

## APLIKÁCIA KLIMATICKÝCH ÚDAJOV V SYSTÉME MODELOVANIA ZÁSOB PÔDNEHO ORGANICKÉHO UHLÍKA V POĽNOHOSPODÁRSKYCH PÔDACH SR

Martina Nováková<sup>1</sup>, Gabriela Barančíková<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava

<sup>2</sup>Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Regionálne centrum Prešov

### Abstract

Soil organic matter represents the soil component with high influence to the landscape processes system. Besides another functions in the soil, the soil organic carbon (SOC) being a part of soil organic matter, is considered to be important element of global carbon cycle through its possible contribution to atmospheric CO<sub>2</sub> concentration. For that reason the knowledge on SOC content and stock in the soils represents one of actual rational landscape management needs. The SOC modelling by bio-physical model represents progressive method which enables necessary information to be obtained. However, successful application of bio-physical modelling in solving the practical tasks requires the model to be verified and validated before its application.

The aim of this paper is to discuss the problem of climate data implementation into the modelling system based on RothC model which purpose is to model the stock of soil organic carbon in agricultural soils of Slovakia. The climate data, but also soil and other landscape data required by the RothC model have to address specific needs of the model given by implemented SOC balancing routines. Values of monthly averaged temperature (°C), monthly rainfall (mm) and monthly evapotranspiration (mm) represent key climate inputs for the model. Along with, also long-term averages of monthly average temperature, rainfall and evapotranspiration are necessary for model. As a source of the monthly and long-term average data we have used historical time series of climate data (1970 – 2006) coming from climate stations network under the maintenance of Slovak Hydro-meteorological Institute.

In the paper we put some attention also to the description of methods applied for climate data processing according to the RothC model requirements. Selection of applied method depends on the specific data utilization. In the first case, point climate data are necessary for model validation on the representative locations distributed over the area of agricultural soils of Slovakia. Climate data, monthly average temperature and rainfall particularly, were processed on the basis of daily dataset. Monthly evapotranspiration values not available in original dataset were calculated by Penman equation. In the second case, spatially interpolated climate data represent a base for RothC model application in geographical (spatial) context. The interpolation method implemented in CGMS (European Crop Growth Monitoring System) was used to prepare spatially explicit climate inputs for the model. As interpolation method works within 50x50km grid originally, the method was modified to conditions of Slovakia and the grid with spatial resolution of 10x10km was used instead as a spatial frame for climate data interpolation.

In the paper we present also several examples of spatially interpolated climate data as they can be directly used as inputs for SOC stock modelling in agricultural soils of Slovakia.

**Keywords: SOC stock, model RothC, climate data interpolation, geographical grid**

### Úvod

Pôdny organický uhlík (POC) má nezastupiteľné miesto v systéme procesov prebiehajúcich v krajine. Okrem iného, POC má významné postavenie v globálnom kolobe uhlíka a ovplyvňuje koncentráciu CO<sub>2</sub> v atmosfére, pričom CO<sub>2</sub> je považo-

vaný za významný skleníkový plyn. Poznanie obsahu pôdneho organického uhlíka a vývoja jeho zásoby v pôde, predstavuje preto aktuálnu požiadavku racionálneho manažmentu krajiny.

Jednu z možností zabezpečenia požiadavky na údaje o zásobe organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach, a to aj

s uvažovaním priestorového aspektu (zabezpečenie účelových, priestorovo interpretovaných údajov), predstavuje progresívna, momentálne často využívaná metóda modelovania. V súčasnosti je k dispozícii množstvo účelových modelov, ktoré pristupujú k problému hodnotenia zásoby pôdneho organického uhlíka priamo (model vychádzajúci z princípu rozkladu uhlíka - RothC 26.3; Coleman a Jenkinson 2005) alebo komplexne (modely založené na ekosystémovom prístupe - CENTURY, Parton a iní 1987, Parton a iní 1992; DAISY, Hansen a iní 1990; EPIC, Williams 1995). Vo viacerých prípadoch sú systémy modelovania zásob organického uhlíka v pôde v regionálnej mierke už vybudované (Barančíková a iní 2005; Cerri a iní 2007; Easter a iní 2007), prípadne sa testuje správnosť a presnosť ich výstupov (Fallon a Smith 2002).

