

JAN KLEIN

Fitoklimat leśnego rezerwatu Lipówka w Puszczy Niepołomickiej

Phytoclimatic conditions in the Lipówka nature reserve in the Niepołomice Forest

Praca stanowi krótką charakterystykę fitoklimatyczną rezerwatu Lipówka położonego w północnej części Puszczy Niepołomickiej. Oparto się w niej głównie na danych uzyskanych z czterodniowej serii pomiarów w pełni sezonu wegetacyjnego 1971 r. Dzięki słonecznej i bezwietrznej pogodzie panującej w tym czasie udało się uchwycić istotne różnice fitoklimatyczne wyróżnionych zespołów, podzespołów, a także niektórych wariantów i facji roślinnych.

Na tle klimatu lokalnego doliny Wisły w tym rejonie omówiono stosunki świetlne panujące w rezerwacie, jak również temperaturę i wilgotność powietrza, temperaturę gleby, grubość pokrywy śnieżnej i głębokość przemarzania gleby w okresie zimy.

W zakończeniu przedstawiono krótką charakterystykę badanych zbiorowisk roślinnych. Stwierdzono pomiędzy nimi istotne różnice fitoklimatyczne: np. ilość światła w dnie łągu olszowego *Circaeo-Alnetum* jest siedmiokrotnie większa niż w grądzie wysokim *Tilio-Carpinetum* wariant z *Aegopodium*. Temperatury maksymalne różnią się w poszczególnych zbiorowiskach o 14,5°C, minimalne o 2,0°, a wilgotność względna o 17%.

2.1. Wstęp

Fitoklimat lasu kształtuje wiele czynników siedliskowych: skład gatunkowy drzew i podszytu, zwarcie koron, wysokość i struktura drzewostanu, warunki wodno-glebowe i szereg innych. Poznanie warunków fitoklimatycznych rezerwatów i parków narodowych odgrywa ważną rolę w ich racjonalnej ochronie i zagospodarowaniu. Fitoklimat w dużej mierze wpływa na odnawianie się lasu, decyduje o sposobach walki ze szkodnikami, stanowi ważny element w wykształcaniu się różnych zespołów roślinnych.

Badania nad fitoklimatem różnych zespołów roślinnych północnej części Puszczy Niepołomickiej prowadzili Ermich (1953) i Klein (1977a, rkps). Niniejsze opracowanie oparte jest na danych uzyskanych podczas pomiarów w sezonie wegetacyjnym 1971 oraz obserwacji nad głębokością przemarzania gleby i zaleganiem pokrywy śnieżnej zimą 1968/1969.

Celem opracowania było poznanie stosunków fitoklimatycznych głównych zbiorowisk roślinnych rezerwatu oraz przedstawienie ich na tle klimatu lokalnego tej części Puszczy i warunków panujących poza lasem.

2.2. Fizjografia rezerwatu

Rezerwat Lipówka o powierzchni 25,46 ha położony jest w oddziale 60 kompleksu leśnego „Grobla” w północnej części Puszczy Niepołomickiej. Ten oderwany od głównej części Puszczy kompleks różni się zdecydowanie charakterem siedlisk. Podczas gdy w zasadniczym kompleksie przeważają siedliska borowe, to w północnej części panują grądy (Ferchmin, Medwecka-Kornaś 1976), spotyka się również łągi i olsy.

Według Denisiuka (1978) dominującym zespołem rezerwatu jest grąd, zajmujący 89,5% powierzchni. Występuje on tutaj w dwóch podzespółach: *Tilio-Carpinetum typicum* (grąd wysoki) i *Tilio-Carpinetum stachyetosum* (grąd niski). W podzespole typowym wyróżnia się dwa warianty florystyczno-ekologiczne, to jest wariant z *Aegopodium podagraria* — średnio wilgotny (30,5%) i wariant z *Poa nemoralis* i *Convallaria maialis* — grąd suchy (9,8%). Dominuje jednak grąd niski *Tilio-Carpinetum stachyetosum* (49,2%). W poszczególnych podzespółach mogą występować jeszcze facje roślinne utworzone przez licznie występujące niektóre gatunki roślin runa.

Poza tym 6,5% powierzchni zajmuje łąg olszowy *Circaeo-Alnetum*, a 0,3% — oles *Carici elongatae-Alnetum*. Na powierzchni 3,7% występują płaty przejściowe między *Circaeo-Alnetum* a *Tilio-Carpinetum stachyetosum*.

2.3. Ogólne tło klimatyczne

Hess (1969), dokonując rejonizacji klimatycznej okolic Krakowa, zaliczył ten teren do regionu umiarkowanie ciepłego, o stosunkowo wysokiej średniej temperaturze roku (8°C).

Duży wpływ na kształtowanie się klimatu lokalnego tego terenu wywierają stosunki wodne. Płytko zalegające wody gruntowe (Bzowski 1973) i nieprzepuszczalne warstwy podłoża powodują powstawanie mokradeł, co sprzyja częstemu tworzeniu się mgieł, wzrostowi wilgotności powietrza i łagodzeniu reżimu termicznego, przejawiającego się lokalnym zmniejszeniem amplitud (Klein 1977b).

Jak wynika z danych uzyskanych ze stacjonarnych pomiarów w Ispinie w latach 1966—1970, średnia temperatura roku wynosi tu $7,8^{\circ}\text{C}$. W porównaniu z oddalonym o 31 km Krakowem wykazuje wartość niższą o $0,7^{\circ}\text{C}$, co prawdopodobnie spowodowane jest wspomnianą już dużą wilgotnością podłoża (teren położony zaledwie 3 m nad lustrem wody w Wiśle) i wpływem lasów.

Najwyższe średnie maksymalne temperatury obserwuje się w I dekadzie sierpnia ($25,8^{\circ}\text{C}$), natomiast najniższe minimalne — z początkiem stycznia ($-10,3^{\circ}\text{C}$).

Z punktu widzenia ekoklimatologii bardzo ważnym wskaźnikiem, informującym o warunkach rozwoju roślin i zwierząt, są termiczne pory roku, których

początek i koniec wyznaczają średnie dobowe temperatury o określonych progach termicznych. Przeciętnie pora zimowa ($t_{sr} < 0^{\circ}\text{C}$) trwa 86 dni, natomiast pora letnia ($t_{sr} > 15^{\circ}\text{C}$) — 97 dni. Długość okresu wegetacyjnego ($t_{sr} > 5^{\circ}\text{C}$) wynosi 227 dni, okresu intensywnych procesów wzrostu ($t_{sr} > 10^{\circ}\text{C}$) — 164 dni, a okresu dojrzewania ($t_{sr} > 15^{\circ}\text{C}$) — 97 dni.

Dni mroźne ($t_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) obserwuje się przeciętnie w liczbie 51 w ciągu roku, z czego 20 przypada na styczeń. Okres bezprzymrozkowy ($t_{min} > 0^{\circ}\text{C}$) trwa średnio 176 dni — od 15 IV do 6 X. Dni gorące ($t_{max} > 25^{\circ}\text{C}$) najczęściej występują w lipcu (14 dni), czerwcu (12 dni) i sierpniu (11 dni). Łącznie w ciągu roku notuje się przeciętnie 47 takich dni.

W okresie zimowym gleba ulega przemarzaniu do głębokości 30 cm. Na powierzchni gleba jest zmrożona przez 67 dni, natomiast na głębokości 20 cm — tylko 33 dni.

Północna część Puszczy Niepołomickiej położona jest w strefie dość wysokich opadów. Średnia roczna suma opadów wynosi 729,4 mm. Rozkład ich w ciągu roku jest jednak nierównomierny. W miesiącach letnich (VI—VIII) spada ponad 40% opadów całego roku, podczas gdy w zimie (XII—II) tylko 17%.

Nagromadzenie wysokich opadów w krótkim okresie (burze) doprowadza często do gwałtownych wezbrań i powodzi, jak to miało miejsce w lipcu 1970 r. W dniu 18 VII tego roku spadło 103,5 mm opadu, a w ciągu krytycznych 4 dni decydujących o przerwaniu wałów ochronnych i zalaniu kilku wsi suma opadów wynosiła 159,9 mm.

