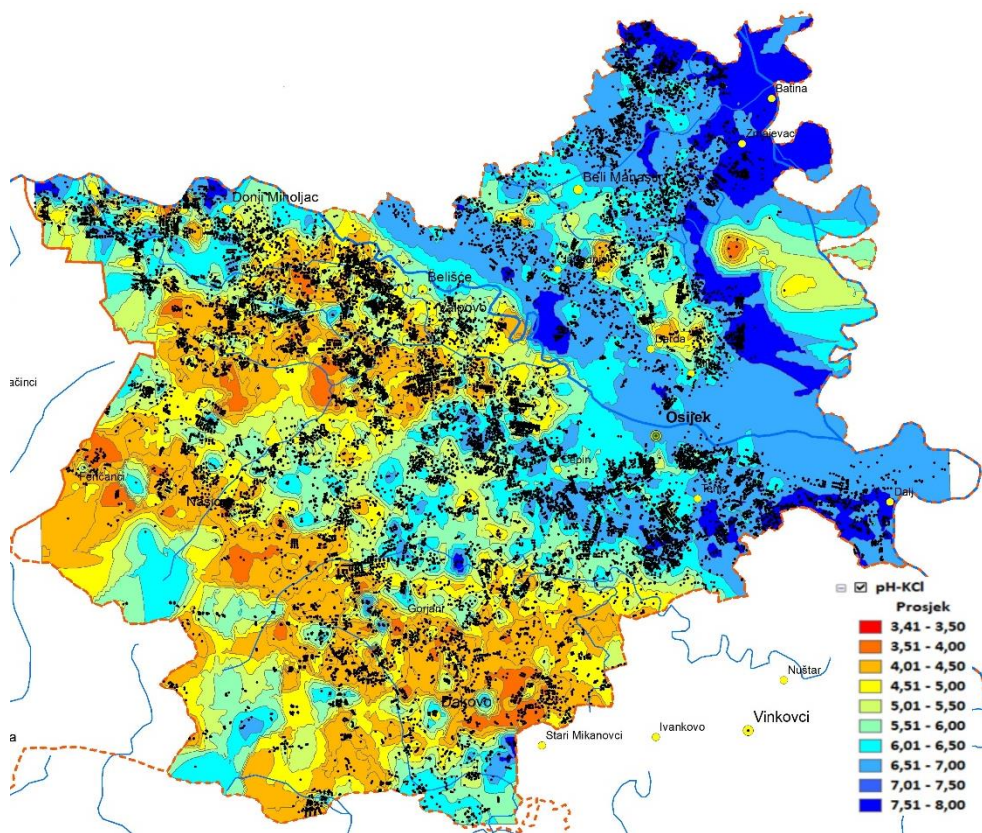


Meta analiza učinka kontrole plodnosti zemljišta Osječko-baranjske županije

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Predgovor

Ovaj tekst ima namjeru i zadatak pojasniti značaj i potrebu kontrole plodnosti zemljišta svima koji sudjeluju u primarnoj produkciji hrane, od poljoprivrednih proizvođača do znanstvenika, ali i cilj da se sačuvaju od zaborava vrijedni i jedinstveni rezultati ogromnog truda svih uključenih u realizaciju ovog višegodišnjeg, vrlo značajnog i jedinstvenog Projekta vrednovanja poljoprivrednog zemljišta (Slika 1.). Premda sam već dijelom prezentirao rezultate i analizu podataka kontrole plodnosti zemljišta Osječko-baranjske županije, do sada nije provedena analiza kojom bi se utvrdili benefiti i utvrdio značaj tog velikog Projekta. Stoga sam proveo meta statističku analizu podataka kemijskih svojstava zemljišta temeljem Projekta Kontrola plodnosti zemljišta Osječko-baranjske županije u periodu od 12 god. (2003. do 2015.; izuzev 2013. god. kad



Slika 1. Kriging (Bayesian interpolacija) pH-KCl i lokacije 19.077 uzoraka tla

nije provedena analiza zemljišta), jer je taj pristup jedino moguć u nedostatku povratnih informacija o učinku, odnosno utjecaja na visinu prinosa i/ili njegovu kakvoću, niti je utvrđena promjena razine ekološkog opterećenja okoliša i dr. Također, uzorci tla nisu uzimani po unaprijed utvrđenom planu i s točno utvrđenih geopozicija te je za utvrđivanje efekta kontrole plodnosti poljoprivrednog zemljišta preostala meta analiza koju je bilo moguće provesti samo za površine/parcele koje su ponovljeno analizirane u dva ili tri različita vremenska perioda. Naime, za determinaciju efekata Kontrole plodnosti OBŽ temeljem postignutih rezultata primijenjen je jedini moguć, objektivan i egzaktn pristup, jer su analizirane samo proizvodne parcele koje su kontrolirane/analizirane dva i/ili tri puta u tri godišnja vremenska intervala.