V podmienkach SR sa pokusy o modelovanie zásob a zmien zásob organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach objavili v súvislosti s klimatickou zmenou a analýzou jej dopadu na poľnohospodárske pôdy (Sobocká a iní 2007), prípadne v súvislosti s testovaním (validáciou) modelu RothC pri analýze potenciálneho využitia tohto modelu pre prognózovanie pôdnej organickej hmoty (Barančíková a Pospíšilová 2006, Barančíková 2007). Zároveň je od roku 2007 problematika riešená aj v rámci projektu APVV (APVV-0333-06) s názvom: Modelovanie prognóz stavu pôdnej organickej hmoty pri krátkodobom i dlhodobom prognózovaní stavu organického uhlíka (POC) na poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Cieľom projektu je vybudovanie systému modelovania zásob organického uhlíka v poľnohospodárskej pôde SR postaveného na báze modelu RothC. RothC, v porovnaní s inými modelmi, predstavuje model relatívne nenáročný z hľadiska požiadaviek na údajové vstupy. Vyžadované údaje o agroekosystéme (klimatické a pôdne údaje; údaje o využití pôdy a o hospodárení na pôde) sú dostupné, resp. relatívne ľahko získateľné, čo do

veľkej miery predurčuje možnosť jeho využitia v projekte. Ambíciou projektu je zastrešenie prechodu od bodového modelovania (aplikácia modelu vo vybraných lokalitách reprezentovaných bodmi) k aplikácii modelu v reálnom geografickom priestore, a to prostredníctvom vhodne definovanej priestorovej údajovej infraštruktúry. Podmienkou vybudovania priestorovej údajovej infraštruktúry je vyriešenie problému priestorovej interpretácie údajov, ktoré sú v súčasnosti reprezentované bodovými údajmi (bodové merania).

Príspevok sa venuje problematike implementácie klimatických údajov v rámci systému modelovania zásoby pôdneho organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach. Načrtnutý je spôsob prípravy klimatických údajov, a to ako pre validáciu modelu na vybraných lokalitách (bodové údaje), tak aj pre potreby samotnej „priestorovej“ aplikácie modelu RothC v definovanej gridovej sieti s priestorovým rozlíšením 10x10km (priestorovo interpretované údaje). V príspevku sú zároveň prezentované vybrané ukážky výstupov interpolácie, resp. priestorovej interpretácie interpolovaných klimatických údajov, ktoré reprezentujú vstupy pre systém modelovania zásob pôdneho organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach SR.

## **Materiál a metódy**

### ***Teoretické aspekty a princípy systému modelovania***

*Systém modelovania* predstavuje účelovo zvolený systém údajových vstupov a poznatkov o systéme, ktorý umožňuje modelovanie jeho vybraných aspektov. Pozostáva z troch základných prvkov: a) aspektu (hľadiska) modelovania zvoleného systému; b) dostupných údajov o prvkoch modelovaného systému (alebo o systéme ako celku) a c) dostupných (formalizovaných) poznatkov o zákonitostiach vývoja a dynamiky sledovaných prvkov systému alebo systému ako celku (Skalský a iní 2007; Nováková a Skalský 2007).

Z teoretického hľadiska v zmysle aplikácie teórie systémov na vnímanie krajiny (Krch 1990) je možné konštatovať, že:

- modelovaný systém (model reality) zodpovedá formalizovanému vyjadreniu priestorovej štruktúry študovaného systému (zvolenej reality); v procese reálneho modelovania je vyjadrený najčastejšie vo forme *geografickej databázy*;
- model časovo-priestorových vzťahov (poznatky o zákonitostiach vývoja a dynamiky prvkov systému alebo systému ako celku) zodpovedá formalizovanému vyjadreniu funkčnej štruktúry študovaného systému; v procese konkrétneho modelovania je vyjadrený vo forme *účelovej softvérovej aplikácie*, ktorá umožňuje sprostredkovanú simuláciu vybraných aspektov študovaného systému a odvodenie požadovaných údajov;
- aspekt modelovania zvoleného systému je totožný s hľadiskom, z ktorého je systém študovaný.

### **Model RothC a požiadavky modelu na klimatické údaje**

*Princíp modelu RothC* (Coleman a Jenkinson 2005) spočíva v simulácii kolobehu organického uhlíka v pôde (predovšetkým v poľnohospodárskej pôde). Dôraz je kladený na modelovanie procesu rozkladu rastlinných zvyškov a aplikovaného organického hnojiva (maštalný hnoj), pričom pôdny organický uhlík je rozdelený do štyroch aktívnych zložiek (rozložiteľný a rezistentný rastlinný materiál, mikrobiálna biomasa, humifikovaná organická hmota) a malého množstva inertnej organickej hmoty a rozklad každej aktívnej zložky je následne simulovaný samostatne. Model bol vyvinutý na základe dlhotrvajúcich poľných experimentov (poľné experimenty na Rothamstedských orných pôdach).

Vplyv klímy sa v kolobehu organického uhlíka v pôde, simulovanom modelom RothC, prejavuje na úrovni charakteru rozkladu aktívnych zložiek pôdneho organic-

kého uhlíka. Prostredníctvom klimatických údajov sa odhadujú vlastnosti najvrchnejšej časti pôdy – ornice (teplotné a vlhkosťné pomery), ktoré následne vstupujú do konkrétnych matematických rovníc (algoritmus modelu) stanovujúcich konštanty potrebné pri simulácii miery a rýchlosti rozkladu jednotlivých aktívnych zložiek pôdneho organického uhlíka.

Konkrétne *požiadavky* modelu RothC na klimatické údaje sú nasledovné: a) *mesačný úhrn zrážok* (mm); b) hodnota *mesačnej potenciálnej evapotranspirácie*, prípadne hodnota mesačného výparu z vodného povrchu (mm), ktorá spolu s mesačným úhrnom zrážok a pôdnymi vlastnosťami vstupuje do výpočtu vlhkosti ornice, resp. aktuálneho vlhkosťného deficitu ornice a c) *priemerná mesačná teplota vzduchu*, ktorá je zjednodušene považovaná za teplotu ornice.

### **Príprava vstupných klimatických údajov**

Pozorovania a zber meteorologických údajov v rámci siete klimatických staníc v SR a ich distribúciu zabezpečuje Slovenský Hydrometeorologický ústav (SHMÚ). Existujúca sieť klimatických staníc bola analyzovaná z hľadiska viacerých kritérií (ako možnosť poskytovania požadovaných klimatických údajov alebo lokalizácia jednotlivých staníc) tak, aby boli údaje z vybraných klimatických staníc využiteľné pre prípravu vstupných klimatických údajov pre budovaný systém modelovania zásoby POC v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.

Poskytované klimatické údaje priestorovou reprezentáciou zodpovedajú meraným údajom na jednotlivých klimatických staniach (bodové merania). Pri spracovaní klimatických údajov bolo využité databázové prostredie softvéru MS Access (pri transformácii denných údajov na mesačné priemerné údaje) a softvérová aplikácia CGMS (pri výpočte evapotranspirácie a pri priestorovej interpolácii klimatických údajov; Crop Growth Monitoring System; Micale a Genovese 2004, viac na web-

stránke

<http://mars.jrc.it/marsstat/default.htm>).

*Bodové klimatické údaje* (priemerná mesačná teplota vzduchu, mesačný úhrn zrážok; dlhodobé priemerné mesačné hodnoty) boli spracované na základe denných klimatických údajov za jednotlivé klimatické stanice. Pre stanovenie bodových hodnôt dennej potenciálnej evapotranspirácie bol využitý vzťah Penmanna. Následne boli hodnoty dennej potenciálnej evapotranspirácie transformované na mesačné hodnoty a dlhodobé priemerné mesačné hodnoty. V prípade chýbajúcich mesačných klimatických údajov z jednotlivých klimatických staníc, ktoré boli zapríčinené výpadkom meraní, boli tieto doplnené údajmi zodpovedajúcim danému obdobiu z predchádzajúceho, prípadne nasledujúceho roka.

*Priestorové klimatické údaje* boli spracované metódou interpolácie, ktorá je implementovaná v softvérovej aplikácii CGMS, resp. tejto metódy modifikovanej na pomery SR (SK\_CGMS, Nováková 2007). Interpolované boli denné klimatické údaje, pričom tieto boli následne, v prostredí MS Access, transformované na mesačné klimatické údaje.

### **Priestorová interpolácia klimatických údajov**

*Princíp interpolácie klimatických údajov* v rámci CGMS spočíva v priestorovej interpretácii klimatických údajov prislúchajúcich centroidom klimatickej gridovej siete s priestorovým rozlíšením 50x50km. Pri interpolácii sú uvažované klimatické stanice nachádzajúce sa v okruhu 250km (polomer) od každého centroidu.

Zo siete klimatických staníc v definovanom priestore sa *algoritmom skórovania* (Voet a iní 1994; van der Goot 1998) vyberú tie najpodobnejšie, pričom platí, že nízka hodnota skóre indikuje výraznú podobnosť medzi klimatickou stanicou a centroidom bunky gridovej siete a naopak. Druhá časť procesu interpolácie klimatických údajov spočíva v procese *vlastnej interpolácie údajov*, pričom pre

centroid každej bunky gridu sa v závislosti od interpolovaného parametra, berú do úvahy 1 až 4 klimatické stanice z okruhu 250km.

Pri interpolácii zrážok, sa pre bunku rastra berie za smerodajný údaj z najpodobnejšej klimatickej stanice (t.j. zo stanice s najnižším skóre); pri ostatných klimatických prvkoch (priemerná denná teplota a evapotranspirácia) údaje zo stanice, resp. kombinácie 1 – 4 klimatických staníc s najnižším skóre v skupine staníc (algoritmus skórovania v skupine staníc - Supit a iní 1994, Voet a iní 1994). Pre centroid bunky gridu, v interpretačnom význame pre celú bunku gridu, sa potom berie do úvahy aritmetický priemer údajov z kombinácie klimatických staníc s najnižším skóre (pri priemernej dennej teplote predchádza priemerovaniu korekcia na referenčnú nadmorskú výšku centroidu bunky rastra).

V prípade *interpolácie národných klimatických údajov* (Nováková 2007; Nováková 2008) bola zvolená detailnejšia gridová sieť s priestorovým rozlíšením 10x10km a priestor pre výber klimatických staníc v procese skórovania bol definovaný kruhom s polomerom 100km. Zároveň sa pri interpolácii nebral do úvahy vplyv vzdialenosti od pobrežia a uvažovaný nebol ani vplyv klimatických bariér (vybrané klimatické stanice sú lokalizované v rámci poľnohospodársky využívanej krajiny mimo výrazných horských celkov).

### **Výsledky**

#### ***Systém modelovania zásoby organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach***

V konkrétne uvažovanom systéme modelovania zásoby organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach SR sú zohľadnené nasledujúce požiadavky:

- aspekt modelovania zvoleného systému zodpovedá modelovaniu kolobehu organického uhlíka v pôde s dôrazom na odvodenie údajov (znalostí) o zásobe

- organického uhlíka  
v poľnohospodárskych pôdach;
- modelovaný systém (realita) zodpovedá zjednodušene vnímanému agroekosystému, tvorenému prvkami atmosféra – pôda - rastlina – vybrané aspekty manažmentu rastlinnej výroby, resp. formalizovanému popisu agroekosystému, vyjadreného prostredníctvom dostupných údajov o prvkoch modelovaného systému (vrátane klimatických údajov);
  - ako simulačný model je využitý model RothC.

*Požiadavky systému modelovania zásoby organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach (s implementovaným modelom RothC) na vstupné klimatické údaje sú definované konkrétnym účelom ich využitia ako:*

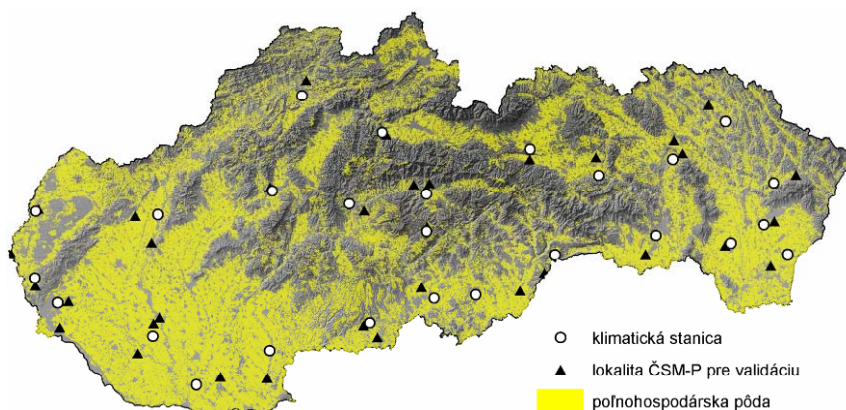
- bodové klimatické údaje, ktoré sú potrebné pri validácii modelu na vybraných lokalitách (priemerné mesačné údaje) a pri prvotnom nastavení rovnovážnych podmienok modelu (dlhodobé priemerné mesačné údaje) a

- priestorovo interpretované klimatické údaje, ktoré sú nevyhnutné pre aplikáciu modelu v geografickom priestore (priemerné mesačné údaje).

### **Výber klimatických staníc**

Pri výbere klimatických staníc ako zdroja klimatických údajov potrebných pre validáciu modelu na vybraných lokalitách (zodpovedajú vybraným lokalitám čiastkového monitorovacieho systému – Pôda, ČMS-P), bolo okrem kritéria dostupnosti požadovaných údajov uplatnené predovšetkým kritérium vzdialenosti medzi klimatickou stanicou a lokalitou ČMS-P a kritérium reprezentatívnosti klimatickej stanice pre lokalitu ČMS-P, t.j. podobnosť fyzickogeografických pomerov klimatickej stanice a lokality ČMS-P.

Každej lokalite ČMS-P boli priradené klimatické údaje z práve jednej vybranej klimatickej stanice; celkovo bolo pre účely validácie modelu vybraných 27 klimatických staníc (obr. 1) a do úvahy boli brané klimatické údaje za obdobie rokov 1970 - 2006.



**Obr.1 Výber klimatických staníc pre validáciu modelu na vybraných lokalitách ČMS-P**

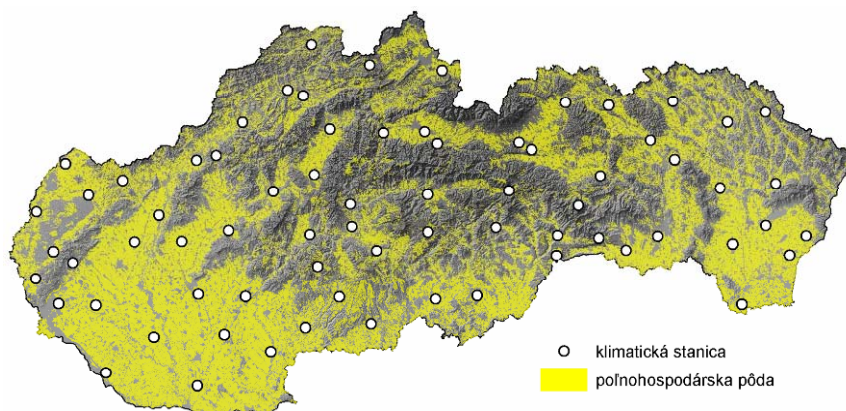
Pri výbere vhodných klimatických staníc pre spracovanie priestorových klimatických údajov bolo (okrem kritéria dostupnosti údajov) aplikované kritérium reprezentatívnosti stanice pre poľnohospodársku

pôdu a kritérium dostatočného a vhodného pokrytia územia SR, resp. dostatočnej hustoty klimatických staníc.

Pre priestorovú interpoláciu klimatických údajov bolo vybraných 70 zdrojových kli-

matických staníc, lokalizovaných viac-menej pravidelne v rámci územia poľnohospodárskych pôd SR, pričom získané boli

klimatické údaje za obdobie rokov 1970 – 2006.



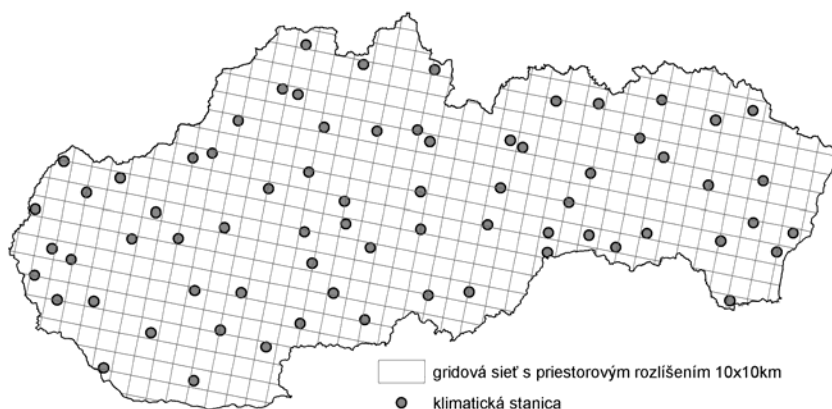
**Obr.2 Výber klimatických staníc pre aplikáciu modelu v geografickom priestore**

**Organizačný a harmonizačný aspekt priestorových klimatických údajov**

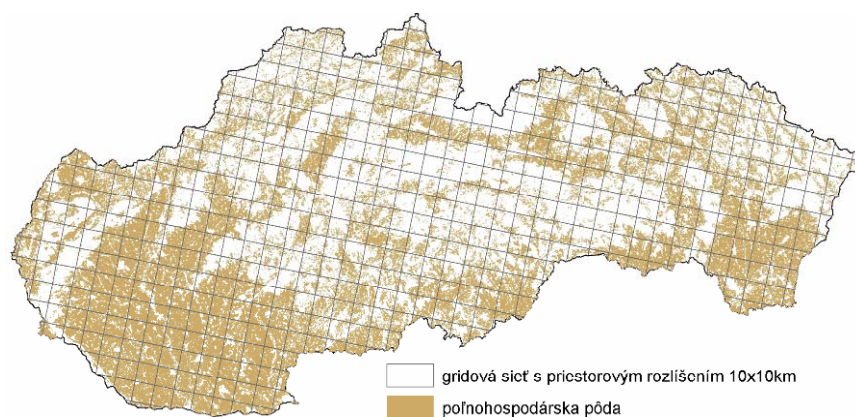
Ako priestorový rámec a referenčný priestor pre interpoláciu klimatických údajov bola definovaná referenčná gridová sieť s priestorovým rozlíšením 10x10km v zobrazovacom systéme SJTSK (obr. 3).

Ako priestorový rámec a referenčný priestor pre interpretáciu interpolovaných kli-

matických údajov bola využitá gridová sieť s priestorovým rozlíšením 10x10km, modifikovaná rozšírením poľnohospodárskych pôd, t.j. definovaná ako priestorový prienik gridovej siete a údajovej vrstvy LPIS-u (register poľnohospodárskych pôd, obr. 4).



**Obr.3 Gridová sieť s priestorovým rozlíšením 10x10km ako referenčný priestor pre interpoláciu klimatických údajov; lokalizácia klimatických staníc v rámci gridovej siete**



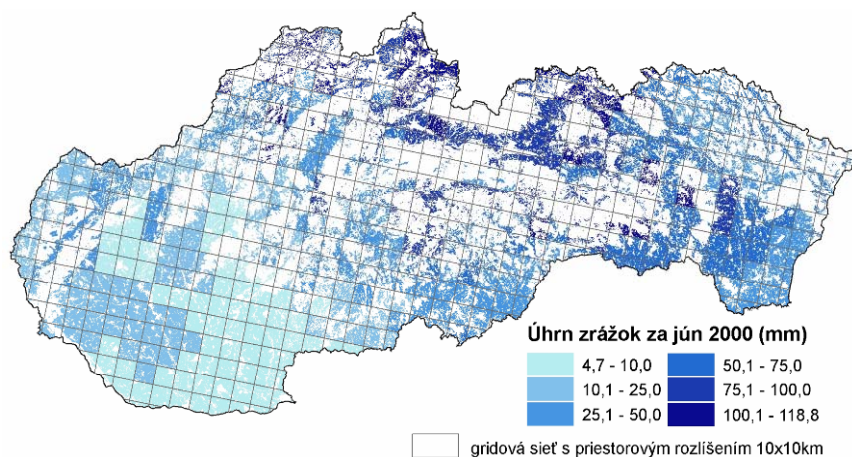
**Obr.4** Gridová sieť s priestorovým rozlíšením 10x10km, resp. prienik gridovej siete a údajovej vrstvy LPIS ako referenčný priestor pre interpretáciu interpolovaných klimatických údajov

***Priestorovo interpretované klimatické údaje – príklady***

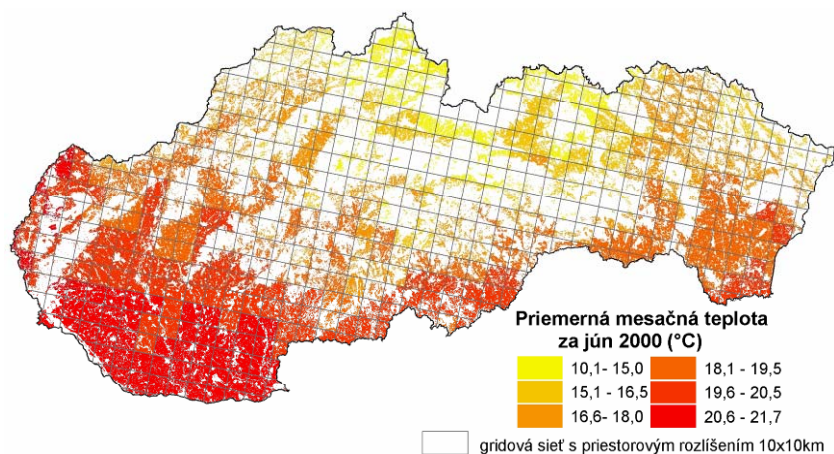
Pre systém modelovania organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach boli spracované interpolované klimatické údaje (priemerné mesačné údaje pri dennej teplote vzduchu a hodnoty mesačných úhrnov

pri zrážkach a potenciálnej evapotranspirácii) pre obdobie rokov 1970 – 2006.

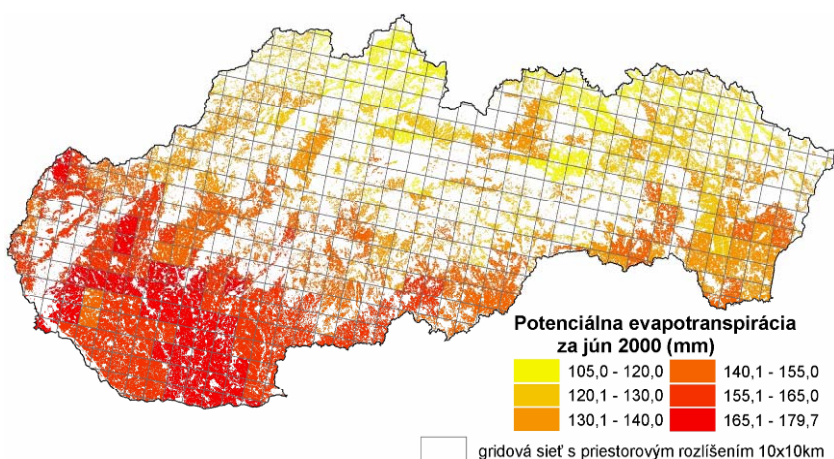
Vybrané príklady interpolovaných povrchov sú prezentované na obr.5 (mesačný úhrn zrážok za jún 2000), obr. 6 (priemerná mesačná teplota vzduchu za jún 2000) a na obr. 7 (hodnota mesačnej potenciálnej evapotranspirácie za jún 2007).



**Obr.5** Interpolovaný a priestorovo interpretovaný mesačný úhrn zrážok za jún 2000 (mm)



Obr.6 Interpolovaná a priestorovo interpretovaná priemerná mesačná teplota za jún 2000 (°C)



Obr.7 Interpolovaná a priestorovo interpretovaná potenciálna evapotranspirácia za jún 2000 (mm)

### Organizácia spracovaných klimatických údajov

Spracované klimatické údaje sú organizované v databázových súboroch tematicky:

- dlhodobé priemerné mesačné klimatické údaje s bodovou priestorovou prezentáciou, stanovené za obdobie rokov 1970 až 1990, prípadne od začiatku pozorovania klimatickej stanice (ak to bolo po roku 1970) do roku 1990 pre každú klimatickú stanicu (t.j. pre každú lokalitu ČSM-P) samostatne;
- mesačné klimatické údaje s bodovou priestorovou prezentáciou za obdobie rokov 1970 až 2006, prípadne od začiatku pozorovania klimatickej

stanice (ak to bolo po roku 1970) do roku 2006, pre každú klimatickú stanicu (t.j. pre každú lokalitu ČSM-P) zvlášť;

- mesačné klimatické údaje s areálovou priestorovou prezentáciou za obdobie rokov 1970 až 2006, prípadne od začiatku pozorovania klimatickej stanice (ak to bolo po roku 1970) do roku 2006, samostatne pre každý priestorový element (bunku) gridovej siete s priestorovým rozlíšením 10x10km.

Spracované bodové aj priestorové klimatické údaje sú transformované do softvérom vyžadovaného formátu a predstavujú priame vstupy pre model RothC imple-



mentovaný v systéme modelovania zásoby uhlíka v poľnohospodárskych pôdach.

### Zhrnutie a záver

Klimatické údaje predstavujú časť nevyhnutných údajových vstupov pre budovaný systém modelovania zásob organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach (postaveného na modeli RothC) a pre reálnu aplikáciu tohto systému v rámci územia SR.

Z hľadiska priestorovej prezentácie klimatických údajov, pripravené a v systéme modelovania boli implementované: a) bodové údaje pre validáciu modelu na vybraných lokalitách a pre prvotné nastavenie rovnovážnych podmienok modelu RothC a b) priestorové údaje interpretované v gridovej sieti s priestorovým rozlíšením 10x10km pre aplikáciu modelu v geografickom priestore.

Z hľadiska časovej platnosti údajov, spracované a v systéme modelovania implementované boli: a) priemerné mesačné teploty vzduchu (°C), mesačné hodnoty úhrnu zrážok (mm) a evapotranspirácie (mm) za obdobie rokov 1970 – 2006; prípadne od roku začiatku pozorovania na klimatickej stanici po rok 2006; b) dlhodobé priemerné mesačné teploty vzduchu (°C), dlhodobé priemerné mesačné úhrny zrážok (mm) a evapotranspirácie (mm) stanovené za obdobie 1970 -1990, prípadne od roku začiatku pozorovania na klimatickej stanici po rok 1990.

Definovaný referenčný priestorový rámec pre interpoláciu a interpretáciu klimatic-

kých údajov v priestore (gridová sieť s priestorovým rozlíšením 10x10km) zároveň predstavuje jednotný referenčný priestorový rámec pre celý systém modelovania zásoby organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach SR (priestorový rámec jeho údajovej infraštruktúry). Takto postavený systém modelovania v konečnom dôsledku umožňuje zabezpečiť prechod od bodovej aplikácie modelu RothC k modelovaniu v priestore. Zároveň je potrebné podotknúť, že ide o prvú verziu nástroja modelovania zásoby organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach s výrazným potenciálom spočívajúcim vo zvýšení priestorového rozlíšenia ako vstupných, tak aj výstupných – modelovaných údajov.

Ďalším možným (a plánovaným) spôsobom, ktorý prichádza do úvahy v súvislosti so zvyšovaním potenciálu budovaného systému modelovania zásoby organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach, je implementácia klimatických scenárov vybraných klimatických prvkov do roku 2100, vypracovaných na Katedre astronómie, fyziky Zeme a meteorológie UK v Bratislave (Oddelenie meteorológie a klimatológie; Prof. RNDr. Milan Lapin, CSc. a kol.). Implementácia klimatických scenárov umožní modelovať zásoby organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach v časovom rade minulosť – súčasnosť – budúcnosť, a na základe výsledkov modelovania prognózovať zásoby organického uhlíka v poľnohospodárskych pôdach SR.

### Literatúra

- BARANČIKOVÁ, G., 2007. Validácia modelu RothC na vybraných monitorovacích lokalitách pôd Slovenska. Vedecké práce, VÚPOP, Bratislava, č.29, s.9 – 22
- BARANČIKOVÁ, G., VAN WESEMAEL, B., LETTENS, S., ROELANDT, C., 2005. Application of ROTHC. 26.3. Model at the regional scale, a case study for Belgian agricultural soils. Zborník z konferencie: Humic Substances in Ecosystems 6, 9-12
- BARANČIKOVÁ, G., POSPÍŠILOVÁ L., 2006. Simulácia stavu pôdneho organického uhlíka na dlhotrvajúcom experimente za použitia modelu ROTHC 26.3. Pedogeneze a kvalitatívni zmeny pôd v podmínkách prírodných a antropicky ovplyvnených území. Šarapatka, B., Bednař,

- M. (eds.), Sborník referátů z 11. pedologických dnů, Kouty nad Desnou, 20. – 21. 9. 2006, Olomouc, s. 97-102
- CERRI, C.E.P, ET AL., 2007. Predicted soil organic stock and changes in the Brazilian Amazon between 2000 and 2030, *Agric.Ecosyst.Environ.* (2007), doi:10.1016/j.agee.2007.01.008
- COLEMAN, K, JENKINSON, D.S., 2005. RothC-26.3. A Model for the Turnover of Carbon in Soil: Model Description and Users Guide. Rothamsted : IACR, 46 s., ISBN 09-51445669, Dostupné na internete: < [http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/aen/carbon/mod26\\_3\\_win.pdf](http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/aen/carbon/mod26_3_win.pdf)>, Stránka navštívená 3. Júna 2008
- EASTER, M. ET AL, 2007. The GEFSOC soil carbon modeling system: A tool for conducting regional-scale soil carbon inventories and assessing the impacts of land use change on soil carbon, *Agric.Ecosyst.Environ.* (2007), doi:10.1016/j.agee.2007.01.004
- FALLON, P., SMITH, P., 2002. Simulating SOC changes in long-term experiments with RothC and CENTURY: model evaluation for a regional scale application. *Soil Use and Management*, 18, p. 101-111
- GOOT, E. VAN DER, 1998. Spatial interpolation of daily meteorological data for the Crop Growth Monitoring System (CGMS). In: M. Bindi, B. Gozzini (eds). Proceedings of seminar on data spatial distribution in meteorology and climatology, 28 September – 3 October 1997, Volterra, Italy. EUR18472 EN.
- HANSEN, S., JENSEN, H., NIELSEN, N. E., SVENDSEN, H., 1990. DAISY a Soil Plant System Model. Danish simulation model for transformation and transport of energy and matter in the soil-plant-atmosphere system. Copenhagen: The National Agency for Environmental Protection, 272p., ISBN 87-503-8790-1
- KRCHO, J., 1990. Morfometrická analýza a digitálne modely reliéfu. Veda, Bratislava, 427 pp., ISBN 80-224-0018-1
- MICALE, F., GENOVESE, G., 2004. Methodology of the MARS crop yield forecasting system. Vol. 1: Meteorological data collection. Processing and analysis. The Office for Official Publications of European Communities, Luxembourg, 100 pp.
- NOVÁKOVÁ, M., 2007. Interpolácia meteorologických údajov pre potreby monitoringu stavu, vývoja a odhadu úrod poľnohospodárskych plodín. Vedecké práce, VÚPOP Bratislava, č. 29, s. 93 – 103
- NOVÁKOVÁ, M., 2008. Interpolácia meteorologických údajov a možnosti jej využitia pre monitoring vývoja agroekosystému a biomasy. In Bláha, L., Hnilička, F., (Eds.), Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2008, Sborník příspěvků, Praha : Česká zemědělská univerzita a Výzkumný ústav rostlinné výroby, s. 318 – 323, ISBN: 978-80-87011-18-8
- NOVÁKOVÁ, M., SKALSKÝ, R., 2007. Možnosti využitia údajov KPP v systéme bio-fyzikálneho modelovania pre potreby predpovedania úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín. In: Zborník z 1. konferencie českej a slovenskej pedologickej spoločnosti: Pôda v modernej informačnej spoločnosti, 20.-23.8. 2007, Rožnov pod Radhoštěm, (v tlači)
- PARTON, W.J., D.S. SCHIMEL, C.V. COLE, AND D.S. OJIMA. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal* 51 :1173-1179. 465
- PARTON, W.J., MCKEOWN, B., KIRCHNER, V., OJIMA, D.S., 1992. CENTURY Users Manual. Colorado State University, NREL Publication, Fort Collins
- SKALSKÝ, R., NOVÁKOVÁ, M., BALKOVIČ, J., TARASOVIČOVÁ, Z., 2007. Vybrané teoretické aspekty aplikácie simulačných modelov system pôda-rastlina-atmosféra v geografickom kontexte. In Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra. Zborník z 15. Posterového dňa s medzinárodnou účasťou. CD ROM, Bratislava : Ústav hydrológie SAV, s. 569 – 574, ISBN: 978-80-89139-13-2

SOBOCKÁ, J., BALKOVIČ, J., LAPIN, M., 2007. A CENTURY 5 model using for estimation of soil organic matter behaviour at predicted climate change. Soil and Water research 2, 2007 (1), p.25-34

VOET, P. VAN DER, DIEPEN, C.A. VAN, OUDE VOSHAAR, J., 1994. Spatial interpolation of meteorological data. A knowledge based procedure for the region of the European Communities. SC-DLO, Report 53.3, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, 35 pp.

WILLIAMS, J.R. 1995. The EPIC Model. In Singh, V.P., Computer Models of Watershed Hydrology. Highlands Ranch, Colorado: Water Resources Publications, s. 909-1000, ISBN 09-183-34918.

*Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0333-06.*