

# Dôsledky zmeny klímy na vykurovanie

*P. Šťastný, Z. Sternová, M. Lapin: Climate Change Impacts on Heating. Život. Prostr., Vol. 38, No. 5, 250 – 256, 2004.*

Global warming became the reality. The rate and duration of warming in the 20th century is probably the biggest within the last 1000 years (about 0.6 K from 1861). In the Northern hemisphere the 1991 – 2000 decade was the warmest of the last millennium. The year 1998 was globally the warmest and 2002 the second warmest since the beginning of climatologic observations. The temperature trend in Slovakia is analogous to the global one, since 1901 the warming has reached a level of about 1.1 K. Climate system variability has not changed significantly. This paper discusses the estimation of sufficiently exact thermal parameters for the heating season in Slovakia, mainly in conditions anticipated during the first decades of the 21st century. Data from 32 climatologic stations during the period of 1961-2003 have been used.

V poslednom období sme svedkami globálneho otepľovania, ktoré predstavuje asi 0,6 K od r. 1861. Miera a dĺžka trvania oteplenia v 20. storočí bola pravdepodobne väčšia ako kedykoľvek predtým. Dekáda 1991 – 2000 bola na severnej pologuli s veľkou pravdepodobnosťou najteplejšia v celom predošlom miléniu. Rok 1998 bol globálne najteplejší a r. 2002 druhý najteplejší od začiatku meteorologických pozorovaní.

Na Slovensku je trend zvyšovania teploty vzduchu podobný, od r. 1901 sa oteplilo asi o 1,1 K. Zdá sa však, že premenlivosť klimatického systému sa významnejšie nemení. Môžeme preto očakávať popri teplejších zimách naďalej aj chladné zimné obdobia. V článku sme sa pokúsili naznačiť všeobecný vývoj teploty na Slovensku vo vykurovacom období v súlade s existujúcimi scenármi jej možných zmien v tomto storočí. Vykurovanie interiérov je jedným z najväčších príspevkov k emisii skleníkových plynov do atmosféry (ŽP 2/2000).

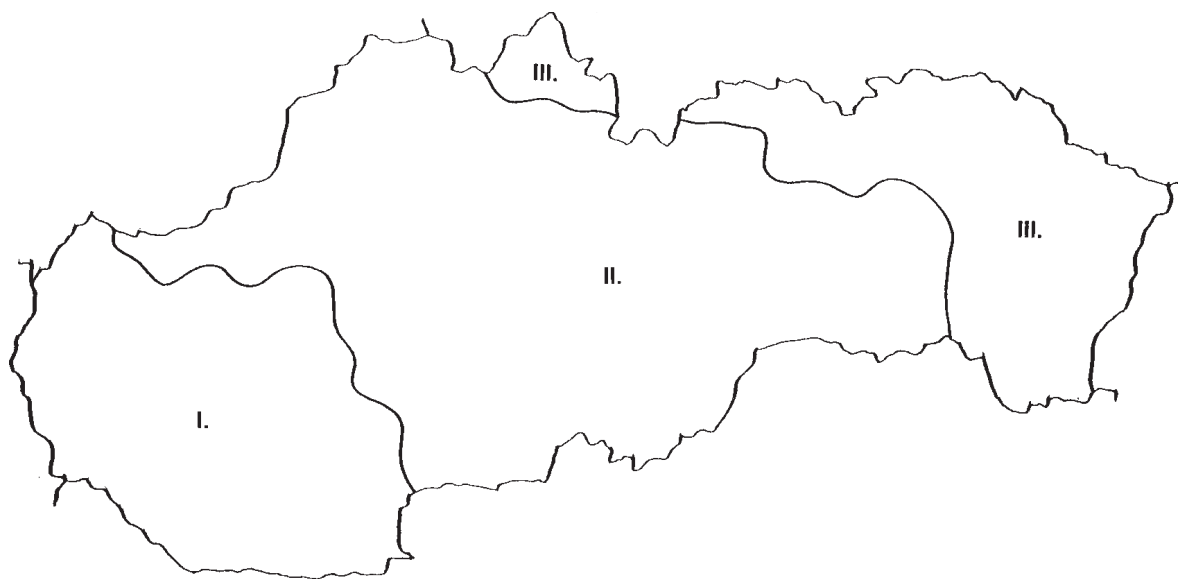
## Teplotné pomery Slovenska

Klíma strednej Európy, a tým aj Slovenska, sa vyznačuje veľkou premenlivosťou, čo platí aj o teplote vzduchu. Premennivosť sa prejavuje význačne aj v mesačných teplotných priemeroch. V chladnom polroku je premenlivosť vyššia ako v teplom, čo vyplýva z vlastností vzduchových hmôt, ktoré sa nad územie Slovenska dostávajú v rôznych obdobiach roka, ako aj z ročného chodu energetickej bilancie zemského povrchu.