Analiziran je i opisan manji dio kompletne i kompleksne statističke meta analize i vizualizacije agrokemijskim kartama nakon geostatističke analize GIS alatima. Važno je napomenuti kako su svi podaci i rezultati rada na projektu Kontrole plodnosti arhivirani te očekujem da će se rad na evaluaciji zemljišnih resursa RH nastaviti, pri čemu će stečeno znanje i iskustvo u provođenju kontrole plodnosti poljoprivrednih zemljišnih resursa na području Osječko-baranjske županije biti iskorišteno na dobrobit svih aktera

poljoprivredne proizvodnje. Poljoprivredno zemljište je izuzetno važan i nezamjenjiv prirodni resurs, a potreba za hranom sve veća te je utvrđivanje i kvantificiranje svih činitelja koji utječu na svojstva tla, njihovo učinkovitije korištenje, zaštitu od degradacije i onečišćenja, pravi put za povećanje njegove produktivnosti u proizvodnji dovoljno kvalitetne i zdravstveno ispravne hrane.

Metodologija

[Kontrolu plodnosti zemljišta OBŽ](#) (naziv projekta bio je: *Analiza tla kao temelj gnojidbe i povećanja poljoprivredne proizvodnje*) financirala je Osječko-baranjska županija s 1 mil. kn/god., što je podmirivalo troškove uzorkovanja zemljišta, kemijske analize i izrade gnojidbenih preporuka za ~3.000 uzoraka/god., a ukupan broj uzoraka podijeljen je na općine obzirom na veličinu njihove poljoprivredne površine i spremnost da učestvuju u Projektu. Ipak, u Projektu nije sudjelovalo nekoliko općina, a zbog složenih uvjeta dogovaranja i raspodjele uzoraka na terenu, intenzitet uzorkovanja tla bio je nešto manji od planiranog te nije u potpunosti izvršen plan od ~36.000 uzoraka/12 god. Naime, na prostoru OBŽ ukupno je uzeto i analizirano ~25.000 uzoraka tla (uključujući i uzorke sve tri slavonske šećerane koje su koristile identičnu metodologiju), a dobiveni rezultati naknadno su validirani radi pouzdana interpretacije prema slijedećim kriterijima:

- a) uzeti su samo usjevi, jer se za trajne nasade primjenjuje drugačija metodologija uzorkovanja zemljišta,
- b) [pripadnost sustavu arkoda](#) zbog podataka o parcelama i omogućavanju [GIS obrade](#) i
- c) [točnost GPS koordinata](#) omogućena je zbog korištenja [benchmark metodologije uzorkovanja zemljišta](#), topografskih karata i arkoda.

Važno je naglasiti kako je [Kontrola plodnosti OBŽ](#) bila jedina organizirana i za sada jedinstvena evaluacija zemljišnih resursa u RH provedena temeljem [Koncept zemljište](#) koji je sušta suprotnost trenutno važećem, ali posve anakronom [Pravilniku o Bonitetu zemljišta](#), kao i [Pravilniku o bonitiranju zemljišta](#) iz 1982. god. koji se primjenjivao prije Domovinskog rata (tadašnji veliki poljoprivredni kombinati, kao što su bili IPK Osijek i Belje, primjenjivali su vlastitu metodologiju kontrole plodnosti i evaluacije zemljišta). Dakle, za ovaj Projekt je kreirana [originalna metodologija procjene zemljišne pogodnosti i potrebe za gnojidbom koja je prilagođena kompjutorskoj obradi](#), gotovo u cijelosti je kvantitativna (izuzev teksture klase zemljišta utvrđene [Feel testom](#) i [KIK-a](#) koji su utvrđivani semiegzaktno) i utemeljena na matematičko-kompjutorskom modelu koji analizira sve trenutno raspoložive indikatore pogodnosti tla za ratarsku proizvodnju (56 usjeva i predusjeva), a njihovo djelovanje se procjenjuje temeljem 50 pravila tzv. [skor funkcijama](#), uz uvažavanje svih međusobnih interakcija unutar proizvodnog sustava.

