

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

<i>Jan Sulan – Petr Pešice – Petr Staša: Výpočet konvekční dostupné potenciální energie „CAPE“ a možnosti jeho využití v provozu ČHMÚ</i>	61
<i>Miloslav Müller – Vilibald Kakos: Extrémní konvekční bouře v Čechách 25.–26. května 1872</i>	69
<i>Jaroslav Fišák: Výzkum usazených srážek v Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd České republiky</i>	78
<i>Rudolf Kolomý: Magia naturalis (Před 250 lety Prokop Diviš vztyčil uzemněný bleskosvod)</i>	86
Informace – Recenze	90
Typy povětrnostních situací na území České republiky v roce 2003	92
Typy povětrnostních situací na území Slovenskej republiky v roku 2003	92

ROČNÍK 57 – 2004 – ČÍSLO 3

<i>Jan Sulan – Petr Pešice – Petr Staša: Problems of CAPE calculation and possibilities of its utilization in operation of Czech Hydrometeorological Institute</i>	61
<i>Miloslav Müller – Vilibald Kakos: The extreme convective storms in Bohemia on May 25–26, 1872</i>	69
<i>Jaroslav Fišák: Research of deposited precipitation in the Institute of Atmospheric Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic</i>	78
<i>Rudolf Kolomý: Magia naturalis (250 years ago an earth-connected lightning conductor was put up by Prokop Diviš)</i>	86
Information – Reviews	90
Weather situations on the territory of the Czech Republic in 2003	92
Weather situations on the territory of the Slovak Republic in 2003	92

Meteorologické zprávy, časopis pro odbornou veřejnost ● Vydává Český hydrometeorologický ústav ● Redakce: Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany, telefon 244 032 722, 244 032 725, fax 244 032 721, e–mail: horky@chmi.cz ● Řídí vedoucí redaktor RNDr. Luboš Němec, redaktor Mgr. 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, Czech Republic. Annual subscription is 42,– USD for 6 issues ● 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 57 (2004)

V PRAZE DNE 30. ČERVNA 2004

ČÍSLO 3

Jan Sulan (ČHMÚ) – Petr Pešice (ÚFA AV ČR) – Petr Staša (Swing, a.s.)

VÝPOČET KONVEKČNÍ DOSTUPNÉ POTENCIÁLNÍ ENERGIE „CAPE“ A MOŽNOSTI JEHO VYUŽITÍ V PROVOZU ČHMÚ

Problems of CAPE calculation and possibilities of its utilization in operation of Czech Hydrometeorological Institute. The software TEMP-GRAF (DOS version) was used in operation of CHMI after 1993 [10]. Experimental calculations of CAPE and other convective precursors by new software PREKCALC (Institute of Atmospheric Physics ASCR) have been presented on internet [15] since 2001. In the same time the development of new version of operational software GPZT started (Swing company). It has been used experimentally in forecasting service since summer 2003. Besides basic version of CAPE also modifications CAPEccl and CAPElcl [3] are calculated in both currently used programs. The statistical assessment of CAPE and CAPEccl is presented. The radar maximum column reflectivity was used as a predictand characterizing the convective rainfall. The conditional probabilities for the occurrence of radar maximum reflectivity categories given precursor value were evaluated. In the second part of the paper two case studies (squall-line on 7th July 2001 and tornadic storm 11th June 2000) are presented and the statistics of relation between CAPEccl and hodograph length and shape for cases with severe convection is discussed. CAPEccl modification seems to be suitable for night soundings and situations with capping inversion. Presence of CAPEccl and environment with unidirectional or clockwise turning hodograph with moderate ($S=5-15$ m/s) or strong ($S=15-25$ m/s) vertical wind shear is good indication for severe convective phenomena. On the other hand relatively great number of tornadoes appeared in atmosphere with low CAPEccl.

KLÍČOVÁ SLOVA: předpověď konvekce – energie CAPE – uplatnění

1. ÚVOD

Každý rok přináší silná konvekce značné škody v podobě lokálních povodní z přívalových srážek, poškození úrody nebo majetku krupobitím a silným větrem, který často působí problémy také v silniční i železniční dopravě a zaměstnává hasičské záchranné sbory. Stále je aktuální otázka, zda je předpovědní meteorologická služba schopna rozlišit den s potenciálním nebezpečím silné konvekce ode dne s běžnými bouřkami bez vážnějších následků, zda je možné vymezit prostor a dobu výskytu nebezpečných jevů a včas na ně vydat výstrahu.

V současné době probíhá vývoj numerických předpovědních modelů (NWP), které se zejména s přechodem na nehydrostatické verze a zvyšováním rozlišení dostávají na prostorový krok, jenž umožňuje explicitní popis větších uspořádaných konvekčních systémů [9]. Tyto nehydrostatické modely se stále vyvíjejí a jsou postupně zaváděny do rutinního provozu meteorologických služeb. Problematické je, a zřejmě dlouho bude, modelování neuspořádané konvekce.

Proto se pro předpověď konvekce s rozličnou úspěšností používá řada indexů instability nebo jejich kombinací verifikovaných často jen na teritoriu země, kde se provozně využí-

vají. Pokud jde o evropské prostředí, byla v roce 1997 zveřejněna švýcarská studie srovnávající různé metody předpovědi konvekce [3]. Tato práce nás inspirovala, neboť se vedle řady indexů používaných tradičně jak v Evropě, tak v USA zabývá i energií CAPE (z anglického Convective Available Potential Energy) citovanou v moderních učebnicích synoptické meteorologie (viz např. [1]) a běžně počítanou ve vyspělých evropských službách [2]. U nás byl výpočet v provozu umožněn programem TEMP-GRAF [10] pod operačním systémem DOS. Přechod na nové operační systémy znamenal pro ČHMÚ dočasné přerušení provozních výpočtů CAPE. Až po letech byl v rámci grantového výzkumného úkolu GA ČR 205/00/1451 zpracován Ústavem fyziky atmosféry a posléze poskytnut řešitelům úkolu program PREKCALC, počítající kromě jiného několik modifikací energie CAPE. S malým časovým odstupem byla dodavatelskou firmou Swing, a.s. řešena úprava provozního softwaru „GPZT – Grafické a početní zpracování zpráv TEMP“ s cílem obnovit možnost výpočtu energie instability v podmínkách ČHMÚ. Při odlaďování obou programů a experimentálních výpočtech zveřejňovaných na internetu [15] se prokázala značná citlivost energie CAPE na vstupní teplotní a vlhkostní parametry. Proto

v tomto článku vedle popisu výpočtu, statistik a konkrétních ukázek čtenář nalezne i upozornění na nejrůznější úskalí.

Hned v úvodu je třeba zdůraznit, že znalost hodnot CAPE je pro meteorologa rozhodujícího o vydání výstrahy jen jedním ze vstupních informací. Je to způsob, jak zhodnotit energetický potenciál atmosféry, který může ale nemusí být uvolněn. Považujeme tuto veličinu za velkoprostorovou charakteristiku prostředí, ve kterém se během dne bude lépe nebo hůře dařit konvekci spuštěné mezoměřítkovými procesy. Kromě teplotního zvrstvení volné atmosféry a spouštěcích mechanismů se uplatňuje vlhkost vzduchu v nižších hladinách jako zdroj latentního tepla uvolňovaného při vertikálních konvekčních pohybech. CAPE je jedním z prekurzorů kombinujících jak vlhkost v mezní vrstvě, tak teplotní zvrstvení volné atmosféry. Porovnáním různých modifikací CAPE můžeme navíc dojít k několika variantám scénářů vývoje kupovitě oblačnosti, které se mohou uplatnit v závislosti na tom, zda je spouštěcím mechanismem pouze dostatečné ohřátí zemského povrchu nebo například přechod fronty s výraznými vertikálními pohyby.

2. DEFINICE CAPE

CAPE představuje práci vykonanou vztlakovou silou okolní atmosféry na adiabaticky izolovanou vzduchovou částici vystupující z hladiny volné konvekce HVK do hladiny nulového vztlaku HNV. Vzhledem k tomu, že síla vztlaku působící na částici v dané výškové hladině z je úměrná rozdílu teploty částice $T(z)$ a teploty okolí $T_e(z)$, lze CAPE vyjádřit jako

$$CAPE = g \int_{T \geq T_e} \frac{T(z) - T_e(z)}{T_e(z)} dz,$$

kde g je tíhové zrychlení. CAPE je tedy integrální míra instability vrstvy ohraničené hladinami HVK a HNV. Na termodynamickém diagramu je CAPE nad konvekční kondenzační hladinou reprezentována plochou mezi křivkou zvrstvení a nasycenou adiabatou pro tuto vrstvu. CAPE je uváděna v jednotkách J/kg.

Při mírné až silné konvekci nabývá CAPE hodnot 1 000–3 000 J/kg, maximální pozorované hodnoty byly zjištěny v USA v rozmezí 5 000–7 000 J/kg (viz. např. [1]). Pro evropské prostředí uvádí práce [3] pro dny s kroupami průměrnou hodnotu 660 J/kg.

Hodnoty CAPE jsou značně citlivé na vlhkost vzduchu při zemi. V [1] se uvádí, že vzestup směšovacího poměru o pouhý 1 g/kg může zvýšit hodnotu CAPE o 20 % a odhad maximální vertikální rychlosti až o 10 %.

CAPE je jedním z prostředků, jak stanovit míru instability atmosféry. Na rozdíl od termodynamických indexů počítaných z hodnot teplotních a vlhkostních parametrů ve vybraných tlakových hladinách má tu přednost, že uvažuje celý výškový rozsah, ve kterém působí nezáporná vztlaková síla. Existence CAPE je nezbytnou podmínkou pro vývoj konvekce, jejímu uvolnění ovšem musí předcházet spouštěcí mechanismus – zahřátí na teplotu volné konvekce, vertikální pohyb vyvolaný konvergencí přízemního proudění nebo překonáním orografické překážky, přechod frontálního rozhraní, případně pozvolné velkoprostorové vzestupné pohyby. Pro vývoj děletrvajících uspořádané konvekce je nezbytný výrazný vertikální stříh větru [1].

2.1 Modifikace výpočtu CAPE

Standardní způsob výpočtu CAPE, vycházející z přízemních hodnot teploty a vlhkosti, nedává především pro noční

aerologické výstupy dobré výsledky. Vzhledem k výskytu radiálních inverzí v nočních hodinách jsou hodnoty CAPE nízké nebo nulové a nevypovídají o reálnému energetickém potenciálu atmosféry. Proto bylo navrženo několik způsobů, jak modifikovat výpočet CAPE, aby získané hodnoty poskytovaly dostatečně podloženou informaci o potenciální zásobě konvekční energie v atmosféře. Všechny uvedené přístupy překonávají přízemní inverze buď započtením očekávaného promíchávání vzduchu v mezní vrstvě atmosféry, nebo počítají energii až nad mezní vrstvou. Tyto modifikace byly použity v práci [3] a stejným způsobem jsou vyhodnocovány programem PREKCALC. V současné době jsou počítány následující modifikované hodnoty CAPE:

- CAPE_{LCL} bere v úvahu výskyt nočních inverzí a promíchává vzduchovou vrstvu o vertikální mohutnosti 50 hPa od zemského povrchu. Výpočet CAPE začíná z přízemní teploty odpovídající průměrné potenciální teplotě vrstvy a rosný bod je stanoven z průměrného směšovacího poměru.
- CAPE_{CCL} začíná výpočet v modifikované konvekční kondenzační hladině, která se stanoví jako průsečík křivky zvrstvení a průměrné izogramy ve vrstvě od zemského povrchu do 850 hPa.
- CAPE₈₅₀ – výpočet CAPE vychází z hladiny 850 hPa a počítá se z hodnot teploty a směšovacího poměru v této hladině.

2.2 Problémy při výpočtu a jejich řešení

Při sestavování softwaru PREKCALC pro výpočet CAPE a jeho modifikací jsme při praktickém využívání narazili na několik úskalí výpočetního charakteru, které jsme se pokusili řešit přijetím určitých pravidel.

2.2.1 Nadadiabatické gradienty v přízemní vrstvě

U poledních sondážních výstupů se lze poměrně často setkat s výskytem nadadiabatického (superadiabatického) gradientu v tenké vrstvě u zemského povrchu za situací, kdy nedochází k intenzivnímu promíchávání přízemní vrstvy. Vzhledem ke konstrukci výpočetního programu byla zaregistrována kladná energie v této tenké vrstvičce (plocha vymezená nadadiabaticky skloněnou křivkou zvrstvení a suchou adiabatou vycházející z přízemní hodnoty teploty přehřátého povrchu) a výpočet byl předčasně ukončen. Algoritmus programu PREKCALC byl upraven tak, aby se při výskytu superadiabatické vrstvy u země tato ignorovala.

2.2.2 „Plíživá sondáž“

Takto pracovním označujeme situace, kdy křivka zvrstvení a nasycená adiabata probíhají v nižších hladinách v těsné blízkosti, vzájemně se prolínají, střídají se slabé vrstvy s pozitivní a negativní potenciální energií, zatímco v horních vrstvách atmosféry existuje značná zásoba potenciální konvekční energie. Při subjektivní analýze aerologického diagramu bere meteorolog tuto zásobu přirozeně v potaz, zatímco program díky způsobu interpolace nalezne v nižších hladinách první průsečík křivky zvrstvení s adiabatou („první“ hladinu nulového vztlaku) a výpočet CAPE zastaví. Tento problém jsme se pokusili vyřešit zavedením fixní vrstvy o tloušťce 500 m, ve které se může energie vrátit do kladných hodnot a výpočet je obnoven. Praktické zkušenosti ukázaly, že vrstva o pevné tloušťce nemusí v některých situacích problém vyřešit. Druhou možností je pracovat přímo s energií – tedy srovnat, zda je při vzestupu nashromážděná CAPE dostatečná, aby „prorazila“ jednu nebo více zádržných vrstev.

3. POPIS PROGRAMU GPZT

V létě 2003 byla na pobožce ČHMÚ Plzeň zkušebně uvedena do provozu nová verze programu „Grafické a početní zpracování zpráv Temp – GPZT“, zpracovaného původně pro potřeby letecké meteorologie [4]. Cílem úpravy programu bylo poskytnout předpovědní meteorologické službě nástroj pro provozní výpočty CAPE ze skutečných aerologických sondáží i z výstupů modelu ALADIN ve formátu TEMP MOBIL (tzv. pseudotempů). Bylo využito zkušeností získaných při práci s programem PREKCALC a způsoby výpočtů modifikací byly od počátku odlaďování nové verze GPZT koordinovány s Ústavem fyziky atmosféry, aby se minimalizoval rozdíl výsledných hodnot, který zákonitě vznikne použitím odlišných metodik výpočtu křivek a jejich průsečíků (srovnej [4] a [10]).

Program PREKCALC se vyvinul operativně pro získání základních statistik o CAPE z archivních aerologických dat a pro zkoumání dalších prekurzorů konvekce publikovaných v práci [3]. Pro výpočet byly stanoveny omezující podmínky – mimo jiné ukončení výpočtu pod zádržnou vrstvou o vertikální mohutnosti 500 m a více, nejvýše pak v tlakové hladině 150 hPa. Některé případové studie ovšem prokázaly, že zádržná vrstva 500 m může být překonána a že dojde k využití energie CAPE i z atmosféry nad zádržnou vrstvou. V zadání nové verze GPZT bylo tedy jedním z úkolů umožnit volbu vertikální mohutnosti zádržné vrstvy, případně spočítat energii pod zádržnou vrstvou a jako variantu součet všech příspěvků pozitivní energie v podobě „CAPEmax“ v celém rozsahu troposféry až do 150 hPa.

Dalším požadavkem byla možnost simulace výstupu vzduchové částice z jiných počátečních hodnot T a T_d , např. zadání očekávané maximální hodnoty teploty a odpolední teploty rosného bodu v oblasti, pro kterou předpovídáme. Je možné zadat i jinou výchozí nadmořskou výšku a „vypustit“ vzduchovou částici třeba z horského hřebene. Tyto varianty mohou být prospěšné u případových studií nebo mohou přivést meteorologa k alternativní předpovědi, pokud by se

Obr. 1 Panel pro zadávání parametrů výpočtu CAPE v programu GPZT.

Fig.1. Display for the input of parameters needed for calculation in GPZT programe.

spočtené energie pro různé počáteční podmínky významně lišily.

Program GPZT umožňuje řadu dalších změn vstupních parametrů (viz obr. 1), např. způsob průměrování teploty a vlhkosti při výpočtu modifikací CAPE (výběr počtu uvažovaných hladin pro průměrování, použití směšovacího poměru nebo teploty rosného bodu) nebo variace výpočtu v případě superadiabatického gradientu. Výsledky mohou být ve formě textového výstupu nebo grafu s tabulkou hodnot zadaných modifikací CAPE. V případě grafického zpracování lze zvolit vykreslení izogramy a adiabaty odpovídající požadované modifikaci výpočtu. Posledním bodem zadání na úpravu programu bylo vykreslení mapy hodnot CAPE z dostupných aerologických stanic. Na podkladové mapě Evropy jsou formou pavouků zobrazeny hodnoty zvolených modifikací CAPE a CIN společně s výškovým větrem ze zadané hladiny (přednastaveno 700 hPa).

4. STATISTIKA VYPOČTENÝCH HODNOT CAPE ZA OBDOBÍ 1996 – 2001

Termodynamické indexy a další charakteristiky konvekčního prostředí jsou užitečnou pomůckou provozního meteorologa při předpovědi konvekčních jevů. V minulosti byla publikována řada prací zabývajících se jejich vzájemným srovnáním a posouzením přínosu pro předpověď konvekce (viz. např. [2, 3]). Tyto práce jsou většinou zaměřeny na určitou geografickou oblast a jejich výsledky jsou obtížně aplikovatelné na jiném území. Pro oblast ČR byly podobné studie zpracovány také – [6, 7, 8, 12]. Pro ověření výskytu konvekčních jevů byly použity převážně údaje z hlášení SYNOP. V současné době se nabízí pro určení konvekční aktivity využití plošných dat z meteorologických radarů. Je ovšem třeba mít na paměti, že na intenzitu konvekce usuzujeme v tomto případě zprostředkovaně pomocí měření radiolokační odrazivosti. Srovnání řady termodynamických indexů a dalších charakteristik (CAPE a její modifikace, vertikální stříh větru) s radarovými daty bylo provedeno v práci [5], tento článek se zaměřuje pouze na CAPE a její modifikaci CAPEccl.

4.1 Datové zázemí

Pro výpočet statistických charakteristik CAPE byla použita aerologická data ze stanice Praha-Libuš za období 1996 až 2001 z letní poloviny roku (duben až září) a byly vyhodnoceny půlnoční a polední výstupy. Pro stejné období už byla k dispozici data z radaru Skalky (Gematronik METEOR 360AC). Pro srovnání by bylo vhodnější využít i měření radaru Brdy (EEC DWSR-2501 C), ten však měří až od roku 2000. Pro zpracování byla použita pole maximální radarové odrazivosti pro daný pixel 2×2 km). Z celkového počtu 1098 dnů bylo vyřazeno 61 dnů vzhledem k nedostatečnému pokrytí radarovými daty (dostupná méně než polovina měření pro daný den). Na každý radarový snímek byl aplikován jednoduchý filtr, jehož úkolem bylo vyřadit zjevně chybné nebo náhodné hodnoty. Pro každý radarový pixel byl stanoven medián ze sousedních 3×3 pixelů. Pokud se hodnota odrazivosti v daném pixelu lišila od

mediánu o více než 12 dBz, hodnota byla vyřazena a nahrazena mediánem z okolních hodnot.

Pro rozlišení intenzity konvekčních jevů byly použity dvě prahové hodnoty, používané rutinně v ČHMÚ při analýze radarových dat. Překročení hodnoty 40 dBz jsme považovali za indikaci výskytu konvekčních srážek bouřkového původu, výskyt hodnot vyšších než 52 dBz indikoval silné konvekční srážky, případně kroupy. Kritériem pro zařazení dne do příslušné „konvekční kategorie“ byl výskyt alespoň deseti pixelů překračujících prahovou hodnotu v jednom radarovém měření v průběhu dne.

4.2 Srovnání hodnot CAPE s radarem

Při zkoumání využitelnosti stabilitních indexů a dalších veličin pro předpověď výskytu konvekce se obvykle pracuje s různými verifikačními kritérii (skill score) jako např. v pracích [3, 8]. V této práci používáme pravděpodobnostní přístup, který nám umožní zhodnotit podmíněnou pravděpodobnost výskytu dané kategorie pro danou hodnotu veličiny CAPE.

Podmíněnou pravděpodobnost $p(R/P)$ výskytu jevu R pro danou hodnotu P můžeme vyjádřit jako

$$p(R/P) = \frac{p(RP)}{p(P)},$$

kde $p(RP)$ je pravděpodobnost současného výskytu R a P . V této práci představuje P vypočítanou hodnotu konvekční energie CAPE a R výskyt maximální odrazivosti vyšší než zadaný práh v daném dni.

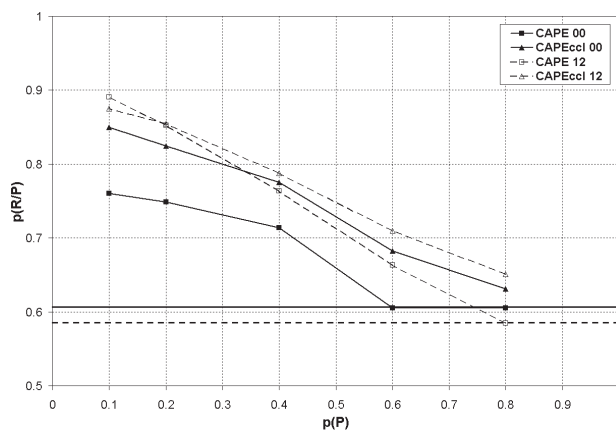
Pro soubor aerologických výstupů byly vypočteny hodnoty CAPE a modifikace CAPEccl a pro vypočtené soubory byly stanoveny pravděpodobnosti $p(P)$ a hodnoty odpovídající percentilům 80 %, 60 %, 40 %, 20 % a 10 % pravděpodobnosti překročení. V tabulce 1 jsou shrnuty charakteristické hodnoty pro příslušné percentily. Hodnoty byly pro lepší čitelnost zaokrouhleny na jednotky a pro vyšší hodnoty na desítky J/kg. Je vidět, že pro noční termíny měření jsou hodnoty CAPE velmi nízké (téměř 60 % hodnot je nulových), zatímco rozsah hodnot CAPEccl je pro půlnoční termín téměř shodný jako ve 12 UTC. Polední hodnoty CAPE dosahují vyšších hodnot i ve srovnání s CAPEccl. Dále byly stanoveny hodnoty $p(RP)$, tedy pravděpodobností současného výskytu dané kategorie radarové odrazivosti a CAPE vyšší než hodnota pro daný percentil, viz. tabulka 1:

Tab. 1 Hodnoty energie CAPE a CAPEccl [J/kg] odpovídající příslušným percentilům pravděpodobnosti překročení. Termíny měření 00 a 12 UTC.

Table 1. Values of CAPE and CAPEccl [J/kg] for corresponding percentiles of probability of exceedance and 00, 12 UTC times.

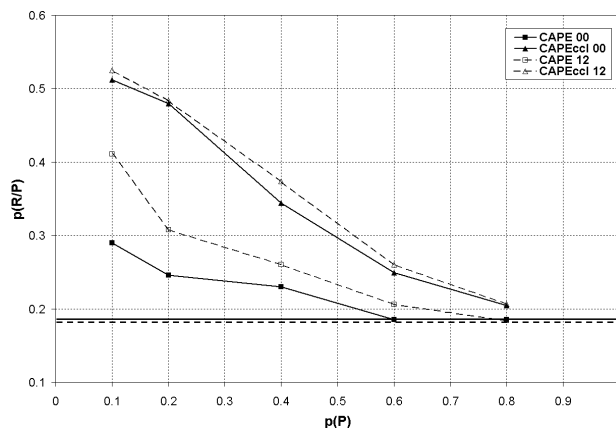
	80 %	60 %	40 %	20 %	10 %
CAPE 00	0	0	1	15	50
CAPE 12	15	50	120	400	900
CAPEccl 00	3	20	60	200	550
CAPEccl 12	2	20	50	250	700

V dalším byly stanoveny podmíněné pravděpodobnosti výskytu příslušných kategorií radarové reflektivity a byly srovnány pro standardní hodnoty CAPE a modifikaci CAPEccl. Výsledky jsou shrnuty na obrázcích 2 a 3. Na vodorovné ose jsou vyneseny pravděpodobnosti výskytu hodnoty CAPE a svislá osa zobrazuje hodnoty podmíněné pravděpodobnosti. Například na obr. 2 pro CAPE počítanou z půlnočního termínu nalezneme pro 20% percentil (odpovídá zhruba



Obr. 2 Podmíněná pravděpodobnost výskytu radarové odrazivosti vyšší než 40 dBz, v závislosti na hodnotě pravděpodobnosti CAPE a CAPEccl. Hodnoty jsou počítány pro termín 00 UTC.

Fig. 2. Conditional probability of radar reflectivity exceeding 40 dBz given CAPE and CAPEccl value exceeding P in dependence on the probability of exceedance precursor value $p(P)$. The aerological measurements are from 00 UTC. Thick line denotes the probability of occurrence of radar reflectivity above 40 dBz (0.602).



Obr. 3 Stejně jako na obr. 2, hodnota radarové odrazivosti vyšší než 52 dBz.

Fig. 3. The same as in Fig. 2 but for the radar reflectivity exceeding the 52 dBz. Thick line denotes the probability of occurrence of radar reflectivity above 52 dBz (0.184).

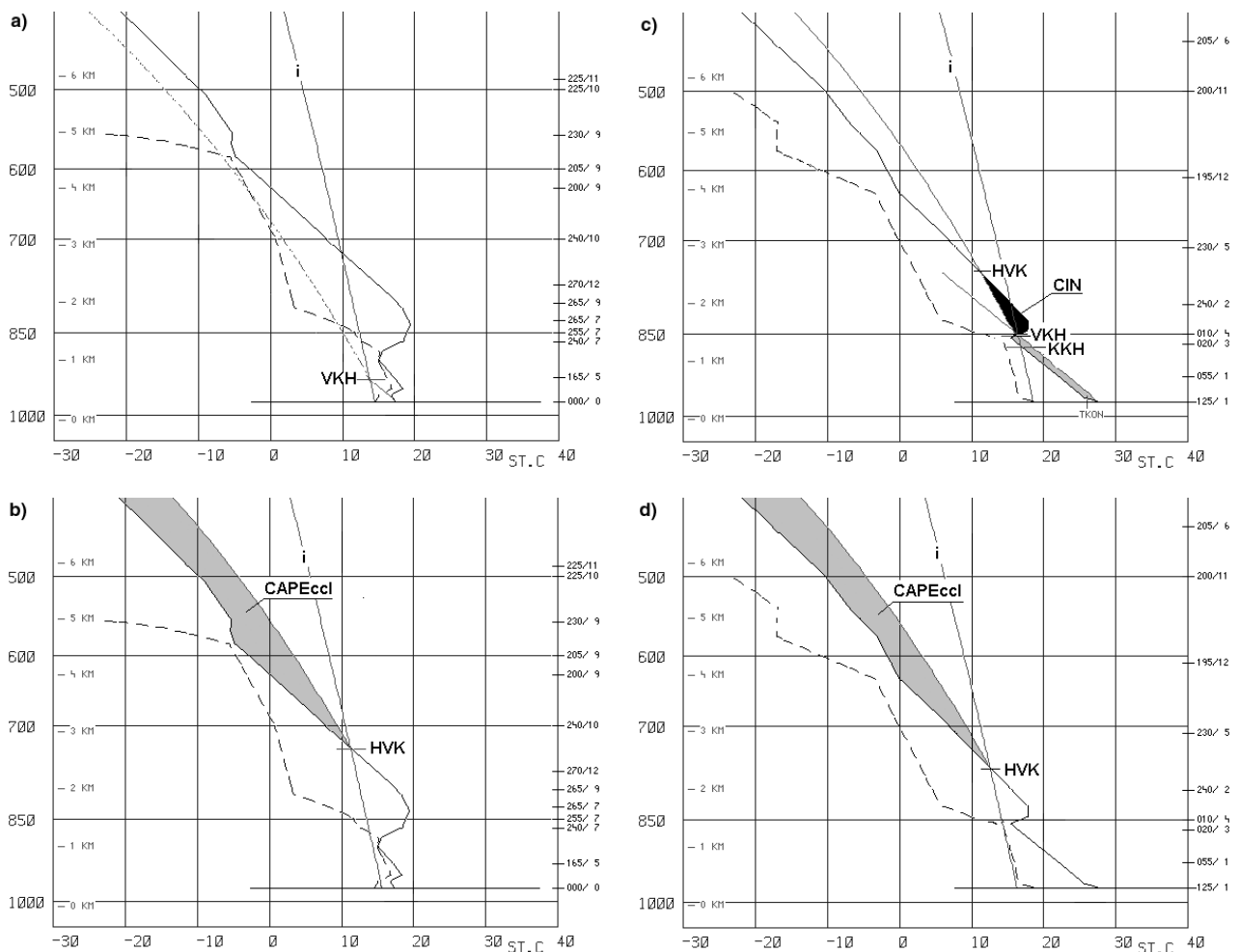
hodnotě CAPE 15 J/kg) podmíněnou pravděpodobnost, že se v daném dni vyskytne radarová odrazivost vyšší než 40 dBz, přibližně 0,75. Tučnou vodorovnou čarou jsou vyznačeny hodnoty pravděpodobnosti překročení příslušné prahové hodnoty z radarových měření pro celý datový soubor. Různé hodnoty pro termíny 00 a 12 UTC jsou způsobeny rozdíly ve výchozích datových souborech díky chybějícím termínům v aerologických pozorováních. Obr. 2 zobrazuje podmíněné pravděpodobnosti pro CAPE a CAPEccl počítané z půlnočních a poledních výstupů pro prahovou hodnotu 40 dBz. Je zřetelné, že klasická CAPE nedává v nočních hodinách žádnou informaci, pouze v případech, kdy zaznamenáme nenulovou hodnotu CAPE, podmíněná pravděpodobnost prudce roste. CAPEccl prokazuje pro půlnoční termíny vyšší hodnoty podmíněných pravděpodobností. Na obr. 3 jsou výsledky získané pro výpočet CAPE a CAPEccl a prahovou hodnotu 52 dBz. Zde se ukazuje, že pro významné konvekční události vykazuje CAPEccl vyšší hodnoty podmíněné pravděpodobnosti než standardní energie CAPE i pro polední termín.

