



Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava

Jaroslava Sobocká
Bohumil Šurina
Stanislav Torma
Rastislav Dodok

Klimatická zmena a jej možné dopady na pôdny fond Slovenska

Bratislava, 2005

Výstupy z výskumu, vývoja a odborných úloh

RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.

RNDr. Bohumil Šurina

Ing. Stanislav Torma, PhD.

Mgr. Rastislav Dodok, PhD.

Klimatická zmena a jej možné dopady na pôdny fond Slovenska, VÚPOP, Bratislava, 2005, 46s.

Táto publikácia obsahuje tri realizačné výstupy kontraktu s Ministerstvom pôdohospodárstva SR:

„Detekcia a cielená regulácia potenciálov klimatickej zmeny v pôdach SR“ riešeného v roku 2004; hlavný riešiteľ:

RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc. Sú to:

- *Pedoklimatický scenár zmien pôdneho krytu SR*
- *Prognóza živinového režimu a erózie pôd poľnohospodárskych pôd SR*
- *Stratégia opatrení na elimináciu negatívnych vplyvov klimatickej zmeny na pôdu*

Recenzenti:

Prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.

Ing. Juraj Chlpík, PhD.

Obsah

1. ÚVOD	5
1.1 Rámcový dohovor OSN O klimatickej zmene (FCCC)	5
1.2 Závazky zahrnuté do FCCC Rámcového dohovoru o klimatickej zmene	6
1.3 Problematika dopadu klimatickej zmeny na pôdny fond SR	7
2. Klimatická zmena a jej charakteristika	8
2.1 Klimatické scenáre pre SR	8
2.2 Charakteristika klimatickej zmeny pre SR	10
2.2.1 Zmena agroklimatických pomerov	11
2.2.2 Zmena fenologických pomerov	12
2.2.3 Zmena hydrologických pomerov	13
3. Pedoklimatický scenár zmien pôdneho krytu SR	14
3.1 Všeobecné zákonitosti vývoja pôd na Slovensku	14
3.2 Prognóza dopadov klimatickej zmeny na pôdy Slovenska	17
3.3 Všeobecný scenár vplyvu klimatickej zmeny na pôdu ..	18
3.4 Pedoklimatický scenár pre SR	20
3.5 Časové dimenzie zmien	23
4. Scenáre živinového režimu a erózných procesov podmienené klimatickou zmenou	24
4.1 Procesy živinového režimu	24
4.1.1 Premeny fosforu	25
4.1.2 Premeny draslíka	26
4.1.3 Premeny vápnika	27
4.1.4 Premeny horčíka	28
4.1.5 Prognóza živinového režimu	28
4.1.6 Prognóza vplyvu sucha na správanie sa dusíka, fosforu a draslíka	29
4.2 Procesy erózie pôdy	30
4.2.1 Empirické vyjadrenie dažďovej erózie	32

4.2.2	Modelovanie erózných procesov	32
4.2.3	Prognóza dopadov klimatickej zmeny na vodnú eróziu pôd Slovenska	33
5.	Stratégia opatrení na elimináciu negatívnych vplyvov klimatickej zmeny na pôdu	34
5.1	Dopady klimatickej zmeny na funkcie pôdy	35
5.2	Poľnohospodárska krajina a uhlík v pôde	36
5.3	Aktuálna politika a opatrenia na zmiernenie účinkov klimatickej zmeny na pôdu	38
5.4	Strategické zmierňujúce opatrenia pre poľnohospodársky pôdny fond SR	40
6.	Závery	41
	Zoznam použitej literatúry	44

1. ÚVOD

V celej histórii Zeme (s výnimkou posledných storočí) prebiehala evolúcia klímy a fungoval klimatický systém v podstate bez uvedomelej činnosti človeka, teda viac-menej na základe prirodzených klimatotvorných procesov. Iba v posledných dvoch desaťročiach sa začalo svetové spoločenstvo významnejšie venovať aj problematike možného negatívneho vývoja klímy na Zemi. Klimatológovia upozorňovali na túto skutočnosť už v päťdesiatych rokoch, keď sa zistilo závažné zvýšenie koncentrácie oxidu uhličitého (CO₂) a ostatných skleníkových plynov (CH₄, N₂O, freóny a iné) v atmosfére Zeme (v r. 2001 až o 32 % nad prirodzenú úroveň) a potvrdili sa teoretické predpoklady možného súvisu „globálneho otepľovania“ a rastu „skleníkového efektu atmosféry“.

1.1 Rámcový dohovor OSN O klimatickej zmene (FCCC)

Na Konferencii OSN o životnom prostredí a rozvoji v Rio de Janeiro (1992), bolo predložených na podpis 5 rámcových dohôd. Klimatickej zmeny sa bezprostredne dotýkal Rámcový dohovor OSN o klimatickej zmene (FCCC) a Agenda 21. Ultimatívnym je hlavne článok 2):

„... stabilizácia koncentrácií skleníkových plynov v atmosfére na úroveň, ktorá by zabránila nebezpečným antropogénnym vplyvom v globálnom klimatickom systéme. Táto úroveň by sa mala dosiahnuť v určitom čase, dostatočnom na prirodzenú adaptáciu ekosystémov na klimatické zmeny, pričom by sa neohrozila produkcia potravín a ekonomický vývoj by prebiehal v rámci udržateľných systémov...“

Slovenská republika podpísala FCCC v New Yorku 19. mája 1993; Národná rada SR ho ratifikovala 18. 8. 1994 a uložením ratifikačných listín v príslušnej inštitúcii OSN koncom augusta 1994 sa SR stala 89. právoplatným členom Konferencie zmluvných strán FCCC. Slovensko sa v prvom kroku zaviazalo znížiť emisiu CO₂ v r. 2005 o 20 % oproti r. 1990. Podľa Kjótskeho protokolu je záväzná iba 8 % zníženie emisie skleníkových plynov v kontrolnom období 2008 - 2010. Postoje niektorých rozvinutých a rozvojových krajín (najmä USA s 25 % príspevkom ku globálnej emisii skleníkových plynov) vyvolali rozčarovanie.

Konečným cieľom FCCC je stabilizovať koncentráciu skleníkových plynov v atmosfére na takej úrovni, ktorá by umožnila predísť nebezpečným dôsledkom interakcie ľudstva a klimatického systému Zeme. Táto úroveň by

sa mala dosiahnuť v prijateľnom časovom horizonte tak, aby sa mohli ekosystémy prispôbiť prirodzenou cestou zmene klímy, pričom by nebol ohrozený udržateľný rozvoj a potravinová bezpečnosť. Všetky štáty sveta, teda aj Slovenská republika, by mali podľa svojich možností plniť najmä nasledujúce záväzky.

1.2 Záväzky zahrnuté do FCCC Rámcového dohovoru o klimatickej zmene

Priemyselne rozvinuté krajiny sveta nesú hlavný podiel viny na raste koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére, preto by mali v súlade s Dohovorom prijať postupy a opatrenia na zmiernenie antropogénne podmienenej klimatickej zmeny a pravidelne poskytovať informácie o nich formou národných správ. Je dôležité spomenúť, že okamžitá stabilizácia koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére, teda aj skleníkového efektu atmosféry prakticky nie je možná, pretože by na to bolo potrebné v krátkom čase vyše 50 percentné zníženie antropogénne podmienenej emisie skleníkových plynov do atmosféry. Ani najoptimistickejší emisný scenár nepredpokladá zníženie emisie CO₂ do r. 2100 o viac ako 30 %, prijatie Kjótskeho protokolu to zďaleka nezaručuje, teda neboli ešte vytvorené medzinárodne záväzné predpoklady na splnenie základných odporúčaní FCCC. Záväzky zahrnuté do FCCC Rámcového dohovoru o klimatickej zmene sú tieto:

- uskutočňovať inventarizáciu emisie a zachytávania skleníkových plynov (CO₂, CH₄, N₂O a i.);
- zabráňovať zbytočným únikom skleníkových plynov z rezervoárov a kontajnerov;
- redukovať spotrebu a emisiu skleníkových plynov;
- pripravovať sa na adaptáciu zmiernenia možných dôsledkov očakávanej klimatickej zmeny;
- v strategických zámeroch prihliadať na možné zmeny klímy v budúcnosti;
- podporovať výskum zameraný na zmiernenie rizika očakávanej klimatickej zmeny;
- podporovať informovanosť o príčinách a možných dôsledkoch očakávanej (pravdepodobnej) klimatickej zmeny v najbližších desaťročiach;
- informovať príslušné medzinárodné inštitúcie o realizácii opatrení.

Medzivládny panel pre klimatickú zmenu (IPCC), zriadený r. 1988 pod patronátom OSN, koordinuje a rieši podstatnú časť vedeckých, (teoretických) a praktických aktivít v rôznych krajinách sveta. Slovensko sa hneď od začiatku aktívne zapojilo do týchto aktivít a jedným z príspevkov bolo aj ustanovenie Národného klimatického programu SR (r. 1991 spolu s ČR, od r. 1993 samostatne) so sídlom v Slovenskom hydrometeorologickom ústave, koordinovaného Ministerstvom životného prostredia SR.

1.3 Problematika dopadu klimatickej zmeny na pôdny fond SR

S problematikou dopadov klimatickej zmeny na poľnohospodárske a lesné pôdy SR zaoberalo viacero prác (ŠURINA a kol. 1996, TOMLAIN 1997, ŠURINA, SOBOCKÁ 1998, SOBOCKÁ 1999, ŠURINA 1999, BIELEK, ŠURINA 2002, MINĐÁŠ a kol. 2003). Konkrétne sa riešili tieto otázky:

- možné dôsledky klimatickej zmeny na teplotu a vlhkosť pôdy,
- identifikácia možných dôsledkov zmien klímy na vlastnosti pôd SR,
- predpokladané dôsledky klimatickej zmeny na premeny uhlíka a dusíka v pôdach SR,
- globálna prognóza zmien poľnohospodárskej výroby vo vzťahu ku klímou indukovaným zmenám pôdneho krytu SR,
- dopady prognózovaných zmien klímy na vlastnosti a funkcie pôdneho pokryvu Slovenskej republiky.

Problematiku klimatickej zmeny nepriamo riešil aj v rámci ďalšieho projektu, zaoberajúceho sa potenciálom ekologických funkcií našich pôd, v častiach (BIELEK a kol. 1998): produkcia a uvoľňovanie CO₂ z pôdy do ovzdušia, uvoľňovanie nitróznych plynov (N₂O) z pôdy do ovzdušia, potenciál neutralizácie kyslých zrážok v pôdach SR, potenciál tvorby a kumulácie dusičnanov v pôdach SR, potenciál odbúravania organických polutantov v pôdach SR, potenciál bioprístupnosti ťažkých kovov v pôdach SR, potenciál kumulácie vody v pôdach SR, kvantifikácia a plošná diferenciacia potenciálu ekologických funkcií pôdy v Slovenskej republike.

Dopady klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo EÚ, SR a následne na produkciu biomasy sa riešili v prácach HARRISON, BUTTERFIELD, DOWNING (1995), ŠPÁNIK, TOMLAIN (1997), ŠIŠKA a kol. (2002), ŠIŠKA a kol. (2004), ŠIŠKA, TAKÁČ, IGAZ (2004).

2. Klimatická zmena a jej charakteristika

Ako uvádza LAPIN (2004), pod pojmom „klimatická zmena“ sa rozumie:

“... komplex zmien klímy vyvolaných antropogénne podmieneným zosilnením skleníkového efektu atmosféry, nezahrňujeme sem prirodzené zmeny a premenlivosť klímy (pokiaľ ich možno odlišiť).”

Zmena globálnej klímy, spôsobená rastúcou antropogénnou emisiou skleníkových plynov je najvýznamnejší globálny environmentálny problém v doterajšej histórii ľudstva. Celosvetovo sa do roku 2100 sa predpokladá dramatický rast koncentrácie hlavných skleníkových plynov v atmosfére, pri CO₂ dôjde zrejme k 100 % zvýšeniu už okolo roku 2060, hoci existujú aj mierne odlišné (reálne) scenáre. Za najzávažnejší dôsledok tohto vývoja sa popri globálnom oteplení o 2,0 až 2,5 °C do roku 2100 považuje zmena všeobecnej cirkulácie atmosféry s posunom frontálnych zón a klimatických pásiem na jednej strane a veľká rýchlosť klimatickej zmeny prevyšujúca všetky doterajšie zmeny klímy najmenej 10-násobne na strane druhej. Extrémny scenár predstavuje až 5,8 °C oteplenie oproti prirodzenému globálnemu priemeru teploty vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry. Mohol by sa stať reálnym po nekontrolovanom raste spotreby fosílnych palív na celej Zemi, za predpokladu rýchleho ekonomického rastu iba na báze energie z fosílnych palív a rýchleho rastu populácie až na 15,1 miliárd do roku 2100.

2.1 Klimatické scenáre pre SR

Klimatický scenár je definovaný podľa VINER, HULME (1994) ako

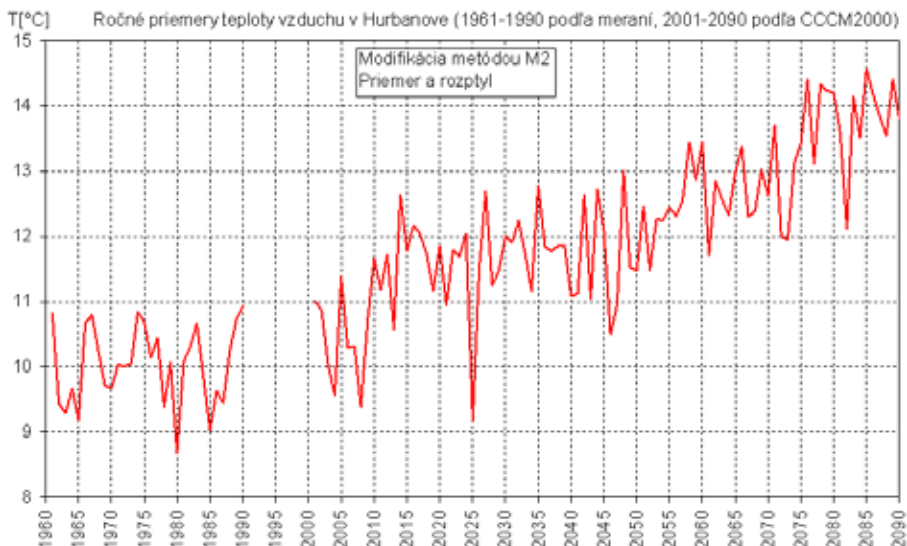
“...vnútorne konzistentný odhad budúcich klimatických zmien, konštruovaný metódami založenými na zdravých vedeckých princípoch, ktorý môže poskytnúť rozumné odpovede o fungovaní environmentálnych a sociálnych systémov pri zmene klímy v budúcnosti”.

