

TEHNIČKI I TEHNOLOŠKI ČIMBENICI GNOJIDBE PRIMJENOM GIS TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDI

TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS IN FERTILIZATION USING GIS TECHNOLOGY IN AGRICULTURE

D. Zimmer, M. Jurišić, I. Plaščak, Ž. Barač

SAŽETAK

Cilj uvođenja precizne gnojidbe je racionalizirati primjenu gnojiva. Korištenjem precizne poljoprivrede smanjuju se troškovi i povećava učinkovitost gnojidbe. Uporabom GIS tehnologije omogućuje se doziranje određene količine gnojiva koja je stvarno potrebna na točno određenom dijelu proizvodne površine. Precizna gnojidba je suvremena tehnika gnojidbe gdje se točno prema uzorcima tla određuje potrebna količina gnojiva za određeni dio poljoprivredne površine. Uzimanje uzoraka tla obavlja se sondom *Nietfeld Duoprob*. Prije uzimanja uzoraka potrebno je dobiti uvid u elektrovodljivost tla. Stanje elektrovodljivosti tla postiže se korištenjem skenera *SOIL EC VERIS*, a dobiveni podatci se unose u napredne navigatore za poljoprivredu. Tijekom dvogodišnjeg istraživanja korištene su dvije metode uzimanja uzoraka: nasumična i digitalna. U digitalnoj metodi uzimanja uzoraka koristila se „Z shema“ i uzorkovalo se 324 uzorka tla, dok se pri uporabi nasumične metode uzorkovalo 252 uzorka tla. Korištenjem metode „Z sheme“ postiže se veća točnost pri izradi karte za preporuku gnojidbe i bolja pokrivenost površine. Precizna aplikacija gnojiva kao cilj primjenom relativno nove metode u RH je u potpunosti ostvarena. Očuvanje okoliša također je omogućeno racionalnom upotrebom gnojiva te posebnim tehnikama raspodjele istih. Primjenom navigacijskih uređaja i uporabom karata gnojidbe znatno se poboljšavaju eksploatacijski učinci.

Ključne riječi: GIS, precizna gnojidba, elektrovodljivost, skeniranje

ABSTRACT

The aim of introducing precise fertilization has streamlined the application of fertilizers. Using precision farming reduces costs and increases the efficiency of fertilization. Using GIS technology enables the dispensing certain amount of

fertilizer that is really needed on a specific part of the production area. Precise fertilizing is the modern technique of fertilization exactly where soil samples to determine the required amount of fertilizer for a particular piece of agricultural land. Taking soil samples is conducted with probe „*Nietfeld Duoprob*“. Before sampling it's necessary to gain insight into the conductivity of the soil. Condition conductivity of the soil is achieved by using a scanner „*SOIL EC VERIS*“, the obtained data are entered in the advanced agriculutre navigators. During two years of research were used two sampling methods: random and digital. The digital method of sampling used the "Z scheme" and sampled 324 GPS points, while when using random methods sampled 252 GPS points. Using the method of "Z Scheme", has better accuracy in the preparation of maps for fertilizer recommendations and better coverage area. Precision application of fertilizer is the target application of relatively new methods in the Republic of Croatia is fully realized. Preserving the environment is also made possible using the rational use of fertilizers and special techniques of distribution. Using navigation devices and using maps of fertilization was significantly improved exploitation effects. Navigation devices and fertilization maps save time and product materials, and the works can be accomplished at night.

Keywords: GIS, precision fertilization, electroconductivity, scanning

UVOD

Uporaba GIS (geoinformacijski sustav) tehnologija te njenih sastavnica u praksi obavezna je ako se želi ostvariti učinkovita i održiva proizvodnja. Ljulj, K. (2010.) navodi kako u današnjim uvjetima globalizacije geoinformacijski sustav predstavlja sastavni dio suvremenog znanstvenog i gospodarskog razvoja. Bez GIS-a nemoguće je implementirati visokosofisticiranu agrotehniku za preciznu poljoprivredu. Korištenjem suvremenih sustava dobiva se uvid u informacije pomoću kojih se može izvršiti precizna i kvalitetna gnojidba. Tlo se ne tretira kao homogena površina sa prosječnim vrijednostima, nego se koriste trenutne informacije o značajkama zemljišta.

