

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. III, 8.

SECTIO B

1948

Z Zakładu Geografii Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego U. M. C. S.
Kierownik: prof. dr Adam Malicki

Włodzimierz ZINKIEWICZ

O parowaniu wody w Puławach w latach 1946—1947

(na podstawie spostrzeżeń ewaporometrem Wild'a)

**Sur l'évaporation de l'eau à Puławy au cours des
années 1946 et 1947**

(à base des observations au moyen de l'évaporomètre de Wild)

Parowanie wody w powietrzu, może być i jest uważane za ważny czynnik klimatyczny. Wprowadzone przez Hann'a pojęcie „siły ewaporacji“ danego klimatu, daje pewne podstawy do przeprowadzania regionizacji klimatycznej, rzuca wiele światła na zjawisko transpiracji roślin, a nadto pozwala na głębsze ujęcie zagadnienia odczuwania temperatury powietrza przez człowieka.

W ekologii roślin i w rolnictwie, doniosłe znaczenie praktyczne posiada określenie warunków kształtujących wielkość transpiracji u roślin. Nie trzeba dodawać, że transpiracja wody przez rośliny, stanowi jeden z bardzo ważnych czynników, decydujących o fizjologicznych czynnościach, a niekiedy i o życiu rośliny. Wiadomą i znaną rzeczą jest fakt, iż przy zwiększonej i nadmiernej transpiracji, następuje ubytek wody w organizmie roślinnym, wody tak nieodzownej dla normalnego przebiegu funkcji fizjologicznych, co spowodować może zwiednięcie rośliny, a często i całkowite zniszczenie życia.

Dla człowieka, zaistnienie warunków sprzyjających zwiększeniu parowania wody, równoznaczne jest ze wzrostem ochładzania organizmu, przedstawiającym ogromne znaczenie w ciepłej części roku, które to ochładzanie spełnia ważną obronną rolę dla organizmu przed szkodliwym działaniem wysokich temperatur. Zahamowanie parowania pociąga za sobą nie tylko tego rodzaju przykre konsekwencje, jak osłabienie funkcji fizjologicznych i psychicznych człowieka, ale prowadzić może do udaru cieplnego i do śmierci.

W związku z tym zagadnieniem, Szymkiewicz¹⁾ wprowadza pojęcie „wskaźnika parowania ciała ludzkiego“, stanowiącego różnicę prężności pary na powierzchni skóry ludzkiej (prężność pary nasyconej przy 35° wynosi 41,8 mm) i prężności pary w powietrzu. Otóż, według prof. Szymkiewicza, szybkość parowania z powierzchni ciała ludzkiego jest proporcjonalna do „wskaźnika parowania ciała ludzkiego“.

W przypadku, gdy wartość „wskaźnika parowania“ maleje w kierunku zera, może nastąpić udar cieplny.

Nie jest moim zadaniem w niniejszej pracy, zajmować się tym ostatnim zagadnieniem. Niemniej jednak, tytułem przykładu, chcę zwrócić uwagę, że w Puławach²⁾ „wskaźnik parowania ciała ludzkiego“, w okresie przeze mnie opracowywanym³⁾ osiągnął w 1946 roku, jako wartość minimalną 23,7 (19 sierpień 1946 r. godz. 13.32), a jako maksymalną 40,9 (19 grudnia 1946 r. godz. 6.32); w roku 1947 minimalna wartość „wskaźnika parowania ciała ludzkiego“ wynosiła 22,8 (30 czerwca 1947 r. godz. 13.32), a maksymalna 41,3 (7 lutego 1947 r. godz. 6.32).

Z liczb tych wynika, że w Puławach, w omawianym okresie czasu nie było warunków sprzyjających udarowi cieplnemu, ale wartości ok. 20 dla „wskaźnika parowania ciała ludzkiego“ pociągają za sobą poważne zmiany fizjologiczne i psychiczne.

Ogólnie znana jest rzeczą, że parowanie wody w powietrzu zależne jest od zdolności dyfuzyjnej powietrza, a ta z kolei pozostaje w ścisłym związku z ciśnieniem atmosferycznym, temperaturą, z prężnością pary wodnej, z prędkością wiatru.

Według Hann'a⁴⁾ parowanie wody jest proporcjonalne do niedosytu wilgotności, jest większe w promieniach słońca, aniżeli w cieniu i pozostaje w związku z wysokością bezwzględną, a tym samym, z wielkością ciśnienia atmosferycznego.

Systematyczne spostrzeżenia dotyczące parowania wody w powietrzu ze swobodnej powierzchni, są czynione w stosunkowo nielicznych stacjach meteorologicznych w Polsce. Strona instrumentalna zagadnienia

1) Dezydery Szymkiewicz. O niedosycie wilgotności. Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego. Kraków 1923.

2) Opracowanie oparte zostało na materiałach stacji meteorol. w Puławach.

3) Okres opracowany — 1946 i 1947 (archiwum stacji meteorologicznej puławskiej zostało przez Niemców wywiezione i stąd konieczność ograniczenia się do dwóch lat istniejących spostrzeżeń).

4) Julius von Hann, Handbuch der Klimatologie. Wyd. 4. przerob. przez Knoch'a. Julius von Hann, Lehrbuch der Meteorologie. Wyd. 4, oprac. przez Süring'a.

przedstawia się również o tyle niewłaściwie, że nie pracuje się na przyrządach jednolitego systemu, że warunki ich zainstalowania nie są zidentyfikowane, a zatem, materiały obserwacyjne, pochodzące ze wskazań różnych przyrządów, nie są porównywalne.

Materiał obserwacyjny, który został opracowany w niniejszej pracy, pochodzi ze stacji meteorologicznej w Puławach, gdzie pomiary parowania prowadzone są przy pomocy ewaporometru systemu Wild'a, zainstalowanego w klatce systemu angielskiego, na wysokości 2 m, o powierzchni parującej wielkości 250 cm kw.

Jakkolwiek można mieć zastrzeżenia, co do takiego sposobu zainstalowania pomiarowego przyrządu parowania wody z wolnej powierzchni, w szczególności z punktu widzenia potrzeb rolnictwa, jednakże tą drogą uzyskuje się większą porównywalność z innymi elementami meteorologicznymi, mierzonymi na tym samym poziomie, oraz osiąga się np. wyeliminowanie zakłócającego wpływu inwersyj temperatury. Z drugiej strony, do najbardziej ujemnych cech tego rodzaju instalacji, należy ograniczenie swobody oddziaływania wiatru.

Parowanie wody w przebiegu rocznym

Ogłoszone drukiem publikacje ⁵⁾ omawiające zagadnienia klimatyczne Puław, bardzo pobieżnie traktują problem parowania wody. Oczywiście, opracowania te miały inny cel, chodziło bowiem o pewien całokształt stosunków klimatycznych panujących w Puławach. Dlatego gdy idzie o kwestię parowania, Grabowski nie przytacza żadnych liczb i ujmuje to zagadnienie w kilku ogólnych uwagach, a Panowicz i Lehmann ograniczają się wyłącznie do obliczenia 20-letnich średnich miesięcznych i rocznych, przedstawiając dla Puław przebieg roczny parowania.

Liczyby Panowicza i Lehmann'a przedstawiają się następująco:

Tabela I

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Sumy parowania	8.4	11.4	23.0	45.0	70.9	78.9	74.7	65.1	40.9	27.3	15.2	9.2	433
Parowanie dzienne w mm	0.27	0.41	0.74	1.46	2.08	2.39	2.19	1.75	1.24	0.96	0.74	0.42	1,22

⁵⁾ Jan Grabowski; Wyniki spostrzeżeń meteorologicznych w Puławach w związku z ogólnymi klimatycznymi stosunkami Polski. Pam. P. I. N. G. W. w Puławach, t. 7, Kraków 1926.

Panowicz i Lehmann, Das Klima von Puławy. Berichte der Landwirtschaftlichen Forschungsanstalt des Generalgouvernements. Kraków 1943.

Średnia roczna suma parowania wynosi w Puławach 433 mm wody. Granice średnich rocznych sum parowania, według P a n o w i c z a i L e h m a n n' a, wynoszą 357 i 597 mm. Wymienieni autorzy przytaczają dla porównania, cytowane za H a n n' e m i S ü r i n g' i e m, średnie sumy roczne parowania dla Poczdamu 450 mm, Londynu 380 mm, Leningradu 300 mm, Kiszyniewa 550 mm, Lugano 740 mm oraz Taszken-
tu 1340 mm.

Porównywalność tych liczb jest do pewnego stopnia problematyczna; z pewnym przybliżeniem jednak można wyprowadzić z nich wnioski, że wielkość parowania kształtuje się inaczej w klimacie oceanicznym, mianowicie jest stosunkowo niewielka (w strefie średnich szerokości geograficznych), wzrasta natomiast bardzo silnie w klimacie kontynentalnym. Wysoka na ogół wartość dla Lugano, stanowi dowód zależności parowania od rzeźby terenu. W górach parowanie wody ulega bowiem zwiększeniu, ze względu na zmniejszone ciśnienie atmosferyczne.

Suma roczna parowania wody w Puławach w 1946 roku wynosiła 563,5 mm, w 1947 r. 555,4 mm.

Sumy miesięczne parowania w obu opracowywanych latach wynosiły:

Tabela II

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1946	16.8	14.2	37.6	69.1	97.0	69.1	88.9	73.5	49.7	28.3	9.2	10.1	563.5
1947	5.3	3.1	22.6	64.9	99.1	73.8	99.8	66.9	47.6	33.5	23.3	15.8	555.4

Odchylenia parowania od średnich P a n o w i c z a i L e h m a n n' a:

Tabela III

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1946	+8.4	+2.8	+14.6	+24.1	+26.1	-9.8	+14.2	+8.4	+8.8	+1.0	-6.0	+0.9	+130.5
1947	-3.1	-8.3	-0.4	+19.6	+28.2	-5.1	+25.1	+1.8	+6.7	+6.2	+8.1	+6.6	+122.4

Parowanie wody w Puławach było tak w 1946, jak i w 1947 roku znacznie wyższe w porównaniu do 20-letniej średniej P a n o w i c z a i L e h m a n n' a. Odchylenia sum miesięcznych parowania były w 1946 r., za wyjątkiem czerwca i listopada, odchyleniami dodatnimi, W 1947 r.

odchylenia ujemne wystąpiły w I, II, III i VI. Charakterystyczne są odchylenia ujemne przypadające na czerwiec tak w 1946, jak i w 1947 roku, które wskazują na widoczną niższą parowania w miesiącu czerwcu obu lat.

Biorąc pod uwagę ekstremalne sumy roczne parowania dla Puław z okresu 20-lecia i porównując je z sumami 1946 i 1947 r., należy stwierdzić, że oba opracowywane lata miały wartości parowania znacznie bliższe górnej granicy, aniżeli dolnej, co wskazuje na bardziej kontynentalne warunki w porównaniu z normalnymi.

Rozkład parowania w poszczególnych porach roku przedstawiał się jak następuje:

Sumy parowania w poszczególnych porach roku 1946 w Puławach

wiosna	lato	jesień
203,7 mm	231,5 mm	87,2 mm

Sumy parowania w poszczególnych porach roku 1947 w Puławach

XII. 1946 } zima	wiosna	lato	jesień
I. 1947 } 18,5 mm	186,3 mm	240,5 mm	104,4 mm
II. 1947 }			

Średnie sumy parowania w poszczególnych porach roku z okresu 20-lecia w Puławach

zima	wiosna	lato	jesień
29,0 mm	138,9 mm	218,7 mm	83,4 mm

Jakkolwiek roczna suma parowania w 1946 r. była wyższa od takiejże sumy w 1947 r., jednakże lato i jesień 1947 r. odznaczały się wysokimi wartościami parowania, które zadecydowały o tym, że okres wegetacyjny 1947 r. miał wyższe parowanie, aniżeli podobny okres 1946 r.

Okres wegetacyjny 1946 r. Okres wegetacyjny 1947 r.

(IV—X)	(IV—X)
475,6 mm	485,3 mm

Z wartości średnich P a n o w i c z a i L e h m a n n ' a można wyliczyć, że w okresie wegetacyjnym w Puławach, przeciętnie wyparuje rocznie 402,8 mm.

W zestawieniu z liczbami lat 1946 i 1947 widać, że parowanie w opracowywanym okresie było znacznie większe aniżeli normalne.

Obok wartości bezwzględnych, należy również wziąć pod uwagę względne wielkości parowania, które jak wiadomo, dają lepszy wgląd w sprawę czasowego rozmieszczenia tego elementu w okresie roku, wyrażając jednocześnie stosunek do sumy rocznej.

Tab. IV

Rozkład parowania w % w Puławach wg średnich 20-letn.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1.9	2.6	5.3	10.3	16.3	18.2	17.2	15.0	9.4	6.3	3.5	2.1	100
zima		wiosna			lato		jesień		okres wegetac.			
6.6%		31.9%			50.5%		19.2%		93.0%			

Szczególnie charakterystyczne są liczby ujmujące procentowo wielkość parowania w poszczególnych porach roku. Z liczb tych czytamy, nie tylko to, że maksymalne parowanie występuje w Puławach w ciągu lata, ale że na tę porę roku przypada przeciętnie połowa całkowitego parowania rocznego, a na okres wegetacyjny aż 93%. Dalej, że parowanie letnie jest blisko 8 razy większe od zimowego, a wiosenne większe od jesiennego.

Tab. V

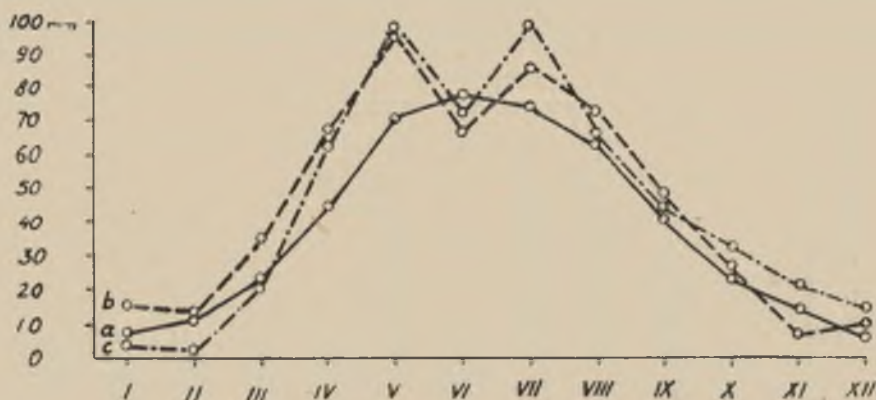
Rozkład parowania w % w Puławach w latach 1946 — 1947

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1946	3.0	2.5	6.7	12.3	17.2	12.3	15.8	13.0	8.8	5.0	1.6	1.8	100
1947	1.0	0.6	4.1	11.6	17.8	13.3	18.1	12.0	8.6	6.0	4.2	2.8	100
	zima		wiosna			lato		jesień		okres wegetac.			
1946	—		36.2%			41.1%		15.5%		84.4%			
1947	3.4%		33.5%			43.3%		18.8%		87.4%			

Zestawienie procentowych wartości parowania z poszczególnych pór roku 1946 i 47 z takimiż wartościami okresu 20-lecia, wskazuje, że lato wymienionych dwóch lat miało parowanie niższe w stosunku do sumy rocznej, aniżeli średnio mieć powinno. Podobnie przedstawiają się stosunki w okresie wegetacyjnym oraz w jesieni. Parowanie wiosenne przewyższało średnie, przypadające na tę porę roku.

