

## BEZKONTAKTNÍ MONITOROVÁNÍ A ČASOPROSTOROVÉ MODELOVÁNÍ VARIABILITY VYBRANÝCH DIFERENCIAČNÍCH VLASTNOSTÍ PŮDY

Helena KILIANOVÁ<sup>1</sup>, Vilém PECHANEC<sup>1</sup>, Tomáš POHANKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 17. listopadu 50, 771 46 Olomouc, Česká republika

*helena.kilianova@upol.cz, vilem.pechanec@upol.cz, tomas.pohanka@upol.cz*

### Abstrakt

Referát přináší informace o průběhu řešení a postupu naplňování dílčích cílů projektu. Projekt, financovaný Technologickou agenturou České republiky v letech 2015 – 2017, se zaměřuje na aplikaci pokročilých geoinformačních technologií ve výzkumu půdních vlastností a jejich dynamiky. Výzkum se zaměřuje na fyzikálně chemické, chemické a biochemické vlastnosti půd vedoucí k výraznému zlepšení možnosti opakované inventarizace obsahu organické hmoty v půdách různých typů ekosystémů pomocí rychlých, nedestruktivních a objektivně opakovatelných metod. Řešením projektu je testování možnosti monitoringu půdy optickými senzory mimo viditelné spektrum za dynamické kalibrace založené na senzorových sítích s následným predikčním modelováním časoprostorové variability půdy v prostředí GIS. Modelování časoprostorové variability půdních vlastností v závislosti na změně vegetačních, hydrologických, klimatických a dalších podmínek stanoviště vybraných typů ekosystémů povede ke stanovení míry korelací mezi změnou edafických a vegetačních vlastností krajiny. To umožní stanovení vhodných efektivních – časově a ekonomicky méně náročných - metod předpovědi prostorové variability.

### Abstract

The paper provides information about the solutions and the procedure of partial fulfillment of the project objectives. The project, funded by the Technology Agency of the Czech Republic in the years 2015 - 2017, focuses on the application of advanced geospatial technologies in the research of soil properties and their dynamics. The research focuses on the physico-chemical, chemical and biochemical properties of soils, leading to significant improvement in the redial inventory of organic matter in soils of different types of ecosystems through rapid, non-destructive and objectively reproducible methods. The solution of the project is to test the possibility of soil monitoring optical sensors outside the visible spectrum for dynamic calibration based on sensor networks followed by predictive modeling spatiotemporal variability of soil in a GIS environment. Modeling temporal and spatial variability of soil properties depending on the change of vegetation, hydrological, climatic and other conditions habitat of selected ecosystems will lead to determine the degree of correlation between the change in edaphic and vegetation characteristics of the landscape. This will allow the determination of appropriate effective - and cost less time consuming - method predictions of spatial variability.

**Klíčová slova: půdní vlastnosti; monitoring; transekt; GIS.**

**Keywords: soil properties; monitoring; transect; GIS.**

### ÚVOD

Projekt s názvem „Bezkontaktní monitorování a časoprostorové modelování variability vybraných diferenciačních vlastností půdy“ (TA04020888), financovaný Technologickou agenturou České republiky, je realizován v letech 2015-2017 na Univerzitě Palackého v Olomouci, Katedra geoinformatiky Přírodovědecké fakulty, ve spolupráci s partnery z Ústavu geologie a pedologie LDF Mendelovy univerzity v Brně a společností SATTURN HOLEŠOV spol. s r. o.

V prvním roce řešení se činnosti soustředily na:

1. založení transektů, vytyčení odběrných míst,
2. zahájení a realizace odběrů, laboratorní analýzy,
3. založení geoinformatického projektu a
4. sestavení souboru specializovaných map.

## 1. ZALOŽENÍ TRANSEKTŮ, VYTYČENÍ ODBĚRNÝCH MÍST

Zájmovým územím projektu jsou vybraná území na Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny (ŠLP), zřízeném roku 1923 především pro Lesnickou a dřevařskou fakultu, dnes je organizační součástí Mendelovy univerzity v Brně. Univerzita racionálně využívá ŠLP jako unikátní účelové zařízení s mnoha lesnickými, environmentálními a dřevařskými demonstračními objekty i celkově jako exkurzní a výukový objekt zcela mimořádného významu v rámci svých studijních programů lesnictví, krajinářství a dřevařství.

Výběr výzkumných ploch probíhal na základě základního požadavku postihnout různé fyzicko-geografické podmínky a různé způsoby hospodaření. Výzkumné plochy byly proto situovány do míst s různými přírodními podmínkami na základě lokální znalosti území s kombinací suché/vlhké a teplé/chladné stanoviště s ekotony na rozhraní les-trvaly travní porost/orná půda.

Výzkumné plochy představují transekt vedený přes ekoton na rozhraní lesní a zemědělské krajiny. Každá kategorie dělená do 5 odběrných míst, označených Z8-Z12 v zemědělské části, značení L2-L6 v lesní části a ekotonem (E) ve středu.

## 2. ZAHÁJENÍ A REALIZACE ODBĚRŮ, LABORATORNÍ ANALÝZY

Na základě detailní znalosti geologických, pedologických, klimatických a biogeografických podmínek území, s podporou geografických informačních systémů byly pedologickým týmem vybráno 5 výzkumných ploch, na kterých byl proveden podrobný pedologický průzkum.

První jednorázový odběr (bez opakování) sloužil ke stanovení půdních typů na výzkumných plochách a zaměřil se na vlastnosti nevykazující sezónní dynamiku. Odběr byl proveden mimo plánovaný transekt. Kriteriační volba pěti studijních ploch vycházela z jejich lokalizace na rozhraní mezi lesem a zemědělsky využívanou půdou. Stanoveny byly tyto vlastnosti:

celkový dusík (mg.kg-1),

poměr uhlíku a dusíku,

pórovitost (%),

skeletovitost (%),

obsah jílu (%),

obsah prachu (%),

obsah výměnných bazických kationtů (mmol.kg-1),

sorpční kapacita (mmol.kg-1),

stupeň nasycení bazickými kationy (%),

obsah vápníku (mg/kg),

obsah draslíku (mg/kg),

obsah fosforu (mg/kg).

Výběr sledovaných půdních vlastností, vymezujících trvalé produkční podmínky stanoviště, byl stanoven podle následujících kritérií:

a) podmíněnost managementem, tj. přímá vazba na ekoton - lesní půda vs. zemědělská půda

b) možnost prokázání korelací vůči oběma základním meteorologickým prvkům, tj. kvantifikovatelné distribuci srážek v průběhu roku a amplitudám teplot ve zvoleném denním / nočním období - parametry nejsušší / nejvlhčí / nejteplejší / nejchladnější lokality.

Pro dosažení stanovených cílů, se za základní srovnávací hladiny, pro vyhodnocení trendů v sezónní dynamice, řešitelé projektu vycházely ze:

a) stejné hloubky půdy, tj. vzorkování ze stejných hloubek,

b) možnosti využít takto srovnatelných údajů pro modelování,

c) exaktní vazby terénních prací (prováděných na ekotonech jednotlivých studijních ploch) na jednotlivých fenologických fázích, tj. možnosti využít takto srovnatelných údajů pro interpretace sezónních dynamik jednotlivých osmi půdních vlastností.

Klíčové diferenciační kritérium dané volby je na současném stupni poznání akceptovaná vysoká citlivost pro trvalé produkční podmínky jednotlivých ekosystémů. Z takto vymezené skupiny půdních vlastností bylo ke sledování vybrány na základě vazby na časovou heterogenitu svých měřitelných hodnot (sezónní dynamika jako sekundární diferenční kritérium), a to:

obsah oxidovatelného uhlíku,

ztráta žíháním,

obsah fenolických látek a taninů,

půdní reakce aktivní,

půdní reakce potenciální výměnná,

maximální kapilární vodní kapacita,

minimální vzdušná kapacita,

obsahy půdních aminokyselin: celkový obsah a obsah jednotlivých aminokyselin - L-Alanin, L-Arginin, L-Asparagin, L-Kyselina asparagová, L-Fenylalanin, L-Glutamin, L-Kyselina glutamová, L-Glycin, L-Histidin, L-Isoleucin, L-Leucin, L-Lysin, L-Methionin, L-Prolin, L-Serin, L-Threonin, L-Tryptofan, L-Tyrosin a L-Valin.

Při periodických měsíčních odběrech bylo vždy analyzováno 55 půdních vzorků ve dvou hloubkách horizontů A1 (5 cm) a B (40 cm) pro výše uvedené půdní vlastnosti. Výsledné hodnoty byly využity pro časoprostorové analýzy a následnou vizualizaci v mapách.

### 3. ZALOŽENÍ GEOINFORMATICKÉHO PROJEKTU

Jedním z dílčích cílů byla podrobná analýza dostupných prostorových dat (geodat) s půdní tematikou pro ČR. Předmětem analýzy byla geodata jak produkovaná v ČR, tak i v zahraničí pokrývající území ČR. Analýza se zaměřila jak na technické parametry dat (formát, měřítko, aktualizace,) tak i na tematické a metodologické informace nutné pro správnou interpretaci. Zjištění aktuálních možností získání prostorových dat představuje průzkum jejich dostupnosti, struktury a měřítka geodat, jejich možného využití při řešení projektu.

Na základě provedených analýz geodat a potenciálu základních a pokročilých geoinformačních technologií pro studium půdní variability v zemědělství a lesnictví byla pro zájmová území v průběhu času soustředěna

veřejně dostupná data z centrální registrů,

zakoupena komerční data,

bezplatně smluvně získána neveřejná data,

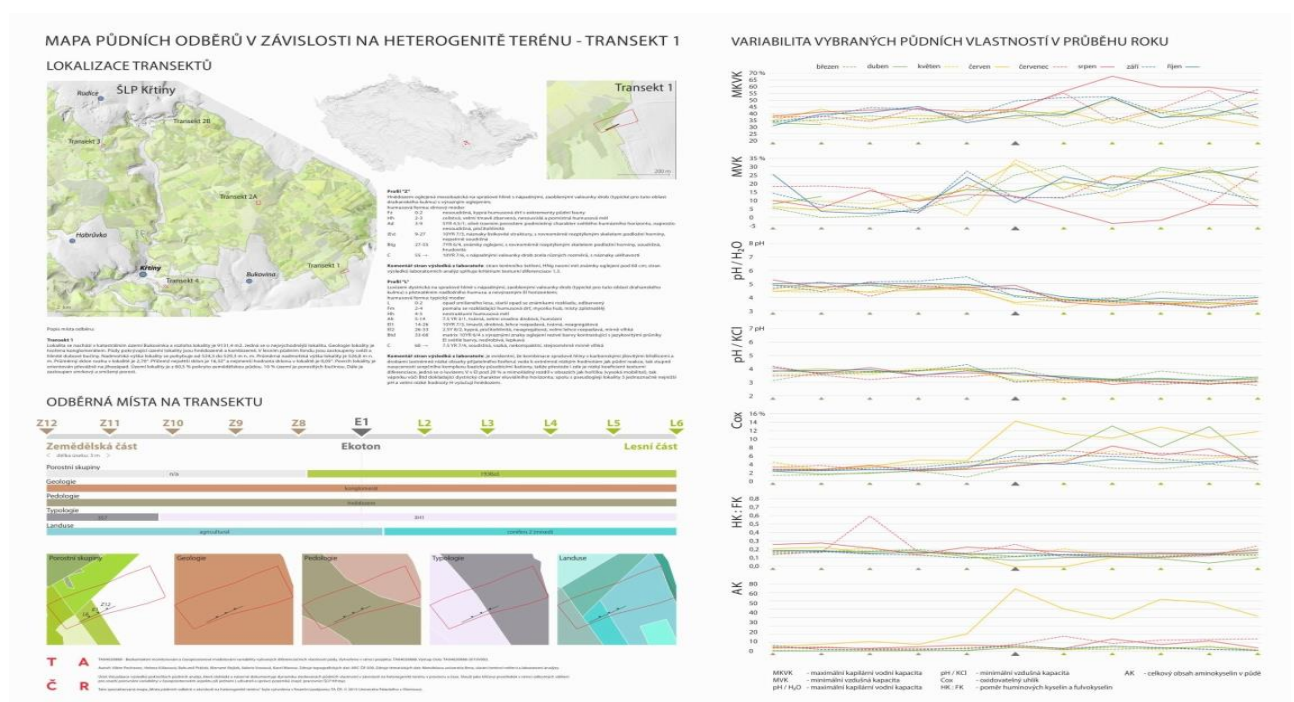
vytvořena primární data,

jež jsou soustředěna v jednotném datovém skladu reprezentujícím vstupní datasety pro základní a pokročilé analýzy území pomocí geoinformačních technologií.

Podle vhodnosti jsou data uchovávána ve vektorovém či rastrovém formátu. Všechna data mají zajištěn extant zájmového území, jsou uloženy v národním souřadnicovém systému S-JTSK (EPSG: 5514) a používají metrický měrný systém. Data jsou opatřena jedinečným identifikátorem.

#### 4. SESTAVENÍ SOUBORU SPECIALIZOVANÝCH MAP

Soubor specializovaných map „Mapy půdních odběrů v závislosti na heterogenitě terénu“ tvoří pět map s jednotnou mapovou kompozicí velikosti A0, jež jsou primárně uloženy v digitální vektorové podobě ve formátu PDF. Mapy jsou zpracovány analýzou pokročilých geodat v prostředí GIS a představují syntézu prostorových a tematických (atributových) informací o území. Každá mapa zachycuje jeden transekt s množstvím informací o geo-ekologických faktorech a variabilitě sedmi vybraných půdních vlastností (Obr. 1).



