

METHODS FOR ASSESSMENT SPATIAL VARIABILITY OF SOIL CONDITIONS IN PRECISION FARMING

METODY ZJIŠŤOVÁNÍ PROSTOROVÉ VARIABILITY PŮDNÍCH PODMÍNEK V PRECIZNÍM ZEMĚDĚLSTVÍ

Lukas V., Křen J.

Ústav obecné produkce rostlinné, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: xlukas0@mendelu.cz

ABSTRACT

Spatial variability of soil properties is one of the essential information for site-specific management. A grid soil sampling is used as a standard way for obtaining these data. Observance grid nets of sampling points increases economic and technical exactingness. These problems can be solved by optimization the number of sampling points and their distribution according to preliminary analysis of soil conditions variability. For this purpose were used methods of apparent electric soil conductivity (ECa) measurement and yield mapping. The results in the first year showed resemblance of spatial variability of these soil characteristics: P, K, Mg, Ca content, pH and ECa value. The reduction of number and the change of placement soil sample points will be carried out in the next year after verification durability of soil properties heterogeneity and the relations between each other.

Keywords: precision farming, soil heterogeneity survey, decrease spending on soil sampling, apparent electric conductivity (ECa), yield mapping

ABSTRAKT

Informace o plošné variabilitě půdních vlastností jsou jedním ze základních podkladů pro provádění lokálně cíleného hospodaření. Standardním způsobem získávání těchto údajů je odběr půdních vzorků v pravidelném rastru. Dodržování pravidelnosti sítě odběrových míst zvyšuje ekonomickou a technickou náročnost. Řešením tohoto problému je optimalizace počtu a rozmístění odběrových bodů dle předběžně zjištěné proměnlivosti půdních podmínek pozemku. K tomuto účelu byly použity metody měření měrné elektrické půdní vodivosti a mapování výnosu. V prvním roce řešení byla zjištěna podobnost plošné variability následujících půdních charakteristik: obsah P, K, Ca, Mg, hodnota pH a měrné elektrické vodivosti půdy. Konkrétní snížení počtu a rozmístění míst odběrů půdních vzorků bude provedeno v následujícím roce po ověření stálosti zjištěné heterogenity sledovaných půdních vlastností a vztahů mezi nimi.

Klíčová slova: precizní zemědělství, stanovení půdní heterogenity, snížení nákladů na odběr půdních vzorků, měrná elektrická půdní vodivost, výnosové mapy

ÚVOD

Podrobná znalost půdních podmínek pozemků je nezbytnou podmínkou jejich efektivního využívání nejen v systému lokálně cíleného hospodaření. Umožňuje optimalizaci vstupů v rámci pěstebních technologií a zajistit tak zvýšení ekonomických přínosů a omezení negativních dopadů na životní prostředí. Běžný a přesný způsob hodnocení půdních parametrů je odběr půdních vzorků v pravidelném rastru a jejich následné analýzy. S rostoucím požadavkem na plošnou přesnost půdních map se však také zvyšují náklady na jejich vyhotovení a tím se snižuje použitelnost této metody pro dané účely v praxi. Kompromisní řešení vychází ze snižování hustoty odběrových bodů, což však logicky vede ke snížení vypovídací schopnosti a přesnosti map půdních vlastností.

Návrhem optimální hustoty vzorkování se zabývala řada autorů v zahraničí i u nás. Pro zjišťování variability agrochemických vlastností půdy v našich podmínkách došel ve svých závěrech k určitému návrhu odběrového rastru BRODSKÝ (2003). Získané údaje z pravidelné matice odběrových míst je však pro vyhotovení mapy půdních vlastností nutné složitými geostatistickými metodami interpolovat. Nepřesnosti vyplývají ze samé podstaty pravidelnosti této sítě, neboť heterogenita půdních vlastností půdy není pravidelná. Výhodné ekonomicky i s ohledem na přesnost výsledných map by byla optimalizace počtu a rozmístění odběrových bodů podle předběžně zjištěné plošné variability pozemku. Pro toto řešení se nabízí metody běžně používané v precizním zemědělství – měření elektrické půdní vodivosti, letecké snímkování a mapování výnosu.