Okres z szatą śnieżną utrzymuje się średnio przez około 136 dni w roku (trwała pokrywa — 61 dni), a maksymalna grubość przypada na styczeń.

Średni rozkład kierunków wiatrów wykazuje zdecydowaną przewagę z zachodniego sektora horyzontu (NW — 12,9%, W — 16,6%, SW — 12,8%). Znaczny udział mają też wiatry wschodnie (13,6%). Najrzadziej wieją wiatry z SE (4,2%), N (5,0%) i NE (5,2%).

Wilgotność powietrza w ciągu całego roku wykazuje wysokie wartości. Nieznacznie obniża się tylko latem w godzinach południowych, a także w miesiącach o niskich temperaturach średnich (styczeń, luty). Średnia roczna wilgotność względna wynosi 86%.

Zachmurzenie wywiera duży wpływ na dopływ energii słonecznej. Średnie roczne zachmurzenie wynosi 6,5; w okresie od końca października do końca marca zaznacza się pewien wzrost z maksimum w grudniu (8,9). Najmniejsze zachmurzenie występuje w I dekadzie sierpnia — 2,9.

2.4. Metoda opracowania

W roku 1971 prowadzono w północnej części Puszczy Niepołomickiej badania mikroklimatyczne na 6 powierzchniach leśnych oraz na łące poza lasem. Ta ostatnia powierzchnia stanowiła punkt odniesienia, dzięki czemu

można było sądzić o stosunkach fitoklimatycznych kształtowanych przez różne zbiorowiska leśne, na tle klimatu lokalnego otaczającego obszaru¹.

W samym rezerwacie znajdowały się 2 powierzchnie badawcze, pozostałe 4 — poza jego obrębem. Powierzchnia reprezentująca warunki terenu otwartego znajdowała się na łące, 200 m od kompleksu leśnego. Zbiorowiska łąkowe są bardzo znaną cechą krajobrazu tego terenu, zajmują duże połacie i z roku na rok stale zajmują te same miejsca (w przeciwieństwie do upraw rolnych).

W pełni sezonu wegetacyjnego (17—20 VII 1971) wykonywano pomiary obejmujące: temperaturę i wilgotność powietrza (na wysokościach 150, 20 i 1 cm), temperatury ekstremalne i aktualne na wysokości 5 cm nad gruntem oraz temperatury gleby na głębokościach 0, 5, 10 i 20 cm. Badano też przenikanie światła do dna lasu.

W czasie wykonywania pomiarów panowała pogoda słoneczna i bezwietrzna, sprzyjająca powstawaniu różnic fitoklimatycznych.

Obserwacje nad pokrywą śnieżną oraz głębokością przemarzania gleby wykonane zostały w zimie 1968/1969 wspólnie z mgrem M. Bzowskim, za pomocą zmarzlinomierzy własnej konstrukcji (Klein 1973).

2.5. Stosunki fitoklimatyczne

Oświetlenie dna lasu

Rozkład energii słonecznej w zespołach leśnych zależy od wielu czynników: wysokości słońca, warunków pogodowych, rozwoju liści drzew i podszytu, składu gatunkowego drzewostanów, wykształcenia koron i in. Taka złożoność wielu czynników powoduje, że w badaniach klimatu świetlnego lasu napotyka się spore trudności (Alekseev 1967).

Zdaniem Celniker i in. (1967) w lasach liściastych o zwarcie koron 70% do dna lasu dochodzi średnio 4,4% światła FAR (fotosyntetycznie czynnego) i 7,5% światła całkowitego, padającego na korony drzew.

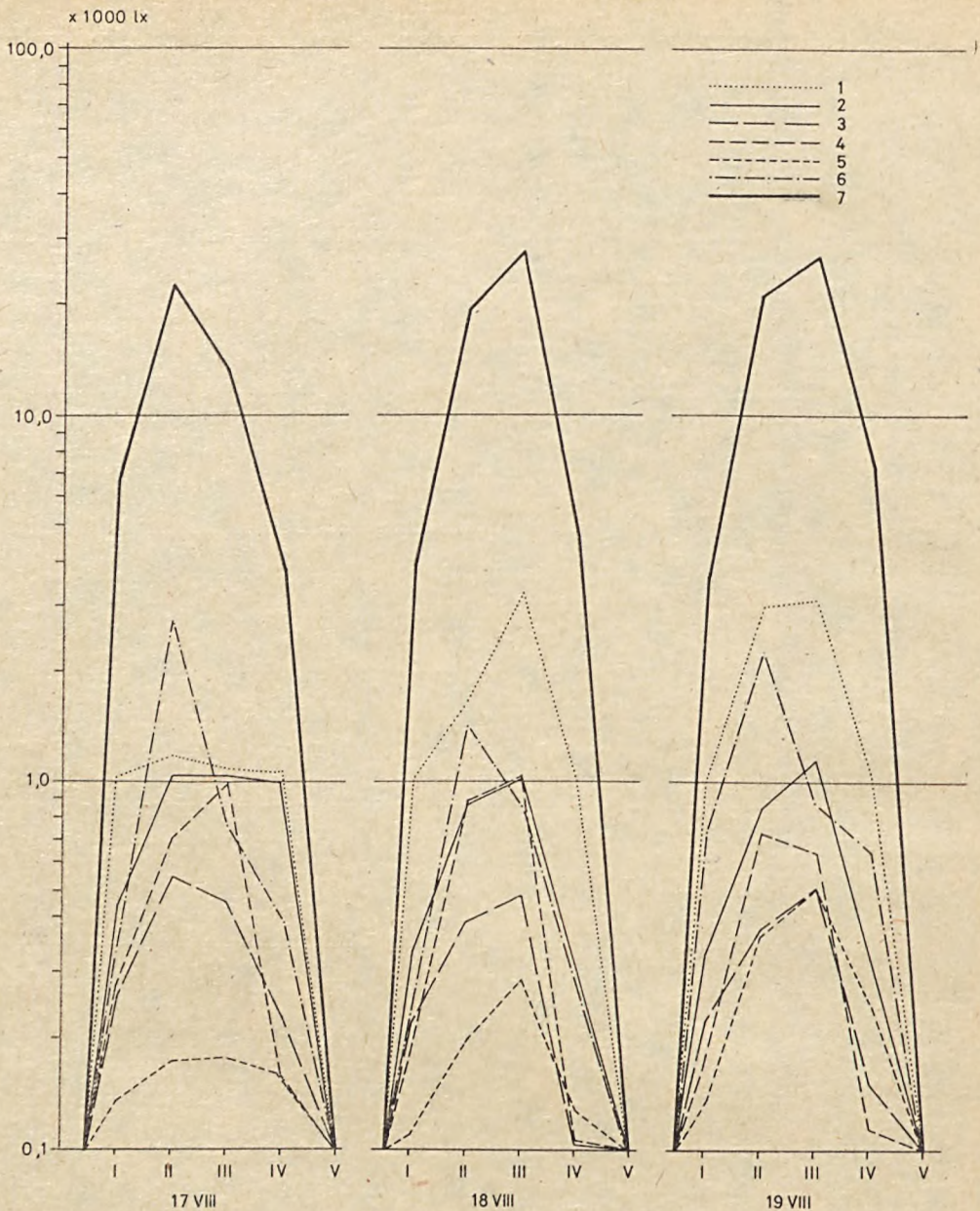
Interesująco przedstawia się sezonowa zmienność ilości światła dochodzącego do dna lasu. W badaniach, jakie prowadzono nad tym zagadnieniem (Klein 1977a) okazało się, że przy nie ulistnionym drzewostanie do dna lasu dochodziło 67% światła pełnego. W miarę jak rozwijają się liście podszytu grabowego, ilość światła spada do 26%, a przy pełni ulistnienia drzew i pod-

¹ Płaski, nie zróżnicowany morfologicznie teren kompleksu leśnego „Grobla” nie powoduje przestrzennej zmienności klimatu lokalnego (Klein 1977b). Stwierdzono natomiast na tym terenie istotne różnice w skali fitoklimatu, wynikające z różnorodnego wykształcenia zespołów i podzespołów leśnych (Klein rkps). Stąd też, dla wzbogacenia informacji o fitoklimacie rezerwatu Lipówka, zdecydowałem się zamieścić dane fitoklimatyczne dotyczące zbiorowisk roślinnych występujących w rezerwacie (choć nie badanych bezpośrednio w Lipówce) jako bardzo zbliżone do faktycznie tu panujących.

