

Marek KEJNA, Joanna USCKA-KOWALKOWSKA
Uniwersytet Mikołaja Kopernika – Toruń

**PORÓWNANIE WYNIKÓW REJESTRACJI USŁONECZNIEŃ
HELIOGRAFEM CAMPBELLA-STOKESA I CZUJNIKIEM ŚWIE-
CENIA SŁOŃCA DSU12 W KONICZYNCE K. TORUNIA
W LATACH 2006-2010**

**COMPARISON OF THE RESULTS OF SUNSHINE DURATION
RECORDING BY A CAMPBELL-STOKES HELIOGRAPH AND
A SUNSHINE DURATION DSU12 AT KONICZYNKA NEAR TORUŃ
IN THE YEARS 2006-2010**

Usłonecznienie wyrażamy w godzinach, podczas których tarcza słoneczna nie jest zasłonięta przez chmury, czyli jest to czas występowania promieniowania bezpośredniego od Słońca (*Słownik ...*, 2003). Według definicji Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO, 2006) jest to czas z dopływem promieniowania krótkofalowego przekraczającego 120 Wm^{-2} . Usłonecznienie możliwe (potencjalne) zależy od czynników astronomicznych (czas od wschodu do zachodu Słońca) oraz jest uwarunkowane topografią miejsca pomiarów (horyzontem miejsca pomiarów) i czułością przyrządów pomiarowych. Na rzeczywistą liczbę godzin ze Słońcem, oprócz czynników ograniczających usłonecznienie możliwe, wpływ wywiera zachmurzenie oraz zjawiska ograniczające widzialność: mgły, zamiecie śnieżne, burze piaskowe, dymy i inne.

Do niedawna podstawowym przyrządem rejestrującym usłonecznienie był heliograf Campbella-Stokesa (HCS). W 1853 r. John F. Campbell skonstruował przyrząd składający się ze szklanej kuli o średnicy ok. 4 cali (ok. 10 cm), osadzonej w drewnianym pucharze. Promienie słoneczne wypalały w drewnie ślad. W 1879 r. George G. Stokes zmodyfikował pomysł Campbella, umieszczając

kulę na statywie metalowym, a z tyłu kuli na metalowym łożysku umieścił paski papierowe, na których skupiane promienie słoneczne wypalają ślad (Stanhill, 2003). Przyrząd ten jest używany do dziś bez większych zmian konstrukcyjnych. Przy rejestracji usłonecznienia heliografami szklanymi występują jednak problemy z różną przezroczystością kuli, niejednakową czułością pasków heliograficznych oraz indywidualizmem interpretacji heliogramów (Gorczyński, 1955).

Z innych konstrukcji należy wymienić fotograficzny rejestrator usłonecznienia J. Jordana (1888), składający się z dwóch metalowych półcyldrów. W każdym z nich jest wąska szczelina, przez którą padają promienie słoneczne na światłoczuły papier. Czułość papieru jest różna, stąd też niepewność rejestracji. Metodę fotograficzną wykorzystano również w rejestratorze usłonecznienia Persa, gdzie nad półsferycznym lustrem zawieszono w punkcie zenitalnym aparat fotograficzny z otwartą przesłoną, dzięki czemu na błonie fotograficznej rejestrowało się odbicie Słońca. W czasie dnia pogodnego uzyskiwano łuk drogi dziennej Słońca na niebie. Ideę tę wykorzystano przy konstrukcji kamery nieba, która może być wykorzystywana nie tylko do rejestracji zachmurzenia czy zjawisk atmosferycznych, ale również do analizy czasu widoczności tarczy słonecznej (świecenia Słońca).

W Stanach Zjednoczonych używa się skonstruowanego przez Charlesa F. Marvina (początek XX wieku) rejestratora Słońca, który składa się z dwóch zbiorniczków połączonych cienką szklaną rurką, częściowo wypełnioną rtęcią. Jeden ze zbiorniczków jest zaczerniony, dlatego w czasie usłonecznienia powietrze w tym zbiorniczku jest cieplejsze, a rozszerzając się, przesuwając rtęć aż do punktu łączącego obwód elektryczny. Czas, w którym płynie prąd, zależy zatem od usłonecznienia.