Scenáre SR pre zmeny teploty vzduchu (T), úhrnov zrážok (R) a hustoty toku globálnej slnečnej radiácie (GR) boli vypracované v rokoch 1995 a 1996 na základe výstupov GCMs (modely GISS, CCCM a GFD3). Výber modelov GCMs pre Slovensko sa urobil na základe porovnania výstupov GCMs pre stav 1 x CO₂ s priemerami a ročným chodom klimatických prvkov z obdobia 1951 – 1980. V súčasnosti sa pre identifikáciu očakávanej klimatickej zmeny využívajú novovytvorené scenáre klimatickej zmeny (LAPIN, MELO 2002) modifikované na

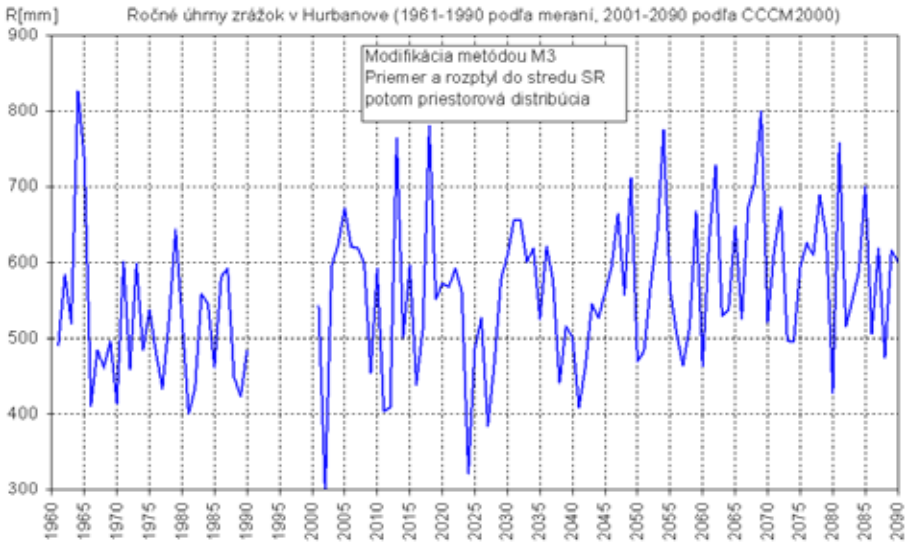
podmienky SR podľa modelárskych centier v Kanade a USA (CCCM z Kanadského strediska pre modelovanie klímy a GISS z Goddardovho ústavu pre vesmírne štúdie v NASA). Ide o najnovšie prepojené atmosféricko-oceánické modely CCCM1997 a CCCM2000 (Kanada) a GISS1998 (USA), pre modelovanie ktorých bola použitá rozsiahla údajová základňa z meraní v sieti klimatologických a zrážkomerných staníc SHMÚ z obdobia 1901 – 2000, pričom väčšina z týchto údajov prešla testmi časovej homogenity klimatických radov. Ide o scenáre na báze GCM modelované pre časové rady mesačných hodnôt obdobia 2001 – 2090, pri ktorých sa preferovalo referenčné obdobie 1901 – 1990 (prípadne 1951 – 1990). 10-ročná perióda 1990 – 2000 sa z hodnotenia vynechala v dôsledku výskytu častých extrémít počasia. Ukážky nových scenárov pre Slovensko sú uvedené na obr. 1 a 2 (LAPIN, MELO 2002).

V rokoch 2000 – 2003 sa už objavili aj prvé regionálne modely všeobecnej cirkulácie atmosféry s detailnejšou orografiou a hustejšou sieťou uzlových bodov – RCMs (GCMs majú rozlíšenie okolo 300 x 300 km). Objavili sa aj výstupy GCMs a RCMs s denným krokom, vrátane uvažovania extrémov a variability.

Obrázok 1 Príklad klimatického scenára ročných teplôt vzduchu pre stanicu Hurbanovo podľa CCCM2000 (podľa LAPIN, MELO 2002)



Obrázok 2 Príklad klimatického scenára ročných zrážok pre stanicu Hurbanovo podľa CCCM2000 (podľa LAPIN, MELO 2002)



2.2 Charakteristika klimatickej zmeny pre SR

Na Slovensku sme za posledných 100 rokov zaznamenali trend rastu priemernej ročnej teploty vzduchu (T) o $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a pokles ročných úhrnov atmosférických zrážok (R) o $5,6\%$ v priemere (na juhu SR bol pokles aj o $\geq 10\%$, na severe a severovýchode ojedinele aj rast do 3% za celé storočie). Sumy zrážok v letnom polroku sa znížili asi o 20% na juhu a asi o 10% na severe, relatívna vlhkosť vzduchu sa znížila o $2 - 6\%$ najmä v jarných mesiacoch (Druhá národná správa o o zmene klímy 1997).

Kedže všetky scenáre teploty vzduchu predpokladajú zvýšenie teploty vzduchu, predpokladajú sa aj skrátené obdobia so zápornými dennými priemermi teploty, pokles absolútnej hodnoty súm záporných teplôt a nárast súm kladných teplôt. Podľa väčšiny scenárov bude pre nížiny a pahorkatiny západného Slovenska suma záporných teplôt v priemere nulová. Nemožno však predpokladať, že by sa v týchto polohách prestali vyskytovať zimy so zápornými dennými priemermi vzduchu. Naopak, ak sa predpokladá zväčšenie variability klimatických charakteristík, jedným z prejavov bude striedanie období s miernymi a studenými zimami, prípadne s miernymi a studenými obdobiami počas zím.

Trend ročných úhrnov potenciálnej evapotranspirácie na juhu Slovenska neustále narastá (asi o 125 mm od roku 1901). Zaznamenal sa aj významný pokles relatívnej vlhkosti vzduchu (do 5 %), najmä na juhozápade Slovenska, a pokles hodnôt snehovej pokrývky takmer na celom Slovensku. Po prechodnom znížení výskytu extrémnych denných úhrnov zrážok v období 1977 – 1993 došlo v posledných 7 rokoch k ich značnému rastu, čo malo za následok výrazné zvýšenie rizika lokálnych povodní v rôznych oblastiach Slovenska.

Na druhej strane najmä v období rokov 1989 – 2000 sa oveľa častejšie ako predtým vyskytovalo lokálne alebo celoplošné sucho, čo bolo zapríčinené predovšetkým dlhými periódami relatívne teplého počasia, pričom úhrny zrážok neprevýšili interval normálu od roku 1975. Najmä juh Slovenska sa postupne vysušuje (rastie potenciálna evapotranspirácia a klesá vlhkosť pôdy), no v charakteristikách slnečného žiarenia nenastali podstatné zmeny, okrem prechodného zníženia v období rokov 1965 – 1985. Prejavuje sa teda zrejmy trend zmeny klímy k mediteránnemu typu.

Ako uvádza Tretia národná správa o zmene klímy (2001), podľa nových regionálnych scenárov pre naše územie podľa CCCM a GISS sa predpokladá miernejšie oteplenie v zime a porovnateľné v lete a potvrdzuje sa miernejšie zvýšenie úhrnov zrážok v chladnom polroku, pričom v letnom období sa v rámci celého Slovenska prakticky nezmenia. Podľa nových scenárov sa do roku 2090 zvýši ročný priemer teploty vzduchu asi o 2 až 4° C, poklesnú úhrny zrážok na juhu a v lete, iba o málo sa zmenia na severe Slovenska a mierne sa zvýšia v zime. Bude to znamenať oteplenie Oravy až na úroveň Podunajskej nížiny a zároveň výrazné zvýšenie rizika suchých a krátkych periód s veľmi vysokými úhrnmi zrážok.

Okrem štandardných klimatických prvkov boli za obdobie 1951 – 1999 spracované aj charakteristiky potenciálneho a aktuálneho výparu, vlhkosti pôdy, globálneho žiarenia a radiačnej bilancie (ŠPÁNIK, TOMLAIN 1997). Aj tieto podklady potvrdili, že najmä juh Slovenska sa postupne vysušuje t.j. rastie potenciálna evapotranspirácia a klesá vlhkosť pôdy.

2.2.1 Zmena agroklimatických pomerov

Rýchla zmena klímy môže spôsobiť nestabilitu väčšiny poľnohospodárskych aj lesných ekosystémov vrátane pôdnoekologických. Tieto zmeny sa premietnu do zmenených produkčných a environmentálnych funkcií pôdneho krytu, ktoré môžu postihnúť mnohé regióny Slovenska, predovšetkým južného. Avšak v niektorých prípadoch z hľadiska produkčného potenciálu

tvorby biomasy, či už na orných pôdach alebo na trvalých trávnych porastoch môže ísť o pozitívne údaje.

K časovému horizontu roka 2075 sa očakáva:

- v južných najnižšie položených častiach Slovenska zvýšenie ΣT (sumy denných priemerov teploty vzduchu) za veľké vegetačné obdobie (VVO = teplota ≥ 5 °C) o 1 138,0 °C, t.j. o 32 %, a v severných častiach Slovenska o 913,0 °C, t.j. o 55 %.
- v južných častiach Slovenska zvýšenie ΣT za hlavné vegetačné obdobie (HVO = teplota ≥ 10 °C) o 1 111,0 °C, t.j. 36 %, v severných častiach o 802 °C, t.j. 69 %.
- v južných, najnižších polohách Slovenska zvýšenie QFAR (sumy fotosynteticky aktívneho žiarenia) za VVO o 49 kWh.m⁻², t.j. o 10 % a v najvyšších poľnohospodársky využívaných polohách o 90 kWh.m⁻², t.j. o 25 % (hlavne pre predĺženie VVO).
- v južných, najnižších polohách Slovenska zvýšenie QFAR za HVO o 72 kWh.m⁻², t.j. o 17 %, v severných polohách o 115 kWh.m⁻², t.j. o 58 %.
- vzrast úhrnov zrážok v HVO na južnom Slovensku o 27 mm, t.j. o 8 %, a na severe Slovenska o 202 mm, t.j. o 77 % (hlavne predĺženie VVO).
- úhrny evapotranspirácie (E) sa k časovému horizontu roka 2075 budú zrejme na nížinách meniť iba nepatrne alebo vôbec. Na južnom Slovensku vzrastie E do roku 2075 pravdepodobne o 27 mm, t.j. o 6 %, no na severnom Slovensku až o 68 mm, t.j. o 20 % (predĺženie HVO, rast úhrnov potenciálnej evapotranspirácie, rast úhrnov zrážok).

2.2.2 Zmena fenologických pomerov

Zmeny teploty, úhrnov zrážok, ale aj iných faktorov prostredia menia časový priebeh životných prejavov rastlín, t.j. nástupy fenofráz, a tým aj dĺžky fenofázových intervalov a celých vegetačných období jednotlivých plodín. Predpokladom pre tento scenár sú predikované základné ukazovatele agroklimatických pomerov veľkého vegetačného obdobia ako vzrast sumy denných teplôt (o 32 až 55 %), zvýšenie sumy fotosynteticky aktívneho žiarenia o 10 až 25 %, vzrast výparu na severe Slovenska až o 20 %.

Pre vegetačné obdobia ohraničené fyziologicky významnými teplotami k časovému horizontu roka 2075 platí uskorenie nástupu a oneskorenie

ukončenia fenofáz. K roku 2075 sa predpokladá vzrast produkčného potenciálu biomasy na južnom Slovensku o 10 %, na severe Slovenska o 25 %. Predpokladá sa posun plne rentabilného pestovania kukurice do n. v. 500 m a rentabilného pestovania kukurice do n. v. 800 m (ŠIŠKA a kol. 2002).

2.2.3 Zmena hydrologických pomerov

Z výsledkov monitorovania hydrologických radov a z aktualizovaných hydrologických scenárov podľa nových klimatických scenárov vyplýva, že v budúcnosti treba s pomerne veľkou pravdepodobnosťou očakávať všeobecný pokles všetkých troch vodných zdrojov: povrchových, podzemných a pôdnych. Na základe celkového zhodnotenia hydrologickej situácie na území Slovenska za poslednú pentádu možno konštatovať, že sa čiastočne zvýšila extremalita odtoku, pričom priemerné hodnoty stanovené pre hlavné povodia Slovenska sa za jednotlivé roky signifikantne nelíšili od dlhodobých priemerov. Roky 1996 – 2000 patrili k obdobiu s najrozsiahlšími povodňami, a to tak povodňami v riečnych systémoch, ako aj prívalovými povodňami zasahujúcimi spravidla relatívne malé územia (LAPIN a kol. 1997, LAPIN 2004). Klesajúci trend dlhodobých prietokov na riekach Slovenska s výnimkou Dunaja je viditeľný už po roku 1980. Čo sa týka dlhodobých mesačných prietokov, obzvlášť významné poklesy sa zaznamenali v strednej a východnej časti Slovenska počas všetkých mesiacov s výnimkou mája a júna. V západnej časti Slovenska sú oproti minulosti suchšie letné a jesenné mesiace, zimné mesiace majú oproti normálu zvýšený odtok.

Z hľadiska zásob podzemných vôd k najdôležitejším regiónom patrí Žitný ostrov. Keďže dopĺňanie jeho podzemných vôd je priamo v kontakte s prietokovým režimom Dunaja, môžeme aj naďalej túto oblasť považovať za inertnú z hľadiska potenciálnych dôsledkov predpokladaných klimatických zmien.

Vo všeobecnosti možno výsledky získané z prepracovaných hydrologických scenárov pre Slovensko zhrnúť takto (LAPIN a kol. 1997): zvýšenie zimného odtoku sa môže pohybovať na severe približne od 10 do 40 % v centrálnych oblastiach Slovenska od 20 do 50 % a na juhu od 30 do 80 %. Výnimočne môžu byť zimné odtoky ešte vyššie. Zimný odtok narastá k vzdialenejším časovým horizontom (k 2075).

V teplom polroku môžeme očakávať pokles prietokov oproti súčasnosti na severe a hlavne uprostred leta, kým na juhu môže tento pokles zasahovať celý teplý polrok (apríl až september). Na severe by nemal pokles mesačných prietokov preskočiť hranicu 20 %. V stredných častiach Slovenska môže maximálny pokles dosiahnuť aj 30 % a na juhu až 40 %, výnimočne aj

viac. Počas jesene (od septembra do novembra) na väčšine tokov Slovenska možno očakávať tiež pokles prietokov (s výnimkou tokov na severe Slovenska). Tam sa dá očakávať nezmenený stav alebo nevýrazné zmeny jedným či druhým smerom.

Severné oblasti Slovenska sa v DRUHEJ NÁRODNEJ SPRÁVE (1997) označili ako najmenej zraniteľné. Avšak podľa výsledkov posledných štúdií (aj keď vychádzali z obdobia pozorovania od roku 1989) aj v týchto povodiach treba očakávať určité zmeny: zvýšenie zimných a zníženie letných odtokov, zvýšenú potenciálnu aj aktuálnu evapotranspiráciu (aktuálna evapotranspirácia sa môže zvýšiť o 10 až 40 % podľa odľahlosti časového horizontu), zníženie vodnej zásoby v snehu (v najvzdialenejšom časovom horizonte v menšej nadmorskej výške až na polovicu) a skrátenie dĺžky trvania snehovej pokrývky (pre najvzdialenejšie časové horizonty až o 10 %).

3. Pedoklimatický scenár zmien pôdneho krytu SR

Naším cieľom je na základe dostupných spresňujúcich klimatických scenárov prognózovať a formulovať tzv. „pedoklimatický scenár“ zmien pôdneho krytu Slovenska a definovať prebiehajúce prioritné pedogénne a antropogénne procesy a zmeny. Tieto procesy sú podmienené okrem ostatných pôdotvorných činiteľov aj klimatickými podmienkami. Jednotlivé procesy sú detailne rozpracované v zmysle definovaných klimatických scenárov a je prognózovaný ich ďalší vývoj, predovšetkým procesy negatívne ovplyvňujúce vlastnosti a produkčné schopnosti pôd.

3.1 Všeobecné zákonitosti vývoja pôd na Slovensku

Pôdu chápeme ako živý a neustále sa vyvíjajúci trojrozmerný prírodno-historický útvar, ktorý vznikol vplyvom pôsobenia a na styku atmosféry, biosféry, hydrosféry a litosféry. V zmysle tejto definície ak ktorákoľvek z uvedených zložiek chýba, nevzniká pôda, ale len organický, organo-minerálny, alebo anorganický sediment. Z toho dôvodu napr. náš súčasný klasifikačný systém pôd (KOLEKTÍV 2000) neklasifikuje tzv. subhydričné pôdy.

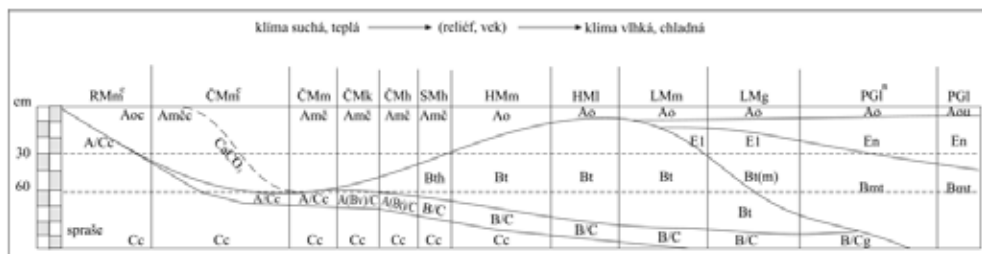
Teda vplyvom vzájomného pôsobenia pôdotvorných faktorov, za ktoré sa považujú materská hornina (pôdotvorný substrát), klíma (vzduch, atmosférická voda, solárna radiácia), organizmy (rastlinstvo, živočíšstvo, mikroorganizmy) a spodná voda (podzemná voda, pôdna voda), v podmienkach reliéfu a času vzniká a vyvíja sa nový útvar - pôda. Vyznačuje sa špecifickými

fyzikálnymi, chemickými, mineralogickými, biologickými a morfológickými vlastnosťami a charakteristikami. Pod morfológickými charakteristikami sa rozumie charakteristické zoskupenie genetických pôdnych horizontov, ich farba, štruktúra, zrnitosť, skeletovitosť, konzistencia, novotvary a i. Za faktor osobitného typu možno považovať aj činnosť človeka. Pôda je teda funkciou všetkých uvedených činiteľov.

Z uvedeného vyplýva, že pre vznik pôdy (pôdnej jednotky) sú rovnako významné všetky uvedené činitele. Pri ďalšom vývoji iniciálnej pôdy môže mať a spravidla má niektorý/é z pôdotvorných činiteľov dominantný význam. Táto dominantnosť určuje pôdotvorný proces, pôsobením ktorého sa pôda v iniciálnom štádiu vývoja postupne mení a získava špecifické morfológické, fyzikálne, chemické a biologické charakteristiky a vlastnosti.

Mnohí pôdoznalci považujú za najvýznamnejší pôdotvorný činiteľ klímu. Tak napríklad na území Slovenska, ak je sprasť dlhodobo vystavená pôdotvorným činiteľom v podmienkach výparného režimu (teplá, suchá – stepná klíma), sa vytvára v jej vrchnej časti plytký, svetlý humusový (ochrický) horizont a vzniká pôdna jednotka v iniciálnom štádiu vývoja – regozem. Regozem sa ďalším vývojom v podmienkach rovnakej klímy pri pôdotvornom procese tvorby, hromadenia a akumulácie humusu mení na černozem, t.j. A-C pôdu s tmavým humusovým A-horizontom hrúbky nad 30 cm (obr. 3).

Obrázok 3 Vplyv pôdotvorného faktora klíma na vývoj pôdnych jednotiek z nespevnených nealuviálnych sedimentov (podľa BIELEK a kol. 1998)

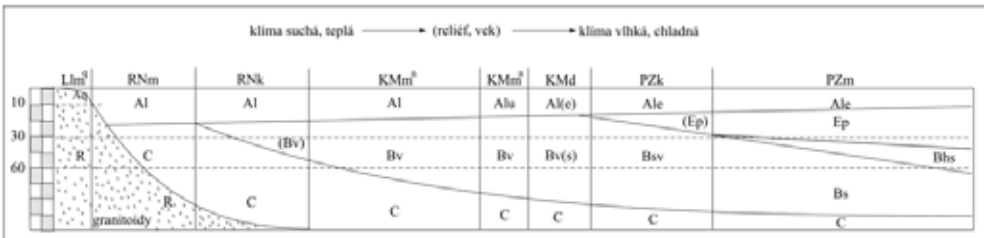


Pri vývoji na aluviálnych sedimentoch v podmienkach zvýšenej hladiny podzemnej vody, vzniká iniciálna pôda fluvizem, ktorá sa v podmienkach výparného režimu pri zvýšenej hladine podzemnej vody v procese tvorby a akumulácie humusu mení na pôdnu jednotku čiernica, s rôznym stupňom oglejenia, t.j. popri tvorbe tmavého molického horizontu veľkej hrúbky, v pedone vzniká tiež oxidačný (Go) až redukčný (Gr) pôdny horizont.

Proces premeny iniciálnej pôdy na stredne vyvinutú černozem resp. na čiericu pri zohľadnení súčasne prebiehajúcich erózných pomerov trvá približne 5 – 6 tisíc rokov. Na aluviálnych sedimentoch, ktoré v hrúbke cca 60 cm prekryli presne pred tisícročím archeologickú lokalitu – základy veľkomoravského kostola v Mikulčiciach sme popísali čiernicu, u ktorej sa za toto obdobie vyvinul v podmienkach minimálnej erózie humusový A-horizont hrúbky 30 až 32 cm.

V podmienkach premyvneho režimu, pri ktorom je úhrn zrážkových vôd väčší ako výpar, voda premývajúca pôdu translokuje z jej vrchných častí koloidné zložky, najmä ílové minerály, ktoré akumuluje pod humusovým A-horizontom. Z iniciálnej pôdy tak vzniká pôsobením uvedených klimatických podmienok pôdny typ šedozem (prechodná jednotka) a s rastúcou intenzitou zrážok hnedozem, t.j. pôda, majúca spravidla pod svetlým (ochrickým) A-horizontom ďalší, luvický Bt-horizont iluviálnej akumulácie translokovaných koloidných zložiek. Ak je prevládajúci úhrn zrážok ešte väčší, alebo dlhšie trvajúci, hnedozem sa mení na luvizem, t.j. pôdu, u ktorej sa navyše vyvinul aj eluviálny horizont (horizont ochudobnený o vyluhované minerálne a organické koloidy), prípadne až na pseudoglej luvizemný s mramorovaným luvickým Bmt-horizontom, ktorý vznikol hydrogennou transformáciou pôvodného Bt-horizontu.

Obrázok 4 Vplyv pôdotvorného faktora klíma na vývoj pôdnych jednotiek zo zvetralín silikátových hornín (podľa BIELEK a kol. 1998)

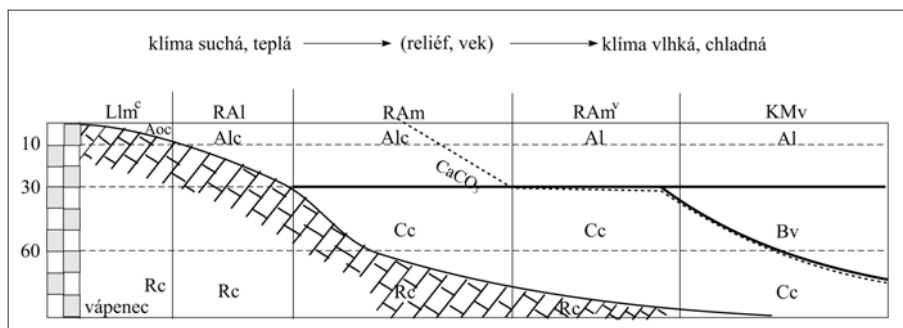


Na textúrne ľahších a minerálne chudobnejších substrátoch (viac piesky, zvetraliny silikátových hornín) vzniká s narastajúcou vlhkosťou klímy a chladom pri odlišných pôdotvorných procesoch iný vývojový rad pôd (obr. 4): litozem resp. regozem (iniciálny pôdotvorný proces) – ranker (mačinový pôdotvorný proces) – kambizem (proces hnednutia – vnútropôdneho zvetrávania – uvoľňovaním Fe z primárnych minerálov a difúznym rozptylením

Fe_2O_3 na povrchu častíc, bez výraznejšej translokácie) – podzol (proces podzolizácie, pri ktorom sa popri vnútropôdnom zvetrávaní morfológicky výrazne prejavuje aj translokácia sesquioxidov – Fe_2O_3 , Al_2O_3).

Podobné vývojové rady pôd pôsobením klímy vznikajú aj na ďalších pôdotvorných substrátoch (obr. 5). Dobré sú sledovateľné na pôdnych mapách, zobrazujúcich zákonitosti šírkovvej, výškovej a príhorskej zonálnosti.

Obrázok 5 Vplyv pôdotvorného faktora klímy na vývoj pôdnych jednotiek zo zvetralín karbonátových hornín (podľa BIELEK a kol. 1998)



3.2 Prognóza dopadov klimatickej zmeny na pôdy Slovenska

Podľa scenárov klimatickej zmeny možno predpovedať všeobecný trend k retrográdnemu vývoju pôdnych katén. Retrográdne pôdotvorné procesy budú prebiehať postupne, jednotlivé pôdne charakteristiky a vlastnosti sa budú meniť s rôznou časovo-priestorovou variabilitou, avšak samotné taxonomické pôdne jednotky sa budú meniť veľmi pomaly a v žiadnom z uvádzaných časových horizontov nenastane ich zmena na inú pôdnu jednotku s výnimkou malých extrémnych lokalít.

Treba si však uvedomiť, že sú pôdy s relatívne rýchlym vznikom aj zánikom, rýchlym vznikom a pomalým zánikom, pomalým vznikom a pomalým zánikom. Posledné často sledujeme už ako pôdne relikty v oblastiach, v ktorých je súčasná klíma taká, že v jej podmienkach tieto pôdy nemohli vzniknúť – napr. pôdy ktoré dnes klasifikujeme na severnom Slovensku ako čierne reliktné, s výskytom dokonca na riečnych terasách. K takýmto pôdam však patria aj mnohé hnedozeme sprašových pahorkatín, kde sú už dávno podmienky výparného režimu a nie premyvného.

Niektoré pôdotvorné procesy môžu prebiehať pomerne rýchlo a tým aj tvorba nových pôdnych horizontov. Napríklad proces glejovatenia a vývoj glejového horizontu pri tomto procese môže prebehnúť rádo vo rokoch, zatiaľ čo jeho zánik trvá stáročia až tisícročia. Podobne to platí aj pre vznik sekundárnej karbonátovosti, resp. salinizácie v priaznivých klimatických a hydrologických podmienkach.

Pomerne rýchle zmeny možno očakávať predovšetkým u arenických subtypov pôd a to najmä na minerálne chudobných pôdotvorných substrátoch, napr. viatych pieskoch Záhorskej nížiny. Na odkryvoch recentných pieskových dún možno dnes pozorovať viacnásobne opakovaný sled (polycyklický vývoj) regozemí a kambizemí, ba až podzolov. Znamená to, že tieto pôdne jednotky boli schopné sa opakovane niekoľkokrát vyvinúť počas holocénu, až do času, kým pohyblivé viate piesky neboli stabilizované borovicovými lesmi (1 – 3 generácie borovicového lesa).

BUBLINEC (1974) predpokladá, že plytké podzoly sa vyvinuli z viatych pieskov počas troch generácií pestovania borovicových monokultúr, t.j. približne za 200 – 250 rokov. Čas potrebný v týchto podmienkach na vývoj stredného podzolu odhaduje na 400 – 500 rokov. V krátkom čase klimatické podmienky prestanú byť v tejto oblasti vhodné pre podzolový proces, ale bude prevládať mačínový pôdotvorný proces, proces vnútropôdneho zvetrávania, až černozemný proces.

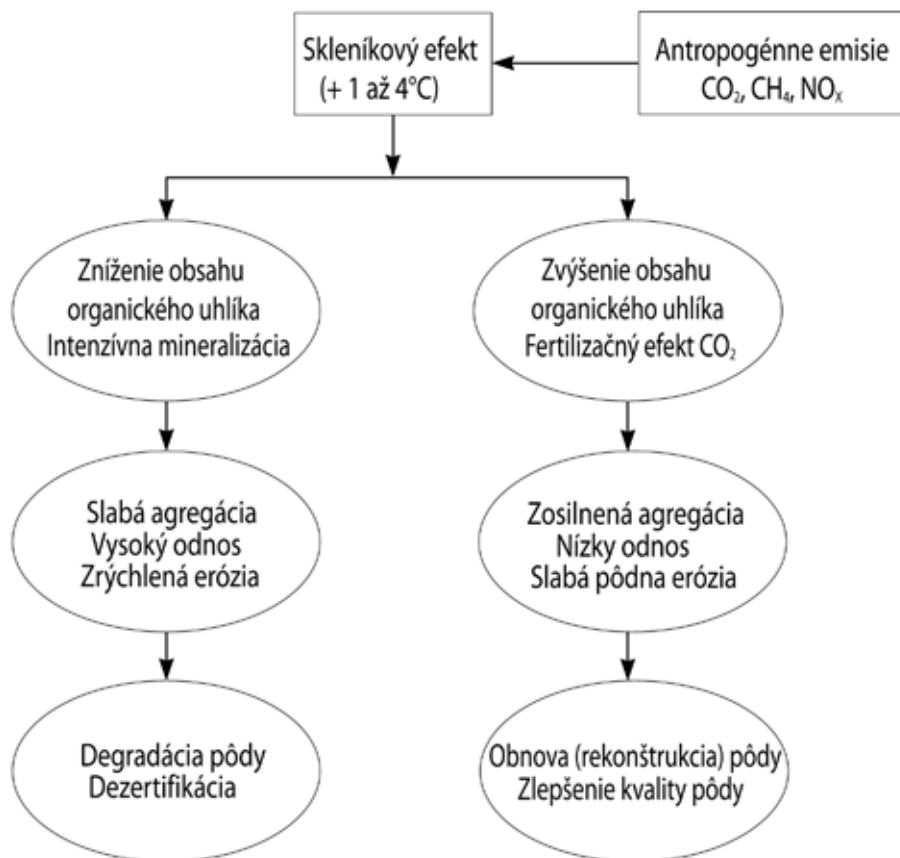
3.3 Všeobecný scenár vplyvu klimatickej zmeny na pôdu

Mierná zóna v porovnaní s ostatnými pásmami Zeme prekoná zrejme najmenšie zmeny v pôdach (HARDY 2003) dokonca aj v slabo pufrovaných pôdach. Podľa dostupných materiálov sa v miernom klimatickom pásme očakáva len malé zvýšenie celkových úhrnov zrážok, najmä v zime a očakáva sa zvýšenie evapotranspirácie – na juhu malé, ale na severe podstatne vyššie. Zmeny pôdnych vlastností meniacich sa v čase a v dôsledku očakávanej klímy budú pomerne dlhodobé. Najprv budú výrazné (viditeľné) v povrchovej vrstve pôdy, pretože táto je najviac citlivá na vlhkosť a teplotu. Pomerne dynamické zmeny by mali byť v obsahu organického uhlíka, ktoré by mohli mať za následok zmeny v pôdnej štruktúre, pôdnej erodibilite, kompaktii, infiltračnej rýchlosti, v odnose, salinite a obehu rastlinných živín.

Jednou z príčin, prečo je ťažké predikovať zmenu pôdnych vlastností je, že klimatické scenáre diferencujú niektoré oblasti buď so zvýšenými teplotami a zníženými zrážkami alebo naopak. KIMBLE, LAL, GROSSMANN (1998) definovali

dva scenáre (možnosti) zníženia alebo zvýšenia obsahu organického uhlíka v pôde (obr. 6).

Obrázok 6 Dva alternatívne scenáre opisujúce klimaticky podmienené zmeny (podľa KIMBLE, LAL, GROSSMANN 1998)



Scenár 1 opisuje možnosť zníženia obsah pôdneho organického uhlíka v dôsledku vysokých teplôt a nízkej vlhkosti. To vyvolá podmienky pre intenzívnu mineralizáciu pôdneho organického uhlíka a spôsobí výrazne nižšiu produkciu biomasy. Tieto trendy budú viesť k obmedzeným možnostiam uchytenia vegetácie, k vysokej náchylnosti na kôrovatenie pôdy a kompakciu. Z toho vyplývajúci vysoký stupeň erodibility spôsobí ohrozenie pôdnou eróziou a celkovú pôdnu degradáciu definovanú ako dezertifikácia pôdy a krajiny.

Scenár 2 ponúka možnosti zvýšiť obsah pôdneho organického uhlíka cez potenciálne zvýšenie dodávky vody a CO₂ fertilizačný efekt ako výsledok novej, klimaticky podmienenej úrovne CO₂ v atmosfére. Vyšší obsah CO₂ bude viesť k zvýšeniu obsahu organického uhlíka v pôde a k vyššej primárnej produkcii. Zvýšená produkcia biomasy, zvlášť účinok rastlinných koreňov v povrchovej vrstve pôdy, môže urýchliť rast vegetácie a zlepšiť pôdnu štruktúru. Priaznivé štruktúrne vlastnosti môžu mať pre pôdu obnovujúce účinky, ktoré povedú k nižšiemu eróznemu odnosu, zlepšeniu pôdnej biodiverzity a živinovému obehu a celkovému zlepšeniu kvality pôdy.

Predpokladá sa, že negatívne vplyvy na tvorbu pôdnej organickej hmoty pri vyšších teplotách by mohli byť plne kompenzované väčším množstvom organickej hmoty z vegetácie a plodín, ktorých rast by mal byť intenzívnejší pri silnejšej fotosyntéze, tzv. „fertilizačný efekt CO₂“. Na druhej strane rast dezertifikačných javov ako je vysušovanie krajiny spojené s pôsobením limitujúcich faktorov ako je nedostatok vody v pôde, utlmenie filtračných, transformačných a výmenných procesov môžu spôsobiť degradáciu pôdy. Budú dominovať salinizačné a alkalizačné procesy, tvorba krusty a kompaktácia pôdy s postupnou premenou fyzikálnych, chemických a biologických pôdnych vlastností. Tiež výrazná variabilita klimatických parametrov môže spustiť intenzívnejšie eróžno-akumulačné procesy, ktoré sa prejavia v zme ne morfológie a celkových vlastnostiach pôdneho profilu.

3.4 Pedoklimatický scenár pre SR

Pre scenár vplyvov očakávanej klimatickej zmeny na pôdne zdroje Slovenska sme vychádzali zo scenárov zmien teplôt, zrážok, hustoty toku globálneho slnečného žiarenia a evapotranspirácie vytvorených podľa modelov platných pre Slovensko ako aj s ostatných novších zdrojov, uvedených v zozname použitej literatúry.

1. Predpokladá sa, že vyššia koncentrácia CO₂ pri celkovej zvýšenej teplote bude mať za následok zvýšené hromadenie pôdnej organickej hmoty. Na základe fotosyntézy pri vyššom obsahu CO₂ ume lo vytvorený skleníkový efekt Zeme bude zvyšovať index rastu ako aj účinnosť využitia vody vegetáciou (BRINKMAN, SOMBROEK 1996).
2. Zvýšená evapotranspirácia a zvýšené hromadenie pôdnej organickej hmoty zosilní mikrobiálnu činnosť. Produkcia bude sprevádza-

- ná zvýšeným množstvom koreňovej hmoty, koreňových výlučkov, mykoríznej kolonizácie a inej rizosféry.
3. Očakávaná aridizácia t.j. postupné vysušovanie pôdneho profilu, zvýšené prevzdušnenie a oxidácia pôdneho materiálu spôsobia rýchlejší rozklad pôdnej organickej hmoty – mineralizáciu. Táto však nebude kritická a bude kompenzovaná procesmi uvedenými v predchádzajúcich bodoch. Nárast aridity by mal byť pozorovaný hlavne v južnej polovici celého Slovenska približne do 400 m nadmorskej výšky. Bude záležať na zabezpečení územia vodou, čo predurčí, akým smerom sa budú uberať vlastnosti pôd s nadmerným výparným režimom.
 4. Rýchlejší rozklad organickej hmoty bude mať za následok aj zvýšený parciálny tlak CO_2 v pôde a aktivitu CO_2 , čím by mohlo dochádzať k zvýšenému uvoľňovaniu rastlinných živín zo zvetrávajúcich pôdnych minerálov (napr. K, Mg, mikroživiny). Podobne by táto aktivita mala viesť k lepšiemu príjmu fosforu.
 5. Celkovo zloženie ílových minerálov a mineralógia hrubších frakcií prekoná len nepatrné zmeny postihnuteľné za storočie. Zrýchlená mineralizácia bude sprevádzaná silnejším zvetrávaním hlavne povrchových vrstiev pôdy, povrchových zvetralín i sypkých sedimentov. Určité zmeny bude možné pozorovať pri pôdnych typoch litozem a regozem (zrýchlená mineralizácia) a pri ílovitých pôdach suchých oblastí (smonica, pelické subtypy pôd) tvorba krusty a štruktúrnych (profilových) trhlín.
 6. Pôdna štruktúra sa bude meniť predovšetkým v povrchovej vrstve pôdy. Bude závisieť od dostatočnej zásoby pôdneho uhlíka (podmienenej priaznivým vlhkostným režimom) akým smerom sa štruktúrne agregáty budú vyvíjať. Podobne sa predpokladá mierne sa zvyšujúci trend kompaktie pôdy, v ílovitých pôdach dokonca tvorba krusty a povrchových trhlín. V podpovrchových horizontoch arídnych území sa nevyučuje intenzívnejšia tvorba tvrdých panov (kalcikový, petrokalcikový horizont).
 7. V poľnohospodárskych oblastiach by mohlo dochádzať k nástupu tzv. rubifikácie súčasných kambizemí, v procese ktorej by sa namiesto súčasného goetititu stabilizoval oxid železa hematitu. Tento proces by mohol byť najskôr viditeľný na kambizemiach vyvinutých z iatych pieskov na Záhorskej nížine, menej v horských oblastiach.

8. V nížinných oblastiach by mal prevládať výparný vodný režim so zápornou vodnou bilanciou. To znamená, že hnedozemná oblasť v plnom rozsahu by prestala mať podmienky premyvneho režimu a jej pôdy by sa mali vyvíjať v podmienkach výparného režimu podobne ako súčasné černoze. Celkový stav pôdy by sa mal prejavovať zmenou pôdnej štruktúry, zvýšenou priepustnosťou a lepšími podmienkami pre zakoreňovanie rastlín. Bt-horizonty hnedozemí zostanú plne zachované a ich vododržná schopnosť môže zvýšiť produkčnú hodnotu týchto pôd.
9. Predpokladaný pokles stavov niektorých nížinných riek (s výnimkou Dunaja) vo veľkej miere zapríčini zníženie hladiny podzemných vôd, čo bude mať za následok zmenu oxidačno-redukčných podmienok. Tieto zmeny sa budú týkať najmä glejov, organozemí, čiernic glejových ako aj fluvizemí glejových. Samotná morfológia týchto pôd sa meniť nebude, nápadná by mala byť zmena hydrologických pomerov, ktorá spôsobí silnejšiu oxidáciu dvojmocných foriem železa a mangánu.
10. Očakáva sa celkový nárast mineralizácie podzemných vôd predovšetkým v nížinných v arídnejších oblastiach Podunajskej nížiny. V oblastiach s depresnými polohami sa poukazuje na budúci mierne až stredný vzrast salinizácie ako aj alkalizácie pôd. Očakáva sa tiež rozsiahlejší výskyt čiernic slancových, slancov, menej slanísk. Sú úvahy o prípadnom trende solodizácie pôd v niektorých lokalitách, najmä na východnom Slovensku. Morfológickými znakmi bude sezónna tvorba povrchovej krusty a slaných popraškov.
11. Pôdna reakcia by sa nemala zásadne meniť, je však možná úvaha k miernemu okysľovaniu pôd pri predpokladanej zvýšenej mineralizácii organickej hmoty. V prípade silnejšieho vplyvu mineralizovaných podzemných vôd je možné očakávať vyššie hodnoty pH v dôsledku zasoľovania pôd. Tiež sú domnienky, že by mohlo dôjsť k miernemu zvýšeniu pH v pôdach zásobených karbonátmi v spodnej časti horizontov. To znamená, že napr. rendziny vylúhované by sa postupne mohli zmeniť na rendziny modálne, černoze modálne na černoze modálne karbonátové, podobne čierne a ďalšie pôdy.
12. V oblastiach náchylných na vodnú a veternú eróziu by sa mali prejavovať predpokladané účinky náhlych a intenzívnych búrok, ktoré by sa mali vyskytovať počas celého roka. Týka sa to predovšetkým

sprašových pahorkatín, kde na niektorých miestach s najväčšími predpokladmi (konvexné svahy, nedostatočná protierózna ochrana) by sa mali plošne rozšíriť regozeme a erodované formy pôdnych typov. V niektorých silne erózne postihnutých oblastiach sa môžu prejavovať katastrofické následky.

13. Nemožno vylúčiť vplyv klimatickej zmeny na spúšťací mechanizmus uvoľnenia toxických polutantov akumulovaných v pôde, sedimentoch a v podzemnej vode ako dôsledok narušenia prirodzenej rovnováhy krajiny (STIGLIANI 1991).
14. Zmenou teplotno-vlhkostných pomerov sa môžu akcelerovať procesy tvorby dusičnanov v pôdach, čo sa môže nepriaznivo prejavovať na kvalite rastlinnej produkcie a podzemných vôd. Preto bude potrebné zaviesť efektívnejšie riadenie procesov mineralizácie a imobilizácie dusíka v pôde (napr. prispôsobenými sústavami pestovania a systémami hnojenia).
15. Pôdami najviac odolnými voči globálnej klimatickej zmene budú predovšetkým naše najkvalitnejšie a najúrodnejšie pôdy ako sú černozeme (na nekonvexných lokalitách), čiernice, ale aj hnedozeme. To znamená, že to budú pôdy s najstabilnejšou pôdnou štruktúrou, náležitou výmennou kationovou kapacitou, dobrou filtračnou rýchlosťou a priepustnosťou, ako aj s kvalitným humusovým horizontom.
16. Pravdepodobne najskôr môže dôjsť k určitým zmenám u najmenej odolných pôd voči globálnej klimatickej zmene, t.j. pôd textúrne ľahkých, pôd s nestabilnou pôdnou štruktúrou, s nedostatočnou výmennou kationovou kapacitou, slabou infiltračnou rýchlosťou a nekvalitným, plytkým humusovým horizontom. Takými pôdami sú regozeme, litozeme, arenické subtypy pôd, a pod.

3.5 Časové dimenzie zmien

V dôsledku klimatickej zmeny bude dominovať veľmi pomalý retrográdny vývoj pôd a pôdnych katén. Celkovo nemožno očakávať zmenu pôdnych jednotiek, ani genetické pôdotvorné procesy sa nebudú meniť od základu. Jedine postupné zmeny hydrologického režimu, čiastočne zmeny fyzikálno-chemického režimu a najmenej morfológické zmeny bude možné identifikovať v priebehu tohoto storočia.

Dôsledky globálnej klimatickej zmeny budú postupné, neprejavajú sa hneď po nástupe určitej zmeny, ale očakáva sa 10 - 20 ročný posun (oneskorenie) v prejave zmenených vlastností. Prvé viditeľné zmeny možno očakávať koncom tohoto storočia.

Prvé a najrýchlejšie pozitívne prejavy zmien v kratšom časovom horizonte možno očakávať v zamokrených depresiách na pôdach so silnými glejovými procesmi, avšak tieto zmeny budú priaznivejšie vďaka očakávaným procesom vysušovania a zvýšenej evapotranspirácie.

Prvé a najrýchlejšie negatívne prejavy účinkov zmeny globálnej klímy by sa mali prejavovať na textúrne ľahkých pôdach Záhorskej nížiny a na erodovaných plochách sprašových pahorkatín. Očakáva sa zmenšenie stability týchto pôd v dôsledku jednak predpokladanej zvýšenej veternej a vodnej erózie ako aj prirodzenej dispozície týchto pôd.

Ak sa nové územia premenia na produkčnú krajinu ako výsledok klimatickej zmeny, môžeme očakávať, že celková kvalita pôdy sa bude redukovať ako všade tam, kde sú pôdy prvýkrát kultivované. Strata úrodnosti, zvýšená erózia (veterná a vodná), zvýšená objemová hmotnosť pri povrchu pôdy, podorničné pany sa budú vyskytovať aj naďalej. Všetky tieto zmeny bude možné redukovať vhodnými ochrannými opatreniami.

Záverom treba poznamenať, že globálne klimatické vplyvy budú niekedy ťažko postihnuteľné v prostredí antropogénne intenzívne využívaných alebo antropogénne poškodených pôd. Zmeny tohto charakteru, ktoré sa svojou intenzitou a rozšírením prejavujú oveľa skôr a v silnejšej miere, budú meniť nielen charakter pôdných vlastností ale i celkovú morfológiu pôdných profilov. Tieto zmeny sa v pôdnom profile prejavujú výraznejšie než zmeny, ktoré zapríčinia prebiehajúca globálna klimatická zmena v 21. storočí.

4. Scenáre živinového režimu a erózných procesov podmienené klimatickou zmenou

4.1 Procesy živinového režimu

Režim živín v pôde je jeden z pôdných režimov, ktorý svojimi vlastnosťami a dynamikou podstatnou mierou ovplyvňuje úrodnosť pôdy. Tento parameter je dôležitý pre oblasť hnojenia pôdy a výživy rastlín, pre poznanie bilancie živín, ich dynamiky v pôde a v neposlednom rade aj pre samotnú fyziológiu rastlín (BEDRNA 1977).

Prognózovanie procesov živinového režimu fosforu, draslíka, vápnika a horčíka v očakávaných klimatických podmienkach je dôležité pre definovanie trendu zásob živín v pôdach. Živiny sú v pôde rozdielne pohyblivé a ich mobilita závisí od množstva faktorov. Na jednej strane sú to chemické vlastnosti (pôdna reakcia, vlhkosť a iné), na strane druhej vlastnosti fyzikálne (zrornosť pôdy, skeletovitosť, vlhkosť a iné). V neposlednom rade ide samozrejme aj o intenzitu hnojenia, odber rastlinami, ako aj o vyplavovanie živín z pôdy do nižšie ležiacich horizontov pôdy a odplavenie živín v dôsledku vodnej erózie.

4.1.1 Premeny fosforu

Premeny fosforu v pôde sa dotýkajú ročne iba menej ako 1 % celkového fosforu a 3 – 10 % z fosforu v pôde prístupného rastlinám. Táto skutočnosť sa markantne prejavuje aj na dynamike fosforu v pôde. Zmeny v obsahu rastlinám prístupného fosforu sú minimálne a iba pri aplikovaní vysokých dávok fosforečných hnojív možno pozorovať niektoré sezónne maximá a minimá. Tieto minimá a maximá súvisia so odberom fosforu rastlinami, ale ešte viac s teplotou a vlhkosťou pôdy. Berúc do úvahy modifikované scenáre klimatických zmien (priemerné ročné teploty vzduchu a priemerné ročné úhrny zrážok) by mohli mať posledné menované faktory určitý vplyv na režim fosforu pôde.

Vzhľadom na heterogenitu pôdneho krytu nie je možné definovať zmenu režimu plošne pre celé Slovensko. Na základe mnohých pokusov bolo zistené, že pri zvyšovaní teploty pôdy sa v niektorých pôdach obsah jednotlivých frakcií fosforu zvyšuje, v iných zase znižuje. Napríklad vysušenie neutrálnych a karbonátových pôd mobilizuje v nich fosfor a naopak v kyslých a slabokyslých pôdach je tomu naopak.

V pôdnych typoch černoze, čiernica a rendzina sa pri vyššej teplote hromadí rastlinám prístupný fosfor. Opačný prípad nastáva v pôdach typu hnedozem a luvizem, keď fosfor uvoľnený vyššou teplotou sa v pôde okamžite viaže so železom a hliníkom a stáva sa pre rastliny menej prístupným, resp. až neprístupným. Z uvedeného vyplýva, že v rámci Slovenska je veľmi zložité prognózovať správanie sa fosforu v pôde v očakávaných klimatických podmienkach. Berúc do úvahy prognózovanú zmenu priemernej teploty vzduchu v najbližších rokoch, ktorá hovorí o náraste priemernej teploty do roku 2050 o 1°C a do roku 2090 o 3°C a nárast priemerných zrážok do roku 2090 cca o 50 mm, môžeme predpokladať, že z tohto dôvodu nenastanú žiadne významné zmeny v režime fosforu v pôde.

Aj pri predpoklade, že organická hmoty sa bude mineralizovať v dôsledku vyššej teploty intenzívnejšie, uvoľnený fosfor z organických zlúčenín sa prakticky v plnom rozsahu viaže mikroorganizmami, a teda nenastáva jeho akumulácia vo forme prístupnej pre rastliny. Navyše fosfor ako taký je v pôde veľmi málo pohyblivý, a preto prakticky neexistujú prirodzené spôsoby strát fosforečných zlúčením z pôdy. Viac ako storočné pokusy potvrdili, že tieto zlúčeniny sa z ťažkých pôd takmer vôbec nevyplavujú a z ľahkých iba v nepatrnej miere.

Najväčšou položkou dynamiky fosforu v pôde je hnojenie, či už minerálnymi alebo organickými hnojivami. Znamená to teda, že aplikácia hnojív bude aj naďalej najdôležitejším faktorom zabezpečenia obsahu prístupného fosforu v pôde. Ich potreba bude závisieť od prognózovaných úrod pestovaných plodín v jednotlivých rokoch, spôsobov pestovania, ale aj od možností novovyšľachtených sort plodín.

4.1.2 Premeny draslíka

Podobne ako pri fosfore, aj pri draslíku nastávajú v priebehu roka zmeny v chemických väzbách iba pri malom podiele z celkového obsahu tejto živiny v pôde (1 % z celkového draslíka a 10 % z rastlinám prístupného draslíka). V prípade draslíka má na jeho prístupnosť rastlinám veľký význam zrnitostné zloženie pôdy. Čím je pôda ľahšia, tým menej draslíka v prístupnej forme majú k dispozícii na nej pestované rastliny. Je to spôsobené tým, že ľahké pôdy nie sú svojimi fyzikálnymi vlastnosťami schopné pútať draselné katióny. Naopak ťažké pôdy majú dostatok draslíka vo svojom mineralogickom zložení.

Ďalším faktorom, ktorý vplýva na prístupnosť draslíka rastlinám je vlhkosť pôdy. Čím je pôda vlhšia, tým viac draslíka sa nachádza v pôdnom roztoku, odkiaľ je priamo prijímaný rastlinami. Pri vysušovaní pôdy dochádza k uzatváraniu draselných katiónov v mriežkach ílových minerálov a tento sa stáva nedostupným.

Viacerými autormi bolo na základe viacročných pokusov dokázané, že v priebehu roka nastávajú dve obdobia výrazného zvýšenia obsahu prístupného draslíka v pôde a jedno obdobie depresie:

- obdobia zvýšeného obsahu sa vyskytujú v mesiacoch apríl – máj a september – október
- obdobie depresie je v mesiacoch júl – august.

Autori konštatujú, že depresiu spôsobuje viac nedostatok vlhky a vysoká teplota ako odčerpávanie draslíka rastlinami. Rozdiely v dynamike draslíka možno teda pripísať hlavne hydrotermickým podmienkam.

Ak však berieme do úvahy prognózovanú zmenu v teplotných a vlhkostných podmienkach pre obdobie do roku 2090, môžeme podobne ako v prípade fosforu konštatovať, že nedôjde k výrazným zmenám v režime draslíka v pôde. Pri zvýšení priemernej teploty vzduchu o 3 °C do roku 2090 môžeme predpokladať, že obsah prístupného draslíka v pôde sa nezmení do takej miery, aby to ohrozilo stratégiu hnojenia touto živinou. Navyiac nepatrné zvýšenie priemerných zrážok môže eliminovať vyššiu teplotu. Na sezónnej dynamike draslíka sa nezmení prakticky nič. V suchom letnom období bude dynamiku draslíka v pôde i naďalej sprevádzať obdobie depresie (zníženie obsahu draslíka v prístupných formách), zatiaľ čo vo vlhkých a chladnejších jarných a jesenných mesiacoch budú pôdy zásobené prístupným draslíkom relatívne dobre.

Aj pri draslíku je najväčšou položkou jeho dynamiky v pôde hnojenie. Aplikácia hnojív bude zohrávať najväčšiu úlohu pri znižovaní nepriaznivých klimatických podmienok. Je treba povedať, že rastliny dobre zásobené draslíkom lepšie využívajú vodu kontrolovaným otváraním a zatváraním prieduchov, ktoré sú zodpovedné za príjem oxidu uhličitého a výdaj kyslíka a molekúl vody, sú odolnejšie voči dlhotrvajúcemu suchu a mrazu, efektívnejšie hospodária s vodou.

4.1.3 Premeny vápnika

Aj vápnik je živina, ktorá zohráva vo výžive rastlín významnú úlohu. Ešte väčšia úloha mu je pripisovaná v tvorbe pôdnej úrodnosti. Je dokonca pokladaný za základný prvok pôdnej úrodnosti. Podstatne ovplyvňuje prístupnosť ostatných makro- i mikroelementov v pôde, čo sa prejavuje na produkcii a kvalite úrod a následne i na zdraví zvierat a človeka. Navyše vápnik tým, že neutralizuje pôdnu kyslosť, inhibuje príjem ťažkých kovov, najmä kadmia, olova, chrómu a ďalších.

Avšak podobne ako pri predchádzajúcich dvoch prvkoch, ani pri vápniku sa nedá predpokladať, že vplyvom predpokladaných klimatických zmien sa jeho režim v pôde podstatne zmení. Keďže prakticky všetky pôdy na Slovensku sú ohrozené acidifikáciou, spôsobenou nielen atmosferickými zrážkami, ale aj vyplavovaním vápnika z pôdneho profilu, odplavovaním v dôsledku vodnej erózie, či jeho odberom pestovanými rastlinami, potreba vápnika (vo forme vápenatých hmôt) sa v budúcnosti neznižuje. Pri vyšších

priemerných zrážkach dokonca môže dochádzať k väčšiemu vyplavovaniu vápnika do hlbších horizontov pôdy, čo by mohlo mať za následok jeho znížený obsah v orničnom horizonte, ale v žiadnom prípade nepredpokladáme, že tento pokles bude významný do takej miery, aby bolo ohrozené dosahovanie dostatočného množstva úrod. Pri zníženom obsahu vápnika v orničnom horizonte môže ale dôjsť k zvýšenej mobilite ťažkých kovov, čo by mohlo zohrať úlohu v kvalite produkcie. To všetko je však eliminovateľné pravidelnou aplikáciou vápenatých hmôt v dostatočných dávkach.

4.1.4 Premeny horčička

Horčik ako prvok sa nachádza v pôde v dostatočnom množstve, aj keď len malá časť sa nachádza vo formách prístupných pre rastliny (v závislosti od pôdneho typu, pôdnej reakcie, štruktúry pôdy a ďalších faktorov je to 5 – 10 % z celkového horčička v pôde). Jednou z jeho dôležitých funkcií v pôde je aj to, že priaznivo ovplyvňuje hydrologické pomery pôd tým, že napr. v porovnaní s vápnikom znižuje presakovanie vody, spomaľuje jej kapilárny zdvih a zvyšuje napučíavanie pôdnych koloidov. Toto by mohlo mať význam pri mierne zvýšenej priemernej teplote vzduchu, avšak ak vezmeme do úvahy aj mierny nárast priemerných zrážok, jeho úloha nebude výrazne iná, ako v súčasnosti.

Podľa výsledkov posledného agrochemického skúšania pôd až 97 % výmery poľnohospodárskych pôd na Slovensku je zásobených horčikom v strednej a dobrej kategórii zásobenosti, takže o osud tejto živiny skutočne nie je dôvod mať obavy. Aj keď pre udržanie pozitívnej bilancie horčička v pôde je treba dodať ročne asi 30 – 40 kg tejto živiny na hektár, horčik sa aplikuje ako súčasť vápenatých hmôt, aj ako zložka draselných hnojív. Navyiac v maštalnom hnoji ho je taktiež dostatok. Aplikácia samotného horčička nie je v súčasnosti vo veľkej väčšine prípadov potrebná. To isté sa dá predpokladať aj v budúcnosti, pretože ak budú aplikované vápenaté hmoty kvôli odstráneniu pôdnej kyslosti a draselné hnojivá, bude do pôdy automaticky aplikovaný aj horčik.

4.1.5 Prognóza živinového režimu

Na základe prognózovaných zmien priemerných teplôt vzduchu a priemerných zrážok sa nedá vysloviť jednoznačný záver na zmenu živinových režimov v poľnohospodárskych pôdach. Z hľadiska dynamiky živín v pôde je predpokladaná zmena klimatických podmienok príliš mierna na to, aby sa táto charakteristika mohla výrazne zmeniť.

Naviac v dôsledku výraznej heterogenity prostredia by bolo možné uvažovať s niektorými zmenami len na pedologicky rovnomernom území. To znamená, napr. na veľmi ľahkých pôdach môže dôjsť k vyplavovaniu draselných, horečnatých a vápenatých kationov v prípade dlhotrvajúceho sucha, ale naopak, na ťažkých pôdach toto nebezpečenstvo nehrozí. Ak vezmeme do úvahy celú výmeru poľnohospodárskych pôd Slovenska, globálne sa na režime pôdných živín nebude meniť prakticky nič.

Väčšie diferencie možno očakávať v priebehu extrémnych, najmä suchých a teplých rokov. V takýchto podmienkach môže dôjsť k väčšej fixácii živín v pôde, čo môže mať za následok menšie množstvo živín prístupných pre pestované rastliny. Najnovšie pokusy však ukázali, že správne hnojenie znižuje závislosť úrod od poveternostných podmienok a zlepšuje využívanie potenciálu prostredia. Rastúci výskyt extrémov v počasí robí zo správneho hnojenia jednu z najdôležitejších podmienok dosahovania stabilných a rentabilných úrod (JAMRIŠKA a kol. 2004).

Najvýznamnejší pozitívny účinok na tolerantnosť rastlín proti nedostatku vody má aplikovanie organických hnojív v kombinácii s priemyselnými hnojivami, najmä dusíkatými. Samotná výživa dusíkom však vedie k znižovaniu obsahu humusu v pôde a tým k zhoršovaniu jej fyzikálnych i chemických vlastností.

Dost' vážnym dôsledkom bude ale posun vegetačných období. Do roku 2075 sa predpokladá predĺženie hlavného vegetačného obdobia (ohraničené $T \geq 10,0^{\circ}\text{C}$) na južnom Slovensku o 43 dní, na severných poľnohospodársky využívaných oblastiach Slovensku až o 84 dní. Podobne sa predpokladá v nižších nadmorských výškach pokles zrážok, vo vyšších nadmorských výškach naopak zvýšenie zrážkovej činnosti, najmä formou miestnych dažďov. Toto bude potrebné eliminovať aj novým prístupom ku všetkým činnostiam na pôde, či už technológiou pestovania rastlín, prepracovaním šľachtiteľských zámerov, prepracovaním agroklimatickej rajonizácie a štruktúry pestovaných druhov a odrôd (so zohľadnením organizačných a ekonomických hľadísk) alebo aj reguláciou vodného režimu pôdy.

4.1.6 Prognóza vplyvu sucha na správanie sa dusíka, fosforu a draslíka

Ako sme spomenuli vplyv klimatických podmienok, t.j. aj sucho bude mať menší vplyv na úrodu tam, kde dusík (N), fosfor (P) a draslík (K) bude dostatočne prístupný počas celého vegetačného obdobia. Úroda sa bude zvyšovať používaním hnojív, a niekedy môže byť väčšia v suchom roku ako v normálnom roku. Dobrá úrodnosť bude stimulovať zakorenenosť rastlín,

čo zabezpečí účinný prístup k vode a vytvorí dlhotrvajúci prísun živín počas celej vegetačnej doby (REETZ 2003).

Sucho znemožňuje koreňom rastlín prijať dostatočné množstvo živín počas vegetačného obdobia. Nedostatok živín znižuje fyziologické funkcie rastliny, spomaľuje rast, výmennú energiu a aj iné dôležité procesy spojené s rastom rastlín sa stavajú menej účinné. Efektívnosť využitia vody je snáď najviac ovplyvnená nepravidelným príjmom vody, póry strácajú schopnosť regulovať (listami) zvyšujúce sa straty vody, činnosť fotosyntézy klesá a redukuje sa akumulácia cukru.

Pôdna kompakcia môže zvýšiť dopad stresu na rastliny zo sucha. Preto bude dôležité implementovať technológie pre odstránenie zhutnenia pôd, na základe čoho sa zlepší rast koreňov a efektívnosť využitia vody. Nakoľko rast koreňov bude v období sucha obmedzený, bude potrebné zaistiť prístup živín počas celého roka na základe presných pôdnych analýz a hlbokým zoraním minerálnych hnojív.

Vysoký obsah fosforu je dôležitý pre čo najskorší rast koreňov. Podobne adekvátne množstvo draslíka je dôležité pre vzťah vody a rastliny, pre otváranie a zatváranie prieduchov rastlín, ktoré regulujú CO_2 , fotosyntézu a výmenu (transpiráciu) vodnej pary medzi listami a atmosférou. Tieto činnosti riadi obsah draslíka v listoch. Ak je draslíka nedostatok, zvyšuje sa strata vody transpiráciou a znižuje sa činnosť fotosyntézy.

Vývoj a zrelosť pôdy sú podmienené zabezpečením vysokého stupňa zúrodnenia, čo rastline umožní prekonať kritické obdobie sucha vo vegetačnom období. Bude potrebné urobiť výber kultivarov s hlbším a mohutnejším koreňovým systémom pre zabezpečenie dlhodobějších úrod. Aj ostatné pôdohospodárske technológie môžu pomôcť udržať prijateľnú úrodnosť pôd počas sucha vrátane skoršej sadby, pôdoochranských opatrení, opatrení proti zaburineniu, chorobám a škodcom a zvýšenej účinnosti využitia vody v pôde.

4.2 Procesy erózie pôdy

Procesy erózie pôdy v súčasnosti predstavujú a v budúcnosti budú predstavovať pri predpokladanej klíme jeden z najrozšírenejších procesov degradácie pôdy na území Slovenska. Vodná erózia je degradačný proces rozšírený na takmer dvoch tretinách územia vyznačujúceho sa zvlneným reliéfom. Najvýraznejšie degradačné formy erózie sa prejavujú na pôdach vytvorených zo sypkých a nespevnených pôdotvorných substrátov. Najviac

sú ňou postihnuté pahorkatiny, kotliny, horské a podhorské oblasti (JAMBOR, ILAVSKÁ 1998).

Tabuľka 1 Potenciálne ohrozenie poľnohospodárskych pôd vodnou eróziou (podľa JAMBOR, ILAVSKÁ 1998)

Intenzita	Plocha (ha)	Percentuálne zastúpenie
Slabá (0 – 4 t.1 ha.rok ⁻¹)	1 065 420	45 %
Stredná (4 – 10 t.1 ha.rok ⁻¹)	473 520	20 %
Silná (10 – 30 t.1 ha.rok ⁻¹)	426 170	18 %
Extrémna (> 30 t.1 ha.rok ⁻¹)	402 490	17 %

Tabuľka 1 ukazuje potenciálne ohrozenie poľnohospodárskych pôd SR plošnou vodnou eróziou, kde v súčasných klimatických podmienkach je asi 35 % územia PPF potenciálne ohrozených silnou až extrémnou pôdnou eróziou. Veternou eróziou je ohrozených len asi 6 % územia Slovenska (tab. 2).

Problém vodnej erózie sa dáva do súvisu najmä s vysoko produkčnými pôdami, ako sú černoze či hnedozeme, hlavne na sprašových pahorkatinách. V podstate neerodované sú len fluvizeme a čiernice, keďže sa nachádzajú v údoliach riek. Najväčšiu plochu erodovaných pôd na Slovensku zaberajú kambizeme, a to takmer tretinu poľnohospodárskych pôd, hnedozeme okolo 7 %, černoze necelých 2 % (JAMBOR, ILAVSKÁ 1998).

Tabuľka 2 Potenciálne ohrozenie poľnohospodárskych pôd veternou eróziou (podľa JAMBOR, ILAVSKÁ 1998)

Intenzita	Plocha	Percentuálne zastúpenie
Extrémna (> 30 t.1 ha.rok ⁻¹)	30 780	1,3 %
Silná (10 – 30 t.1 ha.rok ⁻¹)	9 470	0,4 %
Stredná (4 – 10 t.1 ha.rok ⁻¹)	113 650	4,8 %
Slabá (0 – 4 t.1 ha.rok ⁻¹)	2 213 700	93,5 %

Celkovo najnebezpečnejším eróznym obdobím v podmienkach Slovenska je jar, kedy ešte nie je naplno rozvinutý vegetačný kryt a po dlhšom období sucha sa vyskytnú intenzívne zrážky. ANTAL (1994) udáva takéto rozdelenie erózneho odnosu počas roka: jar 47,5 %, zima 26,2 %, leto 21,1 %, jeseň 5,2 %. Mimoriadne nebezpečné sú letné búrky v máji a júni pri nedostatočne vyvinutom rastlinnom kryte okopanín.

Dažďová erózia je v našich podmienkach plošne najrozšírenejšia forma vodnej erózie a často sa stotožňuje s vodnou eróziou. Vodná erózia pozostáva niekoľkých fáz (FULAJTÁR, JANSKÝ 2001):

1. kvapková erózia spôsobená kinetickou energiou padajúcich kvapiek;
2. odtoková (ronová) erózia je spôsobená povrchovo odtekajúcou vodou, ktorá sa nestačí vsakovať do zeme. Môžeme ju rozdeliť na:
 - plošnú eróziu spôsobenú zrážkovou vodou odtekajúcou po celom povrchu svahu;
 - líniovú eróziu vzniknutú sústredením odtekajúcej vody do línií, sústredený odtok vymýva jarky a podľa ich veľkosti rozlišujeme ryhovou eróziu, pri ktorej možno vytvorené jarky zahrnúť pluhom, takže sú iba sezónnou formou a výmoľovú, vytvárajúcej trvalé jarky;
 - stržovú eróziu vzniknutú na svahoch husto rozčlenených výmoľmi, pričom sa celý svah zmení na rozbrázdnené zdevastované územie.

4.2.1 Empirické vyjadrenie dažďovej erózie

Dažďová erózia je funkciou vlastností erózneho činiteľa, čiže zrážok, ktorým je pôda vystavená a vplyvu erózných podmienok – reliéfu, rastlinného krytu a spôsobu obhospodarovania. V praxi najzaužívanejším vyjadrením dažďovej erózie je všeobecná rovnica zmyvu pôdy (VRZP), nazývaná aj Wischmeierova rovnica (WISCHMEIER, SMITH 1978):

$$G = R \times K \times S \times L \times C \times P$$

- kde G – množstvo odnesenej pôdy
 R – faktor eróznej účinnosti dažďa
 K – faktor pôdnej erodibility
 S – faktor sklonu svahu
 L – faktor dĺžky svahu
 C – faktor protierózneho účinku vegetácie
 P – faktor účinnosti protieróznych opatrení

4.2.2 Modelovanie erózných procesov

Fyzikálne podložené modelovanie erózie je založené na matematickom vyjadrení procesu odtoku, pričom sa väčšinou uvažuje so 4 fázami (FULAJTÁR, JANSKÝ 2001):

- uvoľnenie pôdnych častíc dažďom,
- premiestnenie pôdnych častíc dažďom,
- uvoľnenie pôdnych častíc povrchovým odtokom,
- transport pôdnych častíc povrchovým odtokom.

Z množstva simulačných modelov erózných procesov sa v praxi uplatňujú modely (in FULAJTÁR, JANSKÝ 2001):

- SWRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins)
- ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation)
- EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator)
- AGNPS (Agricultural Non-Point Source)
- WEPP (Water Erosion Prediction Project)
- SHE (Systeme Hydrologique Européen)
- RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)

Vzhľadom na klimatický scenár Slovenska, v ktorom sa očakáva okrem iných klimatických ukazovateľov častejší výskyt náhlych búrok a prívaleových dažďov bude potrebné tieto entity zaviesť do novokoncipovaných scenárov klimatickej zmeny. Pre modelovanie erózných procesov pre účely ich predikcie v podmienkach očakávanej klimatickej zmeny to napr. budú mesačné úhrny zrážok a priemerné mesačné teploty vzduchu, počet bezmrazových dní v roku a denné úhrny zrážok vyššie ako 12 mm a 25 mm.

4.2.3 Prognóza dopadov klimatickej zmeny na vodnú eróziu pôd Slovenska

Erózia poľnohospodárskej pôdy predstavuje úbytok povrchovej najúrodnejšej vrstvy poľnohospodárskej pôdy, úbytok živín, humusu, organickej hmoty, zníženie mikrobiologického života a stratu funkcií pôdy. Výskyt náhlych intenzívnych búrkových zrážok v kombinácii s dlhšími obdobiami sucha výrazne podnieti eróziu (ŠURINA, SOBOCKÁ 1998). Sezónne kolísanie zrážok bude silne pôsobiť na mobilitu povrchových častí pôdy a pravdepodobne spôsobí okrem zosilnenej plošnej erózie aj ryhovú a výmoľovú eróziu. Tieto účinky by mali byť zrejme hlavne na pahorkatinách Podunajskej nížiny a v menšej miere aj vo Východoslovenskej nížine, hlavne na černozeiach. V zalesnených horských oblastiach sa prejaví vodná erózia v menšej miere. V oblastiach s nedostatočnými ochrannými opatreniami (odlesnené flyšové oblasti) sa však výskyt náhlych epizodických búrok môže prejavovať v forme strží, zosuvov a pod.

V lokalitách náchylných na eróziu (predovšetkým konvexné svahy) bez zabezpečenia protieróznych opatrení bude mať zvýšená búrková činnosť katastrofálne následky. Malo by postupne dochádzať k odnosu vrchnej humusovej vrstvy a k výraznejšiemu plošnému rozšíreniu regozemí zo spráše alebo regozemí arenických z pieskov.

V rámci protieróznych opatrení bude potrebné implementovať a uplatňovať zákon 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona 245/203 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia. V zákone § 5 Ochrana poľnohospodárskej pôdy pred eróziou sú určené podmienky ochrany:

Vlastník alebo užívateľ pôdy je povinný vykonávať trvalú a účinnú protieróznú ochranu poľnohospodárskej pôdy vykonávaním ochranných agrotechnických opatrení podľa stupňa erózie poľnohospodárskej pôdy, ktoré sú:

- výsadba účelovej poľnohospodárskej a ochrannej zelene;
- vrstevnicová agrotechnika;
- striedanie plodín s ochranným účinkom;
- mulčovací medziplodina kombinovaná s bezorbovou technikou;
- bezorbová agrotechnika;
- oševné postupy so striedaním plodín s ochranným účinkom;
- usporiadanie honov v smere prevládajúcich vetrov;
- iné opatrenia, ktoré určí pôdna služba podľa stupňa erózie poľnohospodárskej pôdy.

5. Stratégia opatrení na elimináciu negatívnych vplyvov klimatickej zmeny na pôdu

V predchádzajúcich správach (DRUHÁ NÁRODNÁ SPRÁVA O ZMENE KLÍMY 1997, TRETIA NÁRODNÁ SPRÁVA O ZMENE KLÍMY 2001, ŠURINA, SOBOCKÁ 1998) boli charakterizované hlavné negatívne vplyvy predikované pre poľnohospodársku krajinu a pôdu a navrhnuté určité stratégie proti predpokladaným degradačným vplyvom. Ako hlavné zmeny v pôdach sa predpokladajú:

- zmeny v morfológických, chemických, fyzikálnych i biologických vlastnostiach pôd
- zmeny spôsobené intenzívnou vodnou eróziou
- zmenená vlhová zabezpečenosť
- zmeny v zásobenosti organickou hmotou v pôde
- zmeny v mineralizácii a zásobe pôd živinami.

Bol vypracovaný návrh strednodobých opatrení pre obdobie rokov 2000 – 2010:

1. Vypracovať systém bariéringu proti vzniku nežiadúcich prejavov v pôde v dôsledku klimatickej zmeny.
2. Navrhnuť systém technických a technologických opatrení na zvýšenie retencie vody v pôdnom profile a pre lepšie hospodárenie pôdy s vodou.
3. Vypracovať zásady pedomanažmentu a ekomanažmentu s ohľadom na zmenu klímy.

V ďalšom období (r. 2010 – 2030) sa odporúča vyhodnotiť účinnosť strednodobých opatrení a na základe týchto poznatkov vypracovať systém dlhodobých opatrení pre obdobie po roku 2010 ako novú sústavu opatrení na elimináciu negatívnych vplyvov klimatickej zmeny na pôdny fond Slovenska.

5.1 Dopady klimatickej zmeny na funkcie pôdy

Funkcia pôdy – označuje spoločenské poslanie pôdy, ktoré sa jej prisudzuje s cieľom zabezpečiť materiálne (i nemateriálne) potreby spoločnosti a ktorá sa usmerňuje špecifickým využívaním pôdy a zaobchádzaním s ňou. Funkcie pôdy treba chápať nielen vo vzťahu k biote, ale i vo vzťahu k hornine, vode, atmosfére a ľudskej spoločnosti.

Zvolili sme triedenie na tieto funkcie (BEDRNA 2002):

- ekologické (trofická, biochemická, priestor pre biotu a génovej rezervy, transformačná a akumulácia)
- environmentálne (filtračná, transportná, tlmivá, asanačná)
- sociálno-ekonomické (zdroj surovín, priestor ľudských aktivít, historické médium, esteticko-krajinárska).

Podľa výsledkov výskumu v SR po roku 2025 sa pravdepodobne zvýši priemerná teplota pôdy vo vegetačnom období o 1 °C a klesnú priemerné hodnoty vlhkosti pôdy v čase vegetačného obdobia asi o 10 %. V dôsledku uvedených zmien sa predpokladá vyššia intenzita mineralizácie pôdnej organickej hmoty a jej degradácia, najmä v oblasti do 400 metrov nadmorskej výšky, kde by mal prevládať výparný vodný režim so zápornou vodnou bilanciou. Očakáva sa mierny až stredný rast salinizácie, ako aj alkalizácie pôd. Vyšší výskyt privalových dažďov zvýši nebezpečie erózie pôdy. Očakáva sa zvýšenie intenzity mineralizácie dusíka v pôde a intenzity tvorby dusična-

nov. Nemožno vylúčiť ani vyššiu produkciu skleníkových plynov (N_2O) v pôde a ich zvýšený úlet do atmosféry.

Je zrejmé, že klimatické zmeny budú mať tak pozitívne, ako aj negatívne dôsledky na jednotlivé funkcie pôdneho krytu SR. Tie sa prejavujú v zmenených podmienkach pôsobenia hlavne environmentálnych a ekologických funkcií t.j. budú korešpondovať s predpokladanými zmenenými pedogenetickými procesmi a tvorby pôd v podmienkach Slovenska. Sociálno-ekonomické funkcie budú hrať rozhodujúcu úlohu pri implementácii adaptačných, a zmierňujúcich opatreniach pri transformácii pôdy a krajiny na nové klimatické podmienky. Bude to hlavne úloha pôsobenia antropického faktora:

1. Zmeny v riadení poľnohospodárskej výroby; (uplatňovanie ochranných a šetriacich technológií obrábania pôdy, zmeny v technológii pestovania plodín, zmeny v šľachtiteľských programoch, zmeny v integrovanej ochrane plodín);
2. Zmeny v riadení a obhospodarovaní pôdy a krajiny (obnova resp. konštrukcia multifunkčnej a ekologicky stabilizovanej poľnohospodárskej krajiny, zníženie výmery poľnohospodársky využívaných plôch, najmä tých, ktoré sú nevhodné na účely poľnohospodárskej výroby, implementácia a dodržiavanie protierózných a iných pôdoochranných opatrení);
3. Zmeny v agroklimatickej rajonizácii a štruktúrne pestovaných plodín a odrôd (vhodná skladba kultivarov, rezistentných, adaptabilných alebo nových odrôd)
4. Zmeny v regulácii vodného režimu pôdy, (revitalizácia jestvujúcich a budovanie nových zavlažovacích zariadení);
5. Znižovanie emisií skleníkových plynov, spracovania exkrementov a odpadov v živočíšnej výrobe (výrazná redukcia metánu a oxidu dusného ako hlavných producentov skleníkových plynov v poľnohospodárstve);
6. Zmeny vo vlastnostiach pôdy a výžive rastlín (snaha o zvýšenú akumuláciu uhlíka v pôde a vytvorenie podmienok pre tvorbu stabilného humusu s priaznivými pôdnymi vlastnosťami: štruktúra, pôdna reakcia, zásoba živinami, vlhová zabezpečenosť).

5.2 Poľnohospodárska krajina a uhlík v pôde

Jedným z hlavných navrhovaných opatrení bude snaha o zvýšenú akumuláciu uhlíka v pôde a vytvorenie podmienok pre tvorbu stabilného humusu

s priaznivými pôdnymi vlastnosťami: štruktúra, pôdna reakcia, zásoba živinami, vlahová zabezpečenosť, ap. (IPCC 2001).

Väčšina ekosystémov v stabilných podmienkach má pevný status skladovania uhlíka, čo je diktované obhospodarovaním, klímou a pôdnymi vlastnosťami. Avšak nové zmeny zavedené do ekosystému môžu meniť bilanciu vkladov a strát uhlíka posúvajú systém do novej polohy. Napr. po zmene lesa alebo pasienkov na ornú pôdu straty uhlíka často prevyšujú vklady, čoho výsledkom je porušenie rovnovážneho stavu. Avšak aspoň časť strát uhlíka môže byť nahradená prijatím zmenených pôdohospodárskych opatrení, ktoré budú preferovať vyššie zásoby uhlíka v pôde a tým eliminovať jeho únik do atmosféry. Akumulácia uhlíka v pôde môže pokračovať až do vtedy, kým sa nedosiahne rovnovážny stav, avšak tento status sa dosiahne často až po niekoľkých desaťročiach.

Väčšina dodaného uhlíka sa uskladňuje v pôde vo forme humusu. Avšak na rozdiel od lesov, poľnohospodárska krajina uskladňuje len veľmi málo uhlíka v biomase rastlín. Sú dve hlavné cesty zvyšovania uhlíka v poľnohospodárskej krajine:

- zmenou technológie obhospodarovania pri danom využití krajiny (napr. orná pôda, pasienky, poľnohospodársky les)
- zmenou (konverziou) jedného využitia krajiny na iné (napr. orná pôda na pasienky alebo les).

V tab. 3 sú uvedené základné predpoklady a výsledky bilancie záchytu CO_2 pre ochranu pôdneho fondu. Z nej vyplýva, že podľa všetkých scenárov (základného, minimálneho i maximálneho) sa do roku 2015 bude rozloha poľnohospodárskej pôdy (ornej pôdy a trvalých trávnych porastov) znižovať na úkor lesného pôdneho fondu, pri predpokladanom raste ostatnej plochy (t.j. priemyselno-dopravno-urbanizovaný priestor). Bude to účinok zavedených opatrení na redukciu CO_2 v atmosfére, resp. jeho záchyt v pôde. Z tohto hľadiska má pôda ako rezervoár významného skleníkového plynu mimoriadny význam.

Tabuľka 3 Základné predpoklady a výsledky bilancie záchytu CO₂ pre opatrenie – ochrana pôdneho fondu (minimálne a maximálne varianty) (podľa TRETIA NÁRODNÁ SPRÁVA O ZMENE KLÍMY 2001)

Baseline	Rozmer	2000	2005	2010	2015
LPF – porastová pôda	ha	1 922 000	1 930 000	1 935 000	1 940 000
Trvalé trávne porasty	ha	856 000	830 000	793 000	790 000
Orná pôda	ha	1 460 000	1 380 000	1 325 000	1 300 000
Ostatná plocha	ha	665 604	763 604	850 604	873 604
Minimálny scenár					
LPF – porastová pôda	ha	1 922 000	1 931 000	1 937 000	1 943 000
Trvalé trávne porasty	ha	856 000	829 000	791 000	787 000
Orná pôda	ha	1 460 000	1 390 000	1 345 000	1 330 000
Ostatná plocha	ha	665 604	753 604	830 604	843 604
Maximálny scenár					
LPF – porastová pôda	ha	1 922 000	1 931 000	1 937 000	1 943 000
Trvalé trávne porasty	ha	856 000	829 000	791 000	787 000
Orná pôda	ha	1 460 000	1 400 000	1 365 000	1 360 000
Ostatná plocha	ha	665 604	743 604	810 604	813 604
Baseline	Gg CO ₂	-2 640	-1 436	-1 101	-1 185
Bilancia CO ₂ – MIN.	Gg CO ₂	-2 640	-1 509	-1 152	-1 284
Bilancia CO ₂ – MAX.	Gg CO ₂	-2 640	-1 524	-1 181	-1 327
Rozdiel – minimálny	Gg CO ₂	0	-73	-51	-99
Rozdiel – maximálny	Gg CO ₂	0	-88	-80	-142

5.3 Aktuálna politika a opatrenia na zmiernenie účinkov klimatickej zmeny na pôdu

Pre uplatňovanie strategických opatrení na zmiernenie účinkov klimatickej zmeny na pôdy existuje niekoľko dôležitých dokumentov. V rámci pôdneho fondu je potrebné uplatňovať ochranné a šetriace technológie obrábania pôdy; ale aj celkovej krajiny. Aktuálna politika vychádza z návrhov zmierňujúcich opatrení TRETEJ NÁRODNEJ SPRÁVY O ZMENE KLÍMY (2001). Predstavuje zákoné nariadenia a oparenia a to:

Zákon č. 220/2004 Z. z. o ochrane poľnohospodárskeho pôdneho fondu

Tento zákon upravuje okrem iného vymedzenie pojmu poľnohospodárskeho pôdneho fondu a povinnosti vlastníka, prípadne nájomcu pozemkov patriacich do poľnohospodárskeho pôdneho fondu vykonávať agrotech-

nické opatrenia, ktoré zaručujú ochranu, zachovanie a obnovu prirodzených vlastností poľnohospodárskej pôdy. Súčasťou zákona je definovanie funkcií pôdy a komplexné zabezpečenie udržateľného rozvoja. V paragrafe 5 zákona sú uvedené opatrenia na odstránenie poškodenia prirodzených vlastností poľnohospodárskej pôdy.

Podľa tohto zákona sú užívatelia poľnohospodárskej pôdy povinní využívať ju spôsobom, ktorý vedie k minimalizácii negatívneho účinku ich aktivít na životné prostredie (voda, ovzdušie). Všetky zmeny spôsobu využívania pôdy sa môžu realizovať len na základe predchádzajúceho schválenia orgánom, ktorý zabezpečuje ochranu poľnohospodárskych plôch.

Kódex správnej poľnohospodárskej praxe – ochrana pôdy

Dokument, ktorý bol schválený a publikovaný v roku 1996 VÚPOP Bratislava (BIELEK 1996) sa zaoberá ochranou úrodnosti pôdy, ochranou pred fyzikálnou degradáciou pôdy, znečistením pôdy a jeho následkami, ako aj úpravou vodného a vzdušného režimu pôd.

V náväznosti na tento dokument bol v roku 2000 vypracovaný a schválený kódex správnej poľnohospodárskej praxe zameraný na správne používanie hnojív (BUJNOVSKÝ, 2000).

Emisie N₂O

Mechanizmus tvorby emisií a záchytov oxidu dusného nie je na rozdiel od iných skleníkových plynov celkom preskúmaný a prezentované údaje bývajú zaťažené relatívne vysokým stupňom neistoty. Najväčší podiel na celkovej produkcii N₂O má poľnohospodárstvo (zhruba 75 %), ktoré je v SR jediným sektorom, kde možno aplikovať opatrenia na zníženie emisií N₂O. Priebeh tvorby emisií N₂O pri spaľovaní alebo transformácii fosílnych palív je podobný ako pri oxide uhličitom a metáne, teda na zníženie jeho tvorby priaznivo pôsobia všetky opatrenia, ktoré vedú k zníženiu spotreby fosílnych palív.

Hlavné zdroje emisií oxidu dusného tvoria:

- emisie N₂O z hospodárenia na poľnohospodársky využívaných pôdach;
- emisie N₂O z hospodárenia so živočíšnymi odpadmi.

Reálne možnosti zníženia emisií oxidu dusného z poľnohospodárskej výroby na základe uvedenej charakteristiky zdrojov predstavujú tieto opatrenia:

- zníženie výmery poľnohospodársky využívaných plôch (najmä tých, ktoré sú nevhodné na účely poľnohospodárskej výroby);
- zníženie aplikácie priemyselných hnojív;
- zníženie počtu hospodárskych zvierat, resp. zmena ich zastúpenia v jednotlivých kategóriách;
- vhodné skladovanie a spracovanie odpadov z rastlinnej a živočíšnej výroby, spracovanie hnojovice a bioplynu;
- spracovanie pozberových zvyškov z rastlinnej výroby.

Adaptácia poľnohospodárstva v SR na klimatickú zmenu predpokladá efektívnejšie riadenie procesov mineralizácie a imobilizácie dusíka prispôbenými sústavami pestovania a systémami hnojenia, predovšetkým: cieľným využívaním závlah, delením dávok dusíka a zvyšovaním podielu kvapalných foriem hnojív, používaním vlahu šetriacich a pôdochranných technológií, rozšírením zeleného hnojenia, uplatňovaním zásady predĺženia vegetačného krytu na pôde, cieľavedomým využívaním biologicky pútaného dusíka, možnosti využívania synergizmu závlah, hnojív, pesticídov a regulátorov rastu.

5.4 Strategické zmiernujúce opatrenia pre poľnohospodársky pôdny fond SR

1. Zmeny v riadení poľnohospodárskej výroby;
2. Dôsledne uplatňovanie princípov správnej poľnohospodárskej praxe – zákon 220/2004 Z.z., Kódex správnej poľnohospodárskej praxe (BIELEK 1996), uplatňovanie ochranných a šetriacich technológií obrábania pôdy;
3. Obnova resp. konštrukcia multifunkčnej a ekologicky stabilizovanej poľnohospodárskej krajiny (projektová úroveň);
4. Zníženie výmery poľnohospodársky využívaných plôch (najmä tých, ktoré sú nevhodné na účely poľnohospodárskej výroby);
5. Implementácia a dodržiavanie protieróznych a iných pôdochranných opatrení (JAMBOR, ILAVSKÁ 1998);
6. Snaha o zvýšenú akumuláciu uhlíka v pôde a vytvorenie podmienok pre tvorbu stabilného humusu (všeobecné opatrenia pri tvorbe poľnohospodárskej krajiny);
7. Redukcia emisií N_2O v zmysle už zavedených smerníc;
8. Redukcia emisií CH_4 v zmysle už zavedených smerníc;

9. Správne hnojenie z hľadiska živinového režimu v zmysle Zásad správneho používania hnojív (BUJNOVSKÝ 2000), t.j. zmeny vo výžive rastlín;
10. Zabezpečenie a zachovanie priaznivého vlhkového stavu pôdy (zmeny v regulácii vodného režimu pôdy);
11. Revitalizácia jestvujúcich a budovanie nových zavlažovacích zariadení;
12. Zmeny v agroklimatickej rajonizácii a štruktúrne pestovaných plodín a odrôd;
13. Zmeny v technológii pestovania plodín; v šľachtiteľských programoch; v integrovanej ochrane plodín.

Z vecného hľadiska pôjde vo všeobecnosti predovšetkým o integrované napojenie na riešenie a realizáciu adaptačných projektov v poľnohospodárstve zameraných na: uplatňovanie ochranných a šetriacich technológií obrábania pôdy, zmeny v technológii pestovania plodín, zmeny v agroklimatickej rajonizácii a štruktúrne pestovaných plodín a odrôd, zmeny v šľachtiteľských programoch, v integrovanej ochrane plodín, v regulácii vodného režimu pôdy, vo výžive rastlín, v znižovaní emisií skleníkových plynov, v spracovaní exkrementov a odpadov živočíšnej výroby, atď.

6. Závery

Slovenská republika podpísala a ratifikovala Rámcový dohovor OSN o klimatickej zmene (FCCC) v r. 1994 a uložením ratifikačných listín v príslušnej inštitúcii OSN stala 89. právoplatným členom Konferencie zmluvných strán FCCC. Konečným cieľom FCCC je stabilizovať koncentráciu skleníkových plynov v atmosfére na takej úrovni, ktorá by umožnila predísť nebezpečným dôsledkom interakcie ľudstva a klimatického systému Zeme. Slovensko sa hneď od začiatku aktívne zapojilo do týchto aktivít a jedným z príspevkov bolo aj ustanovenie Národného klimatického programu SR. Podľa Kjótskeho protokolu sa zaviazala znížiť emisie skleníkových plynov o 8 % v kontrolnom období 2008 – 2010.

Identifikácia a prognóza dopadov zmeny klímy na funkcie pôdneho krytu (produkčné, ekologické, environmentálne) je nevyhnutná z hľadiska regulácie potenciálov pôdnych zdrojov vo vzťahu ku klimatickej zmene. Poľnohospodárstvo je najväčším producentom skleníkových plynov N_2O (74 %) a CH_4 (38 %).

Pre riešenie dopadov klimatickej zmeny na pôdny fond sa využili novovytvorené scenáre klimatickej zmeny modifikované pre podmienky Slovenskej republiky. Na ich základe sme vytvorili a formulovali tzv. „pedoklimatický scenár“ zmien pôdneho krytu SR s následným rozpracovaním prognózovaných procesov vrátane degradačných.

Naše klimatické pásmo prekoná v porovnaní s inými, len malé zmeny, bude dominovať veľmi pomalý retrográdny vývoj pôd a pôdnych katén, v časových horizontoch uvádzaných klimatológmi sa prevažná väčšina pôdnych jednotiek na úrovni typu a subtypu v podstate nezmení. Výraznejšie a vážnejšie zmeny nastanú u pôdnych vlastností a charakteristík (organominerálne zmeny, zmeny chemizmu, zmeny oxidačno-redukčných podmienok, lokálne tiež glejové a salinizačné procesy a pod.).

Výskyt náhlych intenzívnych búrkových zrážok v kombinácii s dlhšími obdobiami sucha výrazne podnieti urýchlenú eróziu. Sezónne kolísanie zrážok bude silne pôsobiť na mobilitu povrchových častí pôdy a pravdepodobne spôsobí okrem zosilnenej plošnej erózie aj ryhový a výmoľovú eróziu. Tieto účinky by mali byť zrejme hlavne na pahorkatinách Podunajskej nížiny a v menšej miere aj vo Východoslovenskej nížine, hlavne na černozemiach. V zalesnených horských oblastiach sa prejaví vodná erózia v menšej miere. V oblastiach s nedostatočnými ochrannými opatreniami (odlesnené flyšové oblasti) sa však náhlych epizodických búrok môže prejaviť vo forme strží, zosuvov a pod.

Z hľadiska živinových režimov sa predpokladá, že na veľmi ľahkých pôdach môže dôjsť k vyplavovaniu draselných, horečnatých a vápenatých kationov v prípade dlhotrvajúceho sucha, ale naopak, na ťažkých pôdach toto nebezpečenstvo nehrozí. Ak vezmeme do úvahy celú výmeru poľnohospodárskych pôd Slovenska, globálne sa na režime pôdnych živín nebude meniť prakticky nič. Väčšie diferencie možno očakávať v priebehu extrémnych, najmä suchých a teplých rokov. V takýchto podmienkach môže dôjsť k väčšej fixácii živín v pôde, čo môže mať za následok menšie množstvo živín prístupných pre pestované rastliny. Najnovšie pokusy však ukázali, že správne hnojenie znižuje závislosť úrod od poveternostných podmienok a zlepšuje využívanie potenciálu prostredia.

Na základe „Tretej hodnotiacej správy IPCC“ (2001) sa vypracovala celková stratégia doporučení a opatrení na elimináciu negatívnych vplyvov klimatickej zmeny na pôdu s ohľadom na využitie pôdneho krytu SR. Generálnym opatrením proti uvedeným negatívnym dopadom musí byť predovšetkým snaha o zvýšenú akumuláciu uhlíka v pôde, riadenie procesov mineralizácie

v pôde, imobilizácia dusíka v pôde a tvorba stabilného humusu všetkými prostriedkami. To predpokladá efektívnejšie riadenie procesov mineralizácie a správania sa dusíka prispôbenými sústavami agrotechniky, pestovania plodín a systémami hnojenia.

Z hľadiska stabilizačných opatrení však treba poznamenať, že pre zabezpečenie udržateľnosti poľnohospodárskej krajiny v nových klimatických podmienkach bude potrebné a dôležité zaoberať sa pôdnym fondom. Bude zrejme závisieť na implementácii multifunkčnej a ekologicky stabilizovanej štruktúry a využitia poľnohospodárskeho pôdneho fondu a celkovej poľnohospodársko-lesnej krajiny.

Pre riadenie poľnohospodárskej výroby na pôdnom fonde bude možné očakávať:

1. zmeny v riadení poľnohospodárskej výroby; (uplatňovanie ochranných a šetriacich technológií obrábania pôdy, zmeny v technológii pestovania plodín, zmeny v šľachtiteľských programoch, zmeny v integrovanej ochrane plodín);
2. zmeny v ochrane a obhospodarovaní pôdy a krajiny (obnova resp. konštrukcia multifunkčnej a ekologicky stabilizovanej poľnohospodárskej krajiny, zníženie výmery poľnohospodársky využívaných plôch, najmä tých, ktoré sú nevhodné na účely poľnohospodárskej výroby, implementácia a dodržiavanie protierózných a iných pôdoochranných opatrení);
3. zmeny vo vlastnostiach pôdy a výžive rastlín (snaha zvýšenie akumuláciu uhlíka v pôde a vytvorenie podmienok pre tvorbu stabilného humusu s priaznivými pôdnymi vlastnosťami: štruktúra, pôdna reakcia, zásoba živinami, vlhová zabezpečenosť).
4. zmeny v agroklimatickej rajonizácii a štruktúrne pestovaných plodín a odrôd (vhodná skladba kultivarov, rezistentných, adaptabilných alebo nových odrôd)
5. zmeny v regulácii vodného režimu pôdy, (revitalizácia jestvujúcich a budovanie nových zavlažovacích zariadení, výstavba vodných nádrží);
6. znižovanie emisií skleníkových plynov, spracovanie exkrementov a odpadov v živočíšnej výrobe (výrazná redukcia metánu a oxidu dusného ako hlavných producentov skleníkových plynov v poľnohospodárstve).

Zoznam použitej literatúry

- ANTAL, J. a kol. (1994). Erózia na pôdach (Rozborová úloha). VŠP Nitra, 84 s.
- BEDRNA, Z., (1997). Pôdotvorné procesy a pôdne režimy. VEDA, vydavateľstvo SAV, Bratislava, 132 s.
- BEDRNA, Z. (2002). Environmentálne pôdoznanectvo. VEDA, Bratislava 352 s.
- BIELEK, P. (1996). Ochrana pôdy. Kódex správnej poľnohospodárskej praxe v Slovenskej republika. MP SP, VÚPOP Bratislava, 54 s.
- BIELEK a kol. (1998). Potenciály a bariéry transportu škodlivín z pôdy do potravinového reťazca. Synt. záv. správa VÚPOP Bratislava, 290 s.
- BIELEK, P., ŠURINA, B., ILAVSKÁ, B., VILČEK, J. (1998). Naše pôdy (poľnohospodárske). VÚPÚ Bratislava, 82 s.
- BIELEK, P., ŠURINA, B. (2002). Možné dopady prognózovanej zmeny klímy na pôdny kryt SR. In: Očakávané globálne zmeny klímy a ich možný dopad na vodný režim, poľné a lesné hospodárstvo. Zborník č. 27, SAPV, Nitra.
- BRINKMAN, R., SOMBROEK, W.G. (1996). The Effects of Global Change on Soil Conditions in Relation to Plant Growth and Food Production. In: BAZZAZ, F., SOMBROEK, W.G. (1996) (eds): Global Climate Change and Agricultural Production. John Wiley and Sons Ltd., 354 p.
- BUBLINEC, E. (1974). Podzolový pôdotvorný proces pod borovicovými porastami Záhoria. Náuka o zemi – Pedologica 8. Veda, vyd. SAV, Bratislava.
- BUJNOVSKÝ, R. (2000). Zásady správneho používania hnojív. Kódex správnej poľnohospodárskej praxe. MP SR, VÚPOP Bratislava, 34 s.
- DRUHÁ NÁRODNÁ SPRÁVA O ZMENE KLÍMY (1997). Slovenská republika. SHMÚ Bratislava, 74 s.
- FULAJTÁR, E., JANSKÝ, L. (2001). Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana, VÚPOP, Bratislava, 308 s.
- HARRISON, P.A., BUTTERFIELD, R.E., DOWNING, T.E. (1995). Climate Change and Agriculture in Europe: Assessment of Impacts and Adaptation. Research Report No. 9, Environmental Change Unit, University of Oxford, 1995, 413 p.
- HARDY, J.T. (2003). Climate Change. Causes, Effects, and Solutions. John Wiley & Sons Ltd. The Atrium, Chichester, West Sussex, England, 247 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2001). The Third Assessment Report, IPCC, Geneva,. <http://www.ipcc.ch>
- JAMBOR, P, ILAVSKÁ, B. (1998). Metodika protierózneho obrábania pôdy, VÚPOP, Bratislava, 69 s.
- JAMRIŠKA, P., RÜCKSCHLOSS, L., HAŠANA, R. (2004). Hnojenie – významný faktor znižovania závislosti úrod od poveternostných podmienok. <http://www.agroporadenstvo.sk/rv/obilniny/hnojenie.htm>
- KIMBLE, J.M., LAL, R., GROSSMANN, R.B. (1998). Alteration of Soil properties Caused by Climate Change. *Geocology* 31, 175-184, Reiskirchen 1998.

- KOLEKTÍV (2000). Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. Výskumný ústav pôdoznectva a ochrany pôdy, Societas pedologica slovacica, Bratislava, 76 s.
- LAPIN, M. a kol. (1997). Scenáre klimatickej zmeny v Slovenskej republike. In: Národný klimatický program SR Klimatické zmeny – hydrológia a vodné hospodárstvo, 6/97. Bratislava, s. 111-117.
- LAPIN, M., MELO, M. (2002). Scenáre časových radov 10 klimatických prvkov pre obdobie 2001-2090 podľa modelov CCCM2000 a GISS98. In: Zborník abstraktov zo XIV. Čsl. bioklimatologickej konferencie Bioklima-Prostředí-Hospodářství. Lednice, 34 s.
- LAPIN, M. (2004). Klimatické zmeny a ich možné dôsledky na hydrologický cyklus – scenáre klimatických zmien do roku 2100. www.DMC.FMPH.UNIBA.SK
- MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J., ĎURSKÝ, J., LAPIN, M. a i. (2003). Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. (Mindáš a Škvarenina eds.) EFRA Zvolen, LVÚ Zvolen, 129 s.
- NÁRODNÝ KLIMATICKÝ PROGRAM SR, (1997). IV, Klimatické zmeny – hydrológia a vodné hospodárstvo Slovenskej republiky. Zv. 6/97, MŽP, SHMÚ, 160 s.
- REETZ, H.F. (2003). High Fertility – Extremely Important with Weather Extremes. News and Views, Midwest region. January 2003. www.inpofos.org/ppiweb/ppibase
- SOBOCKÁ, J. (1999). Dopady prognózovanej klimatickej zmeny na vlastnosti pôd Slovenska. Zborník konferencie „Bioklimatické dni“ 7. – 9. 9. 1999 Zvolen, s. 328-333.
- SOBOCKÁ, J. 1998. Identifikácia možných dopadov zmien klímy na vlastnosti pôd SR. (II. časť). Záv. správa VÚPÚ Bratislava
- STIGLIANI, W.M. (1991). Chemical Time Bombs: Definition, Concepts and Examples. Executive Report 16. Inter. Inst. for Applied Systems, Laxemburg, Austria.
- ŠIŠKA, B., MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J., TAKÁČ, J. (2004). Zmeny podnebia, extrémny počasie a pôdohospodárstvo. In: Conference proceedings – Climat change – weather extremes, organisms and ecosystems. International Bioclimatological Workshop. Viničky 23. - 26. 8. 2004. CD.
- ŠIŠKA, B., TAKÁČ, J., IGAZ, D. (2004). Môžeme očakávať zmeny v rozdelení výšky úrod obilnín v oblasti Podunajskej nížiny v dôsledku klimatickej zmeny? In: Conference proceedings; Climat change – weather extremes, organisms and ecosystems. International Bioclimatological Workshop. Viničky 23. - 26. 8. 2004. CD.
- ŠIŠKA, B., BÍZIK J., TAKÁČ, J., IGAZ, D. (2002). Dôsledky klimatickej zmeny na rastlinnú produkciu. Záv. správa ŠVP, š.p., závod Hydromeliorácie Bratislava, 64 s.
- ŠPÁNIK, F., TOMLAIN, J. (1997). Klimatické zmeny a ich dopad na poľnohospodárstvo. SPU Nitra, 154 s.

- ŠURINA, B., ČURLÍK, J., SOBOCKÁ, J. (1996). Identifikácia možných dopadov zmien klímy na vlastnosti pôd SR, I. časť. Záverečná správa úlohy: Dopady prognózovaných zmien klímy na vlastnosti a funkcie pôdneho pokryvu SR. VÚPÚ, Bratislava, 60 s.
- ŠURINA, B., J., SOBOCKÁ, J. (1998). Identifikácia možných dopadov zmien klímy na vlastnosti pôd SR, II. časť. Priebežná správa úlohy: Dopady prognózovaných zmien klímy na vlastnosti a funkcie pôdneho pokryvu SR. VÚPÚ, Bratislava, 50 s.
- ŠURINA, B. (1999). Prognóza vývoja pôd SR podľa poznatkov o doterajších pedoklimatických zmenách. In: Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie Atmosféra 21. storočia, organizmy a ekosystémy. TU Zvolen, 10 s.
- TOMLAIN, J. (1997). Modelový výpočet dôsledkov očakávanej zmeny klímy na obsah vody v pôde na Slovensku. In: NÁRODNÝ KLIMATICKÝ PROGRAM SR, IV, zv. 7, s. 68-83.
- TRETIA NÁRODNÁ SPRÁVA O ZMENE KLÍMY (2001). Slovenská republika. MŽP SR Bratislava.
- VINER, D., HULME, M. (1994). The climate impacts LINK Project. Providing climate change scenarios for impacts assessment in the UK. University of East Anglia, 1994, 23 p.
- WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning. Agricultural Handbook 537, USDA, Washington.
- ZÁKON Č. 220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Klimatická zmena a jej možné dopady na pôdny fond Slovenska

Autori: RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.
RNDr. Bohumil Šurina
Ing. Stanislav Torma, PhD.
Mgr. Rastislav Dodok, PhD.

Technický redaktor a design: Štefan Moro

Vydal: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava

Tlač: Edičné stredisko Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany
pôdy, Bratislava

Počet strán: 48

Náklad: 250

© Soil Science and Conservation Research Institute Bratislava, 2005

ISBN 80-89128-15-7