5. UKÁZKA VÝPOČTU NA PŘÍPADU VÝRAZNÉ SQUALL-LINE 7. 7. 2001 A TORNÁDOVÉ BOUŘE 11. 6. 2000

Problematiku CAPE budeme demonstrovat na dvou zajímavých případech. Použité obrázky jsou ze stivegramu vykresleného programem GPZT používaným v provozu ČHMÚ. Výřez je z prostorových důvodů omezen na vrstvu atmosféry ca 6 km nad povrchem. Na pravé ose grafu jsou údaje o výškovém větru. Vykresleny jsou křivky zvrstvení, izograma směšovacího poměru použitá pro výpočet CAPE, polohy hladin VKH (výstupná kondenzační hladina), HVK (hladina volné konvekce), případně KKH (konvekční kondenzační hladina) a jí příslušející teplota volné konvekce TKON. V případě CAPE je zobrazena suchá a nasycená adiabata a řadou výplní spočtená pozitivní energie, v případě CAPEccl je vykreslena pouze příslušná nasycená adiabata vycházející z HVK. Černou výplní je zvýrazněna negativní energie CIN. Nutno poznamenat, že stivegram se v provozu

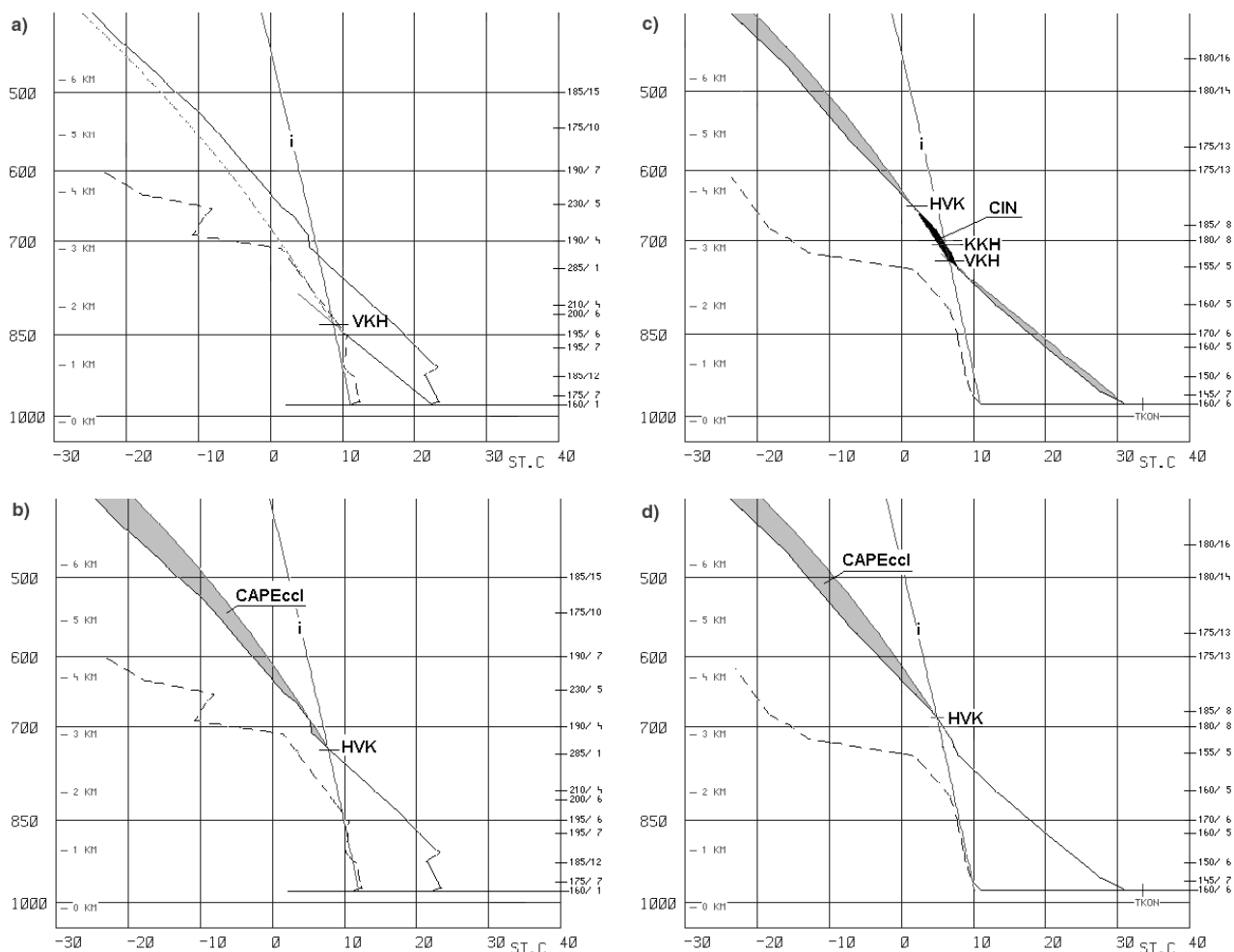
používá z historických důvodů [4], není ovšem plochojevný, a tedy vhodný pro výpočet energie. Program proto výpočet řeší v souřadnicové soustavě emagramu a stivegram slouží jen pro zobrazení.

Obr. 4 se vztahuje k 7. 7. 2001, kdy přes naše území přešla výrazná čára konvergence s teplotním rozdílem po obou stranách rozhraní 10–15 °C. Okolnosti tohoto i následujícího případu jsou dostatečně popsány v [11]. Do příchodu souvislého bouřkového pásma bylo nad naším územím skoro jasno, pouze na Šumavě a na Chebsku se ještě před hlavním pásmem tvořila oblačnost, na Chebsku s následným výskytem downburstu a přivalového deště. Na obr. 4a je ranní aerologický výstup z Prahy, nad inverzí vidíme velmi teplé jihozápadní proudění. V důsledku výrazné inverze neexistuje HVK a tedy ani výpočty CAPE, resp. CIN, definované přízemními hodnotami T a T_d . Aplikováním modifikace CAPEccl, viz obr. 4b, ovšem zjistíme přítomnost extrémně vysoké energie 2 914 J/kg. Na odpoledním výstupu na obr. 4c je stále vertikálně mohut-



Obr. 4 Aerologické výstupy 11520 7. 7. 2001 06 UTC (a, b) a 12 UTC (c, d), **a** – výrazná inverze, neexistuje hladina volné konvekce HVK ani CAPE, izograma „i“ vedená z přízemní teploty rosného bodu, **b** – izograma „i“ reprezentuje průměrný směšovací poměr ve vrstvě zem – 850 hPa, je spočtena modifikace CAPEccl = 2 914 J/kg, **c** – v termínu 12 UTC je nad hladinou 850 hPa černě znázorněná zádržná vrstva s vertikální mohutností přes 500 m, program CAPE nad hladinou HVK nespočte, vyhodnotí pouze kladnou energii mezi povrchem a inverzí při superadiabatickém gradientu, **d** – izograma „i“ reprezentuje průměrný směšovací poměr ve vrstvě zem – 850 hPa, je spočtena modifikace CAPEccl = 2 308 J/kg.

Fig. 4. Stive diagram of radiosonde data (station 11520) measured at 06 UTC (a, b) and 12 UTC (c, d) on 7 July 2001, **a** – pronounced inversion, level of free convection does not exist, so neither CAPE nor CIN is evaluated, isogram „i“ from surface dew-point, **b** – isogram „i“ represents mean mixing ratio from ground to 850 hPa level, the value of CAPEccl is 2 914 J/kg, **c** – there is convective inhibition layer (black colour) above level 850 hPa with vertical extent more than 500 m, program does not calculate CAPE above the level of free convection in this case, only positive energy between ground and inversion can be evaluated in case of superadiabatic gradient, **d** – isogram „i“ represents mean mixing ratio from layer ground – 850 hPa, the value of CAPEccl is 2 308 J/kg.



Obr. 5 Aerologické výstupy 11520 11. 6. 2000 00 UTC (a, b) a 12 UTC (c, d), a – nízká vlhkost a noční inverze jsou důvodem, proč neexistuje HVK a není spočtena ani CAPE ani CIN, b – izogram „i“ reprezentuje průměrný směšovací poměr ve vrstvě zem – 850 hPa, je spočtena modifikace CAPEccl = 1 232 J/kg, c – vertikální rozsah černě zbarvené zádržné vrstvy je těsně pod hranicí 500 m, CAPE = 672 J/kg, negativní energie CIN byla překonána a vyskytla se bouře s tornádem u Málkova [11], d – izogram „i“ reprezentuje průměrný směšovací poměr ve vrstvě zem – 850 hPa, je spočtena modifikace CAPEccl = 909 J/kg.

Fig. 5. Skive diagram of radiosonde data (station 11520) measured at 00 UTC (a, b) and 12 UTC (c, d) on 11 June 2000, a – low humidity and night inversion are reasons, for which the level of free convection does not exist, so neither CAPE nor CIN is evaluated, b – isogram „i“ represents mean mixing ratio from layer ground – 850 hPa, the CAPEccl value is 1 232 J/kg, c – vertical extent of convective inhibition layer (black colour) is below the limit 500 m, CAPE = 672 J/kg, negative energy CIN was overcome and storm with tornado near Malkov developed [11], d – isogram „i“ represents mean mixing ratio from layer ground – 850 hPa, the CAPEccl value is 909 J/kg.

na zadržující vrstva s negativní energií CIN, což vysvětluje, proč bylo na většině území republiky vyjasněno. Spočtena je ovšem pouze kladná energie pod zádržnou vrstvou (při zemi superadiabatický gradient) o tloušťce větší než 500 m, výpočet dál neprobíhá. Modifikace CAPEccl na obr. 4d opět prozrazuje, že nad zádržnou vrstvou existuje značné množství pozitivní energie, v tomto případě 2 308 J/kg. Blízká bavorská aerologická stanice 10771 vykazovala rovněž zádržnou vrstvu, ovšem se značně menší energií CIN. Hypotéza je taková, že na Šumavě a Chebsku byla relativně nižší hodnota CIN (blíže ke stanici 10771 než k 11520) překonána prostým přehřátím na teplotu volné konvekce, zatímco nad ostatním územím došlo k vynucené konvekci až při přechodu linie konvergence z Bavorska s již vyvinutou bouřkovou oblačností. Výsledkem byly značné škody způsobené větrem o síle vichřice a přivalovými srážkami.

Druhým případem (obr. 5) je výskyt bouří v západních Čechách dne 11. 6. 2000, kdy se kromě downburstu a přivalových srážek vyskytlo v podvečer na Chomutovsku tornádo

ohodnocené intenzitou F2 až F3. Na obr. 5a vidíme půlnoční sondáž z Prahy – nízká vlhkost ve spodních hladinách a výrazná inverze podpořená velmi teplým prouděním od jihu způsobily, že podobně jako v předchozím případě neexistuje HVK, není spočtena CAPE ani CIN. Na obr. 5b je znázorněna modifikace CAPEccl, výpočet pozitivní energie 1 232 J/kg, což je poměrně vysoká hodnota. Čtenář si jistě povšimne významného úbytku vlhkosti vzduchu nad 3 km a také s výškou zesilujícího jižního proudění, prostředí vhodného pro výskyt downburstů. Na polední sondáži jsou tyto příznaky ještě markantnější. Na obr. 5c vidíme znázornění výpočtu CAPE z přízemních hodnot T a T_d a také zádržnou vrstvu s negativní energií CIN dostatečnou pro to, aby na většině území republiky bylo jasno. Vlivem bouřek z předchozího dne a noci a také vlhčího proudění po okraji tlakové níže nad západním Středomořím byly teploty rosného bodu v západních Čechách mezi 13 – 18 °C na rozdíl od 11 °C ve středních Čechách. Proto byly na západě Čech pravděpodobně vyšší hodnoty energie CAPE, resp. CAPEccl, než by odpovídalo

výpočtům pro Prahu (672 J/kg, resp. 909 J/kg, viz obr. 5c a 5d). Tato okolnost současně s přechodem slabé studené fronty přispěly k vývoji bouřek s ničivými následky.

6. CAPEccl PŘI SILNÉ KONVEKCI V LETECH 1996–2002

Zatímco nám indexy instability počítané z parametrů ve vybraných standardních hladinách atmosféry sdělují informaci o stabilitě nebo labilitě atmosféry, a tedy o pravděpodobnosti dne bez bouřky nebo s bouřkou, integrální veličina CAPE „mapující“ celou vrstvu prostředí, ve kterém se má bouřková oblačnost tvořit, vypovídá o možné intenzitě konvekce. Ve švýcarské studii [3] se např. uvádí, že modifikace CAPEccl je vhodná pro rozlišení dne s izolovanými bouřkami ode dne s plošně rozsáhlým výskytem bouřek a její výhodou je, že velmi často existuje i v půlnočním termínu měření. Studie případů silné konvekce pak ukázala, že jedním z příznaků intenzivní konvekce v podmínkách Švýcarska je CAPEccl vyšší než 600 J/kg. Tyto závěry vedly k myšlence projít případy silných bouří s prokazatelně ničivými účinky rozšířené o dny s pozorovaným výskytem tornáda nebo alespoň pseudotornádové tromby [16]. Záměr byl uskutečnitelný díky aktivitám v rámci grantového úkolu zmíněného v úvodu článku.

Grantem podchycené období 2000–2002 bylo doplněno vybranými silnými bouřkami z předchozích let až do roku 1996. Celkem bylo zpracováno 73 případů rozdělených do tří kategorií:

1. Krupobití nebo škody způsobené větrem (downbursty neboli propady studeného vzduchu).
2. Příválové srážky (naměřené úhrny 50 mm a více).
3. Tornádové bouře.

Kromě CAPEccl byl posuzován také hodograf větru – jeho zakřivení pro vrstvu do 3 km nad zemí a délka pro výškový rozsah 0,5–6 km, která by měla charakterizovat integrální stříh větru mající vliv na strukturu bouřkového oblaku [1].

Energie CAPEccl a hodograf byly spočteny z aerologických stanic považovaných za reprezentativní pro prostředí, ve kterém se bouře začaly vyvíjet. Prakticky se postupovalo tak, že v termínu blízkém výskytu bouře se odečetlo proudění v 700 hPa a proti tomuto proudě se hledala vhodná aerologická sondáž s ohledem na dobu spuštění vývoje konvekce, což bylo v některých případech dost problematické. Zjištěné výsledky jsou v tabulce 2.

Hodnoty intervalů CAPEccl a stříhu větru jsou voleny obdobně jako v [1]. Z celkem malého souboru událostí a malého počtu dnů s vysokými hodnotami CAPEccl nelze vyvodit jednoznačné závěry, snad jen jejich náznaky:

1. Většina případů silné konvekce byla v prostředí s přímým nebo pravostáčivým hodografem a mírným až silným stříhem větru (5–15, resp. 15–25 m/s).
2. Nejvyšší počet bouří s krupobitím nebo propadem studeného vzduchu byl při přímočarém hodografu.
3. Je zajímavé, že poměrně velký počet tornádových bouří byl spojen s relativně nízkou hodnotou CAPEccl – tento fakt byl hned v několika souvislostech citován účastníky Evropské konference o silné konvekci v Průhoncích v srpnu 2002 [14].
4. Příválové srážky se vyskytovaly nejčastěji při mírnějším stříhu větru.
5. Závislost na CAPEccl není příliš zjevná.

7. ZÁVĚR

Energie CAPE se v provozních podmínkách ČHMÚ dočasně počítala v 90. letech minulého století. V roce 2000 byl vyvinut program PREKCALC a následně nová verze programu GPZT rozšířená o výpočet CAPE, která je připravena pro provozní využití v předpovědní službě ČHMÚ na letní sezonu 2004. CAPE je od roku 2001 počítána i jako prognostická veličina modelem ALADIN. Příspěvek se zabývá problematikou výpočtu značně choulostivého na vstupní hodnoty a uvádí vybrané modifikace používané i v dalších evrop-

Tab. 2 Četnost výskytu tří kategorií silných bouří pro vybrané intervaly CAPEccl a integrálního stříhu větru ve vrstvě 0,5–6 km nad povrchem, zakřivení hodografu uvažováno pro vrstvu 0–3 km

Table 2. Frequency of occurrence of severe convection categories for chosen intervals of CAPEccl values and integral wind shear in layer 0,5–6 km above ground level, hodograph shape considered in layer 0–3 km, see [5]

26 – KRUPOBITÍ A POŠKOZENÍ VĚTREM						25 – PŘÍVALOVÉ DEŠTĚ					
CAPEccl [J/kg]	délka hodografu [m/s]					CAPEccl [J/kg]	délka hodografu [m/s]				
	<5	5-15	15-25	>25	suma		<5	5-15	15-25	>25	suma
<500	0	3	5	1	9	<500	1	7	1	0	9
500-1000	0	6	4	1	11	500-1000	2	8	1	0	11
>1000	0	3	3	0	6	>1000	2	1	2	0	5
tvar hodografu						tvar hodografu					
Přímý	14					Přímý	5				
Pravostáčivý	8					Pravostáčivý	13				
Levostáčivý	3					Levostáčivý	2				
Chaos	1					Chaos	5				
22 – TORNÁDA NEBO PSEUDOTORNÁDOVÁ TROMBA						73 – VŠECHNY PŘÍPADY					
CAPEccl [J/kg]	délka hodografu [m/s]					CAPEccl [J/kg]	délka hodografu [m/s]				
	<5	5-15	15-25	>25	suma		<5	5-15	15-25	>25	suma
<500	1	8	3	1	13	<500	2	18	9	2	31
500-1000	0	5	0	0	5	500-1000	2	19	5	1	27
>1000	0	2	2	0	4	>1000	2	6	7	0	15
tvar hodografu						tvar hodografu					
Přímý	9					Přímý	28				
Pravostáčivý	7					Pravostáčivý	28				
Levostáčivý	3					Levostáčivý	8				
Chaos	3					Chaos	9				

ských zemích. Experimentální výpočty programem PREK-CALC byly po tři sezony prováděny na Regionálním předpovědním pracovišti v Plzni a zveřejňovány na internetu [15].

Srovnání hodnot CAPE a CAPEccl s radarovými daty prokázalo použitelnost modifikace CAPEccl pro noční aerologická měření. Pro polední termíny jsou obě veličiny srovnatelné pro rozvinutou konvekci (prahová hodnota maximální radarové odrazivosti 40 dBz), pro významné konvekční události a výskyt krupobití dává CAPEccl vyšší hodnoty podměně pravděpodobnosti.

V další pasáži jsou dvě případové studie ilustrující využití modifikace CAPEccl jako alternativy vhodné zejména pro půlnoční termín sondáže nebo pro případy s výraznou zádržnou vrstvou. Výsledkem pokusu o zpracování 73 případů silné konvekce z období 1996–2002 je mimo jiné konstatování, že závislost na CAPEccl není příliš zjevná, snad i z důvodu relativně menšího výskytu vysokých hodnot. Daleko určitější jsou závěry týkající se kombinace s hodografem větru uvedené v závěrečné části příspěvku.

Poděkování

Autoři děkují za odbornou garanci a rady při řešení problémů výpočtu CAPE paní RNDr. Daniele Řezáčové, CSc. a také meteorologům Regionálního předpovědního pracoviště ČHMÚ v Plzni za průběžné výpočty CAPE, které byly operativně poskytovány k nahlédnutí na internet. Práce vznikla za podpory projektů GA ČR 205/03/Z043 a GA ASČR S3042101.

Literatura

- [1] BLUESTEIN, H. B., 1993. Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes. Vol. II: Observations and Theory of Weather Systems. New York: Oxford University Press, s. 444–455.
- [2] CALAS, S. – DUCROCQ, V. – SÉNÉSI, S., 2000. Mesoscale Analyses and Diagnostic Parameters for Deep Convection Nowcasting. *Meteorological Applications*, vol. 12, s. 145–161.
- [3] HUNTRIESER, H. – SCHIESSER, H. H. – SCHMID, W. – WALDVOGEL, A., 1997. Comparison of Traditional and Newly Developed Thunderstorm Indices for Switzerland. *Weather Forecasting*, vol. 12, s. 108–123.
- [4] NOVÁK, Z. – STAŠA, P., 1993. Grafické a početní zpracování zpráv TEMP pro potřeby letecké meteorologie. *Meteorologické Zprávy*, roč. 46, č. 3, s. 78–82.
- [5] PEŠICE, P. – SULAN, J. – ŘEZÁČOVÁ, D., 2003. Convection precursors in the Czech territory. *Atmospheric Research*, vol. 67–68, s. 523–532. ISSN 0169-8095.
- [6] STRACHOTA, J., 1966. Ověření několika metod pro předpověď bouřek v letním pololetí 1965. *Meteorologické Zprávy*, roč. 19, č. 3–4, s. 105–110.
- [7] ŘEZÁČOVÁ, D. – MOTL, V., 1990. The use of the simple 1D steady-state convective cloud model in the decision tree for determining the probability of thunderstorm occurrence. *Studia Geophysica et Geodaetica*, vol. 34, s. 147–166.
- [8] ŘEZÁČOVÁ, D. – SOKOL, Z., 1995. Skill of 6hr and 12hr thunderstorm forecasts based on assessment of larger-scale information. *Studia Geophysica et Geodaetica*, vol. 39 (1), s. 60–73.
- [9] ŘEZÁČOVÁ, D. – SOKOL, Z., 2003. A diagnostic study of a summer convective precipitation event in the Czech Republic using a non-hydrostatic NWP model. *Atmospheric Research*, vol. 67–68, s. 559–572. ISSN 0169-8095.
- [10] ŘEZÁČOVÁ, D. – ŠKOLOUD, O., 1993. Zhodnocení aerologické informace programem TEMP-GRAF. *Meteorologické Zprávy*, roč. 46, č. 3, s. 71–76.
- [11] ŠÁLEK, M. – SETVÁK, M. – SULAN, J. – VAVRUŠKA, F., 2002. Významné konvektivní jevy na území České republiky v letech 2000–2001. *Meteorologické Zprávy*, roč. 55, č. 1, s. 1–8.
- [12] TÁBORSKÝ, Z., 1966. Porovnání některých metod předpovědi bouřek. *Meteorologické Zprávy*, roč. 19, č. 6, s. 164–171.
- [13] WILSON, J. W. – MUELLER, C. K., 1993. Nowcasts of Thunderstorm Initiation and Evolution. *Weather Forecasting*, vol. 8, s. 113–131.
- [14] European Conference on Severe Storms, Prague, 26 – 30 August 2002. Abstracts. The Czech Hydrometeorological Institute, Prague, Czech Republic. ISBN 80-85813-97-1.

Internet:

- [15] <http://www.chmi.cz/PL/rpp/cape/cape.htm>
- [16] <http://www.chmi.cz/torn/>

Lektor prof. RNDr. J. Bednář, CSc., rukopis odevzdán v březnu 2004.

PREFERUJEME TERMÍNY ADVEKČNÍ, KONVEKČNÍ

V odborné publikační praxi jsou velmi často u odvozených slov cizího původu užívány dvojtvary. V meteorologii je takovým příkladem užívání tvarů advektivní – advekční, konvektivní – konvekční, odvozených od podstatných jmen advekce a konvekce.

Při tvorbě Meteorologického slovníku výkladového a terminologického (Praha: Academia – Ministerstvo životního prostředí ČR, 1993) jsme se na základě doporučení Ústavu pro jazyk český AV ČR přiklonili k termínům přirozeně vytvořeným od základních substantiv advekce, konvekce, tj.

k advekční a konvekční. Toto užití je kodifikováno i v normativním Akademickém slovníku cizích slov zpracovaném Ústavem pro jazyk český AV ČR (Praha: Academia 1995), ve kterém je dokonce termín konvektivní uveden jako termín astronomický.

Z těchto důvodů budeme preferovat při redakčních úpravách v Meteorologických zprávách termíny advekční a konvektivní.

Ze stejných lexikografických důvodů budeme dávat přednost adjektivu tornádový, vytvořenému od slova tornádo, oproti slovu tornádický, které není přirozeně odvozeno.

Redakce

EXTRÉMNÍ KONVEKČNÍ BOUŘE V ČECHÁCH 25.–26. KVĚTNA 1872

The extreme convective storms in Bohemia on May 25–26, 1872. On May 25–26, 1872, severe convective storms affected the several thousand km² large area westward from Prague. The storms were distinguished by extreme short-term intensity of flash rains (237 mm probably in 90 min and 289 mm in about 12 h), which was almost four times higher than the 100-year precipitation for corresponding duration. The event was studied on the basis of data from annuals, from original reports of meteorological stations and from other historical sources. The synoptical situation was characterized by a probably deepening cyclone movement from the south-west into the Middle Bohemia. There was a strong horizontal pressure gradient on sides of the depression and were significant temperature differences between the warm and cold air mass. The substantial vertical change of the wind direction was detected in the precipitation area – cold wind from the northern quadrant blew at the ground, in higher levels the cloud movement from SW was observed. Hailstorm affected many places; in a few cases also large hails and at least three tornadoes occurred. Recurred flash rain caused flash floods not only on small streams, but also on the Berounka river (a tributary of the Vltava river). At the time reached peak flow was not exceeded till now, not even big floods in August 2002. The studied event was one of the most catastrophic natural disasters in the Czech territory during several last centuries; about 240 people died. Land slides also occurred and a lake was created, which is the only one originated in this way during the historical period in Bohemia.

KLÍČOVÁ SLOVA: bouře konvekční – situace synoptická – srážky extrémní – intenzita srážek – povodeň historická – Berounka

1. ÚVOD

Konvekční bouře, které 25.–26. května 1872 postihly rozlehlou oblast západně od Prahy, se vyznačují extrémní intenzitou přívalových srážek v průběhu několika hodin, která dosud nebyla na území ČR překonána. Zatímco události tohoto druhu zpravidla zasáhnou plošně omezenou oblast a způsobují přívalové povodně na malých tocích, je studovaný případ ojedinělý i velikostí postiženého území. Přívalové srážky, krupobití a tornáda tehdy zasáhly velkou část povodí Berounky, přičemž nejen na řadě jejích přítoků, ale i na samotné Berounce došlo k dosud největší známé povodni, která si vyžádala asi 240 obětí na životech (některé prameny uvádějí až 337 obětí). Z hlediska tohoto počtu byla povodeň jednou z největších živelních pohrom v Čechách za posledních nejméně 200 let. Mimořádné nasycení podloží vodou ze spadlých srážek vedlo i k sesuvům svahů, přičemž u obce Mladotice (okr. Plzeň-sever) došlo dokonce ke vzniku hrazeného jezera, což je událost v Českém masivu během historické doby unikátní.

Příspěvek vychází z diplomové práce [29], doplněné o další poznatky. Jeho cílem je podrobně analyzovat a interpretovat uvedenou extrémní povětrnostní událost, jejíž opakování v budoucnosti nelze vyloučit. Využita byla nejen dochovaná meteorologická data, ale i další historické prameny. V úvodní části příspěvku jsou diskutovány možnosti současného studia historických konvekčních bouří, omezené dostupností datové základny. Vlastní rozbor květnové události roku 1872 je uveden přehledem pramenů z této doby a popisem jejich zpracování. Studovaný případ je zkoumán z hlediska předchozího počasí, samotného průběhu bouří, rozložení srážek a vývoje počasí po události. Následuje porovnání s obdobnými případy z historie i nedávné minulosti, přičemž je srovnávána především synoptická situace a extrémnost srážek, zmíněna je i hydrologická a geomorfologická odezva události roku 1872.

