

## Suvremeni trendovi obrade tla na vodoopskrbnim područjima

### Sažetak

Vodoopskrbna područja (VOP) predstavljaju zaštitu izvora pitke vode (uključujući vodu iz jezera, rijeka i podzemnih vodonosnika) od prekomjerne uporabe i onečišćenja. U većini europskih zemalja VOP se sastoji od četiri osjetljiva područja; zona bunara (VOP0), zona crpljenja vode (VOPI), značajna površina za punjenje podzemnih voda (VOPII) i vrlo ranjivo područje (VOPIII). Budući da je VOP obično sastavni dio poljoprivrednog krajolika, poljoprivredna praksa može izravno utjecati na kvalitetu vode te se zbog toga vodoopskrbnim područjima obično regulira/ograničava način konvencionalne poljoprivrede, posebice obrade tla, gnojidbe i upotrebu pesticida. Iz tog razloga, u mnogim VOPI i VOPII zonama konzervacijska obrada (CT) predstavlja jedini način pripreme tla za sjetvu. U ovom radu prikazani su CT sustavi, koji uzrokuju minimalni mehanički poremećaj tla odnosno direktnu sjetvu, pokrivenost tla malčem i raznolikost ratarskih kultura. CT je globalno prihvaćena poljoprivredna praksa kojom se obrađuje oko 11% poljoprivrednog zemljišta na svim kontinentima.

