

# Péče o půdu, úrodnost a struktura půdy, organická hmota v půdě

**Kvalita a zdraví půdy (*Soil Health*): význam a funkce pro agroekosystémy v současných měnících se podmínkách prostředí**

**Ladislav Menšík, Eva Kunzová, Mikuláš Madaras**

*Výzkumný ústav rostlinné výroby,  
Odbor systémů hospodaření na půdě, Drnovská 507/73  
161 06 Praha 6 - Ruzyně, Česká republika*



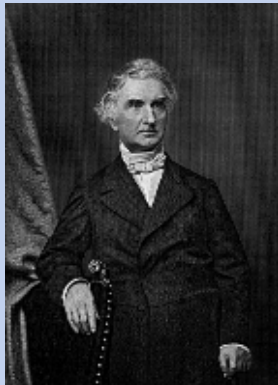
[ladislav.mensik@vurv.cz](mailto:ladislav.mensik@vurv.cz)



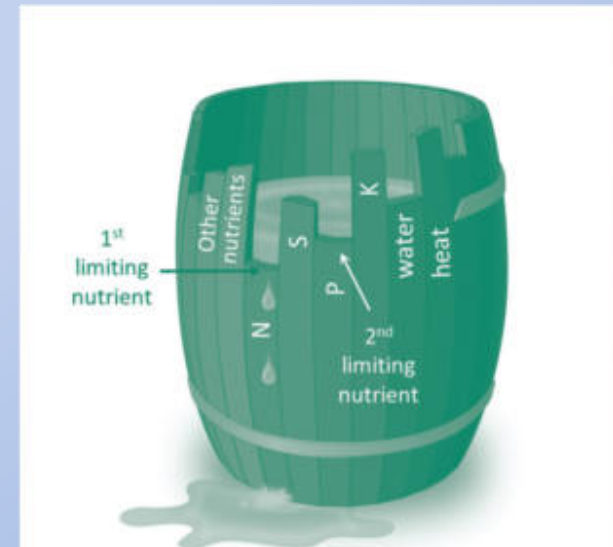


"Vznik a zánik národů ovládá tentýž zákon. Ztráta úrodnosti půdy způsobuje jejich úpadek, udržení úrodnosti půdy je základem pro jejich stabilitu, bohatství a moc."

*(Justus Freiherr von Liebig, 1803-1873, německý chemik)*



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Liebig-emw.jpg>



Obrázek upraven z Wikipedia.org (Clain, Olson-Rutz 2016)

„Zemědělství je matkou a živitelkou všech ostatních povolání.“

*(Xenofón starověký řecký historik a filozof -430—354 př. n. l.)*

„Způsob, jakým půdu využíváme, musí umožňovat život v blízké budoucnosti.“

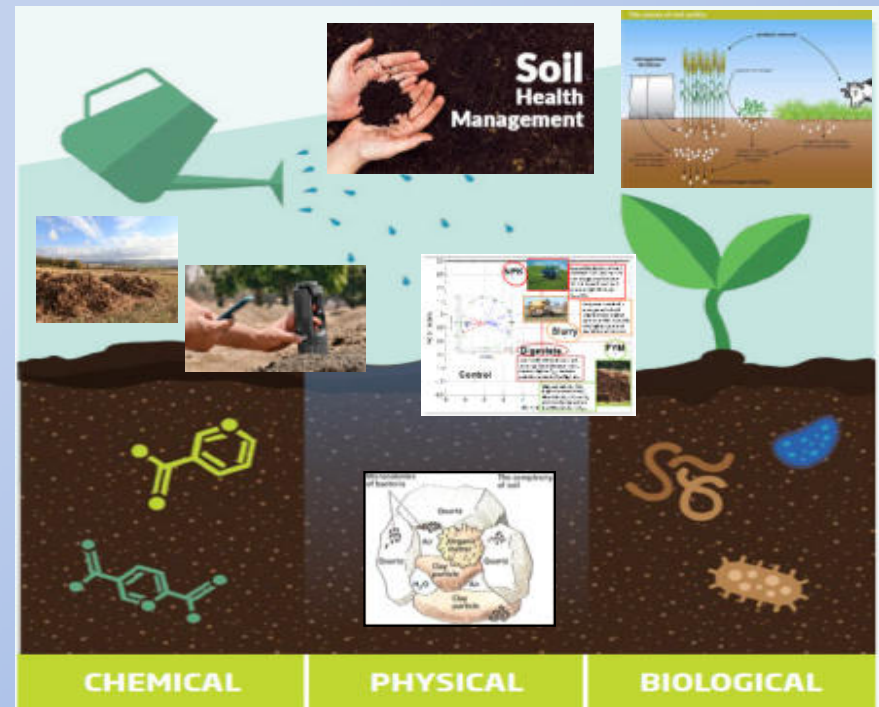
*(Hans Ruh, Fritz Brugger, Charles Schenk: Etik und Boden /Etika a Půda/)*



## Obsah

- **VÚRV, v.v.i., OSHP**
- **Co je to půda?**
- **Kvalita a zdraví půdy (Soil Health)**
- **Půdní organická hmota**
- **Humusové látky**
- **Hospodaření v ČR**
- **Klimatická změna (GZK)**
- **Studie SOM, živiny**
  - **Vliv aplikace statkových a minerálních hnojiv na stav SOM ...**
  - **Stav půdní organické hmoty a živin ...**
  - **SOM a TTP**
  - **Monitoring kvality SOM ...**
  - **Moderní způsoby sledování (měření) kvality půdy**
- **Závěr**
- **Doporučení pro praxi a výzkum**
- **Poděkování**

### Grafický abstrakt



### Klíčová slova

půda, půdní organická hmota (SOM), živiny, kvalita a zdraví půdy, klimatická změna, Česká republika

# Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. (VÚRV)

VÚRV, v. v. i. je v České republice se svými 300 zaměstnanci největším pracovištěm aplikovaného výzkumu, zaměřeným na rostlinnou výrobu a příbuzné obory. Kromě **hlavního pracoviště** v **Praze-Ruzyni** má ústav výzkumné a pokusné stanice i další pracoviště po celé ČR, včetně vlastní vinice na Karlštejně.

**Hlavním cílem výzkumu** ve VÚRV, v. v. i. je získat vědecké poznatky pro podporu trvale udržitelného rozvoje zemědělství, na základě inovací systémů a technologií pěstování zemědělských plodin pro produkci kvalitních a bezpečných potravin, krmiv a surovin pro energetické a průmyslové využití.

**Hlavní uplatnění výsledků výzkumu** je v oblasti zvyšování efektivity rostlinné výroby, při zajištění minimálních negativních dopadů na životní prostředí a zdraví člověka.



# Odbor systémů hospodaření na půdě (VÚRV)

## Směr výzkumu:

### Systemy udržitelného obhospodařování zemědělské půdy

## Rámec a cíle výzkumného směru:

*Optimalizace faremních systémů  
a technologií pěstování hospodářských  
plodin z hlediska jejich dlouhodobé  
udržitelnosti, vedoucí k **zachování půdní  
úrodnosti a kvality zemědělského půdního  
fondu**, zlepšení stavu výživy rostlin  
a zamezení nepříznivých vlivů hospodaření  
na půdu a životní prostředí.*

### Grafický abstrakt



### Klíčová slova

*rostlinná výroba, fyziologie rostlin, půda,  
výživa rostlin, půdní organická hmota  
/SOM/, živiny, hnojení, pícniny, trvalé  
travní porosty, precizní zemědělství,  
interaktivní statistická analýza dat*



*Nejstarší dlouhodobý polní pokus v Praze-Ruzyni, založeno 1955.*



## Co je to půda?

- Nádherný přírodní útvar.
- Útvar plný života.
- Útvar který náš živí.
- Přírodní útvar chráníci vodu, kterou pijeme.
  
- **Půda je složitý přírodní útvar, který mj. umožňuje růst rostlin (Šimek et al. 2019).**
  
- „Půda je nejmladší, nejsvrchnější vrstva naší země, vznikla působením vzduchu, vody, tepla a zimy a jiných sil přírodních, někdy snad i podřízeně též vlivem rostlinstva a živočišstva, z pevné kůry zemské, čili jak říkáme, větráním nerostů a hornin, a vzniká dosud tímto způsobem a mohutní zejména činností lidskou.“ *Ottů slovník naučný (1903), str. 959*



**Půda** v zeměděln., nejmladší, nejsvrchnější vrstva naší země, vznikla působením vzduchu, vody, tepla, zimy a jiných sil přírodních, někdy snad a podřízeně též vlivem rostlinstva i živočišstva, z pevné kůry zemské čili, jak říkáme, větráním nerostů a hornin, a vzniká dosud tímto způsobem a mohutní zejména činností lidskou. Větráním totiž roz-

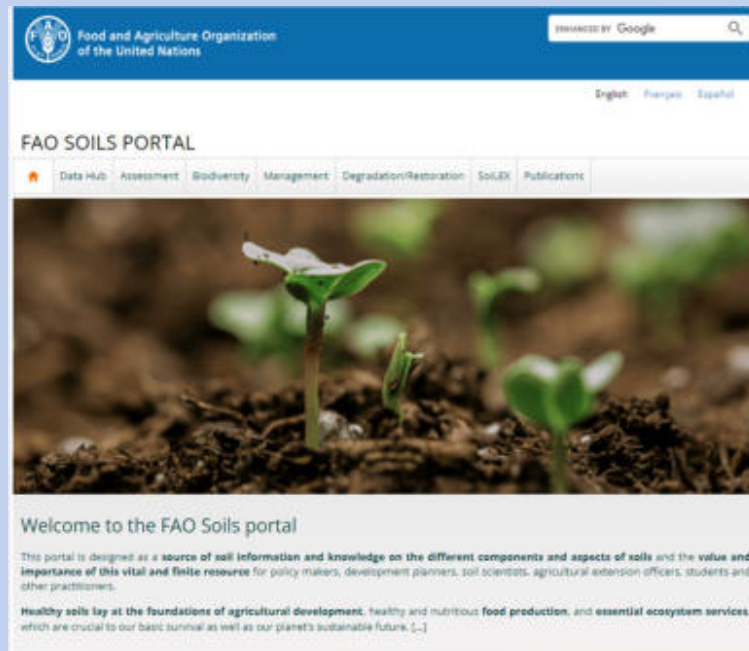
<https://www.digitalniknihovna.cz/nkp/view/uuid:c236f850-e6e1-11e4-a794-5ef3fc9bb22f?page=uuid:67bb1bd0-05a0-11e5-91f2-005056825209>



## Co je to půda?

- „Půda je svrchní vrstva zemské kůry, přeměněná zvětráváním a fyzikálními/chemickými a biologickými procesy; je složena z minerálních částic, organické hmoty, vody, vzduchu a živých organismů, uspořádaných v genetických půdních horizontech.“

ČSN EN ISO 11074 Kvalita půdy – slovník (2016), str. 9

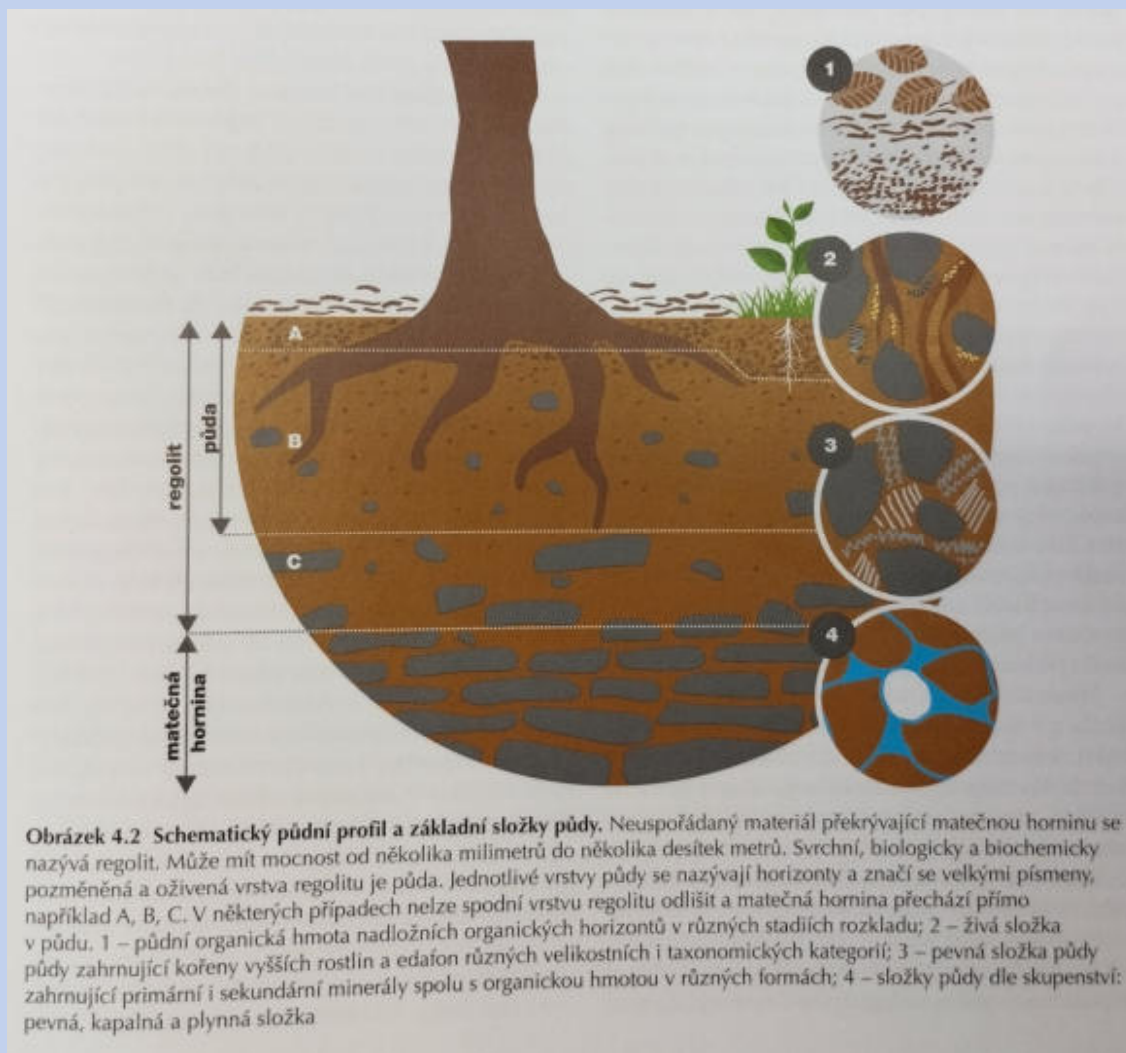


<https://www.fao.org/soils-portal/en/>



<https://pedologie.czu.cz/>





(Šimek et al. 2019)





## Kvalita zdraví půdy

### Koncept „**Soil Health – kvalita a zdraví půdy**“:

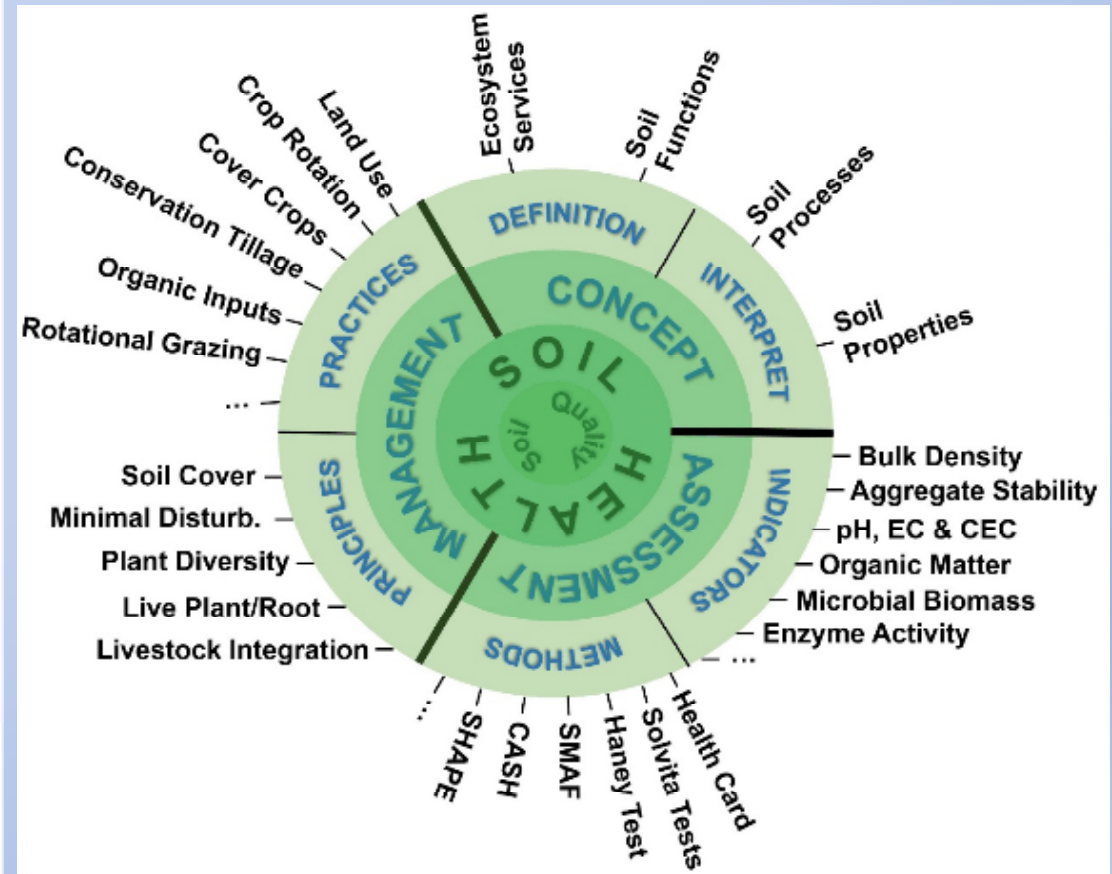
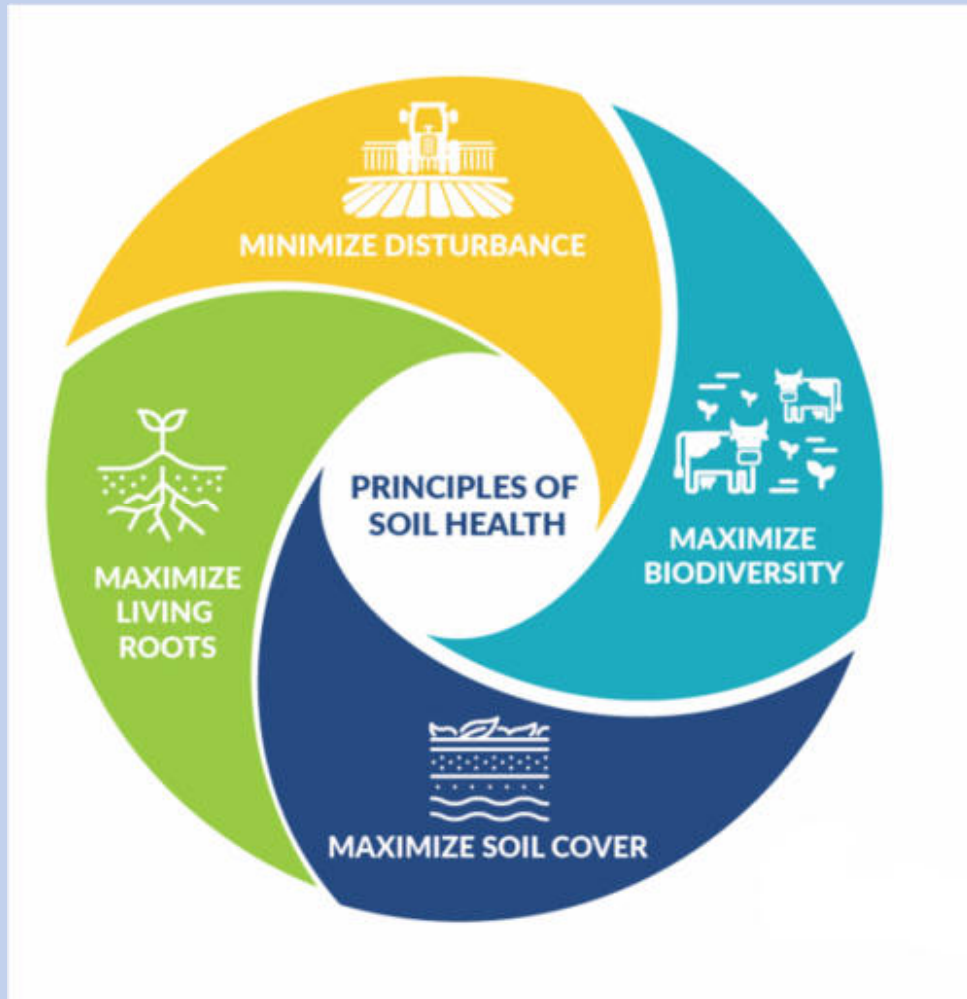
- popisuje biologické, chemické a fyzikální funkce půdy, včetně jejich úlohy v udržitelné produkci plodin a dále potravin;
- zdravá půda je základním kamenem pro dosažení potravinové bezpečnosti a podporu environmentální udržitelnosti v současném zemědělství.

Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., & Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>

Wood, S. A., Blankinship, J. C. (2022). Making soil health science practical: guiding research for agronomic and environmental benefits. *Soil Biology and Biochemistry*, 172, 108776. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108776>



# Zásady hospodaření s půdou

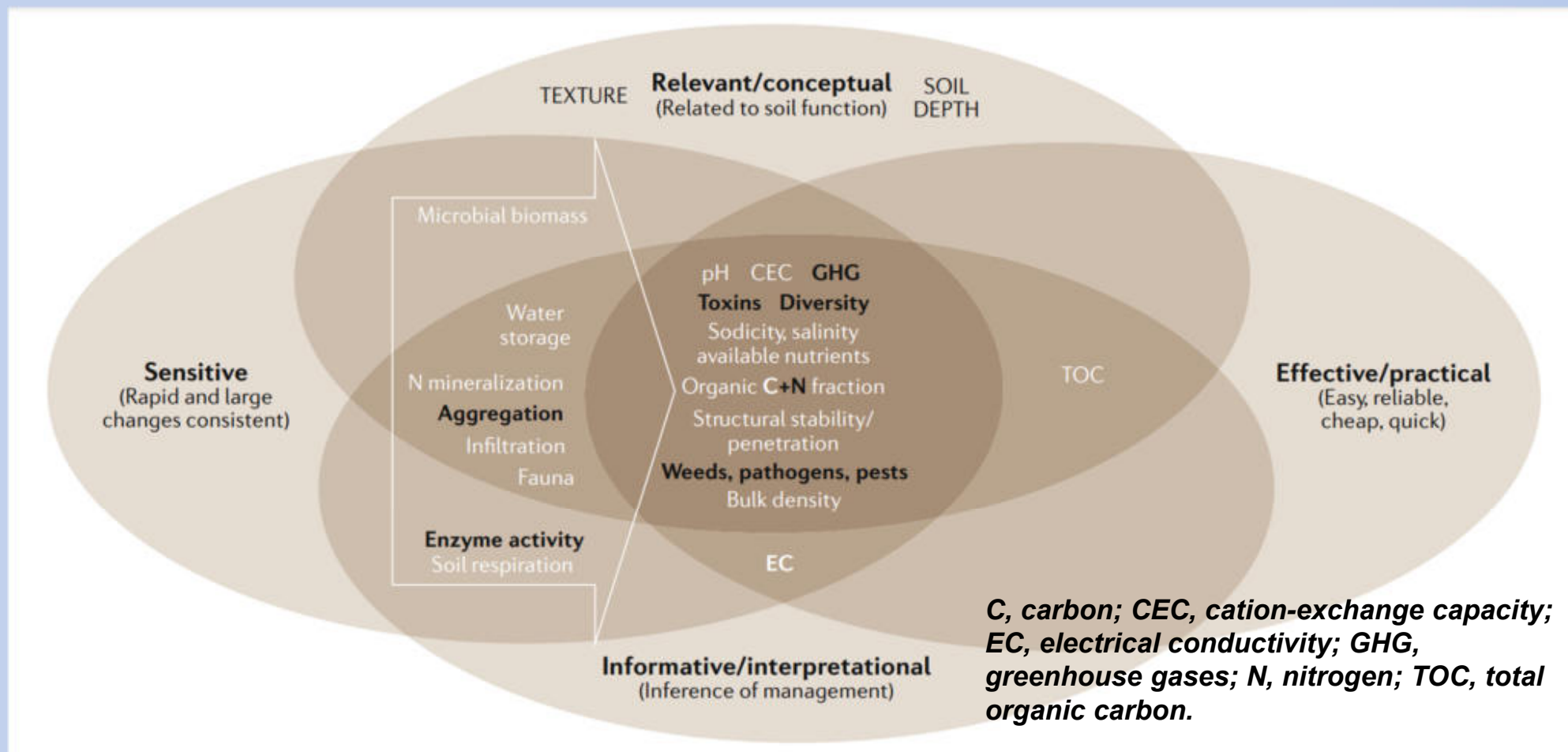


Guo, M. Soil Health Assessment and Management: Recent Development in Science and Practices. *Soil Syst.* **2021**, 5, 61. <https://doi.org/10.3390/soilsystems5040061>

[https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/styles/half\\_width/public/2022-06/nrcseprd1850029.png?itok=hUhgV0BV](https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/styles/half_width/public/2022-06/nrcseprd1850029.png?itok=hUhgV0BV)



# Indikátory stavu (kvality) půdy a jejich význam pro hodnocení

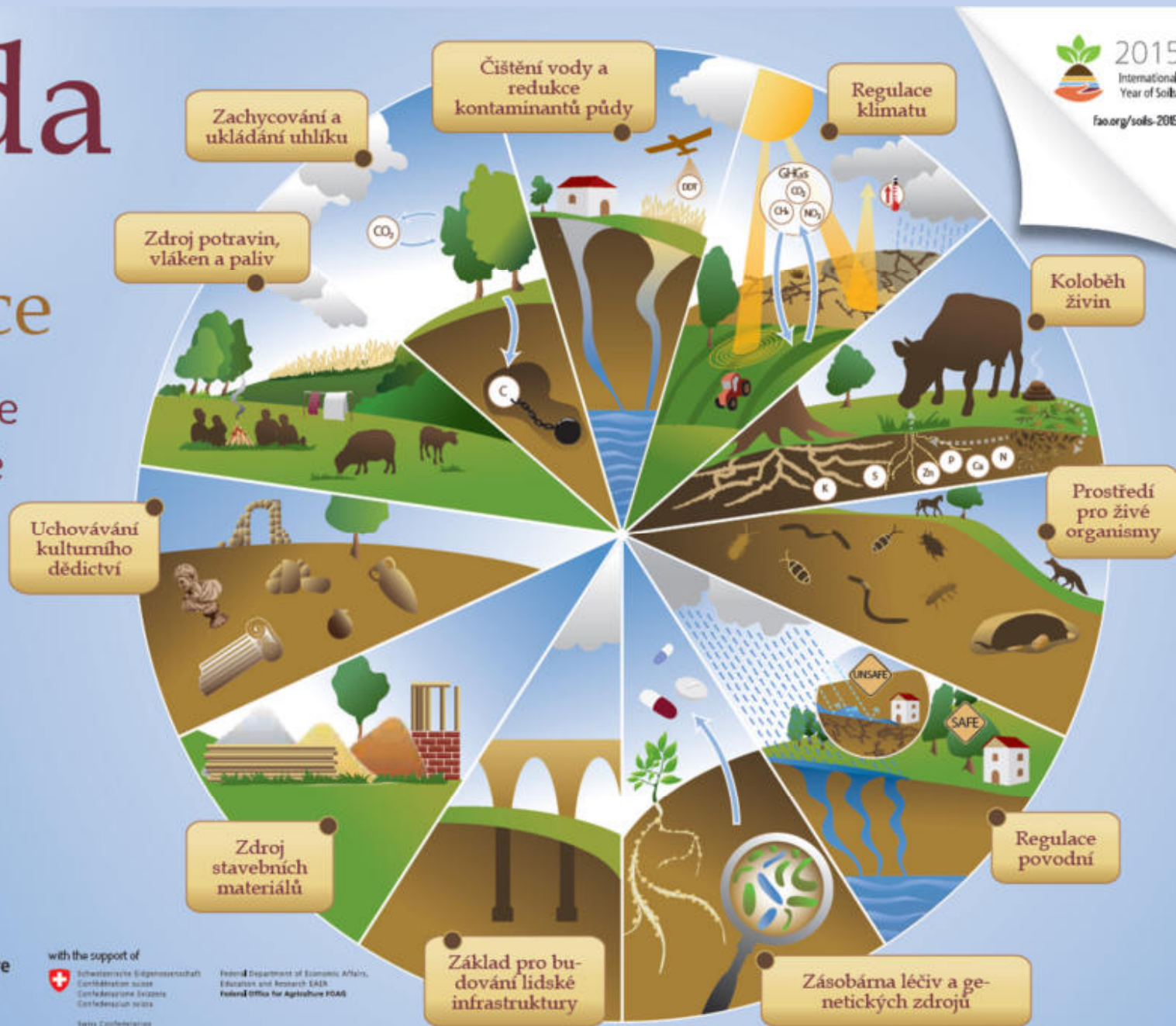


Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., & Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>

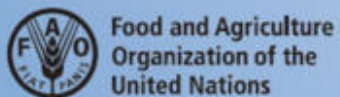


# Půda a její funkce

Půda poskytuje  
ekosystémové  
služby, které  
umožňují  
život na Zemi



2015  
International  
Year of Soils  
fao.org/soils-2015



with the support of  
Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
Swiss Confederation

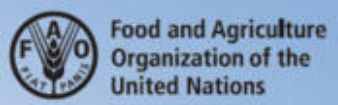
Federal Department of Economic Affairs,  
Education and Research SAKB  
Federal Office for Agriculture FOAG



## Půdní organická hmota (SOM)

- ✓ **Současným resp. budoucím cílem musí být udržitelná intenzifikace zemědělské výroby /stabilizace nynějších výnosů při současném snížení dopadu zemědělství na životní prostředí/ se zaměřením na zvýšení bezpečnosti potravin, krmiv a kvality a zdraví půdy („Soil Health“) ve vztahu k probíhající změně klimatu (GZK).**
- ✓ **Půdní organická hmota (Soil Organic Matter, dále jen SOM<sup>1</sup>) - důležitá role v suchozemských ekosystémech (orná půda, travní porost, les).**
- ✓ **SOM hraje podstatnou roli z pohledu chemických, fyzikálních a biologických procesů v půdě a je identifikátorem úrodnosti, produktivity a dostupnosti živin v půdě.**
- ✓ **Úbytky SOM v půdě jsou považovány za jeden z nejvýznamnějších faktorů procesu degradace půd.**

<sup>1</sup>*Půdní organická hmota (SOM) představuje souhrn všech neživých organických součástí půdy v různém stupni rozkladu a v různém stupni smísení s minerálním podílem (Stevenson 1994).*

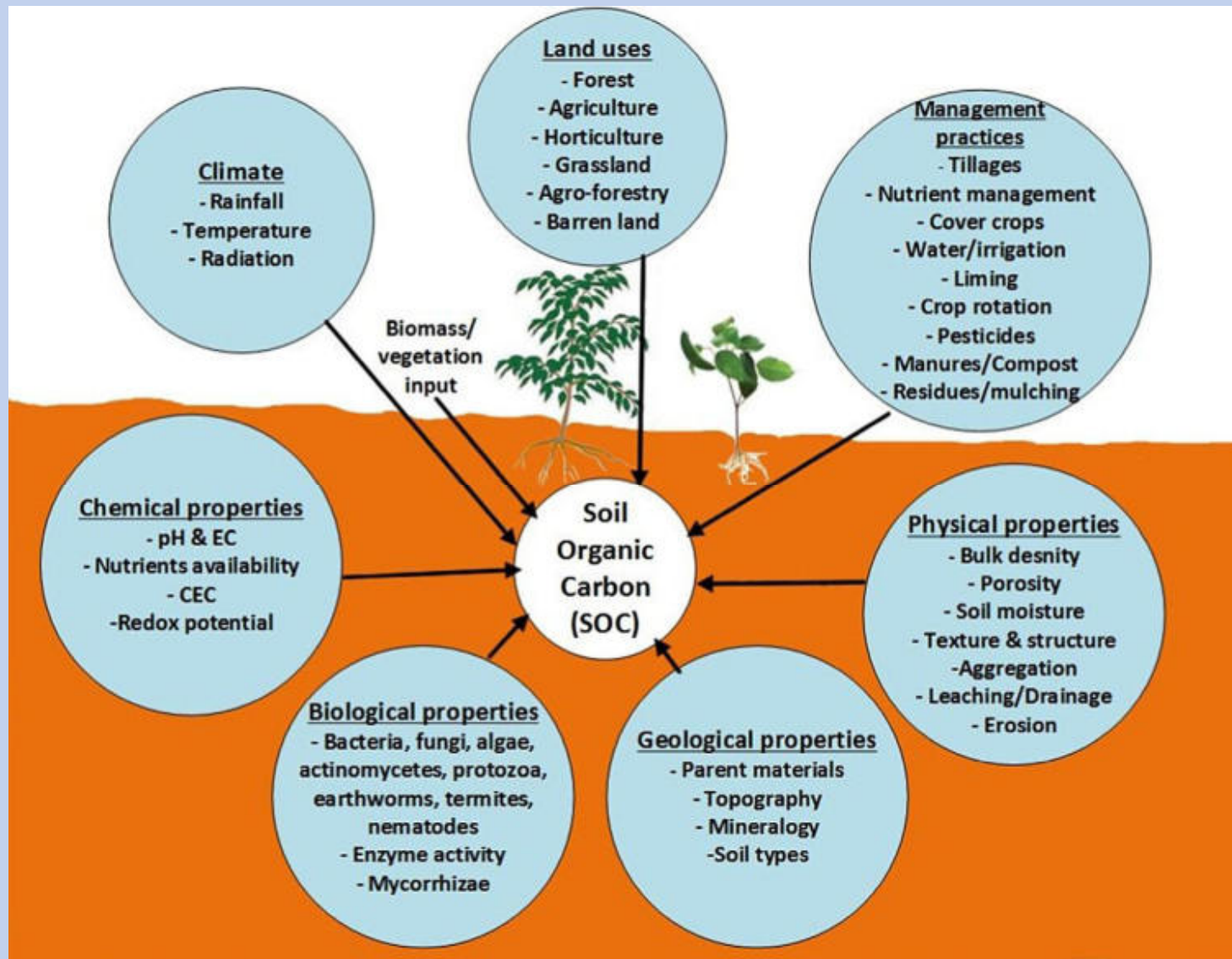


# Soil the foundation of nutrition





## Význam půdní organické hmoty (SOM, resp. SOC)



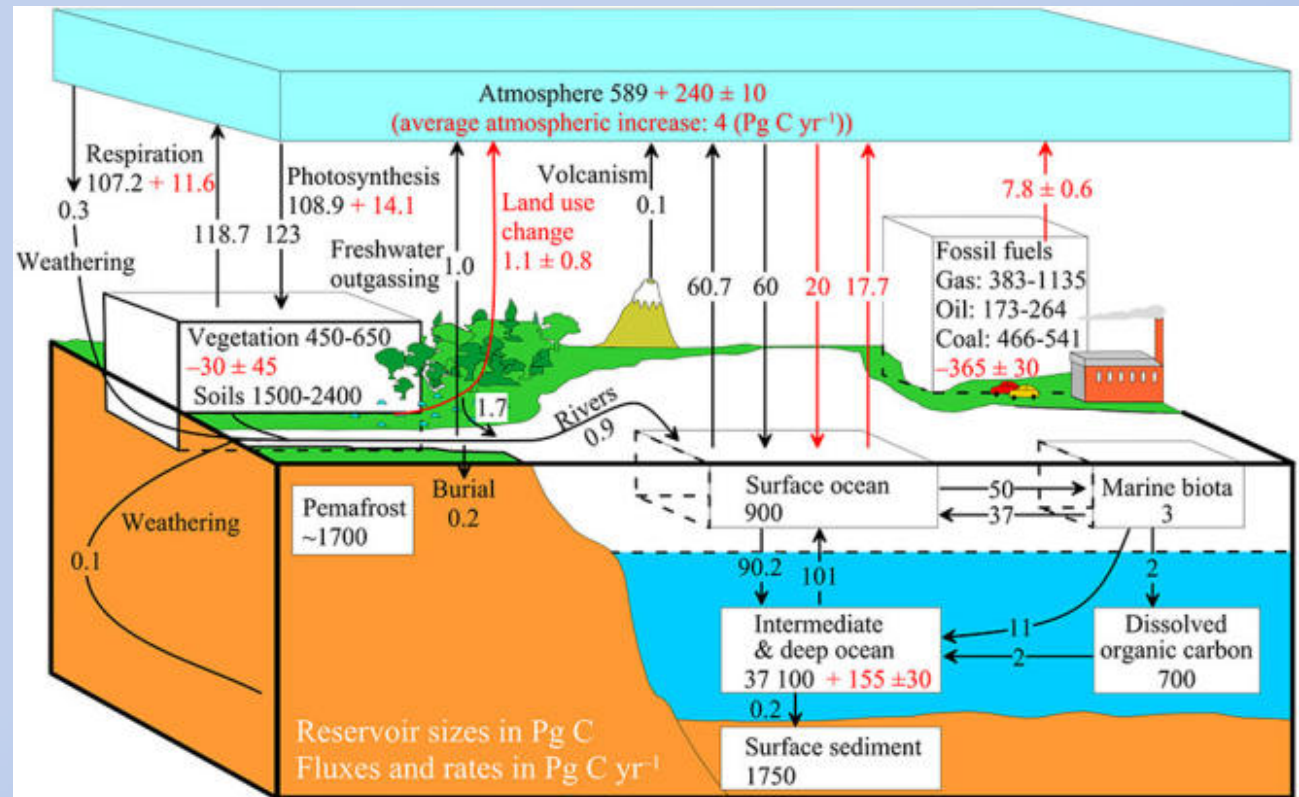
Ramesh, T., Bolan, N. S., Kirkham, M. B., ... Freeman II, O. W. (2019). Soil organic carbon dynamics: Impact of land use changes and management practices: A review. *Advances in Agronomy*, 1–107. doi:10.1016/bs.agron.2019.02.001





## Koloběh uhlíku /C/ a SOM

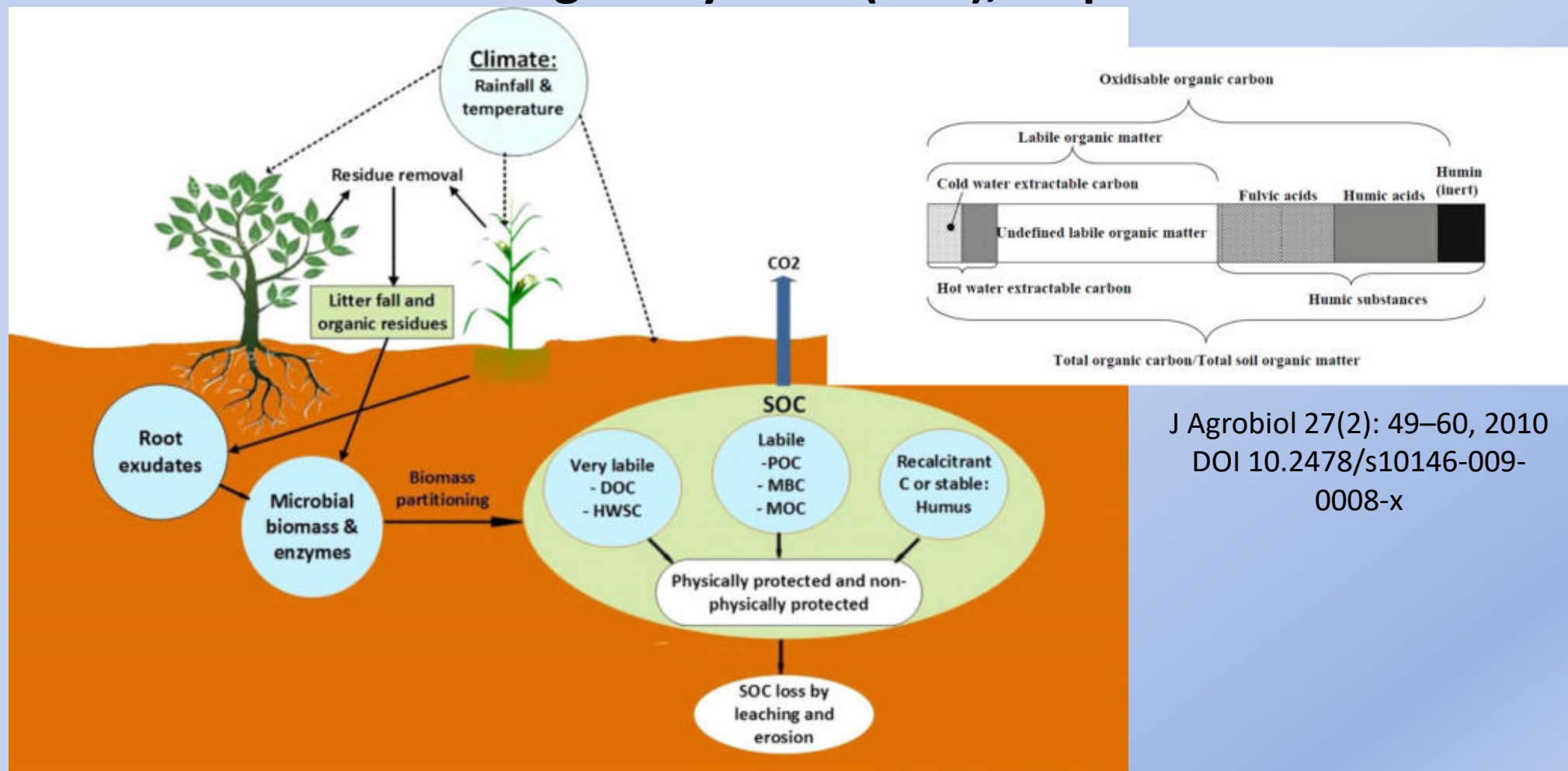
- ✓ Půda - největší zásobník organického C na Zemi.
- ✓ Cyklus uhlíku je silně ovlivněn organismy (mikroorganismy).
- ✓ Hlavním zdrojem SOM jsou rostliny.
- ✓ Opad a mrtvá biomasa rostlin i dalších organismů jsou v půdě jednak rozkládány, jednak stabilizovány a ukládány.
- ✓ Sekvestrace uhlíku v půdě je slibným mechanismem ke snížení obsahu uhlíkatých látek v atmosféře.



Pozn.: Čísla označují „zásoby uhlíku“ v Pg C (1 Pg C = 10<sup>15</sup> g C) a roční toky uhlíku (v Pg C rok<sup>-1</sup>) mezi atmosférou, pevninou a oceánem. Černá čísla a šipky označují zásoby a toky odhadované pro dobu před průmyslovou érou (1750). Červené šipky a čísla označují roční „antropogenní“ toky za období 2000-2009. Tyto toky představují narušení koloběhu uhlíku v období průmyslové éry po roce 1750. Červená čísla v zásobách představují kumulativní změny antropogenního uhlíku za průmyslové období 1750-2011 (Sarmienta, Gruber 2002, Ciais et al. 2013).



# Půdní organický uhlík (SOC), resp. SOM



J Agrobiol 27(2): 49–60, 2010  
DOI 10.2478/s10146-009-0008-x

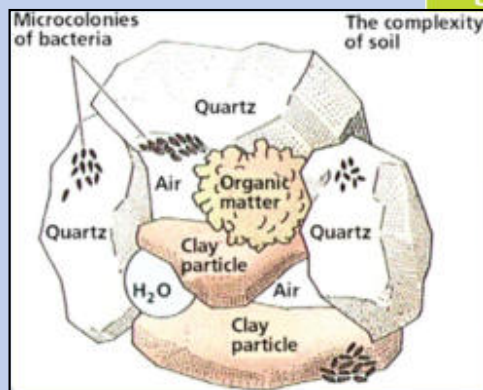
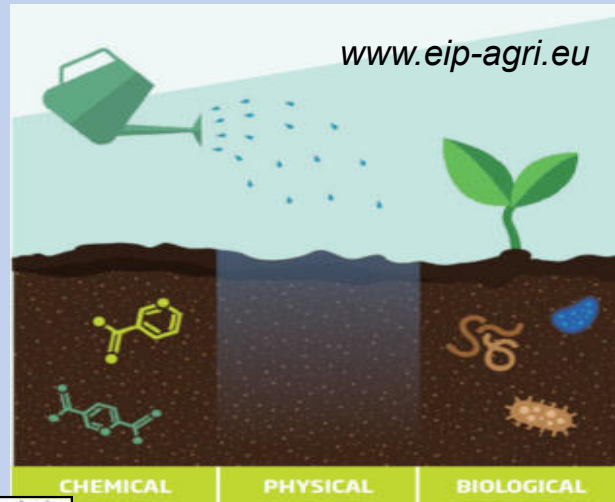
DOC, rozpuštěný organický uhlík  
HWSC, organický uhlík rozpustný v horké vodě  
POC, částicový organický uhlík  
MBC, uhlík z mikrobiální biomasy  
MOC, organický uhlík spojený s minerály  
SOC, půdní organický uhlík

Ramesh, T., Bolan, N. S., Kirkham, M. B., Wijesekara, H., Kanchikerimath, M., Srinivasa Rao, C., ... Freeman II, O. W. (2019). Soil organic carbon dynamics: Impact of land use changes and management practices: A review. *Advances in Agronomy*, 1–107. doi:10.1016/bs.agron.2019.02.001

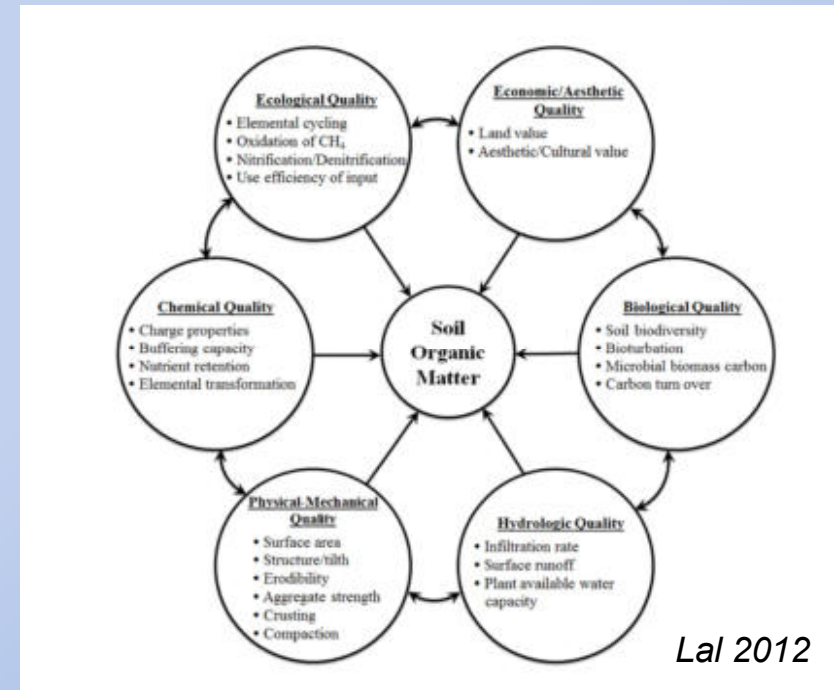


# Význam SOM a vliv na kvalitu a zdraví půdy („Soil Health“)

- SOM hraje důležitou roli v suchozemských ekosystémech a agroekosystémech.
- Kvantita SOM (celkový obsah), ale také její **kvalita** (podrobné chemické složení stabilních a labilních složek - hledání závislosti mezi primární a sekundární strukturou **humusových látek /HL/**).
- Posouzení aberace a degradace půdy.



- SOM (85 % strukturní a transformované složky).
- Živé organismy (15 %).



Lal 2012

## Identifikace HL

- Nemají strukturní vzorec (krize identity).
- Nemají stejné chemické složení (proměnlivé v čase ???).
- Nejsou standardizované metody.
- IHSS (Mezinárodní společnost pro HL).



## Schéma tvorby humusových látek v půdě

### Půdní organická hmota (SOM)

Sacharidy

Lignin

Lipidy

Pigmenty

Proteiny

Třísloviny

a další



### Odbourávání a rozklad mikroorganismy

Aminokyseliny, aromáty, mastné kyseliny, organické kyseliny, fenoly, cukry aj.



### Chemická a biochemická kondenzace

Komplexní sloučeniny



### Oligomerace a kondenzace



### Humusové látky

Fulvokyseliny

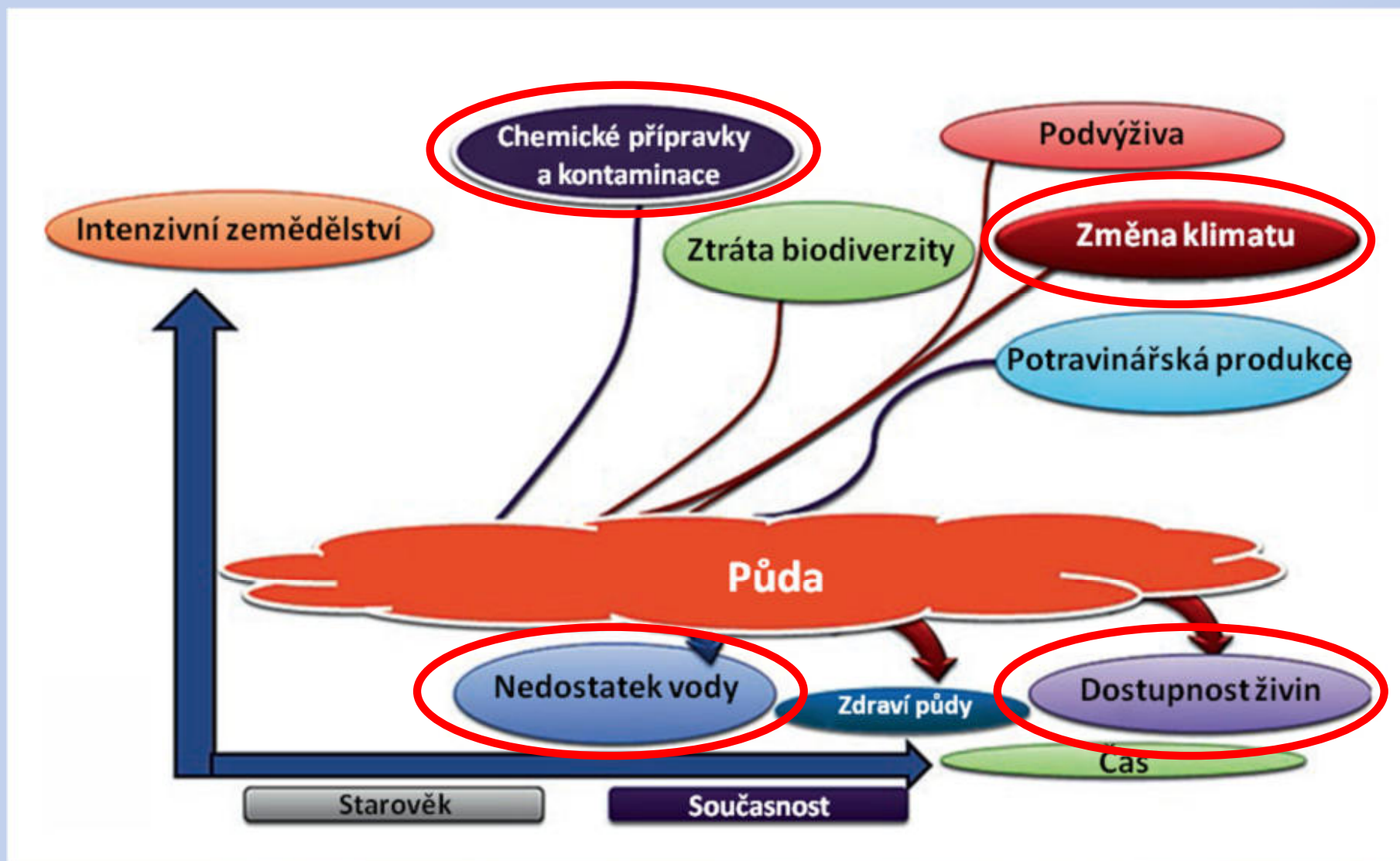
Huminové kyseliny

Humin

*(upraveno dle Kononova 1963; Sotáková 1982; Stevenson 1994; Piccolo 1996; Ouni et al. 2014; Guo et al. 2019; Tiwari et al. 2023)*



## Globální změny v současném zemědělství



Meena R.S., Lal R. (2018). Legumes and Sustainable Use of Soils. In: Meena R., Das A., Yadav G.S, Lal R. (eds) Legumes for Soil Health and Sustainable Management. Springer, Singapore. [http://doi-org-443.webvpn.fjmu.edu.cn/10.1007/978-981-13-0253-4\\_1](http://doi-org-443.webvpn.fjmu.edu.cn/10.1007/978-981-13-0253-4_1)

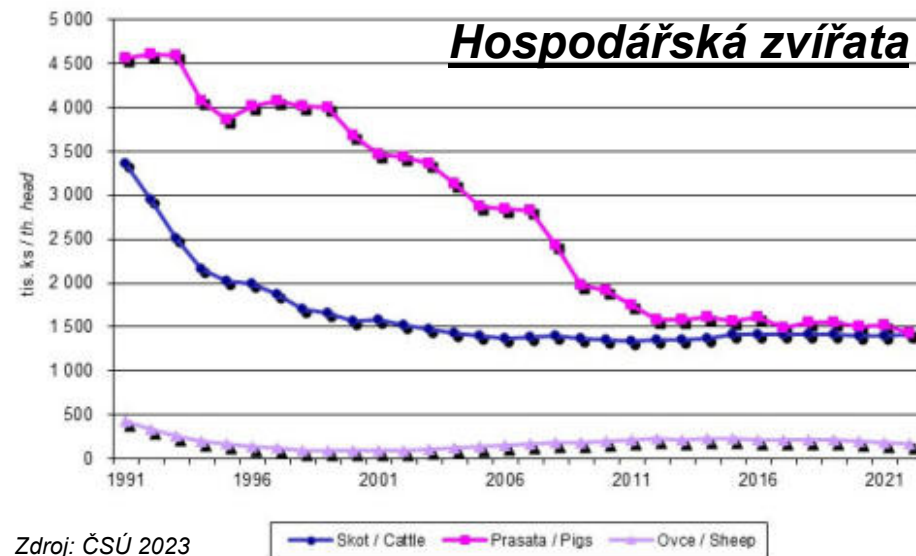


## Změny v hospodaření na zemědělské půdě v posledních 30-ti letech v ČR

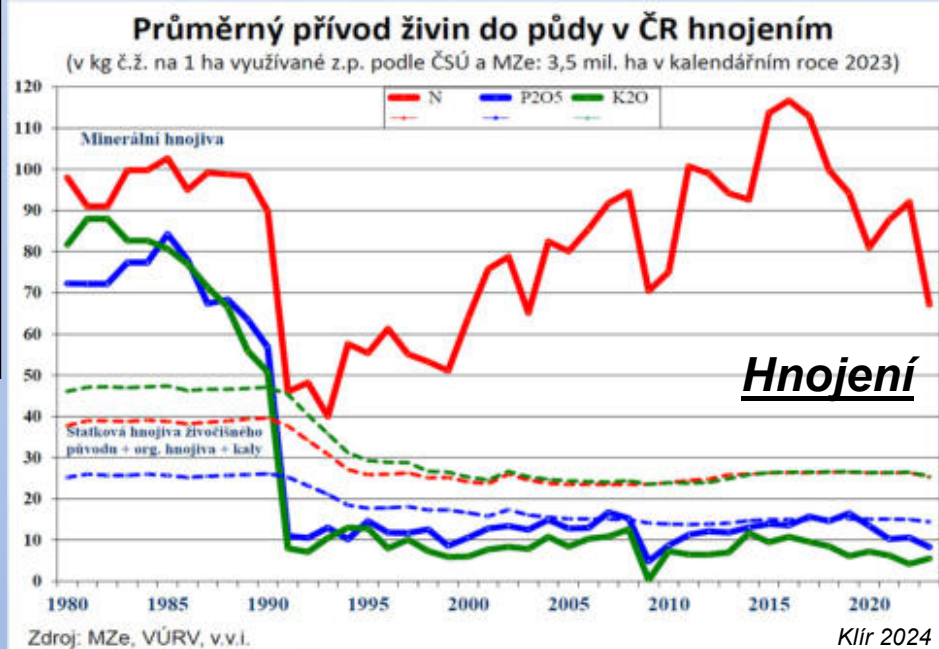
<u>Osevní plochy</u>	1990	2024	Index (%) 1990/2021
<b>Orná půda</b>			
Osevní plocha	3 270 963	2 416 064	<b>73,9</b>
Zrniny	1 708 792	1 354 296	<b>79,3</b>
Luskoviny	56 623	58 677	<b>103,6</b>
Brambory	109 664	22 747	<b>20,7</b>
Cukrovka technická	118 813	65 912	<b>55,5</b>
Technické plodiny	161 316	450 019	<b>279,0</b>
Olejniny	129 996	445 504	<b>342,7</b>
Pícniny na orné půdě	1 099 907	497 806	<b>45,3</b>
Jednoleté pícniny	594 526	235 760	<b>39,7</b>
Víceleté pícniny	505 381	262 046	<b>51,9</b>
Zelenina	33 697	12 325	<b>36,6</b>
Orná p. neosetá a úhor	2 931	109 295	<b>3728,9</b>

Zdroj: ČSÚ 2024

**Současné mění se podmínky prostředí  
(klimatická změna)!!?**



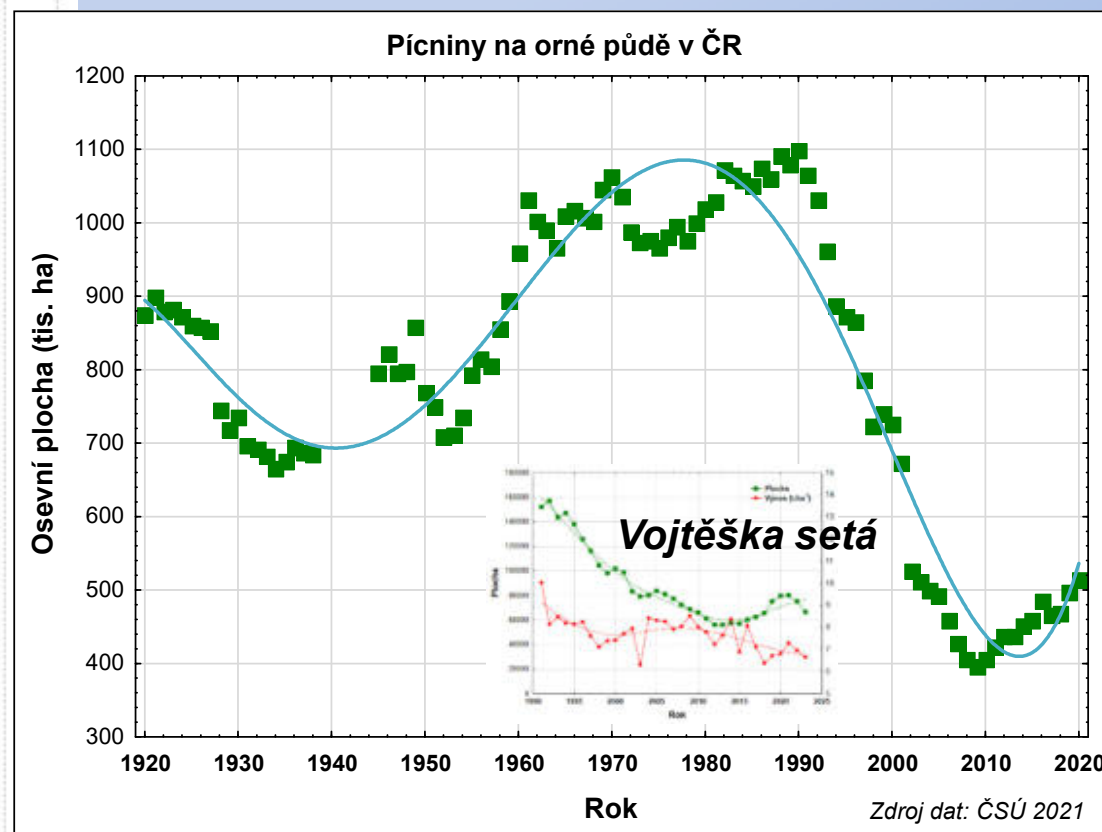
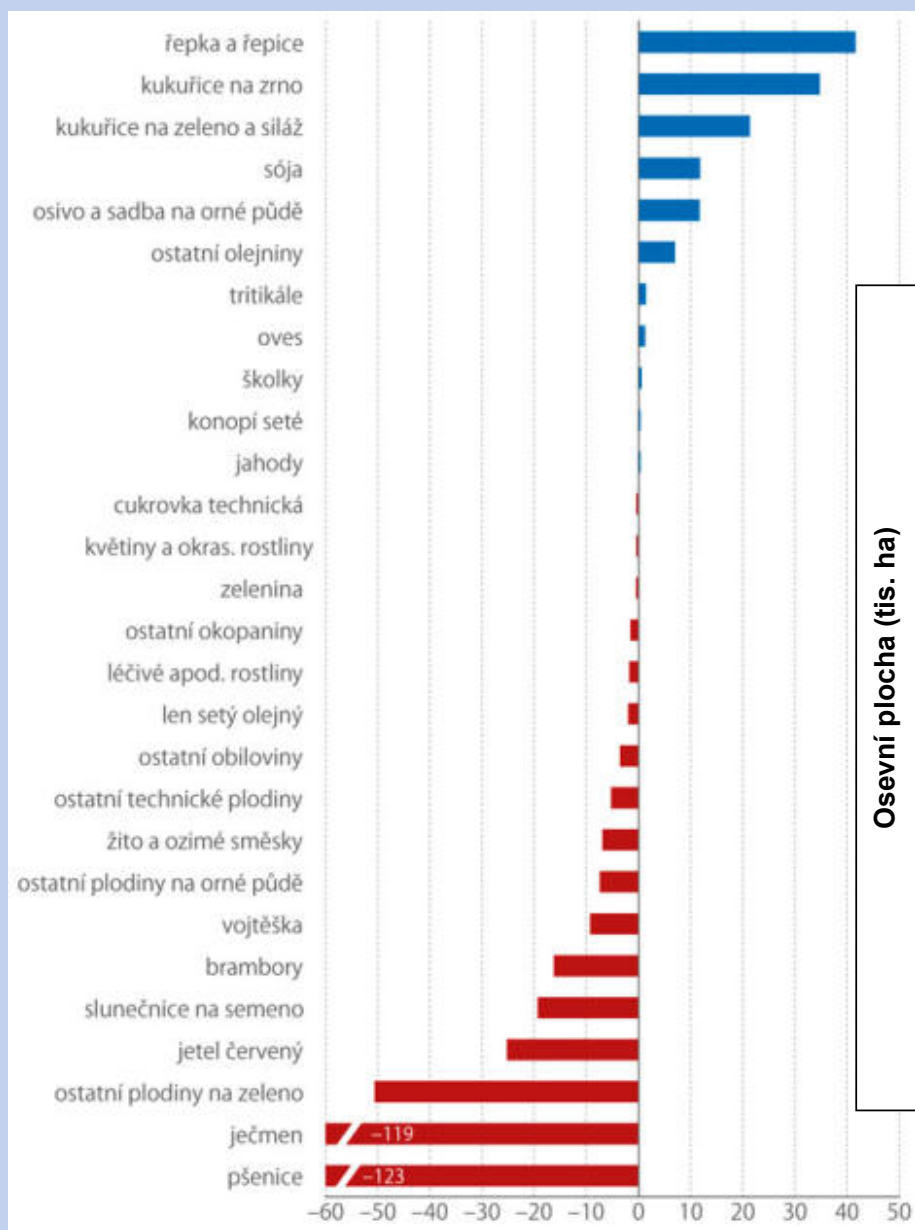
Zdroj: ČSÚ 2023





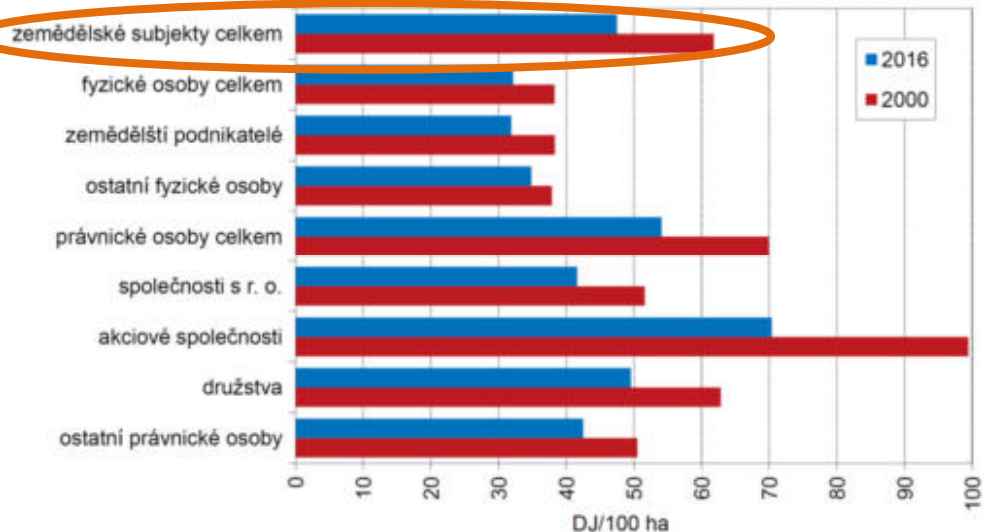
# Změny v hospodaření na zemědělské půdě v posledních 25-ti letech v ČR

## Změny ve výměrách plodin v období 2000–2020 (tis. ha)



Zdroj: ČSÚ  
Mácová, Čermáková 2021

## Průměrný počet dobytčích jednotek na 100 hektarů obhospodařované zemědělské půdy

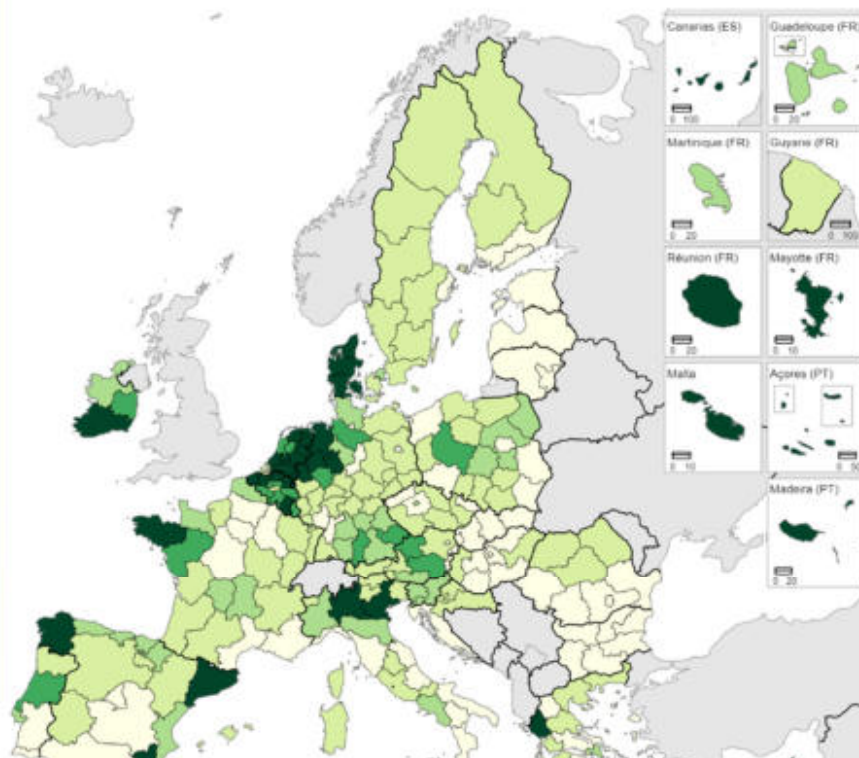


**Dobytčí jednotka (DJ):** standardní měřicí jednotka umožňující sružení různých kategorií hospodářských zvířat za účelem jejich srovnání. 1 DJ představuje 500 kg živé váhy zvířete.

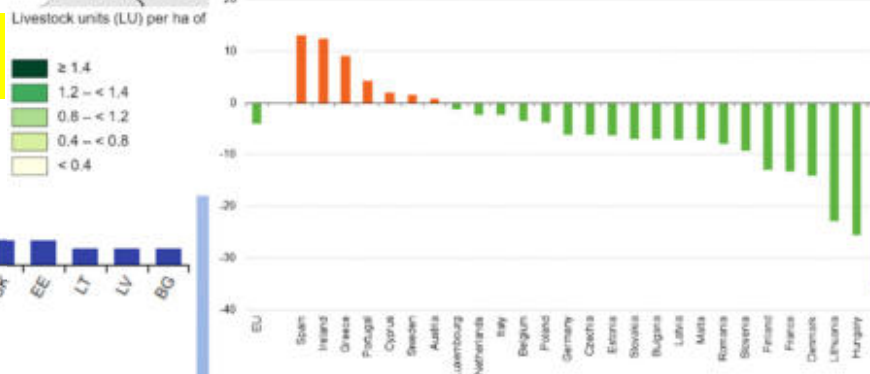


CSU, Hrbek 2017

Livestock density  
(livestock units per hectare of utilised agricultural area, EU NUTS 2 regions, 2020)

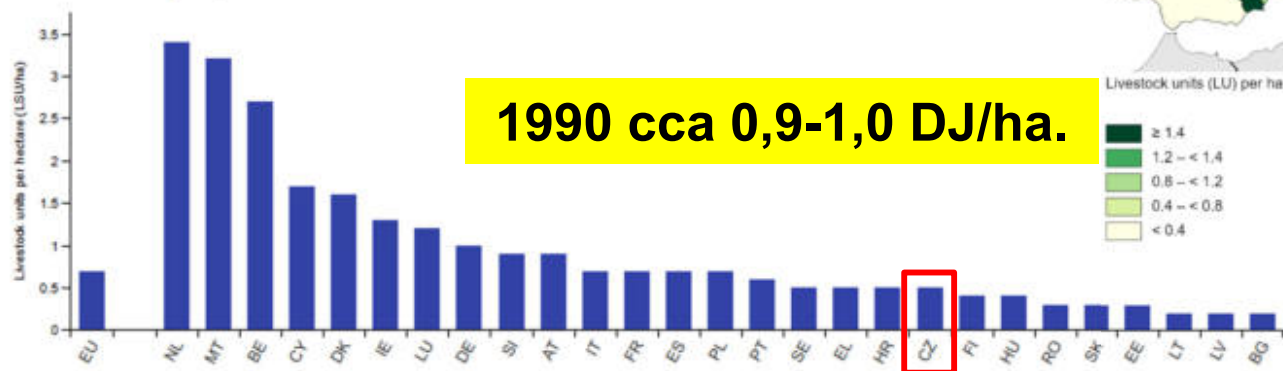


Developments in livestock density  
(% change, 2010-2020)



Note: Live horses, asses, mules and hinnies excluded from 2010 to enable comparison with 2020 data.  
Source: Eurostat (online data codes: ef\_liv\_main, ef\_liv\_main)

Livestock density, EU, 2020



1990 cca 0,9-1,0 DJ/ha.

Eurostat 2023, 2024

Source: Eurostat (online data codes: ef\_liv\_main, ef\_liv\_main and Eurostat calculations)

Data extracted: 03.01.2023

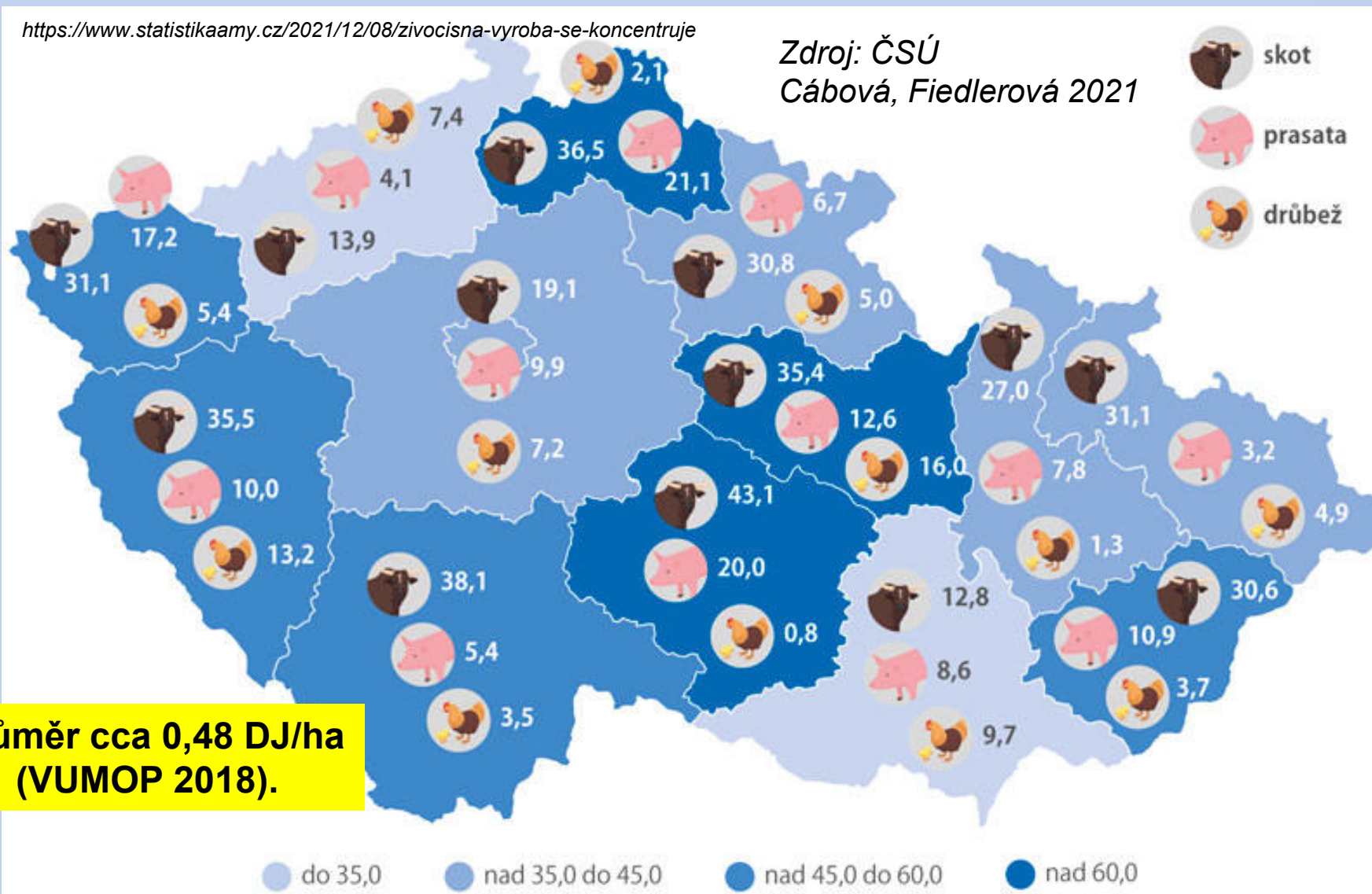
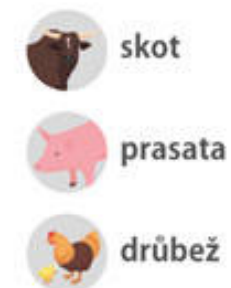


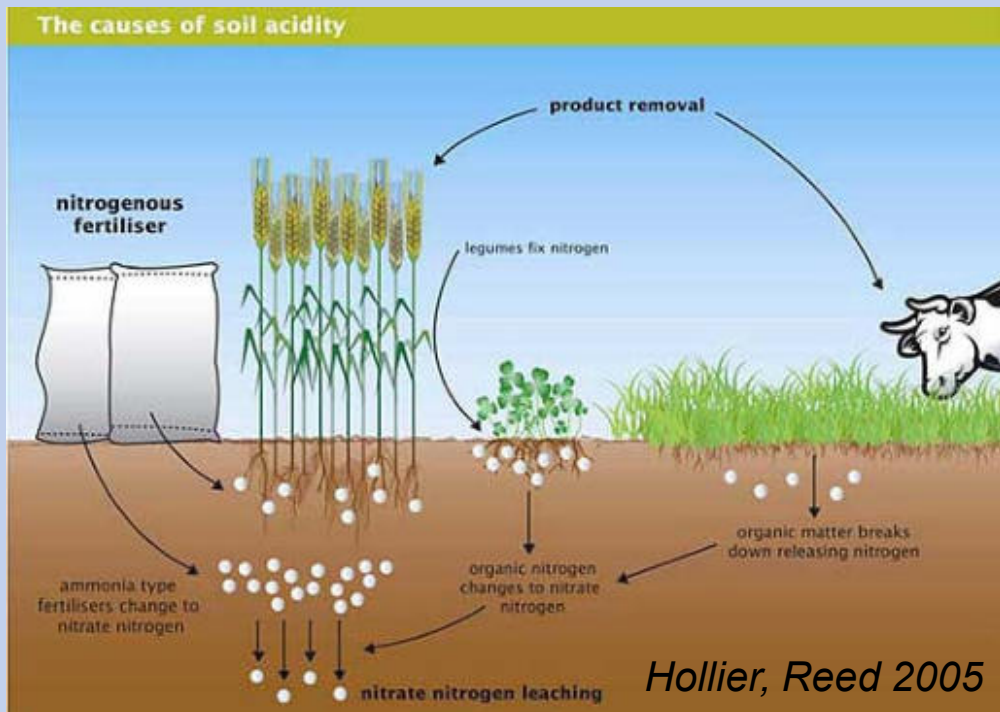




<https://www.statistikaamy.cz/2021/12/08/zivocisna-vyroba-se-koncentruje>

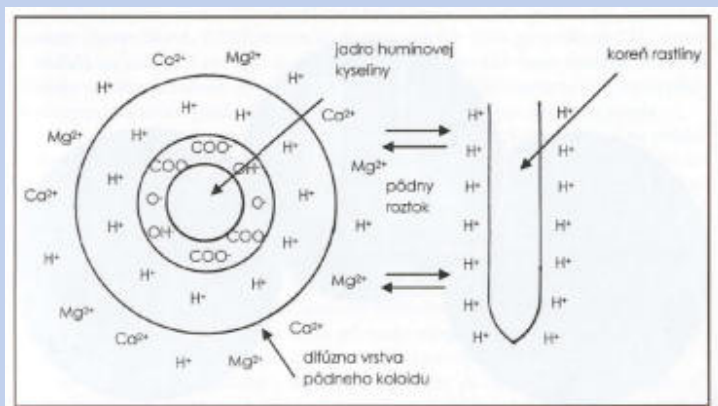
Zdroj: ČSÚ  
Cábová, Fiedlerová 2021





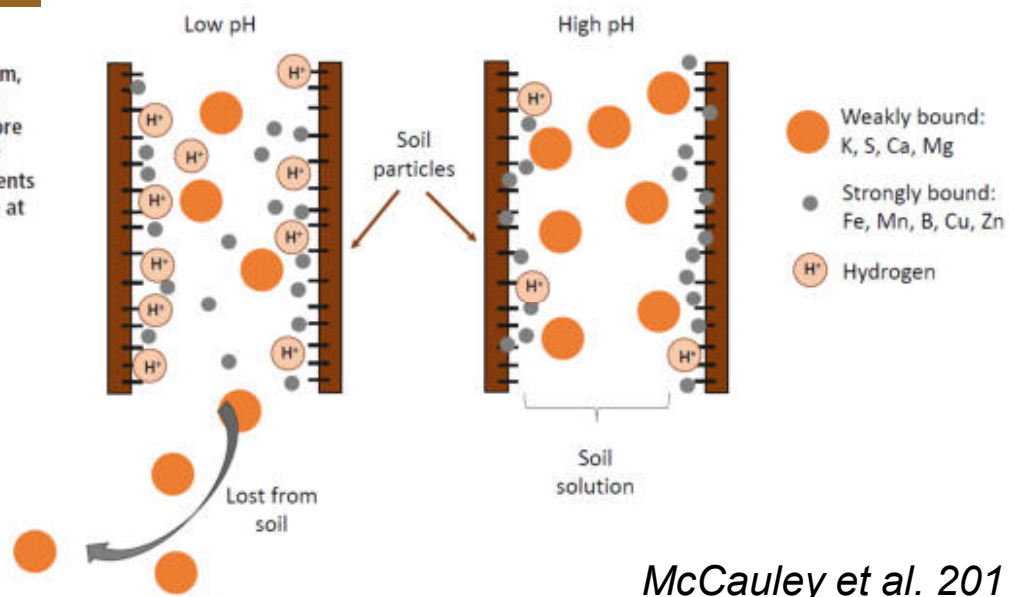
## Důsledky hnojení minerálními N, P, K hnojivy pro půdu:

- koncentrace přístupných živin N, P, K se zvyšují,
- ale díky poklesu pH se snižuje využití živin nadzemní biomasou /méně se zabudovávají zpátky do biomasy/ (Hejcman et al. 2010, Kidd et al. 2017 aj.)



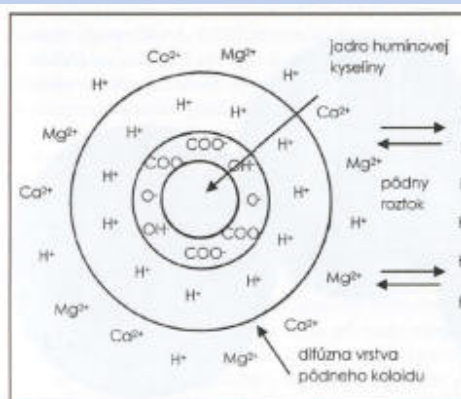
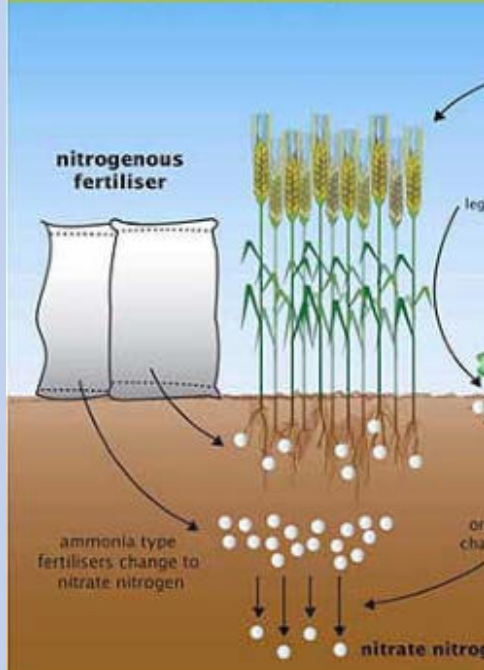
Obr. 7 Výměna kationů mezi organickým půdním koloidem (huminová kyselina) a koreňm rostliny

FIGURE 3. Potassium, sulfur, calcium and magnesium are more available at higher pH, the micronutrients are more available at lower pH.

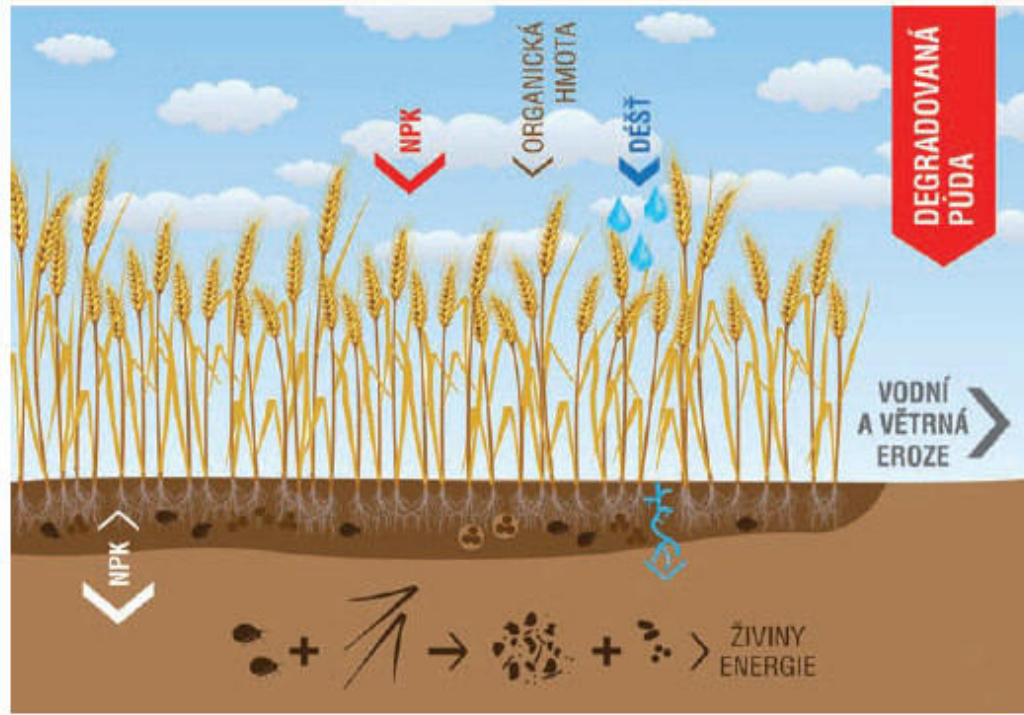
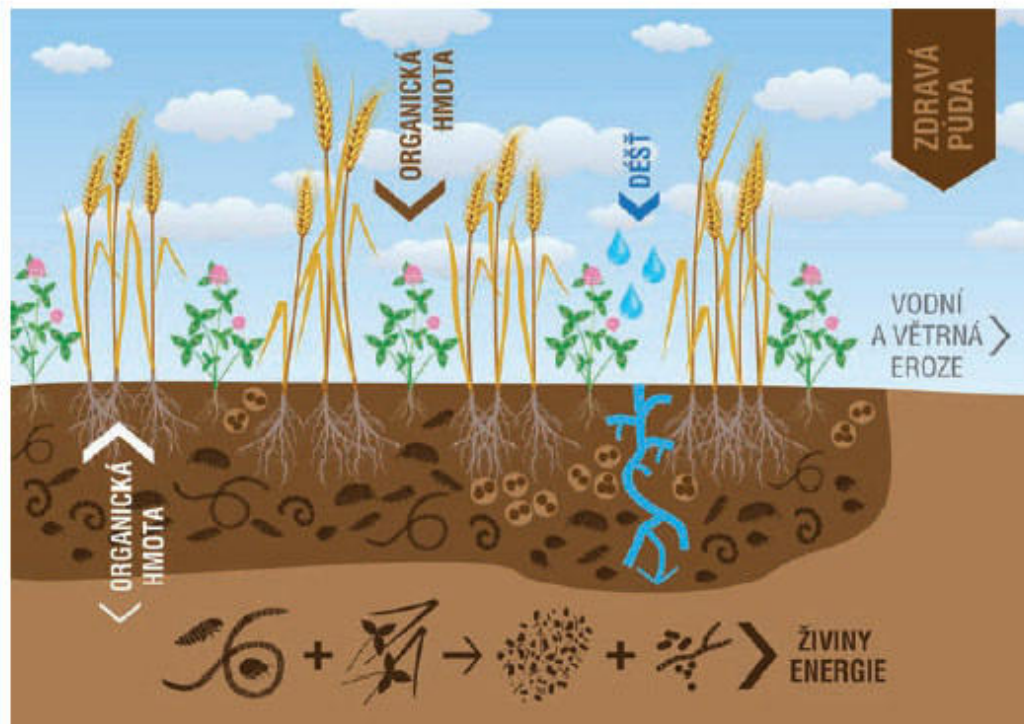


McCauley et al. 2017

The causes of soil acidity



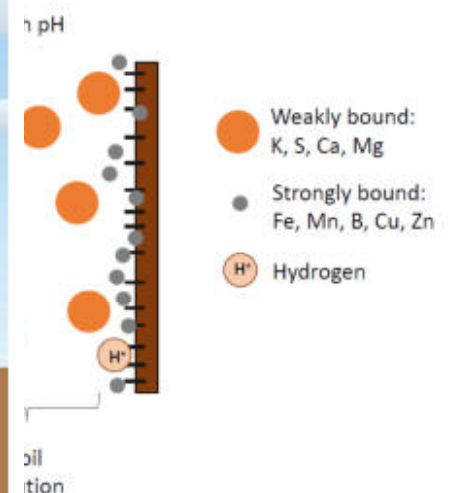
Obr. 7 Výměna kationů mezi organickým půdním a koreňm rostliny



minerálními N,  
du:

oných živin N,

l se snižuje  
ní biomasou  
rají zpátky do  
et al. 2010,



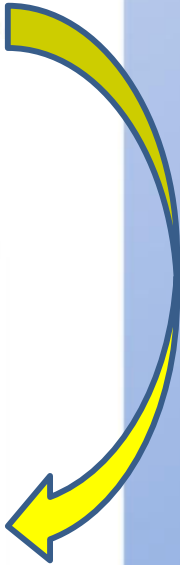
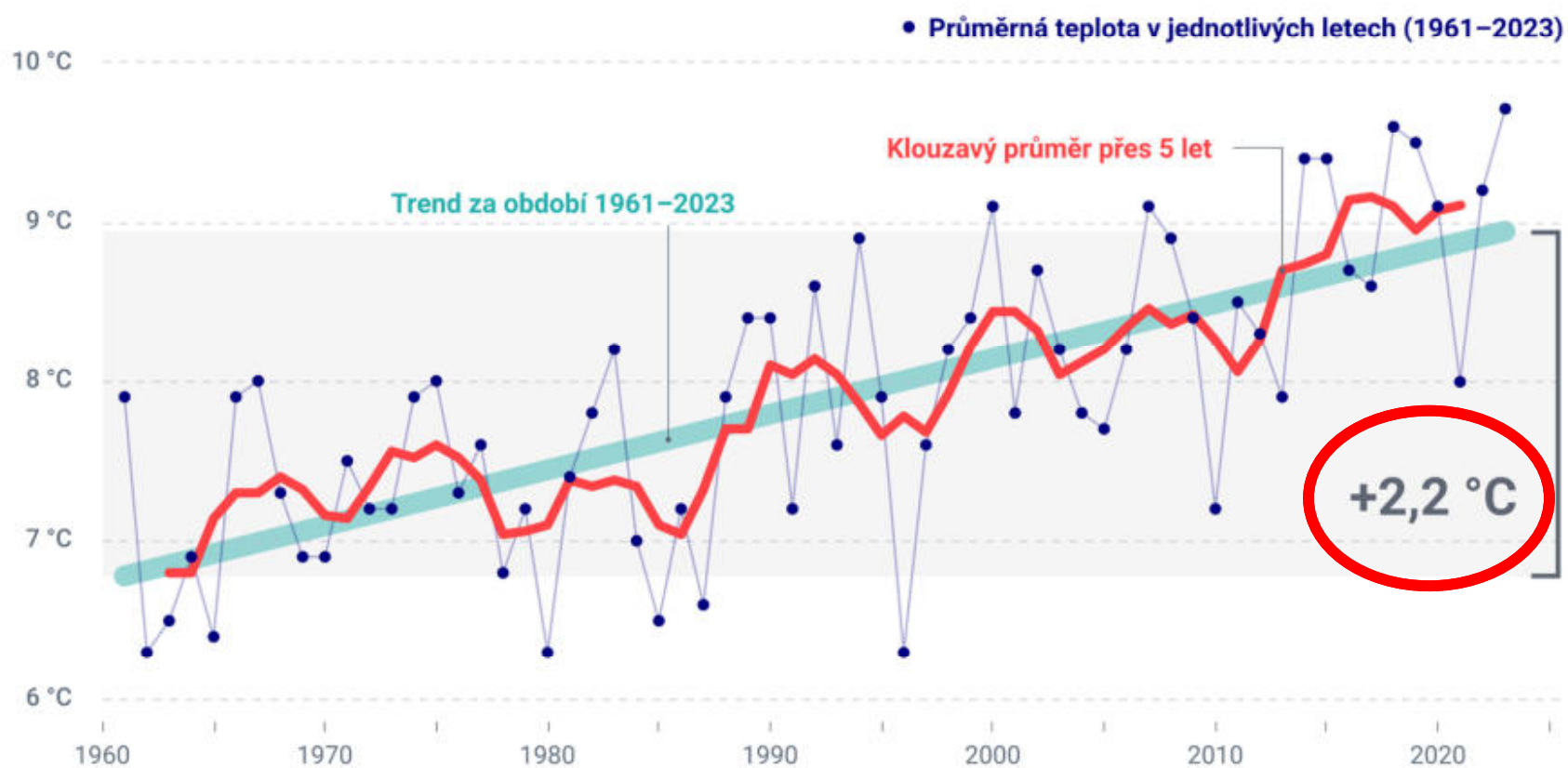
McCauley et al. 2017



# PRŮMĚRNÁ ROČNÍ TEPLOTA V ČR

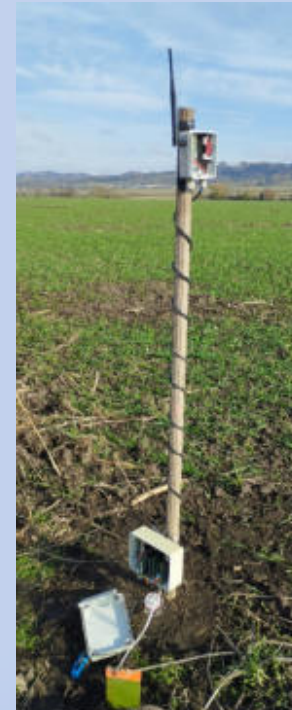
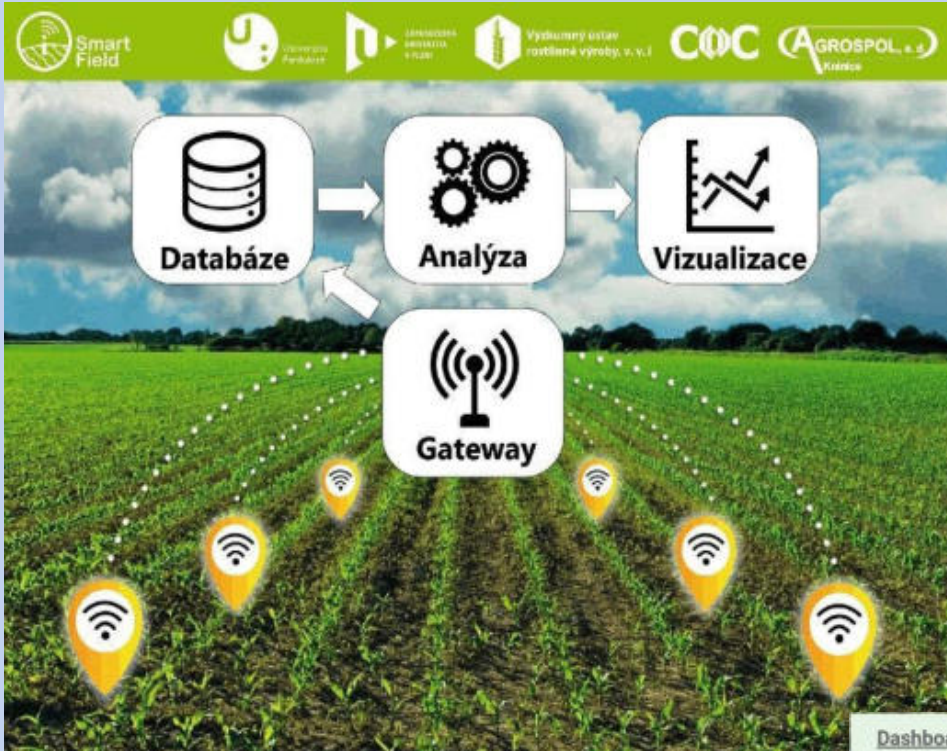
Teplota se od roku 1961 zvýšila o 2,2 °C.

## Trend za posledních 64 let



VERZE 2024-01-04 LICENCE CC BY 4.0  
více info na [faktaoklimatu.cz/teplota-cr](https://faktaoklimatu.cz/teplota-cr)

zdroj dat: ČHMÚ



**PATENTOVÝ SPIS**

**309 063**

**(11) Česká republika B6**

**(12) Patentová přihláška B6**

**(13) Patentová přihláška B6**

**(14) Patentová přihláška B6**

**(15) Patentová přihláška B6**

**(16) Patentová přihláška B6**

**(17) Patentová přihláška B6**

**(18) Patentová přihláška B6**

**(19) Patentová přihláška B6**

**(20) Patentová přihláška B6**

**(21) Patentová přihláška B6**

**(22) Patentová přihláška B6**

**(23) Patentová přihláška B6**

**(24) Patentová přihláška B6**

**(25) Patentová přihláška B6**

**(26) Patentová přihláška B6**

**(27) Patentová přihláška B6**

**(28) Patentová přihláška B6**

**(29) Patentová přihláška B6**

**(30) Patentová přihláška B6**

**(31) Patentová přihláška B6**

**(32) Patentová přihláška B6**

**(33) Patentová přihláška B6**

**(34) Patentová přihláška B6**

**(35) Patentová přihláška B6**

**(36) Patentová přihláška B6**

**(37) Patentová přihláška B6**

**(38) Patentová přihláška B6**

**(39) Patentová přihláška B6**

**(40) Patentová přihláška B6**

**(41) Patentová přihláška B6**

**(42) Patentová přihláška B6**

**(43) Patentová přihláška B6**

**(44) Patentová přihláška B6**

**(45) Patentová přihláška B6**

**(46) Patentová přihláška B6**

**(47) Patentová přihláška B6**

**(48) Patentová přihláška B6**

**(49) Patentová přihláška B6**

**(50) Patentová přihláška B6**

**(51) Patentová přihláška B6**

**(52) Patentová přihláška B6**

**(53) Patentová přihláška B6**

**(54) Patentová přihláška B6**

**(55) Patentová přihláška B6**

**(56) Patentová přihláška B6**

**(57) Patentová přihláška B6**

**(58) Patentová přihláška B6**

**(59) Patentová přihláška B6**

**(60) Patentová přihláška B6**

**(61) Patentová přihláška B6**

**(62) Patentová přihláška B6**

**(63) Patentová přihláška B6**

**(64) Patentová přihláška B6**

**(65) Patentová přihláška B6**

**(66) Patentová přihláška B6**

**(67) Patentová přihláška B6**

**(68) Patentová přihláška B6**

**(69) Patentová přihláška B6**

**(70) Patentová přihláška B6**

**(71) Patentová přihláška B6**

**(72) Patentová přihláška B6**

**(73) Patentová přihláška B6**

**(74) Patentová přihláška B6**

**(75) Patentová přihláška B6**

**(76) Patentová přihláška B6**

**(77) Patentová přihláška B6**

**(78) Patentová přihláška B6**

**(79) Patentová přihláška B6**

**(80) Patentová přihláška B6**

**(81) Patentová přihláška B6**

**(82) Patentová přihláška B6**

**(83) Patentová přihláška B6**

**(84) Patentová přihláška B6**

**(85) Patentová přihláška B6**

**(86) Patentová přihláška B6**

**(87) Patentová přihláška B6**

**(88) Patentová přihláška B6**

**(89) Patentová přihláška B6**

**(90) Patentová přihláška B6**

**(91) Patentová přihláška B6**

**(92) Patentová přihláška B6**

**(93) Patentová přihláška B6**

**(94) Patentová přihláška B6**

**(95) Patentová přihláška B6**

**(96) Patentová přihláška B6**

**(97) Patentová přihláška B6**

**(98) Patentová přihláška B6**

**(99) Patentová přihláška B6**

**(100) Patentová přihláška B6**

**SMARTFIELD – Automatický systém sběru a zpracování teplotních a vlhkostních parametrů mikroklimatu a půdy pro podmínky precizního zemědělství v ČR na principu Internetu věcí (IoT)**

**Dashboard SMARTFIELD**

Hodinové průměry

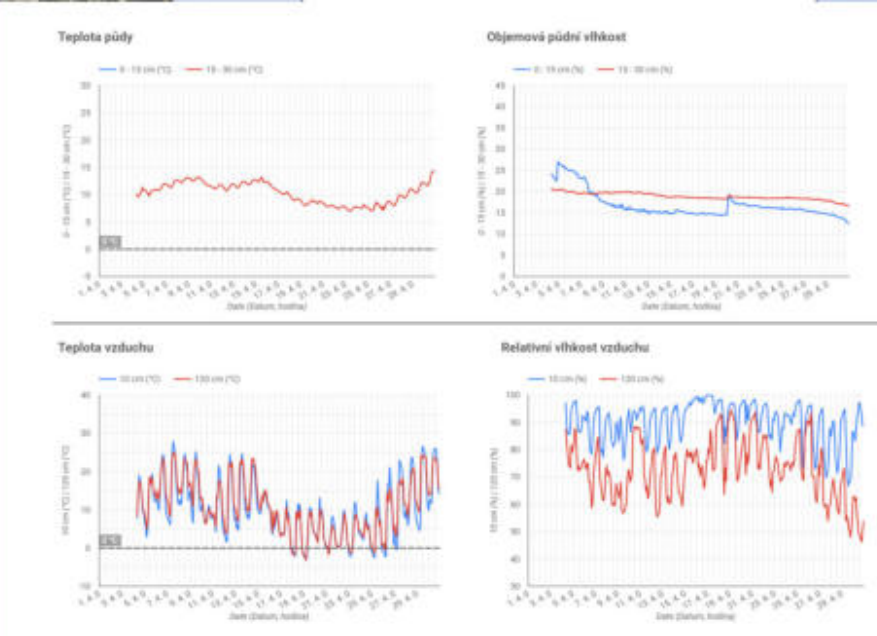
Umístění sledovaného bodu

Sledovaný bod

Název: (10) Pevnost (1) -

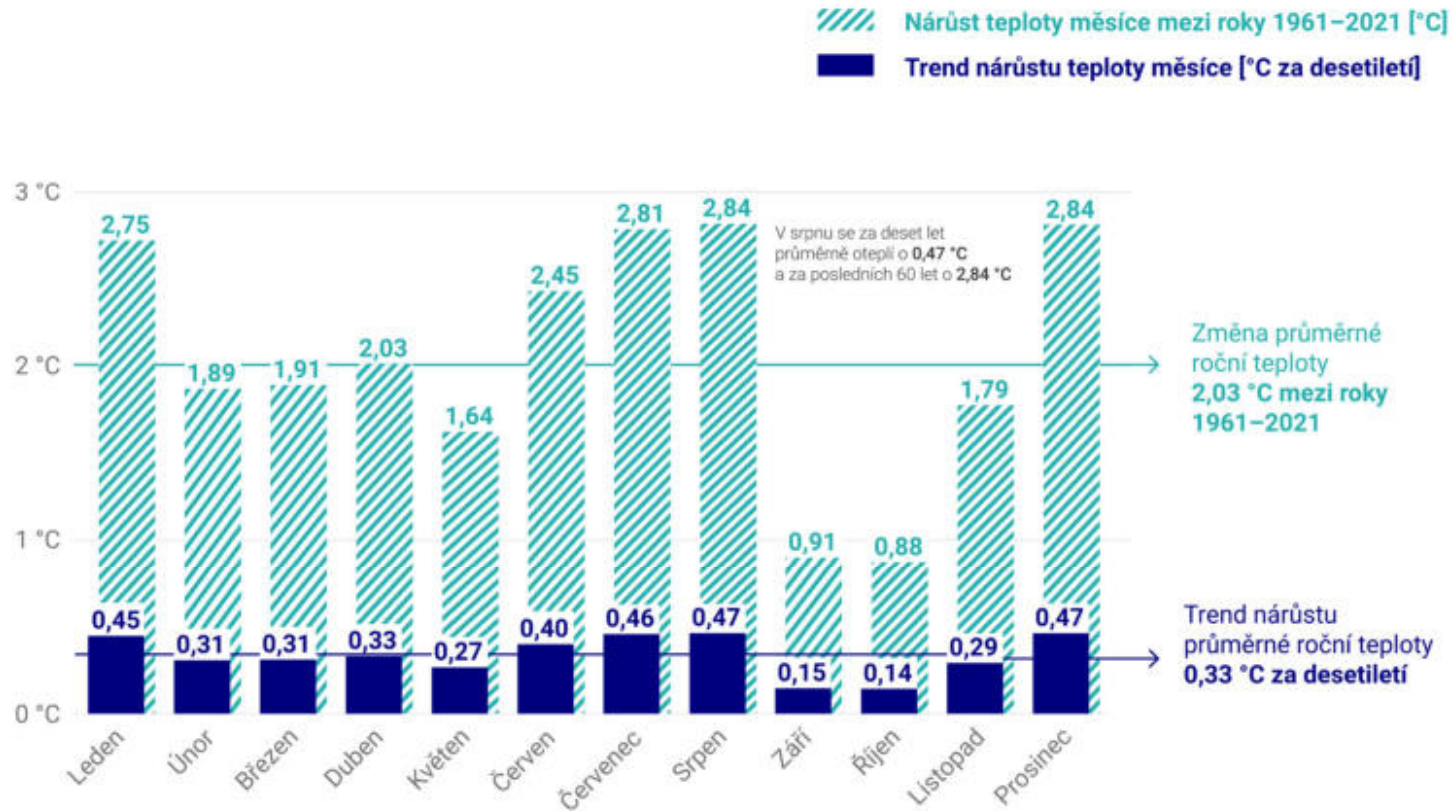
Časové rozmezí pro zobrazení

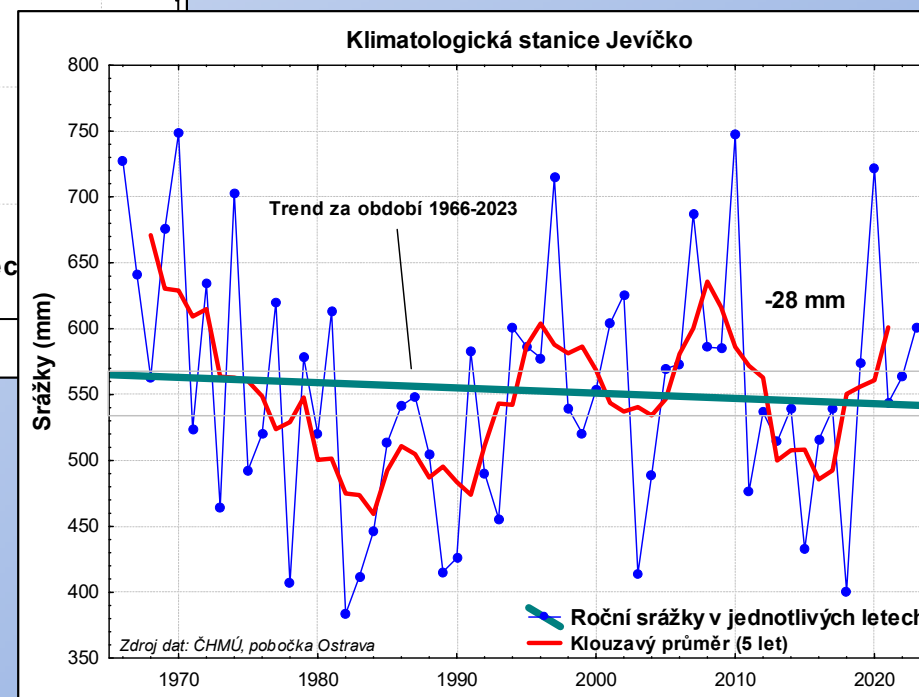
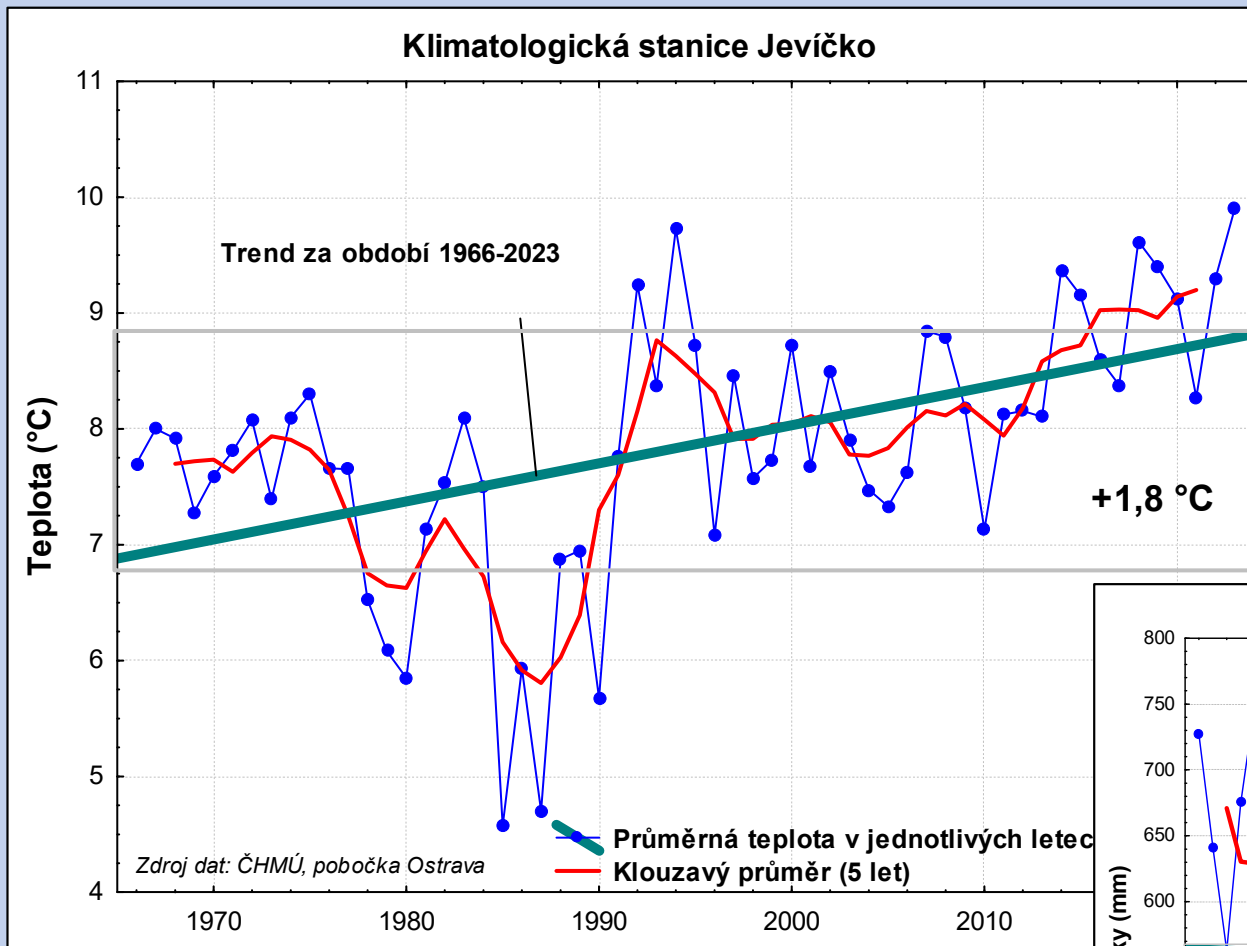
1. 8. 2024 - 30. 8. 2024





## TREND NÁRŮSTU TEPLOT V ČR V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH

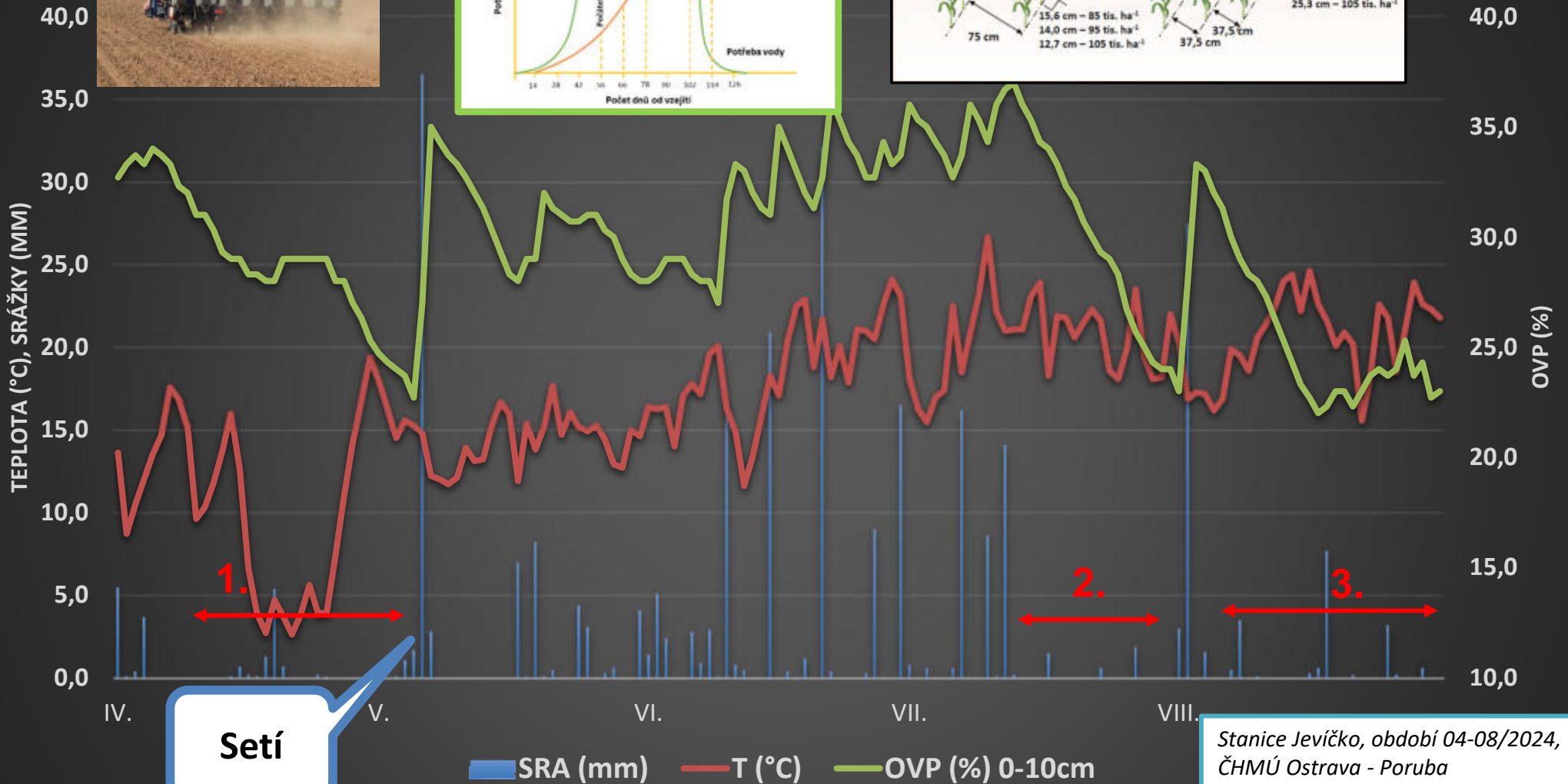
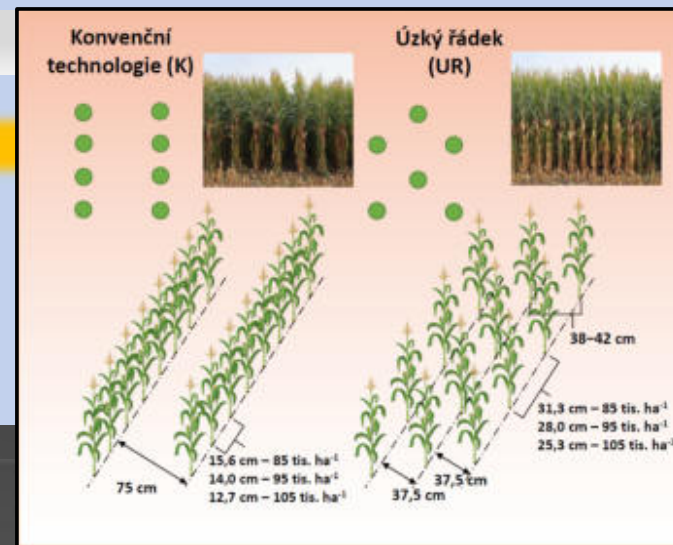
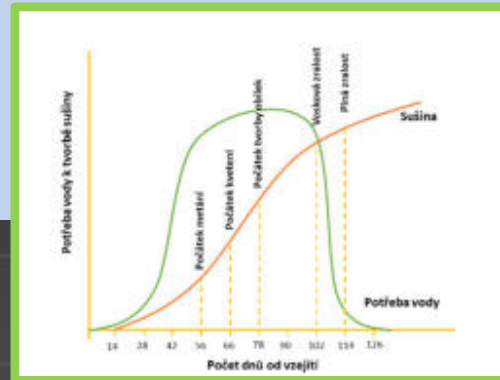




**Menšík, Nerušil 2024**



Vývoj počasí v roce 2024



Stanice Jevíčko, období 04-08/2024,  
ČHMÚ Ostrava - Poruba





## Výskyt mrazů v druhé polovině dubna 2024

Teplota vzduchu (°C) / den	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.
Minimální	5,2	1,0	-3,0	-3,3	2,1	-0,5	1,3	-1,8	2,5	-1,8	-2,7	-0,2
Min. přízemní	3,7	0,8	-5,2	-5,2	2,7	-1,4	0,4	-3,2	2,3	-3,6	-4,8	-2,3
Maximální	12,8	9,4	10,5	11,3	9,9	6,0	7,5	9,6	7,3	11,1	15,1	18,9
Průměrná	6,6	3,9	2,7	4,7	3,7	2,6	3,8	5,6	3,9	3,9	7,4	11,0



Poškozený porost řepy obecné cukrové (*Beta vulgaris Altissima Group*) v oblasti Boskovické brázdy. Lokalita Vážany, AGROSPOL, a.d. Knínice. Foto: L. Menšík ml., 24.4.2024.



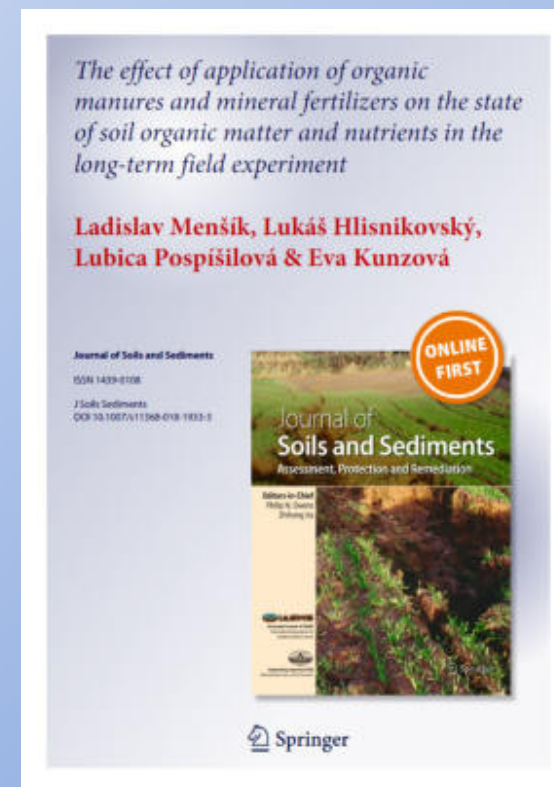
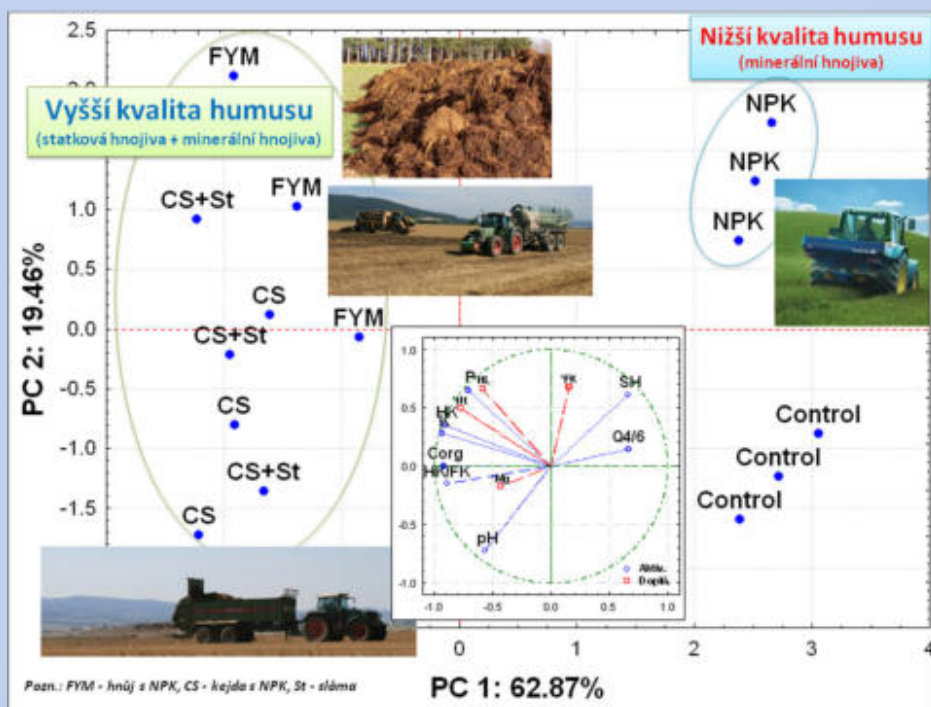
Zmrzlý porost vojtěšky seté a poškozená rostlina mrazem v oblasti Boskovické brázdy. Lokalita Boskovice, AGROSPOL, a.d. Knínice. Foto: L. Menšík ml., 26.4.2024.



## Studie I

# Vliv aplikace statkových a minerálních hnojiv na stav půdní organické hmoty a živin v dlouhodobém polním experimentu

*Menšík et al. 2018*



<https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-018-1933-3>

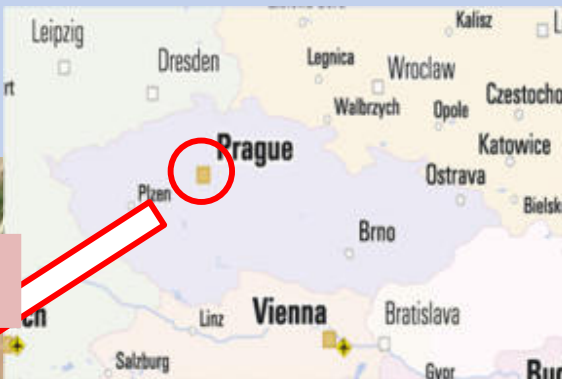


## VÚRV – Ruzyně, Pole IV

Založeno: 1955

GPS: 50°05'N and 14°17'E

Nad. výš.: 345 m n. m.



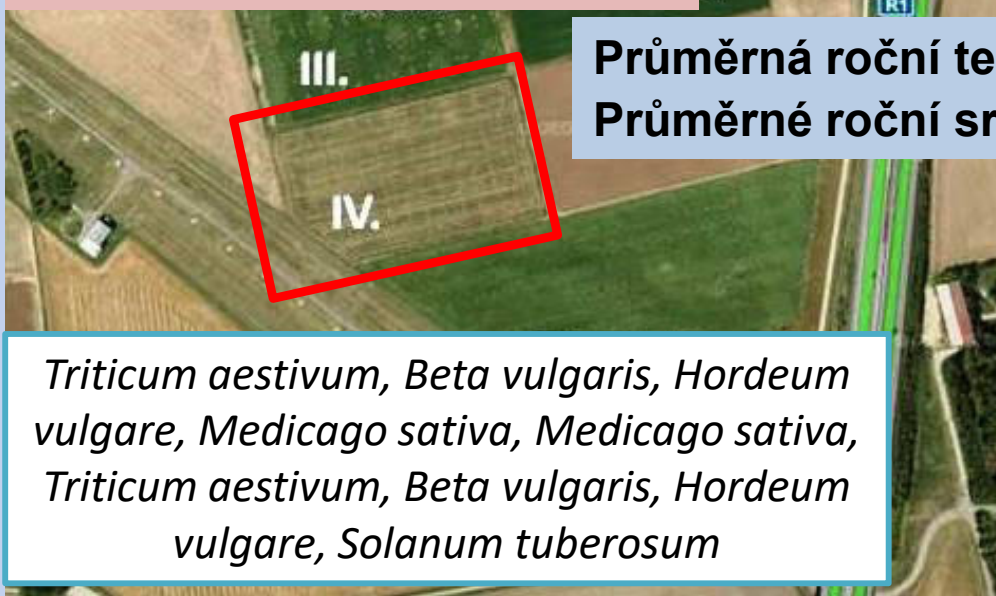
## Varianty hnojení

- Kontrola
- NPK
- NPK+hnůj (FYM),
- NPK+keřda (CS),
- NPK+keřda+sláma (CS+Straw)

## Osevňovací postup

- 45% obilovin
- 33% okopanin
- 22% pícnin

Průměrná roční teplota: 8,4 °C  
Průměrné roční srážky: 555 mm



*Triticum aestivum, Beta vulgaris, Hordeum vulgare, Medicago sativa, Medicago sativa, Triticum aestivum, Beta vulgaris, Hordeum vulgare, Solanum tuberosum*

Hnědozem  
modální  
(HNm)

Měřené charakteristiky  
a metody stanovení

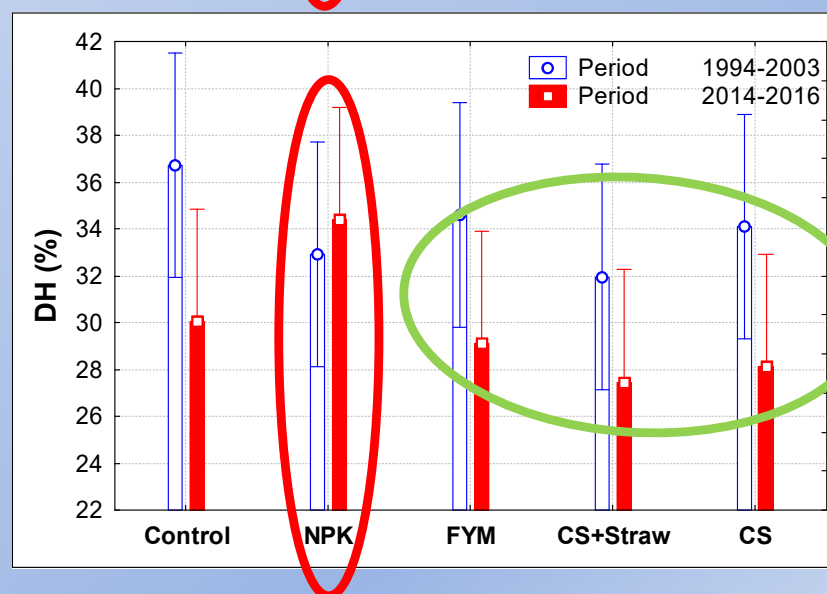
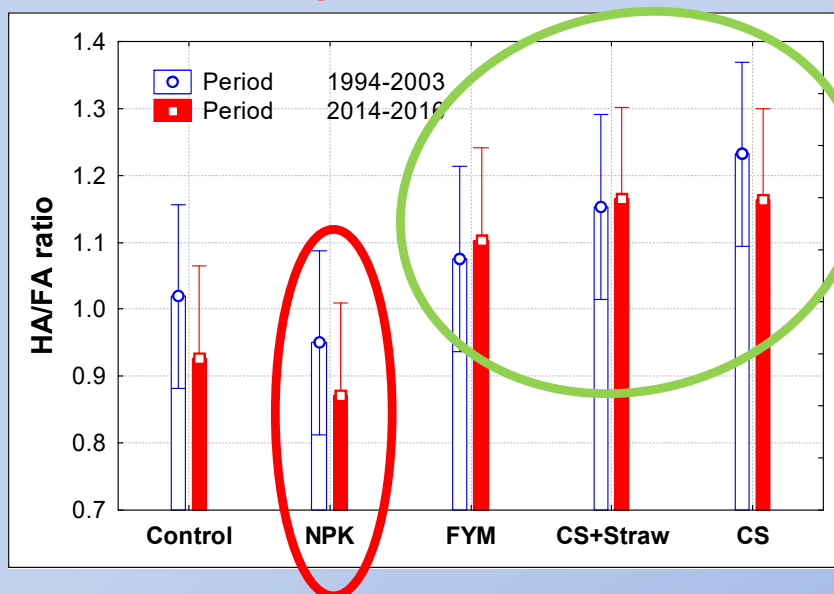
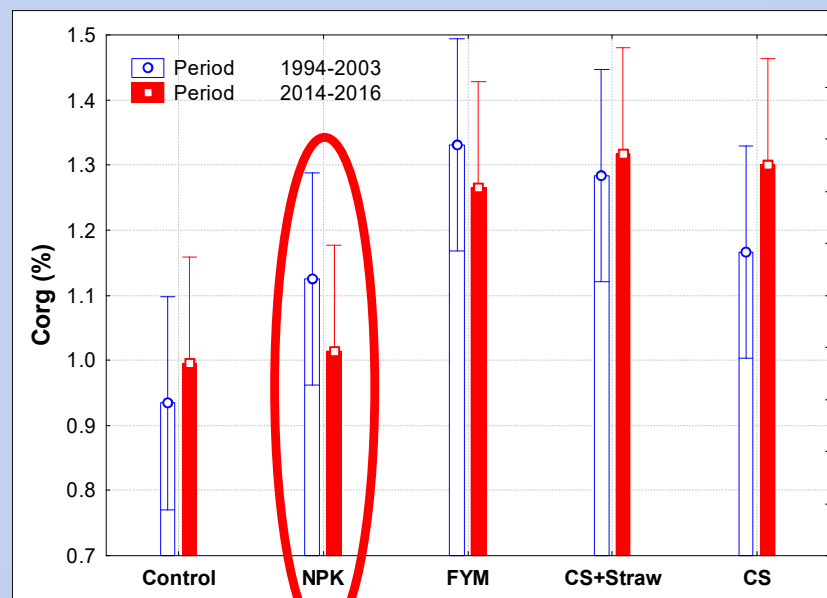
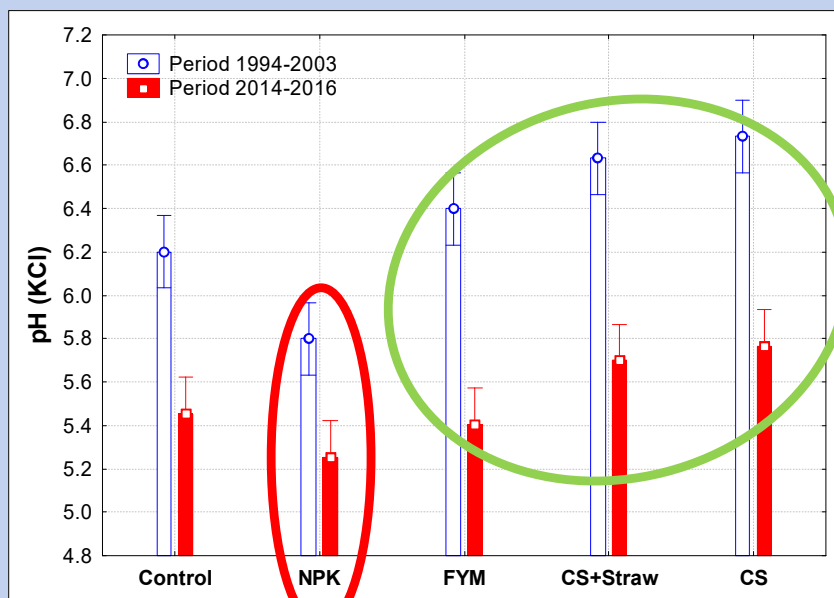
- Období: 1994–2003 (n=6), 2014–2016 (n=6)
- Horizont: Ap (0–30 cm)
- Půdní kyselost
- Obsah uhlíku, dusíku
- Přístupné živiny
- Humusové látky (HL)
  - a) Frakcionace HL
  - b) Barevný kvocient
  - c) Stupeň humifikace
- Statistické hodnocení
  - a) EDA, ANOVA,
  - b) PCA, FA, CLU

## Průměrné dávky jednotlivých hnojiv

	Kontrola	NPK	NPK+FYM	NPK+CS	NPK+CS+St
<b>N</b>	0	91	116	119	125
<b>P</b>	0	31	39	37	38
<b>K</b>	0	146	163	163	176