Badając przebieg roczny parowania w Puławach na podstawie różnic parowania z miesiąca na miesiąc, dochodzimy do interesujących wniosków (ryc. 1). Ze średniego przebiegu 20-letniego wynika, że przyrost parowania trwa od stycznia do maja, kiedy osiąga swoje roczne maksimum. W tym okresie czasu następuje z miesiąca na miesiąc gwałtowny wzrost parowania, a z kwietnia na maj staje się największy (25,9 mm).

Od maja do czerwca przyrost jest już bardzo niewielki, bo wynosi tylko 8 mm, a od tego momentu rozpoczyna się spadek, początkowo niewielki i dopiero z sierpnia na wrzesień gwałtowny ($-24,2$ mm). Do końca roku, liczby spadku parowania z miesiąca na miesiąc, stopniowo zmniejszają się. Przełomowe momenty w ciągu roku, wprowadzające skokowe zmiany w przebiegu rocznym parowania, stanowią IV—V oraz VIII—IX.



Ryc. 1. Przebieg roczny parowania wody w Puławach. *a* — średnie 20-letnie, *b* — w 1946 r., *c* — w 1947 r.

Fig. 1. Le cours annuel de l'évaporation de l'eau à Puławy. *a* — moyennes de ans, *b* — de l'an 1946, *c* — du 1947.

W latach 1946 i 1947 przebieg roczny różnic parowania z miesiąca na miesiąc przedstawiał się inaczej. W obu latach maksymalny przyrost roczny miał miejsce nie z kwietnia na maj, jak to widzieliśmy w średnim przebiegu, ale wcześniej, bo z marca na kwiecień. Przyrosty te znacznie przewyższały maksymalny przyrost średni. Z maja na czerwiec zaznacza

Tab. VI

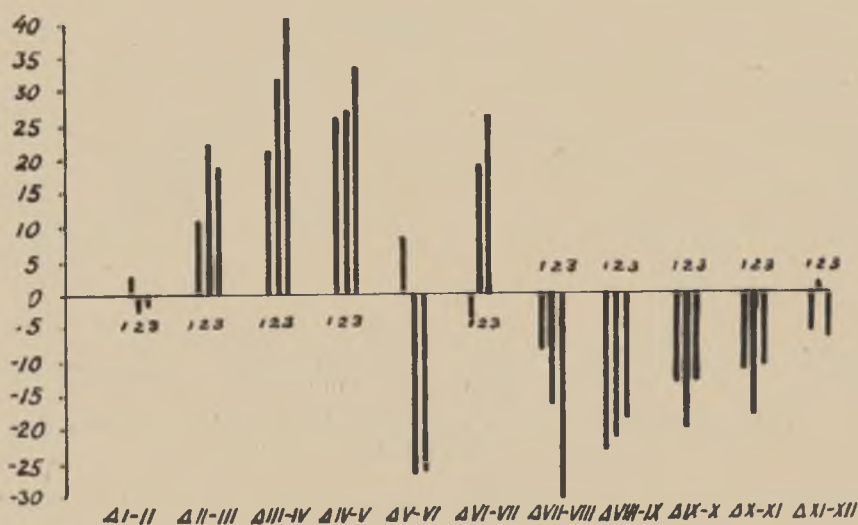
Różnice parowania z miesiąca na miesiąc w Puławach

	Δ I/II	Δ II/III	Δ III/IV	Δ IV/V	Δ V/VI	Δ VI/VII	Δ VII/VIII	Δ VIII/IX	Δ IX/X	Δ X/XI	Δ XI/XII
średn. 20-let.	3.0	11.6	22.0	25,9	8.0	-4.2	-9.6	-24.2	-13.6	-12.1	-6.0
1946	-2.6	23.4	31,5	27.9	-27.9	19.8	-15.4	-22.8	-22.4	-19.1	0.9
1947	-2.2	19.5	42.0	34.5	-25,3	26.0	-32.9	-19.3	-14.1	-10.2	-7.5

się w obu przebiegach, znane nam już, czerwcowe minimum parowania. Ta ujemna wartość Δ V—VI wprowadza wyraźne zakłócenie w tych

przebiegach. Od czerwca do lipca następuje znowu wzrost parowania i dopiero od lipca zaznacza się spadek. Charakter przebiegu w obu rozpatrywanych latach był niemal analogiczny, jakkolwiek bardziej skokowy był przebieg 1947 roku.

Wyniki powyższe skłaniają ku temu, by bliżej rozpatrzeć charakter zmian parowania występujących w każdym miesiącu przebiegu rocznego. Ponieważ sumy miesięczne parowania nic nie mówią o zmienności parowania w ciągu miesiąca, jak również o rozkładzie parowania w tych



Ryc. 2. Różnice parowania z miesiąca na miesiąc w Puławach
1 — średnie 20-letnie, 2 — rok 1946, 3 — rok 1947.

Fig. 2. Les différences d'évaporation d'un mois au suivant à Puławy
1 — moyennes de 20 ans, 2 — en 1946, 3 — en 1947.

interwałach czasowych, należy rozpatrzeć częstotliwość występowania sum parowania w odpowiednio przyjętych granicach, w przebiegu rocznym.

W roku 1946, w styczniu największą częstotliwością (83,8%) odznaczały się najmniejsze sumy dobowe parowania (0—1 mm). W miesiącu tym zresztą, granice wahań wielkości sum parowania dobowego były stosunkowo silnie zwężone w porównaniu z innymi miesiącami (od 0 mm — 2 mm). W lutym tegoż roku, granice wahań nie zostały jeszcze rozszerzone, jednakże najmniejsze parowanie (0 mm — 0,5 mm) osiągnęło większą częstotliwość, aniżeli w styczniu (57,1% gdy w I. 41,9%). W marcu, kiedy sumy dobowego parowania wyraźnie się zwiększyły, maksimum częstotliwości przypada na 1--1,5 mm sumy dobowego parowania, bo ta

suma parowania osiągnęła 32,3⁰%. Granice wahań wielkości poszczególnych sum parowania znacznie się rozszerzyły, bo objęły wartości od 0 mm do 3,5 mm. Maksymalne wartości dobowych sum parowania w marcu zamykały się w granicach 3 mm do 3,5 mm. W kwietniu było już nieotworzone parowanie w granicach od 0—0,5 mm. Największa częstotliwość przesuwa się natomiast ku wartościom wyższym, bo maksimum obejmujące 26,7⁰% przypadków w ciągu tego miesiąca, odnosi się do parowania w granicach 1,5—2 mm. Granice wahań parowania obejmują wartości od 0,5 mm do 4 mm. W maju brak minimalnych wartości parowania dobowego od 0 do 1 mm. Maksimum częstotliwości występuje dwukrotnie. Jest 7 dni (22,6⁰%) o wartościach parowania 2 do 2,5 mm, oraz 7 o wartościach 3,5 do 4 mm. Granice parowania rozszerzają się w maju znacznie, bo obejmują wahania wielkości sum parowania od 1 mm do 5 mm. Maksimum dobowe parowania przypada w maju na wartości 4,5 do 5 mm. Czerwiec, podobnie jak maj, nie posiada parowania poniżej 1 mm sumy dziennej. Największa częstotliwość o 9 przypadkach (30,0⁰%) obejmuje wartości 1,5 do 2 mm. Zarówno maksimum częstotliwości, jak i górna granica parowania (4—4,5 mm) wskazują na ograniczenie wahań parowania w czerwcu w stosunku do miesiąca poprzedniego. W lipcu, granice wahań parowania ulegają znowu rozszerzeniu, bo obejmują wartości od

Tab. VII

Częstotliwość występowania odpowiednich sum parowania dobowego w dniach, w 1946 r. w Puławach

Dobowe sumy parowania w mm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
0 — 0.5	13	16	5	0	0	0	0	0	0	7	23	23	87
0.5 — 1.0	13	8	7	1	0	0	1	3	3	12	7	7	62
1.0 — 1.5	4	3	10	4	1	4	4	2	8	8	0	1	49
1.5 — 2.0	1	1	4	8	2	9	2	7	10	0	0	0	44
2.0 — 2.5	0	0	3	3	7	4	6	8	8	4	0	0	43
2.5 — 3.0	0	0	0	6	4	6	4	3	1	0	0	0	24
3.0 — 3.5	0	0	2	5	3	4	3	5	0	0	0	0	22
3.5 — 4.0	0	0	0	3	7	1	3	0	0	0	0	0	14
4.0 — 4.5	0	0	0	0	4	2	6	2	0	0	0	0	14
4.5 — 5.0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	4
5.0 — 5.5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
5.5 — 6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.0 — 6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.5 — 7.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

0,5 mm do 5,5. Brak wartości parowania poniżej 0,5 mm. Jak w maju, zjawiają się dwa maksima częstotliwości (6 dni cz. 19,4% przypadków z sumami od 2 do 2,5 mm i 6, z sumami 4 do 5,5 mm). Maksymalne parowanie występuje w granicach 5–5,5 mm dobowych sum parowania. Sierpień 1946 r. jako miesiąc, w którym wystąpiła najwyższa wartość sumy dobowej parowania wody (6,6 mm), odznacza się również najbardziej rozszerzonymi granicami wahań sum parowania (od 0,5 mm do 7 mm) na przestrzeni tego roku. Z liczb tabeli wynika, że maksymalne dobowe parowanie sierpnia 1946 r., stanowiło odosobniony wyjątek nawet dla tego miesiąca (brak sum parowania 3,5–4 mm, 4,5–5 mm, 5–5,5 mm, 5,5–6 mm, 6–6,5 mm). Najczęściej występujące w sierpniu parowanie dobowe (25,8%) objęte było granicami 2–2,5 mm.

We wrześniu rozpiętość granic, wahań dobowych sum parowania ulega gwałtownemu skurczeniu. Minimalne wartości obejmują sumy dobowe od 0,5 mm, maksymalne kończą się na 3 mm. Maksimum częstotliwości występowania odpowiednich sum parowania przypada na sumy od 1,5 do 2 mm i obejmuje 33,3%. Październik ma najczęściej zjawiające się sumy parowania od 0,5 do 1 mm (38,7%). Granice wahań parowania, 0–2,5 mm. W listopadzie, kiedy sumy dobowe parowania stają się już bardzo małe (maksimum częstotliwości, 76,7% przypada na wartości 0–0,5 mm), również rozpiętość wahań dobowych sum parowania zmniejsza się do największych granic w roku (od 0–1 mm). Listopad zatem nie posiada dobowego parowania większego od 1 mm. Grudzień zachowuje się nieomal analogicznie do listopada. Jednakże granice wahań parowania rozszerzają się do 1,5 mm.

Reasumując, należy powiedzieć, że w 1946 r. w Puławach, częstotliwość występowania dobowych sum parowania w przebiegu rocznym, kształtuje się w ten sposób, że w miesiącach zimowych i w okresie późnej jesieni, do najczęstszych, występujących prawie każdego dnia, należy parowanie bardzo małe o sumach maksymalnie dochodzących do 2 mm.

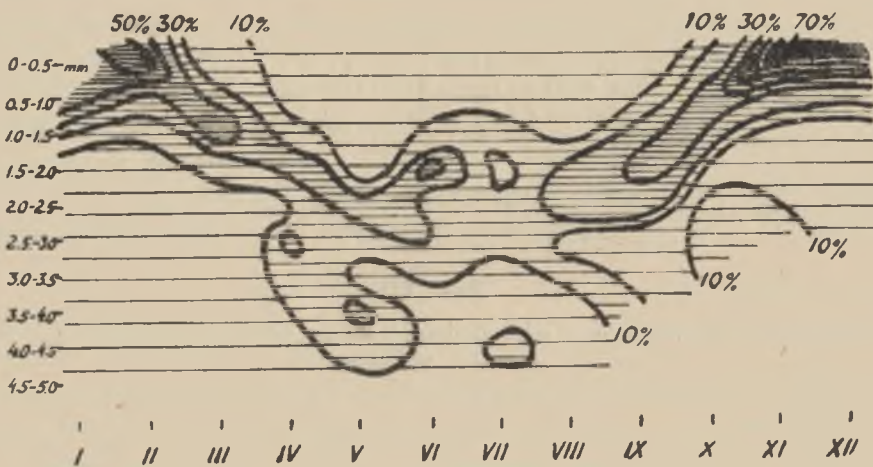
Większa różnorodność wielkości dobowych sum parowania oraz rozszerzenia granic wahań parowania, obserwuje się w szczególności w miesiącach wiosny, nieco mniej jesieni, a głównie w miesiącach lata.

**Częstotliwość występowania odpowiednich sum parowania dobowego w %
na przestrzeni całego 1946 r. w Puławach**

0 – 0,5 mm . . . 23,8%	3,5 – 4,0 mm . . . 3,8%
0,5 – 1,0 „ . . . 17,0%	4,0 – 4,5 „ . . . 3,8%
1,0 – 1,5 „ . . . 13,4%	4,5 – 5,0 „ . . . 1,1%
1,5 – 2,0 „ . . . 12,1%	5,0 – 5,5 „ . . . 0,3%
2,0 – 2,5 „ . . . 11,8%	5,5 – 6,0 „ . . . 0
2,5 – 3,0 „ . . . 6,6%	6,0 – 6,5 „ . . . 0
3,0 – 3,5 „ . . . 6,0%	6,5 – 7,0 „ . . . 0,3%

Na przestrzeni całego roku, najczęściej występowało parowanie dobowe w granicach 0—0,5 mm (23,8%). Suma dobowa parowania wynosząca powyżej 5 mm należała do zupełnych wyjątków (0,6%).

Rozmieszczenie częstotliwości występowania sum parowania w przyjętych granicach, o przypadających na poszczególne miesiące roku dobrze ilustrują izoplety owej częstotliwości (ryc. 3). Z rysunku czytamy, że najwyższy odsetek, bo ponad 70% częstotliwości sum parowania w granicach 0—0,5 mm występuje w listopadzie i grudniu. W miesiącach tych widzi się również charakterystyczne zwięźnienie granic parowania do maksimum 1,5 mm. Od owych miesięcy wysuwa się język izoplet, nachylony ku wyższym wartościom sum dobowych parowania. Po drugiej stronie



Ryc. 3. Izoplety częstotliwości występowania sum parowania w 1946 r. w Puławach.
Fig. 3. Les isopletes de la fréquence de réitération des sommes d'évaporation à Puławy en 1946.

obrazu, od miesięcy zimy (I i II) wysunięty jest drugi język, również w kierunku zwiększających się wartości parowania. W okresie lata widać wyraźne rozszerzanie się granic wielkości sum parowania, przy równoczesnym zmniejszeniu częstotliwości ich występowania.