2. MOŽNOSTI STUDIA HISTORICKÝCH KONVEKČNÍCH BOUŘÍ

Významné případy konvekčních bouří jsou v současnosti zkoumány na základě širokého spektra meteorologických dat za použití numerických modelů, přičemž je testována i přesnost krátkodobé předpovědi tohoto jevu, viz např. [39]. Při analýze historických konvekčních bouří musíme vystačit s omezenou datovou základnou, jejíž rozsah i kvalita se směrem do minulosti zmenšuje.

Od roku 1865 byly vydávány jednoduché synoptické mapy Rakouska, od roku 1877 pak kvalitnější mapy celé Evropy [50]. Pro období 20. století je dále možno využít i pozdější reanalýzy, např. řadu amerických povětrnostních map severní polokoule [2] od roku 1899, které jsou uloženy např. v archivu ČHMÚ v Brozanech nad Ohří. V případě, že pro události z 19. století nemáme synoptické mapy k dispozici, je možné povětrnostní situaci zhruba rekonstruovat na základě denních měření z tehdejších meteorologických stanic, publikovaných v dobových ročenkách. V Rakousku byly od r. 1848 vydávány jednotné ročenky, jejichž struktura se postupně vyvíjela a které teprve od roku 1874 zaznamenávají měření na několika stanicích ze tří pozorovacích termínů denně.

Situaci v Čechách můžeme podrobněji studovat na základě denních měření z několika meteorologických stanic. Pro nejstarší z nich, pražské Klementinum, jsou pravidelná každodenní měření k dispozici od roku 1775 [32]. Po roce 1841 byla tato měření publikována v ročenkách [25], přičemž průběh některých prvků je zde uváděn i po dvou hodinách. Od roku 1874 byly v [9] Čechy zastoupeny Chebem, později i Pískem. V archivu ČHMÚ se nicméně dochovaly i originální výkazy některých českých stanic, jejichž data jsou cenným zdrojem informací o počasí v 19. století.

Velký problém představuje získání informací o stavu atmosféry ve vyšších hladinách. Pro období do zahájení aero-

logických měření v Praze-Ruzyni po 2. světové válce jsou k dispozici pouze údaje z nepravidelných sondáží atmosféry, prováděných častěji teprve v 1. polovině 20. století za pomoci balonů, draků či letadel. V této době již lze využít i data z horských stanic (Sněžka, Milešovka, Fichtelberg aj.). Pro nejstarší období jsme odkázáni jen na nepřímou aerologii (pozorování směru, případně i rychlosti tahu oblačnosti).

Rekonstruovat pole denních úhrnů srážek na území Čech není možné pro období do konce 70. let 19. století, kdy máme k dispozici měření z velmi malého počtu stanic. Teprve po roce 1875 se v Čechách začala rychle rozrůstat srážkoměrná síť, která během několika let dosáhla podobné hustoty jako dnes. Právě zkoumaná událost z května 1872 byla jedním z hlavních impulzů k jejímu budování [23]. Data z těchto stanic byla publikována ve srážkoměrných ročenkách, které však uváděly denní úhrny srážek pouze z některých stanic.

Srážky konvekčního původu nejsou nicméně pomocí denních úhrnů popsány dostatečně. Bližší informace o jejich časovém průběhu poskytují v 19. století pouze případné poznámky pozorovatelů na srážkoměrných stanicích, které se často dochovaly jen v originálních výkazech. Mnoho těchto záznamů však bylo zničeno, když se prof. Studnička cítil zneuznán za svou celožitovní práci [23]. Přesnější zprávy o průběhu srážek poskytují teprve záznamy ombrografů, které byly v Čechách zaváděny od konce 19. století.

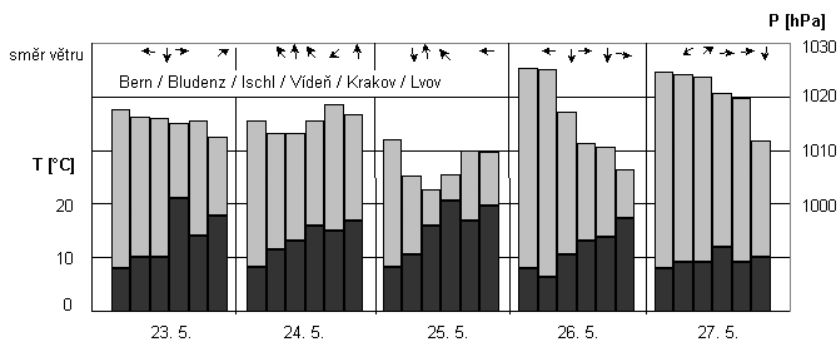
Vítaným zdrojem dalších informací o historických případech silných konvekčních bouří mohou být dobové publikace, přímo věnované určité mimořádné události. Tehdejší odborníci v nich většinou shromáždili řadu cenných informací, často jsou zde i přetištěna data, která jinak již nelze objevit. S úspěchem však lze využít i další prameny, jako např. denní tisk a dobové kroniky.

Z uvedeného nástínu je zřejmé, že závěr 19. století představuje určitý předěl z hlediska dostupnosti meteorologických dat. Ve starším období je možné blíže analyzovat pouze extrémní události, jako je právě případ z května 1872.

3. KONVEKČNÍ BOUŘE 25. – 26. 5. 1872

3.1 Zdroje dat pro květen 1872 a jejich zpracování

Pro zhodnocení synoptické situace v květnu 1872 máme k dispozici jen velmi zjednodušené povětrnostní mapy území ovládaného Rakousko-Uherskem [28]. Byly tehdy konstruovány jednou denně na základě ranních telegrafických hlášení ze 16 stanic. Je v nich vyznačen směr a síla větru, množství oblaků a srážky, dále pak odchylky naměřených hodnot tlaku a teploty vzduchu od normálů z let 1848–1865. Přímě naměřené hodnoty, resp. hodnoty uvedených normálů, jsou pro rakouskou část monarchie uvedeny v ročenke [9]. Synoptická situace bude proto charakterizována především na základě dat z uvedené ročenky. Na obr. 1 jsou zobrazeny ranní hodnoty atmosférického tlaku, teploty vzduchu a směru větru 23.–27. 5. 1872 na šesti stanicích zhruba ve směru ZJZ-VSV podle [9] a [40], neboť tento směr nejlépe ukazuje pravděpodobný postup zjištěné cyklony (viz dále). (Pro označení světových stran jsou používány zkratky, pokud tím není narušena srozumitelnost textu.) Povětrnostní mapu celé střední Evropy nelze zatím sestavit; v budoucnu předpokládáme i využití ročenek z území Německa pro upřesnění synoptické situace.



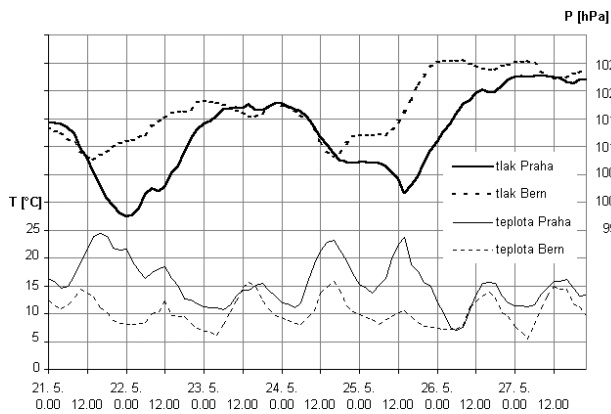
Obr. 1 Tlak vzduchu (výška celého sloupce), teplota vzduchu (výška tmavé části sloupce) a směr větru na vybraných středoevropských stanicích v období 23.–27. 5. 1872 vždy v 7 h. Jednotlivé sloupce značí stanice přibližně ve směru ZJZ-VSV: Bern, Bludenz, Ischl, Vídeň, Krakov a Lvov.

Fig. 1. Atmospheric pressure (all column height), air temperature (height of the dark part of the column) and wind direction on May 23–27, 1872 (at 7 a.m.) at selected stations in the Middle Europe. Each column shows one of these stations (approximately in the direction WSW-ENE): Bern, Bludenz, Ischl, Wien, Kraków and Lvov.

Čechy jsou v ročenke [9] reprezentovány denním měřením pouze z pražského Klementina. Zdejší měření po dvou hodinách však máme k dispozici ve zvláštní ročenke [25]. To umožnilo graficky vyjádřit průběh tlaku a teploty vzduchu 21.–27. 5. 1872 (obr. 2) a porovnat je s hodnotami ve švýcarském Bernu (podle ročenky [40]). V Čechách však roku 1872 existovalo dalších nejméně 16 stanic [9], přičemž v archivu ČHMÚ se dochovaly originální výkazy některých z nich [47]. Hodnoty z výkazů bylo nutno převést na dnešní jednotky a tlak vzduchu redukovat na hladinu moře [29]. Z takto upravených dat byly sestaveny obr. 3 a 4. Porovnáním redukováných hodnot tlaku vzduchu 23. 5. ráno, kdy rozdíl mezi českými stanicemi byly minimální (do 1 hPa), bylo zjištěno zřejmé nadhodnocení údajů z Čáslavi přibližně o 2,6 hPa, resp. podhodnocení dat z Brna o ca 2,8 hPa; na základě toho byly provedeny příslušné korekce. Síla větru byla v Praze-Klementinu odhadována ve čtyřstupňové škále, která rozsahem odpovídala dvanácti stupňům Beaufortovy stupnice. Na ostatních stanicích byla používána blíže nespecifikovaná desetidílná stupnice síly větru. Na obr. 4 je síla větru na mimopražských stanicích vyjádřena v této škále číslicí v praporeku u meteorologického kroužku. Jediné tehdejší údaje o vyšších vrstvách atmosféry představují záznamy o směru tahu oblaků. Lze se jen domnívat, že jde o tah oblaků spodního patra.

Bezprostředně po květnové události roku 1872 byl její průběh zkoumán řadou tehdejších odborníků, kteří své poznatky shrnuli v pracích [6, 20, 37], jejichž krátké shrnutí je uvedeno v [46]. V [20] jsou zaznamenány denní úhrny srážek na českých stanicích 25. 5. 1872 (obr. 5), z nichž však žádná neležela v oblasti nejsilnějších srážek. Mimořádně cenné jsou proto zprávy o úhrnech srážek, které byly v nejvíce postižené oblasti naměřeny v otevřených nádobách.

Vzhledem k rozsahu katastrofy vznikla i četná populární líčení zkoumané události, mezi nimiž svým rozsahem vyniká kniha [48]. Kromě barvitého popisu povodněmi způsobených škod a jejich vyobrazení lze nalézt i důležité zmínky o průběhu počasí. V nedávné době byla tato práce s dílčími úpravami znovu vydána jako [4]. Další zprávy tohoto druhu se vyskytují v rukopisných kronikách a denním tisku [29]. Uvedené prameny poskytují rámcovou představu o časovém průběhu bouří. Na základě údajů především z [48] pak bylo možno sestavit mapku výskytu extrémních jevů (obr. 6).



Obr. 2 Průběh tlaku a teploty vzduchu 21.–27. 5. 1872 na stanicích v Praze-Klementinu a ve švýcarském Bernu.

Fig. 2. Atmospheric pressure and air temperature development on May 21–27, 1872 at the stations Praha-Klementinum and Bern (Switzerland).

3.2 Vývoj počasí před bouří

Povětrnostní situaci v noci na 22. 5. charakterizuje výrazná oblast nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou. Podle [25] přešla přes Prahu po půlnoci při minimu tlaku 997 hPa studená fronta od Z až SZ s postupných ochlazováním a dopoledne ještě podružná studená fronta od SZ s rychlými vzestupy tlaku vzduchu (obr. 2). Dne 23. 5. se nad střední Evropu rozšířil hřeben vyššího tlaku (přes 1017 hPa), teploty v Praze zůstaly podnormální (s maximem jen 15 °C), vítr postupně zeslábl a vyjasnilo se.

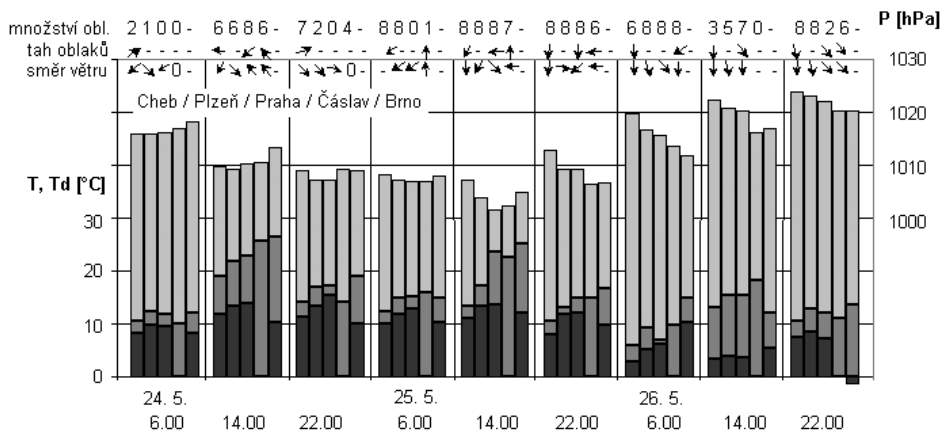
Během 24. 5. došlo k všeobecnému poklesu tlaku ve střední Evropě – např. v Praze o 10 hPa za 18 h (obr. 2), kde se během dopoledne velmi rychle oteplilo (až na 23 °C) při zataženém obloze současně se zvýšením rosného bodu asi o 4 °C. Toto oteplení bylo kromě denního chodu způsobeno s velkou pravděpodobností přechodem zvlněného frontálního rozhraní zhruba od JV, přičemž pokles tlaku vzduchu se zastavil (obr. 2). Rozdíl teplot mezi Chebem a Brnem činil 7,5 °C (obr. 3). V blízkosti uvedeného rozhraní se na několi-

ka stanicích vyskytly bouřky (např. v Praze v 19 h s kroupami, avšak zanedbatelnými srážkami).

V kritický den 25. 5. ráno setrvávalo frontální rozhraní nad středními Čechami bez výraznějších projevů počasí (např. v Praze jasno), přičemž bylo položeno zhruba ve směru JZ-SV. To se projevovalo převážně severovýchodním prouděním v západních a severních Čechách, a naopak převážně jižním větrem ve východní části Čech i Rakouska (obr. 1 a 3). Již 25. 5. ráno byla na uvedeném rozhraní jihozápadně od našeho území dobře vyjádřena tlaková níže. Její střed tehdy ležel severně od rakouských Alp, přičemž nejnižší známá ranní hodnota tlaku vzduchu 1002,7 hPa pochází z Ischlu (obr. 1). Můžeme předpokládat, že cyklona sem postupovala ze Švýcarska, kde bylo v Bernu zaznamenáno minimum tlaku vzduchu 1008 hPa již předchozího dne v 16 h (obr. 2). Tato tlaková níže měla zřejmě za následek zesílení přílivu studeného vzduchu v její týlové části, jak dokládá silný severní vítr a nízké teploty na stanici Bludenz v západním cípu Rakouska (obr. 1), a naopak značné oteplení s JV větrem ve Vídni.

Ve Švýcarsku a zřejmě i v západní části Rakouska již atmosférický tlak během dopoledne 25. 5. stoupal, bylo zde zcela zataženo, chladno a hustě pršelo. Zmíněná tlaková níže postupovala dále k SV do Čech. Způsobila pokles atmosférického tlaku a zesilování větru na obou stranách zvlněného rozhraní. Nad severozápadní polovinou Čech vál poměrně silný vítr ze severních směrů, nad chladnější zvlněnou hmotou se od určité výšky nicméně udržoval teplý vzduch, doložený tahem oblaků z jižního sektoru v Praze a Čáslavi (obr. 3). V jižních Čechách vál vítr z jižního sektoru i při zemi (obr. 4), jak ukazuje pozorování ve 14 h na šumavské stanici Hiršperky (zaniklá stanice blízko Horní Planě). Odpoledne je silný jihozápadní až jižní vítr uváděn i v Polsku a na Ukrajině (stanice Krakov a Lvov).

Povětrnostní situaci v Čechách ve 14 h zásadně určovala přízemní poloha postupující tlakové níže, která v této době přecházela přes střední Čechy jihovýchodně od Prahy [11]. V uvedenou hodinu byla v Praze naměřena vůbec nejnižší hodnota tlaku vzduchu během celé události ze všech stanic, a to 1001,6 hPa (obr. 2 a 4). Teploty zde byly sice poměrně

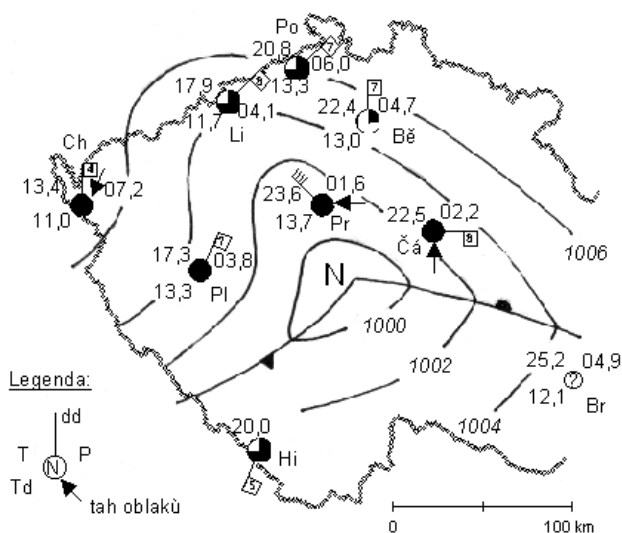


Obr. 3 Průběh vybraných meteorologických prvků 24.–26. 5. 1872 na pěti stanicích dnešní ČR, seřazených zhruba ve směru Z-V (Cheb, Plzeň, Praha, Čáslav, Brno): tlak vzduchu – výška celého sloupce, teplota vzduchu – tmavší část sloupce, teplota rosného bodu – nejtmavší část sloupce, množství oblaků – hodnota v osminách pokrytí oblohy. Chybějící údaje jsou označeny pomlčkou.

Fig. 3. Selected meteorological elements development on May 24–26, 1872 at five stations in the ČR (approximately in the direction W-E Cheb, Plzeň, Praha, Čáslav, Brno): atmospheric pressure – all column height, air temperature – height of darker part of the column, dew point temperature – height of the darkest part of the column, cloud amount – in eighths of sky covering. Failing data are signed by a dash.

vysoké, avšak Praha ležela ve studeném vzduchu, neboť již dopoledne zde vál čerstvý severní vítr, jehož síla byla v 10 h odhadnuta na 3. až 4. stupeň Beauforta, tedy asi 6 m.s^{-1} (v [25] ve čtyřstupňové škále 1,2). Poměrně tenká vrstva studeného vzduchu (asi 1 km) se totiž zřejmě zcela rozrušila intenzivní konvekční činností současně s prohřátím v odpoledních hodinách. Stanice Cheb, Plzeň a Praha znamenaly zataženo s výskytem všech tehdy rozlišovaných druhů oblačnosti (F – Federwolken – řasovitá oblačnost; H – Haufenwolken – kupovitá oblačnost; S – Schichtwolken – vrstevnatá oblačnost).

Obrázek 4 dokládá značný horizontální tlakový gradient



Obr. 4 Neúplná synoptická mapa území dnešní ČR 25. 5. 1872 ve 14 h se staničními kroužky (viz legenda) pro stanice Cheb, Plzeň, Horní Litvínov, Hiršperky, Podmokly, Praha-Klementinum, Bělá p. Bezdězem, Čáslav a Brno. V mapě je vyznačena přibližná poloha studené a teplé fronty.

Fig. 4. Fragmentary synoptical map of Czech territory on May 25, 1872, at 2 p.m. with station circles (see the caption) for stations Cheb, Plzeň, Horní Litvínov, Hiršperky, Podmokly, Praha-Klementinum, Bělá p. B., Čáslav and Brno. The approximate location of the warm and cold fronts is marked in the map.

v týlové části cyklony, který činil mezi Prahou a Chebem 5,6 hPa. Frontální rozhraní se projevovalo zejména velkým horizontálním teplotním gradientem; ve 14 h naměřili v Chebu 13,4 °C, v Brně o téměř 12 °C více (obr. 3). Chladno panující v severozápadních Čechách ukazuje např. zpráva ze vsi Petřšpurk (dnes Petrohrad, okr. Louny): „Dne 25. 5. byla krajina naše celý den pod mrakem; přitom bylo tak zima a vítr vál tak mrazivý, že zdálo se, jako bychom již měli listopad“ ([48], s.102). Naopak přítomnost velmi teplé vzduchové hmoty v jižních Čechách ukazuje odpolední teplota 20 °C na již zmíněné stanici Hiršperky, ležící ve výšce 1 317 m (obr. 4).

3.3 Průběh bouře

V souvislosti s postupem cyklony k severovýchodu, později k východu (obr. 5), docházelo k rychlému vývoji konvekční činnosti v blízkosti zvlněného frontálního rozhraní, a to na jeho severozápadní straně. K dalšímu zesílení konvekce nepochybně přispěla denní doba. Systém mohutných bouřkových oblaků během dopoledne 25. 5. pronikl přes Šumavu do Čech [20], kde se již kolem poledne místy vyskytly izolované bouřky. Např. v pražském Klementinu byla od 14.30 h pozorována bouřka. Její nástup se zřejmě projevil již při pozorování ve 14 h nárazovitým severozápadním větrem, takže směr větru v Praze na obr. 4 neodpovídá zcela přízemnímu tlakovému poli. Síla větru byla tehdy odhadnuta na 8. stupeň Beauforta [26], což činí asi 19 m.s⁻¹. Šlo tedy zřejmě o hůlavu, neboť v nejbližších sousedních termínech byla pozorována výrazně nižší síla větru.

Rozhodující srážky vypadávaly z výše uvedeného mezoměřítkového konvekčního systému, který se pohyboval převážně v souladu s výškovým JZ prouděním, jak uvádí např. svědectví z Mýta (okr. Rokycany): „K Mýtu hnaly se v jednu hodinu mraky od jihozápadu a o půl druhé prorhla se tu mračna...“ ([48], s.1). Velkou vertikální mohutnost oblačnosti dokládají zprávy o nebývalé tmě v odpoledních hodinách: „V Hudlicích stala se například o čtvrté hodině odpoledne taková tma v přibytčích, že nebylo na pět kroků rozeznat předměty v síni se nalézající“ ([48], s.1). Základna oblaků byla tak nízká, že se podle kroniky [21] ze Žebnice (okr. Plzeň-sever) zdálo, jakoby se dotýkaly střech. Zprávy o silném víření v oblacích [48] svědčí o značné turbulenci.

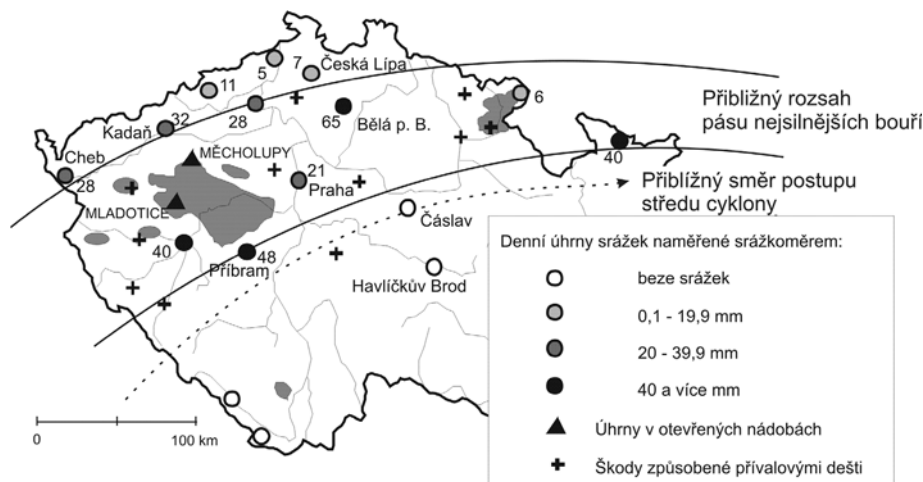
Bouří nejvíce postiženou oblast můžeme zhruba vymezit městy Rokycany, Žlutice, Rakovník a Beroun (obr. 5 a 6). Oblačný systém se sem rozšířil po 13. hodině, nejsilnější srážky pak začaly vypadávat kolem 14 h. Kromě častého přerušování srážkové činnosti, naznačující složitou multicelární strukturu konvekčního systému, zdůrazňují očití svědkové z řady míst dvě hlavní fáze bouře. Také stanice v Plzni uvádí 25. 5. dvě bouřky, z nichž první byla srážkově vydatnější (32, resp. 8 mm).

Nejintenzivnější srážky vypadávaly v první fázi bouře zhruba mezi 14. a 16. hodinou, a to především v jižní části nejvíce zasaženého území [20]. Tomu odpovídá i doba kulminací menších toků v této oblasti, které nastaly mezi 18. a 20. hodinou [17]. Ve východní části oblasti mezi Berounem a Prahou naopak zatím ještě nepřšlo. Na řadě míst postižené oblasti docházelo po 16. hodině k zeslabení bouřkové činnosti i intenzity deště, na mnoha místech bouřky zcela odezněly. Přšlo zde pak většinou až do půlnoci, na některých místech byl konec deště zaznamenán až 26. 5. kolem 3 h ráno.

Teprve asi v 18 h zasáhla bouřka město Beroun a během dvou hodin se srážky rozšířily až ke Praze. Těžiště bouřek se v té době posunulo dále k severovýchodu. Od večera do půlnoci jsou zmiňovány bouřky v Litoměřicích [18], od 20 do 2 h dalšího dne trvaly v Bělé pod Bezdězem [47], během noci pak prudce zasáhly i Náchodsko [20] a posunuly se do Slezska. Podle [9] zdejší stanice Barzdorf (dnes Bernartice, okr. Jeseník) naměřila 25. 5. denní úhrn srážek 40 mm. Před

Obr. 5 Denní úhrny srážek v českých zemích 25. 5. 1872. Šedou barvou je vyznačena oblast nejvíce postižená přivalovými dešti podle [20].

Fig. 5. Diurnal amount of precipitation in Czech lands on May 25, 1872. The area of the strongest flash rains (according to [20]) is marked with the grey colour.



půlnocí současně probíhala druhá fáze nejsilnějších bouří i v severozápadní části nejvíce postižené oblasti západních Čech. I když intenzita těchto srážek již zřejmě nebyla tak vysoká jako při odpoledních bouřkách v jižní části této oblasti, přesto způsobily mimořádné škody, neboť zasáhly již nasycené povodí.

Místa, odkud máme zprávy o přívalových deštích, případně je nepřímou dokládají údaje o způsobených škodách, tvoří tedy jakýsi pás, který v Čechách míří od západních hranic (oblasti kolem Domažlic, Tachova, Teplé...) přes nejvíce postiženou oblast a dolní Povltaví do Podkrkonoší a na Náchodsko (obr. 5).

Na více místech se v průběhu bouře vyskytla i tornáda: „... především v oblasti mezi Příbramí a Hořovicemi způsobily tromby [mehrere Windhosen] velké zrušení, podobně v horní části údolí Zlatého potoka [Blšanky]“ ([20], s. 7). Z uvedeného můžeme usuzovat na výskyt alespoň tří tornád, čímž se studovaná událost řadí k málo častým případům z našeho území s více než dvěma tornády v jednom dni [49]. Jedno z tehdejších tornád popisuje J. Bernat: „V Obecnici [okr. Příbram] odnesla tromba tři střechy domů. Tato tromba byla velmi zvláštním úkazem. Byla široká asi 60 sáhů [přes 100 m]. Sešla dolů z hor [zhruba od severozápadu], vytrhávala cestou stromy, poškodila mnoho budov a byla provázána elektrickými jevy.“ ([20], s. 66)

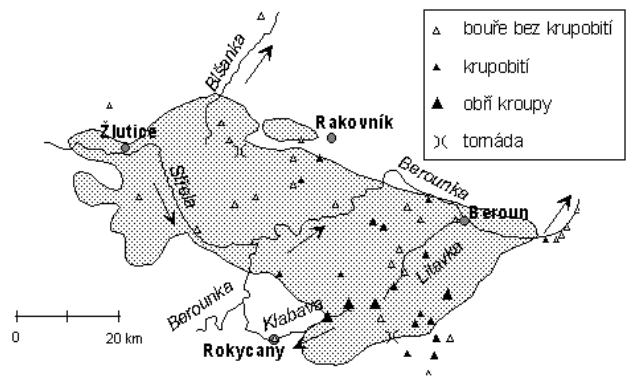
3.4 Srážky 25.–26. 5. 1872

V Čechách můžeme dne 25. 5. sledovat výraznou asymetrii v rozložení srážek. Stanice v severozápadní polovině Čech zaznamenaly většinou denní úhrny několik desítek milimetrů, naopak v jihovýchodní části Čech přišlo jen ojediněle (obr. 5). Nejvyšší srážkoměrem zjištěný denní úhrn v Čechách byl naměřen v Bělé pod Bezdězem, přičemž zde napršelo 65 mm jen za 6 hodin.

