

# MODELOVÁNÍ OBSAHU UHLÍKU V PŮDÁCH ČR



Národní centrum zemědělského  
a potravinářského výzkumu



International Institute for  
Applied Systems Analysis

**RNDr. Mikuláš Madaras, Ph.D.,**  
CARC

**Mgr. Rastislav Skalský, Ph.D., RNDr. Juraj Balkovič, Ph.D.**  
IIASA, (Laxenburg, Rakousko)

Příspěvek vznikl v rámci projektu

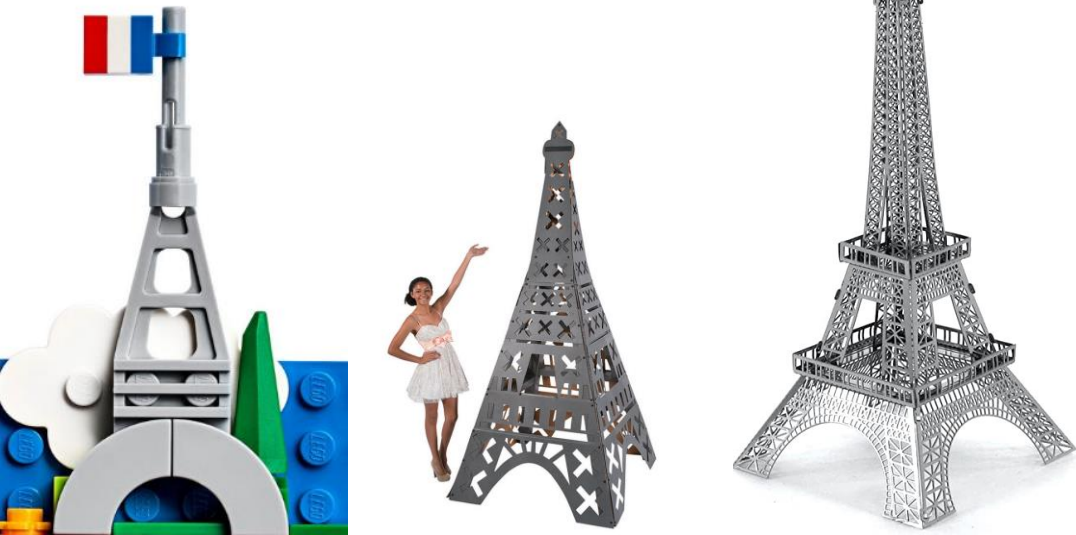
QK23020056 Vytvoření a ověření modelových systémů dlouhodobé sekvestrace uhlíku v ČR

# MODEL = ZJEDNODUŠENÝ POPIS SKUTEČNOSTI

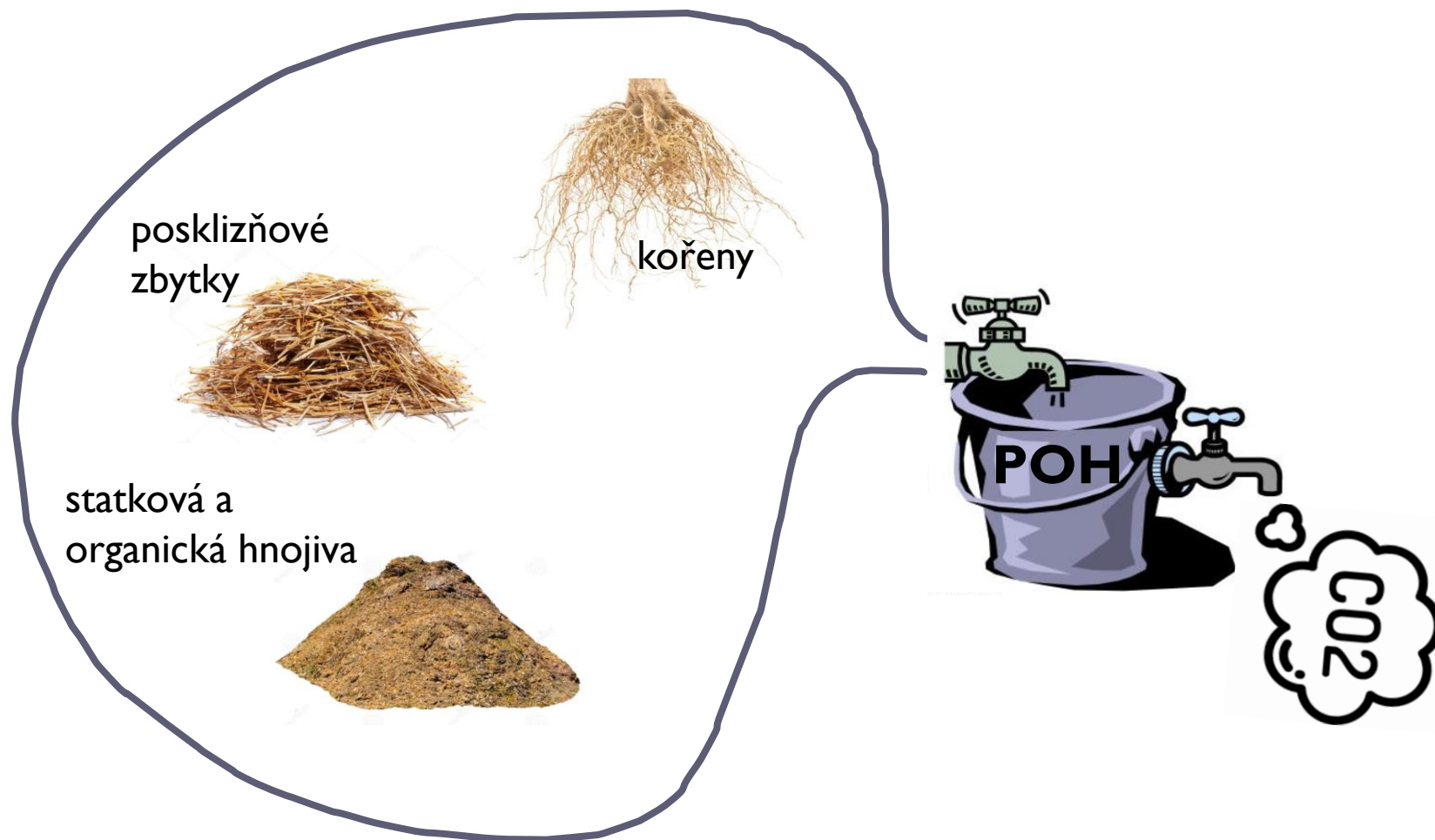
- Model sám o sobě není ani "pravdivý", ani "nepravdivý" – jeho hodnota spočívá ve schopnosti vysvětlit a předpovědět určité jevy