## pH, Obsah uhlíku, Poměr HK/FK, Stupeň humifikace

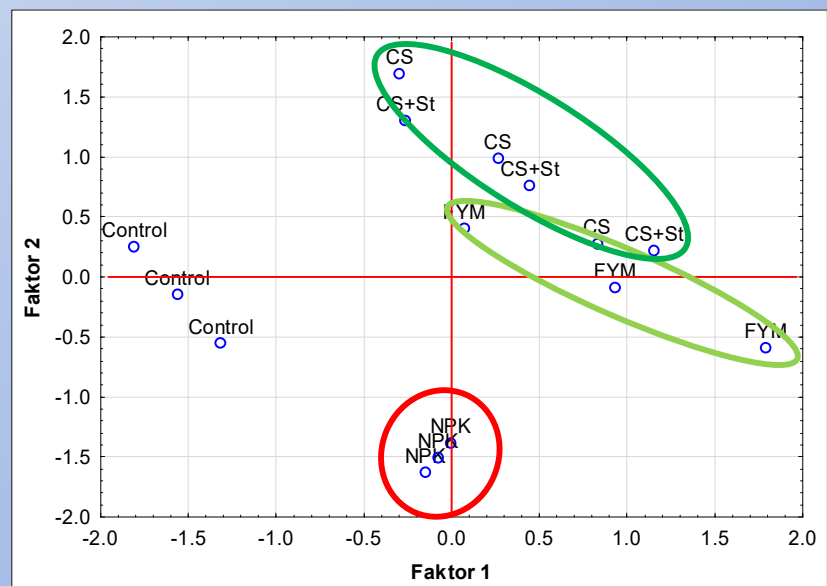
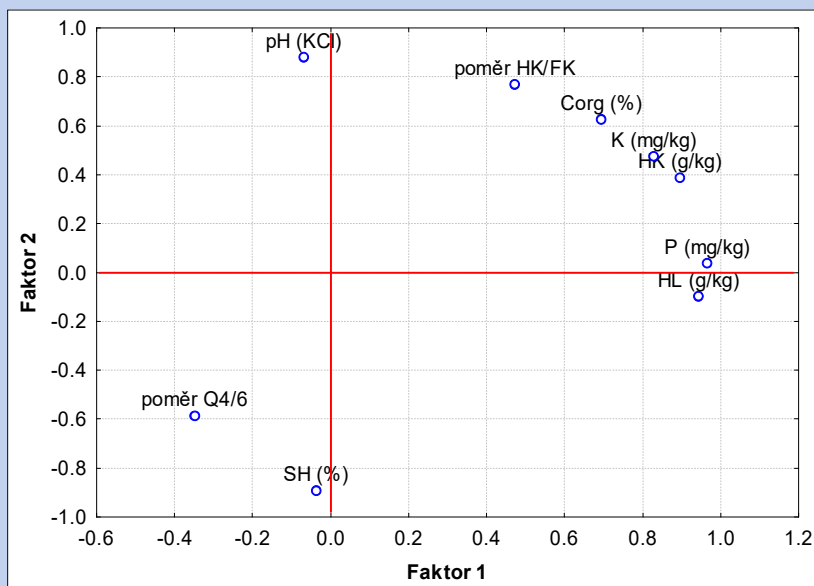
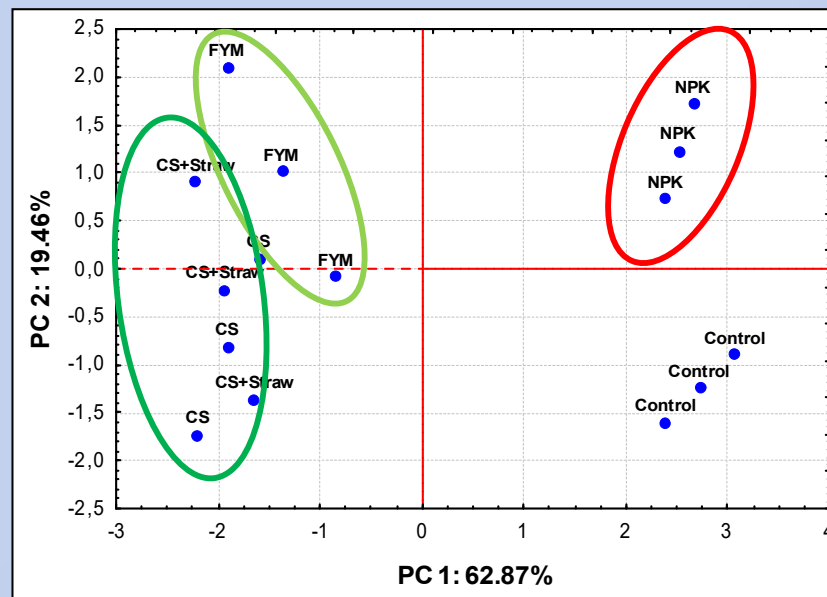
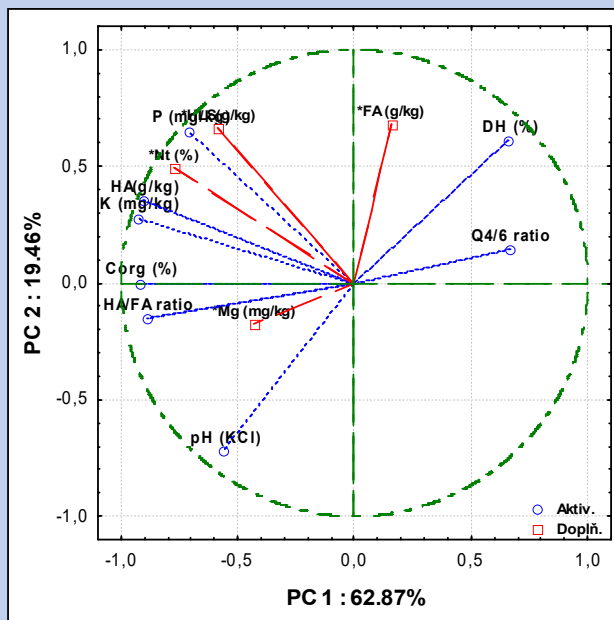


Pozn.: NPK+hnůj (FYM), NPK+kejda (CS); NPK+kejda+sláma (CS+Straw)



# Analýza hlavních komponent /PCA/ a Faktorová analýza /FA/

PCA



FA

Pozn.: NPK+hnůj (FYM), NPK+kejda (CS); NPK+kejda+sláma (CS+Straw), období 2014-2016



# Závěr - studie I

## ➤ NPK (nízká kvalita humusu):

- vysoká acidita,
- nízký obsah  $C_{org}$ ,
- nízký obsah HL,
- nepříznivý poměr HK/FK,
- vysoký stupeň humifikace (SH),
- nízký obsah P a K.

## ➤ Hnůj, Kejda; Kejda+Sláma (vysoká kvalita humusu):

- nízká acidita,
- vysoký obsah  $C_{org}$ ,
- vysoký obsah HL,
- příznivý poměr HK/FK,
- nízký stupeň humifikace (SH),
- vysoký obsah P a K.



## Studie II

# Stav půdní organické hmoty a živin v dlouhodobém polním experimentu s aplikací statkových a organických hnojiv v rozdílných půdně-klimatických podmínkách v souvislosti s probíhající klimatickou změnou

### Chapter

## The State of the Soil Organic Matter and Nutrients in the Long-Term Field Experiments with Application of Organic and Mineral Fertilizers in Different Soil-Climate Conditions in the View of Expecting Climate Change

Ladislav Menšík, Lukáš Hlímikovský and Eva Kunzeová

### Abstract

Soil organic matter (SOM) plays an important role in the terrestrial ecosystems and agroecosystems. Changes in the agricultural sector in the countries of the Central and Eastern Europe (the Czech Republic, Slovakia, Poland, etc.) within the past 25 years have negatively affected the SOM and contributed to the soil degradation. The aim of this chapter is the evaluation of the long-term application of mineral fertilizers and farmyard manure: the Control (without fertilization), farmyard manure (FYM + 0), FYM accompanied with NPK (FYM + N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K), and FYM with mineral nitrogen (FYM + N (FYM + N<sub>2</sub>)), on the essential chemical properties of the soil and yield of the fundamental arable crops in the long-term field experiments, established in different soil and climate conditions (black soils, brown soils, cambisols, altitude ranging from 260 to 450 m a.s.l.) of the Czech Republic in 1955, using the modern multi-criteria statistical methods (PCA, FA, CLU, etc.). The long-term and regular application of organic manure and organic manure with mineral

## Menšík et al. 2019



<https://www.intechopen.com/books/organic-fertilizers-history-production-and-applications/the-state-of-the-soil-organic-matter-and-nutrients-in-the-long-term-field-experiments-with-applicati>



# Materiál a metody

## Založeno: 1956

Parameter/locality	ICRFE	LCRFE	CCRFE
Altitude (m a.s.l.)	225	620	263
Soil type*	Chernozems leptic	Cambisols skeletal	Chernozems calcic (luvic)—degraded
Parent material	Loess, loess loam	Parabula metamorphosed	Loess, loess loam
Cropping area**	Sugar beet	Potato	Sugar beet
Thickness of the arable layer (cm)	40–45	25–30	30–35
Mean annual temperature (°C)***	9.1	7.4	8.3
Mean annual precipitation (mm)***	538.2	690.7	590.0

\*WRB 2015.

\*\*According to the Czech national classification.

\*\*\*ICRFE weather station Ivanovice na Hané (1962–2012), LCRFE weather station Lukavec (1962–2012), CCRFE weather station Filipov (1982–2012).

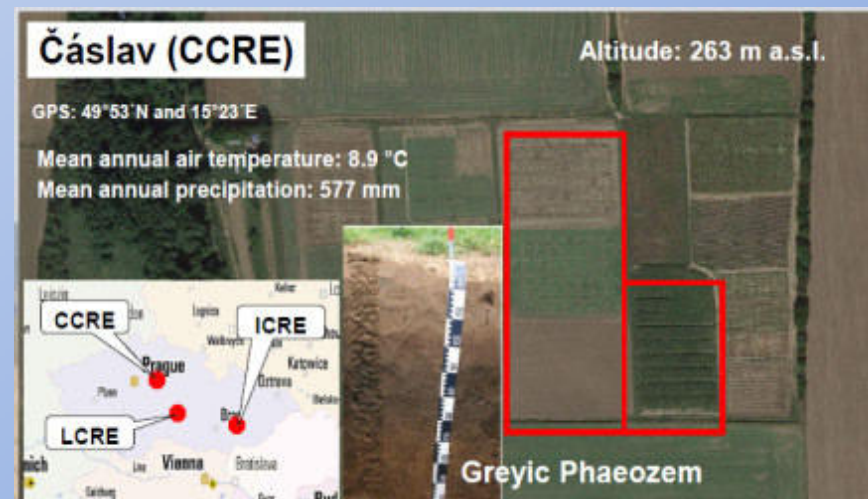
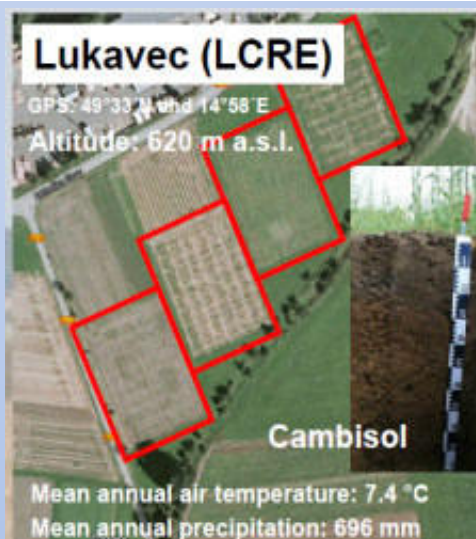
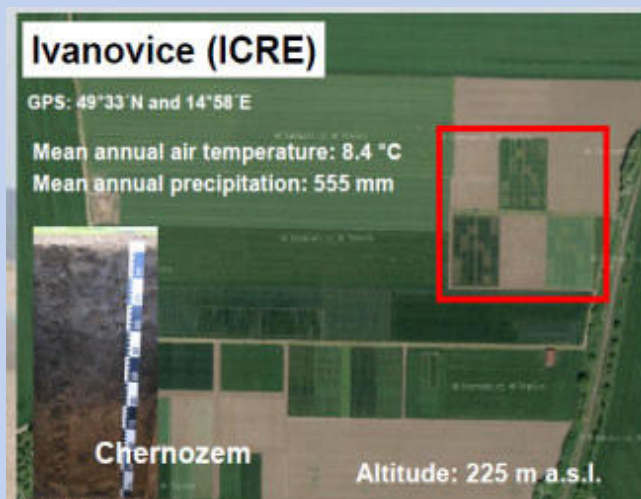
Varianty hnojení:

- Kontrola
- Hnůj (FYM+0)
- Hnůj + N3PK (FYM+N3PK)
- Hnůj + N2 (FYM+N2)

Osevní postup:

kukuřice seté, ječmen jarní, řepka ozimá, pšenice ozimá

Posklizňové zbytky:  
nezaorávají se

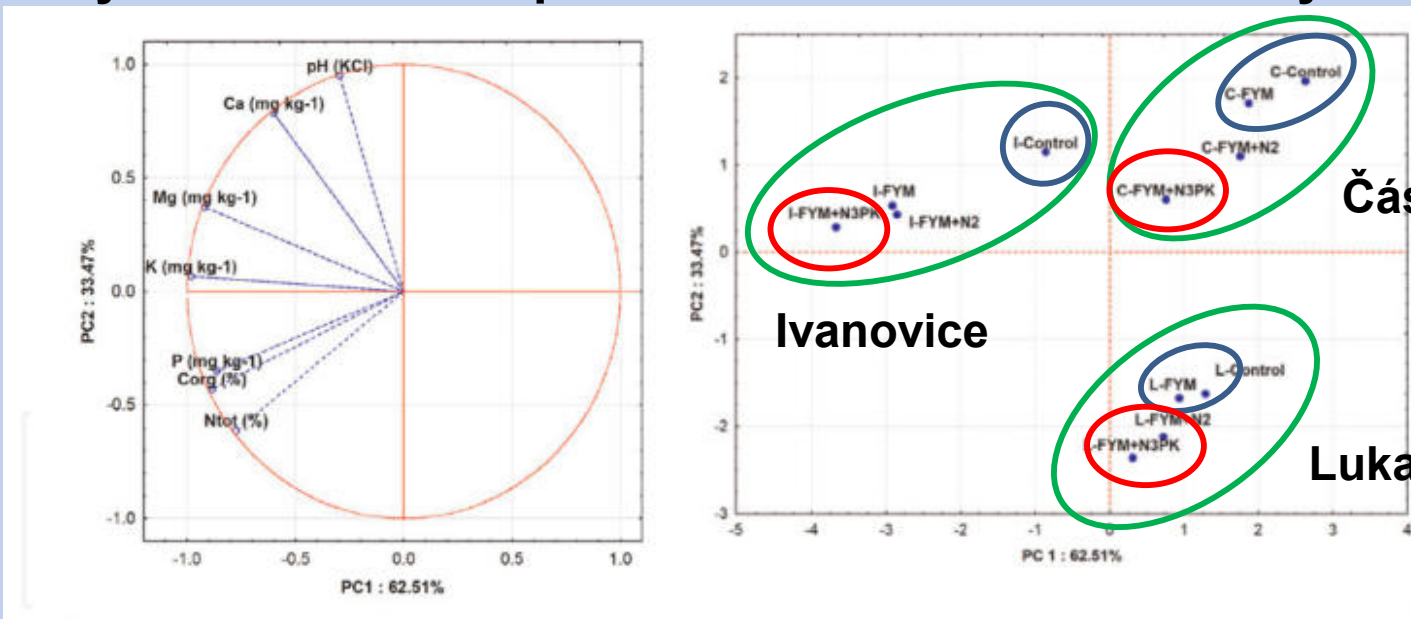






# Analýza hlavních komponent /PCA/ a Faktorová analýza /FA/

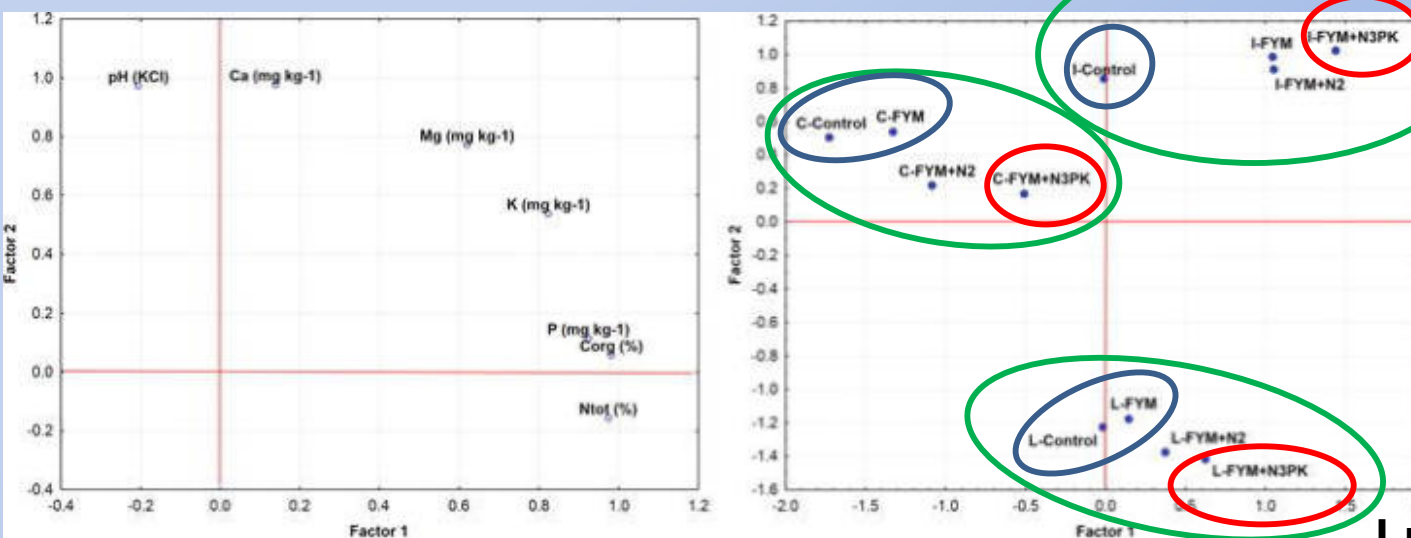
PCA



Čáslav

Ivanovice

Lukavec



Ivanovice

FA

Lukavec



# Závěr - studie II

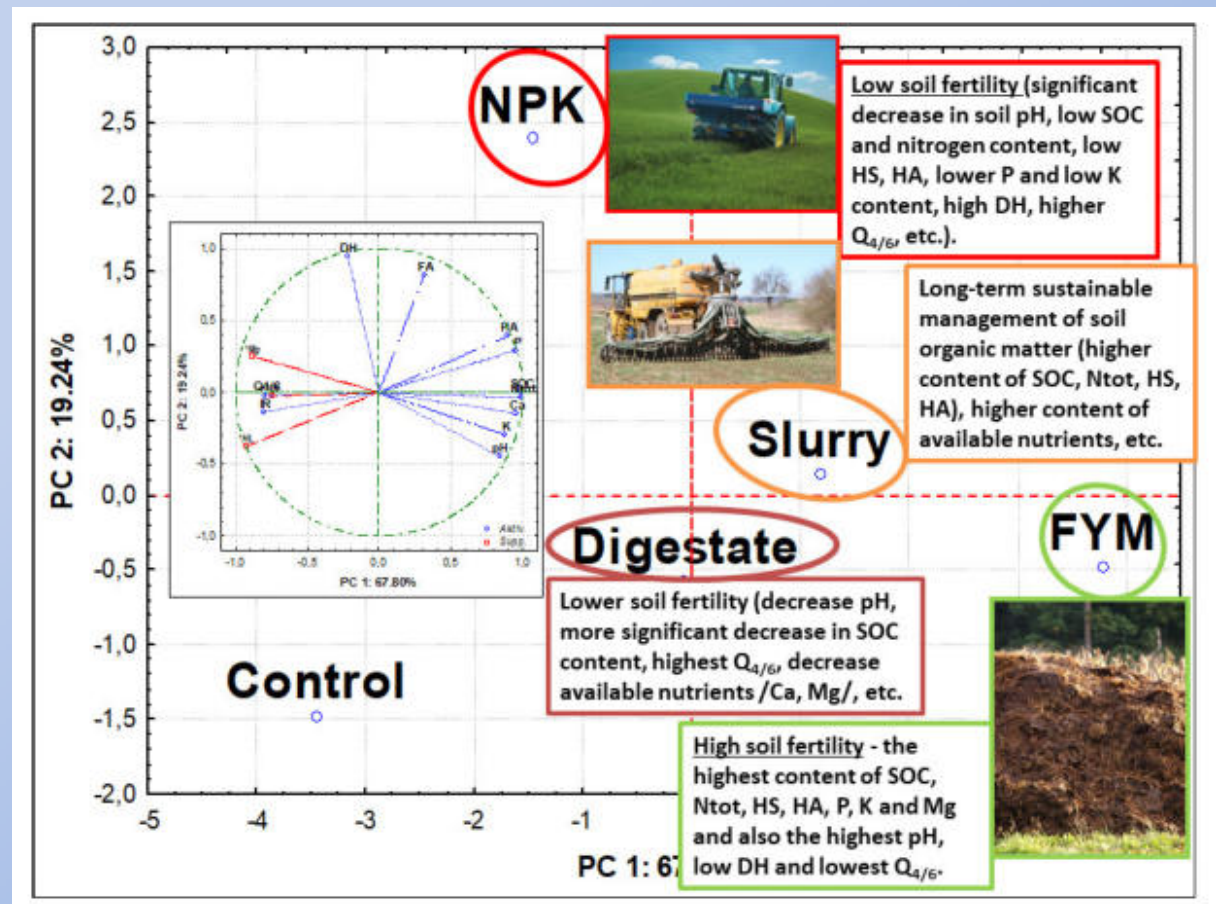
- **Kontrola (základní stav půdy), Hnůj (FYM+0):**
  - vyšší obsah Corg a Ntot,
  - vyšší pH, obsah P, K, Ca, Mg na úrovni Kontroly (kromě Ivanovice na H. - velmi kvalitní stanoviště z pohledu půdy /černozem/).
  
- **Hnůj/FYM/+N3PK; Hnůj/FYM/+N2:**
  - vysoký obsah Corg, vysoký obsah Ntot,
  - vyšší obsah přístupných živin (P, K, Mg) převážně ve variantě Hnůj /FYM/+N3PK,
  - nižší pH (pokles oproti Kontrole a Hnůj/FYM/+0 - okyselování v důsledku dodávání N v minerální formě převážně na půdně horších stanovištích Lukavec, Čáslav oproti Ivanovice na H.).

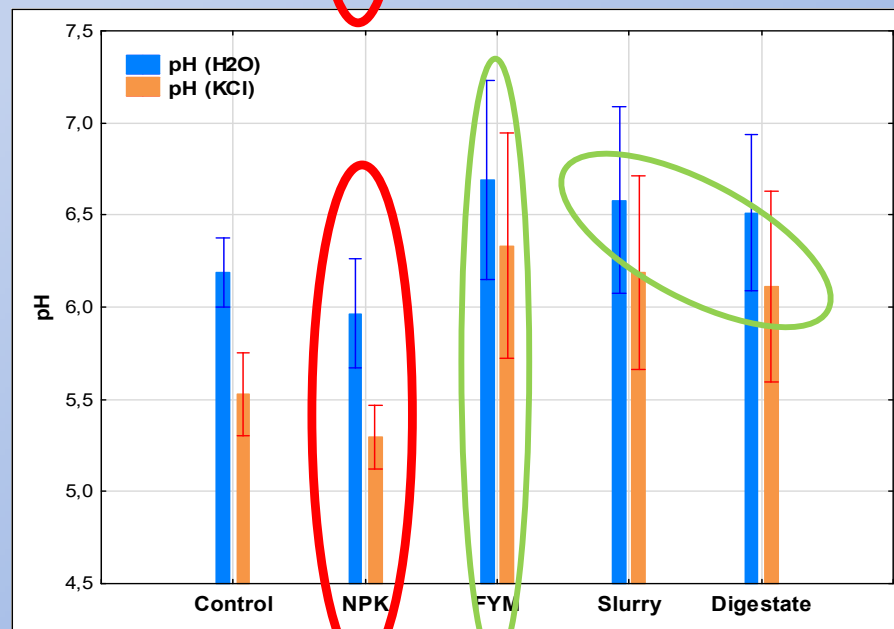
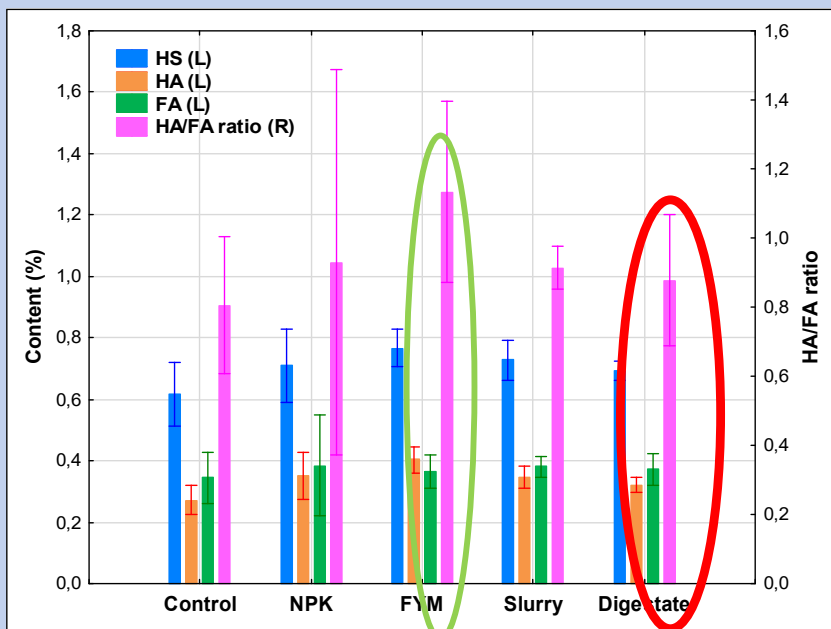
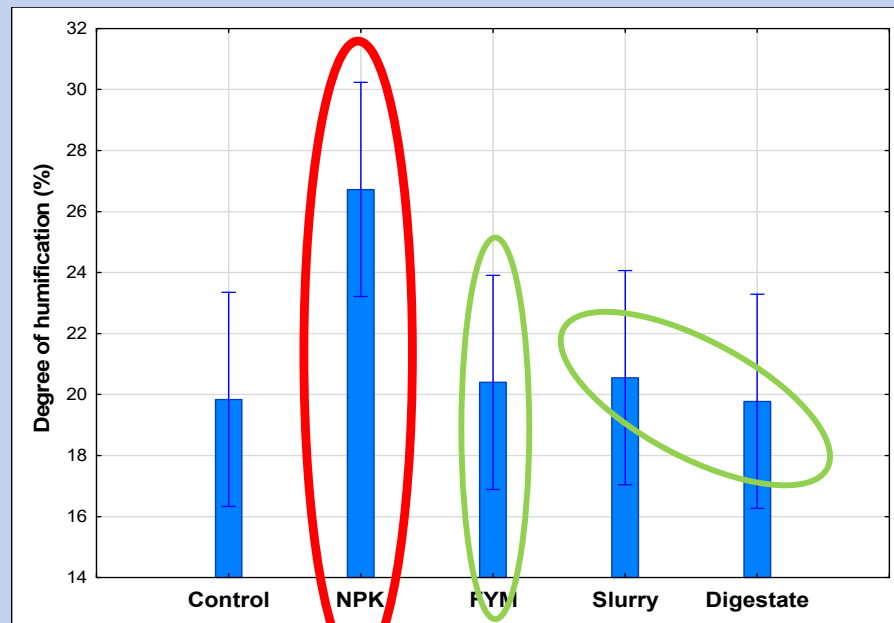
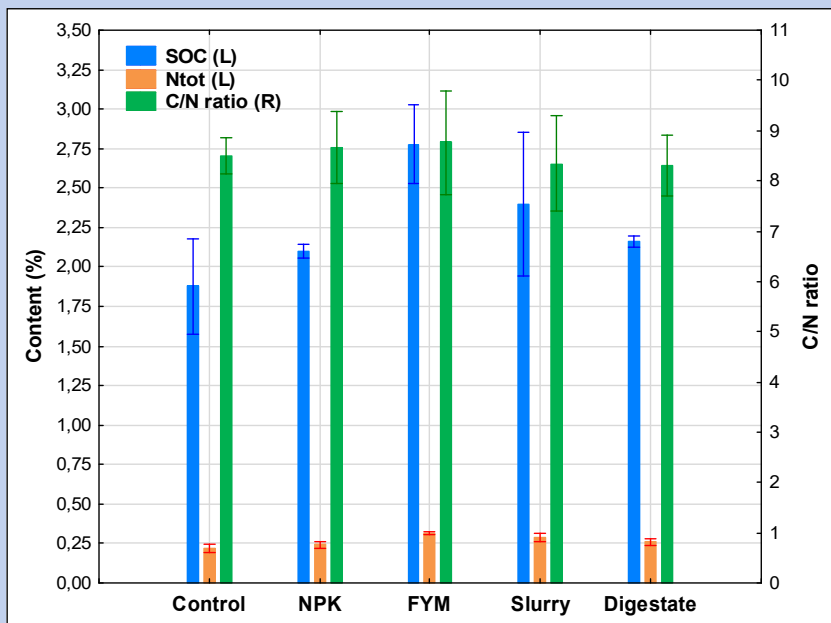


## Studie III

# Vliv hnojení TTP minerálními, statkovými, organickými (digestát) hnojivy na stav a kvalitu půdy (VS Jevíčko, Boskovická brázda)

*Křivánková et al. 2017; Nerušil et al. 2018; Menšík et al. 2019; Menšík, Nerušil 2019; Plisková et al. 2021, 2022 aj.*





Pozn.: Hnůj (FYM), Kejda skotu (Slurry); Digestát (Digestate), období 2019-2021



## Závěr - studie III

Výsledky multikriteriálního hodnocení stavu půdy:

- (1) **hnojení statkovými hnojivy (Hnůj)** - nejvyšší obsah Cox, Ntot, HL, HK, P, K a Mg a dále i nejvyšší pH, nízký SH a nejnižší  $Q_{4/6}$ , vyšší IR - vysoká úrodnost půdy;
- (2) **hnojení statkovými hnojivy (Kejda)** - dlouhodobě udržitelné hospodaření s půdní organickou hmotou (vyšší obsah SOC, Ntot, HL, HK), vyšší obsah přístupných živin apod.;
- (3) **hnojení organickými hnojivy (Digestát)** - nižší úrodnost půdy (pokles pH, významnější pokles obsahu SOC, nejvyšší  $Q_{4/6}$ , nejnižší IR a dále pokles obsahu Ca i Mg);
- (4) **hnojení minerálními hnojivy /NPK/** - nízká úrodnost půdy (významný pokles pH půdy, nízký obsah uhlíku i dusíku, nízký obsah HL, HK, nižší obsah P a nízký obsah K, vysoký SH, vyšší  $Q_{4/6}$  apod.).



Produkční, kvalitativní a porostové změny  
trvalého lučního společenstva ve vztahu  
k intenzitě využívání a úrovni hnojení  
v oblasti Malé Hané



Ladislav Menšík  
Pavel Nerušil



stavu půdy:

új) - nejvyšší obsah Cox, Ntot, HL, HK,  
vyšší SH a nejnižší Q<sub>4/6</sub> - vyšší IR - vysoká

**Menšík L., Nerušil P.**

**2019. Produkční, kvalitativní a  
porostové změny trvalého lučního  
společenstva ve vztahu k intenzitě  
využívání a úrovni hnojení v oblasti**

**Malé Hané.** Pořadí vydání: první.

[Praha]: Výzkumný ústav rostlinné  
výroby, v.v.i., 100 s. ISBN 978-80-  
7427-319-3.

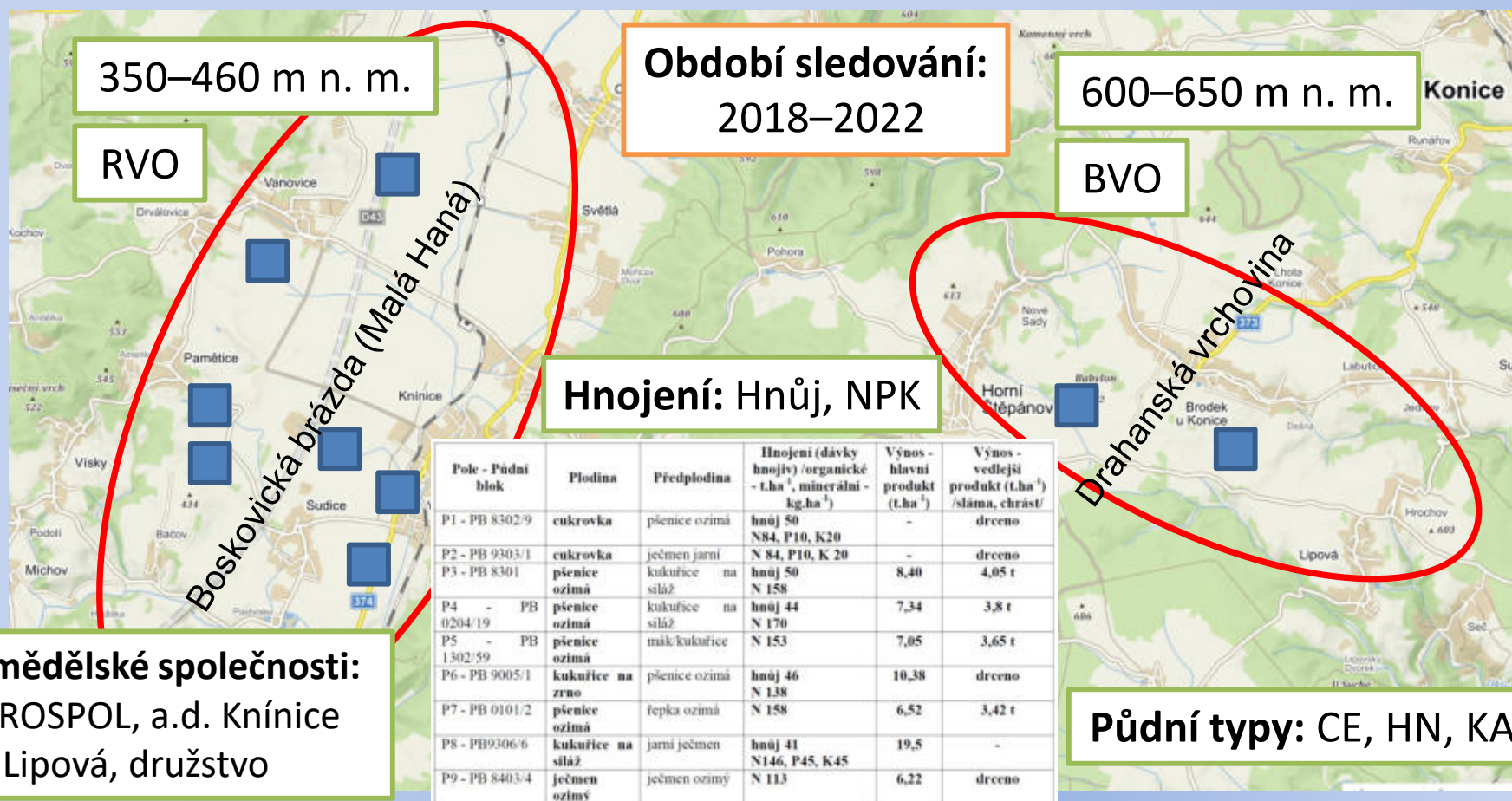
PK/): nízká úrodnost půdy (významný  
u i dusíku, nízký obsah HL, HK, nižší  
vyšší Q<sub>4/6</sub> apod.).



## Studie IV

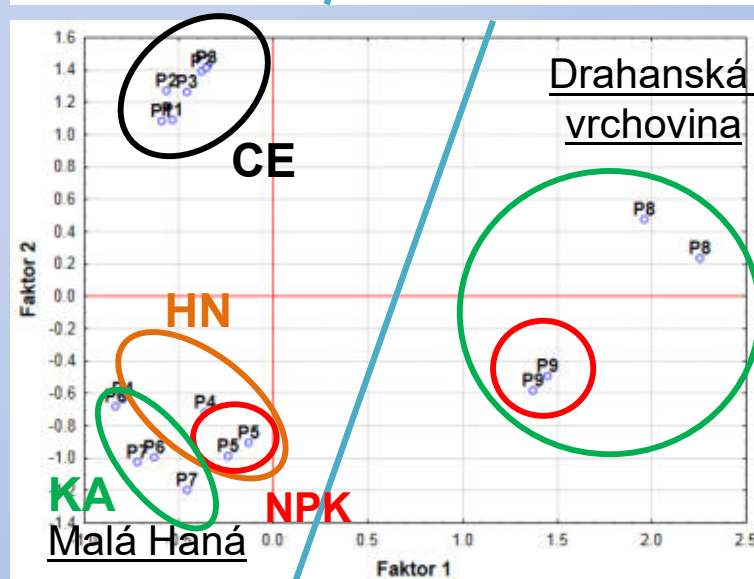
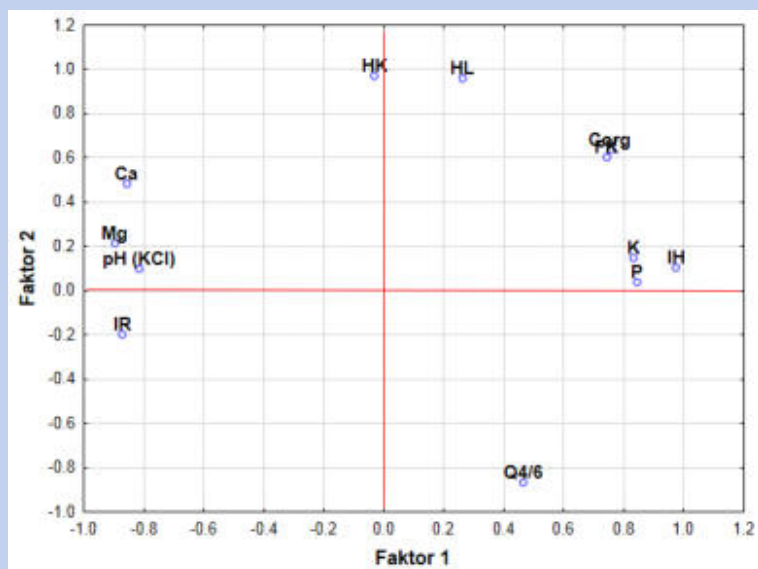
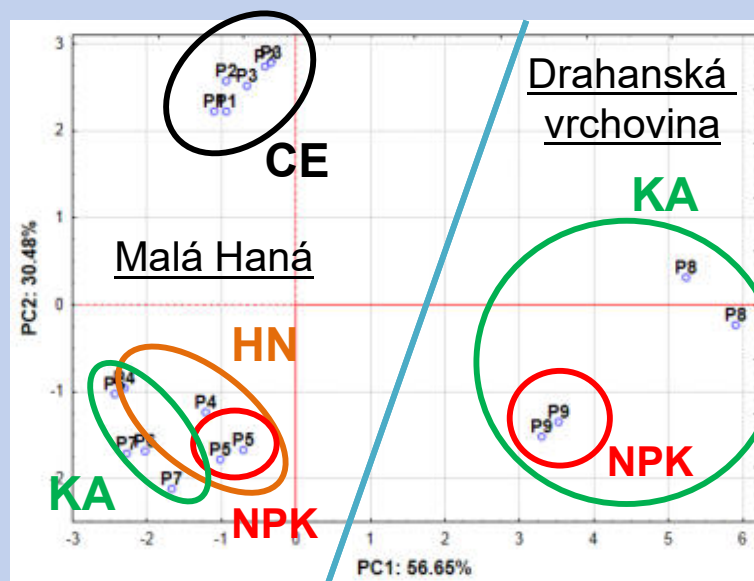
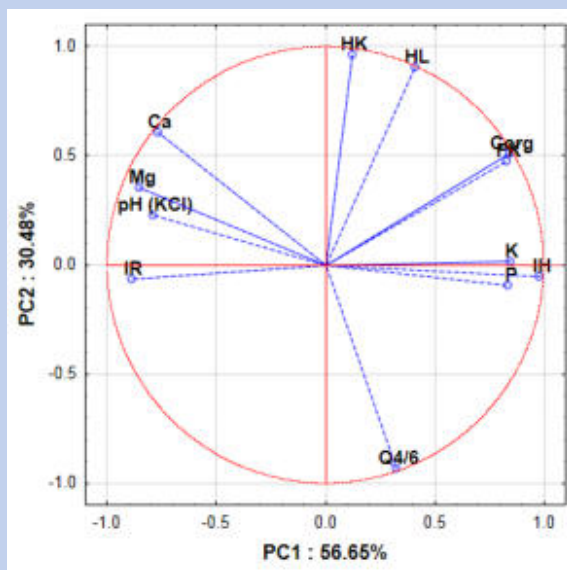
# Monitoring kvality SOM v provozních podmínkách oblasti Malé Hané a Dražanské vrchoviny

*Menšík et al. 2018, 2019, 2020, 2021, 2022*





## PCA



## FA

Pozn.: pH - půdní reakce,  $C_{org}$  - půdní organický uhlík, HL - humusové látky, HK - huminové kyseliny, FK - fulvokyseliny,  $Q_{4/6}$  - barevný kvocient, P - fosfor, K - draslík, Mg - hořčík, Ca - vápník, IH - index rozkladu, IR - index hydrofobicity); P1 - hnůj, P2 - NPK, P3 - hnůj, P4 - Hnůj, P5 - NPK; P6 - hnůj; P7 - NPK, P8 - hnůj, P9 - NPK





# Závěr - studie IV

## ➤ Drahanská vrchovina:

- P8 (dlouhodobé hnojení hnojem),
- P9 (dlouhodobé hnojení pouze minerálními hnojivy se zapravením slámy a posklizňových zbytků),
- pole 8 má vyšší pH, vyšší obsah  $C_{org}$ , HL, HK, nižší barevný index ( $Q_{4/6}$ ) a dále vyšší obsah přístupných živin Ca, Mg, K i P oproti P9.

## ➤ Malá Haná:

- Pole P1-P3 situovány na velmi kvalitních půdách typu černozem luvická (CEI), pole (P4-7) jsou na půdních typech hnědozem modální /HNm/ a kambizem modální /KAm/. V oblasti Malé Hané se standardně každý rok používají statková hnojiva (hnůj, kejda). Ročně vyhnojí cca 350–400 ha (cca 1 x za 4–5 let je každé jednotlivé pole hnojeno statkovými hnojivy v dávkách 40–50 t.ha<sup>-1</sup>). **Pole 1-3 neprojevil se vliv hnojení /hnůj x NPK/** i v návaznosti na půdní typ CEI.
- **Pole 4-5, půdní typ hnědozem modální (HNm) - projevil se vliv hnojení /hnůj x NPK/.**
- Pole 6-7 neprojevil se vliv hnojení /hnůj x NPK/ - půdní typ kambizem modální /KAm/).



## Studie V

# Tvorba organické hmoty v půdě v závislosti na vlastnostech půdy a aplikaci různých hnojiv v 10letém provozním pokusu

*Voltr, Menšík et al. 2021*

Cílem studie je komplexně **vyhodnotit stav a změny** obsahu půdního organického uhlíku /SOC/ a uhlíku rozpuštěného v horké vodě /HVEC/ ve vztahu k **fyzikálně-chemickým vlastnostem půdy** (pH, sorpční komplex, fyzikální vlastnosti půdy apod.) a **způsobem obhospodařování** (tj. aplikace statkových /hnůj/, organických /digestát/ a minerálních /NPK/ hnojiv, management posklizňových zbytků apod.).



***Období 2008-2018, provozní podmínky zemědělských farem v ČR (68 podniků), 5 klimatických regionů, 6 půdních typů, sledování více než 20 parametrů (půda, hnojení aj.) vícerozměrné lineární regresní modely apod.***



### Závislá proměnná: Závislost rozdílu SOC 2018 - 2008

Metoda  
Backward

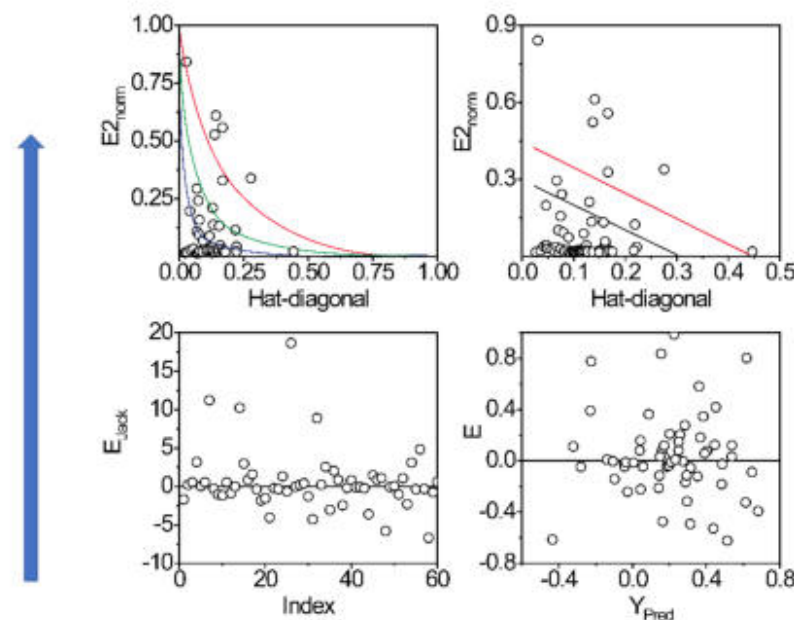
Významné nezávisle proměnné v modelu:

HWEC 2018 – 2008; Soil texture topsoil [ $<0,01;0,001$ ]; Soil texture topsoil [ $<0,2;2$ ]; Organic matter of applied organic manures farmyard manure; pH topsoil (KCl); Energy of inputs MJ/ha

Vstupní parametry modelu: BL (cat); OM (t/ha); EI (MJ); Dts (cm); DuS (cm); EP (GJ/ha); HWEC dif; MAC 2008; SEBCT 2008; ST01 (%); ST05 (%); ST025 (%); ST2 (%); FYM\_OM (t/ha); pH; DigTWOM (t/ha)

**Analýza proměnných, korelace se závislou proměnnou, řešení multikolinearity apod.**

IBM SPSS 27



**Závislost rozdílu SOC 2018 – 2008** =  $2,3920 + 0,0006 * \text{Difference HWEC} - 0,223 * \text{ST01\%} - 0,0232x \text{ST2 (\%)} + 0,0201 * \text{FYM\_OM (t / ha)} - 0,1308 * \text{pH (KCl)} - 6,9199 * \text{ENPKB (MJ ha}^{-1}\text{)} - 0,0111 * \text{SSD (cm)}$ .

**Statistické charakteristiky regrese:**  $r = 0,9385$ ,  $R^2 = 0,8808$ ,  $\text{MEP} = 0,1396$ ,  $\text{AIC} = -221,3600$ . Model je významný dle Fisher-Snedecorova testu významnosti modelu ( $F = 54,9392$ , kvantil  $F = 2,1916$ ,  $8,4837E-022$ ). Model je korektní dle Scottova kritéria multikolinearity ( $\text{SC} = -0,0751$ ). Rezidua vykazují heteroskedasticitu (Cook-Weisbergův test heteroskedasticity). Rezidua nemají normální rozdělení (Jarque-Berrův test normality). Rezidua jsou negativně autokorelována (Durbin-Watsonův test autokorelace). V reziduích není trend (Znaménkový test reziduí).

# Závěr - studie V

➤ Na všech sledovaných experimentálních lokalitách v období 2008–2018 se v průměru **obsah SOC** (stabilní složka SOM) **zvýšil**, **obsah HWEC** (labilní složka SOM) se naopak **snížil**.

➤ **Obsah HWEC** (labilní složka C) je významně ovlivňován aktuální úrodností půdy v parametrech obsah fosforu (-30 %) a **aplikací organických hnojiv /digestát/** (+29 %), dále SEBCT (21 %) a dávkou celkového aplikovaného dusíku (N) do půdy (-20 %).

➤ Z dlouhodobějšího časového hlediska je obsah HWEC v půdě ovlivňován aplikací digestátu (15 %), nasycení sorpčního komplexu (37 %), negativně působí aplikace minerálního draslíku (-7 %), pH půdy (-14 %) a celkový stav půdy (-27 %).

➤ **Obsah SOC** (stabilní složka C), je ovlivňován obsahem HWEC /17 %/ (organická hmota z HWEC /labilní forma C/ se transformovala do SOC /stabilní formy C/), půdní textura 0,01–0,001mm (10 %), **vstup organické hmoty a živin ze živočišné výroby (10 %)**, negativně působí minerální hnojení (-14%), dále hloubkou půdy v podorničí (-11 %) i půdní textura 0,25–2 mm (-21 %).



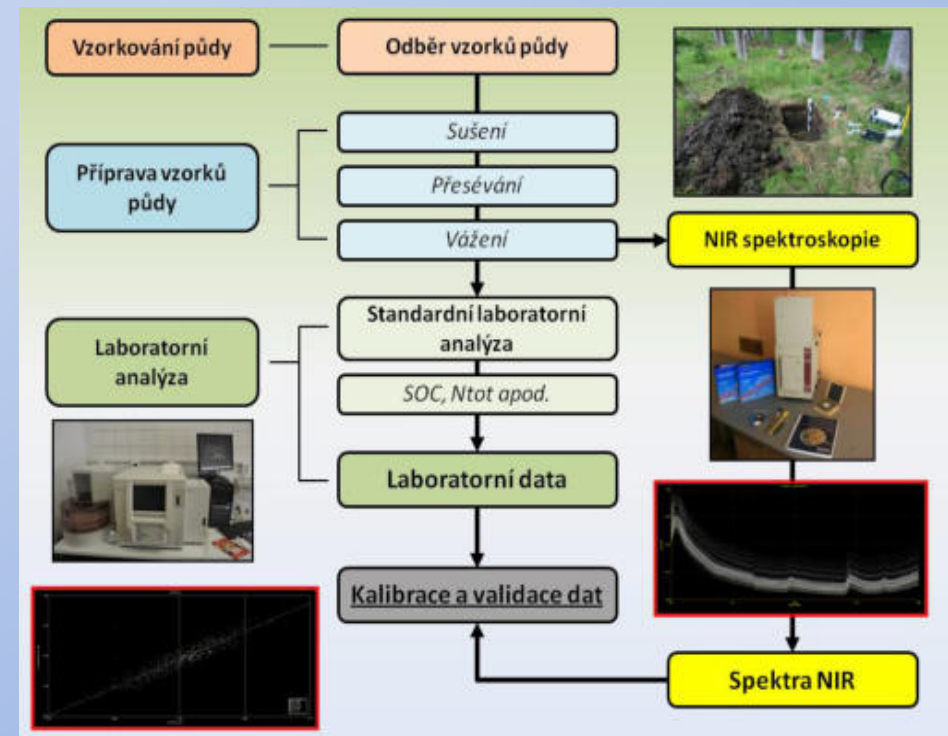
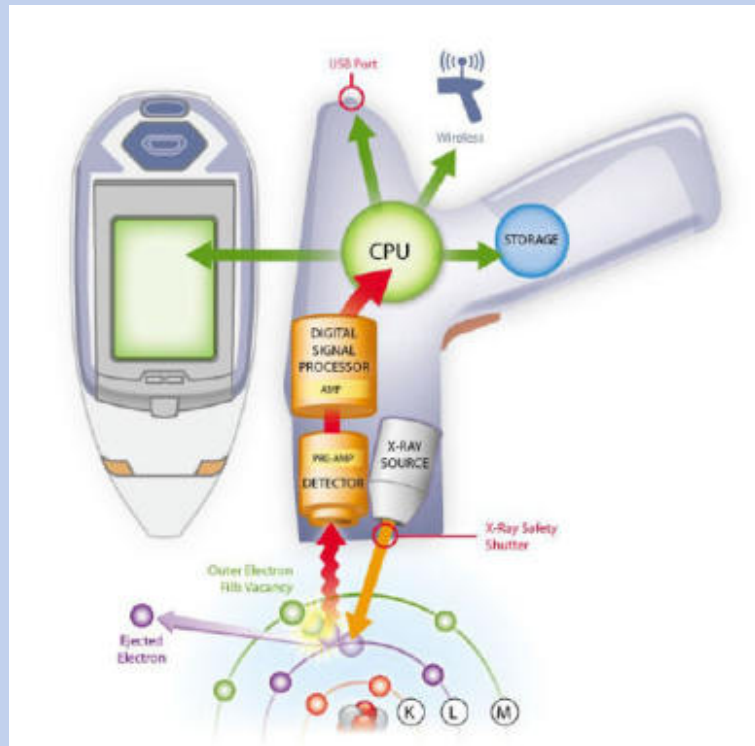
Voltr, V.; Menšík, L.;  
Hlišnikovský, L.; Hruška, M.;  
Pokorný, E.; Pospíšilová, L.  
*The Soil Organic Matter in  
Connection with Soil  
Properties and Soil  
Inputs. Agronomy* **2021**, *11*,  
779.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy11040779>



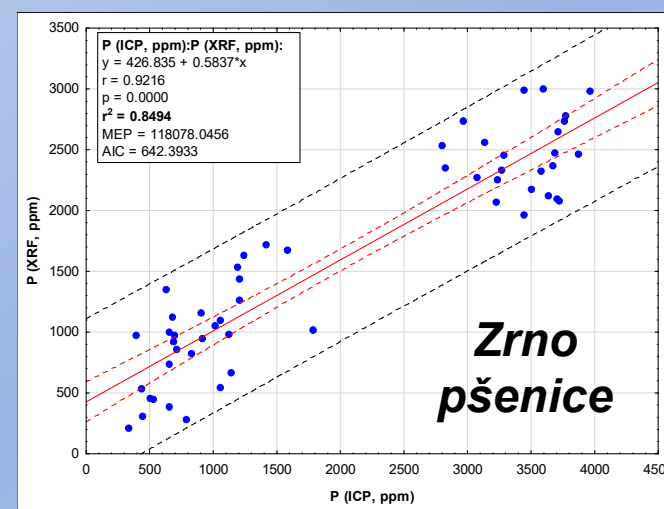
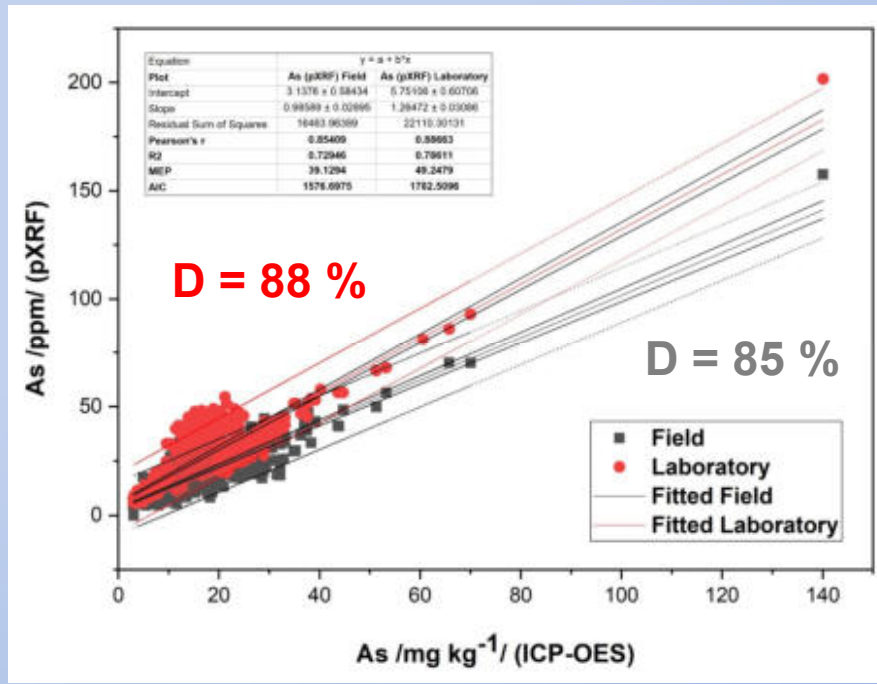
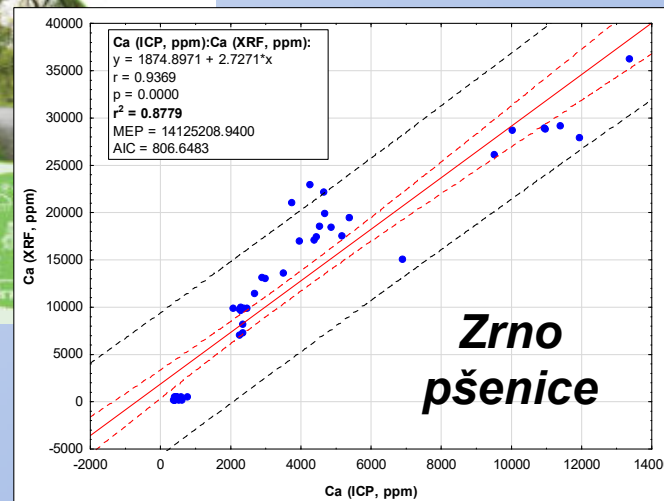
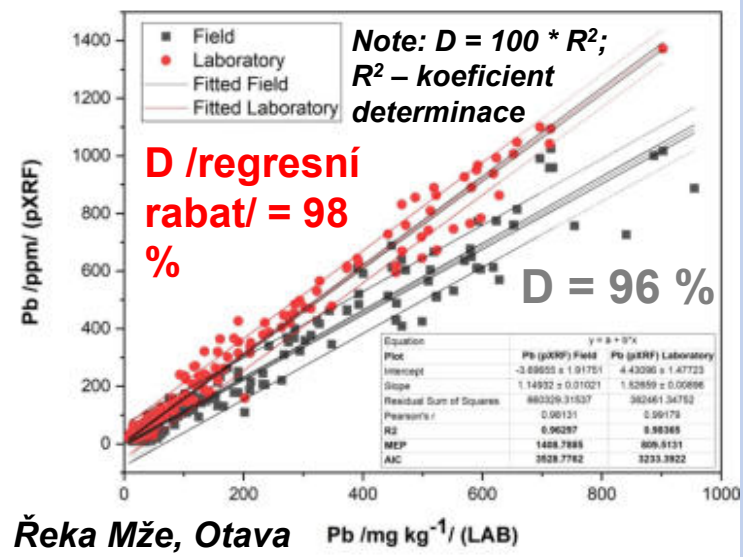
# Studie VI

## Moderní způsoby sledování (měření) kvality půdy

*Menšík et al. 2020, 2021, 2022, 2023*

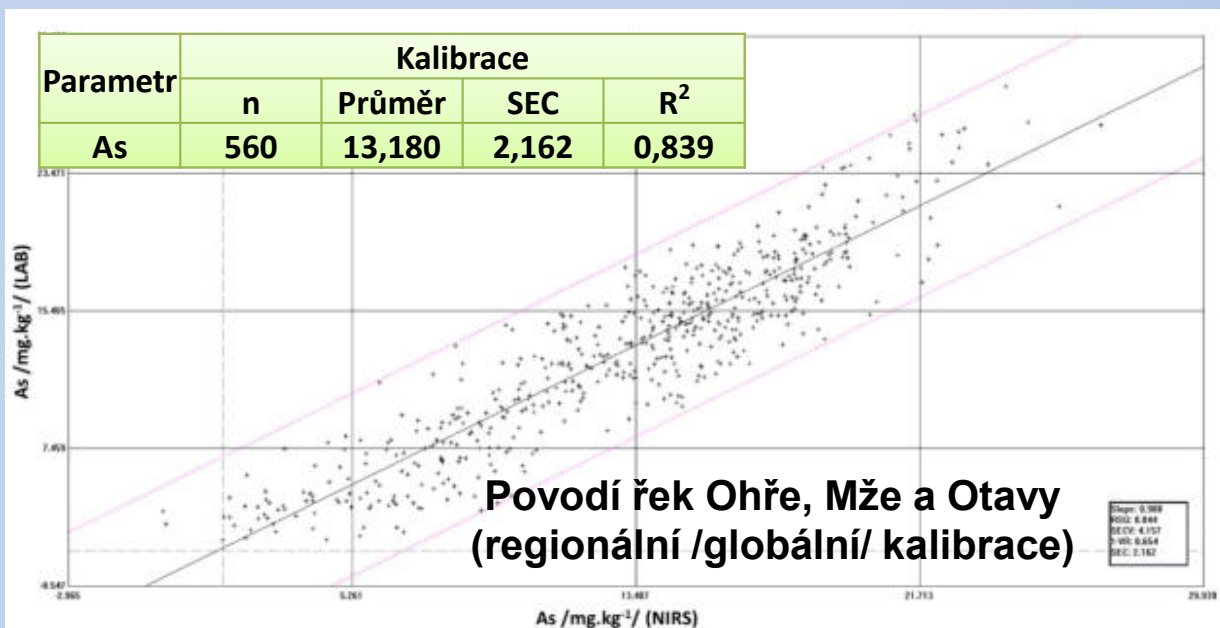
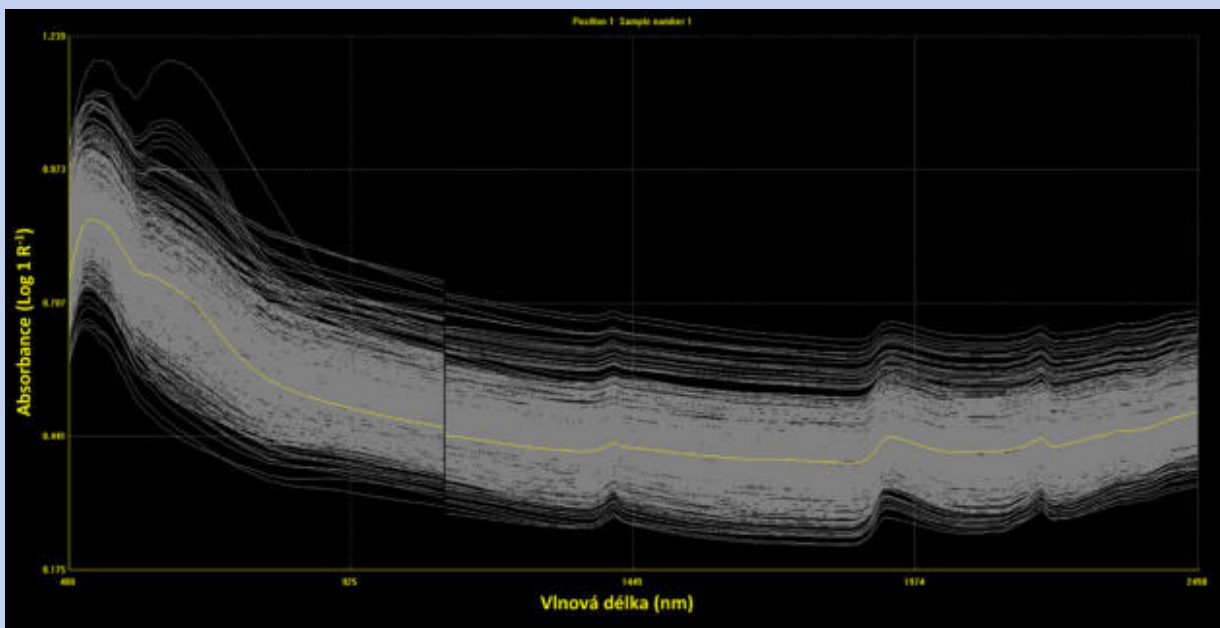


# Predikce kvality půdy (rizikové prvky) a rostlin (zrno) - XRF





## Predikce kvality půdy (rizikové prvky)



### Stanovení kvalitativních parametrů půdy pomocí blízké infračervené spektroskopie

Příkladová studie v česko-bavorském pohraničí – uhlík, dusík a rizikové prvky



Ladislav Menšík  
Eva Kunzová  
a kol.



Menšík L., Kunzová E., Nerušil P., Hlisenkovský L., Čermák P., Hangen E., Schilling B. 2022. Stanovení kvalitativních parametrů půdy pomocí blízké infračervené spektroskopie. Příkladová studie – uhlík, dusík a rizikové prvky: monografie. Pořadí vydání: první. [Praha]: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 102 s. ISBN 978-80-7427-404-6.



## Predikce kvality půdy (uhlík, dusík, humusové látky, živiny apod.)

Konstituent	n	$\bar{x} \pm s$	SEP	Bias	SEP(C)	Směr- nice přímky	r
Celkový obsah Cox (g.kg <sup>-1</sup> )	147	14,2 ± 3,6	2,10	0,02	2,20	0,95	0,80
Celkový obsah C (g.kg <sup>-1</sup> )	147	11,6 ± 3,2	2,00	0,01	2,00	0,99	0,79
Celkový obsah N (g.kg <sup>-1</sup> )	147	1,4 ± 0,4	0,20	0,01	0,20	0,94	0,84
Celkový obsah S (mgS. g.kg <sup>-1</sup> )	147	122,9 ± 39,9	26,80	2,97	26,80	0,90	0,75
Obsah Chwl */ (gC. kg <sup>-1</sup> )	147	0,43 ± 0,12	0,07	0,01	0,07	0,93	0,80

\*/ Chwl = v horké vodě extrahovatelný uhlík

(Míka et al. 2008)

Míka, V., Nerušil, P., Kohoutek, A., 2008. Near Infrared Spectroscopy (NIR). Selection of practical applications in agriculture. Crop Research Institute, Praha 6 - Ruzyně. (in Czech)

### Corg, Praha-Ruzně, OP, Hnědozem, Ap, 0–30 cm



Kalibrace: n = 573, Mean = 1.383;  
SEC = 0.048, R<sup>2</sup> = 0.909

(Menšík et al. 2019)

BIAS = 0.089, R<sup>2</sup> = 0.843

Validace: n = 20, SEP = 0.110, SEP (c) = 0.066

Menšík, L., Kunzová, E., Nerušil, P., Hlisenikovsky, L. 2019. Vývoj kalibračních rovnic k predikci obsahu uhlíku a dusíku v půdě na půdním typu hnědozem pomocí blízké infračervené spektroskopie (NIRS), Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

### Corg, Jevíčko, TTP, Hnědozem, Ad, 0–25 cm



Calibrace: n = 543, Mean = 2.264;  
SEC = 0.111, R<sup>2</sup> = 0.903

(Menšík, Nerušil 2021)

BIAS = 0.045, R<sup>2</sup> = 0.867

Validace: n = 27, SEP = 0.097, SEP (c) = 0.088

Menšík, L., Nerušil, P. 2021. Vývoj kalibračních rovnic k predikci obsahu uhlíku a dusíku v půdách trvalých travních porostů (TTP) ..., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 21 s.

### Další sledované parametry ve vývoji:

- **Humusové látky (HL)**
  - a) *Fakcionace HL, HK, FK* (Kononová, Bělčíková 1963)
  - b) *Barevný kvocient Q<sub>4/6</sub>* (Orlov 2004)
- **Živiny IP, K, Ca a Mg** (Mehlich 1984)
- **Půdní reakce I/pH** (Zbiral 2011)
- **Zrnitostní složení půdy** (Jandák et al. 2003)



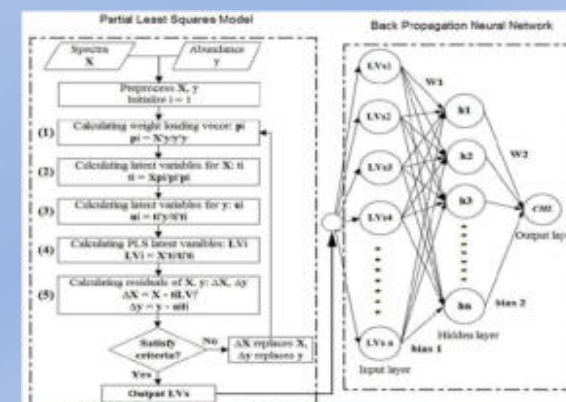


# Závěr - studie VI

## Potenciál spektroskop. a spektrometrických metod

- **Progresivní metody na výrazném vzestupu** - reálné předpoklady prosadit se v současném precizním zemědělství (Zemědělství 4.0).
- **Rychlost a přesnost stanovení, ekologická nezávadnost** (šetrný vztah k přírodnímu /životnímu/ prostředí) ve srovnání se standardními chemickými rozbory a nízká cena rozboru.
- **Využití nejmodernějších statistickým metod** (vývoj globálních kalibračních /validačních/ rovnic, využití precizních regresních metod a modelů včetně neuronových sítí /ANN/).

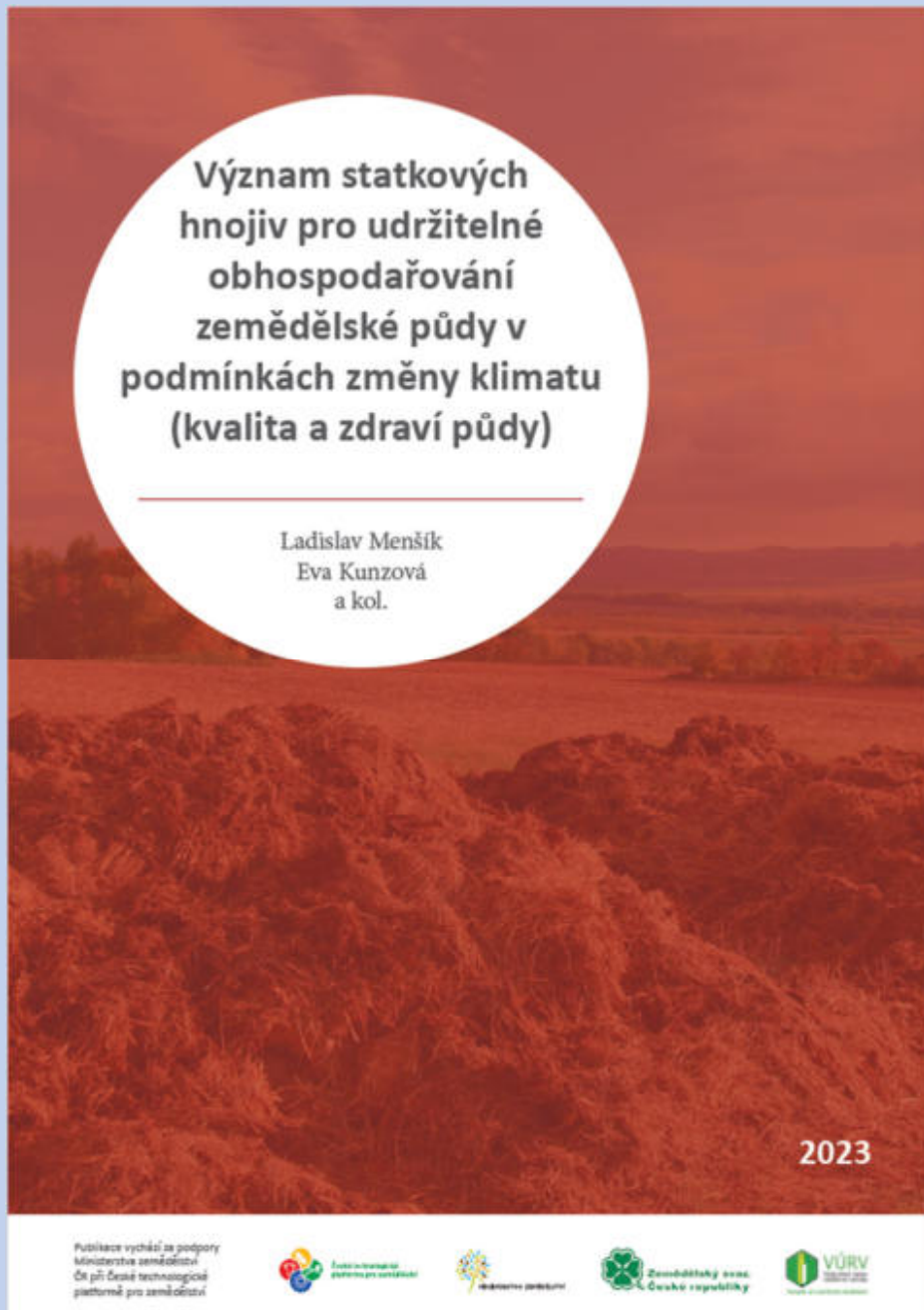
“Flowchart for PLS-ANN model. The PLS model shows the spectra processing for latent variables determination (left), and the BPNN shows how latent variables coming from PLS are processed by the ANN model,” Song, et al. 2014, DOI: 10.1109/TGRS.2013.2251888.





# Souhrn

- Aplikace **pouze minerálních hnojiv (NPK)** výrazně **urychluje mineralizaci humusu a degradaci půdy** se všemi negativními důsledky: *vyluhování dusíkem, vyšší dostupnost toxických prvků pro rostliny, pomalá energie pro půdní mikroorganismy apod. viz Menšík et al. 2018, 2019, Menšík, Nerušil 2019, Menšík et al. 2020, 2021 aj.*
- Dlouhodobá aplikace **samotných statkových (hnůj, kejda) a statkových (hnůj, kejda) hnojiv v kombinaci s minerálními hnojivy (NPK, resp. N)** udržuje půdu v **optimální kvalitě** (zachování úrodnosti půdy) a **stabilizuje produkci z pohledu kvantity a kvality potravin (krmiv)** a zároveň **zvyšuje adaptační potenciál současné půdy** v důsledku **měnících se podmínek prostředí** (předpokládané účinky probíhající klimatické změny) *viz Menšík et al. 2018, 2019, 2023, Hábová et al. 2019, Menšík, Nerušil 2019; Plisková et al. 2021, 2022 aj.*
- Vícerozměrné statistické metody – **analýza hlavních komponent /PCA/, faktorová analýza /FA/,** ale i **jedno a vícerozměrné lineární regrese** (výstavba regresního modelu regresním tripletem) jsou užitečné a významné metody pro modelování, zobrazení, hodnocení a interpretaci dat o fyzikálně-chemických vlastnostech půdy.



**OBSAH**

1 Úvod	6
2 Přehled řešené problematiky	8
3 Představení řešení projektu a cíl monografie	16
4 Dílčí studie	17
4.1. Vliv dlouhodobé aplikace minerálních (NPK) a statkových (hnůj, kejda) hnojiv na základní chemické vlastnosti půdy / půdní organická hmota, živiny, půdní reakce/	17
4.2. Stav půdní organické hmoty a živin v dlouhodobém polním experimentu s aplikací organických a minerálních hnojiv v různých půdně-klimatických podmínkách ČR s ohledem na očekávané změny klimatu	22
4.3. Vliv hnojení TTP statkovými a minerálními hnojivy na půdu	30
4.4. Monitoring stavu půdní organické hmoty v zemědělských podnicích v oblasti Boskovické brázdy a Dražanské vrchoviny	35
4.5. Tvorba organické hmoty v půdě v závislosti na vlastnostech půdy a aplikaci různých hnojiv v 10letém provozním pokutu	40
4.6. Modelování změn obsahu půdní organické hmoty v orných půdách ČR	47
5 Diskuse	54
6 Doporučení pro praxi	57
Souhrn	59
Summary	60
Použitá literatura	62
Seznam obrázků, tabulek a zkratk	74
Poděkování	77
Přílohy	78

Menšík L., Kunzová E., Hlisnikovský L., Nerušil P., Pospíšilová L., Plisková J., Voltr V., Šimon T., Madaras M. 2023. Význam statkových hnojiv pro udržitelné obhospodařování zemědělské půdy v podmínkách změny klimatu (kvalita a zdraví půdy). Monografie. Vydání: první. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2023. 85 s. ISBN 978-80-7427-428-2.



# Doporučení pro praxi

- Dlouhodobé pokusy VURV (Ruzyně, Čáslav, Ivanovice, Lukavec aj.) potvrzují, že aplikací statkových hnojiv (hnůj, kejda) a dále kombinací statkových a minerálních hnojiv (NPK) můžeme zajistit jedinou možnou cestu trvale udržitelného hospodaření na půdě!
  
- Zvyšování adaptačního potenciálu půdy a monitoring půdy:
  - **Doplňování dostupné organické hmoty** (trvalý přívod kvalitních organických látek a dále posklizňové zbytky, zelené hnojení, komposty);
  - **dodržování osevních postupů** (zastoupení víceletých píceňin - zejména jetelovin /jetel, vojtěška apod./) a správné agronomické práce (zásad).
  - Sledováním **celkového obsahu uhlíku a dusíku** (*poměr < 10, indikuje, že na daných pozemcích dochází k rychlému obratu (mineralizaci) organické hmoty v půdě → do budoucna možný pokles celkového obsahu organické hmoty v půdě*);
  - sledováním **kvality humusových látek (HL, HK, FK apod.)** (poměr HK/FK > 1 indikuje převahu stabilních HK)
  - sledováním **půdní reakce** (pokles pH indikuje změny chemických vlastností půdy).



# Doporučení pro další zaměření výzkumu

- **Budoucí cíl:** jednoznačně **zvyšování obsahu SOM** v zemědělských půdách (zlepšení úrodnosti půdy), **agronomická opatření ke stabilizaci současného stavu** (Reeves 1997; Robertson et al. 2014; Lorenz, Lal 2018; Lal 2020, 2021; Lorenz, Lal 2023 aj.).
- **Biogeochemie půdní organické hmoty (SOM)** /studium dynamických procesů apod./ (Lorenz and Lal 2018; Ondrasek et al. 2019; Wang et al. 2019; Rayne and Aula 2020; Lin et al. 2021; Masoudi et al. 2023)
- **Vývoj nových metod sledování kvality SOM** (HL, HK, HK, barevný index, index rozkladu aj.) **pomocí NIRS a MIRS technologií.**
- **Výzkum on-line analýz sledování kvality a zdraví půdy „Soil Health“ přímo v terénu** pro podmínky precizního zemědělství v ČR (Zemědělství 4.0).
- **Využití nejmodernějších statistickým metod** (využití precizních regresních metod a modelů včetně neuronových sítí /ANN/ a umělé inteligence /AI/ aj.).



# Poděkování

**Přednáška byla zpracována s podporou projektů:**



**MZe ČR - RO0423 - VZ04**: Pícninářství a využití biomasy a bioodpadů pro energetické a průmyslové účely v podmínkách klimatické změny;

**MZe QK21010124** - Půdní organická hmota - hodnocení vybraných indikátorů kvality;

**MZe QK21020155** - Nástroj pro hospodaření se živinami a organickými látkami;

**MZe QK23020056** - Vytvoření a ověření modelových systémů dlouhodobé sekvestrace uhlíku v ČR;

**MZe QL24020149** - Monitoring a hodnocení udržitelného hospodaření s organickou hmotou a živinami;

**MZe QK22010251** - Inovace pěstební technologie čiroku pro využití ve výživě přežvýkavců jako adaptační opatření vedoucí ke stabilizaci produkce objemných krmiv v podmínkách měnícího se klimatu ČR;

**MZe QL24010237** - Pěstování kukuřice seté technologií úzkého řádku v systému precizního zemědělství (Zemědělství 4.0) v podmínkách klimatické změny (GZK) - stabilizace produkce objemných krmiv a udržitelná intenzifikace zemědělské výroby v ČR;

**MŽP 5230200026** - Zemědělství v rovnováze: Osvěta a vzdělávání pro udržitelnou budoucnost.





*Děkuji Vám za pozornost*