

## Suvremeni trendovi u kontroli plodnosti tla



**Boris Đurđević**  
**Modul: Održivo gospodarenje tlom**  
 Izvori korišteni u prezentaciji:  
 Vukadinović Vladimir i Vukadinović Vesna (2011): Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek.  
 Vukadinović, V., Bertić, B. (2013): Filozofija gnojidbe – Sve što treba znati o gnojivima, udžbenik. Autorska naklada, Osijek.  
 Đurđević Boris (2014): Praktikum iz ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek.  
 Đurđević, Boris (2010): Ekspertni model procjene pogodnosti zemljišta za usjev, doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Osijek.  
 Vukadinović Vladimir, Jug Irena, Đurđević Boris (2014): Ekofiziologija bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek.

Intenziviranjem industrijalizacije poljoprivrede te rastom socijalne osviještenosti prema zaštiti okoliša i kakvoći hrane, bitnim elementima znanstvenog proučavanja postaju način gospodarenja prirodnim resursima i utjecaj gospodarenja na kakvoću tla.



Kakvoća tla – zdravlje tla i zahtjevi za njegovim korištenjem moraju biti kvantitativno opisani, odnosno moraju biti mjerljivi. Takav način kvantificiranja procesa koji se odvijaju u tlu tokom biljne proizvodnje zahtjeva niz točnih podataka i multidisciplinarni pristup. Tumačenje i klasificiranje podataka i informacija o tlu po konceptu vrednovanja „kapaciteta tla“ (dali je neko tlo dobro ili loše za određenu namjenu) je staro kao i sama civilizacija.

**TLO?**

**PLODNOST TLA?**

**ZEMLJIŠTE?**

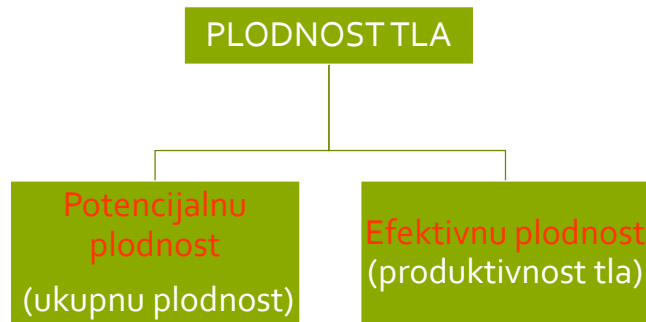
**Zašto je važno pratiti plodnost tla?**

- Intenziviranje biljne proizvodnje!
- Rast socijalne osviještenosti prema zaštiti okoliša!
- Način gospodarenja prirodnim resursima
- Utjecaj gospodarenja na kakvoću tla
- Profit!

## PLODNOST TLA

Plodnost tla označava sposobnost tla da biljkama osigura hraniva i vodu.

Plodnost tla ovisi o tipu tla, teksturi, vodnom i toplinskom režimu, sadržaju humusa, biogenosti i primjeni agrotehnike (obrada, gnojidba, mogućnost odvoda viška vode itd.)



Ostale podjele plodnosti tla:

primarnu plodnost – prirodna vegetacija (livade)

prirodnu plodnost – nakon iskorištenja primarne plodnosti dolazi do stvaranja prirodnih značajki tipa tla i to dubina, tekstura, struktura, itd.)

tradicionalnu plodnost – opisuje ju načina gospodarenja tlom

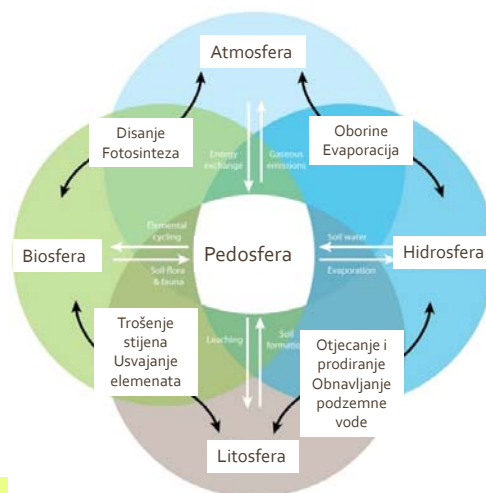
tehnološku plodnost – plodnost tla pod jakim antropogenim utjecajem

## Procjena plodnosti tla

Opisuje proizvodni prostor tj. prikazuje kvalitete tla s jedne strane i njegove nedostatke unutar jednog sustava korištenja na temelju podataka (izmjera i interpretacija vanjske morfologije tla, vegetacije, klime, kemijskih svojstava tla i drugih parametara potrebnih za odabir najpovoljnijeg načina korištenja tla).



Pedosfera je sustav kojeg čine i opisuju litosfera, atmosfera, hidrosfera i biosfera. Složeni pedogenetski procesi u različitim oblicima utječu na stvaranje različitih tala koja čine ukupni zemljišni pokrov zemlje (pedosferu) naravno, ovisno o uvjetima okoliša.



## Koncept zemljište

### Zemljište označava prostorni i geografski pojam.

Obuhvaća: Tlo kao najveći i najznačajniji prirodni resurs, vegetacijske, geološko/orografske, hidrološke i klimatske značajke određenog proizvodnog područja



### Indikatori plodnosti tla mogu se opisati kao statične ili dinamične.

Klima, topografija, matični supstrat, vrijeme i životno stanište (biotop) mogu se navesti kao statični indikatori.

**Statični** indikatori se koriste za regionalizaciju zemljišta, te kao temeljni indikatori prilikom monitoringa i izdavanja preporuka za korištenje tla, a **dinamički** su manje ili više vremenski promjenjivi (vlažnost tla, pH vrijednost tla, sadržaj hraniva u tlu i drugi).

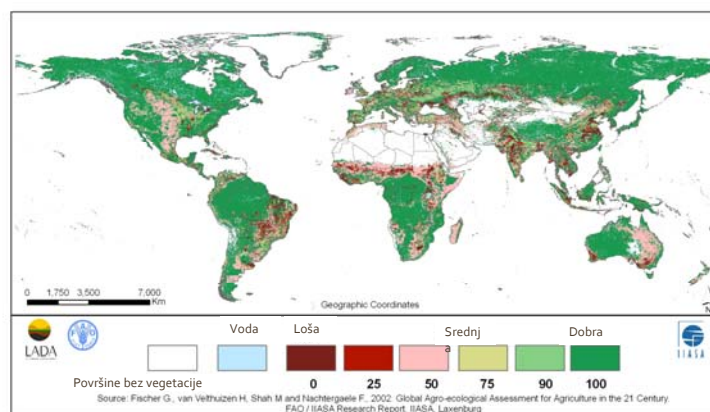


Prilikom procjenjivanja plodnosti tla većina autora uzima u obzir fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla.