Podaci koji su prikupljeni na terenu (vlasništvo parcele, koordinate uzimanja uzoraka tla, planirani usjev i njegov prinos, vrsta i prinos predusjeva, korištenje organske gnojidbe, žetveni ostaci prethodne kulture, procjena biogenosti tla, uređenost, nagib i ekspozicija zemljišta, primijenjena agrotehnika - gnojidba i zaštita) prema priloženom obrascu ([Anketni listić](#)) dopunjeni su podacima o kemijskoj analizi tla, kodirani (prema [kodovi uBaze](#)) te je kreirana u Excel-u tzv. [uBaza](#) (baza ulaznih podataka). Podaci uBaze analizirani su vlastitim, posebno kreiranim kompjutorskim programom ALRxp koji omogućava online rad, neprestano je unapređivan (trenutna verzija je v19.11), a funkcija mu je da [kreira gnojidbene preporuke](#) za svaki uzorak tla i tzv. [iBazu](#) (interpretacijska baza čiji slog sadrži 41 polje podataka po svakom analiziranom uzorku tla) koja je namijenjena arhiviranju svih podataka i rezultata, ali i vizualizaciji zemljišnih resursa, statističkoj i geostatističkoj analizi GIS-om (opisano u: [Koncept zemljište](#), [Integracija baza](#) i [Statistika iBaze](#)).

U ovom tekstu analizirana je samo iBaza za područje OBŽ koju sačinjava 24.699 slogova, odnosno gustoća i prostorni raspored omogućuju predikciju zemljišne pogodnosti njenog čitavog prostora (Slika 1.). Trenutno je broj slogova/uzoraka iBaze >35.000, jer su i neke druge županije nastavile analizirati svoj poljoprivredni prostor [istom metodologijom](#). Prema gore navedenim kriterijima validacije uzoraka zemljišta *analizirano je u ovom pregledu 19.077 uzoraka čija se lokacija preklapa s parcelama arkoda (revizija arkoda od 10.06.2012.) na ukupno 6.219 od 87.664 parcela, koliko ih je pod usjevima (oranice). Od toga, 3.524 oranice uzorkovano i analizirano je samo jednom, 1.050 parcela 2 puta, 422 parcele 3 puta, više od 5 puta 728 parcela, a više od 10 puta 235 parcela, jer su o lokaciji uzimanja uzoraka tla odlučivale samostalno općine.*

Osječko-baranjska županija, površine 413.460,58 ha, imala je 2012. god. 113.652 parcela prosječne površine 2,394 ha, a ovom analizom obuhvaćeno je 7.022 parcela, od kojih su tek 309 analizirane 2 ili 3 puta tijekom provođenja Projekta, ali tako da omogućuju postupak meta analize, odnosno da se uklapaju u slijedeće kriterije:

- 1) vremenski interval uzorkovanja:
 - a) 2003. - 2006. god.,
 - b) 2007. - 2010. god.,
 - c) 2011. - 2015. god. i
- 2) dva ili više uzoraka tla uzeta u svakom intervalu

Nekolicina velikih parcela analizirana je više od 3 puta, ali u uzastopnim godinama, uglavnom samo dio te je uzorkovanje nastavljeno slijedeće godine sve dok cijela parcela nije bila obuhvaćena kontrolom plodnosti. Naime, jedan uzorak uziman je s prosječno 4 ha, a analizirane su podjednako male i velike parcele (najveća ima površinu 383,21 ha).

Laboratorijska analiza 19.077 uzoraka tla obuhvaća ukupno 133.539 kemijskih analiza standardnim metodama koje su najvećim dijelom rađene u *Zavodu za tlo* (današnji *Centar za tlo* Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu), a manjim dijelom i na Poljoprivrednom fakultetu (danas *Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek*) u *Zavodu za kemiju, biologiju i fiziku tla* (danas nepostojećem Zavodu).

Rezultati

Osnovne statističke pokazatelje kemijske analize prosječnih uzoraka tla, koji su podvrgnuti meta analizi, prikazuje Tablica 1.

