

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

<i>Jana Prošková – Iva Hůnová – Jan Macoun: Anomálie chemického složení atmosférických srážek pozorované na některých měřicích lokalitách v České republice v únoru, březnu a dubnu roku 1996</i>	97
<i>Jaroslav Škvarenina – Ján Tomlain – Eva Križová: Klimatická vodní bilance vegetačních stupňů na Slovensku</i>	103
<i>Miroslav Kocifaj – Stanislav Darula: ModelSky – jednoduchý nástroj pre modelovanie rozloženia jasu na oblohe</i>	110
<i>Rudolf Kolomý: Benjamin Franklin a jeho prínos k nauce o elektřině</i>	119
Informace – Recenze	125

ROČNÍK 55 – 2002 – ČÍSLO 4

<i>Jana Prošková – Iva Hůnová – Jan Macoun: Anomalies in the chemical composition of atmospheric precipitation observed at some monitoring sites in the Czech Republic in February, March and April 1996</i>	97
<i>Jaroslav Škvarenina – Ján Tomlain – Eva Križová: Climatic water balance of vegetation altitudinal zones – stages in Slovakia</i>	103
<i>Miroslav Kocifaj – Stanislav Darula: ModelSky – a simple tool for modeling of the sky radiance distribution</i>	110
<i>Rudolf Kolomý: Benjamin Franklin and his contribution to the electricity science</i>	119
Information – Reviews	125

Meteorologické zprávy, časopis pro odbornou veřejnost ● Vydává Český hydrometeorologický ústav ● Redakce: Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany, telefon 4403 2722, 4403 2725, fax 4403 2721, e-mail: horky@chmi.cz ● Řídí vedoucí redaktor RNDr. Luboš Němec, redaktor prom. knih. Zdeněk Horký ● Redakční rada: Prof. RNDr. Jan Bednář, CSc., Ing. František Hudec, CSc., RNDr. Karel Krška, CSc., Mgr. Stanislav Racko, RNDr. Daniela Řezáčová, CSc., RNDr. Jan Strachota, RNDr. Karel Vaníček, CSc., RNDr. Helena Vondráčková, CSc. ● Za odborný obsah podepsaných článků odpovídají autoři. Proti dalšímu otiskování, uvede-li se původ a autor, není námitek ● Sazba a tisk: 3P s.r.o. ● Rozšiřuje a informace o předplatném podává a objednávky přijímá Český hydrometeorologický ústav, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany; Offers for Meteorological Bulletin arranges ČHMÚ, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany ● Ročně vychází 6 čísel, cena jednotlivého čísla 20,- Kč, roční předplatné 180,- Kč včetně poštovného, do zahraničí 42,- USD. Reg. číslo MK ČR E 5107. ISSN 0026 – 1173

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

Meteorological Bulletin

ROČNÍK 55 (2002)

V PRAZE DNE 30. SRPNA 2002

ČÍSLO 4

Jana Prošková (Ústav pro životní prostředí PpF UK) – Iva Hůnová (ČHMÚ) – Jan Macoun (ČHMÚ)

ANOMÁLIE CHEMICKÉHO SLOŽENÍ ATMOSFÉRICKÝCH SRÁŽEK POZOROVANÁ NA NĚKTERÝCH MĚŘICÍCH LOKALITÁCH V ČESKÉ REPUBLICE V ÚNORU, BŘEZNU A DUBNU ROKU 1996

Anomalies in the chemical composition of atmospheric precipitation observed at some monitoring sites in the Czech Republic in February, March and April 1996. Significant concentration increase of some ions in atmospheric precipitation was recorded at 16 Czech stations in February, March and April 1996. The aim of this contribution is to find the reason for the above increase. Ion concentrations from wet-only, bulk and throughfall samples from monitoring sites run by the Czech Hydrometeorological Institute and Czech Geological Survey have been used as the input data for analysis. The method of back trajectories calculation was used for identification of potential source areas for precipitation contamination. Program Traject using kinematical isobaric type of trajectory calculation has been applied. The results were confronted with the significant air pollution sources in Europe and meteorological conditions in the Czech Republic.

In February 1996 increased concentrations have been recorded at 4 sites. The atmospheric circulation – prevailing South-West, West and North-West winds – was typical for the Czech Republic. As to air temperature this month was significantly subnormal with average month temperature of $-4,3$ °C in Bohemia and $-5,1$ °C in Moravia and Silesia; the deviation from mean temperature being $-3,1$ °C in Czech and $-3,7$ °C in Moravia and Silesia. Cold weather requiring more heating than usual was the most probable cause of local pollution as well as unfavourable dispersion conditions recorded in the first and at the end of the third decade.

In March 1996 with relatively atypical circulation recorded, increased concentrations were observed at 12 sites. Prevailing wind directions were South-East and North-West, and North. Significant pollution sources for SO₂ might have been areas in Hungary, Bulgaria, Romania, Serbia, Germany and Great Britain. Also so called „Black Triangle Area“ might have been a significant source while Northern flow. Significant pollution sources for NO_x considering the prevailing winds might have been areas in Germany, Poland, the Netherlands, conceivably Hungary, Romania and Bulgaria. Northern Germany, Poland, the Netherlands and Denmark might have been significant pollution sources for NH₃. Back trajectories transited Slovenia, Croatia, Romania, Poland and Germany that might have contributed significantly to Cd emissions. As to air temperature March likewise February was also significantly subnormal with mean month temperature of $-0,6$ °C in Bohemia and $-0,7$ °C in Moravia and Silesia; the deviation from mean temperature being $-3,2$ °C in Czech and $-3,4$ °C in Moravia and Silesia. Cold weather requiring more heating than usual was the most probable cause of local pollution as well as unfavourable dispersion conditions recorded in the second half of the month.

In April 1996 the circulation was rather slow. In 65 % cases the velocity was less than $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Length and shape of calculated back trajectories suggest that increased pollution was mainly due to local sources (Czech Republic, Germany, Poland), trans-boundary pollution contributed much less. Trajectories hurled above Central Europe highly polluted by all types of pollutants. Air temperature in April, with average month temperature of $7,7$ °C in Bohemia and $7,9$ °C in Moravia and Silesia and deviation from mean of $0,4$ °C, corresponded roughly to long-term average.

Similar significant increase of ion concentrations in atmospheric precipitation was recorded in the adjacent areas of Poland (Karpacz, Przesieka and Sniezka) and Germany (Forellenbach). It can be concluded that a complex mixture of local and regional scale processes caused the significant increase of pollutant concentrations in atmospheric precipitation recorded at some stations in the Czech Republic in February, March and April 1996. More accurate assignment of reasons causing the significant increase, or even their quantification, appears impossible.

KLÍČOVÁ SLOVA: srážky atmosférické – složení chemické – trajektorie zpětné – Česká republika – 1996

1. ÚVOD

V únoru, březnu a dubnu roku 1996 byl na řadě měřících stanic v ČR zaznamenán výrazný nárůst koncentrace některých iontů v atmosférických srážkách [1, 2, 3]. Tato anomálie se objevila v menší míře na několika málo stanicích již v únoru, výrazná však byla zejména v březnu a dubnu. Protože se jednalo o více stanic a zvýšení se týkalo většího množství iontů, byla jako důvod vyloučena případná chyba měření. Na obr. 1 jsou vyznačeny stanice, na kterých se nárůst koncentrací v atmosférických srážkách vyskytl.

Zvýšení bylo patrné nejvíce u iontů SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , F^- , Cl^- , Na^+ , K^+ a projevilo se hlavně u odběrů typu „bulk“ (odběr atmosférických srážek částečně obohacený o určitou složku suché depozice) a odběrů typu „throughfall“ (podkorunové srážky). V minimálním počtu případů byl nárůst zaznamenán i u odběrů typu „wet-only“ (tzv. čistých srážek). Nárůst jednotlivých iontů se nalézal v rozmezí 2 až 24násobku hodnoty ročního aritmetického průměru za období 1993–1999.

Koncentrace mnoha polutantů v atmosférických srážkách vykazuje periodický chod v rámci roku, kdy maximální hodnoty jsou měřeny právě v jarních měsících [4, 5, 6]. Výrazně vyšší však byly naměřené koncentrace v uvedeném období i v porovnání s dlouhodobějším průměrem pro daný měsíc během let 1990–1999. Obr. 2 dokládá zvýšení koncentrací sulfátů a nitrátů ve vzorku typu „bulk“ na stanici Košetice v březnu 1996 ve srovnání se vzorky z let 1993–2001.

S cílem vysvětlit tuto anomálii byla vypracována na Ústavu pro životní prostředí Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy diplomová práce, zabývající se určením možných příčin [7]. Prezentovaný příspěvek shrnuje hlavní výsledky zmíněné práce.

2. METODIKA

Pro vysvětlení zaznamenané anomálie byla použita metoda výpočtu zpětných trajektorií. Spočtené trajektorie byly konfrontovány s hlavními zdrojovými oblastmi emisí hlavních polutantů v Evropě. Dále je pro studované tři měsíce charakterizována imisní a meteorologická situace, pozornost je zaměřena na srážkový úhrn na stanicích a teplotní charakteristiku pro únor, březen a duben roku 1996.

2.1 Analyzovaná data

Základním zdrojem vstupních dat pro analýzu byly hodnoty chemického složení atmosférických srážek a imisního



Obr. 1 Stanice, na kterých došlo k výraznému zvýšení koncentrace iontů v atmosférických srážkách, únor–duben 1996.

Fig. 1. Sites with significant increase of ion concentrations in precipitation, February–April 1996.

znečištění v ČR shromažďované v Informačním systému kvality ovzduší (ISKO) spravovaném ČHMÚ.

Rutinní sledování kvality atmosférických srážek bylo zahájeno v ČR již koncem sedmdesátých let. V roce 1996 byly v databázi ISKO výsledky celkem 28 stanic měřících složení atmosférických srážek, z toho 15 stanic bylo ve správě Českého hydrometeorologického ústavu a 13 stanic ve správě Českého geologického ústavu.

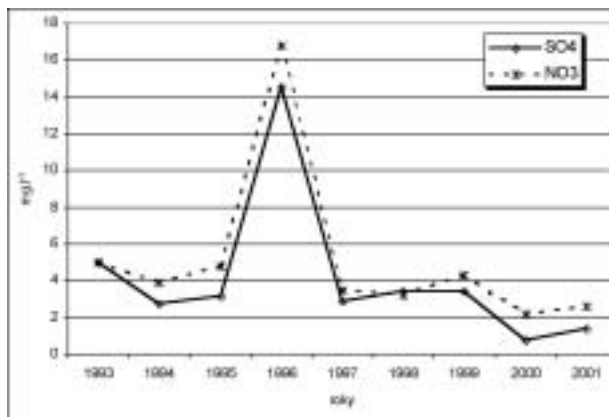
Odběr atmosférických srážek na území ČR se provádí několika způsoby. Pro odběr vzorků typu „wet-only“ se používají automatická odběrová zařízení – pluviokolektory, exponovaná pouze po dobu jednotlivých srážkových epizod. V relativně čistých oblastech s minimální hladinou suché depozice je možno používat pro odběr vzorku atmosférických srážek zařízení otevřené nepřetržitě, které na rozdíl od odběru čistých atmosférických srážek obsahuje i určitý podíl látek usazených suchou cestou (tzv. „bulk“). Dále se provádějí odběry typu „throughfall“, nádobami umístěnými v porostu. Výsledky tohoto typu odběru se pro ionty, které nepodléhají výměně mezi ovzduším a vegetací (např. síra), pokládají za velmi dobrý odhad celkové atmosférické depozice.

Kromě dat z českých stanic byly použity i hodnoty z přílehlých oblastí sousedního Polska a Německa. Konkrétně se jednalo o výsledky měření třech polských stanic Karpacz, Przesieka a Sniezka. Ty jsou umístěny v blízkosti krkonošské stanice Modrý potok, jedné z lokalit, kde bylo též zaznamenáno zvýšení koncentrace některých iontů. Data pro rok 1996 byla získána z databáze IMGW (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej) ve Wroclavi.

Z německého příhraničí byla získána data ze dvou stanic, Schoneben a Forellenbach, situovaných v návaznosti na českou oblast, ve které byla anomálie zaznamenána. Data byla poskytnuta německým Ústavem pro chemii životního prostředí v Ingolstadtu (Institut für Ökologische Chemie-Ingolstadt).

2.2 Metoda výběru stanic

Při hodnocení zaznamenané anomálie byly v první řadě vybrány ionty, jejichž koncentrace byla v některém ze tří studovaných měsíců (únor, březen nebo duben roku 1996) alespoň trojnásobně vyšší než roční průměr vážený úhrnem atmosférických srážek. Jak již bylo výše uvedeno, koncentrace polutantů mají jistý roční chod s maximem v zimních a jarních měsících. Důvodem pro zvolení překročení právě trojná-



Obr. 2 Koncentrace sulfátů a nitrátů ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) ve vzorcích typu „bulk“ ze stanice Košetice za měsíc březen 1993–2001.

Fig. 2. Sulphate and nitrate concentrations $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ in „bulk“ samples, measuring site Košetice, March 1993–2001.

sobku ročního průměru jako kritéria anomálního zvýšení byla skutečnost, že analýzou sta náhodně vybraných hodnot koncentrací v měsících únor, březen a duben z let 1995 a 1997 bylo zjištěno, že poměr mezi koncentrací libovolné látky naměřené v uvedených třech měsících a ročním váženým průměrem koncentrace příslušné látky se nalézá v intervalu $\langle 0,9; 2,6 \rangle$.

Takto vybrané hodnoty byly dále statisticky testovány za účelem ověření významnosti nárůstu koncentrací iontů. Byl použit One simple t-test pro normální rozdělení souboru, popřípadě Wilcoxonův test v případech, kde bylo podezření z porušení normality v programu NCSS (Number Cruncher Statistical System).

Problémem bylo celkově malé množství dat, se kterými by bylo možné srovnávat podezřelé koncentrace z roku 1996. Pro zvýšení výpovědní hodnoty uvedeného způsobu testování bylo použito dat za dva po sobě jdoucí měsíce, čímž došlo k zanedbání ročního chodu koncentrace polutantů (např. při testování hodnoty koncentrace SO_4^{2-} z dubnu roku 1996 pro jednu konkrétní stanici byly použity dostupné hodnoty z dubnu a březnu let 1990–1999 pro danou stanici).

2.3 Výpočet zpětných trajektorií

Pro vysvětlení studovaného nárůstu koncentrace iontů v atmosférických srážkách a pro identifikaci potenciálních zdrojových oblastí znečištění byl použit výpočet zpětných trajektorií. Zpětné trajektorie jsou velmi užitečným nástrojem při interpretaci analýz chemického složení atmosférických srážek nebo vzorků vzduchu. Počítají se v poli fiktivního proudění, jehož rychlost má stejnou velikost jako rychlost skutečného proudění, ale opačný směr [8].

Pro výpočet byl použit izobarický kinematický model, který využívá informace o poli větru ve zvolené izobarické hladině. Tím jsou automaticky vyloučeny vertikální pohyby. Předností tohoto typu modelu je snadnost výpočtu a dostupnost vstupních dat o poli větru.

Zpětná trajektorie se určuje na základě změřené nebo interpolací vypočtené rychlosti a směru větru v příslušné výšce. Výpočet zpětné trajektorie vyžaduje specifikaci větru v místech, kde neprobíhá přímé měření. Interpolace byla prováděna tak, že naměřeným hodnotám z celkem 63 aerologických stanic v Evropě byla přiřazena váha, která závisí na jejich vzdálenosti od interpolovaného bodu. Pro výpočet zpětných trajektorií byl použit program Trajekt [9].

Zpětné trajektorie byly spočteny v izobarické hladině 850 hPa (ca 1500 m n.m.), která přibližně odpovídá hranici mezní vrstvy a tím i oblastí dálkového přenosu znečištění. Výpočet byl proveden s časovou interpolací jedné hodiny, celková doba pro výpočet jedné zpětné trajektorie byl 72 hodin. Následující zpětná trajektorie byla spočtena za dalších 12 hodin. Pro jednu stanici bylo tedy spočteno pro jeden měsíc přibližně šedesát zpětných trajektorií. K dispozici byly pouze měsíční koncentrace iontů v atmosférických srážkách, nebylo proto možné časové období pro výpočet zpětných trajektorií zkrátit.

Výpočet zpětných trajektorií byl proveden pro hypotetický střed oblastí vymezené měřicími stanicemi, na kterých byla studovaná anomálie zaznamenána. Zeměpisné souřadnice tohoto hypotetického bodu jsou $16,03^\circ$ v. d. a $49,83^\circ$ s. š.

2.4 Zhodnocení imisní situace

Protože atmosférická depozice souvisí úzce s imisemi, bylo provedeno zhodnocení imisní situace pro studované tři měsíce. Z důvodu velkého počtu stanic měřících imisní koncentrace v České republice byly vybrány pouze některé, ty



Obr. 3 Stanice, na kterých došlo k výraznému zvýšení koncentrace iontů v atmosférických srážkách, únor 1996.

Fig. 3. Sites with significant increase of ion concentrations in precipitation, February 1996.



Obr. 4 Stanice, na kterých došlo k výraznému zvýšení koncentrace iontů v atmosférických srážkách, březen 1996.

Fig. 4. Sites with significant increase of ion concentrations in precipitation, March 1996.



Obr. 5 Stanice, na kterých došlo k výraznému zvýšení koncentrace iontů v atmosférických srážkách, duben 1996.

Fig. 5. Sites with significant increase of ion concentrations in precipitation, April 1996.

byly dále testovány. Pro SO_2 (v r. 1996 celkem 521 stanic) a NO_x (v r. 1996 celkem 320 stanic) bylo náhodně vybráno 10 % stanic z každého kraje. Na území naší republiky byl v roce 1996 počet stanic měřících koncentraci prašného aerosolu výrazně nižší (167), než počet stanic měřících SO_2 a NO_x . Proto byl z celkového počtu stanic pro prašný aerosol vybrán větší podíl, a to přibližně jedna šestina stanic z každého kraje.

Z celkového počtu 36 stanic měřících průměrné měsíční koncentrace těžkých kovů v prašném aerosolu byla vybrána vždy jedna stanice z každého okresu, kde měření probíhalo.

Pro popis imisní situace ostatních polutantů, které mají přímý vztah ke složení atmosférických srážek (částice-síraný, částice-dusičnaný, amonné ionty, amoniak, fluorovodík), bylo použito všech stanic. Důvodem je malý počet stanic, na kterých se koncentrace příslušných polutantů měřila. Porovnávány byly pouze imisní hodnoty polutantů, jejichž koncentrace v atmosférických srážkách byla daný měsíc zvýšena.

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Charakteristika anomálie

Způsobem popsáním v kapitole 2.2 bylo vybráno celkem 16 stanic, na kterých byl zaznamenán výrazný nárůst koncentrace některých iontů v porovnání s koncentracemi za období let 1990–1999. Obrázky 3, 4 a 5 prezentují stanice, na kterých došlo k výraznému nárůstu koncentrace polutantů v jednotlivých měsících. Názorně je odlišen počet polutantů, jejichž koncentrace byla na jednotlivých stanicích zaznamenána. Pro detailnější popis anomálie jsou stanice rozděleny do třech kategorií. Na stanicích označených jako stanice 1. kategorie bylo zaznamenáno zvýšení koncentrací u 1–2 polutantů, na stanicích 2. kategorie zvýšení koncentrací u 3–5 polutantů a u stanic 3. kategorie zvýšení koncentrací u více než 6 polutantů.

V únoru došlo k zaznamenání anomálie celkem na 4 stanicích. Jednalo se o stanici Spálenec (1. kategorie) a dále Košetice, Salačovu Lhotu a Červík (2. kategorie). V březnu došlo k nárůstu koncentrace iontů celkem na 12 stanicích, z nichž šest (Jezeří, Souš, Lesní potok, U dvou louček, Hradec Králové a Loukov) spadá do 1. kategorie, tři (Praha-Libuš, Polomka a Červík) do 2. kategorie a zbylé tři (Košetice, Salačova Lhota a Spálenec) do 3. kategorie. Podobná situace byla zaznamenána v dubnu, kdy anomálie proběhla také na 12 stanicích, z toho šest stanic (Ústí nad Labem-Kočkov, Praha-Libuš, Hradec Králové, Pec pod Sněžkou, U dvou louček a Lesní potok) spadá do 1. kategorie, dvě stanice (Košetice, Modrý potok) spadá do 2. kategorie a čtyři stanice (Na lizu, Spálenec, Salačova Lhota a Loukov) patří do 3. kategorie. Pro ukázkou je v tab. 1 uveden nárůst koncentrace iontů na stanici Košetice.

Data pro tři polské stanice byla otestována obdobným způsobem jako pro stanice v České republice a nárůst koncentrace některých iontů (SO_4^{2-} , Cl^- , K^+) v atmosférických srážkách byl potvrzen.

Pro německé stanice se nepodařilo získat delší časovou

řadu. Proto nebylo provedeno statistické otestování významnosti zvýšení koncentrací. Patrný nárůst koncentrace některých iontů však byl zaznamenán na stanici Forellentbach.

K nárůstu koncentrace iontů v atmosférických srážkách došlo během relativně krátkého období na velkém počtu stanic najednou. To naznačuje, že vysvětlení je nutno hledat na úrovni celé republiky, nikoliv v lokálním měřítku pro každou stanici zvlášť. Proti tomuto tvrzení však stojí fakt, že na každé stanici došlo k nárůstu koncentrace částečně jiných iontů. Zaznamenaná anomálie je tedy výsledkem spolupůsobení lokálních i regionálních faktorů, což od začátku zpochybňuje jednoznačné vysvětlení nárůstu každého iontu na každé stanici.

Většina měřicích stanic, na kterých studovaná anomálie proběhla, byla kontaktována za účelem nahlédnutí do tzv. pozorovatelských deníků. Zde se zaznamenávají významnější činnosti a události v blízkosti měřicích stanic, které by mohly ovlivnit naměřené složení atmosférických srážek. Žádná stanice však výskyt takové události nepotvrdila. Nebyly kontaktovány stanice v blízkosti velkých měst, kde došlo k nárůstu minimálního počtu polutantů v atmosférických srážkách.

3.2 Vypočtené zpětné trajektorie

Vypočtené zpětné trajektorie pro únor, březen a duben roku 1996 jsou prezentovány na obr. 6, 7 a 8. Tyto obrázky se na první pohled značně odlišují jak délkou, tak i tvarem vypočtených zpětných trajektorií. Výpočet zpětných trajektorií je nutno chápat jako pouhé přiblížení skutečnému proudění v atmosféře. Množství zjednodušujících předpokladů a omezení je samozřejmě zdrojem nepřesností výpočtu. Vypočtené zpětné trajektorie podají obraz o trase, ze které mohlo znečištění přijít na naše území, nikoliv o vzdálenosti. Určení konkrétní zdrojové oblasti je tedy relativně obtížné a značně subjektivní.

Téměř na všech stanicích, kde byla zaznamenána studovaná anomálie, se prováděl pouze odběr měsíčního kumulativního vzorku atmosférických srážek. Období pro výpočet zpětných trajektorií tedy nelze omezit na kratší časový úsek, což by umožnilo jednoznačnější nalezení zdrojové oblasti, neboť proudění je v rámci jednoho měsíce relativně proměnlivé.

Autoři se pokusili odhadnout možné zdrojové oblasti znečištění. Vypočtené zpětné trajektorie byly dále konfrontovány s rozložením významných emisních oblastí pro SO_2 , NO_x , NH_3 , Pb, Cd v Evropě [10].

Tab. 1 Zvýšené koncentrace iontů v atmosférických srážkách, Košetice, odběr typu bulk.

Table 1. Elevated ion concentrations in precipitation, Košetice, bulk samples.

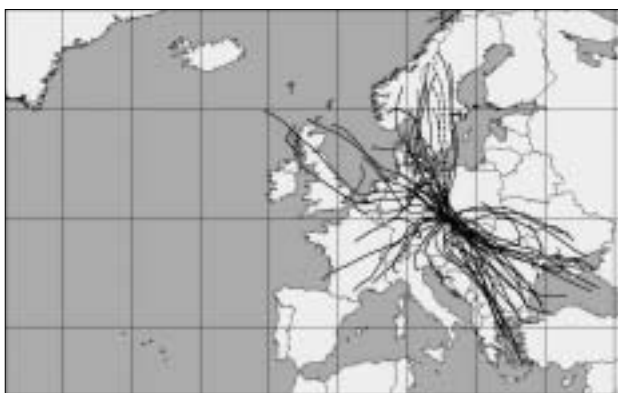
	1995 březen	1996 březen	1997 březen	směr. odchylka	VWA 1995	VWA 1996	VWA 1997
Úhrn [mm]	51,70	21,80	63,20	21,95	768,80	581,90	673,10
Vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	35,20	120,20	25,10	58,62	24,92	31,13	26,17
pH	4,37	3,90	4,64	0,31	4,46	4,44	4,50
Na [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	0,41	1,17	0,27	0,27	0,17	0,20	0,22
NH_4 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	1,40	5,55	1,11	1,44	1,08	1,25	1,12
Zn [$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	21,00	158,00	19,00	71,83	19,40	26,90	21,30
Ni [$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	1,00	35,00	1,00	3,27	1,40	3,80	4,70
Fe [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	0,03	0,25	0,03	0,09	0,04	0,05	0,09
NO_3 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	4,75	16,78	3,47	3,80	2,84	3,32	3,01
SO_4 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	3,12	14,54	2,89	2,61	3,39	4,15	3,35

VWA – roční průměrná koncentrace vážená srážkovým úhrnem



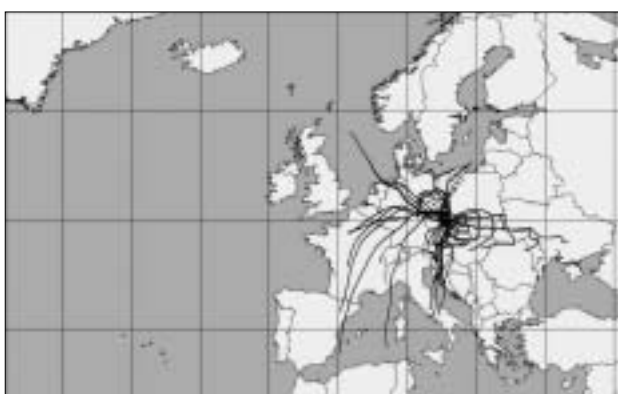
Obr. 6 Zpětné trajektorie pro únor 1996 (plná čára – zpětné trajektorie spočteny pro 72 hodin, přerušovaná čára – trajektorie spočteny pro kratší dobu z důvodu absence dat).

Fig. 6. Back trajectories for February 1996 (full line – back trajectories calculated for 72 hours, dotted line – back trajectories calculated for shorter time due to the lack of data).



Obr. 7 Zpětné trajektorie pro březen 1996 (plná čára – zpětné trajektorie spočteny pro 72 hodin, přerušovaná čára – trajektorie spočteny pro kratší dobu z důvodu absence dat).

Fig. 7. Back trajectories for March 1996 (full line – back trajectories calculated for 72 hours, dotted line – back trajectories calculated for shorter time due to the lack of data).



