



OBSERVATÓRIUM SAV SKALNATÉ PLESO

70 ROKOV METEOROLOGICKÝCH MERANÍ



História
Skalnátá dolina
Bioklíma
Globálne žiarenie
Slniečny svit
Oblačnosť
Teplota vzduchu
Vlhkosť vzduchu
Atmosférické zrážky
Snehová pokrývka
Tlak vzduchu
Vietor
Prízemný ozón
Výskumné aktivity



GEOFYZIKÁLNY ÚSTAV SAV
STARÁ LESNÁ, 2013

GEOFYZIKÁLNY ÚSTAV SLOVENSKEJ AKADEMIE VIED (GFÚ SAV)
GEOPHYSICAL INSTITUTE OF THE SLOVAK ACADEMY OF SCIENCES (GPI SAS)

SLOVENSKÁ BIOKLIMATOLOGICKÁ SPOLOČNOSŤ (SBkS)
SLOVAK BIOCLIMATOLOGICAL SOCIETY (SBkS)

SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV (SHMÚ)
SLOVAK HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE (SHMI)

ÚSTAV HYDROLÓGIE SAV (ÚH SAV)
INSTITUTE OF HYDROLOGY SAS (IH SAS)

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE (TU Zvolen)
TECHNICAL UNIVERZITY IN ZVOLEN (TU Zvolen)

ŠTÁTNE LESY TANAPu (ŠL TANAP)
STATE FOREST OF TANAP (SF TANAP)

OBSERVATÓRIUM SAV SKALNATÉ PLESO
70 ROKOV METEOROLOGICKÝCH MERANÍ

SAS OBSERVATORY SKALNATÉ PLESO
70 YEARS OF METEOROLOGICAL MEASUREMENTS

Redaktor/Editor

Svetlana Bičárová

Recenzia/Reviewers

RNDr. Marian Ostrožlák, CSc.

RNDr. Ladislav Holko, CSc.

Podakovanie/Acknowledgements

Autori ďakujú grantovej agentúre VEGA (grant č. 2/0079/11) a Komisii P-SAV pre spoluprácu s vedeckými spoločnosťami za podporu pri vzniku tejto práce.

This publication was supported by the Grant Agency of the Slovak Republic under the project VEGA No. 2/0079/11 and the Commission of SAS for partnership with Scientific Societies.



OBSAH	CONTENT	
Úvod	Preface	2
<i>F. Smolen a M. Ostrožlík</i> Z histórie meteorologického observatória na Skalnatom Plese	From the history of meteorological observatory at Skalnaté Pleso	4
<i>V. Bezák a D. Majcin</i> Stručná charakteristika geologických a geomorfologických pomerov v okolí Skalnatej doliny	Brief description of geological and geomorphological characteristics of Skalnata dolina valley	7
<i>J. Škvarenina a P. Fleischer</i> Bioklimatické a vegetačné pomery	Bioclimatological and phytosociological conditions	11
<i>M. Ostrožlík</i> Globálne slnečné žiarenie	Global solr radiation	16
<i>D. Bilčík</i> Slnečný svit	Sunshine duration	19
Oblačnosť	Cloudiness	23
Databáza a ročenka radiačných a meteorologických meraní	Database and yearbook of radiation and meteorological measurements	26
<i>H. Hlavatá</i> Teplotné pomery	Air temperature conditions	29
<i>J. Mačutek a S. Bičárová</i> Vlhkosť vzduchu	Air humidity	34
<i>E. Čepčková</i> Atmosférické zrážky	Atmospheric precipitation	37
<i>L. Holko</i> Snehová pokrývka	Snow cover	43
<i>J. Mačutek</i> Tlak vzduchu	Air pressure	47
<i>S. Bičárová</i> Vietor	Wind	49
Ozónové znečistenie vzduchu	Ozone air pollution	54
<i>S. Bičárová a A. Radimáková</i> Výskumné aktivity GFÚ SAV vo Vysokých Tatrách a knižnica publikácií	Research activities of GPI SAS in the High Tatras and Library of publications	59

ÚVOD

Poznávanie tatranskej prírody má dôležité miesto v histórii vedeckého bádania na Slovensku. Už v 18. storočí bola aktívna vedecká komunita domácich a zahraničných prírodovedcov, ktorí úspešne spolupracovali pri bádateľských expedíciách do neznámeho vysokohorského prostredia. Švédsky botanik G. Wahlenberg, poľský geológ S. Staszic, domáci učitelia ako T. Mauksch, M. Szontág, bratia Genersichovci, M. Greisiger alebo A. Grosz svojou zanietenu prácou prispeli k rozvoju vedy a vzdelanosti v európskom priestore. Počas svojho pôsobenia v Tatrách vykonávali rôzne výskumné aktivity vrátane meteorologických pozorovaní. Systematické meteorologické merania však začali až po vytvorení základnej siete pozorovateľských staníc na území vtedajšieho Rakúsko-Uhorska. Budovanie turistických osád a klimato-terapeutických liečební v 19. storočí prispelo k vzniku ďalších meteorologických staníc v Starom Smokovci, Tatranskej Lomnici a na Štrbskom Plese.

Výstavba lanovej dráhy na Lomnický štít umožnila v roku 1939 zriadenie meteorologickej stanice na Skalnatom Plese vo výške 1769 m nm. V tomto období pôsobil dr. Antonín Bečvář (1901-1965) ako klimatológ Štátnych kúpeľov na Štrbskom Plese a s veľkým záujmom sa venoval tiež astronómii. V náročných vojnových podmienkach inicioval výstavbu observatória pri Skalnatom plese. Už koncom roku 1943 mohli pozorovatelia v novej budove observatória pokračovať vo svojej práci pod hlavičkou Vojenskej leteckej poveternostnej stanice.

Od roku 1962 je meteorologické observatórium pracoviskom SAV. Doc. F. Smolen tu vytvoril experimentálnu základňu pre aktinometrické merania a spolu s dr. M. Ostrožlíkom sa venovali systematickému štúdiu radiačných procesov v prízemnej vrstve atmosféry. Funkčnosť prístrojového vybavenia a technické zázemie starostlivo zabezpečoval O. Jakubjak a ďalší dlhoroční pracovníci ako J. Krempaský, J. Krasuľa, I. Bohuš, D. Božík a i. V súčasnosti pokračujú meteorologické pozorovania i aktinometrické merania a to v spolupráci s SHMÚ. Od roku 1943 po súčasnosť máme tak k dispozícii zaujímavý dlhodobý rad údajov.

V tejto publikácii čitateľ nájde stručné zhrnutie výsledkov meteorologických meraní na observatóriu Skalnaté Pleso za posledných 70 rokov. Veríme, že poskytne zaujímavé informácie o premenlivosti klimatických podmienok v tatranskom prostredí. Najmä v poslednej dekáde bola oblasť Vysokých Tatier zasiahnutá viacerými živelnými udalosťami (silná víchrica, lesné požiare, privalové dažde, invázia podkôrnikového hmyzu) a extenzívnym budovaním turistických centier a lyžiarskych areálov. Tieto situácie a následné opatrenia výrazným spôsobom zmenili charakter tatranskej krajiny. Prírodné prostredie v zmenenej krajine skúmajú vedci s rôznym odborným zameraním. Interdisciplinárny výskum vo Vysokých Tatrách môže poskytnúť zaujímavé poznatky a komplexný pohľad na meniace sa prírodné prostredie.

V roku 2013 si pripomíname 60. výročie založenia Slovenskej akadémie vied (SAV). Vznik najvýznamnejšej slovenskej vedeckej ustanovizne bol právne deklarovaný zákonom č. 1 z 18. júna 1953, čím vyvrcholili dlhoročné snahy o inštitucionalizáciu a profesionalizáciu vedy na Slovensku. SAV bola zriadená ako národná vedecko-výskumná inštitúcia s cieľom vytvoriť podmienky pre rozvoj slobodného vedeckého bádania na Slovensku. Nech teda vedecké bádanie sústredené okolo meteorologického observatória na Skalnatom Plese aj v budúcnosti bude obohatením pre vedeckú obec i verejnosť.

prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.
Výbor Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti

RNDr. Ladislav Brimich, CSc.
Riaditeľ Geofyzikálneho ústavu SAV

PREFACE

The exploration of the High Tatras' environment has played an important role in the history of scientific research in Slovakia. Already in the 18th century, many foreign as well as local naturalists conducted research explorations into unknown high mountain areas. Swedish botanist G. Wahlenberg, Polish geologist S. Staszic, and many local scholars T. Mauksch, M. Szontag, M. Greisiger, A. Grosz and the Genersich brothers, all contributed with their dedicated research to the advancement of science and scholarship within Europe. While working in the High Tatras, they carried out many scientific activities including meteorological observations. However, meteorological data has been collected systematically only since the founding of the base network of observation stations in former Austro-Hungarian Monarchy. The development of settlements and therapeutic spas further facilitated the creation of additional observation stations in Starý Smokovec, Tatranská Lomnica, and at Štrbské Pleso.

In 1939, the construction of the suspended cableway to Lomnický štít enabled the placement of an observation station in the vicinity of Skalnaté pleso tarn. Dr. Antonín Bečvář (1901-1965), the climatologist in the Štátne kúpele at Štrbské Pleso and an enthusiastic astronomer, was the main force behind the construction of the Observatory at Skalnaté Pleso during the difficult years of World War II. By the end of 1943, meteorological observers carried out their measurements from this new site under the name of the Military Air Weather station.

Since 1962, the Meteorological Observatory Skalnaté Pleso has been a workplace of the Slovak Academy of Sciences (SAS). Associate professor Doc. F. Smolen established here the experimental base for actinometric measurements and together with Dr. M. Ostrožlik conducted the studies of solar radiation processes in the boundary layer of atmosphere. Throughout the years, O. Jakubiak and other longtime employees J. Krempaský, J. Krasuľa, I. Bohuš, D. Božík etc. provided maintenance and excellent technical support. Today, the measurements continued under partnership with Slovak Hydrometeorological Institute. From 1943 through the present, the measurements collected from this site have provided an interesting long-term data series for analysis.

This publication gives a concise review of all the meteorological measurements at the Observatory Skalnaté Pleso throughout the past 70 years. We believe that it will provide an interesting picture of the climate variability in the High Tatras. During the past decade, the High Tatras have been negatively affected by several natural disasters (strong windstorms, forest fires, flooding, insect invasions, etc.) as well as by an extensive construction of tourist centres and development of ski resorts. These events contributed to several visible landscape changes in the area. Scientists of various backgrounds continue to study the environmental changes. This interdisciplinary research should provide a more complete view of the changing environment.

In 2013, SAV is celebrating the 60th anniversary of its founding. It was established on June 18, 1953 by Law 1 as the most important national scientific institution to facilitate the development of scientific research in Slovakia. We hope that the research activities of the Geophysical Institute SAS at the Observatory Skalnaté Pleso will continue to enrich the scientific community as well as the larger public.

Prof. Jaroslav Škvarenina
Slovak Bioclimatological Society Committee

Dr. Ladislav Brimich
Head of Geophysical Institute SAS

Z HISTÓRIE METEOROLOGICKÉHO OBSERVATÓRIA NA SKALNATOM PLESE

František Smolen a Marian Ostrožlák

FROM THE HISTORY OF METEOROLOGICAL OBSERVATORY AT SKALNATÉ PLESO

Abstract: Establishment of the Meteorological observatory Skalnaté Pleso (1778 m a.s.l.) is associated with appropriate conditions during construction of cableway in altitudinal transect Tatranská Lomnica-Skalnaté Pleso-Lomnický štít at the turn of 1930s and 1940s. The main goal of the observatory is to obtain the valuable meteorological data that are necessary for the solution of the scientific research problems in the branch of the transport and transmissivity of solar energy, energetic balance, as well as the deformation of meteorological fields in the morphological complex terrain. Obtained results are introduced in many publications of research workers above all from the Geophysical Institute of the Slovak Academy of Sciences.

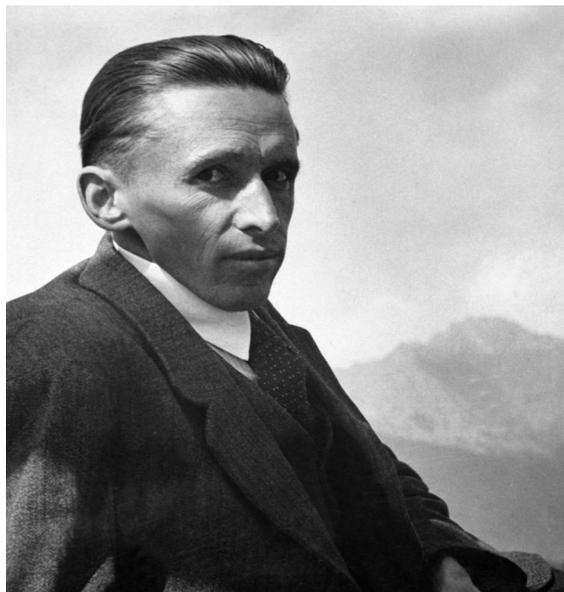
Jedným z impulzov výstavby observatória na Skalnatom Plese bola túžba odborníkov po poznaní stavu atmosféry a režimu počasia vo vysokohorských podmienkach. Už koncom 19. stor. sa o to usilovali meteorológovia.

Priaznivá situácia sa ukázala až v r. 1936, kedy sa začal definitívne stavať tretí variant lanovky na trase Tatranská Lomnica – Skalnaté Pleso – Lomnický štít. Takto sa ako prvá uchytila na Skalnatom Plese meteorológia. Jej pracovníci sa usídlili v budove lanovky, a tak prvé meteorologické pozorovania začínajú už v lete r. 1939 v

nadmorskej výške 1769 m. Toto umiestnenie stanice bolo len prechodné, pretože v r. 1943 bola na Skalnatom Plese dostavaná nová budova Astronomického observatória, ktorá sa stala tiež stánkom meteorológie.

Iniciátorom výstavby nového observatória bol dr. Antonín Bečvář, ktorý pracoval od r. 1937 ako klimatológ v štátnych kúpeľoch na Štrbskom Plese.

Z histórie výstavby observačnej budovy treba poznamenať, že prvý výstrel hĺbiaci základy nového vedeckého pracoviska zaznel na jar r. 1941 a už v lete r. 1943 sa do budovy nastahovali prví obyvatelia odhaľujúci tajomstvá vesmíru a atmosféry.



Dr. Antonín Bečvář (1901-2001).
Zakladateľ observatória. Observatory founder.



Výstavba observatória.
Construction of the observatory.

V činnosti meteorologického observatória na Skalnatom Plese možno vymedziť niekoľko období: počiatkové obdobie 1939-1943, obdobie 1943-1960, 1961-1962 a obdobie po roku 1962. Prvé obdobie, rok 1939 až prvá polovica r. 1943, sa vyznačovalo tým, že meteorologické pozorovania boli vykonávané pri budove visutej lanovky „Encián“. Nové pracovisko, ktorého vedením bol poverený dr. Bečvář, bolo evidované ako „Vojenská letecká poveternostná stanica 17“. Stanica bola vybavená všetkými základnými meteorologickými prístrojmi, okrem slnkomeru. Hoci práce metodicky riadil Štátny hydrologický a meteorologický ústav v Bratislave, služby na stanici boli zabezpečované pracovníkmi armády. Napriek tomu, že personálna výmena v službe bola veľmi častá, môžeme konštatovať, že pozorovateľské záznamy boli pomerne podrobné.

Koncom r. 1943 bola meteorologická stanica premiestnená do novostavby Astronomického observatória s nadmorskou výškou 1783 m. Pracovná náplň meteorologickej stanice sa nemení, avšak správa stanice podlieha rýchlym zmenám. Od 12. októbra 1944 funkciou správcu stanice bol poverený p. Sobek.

V januári 1945, v dôsledku evakuácie prístrojov, boli prerušené meteorologické merania, a to v čase od 22. 1. 1945 do 29. 1. 1945. Chýbajúce údaje boli doplnené podľa pozorovaní vo Vyšných Hágoch a na Štrbskom Plese. Zo záznamov údajov stanice vidíme, že ani počas prechodu frontu neboli meteorologické merania prerušené na dlhšiu dobu. Jedna ustupujúca nemecká jednotka dostala pred svojim odchodom príkaz zničiť všetko zariadenia Astronomického observatória. Pracovníci lanovky však odmietli vyviešť nemeckých vojakov na Skalnaté Pleso a pre zlé počasie a nedostatok času sa už vojaci na observatórium nedostali. Vyhodili však do vzduchu dolnú stanicu lanovky, prvý stožiar a prerušili elektrické vedenie na Skalnatom Plese.

Od júla 1946 začína meteorologická stanica pozorovať ako Štátne meteorologické observatórium Skalnaté Pleso so správcom dr. Bečvářom. Správcom observatória od septembra 1950 až do júna 1952 sa stáva p. Mrkos a po ňom bol menovaný p. Petrek. Od marca 1954 sa mení názov observatória na „Hydrometeorologický ústav – observatórium Skalnaté Pleso“. Pracovná náplň observatória sa nemení.

V decembri 1960 Hydrometeorologický ústav - odbor klimatológie - Slovensko v Bratislave ukončil činnosť na observatóriu Skalnaté Pleso ako profesionálnej meteorologickej stanici. Meteorologické pozorovania prevzali do svojej vedľajšej náplne pracovníci Astronomického ústavu SAV. Vykonávali sa bežné termínové meteorologické pozorovania a registrácia základných meteorologických prvkov. Ukázalo sa, že takýmto spôsobom nie je možné zabezpečovať pozorovateľskú činnosť na požadovanej úrovni.

Mesiac	Rok 1943												Dňa						
Vojenská poveternostná stanica v Skalnatom Plese													17						
A. Riadne pozorovania termínová.																			
Pozorovanie v hodine	6:55	7:55	8:55	9:55	10:55	11:55	12:55	13:55	14:55	15:55	16:55	17:55	18:55	19:55	20:55	21:55	22:55	23:55	24:55
Teplota na slnkomer	16.1	16.8	17.8	18.8	19.8	20.8	21.8	22.8	23.8	24.8	25.8	26.8	27.8	28.8	29.8	30.8	31.8	32.8	33.8
Teplota v tieni	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0
Teplota v tieni v 2 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 1 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.5 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.2 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.1 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.05 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.02 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.01 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00000001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000000001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000000001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00000000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00000000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00000000001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000000000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000000000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000000000001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000000000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000000000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000000000001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00000000000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00000000000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.00000000000001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000000000000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000000000000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.000000000000001 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000000000000005 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
Teplota v tieni na 0.0000000000000002 m	7.5	8.0	8.5	9.0	9.														

Preto po rokovaníach dr. Smolena s riaditeľkou Astronomického ústavu SAV dr. Pajdušákovou bolo dohodnuté, že pracovisko na Skalnatom Plese prejde do správy bývalého Laboratória pre meteorológiu a klimatológiu SAV, a tak od septembra 1962 meteorologické pracovisko na Skalnatom Plese dostáva nové poslanie. Bola vypracovaná nová koncepcia, ktorá odpovedala výskumnému programu vtedajšieho formujúceho sa Ústavu meteorológie a klimatológie SAV. Hneď na začiatku bolo potrebné obnoviť prístrojovú techniku pre bežnú meteorologickú činnosť a súčasne vybaviť observatórium dostupnou prístrojovou technikou pre aktinometrické a gradientové merania. V prvých mesiacoch radiačné a gradientové merania sa robili v intervale 2 hodiny a za vhodných podmienok i v nočných hodinách.

V r. 1963 boli na observatóriu inštalované bodové zapisovače, ktoré umožnili nepretržitú registráciu jednotlivých zložiek radiačnej a energetickej bilancie. Podstatne sa rozšírilo vybavenie pracoviska prístrojovou technikou. Celkový chod registračných meracích prístrojov a ich údržbu zabezpečuje p. Jakubják. V poslednej dobe je na ústave inštalovaná ústredňa a hodinové údaje sú spriemerované zo 6-tich okamžitých hodnôt v každej 10-tej minúte. Hlavným poslaním meteorologického observatória na Skalnatom Plese bolo a je získavanie cenných meteorologických údajov, ktoré sú dôležité pre riešenie vedecko-výskumných úloh v oblasti prenosu a transformácie žiarivej energie, energetickej bilancie a deformácií meteorologických polí v zložitom, morfológicky značne členitom prostredí. Svojou polohou a pracovným programom zohráva dôležitú úlohu v oblasti vedeckého poznávania.

Literatúra

- Konček, M., 1974: Klíma Tatier. Veda, Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 855 s.
Smolen, F., 1990: Päťdesiat rokov činnosti meteorologického observatória na Skalnatom Plese. In: Sympóziu k 50. výročiu činnosti meteorologického observatória Skalnaté Pleso (zost. E. Závodská), Stará Lesná, 8. až 12. októbra 1990, 13-21.

Autori

Doc. RNDr. František Smolen, DrSc., Kafendova 4, 830 05 Bratislava

RNDr. Marian Ostrožlík, CSc., Púpavová 2, 841 04 Bratislava

Prakticky všetky údaje, získané až do r. 1960 sú obsiahnuté v podrobnej monografii „Klíma Tatier“ (Konček a kol., 1974). Získané výsledky, najmä v oblasti teplotných a cirkulačných zákonitostí, jasne poukazujú, že ide o významnú svahovú stanicu, čo zvlášť potvrdzuje analýza meraní prúdenia vzduchu. V dôsledku priaznivých orografických podmienok veľmi často tu dochádza k zosilňovaniu rýchlosti prúdenia vzduchu. Absolútne maximum nárazu rýchlosti vetra, ktoré bolo zaznamenané 29. 11. 1965 dosiahlo 283 km.h⁻¹. Novšie výsledky, získané najmä po roku 1960 sú obsiahnuté v prácach pracovníkov a bývalých pracovníkov Geofyzikálneho ústavu SAV, publikovaných tak v domácich, ako aj v zahraničných odborných časopisoch. Jednotlivé práce podávajú podrobnú analýzu radiačných, teplotných, cirkulačných a vlhkovstných pomerov v oblasti Vysokých Tatier. Podrobnejšie informácie o činnosti meteorologického observatória na Skalnatom Plese možno nájsť v publikácii doc. Smolena (1990).



Meteorologické observatórium v 60-tych rokoch minulého storočia a prístroje na meranie energie slnečného žiarenia.

Meteorological Observatory in the 1960s and equipments for measuring of solar radiation energy.

STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA GEOLOGICKÝCH A GEOMORFOLOGICKÝCH POMEROV V OKOLÍ SKALNATEJ DOLINY

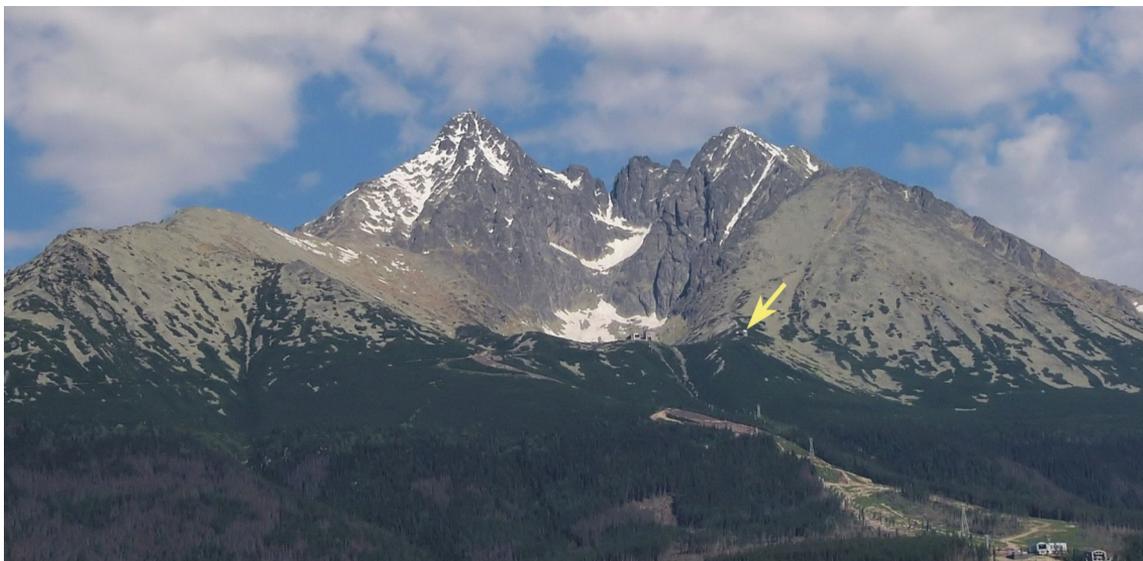
Vladimír Bezák a Dušan Majcin

BRIEF DESCRIPTION OF GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL FEATURES IN THE VICINITY OF SKALNATÁ DOLINA VALLEY

Abstract: In the contribution, there are briefly described geomorphological and geological phenomena of Skalnatá dolina surroundings. This valley belongs to glaciers ones of the Tatry Mts. with remnants mainly of lateral moraines and glacier lake. From the Quaternary cover are preserved also various types of slope sediments (deluvial). The valley is built mostly by typical Tatra granite (grey medium grained two-micas granodiorite), but in the Svišťovky area are occurred granites with pink-red phenocryst of K-feldspars. Expressive faults and mylonite zones is possible to observe within walls of adjacent peaks.

Meteorologické observatórium GFÚ SAV je situované na východnom okraji Skalnatej doliny pod svahmi horskej skupiny Lomnického štítu (obr. 1). Oblasť patrí k najvýchodnejším častiam Vysokých Tatier prislúchajúcim k regionálno-geomorfologickému celku Tatry (podľa *Mazúra a Lukniša, 1978*). Celé pohorie je z hľadiska geologickej histórie relatívne mladé. Spod niekoľko km hrubých usadenín starotrefohorného mora sa začalo dvíhať len pred asi 10 – 11 mil. r. a dvíha sa dodnes. Celkove sa odhaduje za toto

obdobie výzdvih asi o 5 – 6 km, čo odpovedá rýchlosti výzdvihu asi 0,5 – 0,6 mm za rok. Takéto hodnoty sú u mladých pohorí obvyklé aj inde vo svete. V súčasnosti je výškový nárast redukovaný intenzívnym pôsobením erozívnej činnosti najmä vody a vetra. Počas spomenutého výzdvihu, ktorý sa dial na zlomoch, sa na povrch dostali pôvodné horninové komplexy Tatier – kryštalické prvohorné horniny, hlavne rôzne typy žúl a v Západných Tatrách aj metamorfované horniny (ruly, svory, amfibolity).



Obr. 1. Poloha Meteorologického observatória GFÚ SAV pri Skalnatom plese pod masívom Lomnického štítu. Pohľad od Starej Lesnej.

Fig. 1. Position of Meteorological Observatory GPI SAS near Skalnate pleso tarn under the massif of Lomnický štít peak. View from Stará Lesná site.

Foto/Photo D. Bilčík

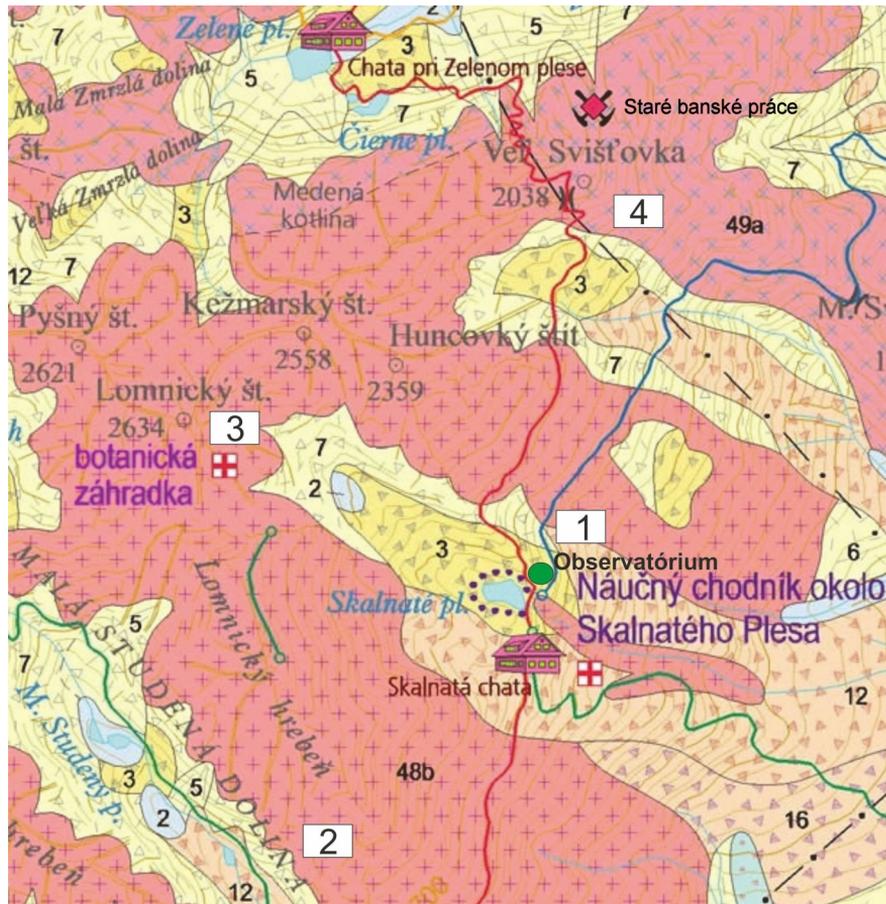
Druhohorné sedimentárne komplexy, ktoré tvoria akýsi obal kryštalinika vystupujú v dôsledku asymetrie tektonických pohybov hlavne na severnej a východnej strane pohoria.

Kvárterný sedimentárny pokryv žulového podlažia tvoria hlavne rozličné typy svahovín a sutín. Ich tvorbu okrem zvetrávania vplyvom vody, snehu, vetra, podmienili gravitačné procesy. Svahoviny sa väčšinou tvorili od vrchného pleistocénu dodnes (Maglay in Bezák et al. 2011). Najvýznamnejšie zastúpenie majú hlavne balvanito-blokové akumulácie periglaciálnych sutinových kuželov a prúdov. Významnú plochu zaberajú aj svahové sutiny. Litologické sú veľmi pestré: od balvanitých, kamenitých, piesčito-kamenitých alebo hlinito-kamenitých až po hlinito-piesčité. Hrubé balvanito-blokové

svahové sutiny predstavujú druhotne vodnými tokmi rozvlečené sedimenty morén. Nachádzajú sa hlavne pozdĺž skalných stien ľadovcových dolín.

Ľadovcové sedimenty majú na území Tatier výnimočné postavenie. Mohutné piesčito-kamenito-blokové akumulácie (morény) sú výsledkom pohybu horských ľadovcov, ktoré sa tvorili v niekoľkých etapách zaľadnenia Tatier (Lukniš, 1973). Vnútri pohoria ide najmä o sedimenty bočných a stredových morén, ktoré pokrývajú dná a svahy dolín modelovaných ľadovcami.

Na obrázku 2 je zobrazená mapa širšej oblasti Skalnatej doliny s charakteristickými prvkami geologickej stavby i geomorfológie ľadovcových dolín.



Kvartérne sedimenty

Holocén:

- 2 - riečne sedimenty;
- 3 - ľadovcové sedimenty;

Pleistocén/holocén:

- 5 - svahovo-výplavové sedimenty;
- 6 - svahovo zvetraninové sedimenty;
- 7 - osypy, svahové prúdy, skalné zrútenia, blokoviská, kamenné moria;

Vrchný pleistocén:

- 12 - ľadovcové sedimenty;

Stredný pleistocén:

- 16 - ľadovcové sedimenty;

Kryštalinikum:

- 48b - biotitické až dvojsľudové granodiority až granity;
- 49a - porfýrické granity s výrastlicami ružovočervených daselných žilcov.

Lokality

(čísla v obdĺžnikoch):

- 1 - Skalnatá dolina a Skalnaté pleso;
- 2 - Lomnický hrebeň;
- 3 - Lomnický štít;
- 4 - Huncovská kotlina a sedlo pod Svišťovkou.

Obr. 2. Geologicko-turistická mapa okolia Meteorologického observatória pri Skalnatom plese (prevzaté z Bezák et al. 2011) s vyznačením opísaných lokalít.
Fig. 2. Geological-touristic map of the Meteorological observatory surroundings near Skalnaté pleso tarn (after Bezák et al. 2011) showing the described localities.

Samotná Skalnatá dolina (lokalita 1 na obr. 2) predstavuje hlboký kotol „zakliesnený“ do rázsochy medzi Lomnickým hrebeňom a Huncovským štítom. Ladovec, ktorý ho vytvoril, bol v čase posledného zaľadnenia hrubý okolo 75 m. Skalnatá dolina sa začína tzv. Cmíterom, úzkym výbežkom pod južnou stenou Lomnického štítu, kde sneh zvykne ostávať niekedy aj po celý rok. Cmíter sa končí na skalnom stupni vo výške približne 2160 m n. m. Pod ním sa nachádza panva už vyschnutého Lievikového plesa. Steny karového stupňa lemuje veniec úsypov, pretože sem ústia všetky žlaby zo stien kotla. Nižšie ležiace Skalnaté pleso je situované za čelnou morénou, ktorá je v nadmorskej výške 1750 m. Pod Skalnatým plesom možno sledovať bočné morény (obr. 3).