Bezpochyby několikanásobně intenzivnější srážky se vyskytly ve zmíněné oblasti západně od Prahy, kde však žádná meteorologická stanice neležela. Z přilehlých stanic jsou doloženy pouze úhrny mezi 20 a 50 mm (obr. 5). K. Kořistka nicméně ve své zprávě [20] uvádí dva extrémně vysoké srážkové úhrny, zjištěné z otevřených nádob. V obci Mladotice (asi 25 km severně od Plzně) měla být za hodinu naplněna a během dalšího deště přetéci nádoba, která odpovídá srážkovému úhrnu 237 mm, v obci Měcholupy (6 km jižně od Žatce) pak během celé události napršelo 289 mm [20]. V petici [33] se píše o tom, že podobné úhrny se vyskytly i jinde.

V [29] byl učiněn i pokus o přesnější časové vymezení obou Kořistkových informací. Podle farní kroniky ze Žebnice zde začalo prudce pršet v půl třetí odpoledne, přičemž v 16 h „přestalo se lít z oblak, avšak nepřestávalo silně pršet“ [21]. Bezsporu jde o období, kdy byl v sousedních Mladotících naměřen zmíněný extrémní úhrn 237 mm. Zdá se tedy, že doba trvání činila spíše 1,5 h. O srážkách v Měcholupech naproti tomu víme jen to, že začaly ve 13 h a přišlo celý zbytek dne s proměnlivou intenzitou [22], která byla zřejmě největší před půlnocí. Srážkový úhrn 289 mm tedy spadl za 11 až 14 h.

Na mnoha místech byly zaznamenány kroupy, které někde dosahovaly velikosti palce. V Kařezu a ve Zbirohu (okr. Rokycany), kde se krupobití opakovalo dokonce šestkrát za sebou, „padaly kusy ledu délky tří palců“ ([48], s. 91). Z obr. 6 je zřejmá asymetrie výskytu krupobití a obřích krup v oblasti nejvíce postižené přívalovými dešti, kterou zaznamenal již K. Kořistka [20]. Tvorba krup byla intenzivnější na



Obr. 6 Výskyt bouří, krupobití a tornád 25.–26. 5. 1872 podle [48]. Šedou barvou je vyznačena oblast nejvíce postižená přívalovými dešti podle [20].

Fig. 6. Occurrence of storms, hails and tornadoes on May 25–26, 1872 according to [48]. The area of the strongest flash rains (according to [20]) is marked with the grey colour.

jihovýchodním okraji oblasti, tedy na pravé straně konvekčního systému vzhledem ke směru jeho postupu. To je v souladu s převažující větší aktivitou pravého křídla konvekčních systémů, zjišťovanou v současnosti na základě radarových měření [38].

Vzhledem ke směru postupu bouřkového systému můžeme předpokládat, že silnější srážky zasáhly již 25. 5. dopoledne některé části Bavorska, odkud však prozatím nemáme k dispozici údaje. Podle [40] byly nicméně v noci z 24. na 25. 5. zaznamenány bouřky na několika švýcarských stanicích s denními úhrny srážek v řádu desítek mm. Zatímco ve středním Švýcarsku se vyskytly ještě 24. 5. před 23. hodinou, v severovýchodní části země jsou uváděny kolem druhé hodiny ranní následujícího dne. Není tedy vyloučeno, že konvekční systém, který postihl Čechy, postupoval již z této oblasti. Tuto možnost naznačují i v [9] uvedené denní úhrny srážek 25. 5. z několika stanic v Rakousku. V Bludenzí v západním cípu Rakouska toho dne v 6 h ráno přišlo, denní úhrn srážek zde činil 29 mm. V Bad Ischlu (východně od Salzburku) bylo naměřeno celkem 16 mm srážek, ve východní části Rakouska byly srážky zřejmě ještě menší, ve Vídní nepršelo.

3.5 Vývoj počasí po bouři

Cyklona postupující přes Čechy se během odpoledne 25. 5. posunula zhruba k východu – ve 22 hodin byl nejnižší tlak z českých stanic zaznamenán v Čáslavi (obr. 3). Zřejmě někdy v průběhu noci přešel střed cyklony v úrovni Krakova, neboť 26. 5. ráno zde tlak již opět dosahoval hodnot z rána 25. 5.; ve Lvově ráno 26. 5. oproti předchozímu dnu dále poklesl, přičemž zde bylo ještě poměrně teplo (obr. 1).

Po přechodu cyklony nastal ve střední Evropě všeobecný, poměrně prudký nárůst tlaku, který např. v Praze činil 18,5 hPa za 24 h (obr. 2). Zhruba od jihozápadu se rozšiřoval výběžek vyššího tlaku vzduchu, na jehož přední straně se především 26. 5. ráno vyskytoval značný horizontální tlakový gradient, který způsoboval v Čechách silný vítr ze severozápadního kvadrantu. V Klementinu zjistili vítr o rychlosti v přepočtu $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ se slovní poznámkou „dopoledne bouřivo /stürmisch/“ [25]. Kvůli tomu do Čech pronikal velmi chladný a suchý vzduch, takže ranní teploty vzduchu se pohybovaly mezi 5 a 10 °C a teplota rosného bodu poklesla na 6 až 3 °C. Naopak v Brně byla teplota vzduchu i rosného bodu

ráno stejná jako předchozího dne, ochladilo se zde teprve během dopoledne (obr. 3). Denní maxima teplot 26. 5. pak v Čechách dosahovala jen kolem 15 °C. Na většině území bylo dopoledne zataženo až oblačno se slabým deštěm, odpoledne s postupným protrháváním oblačnosti. Denní úhrny srážek již nepřesáhly 10 mm.

4. POROVNÁNÍ UDÁLOSTI Z ROKU 1872 S OBDOBÝMI PŘÍPADY

4.1 Synoptická situace

Studovaný případ se vyznačoval následujícími synoptickými charakteristikami:

- konvekční bouře se vyskytly v blízkosti frontálního rozhraní ve studené vzduchové hmotě;
- nebyly vázány přímo na přechod čáry fronty;
- mezi oběma vzduchovými hmotami byly značné teplotní rozdíly;
- konvekční bouře souvisely s postupem zřejmě mladé cyklony přibližně ve směru JZ-SV, k večeru až k V;
- přívalové deště byly uspořádány do jakéhosi pásu přibližně v tomtéž směru;
- vyskytly se nalevo od trajektorie středu cyklony;
- v oblasti nejintenzivnějších srážek byla pozorována výrazná vertikální změna směru větru (při zemi ze severního kvadrantu, tah oblaků převážně od jihozápadu).

K současnému výskytu těchto znaků dochází na území ČR v průměru jen asi několikrát za rok; ostatní případy konvekčních bouří jsou bezprostředně časově vázány na přechody front nebo s frontami vůbec nesouvisí. Výše popsaná synoptická situace se vyskytla i u pozdějších případů silných konvekčních bouří, popsaných v literatuře: např. 25. – 26. 8. 1890 [36], 11.–12. 8. 1925 [19], 13. a 14. 8. 1957 [5], 18.–19. 8. 1974 [15] a 22.–23. 7. 1998, který je bohatě zdokumentován, např. v [14, 39, 42]. Uvedená kritéria splňuje např. i událost z 19. 7. 1981 [16], kdy se však bouře nevyskytly a vypadávaly pouze srážky trvalého charakteru. Kombinaci obou typů srážek představuje případ z 17.–18. 6. 1979 [12]. Ve všech jmenovaných případech (s výjimkou r. 1981) se vyskytovalo na AT 500 hPa výškové jihozápadní proudění na přední straně brázd nízkého tlaku vzduchu, ve kterém bouře postupovaly přibližně k severovýchodu. V případě z r. 1925, kdy ještě neexistovaly výškové povětrnostní mapy, můžeme přítomnost tohoto jihozápadního proudění s velkou pravděpodobností předpokládat. Vzhledem k malému počtu porovnávaných případů však zatím nelze vysvětlit odlišný typ srážek v roce 1979 a 1981.

Událost z roku 1872 je zřejmě prvním příkladem z našeho území, kdy se v dobové literatuře objevuje zmínka o přítomnosti dvou odlišných vzduchových hmot s opačným směrem proudění. E. Purkyně se podle [46] domníval, že do Čech „proudily vzduchové hmoty z jihozápadu a tento proud narázil na velmi silný a rozsáhlý proud vzduchu od severovýchodu“ (s. 235). Teprve K. Prohaska, který měl při rozboru události z 25. 8. 1890 [36] k dispozici data z přizemních i horských stanic v Alpách, si všiml, že nad přizemní vrstvou studeného vzduchu s prouděním ze severního kvadrantu setrvalo po určitou dobu teplé jihozápadní proudění, ve kterém postupovaly silné bouřky s přívalovým deštěm. Tato výrazná vertikální změna směru větru, charakteristická pro všechny jmenované případy, může podstatně přispět k tvorbě silně organizované konvekce [42].

Otázkou zůstává, do jaké míry je rozsah konvekčních bouří ovlivňován horizontálním tlakovým gradientem v prostoru jejich výskytu. Zběžným porovnáním několika málo případů

se zdá, že při malých hodnotách tohoto gradientu dochází k plošně omezenějšímu výskytu bouří, jejichž intenzita však může být až extrémní – viz např. událost z roku 1998. Naopak přířady z roku 1872 a z 25.–26. 8. 1890 naznačují, že při výraznějším horizontálním tlakovém gradientu ve studeném vzduchu je širší pásma s přívalovými dešti větší. Srážky z konce srpna 1890 tak zasáhly nejenom Rakousko, ale i Čechy, čímž přispěly k velkému nasycení povodí Vltavy před nástupem příčných srážek velké povodně v září téhož roku [30].

4.2 Extrémnost přívalových srážek

Srážková epizoda 25.–26. 5. 1872 byla extrémní z několika hledisek, a to především krátkodobou intenzitou srážek, kdy byly v otevřených nádobách zaznamenány úhrny přes 200 mm (viz kap. 3.4). Tyto údaje dlouho vyvolávaly pochybnosti. Teprve až úhrn 228,5 mm, naměřený za 65 min na slovenské stanici Salka (okr. Nové Zámky) 12. 7. 1957 [34], ukázal realnost takových hodnot ve střední Evropě [15].

Případ z roku 1872 spolu s událostmi z července 1897 a července 1997 tvoří obalovou křivku nejvyšších zaznamenaných intenzit deště na území ČR, přičemž zbývající dva případy byly způsobeny trvalými srážkami a jejich intenzita je extrémní pro dobu trvání deště jeden a více dní [45]. 25. květen 1872 navíc patří mezi deset srážkových epizod s největšími denními úhrny srážek, zaznamenanými na určité stanici na území ČR; ostatních devět případů bylo však způsobeno v první řadě trvalými srážkami [45]. Celkový přehled extrémních srážkových úhrnů s dobou trvání od 1 h do 6 dní je uveden např. v [13].

Intenzitě srážek 237 mm za ca 1,5 h, naměřené 25. 5. 1872 v obci Mladotice, se v Čechách blíží pouze případ z 1. 7. 1987, kdy došlo k průtrži mračen v povodí Jilovského potoka na Děčínsku. Na čtyřech místech zde byly v otevřených nádobách zjištěny úhrny přes 150 mm, nejvíce pak 195 mm; doba trvání srážek byla i v tomto případě asi 1,5 h [8]. Nejvyšší srážkový úhrn s podobnou dobou trvání, zjištěný pomocí srážkoměru, byl zaznamenán 16. 5. 1889, kdy na stanici Kbel u Přeštice napršelo za 2,5 h 180 mm srážek [15], [29].

Srážkový úhrn v obce Měcholupy (ca 289 mm s přestávkami zhruba za 12 hodin) můžeme co do délky trvání nejspíše porovnat se dvěma případy přívalových srážek z let 1927 a 1998. Dne 8. 7. 1927 byl na stanici Adolfov v Krušných horách zaznamenán denní úhrn srážek 209 mm, přičemž doba jejich trvání byla porovnáním s okolními stanicemi odhadnuta na zhruba 6 hodin [1]. Velmi podobná intenzita deště byla v nedávné době naměřena na stanici Deštné v Orlických horách, kde 22. 7. 1998 napršelo 203,6 mm srážek za ca 7 h [13].

Známé hodnoty intenzity srážek z května 1872 byly porovnány i s odvozenými hodnotami stoletých srážek, a to pomocí indexu k , vypočteného jako podíl skutečné srážky ku stoleté srážce. Stoletá srážka pro Mladotice byla vypočtena pomocí Němcova vztahu [27] pro krátkodobé intenzity srážek, přičemž ve výpočtu použité konstanty pro nejbližší stanici Petrovice (okr. Rakovník) byly převzaty z [3]. Stoletá srážka s dobou trvání 90 min byla stanovena na 63 mm, takže hodnota k je 3,6. Úhrn srážek z Měcholup byl porovnán se stoletou hodnotou denního úhrnu v nedalekém Žatci, která podle [43] činí 80 mm, nověji podle [44] 75 mm. Index k dosahuje opět hodnot 3,6, resp. 3,9. Z uvedených výpočtů vyplývá, že extrémní srážky v roce 1872 převyšily stoleté srážky téměř čtyřnásobně.

Zcela ojedinělý byl i plošný rozsah přívalových srážek.

Nejvíce postižená oblast, kde byla dobovými autory průměrná výška srážek na základě odtoku odhadována na 100 mm [20], resp. 75 mm [6], činila ca 3 000 km² [20]; navíc se přívalové srážky vyskytly i na dalších místech. Kvantitativní srovnání s dalšími případy, kdy přívalové srážky dosáhly na určitém místě úhrnu kolem 200 mm (viz výše), není bohužel možné. Lze však konstatovat, že všechny zbývající události souvisle postihly pouze oblast o rozloze maximálně několika stovek km².

Vzhledem k tomu, že k události z května 1872 došlo v oblasti pahorkatin, nejvýše vrchovin, je možné vliv orografie na tehdejší srážky považovat za zanedbatelný. Naopak zbylých devět z výše zmíněných deseti případů dní s největšími denními úhrny srážek na území ČR bylo zaznamenáno v horských a podhorských oblastech a bylo orograficky silně ovlivněno [45]. Určitý vliv orografie můžeme předpokládat i v případě přívalových srážek 8. 7. 1927, 1. 7. 1987 (Krušné hory) a 22. 7. 1998 (Orlické hory). Pouze případ z 16. 5. 1889 se z tohoto hlediska podobá události z 25. 5. 1872. Zajímavostí je i výskyt srážkového extrému v obci Měcholupy na Žatecku, tedy v oblasti, kde je průměrný roční úhrn srážek v ČR nejnižší.

4.3 Hydrologická a geomorfologická odezva

Povodně v květnu 1872 na jednotlivých tocích jsou podrobně zpracovány především v [17] a [24]. Vyskytly se zejména na Berounce a jejich přítocích (Střele, Rakovnickém potoce, Litavce aj.), dále pak na pravostranných přítocích Ohře – Teplé a Blšance. Podle [20] si vyžádaly asi 240 obětí na životech a hlavní měrou přispěly k celkovým škodám 9–10 milionů rakouských zlatých, které událost způsobila. (Např. denní mzda v Praze se tehdy podle [35] pohybovala kolem 1 zlatého.) Na řadě menších toků, ale i na Berounce od soutoku se Střelou je tehdejší povodeň vůbec největší známou historickou povodní, jejíž kulminační průtok zde nebyl překonán ani v srpnu 2002. Např. v Berouně je značka velké vody z roku 1872 nejvýše ze všech ostatních případů, přičemž nejstarší dochovaná ryska pochází z roku 1595 [41]. Kulminační průtok v tomto místě byl odhadnut na 3 000 m³.s⁻¹ [17], což je asi dvojnásobek hodnoty stoletého průtoku.

Přívalová povodeň se nicméně vyskytla i na dolní Vltavě, která v Praze kulminovala 26. května při průtoku ca 3 300 m³.s⁻¹ [31], přičemž hodnota stoletého průtoku Prahou činí 3 700 m³.s⁻¹ [7]. Tato pražská povodeň, způsobená pouze Beroučkou, je v pořadí po událostech ze srpna 2002 a září 1890 třetí největší dešťovou povodní v Praze od počátku zdejších pravidelných měření vodních stavů v roce 1825. Výjimečnost studovaného případu ukazuje i to, že od tohoto roku byla jako jediná z povodní s větším než pětiletým průtokem vyvolána přívalovými dešti. Škody vzniklé v samotné Praze jsou vyčísleny v [35].

Zcela neobvyklý byl i rozsah geomorfologických změn, způsobených přívalovými dešti i erozní silou rozvodněných toků. Kromě odnosu půdy a vzniku řady hlubokých strží je nutno připomenout sesuvy svahů. Dva z nich poškodily i železniční násypy, a to právě u Měcholup a nedaleko Mladotic [20]. Mimořádně mohutný byl sesuv srážkami nasycených sedimentárních hornin po nepropustném podloží mezi obcemi Potvorov a Odlezly (severně od Mladotic), který během tří dnů po srážkové epizodě zcela přehradil údolí Mladotického potoka [10]. Vzniklo tak hrazené Mladotické (též Odlezelské) jezero, které je v současnosti čtvrtým největším a zároveň výrazně nejmladším jezerem v ČR. Tato událost, která v his-

torické době nemá obdoby, opět dokládá mimořádnou intenzitu srážek 25.–26. 5. 1872.

5. ZÁVĚR

Extrémní přívalové deště a povodně 25.–26. května 1872 v oblasti západně od Prahy jsou jedním z nejstarších případů v Čechách, u kterého je možno alespoň v hrubých rysech provést synoptickou analýzu. Na základě údajů z několika českých i zahraničních stanic se podařilo alespoň částečně popsat meteorologické příčiny a průběh události, která nemá u nás nejméně v posledních dvou stoletích obdoby.

Synoptickou situaci 25. 5. charakterizovalo teplotně výrazné zvlněné frontální rozhraní procházející přes Čechy zhruba ve směru JZ-SV. Oblast postižená nejintenzivnějšími srážkami ležela severozápadně od tohoto rozhraní ve studeném vzduchu, kde vál při zemi převážně severovýchodní vítr. Současně zde však byla pozorována výrazná vertikální změna směru větru (až o 180°), neboť ve výšce se udržovalo teplé jihozápadní proudění. To potvrzuje i srovnání s podobnými případy z pozdější doby, kdy už byly k dispozici výškové povětrnostní mapy. 25. 5. dopoledne postoupila do Čech od jihozápadu cyklona, která se vyznačovala značným horizontálním tlakovým gradientem. Její střed se v odpoledních hodinách nacházel zhruba jihovýchodně od Prahy.

Uvedená situace vedla k intenzivním výstupným pohybům vzduchu na rozsáhlém území se vznikem silných konvekčních bouří, u nichž můžeme s velkou pravděpodobností předpokládat multicelární charakter a značnou organizovanost. Doba existence konvekčního systému byla mimořádně dlouhá, přičemž v některých oblastech trvaly bouřky a přívalové deště, místy přerušované, až 12 hodin. Konvekční činnost byla navíc v odpoledních hodinách termicky zesilována, naopak vliv orografie byl zanedbatelný.

Ojedinelost události spočívala v první řadě v extrémní intenzitě přívalových dešťů, které tvoří obalovou čáru maximálních zaznamenaných intenzit srážek na území ČR s dobou trvání v řádu hodin. Na mnoha místech byly přívalové deště doprovázeny krupobitím, a to i vícekrát opakovaným, ojediněle s obřimi kroupami. Četnost jejich výskytu byla větší v jihovýchodní části srážkového pásu. Vícekrát se zde vyskytla i tornáda. Konvekční srážky s neobvyklou délkou trvání postihly současně rozsáhlé souvislé území (řádově tisíců km²), a to z velké části pouze povodí Berounky. Převládající směr postupu bouří navíc souhlasil s jejím tokem. Následná povodeň na Berounce od jejího soutoku se Střelou byla největší za několik posledních století, přičemž ji nepřekonala ani srpnová povodeň v roce 2002.

Poděkování:

Článek vznikl za podpory grantu GAČR 205/03/Z043. Upřímně díky patří především RNDr. D. Řezáčové, CSc. za cenné rady, dále prof. RNDr. R. Brázdilovi, DrSc. za poskytnutí fotokopii meteorologických map z května 1872, RNDr. V. Květoňovi, CSc. za data a pracovníkům archivů v Brozanech nad Ohří, Plasích a Lounech za pomoc při vyhledání potřebných pramenů.

Literatura:

- [1] ALT, E. – FICKERT, R., 1936. Die Hochwasserkatastrophe am 8. Juli 1927 im östlichen Erzgebirge. In: *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Berlin: Reichsamt für Wetterdienst, sv. 2, č. 4, 15 s. + přílohy.

- [2] Daily Synoptic Series, Historical Weather Maps. Washington: U.S. Weather Bureau.
- [3] DUB, O. – NĚMEC, J. et al, 1969. Hydrologie. Praha: Nakladatelství technické literatury. 380 s.
- [4] DVOŘÁK, O., 2002. Nebeská stavidla se otevřela... Beroun: Knihkupectví U radnice. 100 s.
- [5] GREGOR, A.–GREGOR, Z.–HRUBEŠ, P.–VÍTEK, V., 1958. Rozbor bouřek dne 13. a 14. 8. 1957. *Meteorologické Zprávy*, roč. **11**, č. 1, s. 2–11.
- [6] HARLACHER, A. R., 1873. Die Überschwemmung in Böhmen Ende Mai 1872 und das damit verbundene Hochwasser der Moldau und Elbe. *Lotos*, roč. **23**, č. 1, s. 1–31.
- [7] Hydrologické charakteristiky vybraných vodoměrných stanic České republiky. 1996. Praha: ČHMÚ. 134 s.
- [8] CHAMAS, V.–KAKOS, V., 1988. Mimořádná průtrž mračen a povodeň na Jílovském potoce dne 1. 7. 1987. *Sborník Čs. geografické společnosti*, roč. **93**, č. 4, s. 265–278.
- [9] Jahrbücher der K.k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus für das Jahr 1872. 1874. Wien: In Commission bei Wilhelm Braumüller. Neue Folge, 9. Band. 248 s.
- [10] JANSKÝ, B., 1977. Mladotické hrazené jezero – Morfologické a hydrografické poměry. *Acta Universitatis Carolinae – Geographica*, roč. **12**, č. 1, s. 31–46.
- [11] KAKOS, V., 1977. Velké povodně na Vltavě v Praze ve vztahu ke Klementinským pozorováním počasí. In: *Sborník referátů ze semináře ke 200. výročí observatoře v Praze-Klementinu*. Praha: HMÚ, s. 33–42.
- [12] KAKOS, V., 1979. Zhodnocení meteorologické situace při červnové povodni /17.–18. 6. 1979 na Stěnavě a Metujil. *Zpravodaj Povodí Labe*, roč. **4**, č. 3, s. 18–22.
- [13] KAKOS, V., 2001. Maximální srážky na území České republiky z pohledu synoptické meteorologie. In: *Sborník přednášek Vývoj metod pro odhad extrémních povodní*. Praha: Klub techniků ČVTVHS, s. 46–60.
- [14] KAKOS, V. – ŘEZÁČOVÁ, D., 1999. Bouřkové přivalové deště z pohledu meteorologa. In: *Sborník konference Orlice '99*. Žamberk: Orlická hydrogeologická společnost, s. 20–25.
- [15] KAKOS, V.–STRACHOTA, J., 1974. Bouřky v Čechách dne 18. a 19. 8. 1974. *Meteorologické Zprávy*, roč. **27**, č. 6, s. 161–170.
- [16] KAKOS, V. – VRABEC, M., 1981. Srážkové extrémy a povodně v červenci 1981. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, č. 10, s. 362–372.
- [17] KAŠPÁREK, L., 1984. O povodních z let 1872 a 1981 na Litavce a jejich významu pro odhad n-letých průtoků. Praha: ČHMÚ, Práce a studie – Věda a výzkum v praxi, sešit 7. 56 s.
- [18] KATZEROWSKY, W., 1896. Meteorologische Nachrichten aus den Archiven der Stadt Leitmeritz. Litoměřice: vlastním nákladem.
- [19] KOCOUREK, F.–NOVOTNÝ, J.–DEJMEK, J., 1926. Katastrofální déšť a povodeň dne 11. srpna 1925 v Čechách. In: *Sborník prací a studií hydrologických*. Praha: Státní ústav hydrologický, č. 2, 23 s.
- [20] KOŘISTKA, C.–BERNAT, J., 1872. Bericht über die am 25. und 26. Mai im Jahre 1872 in Böhmen stattgefundenere Überschwemmung. In: *Mittheilungen des Bureaus für die land- und forstwirthschaftliche Statistik des Königreiches Böhmen für das Jahr 1872*. Praha, sešit 1, s. 3–68.
- [21] Kronika farnosti Žebnice. Státní okresní archiv Plzeň-sever, Plasy, v originále.
- [22] Kronika školy v Měcholupech. Státní okresní archiv Louny, v originále.
- [23] KRŠKA, K.–ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum. 568 s.
- [24] KŘIVKOVÁ, J., 2001. Povodeň 1872 v povodí Berounky a Blšanky. Analýza a rekonstrukce. Praha: VÚV TGM. 44 s.
- [25] Magnetische und meteorologische Beobachtungen an der k.k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1872. Roč. **33**. 63 s.
- [26] Meteorologická pozorování v Praze-Klementinu 1775-1900. Sv. 1, 1976. Praha: HMÚ. 258 s.
- [27] Meteorologický slovník výkladový a terminologický. 1993. Praha: MŽP ČR. 594 s.
- [28] Meteorologische Karten 1872. Wien: K.k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus.
- [29] MÜLLER, M., 2002. Vybrané historické případy silných konvektivních bouří. [Diplomová práce.] Praha: Přírodovědecká fakulta UK. 91 s. + přílohy.
- [30] MÜLLER, M.–KAKOS, V., 2003. Hydrometeorologické srovnání povodní v srpnu 2002 s vybranými historickými případy dešťových povodní na Vltavě v Praze. *Meteorologické Zprávy*, roč. **56**, č. 5, s. 129–136.
- [31] NOVOTNÝ, J., 1963. Dvě stoleté hydrologické řady průtokové na českých řekách. In: *Sborník prací Hydrometeorologického ústavu ČSSR*. Praha: HMÚ, sv. 2. 116 s.
- [32] PEJML, K., 1975. 200 let meteorologické observatoře v pražském Klementinu. Praha: HMÚ. 80 s.
- [33] Petice a pamětní spis zastupitelstva okresu i města Rakovníka o pověstné květnové povodni roku 1872. Státní okresní archiv Plzeň-sever, Plasy.
- [34] PETROVIČ, Š., 1957. Nový maximální denní úhrn zrážok na Slovensku. *Meteorologické Zprávy*, roč. **10**, č. 6, s. 162.
- [35] Povodeň v Praze dne 25. a 26. května 1872. In: *Statistická příruční knížka král. hlavního města Prahy za rok 1871 (1872)*. Praha: Statistická kommise král. hl. města Prahy, s. 143–158 + příloha.
- [36] PROHASKA, K., 1892. Die Gewitter und der Wettersturz vom 25. zum 26. August 1890 in den Ostalpen. *Meteorologische Zeitschrift*, s. 161–173.
- [37] PURKYNĚ, E., 1872. Die Katastrophe des im westlichen Böhmen am 25. Mai 1872 erfolgten Wolkenbruches vom forstlichen Standpunkte beleuchtet. Prag: bei C. Reichenecker.
- [38] RAY, P. S. et al, 1986. Mesoscale Meteorology and Forecasting. Boston: American Meteorological Society. 793 s.
- [39] ŘEZÁČOVÁ, D.–SOKOL, Z., 2003. A diagnostic study of a summer convective precipitation event in the Czech Republic using a non-hydrostatic NWP model. *Atmospheric Research*, Vol. **67-68**, s. 559–572.
- [40] Schweizerische meteorologische Beobachtungen 1872. Zürich: Centralanstalt der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft. Roč **7**.
- [41] SOUČEK, B.–VOREL, Č.–RÓN, J., 1927. Podélný profil Berounky od soutoku Mže a Radbuzy až k ústí. Praha: Státní ústav hydrologický.
- [42] ŠÁLEK, M., 2000. Přivalové srážky v podhůří Orlických hor 22.-23. července 1998 z hlediska metod dálkové detekce a výsledků numerických modelů. *Meteorologické Zprávy*, roč. **53**, č. 1, s. 4–15.
- [43] ŠAMAJ, F.–VALOVIČ, Š.–BRÁZDIL, R., 1985. Denné úhrny zrážok s mimoriadnou výdatnosťou v ČSSR v období 1901-1980. In: *Zborník prací Slovenského hydrometeorologického ústavu*. Bratislava: SHMÚ, sv. 24, s. 92–112.
- [44] ŠERCL, P.–KVĚTOŇ, V.–STEHLÍK, M., 2004. Verifikace

metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní. Závěrečná zpráva za období 2001-2003. Praha: ČHMÚ. 65 s.

