

X LIBRIS
W. SWEDERSKIEGO
L. _____

PRACE BIURA MELJORACJI POLESIA

(TRAVAUX DU BUREAU POUR L'ASSÉCHEMENT DES MARAIS DE POLESIE POLONAISE)

Pod redakcją D. Szymkiewicza

TOM I

ZESZYT 4

1931

DEZYDERY SZYMKIEWICZ

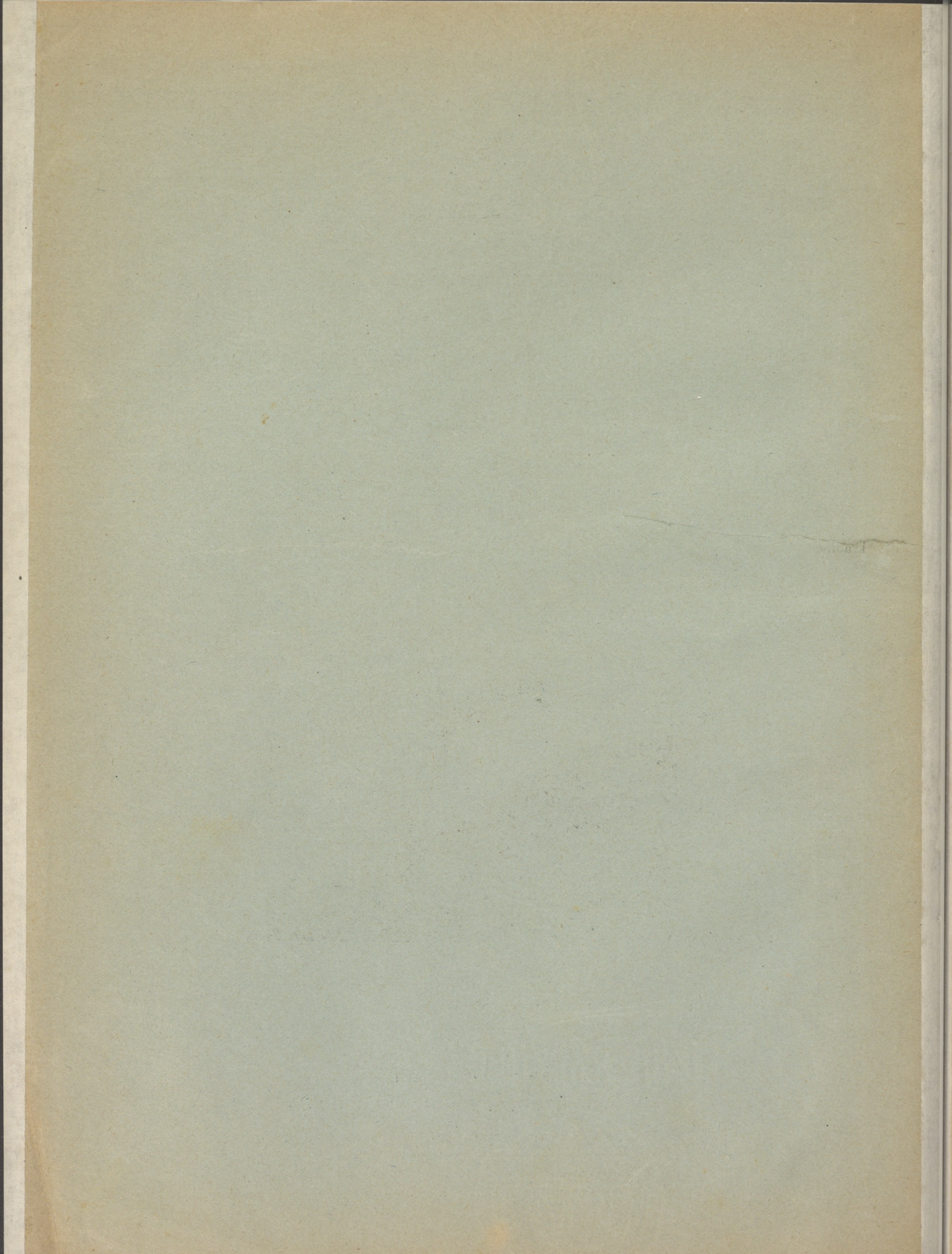
Badania ekologiczne wykonane na torfowisku
Czemerne. Część pierwsza

Recherches écologiques effectuées sur la tourbière Czemerne
Première partie

(Z 4 tablicami i 9 tabelami poza tekstem)



Brześć nad Bugiem
Nakładem Biura Meljoracji Polesia



PRACE BIURA MELJORACJI POLESIA

(TRAVAUX DU BUREAU POUR L'ASSÉCHEMENT DES MARAIS DE POLESIE POLONAISE)

TOM I

ZESZYT 4

1931

DEZYDERY SZYMKIEWICZ*Z Sarnami, racunkiem
o autorze*

Badania ekologiczne wykonane na torfowisku Czemerne

CZĘŚĆ PIERWSZA

Recherches écologiques effectuées sur la tourbière Czemerne

Première partie.

(Z 4 tablicami i tabelami poza tekstem)

Wstęp.

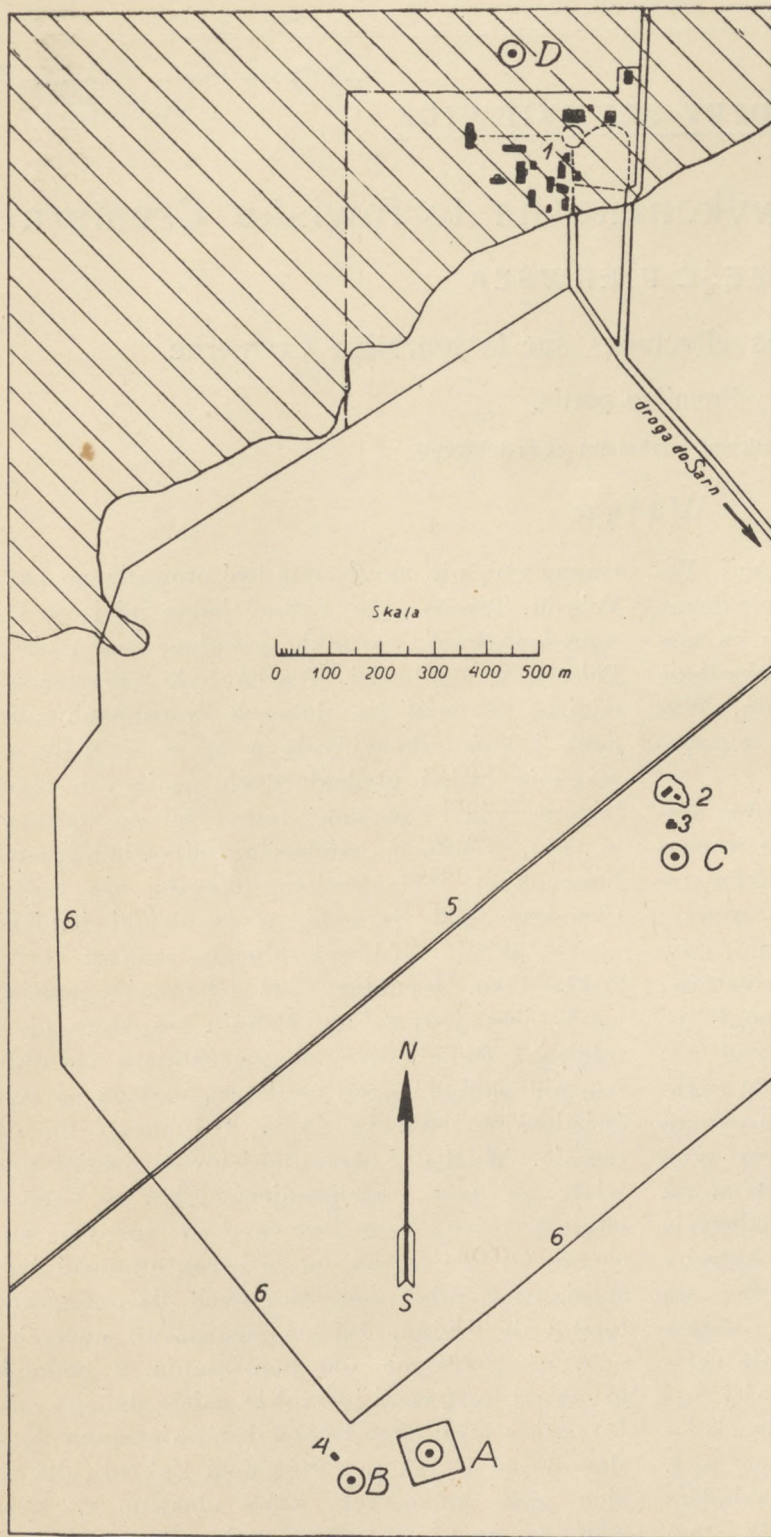
Prowadzone z ramienia Biura Meljoracji Polesia pod moim kierownictwem badania ekologiczne mają za zadanie zbadanie życia roślinnego na mokradłach tego kraju, w szczególności zaś zbadanie zmian, którym życie to ulegnie po osuszeniu. Wyniki mają być zużytkowane przy rolniczem zagospodarowaniu zmeljorowanych obszarów.

Zakres wspomnianych badań jest bardzo szeroki: obejmuje on z jednej strony poznanie warunków życia roślin, w szczególności mikroklimatu, z drugiej zaś strony zbadanie gospodarki wodnej roślin i produkcji przez nie masy organicznej. Nie może być zatem mowy, by w okresie czteroletnim, zakreślonym dla tych badań, program ich mógł być wyczerpany. Chodzi tylko o poznanie danych zagadnień w ogólnych zarysach, potrzebnych do opracowania projektu osuszenia Polesia. Nie tylko zresztą krótki czas, stojący do dyspozycji, jest przyczyną fragmentaryczności badań, o których tu jest mowa. Przyczynić się do tego musi także brak należycie opracowanych polowych metod badawczych, któreby były dostatecznie dokładne, a zarazem dałyby się zastosować w warunkach naturalnych, w danym przypadku z powodu natury terenu szczególnie uciążliwych. Szczegółowe przedstawienie trudności metodycznych, z którymi musi walczyć badanie ekologiczne, znajdzie czytelnik w mojej książce p. t. „Ekologja roślin“, drukowanej obecnie nakładem K. S. Jakubowskiego we Lwowie. W tem miejscu pragnę tylko podkreślić tę okoliczność dla wyjaśnienia, dlaczego kwestje metodyki zajmują w tej rozprawie tak dużo miejsca.