Skalnatá dolina je otvorená smerom na juhovýchod. Z ostatných strán je obklopená hrebeňmi tvorenými granitoidnými horninami reprezentovanými v tejto oblasti hlavne rovnomernezrnitým biotitickým granodioritom. Na západ od Skalnatej doliny sa nachádza Lomnický hrebeň (lokalita 2) s výškou na úrovni nad 2000 metrov, ktorého svahy budované granodioritom so sutinovým pokryvom pomerne strmo klesajú smerom ku Skalnatému plesu. Od Lomnického sedla začína najvyššia časť hrebeňového lemu Skalnatej doliny (lokalita 3). Hrebene sú ostro rezané a svahy prudko klesajú do dolín na oboch stranách - severne i južne. Dominujú známe štíty Lomnický a Kežmarský, ktoré patria k najvyšším v Tatrách. V stenách štítov je možné pozorovať množstvo puklín a tektonických porúch, ktoré sú dôsledkom tektonických pohybov masívu Tatier. Aj najvýchodnejší z týchto štítov - Huncovský štít má steny privrátené k Skalnatej doline veľmi prudké a bralnaté. Pozdĺž doliny, teda juhovýchodným až východným smerom, však jeho svahy nie sú až také prudké (najmä v pasážach blízko nad úrovňou Skalnatého plesa) a sú pomerne hladko povrchovo modelované. V dolnej časti sú svahy Huncovského štítu prekryté ľavostrannými bočnými morénami. Na nich je situované aj Meteorologické observatórium GFÚ SAV.

Ostatnou lokalitou je Huncovská kotlina a sedlo pod Svišťovkou (lokalita 4 na obr. 2). Nachádza sa pod Malým Kežmarským štítom medzi Huncovským štítom a Veľkou Svišťovkou. Huncovská kotlina je príhľou dolinou ku Skalnatej s pozíciou mierne na východ. Bola taktiež modelovaná ľadovcom. Z množstva morén, ktoré tu vytvoril menší ľadovec, si možno povšimnúť najvýraznejšiu, ktorú pretína chodník zo Skalnatého plesa na Malú Svišťovku v nadmorskej výške 1 561 m. V oblasti Svišťoviek sa nachádzajú zaujímavé typy granitov - vyznačujú sa výraznými ružovočervenými výrastlicami draselných živcov (vysvetlivka 49a v obr. 2).



Obr. 3. Príklady netriedeného materiálu morény v oblasti Skalnatého plesa.

Fig. 3. Examples of unsorted moraine material in the Skalnaté pleso tarn area. **Foto/Photo P. Reichwalder**



Obr. 4. Pozícia Meteorologického observatória GFÚ SAV na ľavostrannej bočnej moréne ľadovca nad Skalnatým plesom.

Fig. 4. The position of the Meteorological observatory on the left-side lateral moraine of the glacier above the Skalnaté pleso tarn. **Foto/Photo P. Reichwalder**

Výrastlice niekedy dosahujú veľkosť aj niekoľko cm (obr. 5). V sedle pod Svišťovkou, ktorá tvorí priechod červeno značenej magistrály k Zelenému plesu, možno pozorovať viacero mylonitových zón, drvené a rozpukané granitoidy, často so zrudnením, ktoré bolo v minulosti predmetom záujmu prospektorov.



Obr. 5. Vľavo typická tatranská žula, vpravo žula s ružovočervenými výrastlicami draselných živcov.
 Fig. 5. Typical type of Tatra granite in the left, granite with pink-red phenocrysts of K-feldspar in the right.

Foto/Photo V. Bezák a L. Kucharič

Literatúra

Bezák, V., Fleischer, P., Hanzel, V., Chovancová, B., Koreň, M., Kyselová, Z., Madarás, J., Maglay, J., Ostrožlík, M., Pavlarčík, S., Reichwalder, P., Bohuš st., I., Čurlík, J., Ferenc, Š., Ferenčík, J., Michalík, D., Soják, M., Kucharič, L., Olšavský, M., Gross, P., Sýkora, M., Borecka, A., Danel, W., Derkacz, M., Gaždzicka, E., Iwanow, A., Piotrowska, K. a Zabielski, R., 2011: Sprievodca ku geologicko-náučnej mape Tatier 1:50 000. (Ed.) Bezák V., ŠGÚDŠ, Bratislava, 99 s. ISBN 978-80-89343-55-3.

Lukniš, M., 1973: Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia. Bratislava, Veda, Vyd. Slov. Akad. Vied, 375 s.
 Mazúr, E. a Lukniš, M., 1978: Regionálne geomorfologické členenie SSR. Geogr. čas. Bratislava, 30/2, 101-122.

Autori

RNDr. Vladimír Bezák, CSc. a RNDr. Dušan Majcin, CSc.
Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 28 Bratislava

BIOKLIMATICKÉ A VEGETAČNÉ POMERY

Jaroslav Škvarenina a Peter Fleischer

BIOClimatological and Phytosociological Conditions

Abstract: The territory of Skalnatá dolina valley is characterized by steep gradient of altitude. Climatic conditions have great impact on vegetation, especially on vertical zoning. There are three vegetation altitudinal zones – supramontane (1250-1550 m a.s.l.), subalpine (1550-1800 m a.s.l.) and alpine (1800-2300 m a.s.l.). Forest is dominant vegetation type in the lower (supramontane) part of Skalnatá dolina (up to 1500 m a.s.l.). According to forest altitudinal classification stands in selected region belong to Norway spruce vegetation zone. Spruce (*Picea abies*) is absolutely dominant tree species. Higher percentage reaches European larch (*Larix deciduas*) either on extremely rocky sites or, conversely, on deep, loamy soils which are often affected by windstorms. Higher part of valley (subalpine) is almost completely covered by Dwarf pine (*Pinus mugo*). The upper part (alpine) is covered by grassy vegetation dominated by *Juncetum trifidi* community and dwarf salix (*Salix herbacea*) on snow bed sites.

Povodie Skalnatého potoka sa vyznačuje osobitnými bioklimatickými a vegetačnými pomermi. Ich výnimočnosť v celoslovenskom kontexte vyplýva najmä z geologických a geomorfologických pomerov s mimoriadne vysokou dynamikou reliéfu a značným sklonom. Tieto faktory spolu s prudko rastúcou nadmorskou výškou vytvárajú v Skalnatej doline osobitý fenomén vysokohorského (alpínske) podnebia. V nižších polohách povodia Skalnatého potoka (zhruba pod 1500 m) môžeme hovoriť o horskom podnebí. Vzťahy medzi klimatickými podmienkami prostredia (makroklima a výšková klíma) sa výrazne prejavujú aj na vegetácii a to predovšetkým na jej stupňovitosti. Jednotlivé vegetačné

stupne majú špecifické bioklimatické podmienky, ktoré spolu s geologickým a pôdnym podložím podmieňujú charakter rastlinných spoločenstiev.

V predmetnom území sa vyskytujú, od údolnej polohy, tieto vegetačné výškové stupne:

- supramontánnny (vyšší horský, 1250-1550 m n.m.)
- subalpínsky (podhôrny, 1550-1800 m n.m.)
- alpínsky (hôrny, 1800-2300 m n.m.)

Z hľadiska bioklimatických pomerov a ekofyziológie rastlín sa výrazne uplatňuje vplyv orografických a expozičných pomerov, napr. pri clonení obzoru, dĺžke ožiarenosti, ale aj v dĺžke trvania snehovej pokrývky a pod.



Obr. 1. Vegetačný pokryv pod masívom Lomnického štítu (2635 m n.m.).

Fig. 1. Landcover vegetation under massif of Lomnický štít peak (2635 m a.s.l.) Foto/Photo J. Mačutek

Montánne a alpínske podnebie je charakteristické výskytom bohatých zrážok, ale aj tu sa uplatňuje orografický faktor, a to hlavne u efektov akými sú náveternosť a záveternosť svahov, zrážkové nadlepšenie či zrážkový tieň, ako aj vrcholová inverzia zrážkových úhrnov a pod. Tiež je častý výskyt hmiel z nízkej oblačnosti (horské hmly) podporujúcej častý výskyt horizontálnych zrážok viditeľne sa prejavujúcich hlavne v zime vo forme námrazy (obr. 2), šedého mrazu, alebo zvýšením porastových zrážok v smrečinách či kosodrevine.

Podiel snehových zrážok na celkovom ročnom úhrne zrážok predstavuje vo výškach 1500 m okolo 45 % avšak v polohách alpínskeho pásma môže presahovať 70 %. Sneh sa udržuje spravidla od polovice septembra do polovice júna v závislosti od expozície a tvaru reliéfu.

Významnú úlohu zohráva vietor. Tento prvok podmieňuje ukladanie a premiestňovanie snehu, ale tiež pôsobí ako významný biometeorologický prvok pri tzv. schladzovaní. Nakoľko odovzdávanie tepla z povrchu organizmov do okolia závisí nielen od teploty vzduchu, ale aj od rýchlosti prúdenia vetra. Prúdiaci vietor má výrazne biometeorologické účinky, napr. podľa hodnoty schladzovacej veličiny pri teplote vzduchu 0 °C a rýchlosti vetra 10 km.h⁻¹ je pocitová teplota -4 °C, avšak pri rýchlosti 40 km.h⁻¹ klesá pocitová teplota až na hodnotu -16 °C. K ďalším biometeorologickým účinkom vetra patrí aj zvýšený výdaj vody, mechanické a deformačné

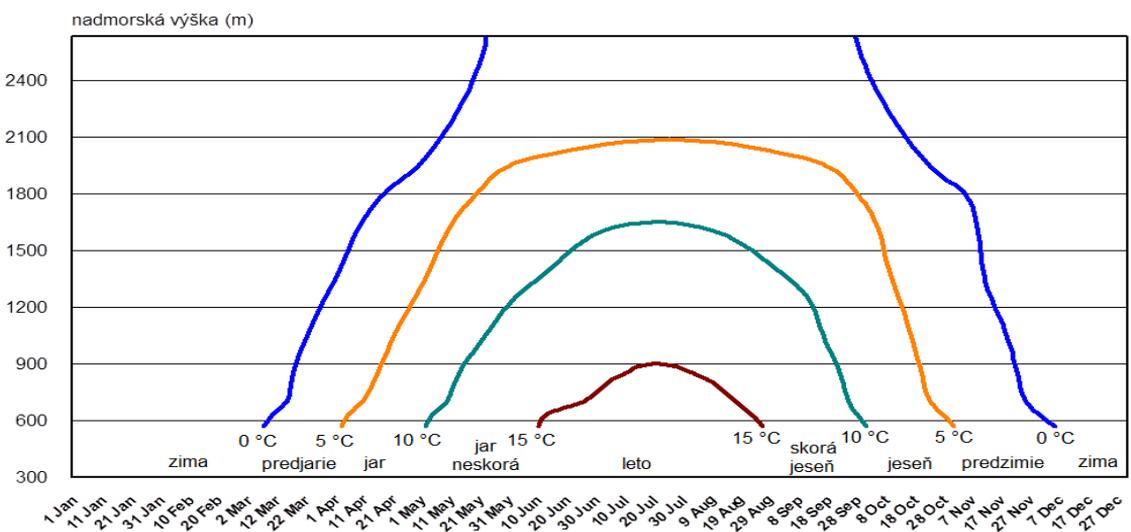


Obr. 2. Námraza na bilancometri – Skalnaté Pleso.
Fig. 2. Atmospheric icing at Skalnaté Pleso.

Foto/Photo D. Božík

účinky (tvorba zástavových korún) a iné.

V ekológii krajiny sa na teplotné hodnotenie územia využíva diagram biometeorologických období (sezón) roka (obr. 3). Diagram potvrdzuje, že typické leto (s priemernými dennými teplotami nad 15 °C) sa v masíve Tatier vyskytuje len približne do nadmorskej výšky 900 m. Vo vyšších polohách postupne zanikajú tradične ponímané ročné obdobia. Napríklad vegetácia alpínskeho stupňa (Skalnaté Pleso v nadm. výške 1778 m) prežíva v podmienkach jari a po chýbajúcom lete plynulo prechádza do jesenného obdobia (Hlavatá et al. 2011). Organizmy adaptované na najvyššie vegetačné stupne alpínskych lúk a subniválneho vegetačného stupňa prežívajú v drsných podmienkach predjaria a predzímia a pod.



Obr. 3. Bioklimatické termické obdobia roka juhovýchodnej časti orografického celku Tatry.
Fig. 3. Bioclimatic thermal periods of the southeastern part of the Tatra orographic unit.

Porovnanie ročných priebehov priemerných zrážok a teploty vzduchu z troch tatranských staníc (obr. 4) v rôznych nadmorských výškach, je znázornený pomocou tzv. klimadiagramov na obr. 5. Spracované bioklimatické

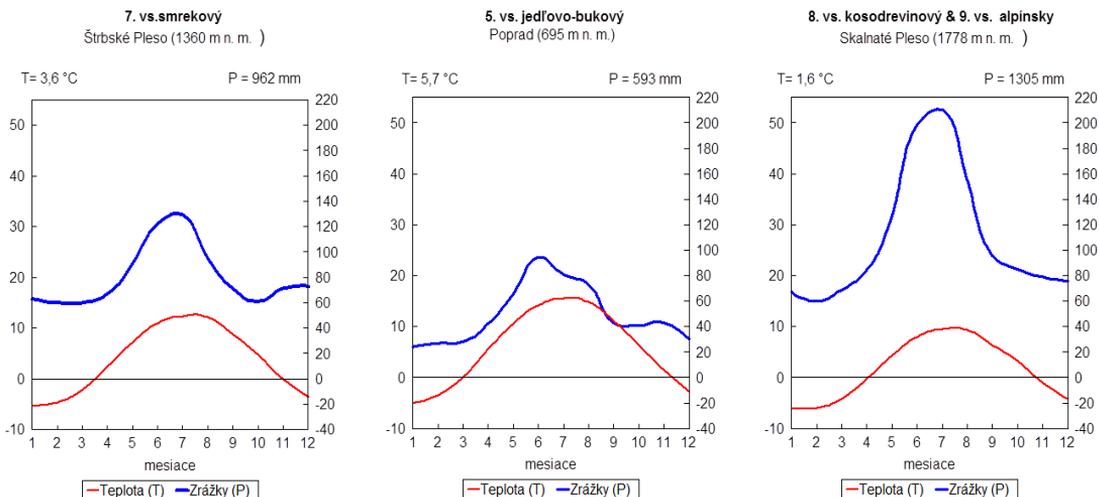
hodnotenie ilustrujú modifikované klimadiagramy (obr. 6), ktoré prezentujú priebeh zrážok (ako príjmovej položky) a potenciálnej evapotranspirácie (ako výdajovej položky vodnej bilancie).



Obr. 4. Tatranské klimatické stanice v rôznych nadmorských výškach: Štrbské Pleso (1360 m n.m.), Poprad (695 m n.m.) a Skalnaté Pleso (1778 m n.m.).

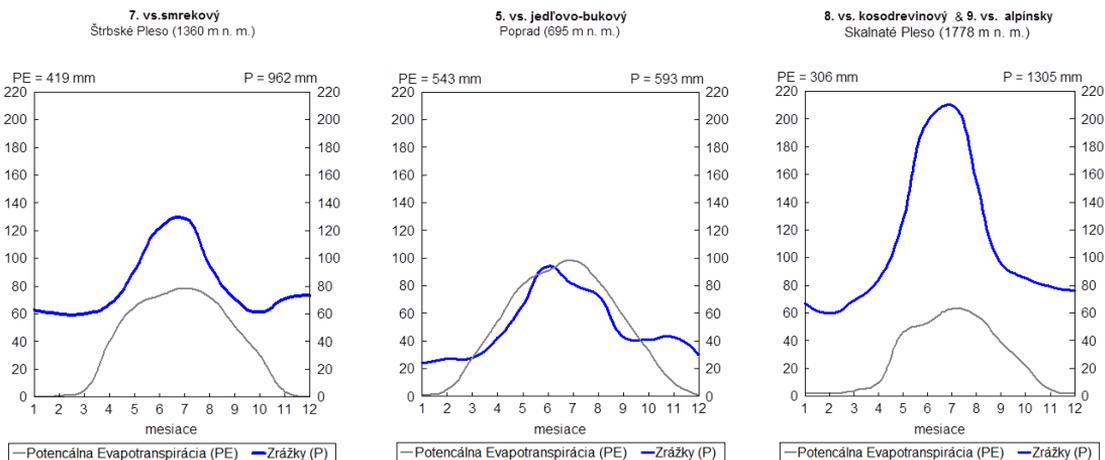
Fig. 4. Selected climatic stations at different altitude positions of the High Tatras region: Štrbské Pleso (1360 m a.s.l.), Poprad (695 m a.s.l.) and Skalnaté Pleso (1778 m a.s.l.).

Foto/Photo P. Bendík



Obr. 5. Klimadiagramy podľa Waltera pre Štrbské Pleso, Poprad a Skalnaté Pleso.

Fig. 5. Walters climate diagrams for Štrbské Pleso, Poprad a Skalnaté Pleso.



Obr. 6. Modifikovaný klimadiagram klimatickej vodnej bilancie pre Štrbské Pleso, Poprad a Skalnaté Pleso.

Fig. 6. Modified climate diagrams of climatic water balance Štrbské Pleso, Poprad a Skalnaté Pleso.

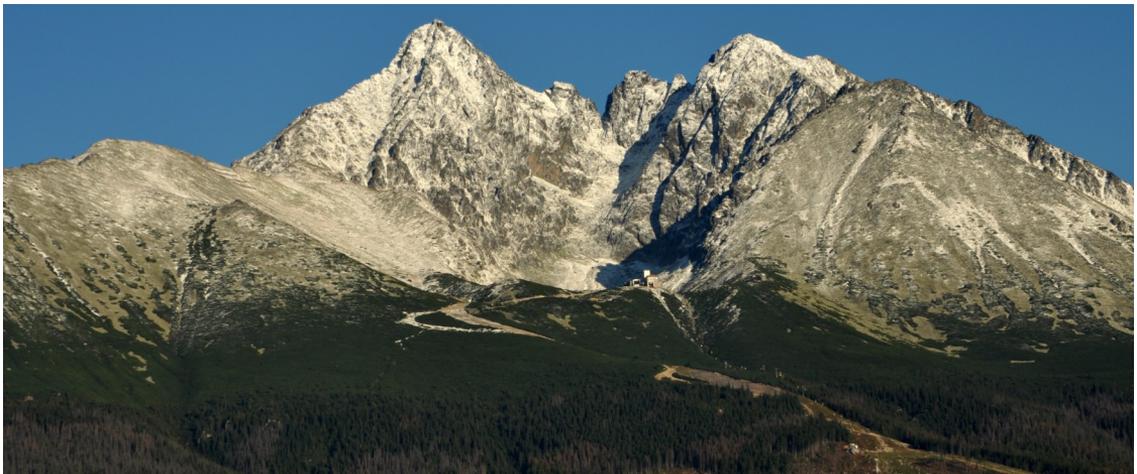
Z uvedeného porovnania (obr. 5, obr. 6) vyplýva niekoľko zaujímavých faktov:

- s rastúcou nadmorskou výškou pomerne rýchlo klesajú teploty vzduchu a evidentne sa skracuje vegetačné obdobie
- vysokopoložené údolia a svahy vykazujú najvyššie úhrny zrážok na Slovensku
- rozloženie a úhrny zrážok sú v Tatrách podmienené nadmorskou výškou, ako aj orientáciou miesta voči prevládajúcemu oceánickému prúdeniu, pričom stanice juhovýchodného masívu Tatier preukazujú vplyvom tzv. „zrážkového tieňa“ ako fenoménu kontinentálnej klímy horského typu mierneho pásma, relatívne nízke zrážkové úhrny, čo sa najvýraznejšie prejavuje na stanici Poprad (ročný úhrn zrážok len 592 mm)
- zrážky monitorované na tatranských staniciach alpínskeho stupňa majú jednoduchý, jednovrcholový ročný chod s mesačným maximom v júli a minimom prevažne vo februári. Letné maximum je viazané na zonálne prúdenie v období tzv. európskeho monzúnu (viacdenné obdobia trvalých dažďov), ako aj dôsledkom letných intenzívnych búrok konvektívneho pôvodu
- amplitúda ročného chodu zrážok (rozdiel medzi najvyššou a najnižšou mesačnou hodnotou) s nadmorskou výškou rastie, amplitúda teploty vzduchu naopak v rastúcou nadmorskou výškou klesá, ako dôsledok väčšieho prúdenie vzduchu a menšieho vplyvu radiačného ochladzovania a ohrievania sa vzduchu od povrchu

- v alpínskom a kosodrevinovom vegetačnom stupni dosahuje evapotranspirácia menej ako 30 % ročného úhrnu zrážok (Tomlain, 1991)
- z hľadiska vodnej bilancie predstavujú vysokohorské a subalpínske polohy najvýznamnejšie oblasti tvorby celoročného odtoku.

Stanica Skalnaté Pleso spadá do bioklimatickej zóny, ktorá je na rozhraní kosodrevinového a alpínskeho vegetačného stupňa. Vysoké úhrny zrážok v porovnaní s nízkou potenciálnou evapotranspiráciou sú dôsledkom nadbytku vody v bilancii kosodrevinového, ale hlavne alpínskeho vegetačného stupňa. V týchto nadmorských výškach sú teplotné pomery pre stromovú vegetáciu už veľmi nepriaznivé. Podľa Midriaka (1993) tu však nejde už o lesy v užšom zmysle slova, ale o trvalú subalpínsku vegetáciu, v ktorej dominujú porasty borovice horskej – kosodreviny (*Pinus mugo*) a len sčasti riedke hlavne smrekové porasty, resp. skupinky stromov v tzv. pásme boja nad hranicou lesa. Klimadiagram vodnej bilancie (obr. 6) názorne poukazuje na fakt, že práve tieto polohy sa rozhodujúcou mierou podieľajú na odtoku v tatranskej riečnej sieti.

Lesná vegetácia reaguje na rastúcu nadmorskú výšku zmenou zastúpenia dominantných drevín. Na základe lesníckej typológie sa lesné porasty v oblasti Skalnatej doliny zaraďujú do týchto (lesných) vegetačných stupňov (od najnižších polôh): smrekový, kosodrevinový. V alpínskom vegetačnom stupni už stromová vegetácia nerastie (obr. 7).



Obr. 7. Lesné porasty v oblasti Skalnatej doliny.

Fig. 7. Forest vegetation in Skalnatá dolina valley.

Foto/Photo J. Mačutek

Smrekový lesný vegetačný stupeň

Klíma sa vyznačuje krátkou vegetačnou dobou a pomerne vysokým nadbytkom zrážok. V porastoch je smrek dominujúcou drevinou. V oblasti povodia Skalnatého potoka je k nemu primiešaný smrekovec opadavý (*Larix decidua*), a ojedinele aj borovica limbová (*Pinus cembra*). Smrekovec i limba má väčšie zastúpenie najmä na balvanitých pôdach, kde im smrek nemôže konkurovať. Smrekovec sa ako relatívne krátkoveká (sukcesná) drevina vyskytuje aj na hlbších, hlinitých pôdach, najmä tam kde sú časté vetrové polomy. Z ihličnatých drevín sa ojedinele vyskytuje aj borovica lesná (*Pinus sylvestris*). Listnaté dreviny sa prirodzene vyskytujú v malej miere, najmä na plochách s rozpojeným porastovým zápojom smreka (po narušení vetrom, hmyzom, ale aj v dôsledku veku). Z listnatých drevín sa uplatňuje jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia*), breza plstnatá karpatiská (*Betula pubescens ssp. carpatica*) a na vlhších, na živiny bohatších lokalitách aj javor horský (*Acer pseudoplatanus*). Smrekový vegetačný stupeň v tejto časti Tatier vytvára klimatickú hornú hranicu lesa. Nad súvislými smrekovými porastami sa nachádza pás rozostupujúcich sa porastov, stromových skupín až jednotlivých stromov, často zmiešaných s kosodrevinou (Hančinský 1977).

Kosodrevinový lesný vegetačný stupeň

Dominantnou drevinou tohto vegetačného stupňa, ktorý sa nachádza vo výške približne 1500-1800 m n.m. je borovica horská – kosodrevina (*Pinus mugo*), (Fleischer 1994). Táto tvorí viacmenej súvislé pásmo nad hornou hranicou lesa s primiešaným smrekom silne obmedzeného vzrastu, jarabinou vtáčou (*Sorbus aucuparia*) vrbou sliezskou (*Salix silesiaca*). Kosodrevina ako vitálna drevina zostúpila aj do nižších polôh, buď po lavínových žľaboch, alebo prenikla na plochách narušených človekom (pastva, turistický ruch, požiare a kalamity). Vegetácia v tomto vegetačnom stupni a hlavne je drevinová zložka má dôležité mimoprodukčné poslanie (ochrana pred lavínami, eróziou pôdy a regulácia vodných zdrojov a i.).

Alpínsky vegetačný stupeň

Tento stupeň sa nachádza približne nad 1800 m n.m. Na miestach s vyvinutou pôdou dominujú krátko steblové trávnaté spoločenstvá triedy *Juncetalis trifidi*. Na miestach s dlhotrvajúcou snehovou pokrývkou sú spoločenstvá plazivej vrby bylinnej (*Salix herbacea*). Horná hranica týchto spoločenstiev je podmienená edaficky. Na miestach skál a blokov dominujú porasty machorastov a lišajníkov.

Literatúra

- Barry, G. R., 1981: Mountain Weather and Climate. London and New York : Methuen, 311 p.
- Fleischer, P., 1994: Lesné rastlinné spoločenstvá. In: Vološčuk, I., a kol.: Tatranský národný park Biosférická rezervácia. Vydala Správa TANAP vo vydavateľstve Gradus, s. 149 – 160.
- Hančinský, L. 1977: Lesnícka typológia v prevádzkovej praxi. Príroda Bratislava, 223 s.
- Hlavatá, H., Škvarenina, J., Čepčeková, E., 2011: Bioklimatické a zrážkové pomery v horských a vysokohorských oblastiach Slovenska na príklade Tatier. Životné prostredie, 45, 2, s. 64-70.
- Midriak, R. 1993: Lesný pôdny fond v horských oblastiach Slovenska – jeho ohrozenie a ochrana. Lesn. Čas.-Forestry Journal, 39, 2, s. 101-115.
- Krečmer et al. 1980: Bioklimatologický slovník terminologický a explikatívny. Praha : Academie, 242 s.
- Škvarenina, J., Tomlain, J., Križová, E., 2002: Klimatická vodní bilance vegetačných stupňů na Slovensku. Meteorologické zprávy – Meteorological Bulletin, Prague, 55, 4, p. 103-109.

Autori

prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra prírodného prostredia, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen
Ing. Peter Fleischer, PhD., VS ŠL TANAP, 059 60 Tatranská Lomnica

GLOBÁLNE SLNEČNÉ ŽIARENIE

Marian Ostrožlík

GLOBAL SOLAR RADIATION

Abstract: Measurements of the global solar radiation at Skalnaté Pleso are systematically carried out from the 1944 year. Missing data are completed by the standard methods using in the meteorological praxis. The obtained results have shown that characteristics of global solar radiation at Skalnaté Pleso are in a good agreement with those reported from other stations. Tendency of annual sums of global solar radiation has decreasing character. The decreasing tendency of the global solar radiation is probably connected with atmospheric composition changes (aerosol amount) as well as with the changes in the atmospheric circulation. Global solar radiation at the average cloud conditions decreases with altitude in the investigated layer. Annual cycle of global solar radiation has a single character with summer maximum and winter minimum. Some decrease of the mean monthly sums of the global solar radiation it can be noticed in June with corresponding sums in May and July.

Globálne žiarenie predstavuje hlavnú zložku v celkovom príjme žiarivej energie na zemskom povrchu. V podstatnej miere určuje energetický stav aktívneho povrchu a priliehajúcich vrstiev atmosféry. Hustota toku globálneho žiarenia je determinovaná takými faktormi, od ktorých bezprostredne závisí hustota toku priameho slnečného žiarenia a hustota toku rozptýleného žiarenia. K takýmto faktorom patria hlavne: výška Slnka, priepustnosť atmosféry, oblačnosť, dĺžka trvania slnečného svitu a iné.

Meranie a registrácia globálneho žiarenia sa systematicky robili na Skalnatom Plese najskôr Robitzschovým bimetalickým pyranographom, neskôr termoelektrickým pyranometrom typu Kipp a pomocou meracej ústredne MIT 350.

Dnes sa ako snímač používa pyranometer typu Sonntag (obr. 1) s galvanicky vyrobenými termočlánkami a merací systém ESM 200. Merania sa zoskenujú za každých 10 minút v miestnom čase, aby sa dali porovnať s výsledkami z iných polôh (Hrvol' a Tomlain, 1991; Smolen, 1981). Namerané údaje sa prepočítavajú na absolútne hodnoty, uchovávajú sa v pamäti počítača a sú registrované ako hodinové priemery zo 6-tich hodnôt. Po starostlivej kontrole sú spoločne s ďalšími meteorologickými prvkami publikované v ročenke. Mnohé kvantitatívne charakteristiky globálneho žiarenia na Skalnatom Plese boli už publikované (Ostrožlík, 1996; Ostrožlík a Horecká, 1996; Ostrožlík a Smolen, 1998; Ostrožlík, 2002; Ostrožlík, 2002).



Obr. 1. Meranie globálneho žiarenia na Skalnatom Plese.

Fig. 1. Measurement of global solar radiation at Skalnaté Pleso.

Foto/Photo I. Bohuš

Podľa našich výsledkov lineárny trend globálneho žiarenia (G) na Skalnatom Plese môžeme analyticky vyjadriť v tvare

$$G = -0,73498x + 1849,399 \quad (1)$$

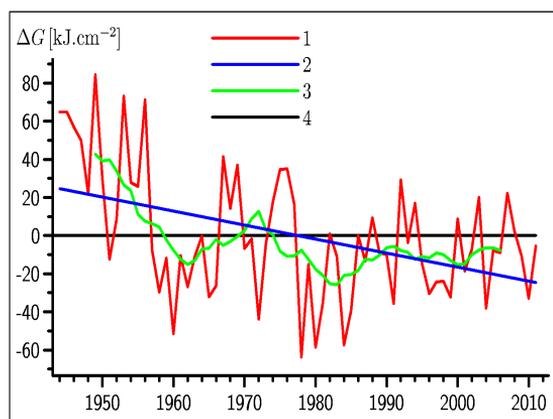
V tab. 1 sú uvedené niektoré štatistické charakteristiky ročných súm globálneho žiarenia na Skalnatom Plese: priemer, medián, extrémne hodnoty, smerodajná odchýlka, koeficient variácie, a iné za roky 1944-2011. Podľa údajov tejto tabuľky vidíme, že priemerná ročná suma globálneho žiarenia na Skalnatom Plese v uvedenom období je $396,5 \text{ kJ.cm}^{-2}$. Najväčšia ročná suma globálneho žiarenia $480,9 \text{ kJ.cm}^{-2}$ sa líši o 21,3% a najnižšia ročná suma $332,7 \text{ kJ.cm}^{-2}$ o 16,1% od dlhodobého priemeru. Z toho vyplýva, že kolísanie ročných súm globálneho žiarenia je v rozmedzí $148,2 \text{ kJ.cm}^{-2}$. Vypočítaná hodnota smerodajnej odchýlky $33,2 \text{ kJ.cm}^{-2}$ predstavuje 8,4% z dlhodobého priemeru.

Tab. 1. Štatistické charakteristiky ročných súm globálneho žiarenia (G) na Skalnatom Plese za obdobie r. 1944 – 2011

Table 1. Statistical characteristics of annual sums of the global solar radiation (G) at Skalnaté Pleso during the 1944–2011 periods

Premenná	$G \text{ [kJ.cm}^{-2}\text{]}$
Rozsah súboru	68
Priemer	396,5
Medián	389,5
Modus	375,5
Geometrický priemer	396,1
Variácia	1102,5
Smerodajná odchýlka	33,2
Štandardná chyba	4,0
Minimum	332,7
Maximum	480,9
Variačné rozpätie	148,1
Dolný kvartil	372,5
Horný kvartil	416,5
Kvartilové rozpätie	44,1
Šikmosť	0,514
Normovaná šikmosť	-0,019
Špicatosť	-0,043
Normovaná špicatosť	0,510
Koeficient variácie	8,375
Suma	26960

Na obr. 2 sú znázornené odchýlky ročných súm globálneho žiarenia od dlhodobého priemeru, jedenásťročných kľzavých priemerov a trendová zložka globálneho žiarenia. Z priebehu kriviek je možno vidieť, že trend globálneho žiarenia na Skalnatom Plese má klesajúcu tendenciu. Za posledných 68 rokov poklesla ročná suma globálneho žiarenia asi o $44,2 \text{ kJ.cm}^{-2}$. Je to výsledok podobný s doteraz publikovanými výsledkami z iných polôh územia Slovenska alebo z ďalších polôh Európy. V týchto prácach sa všeobecne konštatuje, že trend globálneho žiarenia má v posledných rokoch klesajúcu tendenciu.



Obr. 2. Chod odchýlok ročných súm globálneho žiarenia (ΔG) od dlhodobého priemeru v kJ.cm^{-2} (1), ich trendová zložka (2) a chod odchýlok jedenásťročných kľzavých priemerov od dlhodobého priemeru (3) na Skalnatom Plese za obdobie 1944–2011 (hodnota $0,0 \text{ kJ.cm}^{-2}$ (4) predstavuje dlhodobý priemer).

Fig. 1. Course of deviations of annual sums of the global solar radiation (ΔG) from the long-term average in kJ.cm^{-2} (1), the line trend of these deviations (2) and the course of deviations from the long-term average smoothed by eleven-year running averages (3) at Skalnaté Pleso during the 1944–2011 period (value 0.0 kJ.cm^{-2} (4) refers to the long-term average).