Fizikalni	Kemijski	Biološki
tekstura	organski C	C/N odnos
dubina soluma	ukupni N	Potencijal mineralizacije
infiltracija	pH	disanje tla
gustoća tla	konduktivitet	
kapacitet tla za vodu	Konc. N, P, K u tlu	

Za dobru procjenu proizvodnog potencijala tla, uz determiniranje agroekoloških svojstava, potrebno je kvantificirati način njegove uporabe.

FAO metoda vrednovanja zemljišta ne određuje niti planira promjene u načinu njegovog korištenja, ali pruža podatke na temelju kojih se takve odluke mogu donositi.



Plan gospodarenja tlom:

Kakav je trenutni način gospodarenja i što će se dogoditi ako dođe do promjene načina korištenja?

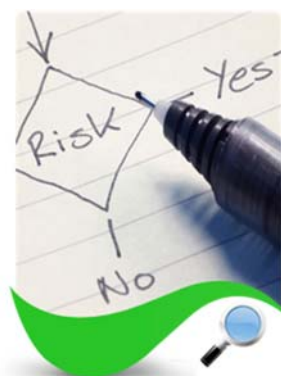
- a) koja su moguća poboljšanja načina gospodarenja?
- b) koje su moguće druge koristi (fizičke i ekonomske)?
- c) koje od tih koristi nude mogućnosti za kontinuiranu proizvodnju?
- d) koji su nepovoljni efekti nastali načinom eksploatacije gledano s fizičkog, ekonomskog ili socijalnog aspekta?
- e) što treba rekurentno primjenjivati za ostvarenje željenog cilja uz minimiziranje štetnih nuspojava?
- f) koje su prednosti pojedinog načina korištenja?

Kod uvođenja novog načina korištenja zemljišta koji značajno utječe na promjene tla (npr. navodnjavanje), potrebno je odgovoriti na dodatna pitanja:

- 1) koje promjene su moguće i/ili nužne?
- 2) što treba jednokratno učiniti za provedbu tih promjena?

U tom kontekstu procesa planiranja korištenja zemljišta mogu se prema FAO generalizirati aktivnosti i odluke (studija izvodljivosti):

- a) prepoznavanje potreba za promjenama;
- b) identifikacija ciljeva;
- c) formuliranje prijedloga, uključujući alternativne oblike korištenja zemljišta te prepoznavanje njihovih glavnih zahtjeva;
- d) prepoznavanje i lokacija različitih tipova zemljišta prisutnih u području;
- e) usporedba i vrednovanje pojedine vrste zemljišta za različite namjene;
- f) odabir željene koristi za svaku vrstu zemljišta;
- g) projekt, ili druge detaljne analize odabranog skupa alternativa za različite dijelove područja.



## Klase pogodnosti tala prema FAO klasifikaciji

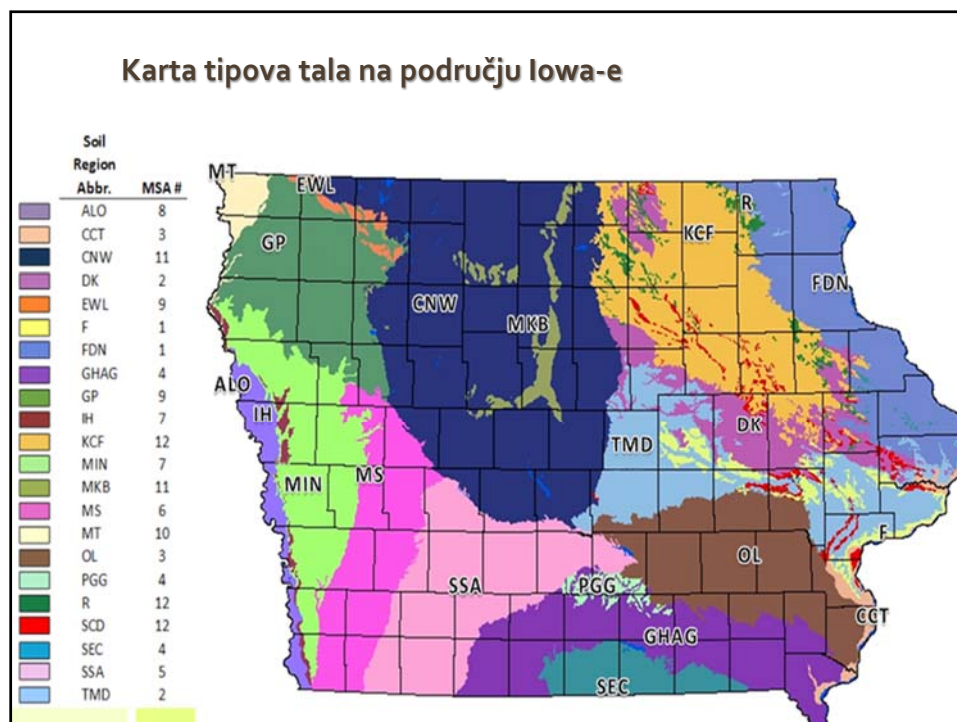
Pogodnost	Klasa pogodnosti tala
Pogodno	S <sub>1</sub> (vrlo pogodna)
	S <sub>2</sub> (pogodna)
	S <sub>3</sub> (ograničeno pogodna)
Nepogodno	N <sub>1</sub> (privremeno nepogodna)
	N <sub>2</sub> (trajno nepogodna)

**ISPAID baza tala lowe** koja opisuje 102 parametra kvantifikacije kapaciteta produkcije, pravi je primjer moderne interpretacijske baze.

### **IOWA SOIL PROPERTIES AND INTERPRETATIONS DATABASE (ISPAID)**

- Osnovni podaci o kartografskoj jedinici (*Soil Map Unit*) identificiraju tip tla, klasu nagiba i fazu erozije.
- Zemljišna pogodnost razvrstana je u sedam klasa (od tla bez ograničenja za poljoprivrednu proizvodnju do klase s vrlo ograničenom primjenom), svaka s tri podklase.
- Zatim slijede fizikalno kemijska svojstva tla kao što su dubina humusnog sloja, sadržaj humusa, pH u površinskom i podpovršinskom sloju u osam klasa i ostalo.





