

# METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

<i>Jan Sulan – Miroslav Škuthan: Silniční meteorologie v provozu Českého hydrometeorologického ústavu</i> .....	33
<i>Monika Cahynová: Vliv severoatlantské oscilace na sezonní teploty vzduchu ve střední Evropě</i> .....	41
<i>Jana Dufková – Jaroslav Rožnovský – Hana Pokladníková: Aplikace scénářů změny klimatu na meteorologické prvky ovlivňující větrnou erozi</i> .....	47
<i>Milena Kovářová – Jan Pokorný: Hodnocení dlouhodobých dat teploty, vlhkosti vzduchu a srážek z Mokrých Luk u Třeboně</i> .....	51
Světový meteorologický den 2005: Počasí, podnebí, voda a udržitelný rozvoj .....	61
Informace – Recenze .....	62

ROČNÍK 58 – 2005 – ČÍSLO 2

<i>Jan Sulan – Miroslav Škuthan</i> : Road meteorology in operation of the Czech Hydrometeorological Institute .....	33
<i>Monika Cahynová</i> : Influence of the North Atlantic Oscillation on seasonal temperatures in Central Europe .....	41
<i>Jana Dufková – Jaroslav Rožnovský – Hana Pokladníková</i> : Application of climate change scenarios to meteorological elements influencing wind erosion .....	47
<i>Milena Kovářová – Jan Pokorný</i> : Evaluation of the long-term data on air temperature, relative air humidity and precipitation data in the Mokré Louky wetland by Třeboň .....	51
World Meteorological Day 2005: Weather, Climate, Water and Sustainable Development .....	61
Information – Reviews .....	62

#### **Abstracting and Indexing:**

- Current Contents/Physical
- Chemical and Earth Sciences
- Cambridge Scientific Abstracts (CSA)
- Meteorological and Geostrophysical Abstracts
- Environmental Abstracts

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: horiky@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., RNDr. Jan Sulan, RNDr. Daniela Řezáčková, CSc., RNDr. Jan Strachota, RNDr. František Šopko, 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 58 (2005)

V PRAZE DNE 30. DUBNA 2005

ČÍSLO 2

Jan Sulan – Miroslav Škuthan (ČHMÚ)

## SILNIČNÍ METEOROLOGIE V PROVOZU ČESKÉHO HYDROMETEOROLOGICKÉHO ÚSTAVU

**Road meteorology in operation of the Czech Hydrometeorological Institute.** Bibliographical survey of papers about wide range of themes from road meteorology and climatology is presented. Technical aspects of road sensors and problems of measurement are discussed. Another part of the paper is concerned to factors influencing temperature of the road surface. Finally the Norman's classification [18] of meteorological conditions causing road slipperiness is discussed and illustrated with some case studies. The aim of the paper is to give a basic guidance to the forecasters working with road weather data as beginners.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** meteorologie silniční – teplota povrchu vozovky – podmínky meteorologické – vliv počasí – zima

### 1. ÚVOD

V posledních letech se v České republice dostává stále větší okruh lidí k údajům o teplotě a stavu povrchu našich silnic a dálnic. Na jedné straně jsou to dodavatelé měřicích technologií, provozovatelé informačních serverů a odpovědní pracovníci Ředitelství silnic a dálnic, na straně druhé dispečerů středisek zimní údržby komunikací a meteorologové. V ČHMÚ mělo donedávna přístup k operativním měřením pouze Centrální předpovědní pracoviště v Praze, s jistým časovým skluzem pak pobočkové pracoviště v Plzni a v závěru roku 2004 se dalo konstatovat, že výsledky speciálních měření jsou dostupné i všem ostatním předpovědním pracovištím zabezpečujícím informační servis pro silniční dispečinky.

Provozní meteorologové už při první situaci s teplotami blízko bodu mrazu zjistí, jak málo vědí o faktorech ovlivňujících teplotu a stav vozovek. V rámci svého studia snad vstřebali všeobecné vědomosti o rovnici energetické bilance nebo o zákonitostech vedení tepla v půdě. Bez hlubších znalostí o mikroklimatu v okolí vozovek a technických možnostech jeho monitorování jsou ovšem jen velmi málo vybaveni pro plnění náročného úkolu aplikovat data ze silničních meteorologických stanic pro zkvalitnění speciálních předpovědí a výstražné služby.

Autoři článku si nekladou za cíl být jen zčásti vyplnit mezeru po chybějící části aplikované meteorologie, kterou můžeme nazvat jako silniční, ve studijních plánech našich vysokých škol, pouze se pokoušejí volnou formou zpřístupnit vlastní poznatky ze studia odborných článků, z účasti na silničních konferencích, z řešení konkrétních provozních úkolů spojených se zaváděním nových měření do provozu

ČHMÚ a z velmi cenných zkušeností od zahraničních partnerů. Pokud se podaří u čtenáře vyvolat zájem o problematiku a studium zahraniční literatury, bude autorský záměr splněn. Nutno dodat, že překlad cizojazyčných termínů nemusí být vždy snadný a jednoznačný. Případná diskuze o výkladu některých slov nebo slovních spojení bude vítána.

### 2. HISTORICKÉ PRAMENY, INFORMAČNÍ ZDROJE

Nebyla uskutečněna cílená exkurze do archivů vědeckých knihoven, pouze jsme chronologicky seřadili prostudované články a k nim dostupnou rešerši. Většinou jde o studie autorů z kateder fyzické geografie na univerzitách ve Švédsku (Göteborg) a Anglii (Birmingham a Swansea). Do nedávna jsme nevěděli o žádné učebnici silniční meteorologie. Na konferenci SIRWEC 2004 v německém Bingeně nám profesor Bogren ze Švédska poradil anglickou publikaci „Highway Meteorology“ [20], která vyšla poprvé v roce 1991. Je určena spíše dopravním inženýrům, ale jako úvod ke studiu silniční meteorologie a klimatologie je doporučována i studentům na univerzitě v Göteborgu.

Citace nejstarších článků, které by se daly s jistou nadávkou spojovat s počátky silniční meteorologie, nalezneme v úvodních pasážích studií [3] a [11]. V roce 1916 publikoval Blair v Monthly Weather Review článek „Slope and valley air temperature“ o teplotách v údolích a na svazích. Také práce dalších autorů: Belden (1920), Smith (1920), Heywood (1933), Jaeger (1945) se věnovaly stékání studeného vzduchu do údolí, vlivu větru a oblačnosti na noční vytváření teplotního rastru v členitém reliéfu. Flegle (1950) popsala radiační

rovnováhu během nočního ochlazování a parametry ovlivňující velikost teplotních diferencí. V 60. a 70. letech studie vztahu topoklimatologických faktorů a variací teplot pokračovaly, ale zabývaly se už teplotami a stavy kluzkosti vozovek změřenými povrchovými senzory. Z četných odkazů jmenujme alespoň Lindqvista (1975), viz odkaz v [3]. V 70. a 80. letech se pozornost zaměřovala na vliv geometrie údolí na stékající vzduch tvořící studené bazény, což kulminovalo v 90. letech numerickými simulacemi nočních drenážních proudů: Kondo a Okusa (1990), Gudiksen a kol. (1992), Lee a kol. (1995), viz [11]. Zjistilo se, že kromě působení gravitace na akumulaci studeného vzduchu v údolích a kotlinách je třeba brát v úvahu i ochranný efekt terénních překážek, Thompson (1986), a stromů, Gustavsson (1995), který při převládajícím slabém proudění může způsobit vznik studeného bazénu i bez katabatického stékání ze svahů.

Kromě popisu chování studeného vzduchu v členitém terénu byla samozřejmě hledána formule pro předpověď teploty povrchu vozovky. Od rovnic pro výpočet minimálních teplot vzduchu učinil pravděpodobně první krok k výpočtu teploty betonového povrchu Thornes z univerzity v Birminghamu v roce 1972, viz odkaz v [10], se zahrnutím vlivu oblačnosti a větru. Ve stejné studii jsou další odkazy na práce zabývající se předpovědí nočních poklesů teplot povrchu: Wood (1977) s aplikací rovnice energetické bilance povrchu, Jensen (1985) se započtením turbulentního přenosu tepla a toku tepla z půdy, Rayer (1987) s popisem struktury a vývoje numerického modelu, který na straně vstupů pracuje s klimatologickými daty i operativně naměřenými údaji ze silničních senzorů. Celá škála modelů vyvíjejících se v 80. letech je citována v německé studii [15].

Pro verifikaci modelových výpočtů i klimatologické studie mělo zásadní vliv tzv. termální mapování, tj. mobilní měření vybraných silničních úseků při různých typech počasí. Historie těchto měření aplikovaných v silniční meteorologii od poloviny 70. let je popsána v [12], kde je podrobně vysvětlen princip a popsány ukázky měření, podobně jako v [21]. Termální mapování znamenalo kvalitativní zlom nejen ve vývoji numerických modelů, ale i ve studiu mikroklimatu. V 90. letech byla publikována řada nových prací zabývajících se variacemi teplot v členitém terénu, většinou pocházejících od profesorů Bogrena, Gustavssona a jejich pracovních týmů z univerzity v Göteborgu. Na rozdíl od starších výzkumných zpráv psaných většinou ve švédštině byly nové studie publikovány anglicky, nejčastěji v *Meteorological Applications* nebo v *International Journal of Climatology*. Ve výčtu zahraniční literatury je nutno uvést ještě práci [18] zabývající se typizací kluzkosti vozovek. Jsou zde stanoveny základní vazby meteorologických prvků, na kterých je postaven expertní systém pro vyhodnocování operativních měření asi 600 silničních stanic ve Švédsku.

V československé bibliografii bychom jistě našli články analogické zahraničním, pokud jde o hledání rovnic pro výpočet minimální teploty vzduchu, např. práce J. Kopáčka: Předpověď minimální teploty Bruntovou metodou (1953) nebo Grafický výpočet noční minimální teploty (1956), publikované v *Meteorologických zprávách*. Jak již bylo uvedeno, neprováděli jsme zatím takto cílený průzkum naší literatury. Proto uvítáme jakoukoliv informaci tohoto druhu. Velmi jsme ocenili dopis od K. Kršky, kterým nás upozornil na článek profesora Hruďičky publikovaný v roce 1937, viz [14]. Čtenáře potěší nejen krásná čeština, ale i řada konkrétních informací o technických vlastnostech sněhu. Hlavní obsahovou náplní

je problematika silných vánic a tvorba závějí se zajímavým výkladem příčin hutnosti navátého sněhu.

Píšeme-li o informačních zdrojích, nelze opomenout volné sdružení SIRWEC pro výměnu informací ve sféře silniční meteorologie a navazujících technologií (řízení, údržba, bezpečnost, ochrana životního prostředí, apod.). Toto uskupení vzniklo v září 1984 při setkání řídicího výboru na univerzitě v Birminghamu. Základy budoucí spolupráce však byly položeny už v rámci Road Weather Conference v únoru 1984 v Holandsku. Zpočátku měla Standing European Road Weather Commission SERWEC evropský rozměr, v roce 1992 se v rámci 6. konference konané v Minneapolis v USA změnilo „E“ v „I“ (International) a SIRWEC se stal celosvětovým subjektem. Výkonný výbor se schází jednou za rok, každou členskou zemi zastupuje odborník na meteorologii a dopravu. Každý druhý rok se koná konference s rozsáhlými tematickými okruhy. Příspěvky z poslední konference v Německu jsou volně dostupné na internetové stránce <http://www.sirwec.org>, kde se postupně kompletují i příspěvky nebo abstrakty z předchozích konferencí. Tato adresa je vstupní branou k celé řadě dalších užitečných odkazů. Koncem roku 2004 bylo rozhodnuto o financování internetového výukového programu, který se stane jistě žádaným zdrojem informací.

### 3. SILNIČNÍ METEOROLOGICKÁ STANICE

Pro rozhodovací procesy dispečinků zimní údržby i vstupy do předpovědních modelů je třeba znát hodnoty jak klasických meteorologických prvků, tak speciální měření teploty a stavu povrchu vozovek i teplot pod povrchem. Jedním z problémů takových měření je, že nebyla včas standardizována, jako je tomu u synoptických nebo leteckých meteorologických stanic. Standardem se zde míní jak výběr lokality měření, tak stanovení technologických norem. Existují nebo budují se velmi husté sítě speciálních měření (řádově stovky na území státu: v 90. letech Švédsko 600 stanic, Německo kolem 450 stanic, cílový stav pro Českou republiku podle dostupných informací 250–300 stanic), které budou často jen velmi těžko slučitelné s klasickými meteorologickými stanicemi, více k problému [24]. Z principu věci je však žádoucí, aby se tato měření prováděla jak v reprezentativních lokalitách, tak v místech s vysokým rizikem výskytu nebezpečných jevů.

Dalším negativem silničních stanic je velký počet výrobců senzorů s odlišnými principy měření. Některé technolo-



Obr. 1 Silniční meteorologická stanice technologie Vaisala (v tomto případě bez měření větru), používaná zejména v dálniční síti.

Fig. 1. Road weather station of Vaisala technology (in this case without measurement of wind) used especially on motorways.



Obr. 2 Silniční meteorologická stanice technologie Lufft instalovaná většinou na silnicích 1. a 2. třídy.

Fig. 2. Road weather station of Lufft technology installed on the roads of the 1st or 2nd class.

gie dodržují umístění čidel pro teplotu a vlhkost ve výšce meteorologické budky (obr. 1), jiné volí z důvodu údržby a prevence proti vandalismu výšku např. 4 m nad povrchem (obr. 2). Přitom vlhkost by z důvodu monitorování podmínek pro tvorbu námrazy bylo žádoucí měřit v 10, maximálně 40 cm. Liší se někdy i výška větroměrných čidel, nehledě na to že měření větru v blízkosti frekventovaných komunikací je třeba tak jako tak brát orientačně. Pokud se měření využívala jen izolovaně nebo v informačním systému jedné technologie, nebyl problém tak markantní. Trendem však je slučování dílčích systémů do národních až nadnárodních sítí.

### 3.1 Silniční senzory

Vyvinout čidlo odolávající tíze projíždějících kamionů, působení chemikálií, ročním teplotním výkyvům, s nárokem na přesnost měření (např. výšky vodního filmu na desetiny milimetru), s fyzikálními vlastnostmi srovnatelnými s materiálem vozovky, a přitom cenově únosné – to nebyl jednoduchý úkol. Přesto se to podařilo širší škále výrobců, na území České republiky je jich zastoupeno šest.

Teplota povrchu se měří s přesností většinou na 0,2 °C v rozsahu -30 až +70 °C. Další sonda je umístěna v hloubce 5–7 cm (podle konstrukční výšky senzoru) a vybrané stanice měří ve 30 cm pod povrchem. Senzory jsou vybaveny elektrodami pro měření vodivosti solného roztoku a kapacitance. Zbývá ještě výbava pro určení výšky vodního filmu, buď optickou cestou (obr. 3) s měřením elektrochemické polarizace, nebo detekcí odražených radiových vln na principu miniaturního radaru (obr. 4). Z takto vybavených senzorů lze získat informace o následujících stavech povrchu: suchý, vlhký, mokrý, led, sníh, námraza, solný roztok. Nejméně spolehlivá je detekce námrazy z důvodu její krystalické struktury se vzduchovými mezerami.

### 3.2 Teplota mrznutí

Pro meteorologa není tato informace až tak důležitá, pro dispečery středisek zimní údržby je zcela zásadní. Senzory ji vyhodnocují jako konkrétní hodnotu. Je však třeba vědět, že přesné číslo neexistuje, vždy se jedná o jistý teplotní interval, který je navíc značně nestabilní.

Je zřejmé, že solný roztok mrzne při teplotách nižších než čistá voda. Při ochlazení roztoku o jisté koncentraci soli dojde při určité teplotě k dosažení stavu liquidus, tj. vznikne



Obr. 3 Silniční senzor Vaisala s vybavením pro měření elektrochemických vlastností solného roztoku, výška vodního filmu měřena opticky v infračerveném oboru spektra.

Fig. 3. Vaisala road sensor with equipment for measurement of electrochemical properties of salt solution, water film is measured by optical way in infrared spectral band.



Obr. 4 Silniční senzor Lufft s vybavením pro měření elektrochemických vlastností solného roztoku, výška vodního filmu měřena miniaturním radarem.

Fig. 4. Lufft road sensor with equipment for measurement of electrochemical properties of salt solution, water film is measured by a miniature radar.

směs voda – sůl – krystalky ledu. Sůl je rozpuštěna ve vodní fázi vedle ledových krystalů. Koncentrace solného roztoku s přibývajícím krystalky rychle roste. Při dosažení kritické teploty (tzv. eutektický bod) dochází ke zmrznutí celé směsi jako jedné fáze bez změny chemického složení, vytvoří se slaný led. Ve stavu liquidus se tedy teplota mrznutí pohybuje v určitém teplotním intervalu až do okamžiku dosažení eutektického bodu. Vše se odehrává ve vodním filmu o tloušťce 0,1–0,5 mm. Hraje zde roli výpar, kondenzace a samozřejmě srážky. Měření takovýchto dějů je možné v laboratořích, v reálných podmínkách je značně choulostivé.

Někteří výrobci zvolili cestu tepelně aktivního senzoru procházejícího cykly ochlazení a ohřívání s detekcí stavu mrznutí a stavu tání. Určení fázových změn při tak slabé vrstvě roztoku může být nepřesné a tepelné cykly mohou kontaminovat okolí senzoru s nevratnými změnami koncentrace roztoku. Přesto si tyto technologie drží své místo na trhu a využívají se i na dálnicích v sousedních zemích. Problémy

teplné kontaminace obcházejí instalací referenčních senzorů. Sensory staršího typu se ochlazovaly o 2 °C a pokud detekovaly led nebo námrazu, bylo vysláno varování. Tepelně pasivní senzory měří výšku vodního filmu a specifické vodivosti mezi dvěma elektrodami. Nepřímo se určuje koncentrace soli a teplota mrznutí. Vždy se ale jedná o bodové měření zatížené dalšími vlivy, jako je frekvence projíždějících vozidel, způsob solení nebo postřiku, nerovnosti v místě zapuštění senzoru apod. Nepřesnosti se odhadují přinejmenším na 10–20 %. Zvídavějšímu čtenáři doporučujeme studium [8] a [25].

#### 4. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ MĚŘENÍ TEPLoty POVRCHU

Teplota vozovky podléhá v první řadě radiačním vlivům. Denní režim teploty je ovlivněn převládajícím počasím, které určuje konkrétní dobu maxima, minima a denní amplitudu. Pokles teploty povrchu je po západu Slunce zpočátku rychlý, během noci jen pozvolný. Příchozí solární radiace se v průběhu zimy mění s délkou dne, resp. s výškou Slunce nad obzorem. Kromě této variace a výskytu oblačnosti ovlivňují teplotu povrchu ještě další překážky záření: terénní útvary, zástavba, stromy. Jejich působení je pro danou lokalitu trvalé a je vyjádřeno tzv. „sky-view“ faktorem nabývajícím hodnot od 0 (není vůbec vidět obloha) do 1 (sluneční záření dopadá bez omezení). Na obr. 5 si všimněme prudkého poklesu teploty ve večerních hodinách při vyjasněné noci z 5. na 6. 11. a pozvolnějšího ochlazování ve druhé polovině noci. Vozovka v lesním úseku na 53. km (stíněná v listopadu zejména v odpoledních hodinách) zůstává v noci chladnější a na stejné

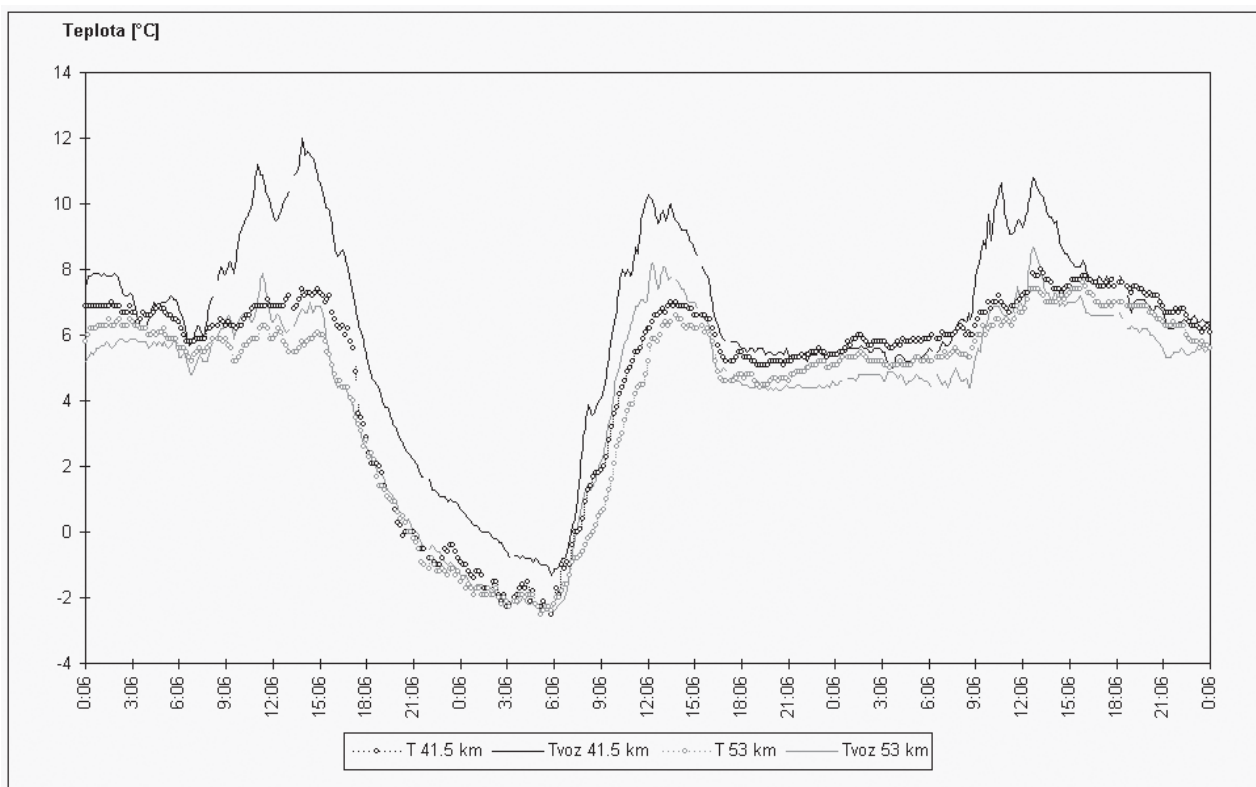
úrovni jako teplota vzduchu. Nestíněný povrch je v noci vlivem akumulace tepla ze solární radiace teplejší než vzduch i stíněná vozovka. Při přechodu frontálního systému v noci z 6. na 7. 11. jsou oba úseky dálnice teplejší než vzduch, částečně vlivem oblačnosti a částečně v důsledku advekce.

Pro určení sky-view faktoru se používají fotografie z kamer typu „rybí oko“ snímajících celý poloprostor z pozice silničního senzoru. Vlivem růstu stromů nebo změnami jejich olistění dochází k nepatrným časovým změnám. Sky-view faktor může být určen i nepřímo pomocí technologie termálního mapování. Tento parametr je pro tvůrce modelů důležitým vstupem pro bodovou nebo liniovou předpověď, pro českou meteorologickou obec pak jedním z překladatelských oříšků.

#### 4.1 Nadmořská výška a orografie

Dalo by se čekat, že při normálním zvrstvení atmosféry bude s výškou klesat i teplota povrchu. Většinou tomu tak za oblačných a větrných nocí je. Ukázalo se však [5], že povrchové teploty mají v závislosti na nadmořské výšce daleko větší rozptyl než teploty vzduchu. Větší váhu než ochlazování s výškou mají insolace v denních hodinách, materiál tělesa vozovky a konkrétní umístění senzoru.

Orografie se uplatňuje za jasných a klidných nocí v důsledku katabatického stékání a vytváření studených bazénů za předpokladu, že rychlost převládajícího větru je do 3 m/s. Při snížení teploty vzduchu o 1 °C se povrch ochladí v průměru o 0,4 °C, viz [3]. V uvedené studii je podrobně rozebrán vliv geometrie údolí, expozice vůči větru, rychlosti větru a množ-



Obr. 5 Teploty vzduchu (tečkované čáry) a povrchu vozovky (plné čáry) na kilometrech 41,5 (otevřená lokalita) a 53 (částečně stíněná lokalita v lesním úseku dálnice D5). Měření od 5. do 7. 11. 2001 s vyjasněnou nocí z 5. na 6. 11. a zataženou oblohou z 6. na 7. 11. (teplá advekce při přechodu frontálního systému).

Fig. 5. Air temperatures (dotted lines) and road surface temperatures (full lines) on the kilometres 41.5 (open site) and 53 (partly shaded site in the forest section) of highway D5. Measurement from 5th to 7th November 2001 with clear night 5th/6th November and overcast night 6th/7th November (warm advection during frontal system passage).

ství oblačnosti. Bylo například zjištěno, že za bezvětří se může vlivem zpětné dlouhovlnné radiace teplota studeného bazénu za polojasné noci lišit až o 6 °C v porovnání s vyjasněnou oblohou. Za větru o rychlosti 1 m/s je už rozdíl pouhé 2 °C.

#### 4.2 Stínění a omezení turbulence

Podrobně je dopad stínění na variace teploty vozovky rozebrán ve švédské studii [7]. Na 58° s. š. byly zjištěny teplotní rozdíly mezi osluněnou a stíněnou vozovkou v lednu 1–2 °C, na jaře a na podzim 10–13 °C. Na tom, zda je povrch stíněn po většinu dne, nebo pouze dopoledne či odpoledne, závisí průběh teploty po západu Slunce. Místa s nízkým sky-view faktorem se teplotně odlišují i v nočních hodinách – vlivem odražené dlouhovlnné radiace bývají teplejší než otevřené lokality.

Popis lokality vystihující okolí ve dvou okruzích, ca do 3 km a do 10 km [9], je důležitým parametrem pro předpovědní modely. Měl by obsahovat informace o tom, zda jde o místo ve volné krajině, v zástavbě, v zalesněné oblasti, jakou část okolní plochy zástavba nebo zalesnění zaujímá, zda jsou na blízku zdroje vlhkosti, jak velké vodní plochy a jak daleko. V angličtině se pro takový popis používá termín „land use“.