Na obr. 3 sú znázornené priemerné mesačné sumy nezchladeného a vyrovnaného chodu globálneho žiarenia, pričom bola použitá harmonická analýza.

Priebeh kriviek ukazuje, že jednoduchý chod globálneho žiarenia má výrazné maximum v letných mesiacoch a výrazné minimum v zimných mesiacoch. Určité relatívne zníženie priemernej mesačnej sumy globálneho žiarenia môžeme pozorovať v júni oproti máju a júlu. 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 priebehu roka.

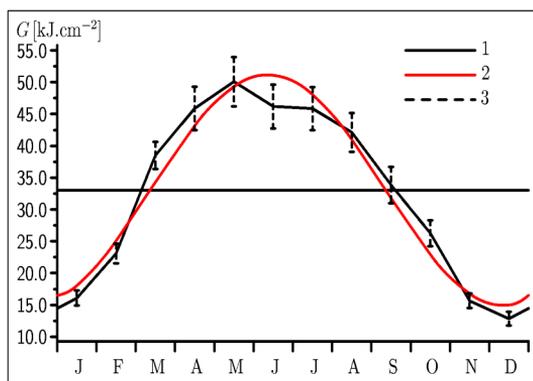
Periodický ročný chod mesačných súm globálneho žiarenia na Skalnatom Plese môžeme vyjadriť prvou harmonickou zložkou v tvare

$$G = 33,039 + 18,100 \sin(x + 303^{\circ}56') \quad (2)$$

kde x znamená časový uhol: $x = iz$, pričom $z = 360^{\circ}/P$ a $i = 0, 1, 2..$ a P značí dĺžku periódy (12 mesiacov). Periodická zmena výšky Slnka je hlavnou príčinou periodickej ročnej zmeny globálneho žiarenia.

Ročné sumy globálneho žiarenia má klesajúcu tendenciu. Klesajúci trend je pravdepodobne spojený so zmenami v zložení atmosféry (Závodský a Závodská, 1992), ako aj so zmenami atmosférickej cirkulácie. Ročný chod má jednoduchý charakter s maximom v lete a s minimom

v zime. Určitý pokles možno pozorovať v mesiaci júni v porovnaní so susednými mesiacmi. Na základe dosiahnutých výsledkov konštatujeme, že charakteristiky globálneho žiarenia na Skalnatom Plese sú v dobrej zhode s výsledkami z iných polôh, a preto mnohé charakteristiky v príjme globálneho žiarenia na Skalnatom Plese môžeme považovať za typické pre našu klimatickú oblasť.



Obr. 3. Ročný chod globálneho žiarenia (G) v kJ.cm^{-2} , (1) jeho prvá harmonická zložka (2) a smerodajné odchýlky (3) na Skalnatom Plese za obdobie 1944–2011.

Fig. 2. Annual course of the global solar radiation (G) in kJ.cm^{-2} (1) and its first harmonic component (2) at Skalnaté Pleso during the 1944–2011 period. Error bars (3) represent variance and indicate variability within the month.

Literatúra

- Hrvol, J., Tomlain, J., 1991: Klimatické zabezpečenie ročných súm globálneho žiarenia na území Slovenska. In: *Biometeorológia v praxi* (zost. F. Špánik a Z. Čabajová). Bratislava, 183–191.
- Ostrožlík, M., 1996: Global radiation and air temperature variations at Skalnaté Pleso. In: *Climate variability and climate change. Vulnerability and adaptation* (ed. I. Nemešová). Praha, 381–384.
- Ostrožlík, M., 2002: Premennivosť globálneho žiarenia vo vysokohorských polohách. In: *Bioklima-prostředí-hospodářství. XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konferencia* (eds: J. Rožnovský a T. Litschmann). Lednice, 2. - 4. 9. 2002. CD-ROM, ISBN 80-85813-99-8, 339–345.
- Ostrožlík, M., 2002: Time variability of global solar radiation in high-mountain regions. *Contr. to Geoph. and Geodesy*, 32, 3, 277–289.
- Ostrožlík, M., Horecká, V., 1998: Variability of global solar radiation at Hurbanovo and at Skalnaté Pleso. In: *Meteorological processes in the boundary layer in atmosphere* (zost. E. Závodská). Bratislava, 42–47.
- Ostrožlík, M., Smolen, F., 1998: Príjem slnečného žiarenia vo vegetačnom období v horských podmienkach. In: *Atmosférická depozícia a ekofyziologické procesy v ekosystémoch*. Technická univerzita vo Zvolene, 235–238.
- Smolen, F., 1981: Globalstrahlung und Bestrahlung der Erdoberfläche in Bratislava. *Contr. Geoph. Inst. of SAS, Ser. Meteorol.*, 3, 15–32.
- Závodský, D., Závodská, E., 1992: Kvalita ovzdušia a zmeny klímy. In: *Národní klimatický program ČSFR*, 7, Praha, 4–50.

Autor

RNDr. Marian Ostrožlík, CSc., Púlpavová 2, 841 04 Bratislava

SLNEČNÝ SVIT

Dušan Bilčík

SUNSHINE DURATION

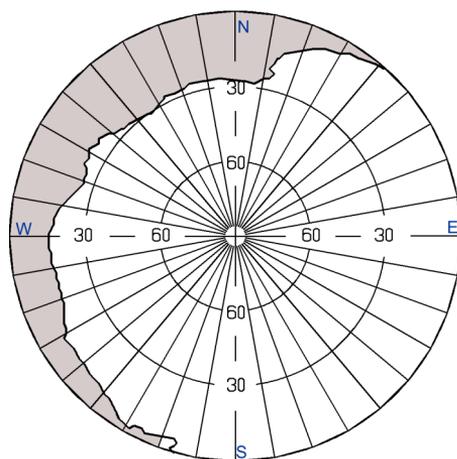
Abstract: Sunshine duration as an important climatological element is measured at the station Skalnaté Pleso since 1941. The Campbell-Stokes recorder equipped with paper tape is continually used for the registration (Fig. 1). In this work we use the measured sunshine duration data from the period 1961-2012. The partially shaded horizon (Fig. 2) of Skalnaté Pleso observatory influences the measured sunshine duration data. The daily sums of sunshine duration were utilized for further processing to determine annual as well as long-term courses and trends. In addition, the daily courses of sunshine duration for individual months were determined with help of hourly data from the period 1990-2012. In order to compare these results with other stations the values of relative sunshine duration have been calculated as well.

Slnečný svit je jedným zo základných klimatologických prvkov, ktoré charakterizujú podmienky príjmu slnečného žiarenia na danom mieste. Tento meteorologický prvok úzko súvisí s pokrytím oblohy oblačnosťou. Dĺžka trvania slnečného svitu sa na observatóriu Skalnaté Pleso meria heliografom typu Campbell-Stokes (obr. 1), kde sa ako záznamové médium používa papierová páska. Slnečné lúče prenikajúce sklenenou guľou sa sústreďujú v ohnisku, ktoré mení svoju pozíciu podľa zdanlivého pohybu slnka po oblohe a v závislosti od pokrytia oblohy oblačnosťou vypaľuje na papierovej páske stopu. Dĺžka slnečného svitu teda zodpovedá dĺžke vypálenej stopy na registračnej páske.

Veľkosť pásov je rôzna pre zimné, letné a prechodné obdobia roka a zohľadňuje výšku a dobu viditeľnosti slnka nad obzorom. Do heliografu na Skalnatom Plese sa od začiatku merania zakladali registračné pásy zelenej farby, od roku 2010 sa používajú pásy modrej farby. Rozdielna citlivosť pásov zelenej a modrej farby môže spôsobiť odchýlky hodnôt mesačných súm len niekoľko percent (*Orliczowa a Peterka, 1974*). Meranie slnečného svitu je ovplyvňované aj rozsahom zaclonenia horizontu. Panoráma horizontu observatória Skalnaté Pleso z pohľadu heliografu je zobrazená na obr. 2. Pre porovnanie s inými stanicami je preto potrebné použiť tzv. relatívny slnečný svit vypočítaný zo skutočne nameraných a efektívne možných hodnôt svitu.



Obr. 1. Heliograf Campbell-Stokes na Skalnatom Plese.
Fig. 1. Campbell-Stokes sunshine recorder at Skalnaté Pleso.
Foto/Photo P. Bendík



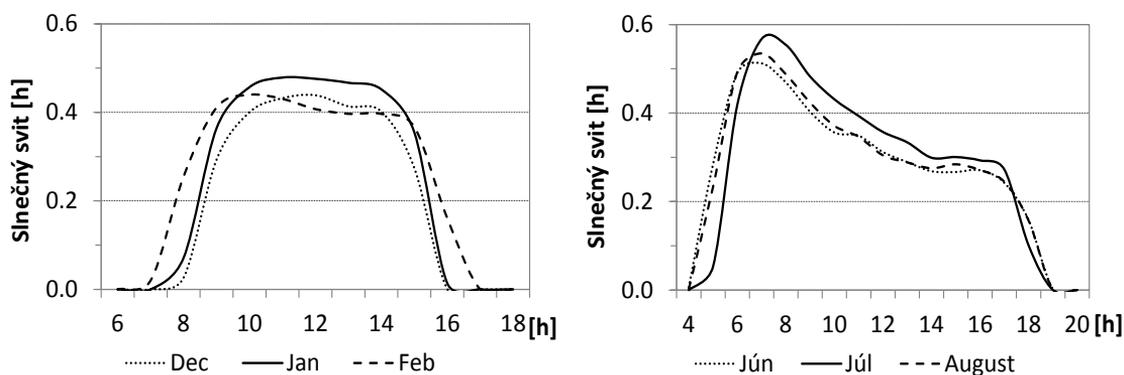
Obr. 2. Panoráma horizontu na stanici Skalnaté Pleso.
Fig. 2. Panorama of the horizon at Skalnaté Pleso.

Na observatóriu Skalnaté Pleso sú záznamy o meraní a vyhodnocovaní dĺžky trvania slnečného svitu od roku 1941 (august), pričom základným podkladom sú denné sumy. Obdobie 1941-1960 je spracované v monografii *Klíma Tatier (Konček a kol., 1974)*. V tejto práci sme použili údaje z obdobia rokov 1961-2012.

Pre svahovú polohu, akú má aj stanica Skalnaté Pleso, je charakteristický asymetrický priebeh dopoludňajších a popoludňajších hodnôt v dennom chode hodinových súm slnečného svitu. Táto asymetria sa vyskytuje predovšetkým v letných mesiacoch a je vyvolaná najmä výskytom kopovitej oblačnosti

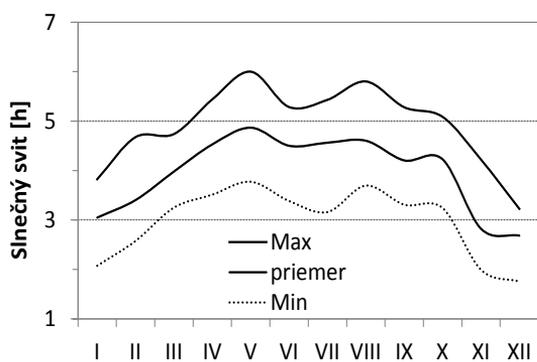
(začína už krátko pred miestnym poludním) a čiastočne aj zaclonením horizontu. V zimných mesiacoch je denný priebeh trvania svitu takmer symetrický voči miestnemu poludniu v dôsledku absencie výskytu konvekčnej oblačnosti v popoludňajších hodinách. Priemerný denný chod trvania slnečného svitu v období 1990-2012 v zimných a letných mesiacoch je zobrazený na obr. 3.

Maximálna denná suma slnečného svitu za obdobie 1961-2012 predstavuje 14 hodín v letných mesiacoch. Tieto absolútne denné maximá sa v spracovanom období vyskytli celkovo iba 4 krát (2 krát v júni a 2 krát v júli).



Obr 3. Priemerný denný priebeh dĺžky trvania slnečného svitu na Skalnatom Plese v zimných (vľavo) a v letných mesiacoch (vpravo) za obdobie 1990-2012.

Fig. 3. Mean daily course of sunshine duration at Skalnaté Pleso observatory in winter (left) and summer (right) months for the period 1990-2012.



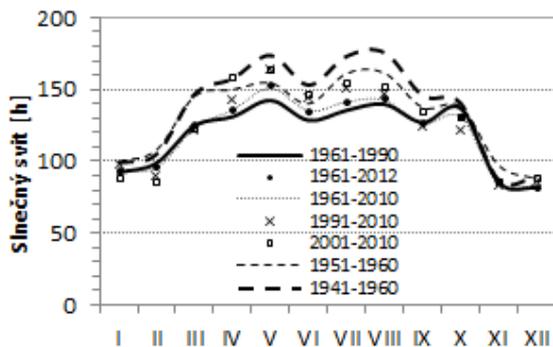
Obr. 4. Mesačné maximá, priemery a minimá priemerných denných súm trvania slnečného svitu na Skalnatom Plese v období 1961-2010.

Fig. 4. Monthly maxima, averages and minima of mean daily sums of sunshine duration at Skalnaté Pleso observatory for the period 1961-2010.

Maximálna denná suma slnečného svitu s najvyššou početnosťou (viac ako 14 %) v uvedenom období je z intervalu 10,1 až 11 hodín. Najvyššiu početnosť priemernej dennej sumy slnečného svitu (takmer 28%) vykazuje v tomto období hodnota v intervale 8,1 až 9 hodín, pričom však až 53 % hodnôt bolo v intervale iba 3,1 až 5 hodín. Najvyššie priemerné denné sumy slnečného svitu za 50 ročné obdobie spracovania (1961-2010) sa vyskytujú v mesiaci máj (6 hodín) a najnižšie v mesiaci december (menej ako 2 hodiny). Z grafu na obr. 4 vidieť, že napr. v auguste boli vyššie priemerné denné sumy dĺžky trvania slnečného svitu než v mesiacoch jún a júl.

Ročný priebeh mesačných súm dĺžky trvania slnečného svitu v rôznych spracovaných obdobiach: 30 ročné (1961-1990), 50 ročné (1961-2010), 20 ročné (1991-2010), 10 ročné (2001-2010) a celé spracované obdobie 1961-2012 je znázornený na obr. 5. Pre proročovanie sú na tomto grafe vyznačené priemerné hodnoty mesačných súm slnečného svitu aj v 2 obdobiach spracovaných v práci (Orliczowa a Peterka, 1974). Z obrázku 5 vidieť, že podobne ako denné sumy, aj najvyššie priemerné mesačné sumy sa vyskytujú v mesiaci máj, pričom absolútne maximum, približne 260 hodín, sa za obdobie 1961-2012 vyskytlo v apríli 2009. Naproti tomu absolútne minimum mesačnej sumy slnečného svitu, približne iba 33 hodín, bolo zaznamenané vo februári 1999.

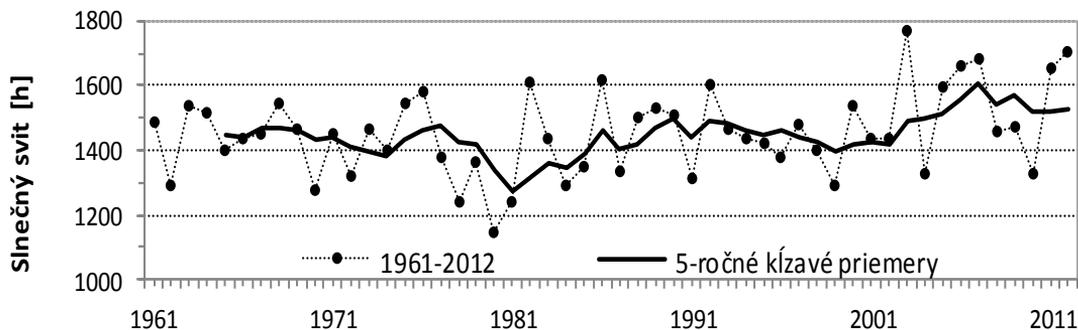
Dlhodobé zmeny v dĺžke trvania slnečného svitu v období 1961-2012 na Skalnatom Plese sú graficky znázornené na obrázku 6, kde sú okrem ročných súm slnečného svitu zvýraznené aj 5-ročné kľzavé priemery. Z obrázku vidieť rastúci trend hodnôt ročných súm svitu približne od začiatku 80-tych rokov minulého storočia. Podobný dlhodobý trend naznačuje aj počet dní s dennou sumou slnečného svitu väčšou ako 8 hodín.



Obr. 5. Priemerné mesačné sumy slnečného svitu na Skalnatom Plese v rôznych obdobiach.

Fig. 5. Mean monthly sums of sunshine duration at Skalnaté Pleso observatory in different periods.

Z bioklimatického hľadiska je dôležitý aj údaj o výskyte dní bez slnečného svitu. Porovnanie maximálneho a priemerného počtu dní bez slnečného svitu v jednotlivých mesiacoch na Skalnatom Plese v období 1961-2012 je v tab. 1. Takmer 60 % hodnôt počtu dní bez slnečného svitu patrí do intervalu 0 až 5 dní, pričom hodnota 5 dní sa vyskytla v 14% prípadov. Najvyšší priemerný počet dní bez slnečného svitu je v decembri, absolútne maximum 17 dní bez slnečného svitu bolo však v januári 1976 a potom 2-krát v decembri (1981 a 2012).



Obr. 6. Dlhodobé zmeny ročných súm slnečného svitu na Skalnatom Plese.

Fig 6. Long-term changes of sunshine duration annual sums at Skalnaté Pleso.

Tab. 1. Priemer, maximum a medián počtu dní bez slnečného svitu v jednotlivých mesiacoch na Skalnatom Plese v období 1961-2012

Tab. 1. Average, maximum and median of number of days without sunshine for individual months at Skalnaté Pleso in the period 1961-2012

Mesiac	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
priemer	7,7	6,3	5,5	4,7	3,7	3,2	2,7	3,3	4,1	5,0	8,6	9,6	64,4
maximum	17	12	11	11	9	10	9	10	12	14	16	17	86
medián	7	6	5	4	3	3	2	3	4	5	9	10	63

Pri porovnaní údajov o dĺžke trvania slnečného svitu na Skalnatom Plese s inými stanicami je potrebné použiť hodnoty tzv. relatívneho slnečného svitu (Sobíšek a kol., 1993), ktorý zohľadňuje zemepisnú polohu stanice a začlenenie miestneho horizontu. Hodnoty mesačných súm efektívne možného slnečného svitu na Skalnatom Plese sú prevzaté z práce (Orliczowa a Peterka, 1974). Najvyššie hodnoty mesačných súm relatívneho slnečného svitu vykazuje mesiac október, najnižšie mesiac jún a to v každom spracovanom období. Absolútne maximum relatívneho slnečného svitu, 85,6%, bolo zaznamenané v novembri 2011 (tab. 2), kedy bol počet jasných dní (priemerné množstvo oblačnosti menšie ako 2 desatiny pokrytia oblohy) najvyšší za celé spracované obdobie 1961-2012 a to 18 dní. Podobný priebeh vykazuje aj výskyt dní s relatívnym slnečným svitom aspoň 80 % (v októbri 9,5 dňa a v júni 2,1 dňa), ktorý je spracovaný pre obdobie 1951-1960 v práci (Orliczowa a Peterka, 1974).

Dlhodobé zmeny relatívneho slnečného svitu na stanici Skalnaté Pleso naznačujú podobný rastúci trend ročných súm od začiatku 80-tych rokov minulého storočia ako je to aj v prípade skutočne nameraných ročných súm slnečného svitu.

Pre potreby energetického využitia slnečného žiarenia boli štatisticky vyhodnotené údaje o výskyte rôznych časových intervalov s nepretržitým trvaním slnečného svitu v jednotlivých mesiacoch roka na Skalnatom Plese za obdobie 1963-1987 (Lingova a kol., 1989). Z výsledkov napr. vyplýva, že v spracovanom období pripadá najčastejší výskyt nepretržitého trvania slnečného svitu v intervale 6-8 hodín na mesiace február (40%) a október (37%), pričom v júni bol najpravdepodobnejší výskyt nepretržitého trvania slnečného svitu s dĺžkou v intervale iba 2-4 hodiny. Tieto výsledky korešpondujú s výskytom nespojitej konvekčnej oblačnosti, ktorá spôsobuje prerušenia v záznamoch slnečného svitu práve v letných mesiacoch.

Tab. 2. Maximálne hodnoty mesačných súm relatívneho slnečného svitu [%] na Skalnatom Plese v jednotlivých mesiacoch v rôznych obdobiach

Table 2. Maxima of monthly sums of relative sunshine duration [%] at Skalnaté Pleso

Obdobie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
1961-1990	68.4	78.4	56.4	50.2	47.9	52.8	45.4	53.4	56.2	70.1	64.2	70.3	42.1
1961-2010	68.4	78.4	56.4	72.5	54.9	52.8	60.8	57.4	59.7	70.1	64.2	70.3	46.0
2001-2010	63.8	56.0	55.8	72.5	54.9	42.0	60.8	57.4	59.7	67.7	52.5	53.3	46.0
1991-2010	63.8	56.0	55.8	72.5	54.9	47.3	60.8	57.4	59.7	67.7	52.5	57.4	46.0
1941-1960	43.6	44.4	45.9	41.9	37.4	33.5	38.3	41.7	42.8	48.5	42.0	40.3	41.2

Literatúra

Konček, M. a kol., 1974: Klíma Tatier. Veda, Vyd. Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 856 s.

Orliczowa, J., Peterka, V., 1974: Oblačnosť a slnečný svet. In: Klíma Tatier. Veda, Vyd. Slovenskej akadémie vied, Bratislava, s. 379-442.

Sobíšek, B. a kol., 1993: Meteorologický slovník výkladový a terminologický, Academia, Praha, 594 s.

Lingova, S., Lukáč J., Bilčík D., 1989: Issledovanie nekotorych charakteristik prodolzitelnosti solnečnovo sijanija svjazanych s gelioenergetikoj. Zeitschrift für Met., B 39, H 4, s. 208-212.

Autor

RNDr. Dušan Bilčík, Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 28 Bratislava

OBLAČNOSŤ

Dušan Bilčík

CLOUDINESS

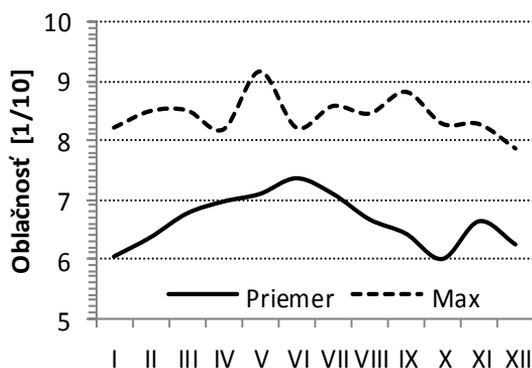
Abstract: The amount of cloudiness, kind of clouds and cloud base height are determined visually at Skalnaté Pleso observatory since 1941. In this work we used the data of cloud coverage (in tenths) determined visually three times daily at the standard climatological time of measurements (7 h, 14 h and 21 h of local time) for the period 1961-2012. From these source data the monthly and annual means were calculated to determine annual as well as long-term course of cloud coverage. In addition, the number of clear-sky and cloudy-sky days has been calculated for individual months for the determination of specific cloudy conditions occurrences. As for the specific position of Skalnaté Pleso observatory we have also made statistical evaluation of interesting phenomena of cloudiness which is completely below the station base.

Dôležitým faktorom lokálnej klímy i počasia je výskyt oblačnosti. Množstvo, druh a výška spodnej základne oblačnosti na stanici Skalnaté Pleso sú určované vizuálne pozorovateľom. Číselné vyjadrenie množstva oblačnosti sa opiera o vizuálne pozorovanie oblohy a o 11-stupňové hodnotenie v škále od 0 do 10. Presnosť odhadu je závislá od kvalifikácie a praxe pozorovateľa. Pri výskyte kopovitej oblačnosti môže byť odhad množstva oblačnosti preceňovaný v dôsledku kulisovitého prekryvania sa oblačných formácií výrazných vertikálnych tvarov. Problematické býva hodnotenie oblačnosti pozdĺž horizontu na vysoko vyvýšených polohách, akú má aj observatórium na Skalnatom Plese. Ďalším zdrojom nepresností v odhade oblačnosti je zanedbávanie alebo nedoceňovanie vysokých oblakov a to najmä v nočných hodinách (Orliczowa a Peterka, 1974). Podobne ako dĺžka trvania slnečného svitu aj odhad množstva oblačnosti je na stanici Skalnaté Pleso ovplyvňovaný špecifickým zaclonením horizontu.

Zdrojom údajov pre spracovanie výskytu oblačnosti sú pozorovania v klimatických termínoch, t.j. o 7. h, 14. h a 21. h miestneho času. Z uvedených troch denných údajov o množstve oblačnosti boli vypočítané denné priemery za 53-ročné obdobie od roku 1961 do roku 2012 a z nich mesačné priemery. Na obr. 1 je znázornený dlhodobý priebeh mesačných priemerov denného množstva oblačnosti v sledovanom

období. Ako vidieť z obrázku, najvyššie priemerné množstvo oblačnosti je v mesiaci jún (7,4 desatín pokrytia oblohy) a najnižšie v októbri (6 desatín). Naproti tomu absolútne maximá boli zaznamenané v máji 2010 (9,2 desatín) a v septembri 1996 (8,8 desatín).

Absolútne minimum priemerného denného množstva oblačnosti v sledovanom období pripadlo na mesiac november v roku 2011, kedy bol zaznamenaný výnimočný počet až 18 jasných dní. Najvyššiu pravdepodobnosť výskytu (36%) majú hodnoty mesačného priemeru denného množstva oblačnosti v intervale 6,1-7,0 desatín pokrytia oblohy. Dlhodobý priemer denného množstva oblačnosti v sledovanom období predstavuje hodnota 6,6 desatín pokrytia oblohy.

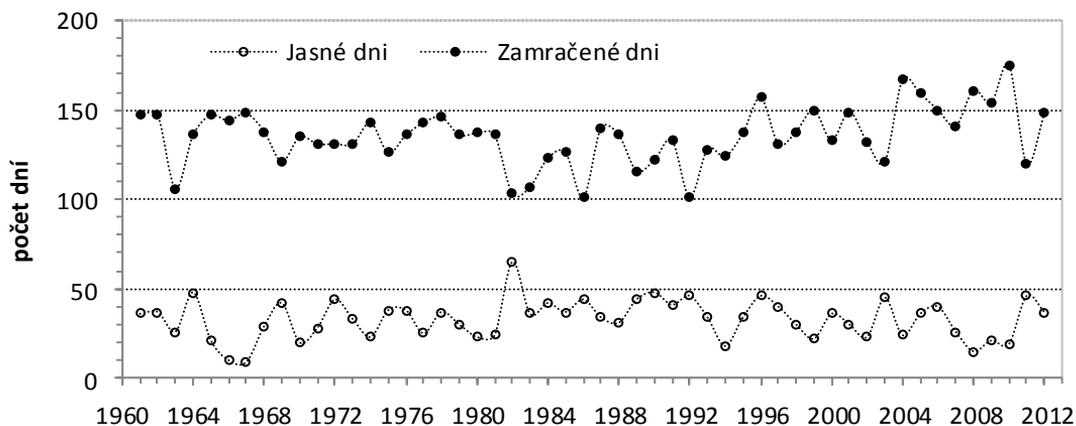


Obr. 1. Dlhodobé mesačné priemery oblačnosti na Skalnatom Plese v období 1961-2012.

Fig. 1. Long-term monthly means of amount of cloudiness at Skalnaté Pleso in the period 1961-2012.

Zaujímavou charakteristikou pokrytia oblohy oblačnosťou pre dané miesto je aj výskyt zamračených dní (denný priemer množstva oblačnosti viac ako 8 desatín) a jasných dní (denný priemer množstva oblačnosti menej ako 2 desatiny). Rozloženie počtu zamračených dní v období 1961-2012 v jednotlivých mesiacoch je uvedené v tab. 1, kde sú okrem priemerného počtu aj maximálne a minimálne počty zamračených dní v danom mesiaci. Najvyšší počet 27 zamračených dní bol v máji 2010, najnižší v novembri 2011 a v januári 1989, kedy dokonca nebol žiadny deň s priemerným množstvom oblačnosti väčším ako 8 hodín. Najoblačnejším rokom bol rok 2010, kedy bol zaznamenaný ročný počet 175 zamračených dní (tab. 1). Pre porovnanie, v klimatologickom období 1961-1990 bol zaznamenaný najvyšší počet 21 zamračených dní v mesiacoch

apríl, jún a november, pričom ročný najvyšší počet 148 zamračených dní pripadol na rok 1967. Rozloženie počtu jasných dní v jednotlivých mesiacoch za obdobie 1961-2012 je uvedné v tab. 1, kde sú vyznačené aj maximálne počty jasných dní v sledovanom období. Najvyššie priemerné počty jasných dní sa vyskytujú v mesiacoch október a január, pričom absolútne maximum pripadlo na november 2011, kedy bolo zaznamenaných výnimočných 18 jasných dní a pritom iba v 2 rokoch z 53 ročného obdobia bol tento počet vyšší ako 10. Najvyšší ročný počet 65 jasných dní pripadol na rok 1982 a najnižší počet iba 9 jasných dní na rok 1967 (obr. 2). V sledovanom období sa najčastejšie, takmer 26% počtu všetkých mesiacov, vyskytovali mesiace kedy nebol zaznamenaný žiadny jasný deň.



Obr. 2. Dlhodobé zmeny ročného počtu jasných a zamračených dní na stanici Skalnaté Pleso.

Fig. 2. Long-term changes of clear-sky (empty circles) and cloudy (full circles) days annual number at Skalnaté Pleso.

Tab. 1. Počet zamračených a jasných dní (priemerný, maximálny a minimálny) na Skalnatom Pleso v jednotlivých mesiacoch roku v období 1961-2012

Table 1. Number of cloudy and clear-sky days (average, maximum and minimum) at Skalnaté Pleso for individual months in the period 1961-2012

Mesiac	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Počet zamračených dní													
Priemer	10,2	10,3	12,5	12,3	12,3	12,8	12,8	10,1	10,2	9,8	11,5	10,8	135,5
Maximum	18	19	20	19	27	20	22	21	22	20	21	18	175
Minimum	0	2	5	2	6	7	3	3	5	3	0	1	101
Počet jasných dní													
Priemer	5,3	3,7	2,8	1,9	1,1	0,8	1,1	1,5	2,5	4,7	3,1	4,4	32,9
Maximum	15	14	12	7	5	5	6	6	10	14	18	15	65

Vzhľadom na polohu observatória na Skalnatom Plese (1788 m n. m.) je zaujímavou charakteristikou aj výskyt inverznej oblačnosti pod úrovňou stanice (obr. 3). Zo spracovania denných termínových pozorovaní výšky oblačnosti v období 1990-2012 vyplýva, že najčastejší výskyt oblačnosti pod úrovňou stanice je v zime od decembra do

januára a to vo všetkých klimatických termínoch. Nopak, najmenej alebo žiadna inverzná oblačnosť je v máji. V apríli až august je takýto druh oblačnosti obvyklý iba v rannom termíne o 7. hod. miestneho času. V sledovanom období sa inverzná oblačnosť vyskytovala najčastejšie v roku 1990, najmenej v roku 2012.



Obr. 3. Inverzná oblačnosť na Skalnatom Plese. Fig. 3. Inverse cloudiness at Skalnaté Plešo.

Foto/Photo I. Bohuš a M. Krasula

Literatúra

Orliczowa, J., Peterka, V., 1974: Oblačnosť a snečný svit. In: Klíma Tatier. Veda, Vyd. Slovenskej akadémie vied, Bratislava, s. 379-442.

Autor

RNDr. Dušan Bilčík, Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 28 Bratislava

DATABÁZA A ROČENKA RADIČNÝCH A METEOROLOGICKÝCH MERANÍ

Dušan Bilčík

DATABASE AND YEARBOOK OF RADIATION AND METEOROLOGICAL MEASUREMENTS

Abstract: The history of digital data archiving at the observatory Skalnaté Pleso is closely connected with the progress in automation of both data gathering and recording. The utilization of central control and measuring system began in 1967 and the data was recorded on perforated paper tape. The archiving of digital data from measurements started in the year 1990 and then allowed the utilization of some database system. The first version of database was created in 1992 and running on the MS DOS operation system of desktop PCs. This database included three groups of data: radiation data, atmospheric conditions data and soil conditions data. One of the outputs from the database are the tables of 12 selected meteorological elements used for the yearbook of measurements.