Ponieważ badania ekologiczne wymagają stosowania wielu złożonych przyrządów, nie znoszących

transportu, nie mogły one być prowadzone na całym Polesiu. Trzeba było wybrać jedno miejsce, któreby reprezentowało warunki, panujące na mokradłach Polesia w ogólności. Trzeba było przytem wybrać miejsce o możliwie dobrych warunkach mieszkalnych i komunikacyjnych, a to ze względu na wymagania badań ekologicznych, mających charakter laboratoryjny, pomimo tego, że są wykonywane w polu. Jedyne miejsce, odpowiadające wymuszonym wymaganiom, okazało się torfowisko Czemerne pod Sarnami, a to dzięki istnieniu na niem Zakładu doświadczalnego uprawy torfowisk. Zakład ten, istniejący już od czasów przedwojennych, jest jedyną na Polesiu naukową placówką rolniczą. Było zatem rzeczą całkiem naturalną tu właśnie skupić pracę naukową, mającą na celu doświadczalne badanie życia roślinnego na danym terenie. Względny oszczędnościowe również przemawiały za tem rozwiązaniem, gdyż na Czemerne istnieją tereny zmeljorowane w różnym stopniu osuszenia, nie trzeba zatem przeprowadzać żadnych specjalnych robót meljoracyjnych dla przygotowania terenu do badań. Bliskie sąsiedztwo suchych terenów piaszczystych dla porównania z podmokłymi gruntami torfowymi jest także zaletą danego miejsca. Do tego wszystkiego trzeba dodać niezwykle życzliwe stanowisko Dyrekcji i Personelu Zakładu dla wszelkich prac naukowych, które ułatwiło w wysokim stopniu prace na tym terenie. Prace ekologiczne zostało przytem w miarę możności skoordynowane z pracami doświadczalnymi Zakładu.

Umiejscowienie prac ekologicznych w okolicach Sarn ma jednak także pewne ujemne strony, których nie chcę bynajmniej pomijać milczeniem.



Ryc. 1. Plan terenu badań na torfowisku Czemerne.

Teren mineralny jest oznaczony kreskowaniem, reszta powierzchni jest zajęta przez pokłady torfu. — Punkty obserwacyjne: **A** — na łące dzikiego torfowiska pośród rezerwatu, **B** — w brzeźniaku na dzikim torfowisku, **C** — na torfowisku kulturalnym, **D** — na mineralnym gruncie w lesie. 1 — Zabudowania Zakładu doświadczalnego uprawy torfowisk. 2 — Barak laboratoryjny na kulturalnym torfowisku, postawiony na piaszczystej wysepce obok stodoły. 3 — Domek wegetacyjny. 4 — Barak laboratoryjny na dzikim torfowisku. 5 — Główny kanał osuszający. 6 — Rowy graniczne terenu uprawianego.

Plan du terrain des recherches sur la tourbière Czemerne.

*Le sol minéral est marqué par les hachures, le reste du terrain est couvert par la tourbe. Stations microclimatologiques: **A** — sur la prairie de la tourbière primitive, dans le terrain réservé, **B** — dans la forêt de bouleaux sur la même tourbière, **C** — sur la tourbière cultivée, **D** — dans la forêt de pins sur le sol minéral. 1 — Les bâtiments de la Station expérimentale pour la culture des tourbières. 2 — Le laboratoire sur la tourbière cultivée, établi sur un îlot sablonneux à côté d'une grange. 3 — Le pavillon de culture. 4 — Le laboratoire sur la tourbière primitive. 5 — Le canal principal de drainage. 6 — Les fossés limitrophes du terrain cultivé sur la tourbière.*

Mianowicie Sarny leżą na skraju Polesia. Nie stanowi to jednak poważniejszej przeszkody, a to z następujących powodów. Głównym zadaniem danych badań jest, jak już podałem na wstępie, poznanie życia roślinnego na mokradłach. Otóż chodzi tu głównie o działanie na roślinność czynników mikroklimatycznych, które zależą od właściwości podłoża i które w różnych miejscach mają ten sam charakter, o ile tylko podłoże jest podobne. Co do właściwości podłoża, to chodzi tu oczywiście o właściwości fizyczne i chemiczne. Ponieważ są to tereny podmokłe, ich właściwości fizyczne są uwarunkowane głównie stopniem zwilgocenia. Pod tym względem torfowisko Czemerne może reprezentować ogół terenów podmokłych Polesia, z uwagi na różne stopnie zwilgocenia, które tam są wytworzone działaniem robót meljoracyjnych. Odnośnie do właściwości chemicznych tak oczywiście nie jest, gdyż różne tereny Polesia wykazują bardzo poważne różnice, jak to między innymi wyjaśniły badania prof. Kulczyńskiego (1930)¹⁾. Dla wprowadzenia odpowiednich uzupełnień do wyników, otrzymanych na Czemerne, są projektowane uzupełniające doświadczenia na próbkach torfu, zwiezionych z różnych miejsc Polesia. Na tych próbkach mają być wykonane doświadczenia wazonowe obok takich samych kultur wazonowych na torfie miejscowym w specjalnie do tego celu zbudowanym domku vegetacyjnym (tab. II fot. 3). W ten sposób badania ekologiczne, które z natury swojej skomplikowanej metodyki nie mogą być wędrowne, dadzą ogólny obraz charakteru vegetacji na Polesiu, pomimo tego że są wykonywane w jednym tylko miejscu.

Badania na Czemerne były rozpoczęte w r. 1929. Zostały tam przedewszystkiem wybudowane 3 baraki: jeden mieszkalny na gruncie mineralnym w obrębie zabudowań Zakładu doświadczalnego uprawy torfowisk (1, ryc. 1), drugi laboratoryjny na

piaszczystej wysepce wśród zmeljorowanej części torfowiska (tab. II fot. 1 i 2; 2, ryc. 1) i trzeci również laboratoryjny na dzikim torfowisku wśród zarośli brzoźowych (tab. I fot. 2; 4, ryc. 1). Po ukończeniu prac przygotowawczych, które zajęły nadspodziewanie dużo czasu, właściwe badania zaczęły się 14 czerwca. Biorą w nich udział asystenci grupy ekologicznej Biura Meljoracji Polesia pp. Jan Wnękowski i Antoni Arbesbauer. Za Ich gorliwą, często uciążliwą pracę składam Im serdeczne podziękowanie.

Program badań polegał na początku na poznaniu warunków egzystencji roślinności: głównie mikroklimatycznych, częściowo także ogólnoklimatycznych (promieniowanie) i glebowych (oddychanie glebowe). Na tem zeszły sezony vegetacyjne lat 1929 i 1930. Badania nad przejawami życiowymi roślin ograniczyły się na razie do opracowania metodyki pomiarów parowania z terenu pokrytego roślinnością. Jednocześnie został wybudowany domek vegetacyjny do badań nad życiem roślin (3, ryc. 1), którym to badaniom mają być poświęcone dwa dalsze i ostatnie lata tych prac. Ogólna organizacja badań jest taka, że prace w terenie są prowadzone w sezonie vegetacyjnym, w zimie zaś odbywa się we Lwowie w Pracowni botanicznej Wydziału rolniczo-lasowego Politechniki opracowywanie zebranych materiałów i przygotowywanie przyrządów do nowej kampanji letniej. W zimie w terenie jest czynny tylko obserwator, prowadzący pomiary temperatury powietrza i gleby, w przyszłości także promieniowania.

Niniejsza część pierwsza sprawozdania z badań ekologicznych obejmuje prace lat 1929 i 1930.

Na zakończenie tego informacyjnego wstępu miło mi jest wyrazić serdeczne podziękowanie Panu Inżynierowi J. Pruchnikowi, Dyrektorowi Biura, za Jego poparcie i zainteresowanie temi badaniami.

1. Ogólne uwagi o badaniach mikroklimatycznych.

Jest rzeczą powszechnie znaną w kołach rolników, że informacje o klimacie, dostarczane przez zwykłe obserwacje meteorologiczne, są niedostateczne. Pochodzi to stąd, że obserwacje te są wykonywane tam, gdzie roślin niema: w klatkach umieszczonych na wysokości 2 metrów nad powierzchnią ziemi. Tymczasem rośliny mieszczą się przeważnie w niższej, przyziemnej warstwie powietrza, nieraz — w stadjum kiełkowania — nawet wprost w bezpo-

średniej bliskości ziemi. W tej warstwie przyziemnej powietrza panują warunki odmienne, nieraz nawet bardzo różne od warunków warstwy dwumetrowej. Zjawia się w ten sposób potrzeba specjalnych pomiarów w warstwie przyziemnej. Ażeby je nawiązać do zwykłych pomiarów meteorologicznych, należy oczywiście robić takie same pomiary na wysokości 2 metrów. Najwygodniej jest brać w warstwie przyziemnej poza poziomem dwumetrowym, który ją odgranicza od góry, poziomy 50 i 5 cm. Takie też poziomy zostały przyjęte w referowanych w tej pracy badaniach.

¹⁾ Daty w nawiasach przy nazwiskach odnoszą się do spisu cytowanych prac, zestawionego w końcu tej rozprawy.

Warunki klimatyczne w warstwie przyziemnej ulegają silnym zmianom ze zmianą miejsca, zmianom daleko większym, niż w warstwach wyższych. Wystarcza do tego nieraz przesunięcie kilku metrów. Stąd też pochodzi pojęcie mikroklimatu, ujmujące całokształt warunków klimatycznych w warstwie przyziemnej w pewnym miejscu o ograniczonym zasięgu poziomym.

Różnice mikroklimatyczne są powodowane przez konfigurację i naturę podłoża oraz przez charakter roślinności. Konfiguracja terenu wpływa na ruchy powietrza w kierunku poziomym, powodując na przykład w nocy spływanie zimnego powietrza w miejsca niższe. Natura podłoża określa charakter mikroklimatu głównie przez swoje właściwości termiczne, zależne od natury gleby i stopnia zwilgocenia. Roślinność wreszcie interwenjuje, hamując ruchy powietrza, zmieniając natężenie parowania i promieniowanie, padające na dany teren. Te wszystkie przyczyny, określające mikroklimat, zostaną dokładnie omówione w dalszych częściach tej pracy. Tu tylko zaznaczę, że w danych badaniach chodziło głównie o różnice mikroklimatyczne, powodowane przez różnice w wilgotności terenu. Do tego torfowisko Czemerne nadaje się doskonale z powodu swojej płaskiej powierzchni.

Punkty obserwacyjne mikroklimatologiczne znajdują się według pomiarów inż. Bacca na poziomach prawie jednakowych, a mianowicie:

- A. Torfowisko dzikie, łąka 153·942 m.
- B. Torfowisko dzikie, brzeźniak 153·974 m.
- C. Torfowisko kulturalne 153·518 m.
- D. Las sosnowy na glebie mineralnej 157·123 m.

Tylko ostatni punkt obserwacyjny, znajdujący się na glebie mineralnej, jest położony nieco wyżej. Jest to zresztą rzecz normalna, że przyległy teren mineralny leży ponad torfowiskiem.