**Ključne riječi:** konzervacijska obrada, direktna sjetva, malč, vodoopskrbna područja, kontrola korova

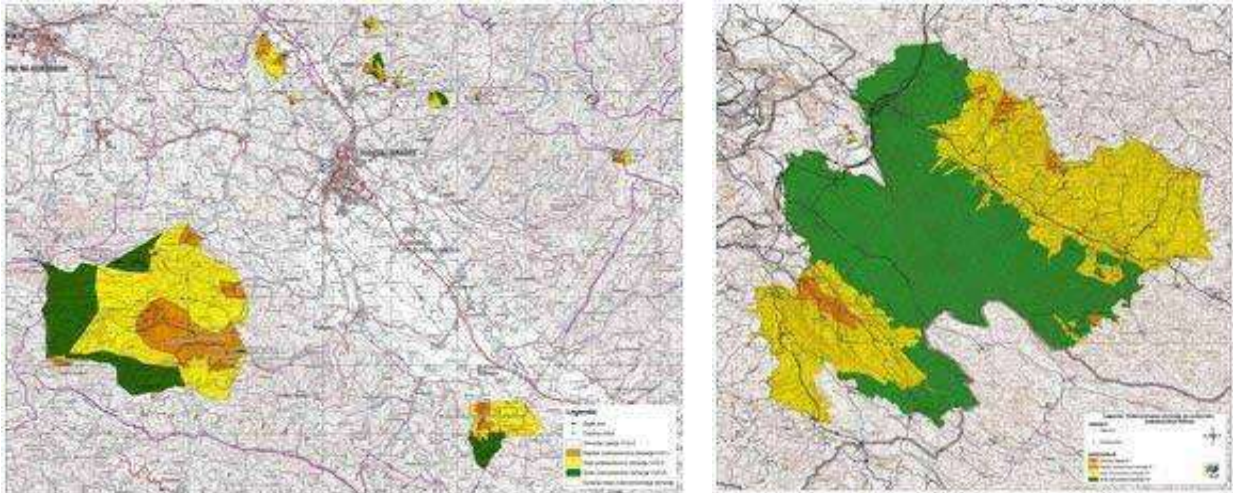
### Uvod

#### Obrada tla na vodoopskrbnim područjima

Svaka zemlja u cilju zaštite vodnih resursa, koji se koriste za iskorištavanje vode u određene svrhe ili su namijenjene za opskrbu stanovništva vodom za piće, ima pravo na uspostavu vodoopskrbnih područja i zaštitu istih od onečišćenja ili drugih vrsta ugroza koje mogu utjecati na zdravstvenu ispravnost vode ili njezinu količinu. Zbog različitih razina zaštite u području zaštite voda, mogu se proglasiti i unutarnje površine s različitim razinama zaštite. Budući da je poljoprivredna proizvodnja zbog ograničenih količina dozvoljenih gnojiva i upotrebe fito-farmaceutskih sredstava na vodoopskrbnim područjima ograničena, obrada tla također predstavlja izuzetno složen zadatak koji zahtijeva veliku brigu kako bi se osigurao prinos (Lešnik, 2017.). Veliki problem predstavlja nedostatak jednoznačnih pravila odnosno koncepta jer su uvjeti obrade tla ovisni o vremenskim uvjetima i tipu zemljišta odnosno. Iako svaka država pa i općina ima pravo na posebne uvjete obrade tla na zaštitnim područjima, tradicionalna obrada tla – oranjem, u bliskoj budućnosti morat će se zamijeniti konzervacijskim načinima obrade tla koji zahtijevaju puno više kreativnosti i inovativnosti. Pri tome treba napomenuti i značajne razlike od postojećih sustava koji uključuju proizvodnje različitih usjeva. Osnovni preduvjeti za manje po okoliš pogubnu obradu na vodoopskrbnim područjima su: upravljanje vremenom poljoprivrednim sustavima te redovito i kvalitetno usavršavanje i edukacija o suvremenim tehnikama i tehnologijama u obradi tla.

Europsko zakonodavstvo omogućuje čak tri stupnja zaštite vodnih resursa koji se mogu klasificirati prema načinu upotrebe organskih i mineralnih gnojiva, obradi tla te prekrivenosti zemljišta vegetacijom. Međutim, u nekim općinskim ili državnim propisima mogu se ograničiti/dozvoliti različiti uvjeti uzgoja biljaka. Kao primjer na slici 1. pokazana su dva primjera vodoopskrbnih područja.

<sup>1</sup> Denis Stajnko, prof. dr. sc., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, SI-2311 Hoče-Maribor, Slovenija, email: denis.stajnko@um.si



**Slika 1.** Nacrt vodoopskrbnih područja sa ucrtanim zonama u općini Slovenj Gradec (lijevo) i Kočevje (desno), Slovenija.

U zoni VOP0 koja se nalazi direktno iznad podzemnih bunara dozvoljena je samo košnja trave bez primjene ikakvih agrotehničkih zahvata. U zoni VOP1 koja se nalazi odmah do VOP0 zone poljoprivredno zemljište mora biti tijekom cijele godine pokriveno vegetacijom, što se može osigurati samo uz minimalnu obradu tla (bez dubokog oranja i miješanja gornjih slojeva tla) ostavljanjem do 30% slame na zemljištu ili sjetvom kultura ('zelena gnojidba') koje se naknadno valjaju i plitko unose u tlo s namjerom obogađivanja tla hranivima u humusnom pojasu. Također, korištenje organskih gnojiva temelji se isključivo prema potrebama biljaka. Pogotovo dušičnim gnojivima prihranjuje se prema potrebama biljaka. U početku savjetuje se konzervacijska obrada tla poznata pod njemačkim nazivom „Mulchsaat” odnosno engleskim 'conservation tillage'.

Zona VOP2 također propisuje minimalnu obradu tla, korištenje organskih gnojiva na temelju potrebe biljaka i sjetvu usjeva za zelenu gnojidbu kako bi površine bile prekrivene vegetacijskim pokrovom tijekom cijele godine. Osim toga, savjetuje se upotreba mineralnih gnojiva (dušika) samo na temelju potrebe biljaka i to u vrijeme najbržeg porasta, uzimajući u obzir dostupnost mineralnih tvari u tlu i sadržaja hraniva u domaćem stajskom gnojivu.

Zona VOP3 područje je s blagim režimom zaštite u kojem način obrade tla nije propisan zakonom pa je dopuštena konvencionalna obrada tla oranjem lemešnim plugom. Dozvoljeno je korištenje organskih gnojiva ovisno o potrebama biljaka u vrijeme najvećeg porasta odnosno potrebe za hranivima. Predlaže se što duži vegetacijski pokrov tijekom cijele godine i zelena gnojidba sa što kasnijom obradom i unošenjem biljnih ostataka u tlo.