- [45] ŠTEKL, J. et al, 2001. Extrémní denní srážkové úhrny na území České republiky v období 1879-2000 a jejich synoptické příčiny. In: *Národní klimatický program ČR*. Praha: ČHMÚ, sv. 31, 128 s.
- [46] Über den Wolkenbruch, der am 25. Mai 1872 in Böhmen niederging. *Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie*, roč. 8, s. 234-235.
- [47] Výkazy meteorologických stanic Bělá p.B. (Weisswasser), Čáslav (Caslau), Havlíčkův Brod (Deutschbrod), Hirschperky (Hirschbergen), Horní Litvínov (Oberleitensdorf), Cheb

(Eger), Plzeň (Pilsen), Podmokly (Bodenbach), Praha-Klementinum. Archiv ČHMÚ, Brozany nad Ohří, v originále.

- [48] Zhooubná povodeň v Čechách dne 25. a 26. května roku 1872. 1872. Praha: nákladem F. Skrejšovského. 142 s.

Internetové adresy:

- [49] www.chmi.cz/torn – webové stránky věnované českým tornádům.
- [50] www.zamg.ac.at – webové stránky Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

Lektor RNDr. J. Strachota, rukopis odevzdán v květnu 2004.

ZŘÍZENÍ EVROPSKÉ FENOLOGICKÉ DATABÁZE V RÁMCI EVROPSKÉ UNIE

Z iniciativy Německé povětrnostní služby, ke které se připojily meteorologické služby České republiky, Rakouska, Slovenska a Švýcarska (návrh musí podat nejméně pět zemí) bylo zpracováno předepsané Memorandum of Understanding (MoU) spolu s technickými přílohami k vědeckotechnické spolupráci (COST) s názvem Establishing a European Phenological Data Platform for Climatological Applications. Po projednání v Technické komisi pro meteorologii byla akce schválena 3. října 2003 na 156. zasedání Komise vysokých představitelů COST Evropské unie pod číslem COST, akce 725.

První zasedání řídicí komise (MC) COST, akce 725 „Zřízení evropské fenologické databáze pro klimatologické aplikace“ se konalo v Bruselu 5.–6. dubna 2004. MC je tvořena ze zástupců řešitelských zemí. Byli přítomni fenologové, klimatologové a databázoví odborníci ze 14 zemí (ČR, Dánsko, Estonsko, Finsko, Francie, Holandsko, Irsko, Lotyšsko, Maďarsko, Německo, Norsko, Rakousko, Slovensko, Švýcarsko), k akci se dosud přihlásily ještě další čtyři země (Itálie, Polsko, Španělsko, Velká Británie). Akce je pětiletá, potrvá tedy do roku 2009. Aktivita je vykonávána cestou pracovních skupin (WG). Obsah práce je zřejmý z jejich názvů (WG1: Inventory of data and metadata, WG2: Guidelines for data selection, observations and archiving, WG3: Applications with phenological data).

Zasedání zahájil a do voleb řídil P. Nejedlík, vědecký tajemník COST pro meteorologii. Předsedající informoval o mechanismu, koordinaci a statutu COST, posléze byla přijata procedurální pravidla pro řídicí komisi COST, akce 725. Předsedkyní MC byla zvolena E. Koch, ZAMG Vídeň, místopředsedou A. van Vliet, Universita Wageningen, Holandsko, vedoucím první pracovní skupiny (WG) J. Nekovář, ČHMÚ, třetí WG A. Menzel, Universita Mnichov. K vedení druhé WG se na prvním zasedání nikdo nepřihlásil, a zůstala otevřena i otázka umístění centrální evropské databáze. Byl diskutován pracovní plán pro realizaci COST, akce 725 (účel, cíle, metody organizace a řízení, distribuce úloh, časový plán). Druhé zasedání MC je plánováno do Budapešti na říjen 2004 společně se závěrečným jednáním COST, akce 719.

Český představitel navrhl, aby se zasedání v roce 2005 nebo v roce 2006 konalo v Praze a Doksanech.

Pracovní skupiny ve své činnosti budou na sebe navazovat, začne se operativní inventurou dat a metadaty o fenologických sítích a stanicích v jednotlivých účastnických zemích. Bude zpracován přehled dosavadních inventur dat na základě předchozích dotazníků Evropské fenologické sítě (EPN), Mezinárodních fenologických zahrádek (IPG) a dokumentů Německé povětrnostní služby (DWD), zpracovaných při příležitosti přechodu na číselné kódování fenologických fází (BBCH). Dále bude následovat zpracování návodů pro výběr fenologických dat pro evropskou databázi, pro pozorování a archivaci dat ve druhé pracovní skupině. Aplikace fenologických dat a jejich metody pro klimatologické účely budou náplní třetí pracovní skupiny. Tyto metody jsou již nyní široce aplikovány ve využití fenologických informací pro studium klimatické změny. A to jak na seminářích národních bioklimatických společností, tak i na kongresech Mezinárodní biometeorologické společnosti (ICB) 1999 v Sydney, 2002 v Kansas City, kde je fenologie trvalou a významnou součástí programu. Na 16. mezinárodním kongresu ICB na podzim 2004 ve Vancouveru přednese předsedkyně MC E. Koch přednášku o práci COST, akce 725, na 17. kongresu ICB v září 2005 v Garmisch-Partenkirchenu budou přítomni všichni členové řídicí komise, neboť v tomto termínu se zde uskuteční i zasedání akce.

Jednou z výhod vědeckotechnické spolupráce je skutečnost, že cestovní náklady jsou hrazeny z rozpočtu Evropské unie. Je také možné požádat ve veřejné soutěži o poskytnutí dotace na podporu vybraného programového projektu výzkumu a vývoje v rámci programu COST jak na investice k řešení akce, tak i na neinvestiční prostředky, včetně školení na programy GIS. V České republice může dotace poskytovat Ministerstvo školství z prostředků Evropské unie. ČHMÚ se již podílel na řadě akcí vědeckotechnické spolupráce a připravuje se návrh na novou akci s pracovním názvem Půdní klima podporující fenologii.

K tomu bude využito účasti na kongresu ICB na podzim 2005 i pozvání řídicí komise COST, akce 725 do České republiky na jaře 2006.

Jiří Nekovář

VÝZKUM USAZENÝCH SRÁŽEK V ÚSTAVU FYZIKY ATMOSFÉRY AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY

Research of deposited precipitation in the Institute of Atmospheric Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic (IAP). Four basic topics, related to the pollution detected in deposited precipitation, were investigated in the IAP in the last years: i) Comparison of pollutant concentrations between differently polluted regions; ii) Comparison of pollutant concentrations between fog and rime water; iii) The relationship between the chemical and physical properties of water samples in fog and low clouds; iv) The dependence of pollutant concentrations on their transfer direction. This contribution briefly describes the activities of the research and presents some results obtained in the IAP.

KLÍČOVÁ SLOVA: koncentrace polutantů – obsah mlhy vodní (nízké oblačnosti) – srážky usazené – voda mlžná (oblačná) – zařízení odběrová

1. ÚVOD

Přesto, že koncentrace polutantů v usazených srážkách jsou o řád vyšší než ve srážkách padajících [6, 16], hovoří se o kyselých deštích, ale nikoliv o kyselých mlhách a usazených srážkách. Pro usazené srážky se často používá nevhodné označení srážky horizontální nebo okultní. V tomto příspěvku bude důsledně používána terminologie podle [15]. Usazené srážky působí na vegetaci daleko komplexněji a déle než srážky padající. Od poloviny osmdesátých let dvacátého století se výzkum mlh a usazených srážek rozvíjí velmi intenzivně. ÚFA AV ČR věnuje pozornost této problematice od roku 1998. Dosud zde byl výzkum zaměřen na následující oblasti:

- Sledování a porovnání koncentrací polutantů v mlze v různě průmyslově zatížených oblastech ČR.
- Porovnání chemických vlastností vzorků vody z kapalných a pevných usazených srážek.
- Vztah fyzikálních a chemických charakteristik mlh a usazených srážek.
- Vliv transportu polutantů na jejich koncentrace v mlze a nízké oblačnosti.

V dalším textu budou stručně uvedena východiska a dosažené výsledky v jednotlivých zkoumaných oblastech.

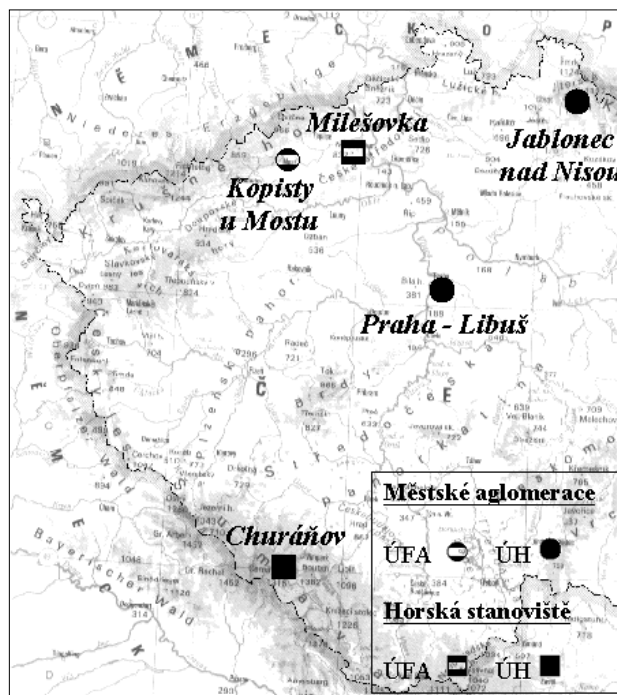
2. KONCENTRACE POLUTANTŮ V MLZE V RŮZNĚ PRŮMYSLOVĚ ZATÍŽENÝCH OBLASTECH ČR

Zmapování stavu znečištění vody z mlh, nízké oblačnosti a usazených srážek v různě průmyslově zatížených regionech bylo stanoveno jako jeden z prvních úkolů. Pozornost byla věnována koncentracím polutantů jak ve vzorcích odebraných ve volné přírodě (horská stanoviště), tak i v městských aglomeracích. Zpracovány byly všechny vzorky u kterých byla provedena úplná chemická analýza a vyhověly zkoušce rovnováhy iontů.

2.1 Porovnání koncentrací polutantů v mlze na Milešovce a Churáňově

Ve spolupráci s Ústavem pro hydrodynamiku AV ČR (ÚH) byly porovnávány dvě rozdílně průmyslově zatížené oblasti. Severní Čechy jako silně znečištěný region byl zastoupen meteorologickou observatoří Milešovka (stanoviště ÚFA), jižní Čechy jako jeden z nejčistších regionů ČR zastupoval Churáňov, profesionální meteorologická stanice Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) jako stanoviště ÚH

(obr. 1). Bylo zpracováno 137 analyzovaných vzorků, které byly odebrány při 64 epizodách s mlhou na Milešovce a 23 vzorků z 23 epizod s mlhou na stanici Churáňov. V závislosti na vodním obsahu a délce trvání mlhy může být počet odebraných vzorků vyšší než je počet epizod. Pro úplnou chemickou analýzu je potřebné odebrat ca 100 ml vzorku. Vzorky jsou odebírány průběžně během epizody. V tabulce 1 jsou uvedeny vážené průměry, maximální a minimální zjištěné hodnoty vybraných komponent a jejich poměr mezi Milešovkou a Churáňovem. Z tab. 1 je vidět, že až na koncentrace Ca^+ a pH jsou hodnoty vybraných komponent výrazně vyšší na Milešovce než na Churáňově. Nejvýraznější rozdíly jsou na těchto stanovištích v koncentracích F^- , NH_4^+ , Cl^- a K^+ , kde je na Milešovce 4x, 2,2x a u dvou posledních komponent 2x vyšší koncentrace než na Churáňově. Popis stanoviště a podrobnější informace o zpracování a výsledcích lze nalézt v [9, 10, 11, 12].



Obr. 1. Umístění stanovišť.

Fig. 1 The location of sites.

2.2. Porovnání koncentrací polutantů v mlze v městských aglomeracích

Obdobně jako v předešlém případě byla věnována pozornost různě průmyslově zatíženým regionům. Tentokrát byly vybrány městské aglomerace. Nebylo však k dispozici žádné odběrové stanoviště v městské aglomeraci v jižních Čechách. Opět ve spolupráci s ÚH byly vybrány tři městské aglomerace. Praha jako hlavní město byla zastoupena meteorologickou observatoří ČHMÚ Praha-Libuš (ÚH), která leží na okraji města v blízkosti přírodní rezervace Modřanská rokle. Městskou aglomeraci Most, která leží v silně znečištěném regionu severních Čech, zastupovala stanice Kopisty u Mostu (ÚFA). Jablonec nad Nisou (ÚH) pak zastupoval aglomeraci dvou blízko sebe ležících měst Liberec a Jablonec nad Nisou v Jizerských horách (obr. 1). Přes značnou obtížnost odebrat analyzovatelný objem vzorku, bylo zpracováno 14 vzorků ze 12 epizod s mlhou na meteorologické observatoři Kopisty u Mostu a po šesti vzorcích ze stanic Praha-Libuš a Jablonec nad Nisou ze stejného počtu (6) epizod s mlhou. Vzorky byly odebrány v Kopistech v období let 1999–2000, v Praze 1996 až 2000 a v Jablonci 1999–2000. Výsledky jsou uvedeny v tab. 2, kde je i porovnání hodnot jednotlivých komponent v Praze (Libuš) a Mostu (Kopisty) s jejich hodnotami v Jablonci nad Nisou s výjimkou hodnoty pH. Z tabulky je zřejmé, že v Kopistech jsou všechny porovnávané hodnoty mimo koncentrace K^+ a Mg^{2+} výrazně vyšší než v Jablonci. Totéž lze konstatovat i o hodnotách v Praze, kde komponenty s nižší hodnotou doplňuje ještě koncentrace Na^+ . Podrobnější informace o zpracování a výsledcích včetně popisu jednotlivých odběrových stanovišť lze nalézt v [9].

3. KONCENTRACE POLUTANTŮ VE VZORCÍCH VODY Z KAPALNÝCH A PEVNÝCH USAZENÝCH SRÁŽEK

V [2] bylo poukazováno na rozdíly koncentrací polutantů ve vzorcích z mlh a námrazkových jevů. Je značným problémem odebrat vzorky z námrazkových jevů v dostatečném množství pro chemické analýzy tak, aby byla vyloučena nebo alespoň maximálně omezena kontaminace padajícími srážkami. Odběry pevných usazených srážek se uskutečňují pomocí pasivních odběrových zařízení, která nelze zakrýt tak, aby vzorek nebyl kontaminován a zařízení si zachovalo svoji funkčnost. Toto porovnání bylo učiněno pro stanoviště Milešovka, kde se podařilo během třech zimních měsíců (prosinec 1999 až únor 2000) odebrat pět analyzovatelných vzorků vody z námrazkových jevů (námrazkové vody). Jednalo se o případy, kdy byl vrchol Milešovky dostatečně dlouho v mlze a nevyskytly se padající srážky. Výsledky analýz byly porovnány s výsledky čtyřiceti analyzovaných vzorků mlžné vody odebraných v období září až listopad 1999. V tab. 3 jsou uvedeny průměrné, minimální a maximální hodnoty koncentrace vybraných iontů zjištěné ve vzorcích mlžné a námrazkové vody. Rovněž v tomto případě byly zpracovány všechny vzorky s úplnou chemickou analýzou a vyhověly zkoušce rovnováhy iontů. Tabulka obsahuje i poměr průměrných hodnot v námraze a mlze pro jednotlivé komponenty. Při porovnávání těchto hodnot je nutno mít na zřeteli, že vzorky byly získávány pomocí různých odběrových zařízení. Vzorky kapalných srážek byly odebrány aktivním (obr. 2) a pevné pasivním odběrovým zařízením (obr. 3). Lze předpokládat, že každé zařízení „vybírá“ ze spektra kapek mlhy jinou část. V případě vzorků z námrazkových jevů je nutno si dále uvědomit, že tyto jevy mohou vzniknout i za přispění padajících srážek.



Obr. 2. Aktivní zařízení pro odběr vody z mlh.

Fig. 2 The active fog water collector.



Obr. 3. Pasivní zařízení pro odběr vody z námraz.

Fig. 3 The passive rime water collector.

Z tab. 3 je vidět, že průměrná hodnota pH vzorků z námrazkových jevů na Milešovce dosahuje výrazně nižší hodnoty (o 0,7) než u vzorků z mlhy. Průměrné hodnoty koncentrací F^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , K^+ a NH_4^+ jsou u námrazkové vody nižší o ca 20 až 50 %. Naproti tomu průměrná hodnota koncentrace Cl^- je u námrazkové vody ca trojnásobná, u koncentrace Na^{2+} a Mg^{2+} dvojnásobná a u Ca^{2+} téměř 1,5 násobná [7].

Charakteristika	pH	cond. $\mu S.cm^{-1}$	$mg.l^{-1}$									
			F^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	K^+	NH_4^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
Průměr	K	4,9	654,4	3,9	13,9	99,6	192,9	5,7	3,2	52,7	2,1	16,4
	P	5,6	401,0	0,9	16,6	48,0	70,5	2,0	3,1	16,5	1,9	38,3
	J	6,4	127,7	0,1	3,1	8,1	8,1	2,2	4,3	1,9	3,4	11,7
Maximum	K	5,8	1685,0	14,7	34,6	320,0	611,3	18,1	9,8	165,0	5,5	39,3
	P	7,6	515,0	2,3	25,8	73,7	108,3	3,4	4,9	27,1	3,0	73,3
	J	8,1	287,0	0,2	6,4	20,5	17,7	5,8	12,1	5,8	10,8	34,5
Minimum	K	3,7	167,8	0,3	2,2	10,3	37,9	1,0	0,4	14,1	0,4	4,3
	P	3,6	208,0	0,4	5,6	23,7	31,4	0,4	0,9	9,1	0,6	15,0
	J	4,5	21,7	0,0	0,0	1,0	2,8	0,1	0,2	0,0	0,8	0,7
Poměr	K/J	-	5,1	39,0	4,5	12,3	23,8	2,6	0,7	27,7	0,6	1,4
	P/J	-	3,1	9,0	5,4	5,9	8,7	0,9	0,7	8,7	0,6	3,3

4. VZTAH CHEMICKÝCH A FYZIKÁLNÍCH CHARAKTERISTIK MLH A USAZENÝCH SRÁŽEK

Mezi fyzikální charakteristiky mlhy lze zařadit její vodní obsah, střední velikost vodních kapiček a celkovou plochu jejich povrchu. Dále sem rozhodně patří původ mlhy (advekcí nebo radiační mlha). U mlh v horských oblastech, kde značná část z nich je tvořena nízkou oblačností, pak lze rozlišovat mlhy tvořené frontální nebo inverzní oblačností. K fyzikálními charakteristikám mlh patří i teplota vzduchu při mlze, nebo zda byl vzorek odebrán na začátku, v průběhu nebo na konci mlžné epizody. V posledním případě se jedná o to, zda byl vzorek odebrán v jedné vzduchové hmotě, nebo na rozhraní dvou vzduchových hmot, vzhledem k převaze nízké frontální oblačnosti na Milešovce. Změně koncentrací polutantů v průběhu epizody s mlhou byla věnována pozornost např. v [6].

Zpracování většinou vyžaduje značně rozsáhlé datové soubory. Z tohoto důvodu byly dosud do zpracování zahrnuty pouze vybrané charakteristiky.

4.1 Závislost obsahu polutantů na vodním obsahu v mlze, celkovém povrchu vodních kapiček v jednotkovém objemu a jejich efektivním poloměru

Pro modelové výpočty depozice usazených srážek z mlh je potřebné znát vodní obsah v mlze (LWC – Liquid Water Content). Tato veličina bývá nejčastěji měřena v rámci výzkumných kampaní, nikoliv průběžně. Je tedy potřebné nahradit přímé měření LWC jeho výpočtem, respektive odhadem z jiných, snadněji zjistitelných veličin. V literatuře [5] je doporučen výpočet LWC z celkové koncentrace hlavních aniontů (Cl^- , NO_3^- a SO_4^{2-}) s využitím následující jednoduché lineární regresní rovnice, kde konstantní člen $a = 0$:

Tab. 2 Statistické charakteristiky komponent v mlžné vodě pro městské aglomerace Kopisty – K (září 1999 až listopad 2000), Praha – Libuš – P (září 1996 až říjen 2000) a Jablonec – J (září 1999 až listopad 2000).

Table 2. Statistical characteristics of components in fog water samples from urban sites Kopisty (September 1999 – November 2000), Prague – Libuš (September 1996 – October 2000), and Jablonec (September 1999 – November 2000). The results from Kopisty, Prague-Libuš, and Jablonec are marked by K, P, and J, respectively.

ontů (Cl^- , NO_3^- a SO_4^{2-}) s využitím následující jednoduché lineární regresní rovnice, kde konstantní člen $a = 0$:

$$m = b LWC^{-1} \quad (1)$$

kde: m je koncentrace hlavních aniontů (Cl^- , NO_3^- a SO_4^{2-}) v mmol/kg, b je regresní koeficient v nmol/m³ a LWC je vodní obsah v mlze v g/m³.

O pokusu ověřit použitelnost jednoduché lineární regresní rovnice pro vztah mezi m a LWC na Milešovce bylo podrobně referováno v [13], kde pro Milešovku byla stanovena rovnice ve tvaru:

$$m = 200,7 LWC^{-1} \quad (2)$$

Zároveň bylo upozorněno na možnost využití regresního koeficientu b pro hodnocení znečištění odběrového místa. Vzhledem k uvedenému se zde touto problematikou nebudeme podrobněji dále zabývat a zaměříme se na další z fyzikálních charakteristik.

Z měření přístrojem PVM-100 byly k dispozici hodnoty LWC a celkového povrchu vodních kapiček (PSA – Particle Surface Area) v jednotkovém objemu. Z nich byly vypočítány hodnoty efektivního poloměru (Re) vodních kapiček [14]. Efektivní poloměr (Re) je fiktivní veličina a vyjadřuje velikost poloměru vodních kapiček při daném vodním obsahu a jejich celkové velikosti povrchu za předpokladu, že všechny kapičky jsou stejně velké a mají kulový tvar.

Pokud platí následující předpoklady:

- polutanty vstupují do vodních kapiček pouze jako rozpustná část kondenzačních jader
 - k růstu kapičky nedochází vlivem koalescence, ale pouze kondenzace vzdušné vlhkosti
 - během transportu nevstupují do kapičky žádné další polutanty,
- mělo by být množství polutantů obsažených ve vodních kapičkách nepřímo úměrné jejich objemu a obsah polutantů v kapičce by tedy měl být nepřímo úměrný třetí mocnině Re . Na obrázku 4 je vynešena závislost m na Re^{-3} po vylou-

Tab. 1 Statistické charakteristiky komponent v mlžné vodě pro horská stanoviště Milešovku (září 1999 až listopad 2000) a Churáňov (březen 1999 až listopad 2000). M – označuje Milešovku a Ch – Churáňov.

Table 1. Statistical characteristics of components in cloud water samples from mountain sites Milesovka (sampling period September 1999 – November 2000), and Churanov (sampling period March 1999 – November 2000). The results from Milesovka and Churanov are marked by M and Ch, respectively.

Charakteristika	pH	cond. $\mu S.cm^{-1}$	$mg.l^{-1}$									
			F^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	K^+	NH_4^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
Vážený průměr	M	4,5	166,2	2,4	2,4	27,0	29,2	1,1	1,0	16,2	0,3	2,0
	Ch	4,4	124,8	0,6	1,2	18,0	17,0	0,6	0,5	7,4	0,2	2,3
Maximum	M	6,1	799,4	11,1	34,1	128,3	186,9	13,1	26,8	83,9	4,8	18,9
	Ch	6,6	366,0	1,6	4,9	65,1	37,6	4,9	1,8	20,7	1,1	19,9
Minimum	M	3,4	39,8	0,0	0,4	5,2	5,2	0,1	0,2	1,5	0,0	0,2
	Ch	3,4	44,4	0,2	0,4	4,9	5,2	0,1	0,2	2,8	0,0	0,2
Poměr M/Ch	1,0	1,3	4,0	2,0	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	1,5	0,9	

	Cond. μScm ⁻¹	pH	mg l ⁻¹									
			F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	
mlha IX–XI/1999	a	203,8	4,6	0,28	3,00	32,48	145,16	2,06	1,26	19,44	2,64	10,92
	b	40,6	3,6	0,00	0,50	5,43	29,13	0,12	0,47	3,37	0,31	1,12
	c	537,0	6,1	0,76	16,53	118,69	562,97	13,07	3,74	62,15	19,09	66,72
námrza XII/1999– II/2000	a	191,9	3,9	0,19	9,18	26,34	106,04	4,50	0,86	10,19	5,92	14,77
	b	130,2	3,4	0,00	2,53	14,92	56,44	0,93	0,44	5,05	2,59	8,06
	c	266,7	4,4	0,41	29,85	38,37	144,09	16,51	1,07	13,16	9,00	20,11
námraza/mlha	0,9	0,9	0,7	3,1	0,8	0,7	2,2	0,7	0,5	2,2	1,4	

Tab. 3 Základní statistické charakteristiky vodivosti (cond.), pH a koncentrací polutantů v mlze a námrze pro Milešovku.

Table 3. Ground characteristics of conductivity, pH, and pollutant concentration in fog and rime at the Milešovka Mt.

čení odlehých hodnot. Z obr. 4, kde je rovněž uvedena regresní rovnice spolu s koeficientem determinace, je zřejmé, že se nejedná o lineární závislost. Poměrně velké hodnoty koeficientu determinace a tím i korelačního koeficientu však ukazují, že kondenzační jádra jsou hlavním zdrojem polutantů ve vodních kapičkách v mlze, i když ne jediným.

5. VLIV TRANSPORTU POLUTANTŮ NA JEJICH KONCENTRACI V MLZE A NÍZKÉ OBLAČNOSTI

Při řešení otázek transportu polutantů na odběrové stanoviště bylo zvoleno několik přístupů:

- Stanovení sektorů, ze kterých se uskutečňuje transport vzduchových hmot, a jejich vlivu na koncentrace polutantů na jednotlivých stanovištích.
- Využití typických synoptických situací a posouzení jejich vlivu na koncentrace polutantů.
- Vliv proudění v hladině absolutní topografie (AT) 850 hPa na koncentrace polutantů.

V dalším budou stručně uvedeny výsledky jednotlivých přístupů.

5.1 Koncentrace polutantů a sektory, ze kterých je transportována vzduchová hmota

V tomto případě byly vypočítány zpětné trajektorie částic vzduchové hmoty pro dvě odběrová stanoviště, Milešovku a Churáňov. Vzhledem k malému datovému souboru bylo přistoupeno k poměrně hrubému vymezení sektorů přenosu, podle hlavních světových stran, přičemž ve zpracovaném období se nevyskytl přenos z východního sektoru pro Milešovku. Výsledky jsou uvedeny v tab. 4. Zpracovány byly všechny vzorky s úplnou chemickou analýzou, pokud vyhověly zkoušce rovnováhy iontů.

Z hlediska porovnání obou lokalit jsou nejzajímavější dva sektory: severní (N), kdy jsou částice transportovány směrem od Milešovky na Churáňov a jižní (S), kdy je přenos opačným směrem. Z tab. 4 je vidět, že při přenosu ze sektoru N jsou koncentrace polutantů ve vzorcích na Milešovce až na výjimky nižší o 20–80 % než na Churáňově. Výjimkou jsou acidita a F⁻, které jsou vyšší, a Na⁺, kterou můžeme považovat za shodnou.