Przez odniesienie obserwacji mikroklimatycznych z jednej strony do granicznego poziomu dwumetrowego, z drugiej zaś — do suchego lasu stało się możliwe nawiązanie badanego mikroklimatu do ogólnego klimatu danej okolicy. Nawiązanie to jeszcze nie jest zupełne: brakuje punktu obserwacyjnego na mineralnej glebie w otwartym miejscu. Stworzenie takiego punktu było narazie niemożliwe z powodu tego, że teren otaczający torfowisko jest porośnięty lasem. Ponieważ jednak część lasu została świeżo przez Zakład doświadczalny wykarczowana, można będzie jeszcze ten brak uzupełnić. Pomimo tego już teraz wyniki obserwacji na Czemerne można przenieść na inne podobne podmokłe tereny, nawiązując je do innego makroklimatu.

Przedstawione poniżej wyniki obserwacji wykazują jedną właściwość ogólną różnic mikroklima-

tycznych, którą trzeba tu od razu omówić. Różnice te słabną albo wręcz nikną przy pochmurnem niebie i zwiększają się ze zmniejszeniem zachmurzenia, osiągając swoje maksimum przy niebie zupełnie jasnym. Zachodzi to tak samo w dzień, jak i w nocy. Przyczyną tego zjawiska jest bilans energetyczny promieniowania dla danego terenu. Powierzchnia ziemi, względnie powierzchnia pokrywającej ziemię roślinności, otrzymuje z góry od słońca i nieba energię promienistą, którą częściowo pochłania, i wypromieniowuje sama pewną ilość energii. W wyniku tego dopływu i odpływu energii promienistej pozostaje pewne saldo, którego wielkość i charakter (ujemny lub dodatni) są różne w różnych przypadkach.

Dla bliższego ujęcia tego zagadnienia trzeba mieć na uwadze, że promieniowanie naturalne (poza promieniowaniem kosmicznym γ o bardzo małej zawartości energii) składa się z krótkofalowego promieniowania, pochodzącego od słońca, i długofalowego promieniowania, wytwarzanego przez wszelkiego rodzaju części składowe kuli ziemskiej: powietrze i chmury, ziemię i wody, rośliny i zwierzęta. Promieniowanie krótkofalowe składa się z fal ultrafioletowych, widzialnych i krótszych infraczerwonych, ogółem o długości zawartej w granicach od $0,3 \mu$ do 3μ . Jest to przede wszystkim bardzo silne bezpośrednie promieniowanie słoneczne, mające maksimum natężenia w pomarańczowej części widma. Następnie należy tu o wiele słabsze promieniowanie rozproszone. Przy niebie pochmurnem promieniowanie bezpośrednie zostaje zatrzymane przez chmury i promieniowanie krótkofalowe sprowadza się do samego tylko rozproszonego. W tym przypadku to ostatnie ma mniej więcej taki sam skład spektroskopowy, jak promieniowanie bezpośrednie. Przy jasnym niebie promieniowanie rozproszone działa razem z bezpośrednim i ma wtedy maksimum natężenia w błękitnej części widma.

Promieniowanie krótkofalowe jest pochodzenia kosmicznego. Krótkość jego fal jest powodowana przez wysoką temperaturę słońca, które go wytwarza. W przeciwieństwie do tego, promieniowanie wytwarzane w obrębie stosunkowo zimnej kuli ziemskiej składa się z fal o wiele dłuższych. Widmo tego promieniowania zaczyna się około 6μ , osiąga maksimum natężenia około 9μ i wygasa około 13μ . Ogólne jego natężenie jest dosyć słabe, jest ono tego samego rzędu mniej więcej co krótkofalowe promieniowanie rozproszone. Długofalowe promieniowanie jest wytwarzane przez wszystkie części naszej planety. Najważniejsze jest to, które pochodzi z atmosfery oraz z stałej i płynnej powierzchni skorupy ziemskiej.

Ograniczam się tu do tych ogólnych uwag o naturze promieniowania naturalnego. Obszerne przedstawienie tego tematu znajdzie czytelnik w moich artykułach, drukowanych w „Kosmosie“ w r. 1928 i 1929, oraz w mojej „Ekologii roślin“ (rozdział III części pierwszej).

W dzień pochmurny saldo bilansu energetycznego promieniowania jest dodatnie i ma wartość bezwzględnie niewielką. Przybytek energii pochodzi z krótkofalowego promieniowania rozproszonego i promieniowania długofalowego nieba. Promieniowanie rozproszone jest słabe, natężenie jego wynosi poniżej $\frac{1}{2}$ kalorii na minutę i centymetr kwadratowy poziomej powierzchni (por. tabl. V). Ponieważ albedo roślinności wynosi około 30%, zatem 70% energii promieniowania rozproszonego zostanie pochłoniętych przez teren. Promieniowanie długofalowe nieba jest tem silniejsze, im atmosfera jest mniej przezroczysta; jest ono najsilniejsze przy zupełnym zachmurzeniu. Wtedy energia jego zbliża się do energii promieniowania czarnego. Jest ono pochłaniane w zupełności przez roślinność. Przechodzimy teraz do ujemnej strony energetycznego bilansu promieniowania. Ubytek energii jest powodowany przez wypromieniowywanie ze strony terenu, które ma charakter promieniowania długofalowego. O ile teren jest pokryty roślinnością, energia tego wypromieniowywania jest prawie równa energii promieniowania czarnego przy danej temperaturze. Energia zaś promieniowania czarnego zależy, jak wiadomo, tylko od temperatury. Wspomniany ubytek energii zostaje zrównoważony przez długofalowe promieniowanie atmosfery, gdyż w dzień pochmurny temperatura powietrza niewiele różni się od temperatury powierzchni ziemi. W ten sposób saldo bilansu energetycznego sprowadza się do energii pochłoniętej przez ziemię z krótkofalowego promieniowania rozproszonego. Wynosi to średnio około 0.2—0.3 gramowej kalorii na minutę i kwadratowy centymetr poziomej powierzchni. Znak tego niewielkiego salda jest dodatni.

Przy niebie niezachmurzonym stosunki przedstawiają się odmiennie. Krótkofalowe promieniowanie przynosi wtedy bardzo duże ilości energii: w południe promieniowanie bezpośrednie i rozproszone dają razem na Polesiu do 1.5 kalorii na minutę i kwadratowy centymetr poziomej powierzchni. Od tej wiel-

kości trzeba odjąć 30%, odbitych przez roślinność; zostaje około 1.0 kalorii. Do tego dochodzi około 0.4 kalorii długofalowego promieniowania atmosfery. Razem przybytek energii wynosi około 1.4 kalorii. Wypromieniowywanie wynosi przy temperaturze 25° około 0.65 kaloryj. Po odjęciu tej straty od przybytku pozostaje 0.75 kalorii. Bilans będzie zatem silnie dodatni.

Podobnie jak w dzień, w nocy saldo energetyczne promieniowania jest tem większe, im zachmurzenie jest mniejsze.

W nocie pochmurne, wymiana energii między powierzchnią terenu a położonym ponad nim wszechświatem sprowadza się do zera. Mianowicie jedyne promieniowanie, jakie wtedy działa, jest długofalowe. Promieniowanie zaś pochmurnego nieba ma energję równą energii ciała czarnego. Ponieważ ten rodzaj promieniowania jest całkowicie pochłaniany przez roślinność, cała ta energia przypada w udziale terenowi. Z drugiej strony roślinność wypromieniowuje energję tak, jak ciało czarne. Ponieważ zaś w nocie pochmurne temperatura skorupy ziemskiej nie różni się od temperatury powietrza, energia wypromieniowana przez powierzchnię terenu równa się pochłoniętej przez energję długofalowego promieniowania atmosfery. Saldo tego bilansu będzie zatem równe zero.

W noc pogodną bilans energetyczny jest ujemny. Nietrudno jest zdać sobie sprawę z jego wielkości. W nocy odpada promieniowanie krótkofalowe. Promieniowanie długofalowe atmosfery niezachmurzonej wynosi około 0.42 kalorii, wypromieniowywanie zaś terenu (przy temperaturze 15°) około 0.57. Wypada saldo bilansu ujemne, wielkości około 0.15 kalorii na minutę i kwadratowy centymetr poziomej powierzchni.

Stosunkowo duże saldo bilansu energetycznego promieniowania przy jasnej pogodzie pociąga za sobą lokalne różnice w rozgrzewaniu i oziębianiu powierzchni ziemi, względnie roślinności, różnice powodowane przez lokalne osobliwości terenu. Dlatego też w taką pogodę wystąpią o wiele większe różnice mikroklimatyczne niż przy pochmurnej pogodzie, kiedy saldo bilansu energetycznego jest małe albo żadne. Wielkość tych różnic będzie przedmiotem rozważań w dalszych ustępach tej pracy.

2. Opis mikroklimatycznych punktów obserwacyjnych.

Zanim przejdziemy do przedstawienia wyników obserwacji mikroklimatycznych, musimy opisać punkty, w których te obserwacje były dokonywane. Jak już wspomniałem o tem poprzednio, punktów

tych było 4: dwa na dzikim torfowisku, jeden na kulturalnym i jeden na gruncie mineralnym.

Każdy punkt obserwacyjny zajmuje powierzchnię 6×6 metrów, obwiedzioną drucianym ochron-

nym płotem. Po środku takiego kwadratu jest wkopany słup 2¹/₂-metrowej wysokości, służący do umieszczenia przyrządów mierniczych. Obok słupa mieszczą się schodki dla dokonywania pomiarów na poziomie dwumetrowym. Poza tem w obrębie ogrodzenia znajdują się ewentualnie inne urządzenia: do pomiarów temperatury gleby, poziomu wody gruntowej i t. d.

Na dzikim torfowisku punktów obserwacyjnych było dwa, a mianowicie jeden na łące (**A** na ryc. 1), drugi zaś w brzeźniaku (**B** na ryc. 1). Było to konieczne ze względu na dwa różne typy roślinności, które tam występują. Torfowisko Czemerne jest typu nizinnego. Jak wszystkie torfowiska tego rodzaju, było ono pierwotnie pokryte łąkową bezdrzewną roślinnością, dopóki woda gruntowa była blisko pod powierzchnią. Od czasu obniżenia poziomu wody gruntowej, co częściowo przynajmniej nastąpiło skutkiem robót meljoracyjnych, przeprowadzonych w tej okolicy, zaczęło się zarastanie torfowiska brzozą z domieszką sosny. Temu procesowi przeciwdziałał koszenie łąk, przy którym młode brzożki są ustawicznie ścinane. Wpływ koszenia ujawnił się jaskrawo na terenie rezerwatu, utworzonego w r. 1929 na łące na badanym terenie. Już w roku następnym pokrył się on zaroślami małych brzożek. Skutkiem stopniowości zarastania i pod wpływem koszenia wytworzył się obecnie taki stan rzeczy, że jedna część torfowiska jest zarośnięta brzeźniakiem, druga zaś pokryta bezdrzewną roślinnością łąkową. Trzeba było wobec tego zrobić dwa punkty obserwacyjne: jeden na łące, drugi w brzeźniaku. Wspomniany powyżej proces zarastania torfowiska jest zjawiskiem niedawnym, datującym się mniej więcej od lat 30. Dowodzą tego zliczenia słożeń rocznych¹⁾. Wybrano w tym celu 3 brzoży i 3 sosny z pomiędzy najwyższych drzew. Ilość słożeń wyniosła: u brzoż — 24, 29 i 29 lub 30, u sosen — 30, 34 i 39.

