

# Pregled rada na projektu „Kontrola plodnosti OBŽ“

od 2003. do 2015. god.

*Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović<sup>1</sup>*

*Izv. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović<sup>2</sup>*

Odredbe Zakona o poljoprivrednom zemljištu (NN br. 39/13) zahtijevaju obvezno uvođenje sustava kontrole plodnosti tla (čl. 8.) za površine u vlasništvu RH. Budući da se kontrola plodnosti poljoprivrednog zemljišta temelji na utvrđivanju indikatora plodnosti koji moraju biti osjetljivi, pouzdani, reproducibilni i kadri detektirati promjene fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava i procesa u tlu te njihove interakcije, ona mora biti sustavna, dobro osmišljena i izvediva obzirom na laboratorijske kapacitete RH i njihovu osposobljenost.

Neki pokazatelji zemljišnih resursa RH (Arkod) su vrlo indikativni (Tablica 1.), što zahtijeva kreiranje dobro osmišljene baze podataka (čl. 8., stv. 2.) kao i izbor provjerenih i pouzdanih analitičkih metoda (čl. 8., stv. 3.).

Tablica 1. Usporedba osnovnih podataka OBŽ i RH temeljem Arkoda (10.06.2012.)

Zemljišni resursi	OBŽ	RH
Broj parcela (Arkod 10.06.2012.)	113.652	2.285.638
Prosječna površina parcela (ha)	2,394	0,800
Medijana parcela (ha)	0,479	0,286
Ukupna polj. površina (ha)	247.243	1.828.800
Broj oranica	87.664	1.050.752
<i>Površina oranica (ha)</i>	<i>209.886</i>	<i>986.738</i>

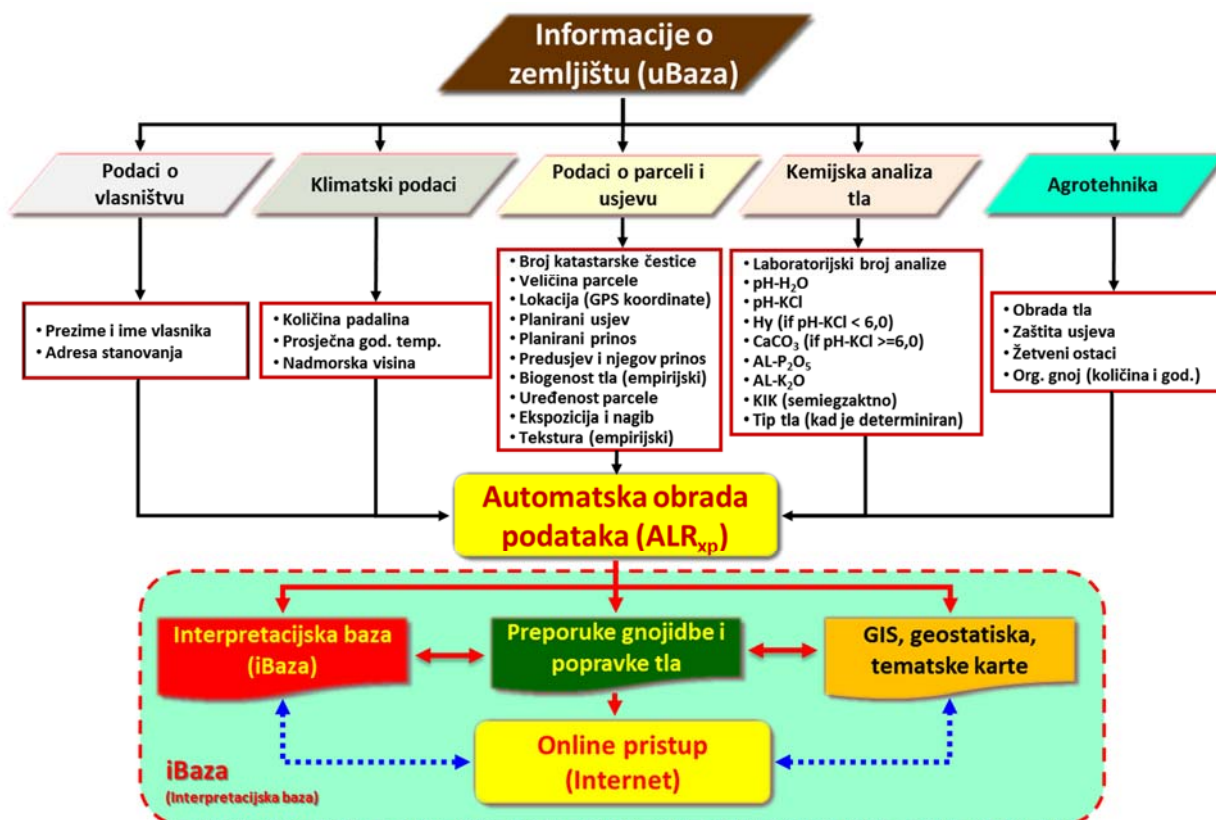
Interpretacijsku bazu Osječko-baranjske županije (*iBaza*) kreirana je 2003. godine (Vladimir Vukadinović kao temelj za provođenje projekta “*Analiza tla kao temelj gnojidbe i povećanja poljoprivredne proizvodnje na području Osječko-baranjske županije*”. *iBaza* je utemeljena na *Konceptu zemljište* koji osim tla i njegovih fizikalno-kemijsko-bioloških svojstava uključuje i druge indikatore pogodnosti zemljišta (klimatske, ekološke, orografske, hidrološke, agrotehničke, potencijal mineralizacije organske tvari, potrebu kalcizacije, uređenost površina, znanje korisnika i dr.) važne za njegovu različitu, prvenstveno poljoprivrednu namjenu. Zbog toga je uzimanje uzoraka tla organizirano uz obvezatno korištenje GPS uređaja radi točnog geopozicioniranja tzv. *kontrolne parcelice* unutar proizvodne površine. To omogućuje geostatističku obradu svih podataka i vizualizaciju putem tematskim GIS kartama proizvodnog potencijala poljoprivrednog prostora ili njegovog zdravlja koje nije tek puki sinonim za njegovu plodnost, već okosnica *Koncepta zemljište*, a definira se kao “*Kapacitet specifičnih funkcija tla unutar prirodnog ili ograničeno uređenog ekosustava koji podržava biljnu i animalnu produkciju, održava ili povećava kvalitetu vode i zraka i potpomaže zdravlje i stanovanje ljudi*” (prema *Soil Science Society of America*).