Tablica 1. Osnovni statistički pokazatelji kemijske analize tla (19.077 uzoraka tla)

Statistika	pH-KCl	pH-H ₂ O	Hy cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	Humus %	KIK cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	AL-P ₂ O ₅ mg/100 g	AL-K ₂ O mg/100
Prosjek	5,58	6,40	2,62	2,17	18,74	20,03	24,20
St. dev.	1,237	1,137	2,420	0,759	4,378	10,843	8,790
Kv %	22,19	17,77	92,36	34,94	23,36	54,12	36,32
min.	3,16	3,94	0,00	0,32	7,28	0,40	3,60
max.	8,23	9,02	13,12	10,00	47,71	51,60	65,65
Medijan	5,40	6,29	2,91	1,97	18,20	17,40	23,20

Prosječna aktualna pH reakcija tla Osječko-baranjske županije (pH-H₂O = 6,40), kao i najveći broj analiziranih uzoraka (medijan = 6,29) je slabokisela, dakle idealna, što uz prosječnu sorpcijsku vrijednost za katione (KIK = 18,74 cmol⁽⁺⁾ kg⁻¹) i zadovoljavajuću prosječnu konc. humusa (2,17 %) ukazuje na relativno visoku pufernu moć (pHBC; sposobnost održavanja, odnosno sprječavanje promjene pH i konc. iona, napose elemenata ishrane), poljoprivrednog zemljišta. AL-raspoloživost fosfora (AL-P₂O₅) i kalija (AL-K₂O) je osrednja do dobra (Tablica 2.), ovisno o pH tla (za fosfor) odnosno teksturnu klasu tla (za kalij). Međutim, pokazatelji statističke varijacije ili disperzije standardna devijacija (St. dev.) i koeficijent variranja (Kv %) ukazuju na visoku varijabilnost kemijskih indikatora plodnosti, posebice za hidrolitičku (potencijalnu) kiselost tla (Hy), humus, ali i AL-raspoloživ fosfor i kalij.

Tablica 2. Granične vrijednosti AL-P₂O₅ i AL-K₂O za ratarske usjeve na području istočne Hrvatske

Razred raspoloživosti	AL-P ₂ O ₅ mg 100 g ⁻¹		AL-K ₂ O mg 100 g ⁻¹ tla		
	pH < 6	pH ≥ 6	lako	srednje	teško
(A) jako siromašno	< 5	< 8	< 8	< 12	< 15
(B) siromašno	5 - 12	8 - 16	9 - 15	13 - 19	16 - 24
(C) dobro	13 - 20	17 - 25	16 - 25	20 - 30	25 - 35
(D) visoko	21 - 30	26 - 45	26 - 35	30 - 45	36 - 60
(E) ekstremno visoko	> 30	> 45	> 35	> 45	> 60

Uz veoma velik broj uzoraka tla opravdano su očekivane značajne linearne korelacijske veze između pojedinih indikatora plodnosti tla (Tablice 3.), ali je vrlo indikativan smjer povezanosti, pa tako između porasta pH tla (ili pak snižavanja vrijednosti Hy) i humusa, podjednako za aktualnu i supstitucijski kiselost, postoji pozitivna korelacijska veza. Naime, [poljoprivredna tla, za razliku od šumskih i livadnih, imaju veću konc. humusa s porastom pH reakcije](#), često kao posljedicu veće plodnosti neutralnog tla te veće produkcije biološkog prinosa čiji se žetveni ostaci vraćaju u tlo, ali i kao posljedica organske i/ili zelene gnojidbe.

Tablica 3. Linearne korelacije između kemijskih indikatora plodnosti tla (19.077 uzoraka tla)

Korelacije	pH-KCl	pH-H ₂ O	Hy cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	Humus %	KIK cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	AL-P ₂ O ₅ mg/100 g	AL-K ₂ O mg/100
pH-KCl	1						
pH-H ₂ O	0,979 ⁺⁺⁺	1					
Hy cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	-0,926 ⁺⁺⁺	-0,911 ⁺⁺⁺	1				
Humus %	0,401 ⁺⁺⁺	0,424 ⁺⁺⁺	-0,334 ⁺⁺⁺	1			
KIK cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	0,354 ⁺⁺⁺	0,377 ⁺⁺⁺	-0,312 ⁺⁺⁺	0,512 ⁺⁺⁺	1		
AL-P ₂ O ₅ mg/100g	0,232 ⁺⁺⁺	0,211 ⁺⁺⁺	-0,182 ⁺⁺⁺	0,133 ⁺⁺⁺	0,165 ⁺⁺⁺	1	
AL-K ₂ O mg/100g	0,005	-0,013	0,031 ⁺⁺⁺	0,040 ⁺⁺⁺	0,166 ⁺⁺⁺	0,530 ⁺⁺⁺	1