Tabela 2.I

Średnie wartości niektórych elementów fitoklimatycznych w badanych zespołach roślinnych rezerwatu Lipówka
 Mean values of some phytoclimatic elements in the investigated plant communities of the Lipówka nature reserve

L.p. No	Zbiorowisko roślinne Plant community	Temperatury powietrza Air temperatures °C			Temperatury absolutne Temperatures min. max.	Temperatury gleby Soil temperatures °C						Wilgotność powietrza Air humidity				Náteżenie światła Light intensity (1x) (%)			
		150	20	5		1	0	5	10	20	150	20	1	wilgotność względna relative humidity %	niedosyt wilgotności saturation deficiency °C				
1	Łęg oiszowy <i>Circaeo-Alnetum</i>	17,14	17,00	16,99	17,16	7,0	30,7	16,4	16,4	16,2	16,3	86	83	85	2,9	3,7	3,0	1594	12,2
2	Grąd wysoki <i>Tilio-Carpinetum typicum</i> w. <i>Poa nemoralis</i>	17,20	16,89	16,34	17,00	6,2	24,0	15,8	15,3	15,1	15,1	73	81	88	6,0	4,0	2,7	736	5,6
3	Grąd niski <i>Tilio-Carpinetum</i> <i>stachyetosum</i>	17,19	16,77	17,00	17,01	7,0	36,0	15,2	15,0	14,5	14,3	71	75	78	6,3	5,2	4,0	332	2,5
4	Grąd niski <i>Tilio-Carpinetum stachye-</i> <i>tosum</i> f. z <i>Corydalis cava</i>	17,01	16,62	16,55	16,68	5,8	22,6	14,8	14,3	14,3	14,1	73	77	80	6,0	4,8	4,2	485	3,7
5	Grąd wysoki <i>Tilio-Carpinetum typicum</i> w. <i>Aegopodium podagraria</i>	16,79	16,57	16,39	16,39	7,8	22,0	15,0	14,7	14,7	14,7	76	84	88	4,8	3,2	2,3	234	1,8
6	Zbiorowisko pośrednie między <i>Circaeo-Alnetum</i> a <i>Tilio-Carpinetum stachye-</i> <i>tosum</i>	16,89	16,49	16,40	16,21	7,5	36,5	16,8	16,2	15,9	15,7	79	88	92	4,5	2,6	1,7	856	6,6
7	Łąka rajgrasowa <i>Arrhenatheretum elatioris</i> Skrajna rozpiętość (bez 7)	19,0	19,5	20,2	20,3	1,5	42,5	19,1	19,1	17,3	18,4	65	67	71	10,0	9,8	10,5	13042	100,0
		0,41	0,51	0,66	0,95	2,0	14,5	2,0	2,1	1,9	2,2	15	13	17	3,4	2,6	4,1	1362	—



Ryc. 2.1. Oświetlenie wnętrza lasu badanych zbiorowisk roślinnych rezerwatu Lipówka i w terenie otwartym: 1 — łęg olszowy *Circaeo-Alnetum*, 2 — grąd wysoki *Tilio-Carpinetum* w wariacie z *Poa nemoralis*, 3 — grąd niski *Tilio-Carpinetum stachyetosum*, 4 — grąd niski *Tilio-Carpinetum stachyetosum* w facji z *Corydalis cava*, 5 — grąd wysoki *Tilio-Carpinetum* w wariacie z *Aegopodium podagraria*, 6 — zbiorowisko pośrednie między *Circaeo-Alnetum* a *Tilio-Carpinetum stachyetosum*, 7 — łąka rajgrasowa *Arrhenatheretum elatioris*

Fig. 2.1. The light in the interior of the forest in the investigated plant communities of the Lipówka nature reserve and in the open area: 1 — *Circaeo-Alnetum* alder wood, 2 — high *Tilio-Carpinetum* riverside forest in a variant with *Poa nemoralis*, 3 — low *Tilio-Carpinetum stachyetosum* forest, 4 — low *Tilio-Carpinetum stachyetosum* forest in a facies with *Corydalis cava*, 5 — high *Tilio-Carpinetum* forest in a variant with *Aegopodium podagraria*, 6 — an intermediate community between *Circaeo-Alnetum* and *Tilio-Carpinetum stachyetosum*, 7 — *Arrhenatheretum elatioris* rye-grass meadow

szytu utrzymuje się na poziomie 9% (trwa to od początku maja do połowy września).

Z pomiarów, jakie wykonał Ermich (1953) w wilgotnym lesie grądowym, wynika, że przy niebie pochmurnym do dna lasu dochodziło 4,3% światła pełnego, a przy zachmurzeniu 50—2,2% światła mierzonego w terenie otwartym.

Podczas pomiarów wykonywanych przy pogodzie słonecznej w rezerwacie Lipówka przenikało do dna lasu *Tilio-Carpinetum stachyetosum* 3,7%, a w facji z *Corydalis cava* — 2,5% światła (tab. 2.I).

Rycina 2.1 przedstawia stopień oświetlenia dna lasu w różnych biotopach rezerwatu Lipówka. Podczas gdy natężenie światła padającego na korony drzew osiągało wartości rzędu 25 000 lx, to na dnie łągu olszowego wynosiło 3 000 lx, a jeszcze mniej w zbiorowisku pośrednim między *Circaeo-Alnetum* a *Tilio-Carpinetum stachyetosum*. W grądach zdecydowanie najwięcej światła dochodzi do dna *Tilio-Carpinetum stachyetosum* w facji z *Corydalis*. Najniższe wartości oświetlenia wystąpiły w *Tilio-Carpinetum typicum* wariant z *Aegopodium*, w którym występuje zwarty drzewostan o budowie piętrowej.

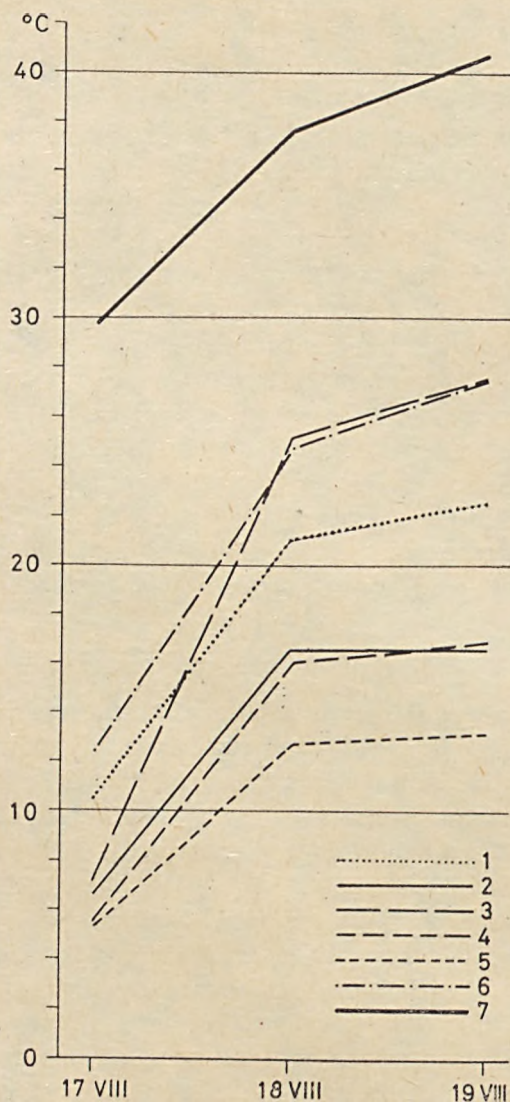
Temperatura powietrza

Stosunki termiczne w zbiorowiskach leśnych kształtują się zupełnie odmiennie niż w zbiorowiskach trawiastych (łąkowych, pastwiskowych, itp.). Jak wynika z danych zebranych podczas pomiarów (ryc. 2.2), w sytuacjach szczególnie sprzyjających powstawaniu dużych amplitud dobowych w różnych zespołach leśnych osiągały one w przygruntowej warstwie wartość 13 — 27°C, natomiast poza lasem aż 41°C.

