

Observatórium Lomnický Štít: meteorológia a slnečná astrofyzika

J. Rybák, R. Mačura, P. Gömöry, A. Kučera, Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica O. Bochniček, V. Horecká, Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava

Abstrakt

Príspevok prezentuje štatistické výsledky získané analýzou dlhodobých radov meteorologických pozorovaní teploty, rýchlostí a smeru vetra, a dĺžky slnečného svitu, ktoré boli namerané v období rokov 1964-2009 na meteorologickej stanici SHMÚ umiestnenej na Lomnickom štíte. V súvislosti s týmito meteorologickými údajmi sú v príspevku uvedené aj štatistické výsledky časového rozsahu rôznych typov pozorovaní slnečných protuberancií a slnečnej koróny na astronomickom observatóriu na Lomnickom štíte v období rokov 1980-2009. Získané výsledky boli použité na popis observatória z meteorologického hľadiska prezentujúc hlavne rozsah a kvalitu pozorovacích podmienok vhodných pre pozorovanie slnečnej aktivity. Výsledky ukazujú, že pozorovacie podmienky umožňujú pozorovanie protuberancií v približne 1/3 dní a pozorovanie emisnej koróny v približne 1/5 dní roku. V príspevku je ilustrované i využitie získaných výsledkov pri príprave nových postfokálnych prístrojov určených pre sledovanie slnečnej koróny akým je napríklad Koronálny multipolarimeter (COMP-S) pripravovaný v súčasnosti. Efekty lokálneho otepľovania zemskej atmosféry sú overované štatistickou analýzou meteorologických údajov pre obdobie rokov 1964-2009. Za toto obdobie nastalo na Lomnickom štíte výrazné lokálne oteplenie keď bol zistený nárast hodnôt dennej minimálnej i maximálnej teploty o 0,90, resp. O 1,84 °C, a nárast priemeru týchto veličín o 1,21 °C.

1. ÚVOD

Na vrchole Lomnického štítu (2635 m n.m.) je od roku 1940 v prevádzke meteorologická stanica SHMÚ a od roku 1964 aj astronomické observatórium AsÚ SAV. Cieľom astronomického observatória je hlavne vykonávanie pravidelných pozorovaní slnečnej koróny a protuberancií pomocou koronografu (Lexa, 1963). Dlhodobé rady denných hodnôt hlavných meteorologických parametrov a archívne denné záznamy o dobe trvania jednotlivých astronomických pozorovaní, ktoré sú dnes k dispozícii, umožňujú nielen charakterizovať observatórium z meteorologického hľadiska, ale aj štatisticky vyhodnotiť vhodnosť observatória pre pozorovania Slnka. Takéto vyhodnotenie podmienok pre nočné pozorovania na observatóriu na Skalnatom Plese bolo v minulosti urobené Šáškyiovou (1955). Znalosť takýchto charakteristík je základom pre stanovenie budúceho vedeckého smerovania každého observatória, keďže je dôležitá pri rozhodnutiach o inštalácii nových prístrojoch na observatóriu a o ich technických parametroch.

