

Mapování půdních vlastností pomocí DPZ

Pro potřeby precizního zemědělství

Daniel Žížala



Výzkumný ústav meliorací
A ochrany půdy, v.v.i.

„Co je precizní zemědělství?“

definice

- „Precizní zemědělství je strategie řízení založená na sběru a analýze prostorových, klimatických, biologických a fyzikálně-chemických parametrů, a to s ohledem na jejich variabilitu v čase a prostoru, na jejichž základě jsou stanoveny optimální agrotechnická, zootechnická či manažerská opatření, vedoucí k zajištění ekonomicky a environmentálně udržitelných systémů zemědělského hospodaření.“
- „Precizní zemědělství představuje systémový přístup k udržitelnému zemědělskému využití krajiny vycházející z propojení technických a technologických inovací s inovacemi biotickými na rozdílné úrovni hierarchie členění krajinného prostoru a času s vysokou úrovní digitalizace za účelem eliminace ekologických, energetických, ekonomických a sociologických rizik.“
- „Přesné resp. chytré (SMART) a správné využívání technologií a postupů tak aby byly snižovány vstupy, (náklady) zejména pak potřeba hnojiv, pesticidů, léčiv (chemických prostředků obecně) a tím zároveň i energií (přímo i nepřímo) a dalších vstupů s tím, že bude zachována potřebná intenzita produkce potravin (maximální potravinová soběstačnost a bezpečnost) a ekonomická efektivita subjektu bez negativních vlivů na půdní potenciál (úrodnost půdy) a životních podmínek zvířat. To vše s přesahem na pozitivní vliv na životní prostředí a udržitelnost.“

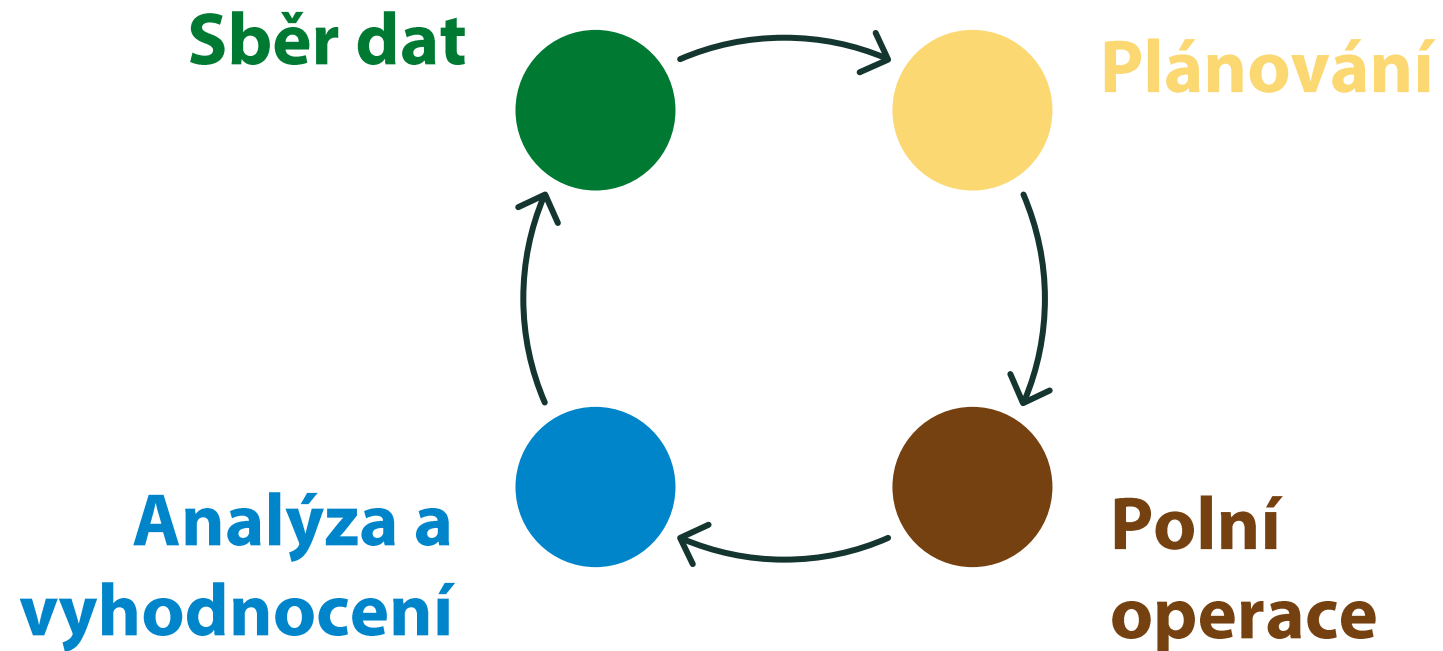


„Co je precizní zemědělství?“

*Informačně a technologicky
zaměřený způsob
hospodaření zvyšující
efektivitu produkce pomocí
zpřesněných vstupů na
základě specifických
podmínek*



PZ jako optimalizační proces



Potřebné informace pro PZ

**Sezónně stabilní
podmínky**

Půdní variabilita
Plodina

**Sezónně variabilní
podmínky**

Půdní vlhkost
Vývojový stav plodiny
Výživový stav
Choroby
Škůdci, plevel
Další stresové faktory

**variabilita
porostu a
výnosu**



Příležitost pro využití DPZ

monitoring



plánování



-  Mapování a monitorování variability půdy a plodin
-  DPZ je efektivní způsob, jak mapovat a monitorovat vliv různých podmínek ovlivňujících zdraví plodin, výnos a kvalitu produkce



Možnosti využití

Analýza agronomických postupů

Monitorování variability výnosu (v rámci bloku, mezi bloky)

Detekce a mapování zaplevelení a poškození škůdci

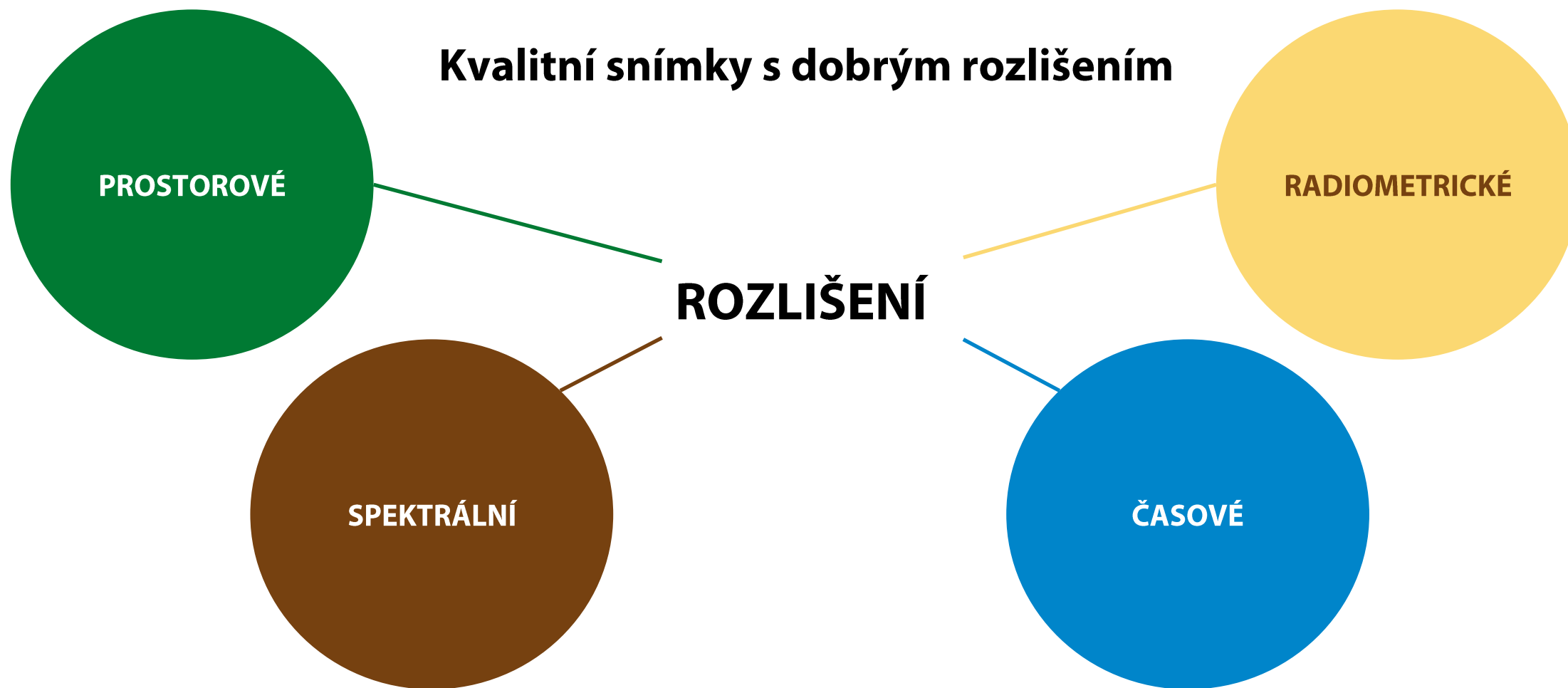
Monitoring růstu travních porostů

Mapování variability půdních podmínek

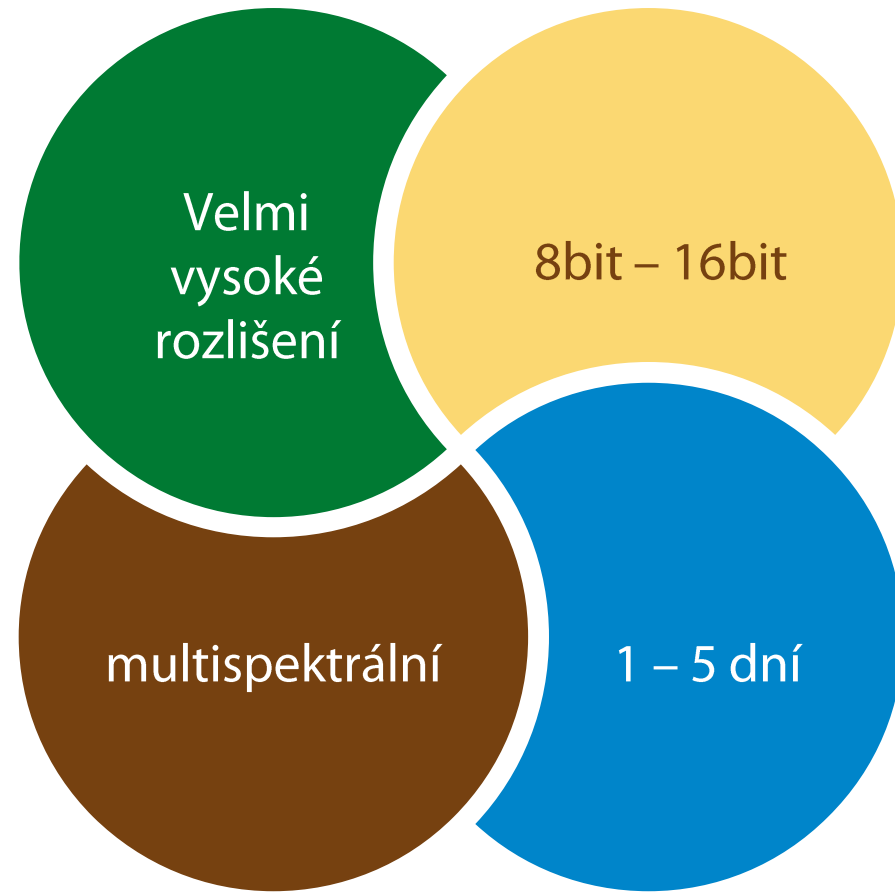
Optimalizace vstupů



Co tedy potřebujeme?



Co potřebujeme?



Co máme k dispozici?

Optické DPZ

Satelitní multispektrální data

- Sentinel 2
- Landsat 8
- Další družice

Letecká hyperspektrální data

Letecké ortofotosnímky
UAV

Radarové DPZ

Satelitní data s různými frekvencemi

- Sentinel 1

Ostatní

- Laserscan + DMT
- Srážkové radary
- Fotogrametrie



Pūda

Půda

Proč jsou data o půdě důležitá?

- „Zemědělský půdní fond je základním přírodním bohatstvím naší země, nenahraditelným výrobním prostředkem umožňujícím zemědělskou výrobu a je jednou z hlavních složek životního prostředí.“
- Utváří podmínky pro růst rostlin
- Další mimoprodukční funkce
- Její stav má zásadní vliv na zemědělskou činnost
 - **Je tak základním vstupem a prostředím pro rostlinnou výrobu**
- ! ALE často se na půdu v procesu zapomíná !



Sběr dat o půdě

30. léta



60. léta



dnes



Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v.v.i.

[illegible]

Rozbory půdy - laboratoře

Staré laboratoře



Nové laboratoře



- Lepší přístroje
- Lepší analytické možnosti
- Spektroskopie



Půdní databáze

- Roztříštěné
- Nejednotné
- Neúplné
- Nekonzistentní
- Neaktuální
 - V čase málo proměnné vs.
 - Dynamické vlastnosti

Potřeba

Shromáždění a kompletace

Harmonizace

Standardizace

Příklady

- databáze WOSIS (ISRIC)

profile	profile	upper	lower	layer	lit	orgc_v	orgc_method
69956	44571	0	22	Ap	0	32,00	{"1:calculation = not specified, detection = not specified, reaction = not specified, sample pretreatment = sieved over 2 mm sieve, temperature = not specified, treatment = not specified"}
69956	44572	22	37	E	0	22,00	{"1:calculation = not specified, detection = not specified, reaction = not specified, sample pretreatment = sieved over 2 mm sieve, temperature = not specified, treatment = not specified"}
69956	44573	37	41	Bhs	0	16,00	{"1:calculation = not specified, detection = not specified, reaction = not specified, sample pretreatment = sieved over 2 mm sieve, temperature = not specified, treatment = not specified"}
69956	44574	41	66	IIC	0	3,00	{"1:calculation = not specified, detection = not specified, reaction = not specified, sample pretreatment = sieved over 2 mm sieve, temperature = not specified, treatment = not specified"}
69996	44737	0	20	Ap	0	13,00	{"1:calculation = not specified, detection = not specified, reaction = not specified, sample pretreatment = sieved over 2 mm sieve, temperature = not specified, treatment = not specified"}

- Databáze LUCAS

Point_ID	Coarse	Clay	Sand	Silt	pH(CaCl2)	pH(H2O)	EC	OC	CaCO3	P	N	K
34103754					3,9	3,91	44,2	25,5	0	42,9	2,8	24,6
34443774					3,1	3,91	46,4	503,5	0	164,9	19,9	460,3
35163814					4,9	5,48	15,85	51,4	0	26,9	4,3	173,2

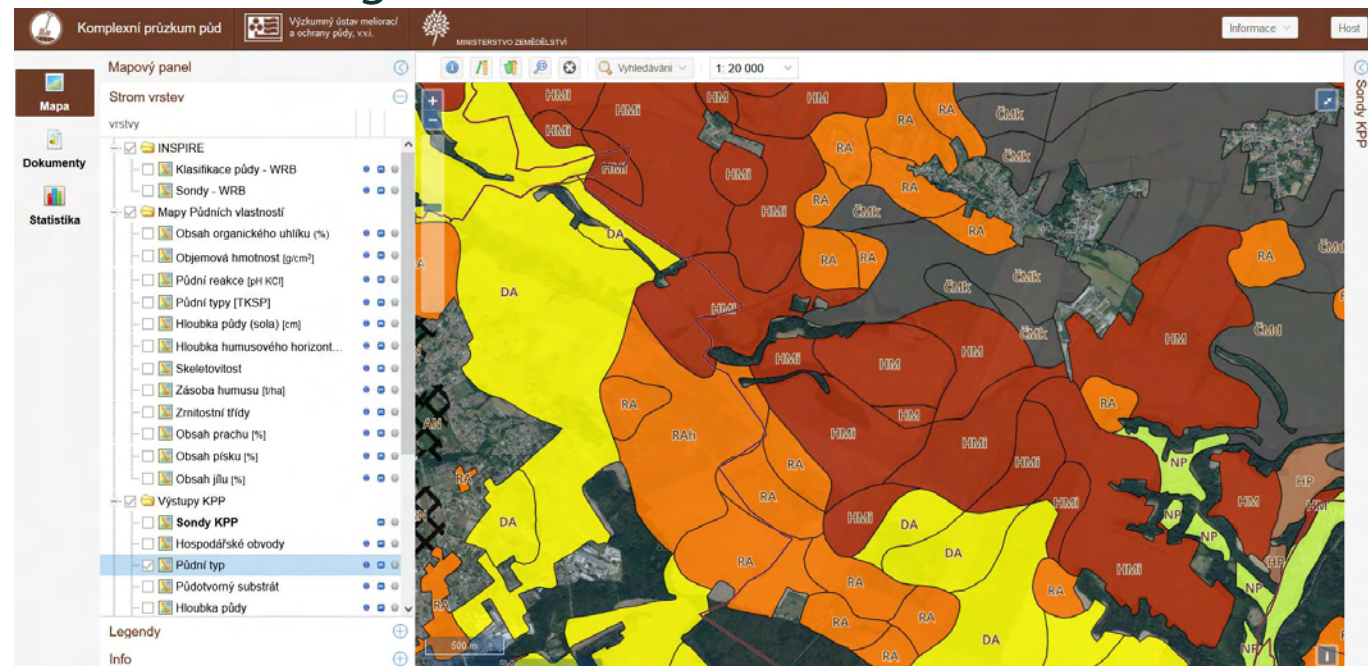


Půdní mapy

Konvenční



Digitální



Většinou areálové mapy s jen základními informacemi – typ, druh, skelet apod. nikoliv jendolitivé vlastnosti
! Většinou chybí údaje o přesnosti



