

"Zbornik radova", Sveska 41, 2005.

Stručni rad

## **SAVREMENE METODE U ISPITIVANJU ZEMLJIŠTA**

*Sekulić, P.<sup>1</sup>, Hadžić, V.<sup>2</sup>*

### **Zemljišta Srbije**

Prvu preglednu pedološku kartu Kraljevine Jugoslavije u razmeri 1:3.500.000 objavio je A.Stebut, 1926. godine, a drugu u razmeri 1:1.200.000 1931. godine. To je bilo vreme kada su pedološka istraživanja kod nas bila još u inicijalnoj fazi. Zbog toga su i pedološke karte imale šematski karakter (Nejgebauer et al., 1961).

Kada je u pitanju klasifikacija zemljišta (pedotaksonomija) već pre prvog svetskog rata, a posebno dvadesetih godina dvadesetog veka, prihvaćena je ruska genetska škola pa su se u nas koristile tada aktuelne klasifikacije, naročito Sibirceva i Glinke.

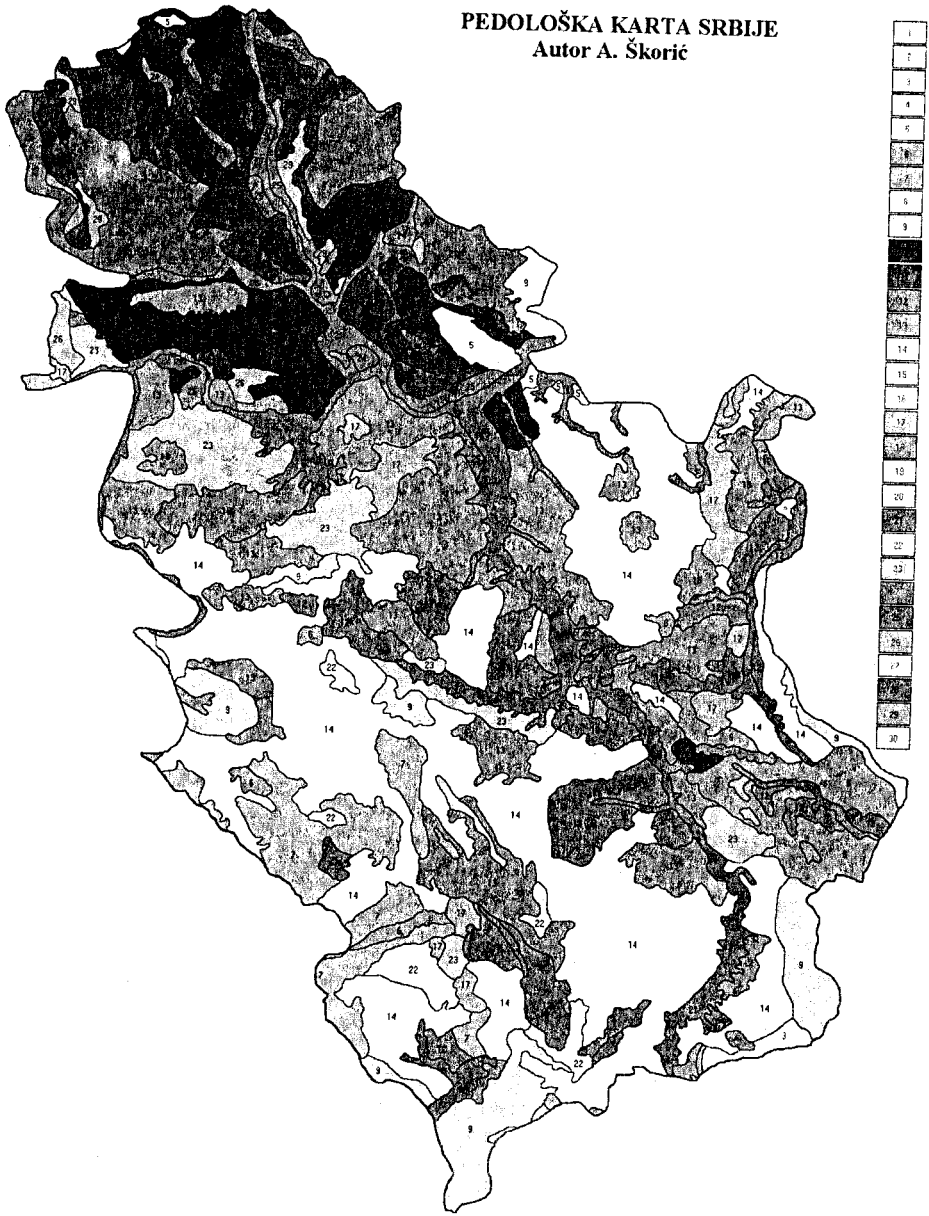
Našu prvu klasifikaciju izradio je Stebut, A. (1927). Kao rezultat rada na klasifikaciji zemljišta objavljene su do sada sledeće verzije: Nejgebauer et al. 1963; Filipovski, G. et al., 1964; Škorić, et al., 1973. Navedene klasifikacije su prve i do sada su bile opšte prihvaćene i korišćene u našoj pedološkoj praksi pri izradi pedološke karte Jugoslavije 1:1.000.000, pedološke karte Vojvodine 1:100.000, kao i osnovne pedološke karte Jugoslavije 1:50.000.