METODIKA

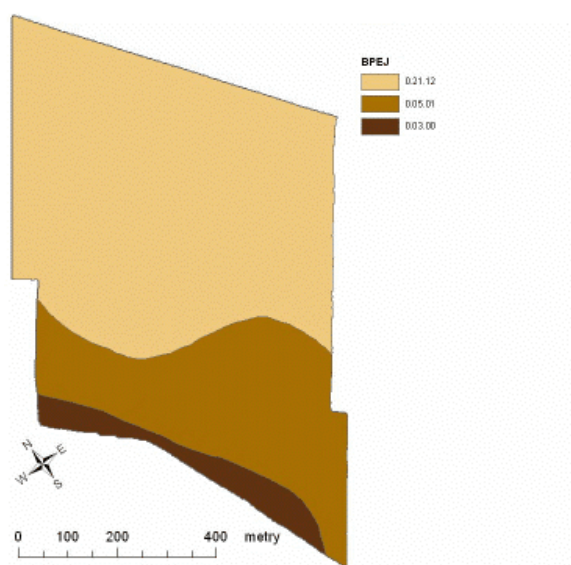
Pro toto řešení byl začátkem roku 2004 vybrán pozemek „Pachty“ Školního zemědělského podniku Žabčice v k.ú. obce Přisnotice o plošné výměře 52,5 ha splňující následující kritéria:

- větší rozloha umožňující praktické využití v lokálně cíleném obhospodařování,
- z dřívějšího využívání známá vyšší variabilita půdních podmínek,
- minimální změna reliéfu,
- vhodný tvar a orientace pro provádění leteckého snímkování,
- co nejmenší výskyt nepříznivě působících jevů (objektů) na pozemku (remízky, solitérní dřeviny, inženýrské sítě), které by mohly negativně ovlivnit výsledky měření,
- příhodné zemědělské využití půdy, tzn. struktura plodin, která umožní provádět zkoumání půdního povrchu (pozemní i dálkové) s vysokou vypovídací hodnotou výsledků a poskytne podklady pro mapování výnosu,
- přístupnost pozemku pro odběr půdních vzorků a pozemní průzkum,
- pozemek vhodný pro případné další zkoumání v oblasti precizního zemědělství.

Pokusný pozemek se nachází v rovinatém terénu nivy řeky Svratky v Dyjskosvrateckém úvalu v zemědělské kukuřičné výrobní oblasti s roční průměrnou teplotou 9,2°C a 483 mm

srážek za rok. Nadmořská výška centrální části pozemku je 175 m n.m., přičemž výškový rozdíl nejvýše naměřeného bodu v severozápadní části a nejnižšího bodu v jihozápadní části činí přibližně 8 m. Z pedologického hlediska lze pozemek podle BPEJ rozdělit na tři části – část s půdním typem regozem, černozem na spraši uložené na píscích a černozem lužní na spraši (obr. 1), půdní druh lze podle výsledku výběrové sondy provedené v rámci komplexního průzkumu půd označit za hlinitopísčité. Zemědělské využití reprezentovaném osevním sledem je uvedeno v tab. 1.

Obr.1 Rozdělení pozemku dle BPEJ



Tab. 1: Osevní sled

Rok	Plodina
1997	pšenice ozimá
1998	ječmen jarní
1999	vojtěška
2000	vojtěška
2001	vojtěška
2002	vojtěška
2003	pšenice oz. + slunečnice
2004	pšenice ozimá

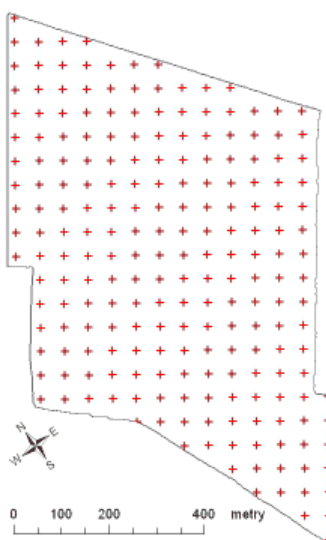
Hranice pozemku byly zaměřeny běžně dostupným 12-ti kanálovým GPS přijímače (Compaq Ipaq, Pretec GPS modul a software Farm Site Mate). Výnosová mapa byla zpracována pomocí software AgroMap Basic (Agrocom). Veškeré další operace s prostorovými daty byly prováděny pomocí geografických informačních systémů (GIS) ArcView 3.2 a ArcView 8.3 (ESRI). Statistické výpočty byly zpracovány v tabulkovém kalkulátoru Excel (Microsoft), geostatistické výpočty a tvorba výstupních map byly provedeny pomocí ArcView 8.3 s rozšířením Geostatistical Analyst (ESRI).