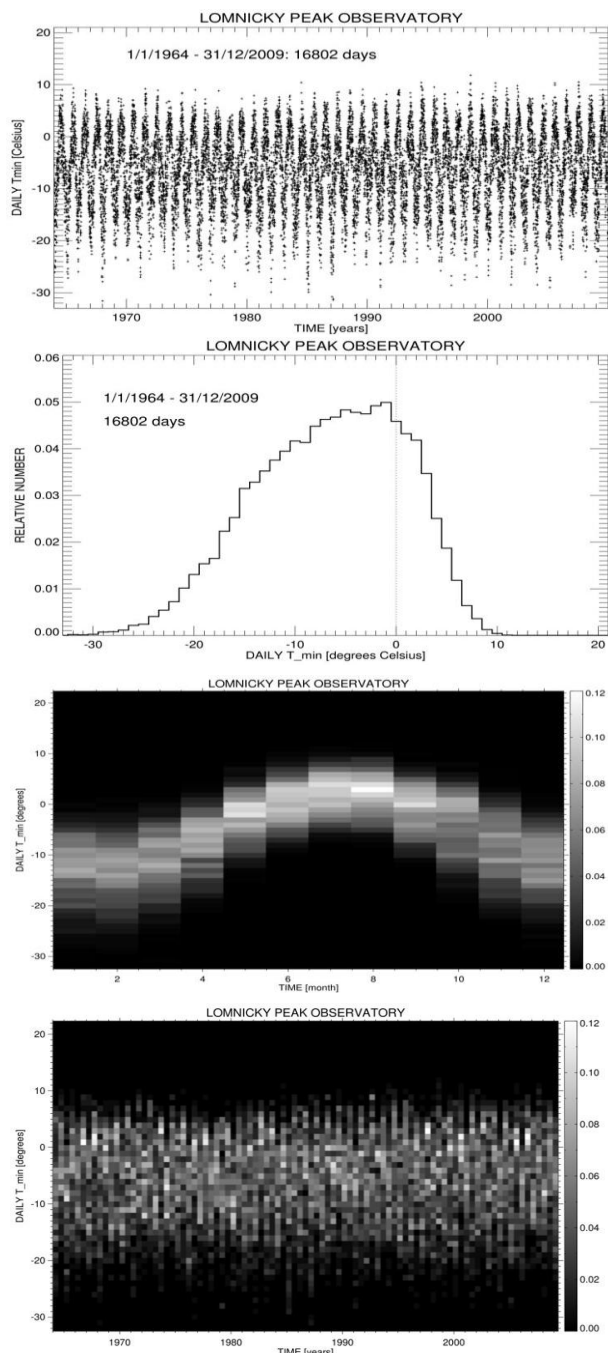
2. DÁTA

V našej práci boli použité denné hodnoty nasledovných meteorologických veličín meraných počas obdobia od 1. 1. 1964 do 31. 12. 2009 (t.j. počas 16802 dní): minimálna a maximálna denná teplota, dĺžka slnečného svitu, priemerný smer vetra, rýchlosť vetra o 7. a 14. hodine. Údaje o smere vetra boli získané z 10 minútových meraní a priemerná hodnota rýchlosti vetra bola vypočítaná z troch meraní o 7, 14 a 21 hodine.

Záznamy o astronomických pozorovaniach od roku 1964 boli vyhodnocované na základe určenia časových intervalov (začiatok a koniec), ktoré zodpovedali základným typom pozorovaní vykonávaných na observatóriu v daný deň. Na ich základe boli vypočítané denné dĺžky pozorovacích intervalov počas ktorých meteorologické podmienky umožňovali: a) pozorovania slnečných erupcií pomocou H alfa filtra, b) pozorovania emisnej slnečnej koróny, ktoré vyžadujú podmienky s menším efektívnym rozptylom svetla v zemskej atmosfére aké postačujú na pozorovanie protuberancií.

3. VÝSLEDKY

Pre každý meteorologický parameter boli zostrojené nasledovné charakteristiky – časový vývoj v celom skúmanom období, celková distribúcia hodnôt parametra, časový vývoj distribúcie hodnôt parametra podľa rokov a sezónna závislosť distribúcie hodnôt parametra po kalendárnych mesiacoch. Príklad týchto charakteristík pre parameter minimálnej dennej teploty je uvedený na obr. 1.

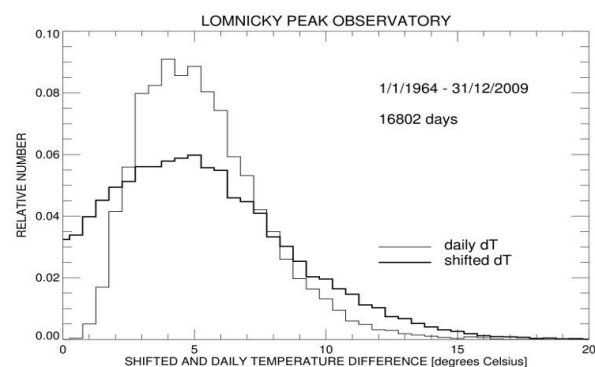


Obr.1 Minimálna denná teplota na observatóriu Lomnický štít v období rokov 1964-2009: horný panel – časový vývoj teploty, druhý panel – celková distribúcia hodnôt, tretí panel – sezónna závislosť distribúcie po kalendárnych mesiacoch, spodný panel – časový vývoj distribúcie po kalendárnych rokoch.