Čimbenici okoliša	Detalji	Primjeri
<b>Svjetlost</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• intenzitet</li> <li>• kvalitet (spektralni sastav)</li> <li>• duljina osvjetljenosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ duljina dana</li> <li>▪ oblačnost, zasjenjenost</li> <li>▪ IC (crvena/tamnocrvena)</li> <li>▪ UV (ultravioletna)</li> </ul>
<b>Voda u tlu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• količina</li> <li>• kvaliteta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ potencijal vode</li> <li>▪ oblici vode u tlu</li> <li>▪ anoksija</li> <li>▪ zaslanjenost</li> </ul>
<b>Oborine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ukupne oborine</li> <li>• sezonska distribucija</li> <li>• intenzitet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ visoke/niske</li> <li>▪ zimske</li> <li>▪ nevrjeme</li> </ul>
<b>Atmosferska suša</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• suh zrak (interakcija temperature i zraka)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ niska relativna vlaga zraka</li> <li>▪ visoka evapotranspiracija</li> </ul>
<b>Temperatura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• akumulacija aktivne temperature</li> <li>• ekstremi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ organogeneza</li> <li>▪ oštećenja mrazom ili visokom temperaturom</li> </ul>
<b>Tlo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• struktura (fizikalna svojstva)</li> <li>• organska tvar</li> <li>• hraniva</li> <li>• pH</li> <li>• zaslanjenost</li> <li>• aeracija</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ mehanički sastav</li> <li>▪ tekstura, struktura</li> <li>▪ retencija vode</li> <li>▪ raspoloživost hraniva</li> <li>▪ oksidoredukcija</li> </ul>
<b>Biljna hraniva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• makroelementi (N, P, K, S, Mg, Ca)</li> <li>• mikroelementi (Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo, Cl, Ni)</li> <li>• korisni elementi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ proteini (enzimi)</li> <li>▪ transport energije</li> <li>▪ ionski transport i ravnoteža</li> <li>▪ prenositelji iona</li> <li>▪ struktura klorofila</li> </ul>
<b>Vjetar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• brzina vjetra</li> <li>• turbulencija</li> <li>• vjetrozaštita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ poljeganje</li> <li>▪ abrazija</li> <li>▪ polinacija</li> </ul>
<b>Biotski efekti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kompeticija</li> <li>• životinje</li> <li>• patogeni</li> <li>• antropogeni učinak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ odnosi između biljaka</li> <li>▪ ispaša</li> <li>▪ bolesti</li> </ul>
<b>Ostalo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vatra</li> <li>• uznemiravanje</li> <li>• snježni prekrivač</li> <li>• onečišćenja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ zemljotres</li> <li>▪ kisele kiše</li> </ul>

Dobra procjena plodnosti tla treba uvažavati određene atribute:

**ekološko-biološke,  
sociološko-ekonomske i  
tehničko-tehnološke**

Takav način kvantificiranja procesa koji se odvijaju u tlu tijekom biljne proizvodnje zahtjeva niz točnih podataka i **multidisciplinarni pristup** za razliku od klasičnih sustava bonitiranja koji uzimaju u obzir samo agroekološke indikatore plodnosti. Tumačenje i klasificiranje podataka i informacija o tlu po konceptu vrednovanja „kapaciteta tla“ (dali je neko tlo dobro ili loše za određenu namjenu) je staro kao i sama civilizacija



## 1. Biološko-ekološki aspekt

### a) Analiza tla

1. uzorkovanje
2. laboratorijske metode
3. interpretacija rezultata

### b) Dopunske informacije

1. predkultura i njezin prinos
2. pedo-fizikalna svojstva
3. organska tvar
4. biološka svojstva tla
5. zelena gnojidba
6. uređenost zemljišta
7. klimatološki podaci
8. tip tla

### c) Mogući prinos

- d) dosadašnja visina prinosa
- e) bilanca (management) hraniva
- f) potencijal rodnosti kultivara



## 2. Sociološko-ekonomski aspekt

### a) Profitabilnost

## 3. Tehničko-tehnološki aspekt

### a) Agrotehnička razina

1. adekvatna agrotehnika
2. obradivost zemljišta

### b) Znanje proizvođača (?)

### a) Laboratorije

### a) Politika (?)



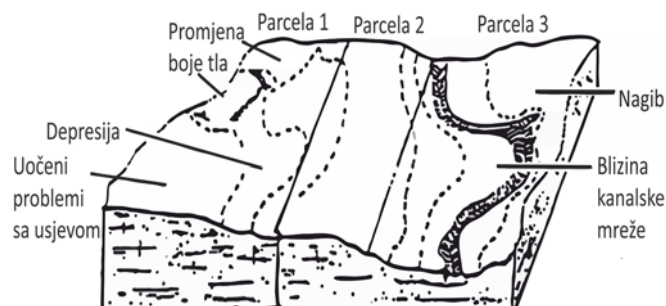
Stoga procjena kakvoće tla koja uvažava ekološko-biološke, sociološko-ekonomske i tehničko-tehnološke atribute temelji se na:

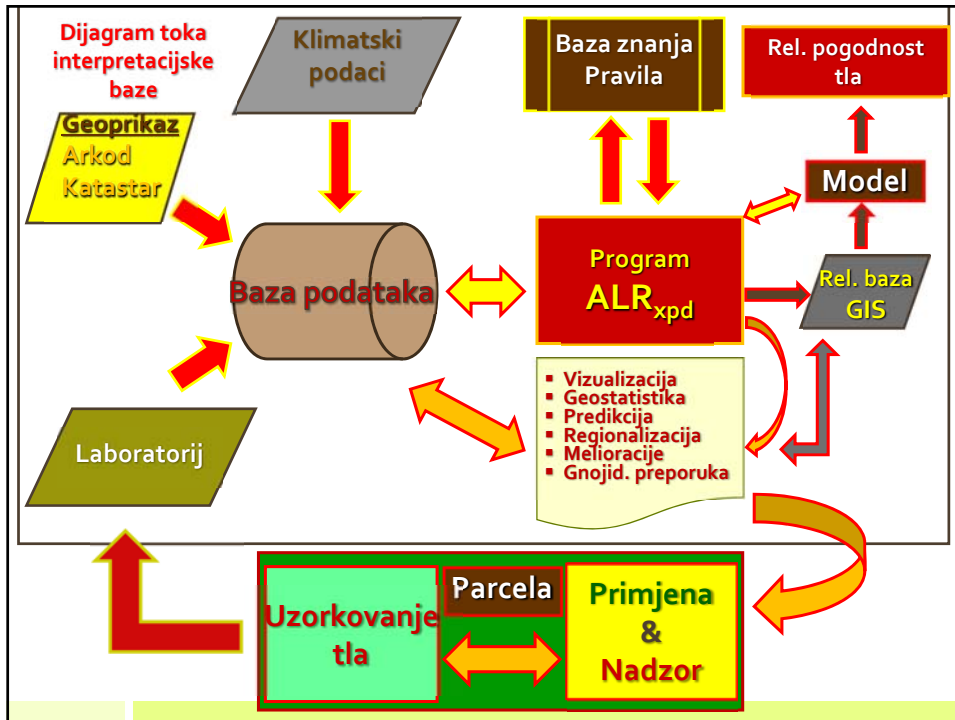
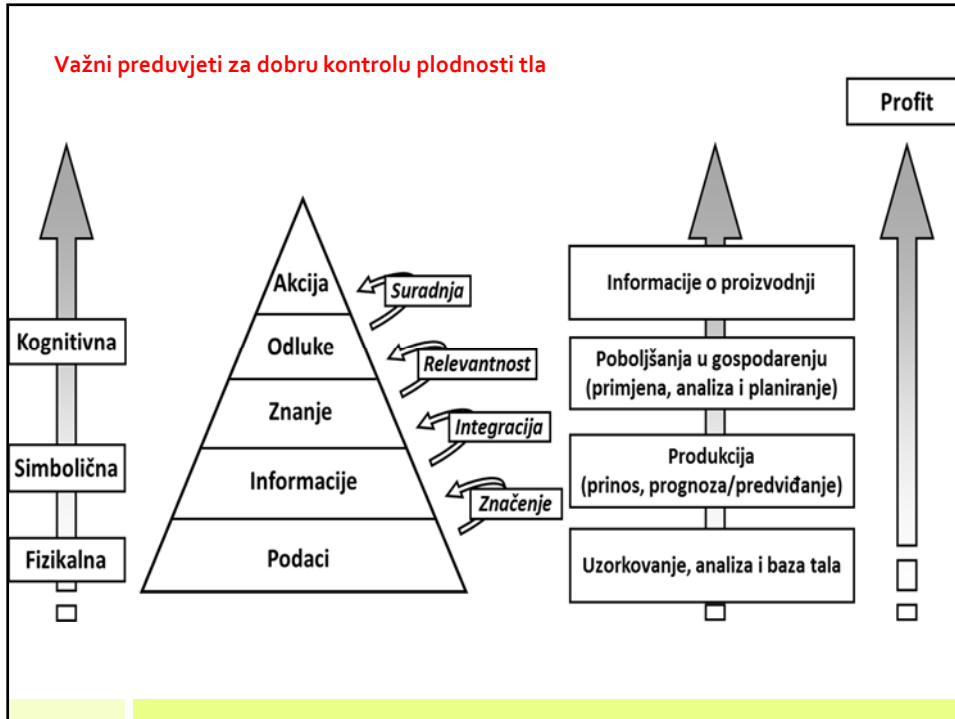
- a) utvrđivanju indikatora kakvoće (plodnosti) koji moraju biti osjetljivi, pouzdani, reproducibilni i mogu detektirati fizikalne, kemijske i biološke promjene karaktera, procese i druge interakcije,
- b) poznavanju svih svojstava tla i klime, antropogenih i drugih utjecaja,
- c) sakupljanju i čuvanju svih relevantnih podataka u računalnoj bazi,
- d) njihovoj računalnoj interpretaciji uz pomoć niza pravila (iz grupe agrotehničkih, biljnih, klimatskih, zemljišnih, ekoloških, iskustvenih (npr. „best practice“) i ostalo;

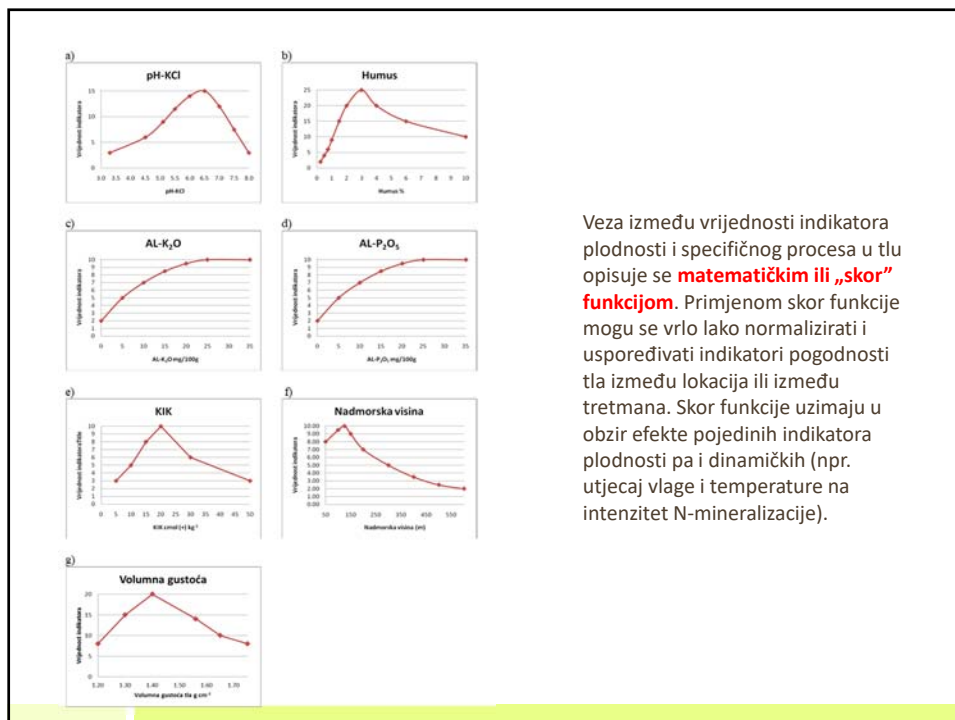
### Analiza tla kao temelj dobre kontrole plodnosti tla

Za postizanje visokih prinosa ratarskim usjevima potrebna je kontinuirana opskrba hranjivim elementima. U visoko profitabilnoj biljnoj proizvodnji tlo je još uvijek nezamjenjivi resurs koji biljci osigurava većinu hranjivih tvari. Naravno, odnošenje dijela prinosa ratarskog bilja za potrebe ljudske ishrane pomiče ravnotežu u tlu, što rezultira snižavanjem sadržaja esencijalnih hraniva i padom prinosa, a vidljivo je tijekom vegetacije kroz simptome njihovog nedostatka. Intenziviranjem biljne proizvodnje ne opada samo sadržaj hraniva u tlu, već se može javiti i niz fizikalnih, kemijskih i bioloških promjena koje značajno utječu na rast i razvoj biljaka.