*Kontrola plodnosti OBŽ* se može prikazati shematski (Shema 1.), a obuhvaća pet grupa ulaznih podataka koji čine jedinstvenu *uBazu* (ulazna baza). Time su podaci kemijske analize tla upotpunjeni važnim indikatorima/atributima produktivnosti zemljišta, a računalnom obradom tih podataka kompjutorskim programom ALR<sub>xp</sub> (kreacija i razvoj: *Vladimir Vukadinović*), pored gnojidbene preporuke za biljnu proizvodnju, uz velik broj vrlo važnih informacija (npr. o potrebi

<sup>1</sup> Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović, red. prof. u trajnom zvanju, u miru

<sup>2</sup> *Izv. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović, Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku*

popravke tla, potencijalu NP-mineralizacije, integriranoj gnojidbi) poljoprivredni proizvođači dobivaju detaljno objašnjenje gnojdbene preporuke, kao i savjete za dobru poljoprivrednu praksu. Konačno, *iBaza* (ulazni podaci i informacije iz računalne obrade) analiziraju se i vizualiziraju GIS alatima te prikazuju na tematskim agrokemijskim, proizvodnim, pedološkim i dr. kartama.



Shema 1. Shema *iBaze* zemljišnih resursa OBŽ

Interpretacijska baza zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije nakon 11 godina rada (2013. god. je preskočena zbog opstrukcije tadašnjeg Zavoda za tlo RH u Osijeku) sadrži trenutno ~20.000 validnih slogova s ~650.000 podataka i informacija o tlu, njegovoj plodnosti, uređenosti, ograničenjima, usjevima, gnojdbenim preporukama itd. Kontrola plodnosti OBŽ obuhvaća i površine pod nasadima i povrćem koji nisu dio *iBaze* zbog različite metodologije uzorkovanja tla i prikupljanja dopunskih podataka o tlu i agrotehnici.

Ukupan broj slogova *iBaze* je ~35.000 jer uključuje podatke koji nisu u vlasništvu OBŽ, a dobiveni su po istovjetnoj metodologiji. Pošto su uzorci tla geopozicionirani pomoću GPS lako ih je integrirati s različitim vrstama karata (satelitskim, topografskim i dr.), ali i Arkodom koji sadrži prikaz parcela, njihovu oznaku, vrstu poljoprivredne proizvodnje i dr.

Statistička analiza podataka *iBaze* prikazuju Tablice 2. do 9., a interpolirane vrijednosti temeljem svih uzoraka tla Karte 1. do 6. Površina Osječko-baranjske županije utvrđena je uz pomoć vektorske GfK karte Hrvatske (*GfK Macon Digital Maps*), a kao podloga za prosječne vrijednosti svake parcele korišten je podloga Arkoda (Karta 6.).

U Tablici 9. linearnom korelacijskom analizom utvrđeno je kako između koncentracije humusa, potrebe za kalcijacijom, potencijala N-mineralizacije, pH i relativne pogodnosti postoje vrlo čvrste, signifikantne i pozitivne veze.

Tablica 2. Osnovni statistički pokazatelji iBaze OBŽ (19.987 slogova)

Pokazatelj	Latitude	Longitude	Altitude m	pH-KCl	pH-H <sub>2</sub> O	Humus %	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O
							mg/100g	
Prosjek	45,21312	18,46131	92,43	5,58	6,40	2,163711	20,06	24,24
Std	0,148298	0,231851	16,84417	1,23554	1,13422	0,75917	10,83223	8,77171
Kv %	-	-	18,22	22,13	17,72	35,09	54,004	36,18
Max.	45,91651	19,06417	276	8,23	9,02	10,00*	50,00*	50,00*
Min.	45,21312	17,92433	75	3,16	3,94	0,32	0,40	3,60

Tablica 3. Pokazatelji produktivnosti tala OBŽ

Pokazatelj	Rel. pog. %	Potr. CaO kg/ha	pNmin kg/ha/god	Pšenica	Kukuruz	Šeć. repa	Suncokret	Ulj. repica
				Očekivana visina prinosa t/ha				
Prosjek	64,32	1559,66	64,83	6,11	9,65	57,89	3,67	3,60
Std	10,87436	1757,763	53,33455	1,03306	1,61312	9,78692	0,61984	0,60896
Kv %	16,91	112,70	82,27	16,91	16,72	16,91	16,91	16,91
Max.	87,86	4375	899	8,35	13,18	79,07	1,20	1,18
Min.	21,12	0	0	2,01	3,17	19,01	5,01	4,92

Tablica 4. Relativna pogodnost (%) tala OBŽ za usjeve (*empirical bayesing kriging*)

Grupa	Rel. pog. (%)	Min. (%)	Max. (%)	Prosjek (%)	Površina (ha)
1	<=40,00	35,18	46,03	40,60	6752,77 (1,64 %)
2	40,01-50,00	46,03	54,39	50,21	49959,64 (12,15 %)
3	50,01-55,00	54,39	60,84	57,61	99333,82 (24,15 %)
4	55,01-60,00	60,84	65,81	63,32	80428,45 (19,55 %)
5	60,01-65,00	65,81	69,64	67,73	64458,81 (15,67 %)
6	65,01-70,00	69,64	72,60	71,12	45906,34 (11,16 %)
7	70,01-75,00	72,60	76,44	74,52	45409,62 (11,04 %)
8	75,01-80,00	76,44	81,41	78,92	18317,36 (4,45 %)
9	80,01-85,00	81,41	87,86	84,64	786,56 (0,19 %)

Tablica 5. Koncentracija humusa (%) u tlima OBŽ (*empirical bayesing kriging*)

Grupa	Humus (%)	Min. (%)	Max. (%)	Prosjek (%)	Površina (ha)
1	<=1,00	1,02	1,43	1,23	7316,53 (1,78 %)
2	1,01-1,25	1,43	1,67	1,55	42106,12 (10,24 %)
3	1,26-1,50	1,67	1,81	1,74	47068,70 (11,44 %)
4	1,51-2,00	1,81	2,05	1,93	100044,40 (24,32 %)
5	2,01-2,50	2,05	2,46	2,26	117117,69 (28,47 %)
6	2,51-3,00	2,46	3,17	2,81	74392,88 (18,08 %)
7	3,01-4,00	3,17	4,37	3,77	22501,91 (5,47 %)
8	4,01-6,00	4,37	6,45	5,41	805,19 (0,20 %)

Tablica 6. Potreba kalcizacije (CaO kg/ha) tala OBŽ (*empirical bayesing kriging*)

