

# Hodnocení plošné nevyrovnanosti půdy a stavu porostů v precizním zemědělství

Ing. Vojtěch Lukas, Ph.D.

Habilitační přednáška

Obor: Obecná produkce rostlinná

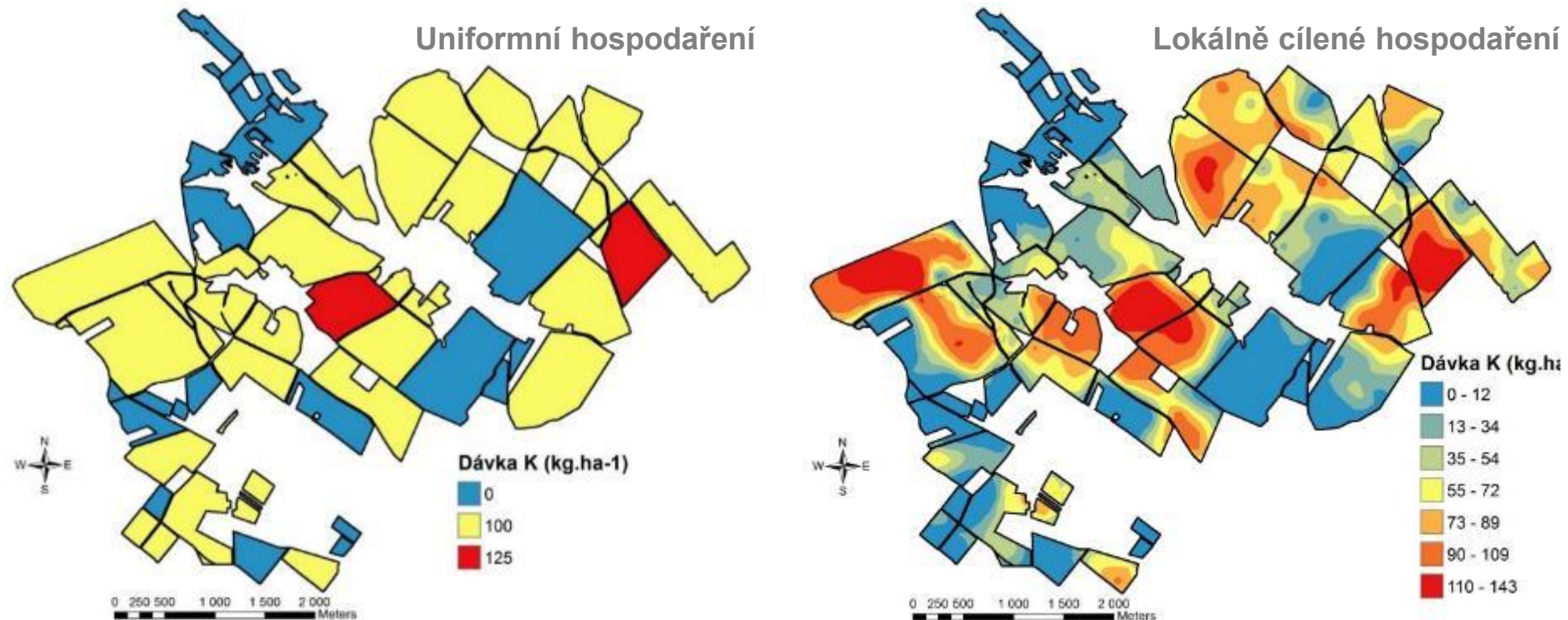


# Úvod

## Lokálně cílené hospodaření (precizní zemědělství / smart farming)

je moderní způsob hospodaření, které na základě znalostí o **variabilitě** pozemků **optimalizuje** produkční vstupy (hnojiva, pesticidy, osivo, PHM, ...).

Na rozdíl od tradičního přístupu **nepovažuje** pozemek **za homogenní** jednotku, ale zohledňuje **rozdíly** půdních a porostních podmínek při provádění pěstebních zásahů.



# Úvod

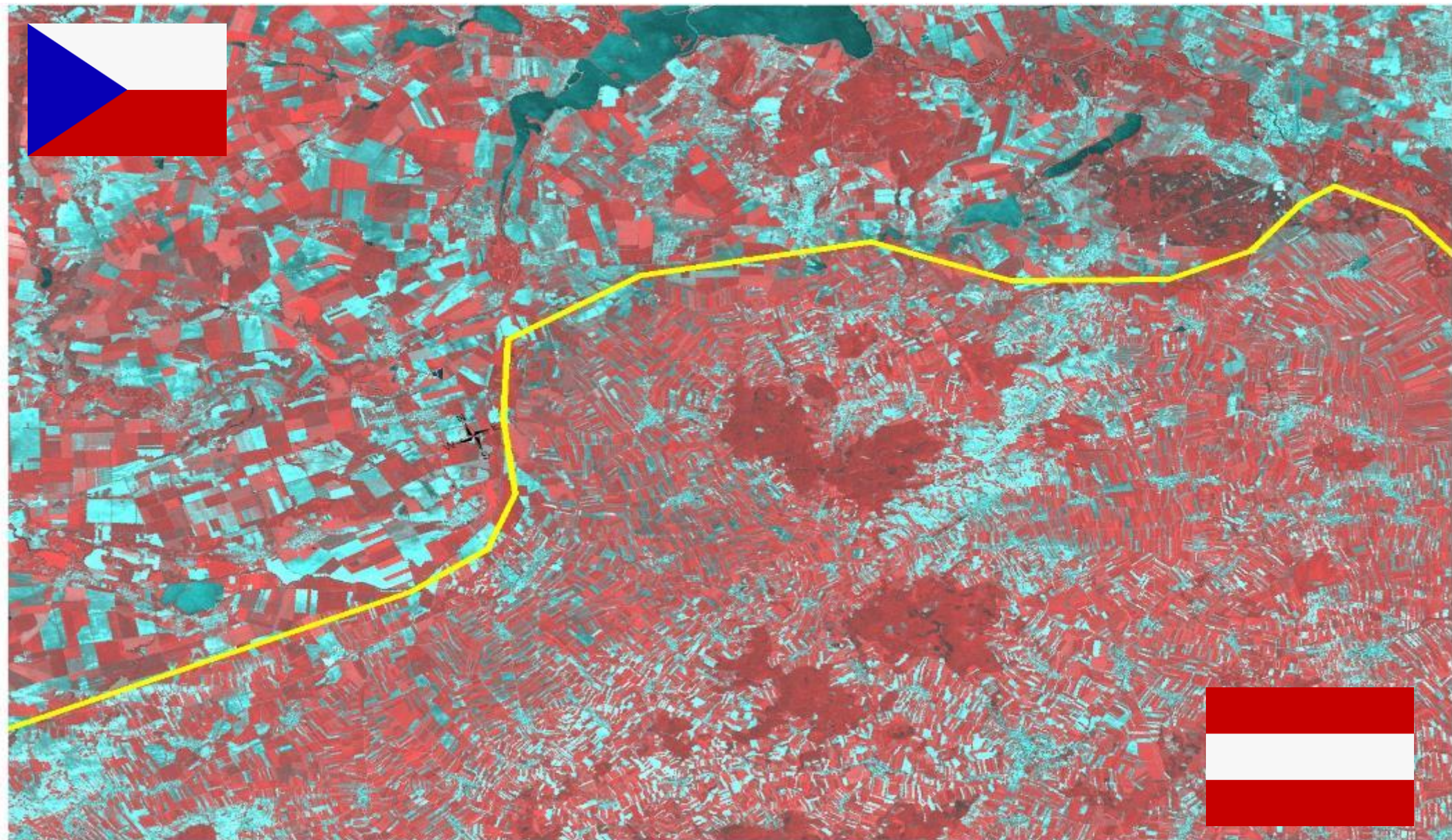
## Přínosy precizního zemědělství

- cílená aplikace materiálových vstupů (hnojiva, POR, osivo, ...) na základě detailního monitoringu stanoviště (prostor / čas) **zvyšuje efektivitu** jejich používání a **omezuje riziko zátěže** životního prostředí
- přizpůsobení pěstebních zásahů plošné variabilitě stanoviště přináší **environmentální a ekonomické** benefity, čímž částečně naplňuje cíle udržitelného hospodaření na zemědělské půdě.

# Východiska pro uplatnění postupů PZ v ČR

- **Větší výměra** obhospodařovaných **pozemků** v porovnání se zeměmi EU
  - pozemky s výměrou nad 20 ha představují 60 % výměry orné půdy,
- **větší výměra** zemědělských **podniků** v porovnání s ostatními zeměmi EU
  - podniky s výměrou nad 1000 ha obhospodařují více jak 50 % zemědělské půdy ČR,
- **vyšší členitost území** ČR z hlediska pedo-klimatických, hydrologických a topografických podmínek,
- dostupnost **volně poskytovaných prostorových dat** (LPIS, agro-environmentální omezení, KN, BPEJ, vodstvo, ...) – podpora poskytovatelů služeb.





*Fragmentace krajiny na rozhraní ČR a Rakouska na jižní Moravě ze satelitního snímku Landsat v nepravých barvách (vegetace je červeně) ilustruje rozdíly ve velikosti obhospodařovaných pozemků (snímek z databáze [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov))*

- Historická   **Současná**   Landsat
- popisy
  - roky snímkování
  - evidovaná kontaminovaná místa



Tisk mapy



Zdroj: [kontaminace.cenia.cz](http://kontaminace.cenia.cz)

1 km  
Podkladová data © GEODIS BRNO, spol. s r. o.

S-JTSK: X = 1182548 Y = 569039

připraveno v projektu Národní inventarizace kontaminovaných míst - 1. etapa (NIKM),  
spolufinancovaném Evropskou unií - Fondem soudržnosti, OPŽP (oblast podpory 4.2. - Odstraňování starých ekologických zátěží)

Mapování plošné variability



Vzorkování půdy



Půdní mapy



Reliéf terénu



Historie užívání



Mapování půdy



Mapování výnosů



Plodinové senzory



Dávkový průzkum



Agrotechnické zásahy



Var. aplikace hnojiv



Aplikace POR



Zpracování půdy



Variabilní setí

# Mapování plošné variability pozemků



## Tradiční postupy

- vzorkování půdy (fyzikálně-chemické vlastnosti půdy)
- agrobiologická kontrola porostů
- odběr vzorků rostlin a diagnostika stavu rostlin

+ přesné stanovení daného jevu

- neefektivní zachycení prostorové heterogenity (diskrétní mapování)

## Senzorové mapování

- mapování výnosů při sklizni
- dálkový průzkum
- senzorové měření půdy
- senzorová diagnostika stavu porostů
- telematické záznamy (tahový odpor, spotřeba PHM, ...)

+ celoplošné mapování s vysokou hustotou

+ opakovatelnost měření bez zvýšených nákladů

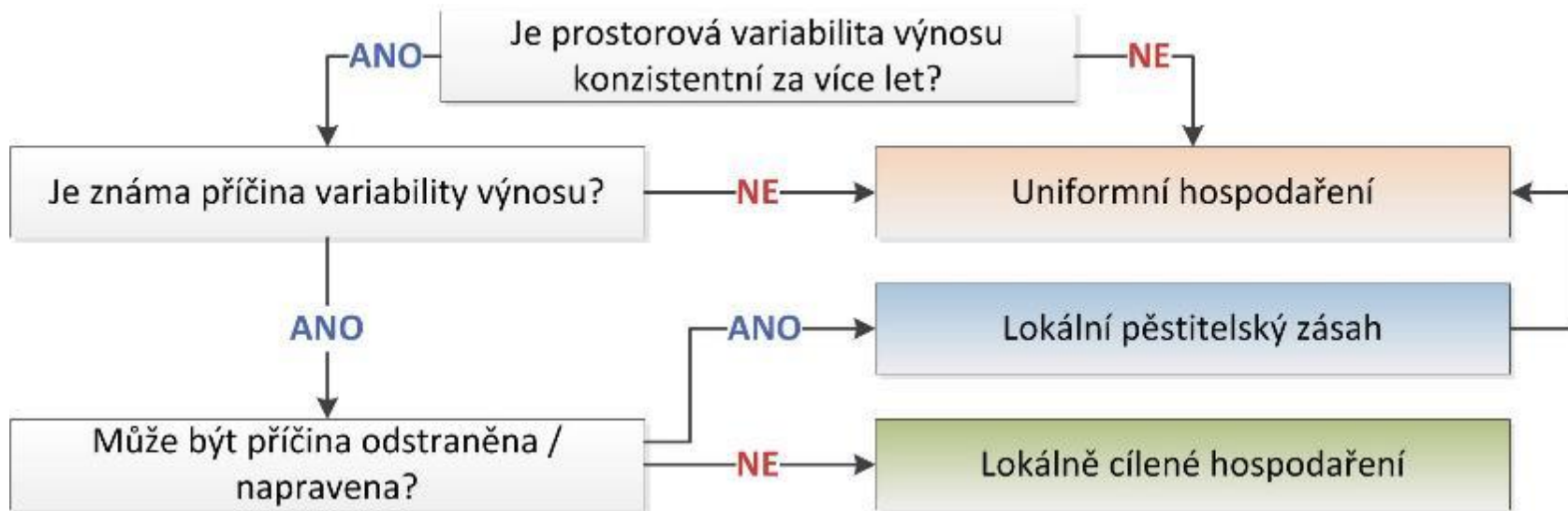
- nepřímé stanovení hodnocených vlastností půdy / porostů





# Mapování výnosů zemědělských plodin

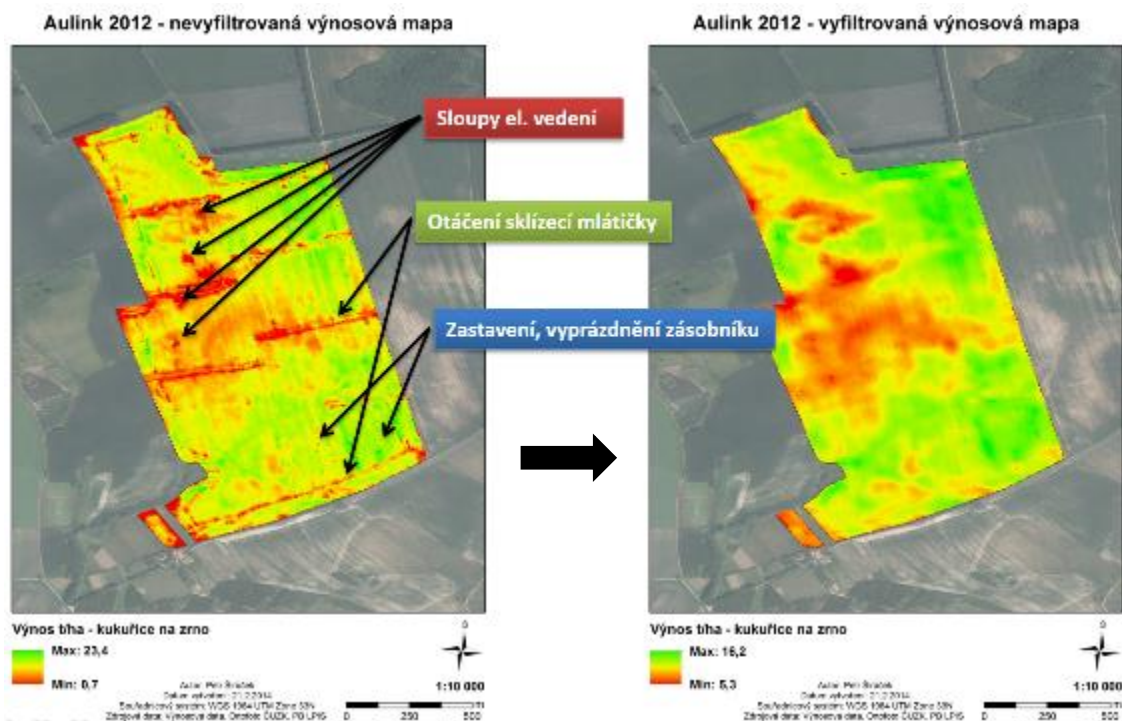
- Vychází ze záznamu průtoku zrna (rostl. hmoty) sklízecí technikou,
- umožňuje vymezení výnosových hladin v rámci jednotlivých pozemků,
- v rámci agronomického rozhodování slouží pro definování oblastí se shodnou **očekávanou výnosovou úrovní**



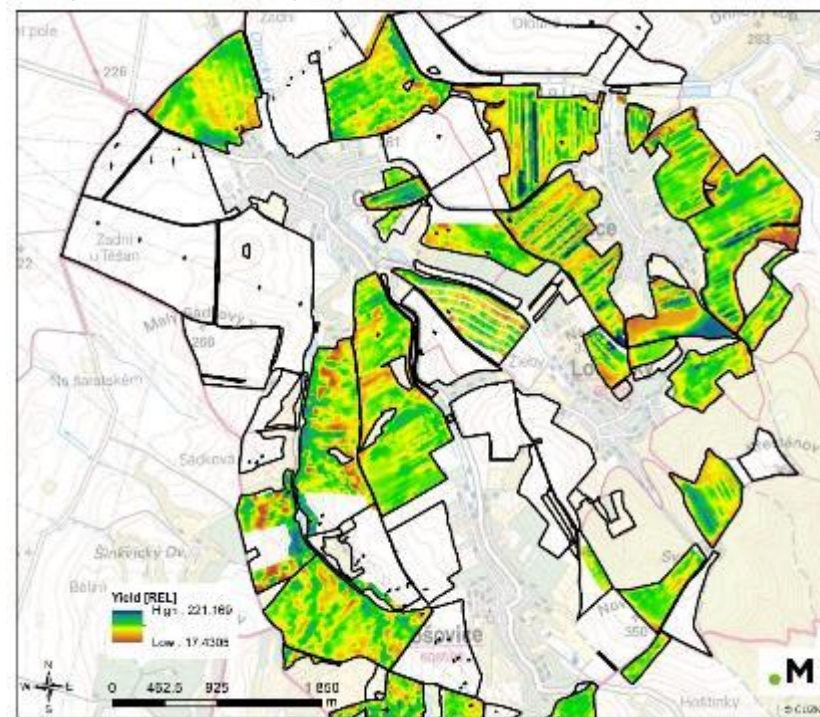
# Mapování výnosů zemědělských plodin

Problematické zpracování záznamů ze sklízecí techniky na celofiremní úrovni

- vysoký výskyt **chybných dat** (chybějící kalibrace čidel, špatná organizace přejezdů)
- **absence záznamů** pro řadu plodin, úroveň výbavy sklízecí techniky, nevyužívání záznamu, ztráta dat.

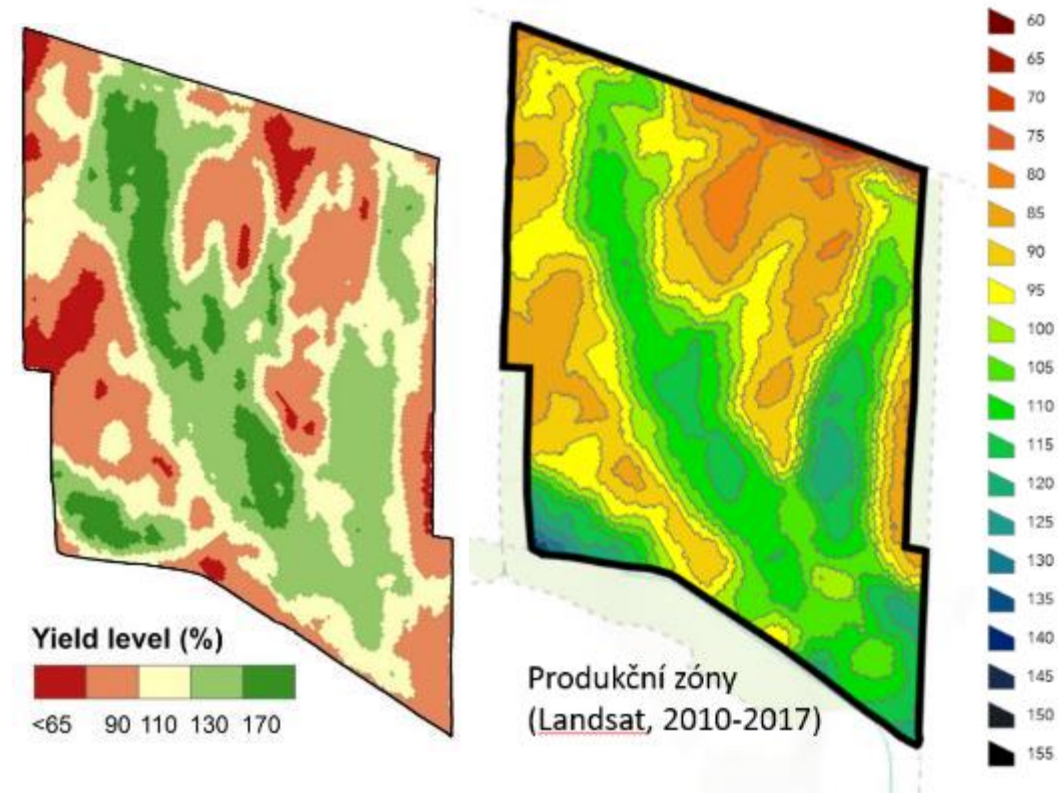
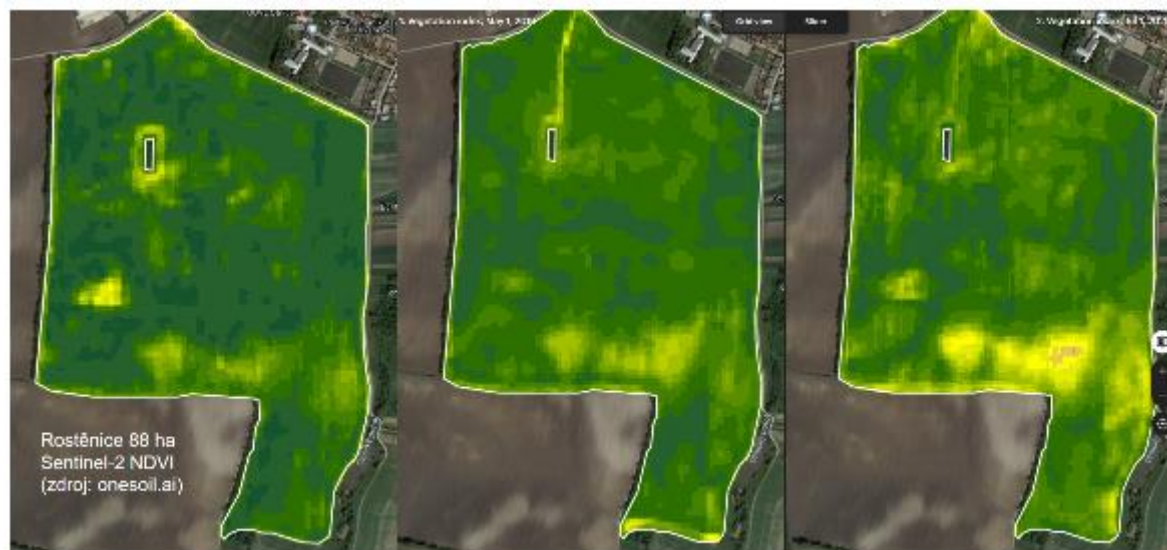


Výnosové mapy Rostěnice a.s. ze sklizně 2018



# Mapování výnosů zemědělských plodin

- Náhrada výnosových map vymezením produkčních zón z časové řady družicových dat (8 let)
- „porost je zrcadlem půdy“ – zachycení nevyrovnanosti pozemků pomocí vegetačních indexů
- silná vazba u plodin, kde je výnos ovlivněn množstvím nadzemní hmoty



# Mapování výnosů zemědělských plodin

Mapa produkčních zón pro ČR (2020)



10m/pixel

<https://www.agrihub.cz/mapa> (2017+2020)

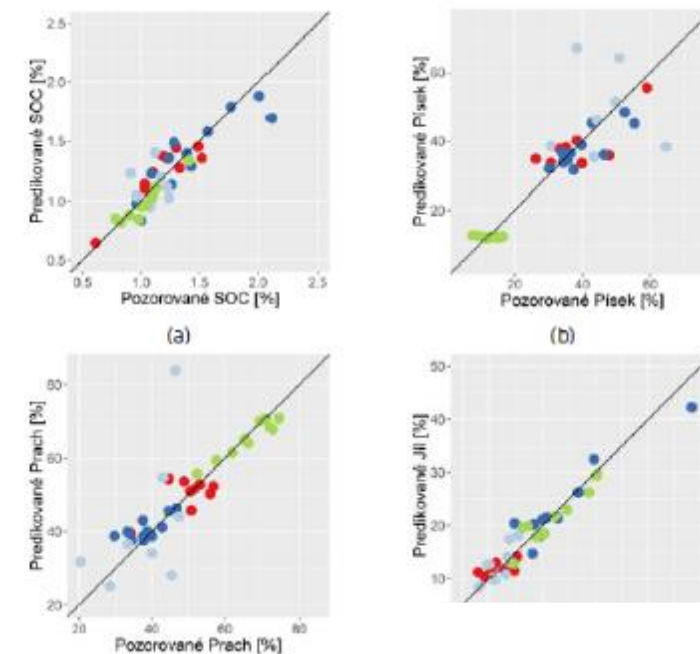
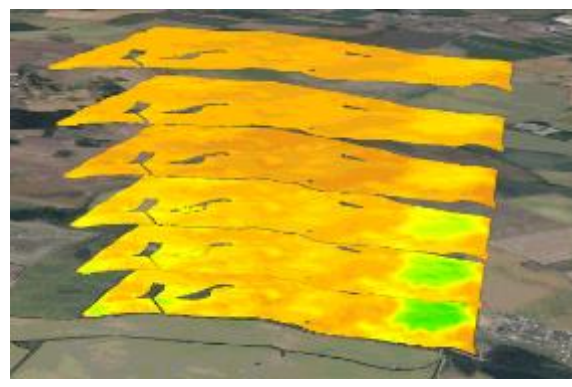
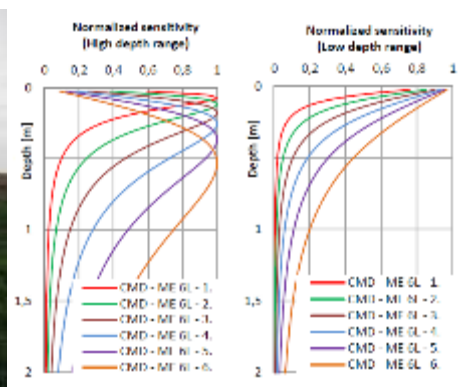
# Mapování plošné variability půdy

## On-the-go senzory

- průběžné mapování půdy na základě různých fyzikálních měření (geofyzikální, optická, mechanická měření, ...),
- nejčastěji využíváno **měření elektrické vodivosti půdy**, které umožňuje zachycení rozdílů půdních vlastností **v různých hloubkách**,
- kombinovaný vliv mnoha půdních vlastností znesnadňuje **jednoznačnou interpretaci** (zejména agrochemické vlastnosti půdy) – **lze obtížně využít pro plánování agrotechnických operací**.

## Využití metod DPZ

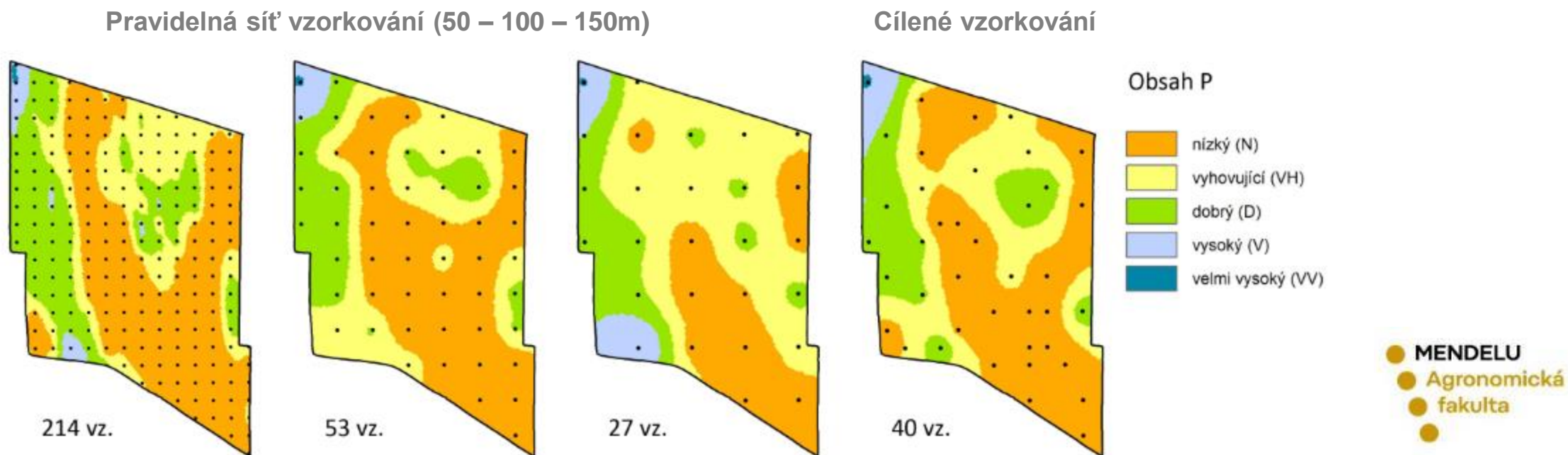
- hodnocení **povrchové vrstvy** půdy,
- spektrální odrazivost (multispektrální),
- emisivita (termální snímkování),
- radarové systémy.



Žížala, Krása a kol. (2016) Monitoring erozního poškození půd v ČR nástroji dálkového průzkumu Země

# Mapování plošné variability půdy

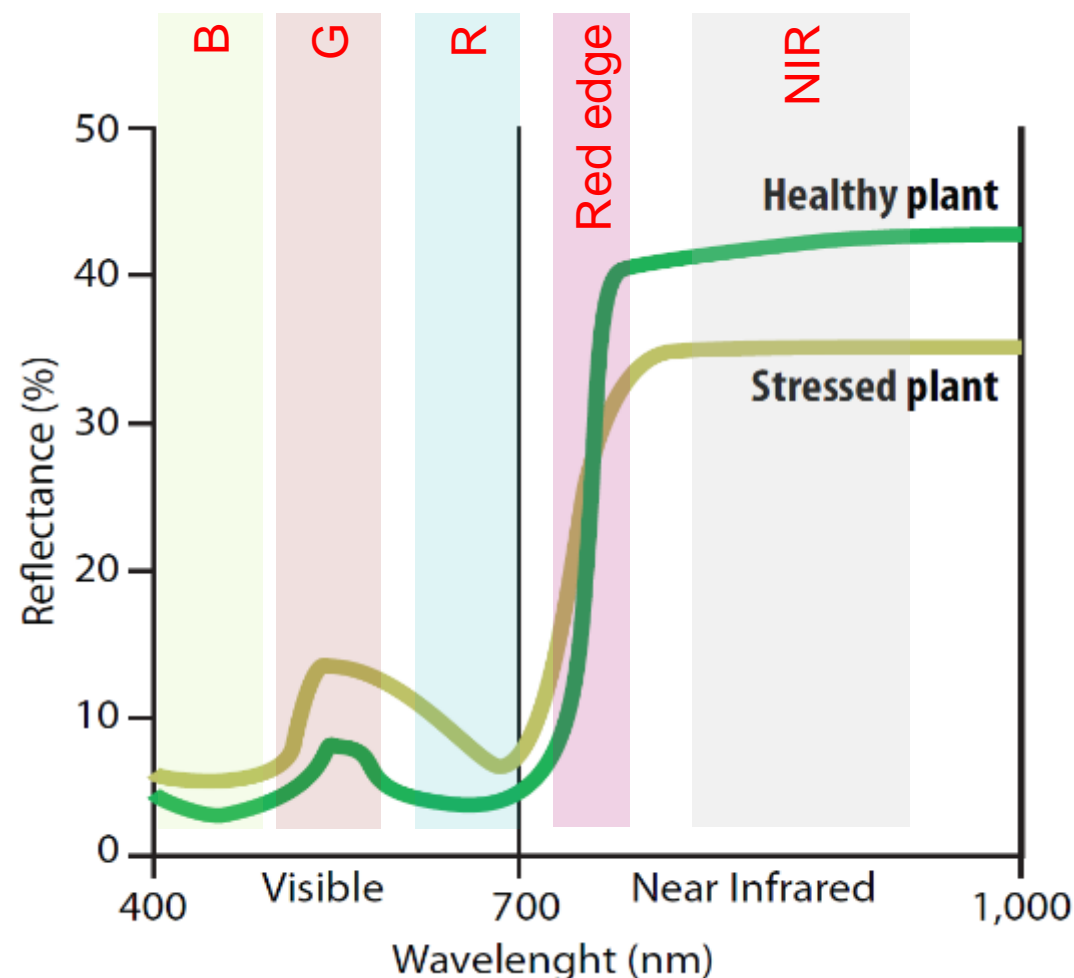
- Vzkorkování půdy pro zachycení prostorových rozdílů je náročná a nákladná metoda,
- hustota odběrových míst významně ovlivňuje výsledné mapy,
- **cílené vzkorkování** (directed soil sampling) – snížení hustoty vzkorkování při zachování detailnosti popisu plošné variability cíleným rozmístěním odběrových míst na základě senzorového měření půdy (**digitální mapování půdy**).



# Celoplošná diagnostika stavu porostů

- Hodnocení stavu porostů na základě **spektrálních charakteristik** (odrazivosti),
- vyjádření v podobě tzv. **vegetačních indexů** v oblasti viditelného a blízkého infračerveného záření umožňuje **kvantifikaci** rozdílů,
- veg. indexy vykazují rozdílnou citlivost k **množství nadzemní hmoty** (NDVI, EVI, SAVI), **fotosyntetické aktivitě** (SIPI, REIP, fAPAR) či **obsahu vody v rostlinách** (NDMI).

Lze těmito metodami nahradit tradiční hodnocení porostů?

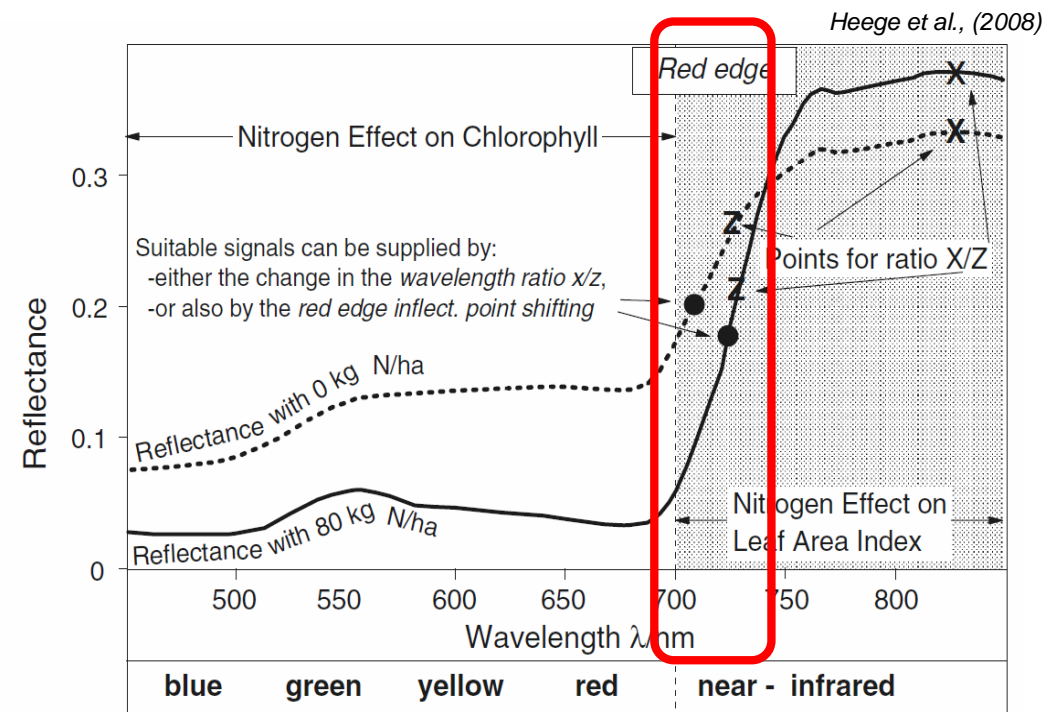
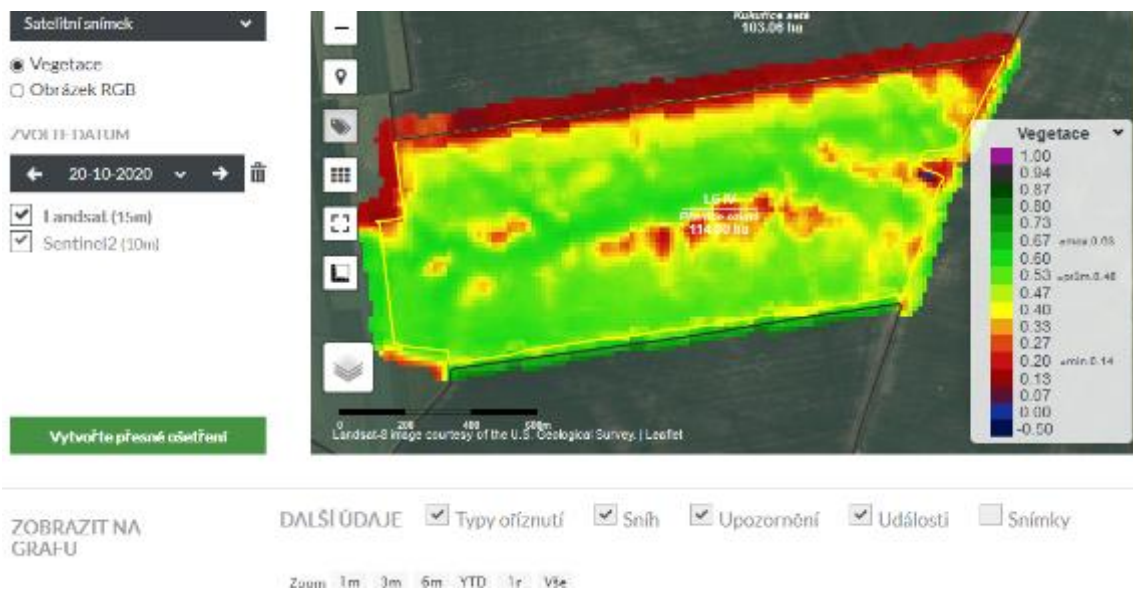


# Celoplošná diagnostika stavu rostlin

- náhrada agrobiologické kontroly
- vysoká frekvence poskytování dat (družicové systémy), celoplošný monitoring
- vymezení stresových projevů porostů bez identifikace příčiny

## Využitelné pro hodnocení:

- diferencí v zapojení porostu
- výživného stavu
- zaplevelení porostů, poškození porostu
- zralosti porostů, polehnutí

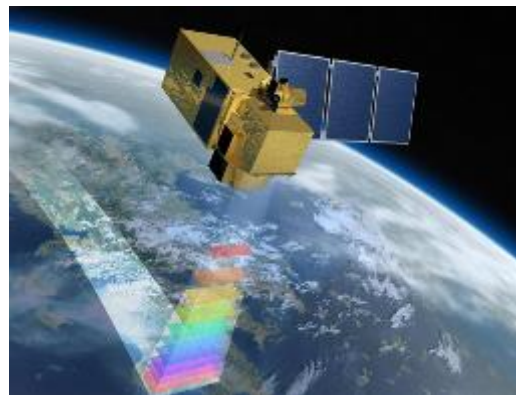




# Celoplošná diagnostika stavu porostů



On-the-go sensorové systémy



Družicový dálkový průzkum Země



Letecký a bezpilotní průzkum



Mobilní fenotypizační platformy

Detailnost

desítky m

m

cm

mm

Uplatnitelnost

faremní použití

služby

výzkum

- účelové zaměření na variabilní aplikaci hnojiv / POR
- zjednodušené ovládání

- globální pokrytí s vysokou frekvencí poskytování dat
- prost. rozlišení od 10m (volně dostupná data)
- náročné zpracování dat (poskytovatelé služeb)

- cílené průzkumné mise
- vysoké prost. rozlišení (cm)
- legislativní omezení
- náročné zpracování dat

- cílené průzkumné mise
- multi-senzorové vybavení
- vysoké prost. rozlišení (mm)
- používané zejména ve výzkumu, šlechtění rostlin



## TA04021389 Vývoj systému pro variabilní dávkování pesticidů a hnojiv na základě senzorového monitoringu porostních podmínek (2014-2017)



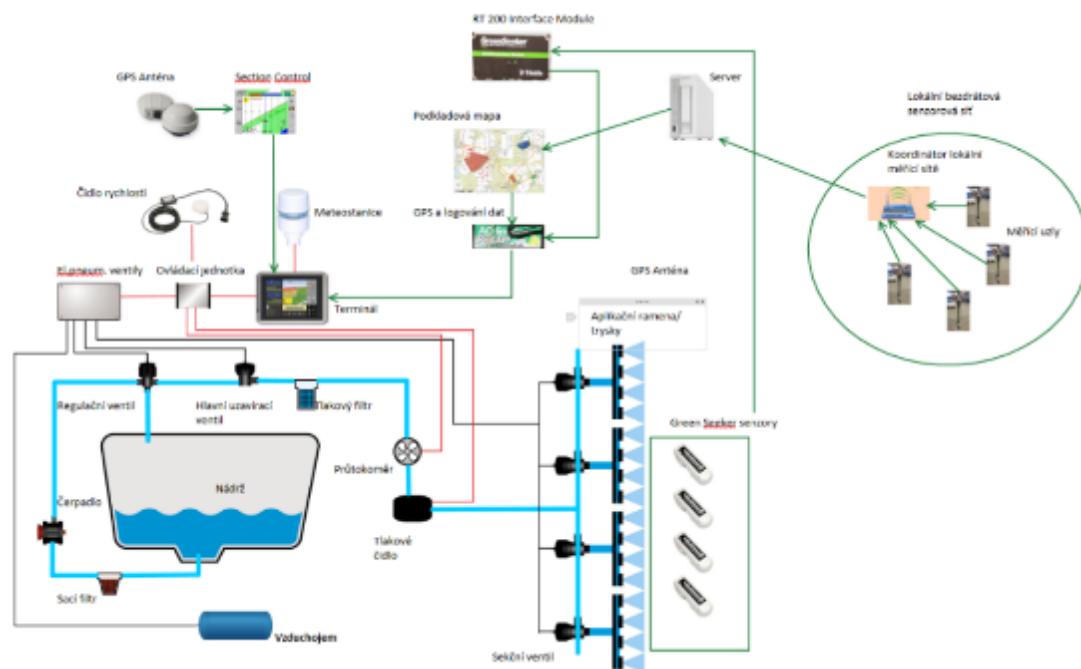
Mendelova  
univerzita  
v Brně



Technologická agentura ČR

19. prosince 2019 · 🌐

Vítězem v kategorii SPOLEČNOST se stal projekt s názvem Vývoj systému pro variabilní dávkování pesticidů a hnojiv na základě senzorového monitoringu porostních podmínek Mendelova univerzita v Brně. Tento projekt navíc obdržel cenu Český nápad, o které rozhodli hosté galavečera svým hlasováním. 🗳️ #denTACR #cenaTACR #challengesForTheFuture #country4future #CeskyNapad



Lukas, V., Neudert, L., Havel, J., Seidenglanz, M., Křivánek, Z., Musil, M. *Systém variabilního dávkování pesticidů a hnojiv. Užitéčný vzor. AGRIO MZS s.r.o. (2017.)*

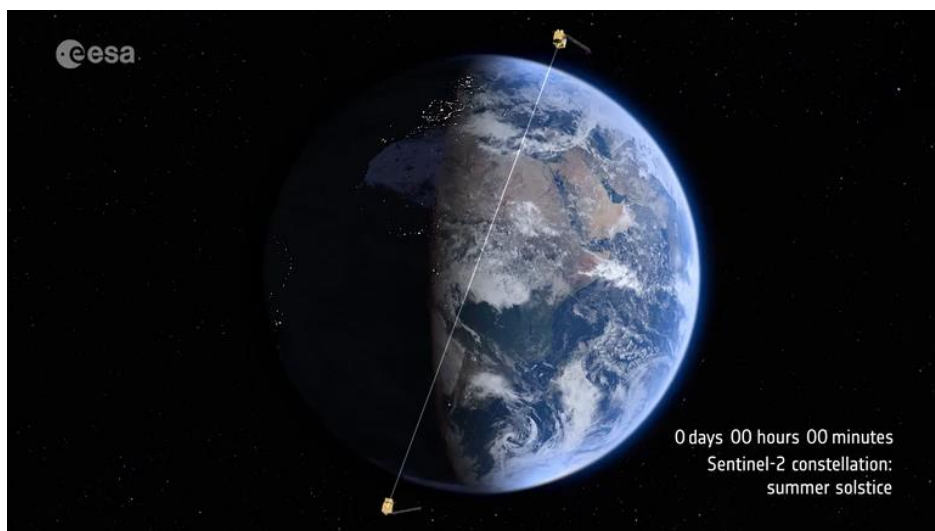
# Družicový průzkum z volně dostupných dat

**Landsat** (NASA/USGS) od 70. let 20.stol., od 2014 Landsat 8

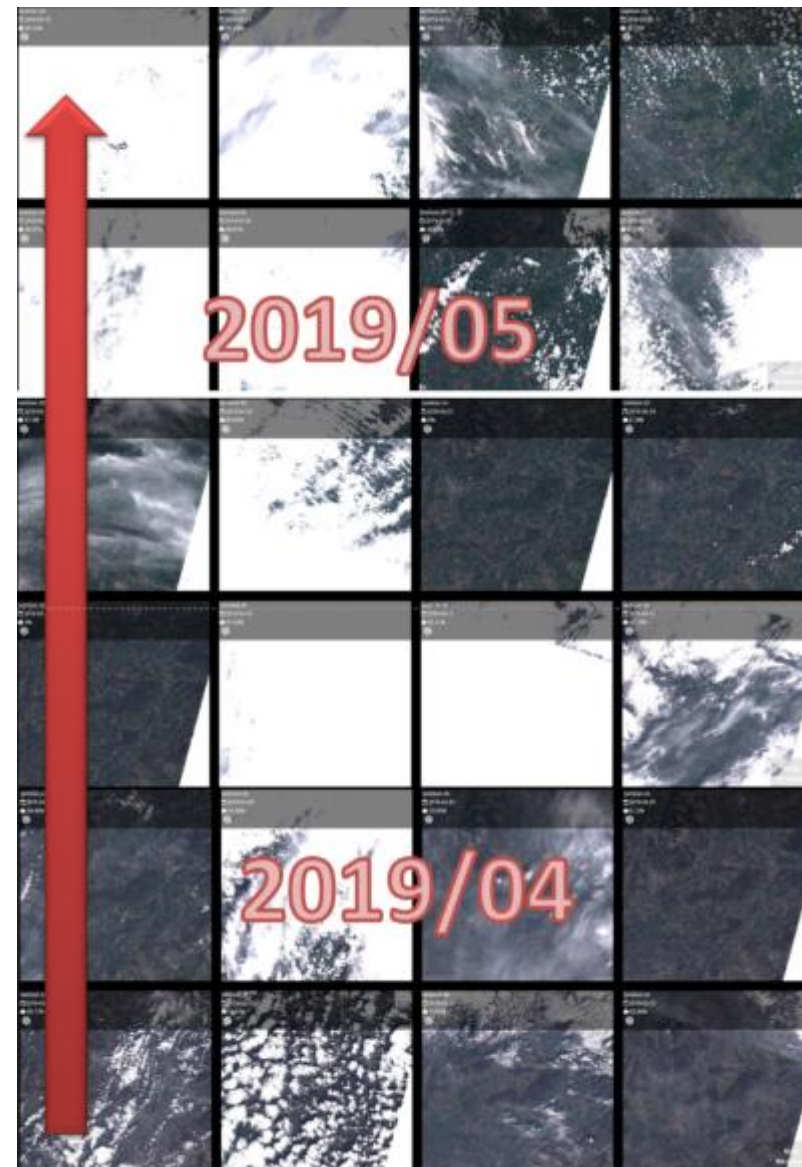
- Doba oběhu 16 dnů (8 dnů v překryvech)
- Prost. rozlišení 30m (OLI), záběr 180 km
- zdroj: Earth Explorer, Google Earth Engine

**Sentinel 2** (ESA), od 2015 (od 2017 Sentinel-2/AB)

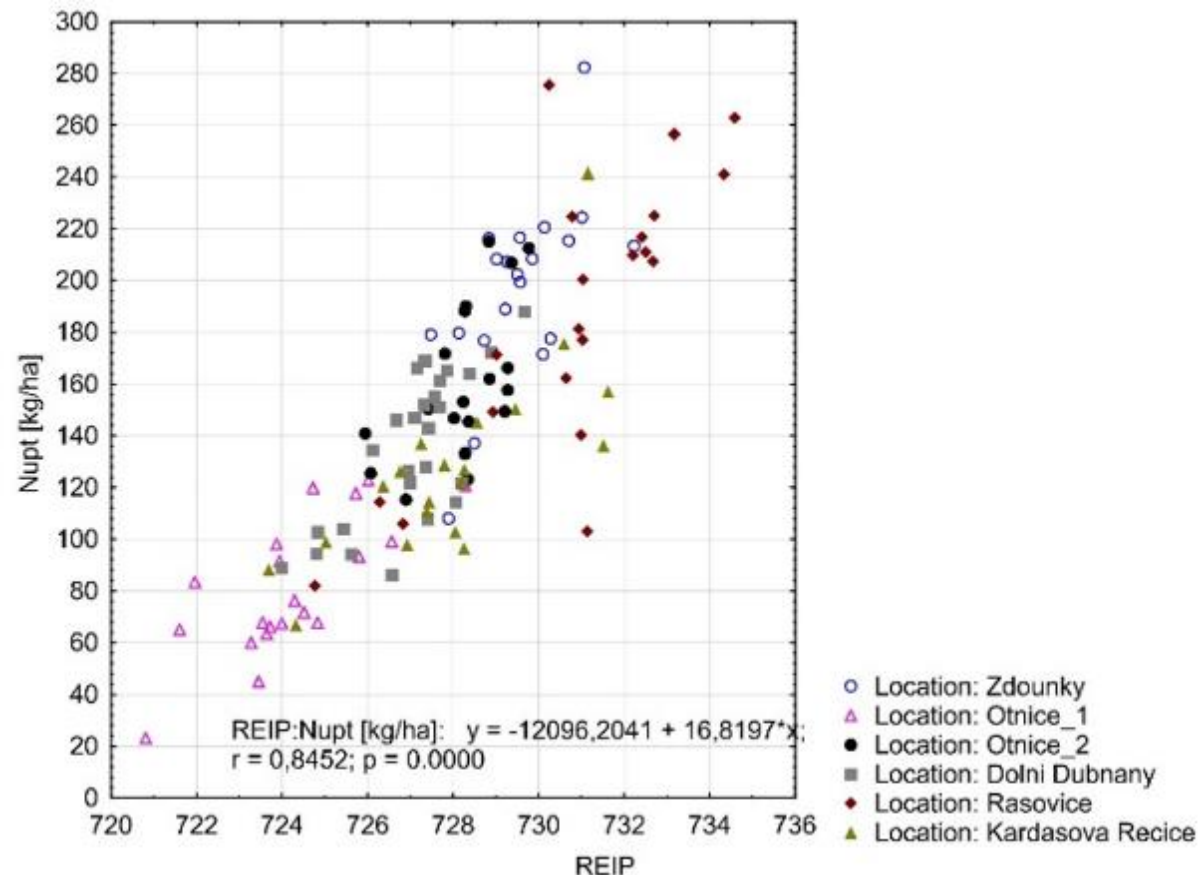
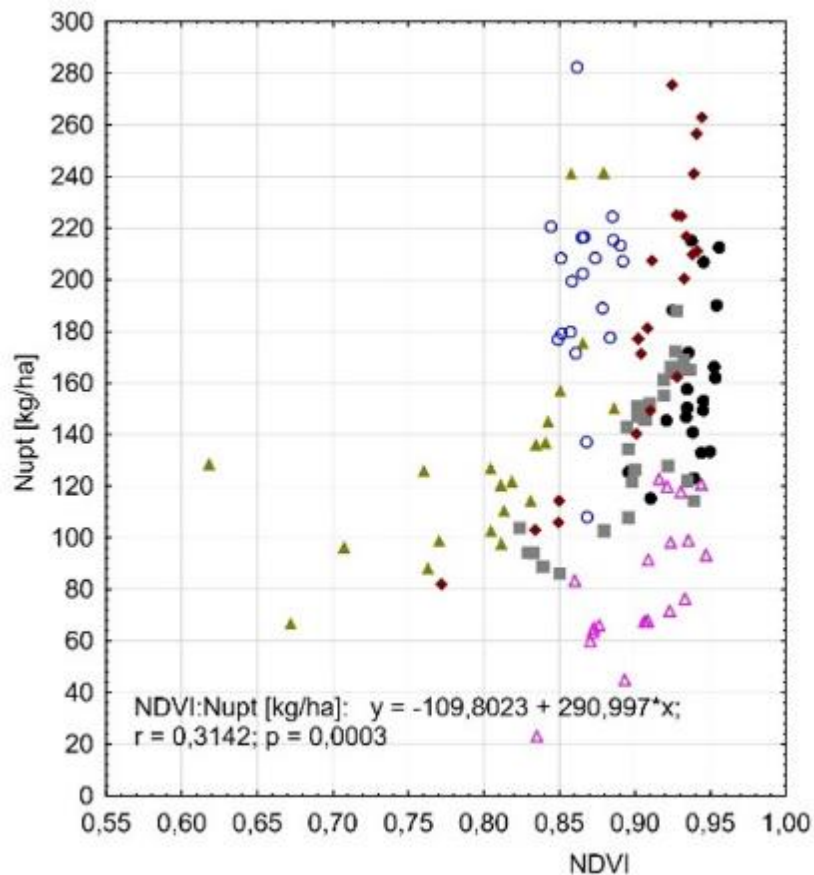
- Doba oběhu **2-3 dny**
- Prost. rozlišení (**10m/20m**), záběr 290 km
- **Red-edge pásma**
- zdroj: ESA scihub, Amazon Web Service, Google Earth Engine



Tandem družic Sentinel-2 A/B na orbitálních drahách ([www.esa.int](http://www.esa.int))



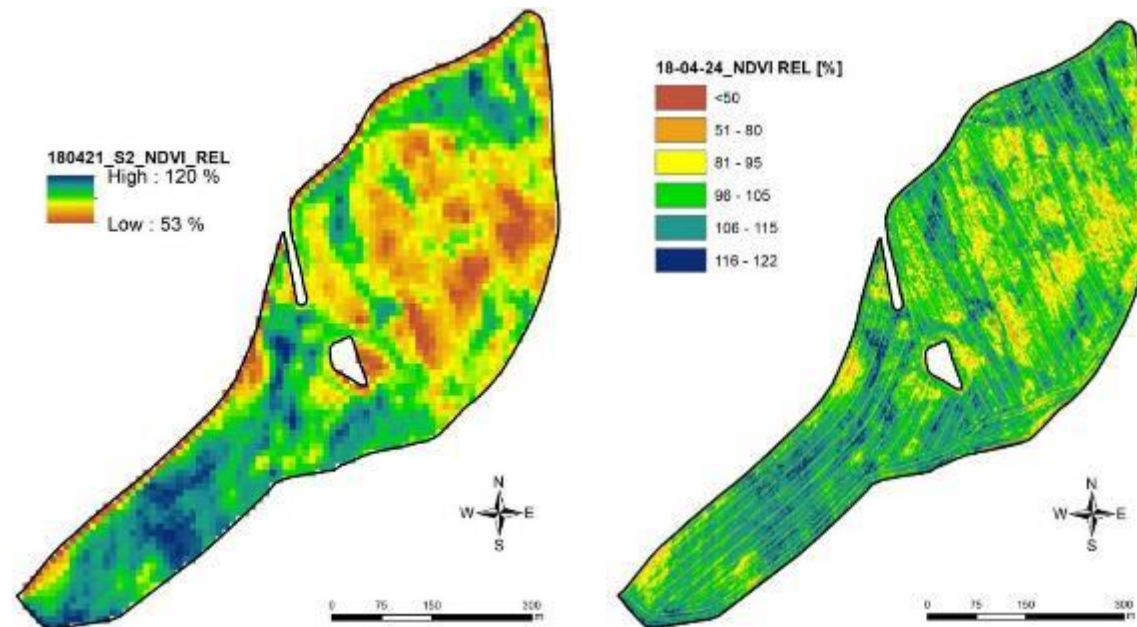
# Družicový průzkum z volně dostupných dat



Porovnání vztahu odběru N rostlinami (Nupt) s vegetačními indexy NDVI a REIP (Sentinel-2, různé lokality 2017-2020)

# Bezpilotní průzkum

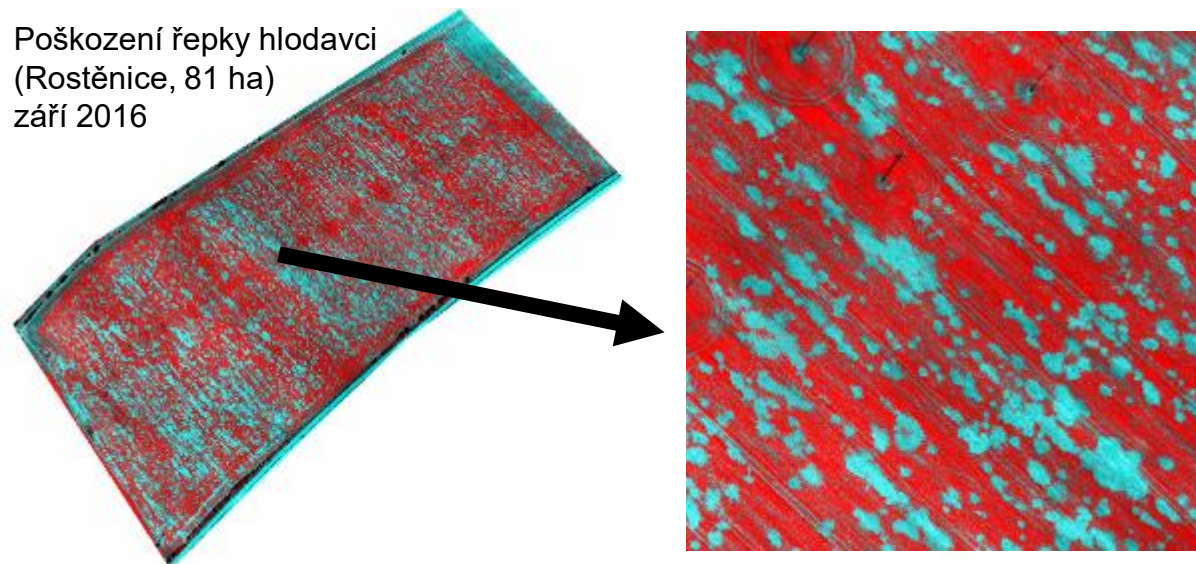
- operativní průzkum v nízké výšce
- automatizované ovládání
- striktní legislativní omezení
- vhodné povětrnostní podmínky
- náročné zpracování dat
- plošná výkonnost 20 - 200 ha/vzlet



Porovnání družicového (Sentinel-2) a bezpilotního (Red-Edge MX) snímkování (20ha pozemek ZD Kojčice, Pelhřimov)

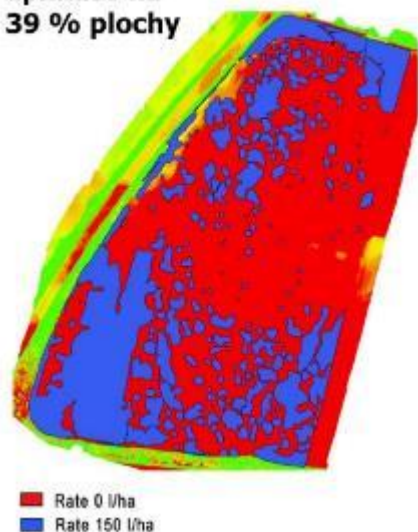


Poškození řepky hlodavci (Rostěnice, 81 ha) září 2016





aplikace na  
39 % plochy



Příklad cíleného provedení herbicidního zásahu dle podrobného snímkování zaplevelení vytrvalých plevelů (pcháč rolní) z dronu. Na základě podkladové mapy zpracované společností Skymaps s.r.o. bylo provedeno ošetření na 39 % plochy pozemku (namísto celoplošné aplikace).

### 2030 Targets for sustainable food production

PESTICIDES	NUTRIENT LOSSES	ANTIMICROBIALS	ORGANIC FARMING
<p>50%</p>	<p>50%</p>	<p>50%</p>	<p>25%</p>
Reduce the overall use and risk of chemical and hazardous pesticides	Reduce nutrient losses by 50% whilst retaining soil fertility, resulting in 20% less fertilisers	Reduce sales of antimicrobials for farmed animals and aquaculture	Increase the percentage of organically farmed land in the EU

**F2F**

#EUFarm2Fork #EUGreenDeal

Table 7 Results of unsupervised classification of UAV multispectral imagery from first survey (1PRE)

field (ha)	area	pixels_veg	pixels_soil	veg_area (ha)	veg (%)
SLA_1PRE_UAV	16.60	183656	11811979	1.55	0.258
PAV_1PRE_UAV	8.95	809223	36023000	2.25	0.201
NAD_1PRE_UAV	6.09	5172295	257125115	2.01	0.123
GAB_1PRE_UAV	50.29	1163474	37854898	3.07	1.546

# Shrnutí

- precizní zemědělství (PZ) představuje směr racionálního hospodaření na půdě, který má z hlediska budoucího vývoje zemědělství **vysoký potenciál uplatnění v ČR**,
- pro uplatnění metod PZ je **klíčová identifikace variability** pozemků,
- vývoj metod mapování plošné variability by měl zahrnovat **celo-faremní úroveň s dostatečnou přesností, časovou a prostorovou detailností (kombinace senzorových a tradičních metod)**,
- senzorové metody mapování poskytují **množství informací různého charakteru s plošným uplatněním**; informační hodnota, kterou přináší však je často odlišná od tradičního agronomického posuzování půdy a porostů polních plodin např. při agrobiologické kontrole.  
**= „technologie PZ předběhly agronomii“**
- metody hodnocení plošné variability představují **zkvalitnění nástrojů** pro zpřesnění agronomického rozhodování, **uplatnění při zavádění nových pravidel agrární politiky (CAP)** a plnění jejich požadavků, **zvýšení výkonu a zjednodušení kontrolních mechanismů**.

# Koncepce rozvoje oboru

Vědecko-výzkumná  
činnost

Pedagogické aktivity

Transfer poznatků do  
praxe / diseminační  
aktivity



# Vědecko-výzkumná činnost

- publikační činnost
  - publikace v recenzovaných časopisech (Jimp, Jsc)
  - aplikované výstupy (Nmet, Nmap, Ztech, Fuzit, ...)
- grantové příležitosti – získávání výzkumných projektů
  - TAČR, NAZV, MPO, Interreg, Horizon 2020,...
- spolupráce s výzkumnými institucemi u nás i v zahraničí
- spolupráce s privátními subjekty a zemědělskou praxí (smluvní výzkum, poradenství)
- podpora doktorandů a jejich vědecká výchova
  - zapojení do externích projektů, odborné vedení v rámci projektů IGA.

# Vědecko-výzkumná činnost

## Orientace výzkumu pracoviště

- výzkum metod efektivního mapování plošné variability půdy / porostů
- tvorba pěstitelských doporučení a ověřování postupů variabilních aplikací

Výzkumné projekty řešené v současnosti (2021) se zaměřením na precizní zemědělství:

**NAZV QK21010247** „Optimalizace hospodaření na nevyrovnaných pozemcích využitím efektivního mapování půdních podmínek a zohlednění změn vláhových poměrů s cílem stabilizace dosahovaných výnosových úrovní“ (2021-2024)

**TAČR SS01020309** „Precizní zemědělství na pozemcích s regulovaným drenážním odtokem jako nástroj pro ochranu vod a zvýšení efektivity rostlinné výroby“ (2020-2024)

**TAČR TH04010494** „Výzkum a vývoj technologií smart farming pro malé a střední zemědělské podniky“ (2019-2022)



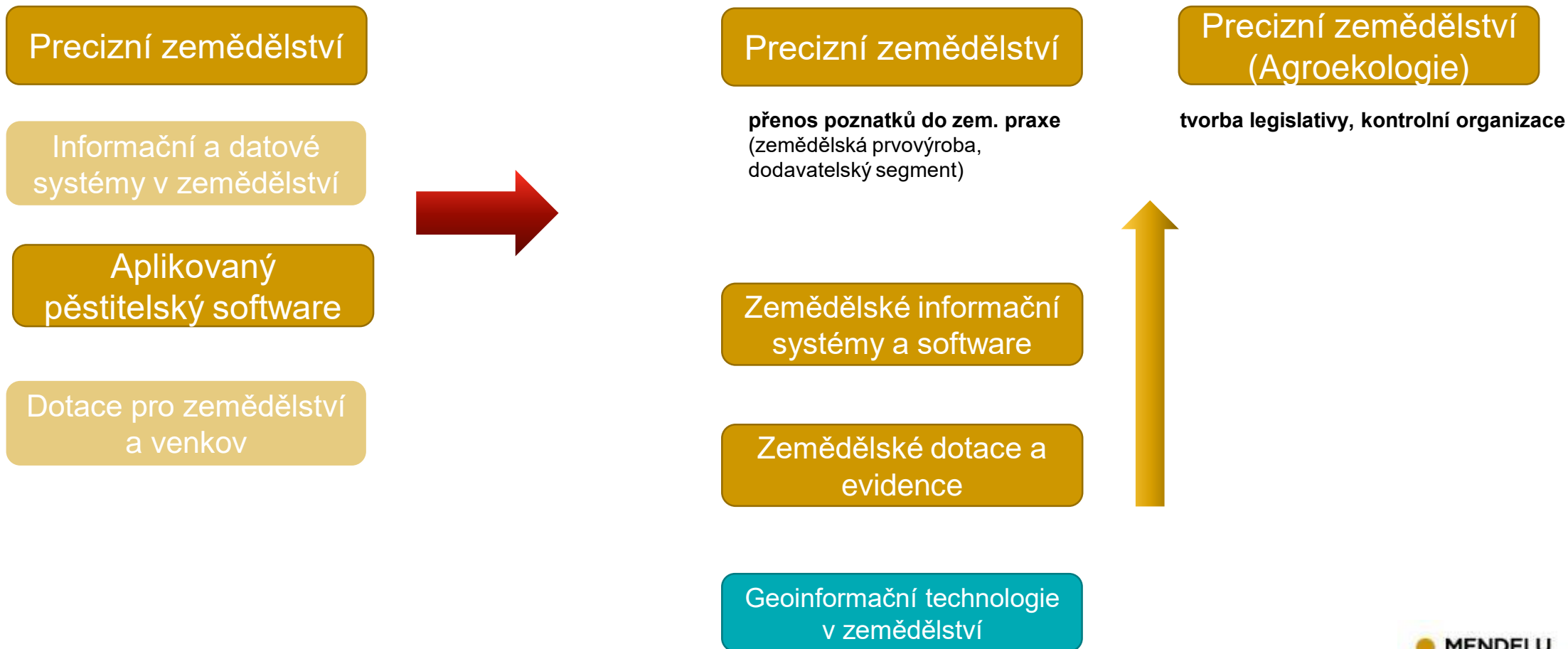
# Pedagogická činnost

- Inovace výuky stávajících předmětů – implementace nových poznatků do výuky, modernizace vybavení pro výuku
- reakce na požadavky praxe – zvýšení znalosti absolventů o geoinformačních technologiích využívaných v zemědělství
- využití výsledků výzkumu ve výuce, návaznost studentských závěrečných prací na výzkum,
- postupné začleňování technologií „smart farming“ do výuky dalších předmětů,
- podchycení studentů se zájmem o obor (zvýšení atraktivity oboru),
- realizace praktické výuky, odborníci z praxe ve výuce (progresivní zemědělské podniky, výzkumné instituce, komerční sféra).



# Pedagogická činnost

Nově akreditované Bc. a Mgr. studijní programy



# Pedagogická činnost



TACR @TACR\_cz · 15 h

Za 20 let se změní přes 45 % pracovních pozic v ČR díky #Prumysl40 @ZapadoceskaUni s @VUPIcz usilují o připravenost studentů a jejich uplatnitelnost na trhu práce. Čekají je třeba nové studijní programy nebo změna současných [bit.ly/3bkKxql](https://bit.ly/3bkKxql) #podporenoTACR #programETA

## Průmysl 4.0 mění vysoké školy

Přibudou nové studijní programy a inovují se stávající



**„Při nedostatečných změnách v oblasti vzdělávání dojde k sociálním problémům s nepředvídatelnými důsledky. Nároky na znalosti či dovednosti absolventů se totiž v návaznosti na čtvrtou průmyslovou revoluci radikálně mění. Řešitelé projektu proto chtějí podat pomocnou ruku studentům vysokých škol i jejich pedagogům. K tomu dopomůže jejich inovace studijních programů,“** představil hlavní cíl výzkumného týmu Petr Konvalinka, předseda Technologické agentury České republiky (TA ČR).

Technickytydenik.cz (4.3.2021)

iDNES.cz / ZPRAVODAJSTVÍ

Domácí Zahraničí Krimí Kraje **Ekonomika** Kulturní

**Ekonomika**

Domácí Podniky Zahraniční Doprava EET Spotřebitelé

## Zemědělci jsou s digitalizací dál než průmysl, tvrdí průzkum

20. srpna 2019 11:05



Zemědělci jsou v digitalizaci dál než průmysl, tvrdí nový průzkum Asociace malých a středních podniků, který se zabýval pořízováním technologií v rámci zemědělství 4.0. Do technologické obměny farem spadá například využívání satelitních snímků pro precizní práce, aplikace pro řízení farem, roboti a další technologie, které usnadňují zemědělskou práci.

# Aktivity ve vztahu k veřejnosti (diseminace)

- **Transfer výsledků výzkumu do praxe** (zem. podniky, profesní organizace, poskytovatelé služeb, dodavatelé technologií), poradenství / smluvní výzkum
  - role výzkumné organizace jako objektivního hodnotitele nových technologií
- **popularizace oboru** - osvětová činnost a vzdělávací aktivity pro zemědělskou praxi (odborné semináře, volné zpřístupnění výsledků výzkumu),
- **komunikace se státní správou** a vzdělávací aktivity směrem ke kontrolním organizacím – implementace nových poznatků do nařízení.

Impuls odborné veřejnosti na vytvoření **multi-oborové pracovní skupiny** (MENDELU) sdružující odborné pracovníky z různých oborů pro výzkum „**smart farming**“ a jejich zavádění do praxe.



**Děkuji za pozornost**