Při přenosu ze sektoru S jsou vodivost a koncentrace polutantů ve vzorcích na Milešovce vyšší s výjimkou koncentrace Cl⁻ a acidity. Přenos v těchto dvou sektorech (N a S) ukazuje, že v prostoru mezi Milešovkou a Churáňovem

Sektor	pH	Cond. [μScm ⁻¹]	[mg l ⁻¹]									
			F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	
N	M	3,84	126,96	0,22	3,33	22,35	72,58	1,96	0,52	7,09	1,40	3,87
	Ch	4,63	230,67	0,10	4,18	39,97	120,06	2,12	0,89	15,02	1,97	18,57
E	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ch	4,59	167,80	0,10	1,80	24,08	103,65	1,29	0,85	9,04	1,82	20,50
S	M	5,74	362,65	0,48	1,21	25,85	367,75	1,23	1,90	41,38	2,55	16,39
	Ch	4,71	130,13	0,07	2,30	21,75	81,46	1,13	0,83	10,15	1,36	6,61
W	M	4,52	203,66	0,29	3,59	40,65	132,37	2,51	1,41	20,35	3,33	12,60
	Ch	5,21	108,40	0,07	1,52	15,91	73,24	0,35	0,67	7,65	1,17	23,03

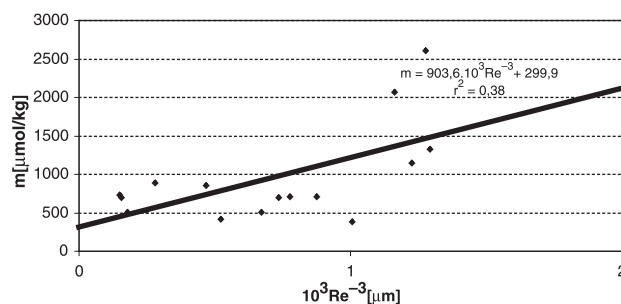
ve směru proudění, dochází k nárůstu koncentrací u většiny sledovaných polutantů.

Za povšimnutí stojí i přenos ze západního sektoru (W), kdy jsou na každé stanoviště přiváděny částice z jiné oblasti. Při přenosu ze sektoru W vykazuje ve vzorcích mlžné vody na Milešovce vodivost, acidita a koncentrace polutantů (s výjimkou

Ca²⁺) zvýšené hodnoty oproti Churáňovu. Svoji úlohu zde jistě hraje, že přenos na Milešovku z tohoto sektoru probíhá přes území bývalé Německé demokratické republiky a na našem území přes průmyslovou oblast pod Krušnými horami [8, 9].

5.2 Závislost koncentrací polutantů na synoptických situacích

Další možností pro hodnocení přenosu bylo využití typizace povětrnostních situací, kdy jedno z hlavních kritérií pro určení typu synoptické situace tvoří řídicí proudění. V této studii [12] bylo zpracováno 147 analyzovaných vzorků mlžné vody, které byly odebrány na Milešovce při 78 epizodách s mlhou v letech 2000 až 2001. Uvedených 78 epizod s mlhou se vyskytlo při sedmnácti různých synoptických situacích. Synoptické situace byly stanoveny podle tzv. Brádkovy klasifikace [1 a 4]. Pro malý počet případů výskytu mlžných epizod při některých synoptických situacích muselo být několik situací sloučeno nebo vypuštěno. Tím se zmenšil datový soubor na 133 vzorků, které byly odebrány při 70 epizodách. Počet synoptických situací se vlivem sloučení podobných



Obr. 4. Koncentrace hlavních aniontů Cl⁻, NO₃⁻ a SO₄²⁻ v mmol/kg v mlžné/oblačné vodě jako funkce Re⁻³ na Milešovce (2001 a 2002).

Fig. 4 The sum of the cloud/fog water molalities for the anions Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻, as a function of the Re⁻³ at the Milešovka Mt. (2001 and 2002).

Tab. 4 Průměrné hodnoty a koncentrace polutantů v závislosti na sektoru přísunu vzduchových částic pro Milešovku (M, 1. 9. až 30. 11. 1999) a Churáňov (Ch, 1. 3. až 30. 11. 1999).

Table 4. Mean values and pollutant concentration in relation to the sector of air particle advection for Milešovka (M, 1.9. till 30.11.1999) and Churanov (Ch, 1.3. till 30.11.1999).

a vypuštěním málo zastoupených situací podařilo zredukovat na osm. Pro hodnocení podobnosti synoptických situací bylo rozhodující řídicí proudění v hladině AT 500 hPa. Výsledky jsou uvedeny v tab. 5. Pro nedostatek prostoru pro popis jednotlivých synoptických situací v tomto příspěvku jsou uvedeny pouze odlišnosti od Brádkovy klasifikace a velmi stručný popis sloučených situací. Při synoptické situaci NE nebyl rozlišován cyklonální a anticyklonální charakter proudění. Podobně tomu bylo i u synoptické situace SE. Situace SWc zahrnuje situace SWc₁, SWc₂ a SWc₃. Do synoptické situace Wc jsou zařazeny i případy výskytu situace Wcs. Podrobnější popis situací a jejich příklady jsou uvedeny v [12].

Stranou bylo ponecháno pH vzorků, které vyjadřuje aciditu, a ta s rostoucím pH klesá. Nejvíce maximálních průměrných hodnot sledovaných komponent (4) se vyskytuje při situaci Sa. Jsou to maximální průměrné hodnoty vodivosti (cond.), koncentrací NH₄⁺, NO₃⁻ a SO₄²⁻. Absolutního maxima však při této synoptické situaci bylo dosaženo pouze u koncentrace SO₄²⁻. Dvě maxima průměrných hodnot koncentrací (Na⁺ a Mg²⁺) spolu s jejich absolutními hodnotami se vyskytují při situaci NE. Jediné průměrné maximum koncentrace (Cl⁻) se vyskytlo při synoptické situaci Bp. Při této situaci byla zaznamenána absolutní maxima cond., koncentrací NH₄⁺, Cl⁻ a SO₄²⁻.

Synoptickou situací s nejvyšším počtem minimálních průměrných hodnot komponent byla situace Wc, při které se vyskytla minima průměrných hodnot všech komponent s výjimkou koncentrací Na⁺ a Mg²⁺. Při této situaci však nebylo zaznamenáno absolutní minimum žádné z uvedených

Tab. 5. Statistické charakteristiky vybraných komponent pro synoptické situace. (a – vážený průměr; b – maximum; c – minimum).

Table 5. The statistical characteristics of selected components for the synoptic patterns. (a – weighted mean; b – maximum; c – minimum).

Synoptická situace	LWC [g.m ⁻³]	pH	cond. [μScm ⁻¹]	Koncentrace [mg.l ⁻¹]						Počet		
				Na ⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	epizod	vzorků	
B	a	0,21	4,2	131,0	0,41	0,34	9,49	2,55	23,77	78,87	10	20
	b	0,66	5,8	334,7	0,56	2,22	36,77	20,05	70,64	220,48		
	c	0,03	3,7	54,7	0,00	0,01	3,45	0,50	4,92	29,01		
Bp	a	0,12	4,7	120,6	1,77	1,28	10,83	4,35	21,61	83,48	11	14
	b	0,46	6,1	647,0	11,49	10,22	56,82	34,52	178,82	302,85		
	c	0,03	3,9	31,6	0,21	0,26	2,37	0,49	2,94	20,87		
NE	a	0,06	4,6	195,6	2,29	2,11	16,75	3,02	31,10	155,81	10	13
	b	0,17	5,6	501,0	12,48	11,62	51,53	14,88	97,91	416,06		
	c	0,02	3,7	35,4	0,05	0,10	3,50	0,34	5,15	2,17		
Sa	a	0,16	4,6	239,5	0,44	0,67	17,92	2,08	35,74	158,82	4	9
	b	0,48	5,8	479,0	2,35	1,72	52,73	5,07	106,27	471,11		
	c	0,02	3,9	108,4	0,21	0,14	10,38	0,73	17,78	60,99		
SE	a	0,14	4,3	151,7	1,06	0,70	11,87	1,67	22,73	98,45	6	10
	b	0,68	5,4	523,0	5,26	5,86	47,04	22,30	96,40	394,29		
	c	0,02	3,6	72,5	0,15	0,53	5,10	0,21	7,09	22,56		
SWc	a	0,20	4,7	126,2	0,46	0,53	11,81	1,27	21,23	85,19	16	36
	b	0,93	5,4	589,0	3,06	2,82	48,55	4,14	146,95	434,87		
	c	0,04	3,7	39,8	0,10	0,12	8,87	0,08	7,39	21,44		
Vfz	a	0,13	4,1	133,2	0,69	0,51	8,87	2,39	22,24	69,30	8	10
	b	0,40	4,5	359,0	3,02	1,94	18,86	6,64	53,30	192,14		
	c	0,05	3,6	25,8	0,19	0,08	0,88	0,24	2,86	5,96		
Wc	a	0,22	4,3	99,9	0,29	0,44	5,34	0,79	14,94	43,29	5	21
	b	0,58	5,1	175,2	2,32	1,98	12,07	2,45	30,32	88,08		
	c	0,10	3,7	47,3	0,07	0,10	1,73	0,33	5,81	17,58		
Celkem	a	0,15	4,5	113,8	0,65	0,61	9,15	1,55	19,35	72,21	70	133
	b	0,93	6,1	647,0	12,48	11,62	56,82	34,52	178,82	471,11		
	c	0,02	3,6	25,8	0,00	0,01	0,88	0,08	2,86	5,96		

komponent. Minimální průměrné hodnoty koncentrací Na⁺ a Mg²⁺ spolu s jejich absolutními minimy se vyskytly při situaci B. Tři absolutní minima (cond., koncentrací NH₄⁺ a NO₃⁻) se vyskytla při situaci Vfz. Absolutní minimum koncentrace Cl⁻ bylo zaznamenáno při situaci SWc a SO₄²⁻ při situaci NE, jak je zřejmé z tab. 5.

Pro ilustraci jsou uvedeny příklady situací Sa (obr. 5), NE (obr. 6), které zastupují situace s maximy průměrných hodnot komponent (viz předcházející text) a situace s minimálními průměrnými hodnotami komponent Wc (obr. 7).

5.3 Existence vzorků, které jsou si podobné chemickým složením, a jejich závislost na proudění v hladině 850 hPa

Další možností pro hodnocení přenosu polutantů bylo využít proudění v hladině 850 hPa. Je potřebné vzít v úvahu, že o transportu polutantů v mlze je možné uvažovat za předpokladu, že mlhy v daném místě jsou tvořeny převážně nízkou oblačností. Uvedený předpoklad je v případě Milešovy naprosto oprávněný. U radiačních mlh pocházejí polutanty obsažené ve vzorcích vody převážně ze zdrojů v blízkosti místa odběru.

V tomto případě byla snaha nalézt vzorky, které jsou si podobné chemickým složením. Jako východisko byl zvolen mořský aerosol [3]. Pokud by při transportu vzduchových hmot na naše území nedocházelo k obohacování vzduchové částice dalšími polutanty, nemělo by se její chemické složení měnit.

Při zpracování byla pozornost zaměřena na následující otázky:

1. Existují vzorky, které jsou si podobné obohacením vybranými ionty?
2. Jaké je obohacení vybranými ionty v porovnání s mořskou vodou (mořským aerosolem)?
3. Jestliže existují shluky podobně obohacených vzorků, jsou ovlivněné prouděním v hladině 850 hPa?

K dispozici byly analyzované vzorky mlžné vody z Milešovy za období 2000–2002. Po vyloučení vzorků, kde v důsledku nedostatečného objemu vzorku nebyla provedena úplná chemická analýza nebo byly vzorky dodatečně kontaminovány, zůstalo ke zpracování 152 vzorků.

Každému vzorku bylo, podle aerologických měření na observatoři Praha-Libuš, přiřazeno proudění v hladině 850 hPa. Vzhledem ke značnému rozsahu souboru bylo možné soubor rozdělit pomocí faktoru obohacení EF(Cl⁻), který je definován následujícím způsobem:

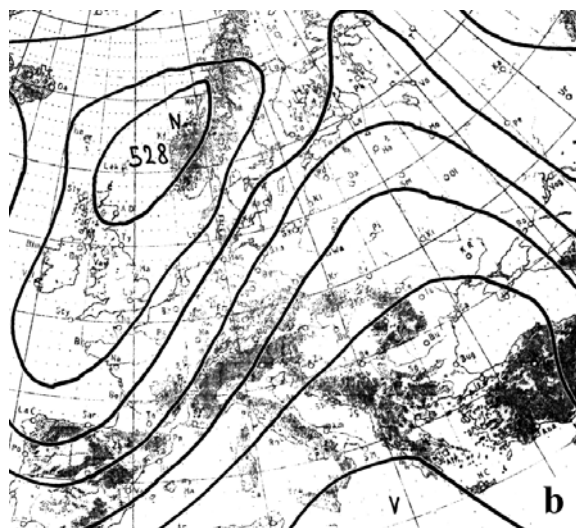
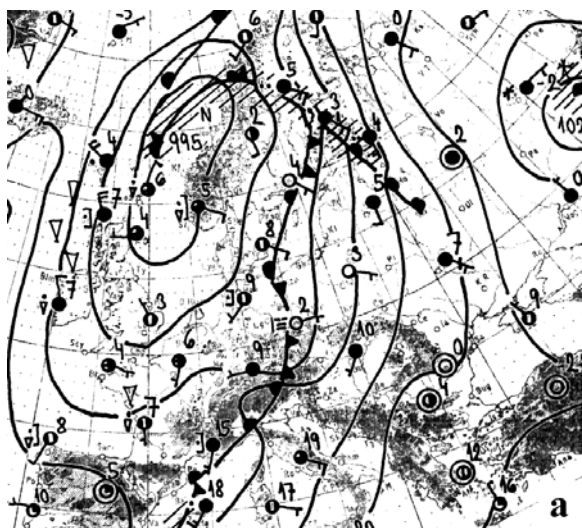
$$EF(X) = (X/Me)_{\text{aer}} / (X/Me) \quad (3)$$

kde

EF(X) je faktor obohacení (Enrichment Factor)

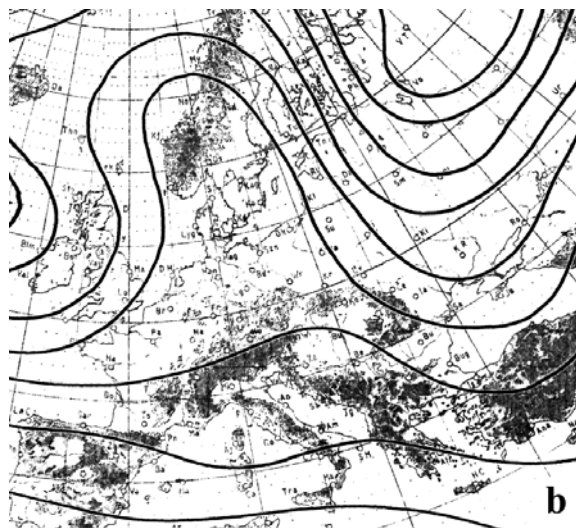
(X/Me)_{aer} je poměr koncentrace daného elementu (X) ke koncentraci referenčního prvku (v našem případě Na⁺) ve vzorku

(X/Me) je poměr daného koncentrace daného elementu (X) ke koncentraci referenčního prvku (Na⁺) v mořské vodě



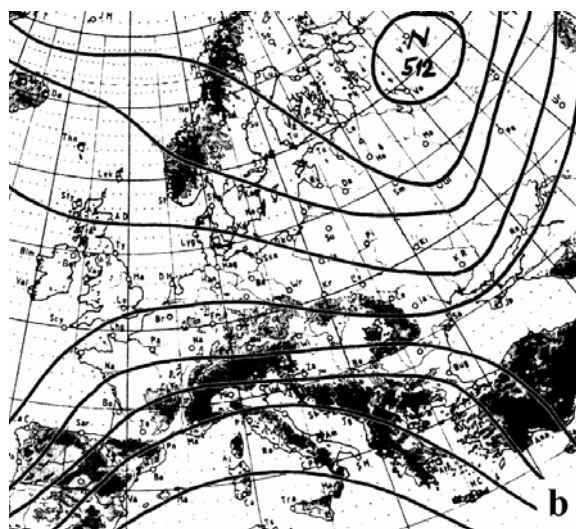
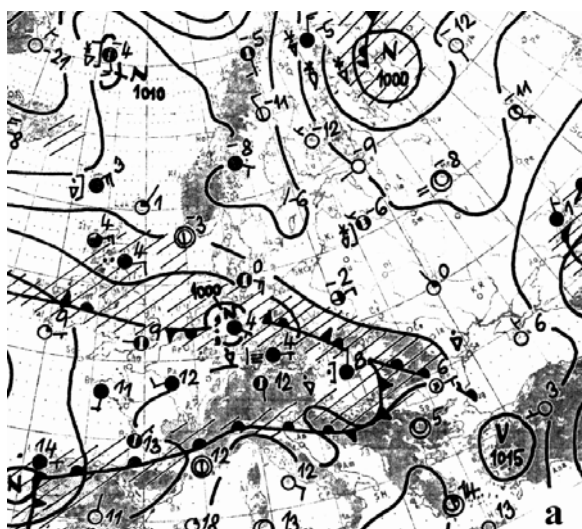
Obr. 5. Synoptická situace Sa dne 14. 11. 2000 (a – přízemní mapa; b – mapa AT 500 hPa).

Fig. 5 Synoptic situation Sa on 14th November 2000 (a – surface chart; b – 500 hPa chart).



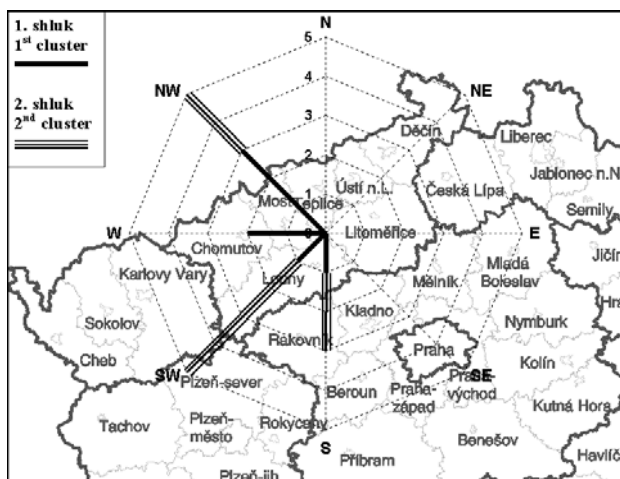
Obr. 6. Synoptická situace NE dne 24. 10. 2001 (a – přízemní mapa; b – mapa AT 500 hPa).

Fig. 6 Synoptic situation NE on 24th October 2001 (a – surface chart; b – 500 hPa chart).



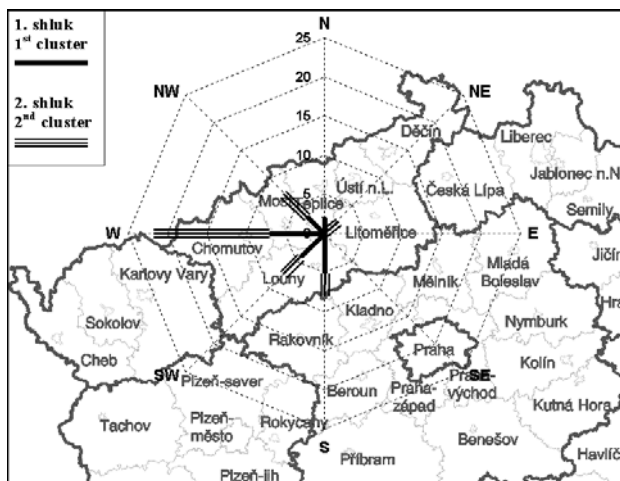
Obr. 7. Synoptická situace Wc dne 24. 3. 2001 (a – přízemní mapa; b – mapa AT 500 hPa).

Fig. 7 Synoptic situation Wc on 24th March 2001 (a – surface chart; b – 500 hPa chart).



Obr. 8. Četnost výskytu podobných vzorků s $EF(Cl^-) < 0,75$ v závislosti na směru proudění v hladině 850 hPa.

Fig. 8 The frequency of similar samples with $EF(Cl^-) < 0,75$ in dependence on flow direction at the 850 hPa level.



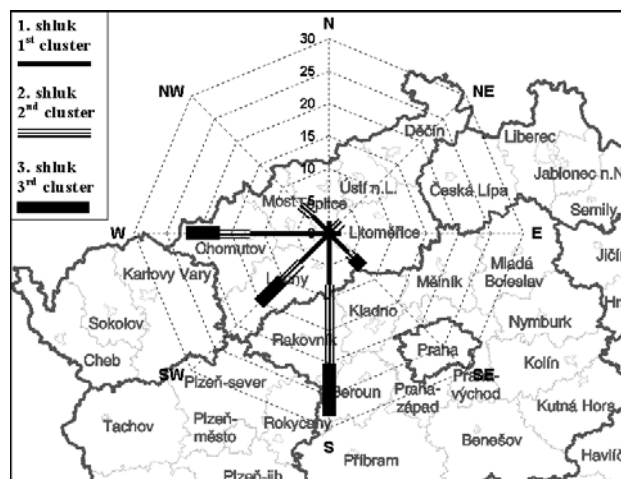
Obr. 9. Četnost výskytu podobných vzorků s $EF(Cl^-)$ od 0,75 do 1,25 v závislosti na směru proudění v hladině 850 hPa.

Fig. 9 The frequency of similar samples with $EF(Cl^-)$ from 0.75 to 1.25 in dependence on flow direction at the 850 hPa level.

Pro zpracování byly využity ionty dominantní v mořském aerosolu a jejich poměry v mořské vodě: $Cl^-/Na^+ = 1,8$; $SO_4^{2-}/Na^+ = 0,25$; $K^+/Na^+ = 0,036$; $Ca^{2+}/Na^+ = 0,038$; $Mg^{2+}/Na^+ = 0,108$ [3]. Faktor obohacení vyjadřuje násobek poměru vybraného elementu k referenčnímu v usazených srážkách vzhledem k poměru těchto elementů v mořské vodě.

Soubor vzorků byl rozdělen na tři skupiny. První skupinu (ca 10,5 % souboru) tvoří vzorky s dodatečným obohacením Na^+ , kdy $EF(Cl^-) < 0,75$. Další skupina je tvořena vzorky s faktorem obohacení $EF(Cl^-)$ blízkým mořské vodě, tedy $EF(Cl^-) = 0,75$ až 1,25. Tato skupina představovala 33,6 % vzorků z daného souboru. Poslední skupinou (55,9 % souboru) byly vzorky kde $EF(Cl^-) > 1,25$.

První skupinu vzorků s $EF(Cl^-) < 0,75$, představovaly vzorky, které byly odebrány při severozápadním, jihozápadním a v menší míře též západním až jižním proudění v hla-



Obr. 10. Četnost výskytu podobných vzorků s $EF(Cl^-) > 1,25$ v závislosti na směru proudění v hladině 850 hPa.

Fig. 10 The frequency of similar samples with $EF(Cl^-) > 1,25$ in dependence on flow direction at the 850 hPa level.

dině 850 hPa (obr. 8). Tato skupina je tvořena dvěma shluky, které se lišily průměrnými hodnotami faktorů obohacení porovnávaných komponent.

Z obr. 9 je vidět, že vzorky s $EF(Cl^-) = 0,75$ až 1,25 byly převážně odebrány z mlh při západním proudění v hladině 850 hPa. Toto proudění převládá pro oba shluky, které skupinu tvoří. Každý shluk vykazuje jiné průměrné hodnoty faktoru obohacení porovnávaných komponent.

Vzorky, které se vyznačují značným obohacením Cl^- ($EF(Cl^-) > 1,25$), vytvořily tři shluky s rozdílnými průměrnými faktory obohacení porovnávaných komponent. Vzorky obohacené v 1. shluku byly odebrány při převážně západním proudění v hladině 850 hPa. U tohoto shluku není zanedbatelné ani proudění jižního směru. Ve 2. shluku je převládající jižní proudění a ve 3. shluku je poněkud výraznější jižní proudění, ale přibližně stejnou měrou se zde projevuje jihozápadní a západní proudění (obr. 10).

V tab. 6 jsou uvedeny průměrné hodnoty faktorů obohacení vybraných komponent. Je zřejmé, že s rostoucím faktorem obohacení Cl^- rostou faktory obohacení i ostatních komponent. U skupiny vzorků s $EF(Cl^-) < 0,75$ je potřebné si uvědomit, že faktor obohacení není nižší proto, že by klesl obsah Cl^- . Důvodem je naopak nárůst obsahu Na^+ .

Nejnižší průměrné hodnoty faktorů obohacení s výjimkou $EF(Cl^-)$ byly zaznamenány ve druhém shluku skupiny vzorků s $EF(Cl^-) < 0,75$, nejvyšší pak pro všechny vybrané komponenty s výjimkou $EF(Mg^{2+})$ ve třetím shluku skupiny vzorků

Tab. 6 Průměrné hodnoty faktorů obohacení vybraných volných iontů pro jednotlivé shluky a skupiny vzorků mlžné vody.

Table 6. The mean values of enrichment factor for selected free ions and for the clusters or groups of fog water samples.

Skupina vzorků s $EF(Cl^-)$	shluk	Průměrné hodnoty				
		$EF(Cl^-)$	$EF(SO_4^{2-})$	$EF(K^+)$	$EF(Mg^{2+})$	$EF(Ca^{2+})$
< 0,75	1.	0,48	59,68	24,52	2,30	18,67
	2.	0,50	23,43	9,03	1,37	8,00
od 0,75 do 1,25	1.	1,01	153,85	28,69	3,58	72,27
	2.	0,97	61,11	16,48	2,16	24,20
> 1,25	1.	2,74	189,91	41,58	4,18	97,21
	2.	4,39	366,00	51,81	3,12	61,36
	3.	5,45	653,93	92,12	3,85	101,05

s $EF(Cl^-) > 1,25$. Maximální průměrná hodnota $EF(Mg^{2+})$ byla zaznamenána ve stejné skupině vzorků v prvním shluku (tab. 6).

6. ZÁVĚR

Při výzkumu usazených srážek v ÚFA AV ČR bylo ukááno, že koncentrace polutantů se značně liší v jednotlivých regionech ČR. Tyto rozdíly se projevují jak na horských stanovištích, tak i v městských aglomeracích.

Existují výrazné rozdíly koncentrací polutantů ve vzorcích z pevných a kapalných usazených srážek. Tyto rozdíly nelze vysvětlit pouze rozdílným způsobem odběru vzorků. Je otázkou, jak dalece se na zvýšení koncentrací Cl^- a Na^{2+} podílí např. solení vozovek v zimě.

Je evidentní, že zejména v horských oblastech, kde častým původcem mlh je nízká oblačnost, se projevuje přenos polutantů. Svědčí o tom jak výskyt vyšších koncentrací polutantů při některých synoptických situacích, tak i zvýšené obohacení vzorků polutanty při některých směrech proudění v hladině 850 hPa.

Pro použití v modelových výpočtech lze pro výpočet LWC ze sumy hlavních aniontů použít lineární regresní rovnici bez konstantního členu. Je však nutné v odběrovém místě uskutečnit řadu měření LWC např. přístrojem PVM-100. Regresní koeficient je závislý na průmyslové zátěži okolí daného odběrového místa.

Poměrně těsná závislost koncentrace hlavních aniontů na převrácené hodnotě Re^3 ukazuje, že hlavním zdrojem polutantů ve vodních kapičkách v mlze jsou rozpustné složky kondenzačních jader.

Z hlediska perspektivy výzkumu mlh a usazených srážek bude potřebné přistoupit alespoň v rámci ČR ke standardizaci základních přístrojů pro zjišťování množství usazených srážek.

Výzkum usazených srážek se dosud omezuje pouze na některé nárazkové jevy a kapalně usazené srážky z mlh. Dosud jsou téměř opomíjeny usazené srážky, jako rosa, zmrzlá rosa a šedý mráz. V literatuře jsou jen velmi sporadické informace o pokusech odběru vzorků z těchto typů usazených srážek. Bude proto potřebné věnovat pozornost problematice odběrových zařízení pro tyto druhy usazených srážek, neboť bez spolehlivých odběrových zařízení nelze výzkum uskutečňovat.

Dosud neexistuje závazné doporučení ani metodika pro vyjádření zachytané plochy u odběrových zařízení. Tyto skutečnosti ztěžují porovnatelnost výsledků a dokonce i zahrnutí depozice polutantů z usazených srážek do celkové mokré depozice.

Větší pozornost bude potřebné věnovat fyzikálním charakteristikám a jejich vazbě na chemické charakteristiky mlh a usazených srážek. Pro tento účel bude nezbytné doplnit přístrojové vybavení ÚFA AVČR o zařízení schopné vyhodnotit spektrum velikostí kapiček. Jako nutné se ukazuje postoupit dále v modelování sedimentace vody z mlh a tím i odhadu depozice polutantů.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl na základě výsledků získaných za podpory GAČR 205/99/1426, GA AV ČR číslo grantu A3042301 a výzkumného záměru ÚFA AV ČR – Z3042911. Děkuji RNDr. D. Řezáčové, CSc. za podnětné připomínky, které přispěly ke zkvalitnění příspěvku.