Zostrojené charakteristiky ukazujú že minimálna denná teplota sa pohybovala v rozmedzí od $-31,6^{\circ}\text{C}$ až do $11,8^{\circ}\text{C}$ s mediánom $-5,6^{\circ}\text{C}$ a s výrazne asymetrickou distribúciou. Len menej ako 4% dní bola minimálna teplota menšia ako -20°C . Hodnota -20°C bola preto prijatá ako minimálna hodnota, pri ktorej musí byť pozorovacia aparátúra používaná na Lomnickom štíte schopná vykonávať pozorovania.

Maximálna denná teplota sa pohybovala v rozmedzí od $-26,7^{\circ}\text{C}$ do $19,3^{\circ}\text{C}$ s mediánom $-0,6^{\circ}\text{C}$ a naopak veľmi symetrickou distribúciou hodnôt.

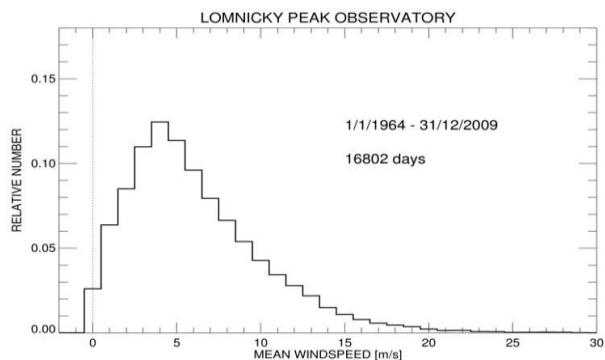
Pre potreby prípravy a prevádzkovania astronomických prístrojov pre pozorovania Slnka je veľmi dôležitým faktorom rozdiel medzi maximálnou teplotou predošlého a minimálnou teplotou nasledujúceho dňa (obr. 2).



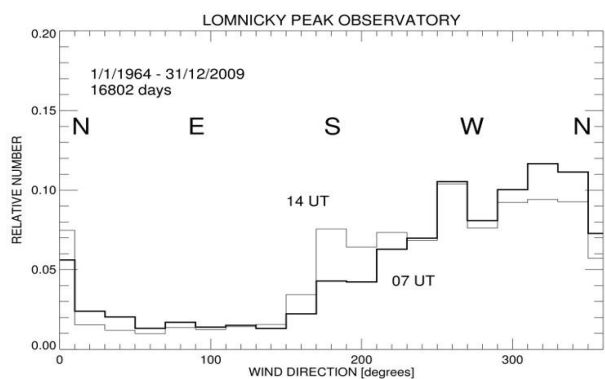
Obr.2 Distribúcie hodnôt rozdielov maximálnej a minimálnej dennej teploty v kalendárnych dňoch (tenká čiara) a v dňoch nasledujúcich za sebou (hrubá čiara).

Medián zmeny teploty vzduchu medzi maximálnou teplotou predošlého a minimálnou teplotou nasledujúceho dňa je $5,1^{\circ}\text{C}$ pričom len v prípade menej ako 10% dní bola hodnota tejto zmeny väčšia ako 10°C . Ak nepredpokladáme výmenu tepla medzi vzduchom v kupole observatória, ktorá mohla byť uzavretá pri maximálnej teplote daného dňa, a vzduchom mimo kupoly počas nasledujúcej noci, tak spomínaná zmena teploty reprezentuje horný odhad teplotného šoku, ktorému sú vystavené prístroje v kupole po jej opätovnom otvorení. Predpokladajúc existenciu ochladzovania vzduchu v kupole počas noci a berúc do úvahy minimálne 1 hodinový interval medzi otvorením kupoly a začiatkom pozorovania Slnka bol stanovený limit teplotného šoku 5°C . Tento teplotný rozdiel musí byť pozorovacia aparátúra schopná kompenzovať v priebehu jednej hodiny, aby bola pripravená na ranné pozorovanie.

