg.



Slika 30. Zupci s motičicama oblika „pačje noge“ i osiguranjem protiv oštećenja od opstrukcija (lijevo) i radni dio (desno), Amazone [46]



Slika 31. Shema rada rovila Pegoraro [59]

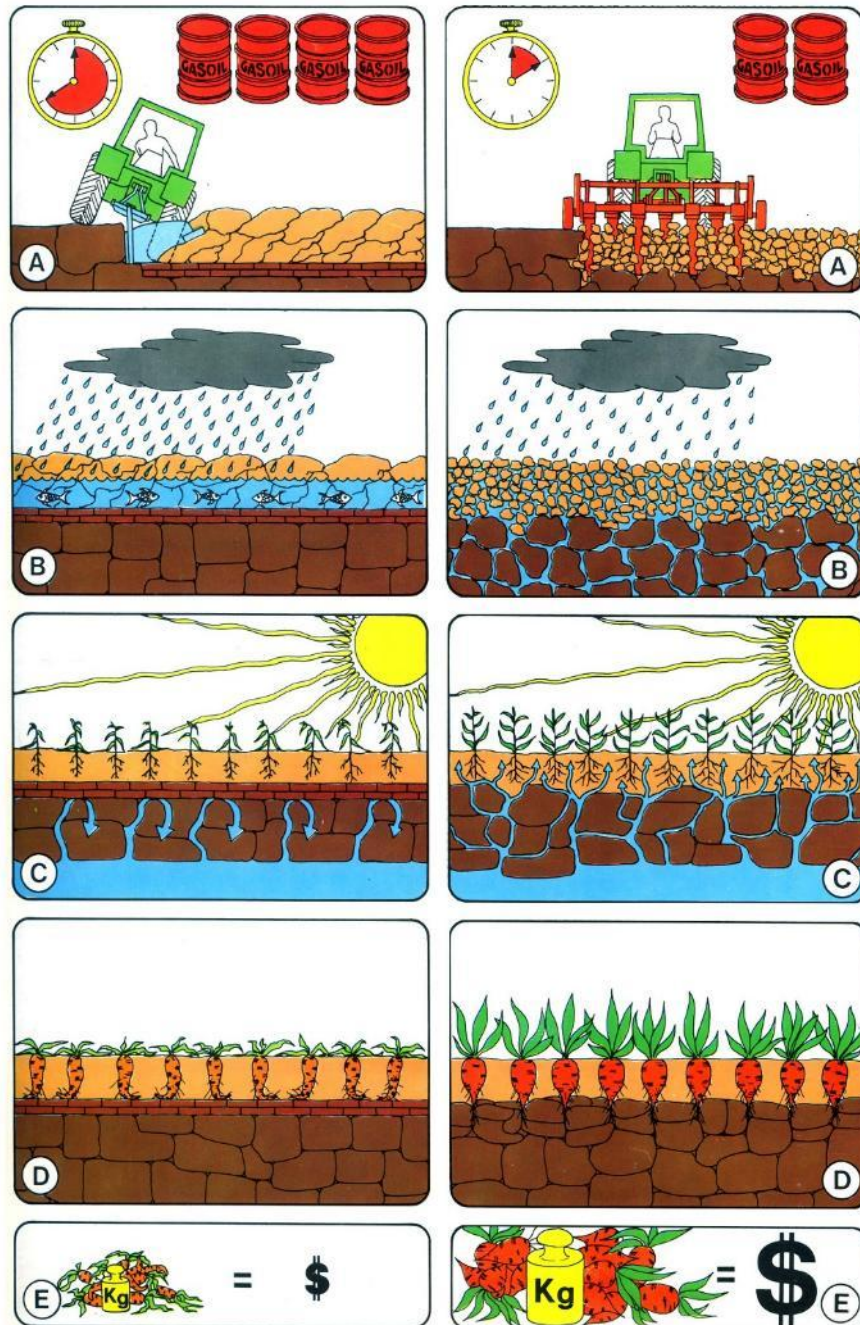


Slika 32. Prorahljivanje rovilom i površinsko usitnjavanje dvostrukim zvjezdastim valjkom u jednom proходу, Pegoraro [59]



Slika 33. Oblik rala „pačja noga“ $B = 22,5 - 37$ cm (lijevo), kopljasto $B = 7,5$ cm (sredina) i dlijeto+„pačja noga“ $B = 25$ ili 35 cm (desno), Pegoraro [59]

Rovila opremaju s motičicama-ralima za pliće površinsko rahljenje ili duboko rahljenje tla, uz istovremeno stvaranje makrošupljina ili malč (mulch) ralima koja uz dublju obradu istovremeno miješaju biljne ostatke s tlom i stvaraju makrošupljine u tlu. Na okvir mogu biti pričvršćeni krutim ili elastičnim nosačem.



Slika 34. Usporedba obrade tla plugom i rovilom, Pegoraro [59]

Ilustracija u prospektu tvrtke Pegoraro vrlo slikovito prikazuje pogodnosti obrade tla rovilom u usporedbi s obradom tla plugom. Shodno prikazu, rovilom se tlo prorahli za četvrtinu vremena i polovinu utroška goriva spram oranja (A). Nakon rahljenja nema tzv. tabana pluga, nema stagnacije oborinske vode i površinskog "zabarivanja" (B). Uspostavljen je silazni i uzlazni tok vode što je vidljivo i na uzgajanim usjevima (C). Biljke, primjerice šećerna repa, a i biljke drugih ratarskih usjeva imaju pogodne uvjete za razvoj (D). U konačnici se obradom tla rovilom, dakle bez preokretanja, proizvodi uz manje troškove, veći urod i zaradu (E).

5. INTEGRALNA TEHNIKA OBRADE TLA I SJETVE

Krajem 80-tih godina XX stoljeća, osmišljeni su i napravljeni integrirani sjetveni agregati, koji u jednome proходу pogonjenim rotirajućim ratilima obrađuju tlo, a cijevnim ulagačima se sjeme dovodi u struju tla i jednolično ulažu širom u tlo. Takav način sjetve strnih žita osmislila je i kao prva na naša polja dovela tvrtka RAU. Stroj je bio poznat po nazivu Rotosem RAU, a sastojao se od rotirajuće drljače (rototillera), mehaničko-pneumatske sijačice i valjka sa zupcima. Nekoliko godina kasnije ista je tvrtka nakon manjih modifikacija na Rotosemu izradila novi stroj i nazvala ga Kombisem RAU. Iako je u mnogo čemu sličio svom prethodniku Kombisem je ponudio neka nova tehnološka rješenja u pogledu ulaganje sjemena s obzirom na stanje tla.

Među mnogobrojnim proizvođačima poljoprivredne tehnike u svijetu, „pionir“ u proizvodnji integralne tehnike u obradi tla i sjetvi strnih žitarica u jednom proходу bila je u Europi, tvrtka RAU. Prije gotovo tri (3) desetljeća ova je tvrtka proizvela poznati integrirani stroj za obradu tla i sjetvu u jednom proходу pod nazivom Rotosem RAU. Osnovna ideja tada i danas bila je racionalizacija kombiniranjem različitih ratila uz osnovni stroj. Stroj se sastojao od tri osnovna elementa: oruđa za obradu tla, sijačice i valjka. Rotosem je nekoliko godina kasnije uz manje preinake i nadogradnje dobio je naziv Kombisem RAU. Stroj je izrađivan s radnim zahvatom $B_r = 2,5 - 3,0 - 3,6 - 4,0$ i $4,5$ m, namijenjen traktorima snage motora $P_e = 110 - 191$ kW.



Slika 35. Kombisem RAU [61]

Prvi element integriranog agregata je rotacijska drljača (rototiller) kojom se obrađuje tlo prekriveno žetvenim ostacima prethodne kulture ili već porano tlo. Sjetva se obavljala s mehaničko-pneumatskom sijačicom s pogonom vratila sijačnih aparata od tla. Posljednji dio element agregata je zupčasti valjak, čija je zadaća bila učvršćenje-konsolidacija tla uz sjeme i ravnanje posijane površine.

Osnovna razlika između Rotosema i Kombisema bila je u postavljanju cijevnih i raonih ulagača sjemena ispred ili iza pritiskujućeg valjka i njegova izvedba (varijante).



Slika 36. Kombisem sa sijačim ulagačima ispred ili iza gumenog valjka, RAU [61]



Slika 37. Lepeza dodatnih ratila-oruđa za predsetvenu obradu uz sijačicu Rotosem/Kombisem RAU [61]



Slika 38. Rotirajuća drljača (Rototiller) integrirana s rovilom, RAU [61]

Za obradu težih tala ispred rotirajuće drljače (rototillera) postavljaju se po potrebi zupci rovila s krilnim motičicama širine krilaca 20 ili 40 cm. Klinasti zubi rotirajuće drljače izrađeni su od specijalnog čelika, spiralno razmješteni i za oko $+10^\circ$ otklonjeni od vertikale, pričvršćeni na vratilo rotora, a završavaju posebno izvedenim ubodnim kutom, te stoga tlo režu samo u malim eliptičnim zonama, a ostali dio se lomi. Broj okretaja rotora moguće je podešavati u

rasponu $n = 250-290-370$ i 425 min^{-1} , a s ciljem postizanja različitog intenziteta obrade uz istu brzinu kretanja ili postizanja određenog intenziteta obrade uz različitu brzinu kretanja. Ukoliko uz malu brzinu kretanja v , povećavamo v_0 - obodnu brzinu radnih elemenata-klinova rotacijske drljače, povećavamo intenzitet obrade tla, odnosno isti volumen tla se "duže" vremena obrađuje i obrnuto. Ako povećanjem brzine kretanja želimo veći učinak agregata, ali uz isti intenzitet obrade tla, tada je nužno povećanje obodne brzine klinova drljače da zadržimo-postižemo željenu kvalitetu obrade.



Slika 39. Klin (30 x 30 mm) duljine i zamjena serijskih klinastih zubi sa specijalnim mulč zupcima, izgled tla obrađenog klinovima, RAU [61]



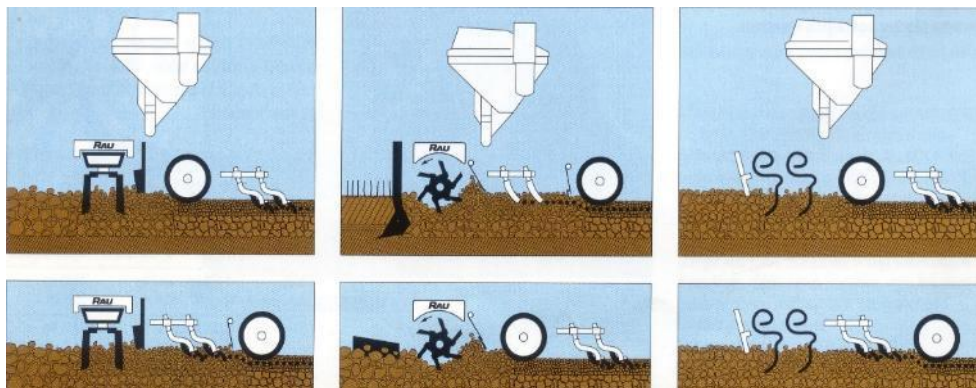
Slika 40. Zvrk (Cyclotiller) drljača + zupčasti valjak, RAU [61]

Zvrk ili kružna drljača (Cyclotiller) može biti postavljena ispred sijačice, a koristiti se uglavnom za predsetvenu obradu tla nakon oranja.



Slika 41. Letva za ravnanje tla + drljača + valjak, RAU [61]

Za obradu lakih tala ispred sijačice se postavlja drljača s opružnim zupcima i kopljastim motičicama, ispred kojih je letva za ravnanje tla, a iza njih valjak po izboru (Cambridge Ø 45 cm ili 50 cm) ili Farmflex (gumom obložen valjak) Ø 50 cm.

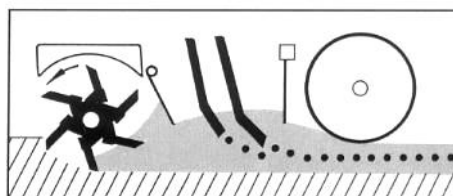


Slika 42. Kombinacije ratila-oruđa za obradu tla i sjetvu s Kombisem-om RAU [61]

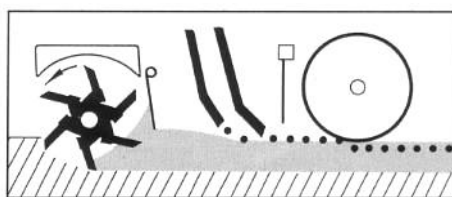
Iza tri različita, integrirana, oruđa za obradu tla (zvrk drljače, rotirajuće drljače i drljače s opružnim zupcima) može se sijati ispred ili iza valjka, a sjeme u tlo unose cijevni ili raoni ulagači.

Sjetvu u jednome proходу s integriranim agregatom Rotosem/Kombisem u neobrađeno ili djelomično obrađeno tlo moguće je obaviti kombinacijom integriranih oruđa kako slijedi (Slika 42.):

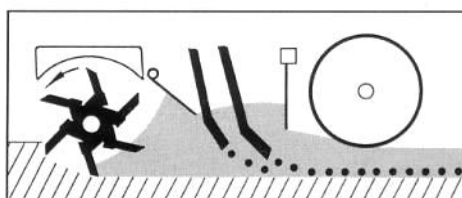
- Dopunska obrada oranog tla zvrk (Cyclotiller) drljačom + ravnanje tla valjkom + sjetva raonim ulagačima;
- Obrada rovilom tla sa postžetvenim ostacima predkulture + predsjetvena obrada rotirajućom (Rototiller) drljačom + sjetva cijevnim ulagačima + valjak;
- Dopunska obrada oranog tla kombinacijom ratila: ravnanje tla ravnalicom + opružna drljača + valjak + sjetva raonim ulagačima;
(gornji red)
- Dopunska obrada tla zvrk drljačom + sjetva raonim ulagačima + valjak;
- Ravnanje izoranog tla + rotirajuća drljača + valjak + sjetva raonim ulagačima;
- Ravnanje izoranog tla + opružna drljača + sjetva raonim ulagačima + valjak.
(donji red)



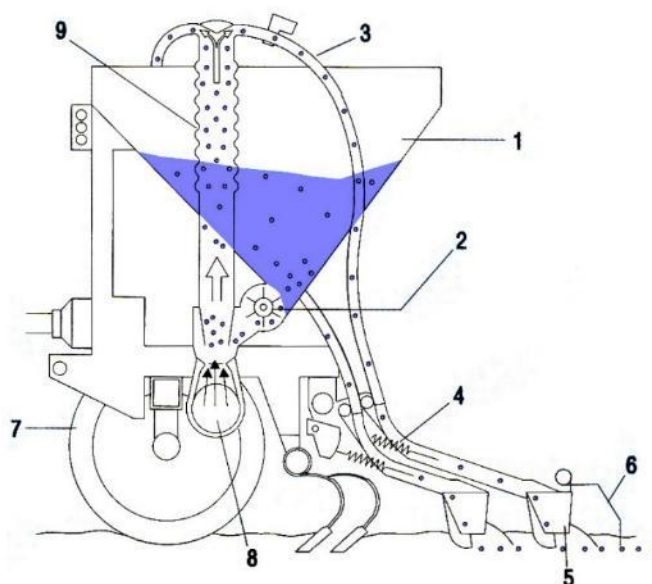
Slika 43. Sjetva u „struju“ tla-zemlje s cijevnim ulagačima (npr. za sjetvu strnih žitarica) RAU [61]



Slika 44. Plitka sjetva na „struju“ zemlje s cijevnim ulagačima (npr. za sjetvu uljane repice) RAU [61]



Slika 45. Sjetva na dno „struje“ tla-zemlje na dubinu obrade klinastim rotorom s izravnim ”priključkom” na kapilarnu vodu tla (npr. za sjetvu graška) RAU [61]



Slika 46. Shema sijačice s mehaničkim izuzimanjem i pneumatskim transportom sjemena, Accord [54]

- 1 – spremnik; 2 – dozator; 3 – provodna cijev; 4 – regulator pritiska ulagača;
 5 – ulagač sjemena; 6 – elastični zupci; 7 – vojni i pogonski kotač;
 8 – ventilator; 9 – dovodna cijev razdjelnika sjemena

Rotosem je za sjetvu svih uskorednih usjeva različitih veličina i količina sjemena (od 1 do 360 kg/ha) opreman pneumatskom sijačicom tvrtke Accord, a Kombisem pneumatskom sijačicom RAU. Izljebljeni dozirni valjak pogon dobiva od kotača sijačice, a ventilator (turbina) od PV traktora. Razmak redova je 12,5 cm.



Slika 47. Gumeni valjak (Farmflex), zupčasti valjak i cijevni valjak, RAU [61]

Gumeni valjak dobro se prilagođava neravninama na tlu, a promjera je 50 cm. Zupčasti valjak, najtraženiji je valjak. Razmak između zubaca je 12,5 cm pa zubi prolaze između redova, a prikladan je za srednje do ekstremno teška tla. Cijevni valjak promjera \varnothing 41,5 cm sa 7 cijevi prikladan je za rad na lakšim i srednjim tlima.



Slika 48. Hydropack i žitna sijačica sa zvrk drljačom i zupčastim valjkom RAU [61]

Spojnim uređajem (Hydropack) se uz zvrk drljaču i zupčasti valjak priključuje sijačica za sjetvu strnih žitarica ili okopavina. Takvim integriranim agregatima racionaliziraju se troškovi proizvodnje smanjenjem utroška goriva i rada, a smanjuje se i prekomjerno zbijanje tla gaženjem.



Slika 49. Zračna sijačica PSK za okopavine uz zvrk drljaču (Foto R. Zimmer)

Zamjenom serijskih klinastih zubaca, specijalnim mulč zupcima na rotirajućoj drljači moguće je obaviti sjetvu u smrznuti međusjev, što se smatra budućnošću biljne proizvodnje,

kako zbog čuvanja tla od erozije, isto tako i zbog proizvodnje humusnog materijala i održavanja razine humusa, (poželjno, iznad 4% humusa u tlu), naročito na gospodarstvima koja nemaju ili ne koriste stajski gnoj.



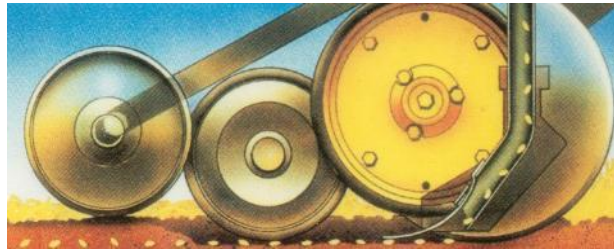
Slika 50. Sjetva strnih žita Kombisemom u mulč (Foto R. Zimmer)

Na većim gospodarstvima sjetvu strnih žitarica u tlo pripremljeno konvencionalnim načinom, odnosno u nepripremljeno tlo, na čijoj su površini posliježetveni ostaci prethodne kulture, može se obaviti tzv. no-till sijačicama među kojima su na hrvatskim poljima najzastupljenije John Deere 750 A, Horsch i Tye. Prve dvije sijačice pripadaju grupi zračnih (pneumatskih) sijačica sa mehaničkim sijačim aparatom centralnog doziranja sjemena i pneumatskim transportom kroz sijače cijevi i ulagače do tla, dok je sijačica Tye standardna mehanička sijačica koja izuzetu dozu sjemena "ubacuje" u provodnu cijev i ono se dalje gravitacijom spušta kroz cijev do ulagača.



Slika 51. Mehaničko-zračna sijačica za strna žita JD 750 A (Foto R. Zimmer)

Sijačica John Deere 750 A pogodna je za sjetvu strnih žitarica u pripremljeno (obrađeno), ali i neobrađeno (no-till) tlo. Izrađuje se u varijantama zahvata 3 m (18 redova, spremnik 1000 l) i 4 m (24 reda, spremnik 1800 l) za manja gospodarstva i od 6 m (36 redova, spremnik za sjeme od 2300 l) za velika gospodarstva. Razmak između redova je 16,6 cm, a moguća brzina sjetve je 9-10-11 km/h.



Slika 52. Shema ulagačkog sklopa sijačice JD 750 A [52]

Ključni element sijačeg sklopa je jednostruki disk ulagač $\varnothing 45,7$ cm, postavljen pod kutom od 7° prema van od linije sjetve, a siječe tlo i biljne ostatke. Sila penetracije ulagača u tlo podesiva je u rasponu $F= 1000 - 2500$ N, a nadzire se na skali manometra. Vertikalno podesivi kotač širine 11,4 cm i promjera 40,6 cm, postavljen uz diskosni ulagač, služi regulaciji dubine sjetve u rasponu od 1,3 do 8,9 cm, dodatno 1,1 cm. Vertikalno podesiv gumeni kotačić $\varnothing 25,4$ cm i plastični usmjerivač zaduženi su za sigurno polaganje sjemena na dno brazdice. Zatvaranje brazdice obavlja vertikalno podesiv metalni kotač $\varnothing 30,5$ cm ukošen u odnosu na smjer kretanja za 20° . Kotač mrvli stjenku brazdice sa strane i učvršćuje tlo oko sjemena bez izravnoga zbijanja tla iznad sjemena.



Slika 53. Ulagački sklop sijačice JD 750 A [52]



Slika 54. Centralni uređaj za doziranje sjemena (JD 750 A) [52]



Slika 55. Pogon sjetvene osovine sijačice JD 750 A [52]



Slika 56. Sijačica JD 750 s traktorom gumenih gusjenica [52]



Slika 57. Dopunska obrada tla i sjetva u jednome prohodu, Horsch [51]

Proizvođač poljoprivrednih strojeva Horsch proizveo je sijačicu za sjetvu strnih žitarica u pripremljeno i nepripremljeno tlo. Obradu tla obavljaju dva reda nazubljenih tanjura, iza kojih je postavljen jedan red gumenih kotača-valjak (promjer 78 cm i 65 cm). Mehanički izuzeto sjeme „struja“ zraka transportira do vertikalno podesivih ($\pm 7,5$ cm), dvostrukih diskosnih ulagača, podesive sile penetracije $F= 50$ do 1500 N. Sijačica se izrađuje u varijantama zahvata od 3, 4, 6, 8 i 9 m, s razmakom redova od 15 cm. Radna brzina, prema tvorničkim podacima, je $v= 10 - 20$ km/h.



Slika 58. Dva reda nazubljenih tanjura ispred gumenog valjka, Horsch [51]



Slika 59. Kotač gumenog valjka ispunjen umjetnom masom, Horsch [51]



Slika 60. Vozni kotač sijačice, jednoreadni gumeni valjak Ø 65 cm, dvostruki diskosni ulagači Ø 32 cm, nagazni kotači i elastični prsti (lijevo) i dimenzije vozne gume (800/40-26,5) pneumatske sijačice Horsch (desno), Horsch [51]

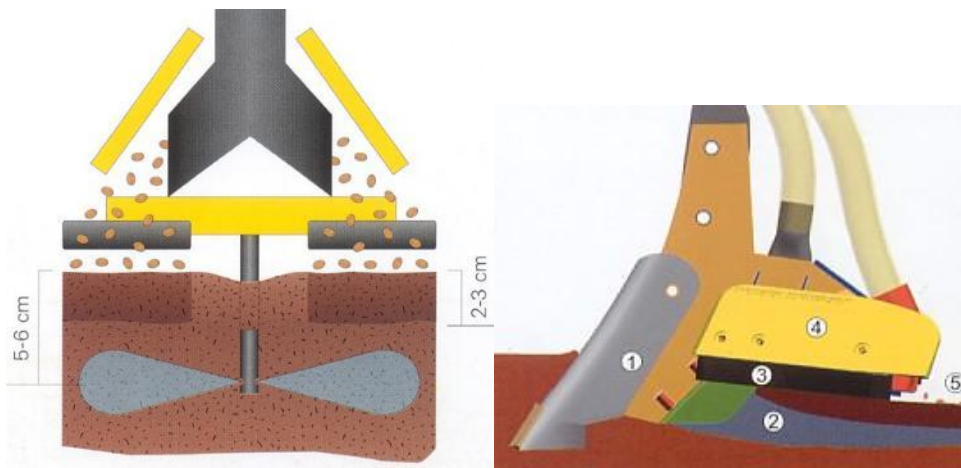


Slika 61. Pneumatska distribucija sjemena (lijevo), sijači aparat s različitim sijačim valjcima (sredina) i stalna kontrola protoka sjemena do ulagača, Horsch [51]



Slika 62. Dvostruki diskosni ulagač s plastičnim usmjerivačem sjemena, pritiskujućim nagaznim kotačem obloženim gumom i par elastičnih prstiju, Horsch [51]

Plastični usmjerivač u donjem dijelu ulagača osigurava da svako sjeme bude uloženo na dno brazdice, a gumeni kotači osiguravaju preciznost njegovog polaganja u tlo. Sijačica je precizna do brzine 12 km/h.