Bažon, I. (2009.) navodi da prostorni informacijski sustav služi za prikupljanje prostornih podataka s opisnim podacima. Upotrebom GPS-a/GIS-a omogućuje se precizno prikupljanje velikog broja podataka o varijabilnosti u vremenu i prostoru. Za pravilno upravljanje gnojidbom bitno je imati točan uvid u stanje hraniva u tlu. Nadalje, navodi kako stalno praćenje, prvenstveno kemijskih promjena je bitno kako bi se postigla pravilna ocjena ishranjenosti i gnojidba.

Stanje hraniva u tlu direktno je povezano s gnojidbom te se upotrebom GIS-a, a prema obavljanom uzorkovanju tla, određuje količina mineralnog gnojiva za pojedini dio površine (Zinkevičius, 2008.). Kako bi mogli izračunati točnu količinu gnojiva potrebnu za ostvarivanje stabilnih prinosa, a ujedno poštivali navedene zakonitosti moramo kvantificirati pogodnost zemljišta što podrazumijeva kemijsku analizu uz precizno uzorkovanje tla i biljke. (Đurđević, B. 2010.). Grubeša, D. (2014.) navodi kako za pravilnu i točnu gnojidbu se vrši uzorkovanje i skeniranje elektrovodljivosti tla kako bi se kemijskom analizom utvrdilo stanje hraniva (mikroelementi i makroelementi).

Probleme u raspodjeli mineralnog gnojiva stvaraju gnojiva proizvedena u Hrvatskoj koja imaju nejednak granulometrijski sastav, pa raspodjela takvog mineralnog gnojiva može uzrokovati veće koeficijente varijacije i lošije rezultate gnojidbe (Banaj, Đ. i sur., 2009.). Raspodjela mineralnog gnojiva gdje se želi ostvariti koeficijent varijacije od 5 do 15% može se postići korištenjem novoprodučenih centrifugalnih rasipača koji imaju konstrukcijski već ugrađenu preciznost poprečne i uzdužne raspodjele mineralnog gnojiva (Tadić, V. i sur., 2009.). Bognar, M. (2013.) i Grigić, J. (2014.) navode kako primjenom precizne poljoprivrede u konačnici znači ušteda vremena, mineralnih gnojiva, financijskih sredstava, a povećava se prinos i kvalitet prinosa. Bradarić, I. (2015.) i Sito, S. (2015.) u svojim istraživanjima navode kako je primjenom precizne gnojidbe ostvarena ušteda u troškovima gnojidbe, ekonomična proizvodnja, stabilan prinos i kakovoća proizvoda, dok Kraus, D. (2014.) također navodi kako se smanjuje zagađenje tla i vode. Marković i sur. (2013.) i Stević, A. (2014.) ističu višu kvalitetu, nižu cijenu proizvoda i manji utjecaj na životnu sredinu kao zahtjeve koji uporabom precizne mehanizacije u razvijenim zemljama treba ispuniti.

Karlen i sur. (1997.) navode kako je plodnost tla „kapacitet za funkcioniranje“ te se može degradirati primjenom neodgovarajuće gnojidbe. Ubrzani razvoj informatičke tehnologije omogućio je više računalnih modela koji se uspješno koriste za vrednovanje zemljišta ovisno o njegovim svojstvima. Jedan od aspekata njihove primjene je i procjena mogućeg prinosa, opskrbe tla hranjivim tvarima i potrebe gnojidbe, utjecaja na okoliš, opasnosti od erozije kao i procjena obradivosti. Računalnim modelom moguće je procijeniti i posljedice nastale različitim načinima gospodarenja tлом (Rossiter, 1996. i Vukadinović i sur., 2008.).

Danas je sve prikupljene podatke pomoću GPS uređaja lako integrirati sa satelitskim, topografskim ili nekim drugim kartama, ali i s Arkodom (Jurišić, M. i sur., 2009) te ih je kasnije moguće arhivirati i obraditi, a zatim i integrirati.