Obr. 8 Zpětné trajektorie pro duben 1996 (plná čára – zpětné trajektorie spočteny pro 72 hodin, přerušovaná čára – trajektorie spočteny pro kratší dobu z důvodu absence dat).

Fig. 8. Back trajectories for April 1996 (full line – back trajectories calculated for 72 hours, dotted line – back trajectories calculated for shorter time due to the lack of data).

3.2.1 Únor

Z obr. 6 je zřejmé, že v únoru převládalo ve výšce 850 hPa jihozápadní, západní a severozápadní proudění. To je proudění pro Českou republiku typické. Tento fakt spolu se skutečností, že v únoru nárůst koncentrace proběhl na relativně malém počtu stanic (Košetice, Salačova Lhota, Spálenec, Červík), naznačuje, že znečištění srážek pocházelo převážně z lokálních zdrojů.

3.2.2 Březen

Z obr. 7 je patrné, že v březnu převládalo proudění ze směrů jihovýchodních a severozápadních, popřípadě severních. Takové proudění je pro Českou republiku poměrně netypické. Možné zdroje znečištění lze odhadnout na základě rozložení významných emitentů v Evropě. Jihovýchodní směr je relativně významným producentem emisí SO_2 pro ČR. Na znečištění se podílejí zejména oblasti Maďarska, Rumunska, Srbska a Bulharska. Při proudění severozápadním se uplatňovaly vyšší emise z oblastí Německa a části Velké Británie. Zpětné trajektorie ze směru severního procházely nejznečištěnějšími oblastmi na rozhraní hranic ČR, Polska a Německa, oblastmi tzv. Černého trojúhelníka.

Vypočtené zpětné trajektorie pro březen procházely také oblastmi relativně vysokých emisí NO_x . Ze směru severního se jedná o oblast Německa a Polska. Významně k nám zasahovalo i proudění ze směru severozápadního, kde k oblastem výrazně produkujícím emise NO_x lze řadit Nizozemí a Velkou Británii. V případě převládajícího jihovýchodního proudění lze považovat za významnějšího emitenta oxidů dusíku z hlediska Evropy oblast Maďarska, Rumunska a Bulharska.

Oblasti směrem na jihovýchod od naší republiky nejsou významnými emitenty NH_3 . Za relativně nejvýznamnější lze považovat severní oblasti části Německa, Polska, Nizozemí a Dánska.

V březnu procházely vypočtené zpětné trajektorie ze směrů severního a jihovýchodního oblastmi intenzivních emisí kadmia (Slovinsko, Chorvatsko, Rumunsko, Polsko, Německo), na zvýšenou koncentraci olova ve srážkách mělo vliv proudění převážně z jihovýchodu, kde se vyskytují nejvýznamnější emisní zdroje. Vzhledem k blízkosti zdrojů ze severního směru (Polsko, Německo), mělo i toto proudění bezpochyby vliv na koncentraci Pb a Cd v atmosférických srážkách.

3.2.3 Duben

V dubnu převládalo relativně pomalé proudění (v 65 % případů byla rychlost proudění nižší než $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Vypočtené zpětné trajektorie ukazují, že vzhledem ke své délce a zakřivení je zaznamenáno znečištění především regionálního původu, z ČR, Německa a Polska. Dálkový přenos přispíval jen v omezené míře (viz obr. 8).

V dubnu se vypočtené zpětné trajektorie výrazně točily ve střední Evropě, která je relativně značně znečištěná všemi polutanty.

Severní a severozápadní směr je významným producentem SO_2 (Německo, Polsko), NO_x (Německo, Polsko) a též zdrojem NH_3 pro Českou republiku. Jižní směr je zdrojem pro SO_2 a NO_x z oblastí Maďarska, Itálie a Slovinska. Emise NH_3 nejsou z tohoto směru významné.

Zvýšené koncentrace Pb a Cd v atmosférických srážkách v dubnu lze přisuzovat emisím z ČR, Polska a Německa, z možných vzdálenějších zdrojů olova přichází v úvahu vzhledem k intenzitě emisí oblast Ukrajiny, pro kadmium oblast Slovinska a Chorvatska.

3.3 Zhodnocení imisní a meteorologické situace

Imisní koncentrace látek v ovzduší má přímý vliv na složení atmosférických srážek. Během února, března a dubna roku 1996 byla až na výjimky zaznamenána zvýšená imisní koncentrace látek v ovzduší.

Meteorologická situace (převážně rozptylové podmínky) úzce souvisí s velikostí imisních hodnot a následně tedy i s velikostí depozice a znečištěním atmosférických srážek.

Během února byly zaznamenány zhoršené rozptylové podmínky v první a na konci třetí dekády [11]. Rozptylové podmínky byly také často zhoršené v druhé polovině března [12]. Během dubna převažovaly dobré rozptylové podmínky [13].

Dále je nutno zabývat se teplotní situací pro studované období, neboť má přímý vztah k intenzitě vytápění, které je většinou (v závislosti na typu vytápění) zdrojem mnoha polutantů (např. SO_2 , NO_x , Cd, Ni, Na, Ca, Fe), vznikajících při spalování fosilních paliv. Proto lze předpokládat závislost mezi teplotou a množstvím emisí uvolňovaných ze spalování, a tedy i imisí.

V ČR byl měsíc únor jako celek výrazně teplotně podnormální, s průměrnou měsíční teplotou v Čechách $-4,3$ °C na Moravě a ve Slezsku $-5,1$ °C, s odchylkou od průměru v Čechách $-3,1$ °C, na Moravě a ve Slezsku $-3,7$ °C [11]. Březen byl též významně teplotně podnormální. V Čechách byla průměrná teplota $-0,6$ °C, na Moravě a ve Slezsku $-0,7$ °C, s odchylkou od průměru v Čechách $-3,2$ °C a na Moravě $-3,4$ °C [12]. Průměrná teplota během dubna byla v Čechách $7,7$ °C a na Moravě a ve Slezsku $7,9$ °C, s odchylkami od průměrů $0,4$ °C, což přibližně odpovídá dlouhodobému průměru pro duben [13].

V únoru a březnu roku 1996 byly tedy naměřeny výrazně nižší hodnoty teploty, které vedly k intenzivnějšímu vytápění. V důsledku toho lze předpokládat vyšší výskyt některých polutantů v ovzduší převážně lokálního původu.

4. ZÁVĚR

Na základě výsledků předložené analýzy je zřejmé, že není možné určit jednoznačně příčinu významného zvýšení některých iontů na 16 stanicích v ČR v únoru–dubnu 1996. Jedná se o výsledek komplexního spolupůsobení celé řady faktorů lokálního i regionálního měřítka.

V únoru byl nárůst koncentrací iontů v atmosférických srážkách zaznamenán na relativně malém počtu stanic, proto lze předpokládat vliv převážně lokálních zdrojů polutantů v atmosférických srážkách. Vypočtené zpětné trajektorie ukázaly, že během února se nad naše území dostávalo proudění z typických směrů pro ČR (jihozápad, západ, severozápad).

Výsledky výpočtu zpětných trajektorií naznačují, že v březnu a v dubnu roku 1996 se vyskytovalo pro Českou republiku relativně netypické proudění.

V březnu se nad naše území dostávalo proudění z relativně netypických směrů pro ČR (jihovýchod, severozápad, sever). Přicházelo z oblastí nejvýznamnějších emitentů SO_2 v Evropě, za kterou je považována oblast kolem průsečíku česko-německo-polských hranic (oblast tzv. Černého trojúhelníka), dále z Maďarska, Bulharska, Rumunska, Srbska a Velké Británie. Zpětné trajektorie pro březen procházejí také oblastmi významných emisí NO_x – Německo, Polsko, Nizozemí a Velká Británie.

Vypočtené zpětné trajektorie pro duben vzhledem ke své délce a zakřivení naznačují, že zaznamenané znečištění je především regionálního původu (opět tzv. oblast Černého trojúhelníka) a dálkový přenos přispíval jen v omezené míře.

Během třech měsíců, kdy byl naměřen nárůst koncentra-

ce polutantů v atmosférických srážkách, nebyl zaznamenán výraznější emisní případ v Evropě, který by studovanou anomálii jednoznačně vysvětlil.

Během února a března byly zaznamenány zhoršené rozptylové podmínky, které vysvětlují nárůst koncentrace polutantů ve venkovním ovzduší, který má přímý vliv na koncentraci iontů v atmosférických srážkách. Navíc oba dva měsíce byly velmi chladné a lze tedy předpokládat zvýšení emisí z vytápění.

Velmi nízké úhrny atmosférických srážek v únoru a březnu se podílely na nárůstu koncentrace polutantů ve srážkách, přesto však hodnoty mokré atmosférické depozice byly prokazatelně také zvýšeny.

Různorodost polutantů, jejichž koncentrace byla zvýšena během studovaného období na jednotlivých stanicích, poukazuje na fakt, že na nárůstu se spolupodílely jak lokální, tak i regionální vlivy.

Literatura

- [1] Fottová, D.: Zpráva za projekt PPŽP/630/96. Praha, ČGÚ 1996, s.16–18.
- [2] Hůnová, I.: Územní interpretace kvality ovzduší na území České republiky. [Kandidátská dizertační práce.] Praha, ČGÚ 1998. 98 s.
- [3] Hůnová, I.: Spatial Interpretation of Ambient Air Quality for the Territory of the Czech Republic. Environmental Pollution 112/2, 2001, s. 107–119.
- [4] EMEP: EMEP-WMO Workshop on fine particles – emissions, modelling and measurements. Oslo, Norwegian Meteorological Institute 2000. 207 s.
- [5] Kopáček, J. – Procházková, L. – Hejzlar, J.: Trends and Seasonal Pattern of Bulk Deposition of Nutrients in the Czech Republic. Atmospheric Environment, Vol. 31, 1997, No. 6, s. 797–808
- [6] Moldan, B.: Atmospheric Deposition: A Biogeochemical Process. Praha, Academia 1991. 108 s.
- [7] Prošková, J.: Vyšetření anomálního znečištění atmosférických srážek pozorovaného na některých měřicích lokalitách v ČR v únoru, březnu a dubnu roku 1996. [Diplomová práce.] Praha 2001. – ÚŽP PŘF UK. 94 s.
- [8] Bednář, J. – Zikmunda, O.: Fyzika mezní vrstvy atmosféry. Praha, Academia 1985. 245 s.
- [9] Macoun, J.: Vztah mezi meteorologickými vlivy a chemismem atmosférických srážek. [Diplomová práce.] Praha 1998. – Univerzita Karlova. Fakulta matematicko-fyzikální. 110 s.
- [10] EMEP: Transboundary acidifying air pollution in Europe-Part 1. Oslo, Norwegian Meteorological Institute 1998. 150 s.
- [11] Měsíční přehled počasí-únor. Praha, ČHMÚ 1996.
- [12] Měsíční přehled počasí-březen. Praha, ČHMÚ 1996.
- [13] Měsíční přehled počasí-duben. Praha, ČHMÚ 1996.

Poděkování

Analyzovaná data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem, Českým geologickým ústavem (data získaná v grantu PPŽP), polským Ústavem meteorologie a vodního hospodářství ve Wroclavi (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej) a německým Ústavem pro chemii životního prostředí v Ingolstadtu (Institut für Ökologische Chemie).

Autoři děkují Ing. J. Ostatnické z ČHMÚ za přípravu prezentovaných obrázků a RNDr. D. Fottové z ČGÚ za cenné konzultace.

Lektor Ing. J. Šantroch, CSc., rukopis odevzdán v březnu 2002.

KLIMATICKÁ VODNÍ BILANCE VEGETAČNÍCH STUPŇŮ NA SLOVENSKU

Climatic water balance of vegetation altitudinal zones – stages in Slovakia. The presented paper is a continuation of previous studies dealing with the climatic conditions of altitudinal (vertical) vegetation zones – vegetation stages, defined by the phytosociological school of professor Zlatnik. The vegetation stages represent climax plant communities, and result from the changes of climatic conditions of ecosystems along with changing altitude under the conditions of Western Carpathians. They are employed as the basic geobiocoenological classification units of forest typology and forest management within the forestry practice of Slovakia and the Czech republic. To assess the climatic water balance, we constructed a new type of climadiagram, comparing the average monthly potential evapotranspiration with precipitations. The main advantage of the modified climadiagram is an illustrative description of the humidity and/or aridity of the respective vertical vegetation stage. We found that the vegetation stages of lower elevations, i.e. the 1st oak vegetation stage, the 2nd oak stage with admixture of beech, and the 3rd beech stage with admixture of oak, are rather arid during the vegetation period (March to September). The precipitation deficit reaches 100 to 300 mm during the vegetation season. The 4th beech stage is characterized by an equitable climatic water balance. In the higher vegetation stage (the 5th beech stage with fir, and the 6th fir stage with beech and spruce), the climate humidity increases. The humidity of the climatic regime belongs to the fundamental properties of montane forests. The water balance reaches the highest values in the 8th vegetation stage of mountain dwarf pine and the 9th alpine stage, where the amount of precipitations considerably exceeds the evaporation requirements of the atmosphere. Within the annual balance, the surplus of precipitation water is approx. 1,000 mm. The species composition of the plant communities of Western Carpathians has adapted to the bioclimatic conditions during the Holocene, what has led to the formation of unique vegetation zones – stages.

KLÍČOVÁ SLOVA: stupně vegetační – klima – fyto geografie – klimatografie – klimadiagram – teplota vzduchu – srážky atmosférické – evapotranspirace potenciální – ekosystémy lesní – Slovensko

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Klimatická rajonizace patří k základním geoeologickým charakteristikám území. Podle Alisovovy genetické klasifikace, která vychází z cirkulace vzduchových hmot, patří Slovensko do kontinentálně – evropské části mírného klimatického pásma [20]. Tento všeobecný charakter podnebí Slovenska však výrazně modifikují pestré geomorfologické podmínky. Když je opomeneme, můžeme našemu území přiřadit bioklimatickou charakteristiku pásma opadavých listnatých lesů mírného – temperátního evropského klimatu v chápání geobotanické a klimatické klasifikace podle Waltera [28].

Nadmořská výška a reliéf terénu, jako silně diferencující faktory klimatu, hrají v orograficky členitém území Slovenska mimořádně významnou úlohu. Se stoupající nadmořskou výškou se podstatně mění radiační, termická i vodní bilance krajiny. Na prvořadý význam klimatu z hlediska přirozené vegetace upozorňuje už Zlatník [28]. Definuje vegetační stupně (vs), jako základní jednotky vertikální stupňovitosti klimaxové vegetace (biogeocenózy), které nepřímo vyjadřují výškové a expoziční klima a jsou vymezovány induktivně podle vlastností přirozených rostlinných společenstev. Jinak řečeno, vegetační stupně představují přirozenou vegetaci určité bioklimatické zóny, podmíněnou výškovým a expozičním klimatem, charakterizovanou výskytem dominantních dřevin. Jsou determinované na normálně vyvinutých, nezamokřených půdách. Jejich rozmanitost je podmíněná klimatickými rozdíly vlivem nadmořské výšky, expozice a reliéfu, které vyplývají z konfigurace terénu. Působením uvedených činitelů vznikly biogeocenózy, rozdělené do devíti vegetačních stupňů [21]. Kromě toho, jsou (podle povahy půdního prostředí) biogeocenózy seskupené do edaficko-trofických řad, které ale nejsou předmětem našeho zájmu v tomto článku.

Podrobnější informace o geobiocenologické škole prof. Zlatníka, používané v lesnické typologii a hospodářské úpravě lesů, v praxi lesního hospodářství Slovenska a částečně i Čech, podává práce [11].

Na území Slovenska se vyskytují vegetační stupně nazvané podle dominance stromových nebo křovitých edifikátorů (ne podle jejich produkčního optima) ve vegetačních stupních. Jsou to vegetační stupně (vs):

1. dubový (db),
2. bukovo-dubový (bk-db),
3. dubovo-bukový (db-bk),
4. bukový (bk),
5. jedlovo-bukový (jd-bk),
6. smrkovo-bukovo-jedlový (sm-bk-jd),
7. smrkový (sm),
8. klečový,
9. alpský (nelesní vs) [30].

Charakteristice klimatických poměrů Západních Karpat z hlediska lesních společenstev se věnovali mnozí autoři [7, 13, 16, 17, 18, 22]. Velmi podrobně se touto otázkou zabýval Ambros [1, 2, 3]. Ve svých pracích se věnoval i konstrukci klimogramů, resp. klimadiagramů podle Waltera a Lietha [29], které podávají názorný pohled na roční průběh rozhodujících klimatických prvků – průměrné měsíční teploty vzduchu a úhrnu srážek.

Klimatická vodní bilance (KWB) je podle [4, 6, 10, 27] definovaná jako rozdíl mezi srážkami (P) a potenciálním výparem, resp. potenciální evapotranspirací (PE), přičemž platí jednoduchý vztah: $KWB = P - PE$. Potenciální evapotranspiraci definujeme podle Tomlaina [25], jako maximálně možný výpar při daných meteorologických podmínkách z dostatečně vlhké půdy a vegetace. Charakterizuje horní hranici evapo-

transpirace, pokud tato není limitovaná nedostatkem vláhy v půdě.

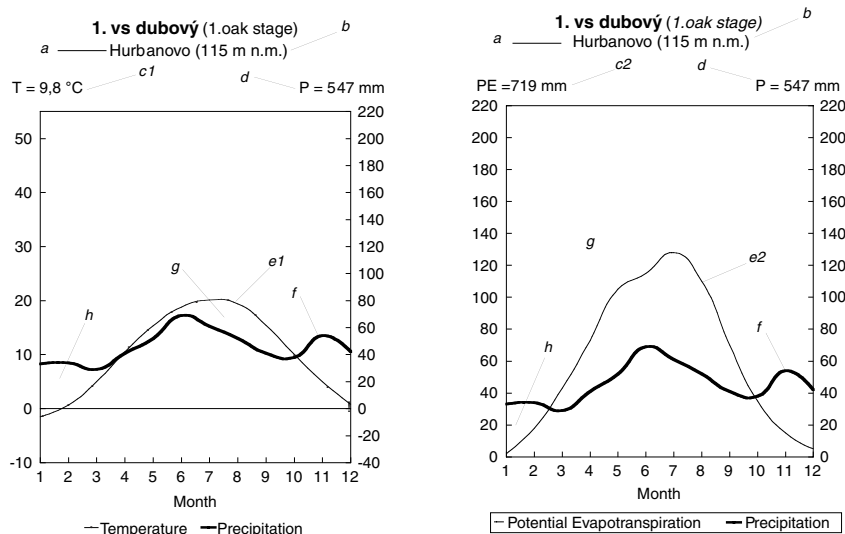
Podle [6, 10] je klimatická vodní bilance podstatně vhodnější ukazatel než úhrn srážek. Například: srážkový úhrn 60 mm v listopadu, kdy se potenciálně může vypařit 20 mm vody, představuje nadbytek vláhy. Avšak to stejné množství srážek v červenci, kdy se potenciálně vypaří 120 mm vody, vede k vzniku sucha. V zahraničí, hlavně v Německu, USA a Rusku, je klimatická vodní bilance často používána jako charakteristika pro stanovení aridnosti, resp. humidnosti krajiny, např. [6, 27], uplatnění nachází i v hydrologii [10], ale i při studiu ekologických nároků lesních dřevin [27].

Vzhledem k rozvoji klimatologie, klimatických měření a pozorování u nás i ve světě jsme přistoupili ke konstruktivnímu rozpracování uvedených přístupů ke klimatické rajonizaci. Cílem naší práce bylo:

- ukázat možnosti „nového“ hodnocení vodní bilance vs s využitím poznatků o potenciální evapotranspiraci na území Slovenska,
- zhodnotit pluviotermické charakteristiky jednotlivých vs na příkladě reprezentativních klimatických stanic,
- zhodnotit klimatickou vodní bilanci vs na příkladě reprezentativních klimatických stanic.

2. METODIKA

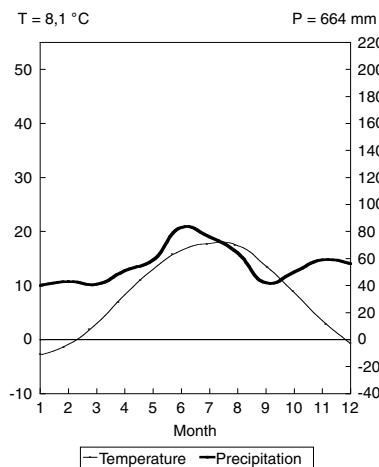
Charakter klimatu se ve vztahu k vegetaci často vyjadřuje pomocí tzv. klimadiagramů podle Waltera a Lietha [29]. Klimadiagramy jsou konstruované podle návrhu Gaussena [31] tak, že měsíční průměr teploty a srážek je v poměru 1:2, tzn. $10\text{ }^{\circ}\text{C} = 20\text{ mm}$ srážek. Tímto poměrem se autoři pokoušeli nahradit neměřenou potenciální evapotranspiraci teplotní křivkou ve vhodném zobrazení, a tak vystihnout případnou aridnost, resp. humidnost dané lokality. Pro slovenské a české poměry Ambros [2] použil poměr 1:4, který podle autorova názoru lépe vystihuje vyjádření aridního a humidního klimatu. Jsme toho názoru, že takovéto poměrné vyjádření je jen přibližné, a není úplně fyzikálně zdůvodnitelné. Proto jsme při charakteristice vs přistoupili k zásadní inovaci konstrukce klimadiagramu. Místo teploty vzduchu jsme na osu Y vynesli průměrné hodnoty potenciální evapotranspirace. Touto úpravou je možné poměrně rychle porovnat množství vody potenciálně vypařené z biocenózy, s vodou do ní vstupující prostřednictvím srážek, přímo v hydrometeorologických jednotkách – mm srážek (1 mm srážek = 1 l srážkové vody připadající na 1 m² záchytné plochy).



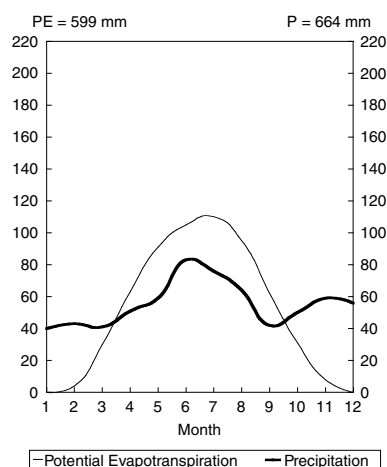
Obr. 1 1. vs dubový – Walterův klimadiagram (vlevo) a modifikovaný klimadiagram klimatické vodní bilance (vpravo) (a – název stanice, b – nadmořská výška, c1 – průměrná roční teplota, c2 – průměrný roční úhrn potenciální evapotranspirace, d – průměrný roční úhrn srážek, e1 – průměrná měsíční teplota, e2 – průměrná měsíční potenciální evapotranspirace, f – průměrný měsíční úhrn srážek, g – aridní období, h – humidní období.

Fig. 1. 1st oak stage – climate diagram constructed as suggested by Walter (left) and modified Climatic diagram of climatic water balance (right) (a – station name, b – altitude, c1 – mean annual temperature, c2 – mean annual amount of potential evapotranspiration, d – mean annual amount of precipitation, e1 – monthly means of temperature, e2 – monthly means of potential evapotranspiration, f – monthly means of precipitation, g – arid period, h – humid period.

2. vs bukovo-dubový (2. beech-oak stage)
Myjava (375 m n.m.)



2. vs bukovo-dubový (2. beech-oak stage)
Myjava (375 m n.m.)



Obr. 2 2. vs bukovo-dubový – Walterův klimadiagram (vlevo) modifikovaný klimadiagram klimatické vodní bilance (vpravo).

Fig. 2. 2nd beech-oak stage climate diagram after Walter (left) and modified climate diagram of climatic water balance (right).

Názorně to dokumentují následující obrázky, kde vlevo je zobrazený tradiční klimadiagram s poměrným vyjádřením ročního chodu teploty a srážek, vpravo modifikovaný klimadiagram s poměrným vyjádřením ročního chodu potenciální evapotranspirace a srážek.

Klíčovým parametrem, který umožňuje tento bilanční přístup, je stanovení potenciální evapotranspirace. Pro její výpočet jsme aplikovali matematický model rozpracovaný Katedrou meteorologie a klimatologie Matematicko-fyzikální fakulty UK v Bratislavě. Tento model je odvozený z metody

navrhnuté Budykom a Zubenokovou, viz [26]. Vychází ze společného řešení rovnice energetické a vodní bilance povrchu, jakož i experimentálně zjištěné závislosti intenzity evapotranspirace od vlhkosti půdy. Podrobnosti uvádí práce [25, 26]. Použitý model je fyzikálně velmi dobře zdůvodněný. Vstupními údaji jsou teplota a vlhkost vzduchu, oblačnost, počet dní se sněhovou pokrývkou a atmosférické srážky za období roků 1951–80, podle údajů Slovenského hydrometeorologického ústavu [12]. Vzhledem ke skutečnosti, že v současnosti disponujeme jen omezeným počtem klimatických stanic, pro které je vykalkulovaná potenciální evapotranspirace (54 stanic), použili jsme k zobrazení klimaticko-hydrických poměrů příslušného vs údaje klimatické stanice reprezentativní pro daný vegetační stupeň. Pomocí mapy vegetačních stupňů [21] a typologických map skupin lesních typů (měřítko 1:200 000) jsme klimatické stanice zařadili do příslušných vegetačních stupňů, 1.–8. (9.) vs. Repräsentativnost stanice pro příslušný vegetační stupeň jsme ověřili podle Ambrosovy metody [3].

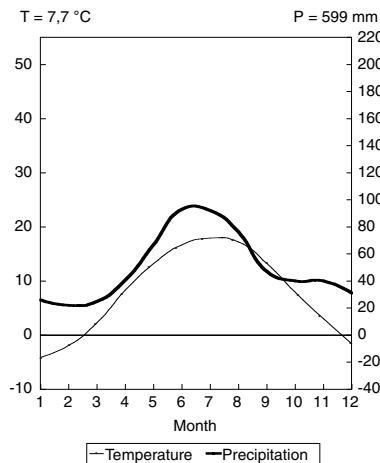
Vegetační stupeň 8. vs (klečový) a 9. vs (alpínský) jsme z důvodu nedostatku profesionálních klimatických údajů charakterizovali společnou meteorologickou stanicí – Skalnaté Pleso, ležící na jejich rozhraní.

České i vědecké názvy rostlinných druhů jsou uvedeny podle publikace [5].