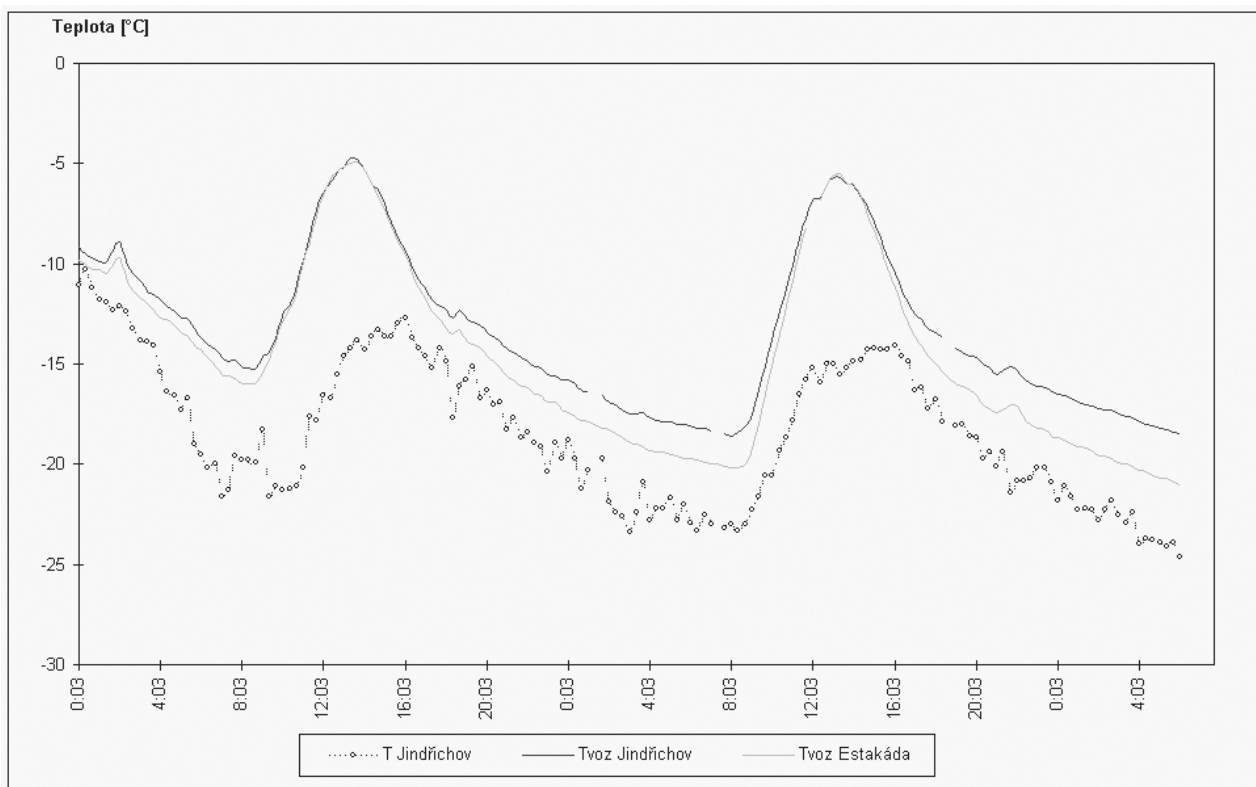
Omezení vertikálního promíchávání vzduchu má stabilizační efekt, který se nejvíce projevuje za jasných nocí při větru 1–2 m/s, ale patrný je při rychlostech až do 5 m/s [11]. V místech chráněných před větrem je teplota nižší než v exponovaných lokalitách. V zalesněných údolích tak bývají při slabém proudění a vyjasnění naměřeny nejnižší teploty v důsledku katabatického stékání umocněného stabilizačním

efektem vegetačního krytu. Zvláštní význam má tento jev při oteplování po mrazivých dnech. Oproti okolnímu terénu může být riziko nebezpečných jevů v lesních úsecích i o více než 10 hodin prodlouženo, neboť tam po noci s tvorbou námrazy přetrvává nebezpečí smyku déle než v otevřené krajině, kde po východu Slunce námraza rychle zaniká [10].

#### 4.3 Konstrukce vozovky

Konstrukční materiál a hloubka tělesa vozovky předurčují její tepelné vlastnosti. Akumulované teplo se uvolňuje pomaleji např. na dálnicích, které jsou zapuštěny do větší hloubky než běžné silnice a jsou tedy teplejší. Více tepla si uchovává také beton v porovnání s komunikací s tmavým povrchem [20]. Je třeba zvážit i sezonní změny. Na podzim a na jaře se ve vozovce za den nashromáždí více tepla než uprostřed zimy.

Mosty mají „tepelnou paměť“ podstatně kratší a bývají proto chladnější. Příčinou je menší konstrukční hloubka a vyzařování ze dvou povrchů nahoru i dolů. Na obr. 6 je měření z estakády na obchvatu Chebu ze dnů 3.–5. 1. 2002 po vpádu arktického vzduchu a následném vyjasnění. Zatímco odpoledne je teplota na estakádě (mostní konstrukci na betonových pilotech) vyrovnaná s referenční stanicí Jindřichov před mostem, v noci se teploty obou povrchů rozcházejí – estakáda je noc od noci chladnější. Velmi malou retenční schopnost mají mosty s kovovou konstrukcí, které jsou nejvíce náchylné k namrznání. Naopak mosty nad vodními plochami nebo v městských aglomeracích mohou být podstatně teplejší než ve volné krajině.



Obr. 6 Měření teploty vzduchu (tečkovaná čára) a teplot povrchu (plné čáry) na referenční stanici Jindřichov a mostní konstrukci Estakáda za jasných nocí 3.–5. 1. 2002. Teplota na mostě je v noci nižší než na referenční stanici.

Fig. 6. Air temperature measurement (dotted line) and road surface temperatures (full lines) on the reference site Jindřichov and on Estakada bridge during clear nights from 3th to 5th January 2002. Surface temperature on the bridge is lower than on the reference site.

#### 4.4 Tepelný ostrov města

Městské prostředí s blokovými stavbami vytváří možnost pro zachytávání záření a stagnaci vzduchu. Zejména v zimě se přidává vliv emisí tepla z antropogenních zdrojů. Intenzita městského tepelného ostrova závisí na velikosti aglomerace, hustotě osídlení a urbanistické morfologii. Efekt je nejvíce patrný při anticyklonálních situacích se slabým prouděním. Ve studii [13] je zkoumán tepelný ostrov Stockholmu. Mezi periferií a centrem byla v případové studii zjištěna maximální intenzita tepelného ostrova 7 °C pro teplotu vzduchu a 4 °C pro teplotu povrchu. Největší rozdíly jsou před východem Slunce, u teploty vozovek zvýrazněné zvýšenou intenzitou provozu v centru města v časných ranních hodinách. Ve [2] je studován tepelný ostrov Prahy. Kromě jiného byla zkoumána průměrná intenzita tepelného ostrova pro jednotlivé typy synoptických situací. Maximum 2,5 °C nastává při putující anticykloně. Srovnání měření teplot na stanicích AIM v Plzni ukázalo při anticyklonální situaci po vpádu studeného vzduchu teplotní rozdíly mezi centrem Plzně a předměstím kolem 2 °C.

#### 4.5 Intenzita provozu

Vozovky s intenzivnějším provozem jsou teplejší než málo frekventované komunikace. Příčin je uváděno několik: omezené vyzařování povrchu vlivem stínění karoseriemi vozidel, promíchávání vzduchu znemožňující stagnaci, působení tření pneumatik a tepelné vyzařování motorů. Minimální teploty se mohou lišit mezi rušnou komunikací a vozovkou bez provozu až o 2 °C. Rozdíly jsou patrné i mezi jízdami pruhy na dálnicích. V rychlém pruhu, který bývá v noci méně využíván, je teplota povrchu většinou o 0,5 až 1 °C nižší než v pomalém. Opačná relace teplot se ale může vyskytnout při větrném počasí u vysokých dálničních násypů. Exponovaný krajní jízdní pruh (pomalý) je větrem ochlazován natolik, že teplota povrchu i při intenzivnějším provozu může být nižší než ve vnitřním (rychlém) pruhu. Tento jev zkoumaly zahraniční firmy mající zkušenosti s termálními mapováními. U nás byl prokázán při vyhodnocování dálničních měření technologií Vaisala.

### 5. METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY

#### A KLUZKOST VOZOVEK

V roce 2000 publikoval Norrman [18] typizaci kluzkosti způsobenou nepříznivými povětrnostními podmínkami. Rozlišuje tři situace s padajícími srážkami, pět situací s námrazou, sněhové jazyky a náledí. Testování podmínek pro teploty vzduchu, povrchu a rosného bodu, dále pro relativní vlhkost, vítr a dobu výskytu srážek podle stanovených kritérií probíhá ve švédském expertním systému na databázi operativních dat za účelem sledování rizika nebezpečných jevů v silniční síti nebo slouží pro klimatologický průzkum při výběru lokalit vhodných pro instalaci nových senzorů. Poukážeme alespoň na základní vztahy mezi jmenovanými prvky bez nároku na detailní popis všech variant. Následně zmíníme ještě okolnosti vzniku tzv. průmyslového sněžení, které občas ve větších aglomeracích překvapí jak meteorology, tak správce městských komunikací.

#### 5.1 Padající srážky

Expertní systém rozlišuje dvě situace se zmrzlým povrchem, tj. sněžení a smíšené nebo kapalné srážky (mrznoucí i nemrznoucí). Tyto situace jsou meteorologům dobře známé. Problematické mohou být při teplotách kolem nuly po předchozích mrazech. S rizikem tvorby ledovky se meteorologové vyrovnávají pomocí aktuálních nebo předpovědních aerologických výstupů. Měření teploty povrchu pak velmi dobře signalizuje, jak dlouho je třeba na ledovku varovat. Může

ovšem nastat situace, kdy mrznoucí srážky nepadají, teplota vzduchu je nad nulou, povrch byl přes den také nad nulou a přesto se při večerním dešti nebo smíšených srážkách tvoří vrstva ledu. Taková situace nastala například večer 17. 12. 2004. Po necelých dvou týdnech inverze s celodenním mrazem přešla v ranních hodinách studená fronta provázená např. na jihozápadě Čech ledovkou. Během dne došlo ke vzestupu teplot vzduchu na +1 až +2 °C, teplot povrchu na +0,5 až +1,5 °C. Ve večerních hodinách přecházel od západu další frontální systém. V polohách kolem 500 m n. m. zůstala teplota vzduchu kolem +1,5 °C, povrch se však po západu Slunce ochladil slabě pod nulu – odpolední ohřátí bylo jen přechodné. Padající smíšené srážky na zemi namrzaly a vytvořilo se náledí maskované později slabou sněhovou pokrývkou.

Opačným problémem je při inverzní nízké oblačnosti falešné varování na místní mrznoucí mrholení. Teploty vzduchu pohybující se slabě pod nulou svádějí k vydání upozornění, pokud jsou slabé srážky pozorovány nebo se očekávají. Měření teplot vozovek ovšem ukazuje, že při mlze nebo nízké oblačnosti bývá povrch o 2–3 °C teplejší než vzduch v důsledku odražené dlouhovlnné radiace. Upozornění pak může být omezeno jen na střední nebo vyšší polohy.

Pozornost si zasluhuje třetí typ situace se sněhovými srážkami padajícími na povrch s nadnulovou teplotou. Pokud přechází fronta s intenzivním sněžením nebo frontální systém v blízkosti okluzního bodu, vytváří se vrstva sněhu i na původně relativně teplé vozovce. Pokud mají intenzivní sněhové srážky původ v konvekční oblačnosti, je třeba počítat s poklesem teplot v důsledku chladnějšího sestupného proudu. Výjimkou není pokles teploty vzduchu o 2–4 °C, což má za následek ochlazení povrchu o 1–2 °C.

#### 5.2 Námraza

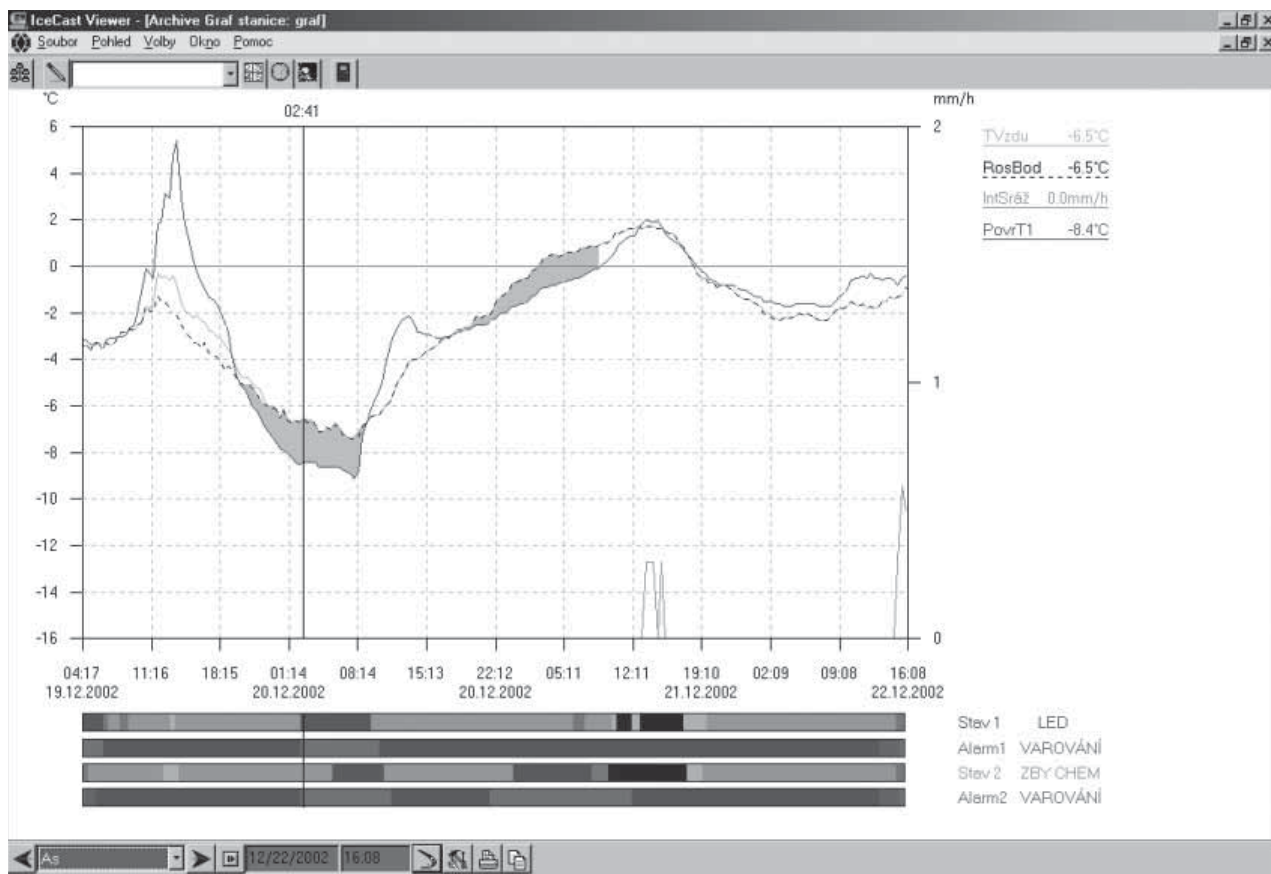
V Norrmanově typizaci se uvádí pět situací: námraza se sněžením, námraza při snížené dohlednosti (relativní vlhkost větší než 94 %), námraza po zmrzlé roze, silná a slabá námraza (při vlhkosti menší než 95 %). Pro odlišení silné a slabé námrazy se používá kritická rychlost větru, která je pro obor vlhkosti 95–85 % mezi 1 a 2 m/s (větší rychlost zajistí promíchávání vzduchu a další přísun vlhkosti z vyšších vrstev, tedy intenzivnější tvorbu námrazy). Podmínky pro tvoření námrazy budou pozitivní, pokud teplota povrchu bude nižší než teplota rosného bodu a současně bude pod nulou. Tato relace musí být splněna minimálně hodinu. V systému je nastaven alarm na varování před námrazou, pokud je rozdíl mezi teplotami rosného bodu a povrchu alespoň 0,5 °C a vane vítr o rychlosti alespoň 2 m/s [16].

Nebezpečí námrazy spočívá v tom, že se tvoří většinou jen místy a po dobu několika hodin. Její výskyt na vozovce nebývá tak častý jako namrzání skel nebo karoserií, nemusí být ani dobře vidět. Rozlišují se dva hlavní typy synoptických situací s tvorbou námrazy na vozovkách [10]:

1. Prudký večerní pokles teploty při vyjasnění za předpokladu, že povrch se ochlazuje rychleji než vzduch (nejedná se o častý případ – většinou tok tepla odspodu ochlazování povrchu redukuje)
2. Advekce teplého vzduchu s vysokým obsahem vlhkosti nad prochlazený povrch (teplota vzduchu stoupá rychleji než teplota povrchu, projevuje se významně i expozice lokality vůči převládajícímu větru).

Zatímco v prvním případě se tvoří většinou jen slabá námraza, při advekci teplého vzduchu bývá tvorba námrazy intenzivní. Na obr. 7 vidíme oba typy najednou. V noci na 20. 12. 2002 je v oblasti vysokého tlaku jasno a teploty po západu Slunce





Obr. 7 Dva typy situací pro tvorbu námrazy (šedá výplň mezi teplotními křivkami): 1. jasná noc s rychlým poklesem teploty povrchu (plná čára) pod teplotu rosného bodu (čárkovaná čára) z 19. na 20. 12. 2002, 2. advekce teplého a vlhkého vzduchu před okluzní frontou z 20. až 21. 12. 2002.

Fig. 7. Two types of situation for forming of hoar-frost (grey filling between temperature curves): 1. clear night with a steep decrease of road surface temperature (full line) under the dew point temperature (dashed line) 19th/20th December 2002, 2. warm and moist air advection in front of an occluded front 20th/21st December.

prudce klesají. Vozovka na obchvatu Aše se už ve večerních hodinách ochlazuje pod teplotu rosného bodu a až do východu Slunce jsou splněny podmínky pro tvorbu námrazy (šedá výplň). Senzor detekuje led/námrazu až ve 2.41 h. Během dne se tlaková výše odsouvá k východu a začíná advekce teplejšího a vlhčího vzduchu před okluzní frontou. Večer 20. 12. se teplota rosného bodu dostává nad teplotu povrchu a opět jsou splněny podmínky pro tvorbu námrazy až do vzestupu teploty povrchu nad nulu během dopoledne 21. 12.

Na tvorbu námrazy mají místní podmínky (land use) značný vliv: projevuje se zejména rychlejší ochlazování mostů, přetrvávání námrazy v chladnějších a před větrem chráněných lesních úsecích, blízkost vodních ploch nebo expozice vůči teplému a vlhkému proudění. Více o místních rozdílech ve výskytu námrazy v západních Čechách [22]. V souvislosti s místními podmínkami je třeba zmínit také drsnost vozovky jako faktor zmírňující nebezpečí smyku. I značně namrzlá vozovka může být pro silniční provoz stále bezpečná, pokud má vyšší stupeň drsnosti.

### 5.3 Sněhové jazyky

Ve Švédsku se pro tvorbu sněhových jazyků používá kritická rychlost větru 8 m/s. Teplota musí být alespoň 12 hodin pod nulou a relativní vlhkost po stejné období pod 90 %. Stejně kritérium rychlosti větru je uváděno v [20] a bylo zmíněno i v [14]. Limit pro relativní vlhkost je stanoven z důvodu zajištění dostatečné sypkosti sněhu, bez které by se jazyky netvořily.

### 5.4 Náledí

Pokud do tří hodin po výskytu deště teplota klesne pod nulu, je nebezpečí vzniku náledí podle expertního systému aktuální, pokud je současně po celou dobu relativní vlhkost vyšší než 90 % a teplota povrchu nižší než teplota rosného bodu. Při ochlazení povrchu pod nulu dochází ke vzniku náledí nejdéle do hodiny.

Ke vzniku náledí, resp. zmrazků, dochází ale i při kolísání kolem bodu mrazu vlivem denního chodu teploty. Brzy po západu Slunce namrzají mokré stopy po tajícím sněhu shrnutém k okraji vozovky. Tenká ledová vrstva se velmi často tvoří také pod koly projíždějících vozidel uježděním souvislé sněhové pokrývky.

### 5.5 Průmyslové sněžení

Jsou inverzní situace, kdy z nízké oblačnosti nejčastěji v ranních hodinách vypadává nad částí městské aglomerace drobné sněžení, které vytvoří souvislou slabou pokrývkou. Tomuto jevu se věnoval na konferenci SIRWEC 2004 příspěvek [17]. Podle autora jsou pro výskyt průmyslového sněžení příznivé následující podmínky: Stratus má vertikální mohutnost alespoň 200 m, jeho základna je maximálně 150 m nad povrchem, deficit teploty rosného bodu při zemi do 1 °C. Vlivem nočního radiálního ochlazení horní plochy stratu dochází k labilizaci zvrstvení. Koncentrace přechlazených kapiček s výškou roste. Důležitý je vnější zdroj vlhkosti, většinou tovární komín nebo chladicí věže. Dodatečný přísun vlhkosti způsobí v horních

partiích oblačnosti přesycení. Podmínkou spontánního mrznutí přechlazených kapiček je teplota v horních partiích oblačné vrstvy, tedy pod spodní hranicí inverze, kolem  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ve směru převládajícího proudění nad inverzí pak dochází k vypadávání srážek, které trvá většinou kolem půl hodiny.

## 6. ZÁVĚR

Předpovědní služba ČHMÚ vydává od zimy 1995/96 čtyřikrát denně speciální výstupy pro zimní údržbu komunikací. Zabývá se předpovědí lokálních jevů, jako námraza, náledí, mrznoucí mrholení. O jejich skutečném výskytu na vozovkách má stále nedostatečnou zpětnou vazbu. Během roku 2004 se podařilo napojit ČHMÚ na server jednotné databáze Ředitelství silnic a dálnic a vytvořit tak podmínky pro využití operativních dat z rozrůstající se sítě silničních meteorologických stanic. Autoři se pokusili zpřístupnit problematiku měření teploty a stavu povrchu vozovek, poukázat na faktory ovlivňující měření a podělit se o poznatky z dosavadní praxe pracovišť, která již měla možnost se silničními daty pracovat. Zkušenosti z případových studií doplňují i část příspěvku věnovanou typizaci meteorologických podmínek způsobujících kluzkost vozovek. Hlavní přínos článku je spatřován ve zmapování dostupné literatury a informačních zdrojů. Byl připraven prostor pro další vývoj v oblasti aplikované silniční meteorologie a řešení konkrétních úkolů. To by se mělo odrazit i v následné publikační činnosti.

### Poděkování

Autoři děkují lektorovi ing. T. Juříkovi za cenné připomínky odrážející dlouholeté zkušenosti s měřením parametrů vozovek v naší dálniční síti. Některé poznatky byly použity v textu.

### Literatura

- [1] BÄRRING, L. – MATTSSON, J. O. – LINDQVIST, S., 1985. Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmö, Sweden. *Journal of Climatology*, Vol. 5, s. 433–444.
- [2] BERANOVÁ, R. – HUTH, R., 2003. Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek. *Meteorologické Zprávy*, roč. 56, s. 137–142.
- [3] BOGREN, J. – GUSTAVSSON, T., 1991. Nocturnal air and road surface temperature variations in complex terrain. *International Journal of Climatology*, Vol. 11, s. 443–455.
- [4] BOGREN, J. – GUSTAVSSON, T. – LINDQVIST, S., 1992. A description of a local climatological model used to predict temperature variations along stretches of road. *Meteorological Magazine*, Vol. 121, No. 1440, s. 157–164.
- [5] BOGREN, J. – GUSTAVSSON, T. – POSTGARD, U., 2000. Local temperature differences in relation to weather parameters. *International Journal of Climatology*, Vol. 20, s. 151–170.
- [6] BOGREN, J. – GUSTAVSSON, T. – KARLSSON, M., 2001. Temperature differences in the air layer close to a road surface. *Meteorological Applications*, Vol. 8, s. 385–395.
- [7] BOGREN, J. – GUSTAVSSON, T. – KARLSSON, M. – POSTGARD, U., 2000. The impact of screening on road surface temperature. *Meteorological Applications*, Vol. 7, s. 97–104.
- [8] BORNARD, E., 1998. Physical bases of freezing point measurement using active and passive probes. Proceedings of the 9<sup>th</sup> SIRWEC Conference, Lulea, Sweden.
- [9] ERIKSSON, M. – NORRMAN, J., 2001. Analysis of station locations in a road weather information system. *Meteorological Applications*, Vol. 8, s. 437–448.
- [10] GUSTAVSSON, T., 1991. Analysis of local climatological factors controlling risk of road slipperiness during warm-air advections. *International Journal of Climatology*, Vol. 11, s. 315–330.
- [11] GUSTAVSSON, T. – KARLSSON, M. – BOGREN, J. – LINDQVIST, S., 1998. Development of temperature patterns during clear nights. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 37, s. 559–571.
- [12] GUSTAVSSON, T., 1999. Thermal mapping – a technique for road climatological studies. *Meteorological Applications*, Vol. 6, s. 385–394.
- [13] GUSTAVSSON, T. – BOGREN, J. – GREEN, C., 2001. Road climate in cities: A study of the Stockholm area, south-east Sweden. *Meteorological Applications*, Vol. 8, s. 481–489.
- [14] HRUDIČKA, B., 1937. O sněhových překážkách na silnicích v Československu. *Silniční obzor*, roč. 14, s. 1–8.
- [15] JACOBS, W. – RAATZ, W. E., 1996. Forecasting road-surface temperatures for different site characteristics. *Meteorological Applications*, Vol. 3, s. 243–256.
- [16] KARLSSON, M., 2001. Prediction of hoar-frost by use of a road weather information system. *Meteorological Applications*, Vol. 8, s. 95–105.
- [17] LIECHTY, O., 2004. Industrial snow. SIRWEC 2004, 12<sup>th</sup> International Road Weather Conference, Bingen, Germany. *Annalen der Meteorologie* 40, Deutschen Wetterdienstes.
- [18] NORRMAN, J., 2000. Slipperiness on roads – an expert system classification. *Meteorological Applications*, Vol. 7, s. 27–36.
- [19] POSTGARD, U. – LINDQVIST, S., 2001. Air and road surface temperature variations during weather change. *Meteorological Applications*, Vol. 8, s. 71–84.
- [20] PERRY, A.H. – SYMONS, L.J., 1991. Highway Meteorology. London: E & FN Spon.
- [21] SHAO, J. – SWANSON, J.C. – PATTERSON, R. – LISTER, P. J. – McDONALD, A. N., 1997. Variation of winter road surface temperature due to topography and application of Thermal Mapping. *Meteorological Applications*, Vol. 4, s. 131–137.
- [22] SULAN, J., 2004. Experiences with hoar-frost and its monitoring in Western Bohemia, Czech Republic. SIRWEC 2004, 12<sup>th</sup> International Road Weather Conference, Bingen, Germany. *Annalen der Meteorologie* 40, Deutschen Wetterdienstes.
- [23] ŠKUTHAN, M., 2002. Silniční meteorologie – varovný a ekologický fenomén přelomu tisíciletí. In: *Počasí – krizové situace způsobené přírodními vlivy*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, s. 48–53. ISBN 80-7212-189-8.
- [24] Road managers and meteorologists over road meteorological observations. Instruments and observing methods. 2003. Report no. 77, WMO/TD no. 1159.
- [25] TURUNEN, M., 1997. Measuring salt and freezing temperature on roads. *Meteorological Applications*, Vol. 4, s. 11–15.
- [26] WOOD, N. L. H. – CLARK, R. T., 1999. The variation of road-surface temperature in Devon, UK during cold and occluded front passage. *Meteorological Applications*, Vol. 6, s. 111–118.

### Internet

- [27] [www.sirwec.org](http://www.sirwec.org)

Lektor Ing. T. Juřík, rukopis odevzdán v prosinci 2004.