Visok stupanj pozitivne korelacijske sprege između raspoloživosti fosfora i kalija ($r = 0,530^{+++}$) očita je posljedica „gnojidbe napamet“, odnosno bez prethodne analize tla, a tada proizvođači da ne bi pogriješili pretežno odabiru mineralna gnojiva podjednake koncentracije aktivne tvari, npr., [NPK 15:15:15](#), PK 0:20:20, NPK 8:24:24 i sl.

Budući da je analiziran vrlo velik broj podataka, u kraćem pregledu prikazat ću samo najznačajnije interakcije i to samo one kad je rizik pogrešnog zaključka prihvatljiv.

Jednosmjernom analizom varijance kemijskih indikatora plodnosti tla utvrđivane su

Tablica 5. Rezultati jednosmjerne analize varijance supstitucijske kiselosti tla (pH-KCl)

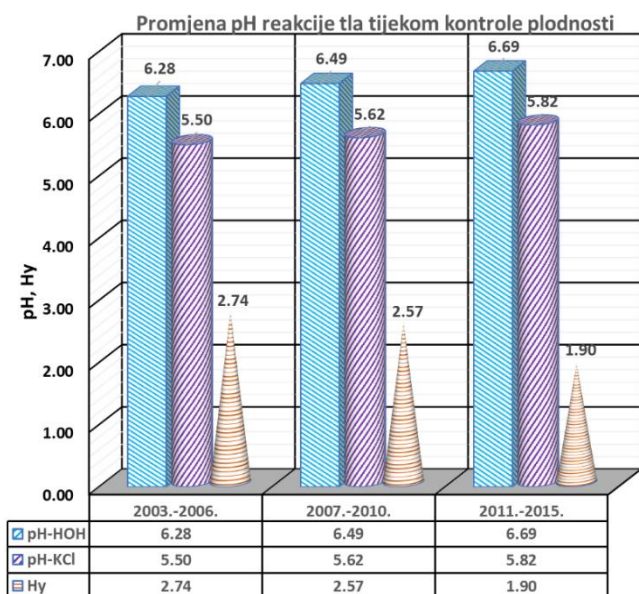
Interval	Broj	Suma	Prosjek	Varijanca
2003-2006	272	1708,441421	6,28	0,930436640
2007-2010	183	1187,025640	6,49	0,974864097
2011-2015	207	1384,008343	6,69	0,968854014

$F_{(2,659)} = 5,3259$; $P = 0,00507543$

Tablica 5. Rezultati jednosmjerne analize varijance hidrolitičke kiselosti (Hy)

Interval	Broj	Suma	Prosjek	Varijanca
2003-2006	272	746,1230306	2,74	4,200950919
2007-2010	183	470,0319771	2,57	3,877422933
2011-2015	207	393,9171749	1,90	2,958707504

$F_{(2,659)} = 11,7725$; $P = 0,00000947$



Grafikon 1. Promjena pH tla i hidrolitičke kiselosti tijekom provođenja kontrole plodnosti zemljišta

promjene nastale tijekom provođenja kontrole plodnosti (2003. - 2015. god.) poljoprivrednog zemljišta OBŽ. Pod pretpostavkom da je veći dio poljoprivrednih proizvođača primijenio gnojidbene preporuke i savjete, nastale promjene u kemijskim svojstvima tla vjerovatno su posljedica promjene prakse, odnosno prihvaćanja preporučenih gnojidbenih i drugih agrotehničkih mjera (npr., doziranje, vrijeme i način primjene gnojiva, potreba kalcizacije i dr.).

Meta analiza kemijskih indikatora plodnosti obavljena je jednosmjernom analizom varijance samo za parcele na kojima je uzorkovanje tla i njegova kemijska analiza obavljeno dva ili tri puta tijekom provođenja kontrole plodnosti (vremenski razmak minimalno 2 god.), a takvih parcela je bilo ukupno 309.