Pro zjišťování variability půdních podmínek byly použity následující metody:

Odběr půdních vzorků

Jako základní průzkum pozemku byla navržena metoda bodového vzorkování s pravidelnou čtvercovou sítí se vzdáleností 50 m v celé ploše pozemku. Půdní vzorky byly odebírány z orničního profilu maximálně do 30 cm. Celkový počet odebraných vzorků činil 214 (obr. 2), každý vzorek (odběrový bod) je složen z 15 individuálních vpichů sondovací tyčí ve čtverci o hraně 15 m. Odběry byly provedeny v polovině měsíce května 2004. Poloha jednotlivých bodů odběru byla zaměřena pomocí výše zmíněného GPS přijímače.

Obr.2: Schéma rozmístění odběrových bodů



Půdní vzorky byly sušeny na vzduchu a následně v akreditované laboratoři podle platných metodik analyzovány na hodnotu pH (pH_{KCl}), obsah P, K, Mg, Ca (Mehlich III) a na podíl C_{ox} pro stanovení obsahu humusu v půdě.

Měření měrné elektrické půdní vodivosti

Měření provedla firma MJM a.s. Litovel bezkontaktním měřicím zařízením EM-38 (Geonics Ltd.) začátkem května 2004. Přístroj byl upevněn na dřevěných saních a tažen za terénním vozidlem v kolejových řádcích s odstupem 18 m. Rychlost pojezdu byla $15 - 20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, zápis naměřených údajů probíhal v intervalu 5 sekund. Přesná poloha měřicího zařízení byla určena pomocí DPGS přijímače (Trimble) umístěného na vozidle. Celkem bylo naměřeno 1884 hodnot, při zpracování došlo k odstranění dat při okraji pozemku (zbylo 1783 bodů) a korekci na konstantní teplotu půdního povrchu. Naměřené hodnoty jsou udávány v $\text{mS} \cdot \text{m}^{-2}$.

Mapování výnosu

Podklady pro tvorbu výnosové mapy byly získány při sklizni v termínu 23.července 2004 sklízecí mlátičkou Claas Lexion vybavenou senzorem pro sledování aktuálního výnosu a GPS přijímačem.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky analýz půdních vzorků

Základní statistické charakteristiky souborů dat získaných z agrochemických rozborů půdních vzorků zobrazuje tab. 2. Popis střední hodnoty statistických souborů je určen aritmetickým průměrem a mediánem. Při posuzování výsledků středních hodnot pozemku podle kritérií hodnocení výsledků chemických rozborů půd metodou Mehlich III a pH_{KCl} (příloha č.5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.) se ukazuje, že hodnota obsahu P je na hranici kategorií nízký a vyhovující, hodnota K v kategorii vyhovující, hodnota Mg v dobrý, hodnota Ca na hranici vysoký a velmi vysoký a hodnota pH je na hranici kategorií slabě kyselá a neutrální. Střední hodnota obsahu humusu u lehkých půd spadá do kategorie silně humózní