Archivácia nameraných údajov získaných z meteorologických meraní na observatóriu Skalnaté Pleso je úzko spätá s inováciami automatickej meracej ústredne. Už v roku 1967 bola uvedená do činnosti meracia ústredňa UM10 (výrobok Metra Blansko), čo znamenalo začiatok využívania číslicovej meracej techniky na meteorologických stanicach u nás vôbec. Požadované namerané hodnoty boli priebežne zaznamenávané elektornickým písacím strojom a na diernu pásku pre spracovanie dátových súborov na pracovisku GFÚ SAV v Bratislave. Od júna 1977 bol uvedený do činnosti nový merací systém ADIMES. Tento merací systém umožňoval záznam nameraných a prepočítaných údajov na elektronickom písacom stroji a na diernu pásku. V auguste 1986 bol merací systém ADIMES nahradený meracím systémom MIT 350. Tento merací systém, riadený 8 bitovým procesorom, s RAM pamäťou a záznamom nameraných údajov aj na magnetofónovú pásku, umožňoval získané údaje spracovávať aj na observatóriu Skalnaté Pleso stolovým počítačom. V roku 1990 sa zaviedla archivácia digitalizovaných meraní na GFÚ SAV Bratislava, ktorý observatórium riadi a z meraní vydáva ročenku. K ďalšej inovácii došlo v roku 1995, keď bol inštalovaný nový merací systém s datalogerom EMS 200 a

prepojením na osobný počítač od spoločnosti ENVItech Trenčín. Lepšia dostupnosť modernej výpočtovej techniky typu PC na GFÚ SAV umožnila začiatkom 90-tych rokov efektívnejšiu archi-váciu digitalizovaných údajov. V roku 1992 bola preto vytvorená relačná databáza s používateľským rozhraním v databázovom systéme dBase IV pre operačný systém MS DOS. V auguste 2007 bola na meracom systéme EMS 200 inštalovaná nová verzia programu, ktorá používa namiesto pôvodného binárneho nový textový formát výstupných dátových súborov. Tento formát je vhodnejší pre jeho import napríklad do bežných i špeciálnych užívateľských programov. Od roku 2008 sú preto údaje archivované okrem prvotného textového formátu aj vo formáte súboru programu MS Excel. Keďže pôvodná verzia databázy už nie je priamo použiteľná pre najnovšie operačné systémy osobných počítačov, boli aj údaje z predchádzajúcich rokov (od r. 1992) skonvertované z pôvodného formátu databázy (dbf) do jednotného formátu súborov MS Excel a to aj na observatóriu v Starej Lesnej. Databáza obsahuje hodinové údaje (priemery a sumy) od roku 1990 z 3 meteorologických observatórii GFÚ SAV: Skalnaté Pleso, Stará Lesná a Mlyňany (do roku 2008).

Základné hodinové údaje snímaných meteorologických prvkov uvedených v databáze sú kontinuálne počítané operačným programom meracej ústredne z okamžitých hodnôt nameraných v pravidelných 10 minútových intervaloch. Pre každý meraný prvok je v databáze uložená priemerná hodinová hodnota, pre charakteristiky stavu počasia je to hodnota okamžitá, určená pozorovateľom. Sledované meteorologické prvky a údaje môžeme rozdeliť do troch hlavných skupín (tab. 1), ktoré sústreďujú informácie o žiarení (A), vlastnostiach atmosféry (B) a pôdnych charakteristikách (C).

Tab. 1. Prehľad prvkov snímaných a prepočítaných elektronickým systémom EMS 200

Table 1. List of meteorological parameters both recorded and calculated by dataloger system EMS 200

A Prvky a údaje o žiarení

1. Globálne žiarenie (bez filtra, s filtrom OG1 a RG8 pre určité obdobie)
2. Difúzne žiarenie
3. Odrazené žiarenie
Ultrafialové žiarenie
4. (od mája 2002 aj UV-B erytemálne žiarenie)
5. Spätne žiarenie atmosféry
6. Bilancia žiarenia (dlhovlnná a celková)
7. Trvanie slnečného svitu
8. Teplota bilancometra
9. Výchyľky bilancometra V1 a V2

B Vlastnosti atmosféry

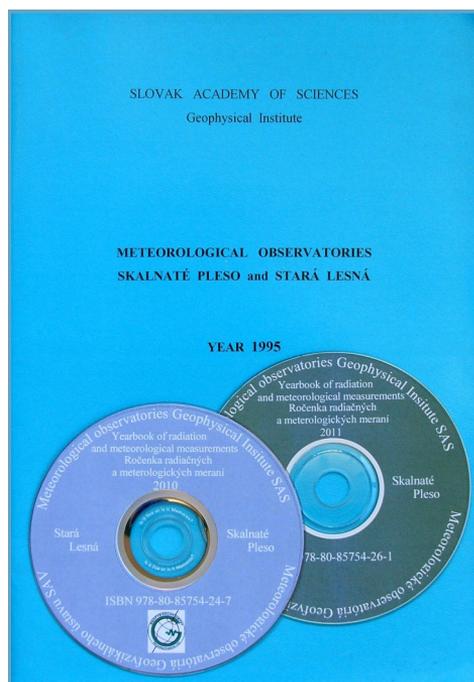
1. Teplota vzduchu v meteorologickej búde
2. Rýchlosť a smer vetra (v štandardnej hladine, vo výške 0,5 m, 1 m, 2 m a 4 m)
3. Atmosférický tlak
Stavové prvky (stav počasia, množstvo
4. oblačnosti, druh oblačnosti, výška oblačnosti)

C Charakteristiky pôdy

1. Stav povrchu pôdy
2. Teplota pôdy v hĺbke 2 cm a 20 cm

Databázový program umožňuje vyhľadanie aj výpis údajov podľa zvoleného kritéria pre vybranú stanicu a meteorologický prvok. Okrem toho, program generuje výstup údajov 12 meteorologických prvkov vo forme tabuliek, ktoré sú publikované v ročenke. V súčasnosti sú pre výpočet ročkových tabuliek vytvorené moduly v jazyku VBA v programe MS Excel, ktoré zohľadňujú nový jednotný formát použitý pre stanice Skalnaté Pleso aj Stará Lesná. Údaje v databanke sú kontrolované podľa stanovených pravidiel a chýbajúce hodnoty (ak sa nedajú doplniť z registračných papierových záznamov vybraných prístrojov) sú vyznačené zvoleným číselným kódom.

Ročenku meteorologických meraní vydáva GFÚ SAV od roku 1992, pričom od roku 2010 iba v elektronickej forme na CD (obr. 1). Obsahuje tabuľkové údaje pre 12 vybraných meteorologických prvkov z meraní na observatóriách na Skalnatom Pleso a v Starej Lesnej. Ročkové publikácie sú k dispozícii v knižnici GFÚ SAV v Bratislave a to vrátane súhrnej CD verzie s ročkovými súbormi v pdf formáte pre obdobie 1992-2012.



Obr. 1. Vzor titulnej strany ročenky.
Fig. 1. Cover page of Yearbook issues.

Text ročenky je v anglickom jazyku, dátová časť obsahuje tabuľky denných a mesačných súm, resp. priemerov vybraných meteorologických prvkov (tab. 2). Denné sumy alebo priemery v tabuľkách ročenky sú počítané z hodinových údajov (priemerov alebo súm) zaznamenaných meracím a registračným systémom na danej meteorologickej stanici. V ročkových tabuľkách sú 3 typy údajov denných súm alebo priemerov:

- (1) bez zátvorky, ak bol počet nameraných údajov maximálne možný tj. 24,
- (2) v zátvorkách, ak bol počet hodinových údajov apsoň 16 a menší ako 24,
- (3) chýbajúce údaje, ak bol počet hodinových údajov menší ako 16.

Ukážka formátu tabuliek je na obr. 2.

Tab. 2. Vybrané meteorologické prvky uvedené v ročenke meraní pre Skalnaté Pleso a Starú Lesnú
 Table 2. Meteorological parameters published in the Yearbook of measurements for Skalnaté Pleso and S. Lesná

Denné a mesačné sumy	
1.	Globálne žiarenie
2.	Difúzne žiarenie
3.	Globálne ultrafialové žiarenie (od r. 2010 globálne UV-B žiarenie)
4.	Spätne žiarenie atmosféry
5.	Bilancia dlhovlnného žiarenia
6.	Celková bilancia žiarenia
7.	Trvanie slnečného svitu
Denné a mesačné priemery	
8.	Teplota vzduchu
9.	Relatívna vlhkosť vzduchu
10.	Tlak vzduchu
11.	Teplota pôdy v hĺbke 2 cm
12.	Teplota pôdy v hĺbke 20 cm

Obr. 2. Ukážka obsahu ročenky – tabuľka denných a mesačných súm trvania slnečného svitu.

Fig. 2. Yearbook content illustration – table of daily and monthly sums of sunshine duration.

Skalnaté Pleso	Daily and monthly sums of sunshine duration [h]											Year 2011
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	4.8	8.0	9.1	1.4	0.0	0.9	0.3	0.8	6.3	8.2	7.6	4.6
2	1.0	6.2	9.3	4.1	1.4	1.6	0.1	6.1	4.3	10.0	7.9	3.4
3	1.7	3.7	0.4	3.3	1.4	10.8	1.3	3.5	8.1	9.6	8.2	0.0
4	5.9	4.7	9.4	9.3	0.1	2.3	0.0	4.8	9.7	1.6	6.1	0.0
5	4.9	3.7	8.5	5.1	8.2	8.5	0.4	7.2	11.3	6.1	0.1	0.3
6	6.1	0.0	0.0	6.3	12.4	4.8	0.0	6.3	0.4	4.2	8.0	4.5
7	0.0	7.7	8.0	4.0	8.6	2.6	12.5	10.5	5.5	0.7	7.0	0.3
8	0.0	4.7	7.9	5.6	3.1	0.7	8.3	0.0	0.2	4.1	7.9	0.0
9	5.3	7.8	9.6	0.0	10.9	0.2	9.0	2.7	2.5	1.0	6.7	0.0
10	1.9	7.7	0.5	6.5	10.7	0.0	5.3	4.4	1.1	1.7	7.6	0.0
11	0.1	0.0	2.9	5.1	13.0	0.6	8.6	6.6	8.6	0.4	7.8	6.0
12	1.2	4.5	9.5	3.8	11.5	12.6	0.1	0.8	6.0	0.6	7.6	0.0
13	1.9	2.9	4.8	6.8	3.5	5.8	10.3	2.0	10.9	5.0	7.7	1.4
14	0.0	3.7	1.6	0.0	8.4	3.6	9.0	5.3	4.8	5.2	2.0	0.4
15	0.0	8.2	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	4.6	2.5	4.4	7.5	0.0
16	0.6	4.4	1.1	3.7	5.3	4.0	0.4	0.8	1.4	9.0	7.5	4.1
17	7.2	0.0	0.0	6.6	5.6	4.3	13.0	1.7	5.0	8.9	6.5	0.0
18	5.7	1.2	0.0	5.1	5.9	2.8	7.1	5.5	9.3	9.0	7.5	2.5
19	0.5	0.0	0.0	11.5	9.7	0.1	3.1	7.5	6.1	5.8	5.9	0.1
20	0.0	0.1	5.4	11.3	7.2	1.6	1.1	9.1	0.3	0.0	7.3	0.2
21	6.4	5.9	10.4	9.0	4.4	4.2	0.0	12.2	6.8	2.1	7.3	2.1
22	6.6	8.2	8.2	8.7	8.3	9.5	0.0	10.8	4.3	0.0	6.1	0.0
23	2.2	2.8	8.3	3.0	6.4	2.1	4.8	6.0	0.0	0.0	7.3	5.5
24	0.2	6.5	10.6	3.2	3.8	2.3	0.0	6.7	0.2	0.0	7.3	0.0
25	2.0	0.0	7.2	0.0	7.3	2.9	0.0	6.2	10.1	0.4	6.9	1.3
26	4.6	7.2	0.0	7.3	13.6	6.5	0.3	10.8	9.2	0.4	5.0	0.0
27	2.3	6.1	3.5	4.2	11.7	7.5	0.0	11.2	5.7	0.8	3.4	6.5
28	7.0	9.0	2.3	2.0	0.0	5.6	0.7	0.8	4.9	6.0	6.8	6.3
29	7.9		7.3	8.2	0.0	0.1	0.3	8.3	8.2	3.6	6.5	5.7
30	7.9		11.0	5.5	13.5	0.6	0.0	3.6	9.5	1.0	7.0	0.5
31	7.9		7.5		11.1		1.1	0.0		2.8		0.0
Sum	103.8	124.9	164.3	151.4	207.0	110.2	97.1	166.8	163.2	112.6	198.0	55.7

Autor

RNDr. Dušan Bilčík, Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 28 Bratislava

TEPLTNÉ POMERY

Helena Hlavatá

AIR TEMPERATURE

Abstract: Air temperature is a key indicator of heat conditions in the atmosphere. Climatological measurement of air temperature has been realized in a systematic manner at Skalnaté Pleso since 1940. The analysis of long-term series data (1941-2012) indicates alternation of relatively warmer (1941-1960) and cooler (1961-1990) periods with subsequent warming after 1990. Increase of annual mean temperature about 0.8 °C in relation to climate normal was noticed for period 1991-2012. Even more warmer seems to be the period 2005-2012 with difference 1.2 °C that may be influenced also by the change vegetation cover after devastative windstorm in 2004. The course of mean monthly temperature shows relevant differences (0.8-1.4 °C) in warmer half of year, especially in the period 1990-2012. According to mean monthly temperature, the warmest months are both July and August (10 °C) and the coolest month is February (-5.8 °C). Absolute minimum -26.6°C and maximum 25.5 °C were recorded in January 1963 and July 2007, respectively.

Teplotné pomery určujú charakter klímy pre danú oblasť. Horská klíma je chladná, priemerná teplota vzduchu s nadmorskou výškou klesá približne o 0,3 až 0,7°C na každých 100 m. Hlavným zdrojom energie pre atmosférické procesy je slnečné žiarenie. Energia slnečného žiarenia ohrieva zemský povrch, ktorý potom emituje tepelné dlhovlnné žiarenie a zvyšuje teplotu v prízemnej vrstve vzduchu. Teplotné pomery sa teda menia v závislosti od príjmu energie slnečného žiarenia (zemepisná šírka) ako aj od typu zemského povrchu (pôda, vodné plochy, vegetácia, pohorie, zastavané územie) a ďalších faktorov (Hensel a Petrovič, 1976).

Časovú premenlivosť teplotných podmienok popisuje ročný a denný chod teploty vzduchu odvodený z dlhodobých pozorovaní, najmenej za obdobie niekoľkých desaťročí. K základným charakteristikám patrí priemerná denná teplota vzduchu t_d s príslušnými dennými extrémami. V klimatológii je t_d ná ako $t_d = (t_7 + t_{14} + 2t_{21})/4$, pričom t_7 , t_{14} a t_{21} sú teploty vzduchu odčítané zo staničného teplomera v riadnych pozorovaciích termínoch o 7., 14., a 21. hod. (Petrovič, 1966). Na meranie maximálnej a minimálnej teploty sa používajú špeciálne teplomery (obr. 1). Z rozdielu údajov o maximálnej a minimálnej teplote sa vyhodnotí amplitúda dennej teploty.

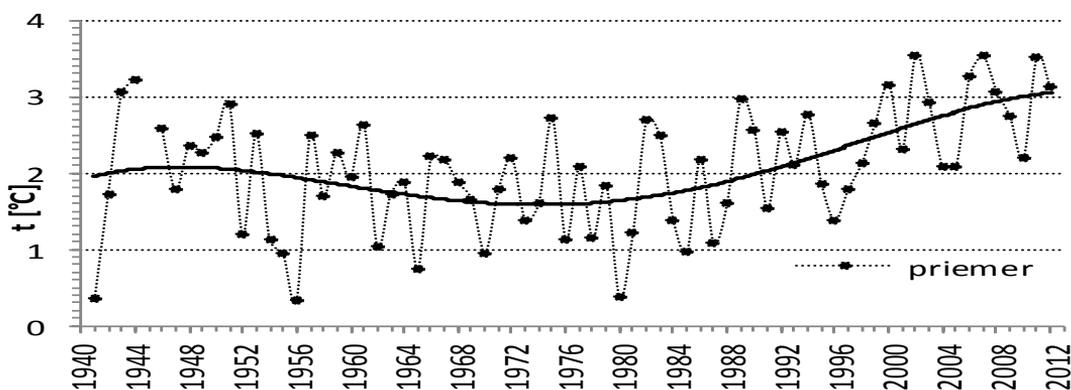


Obr. 1. Meranie teploty vzduchu a slnečného žiarenia na Skalnatom Plese.
Fig. 1. Measurement of air temperature and solar radiation at Skalnaté Pleso.

Foto/Photo I. Bohuš

Séria meraní na Skalnatom Plese poskytuje kvalitný rad údajov pre vyhodnotenie teplotných pomerov v horskom prostredí. V tejto práci boli spracované údaje za obdobie 1941 až 2012. Chod priemerných ročných teplôt za viac ako 70 rokov má kolísavý priebeh (obr. 2). Polynomická krivka naznačuje výskyt relatívne teplejšieho obdobia v rokoch 1941-1960 s miernym ochladením v období klimatického normálu 1961-1990 a výraznejším nástupom teplej periódy po roku 1990. Priebeh priemerných mesačných teplôt ukazuje najväčšie rozdiely predovšetkým v teplejšej časti roka (obr. 3). V tab. 1 si môžeme všimnúť podstatný nárast priemerných teplôt v období 1990-2012 (približne o 0,8 až 1,4 °C) v

mesiacoch IV-VIII a to nielen vzhľadom ku klimatickému normálu, ale i v porovnaní s relatívne teplým obdobím 1941-1960. Pravdepodobne najmä otepľovanie v jarných a letných mesiacoch prispelo k zvýšeniu priemernej ročnej teploty vzduchu o 0,8 °C pre obdobie 1991-2012, resp. o 1,2 °C v posledných rokoch 2005-2012 ovplyvnených aj zmenou vegetačného krytu po veternej kalamite v roku 2004. Hodnoty najvyššej a najnižšej priemernej mesačnej a ročnej teploty (tab. 2) poukazujú na výrazné výkyvy teplôt nielen medzi jednotlivými mesiacmi, ale aj v rámci jedného mesiaca v rôznych rokoch. Najnižšia teplota v priemere pripadá na február (-5,8 °C), najvyššia na júl a august (10,0 °C).



Obr. 2. Priemerné ročné teploty vzduchu na Skalnatom Plese v rokoch 1941-2012.

Fig. 2. Mean annual air temperatures at Skalnaté Pleso in the period 1941-2012.

Tab. 1. Priemerné mesačné a ročné teploty vzduchu vo vybraných obdobiach

Tab. 1. Mean monthly and yearly air temperature for selected periods

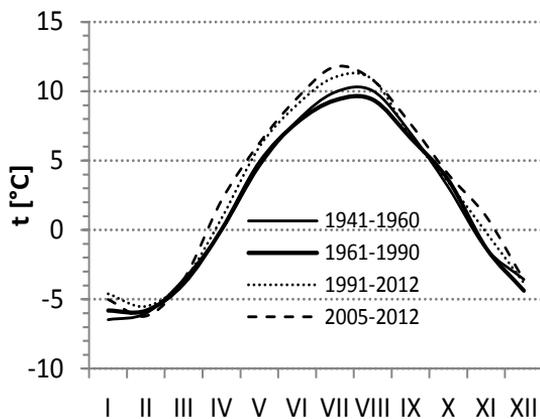
t [°C]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1941-1960	-6,5	-6,0	-3,6	0,0	4,6	7,9	9,9	10,0	7,0	3,1	-1,3	-3,6	1,8
1960-1991	-5,8	-5,8	-3,9	0,0	4,8	7,8	9,4	9,4	6,6	3,6	-1,3	-4,4	1,7
1991-2012	-4,6	-5,5	-3,6	0,8	6,0	9,0	11,0	10,9	6,8	3,4	-0,2	-3,8	2,5
2005-2012	-5,0	-6,2	-3,6	2,1	6,3	9,5	11,8	10,8	7,7	4,0	1,0	-3,6	2,9

Tab. 2. Prehľad najvyššej (Max) a najnižšej (Min) priemernej mesačnej a ročnej teploty vzduchu (1941- 2012)

Tab. 2. The highest (Max) and lowest (Min) monthly and annual mean of air temperature (1941 - 2012)

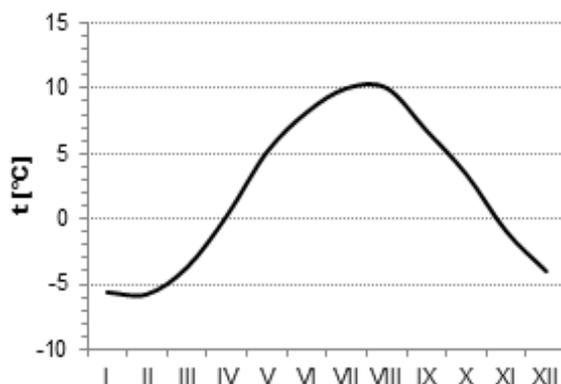
t [°C]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Priemer	-5,6	-5,8	-3,7	0,3	5,1	8,2	10,0	10,0	6,8	3,4	-1,0	-4,0	2,0
Max	-1,2	-0,8	0,0	4,9	9,4	11,5	13,4	14,6	10,2	7,8	3,1	0,5	3,5
Rok	1989	1990	1959 1990	2009	2003	1964	2006	1992	1982	2000	2011	2006	2002
Min	-12,5	-13,3	-9,3	-4,0	1,3	5,4	6,7	6,8	2,4	-2,0	-5,3	-7,9	-0,1
Rok	1963	1956	1987	1997	1980	1985	1979	1978	1996	1974	1988	2001	1941

Pri svahovej polohe s juhovýchodnou orientáciou je teplota vzduchu na Skalnatom Plese vzhľadom na nadmorskú výšku pomerne vysoká (Hensel a Petrovič, 1976). Pre horské lokality je okrem ubúdania teploty s výškou charakteristické zmenšenie výkyvu teploty medzi zimou a letom. Ročná amplitúda teploty vzduchu na Skalnatom Plese dosahuje približne 16 °C, čo je takmer o 6 až 7°C menej ako v nižších polohách. Z chodu priemerných mesačných teplôt vzduchu (obr. 4) vyplýva, že na Skalnatom Plese je najchladnejšie vo februári a priemerná mesačná teplota vzduchu v auguste je rovnaká ako v júli. V porovnaní s lokalitami v nižších nadmorských výškach, kde teplotné minimum pripadá v priemere na január a maximum na júl, je tu zrejmy časový posun s približne mesačným oneskorením. Priebeh teploty vzduchu podrobnejšie popisuje spracovanie podľa pentád, t.j. 5-dňových periód. Podľa týchto údajov, teplotné minimum na Skalnatom Plese pripadá na 4. pentádu februára a teplotné maximum na 1. a 2. pentádu augusta (obr. 5). Zmeny teploty vzduchu v priebehu roka je možné charakterizovať aj vyjadrením početnosti efektívne pozorovaných dní, t.j. dní s priemernou dennou teplotou nad alebo pod určitou hranicou. Prehľad výskytu priemerných mesačných a ročných teplôt v intervaloch po desatinách °C za obdobie 1941 – 2012 je uvedený v tab. 3. Priemerné denné amplitúdy, t.j. rozdiel medzi priemerným denným maximom a minimom pre príslušný mesiac obsahuje tab. 4. V oblasti Skalnatého Plesa sa hodnoty amplitúdy pohybujú v rozsahu od 6,4 °C do 7,3 °C. Všeobecne platí, že s klesajúcou nadmorskou výškou amplitúda rastie a nad výškou 1800 m n.m. sa prakticky úplne stráca. Okrem priemerných denných amplitúd sa často používajú aj ročné amplitúdy teploty vzduchu, ktoré predstavujú rozdiel medzi priemernou teplotou najteplejšieho a najchladnejšieho mesiaca. V oblasti Skalnatého Plesa má ročná amplitúda teploty vzduchu hodnotu 15,8 °C (1941-2012).



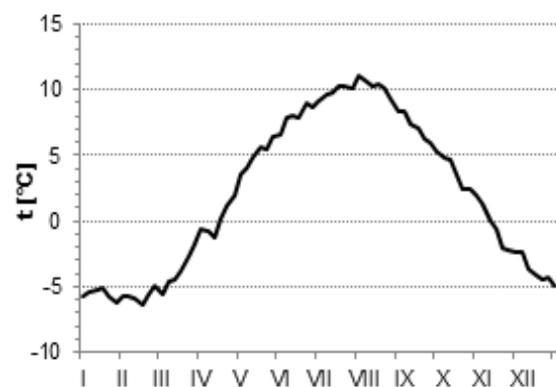
Obr. 3. Priemerné mesačné teploty vzduchu na Skalnatom Plese pre vybrané obdobia.

Fig. 3. Mean monthly air temperatures at Skalnaté Pleso for selected periods.



Obr. 4. Teplota vzduchu na Skalnatom Plese – mesačné priemery pre obdobie 1941-2012.

Fig. 4. Air temperature at Skalnaté Pleso – monthly means in the period 1941-2012.



Obr. 5. Teplota vzduchu na Skalnatom Plese – pentádové priemery v období 1941-2012.

Fig. 5. Air temperature at Skalnaté Pleso – pentade means in the period 1941-2012.

Tab. 3 Priemerná mesačná a ročná teplota vzduchu na Skalnatom Plese za obdobie 1941 – 2012; početnosť výskytu dní v príslušných intervaloch °C

Tab. 3. Mean monthly and yearly air temperature at Skalnaté Pleso in the period 1941-2012; number of days related to air temperature intervals in °C

Interval (°C)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ rok	rok
15,0 - 15,9														
14,0 - 14,9								1					1	
13,0 - 13,9							1						1	
12,0 - 12,9							5	6					11	
11,0 - 11,9						1	19	13					33	
10,0 - 10,9							8	9	15	2			34	
9,0 - 9,9					1	12	20	20	7				60	
8,0 - 8,9					2	20	11	12	12				57	
7,0 - 7,9					9	17	5	2	10	1			44	
6,0 - 6,9					11	8	1	2	16	8			46	
5,0 - 5,9					14	5			13	6			38	
4,0 - 4,9				1	16				6	12			35	
3,0 - 3,9				3	6				3	14	1		27	9
2,0 - 2,9				11	8				2	13	5		39	30
1,0 - 1,9				13	3					9	11		36	25
0 - 0,9			2	12						3	9	1	27	7
-1,0 - -0,1		2	5	10						4	10	2	33	
-2,0 - -1,1	3	4	9	14						1	12	9	52	
-3,0 - -2,1	8	3	16	1							11	10	49	
-4,0 - -3,1	13	11	7	5							4	14	54	
-5,0 - -4,1	7	8	11								4	10	40	
-6,0 - -5,1	15	12	10								3	14	54	
-7,0 - -6,1	4	7	4									6	21	
-8,0 - -7,1	9	12	4										25	
-9,0 - -8,1	5	7	1										13	
-10,0 - -9,1	3	2	1										6	
-11,0 - -10,1	1												1	
-12,0 - -11,1	1	1											2	
13,0 - -12,1	2	1											3	
14,0 - -13,1		1											1	

Priemerné mesačné maximá a minimá poskytujú dobrú predstavu o tzv. aperiodickom výkyve teplôt, absolútne extrémny zase umožňujú posúdiť, v akom rozmedzí sa pohybovali krajné teploty na danom mieste (Konček a Orlicz, 1974). Skutočný výskyt najvyšších a najnižších teplôt ako aj prehľad ďalších charakteristík pre teplotu vzduchu na Skalnatom Plese za obdobie 1941 - 2012 je spracovaný v tab. 4. Z tohto prehľadu vidíme, že najnižšia teplota vzduchu bola zaznamenaná v januári -26,6 °C, presnejšie 17. januára 1963 a absolútne teplotné maximum 25,5 °C bolov júli, presnejšie 20. júla 2007. Z tab. 4 ďalej vyplýva, že na Skalnatom Plese sa nevyskytujú tropické dni, výskyt letných dní je sporadický v mesiacoch júl a august. Počet ľadových dní je najvyšší v priemere v januári (18,6 dní), za rok 86,6 dní. Dni s mrazom sa vyskytujú

každý mesiac, najviac v priemere za sledované obdobie 29,8 v januári, za celý rok až 188,3 dní. Dni so silným mrazom (min < - 20°C) sa vyskytujú prevažne v januári, za celý rok ich je v priemere 1,5. Uvedené charakteristiky sú v súlade s už skôr publikovanými výsledkami (Hlavatá a Čepčková, 2007). Z celkového hodnotenia teplotných pomerov na území Skalnatého Plesa je zrejme, že daná oblasť patrí do chladnej horskej oblasti. Zimy sú v tejto oblasti studené, zosilnené prúdenia často vyvolávajú zvýšený pocit chladu. Letá bývajú chladné s častými lejakmi. Všeobecne klíma Skalnatého Plesa má veľa pestrých znakov s extrémnymi výkyvmi. Koniec leta a začiatok jesene (august -október) je z dlhodobého hľadiska obdobím s príjemným počasím a priaznivými podmienkami pre turistiku.

Tab. 4. Prehľad teplotných charakteristík na stanici Skalnaté Pleso za obdobie 1941-2012

Tab. 4. Selected air temperature characteristics for station Skalnaté Pleso covering period 1941-2012

Charakteristiky t (°C)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Priem. denné maximum	-1,9	-2,1	-0,1	3,6	8,7	11,6	13,4	13,4	10,1	6,9	2,5	-0,4	5,5
Priem. denné minimum	-9,1	-9,2	-7,1	-2,9	1,9	5,0	6,9	7,0	3,8	0,3	-4,1	-7,4	-1,2
Priem. denná amplitúda	7,3	7,1	6,9	6,5	6,8	6,6	6,5	6,5	6,4	6,6	6,6	7,0	6,7
Max. denná amplitúda	22,3	19,9	18,2	15,4	21,0	14,4	14,7	14,6	15,8	21,6	18,7	20,5	22,3
Min. denná amplitúda	0,5	1,4	0,8	0,8	1,3	1,2	1,0	1,4	1,0	1,2	0,6	1,3	0,5
Priem. mesačné max.	7,1	6,5	8,4	11,4	16,1	18,7	20,4	20,4	17,5	15,0	11,0	8,3	21,8
Priem. mesačné min.	-18,0	-17,3	-15,5	-11,2	-5,4	-1,1	1,5	1,2	-2,5	-7,9	-12,4	-16,1	-20,1
Priem. mesačná ampl.	25,0	23,9	23,8	22,6	21,5	19,8	18,9	19,2	20,0	22,9	23,4	24,4	41,8
Absolútne maximum	13,0	12,9	13,3	18,4	22,7	25,2	25,5	24,6	23,6	20,1	18,3	14,2	25,5
Absolútne minimum	-26,6	-25,3	-23,6	-18,4	-11,5	-5,5	-1,2	-3,5	-8,5	-16,0	-21,1	-23,2	-26,6
Absolútna amplitúda	39,6	38,2	36,9	36,8	34,2	30,7	26,7	28,1	32,1	36,1	39,4	37,4	52,1
Počet dní s max ≥ 30 °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Počet dní s max ≥ 25 °C	-	-	-	-	-	0,01	0,04	-	-	-	-	-	0,1
Počet dní s max < 0 °C	18,6	17,9	14,9	6,5	0,8	-	-	-	0,2	3,0	9,2	15,4	86,6
Počet dní s max < - 10 °C	2,2	1,9	1,0	0,04	-	-	-	-	-	-	0,2	1,0	6,5
Počet dní s max < - 20 °C	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
Počet dní s min ≥ 5 °C	-	-	-	1,0	7,2	15,3	21,7	21,8	11,8	5,9	0,9	0,1	85,7
Počet dní s min < 0 °C	29,8	27,4	28,4	21,7	8,8	2,6	0,3	0,4	5,3	14,0	22,4	27,9	188,3
Počet dní s min < - 10 °C	12,7	12,1	8,5	2,3	0,1	-	-	-	-	0,5	4,2	9,4	49,9
Počet dní s min < - 20 °C	0,7	0,5	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	1,5
Počet dní s min < - 30 °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Počet dní s priem ≥ 20 °C	-	-	-	-	-	-	0,04	0,07	-	-	-	-	0,1
Počet dní s priem ≥ 15 °C	-	-	-	-	0,2	1,0	2,7	3,1	0,4	0,04	0,03	-	7,5
Počet dní s priem ≥ 10 °C	-	-	-	0,4	3,6	10,3	15,5	15,8	6,8	2,4	0,2	0,03	55,2
Počet dní s priem ≥ 5 °C	0,5	0,5	0,8	4,5	16,2	23,4	28,4	28,0	19,9	12,8	3,5	0,9	139,4
Počet dní s priem < 0 °C	26,2	24,3	23,0	13,6	3,4	0,2	-	-	1,6	7,9	15,8	23,2	139,3
Počet dní s priem < -5 °C	16,1	15,2	12,0	3,9	0,2	-	-	-	-	1,5	6,9	12,8	68,6
Počet dní s priem < -10 °C	6,6	6,2	3,6	0,4	-	-	-	-	-	0,1	1,4	4,0	22,2
Počet dní s priem < -15 °C	1,4	1,2	0,6	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,5	3,6
Počet dní s priem < -20 °C	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2

Literatúra:

Konček, M., Orlicz, M. 1974: Teplotné pomery. In: Klíma Tatier. Redaktor M. Konček, SAV, 89-179.

Petrovič, Š., 1966: Teplota vzduchu. In: Klimatické a fenologické pomery Východoslovenského kraja.

HMÚ Praha, 23 – 38.

Hensel, J., Petrovič, Š., 1976: Teplotné pomery. In: Klimatografia kúpeľných a vybraných miest Slovenska. Osveta Martin, 30-46, 245-254.

Hlavatá, H., Čepčková, E., 2007: Teplotné charakteristiky v Podtatranskej oblasti v období 1997 – 2006. In Proceedings Of the International Scientific conference "Bioclimatology and natural hazards", 17-20 september 2007, Zvolen Poľana nad Detvou, Slovak Bioclimatological Society at the SAS, TU Zvolen, (Eds. Střelcová, K., Škvarenina, J. et al.), p. 71.

