

Prejavy klimatických zmien na Slovensku

Vývoju klimatického systému Zeme, najmä vzhľadom na možnú klimatickú zmenu, sa venuje koordinovaná pozornosť. V roku 1988 Svetová meteorologická organizácia (WMO) a Environmentálny program OSN (UNEP) založili medzivládny panel o klimatickej zmene (IPCC). Tento je otvorený pre všetkých členov OSN a WMO. Nemá za úlohu vykonávať výskum, ale na základe publikovanej vedeckej a technickej literatúry sa snaží objektívne a transparentne odhadnúť klimatickú zmenu, jej potenciálne dopady a voľbu na jej adaptáciu a zmiernenie jej dôsledkov. IPCC publikuje od roku 1990 hodnotiace správy o zmene klímy, posledná, tretia (TAR) bola vydaná v roku 2001, štvrtá (AR4) bude predstavená v roku 2007. Na základe Rámcovej zmluvy o klimatickej zmene Slovensko vydáva národné správy o klimatickej zmene, v ktorých predstavuje národné podmienky zmiernenia dôsledkov klimatickej zmeny a adaptačných opatrení. Týmto cieľom napomáha aj riešenie Národného klimatického programu SR. Tretia národná správa o klimatickej zmene v SR bola vydaná v roku 2001, štvrtá sa pripravuje v roku 2005.

Vývoj klimatického systému Zeme

Klimatický systém Zeme má dynamický charakter. Kolísanie klímy prebieha v časových mierkach od desiatok rokov, cez tisícročia až po milióny rokov. Posledné náhle oteplenie bolo v Holocéne, približne pred 11 500 rokmi a súviselo s ukončením ľadovej doby. Príčiny klimatických zmien môžeme zjednodušene rozdeliť na:

1. *Prirodzené*: astronomické (zmena sklonu zemskej osi, zmena slnečnej aktivity); sopečné erupcie; zmeny obsahu prirodzene sa vyskytujúcich atmosférických aerosólov.

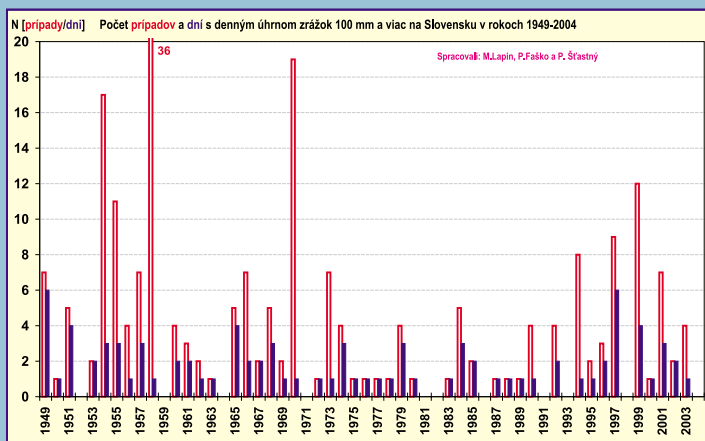
2. *Antropogénne*: emisie skleníkových plynov a aerosólov ľudskou činnosťou; zmeny vo využívaní Zeme a urbanizácia.

Pojem *klimatická zmena* (v jednotnom čísle) používame pre antropogénne podmienené klimatické zmeny, ktoré sa prejavujú v súčasnosti najmä globálnym oteplením. Hlavnou príčinou súčasného globálneho oteplenia je na základe mnohých štúdií zosilnený skleníkový efekt, zapríčinený masívnou antropogénnou imisiou skleníkových plynov, najmä CO₂ do atmosféry Zeme. Ďalšou príčinou je zmena využívania zem-

ského povrchu (odlesňovanie, zavlážovanie atď.). Za obdobie od r. 1750 do konca roku 2003 sa zvýšila koncentrácia CO₂ z 280 ppmv na úroveň 375 ppmv (nárast o 34 %) a metánu o 151 %.

Podľa paleoklimatických výskumov je úroveň koncentrácie CO₂ najvyššia za posledných 420 000 rokov, pričom aj rýchlosť zvýšenia koncentrácie je až 50-krát vyššia ako pri „náhlych“ zmenách v medziľadových dobách. Dôsledkom týchto procesov je nielen zmena chemického zloženia atmosféry, ale aj zmena v absorpcii dlhovlnného vyžarovania zemského povrchu.

O uvedomovaní závažnosti zmeny chemického zlo-



Obr. 2 Počet prípadov (červené) a dní (modré) s denným úhrnom zrážok 100 mm a viac na Slovensku v období 1949 - 2003 (224 prípadov, 88 dní)

tý najteplejší od roku 1861. Na severnej pologuli bol v minulom storočí zároveň pozorovaný mierny nárast zrážok.