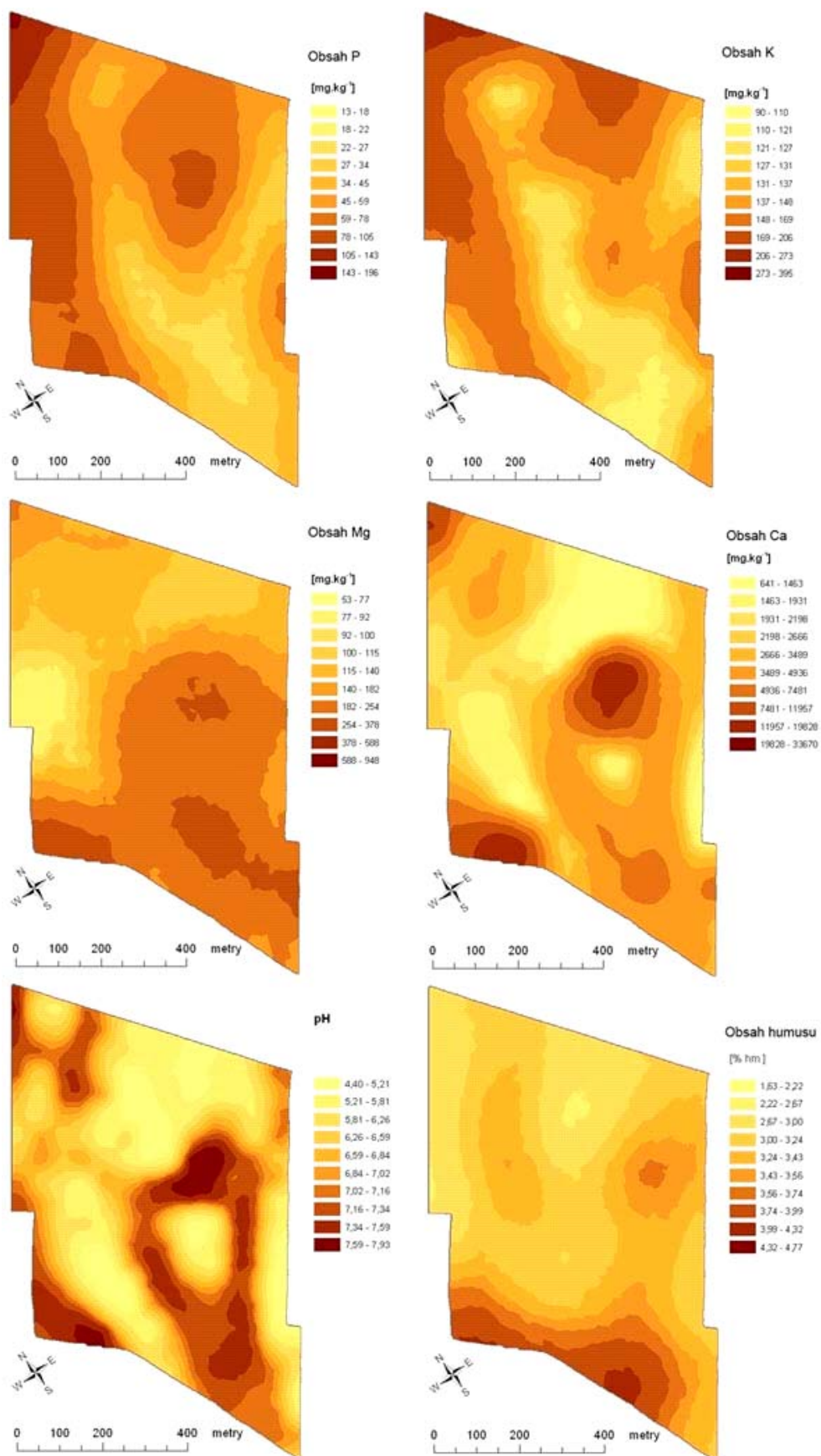
Tab. 2: Statistické charakteristiky výsledků analýz půdních vzorků

Proměnná (jednotky)	P ($mg.kg^{-2}$)	K ($mg.kg^{-2}$)	Mg ($mg.kg^{-2}$)	Ca ($mg.kg^{-2}$)	pH	humus %
Aritmetický průměr	58,2	146,1	177,9	3 856,2	6,5	3,2
Medián	46	138	137,5	2 570	6,8	3,23
Minimum	13	90	53	641	4,4	1,63
Maximum	196	395	948	33 670	7,9	4,77
Směrodatná odchylka	36,41	37,13	121,96	4 602,09	0,95	0,52
Rozptyl	1 325,56	1 378,71	14 874,03	21 179 225,07	0,90	0,27
Variační koef. %	62,58	25,41	68,54	119,34	14,64	15,95
Šikmost	0,88	2,00	2,69	4,42	-0,58	0,16
Rozsah souboru (n)	214	214	214	214	214	214