Analiza varijance za supstitucijsku pH reakciju tla (Tablica 4. i Grafikon 1.) jasno pokazuje signifikantan porast pH tla tijekom provođenja kontrole plodnosti zemljišta, dok istovremeno hidrolitička kiselost signifikantno pada kroz sva tri vremenska intervala (Tablica 5.). Kao i supstitucijska (pH-KCl), tako je i aktualna vrijednost pH reakcije tla (pH-H₂O) signifikantno porasla tijekom kontrole plodnosti (2003.-2006. = 6,28; 2007.-2010. = 6,49; 2011.-2015. = 6,69; $F_{(2,659)} = 10,16140$; $P = 0,000045$), što je očekivano i u skladu s promjenama supstitucijske (pH-KCl) i hidrolitičke kiselosti tla (Hy) (Tablice 4. i 5., Grafikon 1.).

Rezultati jednosmjerne analize varijance provjereni su jednosmjernim t-testom. Utvrđeno je da su vrijednosti aktualne i supstitucijske kiselosti signifikantno promijenjena na više (smanjivanje kiselosti tla) kroz sva tri vremenska intervala provođenja kontrole plodnosti zemljišta (Grafikon 1.). Također, hidrolitička kiselost je signifikantno snižena, dok rezultati za humus, kalij i fosfor nisu statistički značajni, odnosno promjene su slučajne prirode.

Uvođenjem kontrole plodnosti na području Osječko-baranjske županije poljoprivrednici su dobivali gnojdbenu preporuku koja je pored rezultata sadržavala agrotehničke savjete, uključujući i [savjete za popravak produktivnih svojstava tla](#) (potrebu [humizacije](#), [fosfatizacije](#), [kalizacije](#), [kalcizacije](#), [gipsanja](#), rizik od nedostatka mikroelemenata i dr.). Budući da su na području Istočne Hrvatske smještene sve tri hrvatske šećerane koje kao industrijski kabasti otpad proizvode saturacijski mulj (tzv. *karbokalk*), [gnojdbene preporuke sadržavale su potrebnu količinu karbokalka za kalcizaciju](#) (u vrijeme provođenja kontrole plodnosti zemljišta bio je besplatan) i poljoprivredni proizvođači su ga počeli koristiti na obostrano zadovoljstvo. Naime, oni su rješavali probleme koje izaziva kiselost tla, a šećerane su se riješile kabastog otpada. Smatra se da zakišeljavanje (*acidifikacija*) poljoprivrednih tala Hrvatske veliki je problem, [jer je više od 50 % poljoprivrednih tala RH kiselo, uključujući i Istočnu Hrvatsku](#).

Zaključci

Ukratko, projekt kontrola plodnosti poljoprivrednih resursa OBŽ pod nazivom „*Analiza tla kao temelj gnojdbene i povećanja poljoprivredne proizvodnje*“ zasnovan je na tzv. *Konceptu zemljište*, a proveden je od 2003. do 2015. god. na ukupno 6.219 parcela s 19.077 prosječnih uzoraka tla. Rezultati Projekta jasno ukazuju na aktualne probleme, prije svega na „gnojdbu napamet“, heterogenost poljoprivrednih površina veoma različite efektivne plodnosti, uporabu neprimjerene i anakrone agrotehlike i na neprilagođenu poljoprivrednu praksu suvremenim agrološkim, sociološko-ekonomskim i tehničko-tehnološkim aspektima biljne proizvodnje.

Smatram da je najveći doprinos projekta Kontrole plodnosti tla OBŽ u:

- 1) Uvođenju inženjerskog pristupa biljnoj proizvodnji kroz utvrđivanje, kvantificiranje i razumijevanje svih relevantnih činitelja biljne proizvodnje kao što su:
 - a) poznavanje produktivnog kapaciteta tla i usuglašavanje gnojdbene sa statusom hraniva u tlu i potrebama biljaka (ukupna i dinamička potreba),
 - b) usuglašavanje biljne proizvodnje s činiteljima bioloških, agroloških i ekonomskih ograničenja (limita) u primarnoj organskoj produkciji,
 - c) utvrđivanje potrebe za popravkama tla, prvenstveno potreba kalcizacije, što je evidentno riješilo ekološki problem nagomilavanja saturacijskog mulja u sve tri šećerane RH (tzv. *karbokalk*) i
- 2) Edukaciji poljoprivrednih proizvođača te njihovom boljem razumijevanju problema suvremene biljne proizvodnje i potrebe zaštite i očuvanja zemljišnih resursa.

U Osijeku, 22. studeni 2019. god.