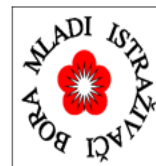




Канцеларија за сарадњу
са цивилним друштвом



BOŠ
BEOGRADSKA
OTVORENA
ŠKOLA



Ovaj projekat finansira
Evropska unija



**#EU
ЗА ТЕБЕ**

ЈАВНА ПОЛИТИКА И ПРАКСА У ЗАШТИТИ ВАЗДУХА

Биомониторинг квалитета ваздуха

Prof. dr Snežana M. Šerbula
Univerzitet u Beogradu; Tehnički fakultet Bor



Mladi
istraživači
Srbije
Volonterski servis Srbije



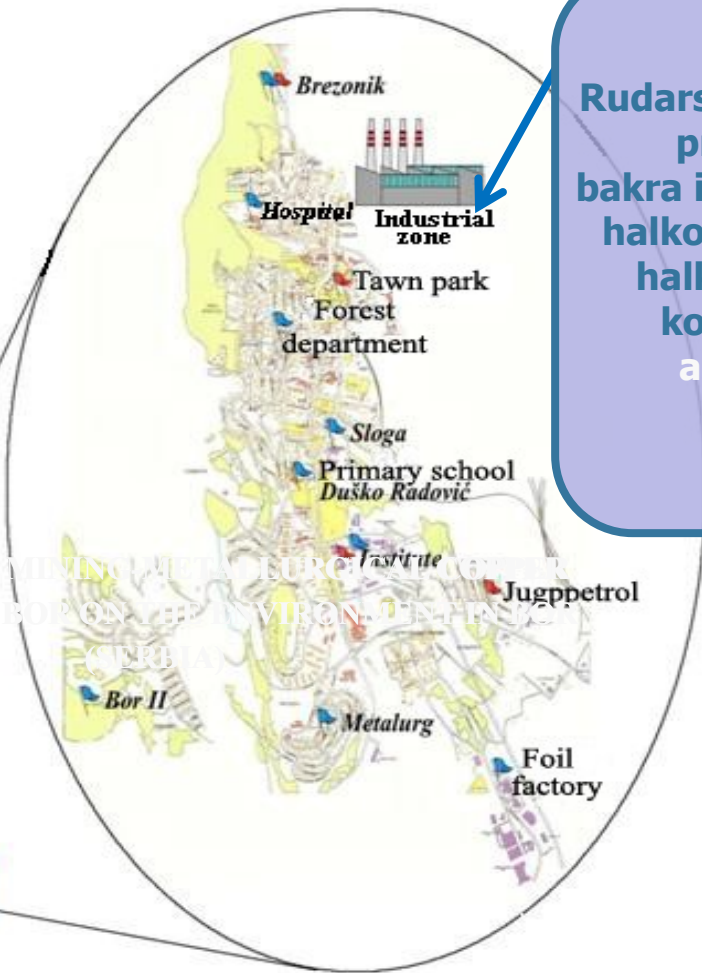
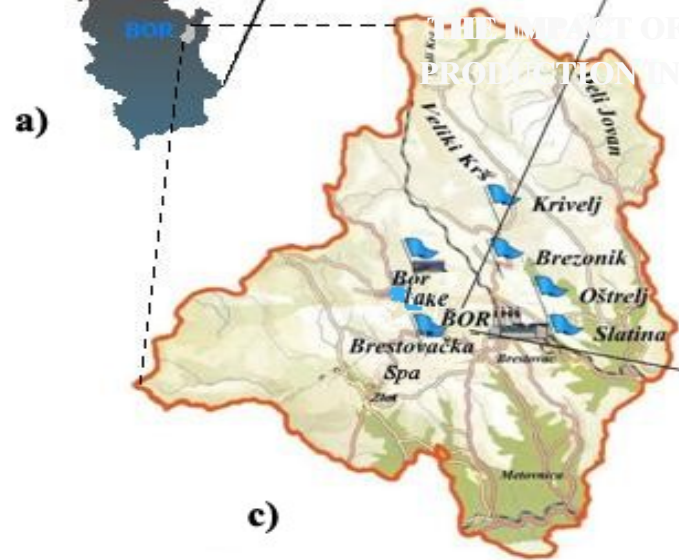
Environment
Engineeringgroup
INŽENJERI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE



ДРУШТВО МЛАДИХ ИСТРАЖИВАЧА БОР

POLITIKA I PRAKSA U ZAŠTITI VAZDUHA, 2021.

27/02/2021



Rudarsko-metalurška proizvodnja bakra iz sulfidnih ruda: halkopirit (CuFeS_2), halkozin (Cu_2S) kovelin (CuS) arsenopirit (FeAsS)

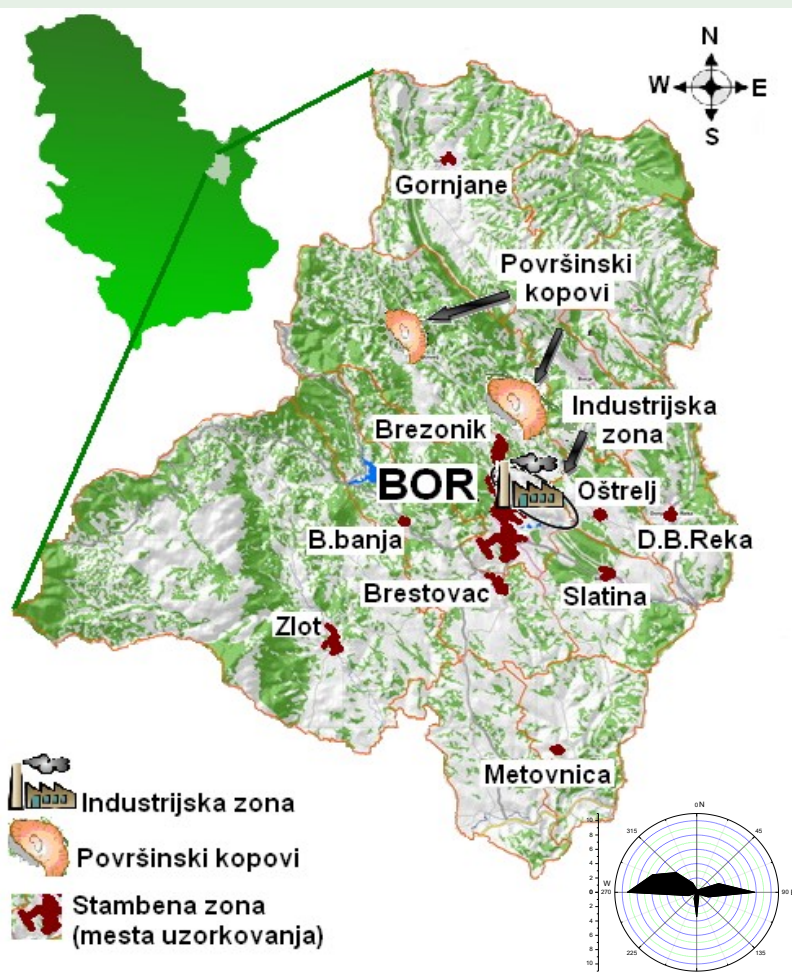
THE IMPACT OF MINING AND METALLURGY PRODUCTION IN BOR ON THE ENVIRONMENT IN SERBIA

- Industrial zone
- Sampling site for atmospheric deposition
- Sampling site for SO_2 and PM
- Residential zone



POLITIKA I PRAKSA U ZAŠTITI
VAZDUHA, 2021.

Opis ispitivanog područja



✓ Osnovne delatnosti u Boru - rudarstvo i metalurgija.

✓ Metalurški pogoni topinice, u kojima se prerađuje koncentrovana ruda bakra, emituju velike količine sumpor-dioksida i prašine.

✓ Jalovišta sa površinskih kopova i flotacije - veliki izvor prašine koja ugrožava okolna sela i poljoprivredno zemljište.

✓ Monitoring sistemom prate se meteorološki parametri i koncentracije zagađivača u Borskoj regiji.

✓ Uzorkovanje biljnog materijala je izvršeno u naseljima koja se smatraju zagađenijim (Brezonik, Oštrelj, Slatina i Donja Bela Reka),

✓ manje zagađenim ili nezagađenim (Brestovac, Brestovačka banja, Metovnica, Zlot, Gornjane)