Autor

Ing. Helena Hlavatá, PhD., SHMÚ, Ďumbierska 26, 041 17 Košice

VLHKOSŤ VZDUCHU

Jozef Mačutek a Svetlana Bičárová

AIR HUMIDITY

Abstract: In this paper data of relative air humidity (RH) and vapour pressure (e) measured at Skalnaté Pleso for period 1941-2012 was analysed. Long-term course of annual means for both (RH) and (e) show more favourable air moisture conditions in period 1941-1960 than in following period of climatological normal (1961-1990). Positive fluctuation suggests moderate increase of air humidity in the last two decades, especially after year 2004 when strong windstorm damaged spacious forest areas in the High Tatras. Annual means of RH varied between 68 and 80%. Occurrence of unusually long dry periods in some years (1986, 1992, 2003, 2011) may be reason of low RH values $\sim 70\%$, contrary high RH values $\sim 80\%$ were recorded in years with extraordinary precipitation events (1958, 2010). Monthly means of RH were usually higher in warm then cold half of year. Mean yearly values of vapour pressure ranged from 5,2 to 6,5 hPa and absolute maximum 17,3 hPa was recorded in August 1943 and also in July 1950.

Vlhkosť vzduchu je daná množstvom vodnej pary v atmosfére. Obsah vodnej pary sa dynamicky mení v čase i priestore. Mieru nasýtenia vzduchu vodnými parami ovplyvňujú procesy ako vyparovanie a kondenzácia vodnej pary v atmosfére, ďalej prenos vodných pár vo vertikálnom smere pôsobením konvekcie a turbulentnej výmeny a napokon advekcia, tj. horizontálne prúdenie s premiešavaním rozdielne vlhkých vzduchových hmôt. V meteorológii je vlhkosť vzduchu definovaná rôznymi veličinami, najčastejšie sú to relatívna vlhkosť vzduchu [%] a tlak vodných pár [hPa].

Relatívna vlhkosť (RH) vyjadruje pomer skutočného tlaku vodných pár k maximálnemu tlaku pár, ktorý je potrebný na nasýtenie vzduchu pri danej teplote. Na Skalnatom Plese sa relatívna vlhkosť vzduchu meria viacerými metódami, Augustovým psychrometrom, vlasovým hygrometrom (obr. 1) a hydrografom (obr. 2). Dlhodobý priebeh relatívnej vlhkosti na Skalnatom Plese možno charakterizovať na základe porovnania nameraných a publikovaných údajov pre nasledovné obdobia: 1941-1960 (Konček a kol., 1974); 1961-1990 (klimatický normál); 1991-2012 (zmeny v posledných dvoch dekádach) a 2005-2012 (stav po ničivej veternej kalamite z novembra 2004).



Obr. 1. Meranie relatívnej vlhkosti vzduchu pomocou Augustovho psychrometra a vlasového hygrometra.
Fig. 1. Measurement of relative air humidity by the August psychrometer and hygrometer.



Obr. 2. Hygrograf a termograf.
Fig. 2. Hygrograph and thermograph.

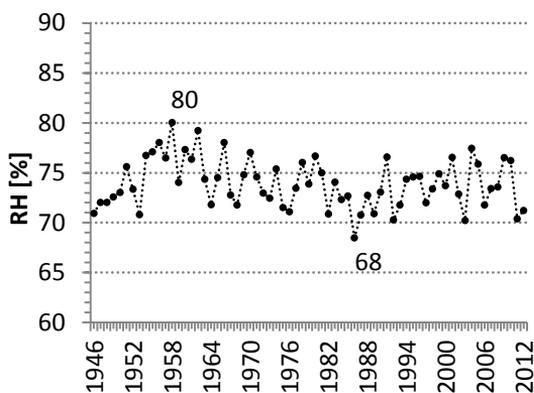
Priemerné ročné hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu (tab. 1) pre dané obdobia poukazujú na vlhkosťne priaznivejšie podmienky v rokoch 1941-1960 (77%) ako v období klimatického normálu 1961-1990 (74%). V posledných dvoch dekádach i v období po veternej kalamite nedošlo k výraznejším zmenám, priemerné ročné hodnoty sa takmer nezmenili. Relatívna vlhkosť vzduchu na Skalnatom Plese sa v ročnom priemere pohybuje v intervale od 68 do 80% (obr. 3). Relatívne nízke hodnoty okolo 70% boli zistené viac krát v posledných dekádach (1986, 1992, 2003, 2011) a boli spojené s výskytom dlhšieho obdobia suchého a teplého počasia. Naopak v rokoch s priemernou ročnou hodnotou okolo 80% sa zase vyskytli neobvykle výdatné zrážkové periódy. V júni 1958 intenzívne dažde spôsobili rozsiahle povodne na hornom toku Popradu, v máji 2010 dlhé zrážkové obdobie prispelo k nasýteniu prostredia a následným záplavám v Popradskej kotline. Priemerné mesačné hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu (tab. 1) boli v chladnejšej časti

roka nižšie (67-70%) ako v teplejšej časti roka (79-80%). Relatívnu vlhkosť vzduchu vo vyšších polohách ovplyvňuje najmä rozloženie a dynamický pohyb tlakových útvarov. Počas zimných anticyklón sa vzduch relatívne vysušuje, a to najmä vo vrstve 1500-2000 m, v lete za vývoja konvekcie a tvorby oblakov vo výške relatívna vlhkosť stúpa (Konček a kol., 1974). Absolútne denné minimum (5%) bolo na Skalnatom Plese zaznamenané v januári 1989 a v októbri 2005 pre obdobie 1961-2012. V rokoch 1941-1960 bolo absolútne minimum 7% v októbri 1960. Obr. 4. ilustruje sezónny priebeh denného chodu relatívnej vlhkosti vzduchu na Skalnatom Plese v rokoch 2001-2012. V zimnom období je tento chod pomerne vyrovnaný s dennou amplitúdou asi 3%. V jarnom a letnom období sa amplitúda zväčšuje, vlhkosť je najnižšia v skorších popoludňajších hodinách a k večeru stúpa. Na jeseň je situácia odlišná, vlhkejší vzduch sa vyskytuje už okolo poludnia a pomerne vysoká vlhkosť sa udržiava až do večerných hodín.

Tab. 1. Mesačné a ročné priemerné hodnoty RH vzduchu na Skalnatom Plese v rokoch 1941-2012

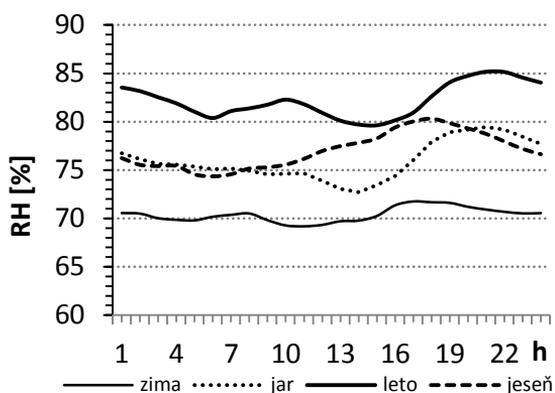
Tab.1. Monthly and annual means of RH at Skalnaté Pleso for period 1941-2012

RH [%]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1941-1960	74	75	74	78	79	81	80	79	78	76	78	75	77
1961-1990	67	70	72	74	77	79	79	78	77	70	72	69	74
1991-2012	67	70	72	73	75	79	80	79	79	73	71	67	74
2005-2012	69	73	72	69	76	79	78	81	78	70	69	69	74



Obr. 3. Chod priemerných ročných hodnôt RH na Skalnatom Plese v rokoch 1946-2012.

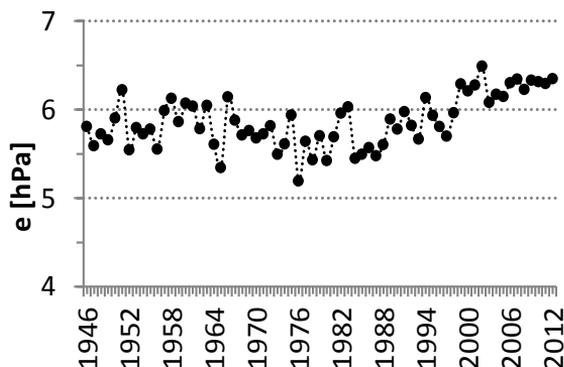
Fig. 3. Course of annual means of RH at Skalnaté Pleso in period 1946-2012.



Obr. 4. Chod priemerných hodinových hodnôt RH na Skalnatom Plese v rokoch 2001-2012.

Fig. 4. Mean hourly values of RH at Skalnaté Pleso in period 2001-2012.

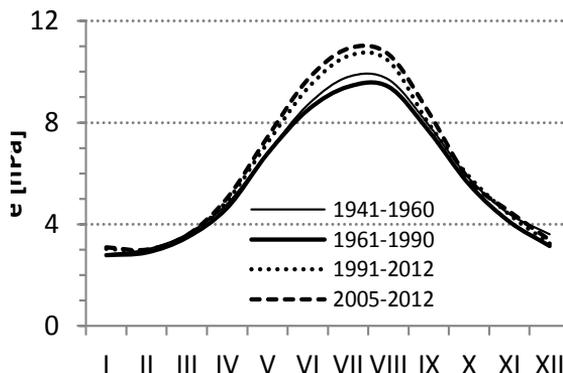
Molekuly vodných pár vytvárajú v atmosfére napätie alebo parciálny tlak vodnej pary (e), ktorý definuje stavová rovnica plynov. Pri výpočte (e) sa využíva skutočnosť, že rozdiel tlaku pár v nasýtenom a reálnom stave ($E-e$) pri danej teplote vzduchu je úmerný rozdielu teplôt odčítaných zo suchého a vlhkého teplomera (napr. Augustov psychrometer). Tlak vodnej pary v atmosfére s výškou rýchlo klesá, v horských oblastiach je pokles pomalší. Pri náraste výšky zhruba o 2 km sa obsah vodných pár znižuje na polovičnú hodnotu (Kopáček a Bednář, 2005). Priemerné ročné hodnoty tlaku vodných pár na Skalnatom Plese v rokoch 1946-2012 boli v rozsahu od 5,2 do 6,5 hPa (obr. 5). Tendenciu mierneho nárastu možno pozorovať najmä v posledných dvoch dekádach.



Obr. 5. Priemerné ročné hodnoty tlaku vodných pár na Skalnatom Plese v rokoch 1946-2012.

Fig. 5 Course of annual means of vapour pressure at Skalnaté Pleso in period 1946-2012.

Podobne ako v prípade relatívnej vlhkosti vzduchu, dlhodobý priemer pre tlak pár (tab. 2) ukazuje na priaznivejšie vlhkosťné podmienky v rokoch 1941-1960 (5,9 hPa) ako v období klimatického normálu 1961-1990 (5,7 hPa). Po tomto suchšom období dochádza k miernemu zvýšeniu vlhkosti (6,1 hPa) a to najmä v rokoch 2005-2012 (6,3 hPa). Najvyšší tlak vodných pár je v letnom období (obr. 6), lebo teplejší vzduch je schopný prijať väčší obsah vody z výparu a s nárastom teploty vzduchu sa zvyšuje aj jeho saturačná kapacita. Absolútne maximum 17,3 hPa bolo namerané v auguste 1943 a júli 1950. Ďalšie maximá boli zaznamenané v júni 1951 (15,8 hPa) pre obdobie 1951-1960 a v auguste 1998 (17,1 hPa) pre obdobie 1991-2012.



Obr. 6. Dlhodobé mesačné priemery tlaku vodných pár na Skalnatom Plese vo vybraných obdobiach.

Fig. 6. Long-term monthly means of vapour pressure at Skalnaté Pleso for selected time periods.

Tab. 2. Mesačné a ročné priemerné hodnoty parciálneho tlaku pár na Skalnatom Plese v rokoch 1941-2012

Tab.2. Monthly and annual means of partial vapour pressure at Skalnaté Pleso for period 1941-2012

e [hPa]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1941-1960	2,8	3,0	3,6	4,8	6,8	8,7	9,8	9,7	7,9	5,8	4,4	3,6	5,9
1961-1990	2,8	2,9	3,5	4,6	6,8	8,5	9,4	9,4	7,7	5,6	4,1	3,1	5,7
1991-2012	3,0	3,0	3,5	4,9	7,2	9,4	10,6	10,4	8,0	5,9	4,4	3,2	6,1
2005-2012	3,1	3,0	3,6	5,0	7,4	9,7	10,9	10,7	8,4	5,8	4,5	3,4	6,3

Literatúra

Konček, M. a kol., 1974: Klíma Tatier. Veda, Vyd. Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 856 s.

Kopáček, J., Bednář, J., 2005: Jak vzniká počasí. Univerzita Karlova v Praze, 226 s.

Autori

Mgr. Jozef Mačutek, Geofyzikálny ústav SAV, Stará Lesná, 059 60 Tatranská Lomnica

Ing. Svetlana Bičárová, PhD., Geofyzikálny ústav SAV, Stará Lesná, 059 60 Tatranská Lomnica

ATMOSFÉRICKÉ ZRÁŽKY

Eva Čepčková

ATMOSPHERIC PRECIPITATION

Abstract: Long-term series of precipitation data obtained at climatological station Skalnaté Pleso were analysed for period of 1941-2012. Analysis shows substantial variability of daily, monthly and annual totals. Annual sums of precipitation fluctuated around mean value of 1361 mm in range between 911 and 2155 mm. Mean annual value for the last decade 2001-2010 has raised about 20 % in comparison with the normal period 1961-1990. Course of monthly accumulated values corresponds with so-called precipitation continentality characterised by clear summer maximum (July) and winter minimum (February). Intensive short-time rainfalls usually occur in the upward convective air motion during the summer half-year. Totally 868 days (8% of all days) with both close and distant storms in the period of 1983-2012 were registered. Abundant daily precipitation above 50 and 100 mm occurred 95 and 6 times, respectively for whole period. Maximal daily values of 170 mm in June 1958 resulted to devastative flood in large areas under the High Tatra Mts.

Atmosférické zrážky sa vyznačujú veľkou časovou a priestorovou premenlivosťou. Rozloženie zrážkových úhrnov vo vysokohorských polohách závisí od nadmorskej výšky a orientácie miesta k prevládajúcemu prúdeniu vzduchových hmôt. Pre dôkladnú analýzu vývoja zrážkových pomerov je potrebný dlhodobý rad pozorovaní. Množstvo zrážok v kvapalnom skupenstve alebo vo forme vody z rozpustených tuhých zrážok (zo snehu, krúpok, prípadne z usadených zrážok) sa na klimatologickej stanici meria zrážkomerom (obr. 1). Množstvo vody v nádobe zrážkomera sa meria špeciálnou kalibrovanou odmerkou, upravenou pre zachytný plošný obsah 500 cm² denne o 7.00 h, pričom nameraný údaj je evidovaný s dátumom predchádzajúceho dňa. Namerané úhrny zrážok, druh a doba trvania sa zaznamenávajú do denného záznamníka meteorologických pozorovaní. Pre jednotlivé kalendárne mesiace sa všetky údaje a javy zaznamenávajú do mesačného výkazu. Na registráciu kvapalných zrážok pre stanovenie množstva spadnutých zrážok v určitom časovom intervale počas letného (bezmrazového) obdobia sa používa ombrograf — registračný prístroj so zachytnou plochou 250 cm².

V tomto príspevku sú vyhodnotené denné zrážkové úhrny namerané na Skalnatom Plese v rokoch 1941-2012. Do roku 1946 chýbajú denníky

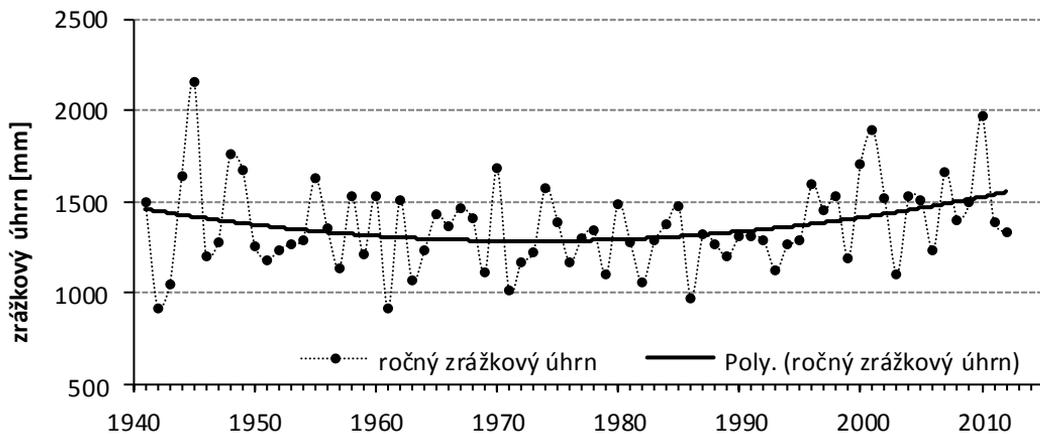
za mesiace IV/1943; XI/1943; III, V, XII/1944 a za celý rok 1945. Chýbajúce mesačné úhrny zrážok boli doplnené z publikácie *Konček a kol. (1974)*. Mesačné a ročné úhrny zrážok boli porovnané s údajmi pre obdobie klimatického normálu 1961-1990 (*Mikulová a kol., 2008*).



Obr. 1. Štandardný zrážkomer na Skalnatom Plese.
Fig. 1. Standard precipitation gauge at Skalnaté Pleso
Foto/Photo I. Bohuš

Podľa údajov zrážkových úhrnov zaznamenaných v rokoch 1941-2012, na Skalnatom Plese ročne spadne od 911 do 2155 mm. V priemere je to 1361 mm za rok. Najvyšší ročný úhrn zrážok 2155 mm bol zistený v roku 1945 (Konček a kol., 1974), čo predstavuje 168 % normálu 1961-1990. Ide o jediný rok s úhrnom nad 2000 mm (obr. 2). Ročný úhrn nad 1900 mm sa vyskytol tiež iba jedenkrát a to v roku 2010. Tento rok bol na celom Slovensku zrážkovo vysoko nadpriemerný.

Najnižší ročný úhrn zrážok (911 mm) bol v roku 1961. Ako zrážkovo normálny označujeme rok s úhrnom zrážok od 90 do 110 % normálu (Lapin a Faško, 1987), na Skalnatom Plese to predstavuje úhrn 1153 až 1409 mm. Za obdobie 1941-2012 bolo 34 rokov zrážkovo normálnych (tab. 1). Zrážkovo nadnormálnych bolo 14 rokov, silne nadnormálnych 9 rokov. Zrážkovo mimoriadne nadnormálne boli roky 1945, 2001 a 2010 (obr. 3), s úhrmi nad 1892 mm.



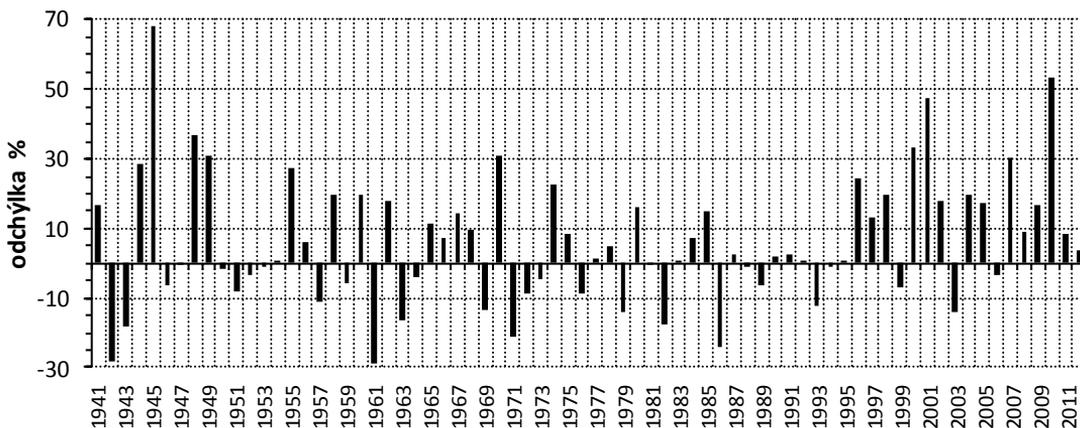
Obr. 2. Ročné úhrny zrážok na Skalnatom Plese v rokoch 1941-2012.

Fig. 2. Annual precipitation totals at Skalnaté Pleso in the period 1941-2012.

Tab. 1. Rozloženie početností ročných úhrnov zrážok 1941-2012

Tab.1. Distribution of frequency of annual precipitation totals 1941-2012

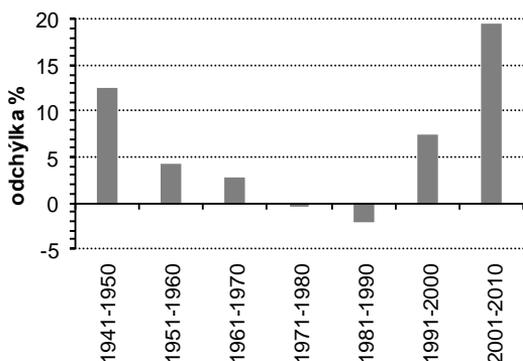
Interval [mm]	900-1000	1000-1100	1100-1200	1200-1300	1300-1400	1400-1500	1500-1600	1600-1700	1700-1800	1800-1900	1900-2000	>2000
Počet	3	5	10	16	11	8	9	5	2	1	1	1



Obr. 3. Odchýlky ročných úhrnov zrážok za obdobie 1941-2012 od normálu 1961-1990.

Fig. 3. Deviations of annual precipitation totals in the period 1941-2012 from the normal period 1961-1990.

Podnormálnych bolo 8 rokov a silne podnormálne boli 4 roky, posledný 1986. Mimoriadne podnormálny rok sa nevyskytol. Z hľadiska dlhodobej zmeny zrážkových úhrnov pri hodnotení odchýlok ročných zrážok od normálu možno označiť 40-te a 60-te roky minulého storočia za plné výkyvy, prvú polovicu 50-tych rokov, ďalej obdobie od polovice 70-tych rokov a 80-te roky až do polovice 90-tych rokov za obdobie ustálenejšie a zrážkovo viac-menej normálne. Od polovice 90-tych rokov výrazne prevládajú zrážkovo nadnormálne obdobia. Dochádza tak ku striedaniu relatívne suchších období s vlhkejšími obdobiami. Pri porovnávaní dekádnych úhrnov zrážok v období 1941-2010 mala najnižší ročný priemer dekáda 1981-1990 (1253 mm). Zrážkovo najbohatšie bolo obdobie 2001-2010 s priemerným ročným úhrnom 1531 mm (7 rokov s úhrmi nad 1498 mm zahŕňa aj zrážkovo mimoriadne nadnormálny rok 2010). Ročný priemer za dekádu 2001-2010 prevýšil priemer za normálové obdobie 1961-1990 o takmer 20%. Odchýlky priemerných dekádnych úhrnov od normálu sú znázornené na obr. 4. V dekáde 2001-2010 bol v 6-tich mesiacoch roka dosiahnutý maximálny mesačný dekádový úhrn, najvyšší v júli (2565 mm). Na Skalnatom Plese boli v letných mesiacoch (JJA, 1961-2011) v priemere priaznivejšie podmienky pre tvorbu zrážok ako na Lomnickom štíte, v zimných mesiacoch to bolo naopak (Bičárová a Čepčeková, 2012).



Obr. 4. Odchýlky dekádnych úhrnov zrážok od normálu 1961-1990.

Fig. 4. Deviations of decadal precipitation totals from the normal period 1961-1990.

Výdatné júlové dažde sa vyskytovali v cyklonálnych situáciách a v brázdach nízkeho tlaku vzduchu, predovšetkým pri pôsobení severovýchodnej cyklonálnej situácie NEc. Zrážky ovplyvnené NEc v dekáde 2001-2010 boli pri približne rovnakej početnosti takmer dvojnásobne vyššie ako v predchádzajúcej dekáde 1991-2010 (Bičárová a Čepčeková, 2011).

V ročnom chode zrážok (tab. 2.) sa prejavuje kontinentálna klíma horského typu mierneho pásma, najviac zrážok pripadá na mesiac júl, priemerne 212 mm (15,4 % podiel na ročnom úhrne zrážok), druhým zrážkovo najbohatším mesiacom je jún so 191 mm (14,1 % podiel), tretím je august so 161 mm (11,9 % podiel). Minimum zrážok je vo februári, v priemere okolo 65 mm s približne 5%-ným podielom na ročnom úhrne zrážok. Z hľadiska početnosti výskytu mesačných extrémov zrážok pripadá najviac mesačných maxim na letné mesiace, prevažne júl (spolu 56). Najviac minimálnych mesačných úhrnov je v zime (spolu 48). Maximálny mesačný úhrn zrážok 490 mm bol v júli 2001, minimálny 0,1 mm v novembri 2011. Maximálny denný úhrn zrážok 170 mm bol zaznamenaný 29. 6. 1958. V dňoch 27-29. 6. 1958 sa mimoriadne výdatné dažde sústredili nad celým tatranským masívom a prietok tatranských tokov prekročil doteraz známe hodnoty tzv. storočnej vody (Konček a kol., 1974). Pravdepodobnosť výskytu zrážkových dní (počet zrážkových dní pre kalendárny deň delené obdobím v %) a priemernej dennej výdatnosti zrážok (sumy denných úhrnov pre jednotlivé kalendárne dni delené počtom zrážkových dní $\geq 0,1$ mm) na Skalnatom Plese v rokoch 1941-2012 znázorňuje obr. 5. Nadpriemerné početnosti výskytu dní so zrážkami sú začiatkom januára, a to podľa Končeka a kol. (1974) vplyvom zväčšenej frekvencie západných cyklonálnych situácií sprevádzaných postupom morského polárneho vzduchu. Pravdepodobnosť výskytu zrážok dosahuje najvyššie hodnoty v júni, ide o obdobie tzv. európskeho monzúnu, ktorý pravidelne prináša vlahu pre oblasť strednej Európy.

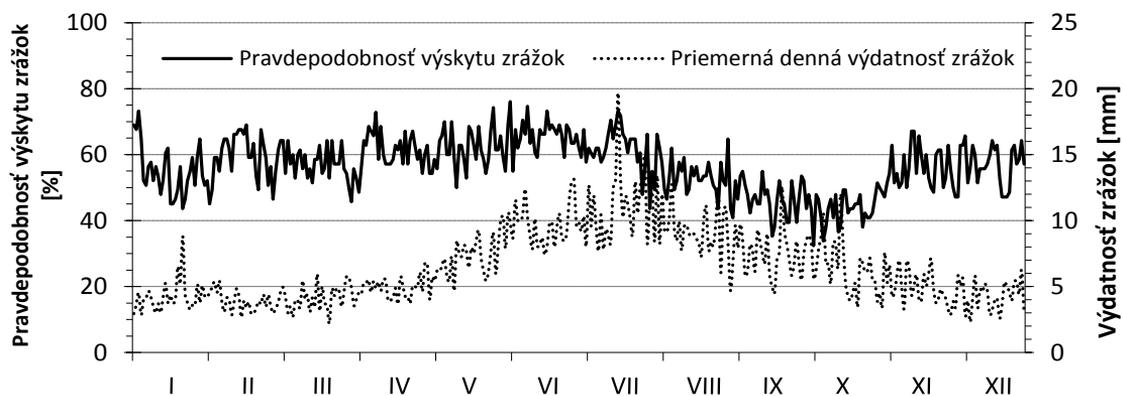
Skalnaté Pleso má najvyššiu pravdepodobnosť výskytu zrážok 4. júna (76 %) a 11. júna (75 %). Nadpriemerné hodnoty dennej výdatnosti zrážok pripadajú na obdobie od začiatku júna do polovice októbra. Najvyššie úhrny zrážok sú v júli, kedy sú dažde vzhľadom na intenzívnu búrkovú činnosť a výskyt lejakov konvekčívneho pôvodu oveľa výdatnejšie (Konček a kol., 1974). Zaujímavým dňom je 18. júl. Od roku 1962 boli v tento deň zaznamenané úhrny nad 30 mm celkom 8 krát a mimoriadne vysoké úhrny nad 100 mm celkom 3 krát. Priemerná zrážková výdatnosť na tento deň je 19,7 mm, nasleduje 29. júl s hodnotou 14,8 mm. Pri prevahe anticyklonálnych situácií dosahuje pravdepodobnosť výskytu zrážok najnižšie

hodnoty koncom septembra a v októbri, čo je obdobie vhodné na vysokohorskú turistiku. Dôležitou charakteristikou pravdepodobnosti výskytu zrážok je početnosť dní so zrážkami ($\geq 0,1$ mm) diferencovaná podľa výšky denných úhrnov. Pri hodnotení obdobia 1941-2012 možno konštatovať, že na Skalnatom Plese sa priemerne za rok vyskytne 206 dní so zrážkami ($\geq 0,1$ mm). V ročnom chode je to od 13,5 dňa v októbri do 19,7 v júni. Priemerne 151 dní v roku sa vyskytnú zrážky s úhrnom nad 1 mm (najviac v júni a júli po 16 dní), 79 dní s úhrnom nad 5 mm (max. jún, júl 10 dní), 43 dní je s úhrnom nad 10 mm (max. 7 dní v júni a júli). Úhrn viac ako 20 mm sa vyskytne priemerne 16 dní do roka.

Tab. 2. Priemerné a extrémne úhrny zrážok [mm] za obdobie 1941-2012

Tab. 2. Average and extreme precipitation totals [mm] for period of 1941-2012

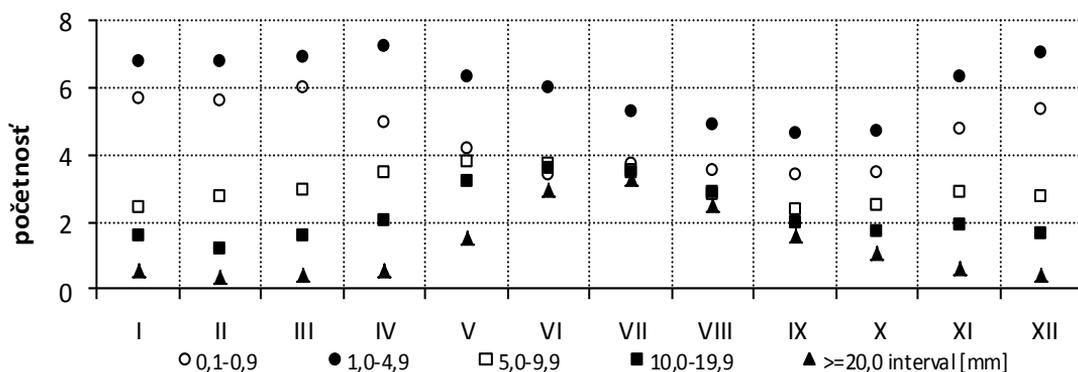
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok/ Year
Priemerný mesačný a ročný úhrn zrážok													
Average (AVG) monthly and annual precipitation total													
AVG	71	65	77	92	135	191	212	161	107	92	83	74	1361
Maximá mesačných a ročných úhrnov zrážok a rok výskytu (R)													
Maxima of monthly and annual precipitation and year (Y) of occurrence													
MAX	275	162	236	369	382	381	490	320	263	238	183	230	2155
R/Y	2007	1967	2000	1945	2010	1958	2001	2006	1984	1980	1947	1954	1945
Minimá mesačných a ročných úhrnov zrážok a rok výskytu (R)													
Minima of monthly and annual precipitation and year (Y) of occurrence													
MIN	11	2	5	22	45	79	66	21	15	1	0.1	4	911
R/Y	1991	1976	1974	2009	1999	1976	1994	1973	1946	1951	2011	1972	1961
Priemerné mesačné podiely na ročnom úhrne zrážok [%]													
Average monthly precipitation share of annual total [%]													
AVG	5.2	4.7	5.6	6.8	10.0	14.1	15.4	11.9	7.8	6.8	6.1	5.5	100
Početnosť výskytu extrémnych (maximálnych a minimálnych) mesačných úhrnov zrážok v roku													
Frequency of extreme (maximal and minimal) monthly precipitation totals in year													
MAX	2	-	1	2	3	16	28	12	3	3	1	1	
MIN	17	15	3	2	-	-	-	1	2	14	2	16	
Maximálny denný úhrn zrážok a dátum D/M/R													
Maximal daily precipitation total and date D/M/Y													
MAX	38.2	51.4	41.0	47.8	60.0	170.0	144.5	91.7	83.3	108.1	53.8	67.8	170.0
D/M	29/1	3/2	28/3	30/04	10/05	29/6	18/07	16/08	17/09	17/10	14/11	27/12	29/06
R/Y	1979	1967	1961	1989	1951	1958	1970	1988	1983	1992	1982	1954	1958



Obr. 5. Ročný chod počtu dní so zrážkami [%] a priemerná denná výdatnosť zrážok [mm] (1941-2012).
 Fig. 5. Annual variation in the number of days with precipitation totals [%] and average daily yield of precipitation [mm] (1941-2012).

Na obr. 6. je znázornená priemerná početnosť zrážkových dní s rôznou výdatnosťou v ročnom chode. V období 1941-2012 bolo zaznamenaných 95 dní s úhrnom zrážok nad 50 mm a 6 dní s úhrnom nad 100 mm. Najčastejší počet zrážkových dní v mesiaci je v intervale 16-20 dní (tab. 3) a to od januára do augusta a v novembri.

V septembri a októbri je najčastejší počet dní so zrážkami v intervale 11-15 dní a v decembri 21-25 dní. Najčastejší výskyt minimálnych mesačných súm zrážkových dní (interval 0-5 dní) má október, čo opäť naznačuje vcelku priaznivé podmienky pre turistiku vo Vysokých Tatrách v tomto období.