Na slici 1. je prikazana pedološka karta Srbije u razmeri 1:2.000.000, koja je izrađena na osnovu klasifikacije Zemljišta Jugoslavije (Škorić et al., 1985), smanjivanjem i uopštavanjem postojećih pedološkiha karata krupnije razmere. Sem toga data je legenda pedološke karte Srbije R=1:2.000.000 (Sl. br. 2), a u tabeli br. 1. tipovi zemljišta na prostoru Republike Srbije sa osnovnim podacima o bonitetnim karakteristikama.

---

1 Prof. dr Petar Sekulić, naučni savetnik, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad  
2 Prof. dr Vladimir Hadžić, redovni profesor, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

PEDOLOŠKA KARTA SRBIJE  
Autor A. Škorić



Sl. 1. Pedološka karta Srbije R=1:2 000 000  
Fig. 1. Soil map of Serbia (1:2,000,000)

- |    |   |
|----|---|
| 1  | 1. Goli krš sa pegama Crvenica, Smedeg zemljišta i Litosola                     |
| 2  | 2. Litosoli i eutrično smeđa zemljišta  |
| 3  | 3. Litosoli na kiselim stenama i Rankeri  |
| 4  | 4. Regosoli, Rendzine i Eutrično smeđa zemljišta                                |
| 5  | 5. Arenosol i Eutrično smeđa zemljišta na resku                                 |
| 6  | 6. Krečnjačko dolomitne crnice, Litosoli i Rendzine                             |
| 7  | 7. Krečnjačko dolomitne crnice, Smeđa zemljišta na krečnjaku i Crvenice         |
| 8  | 8. Rendzine i Regosoli  |
| 9  | 9. Rankeri i Distrično smeđa zemljišta  |
| 10 | 10. Černozem na lesu  |
| 11 | 11. Černozem i Černozemno-semiglejno zemljište                                  |
| 12 | 12. Smonice   |
| 13 | 13. Eutrično-smede zemljište  |
| 14 | 14. Distrično-smeđa zemljišta - Lesivirana i Smeđa zem. na krečnjaku i dolomitu |
| 15 | 15. Smede zem. Lesivirano i Crnica na krečnjaku i dolomitu                      |
| 16 | 16. Crvenica lesivirana, i Smeđa zemljišta na krečnjaku                         |
| 17 | 17. Lesivirana i Eutrična smeđa zemljišta                                       |
| 18 | 18. Lesivirana zemljišta  |
| 19 | 19. Lesivirano pseudoglejno zemljište i Rendzine                                |
| 20 | 20. Lesivirano akrično zem. Smede na krečnjaku i Distrično smeđe zem.           |
| 21 | 21. Fluvijativna i euglejna zemljišta   |
| 22 | 22. Pseudogleji   |
| 23 | 23. Pseudoglej i Lesivirana pseudoglejna zemljišta                              |
| 24 | 24. Černozemno semiglejno zemljište   |
| 25 | 25. Ritske crnice   |
| 26 | 26. Glejna i Semiglejna zemljišta   |
| 27 | 27. Močvarno glejna zemljišta (euglejna)  |
| 28 | 28. Tresetna zemljišta  |
| 29 | 29. Halomorfna zemljišta (solončak i solonjec)                                  |

*Sl. 2. Legenda Pedološke karte Srbije R = 1: 2 000 000*  
*Fig. 2. Legend of the soil map of Serbia (1: 2,000,000)*

Tab. 1. Tipovi zemljišta na prostoru Republike Srbije sa osnovnim podacima o bonitetnim karakteristikama (iz Prostornog plana Republike Srbije, 1996)

Tab. 1. Soil types on the territory of the Republic of Serbia (from Spatial Plan of the Republic of Serbia, 1996)

Broj	Tip zemljišta	Površina (ha)	Bonitetne karakteristike
1	Kamenjar (Litosol)	77.757	Ozbiljna ograničenja - neproduktivno zemljište
2	Eolski pesak (Arenosol)	86.000	Znatna ograničenja - slabo do srednje produktivno zemljište
3	Zemljišta na krečnjacima Krečnjačko dolomitna crnica (Kalkomelanosol) i Smeđe krečnjačko(Kalkokambisol)	910.000	Znatna do srednja ograničenja - slabo do srednje roduktivna zemljišta
4	Humusno silikatno zemljište (Ranker)	324.000	Umerena do znatna ograničenja-pro- duktivno zemljište za livadsko-paš- njačku proizvodnju
5	Černozem	1.200.000	Bez ograničenja- visoko produktivno zemljište
6	Smonica (Vertisol)	680.000	Umerena ograničenja- visoko produktivno zemljište
7	Eutrično smeđe-Gajnjača (Eutrični kambisol)	437.000	Umerena ograničenja-produktivno zemljište
8	Distrično smeđe-Kiselo smeđe (Distrični kambisol)	2.607.000	Znatna ograničenja - slabo do srednje produktivna
9	Zemljišta na serpentinu (Ranker i Eutrično smeđe)	268.000	Znatna do srednja ograničenja-slabo do srednje produktivna zemljišta
10	Pseudoglej	500.000	Umerena do znatna ograničenja- uslovno produktivno zemljište
11	Aluvijalno zemljište(Fluvisol) i Ritska crnica (Humoglej)	675.000	Bez ograničenja do ozbiljnih ograničenja- uslovno mogu biti visoko produktivna (melioracije)
12	Solončak i Solonjec (zaslanjena i alkalizovana zemljišta)	233.000	Znatna ograničenja - slabo do srednje produktivna
Ukupno 1-12		8.836.757	

Kada se radi o laboratorijskim ispitivanjima neophodnim da se pojedine zemljišne tvorevine svrstaju u određene sistematske jedinice (taksonomske), uzimajući kriterijume iz navedene klasifikacije, može se konstatovati da se radi uglavnom o analizi mehaničkog sastava i strukture zemljišta od fizičkih svojstava, a od hemijskih, ispitivanja se odnose na reakciju sredine (aktivna i potencijalna kiselost), kapacitet adsorpcije, zasićenosti bazama, adsorbovane katjone, prisustvo karbonata i humusa, a u slučaju halomorfnihi zemljišta na sadržaj i sastav ukupnih vodorastvorljivih soli kao i procenat adsorbovanog natrijuma.

## World Reference Base for Soil Resources

Medutim, nove svetske klasifikacije zemljišta (WRB World Reference Base for soil resources FAO, ISRIC and ISSS 1998, američka klasifikacija zemljišta - Keys to Soil Taxonomy, USDA 1998 i dr) sve više se oslanjaju na kvantitativne analitičke pokazatelje. WRB tj. svetska referentna baza za zemljišne resurse ima trideset referentnih grupa zemljišta, koje se međusobno razlikuju prema primarnom ili dominantnom pedogenetskom procesu, koji uslovljava karakterističnu građu profila, dijagnostičke horizonte i osobine. U daljem tekstu daje se kratak prikaz referentnih zemljišnih grupa i dijagnostičkih horizonata, koji predstavljaju osnovu ovog klasifikacionog sistema. Uz svaku od navedenih referentnih zemljišnih grupa mogu se dodati različiti pridevski kvalifikatori koji predstavljaju niže nivoe klasifikacije. Kada se uzme u obzir da se kod različitih referentnih grupa javlja od devet pa čak i do dvadesetdevet atributskih, tj. nižih nivoe klasifikacije, zemljišta sveta su definisana u preko petstotina različitih sistematskih jedinica (541).