Crneković, M. (2015). navodi kako kvalitetnom analizom i uzorkovanjem se postiže kvalitetna gnojidba, dok uz primjenu navigacijskih uređaja na visokosofisticiranim strojevima i uporabom karata potrebne gnojidbe postizemo preciznu gnojidbu. Plaščak, M. (2015) u svom istraživanju utvrđuje kako je korištenje mehaničkog skenera elektroprovodljivosti korisno za kvalitetnije uzorkovanje, gnojidbu i obrađivanje poljoprivredne površine.

CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja bio je prikazati sve važnije tehničke aspekte i činitelje pri gnojidbi poljoprivrednih površina. Za pravilnu gnojidbu potrebno je obaviti uzorkovanje tla kako bi se utvrdila prosječna raspoloživost hraniva. Za bolje određivanje mjesta uzorkovanja tla prvo se vrši skeniranje istog kako bi se dobio uvid u stanje elektroprovodljivosti tla. Skeniranje se obavlja uporabom skenera *SOIL EC VERIS*. Dobiveni podatci se unose u napredne navigatore za poljoprivredu : *Trimble CFX-750 GPS* navigator i *Farmnavigator*. Primjenom novih načina uzimanja uzoraka na načelu elektroprovodljivosti i stvaranjem karata elektroprovodljivosti tla izrađuje se karta hraniva. Postoje dvije vrste metoda za uzorkovanje: nasumična metoda sa korištenjem 252 uzorka tla koja predstavlja konvencionalnu metodu i prediktivna ili digitalna metoda uzimanja uzoraka. Digitalna metoda je naprednija metoda pri kojoj se iscrtavaju poligoni nepravilnih oblika iz kojih se obavljaju uzorkovanja korištenjem “Z sheme” sa 324 uzorka tla. Kod digitalne metode prednost je kvalitetnija pokrivenost cijele površine tla. Na temelju dobivenih uzoraka, u posebnom softwaru izrađuje se karta hraniva i potom obavlja gnojidba uvažavajući varijabilnost po površini koja se tretira.

MATERIJAL I METODE

U radu su prikazani tehnički činitelji u sustavu precizne gnojidbe. U istraživanjima (2011. i 2014.) koja su obavljena na pokušalištu tvrtke Belje d.d. na poljoprivrednim površinama promatrani su moderni sustavi. Za pravilnu gnojidbu potrebno je obaviti uzorkovanje tla kako bi se utvrdila prosječna raspoloživost hraniva. Uzimanje uzorka tla obavljeno je sondom *Nietfeld Duoprob* . Prije uzorkovanja potrebno je obaviti skeniranje tla kako bi se dobio uvid u stanje elektroprovodljivosti tla. Elektroprovodljivost tla je neizravna mjera koja dobro korelira s nekoliko fizičkih i kemijskih svojstva tla. Budući da različite vrste čestica koje čine tlo imaju različitu elektroprovodljivost, pa tako primjerice

glina ima visoku elektrovodljivost, a pijesak nisku. Koristeći skener elektrovodljivosti može se između ostalog mjeriti sadržaj vode u tlu, postotak gline i povećavanje organske tvari, dubinu tla iznad sloja gline ili kamena, poroznost, salinitet i temperaturu tla (URL 1., 2009.). Postoje dvije vrste senzora za mjerenje elektrovodljivosti tla: kontaktni i beskontaktni. Kontaktni senzori dolaze u kontakt s tlom da bi se očitala elektrovodljivost. Obično se koriste dva do tri para crtala - elektroda koja ulaze u tlo svega nekoliko centimetara. Jedan par provodi električnu struju u tlo dok ostali mjere pad napona među njima. Na taj način se dobiva veličina elektrovodljivosti. Crtala - elektrode mjere na dvije dubine, plitko (do 30 cm) i duboko (do 90 cm). Važno je povremeno provjeriti da su crtala - elektrode izolirana od metalnog okvira skenera te da su izolirana međusobno. U istraživanju je korišten skener *SOIL EC VERIS* pomoću kojeg se dobiva detaljan uvid u stanje elektrovodljivosti tla. Veličina elektrovodljivosti koja se dobiva mjereći električni otpor i recipročno proporcionalnu električnu vodljivost ukazuje na promjene u elektrokonduktivitetu tla od 30 cm i 90 cm. Dobivene georeferencirane mape elektrovodljivosti od skenera *SOIL EC VERIS* služe za bolje određivanje mjesta uzorkovanja tla. Za kvalitetnu prostornu interpretaciju navedenih podataka koriste se *Trimble CFX-750 GPS* navigator i *Farmnavigator*, odnosno napredni navigatori za poljoprivredu. Prije korištenja skenera *SOIL EC VERIS* potrebno je obaviti postupak mjerenja otpora za svaki pojedinačni disk. Prilikom mjerenja pomoću Ohm metra vrijednosti otpora moraju biti od 0 do 2 Ohma.