Obr. 6. Priemerný ročný chod počtu dní so zrážkami s rôznou výdatnosťou (1941-2012).
 Fig. 6. Average annual variation in the number of days with various precipitation totals (1941-2012).

Tab. 3. Početnosť mesačných a ročných súm zrážkových dní (1941-2012)

Tab. 3. Frequency of monthly and annual amounts of precipitation days (1941-2012)

Interval dni	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
0-5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	2	1	8
6-10	5	8	6	2	2	0	1	3	16	14	4	6	67
11-15	22	19	13	13	12	11	13	21	31	28	21	19	223
16-20	26	27	28	32	32	31	29	38	20	19	28	18	328
21-25	17	15	19	23	20	26	21	9	4	6	15	23	198
>25	1	1	4	0	4	3	7	0	0	0	0	3	23

Búrka ako súbor elektrických, akustických a optických javov medzi oblakmi cumulonimbus alebo medzi oblakmi a zemou (obr. 7) sa zaznamená vtedy, keď sú blesky sprevádzané hrmením. Blýskavice medzi búrky neradíme. Búrky delíme na frontálne a miestne (búrky z tepla). Podľa vzdialenosti od stanice rozlišujeme blízke búrky (do 3 km) a búrky vzdialené. V období 1983-2012 bolo na Skalnatom Plese pozorovaných 868 dní s blízkou a vzdialenou

búrkou, čo predstavuje 8 % zo všetkých dní v danom období. V priemere sa za rok vyskytne na Skalnatom Plese 28,9 dní s búrkou, v období 1951-1960 to bolo 30,2 dní (Konček a kol., 1974). Najviac dní s búrkou je v júni a v júli (v priemere asi 7), čo predstavuje približne štvrtinu (24 %) zo všetkých búrkových dní. Od mája do augusta sa vyskytne väčšina dní s búrkou (spolu až 89 %). Ročný chod búrok je uvedený v tab. 4.

Tab. 4. Ročný chod búrok Tab. 4. Annual variation of thunderstorms

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Ročný chod blízkych a vzdialených búrok v % (priemer 1983-2012)												
Annual variation both near and distant thunderstorms [%] (average 1983-2012)												
-	0.1	0.3	5.4	21.4	23.6	23.5	20.3	4.3	0.9	0.1	-	100
Priemerný počet dní s búrkou- blízkou a vzdialenou (1983-2012)												
Number of days with near and distant thunderstorm (1983-2012)												
-	0.03	0.10	1.57	6.20	6.83	6.80	5.87	1.23	0.27	0.03	-	28.93



Obr. 7. Búrka a blesky pozorované zo Skalnatého Plesa.

Fig. 7. Thunderstorm and lightning observed at Skalnaté Pleso.

Foto/Photo M. Pikler, M. Krasula

Literatúra

- Bičárová, S., Čepčeková, E., 2011: Decadal precipitation totals (1961-2010) in the High Tatras region and occurrence of atmospheric circulation types. International Scientific Conference. Bioclimate: Source and Limit of Social Development, 6th – 9th September 2011, Topoľčianky, Slovakia, CD ISBN 978-80- 552-0640-0.
- Bičárová, S., Čepčeková, E., 2012: Atmospheric Precipitation in the High Tatra Mts., Slovakia (1961-2011). International Scientific Conference. Bioclimate 2012: Bioklimatologie of Ecosystems, August 29th-31st 2012, Ústí nad Labem, Czech Republic, ISBN 978-80-213-2299-8, p. 10
- Konček, M. et al., 1974: Klíma Tatier. Veda, Vyd. Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 856 s.
- Lapin, M., Faško, P., 1987: Klimatické normály. Metodický predpis. SHMÚ Bratislava
- Mikulová, K., Faško, P., Bochníček O., Borsányi P., Ondruška P., Čepčeková E., Šťastný P., Pecho J., 2008: Klimatologické normály 1961 – 1990 meteorologických prvkov teplota vzduchu a atmosférické zrážky. Záverečná správa výskumnej úlohy. Bratislava, SHMÚ. CD

Autor

Ing. Eva Čepčeková, SHMÚ, Ďumbierska 26, 041 17 Košice

SNEHOVÁ POKRÝVKA

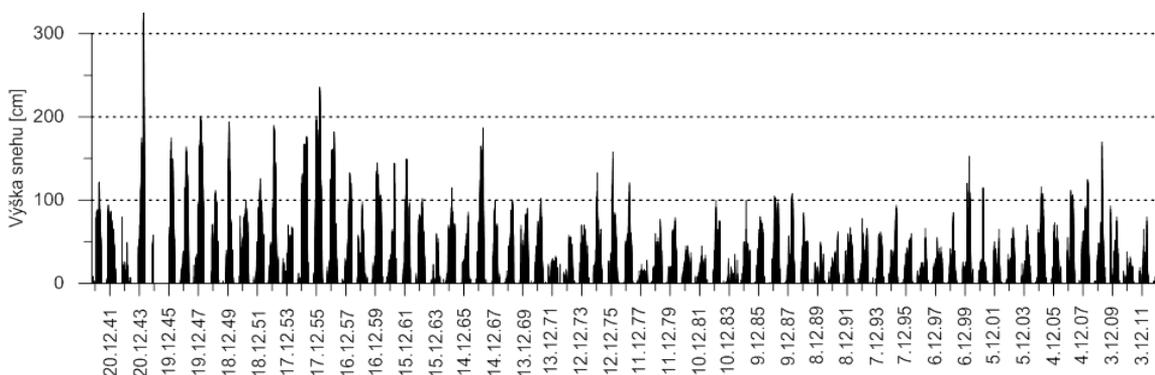
Ladislav Holko

SNOW COVER

Abstract: Snow depth data measured at Skalnaté Pleso between 1940 and 2012 show the existence of two periods. Higher snow depths were observed approximately until 1966. Smaller snow depths were observed since the 1970'. Measurements in the second period do not show any trend toward increasing or decreasing of snow depth. Variability of snow depth with cycle of about 8 year was identified in that period. Maximum snow depth (325 cm) was observed in April 1944. Duration of snow cover, i.e. period between the first and the last day with snow depth at least 1 cm in winters 1947-2012 varied between 133 and 224 days. Duration of permanent snow cover, i.e. number of days with snow depth at least 1 cm not interrupted for more than 3 successive days exhibited a large range too (35-200 days). Mean snow depths in October to May confirmed the existence of the two periods. While the maximum snow depth in period 1947-1969 on average occurred in February, in period 1970-2012 it shifted to March.

Údaje o snehovej pokrývke patria medzi dôležité klimatické a hydrologické charakteristiky. Prvé pozorovania sa na našom území začali v 50. rokoch 19. storočia (*Šamaj a Valovič, 1981*). Spracovaniu údajov o snehovej pokrývke, najmä o výške snehu, sa klimatológovia venujú dosť pravidelne (napr. *Briedoň, 1956; Konček a Briedoň, 1964; Šamaj a Valovič, 1981; Šamaj et al., 1991; Faško et al., 1997; Lapin et al., 2007*). Výsledkom sú hodnoty trvania snehovej pokrývky, počtu dní so snehovou pokrývkou určitej výšky, zabezpečení počtu dní so snehovou pokrývkou určitej výšky, sumy výšok snehu, maximálne výšky snehu, atď. Táto práca hodnotí takmer 70 rokov meraní

výšky snehu na Skalnatom Plese. Všetky merania, ktoré boli k dispozícii (od 16.10.1940 do 31.12.2012) sú znázornené na obr. 1. Najväčšia výška snehu 325 cm bola nameraná 2. a 3. apríla 1944. Počas vojny a krátko po nej sa v niektorých obdobiach na Skalnatom Plese pravdepodobne nemeralo (napríklad v decembri 1941, v zime 1944, 1945 a 1946). Merania chýbali aj vo februári a v marci 1962. Z tohto dôvodu nevieme s určitosťou povedať, či sa v danom období niekedy nevyskytla aj väčšia výška snehovej pokrývky, ako uvedených 325 cm z roku 1944. Obr. 1. ukazuje, že výšky snehu približne do roku 1966 boli väčšie, ako v nasledujúcich desaťročiach.



Obr. 1. Všetky merania výšky snehu na Skalnatom Plese od 16.10.1940 do 31.12.2012.

Fig. 1. All available measurements of snow depth [cm] at Skalnaté Pleso between 16 November 1940 and 31 December 2012.

Trendová analýza pre celé obdobie 1940-2012 by preto ukázala pokles výšky snehu. Extrapolácia takto získaného trendu by však nebola správna, lebo z obr. 1 je zrejmé, že za posledných 50 rokov, t.j. cca od konca 60. rokov 20. storočia o trende poklesu výšky snehu na stanici Skalnaté Pleso nemožno hovoriť. Obr. 1 však ukazuje periodicitu kolísania výšky snehu za posledných 50 rokov. Fourierova analýza pre zimy 1971-2012 potvrdila cyklus s periódou cca 8 rokov.

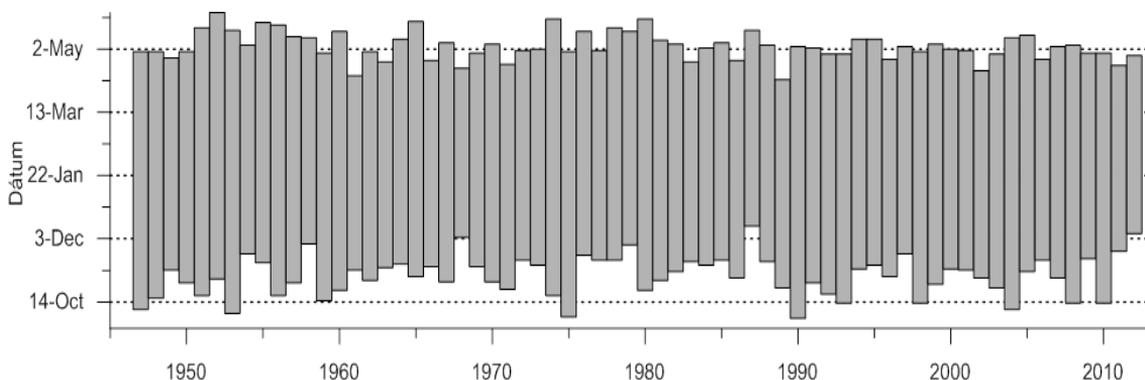
Polovica všetkých meraní je do 30 cm a približne len 8% výšok snehu prekračuje hodnotu 101 cm. Po roku 1966 výška snehu prekračovala hodnotu 100 cm oveľa zriedkavejšie, ako dovtedy. Je zaujímavé, že od zimy 2000 sa hodnoty nad 100 cm opäť začali vyskytovať častejšie.

Vzhľadom na vyššie uvedené prerušenia meraní boli ďalšie hodnotenia robené len pre zimy 1947-2012, pričom za „zimú“ sme pokladali obdobie od októbra do začiatku mája. Snehová pokrývka sa na Skalnatom Plese môže vyskytnúť v každom mesiaci roka. Početnosti dní so snehovou pokrývkou v mesiacoch jún až september však boli malé, preto sme v nasledujúcom spracovaní hodnotili len obdobie od októbra do mája. Dátum začiatku a konca snehovej pokrývky je znázornený na obr. 2. Za začiatok (koniec) snehovej pokrývky sme pokladali prvý (posledný) deň, v ktorom bola nameraná výška

snehu minimálne 1 cm. Aj keď v jednotlivých rokoch dátum začiatku a konca snehovej pokrývky kolíše, obr. 2 ukazuje, že sneh je na Skalnatom Plese najneskôr od začiatku decembra aspoň do polovice apríla.

Obdobie medzi prvým a posledným dňom so snehovou pokrývkou sa nazýva obdobím snehovej pokrývky, hoci snehová pokrývka sa nemusí vyskytovať po celú túto dobu (*Briedoň et al, 1974*). Obdobie snehovej pokrývky pre zimy 1947-2012 na Skalnatom Plese trvalo 134-224 dní (obr. 3); priemer aj medián bol 181 dní. Rozptyl medzi najkratším a najdlhším obdobím snehovej pokrývky je teda až 90 dní.

Počas zimného obdobia často dochádza k roztopeniu snehu. Obdobie trvalej snehovej pokrývky je perióda, v ktorých snehová pokrývka nie je prerušená na dlhší čas, ako tri dni za jedno zimné obdobie (*Briedoň et al, 1974*). Porovnanie dĺžky obdobia snehovej pokrývky, počtu dní so snehom počas obdobia snehovej pokrývky a dĺžky trvalej snehovej pokrývky je znázornené na obr. 3. Pri stabilných zimách nie je veľký rozdiel medzi počtom dní so snehom počas obdobia snehovej pokrývky a dĺžkou trvalej snehovej pokrývky. Nulový rozdiel (napr. v zime 1995) znamená, že od vytvorenia snehovej pokrývky na jeseň až do jej roztopenia na jar nedošlo za celú zimu k poklesu výšky snehu pod 1 cm vo viac ako 3 dňoch. Pri zimách s viacerými odmäkmi je rozdiel medzi týmito dvoma hodnotami veľký (napr. 1990).



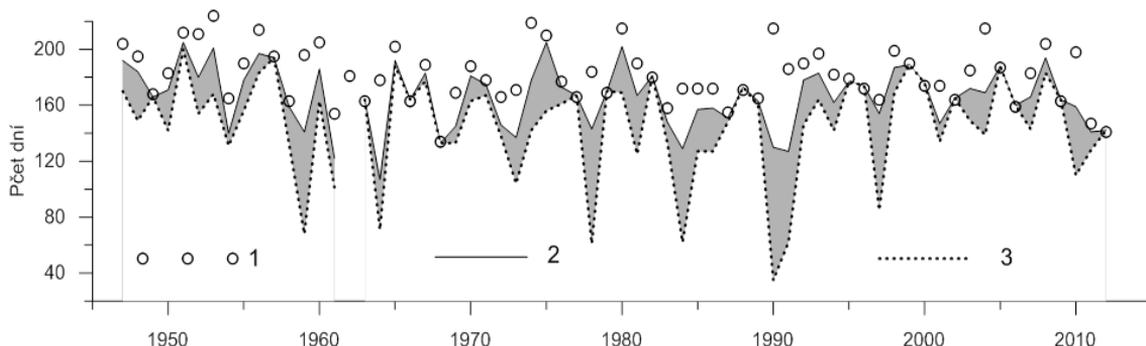
Obr. 2. Dátum začiatku a konca obdobia snehovej pokrývky v zimách 1947-2012.

Fig. 2. Date of beginning and end of period with snow cover in winters 1947-2012.

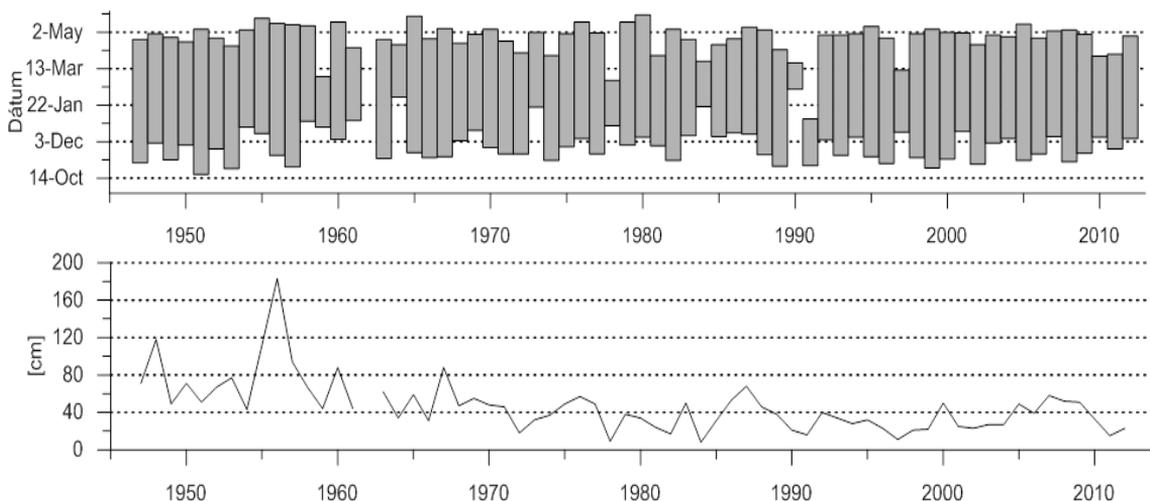
Trvalá snehová pokrývka sa počas vyhodnocovaného obdobia začala najskôr 19. októbra (1950) a skončila najneskôr 26. mája (1980). Najneskorší začiatok obdobia trvalej snehovej pokrývky bol zaznamenaný v zime 1990 (až 13. februára), najskorší koniec v zime 1991 (už 3. januára). Dĺžka obdobia trvalej snehovej pokrývky kolísala od 35 dní v zime 1990 do 200 dní v zime 1951. Dĺžka trvalej snehovej pokrývky nevykazuje v skúmanom období trend (Obr. 4). Krátka trvalá snehová pokrývka sa vyskytla aj počas snehovo bohatšieho obdobia do konca 60. rokov 20. storočia (zimy 1959, 1961, 1964). Priemerná výška snehu počas obdobia trvalej snehovej pokrývky znázornená

na obr. 4 potvrdzuje existenciu snehovo bohatšieho obdobia do konca 60. rokov 20. storočia a snehovo chudobnejšieho obdobia po roku 1970, ktoré bolo konštatované už v súvislosti s obr. 1. Údaje po roku 1970 však neukazujú významný trend.

Poslednými hodnotenými charakteristikami boli počet dní so snehovou pokrývkou a jej priemerná výška v jednotlivých mesiacoch (október až máj) pre zimy 1947-2012. Ani v jednej z týchto charakteristík sa neprejavil trend, ale rozdiel medzi snehovo bohatším obdobím do konca 60. rokov 20. storočia a snehovo chudobnejším obdobím po roku 1970 je opäť viditeľný.



Obr. 3. Dĺžka obdobia snehovej pokrývky (1), počet dní počas obdobia snehovej pokrývky s výškou snehu aspoň 1 cm (2) a obdobie trvalej snehovej pokrývky (3); čím širšia je sivá plocha medzi oboma čiarami, tým väčší bol počas zimy počet dní bez snehu.

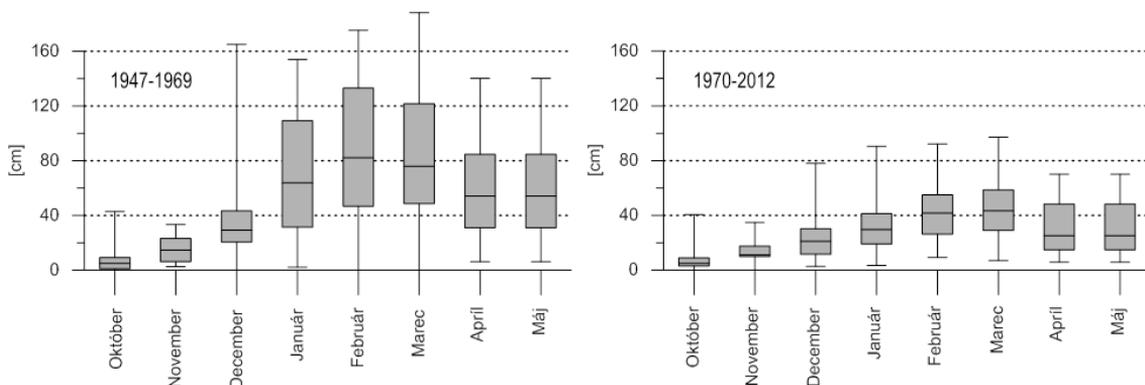


Obr. 4. Dátum začiatku a konca trvalej snehovej pokrývky (horná časť obrázku) a priemerná výška snehu počas obdobia trvalej snehovej pokrývky (spodná časť obrázku).

Fig. 4. Date of the beginning and end of permanent snow cover (the upper panel) and mean snow depth during period of permanent snow cover (the bottom panel).

Priemerná výška snehu do konca 60. rokov je výrazne väčšia, ale má aj väčší rozptyl (Obr. 5). Medián a rozsah priemerných výšok snehu sa na začiatku zimy v týchto dvoch obdobiach veľmi

nelíšia. Veľký rozdiel medzi oboma obdobiami však nastáva v januári a trvá až do mája. V prvom období je mesiacom s najväčšou priemernou výškou snehu február, v druhom marec.



Obr. 5. Priemerná výška snehu v jednotlivých zimných mesiacoch v období 1947-1969 a 1970-2012; Jednotlivé časti grafov zhora nadol označujú maximum, 75%-ný kvartil, medián, 25%-ný kvartil a minimum.

Fig. 5. Mean snow depth in winter months of periods 1947-1969 and 1970-2012; the graphs from top to bottom show maximum, 75%-quartil, median, 25%-quartil and minimum.



Obr. 6. Zima na Skalnatom Plese a meranie výšky snehu pomocou snehomernej laty.

Fig. 6. Wintertime at Skalnaté Pleso and snowfall measurement.

Foto/Photo I. Bohuš

Literatúra

Briedoň, V., 1956: Snehové pomery povodia Oravskej priehrady z vodohospodárskeho hľadiska. Vodohosp. čas., 4, 4, 254-269.

Briedoň, V., Chomicz, K., Konček, M., 1974: Snehové pomery. In: Klíma Tatier. Redaktor M. Konček, Slovenská akadémia vied, 537-600.

Faško, P., Handžák, Š. and Lapin, M., 1997: Selected snow cover characteristics change in the low Tatras region (Slovakia) in 1921-1995, vol. 7. National Climate Programme of the Slovak Republic. Bratislava: Slovak Ministry of the Environment and Slovak Hydrometeorological Institute, 47-67 (in Slovak with an English abstract).

Lapin, M., Faško, P., Pecho, J., 2007: Snow cover variability and trends in the Tatra Mountains in 1921-2006. In: Proceedings of the 29th International Conference on Alpine Meteorology Chambré, France, 4-8 June 2007. [Online]. Retrieved on 5 September 2010 from: <http://www.alpine-meteorology.org/>.

Šamaj, F., Valovič, Š. 1981: Priemerné trvanie rôznych výšok snehovej pokrývky na Slovensku. Vodohosp. čas. 29, 6, 569-580.

Autor

RNDr. Ladislav Holko, CSc., Ústav hydrológie SAV, Ondrašovecká 16, 031 01 Liptovský Mikuláš

TLAK VZDUCHU

Jozef Mačutek

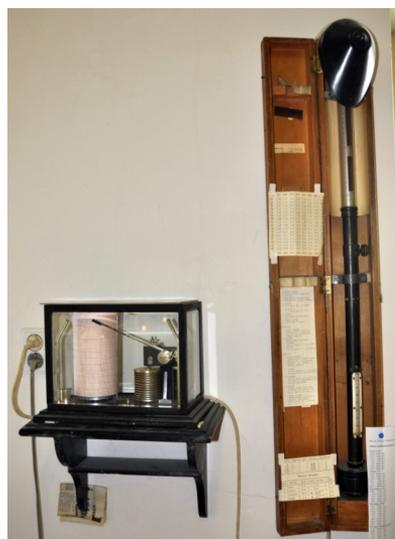
ATMOSPHERIC PRESSURE

Abstract: Evaluation of atmospheric pressure measurements at station Skalnaté Pleso (1946-2012) specifies range of yearly means that vary from 815,5 hPa (minimum in 1952 and 2010) to 821,0 hPa (maximum in 2011). Small deviations — negative for the period 1946-1970 and positive for the period 1983-2012 from the value of 818 hPa show moderate increase of long-term air pressure mean for last decades. It may be associated with frequently occurrence of relative high annual values > 819 hPa after 1989. Seasonal course of air pressure at Skalnaté Pleso characterised by winter minimum and summer maximum corresponds to typical seasonal course of mountain climate. Comparison of long-term monthly means for both selected periods indicates moderate increase of air pressure for winter months (XII-II) and slightly reduce of amplitude between winter and summer seasonal values in the period 1983-2012. Absolute air pressure maximum 837.4 hPa and minimum 782.2 hPa were recorded in January 1948 and February 1989, respectively.

Atmosférický tlak je ukazovateľom fyzikálnych vlastností vzduchových hmôt nachádzajúcich sa nad určitým územím. Je definovaný ako hydrostatický tlak vyvolaný tiažou vertikálneho vzduchového stĺpca, ktorý siaha od hladiny mora až k hornej hranici atmosféry. Ide o premenlivú veličinu, ktorú ovplyvňujú prvky ako teplota a vlhkosť vzduchu, ale aj zemepisná šírka a nadmorská výška. Pre lepšie porovnanie tlakových údajov nameraných na rôznych staniách sú zistené hodnoty redukované na teplotu 0 °C, zemepisnú šírku 45° a nadmorskú výšku hladiny mora. Normálny tlak za týchto podmienok je 1013,25 hPa. Pri výstupe do výšky tlak vzduchu klesá v dôsledku neustáleho poklesu hmotnosti atmosféry.

Na meteorologickej stanici Skalnaté Pleso sa tlak vzduchu meria ortuťovým tlakomerom a mikrobarografom (obr. 1). Z údajov nameraných v riadnych pozorovacích termínoch o 7., 14., a 21. hodine boli vypočítané priemerné denné hodnoty a to pre obdobia 1946-1970 a 1983-2012. Zo spracovania bolo vylúčené obdobie 1971-1982, lebo v daných rokoch nie sú k dispozícii kvalitné denníkové záznamy. Na základe priemerných denných hodnôt boli vyhodnotené priemerné ročné, mesačné a denné charakteristiky tlaku vzduchu.

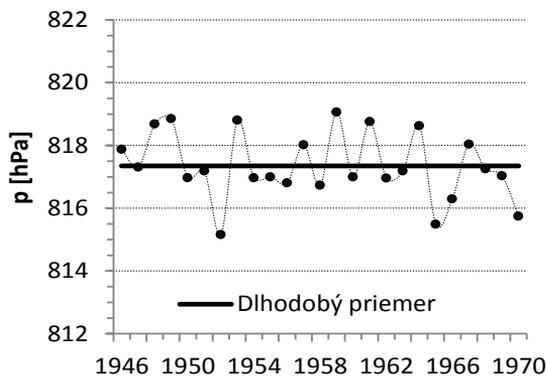
Obr. 2 ilustruje variabilitu priemerných ročných hodnôt, ktoré sa pohybujú v rozsahu od 815,2 hPa (minimá v rokoch 1952 a 2010) do 820,2 hPa (maximum v roku 2011). Porovnanie dvoch dlhodobých priemerov tlaku vzduchu poukazuje na nevýrazné odchýlky od hodnoty 818 hPa (záporná pre obdobie 1946-1970, kladná pre obdobie 1983-2012) a na mierny nárast v posledných troch dekádach s pomerne častým výskytom ročných hodnôt >819 hPa.



Obr. 1. Ortuťový barometer a mikrobarograf.

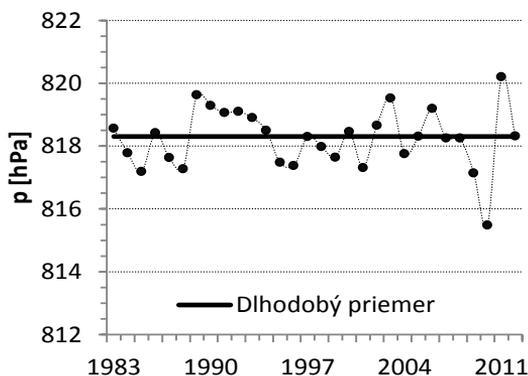
Fig. 1. Mercury barometer a microbarograph.

Foto/Photo I. Bohuš



Obr. 2a. Priemerné ročné hodnoty tlaku vzduchu na stanici Skalnaté Pleso v období 1946-1970.

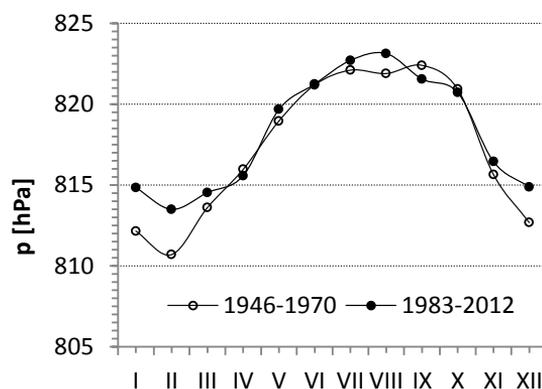
Fig. 2a. Annual means of atmospheric pressure at station Skalnaté Pleso in the period 1946-1970.



Obr. 2b. Priemerné ročné hodnoty tlaku vzduchu na stanici Skalnaté Pleso v období 1983-2012.

Fig. 2b. Annual means of atmospheric pressure at station Skalnaté Pleso in the period 1983-2012.

Ročný chod tlaku vzduchu súvisí so sezónnymi zmenami barického poľa na zemskom povrchu. Na kontinentoch pripadá ročné maximum na zimu a minimum na leto. Vo vysokohorskom prostredí má ročný chod odlišný priebeh, maximum sa zvyčajne vyskytuje v letných mesiacoch a minimum v zime (Kopáček a Bednář, 2005). Letné maximum a zimné minimum ukazuje aj chod priemerných mesačných hodnôt na Skalnatom Plese (obr. 3) pre obidve sledované obdobia. V období 1983-2012 došlo k zvýšeniu dlhodobého priemeru tlaku vzduchu výraznejšie v zimných (XII-II) ako v letných mesiacoch (VII-VIII). Zmenila sa tak aj amplitúda dlhodobých mesačných hodnôt (A v tab. 1). Jej pokles o 2,1 hPa naznačuje zmierňovanie tlakových rozdielov medzi zimným a letným obdobím v tatranskom horskom prostredí v posledných desaťročiach.



Obr. 3. Dlhodobé mesačné priemery tlaku vzduchu na stanici Skalnaté Pleso vo vybraných obdobiach.

Fig. 3. Long-term monthly means of atmospheric pressure at station Skalnaté Pleso for selected periods.

Najvyšší priemerný denný tlak vzduchu 837,4 hPa za obdobie 1946 – 2012 pripadá na 28. január 1949. Najnižšia hodnota tlaku vzduchu 782,2 hPa bola zaznamenaná 26. februára 1989.

Tab. 1. Mesačné a ročné priemerné hodnoty tlaku vzduchu na Skalnatom Plese vo vybraných obdobiach
Tab.1. Monthly and annual means of atmospheric pressure at Skalnaté Pleso for selected periods

p [hPa]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	A
1946-1970	812,2	810,7	813,6	816,0	819,0	821,2	822,1	821,9	822,4	820,9	815,6	812,7	817,3	11,7
1983-2012	814,8	813,5	814,5	815,6	819,7	821,2	822,7	823,1	821,5	820,7	816,4	814,9	818,2	9,6

A – amplitúda, tj. rozdiel medzi maximálnou a minimálnou hodnotou

Literatúra

Kopáček, J., Bednář, J., 2005: Jak vzniká počasí. Univerzita Karlova v Praze, 226 s.

Autor

Mgr. Jozef Mačutek, Geofyzikálny ústav SAV, Stará Lesná, 059 60 Tatranská Lomnica

VIETOR

Svetlana Bičárová

WIND

Abstract: Standard wind measurements at meteorological observatory Skalanté Pleso (1941 – 2012) show that prevailing winds blow from SW (South-West) direction at this place. Mean wind speeds (WS) varied between 2 and 8 m/s in dependence on wind direction. Strong windstorm damaged spacious forest area in the High Tatras in November 2004. Although maximal gust during this extraordinary event reached high value of 53.8 m/s absolute gust maximum 78.6 m/s recorded at Skalnaté Pleso in November 1965 was not exceeded. Comparison of WS characteristics for two 8-year periods before and after windstorm suggests moderate increase of mean hourly WS after 2004. This increase may be related to higher frequency of weak winds (5-20 km/h). Furthermore powerful gusty winds around 50-60 m/s were recorded several times in the period 1996-2012. Stronger winds are more usual in cold than warm half of year, the most windy month is November.

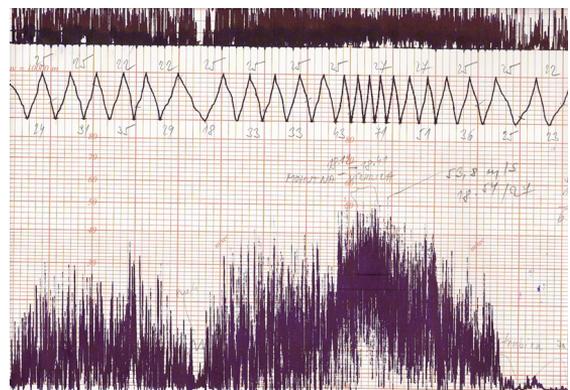
Vietor je pohyb vzduchu pozorovaný na danom mieste. Na klimatologických stanicích sa meria prízemný vietor vo výške asi 10 m nad zemou. Pri pozorovaní určujeme jeho smer a rýchlosť. Rýchlosť vetra vyjadrujeme obvykle v km/h alebo v m/s. Smer vetra označujeme svetovou stranou, ktorá je totožná so smerom prúdenia vzduchu, t.j. smer odkiaľ vietor fúka. Vietor sa skladá z celého radu nárazov, náhlych zosilnení a zoslabení prúdenia vzduchu. Univerzálny anemometer (obr. 1) meria a registruje smer vetra (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW), dráhu vetra (priemerná hodinová rýchlosť v km/h) a nárazy vetra (okamžitá rýchlosť v m/s) so záznamom na 24 hod. registračnú pásku (obr. 2). Na Skalnatom Plese sa začal vietor merať v roku 1940. Prvé merania spracoval Otruba (1964) pre obdobie 1941-1955. Veterné pomery v rokoch 1951-1960 popisujú Otruba a Wisniewski v monografii Klíma Tatier (Konček a kol., 1974). Údaje zaznamenané po roku 1961 sa postupne digitalizujú. Databázové súbory, ktoré obsahujú informácie o hodinových hodnotách rýchlosti a smeru vetra ako aj o maximálnom náraze vetra (hodnota, smer, čas) v danom dni sú k dispozícii pre obdobie 1996-2012. V tomto príspevku budú vyhodnotené základné veterné charakteristiky pre Skalnaté Pleso v období 1941-2012 podľa údajov dostupných v existujúcich databázach a publikáciách.