Literatura

- [1] BRÁDKA, J. – DŘEVIKOVSKÝ, A. – GREGOR, Z. – KOLESÁR, J., 1961. Počasí na území Čech a Moravy při typických povětrnostních situacích. Praha: ČHMÚ.
- [2] BRIDGES, K. S. – DAVIES T. D. – JICKELLS, T. D. – ZEMAN, Z. – HŮNOVÁ, I., 1998. Cloud water Observations

on the Czech Krusne Hory Mountain Plateau, Overlooking a Heavily – Industrialised Valley. First International Conference on Fog and Fog Collection, Vancouver, Canada, July 19-24, 65-68. ISBN 0-9683887-1-X.

- [3] CINI, R. – PRODI, F. – SANTACHIARA, G. – PORCU, F. – BELLANDI S. E. et al, 2002. Chemical characterization of cloud episodes at a ridge site in Tuscan Appennines, Italy. *Atmospheric Research*, Vol. **61**, s. 311–334. ISSN 0169-8095.
- [4] ČERVENÝ, J., 1965. Typizace povětrnostních situací. *Meteorologické Zprávy*, roč. **18**, č. 4, s. 101–103. ISSN 0026-1173.
- [5] ELBERT, W. – HOFFMANN, M. R. – KRÄMER, M. – SCHMITT, G. – ANDREAE, M. O., 2000. Control of solute concentrations in cloud and fog water by liquid water content. *Atmospheric Environment*, Vol. **34**, s. 1109-1122. ISSN 1352-2310.
- [6] FIŠÁK, J. – ŘEZÁČOVÁ, D., 2000. Koncentrace polutantů v mlžné (oblačné) vodě na Milešovce při vybraných epizodách. *Meteorologické Zprávy*, roč. **53**, č. 6, s. 169–178. ISSN 0026-1173.
- [7] FIŠÁK, J. – ŘEZÁČOVÁ, D., 2001. Comparison between pollutant concentration in the samples of fog and rime water collected at the Milesovka Mt. *Studia Geophysica Geodaetica*, roč. **45**, s. 319–324. ISSN 0039-3169.
- [8] FIŠÁK, J. – ŘEZÁČOVÁ, D. – ELIÁŠ, V. – TESAŘ, M., 2001. Comparison of pollutant concentrations in fog (low cloud) water in the north and south Bohemia. Proc. of the 2nd Int. Conf. on Fog and Fog Collection, St. John's, Newfoundland, Canada, s. 57–60. ISBN 0-9683887-1-X.
- [9] FIŠÁK, J. – ŘEZÁČOVÁ, D. – ELIÁŠ, V. – TESAŘ, M., 2001. Comparison of pollutant concentrations in fog (low cloud) water in the north and south Bohemia. *Journal Hydrology Hydromechanics.*, Vol. **49**, s. 275–290. ISSN 0042-790X.
- [10] FIŠÁK, J. – ŘEZÁČOVÁ, D. – ELIÁŠ, V. – TESAŘ M. – WEIGNEROVÁ, V. et al, 2002. Pollutant Concentrations in Fog/Low Cloud Water at Selected Sites of the Czech Republic. *Atmospheric Research*, Vol. **64**, s. 75–87. ISSN 0169-8095.
- [11] FIŠÁK, J. – ŘEZÁČOVÁ, D. – WEIGNEROVÁ, V. – TESAŘ, M., 2002. Pollutant Concentration in Fog Water Samples from Milešovka. *Report Series in Aerosol Science*, No. 56, s. 29–34 ISSN 0784-3496, ISBN 952-5027-34-1.
- [12] FIŠÁK, J. – ŘEZÁČOVÁ, D. – WEIGNEROVÁ, V. – TESAŘ M., 2004. Synoptic Situations and Pollutant Concentrations in Fog Water Samples from the Milešovka Mt. *Studia Geophysica Geodaetica*, roč. **48**, s. 469–481. ISSN 0039-3169.
- [13] FIŠÁK, J. – WEIGNEROVÁ V., 2004. Závislost koncentrací polutantů ve vzorcích mlžné vody na vodním obsahu a celkovém povrchu kapiček vody v mlze. *Meteorologické Zprávy*, roč. **57**, č. 1, s. 11–14. ISSN 0026-1173.
- [14] GERBER, H., 1998. Standards for measuring fog liquid water content Proc. of the 1st Int. Conf. on Fog and Fog Collection. Vancouver, s. 149–152. ISBN 0-9683887-1-X.
- [15] Meteorologický slovník výkladový a terminologický, 1993. Praha: Academia. 594 s. ISBN 80-85368-45-5.
- [16] ŠANTROCH, J. – HONZÁK, J. – MITOŠINKOVÁ, M. – ŠKODA, J., 1989. Kvalita srážek na území ČSSR. *Meteorologické Zprávy*, roč. **42**, č. 5, s. 144–146. ISSN 0026-1173.

Lektorka RNDr. I. Hůnová, Ph.D., rukopis odevzdán v květnu 2004.

MAGIA NATURALIS

(Před 250 lety Prokop Diviš vztyčil uzemněný bleskosvod)

Magia naturalis. (250 years ago an earth-connected lightning conductor was put up by Prokop Diviš.) The contribution informs about Diviš's theoretical views of electric phenomena and how the inventor gradually came to them on the basis of many years' experimental activity. All his ideas and conclusions were put in an important Latin work called „Magia naturalis“ the greater part of which was translated into German and published in Germany first in 1765 and later in 1768. The work was very appreciated by the inventor and he attached great importance to his theoretical knowledge and conclusions. However, in spite of modern influence of the coming Enlightenment natural science of the 18th century Diviš held by basic ideas of Aristoteles's scholasticism. Only his theory of the origin of thunderstorm and lightning made an exception because he interpreted them as electric phenomena. Nowadays Diviš's extensive experimental activities in research of static electricity including numerous practical applications are highly appreciated. The scientific public speaks highly of the fact that he was the first in the world to put up an earth-connected lightning conductor (15 June 1754).

KLÍČOVÁ SLOVA: elektřina atmosférická – bleskosvod – historie

*„...slepým dává zrak, léčí chromé údy, též bouřky
a hromy zahání. Nezbyvá, než šťastnému muži přát, aby
jméno jeho oslavovali pozdní věkové.“*

P. Ch. Procházka,
profesor filozofie ve Varšavě, současník Divišův

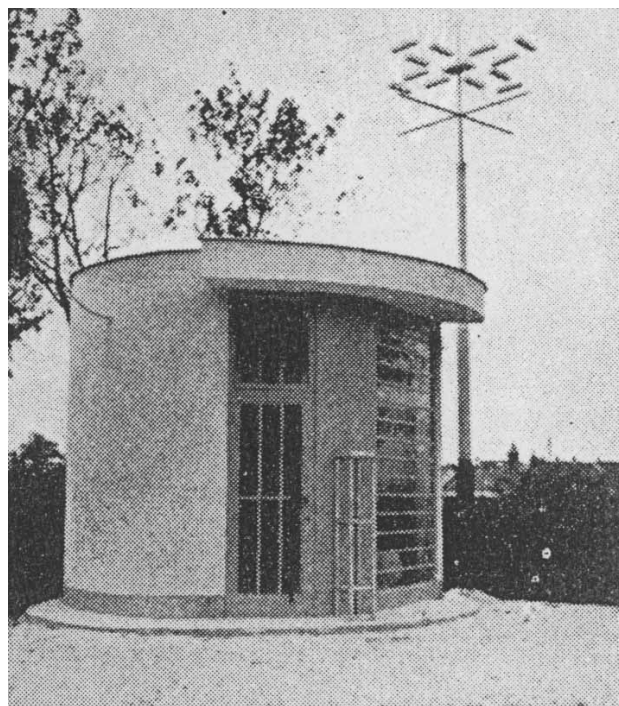
„V mimořádném uznání průkopnické činnosti Prokopa Diviše, který se nespokojoval experimenty v laboratoři, nýbrž ve velkém měřítku a přímo v bouřkovém poli provedl svůj pokus o rozptýlení elektrické energie blesku, ...jehož zkoumání vzbudila rozruch v Evropě a jehož poznatky přiměly v r. 1770 Bavorskou akademii věd, aby vypsala cenu za vyřešení otázky, jakým způsobem by bylo možno účinek bouřek zmírnit ... Nikdo menší než sám Gay-Lussac a Arago se nepřipojili k Divišově doktríně, že lze z mračen odčerpávat význačnou část elektřiny. Diviš je průkopníkem v probádání atmosférické elektřiny.“

Do knihy návštěvníků v Divišově památníku v Příměticích u Znojma (obr. 1) zapsal 7. 5. 1964 Prof. Dr. D. Müller/Hillebrand, ředitel Ústavu pro výzkum vysokého napětí na univerzitě ve švédské Uppsale.

1. ÚVOD

Obsáhlá experimentální činnost Prokopa Diviše (1698–1765) je poměrně dobře známa, byla v literatuře mnohokrát popsána a obsáhle komentována. Podrobně byly popsány jeho pokusy z elektřiny za pomoci vlastnoručně zkonstruované třetí elektřiky, kterou nazval „elektrum“. Hudební svět jeho doby byl nadšen jím sestrojeným originálním hudebním nástrojem, zvaným „Denisdor“ (1753), který napodoboval zvuky různých hudebních nástrojů, a dokonce i lidského hlasu. Avšak největší pozornost mnoha badatelů poutala Divišova konstrukce uzemněného bleskosvodu, tzv. „meteorologického stroje“, vztyčeného 15. června 1754 v Příměticích u Znojma, jeho osudy až do násilného odstranění (1760) a potom opětné snahy po jeho znovupostavení (1760–1761), model viz obr. 2. Nemalou pozornost věnovali badatelé také Divišovu léčení duševních nemocí, epilepsie, revmatizmu, různých ochrnutí, svalových křečí a jiných chorob za pomoci vlastnoručně zkonstruovaného elektroterapeutického zařízení zvaného „scabelum“ (1750–1758).

Poměrně málo jsou známy Divišovy teoretické poznatky a závěry, které vynálezce postupně získával ze svých četných pokusů s elektřinou od počátku 50. let 18. století. Uložil je do významného latinsky psaného pojednání se zkráceným názvem „Magia naturalis“ [4], jehož si velmi cenil, a jemuž přikládal velkou důležitost. Pracoval na něm zejména koncem 50. a počátkem 60. let 18. století, tedy v posledních letech svého života, a spis dokončil v r. 1762. Avšak nemohl jej vydat v habsburské monarchii. Byl odmítnut jak biskupskou církevní cenzurou v Olomouci, tak cenzurou u vídeňského dvora (24. 3. 1763), kde hlavní slovo měl osvícený ministr a osobní lékař Marie Terezie Gerhard van Swieten (1700–1772). Důvody odmítnutí nejsou dostatečně známy a ani podrobně prozkoumány. Někteří badatelé se domnívají, že Diviš nedo-



Obr. 1 Divišův památník před kostelem v Příměticích u Znojma.

Fig. 1. Diviš's monument in front of the church at Přímětice near Znojmo.

sáhl souhlasu s vydáním svého spisu ve Vídni proto, že byl založen na scholastické filozofii, která byla v zahraničním vědeckém světě již odmítnuta, a že by jeho vydání v habsburské monarchii vyvolalo nesprávný dojem, jako by tato filozofie byla v rakouských zemích ještě v plném rozkvětu [17]. Proti vydání v zahraničí však nebyly námitky.

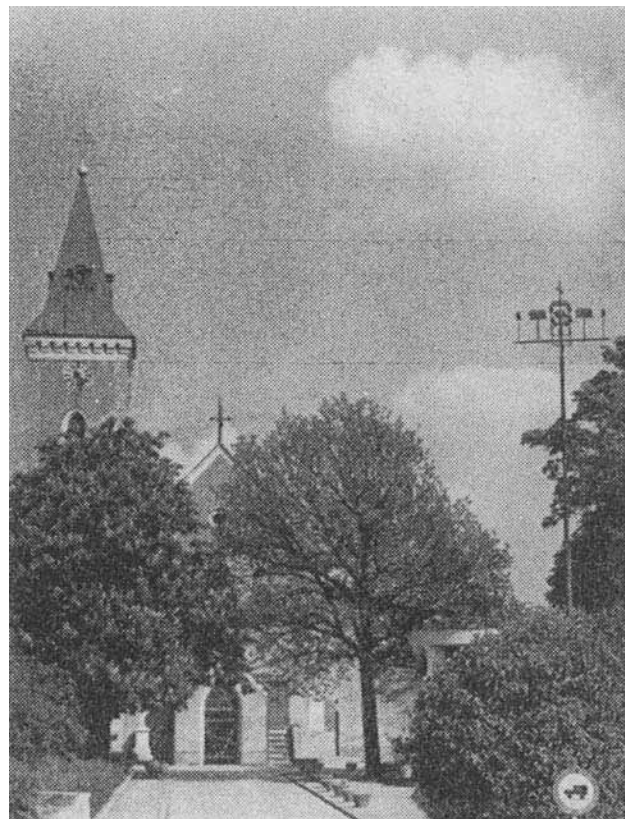
A tak převážná část spisu vychází poprvé r. 1765 v Tübingenu zásluhou evangelického teologa, dlouholetého (od r. 1753) Divišova přítele z Württemberska, zakladatele pietismu, Friedricha Christopa Oetingera (1702–1782) a jeho žáka Johanna Ludwiga Frickera (1716–1766) v německém překladu pod názvem „Längst verlangte Theorie von der meteorologischen Electricite, welche Er selbst Magiam naturalem benahmet“, podruhé r. 1768 ve Frankfurtu nad Mohanem a v Lipsku [4], obr. 3. Na titulní straně spisu bylo uvedeno „Dlouho žádaná teorie o meteorologické elektrině“ a v obsahu ještě „Teoretické a praktické pojednání o elektrickém ohni“. Německý překlad z r. 1765 doplnil Fricker svou studií „Pana Diviše teoretické pojednání o elektrině“. V ní obšírněji přetlumočil Divišova stanoviska a podpořil Divišův odmítavý postoj k éterové (fluidové) teorii elektřiny Johanna Albrechta Eulera, nejstaršího syna slavného Leonharda Eulera (1707–1783), i když jméno autora této teorie nebylo zřetelně vysloveno, avšak všem zasvěceným bylo zřejmé, proti komu je polemika zaměřena.

Pietismus byl filozofický směr, který zvláštním způsobem spojoval teologické vzdělání s všestranným zájmem o přírodní vědy, a zmínění obdivovatelé právě z teologických důvodů projevovali živý zájem o Divišovy teoretické závěry. Domnívali se, že by právě jeho traktát „Magia naturalis“ mohl mít velký vliv v myšlenkovém proudění 18. století. První vydání spisu vyšlo v Divišově úmrtím roce a není známo, zda Diviš toto vydání vůbec viděl. Neúplný český překlad vydal v r. 1899, z pověření tehdejší Akademie věd, na počest 200. narozenin vynálezce bleskosvodu významný český matematik, astronom a vynikající konstruktér astronomických přístrojů, profesor UK v Praze František Nušl (1867–1951) pod názvem „Prokop Diviš“. Vylíčení jeho života a zásluh vědeckých. Překlad hlavního spisu jeho Teoretického traktátu o elektrině“ [13]. (Nušlův překlad přetiskl Karel Černý v publikaci Život a dílo Prokopa Diviše, Znojmo 1948).

Divišovým cílem bylo vypracovat „dlouho žádanou teorii elektřiny“. Vycházel z faktu, že dosud získaný soubor poznatků o elektrině je schopen vytvořit tzv. „elektrickou vědu“, kterou považoval, nepřekračuje stále ještě aristotelské představy o „sublunární přírodě“, za „nejkrásnější a v přírodě pod Měsícem dnes nejvyšší vědu“. A pokračoval „... neboť prodáme-li celou Aristotelovou filozofii, soustavami Leibnizovou a Newtonovou, pak nikdo nedosáhl tak mnoha podivuhodných poznatků a užitečných účinků jako nyní nově objevená „elektrická věda“. Příkladal tudíž své „elektrické vědě“ význam vědy všech věd a považoval ji za poznatkový systém, který značně překračoval Aristotelovu fyziku a rovněž Leibnizovu a Newtonovu přírodovědu. Diviš spatřoval v „elektrické vědě“ cestu k dokonalejšímu poznání čtyř peripateticky a scholasticky chápaných prvků, elementů neboli živlů: „země“, „vody“, „vzduchu“ a „ohně“, které považoval za základní fyzikální pojmy.

2. DIVIŠOVY TEORETICKÉ NÁZORY

Seznamme se trochu blíže s Divišovým hlavním dílem „Magia naturalis“, v němž autor shrnul všechny své teoretické názory na podstatu elektrických jevů. Spis obsahuje 56



Obr. 2 Model Divišova bleskosvodu před památkem v Příměticích u Znojma.

Fig. 2 Model of the lightning conductor in front of the monument at Přímětice near Znojmo.

paragrafů rozvržených do tří kapitol: O přírodním ohni, O elementárním a elektrickém ohni, O meteorologii neboli makrokosmické elektrizaci, čili vlastně o bouři (obr. 4).

Ve svém výkladu Diviš vychází z biblické Geneze a „světlo stvořené prvního dne“ považuje současně za přirozený oheň, podstatu světa a všech jeho částí („phaenomenon naturae sublunaris universale“). Projevuje se, podle něho, dvojitým způsobem: jako elementární oheň nebo jako elektrický oheň. S elementárním ohněm se podle Diviše setkáváme velmi často, např. ve vodě, v zemi, v železe a v jiných kovech a v mnoha sloučeninách, s elektrickým ohněm zase např. ve vzduchu, skle, vosku, suchém dřevě a v některých sloučeninách. Tělesa s elementárním ohněm nazval elementární neboli pasivní, tělesa s elektrickým ohněm zase elektrická čili aktivní. Je zřejmé, že elementárními (pasivními) tělesy rozuměl vodiče, které třením nelze zelektrovat, elektrickými (aktivními) tělesy zase izolátory, které se třením dají zelektrovat a které pak vykazují elektrické vlastnosti (přitahování lehkých předmětů, vznik elektrických jisker, vznícení hořlavých kapalin).

Diviš se pokusil podat určité mechanistické vysvětlení pozorovaných jevů při tření izolátorů a vodičů. Předpokládal, že v každém tělese jsou v jeho pórech uzavřeny minimální elektrické substance – efluvia, nejmenší částičky přírody, tzv. „minima naturae electrica“, která připodobňoval semenům zasetým do země. U elektricky aktivních těles, izolátorů, jsou tato „minima“ v klidu, avšak teplem vznikajícím při tření se z pórů uvolňují a kolem tělesa vytvářejí „elektrickou atmosféru“. Naopak u elementárních těles, vodičů, jsou tato „minima“ pasivní a při sebevětším tření se z pórů neuvolňují; tato tělesa nelze proto zelektrovat. S myšlenkou uvolňování či

neuvolňování elektrických substancí z pórů těles se nesetkáváme jen u Diviše, ale také u dalších badatelů v polovině 18. století, jako např. u J. A. Nolleta (1700–1770), L. Eulera, B. Franklina (1706–1790), F. U. T. Aepina (1724–1802) aj.

Podle Diviše veškeré změny v přírodě, tedy i elektrické jevy, nastávají střetáváním aktivního a pasivního základu; v oblasti nauky o elektrické střetáváním elektrického ohně s elementárním ohněm. Tak např. vznik elektrické jiskry vysvětluje jako střetnutí aktivních elektrických substancí, uvolněných z nabitých těles, s pasivními substancemi vodiče. Obdobně vysvětluje elektrické přitahování působením přitažlivých sil („virtus attractiva“) zelektrovaných těles na tělesa neelektrická, vykazující pasivní sílu „být přitahován“, nazývanou „virtus attrahibilis“. Z Divišových prací neplyne, že by znal pojmy kladná elektřina („elektřina skla“) a záporná elektřina („elektřina jantaru“), zavedené Ch. F. C. Du Fayem (1698–1739) v r. 1733 a v 50. letech 18. století již známé a dosti často používané.

Divišovo přesvědčení o existenci dvojího ohně – elektrického a elementárního – bylo odrazem tehdejšího všeobecného mínění o prvotní a druhotné elektřině. Elektřina izolátorů, vzniklá jejich třením, byla považována za prvotní (jediný zdroj elektřiny), elektřina ve vodičích za druhotnou. Divišovo tvrzení, že příčinou elektrických jevů je světlo (oheň), bylo v polovině 18. století dosti rozšířené, stejně jako představa, že

elektricky nabitě těleso působí prostřednictvím atmosféry, která je obklopuje.

Některé paragrafy traktátu jsou věnovány polemice s Eulerem (ve spise je uváděno s „mladým Eulerem“, tedy Johannem Albrechtem, ve skutečnosti, jak bylo prokázáno později, byly tlumočeny názory L. Eulera). Ten v odpovědi na soutěžní otázku o příčinách elektrických jevů, předloženou v r. 1753 petrohradskou Akademií věd (odměněna a publikována v r. 1755), vyslovil tvrzení, že příčinou elektrických jevů je jemná hmota – éter, táž, která je příčinou světelných a zvukových jevů. Podle Eulera se těleso stává elektrickým tehdy, když byl éter alespoň částečně vypuzen z jeho pórů, např. třením. S Eulerovými názory se Diviš seznámil s největší pravděpodobností prostřednictvím referátu otištěného v dubnovém čísle Journal encyclopedique (1757). Diviš vystupoval proti ideji éteru jako nositeli elektřiny a proti Eulerovu rozdělování elektřiny na „electricitas primitiva“ (elektřina izolátorů) a na „electricitas derivativa“ (elektřina vodičů). Zdůrazňuje, že pozici éteru plní „světlo stvořené prvního dne“, na což prý Euler zapomíná.

Poslední kapitulu „Magia naturalis“ věnoval Diviš problematice atmosférické elektřiny. Když si položil otázku o původu blesku, vycházel ze dvou důležitých tvrzení: za prvé byl přesvědčen o elektrické podstatě blesku, za druhé předpokládal, že ve vzduchu jako izolátoru existují aktivní elektrické substance, které vyvolávají bouřku. Tvrdil, že hromadění elektrických substancí v bouřkovém mraku probíhá tak dlouho, dokud jeho náboj nedosáhne hodnoty potřebné na přitažení vodních par z nižšího nenabitého mraku. Tento proces je doprovázen přeskokováním elektrických jisker, za denního světla neviditelných. Při určité vzdálenosti mezi různými mraky pak vznikne blesk. Pro potvrzení své domněnky Diviš poukázal na analogii atmosférického výboje s jiskrovým výbojem mezi konduktorem elektriky a vodičem. A hned také poznamenal, že blesk nemůže udeřit do izolátoru (sklo), stejnorodé látky s aktivní elektrickou substancí. Dále Diviš přechází k výkladu meteorologických jevů doprovázejících bouřku, který v podstatě odpovídá dnešním představám. Hrom je podle jeho mínění způsoben rychlým vypuzením vzduchu z místa průchodu blesku a po jeho vymizení prudkým návratem vzduchu na jeho původní místo. Příčiny bouřkového větru a uragánu spatřuje v prudkém kolísání tlaku vzduchu.

Před Divišem určitou, avšak dosti fantastickou teorií bouřky vyslovil koncem 40. let 18. století Benjamin Franklin [8]. Podle jeho představ se mořská voda skládá z neelektrické vody a elektrické soli v ní obsažené. Třením mezi částicemi vody a soli vzniká elektřina. Mraky vzniklé vypařováním mořské vody jsou podle Franklina elektricky bohatší než mraky vzniklé nad pevninou. A právě setkáním dvou nesejně elektricky nabitých mraků pak vzniká blesk.

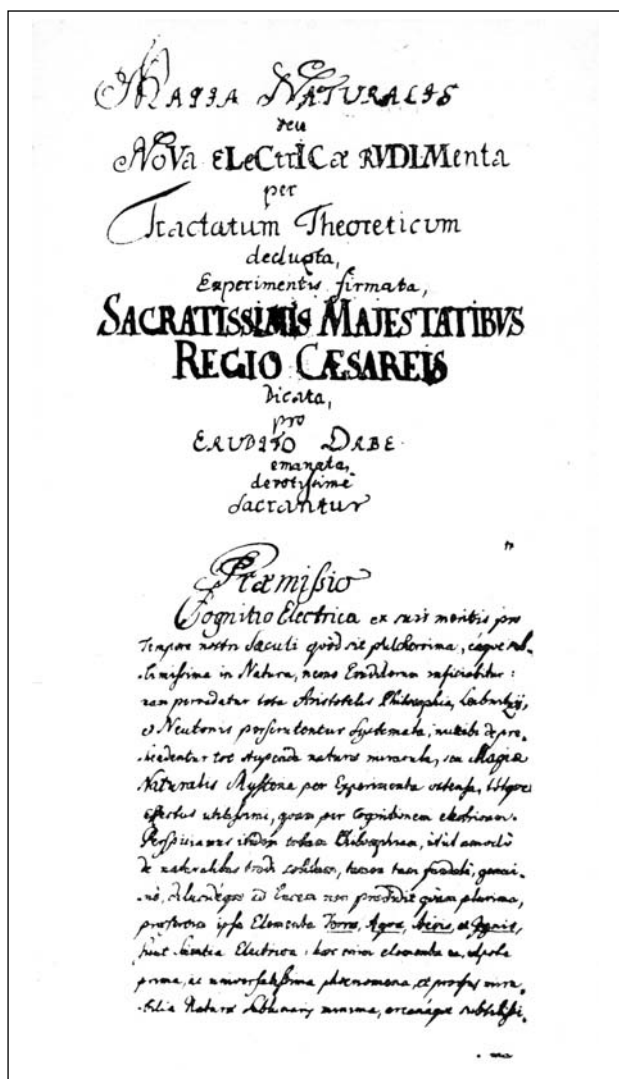
Divišova teorie vzniku bouřky a blesku, nehledě na nutný spekulativní charakter, patří mezi první teorie, které vykládají tyto jevy pomocí elektrických představ, a to v době, kdy jediným přirozeným výkladem bylo, že blesk jsou zapálené sírové páry. Dodejme, že tento výklad, pocházející ještě ze starověku, se ve vědeckých kruzích udržel dlouho po tom, co byla experimentálně prokázána elektrická podstata blesku.

V teoretickém pojednání „Magia naturalis“ věnoval Diviš také velkou pozornost výkladům o příčinách nemoci a smrti, o zásadách léčení elektřinou a o působení elektřiny na živý organizmus vůbec. Uváděl, že „krev elektrizací v běh poněkud rychlejší se uvádí, to není proti přírodě, nýbrž podle přírody, a nemůže být škodlivé“. A dodává: „jakmile prouděním



Obr. 3 Titulní list Divišova spisu vydaného roku 1765.

Fig. 3. The title page of Diviš's work published in 1765.



Obr. 4 Ukázka Divišova rukopisu a titulní stránky *Magia naturalis*.
 Fig. 4. An example of Diviš's manuscript and the front page of *Magia naturalis*.

krve tření nastane, vznikají elektrická minima a zesilují okolní elektrovatelné části, zvláště nervové fluidum, probíhají ihned celým tělem a v něm se rozlévají. A v tom záleží zdraví člověka“. Ostře se hájil proti námitkám a stížnostem zejména znojemských lékařů a lékárníků, které se týkaly jeho lékařské činnosti. Uváděl, že do r. 1758 vyléčil na padesát nemocných z nejrůznějších nemocí pomocí elektřiny. Tvrdil: „že jestli léky nepomáhají, nutno pomáhat umělým elektrizováním“. Na tehdejší dobu vyslovil velmi odvážný soud, že lidský život nekončí odchodem duše z těla, nýbrž vyprcháním tělesné elektřiny.

Bylo by třeba odpovědět na otázku, proč se Divišův spis setkal s tak velkým ohlasem v protestantském německém teologickém myšlení, zvláště v myšlenkovém světě württemberských pietistů, jejichž hlavním představitelem byl F. Ch. Oetinger. Württemberští pietisté byli fascinováni Divišovou představou, že vznik světa vykládal jako spojení „elektrického ohně“ s přírodou a že zánik světa viděl jako proces oddělení „elektrického ohně“ od přírody. Dokonce předpovídali, že r. 1840 nastane konec světa, a právě Divišova teorie elektřiny jako „světla prvního dne stvoření“ jim dávala možnost konkrétněji si představit, jak k zániku světa dojde.

