

# ULOGA KONZERVACIJSKIH AGROTEHNIČKIH MJERA U OKVIRIMA KLIMATSKIH PROMJENA

---

Vranješ, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:424271>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

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



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

Luka Vranješ, absolvent

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**ULOGA KONZERVACIJSKIH AGROTEHNIČKIH MJERA U**  
**OKVIRIMA KLIMATSKIH PROMJENA**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2017.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Luka Vranješ, absolvent

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**ULOGA KONZERVACIJSKIH AGROTEHNIČKIH MJERA U  
OKVIRIMA KLIMATSKIH PROMJENA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Danijel Jug, mentor
3. Izv. prof. dr. sc. Irena Jug, član

**Osijek, 2017.**

# SADRŽAJ

<b>UVOD</b> .....	1
<b>1. OBRADA TLA</b> .....	2
1.1. Dubina i značajke obrade .....	2
1.2. Ugljik i organizmi tla.....	4
1.3. Erozija.....	5
1.4. Suvremene tendencije i reducirana obrada.....	8
1.5. Minimalna i racionalna obrada .....	10
<b>2. KONZERVACIJSKA OBRADA</b> .....	11
2.1. Karakteristike konzervacijske obrade.....	11
2.2. Gnojdba .....	14
2.3. Žetveni ostaci.....	15
2.4. Izostavljena obrada (No-tillage) .....	16
2.5. Obrada u trake (Strip tillage).....	20
2.6. Obrada u grebenove (Ridge tillage).....	22
<b>3. KLIMATSKE PROMJENE</b> .....	24
3.1. Pojam klimatskih promjena.....	24
3.2. Značaj CO <sub>2</sub> .....	26
<b>4. KONZERVACIJSKA OBRADA TLA KAO MJERA UBLAŽAVANJA KLIMATSKIH PROMJENA</b> .....	30
4.1. Sekvestracija ugljika pri konzervacijskoj obradi tla.....	30
4.2. Vjetar i suša .....	31
4.3. Eolska erozija .....	32

4.4. Oborine .....	33
4.5. Hrvatske posebnosti u suočavanju sa promjenama klime .....	35
<b>5. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>37</b>
<b>6. POPIS LITERATURE .....</b>	<b>38</b>
<b>7. SAŽETAK .....</b>	<b>39</b>
<b>8. ABSTRACT .....</b>	<b>40</b>
<b>9. POPIS SLIKA .....</b>	<b>41</b>
<b>TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....</b>	<b>43</b>
<b>BASIC DOCUMENTATION CARD .....</b>	<b>44</b>

## UVOD

Poljoprivreda od samih početaka društva predstavlja civilizacijski oslonac ljudima u smislu prehranjivanja i opstojnosti i kao takva stoljećima se razvijala, a unutar nje i obrada tla. Obzirom da razvoj nije uvijek značio i napredak znanstvenici propituju nove metode obrade i općenito sve metode bavljenja poljoprivrednom proizvodnjom. Od druge polovice 20. stoljeća uočljivi su novi izazovi koje poljoprivreda, pa i civilizacija u cjelini trebaju premostiti. Erozija, klimatske promjene, degradacija tla i okoliša samo su neki od važnijih. Brzo rastuća svjetska populacija iziskuje stalan rast poljoprivredne proizvodnje, a kemijska sredstva i intenzivna konvencionalna obrada sa svrhom maksimalizacije prinosa i profita to su desetljećima i omogućavali. No takav pristup pokazuje se neodrživim na dugi rok, posebno u okviru klimatskih promjena. Trend je prijelaz na održivi model gospodarenja pod kojim se podrazumijeva očuvanje tla, vode, zraka i sl. uz ispunjavanje zahtjeva za proizvodnjom dovoljnih količina hrane.

Konzervacijska obrada predstavlja jedno od rješenja navedenih problema, prvenstveno erozije, odnosno degradacije tla te konzervacije vode u novim uvjetima klime i njenih budućih promjena. Koliko čovjek utječe na klimatske promjene pitanje je koje dijeli znanstvenike, no one se neupitno događaju. Potrebno je razjasniti možemo li uopće značajnije pridonijeti njihovom usporavanju i ako možemo, na koji način te kako se to odnosi na poljoprivrednu proizvodnju. Klasična obrada plugom i broj prohoda po tlu potrebnih za izvođenje svih osnovnih i dopunskih zahvata u konvencionalnoj proizvodnji iziskuju radnu snagu, vrijeme i novac te se sve više propituje njihova opravdanost. Posebno su u radu naglašene karakteristike klasične konvencionalne obrade i pozitivne strane reducirane obrade u svim oblicima. Prednosti konzervacijskih agrotehničkih mjera u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu nadilaze pojedine nedostatke, posebno u smislu dugoročne održivosti sustava biljne proizvodnje.

Cilj ovoga rada je utvrditi ulogu i značaj primjene konzervacijskih agrotehničkih mjera u smjeru ublažavanja i prilagodbe klimatskim promjenama, koje su u radu i problematizirane, te prikazati prednosti i nedostatke svakog sustava reducirane obrade te konvencionalne obrade.

# 1. OBRADA TLA

„Obrada je mehanički zahvat u tlo kojim se popravljaju stanje tla koje utječe na biljnu proizvodnju.“ (Butorac, 1999.). Temeljne zadaće obrade su popravak strukture, suzbijanje korova i inkorporacija gnojiva u tlo te konzervacija vlage. Svrha je stvaranje antropogenog sloja tla, povoljnih vodozračnih odnosa, korigiranje klime i popravljavanje fizikalnog, kemijskog i biološkog kompleksa tla radi postizanja optimalnih uvjeta za klijanje sjemena, nicanje i razvoj usjeva. Krajnji cilj svake obrade tla je ostvarivanje prinosa. Maksimalizacija, specijalizacija, efikasnost i učinkovitost temeljna su načela suvremene proizvodnje bilja koja su dovela do mnogih problema. Trend povećanja dubine i broja zahvata obrade tla prestaje početkom 20. st. zbog negativnih učinaka poput kvarenja strukture, erozije, tabana obrade, reduciranja biokomponente itd. pa i troškova obrade koja razvojem pesticida i kemijske industrije gubi svoju primarnu funkciju uništavanja korova, štetnika i reguliranja bolesti te inkorporacije žetvenih ostataka.

## 1.1. Dubina i značajke obrade

Ne postoji jedinstveni optimalni sustav obrade tla, a dubinu obrade te broj prohoda strojevima po površini treba prilagoditi agroekološkim uvjetima te ekonomski uskladiti razinu proizvodnje. Dubina obrade ovisi o:

- Tlu – na lakšim tlima obrada je plića, a na teškima dublja
- Klimi – humidna i aridna područja pliće, dublje u umjereno vlažnim područjima
- Reljefu – nagnuti tereni pliće se obrađuju zbog erozije
- Oruđima – razvijenija oruđa omogućuju dublju obradu
- Gnojidbi – jača gnojidba omogućuje dublju obradu
- Kulturi i njenim potrebama
- Ekonomičnosti proizvodnje – obrada iziskuje znatna financijska sredstva čije ulaganje mora biti opravdano

Kako bi kvalitetno izveli oranje potrebno je obratiti pažnju na pravovremenost u smislu vlažnosti tla, i na fizičke nedostatke tla. Cilj je postići optimalnu dubinu, ujednačeno okrenuti i poslagati brazde te izbjeći zbijanje i neizorane dijelove. Idealno je u jednom proходу obaviti oranje plugom iza kojega je priključeno dodatno oruđe za poravnavanje jer time smanjujemo zbijanje. Sve više se uviđa važnost racionalizacije i upotrebe integriranih

oruđa (Slika 1.). Kombiniranjem oruđa povećava se njihova učinkovitost i omogućuje dovršetak obrade u optimalnim rokovima. Moguće je agregirati oruđa pri gotovo svim zahvatima obrade, sjetvi i njezi kultura no nagib i male parcele predstavljaju problem. Površina pri tom treba biti što ravnija zbog veće širine zahvata. Moguće je povezati



Slika 1. Kombisem RAU

([http://www.strojevi.com.hr/uploads/integralna\\_tehnika\\_obrade\\_tla\\_i\\_sjetve.pdf](http://www.strojevi.com.hr/uploads/integralna_tehnika_obrade_tla_i_sjetve.pdf))

obradu sa gnojidbom, primjenom pesticida i sjetvom. Povezati se može npr. oranje i podrivanje ili kombinirani plug s rotirajućim noževima kao zahvate osnovne obrade, zatim osnovnu i dopunsku obradu (npr. oranje i drljanje ili valjanje i sl.) te zahvate dopunske obrade (kultiviranje i drljanje, valjanje i drljanje itd.). Najveći broj prohoda je kod okopavinskih usjeva, posebno šećerne repe gdje je svaki kvadratni metar tijekom uzgoja 2,5-3 puta izložen prohodima traktora. To smanjuje vodopropusnost tla u tragovima kotača za 60-93 % na 7 cm dubine te povećava zbijenost 9-23 %. Zbijanje tla posljedica je primjene teške mehanizacije, a sadržaj vode je glavni čimbenik zbijanja (Slika 2.). Što je tlo vlažnije, podložnije je zbijanju i obrnuto, a najčešće se događa na tlima težeg mehaničkog sastava. Pokorica ili površinsko zbijanje može se prevenirati žetvenim ostacima dok je zbijanje kotačima i zbijanje uslijed obrade teško popraviti. Stoga treba izbjegavati obradu tla za



Slika 2. Prohodi po mokrom tlu narušavaju strukturu (foto: Luka Vranješ)

nepovoljne vlažnosti što često nije slučaj uslijed raznih organizacijsko-ekonomskih razloga te varirati dubinu obrade. Oranjem u proljeće i ljeto teže se postiže očuvanje vlage u odnosu na jesen, a neovisno kada se izvodi oranje ne smije uzrokovati pogoršanje svojstava tla



(fizikalnih, bioloških...). Duboka obrada strništa i duboko oranje mogu uzrokovati velike gubitke vode u ljetnom razdoblju (30-40 mm/mj.). Koji god zahvat obrade izvodili, potrebno je njime minimalizirati gubitak vode iz tla. Iz tog razloga zimi površina tla treba biti ujednačena i poravnata, a time je i evaporacijska površina smanjena.

## 1.2. Ugljik i organizmi tla

Konvencionalnom obradom, navodnjavanjem, kalcizacijom, aktivnošću aerobnih mikroorganizama tj. razgradnjom organske tvari dolazi do oslobađanja ugljika i njegova gubitka iz tla. „Sadržaj ugljika u površinskom sloju do 30 cm, na tlu koje prethodno nije obrađivano, smanjuje se za oko 20 % tijekom prvih 5 godina obrade.“ (Jug i sur., 2015.). CO<sub>2</sub> je u vegetacijskom razdoblju pohranjen u porama tla i tamo ostaje sve do slijedeće obrade kojom se oslobađa u atmosferu. Obradom tla kojom se čuva ugljik može se njegovo otpuštanje smanjiti i za više od 70 % u odnosu na duboko orano i nepravno tlo. Čestom primjenom grubog ljetnog oranja kontinuirano se povećava gubitak ugljika koji ubrzava i gubitak vode iz tla uslijed oštećenja strukturnih agregata. Ukoliko se u tlo ne dodaje stajsko gnojivo i ne ostavljaju žetveni ostaci, produkt mikrobiološkog disanja CO<sub>2</sub> nastaje razgradnjom humusnih tvari. Tako u nekoliko godina tlo može izgubiti do 50 % humusa. Konvencionalnom obradom pri kojoj se ne konzervira ugljik dolazi do degradacije tala u kratkom roku. Poljoprivredna tla imaju ulogu u vezivanju i skladištenju atmosferskog CO<sub>2</sub> te potencijalno imaju mogućnost doprinijeti ublažavanju učinaka klimatskih promjena ukoliko bi se obrada tla kojom se ugljik konzervira prepoznala i koristila u većoj mjeri.

Organizmi tla važan su čimbenik njegova funkcioniranja i održivosti njegove proizvodne funkcije. Bioraznolikost je poželjna osobina tla koje je živi sustav povećane plodnosti u odnosu na manje biogena tla. Obzirom da obradom dolazi do narušavanja biološke ravnoteže u većoj ili manjoj mjeri ovisno o intenzitetu (dubini i učestalosti), zamjetna je prednost reducirane i konzervacijske obrade, posebno sustava kakav je no-till, u očuvanju biogenosti tla. Organizmi tla popravljaju infiltraciju vode i vododržnost tla, preveniraju eroziju, razgrađuju organsku tvar i čine ju dostupnijom biljkama i sl. Posebno se to odnosi na gujavice, indikatore plodnosti tla, a istraživanja vršena na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku pokazuju da je broj gujavica kod izostavljene obrade bio 178 % veći u odnosu na konvencionalnu obradu. Rahljenje uz istovremeno usitnjavanje i lagano zbijanje tla ima povoljan učinak s biološkog stajališta. Na taj način smanjuje se aeracija i aktivnost aerobnih mikroorganizama, manja je proizvodnja ugljičnog dioksida te ne dolazi do propadanja

humoznih tvari koje vežu čestice tla. Oranjem i okretanjem tla većina aerobnih mikroorganizama s površine dospije u anaerobne uvjete i ugiba. Preživjeli aerobni mikroorganizmi se u kratkom vremenu razmnože te uslijed njihove aktivnosti dolazi do procesa razgradnje humusa. Dekompozicija organske tvari ubrzava se obradom uslijed aeracije, povećanja temperature i sadržaja vode i to proporcionalno intenzitetu obrade. Pri temperaturama tik iznad 0°C dekompozicija je zanemariva, a drastično se povećava na 35 - 40°C. Malčiranje i u ovom slučaju ima pozitivan učinak i to u vidu održavanja niže temperature tla. Tla siromašna humusom imaju niz problema i na njima je potrebno prilagoditi obradu čuvanju organske tvari i strukture.

### **1.3. Erozija**

Veličina proizvodnih površina nije stalna i neprekidno dolazi do promjena, najčešće u smjeru smanjenja. Do porasta dolazi isušivanjem močvara, mora i jezera te privođenjem kulturi šumskih područja itd. Smanjenje uzrokuje razvitak industrije, transporta i urbanih područja. Erozija je jedan od najvećih uzroka gubitka proizvodne poljoprivredne zemlje, a utječe na čovjeka i njegovu ishranu na 2 načina. Prvi je činjenica da odnosi gornji sloj tla koji najčešće sadrži najveći dio kalcija, fosfora i drugih minerala, a nakon toga biljke rastu na donjem sloju koji je siromašan te zbog toga imaju manju hranjivu vrijednost. Drugi je način u vidu prinosa koji je uslijed erozije tla puno manji nego na tlu kompletnog profila.