### Utjecaj obrade tla na širu okolicu

Obrada tla jedna je od najstarijih ljudskih aktivnosti koja se s vremenom postupno mijenjala. Najstariji način – ručnu obradu tla postupno je zamijenila obrada uz pomoć životinja, koju su krajem 19. stoljeća počeli zamjenjivati strojevi. Danas suvremene 'zapadne' tehnologije obrade tla bez modernih strojeva ne možemo više ni zamisliti (Košič, 2014.). Međutim, posljedice suvremenih načina obrada tla imale su snažan utjecaj ne samo na svojstva tla, već i negativan učinak na kvalitetu mnogih bitnih prirodnih resursa kao što

su tlo, voda, reljef, biološka raznolikost i utjecaj na širi ekosustav (Kassam *i sur.*, 2013., Dumansky *i sur.*, 2014.). Degradacija zemljišnih resursa uzrokuje pad prinosa usjeva i produktivnosti ratarske proizvodnje koja vodi u potragu za alternativnim paradigmama održivog tipa poljoprivrede (Goddard *i sur.* 2006.). Pored toga obradi tla se postavljaju novi izazovi u vidu klimatskih promjena te pitanje ekološkog otiska. Prema Farooq i Siddique (2014.) poljoprivreda je odgovorna za oko 30% ukupne emisija stakleničkih plinova CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O i CH<sub>4</sub>. U FAO-u (2011) predstavljena je paradigma održivog tipa poljoprivrede (eng. *conservation agriculture*) koja zagovara razvoj produktivne i profitabilne poljoprivrede samo uz uvjete očuvanja i poboljšanja prirodnih resursa, koja su neophodna osnova za održiv razvoj okoline i okoliša. Istovremeno podržava se i intenzivna proizvodnja usjeva uz smanjenje utjecaja klimatskih promjena ne samo na biljnu proizvodnju, već i na čimbenike koji uzrokuju klimatske promjene kroz smanjenje emisije CO<sub>2</sub> i vezanje ugljika u tlo (Conant *i sur.*, 2007, Ebelhar *i sur.*, 2005.).

Prema vjerovanju većine svjetskih znanstvenika i političara globalno zagrijavanje pomoću stakleničkih plinova uglavnom prouzrokovanih ljudskim djelovanjem, danas nije sporno. Budući da se suvremena poljoprivredna proizvodnja temelji na više direktnoj ili indirektnoj upotrebi fosilnih goriva to značajno utječe na širi okoliš. Npr. u slovenskoj poljoprivredi za proizvodnju jednog hektara ratarske kulture u prosjeku se potroši 184,83 l goriva, od čega se najveći dio (38% ili 70,23 l) koristi za osnovnu obradu tla lemešnim plugom (Ljubec, 2014.).

U posljednja tri desetljeća, agrarna politika u Europi napokon uočava da je održavanje plodnosti tla od ključne važnosti za održivu proizvodnju, što je napisano i u razvojnim smjernicama. Tomu svjedoči i spoznaja o „konceptu zaštite tla“ koju su 1985. godine u svoje razvojne smjernice prvi uključili Nijemci. Također je ista uključena i u prijedlogu za očuvanje proizvodnje ratarskih kultura pomoću inovacija- ekološki prihvatljivih tehnologija, u kontekstu „Zelene komponente financiranja“ poljoprivredne proizvodnje u Europskoj uniji prema poljoprivrednoj politici u razdoblju do 2020. godine. Financijskim sredstvima podržavaju se projekti koji provode istraživanja i potiču implementaciju konzervacijske obrade, u kojoj se odustaje od oranja (Mihelič, 2012., Ograjšek, 2012.).