Punkt obserwacyjny **A** na łące przedstawia fot. 1 na tab. I. Jak wszystkie punkty obserwacyjne, jest on otoczony ochronnym terenem 6×6 metrów, zabezpieczonym przez druciane ogrodzenie. Ponadto dla zabezpieczenia przed wszelkimi zmianami warunków lokalnych naokoło tego punktu obserwacyjnego został zakreślony wspomniany powyżej rezerwat o powierzchni jednego hektara. Teren rezerwatu, dzięki uprzejmości Dyrekcji lasów państwowych, jest wolny od wszelkiego użytkowania. Obejmuje on poza łąką także niewielką część przyległego brzeźniaka. Omawiany punkt obserwacyjny jest opatrzony w urządzenia do pomiaru tempera-

¹⁾ Za pomoc w tych zliczeniach jestem bardzo obowiązany p. prof. S. Wierdakowi.

tury gleby i w studzienkę do pomiaru poziomu wody gruntowej.

Punkt obserwacyjny **B** w brzeźniaku został wybrany opodal baraku laboratoryjnego. Z fotografii, przedstawiającej wspomniany barak (tab. I fot. 2), można sądzić o charakterze tego brzeźniaka. Jest on dosyć rzadki, o wysokości około 6—12 metrów. Przy tym punkcie jest studzienka hydrograficzna.

Punkt obserwacyjny na torfowisku kulturalnym jest położony opodal większego baraku laboratoryjnego. Na szczycie słupa obserwacyjnego mieści się tu aktynograf (tab. II, fot. 3). Nadto są urządzenia do pomiaru temperatury gleby i studzienka hydrograficzna.

Dla charakterystyki punktów obserwacyjnych **A**, **B** i **C** ważną rzeczą jest poziom wody gruntowej. W pierwszych dwóch punktach, położonych na torfowisku dzikim, woda gruntowa ma poziom silnie zmienny. Na wiosnę stoi ona tuż pod powierzchnią, w lecie opada i utrzymuje się do następnej wiosny na głębokości 20—40 cm. Punkt obserwacyjny **C**, położony na torfowisku kulturalnym, odznacza się natomiast małą zmiennością poziomu wody gruntowej, która poza tem stoi o wiele głębiej — na poziomie 70—100 cm pod powierzchnią. Ilustracją powyższego może służyć poniższa tabela.

Poziom wody gruntowej pod powierzchnią ziemi w cm na punktach obserwacyjnych.

Niveau des eaux sous la surface du terrain en cm aux stations microclimatologiques.

D a t a	A	B	C
4. X. 1929	41	42	95
1. XI.	39	36	80
1. XII.	22	19	77
1. I. 1930	22	18	94
10. II.	18	25	95
2. III.	33	32	102
1. IV.	18	12	73
10.	14	9	75
20.	10	5	78
1. V.	4	3	84
8.	6	1	91
1. X.	36	38	90
1. XI.	28	27	86
1. XII.	13	11	62

Wreszcie czwarty punkt obserwacyjny jest umieszczony na suchym gruncie piaszczystym wśród sosnowego lasu. Las ten, zawierający dużą domieszkę dębu, jest mocno przetrzebiony. Charakter roślinności

w pobliżu punktu obserwacyjnego widoczny jest z fot. 1 tabl. III. Niestety, w bliższej okolicy torfowiska niema lasu jako tako naturalnego i obser-

wacje, dokonane w tym czwartym punkcie obserwacyjnym, nie reprezentują typowego mikroklimatu leśnego Polesia.

3. Temperatura powietrza.

Pomiar temperatury powietrza do celów ekologicznych powinien być prowadzony tam, gdzie się znajdują rośliny. Jako główny przyrząd do tych pomiarów, został przyjęty aspiracyjny psychrometr Assmanna (1892).

Powszechnie znany ten przyrząd daje dokładne wyniki w każdych warunkach, dzięki należytemu osłonięciu zawartych w nim termometrów przed promieniowaniem. Wyniki odnoszą się przytem do określonej warstwy powietrza, tej mianowicie, skąd przyrząd ssie powietrze.

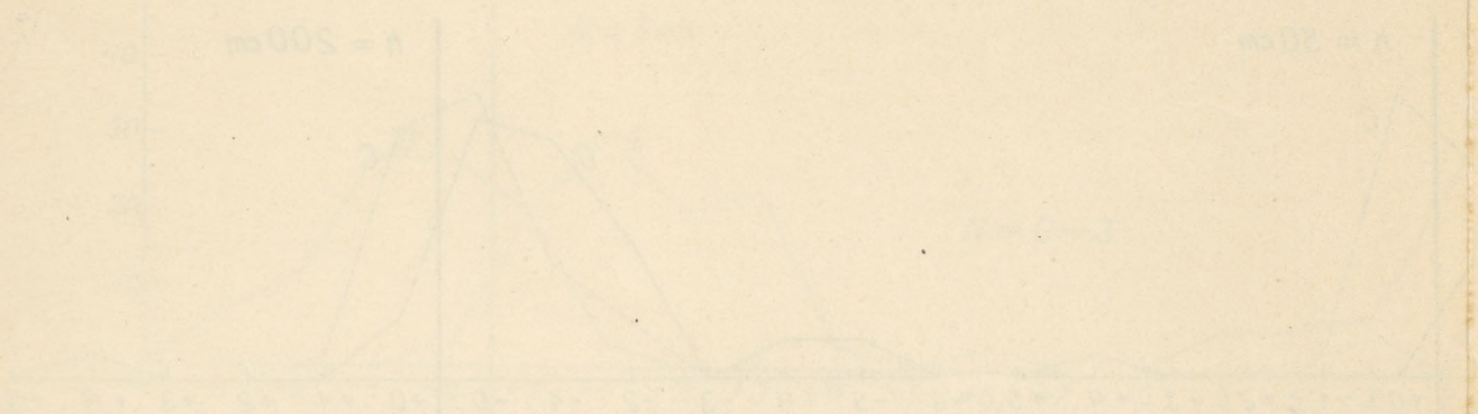
Przeciwko użyciu jego do celów ekologicznych jest wysuwany zarzut, że wywołuje on zakłócenia w tej części atmosfery, z której ciągnie powietrze. Zarzut ten byłby słuszny, gdyby powietrze pozostawało w spoczynku. Wobec tego jednak, że w naturalnych warunkach powietrze tylko wyjątkowo jest w spoczynku, aspiracyjne działanie psychrometru Assmanna nie wywołuje zakłóceń większych od tych, jakie odbywają się same przez się. Do dokonywania pomiarów psychrometr był zawieszany na odpowiednio umieszczonych na słupie obserwacyjnym hakach (por. fot. 3 tabl. I). Mierzono temperatury na trzech poziomach, tak jak to już było wzmiankowane powyżej: na 5, 50 i 200 cm ponad powierzchnią ziemi. Korzystając z tego, że przyrząd jest psychrometrem, dokonywano jednocześnie pomiarów wilgotności powietrza, o których będzie mowa w ust. 4.

Trzeba było następnie ustalić terminy obserwacyjne. Najlepsze jest naturalnie samoczynne ciągle zapisywanie. Wobec tego, że zwykle termografy nie mogą być używane wśród roślinności bez osłony ze strony klatki meteorologicznej, został skonstruowany przez p. Wnękowskiego elektryczny termometr oporowy. Dla pierwszej orientacji w stosunkach termicznych torfowiska takie subtelności okazały się jednak zbyt trudne i na razie wzmiankowany termometr nie jest używany. Ograniczyłem się mianowicie tymczasem do uchwycenia dwóch głównych cech termicznych badanych mikroklimatów: temperatury maksymalnej i minimalnej. Nie zastosowałem natomiast zwykłych meteorologicznych terminów obserwacyjnych (godzin 7, 13 i 21), jako obojętnych dla przebiegu życia roślinnego. Meteorologia urzędowa zresztą trzyma się tych terminów tylko dla tego, że dają one możliwość dokładnego obliczenia średniej dobowej temperatury, która dla roślinności jest zupełnie obojętna.