Kako bi shvatili važnost prevencije erozije dovoljno je pogledati u prošlost. Vrijeme i oblik korištenja zemlje određuje stupanj erozije. Površine koje su prve prilagođene poljoprivredi poput Bliskog istoka i Sahare prve su i pretrpjele eroziju. U Sjevernoj Americi erozija počinje kolonizacijom kontinenta, a prije toga gotovo da nije postojala. Intenzivno iskorištavanje tala u kratkom roku dovelo je do njihove degradacije, a prvi doseljenici samo bi preselili na slijedeće polje na zapadu i nastavili sa jednakim metodama obrade tla. Nisu poznavali opasnost od erozije. No, neki poput Nijemaca naučili su važnost plodosmjene i mjera obrane od erozije te su sačuvali svoja poljoprivredna tla do 21. stoljeća na području Pennsylvanije. Uvođenjem strojeva za obradu tla povećao se ljudski utjecaj na intenzitet erozijskih procesa. Do izražaja je došao problem i štetnost intenzivne poljoprivrede, posebice monokulture za plodnost tla i to najviše u dijelovima gdje su klima i topografija bili pogodni za eroziju. Stepe jugoistoka SAD-a na kojima se desetljećima uzgajao pamuk primjer su najširih hidroerozijskih posljedica u Sj. Americi. Na srednjem zapadu uzročnik jake erozije bilo je uzgajanje pšenice u monokulturi i napasivanje ovaca, dok bi u sušnom



Slika 3. Erozijski vodeni tokovi (http://www.cnvos.info/article/id/5344/cid/94)

dijelu godine jaki vjetrovi neometano otuphivali tlo, te bi ono tako gubilo i onaj minimum organske tvari koju je posjedovalo. Početkom tridesetih godina 20. stoljeća erozija je u SAD-u proglašena prijetnjom naciji i počelo se ovom problemu posvećivati potrebnu pažnju.

Sjetva je osnovni razlog za ubrzanje procesa erozije iznad geoloških normi, a obrađivanje je samo po sebi najerozivniji čimbenik poljodjelstva. Mineralna gnojidba uzrokuje bolji rast i veću biljnu masu, te posljedično i više ostataka; korovi kao i sve druge biljke štite od erozije (što ne znači da su poželjni u proizvodnji); a metoda obavljanja žetve znatno određuje zaštićenost tla. Tako odnošenje kompletnih biljaka sa svim dijelovima (krumpir, riža u pojedinim državama) ostavlja tlo najizloženijim dok odnošenje samo gornjih dijelova (plodovi koji nisu za krmu – žitarice, voće, grah, lišće duhana,...) ostavlja određenu količinu organske i mineralne tvari na/u tlu i smanjuje erozivnost. Ispaša je jedan od oblika korištenja zemlje gdje je količina erozije zanemariva ukoliko se vodi odgovorno.

Obrada može smanjiti erodibilnost glinastih, a povećati erodibilnost pjeskovitih tala. Erodibilnost ovisi o meh. i kem. svojstvima tla. Na blagim nagibima u prirodnim uvjetima stupanj erozije iznosi 0,0045 kg/m<sup>2</sup> godišnje, a na strmim nagibima 0,045 kg/m<sup>2</sup>. Na poljoprivrednim površinama gubici od 4,5 do 45 kg/ha godišnje smatraju se ubrzanom erozijom. Najosjetljivije razdoblje za eroziju je početak vlažnog dijela godine, kada su

oborine obilne, a vegetacija nedovoljno razvijena da zaštiti tlo. Erodirano tlo odnosno sediment najveći je svjetski polutant površinskih voda, a godišnje se u oceane nanese oko 20 milijardi tona sedimenta. Erozijska tla vodom (Slika 3.) dijeli se na: eroziju izazvanu kišnim kapima, eroziju površinskim otplavlivanjem, međubraznu eroziju, brazdastu i bujičnu eroziju. U sušnim klimama erozija vjetrom je intenzivnija nego u vlažnim, a u slučaju hidroerozije je obrnuto. No tlo sušnih područja podložno je eroziji obje vrste uslijed nedostatka organske tvari ali i uslijed činjenice da veći dio oborine padne velikim intenzitetom tijekom olujnih nevremena s grmljavinom. Općenito, količina padalina raste približavanjem ekvatoru (topli zrak absorbira više vode) te je erozija u tropima često vrlo ozbiljna. Što je klima svježija veći je izgled da će padaline biti umjerenije. Područja blizu mora imaju manje ekstreme negoli ona kontinentalna. Energija padajuće kiše izrazito je važan čimbenik, npr. u Engleskoj ona ima vrlo malu kinetičku energiju u odnosu na dijelove američkog srednjeg zapada i jugoistoka gdje je ta energija puno veća. Od velike važnosti za eroziju je i distribucija padalina tijekom godine (zimi pada snijeg koji je neerozivna padalina, a tlo se smrzava i tako je zaštićeno od erozije). Kako bi odredili koji usjevi su prikladni za uzgoj na određenom području, potrebni su uz podatke o tlu i oni o klimi. Tu ubrajamo godišnje oborine i njihov raspored po mjesecima, relativnu vlažnost zraka, dužinu perioda bez mraza, broj sunčanih sati i jedinice topline za sezonu vegetacije... Topografija je također izrazito važan čimbenik erozije te ju pri obradi treba uzeti u obzir. Karakteristike tla koje umanjuju eroziju su visok sadržaj organske tvari i gline, mikrobna aktivnost, konsolidirana površina...

Biljke utječu na razinu erozije na više načina. Štite tlo od udara kišnih kapi ovisno o veličini i obliku, a što je biljka višlja i uspravnija pruža manju zaštitu i obrnuto. Biljni ostaci koji prekriju zemlju pružaju dobru zaštitu te stvaraju otpor površinskom toku vode i smanjuju brzinu otjecanja, a samim time i eroziju. Gusta vegetacija smanjuje prekomjerno isparavanje, čuva vlagu tla te agregate tla čini teže odvojivim. Vrsta korijena ima utjecaj obzirom da npr. vlaknasto korijenje trava pruža bolju zaštitu u odnosu na korijen soje ili gomolj krumpira. Pašnjaci i šume najbolji su oblici zaštite tla obradive zemlje obzirom da pružaju stalnu prekrivenost vegetacijom.

#### 1.4. Suvremene tendencije i reducirana obrada

Obrada tla mijenjati će se zasigurno i to u pravcu reduciranja broja i jačine zahvata u tlo odnosno u smjeru konzervacijske i reducirane obrade. Glavni razlog su nedostaci klasične duboke jesenske obrade koja za cilj ima akumulaciju vode zimi za kasnije razdoblje u kojem će ta voda biti potrebna usjevu. Naime, zimi u sušnim godinama često ne dođe do očekivane akumulacije vode, a takvo razrahljeno tlo podložno je lakom isušivanju. Takav sustav obrade u budućnosti neće biti uspješan i učinkovit obzirom na predviđeno povećanje broja godina sa lošijim rasporedom oborina. Stoga se naglasak stavlja na sustave obrade kojima je glavna karakteristika čuvanje vode. U Hrvatskoj se pretežito primjenjuje konvencionalna obrada - oranje na 30 cm (Slika 4.), tanjuranje, sjetvospremači i sl. No zbijanje, narušavanje pH i smanjenje udjela humusa te aktivnosti mikroorganizama, erozija i visoki troškovi neke su



Slika 4. Na oranje otpada preko 40% troškova u poljoprivredi (<http://www.agroklub.com/ratarstvo/novi-pristup-kod-obrade-tla/3779/>)

od negativnih strana ovakvog gospodarenja tлом. Stoga je u trendu prijelaz na reduciranu obradu (konzervacijska, minimalna, racionalna i izostavljena) čije različite verzije odgovaraju na probleme erozije, čuvanja i akumulacije vode u uvjetima promjena klime te velike potrošnje energenata. Danas taj oblik obrade u svijetu zauzima sve

značajnije mjesto što se vidi i po porastu površina pod direktnom sjetvom (60 milijuna ha) od čega na SAD, Brazil i Argentinu otpada gotovo 75 % površina. Razvijenije zemlje prije prihvaćaju nove tehnologije i načine obrade, iako europske države i dalje zaostaju za ostatkom svijeta, posebice za Sjevernom i Južnom Amerikom. To bi se u narednim godinama trebalo promijeniti obzirom na potencijal istočne, a i drugih dijelova Europe za prelazak na reduciranu obradu. Hrvatska također zaostaje za svjetskim trendom, a najveće prepreke su tradicionalnost, tehnološka nerazvijenost te manjak znanja. Potrebna je veća povezanost privrednika i znanstvenih institucija te njihova suradnja koja često kasni ili potpuno izostaje.

Reducirana obrada dijeli se na slijedeće sustave:

- MINIMALNA OBRADA (Minimum tillage)
- IZOSTAVLJENA OBRADA (No-till)
- KONZERVACIJSKA OBRADA (Conservation tillage)
- RACIONALNA OBRADA (Rational tillage)

Za sve ove sustave proizvodnje usprkos prividnoj jednostavnosti, potrebno je široko znanje poljoprivrednog proizvođača. Složenost takve proizvodnje proizlazi iz mnoštva čimbenika koji na nju utječu. Proizvodnost, sigurnost, zaštita, ekonomičnost, socijalnost i trajnost moderna su načela i uvjeti održivog gospodarenja tлом koji diktiraju suvremeno poimanje poljoprivredne proizvodnje. Reducirana obrada je oblik gospodarenja tлом sa osnovnim ciljem čuvanja vode. Žetveni ostaci se inkorporiraju u tlo ali vrlo plitko. Teži se učinkovitim čuvanju vode tla uz istovremeno postizanje jednakih ili većih prinosa u odnosu na konvencionalnu obradu. Hrvatska ima mnoge preduvjete za uvođenje reducirane obrade, a dodatnim istraživanjima i ulaganjima moglo bi ih se iskoristiti na optimalan način. Klima na području nizinske Hrvatske nije prepreka za uvođenje reducirane obrade te ima više razloga za njeno razmatranje. To su primjerice neravnomjeran raspored oborina koji će postajati izraženiji u narednom razdoblju i poklapanja perioda najviših temperatura sa izostankom oborina. Tlo najčešće ima izvjesna ekološka ograničenja iako se potrebna istraživanja u tom dijelu tek trebaju provesti. Nepovoljan pH, sadržaj humusa, struktura i mehanički sastav te opasnost od erozije i visoka podzemna voda samo su neka od ograničenja, a mnoga od njih moguće je određenim mjerama popraviti i prilagoditi novom sustavu obrade. Biljna vrsta je preduvjet uvođenju reducirane obrade sa svojim specifičnostima i zahtjevima prema obradi i općenito uvjetima rasta i razvoja, no istraživanja pokazuju kako u nizinskoj Hrvatskoj reducirana obrada ne predstavlja prepreku uzgoju velike većine ratarskih kultura. Organski malč koji se pretežito koristi u reduciranoj obradi može biti mrtvi ili živi, a koji će se koristiti najčešće određuju klimatske prilike. Ispod 700 mm oborina godišnje primjenjuje se (najčešće) mrtvi, a iznad 700 mm oborina živi malč. Malčevi od žetvenih ostataka prethodne kulture u reduciranoj obradi su najvažniji. Stubble mulch farming (obrada tla u malč) u kojemu se obrađuje podpovršinski sloj tla te Dry farming system (sustav suhog ratarenja) koji predstavlja diskontinuirani sustav proizvodnje uglavnom žitarica u aridnim područjima SAD-a, neki su od sustava reducirane obrade čiji je glavni cilj konzervacija vode te prevencija erozije.

## 1.5. Minimalna i racionalna obrada

Minimalna obrada podrazumijeva manji broj radnih operacija i to njihovim povezivanjem ili potpunim izostavljanjem te smanjenje dubine i površine (strip tillage) obrade što zajedno rezultira nižim troškovima. Na plodnim tlima nema opasnosti od pada prinosa uz uporabu pesticida i gnojiva u dovoljnoj mjeri. Znatno je manje zbijanja, bolja je vodopropusnost i aeracija te se čuvaju fizikalna i biološka svojstva tla. Pogodna je za lakša, propusnija i plodnija tla s povoljnom klimom te za okopavinske kulture.

Negativne strane minimalne obrade su:

- Nije pogodna za teška, manje plodna tla pri lošim klimatskim prilikama
- Javlja se više korova pa je veća potreba za herbicidima
- Slabije je nicanje i potrebno je do 10 % više sjemena
- Smanjen je početni porast biljaka uslijed smanjenja temperature tla zbog žetvenih ostataka na površini
- Manje je pogodna za trave, djeteline i šećernu repu
- Manja je aeracija na tlima u lošem stanju – smanjena aktivnost biokomponente

Racionalna obrada podrazumijeva pojednostavljenje zahvata obrade, manji broj prohoda, manju dubinu i intenzitet obrade ali uz zadovoljavanje stvarnih potreba biljaka i borbe protiv korova. Zahvati se svode na minimum kojim se ostvaruje dobar sjetveni sloj i ispunjavaju potrebe biljaka, a time se povećava učinkovitost i brzina izvođenja radova te njihovo pojeftinjenje. Svaka radnja obavlja se na najracionalniji način (širokozahvatna oruđa, kombiniranje operacija u jednom proходу i sl.).

Obzirom da postoje brojne podjele sustava reducirane i konzervacijske obrade od kojih su mnoge zastarjele, potrebno je naglasiti slijedeće. Svaka konzervacijska obrada ujedno je i reducirana obrada, no svaka reducirana ne mora nužno biti i konzervacijska. Žetveni ostaci su čimbenik koji najjasnije dijeli ove sustave, a kod konzervacijske obrade pokrivenost tla je minimalno 30 %.

## 2. KONZERVACIJSKA OBRADA

### 2.1. Karakteristike konzervacijske obrade

Nastanak konzervacijske obrade veže se uz početak 20. stoljeća i pretvaranje velikih područja američke prerije u polja pšenice čime je uvelike uništena prirodna travnata vegetacija. To je uzrokovalo ogromne probleme sa erozijom, posebice eolskom. Taj je problem po prvi put u SAD-u označen kao izrazito značajan te su se uvodile mjere borbe protiv erozije i mjere prevencije. Konzervacijska poljoprivreda počiva na trima glavnim temeljima, a to su minimalno narušavanje tla obradom, rotacija usjeva te stalna pokrivenost tla biljnim ostacima. Time se smanjuje gubitak vode, štiti tlo od degradacije, smanjuje utrošak radnog vremena i troškovi proizvodnje i povećavaju se prinosi.