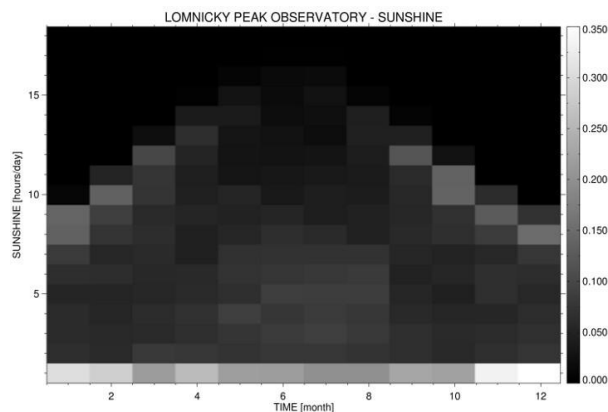
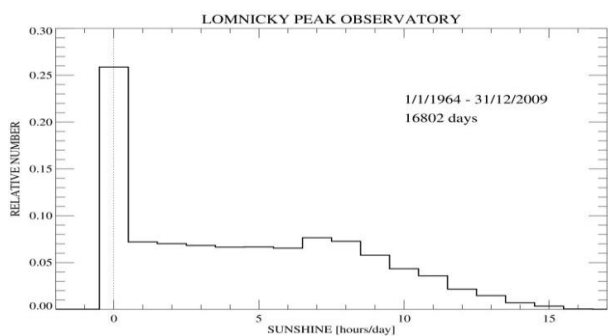
Analýza meraní priemernej dennej rýchlosti vetra a jeho smeru ukazuje, že medián priemernej rýchlosti vetra je 6 m/s a len v približne 15% dní je jeho priemerná rýchlosť viac ako 15 m/s (obr. 3). Navyše existuje aj výrazná sezónna závislosť rýchlosti vetra s minimom v letných mesiacoch máj až august. Na Lomnickom štíte prevládajú západné, severozápadné a severné vetry s výrazným minimom východných vetrov (obr. 4).



Obr.3 Distribúcia priemernej dennej rýchlosti vetra na observatóriu Lomnický štít v období rokov 1964-2009.

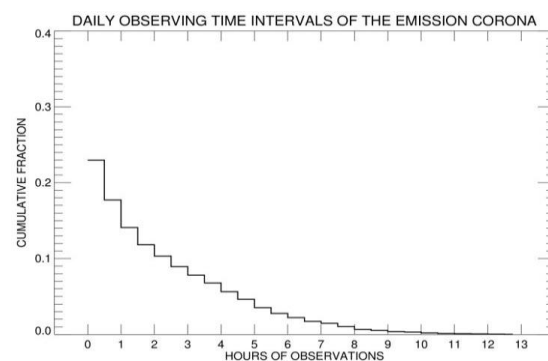
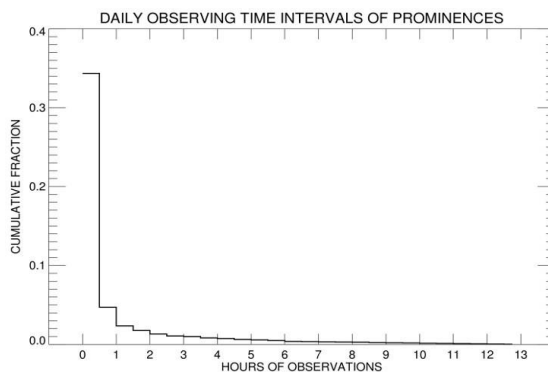


Obr.4 Distribúcia ranných a poobedňajších hodnôt smeru vetra na observatóriu Lomnický štít v období rokov 1964-2009.



Obr. 5 Distribúcia doby slnečného svitu a sezónna závislosť tohto parametra po kolendárnych mesiacoch na observatóriu Lomnický štít v období rokov 1964-2009.