Wielkość amplitud w obrębie zbiorowisk grądowych rezerwatu Lipówka różni się wyraźnie. Podczas gdy w grądzie *Tilio-Carpinetum stachyetosum* amplitudy osiągały wartość 27,5°C, to w bardziej wilgotnej jego facji z *Corydalis* — tylko 16,8°C.

Odmienność reżimu termicznego zaznacza się nie tylko w rozkładzie temperatur ekstremalnych. Również rozkład dobowy temperatur wykazuje duże zróżnicowanie (ryc. 2.3). Zmiany temperatury w ciągu doby w rezerwacie ulegają zdecydowanie mniejszym wahaniom niż w terenie otwartym. Spośród zespołów leśnych największymi zmianami dobowymi odznacza się łąg olszowy o niewielkim zwarciu koron i podszytu, a następnie grądy niskie i grąd wysoki w wariacie z *Aegopodium*.

Jak widać na rycinie 2.3, we wszystkich zbiorowiskach leśnych zaznacza się wyraźnie przesunięcie izolinii w prawo, co świadczy o większej bezwładności termicznej powietrza w lasach — wolniejszym niż w terenie otwartym nagrzewaniu w ciągu dnia i opóźnionym ochładzaniu nocą. Na wysokości 150 cm nad gruntem (ryc. 2.3B) różnice w przebiegu temperatury wyraźnie się zmniejszają. Zaznacza się to również w wartościach średnich dobowych (tab. 2.I).

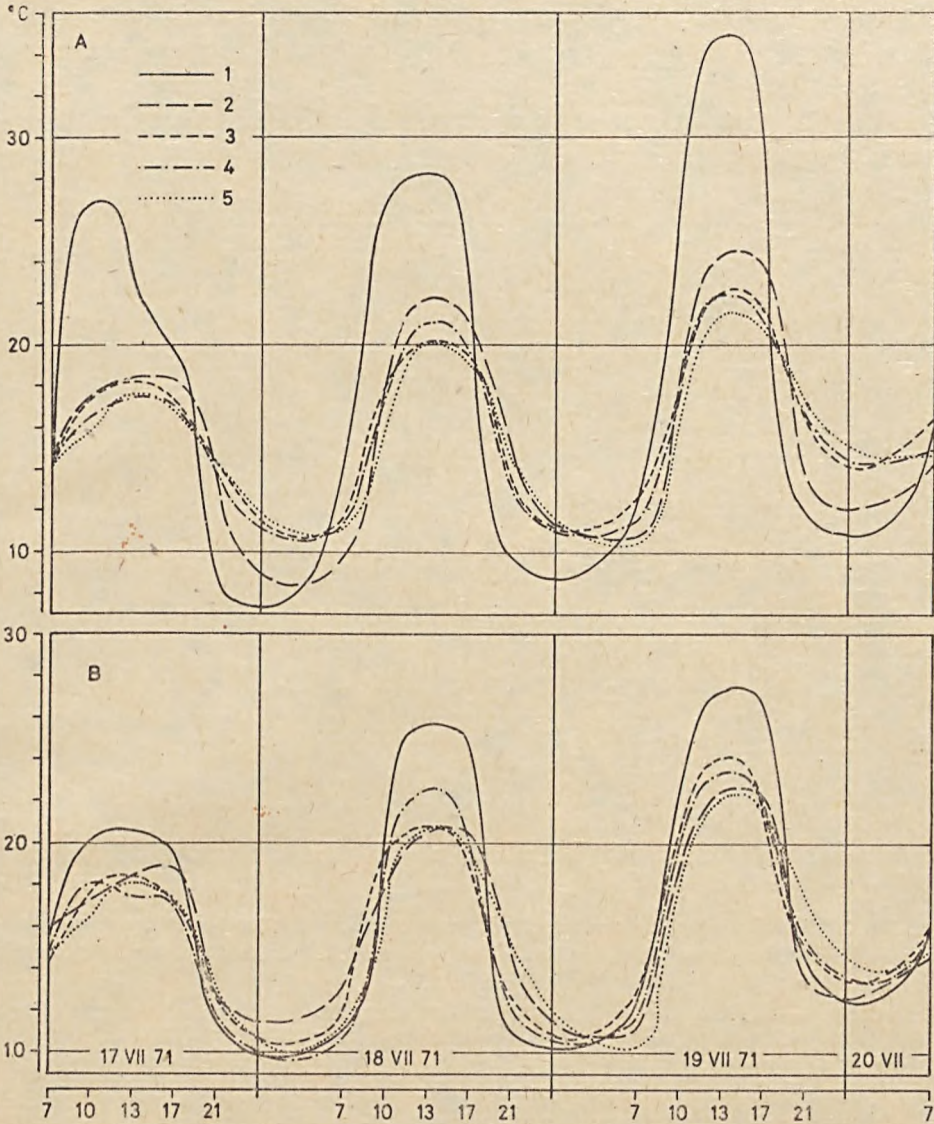


Ryc. 2.2. Wielkość dobowych amplitud temperatur mierzonych na wysokości 5 cm nad gruntem w zbiorowiskach leśnych i w terenie otwartym. Objasnienie por. ryc. 2.1

Fig. 2.2. Daily temperature measured at 5 cm above ground in forest communities and in the open area. Explanations as in Fig. 2.1.

O ile skrajna rozpiętość temperatur przy samym gruncie wynosiła prawie 1°C , to na wysokości 1,5 m — zaledwie $0,4^{\circ}\text{C}$.

Dobowa amplituda temperatury na wysokości 1,5 m jest w rezerwacie średnio mniejsza o $1,4\text{--}3,2^{\circ}\text{C}$ niż w terenie otwartym. Jak podaje Woronow (1962) za Towmeyem i Korstianem, w okresie lata w lasach Europy środkowej dobową amplitudę temperatury jest w porównaniu z terenem

