

DOI: <https://doi.org/10.61308/YXQV3122>

Пространствено вариране на физикохимичните свойства на почвите от Ботевградската котловина

Кръстена Илиева¹, Бисер Христов^{1,2*}

¹ Лесотехнически Университет, София

² ССА, ИПАЗР, „Н. Пушкиров“, София

E-mail*: bisseru@gmail.com

Резюме

Целта на настоящото изследване е пространствен анализ за оценка основните физикохимични показатели на почвите от района на Ботевградската котловина. Почвените проби са взети по предварително избрана мрежа, така че максимално равномерно да покриват избраните за изследване площи. Интерполацията на данните е направена по геостатистическите методи - кригинг и вариограмен анализ. Почвите имат сравнително благоприятни физикохимични свойства като сорбционният капацитет е със стойности от 10,80 до 24,50 mequ/100 g почва. Базисните катиони като калций и магнезий доминират навсякъде, а катионите с кисели функции като обменен алуминий и водород са с минимални стойности. Степента на наситеност с бази е почти навсякъде над 50%, и съответно почвите се определят като наситени. Почвената реакция също варира от силно кисела до слабо алкална.

Ключови думи: реакция на почвата, сорбционен капацитет, степен на наситеност с бази, кригинг

Spatial variation of the physicochemical properties of soils from the Botevgrad Valley

Krastena Ilieva¹, Biser Hristov^{1,2*}

¹ University of Forestry, Sofia

² Agricultural Academy, ISSAPP “N. Pushkarov”, Sofia

Corresponding author*: bisseru@gmail.com

Citation: Ilieva, K., & Hristov, B. (2023). Spatial variation of the physicochemical properties of soils from the Botevgrad Valley. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 57(3), 16-24 (Bg).

Abstract

The aim of the present study is a spatial analysis and assessment of the main physicochemical properties of the soils in Botevgrad Valley. The soil samples were taken along a pre-selected grid to cover the areas selected for research as uniformly as possible. The data were interpolated using the geostatistical methods of kriging and variogram analysis. The soils have relatively favourable physicochemical properties, such as the cation sorption capacity with values from 10.80 to 24.50 mequ/100 g of soil. The basic cations, such as calcium and magnesium, dominate anywhere, and those with acidic functions, such as exchangeable aluminium and hydrogen, have minimal values. The base saturation is almost above 50%, and the soils are defined as Eutric. Soil reaction also varies from strongly acidic to slightly alkaline.

Key words: soil pH, CEC, base saturation, kriging

Въведение

Физикохимичните свойства са сравнително постоянни във времето, а други се променят динамично в пространството (хоризонтално в равнина и вертикално в дълбочина). В България изследванията за пространствено вариране на почвените свойства станаха популярни през последните години с навлизането на ГИС технологиите и съвременните приложения за пространствено вариране. Физикохимичните процеси могат да бъдат идентифицирани най-точно с йоннообменните абсорбционни характеристики, тъй като те изразяват реактивно способното състояние на адсорбционните структури в почвата (Nikova et al., 2017; 2019). Първата разработка за пространственото вариране на почвените свойства е на Букорештчиев през 1939 г. за оценка на хомогенността на полето, избрано и откупено с царски указ за извършване на полски експерименти в с. Горни Лозен, Софийско (Bukoreshtliev, 1939; Dimitrov, 2014).

За изследване на пространственото вариране на физикохимичните свойства на почвите са използвани интерполационни карти, създадени с

помощта на геостатистическа техника, наречена кригинг. Това е метод, използван за оценка на стойностите на неизвестни местоположения въз основа на стойностите на близки известни местоположения (Oliver & Webster, 1990, Van Beers & Kleijnen, 2004).

В контекста на картографирането кригингът се използва за интерполиране на стойности между взетите проби, за да се създаде непрекъсната повърхност. Това може да бъде полезно в различни области като геологията, почвоведението, селското стопанство и др., където е важно да се разбере пространственото разпределение на определена променлива (Bakardjiev et al., 2011, Stoyanova, 2016).

В тази статия са изследвани основни физикохимични параметри на почвите в Ботевградската котловина, която е котловинно понижение в Западния Предбалкан. Цялата дължина на котловината от северозапад на югоизток е 28-30 km, а максималната ѝ ширина е около 12 km. Площта ѝ е 150 km² или около 15000 ha. Котловинното дъно лежи на 320-420 m н.в., като е леко наклонено на север, запълнено с алувиални наноси и частично заблатено в централната част (BAS, 2002).

За целите на настоящото изследване бе анализирано разпределението на почвените характеристики – катионен обменен капацитет ($T_{8.2}$), обща киселинност ($H_{8.2}$), обменна киселинност и състав на по-важните обменно адсорбирани катиони на почвите (обм. Al, обм. Ca, обм. Mg) и степен на наситеност с бази (V%) от повърхностния почвен хоризонт на почвите в Ботевградската котловина.

Обекти и методи на изследване

С цел по-пълно характеризиране на почвите, в Ботевградската котловина бе изследвана, неправилна мрежа от точки с реални координати. Преди разработване ѝ бе направена справка на изследванията в района. Отчетени бяха както възможните въздействия, така и проведените в миналото мелиоративни програми и реални въздействия върху почвите. Общата площ на изследване е около 150 km², в което са включени основните почвени обработваеми типове в района на котловината. Вzeti са проби от повърхностния хоризонт до 30 cm дълбочина. Като метод за пространствена интерполация на точките с неизвестни съдържания е използван геостатистическият метод кригинг. При него се прави предварителна оценка на разликата между стойностите на изследваните параметри, намиращи се на различно разстояние и в различни посоки от пространството, с помощта на вариограмен анализ.

Използвани са следните методи за анализ: Сорбционен капацитет ($T_{8.2}$), Обща киселинност ($H_{8.2}$), Катионни позиции върху базалните повърхности (T_{CA}) и страничните повърхности (T_A), обменни форми на алуминия (Al), калция (Ca) и магнезия (Mg), степен на наситеност с бази (V%), са определени по метода на Ганев и Арсова (Ganev & Arsova, 1980). Реакцията на почвата pH_{H_2O} е определена в почвени суспензии, съгласно ISO 10390:2010. Кригинг картите (Krigin maps) са направени с Surfer 8 - Golden software 2002. Дескриптивната статистика и графиките с MS Office 2010 software.

Обект на изследването са почвите на Ботевградската котловина (фиг. 1). Теренът е засегнат в

различна степен от антропогенната дейност и в момента на проучването в по-голямата си част е обработваем.

Резултати и обсъждане

В Ботевградската котловина най-разпространени са Алувиално-ливадните почви, които заемат около 32,3% от площта или 4626 ha, което е почти една трета от цялата площ. Делувиланите и Делувиално-ливадните почви са с сходни площи 1500 и 1322 ha.

Характерните за северна България Сиви горски почви (Лесивирани) са около 11% или 1547 ha, а Светлосивите горски почви (Псевдопозолисти) са само 3,6%. Покрай притоците на реките в котловината са разпространени и Алувиалните почви които заемат 1,3% или около 197 ha. Селищата заемат около 9% от територията на котловината (Bachvarova et al, 2005; Hristov, 2020). В настоящото изследване са проучени основно обработваеми земи заети с Алувиални почви (тук са включени и Алувино-ливадните почви), Делувиалните почви, Сивите горски почви, както и Ливадно-блатните почви.

Изследваните Сиви горски почви (Лесивирани почви) от Ботевградската котловина се характеризират със следните особености: имат маломощен, светъл, кафяво-сиво оцветен хумусно-елувиален и сравнително мощен повърхностен хоризонт, който е обект на нашето изследване. Сорбционният капацитет в повърхностния хоризонт е сравнително нисък – от 16 до 20 meq на 100 g почва. Карбонатите са измити в дълбочина. Реакцията е средно до слабо кисела (pH 4,9 – 6,2). Обменната киселинност (обм. Al) не е висока (до 1,3 meq/100 g почва). Наблюдава се обща киселинност ($H_{8.2}$), обусловена главно от обменен водород и алуминий (таблица 1 и 2). Поради това тези почви имат по-слаба степен на наситеност с базични катиони (65-85%). Величината на катионния сорбционен капацитет варира в широки граници в зависимост от механичния състав, но тук са изследвани само повърхностни хоризонти, където глината е с по-ниски стойности (Malinova, 2010).



Фиг. 1. Ботевградската котловина с местата на пробовземане
Fig. 1. The Botevgrad valley with the sampling locations

Таблица 2. Дескриптивна статистика на изследваните почвени показатели
Table 2. Descriptive statistics of the studied soil indexes

	pH _(H2O)	T _{8.2}	T _{CA}	T _A	H _{8.2}	Обм. Al/ Ex. Al	Обм. Ca/ Ex. Ca	Обм. Mg/ Ex. Mg	V %
Средно/mean	6,01	18,09	12,28	5,01	4,77	0,24	10,79	2,50	72,87
Ст. Грешка/St. error	0,12	0,47	0,70	0,33	0,34	0,08	0,56	0,06	1,88
Медиана/Median	6,00	17,80	11,95	5,45	5,20	0,00	9,95	2,50	71,04
Мода/Mode	6,00	17,80	11,40	5,40	5,80	0,00	9,20	2,50	67,42
Ст. Отклонение/ St. Deviation	0,61	2,41	3,55	1,67	1,72	0,42	2,86	0,28	9,61
Размах/Range	3,30	13,70	19,00	7,30	8,20	1,30	11,80	1,40	50,62
Минимум/Minimum	4,90	10,80	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	1,80	49,38
Максимум/ Maximum	8,20	24,50	19,00	7,30	8,20	1,30	17,80	3,20	100,00
Брой проби/Count	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00

Таблица 1. Физикохимични свойства на почвите - $T_{8,2}$, $H_{8,2}$, T_{CA} , T_A , Обм. Al, Обм. Ca, Обм. Mg; pH_{H_2O} и V

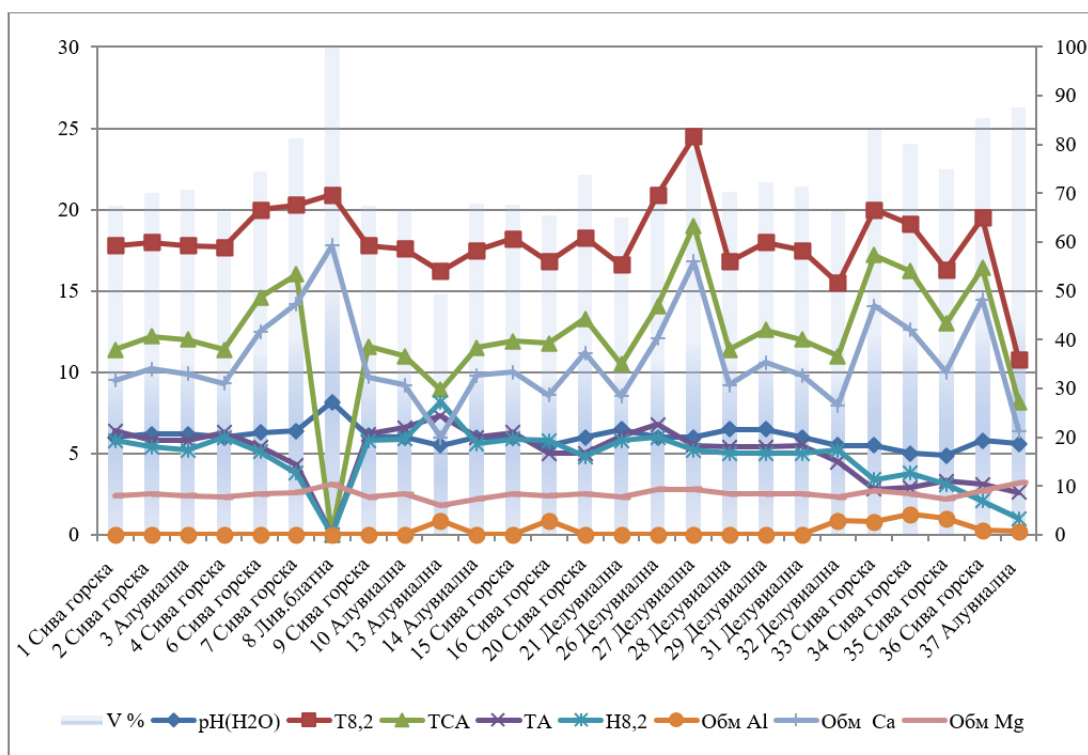
Table 1. Physicochemical properties of the soils - $T_{8,2}$, $H_{8,2}$, T_{CA} , T_A , ex. Al, ex. Ca, ex. Mg, pH_{H_2O} and V