Pri radu sa skenerom (slika 1.) u traktor je ugrađen dlanovnik *AgLeader Mesa* s pripadajućim *SMS Mobile softverom*. On služi za identifikaciju parcele te prikupljanje podataka dobivenih od skenera u realnom vremenu. Na kraju rada se preko USB memorije podatci prenose u *SMS Advanced software* na stolnom računalu za daljnju obradu.



Slika 1. Skener elektrovodljivosti tla *Veris EC Surveyor 3150*
Figure 1. The scanner of soil conductivity *Veris EC Surveyor 3150*

U program *SMS Advanced software* unosi se karta elektrovodljivosti tla, te uporabom nasumične metode i "Z sheme" pristupa se izradi karata uzorkovanja. Mape elektrovodljivosti se prikazuju kao poligoni bez prekida, podijeljeni u razrede i prikazani u različitim bojama. Svrstavanjem vrijednosti elektrovodljivosti u razrede po načelu jednakih vrijednosti proizvoljno se određuje broj razreda. Opći uzorak teksture tla vidljiv je već s tri razreda i ne mijenja se značajno s povećavanjem broja razreda.

Uzimanje uzoraka tla - analiza tla zasniva se na tome kako pojedini usjev reagira na gnojidbu sukladno količini raspoloživih hraniva u tlu pa dobra analiza tla ovisi o reprezentativnom uzorku. Uzorkovanje se mora temeljiti na poljskim varijacijama, topografiji parcele i tipu tla. Svaki uzorak označen je nazivom poslovnog subjekta, oznakom poljoprivredne površine i pripadajućim jedinstvenim brojem, radi lakše daljnje manipulacije u laboratoriju i povezivanja dobivenih laboratorijskih rezultata. U uzorcima se utvrđuje sadržaj hraniva u tlu, identificira manjak ili višak hraniva, procjenjuje reakcija usjeva na dodana hraniva, i procjenjuje plodnost.

Za potpunu kontrolu operacija uz veoma brz i efikasan rad te mogućnosti ručne i automatske navigacije u istraživanju su se koristili navigatori *Trimble CFX-750 GPS* i *Farmnavigator*. Upotrebom *Trimble CFX-750 GPS* navigatora moguće je eliminirati preklapanje na uvratinama i spojevima redova te se tako ostvaruju znatne uštede gnojiva, dok korištenjem *Trimble Field-OQ* sustava moguća je kontrola hraniva. Ovaj sustav koristi se i za doziranje inputa i automatsku kontrolu prskanja na kraju prohoda i pri preklapanju bez smanjenja brzine. Svi podatci o izvršenim radovima mogu se prenijeti na računalo kako bi se mogao izvršiti detaljan pregled, kontrola, analiza, te arhiviranje. Osim navigatora *Trimble CFX-750 GPS* korišten je *Farmnavigator*. Princip rada temelji se na kreiranju profila površine i unošenju svih podataka iz prethodno obavljene analize tla. Omogućeno je upravljanje sekcija upotrebom profila nakon kojih je dovoljno odrediti radnu širinu ili broj sekcija te njihovu pojedinačnu širinu. Za primjenu varijabilne raspodjele gnojiva u osnovnoj gnojidbi potrebno je imati odgovarajući softver. Prvi korak u primjeni preporuke gnojidbe je izvoz zapisa s preporukom iz stolnog računala kao .irx zapis na *USB* memoriju te uvoz u *Integra* zaslon u traktoru (slika 2.). Preko *Integre* kontrolira se rad rasipača gnojiva, vođenje traktora te se prikupljaju podatci u realnom vremenu. Kada traktor dođe na površinu, traktorist na izborniku umjesto količine gnojiva odabire .irx zapis i uključuje autopilot. Na kraju prohoda traktorist samo mora ručno okrenuti traktor i ponovno uključiti autopilot koji ga uvodi u prohod.