Grupa	Potreba CaO (kg/ha)	Min. (%)	Max. (%)	Prosjek (%)	Površina (ha)
1	<=500	1,00	366,00	840,00	157556,91 (38,3 %)
2	500-750	2,00	840,00	1.455,00	44178,48 (10,74 %)
3	751-1.000	3,00	1.455,00	2.253,00	57148,42 (13,89 %)
4	1.001-1.500	4,00	2.253,00	2.868,00	51148 (12,43 %)
5	1.501-2.000	5,00	2.868,00	3.342,00	40622,87 (9,88 %)
6	2.001-2.500	6,00	3.342,00	3.708,00	28799,54 (7 %)
7	2.500-3.000	7,00	3.708,00	3.990,00	17566,32 (4,27 %)
8	3.001-4.000	8,00	3.990,00	4.207,00	8733,94 (2,12 %)
9	4.001-5.000	9,00	4.207,00	4.375,00	5598,98 (1,36 %)

Tablica 7. Potencijal mineralizacije (N kg/ha/god.) organske tvari (*empirical bayesing kriging*)

Grupa	pN <sub>min</sub> (N kg/ha/god.)	Min. (%)	Max. (%)	Prosjek (%)	Površina (ha)
1	<=25	1,00	19,70	30,51	52890,13 (12,86 %)
2	26-50	2,00	30,51	36,45	38882,61 (9,45 %)
3	51-75	3,00	36,45	47,27	64501,1 (15,68 %)
4	76-100	4,00	47,27	66,97	92551,28 (22,5 %)
5	101-125	5,00	66,97	102,85	113660,42 (27,63 %)
6	151-175	6,00	102,85	168,20	41800,81 (10,16 %)
7	176-200	7,00	168,20	287,24	6765,33 (1,64 %)
8	201-500	8,00	287,24	504,07	279,3 (0,07 %)
9	501-1.000	9,00	504,07	899,00	22,36 (0,01 %)

Tablica 8. Izmjenjiva kiselost (pH<sub>KCl</sub>) tala OBŽ (*empirical bayesing kriging*)

Grupa	pH (KCl)	Min. (%)	Max. (%)	Prosjek (%)	Površina (ha)
1	<=3,50	1,00	3,66	4,04	8486,66 (2,06 %)
2	3,51-4,00	2,00	4,04	4,35	34144,5 (8,3 %)
3	4,51-5,00	3,00	4,35	4,59	41224,76 (10,02 %)
4	5,01-5,50	4,00	4,59	4,90	50276,66 (12,22 %)
5	5,51-6,00	5,00	4,90	5,29	52104,3 (12,67 %)
6	6,01-6,50	6,00	5,29	5,78	54665,89 (13,29 %)
7	6,51-7,00	7,00	5,78	6,41	61464,52 (14,94 %)
8	7,01-7,50	8,00	6,41	7,21	80585,68 (19,59 %)
9	7,51-8,00	9,00	7,21	8,23	28400,44 (6,9 %)

Tablica 9. Korelacije između interpoliranih vrijednosti (9 grupa)

	Humus %	CaO kg/ha	pNmin	pH-KCl	RP%
Humus %	1				
CaO kg/ha	0,838 <sup>++</sup>	1			
pNmin	0,978 <sup>++</sup>	0,719 <sup>+</sup>	1		
pH-KCl	0,985 <sup>++</sup>	0,889 <sup>++</sup>	0,952 <sup>++</sup>	1	
RP%	0,899 <sup>++</sup>	0,990 <sup>++</sup>	0,793 <sup>+</sup>	0,930 <sup>++</sup>	1

Relativna pogodnost tla za usjeve procjenjuje se sukladno *Liebsherovom zakonu optimuma* izrazom:

$$RP \% = \frac{\sum_{1}^n I - I_{min}}{n - 1} \times \frac{I_{min}}{100} \pm f$$

$I =$  indikatori plodnosti ( $pH_{KCl}$ ; humus %;  $AL-P_2O_5$  mg  $100^{-1}g$  tla;  $AL-K_2O$  mg  $100^{-1}g$  tla; teksturna grupa tla (6 klasa);  $KIK$   $cmol^{(+)} kg^{-1}$ ;  $Hy$   $cmol^{(+)} kg^{-1}$  i klimatski parametri (prosječna god. temperatura u  $^{\circ}C$  i god. oborine u mm)

$I_{min} =$  indikator u minimumu

$f =$  korekcija na biogenost, uređenost parcele (odvodnja i dreniranost), nagib i ekspoziciju parcele

*Liebsherov zakon optimuma* (1895.), kao nadgradnja *Liebigovog zakona minimuma* (1855.), utemeljen je na činjenici da indikator u minimumu to jače djeluje što su ostali indikatori plodnosti tla bliži optimumu, odnosno svi faktori tvorbe prinosa djeluju najjače kada su bliski optimumu. Kasnija brojna istraživanja pokušavaju pouzdanije kvantificirati utjecaj biljnih hraniva, posebice *Mitscherlichov zakon* opadajućeg porasta prinosa (1924.) kao nadgradnja *Liebigovog zakona minimuma* uz uvažavanje interakcije hranjivih elemenata. Međutim, *Mitscherlichove* univerzalne konstante djelovanja hraniva nipošto nisu točne, jer bi to značilo da hraniva djeluju jednako na povećanje prinosa u svim agroekološkim uvjetima, bez obzira je li prinos nizak ili visok.

Višegodišnja analiza indikatora plodnosti na prostoru istočne Hrvatske i složena multivarijaciona analiza veoma velikog broja podataka o povezanosti raspoloživosti hraniva, gnojiva i prinosa, ugrađena su aktualni  $ALR_{xp}$  kalkulator kao "*dinamička potreba hraniva*" (veću učinkovitost korištenja hraniva kod visoke razine agrotehnike) te uključuje *priming efekt* (poticajni efekt, odnosno primjena niže doze aktivne tvari ima veću agronomsku efikasnost), *humat efekt* (blokada humusom  $Al^{3+}$  i drugih kationa čija koncentracija može biti vrlo visoka pri niskoj pH vrijednosti tla, a prevode raspoloživi fosfor u kemijski oblik koji biljke ne mogu usvojiti) i visoku fiziološku adaptabilnost modernih kultivara na agroekološke uvjete, posebice sposobnost usvajanja hraniva.