J. Le Noë et. al., 2023

- modely POH popisují cyklus uhlíku, rozklad a proměny organické hmoty

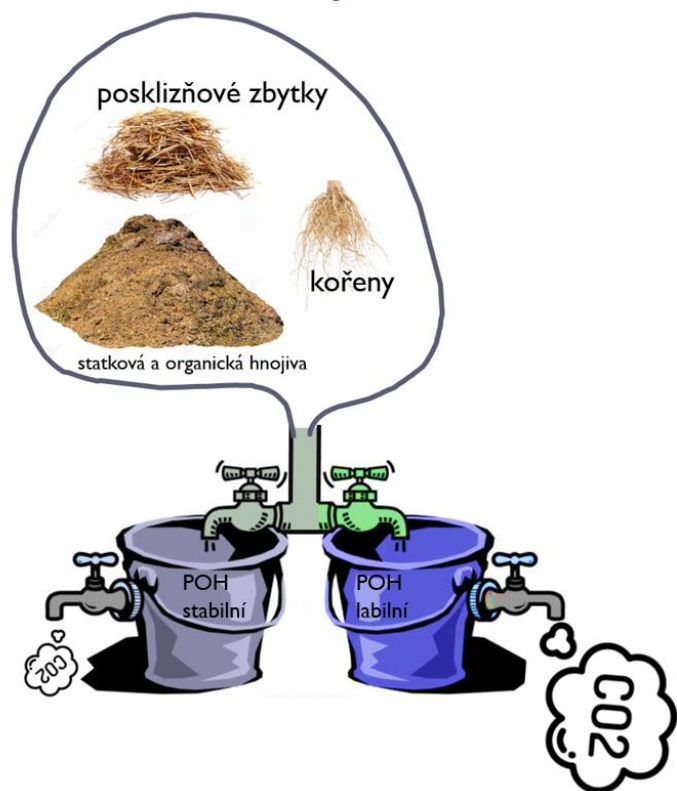


# JEDNODUCHÝ MODEL (např. BILANČNÍ, NASTAVENÝ NA ZÁKLADĚ DLOUHODOBÝCH SLEDOVÁNÍ)

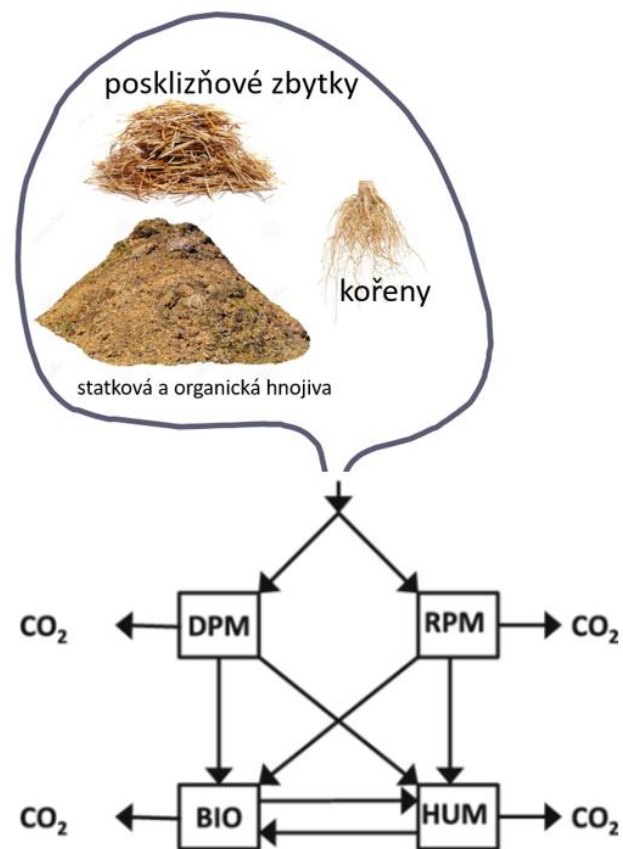


- časový krok - rok
- vliv na rychlost proměny – konstantní nebo teplota / vlhkost / zrnitost
- model je nastavený na základě dlouhodobých sledování
- platí pro podmínky, pro které byl sestaven

# MODELY SE NĚKOLIKA ZÁSOBNÍKY (VÍC RYCHLOSTÍ ROZKLADU POH)



- **ICBM**  
(Introductory Carbon Balance Model)

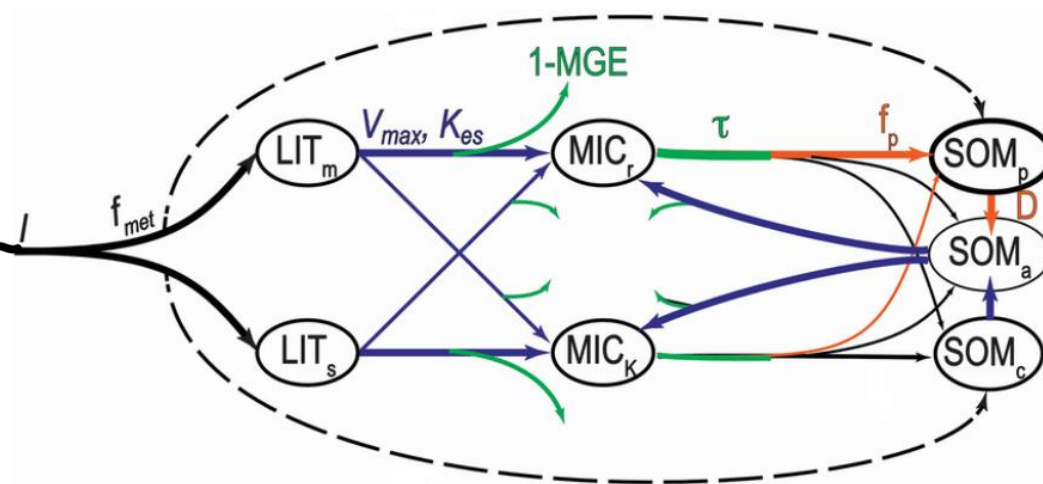


- **RothC** - první komplexní model půdního C, vyvinutý v Rothamsted Research, UK
- **Century/DayCent, DNDC, ...**
- zásobníky jsou „virtuální“

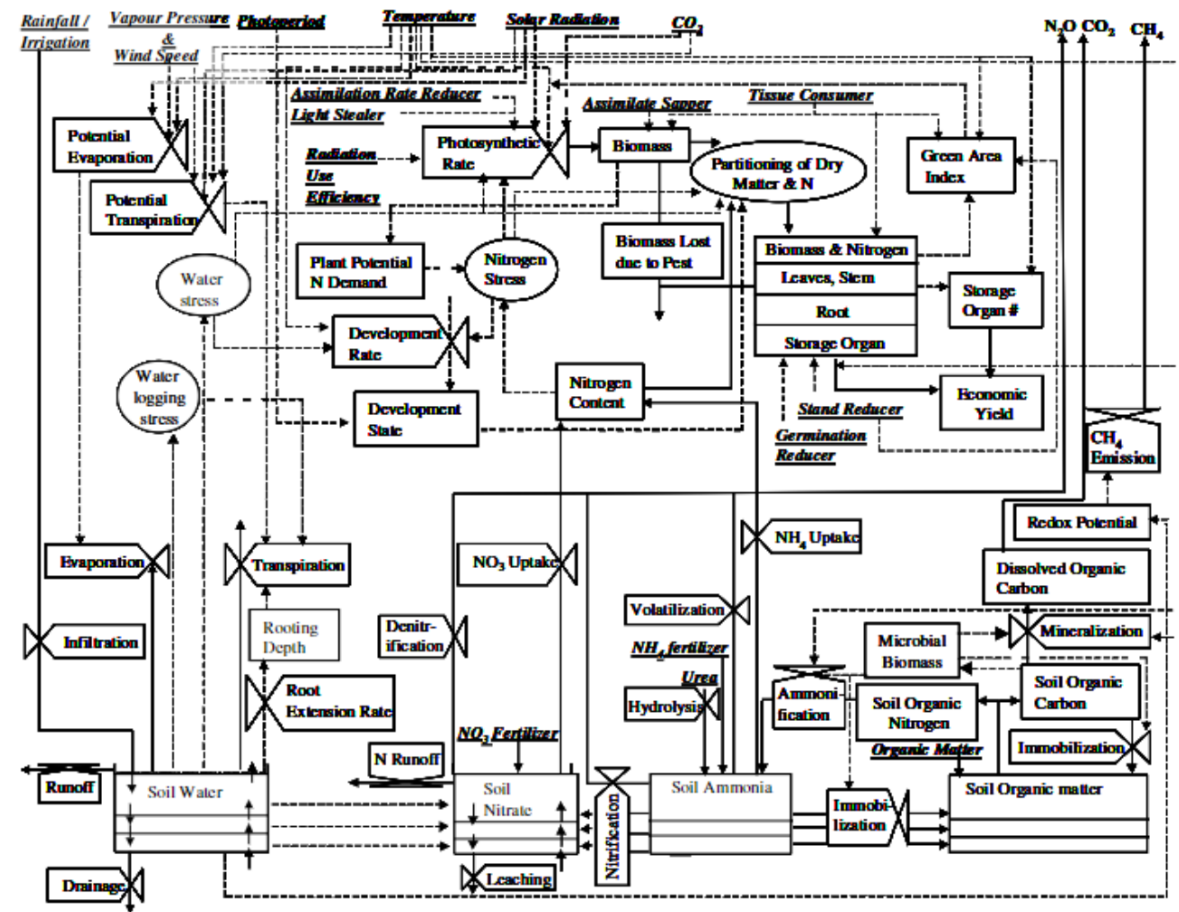
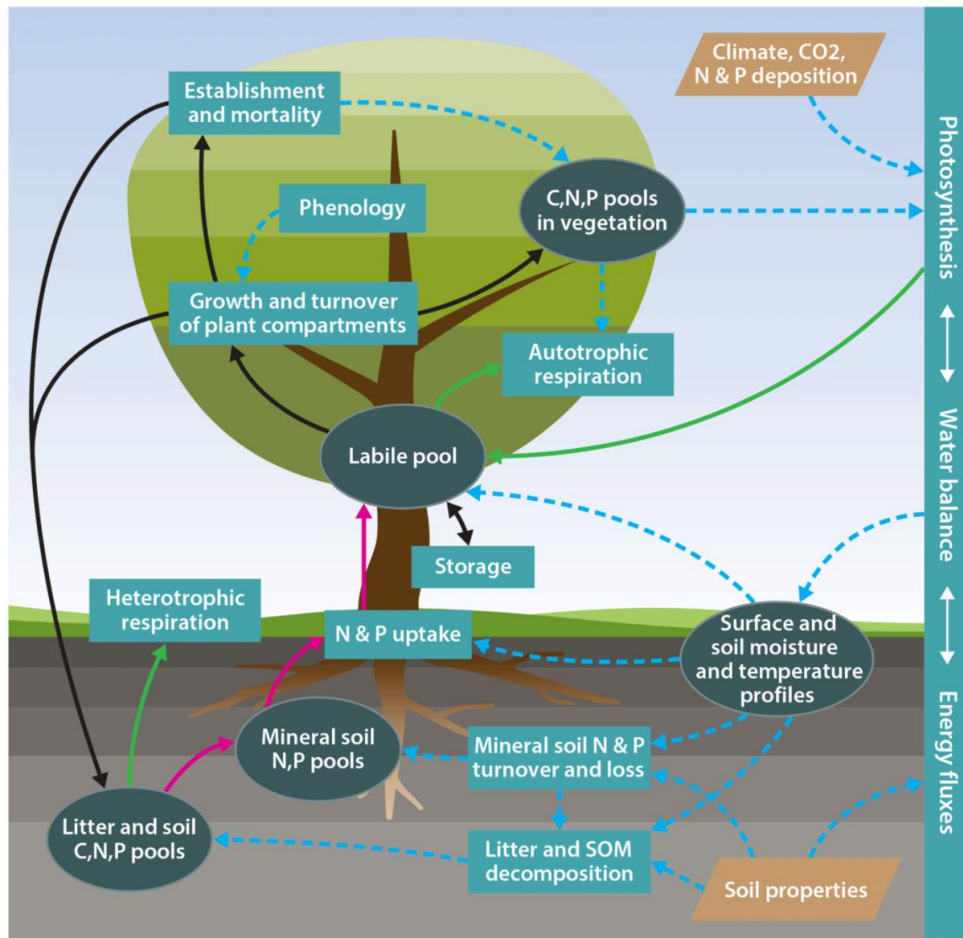
# FYZIKÁLNĚ – PROCESNÍ MODELY S MĚŘITELNÝMI FRAKCEMI



- **MIMICS, Millennial** – zásobníky jsou „skutečné“ - pracují s analyticky stanovitelnými frakcemi POH
- přístup odpovídá modernímu chápání stabilizace POH (POM/MAOM)



# KOMPLEXNÍ MODELY PŮDA – VODA - ROSTLINA



# SPRÁVNÁ PRAXE PŘI VYUŽITÍ MODELŮ

**Vhodný model** – jeho silné a slabé stránky

**Vstupní data** – vliv na kvalitu výstupu

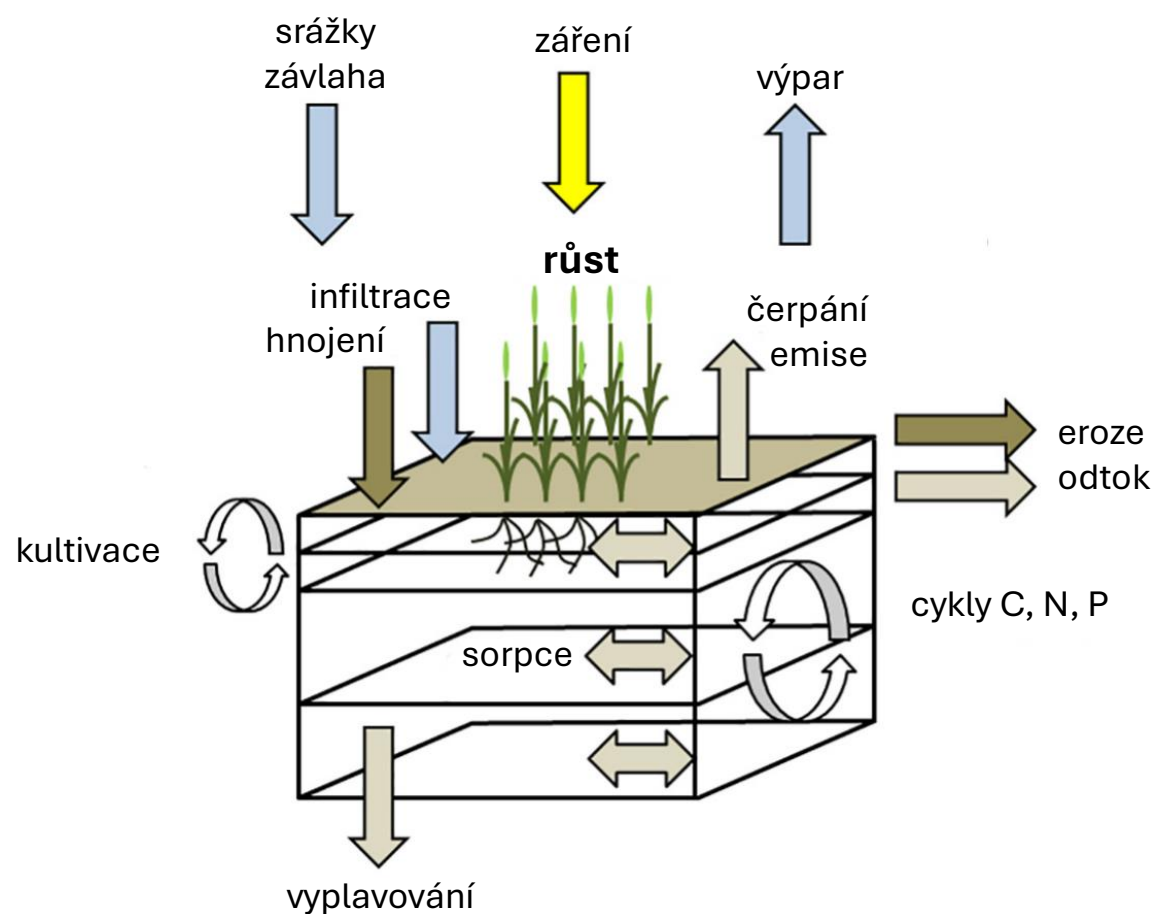
**Kalibrace** – úprava parametrů tak, aby simulované hodnoty odpovídaly naměřeným

**Validace** – testování modelu na nezávislých datech

**Citlivostní analýza** – ne každý parametr má stejný vliv na výsledek

**Přiznání nejistot a limitů**

# ENVIRONMENTAL POLICY INTEGRATED CLIMATE MODEL (EPIC)



- Kalibrovaný a validovaný v různých klimatických podmínkách
- Simulace s denním časovým krokem (pro delší období několika let)
- Simulace využívající denní údaje o počasí
- Denní bilance nárůstu biomasy, spotřeby živin a vody
- Škála volitelných agrotechnických operací ovlivňujících růst plodin
- Rozšíření pro globální simulace: EPIC-IIASA
- Regionalizace pro ČR: EPIC-IIASA CZ

# MODELOVÉ PĚSTEBNÍ SYSTÉMY ZAHRNUTÉ V SIMULAČNÍ PLATFORMĚ EPIC-IIASA CZ

CARC.CZ / AGROSIMULACE

## Cp (rostlinná výroba)

intenzivní



**CpCm**

- intenzivní hluboká kultivace
- bez statkových / org. hnojiv
- bez meziplodin
- eroze omezena na minimum

ochranný

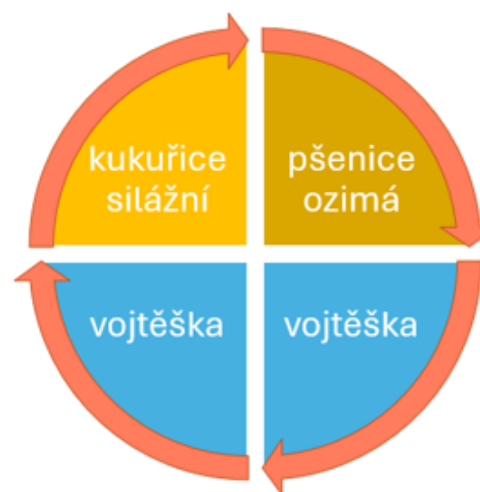


**CpRg**

- mělká kultivace
- bez statkových / org. hnojiv
- N-fixující meziplodiny
- eroze omezena na minimum

## Ap (rostlinná + živočišná výroba)

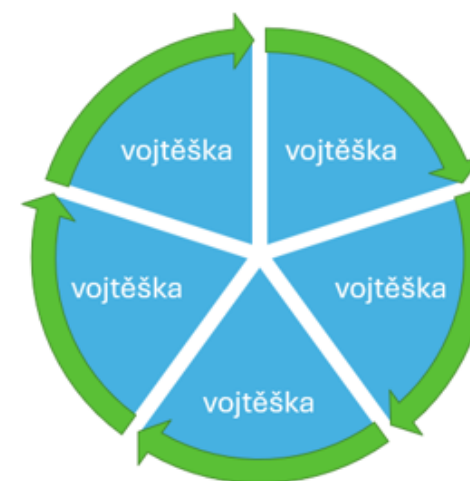
intenzivní



**ApCm**

- hluboká kultivace
- statková hnojiva (hnůj)
- eroze omezena na minimum

ochranný

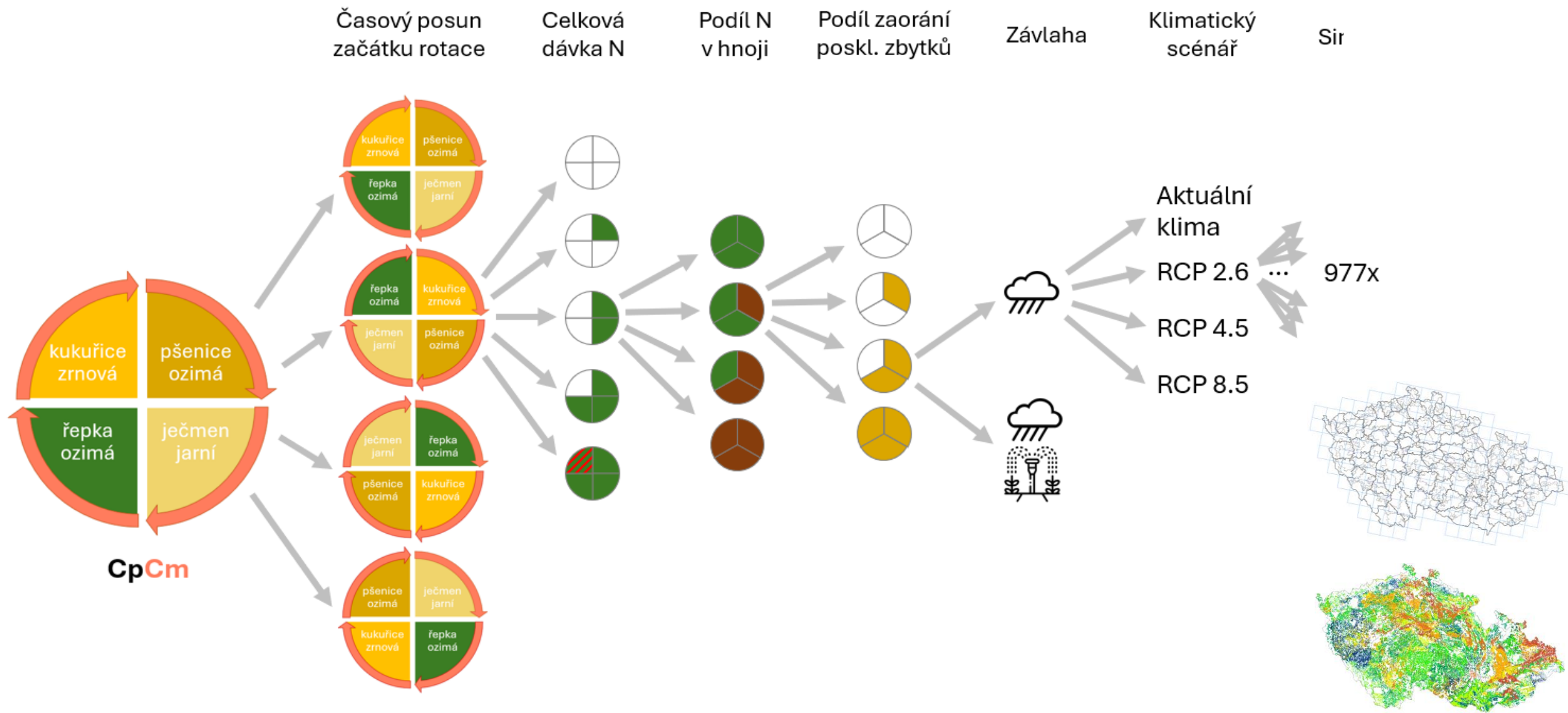


**ApRg**

- monokultura, 4x sečená