Pedometrika

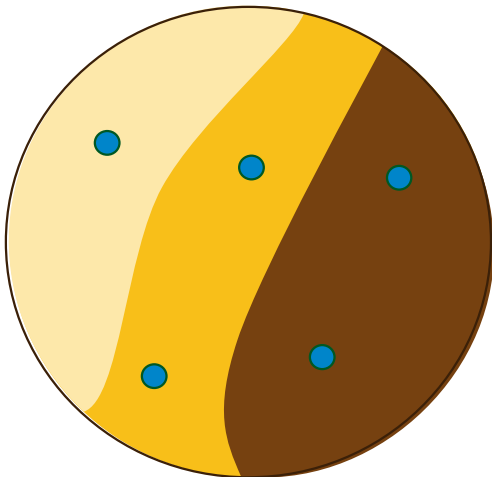
Digitální

mapování půd

Zpracování půdních dat

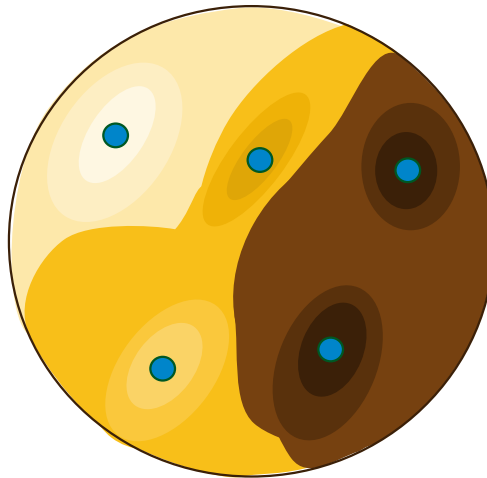
Klasické metody

Půdní areálové mapy a jejich interpretace



Interpolace

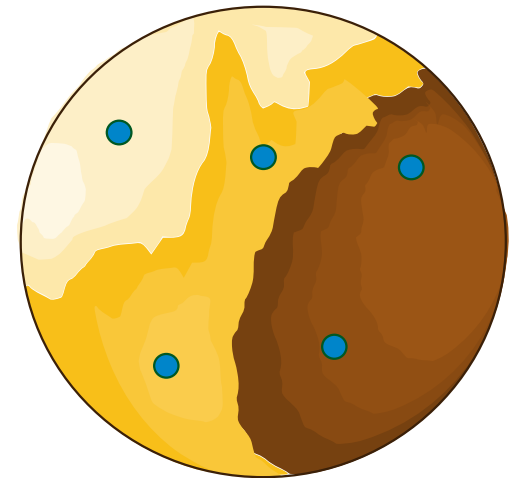
IDW, spline, kriging



Digitální mapování půd

Pedometrika = Statistické a matematické metody

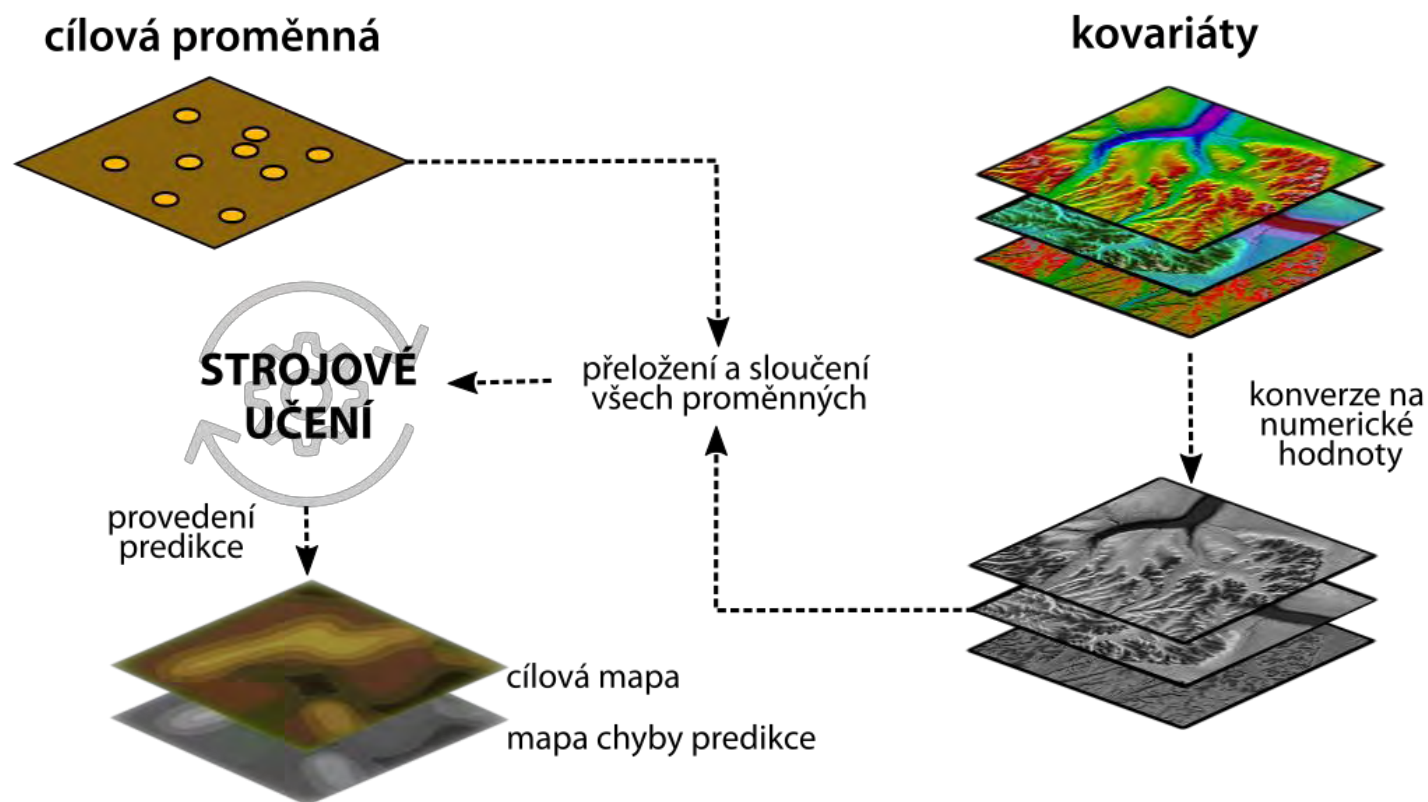
Využití pomocných vrstev



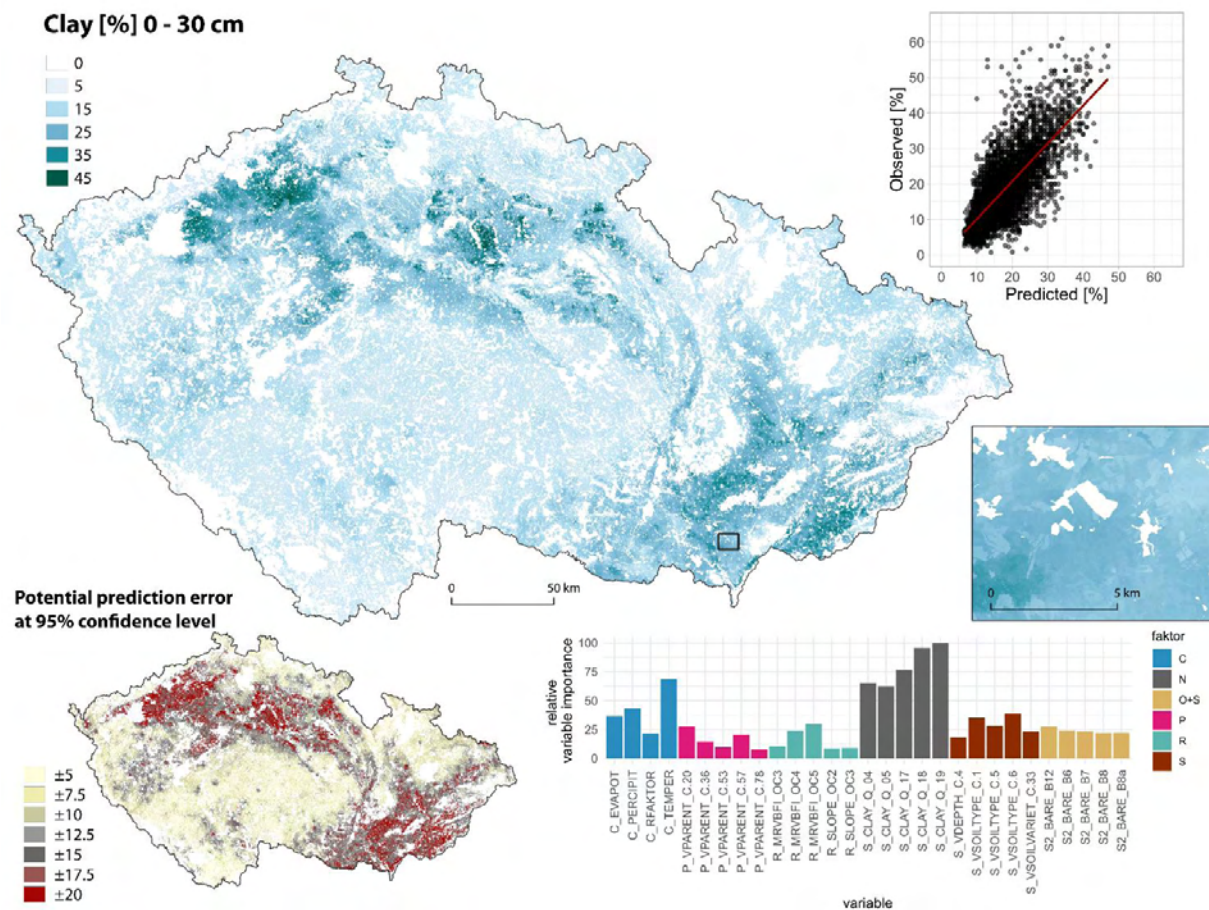
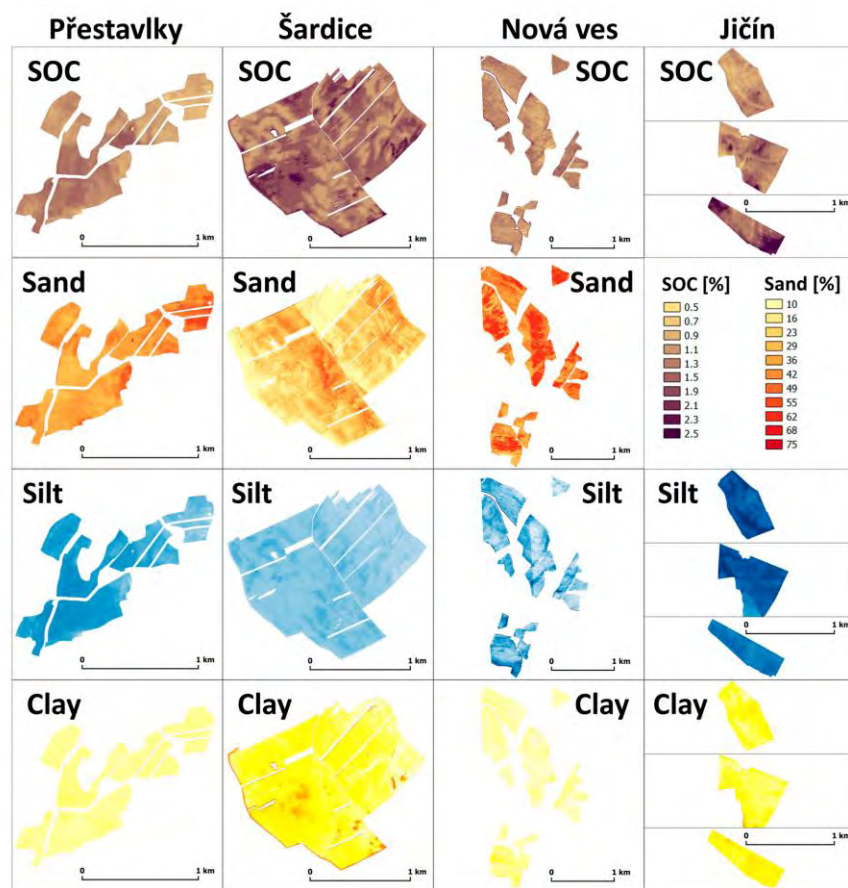
Digitální mapování půd

Principy Digitálního mapování půd

- Půdní vzorky
- Pomocné proměnné, tzv. kovariáty (prediktory)
- Modelování vztahů pomocí regresních metod
- Predikce hodnot



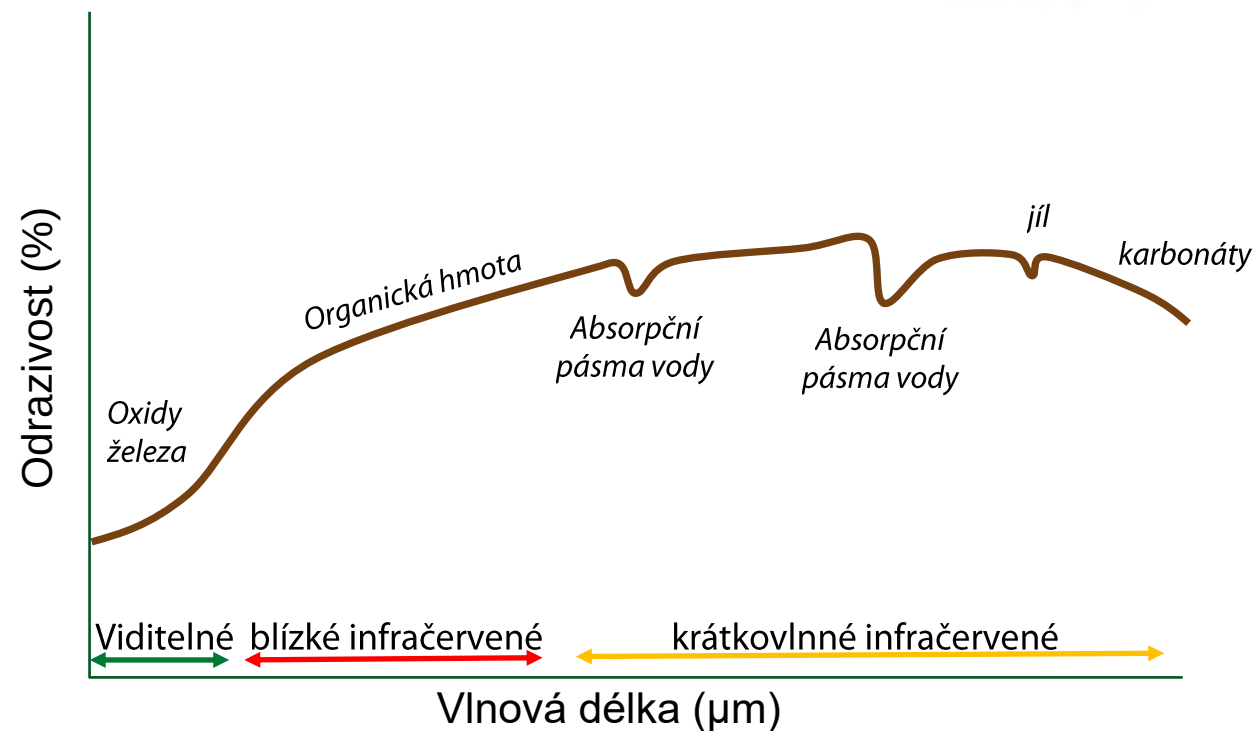
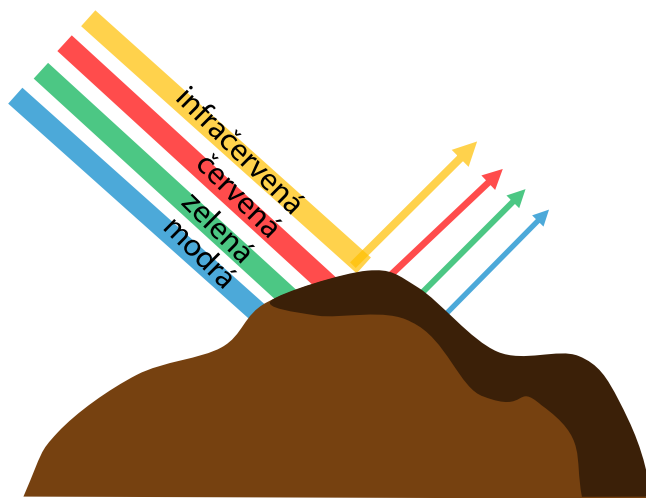
Digitální mapování půd



Dálkový průzkum Země



Spektrální křivka půdy

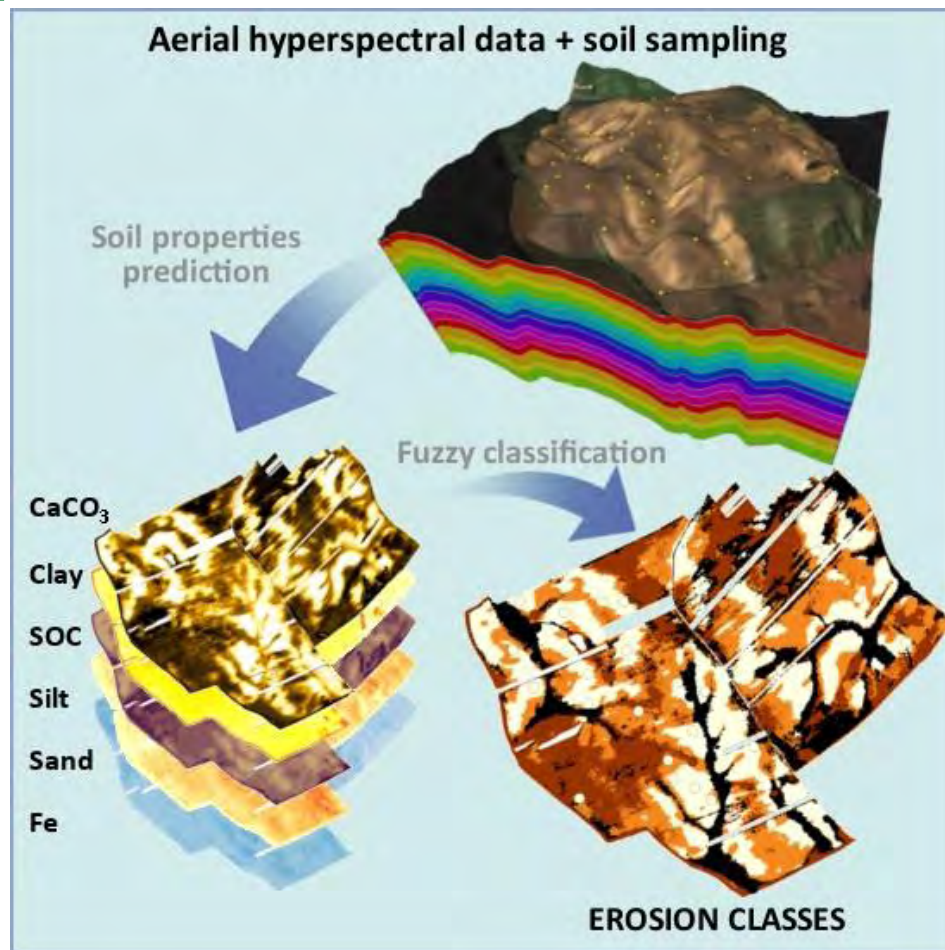


An aerial hyperspectral image of a landscape, showing various fields and a building. The image is rendered in a false-color scheme, with most of the landscape appearing in shades of green and blue. A small cluster of buildings, possibly a farm or a small village, is visible in the lower-left quadrant, showing some internal structure and lighting. The text "Letecká hyperspektrální data" is overlaid on the left side of the image in a large, white, sans-serif font.

Letecká hyperspektrální data

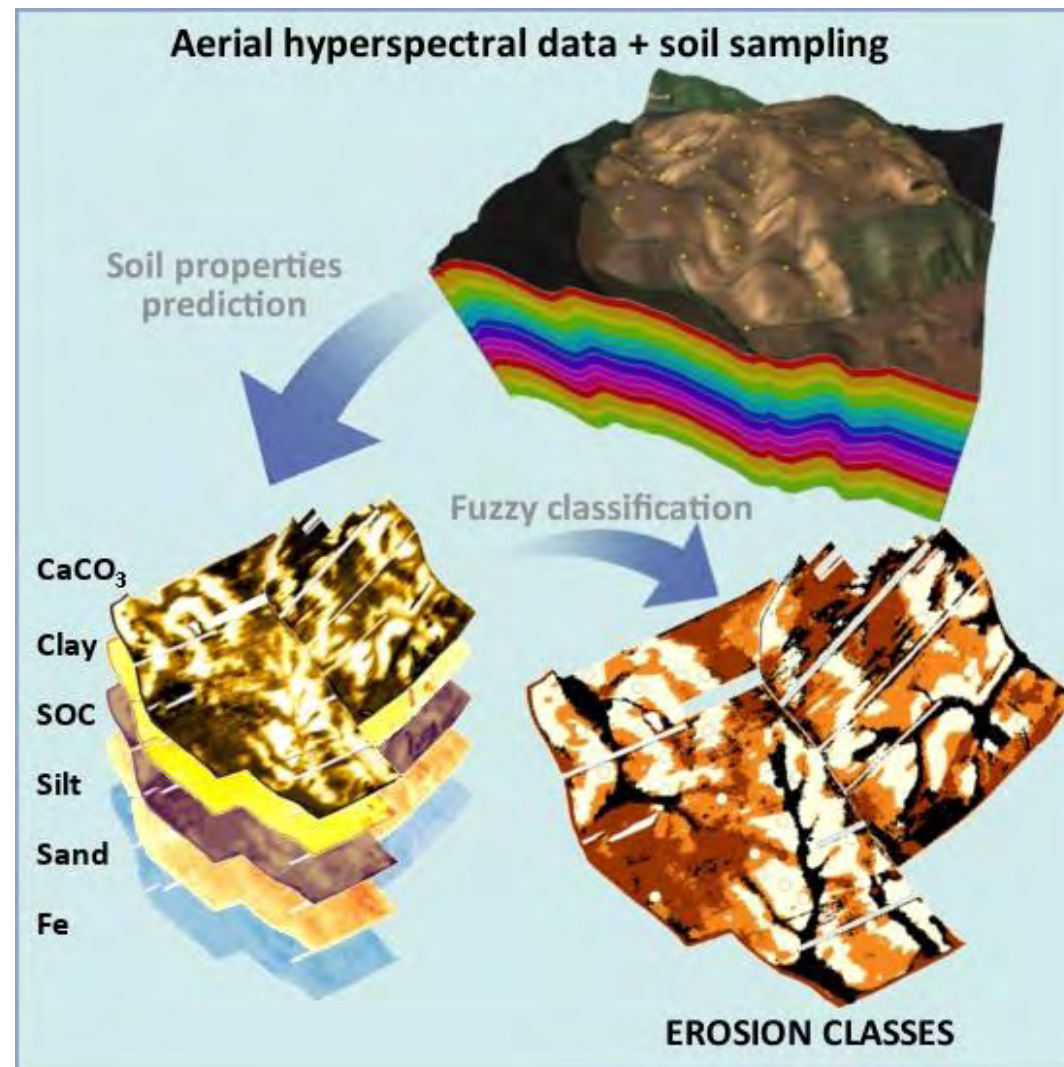
Letecká hyperspektrální data

- Velký potenciál
- ALE:
 - Drahá na pořízení
 - Technicky náročná na zpracování
- !Nové satelity
 - EnMAP
 - PRISMA
 - SHALOM
 - ...



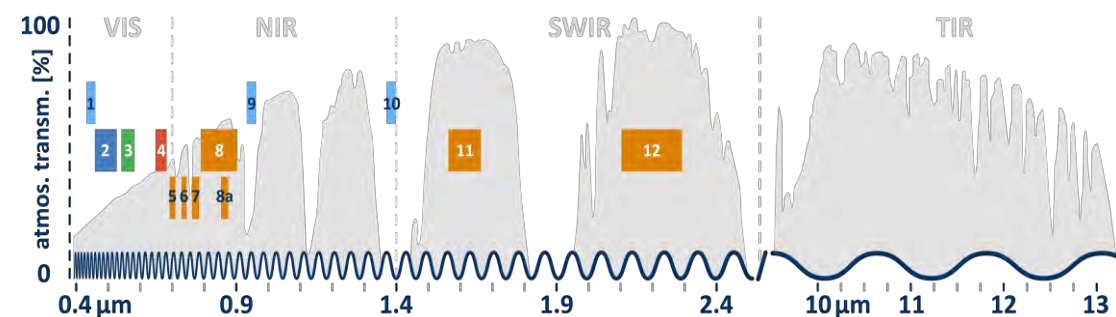
Co lze pozorovat?

- Humus, jíl, karbonáty, oxidy železa
- + další vlastnosti v závislosti na korelaci s primárním spektrálními znaky
- Vlhkost, drsnost povrchu
- Využití ověřeno na hyperspektrálních leteckých datech



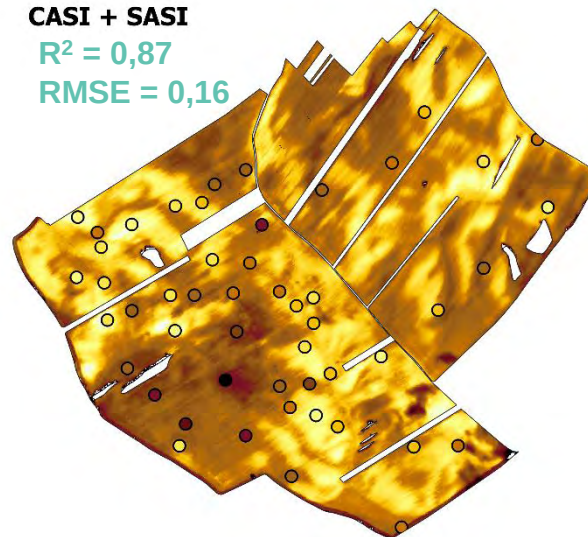
Využití dat DPZ

- Vhodně lze využít i multispektrální data

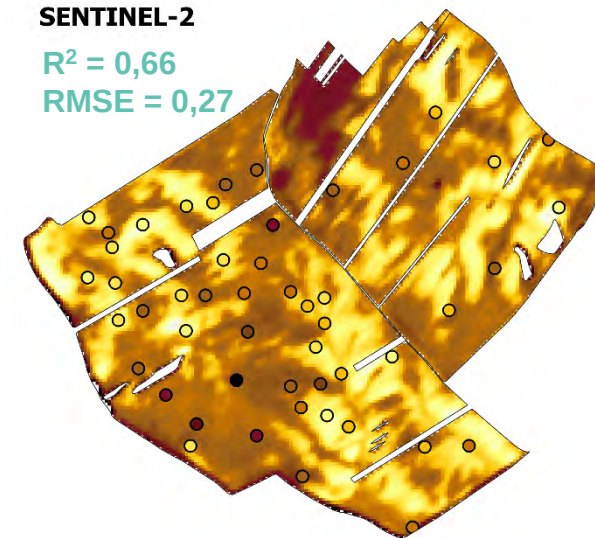


- Jen povrchová vrstva
- Jen holý povrch!
 - => jen lokální úroveň?

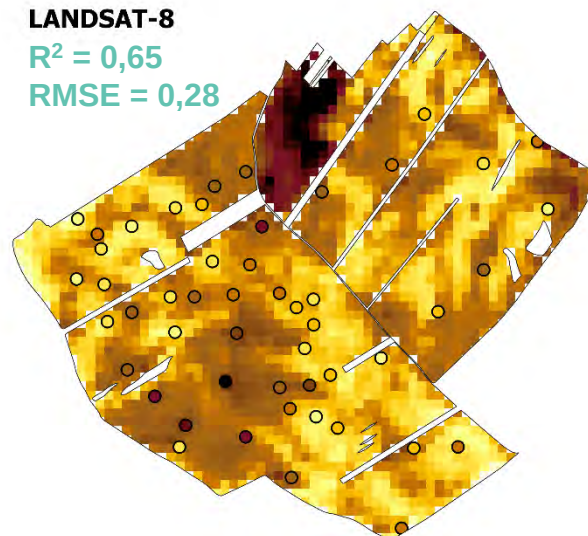
CASI + SASI
 $R^2 = 0,87$
RMSE = 0,16



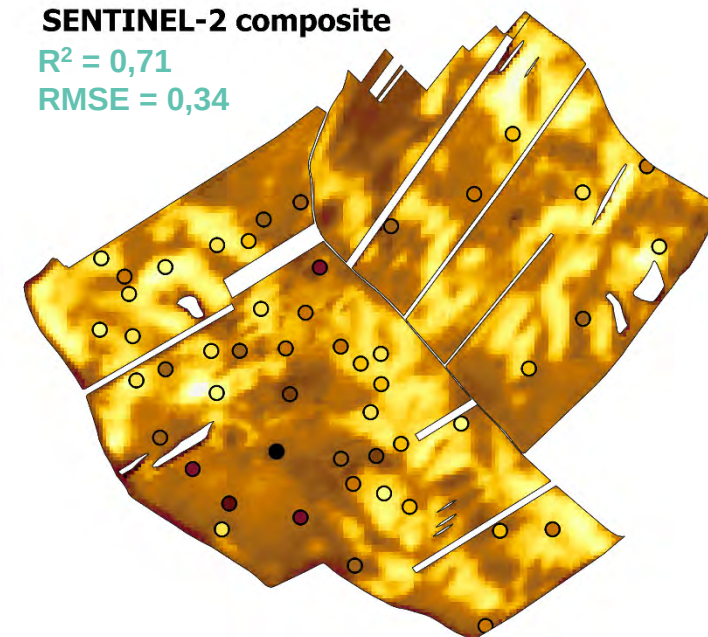
SENTINEL-2
 $R^2 = 0,66$
RMSE = 0,27



LANDSAT-8
 $R^2 = 0,65$
RMSE = 0,28



SENTINEL-2 composite
 $R^2 = 0,71$
RMSE = 0,34

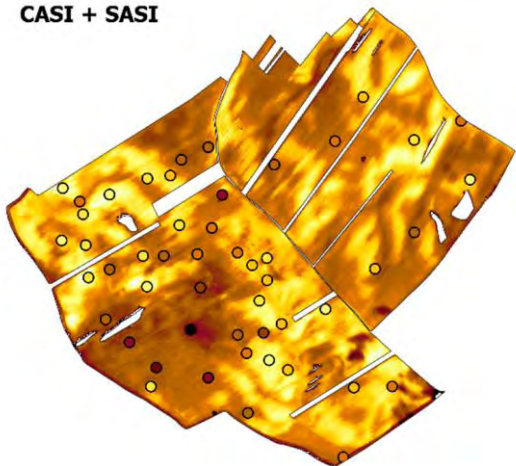




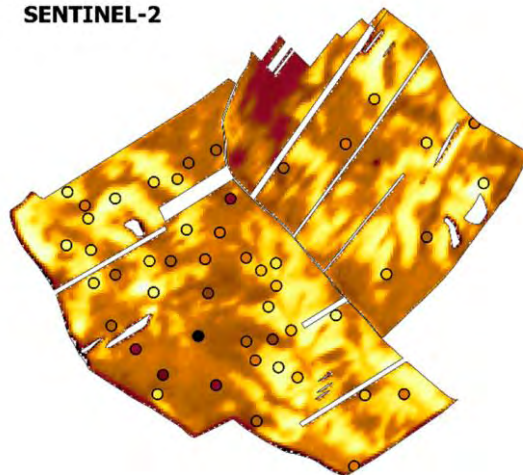
Satelitní multispektrální data

DPZ v pedologii

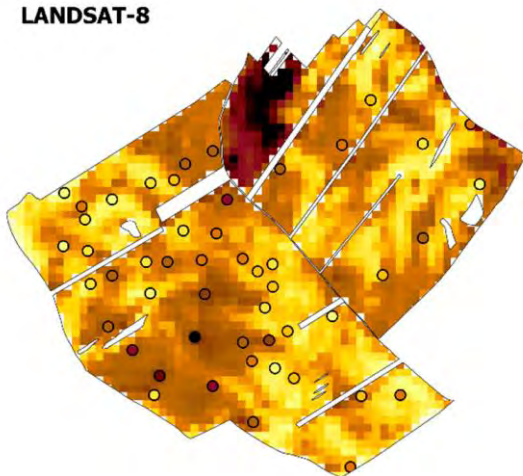
CASI + SASI



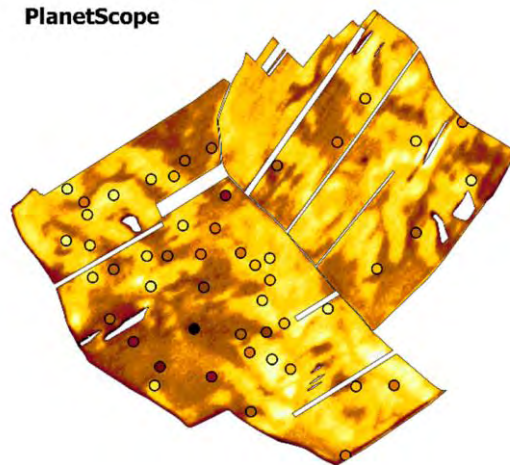
SENTINEL-2



LANDSAT-8



PlanetScope



Snímek Sentinel 2



Mapování regionálně?

- Jak překlenout problém se zakrytým povrchem na individuálních snímcích? =>
časoprostorová mozaika holých půd
- Využití časové řady snímků umožní efektivní mapování

Několik přístupů

Barest Pixel Composite

- Diek et al. (2017)
- Landsat

SCMaP

- Rogge et al. (2018)
- Landsat

Geospatial Soil Sensing System (GEOS3)

- Demattê et al. (2018)
- Landsat

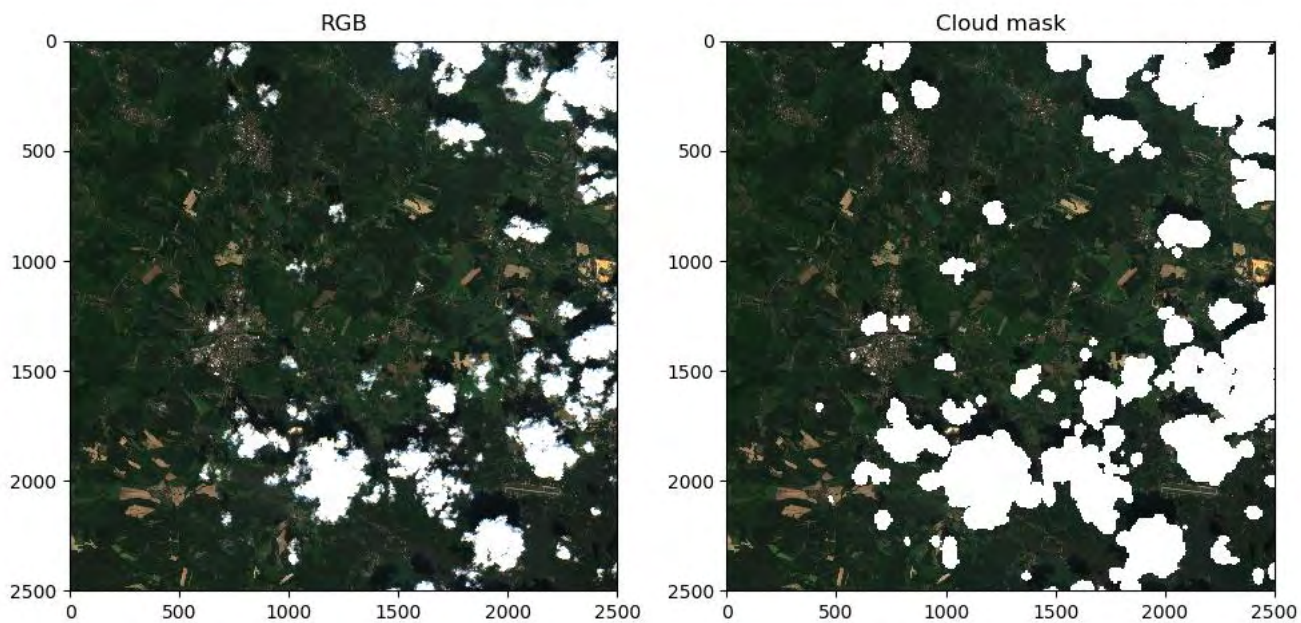


Problémy

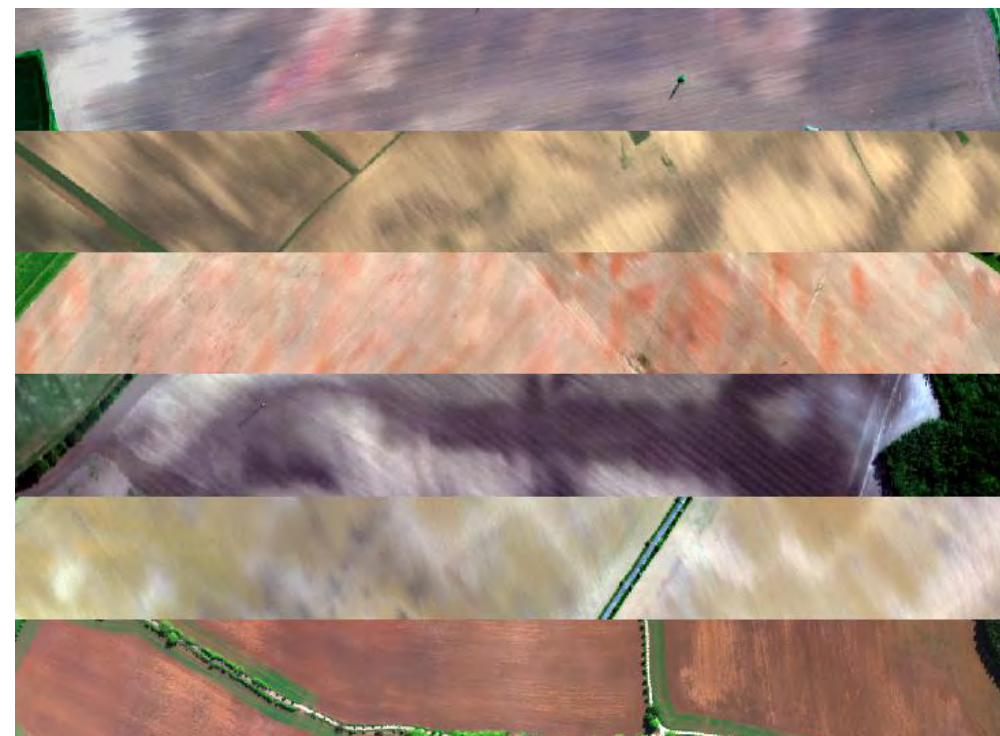
Maskování oblačnosti

Cirrus – vysoká oblačnost

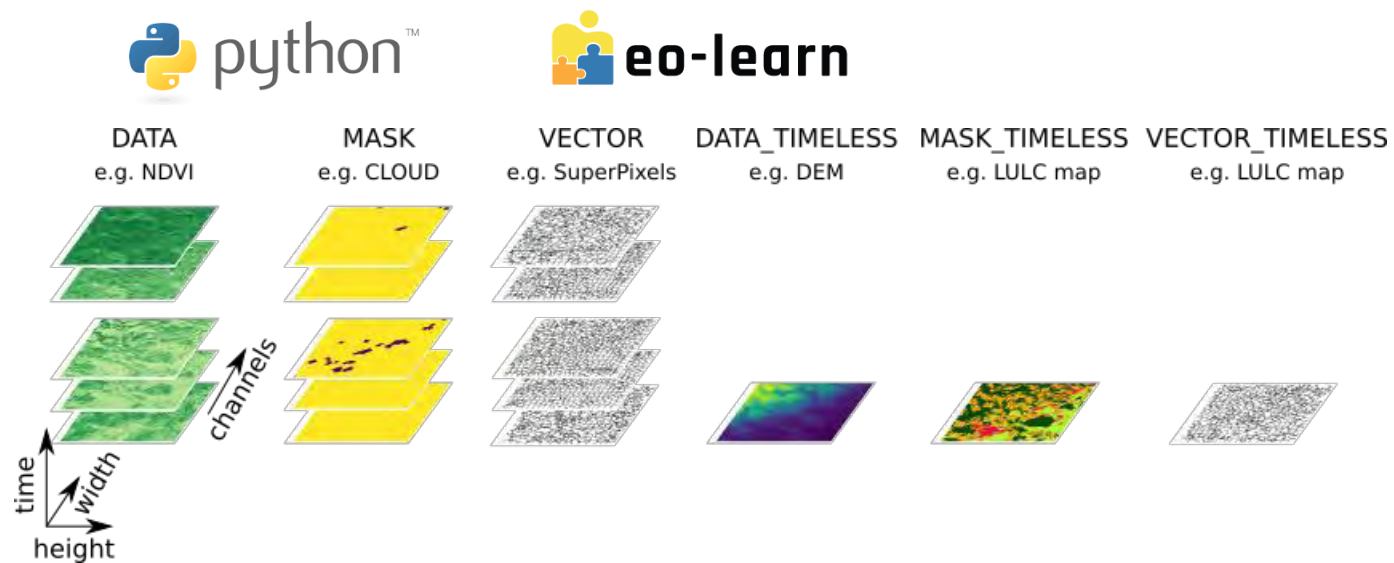
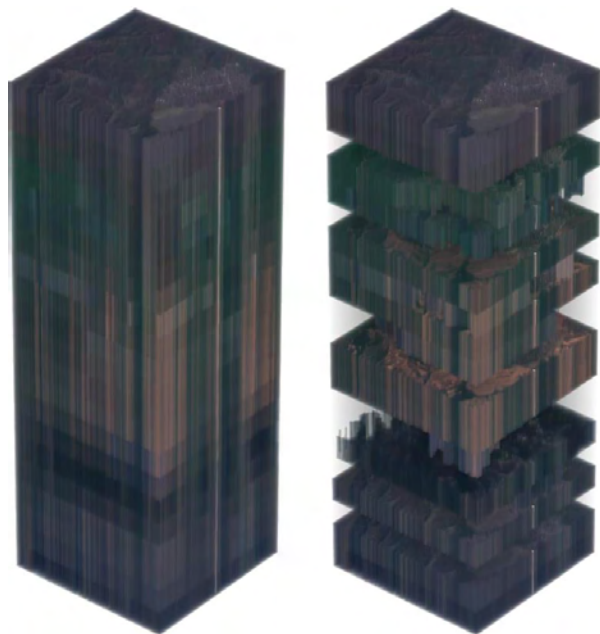
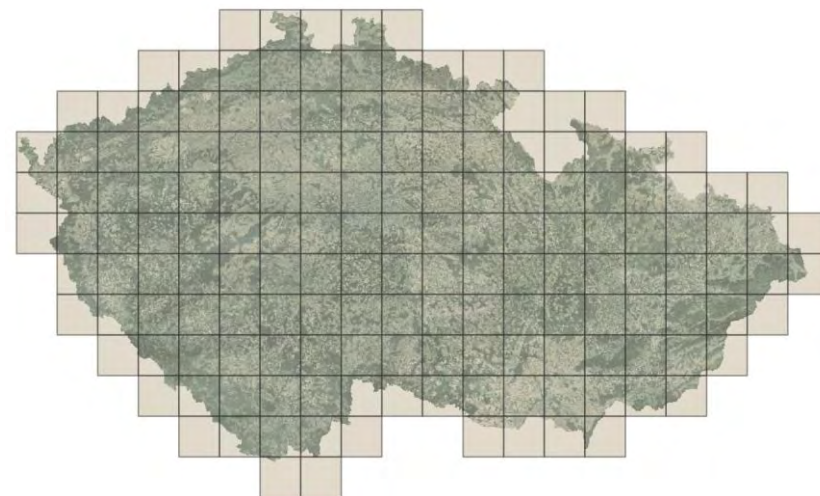
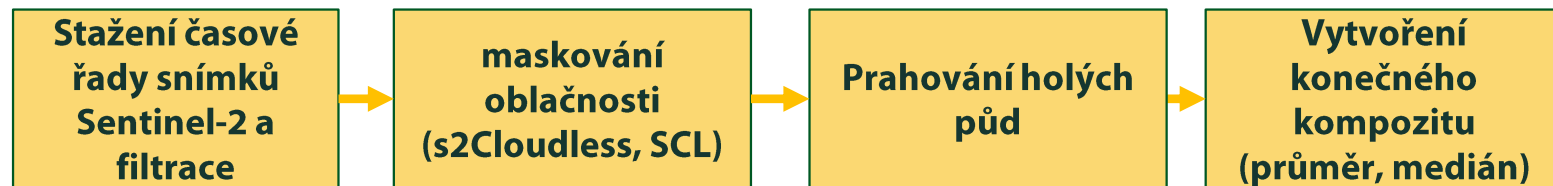
Algoritmus S2cloudless