Često se konzervacija tla izjednačuje sa kontrolom erozije tla iako je puno više od toga. „*Konzervacija tla je razborito korištenje zemlje, uz poštivanje kontrole erozije.*“ (Bertrand i Kohnke, 1959.). Obzirom da je tlo najvažniji resurs u proizvodnji hrane potrebno je očuvanje njegova produktivnog kapaciteta. Uništeno tlo teško je ili nemoguće vratiti u prvobitno stanje stoga je potrebno konzervirati ga i obrađivati na način koji će omogućiti njegovo dugotrajno korištenje. Konzervacija tla je obrada sa ciljem ostvarivanja visokih prinosa uz istovremeno očuvanje kvalitete tla. „*Cilj konzervacije tla je da održi najveću moguću stalnu korist od zemlje.*“ (Bertrand i Kohnke, 1959.). Kako bi se to postiglo, uz iskorištavanje zemlje za proizvodnju, u isto vrijeme potrebno je održavati ili poboljšavati njen produktivni kapacitet. Erozija i konzervacija su kumulativne naravi tj. što je tlo više erodirano težit će većoj eroziji i suprotno, što je tlo duže pod mjerama konzervacije biti će sigurnije. Obzirom da je izrazito teško, ponekad i nemoguće povratiti produktivnu sposobnost oštećenih tala, bolje je tla štititi od oštećenja nego ih kasnije pokušavati popraviti. Konzervacijska obrada tla je pojam širokog značenja koji obuhvaća čitav niz različitih oblika obrade od no-till-a do duboke obrade, a svima je zajednička minimalna pokrivenost tla žetvenim ostacima od 30 %. Najvažniji ciljevi konzervacije su:

- Smanjenje i zaustavljanje erozijskih procesa
- Čuvanje zaliha vode u tlu i povećanje njene iskoristivosti
- Koncentriranje hraniva u tlu, sprječavanje gubitaka i nadoknada odnešenog prinosom
- Očuvanje organske tvari tla



#### Kratkoročne prednosti:

- Povećana infiltracija vode i poboljšana struktura tla zbog biljnih ostataka na površini
- Smanjena erozija i površinsko otjecanje vode
- Smanjena evaporacija i veća zaštićenost tla od sunčeve radijacije
- Smanjena potreba za mehanizacijom i radom – smanjenje troškova

#### Dugoročne prednosti:

- Povećan sadržaj organske tvari tla, a time i veći KIK, bolja struktura, povećanje kapaciteta tla za vodu i bolja pristupačnost hraniva
- Smanjena zakorovljenost
- Povećanje biološke aktivnosti u tlu
- Povećanje i stabilnost prinosa

Konzervacijska obrada tla (Conservation tillage) je sustav kod kojega na površini tla nakon sjetve slijedećeg usjeva ostaje barem 30 % žetvenih ostataka zbog očuvanja vode i sprječavanja erozije (50 % slabija erozija u odnosu na konvencionalnu obradu). Ovo je moguće onda kada je obrada tla ograničena samo na sjetvene redove. „Svrha obrade popravak je i zaštita fizikalnih i bioloških svojstava tla na način i do dubine koja zadovoljava uvjete uzgoja i zaštite tla“ (Jug i sur., 2015.). Zaštita tla i biljna proizvodnja na zadovoljavajućoj razini mogu se uskladiti primjerenom tehnologijom obrade. Današnje razdoblje naziva se i dobom „tlo-centrične“ obrade obzirom da su u prošlosti u tzv.



Slika 5. Značajno degradirano tlo uslijed neodgovarajuće i nepravovremene obrade (Foto: Luka Vranješ)

razdoblju „biljno-centrične“ obrade potrebe biljaka bile pre naglašene u odnosu na očuvanje i potrebe tla, što je uzrokovalo degradaciju tala (Slika 5.). Klimatske promjene postale su jedan od glavnih razloga uvođenja konzervacijskih mjera koje

omogućuju ublažavanje negativnih klimatskih utjecaja na poljoprivrednu proizvodnju. Korištenje poljoprivrednih tala smatra se razumnim i opravdanim ukoliko su ispunjeni svi preduvjeti za njihovo obnavljanje. Obnavljanje svojstava tla moguće je postići stalnom i prilagođenom njegom, čuvanjem plodnosti, bioloških svojstava te sprječavanjem svakog oblika degradacije. Način i plan obrade, gnojidbe, odvodnje i navodnjavanja i svih ostalih radnih operacija treba se donositi racionalno i u skladu sa zahtjevima tla i svim drugim relevantnim čimbenicima. Jedan od osnovnih razloga pristupanja konzervacijskim agrotehničkim mjerama je opstanak čovječanstva tj. njegovo prehranjivanje u budućnosti. Stoga ne treba na konzervacijske mjere gledati samo kroz prizmu ekonomskog dobitka, posebno kratkoročnog. Ekonomska korist koja proizlazi iz ovih mjera najčešće je dugoročna i treba je naglašavati kako bi se privuklo poljoprivrednike ovom načinu gospodarenja tlom. Promjenom u načinu gospodarenja tj. prelaskom na konzervacijsku obradu, proizvođačima je najčešće potrebno duže vrijeme za povrat investicije. Obzirom da je ova problematika od šireg interesa države bi trebale u obzir uzeti činjenicu da prosječan poljoprivrednik može provoditi mjere konzervacije samo ukoliko su mu odmah isplative tj. ako neće poslovati s gubitkom te bi se trebale uključiti u rješavanje toga pitanja kroz poticaje ili neke druge načine pomoći. Tako bi pomažući proizvođačima dugoročno osigurale svoju proizvodnju. Namjera je očuvanje tla u smislu kvalitetnog i promišljenog korištenja, a ne obrane od čovjeka i proizvodnje kako bi se moglo krivo zaključiti. Primarna svrha tla je proizvodnja hrane, a konzervacijom se ta svrha dugoročno čuva.

Kako bi se ovaj sustav mogao uspješno primijeniti potrebno je utvrditi pogodne tipove tala. U nas se u većini tala nizinske Hrvatske javljaju ekološka ograničenja u vezi s pogodnošću na obradu. To su nepovoljna struktura i stratigrafija, kemijska svojstva, manjak i nepovoljan sastav humusa, nepovoljna tekstura i opasnost od erozije te na nekim tlima i nepovoljna hidrološka svojstva (poplave, podzemne vode...). Uklanjanje nekih ograničenja je relativno jednostavno dok neka nije moguće ukloniti te takve površine ostaju u ekstenzivnoj uporabi. Naša tla mogu se grubo razvrstati na 3 temeljne kategorije prema pogodnosti za primjenu konzervacijske obrade tla. U prvoj su černozem i eutrično smeđe tlo tj. tla bez ikakvih ograničenja za glavne oranične kulture. No treba isključiti ona tla koja su u depresijama u kojima se skuplja voda. U drugoj su kategoriji karbonatne gline i glinovite ilovače čija je prirodna dreniranost osrednja, ali popravljiva se lako cijevnom drenažom. To su lesivirana tla, aluvijalna tla, pseudoglej, semiglejna tla i sl. te nisu pogodna za konzervacijsku obradu prije melioracijskih zahvata. No-till sustav se na takvim tlima i nakon melioracijskih zahvata

može provoditi samo u ograničenom razdoblju. Treću kategoriju čine tla nepogodna za konzervacijsku obradu, a to su pjeskovita tla s niskim sadržajem organske tvari, tla sa mnogo praha i brojna aluvijalna tla te sva tla pod utjecajem podzemnih i poplavnih voda. Općenito se može reći da su postignuti pozitivni rezultati s uzgojem pšenice, ječma i kukuruza konzervacijskim metodama. Kod pšenice i ječma problem pri primjeni konzervacijske obrade predstavljale su sijačice za direktnu sjetvu. No, taj je problem uspješno riješen. Glede kukuruza, istraživanja u europskoj i Hrvatskoj su još daleko iza sjevernoameričkih.

## **2.2. Gnojidba**

Kod gnojidbe kalijem i fosforom nema bitnijih razlika u odnosu na gnojidbu u konvencionalnoj poljoprivredi. Oba hraniva primjenjuju se u jesen ili proljeće prije sjetve jarina i u oba slučaja ostaju u površinskih 5 cm tla. Ukoliko je tlo siromašno ovim hranivima ona se unose u povećanim količinama i to dublje u tlo povremenim oranjem. Međutim, oba ova elementa u sustavu konzervacijske obrade (posebno no-till) akumuliraju se u plićem površinskom sloju dok se u dubljim slojevima iscrpljuju. Ta se pojava regulira povremenim oranjem odnosno klasičnim zahvatima u tlo. Dušični se režim kod no-till sustava pogoršava uslijed dušikova ograničenog oslobađanja iz organske tvari mineralizacijom te povećanog ispiranja nitratnog dušika. Smanjuje se udio nitratnog, a povećava udio amonijskog dušika uslijed inhibicije nitrifikacije. To se nadoknađuje većim dozama ili češćom prihranom. Stoga žitarice u direktnoj sjetvi trebaju i do 30 kg dodatnog dušika po hektaru (krmni usjevi 100 kg N/ha). Dublje oranje potiče proces nitrifikacije. Cjelokupan sustav gnojidbe značajno se razlikuje u konzervacijskim sustavima obrade obzirom da nema uobičajene dvofazne ili trofazne gnojidbe fosforom i kalijem. U gnojivima se mijenjaju odnosi N:P:K i načini unošenja gnojiva (i organskih i mineralnih), a na površini ostaju biljni ostaci koji su izvor biljnih hraniva. Obzirom na smanjenu razgradnju humusa može se pojaviti nedostatak dušika, posebice u prvim godinama te ga treba nadomjestiti gnojidbom dok se ne uredi ravnoteža u dušičnom režimu tla, kako ne bi došlo do pada prinosa. Uslijed povećane gnojidbe dušikom može doći do povećanja kiselosti tla (slabiji razvoj korijena i smanjena efikasnost nekih herbicida) te potrebe za kalcijacijom čiji učinci na prinos kod no-till sustava još nisu do kraja istraženi. Najprihvatljivije je u no-till sustavu primjenjivati dušik u tekućem obliku obzirom na gubitke volatizacijom i denitrifikacijom pri ovršnoj primjeni. Najmanji su gubici kada se dušik unosi u tlo injektorima. U suprotnom je potrebno povećati dozu dušika za 15-20 %. Urea se ne smije primijeniti ranije od 2 dana pred sjetvu kako bi izbjegli

gubitke volatizacijom. Startnom gnojidbom ispod sjemena može se ublažiti negativan učinak žetvenih ostataka u smislu smanjenja temperature i povećane vlage tla (sporiji razvoj usjeva) no na plodnim tlima nema razlika.

Najviše hraniva, mikroorganizama i fermenata u tlu obrađenom plugom nalazi se u 15-30 cm, a pri konzervacijskoj obradi u sloju od 0-15 cm. To je prema nekima prednost konzervacijske obrade zbog boljeg nicanja, bržeg početnog porasta, intenzivnijeg busanja i jačeg kaljenja ozimina prije zime. Naime, u tom je sloju preko 50 % korijenovog sustava žitarica. Pri konzervacijskoj obradi gnojiva se apliciraju po površini i miješaju sa slojem tla od 0-12 cm, a u tom sloju nalaze se i hraniva oslobođena razgradnjom žetvenih ostataka. Obilje hrane za mikroorganizme pojačava biološku aktivnost tla što rezultira oslobađanjem hraniva i raznih fermenata.

### 2.3. Žetveni ostaci

Žetveni ostaci (Slika 6.) su u posljednje vrijeme najvažniji izvor organske tvari tla uslijed nedostatka stajskog gnoja i ograničene primjene zelene gnojidbe. Posljedice uklanjanja žetvenih ostataka pri konvencionalnoj obradi i njihova korištenja u druge



Slika 6. Žetveni ostaci ostavljeni na tlu korisni su iz više razloga (<http://www.agroservis.rs/znacaj-zaoravanja-zetvenih-ostataka>)

svrhe su velike. Osim što su za tlo izgubljeni kao izvor organske tvari uzrokuju i kašnjenje u obradi strništa (baliranje iziskuje vrijeme), smanjena je biološka aktivnost tla te povećano isušivanje (zamuľjivanje pri jačim kišama) i zagrijavanje tla do veće dubine. Baliranje i odvoz bala povećavaju štete od gaženja. Također, povećani su troškovi energije potrebne za osnovnu obradu koja je teža zbog lošijeg stanja tla te troškovi mineralnih gnojiva koja se moraju koristiti u većoj mjeri (uklanjanjem žetvenih ostataka odnosi se i značajna količina hraniva). Postoje i neke prednosti industrijskog korištenja žetvenih ostataka (npr. lakša obrada), no kada ih se stavi u kontekst održivog razvoja zaključak je da uklanjanjem donose kratkoročnu korist i dugoročnu neodrživost.

Površinski sloj tla je najizloženiji dio soluma u odnosu na klimatske prilike i način gospodarenja. Strukturu tla uništavaju kiša (zamuļivanje), toplina (pokorica i isušivanje), vjetar (erozija i isušivanje) i prekomjerno gaženje površine tla strojevima. Tijekom vegetacije tlo najčešće biva dovoljno zaštićeno, posebice ako su zasijani gusti usjevi ili trave. No najveću zaštitu potrebno je ostvariti u kritičnim razdobljima poput razdoblja poslije žetve ljeti. Tada za zaštitu tla treba iskoristiti žetvene ostatke koji smanjuju gubitak vode, potiču biološku aktivnost, štite površinu tla od nepovoljnih klimatskih činitelja i poboljšavaju obradivost tla. Malčiranje površina u proljeće nakon sjetve, može biti preporučljivo obzirom na pojavu ranih proljetnih vrućina i izostanak oborina.

Organska tvar ublažava stresna stanja izazvana vanjskim uvjetima te je neophodna u zadržavanju vlage. Stoga ju je potrebno sačuvati između ostalog pravilnim iskorištavanjem žetvenih ostataka. Na pjeskovitim tlima s manjkom organske tvari konzervacija ugljika je najbitniji preduvjet poljoprivredne proizvodnje. Organska tvar ima ogromnu važnost za poljoprivredna tla te se ne smije dopustiti njena degradacija ni na kojem tipu tla. Oranje vlažnih i rahljenje suhих tala sa poravnavanjem i plitka obrada tanjuračom iza koje ostaju žetveni ostaci, osigurava nisku emisiju CO<sub>2</sub>, bržu izgradnju organske tvari te čuvanje vlage i smanjenje posljedica suše.

Uz zaoravanje žetvenih ostataka veže se problematika povećanog C:N odnosa koji iznosi 50-150:1. Stoga se uz zaoravanje ostataka treba primijeniti dušična gnojiva u svrhu smanjivanja tog odnosa i ubrzanja mineralizacije te prevencije dušične depresije. Pri konzervacijskoj obradi ne provodi se inkorporacija žetvenih ostataka u tlo već se oni ostavljaju na površini. Inkorporirani biljni ostaci manje su efikasni u prevenciji erozije od onih ostavljenih na površini no svejedno povećavaju infiltraciju i smanjuju površinsko otjecanje do 40 % u odnosu na njihovo odstranjivanje s površine. Neravnost površine povećava kapacitet uskladištenja vode, a smanjuje brzinu ispiranja i stupanj začepljenja tla.

#### **2.4. Izostavljena obrada (No-tillage)**

No-till je direktna sjetva bez obrade. Vrší se specijalnim (Slika 7.) sijačicama - ulagačima sjemena. Narušava se maksimalno 10 % površine (samo sjetveni red). Uvjet za ovakvu vrstu sjetve je vlažno tlo u brazdici, a zbijeno i mrvičasto na površini sjetvenog reda te izostanak korova. Obrada se potpuno izostavlja. Time se potrošnja goriva znatno smanji, a potrebno je





Slika 7. Pneumatska sijačica za žito No-till 750A 6m  
(<http://www.cerealsevent.co.uk/press-releases/john-deere-drills-work-in-all-conditions>)

manje opreme i mehanizacije. Jug i sur. (2006.) proveli su na černozeu Baranje trogodišnji pokus sa ozimom pšenicom kojim je utvrđeno slijedeće. Najveći su prinosi ostvarivani višekratnim tanjuranjem (6,43 t/ha), zatim standardnom obradom tla (6,20 t/ha), a najniži prinosi bili su na varijanti no-tillage (5,43 t/ha). Najveća

dobit ostvarena je na varijanti višekratnog tanjuranja (1.703,83 kn/ha), a najniža na varijanti standardne obrade tla (1.032,69 kn/ha), dok je varijanta no-tillage po ostvarenoj dobiti bila između (1.480,22 kn/ha) što ukazuje na velike mogućnosti njena korištenja na plodnim tlima Hrvatske. Istovremeno su Jug i sur. (2006.) na istom tipu tla vršili pokus sa kukuruzom koji nije dao zadovoljavajuće rezultate u smislu no till tehnologije (zabilježeni su gubici) u ekstremnim uvjetima suše i visokih temperatura. Zaključeno je kako razdoblje od 3 godine koliko je proveden pokus nije dostatno za pouzdane zaključke.