Heliografom zaznamenávané doby slnečného svitu na Lomnickom štíte ukázali že 17,3% dní bola obloha cez deň úplne zamračená a že v prípade 25,2% dní bola doba slnečného svitu kratšia ako pol hodiny (obr. 5). Sezónna závislosť ukazuje taktiež výraznú variáciu doby slnečného svitu.



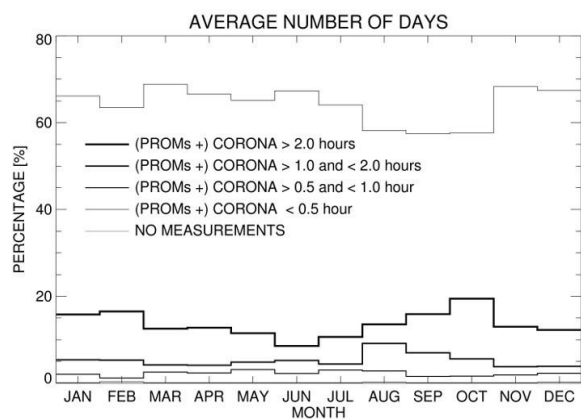
Obr.6 Kumulatívny diagram početnosti pozorovaní protuberancií (horný panel) a emisnej koróny (dolný panel) na observatóriu Lomnický štít v období rokov 1980-2009.

Analýza záznamov o pozorovaniach protuberancií a emisnej koróny ukázala, že v období od roku 1980 do roku 2009 nebolo kvôli meteorologickým, respektíve iným prevádzkovým dôvodom, možné vykonať žiadne pozorovania v 64,3% dní. Tento výrazný rozdiel medzi meraniami dób slnečného svitu a záznamami o dĺžke pozorovaní v daných dňoch je spôsobený hlavne tým, že záznam slnečného svitu heliografom umožňuje zaznamenať slnečný svit i cez relatívne hrubé cirrusy. Pre astronomické pozorovania je naopak potrebná úplne čistá obloha bez akýchkoľvek mrakov v smere k Slnku. Pozorovania protuberancií boli vykonané v 35,4% dní a pozorovania emisnej koróny v 21,1% dní (obr. 6).

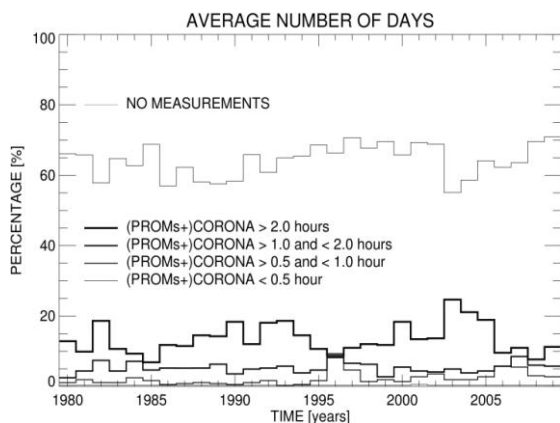
Sezónna závislosť relatívneho počtu dní bez pozorovaní a s pozorovaniami s rôznou celkovou dĺžkou za deň (obr. 7) ukazuje, že relatívny počet dní bez pozorovaní je takmer vždy približne 65%. Tento trend je prerušený iba v období mesiacov august až október, aj to však len málo výrazným poklesom pod hodnotu 60%. Práve v týchto mesiacoch ale narastá aj relatívna početnosť dní počas ktorých sú meteorologické podmienky vhodné na dlhodobé pozorovania emisnej koróny Slnka. Relatívna početnosť dní s podmienkami vhodnými na pozorovanie koróny v časovom intervale dlhšom ako 1 hodina je v týchto mesiacoch približne 25%. Priemer relatívnej početnosti pozorovaní emisnej

koróny, určený pre celé obdobie rokov 1964 až 2009 pre periódy kratšie ako ½ hodiny, dosahuje hodnotu len 0,1%. Pre dobu medzi ½ a 1 hodinou nadobúda tento parameter priemernú hodnotu 2,2%. Pre interval medzi 1 a 2 hodinami sme určili hodnotu na 5,2% a pre dobu dlhšiu ako 2 hodiny až na 13,5%.