Slika 2. Prikaz prohoda traktora i rasipača na monitoru Integra
Figure 2. The tractor and spreader on the monitor Integra

U istraživanju korišten je rasipač mineralnog gnojiva *Bogballe M3 (W) plus*. Rasipač ovog tipa koristi se za apliciranje gnojiva pomoću karata (*Map based system*) koje daju informacije o potrebnoj količini gnojiva na točno određenom mjestu na proizvodnoj površini. Glavna odlika rasipača je korištenje *VRT* tehnologije (*Variable Rate Technology*) odnosno ima mogućnost promjene količine apliciranog gnojiva u radu.



Slika 3. Lopatica za MAP (monoamonij fosfat) na rasipaču Bogballe M3W
Figure 3. Steel wing for MAP on spreader Bogballe M3W

Osnovna gnojidba obavlja se na radnu širinu od 24 m. Na krovu traktora postavljena je *GPS* antena koja je spojena na *Integra* zaslon i pomoću besplatnog *EGNOS* signala daje točnost od 0,3 m, dovoljno za preciznu gnojidbu.

Rasipač *Bogballe M3W* opremljen je sustavom za vaganje i paralelnim nosačem s dvije ćelije za vaganje. Sustavom za vaganje mjeri se masa gnojiva 50 puta u sekundi, te se opažaju promjene u protoku gnojiva i namještaju zatvarači pri vožnji. Maksimalna zapremina lijevka iznosi 4.000 litara. Rasipač je opremljen i upravljačkom jedinicom kalibrator *ZURF* i elektronskim upravljanjem aplikacije gnojiva do granice. Središnji kontrolni regulacijski sustav automatski namješta točku padanja gnojiva na rotirajuće diskove rasipača (slika 3.). Dvostruki zatvarači otvaraju se različitim brzinama i osiguravaju savršenu točku padanja gnojiva neovisno o promjeni brzine kretanja. Ekscentrični mješač osigurava konstantan protok gnojiva, a samim tim i konstantno doziranje.

In-Centre sustav koristi se pri normalnoj raspodjeli; diskovi se okreću jedan prema drugom i raspodjeljuju gnojivo u 4 aplikacije. Na taj se način postiže "četverostruko prekrivanje" koje ima za rezultat savršen uzorak raspodjele. *Off-Centre* sustav se koristi pri raspodjeli na uvratini. Diskovi se okreću jedan od drugoga i raspodjeljuju gnojivo u dva pojedinačna uzorka odnosno na lijevu i desnu stranu.

Korištenjem *OptRx* senzora (slika 4.) može se raspodijeliti dušik na površinu preciznije nego ranije. Senzor radi u dijelu spektra vrlo blizu infracrvenom, a postavlja se ili na traktor ili na priključni stroj kojim se vrši raspodjela gnojiva. Tijekom kretanja traktora snima se biljka. Senzor od biljke prima reflektirani dio svjetla i na taj način detektira *NDVI* (vegetativni indeks). Na taj način senzor čita vrijednosti i uspoređuje ih s referentnom vrijednošću na ostatku polja. Ovisno o intenzitetu boje biljke direktno komunicira s upravljačkom jedinicom raspodjeljivača gnojiva i tako mijenja dozu apliciranja.