W nowszych urządzeniach stosuje się fotodiody, np. w czujniku CSD3 firmy Kipp and Zonen, lub fotoogniwa, np. w detektorze usłonecznienia Solar 111 firmy Haenni. Przyrządy te są sprawdzane w warunkach laboratoryjnych, np. w przypadku Solar 111 błąd rejestracji usłonecznienia wynosi 0,8% (Philiponaa i in., 1993). Jeszcze inna metoda polega na wykorzystaniu energii promieniowania słonecznego, która powoduje odkształcenia czujnika bimetalicznego. Zastosowano ją np. w czujniku trwania usłonecznienia DSU12 Sunshine Duration firmy Vaisala (DSU12). Przyrząd składa się z 6 par zaczernionych czujników bimetalicznych ułożonych w okręgu. Bezpośrednie promienie słoneczne ogrzewają jeden z zewnętrznych czujników, podczas gdy wewnętrzny element pozostaje w cieniu. Prowadzi to do połączenia blaszek i zamknięcia obwodu elektrycznego. W przypadku braku promieniowania bezpośredniego wewnętrzny element otrzymuje rozproszone promieniowanie odbite od białej podstawy, nie występuje nierównomierne ogrzewanie tych elementów i zachodzi przerwanie przepływu prądu. Czujnik przyrządu jest chroniony akrylową kopułą.

W Polsce pomiary usłonecznienia rozpoczęto w 1883 r. w Krakowie (Kuczmarowski, 1982; Morawska-Horawska, 1985, 2002), a następnie w innych miej-

sowościach (Wójcik, Marciniak, 1993). Przegląd literatury dotyczący pomiarów promieniowania słonecznego i usłonecznienia w Polsce zawiera artykuł Usckiej-Kowalkowskiej (2010).

W badaniach usłonecznienia coraz częściej rezygnuje się z pomiarów HCS i wprowadza nowsze urządzenia współpracujące z aparaturą automatyczną. Pojawia się przy tym problem porównywalności uzyskiwanych rezultatów, ciągłości serii obserwacyjnej w zakresie usłonecznienia (Matuszko, 2011). Również w Stacji Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Koniczynie k. Torunia w 2000 r. oprócz HCS wprowadzono aparaturę automatyczną do rejestracji usłonecznienia (DSU12). Po pierwszym roku równoległego funkcjonowania HCS i DSU12 stwierdzono znaczne różnice w wielkości usłonecznienia (Kejna, Uscka 2006). Dlatego też dokonano regulacji ustawień DSU12 (stwierdzono nadmierną czułość jednej z par płytek bimetalicznych), mimo to nadal występują różnice między przyrządami. Celem niniejszego opracowania jest porównanie wyników rejestracji usłonecznienia za pomocą DSU12 i HCS w Koniczynie na podstawie serii danych z lat 2006-2010.

Metodyka rejestracji usłonecznienia w Stacji ZMŚP w Koniczynie

W Koniczynie usłonecznienie jest rejestrowane od 1996 r. za pomocą HCS, natomiast DSU12 działa od 2000 r. jako czujnik usłonecznienia automatycznej stacji meteorologicznej MILOS 500 firmy Vaisala. Czułość tego czujnika, jak zapewnia producent, jest porównywalna z HCS. Charakterystykę przyrządów używanych w Koniczynie podano w tab. 1.

Tabela. 1. Charakterystyka przyrządów do rejestracji usłonecznienia w Koniczynie

Table 1. Characteristics of sunshine duration devices in Koniczynka

Charakterystyka – Characteristics	Heliograf Campbella-Stokesa (HCS)	DSU12
Zakres spektralny – spectral range	cały zakres promieniowania	350-1600 nm
Wrażliwość – sensivity	>120 Wm ⁻²	120 Wm ⁻² przy temperaturze 15°C
Czas reakcji – response time	brak danych	20-40 s
Dokładność – trip point accuracy	brak danych	+/-20%
Stabilność – stability	brak danych	10 Wm ⁻² ·rok
Zależność od temperatury – tem- perature dependency	brak danych	10+/-2 Wm ⁻² ·°C

Stanowisko pomiarowe jest położone pośród pól uprawnych, a oba przyrządy są zlokalizowane 6 metrów od siebie, na wysokości ok. 2 m n.p.g. Horyzont w miejscu pomiarów jest korzystny, jedynie od północo-wschodu przesłonięty przez drzewa z pobliskiego parku dworskiego, co ma znaczenie zwłaszcza przy małych wysokościach Słońca.