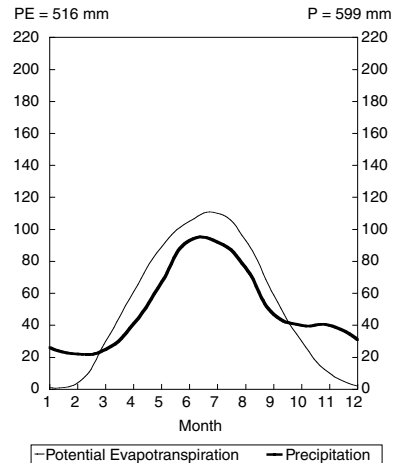
3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

1. vs dubový. Ve vegetačním období typicky převažuje potenciální evapotranspirace nad srážkami (obr. 1). Zatím co při klasickém klimadiagramu (obr. 1. vlevo), můžeme jen nepřímo dedukovat, jaké množství vody se vypaří, modifikovaný klimadiagram – diagram klimatické vodní bilance (obr. 1. vpravo) přesně ukazuje, že měsíce III. – X. jsou z hlediska klimatické vodní bilance měsíci deficitními (chybí ca 300 mm vody). Z hlediska lesních ekosystémů to znamená, že musí čerpat vláhu ze zásob vody akumulované v chladné části roku. V těchto podmínkách se mohou uplatňovat dřeviny ekofyziologicky adaptované na nedostatek vláhy, především dřeviny lesostepních společenstev: dub zimní (*Quercus petraea*), dub pýřitý (*Q. pubescens*), dub cerový (*Quercus cerris*), doplněk tvoří habr obecný (*Carpinus betulus*), jasan zimnář (*Fraxinus ornus*) (hlavně v Kováčovských kopcích) a javor polní (*Acer campestre*). Ve spodní vrstvě především javor tatarský (*Acer tataricum*) a mahalebka obecná (*Cerasus mahaleb*), z keřů (hlavně na vápencových půdách) mandloň nízká (*Amygdalus nana*) a dřín obecný (*Cornus mas*) a jiné. Vodní deficit v let-

3. vs bukovo-dubový (3.oak-beech stage)
Sabinov (313 m n.m.)



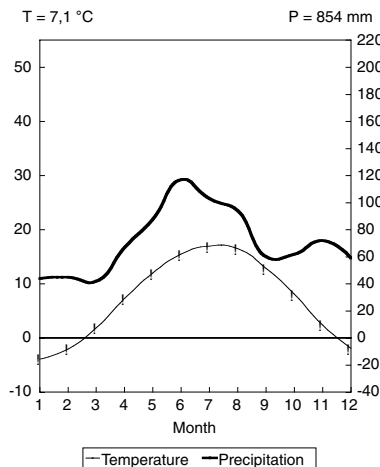
3. vs bukovo-dubový (3.oak-beech stage)
Sabinov (313 m n.m.)



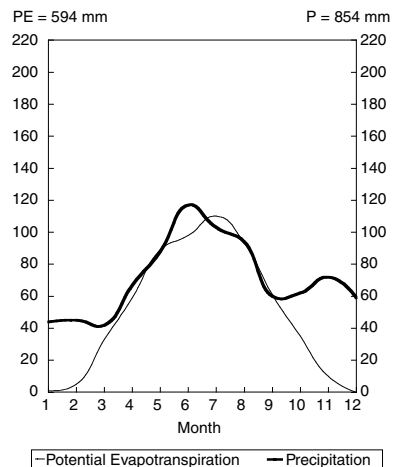
Obr. 3 3. vs dubovo-bukový – Walterův klimadiagram (vlevo) modifikovaný klimadiagram klimatické vodní bilance (vpravo).

Fig. 3. 3rd oak-beech stage – climate diagram after Walter (left) and modified climate diagram of climatic water balance (right).

4. vs bukový 4. beech stage)
Stós (650 m n.m.)



4. vs bukový (4.beech stage)
Stós (650 m n.m.)



Obr. 4 4. vs bukovo-dubový – Walterův klimadiagram (vlevo) modifikovaný klimadiagram klimatické vodní bilance (vpravo).

Fig. 4. 4th beech stage climate diagram after Walter (left) and modified climate diagram of climatic water balance (right).

ních měsících je hlavní příčinou toho, proč v původních porostech chyběl buk, smrk a jedle.

2. vs bukovo-dubový. Na základě tradičního klimadiagramu se konstatovalo, že v tomto vs dochází k převaze výparu nad srážkami až koncem letního období [2]. Bilanční přístup nám však ukazuje (obr. 2 vpravo), že klimatický deficit vody přetrvává celé vegetační období, avšak v porovnání s 1.vs dosahuje nižších absolutních hodnot (deficit vody je 150 mm). V těchto ekologických podmínkách v původním složení porostů převládá dub zimní (*Quercus petraea*), přimíšený byl buk lesní (*Fagus sylvatica*) a habr obecný (*Carpinus betulus*). V dnešních, člověkem ovlivněných málo produktivních pařezinách, buk chybí a vyšší zastoupení získal habr. Na extrémních lokalitách, kde porosty byly přirozeně mezernaté, se vytvořily ekologické podmínky pro borovici

sosnu, v teplejších částech území 2.vs i pro dub pýřitý (*Q. pubescens*) a dub cerový (*Quercus cerris*), jilm polní (*Ulmus campestris*), javor mléčný (*Acer platanoides*), lípu malolistou (*Tilia cordata*) a břek obecný (*Sorbus torminalis*), z dřevin nižšího vzrůstu habr obecný (*Carpinus betulus*), případně i javor polní (*Acer campestre*).

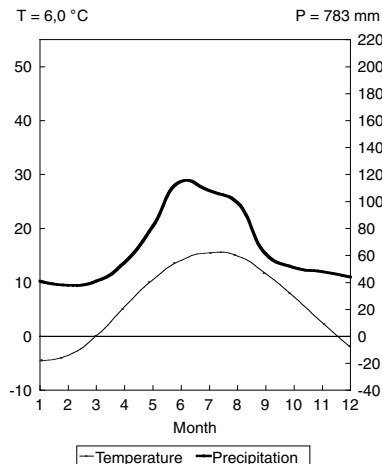
3. vs dubovo–bukový. Starší práce [2] uvádí, že v tomto stupni už nastává malá převaha srážek nad výparem. Námí aplikovaný bilanční klimadiagram poukazuje na skutečnost, že i ve 3.vs je klimatická bilance vegetačního období záporná, tj. v měsících březen–srpen potenciální výpar převažuje nad vstupem vody srážkami (obr. 3), avšak tento bilanční nedostatek vody se snížil pod sumu 100 mm. V lesních porostech už převažuje buk lesní (*Fagus sylvatica*) nad dubem zimním (*Quercus petraea*). Jedle bělokora (*Abies alba*) se v původních lesních společenstvech vyskytovala jen ojediněle. Podle analýzy dub zimní v tomto vs dosahuje největší střední porostní výšky [1]. Uvedené produkční optimum dubu zimního potvrzuje častý výskyt velmi kvalitních a vysokých jedinců dubu v nudálních bučinách 3. vs.

4. vs bukový. V minulosti se hodnotil jako stupeň s celoročním dostatkem vody [2]. I námí vyjádřená klimatická vodní bilance (obr. 4) naznačuje stav vyrovnané bilance výparu a srážek. Podle [7, 8] a dalších autorů, je 4.vs jedním z nejrozšířenějších v karpatské oblasti. Vyskytuje se na rozsáhlých plochách i menších lokalitách na celém území Slovenska, a to jak jižně, tak i severně od klimatické čáry (rozhraní mezi oblastí pod vlivem panonského klimatu a oblastí pod vlivem vnitrohorského a baltického klimatu [30]). Buk má v tomto vegetačním stupni ekologické i produkční optimum a má v lesních porostech absolutní převahu. V původních společenstvech se vyskytoval na rozsáhlých plochách, kde tvořil často nesmíšené bučiny s ojedinělou příměsí dubu zimního, javorů a lip, hlavně na mělkých a skeletnatějších půdách. Ve vyšších, vlhčích polohách byla k buku přimíšená jedle. Buk má v středním výškovém pásmu 4.vs klimaticky podmíněné maximum produkce a nejvyšší střední porostní výšku [1].

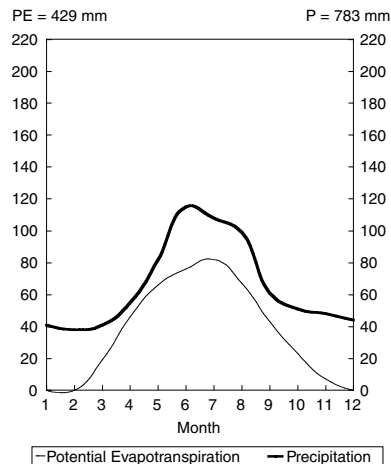
5. vs jedlovo–bukový. V hlavním vegetačním období má kladnou vodní bilanci, srážky v letních měsících překračují sumu 100 mm (obr. 5). Přímá měření transpiračního proudu v 5.vs uskutečnila Střelcová [23]. Námí vypočítané hodnoty potenciální evapotranspirace se dobře shodují s přímo naměřenou transpirací jedlové bučiny ve vegetačním období.

Bioklimatické podmínky podmiňovaly vznik druhově bohatých společenstev, kde hlavními dřevinami byl buk lesní

5. vs jedlovo–bukový (5.fir-beech stage)
Trstená (598 m n.m.)



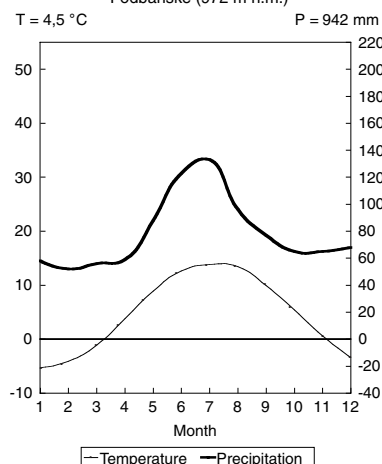
5. vs jedlovo–bukový (5.fir-beech stage)
Trstená (598 m n.m.)



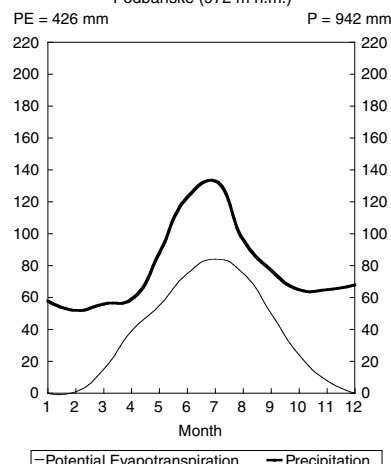
Obr. 5 5. vs jedlovo–bukový – Walterův klimadiagram (vlevo) modifikovaný klimadiagram klimatické vodní bilance (vpravo).

Fig. 5. 5th fir-beech stage climate diagram after Walter (left) and modified climate diagram of climatic water balance (right).

6. vs smrkovo–bukovo–jedlový
(6.spruce-beech-fir stage)
Podbanské (972 m n.m.)



6. vs smrkovo–bukovo–jedlový
(6.spruce-beech-fir stage)
Podbanské (972 m n.m.)



Obr. 6 6. vs smrkovo–bukovo–jedlový – Walterův klimadiagram (vlevo) modifikovaný klimadiagram klimatické vodní bilance (vpravo).

Fig. 6. 6th spruce-beech-fir stage climate diagram after Walter (left) and modified climate diagram of climatic water balance (right).

(*Fagus sylvatica*) a jedle bělokora (*Abies alba*), jako přirozená dřevina přistupoval smrk obecný (*Picea abies*), typická „karpatská směs“. Z ostatních dřevin byl přimíšený javor horský (*Acer pseudoplatanus*), jasan štíhlý (*Fraxinus excelsior*) a jilm horský (*Ulmus glabra*). Produkční podmínky smrku se detailně sledovali v studii [19]. Na základě podrobné analýzy smrkových porostů v přirozeném areálu jeho rozšíření v celé Evropě se konstatuje, že optimální produkční (růstové) podmínky pro smrk jsou na stanovištích s průměrnou roční teplotou 5–7,5 °C a s úhrnem srážek více než 1 000 mm ročně. V kontinentálnějších podmínkách Slovenska není v žádném vegetačním stupni tato kombinace hodnot teploty a srážek. Produkční optimum smrku na Slovensku musíme proto hledat při rozpětí průměrných ročních teplot 5–7,5 °C, při co nejvyšších srážkách, tzn. v 5.vs. Pro jedli se uvádí klimaticky

podmíněné produkční maximum v rozmezí 4. a 5. vs. [1]. Lesy v nejvrchnější části 5. jedlovo-bukového vs, kam sestupují horské bylinné druhy, se už považují za lesy horské [15]. Klimatická vodní bilance tento předpoklad potvrzuje převahou humidity klimatu.

6. vs smrkovo–bukovo–jedlový. Podle tradičního i modifikovaného klimadiagramu (obrázek 6), je v 6. vs pozitivní vodní bilance vytvořená hlavně vydatnými srážkami začátkem letního období (měsíce V., VI., VII.). Bioklimatické podmínky vyhovují především smrku, jedli a buku, i když buk už trochu ustupuje do podúrovně, hlavně na sever od hlavní klimatické čáry Slovenska [30]. Při horní hranici 6. vegetačního stupně začíná ochabovat růst dřevin v důsledku drsnějšího horského klimatu. Kromě smíšených porostů buku, jedle a smrku se na horní hranici 6. vs vytvořily mezoklimaticky podmíněné čisté bučiny omezeného vzrůstu, vyskytující se na různých expozičních pod hřebeny a na hřebenech, asi do nadmořské výšky 1 300 m, jako důsledek vrcholového fenoménu (jižně od klimatické čáry).

7. vs smrkový. Klima se vyznačuje krátkou vegetační dobou a poměrně vysokým nadbytkem srážek. V našem hodnocení uvádíme dvě reprezentativní lokality pro 7. vs: Štrbské Pleso – na jižní, sušší straně a Javorina na srážkově vydatnější severní expozici Vysokých Tater. Navzdory podstatnému rozdílu v úhrnu srážek vidíme, že klimatická vodní bilance je vysoko pozitivní na obou sledovaných stanicích (obr. 7 a 8). V porostech 7. vs je smrk dominující dřevinou. V oblasti centrálních Karpat je k němu přimíšen modřín opadavý (*Larix decidua*), a borovice limbová (*Pinus cembra*), které mohou vytvářet samostatné porosty hlavně na sutinách. Z listnáčů se uplatňuje v malé míře jeřabina ptačí (*Sorbus aucuparia*) a javor horský (*Acer pseudoplatanus*), na vápencových horninách borovice limbová, ojediněle borovice lesní, částečně i buk v křovité formě. Smrkový vs vytváří v Západních Karpatech klimatickou horní hranici lesa. Nad souvislými smrkovými porosty se nachází pás rozestupujících se porostů, stromových skupin až jednotlivých stromů, často smíšených s klečí [8].

8. vs klečový a 9. vs alpský. Vzhledem k nedostatku kvalitních profesionálních pozorování v těchto nadmořských výškách jsme předběžně pro jejich charakteristiku použili společnou stanicí – meteorologickou observatoř na Skalnatém Plese. Vysoké úhrny srážek a nízká potenciální evapotranspirace jsou příčinou nadbytku vody v bilanci. V obou vs, ale hlavně v 9. vs jsou teplotní podmínky pro stromovou vegetaci nevyhovující. V 8. vs už nejsou lesy v pravém smyslu slo-

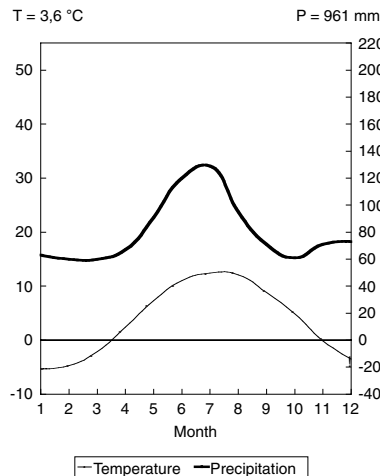
va, ale trvalá subalpínská vegetace, ve které převažují porosty kleče a jen z části řídké lesní porosty, resp. skupinky stromů v tzv. pásmu boje nad hranicí lesa [15].

Teplotní křivka nedosahuje ani hodnoty odpovídající průměrné měsíční teplotě 10 °C (v hlavním vegetačním období) [1]. Bioklimaticky se proto v uvedených vs vytvořily podmínky pro kleč, jako hlavní dřevinu 8. vs. Na spodním okraji, s příznivějším termickým režimem, se ještě ojediněle vyskytuje smrk a jeřabina ptačí, v centrálních Karpatech i borovice limbová.

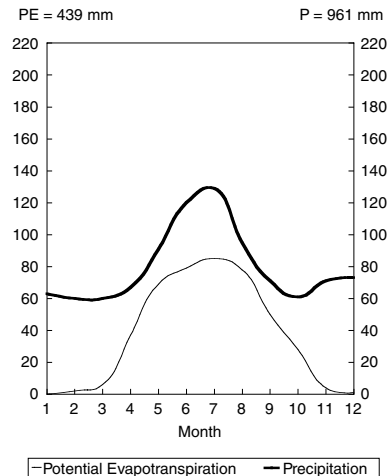
Alpský, 9. vs tvoří primárně nelesní subalpínská vegetace krátkostébelných trav, alpínských plazivých vrb, a na místech kamenitějších porosty mechrostů a lišejníků, společenstva sítiny trojklané (*Juncus trifidus*) a jiné.

Dalším z cílů předložené práce bylo posouzení aridního,

7. vs smrkový (7. spruce stage)
Štrbské Pleso (1360 m n.m.)



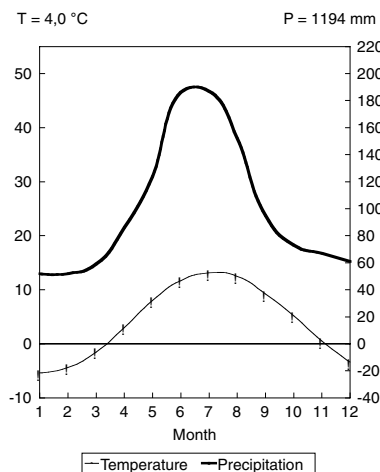
7. vs smrkový (7. spruce stage)
Štrbské Pleso (1360 m n.m.)



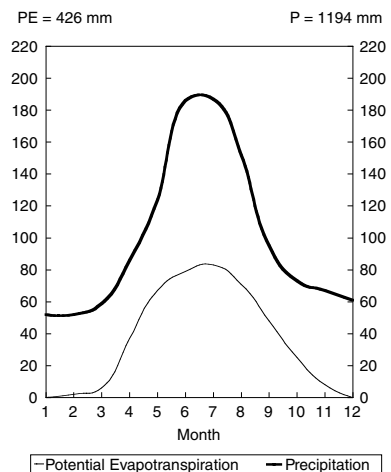
Obr. 7 7. vs smrkový (kontinentální variant) – Walterův klimadiagram (vlevo) modifikovaný klimadiagram klimatické vodní bilance (vpravo).

Fig. 7. 7th spruce stage (continental variant) – climate diagram after Walter (left) and modified climate diagram of climatic water balance (right).

7. vs smrkový (7. spruce stage)
Ždiar-Javorina (1020 m n.m.)



7. vs smrkový (7. spruce stage)
Ždiar-Javorina (1020 m n.m.)



Obr. 8 7. vs smrkový (humidní variant) – Walterův klimadiagram (vlevo) modifikovaný klimadiagram klimatické vodní bilance (vpravo)

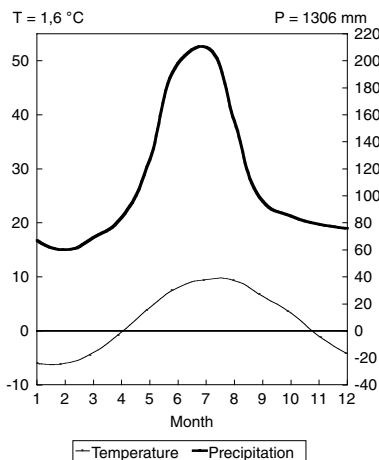
Fig. 8. 7th spruce stage (humid variant) – climate diagram after Walter (left) and modified climate diagram of climatic water balance (right)

resp. humidního klimatu v příslušných vs. V starších pracích se „aridnost/humidnost“ klimatu posuzovala podle různých indexů. Často se za humidní považovaly oblasti s vysokými úhrny srážek, bez ohledu na výdajové položky vodní bilance. Moderní bioklimatologie, např. [4, 9, 14, 22, 24], hodnotí klima jako aridní tehdy, když potenciální evapotranspirace převládá nad srážkami (humidní naopak). Modifikované klimadiagramy klimatické vodní bilance názorně zobrazují aridnost, resp. humidnost vegetačního stupně ve smyslu uvedené definice. Níže položené vegetační stupně 1.–3. vs plně splňují podmínky aridnosti ve vegetačním období. Zlom ve vodní bilanci vegetačních stupňů Západních Karpat představuje právě 4. vs (bukový). Do kategorie „humidních“ náleží 5. vs v hlavním vegetačním období. Od 6. vs humidita klimatu narůstá a logicky nejvyšších hodnot dosahuje v 8. a 9. vs. Původní dřevinné složení se během postglaciálu postupně přizpůsobovalo bioklimatickým podmínkám, až se zformovala koncem holocénu (v subatlantiku) jedinečná karpatská lesní i nelesní společenstva. Na závěr je nutno upozornit na okolnost, že potenciální evapotranspirace představuje celkové množství vody, které se může vypařit z půdy a vegetačního krytu za předpokladu dostatečného množství vody k vypařování. Rovněž klimatická vodní bilance vegetačního stupně poskytuje informaci o potenciálu vodní bilance na makroklimatické úrovni. Evapotranspirace aktuální, resp. skutečná a rovněž i skutečná vodní bilance konkrétního lesního porostu, je ve velké míře závislá od mikroklimatických podmínek stanoviště, reliéfu terénu a některých vlastnostech půdního prostředí, zejména na hloubce půdy a obsahu skeletu. Významně se na aktuální vodní bilanci konkrétní lokality podílí ještě povrchový a podzemní odtok.

ZÁVĚRY

Předložený článek navazuje na dosavadní práce věnované klimatickým podmínkám vegetačních stupňů v chápání geobiocenologické školy prof. Zlatníka. Vegetační stupně představují klimaxová společenstva a jsou výsledkem změny klimatických podmínek ekosystémů vlivem měnící se nadmořské výšky. Do dnešní podoby se podrobně vymezily v průběhu postglaciálu a jsou jedinečným fenoménem Západních Karpat. Uplatňují se jako základní geobiocenologické klasifikační jednotky lesnické typologie a hospodářské úpravy lesů v praxi lesního hospodářství Slovenska a částečně i Čech. Na posouzení klimatické vodní bilance jsme zkonstruovali nový typ klimadiagramu. Tento, na rozdíl od dosud používaného klimadiagramu podle Waltera, neposuzuje teplotní a srážkové průběhy, ale porovnává průměrné měsíční hodnoty potenciální evapotranspirace se srážkami. Jeho hlavní předností je okamžitá a názorná představa o humidnosti, resp. aridnosti příslušného vegetačního stupně. Zjistili jsme, že vegetační stupně nižších poloh, 1. vs dubový, 2. vs bukovo-dubový a 3. vs dubovo-bukový, jsou ve vegetačním období (březen–září) značně aridní. Deficit srážek dosahuje 100 až 300 mm ve vegetačním období. Až 4. vs bukový je charakteristický vyrovná-

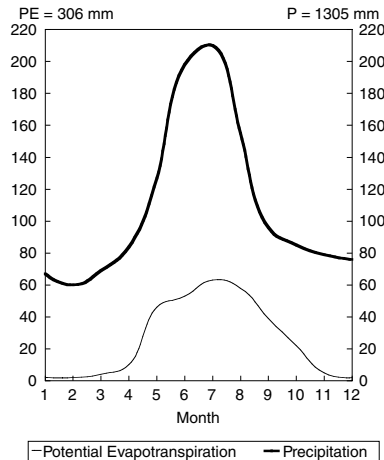
8. vs klečový 9. vs alpský
(8. dwarf pine & 9. alpine stage)
Skalnaté Pleso (1778 m n.m.)



Obr. 9 8. vs klečový – 9. vs alpský – Walterův klimadiagram (vlevo) modifikovaný klimadiagram klimatické vodní bilance (vpravo)

Fig. 9. 8th dwarf pine stage – 9th alpine stage – climate diagram after Walter (left) and modified climate diagram of climatic water balance (right)

8. vs klečový 9. vs alpský
(8. dwarf pine & 9. alpine stage)
Skalnaté Pleso (1778 m n.m.)



nou klimatickou vodní bilancí. Ve vyšších vegetačních stupních, (5. vs jedlovo–bukový a 6. vs smrkovo–bukovo–jedlový), humidita klimatu narůstá. Humidnost klimatu patří k základním ekologickým podmínkám horských lesů. Vodní bilance dosahuje nejvyšších hodnot v 8. vs klečovém a 9. vs alpském, kde množství srážek výrazně převyšuje evaporační nároky atmosféry. V roční bilanci dosahuje nadbytek vody ze srážek ca 1 000 mm. Druhové složení lesních (i primárně nelesních) společenstev Západních Karpat se během postglaciálu přizpůsobovalo bioklimatickým podmínkám, až se zformovala charakteristická západokarpatská vegetační stupňovitost.

Poděkování:

Autoři i touto cestou děkují: Národnímu klimatickému programu SR, MŽP SR a SHMÚ, jakož i projektům VEGA MŠ SR: 1/9265/02, 1/7057/20, za podporu při vzniku této publikace. Jmenovitě vyjadřujeme poděkování přední osobnosti česko-slovenské lesnické typologie – Doc. Ing. Zdeňkovi Ambrosovi, CSc., za cenné rady a připomínky k předložené práci.

Literatura

- [1] Ambros, Z.: Vplyv klimatických pomerov na produkciu hlavných hospodárskych drevín na Slovensku. Lesnícky Časopis, **17**, 1971, s. 19–30.
- [2] Ambros, Z.: Pluviotermická charakteristika vegetačných stupňov na Slovensku. In: Problémy modernej bioklimatológie. Bratislava, Vydavateľstvo SAV 1973, s. 347–355.
- [3] Ambros, Z.: Kombinovaná metóda na určovaní vegetačného stupňa a ekologických řad. Lesníctví – Forestry, **39**, 1993, s. 471–474.
- [4] Baumgartner, A.: Allgemeine Hydrologie, Quantitative Hydrologie. Berlin, Stuttgart, Gebrüder Borntraeger 1990. 650 s.
- [5] Dostál, J. – Červenka, M.: Velký klíč na určovanie vyšších rastlín. 2 sv. Bratislava, Slovenské pedagogické nakladateľstvo 1991. 1566 s.
- [6] Eimern, J. van – Häckel, H.: Wetter und Klimakunde. Stuttgart, Ulmer 1984. 275 s.