Značajan je pomak u proizvodnji redovito provođenje analize tla na proizvodnim površinama. Neophodno je i kontinuirano precizno preračunavanje iznošenja i unošenja hraniva u tlo, kao i praćenje utjecaja gnojidbe na visinu prinosa. Takvim se pristupom greške, koje mogu nastati prilikom planiranja i proračuna gnojidbe, svode na minimum.







## Primjer modela procjene pogodnosti tla za usjeve

### TABLIČNI MODEL

IF  $I_{min} \geq 40$  THEN  
 $Rel. pog. \% = \frac{\sum_1^n I}{n}$   
 ELSE IF  
 $Rel. pog. \% = I_{min}$   
 ( $I$  = indikator pogodnosti)

### FUNKCIJSKI I KOMBINIRANI MODEL

IF  $I_{min} \geq 40$  THEN  
 $Rel. pog. \% = \frac{\left(\frac{\sum_1^n I - I_{min}}{n - 1} \times \frac{\sum_1^n I}{n - 1}\right)}{100}$   
 ELSE IF  
 $Rel. pog. \% = I_{min}$   
 ( $I$  = indikator pogodnosti)

## Gnojidbeni kalkulator

- Koristeći znanstveno-stručni pristup na Zavodu za kemiju, biologiju i fiziku tla Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku razvijen je **ALRxp** ekspertni kalkulator koji se može navesti kao pravi primjer suvremenog načina računanja gnojidbenih preporuka.
- Kalkulator na temelju informacija o tlu procjenjuje proizvodnu pogodnost tla kojom se korigira potreba gnojidbe, predlaže potrebu za kalcijacijom, izračunava potencijal N-mineralizacije te uz pomoć strogo definiranih „pravila“ u vidu komentara i savjeta tumači rezultate analize i proračun gnojidbe s posebnim naglaskom na ograničavajuće činitelje produktivnosti tla za pojedini uzorak tla.

ALR kalkulator			Proračun gnojidbe usjeva V. Vukadinović® (03.08.2012.)	
1)* Ime datoteke:	2)* Prezime i ime:	3)* ZIP, grad, ulica i broj:	<b>Rezultati:</b>	
4)* Replja (obor. mm/god.):	5)* Broj kat. čest.:	6)* Površina parcele ha:	• PODACI O PARCELI (Vlasnik: PPK Valpovo-PO Brodanci)	
7)* Geo. duljina (Long.):	8)* Geo. širina (Lat.):	10)* Google kml	Adresa: Brkićeva 87, 31223 Brodanci	
9) navod	10) Planirani usjev:	11)* Planirani prinos t/ha:	Parcela: 250200 Površina: 4.6 (ha)	
12) Predusjev:	13) Prinos predusjeva t/ha:	14) Žetveni ostaci t/ha:	Geo. dulj.: 18.48898 E Geo. šir.: 45.59754 N	
15) Org. gnojivo t/ha:	16) God. prim. stajnjaka:	17)* pH (KCl):	Usjev: Pšenica ozi Plan. pri.: 7.00 t/ha	
18)* pH (MCH):	19)* Humus %:	20)* AL-P205 mg/100g:	Predusjev: Ojzina repi Jet. osta.: 1.00 t/ha	
21)* AL-K2O mg/100g:	22) KDK meq/100g:	23) Hy meq H/100g:	Stajnjak: 0 t/ha God. prim.: bez org. gnojva	
24) CaCO3 %:	25) Tekstura tla:	26) Biogenost:	pH(KCl): 4.87 pH(MCH): 5.49	
27) Nagib i ekspozicija:	28) Urednost parcele:	29) Agrotehnika:	AL-P205: 19.30 AL-K2O: 33.31 (mg/100g)	
30) Zaštita usjeva:	31) Formulacija NPK:	32) P205-gnojivo:	Humus %: 2.87 N-ukup. %: 0.1*	
33) K2O-gnojivo:	34) Upr. bilanca:	35) Bilanca NPK:	NPK: 119 za 4.60 ha 547.4 kg	
34) KCl 64%	36) Upr. bilanca:	37) Bilanca K:	Urea: 85 za 4.60 ha 391.0 kg	
Upotrebom samo jednog pojedinačnog gnojiva (P ili K) može se podestri bilanca, ako NPK gnojivo nema suviše dužina!			K2O: 433 za 4.60 ha 1991.8 kg	
D:\01_Preporka\KBF_2012\KBF_UPL_2012-08_26\70.csv			KAN + Urea: 116.91 + 39.1 = 156.0 N kg/ha	
Računaj i spremi			P-gnojivo: KCl 60% za 4.60 ha 0 kg	
Briši logič			• BILANCA NPK (kg/ha) → 0 : 0 : 0 → Bilanca OK!	
53			• KALCIJACIJA (kg/ha) uz 85 = 98 X	
Skoj izlaz			Ca: 1308 za 4.60 ha 6016.8 kg	
			CaO: 1833 za 4.60 ha 8422.6 kg	
			CaCO3: 3278 za 4.60 ha 15042.0 kg	
			Orbokalik: 4186 za 4.60 ha 19255.0 kg	
			Klima: 651 = 750 mm/god.; 11.5 °C/god.	
			Bata H=lin: 42.3 N kg/ha/god (procijena)	

ALRxp ekspertni kalkulator (izvor: Vladimir Vukadinović i Vesna Vukadinović, 2011.)