Časový vývoj relatívneho počtu dní bez pozorovaní a pozorovaní s rôznou celkovou dĺžkou za deň (obr. 8) výrazne zobrazuje relatívne veľkú medziročnú variáciu. Relatívna početnosť dní bez pozorovaní sa môže z roka na rok meniť v intervale medzi 55 až 70 percentami. Početnosti dní pozorovaní s rôznou dĺžkou trvania sa pritom menia až s faktorom 2.

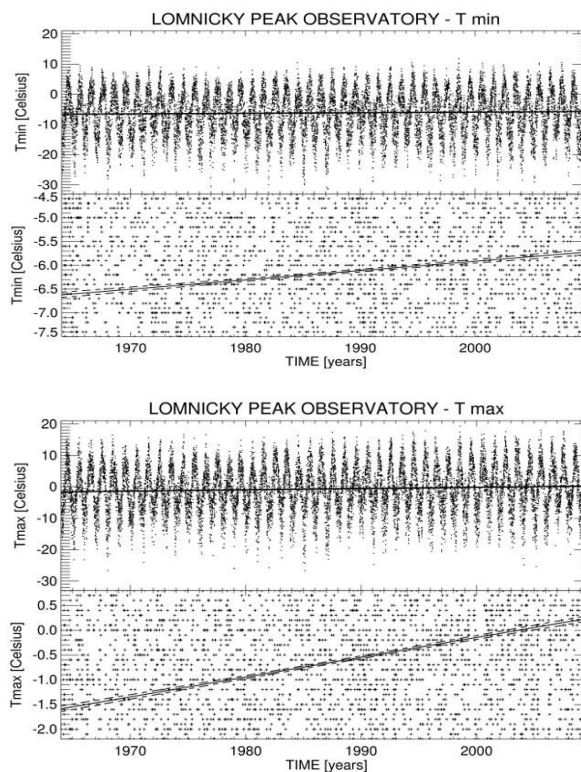


Obr. 7 Sezónny vývoj percentuálneho zastúpenia dní v jednotlivých kalendárnych mesiacoch bez pozorovaní (najtenšia čiara) a s pozorovaniami protuberancií a emisnej koróny za „koronálnych podmienok“ s rôznou dobou trvania (hrúbka čiary rastúca v závislosti od dĺžky doby pozorovania) na observatóriu Lomnický štít v období rokov 1980-2009.

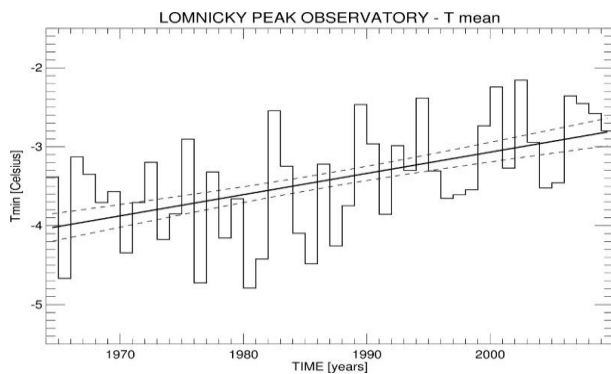


Obr. 8 Časový vývoj percentuálneho zastúpenia dní v jednotlivých kalendárnych rokoch bez pozorovaní (najtenšia čiara) a s pozorovaniami protuberancií a emisnej koróny za „koronálnych podmienok“ s rôznou dobou trvania (hrúbka čiary rastúca v závislosti od dĺžky doby pozorovania) na observatóriu Lomnický štít v období rokov 1980-2009.