3. ZÁVĚR

Souhrnně možno říci, že Diviš zůstal v teoretické oblasti, přes moderní vlivy nastupující osvícenské přírodovědy 18. století, stále na základních pozicích aristotelské peripatetické scholastiky. Avšak v experimentální činnosti, zejména ve výzkumu elektřiny, v jejích praktických aplikacích, zvláště v konstrukci „povětrnostního stroje“, i když jeho představa o funkci bleskosvodu se zásadně rozcházel s tím, jak takový přístroj mohl fungovat, překračoval tehdejší světový průměr. A v této oblasti činnosti spočívá jeho hlavní význam. Jeho teorie o vzniku bouřky a blesku patří mezi první na světě, které vykládají tyto jevy jako elektrické.

Mimo oblast württemberského pietismu a protestantské teologie se s oceněním Divišova díla „*Magia naturalis*“ setkáváme velmi málo. O Divišovi věděl a jeho práci oceňoval jezuita Joannes Pavlík (Pawlik, 1728–?), který vyučoval na olomoucké univerzitě různým předmětům, v letech 1762–1773 filozofii. Ve svých přednáškách z fyziky, které konal v letech 1765 až 1767, a ve své dvoudílné učebnici fyziky z let 1766 a 1767 (*Compendiaria physicae generalis et specialis doctrina*) vystupoval jako stoupenec heliocentrismu, obhájce Kopernikova učení a zastánce Newtonovy mechaniky. Znal Franklinovo dílo a v přednáškách se zmiňoval i o Divišových pokusech.

První soubornější pojednání o Divišovi podal jeho současník a rodák z Rychnova nad Kněžnou František Martin Pelcl (1734–1801), historik, od r. 1793 první profesor české řeči a literatury na pražské univerzitě, v německy psaných Podobiznách českých a moravských učenců a umělců z r. 1777 [14]. Při zpracování využil kromě svých poznatků i informací, které mu poskytli lidé, kteří Diviše dobře znali a sledovali jeho experimentální činnost, jako např. převor louckého kláštera. Rovněž se stručně zmínil i o zahraničních pokusech s atmosférickou elektřinou a zdůrazňuje, že Divišova myšlenka je zcela nezávislá na Franklinově, o čemž svědčily i rozdílné konstrukce obou bleskosvodů, a proto považuje Diviše za skutečného vynálezce bleskosvodu. Tím se Pelcl podstatnou měrou zasloužil o to, že Divišova činnost a jeho objevy neupadly vůbec v zapomenutí. Pelcova oslavná stať se stala později nejčastějším a nejvyhledávanějším pramenem téměř veškeré literatury o Divišovi a velmi ovlivnila základní hlediska této tvorby.

Literatura

- [1] Beginnings of electricity research. *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*. Prague Studies in the History of Science and Technology., 2000. New Series. Vol. 4. Editor Jaroslav Folta. Národní technické muzeum v Praze. Oddělení dějin techniky a exaktních věd. Praha. 110 s. [Anglicko-německý sborník příspěvků přednesených na mezinárodním sympoziu, uspořádaném v roce 1998 na počest 300. výročí narození Prokopa Diviše.]
- [2] BLATNÁ, J., 1954. Prokop Diviš, dvouleté výročí hromosvodu. *Meteorologické Zprávy*, roč. 7, č. 3, s. 80–82.
- [3] CVERAVA, G. K., 1965. Prokop Diviš 1698–1765. Moskva–Leningrad: Izdatel'stvo Nauka. 102 s.
- [4] DIVISCH, P., 1762. *Magia naturalis seu Nova Electricae rudimenta per tractatum theoreticum deducta, experimentis firmata*. Olomouc: Státní vědecká knihovna, rukopis, sign. M III. 28, No. I. – XIII. [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 und Leipzig 1768.]
- [5] HAUBELT, J., 1982. Život a dílo Václava Prokopa Diviše. Vysoké Mýto: Okresní muzeum. Textová část 70 s., obrazová část 20 s.
- [6] HAUBELT, J., 1986. České osvětlení [kap. „Divišův hromosvod“, s. 166–189]. Praha: Nakladatelství Svoboda. 460 s.
- [7] KOLOMÝ, R., 1998. Prokop Diviš a počátky výzkumu atmosférické elektřiny. *Meteorologické Zprávy*, roč. 51, č. 6, s. 161–168.
- [8] KOLOMÝ, R., 2002. Benjamin Franklin a jeho přínos k nauce o elektřině. *Meteorologické Zprávy*, roč. 55, č. 4, s. 119–124.
- [9] KRŠKA, K.–ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. 568 s.
- [10] MALÍŠEK, V., 1986. Co víte o dějinách fyziky. Praha: Nakladatelství Horizont. 272 s., 16 s. příl. Malá moderní encyklopedie, sv. 104.
- [11] MAYER, D., 1999. Pohledy do minulosti elektrotechniky. České Budějovice: Nakladatelství Kopp. 382 s.
- [12] NOVÝ, L. a kol., 1961. Dějiny exaktních věd v českých zemích do konce 19. století. Praha: NČSAV. 431 s.
- [13] NUŠL, F., 1899. Prokop Diviš. Vylíčení jeho života a zásluh vědeckých. Překlad hlavního jeho spisu: Theoretického traktátu o elektřině. Na paměť 200letých narozenin Divišových. V Praze 1899, s. 17–36.
- [14] PELZEL, F. B. M., 1777. 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, s. 172 – 184.
- [15] POPOLANSKÝ, F., 1960. K některým otázkám divišovského bádání. Zprávy Komise pro dějiny přírodních, lékařských a technických věd ČSAV, č. 5, s. 16–17.
- [16] POPOLANSKÝ, F., 1965. K dvoustému výročí úmrtí Prokopa Diviše. *Elektrotechnický obzor*, roč. 54, s. 569–570.
- [17] SMOLKA, J., 1957. Příspěvky k bádání o Prokopu Divišovi. Sborník pro dějiny přírodních věd a techniky III. Praha: NČSAV, s. 122–152.
- [18] SMOLKA, J., 1965. Prokop Diviš and his place in the history of atmospheric electricity. *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*. Prague, s. 149–169.
- [19] ZAJAC, R.–CHRAPAN, J., 1982. Dejiny fyziky. Bratislava: MFF UK. 264 s. [Skripta.]
- [20] ZAJAC, R.–ŠEBESTA, J., 1990. Historické pramene súčasnej fyziky 1. Od Aristotela po Boltzmana. Bratislava: Alfa. 396 s.
- Lektor RNDR. J. Munzar, CSc., rukopis odevzdán v dubnu 2004.*

INFORMACE – RECENZE

VELKÁ KNIHA O KLIMATU ZEMÍ KORUNY ČESKÉ

J. Svoboda – Z. Vašků – V. Cílek. Praha: Nakl. Regia 2003. 656 stran (499,- Kč).

Svým rozsahem téměř 700 stran je tato kniha nejobtější populárně-vědeckou publikací v oboru klimatologie v českém jazyku. Kniha je zřejmě určena široké veřejnosti, která se zajímá o historicko-klimatické souvislosti, geologii, zemědělství, změny klimatu aj. Stojí opravdu za přečtení, neboť je až na výjimky napsána výborným a čtivým slohem. V četných pasážích se projevuje rozsáhlé všeobecné vzdělání autorů, sečtělá a letitá odborná zkušenost se zpracováním obrovského množství archivního materiálu (asi 45 tisíc klimatických údajů).

Kniha je rozdělena do tří hlavních částí. V první, nejkratší části se pojednává o podnebí v holocénu, fosilních geologických vrstvách a o historických pramenech ke studiu klimatických změn. Na ni navazuje druhá, nejrozsáhlejší část s přehledem klimatických období zhruba od počátků křesťanství u nás až do konce 19. století. V závěrečné části se setkáváme s velmi roztržitým obsahem. Za popisem klimatických změn se zaměřením na severoatlantickou oscilaci následuje stať o kronikáři Václavu Hájkovi z Libočan, dále jsou rozebírány historické povodně na Vltavě v Praze a konečně pranostiky a klimatické periody během roku. Kniha končí pojednáním o počátcích instrumentálního meteorologického pozorování. Jako přídatek je pak publikováno 16 nejdelších

teplotních řad na světě včetně Klementina (měsíční průměrné teploty vzduchu).

Mnozí odborníci z řad meteorologů, klimatologů, hydrologů i historiků budou mít ke knize řadu podstatných výhrad. Základním nedostatkem práce je její nepřehlednost, která se projevuje především v druhé části knihy. Zde by se přímo nabízelo použití chronologických tabulek. Publikace neobsahuje ať již z jakýchkoliv důvodů žádný graf, názorný obrázek nebo ukázkou konkrétního výpočtu, i když se pak na něj autoři odvolávají, takže odborník si nemůže téměř nic ověřit. Chybí rovněž jmenný či věcný rejstřík včetně alespoň krátkého seznamu literatury, který by obsahoval stěžejní prameny. Proto také ztrácíme často orientaci, k čemuž přispívají i nejednotné názvy některých podkapitol. Text odlehčuje jen několik jednoduchých perokreseb a v poslední části pak reprodukce 24 černobílých fotografií zachycujících hlavně rozvodněné toky.

V dalším textu uvedeme jen výběr z celé řady podstatných připomínek. Hned v první části je včleněn odstavec o statisticko-historickém výzkumu povodní na Vltavě, kterému lze těžko porozumět (s. 41). Tento výzkum prováděl jmenovitě J. Svoboda pomocí harmonické analýzy a zjišťoval výskyt period pro jednotlivé povodňové situace, avšak výsledky se v dalším textu neuvádějí.

Na str. 57 je dokonce odkaz na diagram znázornění často citovaného kvaziosmiletého cyklu, který ovšem v knize marně hledáme. K jeho narušení došlo údajně jen dvakrát v souvislosti s výraznou erupční sopečnou činností (s. 411).

Je prezentována příliš podrobná jedenáctidílná stupnice posuzování míry normality, která pak není prakticky aplikova-

vána. Podle této míry měla být vymezována přirozená období (s. 58), která začínají nejstarším časovým úsekem v letech 875-1195. Tato klasifikace snad každého klimatologa mírně řečeno překvapí.

Také definice zaváděných pojmů jsou problematické až vágní, např. klimatická epizoda, malé doby ledové, malá klimatická optima, malé pluvíaly, přirozená období aj. V malých dobách ledových se např. mohou kupodivu vyskytovat i kontinentálně horká a suchá léta (?!). Do definice malých pluvíálů se zase dostala nadbytečně hydrologická charakteristika. Je totiž známo, že např. velké povodně v létě mohou nastat zcela náhle i po dlouhém období vleklého sucha. Naopak i značně nadnormální srážky nemusí vůbec způsobit povodně, ale jen dlouhodobě zvýšené průtoky. Vztah povodní z tání sněhů a z dešťů v zimním pololetí ke srážkovým poměrům je však ještě složitější.

Zhodnotit např. období 1014-1019 vcelku jako teplé šestileté období, což je obdobně prováděno po dobu osmi století až do roku 1771, je (samozřejmě až na výjimky doložené velmi četnými historickými záznamy) naprosto zavádějící. Uvědomme si totiž nesmírnou časoprostorovou rozmanitost průběhu počasí jednotlivých let i jen na našem území. Meteorologa přitom nesmí odradit při čtení věta snad až z říše fantazie, že: „Z hlediska dlouhodobých teplotních normálů v Praze-Klementinu lze uvést, že v intersekulárním období 1466–1489 dosáhla četnost nadnormálně teplých roků 62,5 %...“ (s. 245).

V textu lze nalézt i několik opačných tvrzení. Správně se píše o současném prokazatelném globálním oteplování nikoliv jen vlivem antropogenní činnosti, ale i v důsledku přirozených výkyvů. Najednou se však objeví věta, která to popírá (s. 427). Také rozpor mezi stranou 453 a 470 stojí za povšimnutí. První sdělení říká, že ukryté periody nejsou předmětem studia. Dále ovšem: „*Frekvence výskytu povodní ... byla podrobena harmonické analýze při níž bylo postupně získáváno vždy 15 základních časových period v nichž se vybrané povodně opakovaly.*“ Zde evidentně chybějící interpunkce snad svědčí i o neprovedené korektuře.

Jako velice diskutabilní se ukazuje výpočet průměrných měsíčních průtoků v Praze za období 1801–1824, a to na základě údajně vysoké těsnosti vztahu s průtoky na Labi v Drážďanech. Stačí si však porovnat několik případů skutečných měsíčních průtoků z pozdější doby z Prahy a na Labi blíže ležícího Děčína, abychom byli k prodlužování vltavské řady do minulosti mnohem skeptičtější. O tom, že průtoky z Prahy za období 1825–1957 byly převzaty (s. 464–467) z publikace J. Novotného (Sborník prací HMÚ, sv. 2), není nikde zmínka, což platí též o jeho rovněž publikovaných dějinách hydrologie v českých zemích. Že by snad záměrně? Tento významný český hydrolog sestavil v citované publikaci i řadu kulminačních průtoků pro Prahu a Děčín, pro něž jsou vztahy mezi odpovídajícími povodněmi pochopitelně ještě volnější než pro předešlé průměrné měsíční průtoky. Proto také kulminační průtoky vypočtené s udivující přesností na jednotky $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, uvedené v tabulce na s. 457–459, která zároveň obsahuje velký počet tiskových chyb, nelze použít pro další zpracování. Tato záliba v prodlužování různých hydrometeorologických řad musí pak nutně vést k obezřetnému využití dalších dlouhodobých teplotních řad na konci knihy. Zdá se, že uvedený kvadratický korelační koeficient s hodnotou 0,98, který má demonstrovat těsnost vztahu mezi průtoky a vodními stavy (s. 496), byl zřejmě vypočten z běžně

měrné křivky průtoků pro daný vodoměrný profil Praha-Chuchle, která platila v určitém časovém období. Toto občasné používání výrazů z matematické statistiky má laického čtenáře přesvědčit o větší hodnověrnosti získaných výsledků. Pokud se ovšem precizně zpracované hodnoty ani nezaokrouhlí podle běžných zvyklostí, dostáváme se např. k výsledku, že při kulminaci Vltavy v Praze-Chuchli dne 12. 8. 2002 ve 12 h byla povodeň vyhodnocena jako 360,8letá (s. 500). Tento příklad nejlépe svědčí až o přezíravém ignorování běžně dostupných odborných příruček z hydrologie i meteorologie. V textu týkajícím se povodní ze srpna 2002 je uvedeno několik nepřesností.

Při klasifikaci klimatických period během roku, kterých je celkem 49 (mnohé s nezvyklými názvy jako Hyginská zima, Markétské léto, Havelské ochlazení apod.), se v dosti nejasně formulované podkapitole (s. 507) uvádí, že hlavním podkladem je pro tuto analýzu klementinská teplotní řada. (Klasifikaci prováděl jmenovitě Z. Vašků.) Ale např. u Víteckých dešťů (6.–18. 6.), v pořadí 23. období od začátku roku, dostavujících se s velkou pravděpodobností 70 %, není teplotní charakteristika vůbec zmiňována. Zde se hovoří jen o pronikání vlhčího mořského vzduchu do Evropy. V tomto případě by tedy měla být logicky použita jiná, a to srážkoměrná klementinská řada, o níž však není u statistické analýzy (s. 507) ani zmínka. Proto i tento jediný, namátkou vybraný případ z měsíce června vyvolává vážné pochybnosti o serióznosti tak velice podrobného a nápaditého rozčlenění kalendářního roku. To platí tím spíše o uváděných četnostech výskytu jednotlivých period (podle Meteorologického slovníku zřejmě singularit). V textu se vyskytují i další nesprávné pojmy, např. „termometeorologický“ apod.

Z drobnějších věcných připomínek lze jmenovat na několika místech chyby, vyskytující se v letopočtech (s. 130, 244 aj.), někde vypadla část textu (s. 114), Steplingovým nástupcem byl F. Zeno (s. 402), karlínská invalidovna, ne kasárna (s. 493), čtyřikrát za sebou je psáno nesprávně jméno C. G. Pötzsch (s. 78), šest, ne pět největších povodní v tabulce (s. 526), u největších povodní v Děčíně má být letopočet 1432 (nikoliv 1832), nesprávné použití termínu vodnatý místo vodný aj.

Z gramatických chyb lze uvést: nárůst, přírůstek, výjimka, nebilo to zapříčiněno (s. 247), šesti hodinový aj. Interpunkce je v úvodní části téměř bezchybná, avšak zejména ve střední části jsou prohřešky proti ní dosti časté.

Na závěr lze konstatovat, že velice rozsáhlá publikace je bezpochyby vhodná pro širší laickou veřejnost, nikoliv však už pro čtenáře, kteří by danou tematiku chtěli přímo studovat. Většina odborníků zaujme k tomuto dílu zcela určitě velmi kritický postoj, neboť mnohé výsledky jsou pro ně stěží akceptovatelné. Knize asi nejvíce uškodila snaha přesvědčit čtenáře, že obrovské množství zpracovaného materiálu bylo rozříděno objektivními statistickými metodami se zjištěním různých periodicit. Tuto přísnou kritiku bude případně možno otupit či vyvrátit jedině publikační činností autorů o této problematice v odborném meteorologickém či hydrologickém tisku. Je bohužel velkou chybou, že tato kniha pravděpodobně nebyla recenzována, což se v současné době stává dosti často i v jiných případech. Přes všechny zjištěné nedostatky má recenzent opravdový respekt k nezměrnému pracovnímu entuziasmu autorů a vynaložené práci po dobu několika desítek let.

Vilibald Kakos

TYPY POVĚTRNOSTNÍCH SITUACÍ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2003

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	
I	Ap ₃	Wcs	Wcs	Nc	Nc	Nc	Ec	Ec	NEc	NEc	Ap ₂	Wc	Wc	Wc	Wa	Wa	Ap ₁	Ap ₁	SWa	SWa	Bp	Bp	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	NWc	NWc	Nc	Nc	Nc	
II	Ap ₁	B	B	B	NEc	NEc	NEc	NEc	Ea	Ea	Ea	Ea	NEa	NEa	NEc	NEc	NEa	NEa	NEa	NEa	SEa	SEa	SEa	A	A	A	Sa	Sa				
III	SEa	SEc	SEc	SEa	SEa	Bp	Bp	Wc	Wc	Wc	Wc	Nc	Nc	NEc	NEc	NEa	NEa	NWa	NWa	NEa	NEa	A	A	A	A	A	SEa	SEa	NWc	NWc	Ap ₂	
IV	Ap ₂	B	B	B	Nc	Nc	NEc	NEc	NEc	C	C	Ap ₃	SEa	SEa	SEa	Ea	Ea	NEc	NEc	NEc	SEa	SEa	NEc	NEc	NEc	Ap ₄	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₁	SWc ₂	SWc ₂	
V	Ap ₁	SWc ₂	SWc ₂	Ap ₁	Sa	Sa	Ap ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	Bp	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	Bp	Bp	Bp	Ap ₁	Ap ₁	Bp	Bp	NEa	NEa	NEa	NEa	Nc	
VI	Nc	Sa	Sa	Sa	SWc ₂	SWc ₂	Ap ₁	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Ap ₃	NEa	NEa	SWc ₁	SWc ₁		
VII	SWc ₁	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	Bp	Bp	Ap ₂	Ap ₂	NWc	Wc	Wc	Wc	Cv	NEa	NEa	Vfz	Vfz	Vfz	A	A	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₁	SWc ₂	SWc ₂	Ec	Ec	Ec	
VIII	Ec	Ec	A	A	NEa	NEa	A	A	A	A	A	A	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	NWa	NWa	NWa	NWc	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃
IX	Bp	Bp	Bp	NWa	NWc	SEa	SEa	SEc	SEc	C	C	C	C	Ea	Ea	A	A	A	SWa	SWa	SWa	SWa	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	SWa	SWa	Bp	Ap ₂		
X	Ap ₂	SWc ₃	SWc ₃	Bp	Bp	Bp	NWc	NWc	Wc	Wc	Nc	Nc	Nc	NEc	NEc	NEc	Ea	Ea	Ea	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₃	Ap ₃	Ap ₃	NWc	NWc	Ap ₂	Ap ₂	Bp	Bp	
XI	Bp	Bp	Wa	Wa	Ap ₁	Ec	Ec	SEa	SEa	SEa	SEa	SEa	SEa	SEa	SWc ₂	Bp	Bp	Wc	Wc	SWa	SWa	SWa	Sa	Sa	Sa	B	B	SEc	SEc	SEc	SEc	
XII	Sa	Sa	Ea	Ea	NWc	NWc	Ap ₃	Ap ₃	SEa	SEa	Bp	Bp	Wc	Wc	NWc	NWc	Wa	Wa	Wa	Wa	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	SWa	SWa	SWa	SWa	B	B	B	B

TYPY POVĚTRNOSTNÍCH SITUACÍ NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY V ROKU 2003

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	
I	Ap ₃	Wcs	Wcs	Nc	Nc	Nc	Ec	Ec	NEc	NEa	NEa	Wc	Wc	Wc	Wa	Wa	Ap ₁	Ap ₁	SWa	SWa	Bp	Bp	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	Ap ₂	NWc	Nc	Nc	Nc	
II	Ap ₁	B	B	B	NEc	NEc	NEc	NEc	Ea	Ea	Ea	Ea	NEa	NEa	NEc	NEc	NEa	NEa	NEa	NEa	SEa	SEa	SEa	A	A	A	Sa	Sa				
III	SEa	SEa	SEa	SEa	SEa	Bp	Bp	Wc	Wc	Wc	Wc	Nc	Nc	NEc	NEc	NEa	NEa	NWa	NWa	NEa	NEa	A	A	A	A	A	SEa	SEa	SEa	NWc	NWc	NWc
IV	Ap ₂	B	B	B	Nc	Nc	NEc	NEc	NEc	C	C	Ap ₃	SEa	SEa	Ea	Ea	Ea	NEc	NEc	SEa	SEa	NEc	NEc	NEc	NEc	Ap ₁	SWc ₃	SWc ₃	SWa	SWa	SWa	SWa
V	SWa	SWc ₂	SWc ₂	Ap ₁	Sa	Sa	Sa	Ap ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	Bp	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	SWa	SWa	SWa	SWc ₃	Bp	Bp	Ap ₁	Ap ₁	SEa	SEa	SEa	NEa	NEa	NEa	Nc	
VI	Nc	SEa	SEa	SEa	SEa	SWc ₂	Ap ₁	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Ap ₃	NEa	NEa	NEa	SWc ₁	SWc ₁	
VII	SWc ₁	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	Bp	Bp	Ap ₂	Ap ₂	NWc	Wc	Wc	Wc	Cv	NEc	NEc	NEa	Vfz	Vfz	A	A	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₁	SWc ₂	SWc ₂	Ec	Ec	Ec	
VIII	Ec	Ec	A	A	NEa	NEa	A	A	A	A	A	A	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	NWa	NWa	NWc	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	
IX	Bp	Bp	Bp	NWc	NWc	SEa	SEa	SEc	SEc	C	C	C	C	Ea	Ea	A	A	A	SWa	SWa	SWa	SWa	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	SWa	SWa	Bp	Ap ₂		
X	Ap ₂	SWc ₃	SWc ₃	Bp	Bp	Bp	NWc	NWc	Wc	Wc	Nc	Nc	Nc	NEc	NEc	NEc	Ea	Ea	Ea	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₃	Ap ₃	Ap ₃	NWc	NWc	Ap ₂	Ap ₂	Bp	Bp	
XI	Bp	Bp	Wa	Wa	Ap ₁	Ec	Ec	SEa	SEa	SEa	SEa	SEa	SEa	SEa	SWc ₂	Bp	Bp	Wc	Wc	SWa	SWa	SWa	Sa	Sa	Sa	B	B	SEc	SEc	SEc	SEc	
XII	Sa	Sa	Ea	Ea	NWc	NWc	Ap ₃	Ap ₃	SEa	SEa	Bp	Bp	Wc	Wc	NWc	NWc	Wa	Wa	Wa	Wa	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	SWa	SWa	SWa	SWa	B	B	B	B

Pozn.: Celý kalendář typizací je na internetové adrese: <http://www.chmi.cz/meteo/om/mk/kalendar.html>



VÝBĚR Z NOVINEK ZÁKLADNÍ KNIHOVNY ČESKÉHO HYDROMETEOROLOGICKÉHO ÚSTAVU

Hula, J. – Janeček, M. – Kovaříček, P. – Bohuslávek, J.
Agrotechnická protieroční opatření
1. vyd. Praha: VÚMOP. 2003. 48 s. ISSN 1211-3972

Klabzuba, J. – Kožnarová, V.
Aplikovaná meteorologie a klimatologie. VI. díl
1. vyd. Praha: ČZU. 2004. 40 s. ISBN 80-213-1123-1

Kocourek, J.
Český atlas. 3. díl. Západní Čechy
1. vyd. Praha: freytag & berntd. 2003. 344 s. ISBN 80-7316-130-3

Dějiny českého státu v dokumentech
2. rozš. a uprav. vyd. Praha: Epoque. 2003. 495 s. ISBN 80-86328-26-0

Challoner, J.
Hurikány a tornáda
1. vyd. Praha: Fortuna Print. 2003. 59 s. ISBN 80-7321-093-2

Dvořák, P.
Ilustrovaný atlas počasí
1. vyd. Cheb: Svět křídél. 2003. 138 s. ISBN 80-86808-02-5

Treutwein, N.
Jak vyzrát na počasí
1. vyd. Praha: Euromedia Group, k.s. – IKAR 2001. 213 s. ISBN 80-7202-933-9

Lesy a povodně: Souhrnná studie
1. vyd. Praha: MŽP. 2003. 48 s. ISBN 80-7212-255-X

Kalvová, J. a kol.
**Scénáře změn klimatu na území České republiky a odhady dopadů
klimatické změny na hydrologický režim, sektor zemědělství, sektor lesního hospodářství
a na lidské zdraví ČR**
1. vyd. Praha: ČHMÚ. 2002. 141 s. NKP ČR, sv. 32. ISBN 80-86690-01-6

Národní parky a chráněné krajinné oblasti
1. vyd. Praha: Olympia. 2003. 204 s. ISBN 80-733-808-3

Nové Universum: Všeobecná encyklopedie A-Ž
1. vyd. Praha: Euromedia Group k.s. – Knižní klub. 2003. 1303 s. ISBN 80-242-1069-X

Ottova všeobecná encyklopedie ve dvou svazcích
1. vyd. Praha: Ottovo nakl. – Cesty. 2003. 735 s + 752 s. ISBN 80-7181-959-X



NABÍDKA PUBLIKACE ČHMÚ

HOMOGENIZACE TEPLoty VZDUCHU NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY V OBDOBÍ PŘÍSTROJOVÝCH POZOROVÁNÍ

Autor Petr Štěpánek. Praha: ČHMÚ 2004. 1. vyd. 60 stran. Práce a studie, sešit 32.
Cena 150,- Kč.

V této práci byla homogenizována dlouhodobá měření měsíčních průměrných teplot vzduchu všech dostupných stanic na území ČR v období přístrojových pozorování (od roku 1771 do r. 2000). Byl hledán způsob, jak při nekompletnosti metadat a dané spolehlivosti statistických testů co nejpřesněji a nejspolehlivěji určit nehomogenity v řadách.

Navržený způsob homogenizace kombinuje použití více statistických testů na homogenitu, více způsobů výpočtu referenčních řad a vedle měsíčních řad také testování řad sezonních a ročních průměrů. Ze statistického vyhodnocení detekcí nehomogenit ve všech těchto kombinacích (pro danou testovanou stanicí) lze potom s relativně velkou spolehlivostí určovat nehomogenity v řadách. Díky zpracování velkého počtu stanic, které byly v této práci k dispozici (území celé České republiky a jejího blízkého okolí), bylo možné mj. konstruovat kvalitní (homogenní) referenční řady, a tím ještě zvýšit kvalitu homogenizace.

Výsledkem práce je 174 stanic ČR s homogenními řadami měsíčních průměrů teploty vzduchu z období přístrojových pozorování. Homogenní úsek měl v neopravených datech délku průměrně necelých 40 let (bráno z mediánu délky řad). Z homogenních řad byla na konci vypočtena průměrovaná řada ČR (1848–2000).

Práce je rozdělena do pěti kapitol:

- ◆ Vytvoření databáze dlouhodobých řad měsíčních průměrů teploty vzduchu
- ◆ Kontrola kvality dat a homogenizace řad
- ◆ Jednotlivé metody použité při zpracování řad
- ◆ Vybrané výsledky kontroly dat a homogenizace
- ◆ Analýza homogenních řad

Přílohy obsahují seznam homogenizovaných stanic i stanic vyřazených z databáze homogenizovaných stanic ČR, seznam použitých stanic mimo území ČR, opravené nehomogenity a velikosti oprav pro jednotlivé měsíce, přehled kvality měření pro jednotlivé testované úseky stanic a seznam stanic, které přešly na automatizované měření do roku 2000.

Publikaci lze objednat na adrese:

**Český hydrometeorologický ústav, SIS, p. Jirátova, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany.
Tel./fax: 244032721, e-mail: jiratova@chmi.cz. Na objednávce uvádějte svoje IČO.**