Przy rejestracji usłonecznienia HCS używa się 3 rodzajów heliogramów: w okresie od 16 października do końca lutego pasków krótkich, od 1 marca do 15 kwietnia oraz od 1 września do 15 października pasków przejściowych (prostych), a w okresie od 16 kwietnia do końca sierpnia pasków długich. W Koniczynie paski wymienia się nie wieczorem po zachodzie Słońca, ale o godz. 6 UTC, dlatego też przy dłuższym dniu na jednym pasku dochodzi do rejestracji usłonecznienia z dwóch dni: od 6 UTC do zachodu Słońca oraz od wschodu Słońca do momentu zdjęcia paska w dniu następnym. Ze względu na zmianę wysokości Słońca z dnia na dzień na heliogramie zaznacza się nieznaczne przesunięcie w wypalonych śladach. Wielkość usłonecznienia odczytywano z heliogramów według zasad ujętych w instrukcji IMGW (Janiszewski, 1988). Ze względu na brak stałej obsługi nie wprowadzono zalecanych przez G o r c z y ń s k i e g o (1955) poprawek związanych z niskim położeniem Słońca po jego wschodzie i przed zachodem (zbyt małe natężenie promieniowania mimo widocznej tarczy słonecznej). Wielkość tych poprawek sięga nawet 1,5 godziny w porze letniej. Dlatego uzyskane w Koniczynie wartości usłonecznienia można odnosić do tzw. „jasnego Słońca”. DSU12 w Koniczynie jest podłączony do stacji Milos 500, w której rejestruje się czas usłonecznienia w minutach w przedziałach godzinnych.

Istotnym problemem przy badaniach usłonecznienia jest dbałość o czystość kuli heliografu i oczyszczanie kopułki ochronnej DSU12. Niestety w Koniczynie czynność ta jest wykonywana tylko raz na dobę, w czasie porannej obserwacji. Żadne z urządzeń nie jest ogrzewane, wobec czego w chłodnej porze roku może dochodzić do pokrycia szklanej kuli i kopułki śniegiem, osadami (rosa, szron, sadz, gołoledź) oraz pyłem. Zjawiska te zaburzają rejestrację usłonecznienia, ale występują jednocześnie na obu porównywanych przyrządach.

Między przyrządami występują natomiast różnice ze względu na używany przy rejestracji czas. Przy pomiarach wykonywanych za pomocą HCS używany jest czas słoneczny miejscowego południka ($18^{\circ}42'E$), natomiast w DSU12 dane są rejestrowane w przedziałach godzinnych według czasu środkowoeuropejskiego (CSE), tj. według południka $15^{\circ}E$. Powoduje to różnicę w czasie rejestracji między przyrządami o 14 minut i 48 sekund. O tyle wcześniej w Koniczynie występuje południe słoneczne w stosunku do CSE. Różnica ta nie wpływa na sumę dzienną usłonecznienia, ale uniemożliwia porównanie danych z przedziałów godzinnych z obu przyrządów. Dlatego też w opracowaniu porównano tylko sumyienne, miesięczne i roczne usłonecznienia zarejestrowane za pomocą HCS i DSU12. Uzyskane zależności zostaną wykorzystane przy wprowadzeniu poprawek do pomiarów wykonywanych w przyszłości w sposób automatyczny (DSU12).