Obr. 1. Anemometer na Skalnatom Plese.

Fig. 1. Anemometer at Skalnaté Pleso.

Foto/Photo I. Bohuš

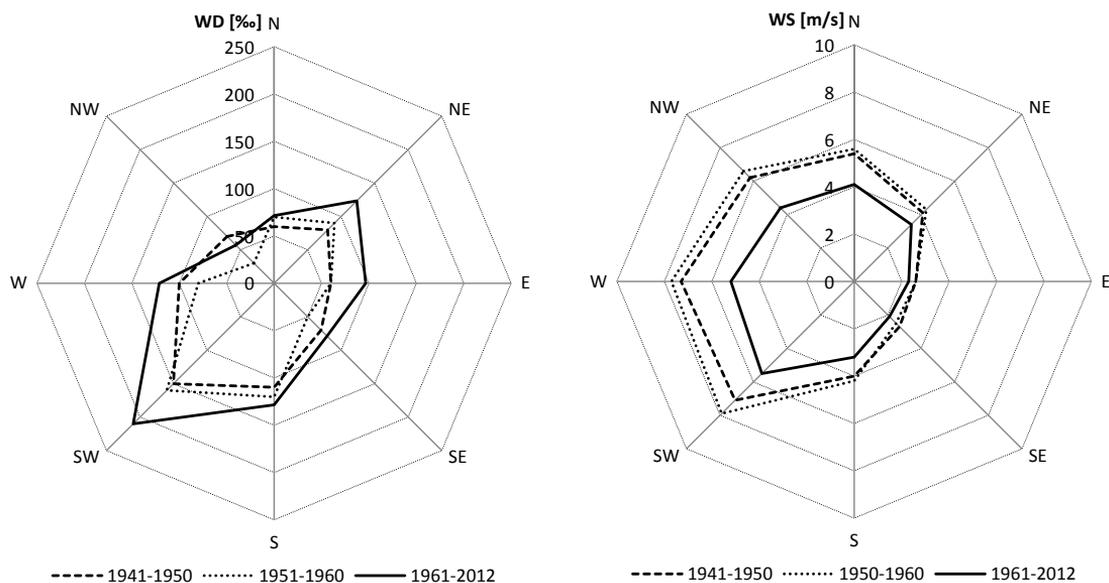


Obr. 2. Anemogram so záznamom veterných údajov na Skalnatom Plese počas ničivej víchrice 19.11.2004.

Fig. 2. Anemogram and record of wind measurements at Skalnaté Pleso during devastative windstorm in November 2004.

Veterná ružica s 8-dielnym označením smerov (obr. 3) ukazuje, že na Skalnatom Plese dlhodobo prevláda juhozápadné (SW) prúdenie vzduchu s najvyššími priemernými rýchlosťami vetra približne od 6 do 8 m/s. Pokles relatívnej početnosti výskytu bezveterných dní po roku 1961 (Calm v tab. 1) naznačuje priaznivejšie podmienky pre cirkuláciu a volnejšie prúdenie vzduchu vo výškovej zóne Skalnatého Plesa.

Častejší výskyt veterných dní však nie je spojený s nárastom priemernej rýchlosti vetra, naopak po roku 1961 boli zistené najnižšie hodnoty pre všetky smery vetra (tab. 1). Je preto možné predpokladať, že po roku 1961 došlo k nárastu počtu dní s miernym vetrom, avšak situácie s extrémne silným nárazovým vetrom sa vyskytli tiež. Rozsiahle polomy spôsobila mimoriadne ničivá víchrica v novembri 2004.



Obr. 3. Veterná ružica početnosti smerov vetra WD [%] (vľavo) a priemernej rýchlosti smerov vetra WS [m/s] (vpravo) na Skalnatom Plese v rôznych obdobiach: 1941-1950 a 1951-1960 (Otruba a Wisniewski, 1974), 1961-2012 (SHMÚ Košice, 2013).

Fig. 3. Wind rose for frequency of Wind Direction WD [%] (left) and mean Wind Speed WS [m/s] (right) at Skalnaté Pleso covering different periods: 1941-1950 a 1951-1960 (Otruba a Wisniewski, 1974), 1961-2012 (SHMÚ Košice, 2013).

Tab. 1. Priemerná početnosť smerov vetra WD [%] a priemerná rýchlosť smerov vetra WS [m/s] na Skalnatom Plese v rôznych obdobiach

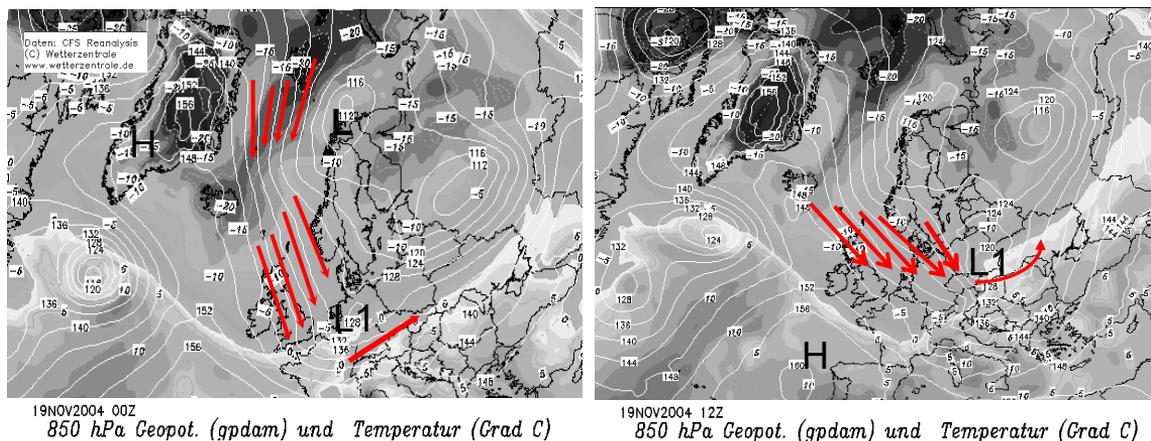
Tab.1. Mean frequency of Wind Direction WD [%] and mean Wind Speed WS [m/s] at Skalnaté Pleso for different periods

WD a WS	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calm
WD [%]									
1941-1950 ¹	6	8	6	7	11	15	1	7	30
1951-1960 ¹	7	9	6	5	12	16	8	3	34
1961-2012 ²	7	12	10	8	13	21	12	6	11
WS [m/s]									
1941-1950 ¹	5,4	4,1	2,6	2,7	4	7,1	7,3	6,2	4,9
1951-1960 ¹	5,6	4,3	2,6	2,5	4,2	7,9	7,7	6,6	5,2
1961-2012 ²	4,1	3,4	2,3	2,1	3,2	5,5	5,2	4,4	3,8

Zdroje: ¹Otruba a Wisniewski (1974), ²SHMÚ Košice (2013)

Rozloženie tlakových útvarov a príslušných izobár na synoptickej mape zo dňa 19. 11. 2004 (obr. 4) ilustruje rýchly prienik studeného vzduchu zo severnej do západnej Európy a vznik nenápadnej tlakovej níže (L1) nad Nemeckom v skorých ranných hodinách (obr. 4 vľavo). V priebehu dňa došlo k prehĺbovaniu L1 a postupnému posunu na východ. Centrum L1 zasiahlo územie Vysokých Tatier v popoludňajších hodinách (obr. vpravo). Mimoriadna sila tlakového gradientu v synergickom pôsobení orografického efektu vyvolali rýchlu zmenu prúdenia vzduchu z prevažne juhozápadného na severozápadné. Rýchlosť vetra dosahovala hodnoty, ktoré zodpovedajú podľa Beaufortovej stupnice víchrici, na niektorých miestach v kratších časových intervaloch až mohutnej víchrici (určujúca je priemerná rýchlosť vetra v 10 minútovom intervale). Silný nárazový vietor zničil alebo poškodil lesné porasty na

ploche približne 12–14 tis. hektárov. Takmer všetky stromy boli polámané alebo vyvrátené aj s celým koreňovým systémom. Na Skalnatom Plese bol zaznamenaný maximálny náraz vetra 53, 8 m/s t.j. 194 km/h (tab. 2). Absolútne maximum nárazovej rýchlosti v Tatrách i na Slovensku 78,6 m/s (283 km/h) z 29. 11. 1965 však prekované nebolo. Silné až víchricové padavé vetry, ktoré spôsobujú škody na lesnom poraste sa nazývajú prepádové vetry. Obvykle sa vyskytujú na horných a na stredných svahoch pohoria v pásme, ktorého spodná hranica kolíše podľa konfigurácie reliéfu a je v nadmorskej výške asi 1400-1600 m. Zriedkavo sa víchricové padavé vetry vyskytujú aj na spodných svahoch a úpätiach Tatier (Otruba a Wisniewski, 1974). V takýchto prípadoch obyčajne spôsobujú rozsiahle škody na lesných porastoch, ako to bola na južnej strane Tatier v máji 1915, v septembri 1941 a v novembri 2004.



Obr. 4. Vývoj synoptickej situácie v Európe dňa 19. 11. 2004

Fig. 4. Progress of synoptic situation in Europe on 19th Nov 2004.

Zdroj/Source: CFS Reanalysis © Wetterzentrale www.wetterzentrale.de

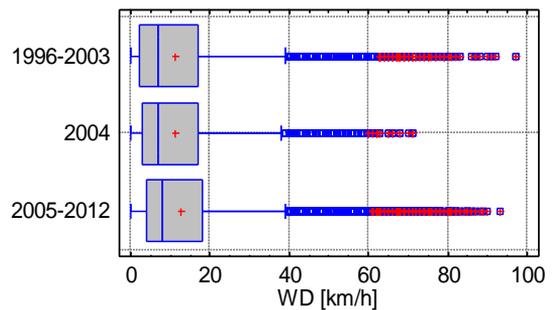
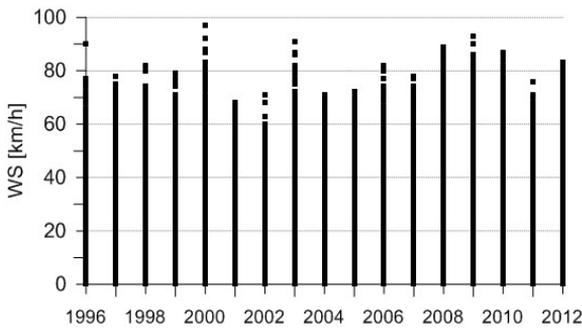
Tab. 2. Maximálne nárazy vetra v oblasti Vysokých Tatier zaznamenané dňa 19. 11. 2004

Tab.2. Maximal wind gusts in the High Tatra region during windstorm in November 2004

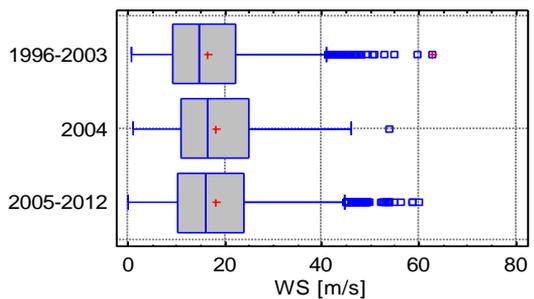
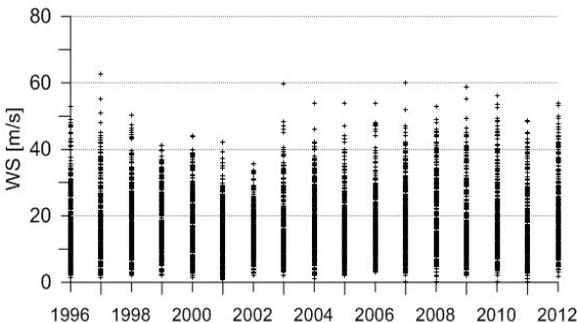
Stanica	Zemepisné súradnice			Maximálny náraz vetra			
	m n.m.	zem. dĺžka	zem.šírka	m/s	km/h	smer	čas (SEČ)
Poprad-letisko	695	20°15'E	49°04'N	34.3	123	WNW	14:21
Stará Lesná	810	20°17'E	49°09'N	45.2	163	NW	17:27
Skalnaté Pleso	1770	20°14'E	49°11'N	53.8	194	W	18:54
Lomnický štít	2634	20°13'E	49°12'N	46.1	166	W	15:27

Rýchlosť vetra na Skalnatom Plese v rokoch 1996-2012 charakterizujú namerané hodnoty priemerných rýchlostí v km/h a maximálnych nárazov v m/s podľa digitalizovaných denných záznamov z anemografu. Na obr. 5 (vľavo) vidíme, že priemerné hodinové rýchlosti do 60 km/h (bezvetrie až prudký vietor) nie sú na Skalnatom Plese výnimočné. Za výnimočné možno považovať situácie s rýchlosťami vetra okolo 90 km/h. V Beaufortovej stupnici sú takéto vetry zaradené do 10. stupňa (89-102 km/h) s označením silná víchrica. Silné víchrice sa teda na Skalnatom Plese vyskytli celkom 6 krát (1996-V, 2000-IV, 2003-II, 2008-X, 2009-I-XII). Najvyššia priemerná hodinová rýchlosť vetra (97 km/h) zo 6. 4. 2000 nebola preknaná ani počas mimoriadnej situácie dňa 19. 11. 2004, kedy na Skalnatom Plese fúkal čerstvý až búrlivý vietor od 35 do 74 km/h. Porovnanie štatistických ukazovateľov dvoch 8-ročných období pred (1996-2003) a po (2005-2012) veternej kalamite ukazuje mierne zvýšenie priemernej hodinovej rýchlosti z 11,3 km/h na 12,7 km/h po roku 2004. Táto nevýrazná zmena môže

súvisieť aj s častejším výskytom slabých vetrov (5-20 km/h), ktoré mohli byť pred rokom 2004 tlmené existujúcim lesným porastom. Okrem toho v zmenených podmienkach nebolo preknané ani hodinové maximum predchádzajúceho obdobia 1996-2003 (obr. 5 vpravo). Nárazy vetra predstavujú okamžité hodnoty rýchlosti vetra merané v m/s. Maximálne denné nárazy do 40 m/s (144 km/h) nie sú na Skalnatom Plese neobvyklé. Menej časté, ale pomerne frekventované sú nárazové maximá v intervale od 40 do 60 m/s (144-215 km/h). V posledných rokoch sa vyskytujú častejšie ako pred rokom 2004 (obr. 6 vľavo). Veľmi silný nárazový vietor s rýchlosťou od 50 do 60 m/s (180-216 km/h) bol zaznamenaný viac krát v období 1996-2012. Okrem spomínanej hodnoty 53,8 m/s v novembri 2004, mimoriadne vysoké nárazové rýchlosti od 53,8-62,6 m/s boli zistené v ďalších 11-tich prípadoch. Hoci najsilnejší náraz vetra 62,6 m/s (225 km/h) z novembra 1997 neprekonal absolútne maximum z roku 1965, v období 2005-2012 neboli maximálne denné nárazy väčšie ako 60 m/s (obr. 6 vpravo).



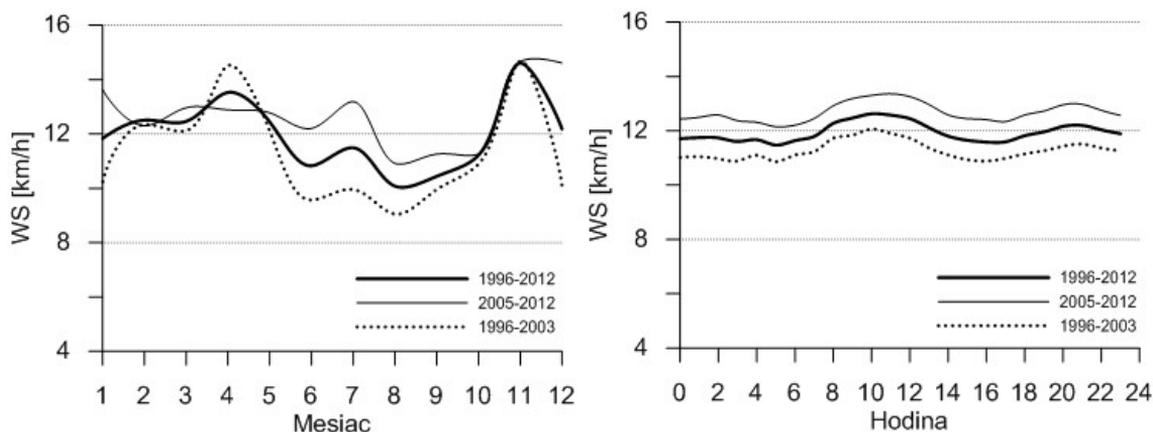
Obr. 5. Priemerné hodinové rýchlosti vetra WS [km/h] na Skalnatom Plese v období 1996-2012.
 Fig. 5. Mean hourly wind speeds WS [km/h] at Skalnaté Pleso in the period 1996-2012.



Obr. 6. Maximálne denné nárazy vetra WS [m/s] na Skalnatom Plese v období 1996-2012.
 Fig. 6. Maximal daily gusts WS [m/s] at Skalnaté Pleso in the period 1996-2012.

Z ročného chodu priemerných hodinových rýchlostí vetra (obr. 7 vľavo) vyplýva, že prúdenie vzduchu od novembra do apríla je zvyčajne silnejšie ako v letných mesiacoch. Najveternejším mesiacom je november. Miernejší vietor v teplejšej časti roka (máj až október) však v posledných rokoch (2005-2012) dosahoval v priemere vyššie hodinové rýchlosti ako v predchádzajúcom období (1996-2003) pred veternou kalamitou. Mierny nárast priemerných hodinových rýchlostí vetra v posledných rokoch ukazuje aj denný chod (obr. 7 vpravo). Krivky denného chodu pre vybrané obdobia majú podobný, pomerne vyrovnaný priebeh s dvomi

málo výraznými vrcholmi v poludňajších a večerných hodinách. Zo spracovania anemometrických údajov vyplýva, že veterné pomery na Skalnatom Plese sú veľmi premenlivé. Silné víchrice nie sú v tomto vysokohorskom prostredí neobvyklým javom. Mimoriadna sila vetra v roku 2004 zmenila krajinu vo Vysokých Tatrách. Napriek tomuto vážnemu zásahu tatranská príroda žije (obr. 8), udržateľnosť jej rozvoja ovplyvňujú nové problémy a situácie. Pri plánovaní turistických aktivít je rozumné vopred sa oboznámiť s predpoveďou počasia (shmu.sk, wetterzentrale.de, meteoblue.com) a rešpektovať uvedené výstrahy a upozornenia.



Obr. 7. Priemerné rýchlosti vetra na Skalnatom Plese (1996-2012): ročný chod (vľavo) a denný chod (vpravo).
Fig. 7. Mean wind speeds at Skalnaté Pleso (1996-2012): annual course (left) and daily course (right).



Obr. 8. Revitalizácia prírodného prostredia Tatranského národného parku po novembri 2004.
Fig. 8. Revitalisation of natural environment of the Tatra National Park after windstorm in 2004.
Foto/Photo S. Bičárová

Literatúra

Otruba, J., 1964: Wind conditions in Slovakia. SAV Bratislava, 315 s.

Otruba, J., Wisniewski, W., 1974: Veterné pomery. In Klíma Tatier (Ed. M. Konček), VEDA Bratislava, 855s.

Autor

Ing. Svetlana Bičárová, PhD., Geofyzikálny ústav SAV, Stará Lesná, 059 60 Tatranská Lomnica

OZÓNOVÉ ZNEČISTENIE VZDUCHU

Svetlana Bičárová, Peter Fleischer a Ondrej Jakubjak

OZONE AIR POLLUTION

Abstract: Ozone air pollution affects human health and the environment. There are evidences that exposure to ambient ozone concentration (O_3) causes adverse health effects ranged from minor sensory irritation to premature death. In addition, O_3 in the ambient air seriously damages a variety of ecosystems including crops, forests and grasslands. Results of O_3 measurement at Skalnaté Pleso for period 2000-2012 as well as indices of air quality (SOMO35 and AOT40) presented in this contribution suggest that highlands in Europe are more vulnerable to health and environmental risk associated with the long-term O_3 exposure. Current emission policies are probably insufficient to substantially reduce O_3 level in Europe because O_3 variability in the lower atmosphere is strongly influenced also by climate, meteorology and baseline O_3 concentration. Modification of recent O_3 monitoring network is needed for adjustment of disproportion between low number of stations and high O_3 level in upland areas.

Intenzifikácia automobilovej dopravy, priemyselná činnosť, antropogénne aktivity, necitlivé zasahovanie do prírodného prostredia, ako aj prírodné procesy (sopečná činnosť, biochemické cykly, horenie biomasy) prispievajú k zvyšovaniu obsahu radiačne-aktívnych tzv. skleníkových plynov (H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 , freóny, perfluóruhľovodíky) a znečisťujúcich látok (NO_x , CO , aerosóly) v atmosfére. Osobitne dôležité sú fotochemicky aktívne látky, ktoré pôsobením slnečného žiarenia iniciujú vysoko interaktívnu, často reťazovú a cyklickú fotochemickú transformáciu primárnych emisií na sekundárne polutanty. Indikátorom sekundárneho znečistenia vzduchu je koncentrácia ozónu v prízemnej vrstve troposféry. Prízemný alebo aj troposférický ozón (O_3) vzniká foto-disociáciou NO_2 v prítomnosti prekursorov z antropogénnych zdrojov (spaľovacie procesy, automobilová doprava) ale i biogénnych procesov (vegetácia). Popri oxidoch dusíka (súhrnne označované ako NO_x) tu dôležitú úlohu zohrávajú prchavé organické látky (VOC – Volatile Organic Compounds), oxid uhoľnatý (CO) a metán (CH_4). K produkcii a akumulácii ozónu dochádza teda v znečistenom prostredí, kde oxidáciu NO na NO_2 katalyzujú reaktívne radikálové častice (OH , R , RO_2 , RO , HO_2) z VOC.

Ozón objavil nemecký vedec Ch. F. Schönbein v roku 1839. Merania O_3 uskutočnené v r. 1876 na observatóriu Montsouris boli použité na analýzu zmien troposférického ozónu v priebehu 19. a 20. storočia. Z analýzy vyplýva, že v strednej Európe bola pred 100 rokmi priemerná koncentrácia O_3 približne 10 ppb ($20 \mu g \cdot m^{-3}$), pričom v priebehu storočia došlo k jej takmer dvojnásobnému nárastu (*Volz a Kley, 1988*).

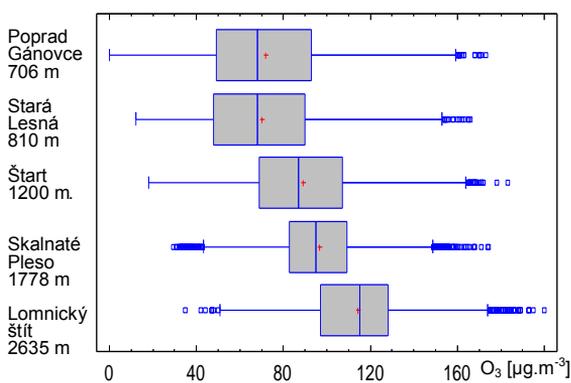
Na Slovensku realizoval prvé prístrojové meranie prízemného ozónu Warmbt, v r. 1967 a 1968 vo Vysokých Tatrách (*Warmbt, 1980*). Kontinuálne meranie zaviedol SHMÚ najprv v r. 1980 v Bratislave a po roku 1992 aj na ďalších, viac ako 20-tich staniach na celom území Slovenska.

Rastúci trend ozónu v troposfére sa stal globálnym problémom. Od roku 1979 európske krajiny spolupracujú na projekte EMEP (European Monitoring and Evaluation Program), ktorý rieši problematiku znečistenia ovzdušia v Európe. V rámci tohto projektu začala v r. 1991 v tatranskej oblasti pracovať prvá automatická stanica na monitorovanie koncentrácie O_3 , a to na Meteorologickom observatóriu GfÚ SAV v Starej Lesnej. Prvé výsledky meraní O_3 z obdobia 1992-2002 neukázali jeho výraznejší pokles, ako by sa dalo očakávať v súvislosti s poklesom produkcie antropogénnych emisií na Slovensku, ale aj v Európe.

Naopak, epizóda vysokých koncentrácií O_3 , ktorá sa vyskytla v auguste r. 2003, upozornila na vplyv nielen antropogénnych, ale aj biogénnych emisií ako aj celkového energetického potenciálu atmosféry.

August 2003 bol v Európe i na Slovensku extrémne teplý, suchý a slnečný. V takomto počasí vznikli priaznivé podmienky pre progresívnu tvorbu a akumuláciu O_3 predovšetkým v priemyselných oblastiach západnej Európy. Diaľkovým prenosom sa znečistený vzduch presunul aj nad naše územie. Neobvykle vysoké hodinové maximá O_3 boli zaznamenané v Bratislave – $301 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a na Lomnickom štíte – $195 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Bičárová a kol., 2005).

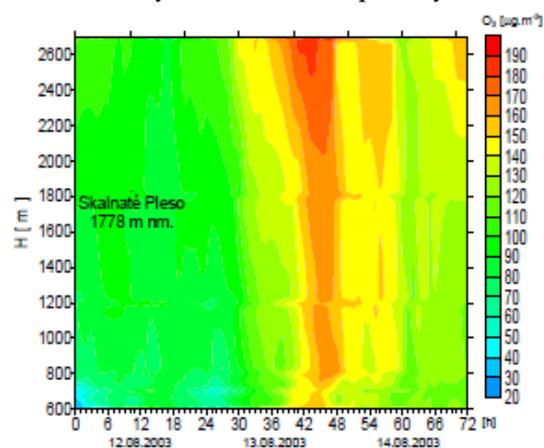
Monitoring O_3 , ktorý bol realizovaný v roku 2003 na viacerých tatranských staniciach vrátane Skalnatého Plesa poukazuje na vysokú ozónovú záťaž vo vysokohorskom prostredí. Na obr. 1 môžeme vidieť nárast priemernej ročnej koncentrácie O_3 (symbol +) so stúpajúcou nadmorskou výškou staníc umiestnených vo výškovom profile od 706 do 2634 m nm a to približne od 70 do $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Na Skalnatom Plese boli v roku 2003 zaznamenané nasledujúce hodnoty koncentrácie O_3 : priemerná ročná hodnota – $96,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, hodinové maximum – $174,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (14.8. 02:00) a denné maximum – $144,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (1.7. 2003).



Obr. 1. Štatistické charakteristiky (dolný kvartil, median, priemer, horný kvartil, maximum) koncentrácie O_3 podľa údajov nameraných v tatranskom výškovom profile v roku 2003.

Fig. 1. Statistical characteristics (Box-and-Whisker plot) of O_3 concentration measured in the altitudinal profile in the High Tatras region in 2003.

Z výsledkov modelovej interpolácie - hodinové hodnoty O_3 vo vzťahu k nadmorskej výške - bol vytvorený výškový profil prízemného ozónu (obr. 2). Poukazuje na prenos ozónu z vyšších vrstiev atmosféry, bohatších na ozón, do nižších nadmorských výšok počas epizódy. Extrémne vysoká koncentrácia O_3 bola v nočných hodinách z 13. na 14. 8. 2003 v oblasti Lomnického štítu ($\sim 190 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Vzhľadom na útlm fotochemickej aktivity v tejto časti dňa, je veľmi pravdepodobné, že veľké množstvo prízemného ozónu sa nad naše územie dostalo prúdením znečisteného vzduchu z vyšších vrstiev troposféry.



Obr. 2. Výškový profil koncentrácie O_3 v oblasti Skalnatého Plesa počas O_3 epizódy v auguste 2003 – modelová interpolácia nameraných hodnôt.

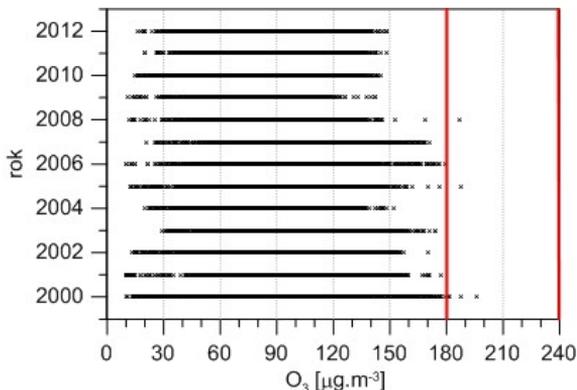
Fig. 2. Altitudinal profile of O_3 concentration including Skalnaté Pleso site during O_3 event in August 2003 – model interpolation of measured data.

Meranie prízemného ozónu v tatranskej oblasti zabezpečuje SHMÚ a VS ŠL TANAP. Počet monitorovacích staníc je v súčasnosti nižší ako v roku 2003. Na Skalnatom Plese sa koncentrácia O_3 meria aj naďalej pomocou automatického analyzátora typu Thermo-electron C-49, ktorý pracuje na princípe UV absorpcie. Prístroj meria ultrafialové žiarenie vlnovej dĺžky 254 nm, ktoré sa zoslabuje v dôsledku absorpcie ozónom, v závislosti od jeho koncentrácie. Zaznamenávané sú priemerné hodinové koncentrácie O_3 . Technickú kontrolu starostlivo vykonáva pán Ondrej Jakubjak, chod meracieho zariadenia sledujú pracovníci GFÚ SAV.

Koncentrácie O_3 namerané na Skalnatom Plese v období rokov 2000-2012 ilustruje obr. 3. Rozsah údajov je široký, priemerné hodinové hodnoty kolíšu od 10 do $200 \mu.m^{-3}$. V rokoch 2000, 2005 a 2008 došlo k prekročeniu informačného hraničného prahu ($180 \mu.m^{-3}$), výstražný hraničný prah ($240 \mu.m^{-3}$) prekročený nebol (hraničné prahy sú na obr. 3 vyznačené na ako zvislé čiary). V posledných rokoch (2009-2012) maximálne hodinové koncentrácie O_3 nepresiahli úroveň $150 \mu.m^{-3}$, čo možno považovať za pozitívnu zmenu s ohľadom na predchádzajúce obdobie (2000-2008), kedy hodnoty nad $150 \mu.m^{-3}$ boli pomerne frekventované (obr. 3).

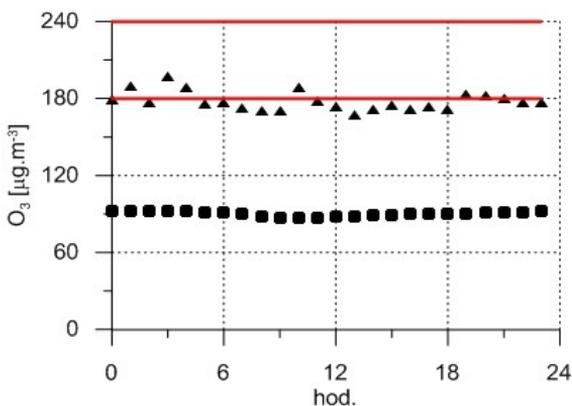
Hodinové maximá O_3 ($\sim 180 \mu.m^{-3}$) sa vyskytovali v denných i nočných hodinách, tj. aj pri absencii fotochemicky aktívneho slnečného žiarenia (obr. 4). Chod priemerných hodinových hodnôt pre obdobie 2000-2012 je pomerne vyrovnaný a pohybuje sa na úrovni $90 \mu.m^{-3}$, maximá kolíšu okolo hodnoty $180 \mu.m^{-3}$.

Výraznejšie zmeny koncentrácie O_3 môžeme vidieť na obr. 5, ktorý ilustruje priebeh priemerných mesačných hodnôt za obdobie 2000-2012. Na jeseň a v zime (október-február), v období útlmu fotochemických procesov, boli koncentrácie O_3 na minimálnej úrovni a to v priemere od 60 do $90 \mu.m^{-3}$. Najvyššie mesačné hodnoty $> 100 \mu.m^{-3}$ sa vyskytovali na jar (apríl-máj) a potom v lete (august). V týchto mesiacoch boli zároveň zistené aj najvyššie hodinové koncentrácie O_3 s prekročením informačného limitu $180 \mu.m^{-3}$. SOMO35 (Sum of Ozone Means Over 35 ppb) je indikátorom kvality ovzdušia, ktorý odporúča sledovať Svetová zdravotnícka organizácia WHO. Index SOMO35 je definovaný ako akumulovaná hodnota koncentrácií O_3 , ktoré prekročili hraničnú hodnotu 35 ppb ($70 \mu.m^{-3}$). Existujú štatisticky významné odhady, ktoré indikujú zvýšenie rizika mortality pri dlhodobej expozícii prízemným ozónom, ak je jeho koncentrácia väčšia ako $70 \mu.m^{-3}$ (WHO, 2008).