# VLIV SEVEROATLANTSKÉ OSCILACE NA SEZONNÍ TEPLoty VZDUCHU VE STŘEDNÍ EVROPĚ

**Influence of the North Atlantic Oscillation on seasonal temperatures in Central Europe.** This work is concerned with the influence of the North Atlantic Oscillation (NAO) on climate with respect to the Central European region. In Central Europe a significant positive correlation between temperature and atmospheric circulation (expressed by the ZIEU and NAO indices) was found in the cold half-year, mainly in December through March – with correlation coefficients exceeding +0.8. The influence on temperatures decreases from the North and Baltic seas to the south, the lowest relation within the studied area is observed in the Northern Alps. The observed increase of wintertime temperatures in the period 1961-1998 is probably caused by the strengthening of the zonal wind component in the European-Atlantic region. The largest interannual variability of both atmospheric circulation and temperature is found in the winter season due to high temperature gradients between the relatively warm North Atlantic Ocean and the Eurasian continent cooled by intense radiation. In summer the correlation of temperature and zonal indices is slightly negative but does not reach the threshold of statistical significance.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** oscilace severoatlantská – teplota vzduchu – klima – Evropa střední

## ÚVOD

Severoatlantská oscilace (North Atlantic Oscillation, dále jen NAO) je chápána jako časová a prostorová proměnlivost permanentních akčních center atmosféry nad severním Atlantským oceánem – azorské tlakové výše a islandské tlakové níže. Variabilita rozdílů tlaku se projevuje změnami intenzity západního proudění vzduchu v oblasti severního Atlantiku, Evropy a části Asie.

Již před dvěma staletími si námořníci a misionáři všimli, že zimní teploty východně od Islandu se liší od teplot na západě – když byla zima ve Skandinávii teplotně nadprůměrná, v Grónsku a okolí bylo abnormálně chladno, a naopak. Chování azorské výše a islandské níže je vzájemně negativně závislé, tj. při poklesu tlaku v jednom z center tlak ve druhém stoupá. Tento jev poprvé v roce 1924 nazval Severoatlantskou oscilací britský meteorolog Sir Gilbert Walker [7]. V posledních desetiletích byla o Severoatlantské oscilaci a jejím regionálním vlivu na klima publikována celá řada prací, např. [5, 6, 7, 10].

Severoatlantská oscilace má dominantní vliv na teploty, srážky, dráhy cyklon, ekosystémy i rybolov v oblasti severního Atlantiku a přilehlých pevnin. Je to jeden z dominantních faktorů pro interakce atmosféry a vod Atlantského oceánu, mimo jiné také ovlivňuje polohu a intenzitu poklesové větve termohalinní cirkulace oceánské vody [5]. Severoatlantská oscilace hraje též významnou roli v růstu globální teploty v posledních desetiletích (ať už se jedná o změnu antropogenní či přirozenou). Jen za posledních čtyřicet let došlo ke globálnímu oteplení o 0,2–0,3 °C. Většina oteplení pozorovaného na globální úrovni v posledních dekadách se uskutečnila nad kontinenty severní polokoule mezi 40. a 70. rovnoběžkou v zimním a jarním období, přičemž přilehlé oceány se mírně ochladily [8]. Zvýšení teploty je způsobeno změnami atmosférické cirkulace, které vyplývají z prohlubování tlakových níží v severním Atlantiku, Pacifiku a nad Arktidou a současně zvyšování tlaku nad subtropickými oceány. V oblasti Atlantiku se tedy jedná o převládající pozitivní fázi NAO (nadnormální rozdíl tlaku vzduchu mezi azorskou výší a islandskou níží), zatímco v severním Pacifiku je prohlubování aleutské níže do jisté míry podmíněno Jižní oscilací [5].

Číselně se NAO vyjadřuje nejčastěji rozdílem normalizovaných hodnot tlaku vzduchu na hladině moře mezi dvě-

mi stanicemi, jež leží v blízkosti středů azorské výše a islandské níže. Jižními stanicemi, nejčastěji používanými pro výpočet indexu NAO, jsou Ponta Delgada na Azorách, Gibraltar a Lisabon. Jako severní se uvažuje jedna ze stanic na Islandu – Akureyri, Stykkisholmur nebo Reykjavík. Index NAO je počítán pro každý měsíc v roce, případně jen pro zimní období od prosince do března.

Severoatlantská oscilace se pohybuje mezi dvěma krajními stavy – pozitivní a negativní fází. Jako pozitivní (negativní) se obvykle označují měsíční nebo sezonní hodnoty indexu NAO, které jsou alespoň o jednu směrodatnou odchylku vyšší (nižší) než dlouhodobý průměr. Fáze NAO se nejvíce projevují v zimním období, kdy dochází k největší výměně tepla mezi oceánem a atmosférou a kdy je tedy pozorován největší vliv NAO na teploty v oblasti severního Atlantiku a přilehlých pevnin.

Pozitivní fáze NAO v zimním období je charakterizována zvýšenou aktivitou islandské níže i azorské výše, posunutím islandské níže severovýchodně od její obvyklé pozice a mírným posunem centra azorské výše na západ. Tlak vzduchu ve středu islandské níže je přibližně o 3 hPa nižší než normál, v azorské výši jen asi o 1 hPa vyšší než normál [6].

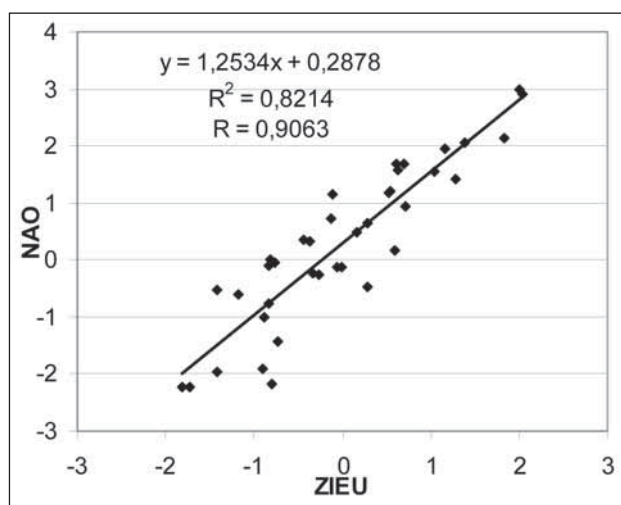
V zimách s negativní fází Severoatlantské oscilace roste tlak v islandské níži asi o 5 hPa nad normál a v azorské výši klesá o 2 hPa, obě akční centra tedy oslabují svou intenzitu. Islandská níže se posouvá na jihozápad, zatímco azorská výše téměř nemění svou normální polohu. Z těchto charakteristik chování akčních center vyplývá, že variabilita Severoatlantské oscilace je podmíněna hlavně změnami chování islandské níže, která vykazuje tlakový rozdíl mezi pozitivní a negativní fází NAO dvojnásobný než azorská výše.

V zimách při pozitivní fází NAO způsobuje prohloubená islandská níže zesílené severozápadní proudění ve svém týlu a jihozápadní proudění na přední straně. Současně se zvyšuje intenzita severovýchodního pasátu v oblasti na východ od azorské výše, mezi Floridou a mysem Hatteras dochází ke slábnutí převládajících západních větrů. Tyto odchylky od „normálního“ proudění ovlivňují výměnu tepla mezi oceánem a spodní troposférou, což vede k plošně rozsáhlým anomáliím v teplotě povrchové oceánské vody. Region podnormálních teplot sahá od Newfoundlandu daleko na sever a na východ. V Sargasovém moři dochází k oteplení vlivem oslabené-

ho západního přenosu chladného vzduchu z americké pevniny, která je při pozitivní fázi NAO také teplotně nadnormální. Nižší teploty moří v sousedství tropické Jižní Ameriky jsou způsobeny zesílením pasátů. Naopak východní část severního Atlantiku a téměř celá Evropa vykazují výrazné oteplení.

Pro popis míry zonality v euro-atlantské oblasti jsou kromě indexů NAO počítány i další cirkulační indexy. Index ZIEU, publikovaný Německou meteorologickou službou (Deutsche Wetterdienst, DWD), je počítán jako průměrný rozdíl atmosférického tlaku na hladině moře mezi 35. a 65. stupněm severní šířky pro oblast omezenou na západě 20. stupněm západní délky a na východě 40. stupněm východní délky. Kladné hodnoty indexu ZIEU značí vyšší tlak vzduchu na 35. rovnoběžce a nižší na 65. rovnoběžce, v Evropě se tedy vyskytuje proudění se západní složkou. Záporné hodnoty indexu ukazují na východní proudění a nulové hodnoty znamenají meridionální cirkulaci nad Evropou. Časová řada měsíčních průměrů indexu ZIEU začíná rokem 1961.

Korelací časových řad indexů NAO (Ponta Delgada-Stykkisholmur) a ZIEU zjistíme jejich poměrně vysokou míru závislosti. Nejtěsnější vztah s koeficienty korelace vyššími než 0,75 existuje v zimních měsících (prosinec až březen). V zimním období tedy cirkulační podmínky nad severním Atlantikem reprezentované indexem NAO do značné míry podmiňují atmosférickou cirkulaci v celém euro-atlantském prostoru. Po většinu roku od dubna do listopadu již není vazba mezi indexy tak těsná a tlakové pole nad Evropou je již méně ovlivněno fází Severoatlantské oscilace. Ve všech měsících je korelační koeficient vyšší než 0,40 (pro období 1961–1999), závislost je signifikantní na hladině významnosti 99 %.



Obr. 1 Vztah zimních (prosinec-únor) průměrů indexu ZIEU a NAO v období 1961–1999, hodnoty jsou normalizovány (0 = průměr; 1 = směrodatná odchylka). Zdroj: vstupní data z internetu (<http://dss.ucar.edu>, <http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>), DWD.

Fig. 1. Relation between winter (DJF) mean circulation indices ZIEU and NAO (Azores-Iceland) in the period 1961–1999, values are normalised (0 = average, 1 = standard deviation). Source: input data from the Internet (<http://dss.ucar.edu>, <http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>), DWD.

## METODIKA

Pro zjištění vztahů mezi Severoatlantskou oscilací a podnebním střední Evropy byla použita jednak volně přístupná data

(z internetových zdrojů), jednak data zonálního indexu ZIEU poskytnutá Německou meteorologickou službou (DWD).

Z časového rozsahu řady měsíčních průměrů indexu ZIEU vyplynulo zajímavé období začínající rokem 1961. Pro toto období byla dále získána (na internetové stránce University Corporation for Atmospheric Research, <http://dss.ucar.edu/datasets/ds570.0/data/>) data měsíčních průměrů teploty vzduchu ze 28 středoevropských stanic, jež jsou uvedeny na obr. 1. Tyto časové řady končí rokem 1998.

Cílem výběru stanic bylo postihnout středoevropský region, chápaný v tomto případě jako blízké okolí Českého masivu. Zájmová oblast je na severu ohraničena Baltským mořem, na jihu zahrnuje severní Alpy a sever Velké uherské nížiny, na západě Středoněmeckou vysočinu a na východě nepřesahuje východní hranici Polska a Slovenska. Do výběru byly zahrnuty stanice jak ryze nížinné, tak i horské a velehorské (Fichtelberg, Zugspitze, Sonnblick).



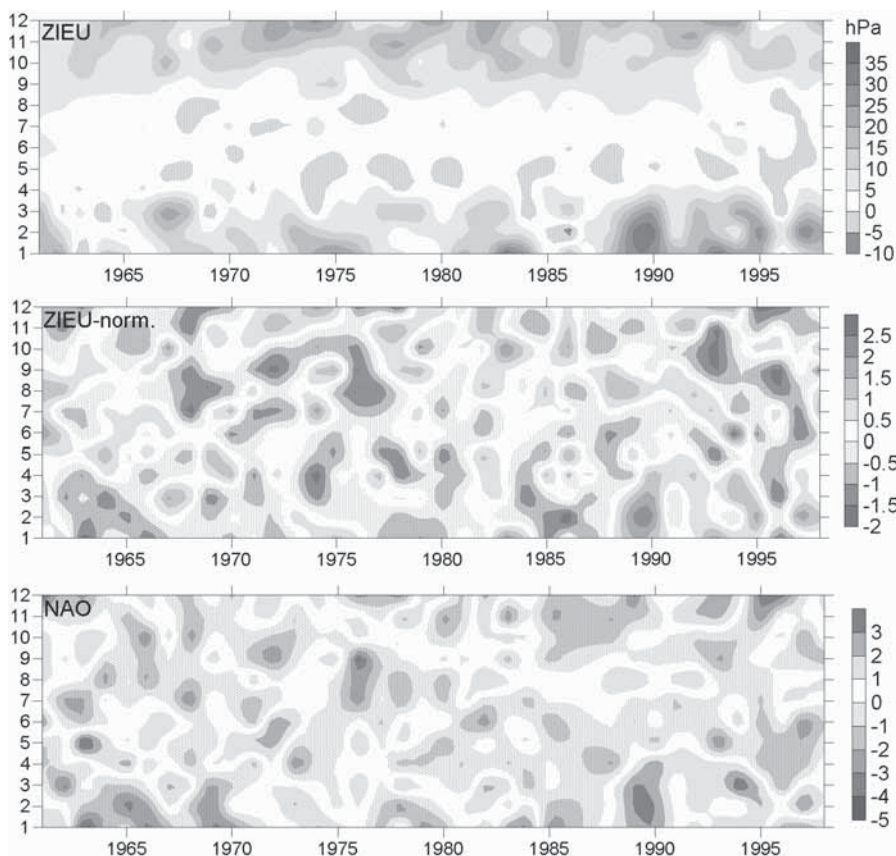
Obr. 2 Použité stanice a jejich nadmořská výška. Zdroj: vstupní data z internetu (<http://dss.ucar.edu> - University Corporation for Atmospheric Research).

Fig. 2. Location of stations and their altitude. Source: input data from the Internet (<http://dss.ucar.edu> - University Corporation for Atmospheric Research).

Pro srovnání s předchozími pracemi zabývajícími se vlivem Severoatlantské oscilace na podnebí byl vedle zonálního indexu ZIEU použit index NAO, chápaný jako rozdíl měsíčních průměrů normalizovaného tlaku vzduchu na hladině moře mezi stanicemi Ponta Delgada na Azorách a Stykkisholmur na Islandu. Časová řada indexu NAO od roku 1865 do současnosti je dostupná na internetových stránkách National Center for Atmospheric Research (<http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>).

## VÝSLEDKY

Index zonální cirkulace ZIEU, který představuje tlakový rozdíl na hladině moře mezi 35. a 65. rovnoběžkou severní šířky v oblasti od 20. stupně z. délky do 40. stupně v. délky, má charakteristický roční chod. Z obrázku č. 3 je patrné, že nejvyšší průměrné měsíční hodnoty zonálního rozdílu tlaku vzduchu (kolem 20–30 hPa) se objevují v zimním období, kdy dochází k prohlubování islandské níže a jejímu posunu na jih. V zimě se tedy obvykle zesiluje západní proudění vzduchu z Atlantského oceánu, které je v letním období méně výrazné. V létě se hodnoty indexu ZIEU pohybují od -5 do 10 hPa. Maximum i minimum celého sledovaného období 1961–1998 se vyskytlo v zimních měsících (v lednu 1983, resp. v únoru 1986).



Obr. 3 Vývoj měsíčních průměrů indexů ZIEU a NAO v období 1961–1998. Zdroj: vstupní data z internetu (<http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>), DWD.

Fig. 3. Monthly mean ZIEU and NAO (Azores-Iceland) circulation indices in the period 1961–1998. Source: input data from the Internet (<http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>), DWD.

Měsíce leden až březen vykazují největší meziroční variabilitu. Směrodatná odchylka hodnot indexu ZIEU se v těchto měsících pohybuje okolo 10 hPa, v dubnu klesá na 3,3 hPa a takto nízká zůstává až do září. V říjnu, listopadu a prosinci je směrodatná odchylka oproti následujícím měsícům stále nízká – 5,0, 6,5 a 7,2 hPa. V létě a na podzim tedy pozorujeme jen velmi malé meziroční změny atmosférické cirkulace nad Evropou (toto se týká průměrných měsíčních hodnot, v kratším časovém měřítku existuje samozřejmě mnohem větší variabilita cirkulačních podmínek). Z tohoto důvodu je Severoatlantská oscilace často považována za jev, vyskytující se s velkou intenzitou jen v zimních měsících. A právě velká variabilita zimní atmosférické cirkulace nad severním Atlantikem a Evropou je hlavním faktorem, jenž určuje teplotní a srážkovou rozmanitost jednotlivých zimních období ve velké části Eurasie a Severní Ameriky.

Index Severoatlantské oscilace (NAO), vyjádřený jako rozdíl měsíčních normalizovaných průměrů tlaku vzduchu na hladině moře mezi stanicemi Ponta Delgada na Azorách a Stykkisholmur na Islandu, má v letech 1961–1998 vývoj podobný indexu ZIEU, zvláště pak v zimních měsících.

Teploty všech ročních období kromě podzimu vykazují ve střední Evropě v období 1961–1998 mírný vzestupný trend. Tento trend je nejvýraznější v zimě na horských stanicích (Fichtelberg v Krušných horách, Zugspitze a Sonnblick v severních Alpách). Teplota zimního období meziročně nejvíce kolísá (vzhledem k ostatním částem roku), teplotní anomálie zimy tedy do značné míry podmiňují průměrnou teplotu

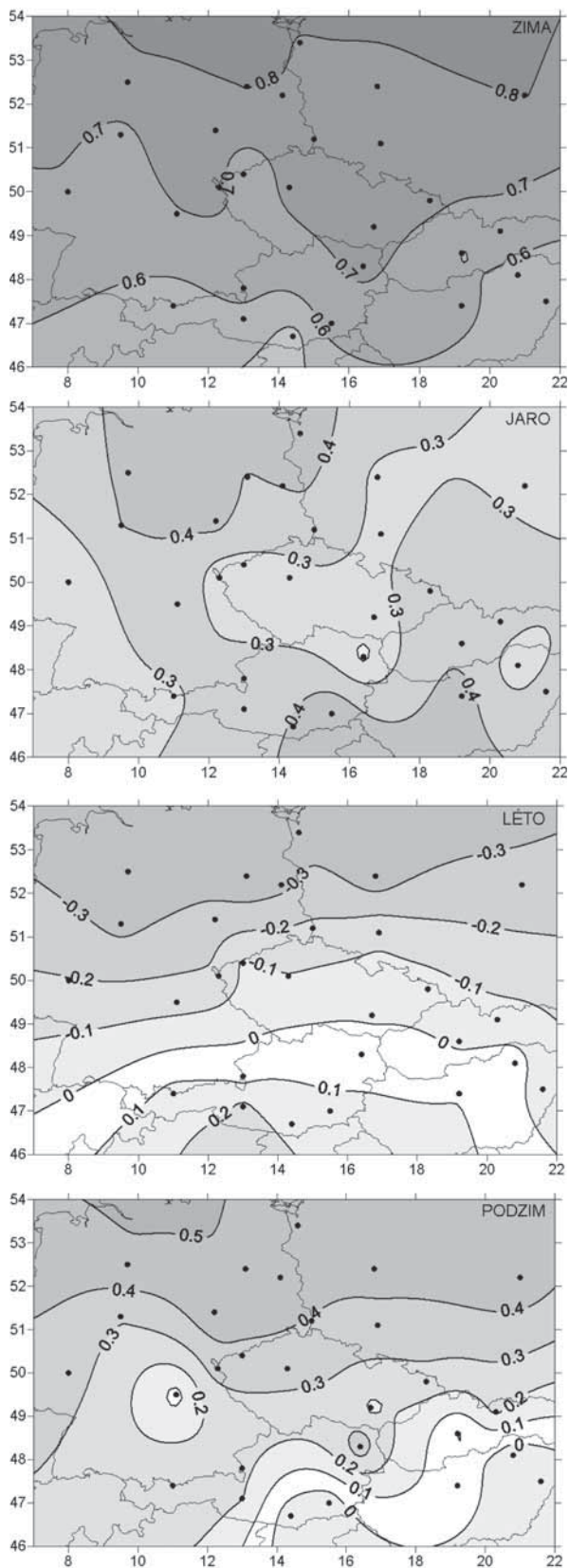
celého roku. Variabilita průměrných zimních teplot je silně závislá na míře zonální cirkulace, vyjádřené pomocí indexu ZIEU. V zimách s malou zonální (západní) složkou atmosférického proudění (v letech 1963, 1985, 1996) byly rovněž teploty výrazně podnormální. Severní a východní proudění přináší do Evropy velmi chladný vzduch. Západní proudění z Atlantského oceánu je v zimě naopak spojeno s oteplením. Velmi teplé byly zimy v letech 1975, 1983, 1989 a 1995, kdy rovněž index ZIEU dosahoval maximálních hodnot. Výjimkou jsou však horské stanice, u nichž se časové řady teplot a indexu ZIEU příliš neshodují. V horských oblastech naměřené teploty závisí na umístění meteorologické stanice v terénu (je zde výrazně vyvinuto topoklima), proto zřejmě nelze vyvozovat jednoznačné závěry bez znalosti konkrétních míst.

V zimním období (prosinec–únor) je v podstatě na celém zájmovém území statistická závislost teplot a indexu ZIEU signifikantní. Na celém území se v zimě jedná o poměrně silnou pozitivní závislost, která klesá od severu k jihu. Severní (německé a polské) stanice vykazují korelační koeficienty kolem 0,8, což je závislost

v přírodním prostředí nebývale silná. Významná je i závislost teplot na indexu NAO, který je počítán jako tlakový rozdíl mezi Azorami a Islandem – korelační koeficienty dosahují hodnot kolem 0,7. V zimě je tedy atmosférická situace nad severním Atlantikem a Evropou velmi důležitá pro teplotní poměry střední Evropy. V této části roku pozorujeme velký rozdíl v teplotě radiačně ochlazené eurasijské pevniny a relativně teplého Atlantského oceánu. Západní proudění je tak obvykle spojeno s oteplením, zatímco vpády arktického či sibiřského vzduchu znamenají velký pokles teploty.

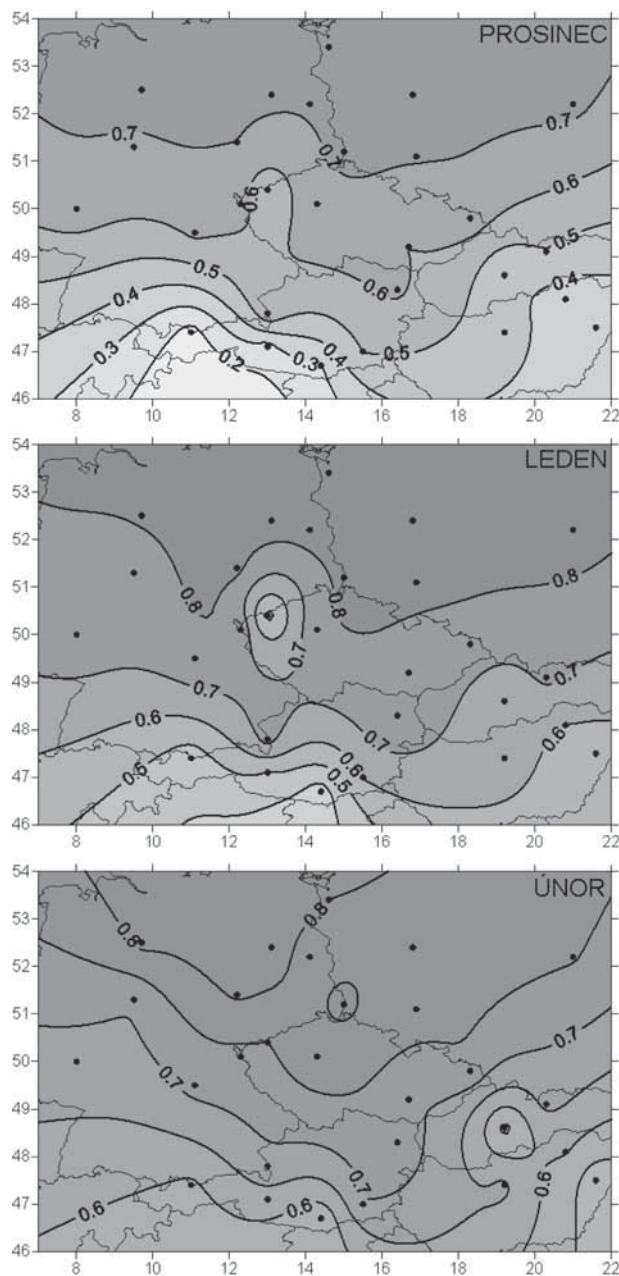
V létě je vztah zonální cirkulace a teploty vzduchu negativní – povětrnostní situace přinášející oceánský vzduch od západu znamenají v severní části střední Evropy ochlazení. Závislost však není příliš významná, koeficient korelace teploty a indexu ZIEU nedosahuje ani 0,4. V přechodných ročních obdobích se projevuje mírná pozitivní závislost teplot na zonalitě. Index Severoatlantské oscilace vykazuje významnou korelaci s teplotami jen v zimě a částečně na jaře (v severní polovině zájmového území). Tříměsíční (sezonní) průměry teplot a cirkulačních indexů jsou však zkreslené rozdílností jednotlivých měsíců. Přesnější úsudek o sezonním vlivu atmosférické cirkulace si lze učinit z korelace měsíčních průměrů teploty a indexu ZIEU.

Silný pozitivní vliv zonality na měsíční průměry teploty vzduchu je patrný od října do března, přičemž nejtěsnější vztah (kolem 0,8) pozorujeme v prosinci, lednu a únoru v severním Německu a Polsku. Relativně méně jsou ovlivněny zimní teploty na horských stanicích. V dubnu, květnu a červnu je závis-



Obr. 4 Korelace mezi indexem ZIEU a sezonními průměry teploty vzduchu v období 1961–1998. Zdroj: vstupní data z internetu (<http://dss.ucar.edu>), DWD.

Fig. 4. Correlation between the ZIEU index and seasonal (winter-DJF, spring-MAM, summer-JJA, and autumn-SON, respectively) mean surface air temperature in the period 1961–1998. Source: input data from the Internet (<http://dss.ucar.edu>), DWD.