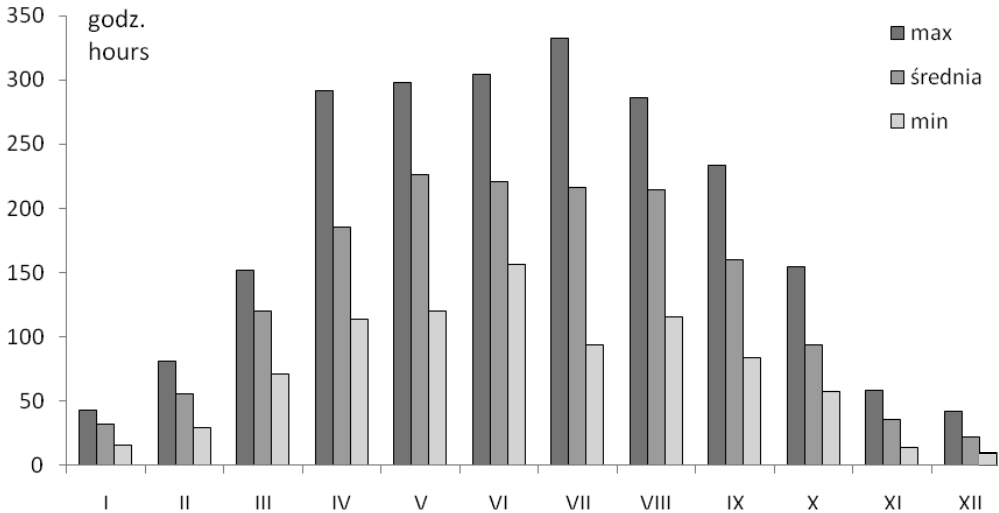
Wyniki

Usłonecznienie w Koniczynie (na podstawie heliografu Campbella-Stokesa). Na tle kraju Koniczynka jest położona w rejonie o średnich sumach rocznych usłonecznienia. W latach 1996-2010 średnia suma roczna usłonecznienia zarejestrowana HCS wyniosła 1582,1 godzin (tab. 2). Występują przy tym bardzo znaczne różnice z roku na rok. Największe usłonecznienie wystąpiło w 2006 r. i wyniosło 1704,8 godzin, najmniejsze zaś w 1998 r. – 1402,6 godz. Różnice te są związane przede wszystkim z zachmurzeniem, którego wielkość z kolei jest uzależniona od cyrkulacji atmosferycznej (rodzaj ośrodków barycznych, masy powietrzne, fronty atmosferyczne) i stratyfikacji atmosfery (rozwój chmur o budowie pionowej lub warstwowej).

Tabela. 2. Miesięczne i roczne sumy usłonecznienia (w godz.) w Koniczynie w latach 1996-2010 (HCS)
Table 2. Monthly and yearly sums of sunshine duration (in hours) in Koniczynka in the years 1996-2010 (HCS)

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
1996	38,0	67,0	140,1	232,3	159,5	208,0	145,2	207,5	88,7	75,3	23,6	33,5	1418,7
1997	30,1	57,2	144,4	148,6	178,6	212,3	165,0	286,3	134,0	67,0	25,4	8,7	1457,6
1998	42,8	42,6	131,2	130,6	251,8	195,9	180,2	174,3	132,2	69,1	33,0	18,9	1402,6
1999	36,2	52,4	122,5	121,9	294,2	166,3	267,2	227,7	233,9	89,6	33,0	32,8	1677,7
2000	23,6	65,0	85,7	250,8	298,4	245,5	93,2	232,8	169,9	107,6	31,4	23,8	1627,7
2001	15,8	79,0	107,7	113,4	282,1	156,5	212,4	221,2	83,6	96,7	54,8	16,2	1439,4
2002	28,1	63,0	120,8	166,8	221,3	202,5	207,6	246,2	181,9	56,9	42,6	35,5	1573,2
2003	25,1	80,5	151,4	195,2	213,4	272,1	189,3	186,0	200,5	96,8	32,5	31,9	1674,7
2004	19,9	38,5	87,6	216,7	204,0	219,9	228,4	221,0	149,8	98,6	34,2	19,5	1538,0
2005	30,8	65,3	138,6	166,8	210,8	221,7	267,7	209,5	200,1	153,4	26,2	10,0	1700,9
2006	38,7	50,1	142,7	141,0	226,5	243,3	332,5	115,8	229,5	96,7	46,3	41,7	1704,8
2007	30,9	29,3	151,2	260,7	252,3	220,8	173,6	212,5	150,0	95,8	40,0	15,9	1633,0
2008	42,1	42,7	91,7	141,8	255,7	304,2	279,1	181,2	98,6	91,8	41,9	24,6	1595,5
2009	33,1	44,8	70,6	292,0	228,4	186,8	234,8	284,1	196,9	58,9	57,9	8,8	1697,1
2010	39,2	52,6	117,5	197,6	121,7	256,1	266,2	209,8	150,7	154,9	13,3	10,5	1590,1
Średnia – average	31,6	55,3	120,2	185,1	226,6	220,8	216,2	214,4	160,0	93,9	35,7	22,2	1582,1
max	42,8	80,5	151,4	292,0	298,4	304,2	332,5	286,3	233,9	154,9	57,9	41,7	1704,8
min	15,8	29,3	70,6	113,4	121,7	156,5	93,2	115,8	83,6	56,9	13,3	8,7	1402,6
std	8,1	14,7	26,2	55,3	49,1	39,1	61,2	42,2	47,7	29,0	11,8	10,8	107,5