Za no-till potrebna je posebna sijačica koja u jednom proходу obavi više operacija (razmakne žetvene ostatke, otvori brazdicu, položi sjeme, gnojivo te pesticid na željenu dubinu te na kraju zatvori brazdicu). Dakle potrebna vučna sila je mala, a vijek trajanja traktora je produžen zbog smanjene uporabe. Čopec i sur. (1996.-1999.) uspoređivali su utrošak energije u 3 različita sustava obrade tla (1. konvencionalni (CT)-plug, tanjurača i kombinirano oruđe, 2. konzervacijski (RT)-rovilo i multitiller, 3. nulta obrada (NT)-no-till sijačica.) i njihov utjecaj na prinos u proizvodnji soje, ozime pšenice i kukuruza na lesiviranom tlu zapadne Slavonije. Konvencionalni sustav (CT) obrade tla najveći je potrošač energije sa 1813,10 MJ/ha, dok konzervacijski sustav (RT) iziskuje 37,5 % manje, a nulta obrada (NT) čak 85,1 % manje energije po hektaru. Najveći prinos kukuruza od 7,78 t/ha ostvaren je konvencionalnim sustavom, ali gotovo identičan rezultat s 7,77 t/ha konzervacijskim (RT) sustavom. Nultim (NT) sustavom obrade ostvaren je prinos kukuruza

od 7,56 t/ha. Najveći prinos ozime pšenice od 5,89 t/ha ostvario je konzervacijski (RT) sustav obrade. Slijedeći je konvencionalni sustav (CT) sa 5,75 t/ha, te nulti (NT) sustav obrade s 5,73 t/ha. Najveći prinos soje od 2,71 t/ha ostvario je konzervacijski (RT) sustav, a slijede konvencionalni (CT) sustav s 2,64 t/ha i nulti (NT) sustav obrade s 2,60 t/ha. „Direktna sjetva smanjila je prinos šećerne repe 20 %, silažnog kukuruza 15 % i ječma 12 %, dok zob i ozima pšenica nisu bile pod utjecajem obrade, a prinos boba povećao se za oko 5 % u usporedbi s oranjem“ (Butorac i sur., 2006.) Iskustva s direktnom sjetvom ozimih žitarica u Danskoj na pjeskovitim tlima i ilovačama su negativna, kako u pogledu visine prinosa, tako i zakorovljenosti. Iz navedenih istraživanja vidljivo je da postoji više različitih rezultata pokusa iz raznih država (a i u istoj državi), posebno u smislu prinosa i isplativosti, što upućuje na potrebu daljnjeg istraživanja, i to dugoročnijeg.

No tillom se nastoji oponašati prirodne uvjete u što većoj mjeri (zadržavanje homogenosti tla i što manje zadiranja u tlo) bez narušavanja kapilariteta, a na površini žetveni ostaci (Slika 8.) koji se ne inkorporiraju jer nema obrade, predstavljaju permanentni malč i sprječavaju evaporaciju te tako čuvaju vodu u tlu. Razgradnja organske tvari je smanjena, a kod većine



Slika 8. Soja u ostacima kukuruza

([http://www.barroncountymi.gov/index.asp?Type=B\\_BASIC&SEC=%7B89D075CD-5873-4056-8599-65155CFB943F%7D&DE=%7B4F5A25A9-D9B9-4736-A73E-5898131DCD96%7D](http://www.barroncountymi.gov/index.asp?Type=B_BASIC&SEC=%7B89D075CD-5873-4056-8599-65155CFB943F%7D&DE=%7B4F5A25A9-D9B9-4736-A73E-5898131DCD96%7D))

tala dolazi do popravka strukture. Kasni mraz i lagano smrzavanje mnogo su štetniji za usjeve uzgajane u no-till sustavu, a jače je širenje štetnika u biljnim ostacima na površini. Konzervacijska obrada tla zahtijeva određene modifikacije u suzbijanju biljnih bolesti. U tom pogledu integralna zaštita bilja podrazumijeva mehaničke, kemijske, biljno-genotipske i biološke mjere. Gomilanjem većih količina biljnih rezidua stvaraju se povoljni uvjeti za širenje uzročnika različitih biljnih bolesti. Ovaj sustav zaživio je u svijetu zbog pronalaska dovoljno učinkovitih totalnih herbicida (na bazi diquata i paraquata te glifosata) koji nadoknađuju učinke koje bi u uništavanju korova imala sama obrada. Primjenjuju se desetak dana pred sjetvu, a učinkovito uništavaju jednogodišnje, a i višegodišnje (npr. pirika) korove koji su najveća prepreka ovom sustavu proizvodnje. Na neobrađenom tlu jače se šire jednogodišnji i višegodišnji korovi, posebno *Echinochloa crus galli*, *Avena fatua*, *Alopecurus myosuroides* i *Poa annua*. Uzgojem žitarica u monokulturi problem korova postaje još izraženiji. Bolesti, štetnici i posebice korovi glavna su zapreka konzervacijskoj obradi tla i no-till sustavu, a njihovo suzbijanje stoji do 30 % svih troškova u poljoprivredi od čega preko 60 % otpada na herbicide i to sa trendom porasta. U novije vrijeme razvio se „no till kultivator“ kojim u razvijenim zemljama suzbijaju korove te smanjuju uporabu herbicida koje apliciraju u trake između kojih se korove uništi kultivatorom. Neka tla u uvjetima no-till sustava postaju suviše zbijena te se oranje mora izvoditi povremeno. Kod višegodišnje direktne sjetve na većini tala se povećava stabilnost strukturnih agregata u površinskom sloju tla što je u korelaciji sa povećanim sadržajem organske tvari, a rezultira povoljnom mrvičastom strukturom tla.

Zaključno, negativne strane no tilla su znatne količine herbicida u uporabi, skupocjena oprema, niže temperature tla u proljeće koje odgađaju sjetvu i nicanje te štetnici. Mihalić (1988.) smatra kako je no till opravdan samo kao privremen način iskorištavanja tla (1-2 god.) i to na plodnim tlima radi pojeftinjenja proizvodnje te dalje navodi: „sistem nula obrada nikako ne može biti novi univerzalni način iskorištavanja kulturnog tla jer bi ono pomalo prestalo biti antropogeno. Ne može se obavljati meliorativna obrada i gnojidba, unositi nadzemne ostatke usjeva, vršiti redovita gnojidba, posebno organska, sa većim dozama, a nema mogućnosti da se obradom korigira klima.“ Sa druge strane pozitivan je velik antierozijski učinak, znatno manji broj prohoda i bolja biogenost tla, žetveni ostaci štite tlo od prekomjernih temperatura i evaporacije, a podiže se i razina humusa u tlu. Promjenama obično treba dati vremena (5 godina za osjetnija poboljšanja) da se pokažu opravdanima.



## 2.5. Obrada u trake (Strip tillage)

Obrada u trake ili strip till je oblik konzervacijske obrade u kojem se obrađuju samo sjetveni redovi, a međuredni prostor se ne obrađuje i nema oranja. U ovom sustavu vrši se obrada i sjetva u trake. Rahli se tlo u sjetvenoj traci, a žetveni ostaci pri sjetvi razmiču između redova. Okolno tlo je neobrađeno i prekriveno žetvenim ostacima koji su prethodno odgrnuti u stranu posebnim zvjezdastim diskovima. Trake su najčešće široke 20-30 cm. Kombiniraju se pozitivni učinci konvencionalne i izostavljene obrade (zaštita tla) zadirući samo u dio tla koji će postati sjetveni red (Slika 9.). Tlo oko sjemena je toplije, bolja je aeracija i posteljica u odnosu na no till, a hraniva su pristupačnija biljci te žetveni ostaci štite i pokrivaju međuredni



Slika 9. Orthman 1-tRIPr strip tiler (<http://casi.ucanr.edu/files/43649.pdf>)

prostor čime konzerviraju vlagu. Može se izvoditi u živi (npr. bijela djetelina) za širokoredne kulture ili u mrtvi malč (npr. kukuruzovina), a koji je pogodniji određuje količina oborina (mrtvi < 700 mm > živi). Mrtvi malč potrebno je zaorati nakon nekoliko godina primjene kako ne bi došlo do negativnih pojava poput bolesti i štetnika, inaktivacije hraniva i sl. Erozijski procesi mogući su i kod ovog sustava no u značajno manjoj mjeri u odnosu na konvencionalnu obradu. Poželjna je gnojidba tekućim gnojivima koja se apliciraju izravno u sjetvene redove i na taj način smanjuje se njihov utrošak i povećava pristupačnost biljnom korijenu. Uštede se ostvaruju i u broju prohoda (2, a moguće i 1 prohod ukoliko se

kombiniraju/agregiraju oruđa (Slika 10.)) odnosno radnom vremenu i gorivu, a time je smanjeno i zbijanje uslijed teške mehanizacije. Korištenjem GPS-a dodatno se utječe na efikasnost i povećanje prinosa/profita. Prednosti su:

- Jednak ili veći prinos
- Povećan profit uslijed smanjenja radnih operacija
- Uštede na gorivu (i do 60 %), gnojivu i vremenu
- Smanjeno ispiranje hraniva
- Značajno manja erozija i zbijanje
- Konzervacija vode i smanjena temperatura tla

Neki smatraju da kukuruz uzgojen ovom metodom obrade u određenim uvjetima daje veći prinos, posebice u monokulturi, a šećerna repa pokazala se također izrazito zahvalnom



Slika 10. Orthman 1 tRIPr strip tiler i sijačica  
(<http://casi.ucanr.edu/files/43649.pdf>)

kulturom u strip till-u. Informiranje od proizvođača koji koriste strip till metodu obrade, sjetva za optimalne vlažnosti i to u središte trake uz aplikaciju gnojiva u iste te predviđanje i praćenje pojave korova samo su neki od važnih savjeta proizvođačima koji se odlučuju za strip till obzirom

da u nas još uvijek nema široku primjenu. Korištenje GPS sustava značajno smanjuje mogućnost grešaka pri sjetvi i preporučljivo je obzirom na specifičnosti (potreba za sjetvom što bliže sredini trake) koje strip till ima. Omogućuje poljoprivredniku da aplicira gnojiva u jesen te u proljeće sije u te iste trake iako nisu vidljive golim okom. No obzirom da se traži preciznost unutar nekoliko cm, jeftiniji GPS sustavi nisu zadovoljavajući (otklon i preko 20 cm). Sijući dalje od centra trake prinosi proporcionalno opadaju.

„Temperatura tla u gornjih 5 cm pod strip tillom veća je 1.2-1.4°C u odnosu na no till“ (Licht i Al-Kaisi, 2005.). Husti i sur. (2016.) ispitivajući temperaturu tla na 15 cm dubine od lipnja do rujna na području Mađarske došli su do zaključka da je tlo za ranog poslijepodneva u konvencionalnoj obradi bilo 2-3°C toplije od onoga obrađenog u trake pri uzgoju graha.

To znači smanjenu evaporaciju i veći sadržaj vode u tlu što je posebno korisno kod uzgoja kultura sa plitkim korijenjem koje ne može doseći vodu iz dubljih dijelova tla. Isti znanstvenici zaključili su da se pozitivne prakse iz SAD-a mogu ostvariti u Mađarskoj te da je mogućnost značajnijeg prelaska na strip till vrlo velika i realna u budućnosti. Obzirom na slične geografsko-klimatske prilike, Hrvatska također spada u red zemalja koje trebaju više pažnje usmjeriti na ovu i slične konzervacijske metode obrade tla. Pamuk, kukuruz i kikiriki najčešće su kulture uzgajane strip till metodom na jugoistoku SAD-a, a koristi se također i kod navodnjavanih površina u južnim državama poput Texasa. Jedna od mnogih prednosti ovog načina obrade je i povećan broj gujavica u tlu. Neki od nedostataka su korovi i ujednačenost sjetve, no herbicidi i GPS ili obavljanje obrade u trake i sjetve istovremeno, rješavaju ove probleme.

## 2.6. Obrada u grebenove (Ridge tillage)

Ridge till ili obrada u grebenove je oblik konzervacijske obrade u kojemu se specijaliziranim sijačicama i kultivatorima održavaju grebenovi (Slika 11.) na kojima se uzgajaju kulture (uglavnom širokoredne). Koristi se širom svijeta sa raznim modifikacijama ali jednim osnovnim ciljem: pripremiti sjetveni red na povišenom. Time se mijenja temperatura, vlažnost i zbijenost tla u odnosu na konvencionalnu obradu što dovodi do boljih uvjeta za nicanje i početni porast uslijed viših temperatura tla i boljih vodozračnih odnosa te minimalnog otpora prodiranju korijena. Tlo se ostavlja netaknutim od žetve do sjetve osim za vrijeme gnojidbe te žetveni ostaci ostaju do sjetve. Usjevi se siju i uzgajaju na grebenovima 10-15 cm visine u plitkim sjetvenim redovima. Pri sjetvi se zadire samo u vrh grebenova. Specijalizirana sijačica razmiče žetvene ostatke i tlo na površini grebena stvarajući čisti sjetveni red. Korovi se suzbijaju herbicidima ili kultivacijom, a zadnjom kultivacijom grebenovi se obnavljaju i popravljaju. Obzirom da su grebenovi topliji i manje vlažni od



Slika 11. Sjetva pamuka u žetvene ostatke ječma  
(<http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8364.pdf>)





Slika 12. Soja u grebenovima između kojih su žetveni ostaci kukuruza  
([https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/ny/soils/?cid=nrcs144p2\\_027315](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/ny/soils/?cid=nrcs144p2_027315))

ravnog tla, prikladni su za vlažna i glinasta tla te na njima omogućuju raniju sjetvu. Često se tijekom sjetve apliciraju herbicidi u trakama na grebenove, a uz to najčešće se vrše dvije kultivacije kojima se uklanjaju korovi između traka (drugom se i stvara/popravlja greben za narednu vegetaciju). Na taj način značajne su uštede na herbicidima u odnosu na konvencionalnu obradu ili no-till sustav. Ukoliko se herbicidi apliciraju cijelom površinom dovoljna je i jedna kultivacija. Održavanje grebenova osnova je uspješnosti ovog sustava proizvodnje, a osigurava se specijaliziranom opremom. Također se preporuča korištenje viših i užih kotača na kombajnim, traktorima i prikolicama radi očuvanja grebenova i prometovanje u skladu s tim. Obrada tla u grebenove pokazala se kvalitetnim rješenjem u monoprodukciji kukuruza, a ohrabrujući su i rezultati u dvopoljnom plodoredu kukuruz-soja (Slika 12.).

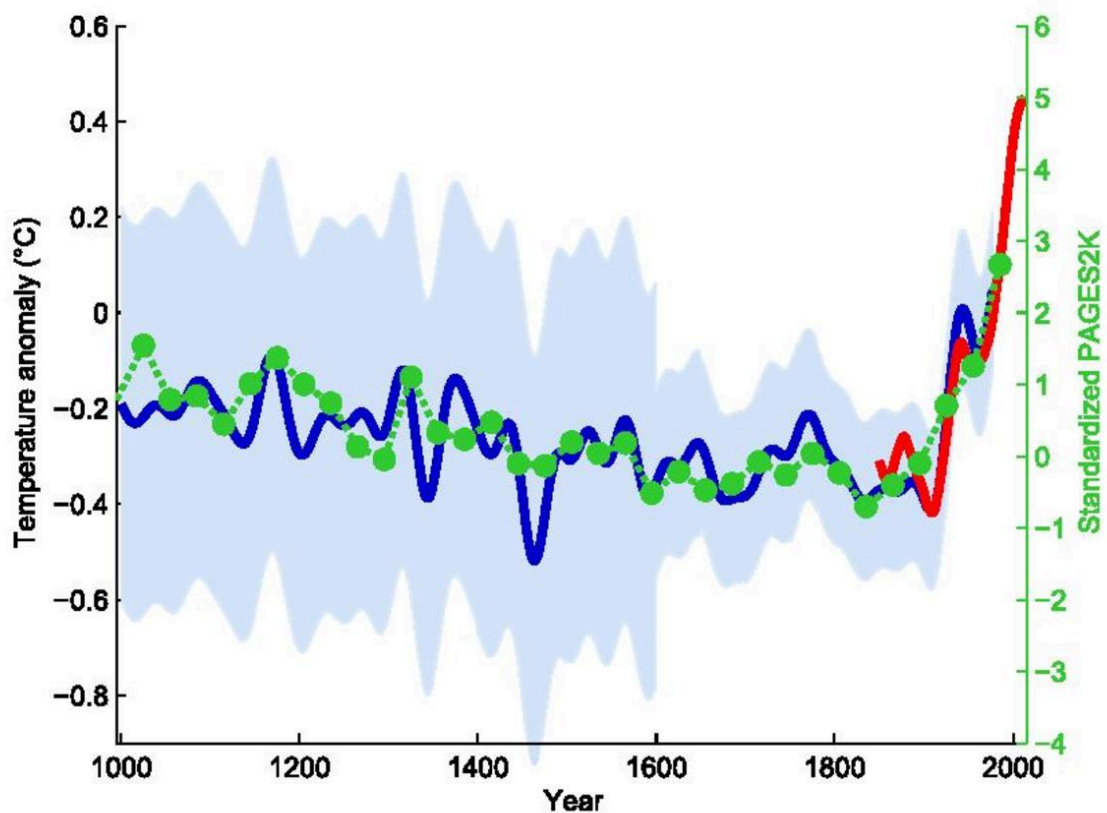
### 3. KLIMATSKE PROMJENE

#### 3.1. Pojam klimatskih promjena

Klimatske promjene su dugotrajne (od desetaka do milijuna godina) promjene u prosječnim klimatskim elementima ili pojava sve više vremenskih ekstrema. Iako ih nitko ne osporava, mnogi dovode u pitanje stav da se klima mijenja zbog djelovanja ljudi. Raspravlja se kako smanjiti negativan utjecaj na klimu i kako se prilagoditi promjenama te predvidjeti buduće. Ljudski utjecaj prati se pretežito kroz emisiju ugljičnog dioksida u atmosferu uslijed potrošnje fosilnih goriva. Većina znanstvenih autoriteta smatra klimatske promjene najvećom prijetnjom planetu, a time i poljoprivredi te drži čovjeka (fosilna goriva, deforestacija, konvencionalna poljoprivreda...) uzrokom njihova nastanka. Isti zastupaju tezu da će 2100. g. temperatura zraka biti viša za 1.5-5.8°C, ovisno o količini stakleničkih plinova (najviše ugljikova dioksida). To bi dovelo do katastrofalnih posljedica. Zbog otapanja ledenjaka podigla bi se razina mora, povećao broj vremenskih ekstrema (ciklona, uragana, poplava), tropski uvjeti pomakli sjevernije itd. Poljoprivredna proizvodnja postala bi nezamisliva u sadašnjem obliku. Poznato je kako se klima kroz povijest konstantno mijenjala. Najznačajniji klimatski procesi u zadnjih 3 milijuna godina su ledena i međuledena doba. Današnje međuledeno doba (holocen) traje preko 11 000 godina. Od tada su se izmjenjivali periodi zatopljenja i zahlađenja. Butorac (1999.) navodi slijedeća klimatska razdoblja u holocenu (posljednjih 11 000 god.):

- 4000. do 3000. g. pr. Kr. KLIMATSKI OPTIMUM: - srednje temperature na S.G.Š. 2.5°C iznad sadašnjih, obilne oborine u dolini Nila
- 3000. do 750. g. pr. Kr. SUBBOREALNA FAZA: – Europa hladnija i vlažnija, manje kiše u području Nila
- 750. g. pr. Kr. do 800. g. n. e. UMJERENOST: - mnogo kiše na mediteranu te dolini Nila i Jukatana
- 800. do 1200. g. MALI KLIMATSKI OPTIMUM: - toplije i sušnije u Sj. Americi i sjeverozapadnoj Europi
- 1200. – 1550. g. SREDNJOVJEKOVNA KLIMA: - zime ekstremno hladne, česte oluje, suho vrijeme u jugozapadnoj Americi u 13. st.
- 1550. – 1800. g. MALO LEDENO DOBA: - srednje temperature na sjevernoj polutci 1°C ispod sadašnjih

Ruski znanstvenici bušeći led u bazi Vostok i istražujući uvjete koji su vladali u prošlosti (zadnjih 400 000 g.) odredili su tadašnju temperaturu na temelju izotopa kisika  $O^{18}$  i otkrili međuledena razdoblja u kojima je temperatura bila viša od današnje za nekoliko  $^{\circ}C$ . Fosilni ostaci biljaka (stari oko 10 000 g.) pokazuju na temelju broja puči da je u prošlosti bilo razdoblja sa puno većom koncentracijom  $CO_2$  od današnje. IPCC (Međuvladin panel o klimatskim promjenama) 2001. g. objavljuje krivulju kretanja temperature u zadnjem tisućljeću tzv. „hokejašku palicu“ (Slika 13.) koja se navodila kao dokaz da je čovjek uzrok globalnog zatopljenja. Udarna vijest kasnije je razobličena od strane znanstvenika Stephena



Slika 13. „Hokejaška palica“ ([https://en.wikipedia.org/wiki/File:T\\_comp\\_61-90.pdf](https://en.wikipedia.org/wiki/File:T_comp_61-90.pdf))

McIntyre i Rossa McKitricka koji su dokazali kako je krivulja netočna i manjkava (npr. ne pokazuje srednjovjekovno toplo razdoblje, a ni malo ledeno doba). „*Monte Carlo analizom, pokazali smo da su MBH98 mjerila za značajnost smanjenja statističke pogreške (RE) značajno podcijenjena i da MBH98 rekonstrukcija za 15. st. nema statističkog značaja.*“ (McIntyre i McKitrick, 2005). Otkrili su lažiranje podataka i korištenje neprikladnih metoda obrade podataka te popunjavanje nastalih praznina sa izmišljenim podacima kako bi dobili takav oblik krivulje.

### 3.2. Značaj CO<sub>2</sub>

Na klimu utječu prirodni (unutarnji i vanjski) te antropogeni čimbenici (Slika 14.). Sunčeva radijacija je najznačajniji prirodni čimbenik a ujedno i glavni izvor energije. 30 % Sunčeve svjetlosti reflektira se natrag u svemir, a 70 % apsorbiraju tlo, zrak i oceani te zagrijavaju Zemljinu površinu i atmosferu. Kako se površina i zrak zagrijavaju tako emitiraju infracrveno toplinsko zračenje koje većim dijelom završava u svemiru (hlađenje Zemlje). Dio infracrvenog zračenja ponovno apsorbiraju vodena para, ugljikov dioksid i drugi plinovi te zadržavaju dio topline u Zemljinoj atmosferi. „Tako prosječna temperatura našega planeta iznosi 15°C, a održava ju konstantnom pojava koja se naziva »učinak staklenika«. Kada ne bi bilo ovoga učinka, srednja globalna temperatura Zemlje iznosila bi -18°C, odnosno bila bi niža za 33°C.“(Jug, 2016.).



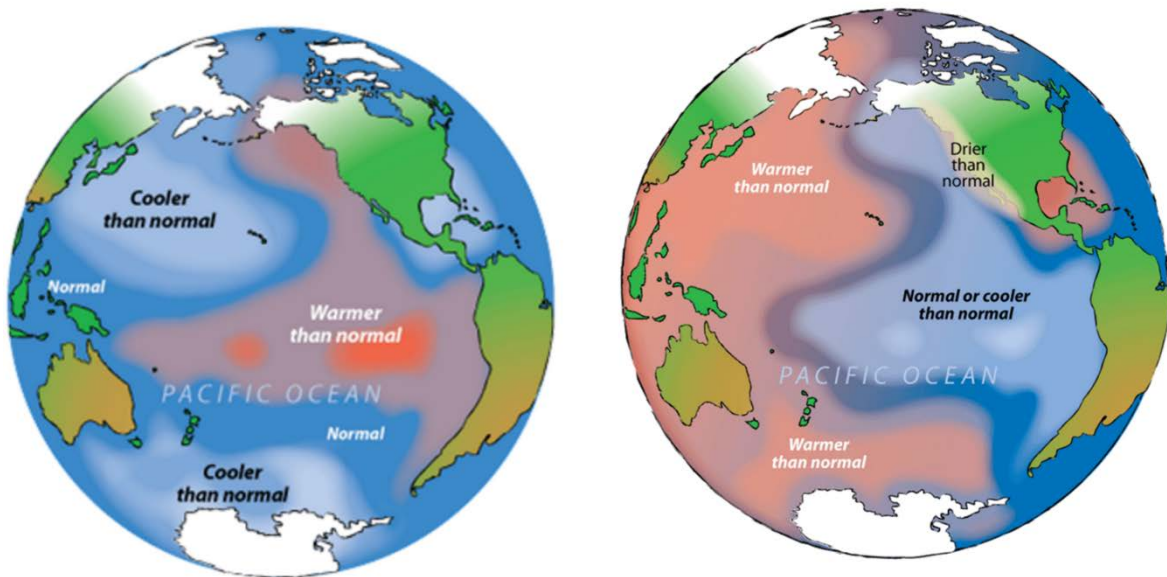
Slika 14. Vrste utjecaja na klimu ([http://klima.hr/klima.php?id=klimatske\\_promjene](http://klima.hr/klima.php?id=klimatske_promjene))

Ugljikov dioksid koji slovi za najznačajniji staklenički plin upija samo mali dio infracrvenog spektra (4,2 mikrona i 14-16 mikrona), a vodena para primjerice višestruko veći. Uz to vodene pare ima 30 000 p.p.m. (90 % efekta staklenika), a CO<sub>2</sub> 404 p.p.m. (1 % efekta staklenika). Od ukupnog CO<sub>2</sub> u atmosferi čovjek je izgaranjem fosilnih goriva doprinio njegovom povećanju za samo 4 % što znači da je utjecaj čovjeka na globalno zatopljenje zanemarivih 0,04 %. Kada bi udvostručili koncentraciju CO<sub>2</sub> (fizički nemoguće jer ne postoji toliko nafte i plina) u atmosferi temperatura bi se povećala 0,1-0,22°C. Količina dušika u atmosferi je 78,08 %, a kisika 20,95 %. „Kada bi se spalila sva dosad otkrivena fosilna goriva u svijetu količina kisika smanjila bi se neznatno na 20,8 %“(Butorac, 1999.). Trenutna količina ugljikova dioksida u zraku je znatno manja od optimalne za fotosintezu i

mijenja se na dnevnoj i sezonskoj bazi. Vegetacija je glavni potrošač uslijed fotosinteze, a disanje biljaka, životinja i ljudi glavni su izvori ugljikova dioksida u atmosferi.

Ugljik tj. trgovina kvotama, značajan je izvor profita raznim grupacijama. SAD je za 10 godina u istraživanje klimatskih promjena uložio 100 milijardi dolara, a trend bi se dolaskom nove Trumpove administracije na vlast u SAD-u mogao iz temelja promijeniti. „*Trenutni cilj, koji su usuglasile vlade, jest zaustavljanje porasta globalne temperature na 2°C u odnosu na predindustrijsku razinu, do 2030. godine. Drugi cilj, koji je postavila IPCC, jest granica emisije CO<sub>2</sub> na 445 – 530 p.p.m.*“ (Jug, 2016.). U posljednjih deset godina prosječan porast CO<sub>2</sub> u mjerenjima stanice na Havajima bio je 2 p.p.m. no u 2015. godini dogodio se velik porast, koji je iznosio 3,05 p.p.m., a 2016. još i veći – 3,76 p.p.m. Pretpostavlja se da je glavni uzrok tomu globalni klimatski fenomen El Nino kao i 1998. godine kada je zabilježen najveći godišnji porast koncentracije CO<sub>2</sub>. El Nino je donio suše u tropima te je izazvao brojne šumske požare diljem Indonezije i na drugim mjestima 2015. što je doprinijelo oslobađanju velikih količina ugljika u atmosferu. Prema 100-godišnjem nizu mjerenja (1906.-2005.) porast globalne temperature zraka iznosi 0,74°C. Trend porasta temperature zraka zabilježen je i na postajama u Hrvatskoj (0,02-0,07°C u 10god.) osobito u posljednjih 50, odnosno 25 godina. Potencijalno zatopljenje će omogućiti duži vegetacijski period i uzgoj novih kultura. No manjak vode u tlu bit će presudni čimbenik bilo kakve biljne i stočarske proizvodnje u Hrvatskoj. Razina CO<sub>2</sub> u atmosferi mjeri se oko 150 g. što je kratko za potpune zaključke. Prije 100 godina koncentracija mu je bila 290 p.p.m., a danas je 404 p.p.m. i to povećanje dovelo je mnoge do zaključka da su fosilna goriva glavni uzrok zatopljenja. CO<sub>2</sub> je iznimno važan za život na Zemlji i neophodan za fotosintezu koju većina biljaka ne može obavljati ako je razina ispod 220 p.p.m. Povećanje koncentracije ugljikova dioksida je vjerojatna posljedica, a ne uzrok globalnog zatopljenja, a toplija klima znači više CO<sub>2</sub> u atmosferi. Topljivost CO<sub>2</sub> u oceanima ovisi o temperaturi vode. Hladna voda apsorbira, a topla voda otpušta CO<sub>2</sub> u atmosferu. Atmosfera i ocean vrlo su isprepleteni sustavi posebice u kruženju CO<sub>2</sub>. Intenzivnim spaljivanjem fosilnih goriva posljednjih 70-ak godina u atmosferu se vraća ugljik koji je milijunima godina bio vezan fotosintezom. Iako glavnina završi u oceanima, jedan dio vjerojatno je povećao masu vegetacije na Zemlji. To znači da spaljivanjem fosilnih goriva čovjek vrši fertilizaciju na planetarnoj razini. Obzirom da intenzitet fotosinteze raste sa povećanjem količine ugljikova dioksida u zraku u uzgoju u zaštićenim prostorima javila se praksa „gnojidbe“ sa CO<sub>2</sub>. Pokazala se iznimno pozitivnom u smislu prinosa i kakvoće rajčice, salate i sl. Na otvorenom pak ova metoda ima očita





Slika 15. Lijevo pozitivni (topli) PDO, desno negativni (hladni) PDO  
 (<http://www.almanac.com/blog/weather-blog/why-dry-reason-california-has-drought>)

ograničenja u smislu nemogućnosti zadržavanja CO<sub>2</sub> pri tlu i gubitaka u atmosferu. Neki tvrde da se biljna masa na planetu u prošlom stoljeću povećala za preko 15 milijardi tona samo zbog spaljivanja fosilnih goriva no teško je doći do konkretnih dokaza. Ciklus kruženja CO<sub>2</sub> je stalan, a svake godine u prirodi kruži 90 gigatona. U toplim dijelovima oko ekvatora isparava iz oceana, pasati ga otpuhuju na sjever i jug te se ponovno apsorbira u oceane u hladnijim predjelima. „*Tihi ocean ima šezdesetgodišnji ciklus, pacifičku dekadnu oscilaciju (PDO)*“ (Hare i Mantua, 2002.). To je struja koja na sj. polutki 30 godina kruži u smjeru kazaljke sata, a onda 30 godina u suprotnom smjeru što znači 30 godina postepenog zatopljenja pa zatim 30 godina zahlađenja (Slika 15.).