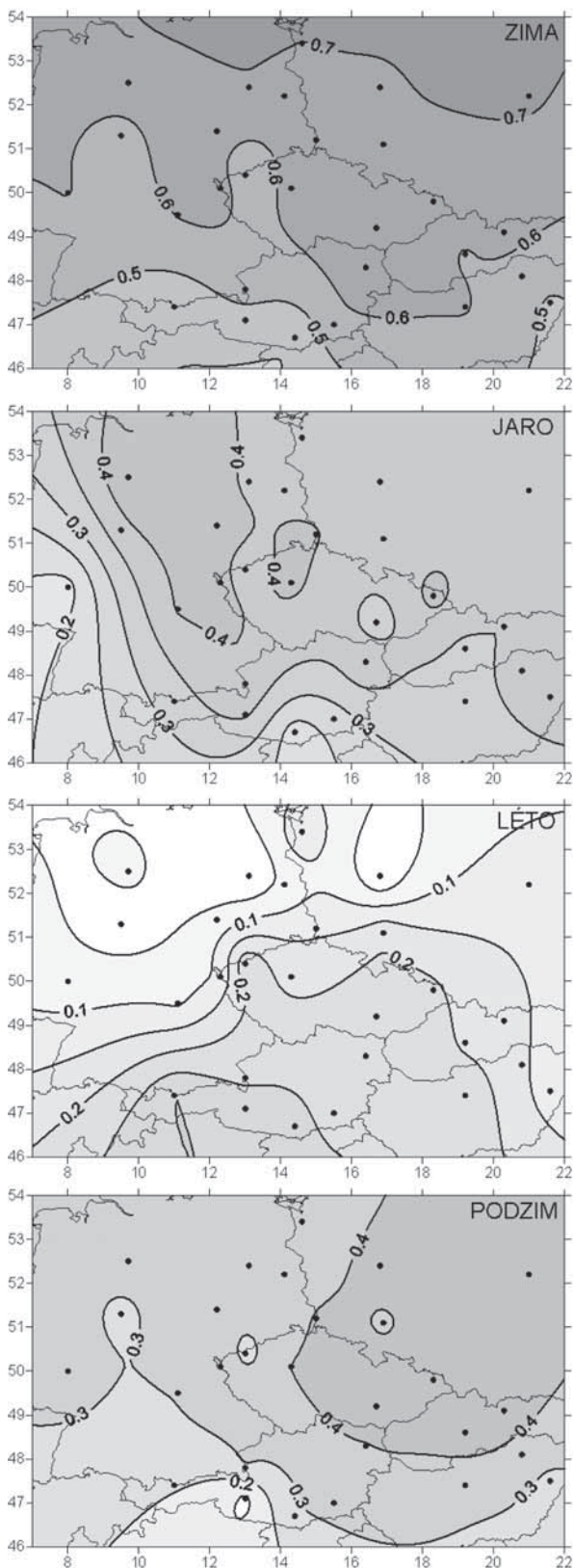


Obr. 5 Korelace mezi indexem ZIEU a měsíčními (prosinec-únor) průměry teploty vzduchu v období 1961–1998. Zdroj: vstupní data z internetu (<http://dss.ucar.edu>), DWD.

Fig. 5. Correlation between the ZIEU index and monthly (DJF, respectively) mean surface air temperature in the period 1961–1998. Source: input data from the Internet (<http://dss.ucar.edu>), DWD.

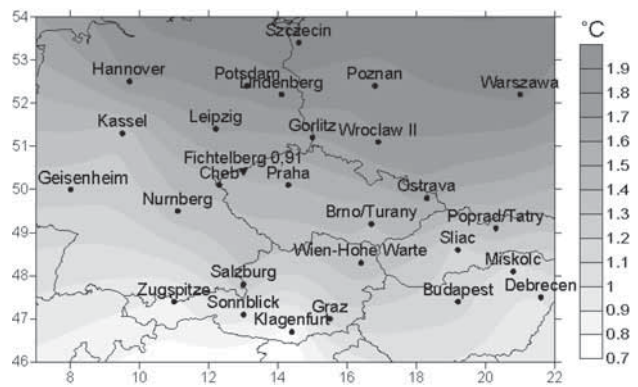
lost nevýznamná, v červenci se projevuje mírný ochlazující vliv západního proudění. V srpnu a září pozorujeme kupodivu pozitivní závislost v Česku, na Slovensku, v Rakousku a Maďarsku. Korelace dosahuje v září nejvyšších hodnot na dvou alpských stanicích – Zugspitze (+0,62) a Sonnblick (+0,66).

Míru ovlivnění zimních teplot zonální cirkulací je také možno vyjádřit teplotním rozdílem mezi zimami v pozitivní a negativní fázi NAO, resp. v období nadnormálních a podnormálních hodnot indexu ZIEU. Z mapy na obr. 7 je patrné, že zvýšení zimního průměru indexu ZIEU o 1 směrodatnou odchylku (v období 1962–1998 to odpovídá 6,8 hPa) je ve střední Evropě spojeno s růstem průměrné zimní teploty o 0,76 °C (Klagenfurt) až 1,96 °C (Štětín).



Obr. 6 Korelace mezi indexem NAO a sezonními průměry teploty vzduchu v období 1961–1998. Zdroj: vstupní data z internetu (<http://dss.ucar.edu>, <http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>).

Fig. 6. Correlation between the NAO index (Azores-Iceland) and seasonal (winter-DJF, spring-MAM, summer-JJA, and autumn-SON, respectively) mean surface air temperature in the period 1961–1998. Source: input data from the Internet (<http://dss.ucar.edu>, <http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>).



Obr. 7 Vzrůst/pokles průměrné zimní teploty vzduchu spojený se zvýšením/snížením zimního průměru indexu ZIEU o hodnotu 1 směrodatné odchylky (v období 1962–1998 jde o 6,8 hPa). Zdroj: vstupní data z internetu (<http://dss.ucar.edu>), DWD.

Fig. 7. The increase/decrease of winter mean surface air temperature associated with the winter mean ZIEU index increase/decrease of one standard deviation (in the period 1962–1998, stdev = 6.8 hPa). Source: input data from the Internet (<http://dss.ucar.edu>), DWD.

## ZÁVĚR

Ve střední Evropě (v Německu, Polsku, Česku, Slovensku, Rakousku a Maďarsku) byla zjištěna poměrně těsná pozitivní závislost teploty vzduchu v chladném půlroce na míře zonální cirkulace, vyjádřené indexy NAO (Azory-Island) a ZIEU. Hodnoty korelačního koeficientu klesají od severu k jihu. Přitom jsou mírou zonální cirkulace nejvíce ovlivněny teploty v oblasti ležící v blízkosti Severního a Baltského moře. Nižší závislost byla zjištěna na horských a podhorských stanicích (Fichtelberg, Zugspitze, Sonnblick a zejména Klagenfurt). Nejzřetelnější kladný vztah zonální cirkulace a průměrných měsíčních teplot vzduchu existuje v prosinci, lednu a únoru, kdy korelační koeficienty pro severoněmecké a polské stanice přesahují hodnotu +0,8. Oproti tomu v jarních a letních měsících je ovlivnění teplot nevýrazné, pouze v červenci je patrný mírně ochlazující vliv zvýšené zonality na území Německa a Polska (korelační koeficienty se pohybují kolem -0,35). V září pozorujeme kladný, statisticky významný vztah již na celém sledovaném území, přičemž nejvyšší hodnoty korelačního koeficientu (přes +0,6) vykazují vysokohorské stanice Zugspitze a Sonnblick, u nichž je tento vztah z celého roku nejsilnější.

Zesílené zonální (západní) proudění přináší v zimě do střední Evropy oteplení, naopak snížená zonalita je doprovázena vpády velmi chladného arktického či sibiřského vzduchu. Zvýšení, resp. snížení zonálního indexu ZIEU o hodnotu směrodatné odchylky (v zájmovém období to odpovídá 6,8 hPa) je provázeno vzrůstem, resp. poklesem průměrné zimní teploty, v severním Polsku a Německu téměř o 2 °C, v alpské oblasti o necelý jeden stupeň Celsia.

Pokud bude i nadále pokračovat rostoucí trend Severoatlantské oscilace v zimě (spojený se zesilováním západního proudění z Atlantiku nad Eurasii), můžeme ve střední a severní Evropě očekávat relativně teplejší zimy. Posun hodnot Severoatlantské oscilace směrem k pozitivní fázi vyplývá z globálních modelů atmosférické cirkulace [8], kterými se modeluje vliv nárůstu obsahu skleníkových plynů na globální i regionální klima. Oteplování střední Evropy by se mělo projevit poněkud výrazněji v zimním období než v ostatních sezonách. Stále otevřenou otázkou je však předpověď chování tlakových útvarů v oblasti severního Atlantiku.

## Literatura

- [1] BUCHA, V. – BUCHA, V. JR., 1996. Geomagnetická aktivita, změny klimatu a atmosférické cirkulace. In: BUCHA, V., – CHARVÁTOVÁ, I. (eds.): Solárně terestrické vlivy na klima. *Národní klimatický program ČR*. Praha: ČHMÚ, sv. 25, s. 53–80.
- [2] CAHYNOVÁ, M., 2004. Severoatlantská oscilace a její vliv na teplotní a srážkové poměry střední Evropy. [Magisterská práce.] Praha: Katedra fyzické geografie a geoekologie, PŘF UK. 66 s.
- [3] DESER, C. – BLACKMON, M., 1993. Surface climate variations over the North Atlantic Ocean during winter: 1900-1989. *Journal of Climate*, roč. 6, č. 9, s. 1743–1753.
- [4] GEERTS, B. – LINACRE, E., 2002. The North Atlantic Oscillation. <http://www-das.uwoy.edu/~geerts/cwx/notes/chap12/nao.html>
- [5] HURRELL, J. W. – KUSHNIR, Y. – OTTERSEN, G. – VISBECK, M. (eds.), 2003. The North Atlantic Oscillation: Climate significance and environmental impact. *Geophysical Monograph Series*, č. 134, 279 s.
- [6] KAPALA, A. – MÄCHEL, H. – FLOHN, H., 1998. Behaviour of the centers of action above the Atlantic since 1881. Part I: Characteristics of seasonal and interannual variability. Part II: Associations with regional climate anomalies. *International Journal of Climatology*, roč. 18, č. 1, s. 1–22, 23–36.
- [7] LAMB, P. J. – PEPLER, R. A., 1987. North Atlantic Oscillation: Concept and an application. *Bulletin of the American Meteorological Society*, roč. 68, č. 10, s. 1218–1225.
- [8] MARSHALL, J. – KUSHNIR, Y. et al., 2001. North Atlantic climate variability: phenomena, impacts and mechanisms. *International Journal of Climatology*, roč. 21, č. 15, s. 1863–1898.
- [9] VILLWOCK, A., 1998. *The North Atlantic Oscillation*. [http://www.soc.soton.ac.uk/CLIVAR/publications/other\\_pubs/iplan/iip/pd1.htm](http://www.soc.soton.ac.uk/CLIVAR/publications/other_pubs/iplan/iip/pd1.htm)
- [10] WILBY, R. L. – O'HARE, G. – BARNESLEY, N., 1997. The North Atlantic Oscillation and British Isles climate variability, 1865-1996. *Weather*, roč. 52, č. 9, s. 266–275.

## Internet

- [11] <http://dss.ucar.edu/datasets/ds570.0/data/>  
(University Corporation for Atmospheric Research)
- [12] <http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>  
(National Center for Atmospheric Research)

Lektor RNDr. L. Metelka, rukopis odevzdán v únoru 2005.

## ZÁHADNÉ ÚKAZY NA OBLOZE

Autor P. Dvořák. Cheb: Svět křídel, Nakladatelství letecké literatury, prosinec 2004.

128 s. ISBN 80-86808-13-0. Cena neuvedena

Knihovna ČHMÚ byla v nedávné době obohacena o nový přírůstek neznámého autora Petra Dvořáka – Záhadné úkazy na obloze. Jak je zvykem u tohoto velmi pilného autora v posledních pěti letech, jde o populární knihu určenou pro širší veřejnost s reprezentativní grafikou, přitažlivou obálkou a plnou ilustrací, většinou velmi kvalitních. Dá se tedy předpokládat, že upoutá jistě mnoho zvědavých čtenářů, které přitahují přírodní a vesmírné záhady.

Blíže informace o profilu autora a jeho bohaté popularizační publikační činnosti (pět titulů od roku 2001 je uvedeno na zadní straně obalu) zde není třeba příliš rozebírat, neboť to již velmi dobře a podrobně provedl Karel Krška v MZ, 57, 2004, č. 6 při recenzi autorovy knihy – Ilustrovaný atlas počasí. I v této knize autor uplatňuje své fotografické, grafické a jistě již i velké komerční zkušenosti, které bezpochyby zajistí nakladatelství i autorovi stanovený cíl, tj. komerční úspěch.

Knih formátu opět 30 x 21 cm je zase uspořádána tak, že text je v úzkých sloupcích po stranách listů a větší plochy uprostřed jsou buď vlastní fotografie, grafy, či převzaté obrázky z různých pramenů, kterých je celkem 64, včetně čtyř reklamních, věnovaných časopisu Svět křídel, paraglidingu a Aeroklubu Toužim. Názvy celkem 19 kapitol jsou v textu pouze zvýrazněny tučně. Knize dle mého soudu výrazně chybí obsah a odkazy na literaturu či další zdroje (web stránky?), včetně autorů převzatých obrázků či fotografií.

Sám autor v závěru úvodní kapitoly nazvané Respekt z neznáma k tématu knihy uvádí, že se „... pohybuje na pomezí meteorologie, fyziky, astronomie a populárními metodami pozorování.“ (*správně snad: ... populárních metod pozorování.*) Pečlivého čtenáře proto poněkud po přečtení překvapí upoutávka, či podtitul na přední straně obalu knihy – „vysvětlení neobvyklých meteorologických jevů“, neboť těchto je

v této knize poskrovnu, jak se lze snadno přesvědčit letným prolístováním knihy a i z názvů jednotlivých kapitol :

Záhadné svištění za letadly, Kondenzační pruhy za letadly, Neznámé svítící objekty, Podivné mraky, Slunce skvrnitě obecné, Jak vypadá Slunce na Zemi, Je to vůbec Slunce?, Zelený záblesk, Pyramidy a Slunce, Zajímavé tvary oblaků, Mezi Zemí a kosmem, Noční, denní vidění a přízraky, Pohled z druhé strany, Zpátky na oblohu, Scintilace hvězd, Zrcadlo, zrcadlo, kdo je na světě nejkrásnější?, Zvuky v atmosféře, pásma přeslechu, anomální slyšitelnost, rázové vlny a poslední – Pozorujte oblohu a odhalujte tajemství.

Závěrečná kapitola chce být jakýmsi pozváním či vybitnutím k pozorování a sledování v knize popsanych nebo i nepopsanych jevů a tzv. záhad, autor velmi stručně uvádí, čím by se měl pozorovatel vybavit až po jakýsi návod na astronomickou fotografii. Kdo to zkusil, ví jaká úskalí to skrývá. Bylo již zmíněno, že v knize chybí použitá literatura a prameny. Zde však určitě chybí doporučená literatura pro studium a konstrukci doporučovaných přístrojů a pomůcek. V úplném závěru díla je také trochu protimluv – pragmatický pokyn čtenáři a nastávajícímu pozorovateli záhad, aby nevěřil na zázraky, mimozemšťany apod. a současně se v knize diskutují možná i nemožná vysvětlení „ufologů“ a novinářů z vděčných okurkových dovolenkových období (viz kruhy v obilí).

Co se ale nedá odstranit nebo jen velmi těžko je záležitost tak typická pro tento druh „rychle vzniklé“ literatury – totiž neexistence lektora či recenzenta v průběhu vzniku díla, ještě před jeho vydáním. Proto některé chyby ať už formální, z přepisu nebo i odborné nepřesnosti nemá význam snad ani komentovat – kniha je vytištěna a obsahuje je, bohužel ke své škodě. Přes tyto některé připomínky se domnívám, že najde řadu svých vděčných čtenářů. Úspěšnost díla se jistě bude zase, tak jak tomu bylo i u předcházejících děl autora P. Dvořáka, opírat do značné míry o skvělé grafické zpracování, profesionální fotografie, obrázky, grafy a přitažlivý název.

Jan Strachota



# APLIKACE SCÉNÁŘŮ ZMĚNY KLIMATU NA METEOROLOGICKÉ PRVKY OVLIVŇUJÍCÍ VĚTRNOU EROZI

**Application of climate change scenarios to meteorological elements influencing wind erosion.** The influence of climate conditions on the intensity and spreading of wind erosion was considered in the area of Southern Moravia. For this purpose, 16 meteorological stations were selected on the basis of accessibility of required data, their adequate representativeness, homogeneity, and situation of the stations. It was necessary to make the database of climatological factors (such as wind velocity, precipitation and air temperature) in the period between 1961 and 2003 for the analyses of climatological data. The climatological data was then evaluated for the periods of 1961–2003, 1961–1990, 1991–2000, and 1971–2000. Climatic erosion factor, which explains potential erodibility of soil by wind, was determined through the analyses of factors influencing the wind erosion. The assessment of influence of expected climate change on the intensity and spreading of wind erosion consists in the selection of suitable climatological model and climate change scenarios on the basis of ability to model the three climatological factors (wind velocity, precipitation and air temperature). Climate change scenarios were then applied to the data of the selected climatological stations and the assessment of changes in data sets and the comparative analysis of the outputs of the scenarios with measured data from the normal period of 1961–1990 were done. The climatic erosion factor was also determined from the modified data of the scenarios.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** změny klimatu – prvky meteorologické – eroze půdy

## ÚVOD

Erozi lze charakterizovat jako přírodní proces, při kterém působením vody, větru, ledu, příp. jiných činitelů dochází k rozrušování povrchu půdy a transportu půdních částic. Eroze je proces reliéfový, starší než pohoří tvořená sedimentárními horninami. Záznamy o degradaci půdy erozí jsou staré více než 7 000 let. Poznání, že člověkem zrychlená eroze jej může ohrozit, je však relativně nové, a věda o protierozní ochraně byla ještě před začátkem dvacátého století téměř neznámá.

Problém eroze zemědělsky využívaných půd vyžaduje patřičnou pozornost, protože se stal problémem celosvětovým. Každým rokem se na Zemi v důsledku eroze ztratí tisíce km<sup>2</sup> zemědělské půdy. V poslední době se na prohlubování problémů erozní ohroženosti půd výrazně podílí také globální změny klimatu, které ovlivňují celkový způsob využívání půdy a krajiny.

## 1. MATERIÁL A METODY

Na vznik větrné eroze mají vliv dva základní faktory:

- meteorologické – rychlost větru, doba jeho trvání a četnost výskytu,
- půdní – struktura půdy a vlhkost půdy.

Vlhkost půdy je určena množstvím a rozdělením ovzdušných srážek a ovlivněna teplotou, vlhkostí ovzduší a větrem, jež určují evapotranspiraci, a tím i úbytek půdní vlhkosti. Větrná eroze je tedy ve výsledku závislá na třech hlavních klimatických (meteorologických) prvcích – větru, ovzdušných srážkách a teplotě vzduchu. Vliv klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze nejlépe vystihuje rovnice zahrnující v sobě všechny tři uvedené klimatické prvky. Tuto rovnici nazval Chepil et al. [2] erozně klimatický faktor *C*. Erozně klimatický faktor tak vyjadřuje vliv průměrné vlhkosti půdního povrchu a průměrné rychlosti větru na průměrnou erodovatelnost půdy větrem. Rozhodující pro intenzitu eroze je však za rozdílných stavů počasí vlhkost povrchu půdy, přesněji vysušení její svrchní vrstvy [11].

Změny erozně klimatického faktoru ovlivněné variabilitou meteorologických prvků, z kterých vychází a podmíněných změnou klimatu, byly sledovány na datech pocházejících z několika meteorologických (klimatologických) stanic.

## 2.1 Charakteristika meteorologických stanic

Pro stanovení vlivu klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze bylo použito dat z 16 vybraných meteorologických stanic jižní Moravy (tab. 1). Meteorologické stanice byly vybrány na základě dostupnosti požadovaných dat, jejich dostatečné reprezentativnosti, homogenity a v neposlední řadě i polohy.

Pro hodnocení vlivu klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze bylo potřeba údajů týkajících se rychlosti větru (průměrná rychlost větru v m.s<sup>-1</sup> ve 14 h za vegetační období a průměrná rychlost větru v m.s<sup>-1</sup> za rok), množství srážek (měsíční úhrny v mm) a teploty vzduchu (průměrná teplota vzduchu ve °C za vegetační období), vše za období 1961–2003.

## 2.2 Meteorologické prvky ovlivňující erozi půdy

Vítr (rychlost, směr, četnost a doba trvání) je nejdůležitější klimatický faktor pro rozvoj procesů větrné eroze. Působí na povrch půdy svou kinetickou energií, kterou uvolňuje a uvádí do pohybu a jinde opět ukládá jednotlivé částice půdy vlivem síly vzdušného proudu.

Množství a zejména rovnoměrné rozdělení atmosférických srážek má příznivý nepřímý efekt na snížení velikosti větrné eroze zajištěním vláhy pro dobrý stav vegetačního krytu a udržení půdní vlhkosti.

Teplota vzduchu je společně se srážkami hlavním faktorem určujícím klimatický ráz oblasti. Teplota i její časový průběh má přímý vliv na vlhkost vzduchu, na výpar z půdy i transpiraci vegetace. Teplota ovzduší tak ovlivňuje jednak vlhkost půdy, jednak kvalitu a vývojové fáze pěstovaných plodin. V kombinaci se srážkami pak ovlivňuje erodovatelnost půdy větrem.

Tab. 1 Vybrané meteorologické stanice jižní Moravy (ČHMÚ, 2003 – upraveno).

Table 1. Select meteorological stations in southern Moravia.

Indikativ	Meteorologická stanice Název	Zeměpisná		Nadmořská výška (m)
		šířka (s. š.)	délka (v. d.)	
004	Žabčice	49°00'44"	16°36'03"	179
636	Kostelní Myslová	49°09'36"	15°26'21"	569
667	Moravské Budějovice	49°02'58"	15°48'30"	457
685	Nedvězí	49°38'06"	16°18'36"	722
686	Bystřice nad Pernštejnem	49°30'54"	16°15'00"	573
687	Velké Meziříčí	49°21'14"	16°00'31"	452
698	Kuchařovice	48°53'00"	16°05'00"	334
716	Protivanov	49°28'38"	16°49'54"	670
723	Brno-Tuřany	49°09'35"	16°41'44"	241
724	Pohořelice	48°58'39"	16°31'00"	183
725	Velké Pavlovice	48°54'31"	16°49'28"	196
749	Ivanovice na Hané	49°18'32"	17°05'22"	245
754	Staré Město u Uherského Hradiště	49°05'30"	17°25'54"	235
755	Strážnice	48°53'57"	17°20'17"	176
774	Holešov	49°19'07"	17°34'24"	223
777	Vizovice	49°13'23"	17°50'38"	315

### 2.3 Erozně klimatický faktor C

Erozně klimatický faktor  $C$  závisí jednak na rychlosti větru, jednak na efektivní vlhkosti povrchu půdy. Chepil et al. [2] uvádí vztah pro erozně klimatický faktor rovnicí (1):

$$C = \frac{v^3}{(I_T + 60)^2} \times \frac{100}{1,9}, \quad (1)$$

kde  $C$  = erozně klimatický faktor (%),  $v$  = průměrná roční rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem půdy ( $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$ ) a  $I_T$  = Thornthwaitův index vlhkosti.

Erozně klimatický faktor  $C$  určený z rovnice (1) udává hodnotu ztráty půdy, která může nastat v dané oblasti jako procentuální podíl ze ztráty půdy v Garden City, za předpokladu, že ostatní faktory pro obě srovnávané oblasti jsou shodné [9].

Ve vztahu pro erozně klimatický faktor  $C$  je možné nahradit hodnotu Thornthwaitova indexu vlhkosti  $I_T$  hodnotou Končeka indexu zavlažení  $I_Z$  (2):

$$I_Z = \frac{R}{2} + \Delta r - 10t - (30 + v^2), \quad (2)$$

kde  $R$  = úhrn srážek za vegetační období (IV–IX) (mm),  $\Delta r$  = kladná odchylka množství srážek třech měsíců v zimním období (XII–II) od hodnoty 105 mm (záporné hodnoty se neuvažují),  $t$  = průměrná teplota za vegetační období ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $v$  = průměrná rychlost větru ve 14 h za vegetační období ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Mapy zpracované pro index zavlažení na základě uvedeného vzorce pro celé vegetační období, dávají úplně shodný obraz s Thornthwaitovým indexem vlhka. Přitom Končekova stupnice je 3krát citlivější než stupnice Thornthwaitova [6].

Rovnice (1) pro stanovení erozně klimatického faktoru

v našich podmínkách byla upravena na následující tvar (3) [3]:

$$C = \frac{5620,23 \times v^3}{(I_Z + 183,59)^2}, \quad (3)$$

kde  $v$  = průměrná roční rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem půdy ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a  $I_Z$  = Končeka index zavlažení.

Tab. 2 Stupně pro hodnocení ohroženosti půd větrnou erozí [4].

Table 2. Degrees for estimating the wind erosion threat to soils [4].

Stupeň ohrožení		Erozně klimatický faktor C	% I. kategorie půdních zrn (< 0,01 mm)
I.	bez ohrožení	< 20	> 30
II.	velmi slabé	20–40	> 30
III.	slabé	20–40	20–30
IV.	střední	20–40	0–20
		> 40	> 30
V.	silné	> 40	20–30
VI.	velmi silné	> 40	0–20

Různé druhy půd jsou i různě náchylné k větrné erozi. Největší erodovatelnost půdy větrem je u půd lehkých s obsahem jílovitých částic 0 až 20 %. Půdy s vyšším obsahem jílovitých částic jsou ohrožovány větrem již méně [10]. Proto byly oblasti ohrožené větrnou erozí v České republice podle závislosti erodovatelnosti půdy na procentuálním obsahu částic půdy < 0,01 mm odvozeném Pasákem [7] rozděleny do šesti stupňů, jak je znázorněno v tab. 2 [4]. K vymezení oblastí byla použita mapa půdních druhů. Dělicí hranicí bylo zvoleno kritérium mezi lehkými a středními půdami, tj. 20% obsah jílovitých částic [8].

### 2.4 Modelování klimatu

Modifikace klimatických dat ovlivňujících větrnou erozi, tzn. rychlosti větru, množství srážek a teploty vzduchu, byla provedena pomocí dvou modelů – ECHAM4 a HadCM2 [5] s různou klimatickou citlivostí a s různými scénáři emisí. Celkem tedy byly použity čtyři scénáře změny klimatu – čtyři varianty budoucího vývoje klimatu do roku 2050. Jako referenční období bylo vzato normálové období 1961–1990.

Tab. 3 Rychlost větru, změna v % [5].

Table 3. Wind speed, the change in per cents [5].

Model	ECHAM4		HadCM2	
	SRESB1	SRESA2	SRESB1	SRESA2
Klim. citlivost	nízká	vysoká	nízká	vysoká
1	1,2	3,2	-0,6	-1,6
2	1,6	4,5	-1,8	-4,9
3	1,2	3,3	-0,8	-2,1
4	-1,3	-3,4	-0,6	-1,8
5	0,7	1,8	0,9	2,5
6	-0,1	-0,3	-0,1	-0,3
7	-1,8	-4,8	0,5	1,4
8	-3,5	-9,7	-0,2	-0,5
9	0,4	1,2	0,3	0,8
10	0,7	2,0	1,3	3,7
11	0,4	1,1	1,3	3,6
12	-0,9	-2,5	1,2	3,2
rok	-0,1	-0,3	0,1	0,3

Zkrácené označení scénářů klimatické změny EB1-nízká, EA2-vysoká, HB1-nízká a HA2-vysoká v tab. 3, 4 a 5 znamená použití modelu E = ECHAM4, H = HadCM2, B1 = scénář s nízkými emisemi skleníkových plynů, A2 = s vysokými emisemi skleníkových plynů.

Navržené scénáře změny klimatu byly aplikovány na staniční data 16 vybraných meteorologických stanic a výsledky porovnány s měsíčními průměry za standardní klimatologické období 1961–1990. Získané výsledky byly analyzovány s ohledem na rozdíly mezi naměřenými údaji a jednotlivými scénáři pro hodnocené klimatické prvky za uvedené období.

Následně byl vypočítán erozně klimatický faktor, a to jak z dat klimatu současného, tak i z dat klimatu pozmeněného (klimatickými scénáři).

Tab. 4 Atmosférické srážky, změna v % [5].

Table 4. Atmospheric precipitation, the change in per cents [5].

Model	ECHAM4		HadCM2	
	SRESB1	SRESA2	SRESB1	SRESA2
Klim. citlivost	nízká	vysoká	nízká	vysoká
1	3,1	8,6	-0,5	-1,4
2	4,6	12,6	-1,8	-4,9
3	3,1	8,4	1,3	3,6
4	-6,6	-18,0	1,9	5,2
5	3,3	9,0	0,3	0,7
6	-1,0	-2,7	1,0	2,8
7	-2,8	-7,8	-2,7	-7,4
8	-5,9	-16,1	-6,7	-18,3
9	3,8	10,3	-5,9	-16,0
10	-2,2	-6,2	7,9	21,7
11	2,0	5,4	3,5	9,6
12	-1,8	-4,9	2,7	7,5
rok	0,0	-0,1	0,1	0,3

Tab. 5 Průměrná denní teplota vzduchu, aditivní změna ve °C [5].

Table 5. Average daily air temperature, an additive change in °C [5].

Model	ECHAM4		HadCM2	
	SRESB1	SRESA2	SRESB1	SRESA2
Klim. citlivost	nízká	vysoká	nízká	vysoká
1	1,4	3,8	1,0	2,6
2	1,6	4,4	1,1	2,9
3	1,2	3,4	0,7	1,9
4	1,1	2,9	0,5	1,4
5	0,7	2,0	0,5	1,4
6	0,7	2,0	0,7	1,8
7	1,1	2,9	0,8	2,2
8	1,3	3,6	1,1	2,9
9	0,9	2,6	1,3	3,5
10	1,0	2,6	1,1	2,9
11	1,2	3,2	1,0	2,7
12	1,0	2,8	1,2	3,4
rok	1,1	3,0	0,9	2,5

### 3. VÝSLEDKY A DISKUSE

Maximální rychlosti větru na většině míst jsou pozorovány koncem zimy a začátkem jara, tedy v období, kdy orná půda není chráněna vegetací. Nejvyšší rychlosti větru byly na vybraných klimatologických stanicích jižní Moravy zaznamenány v normálovém období 1961 až 1990, naopak nejnižší

v posledním desetiletí 1991 až 2000. Trend rychlosti větru nelze na území ČR jako celku prokázat, přestože v časových řadách rychlostí větru většiny stanic ve všech sledovaných obdobích (1961–2003, 1961–1990, 1991–2000 a 1971–2000) lze najít statisticky významné trendy, hlavně záporné (rychlost větru klesala). Použité klimatické scénáře předpokládají největší odchylky průměrné denní rychlosti větru v chladné části roku, kdy však k negativním účinkům větrné eroze kvůli zamrznuté půdě nedochází [12], a potom v létě, kdy je půda většinou kryta vegetací. V ostatních měsících roku je předpokládaná změna nevýrazná. V celkovém hodnocení lze do budoucna očekávat, že rychlost větru se nezmění a pokud i ostatní faktory ovlivňující větrnou erozi zůstanou na stejné úrovni, neměla by se zvýšit náchylnost půdy k větrné erozi.

Atmosférické srážky u většiny z posuzovaných stanic zaznamenávají za celkové sledované období 1961 až 2003 klesající trend. Hodnotíme-li však pouze normálové období 1971 až 2000 či poslední dekádu (1991–2000), trend průměrných ročních úhrnů srážek u všech sledovaných stanic roste. Podle scénářů klimatické změny roční úhrny srážek nepatrně klesnou, nebo zůstanou na stejné úrovni jako v současnosti. Výrazné však jsou již pozorované, či scénářem predikované změny v ročním chodu srážek. A právě tyto změny by mohly mít zásadní negativní vliv na ohroženost půdy větrnou erozí, především v jarním období.

Tab. 6 Potenciální ohroženost půd větrnou erozí na základě srovnání maximálních průměrných hodnot erozně klimatického faktoru pro analyzovaná období a obsahu jílovitých částic v půdě (zjištěn z mapy převládajících druhů půd na území ČR).

Table 6. The potential wind erosion threat to soils on the basis of the comparison of maximum average values of the erosion-climatic factor for periods under analysis with the content of clay elements in soil.

Stanice	I. zm. kat. (%)	1961–2003	1961–1990	1991–2000	1971–2000
004	> 60	51,3	10,8	17,9	17,9
636	30–45	20,1	20,1	8,1	20,1
667	30–45	7,9	5,3	7,9	7,9
685	30–45	45,2	45,2	31,9	45,2
686	30–45	11,6	6,7	11,6	11,6
687	20–30	15,1	7,5	15,1	15,1
698	30–45	184,6	184,6	48,1	184,6
716	45–60	52,8	23,7	52,8	52,8
723	30–45	48,1	48,1	41,4	48,1
724	> 60	7,9	5,8	7,9	7,9
725	30–45	54,8	7,1	25,6	25,6
749	30–45	4,4	4,0	3,3	3,3
754	10–20	68,1	32,6	68,1	68,1
755	10–20	44,6	20,1	44,6	44,6
774	30–45	8,4	5,2	8,4	8,4
777	> 60	1,6	1,6	1,3	1,5

Teplota vzduchu, jako jediný klimatický faktor ze třech analyzovaných, dává jasnou představu o svém vývoji do budoucna. Všechny klimatické scénáře udávají ve všech měsících roku zvýšení průměrné teploty vzduchu. Toto zvýšení potvrzuje i rostoucí lineární trend průměrných měsíčních teplot vzduchu za sledované období 1961 až 2003 u všech analyzovaných klimatologických stanic. Teplota vzduchu významně ovlivňuje potenciální evapotranspiraci, a tím i vlhkost půdy. Obecně lze konstatovat, že čím nižší je vlh-

kost půdy, tím větší je její náchylnost k větrné erozi. Je tedy zřejmé, že dopad očekávané klimatické změny se projeví na výrazném rozšíření půd ohrožených větrnou erozí.

Hodnoty erozní klimatického faktoru během sledovaného období 1961 až 2003 rostou, což teoreticky znamená zvýšení potenciální ohroženosti půdy větrnou erozí (tab. 6). Rostoucí trend je nejvíce patrný u stanic v teplých suchých oblastech. Také scénáře klimatické změny predikují zvýšení hodnot erozní klimatického faktoru (tab. 7).

Tab. 7 Maximální hodnoty erozní klimatického faktoru pozměněné klimatickými scénáři.

Table 7. Maximum values of the erosion climatic factor influenced by climatic scenarios.

Stanice	1961–1990	EB1 -nízká	EA2 -vysoká	HB1 -nízká	HA2 -vysoká
004	10,8	12,7	17,7	12,7	17,2
636	20,1	22,4	27,7	22,9	29,1
667	5,3	6,1	8,1	6,1	8,0
685	45,2	50,5	61,6	51,5	65,6
686	6,7	7,3	8,8	7,5	9,3
687	7,5	8,3	10,0	8,5	10,6
698	184,6	219,1	309,0	219,0	304,3
716	23,7	26,5	31,8	26,6	32,8
723	48,1	56,9	79,6	57,0	78,9
724	5,8	6,8	9,4	6,7	9,1
725	7,1	8,3	11,6	8,3	11,2
749	4,0	4,6	6,1	4,5	5,9
754	32,6	38,0	51,5	37,9	50,6
755	20,1	22,8	28,7	23,2	30,4
774	5,2	5,9	7,7	5,9	7,7
777	1,6	1,7	2,1	1,8	2,1

#### 4. ZÁVĚR

Klimatické podmínky mají zásadní vliv na intenzitu a rozšíření větrné eroze, která je zvláště významná v suchých oblastech jižní Moravy. Negativní dopady klimatické změny se tak projeví nejdříve v těchto lokalitách. Vzhledem k tomu alespoň z počátku budou oblasti vlhčí, s vyšší nadmořskou výškou ušetřeny nežádoucích účinků oteplování. Do budoucna se však musí počítat s tím, že může dojít k ohrožení půd větrnou erozí i v územích, kde by se její výskyt původně nepředpokládal, nebo alespoň ne v takové míře. Kromě klimatických podmínek je větrná eroze závislá také na druhu půdy. A jestliže již nelze ovlivnit vývoj klimatu, který zapříčinil sám člověk, pak by se měl pokusit o nápravu alespoň v tom smyslu, že zamezí další degradaci půdy a změně jejího strukturního stavu.

Vlivem možné klimatické změny se výměra půdy ohrožené erozí zvýší odhadem nejméně o 10 %, tzn., že přírůstek výměry půd ohrožených větrnou erozí v ČR bude představovat minimálně 100 tis. ha. Celkově se tedy bude muset počítat s vyšší výměrou ohrožené půdy pro uplatnění protierozních opatření. Při současné úrovni našich znalostí lze jen velmi obtížně odhadnout, jaké problémy by případná změna klima-

tu v ochraně půdy před erozí vyvolala. Adaptační opatření v ochraně půd proti větrné erozi uvádí [1].

Rada faktorů omezuje v současné době naše schopnosti projektovat a detekovat budoucí změnu klimatu. Je velmi obtížné předpovědět budoucí neočekávané, rozsáhlé a rychlé změny klimatického systému obdobné těm, k nimž docházelo v minulosti. Z toho vyplývá, že budoucí změny klimatu mohou přinést i nepředvídatelná překvapení.

#### Poděkování

Výsledky této práce jsou součástí řešení projektů NAZV č. QF3100 a NAZV č. 1R44027.

#### Literatura

- [1] BRÁZDIL, R. – ROŽNOVSKÝ, J. et al., 1995. Dopady možné změny klimatu na zemědělství v České republice. *Národní klimatický program ČR*, sv. 18, 140 s. ISBN 80-85813-91-2, ISSN 1210-7565.
- [2] CHEPIL, W. S. – SIDDOWAY, F. H. – ARMBRUST, D. V., 1962. Climatic Factor for Estimating Wind Erodibility of Farm Fields. *Journal of Soil and Water Conservation*, No. 1, p. 162–165.
- [3] DUFKOVÁ, J., 2004. Využití erozní klimatického faktoru ke stanovení ohroženosti půdy větrnou erozí. In: Vedecká konferencia pôdoznalcov Slovenska s medzinárodnou účasťou *Tretie pôdoznalecké dni na Slovensku*. Mojmirovce: Societas Pedologica Slovaca, Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, 22.–24. 06. [V tisku.]
- [4] JANEČEK, M., 1997. Potenciální ohroženost půd České republiky vodní a větrnou erozí. *Vědecké práce VÚMOP Praha*, č. 9, s. 53–64. ISSN 1210-1672.
- [5] KALVOVÁ, J. – KAŠPÁREK, L. – JANOUŠ, D. – ŽALUD, Z. – KAZMAROVÁ, H., 2002. Scénáře změny klimatu na území České republiky a odhady dopadů klimatické změny na hydrologický režim, sektor zemědělství, sektor lesního hospodářství a na lidské zdraví v ČR. *Národní klimatický program ČR*, sv. 32, 151 s. ISBN 80-85813-91-2, ISSN 1210-7565.
- [6] KONČEK, M., 1955. Index zavlaženia. *Meteorologické Zprávy*, roč. 8, č. 4, s. 96–99.
- [7] PASÁK, V., 1966. Struktura půdy a větrná eroze. *Vědecké práce VÚMOP Praha*, s. 73–82.
- [8] PASÁK, V., 1970. Wind Erosion on Soils. Scientific Monographs. Praha: Výzkumný ústav meliorací, č. 3, 187 s.
- [9] PASÁK, V. – JANEČEK, M., 1971. Použití klimatického faktoru pro hodnocení větrné eroze v ČSSR. *Meliorace*, roč. 44, č. 7, s. 113–118.
- [10] PASÁK, V. – JANEČEK, M., 1971. Vliv klimatu na rozšíření větrné eroze v ČSSR. *Meteorologické Zprávy*, roč. 24, č. 3–4, s. 67–69.
- [11] ROŽNOVSKÝ, J. – LUKÁŠKOVÁ, I., 1990. Hodnocení možnosti výskytu větrné eroze pomocí dat o stavu půdy. *Acta Univ. agric., Fac. agron.*, XXXVIII, 1990, č. 1–2, s. 157–164.
- [12] STREĎANSKÝ, J., 1981. Vyhodnotenie veterných pomerov pre prípad výpočtu intenzity veternej erózie. *Meteorologické Zprávy*, roč. 34, č. 4–5, s. 154–155.

Lektor RNDr. L. Metelka, rukopis odevzdán v lednu 2005.

# HODNOCENÍ DLOUHODOBÝCH DAT TEPLoty, VLHKOSTI VZDUCHU A SRÁŽEK Z MOKRÝCH LUK U TŘEBONĚ

**Evaluation of the long-term data on air temperature, relative air humidity and precipitation data in the Mokrý Louky wetland by Třeboň.** Daily air temperature, relative air humidity (1977–2003) and precipitation (1961–2003) in wetland ecosystem of Mokrý Louky by Třeboň, South Bohemia, are evaluated. Air temperatures, especially maximal air temperatures, rise on Mokrý Louky more quickly compared with temperatures on other stations in the Czech Republic. Daily temperature amplitudes increase and distribution of precipitation shifts towards higher precipitation events. Role of wetlands and permanent vegetation in local climate is discussed.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** mikroklima – změna klimatická – ekosystém mokřadní – teplota vzduchu – vlhkost vzduchu – úhrny srážkové.

## ÚVOD

Meteorologická stanice Mokrý Louky leží na 49° 01' 30" severní šířky, 14° 46' 20" východní délky v nadmořské výšce 426 metrů, na levém břehu Prostřední stoky, ve výtopě rybníka Rožmberk, v Biosférické rezervaci Třeboňsko. Od začátku roku 1977 jsou zde pravidelně denně měřeny základní meteorologické prvky v lučním porostu vysokých ostřic (např. *Carex gracilis*, *Carex vesicaria*, *Glyceria aquatica* a *Calamagrostis canescens*), od dubna 1978 do konce roku 1991 také v blízkém porostu vrby popelavé (*Salix cinerea*). Tato více než čtvrt století dlouhá řada meteorologických pozorování je ojedinělá zejména tím, že stanice je umístěna přímo v přirozeném rozsáhlém mokřadním porostu. Naměřené údaje tedy představují dlouhodobé mikroklimatické podmínky v reálném mokřadním ekosystému. Získaná data byla soustavně hodnocena a publikována pro období 1977–1986, kdy na základě desetileté řady měření byla zpracována podrobná mikroklimatická charakteristika Mokrých Luk [8]. Dále se klimatickými poměry Třeboňska a jižních Čech zabývají například práce [7, 6, 4, 2, 12, 13]. Celý projekt zahájený v rámci MaB Člověk a biosféra programu UNESCO Botanickým ústavem AV ČR přešel v roce 2003 pod Ústav ekologie krajiny AV ČR.

Použité datové soubory zahrnují pro teplotu a vlhkost vzduchu období od 1. 1. 1977 do 31. 12. 2003, pro srážky od 1. 1. 1961 do 31. 12. 2003. Vstupní data pro období 1977–2002 jsou uložena v databázi [1].

Jednotlivé klimatologické prvky, číselně vyjádřené pomocí průměrů za různá období, extrémních hodnot, též formou kvantilů a četnostních charakteristik, jsou vzhledem k úspoře místa prezentovány převážně v tabulkové podobě. Normály, kromě srážkových úhrnů, kde za normál je považováno období 1961–1990, uvedeny nejsou, protože řada je kratší než 30 let. Období let jsou rozdělena standardně na desetiletí 1981–1990 a 1991–2000. Krátká okrajová období 1977–1980 a 2001–2003 jsou pro úplnost zahrnuta také, je však třeba upozornit, že tato období nelze porovnávat s desetiletími z jiných míst a že odhady růstu teploty na základě těchto období jsou vzhledem k chladnému charakteru počasí koncem 70. let a extrémně teplému roku 2003 nadhodnocené. Pro odhady růstu teploty je tedy třeba vycházet z úplných desetiletí. Klimatologické prvky jsou v tabulkách charakterizovány obvyklou formou, to znamená hodnotami uvedenými po jednotlivých měsících, čímž je umožněno porovnání s jinými místy.

Cílem práce je popsat mikroklima Mokrých Luk a testovat, zda se na Mokrých Lukách projevují změny lokálního klimatu, které lze přičítat úbytku vody z krajiny následkem vysušování mokřadů, odvodňování polí i lesů. Ztráty vody z velkých ploch vedou ke snížení evapotranspirace z těchto ploch. Sluneční energie se potom uvolňuje více ve formě zjevného tepla a méně se váže do vodní páry (latentní teplo). Tato změna malého vodního cyklu by se měla projevit lokálním posunem ke kontinentálnímu klimatu, tedy změnami v rozložení srážek, poklesem frekvence malých srážek, výskytem větších srážek a zvětšením denních teplotních amplitud [5, 11].

## TEPLOTA VZDUCHU

Teplota vzduchu je měřena ve standardní meteorologické budce ve výšce dva metry nad povrchem země. Průměrná denní teplota je vypočtena jako aritmetický průměr z hodinových hodnot zaznamenaných termohygrografem. Z průměrné denní teploty jsou vypočteny průměry měsíční, roční a desetileté. Extrémní teploty jsou charakterizovány denními maximy a minimy odečtenými z extrémních teploměrů v ranním pozorovacím termínu.

## Průměrná teplota vzduchu

Základní statistické údaje o průměrné teplotě počítané z denních dat shrnuje tab. 1. V horní části tabulky je uvedena průměrná měsíční a roční teplota v jednotlivých obdobích. Nejvyšší nárůst průměrné měsíční teploty vzduchu vidíme v květnu o 3,8 °C a v srpnu o 3,5 °C. Tyto hodnoty, odhadnuté z okrajových období 1977–1980 a 2001–2003, jsou však, jak bylo uvedeno výše, nadhodnocené. Pro odhad růstu průměrné teploty je tedy vhodnější porovnávat teplotu v osmém a devátém desetiletí, kde skutečný nárůst činí v červnu 1,2 °C a v srpnu 1,3 °C. Vzestup průměrné měsíční teploty mezi osmým a devátým desetiletím počítaný z denních dat analýzou rozptylu ANOVA je průkazný od ledna do srpna, v podzimních měsících září, říjen, listopad a prosinec se neprojevuje při  $df = 1$ , přibližně 600. F statistika a významnost dosahují pro jednotlivé měsíce postupně hodnot (leden  $F = 10,2$ ,  $sig = 0,001$ ; únor  $F = 8,7$ ,  $sig = 0,003$ ; březen  $F = 6,0$ ,  $sig = 0,015$ ; duben  $F = 8,05$ ,  $sig = 0,005$ ; květen  $F = 6,0$ ,  $sig = 0,015$ ; červen  $F = 21,7$ ,  $sig = 0,000004$ ; červenec  $F = 13,5$ ,  $sig = 0,0003$ ; srpen  $F = 29,6$ ,  $sig = 0,000001$ ; září  $F = 0,2$ ,  $sig = 0,66$ ; říjen  $F = 0,001$ ,  $sig = 0,98$ ; listopad  $F = 3,35$ ,  $sig = 0,07$ ; pro-

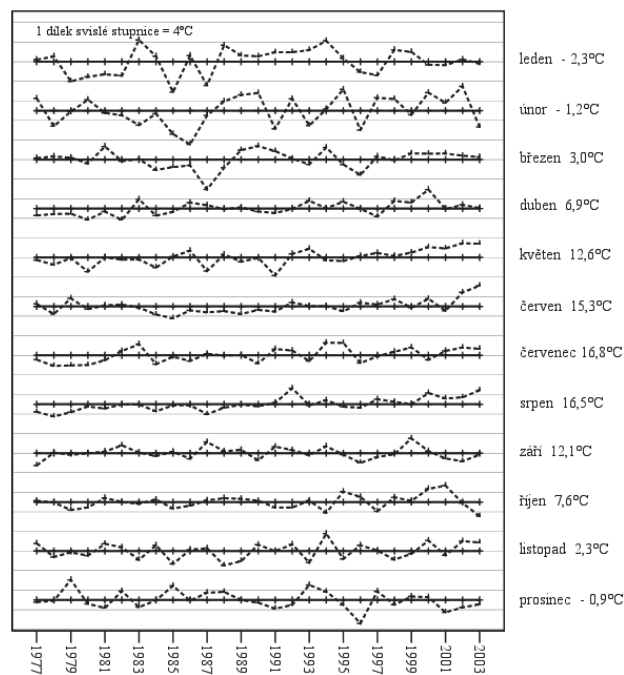
sinec  $F = 2,29$ ,  $\text{sig} = 0,13$ ). Vzestup průměrné roční teploty mezi osmým a devátým desetiletím je významný na hladině významnosti  $\text{sig} = 0,0002$ ,  $F = 13,6$ ,  $\text{df} = 1,7295$ . Průměrná roční teplota stoupla z  $7,1\text{ }^\circ\text{C}$  v osmdesátých letech na  $7,8\text{ }^\circ\text{C}$  v desetiletí 1991–2000, to znamená o  $0,7\text{ }^\circ\text{C}$ .

Základní statistické charakteristiky, hodnoty kvantilů a následující údaje v tab.1 počítané z denních dat se vztahují k celému období 1977–2003. Nejmenší rozdíl v hodnotách průměrné teploty sousedních měsíců je mezi červencem a srpnem  $0,3\text{ }^\circ\text{C}$ . Největší rozdíl je mezi dubnem a květnem  $5,7\text{ }^\circ\text{C}$  a mezi říjnem a listopadem  $5,3\text{ }^\circ\text{C}$ , tedy v době, kdy se v ročním chodu teploty nejvíce projeví změna mezi letním a zimním charakterem počasí. Hodnota směrodatné odchylky ukazuje, že teplotně nejrozkolísanější jsou zimní měsíce leden, únor a prosinec, naopak teplotní proměnlivost je nejmenší v červenci. Dále jsou uvedeny hodnoty celkového a mezikvartilového rozpětí. Rozdělení průměrné denní teploty v jednotlivých měsících a v roce lze vyčíst z hodnot percentilů.

Nejvyšší a nejnižší hodnoty průměrné denní a průměrné měsíční teploty pro každý měsíc společně s datem či rokem výskytu vymezují interval, ve kterém se teplota v daném měsíci pohybuje a současně ukazují na stoupající trend růstu teploty, protože většina největších průměrných denních i měsíčních teplot je dosahována v období kolem roku 2000.

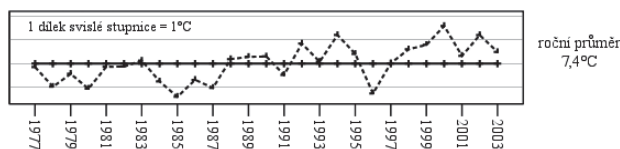
Nejteplejším měsícem roku bývá červenec a srpen, zřídka červen. Nejchladnějším měsícem roku je leden, případně únor, výjimečně i prosinec či listopad. Z údajů o četnosti výskytů nejteplejších a nejchladnějších dnů v roce plyne větší rozptýlenost rekordní denní teploty v porovnání s měsíční teplotou, projevující se častějším ojedinělým denním maximum či minimum při nástupu letní či zimní sezony.

Zajímavý je i pohled na průměrné denní teploty z hlediska mezidenních (interdiurních) změn. Interdiurní změnou rozumíme rozdíl průměrné denní teploty dne, ke kterému se změ-



Obr. 1 Odchylky průměrné měsíční teploty vzduchu od průměru za období 1977–2003 ( $^\circ\text{C}$ ).

Fig. 1. Deviations of mean monthly temperature from the mean of period 1977–2003 ( $^\circ\text{C}$ ).



Obr. 2 Odchylka průměrné roční teploty vzduchu od průměru za období 1977–2003 ( $^\circ\text{C}$ ).

Fig. 2. Deviations of annual mean temperature from the mean of period 1977–2003 ( $^\circ\text{C}$ ).

na zaznamenává a předchozího dne. Den, ke kterému nastalo oteplení, má kladnou interdiurní změnu, den s ochlazením má zápornou mezidenní změnu. V tabulce jsou pro každý měsíc uvedeny hodnoty průměrného denního oteplení a ochlazení a nejvyšší zaznamenané hodnoty interdiurních změn včetně data výskytu.

Průměrná měsíční teplota v jednotlivých letech je na obr. 1 zaznamenána formou odchylek od měsíčních teplotních průměrů za celé období 1977–2003. Hodnota měsíčního teplotního průměru, číselně vyjádřená při pravém okraji grafu společně s názvem měsíce, je znázorněna tlustou vodorovnou čarou. Body nad touto čarou označují měsíce teplejší než průměr, pod čarou chladnější. Na první pohled je patrné, který měsíc byl v daném roce teplejší a který chladnější než průměr. Přibližnou hodnotu měsíční teploty zjistíme přičtením odchylky k průměru. Zde je vhodné upozornit na to, že ačkoliv se některé roky, například rok 2003, mohou zdát z hlediska průměrné teploty celkem nevýrazné, jsou, jak bude uvedeno dále, vysoce extrémní z pohledu maximální a minimální teploty. Podobným způsobem je zobrazena i průměrná roční teplota obr. 2.

### Extrémní teplota vzduchu

V tab. 2 jsou uvedeny údaje týkající se maximální a minimální teploty a denní amplitudy teploty. Průměrné měsíční hodnoty těchto parametrů, včetně maximálních a minimálních denních, měsíčních a ročních hodnot za celé období 1977–2003, ukazují rozmezí, v němž se dané parametry pohybují.

Absolutní teplotní maximum ve sledovaném období 1977–2003, zaznamenané na Mokřých Loukách 27. 7. 1983, dosáhlo hodnoty  $37,2\text{ }^\circ\text{C}$ . Nejčastější výskyt teplot nad  $30\text{ }^\circ\text{C}$  byl však pozorován v roce 2003, kdy teplota překročila  $30\text{ }^\circ\text{C}$  33krát, oproti osmi výskytům v roce 1983 a žádnému výskytu v letech 1977 až 1979 (obr. 5). Maximální teplota mezi obdobímí roste pro okrajová neúplná období 1977–1980 a 2001–2003 obdobně jako průměrná, nejvíce v srpnu o  $5,2\text{ }^\circ\text{C}$  a květnu o  $4,7\text{ }^\circ\text{C}$ , za rok o  $2\text{ }^\circ\text{C}$ . Mezi osmým a devátým desetiletím stoupla maximální teplota nejvíce v únoru o  $2,6\text{ }^\circ\text{C}$ , v červnu o  $1,8\text{ }^\circ\text{C}$  a v srpnu o  $1,9\text{ }^\circ\text{C}$ . Vzestup měsíčního průměru denních maxim mezi osmým a devátým desetiletím počítaný z denních dat analýzou rozptylu ANOVA je průkazný od ledna do srpna, v podzimních měsících září, říjen, listopad a prosinec se neprojevuje. F statistika a významnost dosahují pro jednotlivé měsíce postupně hodnot (leden  $F = 13,15$ ,  $\text{sig} = 0,0003$ ; únor  $F = 32,693$ ,  $\text{sig} = 0,00000002$ ; březen  $F = 7,25$ ,  $\text{sig} = 0,007$ ; duben  $F = 10,6$ ,  $\text{sig} = 0,001$ ; květen  $F = 7,6$ ,  $\text{sig} = 0,006$ ; červen  $F = 23,8$ ,  $\text{sig} = 0,000001$ ; červenec  $F = 9,1$ ,  $\text{sig} = 0,0026$ ; srpen  $F = 26,5$ ,  $\text{sig} = 0,0000003$ ; září  $F = 0,1$ ,  $\text{sig} = 0,74$ ; říjen  $F = 3,2$ ,  $\text{sig} = 0,07$  (v říjnu teplota klesla); listopad  $F = 0,23$ ,  $\text{sig} = 0,63$ ; prosinec  $F = 1,66$ ,  $\text{sig} = 0,2$ ). Vzestup ročního průměru denních maxim mezi osmým a devátým desetiletím je významný na hladině významnosti  $\text{sig} = 0,00002$ ,  $F = 18,53$ ,  $\text{df} = 1,7295$ . Roční průměr denních maxim teploty vzduchu

Tab. 1 Průměrná teplota vzduchu, období 1977–2003.