W przebiegu rocznym najwięcej godzin ze Słońcem występuje w ciepłej połowie roku, od maja do sierpnia ponad 200 godz. w miesiącu (tab. 2, rys. 1), z największą sumą w maju 226,6 godz. (7,3 godz./dzień). Podobne usłonecznienie dzienne (7,4 godz.) występuje w czerwcu (suma miesięczna 220,8 godz.). Od listopada do stycznia sumy miesięczne usłonecznienia nie przekraczają 40 godzin (np. w grudniu 22,2 godz., czyli 0,7 godz./dzień). W rozpatrywanym okresie wystąpiły miesiące wyjątkowo słoneczne, np. lipiec 2006 r. (332,5 godz.) czy czerwiec 2008 r. (304,2 godz.), bądź też pochmurne, o małej liczbie godzin ze Słońcem, np. grudzień 1997 r. (8,7 godz.) i 2009 r. (8,8 godz.).



Rys. 1. Przebieg roczny usłonecznienia (HCS) w Koniczynce w latach 1996-2010

Fig. 1. Yearly course of sunshine duration (HCS) in Koniczynka in the years 1996-2010

Cechą charakterystyczną usłonecznienia jest jego znaczna zmienność. Odchylenie standardowe sumy rocznej sięga 107,5 godz., a w poszczególnych miesiącach jest największe w lipcu 61,2 godz. i kwietniu 55,3 godz. (tab. 2). Sumy miesięczne w poszczególnych latach mogą się różnić 3-4 krotnie, np. w lipcu od 93,2 godz. w 2000 r. do 332,5 godz. w 2006 r., czy też w listopadzie od 13,3 godz. w 2010 r. do 57,9 godz. rok wcześniej.

W przebiegu dziennym największe wartości usłonecznienia występują w godzinach okołopołudniowych w okresie od maja do września – od 40 do 50 minut/godz., a w miesiącach zimowych 10-20 minut/godz. W ciepłej połowie roku przebieg dzienny usłonecznienia nie jest symetryczny względem południa słonecznego, większe usłonecznienie występuje w godzinach dopołudniowych niż po południu, kiedy rozwijają się chmury kłębiaste (Kejna, Uscka-Kowalkowska, 2009).

Różnice w rejestracji heliograficznej. W latach 2006-2010 średnia roczna wartość usłonecznienia zarejestrowanego HCS wyniosła 1644,1 godz., natomiast DSU12 1699,1 godz. Różnica sięgnęła więc 55 godz., co stanowi 3,3% wartości zmierzonej HCS (tab. 3). Największe różnice występują w cieplej połowie roku, kiedy to DSU12 rejestruje większe usłonecznienie, np. w czerwcu o 24,1 godz., natomiast w chłodnej połowie roku przyrząd ten rejestruje mniejszą liczbę godzin ze Słońcem (w listopadzie o 9,4 godz.). W przeliczeniu na jeden dzień różnice te sięgają od -0,31 godz. w listopadzie do 0,80 godz. w czerwcu. W wartościach względnych największe różnice, sięgające -44,7% miesięcznego usłonecznienia, występują w grudniu, najmniejsze zaś w marcu (1,7%), kwietniu (1,5%) i wrześniu (3,7%).

