

# MOŽNOSTI MĚŘENÍ SLOŽEK RADIČNÍ BILANCE A DLOUHODOBÉ ZMĚNY GLOBÁLNÍHO ZÁŘENÍ V ČESKÉ REPUBLICE

Edice Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu, číslo 61  
Praha: ČHMÚ 2015, 64 stran, Cena 145 Kč  
ISBN 978-80-87577-51-6, ISSN 0232-0401

Cílem této publikace je podat souhrn informací o vývoji a současném stavu monitoringu složek radiační bilance a zároveň prezentovat výsledky analýzy dlouhodobých změn globálního záření na území ČR, které budou sloužit především jako zdroj informací o proměnlivosti energetického příkonu této hlavní složky radiační bilance v měřítku 20. století.

V ČHMÚ je realizací a dalším rozvojem monitoringu radiačních toků na území ČR pověřena Solární a ozonová observatoř (SOO) v Hradci Králové. Vzhledem k značné specifitě těchto měření má nejen laická, ale i meteorologická veřejnost jen obecné informace o přístrojích, metodice, historii a výsledcích měření jednotlivých složek radiační bilance ve staniční síti ČHMÚ. Shrnutí vývoje a současného stavu spolu s informacemi o přístrojích používaných v ČHMÚ je proto věnována samostatná část publikace.

Základním předpokladem pro spolehlivé hodnocení dlouhodobých změn globálního záření je přesná znalost kvality existujících datových řad. Ty obvykle zahrnují několik metrologicky odlišných období vyžadujících zpětnou homogenizaci dat, která vychází z podrobné analýzy kvality měření. Její hlavní součástí je vyhodnocení dlouhodobé stability kalibračních konstant použitých radiometrů a registračních zařízení a přenos mezinárodní pyrheliometrické stupnice do měřítka národní sítě. Homogenizace řad měření globálního záření pořízených na území ČR je tématem další kapitoly.

Autoři této studie rozhodli provést komplexní digitalizaci a hodnocení kvality archivních záznamů měření denních chodů slunečního svitu z vybraných stanic sítě ČHMÚ, které budou následně vloženy do klimatologické databáze CLIDATA. Jejich výsledkem bylo vytvoření kombinovaných měřených a modelovaných řad měsíčních sum globálního záření, které byly v další etapě použity k analýzám celoročních a sezonních změn a jejich původu.

Popis prací provedených v postupných etapách řešení a získané výsledky jsou uvedeny v jednotlivých kapitolách včetně hlavních grafických výstupů a tabulek. Jejich shrnutí a hodnocení ve vztahu k podobným domácím a zahraničním studiím je provedeno v závěrečné části, která rovněž zahrnuje doporučení k dalšímu pokračování provedených analýz v budoucích navazujících výzkumných aktivitách.

**SBORNÍK PRACÍ  
ČESKÉHO  
HYDROMETEOROLOGICKÉHO  
ÚSTAVU**



**61  
SVAZEK**



Obr. 9: Pyranometr CM 11 se stínícím prstom.  
Fig. 9: Pyranometer CM 11 with shading ring.

Obr. 10: Bilanometr Schulzho.  
Fig. 10: Balance meter Schulzho.

Obr. 11: Pyrgeometr PRR, Eppley.  
Fig. 11: Pyrgeometer PRR, Eppley.

Obr. 12: Pyrgeometr CGR 4, Kipp & Zonen.  
Fig. 12: Pyrgeometer CGR 4, Kipp & Zonen.

vyloučen. S ohledem na tuto komplikaci se často odražené globální záření určuje z měření globálního záření vynásobeného odrazivostí (albedem)  $\rho$  daného povrchu:

$$R^{\uparrow} = \rho G^{\downarrow} \quad (7)$$

**2.2.5 Radiační bilance zemského povrchu  $Q^*$**   
Radiační bilance zemského povrchu je jako energetický tok rovněž přímo měřitelnou veličinou. K měření se používají speciálně konstruované radiometry nazývané bilanometry. Jejich dvě kromolektrická dílka jsou směřována směrem k zemskému povrchu a k obloze a jsou současně zasobovány jak infračervenými, tak i dlouhovlnnými světelnými zářeními. Proto musí být kryty prosklenými materiály, které propouštějí záření v celém rozsahu měřených vlnových délek. Dalším technickým požadavkem je lepší stabilita bílého bilanometru, které nemají ovlivňovat měření dlouhovlnného záření. V ČHMÚ se v období 1960–2000 používaly používaly bilanometry Sibeliusa a Schuazera (obr. 10) s křemíkovými podstavkami a s nucovou ventilací bílého dílka. Měření radiační bilance byla ale skloněna z důvodu postupné degradace absorpčních částí dílka a omezené dostupnosti jejich zahraničních kalibračních hodnoty  $Q^*$  jsou nadále určovány pomocí rovnice (8), viz str. 13, z měření jednotlivých složek  $G_1$ ,  $R_1$ ,  $L_1$  a  $L_2$ .

**2.2.6 Dlouhovlnné záření oblohy  $L_1$**   
Dlouhovlnné vyzařování atmosféry vůči zemskému povrchu se měří radiometry, které se nazývají pyrgeometry. Jejich konstrukce prochází v posledních desítkách let zásadní konstrukční změny umožňující jejich nepřetržitý provozní měření. Hlavní inovací bylo použití interferenčních filtrů blokujících záření absorpčních složek krátkovlnným slunečním zářením a výsoká tepelná izolace bílého přístroje. V ČHMÚ se používají pyrgeometry typu PRR (Precise Infrared Radiometer), výrobce Eppley, od r. 1998 (obr. 11) a CGR 4 firmy Kipp & Zonen (obr. 12) od r. 2010. Obě radiometry se vzájemně zálhují.

Výpočet hodnot opravného faktoru  $k_2$  byl proveden pomocí vztahu (9) pro 455 jarních dnů vybraných za období 1963–1983, u kterých byl předpokládán maximální přesnost vyčíslení celodenního zosa hladkého záznamu. Hodnoty  $k_2$  a jejich roční chod získaný středním dlouhodobým průměrem jsou zobrazeny na obr. 23. V grafu jsou rovněž vyznačena období se změnou faktoru  $k_2$  o 5%, která odpovídají předpokládané nejistotě provozních měření pomocí pyranografů (tab. 4). Z grafu je zřejmé, že ve v energeticky nepohodlné části roku (květen–říjen) hodnoty  $k_2$  pohybují v rozmezí 0,2–0,5, což svědčí o velmi dobré přesnosti denních sum  $G_2$  a vyhovujícího z první homogenizace provedené Píhošou (1971). V zimním období (příjímá listopadu až polovina února) nastává hodnoty  $k_2$  ukazují na odchylky 10–15% způsobené již zmíněnou sezonní závislostí pyranografů. Zajímavý jeví je velmi rychlá změna funkčního vztahu přístrojů v jarním a létašobě v pozdním období, kdy se během přibližně dvou týdnů jejich celková vlnová délka měření a poměr nastává. Z klimatometrie jsou oba tyto výsky změny zvýšením celkové čísel radiometrů. V náhlednosti na závěry vyplývající z obr. 23 lze pro jednotlivé dekády roku udělat průměrné hodnoty faktoru  $k_2$ , které byly použity k opravě datové řady  $G_2$  z celého období 1963–1983 a k vytvoření nové řady reprezentující dlouhou etapu homogenizace  $G_2$ :

$$G_2 \leftarrow k_2 G_2 \downarrow \quad (10)$$

Hodnoty opravného faktoru  $k_2$  jsou spolu s příslušnými dny dříve použité během roku uvedeny v tab. 5. Pro ilustraci vlivu 2. etapy homogenizace jsou na obr. 24 pro pouzání jasné dny záznamy rozdíly mezi opravenou řadou  $G_2$  a normalizovanými hodnotami  $G_{2,n}$  v porovnání s jejich střední bilancí průměry. Z grafu je zřejmé, že oprava v rozvahující míře potlačila roční chod celkové pyranografů. Různí průměrná odchylka opravených denních sum  $G_2$  v vůči referenčním hodnotám  $G_{2,n}$  je <math>\pm 0,6\%</math> a střední odchylka  $\pm 1\%</math>. Srovnání vlivu rozdílu  $G_2 - G_{2,n}$  lze považovat za reprezentativní pro odhad kalibrační stability měření denních sum  $G_2$ . To lze v průběhu celého roku zadržet se ale třeba přehledně přesnost měření za sledovaných podmínek jarních dnů. Při hodnocení celkové nejistoty měření v obou směrech z denním záznamem je ale třeba vzít v úvahu především nepřesnosti vzniklé jeho planimetriováním. U denních sum záření je proto v dlouhodobém měřítku (rokly) opravený odhad nejistoty měření na úrovni 5% a u měsíčních úhrnů 3–5%.$

Tab. 5 Průměrné hodnoty opravného faktoru  $k_2$  (9) a období jejich použití během roku pro opravu denních sum globálního slunečního záření měřeného Rábitzových pyranografy, Hradec Králové, 1963–1983.

Table 5. Averages of the correction factor  $k_2$  (9) and periods of their application over the year for the correction of daily totals of global solar radiation measured by Rábitz's pyranographs, Hradec Králové, 1963–1983.

Dny / Days	1–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100	101–110	111–120	121–130	131–140	141–150
$k_2$	1,05	1,10	1,05	1,00	0,96	1,00	1,05	1,00	1,05	1,10	1,05	1,00	1,05



Obr. 23 Hodnoty opravného faktoru  $k_2$  (9) a období jejich použití během roku pro opravu denních sum globálního slunečního záření měřeného Rábitzových pyranografy, Hradec Králové, 1963–1983.

Fig. 23. Values of the correction factor  $k_2$  (9) and the yearly course of its 30-day smoothed averages, Hradec Králové, 1963–1983.