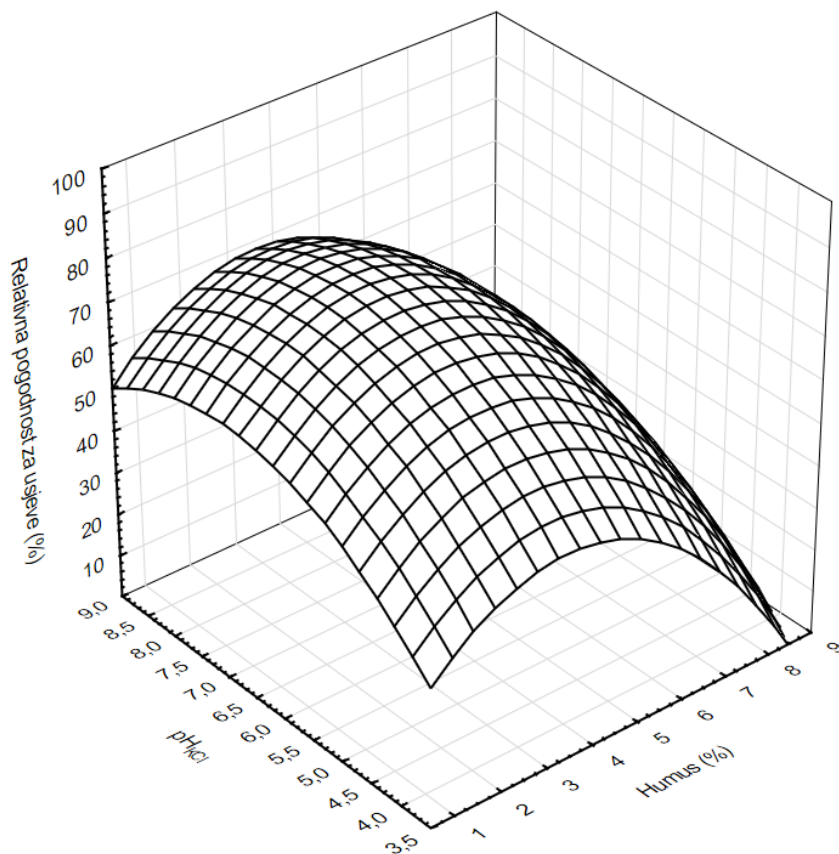
Od indikatora plodnosti tla izuzetan pozitivan utjecaj na relativnu pogodnost tla za usjeve imaju humus i pH tla (Grafikon 1.) te se visoki prinosi ne mogu očekivati kod niske konc. humusa i/ili niskog pH. To je suglasno s multiplom linearnom regresijskom analizom iBaze OBŽ (19.987 uzoraka tla) kojom je utvrđen je izuzetno visok koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,758^{+++}$ ,  $F_{(8;19978)} = 7803,0602^{+++}$ ):

$$\text{Relativna pogodnost (\%)} = 47,246 - 0,023 \times \text{altitude} + 1,223 \times \text{pH-KCl} + 0,241 \times \text{pH-H}_2\text{O} - 2,332 \times \text{Hy} + 2,216 \times \text{humus} + 0,207 \times \text{KIK} + 0,151 \times \text{AL-P}_2\text{O}_5 + 0,215 \times \text{AL-K}_2\text{O}$$

Svi analizirani indikatori plodnosti tla su statistički signifikantni pri čemu nadmorska visina i hidrolitska kiselost utječu negativno, a porastom svih drugih indikatora plodnost očekivano raste, najviše porastom humusa. Najviše variraju (tablica 10.) hidrolitska kiselost (Kv%

= 92,72), raspoloživost AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i AL-K<sub>2</sub>O (Kv% = 54,01 i 36,18) te koncentracija humusa (Kv% = 35,09). Veoma je važno naglasiti da je prosječna relativna pogodnost za usjeve OBŽ iznd 60 % (S2 po FAO klasifikaciji), što znači da su tla u prosjeku umjereno pogodna koja zauzimaju površinu od 174092,13 ha ili 42 % ukupne površine OBŽ.

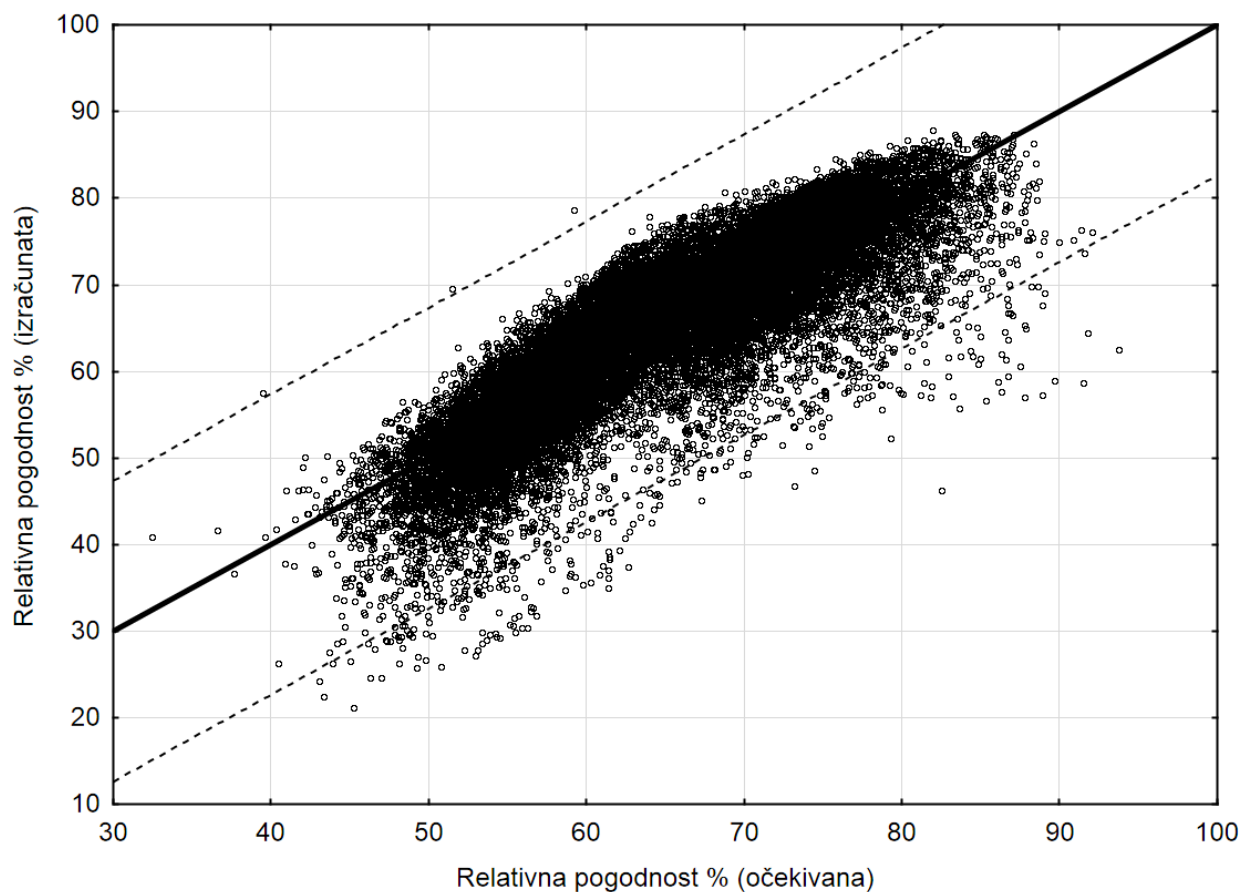
$$RP\% = -56,126 + 11,951 * \text{humus} + 31,791 * \text{pH} - 1,861 * \text{humus}^2 + 0,164 * \text{humus} * \text{pH} - 2,297 * \text{pH}^2$$



Grafikon 1. Povezanost relativne pogodnosti tla za usjeve (%) s konc. humusa i pH<sub>KCl</sub> tla

Tablica 10. Prosjek, standardna devijacija, koeficijent variranja, minimalne i maksimalne vrijednosti za svih 19.987 slogova iBaze OBŽ

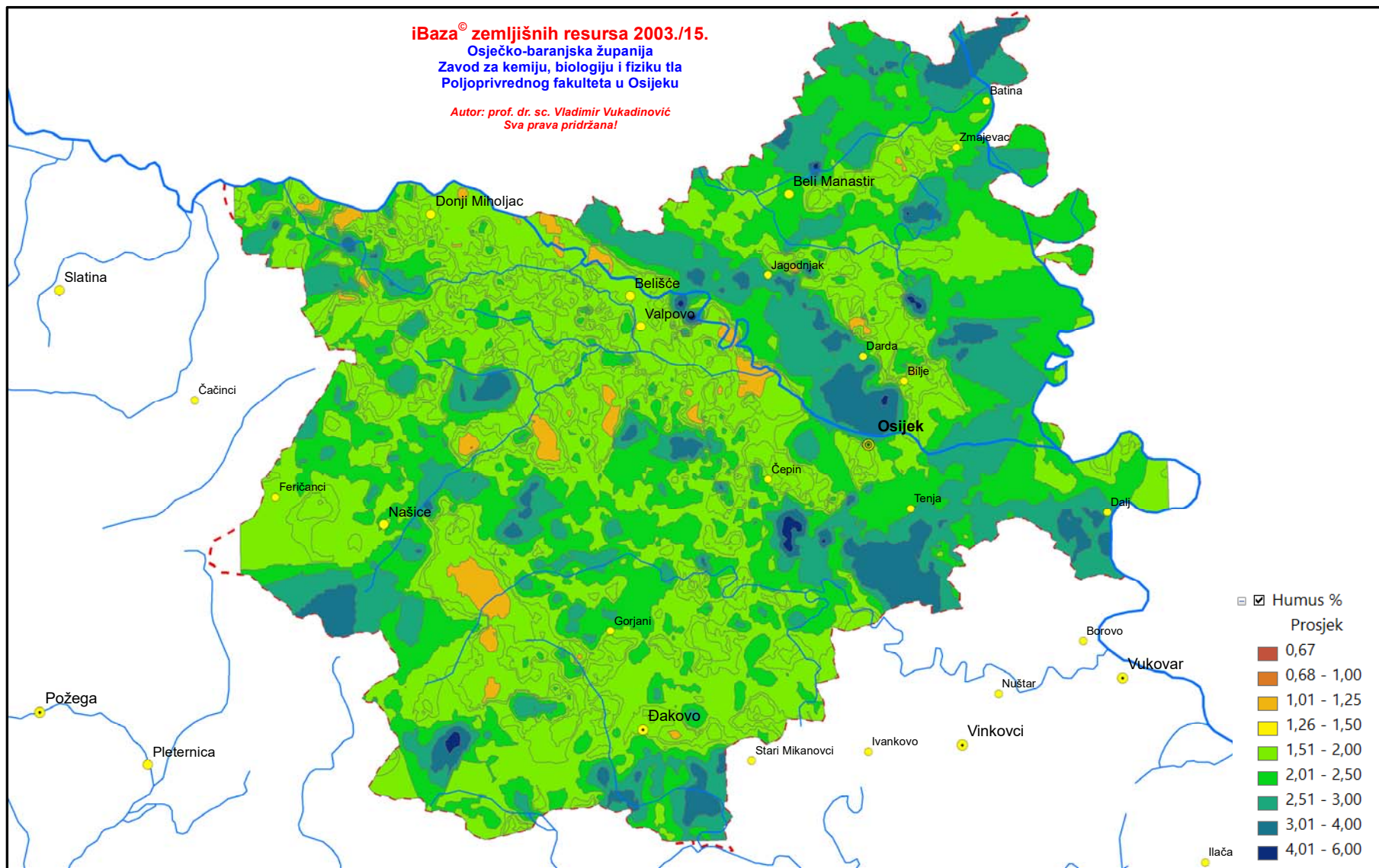
Indikator	Prosjek	Std	Kv%	Min.	Max.
Latitude	45,58272	0,14830	0,33	45,21312	45,91651
Longitude	18,46131	0,23186	1,26	17,92433	19,06417
Altitude	92,43	16,84	18,22	75,00	276,00
pH <sub>KCl</sub>	5,58	1,24	22,13	3,16	8,23
pH <sub>HOH</sub>	6,40	1,13	17,72	3,94	9,02
Hy cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup>	2,62	2,43	92,72	0,00	13,99
Humus %	2,16	0,76	35,09	0,32	10,00
KIK cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup>	18,71	4,35	23,26	7,28	47,71
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100 <sup>-1</sup> g	20,06	10,83	54,01	0,40	51,60
AL-K <sub>2</sub> O mg 100 <sup>-1</sup> g	24,24	8,77	36,18	3,60	65,65
CaO kg ha <sup>-1</sup>	1560	1758	112,70	0	4375
pN <sub>min</sub> N kg <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> god. <sup>-1</sup>	64,8	53,3	82,3	0,0	899,0
<b>Rel. pogodnost za usjeve</b>	<b>64,32</b>	<b>10,87</b>	<b>16,91</b>	<b>21,12</b>	<b>87,86</b>



Koridor povjerenja  $P = 0,999^{***}$

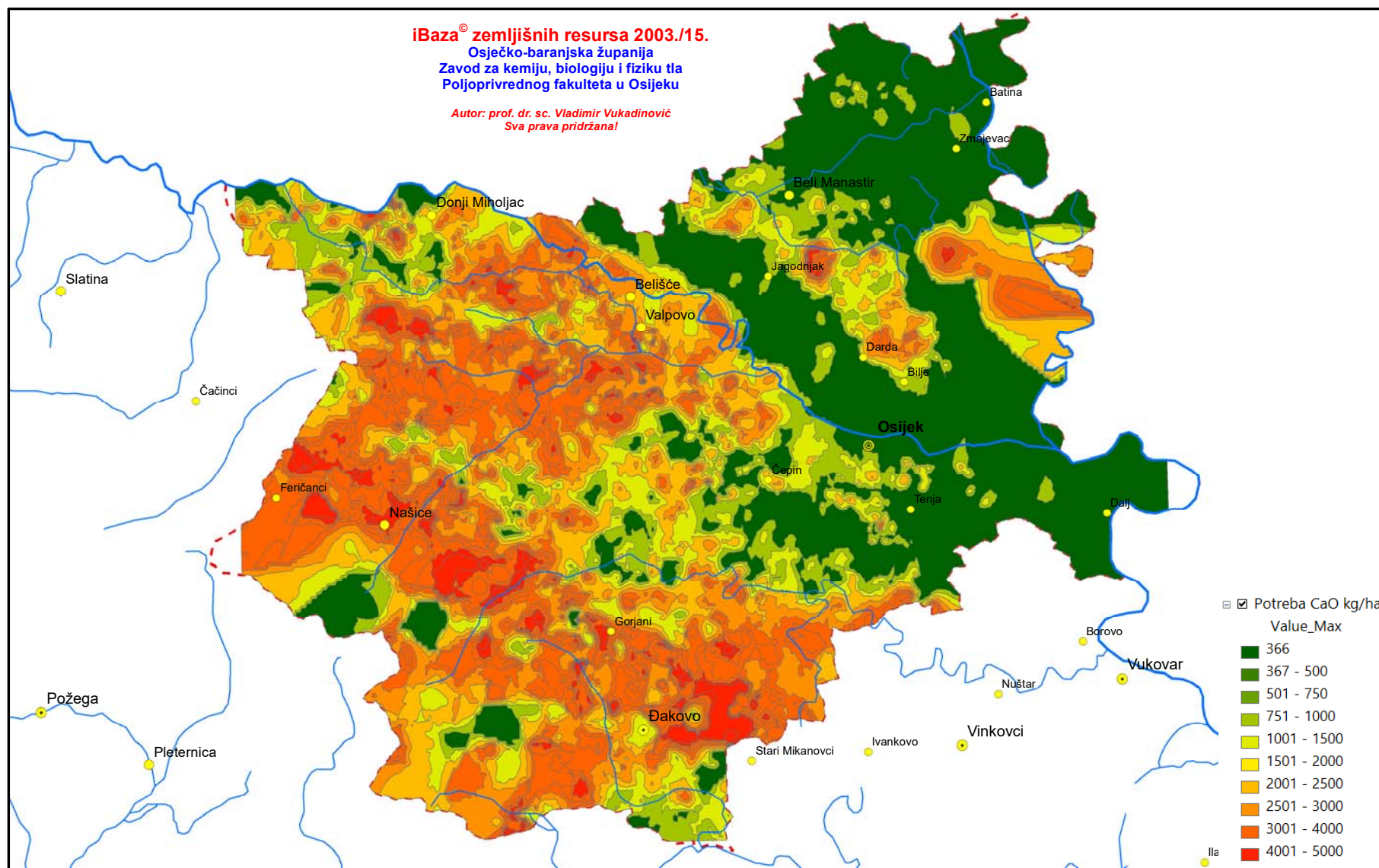
Grafikon 2. Odnos očekivane (*predicted*) i izračunate ALRxp kalkulatorom (*observed*) relativne pogodnosti tla za usjeve (19987 slogova i Baze)

Između izračunate i očekivane vrijednosti relativne pogodnosti (Grafikon 2.) izuzetno je visok stupanj statističke veze ( $P > 9,999\%$ ) što ukazuje da su izabrani indikatori veoma dobar reprezent zemljišne pogodnosti za uzgoj usjeva.

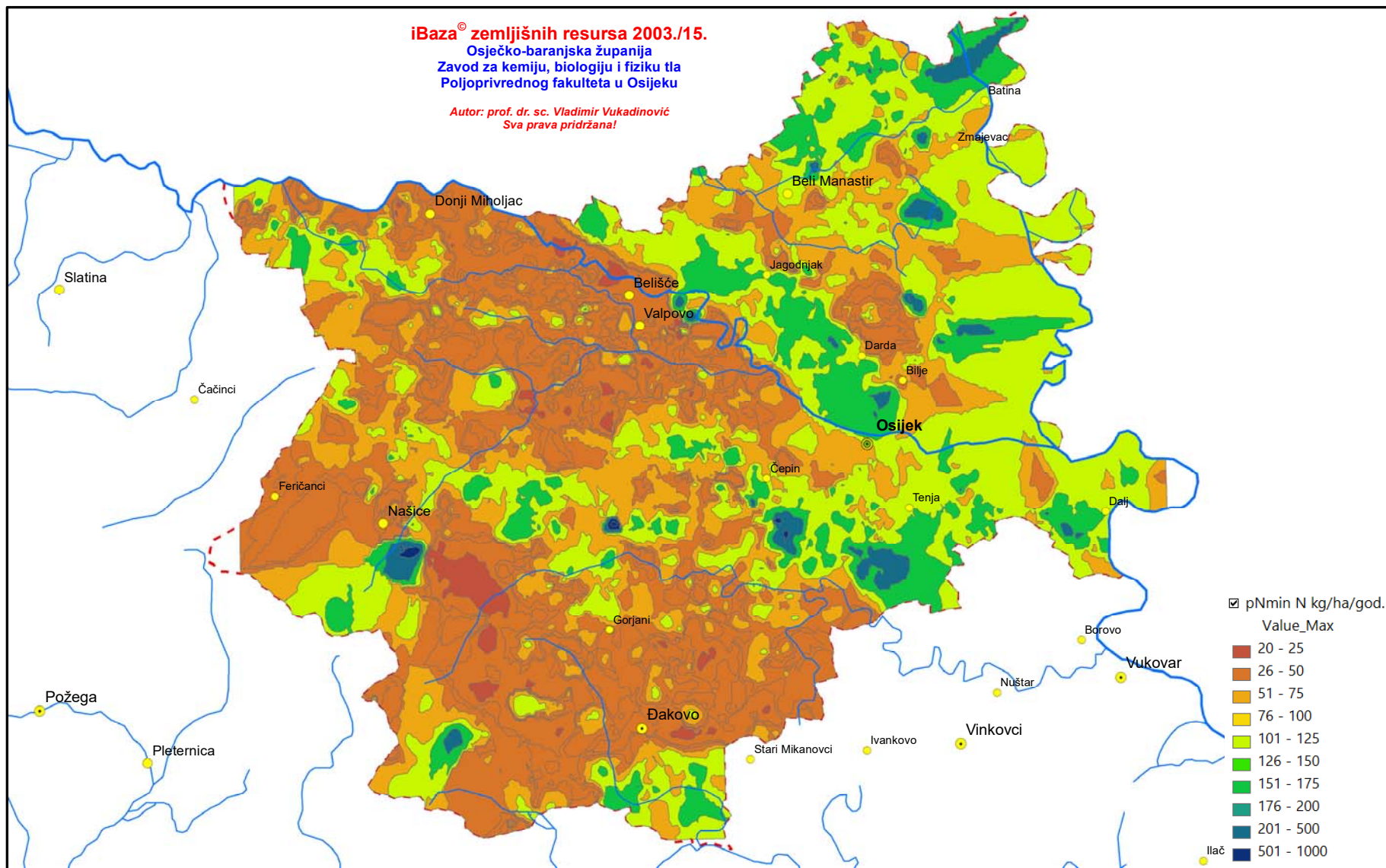


Karta 1. Koncentracija humusa (%) OBŽ tala (M 1 : 350.000; ArcGIS; interpolacija *empirical bayesing kriging*)

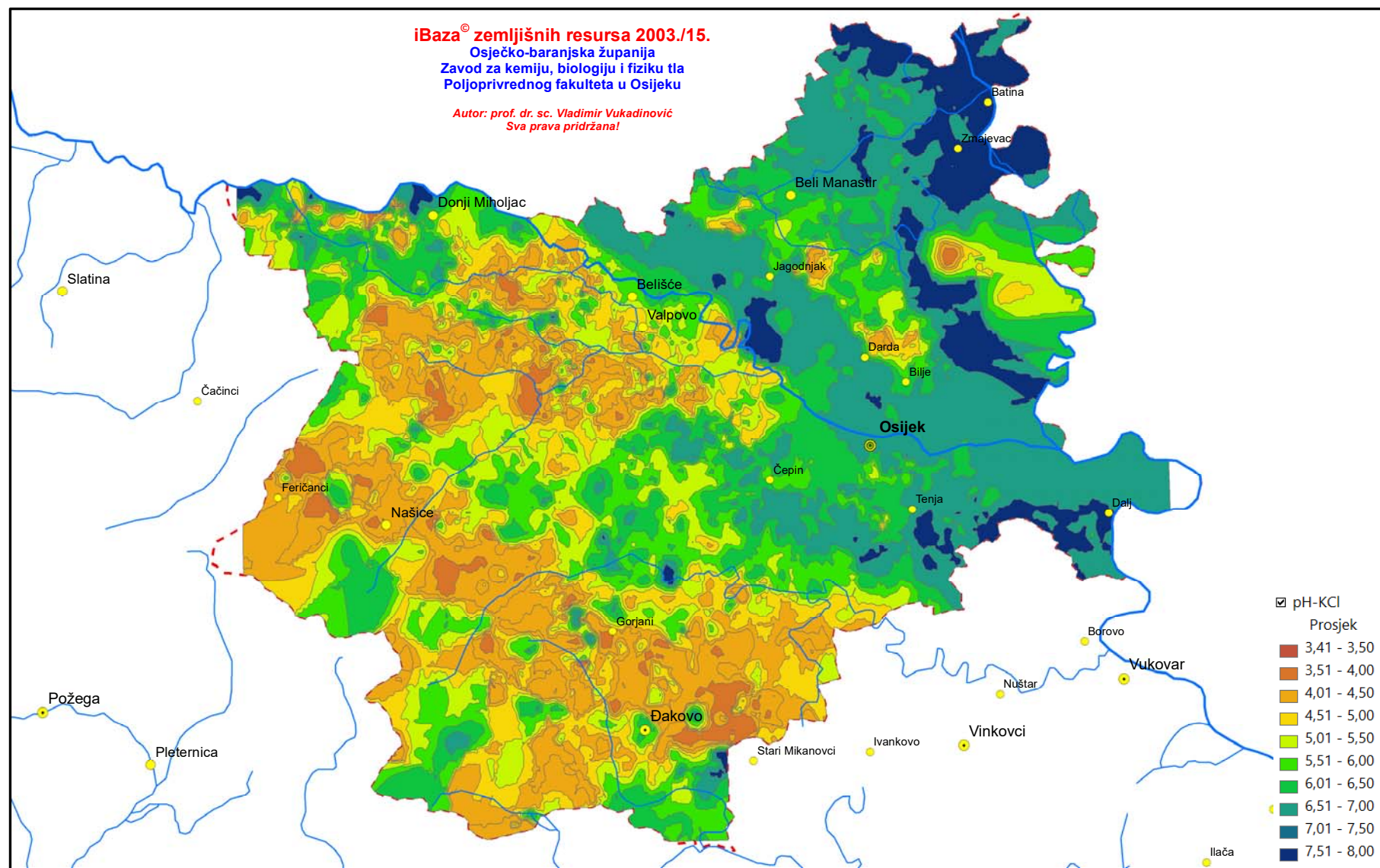




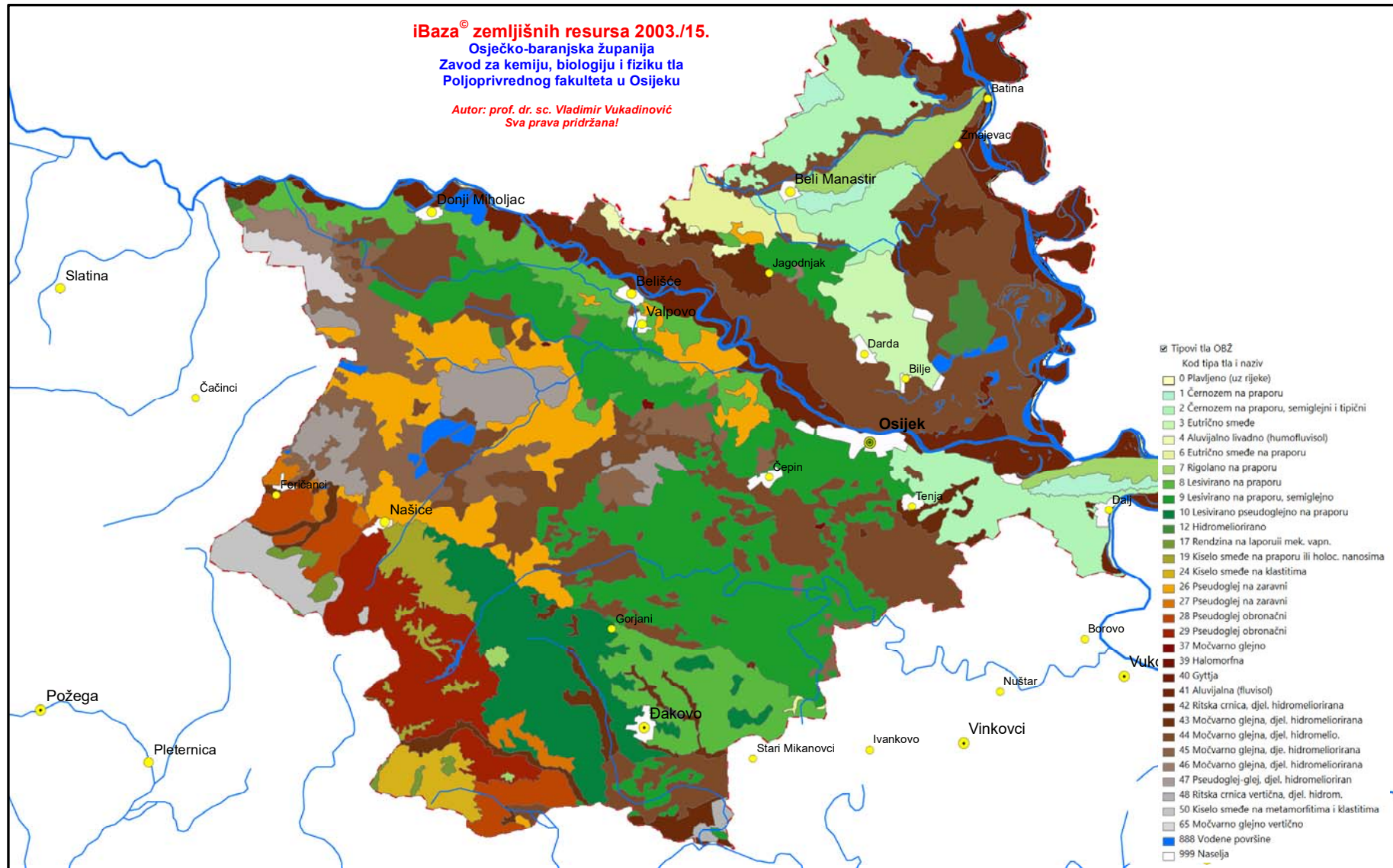
Karta 2. Potreba kalcizacije (CaO kg/ha) OBŽ tala (M 1 : 350.000; ArcGIS; interpolacija *empirical bayesing kriging*)



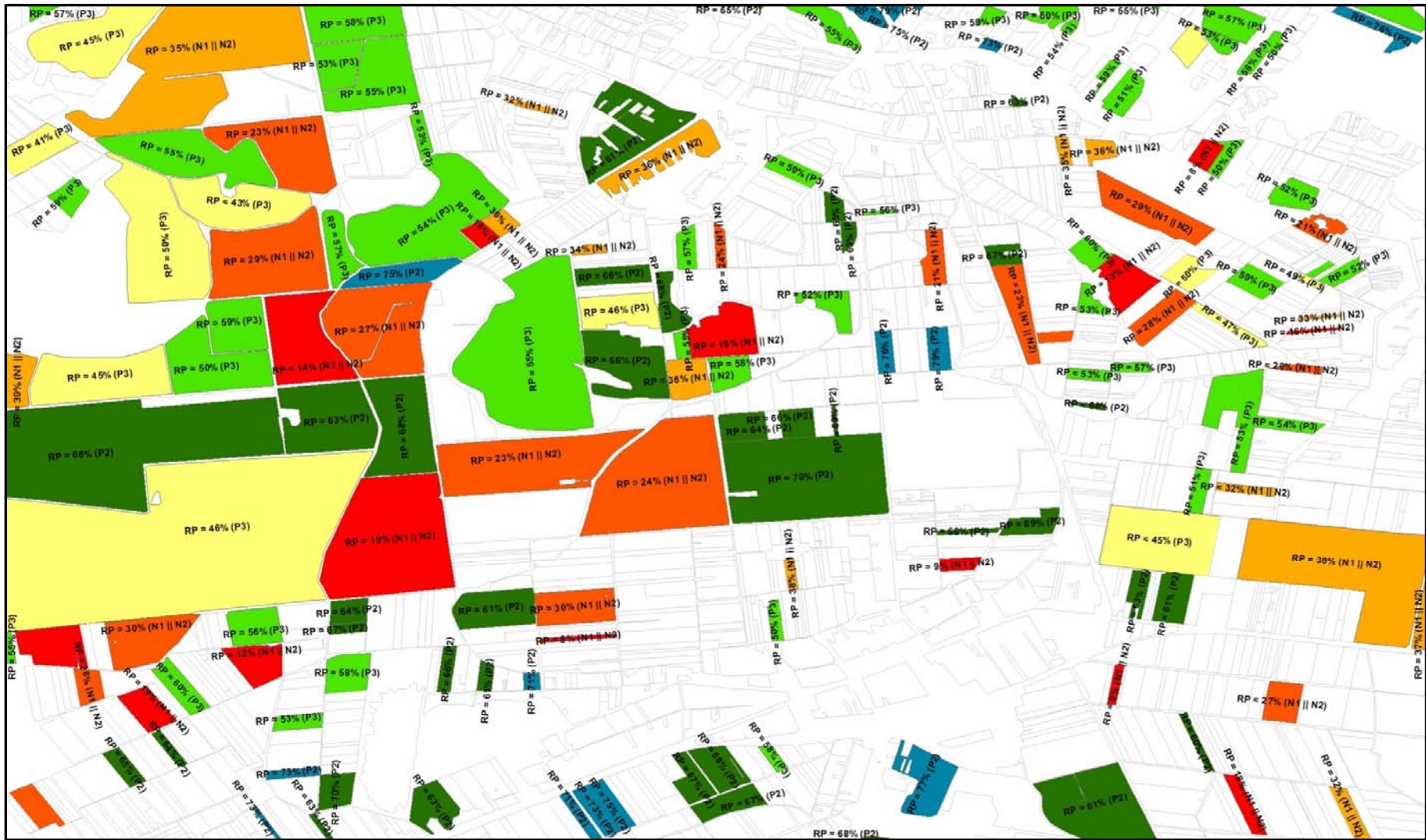
Karta 3. Potencijal mineralizacije organske tvari ( $pN_{\min}$  N kg/ha/god.) tala OBŽ (M 1 : 350.000; ArcGIS; interpolacija *empirical bayesing kriging*)



Karta 4. Izmjenjiva kiselost ( $pH_{KCl}$ ) tala OBŽ (M 1 : 350.000; ArcGIS; interpolacija *empirical bayesing kriging*)



Karta 5. Pedološka karta OBŽ (M 1 : 350.000; ArcGIS)



Karta 6. Heterogenost proizvodnih površina na podlozi Arkoda