Table. 1. Average air temperature, period 1977–2003.

Charakteristika	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok
Průměrná měsíční a roční teplota (°C)													
1977-1980	-3,7	-0,9	3,1	5,4	11,3	15,3	15,0	15,0	11,5	7,0	2,1	-0,2	6,8
1981-1990	-2,7	-2,1	2,5	6,7	12,1	14,4	16,5	15,9	12,4	7,7	1,9	-0,5	7,1
1991-2000	-1,3	-0,8	3,3	7,6	12,8	15,6	17,4	17,2	12,4	7,7	2,5	-1,1	7,8
2001-2003	-2,5	-0,1	3,9	7,2	15,1	17,4	18,0	18,5	11,2	7,7	3,3	-2,5	7,9
Základní statistické charakteristiky 1977-2003, počítané z denních průměrů													
Průměr	-2,3	-1,2	3,0	6,9	12,6	15,3	16,8	16,5	12,1	7,6	2,3	-0,9	7,4
Směrodatná odchylka	5,3	5,1	3,7	3,9	3,6	3,3	2,8	3,1	3,0	3,7	3,8	4,9	7,9
Rozpětí	35,4	31,6	30,8	22,2	20,2	19,0	16,6	16,7	20,1	24,1	25,7	32,9	50,9
Mezikvartilové rozpětí	6,2	6,2	4,7	5,4	5,0	4,9	4,1	4,3	4,0	5,2	5,0	5,2	12,4
Percentil 5	-12,0	-11,0	-2,5	1,1	6,4	10,2	12,1	11,3	7,3	1,3	-4,3	-9,9	-5,5
Percentil 25	-5,0	-4,0	0,8	4,0	10,0	12,8	14,7	14,3	10,2	5,2	-0,1	-3,1	1,5
Percentil 50	-1,8	-0,2	2,9	6,7	12,7	15,3	16,8	16,8	12,1	7,8	2,3	-0,3	7,7
Percentil 75	1,2	2,2	5,5	9,4	15,0	17,7	18,8	18,6	14,2	10,4	4,9	2,1	13,9
Percentil 95	5,4	5,8	9,0	14,0	18,3	21,2	21,2	21,6	16,9	13,3	8,5	6,3	19,0
Hodnota a datum výskytu nejvyšší průměrné denní teploty vzduchu (°C)													
Hodnota	10,4	11,2	15,1	19,0	21,9	25,2	25,9	25,0	20,1	19,3	14,1	10,0	25,9
Den a rok výskytu	28/02	12/02	4/98	28/00	31/03	23/02	5/99	13/03	1/83	2/01	7/97	7/79	
Hodnota a datum výskytu nejnižší průměrné denní teploty vzduchu (°C)													
Hodnota	-25,0	-20,0	-16,0	-3,2	1,7	6,2	9,3	8,3	0,0	-4,8	-12,0	-23,0	-25,0
Den a rok výskytu	7/85	12/85	5/87	7/03	11/78	1/77	22/80	7/87	28/97	28/97	30/89	27/96	
Hodnota a rok výskytu nejvyšší průměrné měsíční a roční teploty vzduchu (°C)													
Hodnota	2,1	3,7	5,8	10,8	15,4	19,6	19,3	19,8	15,1	11,0	5,8	2,2	9,0
Rok výskytu	1983	2002	1990	2000	2002	2003	1994	1992	1999	2001	1994	1993	2000
Hodnota a rok výskytu nejnižší průměrné měsíční a roční teploty vzduchu (°C)													
Hodnota	-8,5	-8,1	-3,0	4,6	8,9	12,9	14,8	14,5	10,1	4,8	-0,7	-5,7	6,0
Rok výskytu	1985	1986	1987	1982	1991	1985	1980	1987	1996	2003	1988	1996	1985
Počet výskytů průměrné měsíční teploty													
Nejvyšší v roce	.	.	.	.	.	3	15	9	.	.	.	.	
Nejnižší v roce	10	9	.	.	.	.	.	.	.	.	1	7	
Počet výskytů průměrné denní teploty													
Nejvyšší v roce	.	.	.	.	.	7	11	9	.	.	.	.	
Nejnižší v roce	11	5	.	.	.	.	.	.	.	.	2	9	
Interdiurní změny (°C)													
Průměrné mezidenní oteplení	2,6	2,0	1,8	1,8	1,8	1,7	1,5	1,4	1,5	1,7	1,9	2,3	1,8
Maximální oteplení	12,6	10,0	7,2	8,2	6,7	7,7	6,1	5,3	7,0	8,0	9,6	11,8	12,6
Den a rok výskytu	7/02	22/78	4/98	7/86	24/96	23/03	9/90	13/03	10/83	3/83	26/83	25/01	
Průměrné mezidenní ochlazení	-2,4	-2,0	-1,9	-1,9	-1,9	-1,8	-1,8	-1,6	-1,6	-1,9	-2,0	-2,3	-1,9
Maximální ochlazení	-18,9	-8,3	-9,1	-8,4	-7,8	-9,5	-7,7	-8,2	-7,6	-7,2	-8,7	-11,6	-18,9
Den a rok výskytu	1/79	1/98	29/77	11/86	21/77	8/98	23/95	3/83	1/92	4/94	29/89	13/01	

stoupl z 12,7 °C v osmém desetiletí na 13,7 °C v desetiletí 1991–2000, to znamená o 1 °C. Tyto hodnoty značně převyšují hodnoty ročního (vegetačního) růstu průměru denních maxim teploty vzduchu v České republice.

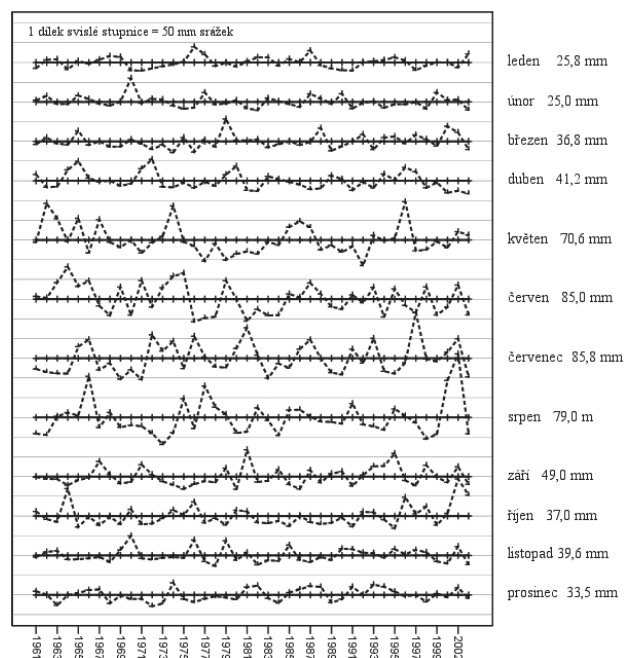
Růst ročních průměrů denních maxim teploty vzduchu mezi osmým a devátým desetiletím se na stanicích Českého hydrometeorologického ústavu Brno-Tuřany, Červená, České Budějovice, Desná-Souš, Doksany, Holešov, Hradec Králové,

Cheb, Churáňov, Karlovy Vary, Klatovy, Kostelní Myslová, Liberec, Lysá hora, Milešovka, Mošnov, Olomouc, Opava, Praha-Ruzyně, Protivanov, Příbryslav, Přimda, Semčice, Svatouch, Tábor, Velké Pavlovice, Vyšší Brod, Znojmo-Kuchařovice pohybuje od nevýznamných změn na stanicích Olomouc 0,1 °C, Opava 0,1 °C, Vyšší Brod 0,2 °C, Karlovy Vary 0,2 °C, České Budějovice 0,3 °C, Znojmo-Kuchařovice 0,3 °C, Churáňov 0,3 °C, Praha-Ruzyně 0,3 °C až k hod-

Tab. 2 Extrémní teplota vzduchu, období 1977–2003.

Table. 2. Extreme air temperature, period 1977–2003.

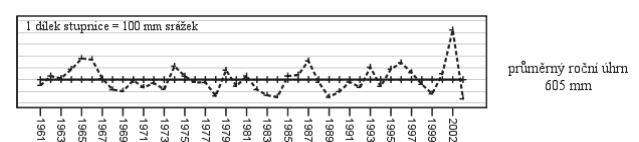
Charakteristika	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok
Denní maximum teploty vzduchu (°C)													
Měsíční a roční průměr	1,6	3,7	8,4	13,2	19,2	21,8	23,6	23,9	19,0	13,6	6,3	2,5	13,1
Absolutní maximum	18,7	19,7	22,9	28,3	31,6	34,8	37,2	36,0	30,5	26,5	22,3	15,3	37,2
Den a rok výskytu	12/93	25/90	31/89	25/92	6/03	22/00	27/83	13/03	21/03	2/01	7/97	16/89	
Nejvyšší měsíční a roční průměr	5,8	9,6	12,3	18,3	22,9	27,9	28,1	29,5	23,3	17,6	9,3	5,6	15,0
Rok výskytu	1993	1990	1990	2000	2003	2003	1994	2003	1999	2001	2000	1993	2001
Nejnižší měsíční a roční průměr	-3,8	-3,7	2,7	8,4	14,9	18,1	20,3	21,2	14,3	10,9	2,2	-1,9	11,2
Rok výskytu	1985	1986	1987	1980	1991	1985	1980	1987	1996	2003	1993	1996	1996
Denní minimum teploty vzduchu (°C)													
Měsíční a roční průměr	-6,6	-6,1	-2,1	0,3	4,8	8,1	9,4	9,1	5,7	2,0	-1,7	-4,5	1,5
Absolutní minimum	-30,9	-30,2	-24,0	-11,0	-5,0	-4,8	0,2	-1,9	-5,0	-13,0	-19,0	-29,7	-30,9
Den a rok výskytu	7/85	13/85	5/87	1/77	12/78	2/77	23/78	29/78	28/77	30/91	15/83	28/96	
Nejvyšší měsíční a roční průměr	-1,6	-1,0	0,6	3,0	7,8	10,2	11,4	14,0	8,3	5,8	2,2	-0,9	3,2
Rok výskytu	1983	2002	1981	1995	2002	2002	2002	2002	1987	2000	1994	1985	2002
Nejnižší měsíční a roční průměr	-13,6	-13,0	-8,8	-2,1	2,3	6,7	6,5	7,2	3,2	-1,2	-5,6	-9,7	0,2
Rok výskytu	1985	1986	1987	2003	1991	1991	1990	1984	2003	2003	1988	1996	1985
Denní amplituda teploty vzduchu (°C)													
Měsíční a roční průměr	8,2	9,9	10,5	12,9	14,4	13,8	14,2	14,7	13,3	11,6	8,0	7,0	11,5
Absolutní maximum	25,8	26,1	25,8	27,0	27,1	25,7	26,8	26,5	27,6	24,4	21,6	22,6	27,6
Den a rok výskytu	1/79	27/93	31/98	25/92	6/03	23/03	29/90	12/03	19/03	6/91	21/03	24/01	
Nejvyšší měsíční a roční průměr	12,0	14,8	14,6	17,3	18,4	17,8	18,1	20,4	18,3	14,8	10,9	9,7	14,2
Rok výskytu	1993	1998	1989	2003	2000	2003	1994	2003	2003	1986	1983	1989	2003
Nejnižší měsíční a roční průměr	5,3	6,7	7,2	7,7	10,4	10,8	11,0	9,3	7,9	7,5	4,2	4,5	10,0
Rok výskytu	1996	1982	1985	1980	1996	1995	1980	2002	1996	1981	1981	1995	1980



Obr. 3 Odchytky měsíčních úhrnů srážek od průměrů za období 1961–2003 (mm).

Fig. 3. Deviations of monthly precipitation sums from the mean of period 1961–2003 (mm).

notám 0,7 °C na stanicích Doksany  $F = 9,63$ ,  $\text{sig} = 0,002$  a Hradec Králové  $F = 8,8$ ,  $\text{sig} = 0,003$ . Průměrná hodnota růstu ročního průměru denních maxim teploty vzduchu pro Českou republiku mezi osmým a devátým desetiletím odhadnutá na základě vyjmenovaných stanic je 0,4 °C,  $F = 3,92$ ,  $\text{sig} = 0,05$ . Větší růst ročního průměru denních maxim teploty vzduchu na Mokřých Loukách je způsoben výrazně vyšším růstem měsíčních průměrů denních maxim teploty vzduchu v jarních měsících březnu, dubnu a především květnu, kde na většině stanic k významnému růstu maximální teploty nedochází, a rovněž výrazně vyšším růstem denních maxim teploty vzduchu v srpnu. Vysoké hodnoty růstu měsíčních průměrů v lednu, únoru a červnu jsou ve shodě s celorepublikovým růstem denních maxim teploty vzduchu mezi osmým a devátým desetiletím. Pro úplnost uvádíme i změny denních maxim teploty vzduchu ve zbývajících měsících. V červenci dochází zhruba na třetině uvedených stanic včetně Mokřých



Obr. 4 Odchytky ročních úhrnů srážek od průměrů za období 1961–2003 (mm).

Fig. 4. Deviations of annual precipitation sums from the mean of period 1961–2003 (mm).



Luk k mírnému růstu denních maxim. V září a v listopadu na žádné stanici ve sledovaných desetiletích k významné změně denních maxim teploty vzduchu nedochází. Pokles měsíčních průměrů denních maxim, ke kterému dochází ve sledovaném období na většině stanic v říjnu, pro Českou republiku o 1 °C,  $F = 9,9$ ,  $\text{sig} = 0,002$ , se na Mokřých Loukách neprojevuje. V prosinci dochází k mírnému poklesu denních maxim teploty vzduchu přibližně na polovině uvedených stanic. Celkově lze říci, že v zimním období se při nízkém rozptylu měsíčních průměrů denních maxim teploty vzduchu mezi jednotlivými stanicemi pohybují denní maxima na Mokřých Loukách na úrovni nejteplejších stanic. V letním období je rozptyl mezi

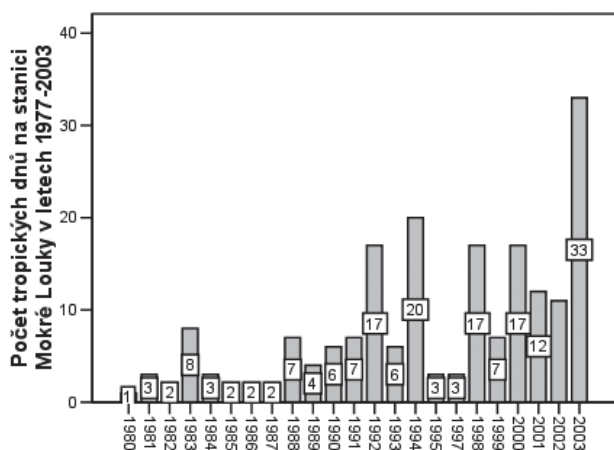
jednotlivými stanicemi daleko výraznější. Především v květnu a srpnu dochází na Mokřých Loukách k postupnému růstu měsíčních průměrů denních maxim teploty vzduchu, které vzhledem k ostatním stanicím stoupají z poměrně nízkých hodnot počátkem osmdesátých let na úroveň nejteplejších stanic na konci let devadesátých (obr. 7).

Nejnižší minimální teplota  $-30,9$  °C byla na Mokřých Loukách naměřena 7. 1. 1985. Teplota pod  $-27$  °C se zde vyskytla jen čtrnáctkrát v průběhu zimních měsíců roku 1985, 1987, 1996. Minimální teplota mezi obdobími stoupá méně než průměrná a maximální především v letních měsících. Vzestup měsíčního průměru denních minim mezi osmým a devátým

Tab. 3 Relativní vlhkost vzduchu, období 1977–2003.

Table 3. Relative air humidity, period 1977–2003.

Charakteristika	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok
Průměrná měsíční a roční relativní vlhkost vzduchu (%)													
1977-1980	89,6	86,2	82,7	81,2	74,8	78,5	82,9	83,5	84,2	85,8	86,5	86,6	83,5
1981-1990	87,8	85,1	81,1	76,5	77,3	80,3	79,5	82,2	85,4	86,7	90,1	90,0	83,5
1991-2000	86,1	82,4	80,0	76,3	74,9	78,1	78,6	78,1	83,8	85,5	89,5	88,9	81,9
2001-2003	91,5	86,3	83,3	77,7	77,3	78,5	79,6	79,8	85,2	88,1	91,9	91,9	84,3
Základní statistické charakteristiky 1977-2003, počítané z denních průměrů													
Průměr	87,9	84,4	81,1	77,2	76,1	79,0	79,7	80,6	84,6	86,3	89,5	89,3	83,0
Směrodatná odchylka	7,1	7,6	9,1	10,4	10,1	8,8	9,0	8,5	7,1	7,5	6,9	6,7	9,4
Rozpětí	41,0	41,7	53,6	52,5	51,1	44,8	47,0	42,8	39,1	49,7	36,0	39,4	53,7
Mezikvartilové rozpětí	9,2	10,5	13,0	15,3	15,5	13,0	13,5	11,2	10,6	10,1	9,1	9,9	14,0
Percentil 5	74,0	70,4	66,4	60,6	60,5	64,7	65,3	66,6	73,3	73,0	76,5	76,5	66,1
Percentil 25	84,1	79,7	74,7	69,6	68,3	72,8	73,2	75,2	79,6	81,8	85,6	84,9	76,5
Percentil 50	89,0	84,8	81,4	77,1	75,5	78,1	79,5	80,3	84,4	87,1	90,9	90,4	83,9
Percentil 75	93,3	90,2	87,7	84,9	83,8	85,8	86,7	86,4	90,2	91,9	94,7	94,8	90,5
Percentil 95	97,0	95,5	95,7	94,6	93,6	94,0	94,4	94,5	96,2	96,7	98,2	98,0	96,5
Hodnota a datum výskytu nejnižší průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu (%)													
Hodnota	58,0	56,9	45,3	46,0	47,9	54,2	52,0	56,2	59,5	49,3	63,0	59,6	45,3
Den a rok výskytu	1/84	4/85	4/98	25/93	12/93	3/80	31/94	12/95	7/83	26/79	11/85	14/89	
Hodnota a rok výskytu nejnižší průměrné měsíční a roční relativní vlhkosti vzduchu (%)													
Hodnota	83,3	78,6	74,6	72,0	68,7	73,5	72,8	71,8	79,1	78,8	83,7	80,4	80,0
Rok výskytu	1993	1997	1998	2003	1992	1997	1994	2003	1997	1997	1980	1980	1998
Počet výskytů průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu													
Nejvyšší v roce	4	.	.	.	.	.	.	.	1	2	9	11	
Nejnižší v roce	.	.	1	7	13	3	2	1	.	.	.	.	
Počet výskytů průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu													
Nejnižší v roce	.	.	3	9	9	1	2	.	1	2	.	.	
Minimální měsíční a roční relativní vzdušná vlhkost (%), období 1980-2003													
Průměr	72,3	62,8	56,8	48,9	48,6	52,3	51,6	51,0	57,6	62,7	74,3	76,7	59,7
Hodnota a datum výskytu nejnižší minimální denní relativní vlhkosti vzduchu (%)													
Hodnota	19	17	18	16	19	19	17	17	23	18	30	31	16
Den a rok výskytu	31/91	5/90	3/95	23/96	29/89	10/89	29/90	5/90	22/86	1/86	8/86	4/86	
Hodnota a rok výskytu nejnižší minimální měsíční a roční relativní vlhkosti vzduchu (%)													
Hodnota	58,8	47,0	45,0	41,8	37,0	43,4	37,9	37,0	44,5	49,2	64,8	63,1	53,9
Rok výskytu	1991	1990	1995	2003	1990	2003	1994	2003	2003	1989	1980	1980	1990
Počet výskytů minimální měsíční relativní vlhkosti vzduchu													
Nejvyšší v roce	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	16	
Nejnižší v roce	.	.	1	9	8	1	2	3	.	.	.	.	



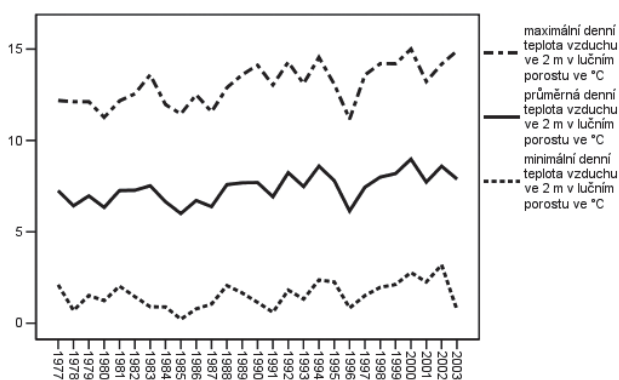
Obr. 5 Počet tropických dnů v letech 1977–2003.

Fig. 5. The number of tropical days in the years 1977–2003.

desetiletím počítaný z denních dat analýzou rozptylu ANOVA je průkazný jen v lednu, březnu, od června do srpna a v listopadu na hladině významnosti zhruba 0,01. Vzestup ročního průměru denních minim mezi osmým a devátým desetiletím je významný na hladině významnosti  $\text{sig} = 0,002$ ,  $F = 9,475$ ,  $\text{df} = 1,7295$ . Roční průměr denních minim teploty vzduchu stoupl mezi okrajovými obdobími 1977–1980 a 2001–2003 i mezi osmým a devátým desetiletím zhruba o 0,5 °C.

Maximální denní teplotní amplituda dosažená na Mokřých Loukách 19. 9. 2003 činí 27,6 °C. Absolutní teplotní amplituda získaná jako rozdíl absolutního maxima a absolutního minima dosahuje 68,1 °C. Hodnoty teplotní amplitudy v obou desetiletích kopírují vysoký růst maximální a nižší růst minimální teploty vzduchu. Rostou od února do srpna, významnost z denních dat 0,001, nejrychleji v dubnu, květnu a srpnu. Nejvyšších hodnot nabývají v květnu a v srpnu. Ve zbývajících měsících zůstává teplotní amplituda poměrně stabilní, případně mírně klesá. Nižší hodnoty denní teplotní amplitudy se vyskytují v zimních měsících. Roční teplotní amplituda, určená z rozdílu dlouhodobého průměru nejteplejšího a nejchladnějšího měsíce v roce, má hodnotu 21,1 °C.

Na obr. 6 jsou znázorněny hodnoty ročních průměrů maximální, průměrné a minimální teploty v průběhu let, z nichž je vidět strmější růst maximální teploty vzduchu v porovnání s minimální teplotou a rovněž velká teplotní amplituda roku 2003.



Obr. 6 Maximální, průměrná a minimální teplota vzduchu v letech 1977–2003.

Fig. 6. Maximal, average and minimal air temperature in the years 1977–2003.

V tab. 5 jsou uvedeny četnosti dnů s charakteristickou extrémními teplotou vzduchu. Celkový počet tropických dnů se pohybuje od 0 v letech 1977, 1978, 1979 a 1996 do třicetitřít dnů v roce 2003 (obr. 5). Dalšími roky s vysokým počtem tropických dnů jsou roky 1994 (20 dnů), 1992, 1998, 2000 (17 dnů), 2001 (12 dnů), 2002 (11 dnů). Průměrný počet tropických dnů je 7,15 za rok. Tropické dny se vyskytují od května do září, měsícem s nejvyšším počtem tropických dnů je srpen s 16 výskyty v roce 2003. Celkový počet letních dnů se pohybuje od 14 v roce 1980 do 92 v roce 2003. Vysoký výskyt letních dnů lze pozorovat i v roce 1997 (62 dnů), 1998 (58 dnů) a v letech 1983, 1999, 2000 (57 dnů). Průměrný počet letních dní je 41,5 za rok. Mrazové dny se vyskytly ve všech měsících kromě července. Nejvyšší počet mrazových dnů 175 byl zaznamenán v roce 2003, následuje rok 1997 se 164 výskyty. Nejnižší počet mrazových dnů byl pozorován v roce 2000. Ledové dny se vyskytují od listopadu do dubna. Nejvyšší výskyt byl zaznamenán v roce 1996, nejnižší v roce 1988. Arktické dny se vyskytly v zimních měsících leden, únor a prosinec v roce 1985 (8krát), 1996 (6krát), 1987 (3krát) a jednou v letech 1979, 1980, 1982, 1986 a 1993.

### VLHKOST VZDUCHU

Průměrná denní relativní vlhkost vzduchu (měřená standardně v meteorologické budce vlasovým vlhkoměrem) byla spočítána jako aritmetický průměr z hodinových hodnot. Základní údaje o průměrné relativní vzdušné vlhkosti jsou uvedeny v tab. 3. Z tabulky je patrné, že Mokrý Louky se vyznačují poměrně vysokými hodnotami relativní vzdušné vlhkosti, současně však lze pozorovat pokles vlhkosti v jarních a letních měsících v jednotlivých desetiletích. Měsíční průměrná relativní vlhkost vzduchu poklesla mezi osmým a devátým desetiletím v srpnu z 82,2 % na 78,1 %, významnost 0,01, v červnu z 80,3 % na 78,1 %, významnost 0,1. Z dlouhodobého hlediska lze nejnižší průměrnou relativní vlhkost vzduchu na Mokřých Loukách pozorovat v květnu, případně v dubnu, nejvyšší v prosinci, eventuálně v lednu či v listopadu. Mezi nejnižší hodnotou pro květen a nejvyšší pro prosinec je rozdíl 13,2 %. Z hodnoty směrodatné odchylky plyne, že měsícem s nejvyšší proměnlivostí vlhkosti je duben, nejnižší proměnlivost vlhkosti bývá v prosinci. Z charakteru relativní vzdušné vlhkosti je zřejmé, že maximální průměrná denní relativní vlhkost 99 % se může vyskytnout kdykoliv během roku při déletrvajících srážkách nebo mlze. Hodnoty percentilů tak vymezují dolní hranice intervalů, v nichž se pro daný měsíc může pohybovat hodnota relativní vzdušné vlhkosti. Ačkoliv se nízké hodnoty průměrné denní vlhkosti mohou vyskytnout téměř v kterémkoliv měsíci, z hodnot percentilů plyne, že v zimních měsících jsou tyto výskyty spíše ojedinělé. Nejnižší průměrná denní vlhkost se na Mokřých Loukách pohybuje nad 45 %.

### SRÁŽKY

Hodnocení srážkových poměrů Mokřých Luk se vztahuje k období 1961–2003. Na základě porovnání srážkových úhrnů meteorologické stanice Českého hydrometeorologického ústavu Třeboň a stanice Mokrý Louky v období 1977–1986, které vykazují jen nepatrné statisticky nevýznamné odchylky v hodnotách denních srážkových úhrnů, byla pro období 1961–1976 použita data z nedaleké stanice Třeboň. Měření srážek se provádí ve srážkoměru, srážkové úhrny se měří podle metodiky ČHMÚ, naměřené údaje se uvádí v milimetrech.