Slika 63. Shematski prikaz ulaganja sjemena i tekućeg gnojiva, Horsch [51]
(1-otvaranje brazdice, 2-otvor za mineralno gnojivo, 3-klinasti element stabilizira tlo, 4-sintetički pokrivač, 5-cijev ispušta sjeme u dva reda)

Žitne sijačice s oznakom CO, koje izrađuje tvornica Horsch, karakterizira mehaničko izuzimanje sjemena i pneumatski transport do ulagača, ali i način ulaganja sjemena i gnojiva u tlo. Tehnika sjetve temelji se na motičicama koje rahle tlo, iza kojih posebno konstruirani ulagači istovremeno polažu sjeme i tekuće gnojivo u tlo.

Na nekim tipovima sijačica iz proizvodnoga programa Horsch, posebno izvedenim ulagačima polaže se sjeme, a ispod tekuće gnojivo (slika 63). Jedna provodna cijev dovodi sjeme za dva reda i polaže (dubina 2-3 cm) na sjetvenu posteljicu. Iznad sjemena je rahli sloj tla, a ispod nešto «čvršći» sloj tla, zbog uspostavljanja kapilariteta. Tekuće gnojivo ulaže se precizno, okomito ispod sjemena, čime se dobiva optimalni razmak (5 – 6 cm) između sjemena i gnojiva. Uporabom različitih sijačnih valjaka, pogonjenih elektromotorom, sijačicom se mogu sijati strne žitarice, kukuruz i sitnozrnate kulture. Visoka preciznost sjetve moguća je do brzine maksimalno 15 km/h, a lagano poravnanje tla iza ulagača obavljaju gumeni kotači-valjci, dimenzija 185/65-15. Sijačica se izrađuje sa zahvatima 3, 4, 6, 8, 9 i 12 m.



Slika 64. Centralno podešavanje dubine polaganja sjemena postavljanjem umetaka (lijevo) i pojedinačno ručicom (desno), Horsch [51]



Slika 64. Obrada tla i sjetva strnih žita sijačicom Rapid, Väderstad [64]

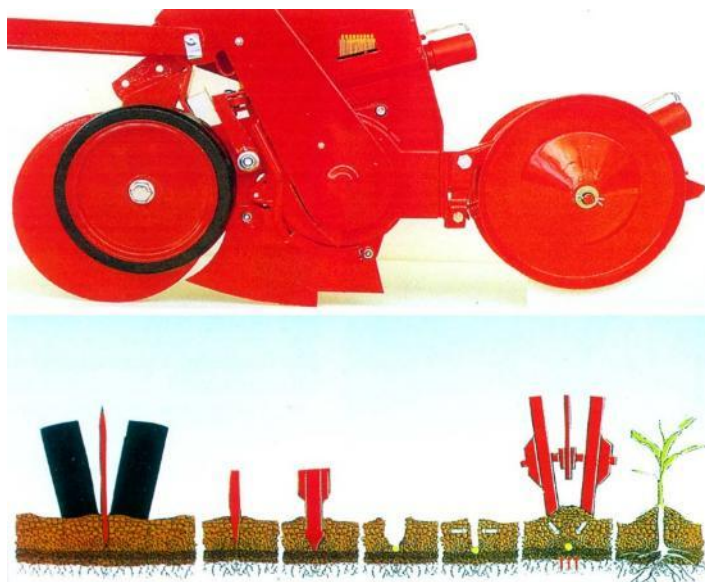
Sijačicu Tye karakteriziraju dva reda diskova valovitog oboda, postavljena 1,8 do 2,0 m ispred ulagača. Izuzimanje sjemena obavlja se mehanički, sustavom izljebljenih valjaka za svaki red. Sijačicom se može sijati u pripravljeno i nepripravljeno tlo na čijoj su površini žetveni ostaci prethodne kulture. Ovom sijačicom je moguće sijati i soju, naravno uz redni razmak $a = 12,5$ cm.



Slika 65. Mehanička sijačica za strna žita Agco-Tye, Foto S. Košutić (gore), R. Zimmer (dolje)

Europske sijačice mogu se opremiti za sjetvu u mulč, dok se američke u pravilu mogu opremiti i za sjetvu u neobrađeno tlo (no-till), na čijoj su površini razasrti žetveni ostaci prethodnog usjeva.

Prije gotovo dva desetljeća, dva svjetski poznata proizvođača poljoprivrednih strojeva razvili su sijačicu za sjetvu okopavina u neobrađeno tlo i u mnogome izmijenili tehnologiju proizvodnje bilja. Tako je u Njemačkoj proizvedena pneumatska sijačica s podtlakom, Maxem RAU, a u SAD John Deere Max Emerge 2.

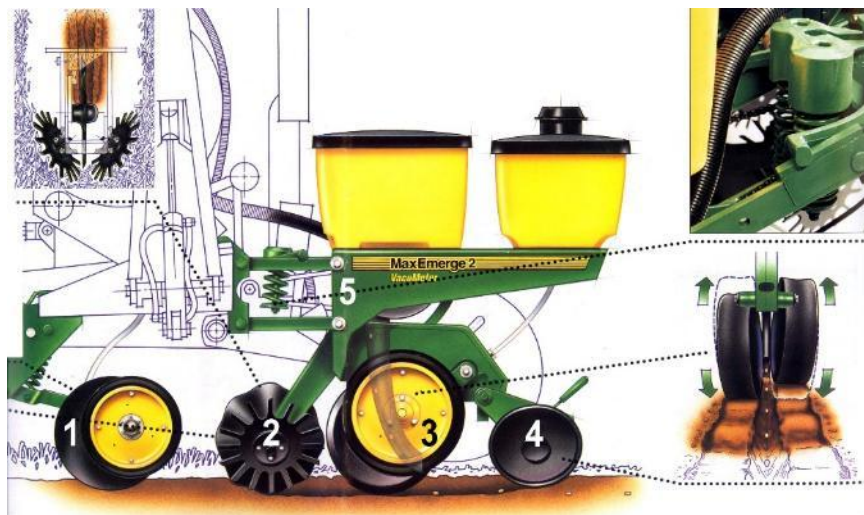


Slika 66. Sekcija sijačice na podtlak (gore) i princip rada elemenata sijačice Maxem RAU [61]

Sijačice Maxem RAU prvim diskom promjera 35 cm presijeca biljne ostatke i pravi prerez za sjetveni red, dok dvostruki diskosni ulagač oblikuje sjetvenu brazdicu. Iz zračnoga sjetvenog aparata s podtlakom jednakomjerno se izdvaja po jedna sjemenka i ulaže na dno brazdice. Preciznu i stalnu dubinu sjetve osiguravaju dva samočišćenja kotača. Čeličnim oprugama tlačeni pritiskujući kotači postavljeni u „V“ položaj daju potreban tlak na tlo, kako bi sjeme bilo pokriveno i priljubljeno uz sjetvenu posteljicu. Sijačica je vrlo precizna do brzine oko 8,5 km/h.



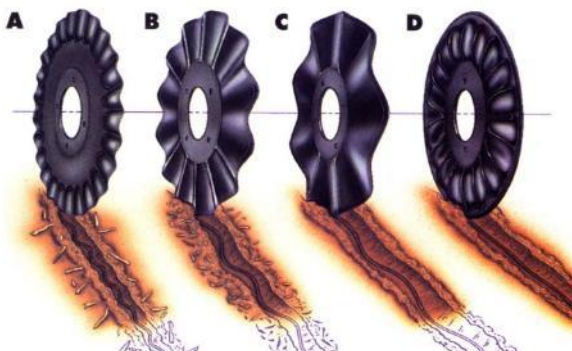
Slika 67. Sijačica s podtlakom Max Emerge 2, John Deere [52]



Slika 68. Elementi sekcije sijačice s podtlakom Max Emerge 2, John Deere [52]

- 1 – jednostruki disk za ulaganje gnojiva 2 – valoviti ozubljeni disk – otvarač brazde
 3 – ulagač sjemena 4 – pritisni kotači 5 – opruge za regulaciju penetracije

Pneumatska sijačica s podtlakom, Max Emerge 2, crtalom (disk) presijeca biljne ostatke i pravi prorez za sjetveni red. Iza crtala su postavljena dva diska u „V“ položaj, koja otvaraju prorez u koji se ulaže sjeme. Preciznu i stalnu dubinu ulaganja sjemena osiguravaju dva samočišćea kotača, obostrano postavljena neposredno uz „V“ diskove. Pritiskujućim kotačima ostvaruje se neposredan kontakt sjemena sa sjetvenom posteljicom. Sijačica omogućava preciznu sjetvu pri brzinama i do 15 km/h.



Slika 69. Crtala sijačice Max Emerge 2, John Deere [52]

- A – 25 valova širine 16 mm, predviđeno za tlo s manje rezidua, zona obrade 22 mm;
 B – 13 valova širine 18 mm, univerzalno za no-till uvjete i brzine ispod 10 km/h, zona obrade 25,4 mm;
 C – 8 valova širine 25,4 mm, namijenjeno brzinama iznad 9 km/h, zona obrade 38 mm;
 D – crtalo s izbočinama ostvaruje najbolje prodiranje u tlo i rezanje biljnih ostataka, minimalna zona obrade.



Slika 70. Sijači aparat sijačice s podtlakom, Max Emerge 2, John Deere [52]

Proizvođač poljoprivrednih strojeva Lemken konstruirao je i proizveo mehaničko pneumatsku sijačicu za strne žitarice u jednom proходу pod nazivom Compact-Solitair^{plus}. Sijačica se sastoji od sklopa alata za obradu tla, gumenog valjka i ulagača sjemena. Proizvođač je izradio nekoliko različitih sklopova alata za obradu izoranog ili "nedirnutog tla", koji se dograđuju ispred sijačice. Sijačica se izrađuje u varijantama zahvata od 3, 4, 5 i 6 m, zapremine spremnika za sjeme od 3500 i 4500 l, te zahtijeva traktor snage motora u rasponu 88 kW (120 KS), 110 kW (150 KS), 132 kW (180 KS) i 155 kW (210 KS). Shodno navedenom radnom zahvatu, masa sijačice je u rasponu 3590 - 7140 kg.



Slika 71. Mehaničko-pneumatska sijačica Compact-Solitair 9^{plus}, Lemken [56]



Slika 72. Hidraulički podesivi opružni prsti ravnaju i izorano tlo, Lemken [56]

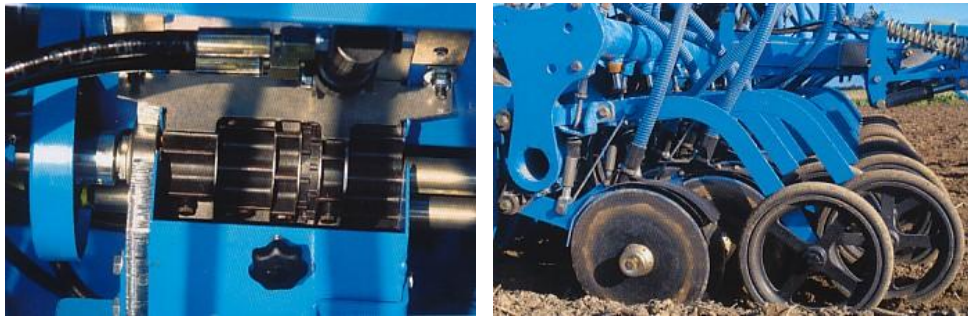


Slika 73. Plitku obradu učinkovito obavljaju dva reda nazubljenih tanjura, preko lisnate opruge priključena o okvir sijačice. Promjer tanjura je 465 mm, širine 5 mm i vertikalno su podesivi, Lemken [56]



Slika 74. Ravnanje i učvršćenje-konsolidaciju obrađene površine obavlja valjak od gumenih pneumatika, Lemken [56]

U osnovnoj izvedbi sijačica je opremljena pneumaticima promjera 1097 mm, a kao opcija nude se pneumatici dimenzija 420/65 R20 koji zahtijevaju unutrašnji tlak od samo 0,8 bara.



Slika 75. Šest dijelni dozirni valjak (lijevo) i dvostruki diskosni ulagači s pritiskujućim kotačima, Lemken [56]



Slika 76. Hidrauličko podešavanje i pokazivač radne dubine tanjura (lijevo) i Solitronic PRO za upravljanje i nadziranje rada stroja, Lemken [56]

U švedskoj tvornici poljoprivrednih strojeva „Väderstad“ već dvadesetak godina razvijaju stroj Rapid i kombinirane alate za više operacija, pa stroj obrađuje tlo, ravna, sije i valja – sve u jednom proходу. Njime se može sijati veliki broj kultura, od djeteline i trava preko strnih žitarica do suncokreta i kukuruza. Integriranim agregatom Rapid usijava se jednako dobro u orano i klasično priređeno tlo za sjetvu, te međuusjeve poslije žetve postupkom konzervirajuće obrade, čak i ako je puno biljnih ostataka na površini tla.



Slika 77. Sijačica Rapid s traktorom Case Steiger Quadratrak [64] [48]

Sijačica Rapid tvrtke Väderstad zahvata 6 m (Slika 78) obrađuje tlo, mehanički izuzima sjeme i sije (pneumatski transport sjemena u ulagač) u jednom proходу pšenicu (slikano u Mađarskoj, 2007.god.). Dva reda alata obrađuju tlo, treći sije, a iza se nalazi valjak od niza guma i niz elastičnih prstiju-elastična brana (Slika 79.). Preporučena nazivna snaga motora traktora za ovu sijačicu je 328 kW (446 KS) pri 2000 okretaja/minuti, a na priključnom vratilu nazivna snaga je 335,8 kW (457 KS) pri 1600 okretaja/minuti. Specifična potrošnja goriva 236 g/kWh, odnosno 211 g/kWh.



Slika 78. Sijačica Väderstad Rapid 300 (Foto R. Zimmer)

Za manja gospodarstva, Rapid (Väderstad) zahvata 3 m vrhunski je integrirani stroj za istovremenu obradu tla i sjetvu svih kultura. Treba ga priključiti uz traktor snage motora od min 103 kW (140 KS) do max 140 kW (190 KS) i raditi s radnom brzinom i do 12 km/h. Ta bi sijačica mogla biti "mjera" opremanja manjih gospodarstava.

Rapid zahvata 6 ili 8 m može raditi radnom brzinom od oko 15 km/h i pri tome postiže učinke i preko 10 ha/h, ali je za taj posao potreban moćan traktor, najbolje s gumenim gusjenicama (Slika 77.).



Slika 79. Radni dijelovi sijačice Rapid i njihovo djelovanje u tlu, Väderstad [64]

U zoni 1, dva reda nazubljenih tanjura priređuju sjetveni sloj. U zoni 2, tri ulagača precizno polaže sjeme, a u zoni 3, uz pomoć gumeni valjak priljubljuje sjeme s dnom brazdice, te na kraju elastični prsti zagrću površinu iznad sjemena kako bi se smanjila evaporacija.



Slika 80. Nazubljeni disk - ulagač sjemena sijačice Rapid, Väderstad [64]



Slika 81. Integralni agregat Spirit 600 za obradu i sjetvu strnina, Väderstad [64]



Slika 82. Integralni agregat Seed Hawk 600C, Väderstad [64]

- 1 - Gumeni pritiskujući kotači 2 - Motičice ulagači (F= 150 kg/ulagaču)
 3 - Razdjelna glava sijačice 4,5 - Spremnik 3750 L, pogon sijačnih valjaka hidromotorom
 6 - Puhalo 7 - Radar 8 - ovjes sijačnih jedinica 9 - Upravljačko-nadzorna elektronička jedinica



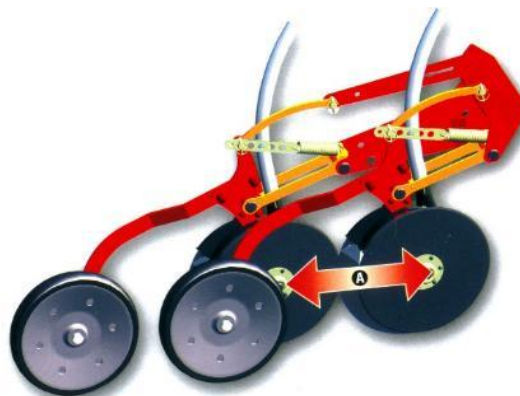
Slika 83. Prilagodba sijačnih jedinica agregata Seed Hawk mikroreljefu, Väderstad [64]

Seed Hawk se proizvodi u izvedbi $B_r= 400-600-800$ cm, razmak redova $b= 25$ cm i 75 cm, broj redova $n=16-24-32$, preporučena snaga $P= 59-88; 88-132; 118-177$ kW, deklarirani učinak $W_h= 3,85$ ha



Slika 84. Integralni agregat Moduliner 2800 za obradu i sjetvu strnina, Kuhn [55]

Ovaj integralni stroj, kojega čine zvrk drljača + zupčasti valjak i pneumatska sijačica, ima radni zahvat $B_r= 600$ cm, zapremina spremnika $V_s= 2800$ (3500) L, razmak redova $b= 12.5$ cm, broj redova $n=40, 48$, preporučena snaga traktora $P= 257$ kW, deklarirani učinak $W_h= 7-9$ ha



Slika 85. Sijača jedinica Seedflex sastavni dio Moduliner-a 2800, Kuhn [55]

Specifičnost ove sijače jedinice je postrana-off set postava diskosnih ulagača s međurazmakom 35 cm.



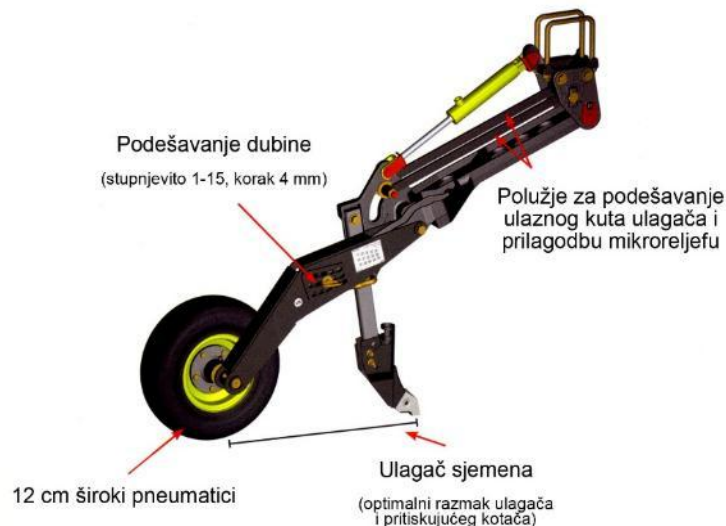
Slika 86. Integrirani agregat za obradu i sjetvu SL 400 (D-D-T), Simba [62]

Ovaj stroj se proizvodi u dvije izvedbe 1- disk-rovilo-disk (D-T-D) i disk-disk-rovilo (D-D-T)+valjak + sijačica za uljanu repicu i sitno zrnate usjeve. Nazubljeni diskovi su promjera $\varnothing = 510$ mm, razmaka 125 mm, za $B_r = 400$ i 500 cm, a $\varnothing = 610$ mm za $B_r = 700$ cm, kut diskova je podesiv u rasponu $0-25^\circ$, broj zubaca rovila je $n=10-16$, dubina obrade $a= 150-250$ mm u šest stupnjeva s korakom 25 mm, preporučena snaga $P= 147-184; 184 - 221; 221 - 258$ i > 331 kW, deklarirani učinak $W_h= 3,3$ ha.

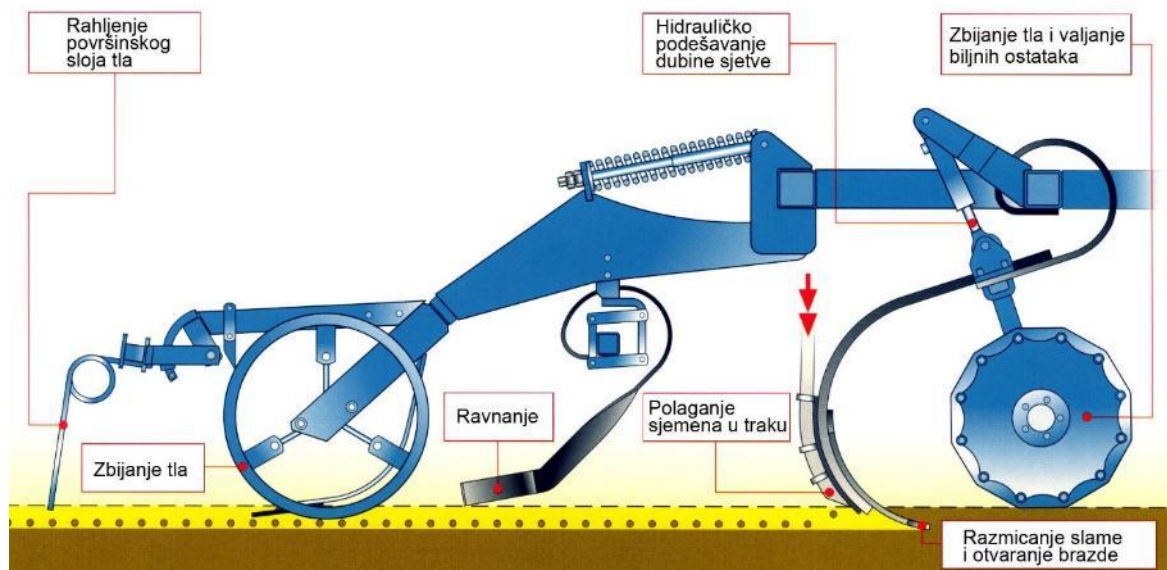


Slika 87. Integrirani agregat Air Seeder 6550 ST, Bourgault [47]

Ovaj agregat sačinjavaju: 1- rovilo-ulagač s integriranim razdjelnikom za sjeme i centralnim spremnikom nosivosti do 15 tona sjemena i centralnim sijačim aparatom, te puhalom za transport sjemena do razdjelnika. Kapacitet punjenja spremnika je $2,3 \text{ t min}^{-1}$. Rovilo-ulagač se proizvodi u 5 varijanti radnog zahvata u rasponu $B_r = 12,12 - 22,72 \text{ m}$. Razmak motičica-ulagača $b = 25,4 - 30,5 \text{ cm}$, a sila prodiranja $F = 31,7 - 90,7 \text{ kg}$ (podesiva iz kabine)



Slika 88. Ulagačka sekcija agregata Air Seeder 6550 ST, Bourgault [47]



Slika 89. Sekcija agregata serija Ultima, Köckerling [53]

Agregat se proizvodi u varijantama $B_r = 300-400-450-600 \text{ mm}$, , broj redova $n = 17-23-25-33$, širina trake sjemena 60 mm , a razmak traka $175-180 \text{ mm}$, spremnika za sjeme $V_s = 2500 \text{ L}$, opterećenje po ulagaču $F = 230 \text{ kg}$, preporučena snaga $P = 100-125-140-170 \text{ kW}$.



