

MODELOVÁNÍ VÝVOJE PŮDNÍ ORGANICKÉ HMOTY A ŽIVIN V PŮDĚ S OHLEDEM NA MĚNÍCÍ SE PODMÍNKY PROSTŘEDÍ

RNDr. Mikuláš Madaras, Ph.D.

Ing. Tomáš Šimon, CSc.

Mgr. Martin Stehlík

**Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.
Praha**

Dr. Juraj Balkovič

Dr. Rastislav Skalský

**International Institute of Applied Systems Analysis,
Laxenburg, Rakousko**

KOHO ZAJÍMÁ BUDOUCÍ STAV OBSAHU POH...

- **zemědělce** – zachování nebo zvyšování kvality půdy
- **občany** – retence vody v krajině / dostatek zdrojů vody, omezení negativních jevů (vodní a větrná eroze), funkční a zdravá krajina
- **státy / EU / svět** – zabezpečení dostatku potravin, ukládání uhlíků do půdy (sekvestrace) / dosažení uhlíkové neutrality



JAK ZJISTIT, KAM VEDE NAŠE HOSPODAŘENÍ

- bilance organických látek
- rozbory půd
- polní pokusy

....predikce na delší období je komplikovaná

- změna klimatu, změna technologií, změna struktury plodin i odrůd



intenzivní hospodaření



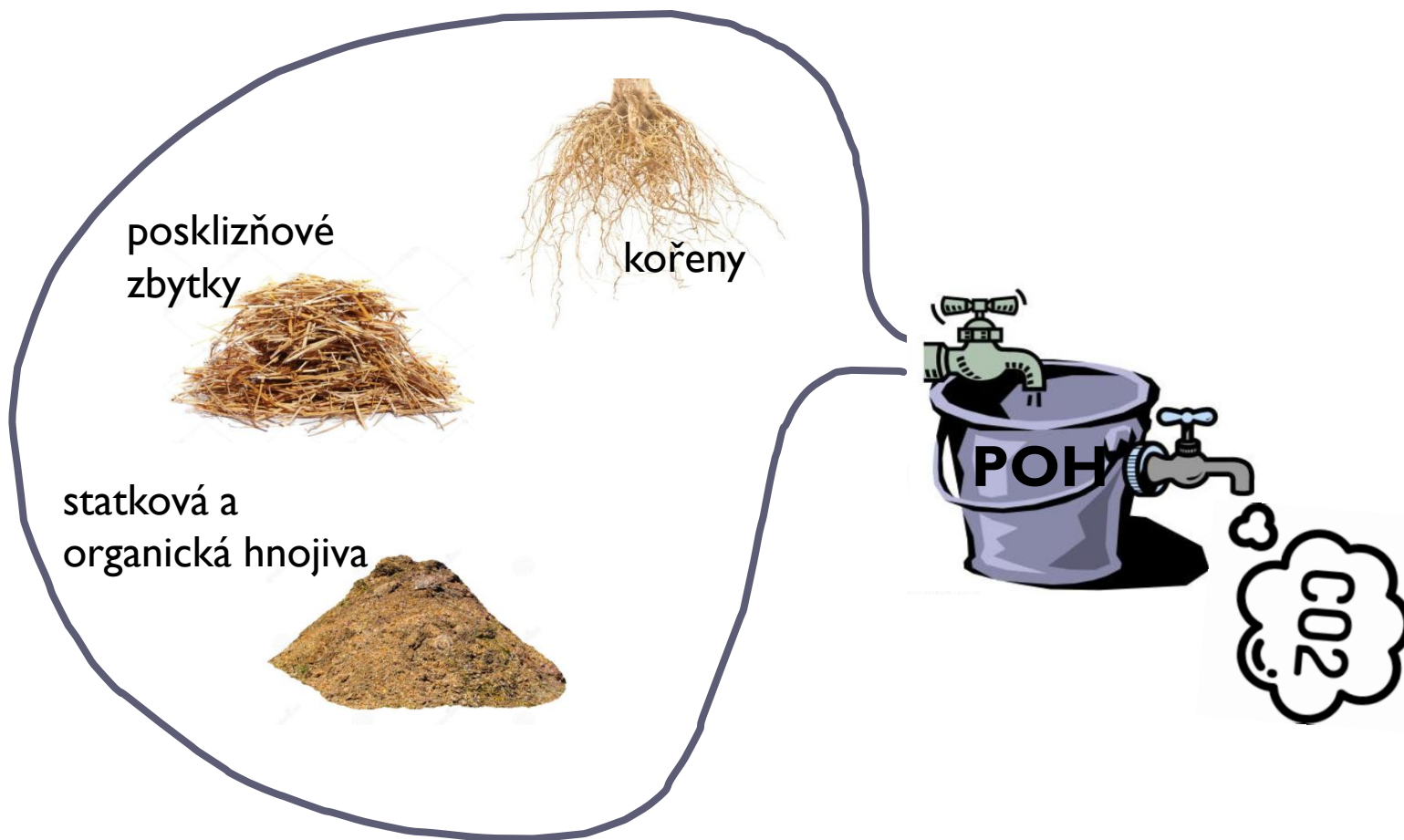
pastvina

MODEL = ZJEDNODUŠENÝ POPIS SKUTEČNOSTI

- modely POH popisují cyklus C (N, S, P, ...)
rozklad a proměny organické hmoty
- zjednodušení – POH se skládá z několika
oddělených, vzájemně propojených částí
- použití modelů: lokální, regionální, globální

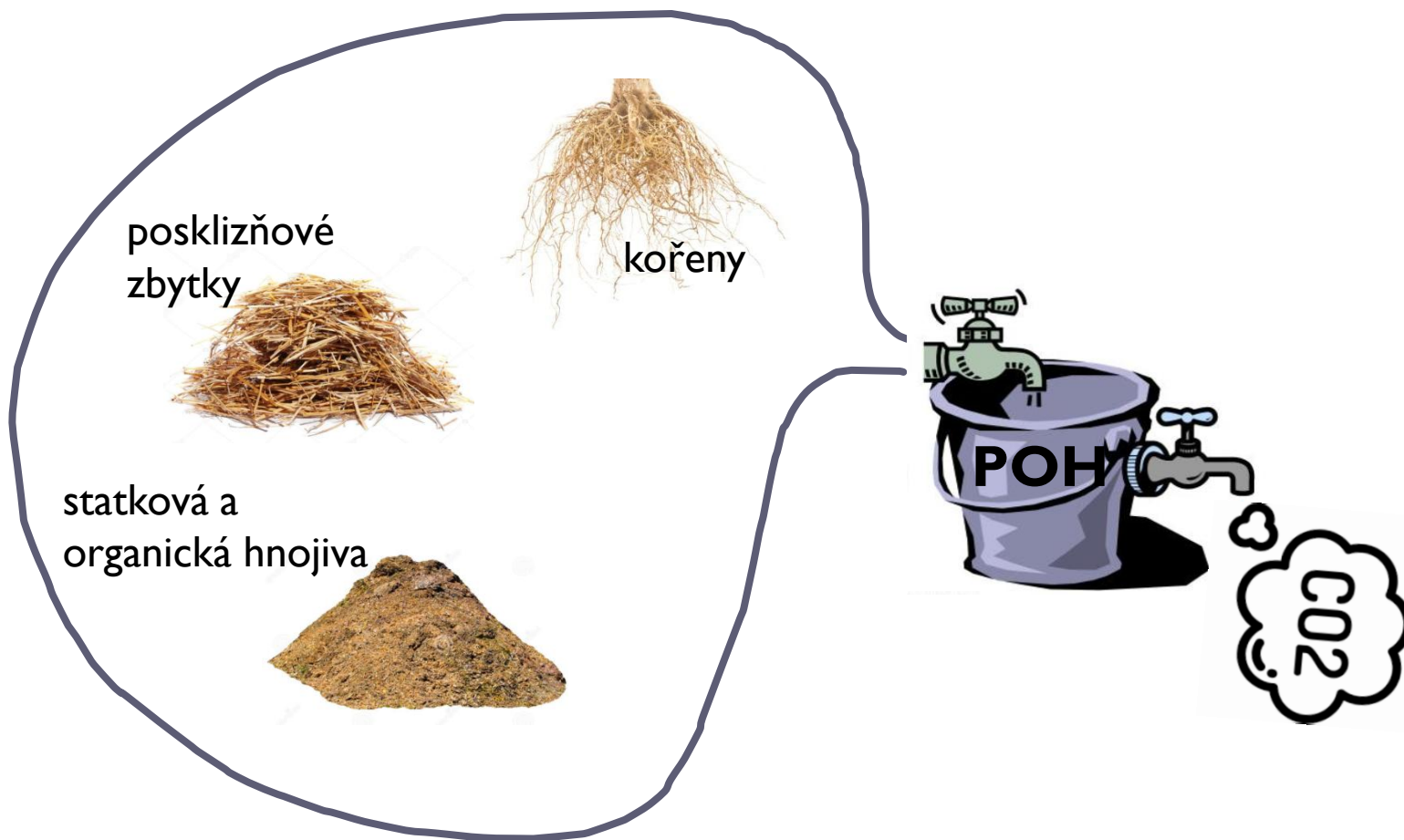


JEDNODUCHÝ MODEL (např. BILANČNÍ, NASTAVENÝ NA ZÁKLADĚ DLOUHODOBÝCH SLEDOVÁNÍ)