- statková hnojiva (hnůj)
- eroze omezena na minimum

# VARIANTY MODELOVÝCH SYSTÉMŮ

CARC.CZ / AGROSIMULACE

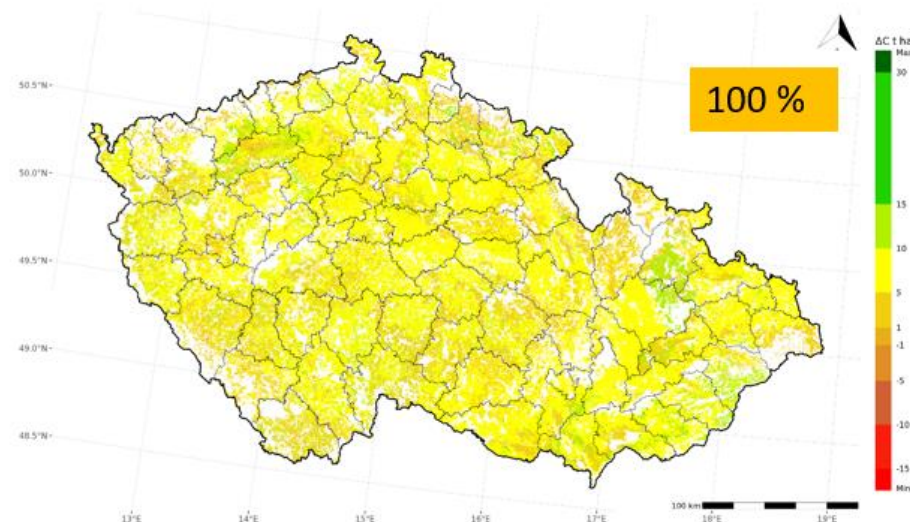
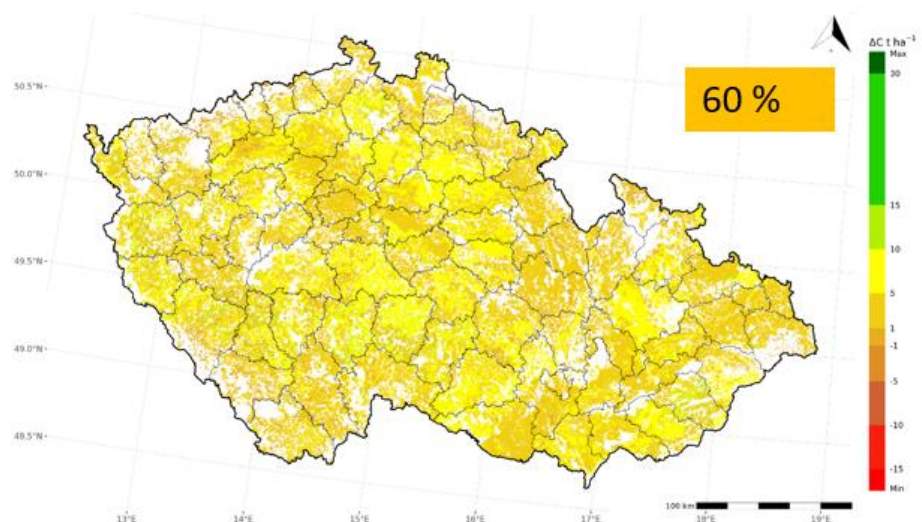
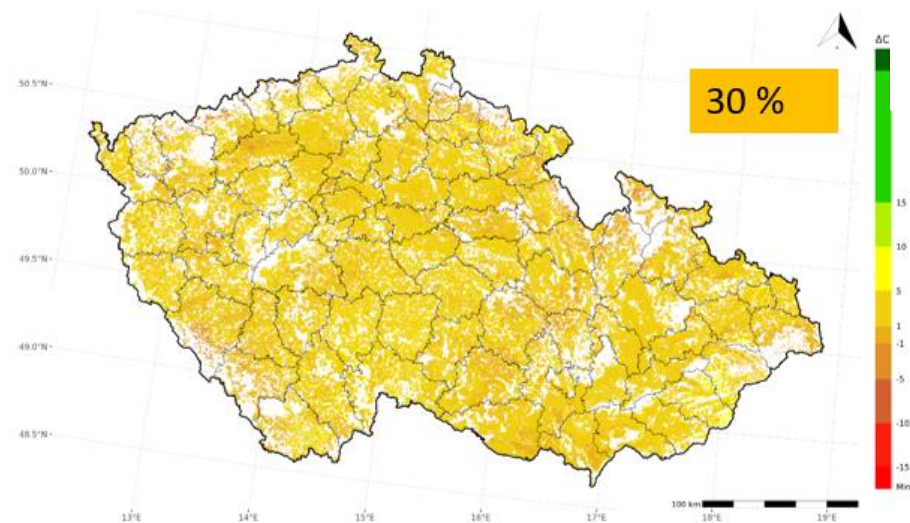
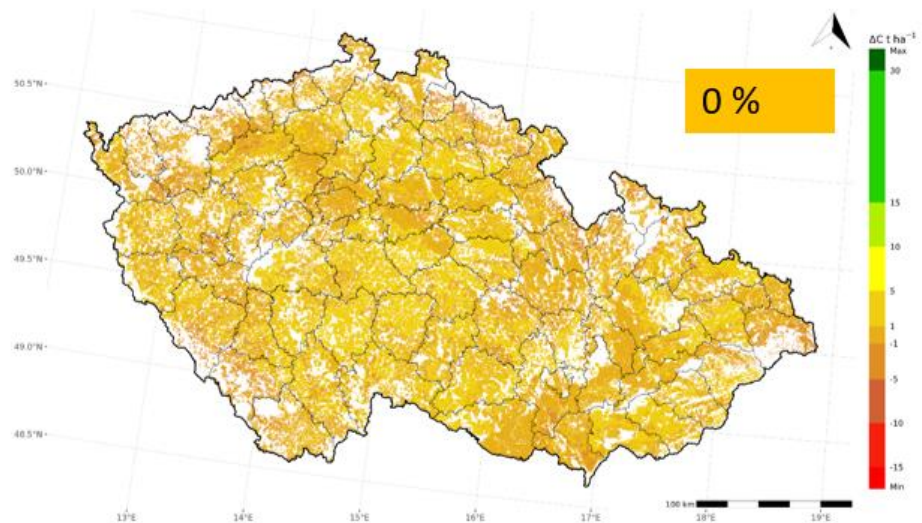




# POTENCIÁL SEKVESTRACE C V ORNÉ PŮDĚ

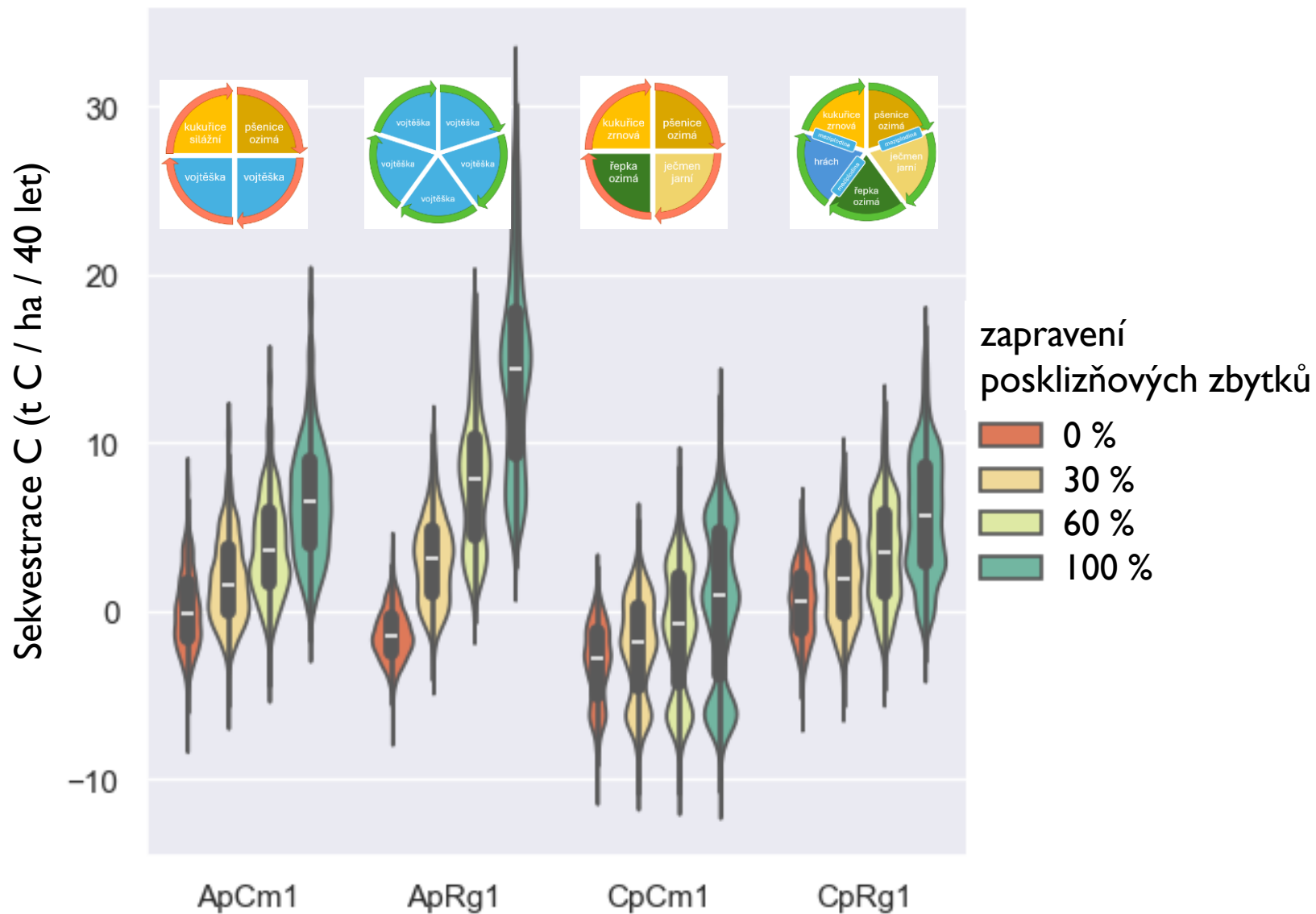
CARC.CZ / AGROSIMULACE

Sekvestrace C v ornici do r. 2060 (t/ha/40 let) – intenzivní, RV+ŽV, střední N, se statkovými hnojivy, zapracování 0-100% poskliz. zbytků



# POTENCIÁL SEKVESTRAČE C V ORNÉ PŮDĚ

CARC.CZ / AGROSIMULACE



## Využití modelů půdní organické hmoty

- úprava lokálního hospodaření
- adaptační opatření na úrovni povodí nebo větších krajinných celků
- nastavení státní dotační politiky - podpora ukládání uhlíku v půdě

## Praktické aspekty výsledků simulací

- Bez zapravení posklizňových zbytků nelze očekávat zvýšení zásoby C
- Stejný postup nemusí vést ke stejnému výsledku – variabilita podmínek
- **Uložený uhlík není z větší části trvalý**; udržení je podmíněno setrváním u nastavených konzervačních postupů

Z hlediska změny klimatu je navyšování obsahu SOC je zejména **adaptačním opatřením.**

# DĚKUJI ZA POZORNOST!

# CARC.CZ / AGROSIMULACE

## AGRO - SIMULACE

Národní agronomická simulační platforma EPIC-IIASA CZ



Stránka je výsledkem společného výzkumu výzkumného týmu Zemědělská pedologie a pedobiologie, CARC a vědců z International Institute for Applied Systems Analysis, Laxemburg, Rakousko.

### Kontakt:

RNDr. Mikuláš Madaras, Ph.D., [mikulas.madaras@carc.cz](mailto:mikulas.madaras@carc.cz), +420 702 087 690

**MODELOVÁNÍ OBSAHU UHLÍKU V PŮDÁCH ČR**  
(Modeling soil carbon content in the Czech republic)  
Mikuláš Madaras\*, Rastislav Škalický<sup>†</sup>, Jaraj Balkovič<sup>‡</sup>

\* Czech Applied Research Centre, Division of Crop Management Systems, Drnovská 301, 602 00 Písek – Písek, Czech Republic, mikulas.madaras@carc.cz  
<sup>†</sup> International Institute for Applied Systems Analysis, Schlossplatz 1, 2361 Laxemburg, Austria

**Abstract**  
Process-based crop models offer an essential alternative to field experiments for predicting the SOC balance across diverse environmental and management conditions. By integrating them with regional geospatial data, complex tools are created for resource inventory and policy support. The paper introduces the regional adaptation of the EPIC-IIASA model for the Czech Republic. The platform was used to quantify C sequestration potential in arable soils under various farming strategies and climate scenarios. Simulations demonstrate a significant C sequestration potential (average 12 t C/ha over 80 years) under protective farming. The results emphasize the critical role of crop residue incorporation and optimal N use for maximizing C retention in the soil.

**Key words:** EPIC-IIASA CZ, carbon sequestration, crop models, crop residues

Hlavním záměrem poznání o dynamice uhlíku v půdě (SOC) je experimentální zkoumání pomocí polních pokusů nebo monitoringu. Komplexní platformy poskytují alternativu k polním pokusům. Matematické modely mohou simulovat podzemní uhlíkový obsah (SOC) v široké škále variabilních půdních klimatických a agronomických podmínek, jako experimentální zkoumání není možné z hlediska času, komplexity či vysokých nákladů.

Modely SOC (např. Rötter, Century, DayCent, DNDC) představují teoretická předpoklady do zjednodušeného obrazu ekosystému pomocí rovnice a schémat. Porovnáním simulace s reálnými daty lze ověřit správnost těchto předpokladů. I když se modely ověřily (validovaly), může být výsledek předpověď – např. "všech klimatických změn nebo změn ve využití půdy na dynamiku SOC. Modely s tím o sobě nemají ani "pravdivý", ani "bezpečný" – jeho hodnota spočívá ve schopnosti vysvětlit a předpovědět učení prvky [1]. Modely SOC mohou být integrovány do státních procesů orientovaných plošnými nebo ekosystémovými modely.

Existuje řada simulačních modelů, které dokážou realisticky napodobit dopady agronomických zásahů a změny klimatu (např. DNDC, APSIM, WOFOST, EPIC). Tyto modely umožňují předpovídat nejen výnosy plodin, ale také obsah půdního uhlíku a environmentální charakteristiku.

Dalším stupněm ve vývoji procesních modelů je jejich propojení s regionálními georeferencovanými datáři a dalšími zdroji informací. Tím

se vytváří komplexní nástroje pro výzkum a inventarizaci přírodních zdrojů, včetně půdy a jejích funkcí, využívané pro predikce v různých měřítkech.

Cílem tohoto příspěvku je představit regionální plošný model EPIC-IIASA a jeho regionální modifikaci pro Českou republiku. Vytvoření této modifikace bylo motivováno výzkumnou potřebou MZe kvantifikovat potenciál sekvence C v celé půdě při různých podmínkách hospodářství a scénářích vývoje klimatu.

**Metodika a metody**  
Základem pro simulace sekvence uhlíku v půdě ČR je regionální plošný model EPIC-IIASA [2, 3], který byl vytvořen pro simulaci růstu a produkce zemědělských plodin v globálním kontextu a s subkontinentální měřítko (Obr. 1). Tato simulační platforma využívá již existující a mnohokrát validovaný procesní plošný model EPIC [4, 5].

Obr. 1 Platforma EPIC-IIASA – prvky, struktura a funkce

Dynamika růstu plodiny během vegetačního období je pomocí modelu EPIC-IIASA simulována v desítkách kroků současně pro velké množství samostatných, proměnně lokálních podmínek (ovlivněných i časovými horizonty několika let až desetiletí). EPIC-IIASA poskytuje na výstupu soubor dat o časové a prostorové změně produkce plodiny v reakci na záměrné (historické) nebo předpokladané (budoucí, alternativní) faktory, které produkci plodiny ovlivňují, jako například, topografie, půda a její zpracování, agrotechnika, plodina a její kulturní vztahování apod.

Jádrem platformy je model EPIC, který obsahuje moduly pro simulaci růstu plodiny, vodní bilanci půdy a bilanci živin (kroměba a přírody: C, N a P v půdě

Příspěvek vznikl v rámci projektu financovaného Národní agenturou zemědělského výzkumu QK23020056 Vytvoření a ověření modelových systémů dlouhodobé sekvestrace uhlíku v ČR

Poděkování: Dr. Wiktoru Želaznému za programátorské práce na platformě EPIC-IIASA CZ, Ing. Biel'akovi za webové rozhraní

Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu

O nás Výzkum Poradě

### Výzkum

- Odbor systémů hospodaření na půdě
- Odbor potravinářství
- Odbor genetiky a šlechtění rostlin
- Odbor ochrany plodin a zdraví rostlin
- Odbor zemědělské techniky
- Polní pokusnictví
- VS vinařská Karlovice
- Projekty
- Výsledky
- Genetické zdroje
- Databáze

AGROSIMULACE

- O projektu
- O platformě
- Agrometeorologické scénáře
- Klimatické scénáře
- Zpracování dat
- Potenciál sekvestrace – mapy**
- Potenciál sekvestrace – grafy
- Potenciál sekvestrace – výstupy
- Další zdroje
- Licence a odpovědnost
- Software

### Potenciál sekvestrace - mapy

Sekvestrace C je vyjádřena jako rozdíl v průměrném obsahu C v půdní organické hmotě v povrchové 30 cm vrstvě půdy v obdobích let 2040-2060 (resp. 2080-2100) oproti průměru za období 2000-2020 (vyjádřeno v t C/ha).

**Typ mapy:**  Detail  Okresy

**Typ hospodaření:**  RV  RV-ŽV

**Intenzita:**  Intenzivní  Šetrný

**Sekvestrace C za období:**  40 let  80 let

**Závaha:**  Bez  Dle potřeby plodin

**Klimatické scénář:**  RCP26  RCP45  RCP85

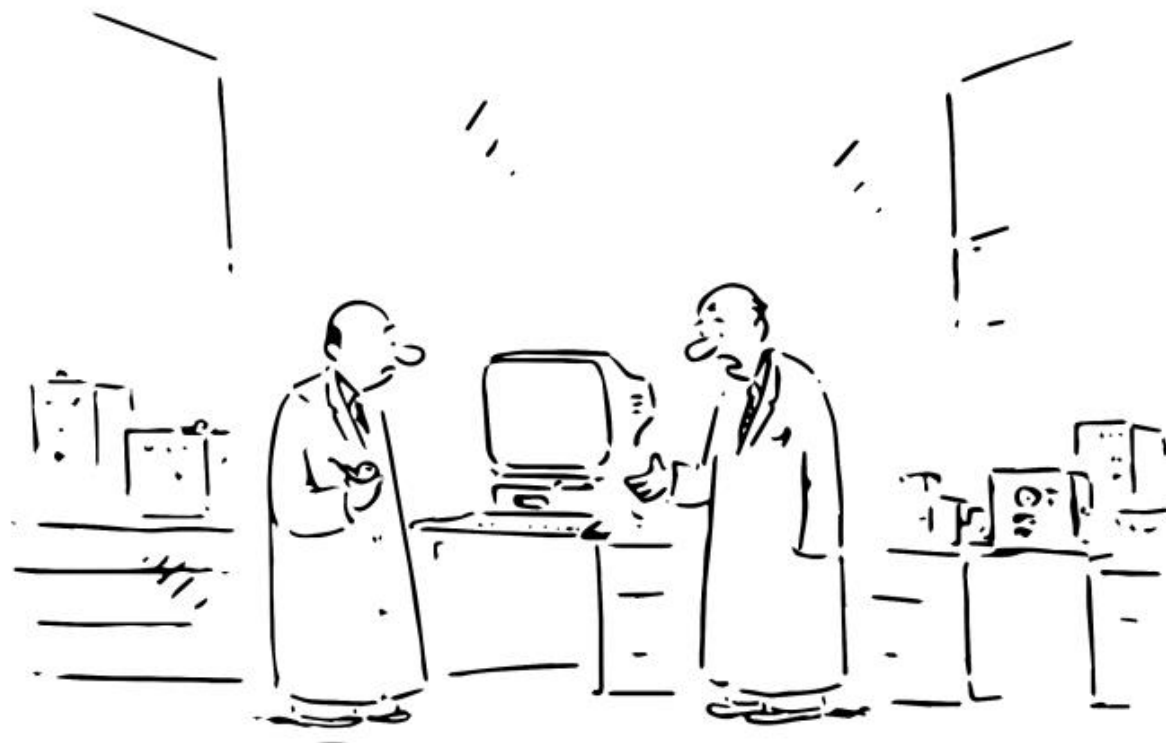
**Posklizňové zbytky na poli:**  0%  30%  60%  100%

**Úroveň hnojení N:**  Bez  Nízká  Sřední  Vysoká

**Z toho formou hnoje:**  0%  30%  60%  100%

**Stáhnout mapu**

Simulace rcp26-1-rcp26-0 R0 fM0 rf Nn CpCm1



STAČIL BY ZPRACOVAT DALEKO VĚTŠÍ MNOŽSTVÍ INFORMACÍ,  
ALE SPOUSTU ČASU MU ZABEROU MYŠLENKY NA ÚTĚK DO PŘÍRODY.

Vladimír Jiránek

MODEL NESMÍ BÝT ODRŽEN OD REALITY!