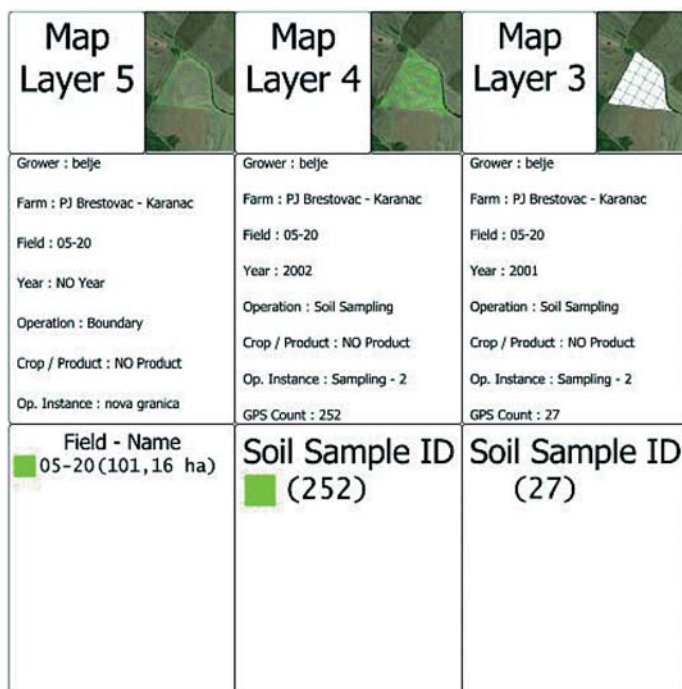


Slika 4. Senzori OptRx ugrađeni na rasipač Kongskilde Wing Jet (www.findri.hr)
Figure 4. Sensors OptRx built on spreader Kongskilde Wing Jet (www.findri.hr)

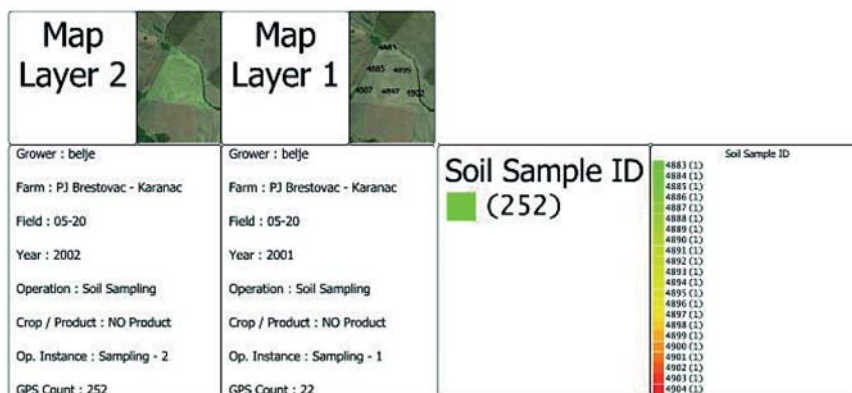
REZULTATI

Za pravilnu gnojidbu potrebno je obaviti uzorkovanje tla kako bi se utvrdila prosječna raspoloživost hraniva u tlu. Prije uzorkovanja tla potrebno je obaviti skeniranje tla uporabom skenera *SOIL EC VERIS* te izraditi karte elektrovodljivosti tla za bolje određivanje mjesta uzorkovanja. Karte elektrovodljivosti prikazuju se kao poligoni bez prekida, koji su podijeljeni u razrede, a prikazani u različitim bojama. Svrstavanjem vrijednosti elektrovodljivosti u razrede po načelu jednakih vrijednosti proizvoljno se određuje broj razreda.

Postoje dvije metode za uzorkovanje, i to nasumična metoda (slika 5. i slika 6.) s korištenjem 252 uzorka tla koja predstavlja konvencionalnu metodu čiji je glavni nedostatak da većina površina nije kvadratnog oblika te broj uzoraka na cijeloj površini nije pravilan i jednak. Uzorci nisu u odnosu na pripadajući poligon dovoljno homogeni i precizni.