Za normálnu priemernú januárovú teplotu považujeme takú, ktorá je v rozmedzí  $\pm 2,0$  K od dlhodobého priemeru, zatiaľ čo v júli sa interval normalnosti zužuje na  $\pm 1$  K (Lapin a kol., 1988). Teplota v priemere má jednoduchý ročný chod s maximom v júli a minimom v januári. V jednotlivých rokoch však môže byť maximum aj v auguste, zriedkavejšie v júni a minimum vo februári alebo decembri. Väčšia ročná amplitúda teploty sa prejavuje v údolných a kotlinových polohách, menšia na otvorených rovinách, svahoch, resp. v hrebeňových alebo vrcholových polohách našich pohorí.

Na teplotné pomery Slovenska výrazne vplyvajú cirkulačné faktory, ako aj vzdialenosť miesta od mora, ktorá sa väčšinou charakterizuje rôznymi indexami kontinentality. Je preukázaná aj závislosť teploty od zemepisnej šírky, tzv. zonalita. Výsledkom týchto závislostí je rozdelenie územia Slovenska do 3 oblastí: oblasť II je neovplyvnená, oblasť I je relatívne teplejšia a oblasť III relatívne chladnejšia (Šťastný a kol., 2004). Februárové rozloženie týchto troch oblastí (obr. 1) je typické pre kontinentálny typ vplyvu na priemernú teplotu tohto mesiaca. Západnú časť Slovenska ovplyvňujú relatívne častejšie a výraznejšie vpády tepleho oceánskeho vzduchu, zatiaľ čo na východe a severovýchode územia je citeľný vplyv kontinentálnej klímy.

Na júlovom rozložení oblastí (obr. 2) vidieť typické zonálne rozdelenie priemernej mesačnej teploty v letnom období. V prechodných ročných obdobiach sa obidva vplyvy prekrývajú, čoho dôsledkom je na jar



1. Teplotné oblasti (I – III) vo februári

nastupujúci (v jeseni ustupujúci) vplyv zonality na juhovýchodné a severozápadné Slovensko. Okrem toho sa na formovaní týchto troch oblastí podieľajú aj prirodzené geografické celky, najmä kotliny, predely medzi oblasťami často tvoria hrebene významnejších pohorí.

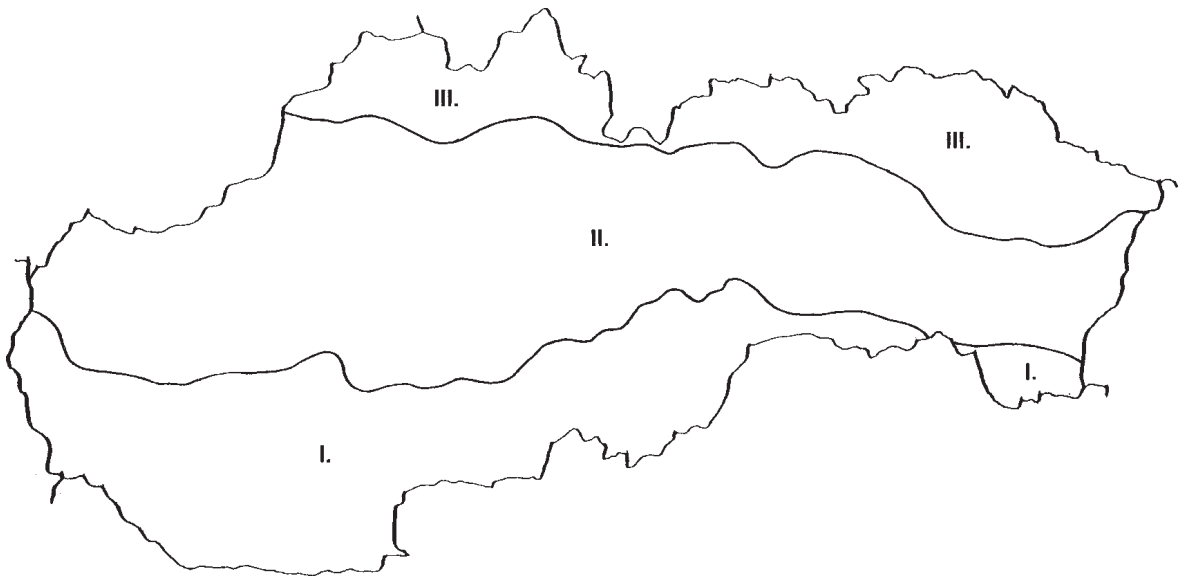
### Charakteristiky teploty vzduchu vo vykurovacom období