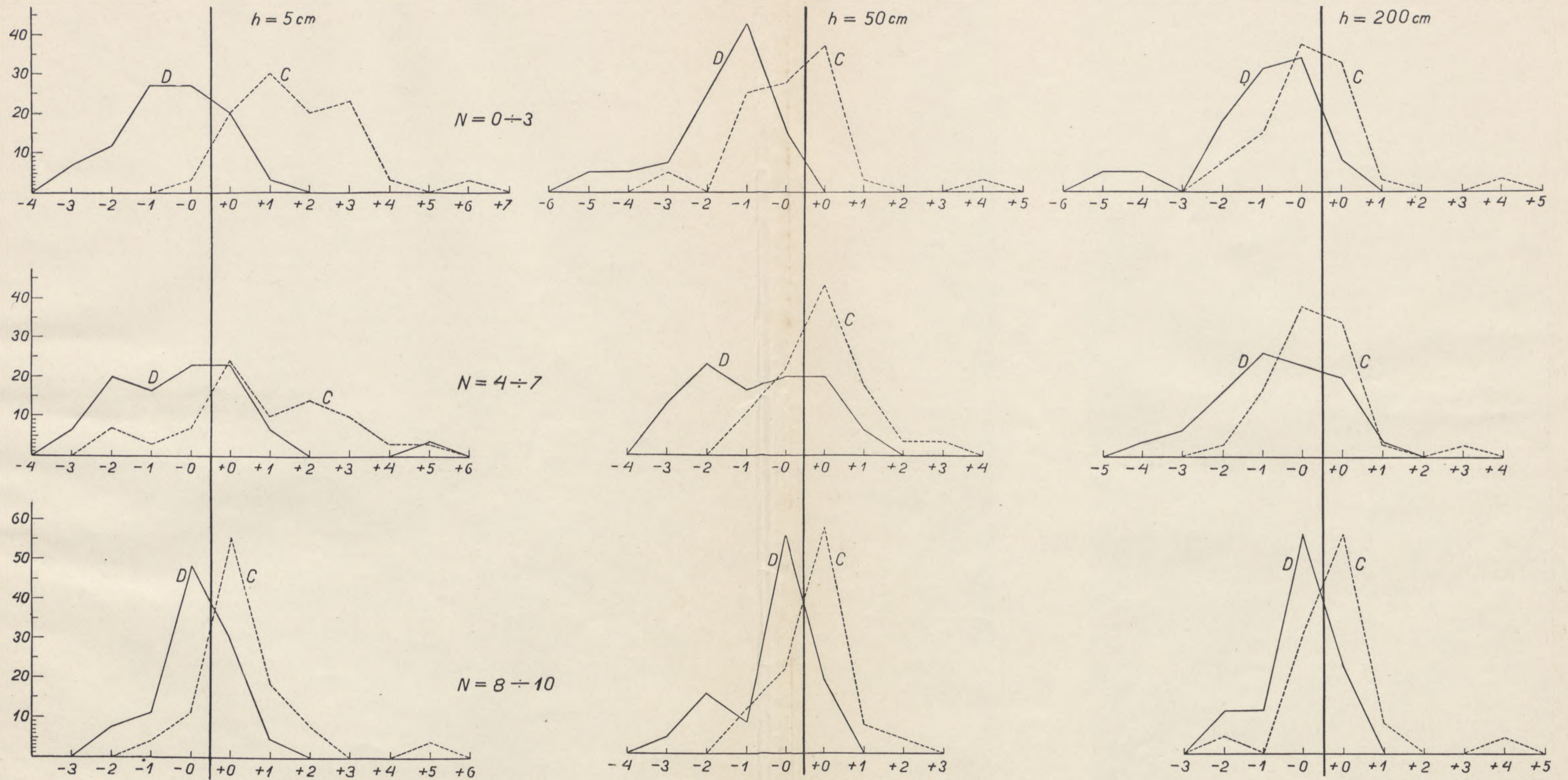
Pomiar temperatury maksymalnej przy pomocy psychrometru Assmanna jest bardzo trudny, gdyż przyrząd ten służy tylko do jednorazowych obserwacji. Istnieją wprawdzie, wyrabiane w Anglii, modele samopiszzące, ale one nie są należyście zabezpieczone przed działaniem promieniowania. Ponieważ czas występowania maksimum temperatury nie może być z góry określony, wypadło zadowolić się pomiarami, wykonywanymi w terminie, w którym najczęściej przypada maksimum. Wybrano mianowicie godzinę 14¹/₂ według czasu lokalnego. Były to oczywiście temperatury na ogół nieco niższe od maksymalnych. Można je traktować jako submaksymalne. Do celów ekologicznych wystarczają one w zupełności, przynajmniej w obecnym stanie nauki.

Podobną metodę należałoby zastosować także do temperatur minimalnych. Ponieważ jednak dokonywanie pomiarów w nocy przed wschodem słońca, kiedy temperatura jest najniższa, jest zbyt uciążliwe, zastosowałem inną metodę, znacznie prostszą. Użyłem mianowicie zwykłych meteorologicznych termometrów minimalnych, umieszczonych w odpowiednich stanowiskach bez osłony. Uzasadnienie tej metody jest następujące. Dla roślinności temperatura powietrza jest sama przez się obojętna. O życiu rośliny decyduje własna jej temperatura. Temperatura powietrza wchodzi w grę tylko jako jeden z głównych czynników, określających temperaturę rośliny. Ta ostatnia mianowicie zazwyczaj niewiele różni się od temperatury powietrza. Pomiar temperatury rośliny jest zatem z punktu widzenia ekologii korzystniejszy od pomiaru temperatury powietrza. Otóż w nocy nieosłonięty termometr minimalny wykazuje temperatury bardzo bliskie temperatury rośliny. W nocy pochmurne, kiedy jak to widzieliśmy powyżej, bilans energetyczny roślinności jest zrównoważony, temperatura rośliny i termometru nie różni się od temperatury powietrza. W nocy jasnej, skutkiem ujemnego salda bilansu energetycznego, następuje oziębienie mniej więcej jednakowe rośliny i termometru poniżej temperatury powietrza. Stopień tego oziębienia nie jest jeszcze zbadany, ma to być uskutecznione w następnym roku badań. Dla ekologii nie ma to jednak większego znaczenia, wobec tego, że jest on dla rośliny i termometru mniej więcej jednakowy.

Opierając się na powyższem uzasadnieniu, zastosowałem do pomiaru temperatur minimalnych termometry nieosłonięte. Temperatury te w jasną



Faint text at the bottom of the page, possibly a title or caption, which is mostly illegible due to fading.



Ryc. 2. Częstość różnic w temperaturach submaksymalnych powietrza między stanowiskami **C** i **D** a stanowiskiem **A** (w ‰). *N* oznacza zachmurzenie, *h* — poziom nad powierzchnią gruntu.
 Fréquence des différences entre les températures submaxima de l'air des stations **C** et **D** et celles de la station **A** (en ‰). *N* signifie la nébulosité, *h* — le niveau au-dessus du sol.



Fig. 1. ...

Różnice temperatur są w tej i innych podobnych tabelach rozklasyfikowane na klasy wielkości 1 stopnia, a to w ten sposób, że do tej samej klasy są zaliczone różnice, które mają tę samą część całkowitą. Do klasy +0 jest przytem zaliczona także różnica 0·0°. Granice klas będą zatem następujące:

-2:	(-2·9) —	(-2·0)
-1:	(-1·9) —	(-1·0)
-0:	(-1·0) —	(-0·1)
+0:	0·0 —	(+0·9)
+1:	(+1·0) —	(+1·9)
+2:	(+2·0) —	(+2·9)
·	·	·

Z tabeli 1 wynika odnośnie do torfowiska wniosek, że w dzień powietrze na jego części zmeliorowanej jest naogół cieplejsze niż na części dzikiej, różnica w krańcowych przypadkach dochodzi do 7°. Zwłaszcza jaskrawo występuje to na poziomie 5 cm w dni pogodne, kiedy tylko w 3% przypadków na torfowisku kulturalnym było chłodniej niż na dzikiem, przyczem różnica nie dosięgała jednego stopnia. Omawiane różnice maleją ze zwiększeniem zachmurzenia i ze wzniesieniem nad poziom gruntu.

W lesie na gruncie mineralnym temperatury submaksymalne powietrza są niższe aniżeli na łące na dzikiem torfowisku. Różnice są bardzo jaskrawe na niższym poziomie i przy słabym zachmurzeniu, maleją ze wzniesieniem nad powierzchnię gruntu i ze zwiększeniem zachmurzenia.

Charakter opisanych powyżej różnic w temperaturach submaksymalnych jest wyraźnie widoczny na wykresach ryciny 2. Można go wytłumaczyć w sposób następujący. Bilans energii promienistej jest jednakowy na torfowisku kulturalnym i na łące torfowiska dzikiego. Natomiast jest duża różnica między temi stanowiskami pod względem zwilgocenia gruntu. Silniejsze zwilgocenie dzikiego torfowiska powoduje silniejsze parowanie, co pociąga za sobą silniejsze oziębienie, aniżeli na bardziej suchym torfowisku kulturalnym.

Różnice między łąką torfowiska dzikiego a lasem tłumaczą się inaczej. Tu wchodzi w grę odmienne warunki promieniowania. Drzewa w lesie zatrzymują promieniowanie bezpośrednio i znaczną część rozproszonego, skutkiem czego zmniejsza się silnie dodatnie saldo bilansu energetycznego promieniowania. Pomniejszenie tego salda jest tak wydatne, że kompensuje z nadwyżką ubytek wolnej energii, powodowany na mokrej łące przez silne parowanie. Temperatura powietrza w lesie w dzień wypada przeto niższa niż na otwartym nieosuszonym torfowisku.

Ponieważ te wszystkie różnice są powodowane głównie przez charakter bilansu energetycznego promieniowania, maleją one, zgodnie z przedstawieniem tej kwestji w ust. 1, ze zwiększeniem zachmurzenia. Słabną one także ze wzniesieniem ponad powierzchnię gruntu. Tłumaczy się to tem, że siedliskiem przyczyn, powodujących różnice mikroklimatyczne, jest powierzchniowa warstwa gruntu wraz ze znajdującą się na niej roślinnością. Z oddaleniem od niej muszą wobec tego zmniejszać się te różnice.

Ogólnie można powiedzieć, że różnice w temperaturach submaksymalnych są stosunkowo małe, wobec czego wpływ ich na roślinność nie może być silny. Jednakże mają one niemałe znaczenie, gdyż powodują duże różnice w zdolności ewaporacyjnej powietrza, jak to będzie wyjaśnione w ust. 4. Drobne są także różnice między poszczególnymi poziomami na tych samych stanowiskach, ale znowu odpowiadają im duże różnice w zdolności ewaporacyjnej powietrza.

Przechodzimy teraz do temperatur minimalnych. Skutkiem łatwiejszej obserwacji, materiał jest daleko bardziej obfity. Obejmuje on okres czasu od 27-go czerwca 1929 do 30-go listopada 1930 czyli 522 dni. Wyniki są zestawione w tabelach I—IX w końcu tej rozprawy. Obserwacje były wykonywane na wszystkich 4 stanowiskach. Do opisu metody obserwacji, podanego powyżej, trzeba dodać, że podczas opadów śnieżnych termometr najniższego poziomu stawiany był zawsze na poziomie 5 cm ponad śniegiem. Przypadki, w których termometr był przysypany śniegiem w ciągu nocy, są oznaczone gwiazdką w tabelach I—IX.

Częstość różnic mikroklimatycznych między poszczególnymi stanowiskami jest przedstawiona na tabeli 2 i ryc. 3. Wzorcowym poziomem jest przyjęta znowu łąka na dzikiem torfowisku (stanowisko **A**).

Najniższe temperatury minimalne wykazuje łąka na torfowisku dzikiem. Wszystkie inne stanowiska są cieplejsze. Różnice w krańcowych przypadkach dochodzą do 12°. Przypadki, w których stanowisko **A** jest cieplejsze od innych, są rzadkie. Omawiane różnice wywierają bardzo silny wpływ na roślinność.

Najwyraźniej występują różnice między stanowiskami na najniższym poziomie przy słabym zachmurzeniu. Wtedy, jak to można widzieć z łatwością z rys. 3, najczęstsza nadwyżka temperatury powietrza na torfowisku kulturalnym (stanowisko **C**) jest 2°—3°, na torfowisku dzikiem w brzeźniaku (stanowisko **B**) 6°—7° i w lesie sosnowym na mineralnym gruncie (stanowisko **D**) 7°—8°. Różnice te, jak zawsze, maleją ze zwiększeniem zachmurze-

TABELA 2.

Częstość różnic w temperaturach minimalnych powietrza różnych stanowisk (w %).
Fréquence des différences entre les températures minima de l'air dans les différentes stations (en %).

Poziom Niveau	Stanowisko Stations	Zachmu- rzenie Nébulosité	<0	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	+12	+13	+16	Ilość obserwacji Nombre d'observations
5	B-A	0-3.5	2	2	3	6	9	14	22	17	13	6	2	2	1	2	—	—	133
		4-7.5	5	6	8	10	15	14	14	18	6	2	—	1	1	1	—	—	173
		8-10	9	34	14	8	14	5	8	5	2	1	—	—	—	—	—	—	214
	C-A	0-3.5	7	8	18	29	20	9	6	3	—	1	—	—	—	—	—	—	129
		4-7.5	9	18	24	22	17	6	3	1	1	—	—	—	—	—	—	—	175
		8-10	22	37	17	14	6	2	2	1	0.5	—	—	—	—	—	—	—	197
	D-A	0-3.5	—	2	2	4	7	6	20	25	15	9	5	2	1	—	1	—	128
		4-7.5	4	6	6	15	14	18	14	9	3	3	1	1	1	—	—	—	158
		8-10	19	26	13	12	10	8	5	5	1	1	—	—	—	—	—	1	190
50	B-A	0-3.5	7	9	15	19	18	24	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	137
		4-7.5	12	25	18	14	18	10	3	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	176
		8-10	25	51	9	9	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	205
	C-A	0-3.5	8	15	28	28	11	7	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	137
		4-7.5	16	29	2	19	7	6	—	—	—	—	0.5	—	—	—	—	—	177
		8-10	26	45	17	6	3	2	0.5	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	203
	D-A	0-3.5	3	6	9	15	13	18	17	13	6	1	—	1	—	—	—	—	124
		4-7.5	13	16	16	13	15	15	8	2	2	—	—	—	—	—	—	—	156
		8-10	32	35	13	10	4	4	2	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	197
200	B-A	0-3.5	9	20	42	23	6	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	137
		4-7.5	6	41	23	16	3	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	177
		8-10	14	62	18	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	205
	C-A	0-3.5	12	24	36	17	7	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	121
		4-7.5	11	33	35	12	7	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	169
		8-10	10	54	28	6	2	0.5	—	0.5	0.5	—	—	—	—	—	—	—	195
	D-A	0-3.5	5	5	17	15	28	21	7	1	—	1	—	—	—	—	—	—	137
		4-7.5	8	21	26	19	14	7	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	177
		8-10	21	37	31	11	3	1	1	0.5	0.5	—	—	—	—	—	—	—	206

nia i przy silnem zachmurzeniu wszystkie 3 stanowiska **B**, **C** i **D** wykazują podobne różnice w stosunku do stanowiska **A**. Maleją różnice między stanowiskami także ze wzniesieniem nad poziom gruntu.

Wyjaśnienie przyczyn, powodujących opisane powyżej różnice temperatur minimalnych, nie jest łatwe. Nie działają tu różnice poziomów. Przyczyna tego rodzaju wchodzi w grę tylko odnośnie do stanowiska **D**, które jest położone na mineralnym gruncie o 3.181 m wyżej od stanowiska **A**. Natomiast pozostałe dwa stanowiska leżą prawie na tym samym poziomie co **A**, a mianowicie **B** o 0.052 m wyżej i **C** o 0.424 m niżej. Jak mały wpływ mają te różnice poziomów na temperatury minimalne, dowodzi fakt, że las (**D**) i brzeźniak (**B**) wykazują bardzo małe różnice między sobą, natomiast różnią

się znacznie od torfowiska kulturalnego (**C**). Podobne zachowanie się obu lasów brzoźowego i sosnowego pochodzi niewątpliwie stąd, że drzewa wytwarzają silne promieniowanie długofalowe, zbliżone swym natężeniem do promieniowania pochmurnego nieba, podczas gdy na wolnym terenie działa często słabsze promieniowanie jasnego nieba. Dlaczego jednak powietrze w nocy nad osuszonym torfowiskiem jest stale cieplejsze niż nad dzikiem, objaśnić nie umiem.

Odnośnie do temperatur minimalnych zasługuje na uwagę jeszcze różnica między górnym i dolnym poziomami na tem samym stanowisku. Częstość tych różnic jest zestawiona w tabeli 3 i ryc. 4. Stosunki te przedstawiają się bardzo dziwnie. Przy słabem zachmurzeniu każde z czterech stanowisk zachowuje się różnie. W brzeźniaku (**B**) górny poziom jest zim-

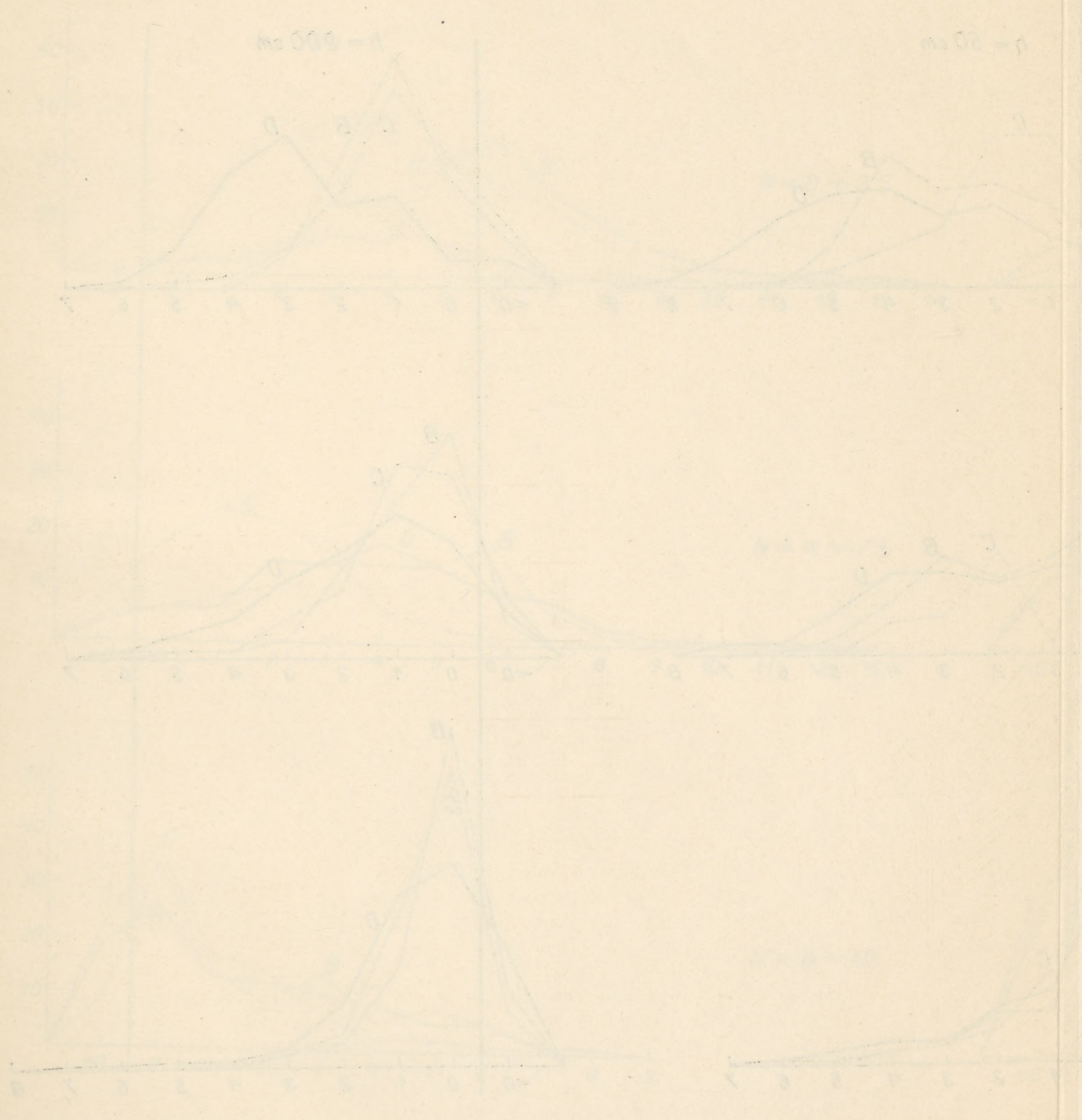


Fig. 1. Dependence of the relative error of the measurement of the concentration of the substance on the height of the column. A — 100%, B — 200%, C — 300%, D — 400%, E — 500%, F — 600%, G — 700%, H — 800%, I — 900%, J — 1000%, K — 1100%, L — 1200%, M — 1300%, N — 1400%, O — 1500%, P — 1600%, Q — 1700%, R — 1800%, S — 1900%, T — 2000%, U — 2100%, V — 2200%, W — 2300%, X — 2400%, Y — 2500%, Z — 2600%.