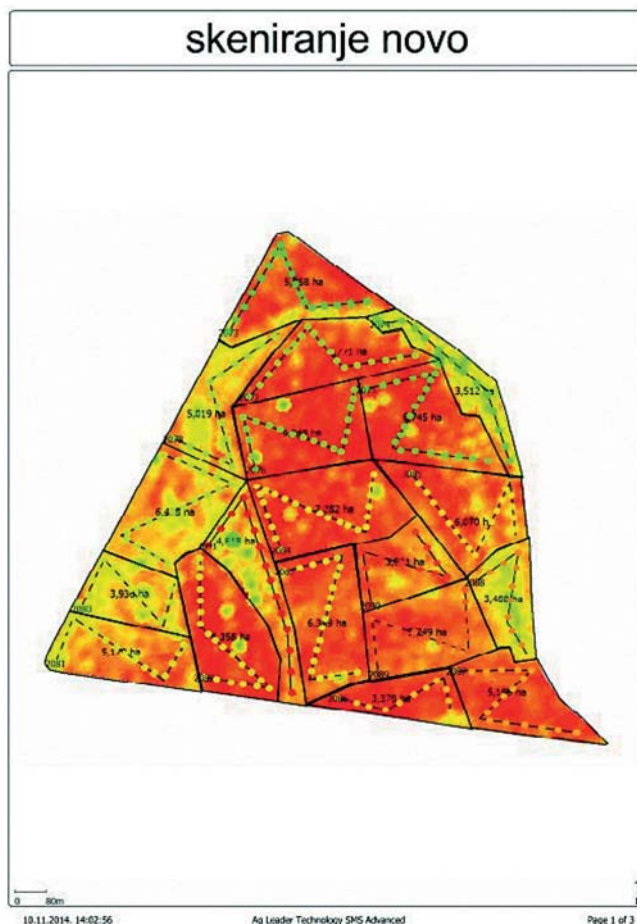


Slika 5. Izrada karte uzorkovanja nasumičnom metodom
Figure 5. Creating maps by randomized sampling method



Slika 6. Izrada karte uzorkovanja nasumičnom metodom
Figure 6. Creating maps randomized sampling method

Prediktivna ili digitalna metoda uzimanja uzoraka naprednija je metoda pri kojoj se isctavaju poligoni nepravilnih oblika iz kojih se obavljaju uzorkovanja korištenjem “Z sheme” sa 324 uzorka tla (slika 7.). Prednost je kvalitetnija pokrivenost cijele površine tla. Određivanje i isctavanje poligona pojedinog uzorka načinjeno je na temelju prethodno izrađene karte elektrovodljivosti. Kako su poligoni sa sličnom teksturom tla nepravilni, poligoni su različite veličine (3-7 ha), te je tako i broj uboda različit.



Slika 7. Karta uzorkovanja uporabom metode „Z-shema“
Figure 7. Map of sampling using the “Z-scheme” methods

Pored svakoga grafičkog prikaza postoji i numerički prikaz koji prikazuje točnu količinu hraniva po pojedinoj boji. Također prikazuje minimalnu, maksimalnu, prosječnu i potrebnu količinu hraniva. Točnije podatke o raspodjeli hraniva nude karte o raspodjeli hraniva (karte hraniva). Prikazuju sadržaj koji je raspoloživ za biljke s raspodjelom na polju.

Kod rada rasipača *BogBalle M3 (W)* koristi se *VRT (Variable Rate Tehnology)* metoda aplikacije mineralnog gnojiva. *VRT* funkcionira tako da prethodno kreirane karte raspodjele hraniva, dobivene na osnovi prikupljenih podataka pomoću analize tla i bilježenja mjesta uzorkovanja pomoću *GPS* uređaja te karata prinosa unosi u navigacijski uređaj putem *USB* memorije. Uređaj *KALIBRATOR ZURF* na osnovi podataka učitanih s karte obavještava regulacijsku elektroniku rasipača o količini potrebnog izbačenog sredstva na određenom mjestu na polju. Karta sadrži informaciju o točnoj poziciji i količini sredstva koju treba primijeniti na tom području.

ZAKLJUČCI

Tijekom dvogodišnjeg istraživanja metodom „*Z sheme*“ obavljeno je 324 uzorka tla, dok je pri uporabi nasumične metode izbrojano 252 uzorka (slika 5. i slika 6.). Upotrebom nasumične metode ne može se pokriti cijela površina tla te su zato uzorci kod metode „*Z sheme*“ homogeniji i prikazuju veću točnost pri izradi karte za preporuku gnojidbe.

Preciznija aplikacija gnojiva kao cilj u potpunosti je ostvarena. Većina strojeva novije generacije ima ugrađene potrebne sustave koji se lako mogu koristiti, te su unificirani i kompatibilni s drugim sustavima. Uporaba kvalitetnog i reprezentativnog uzorkovanja te analize polazna je točka za obavljanje precizne gnojidbe, što je ovim istraživanjem i dokazano. Očuvanje okoliša također je omogućeno racionalnom upotrebom gnojiva te posebnim tehnikama raspodjele mineralnih gnojiva.

Primjena navigacijskih uređaja te inovativnih strojeva i uporaba karata potrebne gnojidbe neophodni su suvremenoj preciznoj poljoprivredi. Navigacijski sustavi štede vrijeme, repromaterijal, a radovi se mogu izvoditi i noću koristeći navigacijski prijamnik koji obavještava o točnoj poziciji na polju.