### WRB referentne zemljišne grupe

- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| 1. HISTOSOLS (14)    | 16. KASTANOZEMS (9)   |
| 2. CRYOSOLS (19)     | 17. PHAEZEMS (20)     |
| 3. ANTHROSOLS (12)   | 18. GYPISISOLS (17)   |
| 4. LEPTOSOLS (16)    | 19. DURISOLS (13)     |
| 5. VERTISOLS (16)    | 20. CALCISOLS (15)    |
| 6. FLUVISOLS (21)    | 21. ALBELUVISOLS (14) |
| 7. SOLONCHAKS ((21)  | 22. ALISOLS (19)      |
| 8. GLEYSOLS (25)     | 23. NITISOLS (12)     |
| 9. ANDOSOLS (25)     | 24. ACRISOLS (23)     |
| 10. PODZOLS (15)     | 25. LUVISOLS (19)     |
| 11. PLINTHOSOLS (17) | 26. LIXISOLS (20)     |
| 12. FERRALSOLS (22)  | 27. UMBRISOLS (11)    |
| 13. SOLONETZ (15)    | 28. CAMBISOLS (26)    |
| 14. PLANOSOLS (27)   | 29. ARENOSOLS (20)    |
| 15. CHERNOZEMS (9)   | 30. REGOSOLS (29)     |

### Dijagnostički horizonti

- |                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| 1. Albic horizon         | 11. Ferric horizon  |
| 2. Andic horizon         | 12. Follic horizon  |
| 3. Anthropogenic horizon | 13. Fragic horizon  |
| 4. Argic horizon         | 14. Fulvic horizon  |
| 5. Calcic horizon        | 15. Gypsic horizon  |
| 6. Cambic horizon        | 16. Histic horizon  |
| 7. Chernic horizon       | 17. Melanic horizon |
| 8. Cryic horizon         | 18. Mollic horizon  |
| 9. Duric horizon         | 19. Natric horizon  |
| 10. Ferralic horizon     | 20. Nitric horizon  |

- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 21. Ochric horizon        | 28. Spodic horizon   |
| 22. Petrocalcic horizon   | 29. Sulfuric horizon |
| 23. Petroduric horizon    | 30. Takyric horizon  |
| 24. Petrogypsic horizon   | 31. Umbric horizon   |
| 25. Petroplinthic horizon | 32. Vertic horizon   |
| 26. Plinthic horizon      | 33. Vitric horizon   |
| 27. Salic horizon         | 34. Yermic horizon   |

Poštujući kriterijume savremene klasifikacije zemljišta sveta, tj. Svetske referentne baze za zemljišne resurse (WRB World Reference Base for soil resources), koji su bazirani na egzaktnim kvantitativnim parametrima, za definisanje pojedinih dijagnostičkih horizonata, materijala i osobina, neophodno je uraditi veliki broj složenih laboratorijskih analiza, koje zahtevaju savremene metode i savremenu laboratorijsku opremu. Od velikog broja analiza navodimo sledeće: boja zemljišta, specifična masa zapreminska, mehanički sastav, sadržaj Al i Fe oksida, adsorpcija fosfata, mineraloški sastav, reakcija zemljišta, stepen zasićenosti bazama, sadržaj organskog C, sadržaj  $P_2O_5$  ekstrahovanog iz 1%-tne limunske kiseline, nekapilarni porozitet, sadržaj ditionit citratno ekstrahovanog gvožđa, sadržaj gvožđa ekstrahovanog u oksalatnoj kiselini, sadržaj ditionit citratno ekstrahovanog mangana, sadržaj  $CaCO_3$ , kapacitet izmene katjona gline (sa 1 M  $NH_4OAc$ ), temperatura zemljišta, sadržaj durinoidnih kvržica -  $SiO_2$  (u vol.%), sadržaj petroplintičkih konkrecija - Fe, Mn (u mas.%), sadržaj organske materije, otpor penetraciji (kN/m), melanični index, sadržaj gipsa ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), razmenljivi Na, SAR vrednost, sadržaj vododisperzibilne gline, elektroprovodljivost zemljišne paste, vrednost optičke gustine, oksalatnog ekstrakta, sadržaj vodorastvorljivih sulfata (mas.%), ukupna rezerva baza (razmenljive i mineralne), rH vrednost, redoks potencijal...

### Hemija zemljišta i hazardne materije

Sa razvojem civilizacije i sve većom industrijskom proizvodnjom u zemljište se sve intezivnije unose materije koje mogu pre svega, da utiču na hemijske i fizičke osobine, ali i da značajno degradiraju kvalitet zemljišta. Obzirom da je količina zemljišta velika ali konačna, kvalitet zemljišta koje se koristi u poljoprivredi kao i zemljišta uopšte danas se nalazi u žiži interesovanja u celom svetu. **Degradacija zemljišta hazardnim materijama je ono na čega se danas mora obratiti posebna pažnja.**

Termin hazardne materije podrazumeva veliku i raznoliku grupu neorganskih i organskih jedinjenja. Ova jedinjenja obuhvataju toksične, korozivne, zapaljive, samozapaljive i/ili radioaktivne proizvode i otpad koji mogu biti u čvrstom, tečnom ili gasovitom agregatnom stanju. (Dragun, 1998) Postoji bukvalno **stotine hiljada** ovih proizvoda i otpada i svi poseduju različite, jedinstvene hemijske strukture. Klasifikacija hazardnih materija na osnovu porekla i vrste data je u tabeli 2.

Zbog toga se u poslednjih pola veka veliki naponi ulažu u razvoj osetljivih, konvencionalnih eksperimentalnih metoda za identifikaciju hazardnih materija u zemljištu. Ove metode su se generalno razvijale u dva smera. Za analizu organskih materija se uglavnom su razvijane hromatografske tehnike, pre svega HPLC i GC a

za elementalnu analizu su razvijane odgovarajuće spektroskopske tehnike kao što su kao što su FAAS i GFAAS a u skorije vreme se više upotrebljavaju multielementalne tehnike kao što su ICP-OES i ICP-MS, koje omogućavaju simultanu analizu većeg broja analita uz zahtev za niskom granicom detekcije i širokim opsegom koncentracija duž kojih kalibraciona kriva zadržava svoji linearnost (Bettinelli et al., 2000).

Tab. 2. Klasifikacija hazardnih materija u zemljištu (Sumner, 2000)  
 Tab. 2. Classification of hazardous materials in soils (Sumner, 2000)

Supstance koje se prirodno javljaju u zemljištu		
Klasa	Primeri	
Organska	Policiklični aromatični ugljovodoni (PAH), benzen, ugljen-disulfid..	
Neorganska	Elementi u tragovima geoheimijskog porekla: As, Cd, Hg, Ni, Pb, Zn, Co, Cr, Cu, Tl, W, V, Bi, Se, Mo, Cs...	
Prisutne u zemljištu kao posledica ljudskog delovanja		
Organske		
Klasa	Tip	Primeri
Pesticidi	Insekticidi	DDT, dieldrin, karbofuran
	Herbicidi	2,4-D, atrazin, alahlor
	Nematicidi	Aldicarb, DCP
	Fungicidi	Chlorothalonil
Policiklični aromatični ugljovodoni (PAH)		Benzo(a)piren, Ksilen, Fenantren...
Polihlorovani aromati	Polihlorovani bifenili PCB	Različiti Arohlori
	Fenoli	Pentahlorofenol (PCP)
	Polihlorovani dioksini i furani	2,3,7,8-TCDD
Organski rastvarači	BTEX	Benzen, Toluen, Etilbenzen, Ksilen
Ugljovodoni	Alkani	Benzen, Kerozin, Dizel
Ostalo	Surfaktanti	Linearni alkil sulfonat (LAS)
	Silikoni	Polidimetil silikon (PDMS)
	Sintetska ulja	Olestra
	Plastika	Bis-2-ethyl phtalate
Neorganski		
Elementi u tragovima antropogenog porekla: As, Cd, Hg, Ni, Pb, Zn, Co, Cr, Cu, Tl, W, V, Bi, Se, Mo, Cs...		