Tabela. 3. Porównanie średnich miesięcznych i rocznych wartości usłonecznienia zarejestrowanych heliografem Campbella-Stokesa (HCS) i DSU12 w Koniczynce w latach 2006-2010

Table 3. Comparison of monthly and yearly mean values of sunshine radiation recording by Campbell-Stokes heliograph and DSU12 in Koniczynka in the years 2006-2010

Heliograf Heliograph	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
HCS (godz.)	36,8	43,9	114,7	206,6	216,9	242,2	257,2	200,7	165,1	99,6	39,9	20,3	1644,1
DSU12 (godz.)	27,6	39,2	116,7	209,7	238,7	266,4	281,0	211,7	171,3	95,1	30,5	11,2	1699,1
R=DSU12-HCS (godz.)	-9,2	-4,7	2,0	3,1	21,8	24,1	23,7	11,0	6,2	-4,5	-9,4	-9,1	55,0
DSU12-HCS (godz./dzień)	-0,30	-0,16	0,06	0,10	0,70	0,80	0,76	0,35	0,21	-0,15	-0,31	-0,29	0,15
R/HCS (%)	-24,9	-10,7	1,7	1,5	10,0	10,0	9,2	5,5	3,7	-4,6	-23,6	-44,7	3,3

Po przeanalizowaniu różnic dziennych sum usłonecznienia między DSU12 i HCS stwierdzono, że przeciętnie w 85,8% dni nie przekraczają one 1,5 godz., w tym w 57,8% dni są mniejsze od 0,5 godz. (tab. 4). Największa zgodność rejestracji występuje w miesiącach jesienno-zimowych (np. w grudniu 81,3% dni charakteryzuje się różnicami mniejszymi niż 0,5 godz.), na co wpływa duża liczba dni pochmurnych, o braku usłonecznienia. Największe różnice występują przy najwyższych położeniach Słońca i najdłuższym dniu, np. w czerwcu 26,7% dni wykazuje różnice większe niż 1,5 godziny. W miesiącach jesienno-zimowych zaznacza się większa częstość dni, kiedy to DSU12 rejestruje mniejsze usłonecznienie, np. w grudniu występowało 7,1% dni z usłonecznieniem mniejszym o ponad 1,5 godz.

Tabela. 4. Częstość (%) dziennych różnic usłonecznienia między DSU12 a heliografem Campbella-Stokesa w Koniczynie w latach 2006-2010

Table 4. Frequency (%) of daily sunshine duration differences between DSU12 and Campbell-Stokes heliograph in Koniczynka in the years 2006-2010

Godz. Hours	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
≥2,6	.	1,5	1,9	3,3	9,0	12,0	6,5	5,8	2,7	0,6	.	.	3,6
1,6 : 2,5	.	2,9	6,5	6,0	16,1	12,7	13,5	13,5	2,7	1,9	.	.	6,4
0,6 : 1,5	1,3	6,6	12,3	19,3	20,6	26,7	28,4	19,4	24,7	7,7	2,7	0,6	14,2
0,5 : -0,5	76,8	67,9	60,0	49,3	43,9	36,0	47,1	43,2	52,0	65,2	71,3	81,3	57,8
-0,6 : -1,5	15,5	18,2	14,2	16,0	9,0	10,7	4,5	9,0	16,0	20,0	22,0	11,0	13,8
-1,6 : -2,5	5,8	2,2	4,5	2,0	.	.	.	6,5	2,0	3,9	4,0	4,5	3,0
≤-2,6	0,6	0,7	0,6	4,0	1,3	2,0	.	2,6	.	0,6	.	2,6	1,3

Przeprowadzona analiza wykazała wyraźną zmienność sezonową różnic w rejestracji usłonecznienia między porównywanymi przyrządami. Dlatego też przy przeliczaniu miesięcznych sum usłonecznienia celowe jest stosowanie odrębnych równań regresji. W tabeli 5 podano równania do sprowadzenia wartości usłonecznienia rejestrowanych DSU12 do odpowiednich wartości, które byłyby zmierzone HCS.