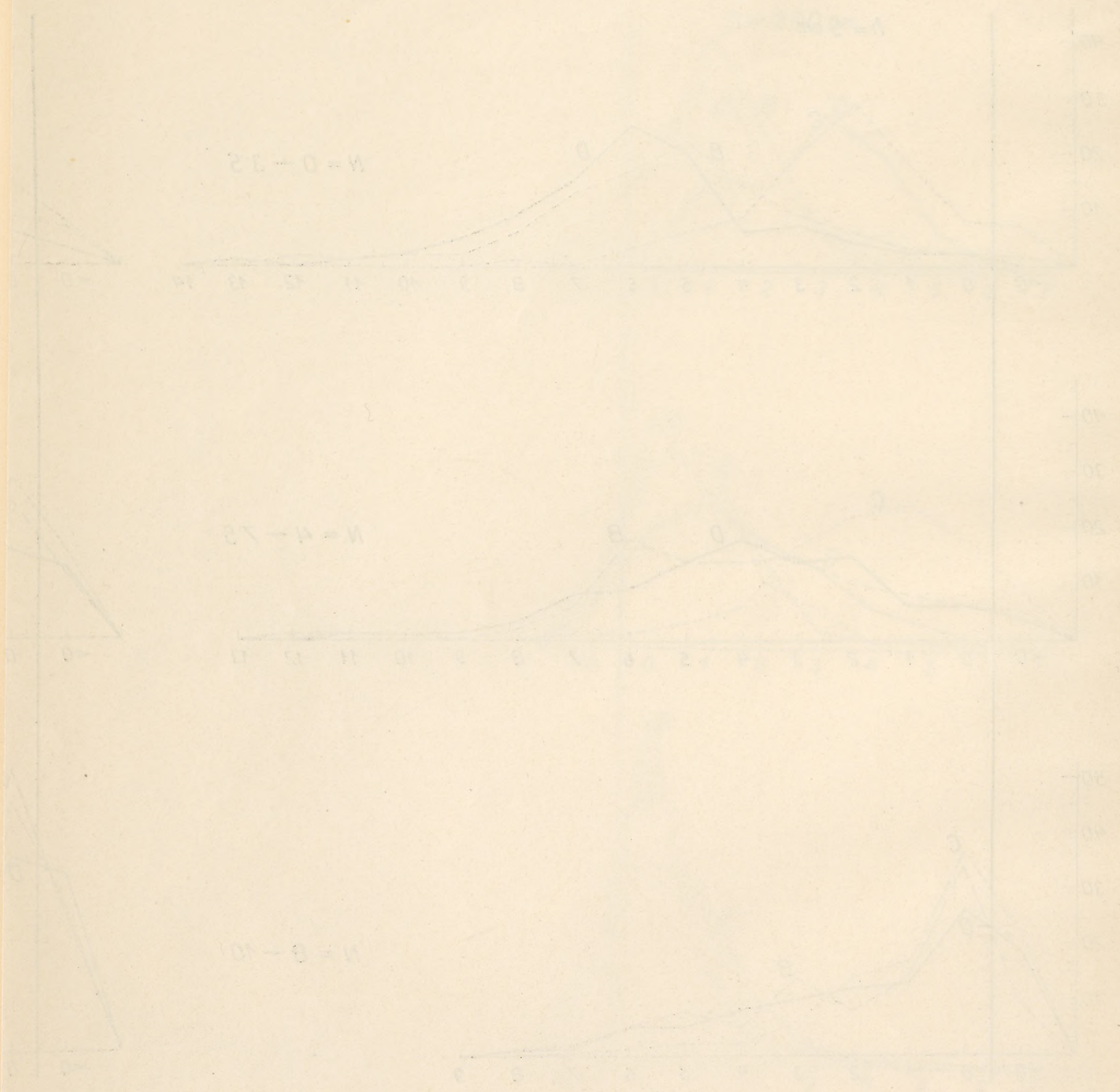
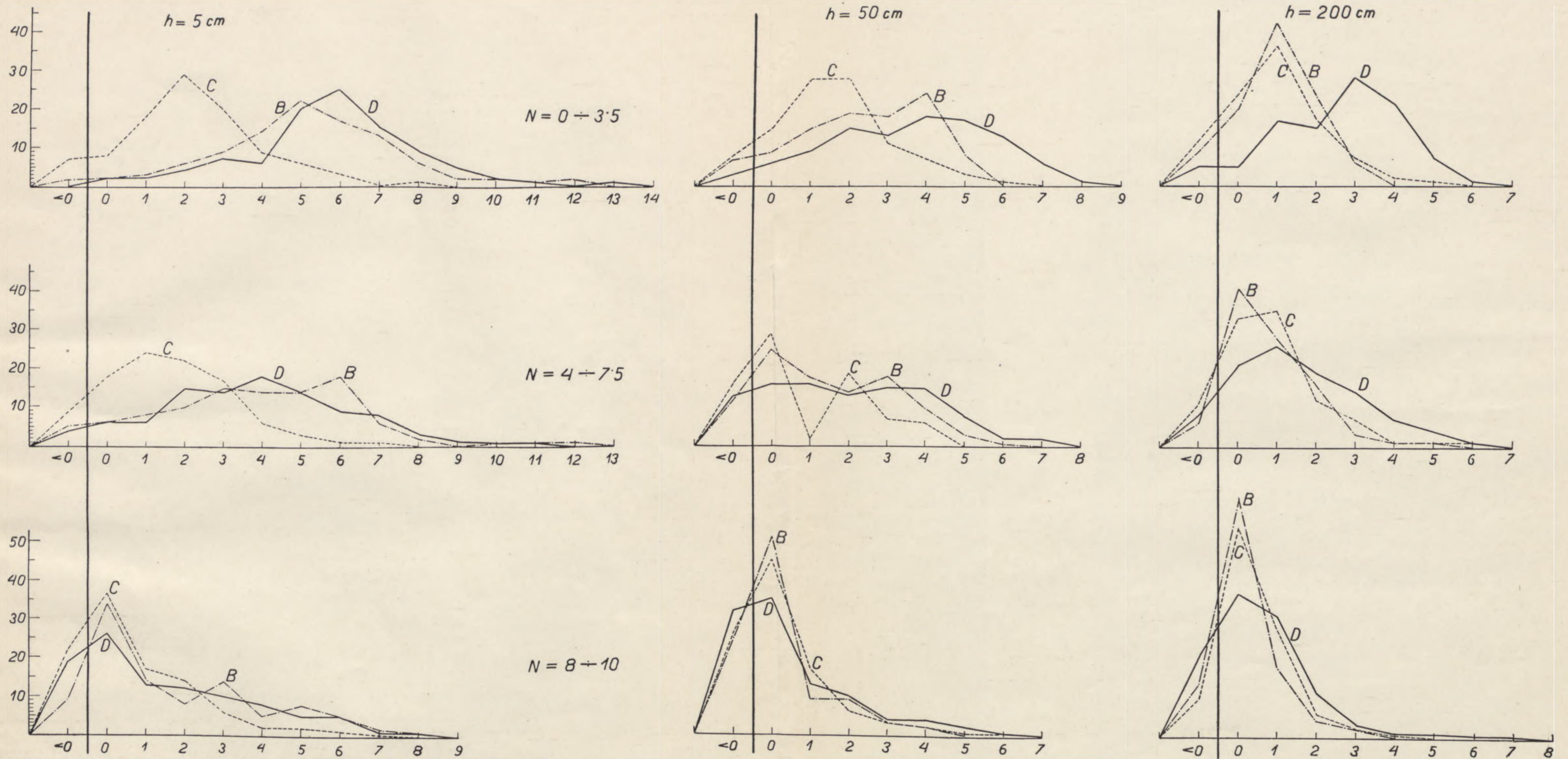
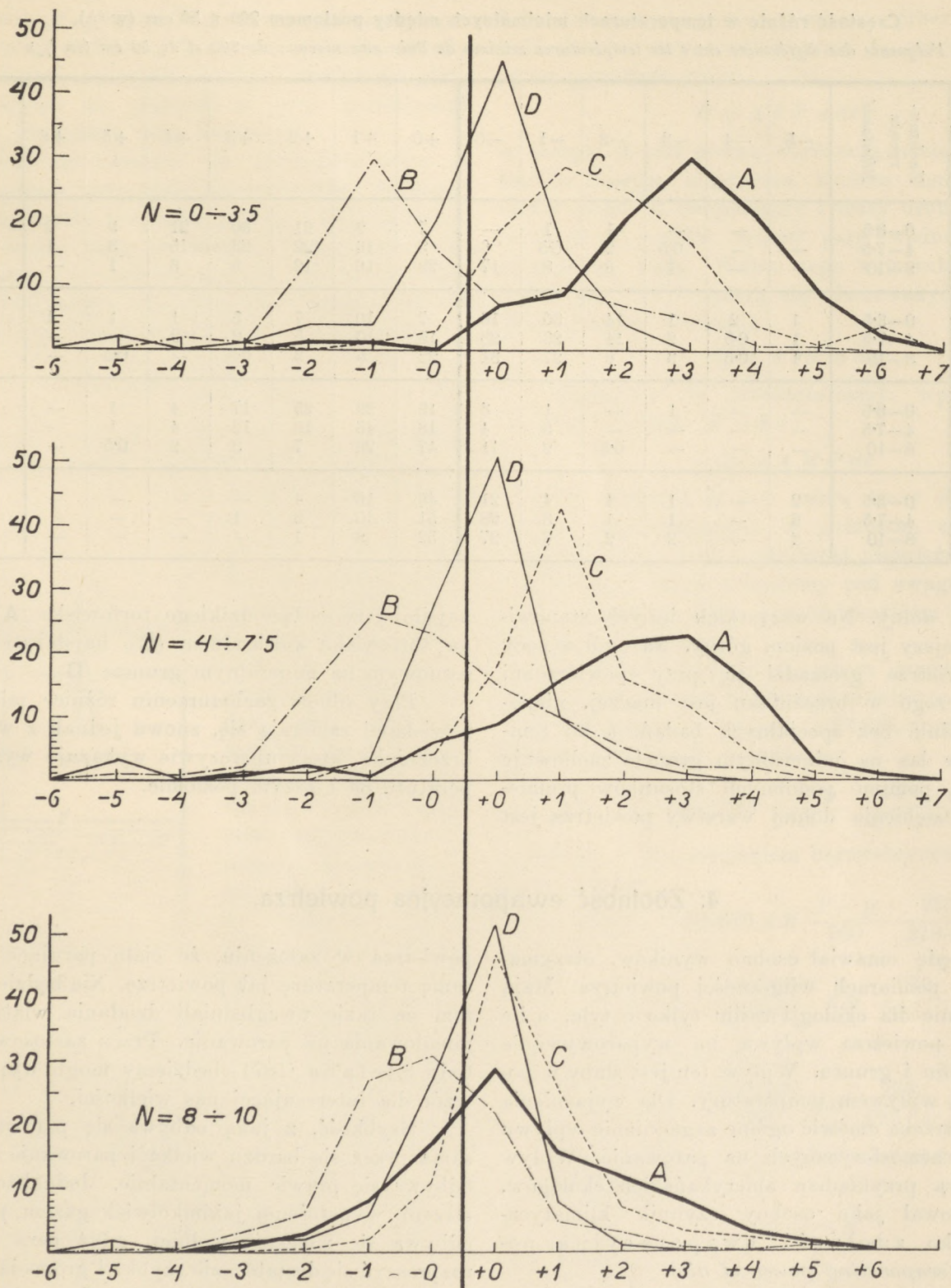


Fig. 4. Temperatur różnic w temperaturach różniących powiatu między stacjami B, C i D. Wykresy te różnicują między temperaturami stacji w dniach: N=0-12, N=4-12, N=8-10.



Ryc. 3. Częstość różnic w temperaturach minimalnych powietrza między stanowiskami **B**, **C** i **D** a stanowiskiem **A** (w %). *N* oznacza zachmurzenie, *h* — poziom nad powierzchnią gruntu.
 Fréquence des différences entre les températures minima de l'air des stations **B**, **C** et **D** et celles de la station **A** (en %). *N* signifie la nébulosité, *h* — le niveau au-dessus du sol.



Ryc. 4.

Częstość różnic w temperaturach minimalnych powietrza między poziomami 200 cm a 5 cm dla stanowisk A, B, C i D (w %).

Fréquence des différences entre les températures minima de l'air aux niveaux de 200 et 5 cm des stations A, B, C et D (en %).

TABELA 3.

Częstość różnic w temperaturach minimalnych między poziomem 200 a 50 cm (w ‰).
Fréquence des différences entre les températures minima de l'air aux niveaux de 200 et de 50 cm (en ‰).