### Vizualizacija, predikcija i obrada podataka

#### Geostatistika

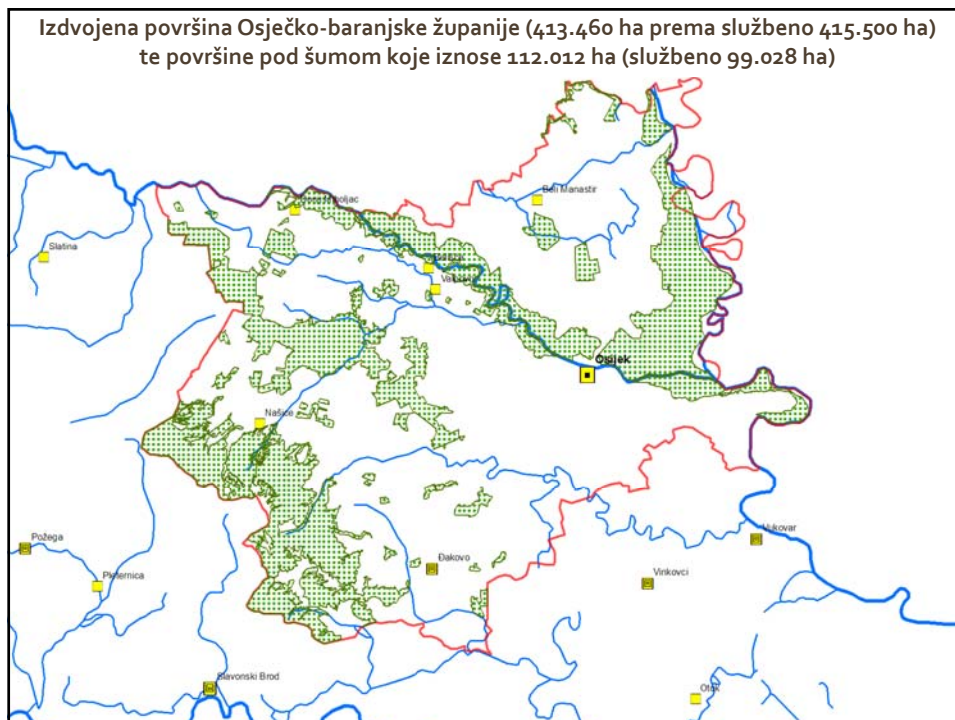
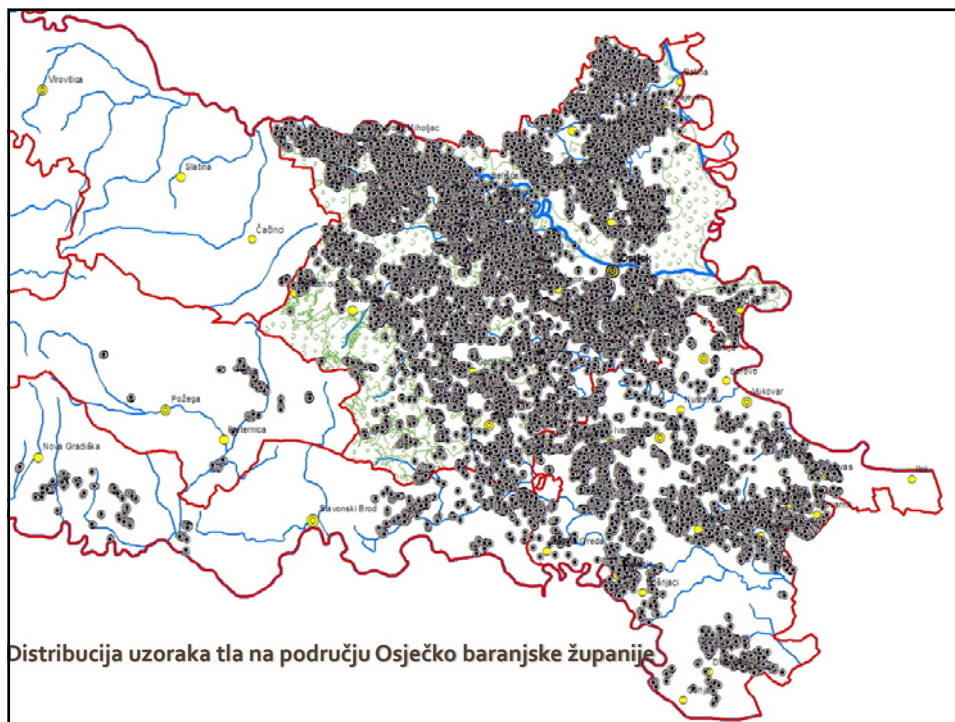
Osnovni koncept geostatistike temelji se na mjerenju prostorne raznolikosti koja je manja od varijance svih podataka koji čine jedan skup mjerenja. Prostorno neovisni podatci opisuju su isključivo njihovom ukupnom varijancom, odnosno srednjom vrijednošću za koju se podrazumijeva da odgovara očekivanju cijele populacije.