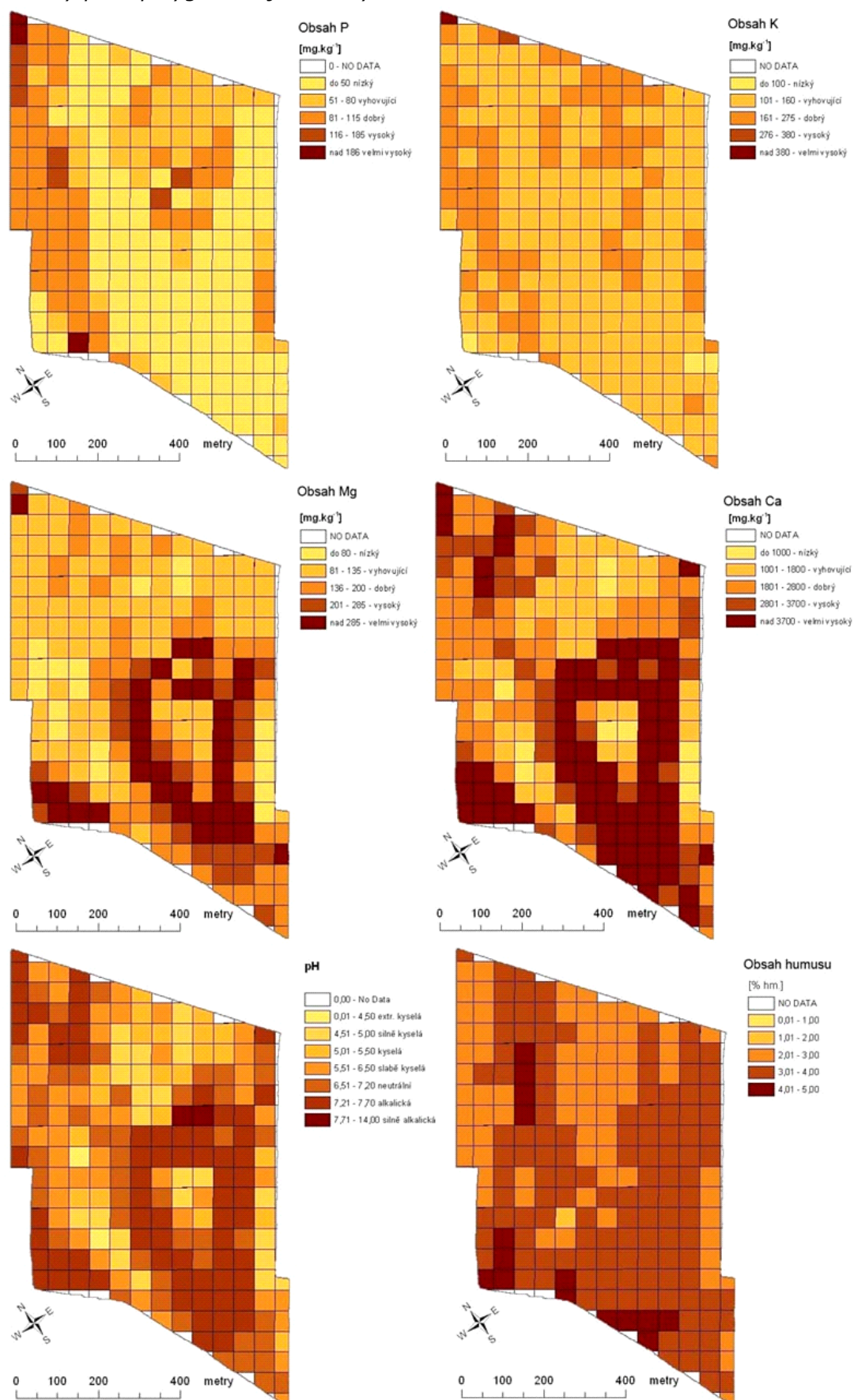
Míru variability ve statistickém souboru dat jednotlivých proměnných udává variační koeficient. Nejvyšší variability bylo dosaženo u obsahu Ca (119,34 %), naopak nejnižší u hodnoty pH (14,65 %).

Prostorovou variabilitu sledovaných půdních charakteristik znázorňuje obr. 3. Prezntované mapy jsou zhotoveny interpolační metodou *Ordinary Kriging* s nastavením sférického variogramu a zobrazeny v souřadnicovém systému S-JTSK. Klasifikace zobrazených hodnot byla provedena rozdělením tříd podle *smart kvantilů*.