Pre analýzu možného trendu lokálnych priemerných teplôt vzduchu sme použili ako minimálnu, tak i maximálnu dennú teplotu. Hodnotu dennej priemernej teploty vzduchu sme odhadli z dostupných údajov minimálnej T_{min} a maximálnej teploty T_{max} podľa vzťahu $T_{priem} = (T_{max} + T_{min})/2$. Hoci takáto približná veličina nie je štandardne používanou priemernou dennou teplotou v meteorológii, pokúsili sme sa zistiť existenciu možného trendu lokálnej teploty na Lomnickom štíte. Výsledky získané z denných hodnôt ukazujú, že minimálna denná teplota narástla za obdobie 46 rokov, t.j. od roku januára 1964 do decembra roku 2009, o 0,90 °C. V prípade maximálnej teploty sme zaznamenali nárast o 1,84 °C (obr. 9). Výsledok pre priemerné ročné teploty, získané z denných hodnôt minimálnej a maximálnej teploty vzduchu podľa uvedeného vzorca, vedie v spomínanom období k nárastu teploty o 1,21 °C. Trend nárastu je pritom možné určiť na 0,026915 ± 0.007174 °C/rok (obr. 10).



Obr. 9 Horný graf: Časový vývoj dennej minimálnej a dennej maximálnej teploty na observatóriu Lomnický štít v období rokov 1964-2009 s lineárnou interpoláciou trendu dát vrátane jej 1-σ neurčitosti interpolácie zobrazený pre celý rozsah meraných teplôt. Dolný graf: to isté ako hore pre zúžený rozsah teplôt.



Obr. 10 Časový vývoj ročných priemerov približných hodnôt dennej priemernej teploty na observatóriu Lomnický štít v období rokov 1964-2009. Znáznomené hodnoty boli vypočítané pomocou vzorca $(T_{max}+T_{min})/2$. Lineárna interpolácia trendu dát vrátane jej $1-\sigma$ neurčitosti je znázornená hrubou, respektíve prerušovanou, čiarou .

4. DISKUSIA A ZÁVER

Prezentované spracovanie a analýza meteorologických a astronomických záznamov rôznych pozorovaní uskutočnených na Lomnickom štíte bola použitá na demonštráciu základných astroklimatických podmienok observatória s ohľadom na ich vplyv na možnosti pozorovania protuberancií a slnečnej emisnej koróny.

Zistili sme, že denná obloha je úplne zamračená v približne 25% dní. Bez možnosti pozorovania Slnka je celkovo 64% dní. Pozorovanie protuberancií bolo možné v 35% dní a v prípade 21% dní boli prevádzané pozorovania emisnej koróny. Až v približne 13% dní bolo navyše možné pozorovať korónu dlhšie ako 2

hodiny. Najdlhšie, ako aj najčastejšie, pozorovania koróny je pritom možné získať v mesiacoch august, september a október. Na základe získaných výsledkov je možné konštatovať, že astronomické observatórium na Lomnickom štíte je vhodným miestom pre pokračovanie dlhodobého výskumu slnečnej koróny a slnečných protuberancií. V tomto zmysle sú preto opodstatnené aj ďalšie investície do nového prístrojového vybavenia observatória, akým je napríklad zakúpenie postfokálneho prístroja Multikanálový polarimeter COMP-S ktorý má byť dodaný na observatórium v roku 2011.

Nové i už existujúce prístroje určené pre prácu na observatóriu je však potrebné technicky pripraviť tak, aby boli schopné pracovať pri teplotách až do -20°C . Prístroje pritom musia byť schopné približne do jednej hodiny kompenzovať ranný teplotný šok, ktorý môže v extrémnych podmienkach dosiahnuť približne 5°C . Naša analýza navyše preukázala, že minimálna a maximálna denná teplota narástli za obdobie 46 rokov (od roku 1964 do roku 2009) o $0,90^{\circ}\text{C}$, resp. o $1,84^{\circ}\text{C}$. Približná hodnota priemernej ročnej teploty, získaná z denných hodnôt minimálnej a maximálnej teploty vzduchu, vzrástla o $1,21^{\circ}\text{C}$.

Pod'akovanie

Práca vznikla vďaka projektu grantovej agentúry VEGA 02/0064/09.

LITERATÚRA

- Lexa, J., 1963, BAC 14, 107-107
 Šáškyiová, R., 1955, CAOSP 1, 121-131