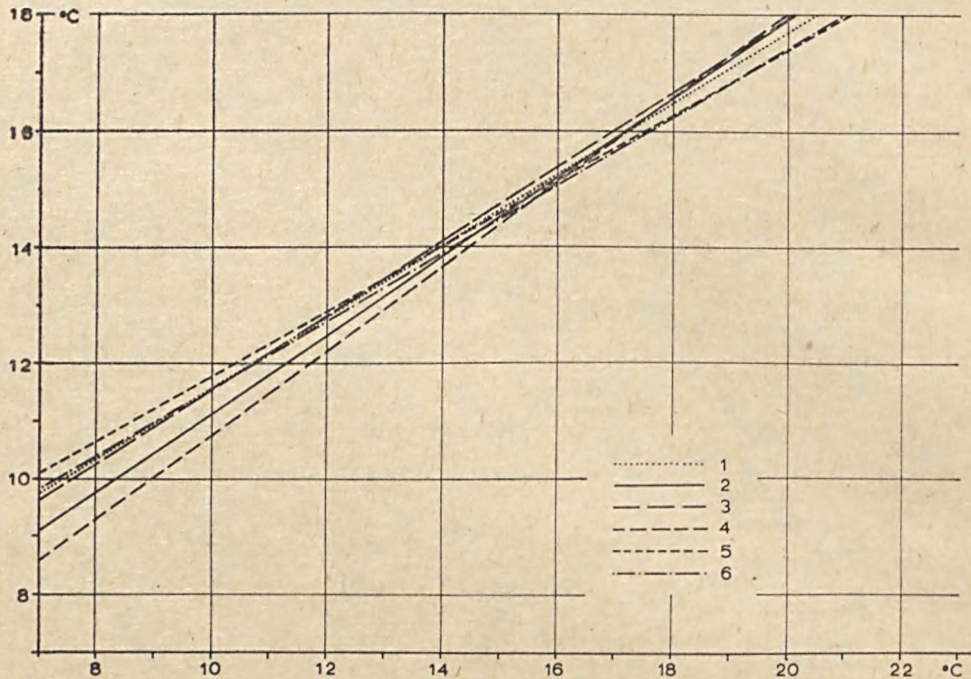


Ryc. 2.3. Dobowy przebieg temperatur powietrza w rezerwacie Lipówka i w terenie otwartym na wysokości 1 cm (A) i 150 cm (B) nad gruntem: 1 — łąka rajgrasowa *Arrhenatheretum elatioris*, 2 — łąg olszowy *Circaeo-Alnetum*, 3 — grąd niski *Tilio-Carpinetum stachyetosum*, 4 — grąd niski *Tilio-Carpinetum stachyetosum* w facji z *Corydalis cava*, 5 — grąd wysoki *Tilio-Carpinetum typicum* w wariacie z *Aegopodium podagraria*

Fig. 2.3. Daily course of air temperatures in the Lipówka nature reserve and in the open area measured at 1 cm (A) and 150 cm (B) above ground: 1 — *Arrhenatheretum elatioris* rye-grass meadow, 2 — *Circaeo-Alnetum* riverside forest, 3 — low *Tilio-Carpinetum stachyetosum* forest, 4 — low *Tilio-Carpinetum stachyetosum* forest facies with *Corydalis cava*, 5 — high *Tilio-Carpinetum typicum* forest in a variant with *Aegopodium podagraria*

otwartym średnio mniejsza o $0,57^{\circ}\text{C}$ w lecie i $1,26^{\circ}\text{C}$ w zimie. Jednakże w przypadkach szczególnie sprzyjających powstawaniu różnic fitoklimatycznych (słoneczna, bezwietrzna pogoda przy pełni ulistnienia drzewostanów) są one znacznie większe.

Zależność między temperaturą powietrza poza lasem a różnymi zbiorowiskami leśnymi ilustruje rycina 2.4. Najmniejsze różnice między nimi obser-



Ryc. 2.4. Zależność między temperaturą powietrza w terenie otwartym (oś X) a różnymi zbiorowiskami leśnymi rezerwatu Lipówka (oś Y) na wysokości 150 cm nad gruntem. Objasnienie por. ryc. 2.1

Fig. 2.4. Correlation between air temperature in the open (axis X) and the different forest communities of the Lipówka nature reserve (axis Y) measured at 150 cm above ground (explanations as in Fig. 2.1.)

wuje się przy temperaturze terenu otwartego w granicach $15\text{--}16^{\circ}\text{C}$. W okresie lata takim temperaturom aktualnym najczęściej towarzyszy pogoda pochmurna, podczas której zanikają różnice fitoklimatyczne.

W godzinach nocnych i porannych, kiedy temperatury poza lasem są niskie, w zbiorowiskach leśnych rezerwatu jest o $1,7\text{--}3,2^{\circ}\text{C}$ cieplej. Stosunkowo najchłodniej jest w grądzie niskim *Tilio-Carpinetum* w facji z *Corydalis* oraz w grądzie wysokim *Tilio-Carpinetum* wariant z *Poa nemoralis*. W grądzie *Tilio-Carpinetum stachyetosum*, łągu olszowym i w zbiorowisku pośrednim między łągiem a grądem niskim temperatury są bardzo podobne. Najcieplej jest w tym czasie w grądzie wysokim *Tilio-Carpinetum* wariant z *Aegopodium*.

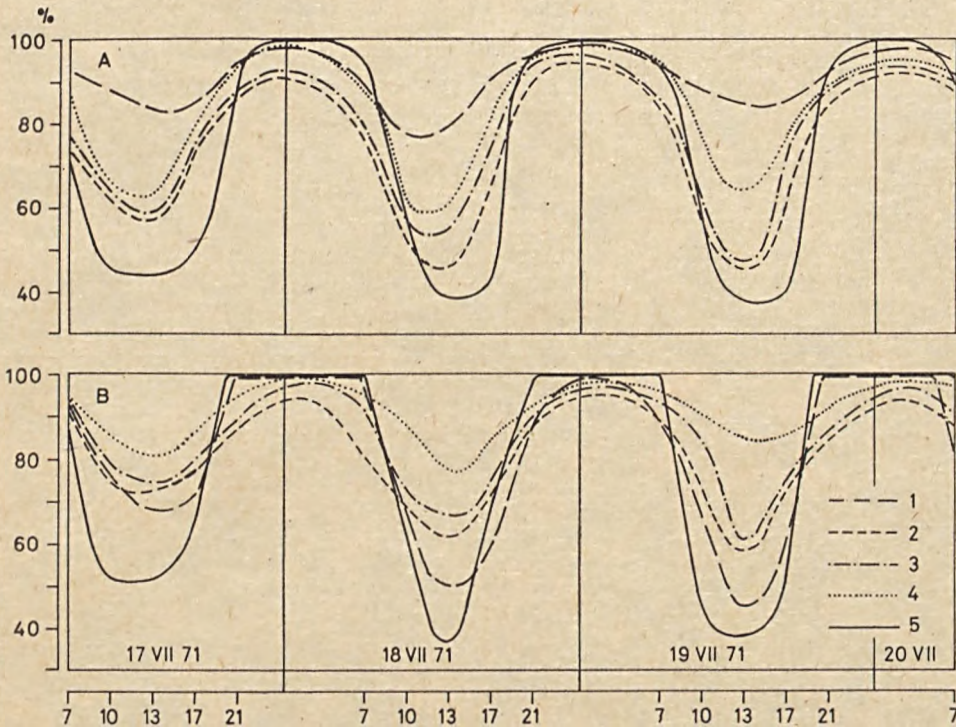
Odmienne obraz obserwujemy w godzinach południowych, kiedy to naj-

wyższe temperatury występują w tych zbiorowiskach, w których nocą temperatura spadła najniżej, natomiast najniższe tam, gdzie nocą było najcieplej — w grądach z *Aegopodium* oraz w zbiorowisku pośrednim między *Circaeo-Alnetum* a *Tilio-Carpinetum stachyetosum*.

Średnie dobowe temperatury w omawianych zespołach i zbiorowiskach leśnych są przeciętnie o 1,8—2,2°C niższe niż poza lasem.

Wilgotność powietrza

Jak już wspomniano w części dotyczącej klimatu lokalnego tego obszaru, wilgotność powietrza jest tutaj wysoka. Ilustrują to dane zawarte w tabeli 2.I, z których wynika, że średnie dobowe wartości wilgotności względnej wahają się w rezerwacie od 71 do 86%. Najbardziej wilgotne powietrze stagnuje w łęgu