✓ Zemljište – Oštrelj, Slatina, Zlot

Mapa Bora i okolnih naselja u kojima je uzorkovan biljni materijal

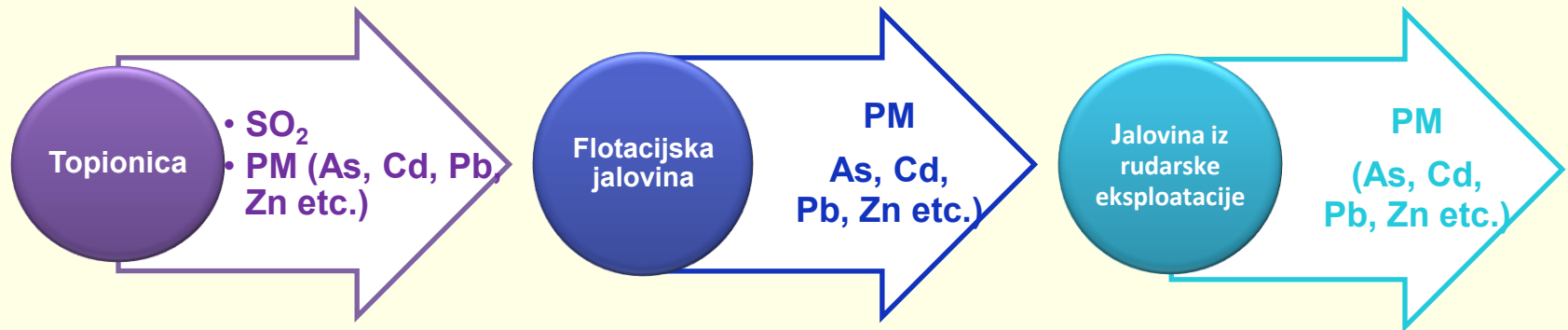
Fugitive dust



27/02/2021

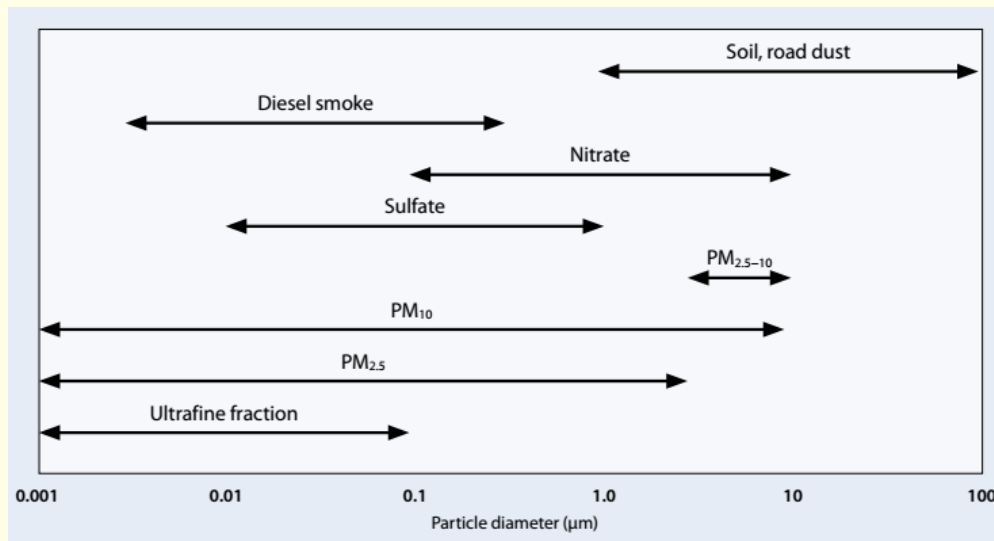
POLITIKA I PRAKSA U ZAŠTITI VAZDUHA, 2021.

Glavni izvori zagađenja i zagađujuće materije na borskom području su:

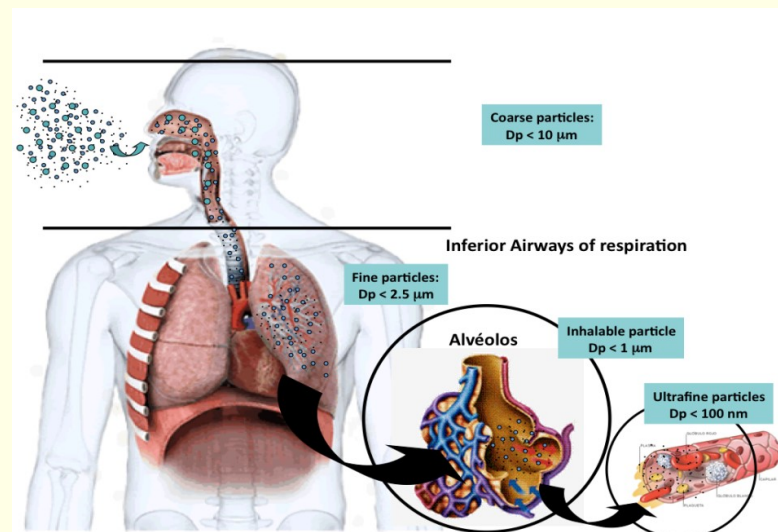
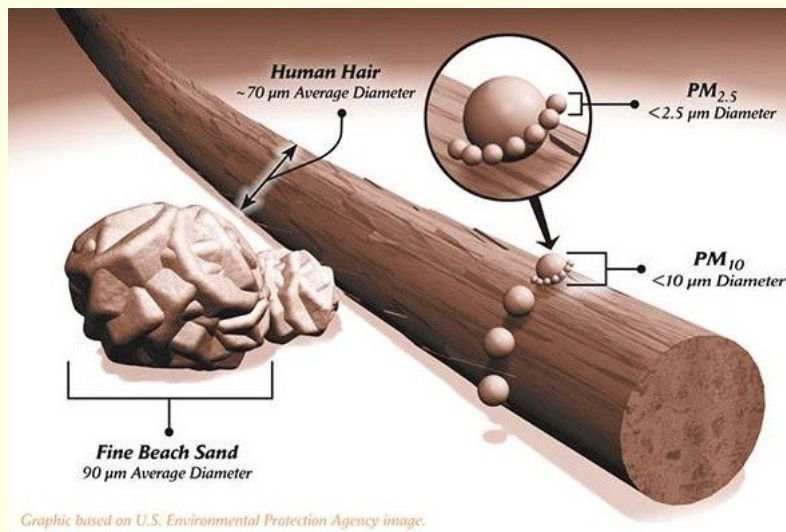


Flotaciona jalovišta u gradu Boru (levo) i seoskom naselju Veliki Krivelj (desno)

Odlagališta jalovine površinskog kopa Veliki Krivelj

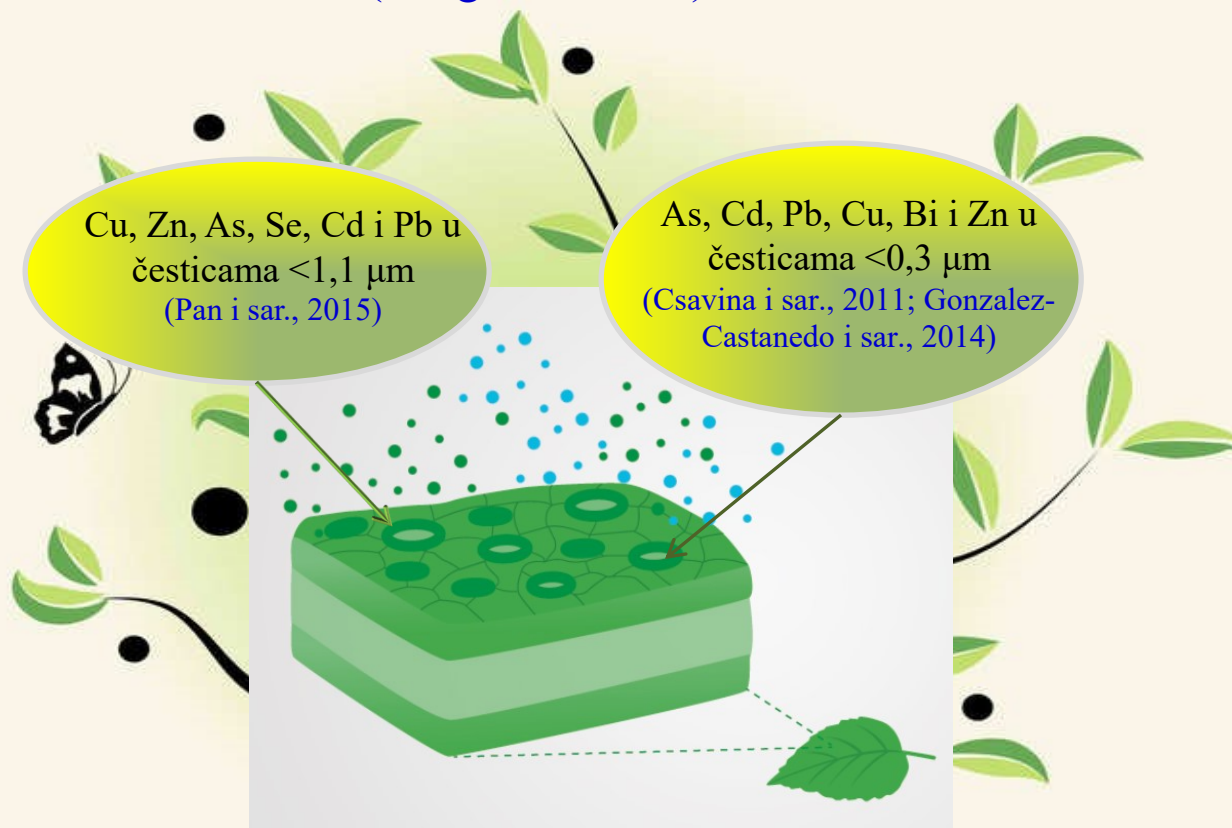


Raspon veličina vazdušnih čestica, koji prikazuje ultrafine frakcije, PM_{2.5} i PM₁₀ u vezi sa zdravljem i tipičan opseg veličina nekih glavnih komponenti (SZO, 2005)