W 1947 r., styczeń odznaczał się jeszcze węższymi granicami wahań dobowych sum parowania, aniżeli styczeń roku poprzedniego (0—1,5 mm). (Tab. VIII). Charakterystyczne było to, że niemal cały miesiąc (29 dni) miał parowanie minimalne od 0 do 0,5 mm. Jedynie w dwóch dniach, sumy dobowe, przekroczyły tę granicę i sięgnęły do 1,5 mm. Luty miał najwęższe granice wahań dobowych sum parowania w całym roku 1947 (0—1 mm). W ciągu 27 dni, sumy dobowe parowania nie przekraczały 0,5 mm. W jednym tylko przypadku, suma dzienna parowania stała się

wyższa (0,5—1 mm). W marcu, maksimum częstotliwości (41,9%) odnosi się również do najmniejszych wartości (0—0,5 mm). Rozpiętość wahań od 0—3 mm. Kwiecień nie miał już sum dziennych parowania poniżej 0,5 mm. Wartości te wahają się w granicach od 0,5 mm do 4 mm. Do najczęstszych (26,7%) należały sumy dobowe 1,5 do 2 mm. W maju sumy dzienne parowania obejmowały wartości od 1 mm wzwyż i sięgały aż do 5,5 mm. Maksimum częstotliwości wystąpiło dwukrotnie: przy wartościach parowania 3—3,5 mm (19,4%) i przy wartościach 3,5—4 mm (19,4%). Czerwiec, który posiadał najwyższą sumę dzienną parowania (7,0 mm) na przestrzeni roku (1947), miał granice wahań parowania najbardziej rozszerzone w porównaniu z innymi miesiącami (0,5—7,5 mm). Maksymalna suma dobową parowania stanowi wyjątek w tym miesiącu. Do najczęstszych (20,0%) należało parowanie 1,5—2 mm, co świadczy raczej o małym parowaniu w tym miesiącu. Lipiec nie posiadał sum parowania poniżej 1 mm. Maksimum częstotliwości (29,0%) przypadało na wartości 3—3,5 mm sumy dobowej. Największe parowanie dobowe wystąpiło tylko raz w miesiącu, w interwale 6—6,6 mm. W sierpniu, rozpiętość wahań parowania obejmowała sumy dobowe od 0 do 5,5 mm. Najczęściej (25,8%) występowało parowanie 1—1,5 mm. Wrzesień miał

Tab. VIII

Częstotliwość występowania odpowiednich sum parowania dobowego w dniach, w 1947 r. w Puławach

Dobowe sumy parowania w mm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
0 — 0,5	29	27	13	0	0	0	0	2	3	4	11	20	109
0,5 — 1,0	1	1	9	1	0	2	0	5	5	9	9	6	48
1,0 — 1,5	1	0	5	5	2	5	2	8	5	12	4	2	51
1,5 — 2,0	0	0	3	8	4	6	2	3	7	4	4	2	43
2,0 — 2,5	0	0	0	7	3	5	4	1	5	1	2	1	29
2,5 — 3,0	0	0	1	3	2	5	3	2	3	1	0	0	20
3,0 — 3,5	0	0	0	3	6	2	9	1	2	0	0	0	23
3,5 — 4,0	0	0	0	3	6	2	3	4	0	0	0	0	18
4,0 — 4,5	0	0	0	0	5	0	5	3	0	0	0	0	13
4,5 — 5,0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	5
5,0 — 5,5	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	4
5,5 — 6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0 — 6,5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
6,5 — 7,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,0 — 7,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

maksimum częstotliwości (23,3%) przypadające na wartości 1,5—2 mm. Granice wahań dobowych sum parowania obejmowały 0—3,5 mm. W październiku, (podobnie jak w marcu), maksymalne sumy dobowe parowania nie przekraczały 3 mm (0—3 mm). Najczęściej (38,7%) występowało parowanie w granicach 1—1,5 mm. W listopadzie maksimum częstotliwości przesunęło się na wartości 0—0,5 (36,7%). Najwyższe wartości sum dobowych parowania nie przekraczały 2,5 mm. Grudzień miał również najczęstsze parowanie w granicach 0—0,5 mm (64,5%). Wahania sum dobowych parowania obejmowały interwał 0—2,5 mm.

W całym 1947 r., analogicznie do tego co można było obserwować w poprzednim roku, granice wahań dobowych sum parowania były najbardziej zwężone w miesiącach zimowych, w styczniu i lutym. To zwężenie granic dobowych wahań parowania, równoznaczne było z ogromną jednorodnością dobowych sum parowania w okresie zimy. Największe rozszerzenie granic wahań dobowego parowania występowało w lecie. W tej porze roku, miała też miejsce największa różnorodność wielkości dobowych sum parowania. Wiosna odznaczała się większą różnorodnością dobowych sum parowania, aniżeli jesień.

Podobnie, jak w roku 1946, najczęściej występowało najmniejsze parowanie w granicach od 0 do 0,5 mm (109 dni w roku). Sumy dobowe parowania o wielkości 4,5 do 5 mm należały do bardzo nielicznych. W ciągu całego roku było tylko 5 dni z takimi wartościami parowania, a jeszcze wyższe, od 5 do 5,5 mm, jedynie 4 dni w roku. Wreszcie najwyższe sumy parowania 6—6,5 mm, oraz 7—7,5 mm wystąpiły tylko w dwóch przypadkach w całym roku.

Częstotliwość występowania odpowiednich sum parowania dobowego
w % na przestrzeni całego 1947 r. w Puławach

0 — 0,5 mm . . . 29,9%	4,0 — 4,5 mm . . . 3,6%
0,5 — 1,0 „ . . . 13,2%	4,5 — 5,0 „ . . . 1,4%
1,0 — 1,5 „ . . . 14,0%	5,0 — 5,5 „ . . . 1,1%
1,5 — 2,0 „ . . . 11,8%	5,5 — 6,0 „ . . . 0
2,0 — 2,5 „ . . . 7,9%	6,0 — 6,5 „ . . . 0,3%
2,5 — 3,0 „ . . . 5,5%	6,5 — 7,0 „ . . . 0
3,0 — 3,5 „ . . . 6,3%	7,0 — 7,5 „ . . . 0,3%
3,5 — 4,0 „ . . . 4,9%	

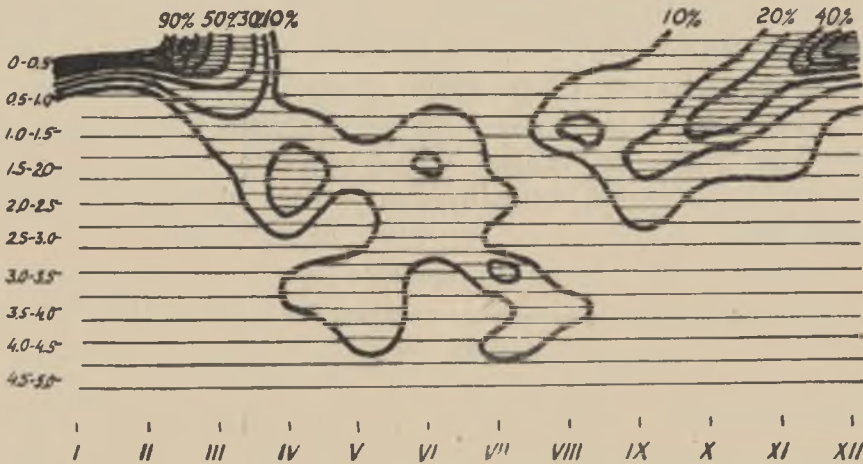
Wykreślone na ryc. 4 izoplety rozmieszczenia częstotliwości występowania sum parowania w 1947 r. orientują w procentowym rozkładzie częstotliwości na poszczególne miesiące roku.

Z zagadnieniem częstotliwości wiąże się zmienność parowania z dnia na dzień. Obliczając tę zmienność według wzoru

$$\frac{\sum [(a-b) + (b-c) + (c-d) + \dots + n\Delta]}{n}$$

gdzie n jest liczbą dni miesiąca, a wyrazy $(a-b)$ itd., są różnicami sum dobowych parowania dwóch sąsiednich dni, otrzymujemy charakterystyczny przebieg roczny.

Zmienność parowania z dnia na dzień jest w okresie rocznym największa w lecie, minimalna zmienność przypada na miesiące zimy. Letnia zmienność jest pięciokrotnie większa od zimowej. Wiosna odznacza się nieco wyższymi wartościami zmienności w porównaniu z jesienią.



Ryc. 4. Izoplety częstotliwości występowania sum parowania w 1947 r. w Puławach.

Fig. 4. Les isopletes de la fréquence de réitération des sommes d'évaporation à Puławy en 1947.

Większa zmienność idzie w parze, z podkreślonym poprzednio zjawiskiem, rozszerzania się granic wahań dobowych sum parowania; wraz ze zwężaniem się tych granic, zmienność maleje. Lato 1947 r. posiadało nieco większą zmienność, niż lato 1946 r.

Tab. IX

Zmienność parowania z dnia na dzień w Puławach

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1946 r.	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	0.5	0.7	1.1	0.6	0.5	0.2	0.2	0.6
1947 r.	0.2	0.1	0.5	0.8	0.9	1.0	1.0	0.7	0.5	0.4	0.7	0.4	0.6

Przyjmując sumy dobowe parowania w interwale 0—2 mm za parowanie małe, zaś w przedziale 2—4 mm za parowanie średnie, a w granicach 4—8 mm za parowanie duże, obliczyłem dla każdego miesiąca ilość dni z parowaniem małym, średnim i dużym.

Tab. X

Okresy małego, średniego i dużego parowania w Puławach
(ilość dni w miesiącu)
Małe parowanie

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Rok 1946	31	28	26	13	3	13	7	12	21	27	30	31	242
Rok 1947	31	28	30	14	6	13	4	18	20	29	28	30	251
średnia	31	28	28	13.5	4.5	13	5.5	15	20.5	28	29	30.5	246.5

Średnie parowanie

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Rok 1946	0	0	5	17	21	15	16	16	9	4	0	0	103
Rok 1947	0	0	1	16	17	14	19	8	10	2	2	1	90
średnia	0	0	3	16.5	19	14.5	17.5	12	9.5	3	1	0.5	96.5

Duże parowanie

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Rok 1946	0	0	0	0	7	2	8	3	0	0	0	0	20
Rok 1947	0	0	0	0	8	3	8	5	0	0	0	0	24
średnia	0	0	0	0	7.5	2.5	8	4	0	0	0	0	22

Z liczb tych czytamy, że parowanie małe, wybitnie przeważa nad parowaniem średnim i dużym. Suma roczna, stanowiąca średnią dwóch lat jest przeszło 11 razy większa od sumy rocznej dni z dużym parowaniem. W przebiegu rocznym, zaznacza się charakterystyczna różnica pomiędzy małym, a średnim i dużym parowaniem. Jak można było tego się spodziewać, największa liczba dni z małym parowaniem przypada na miesiące zimy, a następnie przedwiośnia i późnej jesieni. Przebiegi roczne ilości dni ze średnim i dużym parowaniem różnią się od poprzedniego tym, że maksimum występuje w miesiącach letniej połowy roku, Duże parowanie

zjawia się jedynie w czterech miesiącach roku, V, VI, VII i VIII, a największa liczba dni (8) przypada na lipiec.

Liczba dni z parowaniem małym, średnim i dużym rozkłada się na poszczególne pory roku oraz na okres wegetacyjny w sposób następujący:

Tab. XI

Okresy małego, średniego i dużego parowania w poszczególnych porach roku w Puławach (ilość dni)

Małe parowanie

	Zima	Wiosna	Lato	Jesień
Rok 1946	—	42	32	78
Rok 1947	90	50	35	77
średnia	—	46	33.5	77.5

Parowanie średnie

	Zima	Wiosna	Lato	Jesień
Rok 1946	—	43	47	13
Rok 1946	0	34	41	14
średnia	0	38.5	44	13.5

Duże parowanie

	Zima	Wiosna	Lato	Jesień
Rok 1946	—	7	13	0
Rok 1947	0	8	16	0
średnia	0	7.5	14.5	0

Okres wegetacyjny IV — X

	Małe parowanie	Średnie parowanie	Duże parowanie
Rok 1946	96	98	20
Rok 1947	104	86	24
średnia	100	92	22

W okresie zimy i jesieni mamy do czynienia przede wszystkim z parowaniem małym. Na jesień przypada większa liczba dni z parowaniem małym, aniżeli na okres wiosny. Średnie parowanie jest większe na wiosnę, aniżeli w jesieni; duże parowanie ogranicza się niemal wyłącznie do okresu lata. Zima, wiosna i jesień posiadają największą liczbę dni z małym parowaniem, w okresie lata natomiast wyraźnie przeważa średnie parowanie. W okresie wegetacyjnym należy spodziewać się małego i średniego parowania.

Przebieg roczny dziennego parowania wody w rozpatrywanych latach wykazuje dość znaczne różnice w porównaniu z wartościami okresu 20-lecia.

Tab. XII

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Parowanie dziennie w mm (20-let.)	0.27	0.41	0.74	1.46	2.08	2.39	2.19	1.75	1.24	0.96	0.74	0.42	1.22
Średnie dziennie w 1946 roku	0.54	0.51	1.21	2.30	3.12	2.30	2.86	2.37	1.65	0.91	0.31	0.32	1.53
Średnie dziennie w 1947 roku	0.17	0.11	0.73	2.15	3.19	2.46	3.21	2.15	1.58	1.08	0.77	0.51	1.51

Jak widać z zestawionej tabeli, średnie dzienne parowanie było znacznie wyższe od przeciętnego z okresu 20-lecia. Charakterystyczny deficyt przypadający na czerwiec, miesiąc największego dziennego parowania w Puławach, jak to wynika z wartości normalnych, -- zaznacza się w obu latach. Maksimum dziennego parowania przypada w 1946 r. na maj, natomiast w 1947, jakkolwiek wartość parowania w tym samym miesiącu była wyższa od średniej dziennej maja z roku poprzedniego, maksimum roczne przesunęło się na lipiec.

Odchylenia średnich dziennych wartości parowania obu lat od wartości normalnych, wskazują na wszystkie różnice tych przebiegów.

Tab. XIII

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Odchylenia średnich dziennych parowania z 1946 r. od wartości 20-letnich												
+0.27	+0.10	+0.47	+0.84	+1.04	-0.09	+0.67	+0.62	+0.41	-0.05	-0.43	-0.10	+0.31
Odchylenia średnich dziennych parowania z 1947 r. od wartości 20-letnich												
-0.10	-0.30	-0.01	+0.69	+1.11	+0.07	+1.02	+0.40	+0.34	+0.12	+0.03	+0.09	+0.29

Średnie dobowe parowanie w poszczególnych porach roku przedstawiało się, jak następuje:

Tab. XIV

	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Okres wegetac. IV — X
wartości 20-lecia	0.36 mm	1.42 mm	2.11 mm	0.98 mm	1.72 mm
1946 r.	—	2.21 mm	2.51 mm	0.95 mm	2.21 mm
1947 r.	0.20 mm	2.02 mm	2.61 mm	1.14 mm	2.26 mm

W obu rozpatrywanych latach, średnie dobowe parowanie w Puławach, było w poszczególnych porach roku (za wyjątkiem jesieni 1946 r. oraz zimy 1947 r.) i w okresie wegetacyjnym wyższe od wartości parowania z okresu 20-lecia.

Analogicznie do przebiegu rocznego średniego dziennego parowania, przedstawia się również — przebieg roczny średniej prędkości parowania, tzn. ilości pary tworzącej się w jednostce czasu, które to wielkości mają pewne znaczenie dla potrzeb rolnictwa.

Średnia roczna prędkość parowania wody, wynosi w Puławach 0,05 mm na godzinę. Odnośne liczby dla prędkości parowania w latach 1946 i 1947 były wyższe od normalnych. W przebiegu rocznym, największą prędkością parowania odznacza się czerwiec, najmniejszą natomiast, styczeń. W latach 1946 i 1947, czerwiec nie wyróżniał się maksymalną prędkością parowania.

Tab. XV

Prędkość parowania wody w Puławach w mm/godz.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
średnie 20-lecia	0.01	0.02	0.03	0.06	0.10	0.11	0.10	0.09	0.06	0.04	0.02	0.01	0.05
1946 r.	0.02	0.02	0.05	0.10	0.13	0.10	0.12	0.10	0.10	0.04	0.01	0.01	0.064
1947 r.	0.00	0.00	0.03	0.10	0.13	0.10	0.13	0.10	0.10	0.05	0.03	0.02	0.063

Dla pełniejszej charakterystyki stosunków dotyczących parowania wody w Puławach w omawianym okresie, należy rozpatrzyć jeszcze maksymalne sumy dobowe parowania w poszczególnych miesiącach, jak również granice wahań tych maksymalnych wartości, na przestrzeni roku.

Tab. XVI

Maksymalne sumy dobowe parowania wody w przebiegu rocznym w Puławach (w mm)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1946 r.	1.6	1.5	3.3	3.8	4.8	4.1	5.1	6.6	2.6	2.3	0.8	1.3	≅ 37.8
1947 r.	1.4	0.9	2.9	3.9	5.4	7.0	6.2	5.4	3.0	2.5	2.1	2.0	≅ 42.7

Jak widzimy, najwyższa suma dzienna parowania wystąpiła w 1946 r. w sierpniu, a w 1947 r. w czerwcu. W pierwszym z tych lat, wartości maksimum parowania wahały się w granicach od 0,8 do 6,6 mm, w drugim roku, w granicach od 0,9 do 7,0 mm. Amplitudy tych wahań wynosiły 5,8 mm (w 1946 r.) i 6,1 mm (w 1947 r.).

Parowanie a opady

Obok tych danych, jeszcze lepszy wgląd w stosunki parowania oraz stosunki wilgotnościowe Puław, umożliwiają różnice opadów i parowania, a nadto ilorazy tych elementów. W ten sposób uchwycić można, przynajmniej do pewnego stopnia⁶⁾, ogólny bilans wodny, co przedstawia poważne znaczenie tak dla celów klimatologii, jak i dla celów rolnictwa.

Opierając się na wartościach średnich, powiedzieć należy, że opad (P) w Puławach pokrywa całkowicie straty, powstałe na skutek parowania (E). Różnica P—E wynosi dla roku: 169,2 mm. Nadwyżka ta zużytkowana zostaje przez roślinność, a dalej przez wsiąkanie i odpływ.

Lata 1946 i 1947, były wybitnie deficytowe. Odpowiednie różnice P—E wynosiły: —25,6 mm i —62,3 mm. W obu wypadkach, sumy roczne opadów uległy wyparowaniu. Ujemny bilans wodny tych lat jest równoznaczny z deficytem wody tak w zapotrzebowaniu przez roślinność, jak w zapotrzebowaniu przez glebę oraz sieć rzeczną. Jeśli się zważy, że sumy roczne parowania w Puławach są określane na podstawie pomiarów ewaporometrem zainstalowanym, jak to było na wstępie powiedziane, w klatce systemu angielskiego, a zatem, że wskutek tego są mniejsze niż by były w przypadku umieszczenia ewaporometru na powierzchni gruntu, — trzeba przyjąć, że deficyt wodny w latach 1946 i 1947 stanie się jeszcze większy.

⁶⁾ Do ścisłego określenia bilansu wodnego należałoby uwzględnić wielkość zużycia wody przez roślinność, ilość wody, którą pobiera gleba oraz ilość spływającą do rzek.

Tab. XVII

Różnice P — E w przebiegu rocznym w Puławach (w mm)

wartości 20-lecia	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
opad (P)	30.7	28.6	35.0	39.4	64.6	71.4	87.6	73.7	51.0	46.2	38.3	35.7	602.2
parowanie (E)	8.4	11.4	23.0	45.0	70.9	78.9	74.7	65.1	40.9	27.3	15.2	9.2	433.0
P — E	22.3	17.2	12.0	-5.6	-6.3	-7.5	12.9	8.6	10.1	18.9	23.1	26.5	169.2
1946 (P)	15.6	73.8	19.3	17.9	26.6	105.1	42.7	81.2	21.5	63.9	60.6	9.7	537.9
(E)	16.8	14.2	37.6	69.1	97.0	69.1	88.9	73.5	49.7	28.3	9.2	10.1	563.5
P — E	-1.2	59.6	-18.3	-51.2	-70.4	36.0	-46.2	7.7	-28.2	35.6	51.4	-0.4	-25.6
1947 (P)	18.6	44.3	19.0	46.1	5.7	70.3	34.7	104.6	15.8	4.4	80.4	49.2	493.1
(E)	5.3	3.1	22.6	64.6	99.1	73.8	99.8	66.9	47.6	33.5	23.3	15.8	555.4
P — E	13.3	41.2	-3.6	-18.5	-93.4	-3.5	-65.1	37.6	-31.8	-29.1	57.1	33.4	-62.3

Okres wegetacyjny 1946 r. miał przewagę miesięcy suchych nad wilgotnymi, do których to ostatnich należały: czerwiec, sierpień i październik. W 1947 r. niemal cały okres wegetacyjny był suchy, za wyjątkiem jednego miesiąca, sierpnia.

Wielkość, stanowiąca stosunek opadu do parowania, wprowadzona przez Transeau, umożliwia zdaniem Szymkiewicza⁷⁾ utworzenie miary skuteczności opadów, oraz daje pewne podstawy do regionalizacji klimatycznej⁸⁾.

Do obliczenia tego stosunku, nazywanego ilorazem wilgotnościowym, stosuje Szymkiewicz ilość roczną opadów, którą dzieli przez średnią roczną wartość wskaźnika parowania, względnie sumę średnich miesięcznych maksimów wskaźnika parowania.

W naszym przypadku, do obliczenia użyte zostały średnie sumy miesięczne rzeczywiście obserwowanych (w okresie 2 lat) maksimów parowania, a nie wyliczonych ze wskaźnika parowania. W ten sposób, porównywalność z liczbami Szymkiewicza nie jest całkowita, ale jest przybliżona. Iloraz wilgotnościowy $Q = \frac{P}{E}$ na tej drodze obliczony

⁷⁾ D. Szymkiewicz. Ekologia roślin. Lwów 1932.

⁸⁾ D. Szymkiewicz. Comment caractériser l'humidité d'un climat? Acta Soc. Bot. Poloniae, vol. II. 1925.

dla Puław, daje pewne porównanie z wartościami obliczonymi przez Szymkiewicza dla innych miejscowości.

Tab. XVIII

Puławy 1946 — 1947	P	E	Q
	515.5	40.25	12.7
Lwów	667	64.4	10.4
Kraków	718	69.4	10.3
Warszawa	549	63.4	8.7
Paryż	525	85.3	6.1
Ługańsk	370	142.4	2.6
Madryt	416	194.0	2.2

Chcąc uzyskać porównanie przebiegu rocznego stosunku $\frac{P}{E}$ lat rozpatrywanych z odpowiednimi wartościami normalnymi, musiałem wyliczyć ten iloraz z miesięcznych i rocznych sum opadowych i takichże samych sum parowania, a nie jak powyżej, z maksimum parowania, ponieważ brak tych danych dla okresu 20-lecia.

Tab. XIX

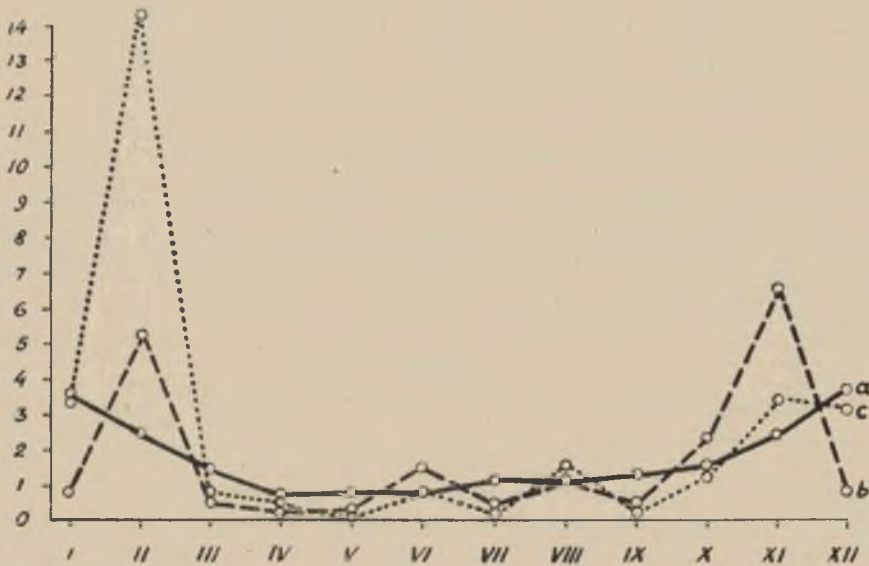
Stosunek opadów do parowania w Puławach w przebiegu rocznym.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Wartości okresu 20-lecia	3.65	2.51	1.52	0.88	0.91	0.90	1.17	1.13	1.25	1.09	2.52	3.88	1.39
Rok 1946	0.92	5.20	0.51	0.26	0.27	1.52	0.48	1.10	0.43	2.26	6.59	0.96	0.95
Rok 1947	3.50	14.29	0.84	0.71	0.06	0.95	0.35	1.56	0.33	0.13	3.45	3.11	0.89

Wartość stosunku $\frac{P}{E}$ w latach 1946 i 1947 jest, jak widzimy, niższa od wartości okresu 20-lecia. W bilansie wodnym oba lata odznaczały się deficytem wody. W przebiegu rocznym obu lat najbardziej deficytowymi miesiącami były: IV (1946 r.) oraz V (1947 r.). Owe minima roczne stosunku $\frac{P}{E}$ mają swe uzasadnienie w wyjątkowo małych opadach jakie wystąpiły w tych miesiącach, szczególnie w maju 1947 r., kiedy suma miesięczna osiągnęła tylko 5,7 mm, gdy normalna ilość opadów maja wynosi 64,6 mm. Ta wyjątkowa susza w maju 1947 r. zasługuje na spe-

cialne podkreślenie (odchylenie od średniej wieloletniej sumy opadów wyniosło aż $-58,9$ mm). Maksimum listopadowe 1946 r. było wynikiem bardzo niskiego parowania (minimum roczne), jakie miało miejsce w tym miesiącu, analogicznie, maksimum lutowe 1947 r.

Z powyższego porównania wynika, że miesiącami największych odchyleń dodatnich, w stosunku do wartości ilorazu $\frac{P}{E}$, obliczonych ze średnich wieloletnich, były w okresie 1946–1947, luty i listopad. W tych też miesiącach, należy prawdopodobnie spodziewać się największej zmienności stosunku $\frac{P}{E}$ (ryc. 5).



Ryc. 5. Krzywe stosunku $\frac{P}{E}$; a—średnie 20-letnie, b—w 1946 r., c—w 1947 r.

Fig. 5. Les courbes du rapport $\frac{P}{E}$; a—les moyennes de 20 ans, b—en 1946, c—en 1947.

Natężenie parowania i wskaźnik parowania

Abstrahując od obserwowanych wartości parowania, natężenie parowania można wyliczyć, jeśli znane są tylko — prężność pary w powietrzu, temperatura powietrza oraz ciśnienie atmosferyczne. Natężenie parowania jest bowiem wprost proporcjonalne do różnicy między prężnością pary nasyconej a prężnością pary w powietrzu, wprost proporcjonalne do temperatury bezwzględnej i odwrotnie proporcjonalne do ciśnienia atmosferycznego, pomniejszonego o prężność pary nasyconej. Powyższą relację wyraża wzór L u g e o n a, oraz wzór S t e f a n a—S z y m k i e w i-

c z a⁹⁾. Dla uchwycenia jej, a nadto dla uzyskania i na tej drodze dalszej charakterystyki parowania w Puławach, obliczyłem wskaźnik parowania dla lat 1946—1947, stosując wzór *Stefana—Szymkiewicza*. Oznaczając wielkość parowania, za *Szymkiewiczem* przez *i*, prężność pary nasyconej przez *E*, rzeczywistą prężność pary w powietrzu przez *e*, temperaturę powietrza przez *t*, wreszcie ciśnienie atmosferyczne przez *B*, otrzymujemy formułę:

$$i = (E - e) \frac{273 + t}{273} \cdot \frac{760}{B - E}$$

Obliczone na tej drodze, z odpowiednich wartości średnich, wskaźniki parowania wynoszą: 1946 r. wskaźnik parowania 2,8, 1947 r. wskaźnik parowania 3,0.

W zestawieniu z wartością wskaźnika parowania dla okresu 20-lecia, (wskaźnik parow. 2,2), rok 1946 wykazuje odchylenie + 0,6, a rok 1947, odchylenie + 0,8.

Tab. XX

Wartości miesięczne wskaźnika parowania w Puławach

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Wartości okresu 20-lecia	0.4	0.5	1.0	2.6	3.7	4.5	4.9	3.9	2.6	1.3	0.6	0.3	2.2
1946 r.	0.8	0.1	1.3	3.6	5.9	4.4	6.5	5.3	3.6	1.2	0.4	0.5	2.8
1947 r.	0.4	0.4	1.2	3.4	6.4	6.0	7.2	4.6	4.2	1.8	0.9	0.7	3.0

Obliczone dla poszczególnych miesięcy wartości liczbowe wskaźnika parowania, wykazują wyraźny przebieg roczny. Maksimum roczne w obu latach (1946 i 1947) występuje w lipcu, wtórne maksimum w maju. Po między tymi maksimami, występuje deficytowa wartość w czerwcu. Miesiąc luty odznacza się najniższą wartością wskaźnika parowania. Amplituda roczna w 1946 r. wynosiła 6,4, w 1947 r. 6,8.

Liczby wskaźnika parowania nie są oczywiście równoznaczne z rzeczywistymi wartościami parowania. Chcąc uzyskać na podstawie wskaź-

⁹⁾ D. *Szymkiewicz*. Comment caractériser l'humidité d'un climat? Acta Soc. Bot. Poloniae. 1925.

nika parowania, odpowiednie wartości rzeczywistego parowania, należy wprowadzić do obliczenia odpowiedni współczynnik ¹⁰⁾.

Dla okresu 20-lecia, współczynnik pozwalający wyliczyć miesięczne sumy parowania wynosi 16,4, zaś współczynnik dla obliczenia średnich miesięcznych parowania wynosi 0,6. Łatwo przekonać się, że na tej drodze uzyskuje się wartości za małe dla miesięcy zimowych, a zbyt duże dla miesięcy letnich.

Wskaźnik parowania, obliczony według wzoru Stefana—Szymkiewicza nie może być uważany za właściwą miarę parowania, w szczególności parowania średniego miesięcznego. Parowanie wody nie tylko zależne jest od temperatury, ciśnienia atmosferycznego i prędkości pary wodnej, ale i od innych elementów, które we wzorze nie są uwzględnione.

Niemniej jednak, należy stwierdzić, że Szymkiewicza wskaźnik parowania daje zupełnie dobrą charakterystykę parowania dla przebiegu rocznego.

Natężenie parowania w przebiegu rocznym zależne jest zatem od przebiegu rocznego temperatury powietrza, ciśnienia oraz prędkości pary wodnej. Zależność tę wyraża wykres zamieszczony na ryc. 6. Natężenie parowania wzrasta, względnie maleje, proporcjonalnie do wzrostu, względnie zmniejszania się wskaźnika parowania.

Analogiczna zależność zachodzi między natężeniem parowania i niedosytem wilgotności zarówno w latach 1946 i 1947, jak i w okresie 20-lecia.

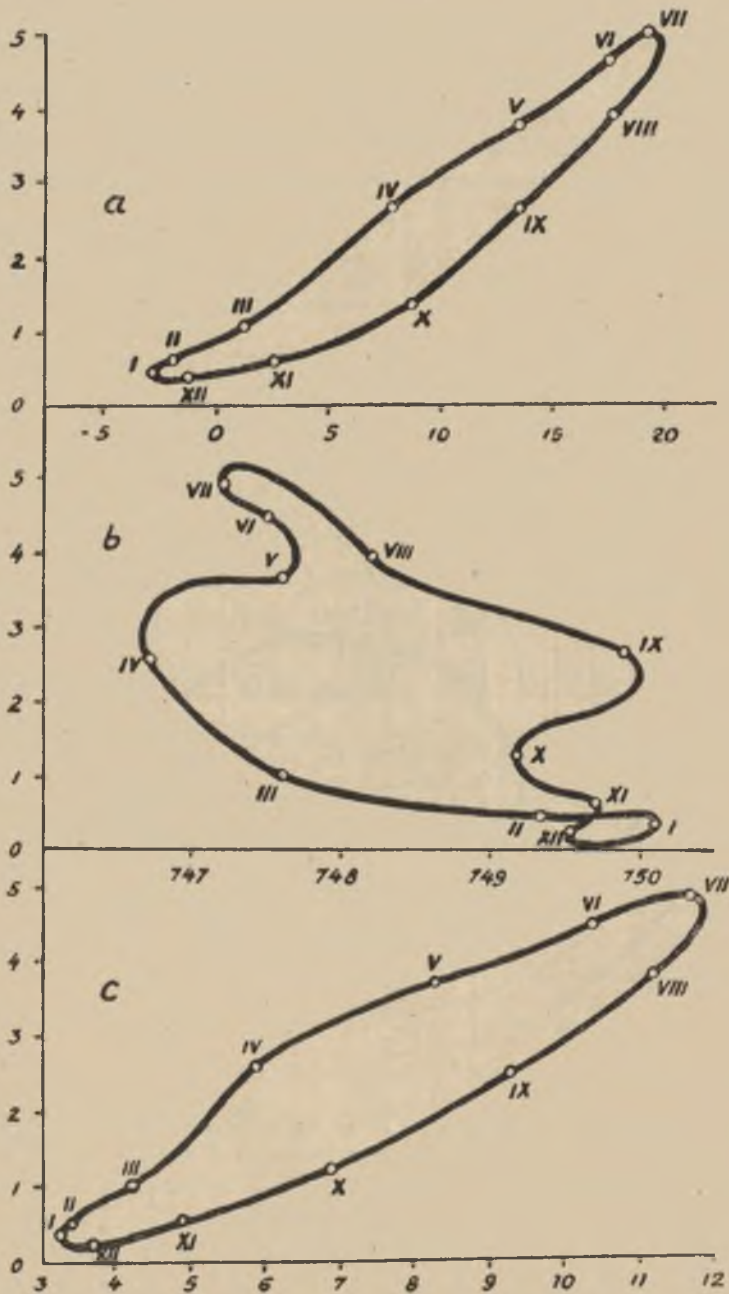
Powyższy wynik, pozostaje w zgodności z rezultatami badań Merckiego, oraz z prawem Daltona, z zastrzeżeniem jednak (w odniesieniu do prawa Daltona), że temperatura wody w ewaporometrze jest równa temperaturze powietrza.

Natężenie parowania zależne jest również od prędkości wiatru, a przede wszystkim, od ilości promieniowania słonecznego.

Tych dwóch czynników nie uwzględnia wskaźnik parowania.

Według badań De Heen'a, Schierbeck'a, Svensson'a i Trabert'a, natężenie parowania wzrasta nie wprost z prędkością wiatru, ale z pierwiastkiem kwadratowym tejże. W naszym przypadku, oddziaływanie tego czynnika, jak to było powyżej zaznaczone, jest zahamowane ze względu na zainstalowanie ewaporometru w klatce meteorologicznej. Wpływ wiatru na natężenie parowania, przy wymienionej instalacji przyrządu pomiarowego, może być brany w rachubę jedynie wtedy, gdy prędkość wiatru jest równa lub przekracza 5 m/sek., a zatem tylko

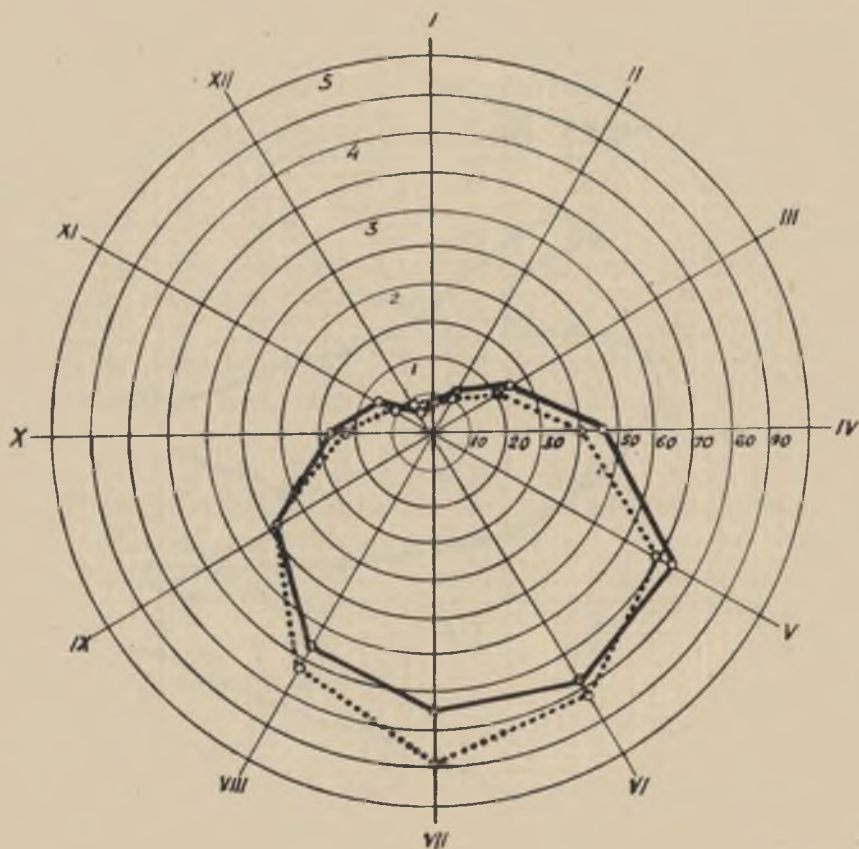
¹⁰⁾ E. Stenz. Wilgotność powietrza i parowanie na wyżynie boliwijskiej. Prace Państwowego Instytutu Meteorologicznego. Warszawa 1934.



Ryc. 6. Zależność wskaźnika parowania od temperatury (a), ciśnienia (b) i prężności pary (c) w Puławach. Średnie 20-letnie.

Fig. 6. La dépendence de l'indice de l'évaporation de la température (a), de la pression (b) et de la tension de la vapeur (c) à Puławy (moyennes de 20 ans).

przy wiatrach silnych, ze względu na małą przewiewność klatki ¹¹⁾. Stwierdziłem jednak związek zachodzący pomiędzy częstością kierunkową a natężeniem parowania. Największą procentową częstością odznaczają się w Puławach wiatry NW, SW i W, których największa częstość w przebiegu rocznym przypada na okres lata ¹²⁾. Najsilniejsze w ciągu roku natężenie parowania ma miejsce również w porze letniej



Ryc. 7. Przebieg roczny parowania (linia ciągła) w zestawieniu z przebiegiem rocznym niedosytu wilgotności (linia kropkowana) w Puławach. Średnie 20-letnie.

Fig. 7. Le cours annuel de l'évaporation (ligne continue) en comparaison au cours annuel du manque d'humidité (ligne pointillée) à Puławy (les moyennes de 20 ans)

¹¹⁾ A. Schmu ck. Kilka uwag nad pomiarami temperatury w klatce meteorologicznej. Przegląd Meteorologiczny i Hydrologiczny. Warszawa 1948.

¹²⁾ W. Żinkiewicz. Badania nad wartością przyrostu rocznego drzew dla studiów nad wahaniami klimatycznymi. Annales Univ. M. C. S. v. I. s. B. Lublin 1946.

Oдноśnie promieniowania słonecznego, stanowiącego bezsprzecznie jeden z zasadniczych czynników w procesie parowania wody, może być w naszym przypadku wzięte pod uwagę promieniowanie pośrednie, ponieważ bezpośrednie jest wyeliminowane ze względu na osłonę klatki. Najważniejszą rolę odgrywa tu promieniowanie odbite od powierzchni ziemi oraz dyfuzyjne promieniowanie atmosfery. Ponieważ ciepło potrzebne do parowania wody dostarczone jest głównie przez długofalowe promieniowanie ziemi, a ilość tego promieniowania regulowana jest przez stopień pokrycia nieba chmurami, przeto należy rozpatrzeć wpływ zachmurzenia na parowanie.

Krzywa przebiegu rocznego zachmurzenia w Puławach wykazuje daleko idącą zgodność z przebiegiem rocznym natężenia parowania. Odwrócone względem siebie krzywe wskazują na zależność odwrotnie proporcjonalną tych elementów (ryc. 7). Przebieg roczny zachmurzenia w 1946 r. oraz w 1947 r. tłumaczy charakterystyczny deficyt parowania, przypadający na czerwiec w obu tych latach¹³⁾.

Jeszcze lepiej wyrażają tę zależność wartości stosunku $\frac{N}{E}$, gdzie N oznacza zachmurzenie, a E parowanie wody.

Tab. XXI

Stosunek zachmurzenia do parowania w Puławach

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Wartości okresu 20-lecia	0.86	0.64	0.28	0.14	0.08	0.07	0.07	0.08	0.13	0.23	0.49	0.85	0.33
1946 r.	0.31	0.54	0.19	0.05	0.04	0.08	0.04	0.07	0.13	0.26	0.96	0.68	0.28
1947 r.	1.41	2.25	0.33	0.08	0.04	0.08	0.05	0.10	0.11	0.17	0.33	0.51	0.46

Przedstawiając natężenie parowania w funkcji zachmurzenia, otrzymujemy wykresy zamieszczone na ryc. 8.

Reasumując, trzeba powiedzieć, że natężenie w przebiegu rocznym wykazuje zależność wprost proporcjonalną od temperatury powietrza, prężności pary, niedosytu wilgotności, a odwrotnie proporcjonalną — od ciśnienia atmosferycznego, wilgotności względnej oraz zachmurzenia nieba. Stopień zachmurzenia nieba przedstawia szczególną wartość, jako czynnik regulujący dopływ energii promienistej słońca.

¹³⁾ Deficyt ten zaznacza się także w przebiegu roczn. wilg. wzgl. i niedosytu.

W związku z rolą zachmurzenia nieba, wyliczyłem natężenie parowania w dniach pogodnych (> 2) oraz w dniach pochmurnych (< 8) w latach 1946-1947.

Tab. XXII

Natężenie parowania w dniach pogodnych i pochmurnych w Puławach

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1946 r.													
> 2	0.7	0.4	1.4	2.7	3.4	3.7	3.6	3.0	2.0	1.7	0.0	0.3	1.9
< 8	0.4	0.5	0.9	1.0	2.3	1.9	2.0	1.3	1.6	0.6	0.3	0.3	1.1
1947 r.													
> 2	0.4	0.2	0.3	1.8	3.5	3.4	3.5	3.8	2.1	1.3	0.0	0.5	1.7
< 8	0.2	0.1	0.7	1.9	2.0	2.1	2.5	1.2	1.0	1.0	0.7	0.5	1.2
1946 r.	zima			wiosna			lato			jesień			
> 2	—			2.5			3.4			1.2			
< 8	—			1.4			1.7			0.8			
1947 r.													
> 2	0.3			1.8			3.6			1.1			
< 8	0.2			1.5			1.9			0.9			

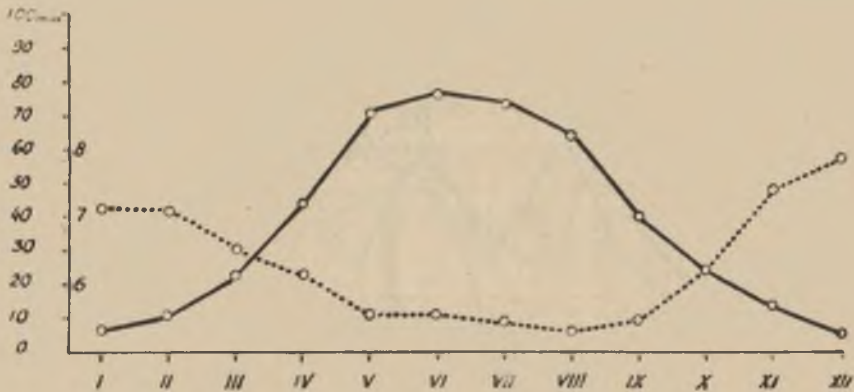
Z przytoczonych liczb wynika, że różnice w natężeniu parowania są w okresie letnim większe, aniżeli w miesiącach zimowych; innymi słowy, natężenie parowania jest znacznie większe w dniach pogodnych w ciągu lata, od parowania w dniach pochmurnych, niż w ciągu zimy. Zestawiając natężenie parowania dla okresu lata w zależności od poszczególnych stopni zachmurzenia, można się przekonać, że największe parowanie występuje w granicach zachmurzenia 1—2, a nie przy niebie bezchmurnym. Całkowita suma promieniowania jest bowiem właśnie wówczas największa.

Ekstremalne wartości dobowych sum parowania

Maksymalna dzienna suma parowania, jaka wystąpiła na przestrzeni całego 1946 r. miała miejsce 11 sierpnia 1946 r. i wynosiła 6,6 mm. Tego dnia średnia temperatura powietrza osiągnęła najwyższą w całym roku wartość $28,6^{\circ}$ (I term. obs. $24,7^{\circ}$, II term. $35,0^{\circ}$, III term. $26,2^{\circ}$). W dniu tym był również największy w okresie całego roku niedosyt wilgotności 15,7 mm (I term. obs. 10 mm, II term. 27,5 mm, III term. 9,7 mm). Ciśnienie atmosferyczne osiągnęło wtedy wartość 747,7 mm, prężność pary 14,2 mm, wilgotność względna 51% (najniższa wartość w ciągu miesiąca sierpnia),

zachmurzenie 4,3, wystąpił mały opad 1,8 mm. kierunek wiatru SW, S i W, przy średniej prędkości 4 m/sek. Z barogramu tego dnia wyczytać można, że pomiędzy godziną 14 a 16 miał miejsce stosunkowo niski stan ciśnienia, który wystąpił po lekkiej wyżyce dnia poprzedniego.

Minimalne parowanie w sierpniu, a zarazem w okresie lata zjawilo się 24.VIII (0,5 mm). Ciśnienie powietrza równe było 745,4 mm. temperatura 16,6°, prężność pary 12,8 mm, wilgotność względna 93% (najwyższa wartość w całym miesiącu), niedosyt wilgotności 0,8 mm, zachmurzenie 9,7 (jedno z największych w miesiącu) opad 1,4 mm, wiatr NW i W o prędkości 3 m/sek.



Ryc. 8. Krzywe przebiegu rocznego parowania (linia ciągła) w zestawieniu z krzywą przebiegu rocznego zachmurzenia (linia kropkowana) w Puławach. Średnie 20 letnie.

Fig. 8. La courbe du cours annuel de l'évaporation (ligne continue) en comparaison avec le cours annuel de la nébulosité (ligne pointillée) à Puławy (moyennes de 20 ans).

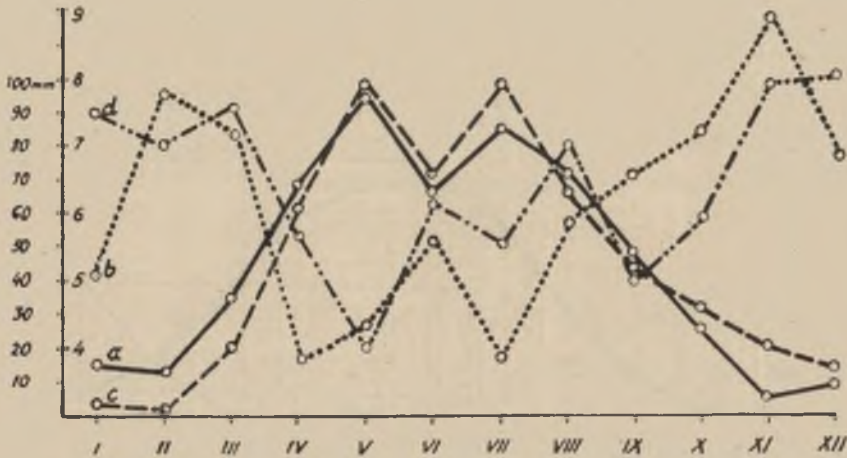
Maksymalne wartości dobowych sum parowania w pozostałych miesiącach lata osiągnęły — w czerwcu (5.VI.) 4,1 mm, a w lipcu (9.VII.) 5,1 mm. 5.VI. ciśnienie atmosferyczne osiągnęło 751,1 mm, temperatura 14,2°, zachmurzenie 0,6, opadów nie było, prężność pary wodnej 8,1 mm, wilgotność względna 68%, niedosyt wilgotności 4,1 mm, wiatr z NW i cisza w trzecim terminie obserwacyjnym, prędkość wiatru 1,7 m/sek.

9.VII. ciśnienie powietrza było stosunkowo nieduże (750,3 mm), temperatura 17,9°, prężność pary 8,8 mm (najmniejsza wartość w całym miesiącu, wilgotność względna 58%, niedosyt wilgotności 6,8 mm, wiatr z NW i N o prędkości 2,7 m/sek., zachmurzenie 2,3, opadów brak.

Najmniejsze parowanie w czerwcu wystąpiło 20.VI. (1,2 mm). Ciśnienie wynosiło 753,7 mm, temperatura 17,0°, prężność pary 12,1 mm, wil-

gotność względna 84%, niedosyt pary 2,4 mm, zachmurzenie 6,7, miały miejsce nieznaczne opady, wiatr wiał z SE o prędkości 0,9 m/sek.

Minimalne lipcowe parowanie (0,8 mm) było 13.VII. Ciśnienie powietrza osiągnęło 744,5 mm, temperatura 16°, prężność pary 12,5 mm, wilgotność względna 94% (największa w ciągu całego miesiąca), niedosyt wilgotności 0,9 mm (najmniejszy w lipcu), zachmurzenie 9,7 (maksymalne w miesiącu), znaczne opady 11 mm, wiatry z NW i W o prędkości średniej 3,3 mm.



Ryc. 9. Przebieg roczny parowania (a) w zestawieniu z przebiegiem rocznym zachmurzenia (b) w 1946 r. Analogiczne przebiegi (krzywa c i d) dla 1947 r. w Puławach

Fig. 9. Le cours annuel de l'évaporation (courbe a) en comparaison au cours annuel de la nébulosité (courbe b) en 1946.

Les cours analogues (courbes c et d pour l'an 1947 à Puławy.

Największa dzienna suma parowania w całym 1947 r. wystąpiła 3.VI., kiedy osiągnęła wartość 7,0 mm. Ciśnienie atmosferyczne było wtedy najniższe w miesiącu (742,9 mm), temperatura 21,6°, prężność pary 9,8 mm, wilgotność względna 51% (jedna z najniższych wartości w miesiącu), niedosyt wilgotności 11,0 mm, zachmurzenie 8,7, opadów brak, wiatr NW z prędkością 4 m/sek. (największa w miesiącu) oraz cisza. Barogram wskazuje, że zniżka ciśnienia, której towarzyszyło maksymalne parowanie, zjawiała się po niewielkiej wyżyce barometrycznej.

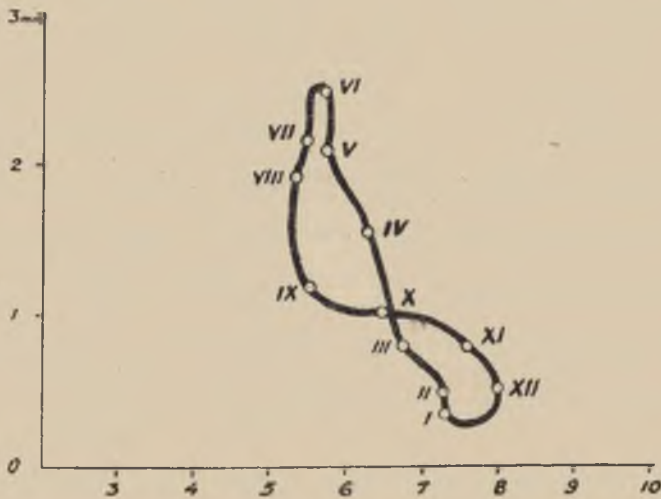
Minimalne parowanie w czerwcu było 19.VI. (0,8 mm). Ciśnienie wynosiło 751,6 mm, temperatura 18,4°, prężność pary 14,2 mm, wilgotność względna 89% (jedna z najwyższych wartości miesiąca), niedosyt wilgotności 2,0 mm, cisza i wiatr NW, potem NE o prędkości 0,7 m/sek., zachmurzenie 8,7, duży opad 11,1 mm.

W lipcu 1947 r. najznaczniejsze parowanie przypadło w dniu 30.VII. i wynosiło 6,2 mm. Ciśnienie powietrza 744,6 mm, temperatura 21,1°,

prężność pary 13,5 mm, wilgotność względna 69%, niedosyt wilgotności 6,2 mm, zachmurzenie 3,7, opadów brak, wiatr W i NW o prędkości 4,7 m/sek. (największa prędkość w miesiącu).

Najniższa suma dzienna parowania wystąpiła w lipcu 10.VII. (1,0 mm). Ciśnienie 740,5 mm, temperatura 15,6°, prężność pary 10,9 mm, wilgotność względna 82%, niedosyt wilgotności 2,4 mm, zachmurzenie 7,3, niewielkie opady (1,0 mm), wiatr NW i W o prędkości 1 m/sek. oraz cisza.

Sierpień miał maksymalne parowanie dnia 5.VII., które wynosiło 5,4 mm. Ciśnienie osiągnęło 744,7 mm, temperatura 27,2° (najwyższa w miesiącu), prężność pary 12,1 mm, wilgotność względna 47% (najniższa wartość w sierpniu), niedosyt wilgotności 13 mm (maksymalny w sierp-



Ryc. 10. Zależność parowania od zachmurzenia w Puławach. Średnia 20-letnia.

Fig. 10. La dépendence de l'évaporation à Puławy de la nébulosité.
(moyennes de 20 ans).

niu), zachmurzenie 7,0 — mały opad (0,3 mm), wiatr E i SE o prędkości 2,3 m/sek.

Najmniejsze parowanie w całym okresie lata 1947 r. wynoszące 0,2 mm, było 22.VIII. Ciśnienie powietrza 747,8 mm, temperatura 12,7°, prężność pary 10,4 mm, wilgotność względna 95% (jedna z najwyższych wartości w całym miesiącu, niedosyt wilgotności 0,9 mm, zachmurzenie 10, opad 27,4 mm (maksymalny w ciągu sierpnia) oraz mgła, cisza i wiatr N o szybkości 0,3 m/sek.

Stosując wzór Stefana—Szymkiewicza w celu obliczenia wartości wskaźnika parowania dla wymienionych dni lata 1946 i 1947 r., kiedy wystąpiły ekstremalne sumy dobowe parowania, otrzymujemy:

Tab. XXIII

Wskaźnik parowania w 1946 i 1947 r.

1946 r.	
5.VI. (max. parowania) $i = 4.1$	$\cdot \frac{273 + 14.3}{273} \cdot \frac{760}{751.1 - 12.2} = 4.4$
20.VI. (min. parowania) $i = 2.4$	$\cdot \frac{273 + 17.0}{273} \cdot \frac{760}{753.7 - 14.5} = 2.6$
9.VII. (max. parowania) $i = 6.8$	$\cdot \frac{273 + 17.9}{273} \cdot \frac{760}{750.3 - 15.6} = 7.5$
13.VII. (min. parowania) $i = 0.9$	$\cdot \frac{273 + 16.0}{273} \cdot \frac{760}{744.5 - 13.4} = 1.0$
11.VIII. (max. parowania) $i = 15.7$	$\cdot \frac{273 + 28.6}{273} \cdot \frac{760}{747.7 - 29.9} = 18.2$
24.VIII. (min. parowania) $i = 0.8$	$\cdot \frac{273 + 16.6}{273} \cdot \frac{760}{745.4 - 13.6} = 8.7$
1947 r.	
3.VI. (max. parowania) $i = 11.0$	$\cdot \frac{273 + 21.6}{273} \cdot \frac{760}{742.9 - 20.8} = 12.5$
19.VII. (min. parowania) $i = 2.0$	$\cdot \frac{273 + 18.4}{273} \cdot \frac{760}{751.6 - 16.2} = 2.2$
30.VII. (max. parowania) $i = 6.2$	$\cdot \frac{273 + 21.1}{273} \cdot \frac{760}{744.6 - 19.7} = 6.9$
10.VII. (min. parowania) $i = 2.4$	$\cdot \frac{273 + 15.6}{273} \cdot \frac{760}{740.5 - 13.3} = 2.6$
5.VIII. (max. parowania) $i = 13.0$	$\cdot \frac{273 + 27.2}{273} \cdot \frac{760}{744.7 - 25.1} = 15.0$
22.VIII. (min. parowania) $i = 0.9$	$\cdot \frac{273 + 12.7}{273} \cdot \frac{760}{747.8 - 11.3} = 1.0$

Wartości wskaźnika parowania, wyliczone ze średnich dziennych poszczególnych elementów, także nie dają dostatecznej charakterystyki wielkości parowania, gdy odnośne liczby dla „i” zestawia się z obserwowanymi sumami dobowymi parowania. Podobnie, jak nie może być wskaźnik parowania uważany za właściwą miarę średniego miesięcznego parowania, tak też nie może być dostatecznie ścisłą miarą parowania dziennego. Jednakże wskaźnik parowania pozwala na pewien wgląd w zmiany parowania zachodzące z dnia na dzień, mianowicie umożliwia poznanie charakteru tych zmian.

Szczegółowa analiza sytuacji meteorologicznej panującej w dniach ekstremalnych wartości sum dobowych parowania, pozwala stwierdzić, że potrzebne są szczególne warunki atmosferyczne, na to, by wystąpiło duże parowanie wody z wolnej powierzchni w okresie letnim.

Gdy weźmiemy pod uwagę znany fakt, że powietrze nasycone parą wodną, nie jest zdolne do dalszego przyjmowania pary, z czego wynika, że parowanie wody równe będzie zeru wówczas, gdy osiągnięty zostanie

stan nasycenia powietrza, zdamy sobie sprawę, że największe parowanie możliwe jest tylko w takich warunkach, gdy powietrze jest dalekie od stanu nasycenia. Wynika z tego w konsekwencji, że wartość różnicy psychrometrycznej, a dalej wartość wilgotności względnej oraz wielkość zwana niedosytem wilgotności — w poważnej mierze decydują o wielkości sumy dziennej parowania wody.

W dniach największych wartości parowania w obu rozpatrywanych latach, tzn. 11.VIII.1946 r. i 3.VI.1947 r. różnica psychrometryczna $t_1 - t_2$ osiągnęła odpowiednie wartości $7,9^\circ$ i $6,4^\circ$, stanowiące najwyższe wartości roku. Dla porównania warto przytoczyć wielkość $t_1 - t_2$ jaka miała miejsce 22.VIII.1947 r., a zatem w dniu najmniejszego parowania letniego na przestrzeni dwóch lat. Różnica psychrometryczna w owym dniu wynosiła $0,4^\circ$. W obu wymienionych dniach, wilgotność względna miała wartość 51%, stanowiąca najniższą, względnie jedną z najniższych wartości w danym miesiącu okresu letniego. Gdy zauważymy, że średnia wilgotność względna miesiąca sierpnia 1946 r. wynosiła 75%, zrozumieemy, że 11.VIII.46 r. wilgotność względna miała bardzo małą wartość.

Średnia wartość wilgotności względnej w czerwcu 1947 r. wynosiła 72%, tj. tyle ile wynosi średnia normalna czerwca. Wprawdzie obie te wartości wilgotności względnej (wynoszącej w obu przypadkach 51%), nie są ściśle ze sobą porównywalne, ze względu na różne temperatury (temp. 11.VIII.46. = $28,6^\circ$, 3.VI.47. = $21,6^\circ$), niemniej jednak każda z osobna w swoim okresie czasu, mówią o stanie atmosfery, dalekim do osiągnięcia nasycenia, czyli stwarzają warunki dla parowania wody szczególnie korzystne.

Niedosyt wilgotności osiągnął dnia 11.VII.46. najwyższą, nie tylko w miesiącu sierpniu, ale w całym roku, wartość (15,7 mm). Średnia niedosytu wilgotności w sierpniu 1946 r., wynosiła 4,8 mm. W dniu największego parowania w 1947 r. (3.VI.47) niedosyt wilgotności osiągnął 11,0 mm, gdy średnia tego miesiąca (1947 r.) liczyła 5,4 mm.

Jakkolwiek oba omówione czynniki mają bardzo poważny wpływ na wielkość parowania, nie można zapominać o wymienionym wyżej, zasadniczym czynniku, odgrywającym główną rolę w procesie parowania, bezpośrednim czy pośrednim promieniowaniu słonecznym. Nie posiadając jednak spostrzeżeń promieniowania, ani nawet ilości godzin ze słońcem z rozpatrywanego okresu czasu¹⁴⁾, musiałem ograniczyć się do materiału dotyczącego zachmurzenia, które w pewnym stopniu może zorientować w rozpatrywanych stosunkach.

¹⁴⁾ Stacja meteorologiczna w Puławach nie posiadała heliografu w okresie od VIII.1944 do VI.1948 r.

Średnie dzienne zachmurzenie dnia 11.VIII.46 r. wynosiło 4,3. W przebiegu dziennym (opierając się na spostrzeżeniach w 3 terminach obserwacyjnych) zachmurzenie tego dnia wynosiło 3,1 i 9. Parowanie w tym samym dniu i w tym samych terminach osiągnęło 1,3, 1,9 i 3,4 mm.

Normalne w okresie letnim zjawisko najintensywniejszego parowania w godzinach wieczornych, które ma swe uzasadnienie w opóźnieniu w nagrzewaniu się wody w ewaporometrze, zainstalowanym na wysokości 2 m nad gruntem, zostało w dniu 11.VIII.46. wyjątkowo wzmożone i to do najwyższej wartości w okresie lata 1946 r. Wytłumaczenie tego wyjątkowo intensywnego parowania w 3-cim terminie obserwacyjnym, leży właśnie w zwiększonym zachmurzeniu, przypadającym w wymienionym dniu, na godziny wieczorne. Silny dopływ energii promienistej słońca w okresie największej kulminacji słonecznej, nie hamowany osłoną chmur (stopień zachmurzenia o godz. 13.32 = 1), sprawił, że powierzchnia gruntu otrzymała tego dnia dużą ilość ciepła. Wzrastające pod wieczór zachmurzenie, nie dopuściło do wypromieniowania zaabsorbowanego ciepła i ta okoliczność sprawiła, że długofalowe promieniowanie gruntu zostało zużyte na parowanie i dlatego o godz. 21.32 osiągnęło ono tak znaczną wartość.

Nie można tu pominąć milczeniem tego faktu, że wartość $t_s - t_z$ osiągnęła w swym przebiegu dobowym niezwykle dużą wielkość:

I term. obs.	II term. obs.	III term. obs.
6,0°	12,5°	5,4°

Tym samym i niedosyt wilgotności był w drugim terminie obserwacyjnym (13.32 = 27,5 mm) wyjątkowo duży, a ściśle biorąc, najwyższy w całym okresie obu omawianych lat. Ta duża różnica psychrometryczna, wielki niedosyt wilgotności, przy wysokiej temperaturze powietrza (35,0°), oraz zwiększonym pod wieczór zachmurzeniu, — stworzyły warunki szczególnie korzystnie wpływające na wzmożenie parowania wody z wolnej powierzchni.

Tab. XXIV

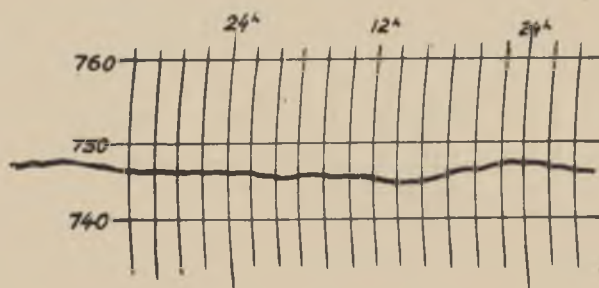
	8.VIII.	9.VIII.	10.VIII.	11.VIII.	12.VIII.
śr. dzien. temp.	19.2°	22.5°	23.7°	28.6°	17.8°
śr. dzien. zachm.	4.3	7.7	3.7	4.3	5.7
śr. dzien. parow.	1.9	2.0	2.0	6.6	2.7

Dobowy przebieg ciśnienia atmosferycznego przedstawiał się 11.VIII. 1946 r. w ten sposób, że ciśnienie od godz. 24, stopniowo, ale bardzo nieznacznie opadało, osiągając najniższą wartość ok. godz. 14—16, by potem

nicoo szybciej wzrosnąć do godz. 23.30. Najwyższe parowanie wystąpiło nie przy najniższym stanie barometru, ale przy wzrastającej tendencji barometrycznej, po przejściu minimum barometrycznego.

Wiatr wiał z SW (I term. obs.), z S (II term. obs.) i W (III term. obs.) o prędkości 1,5 i 6 m/sek. Największą szybkość osiągnął wiatr, jak widać, o godz. 21.32.

Wreszcie, należy ustalić, co ma bodaj pierwszorzędne znaczenie, — przy jakim typie pogody, a przede wszystkim, przy nawianiu jakich mas powietrza, miało miejsce największe parowanie z sierpnia 1946 r. Wymieniony stan poszczególnych elementów wskazuje na to, że w omawianym dniu, nad środkową Polską zalegały masy powietrza podzwrotni-



Ryc. 11. Kopia barogramu z dnia 11.VIII. 1946 r. w Puławach.

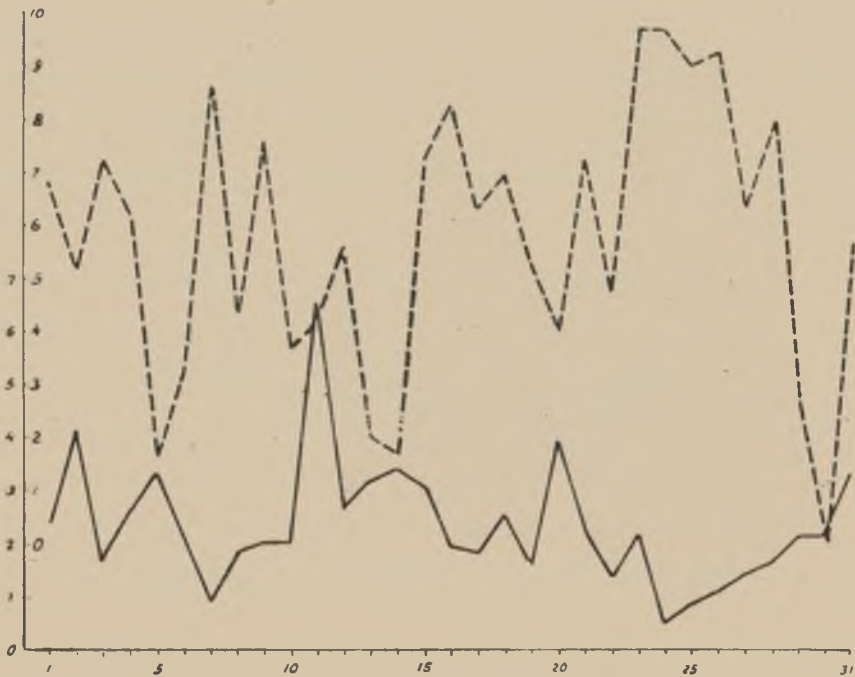
Fig. 11. Copie du barogramme du 11.VIII. 1946 à Puławy.

kowo-kontynentalnego, a zatem powietrza nawianego z południowej Europy. powietrza bardzo ciepłego i suchego. Inwazja tych mas trwała przez kilka dni poprzedzających dzień maksymalnego parowania, co wpływało na wzrost temperatury i ogromny spadek wilgotności względnej powietrza, co w konsekwencji tak wydatnie wzmożyło parowanie.

Dnia 3.VI.1947 r. tj. w drugim dniu maksymalnego parowania okresu letniego, średnie dzienne zachmurzenie wyrażało się liczbą 8,7, było więc dość znaczne, ale w ciągu całego miesiąca czerwca 47 r. panowało duże zachmurzenie. Liczby wyrażające stopień zachmurzenia w poszczególnych godzinach spostrzeżeń wynosiły 9,9 i 8, a odpowiednie wartości parowania w tych samych terminach osiągnęły: 0,2 mm, 2,4 mm i 4,4 mm. O godz. 21.32 wystąpiło zatem maksymalne w okresie doby parowanie, największe jakie miało miejsce na przestrzeni całego okresu letniego 1947 r. oraz przekraczające swoją wysokością, maksimum letnie parowania 1946 r.

W zestawieniu z wyżej opisanym poprzednim przypadkiem, maksymalnego letniego parowania, trudno tłumaczyć fakt intensywnego paro-

wania wody z dnia 3.VI.1947 r. dużym dopływem energii promienistej tego dnia, gdy stopień zachmurzenia był tak znaczny. Jeżeli weźmiemy jednak pod uwagę wartości temperatury powietrza oraz zachmurzenia nieba, dni poprzedzających, przekonamy się, że temperatura powietrza była stosunkowo wysoka, a zachmurzenie niewielkie.



Ryc. 12. Wahania sum dobowych parowania z dnia na dzień w sierpniu 1946 r. (krzywa ciągła) w porównaniu z wahaniami średniego dziennego zachmurzenia (krzywa przerywana) w tym samym okresie czasu w Puławach.

Fig. 12. Les oscillations des sommes journalières d'évaporation d'un jour au suivant au mois d'aût 1946 (courbe continue) en comparaison avec les oscillations de la nébulosité moyenne journalière (courbe pointillée) pendant la même période à Puławy.

Tab. XXV

	30.V.	31.V.	1.VI.	2.VI.	3.VI.	4.VI.
śr. dzienna temp. . .	18.7°	21.1°	22.8°	22.6°	21.6°	15.2°
śr. dzienna zachm. . .	0.0	0.3	2.3	2.0	8.7	1.0
śr. dzienna parow. . .	3.6	3.7	5.1	2.5	7.0	4.8

Nagromadzony zapas ciepła, w dniach poprzedzających, został przez zwiększone zachmurzenie zaabsorbowany przez dolne warstwy atmosfery, a ciepło mogło wówczas zostać zużytkowane na ciepło parowania.

Różnica psychrometryczna w poszczególnych terminach obserwacyjnych posiadała znaczne wartości, w szczególności w terminie drugim:

I term. obs.	II term. obs.	III term. obs.
4,2°	11,2°	5,1°

Niedosyt wilgotności miał w drugim terminie obserwacyjnym wysoką wartość (19,8 mm).

Ciśnienie powietrza w dniach poprzedzających, było stosunkowo wysokie (dnia 39.V.47. 757,5 mm) i stopniowo obniżało się do 3.VI. do wartości 742,9 mm, by w dniach następnych znowu wzrosnąć.

W dniu maksymalnego parowania w pierwszym terminie obserwacyjnym panowała cisza, w drugim wiał wiatr z kierunku WNW, w trzecim z NW. Z obu kierunków wiatr wykazywał prędkość 6 m/sek. — Największa szybkość w ciągu okresu lata 1947 r.

W omawianym czasokresie, w dniach poprzedzających dzień maksimum parowania, Puławy znajdowały się w zasięgu mas powietrza kontynentalnego z wiatrami ze wschodu i południa, lub z ciszą. To suche i stosunkowo ciepłe powietrze stworzyło warunki sprzyjające dużemu parowaniu, które zostało poważnie wzmożone, szczególnie dużą prędkością wiatru. Zmiana kierunku wiatru na NW, (3.VI.47 r.), które to wiatry nawiały powietrze chłodniejsze, ale ze względu na swą krótkotrwałość, nie zdołały wpłynąć na zahamowanie działających już czynników, w kierunku wzmożenia parowania.

Z powyższego widać, że wielkość parowania zależna jest od pewnej szczególnej kombinacji elementów meteorologicznych, wśród których ogromnie ważną rolę odgrywa różnica psychrometryczna, wilgotność względna, niedosyt wilgotności, a nadto stopień zachmurzenia nieba. Podkreślenie to jest tym bardziej uzasadnione, że rola zachmurzenia nieba w procesie parowania wody była dotąd zapoznawana.

Warunków stwarzających ową korzystną kombinację elementów meteorologicznych, należy szukać przede wszystkim w tej okoliczności — w jakiej masie powietrza znajduje się badana miejscowość. Najbardziej sprzyjające dla parowania wody warunki, niosą z sobą, jak to widzieliśmy, masy powietrza podzwrotnikowo-kontynentalnego lub kontynentalnego, pochodzącego ze wschodniej, względnie południowo-wschodniej Europy.

W zakończeniu, pragnę złożyć podziękowanie kierownictwu oraz pracownikom stacji meteorologicznej przy Państwowym Instytucie Naukowym Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach, za oddanie do mojej dyspozycji materiałów obserwacyjnych.

S O M M A I R E

Sur l'évaporation de l'eau à Puławy au cours des années 1946 et 1947

(à base des observations au moyen de l'évaporomètre de Wild)

Le présent travail est fondé sur le matériel fourni par les observations de la station météorologique de Puławy (φ $51^{\circ} 25'$, λ $21^{\circ} 57'$, 142 m. d'altitude) et se rapporte à la période 1946—1947. Le mesurage de l'évaporation de l'eau est exécuté ici à l'aide d'un évaporamètre de système de Wild installé dans un abri de système anglais à la hauteur de 2 m. au dessus du sol. La superficie de l'évaporation mesure 250 cm².

Pour une période de 20 ans la somme moyenne annuelle de l'évaporation de l'eau à Puławy s'éleva à 433 mm. (Tab. I). Durant cette période la somme annuelle maximale a atteint 597 mm., la somme minimale — 357 mm. En 1946 et 1947 l'évaporation était de 563,5 mm. et 555,4 mm. (Tab. II). Au cours de l'année 1946 le maximum d'évaporation se manifesta au mois de mai et en 1947 au mois de juillet. Le mois de juin de toutes les deux années en question était caractérisé par une petite évaporation, ce qu'expriment les valeurs négatives des écarts par rapport aux valeurs, des sommes mensuelles de 20 ans. (Tab. III).