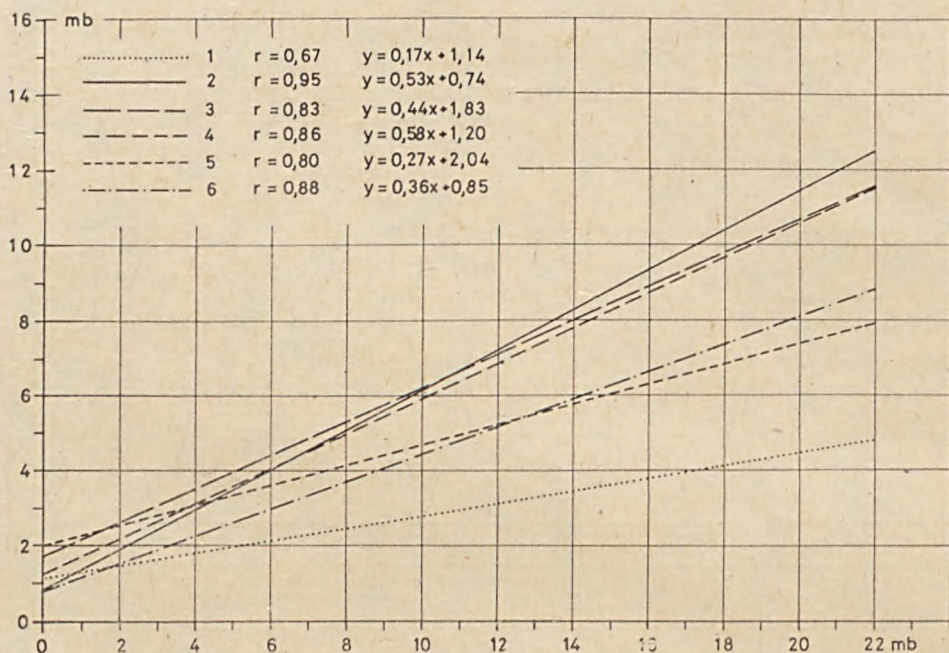


Ryc. 2.5. Dobowy przebieg wilgotności względnej w rezerwacie Lipówka i w terenie otwartym na wysokości 150 cm (A) i 1 cm nad gruntem (B). 1 — łęg olszowy *Circaeo-Alnetum*, 2 — łęg niski *Tilio-Carpinetum stachyetosum*, 3 — grąd niski *Tilio-Carpinetum stachyetosum* w facji z *Corydalis cava*, 4 — grąd wysoki *Tilio-Carpinetum typicum* wariant z *Aegopodium podagraria*, 5 — łąka rajgrasowa *Arrhenatheretum eliatoris*

Fig. 2.5. Daily course of relative humidity in the Lipówka nature reserve and in the open at the heights of 150 cm (A) and 1 cm (B) above ground: 1 — *Circaeo-Alnetum* riverside forest, 2 — low *Tilio-Carpinetum stachyetosum* forest, 3 — low *Tilio-Carpinetum stachyetosum* forest, facies with *Corydalis cava*, 4 — high *Tilio-Carpinetum typicum* forest, variant with *Aegopodium podagraria*. 5 — *Arrhenatheretum eliatoris* rye-grass meadow

olszowym oraz w płacie pośrednim między łęgiem a grądem niskim. Wyraźnie niższą wilgotność notuje się w grądzie wysokim z *Poa nemoralis*.

Interesujący jest przebieg dobowy wilgotności względnej (ryc. 2.5A). Największe wahania w ciągu doby zaznaczają się oczywiście poza lasem; w Lipówce obserwuje się bardziej złagodzony przebieg wilgotności, w związku z czym i amplitudy są tu znacznie mniejsze. W przygruntowej warstwie powietrza (ryc. 2.5B) w łęgu olszowym na skutek kondensacji pary wodnej wilgotność względna osiąga nocą wartość zbliżoną do 100%. W zespołach



Ryc. 2.6. Zależność między wilgotnością powietrza (niedosyt wilgotności) w terenie odsłoniętym (oś X) a różnymi zbiorowiskami leśnymi rezerwatu Lipówka (oś Y). Objasnienie por. ryc. 2.1
Fig. 2.6. Correlation between air humidity (saturation deficit) in an open area (axis X) and in various forest associations of the Lipówka nature reserve (axis Y). Explanations as in Fig. 2.1.

grądowych rezerwatu nieco wyższe niż w innych odmianach tego zespołu wartości obserwuje się w grądzie niskim w facji z *Corydalis*.

Niedosyt wilgotności, który oznacza „siłę wysuszającą powietrze” (Hess 1965), zdaniem Szymkiewicza (1923) najlepiej nadaje się do celów fitoklimatycznych ze względu na niewielkie różnice w porównaniu ze wskaźnikiem ewaporacji.

Na rycinie 2.6 przedstawiono zależność kształtowania się niedosytów wilgotności na wysokości 150 cm nad gruntem w poszczególnych zbiorowiskach rezerwatu oraz w terenie otwartym. Przy niskich wartościach niedosytów (jakie zdarzają się podczas pogody pochmurnej i dżdżystej) różnice nie są duże i wynoszą około 1,2 mb, natomiast podczas pogody słonecznej rozpiętości

sięgają 7 mb. Najmniej wilgotny jest wówczas grąd wysoki w wariancie z *Poa nemoralis* (11,4 mb), a następnie obydwa grądy niskie w facjach z *Corydalis cava* oraz *Stachys silvatica*. Najbardziej wilgotny jest łęg olszowy, gdzie niedosyt osiąga zaledwie wartość 4,7 mb.

Temperatura gleby

Według Szulgina (1967) wpływ roślinności na kształtowanie stosunków termicznych gleb przejawia się w zacienianiu gleby, w wyniku czego otrzymuje ona w ciągu dnia znacznie mniej energii słonecznej, nocą natomiast wypromieniuje mniej ciepła niż gleba pozbawiona roślinności (Geiger 1961). W rezerwacie Lipówka znajduje to w pełni potwierdzenie (por. dane w tab. 2.I).

Najcieplejsze są gleby w płacie pośrednim między *Circaeo-Alnetum* a *Tilio-Carpinetum stachyetosum* oraz w *Circaeo-Alnetum* (gdzie równocześnie obserwuje się największe oświetlenie dna lasu). Stosunkowo wysokie temperatury występują też w grądzie wysokim, w wariancie z *Poa nemoralis*, najniższe natomiast — w grądzie niskim w facji z *Corydalis*.

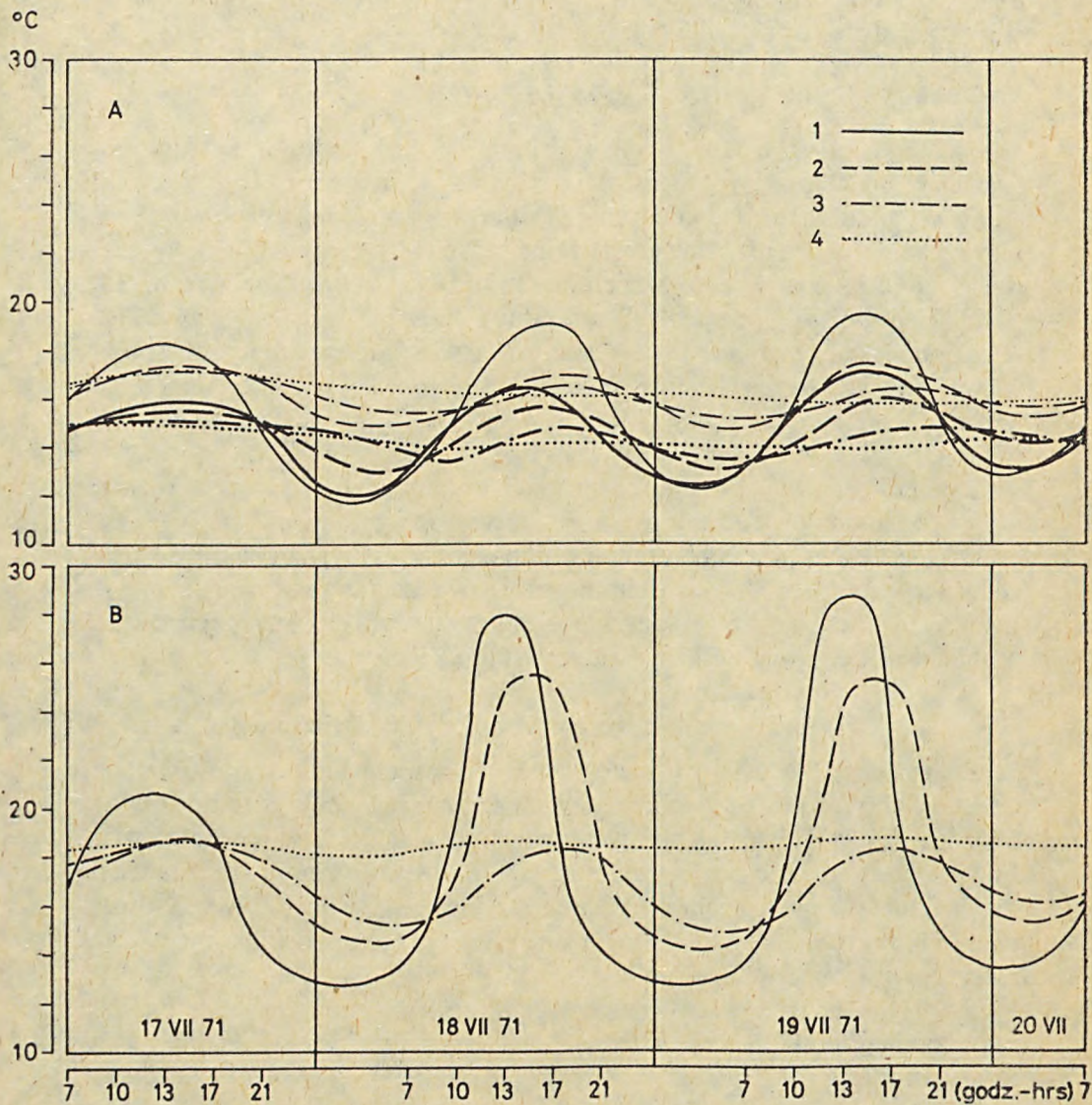
Rycina 2.7 przedstawia dobowy przebieg temperatur gleby na różnych głębokościach. Jak widać, temperatury w łęgu olszowym są o około 2°C wyższe niż w *Tilio-Carpinetum stachyetosum*, a dobowe zakresy wahań na powierzchni gleby są wyższe o 3°C. Nocą temperatury powierzchni gleby są zbliżone do siebie, a zróżnicowanie w godzinach południowych wynika z większej penetracji promieni słonecznych w luźnym drzewostanie łęgowym.