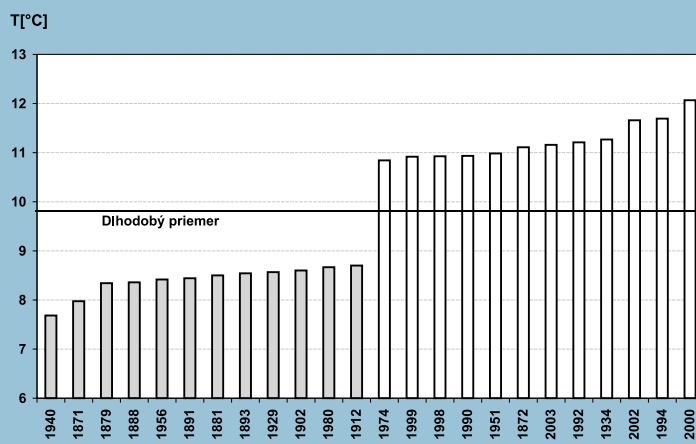
Vývoj klímy na Slovensku

Na Slovensku je trend zvyšovania teploty vzduchu podobný globálnemu trendu, od roku 1901 sa oteplilo asi o 1,1 °C. Územné úhrny zrážok na Slovensku sa za 100 rokov znížili o 5,6 %, na juhu aj viac ako o 10 %, na severe je trend nevýznamný (obr. 1 – príloha s. 3). Premennosť klimatického systému sa nemení. Po prechodnom znížení variability viacerých klimatických prvkov v období r. 1965 až 1990 sa premenlivosť zvýšila na predchádzajúcu úroveň. Na obr. 2 je znázornený priebeh výskytu dní a prípadov vysokých úhrnov zrážok na Slovensku v období od roku 1949 doteraz. V udávanom období je zrejmy ich pokles. Vysoké úhrny zrážok sa vyskytujú zväčša v teplom polroku a sú často spojené so zrážkami s vysokou intenzitou a následnými prívalovými povodňami.

V období r. 1989 – 2004 sa na Slovensku vyskytli série po sebe nasledujúcich teplých rokov (rekordný bol rok 2000) 4 výrazné suchá (1990 - 1993, 2000, 2002 a 2003), pričom v roku 2003 bolo sucha celoplošné. Z 12 najteplejších rokov, zaznamenaných na Slovensku, sa až 8 vyskytlo po roku 1989. Prítom do Top 12 najchladnejších rokov je za posledných 25 rokov zapísaný len rok 1980 (obr. 3). V deväťdesiatych rokoch minulého storočia sa vyskytovali aj významné povodne, najmä koncom obdobia (väčšinou prívalové, ale aj z topenia snehu). Porovnaním vybraných klimatických prvkov a výskytom význačných meteorologických a hydrologických javov za posledné obdobie budeme ilustrovať extrémne uvedené obdobie. Bližšiu charakteristiku posledných 8 rokov uvádzame v nasledujúcom prehľade:

1997 - mimoriadne povodne v júli na Morave, Myjave, Kysuci, Rajčianke, ale aj Dunaji

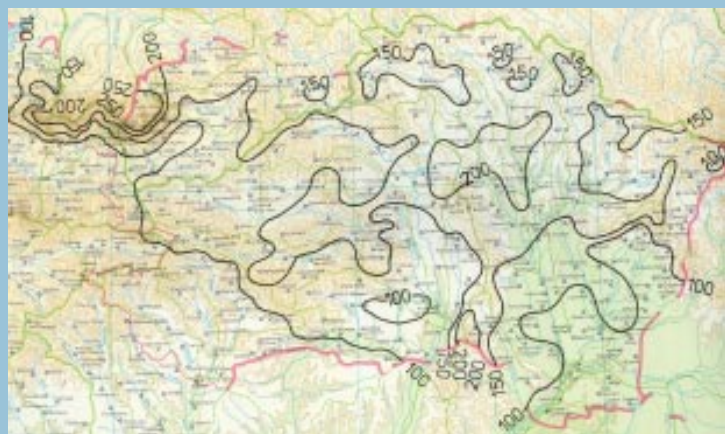
1998 - mimoriadne teplá zima 1997/98; povodne na Uhu a Bodrogu v apríli až máji z vnútorných vôd; 20. júla prívalové povodne na Malej Svinke, Dubovickom a Žehrianskom potoku. Parametre povodne na prvých dvoch tokoch: v jadre lejaka spadlo za 1,5 hod. viac ako 100 mm zrážok, maximálny špeci-



Obr. 3 Dvanásť najteplejších a dvanásť najchladnejších rokov v Hurbanove za obdobie 1871 - 2004

ženia atmosféry svedčí aj to, že po takmer desaťročí vyjednávania vstúpil vo februári 2005 do platnosti Kjótsky protokol o znižovaní emisií skleníkových plynov. Je to prvá záväzná legislatíva OSN v oblasti životného prostredia. Reakcia klimatického systému Zeme na zmenu chemického zloženia atmosféry sa prejavuje globálnym oteplením, ktoré predstavuje asi 0,6 °C od roku 1861.

Miera a trvanie oteplenia v 20. storočí je pravdepodobne väčšia ako kedykoľvek v predchádzajúcich 1000 rokoch. Dekáda 1991 - 2000 je na severnej pologuli pravdepodobne najteplejšia v celom predchádzajúcom miléniu. Podľa vypočítanej globálnej teploty zemského povrchu bol rok 1998 doteraz najteplejší. Začiatkom tohto storočia trend globálneho otepľovania pokračoval a rok 2002 bol druhý, rok 2003 tretí a rok 2004 štv-



Obr. 7 Úhrny zrážok v mm za obdobie 26. 7. - 30. 7. 2004

fický odtok sa odhadoval na viac ako 7 000 l/s/km² a prietoky presahovali hodnoty opakujúce sa raz za 1000 rokov.

1999 - snehová kalamita na východnom Slovensku vo februári; po rýchlom odmaku vo februári povodeň z vnútorných vôd na Bodrogu; v marci povodeň z odmaku snehu a ľadochodov na riekach Poprad, Hornád a Hnilec; v tom istom mesiaci boli povodne z topenia snehu na Bodve, Toryse, Hornáde, na Hrone, Ipli, Štiavnicí, Krupinici, na Morave a na Dunaji; v júni časté búrky a séria príválových dažďov, ktoré zasiahli najmä juh stredného Slovenska; v júli séria príválových zrážok zasiahla najmä malé toky povodí dolnej Moravy a Váhu, Hrona a Ipľa; 13. júla na toku Krupinica bol dosiahnutý väčší ako 1000-ročný prietok.

2000 - priemerná ročná teplota vzduchu bola najvyššou od roku 1871 (+3 °C); od r. 1871 boli jar, jeseň a vegetačné obdobie najteplejšie obdobia, apríl bol najteplejší, jún a august druhý najteplejší a máj, október a november tretí najteplejší mesiac (obr. 4 – príloha, s. 3); katastrofálne sucho sme zaznamenali v južnej a juhozápadnej časti územia; za apríl až jún deficit zrážok dosiahol vyše 100 mm a priemerné teploty boli 3 °C nad normálom; paradoxne začiatok sucha na juhozápade bol v tom istom čase ako doznievala povodeň z topenia sa snehu v povodí Bodrogu.

2001 - rok bol ďalším zo série teplotne nadnormálnych rokov, relatívne najteplejšie boli august (+2,8 °C), máj (+2,5 °C) a október (+3,3 °C); júl bol od roku 1881 tretí najdaždivejší (Zuberec 582 mm); rok bol prvý zrážkovo nadnormálny od roku 1974; prvé povodne v roku sme zaznamenali v povodí Bodrogu (príčinou boli veľké zásoby snehu a náhly odmak kombinovaný so zrážkami); séria príválových povodní v 2. a 3. dekáde júla v povodiach Váhu, Hrona, Torysy, Popradu, Ondavy a Tople; na Štrbe významná príválová povodeň bola 24. júla, špecifický odtok dosahoval 7 až 10 m³/s/km², zrážky v jadre lejaka sme odhadli na 100 až 120 mm za pol až trištvrté hodiny, maximálny denný úhrn bol zaznamenaný v Hronci 16. júla (142 mm).

2002 - podľa pozorovaní v Hurbanove druhý až tretí najteplejší rok od roku 1871, leto bolo druhé najteplejšie, z mesiacov bol veľmi chladný len december, teplý rok bol aj na horách; 29. januára bola na stanici Bratislava – Mlynská dolina nameraná najvyššia zimná teplota v histórii meraní na Slovensku (20,3 °C); celkovo rok bol vlhký, s ôsmym najvyšším územným úhrnom zrážok od r. 1951; najvyššie úhrny zrážok boli v júli a v auguste; 13. júla sa na 72 staniciach vyskytol denný úhrn 50 mm a viac; od októbra 2001 do mája 2002 bolo extrémne sucho vo východnej časti územia (miestami spadlo len 40 % zrážok z 8-mesačného normálu); sucho bolo aj na jar na východe nášho územia; išlo o 6. až 8. najsuchšiu jar od roku 1901; povodne sme zaznamenali na Dunaji v marci a v auguste, obidve boli spôsobené zrážkami; Dunaj v Bratislave dosiahol v marci 20-ročný prietok a v auguste 50 až 100-ročný prietok; séria príválových a frontálnych zrážok vyvolala povodne v povodiach Čierneho Hrona, Hrona, Ipľa a Slanej.

2003 - rok bol šiestym najteplejším od roku 1871, najmä v juhozápadnej časti Slovenska; extrémne teplo bolo v období mája až augusta (obr. 5 – príloha, s. 3); ročný plošný úhrn zrážok (573 mm) bol druhý najnižší od roku 1901 (okrem r. 1917); najsuchším

Pokračovanie na s. 9

Vplyv zmeny klímy na vegetáciu v Európe

Európa



január 1998



január 2000

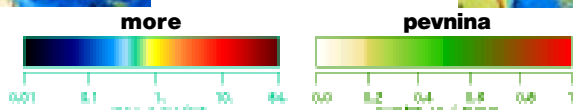
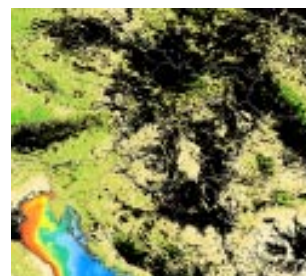
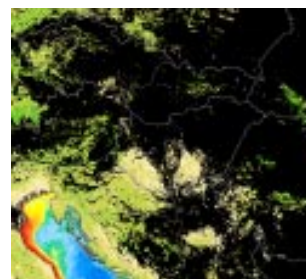
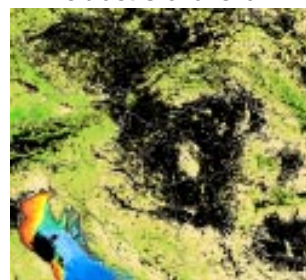


január 2002



január 2004

Oblasť Slovenska



Zdroj: http://marine.jrc.cec.eu.int/me-website/contents/shared_utilities/frames/archive_seawifs.htm, Joint Research Centre, European Commission (JRC), Institute for Environment and Sustainability (IES), Inland and Marine Waters Unit (IMW).

Údaje zo senzora SeaWiFS pre západnú Európu a detail - oblasť Slovenska (mesačné priemery)

Údaje zo senzora SeaWiFS, ktorý je na americkom satelite SeaStar (NASA), sa spracovávajú dvomi algoritmami. Nad moriami a oceánmi sú spracovávané štandardné výstupy: žiarenie vody v 6 kanáloch, aerosolové žiarenie, optická hustota pri vlnovej dĺžke 865 nm, koncentrácia chlorofylu a sedimentov, koeficient difúzie a ďalšie. Na pracoviskách JRC bol vyvinutý systém REMBRANDT (akronym z ang. slov RETrieval of Marine Biological Resources through ANALYSIS of ocean colour DaTa), vďaka ktorému sa doslova dajú posúdiť morské biologické zdroje na základe farby. Nad zemským povrchom sú výstupy viazané na výsledky optimalizovaného vegetačného indexu v rastru s rozlíšením 2 x 2 km. Údaje sú snímané a ukladané denne a pre rôznorodé monitorovacie účely sú z nich produkované 10-dňové alebo mesačné priemery, ktoré pomáhajú odborníkom získať prehľad o stave a trendoch klimatických pomerov na zemskom povrchu.

Ukážka zachytáva časový rad z mesiaca január za roky 1998 až 2004. Terestriálne údaje sú skombinované s údajmi o koncentrácii chlorofylu v oblasti morí a oceánov. Ukážka má teda dve legendy. Morská stupnica reprezentuje hustotu chlorofylu v mg/m³. Tmavomodré až modré plochy morí reprezentujú oblasti bez rias a naopak žlté až červené plochy obsahujú viac chlorofylu. Obdobne je vytvorená terestriálna stupnica, na ktorej biele oblasti korešpondujú s pôdami, kde je vegetácia s minimálnou aktivitou, naopak červené plochy signalizujú rastlinstvo so zvýšenou aktivitou. Medzi týmito dvomi extrémami sú viaceré odtiene zelenej, ktoré vypovedajú o rôznych stupňoch fotosyntézy v danom časovom období. Špecifikom pre január sú veľké čierne oblasti, ktoré sú pod snehom alebo ľadovou pokrývkou. Na ilustráciu si všimnite stav vegetácie v oblasti Karpatského oblúka počas teplejších januárov v r. 1998 a 2002 a naopak studených januárov rokov 2000 a 2004.

Nad'a Machková, SAŽP, B. Bystrica