Danas se u savremenoj analitičkoj praksi sve više potencira da i priprema uzoraka treba da bude brza i pouzdana, uz maksimalnu automatizaciju i racionalno korišćenje vremena i ljudskog rada. Ovaj zahtev je doveo do naglog razvoja novih tehnika za pripremu uzoraka kao što su SFE, SPME ASE koji se koriste za organska jedinjenja, a za elementalsnu analizu su razvijeni mikrotalasni sistemi za digestiju koji su se pokazali kao veoma pogodni za kompleksne uzorke kao što su zemljište i sedimenti koji sadrže okside, glinu, silikate i organske

materije. Prednosti ovakvih sistema za digestiju su: skraćeno vreme digestije, upotreba manjih količina kiselina, smanjen rizik od kontaminacije uzorka, visok recovery za isparljive elemente (US EPA, 1996).

Zajedno sa globalnim razvojem tehnologije, razvijaju se i analitičke metode, pre svega njihova instrumentacija. Danas je opšti trend u svetu sprezanje nekoliko analitičkih tehnika u jednu radi postizanja nižih granica detekcije, boljih prinosa tj. recovery-a, pojednostavljanja metoda izolacije analita.

Kao primer možemo navesti naslove radova koji se u poslednjih nekoliko godina objavljuju u međunarodnim časopisima koji tretiraju probleme kvaliteta zemljišta i nova dostignuća u oblasti analitičke hemije:

High resolution separation of 17 arsenic species by IC-ICP-MS-results and benefits

The use of HPLC-ICP-MS and HPLC-electrospray-MS to characterise Se and As species in environmental samples

Compound Independent Calibration of Pesticides and Herbicides by GC-ICP-MS

Application of a high performance ion detection system to the analysis of geological samples by HR-ICP-MS

Analysis of Organophosphorus Pesticides by GC-ICP-MS

#### LITERATURA

- Bettinelli, M., Beone, G. M., Spezia, S., Baffi, C. (2000): Determination of heavy metals in soils and sediments by microwave-assisted digestion and inductively coupled plasma optical emission spectrometry analysis. *Analytica Chimica Acta*, 424, 289-296.
- Dragun, J. (1998): *The Soil Chemistry of Hazardous Materials*. Amherst Scientific Publishers, Amherst, Massachusetts.
- Filipovski, G., Nejgebauer, V., Ćirić, M., Škorić, M., Živković, M.: Soil classification in Yugoslavia, *Transactions, 8th International Congress of Soil Science*, Bucharest, 1964.
- Nejgebauer, V., Ćirić, M., Živković, M.: Komentar pedološke karte Jugoslavije 1:100.000, Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd, 1961.
- Nejgebauer, V., Ćirić, M., Filipovski, F., Škorić, A., Živković, M.: Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, II Kongres JDPZ, Zemljište i biljka, Vol. XII, No 1-3, Beograd, 1973.
- Stebut, A.: *Nauka o poznavanju zemljišta (Pedologija)*, Beograd, 1927.
- Sumner, M. E., ed. *Handbook of Soil Science*, 2000, CRC Press, Boca Raton.
- Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M.: *Klasifikacija tala Jugoslavije*, Zavod za pedologiju Poljoprivrednog i Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1973.
- Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M.: *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja, Knjiga LXXVIII, Odjelenje prirodnih i matematičkih nauka, Knjiga 13, Sarajevo, 1985.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1996. *Soil screening guidance: Technical background document*. USEPA Rep. 540/R-95/128. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- World Reference Base for Soil Resources, International Society of Soil Science, International Soil Reference and Information Centre, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1998.