U posljednjih 100 godina Sunčeva aktivnost je jačala što je uzrokovalo povećanje temperature oceana za 1°C i samim time otpuštanje CO<sub>2</sub> iz oceana u atmosferu (290 na 404 p.p.m.). Pojava Sunčevih pjega govori puno o aktivnosti Sunca. Kada ih je više na Zemlji se odvija zatopljenje i obrnuto. „*Sva klimatska kolebanja kroz povijest moguće je objasniti fluktuacijama u solarnoj konstanti. Smatra se da bi 1 % promjena u radijaciji izmijenilo srednju godišnju temperaturu Zemlje od 1,2 do 1,5°C.*“ (Butorac, 1999.). Magnetosfera i oblaci također imaju iznimno veliki utjecaj na temperaturu planeta. Kada bi se količina oblaka povećala za 4 %, temperatura bi se spustila za 4°C što bi uzrokovalo novo ledeno doba. Posljednjih 150-200 g. znanstvenici pokušavaju prikazati kao razdoblje zahlađenja ili pak zatopljenja što je i stav većine. Planet klizi ka malom ledenom dobu jer je sunčeva aktivnost u opadanju, a PDO u Pacifiku preokrenut 2008. g. u smjeru donošenja hladne vode

na Arktik. Uz nekoliko toplijih godina iznimki uslijed El Nina i Sunčevih pjega, od 2008. g. kreće duži period zahlađenja smatraju potpisnici (100 istaknutih znanstvenika) otvorenog pisma glavnom tajniku UN-a Ban Ki-Moonu iz prosinca 2007. U pismu navode da je klima pod minimalnim utjecajem čovjeka te da UN vodi debatu i cjelokupnu politiku u krivom smjeru tražeći uzroke zatopljenja tj. klimatskih promjena u djelovanju čovjeka. Postavlja se pitanje koliko bi opsežna morala biti neka klimatska promjena prije nego što počne utjecati na žive organizme. Sniženje temperature za 0.6°C u sjeverozapadnoj europski od travnja do listopada produžilo bi vegetacijsko razdoblje do 10 dana. U hladnim predjelima sniženje prosječne temperature od 1°C povećalo bi potrošnju goriva dok bi u tropima bilo korisno i prošlo nezamijećeno što pokazuje da ista promjena ne mora nužno značiti istovrsan učinak na cijeli planet. Srednja temperatura danas je 8°C viša u odnosu na posljednje ledeno doba. U vezi promjena klime, a u smislu kratkoće praćenja i bilježenja klimatskih podataka ne može se sa sigurnošću tvrditi kako postoje ovakvi ili onakvi trendovi, no može se utvrditi da su variranja postala pravilo. *„Klimatske promjene imaju svekolik globalni utjecaj, a najranjiviji su sektori: poljoprivreda, vodoprivreda, zdravstvo, šumarstvo i bioraznolikost, kao i kritični ekosustavi. Utjecaj neposrednih i posrednih čimbenika na klimatske promjene u sektoru poljoprivrede i šumarstva proizlazi iz: deforestacije, dezertifikacije, gubitka bioraznolikosti, erozije tla, gubitka organske tvari tla, salinizacije, acidifikacije tla i oceana i dr. Poljoprivreda, dakle, svojom primarnom aktivnošću utječe na onečišćenje tla, vode i zraka, što u kombinaciji s drugim akterima utječe na pojavu klimatskih promjena. S druge strane, globalne klimatske promjene utječu na poljoprivredu na lokalnoj i globalnoj razini, ali i na neposredna (fizična, kemijska i biološka degradacija) i posredan način (ekonomski, gospodarski, sociološki, tehnički, tehnološki, politički i dr.).“* (Jug, 2016.) Poljoprivreda se u dugoročnom planiranju na globalnoj razini treba promatrati kroz prizmu sve brojnijeg pučanstva te uvažiti da u budućnosti uslijed klimatskih promjena povećana proizvodnja iz „dobre“ godine ne može nadoknaditi manjak iz „loše“ godine. Niti jedna kultura ne može postići punu vrijednost u bilo kojem sustavu biljne proizvodnje dok se potpuno ne prilagodi uvjetima staništa, prvenstveno onim klimatskim. No, niti jedan okolišni čimbenik, pa tako ni klima, ne proizvodi jednostrane učinke već su oni u međusobnoj interakciji. Klima djeluje na tlo direktno preko oborina i temperature. Indirektno djeluje na biološku okolinu tla utjecajem na broj vrsta koje uspijevaju. Pod istim oborinskim uvjetima, ali u dva različita temperaturna pojasa razvit će se različiti tipovi profila tla.

## **4. KONZERVACIJSKA OBRADA TLA KAO MJERA UBLAŽAVANJA KLIMATSKIH PROMJENA**

U Stocholmskoj deklaraciji UN-a o čovjekovoj sredini iz 1972. stoji: „*Prirodna bogatstva treba čuvati u korist sadašnjih i budućih generacija putem pažljivog planiranja i gospodarenja da bi se održala sposobnost tla da stvara vitalne obnovljive proizvode.*“ U ovom kontekstu važno je promatrati i tlo kao supstrat života. Poljoprivreda je sektor koji će pretrpjeti najveće štete od posljedica klimatskih promjena ukoliko se one manifestiraju u predviđenom obliku. „*Lokalno izražene epizode jačih oborina i drugih meteoroloških elemenata, kao i potencijalno povećanje poplavnih i sušnih razdoblja, te ekstremnih temperatura može uzrokovati uništavanja usjeva, smanjenu infiltraciju, pojačano površinsko otjecanje i intenzivirati eroziju (gubitak hraniva tla, kontaminacija vodotokova sedimentom...).*“ (Jug, 2016.). Ekstremne pojave kao suša, poplave, izrazito visoke ili niske temperature, tuča, olujni vjetrovi i dr., nanose ogromne gospodarske štete poljoprivredi te smanjuju njen proizvodni potencijal. U razdoblju 2000. – 2007. godine ekstremni vremenski uvjeti su u Hrvatskoj nanijeli prosječne gubitke od 1,3 milijarde kuna godišnje. Konzervacijsku obradu tla treba primjenjivati pametno i svrhovito u skladu sa zahtjevima usjeva i posebnostima klime područja. Izostavljanje oranja može uzrokovati manji prinos, ali i veći ovisno o reakciji usjeva i tlu. Krajem 21. stoljeća primjena pluga preispituje se i u Europi, a prihvaćanje no-tillage sustava nadalje minimizira njegovu upotrebu.

### **4.1. Sekvestracija ugljika pri konzervacijskoj obradi tla**

Konzervacijska obrada omogućuje očuvanje tla te istovremeno postizanje jednakih (ili većih) prinosa ukoliko se potpuno prilagodi zahtjevima tla i klime, odnosno klimatskih promjena na koje može i utjecati. „*Obrada je konzervacijska (s aspekta očuvanja organske tvari) ako u intervalu od 24h emisija CO<sub>2</sub> u porama tla: 1) prelazi emisiju atmosferskog CO<sub>2</sub> za najviše 30-40 % ili 2) ako se početna viša razina snizi i od atmosferske emisije razlikuje za najviše 30-40 %.*“ (Jug i sur., 2015.). Količina ugljika u tlu na globalnoj razini je tri puta veća od one u nadzemnoj biomasi i deset puta veća od one u atmosferi što sugerira da poljoprivreda ima presudan utjecaj na ugljik uskladišten u tlu i njegovo oslobađanje u atmosferu. Kao mjera ublažavanja klimatskih promjena sve češće se spominje sekvestracija ugljika u poljoprivredno tlo odgovarajućim gospodarenjem. Sekvestracija ugljika odnosi se na sve mjere koje atmosferski CO<sub>2</sub> skladište u tlu/biljkama. To je proces kojim poljoprivreda

i šumarstvo mogu smanjiti razinu ugljika u atmosferi te tako smanjiti ili zaustaviti klimatske promjene ukoliko je polazišna pretpostavka o CO<sub>2</sub> kao njihovom uzroku točna. Najviše ugljika gubi se iz kopnenih ekosustava uslijed korištenja zemljišta, požara i sl. Mjere gospodarenja poput konzervacijskih agrotehničkih mjera mogu tlo učiniti skladištem ugljika te tako donijeti višestruke pozitivne učinke. Kod no till tehnologije smanjena je razgradnja organskog ugljika u tlu zbog smanjene prozračnosti i njegove bolje zaštite unutar agregata. Neka istraživanja ukazuju da je minimalnom obradom postignut neznatan učinak na organski ugljik tla no više je čimbenika koji mogu utjecati na rezultate pokusa te je iste potrebno dugoročnije proučavati i to uzimajući u obzir geografske, klimatske i pedološke specifičnosti područja. Općenito se tla pod konzervacijskom obradom smatraju izvorima niske emisije CO<sub>2</sub>, a karakterizira ih i brža izgradnja organske tvari te manja osjetljivost na sušu. Sadržaj organske tvari u tlu je ključan za retenciju vode u tlu. Ovisno o vrsti organske tvari, 1 kg ugljika na sebe veže 3-10 l vode. U nedostatku organske tvari, ova voda bi se procijedila u dublje slojeve tla, odnosno podzemnu vodu i tako bila izgubljena za rast biljaka. Organsku tvar u tlu moguće je povećati jedino prikladnim gospodarenjem (organski gnoj, povećanje površina pod travno-djetelinskim smjesama), a konzervacijska obrada predstavlja najbolje rješenje u uvjetima promjena klime. Korištenje stajskog gnoja ima velik utjecaj na zadržavanje organskog ugljika u poljoprivrednom tlu. Usljed industrijske proizvodnje stoke, koja se uvelike zasniva na stočnim obrocima čija je osnova industrijski pripravljena stočna hrana (koncentrati), uzgoj travno-djetelinskih smjesa postaje sve manje isplativ. Posljedica ovoga jest osiromašenje tla organskom tvari.

#### **4.2. Vjetar i suša**

Klimatske promjene dovele su do pojave više vjetrovitih dana koji uzrokuju gubitak vode iz tla kroz sva godišnja doba, a ne samo u proljeće i ljeto. Stoga se nameće potreba za smanjenjem evaporacije primjenom prikladne tehnologije obrade tla. U našem podneblju, proljeće gubi primat kao najvjetrovitije razdoblje uslijed pojave sve više vjetra zimi i ljeti. Osim prenošenja sjemena i spora te mehaničkih oštećenja biljaka vjetar uzrokuje i smanjenje intenziteta fotosinteze, povećanje transpiracije biljaka te mijenja temperaturu zraka i tla te vlagu tla. Kako bi zaštitili strukturu tla od vjetra potrebno je racionalizirati obradu tla i produžiti pokrivenost tla žetvenim ostacima. U zadnjih 20-ak godina u našem podneblju povećana je učestalost sušnih godina. „*Godina je sušna ako je ukupna količina oborina koja padne od listopada do rujna iduće godine manja minimalno 20 % u odnosu na višegodišnji*

*prosjeck.* “(Jug i sur., 2015.). U sušnim godinama dolazi do pada prinosa bez obzira na rok sjetve, a loš raspored oborina to i pojačava. Ukoliko je raspored oborina povoljan manjak oborina uzrokovat će veći pad prinosa samo u slučaju nepravilno izvedene obrade. Osnovna obrada tla mora omogućiti nesmetanu infiltraciju i smanjiti gubitke vode izvan vegetacijskog razdoblja, tj. formirati tlo koje je sposobno usvojiti i zadržati vodu. Kako bi smanjili oštećenja tla uzrokovana klimatskim prilikama, potrebna je obrada tla bez zbijanja podoraničnog sloja, održavanje povoljnog kapaciteta tla za vodu i sprječavanje isušivanja te nastanka praškaste strukture površinskog sloja. Konzervacijska obrada se i kod ovih zahtjeva pokazuje kao dobro riješenje. Pojedini dugoročni prognostički modeli predviđaju da će u 21. stoljeću na našem prostoru zime biti blage i sa više oborina, ljeta suha i topla, raspodjela oborina ekstremna te puno veći broj vjetrovitih i olujnih dana. Topla i suha ljeta utjecat će na biljke odnosno njihovu produktivnost i vegetacijsko razdoblje. Pretpostavlja se da će u budućnosti biti potrebno sijati kultivare koji bolje podnose sušu. Također, korovi bi mogli postati veći problem uslijed veće kompetitivnosti u odnosu na kulturne biljke i bolje korištenje vode kojom bi tla u budućnosti mogla češće oskudijevati. Pojedina istraživanja sugeriraju da će u budućnosti Sredozemlje biti najizloženije ekstremnim pojavama, ponajprije suši. Za Hrvatsku to znači opasnost od suše u nizinskom i priobalnom dijelu zemlje. Uzevši sve navedeno u obzir, potrebno je početi sa implementacijom konzervacijskih sustava jer se tako većinu negativnih učinaka klimatskih promjena prevenira ili ublažava.