Slika 90. Ulagačka sekcija agregata serija Ultima, Köckerling [53]

6. GUME ZA POLJOPRIVREDNE STROJEVE I ORUĐA

Gume za poljoprivredne strojeve danas u svijetu proizvodi niz tvornica, a najpoznatije su Goodyear, Dunlop, Michelin, Continental, Pirelli, Fulda, Kelly-Tires, Kleber, Trelleborg, Vredestein, Sava i dr.

Prvu gumu proizveo je Amerikanac Goodyer 1839. god. grijući smjesu kaučuka i sumpora (3-5 %) jedan sat na temperaturi od 130 – 140 °C. Englez Th. Hancock došao je do istog otkrića, ali četiri godine kasnije (1843. god.).

Zrakom napunjeno gumeno crijevo ovijeno oko kotača tricikla patentirao je John Boyd Dunlop 1888. godine. Vezano uz proizvodnju guma navode se sljedeći važniji događaji:

- 1895. proizvedena je prva guma za automobile,
- 1917. u proizvodnji guma koristi se čađ i oblikuje profil,
- 1825. prva plantaža kaučuka tvrtke Michelin u Indokini,
- 1938. tzv. metalik guma s čeličnom karkasom,
- 1946. patentirana je radijalna guma,
- 1952. primjena radijalnih guma na kamionima i
- 1979. počinje proizvodnja zimskih guma.

Zahtjeve na gume pri radu strojeva u polju i vožnji cestom najpoznatiji proizvođač pneumatika, tvrtka Goodyear, prikazuje na sedam radijalnih pogonskih guma serije OPTITRAC (Tablica 2), koje mogu biti istog opsega, a različite izvedbe, kao što su uske, standardne, široke, super široke, velikoga volumena i super velikoga volumena.

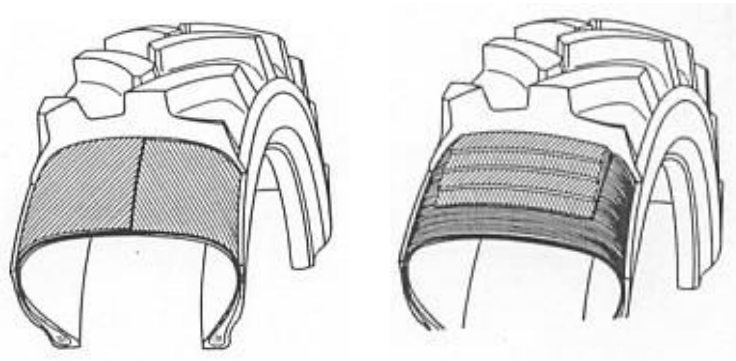
Tvrtka Michelin svoje gume za poljoprivredu razvrstava u sljedeće grupe:

- gume za tačke i kolica na guranje, za okretače sijena i sijačice. Dimenzije su 3,5 ili 4,00-4, 4,00-6 i 4,00-8, a nosivost je u rasponu od 195 do 300 kg;
- gume za male traktore i freze za obradu tla,
- radijalne gume za prikolice, od kojih je npr. guma dimenzije 18 R 22,5, širine 453 mm, vanjskoga promjera 1166 mm, nosivosti od 1620 kg, napumpana na 1,5 bara, do 4500 kg napumpana na 4,0 bara. Novo razvijene gume za prikolice mogu biti znatno šire i više te s povećanom nosivosti kod svega 0,8 bara u radu na polju;
- gume za rad u šumi;
- prednje traktorske gume ili gume za upravljanje (nisu pogonske);
- MPT nisko profilne gume za povećane brzine, visoke nosivosti;
- gume za njegu usjeva dimenzija od 9,5-32 do 11,2-24 (270/95R54), uske;
- standardne pogonske gume;
- široke gume s velikim volumenom zraka;

- super široke i
- terra gume širine do 1080 mm, npr. na kombajnama za ubiranje repe s tlakom od 0,4 bara.

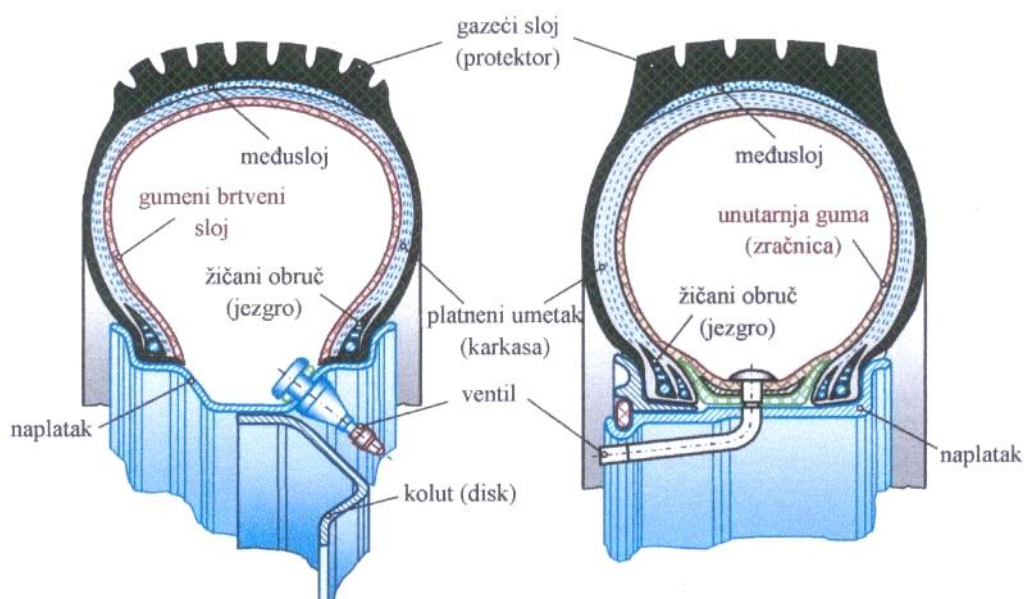
Tablica 2. Područja korištenja radijalnih pogonskih guma Goodyear Optitrac [65]

Opis	Tipovi i namjena pogonskih guma Goodyear Optitrac						
	DT 800	DT 806	DT 812	DT 818	DT 824	DT 830	DT 822
Širina (mm)	270	280-420	420-620	420-680	540-620	750-900	620-800
Glavno obilježje gume	Uske	Standardne	Široke	Super široke	Volumne	Super volumne	Super volumne
Tlak u gumu od (bar)	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Redne kulture, okopavine							
Voćarstvo							
Vinogradarstvo							
Traktori – pogonski kotači (0-74 kW)							
Transport							
Travnjak							
Traktori – pogonski kotači (74-147 kW)							
Transport							
Priprema tla							
Traktori – pogonski kotači (147-221 kW)							
Transport							
Priprema tla							
Poljske prskalice							
Žetveni strojevi (repa, krumpir)							
Žitni i krmni kombajn							
Berači grožđa							



Slika 91. Građa dijagonalne i radijalne gume

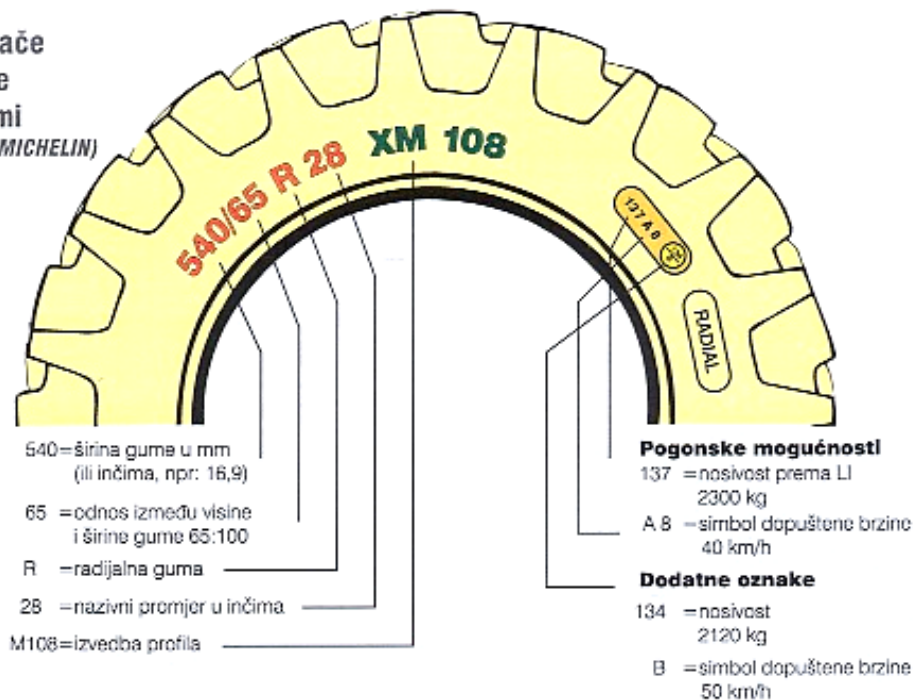
Svaki proizvođač svoje gume označava kombinacijom velikih i malih brojeva i slova, odnosno riječju. Dimenzije gume označene su u inčima ili milimetrima, a kod nekih su kombinirane jedne i druge oznake. Ostale oznake označuju maksimalno dopuštene brzine s obzirom na teret i nosivost gume. Potrebni tlak zraka u gumama, s obzirom na osovinsko opterećenje, brzinu rada, vožnju po cesti ili u polju, proizvođač daje u Priručniku.



Slika 92. Presjek gume na različitim naplaticima

U pravilu, kod vožnje cestom viši tlak u gumama smanjuje otpor kretanja (kotrlljanja) i potrošnju goriva, osigurava sigurnije upravljanje i bolju sposobnost za istovar (kipanje) i za kočenje. Ako se agregat kreće po polju u gumama treba biti niži unutarnji tlak da bi se smanjila dubina traga kotača, smanjilo proklizavanje, ostvario veći komfor za vozača i postigla viša vučna sila uz prihvatljivu potrošnju goriva. Česta izmjena unutarnjega tlaka zraka u gumama kod većine korisnika nije prihvaćena pa su se na tržištu pojavili uređaji kojima se tlak u gumama može regulirati iz kabine. Takvi uređaji nisu jeftini (3200-8500 €), ali ispravnim unutarnjim tlakom u gumama stupanj iskorištenja i ušteda na dizelskom gorivu je oko 10%.

**Što znače
oznake
na gumi
(prema: MICHELIN)**



Slika 93. Oznake na gumi [66]

Dobro odabrane gume mogu sačuvati mrvičastu strukturu tla, omogućiti život kišnih glista i gujavica, za koje kažemo da su „najbolji ratari“. Ako se zbije tlo visokotlačnim gumama, naročito po mokrom, činimo štetu za nekoliko godina unaprijed, jer ćemo morati provesti skupu obradu plugom, podrivanje i višekratnu dopunsku obradu radi stvaranja mrvičaste strukture. Tlo je trofazni sustav u kojem je vodno-zračni režim tla najpovoljniji kod odnosa kruta faza : zrak : voda = 50 : 25 : 25. Činjenica je, da rukovatelji strojeva, u pravilu, ne kontroliraju tlak u gumama, a kada se probušena guma popravi i napuni kompresorom bez manometra, iskustvena provjera tlaka u gumi obavlja se udarcem čizme po gumi.

Najveći tlak gume na tlo nastaje uvijek na dodirnoj površini, međutim najveća zbijanja tla očituju se u dubljim slojevima. Srednji tlak dodirne površine može se procijeniti na temelju opterećenja kotača i dodirne površine. Ako je guma relativno mekana u odnosu na čvrstoću tla i ako se koristi u donjem području zračnog tlaka, važi slijedeće pravilo: srednji tlak dodirne površine (bar) = zračni tlak (bar) + bočni tlak na stjenku brazde ili faktor krutosti stjenke gume (bar). Približne vrijednosti za bočni tlak na stjenku brazde su za dijagonalne gume visoke čvrstoće 0,5 bara, velike radijalne gume na pogonskim kotačima 0,4 bara i za široke gume 0,2 – 0,3 bara. Smatra se kako štetna zbijenost nastaje kod suhih tala kada je srednji tlak veći od 25 N/cm² (2,5 bara), a kod vlažnih 10 N/cm² (1 bar). To znači, ako se na pogonskim kotačima koristi velika radijalna guma, unutarnji tlak u njoj smije biti maksimalno 1,79 bara pri radu u suhom, odnosno 0,71 bara u vlažnom tlu. Niske vrijednosti postižu se pomoću niskoga zračnoga tlaka i mekane bočne stjenke gume. Niži tlakovi u pneumaticima „štede“, gornji sloj tla, ostavljaju manje dubine tragova, a pri jednakoj širini pneumatika i manji otpor kotrljanja. Osim srednjega tlaka dodirne površine na tlo, u obzir treba uzeti i utjecaj tlaka na dublje slojeve tla, koji se u stručnoj literaturi prikazuje u obliku „tlačne lukovice“ ili kao „školjkasti“ dijagram.

Veliki svjetski proizvođači traktora s opravdanjem razmišljaju gdje je granica racionalnog korištenja traktora s kotačima, a gdje počinje racionalna primjena traktora s gusjenicama. Prema nekim inozemnim stručnjacima traktori snage motora oko 257 kW (350 KS) trebaju imati ne samo dvostruke, već i trostruke kotače - dakle 12 kotača. U Hrvatskoj,

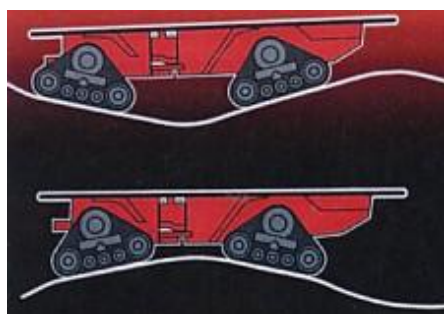
prema našim mišljenju, ta granica je daleko ispod 221 kW (300 KS), čak oko 147 kW (200 KS), tj. na granici na kojoj je započela proizvodnja zglobnih traktora s jednakim kotačima i s njihovim udvajanjem. Još prije 4 decenije praktični rezultati ukazali su da nema smisla dalje povećavati snagu motora, ako se ne riješi način „prianjanja na tlo“ - trakcija. Danas smatramo da su rješenje – gumene gusjenice, bilo da je u pitanju osnovna obrada tla (Slika 94.), dopunska obrada tla (Slika 95.) ili pak obrada tla i sjetva u jednom proходу (Slika 96.).



Slika 94. Traktor s gumenim gusjenicama tipa Case Steiger-Quadtrac. Širina gusjenice je 76 cm, kontaktna duljina 205 cm /gusjenici, klizanje između 4 – 6%, a specifični pritisak na tlo $\leq 0,4 \text{ kg/cm}^2$ [48]



Slika 95. Gusjenica Quadtrac-a automatski se napinje i čisti [48]



Slika 96. Gumene gusjenice prilagođuju se podlozi neovisno i stalno [48]



Slika 97. Traktor Challenger s oruđem Rexius-Twin u dopunskoj pripremi tla za sjetvu [45] [64]

Novo proizvedeni priključak za dopunsku pripremu tla Rexius – Twin mase od 1450 kg po metru zahvata najbolje je agregatirati s traktorom s gumenim gusjenicama, jer one najbolje „hvataju tlo“. Prednji zupci (motičice) popunjavaju suvišne šupljine u donjim područjima plužnog horizonta, a udvojeni valjkasti prsteni učvršćuju gornji dio tla i istovremeno utiskuju grube grude. Tako koncipiran priključak zamjenjuje jedan, a dijelom i dva prohoda sa zvrk (kružnom) drljačom i optimalno priređuje tlo za sijačicu Rapid.

Stupanj zbijenosti tla ne ovisi samo o tlaku na tlo, nego ga ukupno određuju sljedeći faktori:

- vlažnost tla (dominantna je),
- vrsta tla, tlak na tlo,
- stanje obrađenoga tla,
- stupanj deformacije pomicanja tla,
- udio vode i zraka u tlu i
- brzina zbijanja.

Zbijanje tla moguće je u znatnoj mjeri smanjiti, ukoliko se u tehnologiji proizvodnje bilja pridržava sljedećih pravila:

- izbjegavati rad po mokrom tlu,
- izbjegavati stvaranje dubokih tragova,
- ograničiti broj prohoda poljoprivredne tehnike,
- koristiti gume velikoga volumena,
- zračni tlak u gumama održavati što je moguće nižim,
- koristiti udvojene gume, široke (420-620 mm), super široke 420-680 mm), volumne (540-620 mm) i super volumne (750-800 ili 900 mm),
- kontrolirati proklizavanje,
- ne eksploatirati teži traktor i priključak ako nije neophodno,
- uskladiti širinu gume i zahvat lemeša (raonika),
- težiti preraspodjeli opterećenja na gume,
- ugraditi uređaj za podešavanje unutrašnjeg tlaka u gumama i
- ako je moguće, voziti brže.

7. EKSPLOATACIJSKE KARAKTERISTIKE TRAKTORA

Budući je traktor osnovna energetska-pogonsko-vučna jedinica u poljoprivredi, za sada je njegova zadaća u području obrade tla i sjetve nezamjenjiva. Traktor mora osigurati slijedeće: 1. pogon radnih dijelova tzv. aktivnih oruđa za obradu tla i sijačica, 2. vučnu silu za rad pasivnih oruđa za obradu tla, ali i vuču aktivnih oruđa i sijačica. Nužno je dobro poznavati eksploatacijske karakteristike traktora kako bi racionalno koristili njegove mogućnosti uz postizanje odgovarajuće kvalitete rada priključnih oruđa i strojeva. Eksploatacijske karakteristike traktora diktiraju slijedeći elementi: snaga motora, transmisija-mjenjač, traksijski uređaji i fizičko-mehaničke karakteristike tla. U daljnjem tekstu obrađene su upravo navedene karakteristike.

7.1 Osnovne karakteristike modernih dieslovih motora

Snaga - P

Snaga, fizikalna jedinica predstavlja rad (W) u vremenu (t), a izražava se u vatima (Watt). Rad (W) je definiran kao sila (F) na putu-kraku (s) $W = F \times s$ ili l izražen u [Nm]. Kod motora se sila (F) realizira u vidu zakretnoga momenta M_z , a put ili krak i vrijeme predstavlja frekvencija vrtnje $2\pi \times n$.

$$snaga(P) = \frac{rad(DW)}{vrijeme(Dt)} [W] \quad (1)$$

Određivanje snage motora s unutarnjim izgaranjem (UI) obavlja se mjerenjem na kočnici. Efektivnu snagu motora P_e definiraju slijedeći čimbenici:

$$P_e = M_z \cdot \omega = \frac{2\pi \cdot M_z \cdot n}{60000} kW = \frac{kNm \cdot s^{-1}}{s} \quad (2)$$

P_e - efektivna snaga [kW]

π - Ludolfov broj 3,14....

M_z -zakretni moment motora [Nm]

ω -kutna brzina [s^{-1}]

n- broj okretaja motora [min^{-1}]

60000- korekcijski faktor za jedinice [1000 (Nm>kNm); 60 (min>s)].

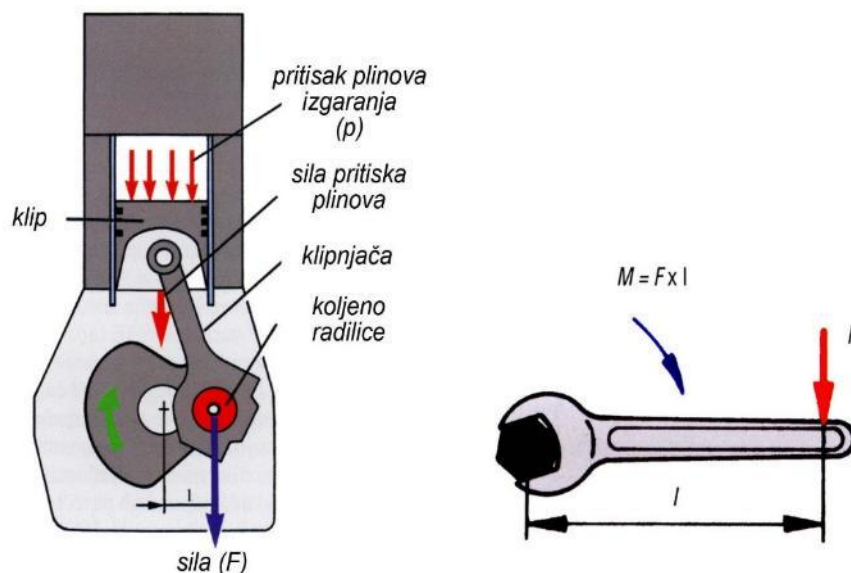
Praktično se snaga motora određuje računski, jer mjerenjem zakretnoga momenta M_z na kočnici, a pri različitim brojevima okretaja, odnosno pri različitim razinama opterećenja motora, dobivamo osnovne elemente jednadžbe (2) kojima možemo izračunati snagu motora. Puno opterećenje motora režim je rada pri kojem motor još uvijek radi bez smanjivanja ili pada broja okretaja. Najveća trajna snaga motora je ona koju motor ostvaruje bez pregrijavanja. Motor je najekonomičniji u području broja okretaja s najmanjom specifičnom potrošnjom goriva. To je *de facto* područje snage (P) pri najvećem zakretnom momentu ($M_{z \max}$), a nižem broju okretaja (n) od onog pri stalnoj snazi (P).

Zakretni moment - M_z

Ekspanzija plinova nastalih izgaranjem goriva u cilindru motora stvara tlak-silu na čelo klipa koji/a ga/se prenosi na klipnjaču, a s nje na radilicu ili koljenasto vratilo kao zakretni moment, Slika 98. Veličina-iznos zakretnoga momenta zavisi o veličini sile (F) koja djeluje na čelo klipa, a shodno položaju klipnjače i udaljenosti koljena radilice do njene simetrale (l -krak). Umnožak sile (F) koja djeluje na koljeno izražen u njutnima (N) i dužine koljena od simetrale radilice izražena u metrima (m) daju zakretni moment M_z izražen u njutn metrima (Nm). Zakretni moment motora nema najveću vrijednost ni pri najvećoj snazi i broju okretaja, a ni pri maloj snazi i niskome broju okretaja i to zbog slijedećeg:

- pri većem broju okretaja motora punjenje cilindara zrakom je slabije pa je i izgaranje slabije-nepotpuno, a zbog visoke frekvencije vrtnje otpori trenja su veliki, te se i značajan dio energije goriva troši na svladavanje trenja i nije na raspolaganju,
- pri niskim okretajima motora količina ubrizganoga goriva relativno je mala, a tada se energija goriva troši gotovo isključivo na savladavanje otpora trenja u motoru.

Svaki motor s unutrašnjim izgaranjem ima područje frekvencije vrtnje-broja okretaja unutar kojeg je energija izgaranja goriva dostatna za svladavanje otpora trenja i za obavljanje rada. To znači da je u tome području broja okretaja motor najkorisniji i najekonomičniji.



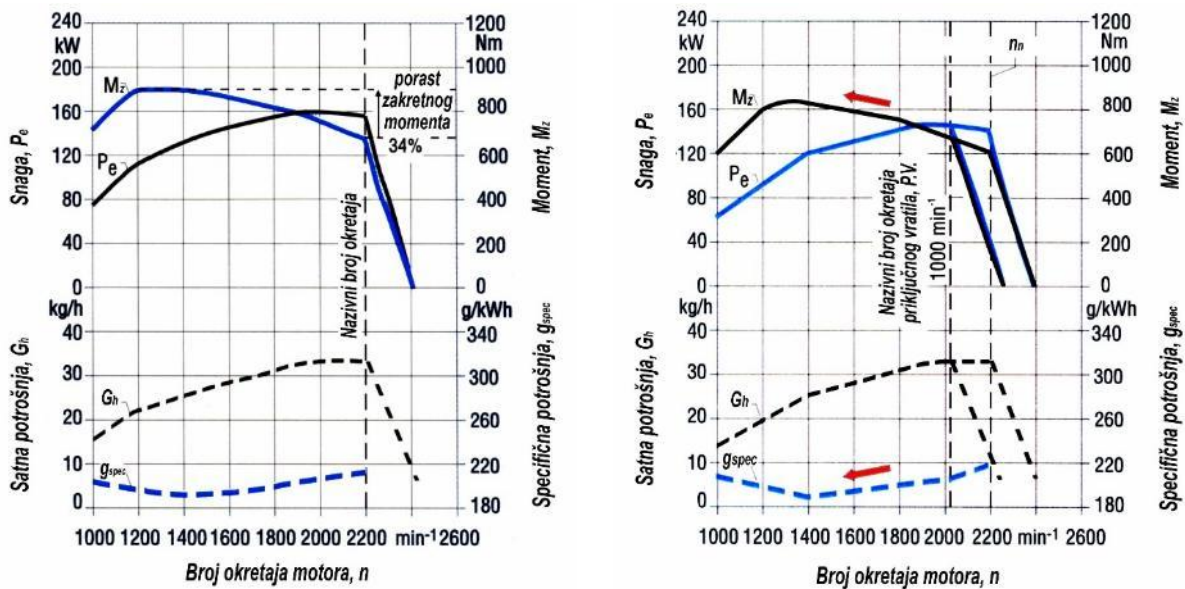
Slika 98. Stvaranje zakretnog momenta (M_z) [25]

Broj okretaja motora - frekvencija vrtnje - n

Nazivni ili nominalni broj okretaja je onaj pri kojem motor proizvodi-postiže najveću-maksimalnu snagu (to vrijedi za starije generacije motora traktora). Iznad nazivnoga broja okretaja snaga motora počinje opadati, jer regulator koji osigurava pravilan rad motora u tome momentu počinje smanjivati količinu goriva, smanjujući time broj okretaja motora. Današnja generacija Diesellovih motora opremljena je elektroničkim regulatorima brzine vrtnje. Raspon maksimalnog broja okretaja Diesellovih motora u traktorima je $n = 2000 - 2600 \text{ min}^{-1}$.

Elastičnost motora i porast zakretnog momenta

Elastičnost motora karakteristika je motora s UI, a njezin efekt očituje se kada zbog iznenadnoga porasta opterećenja počinje smanjivanje broja okretaja motora, a time i ostvarene snage. Smanjenjem broja okretaja motor se ne zaustavlja, već dolazi u područje porasta zakretnog momenta, a na taj način motor svladava iznenadna preopterećenja. Motor s većom elastičnosti, ili elastičniji motor, se pri iznenadnom preopterećenju ne počne odmah zaustavljati, već upravo porast zakretnoga momenta svladava to iznenadno preopterećenje. Stoga, vozilo-traktor s elastičnim motorom ne treba u toj situaciji mijenjati stupanj prijenosa iz višeg u niži da bi svladao opterećenje, već to čini upravo motor svojim konstrukcijskim značajkama. Današnja generacija Diesellovih motora ugrađenih u traktore ima porast momenta i u rasponu od 30-50%.



Slika 99. Karakteristične krivulje četverotaktnog Diesellovoga motora [34]

$$\text{Porast momenta } M_{z\Delta} = \frac{(M_{z\max} - M_{zn})}{M_{zn}} \times 100 \quad [\%] \quad (3)$$

7.2 Mapa efikasnosti motora

Mapa učinkovitosti motora ili tzv. "školjkasti dijagram" izuzetno je korisna za odabir motora i za odabir željenih radnih točaka. Slika 100. prikazuje mapu učinkovitosti Diesellovoga motora s izravnim ubrizgavanjem (DI) i regulatorom brzine vrtnje. Brzina vrtnje motora, zakretni moment i snaga iskazani su kao postotak vrijednosti kod regulatorskoga maksimuma. Krivulja koja seže od točke **A**, prolazi točkom **B** i vodi do točke **C** je krivulja maksimalnoga zakretnog momenta motora zavisno broju okretaja ili brzini vrtnje. Sve, punom linijom ucrtane konture-linije prikazuju različite kombinacije: moment (M_z) : broj okretaja (n), a pri konstantnoj specifičnoj potrošnji goriva na kočnici¹ (g_{spec}). Svaka od crtkanih linija na mapi prikazuje različite kombinacije moment (M_z) : broj okretaja (n), ali pri konstantnoj snazi na kočnici (P_b).

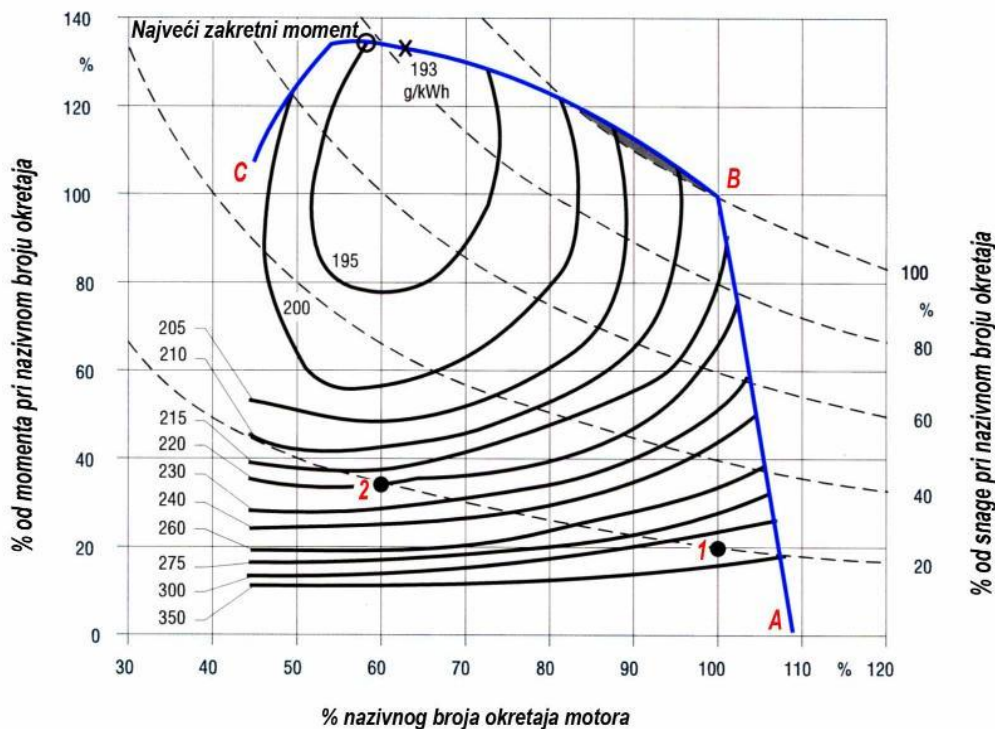
¹ Određivanje osnovnih karakteristika-značajki motora obavlja se tzv. "kočenjem" hidrauličkom ili električnom kočnicom, tako da se motor kontrolirano i postepeno opterećuje, a pri tome se mjere: zakretni moment, broj okretaja, potrošnja goriva, temperatura i vlažnost ambijentalnog zraka.

Točka **A** na mapi je *točka tzv. visokog praznog hoda*, jer motor radi pri visokom broju okretaja, ali bez opterećenja. Dio krivulje između točaka **A** i **B** je područje u kojem motor radi pod nadzorom regulatora, odnosno regulatorski dio krivulje. U tome području regulator nadzire i regulira količinu goriva za svladavanje opterećenja, ali uz što manju promjenu brzine vrtnje motora. Točka **B** je *tzv. vršna-maksimalna točka regulatorskog dijela krivulje*. Ukoliko se motor dodatno optereti iznad te točke, regulator ne može više povećati količinu goriva i brzina vrtnje motora intenzivno se smanjuje. Visoko "postavljen" regulator dopušta male promjene brzine vrtnje u području između točaka **A** i **B** i obratno. Dio krivulje između točaka **A** i **B** odgovara podešavanju jednoga položaja-pozicije ručice regulatora brzine vrtnje. Promjenom položaja te ručice, dio krivulje između **A** i **B** u osnovi se pomiče ili lijevo ili desno od početne pozicije.

U području između točaka **B** i **C** rad motora kontrolira opterećenje; brzina vrtnje upravljana je samo opterećenjem zakretnog momenta motora. Dio krivulje između točaka **B** i **C** naziva se i *područjem vuče*. Porast zakretnog momenta od točke **B** do točke najveće vrijednosti na krivulji zakretnog momenta naziva se *rezervom momenta ili porastom momenta*. Rezerva momenta uobičajeno se iskazuje kao postotni dio zakretnog momenta pri regulatorskom maksimumu, odnosno, omjer maksimalne vrijednosti momenta $M_{z \max}$ i momenta pri maksimalnoj snazi $M_{z P_{\max}}$. Velika rezerva zakretnog momenta daje motoru mogućnost prilagodbe, to jest svladavanje trenutnog preopterećenja bez zaustavljanja motora. Kontinuirani rad u *području vuče* u biti je nepovoljan, jer regulator nije u mogućnosti nadzirati i upravljati brzinom vrtnje motora.

Porast momenta u osnovi "odgađa" smanjenje broja okretaja motora, jer motor ulazi u područje kontrole opterećenjem, to jest motor je "sposoban" raditi u području *konstantne snage*, a to je povoljna značajka. Kako je vidljivo iz Slike 100., motor ima gotovo konstantnu snagu u području između 80-100% nazivnog broja okretaja.

Usporedba mapa učinkovitosti motora različitih proizvođača korisna je za odluku izbora motora, shodno namijenjenom poslu. Mape učinkovitosti prikazuju izlazne snage motora mjerene na kočnici, a pri istovjetnoj specifičnoj potrošnji goriva. Najniža specifična potrošnja goriva obilježava najučinkovitiji motor. Uz rečeno, mapa učinkovitosti omogućuje izbor tražene radne točke za određeni motor. Valja uočiti da slabo opterećeni motor ima vrlo visoku specifičnu potrošnju goriva, zbog toga što dio energije goriva služi svladavanju otpora trenja. Specifična potrošnja jako opterećenoga motora niža je pri nižoj brzini vrtnje, jer se trenje smanjuje s kvadratom brzine vrtnje. Smanjenje položaja visokog praznog hoda na približno 95% smanjuje specifičnu potrošnju kod regulatorskog maksimuma s 210 g kWh^{-1} na 200 g kWh^{-1} , što je gotovo 5% uštede goriva. Usprkos svemu, motor će imati manju rezervu momenta pri nižem položaju regulatora brzine vrtnje. Traktor uz opterećenje motora od 20% i nazivni broj okretaja ima specifičnu potrošnju goriva $g_{\text{spec.}} = 320 \text{ g kWh}^{-1}$ (točka **1**), dok uz opterećenje od 85% i 63% nazivnoga broja okretaja postiže minimum $g_{\text{spec.}} = 193 \text{ g kWh}^{-1}$, oznaka **X** na krivulji. Mogućnosti uštede goriva nalazimo i korištenjem tzv. "šparnoga" stupnja prijenosa, što prikazuje slijedeći primjer: U točki **1** motor traktora radi pri samo 20% opterećenja (transport po javnome putu), ali kod 100% brzine vrtnje i brzine kretanja $v = 40 \text{ km h}^{-1}$. U tom radnom režimu ima specifičnu potrošnju $g_{\text{spec.}} = 320 \text{ g kWh}^{-1}$. Prebacivanjem mjenjača u "šparni" stupanj, brzina vrtnje motora smanjuje se na 60% nazivne, a brzina kretanja na $v = 25 \text{ km h}^{-1}$. Specifična se potrošnja smanjuje na $g_{\text{spec.}} = 220 \text{ g kWh}^{-1}$ (točka **2**), odnosno, za 31,2 %, a uz to se smanjuje i razina buke kod uha rukovatelja za 10-15%, što odgovara upola manjem zvučnom tlaku.



Slika 100. Mapa učinkovitosti motora [32]

Visoku rezervu zakretnog momenta trebaju motori poljoprivrednih traktora, budući da njihovo radno opterećenje izuzetno varira čak unutar jedne parcele. Ekonomična potrošnja goriva postiže se radom u području nadzora regulatora brzine vrtnje, ali uz opterećenje blizu vršne točke regulatora.

7.3. Trakcijski uređaji

Trakcijski, a ujedno i vozni, uređaji traktora moraju u osnovi ispunjavati slijedeće uvjete:

- redukcija-smanjenje pritiska mase traktora na tlo, uključivo priključna oruđa,
- prijenos sile-zakretnoga momenta motora na tlo, zbog svladavanja otpora kretanja i vučnog otpora oruđa,
- prilagodba specifičnim-posebnim zahtjevima podloge, usjeva i poduzeća,
- smanjenje-prigušenje vibracija vozila-traktora
- sposobnost samočišćenja (odstranjenje tla između rebara)
- otpornost trošenju-dugotrajnost, otpornost prodiranju oštih predmeta.

Osnova iskorištenja trakcijskih uređaja gotovo je isključivo uvjetovana:

- veličinom sile na obodu trakcijskog uređaja,
- raspodjelom sile na tlo,
- izborom pneumatika ili gusjenica.

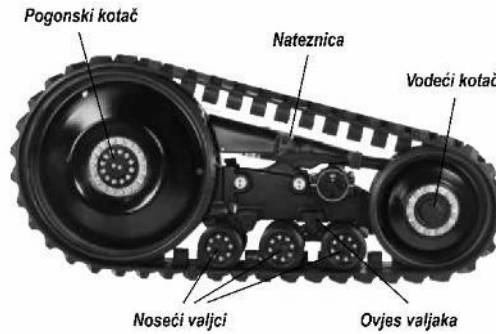
Vrste trakcijskih uređaja

Osnovni trakcijski uređaji koje koriste današnji traktori su:

- kotači s pneumaticima
- gumene gusjenice



Slika 101. Široki pogonski pneumatik
710/70R42 TL 173A8/173B XM28



Slika 102. Gumena gusjenica
širina - 406-762mm, duljina-2438 mm

710-korisna širina 70-oznaka niskog profila R-radialna TL-bez zračnice (tubeless)
173-index nosivosti do 6,5 t A8- index brzine do $v = 40 \text{ km h}^{-1}$ B-index brzine do $v = 50 \text{ km h}^{-1}$

Sila na obodu kotača – F_0

Na tlo prenesena pogonska-obodna sila služi svladavanju otpora vožnji-kretanju i vučnog otpora ukoliko je taj prisutan, odnosno, ukoliko traktor vuče neko oruđe ili stroj. Pri prijenosu pogonske sile na tlo, dolazi do deformacije tla i pneumatika te pojave klizanja kotača. Klizanje kotača uzrokuje smanjenje stvarno prijeđenog puta, jer se kotači traktora za prijeđeni put okrenu više puta nego što bi to bilo u slučaju slobodnog okretanja kotača. U stvarnosti je "prava" brzina kretanja v uvijek manja od teoretske v_0 , koju izračunavamo osnovom broja okretaja kotača (n) na poznatom putu (s), vremena za prolaz određenog puta (t) i opsega kotača (O). Gubici brzine kretanja iskazani postotkom označavaju se kao klizanje (δ). Prijenos sile na tlo nije moguć bez klizanja, a pri tome je utrošeni dio snage, snaga klizanja (P_δ) uvijek prisutan i umanjuje korisnost trakcije.

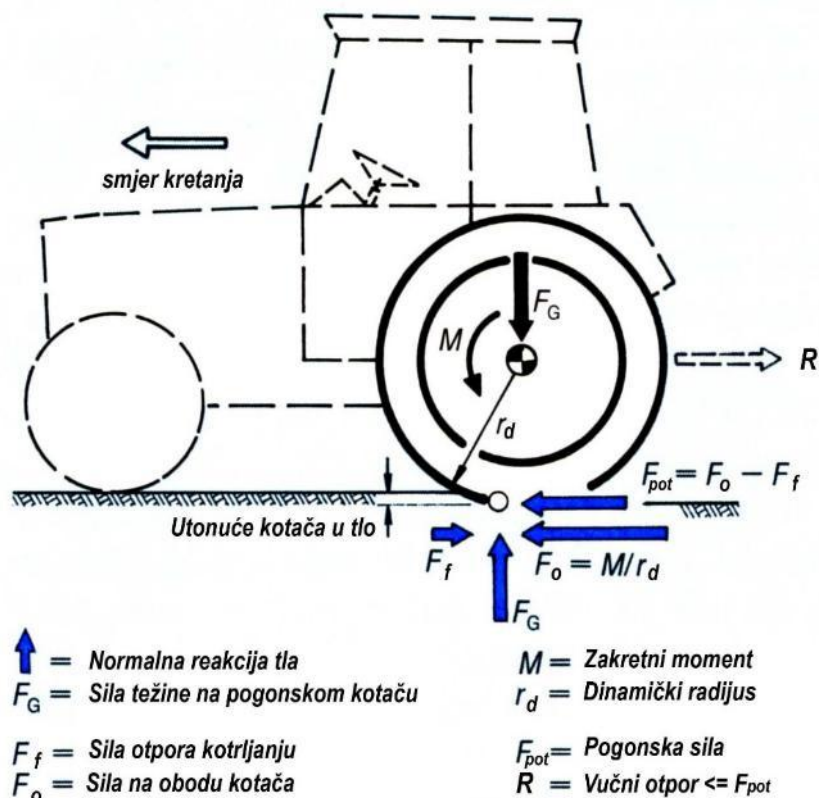
$$\delta = \frac{v_0 - v}{v_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4)$$

gdje je:

δ - klizanje pogonskih kotača [%]

v_0 -teoretska brzina [m s^{-1}]

v -stvarna brzina [m s^{-1}]



Slika 103. Shema sila djelujućih na obodu pogonskoga kotača traktora [34]

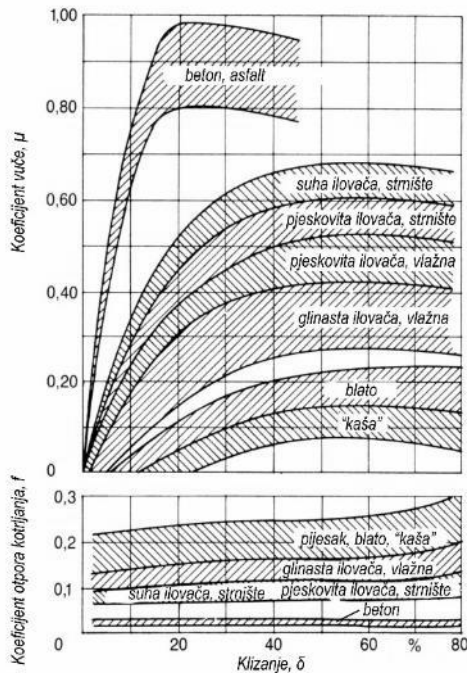
Vučna bilanca traktora

Maksimalna sila na obodu kotača, koju stvara zakretni moment s poluvratila kotača (M_z), djelujući na kraku radijusa-polumjera kotača (r) poznata je i kao **tangencijalna sila-pogonska sila**, a definirana je izrazom:

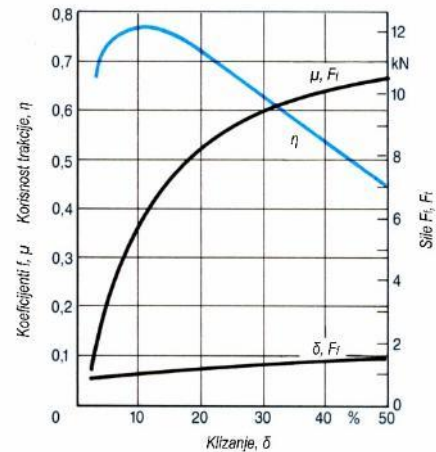
$$F_o^{\max} = \frac{P_o \cdot 3.6}{v_0} = F_t \quad [\text{N}] \quad (5)$$

gdje je:

- F_o^{\max} - maksimalna sila na obodu kotača [N]
 P_o - snaga na poluvratilu kotača [Nm s⁻¹ = W]
 v_0 - teoretska brzina kretanja [km h⁻¹]



Slika 104.* Zavisnost koeficijenta vuče (μ) i otpora kotrljanja (f) o klizanju i vrsti podloge



Slika 105.* Zavisnost koeficijenta f , μ, η o klizanju

* [34]

pneumatici 16.9/14-30AS
 $F_G=15820$ N, $p=1.1$ bar
 ilovasta glina, 17.3-20.8% m.v.
 tanjurano strnište

Tangencijalna sila $F_t = F_o^{\max}$ zavisi isključivo o karakteristikama motora traktora i djeluje smjerom kretanja traktora (Slika 103. $F_o = M_z / r_a$). Maksimalna sila na obodu kotača F_o^{\max} je teoretska sila i načelno je nije moguće realizirati. Suprotno tomu, veličina od tla preuzete sile na obodu pogonjenog kotača, a time i pogonske sile kotača ili tzv. **racionalne sile** zavisna je o pripadajućoj težini traktora na pogonskim kotačima G_{ad} , odnosno **adhezijskoj težini** i koeficijentu vuče μ , što definira slijedeći izraz:

$$F_o^r = G_{ad} \cdot m \quad [N] \quad (6)$$

gdje je:

F_o^r - racionalna obodna sila [N]

G_{ad} - adhezijska težina [N]

$$m = \frac{F_o^r}{G_{ad}}$$

Adhezijska težina, tzv. sila spoja traktora s podlogom, svojim djelovanjem izaziva istovremenu reakciju podloge (Slika 99. Normalna reakcija podloge) koja je istog intenziteta, no suprotnoga smjera djelovanja. Njezina horizontalna komponenta, djelujući smjerom kretanja traktora, suprotstavlja se mogućem otporu oruđa i time osigurava vuču oruđa. Koeficijent vuče μ iskazuje adhezijski koeficijent između kotača i podloge. Zbog razloga "sparivanja materijala" **traksijski uređaj-tlo** realizacija vučne-pogonske sile kotača traktora zavisna je o vrsti i stanju

podloge (Slika 104.) Porastom deformacije dodirne površine pneumatik-podloga, povećava se koeficijent vuče. Navedena zakonitost vrijedi i za slučajeve povećanja promjera i povećanja širine kotača. Povećanjem **"pomicanja"** - **smicanja** tla, smanjuje se koeficijent vuče μ . Povećanje vučne sile može se realizirati prvenstveno povećanjem težine na pogonskim kotačima, odnosno povećanjem opterećenja pogonskih kotača i to sljedećim:

- dodatnom težinom-balastom,
- punjenjem pneumatika tekućinom,
- korištenjem nošenih oruđa,
- hidrauličnom regulacijom.

Povećanje koeficijenta vuče ostvarivo je :

- pogonom na sve kotače (4x4),
- izborom pneumatika (dimenzije, profil, vrsta: radijalne, dijagonalne),
- blokiranjem diferencijala,
- dodatnim trakcijskim pomagalicima (polugusjenice, lančana mreža).

Kako bismo u konačnici dobili tzv. poteznu racionalnu silu F_{pot}^r , valja racionalnu obodnu silu F_o^r umanjiti za otpor kretanju (kotrljanju) kojeg definira sljedeći izraz:

$$F_f = F_G f \quad [\text{N}] \quad (7)$$

gdje je:

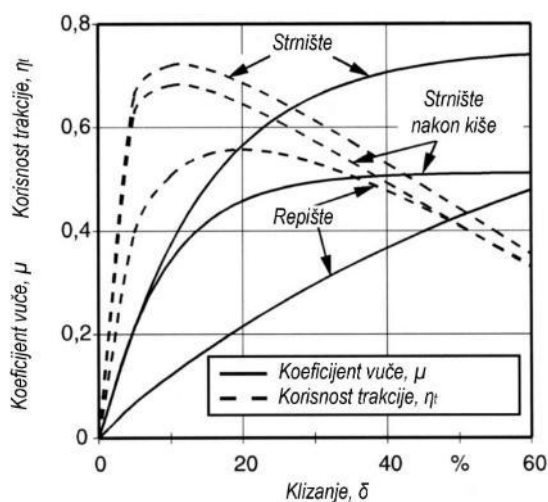
F_f - otpor kretanju (kotrljanju) [N]

F_G - sila težine traktora [N]

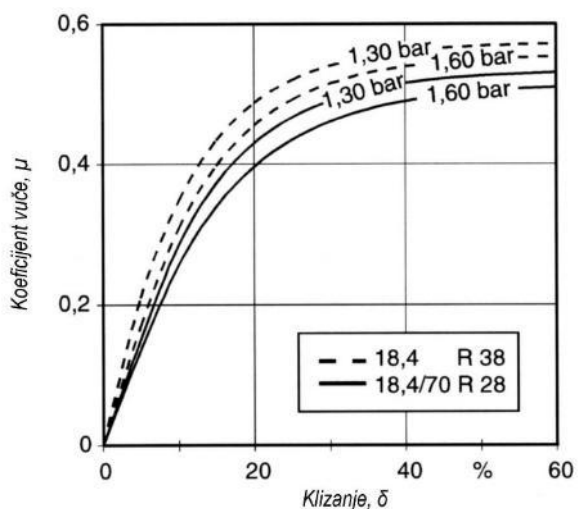
f – koeficijent otpora kretanja (kotrljanja)

$$F_{pot}^r = F_o^r - F_f \quad [\text{N}] \quad (8)$$

Zavisnost veličine koeficijenta otpora kotrljanju f o klizanju i tipu podloge prikazana je na Slici 104. i 105.. Utjecaj klizanja δ i vrste podloge na koeficijent vuče μ prikazuje Slika 106., a tlaka i dimenzija pneumatika Slika 107. [19]



Slika 106. Zavisnost koeficijenta (μ) i (η) o klizanju i vrsti podloge



Slika 107. Zavisnost koeficijenta vuče (μ) o pritisku (p) zraka i tipu pneumatika

U konačnici dolazimo do pojma ukupne korisnosti traktora η_{Σ} koja je sastavljena od lanca pojedinačnih korisnosti. Slijedeći primjer objašnjava korisnost traktora:

Uz klizanje $\delta = 20\%$ korisnost trakcije η_t je u rasponu $\eta_t = 0,60-0,70$. Uz korisnost trakcije $\eta_t = 0,70$ i upotrebu moderne transmisije mehaničke korisnosti $\eta_{meh} = 0,85$, teoretska mehanička korisnost traktora u oranju iznosi $\eta_{tr} = 0,60$. Uzmemo li u račun i toplinsku korisnost Diesellovoga motora traktora $\eta_m = 0,30$, dobivamo ukupnu energetska korisnost traktora u iznosu $\eta_{\Sigma} = 0,18$. U iznesenom primjeru računica pokazuje da traktor u oranju-vuči može iz utrošenoga goriva iskoristiti svega 18% energije za rad, a ostatak od 82% troši se na klizanje, kretanje, mehaničke gubitke transmisije, termičke gubitke u motoru što zorno prikazuje Slika 108.

$$\eta_{tr} = \eta_t * \eta_{meh} = 0,7 * 0,85 = 0,595 \approx 0,60$$

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{tr} * \eta_m = 0,60 * 0,30 = 0,18$$

$$F^{pot} = F_G * (f + 0,01i) \quad [N] \quad (9)$$

gdje je :

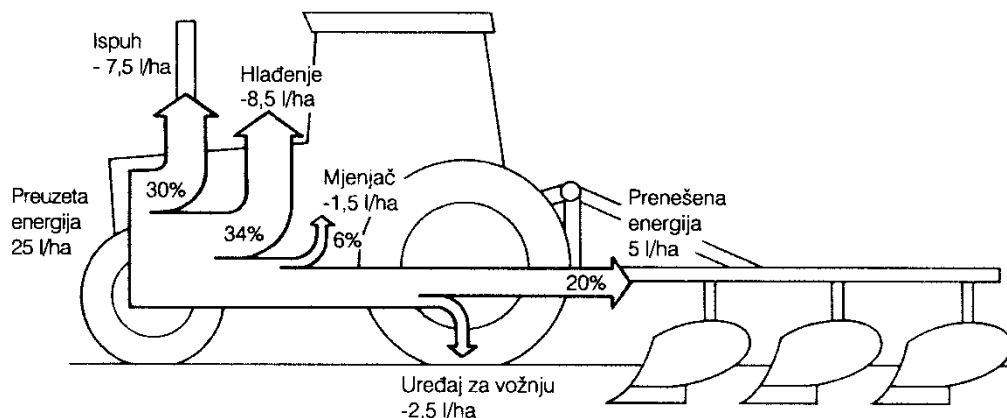
F_G - masa traktora [t]

f - koeficijent otpora kotrljanju

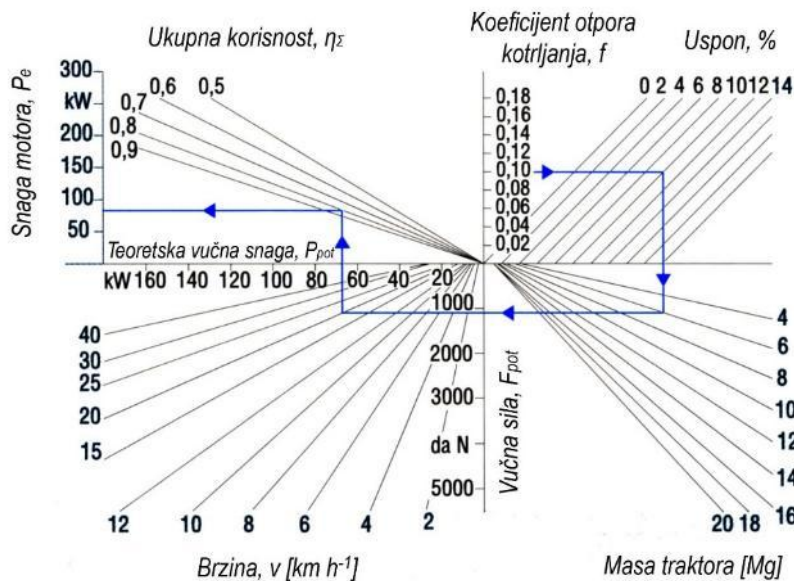
i - uspon [%]

$$P_{pot} = \frac{F_{pot} * v * (f + 0,01i)}{360} \quad [kW] \quad (10)$$

$$\eta_{tr} = \frac{P_{pot}}{P_e} \quad (11)$$



Slika 108. Shema energetskega gubitaka traktora u oranju [31]

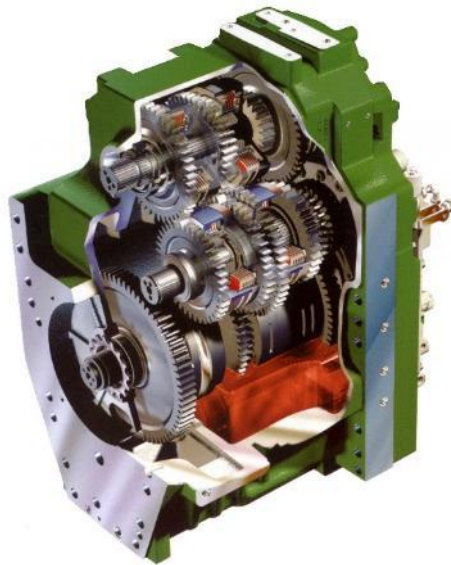


Slika 109. Nomogram za određivanje snage motora traktora shodno vučnoj sili koeficijent otpora kotrljanju $f=0,10$, uspon $i=12\%$, težina traktora $G=6,0$ Mg vučna sila na poteznici $F^{pot}=1294,92$ daN, teoretska snaga na poteznici $P_{pot}=71,94$ kW, korisnost traktora $\eta_{tr}=0,80$, $P_e=89,93$ kW [34]

7.4 Mjenjač i priključno vratilo

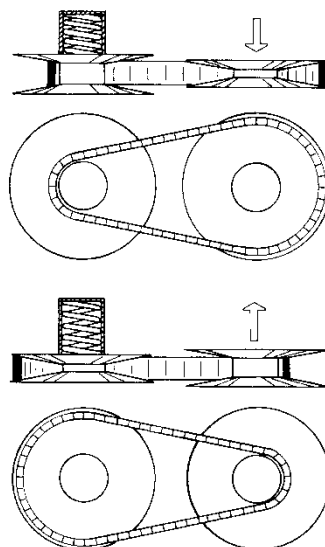
Mjenjač traktora omogućuje kretanje prema naprijed, natrag te neutralni položaj. Mjenjač ne služi samo određivanju brzine kretanja, već i koliki će otpor traktor moći svladati. Zavisno o modelu, danas imamo mjenjače s rasponom brzina kretanja prema naprijed $v=0,6 - 40$ (50) km h^{-1} , raspodjeljenih u 6-48 stupnjeva naprijed i 2-48 stupnjeva natrag. Načelno, mjenjač bi trebao iskoristiti date karakteristike motora (zakretni moment, snaga, specifična potrošnja goriva) što ekonomičnije u određenim radnim uvjetima. Današnji moderni traktori opremljeni su slijedećim tipovima mjenjača:

- mehanički stupnjeviti (15-18 stupnjeva naprijed), promjena brzine pod opterećenjem obavlja se mehanički, hidraulički ili elektronički. Ugrađuju se u traktore snage motora $P_e > 100$ kW. Ta grupa poznata je pod nazivom Power-shift mjenjači. (Slika 110.) Elektronički nadzor i upravljanje mjenjačem značajka su današnje generacije traktora opremljenih s Power shift mjenjačem.



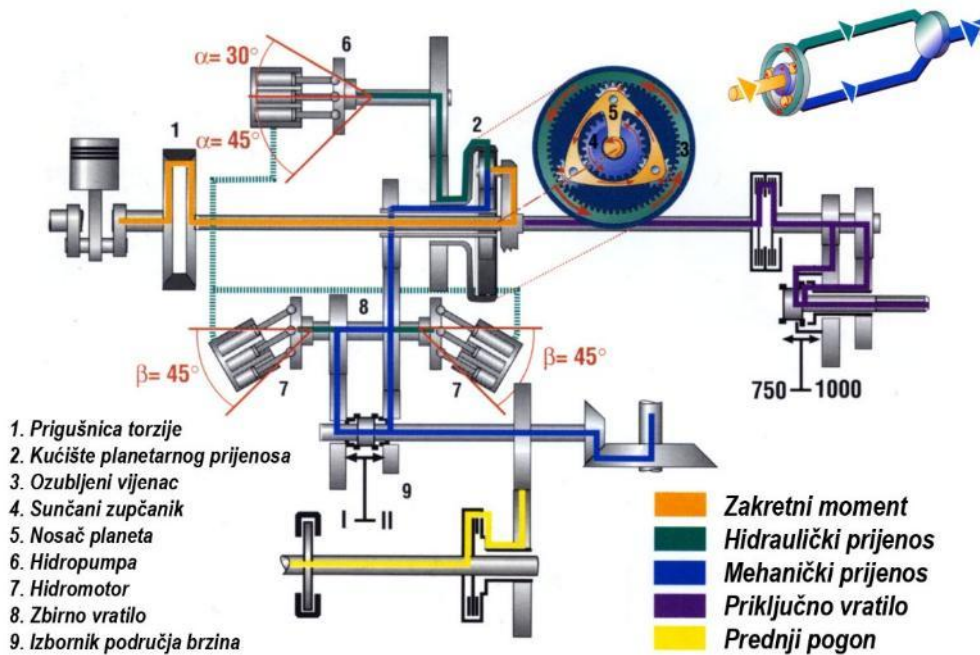
Slika 110. Mehanički stupnjeviti mjenjač Power-shift [3]

- kontinuirani-nestupnjeviti (broj brzina je gotovo beskonačan - ∞). Postoje dvije grupe tih mjenjača:
- mehanički (varijator s mrežastim lancem), namijenjen za traktore snage motora $P_e \leq 80$ kW (Slika 111.)

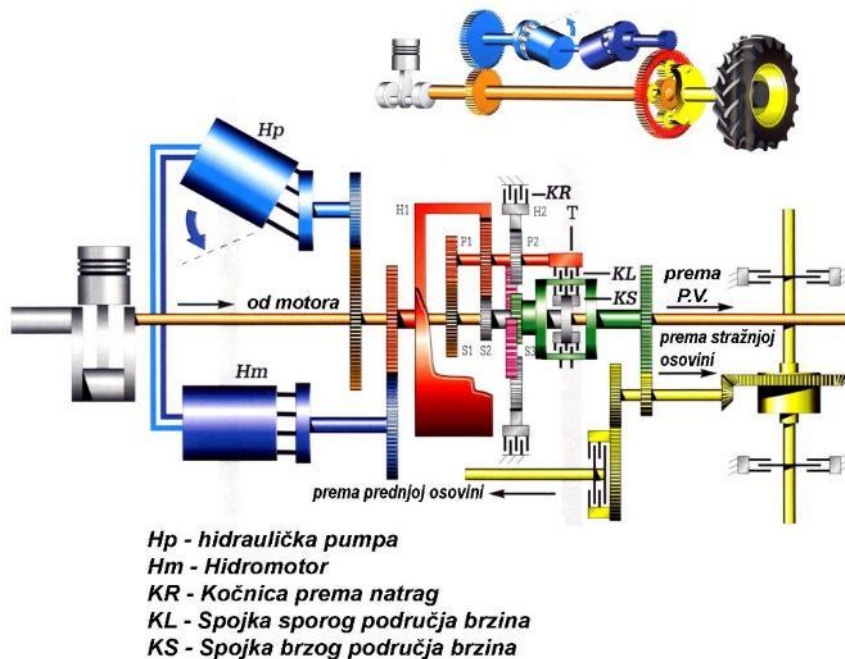


Slika 111. Mehanički kontinuirani mjenjač [2]

- hidrauličko-mehanički s podijeljenim tokom snage (Power Split CVT). Tok snage je podijeljen u dvije usporedne staze: jedna je mehanička s fiksnim omjerom prijenosa, a druga je staza kontinuirani mjenjač-hidraulička staza (CVT), koje se na kraju spajaju. (Slika 112.)



Slika 112. Hidrauličko-mehanički mjenjač s podijeljenim tokom snage, Power Split CVT (Fendt) [3]



Slika 113. Hidrauličko-mehanički mjenjač s podijeljenim tokom snage, AutoPowr (John Deere) [3]

Priključno vratilo je dio standardne opreme svakoga traktora i služi prijenosu zakretnoga momenta i brzine vrtnje motora traktora do radnih dijelova pogonjenih strojeva i oruđa, kao npr. preša skupljačica, kosilica, nošeni krmni kombajn, samoutovarna prikolica, rovilica-freza, zvrk drljača, sitnilica biljnih ostataka, nošena i vučena prskalica itd. Prema međunarodnoj standardizaciji (ISO 500-1:2004(E)), postoje tri osnovna tipa stražnjih priključnih vratila, čije su temeljne značajke prikazane u Tablici 7.1.

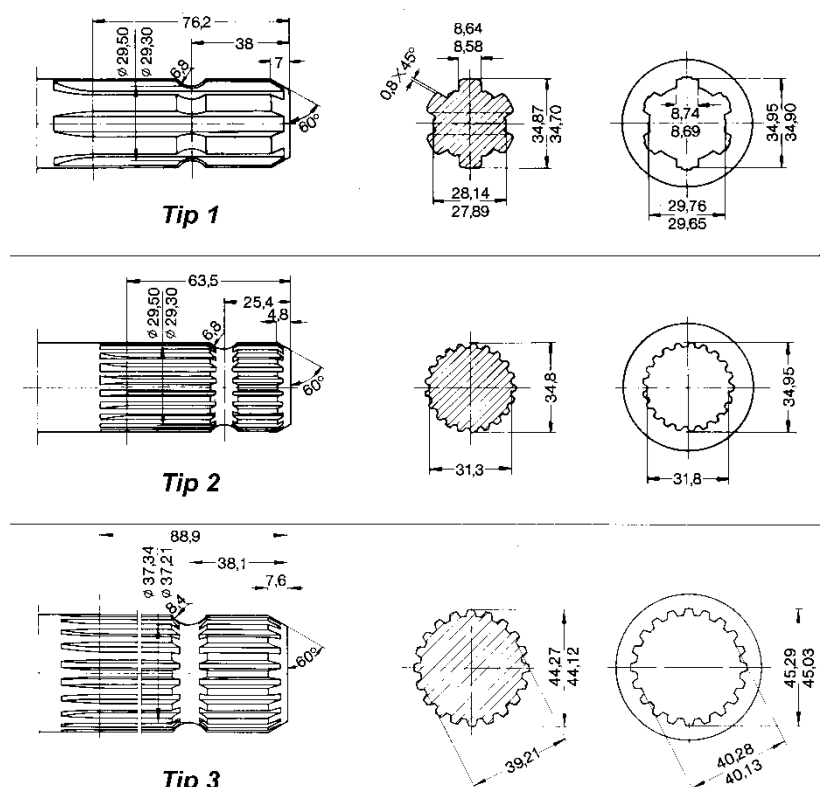
Tablica 3. Osnovne karakteristike stražnjega priključnoga vratila (ISO 500-1:2004(E))

Tip priključnoga vratila (P.V.)	1	2	3
Smjer vrtnje	u smjeru kazaljke sata, gledano sa stražnje strane traktora		
Nazivni broj okretaja (min^{-1})	540/1000 ^a	1000	
Promjer vratila (mm)	35	35	45
Broj zubaca - vratila	6	21	20
Profil zubaca	ravan	uvijen	
Položaj min. (mm)	450	550	650
max. (mm)	675 ^{**}	775 ^{**}	875 ^{**}
nesimetrično (u stranu)	max. ± 50 vodoravno		
Preporučena snaga pri nazivnom broju okretaja motora (kW)	do 60 do 92 ^a	do 115	do 275

* iznad podloge

** najveća preporučena granica

^a to se odnosi na preporučenu snagu PV sa šest zubaca i 1000 min^{-1}



Slika 114. Tri osnovna tipa priključnog vratila

Tipovi priključnog vratila traktora 2 i 3 uvedeni su s ciljem povećanja praga prijenosa snage tipa 1, koji je u vrlo povoljnim uvjetima mogao prenijeti najviše 60 kW pod dinamičkim opterećenjem. Trajnost priključnoga vratila nije uvjetovana samo opterećenjem zakretnim

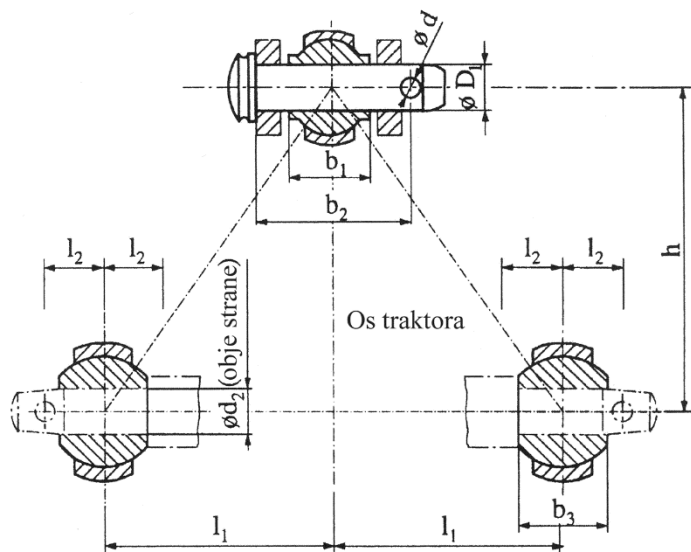
momentom (koje ima velike amplitude), nego i prekomjernim dinamičkim momentima savijanja (reakcija univerzalnih spojeva-kardana). U slučaju ujednačenih opterećenja (npr. pogon crpke sustava za navodnjavanje) granica umora je i iznad 60 kW. Većina današnjih traktora opremljena je mjenjačima koji omogućuju koncept pogona P.V.-a tzv. "dvije brzine vrtnje u jednom P.V.". Rukovatelj može odabrati između dva osnovna koncepta pogona: "nezavisno" i "zavisno brzini kretanja vozila" (Slika 114.). Valja spomenuti da moderni traktori mogu mijenjati i smjer vrtnje priključnog vratila pa se i time prilagoditi posebnim zahtjevima nekih priključnih strojeva. Uz standardne frekvencije vrtnje (Tablica 3., Slika 114.), postoje i tzv. ekonomične frekvencije s oznakom E. Tako izvedba 540 E stvarno ima 750 min^{-1} , a 1000 E 1400 min^{-1} . Novije generacije traktora uz standardno stražnje priključno vratilo imaju i dodatnu opciju prednjeg priključnog vratila. Broj okretaja prednjeg priključnoga vratila je $n = 1000 \text{ min}^{-1}$.



Slika 115. Priključno vratilo [52]

7.5 Trozglobna poteznica s elektro-hidrauličkom regulacijom

Priključivanje nošenih-ovjesnih oruđa i strojeva o traktor moguće je zahvaljujući stražnjoj trozglobnoj hidrauličkoj poteznici, standardnoj opremi traktora. U novije vrijeme proizvođači traktora nude po izboru i prednju trozglobnu poteznicu. Osnovom međunarodne standardizacije (ISO 730-1:1994 3rd edition) razlikujemo četiri (4) kategorije trozglobne poteznice poljoprivrednih traktora (Slika 116., Tablica 4.).