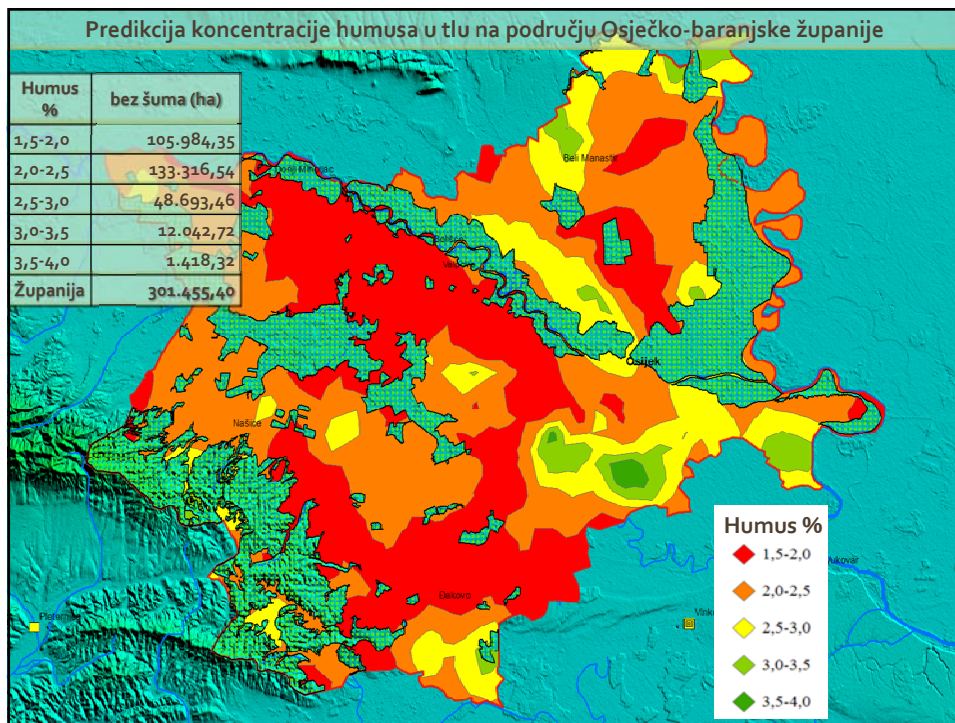
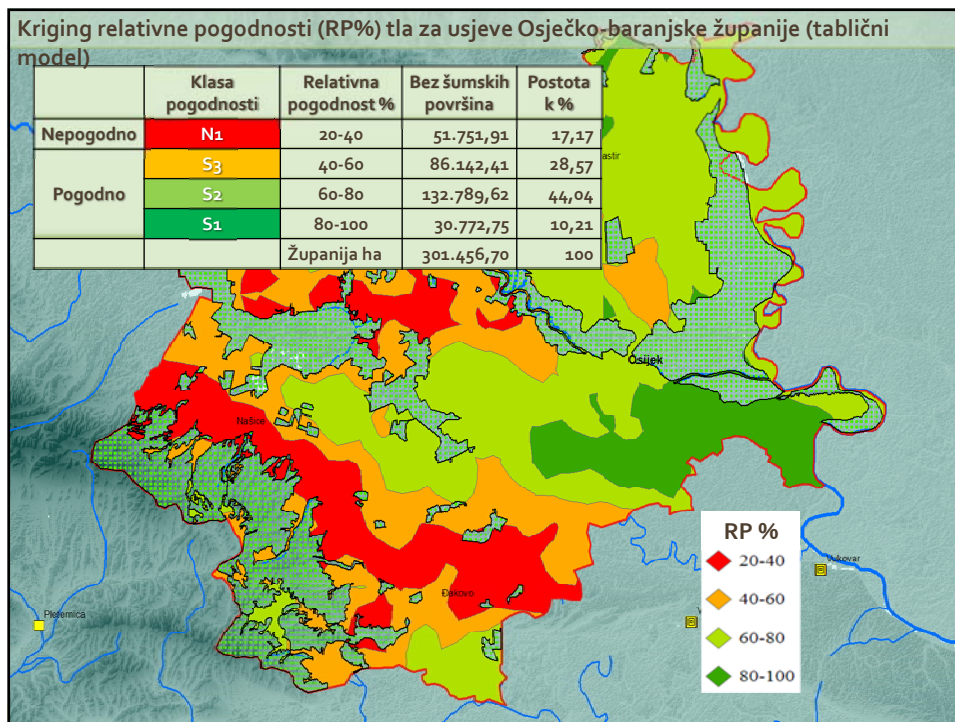
#### Vizualizacija i prostorna predikcija

pogodnosti poljoprivrednog zemljišta Osječko–baranjske županije temeljena je na geostatističkoj metodi kriginga.

### Kontrola plodnosti tla za ratarske usjeve

- Za kvantifikaciju plodnosti tla koriste se raspoložive informacije o zemljištu prikupljene kroz višegodišnje provođenje projekta te su korišteni samo neki raspoloživi, ali relevantni indikatori plodnosti koji interpretiraju svojstva zemljišta.
- Model obuhvaća samo indikatore koji se antropogenim djelovanjem (kondicioniranje, redovna mineralna i organska gnojidba, obrada i dr.) mogu popraviti do razine potrebne za određeni tip biljne proizvodnje
- pH-KCl
- Humus (%)
- AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg·100g<sup>-1</sup>
- AL-K<sub>2</sub>O mg·100g<sup>-1</sup>
- KIK cmol (+) kg<sup>-1</sup>
- Nadmorska visina
- Volumna gustoća tla g·cm<sup>-3</sup>
- Nadmorska visina







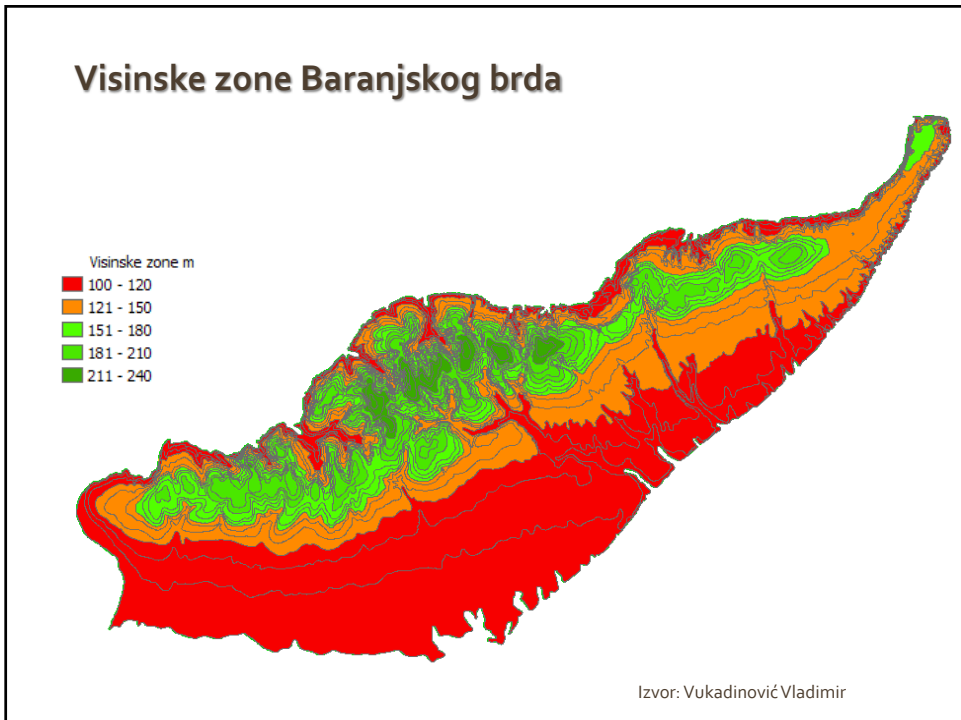
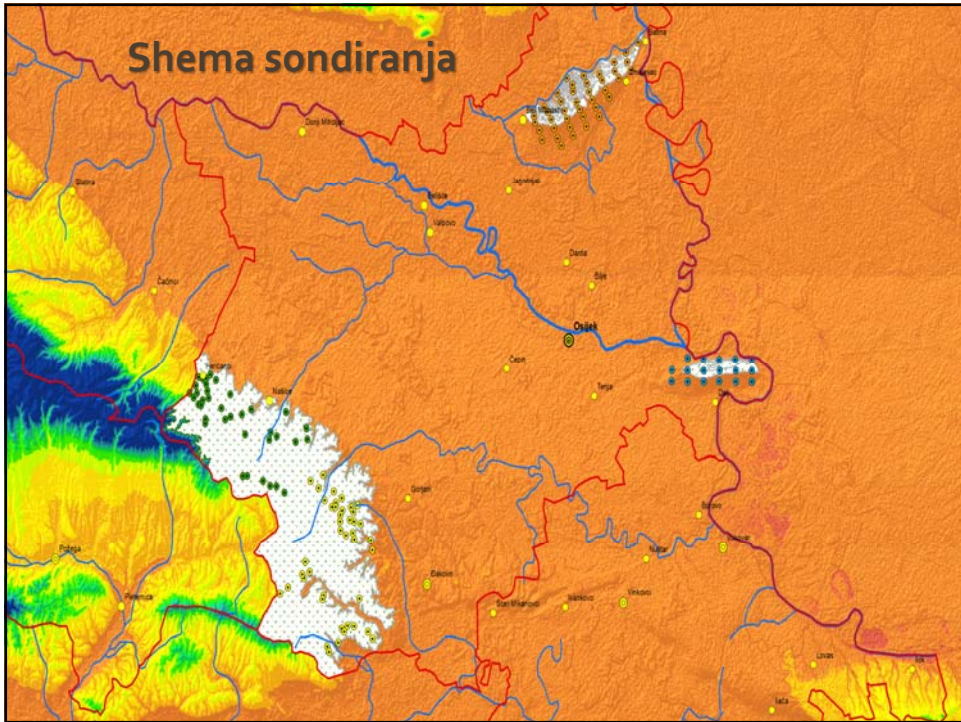
### Utvrđivanje plodnosti tla za trajne nasade