Przemarzanie gleby i pokrywa śnieżna

Zmarzlinomierze zainstalowano w różnych zespołach rezerwatu oraz poza lasem. Rycina 2.8 ilustruje głębokość przemarzania gleby oraz grubość pokrywy śnieżnej. Jak widać, najgłębiej gleba zamarzła na łące i w łęgu olszowym. Interesujące jest, że w tym ostatnim zespole pod koniec zimy nie zaznacza się rozmarzanie przypowierzchniowe, które obserwuje się w pozostałych. Prawdopodobnie przyczyną tego jest stagnująca tu w tym okresie woda pochodząca z roztopów i opadów deszczu.

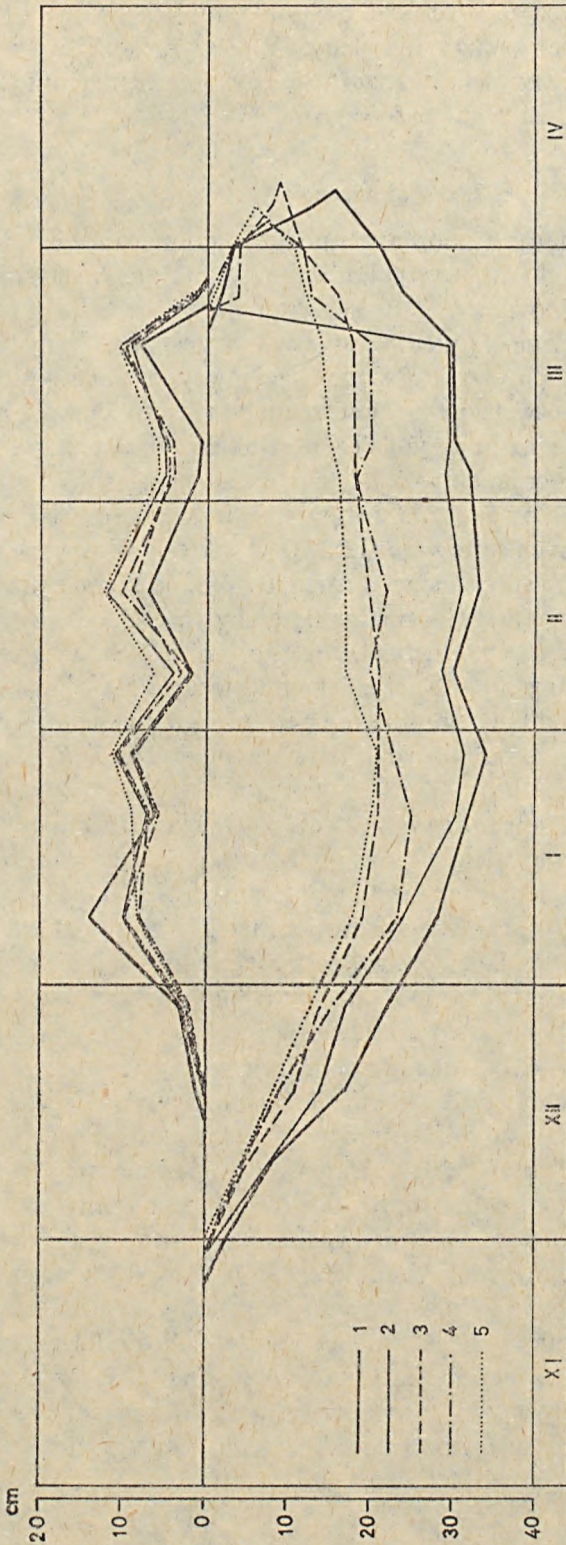
W okresie późnej jesieni warstwa ściółki w lesie skutecznie przeciwdziała zamarzaniu gruntu, opóźniając ten proces o cały tydzień w porównaniu z glebą terenu otwartego. Można dopatrzeć się związku między wilgotnością gleby a głębokością przemarzania — spośród zespołów leśnych najpłycej zamarza gleba w grądzie wysokim, w wariancie z *Aegopodium*, najgłębiej natomiast w łęgu olszowym.

Ciekawie przedstawia się miąższość pokrywy śnieżnej (ryc. 2.8). Na początku zimy zalega ona w rezerwacie cieńszą warstwą niż poza lasem. W Lipówce część śniegu gromadzi się na gałęziach w postaci okiści, która później opada na dno lub podlega sublimacji. W pełni i pod koniec zimy grubość pokrywy śnieżnej wolniej zmniejsza się w rezerwacie niż w terenie otwartym, co jest wynikiem mniejszej insolacji.



Ryc. 2.7. Dobowy przebieg temperatur gleby w wybranych zbiorowiskach rezerwatu Lipówka (A — *Tilio-Carpinetum stachyetosum* — gruba linia, łęg olszowy *Circaeo-Alnetum* — cienka linia) i w terenie otwartym (B): 1 — na powierzchni gleby, 2 — na głębokości 5 cm, 3 — na głębokości 10 cm, 4 — na głębokości 20 cm

Fig. 2.7. Daily course of soil temperatures in some chosen communities of the Lipówka nature reserve (A — *Tilio-Carpinetum stachyetosum* — thick line, *Circaeo-Alnetum* riverside forest — thin line) and in an open area (B): 1 — on soil surface, 2 — at the depth of 5 cm, 3 — at the depth of 10 cm, 4 — at the depth of 20 cm



Ryc. 2.8. Przemarzanie gleby i grubość pokrywy śnieżnej w zespołach leśnych rezerwatu Lipówka i w terenie otwartym: 1 — łąka *Arrhenatheretum eliatoris*, 2 — łęg olszowy *Circaeo-Alnetum*, 3 — oles *Carici elongatae-Alnetum*, 4 — grąd niski *Tilio-Carpinetum stachytosum* w facji z *Corydalis cava*, 5 — grąd wysoki *Tilio-Carpinetum typicum* wariant z *Aegopodium podagraria*

Fig. 2.8. Soil freezing and snow cover thickness in the forest associations of the Lipówka nature reserve and in the open: 1 — *Arrhenatheretum eliatoris* ryegrass meadow, 2 — *Circaeo-Alnetum* riverside forest, 3 — *Carici elongatae-Alnetum* wet alderwood, 4 — low *Tilio-Carpinetum stachytosum* forest, facies with *Corydalis cava*, 5 — high *Tilio-Carpinetum typicum* forest, variant with *Aegopodium podagraria*

W okresie wiosny, jeszcze przed całkowitym zanikiem pokrywy śnieżnej, zachodzi powierzchniowe rozmarzanie gleby. W niższych warstwach jest ona nadal zamrożona, choć wyraźnie zaznacza się również rozmarzanie od głębszych warstw (z wyjątkiem łągu olszowego).

2.6. Zakończenie

W wyniku analizy danych zebranych podczas pomiarów klimatycznych można dokonać krótkiej charakterystyki fitoklimatycznej głównych zbiorowisk roślinnych rezerwatu Lipówka:

Łęg olszowy *Circaeo-Alnetum* jest jedynym zespołem leśnym, w którym w wartościach średnich zaznacza się insolacyjny typ rozkładu pionowego temperatury (tab. 2.I). Związane to jest z małym zwarcim drzewostanu i prawie zupełnym brakiem podszytu. Taka struktura drzewostanu pociąga za sobą odmienny niż w grądach rozkład temperatur i wilgotności powietrza, a także gleby. Do dna lasu przedostaje się tutaj największa ilość światła spośród wszystkich zespołów leśnych rezerwatu (12,2%). W okresie wiosny, ze względu na dużą wilgotność gleby i stagnację wód roztopowych, odmiennie niż w pozostałych zbiorowiskach przebiega rozmarzanie gleby (ryc. 2.8).

Grąd niski *Tilio-Carpinetum stachyetosum* odznacza się dużą wilgotnością powietrza, niskim oświetleniem dna lasu (2,5%) i najgłębszym przemarzaniem gleby w zimie. Średnie temperatury gleby w okresie lata są jednak o 0,2—0,4°C wyższe niż w bardziej wilgotnym grądzie *Tilio-Carpinetum* w facji z *Corydalis cava*.

Grąd niski *Tilio-Carpinetum* w facji z *Corydalis cava* w porównaniu z nieco suchszym grądem omówionym wyżej posiada niższe średnie temperatury powietrza i gleby oraz niższe temperatury minimalne i maksymalne. Amplitudy temperatur skrajnych są również niższe (o około 10°C). Wynika to głównie z większego zwarcia koron, wskutek czego obserwuje się tu znacznie niższe temperatury maksymalne. Do dna tego zbiorowiska przedostaje się 3,7% światła padającego na korony drzew.

Grąd wysoki *Tilio-Carpinetum typicum* wariant z *Aegopodium podagraria* ze względu na duże zwarcie koron drzew i podszytu posiada najmniej korzystne oświetlenie dna lasu, co w dużej mierze wpływa na amplitudy temperatur skrajnych (13°C) i niskie średnie temperatury powietrza. W okresie zimy zaznacza się tu najpłytsze przemarzanie gleby.

Grąd wysoki *Tilio-Carpinetum typicum* wariant z *Poa nemoralis* posiada najwyższe temperatury średnie spośród wszystkich postaci grądu występujących w rezerwacie. Wpływa na to stosunkowo duża ilość światła przedostającego się do dna lasu (5,6%), jak również suche podłoże. Amplitudy dobowe temperatur przekraczają 22°C, średnia wilgotność względna jest znacznie niższa niż w innych zbiorowiskach leśnych. W związku z niską wilgotnością gleby i sporą ilością światła, średnie temperatury gleby są o około 1°C wyższe niż w grądach niskich.

Zbiorowisko przejściowe między *Circaeo-Alnetum* a *Tilio-Carpinetum stachyetosum* mimo stosunkowo wilgotnego podłoża odznacza się wysokimi amplitudami temperatur skrajnych (29°C), które prawdopodobnie związane są z dużą ilością energii słonecznej przenikającej do dna (6,6%). Wpływ wilgotnego podłoża uwidacznia się natomiast w stratyfikacji wilgotności powietrza: podczas gdy na wysokości 150 cm nad gruntem średnia wilgotność wynosi 79%, to w warstwie przygruntowej osiąga wartość 92%.

Zakład Ochrony Przyrody PAN, Kraków

Piśmiennictwo

Alekseev V. A., 1967. O propuskanii solnečnoj radiacji pologom drevostoev. W: Svetovo režim, fotosintez i produktivnost' lesa. Izd. „Nauka”, Moskva.

Bzowski M. 1973. Rzeźba i stosunki wodne dna doliny Wisły w rejonie północnej części Puszczy Niepołomickiej (The relief and hydrology of Vistula valley bottom in the northern part of Niepołomice Forest). W: Przyroda północnej części Puszczy Niepołomickiej i jej ochrona. Cz. II. *Stud. Nat. A*, 7: 7—37.

Celniker Ju. L., Kniazewa I. F., Akulova E. A. 1967. Vidimaja infrakrasnaja radiacija pod pologom chvojnych i listviennych drevostoev. W: Svetovoj režim, fotosintez i produktivnost' lesa. Izd. „Nauka”, Moskva.

Denisiuk Z. 1978. Szata roślinna rezerwatu Lipówka w Puszczy Niepołomickiej (The vegetation of the Lipówka nature reserve in the Niepołomice Forest). *Stud. Nat. A*, 1: 87—117.

Ermich K. 1953. Badania mikroklimatyczne w zespołach roślinnych Puszczy Niepołomickiej (Microclimatic investigation in plant communities of the Puszcza Niepołomicka). *Acta Soc. Bot. Pol.* 22, 3: 483—559.

Ferchmin M., Medwecka-Kornaś A. 1976. Grądy północnej części Puszczy Niepołomickiej (Oak-horbeam woods in the northern part of the Niepołomice Forest). W: Przyroda północnej części Puszczy Niepołomickiej i jej ochrona. Cz. III. *Stud. Nat. A* 13: 143—169.

Geiger R. 1961. Das Klima der bodennachen Luftschicht. Braunschweig.

Hess M. 1965. Piętra klimatyczne w polskich Karpatach zachodnich (Vertical climatic zones in the Polish Western Carpathians). *Zesz. nauk. UJ, Pr. IG*, 3: 1—276.

Hess M. 1969. Klimat podregionu miasta Krakowa. *Folia geogr.* 14: 5—66.

Klein J. 1973. Pomiary klimatyczne w badaniach ekologicznych (Climatic measurements in ecological research). *Wiad. ekol.* 19, 1: 34—43.

Klein J. 1977a. Zmiany oświetlenia wnętrza lasu grądowego w powiązaniu z rozwojem liści drzew i krzewów w północnej części Puszczy Niepołomickiej (Light changes in the interior of an Oak-Hornbeam stand, and their relation to the development of leaves of trees and shrubs in the northern part of Niepołomice Forest). *Fragm. flor. et geobot.* 23, 2: 69—79.

Klein J. 1977b. Klimat lokalny doliny Wisły w rejonie północnej części Puszczy Niepołomickiej (Mesoclimate of the Vistula valley bottom in the northern part of Niepołomice Forest). W: Studia ekologiczne Międzynarodowego Programu Biologicznego w Puszczy Niepołomickiej. *Stud. Nat. A*, 14: 9—66.

Klein J. (rkps). Fitoklimat lasu grądowego w północnej części Puszczy Niepołomickiej (powierzchnia badawcza MPB).

Šulgin A. M. 1967. Klimat počvy i jego regulirovanije. Gidrometeoizdat, Leningrad.

Szymkiewicz D. 1923. Études climatologiques. I. Comment caractériser l'humidité de l'air? II. Quel climat est le plus humide pour les végétaux? *Acta Soc. Bot. Pol.* 1, 4: 244—262.

Voronov A. G. 1963. Geobotanika, Moskva.