№	Почвен тип/ Soil Type	$pH_{(H_2O)}$	$T_{8,2}$	T_{CA}	T_A	$H_{8,2}$	Обм. Al/ Ex Al	Обм. Ca/ Ex Ca	Обм. Mg/ Ex Mg	Степен на насит. с бази(V) % / Base Saturation
mequ/100 g почва (soil)										
1	Сива горска почва	6,0	17,8	11,4	6,4	5,8	0,0	9,5	2,4	67,42
2	Сива горска почва	6,2	18,0	12,2	5,8	5,4	0,0	10,2	2,5	70,00
3	Алувиална почва	6,2	17,8	12,0	5,8	5,2	0,0	9,9	2,4	70,79
4	Сива горска почва	6,0	17,7	11,4	6,3	6,0	0,0	9,3	2,3	66,10
6	Сива горска почва	6,3	20,0	14,6	5,4	5,1	0,0	12,5	2,5	74,50
7	Сива горска почва	6,4	20,3	16,0	4,3	3,8	0,0	14,2	2,6	81,28
8	Лив.блатна почва	8,2	20,9	0	0	0,0	0,0	17,8	3,1	100,00
9	Сива горска почва	6,1	17,8	11,6	6,2	5,8	0,0	9,7	2,3	67,42
10	Алувиална почва	6,0	17,6	11,0	6,6	5,9	0,0	9,2	2,5	66,48
13	Алувиална почва	5,5	16,2	8,9	7,3	8,2	0,9	6,0	1,8	49,38
14	Алувиална почва	6,0	17,5	11,5	6,0	5,6	0,0	9,8	2,2	68,00
15	Сива горска почва	6,0	18,2	11,9	6,3	5,9	0,0	10,0	2,5	67,58
16	Сива горска почва	5,5	16,8	11,8	5,0	5,8	0,9	8,6	2,4	65,48
20	Сива горска почва	6,0	18,3	13,3	5,0	4,8	0,0	11,2	2,5	73,77
21	Делувиална почва	6,5	16,6	10,5	6,1	5,8	0,0	8,5	2,3	65,06
26	Делувиална почва	6,0	20,9	14,1	6,8	6,0	0,0	12,1	2,8	71,29
27	Делувиална почва	6,0	24,5	19,0	5,5	5,2	0,0	16,8	2,8	78,78
28	Делувиална почва	6,5	16,8	11,4	5,4	5,0	0,0	9,2	2,5	70,24
29	Делувиална почва	6,5	18,0	12,6	5,4	5,0	0,0	10,6	2,5	72,22
31	Делувиална почва	6,0	17,5	12,0	5,5	5,0	0,0	9,8	2,5	71,43
32	Делувиална почва	5,5	15,5	11,0	4,5	5,2	0,9	8,0	2,3	66,45
33	Сива горска почва	5,5	20,0	17,2	2,8	3,4	0,8	14,1	2,7	83,00
34	Сива горска почва	5,0	19,1	16,2	2,9	3,8	1,3	12,6	2,5	80,10
35	Сива горска почва	4,9	16,3	13,0	3,3	3,1	1,0	10,0	2,2	74,84
36	Сива горска почва	5,8	19,5	16,4	3,1	2,1	0,3	14,5	2,7	85,45
37	Алувиална почва	5,6	10,8	8,2	2,6	1,0	0,2	6,4	3,2	87,51

Делувиалните и Делувиално-ливадните почви, формирани върху делувий от силикатни скали, са безкарбонатни. Почвената реакция варира от кисела до алкална. Величината на сорбционния капацитет варира в зависимост от съдържанието на глина - при по-леките разновидности е 16 mequ/100 g почва, а при по-глинестите 25 mequ/100 g почва или от среден до голям (Penkov, 1986). В повечето случаи

степената на наситеност с бази е висока(таблица 1 и 2, фиг. 2 и 4).

Алувиалните почви са разпространени основно покрай река Бебреш, която пресича котловината. Алувиалните наноси, върху които се развиват имат многопластов строеж. В основата си са изградени от чакъли, нагоре преминават в пясъчливи, пясъчливо-глинести наноси. Катионният сорбционен капацитет



Фиг. 2. Основни физикохимични стойности - $T_{8,2}$, $H_{8,2}$, T_{CA} , T_A , Обм. Al, Обм. Ca, Обм. Mg mequ/100g; pH_{H_2O} и V^* % (* стойности на дясната ординатна ос)

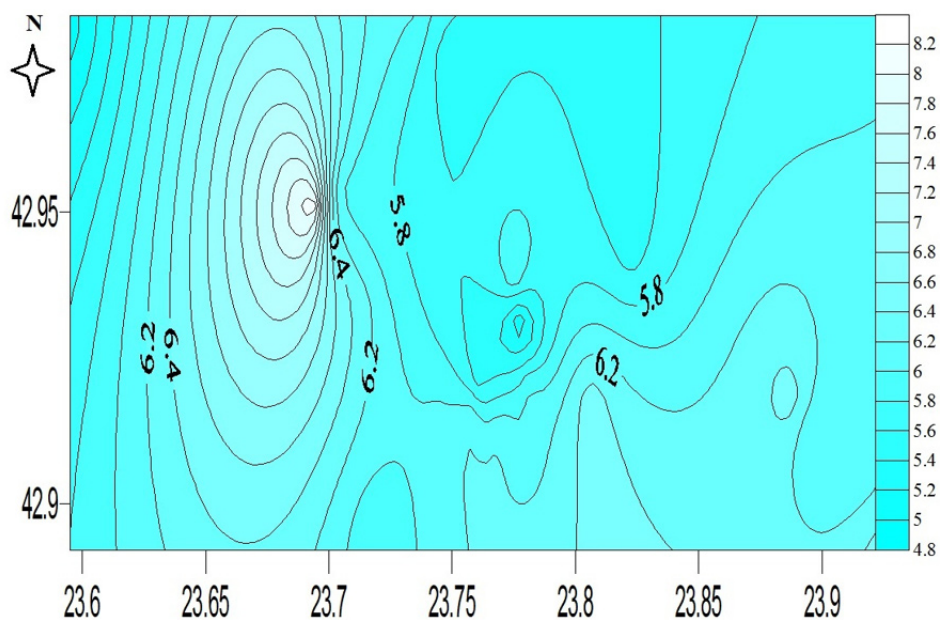
Fig. 2. Main physicochemical values - $T_{8,2}$, $H_{8,2}$, T_{CA} , T_A , ex. Al, ex. Ca, ex. Mg mequ/100g; pH_{H_2O} and V^* % (* values on right ordinate axis)

варира, но най-често е под 20 mequ/100 g почва или среден по класификацията на Пенков (Penkov, 1986).

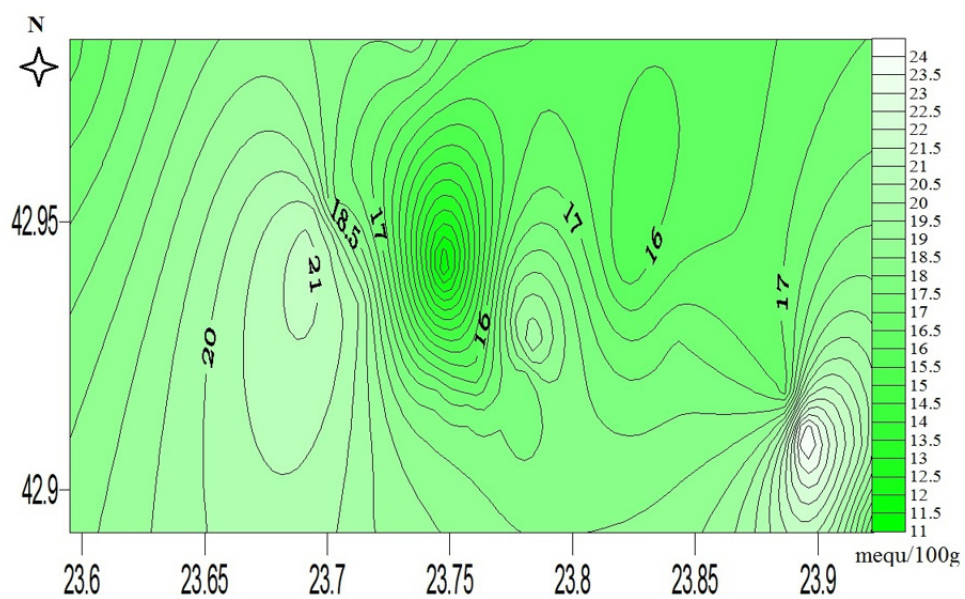
Физикохимичните свойства на Алувиално-блатните почви са сравнително благоприятни. Те имат слабо алкална реакция, а сорбционният капацитет е среден (Penkov, 1986) или около 20 mequ/100 g почва. Степента на наситеност с бази при всички почви е също висока (на 100%), със значително преобладаване на калциевите катиони около 17 mequ/100 g почва, като това са и почвите с най-виска степен на наситеност с бази. Според градацията на рН предложена от Ганев (Ganev, 1990) за определяне на различните буферни системи при изследваните почви се наблюдават: единствено при слабо алкалните Ливдано-блатни почви са адсорбирани силно базични катиони и слабо киселини аниони.

Следват слабо киселите Алувиални, Делувиални и Сиви горски почви с рН 6,4-6,0, в които силно доминира киселинната (водородната) форма на слабо киселинната система на адсорбента. След това имаме същите видове средно кисели почви с рН 6,0-5,2, в които започва появяване на обменен алуминий, съставена от слабо базичните алуминиеви катиони и силно киселинния анион на почвения адсорбент. Най-силно кисели почви са Сивите горски почви с рН 5,2-4,8, в които се намира пълна изява на обменния алуминий със силно киселинния анион на адсорбента (Ganev et al., 1990).

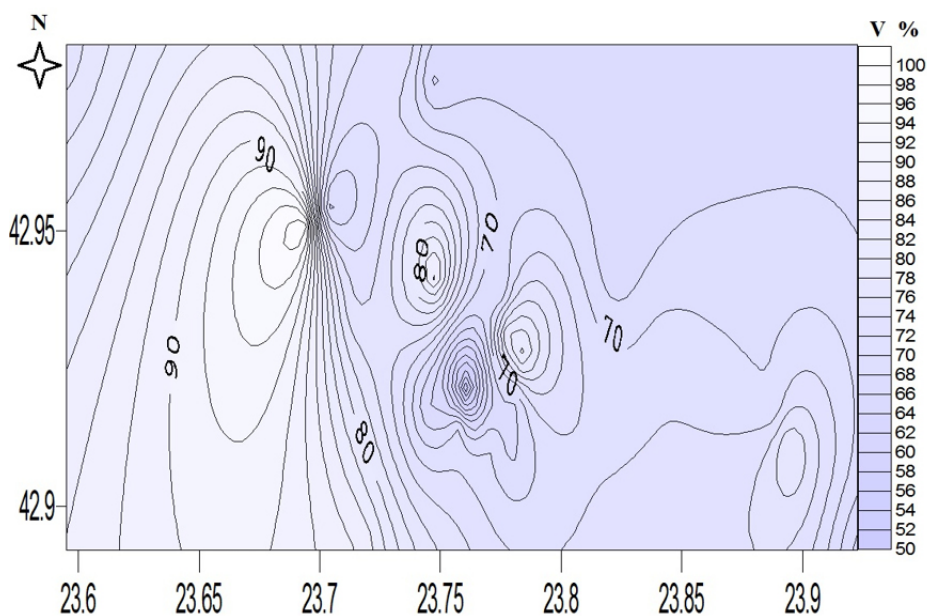
Изследваните почви са с от слабо до силно кисела реакция с изключение на ливадно-блатните почви, които са разположени в ниските депресионни части на котловината в близост до центъра ѝ (фиг. 3). По-киселата



Фиг. 3. Геопространствено вариране на почвената реакция ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$)
Fig. 3. Geospatial variation of soil reaction ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$)



Фиг. 4. Геопространствено вариране сорбциония капацитет ($T_{8.2}$ mequ/100 g)
Fig. 4. Geospatial variation of soil cation exchange capacity ($T_{8.2}$ mequ/100 g)



Фиг. 5. Геопространствено вариране на степента на наситеност с бази (V%)
Fig. 5. Geospatial variation of Base Saturation (V%)

почвена реакция на почвата е характерна за периферната част на котловината с изключение на почвите върху варовик.

Стойностите на сорбционния капацитет в изследваните участъци са в характерния интервал за Сивите горски почви, Алувиалните и Делувиалните почви, преобладаващи в района на изследването (Ganev et al., 1990). Трябва да отбележим, че сорбционния капацитет ($T_{8.2}$) е относително постоянна величина, която трудно се променя и е генетично стабилен показател, който не отразява веднага въздействието върху почвените характеристики. Според класификацията на Пенков (Penkov, 1986) сорбционния капацитет варира в различни степени в котловината (фиг. 4) от среден до голям (от 11-20 до 21- 30 mequ/100 g почва).

Обменната киселинността на почвата (количеството на адсорбираните катиони с киселинни функции, като водород и алуминий, чийто показател е общата киселинност- $H_{8.2}$) може да се счита за типична за региона поради силното влияние на

почвообразователните процеси на излужване на почвата. В изследваните почви, тя е много ниска, като обемния алуминий е от 0 до 1,3 mequ/100 g почва.

Стойността на наситеност с бази (средно $V > 72\%$), която изразява в проценти частта от общия катионно-обменен капацитет, е заета от силно базични катиони - калций и магнезий, определящи почвите като наситени според последната национална класификация (Teoharov et al., 2019). Обемният калций доминира във всички почвени проби и е със стойности от 6 до 17,8 mequ/100 g почва (таблица 2). Съответно обемният магнезий е средно около 2,5 mequ/100 g почва. От получените геостатистически карти на Ботевградското поле за степента на наситеност с бази с вижда, че в центъра тя се също увеличава както и при другите физикохимични показатели (фиг 5).

Изводи

Изследваните физикохимични свойства на повърхностните почвени хоризонти в Ботевградската котловина показват сравнително вариране на стойностите, като от периферията на котловината към центъра стойностите на почвената реакция, сорбциония капацитет и степента на наситеност с бази се увеличават. Почвите имат сравнително благоприятни физикохимични свойства като сорбционият капацитет е от „среден до голям“ или от 10,80 до 24,50 mequ/100 g почва. Степента на наситеност с бази почти навсякъде е над 50% и съответно почвите се определят като наситени. Следователно базичните катиони като калций и магнезий доминират навсякъде, а катионите с кисели функции като обменен алуминий и водород са с минимални стойности. Почвената реакция също варира от силно кисела рН е 4,9 при Сивите горски почви до слабо алкална при Ливадно-блатните почви с рН 8,2.

Литература

- Bachvarova, S., Georgiev, B., Teoharov, M., Samlieva, A., & Krasteva, V. (2005). Southwestern Agrotechpark In: Assessment of the agro-ecological potential on the territory of the agro-parks in the country optimizing the structure of agricultural production. *Scientific works of NACAN*, 2, 315-351 (Bg).
- Bakardzhiev, S., Popov K., Bakardzhiev D., & Ruskov K. (2011). Application of M-factor kriging in reducing non-stationary effects affecting spatial data. *Yearbook of MGU "St. Ivan Rilski"* 54(part I), 15-20 (Bg).
- Bukoreshtliev, B. (1939). Mathematical development of the results of the soil studies of the experimental field near the village of Gorni Lozen. *Yearbook of the Sofia University, Faculty of Agronomy and Forestry, XVII*, 1938/1939.
- BAS (2002). *Geography of Bulgaria. Physical and Social-Economical Geography* (Bg).
- Dimitrov, E. (2014). *Variation in the physical properties of soil at different spatial and temporal scales*. ISSAPP "N.Poushkarov" Department of Soil Physics, PhD thesis. (Bg)
- Ganev, S., & Arsova, A. (1980). Methods for determining strongly acidic and weakly acidic cation exchange in soil. *Soil Science and Agrochemistry*, 15(3), 22-33 (Bg).
- Ganev, S. (1990). *Contemporary soil chemistry*. Science and Art, Ed., Sofia.
- Ganev, S., Arsova, A., Sechkova R., Kalichkova T., Gateva, A., & Turpanova, H. (1990). *Physico-chemical properties of Bulgarian soils and different regions of the world*, Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection "N. Poushkarov" (Bg).
- Hristov, B. (2020). The soils of Botevgrad valley. *Ecological Engineering and Environment Protection*, 20(2), 52-62.
- ISO 10390:2010. *Soil quality - Determination of pH*.
- Malinova, L. (2010). *Soil Science and Pollution*. LTU Publishing House (Bg)
- Nikova, I., Dinev, N. Hristov, B., & Hristova, M. (2017). Study of basic physicochemical parameters of soil fertility. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 51(3-4), 29-35 (Bg).
- Nikova, I., Dinev, N. Hristov, B., & Hristova, M. (2019). Assessment of soil quality in a copper mining region in Bulgaria. *Ecolgia Balcanica*, 11(2), 13-23.
- Oliver, M. A., & Webster, R. (1990). Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 4(3), 313-332.
- Penkov, M. (1986). *Ameliorative soil science*. Tehnika pub (Bg).
- Stoyanova, M. (2016). Geostatistics - method for the characterization of the variables in the environment and application in precision farming. In: *Scientific Proceedings International Scientific Conference "Conserving Soils And Water"* 2016, 29-35 (Bg).
- Teoharov, M. (Eds) (2019). *Genetic and Applied classifications of Soils and Lands in Bulgaria* (Bg).
- Van Beers, W. C., & Kleijnen, J. P. (2004). Kriging interpolation in simulation: a survey. In *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*, 2004 IEEE.