### **4.3. Eolska erozija**

Započinje jakim vjetrom koji udara o površinu tla dižući čestice u zrak (Slika 16.), a kada te čestice udare u zemlju sa sobom pokreću druge čestice različitih veličina. Kako bi se



Slika 16. Pješčana oluja 30-ih, srednji zapad SAD-a  
(<http://www.geografija.hr/svijet/dezertifikacija-rastuca-prijetnja/>)

spriječila ili smanjila eolska erozija potrebno je smanjiti brzinu vjetra na površini, povećati i stvoriti stabilne strukturne agregate tla i održavati vlažnom površinu tla. Sve mjere koje održavaju vlažnost površine tla poput navodnjavanja i gnojidbe pomažu u sprječavanju eolske erozije. Korisna je kontinuirana prisutnost vegetacijskog pokrivača, skraćivanje dužine polja u smjeru dominantnih vjetrova i održavanje prirodnih prepreka (živice) na tom smjeru, održavanje površine tla neravnom itd., a konzervacijska obrada sa stalnom pokrivenošću tla žetvenim ostacima predstavlja najefikasniji način čuvanja tla od erozije jer zadovoljava sve gore navedene pretpostavke njena ublažavanja. Kada je tlo suho, golo, ravno i slabo strukturirano učinak eolske erozije je pojačan, osobito u slučaju jakog vjetra. Plodored je vrlo važan u prevenciji erozije pa npr. okopavine ne mogu zauzimati mjesto u plodoredu u uzastopnim godinama već barem svake druge godine ili svakih 5-7 godina u vrlo erodibilnim područjima. Malč simulira učinak biljnog pokrova, a najkorisniji je u aridnijim područjima gdje nije moguće zasnivanje pokrovnog usjeva prije kišnih maksimuma ili jakih vjetrova. Optimalno je prekriti 70-75 % tla malčem kako bi se spriječila erozija, a za to je dovoljno oko 0,5 kg/m<sup>2</sup> slame. Manja pokrivenost predstavlja nedovoljnu zaštitu tla, a veća pokrivenost otežava rast biljke. Mjere borbe protiv suše i suhih vjetrova su stvaranje kultivara otpornih na sušu, mjere kojima se usjevu osigurava voda (navodnjavanje, konzervacijska obrada...) i prostorna raspodjela usjeva na temelju njihovih zahtjeva prema klimi. Te mjere kao i konzervacijska obrada postaju sve aktualnije obzirom na predviđena kretanja klime i pojedine prognostičke modele.

#### **4.4. Oborine**

Voda u svim oblicima ima presudnu ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji i apsolutno je nužna za život biljaka. Osnovni je sastojak živih stanica te čini 89-95 % tkiva većine biljaka. Omogućuje normalno odvijanje kemijskih reakcija i transport hraniva kroz biljku. U procesu fotosinteze prijeko je potrebna za vezanje s ugljikovim dioksidom i stvaranje ugljikohidrata. 99 % vode usvojene kroz korjenov sustav procesom transpiracije dopijeva u atmosferu. Na količinu vode koju biljka transpirira bitno utječu 3 klimatska čimbenika: temperatura, relativna vlaga zraka i vjetar. Pri toplom, vjetrovitom i suhom vremenu je velika, a mala je pri hladnom, mirnom i vlažnom vremenu. Stoga količina vode potrebna nekom usjevu varira ovisno o prostoru i vremenu. Također, ovisi i o plodnosti tla i primjeni gnojiva. Ukoliko biljka raspolaže dovoljnom količinom vode prinos će se povećati primjenom gnojiva, a može se smanjiti količina vode potrebna za proizvodnju jedinice suhe tvari. Biljke se razlikuju u

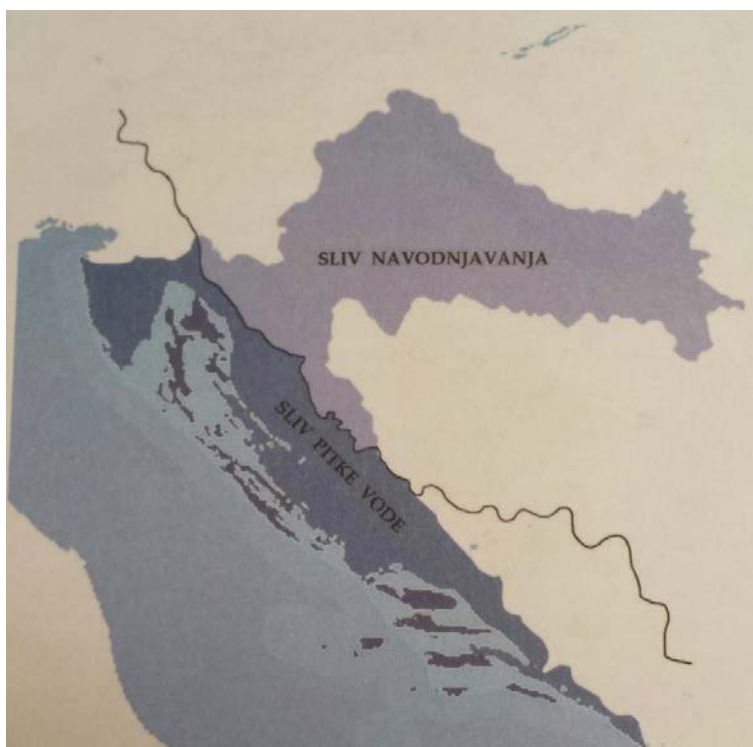
efikasnosti korištenja vode (C4 i C3 tip). Na efikasnost korištenja vode utječe količina vlage u tlu. Što je tlo bliže poljskom vodnom kapacitetu biljka će usvojiti više vode jer joj je za to potrebna manja energija nego kada je vlaga oko točke venuća, a ta ušteda energije manifestira se povećanim prinosom. Oborine, prvenstveno kiša, uvelike određuju distribuciju poljoprivrednih kultura. Područja ispod 250 mm oborine svrstavaju se u aridna i tamo proizvodnja ovisi o natapanju. Semiaridna (250-500 mm) područja također zahtijevaju natapanje ili neke od mjera konzervacije vode no u nekim godinama količina oborina može biti dostatna dok u drugim može biti izrazito mala. Oborine u semihumidnim (750-1000 mm) i humidnim (>1000 mm) područjima ne ograničavaju proizvodnju. Efikasnost oborina u smislu poticanja rasta biljaka ovisi o 3 glavna čimbenika: distribuciji i količini oborina te teksturi tla. O njima ovisi može li se neka kultura uzgajati na određenom području. Svi zahvati koji čuvaju strukturu tla i smanjuju eroziju pridonose maksimalnom uskladištenju vode u tlu, a konzervacijska obrada predstavlja skup takvih zahvata. Intenzitet kiše djeluje na njenu infiltraciju u tlo te što je veći intenzitet manje se upija. Tople kiše slabog intenziteta najpovoljnije su za poljoprivredu. Torencijalne te hladne i dugotrajne kiše djeluju u pravilu negativno te se njihov negativni učinak također ublažava konzervacijskim mjerama (žetveni ostaci ublažuju razoran učinak kišnih kapi na strukturu tla, povećavana je infiltracija vode i sl.)

Klimatske promjene uzrokovale su pojačan intenzitet i frekvenciju oborinskih ekstrema koji gotovo uvijek imaju negativan učinak na tlo. Jake kiše zbijaju gornji sloj tla te ga zamuljuju i narušavaju površinsku strukturu ukoliko tlo nije prekriveno biljnim ostacima ili vegetacijom. Ako im prethode suha razdoblja, pljuskovi isperu hranjive tvari s površine, a moguća je i erozija uslijed površinskog otjecanja vode i slabije infiltracije. Olujna nevremena sa kišom najčešće se javljaju ljeti i mogu uzrokovati male, nagle poplave. Mjere konzervacije su jako korisne u prevenciji istih obzirom da omogućuju vodi lakši ulazak u zemlju. Istovremeno, imaju mali i limitirani učinak na sprječavanje poplava uzrokovanih dugotrajnim kišnim razdobljima obzirom da povećavaju tok podzemne vode. No i u tom slučaju imaju pozitivne efekte. Naime, smanjuju brzinu kojom voda dopijeva do potoka te povećavaju površinsko skladištenje i pružaju zaštitu od prekomjerne sedimentacije što održava riječna korita propusnima i odgađa izlijevanje rijeka. Češća pojavnost poplava koju mnogi navode kao mogućnost, predstavljat će problem u blizini većih rijeka i vodotokova. Što je veće reduciranje obrade tla to je više žetvenih ostataka na površini tla, što proporcionalno smanjuje eroziju vodom i vjetrom. Česte i intenzivne oborine smanjuju

pozitivne učinke dublje obrade. Kako se na našim prostorima predviđa povećanje prosječne temperature zraka te ukupne količine oborina, to će znatno utjecati na značajke tla (fizikalne, kemijske i biološke). Isto tako može se očekivati jača evapotranspiracija koju povećana količina oborina može i ne mora nadoknaditi u potpunosti što ovisi o rasporedu oborina tijekom godine. Kako bi se u budućnosti smanjila ovisnost o vremenskim prilikama potrebno je veću pažnju posvetiti uvođenju i izgradnji sustava navodnjavanja. U uvjetima viših temperatura time bi se i u godinama sa lošijim rasporedom oborina osigurao stabilan prinos. Istovremeno bi se konzervacijskom obradom omogućilo smanjenje gubitaka vode u budućim sušnijim uvjetima.

#### 4.5. Hrvatske posebnosti u suočavanju sa promjenama klime

*„Poljoprivreda je temelj opstanka. U biti, poljoprivreda je jedini istinski stvaratelj novih vrijednosti, jer se samo u poljoprivredi stvara nov život ili produkcija života. Hrvatskoj zbog žalosne demografske slike nema opstanka bez „živog sela“. Što više bude obiteljskih gospodarstava više će biti života i više hrane državi Hrvatskoj.“* (Domazet-Lošo, 2016.). Hrvatska je po mnogočemu drugačija zemlja od ostalih. Prvenstveno zbog svojih prirodnih bogatstava i „plavih granica“ – Jadranskog mora, Drave, Save, Dunava, Mure, Kupe, Une itd. Navedene rijeke u kombinaciji sa tlima Slavonije i ostalima predstavljaju gotovo



Slika 17. Bazen pitke vode podno Dinarida i mnoštvo rijeka u ravničarskom dijelu Hrvatske (Domazet-Lošo D. (2016.): Hrvatska geopolitička strategija u 21. stoljeću ili „Hrvatsko njihalo“.)

neiscrpnu mogućnost navodnjavanja i time oplemenjivanja poljoprivrednog zemljišta Hrvatske. To je posebno značajno u smislu klimatskih kretanja koja naznačuju sve neravnomjerniji raspored oborina i veliku pojavnost vremenskih ekstrema (suša). Osim toga, bazen pitke vode (Slika 17.) ispod krškog dijela Hrvatske procjenjuje se kao 3. najveći u Europi (poslije Islanda i Norveške), a jedina



smo zemlja koja je sa tolikim vodnim bogatstvom geografski smještena u toplijem pojasu. To znači da su sva 3 prirodna elementarna preduvjeta (voda, sunce, plodna zemlja) uspješne proizvodnje hrane u našoj državi prisutna. Preduvjet broj 4 je onaj ljudski – znanje i osviještenost koji treba omogućiti racionalno upravljanje ovim bogatstvima na korist ovoj i budućim generacijama. Korištenje tla na održiv način mora biti imperativ, a konzervacijska obrada sustav kojemu treba težiti u Hrvatskoj.

Klimatske promjene događaju se neupitno, a bile one uzrokovane povećavanjem koncentracije CO<sub>2</sub> ili obrnuto (uslijed jače aktivnosti Sunca oceani otpuštaju više CO<sub>2</sub> u atmosferu), važno je primjenjivati konzervacijske mjere u oba slučaja. U prvom, tako bi konzervacijskim mjerama smanjili emisiju CO<sub>2</sub> iz tla i doprinijeli ublažavanju klimatskih promjena. U drugom slučaju, ako CO<sub>2</sub> nije uzrok, svakako su konzervacijske agrotehničke mjere poželjne u ublažavanju učinaka tih neupitnih promjena klime: žetveni ostaci smanjuju gubitak vode i povećavaju infiltraciju te količinu organske tvari u tlu i ublažavaju razorni učinak kišnih kapi, zatim ne dolazi do degradacije tala, smanjeno je ili eliminirano zbijanje tala itd. Obzirom da Hrvatska još uvijek ima iznimno čistu prirodu i očuvan okoliš (barem u odnosu na ostale zemlje zapada) te mnoge važne resurse poput pitke vode, nacionalni interes trebala bi biti proizvodnja zdrave hrane, a tu ulogu dijelom može preuzeti i ekološka proizvodnja. „*Procjenjuje se da bi pri potpunom preusmjeranju hrvatske poljoprivrede na ekološki način gospodarenja došlo do smanjenja emisije stakleničkih plinova u sektoru poljoprivrede i na nju vezane industrije i usluga za oko 50 posto*“ (Znaor, 2008.).

## 5. ZAKLJUČAK

Konvencionalna obrada ne zadovoljava sve preduvjete očuvanja produktivnog kapaciteta tla te je neophodno krenuti ka sustavnom prijelazu na održivije metode poljoprivredne proizvodnje. Posebno je to važno zbog klimatskih promjena koje uzrokuju sve više ekstremnih vremenskih prilika i ugrožavaju poljoprivredu u postojećem stanju. Klima se konstantno mijenja i to je vidljivo čak i površnim pogledom u prošlost. Uloga CO<sub>2</sub> u globalnom zatopljenju nije presudna, no sekvestracija ugljika u poljoprivredna tla svejedno je poželjna, ali u svrhu očuvanja organske tvari tla. Budućnost traži nova rješenja u suočavanju sa erozijom, degradacijom sadržaja humusa, visokim troškovima oranja itd. a sve to u uvjetima nepredvidivih promjena klime. Konzervacijska obrada uz neke svoje nedostatke zadovoljava većinu ako ne i sve preduvjete dugoročnog očuvanja plodnosti poljoprivrednih tala. Istovremeno se pokazuje kao sustav obrade koji omogućuje značajno ublažavanje negativnih učinaka klimatskih promjena. To je vidljivo bilo da se radi o visokim temperaturama uz manjak oborina ili o prekomjernim oborinama te eroziji vjetrom i vodom. U svim tim situacijama konzervacijski pristup pokazuje svoje prednosti i kvalitete u odnosu na konvencionalnu obradu plugom. Obzirom na brzi rast ljudske populacije i s tim vezane rastuće potrebe za hranom, ne smije se zanemariti prinos kao drugi najvažniji pokazatelj uspješnosti proizvodnje hrane (prvi je održivost odnosno očuvanje plodnosti tla). Konzervacijska obrada uspostavlja ravnotežu između ostvarivanja visokih prinosa (uz manje troškove) i očuvanja proizvodne sposobnosti tla odnosno plodnosti. Niti jedan od čimbenika uspjeha poljoprivredne proizvodnje ne djeluje samostalno pa tako ni klima. Stoga je potrebno konstantno provoditi istraživanja sa različitim kulturama na različitim tlima i u raznim klimatskim uvjetima kako bi se dobili pouzdani rezultati na temelju kojih se može planirati buduća proizvodnja hrane u skladu sa potrebama očuvanja plodnosti tala, te izvući maksimum iz konzervacijskih sustava. Ukoliko se trend reduciranja obrade u svijetu u smjeru konzervacije nastavi, i što je poželjno ubrza, moguće je da promjene klime neće imati negativan učinak na globalnu poljoprivredu. Dapače, ući će se u novo razdoblje održivog gospodarjenja sa svim preduvjetima za prehranjivanje stanovništva Zemlje i očuvanje tla te cjelokupnog okoliša.