Slika 116. Shema dimenzija stražnje trozglobne hidraulične poteznice (ISO 730-1: 1994).
Tablica 4. Dimenzije priključenja stražnje hidraulične trozglobne poteznice

(ISO 730-1: 1994)

Kategorija priključenja kod snage na PV u kW pri nazivnom broju okretaja		1	2	3	4L	4H
		Do 48	Do 92	80 do 185	- 150 do 350 -	
		Gornja točka priključenja - hvatište vuče				
D1	Promjer klina (čepa, zavora), mm	19 0 - 0,08	25,5 0 -0,13	31,75 0 -0,2	45 0 -0,8	45 0 -0,8
b1	Širina kugle (mm)	44 max.	51 max.	51 max.	64 max.	64 max.
b2	Razmak od glave klina do sredine provrta, mm	76 min.	93 min.	102 min.	140 min.	140 min.
d	Promjer provrta na klinu za osigurač, mm	12 min.	12 min.	12 min.	17,5 min.	17,5 min.
		Donje točke priključenja - hvatišta vuče				
d2	Promjer klina (čepa, zavora), mm	22,4 +0,25 0	28,7 +0,3 0	37,4 +0,35 0	51 +0,5 0	51 +0,5 0
b3	Širina kugle, mm	35 + 0 - 0,2	45 + 0 - 0,2	45 + 0 - 0,2	57,8 + 0 - 0,2	57,8 + 0 - 0,2
l1	Postrani razmak od osi kugle do centralne linije traktora, mm	359	435	505	610 ili 612	610 ili 612
l2	Postrano kretanje donje točke priključenja, mm	100 min.	125 min.	125 min.	130 min.	130 min.
L	Razmak od PV do donje točke priključenja, mm	500 do 575	550 do 625	575 do 675	575 do 675	610 do 670
h	Visina dizanja, mm	460 ± 1,5	685 ± 1,5	685 ± 1,5	685 ± 1,5	1000 ± 1,5

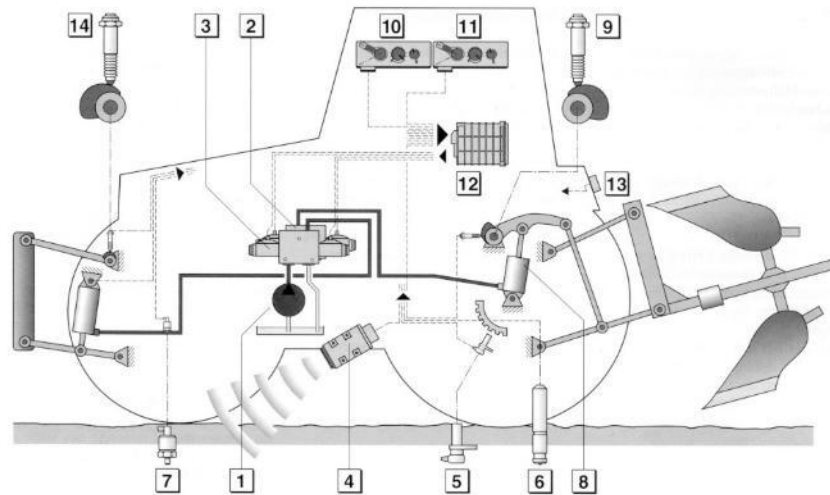


Slika 117. Stražnja i prednja hidraulična trozglobna poteznica [52]

Elektroničko-hidraulična kontrola (*nadzor i upravljanje*) trozglobne poteznice traktora izum je njemačke tvrtke Bosch, a pojavio se kao oprema traktora 1978. godine. Danas, 30 godina kasnije, EHR je praktično dio standardne opreme svakoga traktora. Elektronička, pa i mehanička kontrola trozglobne hidraulične poteznice traktora omogućuju regulaciju položaja, regulaciju osnovom vučnog otpora i mješovitu regulaciju. EHR ima slijedeće funkcije:

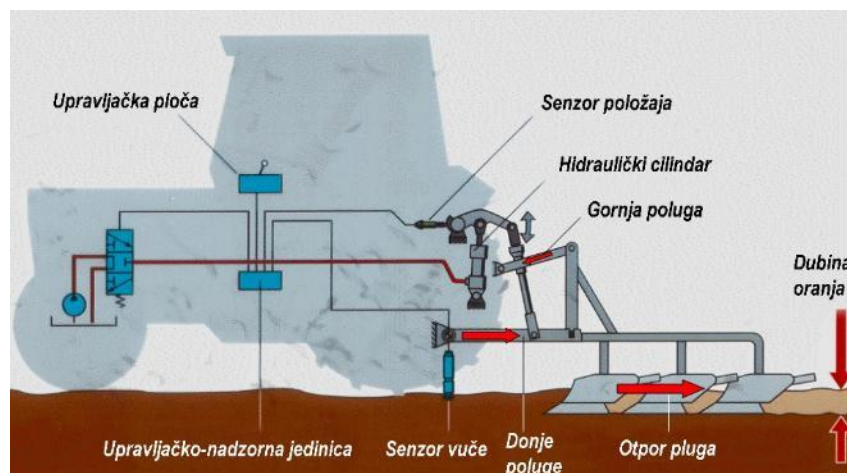
- kontrola vuče i položaja,

- kontrola priključka (stroj ili oruđe) sa zasebnim hidrauličnim podsustavom,
- preklopnik kontrole prednje-stražnje poteznice,
- kontrola pritiska priključenog stroja-oruđa na tlo,
- kontrola klizanja,
- prigušenje vibracija u transportu nošenih oruđa,
- dijagnostika EHR sustava.



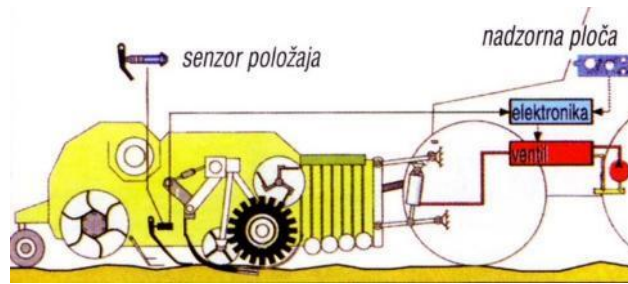
- | | | |
|--|---------------------|---------------------------------|
| 1. Hidraulična crpka | 6. Senzor sile vuče | 10. Kontrolna ploča, stražnja |
| 2. Podizni regulacijski ventil, stražnji | 7. Senzor tlaka | 11. Kontrolna ploča, prednja |
| 3. Podizni regulacijski ventil, prednji | 8. Podizni cilindar | 12. Upravljačka jedinica |
| 4. Radarski senzor | 9. Senzor položaja | 13. Stražnje (vanjske) kontrole |
| 5. Senzor brzine | | 14. Senzor položaja |

Slika 118. EHR sustav implementiran na traktor, Bosch [67]



Slika 119. Kontrola vuče i položaja, Bosch [67]

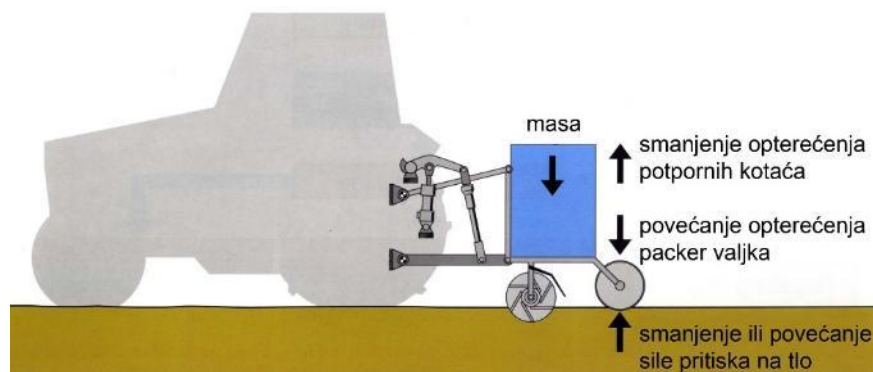
EHR-sustav nudi mogućnost tzv. vanjske kontrole. Ta se funkcija koristi za nadzor i upravljanje oruđima (strojevima) priključenim o trozglobnu poteznicu koja u radu moraju zadržavati točno određenu udaljenost od tla (Slika 120.). U prikazanom se primjeru mjeri relativan položaj okvira stroja u odnosu na površinu tla pomoću induktivnoga senzora položaja.



Slika 120. Kontrola oruđa-stroja sa zasebnom hidraulikom, Bosch [67]

Kontrola pritiska koristi se kada želimo smanjiti pritisak priključenog oruđa o tlo. U tom slučaju, sustav kontrole pritiska ostvaruje precizno podešavanje dijela ukupne mase oruđa ili stroja kojom se oslanja o tlo (Slika 121.). Podešavanje se odvija neprekidno tokom rada, a ostvareno je kontrolom tlaka u hidrauličnom sustavu trozglobne poteznice.

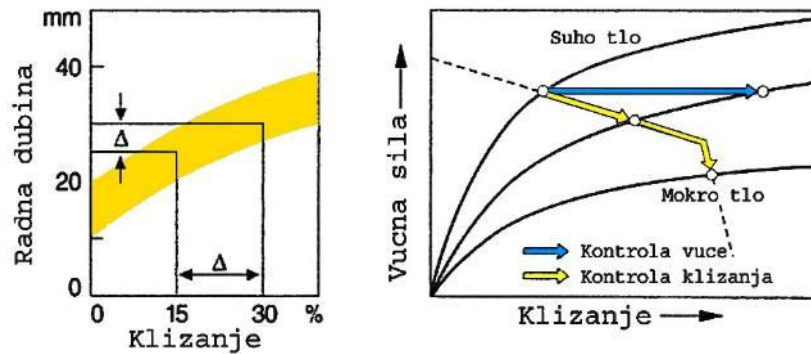
Suprotan tip kontrole pritiska je dodavanje opterećenja na priključeno oruđe, npr. pri radu s Packer valjkom u predstjetvenoj pripremi pooranog tla. U slučaju ako je masa valjka premala, moguće je dio mase traktora preko trozglobne poteznice prenijeti na oruđe te na taj način ujednačiti zbijanje i mrvljenje tla pneumaticima oruđa i traktora.



Slika 121. Kontrola pritiska priključenoga stroja-oruđa na tlo, Bosch [67]

U sustavu kontrole klizanja (Slika 122.) elektronička upravljačka jedinica koristi podatke o stvarnoj i teoretskoj brzini kretanja te iz njihove razlike izračunava iznos klizanja. Povećanje klizanja utječe na regulaciju poteznice jednako kao i povećanje vučne sile, što znači da se u slučaju povećanja klizanja poteznica podiže kako bi se smanjila potrebna vučna sila. Boschov sustav kontrole klizanja je sustav mješovite kontrole, koji kao ulazne veličine koristi vučnu silu i klizanje. Kada bi se kao kontrolna veličina u obzir uzimalo samo klizanje, tada bi se u radu javljale značajne promjene radne dubine, pogotovo pri različiteme stanju tla. Boschov sustav kontrole usmjeren je smanjenju klizanja na vlažnom tlu te omogućava manja odstupanja od zadane radne dubine nego standardni sustav kontrole vuče.

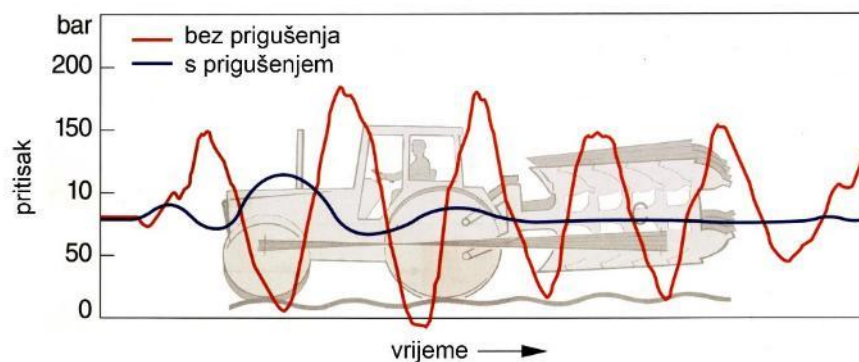
Međusobni omjer utjecaja vučne sile i klizanja na kontrolni sustav preddefiniran je i ne može se mijenjati, dok se veličina koja određuje utjecaj klizanja na poteznicu može podešavati tako da se pri određenom iznosu klizanja poteznica u potpunosti podigne.



Slika 122. Kontrola klizanja, Bosch [67]

Kada je na trozglobnu poteznicu traktora priključeno nošeno oruđe velike mase (npr. nošeni plug premetnjak), prilikom prijevoza dolazi do pojave velikih opterećenja prednjega mosta, naročito pri većim brzinama, što tada utječe na sigurnost upravljanja i predstavlja opasnost za oštećenja samog stroja. Elektronički upravljački sustav omogućuje aktivno prigušenje takvih oscilacija. Za mjerenje promjena opterećenja nisu potrebni dodatni senzori, već se mjere sile u hvatištima donjih poluga, pomoću senzora sile vuče, a sustav radi na način prikazan blok dijagramom (Bosch).

Kada traktor s oruđem u prijevoznom položaju miruje, senzori mjere ukupnu težinu priključenog oruđa. Ukoliko u transportu dođe do pojave oscilacija (njihanja oruđa), senzori mjere i taj dinamički dio sile koji je proporcionalan oscilacijama. Statički dio sile (težina oruđa u mirovanju) oduzima se od ukupnog signala i na osnovu te veličine elektronička upravljačka jedinica kompenzira vršna opterećenja na trozglobnoj poteznici (Slika 123.). Sustav prigušivanja vibracija aktivira se automatski kada je priključeno oruđe podignuto u transportni položaj, a brzina kretanja traktora premaši podešenu brzinu (na kontrolnoj ploči). Osim smanjenja opterećenja stroja i oruđa, te povećanja sigurnosti upravljanja, ovaj sustav pridonosi udobnosti rukovatelja.

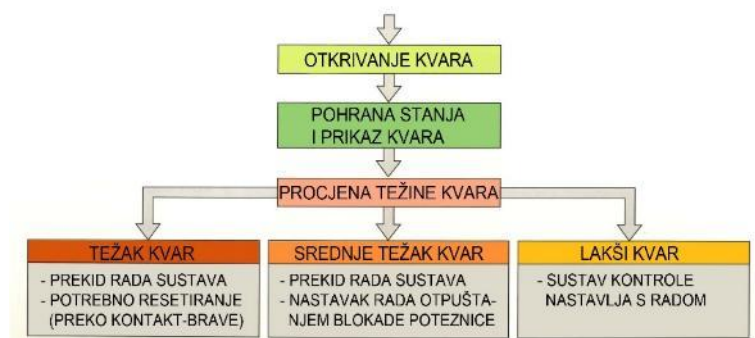


Slika 123. Prigušenje vibracija u transportu nošenih oruđa, Bosch [67]

Digitalni elektronički sustavi omogućuju jednostavnu dijagnostiku rada cjelokupnog sustava te brzo prepoznavanje mogućih neispravnosti ili kvarova. Na taj se način smanjuju troškovi popravaka i zastoja u radu. U sklopu EHR-D² sustava dijagnostika se obavlja pomoću ulaznih i izlaznih električnih signala upravljačke jedinice. Kvarovi su svrstani u tri kategorije, ovisno o ozbiljnosti i mogućnosti otklanjanja (Slika 124.). Signalizacija kvara ostvarena je

² Digitalni HER sustav

treptanjem LED diode na kontrolnoj ploči kao najjednostavnije rješenje, a moguća je i dogradnja LCD ekrana.



Slika 124. Dijagnostika EHR sustava, Bosch [67]

7.6 Kabina i elektronički uređaji traktora

Kabina

Kabina je dio traktora koji je tokom posljednjih 30 godina izuzetno poboljšana u ergonomskom pogledu. Zdravstvene institucije i institucije za sigurnost na radu inicirale su uvođenjem ergonomskih propisa '70 godina 20. stoljeća intenzivan tehnički razvoj "radnoga mjesta" rukovatelja traktora.

Tablica 5. Uobičajena opterećenja rukovatelja i tehnička pomagala za obavljanje [13]

Radno opterećenje	Tehničko pomagalo prema ISO
Postavljanje zadataka	-Ekran s indikatorima, računalo (ISO 11783, 11787, 11788)
Usporedba zadatak-provedba	-Vizualna pomagala (ISO 5721) -Senzori, indikatori (ISO 11786) -Računalo, GPS (ISO 11788)
Korekcija procesa	-Ekran, signali, simboli (ISO 3767-1) -Valjano postavljene ručice, pedale, tipkala (ISO 3789 dio 1-4, 8935, 15077) -Podesivi upravljač, sjedalo itd. (ISO 3462, 4252, 4253, 5353) -Adekvatne sile otpora kontrola (ISO/TR 3778, ISO 15077) -Simboli (ISO 3767-1) i smjer okretanja kontrola (ISO 15077) -Aktivatori za mehanički stupnjeviti mjenjač Poweshift, Automaticshift i sl. -Aktivatori kontinuirani mjenjač (za CVT brzinu kretanja, daljinske kontrole proporcionalnim ventilima.....)
Klima	Radni prostor Kabina s puhalom, zatamnjena stakla, sjenila, klimatizacija, grijanje (ISO 7330, 14269-1; ISO/TR 8953)
Buka	Kabina sa zvučnom izolacijom (ISO 5128, 5131)
Prašina	-Brtvljena kabina s nad tlakom (ISO 3737, 14269-5) -Pročišćenje (filtriranje) ulaznoga zraka (ISO 14269-4)
Vibracije	-Pasivna redukcija akceleracije oprugama i prigušnicama sjedala, kabine, vratila, nošenih oruđa-strojeva (ISO 2631, 5007, 5008, 8608)
Svjetlo-iluminacija	-Aktivna kontrola položaja rukovatelja -Svjetla za rad noću -Osvjetljenje ekrana i indikatora

Zahvaljujući tehničkom razvoju usmjerenom ka komforu, zaštiti zdravlja i sigurnosti rukovatelja, kabina – radni prostor rukovatelja, današnje generacije traktora ima vrhunske ergonomske karakteristike. Primarne zadatke kojima kabina s elektroničkom opremom mora udovoljiti prikazuje Tablica 5.

Današnje traktorske kabine s ugrađenom zaštitnom konstrukcijom ROPS (Roll Over Protective Structure) pružaju veliku sigurnost u slučaju prevrtanja traktora, što prikazuje Slika 125b.



Slika 125. Unutrašnjost moderne kabine traktora [52]



Slika 125 a. Shema klimatizacije kabine [52]



Slika 125 b. Zaštitna konstrukcija kabine

Elektronički sustav nadzora i upravljanja

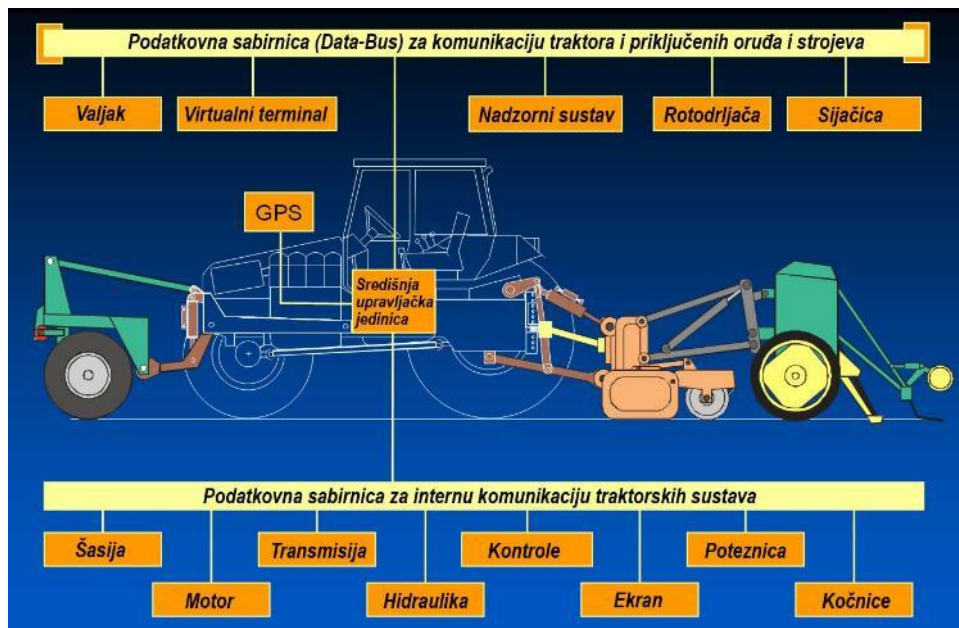
Elektronički sustav nadzora i upravljanja intenzivno se razvija tijekom posljednjih godina 20. stoljeća i predstavlja područje kojem barem sada nije moguće predvidjeti granice razvoja. Zahtjevi veće učinkovitosti i ekonomičnosti traktora, psihofizičko rasterećenje rukovatelja monotonih i učestalih poslova, težnja ka smanjenju negativnog utjecaja strojeva i postupaka na okoliš, zbog sve rigoroznijih ekoloških propisa, te konačno, potrebe potpune automatizacije različitih poslova u poljoprivredi naveli su proizvođače traktora na ugradnju visoko sofisticiranih elektroničkih sustava nadzora i upravljanja traktorom i priključnim strojevima-oruđima.



Slika 126. Elektroničko nadzorno-upravljački sustav modernih traktora [3]

Osnovni elementi sustava su:

- središnja nadzorno-upravljačka jedinica,
- senzori (na svim vitalnim dijelovima sustava)
- elektronički podsustav upravljanja priključnim strojevima-oruđima,
- sabirnice za prijenos digitalnih podataka ISO BUS,
- dijagnostika traktora,
- GPS, AutoTrack, ParalelTrack, iTEC Pro Steering.



Slika 127. Shema strukture elektroničkog nadzorno-upravljačkog sustava, Renius [1]

GPS, AutoTrack, ParalelTrack, iTEC Pro Steering sustavi su elektroničkog vođenja i nadzora kretanja agregata u polju. Sustav za automatsko vođenje traktora i priključnog oruđa-stroja, zahvaljujući odašiljaču-prijemniku smještenom na traktoru (preciznost prijemnika $\pm 25,4$ cm i $\pm 10,2$ cm razmak prohoda), uz programsku podršku **AutoTrack** omogućuju automatsko vođenje traktora i stroja-oruđa kroz polje bez intervencije rukovatelja. Uz programsku podršku **ParalelTrack** (paralelnost prohoda), taj sustav vodi traktor na način da postavlja prohod do prohoda s izuzetnom preciznošću razmaka. Uz pravocrtno kretanje sustava, AutoTrack je primjenjiv i za nepravocrtno kretanje, odnosno za različite oblike parcela (jednostavno zakrivljene, spiralne, kružne, zakrivljene u obliku slova S, pravokutne). Programaska podrška

iTEC Pro (Intelligent Total Equipment Control) namijenjena je automatskom vođenju traktora i stroja-oruđa pri okretanju na uvratinama. Sustav automatski upravlja cjelokupnim postupkom okretanja na uvratinama: smanjuje brzinu kretanja traktora, isključuje blokadu diferencijala, podiže stroj-oruđe iz radnog u prijevozni položaj te konačno, postavlja traktor i stroj-oruđe na poziciju idućega paralelnoga prohoda. U sustav je potrebno prethodno detaljno unijeti podatke o obliku parcele, mogućim preprekama (stup, drvo i slično), radnome zahvatu priključenoga stroja-oruđa, najmanjem radijusu okretanja agregata, planiranoj brzini kretanja, sjetvenoj dozi, normi prskanja i slično. Opisani sustavi elektroničkog vođenja traktora i strojeva-oruđa u polju oslobađaju rukovatelja rutinskih i monotonih poslova, dajući mu mogućnost pažljivoga nadzora pravilnosti rada strojeva-oruđa; traktoru odabiru optimalni režim rada optimizirajući time potrošnju goriva; vođenjem strojeva-oruđa optimalnim načinom kretanja u polju optimiziraju utrošak radnog vremena i tzv. repro materijala (gnojivo, sjeme pesticidi i sl.).



Slika 128. DGPS³ prijemnik i odašiljač na traktoru [52]

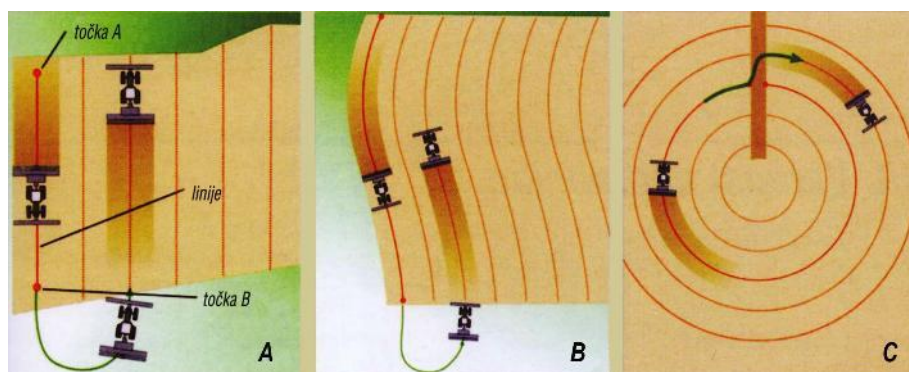


Slika 129. Ekran nadzorno-upravljačkoga sustava traktora [52]

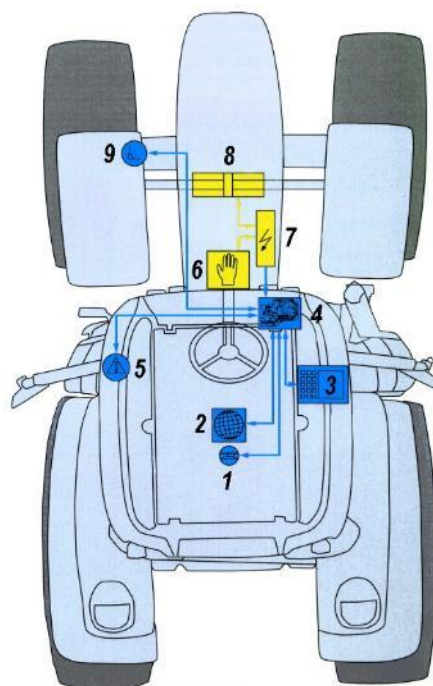
³ Diferencijalni GPS. Korekcija položaja obavlja se uz pomoć tzv. "zemaljske" stanice.