Legislatíva vytvára právny a technický rámec uvedenej problematiky. Za vykurovacie obdobie sa podľa platnej vyhlášky Ministerstva hospodárstva SR č. 15/1999 Z. z. považuje:

- obdobie od 1. 9. do 31. 5. nasledujúceho roka, ak sú splnené ďalšie podmienky v závislosti od denných priemerov teploty a predpovede počasia,
- za začiatok vykurovacieho obdobia sa považuje deň, pred ktorým počas dvoch dní poklesne denný priemer teploty pod 13 °C a podľa predpovede počasia sa neočakáva v nasledujúcom dni zvýšenie dennej teploty vonkajšieho vzduchu,
- vykurovacie obdobie sa ukončí v mesiaci máj v deň, pred ktorým počas dvoch dní vystúpil denný priemer teploty nad 13 °C a podľa predpovede počasia sa neočakáva v nasledujúcom dni ochladenie; vykurovacie obdobie môže byť v mesiacoch september, október, apríl a máj prerušované z teplotných príčin uvedených v prvých dvoch prípadoch; v polohách s väčšou nadmorskou výškou platí v mesiacoch jún až august osobitný režim vykurovania.

Veľká premenlivosť teploty u nás sa premieta aj do dĺžky vykurovacieho obdobia. Počasie, pri ktorom sú splnené podmienky na vykurovanie interiérov, sa vyskytuje sporadicky celoročne aj v nižších polohách po preniknutí studeného polárneho vzduchu. V priemere sa takéto podmienky vyskytujú v nížinách od konca septembra do konca apríla. V jednotlivých rokoch sú však značné rozdiely. Od polovice novembra do polovice marca sú podmienky na vykurovanie bez výnimky nepretržité na celom území Slovenska. Veľmi studené počasie sa vyskytuje s najväčšou hustotou pravdepodobnosti od prvej tretiny januára do druhej tretiny februára. Epizódy s veľmi studeným počasím trvajú niekedy iba dva-tri dni, najčastejšie okolo 6 dní a zriedka viac ako 14 dní.

Jednou z charakteristík vykurovacieho obdobia je dĺžka jeho trvania. Táto veličina síce vystihuje potrebu času, v ktorom majú byť vykurovacie systémy v priebehu roka v činnosti, ale neopisuje energetickú náročnosť vykurovania. Dobrým kritériom podmienok vykurovania sú tzv. *dennostupne*, t. j. odchýlka denného priemeru teploty ( $T$ ) počas vykurovacích dní od výpočtovej teploty vnútorného vzduchu ( $T_i = +20\text{ C}$ ), čiže  $(20 - T)$ . Počet dennostupňov ( $D$ ) je ich súčet za počítané obdobie, alebo ak poznáme priemernú teplotu vonkajšieho vzduchu ( $T_m$ ) za počítané obdobie ( $n$  dní) je to  $D = (20 - T_m) \cdot n$ . Počet dennostupňov ovplyvňuje ročnú potrebu tepla (energie) na vykurovanie. Potreba tepla na vykurovanie priamo závisí od počtu dennostupňov. Pri posudzovaní budov z energetického hľadiska



2. Teplotné oblasti (I – III) v júli

diska podľa STN 73 0540-2: 2002 sa uvažuje počet dennostupňov 3 422 K.deň. Veľmi zjednodušene môžeme konštatovať, že pokles priemernej dennej teploty o 1 K znamená vo vykurovacom období zvýšenie potreby tepla (energie) v priemere o 7,5 % (pri nezanedbaní tepelných ziskov zo slnečného žiarenia a vnútorných zdrojov).

### Vývoj teploty vo vykurovacom období na Slovensku

Za základné obdobie spracovania sme vybrali r. 1961 – 2000, ktoré pomerne dobre reprezentujú aj r. 1951 – 2000, hoci r. 1991 – 2000 už boli evidentne teplejšie. V tomto období boli dostupné údaje 32 meteorologických staníc s kompletnými radmi priemernej dennej teploty vzduchu. Stanice sú rovnomerne rozmiestnené po celom území Slovenska a dostatočne zastupujú všetky geograficko-klimatické oblasti. Ako porovnávacie obdobie, ktoré je podľa scenárov klimatickej zmeny približne obrazom klimatických pomerov vykurovacieho obdobia v časovom horizonte 2010, sa vybralo obdobie 1989 – 2003.

Z denných priemerov teploty sa pomocou programu na jednoznačnú identifikáciu vykurovacích dní v zmysle vyhlášky (predpokladalo sa, že predpoveď denného priemeru teploty na dva dni má 100 % úspešnosť) vypočítali nasledujúce charakteristiky v jednotlivých mesiacoch r. 1961 – 2003:

- počet vykurovacích dní a priemerná teplota jednotlivých vykurovacích dní,

- dennostupne vykurovacích dní s podmienkou bezpodmienečného prerušenia vykurovacieho obdobia v mesiacoch jún – august i bez tejto podmienky.

Vypočítali sa priemerné mesačné (ročné) počty vykurovacích dní i počty dennostupňov za obdobia 1961 – 2000, 1961 – 1988 a 1989 – 2003 a vykonala sa analýza priestorového a časového rozloženia počtu vykurovacích dní a počtu dennostupňov za uvedené obdobia.

• *Časové a územné rozloženie počtu vykurovacích dní a dennostupňov.* Priebeh počtu vykurovacích dní, ako aj dennostupňov za obdobie 1961 – 2003 má od r. 1978 zreteľný klesajúci trend (obr. 4 a 5). Priemerný počet vykurovacích dní na vybraných meteorologických stanicích Slovenska v období 1961 – 2000 je uvedený v tab. 1. Sú tu zastúpené nížinné polohy západnej a východnej časti štátu, ako aj stredné a vyššie položené údolné, resp. kotlinové polohy. V nížinných polohách je za rok menej ako 220 vykurovacích dní, v stredných polohách je 230 – 250 a vo vyššie položených kotlinových a údolných polohách ich počet presahuje 260. V porovnateľných nadmorských výškach počet vykurovacích dní mierne rastie od západu na východ.

V tab. 2 je pre ten istý súbor staníc uvedený priemerný počet dennostupňov. Zatiaľ čo rozdiely v počte vykurovacích dní medzi stanicami ležiacimi v podobných orografických podmienkach nie sú až také podstatné, v počte dennostupňov sú rozdiely oveľa výraznejšie. Do počtu dennostupňov sa premietli teplotné charakteristiky najmä zimných mesiacov a prechodných

Tab. 1. Priemerný počet vykurovacích dní na vybraných staniciach v období 1961 – 2000

Stanica (m n. m.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok	Bez 6 – 8
Myjava (349)	31,0	28,3	31,0	27,9	15,4	3,9	0,3	0,8	10,5	25,9	30,0	31,0	235,9	230,9
Hurbanovo (115)	31,0	28,3	30,6	24,7	7,4	0,3	0,0	0,0	4,2	22,8	29,8	31,0	210,2	209,9
Sliač (313)	31,0	28,3	31,0	27,6	12,9	2,2	0,2	0,4	10,1	27,5	30,0	31,0	232,1	229,3
Poprad (695)	31,0	28,3	31,0	29,5	23,9	9,4	4,8	5,1	20,3	30,5	30,0	31,0	274,5	255,3
Červený Kláštor (465)	31,0	28,3	31,0	29,4	23,6	8,3	2,7	3,8	18,4	29,7	30,0	31,0	267,0	252,3
Medzilaborce (308)	31,0	28,3	31,0	29,0	17,6	4,7	0,8	1,2	17,0	30,0	30,0	31,0	251,4	244,8
Trebišov (105)	31,0	28,3	31,0	25,6	7,9	0,9	0,0	0,0	6,0	25,9	30,0	31,0	217,4	216,5

Tab. 2. Priemerný počet dennostupňov na vybraných staniciach v období 1961 – 2000

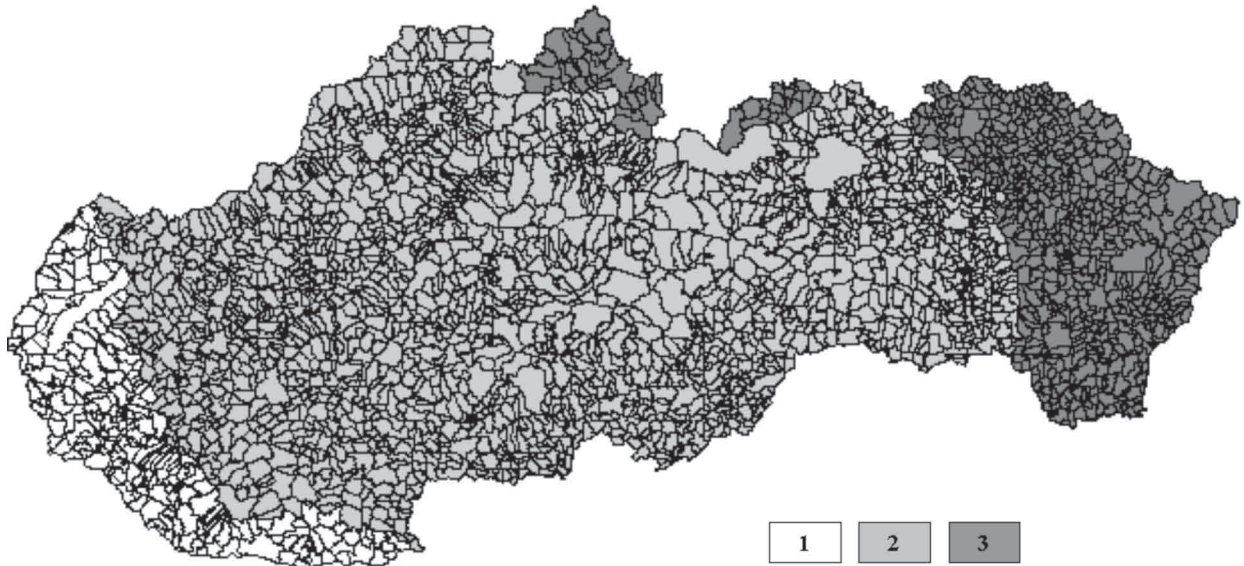
Stanica (m n. m.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok	Bez 6 – 8
Myjava (349)	698	581	514	331	133	29	2	6	94	314	506	654	3 859	3 823
Hurbanovo (115)	655	534	449	253	56	2	0	0	37	255	456	608	3 305	3 303
Sliač (313)	728	595	522	324	107	16	1	4	92	336	507	679	3 912	3 891
Poprad (695)	764	651	597	414	234	78	33	41	198	411	562	723	4 706	4 553
Červený Kláštor (465)	771	644	586	403	224	66	19	30	178	387	545	721	4 574	4 459
Medzilaborce (308)	747	628	566	365	158	37	5	10	160	386	526	689	4 278	4 225
Trebišov (105)	713	589	498	274	64	6	0	0	52	301	491	655	3 642	3 636

ročných období, v ktorých prevládal kontinentálny vplyv na formovanie teplotných pomerov. Vzhľadom na nižšie zimné priemery teploty na východnom Slovensku v porovnaní s polohami s rovnakou nadmorskou výškou na západe SR majú aj charakteristiky vykurovacích dní výrazný dĺžkový gradient v smere od západu na východ. Napríklad Trebišov má v každom mesiaci v období október až marec priemerný počet dennostupňov o 40 až 50 K.deň vyšší ako Hurbanovo.

Podľa hodnoty dennostupňov prislúchajúcich rovnakej nadmorskej výške bolo Slovensko rozdelené tiež na 3 oblasti (obr. 3, tab. 3). Zvláštny režim majú všetky vyvýšené polohy (aspoň 50 m prevýšenie nad rovinou, dolinou alebo kotlinou), pre ktoré bola vyčlenená samostatná skupina vyvýšené polohy (VP). Do 1. oblasti boli zaradené v zime najteplejšie lokality na juhozápade Slovenska, kde popri najvýraznejšom vplyve Atlantického oceánu hrá dôležitú úlohu zvýšená veternosť rozrušujúca zimné teplotné inverzie. Druhá oblasť je najrozsiahlnejšia a zahŕňa rozmanité klimaticko-geografické typy (od centrálnych polôh na Podunajskej nížine po Popradskú kotlinu), pričom počet dennostupňov tu má prekvapujúco tesnú závislosť od nadmorskej výšky. Tretia oblasť pokrýva východ Slovenska (východne od Slanských vrchov a Čergova),

Zamagurie a hornú Oravu – je zreteľne najchladnejšia na Slovensku, podobne ako aj pri iných teplotných charakteristikách. Vyvýšené polohy sú relatívne teplejšie v porovnaní s kotlinovými polohami 2. a 3. oblasti, čo je spôsobené predovšetkým intenzívnejšou veternosťou a výskytom teplotných inverzií v údoliach a kotlinách. Závislosť počtu dennostupňov od nadmorskej výšky je zreteľnejšie lineárna, ak berieme do úvahy aj potenciálne vykurovacie dni v júni až auguste. Najmä pre vyššie polohy znamená vylúčenie letného obdobia značný pokles počtu dennostupňov a zmenu lineárnej výškovej závislosti na kvadratickú.

V každej oblasti sa vyskytujú lokality, ktoré sú teplotným charakterom odlišné od prevažujúcich typov. V 1. oblasti je relatívne teplou lokalitou Hurbanovo, no zrejme ešte teplejšie je v centre Bratislavy. V 2. oblasti je podľa očakávania relatívne studená dolina Hnilca (Švedlár), naopak, horný Liptov a Popradská kotlina sú vzhľadom na ich nadmorskú výšku relatívne teplé. V 3. oblasti sú relatívne studené lokality Medzilaborce a Trebišov a ďalšie, napríklad Ulič, Snina a Starina. Vyvýšené lokality majú očakávané pravidelný vertikálny profil, iba Bratislava-Koliba je relatívne teplejšia, vplyvom blízkeho centra veľkomesta. Je zaujímavé, že aj taká geograficky homogénna oblasť, ako Podunajská nížina, má pestré teplotné podmienky. Jej centrálna



3. Oblasti (1 – 3) podľa režimu ročného počtu dennostupňov

na časť a okolie dolného toku Hrona sú pri posudzovaní vykurovacieho obdobia relatívne chladné, platí to najmä pre menej veterné lokality. Tieto miesta sú však relatívne teplé na začiatku a konci vykurovacieho obdobia, podobne ako celá Podunajská nížina.

Výškovú závislosť počtu dennostupňov uvádza tab. 3. Pre vyčlenené oblasti sa pomocou lineárnych regresných vzťahov vypočítal ročný počet dennostupňov, ako aj počet dennostupňov za obdobie sep-

tember – máj (t. j. bez mesiacov jún – august) pre jednotlivé nadmorské výšky. Počet dennostupňov je zaokrúhlený na 50 K.deň. Rozdiely vo výškovej závislosti súčtu dennostupňov medzi oboma obdobiami sú najmenšie v najteplejšej oblasti južného a juhozápadného Slovenska. V chladnejších oblastiach východného a severného Slovenska, ako aj vo vyvýšených polohách je ich priebeh v období september až máj značne strmší ako pre celý rok.

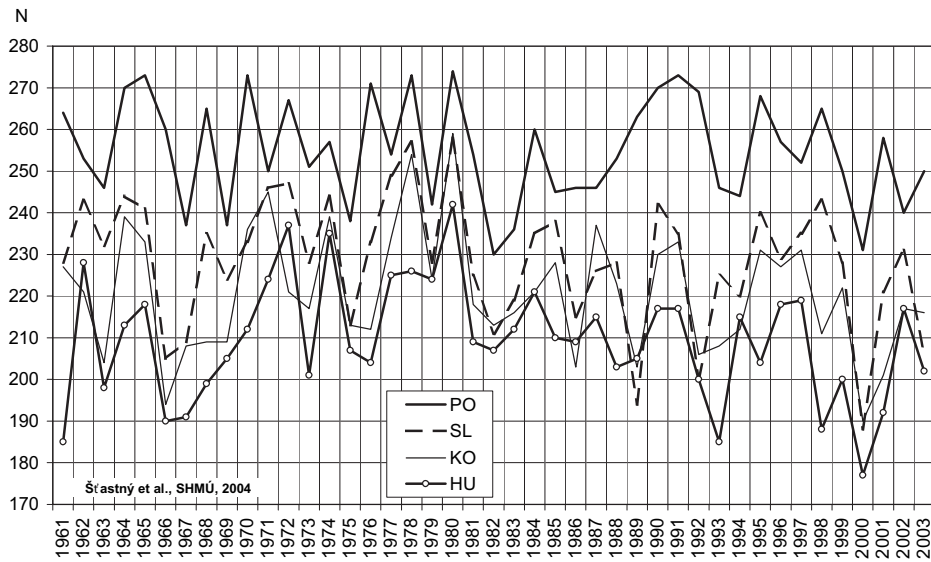
Tab. 3. Priebeh počtu dennostupňov v lokalitách s rôznou nadmorskou výškou v období 1961 – 2000