Obr. 3: Mapové zobrazení variability obsahu P,K,Mg, Ca, humusu a pH klasifikované podle smart kvantilů



Obr. 4: Mapové zobrazení kritérií hodnocení obsahu P,K,Mg, Ca, humusu a hodnoty pH v polygonech jednotlivých bodů odběrů



Pro znázornění posouzení výsledků chemických analýz podle metodiky Mehlich III, pH_{KCl} a posouzení obsahu humusu v jednotlivých odběrových bodech bez použití interpolačních metod byl pozemek rozdělen na 214 polygonů o rozměrech 50 x 50 m se středem v místech odběrů půdních vzorků (obr. 4).

Oblast s vyšším obsahem Ca a hodnotou pH v centrální části se směrem k východnímu cípu pozemku je odrazem dřívějšího využívání pozemku. V této části dříve prováděna povrchová těžba šterkopísku. Těžební jámy byly následně zaváženy odpadovými kaly z nedalekého cukrovaru.

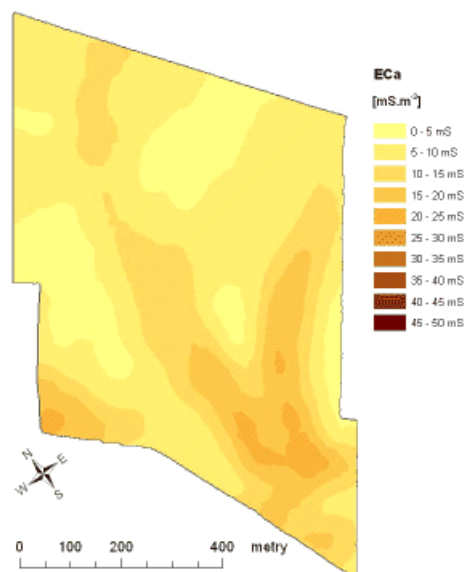
Výsledky měření elektrické půdní vodivosti

Statistické charakteristiky souboru dat měrné elektrické vodivosti (ECa – apparent electrical conductivity) půdy zobrazuje tab. 4. Podle Šařce a kol. (www.ewa.cz), příp. Schmidhaltera a kol. (2002) mají na elektrickou vodivost půdy největší vliv obsah jílovitých částic, vlhkost půdy a vodivost půdního roztoku. Podrobná zkoumání zrnitostního složení a vlhkosti půdy, která by mohla s určitou přesností stanovit významnost jednotlivých faktorů v dané lokalitě, budou předmětem další výzkumné činnosti. Z obr. 5 znázorňující plošnou variabilitu výsledků měření ECa s klasifikovanými třídami o intervalu 5 mS.m^{-2} lze zřetelně vypožorovat oblasti rozdílných hodnot, přičemž rozložení těchto oblastí je podobné jako u map plošné variability obsahů sledovaných živin (P, K, Mg, Ca) či hodnoty pH.

Tab. 4: Statistické charakteristiky měrné elektrické vodivosti půdy (ECa)

<i>Proměnná (jednotky)</i>	<i>Eca (mS.m^{-2})</i>
Aritmetický průměr	9,1
Medián	7,2
Minimum	1,4
Maximum	46,8
Směrodatná odchylka	5,68
Rozptyl	32,21
Variační koef. %	62,43
Šikmost	1,36
Rozsah souboru (n)	1783

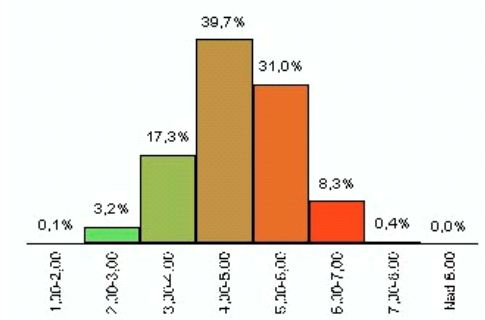
Obr. 5: Mapové zobrazení variability elektrické vodivosti