Tabela. 5. Równania regresji do sprowadzenia rejestracji usłonecznienia DSU12 do wartości zarejestrowanych przez heliograf Campbella-Stokesa, Koniczynka 2006-2010

Table 5. Regression equations for recalculation of values of sunshine duration recorded by DSU12 into values recorded by Campbell-Stokes heliograph, Koniczynka, 2006-2010

Miesiąc Month	Równanie regresji Regression equations	Współczynnik determinacji R ²
I	$y = 1,1126x + 0,1953$	0,8790
II	$y = 0,9227x + 0,2743$	0,7743
III	$y = 0,9737x + 0,035$	0,9225
IV	$y = 0,983x + 0,0175$	0,9122
V	$y = 1,0135x - 0,8074$	0,9214
VI	$y = 0,9778x - 0,6077$	0,8699
VII	$y = 1,0058x - 0,8171$	0,9428
VIII	$y = 1,0238x - 0,591$	0,9104
IX	$y = 0,9943x - 0,1734$	0,9401
X	$y = 1,0076x + 0,1231$	0,9431
XI	$y = 1,1482x + 0,1627$	0,9378
XII	$y = 1,2722x + 0,1941$	0,7815

Uzyskane wyniki wskazują na różnice w rejestracji między przyrządami. Po uwzględnieniu sezonowych zachowań DSU12 można jednak za pomocą tego przyrządu kontynuować badania usłonecznienia, wprowadzając odpowiednie poprawki wynikające z równań regresji. Ze względu na indywidualne cechy każdego przyrządu zalecane jest prowadzenie kilkuletnich synchronicznych pomiarów za pomocą przyrządów tradycyjnych i automatycznych.

Materiały wpłynęły do redakcji 16 III 2012.

Literatura

- Gorczyński W., 1955, *Czas trwania usłonecznienia w Toruniu na tle usłonecznienia Polski i Europy*. Studia Soc. Scent. Torunensis, Torun-Polonia, II, 1, Sectio C (Geographia et Geologia), 1-27.
- Janiszewski F., 1988, *Instrukcja dla stacji meteorologicznych*. Wyd. Geol., Warszawa.
- Jordan J., 1888, *Jordan's new pattern photographic sunshine recorder*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 14, 67, 212-217, July 1888. Nature 33, 180-181 (24 December 1885) | doi:10.1038/033180b0
- Kejna M., Uscka-Kowalkowska J., 2006, *Porównanie wyników pomiarów meteorologicznych w Stacji ZMŚP w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) wykonanych metodą tradycyjną i automatyczną w roku hydrologicznym 2002*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sec. B, 61, 208-217.
- Kejna M., Uscka-Kowalkowska J., 2009, *Przebieg dobowy wybranych elementów meteorologicznych w Koniczynie w latach 2003-2007*. [w:] Bochenek W., Kijowska M. (red.) *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Szymbark, 84-94.
- Kuczmański M., 1982, *Usłonecznienie i zachmurzenie w Krakowie*. Prz. Geof., 27, 3-4, 241-249.
- Matuszko D., 2011, *Porównanie wartości usłonecznienia mierzonego heliografem Campbella-Stokesa i czujnikiem elektronicznym CSD3*. III Ogólnopolska Konferencja Metodyczna, Problematyka pomiarów i opracowań elementów meteorologicznych, Zwierzyniec, 26-28.09.2011 r., 9-10.
- Morawska-Horawska M., 1985, *Cloudiness and sunshine in Cracov 1861-1980 and its contemporary tendencies*. Journal of Climatology, 5, 633-642.
- Morawska-Horawska M., 2002, *Tendencje zachmurzenia i usłonecznienia Krakowa w latach 1861-1990*. [w:] *Działalność naukowa profesora Władysława Gorczyńskiego i jej kontynuacja*, Sympozjum Klimatologiczne na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika, Toruń, 16-17 IX 1993, 342-351.
- Philipona R., Heimo A., Hoegger B., 1993, *Investigations of solar radiation detectors using a laboratory test facility for solar radiation meteorological instruments*. Solar Energy, 51, 2, 159-163
- Stanhill G., 2003, *Through a glass brightly: Some new light on the Campbell&Stokes sunshine recorder*. Weather, 58, 2-11.
- Uscka-Kowalkowska J., 2010, *The oldest heliographic and actinometric measurements in Poland*. Acta Agroph., Rozprawy i Monografie (5) 184, 24-34.
- WMO, 2006, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. Preliminary seventh edition. WMO-No. 8. Secretariat of the WMO, Geneva.
- Wójcik G., Marciniak K., 1993, *The beginning of observations of sunshine duration in Poland*. Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 95, 101-106.