Prahování holých půd



přístup





Mozaika holých půd

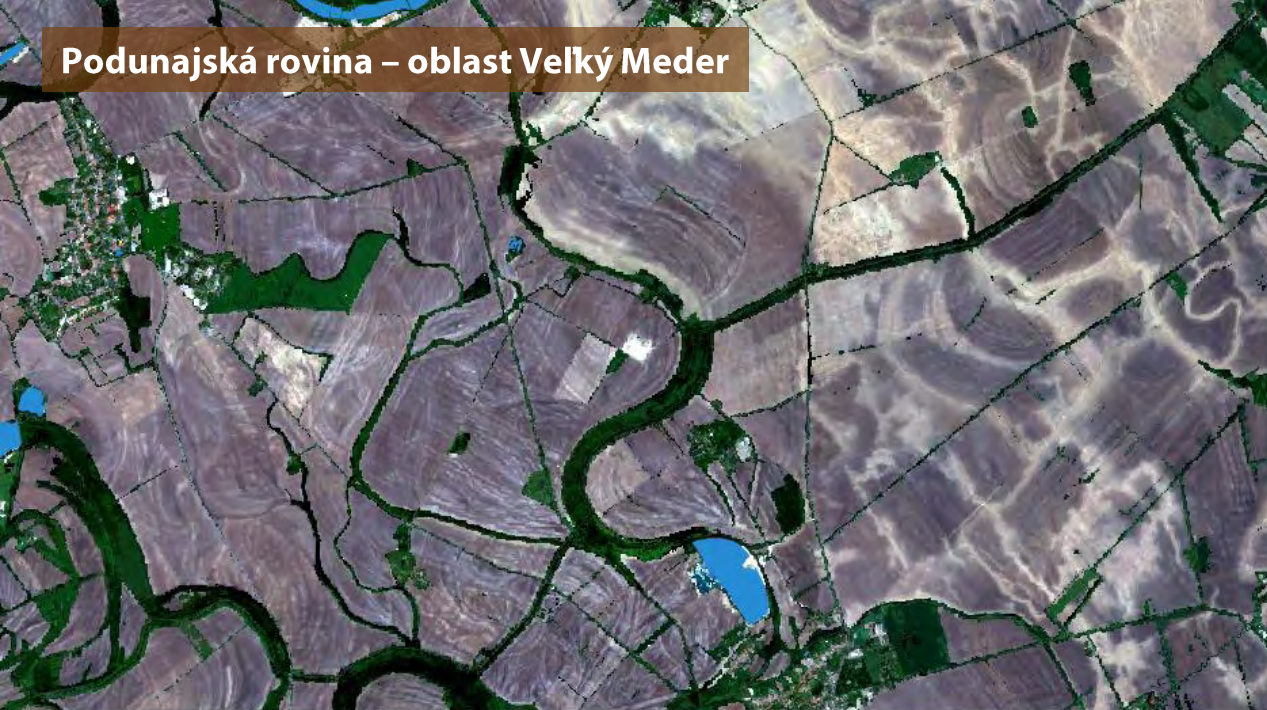
An aerial photograph showing a complex mosaic of land cover. The landscape is divided into numerous irregular patches of brown and tan, which represent bare soil, and patches of dark green, which represent dense vegetation. The brown patches are often elongated and follow a network of linear features, possibly roads or drainage channels. The green patches are more irregular and are interspersed among the brown areas. The overall pattern is highly fragmented and complex.

**Mozaika
holých půd**



**Mozaika
holých půd**

Podunajská rovina – oblast Velký Meder



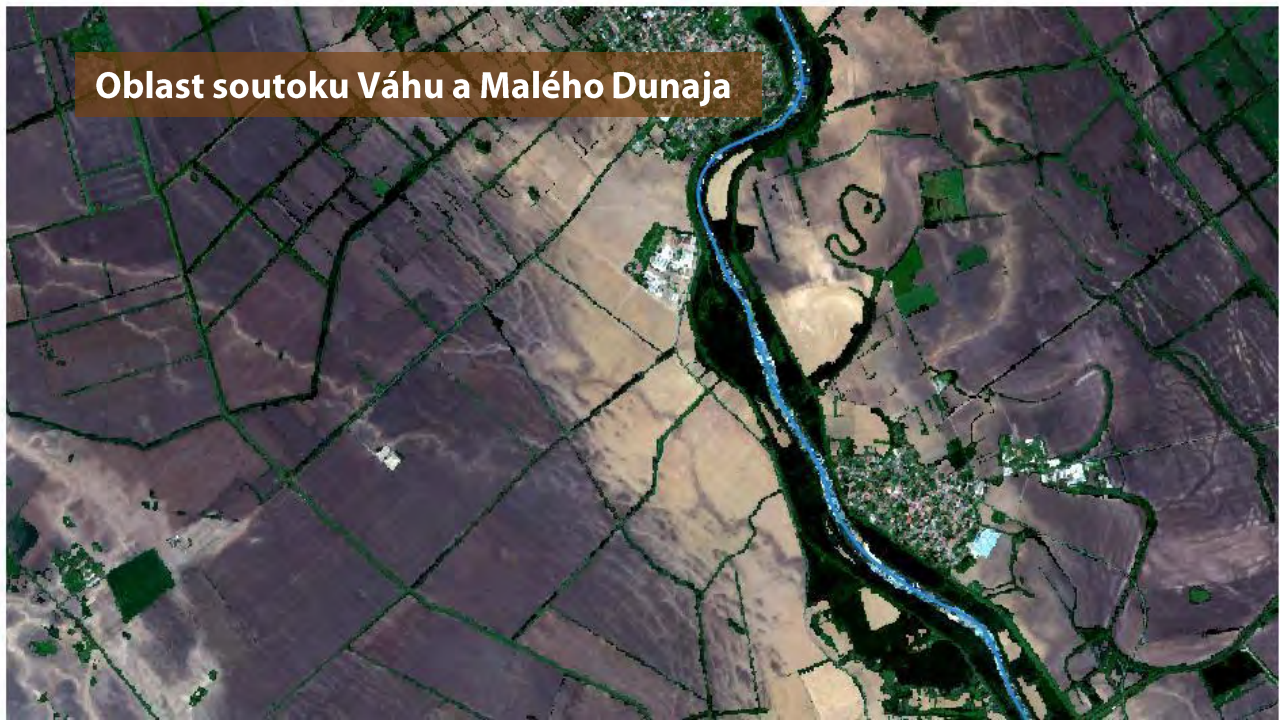
Podunajská Pahorkatina – Kamenín



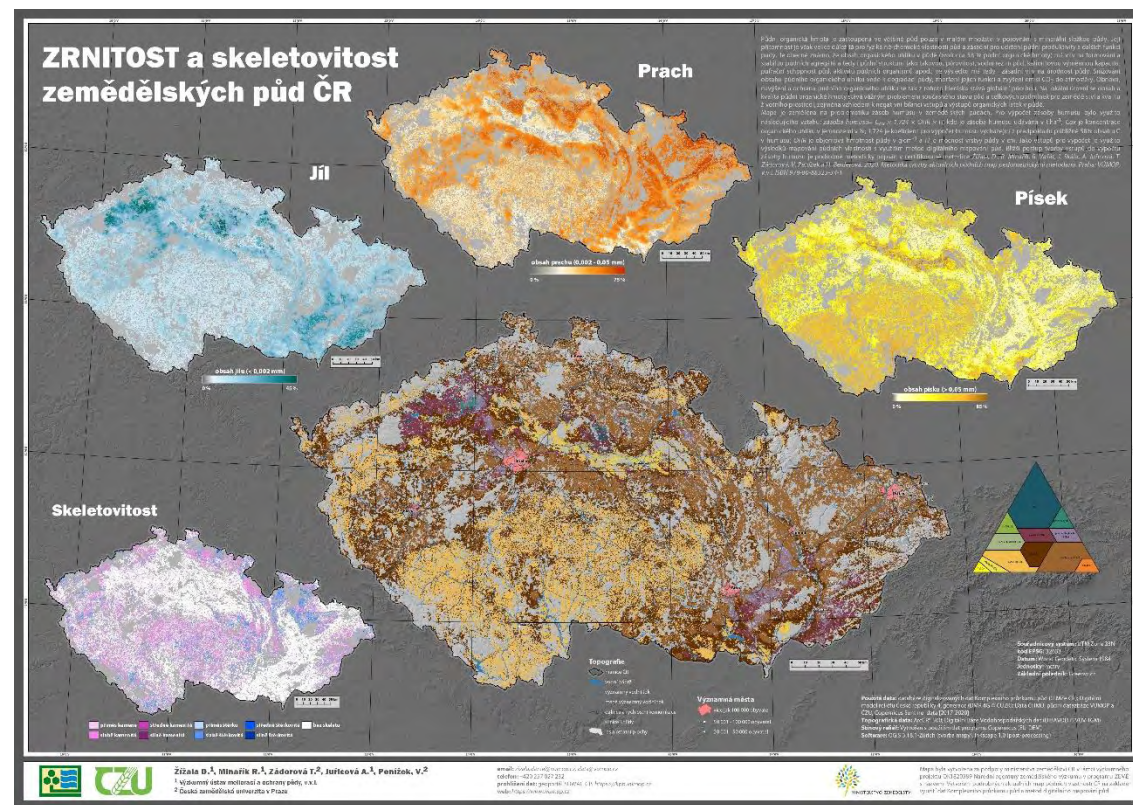
Oblast Topolčany - Partizánske



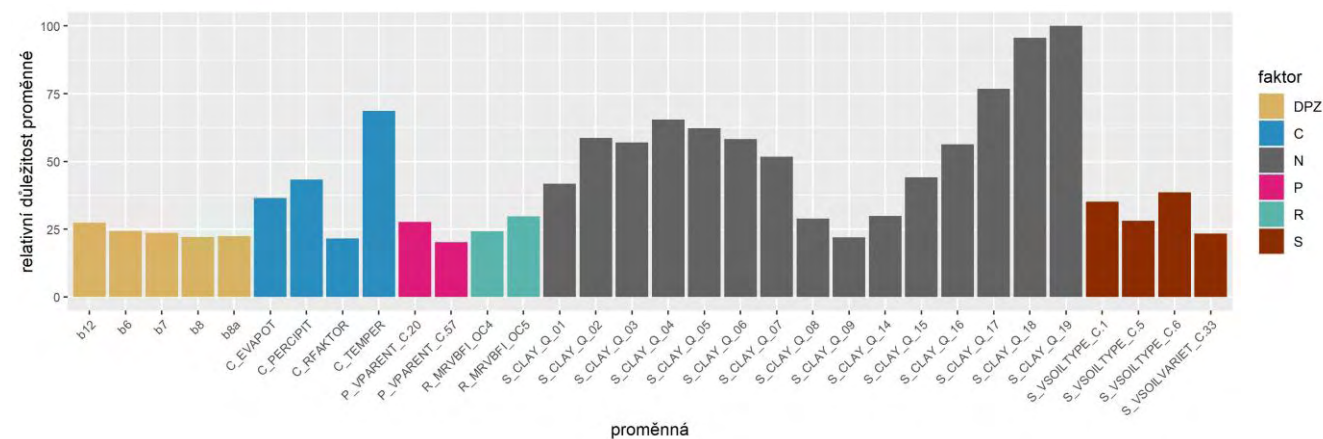
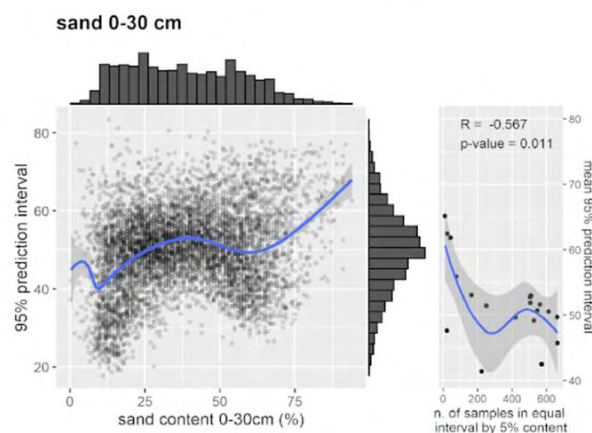
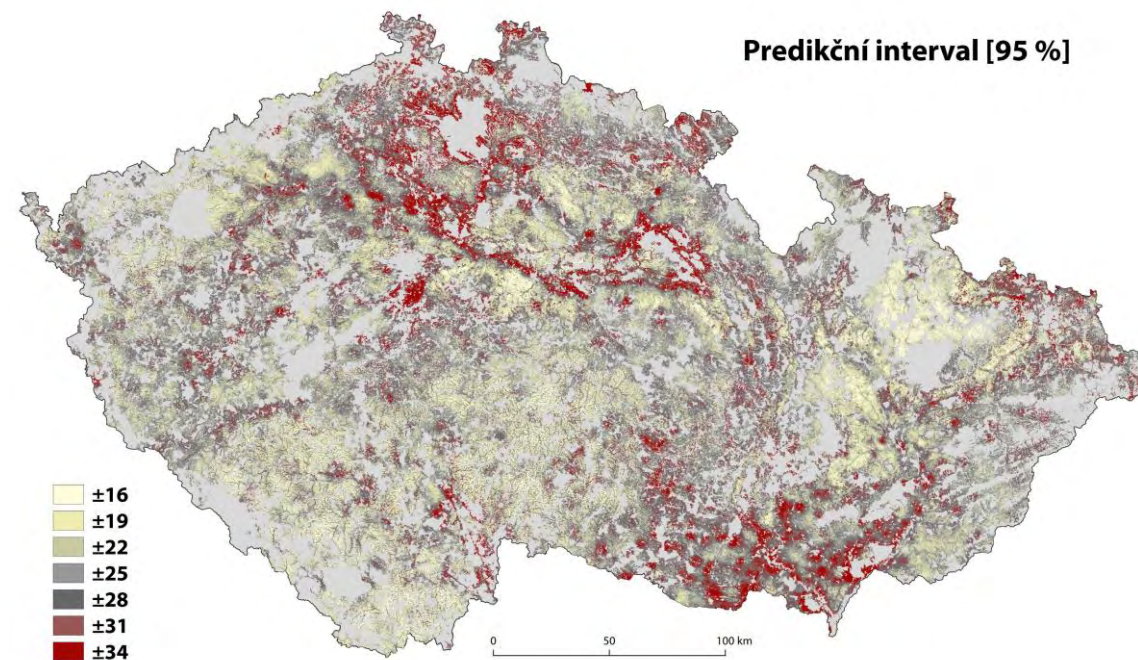
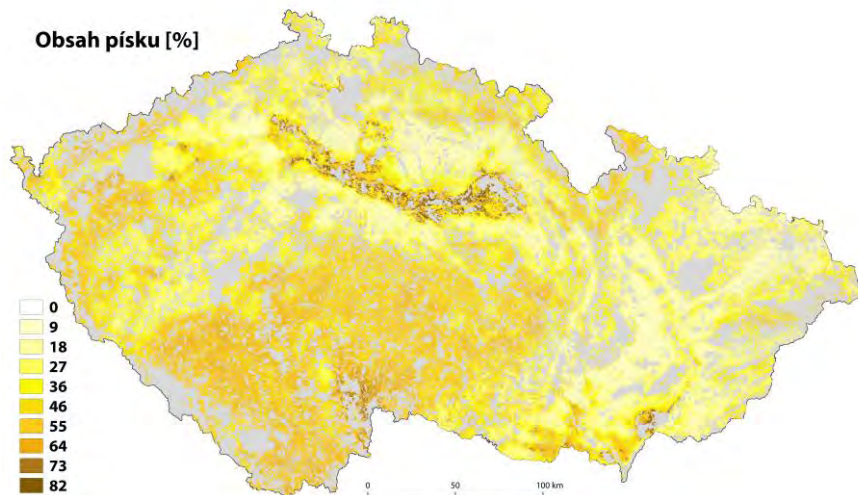
Oblast soutoku Váhu a Malého Dunaja



rozlišení 20 m/pixel



Nejistota predikce

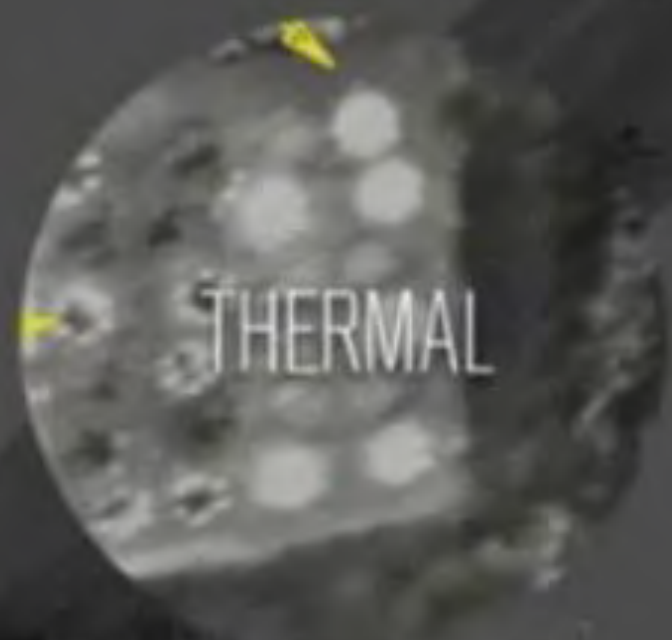


Drony



Bezpilotní prostředky – UAV, RPAS





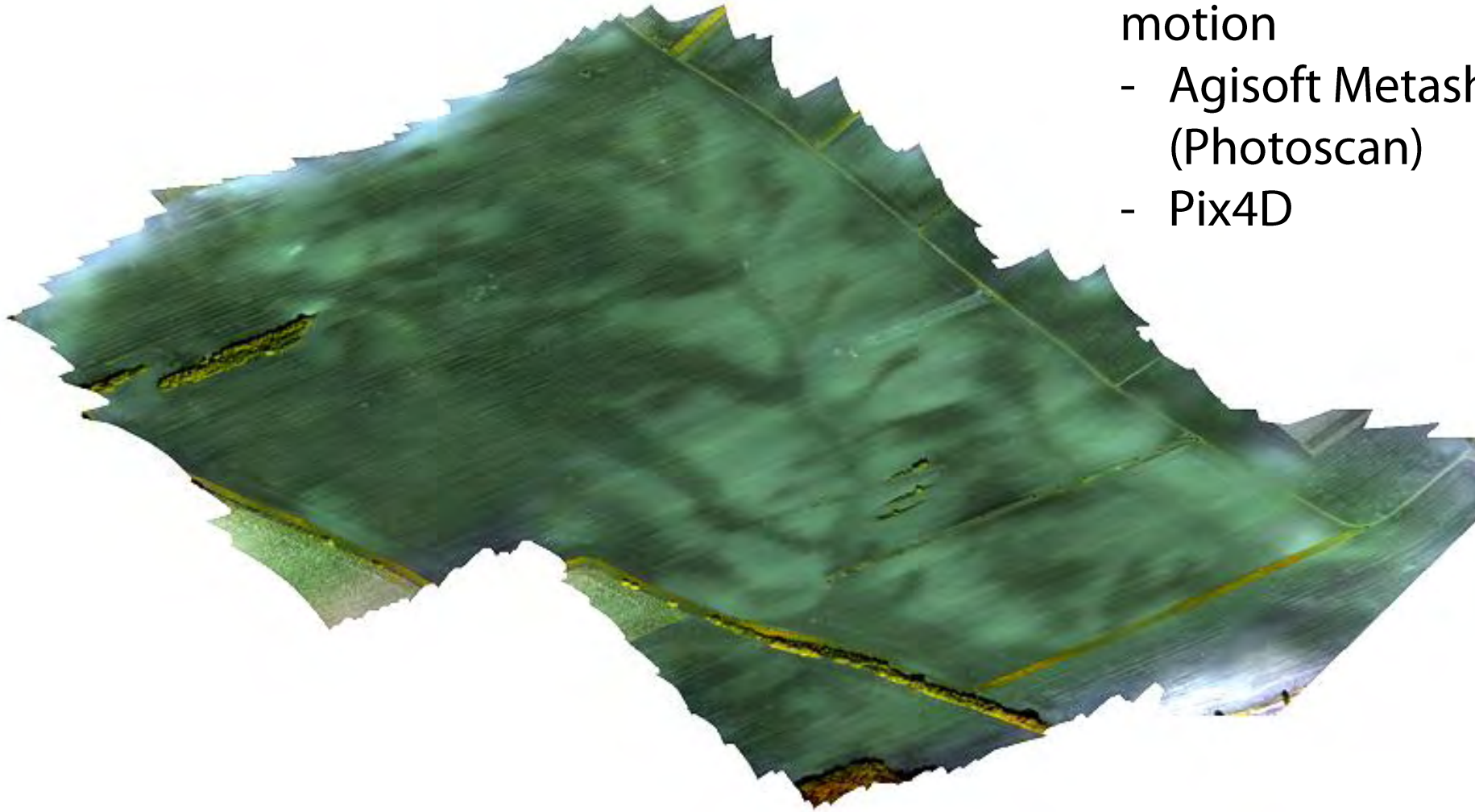
senzory



UAV - zpracování

Algoritmus Structure from motion

- Agisoft Metashape (Photoscan)
- Pix4D



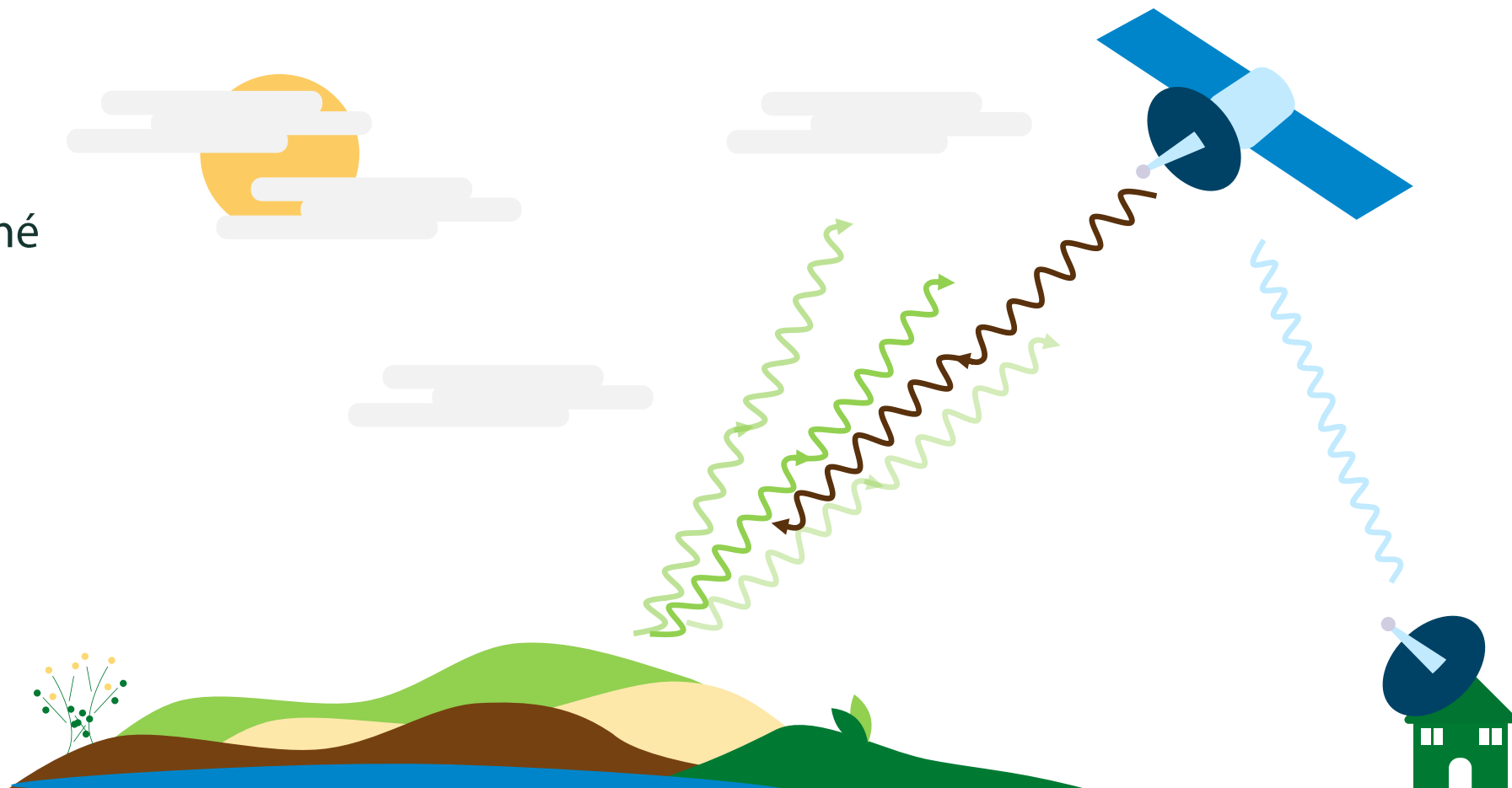
Radarová data



Základní principy

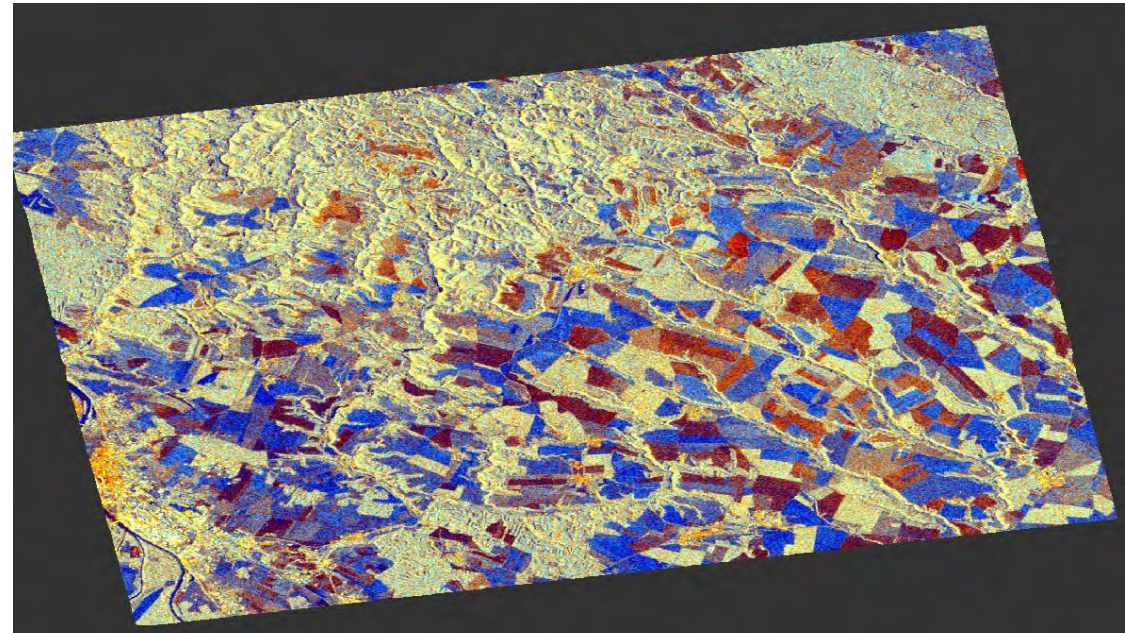
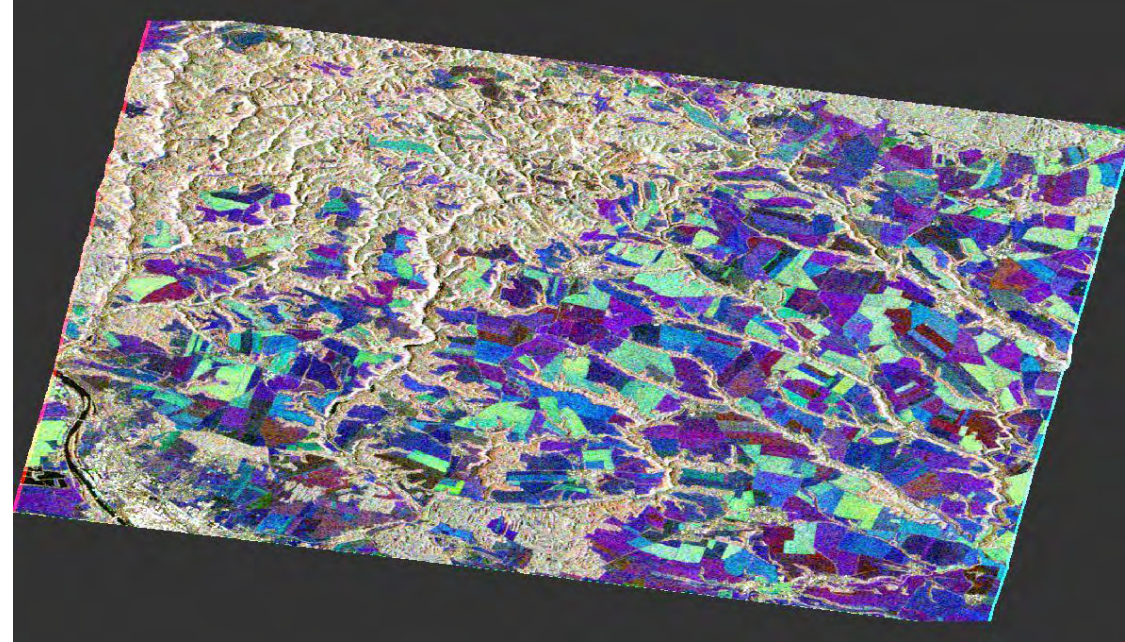
Aktivní sensory

Využívají vlastní
emitované krátkovlnné
záření

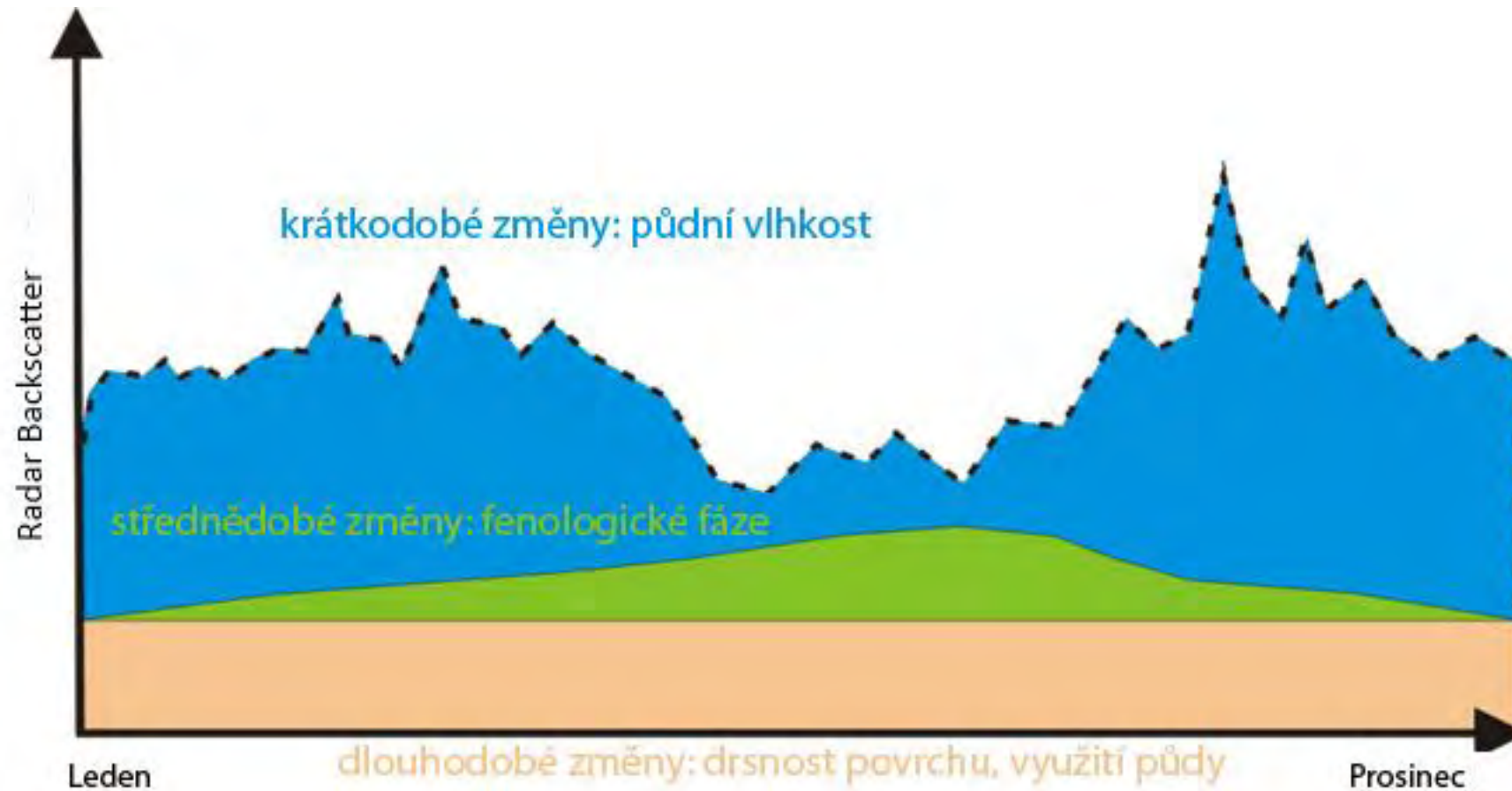


Radarová data

- Citlivost na:
 - Vlhkost
 - Drsnost povrchu
 - Strukturu povrchu
- Možné sledování
 - Vlhkosti
 - Drsnosti
 - Vegetace - agrotermínů



Radarová data

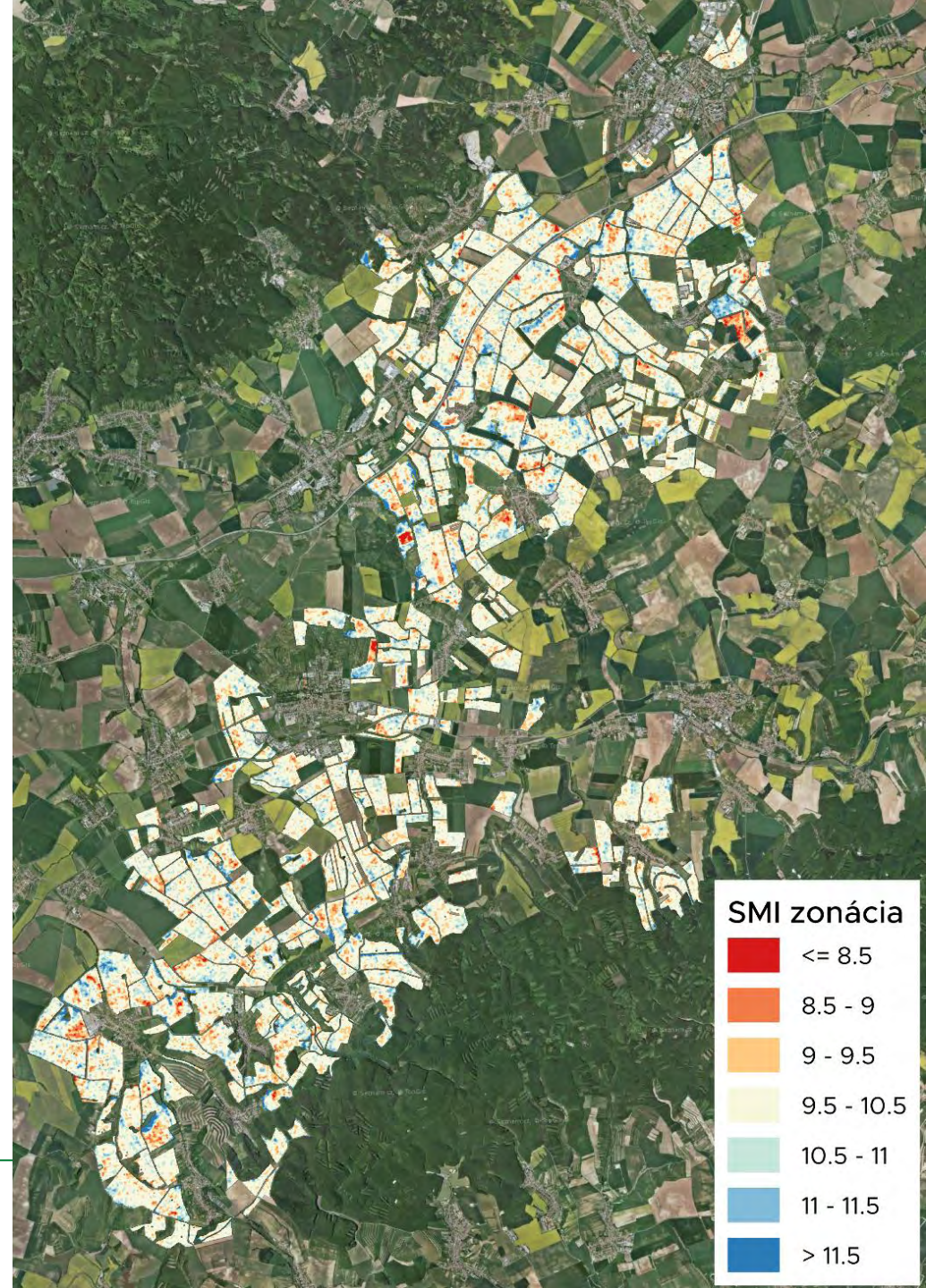


Sentinel 1

- Data zdarma
- Rozlišení 5 - 40 m
- C-band (frekvence 5405 MHz)
- Polarizace HH,VV,HH+HV,VV+VH
- Po 6 dnech (v konstelaci)



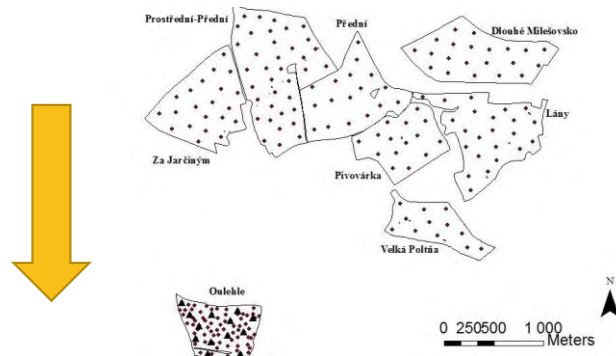
Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v.v.i.



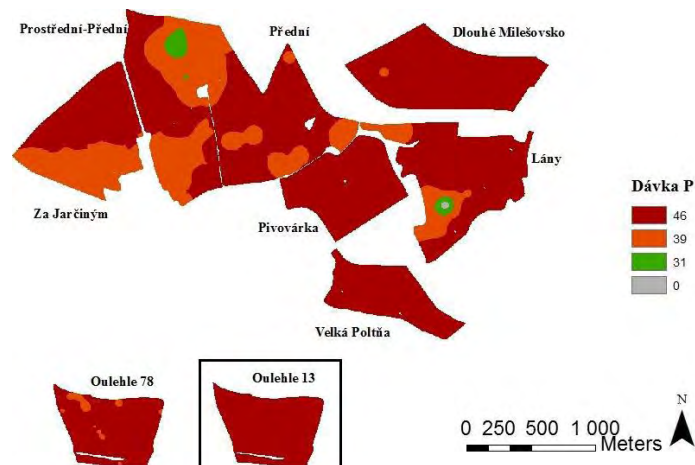
Návrh vzorkování

Vzorkování

Vzorkovací síť



Aplikační mapa



Co ovlivňuje interpretaci

Jak interpretovat data o půdě?

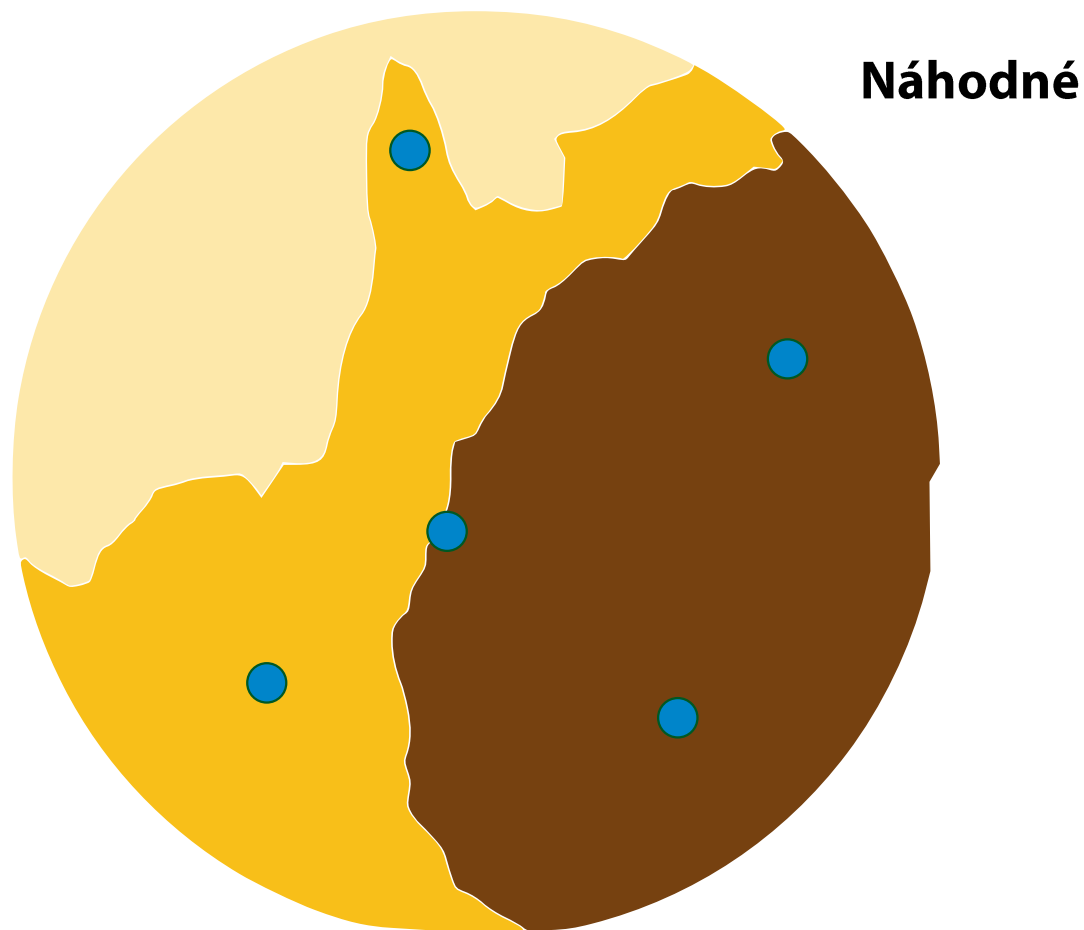
- **Areálově vs. bodově?**
- Schéma vzorkování?
- Je hustota vzorkování dostatečná?
- Problematika velikosti pixelu a směsný vzorek



Co ovlivňuje interpretaci

Jak interpretovat data o půdě?

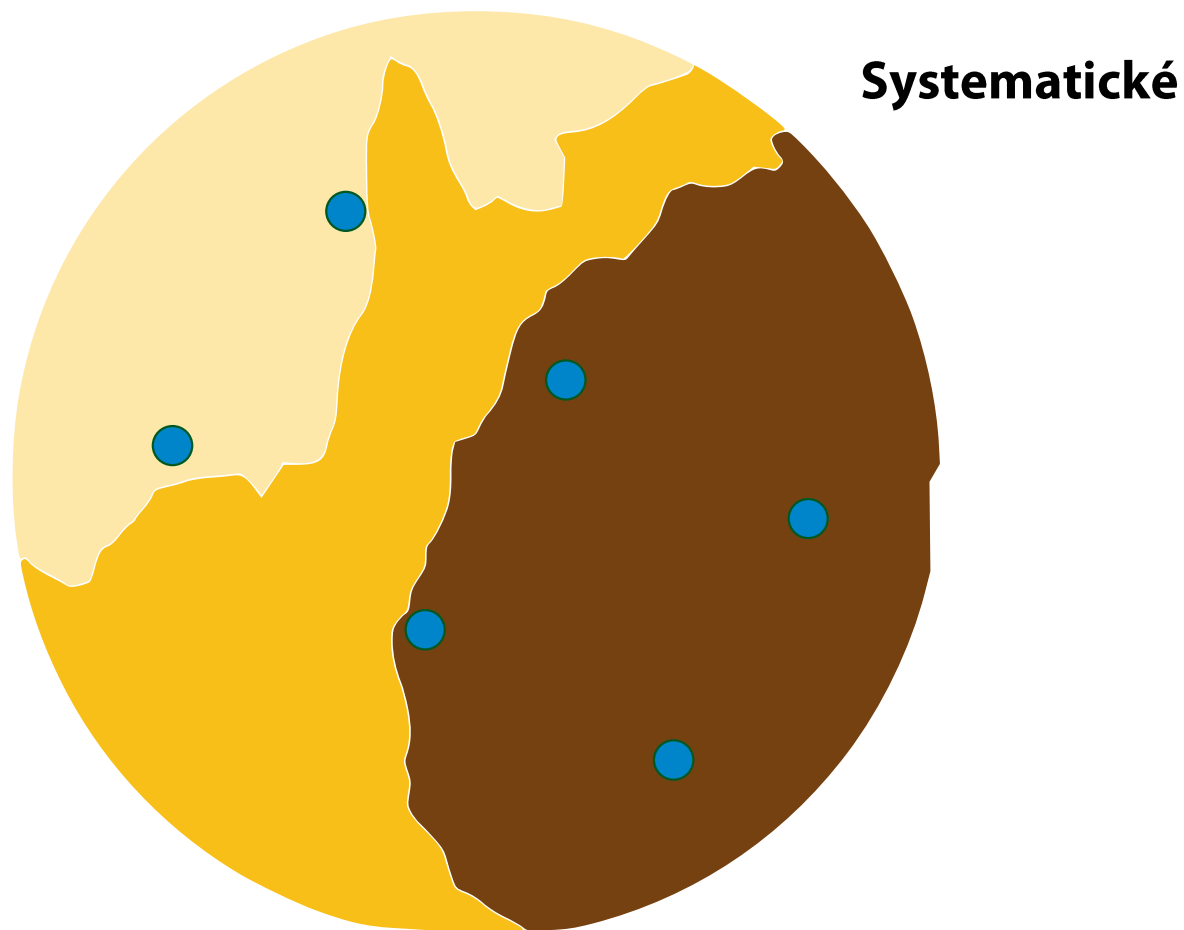
- Areálově vs. bodově?
- **Schéma vzorkování?**
- Je hustota vzorkování dostatečná?
- Problematika velikosti pixelu a směsný vzorek



Co ovlivňuje interpretaci

Jak interpretovat data o půdě?

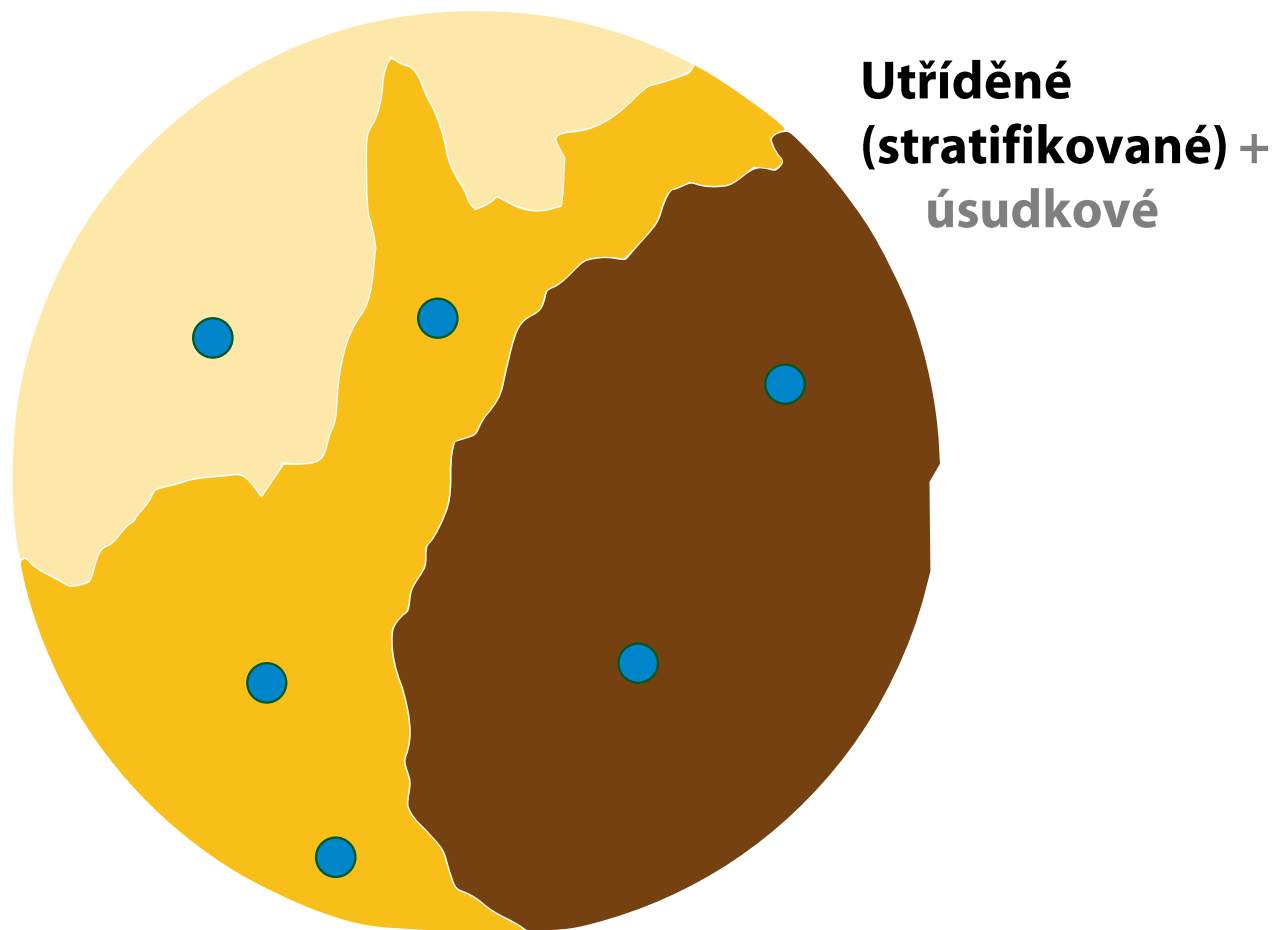
- Areálově vs. bodově?
- **Schéma vzorkování?**
- Je hustota vzorkování dostatečná?
- Problematika velikosti pixelu a směsný vzorek



Co ovlivňuje interpretaci

Jak interpretovat data o půdě?

- Areálově vs. bodově?
- **Schéma vzorkování?**
- Je hustota vzorkování dostatečná?
- Problematika velikosti pixelu a směsný vzorek



Co ovlivňuje interpretaci

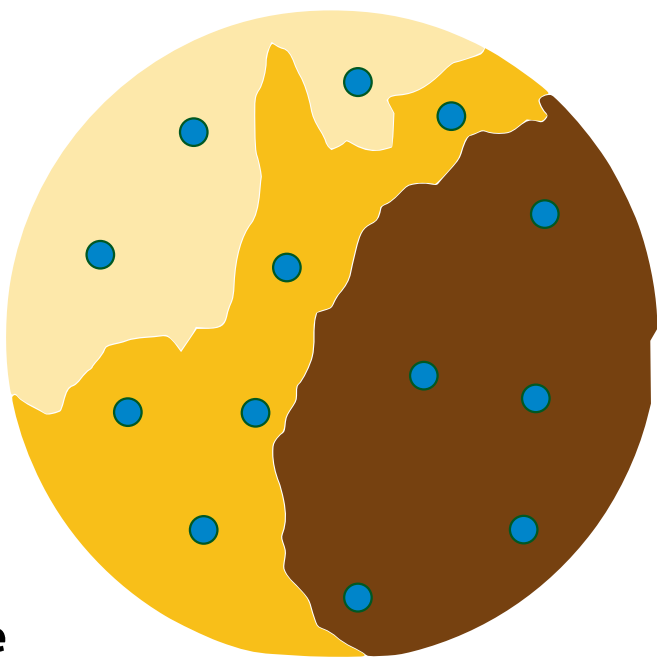
Hustota vzorkování



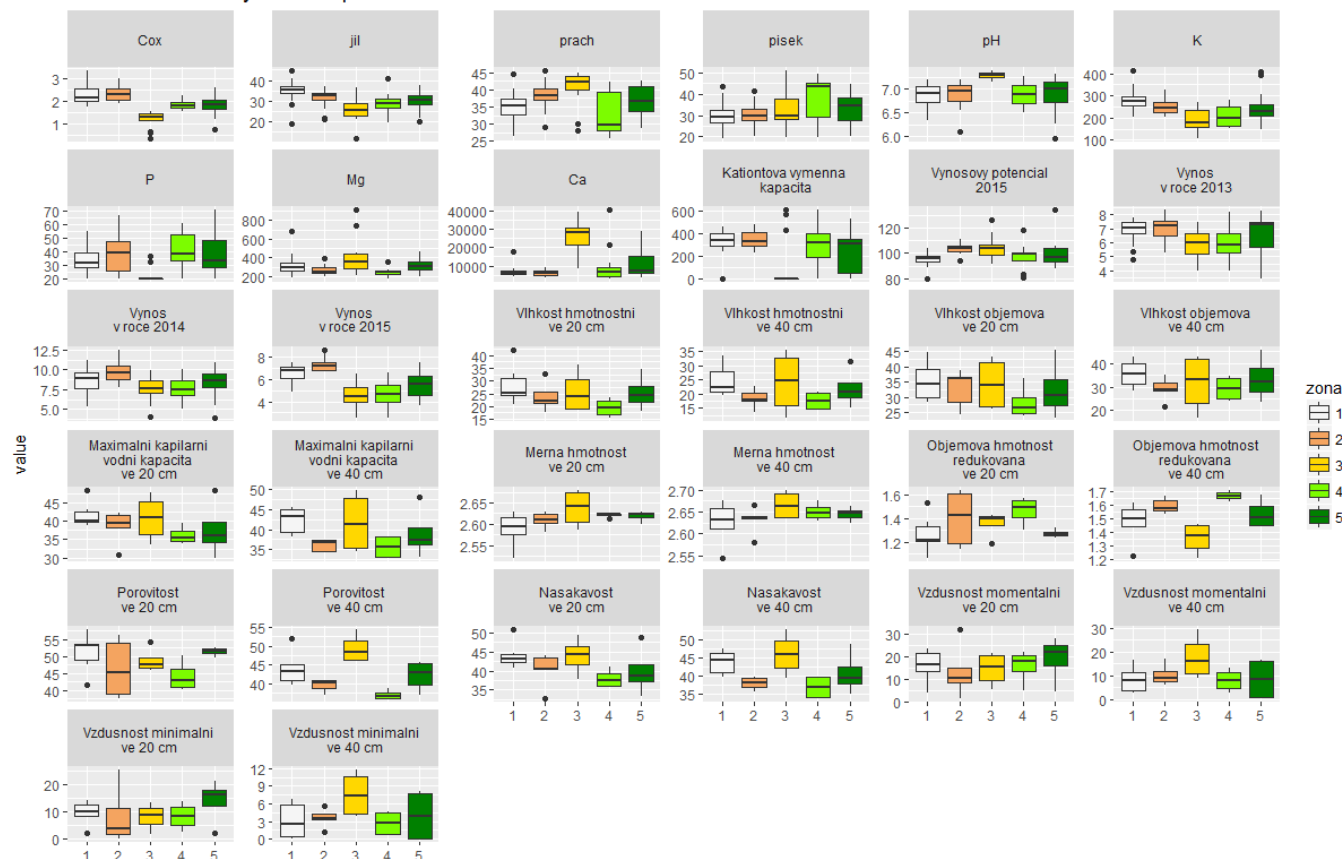
Přesnost
vs.
nákladnost



Optimalizace



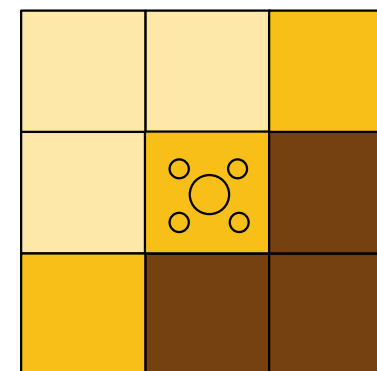
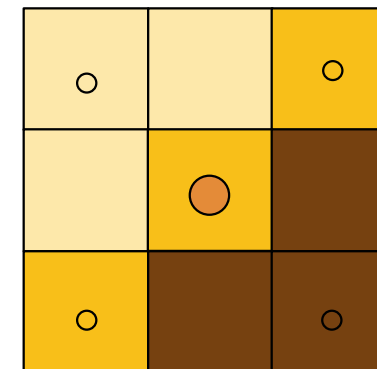
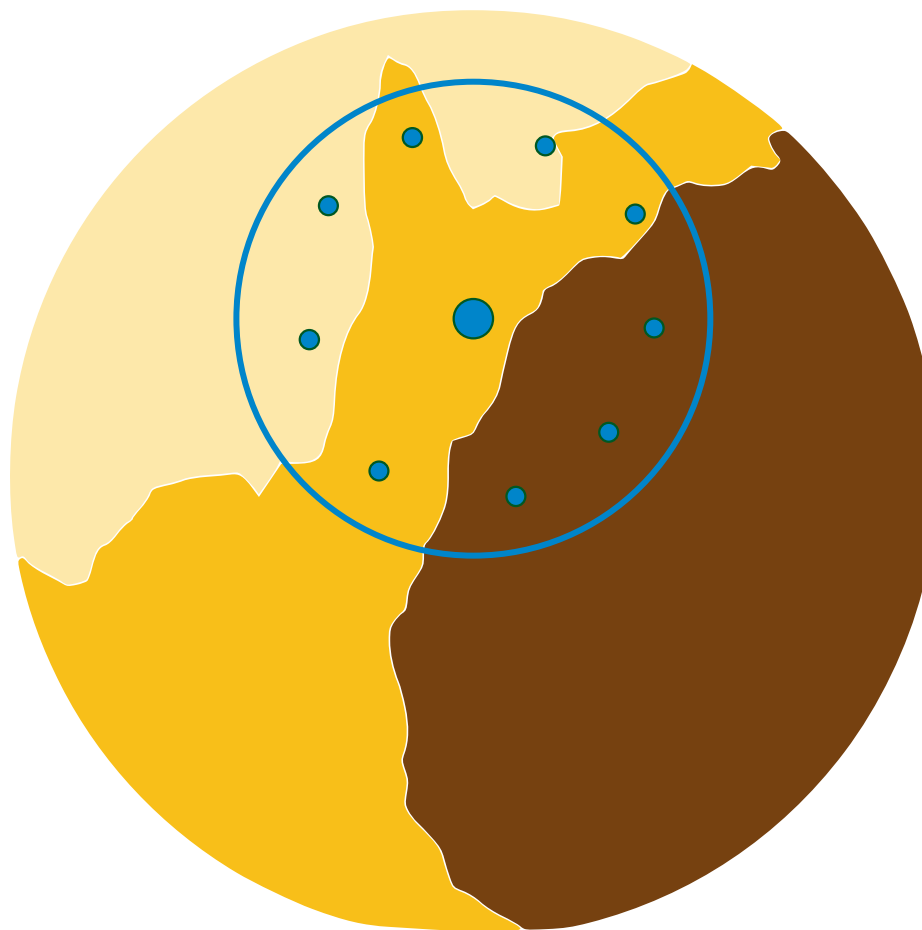
Variabilita sledovaných veličin při rozdělení do 5 shluků



Co ovlivňuje interpretaci

Jak interpretovat data o půdě?

- Areálově vs. bodově?
- Schéma vzorkování?
- Je hustota vzorkování dostatečná?
- **Problematika velikosti pixelu a směsný vzorek**



Metodika

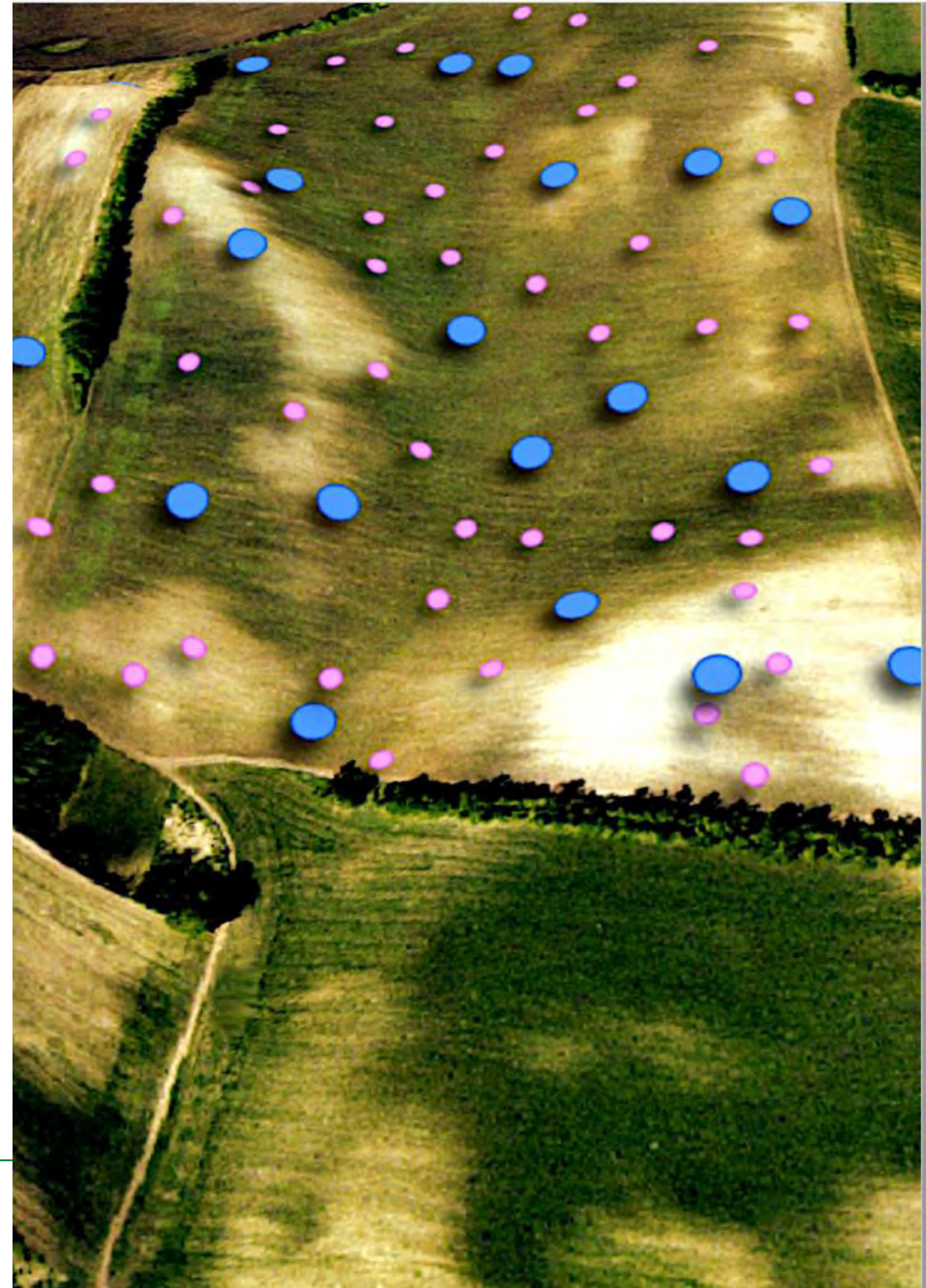
Návrh nové optimální vzorkovací sítě nebo
redukce stávající pravidelné sítě

Výběr reprezentativních odběrných míst pro
vzorkování popisující variabilitu území z dostupných
dat

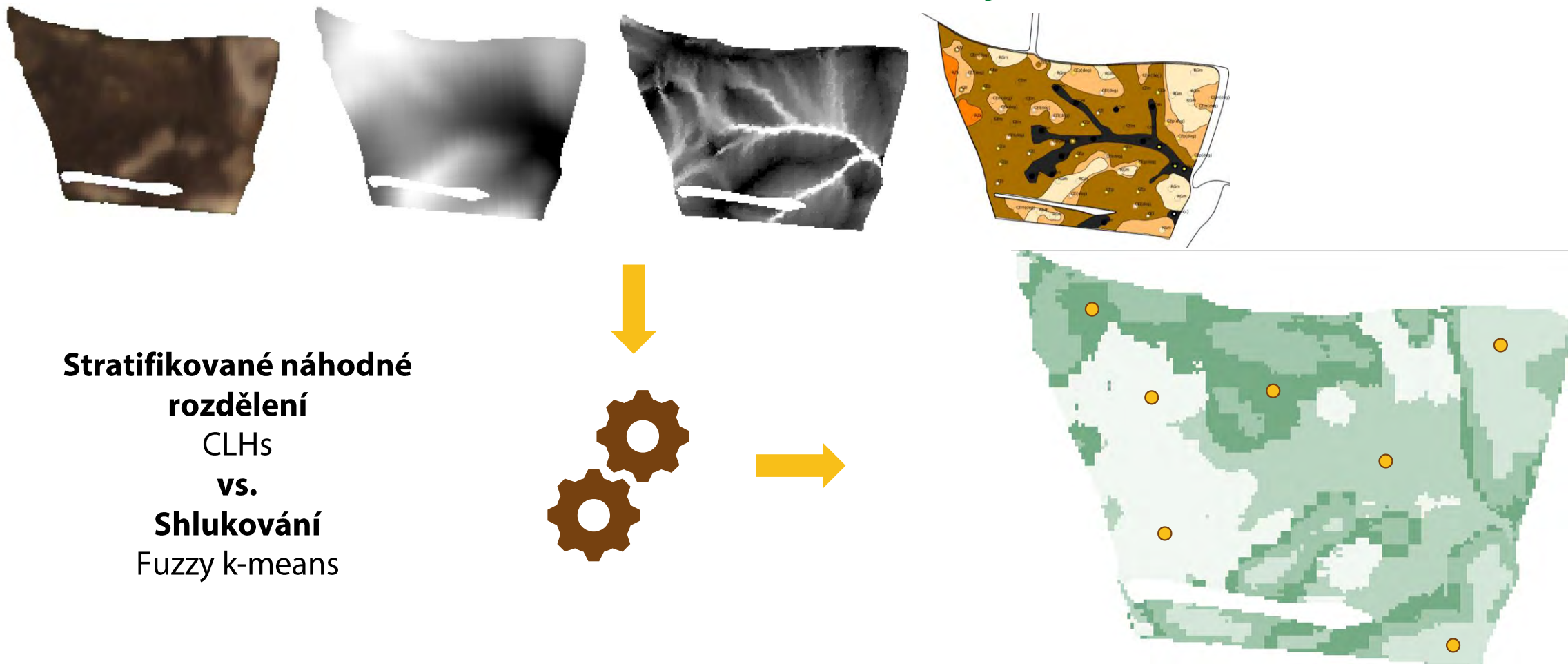
- hlavní komponenty MS snímku holých půd z družice Sentinel 2 A/B
- Výnosový potenciál
- Další dostupné podklady

Shluková analýza všech vstupních vrstev

Aplikace metody *Conditioned Latin hypercube*



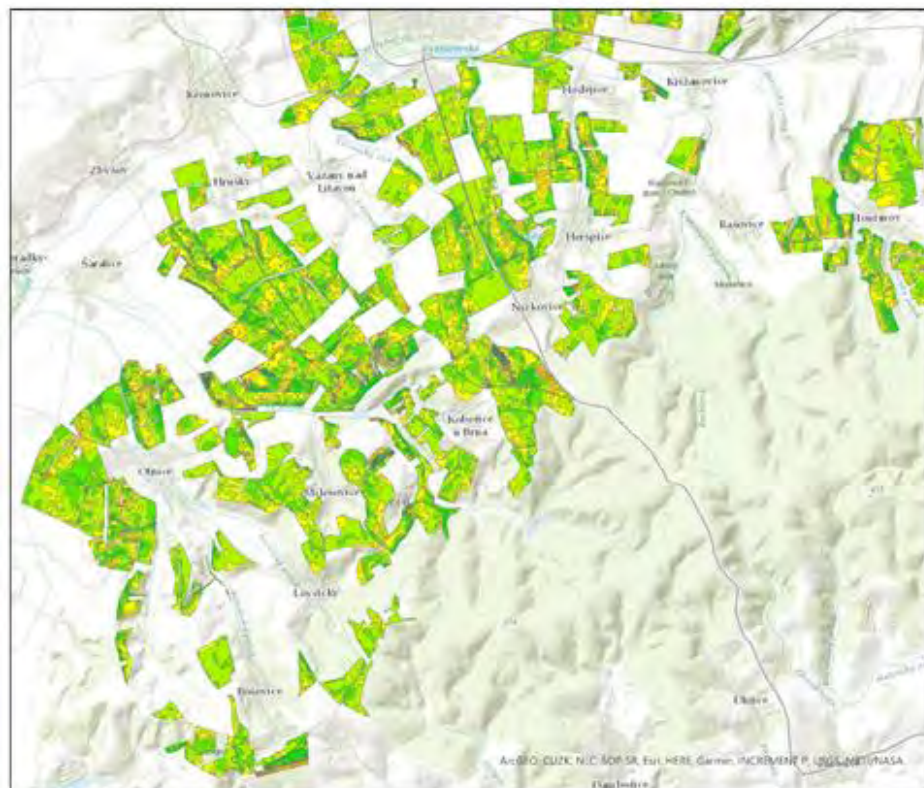
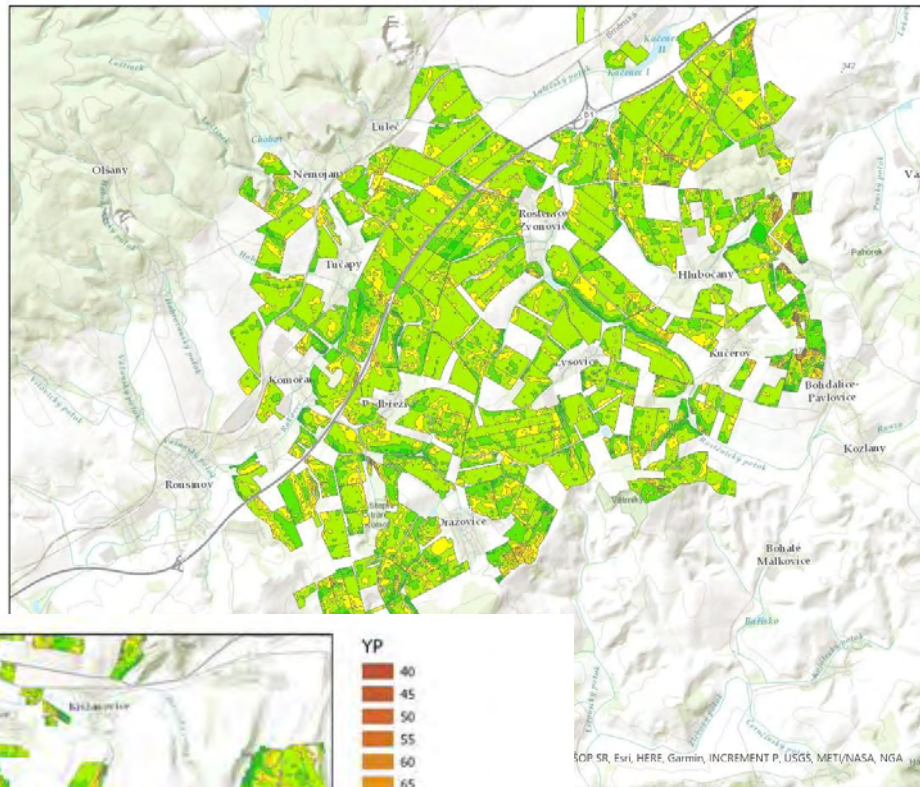
Testované metody



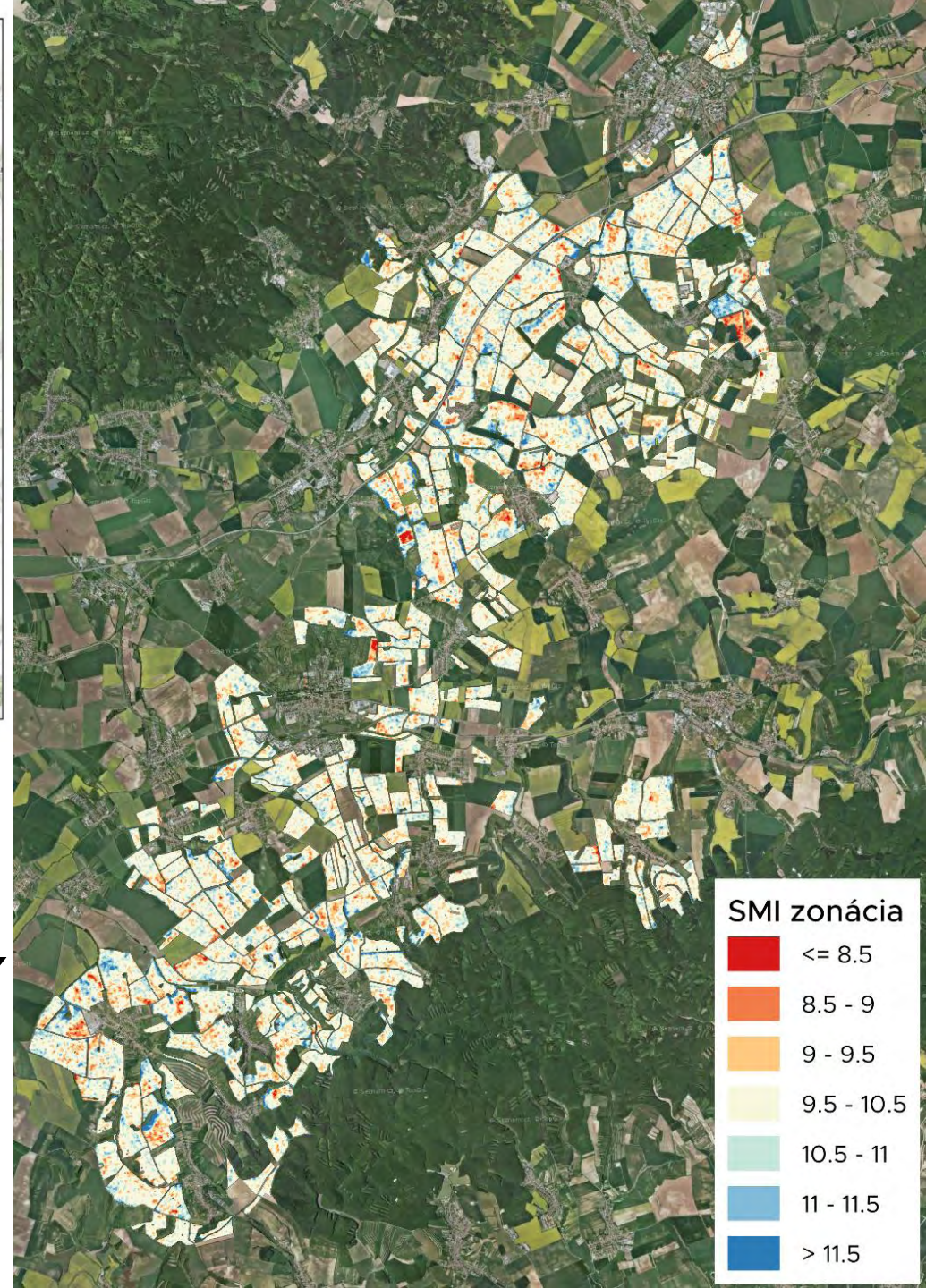
Mozaika holých půd



Výnosový potenciál



Relativní půdní vlhkost



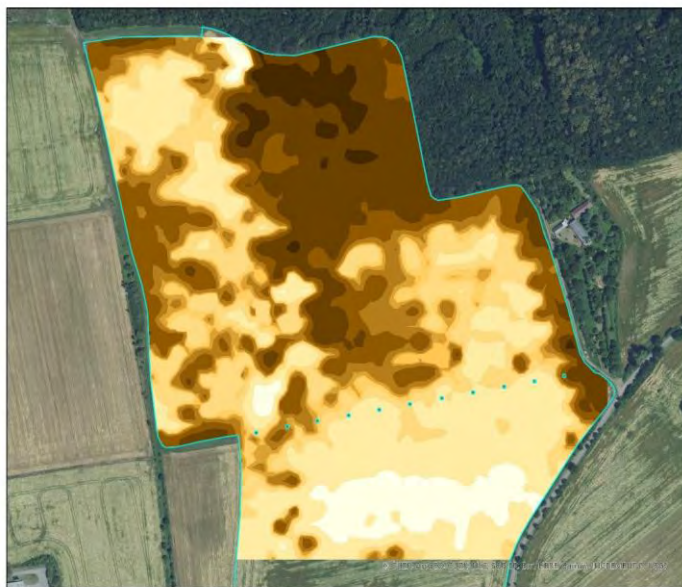
SMI zonácia



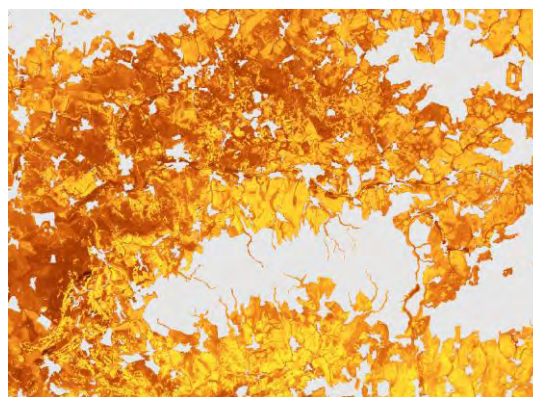
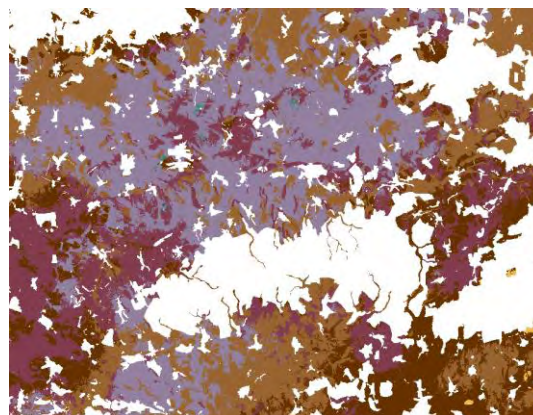
Další podklady