Slika 130. Prikaz ekrana automatskog vođenja traktora [3]



Slika 131. Pravocrtno, zakrivljeno i kružno paralelno vođenje prohoda traktora i oruđa [25]



1. Senzor položaja
2. Senzor nagiba
3. Nadzorni terminal
4. Središnji procesor
5. Kontrolni senzor
6. Pumpa upravljača
7. Elektrohidraulični ventil
8. Hidraulični klipovi
9. Senzor kuta zakreta

Slika 132. Pojednostavljena shema glavnih komponenti sustava automatskog upravljanja [3]

7.7. Trakcija i učinkovitost traktora

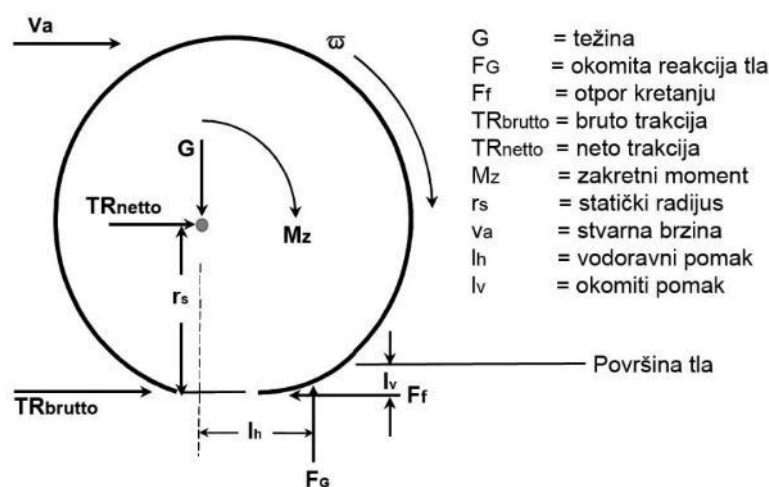
Primarna svrha poljoprivrednog traktora, naročito onog iz kategorije srednje do velike snage motora, je ostvariti vučnu snagu na poteznici. Vrijednost traktora se mjeri količinom obavljenog rada-posla u odnosu na troškove predviđene za obavljanje tog posla. Vučna snaga na poteznici je definirana umnoškom vučne sile i brzine kretanja. Idealan traktor pretvara svu energiju goriva u koristan rad na poteznici. U praksi se najveći dio potencijalne energije gubi u pretvorbi kemijske energije goriva u mehaničku, gubicima prijenosa od motora preko transmisije i konačno na trakcijskim elementima. Istraživanja su pokazala da se od 20 do 55% raspoložive energije gubi u prijenosu s trakcijskih elemenata na tlo. Dakle, ova neiskorištena energija "troši" pneumatike i zbija tlo do stupnja kad to može štetiti usjevu [12]. Učinkovit-efikasan rad poljoprivrednog traktora podrazumijeva: 1 - maksimalnu efikasnost iskorištenja goriva od motora i transmisije, 2 - maksimalne trakcijske pogodnosti trakcijskih elemenata i 3 - mogućnost izbora optimalne brzine kretanja za određeni sustav-agregat traktor-priključak. Razumijevanje i predviđanje-prognoziranje učinkovitosti traktora predstavljalo je mnogim istraživačima cilj, a i izazov. Učinkovitost traktora uvjetovana je trakcijskim elementima, stanjem tla, vrstom priključenog oruđa-stroja i konfiguracijom-izvedbom traktora [10]. Vrlo je bitno razumjeti principe i utjecajne faktore trakcijske učinkovitosti da bi mogli prognozirati učinkovitost traktora u poljskim uvjetima. Stoga, u daljnjem tekstu prikazan je dio građe koja upravo objašnjava osnove trakcijske učinkovitosti traktora.

Osnove mehanike traccije

Osnovne sile koje djeluju u primjeru pogonjenog kotača su: zakretni moment (M_z) koji stvara tzv. brutto tracciju (TR_{brutto}) koja se realizira na dodirnoj površini podloge. Dio brutto traccije potreban je za svladavanje otpora kretanju (F_f) koji objedinjava otpor kretanju kotača uključujući unutarnje i vanjske sile. Ostatak predstavlja tzv. netto tracciju, odnosno $TR_{netto} = TR_{brutto} - F_f$.

Deformabilni kotač na mekoj podlozi

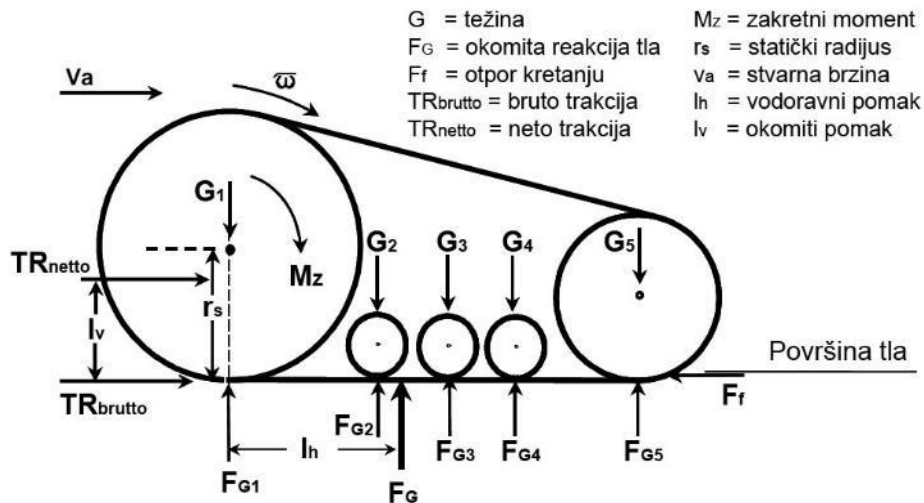
U realnom svijetu su oba elementa, dakle i kotač i tlo deformabilni, a rezultat djelujućih sila pokazuje Slika 133. Hvatište djelovanja sila, kako vertikalnih tako i horizontalnih, je pomaknuto od središta kotača i točke dodira kotača i tla, što označavaju udaljenosti l_v i l_h . Veličina ovog pomaka hvatišta uvjetovana je otporom kretanju (F_f), statičkim radijusom kotača (r_s) i protusmjernom reakcijom vertikalne sile (F_G).



Slika 133. Deformabilni kotač na mekoj podlozi [43]

Gumene gusjenice

Mehanika pogona gumenih gusjenica prikazana na Slici 134. u mnogome je slična mehanici pogonjenog kotača, osim što je distribucija opterećenja zavisna parametrima vozila-traktora. Položaj rezultante dinamičkog opterećenja (l_h) zavisna je statičkoj distribuciji, izvedbi-dizajnu mehanizma ovjesa potpore kolica-podvozja i karakteristikama prijenosa težine vozila.



Slika 134. Pogon gumenom gusjenicom [43]

Općenito uzevši, bolju vučnu učinkovitost i najuniformnija raspodjela pritiska gusjenica na podlogu postiže se pri dinamičkom ravnotežnom omjeru blizu 50%. Corcoran and Gove [14] su definirali dinamički ravnotežni omjer kao omjer udaljenosti vertikalne komponente dinamičkog opterećenja (vanjsko opterećenje i težina traktora) od čela gusjenice podijeljenog s razmakom između gusjenica. Za razliku od kotača gdje se u razmatranje pri trakcijskim testovima uzima samo dinamička težina, dinamička ravnoteža mehanizma gusjenica mora se uzimati u obzir kako pri testovima samog trakcijskog uređaja, tako i cjelokupnog vozila-traktora.

Trakcijski Parametri

Za opis trakcijske učinkovitosti koristit će nam pet (5) slijedećih bezdimenzionalnih parametara:

- omjer redukcije brzine kretanja (TR_v), inače poznat kao "klizanje" izražen u postocima.
- omjer neto trakcije (TR_{netto}), ponekad zvan i omjer vuča/težina.
- trakcijska učinkovitost (TE_{ef}), obično izražena postocima ili u obliku omjera.
- bruto trakcijski omjer (TR_{brutto}).
- omjer otpora kretanju (R_f).

Trakcijski parametri koji uključuju sile su normalizirani dijeljenjem s (F_G), dinamičkom silom-reakcijom potpore kotaču ili trakcijskom elementu. (F_G) uključuje statičku težinu na osovini i prijenos težine koji se može realizirati tokom testiranja kao ukupna sila reakcije. Dijeljenje s (F_G) omogućuje usporedbu kotača i drugih trakcijskih elemenata različitih veličina i težina, jer uzima bezdimenzionalne parametre za usporedbu trakcije.

$$\text{Omjer redukcije brzine kretanja (TR}_v\text{): } TR_v = 1 - \frac{\text{st var na brzina}}{\text{teorijska brzina}} = 1 - \frac{v_a}{v_t} \quad (12)$$

Redukcija brzine kretanja je načelno poznata kao klizanje, obično izraženo u %, no tehnički je to netočno. Klizanje se događa između traksijskog elementa i podloge. Sa stanovišta energetske učinkovitosti redukcija brzine kretanja je gubitak snage uzrokovan smanjenjem brzine kretanja ili smanjenjem prijednog puta.

$$\text{Omjer netto traksije (TR}_{\text{netto}}\text{): } TR_{\text{netto}} = \frac{\text{netto traksija}}{\text{dinamička reakcija}} = \frac{F_{\text{pot}}}{F_G} \quad (13)$$

Omjer netto traksije je parametar koji se često navodi kao omjer između vučne sile/težine, omjer dinamičke traksije ili koeficijent traksije. Najveći dio ovih termina odnosi se, *de facto*, na cjelokupno vozilo-aktor, a manje na traksijske elemente. Ekvivalentni termin netto traksijski omjer (TR_{netto}), ali za cjelokupan aktor je tzv. traksijski omjer aktora-vozila VTR, odnosno omjer vučne sile aktora i ukupne dinamičke težine aktora-vozila.

Traksijska učinkovitost (TE_{ef}):

$$TR_{ef} = \frac{\text{izlazna snaga}}{\text{ulazna snaga}} = \frac{F_{\text{pot}}}{F_o} \times \frac{v_a}{v_t} = \frac{\frac{F_{\text{pot}}}{F_G}}{\frac{F_o}{F_G}} \times \frac{v_a}{v_t} = \left(\frac{TR_{\text{netto}}}{TR_{\text{brutto}}} \right) \left(\frac{v_a}{v_t} \right) \quad (14)$$

$$\text{Brutto traksijski omjer (TR}_{\text{brutto}}\text{): } TR_{\text{brutto}} = \frac{F_o}{F_G} = \frac{M_z}{r_t \cdot F_G} \quad (15)$$

Brutto traksijski omjer je vrlo često zvan i sila na kotaču, ugrađena vučna sila, teoretska vuča. U suštini je to zakretni moment doveden od motora i transformiran u vučnu silu, odnosno, to je vučna sila bez gubitaka kretanja. Brutto traksijski omjer je najslabije razjašnjen od svih traksijskih parametara. Brutto traksija nije praktično mjerljiva i uobičajeno ju je izračunati osnovom zakretnog momenta i radijusa kotača, odnosno traksijskih elemenata. Problem izračuna je u biti to što radijus za izračun nije poznat niti izravno mjerljiv. Prihvaćena je alternativna metoda izračuna brutto traksijskog omjera, a na osnovi energije ili snage. Tako, pomoću jednadžbi (12) i (14) dobivamo:

$$TR_{\text{brutto}} = \left(\frac{TR_{\text{netto}}}{TR_{ef}} \right) \left(\frac{v_a}{v_t} \right) = \left(\frac{TR_{\text{netto}}}{TR_{ef}} \right) (1 - R_f) \quad (16)$$

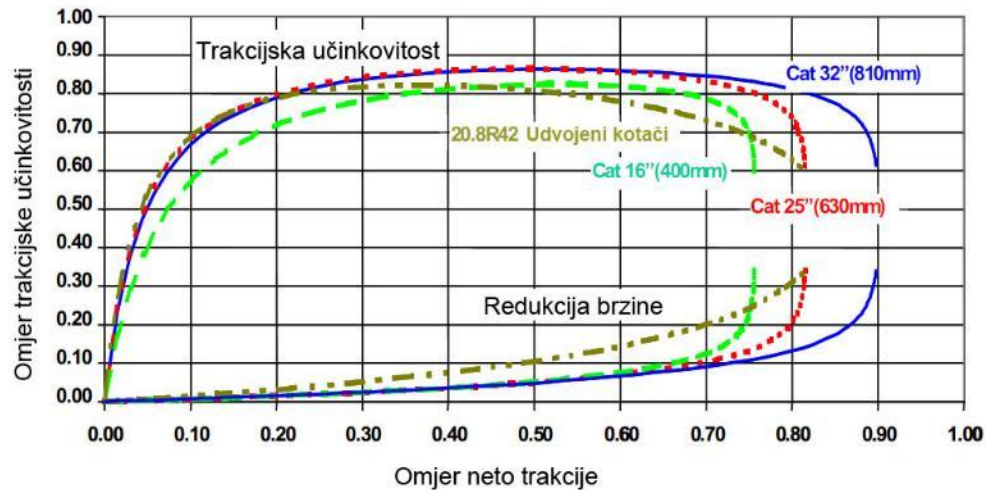
$$\text{Omjer otpora kretanju (R}_f\text{): } R_f = TR_{\text{brutto}} - TR_{\text{netto}} \quad (17)$$

Omjer otpora kretanju je inače znan kao otpor kotrljanja, a uključuje unutarnje gubitke traksijskih elemenata (gubici trenja pogona gusjenica ili kotača s pneumaticima) i sila otpora

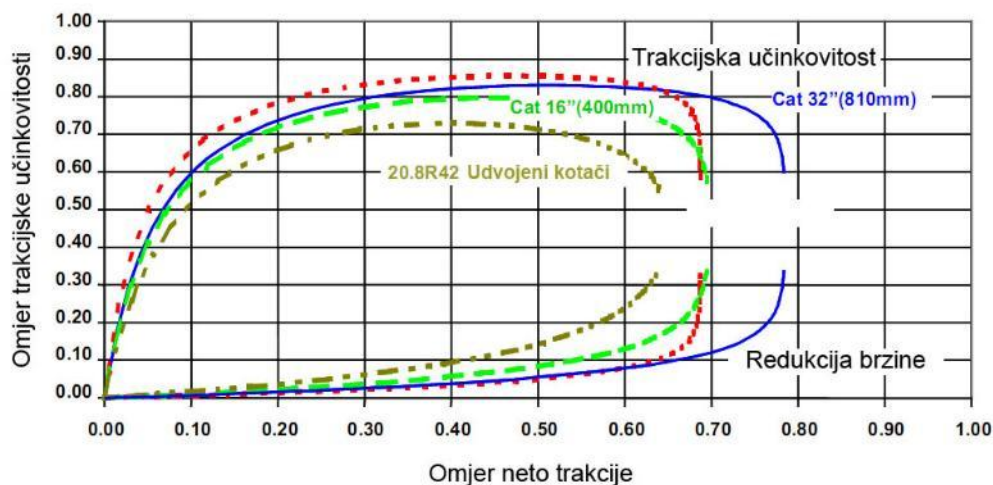
tla. Svi gubici koji se pojavljuju poslije mjesta mjerenja zakretnog momenta uključeni su u otpor kretanju.

Usporedba gumenih gusjenica i kotača s pneumatikom

Za određivanje utjecaja širine gumene gusjenice na njenu traksijsku učinkovitost u postupak testiranja uzete su gusjenice širine 400, 630 i 810 mm (16, 25 i 32 cola=inča). Kontrolna varijanta su bili udvojeni kotači s pneumaticima dimenzija 20.8 R 42. Testiranje je obavljeno na neobrađenom i obrađenom tlu.



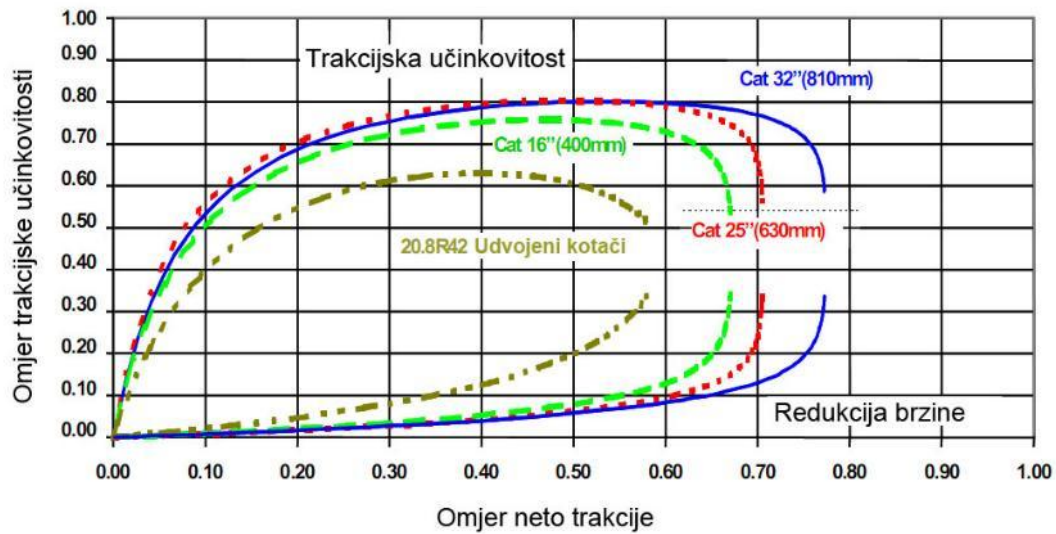
Slika 135. Usporedba gumenih gusjenica na kompaktnoj-neobrađenoj podlozi (masa traktora gusjeničara $m = 12700$ kg; traktor s kotačima $m = 8303$ kg) [43]



Slika 136. Usporedba gumenih gusjenica na obrađenom tlu (masa traktora gusjeničara $m = 12700$ kg; masa traktora s kotačima $m = 8303$ kg) [43]

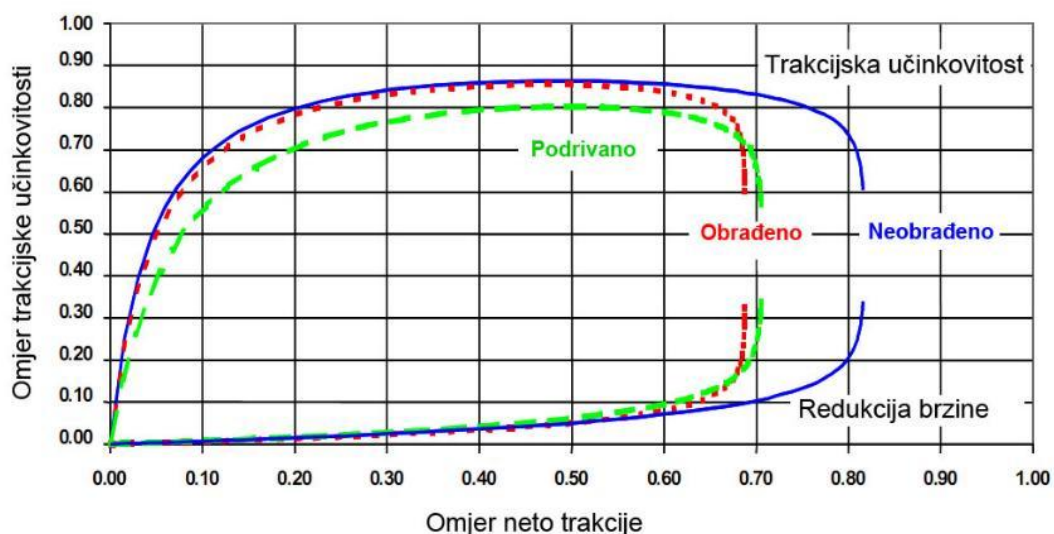
Slike 135. - 137. pokazuju traksijsku učinkovitost triju gumenih gusjenica različite širine i udvojenih kotača i to na tri različite podloge. U uvjetima kompaktne-neobrađene podloge (Slika 135.) razlike traksijske učinkovitosti, kako između pojedinih gusjenica tako i između gusjenica i udvojenih kotača, a pri normalnim-uobičajenim vučnim silama u polju ($TR_{netto} \approx 0,4-0,5$) su vrlo male. U području većih vučnih sila ($TR_{netto} > 0,5$), udvojeni kotači s

pneumaticima manje su prihvatljivi, dok široke gumene gusjenice daju maksimalnu netto trakciju (TR_{netto}) (ograničenje zbog redukcije brzine kretanja).

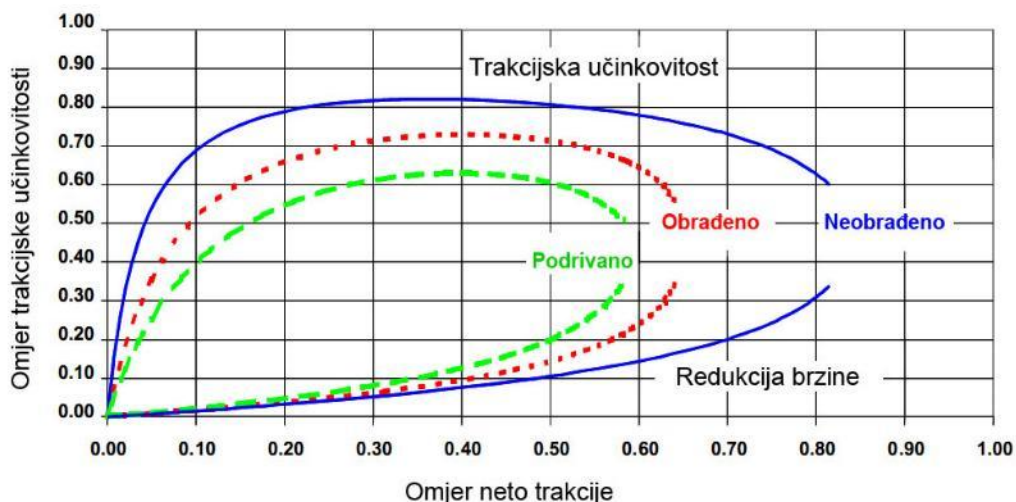


Slika 137. Usporedba gumenih gusjenica na tlu obrađenom rovilom (masa traktora gusjeničara $m = 12700$ kg; masa traktora s kotačima $m = 8303$ kg) [43]

Kako podloga obradom postaje rahlija - "mekša" razlike između gusjenica i udvojenih kotača s pneumaticima postaju uočljivije, dok međusobna relativna pozicija gumenih gusjenica ostaje ista (Slike 136. i 137.). Valja napomenuti da maksimalna trakcijska učinkovitost kotača s pneumaticima i dalje dolazi do vrijednosti $TR_{netto} \approx 0,4$, dok gumene gusjenice postižu maksimalne vrijednosti netto trakcije pri nešto višim vučnim silama ($TR_{netto} \approx 0,5$). Tako gumene gusjenice „demonstriraju“ šire područje vučnih sila pri maksimalnoj trakcijskoj učinkovitosti. Slične opservacije vrijede i za Slike 138. i 139., a koje prikazuju trakcijske značajke gumenih gusjenica širine 630 mm (Slika 138.) i udvojenih kotača s pneumaticima 20.8 R 42 (Slika 139.) na tri tipa podloge.