A Puławy pendant la période de végétation (IV—X) l'évaporation moyenne (d'après les données de 20 ans) était de 402,8 mm. Durant la même période de l'année 1946 on nota 475,6 mm. et en 1947 — 485,3 mm. Malgré que les nombres absolus montrent en ces deux années une évaporation plus élevée en comparaison à celle des 20 ans, les nombres relatifs témoignent, que ce ne sont que les printemps de 1946 et 1947 qui ont eu une évaporation plus grande qu'elle ne devrait être en proportion à la somme annuelle. Les autres saisons de l'année ont eu une évaporation inférieure à la moyenne (Tab. IV et V). À Puławy l'évaporation de l'été doit en moyenne faire la moitié de l'annuelle, tandis que les étés de 1946 et 1947 avaient une évaporation plus faible, qui ne dépassait que de peu 40% du total. De même l'évaporation moyenne de la période de végétation devrait être supérieure à 90% de la somme annuelle, et dans les mêmes périodes de 1946 et 1947 elle n'atteignait que 84,4% et 87,4%.

Les différences de l'évaporation d'un mois au suivant calculées pour la période de 20 ans montrent, que l'augmentation de l'évaporation au cours

de l'année dure depuis le mois de janvier jusqu'au mois de mai (Fig. 2) où elle atteint son maximum (la différence entre les mois d'avril et de mai est de 25,9 mm.). Dans les mois qui suivent où observe une diminutions, qui est la plus accusée entre les mois d'août et de septembre (—24,2 mm.). Pendant les années 1946 et 1947 l'augmentation maximale a eu lieu entre les mois de mars et d'avril, et dans les deux cas elle a été notablement plus grande que la moyenne (31,5 mm. et 42,0 mm.). La valeur négative de V—VI indique un déficit de l'évaporation au mois de juin des années 1946 et 1947. (Tab. VI).

En considérant la fréquence de la répétition des sommes d'évaporation dans des limites semblables on voit qu'au cours de l'année 1946 pendant les mois d'hiver et de l'arrière-saison l'évaporation journalière très faible, dans les limites de 0 à 2 mm. était la plus fréquente. On observe de grands écarts dans les limites des sommes journalières de l'évaporation et une variété considérable de la grandeur de ces sommes à l'époque du printemps, en partie en automne, et surtout en été. Durant toute l'année l'évaporation journalière dans les limites de 0—0,5 mm. était notée le plus souvent (23,8%), tandis que l'évaporation maximale de 5 mm. à 7 mm. ne faisait que 0,6%.

En 1947 on voit également une uniformité notable des sommes d'évaporation journalière en hiver. La plus grande variabilité de ces sommes a eu lieu pendant l'été. Durant l'an 1947 la plus basse évaporation de 0 à 0,5 mm. possédait la plus grande fréquence (29,9%). La moindre fréquence (0,3%) appartenait aux sommes journalières maximales 6,0—6,5 mm. et 7,0—7,5 mm. (Tab. VIII). La répartition par mois particuliers de la fréquence calculée en pourcents est illustrée par les isoplethes de fréquence (Fig. 3 et fig. 4).

La variabilité de l'évaporation dans les jours qui se succèdent calculée d'après la formule:

$$\frac{\sum [(a - b) + (b - c) + (c - d) + \dots + n\Delta]}{n}$$

où „n“ signifie le nombre des jours du mois, et les expressions (a — b) etc. les différences entre les sommes journalières d'évaporation de deux jours, qui se suivent l'un après l'autre, est la plus grande durant le cycle annuel en été, en VII où VIII (1,0 et 1,1) et elle est 5 fois plus grande, qu'en hiver (0,2). Au printemps la variabilité de l'évaporation est un peu plus grande qu'en automne. L'été de 1947 possédait une évaporation plus variable que l'été de 1946. (Tab. IX).

En divisant ces sommes journalières d'évaporation en intervalles: 0—2 mm., 2—4 mm., et 4—8 mm. on a établi les périodes d'une évaporation petite, moyenne et grande.

La petite évaporation prédomine notablement les autres. La plus grande quantité de jours à petite évaporation appartient aux mois de l'hiver, ensuite à ceux du commencement du printemps et de l'arrière-saison. Une grande évaporation n'a lieu qu'au cours de quatre mois de l'année — V, VI, VII et VIII et a le plus grand nombre de jours en juillet. Parmi les saisons de l'année l'hiver, le printemps et l'automne possèdent le plus grand nombre de jours à petite évaporation. En été c'est l'évaporation moyenne qui domine. Pendant la période de végétation l'évaporation petite et moyenne est plus fréquente que la grande (Tab. X et XI).

En considérant le cycle annuel de l'évaporation journalière à Puławy durant l'espace de 20 ans (Tab. XII) on peut constater un maximum annuel qui a lieu au mois de juin, et un minimum au mois de janvier. Au cours des années 1946 et 1947 on remarque au mois de juin un déficit d'évaporation. En 1946 le maximum principal arriva au mois de mai, un autre, secondaire au mois de juillet. En 1947 le maximum principal tomba en juillet, le secondaire en mai. L'évaporation moyenne journalière à Puławy est ordinairement la plus élevée en été; au printemps elle est plus grande qu'en automne, et en hiver — la moindre.

Dans la période 1946—1947 les mêmes relations se manifestent, avec cette différence, que le printemps et l'été, ainsi que la période de végétation, avaient une évaporation moyenne journalière plus élevée que les valeurs correspondantes des 20 ans.

La vitesse moyenne annuelle de l'évaporation de l'eau à Puławy est de 0,05 mm. par heure. Au cours de l'année le mois de juin possède ordinairement la plus grande vitesse d'évaporation et le mois de janvier la moindre. Dans les années 1946 et 1947 la vitesse maximale a eu lieu au mois de mai (Tab. XV).

Le maximum annuel des sommes journalières de l'évaporation fut noté en 1946 au mois d'août, et la plus petite valeur des sommes maximales journalières au mois de novembre. En 1947 la somme maximale journalière se fit voir au mois de juin et la plus basse valeur des maxima des sommes journalières, au mois de février. Dans la première de ces années les valeurs des maxima des sommes journalières oscillaient dans les limites de 0,8 à 6,6 mm., dans la deuxième, dans les limites de 0,9 mm. à 7,0 mm. Les amplitudes de ces oscillations étaient de 5,8 mm. (en 1946) et 6,1 mm. (en 1947). (Tab. XVI).

Afin de déterminer approximativement le bilan total de l'eau on a calculé $\Delta P - E$ et $\frac{P}{E}$ où „P“ signifie les précipitations et „E“ l'évaporation. Il résulte des valeurs moyennes que la différence $P - E$ fait $+ 169,2$ mm. pour année. Les valeurs correspondantes de $P - E$ pour les années 1946 et 1947 étaient de $- 25,6$ mm., et $- 62,3$ mm., donc le bilan de ces deux années était négatif (Tab. XVII). De même la valeur du rapport $\frac{P}{E}$ (Tab. XIX) démontre un déficit d'eau dans la période 1946—1947. Les mois les plus déficitaires étaient IV (1946) et V (1947). En cette période les mois de février et de novembre ont donné les plus grands écarts positifs relativement au cotient $\frac{P}{E}$ calculé à base des valeurs moyennes de nombreuses années (Fig. 5).

Ou a calculé l'indice de l'évaporation pour Puławy en appliquant la formule d'Stefan - Szymkiewicz dans le but de donner une notion de la valeur réelle de cet indice. C'était possible grâce à l'existence du matériel de mesurage de l'évaporation. Cette formule:

$$i = (E - e) \frac{273 + t}{273} \cdot \frac{760}{B - E}$$

où „i“ est la grandeur de l'évaporation „E“ la tension de la vapeur saturée „e“ la tension réelle de la vapeur dans l'air „t“ la température de l'air, „B“ la pression atmosphérique, a permis de calculer les indices de l'évaporation, qui sont: pour la période de 20 ans = 2,2, pour 1946 = 2,8 et pour 1947 = 3,0 (Tab. XX).

Comme les chiffres de l'indice d'évaporation ne sont pas équivalents aux valeurs réelles de l'évaporation on à introduit le coefficient nécessaire. Pour la période de 20 ans le coefficient permettant de calculer les sommes mensuelles de l'évaporation est 16,4, et le coefficient qui permet de calculer les moyennes mensuelles de l'évaporation est 0,6. On peut facilement se convaincre (en rapprochant les résultats avec les grandeurs observées) que de cette façon on obtient de trop petites valeurs pour les mois d'hiver et de trop grandes pour ceux d'été. En conséquence l'indice de l'évaporation calculé d'après la formule le Stefan - Szymkiewicz ne peut pas être considéré comme une mesure précise de l'évaporation, en particulier de l'évaporation mensuelle moyenne, mais uniquement comme une valeur qui caractérise l'évaporation au cours d'une année.

La formule de Stefan - Szymkiewicz nous enseigne que l'intensité de l'évaporation dépend en raison directe de la différence entre la tension de la vapeur saturée et la tension de la vapeur dans l'atmosphère, en raison

directe de la température absolue et en raison inverse de la pression atmosphérique moins la tension de la vapeur saturée.

L'intensité de l'évaporation augmente ou diminue en raison directe de l'agrandissement ou de la diminution de l'indice de l'évaporation (Fig. 6).

Une dépendance analogue existe entre l'intensité de l'évaporation et le manque d'humidité aussi bien pendant les années 1946 et 1947 que durant la période de vingt ans.

L'intensité de l'évaporation dépend encore de la vitesse du vent et avant tout de la grandeur du rayonnement solaire. Dans l'indice de l'évaporation ces deux agents ne sont pas pris en considération. Avec l'évaporomètre installé dans un abri météorologique l'influence du vent sur l'évaporation ne se manifeste qu'au cas la vitesse du vent égale ou dépasse 5 m/sec. à cause du peu de ventilation dans l'abri.

Le rayonnement solaire qui est un des principaux agents dans le processus de l'évaporation de l'eau joue ici un rôle comme rayonnement reflété de la surface du sol et en plus comme rayonnement diffus de l'atmosphère. Puisque la chaleur nécessaire pour l'évaporation résulte principalement d'une radiation à longues ondes de la terre, et que la quantité de cette radiation est réglée par le degré auquel le ciel est couvert de nuages, donc la nébulosité doit être considérée comme un agent qui exerce de l'influence sur l'évaporation.

La courbe du parcours annuel de la nébulosité à Puławy présente une concordance très accusée avec le cycle annuel de l'évaporation (Fig. 8 et 9). Le déficit d'évaporation qui fut observé aux mois de juin des années 1946 et 1947 trouve son explication dans le parcours annuel du recouvrement du ciel par les nuages pendant ces deux années.

La dépendance entre la grandeur de l'évaporation et la quantité de nuages est indiquée par les valeurs du rapport calculé $\frac{N}{E}$ où „N“ désigne le degré de la nébulosité et „E“ l'évaporation de l'eau (Tab. XXI).

L'intensité de l'évaporation en fonction de la quantité de nuages est représentée par les diagrammes (Fig. 8, 9, 10).

L'intensité de l'évaporation de l'eau au cours de l'année dépend en raison directe de la température de l'air, de la tension de la vapeur, du manque d'humidité, et en raison inverse de la pression atmosphérique de l'humidité relative et de la quantité de nuages. Le degré de la nébulosité possède une valeur particulière en qualité d'agent réglant l'affluence de l'énergie radiante solaire.

Le calcul de l'intensité d'évaporation dans les jours beaux (> 2) et les jours nuageux (< 8) pendant les années 1946 et 1947 (Tab. XXII)

indique une dépendance prononcée entre la grandeur de l'évaporation et la quantité de nuages. Notons que la plus grande évaporation durant l'été se manifeste dans les limites de la nébulosité 1—2, lorsque la somme totale de la radiation est la plus grande, et non en présence d'un ciel sans nuages.

L'analyse détaillée de la situation météorologique qui régnait à Puławy aux jours des valeurs extrêmes des sommes journalières de l'évaporation pendant les périodes d'été de 1946 et 1947, (et avant tout, aux jours 11.VIII.1946 et 3.VI.1947 quand on nota les sommes journalières maximales de l'évaporation des deux années) a permis de constater que des conditions atmosphériques particulières sont nécessaires pour qu'il puisse se produire une grande évaporation d'eau d'une surface libre en saison d'été. Puisque la plus grande évaporation n'est possible qu'à un moment où l'air est loin de l'état de saturation — les valeurs de la différence psychrométrique, la valeur de l'humidité relative et le manque d'humidité vont décider en grande mesure de la hauteur de la somme journalière de l'évaporation.

La différence psychrométrique $t_s - t_z$ aux jours du 11.VIII.1946 et du 3.VI.1947 a atteint les plus hautes valeurs de l'année ($7,9^\circ$ et $6,4^\circ$). L'humidité relative avait en ces deux jours une petite valeur (51%), et le manque d'humidité — des valeurs très grandes: 15,7 mm. et 11,0 mm.

Outre ces agents on ne peut ignorer l'influence de la quantité de nuages sur l'évaporation. Le 11.VIII.1946 aux trois moments d'observation les chiffres indiquant la nébulosité étaient: 3,1 et 9 et les valeurs de l'évaporation s'élevaient aux mêmes heures à 1,3 mm., 1,9 mm. et 3,4 mm. La quantité de nuages grandissant vers le soir ne laissait pas la chaleur absorbée s'échapper en rayonnement.

Il résultait de la situation synoptique du 11.VIII.1946 que des masses d'air tropical-continentale se trouvaient au dessus de la Pologne centrale. L'invasion de cet air durait pendant les plusieurs jours qui précédaient celui de l'évaporation maximale.

Le 3.VI.1947 la quantité de nuages aux heures d'observation était successivement: 9,9 et 8 et l'évaporation notée en ces trois moments était 0,2 mm., 2,4 mm. et 4,4 mm. L'affluence de l'énergie radiante était contenue ce jour là à cause de la grande quantité de nuages, mais les jours précédents la température de l'air avait été assez haute et la nébulosité modérée.

Pendant les jours qui précédaient celui du maximum de l'évaporation, des masses d'air continentale envahissaient la région de Puławy. Il y avait des vents de l'est et du sud, ou bien le calme.

On arrive à la conclusion qu'un concours particulier des éléments météorologiques décide de la hauteur de l'évaporation journalière. La différence psychrométrique, l'humidité relative, le manque d'humidité, ainsi que le degré de la nébulosité jouent un rôle très important sous ce rapport.

La plus importante des circonstances qui occasionnent ce concours favorable des éléments météorologique c'est la qualité des masses d'air qui règnent au moment donné dans le lieu d'observation. Les masses d'air continental-tropical ou continental apportent les conditions les plus favorables à l'évaporation.

Institut de Géographie
Université M. Curie-Skłodowska, Lublin.