Streszczenie

W artykule porównano wyniki rejestracji usłonecznienia heliografem Campbella-Stokesa (HCS) i czujnikiem świecenia Słońca DSU12 (DSU12) w Koniczynie k. Torunia w latach 2006-2010. W tym okresie średnie roczne wartości usłonecznienia wyniosły 1644,1 godz. (HCS) i 1699,1 godz. (DSU12). Różnica sięgnęła 55,0 godz., co stanowi 3,3% wartości zmierzonej HCS. Największe różnice występują w cieplej połowie roku, kiedy to DSU12 rejestruje większe usłonecznienie, np. w czerwcu średnio o 24,1 godz., natomiast w chłodnej połowie roku usłonecznienie zarejestrowane przez DSU12 było mniejsze, np. w listopadzie o 9,4 godz. W przeliczeniu na jeden dzień różnice te sięgają od -0,31 godz. w listopadzie do 0,80 godz. w czerwcu. W wartościach względnych najmniejsze różnice występują w marcu (1,7%), kwietniu (1,5%) i wrześniu (3,7%). Zdecydowanie większe różnice, sięgające -44,7% miesięcznego usłonecznienia, występują w grudniu. Przeprowadzona analiza wykazała wyraźną zmienność sezonową różnic usłonecznienia między porównywanymi przyrządami. Dlatego też przy przeliczaniu miesięcznych sum usłonecznienia celowe jest stosowanie odrębnych równań regresji do każdego z miesięcy. W tym celu, ze względu na indywidualne cechy każdego przyrządu, celowe jest prowadzenie kilkuletnich synchronicznych pomiarów za pomocą przyrządów tradycyjnych i automatycznych.

Słowa kluczowe: usłonecznienie, heliograf Campbella-Stokesa, DSU12, Koniczynka

Summary

In the article are compared the results of recording sunshine duration using a Campbell-Stokes heliograph (HCS) and a DSU12 sunshine duration sensor (DSU12) carried out at Koniczynka near Toruń in the years of 2006-2010. In the analysed period the annual mean values of sunshine duration were recorded as 1644.1 hours (HCS) and 1699.1 hours (DSU12). The difference reached 55 hours, i.e. 3.3%. The biggest differences occurred in the warm half of the year, when the DSU12 recorded more sunshine, e.g. on average 24.1 hours more in June. However in the cold months of the year the sunshine duration recorded using the sensor was shorter, e.g. at 9.4 hours in November. The average differences per day ranged from -0.31 hours in November to +0.80 hours in June. In relative values, the smallest differences occurred in March (1.7%), April (1.5%) and September (3.7%). Considerably larger differences, reaching -44.7% of monthly sunshine duration, were observed in December. The comparison demonstrated a distinct seasonal variability of the differences in sunshine duration between compared recorders. Therefore, it seems reasonable to apply separate regression equations for each month to determine monthly sums of sunshine duration. To this end, due to specific characteristics of each instrument, it is advisable to keep parallel records for several years using traditional and automatic recorders.

Key words: sunshine duration, Campbell-Stokes heliograph, DSU12, Koniczynka

Marek Kejna
marek.kejna@umk.pl

Joanna Uscka-Kowalkowska
joannauk@umk.pl

Zakład Klimatologii, Instytut Geografii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu