

FOSFORO AKUMULIACIJOS DUOMENŲ VIZUALIZACIJA POTENCIALIOS TARŠOS ŽIDINIUOSE

Saulius MARCINKONIS¹, Bronislavas KARMAZA²

¹Lietuvos žemdirbystės institutas

Trakų Vokė, Vilnius

El. p. saulius.marcinkonis@voke.lzi.lt

²Geologijos ir geografijos institutas

Ševčenkos g. 13, Vilnius

El. p. karmaza@geo.lt

Santrauka

Geostatistinės analizės metodais įvertinta pasirinktos teritorijos judriojo fosforo fondo ir akumuliacijos erdvinė variacija. Šiam tikslui parinkta dalis kiaulininkystės komplekso nuotekomis laistomų natūralių pievų. Nustatyta, kad net 50 ha plote matosi, jog laistymo sistema rengta neįvertinus gamtinės įvairovės: reljefo formų, smėlio, priesmėlio ir durpinių dirvožemių fono. Dėl intensyvaus antropogeninio poveikio bei dėl gamtinės įvairovės (0,36-18,91 % dirvož. $C_{org.}$) tirtoje teritorijoje susiformavo akumuliacinės zonos, besiskiriančios iki 26 kartų judriųjų P_2O_5 koncentracijomis (27-700 $mg\ kg^{-1}$), o P sorbcijos potencialu – net iki 53 kartų (2-106 $mg\ kg^{-1}$). Tačiau koreliacinė-regresinė analizė neišryškino šių savybių priklausomumo nuo tirtų reljefo bei mikrobiologinio dirvožemio aktyvumo rodiklių, o fosforo sorbcija mažai priklausė nuo judriųjų P_2O_5 kiekio, taip pat neįvertino taršos grėsmės.

Taikoma žemėnaudos sistema dabartiniu metu leidžia išvengti fosforo judėjimo dėl dirvožemio erozijos ar nuplovimo, tačiau perteklinio fosforingumo zonose ši grėsmė siekia aukštą lygį. Pagrindiniai rizikos veiksniai – žemės dirbimas ir gyvulininkystės intensyvinimas.

Reikšminiai žodžiai: organinis tręšimas, fosforo sorbcija, geostatistinė analizė, kontūriniai žemėlapiai.

Įvadas

Ne tik mineralinis perteklinis tręšimas gali būti žalingas. Teršalais tampa ir mineraliniu, ir organiniu pavidalu į dirvožemį patekę biogeniniai elementai, jei yra augalų neįsisavinami ir patenka į paviršinius ir gruntinius vandenis. Didėja dėmesys, skiriamas aplinkos teršimui fosforu, palyginti su kitu plačiai tirtu labai tirpiu ir išplaunamu elementu azotu. Taršą lemia mažas fosforo tirpumas ir savybė akumuliuotis dirvožemyje /McGechan, Lewis, 2002/. Skirtingai nuo kitų biogeninių elementų (N, S, C) fosforas nesudaro dujinių formų, todėl jo transportavimas daugiausia vyksta tik smulkiadispersinių dalelių išplovimo ar nunešimo dėka /Golubev, 1999/, o pati tarša tiesiogiai priklauso nuo fosforo kiekio ir jo formų, patenkančių į dirvožemį. Tiek lauko /Gale ir kt., 2000/, tiek lizimetriniais /Tyla ir kt., 1997/ tyrimais nustatyta, kad fosforas beveik neišplaunamas, tačiau akcentuojamas įvairių jo formų koncentracijos didėjimas dirvože-

myje. Trešiant net organinėmis trąšomis, labiau didėja mineralinių fosforo junginių atsargos dirvožemyje, dėl ko padidėja šio elemento migracija į poarmenį /Tripolskaja, 2005/. Barrow ir Shaw (1979) iškėlė hipotezę, kad vienvalenčių jonų tirpalai (Na^+ , K^+ , NH_4^+) P desorbuoja daugiau nei divalenčių (Ca^{2+} , Mg^{2+}). Todėl vienvalenčių jonų, kurių ypač gausu mėšle, patekimas į dirvožemį provokuoja P išskyrimą į dirvožemio tirpalą.

Vandens telkiniuose (natūraliuose ar dirbtiniuose) fosforas skatina masinį ciano-bakterijų žydėjimą, uždumblėjimą, sukeldamas deguonies trūkumą ir biomasės irimą, tuo labai blogindamas vandens kokybę /Patterson, 2001/. Taršos fosforu skatinama gruntnių ir paviršinių vandenų eutrofikacija yra globalus reiškinys intensyvios šiuolaikinės žemdirbystės sąlygomis. Eutrofikacija stabdo vandenų panaudojimą žuvivaisai, poilsiui, pramonei ir geriamam vandeniui ruošti /Methods of P anglysis..., 2000/. Iširta, kad žalingas žemdirbystės poveikis vandenų kokybei labiau priklauso nuo landšafto ir dirvožemio savybių negu nuo trešimo intensyvumo. Todėl ypač svarbus tampa žemėnaudos ir kraštovaizdžio veiksnys, nes potenciali vandenų užteršimo grėsmė kyla dėl erozijos ir nuplovimo. R. Tumas, naudodamas EPIC (Erosion/Productivity Impact Calculator) modelį, apibendrinęs daugiamečius klimato, dirvožemio, topografijos ir žemėnaudos duomenis, nustatė, kad labiausiai netaškinio užterštumo atžvilgiu pažeidžiamos teritorijos yra išsidėsčiusios Rytų ir Vakarų Lietuvos regionuose /Tumas, 2000/. Klimatas ir žemdirbystės būdai yra svarbiausi veiksniai, lemiantys azoto ir fosforo panaudojimą iš dirvožemio.

Gyvulininkystės objektai priskiriami prie potencialių taršos židinių, apie kuriuos informacija saugoma Geologinės aplinkos taršos židinių informacinėje sistemoje /Lietuvos geologijos tarnybos..., 2006/. Vadinasi, vertinant gamybos atliekų potencialaus poveikio ir poveikio masto dirvožemio ir vandens kokybei požūriais, taršos problemos tampa dar aktualesnės intensyvios gyvulininkystės sąlygomis. Daugelis tyrėjų pažymi, kad būtina papildyti įprastas lauko savybių tyrimų metodikas pigesniais ir modernesniais geostatistinėmis metodais /Soil resources of Europe, 1999/.

Tyrimų tikslas – pasitelkus geostatistinius duomenų analizės metodus, įvertinti pasirinktos teritorijos judriojo fosforo koncentracijų erdvinę variaciją bei išskirti kritinės akumuliacijos zonas.

Tyrimų metodai ir sąlygos

AB „Zelvė“ kiaulininkystės kompleksas yra šiaurės vakariniame Trakų rajono pakraštyje, maždaug už 3,5 km į šiaurę nuo Vievio (1 pav.). Pagal profesoriaus A. Basalyko atliktą Lietuvos fizinį geografinį rajonavimą, laistomų laukų teritorija priklauso Baltijos žemumos sričiai, Nemuno vidurupio ir Neries žemupio plynaukštės rajonui, Kaugonių-Paparčių mikrorajonui /Basalykas, 1965/. Komplekse pastaruju metu laikoma apie 12-13 tūkst. kiulių. Sukaaptas skystasis mėšlas telkiamas baseinuose ir išlaistomas laukuose įrengta stacionaria lietinimo sistema. Laistymui naudojamas agregatas DDN 70. Skystasis mėšlas išlaistomas trumpalaikiais ciklais balandžio, gegužės bei liepos ir rugpjūčio mėnesiais. Nedideliais kiekiais laistoma ir birželio mėnesį. Laistymo laukuose šiuo metu žemė nedirbama, todėl jie yra tapę ištisa pieva, užimančia apie 182 ha plotą, esanti maždaug už 1,3-1,5 km į šiaurės vakarus bei vakarus nuo komplekso gamybinės zonos. Laukus riboja Strošiūnų, Gervaraisčio, Kaugonių ir Kazo-

kiškių miškų masyvai. Pagal FAO klasifikaciją išskiriami glėjiškieji jaurazemiai (JDg), glėjiškieji išplautžemiai (IDg), nepasotintieji, pasotintieji ir puveningieji šlynžemiai (GLn), išplautžemiai (JD) ir gilieji žemapelkės durpžemiai (PDz2).

GPS imtuvu (Garmin Ique 3600) geostatistinių skaičiavimų tinklui (100 m x 100 m) sudaryti išskirtas 50 ha komplekso laistymo laukų plotas, ėminių taškai apibūdinti geografinėmis koordinatėmis ir absoliutaus aukščio rodikliais. Surinkti 104 dirvožemio ėminiai, kuriuose nustatyta: pH, judriojo fosforo ir kalio kiekiai, fosforo sorbcijos indeksas (PSI), dirvožemio respiracija ir organinės C kiekis.

Dirvožemio pH nustatytas potenciometriniai (1 M KCl ištraukoje), judrieji fosforas ir kalis – Egnerio-Riehmo-Domingo (A-L) amonio laktato ištraukoje, PSI – vieno taško (single-point) pagal Bache ir Williams, organinė C – sauso deginimo Hereus aparate, dirvožemio respiracija – Ohlinger metodais.

Statistiniams skaičiavimams atlikti naudoti aprašomosios statistikos įrankiai (The Descriptive Statistics analysis tool), teikiantys informaciją apie pagrindines duomenų variacijos tendencijas. Tyrimų duomenų geostatistiniam modeliavimui ir grafinei medžiagai apdoroti naudota „Surfer 8“ programinė įranga /Surfer brochure/. Naudojant „Surfer 8“ duomenų apdorojimo galimybes – erdvinę analizę, žemėlapių generavimą, duomenų vizualizaciją (2D, 2,5D ir 3D), duomenų generavimą modeliuojant ir geostatistiką – ir buvo sudaryti erdviniai kontūriniai tirtų parametru žemėlapiai.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Laukuose laistant skystąjį mėšlą, susiformuoja specifinės dirvožemio agrocheminės charakteristikos. Jas lemia išlaistomo skysto mėšlo kiekis, jo cheminė sudėtis bei pačių laistomų laukų dirvožemių savybės. Pažymėtina, kad J.S.VanKesselis ir kiti tyrimais nustatė, jog mėšlo savybės kinta ir nuo laikymo būdo – labai keičiasi C ir N mineralizacijos rodikliai /Van Kessel ir kt., 1999/. Skysto mėšlo cheminė charakteristika nežymiai įvairavo: dvejų paskutiniųjų – 2005 ir 2006-ųjų metų – analizių duomenimis, šios reikšmės sudarė 0,45-0,49 kg m⁻³ suminio N, 0,02-0,03 kg m⁻³ suminio P, 0,45-0,48 kg m⁻³ suminio K. Komplekse sukaupiami skystoji mėšlo dalis siekia iki 55 tūkst. m³. Dirvožemio papildymas fosforu (P₂O₅) laistomose pievose gali siekti tik iki 20 kg ha⁻¹ per metus (1 lentelė).

1 lentelė. Metinis komplekse sukaupiamo skysto mėšlo kiekis ir jo sudėtis

Table 1. Annual amount and composition of liquid manure accumulated in a pig unit

Mėšlo kiekis m ³ <i>Amount of manure m³</i>	N t	P t	K t
Iš viso sukaupiami gyvulininkystės komplekse per metus <i>Total amount of manure accumulated per year</i>			
55 000	24,97-26,95	1,04-1,59	24,75-26,4
Tenka 1 ha naudmenų (182 ha) / <i>Load on 1 ha land</i>			
Mėšlo kiekis m ³ <i>Amount of manure m³</i>	N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	K ₂ O kg ha ⁻¹
302,2	137-148	13-20	163-174

Pagal granulimetrinę sudėtį tyrimų plote vyrauja priemėlis, tad sorbcinės savybės turėtų būti gana tolygios visame plote, tačiau organinių ir puveningų dirvožemių vietose jas lemia gausėnis organinės medžiagos kiekis. Tyrimų metu nustatytos dirvožemio cheminės savybės 0-20 cm gylyje (2 lentelė). Duomenys rodo didelę C_{org} . Variaciją šiame plote. Nustatyti organinės anglies kiekiai įvairavo nuo 0,36 iki 18,91 %, skirtumas siekė net 18,55 %, arba beveik 53 kartus. Kompleksinis rodiklis – dirvožemio pH tirtame plote įvairavo tarp 4,70 ir 6,80, t.y. skyrėsi iki 2,10 vnt. Dirvožemio rūgštumas apėmė 5 dirvožemio rūgštumo grupes – nuo vidutiniškai rūgščių iki artimų neautraliems. Vidutinė pH reikšmė sudarė 5,94 vieneto.

2 lentelė. Tyrimų ploto dirvožemių savybės ir jų variacija (0-20 cm gylyje)

Table 2. Soil properties and their variation in site (0-20 cm depth)

	Abs. aukštis m <i>Elevation m</i>	pH 1M KCl	P_2O_5 mg kg ⁻¹	PSI mg kg ⁻¹	K_2O mg kg ⁻¹	C_{org} %	Respiracija <i>Respiration</i> mg CO ₂
\bar{x}	119,7	5,94	277,7	52,5	195,1	1,62	0,17
$s_{\bar{x}}$	0,33	0,08	22,95	3,85	15,10	0,42	0,01
s	2,35	0,55	165,49	27,75	108,92	3,03	0,06
Mediana	120,00	6,05	237,50	51,50	183,50	0,93	0,17
Moda	121,00	5,50	134,00	72,50	185,00	1,08	0,23
Ribos / <i>Range</i>	10	2,1	673	103,6	714	18,55	0,22
Min	113	4,7	27	2,0	79	0,36	0,08
Max	123	6,8	700	105,6	793	18,91	0,30
R_{05} / LSD_{05}	0,65	0,15	46,07	7,72	30,32	0,84	0,03

Dirvožemio derlingumo rodikliai irgi buvo labai skirtingi. Judriojo P_2O_5 dirvožemyje rasta nuo 27 iki 700 mg kg⁻¹, tai yra dirvožemiai įvairavo nuo mažai fosforingų iki didelio fosforingumo (pelkiniai). Nustatyta, kad judriojo K_2O buvo nuo 79 iki 793 mg kg⁻¹. Pagal kalio kiekį plotai suskirstyti nuo mažo iki didelio kalingumo.

Dirvožemio mikrobiologinį aktyvumą tiesiogiai nusako dirvožemio respiracija. Dirvožemio respiracija sudarė nuo 0,08 iki 0,30 mg CO₂ per 24 val. 1 g orasausio dirvožemio, skirtumai – iki 4 kartų, o vidutinis dydis – 0,17 mg CO₂.

Siekiant įvertinti dirvožemio gebėjimą imobilizuoti fosforą bei identifikuoti taršos atžvilgiu kritines teritorijas, nustatomas fosforo sorbcijos indeksas (PSI), kuris agronominiu ir aplinkosauginiais atžvilgiais charakterizuoja dirvožemio P sorbcijos dydį. Atsižvelgiant į šį indeksą galima kompleksiskai vertinti 2 veiksnių kategorijas, teikiančias žinias apie P nuostolių potencialą žemės ūkio naudmenose: 1) P nuostolių potencialą dėl vietos ir pernešimo charakteristikų (nunešimo, išplovimo ir drenažo sistemų nuostolių); 2) P nuostolių potencialą dėl žemdirbystės ir P išteklių charakteristikų (kiekį, judrumą ir formas). Tačiau P sorbcijos nustatymas izotermų metodu yra ilgas, komplikotas ir brangus metodas plačiam naudojimui. Todėl 1971 m. sukurtas PSI metodas greitam dirvožemio P sorbcijos dydžiui įvertinti /Methods of P analysis..., 2000/. Nustatytas dirvožemio PSI įvairavo nuo 2 iki 105,6 mg kg⁻¹, skirtumai siekė net 103,6 mg kg⁻¹, arba 53 kartus.

Koreliacinė-regresinė analizė neišryškino tirtų cheminių dirvožemio savybių priklausomumo nuo reljefo ar dirvožemio mikrobiologinio aktyvumo. Tarp šių dviejų rodiklių nustatytas silpnas ryšys ($r = 0,39$). Kaip pagrindines priežastis galima įvardinti didelę parametrų variaciją ir sąlyginai mažą atrankos apimtį.

3 lentelė. Koreliacinė nustatytų rodiklių matrica

Table 3. Matrix of correlation of site properties

	Abs. aukštis m <i>Elevation m</i>	pH 1N KCl	P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	K ₂ O mg kg ⁻¹	C _{org.} %	PSI mg kg ⁻¹
pH 1N KCl	0,14	1,00				
P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	0,16	0,16	1,00			
K ₂ O mg kg ⁻¹	0,11	-0,04	0,29	1,00		
C _{org.} %	0,06	-0,08	0,16	0,82	1,00	
PSI mg kg ⁻¹	-0,11	0,34	-0,36	-0,21	0,01	1,00
Respiracija mg CO ₂ <i>Respiration mg CO₂</i>	0,39	-0,03	0,26	0,24	0,25	0,00

Tirtame plote nustatytas stiprus koreliacinis ryšys (0,82) tarp judriojo K ir organinės C. Švedijos mokslininkų tyrimų duomenimis, nepavyko nustatyti tiesioginio priklausomumo tarp fosforo judriųjų formų dirvožemyje ir fosforo sorbcijos, taip pat ir išplovimo. Svarbu vandens transporto mechanizmas konkrečioje aplinkoje /Djordjic ir kt., 2004/. Mūsų tyrimų duomenimis, priklausomumas tarp fosforo sorbcijos (PSI) ir judrumo buvo atvirksčiai proporcingas ir silpnas. Šie rodikliai nekoreliavo nei su teritorijos absoliučiu aukščiu, nei su dirvožemio mikrobiologiniu aktyvumu (respiracija).

Geostatistiniai skaičiavimai. Erdviniai procesai paprastai aprašomi naudojantis geostatistiniais metodais, kurie nurodo priklausomumą tarp artimų duomenų /Goovaerts, 1997/. Erdvėje kintantys duomenys modeliuojami naudojantis variogramomis. Jos rodo, kaip greitai kinta rodikliai erdvėje. Šio modeliavimo metodo principas pagrįstas tuo, kad du matavimai šalia yra panašesni nei du tolimesni. Kadangi dažnai procesai kinta tam tikra kryptimi, todėl ir reikšmės viena kryptimi gali kisti greičiau nei kita. Variograma kaip funkcija yra trijų dimensijų krypties.

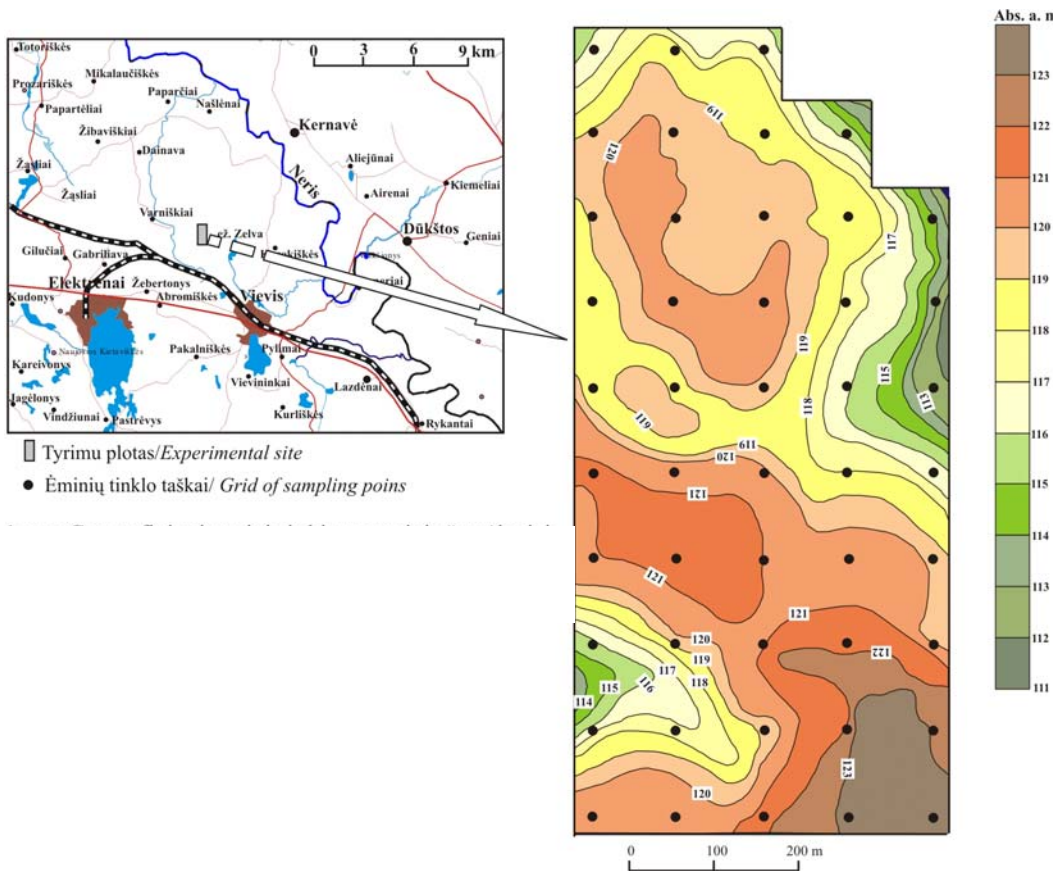
Tam tikrų vietų, arba taškų duomenims perskaičiuoti į ištisinį paviršiaus modelį naudotasi duomenų interpoliacijos procesu: iš turimų aplinkinių taškų reikšmių nustatytos apytikslės reikšmės tose vietose, kur nebuvo matuota. Turimi pradiniai laistymo laukų duomenys buvo interpoliuojami naudojant tikslaus perskaičiavimo metodą „Kriging“ – geostatinių gardelių sukūrimą /Cressie, 1990, 1991; Deutsch, 1992/. Interpoliavimo geostatistiniai duomenys pateikti 4 lentelėje.

Pagal tirtų rodiklių variaciją galima išskirti 3 rodiklių grupes – < 10; 10-1000; >1000. Mažiausiai įvairavo dirvožemio respiracija, o daugiausia – judriųjų P ir K kiekiai. Dėl labai didelių skirtumų tarp rodiklių atitinkamai pasiskirstė ir kiti statistiniai duomenys – visa vertikali variogramos skalė, trendo nuolydis, liekanos efektas ir artimiausia gretima reikšmė. Liekanos efektas atskleidžia potencialias klaidas renkant duomenis – dėl didelės duomenų variacijos apskaičiuotas didelis liekanos efektas C_{org.}, judriųjų P₂O₅ ir K₂O bei PSI reikšmėms.

4 lentelė. Interpoliavimo statistiniai duomenys

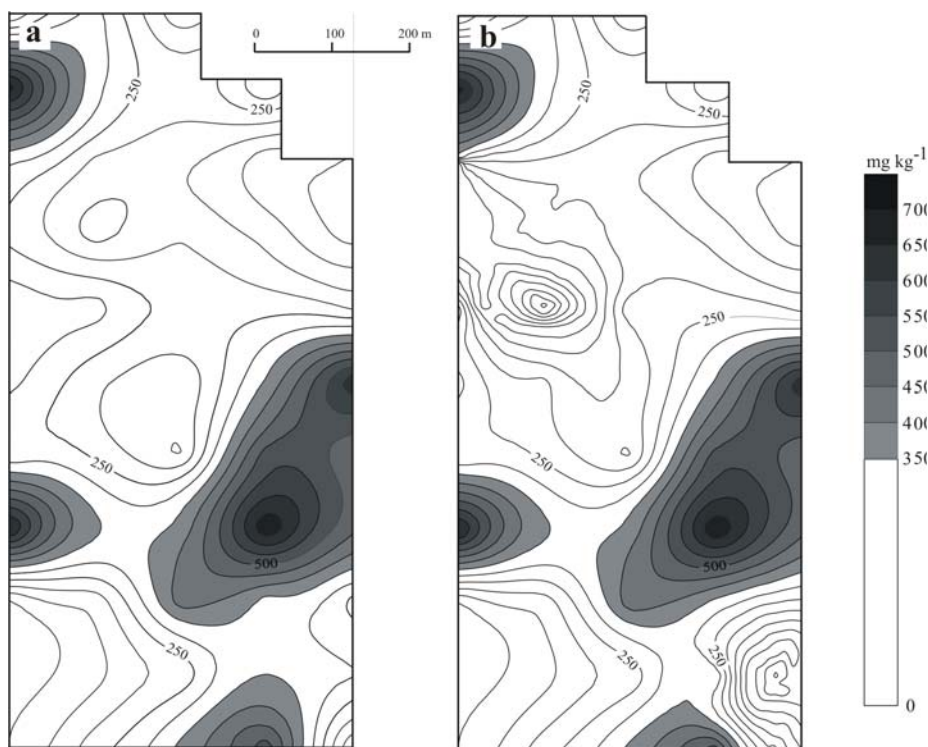
Table 4. Statistical results of data interpolation

Rodiklis <i>Parameter</i>	Variacija <i>Variation</i>	Visa vertikali variogramos skalė <i>Range</i>	Trendo nuolydis <i>Trend slope</i>	Liekanos efektas (paklaidos ir mikrovariacija) <i>Nugget effect</i>	Artimiausia gretima reikšmė <i>Nearest neighbour</i>
Respiracija mg CO ₂ <i>Respiration mg CO₂</i>	0,003	0,00406	0,00001	0,002	0,002
pH 1N KCl	0,302	0,346	0,00138	0,201	0,225
Abs. aukštis m <i>Elevation m</i>	5,41	5,69	0,187	0,799	1,91
C _{org.} %	9,01	11,6	0,0453	8,89	8,92
PSI mg kg ⁻¹	755,02	855	3,42	607	642,8
K ₂ O mg kg ⁻¹	11 635	14 800	59,1	12 100	11 971
P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	26 861	29 300	112	18 100	20 234



1 paveikslas. Geografinis situacinis ir hipsometrinis žemėlapiai
Figure 1. Maps of geographical situation and hipsometry

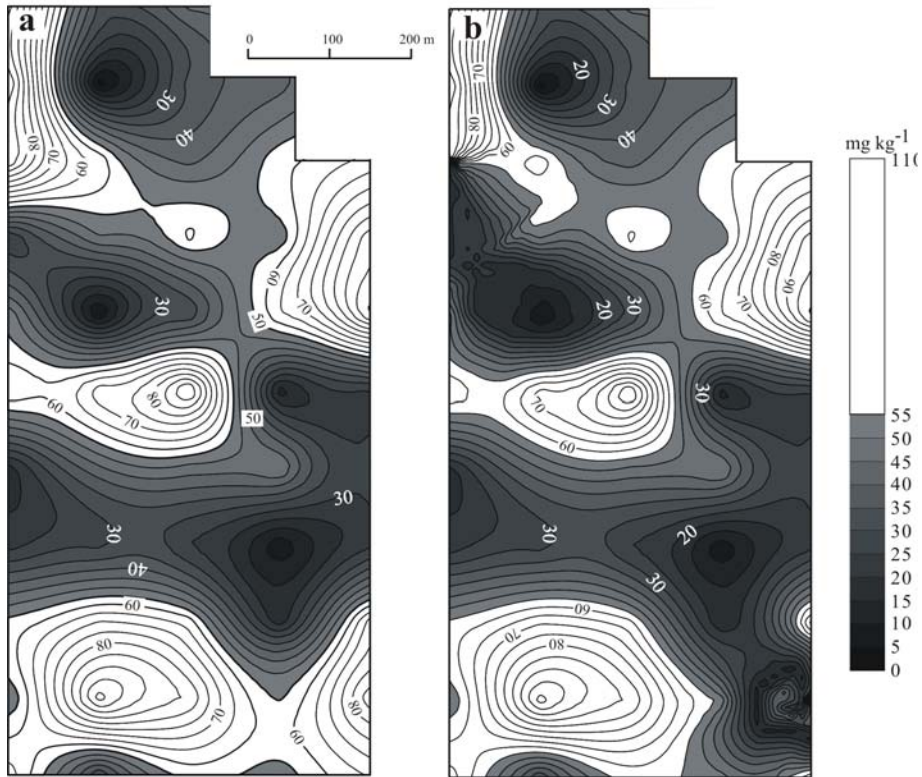
Pagal duomenų interpoliacijos rezultatus sukūrus erdvinis kontūrinius tirtų parametų žemėlapius, atsiskleidė erdvinis rodiklių pasiskirstymas ir buvo apibrėžtos jų akumuliacinės zonos (2-3 pav., a). Sudarant didesnės teritorijos skaitmeninius paviršiaus modelius, didesniai tikslumui pasiekti siūloma nagrinėjamą teritoriją suskaidyti į tam tikras teritorijas, skirstant paviršių pagal reljefo įvairovę ir žemėnaudos tipą, bei kiekvienai iš šių teritorijų parinkti tinkamiausią modeliavimo metodą (Kumetaitis, 2004). Konkrečiu atveju – ir pagal organinių dirvožemių, ir pagal reljefo kontūrus. Ant biogeninių nuogulų susiformavę pelkiniai dirvožemiai (durpžemiai) bei puveningi šlynžemiai pasižymi ypač stipriomis akumuliacinėmis savybėmis ir maksimaliomis organinės anglies, judriųjų P_2O_5 ir K_2O bei fosforo sorbcijos rodiklių reikšmėmis. Digitavus minėtų dirvožemių kontūrus pagal dirvožemių žemėlapi (įskaitmeninus jų ribas ir išskyrus šiuos dirvožemius), kontūriniai žemėlapiai buvo patikslinti įvedant apribojimo duomenis (2-3 pav., b). Akivaizdu, kad tokie žemėlapiai skiriasi savo kontūrais, detaliau vizualizuoja duomenų erdvinę variaciją ir tiksliau leidžia vertinti situaciją lauke. Judriojo P_2O_5 kontūriniame žemėlapyje išryškintos didelio fosforingumo zonos ($\geq 350 \text{ mg kg}^{-1}$), kurios, detalizavus žemėlapi (2 pav., b), išlieka mažai pakitusios. Pagrindiniai skirtumai išryškėja mažesnio fosforingumo kontūruose. PSI kontūriniuose žemėlapuose išryškintos



2 paveikslas. Judriojo fosforo kiekio (mg kg^{-1}) pasiskirstymo erdviniai kontūriniai žemėlapiai (a – nekoreguotas pagal organinių dirvožemių plotus, b – koreguotas)

Figure 2. Countour maps of spatial variability of available phosphorus (mg kg^{-1}) (a – not corrected by organic soils areas, b – corrected)

mažo fosforo imlumo zonos ($\leq 55 \text{ mg kg}^{-1}$), kurios, detalizavus žemėlapi (3 pav., b), labiau kito. Šiuo atveju išryškėjo papildoma mažo imlumo zona dešiniajame apatiniame lauko kampe. Redaguoti pagal reljefo kontūrus žemėlapiai leistų dar tiksliau vizualizuoti situaciją laukuose ir efektyviai taikyti precizinį agropriemonių naudojimą. Toks žemėlapių detalizavimas reikalautų papildomų sąnaudų duomenims rinkti, tačiau būtų naudingas intensyvios taršos ar kritinės teršimo sklaidos požiūriu vietose.



3 paveikslas. PSI (mg kg^{-1}) pasiskirstymo erdviniai kontūriniai žemėlapiai (a – nekoreguotas pagal organinių dirvožemių plotus, b – koreguotas)

Figure 3. Countour maps of spatial variability of PSI (mg kg^{-1}) (a – not corrected by organic soils areas, b – corrected)

Išvados

1. Gyvulininkystės komplekso taršos teritorijoje, pasižyminčioje dirvožemių ir reljefo įvairove, reguliariai su skystu mėšlu į dirvožemį patenkantys dideli biogeninių elementų kiekiai suformuoja specifinį agrocheminių dirvožemių savybių kompleksą (vertinant pagal pH, C_{org} bei P), kuris būna labai nevienodas.

2. Taikant geostatistinius cheminių analizių duomenų vertinimo ir vizualizavimo metodus, nustatyti dirvožemių savybių pokyčiai erdvėje, teritorijoje išskirtos akumuliacinės zonos, besiskiriančios iki 26 kartų pagal judriojo P_2O_5 koncentraciją bei turinčios iki 53 kartų besiskiriantį P akumuliacijos potencialą.

3. Nustatytos labai didelio fosforingumo zonos ($> 300 \text{ mg kg}^{-1}$) dar nenusako zonų, kur fosforas menkai sorbuojamas ir kelia grėsmę aplinkos taršai, nes fosforo sorbcijos indeksas silpnai priklausė nuo judriojo P_2O_5 kiekio dirvožemyje ($r = -0,36$).

4. Tyrimų objektui taikoma žemėnaudos sistema (be intensyvaus žemės dirbimo) leidžia išvengti fosforo judėjimo dėl erozijos ar nuplovimo, tačiau perteklinio dirvožemio fosforingumo zonoje ši grėsmė siekia aukštą lygį. Pagrindiniai rizikos veiksniai apima žemėnaudos pakeitimą (žemės dirbimo intensyvinimas) ir gyvulininkystės intensyvinimą (gyvulių skaičiaus augimas ploto vienetui).

5. Taršos fosforu grėsmė intensyviame taršos židinyje yra sunkiai prognozuojama dėl kraštovaizdžio įvairovės. Rekomenduotinos prevencinės priemonės apimtų didesnio P poreikio augalų auginimą, precizinį tręšimo būdo taikymą, tęstinį periodinį lauko cheminių rodiklių testavimą, laistomų laukų formavimą pagal kraštovaizdžio formas.