**Obr. 1** Náhled Mapy půdních odběrů v závislosti na heterogenitě terénu

V levé části mapa zachycuje variabilitu pěti vybraných geo-ekologických faktorů (geologie, pedologie, lesnická typologie, využití území a dotčené porostní skupiny). V pravé části zobrazuje variabilitu sedmi půdních vlastností - maximální kapilární vodní kapacita (MVKV), minimální vzdušná kapacita (AMKK), půdní reakce aktivní (pH/H<sub>2</sub>O), půdní reakce potenciální výměnná (pH/KCl), oxidovatelný uhlík v půdě (Cox), poměr humínových kyselin a fulvokyselin (HK:FK), celkový obsah půdních aminokyselin zjištěných pomocí chromatografických metod (AK). Variabilita hodnoty je kategorizována z časoprostorového hlediska. Variabilita dané vlastnosti v průběhu sledovaného období je interpolována z primárních terénních a laboratorních měření.

Mapa je doplněna textovým komentářem a tiráží obsahující základní identifikační prvky a informace.

Účel souboru specializovaných map je formou vizualizace výsledků pokročilých půdních analýz, která dokládá a názorně dokumentuje dynamiku sledovaných půdních vlastností v závislosti na heterogenitě terénu v prostoru a čase. Slouží jako klíčový prostředek v rámci odborných sdělení pro snazší porovnání variability v časoprostorovém aspektu při jednání s uživateli a správci pozemků (např. pracovníci ŠLP Křtiny).

---

**5. VÝSLEDKY A ZÁVĚR**

Dílčím výsledkem realizace projektu je zpracování velkého množství laboratorních výsledků do uceleného souboru map, jež podává svědectví o variabilitě půdních vlastností. Konkrétně byly získány z 11 odběrných míst pěti transektů výsledky půdních analýz ve dvou hloubkách pro osm půdních vlastností v devíti měsících od března do listopadu roku 2015, tj. 7 920 údajů. Tato data byla zpracována v prostředí GIS a vizualizována. Další data byla získána při analýzách jednorázových odběrů (dvě půdní sondy na pěti transektech s výsledky 12 půdních vlastností) a analýzách jednotlivých aminokyselin (cca 18 800 dat z analýz 19 aminokyselin v devíti měsících ve dvou hloubkách).