Brojne studije provedene tijekom posljednjih desetljeća pokazale su da mehanička obrada tla narušava strukturu tla (Elliott *i sur.*, 2000.), povećava mogućnost erozije tla (Gregorich *i sur.*, 1998., Lindstrom *i sur.*, 2007.) te utječe na floru i faunu a pogotovu na smanjenje broja gujavica (Wuest, 2001, Chan, 2001.), koje su jedan od ključnih pokazatelja kvalitete tla (Karlen *i sur.*, 2004.). Obrada tla često negativno utječe i na druga svojstva tla kao što su pH (Bescanca *i sur.*, 2009.), količinu dostupnih fosfornih gnojiva, povećano ispiranje dušičnih gnojiva (Žigon, 2013.).

Rješenje prije napisanih problema predstavlja uvođenje alternativnih tehnika obrada tla i sjetve. Mnogi poljoprivrednici, odnosno stručnjaci za obradu tla, izazov održavanja plodnosti tla našli su u pojednostavljenom načinu tj. smanjenju intenzivnog okretanja, mrvljenja i rahljenja tla do ustaljene dubine obrade. Preskakanje tradicionalne obrade tla predstavlja jednu od najvećih inovacija moderne poljoprivrede ka očuvanju plodnosti tla, zadržavanju hraniva te povećanju sposobnosti tla za zadržavanje vode (D'Emden *i sur.*, 2012.). U zapadnom svijetu prvi put se spominje ideja konzervacijske poljoprivrede (eng. *'conservation agriculture'*, CA) 1930. godine kada je veliki pješćani tornado uništio široka područja Srednjeg zapada Sjedinjenih Američkih Država. Budući da je trebalo smanjiti obradu tla i držati tlo što dulje prekriveno došlo se do naziva *'conservation tillage'*. Nakon gotovo deset godina razvoja 1940-ih pojavile su se prve sijačice za direktnu sjetvu bez ikakve obrade tla. Istovremeno, teorijski koncept nadgradio je Faulkner 1945. godine izdavanjem

knjige „Oranje je ludost“. (eng. *Plowman's Folly*). Zbog tehničkih poteškoća izraz 'no-till' ili „bez oranja“, ulazi u širu praksu u SAD-u tek potkraj 1960-ih godina (Derpsch, 2004.), dok se u ranim 1970-im pojavio u Brazilu. Ipak, potrebno je bilo još 20 godina kako bi koncept CA postigao značajan proboj u svjetskim razmjerima. Istraživači i danas rade na poboljšanju sustava odlaganja sjemena u neobrađena tla te stalnoj edukaciji poljoprivrednika.

Prema (Derpsch, 2012.) glavne prednosti konzervacijske obrade tla su: manja upotreba radne snage, smanjena uporaba poljoprivrednih strojeva, ušteda vremena, manja potrošnja goriva, dugoročno poboljšanje plodnosti tla, poboljšanje kvalitete površinskih voda, manja erozija tla, povećano zadržavanje vode u tlu te poboljšanje infiltracije oborinskih voda, smanjenje zbijanja tla, povećanje biološke raznolikosti, niže emisije CO<sub>2</sub> te manje zagađenje zraka. Prema FAO-u (2014.a) najveće površine pod konzervacijskom obradom tla bilježe se u Argentini, Brazilu, Sjedinim Američkim Državama, Kanadi i Australiji (Tablica 1).

**Tablica 1.** Poljoprivredna zemljišta u konzervacijskoj obradi (1.000 ha)

Država	Površina
Argentina	29.181
Australija	1.769
Bolivija	706
Brazil	31.811
Indija	1.500
Kanada	18.313
Kazahstan	2.000
Kina	6.670
Paragvaj	3.000
Rusija	4.500
Španjolska	792
Ukrajina	700
SAD	35.613
Urugvaj	1.072
Ostale države	3.438
<b>Ukupno</b>	<b>156.991</b>

Izvor: FAO, AQUASTAT (2015)

Sustav konzervacijske poljoprivrede korak je dalje ka suvremenom održavanju poljoprivredne proizvodnje zato što povezuje obrada tla, ishrana biljaka, zadržavanje vode te širi izgled krajobraza (Kassam *i sur.*, 2013.). Bitnu razliku od konvencionalne obrade tla predstavlja uključivanje stalnog biljnog pokrova tla i povećanje broja kultura u rotaciji, integrirano upravljanje zaštitom od štetnika i korova, te upravljanje biljnim hranivima i vodom (FAO, 2011.). Prema FAO (FAO, 2014.) konzervacijska poljoprivreda uključuje tri povezana načela proizvodnje: tla moraju biti stalno bez ili s minimalnim mehaničkim oštećenjem, što znači sustav bez oranja, direktna sjetva odnosno minimalna obrada tla u pojasu sjetve (Caner *i sur.*, 2007.). Nakon obrade, 30% površine tla mora biti pokriveno biljnim ostacima prethodnog usjeva odnosno stalnim malč pokrovom od pokrovnih usjeva (FAO, 2014b). Principi konzervacijske poljoprivrede univerzalno su primjenjivi na svim poljoprivrednim krajobrazima dok je tip obrade prilagođen zemljištu na određenom lokalitetu. Srednjoročno ali i dugoročno taj sustav poboljšava biološku raznolikost, a time i prirodne biološke procese iznad i ispod površine tla. CA donosi poboljšanje dobre poljoprivredne

prakse omogućavanjem pravovremenog obavljanja poslova, racionalnijim iskorištenjem mehanizacije na kultiviranoj i/ili navodnjavanoj površini gdje se odvija biljna proizvodnja. Također, takav način poljoprivrede doprinosi i drugima poznatim principima dobre prakse kao što su ekonomično i racionalno korištenje količina sjemena, sredstva biljne zaštite, gnojiva i vode.

### Suvremena tehnika za konzervirajuću obradu tla

Za konzervirajuću obradu tla najčešće se koriste rovila (eng. *chisel*, njem. *Grubber*) koja za razliku od oranja obrađuju tlo bez preokretanja, samo u plitkom gornjem sloju od 12 do 18 cm (Slika 2.). Ova tehnika ravnomjerno unosi biljne ostatke u tlo na dubinu obrade gdje je mikrobiološka aktivnost zbog zračnosti i topline najintenzivnija i time osiguravaju optimalan vodno - zračni režim tla. Pomoću kruto ili elastično pričvršćenih zubaca na okvir, ovom tehnikom dobro se podrezuju i rizomi korova i pliće rahljenje gornje zone tla, s ci-



ljem smanjenja evaporacije i akumulacije vode.

**Slika 2.** Rovilo za konzervirajuću obradu tla

Drugi tip strojeva predstavlja tanjurača kojom se može postići radna brzina do 15 km/h, a najčešće se koristi za plitku obradu strništa i ravnomjerno miješanje biljnih ostataka u sloju od 15 do 18 cm i pripremu tla za sjetvu. Koso postavljene diskove različitih promjera brzim okretanjem usitnjavaju tlo, učinkovito miješaju biljne ostatke sa zemljom i ostavljaju vrlo dobru strukturu tla (Slika 3.).



**Slika 3.** Tanjurača za konzervirajuću obradu tla

Međutim, zbog poboljšanih učinaka najčešće se koriste kombinirani strojevi, u koje je ugrađeno više radnih organa i koji u jednom prohodu obavljaju više operacija. Na taj se način ostvaruju značajne uštede na gorivu, vremenu, smanjuje se zbijenost tla, poboljšava se njegova struktura i vraća život u tlo (Arshad *i sur.*, 1999.).

### Obrada u trake

Budući da se ranije prikazanim strojevima za konzervacijsku obradu dugoročno teško postiže cjelovita biološka raznolikost, a time i nesmetani prirodni biološki procesi iznad i ispod površine tla (produktivnost zemljišta) jedini pravi način zapravo predstavlja sustav bez obrade, odnosno direktna sjetva. Najlakši prijelaz predstavlja sustav obrade u trake odnosno 'strip-till' kod kojeg se u prvom prohodu obrađuje samo uži dio zemljišta u koji se u drugom prohodu polaže sjeme i gnojivo. Ova obrada provodi se zvjezdastim diskovima koji odgrću žetvene ostatke na stranu iza čega slijedi posebna pneumatska sijačica sa diskosnim crtalima koji precizno odlažu sjeme u sjetvenu brazdu (Slika 4). Najčešće se ova obrada prakticira na područjima sa više od 700 mm oborina godišnje (Fecondo *i sur.*, 2007., Hermanz *i sur.*, 2002.). Sjetva u trake može se obavljati u živi malč poput usjeva djeteline, djetelinsko travnih smjesa odnosno smjese crne zobi (*Avena strigosa*), bijele gorušice (*Sinapis hirta*) i ozimog krmnog graška (*Pisum sativum subsp. arvense*) koje je potrebno prije obrade uništiti posebnim valjcima (Asoodar *i sur.*, 2006.). Za širokoredne kulture (soja, kukuruz) obrada u živi malč obavlja se posebnim strojem koji plitko (5-15 cm) pripremi 30-70

**Slika 4.**



Mrtvi malč



Sjetva nakon obrade traka



Uništavanje živog malča valjanjem

cm široke trake (Tajher, 2007.). U slučaju obrade u mrtvi malč koristi se usitnjena slama ili kukuruzovina koja ostaje ležati na tlu nakon žetve prethodne kulture. Ovaj način obrade u trake prikladan je za područja s manje od 700 mm oborina godišnje.

### Sijačice za direktnu sjetvu

Budući da se kod tehnologije direktne sjetve izostavlja bilo kakva obrada tla prisutan je permanentni (trajni) malč od biljnih ostataka. Prije upotrebe ovih sijačica potrebno je napomenuti da se u većini slučajeva uništavanje korova temelji na upotrebi glifosata bilo prije sjetve odnosno odmah nakon sjetve pogotovu u borbi protiv pirike i sirka. Međutim, na vodoopskrbnim područja ovaj način mora se zamijeniti sjetvom u živi malč zbog mogućnosti ispiranja herbicida u pitku vodu. Za dobro odlaganje sjemena sijačica mora ispunjavati više specifičnih zahtjeva i radnih operacija u jednom proходу kao što su razgrtanje biljnih ostataka, odvojeno otvaranje brazdica za ulaganje sjemena, gnojiva i deponiranje zaštitnih sredstava te sama sjetva (Slika 5.). Na tržištu je moguće naći posebne sijačice za širokoredne i uskoredne kulture (žita), međutim kako se po pravilu u sustavu direktne sjetve i žita siju na razmaku od 15,9 cm do 25 cm, moguće je uz manju preradu istu sijačicu



koristiti za sve ratarske kulture.

**Slika 5.** Jedinica za razgrtanje biljnih ostataka (lijevo), jedinica za odlaganje sjemena podtlakom (desno), izgled posijane njive (dolje lijevo), sjetva u živi malč (dolje desno)

Predstavljeni princip direktne sjetve danas se provodi na posjedima svih veličina - posjeda od nekoliko hektara (npr. Kina, Zambija i Paragvaj) do tisuće hektara (npr. Argentina,

Brazil, Kazahstan). Prema Derpschu i Friedrichu (2009.) u svjetskim razmjerima ne postoje usjevi koji ne bi mogli biti uzgajani u ovom sustavu, uključujući i korjenaste usjeve te gomolj krumpira.

## Zaključak

Iako se danas poznatim tehnologijama konzervacijske obrade tla te direktne sjetve proizvode ratarske kulture diljem svijeta, kako u različitim agro-klimatskim tako i pedološkim uvjetima, još uvijek se javljaju prepreke u usvajanju prakse u većini europskih zemalja pa i šire. Najčešći razlog tome predstavljaju tradicija, predrasude, neodgovarajuće poljoprivredne politike, te nedostupnost (cijena) odgovarajuće opreme i strojeva. S druge strane, u vodoopskrbnim područjima potrebno je pronaći alternativnu strategiju uporabe herbicida u kontroli korova. Ostala ograničenja specifično su vezana za područja u polusušnim područjima sa manje od 500 mm padalina godišnje u kojima je tijekom transformacije u sustav konzervirajuće poljoprivrede kritično niska količina biljnih ostataka usjeva i posliježetvene vegetacije. Iz toga razloga nužno je pristupiti sjetvi kultura koje doprinose povećanju biomase za povećanje količine malča, ili u krajnjem slučaju uvođenjem jedno ili dvogodišnjeg ugara za vrijeme kojeg se iznad i ispod tla akumulira veća količina organske tvari. U početnim godinama moguća je i mehanička borba protiv korova dok se s godinama ne poboljša zaštita od korova.

Globalno gledajući, u vidu velikih klimatskih promjena erozije vodom i vjetrom ugrožavaju milijune hektara zemljišta diljem svijeta (pa i u Hrvatskoj) - konzervacijski načini obrade tla jedino su jamstvo za redovnu opskrbu čovječanstva hranom i očuvanje vode kako za biljnu proizvodnju tako i pitku vodu. Budući da je riječ o velikim globalnim problemima potrebni su napor za ostvarenje tih ciljeva pomoću učinkovitih nacionalnih i regionalnih politika, predvođenih FAO-om i UN-om.

## Literatura

- Arshad, M. A., Azooz, R. H., Franzluebbbers, A. J. (1999). Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. *Soil & Tillage Research*, 53 (1), 41-47.
- Asoodar, M. A., Bakhshandeh, A. M., Afraseabi, H., Shafeinia, A. (2006). Effects of press wheel weight and soil moisture at sowing on grain yield. *Journal of Agronomy* 5 (2), 278-283.
- Bescanca, P., Enrique, A., Fernandez-Ugalde, O., Imaz, M. J., Karlen, D. L., Virto, I. (2009). No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. *Soil & Tillage Research* 106 (1), 29-35.
- Caner, L., Hallaire, V., Heddadj, D., Hubert, F., Sardini, P. (2007). Pore morphology changes under tillage and no-tillage practices. *Geoderma* 142 (1-2), 226-236.
- Chan, K. Y. (2001). An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity – implications for functioning in soils. *Soil & Tillage Research* 57 (4), 179-191.
- Conant, R. T., Easter, M., Paustian, K., Swan, A., Williams, S. (2007): Impacts of periodic tillage on soil C stocks: A synthesis. *Soil & Tillage Research* 95. Elsevier.
- D`Emden, F. H., Kuehne, G., Llewellyn, R. S. (2012). Extensive use of no-tillage in grain growing regions of Australia. *Field Crops Research* 132 (14), 207-212.
- Derpsch, R. (2004). History of crop production, with and without tillage. *Leading Edge* 3:150-154.
- Derpsch, R. (2012). Why no-tillage? <http://www.rolf-derpsch.com/en/no-till/> (26. 7. 2015).
- Dumansky, J., Reicosky, D.C., Peiretti, R.A. (2014). Pioneers in soil conservation and Conservation Agriculture. Special issue, *International Soil and Water Conservation Research* 2(1), 21-34.
- Ebelhar, S. A., Lang, J. M., Olson, K. R. (2005). Soil organic carbon changes after 12 years of no-tillage and tillage of Grantsburg soils in southern Illinois. *Soil & Tillage Research* 81 (2), 217-225.
- Elliott, E. T., Paustian, K., Six, J. (2000). Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology & Biochemistry* 32 (14), 2099-2103.
- Errouissi, F., Ben-Hammouda, M., Moussa-Machraoui, S. B., Noura, S., (2010). Comparative effects of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in northwestern Tunisia. *Soil & tillage research*, 106 (2), 247-253.
- FAO (2014a). What is Conservation Agriculture? FAO CA website (<http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>)
- FAO (2014b). CA Adoption Worldwide, FAO-CA website (<http://www.fao.org/ag/ca/6c.html>)
- FAO, AQUASTAT (2015). Conservation agriculture adoption. <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html> (26. 7. 2015).
- Farooq, M. and Siddique, K.H.M. (eds) (2014). Conservation Agriculture. Springer International, Switzerland.



- Faulkner, E.H. (1945). Ploughman's Folly. Michael Joseph, London. 142 pp.
- Fecondo, G., Di Fonzo, N., Di Paolo, E., Pisante, M., De Vita, P. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil & Tillage Research* 92 (1-2), 69-78.
- Goddard, T., Zoebisch, M.A., Gan, Y.T., Ellis, W., Watson, A. and Sombatpanit, S. (eds) (2006). No-Till Farming Systems. Special Publication No. 3. World Association of Soil and Water Association, Bangkok, Thailand.
- Gregorich, E. G., Greer, K. J., Anderson, D. W., Liag, B. C. (1998). Carbon distribution and losses: erosion and depositional effects. *Soil & Tillage Research* 47 (3-4), 291-302.
- Hernanz, J. L., Lopez, R., Navarrete, L., Sanchez-Giron, V. (2002). Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil & Tillage Research* 66. Elsevier. <http://www.presnisvet.net/viewtopic.php?f=22&t=2249> (30. 7. 2015).
- Karlen, L. D., Logsdon, S. D. (2004). Bulk density as a soil quality indicator during conversion to no-tillage. *Soil & Tillage Research* 78(2), 143-149.
- Kassam, A.H., Friedrich, T. and Derpsch, R. (2010). Conservation Agriculture in the 21st Century: A Paradigm of Sustainable Agriculture. European Congress on Conservation Agriculture. European Conservation Agriculture Federation (ECAAF), 6-10 October 2010, Madrid, Spain.
- Košič, A. (2014). Vpliv različnih načinov obdelave tal na okoljski odtis pri ozimni pšenici. Diplomsko delo. Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru. Maribor.
- Lešnik, M. (2017). Uporaba fitofarmacevtskih sredstev in varovanje voda na vodovarstvenih območjih. Maribor: Univerzitetna založba Univerze, 2017. 70 str
- Li, S., Lindstrom, M. J., Lobb, D. A. (2007). Tillage translocation and tillage erosion in cereal-based production in Manitoba, Canada. *Soil & Tillage Research* 94(1), 164-182.
- Ljubec, K. (2014). Okoljski odtis različnih načinov pridelave koruze na posestvu Perutnine Ptuj d.d. Diplomsko delo. Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru. Maribor.
- Mihelič, R. (2012). Ohranitvena (konzervacijska) obdelava tal. *Kmečki glas* 69, (9. maj), str. 10. Ljubljana.
- Ograjšek, S. (2012). Ohranitvena obdelava tal – stanje v Sloveniji. Diplomsko delo. Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Tajher, P. (2007). Vpliv mehanične in kemične obdelave tal na fizikalne lastnosti tal v medvrstnem prostoru pri koruzi (*Zea mays* L.). Diplomsko delo. Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Wuest, S. B. (2001). Earthworm, infiltration, and tillage relationships in a dryland pea-wheat rotation. *Applied Soil Ecology* 18(2), 187-192.
- Žigon, P. (2013). Dostopnost hranil v odvisnosti od intenzitete obdelave tal. Magistrsko delo. Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.

Review paper

## Modern soil tillage trends in source protection regions

### Abstract

Source Protection Region (SPR) represents source water (including water from lakes, rivers and underground aquifers) protection from overuse and contamination. In majority of European countries SPR consists of four vulnerable areas; wellhead protection area (WHPA), intake protection zone (IPZ), significant groundwater recharge area (SGRA) and highly vulnerable area (HVA). Since SPR is usually the part of agricultural landscape the water quality might be affected by the agricultural practices, thus the Water Act usually regulate/limit the way of conventional farming, especially soil tillage, fertilization and pesticide application. For this reason, in many IPZ and SGRA zones the conservation tillage (CT) represents the only way of preparing the soil for sowing. CT systems, comprising no or minimum mechanical soil disturbance, organic mulch soil cover, and crop species diversification is presented in this paper. CT is globally adopted practice corresponding to about 11% of field cropland in all continents.

**Keywords:** Conservation tillage, No-Till, Mulch, Weed control