Slika 138. Učinkovitost gumenih gusjenica širine 630 mm na tri tipa podloge (masa traktora $m = 12700$ kg) [43]



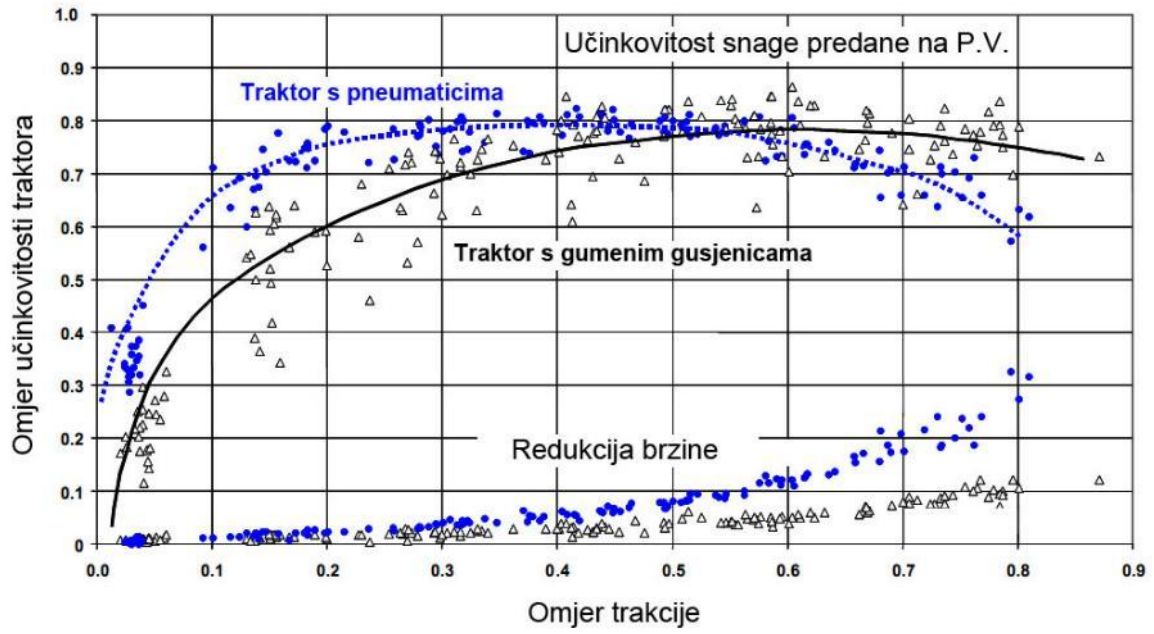
Slika 139. Učinkovitost udvojenih kotača s pneumaticima 20.8 R 42 na tri tipa podloge (osovinsko opterećenje 8030 kg; pritisak u pneumaticima $p = 83$ kPa) [43]

Učinkovitost traktora

Učinkovitost traktora i trakcijska učinkovitost nisu istoznačnice. Učinkovitost traktora je proporcionalna učinkovitosti trakcijskog ili trakcijskih elemenata, ali nije njoj jednaka. Primarna razlika je ta, što trakcijska učinkovitost zavisi o poznatoj ulaznoj snazi (snaga na osovini-vratilu) koja se dovodi do trakcijskih elemenata. Snaga na vratilu za sveukupni traktor je rijetko poznata veličina i ne mjeri se u službenim testovima. Postoje i drugi razlozi koji uvjetuju razliku između trakcijske učinkovitosti i učinkovitosti traktora, a to su:

- Trakcijska učinkovitost je određena-poznata za definirane pneumatike ili trakcijske elemente, npr. 18.4 R 46 pneumatik, no traktor može raditi s kombinacijom različitih trakcijskih elemenata, kao npr. različita dimenzija pneumatika na prednjim i stražnjim kotačima.
- Zahvaljujući prijenosu-transferu, masa traktora u radu, čak i kod traktora s jednakim promjerom svih kotača (izodijametralni kotači), za očekivati je da obje težine; statička i dinamička; na prednjoj i stražnjoj osovini, a kojima se kotači "koriste"; budu različite, iziskujući stoga različite pritiske u pneumaticima predstavljaju, *de facto*, različite trakcijske elemente.

Budući je učinkovitost trakcijskih elemenata definirana kao trakcijska, učinkovitost cjelokupnog traktora prema [42] je definirana kao učinkovitost predane snage (Power Delivery Efficiency=PDE). Autori ovaj termin opisuju kao omjer snage na poteznici traktora i realizirane snage motora traktora. Dakle, učinkovitost prenesene snage je postotak razvijene snage motora traktora raspoloživ kao vučna snaga putem poteznice [33], [37], [42]. Trakcijska učinkovitost je definirana kao omjer izlazne snage prema snazi dovedenoj do trakcijskih elemenata (ASAE Standard, 2001b). PDE ili učinkovitost predane snage uključuje trakcijsku učinkovitost (TR), kao i učinkovitost cjelokupne transmisije traktora od motora do poteznice.



Slika 140. Učinkovitost predane snage traktora s gumenim gusjenicama i pneumaticima (osnovna obrada tla, snaga na P.V.-priključnom vratilu izračunata iz snage motora) [43]

8. LITERATURA

1. „Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede“: Zbornici radova (1998-2008), Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
2. Agricultural Engineering Yearbook (1998-2008), LV Druck im Landwirtschaftsverlag, Münster
3. Anonim. (1998-2008). Profi-Magazin für Agrartechnik, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster
4. ASABE Ep291.3 Feb2005 (R2009)): Terminology And Definitions For Soil Tillage And Soil-Tool Relationships, ASABE, St. Joseph
5. Aurenhammer, H. (1991): Elektronik in Traktoren und Maschinen. BLV Verlagsgesellschaft GmbH, München
6. Aurenhammer, H., Schueller, K.J. (1990). Precision Farming. In Stout, B.A.:CIGR HANDBOOK of Agricultural Engineering Volume III, Plant Production Engineering. CIGR – ASAE, St. Joseph
7. Banaj, Đ., Šmrčković, P. (2003): Upravljanje poljoprivrednom tehnikom, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
8. Bell B. (2005): Farm Machinery. Old Pond Publishing, Ipswich
9. Brčić J. (1987): Mehanizacija u biljnoj proizvodnji, Školska knjige, Zagreb
10. Brixius, W.W, (1987): Traction prediction equations for bias-ply tires. ASASE Paper No. 871622. St Joseph, Michigan
11. Buchner, W., Köller K. (1990): Integrierte Bodenbearbeitung, Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart
12. Burt EC., Bailey AC. (1982): Load and inflation pressure effects on tires. Transactions of the ASAE Vol. 25, issue 4, pp. 881-884
13. CIGR HANDBOOK (1999) of Agricultural Engineering Volume III, Plant Production Engineering, CIGR – ASAE, St. Joseph
14. Corcoran, P. T., and D. S. Gove. (1985). Understanding the mechanics of track traction. In Proc. Int'l Conference on Soil Dynamics, 4: 664-678. 17-19 June. Auburn, Ala.: Auburn University, Office of Continuing Education
15. Čuljat, M. (1988): Proizvodna filozofija i osnovna pravila Integralne tehnike biljne proizvodnje (ITBP), Agrotehničar br. 10, 13-19, Zagreb
16. Čuljat, M.(1990): Integralna poljoprivreda, Agrotehničar br. 9, 17-25, Zagreb
17. Čuljat, M. (1997): Promišljeno opremanje poljoprivrede, Agrotehničar, broj 2/1997. Gospodarski list Zagreb
18. Čuljat, M.(2007): PUP, priručnik, br. 1-4, Osijek
19. Eichorn H. Et al. (1999): Landtechnik. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart
20. Estler, M. (1988): Obrada tla i sjetva u ingriranoj biljnoj proizvodnji, Agrotehničar br. 10, 23-27, Zagreb
21. Estler M., Knittel H. (1996): Praktische Bodenbearbeitung: Grundlagen, Gerätetechnik, Verfahren, Bewertung 2. Auflage. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
22. Goering E. C. (1990): Engine & Tractor Power. ASAE, Michigan
23. Goering E.C., Stone L. M., Smith W. D., Turnquist K. P. (2003): Off-Road Vehicle Engineering Principles, ASAE, Michigan
24. Hernanz, J. L., Ortiz- Canavate J. (1999): Energy Saving in Crop Production. In O. Kitani: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume V – Energy and Biomass Engineering. CIGR – ASAE, St. Joseph
25. Jejčić V. (2007): Traktor. Kmečki glas, Ljubljana
26. Kahnt, G. (1995): Minimal Bodenbearbeitung, Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

27. Köller K., Linke C. (2001): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
 28. KTBL Arbeitsblatt Nr.236 (1993): Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt-Kranichstein.
 29. Martinov M., Đević M., Novković N., Savin L., Ogrizović B., Micković G., Vidaković V., Popović M., Kekić M. (2007): Moj traktor. Res Trade, Novi Sad
 30. Pellizi G., Cavalchini Guidobono A., Lazzari M. (1988): Energy savings in agricultural machinery and mechanization. Elsevier Applied Sciences, London and New York
 31. Renius Karl T. (1985): Traktoren – Technik und ihre Anwendung, BLV Verlagsgesellschaft mbH, München
 32. Renius K.T. (1999): Tractors – Two – Axle Tractors. In Stout, B. A.: CIGR Engineering. CIGR – ASAE, St. Joseph
 33. Shell, L. R., F. M. Zoz, and R. L. Turner. (1997). Field performance of rubber belt and MFWD tractors in Texas soils. In *Belt and Tire Traction in Agricultural Vehicles*, 65-73. SAE SP-1291. Warrendale
 34. Schön H. Et al (1998): Landtechnik Bauwesen, BLV Verlagsgesellschaft München
 35. Srivastava K.A., Goering E.C., Rohrbach P.R. (1993): Engineering Principles of Agricultural Machines. ASAE, Michigan
 36. Tebrügge F., Böhrnsen A. (1997): Interrelation of different tillage intensities on soil structure, biological activity, yield and profit. In Gospodarić Z. (ed), Proc. 25th Actual Tasks on AgEng, Croatia, pp.129-138
 37. Turner, R. J., L. R. Shell, and F. M. Zoz. (1997). Field performance of rubber belt and MFWD tractors in southern Alberta soils. In *Belt and Tire Traction in Agricultural Vehicles*, 75-85. SAE SP-1291.
 38. Upadhyaya, K.S., Chancellor, J.W., Perumpral, V.J., Schafer, L.R., Gill, R.W., VandenBerg, E.G. (1994): Advances in Soil Dynamics (Vol.1). ASAE, Michigan
 39. Upadhyaya, K.S., Chancellor, J.W., Perumpral, V.J., Schafer, L.R., Gill, R.W., VandenBerg, E.G. (1998): Advances in Soil Dynamics (Vol.1). ASAE, Michigan
 40. Zimmer, R., Banaj, Đ., Brkić, D., Košutić, S. (1997): Mehanizacija u ratarstvu, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
 41. Zimmer, R., Košutić, S., Zimmer, D. (2008): Poljoprivredna tehnika u ratarstvu, udžbenik, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
 42. Zoz, F. M., R. L. Turner, and L. R. Shell. (2002). Power delivery efficiency: A valid measure of belt and tire tractor performance. *Trans. ASAE* 45(3): 509-518.
 43. Zoz F, Grisso R. (2003): Traction and tractor performance. ASAE Distinguished Lecture #27, Agricultural Equipment Technology Conference, pp.1-47 Louisville, USA
 44. Witney B. (1988): Choosing & Using Farm machines. Land Technology Ltd., Edinburgh
-
45. Promidbeni materijali tvrtke AGCO–Challenger, Duluth, Georgia, SAD
 46. Promidbeni materijali tvrtke Amazone, Hasbergen-Gaste, Njemačka
 47. Promidbeni materijali tvrtke Bourgault, Minot, SAD
 48. Promidbeni materijali tvrtke Case New Holland, Racine, Wisconsin, SAD
 49. Promidbeni materijali tvrtke Claas GmbH, Harsewinkel, Njemačka
 50. Promidbeni materijali tvrtke Eijkelkamp
 51. Promidbeni materijali tvrtke Horsch, Schwandorf, Njemačka

52. Promidbeni materijali tvrtke John Deere, Moline, Illinois, SAD
53. Promidbeni materijali tvrtke Köckerling, Verl, Germany
54. Promidbeni materijali tvrtke Kverneland Group, Norveška
55. Promidbeni materijali tvrtke Kuhn S.A., Saverne-Cedex, Francuska
56. Promidbeni materijali tvrtke Lemken, Alpen, Njemačka
57. Promidbeni materijali tvrtke OLT, Osijek, Hrvatska
58. Promidbeni materijali tvrtke AB Overums Bruk, Overum, Sweden
59. Promidbeni materijali tvrtke Pegoraro, Italy
60. Promidbeni materijali tvrtke Rabe Agrarsysteme, Bad Essen, Germany
61. Promidbeni materijali tvrtke RAU, Weilheim/Teck, Njemačka
62. Promidbeni materijali tvrtke Simba, Lincolnshire, England
63. Promidbeni materijali tvrtke Agco-Tye, Duluth, Georgia, SAD
64. Promidbeni materijali tvrtke Väderstad, Väderstad, Sweden
65. www.goodyear.eu/za_en/tire-advice
66. www.michelinag.com/Agricultural-tires
67. www.boschrexroth.com/business_units/brm/de/dokumentation-und-downloads/broschueren/index.jsp

9. VIŠEJEZIČNI POJMOVNIK

broj okretaja motora - frekvencija vrtnje

(*en. Number of revolutions; nj. Drehzal; fr. Vitesse de rotation; it. Numero di giri*)

dijagonalni pneumatik

(*en. Diagonal tyre, nj. Diagonalreifen, fr. Pneu diagonal, it. Pneumatico diagonale*)

drljače

(*en. Harrows, nj. Eggen, fr. Herses, it. Erpici*)

kombinirana oruđa za predsjetvenu pripremu tla

(*en. Seed bed combination implements, nj. Saatbettkombinationen, fr. Combinasons de preparation du sol, it. Combinazioni per preparazione alla semina*)

kotači

(*en. Wheels, nj. Räder, fr. Roues, it. Ruote*)

mjenjač

(*en. Gearbox, nj. Getriebe, fr. Boite de vitesses, it. Cambio di velocita*)

motor s unutarnjim izgaranjem

(*en. Internal combustion engine-IC; nj. Verbrennungs motor; fr. Moteurs d' combustion interne, it. Motori a combustione interne-MCI*)

naplaci - felge

(*en. Rims, nj. Felgen, fr. Jantes, it. Cerchi*)

oruđa i strojevi za obradu tla

(*en. Soil tillage implements, nj. Bodenbearbeitungs gärate, fr. Materiel du travail du sol, it. Attrezzature per la lavorazione del terreno*)

oruđa za osnovnu obradu tla

(*en. Primary tillage implements, nj. Grundbodenbearbeitungs geräte, fr. Travail du sol primaire, it. Lavorazione principale del terreno*)

oscilacijska drljača

(*en. Reciprocating harrow, nj. Rüttelegge, fr. Herse oscillante, it. Erpice oscilante*)

plug

(*en-am. Plough-plow, nj. Pflug, fr. Charrue, it. Aratro*)

pneumatici - gume

(*en. Tyres, nj. Reifen, fr. Pneus, it. Pneumatici*)

pneumatik bez zračnice

(*en. Tubeless tyre, nj. Schlauchloser Reifen, fr. Pneu sans chamber à air, it. Pneumatico senza camera d' aria*)

podesivi naplatak

(*en. Adjustable rim, n. jVerstellfelge, fr. Jante adjustable, it. Cerchio regolabile*)

priključno vratilo

(*en. Power take-off, nj. Zapfwelle, fr. Prise de force, it. Presa di potenza*)

prorahljivač – podrivač

(*en. Subsoiler, nj. Tief Grubber, fr. Sus- soleuse, it. Aratro ripuntatore*)

provodna cijev

(*en. Seed tube, nj. Saatleitung, fr. Tube de descante, it. Tuba di caduta*)

radijalni pneumatik

(*en. Radial ply tyre, nj. Radial-Ply –Reifen, fr. Pneu radial, it. Pneumatico radiale*)

rovilica - freza

(*en. Rotary cultivator, nj. Fräse, fr. Fraise, it. Fresatrice*)

rovilica sa zupcima-klinovima

(*en. Rotary cultivator with spike rotor, nj. Zinkenrotor, fr. Coulter rotative avec rotor denté, it. Zappatrice rotative con rotore a punte*)

rovalo

(*en. Chisel plough, nj. Grubber-Maisel pflug, fr. Cultivateur scarificateur, it. Cultivatore pesante*)

sijačice za uskoredne usjeve - kulture

(*en. Seed drills, nj. Drillmaschinen, fr. Semoirs en lignes, it. Seminatrici a righe*)

sijači aparat s izljebljenim valjkom

(*en. Force feed roller, nj. Schubrad, fr. Roue à connelures, it. Distributore a rullo*)

sijačice za širokoredne usjeve-precizne sijačice-jednosjemene sijačice

(*en. Spacing drills-planters, nj. Einzelkorndrillgräte, fr. Semoirs monograines, it. Seminatrice monoseme*)

sijači aparat s vertikalnim kolom (nadtlačni)

(*en. Compressed air system+cell wheel + air nozzle, nj. Druckluftsystem+Zellenrad-Düse, fr. System à air comprimé+ roué alvéole-buse d' air, it. Sistema d' aria compressione+ruoto alveolata-ugello d' aria*)

sjetva

(*en. Sowing-seeding, nj. Saat-Aussaat, fr. Semence-Semis, it. Semina-Seminazione*)

sjetva u stalne tragove

(*en. Drilling by tramline system, nj. Drillen mit Fahrgasse, fr. Semis avec routes de passage, it. Semina con vicolo di passaggio*)

sjetva bez obrade - direktna sjetva

(*en. Direct drilling, nj. Direktsaat, fr. Semis direct, it. Semina diretta*)

snaga

(*en. Power; nj. Leistung; fr. Puissance; it. Potenza*)

strojevi i oruđa za dopunsku obradu tla

(*en. Secondary tillage equipment, nj. Sekundare bodenbearbeitungs gärate, fr. Secondaire materiel de travail du sol, it. Secundario attrezzature per la lavorazione del terreno*)

tanjurače

(*en. Disc harrows, nj. Scheibeneggen, fr. Pulveriseurs-herses a disque, it. Erpici a dichi*)

traktor

(*en. Tractor, nje. Schlepper, fr. Tracteur, it. Trattore*)

trakcijski uređaji

(*en. Traction devices; nj. Zugwerk; fr. Adhérence; it. Aderenza*)

trozglobna hidraulička poteznica s elektro-hidrauličkom regulacijom

(*en. Three point hydraulic hitch with EHC; nj. Dreipunktkraftheber mit Elektronische Hubwerks-Regelung, fr. Attelage a trois points avec relevage électronique it. Accoppiamento a tre punti con controllo elettronico*)

ulagač sjemena - raončić

(*en. Shoe coulter, nj. Schlepshar, fr. Sac avec resort, it. Assalcatore*)

ulagač sjemena - dvostruki disk

(*en. Double disc coulter, nj. Doppelscheiben-Drillschar, fr. Sac à double disque, it. Assalcatore a doppio disco*)

valjci

(*en. Rollers, nj. Walzen, fr. Rouleaux, it. Rulli*)

zakretni moment

(*en. Torque; nj. Drehmoment; fr. Couple; it. Coppia*)

zvrk drljača

(*en. P.t.o. driven harrow, nj. Kreiselegge, fr. Herse rotative, it. Erpice rotante*)

IN MEMORIAM



prof. dr. sc. Robert Zimmer (17.05.1942 – 05.01.2010.)

Robert Zimmer je rođen 17. svibnja 1942. godine u Osijeku. Osnovnu školu i gimnaziju završio je u Osijeku, a diplomirao na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku (tadašnja Visoka poljoprivredna škola) na ratarskom smjeru 1967. godine. Poslijediplomski studij „Poljoprivredno strojarstvo“ završio je na Poljoprivrednom fakultetu u Zagrebu, a disertaciju iz područja biotehničkih znanosti, polje agronomije, obranio je 1986. godine na Fakultetu poljoprivrednih znanosti u Zagrebu. Tijekom 1968. godine bio je na specijalizaciji iz područja Zaštite poljoprivrednih proizvoda i prerađevina primjenom strojeva i uređaja u Institutu Degesch (Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung GmbH) u Njemačkoj. Od 1967. godine zaposlen je u Zavodu za zaštitu bilja i poljoprivrednih proizvoda na Visokoj poljoprivrednoj školi u Osijeku. Od 1969. godine do danas zaposlen je na Poljoprivrednom fakultetu. U zvanje asistenta izabran je 1969., a u zvanje znanstvenog asistenta 1976. U zvanje docenta izabran je 1987., a u zvanje izvanrednog profesora 1993.. U zvanje redovnog profesora izabran je 1999., a 2001. drugi izbor za redovitog profesora.

U nastavno – obrazovni proces na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku uključuje se 1969. godine kao asistent na predmetu „Mehanizacija u ratarstvu“, a 1987. godine postaje nositelj navedenog predmeta. Od travnja 1998. godine voditelj je Katedre za mehanizaciju, a od 1981. 1983. upravitelj Zavoda za mehanizaciju. Bio je nositelj predmeta i koordinator modula : Mehanizacija u ratarstvu (Ratarstvo), Mehanizacija u biljnoj i stočarskoj proizvodnji (Opći smjer), Mehanizacija u poljoprivredi (smjer Agroekonomika), Tehnika proizvodnje i dorade sjemena (Poslijediplomski studij Sjemenarstvo), Strojevi u ratarstvu i vrtlarstvu (Smjer Mehanizacije), te Tehnički sustavi pri spremanju voluminoznog sijena (Poslijediplomski studij mehanizacije). U društvu inženjera i tehničara Osijek, bio je tajnik 2 godine, a od 1978. – 1981., predsjednik društva. Član je Hrvatskog društva za poljoprivrednu tehniku, a od 1997. - 1999. Godine i predsjednik (HDPT). Član je Europske udruge poljoprivrednih inženjera (EurAgEng) od 1997.

Objavio je veći broj znanstvenih i stručnih radova, sveučilišnih udžbenika, te sudjelovao na domaćim i međunarodnim kongresima. Također je bio voditelj nekoliko projekata financiranih od Ministarstva znanosti i tehnologije, Ministarstva obnove i razvitka, te Ministarstva poljoprivrede i šumarstva. Prof. dr. Robert Zimmer dao je najveći doprinos u radu na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku, u nastavnom procesu i obrazovanju mladih generacija agronoma, a tom kontinuiranom procesu bio je potpuno predan i maksimalno posvećen. Posao sveučilišnog profesora je savjesno radio, i za njega je živio. Nastojao je povezivati teoriju s praksom, popularizirati struku. Generacije studenata pamtit će ga kao strogo, ali prije svega pravednog i pravičnog profesora, uvijek spremnog razgovarati, pomagati i objasniti studentima. Bio je osoba koja je dostojno nosila status sveučilišnog profesora i ostati će nam u sjećanju kao miran i tih kolega, i nadasve skroman do zadnjeg dana.

Osijek 08. 10. 2010.

Prof. dr. sc. Vlado Guberac
Dekan Poljoprivrednog fakultet u Osijeku