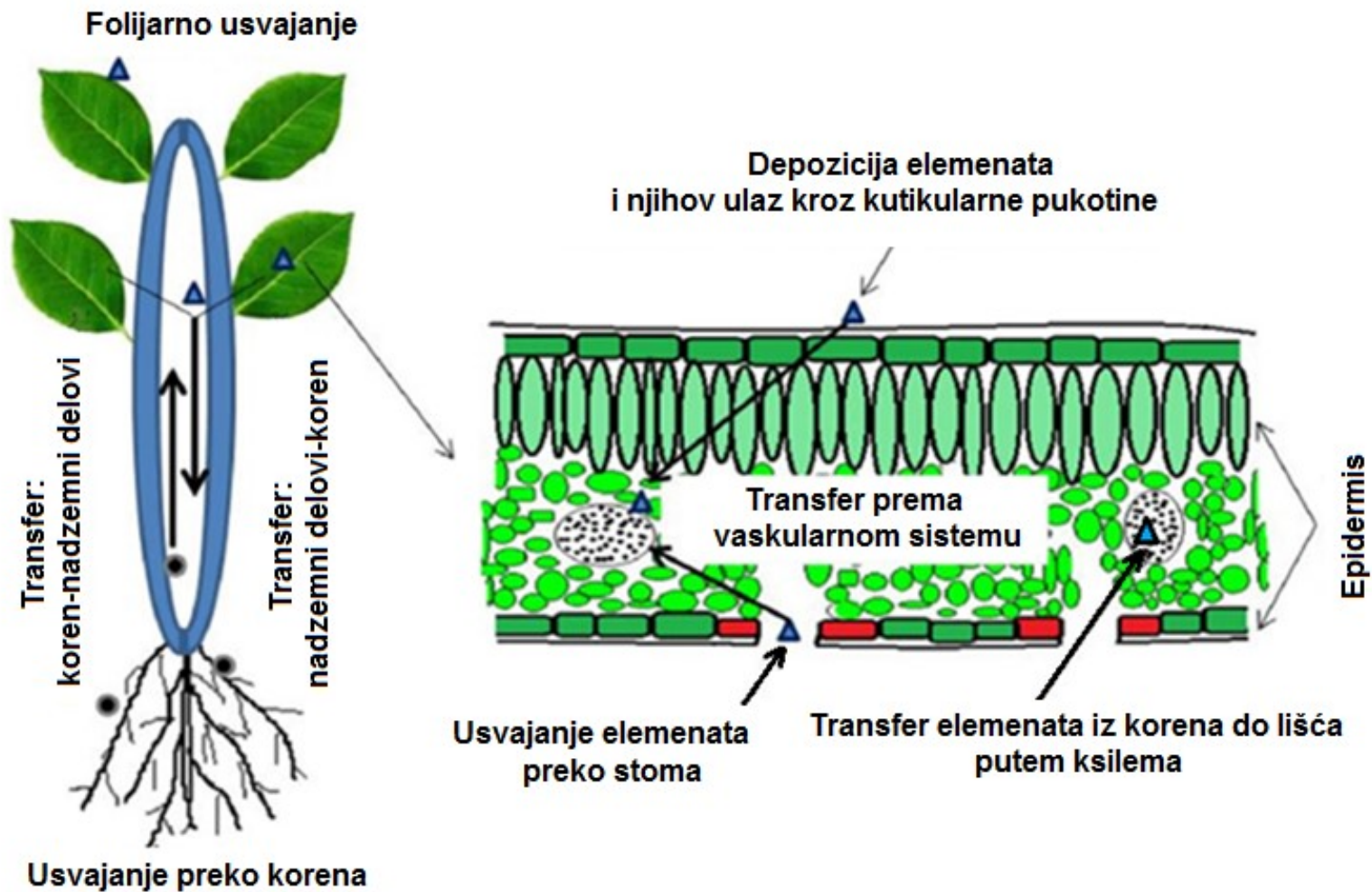
Veličina čestica u poređenju sa ljudskom kosom i peskom (slika levo) i mogućnost udisanja čestica malog prečnika (slika desno)

Čestice manje od 2 μm mogu dospeti u šupljine stoma lista (Song i sar. 2015)



✚ Na zadržavanje čestica na lišću utiču i fizičke, hemijske i morfološke osobine površine lišća.

(Dzierżanowski i Gawroński, 2011; Popek i sar., 2013; Sæbø i sar., 2012; Tomašević i Aničić, 2010; Mitchell i sar., 2010; Sánchez-López i sar., 2015; Freer-Smith i sar., 2005; Wang i sar., 2015).



Usvajanje zagađujućih elemenata u lišću biljaka i deponovanje u samom listu

Biomonitoring

Metoda za praćenje i procenu zagađenja životne sredine koja koristi bio-materijale i žive organizme tj. biomonitore kao što su biljke, životinje, ljudi itd.

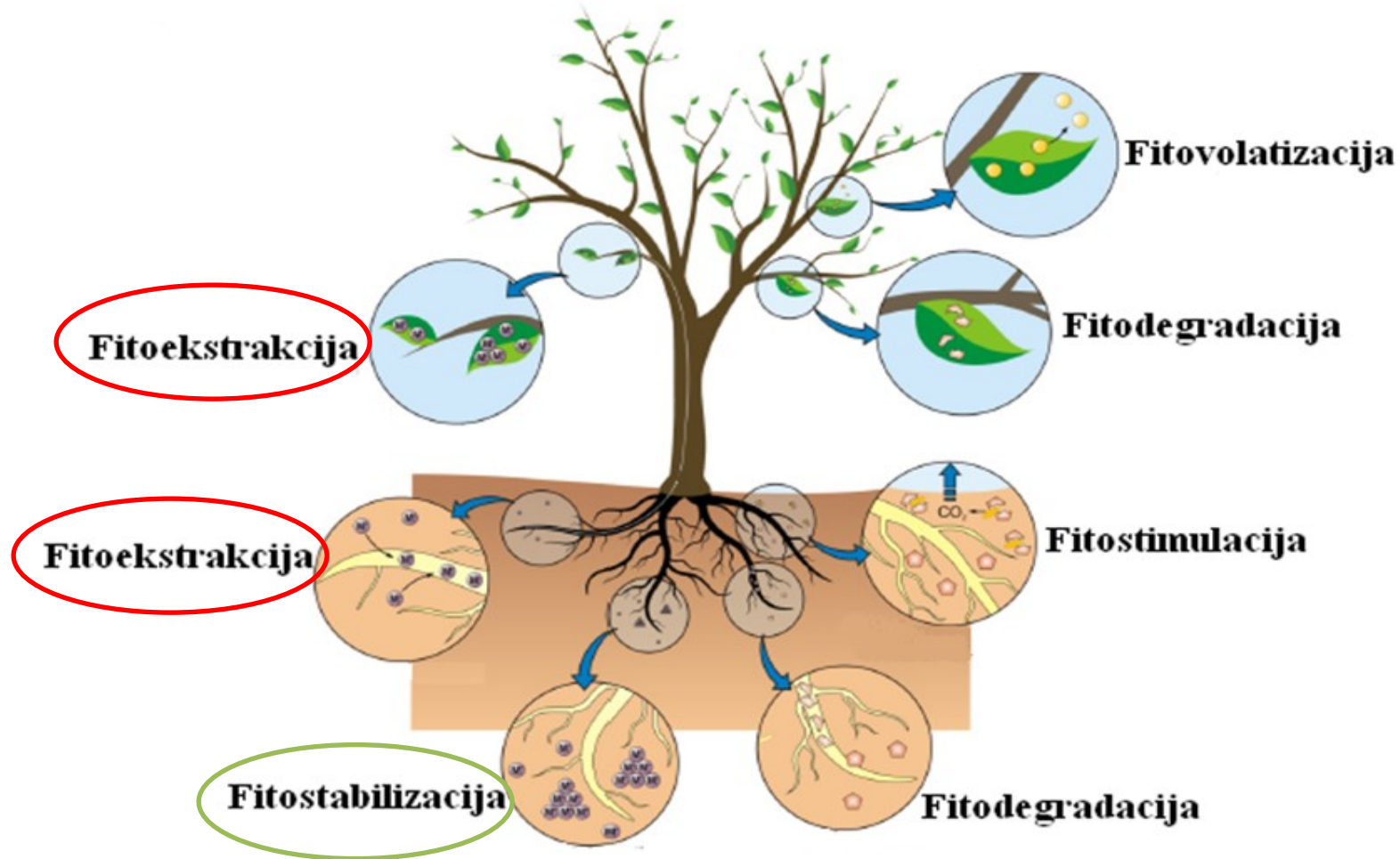
Biomonitori akumuliraju zagađujuće supstance u svojim tkivima, zbog čega se poistovećuju sa koncentracijama analita ili uzorkivačima.

Folijarni delovi zimzelenog i listopadnog drveća, žbunastih i lekovitih biljaka – pasivni monitori u životnoj sredini.

Slobodan tok molekula analita od uzorkovanog medijuma (npr. vazduh) do medijuma uzorkivača npr. biljka.

Kriterijumi prema kojima se biraju vrste biljaka.