LITERATURA

1. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Menđušić, I., Duvnjak, V. (2009): Istraživanje ujednačenosti površinske raspodjele tekućine ratarskih prskalica, 44. hrvatski i 4. međunarodni simpozij agronoma, 16 – 20 veljače, 2009, 897 – 901, Opatija
2. Bažon, I. (2009): Važnost kemijskih ispitivanja tla i biljnog tkiva u uzgoju vinove loze, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet u Zagrebu, Zagreb
3. Bognar, M. (2013): Tehnološko tehnički činitelji gojidbe u sustavu precizne poljoprivrede, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
4. Bradarić, I. (2015): Razlike između gnojidbe pojedinačnim i kompleksnim gnojivima s ciljem racionalizacije proizvodnje kukuruza, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
5. Crneković, M. (2015): Automatsko vođenje traktora, strojeva i uređaja u sustavu GIS – precizna poljoprivreda, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
6. Đurđević, B. (2010): Ekspertni model procjene pogodnosti zemljišta za usjeve, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
7. Grigić, J. (2014): Brzina i protok zračne struje kod različitih tipova raspršivača, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
8. Grgić, K. (2016): Primjena precizne gnojidbe u ratarstvu koncerna Agrokor, 52. hrvatski i 12. međunarodni simpozij agronoma, 15. do 18. veljače, 2016, 229, Dubrovnik
9. Grubeša, D. (2014): Metode uzorkovanja tla i biljke, Završni rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
10. Jurišić, M., Plaščak I. (2009): Geoinformacijski sustavi, GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
11. Kraus, D. (2014): Primjena sustava za navigaciju u poljoprivredi, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
12. Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E. (1997): Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation, Soil Science Society of America Journal 61, str. 4.–10
13. Ljulj, K. (2010): Geomarketing Osječko-baranjske županije, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet u Zagrebu, Zagreb
14. Marković, D., Pokrajac, S., Simonović, V., Marković, I. (2013): Ekonomska evaluacija GPS tehnologije u poljoprivredi Srbije. Škola biznisa 3., Beograd, Srbija.

15. Plaščak, M. (2015): Invertarizacija poljoprivrednih površina primjenom mehaničkog skenera elektroprovodljivosti tla soil ec, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
16. Rossiter, D.G. (1996): A theoretical framework for land evaluation (with discussion), *Geoderma Journal* 72, str. 165.–202
17. Sito, S., Džaja, V., Kušec, V., Ciler, K., Palinić, B., Glogovšek, T. (2015): Suvremena tehnika u proizvodnji krumpira, *Glasnik Zaštite Bilja*, 38(5), 70-83.
18. Stević, A. (2014): Primjena GIS tehnologije u sustavu precizne poljoprivrede pri sadnji trajnih nasada, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
19. Tadić, V., Banaj, Đ., Banaj, Ž., Crnjac, M. (2009) : Provjera rada rasipača tvrtke Bogballe, 44. hrvatski i 5. međunarodni simpozij agronoma, str. 945 – 949, Opatija
20. Vukadinović, V., Vukadinović, V., Stipešević, B., Jug, I., Kraljićak, Ž. (2008) : Determination of land suitability for plant production, *Cereal Research Communications* 36 (Part 2 Suppl S), str. 935.–938
21. Zinkevičius, R. (2008): Influence of soil sampling for precision fertilizing, *Agronomy Research* 6, str. 423.–429
22. URL 1.: Virginia Cooperative Extension (2009): Precision Farming Tools - Soil Electrical Conductivity. Virginia State University. https://pubs.ext.vt.edu/442/442-508/442-508_pdf.pdf, (10.05.2016.)

Adresa autora – Author's address:

Domagoj Zimmer, mag.ing.agr.
(dzimmer@pfos.hr),
Prof.dr.sc. Mladen Jurišić,
Doc.dr.sc. Ivan Plaščak,
Željko Barač, mag.ing.agr.
Poljoprivredni fakultet Osijek,
Sveučilište J. J. Strossmayera,
Kralja Petra Svačića 1d, 31000 Osijek, Hrvatska

Primljeno- Received: