

# SEZÓNNE ZMENY GLOBÁLNEHO ŽIARENIA V MLYŇANOC SEASONAL CHANGES OF THE GLOBAL SOLAR RADIATION AT MLYŇANY

Ostrožlík Marian  
Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava

**Abstract:** Based on the hourly sums of global solar radiation at Mlyňany during the 1970–2002 period the time variability of global solar radiation was studied.

Obtained results have shown that the tendency of the annual sums of the global solar radiation has a slightly increasing trend. According to expectation the global solar radiation has a pronounced annual course with maximum in summer and minimum in winter. The largest part of the global solar radiation falls on the growing season, more than 75% from the total annual sum, in spite of it that the growing season represents roughly a half of the year.

**Key words:** global solar radiation, annual course, linear trend, harmonic analysis

## Úvod

Základným a prakticky jediným zdrojom energie fyzikálnych procesov, ktoré prebiehajú v atmosfére a na zemskom povrchu, je energia prichádzajúca zo Slnka vo forme slnečného žiarenia. Určitá časť energie slnečného žiarenia pri prechode atmosférou je pohltaná, iná časť je rozptýlená alebo sa odráža, no najväčšia časť slnečného žiarenia je pohltaná povrchovými vrstvami hydrosféry a litosféry. Zohrievanie atmosféry v dôsledku pohlcovania slnečného žiarenia je málo intenzívne a atmosféra sa zohrieva predovšetkým od zemského povrchu. V dôsledku transformácie priameho slnečného žiarenia v atmosfére môžeme na zemskom povrchu pozorovať niekoľko radiačných tokov. Jedným z nich je globálne žiarenie, a práve to je predmetom nášho štúdia na meteorologickom observatóriu v Mlyňanoch.

## Materiál a metódy

Sporadické pozorovania a merania niektorých meteorologických prvkov sa robili v Mlyňanoch už v r. 1920 (Bero a kol., 1992; Steinhübel, 1957). Avšak systematické sledovanie stavu atmosféry sa tu začalo až v r. 1962, kedy bola v parku Arboréta zriadená meteorologická stanica. Pôvodná lokalizácia meteorologickej stanice nespĺňala úplne požadované podmienky pre meteorologickú observačnú činnosť, a preto od r. 1969 bolo v Arboréte Mlyňany uvedené do prevádzky Meteorologické observatórium Geofyzikálneho ústavu SAV ( $H = 195$  m n.m.,  $\varphi = 48^{\circ} 19' N$ ,  $\lambda = 18^{\circ} 20' E$ ) (Janičkovičová a Bilčík, 1996), ktoré je už súčasťou Arboréta Mlyňany SAV.

Meranie a registrácia globálneho žiarenia sa systematicky robí pomocou meracej ústredne ESM 200. Ako snímače sa používajú pyranometre typu Sonntag s galvanicky vyrobenými termočlánkami. Meranie prebieha každých desať minút v miestnom čase. Namerané údaje sa prepočítavajú na absolútne hodnoty, uchovávajú sa v pamäti počítača a sú registrované ako hodinové priemery. Po starostlivej kontrole sú spoločne s ďalšími meteorologickými prvkami, či už radiačných tokov alebo teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu, tlaku vzduchu a teploty pôdy uložené v databanke Geofyzikálneho ústavu SAV.

## Výsledky a diskusia

Spracovaním experimentálneho materiálu meraní globálneho žiarenia v Mlyňanoch boli získané viaceré charakteristiky (Ostrožlík, v tlači). Pre úplnosť uvedieme ďalšie sezónne charakteristiky globálneho žiarenia (tab. 1).

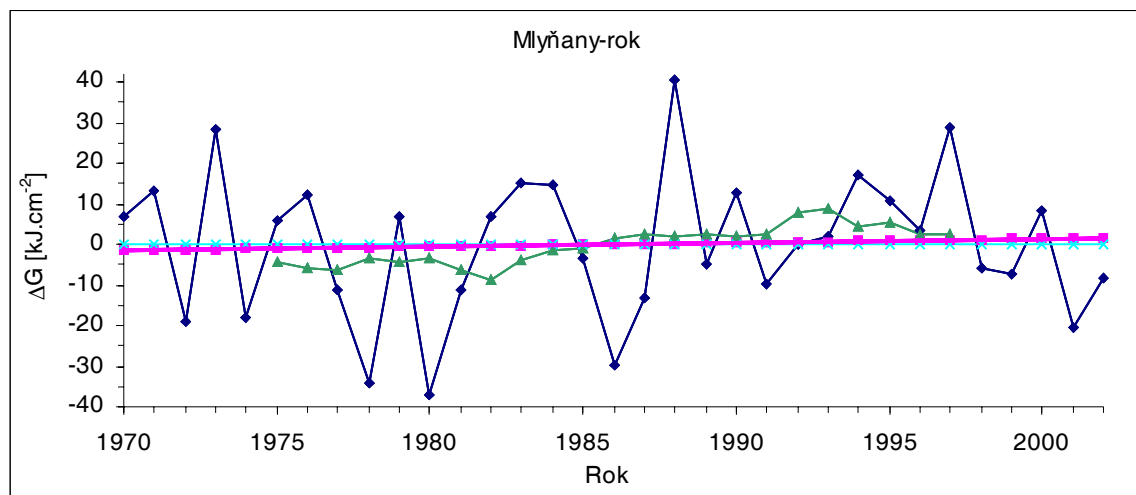
Tab. 1. Niektoré charakteristiky globálneho žiarenia v  $\text{kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$  v Mlyňanoch za obdobie r. 1970–2002 ( $\bar{X}$  - priemer,  $A$  - amplitúda,  $\mu$  - smerodajná odchýlka,  $n$  - početnosť,  $dp$ ,  $dn$  - najväčšie kladné a záporné odchýlky

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Rok
1970	10,991	18,567	33,186	45,857	62,330	67,694	59,751	54,918	42,746	29,853	10,172	6,897	36,914
1971–1980	11,024	17,185	34,454	46,263	60,783	63,408	60,183	55,432	37,548	24,827	11,459	8,352	35,910
1981–1990	10,564	18,026	33,422	46,216	59,755	63,416	69,274	55,686	37,297	25,758	11,410	8,115	36,578
1991–2000	11,433	20,458	32,438	45,914	60,643	66,368	64,048	57,319	38,032	24,258	11,669	8,450	36,752
2001–2002	10,948	18,730	31,726	46,215	64,447	60,524	59,946	54,153	32,049	21,863	11,337	9,716	35,138
Priemer	11,003	18,567	33,327	46,128	60,698	64,262	64,081	55,988	37,443	24,909	11,461	8,348	36,351
Maximum	14,065	24,043	41,549	56,570	72,071	74,810	91,936	67,953	47,329	31,262	15,346	12,664	39,729
Rok	1981	1996	1979	1976	1973	2000	1988	1984	1997	1971	1973	1983	1988
Minimum	7,893	10,535	22,237	36,757	49,892	55,455	51,559	48,130	25,979	15,235	3,769	2,667	33,282
Rok	1990	1989	1991	1980	1972	2001	1980	1989	2001	1974	1984	1984	1980
$dn$	3,062	5,476	8,222	10,442	11,373	10,548	27,855	11,965	9,886	6,353	3,885	4,316	3,378
$dp$	-3,110	-8,032	-11,090	-9,371	-10,806	-8,807	-12,522	-7,858	-11,464	-9,674	-7,692	-5,681	-3,069
$A$	6,172	13,508	19,312	19,813	22,179	19,355	40,377	19,823	21,350	16,027	11,577	9,997	6,447
$\sigma$	1,619	3,202	4,475	4,312	5,872	4,963	7,892	4,506	5,703	3,529	2,300	1,857	1,477
$x-\sigma$	9,384	15,365	28,851	41,816	54,826	59,299	56,190	51,482	31,740	21,380	9,162	6,491	34,874
$x+\sigma$	12,622	21,770	37,802	50,439	66,570	69,226	71,973	60,494	43,145	28,439	13,761	10,206	37,828
$n$ pod $x-\sigma$	6	5	7	7	7	7	5	6	6	4	3	3	6
$n$ nad $x+\sigma$	5	8	5	4	4	5	4	4	5	6	5	5	3
$x-2\sigma$	7,765	12,163	24,376	37,505	48,954	54,336	48,298	46,976	26,037	17,851	6,862	4,634	33,397
$x+2\sigma$	14,241	24,972	42,277	54,751	72,442	74,189	79,865	65,000	48,848	31,968	16,060	12,063	39,305
$n$ pod $x-2\sigma$	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
$n$ nad $x+2\sigma$	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1

Na základe údajov tab. 1 môžeme napr. konštatovať, že priemerná mesačná suma globálneho žiarenia v roku je v Mlyňanoch  $36,351 \text{ kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ . V jednotlivých desaťročiach (ak to tak možno nazvať) sa mení od  $35,128 \text{ kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$  v r. 2001-2002 do  $36,914 \text{ kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$  v r. 1970, čo by znamenalo určitý pokles.

No situácia je trochu iná, ako to ukazujú i údaje na obr. 1. V jednotlivých rokoch sa priemerné mesačné sumy globálneho žiarenia v roku menia od  $33,282 \text{ kJ.cm}^{-2}$  do  $39,729 \text{ kJ.cm}^{-2}$ . Z toho vyplýva, že amplitúda priemerných mesačných súm globálneho žiarenia v roku je  $6,447 \text{ kJ.cm}^{-2}$ . Hodnota štandardnej odchýlky  $1,477 \text{ kJ.cm}^{-2}$  predstavuje  $4,06\%$  z dlhodobého priemeru.

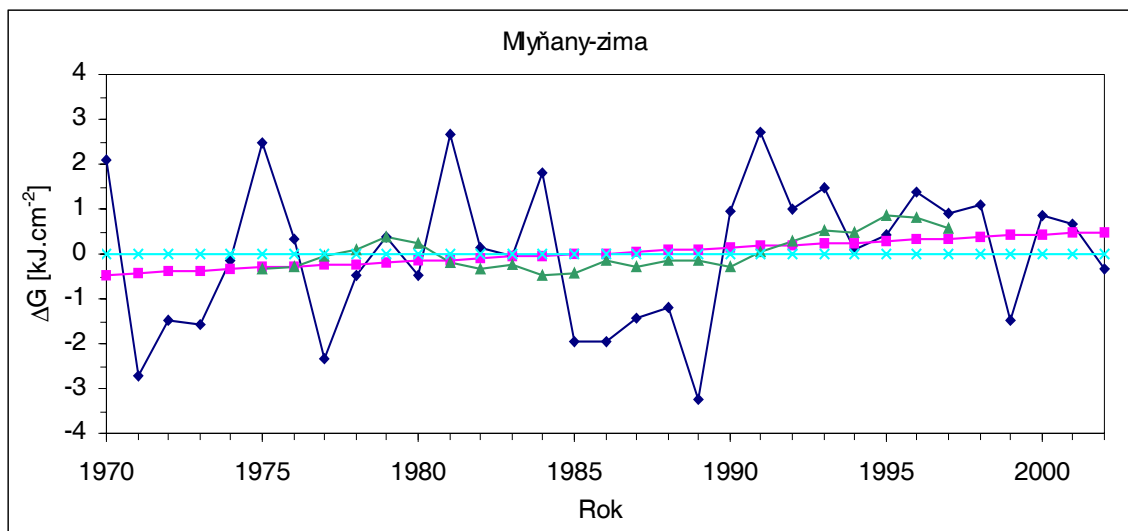
Na obr. 1 sú znázornené odchýlky ročných súm globálneho žiarenia od dlhodobého priemeru, 11-ročné kĺzavé priemery a trendová zložka globálneho žiarenia (Anděl, 1985; Nosek, 1972).



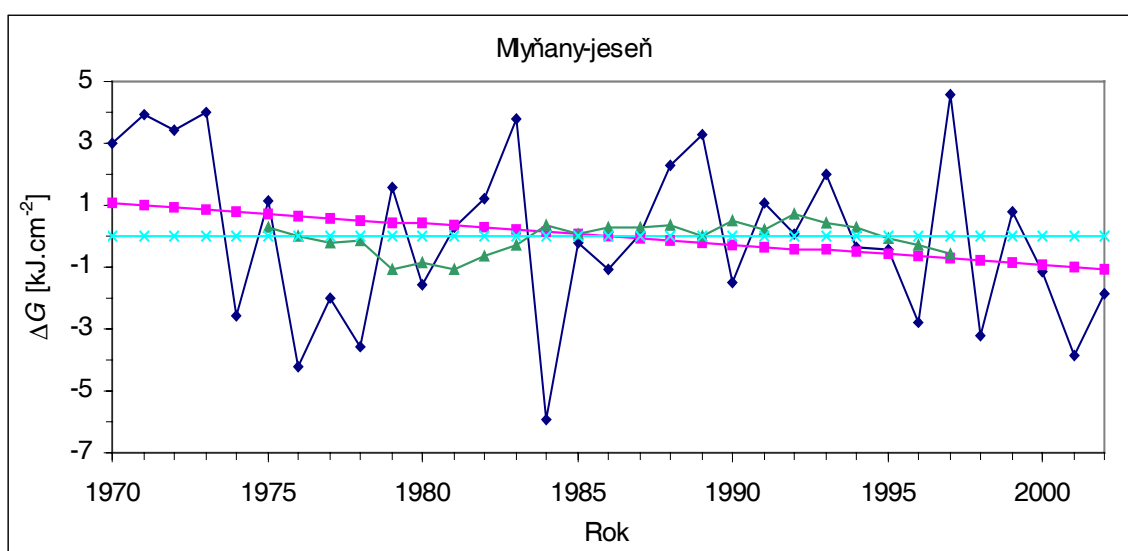
Obr. 1. Chod odchýlok ročných súm globálneho žiarenia ( $\Delta G$ ) od dlhodobého priemeru v  $\text{kJ.cm}^{-2}$ , ich trendová zložka a chod odchýlok jedenásťročných kĺzavých priemerov od dlhodobého priemeru v Mlyňanoch za obdobie 1970–2002 (hodnota  $0,0 \text{ kJ.cm}^{-2}$  predstavuje dlhodobý priemer).

Z priebehu kriviek na obr. 1 je možno vidieť, že trend globálneho žiarenia v Mlyňanoch má mierne rastúcu tendenciu. Za posledných 33 rokov vzrástla ročná suma globálneho žiarenia asi o  $3,187 \text{ kJ.cm}^{-2}$ . Je to zaujímavý a dosť nečakaný výsledok ak si urobíme porovnanie s doteraz publikovanými výsledkami z iných polôh územia Slovenska (Hrvoľ a Tomlain, 1991; Ostrožlík, 1994; Ostrožlík a Horecká, 1996) alebo z ďalších polôh Európy (Grabbe a Grassl, 1994; Liepert a kol. 1994). Pre zaujímavosť ešte uvedieme tendenciu zmien priemerných mesačných súm globálneho žiarenia v Mlyňanoch v dvoch sezónach roka: v zime a na jeseň (obr. 2 a 3). Ako vidieť z priebehu kriviek iba na jeseň má trend globálneho žiarenia v Mlyňanoch klesajúcu tendenciu.

Časová premenlivosť globálneho žiarenia na observatóriu v Mlyňanoch, ktoré reprezentuje meteorologické podmienky v nížinných polohách na území Slovenska, ukazuje (obr. 4), že globálne žiarenie sa vyznačuje výrazným denným a ročným chodom. V ročnom chode najväčšie hodinové sumy globálneho žiarenia pripadajú na mesiac jún ( $136,625 \text{ J.cm}^{-2}$ ) a v dennom chode najväčšie hodinové hodnoty sa vyskytujú na poludnie. Napr. najvyššie priemerné hodinové hodnoty globálneho žiarenia v júni môžu byť v Mlyňanoch až  $243,363 \text{ J.cm}^{-2}$ , a to o 13. hod. Potvrdzujú to tiež údaje na obr. 5, kde je znázornený ročný chod priemerných mesačných súm globálneho žiarenia, jeho prvá harmonická zložka a disperzie v jednotlivých mesiacoch roka. Z priebehu krivky na tomto obrázku možno vidieť, že ročný chod je veľmi jednoduchý, charakterizovaný maximom v letných mesiacoch



Obr. 2. Chod odchylov sezónnych súm globálneho žiarenia ( $\Delta G$ ) od dlhodobého priemeru v  $\text{kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ , ich trendová zložka a chod odchylov jedenásťročných kľzavých priemerov od dlhodobého priemeru v Mlyňanoch za obdobie 1970–2002 v zime (hodnota  $0,0 \text{ kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$  predstavuje dlhodobý priemer).