Gauta 2006 10 23

Pasirašyta spaudai 2007 01 18

LITERATŪRA

1. Basalykas A. Lietuvos TSR fizinė geografija. II dalis. - Vilnius, 1965. - 496 p.
2. Cressie N. A. C. Statistics for Spatial Data. - New York, 1991. - 900 p.
3. Cressie N. A. C. The Origins Of Kriging, Mathematical Geology. - 1990, p. 239-252
4. Deutsch C. V., Journel A. G. Gslib - Geostatistical Software Library And User's Guide. - New York, 1992. - 338 p.
5. Djodjic F., Börling K., Bergström L. Phosphorus Leaching in Relation to Soil Type and Soil Phosphorus Content // J. Environ. Qual. - 2004, vol. 33, p. 678-684
6. Gale P. M., Mullen M. D., Cieslik C. et al. Phosphorus distribution and availability in response to dairy manure applications // Communications in Soil Science and Plant Analysis. - 2000, vol. 31, iss. 5-6, p. 553-565
7. Golubev G. N. Geoekologija. - Moskva: Geos, 1999, s. 45
8. Goovaerts P. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. - Oxford, 1997. - 483 p.
9. Kumetaitis A. Skaitmeninio reljefo modelio sudarymas ir tobulinimas geostatistinėmis metodais // Geodezija ir kartografija. - 2004, XXX t., Nr. 1, p. 29-34
10. Lietuvos geologijos tarnybos 2005 metų veiklos rezultatai / ats. red. J. Satkūnas. - Vilnius, 2006, p. 27-28
11. Mcgechan M. B., Lewis D. R.. Sorption of Phosphorus by Soil, Part 1: Principles, Equations and Models // Biosystems Engineering. - 2002, 82 (1), p. 1-24
12. Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters / ed. G. M. Pierzynski. Southern Cooperative Series Bulletin No. 396. - 2000, p. 1-2, 22-24. http://www.soil.ncsu.edu/seral7/publications/seral7-2/pm_cover.htm
13. Patterson R. A. Phosphorus sorption for on-site wastewater assessments // Conference On-Site '01. Advancing On-Site Wastewater Systems. - Armidale, 2001, p. 307-314
14. Soil Resources of Europe / P. Bullock, R. J. A. Jones, L. Montanarella. - Luxembourg, 1999, p. 159-168
15. Surfer brochure. <http://www.goldensoftware.com/>, ftp://goldensoftwareftp-dl:golden@goldensoftwareftp.com/s8_brochure.pdf
16. Tyla A., Rimšelis I., Šleinyš R. Augalų maisto medžiagų išplovimas iš įvairių dirvožemių. - Dotnuva-Akademija, 1997. - 25 p.
17. Tripolskaja L. Organinės trąšos ir jų poveikis aplinkai: monografija. - Akademija, 2005. - 205 p.

18. Tumas R. Evaluation and prediction of nonpoint pollution in Lithuania // Ecological Engineering. - 2000, vol.14, No. 4, p. 443-451

19. Van Kessel J. S., Reeves J. B., Meisinger J. J. Storage and handling can alter the mineralization characteristics of manure // Journal of Environmental Quality. - 1999, vol. 28, iss. 6, p. 1984-1990

ISSN 1392-3196

Zemdirbyste / Agriculture, vol. 94, No. 1 (2007), p. 64-73

UDK 631.816:546.1

VISUALISATION OF PHOSPHORUS ACCUMULATION DATA IN POTENTIAL POLLUTION SOURCES

S. Marcinkonis, B. Karmaza

Summary

Geostatistical data analysis methods were used to estimate the spatial variation of available phosphorus pool and accumulation in a chosen site. Part of a natural grassland irrigated by the sewage from a pig unit was selected for this purpose. It was found that even on a 50-hectare area it is obvious that the irrigation system was set up without taking into account the natural diversity: landscape contours, soil texture (sands, sandy loams and organic soils). As a result of intensive anthropogenic influence and natural spatial variability of the area (0.36-18.9% org. C level), accumulation zones formed which differed up to 26 times in available P_2O_5 concentration (27-700 mg kg^{-1}), and up to 53 times in P sorption potential (2-106 mg kg^{-1}). However, the correlation-regression analysis did not reveal the relationship of these properties to landscape and soil microbiological parameters tested, and available P_2O_5 did not determine the risk of site pollution because of the weak relation to soil P sorption.

The present agricultural practices prevent P movement from site caused by erosion and run-off, but at surplus P accumulation zones the risk of movement is high. The main risk factor is intensification of soil tillage and livestock production.

Key words: organic fertilisation, phosphorus sorption, geostatistical analysis, contour maps.

Padėka. Mokslinis tiriamasis darbas atliktas parėmus Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui (Lithuanian State Science and Studies Foundation) (sutarties Nr. T-39/04) ir maloniai sutikus bendradarbiauti AB „Zelvė” kiaulininkystės komplekso vadovams.

Acknowledgements. *The research was carried out with the support provided by the Lithuanian State Science and Studies Foundation (contract No. T-39/04) and benevolent cooperation with AB „Zelvė” pig unit.*