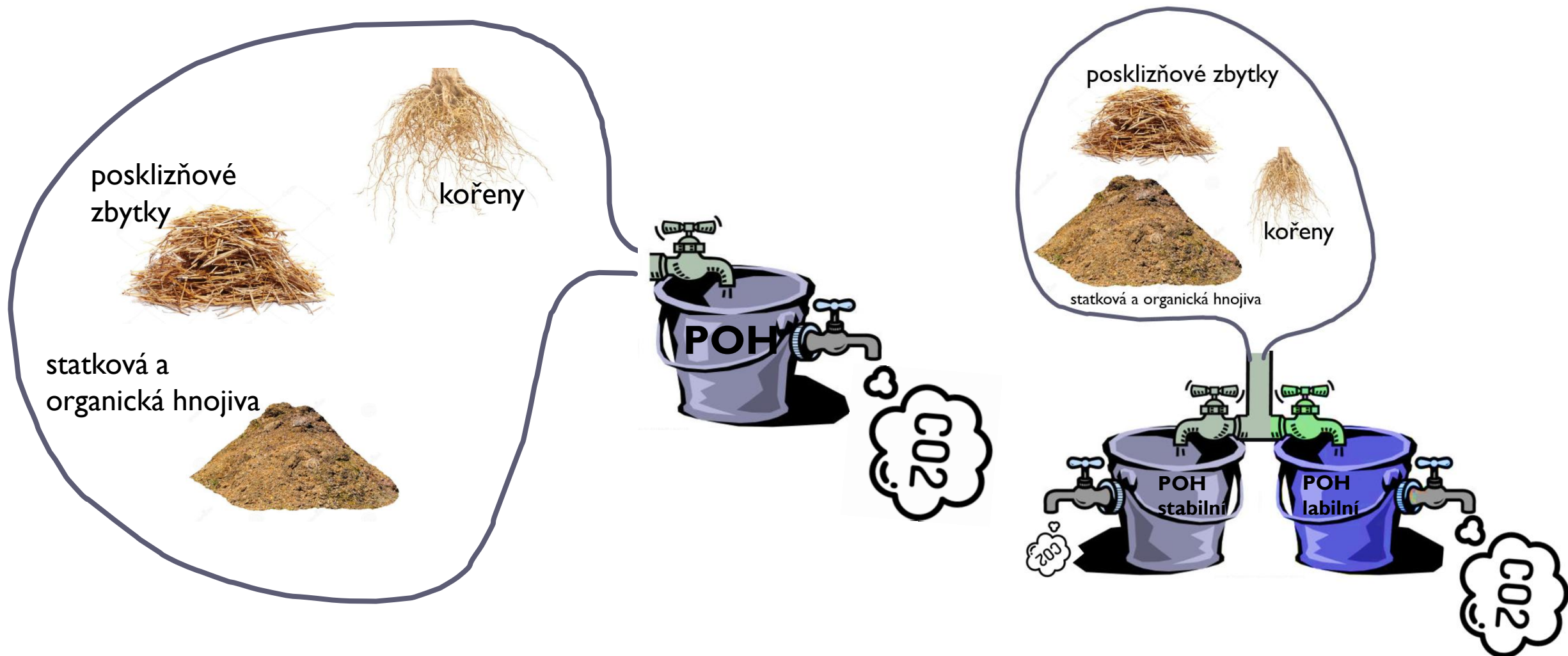
- model je nastavený na základě dlouhodobých sledování
- časový krok - rok
- vliv na rychlost proměny – konstantní nebo teplota / vlhkost / zrnitost atd.
- platí pro podmínky, pro které byl sestaven
- krátkodobé predikce mohou být méně přesné

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

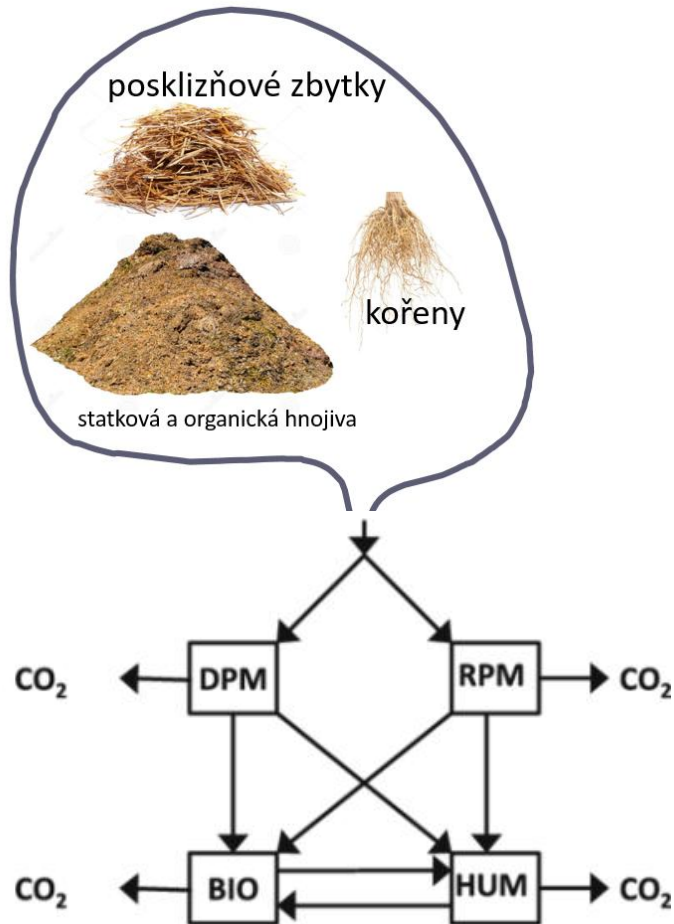


- model je nastavený na základě dlouhodobých sledování
- časový krok - rok
- vliv na rychlost proměny – konstantní nebo teplota / vlhkost / zrnitost atd.
- platí pro podmínky, pro které byl sestaven
- krátkodobé predikce mohou být méně přesné

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

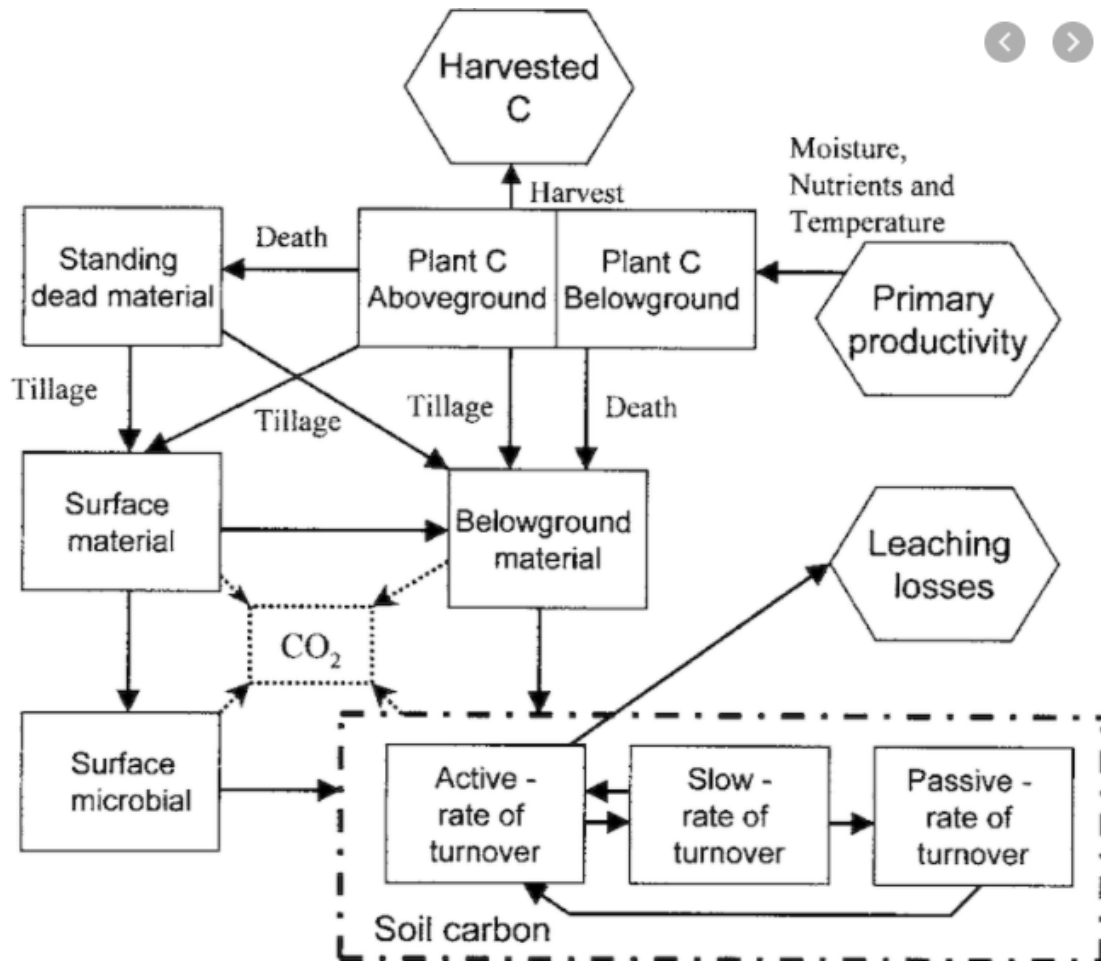


Roth C – ČTYŘI DYNAMICKÉ SLOŽKY + INERTNÍ C



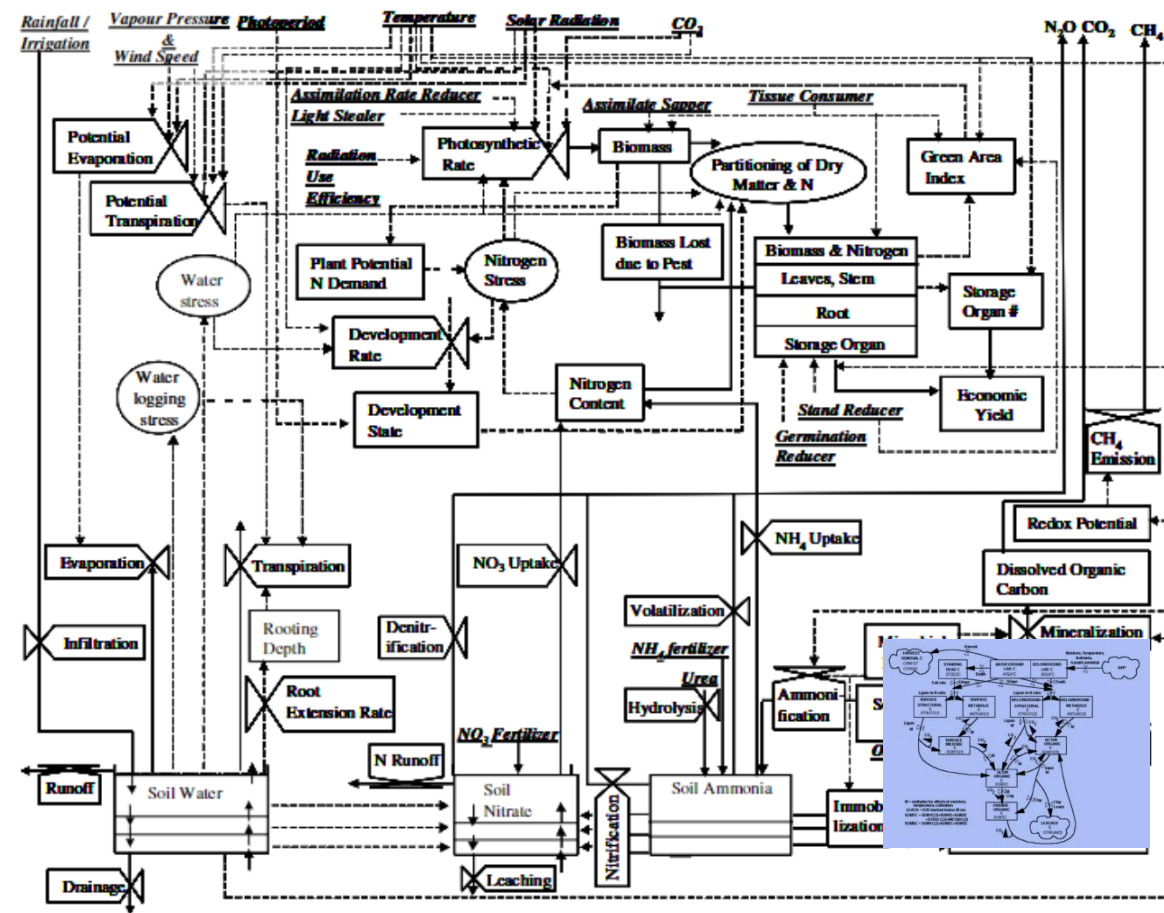
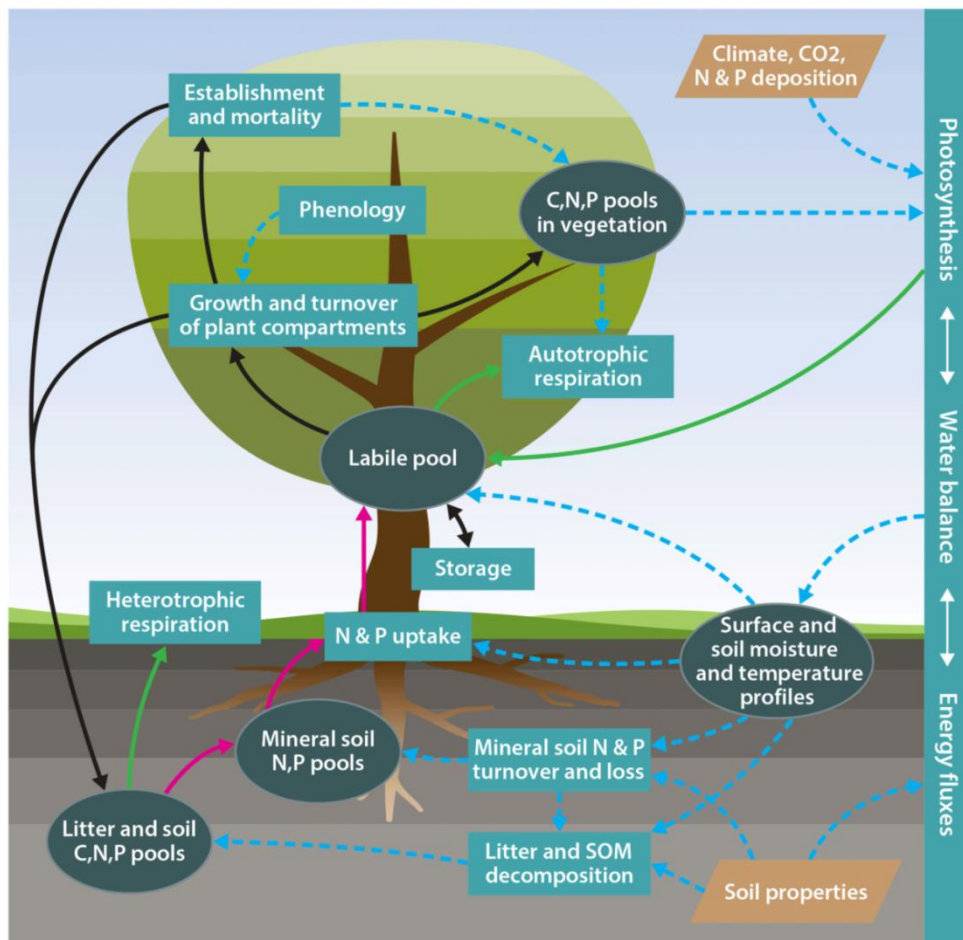
- první komplexní model půdního org. C
- vyvinuli Dr. Jenkinson a Dr. Coleman v Rothamsted Research, UK
- model sloužil nejprve pro popis změn na dlouhodobých pokusech RR, později na orné půdě, TTP i lesních půdách
- umožňuje predikce změn POH na základě vstupů, nebo predikci vstupů na základě změn POH
- časový krok – měsíc

CENTURY – KOMPLEXNÍ MODEL PŮDNÍ ORGANICKÉ HMOTY



- zahrnuje C, N a S
- nadzemní a podzemní biomasa
- 3 složky POH
- součást mnoha půdně-plodinových modelů
- časový krok – měsíc / den

KOMPLEXNÍ MODELY - PŮDA – VODA - ROSTLINA



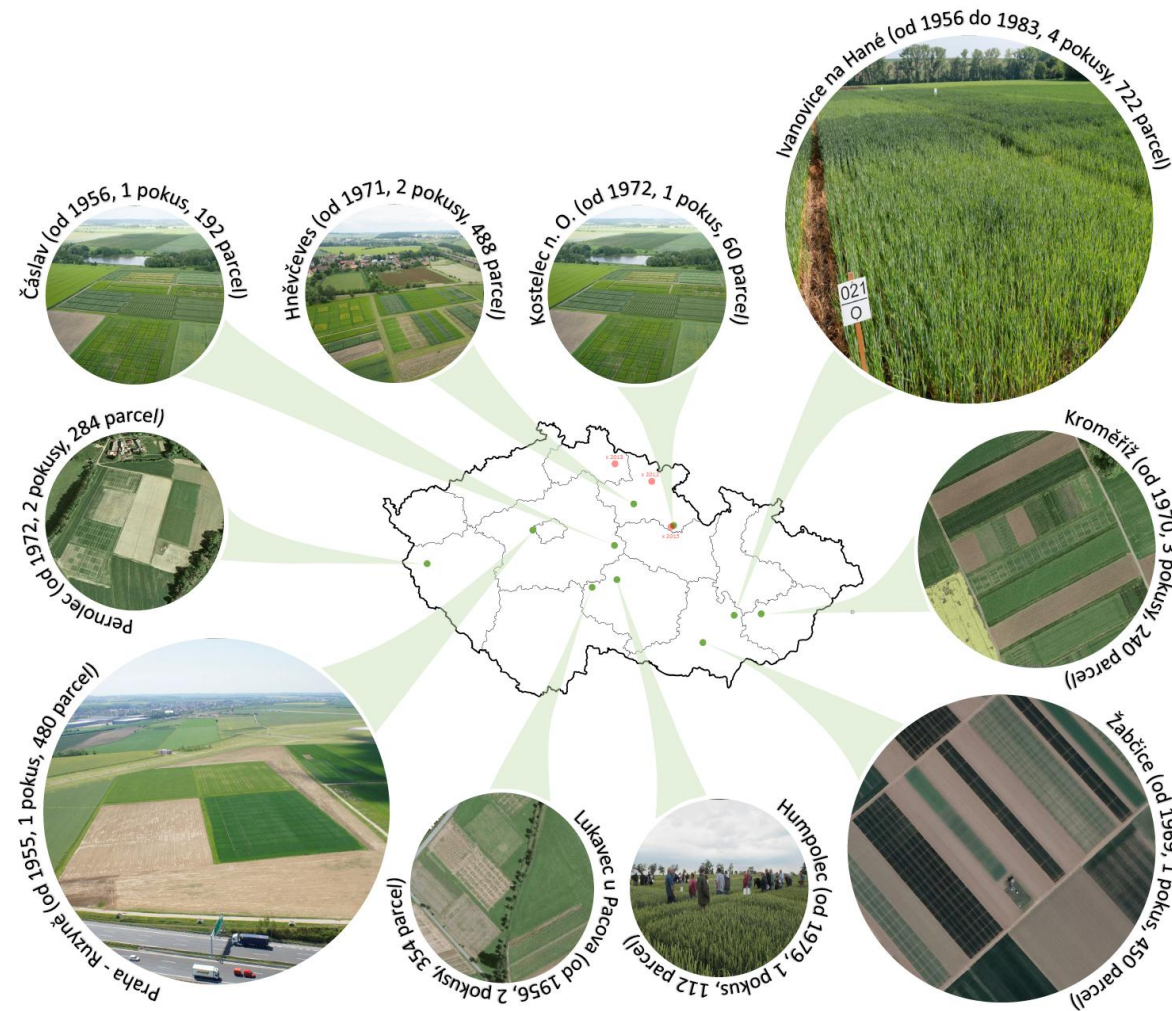
SLOŽITOST KOMPLEXNÍCH MODELŮ – VÝHODA I NEDOSTATEK



- zachycují celý systém půda – voda – rostlina
- nutnost kvalitních vstupních údajů
- stovky procesních parametrů (velké „řídící středisko“)
- „schopnost“ dosáhnout správný výstup naprosto nesprávným nastavením
- nutná zkušenost s modelem

DLOUHODOBÉ POLNÍ POKUSY – PROSTŘEDEK KALIBRACE A OVĚŘENÍ MODELŮ

- polní pokusy zakládané od r. 1955
- každoroční precizní záznamy o agrotechnice, výnosech, půdní rozborů
- ve všech výrobních oblastech
- různé plodiny, osevní sledy, dávky hnojiv, hloubky kultivace atd.



SPOLUPRÁCE VÚRV / IASA

2016
Lokální model –
DLP Trutnov

2018
Simulace pro EU –
výnosy hl. plodin

2020
Návrh platformy pro
simulaci POH v ČR

2021/2022
Predikce vývoje POH v
typových agroekosystémech ČR

June 22, 2017
EPIC model based search of agronomic strategies for increasing SOC (case study)

Mikuláš Madarasz^{1,2}, Juraj Balkovc³, Rastislav Skalický⁴
¹International Institute for Applied System Analysis, Ecosystem Services & Management Program, Laxenburg, Austria
²Crop Research Institute, Prague, the Czech Republic

Introduction
In the Czech Republic, the Trutnov district, due to its prevailing mountain character, is among the regions with the smallest proportion of arable land. Arable land makes 21% of the total district area, compared to the country average of 38%. The majority of farmers still employ conventional soil cultivation methods, such as deep tillage. In last two decades, the livestock sector has been struggling, and in plant cultivation a definite shift from fodder crops towards cereals and industrial crops has been occurring. An abandonment of regular manure applications and fodder crop production leads to SOC loss in arable soils, and in the consequence – to the reduction of their structural stability followed by other negative effects. Due to low average of the arable land, soil conservation in the district is an urgent issue.

We used the process-based cropping systems EPIC model as a tool to search for and evaluate possible strategies for SOC balance improvement. The EPIC model incorporates a wide spectrum of soil processes (including organic matter transformation ones derived from the Century model) together with thoroughly verified crop growth routines. A local-scale instance of EPIC model was run using data from a long-term field experiment located near the Trutnov town (430 m a.s.l.). For this reason, calibration and validation of the model was performed with respect to both crop yields and SOC. Below, we present some preliminary results of our research with the aim of (1) describing the basic steps of site model building and (2) providing examples of modelling applications based on a selection of real-world or artificial fertilization and management scenarios.

Long-term experiment

The Trutnov field experiment was running between 1965 and 2009. Its original aim was to compare the effect of organic fertilization with either farmyard manure (FYM) or cereal straw supplemented with mineral N (Straw N) on crop yields and soil fertility. FYM was applied each 4th year at the rate of 30 t/ha. In the same years straw was applied after harvest of cereals. Mineral N fertilizer was added at the rate of 1 kg N per 100 kg straw. Mean C inputs at the FYM and StrawN plots were similar, and, respectively, amounted to 1.51 and 1.24 C/ha/year. In 1965, there were already farms undergoing gradual abandonment of livestock-based farming, thus from the very beginning, the issues addressed by the research project were viewed as important. In addition, the experiment included applications of N, P, and K mineral fertilizers in different combinations, resulting in a total of eighteen treatments (4-times replicated). In this study, we used these treatments: non-fertilized treatment (N0-N0), only mineral fertilization (NPK-N0), only organic fertilization (N0-FYM, N0-StrawN) and combination of mineral and organic fertilization (NPK-FYM, NPK-StrawN).

The eight-year crop rotation consisted of cereals (50%), potato (25%), and a fodder crop (dovey; 25%). Conventional soil cultivation was maintained, including ploughing to the depth of 25–30 cm. At the experiment initiation, SOC content was about 1.15% by weight. After 40 years, the SOC content in respect to the treatments amounted to 1.03% (N0-N0), 1.14% (NPK-N0), 1.17% (N0-StrawN), 1.17% (NPK-FYM), and 1.26% (NPK-StrawN). The results clearly show that FYM manuring cannot be fully replaced by mineral-N-enhanced straw applications involving roughly equivalent doses of C inputs.

Simulation and validation

The EPIC modelling was performed in several steps that are commonly found in model building in general. The model runs on several hundred input parameters. For this reason, a sensitivity analysis (SA) was

AGU PUBLICATIONS

Earth's Future

RESEARCH ARTICLE
10.1002/ef2.10006

Impacts and Uncertainties of +2°C of Climate Change and Soil Degradation on European Crop Calorie Supply

Juraj Balkovc^{1,2}, Rastislav Skalický^{3,4}, Christian Folberth⁵, Nikolay Khabarov⁶, Mikuláš Madarasz⁷, Michael Obersteiner⁸, and Marijn van der Velde⁹

¹International Institute for Applied System Analysis, Ecosystem Services and Management Program, Laxenburg, Austria; ²Department of Soil Science, Faculty of Natural Sciences, Comenius University in Bratislava, Bratislava, Slovakia; ³National Agricultural and Food Centre, Soil Science and Conservation Research Institute, Bratislava, Slovakia; ⁴Institute for Sustainable Economic Development, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria; ⁵Division of Crop Management Systems, Crop Research Institute, Prague, Czech Republic; ⁶European Commission, Joint Research Centre, Ispra, Italy

Abstract Even if global warming is kept below +2°C, European agriculture will be significantly impacted. Soil degradation may amplify these impacts substantially and thus hamper crop production further. We quantify biophysical consequences and bracket uncertainty of +2°C warming on calories supplied from 10 major crops and vulnerability to soil degradation in Europe using crop modeling.

The Environmental Policy Integrated Climate (EPIC) model together with regional climate projections from the European branch of the Coordinated Regional Coupled Climate Experiment (EU-CORDEX) was used for this purpose. A robust positive calorie yield change was estimated for the EU Member States except for some regions in Southern and South-Eastern Europe. The mean impacts range from +30 Gcal ha⁻¹ in the north, through +25 and +20 Gcal ha⁻¹ in Western and Eastern Europe, respectively, to +10 Gcal ha⁻¹ in the south. Soil degradation and heat impacts are not accounted for. Elevated CO₂ and increased temperature are the dominant drivers of the simulated yield changes in high-input agricultural systems. The growth stimulus due to elevated CO₂ may offset potentially negative yield impacts of temperature increase by +2°C in most of Europe. Soil degradation causes a calorie vulnerability ranging from 0 to 50 Gcal ha⁻¹ due to insufficient compensation for nutrient depletion and this might undermine climate benefits in many regions. If not prevented by adaptation measures, especially in Eastern and North-Eastern Europe, uncertainties due to future potentials for crop intensification at about 2–50 times higher than climate change impacts.

Received 21 April 2017
Accepted 20 July 2017
Available online 12 March 2018
Published online 2 March 2018

1. Introduction
Climate change and soil degradation are among the major threats to agriculture and food security (Lal et al., 2007; Meemans et al., 2016; Tilman et al., 2002) and recognized as such by farmers across Europe (Olesen et al., 2011). Following the Paris Climate Agreement, 193 nations have committed to keep the global average warming well below 2°C relative to preindustrial temperatures and pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5°C. Recent climate projections indicate that Europe will warm at a faster rate than the global average, and a +2°C of global warming will bring a significantly changed climate to Europe (Vautard et al., 2014). For example, Northern and Eastern Europe in winter and Southern Europe in summer will likely experience warming up to +3°C, with an increase in winter precipitation in Central Europe and an overall increase of precipitation over Northern Europe. The trends and amplified weather variability characterizing the future climate will be challenging to Europe, one of the largest producers of agricultural goods. To inform mitigation efforts, consequences of holding global warming below +2°C should be quantified. For example, keeping global warming at a low level may lower future damages in the Mediterranean region, but it may contain potential benefits from warming in the north (Müller et al., 2015). On one hand, increased temperature will accelerate crop development and shorten crop growth periods, thus potentially reducing crop yields in the productive temperate and Mediterranean Europe (Asseng et al., 2015; Lobell & Field, 2007; Sept et al., 2010). More intense heat waves and droughts, together with heavy rains, hail,

Journal of Environmental Management
Research article
Verifiable soil organic carbon modelling to facilitate regional reporting of cropland carbon change: A test case in the Czech Republic
Juraj Balkovc^{1,2,3}, Mikuláš Madarasz⁴, Rastislav Skalický^{5,6}, Christian Folberth⁷, Michela Santonová⁸, Ervin Schmid⁹, Marijn van der Velde¹⁰, Florian Kuxner¹¹, Michael Obersteiner¹²

ARTICLE INFO
Keywords: Soil organic carbon; Carbon sequestration; Crop modeling; Soil degradation; Climate change; Europe
Correspondence to: Juraj Balkovc (juraj.balkovc@iiasa.ac.at)

ABSTRACT
Regional monitoring, reporting and verification of soil organic carbon change occurring in managed cropland are challenging to implement carbon-related policies. Rapidly evolving global agriculture can facilitate these efforts throughout Europe. However, data performance on modeling soil carbon dynamics in regional scale is not widespread. In particular, as such models are often driven by large-scale inputs, they tend to be biased toward regional field experiments. We evaluate the level of detail that needs to be incorporated in global models to reliably estimate regional soil carbon dynamics in managed cropland, testing the approach for regions in the Czech Republic. We first calibrated the Integrated Environmental Policy Integrated Climate (EPIC) model against long-term experimental data. Subsequently, we assessed the EPIC model with a top-down global modeling framework, accounting for European agricultural soils from Europe-wide datasets and regional field data. We explored the trade-offs, as opposed to a bottom-up, modeling approach for estimating regional soil carbon dynamics in cropland, in comparison with a top-down framework. The regional EPIC model reproduced soil carbon changes (<±0.5 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹) consistent with regional field studies for all studied agricultural practices. However, inaccurate soil information, crop management inputs, or inappropriate model calibration may undermine regional modelled soil carbon change estimates and reduce their value of the three European crop systems (<±0.3 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹) that is substantially larger than the actual effect of agricultural practices relative to the top-down framework. Besides, accurate soil data obtained from the background datasets biased the simulated carbon trends compared to observations. This hampered the model's reliability at the location of field experiments. Nevertheless, the top-down regional management derived from regional land use statistics proved suitable for the estimation of soil carbon dynamics consistently with actual field practices. Despite existing biophysical uncertainties, we found a robust stability of the soil organic carbon trend for various climate regions and soil types represented in the Czech experiments. The model performed better than the first 1-yearly data of the International Panel on Climate Change, which indicates a great potential for improved carbon change modeling over larger political regions.



© 2018 The Authors
This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use and distribution in any medium, provided the original work is properly cited. This is not certified by peer review for this version. See the Terms and Conditions (http://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

DLOUHODOBÉ POLNÍ POKUSY – PROSTŘEDEK KALIBRACE A OVĚŘENÍ MODELŮ

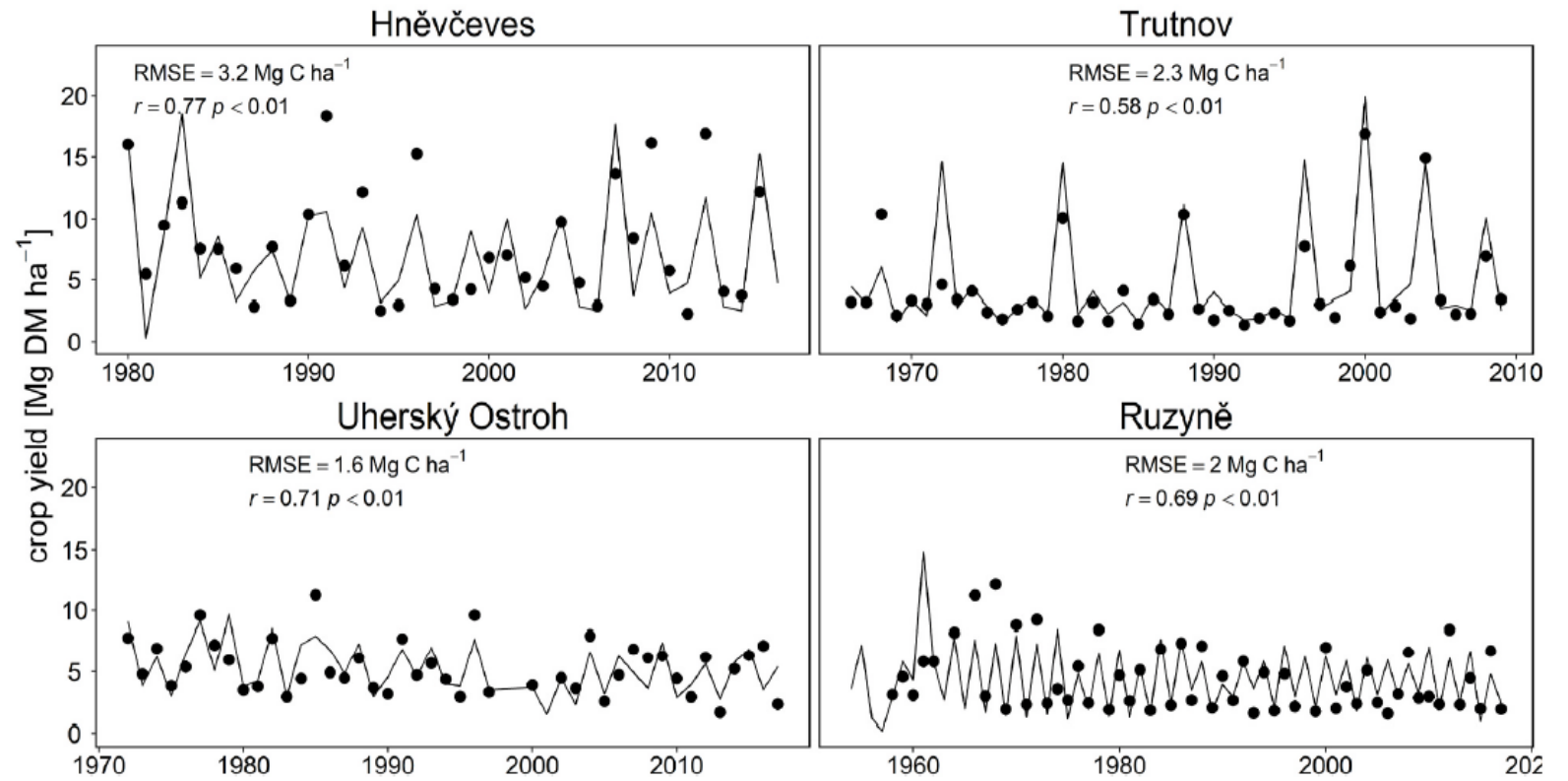
- databáze polních pokusů využita pro simulace modelem EPIC (*Williams a kol. 1996*)
- Zdroj dat: dlouhodobé pokusy: Hněvčeves, Praha – Ruzyně, Trutnov, Uherský Ostroh
- různé osevní sledy, avšak srovnatelné varianty hnojení:
 - bez hnojení
 - NPK
 - Hnůj
 - Hnůj + NPK
 - s nebo bez zaorání posklizňových zbytků