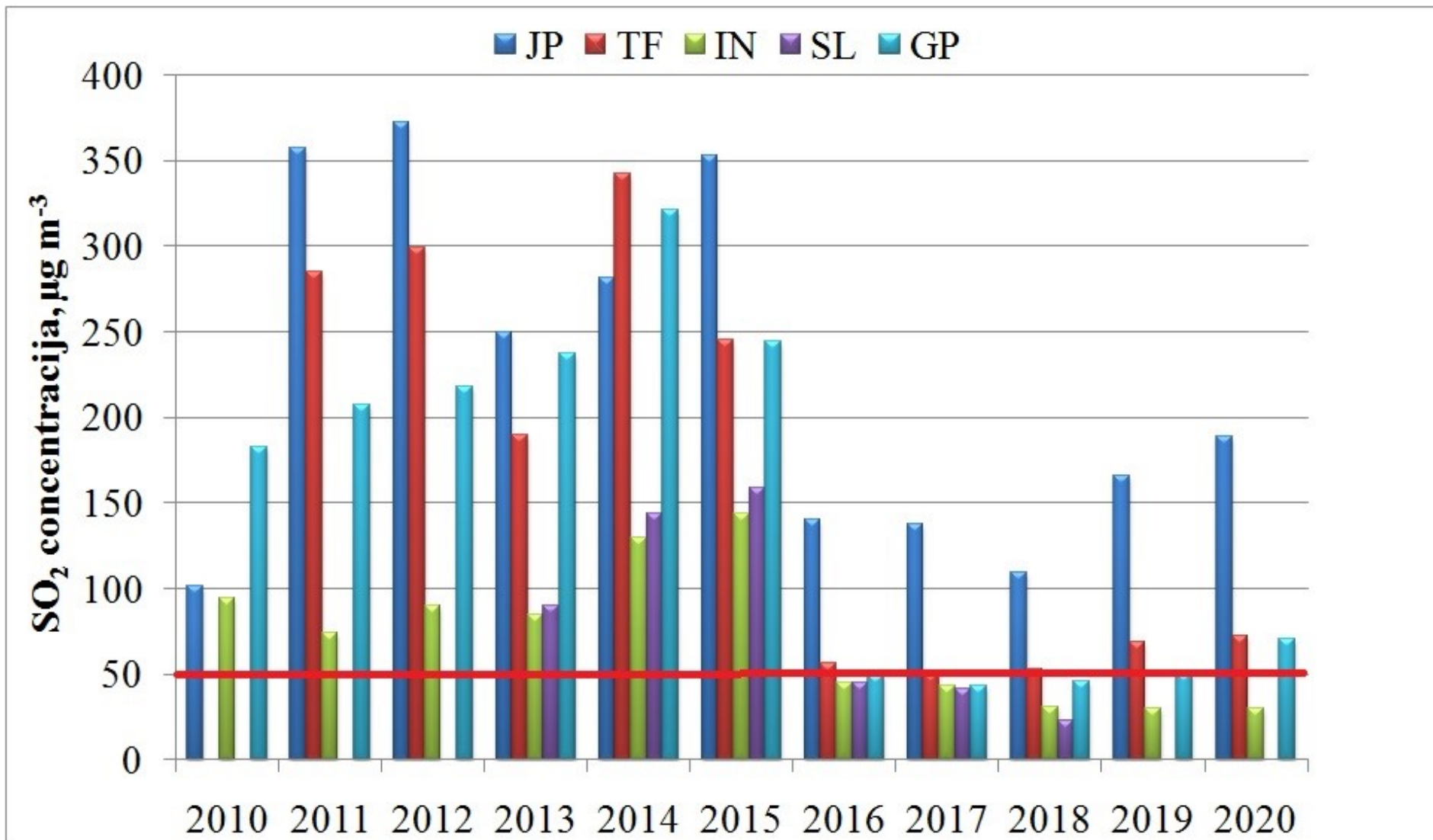


FITOSTABILIZACIJA - imobilizacija zagađujućih materija u zemljištu, apsorpcija i akumulacija u korenu bez dalje translokacije u nadzemne delove, adsorpcija na površini korena, ili precipitacija u zoni korena biljke-rizosferi (US EPA, 1999; Wong, 2003; Padmavathiamma i Li, 2007; Tangahu i sar., 2011).

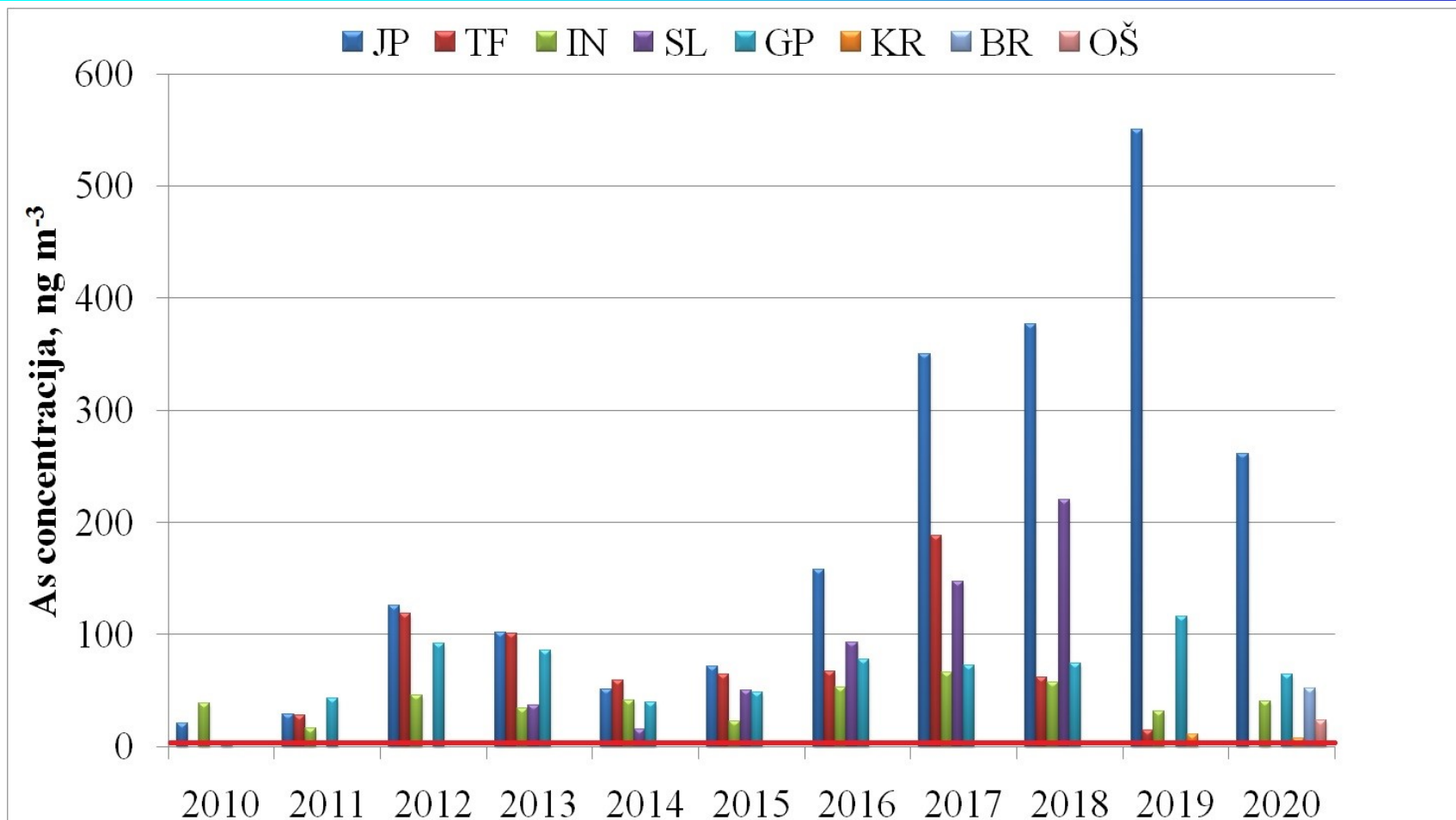
Ekskluderi-najpogodnije biljke za upotrebu u fitostabilizaciji

FITOSTABILIZACIJA - imobilizacija zagađujućih materija u zemljištu, apsorpcija i akumulacija u korenu bez dalje translokacije u nadzemne delove, adsorpcija na površini korena, ili precipitacija u zoni korena biljke-rizosferi (US EPA, 1999; Wong, 2003; Padmavathiamma i Li, 2007; Tangahu i sar., 2011).

Ekskluderi-najpogodnije biljke za upotrebu u fitostabilizaciji



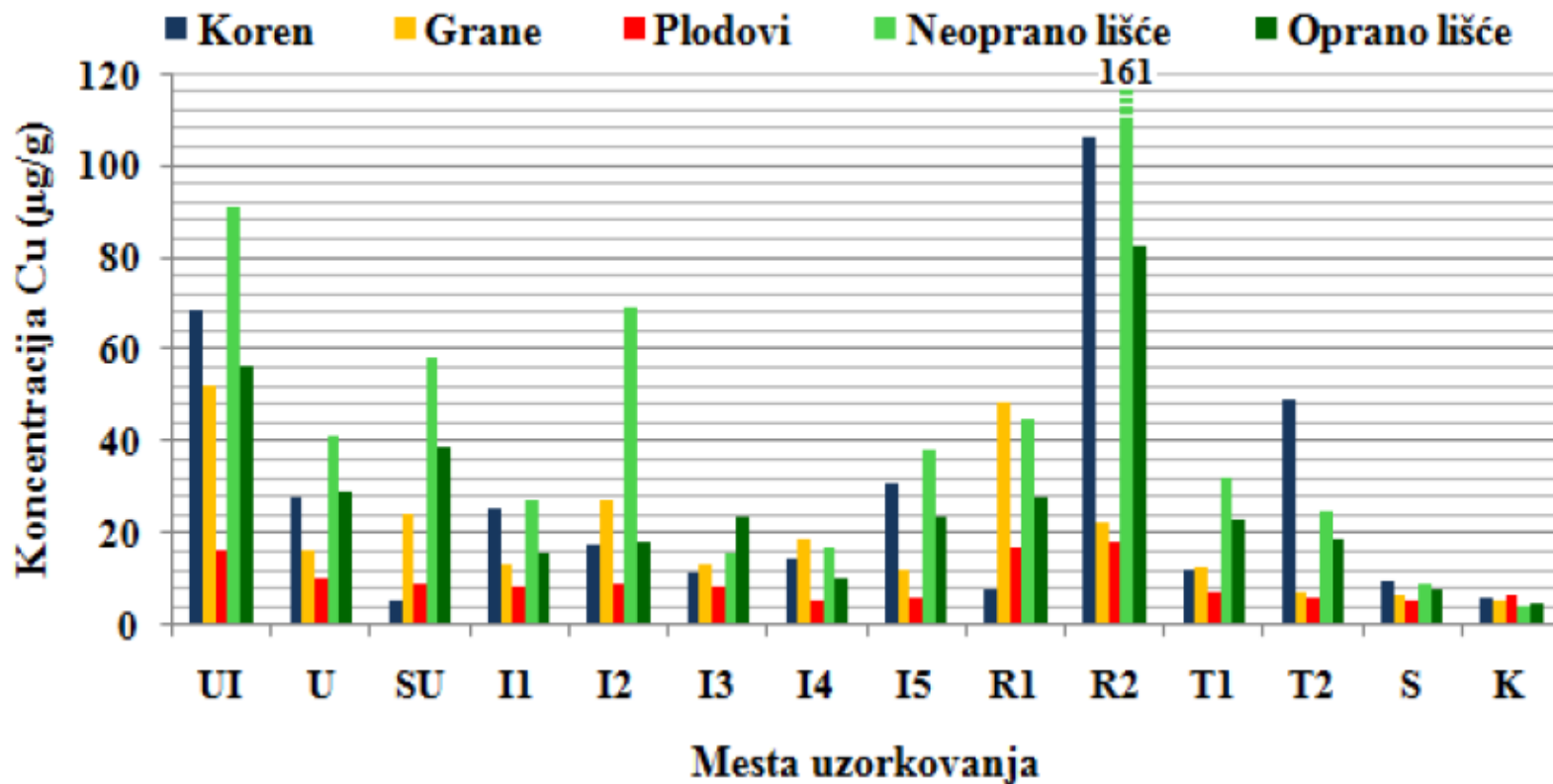
Godišnje koncentracije SO₂ u vazduhu na pet mernih mesta, u odnosu na crvenu liniju, tj.godišnju graničnu vrednost (TV) ili MAC-maksimalno dozvoljenu koncentraciju koja je 50 µg m⁻³



Godišnje koncentracije As u PM u vazduhu na pet mernih mesta, u odnosu na crvenu liniju, tj.godišnju graničnu vrednost (TV) ili MAC-maksimalno dozvoljenu koncentraciju koja je 6 ng m⁻³
Službeni glasnik Republike Srbije 63/13

Biljke koje su korišćene za biomonitoring:

Žbunaste lekovite biljke: glog, trnjina, šipurak, zova i lešnik



Koncentracije Cu ($\mu\text{g/g}$) u korenu, granama, plodovima, neoprano i oprano lišću šipurka na ispitivanom području

	Koren	Grane	Plodovi	Neoprano lišće	Oprano lišće
UI	11,39	10,40	2,51	20,99	12,18
U	4,62	3,25	1,58	9,46	6,21
SU	0,87	4,77	1,33	13,37	8,42
I1	4,17	2,58	1,31	6,23	3,32
I2	2,86	5,39	1,41	15,89	3,90
I3	1,93	2,67	1,24	3,63	5,10
I4	2,34	3,71	0,77	3,87	2,24
I5	5,13	2,36	0,89	8,79	5,12
R1	1,29	9,69	2,61	10,36	6,06
R2	17,66	4,42	2,79	37,21	17,78
T1	1,97	2,48	1,12	7,34	4,92
T2	8,17	1,37	0,88	5,71	4,06
S	1,60	1,24	0,81	2,05	1,66

Naglašene vrednosti označavaju obogaćenje uzorka bakrom (EF>2).

Faktor obogaćenja biljnog materijala šipurka bakrom na ispitivanom području

Biljke koje su korišćene za biomonitoring:

Drvenaste biljke: bor, smreka, lipa, bagrem i hrast

Tabela 18. Vrednosti Faktora obogaćenja izračunate na osnovu koncentracija ispitivanih elemenata u neopranom listu bora, lipa i zove.

Mesto uzorkovanja	Biljna vrsta	Al	Fe	Cu	Zn	Pb	Ni	As	Cd
UI	bor	0,96	6,02	30,75	3,67	47,23	0,97	>41,60	>3,51
	lipa	2,71	6,42	33,33	6,78	32,84	2,81	>21,63	>3,40
	zova	1,86	6,56	75,01	5,39	72,90	1,27	>41,94	>7,26
SU	bor	0,62	1,81	8,34	2,45	11,55	1,54	>3,22	>1,80
	lipa	2,11	3,75	13,97	3,22	13,10	0,85	>4,75	>1,51
	zova	1,78	3,56	33,08	2,56	18,00	1,14	>8,25	>2,07
U	bor	0,22	1,03	4,00	1,83	4,58	0,4	>1,80	/
	lipa	2,06	3,12	10,58	3,05	6,78	1,07	>3,73	/
	zova	1,24	1,92	11,68	2,11	10,08	0,88	>4,72	>1,67
R1	bor	0,30	1,13	4,17	1,08	4,58	0,42	>1,75	/
	lipa	1,99	2,97	10,32	2,36	8,27	2,41	>4,41	/
	zova	1,04	1,54	10,50	1,26	9,50	1,53	>5,35	>1,47
T1	bor	0,19	0,53	2,45	1,99	2,17	3,02	/	/
	lipa	0,81	1,43	3,94	1,84	3,29	0,80	>2,00	/
	zova	1,01	1,43	6,20	1,27	5,16	1,14	>2,30	/
I1	bor	0,87	1,38	2,69	1,61	3,66	1,46	>1,04	>1,27
	lipa	5,06	3,86	3,72	1,48	2,61	1,04	>1,02	/
	zova	2,52	2,08	4,32	0,70	3,10	0,39	>1,19	/
R2	bor	0,49	4,88	12,82	2,11	17,26	1,21	>9,13	>1,70
	lipa	2,14	12,68	25,94	5,78	18,41	1,68	>9,65	>2,17
	zova	1,58	7,80	32,44	3,40	34,58	2,15	>18,27	>4,48
T2	bor	0,90	1,23	4,91	2,50	5,52	1,83	>2,69	>1,37
	lipa	2,65	3,55	9,52	3,24	8,37	2,07	>4,06	/
	zova	1,38	2,23	9,94	2,04	9,13	1,26	>4,22	/
I2	bor	1,93	0,98	2,05	3,17	1,86	0,61	>1,17	>2,26
	lipa	1,31	1,40	2,48	1,41	1,94	1,84	>1,21	/

Robinia pseudoacacia L. - black locust – Beli bagrem

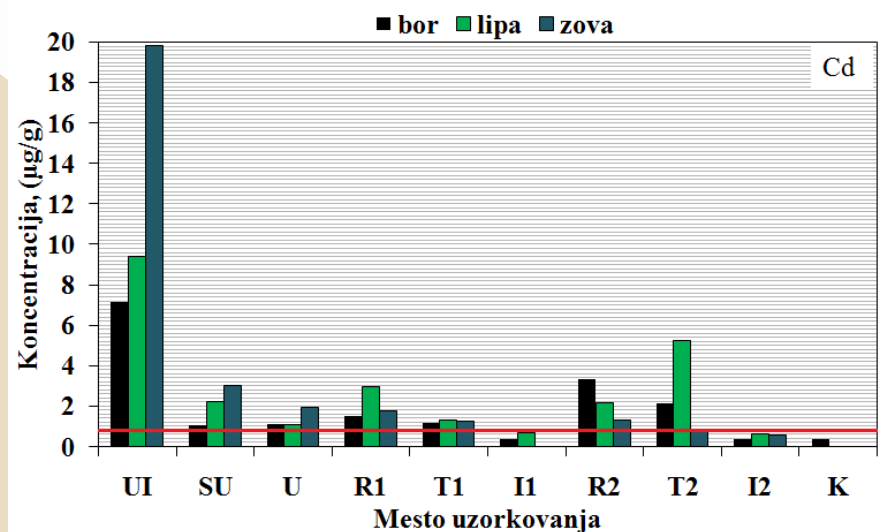
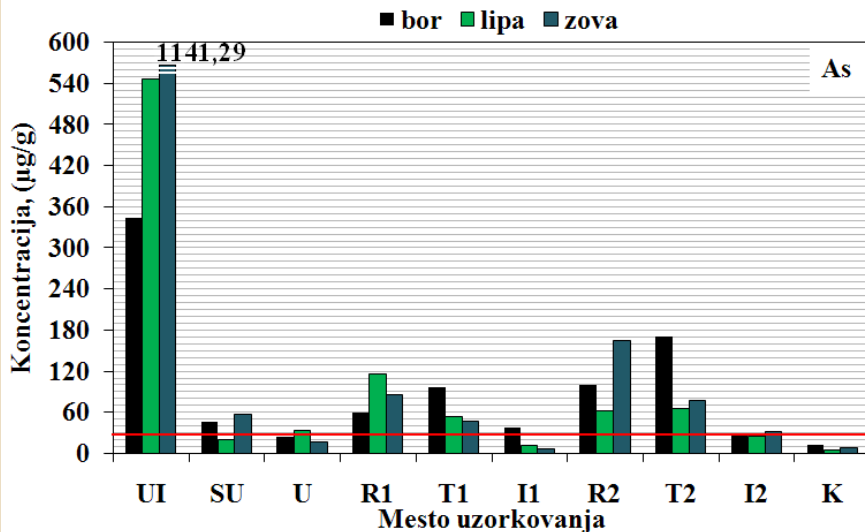
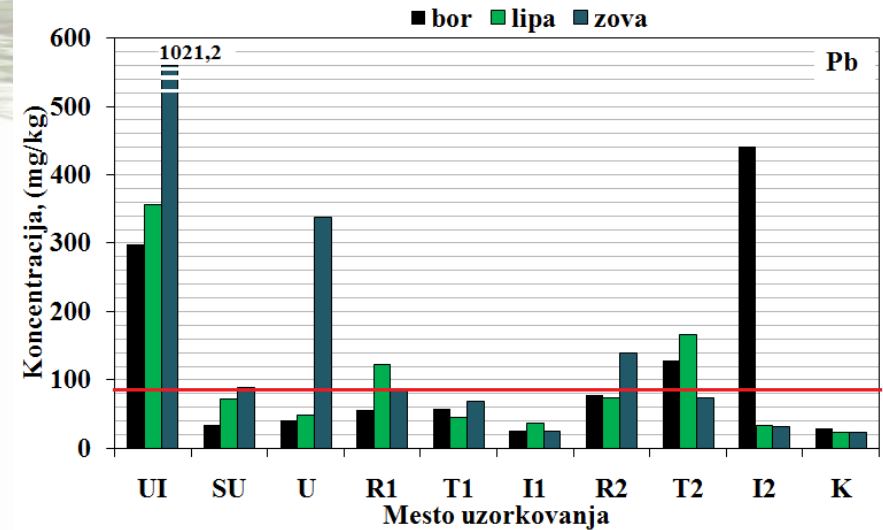
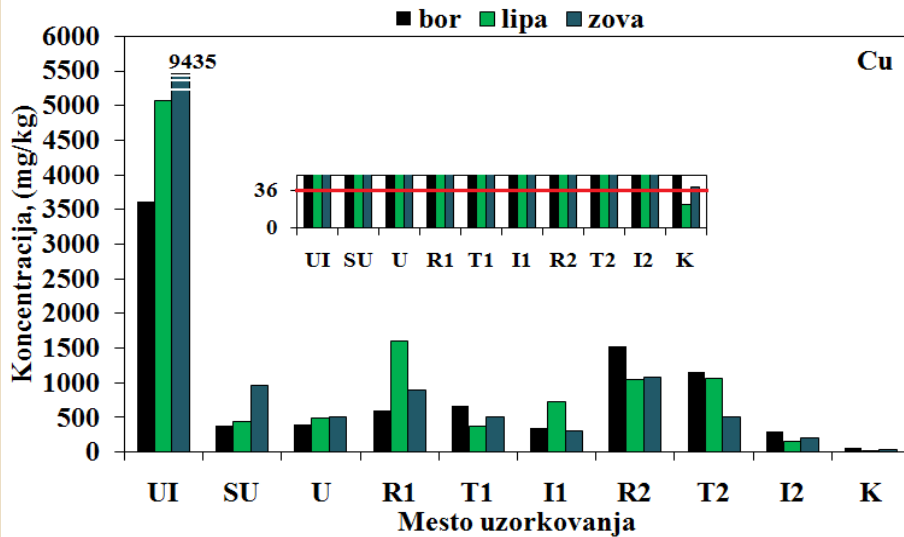
Concentrations of As, Cu, Zn, Pb, Cd and Hg (mg kg^{-1} dry wt.) in soil samples compared to the maximum allowed concentration (MAC) and soil pH at ten sampling sites distributed in five zones.

Metal	MAC ^a (mg kg^{-1})	UI		S		R		T		C	
		Hospital	Institute	Town park	Jugopetrol	Brezonik	Oštrelj	Krivelj	Brestovac spa	Bor lake	Sumrakovac
As	25	51.7 ± 3.9	95.5 ± 9.5	74.7 ± 5.9	43.1 ± 3.8	60.9 ± 5.2	44.5 ± 4.2	16.8 ± 1.1	27.1 ± 2.3	81.8 ± 5.7	9 ± 0.4
Cu	100	470.3 ± 30.5	569.9 ± 43.0	817.3 ± 51.0	266.1 ± 19.5	903.3 ± 51.7	462.4 ± 39.3	67.8 ± 4.7	123.2 ± 9.4	281.4 ± 21.7	59.1 ± 2.3
Zn	300	310.3 ± 26.8	260.2 ± 22.8	330.1 ± 30.1	141 ± 12.2	200 ± 15.4	260 ± 25.3	130.1 ± 6.3	138.1 ± 10.2	220.1 ± 15.1	130.7 ± 5.8
Pb	100	69.9 ± 6.1	96.5 ± 7.6	86.1 ± 3.9	46.5 ± 3.3	52.2 ± 3.8	70.5 ± 5.9	29.6 ± 2.6	40.1 ± 3.2	69.7 ± 5.1	32.3 ± 0.9
Cd	3	0.72 ± 0.05	0.86 ± 0.07	0.64 ± 0.06	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0.52 ± 0.04	< 0.5
Hg	2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.3 ± 0.01	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
pH		7.5 ± 0.4	7.5 ± 0.3	7.9 ± 0.6	7.3 ± 0.8	7.4 ± 0.5	5.3 ± 0.7	7.8 ± 0.4	5.6 ± 0.2	7.3 ± 0.3	6.0 ± 0.1

All metal concentrations and soil pH shown as Mean ± SD. UI—urban-industrial zone, S—suburban zone, R—rural zone, T—tourist zone, C—control zone.

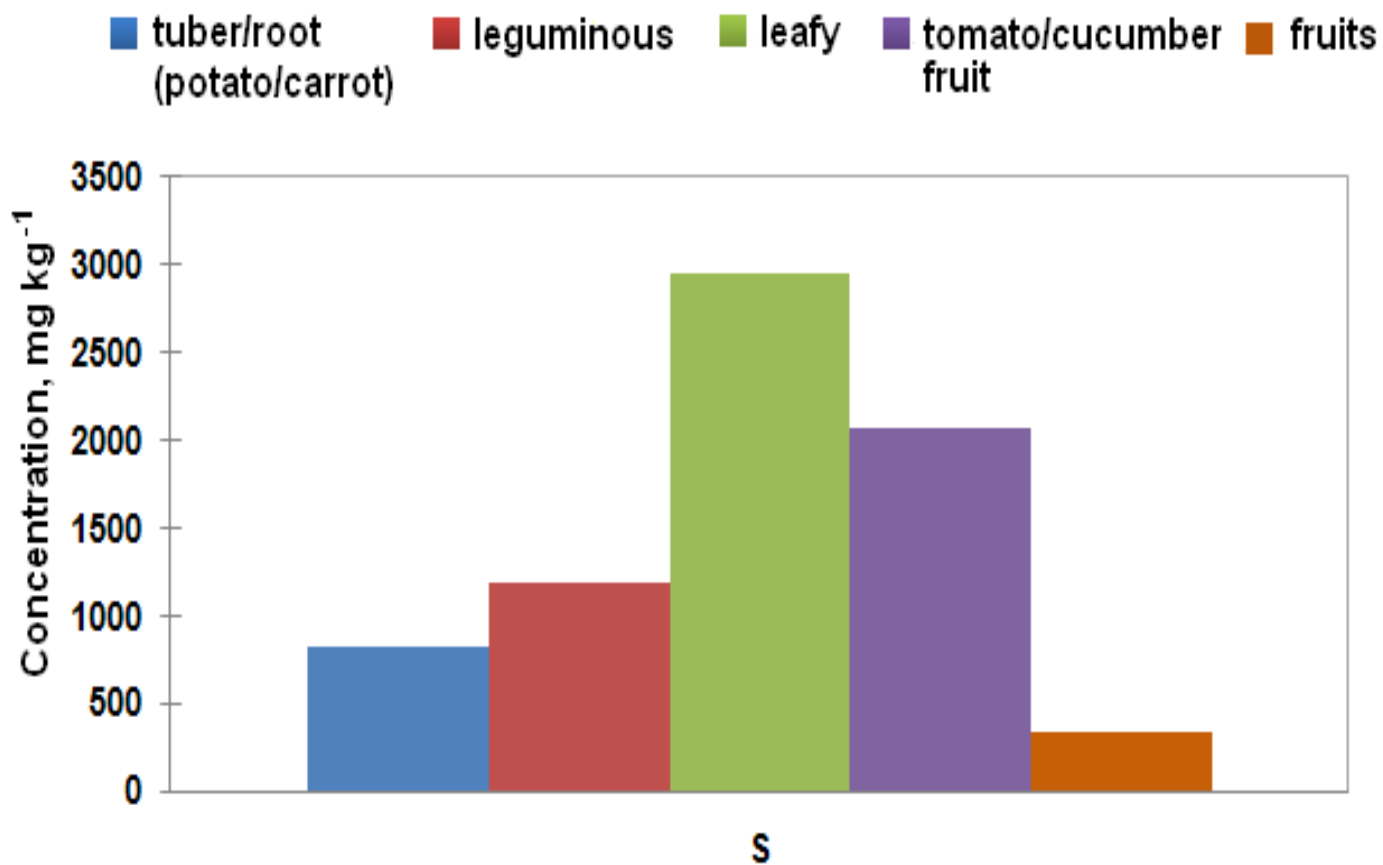
^a The Official Gazette of Republic Serbia, no. 23/94.

Concentracija elemenata u zemljištu



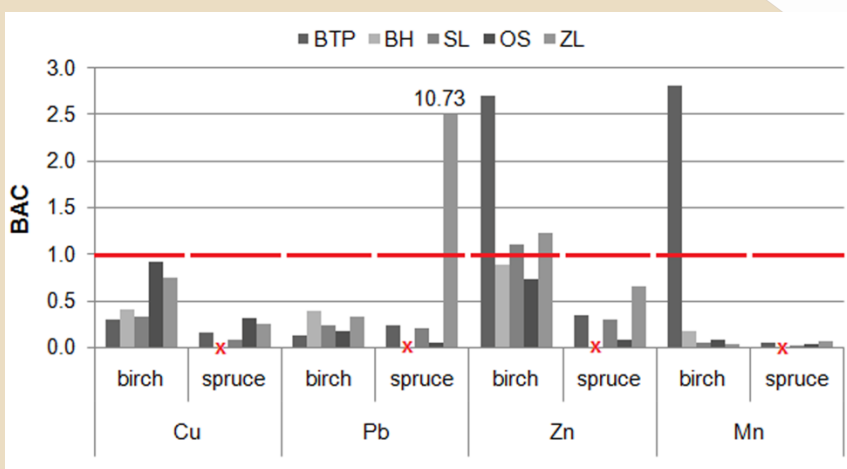
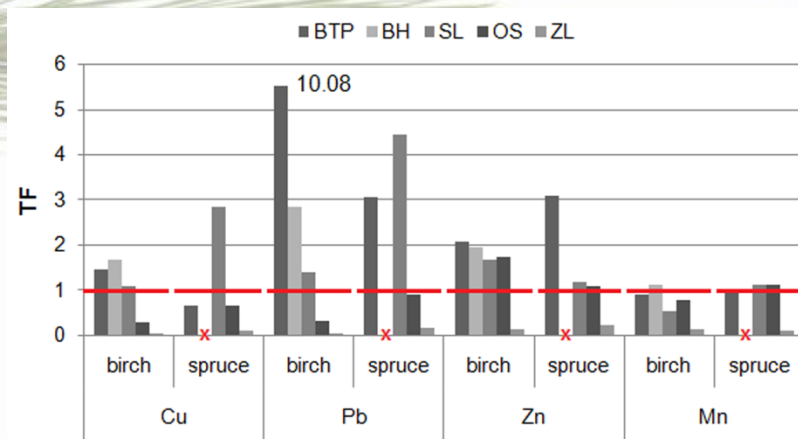
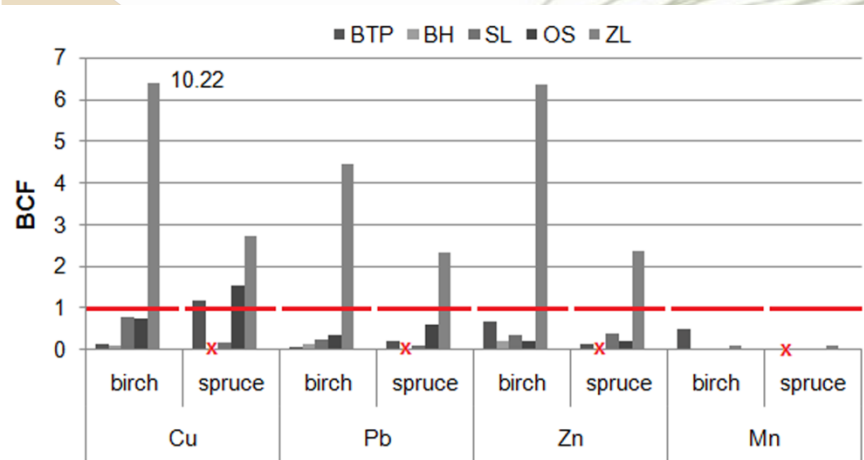
Koncentracije: a) Cu, b) Pb, c) As i d) Cd u zemljištu oko korena bora, lipa i zove

Horizontalna crvena linija predstavlja MDK-maksimalno dozvoljene koncentracije elemenata u zemljištu
(Službeni glasnik Republike Srbije, br. 88/10)



**S opseg
(459 – 1839)**

Srednje koncentracije sumpora u krtoli/korenu, mahunarkama, lisnatom i plodobičastom povrću i voću uzorkovanim u ruralnom području Bora



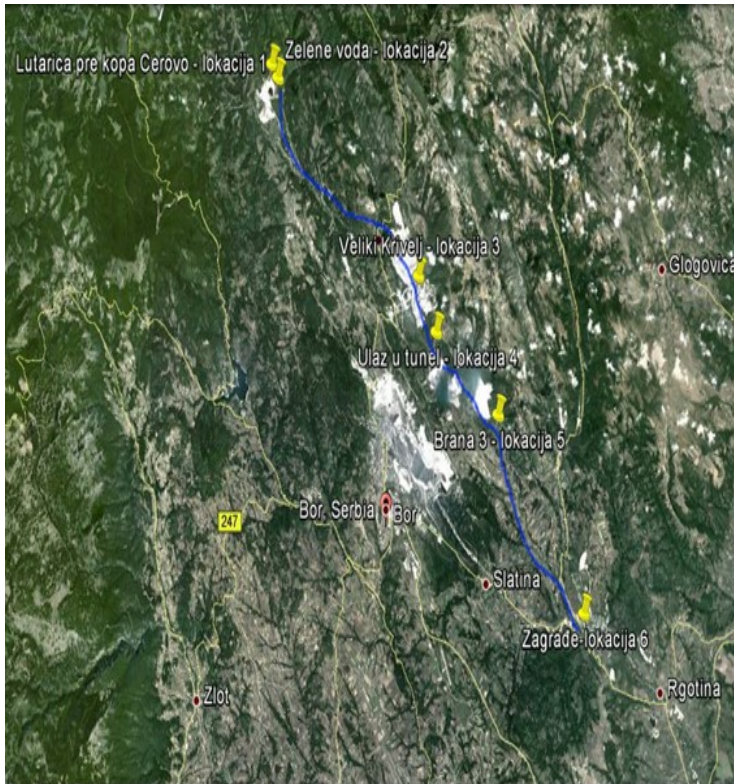
$$BCF = C_{\text{root}}/C_{\text{soil}} \quad (1)$$

$$TF = C_{\text{shoot}}/C_{\text{root}} \quad (2)$$

$$BAC = C_{\text{foliage}}/C_{\text{soil}}, \quad (3)$$

Biological factors per site for Cu, Pb, Zn and Mn (a) Bioconcentration factor (BCF); (b) Translocation factor (TF); (c) Bioaccumulation coefficient (BAC) (dashed line shows effective translocation/accumulation of metals)

Srednje koncentracije Cu, Zn, As, Pb i Cd u korenu, stablu i listu koprive za sve ispitivane lokacije na tromesečnom nivou



lokacija	biljni organ	Koncentracija u mgkg ⁻¹				
		Cu	Zn	As	Pb	Cd
1	koren	89,9±0,8	44,5±1,2	<3	6,0±0,5	<0,5
	list	46,2±0,2	28,8±1,2	<3	2,6±1,2	<0,5
2	koren	129,9±0,8	71,7±0,2	4,9±1,1	6,1±1,2	0,8±0,5
	list	133,6±0,8	90,3±1,2	4,5±1,1	8,4±1,2	0,8±0,4
3	koren	375,1±2,2	77,5±0,5	8,9±1,3	85,4±1,2	1,1±0,3
	list	126,5±1,2	54,0±0,2	5,6±0,3	17,8±1,2	<0,5
4	koren	190,9±1,2	49,8±0,2	5,2±1,2	10,8±1,2	0,5±0,3
	list	164,5±1,2	83,3±1,2	6,6±1,2	12,8±1,2	0,5±1,2
5	koren	178,0±1,2	36,4±0,2	4,1±1,2	2,8±1,2	<0,5
	list	192,5±1,2	45,6±0,2	<3	3,3±1,2	0,7±0,2
6	koren	191,2±1,2	58,2±0,1	9,1±1,2	8,9±1,2	0,7±1,2
	list	148,2±1,2	62,4±0,2	6,9±1,2	7,8±1,2	0,6±0,2
		rezultat±SD određivanja	rezultat±SD određivanja	rezultat±SD D određivanja	rezultat±SD određivanja	rezultat±SD određivanja

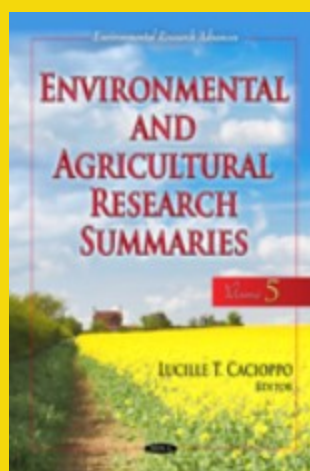
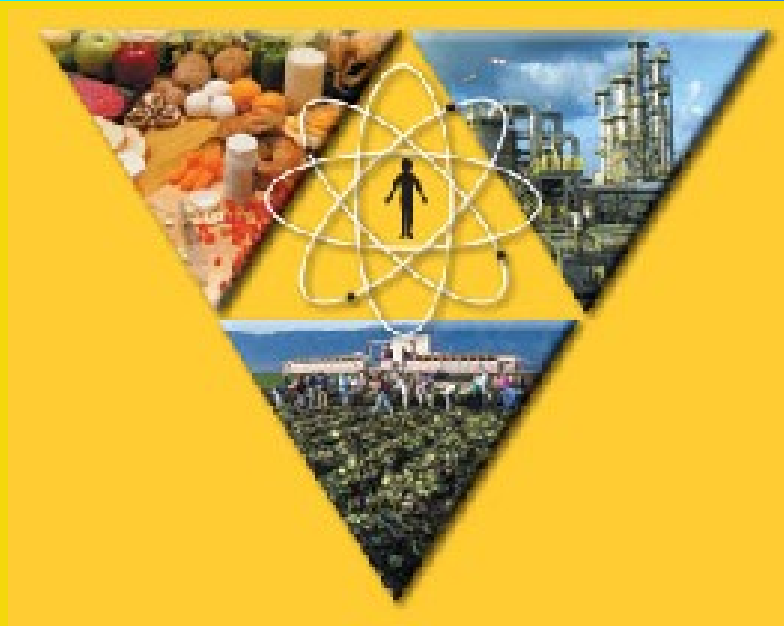
Lekovite biljke:

- Kopriva
- Maslačak
- Podbel
- Bokvica

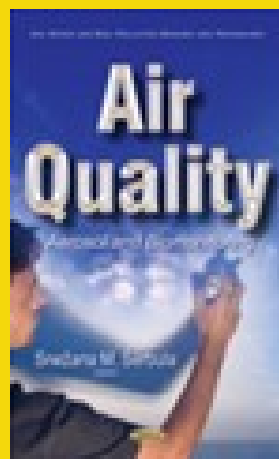
Lokacija	pH	Koncentracija u mgkg ⁻¹					
		As	Cd	Hg	Pb	Cu	Zn
1	6,4±0,1	11,7±0,5	<0,5	<1	90,0±0,3	251,9±0,9	71,9±0,6
2	6,4±0,1	86,4±0,7	<0,5	<1	76,7±0,6	359,2±0,9	168,2±0,8
3	6,4±0,1	11,9±0,5	<0,5	<1	20,8±0,4	179,5±0,5	113,9±0,8
4	6,2±0,1	19,9±0,5	<0,5	<1	22,9±0,4	1361,5±1,5	100,5±0,6
5	6,1±0,1	9,4±0,4	<0,5	<1	13,1±0,4	423,8±0,5	73,5±0,5
6	6,5±0,1	56,5±0,5	<0,5	<1	41,0±0,4	493,1±0,5	117,4±0,8
MDK ^a		25	3	2	100	100	300

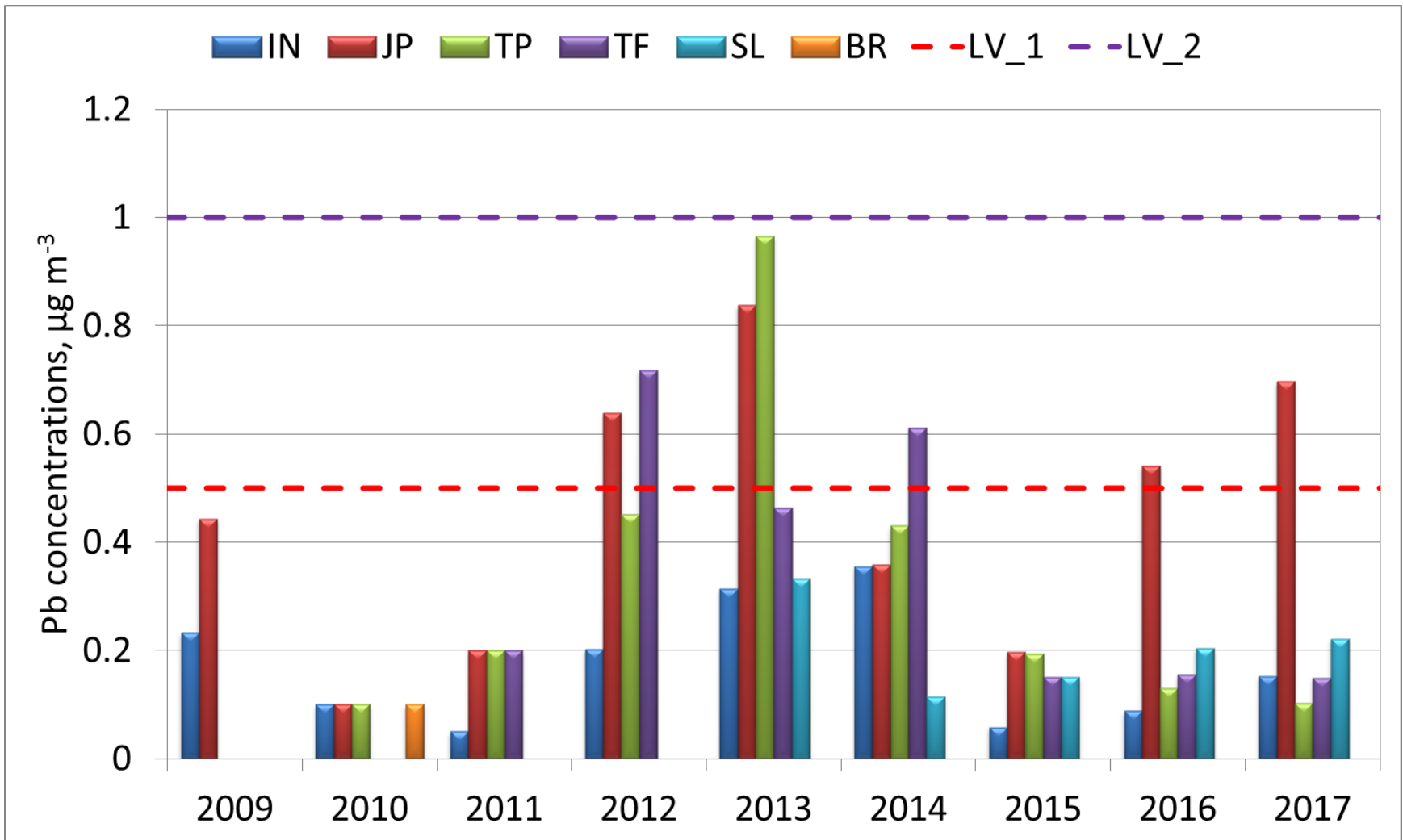
Napomena: koncentracije Cd i Hg su ispod limita detekcije
^a(Službeni glasnik RS. 1994)

27/02/2021

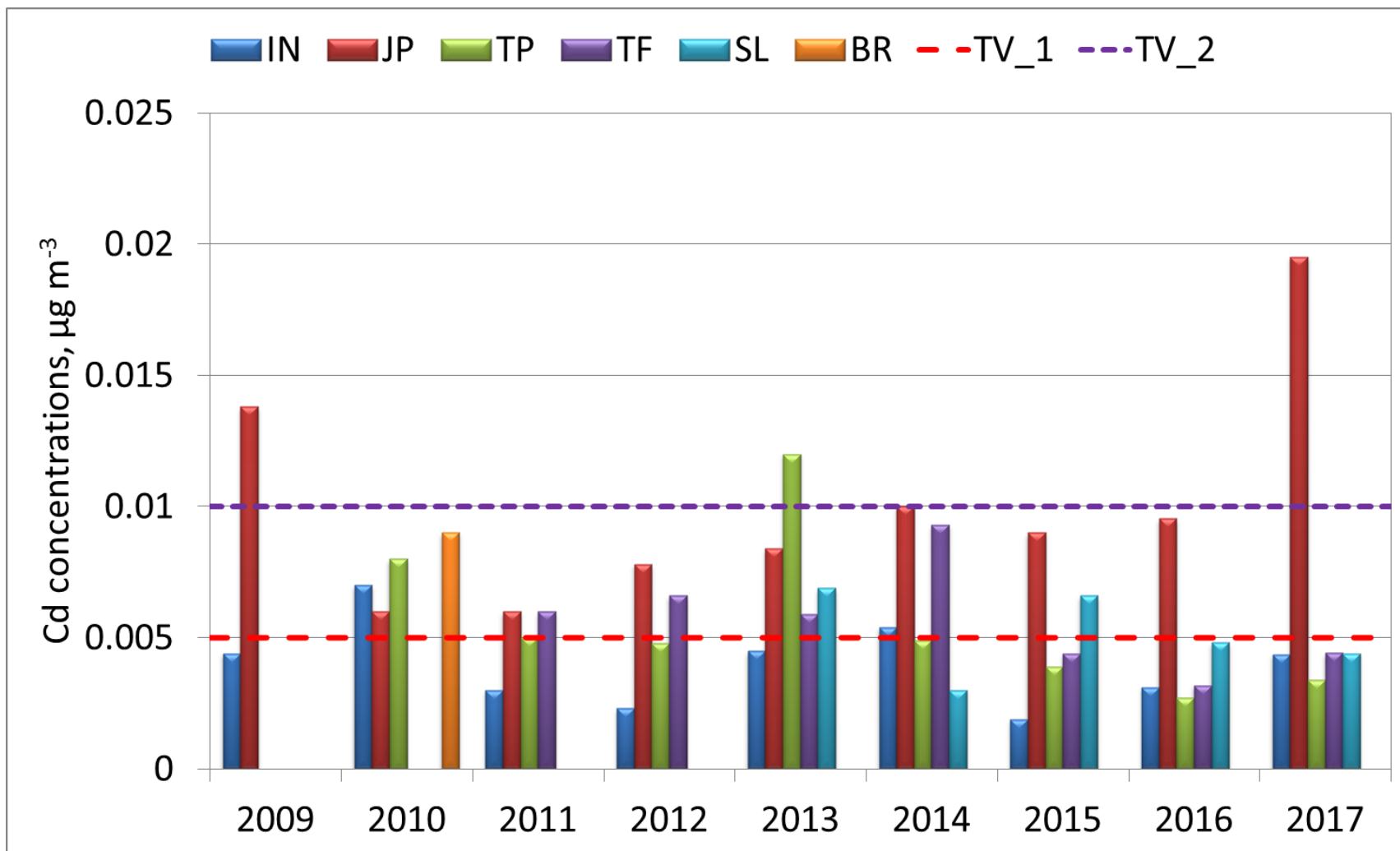


Hvala na pažnji!





Until 2009 LV for Pb was $1 \mu\text{g m}^{-3}$, and from 2010 LV for Pb is $0.5 \mu\text{g m}^{-3}$



Until 2009 target value (TV) for Cd was 0.01 $\mu\text{g m}^{-3}$, and from 2010 TV for Cd is 0.005 $\mu\text{g m}^{-3}$

Opadajući red izmerenih koncentracija elemenata u ispitanim uzorcima voća i povrća

- Krtola/koren
 - Mahunarke
 - Lisnato povrće
 - Plodovičasto povrće
 - Voće
- | | |
|--|----------------------------|
| | S > Cu > Zn > Pb > Mn > Ni |
| | S > Cu > Zn > Mn > Pb > Ni |
| | S > Cu > Zn > Mn > Pb > Ni |
| | S > Cu > Zn > Mn > Pb > Ni |
| | S > Cu > Zn > Pb > Mn > Ni |

Od povrća su uzorkovani jestivi delovi krompira, šargarepe, paškanata, boranije, kupusa, krastavca, i paradajza a od voća su uzorkovani plodovi jabuke, kruške, kajsije i breskve.