## 6. POPIS LITERATURE

- Bertrand A. R. i Kohnke H. (1959.): Soil conservation. McGraw-Hill Inc., New York–Toronto–London.
- Butorac A., Butorac J., Kisić I. (2006.): Sustavi konzervacijske obrade tla i usjevi. Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva, Vol.68 No.6.
- Butorac A. (1999.): Opća agronomija. Školska knjiga, Zagreb.
- Čopce K., Košutić S., Filipović D., Gospodarić Z., Husnjak S., Kovačev I. (2006.): Utjecaj različitih sustava obrade tla u proizvodnji kukuruza, ozime pšenice i soje na lesiviranom tlu sjevero-zapadne Slavonije. Journal of Central European agriculture, Vol.6 No.3.
- Domazet-Lošo D. (2016.): Hrvatska geopolitička strategija u 21. stoljeću ili „Hrvatsko njihalo“. Naklada Benedikta, Velika Gorica.
- Hare S. R. i Mantua N. J. (2002.): The Pacific decadal oscillation. Journal of Oceanography, Vol. 58, 35-44.
- Husti I., Daróczy M., Kovács I., Béres K. (2016.): Strip till: An economic alternative for the hungarian agriculture. Hungarian agricultural engineering, 29: 21.-23.
- Jug D. (2016.): Poljoprivreda – dionik kauzalnosti klimatskih promjena. Diacovensia: teološki prilozi, Vol.24 No.1.
- Jug D., Birkás M. i Kisić I. (2015.): Obrada tla u agroekološkim okvirima. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tla, Osijek.
- Jug D., Jug I., Kopas G., Stipešević B., Stošić M. (2006.): Prinos kukuruza (*Zea mays L.*) na različitim varijantama obrade tla. Poljoprivreda, Vol.12 No.2.
- Jug D., Krnjaić S., Stipešević B. (2006.): Prinos ozime pšenice (*Triticum aestivum L.*) na različitim varijantama obrade tla. Poljoprivreda, Vol.12 No.1.
- Licht M. A. i Al-Kaisi M. (2005.): Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. Soil & Tillage Research 80: 233.–249.
- McIntyre S. i McKittrick R. (2005): Hockey sticks, principal components, and spurious significance. Geophysical Research Letters, 32 (3): L03710.
- Mihalić V. (1988.): Opća proizvodnja bilja. Školska knjiga, Zagreb.
- Znaor D. (2008.): Environmental and economic consequences of large-scale conversion to organic farming in Croatia. Department of biological sciences, Colchester, university of Essex.

## 7. SAŽETAK

Konvencionalna obrada sve se više preispituje obzirom na njene negativne strane, a posebno u vidu promjena klime kojima se potrebno prilagoditi. Shvaća se da je kod vrednovanja proizvodnog sustava potrebno uvažiti dugoročni učinak na okoliš (tlo). Isključivo praćenje ekonomskih parametara i kratkoročne isplativosti, na dugi rok neupitno dovodi do degradacije tla i okoliša u cjelini odnosno do neodrživosti proizvodnje. Konzervacijska obrada ima mnoge prednosti u odnosu na konvencionalnu obradu. Te prednosti sve su važnije u smislu preveniranja šteta od klimatskih promjena i/ili prevenciji samih klimatskih promjena. Konzervacija vode, bolja infiltracija, manji troškovi i zbijanje tla, zadržavanje CO<sub>2</sub> u tlu i povećanje sadržaja organske tvari, bolja struktura, veća biološka aktivnost, smanjena erozija vodom i vjetrom itd. samo su neke od prednosti. Dobri prinosi (jednaki ili viši u odnosu na konvencionalnu obradu) postižu se na tlima visoke plodnosti posebice kod ozime pšenice no potrebna su daljnja istraživanja na pojedinim tipovima tla kako bi se utvrdilo koji sustav konzervacijske obrade je za njih najprikladniji. CO<sub>2</sub> kao uzrok globalnog zatopljenja vjerojatno nije značajan u većoj mjeri, no sekvestracija ugljika u tlo (koju se zagovara radi smanjenja emisije CO<sub>2</sub>) je svakako pozitivna zbog učuvanja organske tvari. Tu se konzervacijska obrada nameće kao dobro rješenje. Klima se mijenja u smjeru koji još nije potpuno jasan ni definiran no sigurno je da će se poimanje poljoprivrede izmijeniti u nadolazećim desetljećima. Konzervacijska obrada sa svim svojim sustavima omogućava suočavanje sa novim izazovima u smislu klimatskih promjena te istovremeno smanjuje troškove proizvodnje. Osim toga, njome se postiže i najvažniji cilj, a to je očuvanje produktivnog kapaciteta tla kao osnove za proizvodnju hrane te dugoročna održivost.

**Ključne riječi:** poljoprivreda, konzervacijska obrada tla, klimatske promjene, održivo gospodarstvo tlo

## 8. ABSTRACT

Conventional tillage is under more and more questioning regarding its negative sides, especially in wake of climate changes that require adapting to. It is understood that long term effect on the environment (soil) must be acknowledged at valuating the tillage system. Tracking only economic parameters and short-term benefits leads without question to soil and environment degradation and unsustainable production in the long run. Conservation tillage has many advantages compared to conventional tillage. These advantages are important in preventing damage caused by climate change and/or preventing the climate change itself. Water conservation, better infiltration, reduced costs and soil compaction, containment of CO<sub>2</sub> in the soil and increased percentage of organic matter, better structure and biological activity, reduced erosion etc. are just some of the advantages. Good yield (equal or higher than conventional tillage) can be expected on highly fertile soils especially with winter wheat, but further research is needed on different soil types to discover which conservation tillage system is the most suitable for them. CO<sub>2</sub> probably isn't so important as cause of global warming, but carbon sequestration in the soils (which is to reduce the CO<sub>2</sub> emission) is surely a positive thing to do because of the organic matter preservation. Conservation tillage is a good solution for this. Climate is changing in a direction that is not yet completely known but it is sure that the concept of agriculture will change in upcoming decades. Conservation tillage systems enable us to confront new challenges like climate change and to reduce production costs at the same time. Finally, it also accomplishes the most important goal of preserving the soils productive capacity as means of food production, and long term sustainability.

**Key words:** agriculture, conservation soil tillage, climate change, sustainable land management

## 9. POPIS SLIKA

Slika 1. Kombisem RAU ( <a href="http://www.strojevi.com.hr/uploads/integralna_tehnika_obrađe_tla_i_sjetve.pdf">http://www.strojevi.com.hr/uploads/integralna_tehnika_obrađe_tla_i_sjetve.pdf</a> ).....	3
Slika 2. Prohodi po mokrom tlu narušavaju strukturu (foto: Luka Vranješ).....	3
Slika 3. Erozijski vodotok (http://www.cnvos.info/article/id/5344/cid/94).....	6
Slika 4. Na oranje otpada preko 40% troškova u poljoprivredi ( <a href="http://www.agroklub.com/ratarstvo/novi-pristup-kod-obrađe-tla/3779/">http://www.agroklub.com/ratarstvo/novi-pristup-kod-obrađe-tla/3779/</a> ) .....	8
Slika 5. Značajno degradirano tlo uslijed neodgovarajuće i nepravovremene obrade (Foto: Luka Vranješ) .....	12
Slika 6. Žetveni ostaci ostavljeni na tlu korisni su iz više razloga ( <a href="http://www.agroservis.rs/znacaj-zaoravanja-zetvenih-ostataka">http://www.agroservis.rs/znacaj-zaoravanja-zetvenih-ostataka</a> ).....	15
Slika 7. Pneumatska sijačica za žito No-till 750A 6m ( <a href="http://www.cerealsevent.co.uk/press-releases/john-deere-drills-work-in-all-conditions">http://www.cerealsevent.co.uk/press-releases/john-deere-drills-work-in-all-conditions</a> ) .	17
Slika 8. Soja u ostacima kukuruza ( <a href="http://www.barroncountymi.gov/index.asp?Type=B_BASIC&amp;SEC=%7B89D075CD-5873-4056-8599-65155CFB943F%7D&amp;DE=%7B4F5A25A9-D9B9-4736-A73E-5898131DCD96%7D">http://www.barroncountymi.gov/index.asp?Type=B_BASIC&amp;SEC=%7B89D075CD-5873-4056-8599-65155CFB943F%7D&amp;DE=%7B4F5A25A9-D9B9-4736-A73E-5898131DCD96%7D</a> ) .....	18
Slika 9. Orthman 1-tRIPr strip tiler ( <a href="http://casi.ucanr.edu/files/43649.pdf">http://casi.ucanr.edu/files/43649.pdf</a> ).....	20
Slika 10. Orthman 1 tRIPr strip tiler i sijačica ( <a href="http://casi.ucanr.edu/files/43649.pdf">http://casi.ucanr.edu/files/43649.pdf</a> ).....	21
Slika 11. Sjetva pamuka u žetvene ostatke ječma ( <a href="http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8364.pdf">http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8364.pdf</a> ).....	22
Slika 12. Soja u grebenovima između kojih su žetveni ostaci kukuruza ( <a href="https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/ny/soils/?cid=nrcs144p2_027315">https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/ny/soils/?cid=nrcs144p2_027315</a> ).....	23
Slika 13. „Hokejaška palica“ ( <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/File:T_comp_61-90.pdf">https://en.wikipedia.org/wiki/File:T_comp_61-90.pdf</a> ).....	25
Slika 14. Vrste utjecaja na klimu ( <a href="http://klima.hr/klima.php?id=klimatske_promjene">http://klima.hr/klima.php?id=klimatske_promjene</a> ).....	26



Slika 15. Lijevo pozitivni (topli) PDO, desno negativni (hladni) PDO ( <a href="http://www.almanac.com/blog/weather-blog/why-dry-reason-california-has-drought">http://www.almanac.com/blog/weather-blog/why-dry-reason-california-has-drought</a> ) ....	28
Slika 16. Pješčana oluja 30-ih, srednji zapad SAD-a ( <a href="http://www.geografija.hr/svijet/dezertifikacija-rastuca-prijetnja/">http://www.geografija.hr/svijet/dezertifikacija-rastuca-prijetnja/</a> ).....	32
Slika 17. Bazen pitke vode podno Dinarida i mnoštvo rijeka u ravničarskom dijelu Hrvatske (Domazet-Lošo D. (2016.): Hrvatska geopolitička strategija u 21. stoljeću ili „Hrvatsko njihalo“.) .....	35

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer Biljna proizvodnja

## ULOGA KONZERVACIJSKIH AGROTEHNIČKIH MJERA U OKVIRIMA KLIMATSKIH PROMJENA

Luka Vranješ

### Sažetak

Konvencionalna obrada sve se više preispituje obzirom na njene negativne strane, a posebno u vidu promjena klime kojima se potrebno prilagoditi. Shvaća se da je kod vrednovanja proizvodnog sustava potrebno uvažiti dugoročni učinak na okoliš (tlo). Isključivo praćenje ekonomskih parametara i kratkoročne isplativosti, na dugi rok neupitno dovodi do degradacije tla i okoliša u cjelini odnosno do neodrživosti proizvodnje. Konzervacijska obrada ima mnoge prednosti u odnosu na konvencionalnu obradu. Te prednosti sve su važnije u smislu preveniranja šteta od klimatskih promjena i/ili prevenciji samih klimatskih promjena. Konzervacija vode, bolja infiltracija, manji troškovi i zbijanje tla, zadržavanje CO<sub>2</sub> u tlu i povećanje sadržaja organske tvari, bolja struktura, veća biološka aktivnost, smanjena erozija vodom i vjetrom itd. samo su neke od prednosti. Dobri prinosi (jednaki ili viši u odnosu na konvencionalnu obradu) postižu se na tlima visoke plodnosti posebice kod ozime pšenice no potrebna su daljnja istraživanja na pojedinim tipovima tla kako bi se utvrdilo koji sustav konzervacijske obrade je za njih najprikladniji. CO<sub>2</sub> kao uzrok globalnog zatopljenja vjerojatno nije značajan u većoj mjeri, no sekvestracija ugljika u tlo (koju se zagovara radi smanjenja emisije CO<sub>2</sub>) je svakako pozitivna zbog učuvanja organske tvari. Tu se konzervacijska obrada nameće kao dobro rješenje. Klima se mijenja u smjeru koji još nije potpuno jasan ni definiran no sigurno je da će se poimanje poljoprivrede izmijeniti u nadolazećim desetljećima. Konzervacijska obrada sa svim svojim sustavima omogućava suočavanje sa novim izazovima u smislu klimatskih promjena te istovremeno smanjuje troškove proizvodnje. Osim toga, njome se postiže i najvažniji cilj, a to je očuvanje produktivnog kapaciteta tla kao osnove za proizvodnju hrane te dugoročna održivost.

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

**Mentor:** Prof. dr. sc. Danijel Jug

**Broj stranica:** 42

**Broj grafikona i slika:** 17

**Broj tablica:** 0

**Broj literaturnih navoda:** 15

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** poljoprivreda, konzervacijska obrada tla, klimatske promjene, održivo gospodarenje tlom

**Datum obrane:** 15. veljače, 2017.

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. Prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Danijel Jug, mentor
3. Izv. prof. dr. sc. Irena Jug, član

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

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Graduate thesis**

**Faculty of Agriculture**

**University Graduate Studies, course Plant production**

### **ROLE OF CONSERVATION AGROTECHNICAL MEASURES IN THE FRAMEWORK OF CLIMATE CHANGES**

Luka Vranješ

#### **Abstract**

Conventional tillage is under more and more questioning regarding its negative sides, especially in wake of climate changes that require adapting to. It is understood that long term effect on the environment (soil) must be acknowledged at valuating the tillage system. Tracking only economic parameters and short-term benefits leads without question to soil and environment degradation and unsustainable production in the long run. Conservation tillage has many advantages compared to conventional tillage. These advantages are important in preventing damage caused by climate change and/or preventing the climate change itself. Water conservation, better infiltration, reduced costs and soil compaction, containment of CO<sub>2</sub> in the soil and increased percentage of organic matter, better structure and biological activity, reduced erosion etc. are just some of the advantages. Good yield (equal or higher than conventional tillage) can be expected on highly fertile soils especially with winter wheat, but further research is needed on different soil types to discover which conservation tillage system is the most suitable for them. CO<sub>2</sub> probably isn't so important as cause of global warming, but carbon sequestration in the soils (which is to reduce the CO<sub>2</sub> emission) is surely a positive thing to do because of the organic matter preservation. Conservation tillage is a good solution for this. Climate is changing in a direction that is not yet completely known but it is sure that the concept of agriculture will change in upcoming decades. Conservation tillage systems enable us to confront new challenges like climate change and to reduce production costs at the same time. Finally, it also accomplishes the most important goal of preserving the soils productive capacity as means of food production, and long term sustainability.

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

**Mentor:** Prof. dr. sc. Danijel Jug

**Number of pages:** 42

**Number of figures:** 17

**Number of tables:** 0

**Number of references:** 15

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** agriculture, conservation soil tillage, climate change, sustainable land management

**Thesis defended on date:** February 15th, 2017.

#### **Reviewers:**

1. Prof. dr. sc. Bojan Stipešević, president
2. Prof. dr. sc. Danijel Jug, mentor
3. Prof. dr. sc. Irena Jug, member

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