Cíl: (1) kalibrovat a verifikovat model EPIC pro jednotlivé pokusy
(2) simulovat vliv hnojení v půdách příslušných regionů



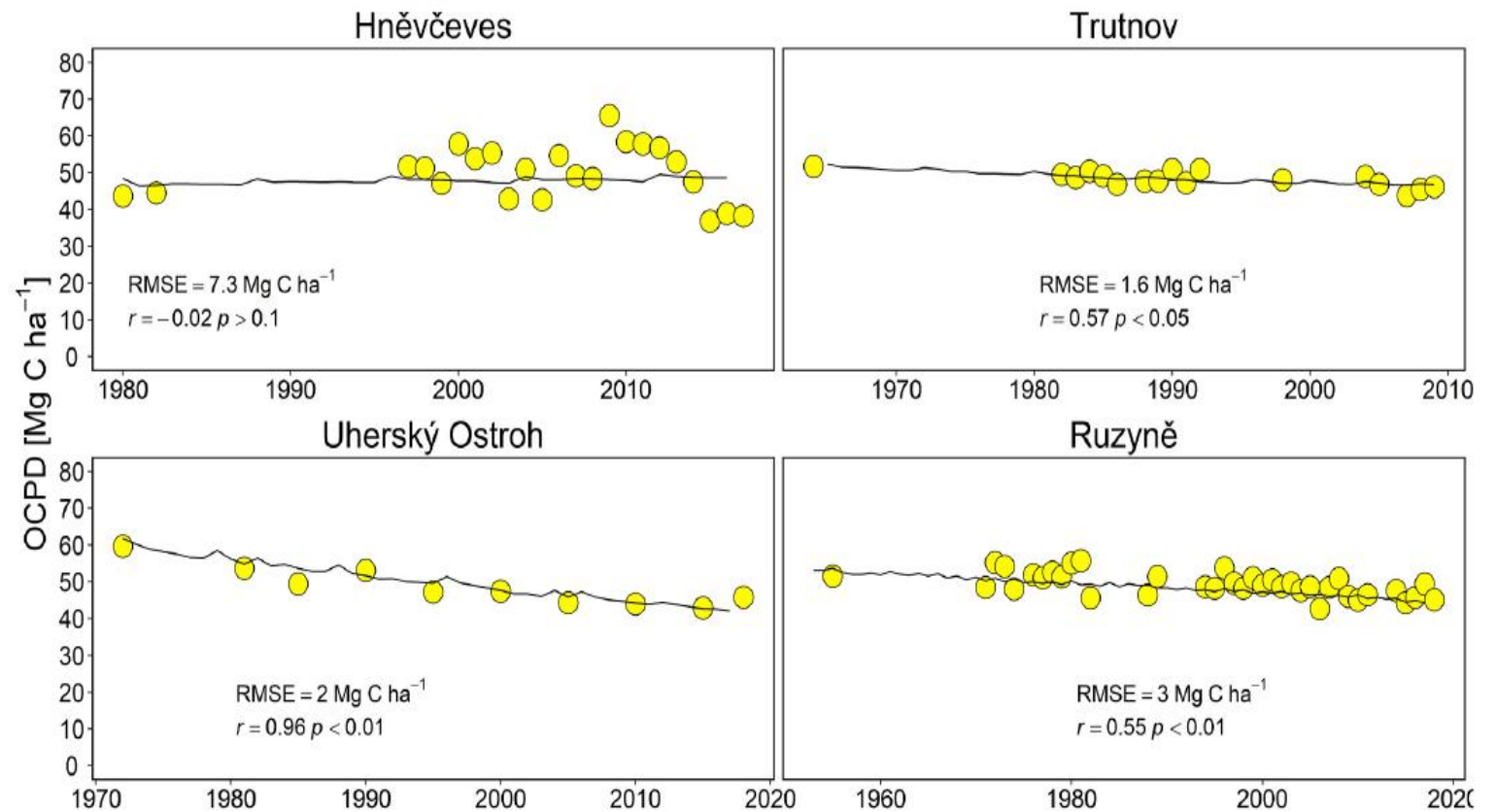
KALIBRACE PARAMETRŮ MODELU EPIC PRO DOSAŽENÍ CO NEJLEPŠÍ SHODY S POZOROVANÝM VÝNOSEM

- kalibrace = nastavení parametrů modelu tak, aby byla shoda s pozorováním co nejlepší



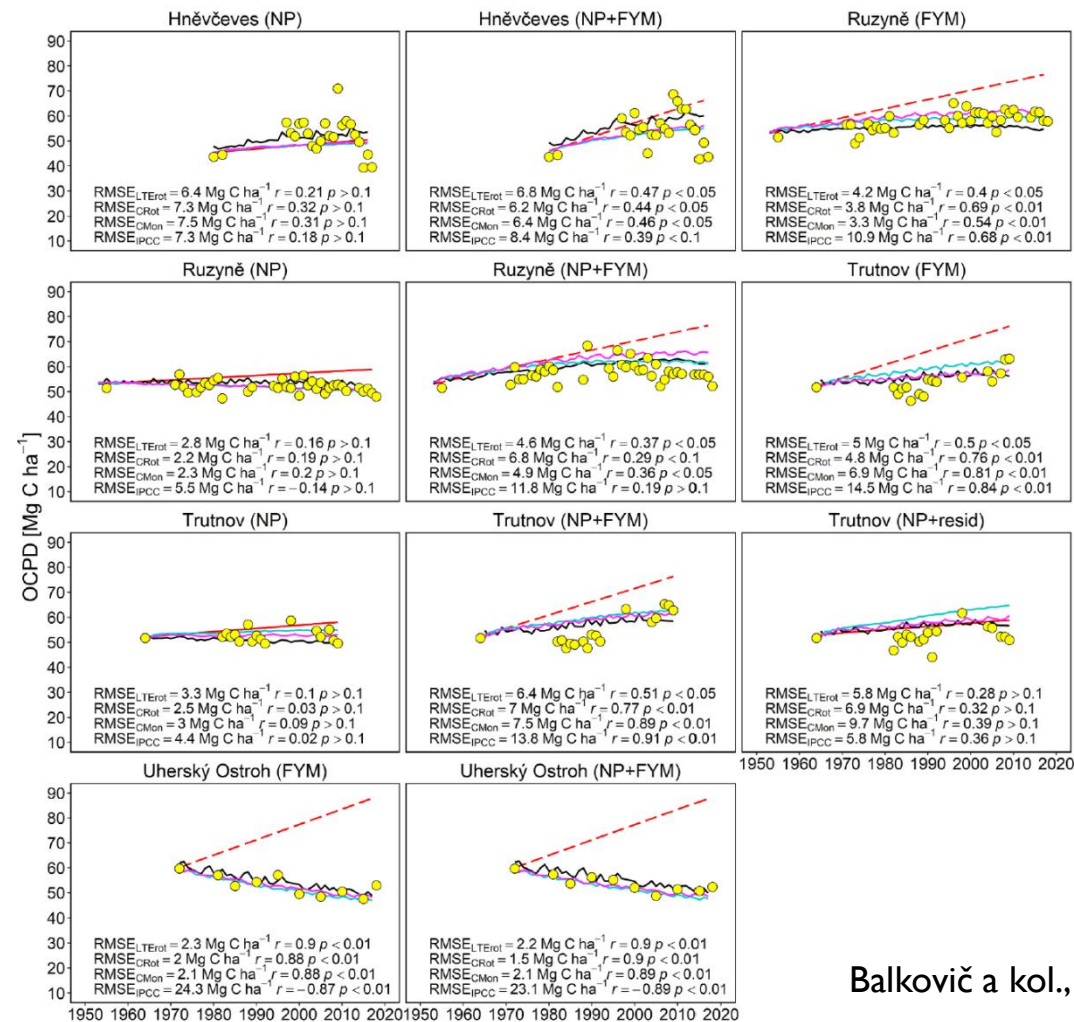
KALIBRACE PARAMETRŮ MODELU EPIC PRO DOSAŽENÍ CO NEJLEPŠÍ SHODY S POZOROVANÝM OBSAHEM POH

- kalibrace = nastavení parametrů modelu tak, aby byla shoda s pozorováním co nejlepší



VERIFIKACE (OVĚŘENÍ) MODELŮ

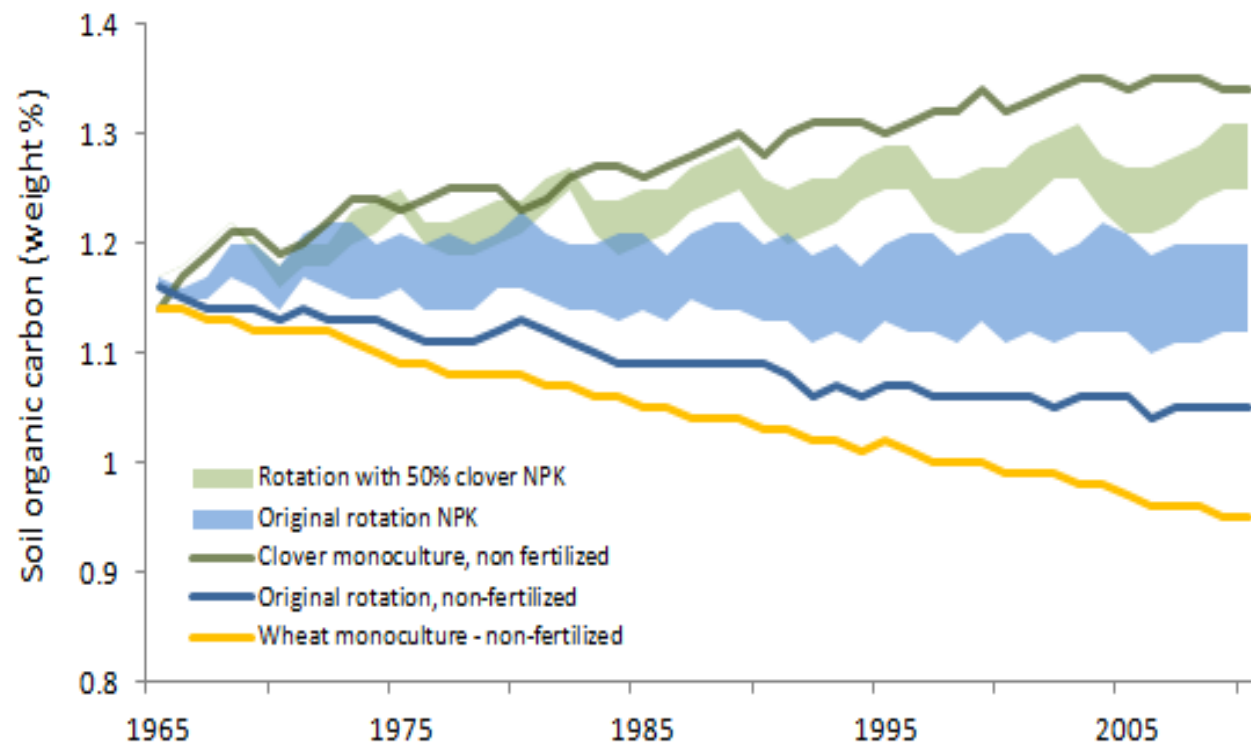
- verifikace – ověření predikční schopnosti modelu na dalších pozorováních (již bez změn řídicích parametrů modelu)



VYUŽITÍ OVĚŘENÝCH MODELŮ – LOKÁLNÍ ÚROVEŇ

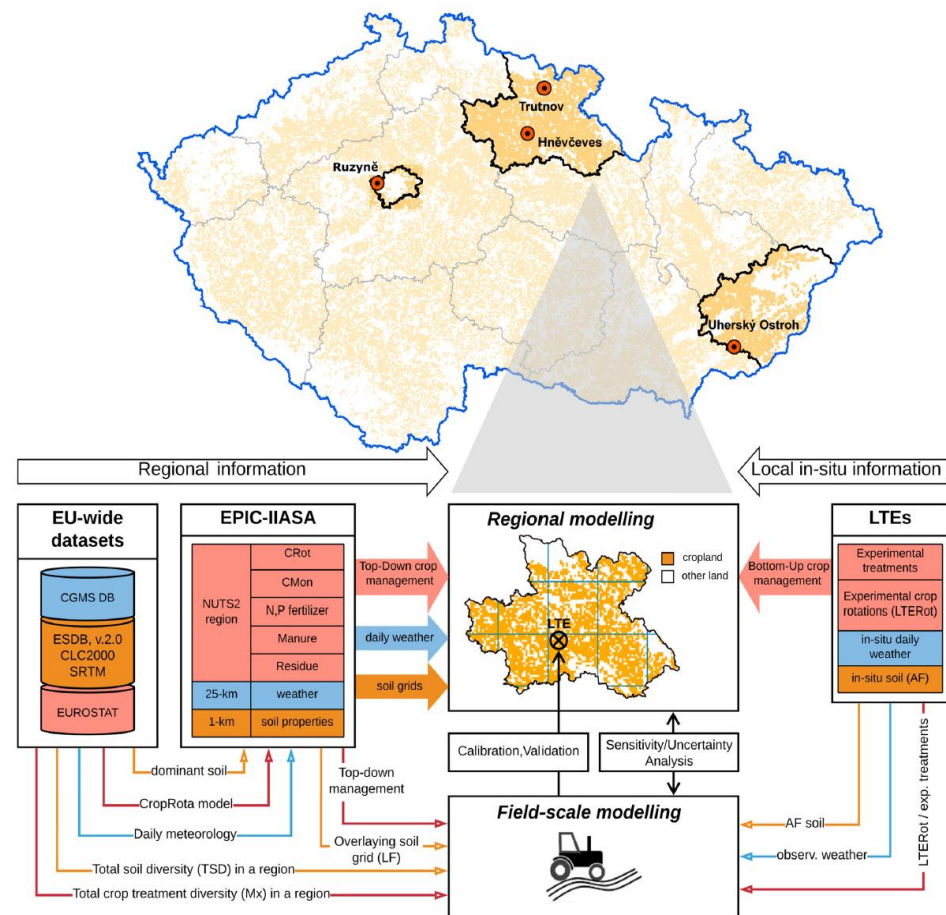
Dlouhodobý pokus v Trutnově -
testování různých scénářů:

- monokultura (pšenice / jetele)
- zvýšení zastoupení jetele na 50 %
- hluboká orba vs. minimalizace



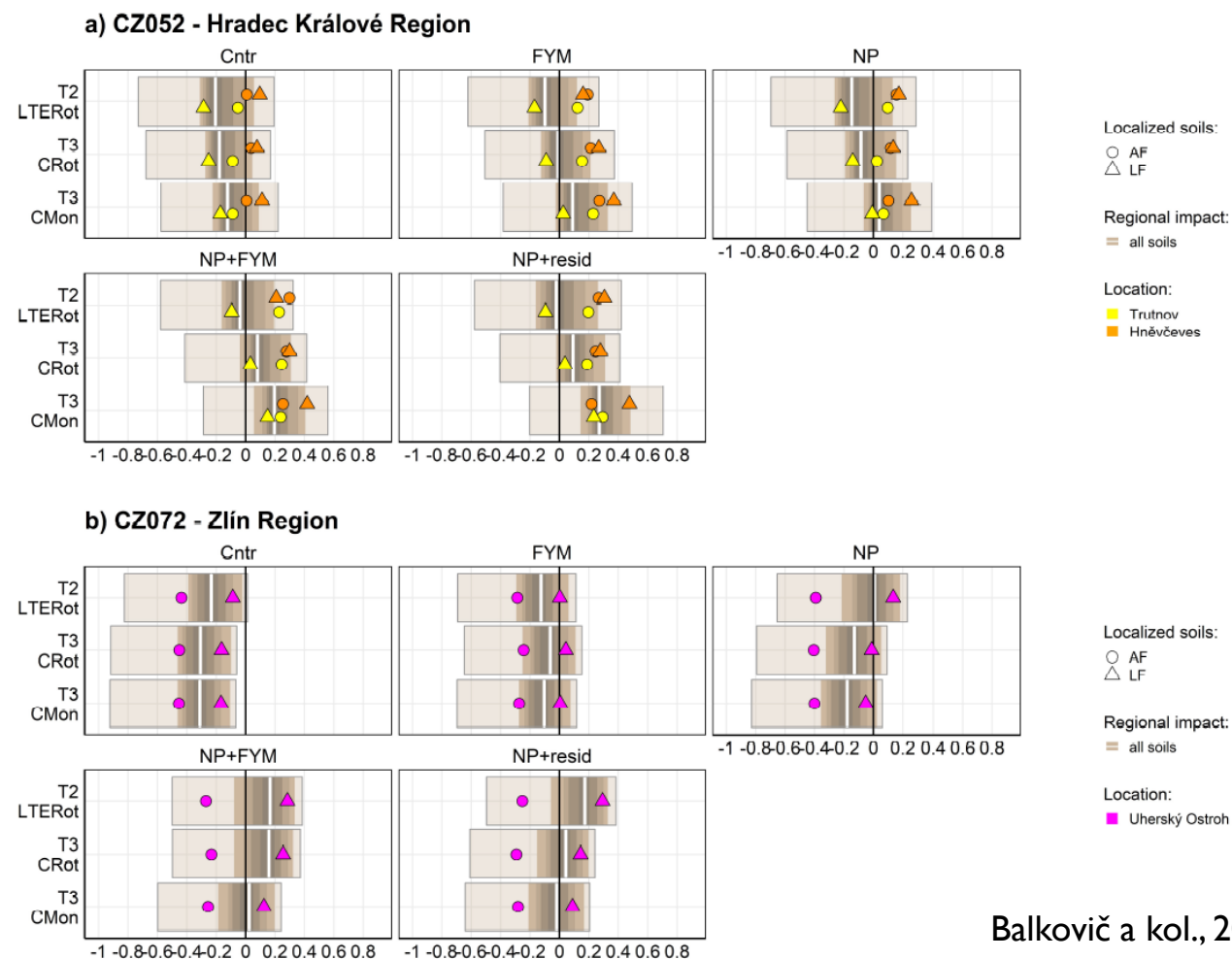
VYUŽITÍ OVĚŘENÝCH MODELŮ – REGIONÁLNÍ ÚROVEŇ

- predikce vlivu hnojení na obsah POH ve třech krajích
- kalibrace a validace čtyř dlouhodobých pokusů
- simulace změn POH v orné půdě v rastru 1 km x 1 km modelem EPIC – IIASA, 4 varianty hnojení
- využití dostupných evropských databází a volně přístupných statistických dat

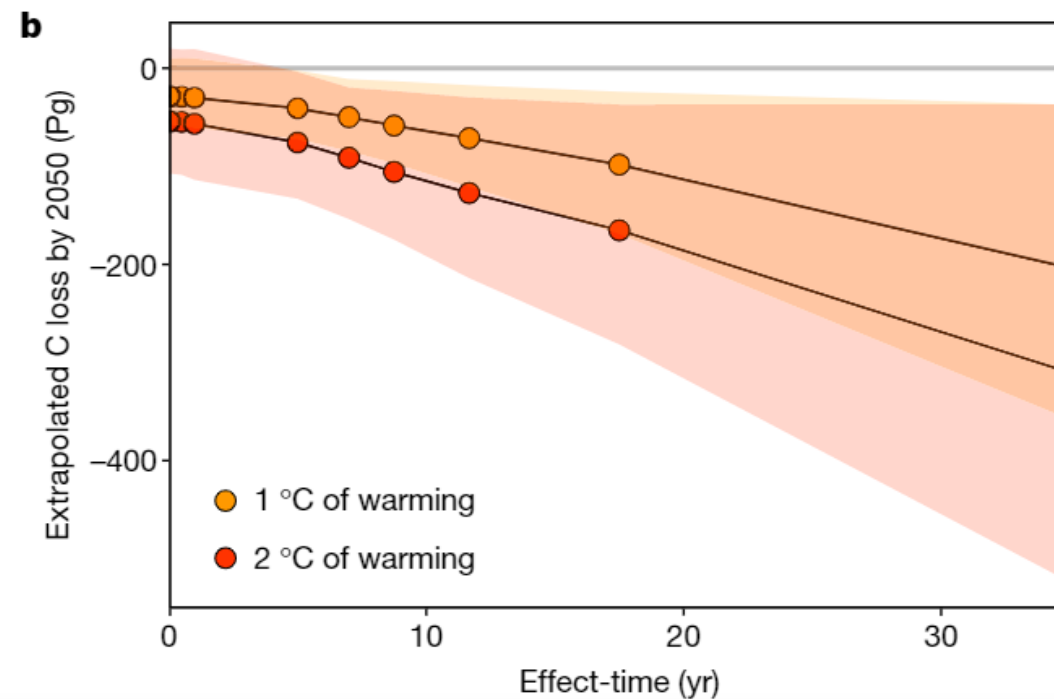
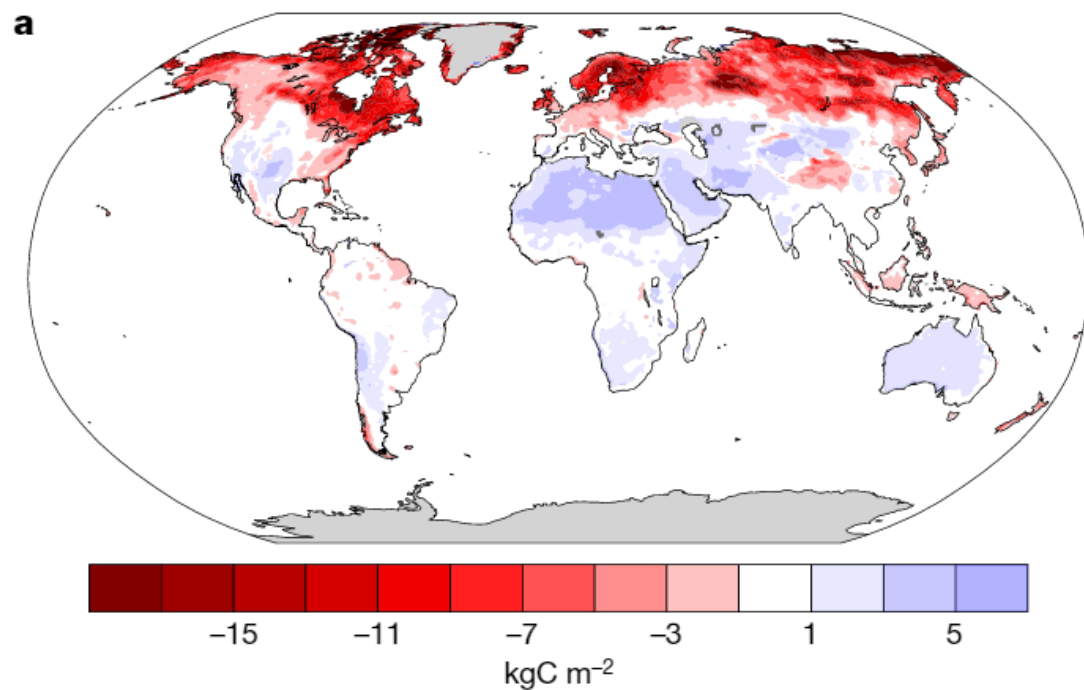


VYUŽITÍ OVĚŘENÝCH MODELŮ – REGIONÁLNÍ ÚROVEŇ

- pouze minerální hnojení - u více než poloviny výměry pokles POH
- zaorávka posklizňových zbytků – významné zlepšení oproti minerálnímu hnojení
- NPK+ hnůj: u většiny půd nárůst obsahu POH
- HK - současné oseední postupy nejsou (v měřítku regionu) horší než oseední sledy typu Norfolk (vyšší zastoupení pícnin v regionu)
- Zlínský kraj – obrácený trend



VYUŽITÍ OVĚŘENÝCH MODELŮ – GLOBÁLNÍ ÚROVEŇ



Změny obsahu POC do roku 2050 (DOI: [10.1038/nature20150](https://doi.org/10.1038/nature20150))

K ČEMU JSOU UŽITEČNÉ VÝSTUPY Z PREDIKTIVNÍCH MODELŮ ?

- **úprava lokálního hospodaření** (ochranné zpracování půdy, hnojení, skladba plodin)
- **adaptační opatření na úrovni povodí nebo větších krajinných celků**
- **nastavení státní dotační politiky - podpora ukládání uhlíku v půdě**
- **globální predikce vývoje klimatické změny**
(zvýšení teploty zvyšuje mineralizace POH, narůstají emise CO₂, oteplování planety se tím urychluje)

SHRNUTÍ

- predikce (zatím) nejsou přesné, ale ukazují:
(1) trendy příštího vývoje,
(2) možnosti adaptace
- nesporná výhoda – simulace lze zlepšovat a mnohonásobně opakovat

V ZÁSADĚ JSOU VŠECHNY MODELY CHYBNÉ,
ALE NĚKTERÉ JSOU UŽITEČNÉ.

Box a kol., 1987