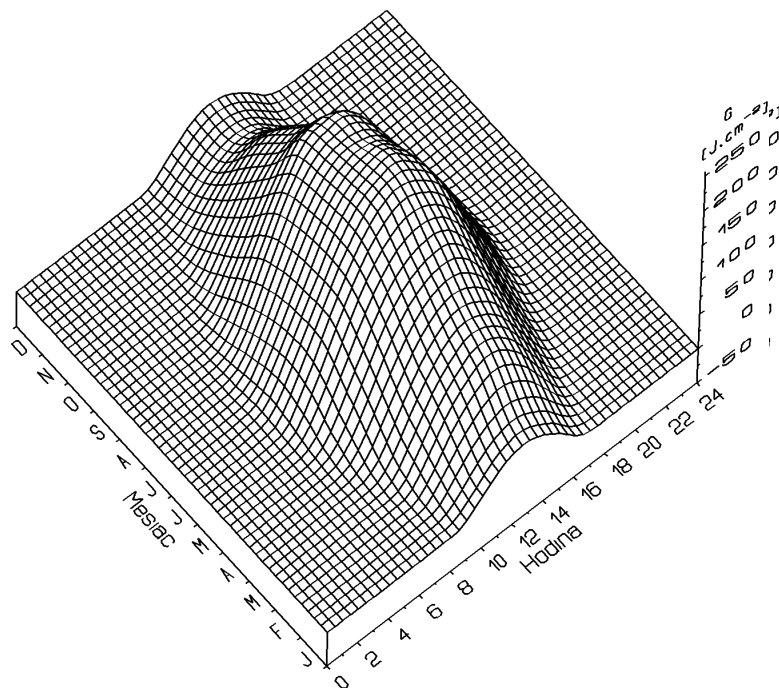
Obr. 3. Chod odchylov sezónnych súm globálneho žiarenia ( $\Delta G$ ) od dlhodobého priemeru v  $\text{kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ , ich trendová zložka a chod odchylov jedenásťročných kľzavých priemerov od dlhodobého priemeru v Mlyňanoch za obdobie 1970–2002 na jeseň (hodnota  $0,0 \text{ kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$  predstavuje dlhodobý priemer).

a minimom v zimných. Vo vegetačnom období priemerné hodinové sumy globálneho žiarenia v Mlyňanoch kolíšu od  $94,697 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$  v septembri do  $136,625 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$  v júni.

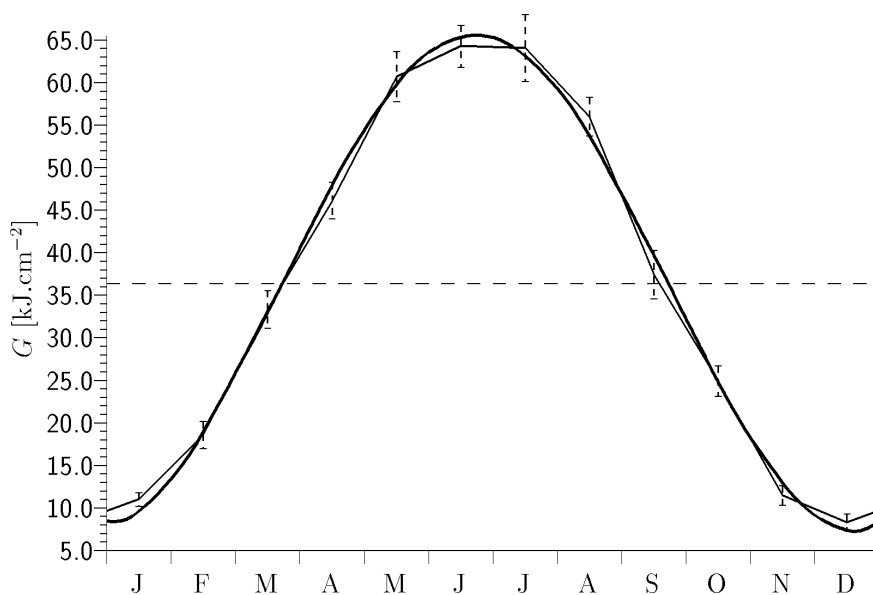
Periodický ročný chod mesačných súm globálneho žiarenia v Mlyňanoch môžeme vyjadriť prvou harmonickou zložkou (Kendall, a Stuart, 1968) v tvare

$$G = 36,3510 + 29,1660 \sin(x + 293^\circ 25'), \quad (1)$$

kde  $x$  znamená časový uhol:  $x = iz$ , pričom  $z = 360^\circ / P$  a  $i = 0, 1, 2, \dots$  a  $P$  značí dĺžku periódy (12 mesiacov).



Obr. 4. Denná a sezónna premenlivosť globálneho žiarenia ( $G$ ) v  $\text{J.cm}^{-2}$  v Mlyňanoch za obdobie 1990–2002.



Obr. 5. Ročný chod priemerných mesačných súm globálneho žiarenia ( $G$ ) v  $\text{J.cm}^{-2}$  v Mlyňanoch za obdobie 1990–2002.

Smerodajné odchýlky vykazujú určitý ročný chod, ktorý je charakterizovaný maximom v letných mesiacoch a minimom v zimných mesiacoch. Je to zrejme výsledkom väčšej premenlivosti oblačnosti v teplej časti roka.

## Súhrn

Na základe dosiahnutých výsledkov môžeme konštatovať, že tendencia ročných súm globálneho žiarenia má v Mlyňanoch nepatrne rastúci trend. Za posledných 33 rokov vzrástla ročná

suma globálneho žiarenia asi o 3,187 kJ.cm<sup>-2</sup>. Je to zaujímavý a dosť nečakaný výsledok ak si to porovnáme s doteraz publikovanými výsledkami z iných polôh územia Slovenska.

Podľa očakávania ročný chod globálneho žiarenia v Mlyňanoch je charakterizovaný jednoduchým priebehom s maximom v letných mesiacoch a s minimom v zime. Prevažná časť globálneho žiarenia (75,32%) pripadá na vegetačné obdobie, hoci dĺžka vegetačného obdobia predstavuje zhruba polovicu roka.

**Kľúčové slová:** globálne žiarenie, ročný chod, lineárny trend, harmonická analýza

**PodĎakovanie:** Autor je vďačný grantovej agentúre VEGA (grant. č. 2/2093/22) za čiastočné sponzorovanie vypracovania tejto práce.

## Literatúra

- Anděl, J. (1985): Matematická statistika. SNTL/ALFA, Praha 346 s.
- Bero, R., Tábor, I., Tomaško, I. (1992): Arborétum Mlyňany. VEDA. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied. Bratislava, 5-21.
- Brooks C. E. P., Carruthers N., 1953: Handbook of Statistical Methods in Meteorology. Majesty's Stationery Office. London, 412 p.
- Conrad V., Pollak L. W., 1962: Methods in Climatology. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 459 p.
- Grabbe G. C., Grassl H. 1994: Solar radiation in Germany - observed trends and an assessment of their causes. Part II. Detailed trend analysis for Hamburg. Beitr. Phys. Atmosph., 67, 31-37.
- Hrvol', J., Tomlain, J. (1991): Klimatické zabezpečenie ročných súm globálneho žiarenia na území Slovenska. In: Biometeorológia v praxi. Bratislava, 183-191.
- Janičkovičová, Ľ. Bilčík, D. (1996): Dlhodobé zmeny denných extrémov teploty vzduchu v Mlyňanoch. In: Bioklimatológia a zmeny klímy. I. Technická bioklimatológia. Nitra, Bratislava, 38-43.
- Kendall, M. G., Stuart, A. (1968): The Advanced Theory of Statistics. Vol. 2, Interference and Relationship. Charles Griffin and Co. Ltd, London. 690 p.
- Liepert B., Fabian O., Grassl H., 1994: Solar radiation in Germany - observed trends and an assessment of their causes. Part I: Regional approach. Beitr. Phys. Atmosph., 67, 15-29.
- Nosek, M. (1972): Metody v klimatologii. Academia, Praha, 433 s.
- Ostrožlík, M. (v tlači): Dlhodobé zmeny v príjme globálneho žiarenia v Mlyňanoch. Brno, 6 s.
- Ostrožlík, M. (1994): Long-term change of global radiation at Skalnaté Pleso. In: Contemporary climatology. Brno, 451-456.
- Ostrožlík, M., Horecká, V. (1996): Variability of global solar radiation at Hurbanovo and at Skalnaté Pleso. In: Meteorological processes in the boundary layer of the atmosphere. Bratislava, 42-47.
- Steinhübel, G. (1957): Arborétum Mlyňany v minulosti a dnes. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied. Bratislava, 22-34.

Kontaktná adresa: RNDr. Marian Ostrožlík, CSc.

Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 28 Bratislava 45,  
Slovenská republika  
Tel. č.: 7-421-2-59410613, Fax: 59410626  
E-mail: geofostr@savba.sk