Senzorové mapování

- Elektrická vodivost

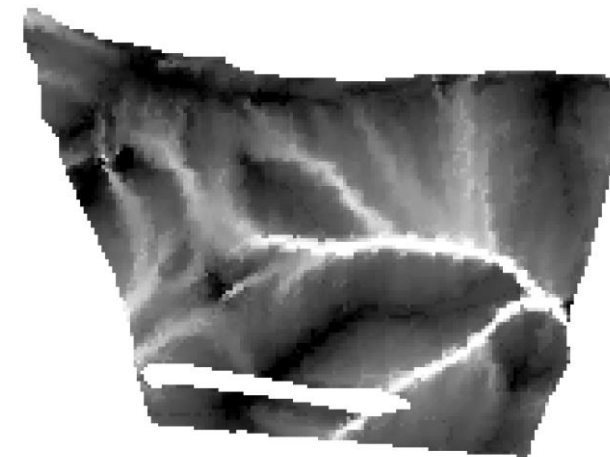


Mapy půdních vlastností



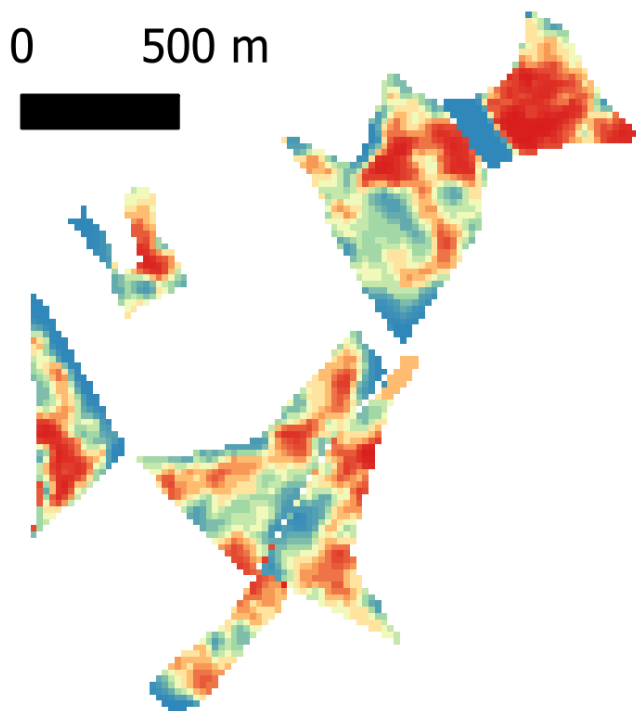
Terénní vlastnosti

- Deriváty DMT

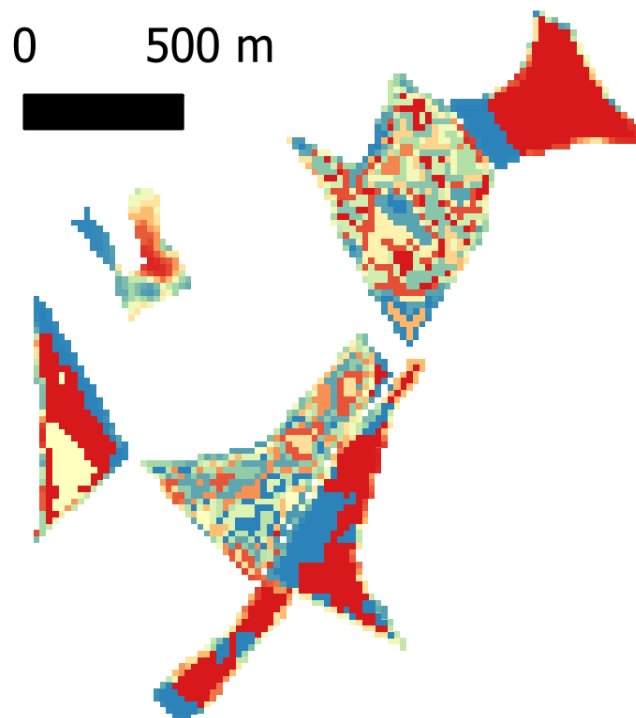


prostorové shlukování

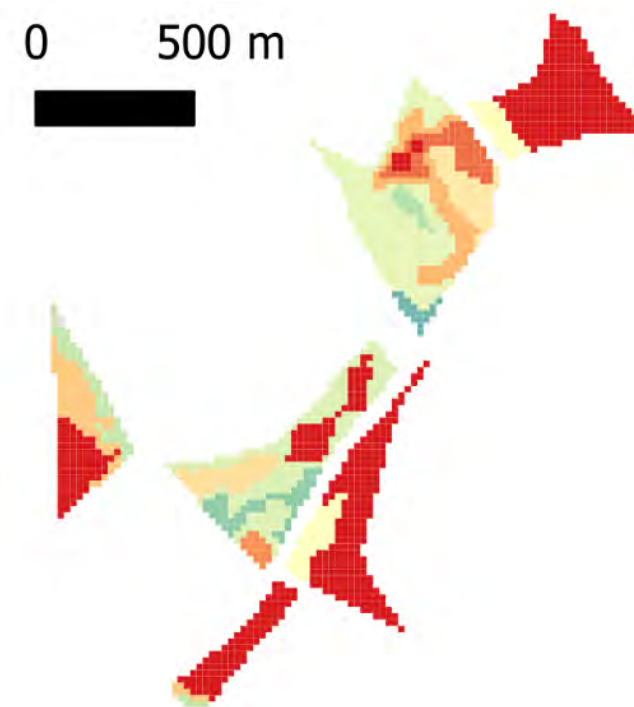
Při klasickém neprostorovém shlukování se tvoří nepoužitelný vzor soli a pepře.



Výnosový
potenciál



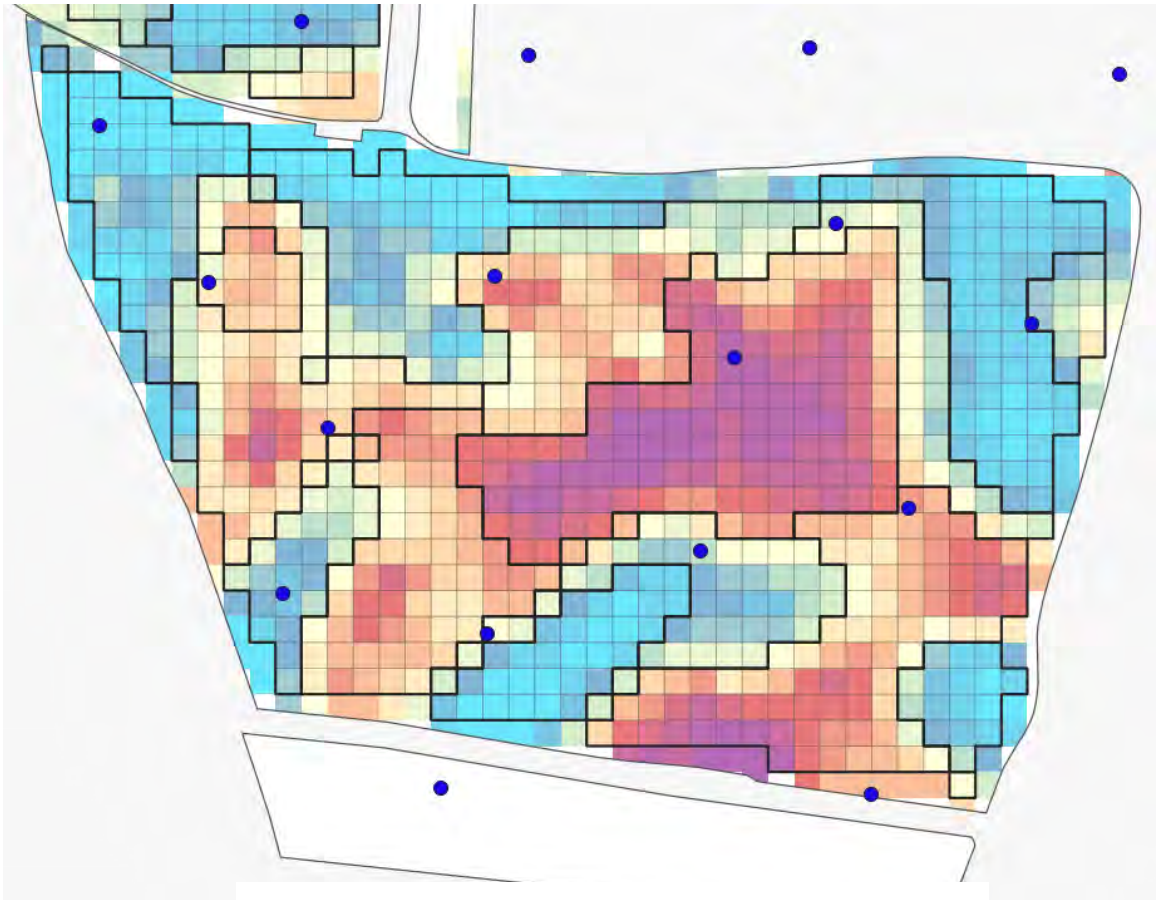
neprostorové



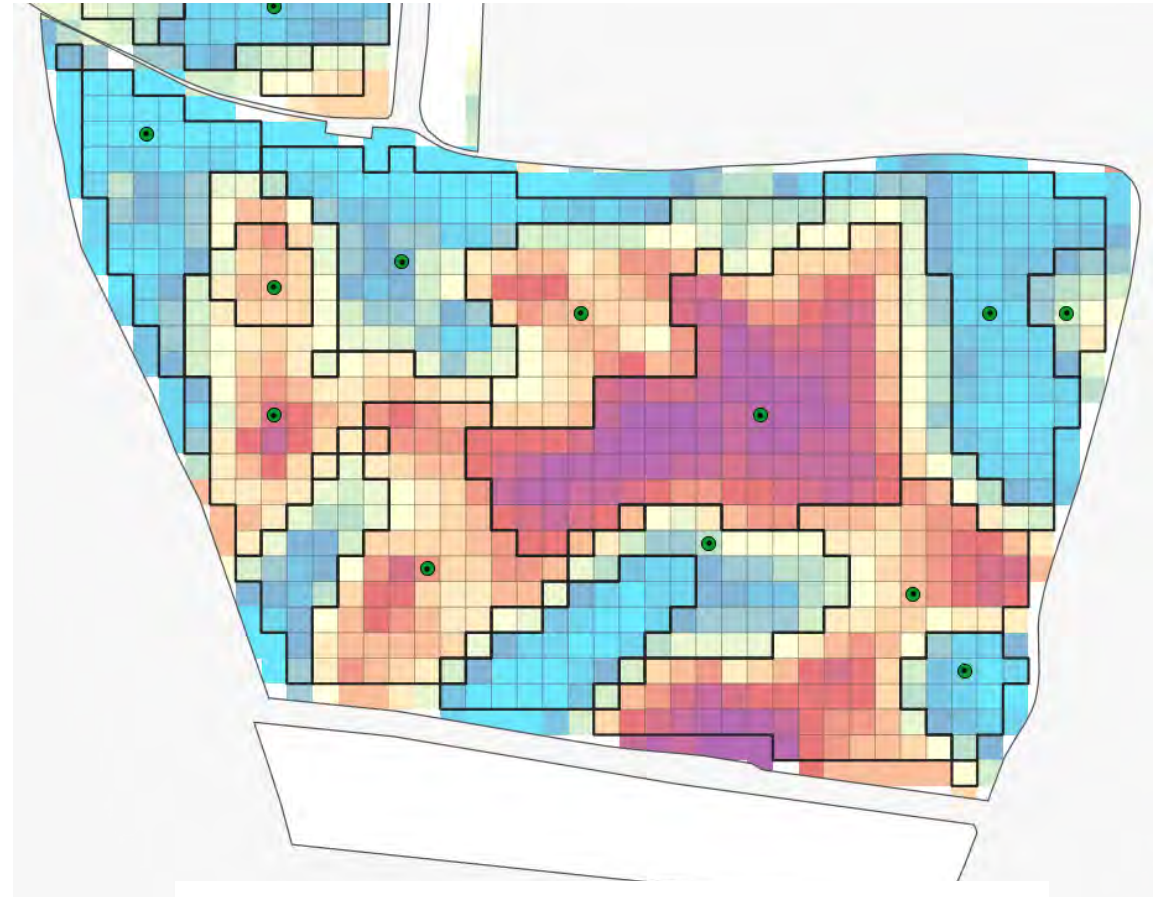
prostorové



Optimalizace vzorkování



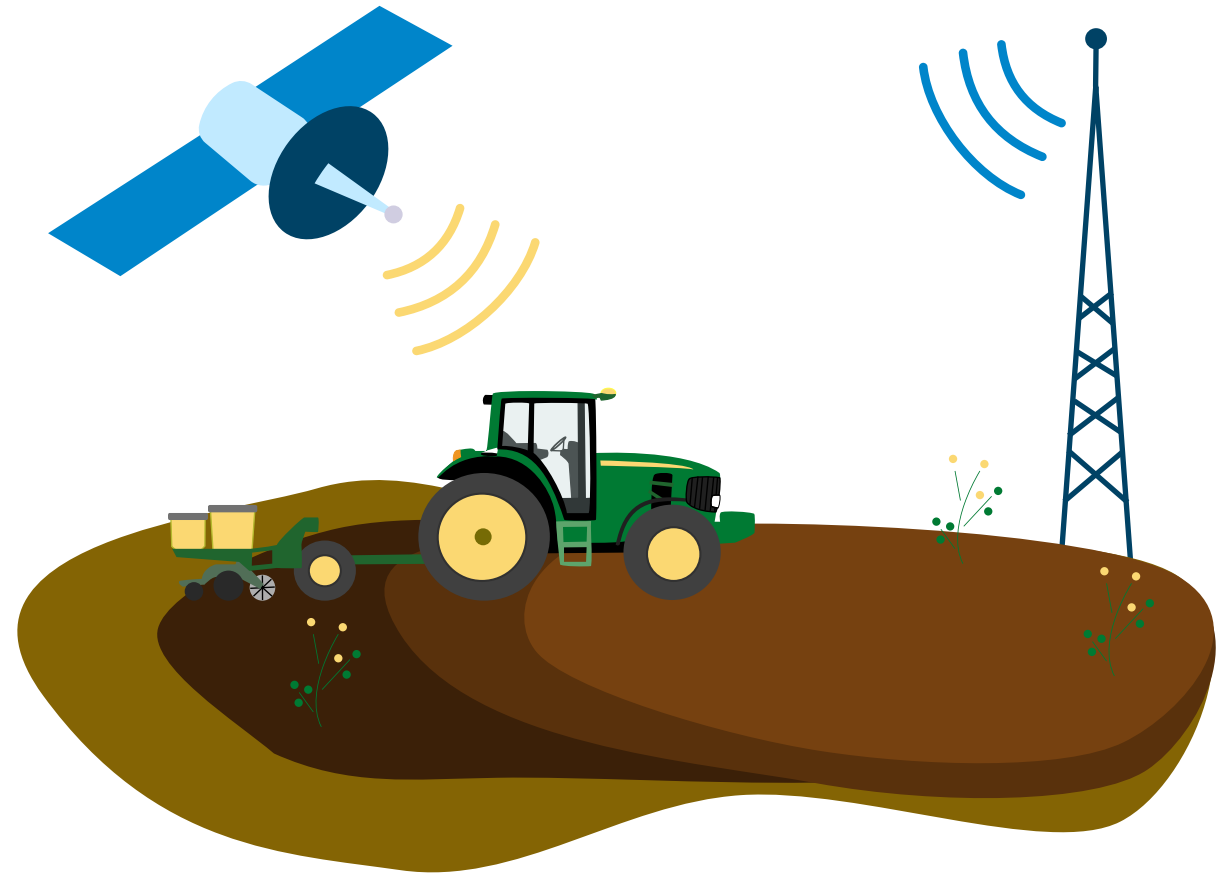
Původní vzorkovací síť



Optimalizovaná vzorkovací síť



“Chceme-li se
bavit o **precizním**
zemědělství,
musíme mít také
precizní data”



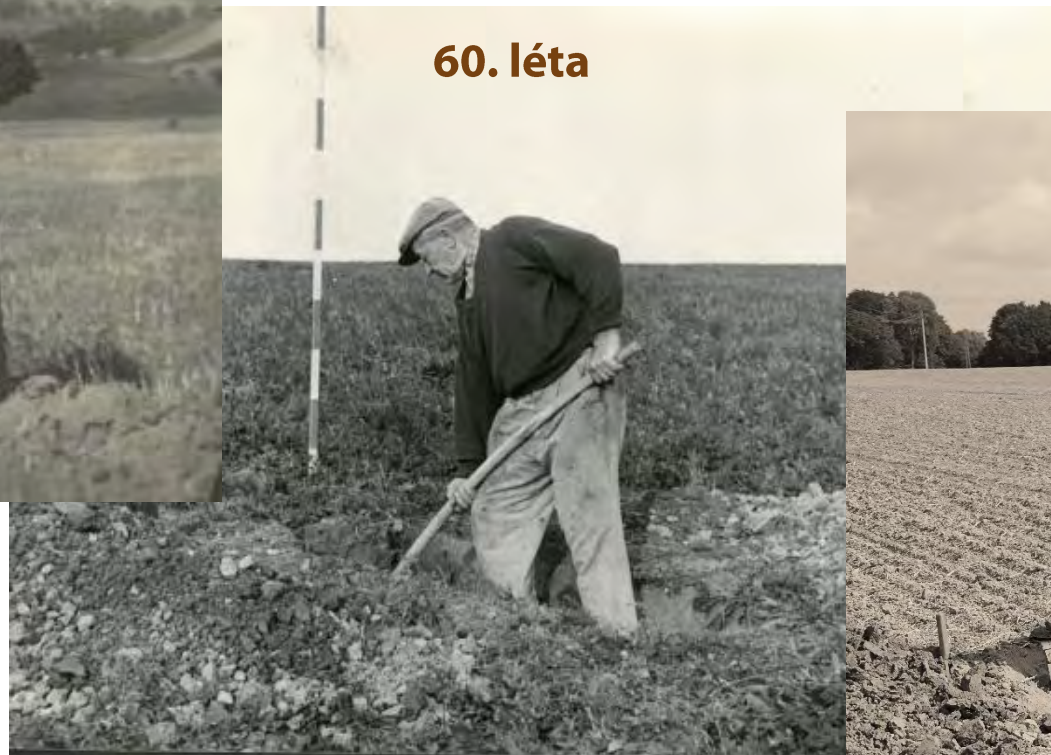
Evidence-based přístupy = praxe založená na důkazech
Data-driven modely = datově založené modely



30. léta



60. léta



dnes



Děkujeme za pozornost



Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v.v.i.