- [7] *Hančinský, L.*: Lesné typy Slovenska. Bratislava, Príroda 1972. 307 s.
- [8] *Hančinský, L.*: Lesnícka typológia v prevádzkovej praxi. Bratislava, Príroda 1977. 223 s.
- [9] *Havlíček, V. et al.*: Agrometeorologie. Praha, SZN 1987. 264 s.
- [10] *Kern, F. J.*: Hydologischer Atlas von Deutschland. Herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2000. (http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/had/had_home.htm)
- [11] *Križová, E.*: Fytcenológia a lesnícka typológia. Zvolen, Vydavateľstvo Technickej Univerzity 1998. 202 s.
- [12] Klimatické pomery na Slovensku. Vybrané charakteristiky. In: Zborník prác SHMÚ, zv. 33/1. Bratislava, SHMÚ 1991, s. 33–190.
- [13] *Križová, E.* – *Škvarenina, J.* – *Mindáš, J.* – *Vladovič, J.*: Lesné vegetačné stupne Západných Karpát (Slovensko) a ich klimatická charakteristika. In: Problematika lesníckej typologie III., Kostelec nad Černými lesy, Praha, VŠZ 2001. (CD ROM).
- [14] *Lapin, M.* – *Tomlain, J.*: Všeobecná a regionálna klimatológia. Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského 2001. 185 s.
- [15] *Midriak, R.*: Lesný pôdny fond v horských oblastiach Slovenska – jeho ohrozenie a ochrana. Lesn. Čas.-Forestry Journal, **39**, 1993, s.101–115
- [16] *Musil, A.*: Skupiny lesných typů. Praha, SZN 1963. 309 s.
- [17] *Michal, I.*: Charakteristika tepelného režimu vegetačných stupňů. In: V. čl. Bioklimatologická konferencia. Zvolen 1969.
- [18] *Mindáš, J.*: Regionalizácia klímy územia Slovenska vo vzťahu k lesným spoločenstvám. Lesn. Čas. – Forestry Journal, **37**, 1991, s.101–115.
- [19] *Nebe, W.*: Über Beziehungen zwischen Klima und Wachstum der Fichte. Arch. F. Forstw., **17**, 1968, s. 1219–1238.
- [20] *Petrovič, Š.*: Počasie a klíma. In: Slovensko, časť Príroda, Bratislava, Obzor 1972. s. 203–274
- [21] *Raušer, J.* – *Zlatník, A.*: Biogeografie (mapa č. 21). In: Atlas ČSSR. Praha, Kartografický a reprodukční ústav 1966. s. 21.
- [22] *Rožnovský, J.*: Klimatické zmeny a lesní hospodárství. Brno, Ediční středisko VŠZ 1993. 126 s.
- [23] *Střelcová, K.*: Vplyv meteorologických činiteľov na transpiračný prúd a transpiráciu buka v stredohorskej oblasti Poľany. [Dizertačná práca.] Zvolen 2000. – Technická Univerzita. 125 s.
- [24] *Špánik, F. et al.*: Aplikovaná biometeorológia. Nitra, Vydavateľstvo Slovenskej poľnohospodárskej univerzity 1998. 194 s.
- [25] *Tomlain, J.*: Charakteristika suchých a vlhkých oblastí Slovenska. Bratislava, SHMÚ 1991. In: Zborník prác, zv. 33/I, s.173–183.
- [26] *Tomlain, J.*: Modelové výpočty dôsledkov zmeny klímy na zmeny potenciálnej a skutočnej evapotranspirácie na Slovensku. Bratislava, MŽP SR, SHMÚ 1996. Národný klimatický program SR, zv. 4, s. 45–74.
- [27] *Thomasius, H.*: Mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Wälder Mitteleuropas. Forstwiss. Cbl. **110**, 1991, s. 305–330.
- [28] *Walter, H.*: Vegetationszonen und Klima. Jena, Fischer Verlag 1970.
- [29] *Walter, H.* – *Lieth, H.*: Klimadiagramm-Weltatlas. Jena, Fischer Verlag 1960.
- [30] *Zlatník, A.*: Přehled slovenských lesů podle skupin lesních typů. Brno, Spisy Vědecké laboratoře biocenologie a typologie lesa LF VŠZ v Brně 1959, č. 3, 195 s.
- [31] *Zlatník, A.*: Lesnícka fytcenologie. Praha, SZN 1976. 495 s.

Lektor RNDr. Ing. J. Rožnovský, CSc., rukopis odevzdán v lednu 2002.

ZEMŘEL ANTONÍN DŘEVIKOVSKÝ

(18. 3. 1911–3. 7. 2002)

Ve věku 91 let zemřel v Praze nejstarší český meteorolog profesor Antonín Dřevíkovský, jenž s Českým hydrometeorologickým ústavem spojil téměř celou svoji odbornou kariéru.

Po ukončení střední školy v Novém Městě na Moravě absolvoval na Karlově univerzitě v Praze obory matematika a fyzika. Po získání aprobace profesora v roce 1938 působil jako učitel na několika školách, až od 1. listopadu 1940 se stal vědeckým úředníkem v tehdejší Ústřední meteorologickém ústavu, nyní Českém hydrometeorologickém ústavu.

Mimořádné schopnosti, odborné i jazykové znalosti, předurčily úspěšnou kariéru, spočívající především v zastávání řady funkcí na úseku synoptické a letecké meteorologie. Zástupcem vedoucího Synoptické a letecké meteorologie byl jmenován již v roce 1945, později i vedoucím Oblastní předpovědní služby pro Čechy a Moravu. Jako odborník v oblasti synoptické a letecké meteorologie, zejména meteorologických kódů, pracoval v letech 1963–1966 jako mezinárodní úředník v sekretariátu Světové meteorologické organizace

v Ženevě. I po skončení úspěšné mise byl několikrát pozván do sekretariátu sekretářem SMO k řešení aktuálních odborných problémů. Jako delegát se zúčastnil mnoha mezinárodních zasedání a porad organizovaných na nejrůznější úrovni.

Po návratu ze Ženevy zastával až do svého odchodu do důchodu (30. 4. 1976) funkci vedoucího odboru zahraničních vztahů a ještě později na tomto pracovišti krátkodobě vypo-máhal v letech 1981–1983.

Svých znalostí dokázal Antonín Dřevíkovský využít i v publikační činnosti. Byl spoluautorem publikace Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích (1961), podílel se na překladu Kunicovy Synoptické meteorologie, publikoval řadu odborných a informativních článků (např. Podmínky pro létání v horní vrstvě tropopauzy a spodní vrstvě stratosféry, Mezinárodní význam čs. letecké povětrnostní služby). Byl i prvním ředitelem Podnikové technické školy, na které zároveň přednášel matematiku.

Antonín Dřevíkovský přispěl svojí mnohostrannou odbornou činností k prestiži a rozvoji čs. meteorologické služby.

Čest jeho památce!

Zdeněk Horký

MODELSKY – JEDNODUCHÝ NÁSTROJ PRE MODELOVANIE ROZLOŽENIA JASU NA OBLOHE

MODELSKY – a simple tool for modelling of the sky radiance distribution. An availability of the solar energy at the ground is predetermined by a character of interaction of the solar radiation with Earth's atmosphere. Theoretical description and numerical implementation of the radiation transfer in a diffuse atmospheric environment is quite complex and usually time consuming procedure (when using standard personal computers). The precise solutions are necessary in basic research, but are normally not suitable in meteorological practice. Both, a simple semi-empirical model for the sky radiance/luminance and its numerical realization (in the form of freeware accessible through the internet) are presented in this paper. Such model may easily be incorporated into other computing modules to simulate an amount of the photosynthetically-active radiation reaching the Earth's surface with various orientation and inclination. However, the main functionality doesn't apply the standard meteorological parameters as an own classification is used (it is based mainly on the information on the cloud coverage of the sky). Despite a reduced accuracy of the model the produced results are statistically acceptable.

KLÍČOVÁ SLOVA: záření fotosynteticky aktivní – standardizace obloh – rozložení jasu

1. ÚVOD

Približne 30 percent zemského povrchu zaberá pevnina. Väčšia jej časť je pritom pokrytá vegetáciou, ktorá zásadne ovplyvňuje procesy prebiehajúce na zemskom povrchu a priamo tak zasahuje do globálneho klimatického systému. Ekológovia a klimatológovia síce vyvinuli modely, ktoré popisujú podstatu výmeny energie, pre odhad dlhodobého vývoja však stále chýbajú komplexné dáta s ich limitami, ktoré sú vstupom do existujúcich modelov. Problémom je tiež nedostatok globálnych dát o albede zemského povrchu, charaktere pôdy, dôležitých vlastnostiach morfológie a fyziológie vegetácie, či o zásobách vody v pôde alebo o snehovej pokrývke.

Charakter fyziologických procesov prebiehajúcich v rastlinnom systéme úzko súvisí s fotosynteticky aktívnym žiarením (PAR Photosynthetically Active Radiation). PAR predstavuje mieru radiačnej energie, ktorá je významná z hľadiska účinku svetla na rast vegetácie. McCree [1] už v roku 1972 upozornil, že fotosyntetická odozva rastlínstva koreluje lepšie s počtom fotónov než s ich energiou. Tento fakt je zrejme, nakoľko fotosyntéza je v podstate fotochemická premena, pri ktorej je každá molekula aktivovaná absorpciou jedného fotónu v primárnom fotochemickom procese.

PAR sa definuje ako tok fotónov; špeciálne ako „počet mólov“ fotónov žiarivej energie v spektrálnom pásme od 400 nm do 700 nm. Jeden mól fotónov je 6.0222×10^{23} fotónov, pričom 6.0222×10^{23} je Avogadrovo číslo. Hustota toku je tak vyjadrená v počte mólov na štvorcový meter za sekundu. Pre polychromatické žiarenie (akým je PAR) vo všeobecnosti neexistuje konverzný faktor medzi uvedenými fyzikálnymi veličinami a meranou energiou alebo osvetlením. Napriek tomu možno tento faktor približne spočítať pre známe rozdelenie energie v spektre žiarenia (teda pre známy zdroj svetla). Praktické použitie faktora je zrejme, pretože pre modelovanie rastu vegetácie tak možno použiť rôzne dostupné výpočtové rutiny, ktoré vychádzajú z rôznych vstupných informácií o charakteristikách žiarenia/svetla. PAR možno určiť aj z meraní „spektrálne“ modulovaných svetelných charakteristík (napr. z meraní denného svetla pomocou filtrov, ktorých priepustnosť je upravená na citlivosť oka – meraná hodnota v luxoch násobená koeficientom 0.18 tak dáva hustotu toku fotónov v jednotkách $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$).

2. MODEL ROZLOŽENIA JASU PRE HOMOGENNÉ OBLOHY RÔZNYCH TYPOV

Dostupnosť slnečnej energie na plochách pokrytých poľnohospodárskymi plodinami s minimálnym sklonom terénu možno v celku jednoducho spočítať známymi metódami. Mnohé z nich (napr. Eddingtonova aproximácia) nevyžadujú explicitný výpočet rozloženia žiary na oblohe. Eddingtonova aproximácia [2–5], ktorá patrí medzi jednoduchšie, takzvané dvojtokové metódy, umožňuje počítať toky žiarenia smerujúce k zemskému povrchu a toky žiarenia unikajúce do kozmického priestoru. Informácia o rozložení žiary na oblohe je však dôležitá hlavne pri kvantifikácii príjmu fotosynteticky aktívneho žiarenia v oblasti hornatých terénov s množstvom rôzne orientovaných svahov s rôznym sklonom. Údaje o PAR v takýchto lokalitách sú významné z hľadiska analýzy zmien vo vývoji vegetácie a z hľadiska ich následného vplyvu na celkový globálny klimatický systém. Presné metódy výpočtu rozloženia žiary sú numericky a časovo náročné [6–8]. Ich použitie je viac-menej orientované na základný výskum. Vzhľadom k presnosti zmiených metód je aj počet vstupných parametrov značný. Pre praktické účely sú vhodnejšie približné metódy, založené prevažne na semi-empirických matematických vzťahoch s jednoduchou štruktúrou. Minimalizácia počtu vstupných parametrov je ďalším významným faktorom, nakoľko nie všetky monitorovacie stanice poskytujú kompletnú štruktúru meteorologických dát. Na druhej strane je nutné stanoviť kritériá použiteľnosti zjednodušeného modelu a hranice jeho presnosti, pretože redukcia počtu vstupných parametrov znižuje citlivosť použitého modelu k aktuálnym meteorologickým podmienkam.

Značný problém predstavuje oblačnosť a jej časovo-priestorová premenlivosť. Zmeny typu oblakov a pokrytie oblohy oblačnosťou do značnej miery ovplyvňuje zmeny žiary oblohy v rôznych jej častiach. Je zrejme, že nemožno zostaviť zovšeobecnený, dostatočne presný a pritom jednoduchý model rozloženia žiary. Vzhľadom k cieľu, ktorý sledujeme (implementovať rýchly numerický model rozloženia jasu/žiary na oblohe za ľubovoľných podmienok, ktorý by umožnil kvantifikovať zmeny množstva PAR pre rôzne orientované terény jednoduchým spôsobom) a vzhľadom k charakteru zmien tokov žiarenia s oblačnosťou, sa tak javí miera neurčitosti hodnoty žiary/jasu v rozsahu desať alebo niekoľkých desiatok percent ako prijateľná. R. Kittler a kol. prezentoval riešenie

formou štandardizácie homogénnych a pseudohomogénnych oblôh [10]. Na rozdiel od klasickej charakterizácie oblačnosti a pokrytia, tak ako ju poznáme v meteorológii, bola navrhnutá nezávislá kategorizácia obsahujúca 15 základných typov oblôh z hľadiska priestorovej distribúcie jasu. Modelovanie charakteristických situácií spočíva v stanovení jednoduchých vzťahov pre uhlovú závislosť rozloženia jasu na oblohe pre každý z 15-tich typov. Finálna typizácia bola získaná na základe podrobných meraní realizovaných pomocou scannerov v Berkeley, Sydney a Tokiu [11] a overená na základe dlhodobých meraní osvetlenia a zenitného jasu v lokalitách Bratislava-Patrónka, Atény [12], ako aj spracovania dostupných dát z rôznych častí sveta (Austrália [13], Sigapore, Garston a Sheffield [14]). Model nevychádza z energetických, ale zo svetelných charakteristík. Taktiež nepočíta s premenlivosťou zemského albeda a jeho vplyvom na rozloženie jasu a je aplikovateľný len pre prípady bez snehovej pokrývky.

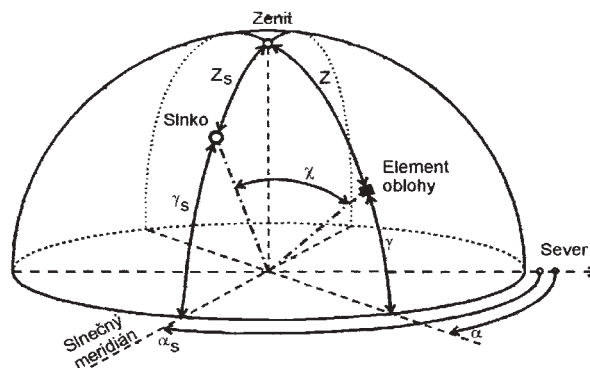
2.1 Systém merania a analýza dát

Od 10. januára 1994 je na ÚSTARCHE SAV v činnosti stanica CIE IDMP Bratislava typu „General Class“ a je súčasťou celosvetovej siete 44 staníc CIE IDMP (International Daylighting Measurement Programme), ktoré vznikli z iniciatívy CIE (Commission Internationale de l'Éclairage). Viac informácií možno nájsť na WWW stránke <http://idmp.entpe.fr>. Vzhľadom na kompatibilitu a porovnateľnosť výsledkov meraní a nakladania s dátami sa činnosť staníc riadi dokumentami CIE TC 3.25 „Coordination and Development of the International Daylighting Measurement Programme (IDMP) and its Data“ a doporučeniami [15].

Základné geografické údaje stanice sú: zemepisná šírka $\varphi = 48.17^\circ$ zemepisná dĺžka $\lambda = 17.08^\circ$ a nadmorská výška $h = 195$ m n.m. Všetky údaje sa zaznamenávajú v miestnom čase GMT+1. Na stanici sa merajú okamžité hodnoty hustoty toku globálneho a difúzneho žiarenia a osvetlenia v horizontálnej rovine, globálne osvetlenie vo vertikálnej rovine (v štyroch vybraných azimutálnych smeroch) a zenitného jasu v jednomínutových intervaloch. Osvetlenie sa meria kremíkovými fotočlánkami SI KOSOT 010 korigovanými na krivku V_λ – citlivosti zraku. Pri meraní jasu sa používa rovnaký fotočlánok s nádstavcom, ktorý ohraničuje zorný uhol na 10° . Difúzne žiarenie sa meria pyranometrom Sontag, globálne žiarenie pomocou Kipp & Zonnen CM3. Jadro stanice tvorí meracia ústredňa MARS-2 s prenosnými pamäťovými kartami od firmy Solar v. s.o. Bratislava. Hodnoty difúzneho osvetlenia/žiarenia sú korigované na vplyv tieniaceho prstenca podľa Littlefaira. Archivujú sa okamžité jednomínutové záznamy a päťminútové priemerné hodnoty všetkých meraných veličín. Automatická kontrola kvality dát sa robí pre každý mesiac podľa [15], pričom výsledky sú dokumentované v protokole o kvalite kontroly. Posledná recalibrácia zariadení sa uskutočnila medzi IDMP stanicami Bratislava a Atény v rámci riešenia grantu SK-GR 013/98 v roku 1999.

2.2 Teoretické aspekty

Rozloženie jasu L_v na oblohe je vo všeobecnosti zložitou funkciou zloženia atmosféry, fyzikálnych parametrov atmosféry a polohy elementu na nebeskej sfére (teda azimutu α počítaného od severu a zenitového uhla z – obr. 1). Model homogénnych oblôh vychádza z predpokladu, že $L_v(\alpha, z)$ možno zapísať ako



Obr. 1 Schéma pre určenie polohy Slnka a elementu na oblohe.

Fig. 1. Solid geometry (sky element – Element oblohy, Sun – Slnko, solar meridian – Slnčný meridián, zenith – zenit).

$$L_v(\alpha, z) = A_v f(\chi) \varphi(z) \quad (1)$$

Rozloženie jasu na oblohe je tak dané dvoma funkciami, z ktorých prvá – f (tzv. integrálna indikatrixa rozptylu) charakterizuje zmenu (zväčša pokles) intenzity rozptýleného žiarenia s narastajúcou uhlovou vzdialenosťou oblohového elementu od pozície Slnka a druhá – φ (tzv. gradáčna funkcia) dodatočnú zmenu intenzity rozptýleného žiarenia s uhlovou vzdialenosťou oblohového elementu od zenitu. A_v je koeficient úmernosti a χ je uhol rozptylu, ktorý je funkciou azimutu α a zenitovej vzdialenosti z

$$\cos \chi = \cos z_s \cos z + \sin z_s \sin z \cos(\alpha_s - \alpha) \quad (2)$$

Hodnota z_s určuje zenitovú vzdialenosť Slnka. Rozloženie jasu v relatívnych jednotkách tak možno jednoducho vyjadriť reláciou

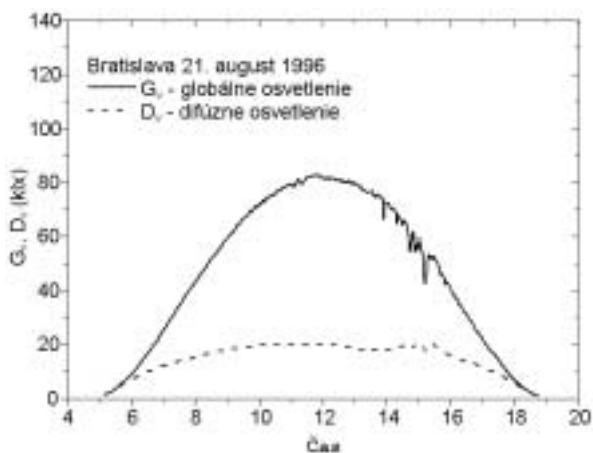
$$\frac{L_v(\alpha, z)}{L_v(0, 0)} = \frac{f(\chi) \varphi(z)}{f(z_s) \varphi(0)} \quad (3)$$

Funkcie f a φ sú pre uvedený model zapísateľné pomocou elementárnych funkcií, pričom priebeh oboch funkcií je modifikovateľný na základe voľných parametrov a, b (v prípade funkcie φ) c, d, e (v prípade funkcie f):

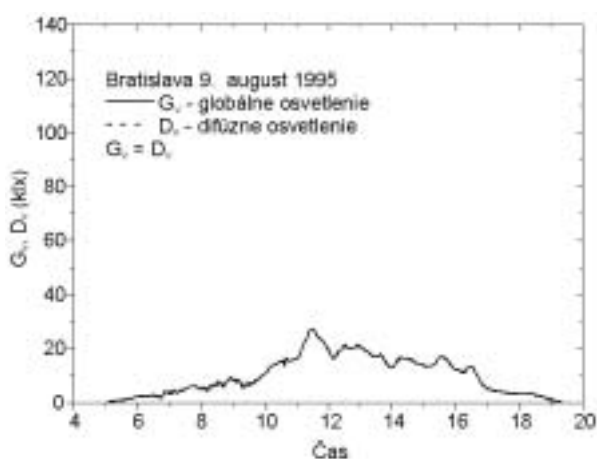
$$\varphi(z) = 1 + a \exp\{b/\cos z\} \quad (4)$$

$$f(\chi) = 1 + c [\exp(d\chi) - \exp(d\pi/2)] + e \cos^2 \chi \quad (5)$$

Uvedená parametrizácia pritom vychádza z výberu viac než 16000 meraní pomocou scannerov v Berkeley, 540 meraní v Sydney a 380 meraní v Tokyo a spracovania získaných údajov rozloženia jasu na oblohe, pričom hodnoty parametrov majú čisto empirický charakter [11]. Klasifikácia podľa priebehu funkcií f (označenie arabskými číslicami) a φ (označenie rímskymi číslicami) pozostáva z 15 typov, ktoré popisujú nasledovné stavy oblôh: I.1. – zamračená so stúpajúcou gradáciou a bez azimutálnej premenlivosti, I.2. – zamračená so stúpajúcou gradáciou a nevelkým zvýšením jasu v okolí Slnka, II.1. – zamračená s miernou gradáciou a bez azimutálnej premenlivosti, II.2. – zamračená s miernou gradáciou a nevelkým zvýšením jasu v okolí Slnka, III.1. – zamračená (hmla) alebo oblačná bez gradácie, III.2.



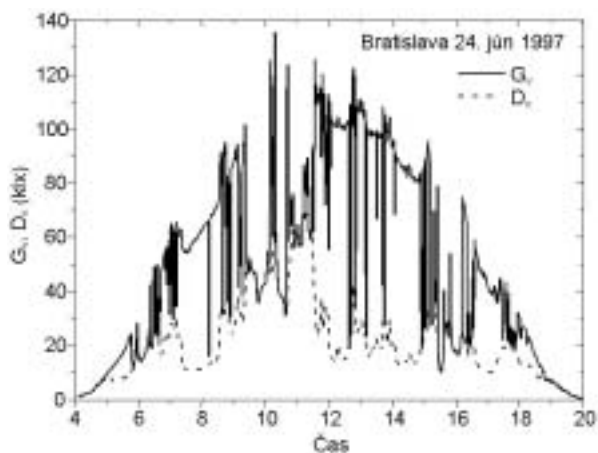
Obr. 2 Priebeh osvetlenia počas jasného dňa.
Fig. 2. Illuminance under cloudless conditions.



Obr. 3 Osvetlenie počas zamračeného dňa.
Fig. 3. Illuminance under cloudy sky.

– čiastočne oblačná bez gradácie a s nevelkým zvýšením jasů v okolí Slnka, III.3. – čiastočne oblačná bez gradácie s jasnejšími miestami okolo Slnka, III.4. – čiastočne oblačná bez gradácie s jasnou slnečnou korónou, IV.2. – čiastočne oblačná s tieněným Slnkom, IV.3. – oblačná s jasnejšími miestami v okolí Slnka, IV.4. – oblačná alebo čiastočne oblačná s jasnou slnečnou korónou, V.4. – veľmi jasná (s nízkym zákalom) so slnečnou korónou, V.5. – bezoblačná znečistená so širšou slnečnou korónou, VI. 5. – bezoblačná (s vyšším zákalom) a širšou korónou, VI.6. – belasá a zakalená so širokou slnečnou korónou.

Zaradením toho-ktorého prípadu (merania) do daného



Obr. 4 Dynamické zmeny osvetlenia počas dňa s premenlivou oblačnosťou.
Fig. 4. Dynamical changes of illuminance during day with unstable cloud coverage.

typu je jednoznačne určený priebeh rozloženia jasů na oblohe. Výskyt jednotlivých typov sa môže počas dňa meniť a závisí od celkových poveternostných a atmosférických podmienok. Pri ustálených podmienkach počas jasného dňa je rozptýlený výskyt typov úzky (tab. 1), pričom určujúcim je najmä zákal atmosféry. Denný priebeh úrovni osvetlenia v týchto dňoch je závislý od výšky Slnka (obr. 2). U zamračených oblôh rozloženie jasů ovplyvňuje hlavne druh a hrúbka oblačnosti, čo je možné vyjadriť indexom difuzivity $k_{dd} = D_v/E_v$ (Diffuse clearness index). Hodnota k_{dd} tak vyjadruje pomer difúznej zložky D_v a extraterestriálnej zložky E_v osvetlenia. V tomto prípade homogénnosť oblačnosti a úroveň k_{dd} určujú výskyt dominantného typu, okolo ktorého budú rozptýlené situácie narúšajúce túto homogenitu (tab. 1). Podobne ako u jasných oblôh, celodenný priebeh osvetlenia je plynulý, ale nie vždy závislý na výške Slnka (obr. 3). Pochopiteľne najkomplikovanejšie pomery nastávajú pri premenlivej oblačnosti (obr. 4). Osvetlenie počas takéhoto dňa je charakteristické vysokou premenlivosťou úrovni a striedaním sa prakticky všetkých typov rozloženia jasů, ako je to dokumentované v tab. 1.

Podobným spôsobom možno analyzovať výskyt typických situácií v rôznych časových intervaloch alebo obdobiach. V rámci riešenia grantu SK-GR 013/98 sa porovnala „svetelná klíma“ v Bratislave a Aténach. Ukázalo sa, že z hľadiska dostupnosti svetla počas roka je výhodné uvažovať tri odobria, t.j. zimné (XI, XII, I, II), letné (V, VI, VII, VIII) a prechodné (III, IV, IX, X). Toto členenie tiež pomerne dobre súhlasí s vegetačnými obdobiami rastlín. Stredo-

Tab. 1 Výskyt typických rozložení jasů na oblohe počas vybraného jasného, zamračeného dňa a dňa s premenlivou oblačnosťou.
Table 1. An appearance of sky standards under cloudless condition, cloudy sky and for day with unstable cloud coverage.

Typ/Štandard															Spolu
I.1	I.2	II.1	II.2	III.1	III.2	III.3	III.4	IV.2	IV.3	IV.4	V.4	V.5	VI.5	VI.6	
21. august 1996, jasný deň															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154	213	0	0	0	367
9. august 1995, zamračený deň															
137	91	57	33	25	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	366
24. jún 1997, deň s premenlivou oblačnosťou															
3	6	2	6	16	16	42	35	21	35	27	33	39	41	54	376

Tab. 2 Výskyt typických situácií v Bratislave a Aténach v zimnom, letnom a prechodnom období.

Table 2. An appearance of sky standards in Bratislava and Athens during wintertime, summertime and during spring and autumn.