Základní informace o srážkových poměrech Mokřých

Tab. 4 Srážkové úhrny, období 1961–2003.

Table 4. Precipitation sums, period 1961–2003.

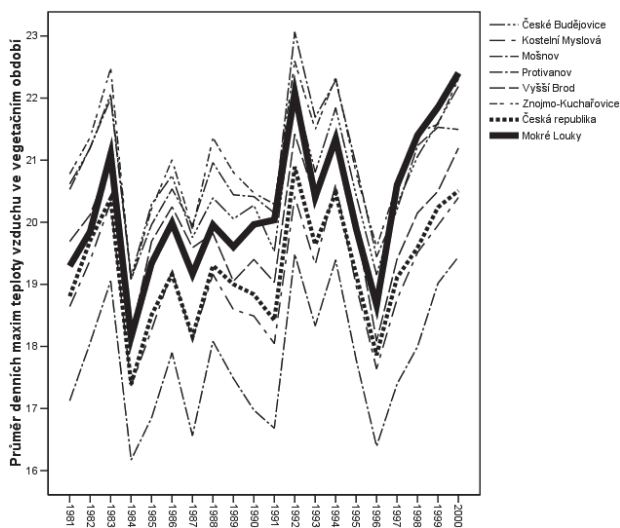
Charakteristika	leden	únor	březen	duběn	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok
Průměrné měsíční a roční srážkové úhrny v mm													
Normál 1961-1990	26,1	27,2	34,2	42,7	71,7	87,8	81,8	73,8	46,1	32,3	39,0	31,4	594,2
1961-1970	25,8	33,0	35,1	45,8	89,2	99,5	67,1	77,1	45,5	37,1	43,0	31,6	629,9
1971-1980	24,9	23,7	33,7	48,0	59,2	92,5	93,8	71,5	40,6	34,7	38,5	24,5	585,6
1981-1990	27,6	25,1	33,9	34,2	66,7	71,3	84,6	72,7	52,1	25,3	35,5	38,1	567,2
1991-2000	23,9	21,7	42,9	39,0	66,0	78,3	95,7	76,2	56,2	38,3	42,5	38,7	619,4
2001-2003	30,4	14,0	42,1	33,4	75,5	79,9	91,6	141,1	54,7	78,8	36,5	37,3	668,9
Základní statistické charakteristiky 1961–2003, počítané z měsíčních průměrů													
Průměr	25,8	25,0	36,8	41,2	70,6	85,0	85,8	79,0	49,0	37,0	39,6	33,5	605,2
Směrodatná odchylka	14,3	15,3	17,8	22,0	37,7	37,3	39,8	46,6	23,3	27,0	17,5	15,6	100,5
Rozpětí	60,4	81,2	85,1	86,9	161,8	138,9	169,4	229,4	100,0	124,9	76,0	59,0	444,0
Mezikvartilové rozpětí	19,5	17,2	21,9	33,2	37,4	70,9	58,1	55,9	33,5	31,9	23,7	24,3	155,0
Percentil 5	5,4	4,9	10,3	11,6	17,5	30,9	33,5	26,4	17,7	9,5	16,1	7,8	457,7
Percentil 25	14,8	15,5	24,5	23,5	45,5	45,1	52,6	42,7	31,6	16,7	27,8	23,1	522,7
Percentil 50	26,4	21,8	35,5	38,5	64,9	84,2	74,3	67,6	42,6	31,2	34,3	32,8	585,2
Percentil 75	34,3	32,7	46,4	56,7	82,9	116,0	110,7	98,6	65,1	48,6	51,5	47,4	677,7
Percentil 95	54,7	48,7	74,0	88,1	162,1	149,0	159,6	181,2	103,7	103,3	78,3	58,9	775,1
Hodnota a rok výskytu nejvyššího měsíčního a ročního srážkového úhrnu v mm													
Hodnota	65,5	85,2	93,5	95,6	167,7	166,8	201,7	240,0	117,0	131,0	89,3	64,0	886,5
Rok výskytu	1976	1970	1979	1972	1996	1964	1997	2002	1981	2002	1970	1974	2002
Hodnota a rok výskytu nejnižšího měsíčního a ročního srážkového úhrnu v mm													
Hodnota	5,1	4,0	8,4	8,7	5,9	27,9	32,3	10,6	17,0	6,1	13,3	5,0	442,5
Rok výskytu	1971	1982	1974	2003	1992	1976	1971	1973	1980	1995	1978	1972	2003
Počet výskytů měsíčního srážkového úhrnu													
Nejvyššího v roce	.	.	.	.	7	12	9	12	1	1	1	.	
Nejnižšího v roce	11	9	2	1	3	2	.	.	1	9	1	4	
Průměrné denní srážkové úhrny v mm													
Průměr	0,84	0,88	1,19	1,37	2,28	2,85	2,76	2,51	1,63	1,19	1,32	1,09	1,66
Hodnota a datum výskytu nejvyššího denního srážkového úhrnu v mm													
Hodnota	21,4	22,4	36,2	31,4	65,2	89,0	64,6	129,0	40,5	38,4	34,6	32,6	129,0
Den a rok výskytu	14/68	21/70	29/79	21/64	27/02	6/64	13/02	7/00	28/71	1202	14/76	20/93	
Počet výskytů denního srážkového úhrnu v mm													
Nejvyššího v roce	.	.	1	.	6	11	8	11	3	2	.	1	

Luk jsou shrnuty v tab. 4. Průměrný roční srážkový úhrn za celé období 1961–2003 činí 605,2 mm. Pro možnost porovnání s jinými stanicemi jsou uvedeny měsíční a roční normály pro období 1961–1990. Představu o ročním chodu srážek si můžeme udělat z hodnot průměrných měsíčních a ročních srážkových úhrnů v jednotlivých desetiletích a z hodnot průměrných měsíčních a ročních srážkových úhrnů za celé období, uvedených v horní části tabulky. Pro oblast Třeboně jsou typické vyšší srážkové úhrny v letních měsících a poměrně nízké úhrny v zimním období. Hodnoty srážkových úhrnů pro období 2001–2003 jsou výrazně ovlivněny povodňovým rokem 2002 a vzhledem k neúplnosti tohoto období i nadhodnocené. Ze zbývajících hodnot vidíme pokles průměrných měsíčních srážkových úhrnů především v jarních měsících, který je však vzhledem k velkému meziročnímu rozptylu statisticky nevýznamný. Na vysokou proměnlivost

srážek v jednotlivých měsících v průběhu let ukazují hodnoty směrodatné odchylky. Měsíční srážkové úhrny se v období 1961–2003 pohybují od 4 mm v únoru 1982 do 240 mm v srpnu 2002. Nejnižší srážkový úhrn v srpnu v roce 1973 činil 10,6 mm. Maximální srážkové úhrny se nejčastěji vyskytnou od května do srpna, minimální v lednu, únoru a říjnu. Nejnižší průměrné denní srážkové úhrny byly zaznamenány v lednu a činí 0,84 mm srážek na den, nejvyšší v červnu 2,85 mm na den. Hodnota nejvyššího pozorovaného denního úhrnu ze dne 7. 8. 2000 dosahuje 129 mm. Nejvyšší denní srážky se vyskytují nejčastěji v srpnu a červnu, následuje červenec a květen.

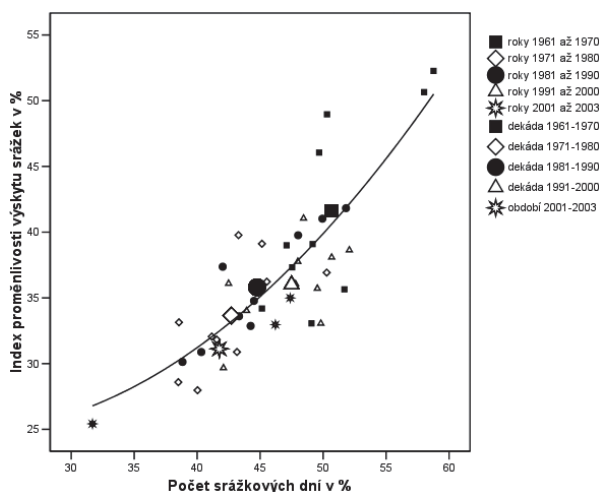
Měsíční a roční srážkové úhrny v rozmezí let 1961–2003 jsou na obr. 3 a 4 zaznamenány formou odchylek od průměrných měsíčních a ročních srážkových úhrnů za období 1961–2003.

Srážky lze hodnotit též z pohledu srážkových a beze-



Obr. 7 Průměr denních maxim teploty vzduchu na vybraných stanicích ve vegetačním období 1981–2000.

Fig. 7. Average of daily air temperature maxima at selected stations in vegetational season 1981–2000.



Obr. 8 Závislost indexu proměnlivosti výskytu srážek na počtu srážkových dní.

Fig. 8. Relationship between variability of precipitation occurrences and frequency of days with precipitation.

srážkových období, kde srážkovým obdobím rozumíme  $n$  bezprostředně po sobě následujících dní se srážkami alespoň 0,1 mm a bezsrážkovým obdobím rozumíme  $n$  po sobě následujících bezsrážkových dní. Průměrná délka srážkového období v jednotlivých měsících se v letech 1961–2003 pohybuje okolo dvou dnů. Maximální souvislé srážkové období se vyskytlo od 30. 1. 1965 do 22. 2. 1965 a trvalo 24 dní. Devatenáctidenní srážkové období se vyskytlo od 10. do 28. července 1993. Dlouhá souvislá srážková období se vyskytují s výjimkou srpna téměř kdykoliv v roce. Průměrná délka souvislého bezsrážkového období se pohybuje kolem tří dnů. Nejkratší je v červnu 2,2 dny. Nejdelší souvislé bezsrážkové období se vyskytlo od 18. 3. 1974 do 14. 4. 1974 a trvalo 28 dní. Další bezsrážkové období od 12. 5. do 2. 6. 1992 trvalo 22 dní. Nejdelší bezsrážkové období se může vyskytnout v kterémkoliv měsíci v roce, nejčastěji v říjnu.

Ačkoli nelze prokázat změny v hodnotách dlouhodobých měsíčních srážkových úhrnů v průběhu let [4], lze ukázat, že

dochází ke změnám v proměnlivosti srážek, které se projevují poklesem četnosti srážkových dní, poklesem četnosti malých srážek, snižováním četnosti střídání srážkových a bezsrážkových období a růstem hodnot velkých srážek.

Četnost malých srážek do 1 mm včetně klesá ve vegetačním období od dubna do září z průměrného počtu 33,6 za sezonu v šestém desetiletí na 28,2 za sezonu v následujících desetiletích. V devátém desetiletí dochází k velké rozkolísanosti v průměrném počtu malých srážek za vegetační období, kdy v letech 1992, 1993, 1995, 1996, 1999 a 2000 se vyskytlo v průměru pouze 20 malých srážek za sezonu. Pokles mezi počtem malých srážek v 6. desetiletí a uvedenými roky devadesátých let je významný na hladině 0,02. V nevegetačním období se pokles v počtu malých srážek neprojevuje. Největší pokles četnosti srážek z průměrných 16,5 v šestém desetiletí na 12,8 v devátém desetiletí, významnost 0,01, a malých srážek z průměrných 5,9 na 3,6, lze pozorovat v srpnu. Četnost malých srážek v květnu stoupá z průměrných 5 v šestém desetiletí na 5,6 v devátém desetiletí při současném poklesu celkové četnosti srážek z průměrných 17,1 na 13,6. V červnu a v červenci zůstávají četnosti srážek téměř stabilní.

Označme  $n$  počet dní v měsíci,  $s$  počet srážkových dnů v měsíci a  $b$  počet bezsrážkových dnů v měsíci. Pak  $ps = 100 \cdot s/n$  udává procento srážkových dnů v měsíci. Pro každé bezsrážkové období označme  $d_i$   $i$ -tý den bezsrážkového období,  $i = 1, \dots, N$ , kde  $N$  je nejdelší bezsrážkové období. Pro každý měsíc označme  $b_i$  četnost všech  $d_i$  v měsíci,  $i = 1, \dots, N$ . Definujme index proměnlivosti výskytu srážek v měsíci:

$indexdiv = 100 \cdot b_1 / b$ , kde  $b_1$  je počet všech prvních bezsrážkových dnů po srážkovém dnu.

Roční hodnoty indexů jsou pro každý rok vyjádřeny pomocí aritmetického průměru. Index proměnlivosti výskytu srážek v měsíci popisuje při daném procentu srážkových dnů proměnlivost výskytu srážkových a bezsrážkových období v měsíci. Na obr. 8. je znázorněna závislost indexu proměnlivosti výskytu srážek na procentu srážkových dnů. Závislost lze vyjádřit kvadratickým vztahem:  $indexdiv = 33 - 0.775ps + 0.018ps^2$ . Body ležící nad křivkou označují roky srážkově proměnlivější a body ležící pod křivkou označují roky srážkově méně proměnlivé. Z grafu je patrný velký pokles počtu srážkových dnů i indexu proměnlivosti výskytu srážek mezi šedesátými léty a následujícími desetiletími. V devátém desetiletí i přes mírný nárůst počtu srážkových dnů, lze pozorovat pokles proměnlivosti výskytu srážek, který dále pokračuje, včetně poklesu počtu srážkových dnů i na počátku třetího tisíciletí. Pokles procenta srážkových dnů mezi šestým a devátým desetiletím je významný na hladině 0,05. Pokles indexu proměnlivosti výskytu srážek mezi šestým a devátým desetiletím je významný na hladině 0,005.

Jiným indexem popisujícím rozložení výskytu srážkových a bezsrážkových dnů v průběhu měsíce a tím i zásobení krajiny vodou je indexhum. Tento index vychází z poznatku o velké rychlém poklesu relativní vzdušné vlhkosti v závislosti na době od výskytu srážek. Definujme

$$indexhum = (s + \sum b_i \omega_i) / n, \quad i = 1, \dots, N, \quad \omega_i \leq 1, \quad \omega_{i+1} < \omega_i.$$

Indexhum při vhodné zvolených vahách koreluje s hodnotami měsíční relativní vzdušné vlhkosti.

V tab. 6. jsou pro jednotlivé měsíce a celý rok uvedeny maximální, průměrné a minimální četnosti výskytu srážek 0,1 mm a více, 1 mm a více, 10 mm a více a 20 mm a více. Průměrná četnost dnů se srážkami se dlouhodobě pohybuje kolem 50 %, nejnižší je v říjnu s průměrem 13,1 srážkových

Tab. 5 Četnosti dnů s charakteristickými extrémními teplotami vzduchu, období 1977–2003.

Table 5. Frequency of days with characteristic extremes of air temperatures, period 1977–2003.

Charakteristika	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok
Počet tropických dnů ( $t_{\max} \geq 30\text{ °C}$ )													
průměrný	.	.	.	.	0,15	1,44	2,41	3,07	0,07	.	.	.	7,15
maximální	.	.	.	.	2	8	10	16	2	.	.	.	33
minimální	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Počet letních dnů ( $t_{\max} \geq 25\text{ °C}$ )													
průměrný	.	.	.	0,44	3,89	8,37	12,2	13,3	3,11	0,19	.	.	41,48
maximální	.	.	.	4	11	24	25	29	11	2	.	.	92
minimální	.	.	.	1	1	2	2	3	1	1	.	.	14
Počet mrazových dnů ( $t_{\min} < 0\text{ °C}$ )													
průměrný	27,33	24,00	20,89	13,96	3,00	0,33	.	0,04	1,56	9,96	18,93	24,59	144,6
maximální	31	28	27	23	8	4	.	1	7	19	26	30	175
minimální	17	14	4	5	.	.	.	.	.	.	6	19	113
Počet ledových dnů ( $t_{\max} < 0\text{ °C}$ )													
průměrný	11,3	6,78	1,04	0,04	.	.	.	.	.	.	2,30	8,93	30,4
maximální	22	23	11	1	.	.	.	.	.	.	13	17	57
minimální	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12
Počet arktických dnů ( $t_{\max} \leq -10\text{ °C}$ )													
průměrný	0,48	0,11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,22	0,81
maximální	6	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	8
minimální	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0

Tab. 6 Četnost dnů se srážkami, období 1961–2003.

Table 6. Frequency of days with given precipitation, period 1961–2003.

Charakteristika	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok
Počet dnů se srážkami 0,1 mm a více													
průměrný	14,74	13,88	14,62	14,08	14,28	15,05	14,74	13,69	14,14	13,13	14,10	15,52	167,7
maximální	23	24	21	24	26	23	23	24	23	24	24	23	215
minimální	6	7	5	9	5	7	6	4	7	6	4	9	116
Počet dnů se srážkami 1 mm a více													
průměrný	7,77	7,31	8,97	8,92	9,72	10,88	10,91	9,81	8,28	6,66	8,55	9,03	102,7
maximální	14	14	16	18	17	18	19	16	14	16	14	16	130
minimální	2	2	3	4	1	6	4	4	3	1	3	4	70
Počet dnů se srážkami 10 mm a více													
průměrný	0,35	0,41	0,70	1,03	2,05	2,65	2,77	2,21	1,44	1,03	0,64	0,45	15,1
maximální	1	2	3	4	7	7	7	6	5	5	3	2	23
minimální	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Počet dnů se srážkami 20 mm a více													
průměrný	0,03	0,03	0,14	0,10	0,58	0,88	0,74	0,76	0,23	0,26	0,14	0,03	3,8
maximální	1	1	1	2	3	3	3	4	2	2	2	1	10
minimální	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1

dnů za měsíc. Nejčastěji přelo v roce 1966 s 215 srážkovými dny. Nejnižší počet 116 srážkových dní byl pozorován v roce 2003. Srážky od 1mm jsou pravděpodobnější v letních měsících, srážky od 10mm se mohou vyskytnout v kterémkoliv měsíci, častější jsou v létě. Srážky 20mm a více se vyskytly nejméně jedenkrát v letech 1969, 1983, 1989 a 1992 a nejvíce desetkrát v roce 2002. Za celé období 1961–2003 se srážky větší nebo rovné 20mm vyskytly 165krát, což představuje zhruba 2% z celkového počtu srážkových dní v uvedeném období. Podíl těchto srážek na celkovém srážkovém úhrnu však dosahuje 20%. Kruskal-Wallisovým pořadovým testem lze ukázat, že mezi desetiletími dochází k růstu hodnot velkých srážek. V šestém desetiletí se vyskytlo 41 srážek nad 20mm včetně, hodnota pořadového testu je 70,3, v sedmém desetiletí se 40 výskyty je hodnota pořadového testu 85,7, v osmém desetiletí s 30 výskyty nabývá pořadový test hodnoty 70,2, v devátém desetiletí s 37 výskyty 97,2 a v období 2001–2003 se 17 výskyty hodnoty 99, významnost 0,035.

Z provedených analýz se zdá být pravděpodobné, že v posledních letech dochází k narušení malého vodního cyklu [10], a že srážkové úhrny, ačkoliv dlouhodobě velice stabilní, jsou dorovnávány na úroveň obvyklých normálů prostřednictvím zvyšujících se, jednorázových srážek. Vysychání krajiny s následným růstem především maximálních teplot [9] se projevuje poklesem proměnlivosti výskytu srážek, který pak může způsobit i vysychání oblastí obvykle dostatečně vlhkých. Je zřejmé, že uvedená tvrzení by bylo třeba ověřit na větším počtu do nejdelších srážkových řad. Autoři již analyzovali srážkové řady od počátku století. Tyto řady jsou poměrně často zatíženy chybami, protože spíše než na přesné zaznamenání denních výskytů srážek, byl kladen důraz na zaznamenání celkových srážkových úhrnů, někdy i vícedenních.

Pozorované trendy změn lze přisoudit globální změně a to jak skleníkovému efektu, tak i odvodnění krajiny a ztrátě trvalé funkční vegetace. Rozdíly v tendencích mezi lokalitami lze přisoudit spíše změnám v hospodaření na plochách a s tím souvisejícím narušením vodního cyklu. Úbytek vody na Třeboňsku, krajinně s četnými rybníky a mokřady, se projevuje v teplotním a srážkovém režimu zřetelněji nežli v krajině, která již mokřady a trvalou vegetaci ztratila.

Dalším studiem změn teploty, vlhkosti vzduchu a srážek v různých typech krajiny je možné pokusit se potvrdit nebo vyvrátit tuto hypotézu o významném vlivu odvodnění a ztráty funkční vegetace na růst denních teplotních amplitud a úbytek malých srážek ve vegetační sezoně.

## ZÁVĚR

Teplota vzduchu na Mokřích Loukách u Třeboně roste ve sledovaném období rychleji než teplota České republiky. Stoupá především jarní a letní maximální teplota. Minimální teplota vzduchu roste pomaleji. Hodnoty denní teplotní amplitudy se zvětšují nejrychleji v jarních a letních měsících a dosahují nejvyšších hodnot v květnu a v srpnu. V těchto měsících dochází i k největšímu poklesu relativní vlhkosti vzduchu. Je předmětem dalšího studia, zda uvedené změny mohou souviset s nedostatkem vegetace v tomto období. Přestože nelze prokázat rozdíl v hodnotách ročních srážkových úhrnů, lze ukázat, že dochází k růstu hodnot velkých srážek a současně klesá srážková proměnlivost, projevující

se snižováním četnosti srážkových dnů, snižováním četnosti výskytu malých srážek a méně častým střídáním srážkových a bezsrážkových období.

## Poděkování

Za mnoho cenných rad a připomínek a za poskytnutí dat, které umožnily porovnat denní maxima teploty vzduchu z Mokřích Luk s jinými stanicemi upřímně děkujeme RNDr. L. Němcovi. Podpořeno z projektu SM 640/18/03.

## Literatura

- [1] Klimadata Bot. Inst. Ac. Sci., 2003. Klimatologická data Mokřích Louk u Třeboně. Botanický ústav AVČR, hydrobotanické oddělení 1977–2002.
- [2] NOVÁKOVÁ, E., 1971. Příspěvek ke srážkovým poměrům v jižních Čechách, *Meteorologické Zprávy*, roč. 24, č. 3–4, s.94–97. ISSN 0026–1173.
- [3] Podnebí Československé republiky., 1960. Tabulky. Praha: Hydrometeorologický ústav. 374 s.
- [4] POKORNÝ, J. – KUČEROVÁ, A., 2000. Monitoring klimatu a atmosférických depozic v CHKO Třeboňsko, In: Pokorný, J., Šulcová, J., Hátle, M., Hlásek, J. (eds.), Třeboňsko 2000. Ekologie a ekonomika Třeboňska po dvaceti letech. Třeboň: UNESCO/MaB, ENKI o.p.s., s. 87–99. ISBN 80-238-6370-3.
- [5] POKORNÝ, J., 2001. Dissipation of solar energy in landscape controlled by management of water and vegetation. *Renewable Energy*, 24, s. 641–645.
- [6] PŘIBÁŇ, K., 1978. Ekologické aspekty třeboňského klimatu. In: Jeník J. et Květ J.(eds.), Ekologie a ekonomika Třeboňska, s. 71–76.
- [7] PŘIBÁŇ, K., 1983. Mezoklimatické měření Mokřích luk v roce 1978. In: Jeník J. et Květ J. (eds.), Studie zaplavovaných ekosystémů u Třeboně. *Studie Československé Akademie Věd*, 1983/4, s.25–32.
- [8] PŘIBÁŇ, K. a kol., 1992. Analysis and modeling of wetland microclimate. The case study Třeboň Biosphere Reserve. *Studie Československé Akademie Věd* 1992/2. Praha: Academia. 168 s. ISBN 80-200-0227-8.
- [9] RIPL, W. – POKORNÝ, J. – EISELTOVÁ, M. – RIDGILL, S., 1994. A holistic approach to the structure and function of wetlands, and their degradation. In: Eiseltová, M. (ed), Restoration of lake ecosystems – a holistic approach. *IWRB Publication* 32, s. 16 – 35. ISBN 0-9505731-5-9.
- [10] RIPL, W., 1995. Management of Water Cycle and Energy Flow for Ecosystem Control – The Energy Transport Reaction (ETR) Model. *Ecological Modelling* 78, s. 61–76.
- [11] RIPL, W., 2003. Water – the bloodstream of the biosphere. *Philosophical Transactions: Biological Sciences. The Royal Society*, Vol. 358, No. 1440, s. 1921–1934. ISSN 0962 – 8436.
- [12] STANĚK, J. a kol., 2002. 50 let meteorologické stanice Churáňov. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 80-85813-98- X.
- [13] VAVRUŠKA., 1990. Podnebí Českých Budějovic. České Budějovice: Český hydrometeorologický ústav, pobočka České Budějovice.

Lektor RNDr. L. Němec, článek odevzdán v únoru 2005.

## POČASÍ, PODNEBÍ, VODA A UDRŽITELNÝ ROZVOJ

*Zkrácená verze poselství generálního tajemníka Světové meteorologické organizace M. Jarrauda*

Oslavami Světového meteorologického dne si připomínáme platnost Úmluvy, jíž byla dne 23. března 1950 zřízena Světová meteorologická organizace (SMO). Na oslavy tohoto dne v roce 2005 bylo zvoleno téma „Počasí, podnebí, voda a udržitelný rozvoj“ jako uznání životně důležité úlohy a vynikajícího příspěvku meteorologie, hydrologie a příbuzných geofyzikálních oborů k pokroku lidstva, udržitelnému společensko-hospodářskému rozvoji, ochraně životního prostředí a zmírňování chudoby.

Založení SMO zvěstovalo nástup nové éry a v těchto oborech, jakož i v souvisejících technických oborech a v mezinárodní spolupráci umožnilo rychlý pokrok. Tento vývoj se velmi rychle promítl do zřizování celosvětových operačních systémů určených na ochranu života a majetku a zmírňování přírodních katastrof a do aplikací v širokém spektru společenských a hospodářských aktivit zaměřených na podporu udržitelného rozvoje, který byl definován jako „uspokojování potřeb současné generace bez ohrožení možnosti budoucích generací naplňovat jejich vlastní potřeby.“

V současné době probíhají změny mnohem rychleji než kdy dříve. Díky skvělým výsledkům dosaženým zejména v posledních desetiletích v meteorologii a hydrologii se od těchto oborů nyní očekává mnohem více. Tato očekávání také vyplývají z poznání, že světová ekonomika je stále citlivější na počasí a klima. Povětrnostní a klimatické podmínky a voda ovlivňují prakticky každou lidskou činnost, stále větší počet aktivit se realizuje s mnohem nižším ziskem tak, aby bylo možno do nich zakomponovat rizika.

Tato situace vyžaduje nové a propracovanější typy meteorologických a hydrologických služeb skoro ve všech odvětvích a oborech národního hospodářství, jako např. ve zdravotnictví, dopravě, územním plánování, zásobování potravinami, hospodaření s vodou, energiemi a dalšími zdroji, v cestovním ruchu i při využívání volného času. Od SMO a národních hydrometeorologických služeb (NMHS) budou vyžadovány lepší služby, které pomohou předjímat, odvracet a minimalizovat účinky a následky extrémních jevů, rozšiřování pouští a dalších hrozeb bezpečnosti lidstva a celosvětového životního prostředí, včetně klimatické změny, ubývání ozonové vrstvy a rostoucího znečištění.

V roce 2000 zpřesnila a přeorientovala OSN své úsilí na podporu společenského a hospodářského rozvoje bez poškozování životního prostředí – vyzvala všechny členské státy OSN, aby dosáhly Rozvojových cílů tisíciletí (Millennium Development Goals, MDG). Na některých těchto cílech, jichž má být dosaženo do roku 2015, má SMO zvláštní zájem:

- Na polovinu zredukovat podíl lidí žijících za méně než jeden dolar denně nebo trpících hladem.
- Na polovinu zredukovat podíl lidí, kteří nemají přístup k nezávadné pitné vodě nebo si ji nemohou dovolit.
- Řešit zranitelnost, posuzování rizik a zvládání katastrof, včetně otázek prevence, zmírňování, připravenosti, reakce a obnovy jako zásadní prvek bezpečnějšího světa.
- Řešit otázky související s klimatickou změnou, včetně

monitoringu, zpracovávání výhledů a realizace příslušných strategií na státní, regionální i mezinárodní úrovni.

- Zajistit ekologickou udržitelnost.
- Vytvářet celosvětová partnerství zaměřená na rozvoj.

Tyto cíle byly dále rozšířeny Realizačním plánem z Johannesburgu v rámci Světového summitu pro udržitelný rozvoj v roce 2002 (World Summit for Sustainable Development, WSSD). V současné době nemá naléhavost těchto úkolů obdoby. SMO jako autoritativní hlas systému OSN v otázkách počasí, podnebí a vody nese odpovědnost za koordinaci a realizaci souvisejících programů, které přispívají k celosvětovému úsilí zaměřenému na naplňování cílů MDG a dalších závazků v oblasti trvale udržitelného rozvoje. Patří mezi ně Agenda 21 a mezinárodní úmluvy, např. o ochraně ozonové vrstvy, klimatické změně, dezertifikaci a biodiverzitě, jakož i úmluvy související s akčními plány realizace cílů MDG, s udržitelným rozvojem rozvojových států na malých ostrovech, zásobováním potravinami, výrobou a spotřebou energií, biotopy a městským prostředím, zdravím a s ochranou atmosféry.

SMO k těmto iniciativám přispívá nejrůznějšími způsoby. Primárně se zaměřuje na zkvalitňování pozorování a předpovídání stavu zemské atmosféry a hydrosféry a na jejich interakci vzájemnou i s dalšími systémy Země a také na včasné varování.

Pokrok dosažený v oblasti dálkového průzkumu, např. pozorování pomocí radarů, družic a dalších monitorovacích zařízení, i v oblasti zpracování dat a v telekomunikacích vede k významnému zlepšení ve vědeckém chápání dynamických a fyzikálních procesů probíhajících v atmosféře a oceánech a jejich interakci s dalšími složkami systému Země. Díky tomu bylo dosaženo dosud nevídaného zkvalitnění a zpřesnění předpovědi počasí a varování. Dnes je již možné zpracovávat deterministické předpovědi počasí na sedm až deset dní v netropických regionech a na tři až čtyři dny v tropech. Dalším vynikajícím úspěchem je sezonní předpověď jevů jako El Niño a La Niña. Díky hlubším znalostem a síti zařízení, které máme v současné době k dispozici, je možné produkovat užitečné předpovědi těchto jevů v předstihu od několika měsíců až po jeden rok.

Tento vývoj výrazně přispěl k prosperitě lidstva. Vystaly však další, nové výzvy, jako je např. zvýšená koncentrace skleníkových plynů v atmosféře, klimatická změna, úbytek stratosférické ozonové vrstvy, vyčerpávání zdrojů sladké vody a stále silnější znečištění ovzduší a vod.

Další významnou hrozbou udržitelnému rozvoji je stále silnější dopad extrémních povětrnostních a klimatických podmínek a událostí. Patří mezi ně například tropické cyklony, povodně, sucho i vlny veder v některých částech světa.

Odhaduje se, že za deset let v období 1992–2001 mělo na 90 procent všech přírodních katastrof hydrometeorologický původ. O život přišlo 622 tisíc lidí, negativní dopady pocítily na dvě miliardy lidí, zmizela orná půda, rozšířily se choroby. Za stejné období se celkový objem hospodářských ztrát odhaduje ve výši 450 miliard amerických dolarů, což představuje asi 65 procent škod způsobených všemi přírodními katastrofami dohromady. Negativních účinků přírodních katastrof nemůže zůstat ušetřen ani jeden stát; nejslabší však trpí nejvíce. Jedna jediná bouře je může postihnout natolik, že léta bojují s následky. Omezené prostředky, které by jinak mohly být investovány do rozvoje, jsou tak často uplatněny

na pomoc po katastrofě. Existují také predikce, že klimatická změna pravděpodobně způsobí zvýšený výskyt několika druhů přírodních katastrof. Jedním z významných cílů SMO a NMHS je proto vyvinout snahu směrem k výraznému snížení míry úmrtnosti související s přírodními pohromami meteorologického, hydrologického a klimatického původu. SMO je odhodlaná pomáhat národním službám při řešení úkolů i v dalších oblastech, které podléhají vlivu počasí a klimatu.

Prioritou zůstává posílení aktivit na úseku ochrany vod při podpoře udržitelného rozvoje. Nezbytná je podpora národním hydrologickým službám po celém světě při řešení otázek dostupnosti a jakosti vody a při zprostředkování mezinárodní spolupráce, zvláště v povodích sdílených několika státy. Budou posílena partnerství v rámci organizací působících v systému OSN a s nevládními organizacemi.

Počasí samozřejmě nikdo řídit nemůže. Přesto lze říci, že přesná pozorování, přesnější předpovědi a dlouhodobější předpovědi mohou radikálně zlepšit šance lidí na pohodlnější život v relativním bezpečí a na účinnější ochranu cenných přírodních zdrojů. Zkvalitnění prostředků a možností k tvorbě předpovědi s důrazem na povětrnostní podmínky se závažnými účinky je také prioritou. Mělo by umožnit tvorbu přesnějších, včasných a spolehlivých varování před intenzivními jevy tak, aby bylo možno zajistit připravenost a celkovou informovanost o jejich výskytu a zmírnit zranitelnost.

V dlouhodobém měřítku je dalším předpokladem udržitelného rozvoje lepší pochopení klimatického systému, s možností tvorby výhledů budoucích klimatických změn a jejich případných dopadů na variabilitu klimatu, společenské a hospodářské aktivity a životní prostředí. Plánování příprav na vyrovnání se s hrozbou klimatické změny vyžaduje podrobnější scénáře na regionální úrovni včetně řešení otázek proměnné struktury bouří a srážek, účinků zvyšování hladiny moří a hrozeb městským oblastem.

Posilování možností národních meteorologických a hydrologických služeb účinně přispívá k udržitelnému rozvoji znamená také nutnost zkvalitnit stávající monitoring a aplikace určené k pozorování počasí, podnebí a vod a vyvinout nové. V tomto ohledu zahájila SMO tři nové průřezové programy:

- Program prevence a zmírňování přírodních katastrof (Natural Disaster Prevention and Mitigation Programme),
- Vesmírný program (Space Programme),
- Program pro nejméně rozvinuté země (Programme for the Least Developed Countries).

Větší důraz je kladen na podporu rozvojových zemí, se zaměřením na budování kapacit v nejméně rozvinutých zemích. Tohoto cíle se dosahuje podporou úsilí jednotlivých států zaměřeného na modernizaci služeb NMHS, rozvoj lidských zdrojů a tvorbu vhodných produktů a také povzbuzováním nových partnerství a strategických aliancí, jak vzájemně mezi službami NMHS, tak mezi NMHS a dalšími partnery na státní, subregionální, regionální a mezinárodní úrovni. Další podpory se členům také dostává v jejich snahách o zavádění nových způsobů uplatňování finančních, lidských, materiálních a dalších zdrojů.

Při oslavách letošního Světového meteorologického dne si přeji, aby rok 2005 znamenal začátek většího uznání a využití produktů a služeb NMHS v širším rozsahu činností změřených na udržitelný rozvoj. Těšíme se na další posílení spolupráce mezi SMO a rozhodujícími činiteli a dalšími státními orgány, vědeckou obcí, partnerskými organizacemi, nevládními organizacemi, soukromým sektorem, sdělovacími prostředky a veřejností, s cílem zlepšit komunikaci a účinně řešit náročné ekologické a rozvojové úkoly v oblasti počasí, podnebí a vody, před nimiž lidstvo stojí v 21. století.

## INFORMACE – RECENZE

### STŘEDNÍ BRDY

Václav Cílek s kolektivem 47 autorů. Příbram 2005.

Vydaly Ministerstvo zemědělství ČR, Ministerstvo životního prostředí ČR, ČSOP Příbram a Kancelář pro otázky ochrany přírody a krajiny. 377 stran.

ISBN 80-7084-266-0 (MZe CR)

a ISBN 80-7212-254-1 (MŽP ČR).

Po téměř osmisetstránkové publikaci Šumava (viz recenze v Meteorologických Zprávách č. 1/2005) vyšla s malým časovým odstupem v přibližně polovičním rozsahu kniha o dalším neméně známém geografickém komplexu – Středních Brdech. Na úvod je nutné uvést, že název Střední Brdy je použit účelově a neodpovídá vžitému názvosloví po stránce ortografické i geografické. Pojem Střední Brdy neobsahuje zeměpisné mapy a není obsažen ani v Geografickém místopisném slovníku světa [1]. Autoři nevysvětlují, proč nazvali publikaci Střední Brdy – i při výrazném obsahovém zdůraznění oblasti středních Brd by byl patrně šťastnější název Brdy.

Vytvoření komplexních profilových publikací byl vždy obtížný úkol a není lehčí ani v éře disponující možnostmi vyspělé grafické a počítačové techniky. Hlavní problém spočívá nejen ve vyvážené osnově, stanovení proporcí, základního postupu zpracování, ale především ve zredigování různorodých materiálů.

A samozřejmě i v zajištění jistě nemalých prostředků potřebných k financování takového projektu. Hlavní editor knihy Václav Cílek i redaktori Jan Čáka, Erich Palowski a Jana Macháčková zaslouží jistě obdiv za vykonané dílo, nicméně nepodařilo se jim zcela vyloučit některé faktory, jež ovlivňují finální podobu díla. V prvé řadě je to zřejmě delší časová prodleva, která uplynula od vytvoření rukopisů k uvedení knihy na knižní trh, v druhém případě nevyváženost jednotlivých textů a s tím často související nepřesné formulace. Škoda, že kniha nebyla lektorována – na rubu titulního listu je sice uvedeno pět konzultantů (tedy nikoli lektorů), z nichž však někteří jsou zároveň spoluautory.

Časový odstup mezi zpracováním a vydáním potvrzuje i poznámka editora, že kniha ležela z větší části vytištěna v příbramské tiskárně od srpna 2003 do listopadu 2004 (důvod se neuvádí, ale je možné, že šlo o finanční úhradu). Potom se nelze divit, že např. v kapitole Podnebí zpracované Lubošem Němcem z ČHMÚ je uvedeno: „*Od roku 2000 pracuje na horském vrchu Praha meteorologický radar, který byl uveden do provozu spoluprací České armády a Českého hydrometeorologického ústavu. V areálu radaru bude zřízena automatická meteorologická stanice, zahájení její činnosti se předpokládá od roku 2003*“. Problém zredigování různorodých textů do homogenní podoby se jeví jako kardinální



nejen z hlediska odborného, ale i s ohledem na možnost kompromisního řešení s jednotlivými autory. Někteří zpracovatelé trvají na uvádění podružností s odůvodněním důležitosti jako ozvláštňujících prvků. Ovšem to, co je normální v denním zpravodajství, není možné v syntetické profilové publikaci. V jinak obsahově velmi zajímavé kapitole Vojenský výcvikový prostor Jince zpracované Martinem Březovským (str. 248–260) se např. uvádí: „1. 2. 2000 navštívil 1. UMHZD a VVP Jince ministr obrany Vladimír Vetchý...před 11. hodinou jej přivítal velitel dělostřelecké základny pplk. Jaroslav Vácha, přednosta Okresního úřadu v Příbrami Jaromír Volný a starostka obce Jince...“ Jako příklad nepřesné až zavádějící formulace uvedeme úvod ke kapitole Voda na straně 75, kde se stkví věta: „Závěrem lze konstatovat, že díky dlouhodobému zemědělskému a jinému znečištění širokého okolí se staly Brdy nenahraditelným zdrojem pitné vody pro Příbram a další obce nejméně do poloviny 21. století“. (Používání slova „díky“ v rozporu se sémantikou se bohužel v současnosti stává běžnou výrazovou praxí.)

Kromě doplňujícího aparátu je kniha rozdělena do tří hlavních částí. Do první části nazvané Země, vody podnebí jsou zařazeny kapitoly o místopisu, geologickém vývoji, nerostných surovinách, reliéfu a geomorfologii, pokrývných útvarech a půdě, vodách a podnebí. Autor kapitoly Podnebí konstatuje, že zpracování dlouhodobých charakteristik jednotlivých meteorologických prvků Brd je velmi obtížné, protože v nejvyšších polohách je naprostý nedostatek meteorologických stanic a z vojenského prostoru nejsou po roce 1960 žádná data (výpočet teploty vzduchu ve vrcholových partiích byl proto odvozen ze vzdálených stanic Milešovka a Přimda). Je také škoda, že na nečíslované straně 93 zůstala celá půlstrana prázdná a že obrázek Mapa klimatických oblastí je zařazen do úvodní kapitoly Význam a postavení Brd v rámci Čech na str. 15..

V oddíle nazvaném Les, rostliny, zvířata je popsán vývoj přírody Brd ve čtvrtohorách a ve třech rozsáhlejších kapitolách Flora a vegetace, Lesní hospodářství a Fauna.

Do závěrečné části nazvané Člověk a jeho dílo je zahrnuto dvanáct samostatných kapitol: Hradiště a archeologické nálezy, Sakrální a technické památky, Hrady, Doly a hutě, Vojenský výcvikový prostor Jince, Lidová kultura, Lidové pověsti, Významné osobnosti, Turistika a rekreace, Ochrana přírody, Krajinotvorné programy a Paměť krajiny. Poslední tři kapitoly v této části jsou zaměřeny nejen na faktografii, ale jsou zde nastoleny otázky týkající se budoucího směřování. Součástí kapitoly Paměť krajiny je výtečný esej nazvaný Venkov a potřeba někam náležet, vyjadřující přesvědčení: „Pokud někam chcete patřit, musíte si postupně vytvořit pavučinu vztahů k hmatatelné historii (stromy, kapličky, boží muka, křížky), ale i k lidem, kteří tu kdysi byli, k jejich příběhům“.

Na velmi dobré úrovni je ilustrativní vybavení – text je doprovázen stovkami fotografií (i když kvalita barevného zpracování je někdy problematická – viz např. foto na str. 121), kreseb, grafů, mapek i rejstříková část, která obsahuje:

- přehled literatury (několik set citačních položek) Pozn.: citace děl bez autorů se popisuje nikoliv pod Anonymus, ale pod názvem díla!
- historie výzkumu vybraných skupin živočichů,
- dosud popsané taxony z paseckých břídlíc a z jineckého souvrství Příbramsko-jinecké pánve,
- stratigrafie proteozoika a paleozoika,
- přehled významných osobností,

- ptáci středních Brd,
- brouci středních Brd,
- rejstřík místopisný,
- rejstřík osob,
- anglické resumé.

Knihy Střední Brdy je úctyhodným dílem podávajícím ucelený obraz o územním celku nejvyššího českého vnitrozemského horstva. Informační hodnota knihy je nesporná, nicméně dovolíme si vyjádřit jednu pochybnost související s distribucí, a tudíž i s uplatněním publikace: v žádném pražském knihkupectví jsme knihu nesehnali a nebyla k dispozici ani u vydavatelů, MŽP ČR a MZE ČR. Po značném pátracím úsilí se podařilo „Brdy“ získat až v jednom příbramském knihkupectví. Cena: 630,- Kč.

#### Literatura

- [1] Geografický místopisný slovník světa. 1993. Praha: Academia. 924 s. ISBN 80-200-0445-9.

Zdeněk Horký

## HISTORY OF WEATHER AND CLIMATE IN THE CZECH LANDS VI: STRONG WINDS

[Historie počasí a podnebí v českých zemích VI: Silné větry.]

Autoři R. Brázdil, P. Dobrovolný, J. Štekl, O. Kotyza, H. Valášek, J. Jež. Brno: Masarykova Univerzita 2004. 378 stran. Náklad 200 výtisků.

Masarykova univerzita vydala v roce 2004 šestý díl volné řady publikací, mapujících historii počasí a podnebí na území dnešní ČR s důrazem na období před pravidelnými přístrojovými měřeními. Rozsáhlá studie, která je členěna na 11 kapitol a dva dodatky, se tentokrát zabývá silnými větry v předpřístrojovém i přístrojovém období. Ty jsou v našich podmínkách spojeny s konvekčními jevy (húlavy, tornáda a downbursty) nebo s existencí velkého horizontálního gradientu tlaku (vichřice). První z uvedených kategorií silných větrů přítomně převládá v letních měsících, druhá v zimní polovině roku. Pozornost si tyto extrémní projevy počasí zaslouhují mimo jiné proto, že je provázejí velké škody na majetku a ekosystémech i ztráty na životech.

Krátký úvod nastiňuje pozadí práce, jímž jsou obrovské materiální škody působené klimatickými extrémy, mezi nimiž se silné větry řadí k nejničivějším. Druhá část uvádí definice silných větrů a seznamuje čtenáře s historií měření větru, které bývá, zejména pokud jde o měření nárazů větru, zatíženo značnými chybami. V třetí kapitole jsou shrnuty dosavadní poznatky o silných větrech na území ČR a v evropském kontextu. Analýza silných větrů v období přístrojových měření v ČR je náplní čtvrtého oddílu. Po ní následuje synopticko-klimatologické zpracování vybraných nedávných epizod z období 1989–2002 v kapitole páté. Šestá část shrnuje informace o vypracované databázi silných větrů na území ČR a problémy spojené s interpretací dokumentárních záznamů. Podrobný popis známých případů silných větrů na území dnešní ČR v průběhu druhého tisíciletí, od Kosmova zápisu o tornádu na pražském Vyšehradě z 30. července 1119, najde čtenář v nejobsáhlejších sedmém oddílu, po němž následuje klimatologická interpretace databáze v osmé části. Shrnující komentář je uveden v kapitole deváté. Desátá a jedenáctá část obsahují přehled odkazů a dokumentárních pramenů. Cennou součástí knihy jsou dva dodatky, které chronologicky mapují

případy silných větrů ve 20. století a výskyt historicky doložených tornád na našem území do roku 1999.

Hlavním přínosem publikace je seznámení se samotnou unikátní databází případů silného větru, získanou z velké části z archivních materiálů. I když se jedná o dílčí záznamy, které prakticky neumožňují interpretaci pokud jde o dlouhodobou časovou proměnlivost, před níž také autoři varují, mohou být v širším středoevropském měřítku a za předpokladu dalšího doplňování a rozšiřování neocenitelným podkladem prací uvádějících výskyt silných větrů např. do kontextu dlouhodobé proměnlivosti atmosférické cirkulace. Ve středoevropském prostoru se jedná o dosud ojedinělý počín a k jeho dalšímu zhodnocení by nepochybně přispěla existence podobných prací pro okolní země. I na základě dosavadních neúplných podkladů vyslovují autoři závěr o dvou obdobích zvýšené četnosti silných větrů, jimiž byly přelom 16. a 17. století a rozmezí let 1770–1830.

Litovat lze snad jen toho, že 378stránkovou publikaci nedoprovází vložený CD-ROM, na němž by byly uvedeny některé přehledy ve formě tabulek, umožňujících snadnou práci s daty a jejich další využití v synopticko-klimatologických analýzách. Především se to týká obou dodatků, které mohly být uvedeny pouze v elektronické podobě, což by jen zvýšilo jejich hodnotu a využitelnost a zároveň snížilo tiskové náklady. Rovněž tak zde mohl čtenář najít další obrazovou dokumentaci k případům silného větru, zejména v poslední době bohatou. I přes tento dílčí nedostatek si však publikace svého čtenáře i uživatele nepochybně najde.

*Jan Kyselý*

## IN MEMORIAM MIROSLAVA ŠKODY



V pondělí 21. března 2005 jsme se naposledy rozloučili s dlouholetým kolegou a kamarádem, RNDr. Miroslavem Škodou, CSc. Za všechny meteorology i ostatní kolegy promluvil prof. Jan Bednář.

Stručně shrnul jeho odbornou životní pouť, která se vyznačovala věrností numerické meteorologii a Českému hydrometeorologickému ústavu. Po studiích meteorologie a klimatologie na Matematicko-fyzikální fakultě UK v Praze nastoupil v srpnu 1958 do Hydrometeorologického ústavu, v jehož službách setrval až do února 1999.

Nesmazatelným způsobem se zapsal do historie meteorologie minulého století, a to zejména v oblasti přechodu od metod klasické synoptické meteorologie k metodám numerických předpovědí počasí. Zejména jeho práce z konce 60. a počátku 70. let měly u nás vysloveně průkopnický charakter a byly na úrovni světové špičky ohledně objektivní analýzy meteorologických polí. Avšak jeho podstatné přínosy mají ještě starší kořeny. Dr. Škoda stál u našich prvních prognostických výpočtů hladiny 500 hPa podle barotropního

modelu, posléze u aplikací tříparametrického baroklinního modelu v čs. povětrnostní službě. S numerickými předpovědními metodami bezprostředně souvisejí i jeho významné příspěvky k řešení operativního zpracování zpráv TEMP, SATEM, GRID atd.

Byl nesporně významnou postavou nejen v národním měřítku, ale jednou z vůdčích osobností v objektivních meteorologických prognózách v oblasti střední a východní Evropy. Pouze nepříznivé okolnosti v podobě pověstné železné opony a všeho, co s ní souviselo, ho omezovaly, aby za takovou osobnost byl plně uznáván v měřítku celoevropském a světovém. Jeho velkým snem bylo, aby se Praha stala jedním z významných center numerické meteorologie. Toto přání se mu vyplnilo bohužel až těsně před jeho odchodem z činné služby ve formě ustavení RC LACE v Praze. Toto Regionální centrum pro modelování na omezené oblasti střední Evropy, jehož hlavní počítač byl nakonec umístěn v Praze, sdružilo Česko, Chorvatsko, Maďarsko, Polsko, Rakousko, Slovensko a Slovinsko ke spolupráci na společném projektu využívání a dalšího rozpracování modelu ALADIN pod vedením Météo-France.

Česko-slovenská spolupráce v meteorologii i vzájemnost v mnohem širším kontextu byla vždy jednou z priorit jeho činnosti. Vzpomínka slovenských meteorologů bude uveřejněna v Meteorologickém časopisu, vydávaném Slovenským hydrometeorologickým ústavem.

Významně se podílel na výchově více než jedné generace českých meteorologů na nynější Katedře meteorologie a ochrany prostředí Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy.

V přednáškách o numerických prognózních metodách byl následovníkem prof. S. Brandejse a realizátorem jeho myšlenek. Pozitivně ovlivnil dlouhou řadu diplomových prací a někdejší vědeckou výchovu kandidátů věd. Skutečnost, že ČR se dnes na poli soudobých metod předpovědi počasí může jako rovnocenný partner zapojit do evropské spolupráce, je i zásluhou jeho pedagogické činnosti. Obdobně lze hodnotit i jeho působení na Univerzitě Komenského v Bratislavě. Ale nad všemi těmito slovy stojí skutečnost, že studenti jej měli všeobecně rádi, jak dnes často svědčí osobní vzpomínky.

Byl vždy neopominutelným a osobitým účastníkem dlouholeté řady spolupráce jak s Ústavem fyziky atmosféry AV ČR, tak s Armádní povětrnostní službou. Nebyly všechny dny jasné, doba byla někdy i zlá, zájmy různé. Byly i spory a střety, různé kontroverze, ale nakonec vždy vyústily v plodnou spolupráci.

Řadu let byl šéfredaktorem časopisu Meteorologické Zprávy, ve kterém i publikoval mnoho svých prací.

Kromě toho byl autorem či spoluautorem čtyř knih, tzv. „modrých knížek“, z nichž zejména Objektivní metody předpovědi v synoptické meteorologii byly svého času biblí mladých českých meteorologů.

Byl jedním z nejpilnějších a aktivních účastníků pražských meteorologických hovorů pořádaných ČMeS, seminářů a dalších diskuzí.

Co říci závěrem: budeme na něj vzpomínat a bude nám chybět jak odborně, tak lidsky.

*Jan Bednář – Helena Vondráčková*

# ÚPRAVA CITACÍ V METEOROLOGICKÝCH ZPRÁVÁCH

Od 1. čísla Meteorologických zpráv v roce 2003 došlo k drobným úpravám bibliografických citací. Naším cílem je přiblížení k citační praxi uplatňované zejména v akademické obci i v zahraničí, i když postupy nejsou zcela jednotné. Po zevrubném zvážení jsme jenom částečně akceptovali poměrně komplikovanou normu ČSN ISO 690 Bibliografické citace, protože její absolutní prosazení by bylo velmi problematické jak z hlediska autorského, tak i redakčního. **Hlavní změnou proti současné praxi je forma psaní jména autora z malých písmen na velká (bude uváděno maximálně pět autorů), přeřazení doby vydání (vročení) hned za jméno autora, uvádění názvů seriálových publikací, tj. časopisů, ročenek, sborníků apod., v nezkrácené podobě v kurzívě a navíc i uvádění ISBN u knih a ISSN u seriálových publikací, pokud je to možné. V textu článku bude i nadále uváděn v hranatých závorkách pouze číselný odkaz na citovaný pramen.**

## **Příklady citací:**

### *Monografie*

KRŠKA, K. – ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum. 568 s. ISBN 80-7184-951-0.

### *Seriálová publikace – časopis*

RACKO, S. – SIMON, A. – SOKOL, A., 2002. Niektoré z príčin búrok v zimnom období. *Meteorologické Zprávy*, roč. **55**, č. 3, s. 69–81. ISSN 0026-1173.

### *Seriálová publikace – sborník*

VAVRUŠKA, F., 1999. Porovnání měření teploty vzduchu na klasických a automatických meteorologických stanicích. In: *Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu*. Praha: ČHMÚ, sv. **47**, s. 53–56. ISBN 80-85813-65-3, ISSN 0232-0401.



## INFORMATIVNÍ ODBORNÉ BULLETINY VYDÁVANÉ ČESKÝM HYDROMETEOROLOGICKÝM ÚSTAVEM

### DENNÍ PŘEHLED POČASÍ

Deník, 4 strany formátu A4, cena jednoho čísla 30,– Kč, celoroční předplatné 10 950,– Kč.

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

### MĚSÍČNÍ PŘEHLED POČASÍ

Měsíčník, 6 stran formátu A4, cena jednoho výtisku 100,– Kč, celoroční předplatné 1 200,– Kč.

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

### MĚSÍČNÍ PŘEHLED METEOROLOGICKÝCH POZOROVÁNÍ OBSERVATOŘE PRAHA-KARLOV

Měsíčník, 4 strany formátu A4, cena jednoho výtisku 70,– Kč, celoroční předplatné 840,– Kč.

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

### AGROMETEOROLOGICKÝ ZPRAVODAJ

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

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

**Všechny bulletiny můžete objednat na adrese:**

**Český hydrometeorologický ústav, OMTZ,  
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany  
tel.: 244032606, e-mail: durcansky@chmi.cz**