Obdobie január – december

Oblasť	Lokalizácia/nadmorská výška [m]	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1	južné a juhozápadné Slovensko	3 300	3 500	3 700	3 900					
2	stredné a západné Slovensko	3 400	3 650	3 900	4 150	4 400	4 600	4 850	5 100	5 350
3	východné a severné Slovensko	3 650	3 850	4 100	4 350	4 600	4 850	5 100	5 350	5 550
VP	vyvýšené polohy		3 500	3 700	3 900	4 100	4 350	4 550	4 750	5 000

Obdobie september – máj

Oblasť	Lokalizácia/nadmorská výška [m]	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1	južné a juhozápadné Slovensko	3 300	3 500	3 700	3 850					
2	stredné a západné Slovensko	3 400	3 650	3 850	4 050	4 300	4 500	4 700	4 900	5 100
3	východné a severné Slovensko	3 650	3 850	4 050	4 250	4 450	4 650	4 850	5 050	5 250
VP	vyvýšené polohy		3 450	3 700	3 850	4 000	4 150	4 300	4 450	4 600



4. Priebeh počtu vykurovacích dní v období 1961 – 2003 (bez 6 – 8) na vybraných staniách Poprad, Sliač, Košice a Hurbanovo

• *Zmena charakteristík vykurovacieho obdobia v r. 1989 – 2003.* Toto obdobie sa u nás vyznačovalo kumuláciou teplých rokov (obr. 4 a 5), podobne ako v okolitých štátoch. Podľa súčasného poznania procesu glo-

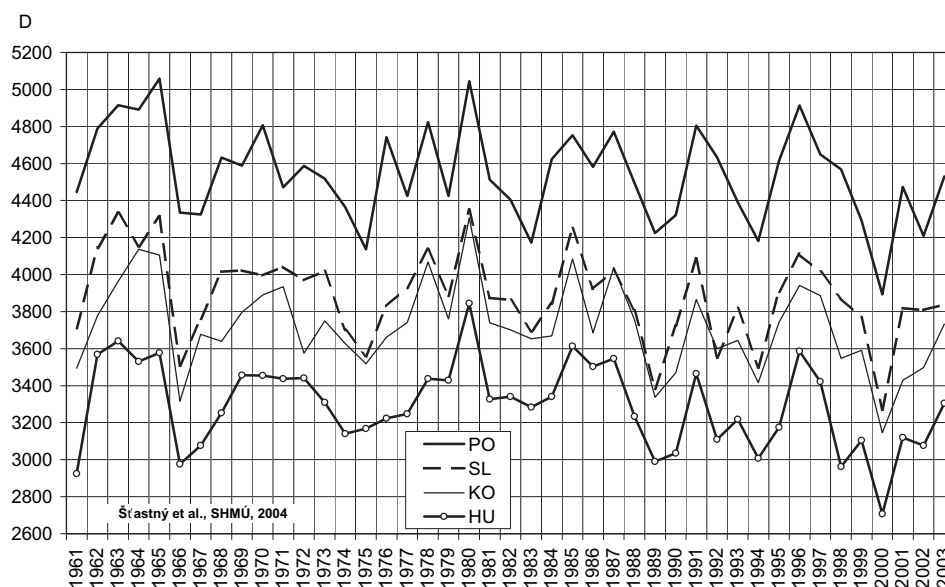
bálneho otepľovania sa očakáva, že všeobecný trend otepľovania bude pokračovať. Predpokladá sa však zachovanie variability teploty, teda nie je vylúčený výskyt relatívne chladných zím v ďalších rokoch. Po-

Tab. 4a. Rozdiel vyplývajúci z porovnania priemerných počtov vykurovacích dní v období 1989 – 2003 a 1961 – 1988

Stanica (m n. m.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok	Bez 6-8
Myjava (349)	0,0	-0,1	0,0	-1,0	-5,4	-1,4	-0,4	0,5	1,2	-0,5	0,0	0,0	-7,1	-5,8
Hurbanovo (115)	0,0	-0,1	0,0	-2,0	-4,8	-0,3	0,0	0,1	1,0	-2,8	-0,1	0,0	-9,0	-8,8
Sliač (313)	0,0	-0,1	0,0	-2,8	-7,4	-1,6	-0,3	0,0	1,4	-0,7	0,0	0,0	-11,3	-9,5
Poprad (695)	0,0	-0,1	0,0	-0,3	-3,4	-1,9	-2,4	-3,7	4,9	0,2	0,0	0,0	-6,7	1,3
Medzilaborce (308)	0,0	-0,1	0,0	-0,1	-1,4	-3,0	0,2	-0,7	2,4	1,0	0,0	0,0	-1,7	1,8
Trebišov (105)	0,0	-0,1	0,0	-2,3	-1,3	-0,8	0,0	0,1	1,9	-1,5	0,0	0,0	-4,0	-3,3

Tab. 4b. Rozdiel počtu dennostupňov vykurovacích dní v období 1989 – 2003 a 1961 – 1988

Stanica (m n. m.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok	Bez 6-8
Myjava (349)	-44	-33	-28	-13	-49	-14	-3	5	10	-2	-8	13	-167	-155
Hurbanovo (115)	-48	-38	-36	-23	-37	-2	0	1	3	-30	-15	6	-218	-217
Sliač (313)	-54	-20	-28	-32	-62	-12	-2	0	7	-5	-7	13	-201	-187
Poprad (695)	-49	-47	-38	-12	-46	-23	-18	-29	47	0	-9	5	-218	-148
Medzilaborce (308)	-64	-35	-28	-15	-19	-27	0	-5	17	1	-13	6	-182	-150
Trebišov (105)	-55	-28	-33	-24	-15	-7	0	0	14	-15	-14	10	-166	-160



Obr. 5. Priebeh dennostupňov v období 1961 – 2003 (bez 6 – 8) na vybraných staniach Poprad, Sliač, Košice a Hurbanovo

čet vykurovacích dní v období 1989 – 2003 klesol oproti obdobiu 1961 – 2003 zväčša o 3 – 10 dní a počet dennostupňov o 100 až 200 K. deň.

Pokles počtu vykurovacích dní v období 1989 – 2003 oproti obdobiu 1961 – 1988 je pre tento účel výstižnejší. Pováčšine šlo o 5 – 15 dní a súvisiaci pokles celkového počtu o 150 – 250 K.deň (tab. 4). Analýzou priemerných charakteristík vykurovacieho obdobia časového radu 1989 – 2003 sa zistilo, že sa nemení rozdelenie oblastí s rôznym výškovým gradientom počtu dennostupňov vzhľadom na územné členenie (obr. 3).

Obdobie 1989 – 2003 bolo na väčšine územia Slovenska teplejšie ako obdobie 1961 – 1988 i 1951 – 1980 o 0,7 K. Takéto oteplenie klimatické scenáre prognózujú pre časový horizont 2010 (teda r. 1996 – 2025). Môžeme predpokladať, že globálne otepľovanie sa prejaví aj na Slovensku v časovom horizonte 2030 (teda 2016 – 2045) oteplením vo vykurovacom období asi o 1,5 K. Pokles počtu vykurovacích dní a dennostupňov v sledovanom období 1989 – 2003 sa teda v nasledujúcich tridsiatich rokoch ešte zdvojnásobí.

## Literatúra

Guide to Climatological Practices. WMO Geneva, 1983.

Lapin, M., Faško, P., Kveták, Š.: Klimatické normály. Metodický predpis SHMÚ 3 – 09 – 1/1. SHMÚ Bratislava, 1988, 26 s.

Lapin, M., Melo, M.: Zmeny a variabilita klímy, scenáre zmeny klímy. Život. Prostr., 34, 2, 2000, s. 69 – 74.

Sternová, Z., Rakovský, Š.: Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Tepelná ochrana budov. Časť 1: Terminológia. STN 73 0540-1, SÚTN, 2002.

Sternová, Z., Rakovský, Š.: Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Tepelná ochrana budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. STN 73 0540-2, SÚTN, 2002.

Šťastný, P., Faško, P., Sekáčová, Z., Novotná, K., Dziubanova, A.: Upresnenie priemerných mesačných výpočtových teplôt. Záverečná správa úlohy výskumu a vývoja štátneho programu S 00065–PPSP-2/2003 Vplyv stavebných materiálov a konštrukcií na kvalitu života, podetapa 3.01.01. VVÚPS-Nova Bratislava, 2004, 56 s.

**RNDr. Pavel Šťastný, CSc., Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava**  
pavel.stastny@shmu.sk

**Prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., VVÚPS – NOVA, výskumno-vývojový ústav pozemných stavieb, s. r. o., Studená 3, 820 02 Bratislava,** sternova@vuups.sk

**Doc. RNDr. Milan Lapin, CSc., Katedra astronómie, fyziky Zeme a meteorológie Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského, Mlynská dolina – pavilón F1, 842 48 Bratislava**  
lapin@fmph.uniba.sk