- Brz i pouzdan računalni model unutar GIS alata za procjenu pogodnosti zemljišta za vinograde po modelu selektivne težine svakog atributa pogodnosti.
- Vizualizacije prikupljenih i analiziranih podataka o zemljištu prikazana je na detaljnim topografskim, satelitskim i vektorskim kartama

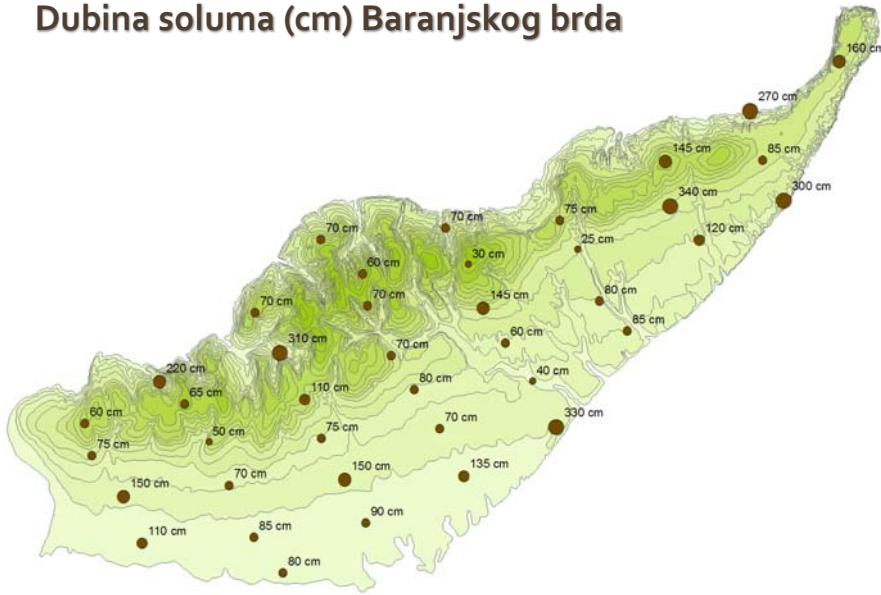


- Izračun pogodnosti zemljišta za vinograde sastoji se od dva segmenta.
- Prvo se izračuna pogodnost za limitirajuće činitelje i posebno za antropogene.
- Zatim se izračunava „ukupna“ relativna pogodnost za vinovu lozu na temelju prethodna dva izračuna.





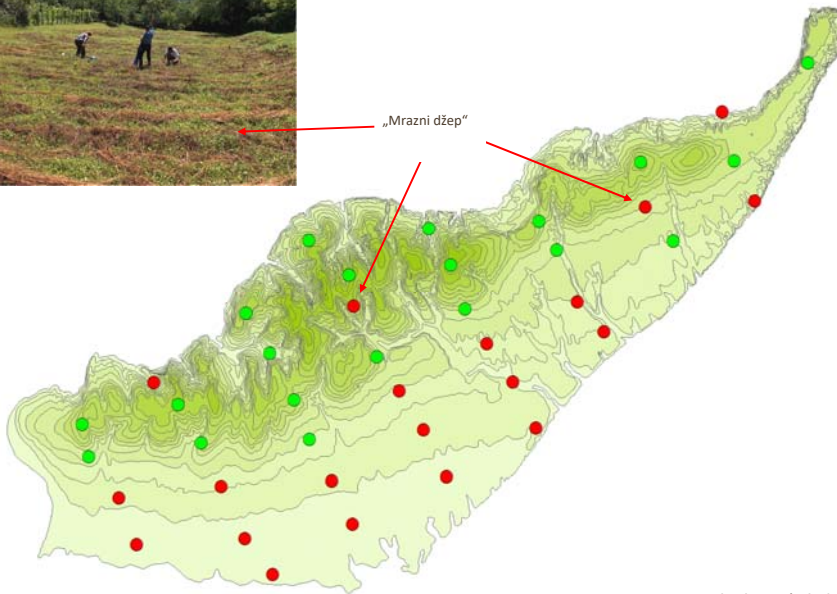
### Dubina soluma (cm) Baranjskog brda



Izvor: Vukadinović Vladimir



„Mrazni džep“



Izvor: Vukadinović Vladimir

Foto: prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