Typ	Bratislava 1994–1998				Atény 1992–1996			
	Zima	Leto	Prechodné obdobie	Celý rok	Zima	Leto	Prechodné obdobie	Celý rok
%	%	%	%	%	%	%	%	%
I.1	13,13	5,55	8,20	8,51	2,01	2,85	2,95	2,71
I.2	17,87	5,72	10,51	10,65	3,42	2,45	2,29	2,60
II.1	16,06	6,75	9,26	10,13	6,70	4,16	4,74	4,91
II.2	9,23	6,13	7,20	7,34	8,43	3,50	4,54	4,93
III.1	7,49	5,13	5,77	5,99	7,92	5,07	5,69	5,90
III.2	5,50	10,37	5,27	7,32	7,62	4,29	5,17	5,32
III.3	3,71	7,87	5,72	6,01	5,08	4,10	4,23	4,36
III.4	2,95	5,59	4,87	4,63	4,72	4,37	4,05	4,33
IV.2	2,53	4,98	4,33	4,09	4,33	6,04	4,95	5,28
IV.3	2,26	6,44	5,78	5,08	4,76	5,63	5,13	5,27
IV.4	3,36	12,82	11,80	9,90	6,27	11,29	9,50	9,57
V.4	8,16	11,98	12,44	11,09	10,33	10,89	9,90	10,41
V.5	5,19	7,22	6,47	6,42	14,25	15,86	15,13	15,25
VI.5	1,84	2,40	1,57	1,97	8,14	11,41	12,47	11,09
VI.6	0,73	1,06	0,80	0,88	6,03	8,07	9,26	8,06
Spolu	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

európska klíma v Bratislave sa výrazne odlišuje od stredomorskej v Aténach. Výskyt slnečných dní v Aténach je vyšší v letnom aj v zimnom období. Analýza výskytu typických rozložení jasu potvrdila túto skutočnosť a ukázala na najväčší výskyt oblôh typu V.5, tab. 2. V Bratislave sa pozoruje rozdelenie s dvoma maximami v každom ročnom období (prvé maximum sa nachádza v oblasti zamračených typov, druhé v oblasti bezoblačných typov).

Celková hustota toku difúzneho svetla prepočítaná na horizontálnu rovinu je

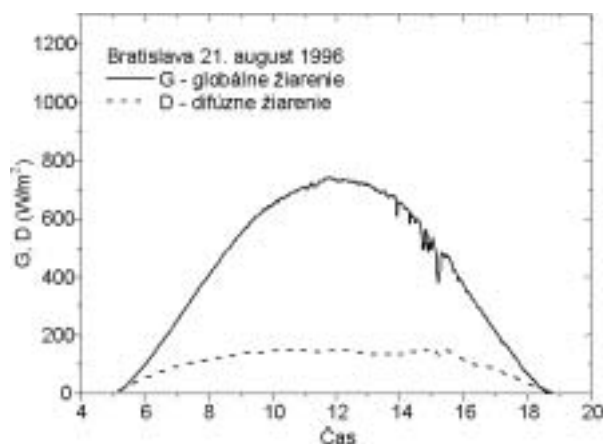
$$D_v = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} L_v(\alpha, z) \sin z \cos z d\alpha \quad (6)$$

kde rozloženie jasu $L_v(\alpha, z)$ možno simulovať pomocou vzťahu (1). Pre daný typ oblohy je teda D_v funkciou zenitového uhla Slnka a koeficientu úmernosti A_v . Energetickým ekvivalentom hodnoty D_v je hustota toku difúzneho žiarenia vo viditeľnej časti spektra D , ktorá je bežne meraná na aktinometrických stanicích. Pre určenie koeficientu úmernosti A v prípade zamračených oblôh, alebo počas dní s vysokou hodnotou difúznej zložky sa môžu využiť hodnoty D . Popri difúznej zložke sa bežne meria aj hustota toku globálneho žiarenia G . Hustotu toku priameho slnečného žiarenia P vypočítame jednoducho z rozdielu hodnôt G a D . Alternatívnym vstupným parametrom pre výpočet koeficientu A je Linkeho zákalový činiteľ T , ktorý možno získať z hodnoty P .

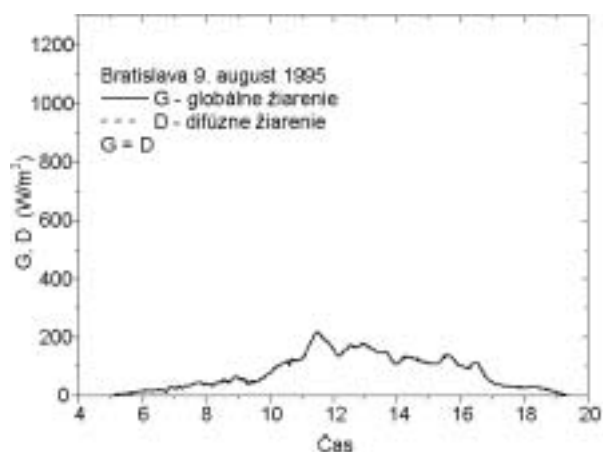
2.3 Vzťah svetelných a energetických charakteristík

Prezentovaný model využíva merané údaje svetelných charakteristík získaných za použitia filtra s priepustnosťou fitujúcou spektrálnu citlivosť oka. Pre tieto merania boli tiež zostavené semi-empirické vzťahy popisujúce rozloženie jasu na oblohe. V meteorológii sa pritom bežne meria energetický ekvivalent týchto charakteristík.

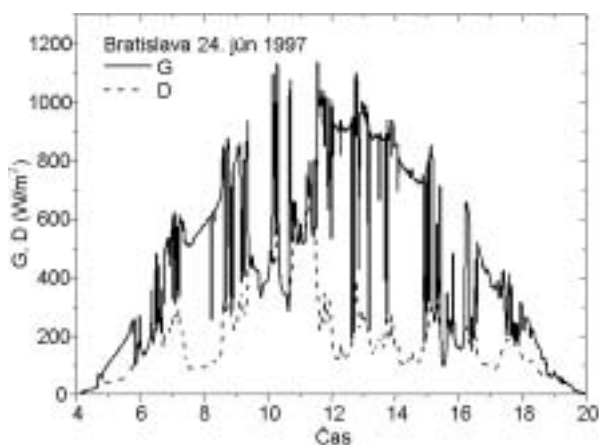
U rastlín je svetlo nielen zdroj energie ale tiež významný regulačný faktor ich vývojových procesov. Fotosyntetický účinok môže mať každé pohltené kvantum v intervale 380–700 nm, na ktoré sa rastliny adaptovali. Značný vplyv na



Obr. 5 Priebeh ožiarenia počas jasného dňa.
Fig. 5. Irradiance under cloudless conditions.



Obr. 6 Ožiarenie počas zamračeného dňa.
Fig. 6. Irradiance under cloudy sky.



Obr. 7 Priebeh ožiarenia počas dňa s premenlivou oblačnosťou.

Fig. 7. Irradiance during day with unstable cloudy coverage.

rýchlosť fotosyntézy a vytváranie rastlinnej hmoty má spektrálne zloženie svetla v celom rozsahu PAR [16]. Rastlinstvo v skutočnosti prijíma energetickú zložku PAR, pričom efektívnosť fotosyntetickej odozvy závisí na vlnovej dĺžke. Najefektívnejšia je modrá (450 nm) a červená (650 nm) časť elektromagnetického spektra, naproti čomu citlivosť nami použitých detektorov je najväčšia v žltej časti spektra (550 nm). Napriek tomu porovnávacie merania poukázali na dobrú koreláciu energetických a svetelných charakteristík (obr. 2 až 4 a 5 až 7).

Aplikovaním modelu na energetické veličiny sa formálny zápis vzťahov (1)–(6) nemení a zmeny hodnôt parametrov a až e sú malé. Výsledky výpočtov potom možno použiť aj pre žiarenie a použitím prezentovaného modelu tak možno simulovať rozloženie integrálnej žiary na oblohe, pričom energetický ekvivalent koeficientu úmernosti A_v (teda hodnotu A) možno získať obdobne ako to bolo uvedené pri rovnici (6). Model sa tak stáva funkčný pre oba systémy meraných dát (svetelný ekvivalent, energetický ekvivalent) a s jeho použitím možno jednoducho spočítať množstvo PAR dopadajúce na ľubovoľne orientované svahy. V tomto zmysle ide samozrejme hlavne o difúziu zložku, pretože hodnotu hustoty toku priameho slnečného žiarenia možno vyjadriť jednoduchým vzťahom

$$P = E_0 \cos(z_s, z_T, \alpha_T) e^{-m\bar{T}\beta} \quad (7)$$

kde E_0 je integrálna hustota toku slnečného žiarenia mimo zemskej atmosféry (pre oblasť PAR), m je optická vzduchová hmota, β je molekulárny koeficient extinkcie prepočítaný na vertikálny stĺpec atmosféry, parameter T je Linkeho zákalový činiteľ, z_T je sklon svahu a α_T azimut svahu meraný od severu. V zmysle rovnice (2) je teda

$$\cos(z_s, z_T, \alpha_T) = \cos z_s \cos z_T + \sin z_s \sin z_T \cos(\alpha_s - \alpha_T) \quad (8)$$

Difúziu zložku možno vyjadriť nasledovným spôsobom

$$D = \int_0^{\pi/2} \int_{\alpha_1(z_s, z_T, \alpha_T)}^{\alpha_2(z_s, z_T, \alpha_T)} L(\alpha, z) \sin z \cos(z_s, z_T, \alpha_T) d\alpha dz \quad (9)$$

kde integrácia v azimutálnom uhle prebieha od 0 po 2π v prí-

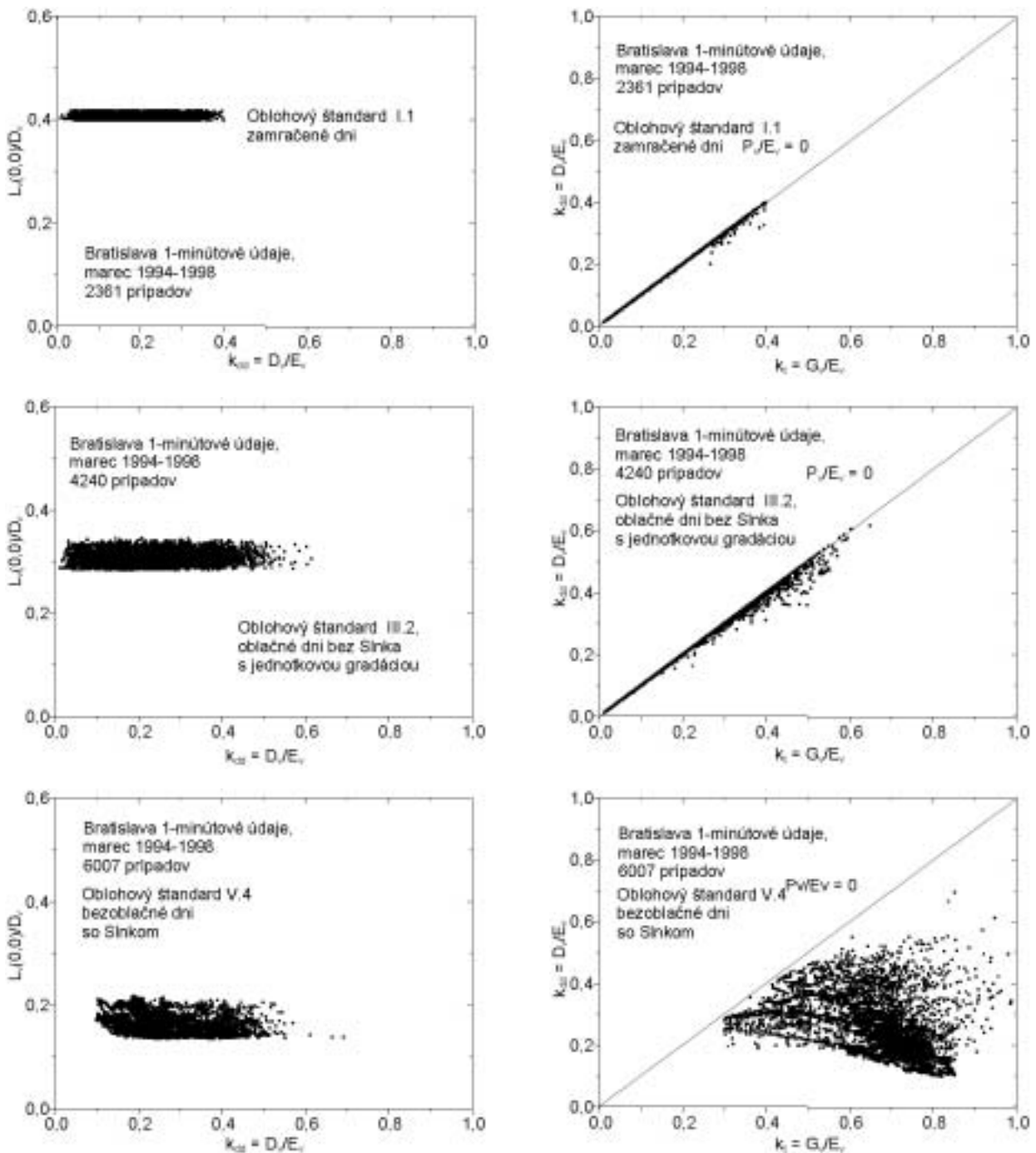
pade, že $z < z_s$. Použitie vzťahu (1) a výrazov (4)–(5) pri výpočte integrálu (9) významne urýchľuje numerické simulácie. Uhly α_1 a α_2 vo všeobecnosti určujú „viditeľnosť“ elementu oblohy pri danom sklone z_T a orientácii α_T svahu. Vzťah (9) nie je o nič zložitejší než vzťah (6). Jediným rozdielom je zabudovanie priestorovej geometrie pri vyjadrení hraníc integrácie v azimutálnom uhle, pri danom zenitovom uhle a vyjadrení kosínusu uhla medzi spojnicou miesta merania so Slnkom a normálou na rovinu svahu, ktorý formálne označujeme ako $\cos(z_s, z_T, \alpha_T)$. Významnou skutočnosťou je, že zápis funkcie $L(\alpha, z)$ pomocou elementárnych funkcií značne urýchľuje výpočet.

Spektrálny ekvivalent funkcie jasu $L(\alpha, z)$ je typický rozdielnym priebehom pre rôzne časti spektra. Najväčšie zmeny $L(\alpha, z)$ s pozíciou meraného elementu na nebeskej sfére možno očakávať v červenej časti spektra a to hlavne za bezoblačných podmienok pri väčších hodnotách Linkeho zákalového činiteľa. Dôvod je zrejмый. S posunom vlnovej dĺžky λ k červenej časti spektra sa znižuje efektívnosť molekulárneho rozptylu (úmerne λ^{-4}), naproti čomu efektívnosť rozptylu žiarenia aerosólom klesá zvyčajne mierou λ^{-1} . Hodnoty fázovej funkcie molekulárneho rozptylu kolíšu v rozsahu λ^{-2} , avšak u aerosólu môže byť rozsah hodnôt fázovej funkcie mnohonásobne väčší. Dôsledkom toho je rozptyl žiarenia aerosólom dominantnou zložkou difúzneho žiarenia v červenej časti spektra a zmeny L sú preto značné. So zmenšovaním vlnovej dĺžky smerom k modrej časti spektra sa rozsah možných hodnôt L znižuje. Prezentovaný model počíta integrálne hodnoty L , reprezentujúce celú viditeľnú časť spektra, teda hodnoty získavané bežnými meracími prístrojmi.

3. FUNKCIONALITA PRODUKTU MODELSKY

ModelSky je voľne prístupný software implementovaný v jazyku Turbo C++, ktorý počíta rozloženie jasu na homogénnych oblohách pri ľubovoľnej uhlovej výške Slnka a pri zadaní meranej hodnoty D_v/E_v (E_v je integrálna hustota toku slnečného žiarenia mimo zemskej atmosféry – pre oblasť PAR – prepočítaná na citlivosť oka, čiže svetelný ekvivalent hodnoty E_0) alebo vypočítanej hodnoty T_v (tj. svetelného ekvivalentu Linkeho zákalového činiteľa). Exe-modul programu možno získať na internetovskej adrese <http://astro.savba.sk/~kocifaj/FreeWare/FreeWare.html>. Autorom software je M. Kocifaj (Astronomický ústav SAV). Autorom konceptu štandardizácie oblôh je Dr. Kittler (ÚSTARCH, SAV), Dr. Perez (ASRC Albany) a Dr. Darula (ÚSTARCH, SAV).

Po spustení programu treba aby užívateľ vybral typ homogénnej oblohy (pre ktorú bude simulovať rozloženie jasu) a určil výšku Slnka v stupňoch. Program poskytuje výpočet absolútnych hodnôt jasu (v cd/m^2 , resp. v kcd/m^2) alebo zodpovedajúcich relatívnych hodnôt, ktoré sú reprezentatívne aj pre rozloženie žiary. Zadávanie pomeru D_v/E_v (pre oblohy typu I.1.–III.2.), resp. T_v (pre typy III.3.–VI.6.), je deaktivované v prípade relatívnych hodnôt, nakoľko jas je normovaný na zenit (tj. zenit je reprezentovaný hodnotou 1) a uvedené fyzikálne veličiny v tomto prípade nie sú potrebné. Vzhľadom k výsledkom experimentálnych dát sú možné hodnoty pomeru D_v/E_v ohraničené zdola 0 a zhora 0.3, príp. 0.45 v závislosti od typu oblohy. Podobne u T_v ide o hodnoty 1 až 8. Výsledné rozloženie jasu možno po grafickom zobrazení exportovať do HPGL formátu (teda Hewlett Packard Graphics Language súboru). Voľba HPGL je výhodná hlav-

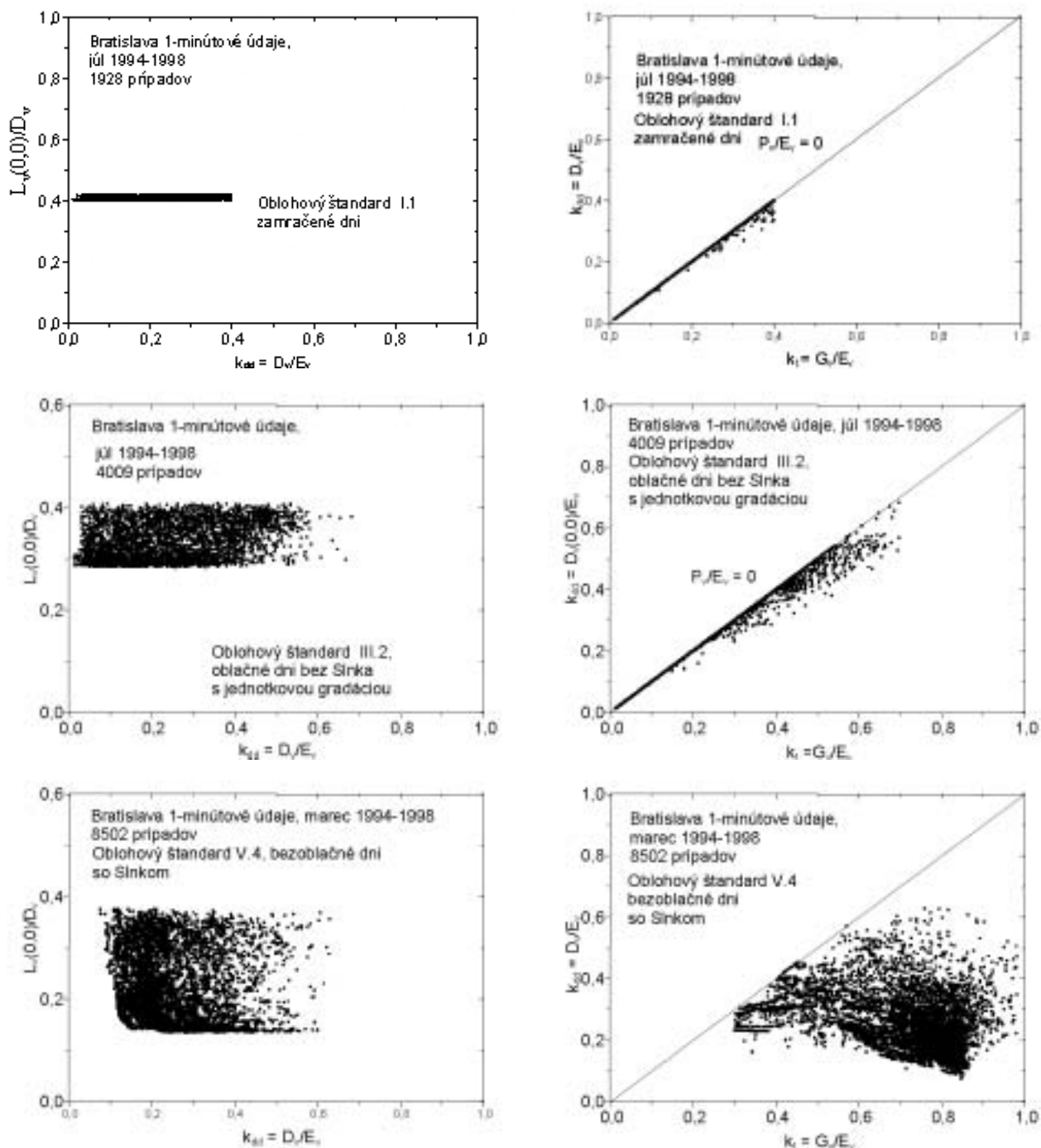


Obr. 8 Vzájomná závislosť pomerov $L_z(0,0)/D_v$, D_v/E_v a G_v/E_v pre Bratislavu v mesiacoch marec 1994–1998.

Fig. 8. Interdependency of $L_z(0,0)/D_v$, D_v/E_v and G_v/E_v – 1 minute data measured in Bratislava during March 1994–1998 (selected sky standards: I.1, III.2, V.4). Number of processed data vary from 2361 up to 6007. P_v , D_v and G_v represent the direct solar, diffuse and global illuminance, $L_z(0,0)$ is zenith sky luminance.

ne preto, že ide o vektorový zápis dát. V porovnaní s klasickým bitmapovým zápisom je tak možné exportovaný obrázok zväčšovať alebo zmenšovať bez straty kvality (nevzniká problém s rastrom, ako je tomu u zápisu v pixloch) a data sú exportované do ASCII súboru a teda prenositeľné na akýkoľvek systém. Výstupný HPGL súbor možno importovať do štandardných grafických programov, ako napr. PaintShop-Pro, WORD, alebo po úprave (zoom, hrúbka pera,...) previesť do klasických formátov (ako napr. GIF, TIFF, JPG,...)

pomocou známych konverzných software (napr. HP2XX,...). Program ModelSky je v súčasnosti využívaný niekoľkými pracoviskami vo svete (Prof. A. J. F. Rutten – Physics of the Built Environment, Technical University Eindhoven – Holandsko; Dr. Richard Perez – ASRC Albany, Spojené štáty americké; Prof. Neeman – Izrael; Prof. G. G. Roy – School of Engineering Murdoch University, Australia; Dr. Y. Uetani – Department of Architecture, Fukuyama University, Fukuyama, Japonsko, ...).



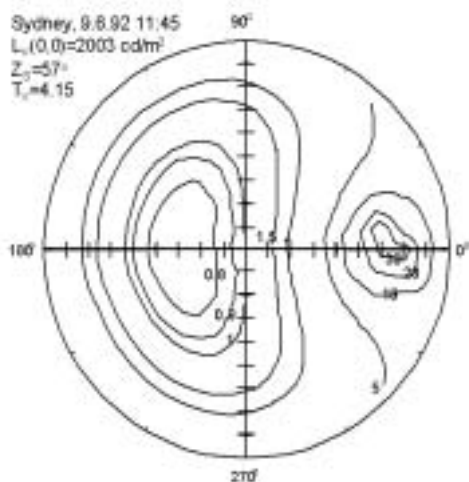
Obr. 9. Vzájomná závislosť pomerov $L_v(0,0)/D_v$, D_v/E_v a G_v/E_v pre Bratislavu v mesiacoch júl 1994–1998.

Fig. 9. Interdependency of $L_v(0,0)/D_v$, D_v/E_v and G_v/E_v – 1 minute data measured in Bratislava during July 1994–1998 (selected sky standards: I.1, III.2, V.4). Number of processed data vary from 1928 up to 8502. P_v , D_v and G_v represent the direct solar, diffuse and global illuminance, $L_v(0,0)$ is zenith sky luminance.

4. REPREZENTATIVNOSŤ MODELU A NIEKTORÉ JEHO APLIKÁCIE

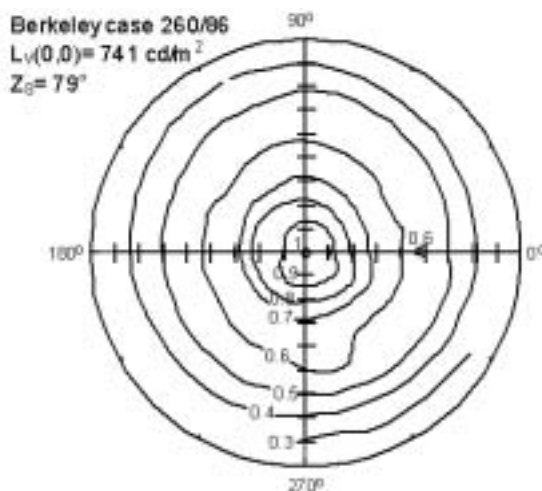
Vzhľadom k tomu, že rastlinstvo je najaktívnejšie od marca do novembra, sledovala sa v tomto príspevku parametrizácia G_v , D_v a jasú v zenite $L_v(0,0)$ pre mesiace marec (začiatok vegetačného obdobia) a júl (stred vegetačného obdobia). Zistovala sa väzba medzi indexom difuzivity k_{dd} (D_v/E_v) a pomerom $L_v(0,0)/D_v$ a tiež medzi $k_t = G_v/D_v$ (Clearness Index) a k_{dd} pre zamračené oblohy I.1, oblohy s jednotkovou

gradáciou III.2 a pre bezoblačné podmienky V.4. Typy I.1–II.1, niekedy aj III.2 zvyčajne zodpovedajú situáciám pri advekcii teplého vzduchu vo vyšších vrstvách ovzdušia do strednej Európy, pričom sa súčasne v prízemnej vrstve udržiava nad strednou a juhovýchodnou Európou relatívne vyšší tlak vzduchu. Počasie je za danej situácie charakterizované častým výskytom nízkej inverznej oblačnosti, prípadne výskytom hmiel. V závislosti od hrúbky inverznej oblačnosti potom možno tieto synoptické situácie priradiť k spomínaným



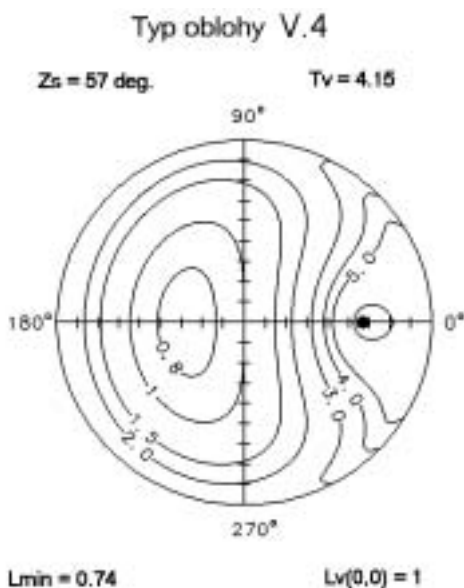
Obr. 10 Namerané rozloženie relatívneho jasú za bezoblačných podmienok v Sydney 9. 6. 1992 o 11:45. Výška Slnka $\gamma_s = 33^\circ$.

Fig. 10. Measured sky luminance (in relative units) under cloudless conditions in Sydney on June 9, 1992 at 11:45 am. Sun elevation $\gamma_s = 33^\circ$, light equivalent of turbidity factor $T_v = 4.15$, zenith sky luminance $L_v(0,0) = 2003 \text{ cd.m}^{-2}$.



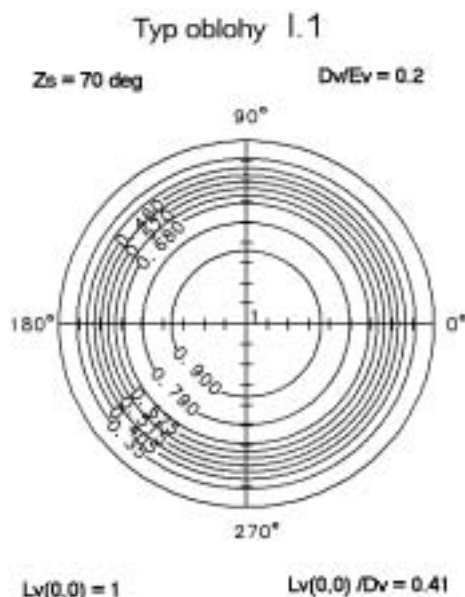
Obr. 12 Namerané rozloženie relatívneho jasú na zamračenej oblohe v Berkeley. Meranie č. 260/86, výška Slnka $\gamma_s = 11^\circ$.

Fig. 12. Measured sky luminance (in relative units) under cloudy sky in Berkeley. Identification code of the measurement: 260/86, Sun elevation $\gamma_s = 11^\circ$, zenith sky luminance $L_v(0,0) = 741 \text{ cd.m}^{-2}$.



Obr. 11 Modelové rozloženie relatívneho jasú za bezoblačných podmienok pre výšku Slnka $\gamma_s = 33^\circ$.

Fig. 11. Model sky luminance (in relative units) under cloudless conditions for sun elevation $\gamma_s = 33^\circ$, light equivalent of turbidity factor $T_v = 4.15$, and sky standard V.4.



Obr. 13 Modelové rozloženie relatívneho jasú u zamračenej oblohy pre výšku Slnka $\gamma_s = 11^\circ$.

Fig. 13. Model sky luminance (in relative units) under cloudy sky for Sun elevation $\gamma_s = 11^\circ$.

typom. Jasné oblohy typu V.4 sa objavujú obyčajne za prechodom výrazných studených frontov – často v zimnom polroku, kedy sa do strednej Európy často rozšíri výbežok tlakovej výše a mnohokrát sa nad strednou Európou osamostatní tlaková výš. Vyšší typ V.5 možno nájsť za ustálených synoptických situácií, keď sa niekoľko dní za sebou nad centrálnou, prípadne juhovýchodnou Európou rozprestiera oblasť vyššieho tlaku. Prípadne môže ísť o výskyt anticyklón s tendenciou postupného slabnutia nad strednou Európou. V spracovaní výsledkov vzťahujúcich sa k uvedeným typom sme použili namerané jednominútové okamžité hodnoty na stanici IDMP

Bratislava v rokoch 1994–1998. Pri triedení nameraných údajov do sledovaných štandardov sa uplatnila metóda PRC (Percentage Range of Curves). Najprv sa vypočítala teoretická hodnota triediaceho parametra $L_v(0,0)/D_v$ v závislosti na výške Slnka a zistili sa hranice intervalu $\pm 2.5\%$ okolo teoretickej krivky. Teoretická hodnota pomeru $L_v(0,0)/D_v = 0.408$ platí pre CIE rovnomerne zamračenú oblohu (I.1) a nezávisí od výšky Slnka. Táto skutočnosť je dokumentovaná na obr. 8 a 9. Ako v marci, pri nižších výškach Slnka, tak i v júli sa tieto prípady vyskytujú v úzkom pruhu zhruba do hodnoty $k_{dd} = 0.4$ a vyššie. Na obr. 10 sú zobrazené izočiary jasú za bezob-

lačných podmienok získané z meraní v Sydney. Tie isté podmienky boli modelované pomocou programu ModelSky a výsledok je dokumentovaný na obr. 11. Na obr. 12 a 13 je prezentované porovnanie meraných údajov s výpočtami pomocou programu ModelSky pre zamračenú oblohu. Obidva príklady ukazujú na pomerne dobrú zhodu medzi meraniami a modelovaním.

5. ZÁVER

Koncept modelovania relatívneho rozloženia jasů na oblohe podľa [10, 11] bol prijatý v CIE TC 3-15 pre návrh normy CIE DS 011.1/E-2001 „Spatial distribution of daylight – CIE standard general sky“. V súčasnosti generálny sekretariát CIE zabezpečuje jeho pripomienkovanie a hlasovanie v národných komitétach a dá sa predpokladať, že bude prijatý.

Do budúcnosti sa ukazuje potreba implementovať vplyv albedo terénu na zmenu rozloženia jasů na oblohe.

Podakovanie:

Autori práce vyslovujú podakovanie Mgr. Pavlovi Zaujecovi zo Slovenského hydrometeorologického ústavu za cenné pripomienky k vecnému obsahu práce, Dr. Richardovi Perezovi z ASRC Albany, USA a Simonovi Haymanovi z University of Sydney, Australia, za poskytnutie meraných údajov rozloženia jasů na oblohe. Táto práca bola čiastočne sponzorovaná vedeckou grantovou agentúrou VEGA (granty č. 2/7151/20 a č. 2/2067/22).

Literatúra

- [1] *McCree, K. J.*: Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis rate. *Agric. Meteorol.*, 1972,
- [2] *Kocifaj, M., –Kohút, I.*: Toky žiarenia v blízkosti lambertovských povrchov s nehomogénnym spektrálnym albedom. In: *Transport of Water, Chemicals and Energy in the System Soil-Crop Canopy-Atmosphere*. Eds. J. Majerčák, T. Hurtalová, Inst. of Hydrology SAS, Bratislava, 29 November 2001.
- [3] *Kocifaj, M.*: Spôsoby numerického modelovania prenosu krátkovlnného žiarenia v zemskej atmosfére. *Meteorol. Zpr.*, **46**, 1993, s. 125–126.
- [4] *Shettle, E. P. – Weinman, J. A.*: The transfer of solar irradiance through inhomogeneous turbid atmospheres evaluated by Eddington's approximation. *J. Atmosph. Sci.*, **27**, 1970, s. 1048–1055.
- [5] *Meador, W. E. – Weaver, W. R.*: Two-stream approximations to radiative transfer in planetary atmospheres: A unified description of existing methods and a new improvement. *J. Atmosph. Sci.*, **37**, 1979, s. 630–643.
- [6] *Tsay, S. Ch. et al.*: Backward Monte Carlo computations of radiation propagating in horizontally inhomogeneous media. Part I: Description of codes, CIRA. Colorado State University 1987.
- [7] *Lenoble, J. et al.*: Radiative transfer in scattering and absorbing atmospheres: Standard computational procedures. Hampton, A. Deepak publishing 1985.
- [8] *Kocifaj, M. – Lukáč, J.*: Using the multiple scattering theory for calculation of the radiation fluxes from experimental aerosol data. *J. Quantitative Spectr. Radiat. Transfer*, **60**, 1998, s. 933–942.
- [9] *Darula, S. – Kittler, R.*: Všeobecné oblohy podľa CIE. Návrh medzinárodnej normy pre výpočet relatívneho rozloženia jasů. *Světlo*, **4**, 2001, č. 2, s. 19–21.
- [10] *Kittler, R. – Perez, R. – Darula, S.*: A new generation of sky standards. In: *Zbor. z konf. Lux Europa 1997*, s. 359–373.
- [11] *Kittler, R. – Perez, R. – Darula, S.*: A set of standard skies. Bratislava, Polygrafia 1998. 52 s.
- [12] *Kittler, R. – Darula, S. – Kambezidis, H. – Bartzokas, A.*: Daylight climate specification based on Athens and Bratislava data. In: *Zbor. z konf. Lux Europa 2001*, s. 442–449.
- [13] *Roy, G. G. – Kittler, R. – Hayman, S. – Julian, W.*: Comparison of real Sydney skies with model skies. *Lighting Res. Technol.*, **32**, 2000, Nr. 2, s. 71–78.
- [14] *Tregenza, P. R.*: Standard skies for maritime climates. *Lighting Res. Technol.*, **31**, 1999, Nr. 3, s. 97–106.
- [15] *Commission Internationale de l'Éclairage*. Guide for recommendation practice of daylight measurement. CIE Publ. 108. Vienna, Central Bureau 1994.
- [16] *Kubín, Š.*: Umělé světlo, rostliny a ekonomie. *Světlo*, **3**, 2000, č. 3, s. 28–30.

Lektor Prof. RNDr. J. Bednář, CSc., rukopis odevzdán v únoru 2002.

BENJAMIN FRANKLIN A JEHO PŘÍNOS K NAUCE O ELEKTŘINĚ

Benjamin Franklin and his contribution to the electricity science. The contribution summarizes Franklin's experiments with atmospheric electricity which resulted in construction of a lightning protector. Achievements of P. Diviš are mentioned, too. He solves the same problem but in the period, when conditions have not been created for going in for atmospheric electricity in Bohemia. In conclusion further Franklin's activities concerning physical phenomena in various spheres (e. g. causes of earthquake, climate observations, soil fertilization etc.) are mentioned.

KLÍČOVÁ SLOVA: elektřina atmosférická – výzkum – historie – hromosvod

„Eripuit coelo fulmen sceptrumque tyrannis“

(Nebesům vyrval blesk, tyranům žezlo)

d' Alembert (1717–1783)

*„Američan Benjamin Franklin je nový Prometheus,
který vzal nebi oheň“*

Immanuel Kant (1724–1804)

*„Amerika nám dala mnoho dobrého: zlato, stříbro,
brambory, cukr, tabák, indigo, ale větší cenu než zlato
a stříbro máte pro nás Vy, první velký spisovatel a filozof,
jehož jsme dostali od Ameriky ...“*

David Hume (1711–1776) o Franklinovi

Určitá atraktivnost elektrostatických a magnetických jevů v 18. století způsobila, že se o ně začal zajímat Benjamin Franklin (1706–1790), rodák z Bostonu (stát Massachusetts), přírodovědec – samouk, osvícený myslitel, spisovatel, později významný americký diplomat (vyslanec ve Francii) a politik (člen Pensylvánského parlamentu), přední bojovník proti otrokářství (předseda Ligy proti otrokářství) a za americkou nezávislost. Významně se podílel na vypracování Prohlášení nezávislosti amerických kolonií (Declaration of Independence), přijaté dne 4. července 1776, prezident Pensylvánie a člen Ústavního kongresu, který své diplomatické schopnosti a obratnost v jednání dal plně do služeb svým krajanům a tak pomohl formovat budoucnost Spojených států amerických. Jako jediná osobnost z „Otců zakladatelů“ podepsal všechny čtyři základní dokumenty, které napomohly ke vzniku a zdárnému fungování nového státu (zmíněnou „Deklaraci“, spojeneckou smlouvu s Francií, mírovou smlouvu s Francií a Anglií a ústavu).

Narodil se jako patnácté dítě ze 17 dětí Josiaha Franklina, který se v r. 1683 vystěhoval z Anglie do Ameriky. Nejprve pracoval u svého otce, který byl mydlářem a výrobcem svíček. Později se vyučil u svého nevlastního bratra Jamese tiskařem, v r. 1728 si otevřel ve Filadelfii vlastní tiskárnu a skoro 20 let vydával Pensylvánské noviny (The Pennsylvania Gazette, 1729–1748) a v letech 1732–1758 každoročně Almanach chudého Richarda (Poor Richard's Almanach). V r. 1731 zřídil v Americe první veřejnou knihovnu a do konce svého života byl předsedou výboru Společnosti knihy, v r. 1742 přišel s myšlenkou založení Academy of Pennsylvania, z níž v r. 1751 vznikla Pensylvánská univerzita, v r. 1743 založil ve Filadelfii Philosophical Society a v r. 1769 byl zvolen jejím doživotním prezidentem. Již jako 27letý se stal nejpopulárnějším americkým spisovatelem. Jeho „Alma-

nach“, v podstatě lidový kalendář, obsahující praktické rady, mravní ponaučení, různá rčení, přísloví, pořekadla a poutavá vyprávění, se stal velmi populární a zajistil autorovi všeobecné uznání (Josef Jungmann a jeho přátelé jej velmi rádi překládali, neboť jej považovali za příklad dobré literatury pro široké lidové vrstvy, první ročník Časopisu českého musea (1827) otiskl Franklinovu Prosbu k vychovatelům a národní buditel F. C. Kappelík vydal již v r. 1838 výbor z jeho spisů pod názvem Pokladnice B. Franklina [16]).

Když bylo Franklinovi 40 let, začal se díky určitému finančnímu zabezpečení zajímat o studium záhadných elektrických jevů a již za necelé tři roky dosáhl významných úspěchů. Plných devět let (1747–1755) se pak věnoval výlučně těmto výzkumům. Zájem o elektřinu v něm vzbudil a první potřebné pomůcky pro experimentování mu zaslal londýnský obchodník, pozdější člen Královské společnosti nauk v Londýně (Royal Society) Peter Collinson (1694–1768), jemuž potom v dopisech sděloval své poznatky (Franklin nepsal obvyklá vědecká pojednání). Collinson pak získané zprávy předkládal na zasedáních Royal Society (vedle Collinsona byl Franklin ve styku s řadou dalších osob v Anglii, zejména s Williamem Watsonem, Johnem Cantonem (1718–1772), aj.).

V jednom z počátečních dopisů se svěřoval: *„Ještě nikdy žádný vědní obor neupoutal tak mou pozornost a nestál mě tolik času jako ten, jímž se zabývám nyní. Kdykoli mám chvíli klidu, ihned začnu s pokusy a později je opakuji před přáteli a známými. Navštěvují houfně můj dům, vábeni zájmem o tuto novotu – přitahuje je jako magnet. Sám jsem elektřině oddán tělem i duší ...“* V r. 1749 zase psal: *„Elektrická substance se skládá z částíček neobyčejně malých, protože mohou procházet látkami i tak hustými jako jsou kovy, volně a lehce, bez významného odporu ...“* Vysvětlil činnost leidské láhve, konstruoval je pro různé objemy od jednoho do třiceti litrů, podle potřeby je různě spojoval v baterie a sestavil první deskový kondenzátor, tzv. Franklinovu desku: skleněnou desku opatřil po obou stranách staniolovými polepy. Významné je, že jako první upozornil, že „kondenzátorový jev“ (kapacita kondenzátoru) závisí na struktuře skla mezi polepy (dielektriku). Jako elektrického zdroje používal třecí elektriky se skleněnou koulí o průměru 230 mm.

Jak sděloval v dopise ze dne 28. prosince 1750 P. Collinsonovi, demonstroval užaslým přátelům velikost elektrického náboje dvou velkých nabitých paralelně spojených leidských lahví „elektrickým zabitím“ vánočního krocana [16].

V dopisech z 11. července a opět z 1. září 1747 popsal Collinsonovi elektrické vlastnosti kovových hrotů: „zvláštní

sílu špičatých těles“, tj. sání a sršení elektřiny, a tento poznatek podložil celou řadou cílevědomých pokusů.

Velmi brzy si Franklin uvědomil, že „malý experiment“ s odsáváním elektrického náboje z elektricky nabitého tělesa pomocí kovového hrotu by bylo možno uskutečnit ve „velkém měřítku“ a v r. 1749 připadl na myšlenku ochrany před bleskem, když vyslovil předpoklad, že blesk a elektrická jiskra mají stejnou podstatu. Porovnával účinky blesku a účinky elektrických výbojů z leidenské láhve. Do svého deníku si 7. listopadu 1749 poznamenal: „*elektrický výboj se shoduje s bleskem v těchto rysech: 1. vyzářuje světlo, 2. má barvu světla, 3. dráha jeho světla je klikatá, 4. rychle se pohybuje, 5. lze jej vést kovy, 6. provází jej praskot nebo rachot, 7. proniká vodou i ledem, 8. rozkládá látky, jimiž prochází, 9. zabíjí živočichy, 10. taví kovy, 11. zapaluje hořlavé látky, 12. zapáchá po síře*“ [10]. V dopise Collinsonovi ještě v roce 1749 napsal: „... na základě svých pokusů jsem dospěl k přesvědčení, že hroty mohou zajistit bezpečnost domů, lodí, věží, kostelů apod. před úderem blesku. Jestliže budou dřevěné nebo kovové koule umístěné na špicí korouhve, na tyčích a na stožárech nahrazeny železnou tyčí 8 nebo 10 stop dlouhou, zaostřenou v hrot, pozlacenou proti zrezivění a rozdělenou na řadu hrotů, což je lepší, budou podle mého názoru elektrický oheň odvádět z mraků klidně, aniž by se mohl přiblížit natolik, aby udeřil“. V dalším dopise z 29. července 1750 svému příteli ještě uvedl: „*Taková zahrocená tyč by asi elektrický oheň mraku rozptýlila tiše a mnohem dříve, než by se dostatečně přiblížil, aby z něho vyšlehl blesk a uchránila nás tak od náhlého a hrozného neštěstí*“. Dále Collinsonovi sděloval, že má v úmyslu umístit na vysoké věži nebo zvonici ve Filadelfii vysokou zahrocenou železnou tyč a pomocí ní získávat elektrický náboj při průchodu bouřkových mraků [7]. Zároveň vyslovil opět myšlenku, že by bylo možné chránit domy a lodě pomocí vysokých kovových tyčí vodivě spojených se zemí nebo s vodou.

Domněnka, že blesk je mohutná elektrická jiskra se prozrazovala velmi pomalu, i když byla vyřčena již v počátečních fázích bádání o elektřině (J. Wall v r. 1708, Ch. F. C. Du Fay v r. 1735, J. Nollet v r. 1743, J. Winkler v r. 1746, aj.). Jak uvádí anglický chemik, fyzik, filozof a velký přítel Franklina Joseph Priestley (1733–1804) ve své obsáhlé knize o dějinách statické elektřiny: *Historie a současný stav nauky o elektřině s originálními pokusy* (The history and present state of electricity, with original experiments. London, 1767, 736 s.), mnozí fyzici si během 1. pololetí 18. století povšimli určité kvalitativní podobnosti mezi elektrickou jiskrou a bleskem, aniž by dali nějaký podnět k dalšímu zkoumání. Priestleyova kniha je významná i tím, že v ní autor soudí, že elektrické síly, podobně jako síly přitažlivé, rostou nebo slábnou nepřímo úměrně s druhou mocninou vzdálenosti a že uvádí podrobný popis pokusu Benjamína Franklina s drakem.

Collinson se pokoušel zveřejnit Franklinovy dopisy v Philosophical Transactions, avšak byl odmítnut londýnskou Královskou společností nauk s tím, že jde o práce nedůstojné publikování a navíc získávání elektrických jisker z bouřkových mraků považovali členové společnosti za příliš fantastické. Nadále setrvali v představě, že při bouři dochází k výbuchu plynů nahromaděných v mracích, přičemž názory na jeho složení se značně různily. Proto Collinson zveřejnil Franklinovy dopisy na svůj náklad a vydal je v r. 1751 v Londýně pod názvem: *Pokusy a pozorování o elektřině z Filadelfie v Americe* (Experiments and observations on electricity, made at Philadelphia in America [5]) a brzo se jim



Obr. 1 M. Chamérin: Benjamin Franklin (1762). Reprodukce z [8].

Fig. 1. M. Chamérin: Benjamin Franklin. Reproduction [8].

dostalo značného ohlasu. Téměř ihned byly přeloženy zásluhou Buffonovou a D'Alibardovou do francouzštiny pod názvem *Expériences et observations sur l'électricité* (Paris, 1752), později do němčiny (1758), pak i do jiných jazyků, dokonce i do latiny. Znalost jejich obsahu se také šířila prostřednictvím obsáhlých recenzí ve vědeckých časopisech [8]. V literatuře se uvádí, že Franklinův anglický spis anebo jeho francouzský překlad prokazatelně studovali: M. V. Lomonosov (1711–1765) a G. W. Richmann (1711–1753) v Petrohradě, G. B. Beccaria (1716–1781) v Turíně, J. H. Winkler (1703–1770) v Lipsku a mnoho dalších učenců, jen o Prokopu Divišovi (1698–1765) nemáme žádných zpráv. Jediným českým vědcem, který byl pravděpodobně v polovině padesátých let 18. století informován o Franklinových pracích, byl Josef Stepling (1716–1778), vedoucí osobnost pražské filozofické fakulty, který již v r. 1745 experimentoval s třecí elektrickou a konal známé pokusy s vedením elektřiny po klementinských ambitech pomocí 800 m dlouhých řetězů (1754) a byl zastáncem Franklinovy unitární teorie. Ždá se velmi pravděpodobně, že s badateli ze střední a východní Evropy nebyl Franklin v žádném osobním, ani písemném styku a že toto tvrzení platí rovněž i o Divišovi [14]. Jeho jména není vzpomenuáno ani ve Franklinově korespondenci s některým jiným vědcem. Záporný výsledek přinesla i snaha zjistit, zda snad Franklin nebyl ve styku s některým z předních českých vědců zkoumaného období, tj. z let 1752–1754. Jsou sice známy jeho písemné kontakty s Františkem Antonínem Steinským [16], prvním profesorem pomocných věd historických na pražské univerzitě, ale ty jsou až z pozdějšího období a nauky o elektřině se podle některých badatelů netýkají. Steinský jako čerstvý absolvent pražské filozofické fakulty se v Paříži setkal

s Franklinem, když tam hledal vzor pro zamýšlené zřízení dívčího školství u nás, a od té doby oba vědci udržovali mezi sebou dosti intenzivní písemný styk. Přední československý historik J. V. Polišenský [16] zmiňuje francouzský list z 23. listopadu 1782, v němž Franklin děkoval Steinskému za zprávy o vědeckých objevech v Čechách (nevíme, zda mezi nimi nebyly i zprávy o Divišovi) a za věcný dar – ozdobený ubrus – „*elegantní a krásný dar ... Obdivuji tento ušlechtilý výrobek a myslím, že výrobci Vaši země dosáhli ve svém umění dokonalosti ...*“ Dne 3. března 1786 Franklin zase napsal Steinskému z Filadelfie anglický dopis, v němž mu děkoval za zprávy i za publikace, které si vzájemně vyměnili, a sliboval, že mu zašle druhý svazek Pojednání Americké filozofické společnosti (díky Franklinovi se Steinský stal členem této americké vědecké instituce). Dále je zajímavé i to, že Franklin nebyl obeznámen ani s bohatou experimentální činností, kterou pro potvrzení jeho myšlenek vyvíjel v Petrohradě G. W. Richmann a částečně i M. V. Lomonosov [14].

Franklinovy dopisy vyvolaly ve Francii značný zájem vědců i královského dvora Ludvíka XV. Na panovníkovo vybídnutí provedli 5. května 1752: přírodovědec a filozof Georges Louis Leclerc de Buffon (1707–1788), botanik Jean Francois D'Alibard (1703–1779) a experimentální fyzik De Lor v Marley-la Ville nedaleko Paříže známý pokus se „strážní budkou“, analogický k pokusu navrženému Franklinem. Zahrocenou železnou tyč vysokou 40 stop (asi 12,20 m) postavili na „elektrický stolec“ (tyč končila nad zemí, tj. nebyla uzemněna). Ustanovený pozorovatel držel v ruce skleněnou baňku, v níž byl upevněn mosazný vodič a v době bouřky se horním koncem tohoto vodiče přibližoval k železné tyči. Dne 10. května 1752 obdržel elektrické jiskry až 1,5 palce (asi 4 cm) dlouhé.

Zpráva o tomto pokusu se velmi rychle rozšířila po Evropě a brzo nato stejný experiment s podobným výsledkem provedli: Guiseppe Veratti a Tomasso Marino v Bologni. Franklin byl potěšen zprávami z Evropy, avšak zároveň si uvědomil, že nebyla naplněna jeho představa o „odsátí blesku“ přímo z bouřkového mraku a tím prokázáno tvrzení, že blesk je totožný s elektrickým výbojem leidenské láhve. Uvědomil si, že tyč nedosahovala až do oblak a připadl na myšlenku vypustit do samého středu bouřkového mraku papírový dětský drak, z něhož by vyčníval kovový hrot (zaostřený drát), dlouhý 1 stopu (30,48 cm). V červnu 1752, měsíc po francouzských pokusech u Paříže, provedl se svým 21letým synem Williamem legendární pokus – upoutal draka částečně vodivou konopnou šňůrou, na jejíž dolní konec přivázal kovový klíč. Při přechodu bouřkového mraku pozoroval, že volná vlákna šňůry se „ježí“, tj. že se vzájemně odpuzují a že mezi klíčem a zápěstím jeho ruky přeskakovaly elektrické jiskry. Jen díky velkému odporu konopného vlákna nedošlo tehdy k neštěstí. Uvědomoval si, že bezpečný způsob zacházení s atmosférickou elektřinou znamená svést ji vodičem do země, což např. dokazují jeho výše zmíněné úvahy. Při pokusu zároveň zjistil, že železný klíč, jímž prošel elektrický výboj, byl zmagnetován, což naznačovalo, že od dob Gilbertových tradovaná představa, že elektrické a magnetické jevy spolu nijak nesouvisí, nebude správná, což, jak známo, potvrdil svými pokusy v r. 1820 H. Ch. Oersted (1777–1851). Zprávu o svém pokusu s drakem poslal Franklin Collinsonovi v dopise datovaném dnem 19. října 1752.

V září 1752 provedl Franklin další pokus v mnohem výhodnější úpravě. Na střechu svého domu postavil dlouhou železnou tyč zakončenou hrotem, dolní konec sahal až na

schodiště a tam se rozvětvoval do dvou ramen vzdálených od sebe asi půl metru. Na takto zkonstruovanou vidlici zavěsil pomocí hedvábných šňůr bronzové zvonky, které zazněly, kdykoliv nad domem táhly bouřkové mraky. Podobné úpravy s neuzemněnými vodiči používal, když nabíjel baterie leidenských lahví atmosférickou elektřinou a od přeskakujících jisker zapálil líh, stejně jako elektřinou získanou třením. Tyto riskantní pokusy podnítily v Petrohradě G. W. Richmanna k jejich opakování, ale bohužel při nich 26. července 1753 zahynul. Právě před prováděním podobných pokusů s neuzemněnými vodiči důtklivě varoval Prokop Diviš, který postavil 15. června 1754 na farské zahradě v Příměticích u Znojma první uzemněný bleskosvod na světě. Bylo to zařízení poměrně složité konstrukce s velkým počtem kovových hrotů (asi 400), které mělo za úkol vysát atmosférickou elektřinu z mraků a tím předcházet vzniku blesku a tak zabránit případným škodám [2]. B. Franklin nechal vztýčit teprve v r. 1760 uzemněný tyčový bleskosvod v americké Filadelfii na domě kupce Westa [1], který se díky své jednoduchosti později rozšířil po celém světě (Franklin se v letech 1757–1762 nacházel v Londýně, a proto byl bleskosvod postaven podle jeho návrhu). Myšlenka stavět tyčové bleskosvody se hned neujala, o čemž svědčí Franklinova stíznost, že ještě v r. 1762 jí v Londýně věnovali nepatrnou pozornost. Musel např. čelit takovým „vědeckým“ námitkám, že by bleskosvody sváděly příliš mnoho elektřiny do země, což by pak mohlo vyvolávat častá zemětřesení. První uzemněný bleskosvod Franklinova typu v Anglii v r. 1762 postavil lékař William Watson na svém domě v Payneshilu, v Německu v r. 1768 hamburský lékař Johann Albrecht Heinrich Reimarus na věži kostela sv. Jakuba v Hamburku, v Rakousku v r. 1770 dvorní matematik abbé Marci v Penzingu u Schönbrunnu a v Čechách v r. 1775 Josef Tadeáš Klinkoš (1734–1778) na právě dostavěném zámku hraběte Nostice v Měšicích u Brandýsa nad Labem [1].

Jak podle Divišových, tak i podle Franklinových představ z r. 1749, mělo zařízení bleskosvodu čistě preventivní úlohu – tiše odvést elektrický náboj z mraků do země dříve, než by došlo k úderu blesku. Teprve v r. 1753 dochází Franklin k jinému pojetí, když předpokládá, že bleskosvod bude jednak předcházet úderu blesku a jednak bude svádět blesk do země. Rozdíl v náhledech obou badatelů již dobře vystihl František Martin Pelcl (1777) [11], když napsal: „*Kdežto Diviš postavil svůj přístroj na širém poli (pozn. na farské zahradě), by elektřinu ve výši rozptýlil a nepozorovaně dolů svedl, tak aby zhoubný paprsek vyraziti nemohl a místo bouřky dešť se snesl, stavěl Franklin své tyče na budovy, by sjíždějící blesk zachycovaly a zemi přiváděly tak, aby budova bez pohromy zůstala*“. Franklin tudíž, na rozdíl od Divíše, klade důraz na ochrannou funkci bleskosvodu před jeho preventivním působením [5].

Velmi často se diskutuje otázka, komu přísluší prvenství v konstrukci bleskosvodu. Franklin i Diviš pracovali na svém objevu od začátku padesátých let 18. století. Franklin začal se svými pokusy snad o něco dříve, jak plyne z dopisů, které zasílal od r. 1749 svému příteli P. Collinsonovi do Londýna. Domníváme se, že nezáleží na tom, zda Diviš byl seznámen s Franklinovými myšlenkami nebo s pokusy francouzských vědců či nikoliv (např. prostřednictvím korespondence s Prahou a Vídní [14]), rozhodující však je, že uzemněný bleskosvod postavil dříve než Franklin a že jejich konstrukce byla zcela odlišného uspořádání. Avšak z vědeckého hlediska bylo nejdůležitější to, že oba badatelé pokračovali v pokusech s atmosférickou elektřinou i po tragické smrti G. W. Richman-

na, kdy většina experimentátorů od dalších pokusů upustila.

Neméně významné byly i Franklinovy teoretické výsledky. Proti dualistické teorii (Du Fay, 1733) elektrických jevů vypracoval v r. 1750 unitární teorii elektrických jevů, podle níž existuje jen jeden druh elektřiny – jediné specifické fluidum, o němž předpokládal, že má částicovou strukturu. V každém elektricky neutrálním tělese je obsaženo určité množství tohoto fluida. Jakmile z nějakého důvodu vznikne přebytek elektrického fluida – těleso se nabije kladně, při jeho nedostatku zase záporně. Tím bylo objasněno, jak se dva opačné náboje mohou neutralizovat. Franklin jako první začal používat pro fluidum označení, dnes běžně používané pro elektrické náboje: „kladný“ a „záporný“ a použil znaménka „plus“ a „minus“ a svými představami přispěl k formulaci zákona zachování elektrického náboje.

Franklin zavedl dnes běžně používané názvy: baterie, kondenzátor, výboj, nabíjení, vodič, elektrovaní, elektrický náboj, elektrický proud, vinutí aj.

Kromě zkoumání elektrických jevů se zabýval i jinými fyzikálními jevy [19, 20], např. vedením tepla v různých tělesech, zejména v kovech, šířením zvuku ve vzduchu a ve vodě, obecně problematikou vlnění, vyjádřil nespokojenost s tehdy všeobecně uznávanou Newtonovou korpuskulární teorií světla. V dopise z června 1784, mnohem dříve než Angličan Thomas Young (1773–1829) a Francouz Augustin Jean Fresnel (1788–1827), formuloval vlnovou teorii světla, když napsal: „... *vesmírný prostor, pokud víme, je vyplněn jemným fluidem, jehož pohyb nebo vibraci nazýváme světlem*“ a uvedl analogii mezi světlem a zvukem. Dále nastínil moderní myšlenku o zachování hmoty, když psal: ... *zdá se, že člověk má omezenou schopnost dělit nebo různě směřovat různé druhy hmoty nebo měnit její formu a tvárnost ... avšak nemá možnost vytvořit novou nebo zničit starou hmotu. Tudíž, je-li oheň jedním ze základních elementů nebo druhů hmoty, jeho množství ve vesmíru je pevné a stálé ... Proces hoření pouze odděluje částice hmoty, neničí je. Voda, která se teplem mění v páru, vrací se na zem ve formě deště, a kdybychom mohli shromáždit všechny částičky shořelé hmoty, která uniká komínem, pak by možná tato hmota spolu s popelem vážila právě tolik, kolik vážil onen předmět před tím, než byl spálen ...*“

V technické praxi se zabýval např. využitím elektrické jiskry pro explozi střelného prachu, konstrukcí bifokálních brýlí, sestrojením účinných kamen s velkou výhřevností, s menším zakouřením místností a se sníženou možností vzniku požáru – tzv. „pensylvánského krbu“ (někdy „Franklinova kamna“, 1748), konstrukcí balonů (za svého francouzského pobytu v letech 1776–1785 se v r. 1783 a v r. 1784 zúčastnil vypouštění balonů bratry Montgolfierovými, při té příležitosti si poznamenal dobrodružný Benátčan Giacomo Casanova, dva roky předtím než se přestěhoval do Čech, jak se poznal se „slavným Američanem Franklinem“ [16]), různými zlepšeními pro tiskařskou výrobu, měřením vzdáleností pomocí dálkoměru, tzv. „odometru“, v podstatě otáčkoměru spojeného s kolem pohybujícího se vozu, atd. Vždy hledal praktické použití výsledků svého bádání, jeho významu pro společnost (uvažoval např. o zavedení letního času). Z tohoto hlediska



Obr. 2 Currier a Ives: Franklinův pokus s drakem. Reprodukce z [8].

Fig. 2. Currier and Ives: Franklin's experiment with dragon. Reproduction [8].

také hodnotil význam matematiky (sám se jí blíže nezabýval). Nejvíce byl nadšen těmi vědními obory, kde se mohla matematika aplikovat a vědecké objevy se daly vyjádřit příslušnými matematickými vztahy, popř. početně. Proto je také pochopitelné, že se dokonce snažil některé biologické zákony redukovat na matematické zákony (1752).

Na svých četných, často velmi nebezpečných, cestách přes Atlantský oceán, na poměry 18. století neobvykle velkého počtu (bylo jich celkem 8), se zabýval návrhy na zlepšení konstrukcí a vybavení plachetnicových lodí, na zvýšení jejich bezpečnosti vytvořením vodotěsných přepážek, jak je tomu dnes na všech zámořských lodích, snížením jejich lability v bouři pomocí plujících kotev a systémem zátarasů bránících potopení lodí. Všechny své návrhy zveřejnil v pojednání *Pozorování moře*, které, jak již bylo jeho zvykem, bylo napsáno formou přátelských dopisů. Zajímal se o problémy navigace, měřil teplotu vody v Atlantském oceánu, detailně zmapoval Golfský proud, pozoroval příliv a odliv, pohyb ledovců, polární záři, prováděl základní meteorologická pozorování, snažil se vysvětlit původ některých bouří, větrných vírů, vodních smrští, hurikánů (1753, 1756), měřil rychlost vody, obsah soli ve vodě, zabýval se její destilací ap. Podle Franklinova větrného víru a hurikánů jsou povětrnostní úkazy téže podstaty, jediný rozdíl mezi nimi je v tom, že větrný vír se objevuje nad zemským povrchem, kdežto hurikán nad mořem. Vyslovil domněnku o původu „aurory borealis“. Předpokládal, že tento vítr má svou příčinu v akumulaci elektřiny na polárním sněhu a ve vybíjení této elektřiny atmosférou směrem k rovníku.

Franklin zkoumal příčiny tuhé zimy v letech 1783–1784. Neobvyklou velikost mrazů v této zimě připisoval husté mlze, která pokrývala po několik letních měsíců v r. 1783 celou Evropu a velkou část severoamerického kontinentu. Domníval se, že tato hustá mlha zabránila slunečním paprskům, aby dostatečně ohřály zemský povrch. Vznik této husté a neustupné mlhy vysvětloval výpary vzniklými rozpadem a vznícením meteoritu, když padal k Zemi, nebo vulkanickým kou-

řem a prachem, pocházejícím z činnosti sopky Hekla na Islandě.

Rovněž zajímavé jsou Franklinovy geologické úvahy o složení zemského povrchu. Již v r. 1737 se zabýval příčinami zemětřesení. Své úvahy postupně upřesňoval a v dopise z r. 1782 předpokládá, že zemský střed je vyplněn tekutinou vysoké hustoty, takže tuhá hmota zemského povrchu plave na této tekutině. Představuje si zemský povrch jako tuhou skořápku, která bývá často proražena a uvedena v seismický pohyb náhlými erupcemi tekutého jádra, na kterém spočívá.

V r. 1746 si Franklin pronajal 300 akrů půdy a pokoušel se ji co nejlépe a co nejrychleji zúrodnit. Jeho zkušenosti a výzkumy s pěstováním obilovin a výsadbou živých plotů jsou obsaženy v dopisech J. Eliotovi, autoru díla Úvaha o polním hospodářství v Nové Anglii. Americké farmáře vyzýval, aby hnojili vápnem, o jehož účinnosti byl přesvědčen. Franklin si dopisoval s mnoha proslulými botaniky, posílal jim vzácná semena a totéž žádal i od nich, do Ameriky zavedl pěstování reвенě a dalších rostlin. Na pensylvánské univerzitě prosadil studium zemědělských oborů.

Stranou Franklinova zájmu nezůstaly ani nové léčebné metody. Jako jeden z prvních navrhl v Americe použití katétru (1752), aby pomohl léčit svého velmi nemocného bratra Johna, zajímal se o cirkulaci tekutin v lidském těle, o příčiny koliky, léčení katarů, nakažlivých nachlazení, o účinky oliva na lidské zdraví, uvažoval o očkování proti neštovicím (od r. 1717 známé i v Evropě), aj. Zdůrazňoval zvýšenou konzumaci citrusových plodů a vůbec ovoce pro zdravou výživu, předjímal tak důležitost vitamínu C (1928), řídil se heslem „An apple a day keeps the doctor away“. V r. 1777 byl zvolen členem Královské lékařské společnosti v Paříži, v r. 1787 čestným členem Lékařské společnosti v Londýně.

Často užívaným hudebním nástrojem ve své době byla „skleněná harmonika“, kterou Franklin zkonstruoval v r. 1761 za svého pobytu v Londýně v letech 1757–1762. Užil několika vinných sklenic různých velikostí, zbavil je stopek, na spodu je provrtal a upevnil je v určitých odstupech na horizontální osu, kterou roztáčel klikou nebo pedálovým mechanismem a jejich okraje třel navlhčenými prsty. Tak získal tóny v rozsahu dvou až tří oktáv hudební stupnice. Hudební nástroj se stal velmi oblíbený jak na vídeňském dvoře, tak i ve Versailles a jeho užití zakomponovali do mnoha svých slavných skladeb L. v. Beethoven i W. A. Mozart.

Franklin získal za svůj život velké množství ocenění a uznání. V červnu 1753 mu udělila Harvardská univerzita doktorský titul, v září téhož roku univerzita v Yale, zanedlouho univerzita ve Virginii, v r. 1759 univerzita ve Skotsku a v r. 1762 univerzita v Oxfordu. V listopadu 1753 ho vyznamenala poprvé londýnská Royal Society zlatou medailí za zvláštní pokusy a pozorování v oboru elektřiny, v r. 1756 jej zvolila svým členem a obdržel druhou zlatou medaili, stal se členem pařížské Akademie věd a v r. 1789 petrohradské Akademie věd. Dodnes je připomínán jako vynikající učenec, který udržoval těsné vědecké kontakty s mnoha tehdejšími evropskými badateli, jako znamenitý experimentátor s velkým smyslem pro řešení praktických problémů a neúnavný bojovník za právo lidí na svobodu. Významně se podílel na formování americké kultury a demokracie. Výrazem úcty Američanů k jeho osobnosti a dílu je jeho portrét na stodolarové bankovce.

Prameny a literatura

[1] Beginnings of electricity research. Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum. Prague Studies in the

History of Science and Technology. New Series. Vol. 4. Editor Jaroslav Folta. Národní technické muzeum v Praze. Oddělení dějin techniky a exaktních věd. Praha 2000. 110 s. [Anglicko-německý sborník příspěvků přednesených na mezinárodním sympoziu, uspořádaném v roce 1998 na počest 300. výročí narození Prokopa Diviše, které zasedalo 15. června v Národním technickém muzeu v Praze a 17. června v Jihomoravském muzeu ve Znojmě.]

- [2] *Divisch, P.*: Magia naturalis seu Nova Electricae rudimenta per tractatum theoreticum deducta, experimentis firmata 1762. Olomouc, UK, rukopis. [Převážná část vyšla v německém překladu: Längst verlangte Theorie von der meteorologischen Electricite, welche Er selbst Magiam naturalem benahmet. 1. vydání: Tübingen 1765, 2. vydání: Frankfurt am Main 1768.]
- [3] *Dorfman, Ja. G.*: Vsemirnaja istoria fiziki I. Moskva, Izdatelstvo Nauka 1974. 350 s.
- [4] *Franklin, B.*: Opyty i nabludeniya nad električestvom. Moskva, Izdatelstvo Nauka 1956.
- [5] *Franklin, B.*: Experiments and Observations on Electricity Carried out at in Philadelphiae, London 1751. Expériences et observations sur l'électricité, Paris 1752. Briefe von der Electricität. Leipzig 1758.
- [6] *Franklin, B.*: Autobiographie nebst einer Auswahl von Briefen, Dokumenten und Flugschriften. Berlin 1956.
- [7] *Gliozzi, M.*: Storia della fisica. Torino 1965. Překlad z italštiny: Istorija fiziki. Moskva, Izdatelstvo Mir 1970.
- [8] *Haubelt, J.*: Život a dílo Václava Prokopa Diviše. Vysoké Mýto, Okresní muzeum 1982. 70 s., 20 s. obr.
- [9] *Krška, K. – Šamaj, F.*: Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha, Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum 2001. 568 s.
- [10] *Mayer, D.*: Pohledy do minulosti elektrotechniky. České Budějovice, Nakladatelství Kopp 1999. 382 s.
- [11] *Pelzel F. B. M.*: Procop Diwisch, ein Naturforscher und Erfinder eines Wetterleiters. Abbildungen böhmischer und mährischer Gelehrten und Künstler, nebst kurzen Nachrichten von ihren Leben und Werken. Dritter Theil. Prag 1777, s. 172–184.
- [12] *Schreier, W.*: Geschichte der Physik. Ein Abriss. Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin 1988. 444 s.
- [13] *Smolka, J.*: Příspěvky k bádání o Prokopu Divišovi. In: Sborník pro dějiny přírodních věd a techniky III. Praha, NČSAV 1957, s. 122–152.
- [14] *Smolka, J.*: Poznámka ke vztahu B. Franklina a P. Diviše. Zprávy Komise pro dějiny přírodních, lékařských a technických věd ČSAV, 13 (1963), s. 35–42.
- [15] *Smolka, J.*: Prokop Diviš and His Place in the History of Atmospheric Electricity. Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum. Prague 1965, s. 149–169.
- [16] *Sós, E.*: Spoutané blesky. Praha, Mladá fronta. 1972. 324 s. [Překlad z maďarštiny. Doslov J. V. Polišínského: Benjamin Franklin, američtí Moravané a čeští čtenáři, s. 315–322.]
- [17] *Zajac, R. – Šebesta, J.*: Historické pramene súčasnej fyziky 1. Od Aristotela po Boltzmannu. Bratislava, Alfa 1990. 396 s.
- [18] *Zajac, R. – Chrapan, J.*: Dějiny fyziky. Bratislava, MFF UK 1982. 264 s. [Scriptum]
- [19] <http://library.thinkquest.org/22254/electricity.htm>
- [20] <http://library.thinkquest.org/J002420F/inventions.htm>

Poznámka redakce: Příspěvek R. Kolomého volně navazuje na článek téhož autora s názvem Prokop Diviš a počátky

výzkumu atmosférické elektřiny. Meteorol. Zpr., **51**, 1998, č. 6, s. 161–168.

Hlavní události ze života Benjamina Franklina

- 1706 narozen 17. ledna v Bostonu, stát Massachusetts
- 1716–1718 pracoval doma u svého otce Josiaha Franklina, mýdlařského mistra a výrobce svíček
- 1718–1723 učil se tiskařem u svého o deset let staršího nevlastního bratra Jamese v Bostonu, který vydával noviny New – England Courant; první literární pokusy
- 1723 rozchod s bratrem, odchází do New Yorku a odtud do Filadelfie, stát Pensylvánie
- 1724–1726 1. cesta na evropský kontinent, na přání pensylvánského guvernéra odjel do Londýna, aby se seznámil s moderní tiskařskou technikou a s novými směry náročného tiskařského umění, nakupuje nové typy písma
- 1726 11. října návrat do Filadelfie
- 1727 založil ve Filadelfii mládežnický diskusní klub Junto, z něhož v r. 1743 vznikla Americká filozofická společnost (American Philosophical Society), v r. 1769 byl zvolen jejím prezidentem, jím zůstal až do své smrti
- 1728 otevřel vlastní knihtiskařskou dílnu, vynalézal různá zlepšení pro tiskařskou výrobu, zabýval se písmolictvím, navrhoval písmo nových tvarů, vyráběl tiskařskou čern a inkousty, po několika letech sestrojil v Americe první měděný lis vhodný k tisku bankovek a sám zhotovil ozdobné rytiny a zvláštní typy písma jako předlohu a tak se v sotva 25 letech stal jedním z nejlepších typografů na americkém kontinentě
- 1729 začal s vydáváním a redigováním vlastních novin The Pennsylvania Gazette, pro zvýšení zájmu v nich poprvé na americkém kontinentě použil ilustrace a karikatury, vycházely do r. 1748
- 1730 září: sňatek s Deborah Read Rogers, z manželství tři děti, dva synové: William, Francis (zemřel ve čtyřech letech) a dcera Sarah
- 1731 ve Filadelfii založil a zorganizoval první veřejnou knihovnu a až do své smrti byl předsedou výboru Společnosti knihy
- 1732–1758 vycházel každoročně Almanach chudého Richarda (Poor Richard's Almanach), překládán také pod názvem Chudý Richard aneb Cesta k blahobytu
- 1736 zorganizoval první požární sbor ve Filadelfii
- 1737 založil a zorganizoval poštovní systém ve Filadelfii, jmenován ředitelem pošty ve Filadelfii, od r. 1753 generální ředitel pošty v anglických koloniích v Severní Americe
- 1742 navrhl založení Academy of Pennsylvania, od r. 1751 „University of Pennsylvania“ ve Filadelfii
- 1746 počátek zájmu o studium elektrických jevů; první podněty a elektrické pomůcky získal od P. Collinsona z Londýna, jemu také sděloval výsledky svých zkoumání
- 1747 konstruuje elektrické přístroje a zveřejňuje první elektrické experimenty
- 1748 omezuje podnikatelskou činnost, prodává tiskárnu a věnuje se vědecké a později politické a diplomatické činnosti
- 1752 v červnu provedl se svým 21letým synem Williamem legendární pokus s drakem, jímž dokázal elektrickou podstatu blesku
- 1752 založil první Americkou pojišťovací společnost proti ohni
- 1756 zvolen členem britské Royal Society
- 1757 zanechal vědecké činnosti, plně se věnoval politické, veřejně prospěšné a společenské činnosti, boji za sjednocení

- a nezávislost amerických kolonií z anglické nadvlády, v polovině června 2. cesta na evropský kontinent se synem Williamem, delegát Pensylvánie v londýnském parlamentě, hájí zájmy amerických kolonií, 27. července se poprvé osobně setkal s Peterem Collinsonem, kvakerským obchodníkem, vědcem evropské proslulosti, členem Royal Society, s nímž si děle než celé desetiletí dopisoval, setkání s mnoha evropskými učiteli (D. Hume, A. Smith, P. Muschenbroeck, H. Cavendish, J. Priestley, aj.), čestný doktorát edinburghské (1759) a oxfordské (1762) univerzity
- 1762 návrat do Pensylvánie
- 1764 listopad – prosinec 3. cesta do Londýna, vyslán nejprve jako reprezentant Pensylvánie, později i dalších držav, k jednání s anglickým králem Jiřím III., vládou a parlamentem o situaci v amerických koloniích po zavedení zvláštního daňového (tzv. kolkového) zákona; dosáhl jeho zrušení
- 1774 leden předvolán před anglickou Tajnou radu, aby se zodpovídal z nepokojů v amerických koloniích ovládaných Angličany
- 1775 8. května se vrátil z Londýna zpět na americký kontinent a vahou své značné autority podpořil zápas osadníků za nezávislost; zvolen delegátem Pensylvánie na druhý kontinentální kongres, svolaný ze zástupců 13 amerických kolonií do Filadelfie, navržen za člena Konfederace sjednocených kolonií, v létě zvolen předsedou Bezpečnostní rady Pensylvánie (ministr národní obrany), pověřen organizací samostatné americké pošty (ministr pošty), stal se členem Tajné komise pro korespondenci, z níž se později vyvinul State Department (zárodek ministerstva zahraničí), jako bývalý tiskař byl pověřen vydáváním peněz
- 1776 4. července ve Filadelfii podepsal Prohlášení o nezávislosti amerických osad (Declaration of Independence), když se předtím podílel na jeho vypracování (hlavní autor Thomas Jefferson (1743–1826)); zrod Spojených států amerických; v listopadu – prosinci podnikl 4. cestu na evropský kontinent, tajná diplomatická mise do Francie, žádost o spojenectví, finanční a vojenskou pomoc pro vznikající Spojené státy americké v boji proti Angličanům
- 1778 6. února jako zplnomocněný vyslanec Spojených států amerických v Paříži podepsal francouzsko-americkou smlouvu (Treaty of Alliance, Amity and Commerce with France), na jaře se v Paříži poprvé setkal se slavným francouzským osvícenským filozofem F. M. Voltairem (1694–1778)
- 1782–1783 jako vyslanec připravil mírová jednání s Anglií, 3. září 1783 podepsal v Paříži anglo-americkou a ve Versailles anglicko-francouzskou mírovou smlouvu (The Treaty of Peace between England, France and the United States), jím připravené a stylizované; Anglie uznala samostatnost třinácti amerických osad a Francii a Španělsku vrátila část jejich zámořských kolonií; skončila válka za nezávislost a americké osady se sdružily ve společnou republiku – Spojené státy americké (USA)
- 1785 17. září návrat z Francie do Filadelfie, zvolen prezidentem Pensylvánie a členem Ústavního kongresu (Constitutional Convention)
- 1787 podílel se na vypracování Ústavy Spojených států amerických (schválena 17. září 1787, přijata 2. července 1788, slavnostně vyhlášena 4. března 1789), zvolen předsedou Pensylvánské společnosti na podporu zrušení otroctví
- 1790 17. dubna zemřel ve věku 84 let, vyhlášen tříměsíční smutek; nejdůležitější osobnost protianglického zápasu amerických osadníků

Lektor RNDr. K. Krška, CSc., rukopis odevzdán v květnu 2002.

GÉNIUS GENETIKY – OSLAVA GREGORA MENDELA VĚDOU A UMĚNÍM

Jen u těch čtenářů, kteří nevědí o vícestranné vědecké činnosti Johanna Gregora Mendela (1822–1884), může název příspěvku vyvolat dojem, že nepatří do tohoto časopisu, nýbrž do biologického periodika. Jde o název výstavy, která byla slavnostně zahájena 16. května 2002 v Opatství sv. Tomáše na Mendelově náměstí v Brně a pro veřejnost bude přístupná do 21. května 2003. Ačkoliv od narození otce genetiky uplynulo již 180 roků, zájem o jeho dílo v celosvětovém měřítku stále vzrůstá, a pozornosti neunikají ani jeho zásluhy o pokrok v meteorologii.

V augustiniánském klášteře na Starém Brně, v němž Gregor Mendel žil a pracoval, prováděl pokusy s křížením rostlin i pozorování meteorologická, vznikla v roce 1965 stála expozice zvaná Mendelianum, která měla připomínat jeho život a dílo. Bylo to již v době, kdy tzv. mendelismus-morganismus přestával být i v Československu považován za buržoazní vědecký směr a kdy se konečně i naši biologové (povzbuzení sovětskými vědci!) odvažovali hlásit k odkazu spoluzakladatele exaktní biologické vědy. Přesto byla expozice, která patřila Moravskému zemskému muzeu a byla umístěna v bývalém refektáři zrušeného kláštera, poplatná své době.

Poté, co byl klášter navrácen původním majitelům, usilovalo jeho vedení o nezúženou prezentaci G. Mendela vybudováním moderní a nedeformované expozice odpovídající současným nárokům na muzejní a výstavnickou činnost. Proto se na nové výstavě historické prvky představují pomocí interaktivní počítačové technologie a konfrontují s novými díly soudobého evropského umění. Mendelovy revoluční myšlenky i hmotné dokumenty jeho působení jsou díky světlým a jiným efektům prezentovány poutavě až sugestivně. Doprovodné texty v českém a anglickém jazyce jsou přesné a výstižné.

Je samozřejmé, že odborné těžiště nové expozice je v genetice, jejíž zákony G. Mendel objevil a formuloval. Není však opomenuto, že se Mendel věnoval i meteorologii, že počasí nejen pozoroval, ale výsledky měření také zpracovával a publikoval a že napsal i významná pojednání s meteorologickou tematikou. Již v úvodní části expozice si návštěvníci mohou prohlédnout originální, jeho rukou psané záznamy denních pozorování počasí, které byly zapůjčeny z archivu brněnské pobočky ČHMÚ. Zahraniční kurátorky výstavy při návštěvách a konzultacích, které proběhly na pobočce, byly překvapeny, že tyto, podle jejich vyjádření mimořádně vzácné a ve světě finančně vysoce oceněné materiály, jsou plně zachovány; ze strany ČHMÚ bylo proto třeba provést mnohá opatření, aby se po ukončení výstavy navrátily zpět do jeho archivu.

V souvislosti s novou instalací památek na meteorologickou činnost G. Mendela dokládáme jeho hluboký zájem o pozorování počasí dvěma výroky, jejichž autory jsou přední členové Přírodopysného spolku v Brně. První vyslovil prof. Gustav v. Niessl (1839–1919), který řídil síť meteorologické komise, když na zasedání spolku dne 9. ledna 1884 oznámil Mendelovo úmrtí:

„Zesnulý patřil od založení spolku k jeho nejhodnotnějším a nejlaskavějším přispěvatelům tím, že ho nejen sám vydatně podporoval materiálně, ale že se také živě podílel na jeho vědeckých pracích. Volných chvil, které mu jeho šťastné posta-



Pomník Johanna Gregora Mendela na nádvoří Opatství svatého Tomáše v Brně. Foto J. Svoboda.

vení dopřálo, téměř výhradně využíval k velmi důkladným přírodovědeckým studiím, které ukázaly naprosto samostatný způsob vlastního pojetí. Sem patří zvláště pozorování velkého množství jím kultivovaných rostlinných kříženců. Zároveň věnoval živý zájem meteorologii. Po smrti Med. Dr. Olexika převzal pravidelné vedení meteorologického pozorování v Brně s pečlivostí a přesností jemu vlastní. Přes svou těžkou nemoc se teprve koncem prosince minulého roku odhodlal oznámit, že bude nucen od začátku nového roku ukončit pozorování. V jeho meteorologickém deníku ještě ke konci předešlého měsíce nacházíme údaje o stavu tlakoměru, které zapisoval třesoucí se rukou. Teploty diktoval ze zápisů na lístcích jen několik málo hodin před tím, než ztratil vědomí. Tak se tedy téměř až do posledního dechu zabýval svými oblíbenými vědami." [1]

Podobnou zprávu o Mendelově meteorologickém úsilí podává prof. Hugo Iltis v úvodu k Mendelovu sborníku, který sestavil ze dvou badatelových stěžejních studií z genetiky a z pojednání o větrné smršti, která se vyskytla v Brně v roce 1870. Píše: „Poprvé v novém vydání vychází kromě obou klasických prací také Mendelův článek o trombě. I když se tento menší spis svým významem nemůže srovnávat s oběma prvně jmenovanými pracemi, je přesto zajímavé poznat v něm Gregora Mendela jako meteorologa, neboť on té vědě, možná, věnoval ještě intenzivnější práci než svým pokusům s křížením. Zatímco pokusy s křížením prováděl jen do roku 1871,

v meteorologických pozorováních pokračoval, jak jsem viděl z velice pečlivých záznamů, až do 31. prosince 1883; dotyčné údaje zapisoval vlastní rukou do svého deníku až k tomuto datu, tedy ještě šest dní před svou smrtí. Ostatně bylo již častěji potvrzeno z povolané strany a vyplývá to i z dopisu, který Mendelovi poslal Buys-Ballot a který byl nalezen v archivu Přírodopysného spolku, že Mendelovi by byly zjednaly ve vědě sice ne slavné, avšak vážené jméno samotné meteorologické práce. V dopise slavný meteorolog prosil Mendela o poskytnutí jeho údajů; dopis je však datován 9. března 1885, kdy již Mendel nebyl mezi živými " [2] (přel. K. K.).

Zbývá dodat, že G. Mendel kromě počasí, které sledoval pro Ústřední ústav pro meteorologii a zemský magnetismus ve Vídni, pravidelně zaznamenával v klášterním objektu i stav hladiny podzemní vody, což bylo v jeho době velmi neobvyklé, a pozoroval množství ozonu, které se udávalo v Schönbeinově stupnici. Pozorovací činností tudíž zasáhl do oborů, kterými se v současnosti zabývají tři úseky ČHMÚ. Proto právem považujeme G. Mendela za nejvýznamnějšího moravského hydrometeorologického pozorovatele.

Literatura:

- [1] Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, **23**, 1884. Brünn 1885, s. 19-20.
- [2] Dtto, **49**, 1910, Brünn 1911, Abhandlungen, s. 3-6.

Další publikace o meteorologické činnosti G. Mendla (výběr):

- [3] Dubec, K. – Orel, V.: Gregor Mendel's scientific activity in meteorology. Časopis Moravského muzea, **65**, 1980, Folia Mendeliana 15, s. 215-242.
- [4] Havlíček, V. – Žalud, Z. – Krška, K.: Johann Gregor Mendel und seine meteorologische Tätigkeit. Wetter und Leben, **50**, 1998, H. 1, s. 81-88.
- [5] Krška, K. – Šamaj, F.: Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha, Univerzita Karlova, nakl. Karolinum 2001. 568 s. (Kapitola „Přírodovědecký (Přírodopysný) spolek v Brně", s. 105-109.)
- [6] Munzar, J.: G. Mendel's erste, bis jetzt unveröffentlichte Abhandlung über Meteorologie. In: Proceedings of the Gregor Mendel colloquium. Moravian Museum Brno 1971, s. 185-187.
- [7] Munzar, J.: Gregor Mendel and the tornado in Brno on 13th October 1870. Moravian geographical reports, No. 1/1998, Vol. 6, s. 53-60.
- [8] Munzar, J. – Pejml, K. – Krška, K.: Meteorologie skoro detektivní. Praha, Horizont 1990. 288 s. (Kapitoly „Pekelná symfonie nad starobrněnským klášterem“ a „Předpověď počasí až na pole?“, s.190-220.)
- [9] Veselý, E.: Památka na Gregora Mendela v archivu Hydrometeorologického ústavu. Meteorol. Zpr., **18**, 1965, č. 2, s. 28-29.

Karel Krška – Jaroslav Rožnovský

ZASEDÁNÍ EXPERTNÍHO TÝMU PRO DATOVÉ FORMÁTY A KÓDY V PRAZE

Ve dnech 22. až 26. dubna 2002 se v Českém hydrometeorologickém ústavu (ČHMÚ) v Praze konalo druhé zasedání Expertního týmu pro datové formáty a kódy (Expert Team on Data Representation and Codes – ET/DR&C) Komise základních systémů (CBS) Světové meteorologické organizace (WMO). Kromě členů ET/DR&C se zasedání zúčastnili ještě

odborníci ze Slovenska, UK a USA a reprezentant Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO). Mezi členy ET/DR&C patří zástupci šesti členských států WMO a dvou mezinárodních organizací (ECMWF a EUMETSAT).

Zasedání zahájil Ing. Ivan Obrusník, DrSc., ředitel ČHMÚ, na základě jehož pozvání se zasedání v Praze uskutečnilo. Ve svém projevu zdůraznil důležitost datových formátů a kódů ve všech oblastech meteorologie, zejména při výměně dat v reálném čase a pro zpracování dat. Zástupce WMO pan Joël Martellet velmi ocenil vzornou přípravu zasedání ze strany ČHMÚ. Zasedání řídil vedoucí ET/DR&C pan Jean Clochard (Météo France). Hlavními body programu byly: GRIB 2, BUFR a CREX, migrační strategie WMO, využití XML a upřesnění postupů při implementaci změn v kódech.

GRIB 2

Zasedání posoudilo stav validace formátu GRIB 2 (Processed data in the grid-point values expressed in binary form, Edition 2) a doporučilo další testy a experimentální výměnu produktů ve formátu GRIB 2 tak, aby koncem roku 2002 bylo možné realizovat operativní výměnu dat, zejména produktů EPS (Ensemble Prediction System) pomocí GRIB 2. Byl vysloven požadavek na zvýšení maximální délky bulletinu na 250 000 bytů. Zasedání také doporučilo vypracovat „WMO Guide to GRIB 2“.

BUFR a CREX

Velmi důležitým bodem programu bylo projednání návrhů týkajících se BUFRu a CREXu. BUFR je univerzální binární datový formát pro prezentaci meteorologických dat, CREX je jeho znaková modifikace. Tyto dva datové formáty by postupně měly zcela nahradit dosavadní tradiční znakové kódy WMO.

Pro splnění požadavků na výměnu dat z automatických a automatizovaných stanic byly navrženy nové deskriptory a datové sekvence pro BUFR (autoři návrhu Eva Červená (ČHMÚ) a Igor Zahumenský (SHMÚ)). Tento návrh byl ověřován v rámci pilotního projektu EUMETNETu, kterého se Česká republika aktivně účastní, a zasedáním ET/DR&C doporučen ke schválení zasedáním CBS a k následné operativní výměně dat.

Zasedání doporučilo řadu dalších nových deskriptorů datových prvků, operátorových i sekvencních deskriptorů předložených členy týmu, aby mohly být splněny požadavky pro prezentaci dat ve formátu BUFR, např. nové deskriptory pro družicová data, datové sekvence pro dráhy tropických cyklon z EPS, deskriptory a datové sekvence pro výstrahy na výskyt sopečného popela pro letecké účely.

Modifikace tradičních kódů

Zasedání doporučilo návrh ICAO, aby bulletiny METAR, SPECI a TAF obsahovaly pouze jednotlivé zprávy, resp. předpovědi, uvozené příslušným jménem kódu. Kromě toho byla doporučena některá upřesnění v pravidlech leteckých kódů s platností od listopadu 2004. Schválená změna v kódování množství srážek ve zprávě SYNOP (s platností od listopadu 2003) se týká explicitního vyjádření nulového množství srážek ve skupinách 6RRR_t a povinného zařazování 24hodinového úhrnu srážek v sekci 3.

Migrační strategie

Strategie přechodu od tradičních znakových kódů k formátům BUFR (nebo CREX) předpokládá postupnou eliminaci použití tradičních kódů. Tento proces by měl probíhat tak, aby každé národní meteorologické službě (NMS) umožnil volbu postupného přechodu podle možností a technického vybavení NMS. Data mohou být produkována ve formátu BUFR (nebo

CREX) už přímo v místě pozorování nebo konvertována z tradičních kódů v národním centru.

Tradiční znakové kódy jsou rozděleny do šesti kategorií a pro každou je stanoven předběžný harmonogram procesu migrace. Kódy SYNOP, SHIP, PILOT/TEMP a CLIMAT/CLIMAT TEMP patří do první kategorie, pro kterou byl stanoven začátek experimentální výměny dat na listopad 2002 a plánované ukončení migrace v roce 2010. Dr. Fred Branski (USA), vedoucí expertního týmu pro migrační strategii (ET/MTDCF), ocenil činnost ET/DR&C při vypracování datových sekvencí pro tradiční kódy.

XML

Zasedání posoudilo možnost využití jazyka XML (eXtensible Markup Language) při výměně meteorologických informací. Podle názoru ET/DR&C je XML vhodný v případě výměny dat vně GTS (Global Telecommunication System) při omezeném počtu pozorování, nebo pro výměnu předpovědí a výstrah. Kromě toho by mohl XML sloužit pro popis metadat přenášeného souboru dat. Pro standardizaci výměny dat v XML zasedání navrhlo použití čísel deskriptorů datových prvků BUFRu jako „tags“ v XML.

Postupy při implementaci změn v datových formátech a kódech

Problémy s implementací změn v leteckých kódech na podzim 2001 vyústily v požadavek na prodloužení období mezi schválením navržené změny a datem implementace změny. Přítom již existující procedura je příliš zdoluhavá (zejména pro požadavky na prezentaci družicových dat). Zasedání doporučilo následující postup:

- navržená změna bude projednána ET/DR&C a doporučena k validaci,
- po provedení validace bude příslušná změna publikována na WMO serveru,
- po schválení zasedáním CBS a Výkonné rady bude tato změna publikována ve WMO-No. 306, Manual on Codes.

Plán činnosti ET/DR&C

Mezi nejdůležitější body plánu činnosti ET/DR&C do následujícího zasedání v roce 2003 patří dokončení testů GRIB 2 pro realizaci operativní výměny dat; pro BUFR a CREX bude nutné provést validaci nových deskriptorů (zejména pro družicová data) a nově navržených datových sekvencí, např. pro zprávy CLIMAT, pro dráhy tropických cyklon a pro výstrahy na výskyt vulkanického popela. Jedním z bodů plánu činnosti je také zahájení výměny hodinových dat z automatizovaných stanic v BUFRu koncem roku 2002.

V rámci společenského programu účastníci zasedání ocenili kvalitu českého piva při večeři v Novoměstském pivovaru a krásám večerní Prahy se mohli obdivovat při krátké procházce před návštěvou vinárny na Starém Městě.

Eva Červená

VÝROČNÍ ZASEDÁNÍ EVROPSKÉ GEOFYZIKÁLNÍ ASOCIACE, NICE 2002

Ve dnech 22.–26. dubna 2002 se čtyři zástupci ČHMÚ zúčastnili konferenčního jednání XXVII. výročního zasedání Evropské geofyzikální asociace. Jednání probíhalo v Acropolis centre v Nice (Francie) za účasti ca 5 000 odborníků ze všech geofyzikálních oborů. O odborné šíři jednání vypovídá i počet přihlášených příspěvků, který dosáhl v letošním roce

počtu 6 944. Všechny abstrakty z konference jsou k dispozici u autorů této zprávy na CD „Geophysical Research abstracts“. Pro případné zájemce je možné pořídit kopii CD. Účastníci cesty se aktivně zapojili do jednání ve třech sekcích a několika podsekcích, které byly pouze zlomkem celé konference:

- Hydrologické vědy
 - Modelování v povodích
 - Aplikovaná statistika v hydrologii
 - Modelování srážko-odtokových vztahů
 - Hydrologické mapování
- Oceán a atmosféra
 - Numerické modelování
 - Dynamická meteorologie
 - GIS v klimatologii a meteorologii
 - Ozon v atmosféře a UV záření
 - Extrémy klimatu
 - Studium minulého klimatu
- Solárně-terestrický systém
 - Dynamika a chemie střední atmosféry

J. Stehlík přednesl příspěvek *Identification of atmospheric conditions leading to flood events in the Elbe basin*, (spoluautor A. Bárdossy z University ve Stuttgartu). Prezentace byla provedena v rámci sekce *Natural Hazards: Meteorological and hydrological hazards: Diagnosis, modelling and forecasting of natural hazards produced by severe weather*. Příspěvek se zabývá určením meteorologických příčin povodní na Labi v průběhu 20. století. Identifikovány jsou cirkulační podmínky (klasifikované do povětrnostních situací) vedoucí k povodním pro každé roční období. Jedna ze situací, mající charakter situace západně cyklonálního typu, přispívá velice nadprůměrně ke vzniku zimních povodní. Je zajímavé, že časový trend této situace je v průběhu 20. století vzestupný, zatímco velikosti zimních povodní mají klesající trend. Průměrný roční teplotní cyklus příslušející dané situaci ukazuje, že zimní teploty ve dnech výskytu dané situace jsou nadprůměrné. Z toho plyne, že paradox kontradikce trendů četnosti dané situace a ročních kulminačních průtoků může být objasněn stále častějším táním uprostřed zim v průběhu 20. století. V důsledku toho je v období jarního tání k dispozici stále menší množství sněhových zásob a jarní povodně nedosahují takových velikostí.

R. Tolasz přednesl příspěvek *Extreme daily rainfalls – an example of their GIS analysis in a complex terrain* (spoluautory byli R. Brázdil z Masarykovy univerzity v Brně a M. Stříž z pobočky ČHMÚ v Ostravě). Smyslem celého příspěvku byla prezentace speciální GIS metody pro prostorovou analýzu srážkového pole v České republice. Metoda byla naprogramována v prostředí Avenue ArcView a pracuje ve spojení s klimatologickou databázovou aplikací CLIDATA. Prezentovány byly příklady extrémních srážek ve vybraných dnech v období od roku 1961.

R. Hejkrlik prezentoval poster *Selenometeorology is no astrology*, shrnující poznatky o vlivu měsíční fáze na některé projevy počasí – frekvence bouřek, oblačnost, velikost ledových jader v atmosféře – a samozřejmě i srážková činnost. Poster upozorňuje na pokles zájmu geofyziků a meteorologů o tuto část meteorologie a na příkladu srážkové řady v Praze-Klementinu se snaží přilákat odbornou veřejnost zpět.

M. Janouch prezentoval poster *Monitoring of UV radiation in the Czech Republic* poprvé analyzující šestiletou řadu měření erytemálního UV záření na observatoři v Hradci

Králové, která je základem k rekonstrukci a analýze řady UV záření na území ČR od roku 1953.

Jelikož značná část přednášek probíhala paralelně, nebylo možné navštívit všechny prezentace, které se nějakým způsobem vztahují k problematice aktuální pro odbornou činnost v jednotlivých úsecích ČHMÚ. Zde je nutné odkázat na výše zmíněné CD s abstrakty. V následujícím přehledu jsou stručně shrnuty některé zajímavé příspěvky navštívené ve výše zmíněných sekcích.

Současný stav výzkumu v oblasti hydrologického modelování se zaměřuje zejména na problematiku měřítok a způsobů, kterými je v jejich rámci možné vystihnout fyzikální hydrologické procesy včetně rozčlenění odtoku do jednotlivých složek. Z pohledu využití hydrologického modelování pro účely výpočtu návrhových průtoků byl přínosný zejména příspěvek autorů A. Brath, A. Montanari, G. Morett *On the use of simulation techniques for the estimation of the flood frequency distribution (with uncertainty)*. Generování dlouhých syntetických časových řad klimatických prvků a jejich následné použití jako vstupu do hydrologických modelů nabízí alternativu klasickému statistickému přístupu využívajícímu distribučních funkcí statistických rozdělení. Pro získání informací o prostorové struktuře srážkových polí jsou stále intenzivněji využívány informace z radarových měření. Bylo opakovaně demonstrováno, že současný stav radarové techniky a metodologie neumožňuje využít přímo hodnoty z radarů, ale že radarová měření jsou velice vhodná jako zdroj dodatečné informace ke klasickým měřením – viz např. D. Tetzlaff, J. Lange, Ch. Leibundgut *Catchment rainfall for hydrological models – contribution of radar data in different scales*. Z hlediska experimentální hydrologie a možnosti modelovat pohyb vody v půdním prostředí byl velice zajímavý příspěvek K. J. Bevena *Hypothesis detection using a discrete multiple interacting pathways conceptualisation of hillslope hydrology*. Autor konstatuje, že zavedení konceptu makropórů do modelování odtokového procesu nepřineslo očekávané výsledky, a nabízí alternativní model pohybu diskretních vodních částic různými potenciálními trajektoriemi s různými rychlostmi. Několik příspěvků se věnovalo problematice nekalkulovaných povodí. Pro účely parametrizace modelů se stále více využívají prostorové informace o topografii, land use a půdních vlastnostech povodí. Přestože identifikace parametrů není jednoduchou záležitostí, je již v současném stavu poznání možné rozpoznat shlukování hodnot parametrů v prostoru, což značí jejich odvoditelnost z fyzicko-geografických vlastností povodí – např. R. Merz, G. Bloschl *Regional patterns of parameters of rainfall runoff models*. Význam apriorního stanovení parametrů srážko-odtokových modelů názorně demonstrovuje existence projektu MOPEX (příspěvek J. Schaake, Q. Duan *Ungauged basin parameter estimation and the MOPEX project*), ve kterém jsou pod patronací WMO a IAHS zpracovávána data ze stovek povodí z celého světa. V příspěvku K. J. Beven, S. Blažkova *Flood frequency estimation by continuous simulation for a catchment treated as ungauged* jsou pomocí frekvenční verze TOPMODELU modelovány hodnoty průtoků s nízkou pravděpodobností překročení v povodí, které je sice monitorované, ale v daném výzkumu bylo považováno za nemonitorované, přičemž výsledky extrémních průtoků byly porovnány. Byla konstatována dobrá shoda mezi extrémními průtoky pocházejícími z měření a modelovanými hodnotami. Za účelem výpočtu povodňových průtoků na nepozorovaných povodích použili M. Casper, S. Krieger, J. Ihringer v příspěvku *A multiple linear*



Kongresové centrum Acropolis v Nice.

regression model for estimation of flood peaks in Baden-Wuerttemberg / Germany model vícenásobné regrese s osmi parametry, přičemž sedm z nich je možno odvodit z údajů dostupných z digitálního modelu terénu, případně dalších běžně užívaných vrstev v GIS. Většina regionálních příspěvků v oblasti analýzy srážek byla zajímavá hlavně metodicky. V příspěvku *Atmospheric variability and extreme autumn rainfall in the UK* autorů M. Blackburna a B. J. Hoskinse je použit idealizovaný model atmosféry pro analýzu „vlhkého“ podzimu 2000. V atmosférické podsekcí věnované studiu minulého klimatu byly zařazeny i příspěvky zabývající se astronomickými vlivy na klima Země. Například v příspěvku G. Lohmanna a N. Rimbua *Signature of climate variability related to solar variations as detected in instrumental records* se autoři zabývali analýzou kolísání solárního klimatu v průběhu posledních 150 let na klimatický systém Země reprezentovaný kolísáním tlaku vzduchu, přízemní teploty a srážkového pole. Šířku podsekcí dokresluje příspěvek rozsáhlého autorského kolektivu vedeného M. E. Mannem *Climate Change and Forcing over the Past 500 Years*, který se filozoficky zabýval přehledem změn klimatu od tzv. malé doby ledové. Předkladatelé zprávy se rovněž zúčastnili jednání sekce Sollar-Terrestrial Sciences, kde prezentoval příspěvek T. Halenka *On the connections between global circulation patterns, helio-geophysical parameters and other circulation indices*, zabývající se dlouhodobým chováním globálního cirkulačního systému v závislosti na geofyzikálních faktorech. Studie věnované UV záření a ozonu byly rovněž předmětem našeho zájmu – autoři z německé meteorologické služby U. Feister, E. Jaekel a K. Gericke v příspěvku *Parametrization of solar global UV irradiation* analyzují denní dávky UV-A a UV-B záření počítané z dlouhodobých pyranometrických měření. Spolupráce finských (P. Taalas, J. Kaurola) a amerických (J. Herman a N. Krotkov) meteorologů je prezentována v příspěvku *On the global UV changes 1980–2000*, jehož hlavním předmětem je analýza omezených družicových měření UV záření v přízemní vrstvě atmosféry.

Evropská geofyzikální komunita se na svém výročním zasedání schází pravidelně a je dobře, že je Český hydrometeorologický ústav její aktivní součástí.

Jiří Stehlík – Radim Tolasz



NABÍDKA PUBLIKACE ČHMÚ

ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ A ATMOSFÉRICKÁ DEPOZICE V DATECH, ČESKÁ REPUBLIKA 2001. AIR POLLUTION AND ATMOSPHERIC DEPOSITION IN DATA, THE CZECH REPUBLIC 2001.

Praha, ČHMÚ 2002. 330 s. Cena 750,- Kč.

Roční tabelární přehled je výsledkem souhrnného zpracování imisních dat systematicky ukládaných za kalendářní rok. Je vydáván jako základní materiál pro práci orgánů a organizací řešících problematiku životního prostředí a ochrany ovzduší v našem státě.

Ročenka obsahuje komentář k souhrnnému ročnímu tabelárnímu přehledu (přehled metod měření, datová základna ročního zpracování, Informační systém kvality ovzduší, popis obsahu tabulek, zajištění kvality dat) přehled imisních měřicích sítí České republiky (stanice), souhrnné přehledy překročení imisních limitů a maximálních hodnot, měsíční a roční průměry koncentrací a doplňující imisní charakteristiky:

- oxidu siřičitého
- prašného aerosolu
- měření záření
- oxidu dusíku
- oxidu dusičného
- oxidu dusnatého
- ozonu
- oxidu uhelnatého
- těžkých kovů v prašném aerosolu
- dusičnanů (částic)
- síranů (částic)
- kyseliny dusičné
- amonných iontů (částic)
- sírovodíku
- amoniaku
- skupiny aromatických uhlovodíků
- těžkých organických látek (VOC)
- perzistentních organických látek (POPs)
- chemického složení srážek a atmosférické depozice
- větrných růžic na imisních stanicích
- slunečního záření

Publikaci lze objednat na adrese:

Český hydrometeorologický ústav, SIS, pí. Jirátová, Na Šabatce 17, Praha 4 – Komořany,
tel./fax: 02/44032721, e-mail: jiratova@chmi.cz.

Na objednávce uvádějte svoje IČO.



INFORMATIVNÍ ODBORNÉ BULLETINY VYDÁVANÉ ČESKÝM HYDROMETEOROLOGICKÝM ÚSTAVEM

DENNÍ PŘEHLED POČASÍ

Deník, 4 strany formátu A4, cena jednoho čísla 25,- Kč, celoroční předplatné 9 125,- Kč.

Obsahuje data z aerologického měření na observatoři v Praze-Libuši, údaje ze synoptických pozorování na 21 stanicích v České republice (charakter počasí, vítr, tlak, teplota, rosný bod, srážky). Je publikována přehledná mapa počasí na našem území, včetně tabulkového přehledu o teplotě v Praze-Klementinu, Praze-Libuši, Brnu-Tuřanech a Ostravě-Mošnově (průměrná, nejvyšší a absolutní maximální teplota včera, nejnižší v noci na dnešek, absolutní minimum v noci na dnešek, odchylka od normálu, srážky od 6 h UTC včera do 6 h UTC dnes). Zařazeny jsou i čtyři mapy Evropy a přilehlé části Atlantského oceánu, obsahující grafickou i číselnou charakteristiku počasí, absolutní topografii v hladinách 500 a 850 hPa a údaje o maximální a minimální teplotě.

MĚSÍČNÍ PŘEHLED POČASÍ

Měsíčník, 6 stran formátu A4, cena jednoho výtisku 80,- Kč, celoroční předplatné 960,- Kč.

Obsahuje charakteristiku průběhu počasí za minulý měsíc, grafické znázornění srážek, tlaku vzduchu a teploty vzduchu v Brně-Tuřanech, Praze-Karlově a Praze-Ruzyni. Na podkladové mapě ČR jsou číselně znázorněny průměrné teploty vzduchu, úhrny srážek v mm a slunečního svitu v hodinách. Je uveden i přehled 50 stanic s údaji o průměrné teplotě vzduchu a její odchylce od normálu, úhrnu srážek a slunečního svitu.

MĚSÍČNÍ PŘEHLED METEOROLOGICKÝCH POZOROVÁNÍ OBSERVATOŘE PRAHA-KARLOV

Měsíčník, 4 strany formátu A4, cena jednoho výtisku 50,- Kč, celoroční předplatné 600,- Kč.

Obsahuje přehled základních prvků počasí (teplota, vlhkost vzduchu, výpar vody, sluneční svit, vítr, oblačnost, srážky včetně výšky sněhové pokrývky, tlak vzduchu) v pozorovacích termínech 7, 14 a 21 hodin denně.

AGROMETEOROLOGICKÝ ZPRAVODAJ

Ve vegetačním období (konec března – září) týdeník, v říjnu až březnu měsíčník, 6 stran formátu A4, cena jednoho výtisku 30,- Kč, celoroční předplatné 960,- Kč.

Obsahuje textový agrometeorologický přehled a na mapách ČR znázornění úhrnů srážek a oblastí s nadnormálními a podnormálními úhrny, odchylek průměrných teplot od normálu, trvání slunečního svitu v procentech normálu a vláhové bilance. V tabulkových přehledech jsou ze stanic podle jednotlivých krajů uvedeny údaje o sumách efektivních teplot, termínových extrémech teploty půdy v hloubkách 5, 10 a 20 cm i aktuálních hodnotách meteorologických prvků.

**Všechny bulletiny můžete objednat na adrese:
Český hydrometeorologický ústav, OMTZ,
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany
tel.: 02/44032606, e-mail: durcansky@chmi.cz**