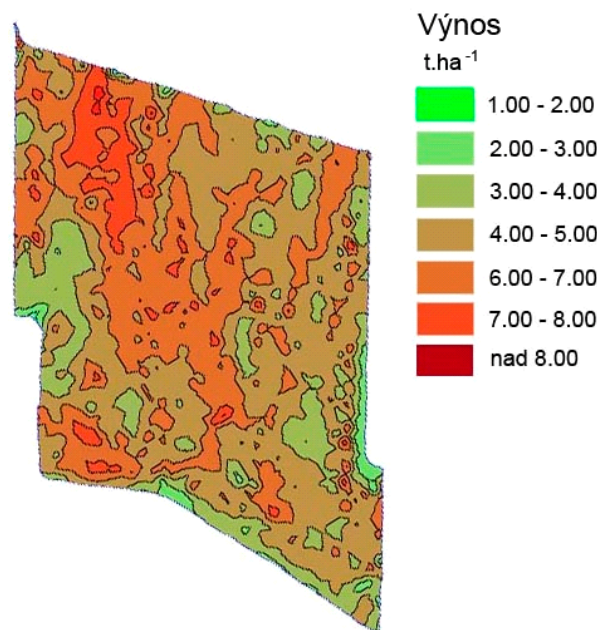
Výsledky mapování výnosu

Statisticky nezpracovaný soubor dat výnosu po přepočtu na konstantní vlhkost zrna dosahoval aritmetického průměru $4,75 \text{ t.ha}^{-1}$ při rozložení dat znázorněném v obr. 6. Plošná proměnlivost výnosu na celém pozemku je patrná z mapy v obr. 7. Pro přesnější porovnání výnosu zrna s výsledky ostatních metod je však nutné výsledná data statisticky upravit.

Obr. 6: Histogram četnosti výnosu



Obr. 7: Mapa výnosu



ZÁVĚR

Výsledky prvního roku řešení ukazují vizuální podobnost plošné variability zjištěné použitými metodami především u následujících půdních charakteristik: obsah P, K, Ca, Mg, hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti půdy. Konkrétní hodnoty obsahu P a K byly nepřímo úměrné zjištěnému obsahu Ca a Mg v půdě, hodnotám pH a měrné elektrické vodivosti půdy. Z nalezených podobností lze předpokládat, že využitím nepřímých metod hodnocení plošné variability půdních vlastností bude možné novým návrhem rozmístění míst odběrů půdních vzorků snížit jejich počet při zachování přesnosti a vypovídací schopnosti map srovnatelné s klasickým odběrem vzorků v pravidelném rastru. Konkrétní snížení počtu a rozmístění míst odběrů půdních vzorků bude provedeno v následujícím roce po ověření stálosti zjištěné heterogenity sledovaných půdních vlastností a vztahů mezi nimi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BRODSKÝ, L.: Využití geostatistických metod pro mapování prostorové variability agrochemických vlastností půd. Disertační práce AF ČZU Praha, Praha 2003.
- JANDÁK, J. - PRAX, A. - POKORNÝ, E.: Cvičení z půdoznalství. Skripta MZLU Brno, Brno 2003
- LAMP, J. - HERBST, R. - SCHMIDHALTER, U.: Standortcharakteristik durch Bodenschätzung, geoelektrische Leitfähigkeits- und Bodenwassersensoren, Geländemodelle und digitale Hof-Bodenkarten. Precision Agriculture - Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis, KTBL Bonn 2002.
- SCHMIDHALTER, U. - RAUPENSTRAUCH, J. - SELIGE, T. - BOBERT, J.: Geophysikalische Erfassung von Standorteigenschaften. Precision Agriculture - Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis, KTBL Bonn 2002.
- ŠAŘEC, P. - ŠAŘEC, O. - PROŠEK, V.: Precizní zemědělství – mapování elektrické vodivosti půdy. Internetové stránky www.ewa.cz
- ŠTÍPEK, K. - BRODSKÝ, L. - VANĚK, V. - SZÁKOVÁ, J. - BAZALOVÁ, M.-PRCHALOVÁ, G.: Prostorová variabilita agrochemických vlastností půdy. Sborník „Racionální použití hnojiv“, ČZU Praha, 2001, s. 125 – 130.
- WEBSTER, R. - BURGESS, M.: Sampling and bulking strategies for estimating soil properties in small regions. Journal of Soil Science, 35, 1984, p. 127 – 140.

Poděkování:

Autoři příspěvku děkují panu Ing. Jiřímu Pospíšilovi, CSc. z Ústavu zemědělské, potravinářské a environmentální techniky AF MZLU v Brně za poskytnutí předběžných výsledků mapování výnosu.