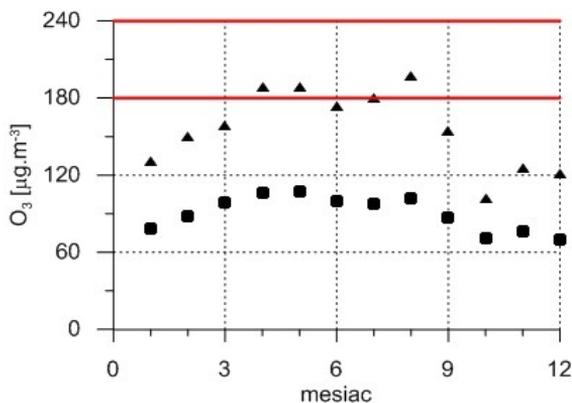
Obr. 3. Koncentrácie O_3 na Skalnatom Plese, namerané hodnoty v rokoch 2000-2012.

Fig. 3. Concentration of O_3 at Skalnaté Pleso, measured values during period of 2000-2012.



Obr. 4. Priemerné hodinové (štvorce) a maximálne (trojuholníky) hodinové koncentrácie O_3 na Skalnatom Plese v rokoch 2000-2012.

Fig. 4. Mean hourly (square) and maximal hourly (triangle) O_3 concentrations at Skalnaté Pleso during period of 2000-2012.



Obr. 5. Priemerné mesačné (štvorce) a maximálne hodinové (trojuholníky) koncentrácie O_3 na Skalnatom Plese v rokoch 2000-2012.

Fig. 5. Mean monthly (square) and maximal hourly (triangle) O_3 concentrations at Skalnaté Pleso during period of 2000-2012.

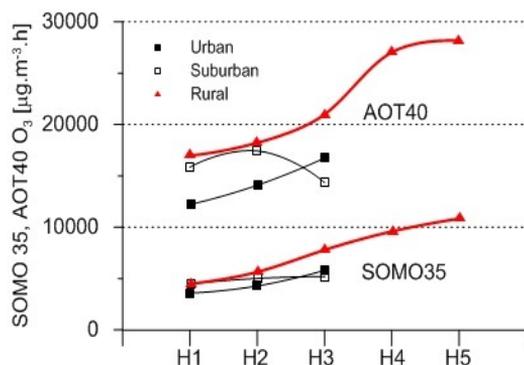
Cieľovú hodnotu pre ochranu ľudského zdravia definuje Direktíva 2008/50/EC ako počet dní (nD) s prekročením maximálnej 8-hod. koncentrácie $O_3 > 120 \mu\text{m}^{-3}$, ktorý by nemal presiahnuť 25 dní v kalendárnom roku. Vplyv O_3 na vegetáciu je kontrolovaný pomocou indexu AOT40. Ide o sumu koncentrácií O_3 , ktoré prekročili hraničnú hodnotu 40 ppb ($80 \mu\text{m}^{-3}$) počas vegetačného obdobia. Hodnoty týchto indikátorov pre Skalnaté Pleso (tab. 1) poukazujú na frekventované prekročenie cieľovej hodnoty pre ochranu ľudského zdravia nD i limitných koncentrácií O_3 pre výpočet SOMO35 a AOT40. Napriek poklesu v posledných rokoch sú to stále vysoké hodnoty.

Európska databáza údajov EEA European Environmental Agency – www.eea.europa.eu) pre kontrolu kvality ovzdušia (AirBase) obsahuje O_3 údaje z takmer 2000 monitorovacích staníc v Európe. Spracovanie údajov EEA pre rok 2010 (tab. 2) poukazuje na nepomerne vyššiu ozónovú záťaž v rurálnych vysokohorských oblastiach ako v mestskom prostredí s intenzívnou dopravou a priemyslom. Vo vysokohorskom prostredí sú ukazovatele ozónového znečistenia asi dvojnásobne vyššie ako v urbánnych oblastiach. Na obr. 6 môžeme vidieť výrazne vyššie hodnoty SOMO35 i AOT40 na vidieckych staniach situovaných v nadmorských výškach nad 1000 m nm. (H3-H5), pričom počet monitorovacích staníc v týchto výškových pásmach je veľmi nízky (obr. 7). Z celkového počtu staníc evidovaných v európskej databáze AirBase je to približne 10%. Z uvedených výsledkov vyplýva, že horské oblasti sú vystavené podstatne vyššiemu O_3 znečisteniu s nepriaznivým vplyvom na ľudské zdravie a životné prostredie v porovnaní s nížinnými oblasťami (H1), kde sa nachádza podstatná väčšina staníc.

Pre monitoring O_3 na Slovensku i v Európe by bolo prospešné doplnenie monitorovacej siete o také stanice ako je napr. Skalnaté Pleso.

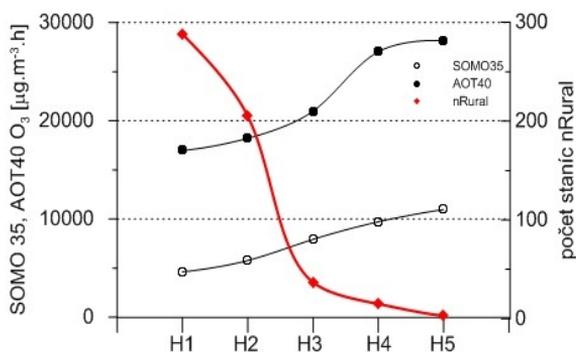
Tab. 1. Indexy kvality ovzdušia pre Skalnaté Pleso
Tab. 1. Indices of air quality for Skalnaté Pleso

Rok	SOMO 35	nD	AOT40
2002	14 530	126	59 250
2003	11 564	46	56 190
2005	11 550	46	26 650
2006	10 470	37	31 580
2010	9 420	28	28 650



Obr. 6. Indexy SOMO35 a AOT40 v roku 2010 podľa údajov EEA pre rôzne typy staníc (mestské, prímestské, vidiecke) a odlišné výškové zóny H1-H5.

Fig. 6. Indices of SOMO35 and AOT40 in 2010 according to EEA data for different types of stations (urban, suburban, rural) and altitudinal zones H1-H5.



Obr. 7. Indexy SOMO35, AOT40 a počet vidieckych monitorovacích staníc v roku 2010 podľa údajov EEA pre rôzne výškové zóny H1-H5 .

Fig. 7. Indices of SOMO35, AOT40 and number of rural monitoring stations in 2010 according to EEA data for different altitudinal zones H1-H5.

Tab. 2. Štatistické charakteristiky koncentrácie O₃ podľa údajov z Európskej databázy AirBase pre mestské (Urban), prímestské (Suburban) a vidiecke (Rural) monitorovacie stanice v Európe v roku 2010
 Tab. 2. Statistical characteristics of O₃ concentration according to European database of AirBase for Urban, Suburban and Rural air quality monitoring stations in Europe in 2010

	URBAN	SUBURBAN	RURAL
Počet O ₃ staníc	884	557	558
Koncentrácia O ₃ – ročný priemer [μm^{-3}]	47	51	60
cO ₃ – H1* (294)**	47	51	55
cO ₃ – H2* (208)**	48	52	63
cO ₃ – H3* (37)**	62	59	76
cO ₃ – H4* (16)**	:	:	86
cO ₃ – H5* (3)**	:	:	92
SOMO35 – ročný priemer [$\mu\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$]	3728	4745	5456
SOMO 35 – H1* (294)**	3591	4619	4625
SOMO 35 – H2* (208)**	4285	5141	5782
SOMO 35 – H3* (37)**	5815	5319	7930
SOMO 35 – H4* (16)**	:	:	9722
SOMO 35 – H5* (3)**	:	:	10967
AOT40 – ročný priemer [$\mu\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$]	12720	16212	16985
AOT40 – H1* (294)**	12341	15846	16985
AOT40 – H2* (208)**	14230	17424	18218
AOT40 – H3* (37)**	16887	14333	20985
AOT40 – H4* (16)**	:	:	27023
AOT40 – H5* (3)**	:	:	28150
nD - ročný priemer [počet dní]	16	22	25
nD – H1* (294)**	16	21	21
nD – H2* (208)**	19	26	27
nD – H3* (37)**	22	13	38
nD – H4* (16)**	:	:	47
nD – H5* (3)**	:	:	49
Hourly maximum O ₃ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	332	277	376
Hourly minimum O ₃ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	66	72	81
*H1 – skupina staníc s nadmorskou výškou <300 m nm.		** počet staníc	
*H2 – skupina staníc s nadmorskou výškou v rozsahu 300-1000 m nm.			
*H3 – skupina staníc s nadmorskou výškou v rozsahu 1000-1500 m nm.			
*H4 – skupina staníc s nadmorskou výškou v rozsahu 1500-2000 m nm.			
*H5 – skupina staníc s nadmorskou výškou v rozsahu >2000 m nm.			

Literatúra

- Bičárová, S., Sojáková, M., Burda, C., Fleischer, P., 2005: Summer ground level ozone maximum in Slovakia in 2003. *Contrib. Geophys. Geodesy*, 35/3, 265-279.
- Volz, A., Kley, D., 1988: Evaluation of the Montsouris series of ozone measurements made in the nineteenth century. *Nature*, 332, 240-242.
- Warmbt, W., 1980: Messungen des bodennahen Ozons in der Hohen Tatra. In: *Abhandlungen des MD DDR*, 124, 191-195.
- WHO, 2008: Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution. Ed. Theakston F, ISBN 978 92 890 42895.

Autori

Ing. Svetlana Bičárová, PhD., Geofyzikálny ústav SAV, Stará Lesná, 059 60 Tatranská Lomnica
 Ing. Peter Fleischer, PhD., VS ŠL TANAP, 059 60 Tatranská Lomnica
 Ondrej Jakubjak, Stará Lesná, 059 60 Tatranská Lomnica

VÝSKUMNÉ AKTIVITY GFÚ SAV VO VYSOKÝCH TATRÁCH A KNIŽNICA PUBLIKÁCIÍ

Svetlana Bičárová a Alžbeta Radimáková

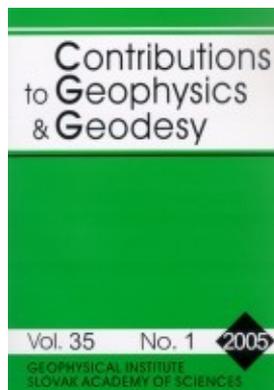
RESEARCH ACTIVITIES OF GPI SAS IN THE HIGH TATRAS AND LIBRARY OF PUBLICATIONS

Abstract: Slovak Academy of Sciences (SAS) covers meteorological research at Skalnaté Pleso for over 50 years, since 1975 under the heading of the Geophysical Institute SAS. In the early 1960s F. Smolen established here the experimental base for actinometric measurements and together with M. Ostrožlik conducted the studies of solar radiation processes in the boundary layer of atmosphere. After 1990 research workers of the Department of Atmospheric Physics participated in research projects supported by both national and foreign grant agencies. Obtained results were published in papers listed in Thomson Reuters Web of Knowledge databases and also in scientific journal of GPI SAS Contribution to Geophysics and Geodesy – CGG.

SAV zastrešuje meteorologický výskum na Skalnatom Plese už viac ako 50 rokov. V počiatkových rokoch správu a výskumný program observatória zabezpečoval Ústav meteorológie a klimatológie, v roku 1975 došlo k jeho zlúčeniu s Geofyzikálnym ústavom. Observačný program so zameraním na získavanie experimentálnych údajov o radiačných procesoch a energetickej bilancii v prízemnej vrstve atmosféry inicioval doc. RNDr. František Smolen, DrSc. už v roku 1960. Pod jeho vedením bolo pracovisko na Skalnatom Plese vybavené modernými prístrojmi pre aktinometrické a gradientové merania a výskumný program sa postupne rozširoval. Výsledky doc. Smolena, ktoré dosiahol pri štúdiu vyžarovania aktívneho povrchu, spätného žiarenia atmosféry a bilancie žiarenia v dlhovoľnnej oblasti slnečného spektra sú nielen mimoriadne cenné, ale vôbec prvé na našom území. Počas svojho pôsobenia na SAV vytvoril množstvo vedeckých prác. Je spoluautorom dvoch významných monografií *Klíma Tatier* (Konček a kol., 1974) a *Klíma a bioklíma Bratislavy* (Konček a kol., 1979). Predsedníctvo SAV udelilo doc. Smolenovi v r. 1977 Striebornú plaketu D. Štúra za zásluhy v prírodných vedách a o rok neskôr pri príležitosti jeho päťdesiatin Pamätnú medailu SAV. Písomný materiál tvoriaci Osobný fond F. Smolena odovzdal jeho autor do Ústredného archívu SAV v r. 2002 pri odchode z GFÚ SAV do dôchodku (Kamencová, 2002). Výskum

meteorologických procesov v hraničnej vrstve atmosféry a observačná činnosť na pracoviskách vo Vysokých Tatrách pokračuje ďalej pod vedením RNDr. M. Ostrožlíka, CSc. Pracovníci Oddelenia fyziky atmosféry (OFA) vstupujú do projektov podporovaných domácimi a zahraničnými vedeckými grantovými agentúrami. Informácie o riešených projektoch a dosiahnutých výsledkoch sú podrobne uvedené vo výročných správach GFÚ SAV, stručný prehľad sumarizuje tab. 1. Výročné správy a publikácie sú k dispozícii v knižnici GFÚ SAV v Bratislave, ktorá bola zriadená v roku 1953. Elektronické spracovanie evidencie knižničného fondu sa začalo vykonávať po roku 1990. Zákon č. 183/2000 Z. z. ukladá akademickým knižniciam povinnosť bibliografickej registrácie, preto Ústredná knižnica (ÚK) SAV uviedla do činnosti jednotné programy pre evidenciu publikačnej činnosti ústavov. Aktuálny informačný systém ARL-EPCA (Advances Rapid Library) je prepojený s lokálnymi databázami iných knižníc. On-line katalóg publikačnej činnosti a kníh je dostupný na stránke ÚK SAV (uk.sav.sk). Knižnica GFÚ má v súčasnosti 9000 knižných jednotiek a odoberá 22 titulov časopi-sov. Okrem bežných činností výpožičnej služby a správy knižničného fondu knižnica zabezpečuje výmenu časopisov od domácich a zahraničných vydavateľov a vykonáva distribúciu ústavného časopisu Contributions to Geophysics and Geodesy-CGG (obr. 1).

CGG je štvrtročné periodikum, informácie o možnostiach publikovania v tomto časopise, ako aj prehľad príspevkov s krátkymi anotáciami je uvedený na internetovej stránke ústavu (gpi-savba.sk). CGG je zaradený do medzinárodnej databázy Scopus. Táto bibliografická, abstraktová a citačná databáza sa využíva aj pri hodnotení publikačnej činnosti vo vede a výskume. Vybrané publikácie evidované v databázach Thomson Reuters Web of Knowledge (TR WoK) obsahuje tab. 2. Úplný zoznam publikácií OFA a výber príspevkov pre oblasť Skalnatého Plesa budú uvedené v samostatnej prílohe na CD.



Obr. 1. CGG – vedecký časopis GFÚ SAV.
Fig. 1. CGG – scientific journal of GPI SAS.

Tab. 1. Vybrané vedecké projekty Oddelenia fyziky atmosféry GFÚ SAV v rokoch 1994-2012

Tab. 1. Selected research projects of the Department of Atmospheric Physics GPI SAV in the period 1994-2012

Roky	Názov	Vedúci projektu	Zdroj
1994-1997	Prenos tepla a vodnej pary medzi rastlinným porastom a atmosférou	RNDr. F. Matejka, CSc.	VEGA 2/1069/96
1994-1999	Vodný režim rastlinných porastov a štruktúra ich energetickej bilancie	RNDr. F. Matejka, CSc.	NOPEXsub- project No 23
1995-1998	Vplyv antropogénnej činnosti na meteorologické procesy v hraničnej vrstve atmosféry	RNDr. M. Ostrožlík, CSc.	VEGA 95/5305/417
1995-1997	Zmeny v zložení atmosféry a ich dopad na radiačné toky v troposfére a na zemskom povrchu	RNDr. E. Závodská, CSc.	VEGA 2/2014/96
1997-1999	Výpočet znečistenia ovzdušia v orograficky členitom prostredí	doc. RNDr. F. Heseck, CSc.	VEGA 2/4048/97
1999-2001	Meteorologické procesy v hraničnej vrstve atmosféry regionálnych polôh strednej Európy	RNDr. M. Ostrožlík, CSc.	VEGA 2/6041/21
2000-2002	Energetická bilancia rastlinných porastov vo vzťahu k ich vodnému režimu	RNDr. F. Matejka, CSc.	VEGA 2/7064/22
2002-2004	Vplyv hraničnej vrstvy atmosféry na radiačné toky a tepelnú bilanciu zemského povrchu	RNDr. M. Ostrožlík, CSc.	VEGA 2/2093/22
2003-2007	Transformácia slnečnej energie v lesných porastoch, nástroj bioakumulácie atmosférického uhlíka	Doc. Ing. D. Janouš, CSc. RNDr. F. Matejka, CSc. RNDr. T. Hurtalová, CSc.	Bil. projekt ÚSBE AV ČR
2005-2007	Meteorologické procesy v prízemnej a hraničnej vrstve atmosféry	RNDr. M. Ostrožlík, CSc.	VEGA 2/5006/25
2004-2009	Dlhodobé zmeny a klimatológia UV žiarenia nad Európou	Mgr. A. Pribullová, PhD.	COST 726
2004-2009	Meranie a predpoveď námrazy	RNDr. M. Ostrožlík, CSc.	COST 727
2006-2009	Mikroklima polomov vo Vysokých Tatrách	RNDr. F. Matejka, CSc.	APVV 751703020
2008-2010	Variabilita meteorologických a radiačných faktorov v hraničnej vrstve atmosféry horských oblastí	Mgr. A. Pribullová, PhD.	VEGA 2/0036/08
2009-2012	Meteorológia pre verejnosť	Mgr. A. Pribullová, PhD.	APVV 51-030205
2011-2013	Interakcie medzi klimatickými faktormi a horským prostredím	Mgr. A. Pribullová, PhD. Ing. S. Bičárová, PhD.	2/0079/11

Tab. 2. Vybrané publikácie Oddelenia fyziky atmosféry GFÚ SAV evidované v databáze TR WoK
Tab. 1. Selected publications of the Department of Atmospheric Physics GPI SAS listed in TR WoK

1985-1990

- Smolen, F., 1985: Quantitative-evaluation of the influence of some meteorological factors upon the cooling power. *Zeitschrift für Meteorologie*, 35, 6, 359-365.
- Hurtalová, T., Szabo, T., 1985: The dependence of the turbulent characteristics of the thermal stratification in the atmosphere. *Zeitschrift für Meteorologie*, 35, 6, 349-353.
- Lukáč, J., 1985: Absorption of direct solar-radiation by water-vapor. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 29, 3, 315-317
- Huzulak, J., Matejka, F., 1986: Determination of soil-moisture causing plateau on the curve of leaf water potential daily course. *Biologia*, 41, 1, 47-55.
- Hurtalová, T., Moriconi, M., 1988: Characteristics of turbulent transfer in the maize stand-environment system. *Zeitschrift für Meteorologie*, 38, 6, 357-360.
- Lingová, S., Lukáč, J., Bilčík, D., 1989: Investigation of some characteristic of the duration of sunshine and the utilization of solar energy. *Zeitschrift für Meteorologie*, 39, 4, 208-212.

1991-2000

- Hurtalová, T., 1992: Energy-balance of the soil-plant-atmosphere system. 2nd Congress of the European Society-for-Agronomy Location: Coventry, England, Aug 23-28, 1992.
- Lukáč, J., 1994: Trend of solar-radiation attenuation by atmospheric aerosols. Conference on Visibility and Fine Particles Location: Vienna, Austria, Sep 15-18, 1992 *Atmospheric Environment*, 28, 5, 961-962.
- Kocifaj, M., Lukáč, J., 1994: Relation between the structure of particles of the dispersion layer and its spectral optical-thickness in an optically thin environment. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 38, 4, 399-415.
- Hurtalová, T., Matejka, F., 1999: Surface characteristics and energy fluxes above different plant canopies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 98-9, 491-500.

2001-2012

- Hurtalová, T., Janouš, D., Marková, I., 2001: Aerodynamic properties of a young spruce stand. *Ekologia-Bratislava*, 20, 3, 310-318.
- Matejka, F., Janouš, D., Hurtalová, T., et al., 2004: Effects of thinning on microclimate of a young spruce forest. *Ekologia-Bratislava*, 23, 2, 30-38.
- Střelcová, K., Matejka, F., Kučera, J., 2004: Beech stand transpiration assessment - two methodical approaches. *Ekologia-Bratislava*, 23, 2, 147-162.
- Novak, V., Hurtalová, T., Matejka, F., 2005: Predicting the effects of soil water content and soil water potential on transpiration of maize. *Agricultural Water Management*, 76, 3, 211-223.
- Koepke, P., De Backer, H., Bais, A., et al., 2006: Modelling solar UV radiation in the past: Comparison of algorithms and input data. In: *Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere*, Eds. Slusser, JR., Schafer, K., Comeron, A., Stockholm, Sep 11-14, 2006.
- Pribullová, A., Chmelík, M., 2008: Typical distribution of the solar erythemal UV radiation over Slovakia. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8, 17, 5393-5401.

- International Scientific Conference on Bioclimatology and Natural Hazards, Poľana, Sep 17-20, 2007. In: *Bioclimatology and Natural Hazards*, Eds. Střelcová, K., Matyas, C., Kleidon, A. et al., Springer Netherlands: Matejka, F., Střelcová, K., Hurtalová, T., et al., 2009: Seasonal Changes in Transpiration and Soil Water Content in a Spruce Primeval Forest During a Dry Period (197-206).
- Bičárová, S., Fleischer, P., 2009: Ozone air pollution in extreme weather situation – environmental risk in mountain ecosystems (75-85).

- International Scientific Conference on Bioclimate, Stará Lesná, Oct 05-08, 2009. In: *Sustainable development and bioclimate*, Eds. Pribullová, A., Bičárová, GPI SAS:
- Andreeva, T., Ostrožlík, M., 2009: Air temperature and atmospheric precipitation variations in the high-mountain regions of Bulgaria and Slovakia (2-3).
- Bičárová, S., 2009: Ozone pollution and air quality standards for protection of human health in the mountain regions (4-5).
- Pribullová, A., Chmelík, M., 2009: Estimation of UV radiation long-term variability over Slovakia. p. 54-55.
- Pribullová, A., Pecho, J., Bičárová, S., 2009: Analysis of snow cover at selected meteorological stations in the High Tatra Mountains. (56-57).
- Holko, L., Bičárová, S., Kostka, Z., et al., 2009: Climatic conditions and development of skiing in the Skalnatá dolina valley, the High Tatra Mountains (24-25).
-

Skalnaté Pleso je zaujímavou lokalitou pre environmentálny výskum. Aj na základe meraní zo Skalnatého Plesa mohli vzniknúť hodnotné odborné publikácie významných vedcov s osobitým vzťahom k horám. Nesporne k takým patrí doc. E. Stuchlík, CSc. Už v 80-tych rokoch min. storočia so svojimi spolupracovníkmi z Prírodovedeckej fakulty Univerzity Karlovej v Prahe realizoval rozsiahly limnologický výskum vo Vysokých Tarách, ktorý poukázal na acidifikáciu tatranských plies (Stuchlík a kol., 1985). V dôsledku poklesu emisií síry a dusíka po roku 1989 dochádza síce k postupnému obnoveniu acido-bázickej rovnováhy v tatranských plesách (Kopáček a kol., 1998), avšak ďalkovým prenosom sa do vysokohorského prostredia dostávajú ďalšie druhy polutantov ako POP – perzistentné organické látky (Arellano a kol., 2011; Gallego a kol., 2007), POH – polycyklické aromatické uhľovodíky (Van Drooge a kol., 2011; Quiroz a kol., 2011) a ďalšie semiprchavé látky (Van Drooge a kol., 2004). Vplyv globálnej klimatickej zmeny by sa podľa modelových výpočtov v budúcom období 2071-2100 mal prejavíť významným nárastom priemernej ročnej teploty vzduchu, miernym poklesom ročného úhrnu zrážok a poklesom odtoku z malých povodí najmä v letných mesiacoch (Benčoková a kol., 2009). Dlhoročné skúsenosti v oblasti hydrologického výskumu v malých horských povodiach majú RNDr. L. Holko, CSc. a RNDr. Zdeněk Kostka, PhD., z Ústavu hydrológie SAV. Modelovanie (Holko a Lepisto, 1997) a terénne merania prvkov hydrologickej bilancie (Holko a kol., 2009) poskytujú dôležité údaje pre hodnotenie výskytu neobvyklých hydrologických situácií v horskom prostredí (Holko a kol., 2011). Téma povodní sa dostala do popredia najmä po roku 2004. Podrobné analýzy však ukázali, že rozsiahle poškodenie lesného porastu nemalo zásadný vplyv na režim odtoku v sledovaných horských a podhorských povodiach (Holko a kol., 2012). Priame i nepriame zmeny prvkov lesného ekosystému po veľkoplošnom rozvrate v roku 2004 sú predmetom záujmu základného a aplikovaného prírodovedného i lesníckeho výskumu. Hlavným koordinátorom tzv. pokalamitného

výskumu je Ing. P. Fleischer, PhD. z Výskumnej stanice ŠL TANAP. Od roku 2005 organizuje pravidelné odborné semináre o stave a vývoji na vybraných pokalamitných plochách s rôznym manažmentom. Podrobnejšie informácie o dosiahnutých výsledkoch sa nachádzajú v odbornej publikácii Štúdie o Tatranskom národnom parku (Fleischer a Homolová, 2012).

Zdravotný stav lesov v Tatranskom národnom parku i v ďalších horských oblastiach Slovenska je neuspokojivý a v posledných rokoch dochádza k jeho neustálemu zhoršovaniu. Synergickým pôsobením biotických i abiotických faktorov došlo k výraznému úbytku živých lesných porastov, narušeniu ekologických väzieb a ďalších funkcií lesa. Vyvýšený hornatý reliéf Slovenska pokrytý prevažne lesnou vegetáciou vytvára prírodnú prekážku a zachytáva prúdenie vzduchových hmôt s obsahom rôznych polutantov. Troposférický ozón, osobitne koncentrácia ozónu v spodnej vrstve troposféry (O₃) patrí v súčasnosti k najviac sledovaným ukazovateľom kvality ovzdušia. Problematiku fytotoxických ozónových dávok (POD) v lesnom prostredí Vysokých Tatier rieši GFÚ SAV v spolupráci s NLC Zvolen a ŠL TANAP. Prvé analýzy POD (Bičárová a kol., 2012) boli prezentované na medzinárodnej konferencii karpatských krajín *Forum Carpathicum*. Toto podujatie má za cieľ vytvoriť otvorenú platformu pre integráciu vedcov a ich aktivít realizovaných v horských oblastiach Karpát. Myšlienku karpatských stretnutí iniciovali naši poľskí kolegovia z Jagiellonskej univerzity v Krakove. Prof. Z. Ustrnul a dr. A. Bokwa podporujú snahy o realizáciu spoločných projektov zameraných na výskum klimatických podmienok na oboch stranách Tatier, ktorý by bol pokračovaním úspešných prác prof. Hessa (1965) a prof. Končeka (1974).

Na pracoviskách GFÚ SAV vo Vysokých Tatrách sa uskutočňujú mnohé aktivity v spolupráci s ďalšími partnerskými organizáciami, najmä s SHMÚ. Klimatologické údaje zo Skalnatého Plesa sú poskytované do ročenky SHMÚ, okrem toho sú často žiadané od vysokoškolských študentov a pedagógov pri príprave záverečných prác a odborných prác.

Veľký záujem zo strany žiakov a študentov je o exkurzie (obr. 2). Pracoviská GFÚ SAV na Skalnatom Plese i v Starej Lesnej každoročne navštívi viac ako 500 návštevníkov. Pre návštevníkov sú okrem prehliadky pracoviska pripravené interaktívne prednášky a výstavka historických meteorologických prístrojov. Interaktívne formy prezentácie majú u študentov priaznivý ohlas. Populárne sú aj akcie ako Noc výskumníka a Týždeň vedy a techniky na Slovensku.



Obr. 2. Školská exkurzia. Fig. 2. School excursion.

Literatúra

- Arellano, L., Fernández, P., Tatosova, J., Stuchlík, E., Grimalt, J.O., 2011: Long-Range Transported Atmospheric Pollutants in Snowpacks Accumulated at Different Altitudes in the Tatra Mountains (Slovakia). *Environmental Science & Technology*, 45 (21), 9268-9275.
- Benčoková, A., Stuchlík, E., Křeček, J., 2009: Impacts of global climate change on the hydrological cycle in a small alpine catchment: the High Tatras, Slovakia. *Acta Universitatis Carolinae Environmentalica*, 1-2, 33-43.
- Bičárová, S., Fleischer, P., Pavlendová, H., 2012: Ozone air pollution in mountain areas of Europe. In *Forum Carpathicum 2012-conference abstract*. Editor M. Boltziar: Institute of Landscape Ecology SAS.
- Fleischer, P., Homolová, Z., 2011: Štúdie o Tatranskom národnom parku. Monografická štúdia o dôsledkoch vetrovej kalamity z roku 2004 na prírodné prostredie Vysokých Tatier. ŠL TANAP 320s.
- Gallego, E., Grimalt J.O., Bartrons, M. et al. 2007: Altitudinal gradients of PBDEs and PCBs in fish from European high mountain lakes. *Environmental Science & Technology*, 41, 2196-2202.
- Hess, M., 1965: Pietra klimaticzne w polskich Karpatach zachodnich. *Zeszyty naukowe Uniwersytetu Jagiellonskiego CXV*, Krakow.
- Holko, L., Lepisto, A., 1997: Modelling the hydrological behaviour of a mountain catchment using TOPMODEL. *Journal of Hydrology*, 196, 1-4, 361-377.
- Holko, L., Kostka, Z., Novak, J., 2009: Estimation of groundwater recharge, water balance of small catchments in the High Tatra Mountains in hydrological year 2008. In: *Sustainable development and bioclimate*, Eds. Pribullová and, Bičárová, GPI SAS, 93-94.
- Holko, L., Parajka, J., Kostka, Z., et al., 2011: Flashiness of mountain streams in Slovakia and Austria. *Journal of Hydrology*, 405, 3-4, 392-401.
- Holko, L., Kostka, Z., Sanda, M., 2011: Assessment of Frequency and Areal Extent of Overland Flow Generation in a Forested Mountain Catchment. *Soil and Water Research*, 6, 1, 43-53.
- Holko, L., Fleischer, P., Novák, V., Kostka, Z., Bičárová, S., Novák, J., 2012: Hydrological Effects of a Large Scale Windfall Degradation in the High Tatra Mountains, Slovakia. In *Management of Mountain Watersheds*. - Dordrecht ; New Delhi : Springer, 2012, s. 164-179.
- Kamencová, L., 2002: Osobný fond Doc. Františka Smolena, DrSc. Ústredný archív SAV Bratislava, 47s.
- Konček, M. a kol., 1974: Klíma Tatier. Veda, Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 855 s.
- Konček, M. a kol., 1979: Klíma a bioklíma Bratislavy. Veda, Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 272 s.
- Kopáček J., Stuchlík E., Fott J., Veselý J., Hejzlar, J., 1998: Reversibility of acidification of mountain lakes after reduction in nitrogen and sulphur emissions in Central Europe. *Limnology and Oceanography*, 43, 357-361.
- Stuchlík, E., Stuchlíková, Z., Fott, J., Růžička, L., Vrba, J., 1985: Effect of acid precipitation on waters of the TANAP territory. (In Czech, with English summary). *Treatises concerning the Tatra National Park* 26: 173-211.
- Quiroz, R., Grimalt, J.O., Fernandez, P., et al., 2011: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils from European High Mountain Areas. *Water air and soil pollution*, 215, 655-666.
- Van Drooge, B.L., López, J., Fernández, P., Grimalt, J.O., Stuchlík, E., 2011: Polycyclic aromatic hydrocarbons in lake sediments from the High Tatras. *Environmental Pollution*, Volume 159, Issue 5, May 2011, Pages 1234-1240.
- Van Drooge, B.L., Grimalt, J.O., Camarero, L., et al., 2004: Atmospheric semivolatile organochlorine compounds in European high-mountain areas (Central Pyrenees and High Tatras). *Environmental Science & Technol.*, 38, 3525-3532.

Autori

Ing. Svetlana Bičárová, PhD a Alžbeta Radimáková
 Geofyzikálny ústav SAV, Stará Lesná, 059 60 Tatranská Lomnica

**OBSERVATÓRIUM SAV SKALNATÉ PLESO
70 ROKOV METEOROLOGICKÝCH MERANÍ**

**Vydal Geofyzikálny ústav SAV
Stará Lesná, 2013**



**Editor
Svetlana Bičárová**

**Autorský kolektív
V. Bezák, S. Bičárová, D. Bilčík, E. Čepčeková, P. Fleischer,
H. Hlavatá, L. Holko, J. Mačutek, D. Majcin, M. Ostrožlík,
A. Radimáková, F. Smolen, J. Škvarenina**

**Autori fotografií na obálke
P. Bendík a I. Bohuš**

**Tlač
Tlačiareň Kežmarok GG**

ISBN xxx-xx-xxxxx-xx-x

ISBN xxx-xx-xxxxx-xx-x
Čiarový kód