Staniowisko Stations	Zachmurzenie Nébulosité	-5	-4	-3	-2	-1	-0	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	Ilość obserwacji Nombre d'observations
A	0-3.5	—	—	—	1	1	—	7	9	21	30	21	9	2	135
	4-7.5	—	—	0.5	2	0.5	6	9	16	22	23	15	3	1	177
	8-10	—	—	1	3	8	17	29	16	12	8	3	1	—	203
B	0-3.5	1	2	1	14	30	16	7	10	7	5	1	1	4	138
	4-7.5	1	0.5	2	14	26	23	15	10	5	2	2	—	—	172
	8-10	1	0.5	3	6	27	31	22	5	3	0.5	—	0.5	—	205
C	0-3.5	—	—	1	—	1	3	19	29	25	17	4	1	—	138
	4-7.5	—	—	—	—	3	4	18	43	16	12	4	1	—	175
	8-10	—	—	—	0.5	2	11	47	26	7	3	2	0.5	—	201
D	0-3.5	2	—	1	4	4	21	46	16	4	—	—	—	—	134
	4-7.5	3	—	1	1	3	28	51	10	3	1	—	—	—	158
	8-10	2	—	2	2	6	27	52	8	1	—	—	—	—	193

niejszy niż dolny. Na wszystkich innych stanowiskach cieplejszy jest poziom górny. Na ogół w nocy zimne powietrze gromadzi się przy powierzchni ziemi. Dlaczego w brzeźniaku jest inaczej, niepodobna objaśnić bez specjalnych badań, a to tembardziej, że las na mineralnym gruncie zachowuje się inaczej, pomimo podobnych stosunków promieniowania. Oziębienie dolnej warstwy powietrza jest

najsilniejsze na łące dzikiego torfowiska (**A**), słabsze na torfowisku kulturalnym (**C**), najslabsze w lesie sosnowym na mineralnym gruncie (**D**).

Przy silnem zachmurzeniu różnice między stanowiskami zacierają się, znowu jednak z wyjątkiem brzeźniaka, który uporczywie wykazuje wyższą temperaturę na niższym poziomie.

4. Zdolność ewaporacyjna powietrza.

Nie będę omawiał osobno wyników, otrzymanych przy pomiarach wilgotności powietrza. Mają one znaczenie dla ekologii roślin tylko o tyle, o ile wilgotność powietrza wpływa na wyparowywanie wody z roślin i gruntu. Wpływ ten jest słaby w porównaniu z wpływem temperatury. Dla wyjaśnienia tej kwestji trzeba omówić ogólne zagadnienie wpływu czynników atmosferycznych na parowanie. Wpływ ten, idąc za przykładem amerykańskich ekologów, będę traktował jako osobny czynnik klimatyczny — jako zdolność ewaporacyjną powietrza (*evaporating power of air*).

Zagadnienie zdolności ewaporacyjnej powietrza jest zadaniem nieokreślonym, dopóki nie jest wiadome, z jakiego ciała odbywa się parowanie, różne bowiem ciała inaczej parują w tych samych warunkach atmosferycznych. Chodzi tu mianowicie o temperaturę parującego ciała. Ponieważ temperatura roślin na ogół mało różni się od temperatury powietrza, będziemy określali zdolność ewaporacyjną

powietrza w założeniu, że ciało parujące ma taką samą temperaturę jak powietrze. Nie będziemy przytem na razie uwzględniali działania wiatru i promieniowania na parowanie. Przez zastosowanie metody Stefana (1871) będziemy mogli wyprowadzić wzór dla interesującej nas wielkości.

Szybkość, z jaką odbywa się parowanie, jest sama przez się bardzo wielka i parowanie w próżni odbywa się prawie momentalnie. Jednakże w przestrzeni, wypełnionej jakimkolwiek gazem, proces ten odbywa się znacznie wolniej, gdyż para nie może rozproszyć się dostatecznie szybko i gromadzi się przy powierzchni cieczy, hamując przemianę cieczy w parę. Cieczy może wyparować tylko tyle, ile pary zdoła rozproszyć się w tym samym czasie. W ten sposób problemat szybkości parowania staje się pewnym szczególnym zagadnieniem dyfuzji gazów.

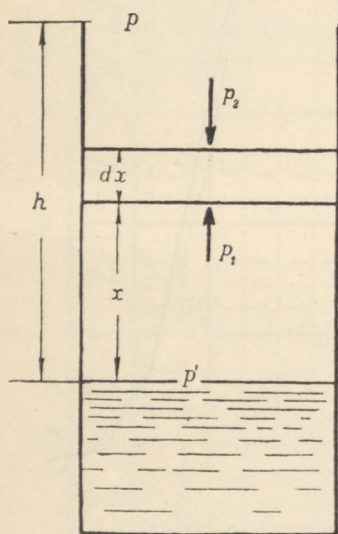
Wyobraźmy sobie, że parowanie odbywa się w walcu o przekroju równym jednostki (ryc. 5). Powierzchnia wody znajduje się na odległości h poniżej

wylotu walca. Prężność pary przy powierzchni wody niech będzie p' , prężność pary w otaczającym powietrzu będzie mniejsza. Ponieważ przemiana wody w parę odbywa się o wiele prędzej od dyfuzji pary, można przyjąć, że prężność p' przy powierzchni wody jest prężnością pary nasyconej.

Przyjmijmy wreszcie, że parowanie trwa od dłuższego czasu, przy stałej temperaturze i ciśnieniu, odbywa się przeto w sposób ustalony. Prężność pary p będzie wtedy stała w każdym danym przekroju walca, malejąc w miarę posuwania się ku jego wylotowi. Równoległe do prężności będzie malała i koncentracja δ pary wodnej według równania:

$$\delta = 1.060 \frac{273}{273+t} p \quad (1)$$

Drobiny pary, jako ciała gazowego, odbywają we wszystkie strony bezładne ruchy molekularne.



Ryc. 5.

Skutkiem tych ruchów z miejsc, gdzie zagęszczenie drobin jest większe, więcej materji przeniesie się do miejsc o zagęszczeniu mniejszem, niż w kierunku odwrotnym. Wynik będzie taki, jakgdyby drobinę przechodziły tylko w jednym kierunku, z miejsc o większem zagęszczeniu do miejsc o mniejszem zagęszczeniu, to znaczy ku wylotowi walca. Dla uproszczenia będziemy rzecz traktowali tak, jakgdyby się żadne inne ruchy drobin pary nie odbywały.

Rozpatrzmy ruch dyfuzyjny drobin pary, zawartych w części walca o wysokości dx , położonej na wysokości x ponad powierzchnią wody (ryc. 5). Ruch ten będzie odbywał się do góry w kierunku dodatnim osi x . Na wzmiankowane drobinę będzie działała od dołu prężność pary p_1 , od góry prężność p_2 . Te dwa ciśnienia dadzą wypadkową skierowaną do góry, w kierunku ruchu:

$$f = p_1 - p_2$$

Ponieważ prężność p pary wodnej jest malejącą funkcją wysokości x nad poziomem wody, będziemy mieli

$$f = - dp$$

Poruszające się drobinę napotkają na opór powietrza, który można przyjąć za proporcjonalny do ich ilości, do gęstości powietrza i do szybkości ruchu.

Zamiast ilości drobin można wziąć ich masę, równą δdx . Oznaczając gęstość powietrza przez δ' i szybkość drobin pary wodnej przez u , otrzymamy dla oporu powietrza wzór:

$$f' = A \delta \delta' u dx$$

w którym A jest pewną wielkością stałą. Ponieważ średnia energia kinetyczna ruchów molekularnych zależy tylko od temperatury i masy drobin, średnią szybkość u ruchów drobin pary wodnej możemy uważać za stałą. Wobec tego wzmiankowane powyżej siły f i f' muszą się równoważyć. Otrzymujemy przez to równanie:

$$- dp = A \delta \delta' u dx$$

Równanie to przekształcamy, wprowadzając do niego wielkość $M = \delta u$:

$$- dp = A M \delta' dx \quad (2)$$

Ta wielkość M jest miarą masy drobin pary wodnej, przechodzących w jednostkę czasu przez przekrój walca. Jest to wielkość niezależna od tego, jaki przekrój walca weźmiemy pod uwagę, wielkość przeto niezależna od x . Jest to skutkiem tego miara natężenia parowania.

Stosując do powietrza prawa gazów idealnych i biorąc pod uwagę, że gęstość powietrza przy 0°C i 760 mm ciśnienia wynosi 0.001293 , możemy wstawić do równania (2) wyrażenie:

$$\delta' = 0.001293 \frac{P-p}{760} \frac{272}{273+t}$$

w którym P jest ciśnieniem barometrycznym. Otrzymujemy wtedy:

$$- dp = 0.001293 A M \frac{P-p}{760} \frac{272}{273+t} dx$$

albo

$$-\frac{dp}{P-p} = \frac{0.001293}{760} A M \frac{272}{273+t} dx$$

Całkując, otrzymujemy:

$$\lg(P-p) = \frac{0.001293}{760} A M \frac{272}{273+t} x + C$$

Dla obliczenia stałej całkowania możemy skorzystać z zależności:

$$x = 0, p = p'$$

skąd otrzymujemy:

$$C = \lg(P-p')$$

Równanie przyjmuje teraz formę:

$$\lg \frac{P-p}{P-p'} = \frac{0.001293}{760} A M \frac{272}{273+t} x$$

W tem równaniu tylko wielkości p i x są zmienne. Jeżeli założymy, że p jest równe prężności pary wodnej w otaczającym powietrzu, a zarazem

równe tej prężności u wylotu walca, to będziemy musieli wstawić wartość x równą h . Otrzymamy wtedy wyrażenie dla M :

$$M = \frac{760}{0.001293 A} \frac{273 + t}{273} \frac{1}{h} \lg \frac{P - p}{P - p'}$$

Równanie to można uprościć, rozkładając logarytm w szereg:

$$\begin{aligned} \lg \frac{P - p}{P - p'} &= \lg \left(1 + \frac{p' - p}{P - p'} \right) = \\ &= \frac{p' - p}{P - p'} - \frac{1}{2} \left(\frac{p' - p}{P - p'} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{p' - p}{P - p'} \right)^3 - \dots \end{aligned}$$

Ponieważ p' jest prężnością nasyconej pary wodnej, jest to wielkość przy temperaturach, panujących w przyrodzie, bardzo mała w porównaniu do ciśnienia barometrycznego. Wobec tego wartość ułamka

$$\frac{p' - p}{P - p'}$$

jest stosunkowo bardzo mała i można, nie popełniając znacniejszego błędu, odrzucić wszystkie wyrazy poza pierwszym. Otrzymamy wtedy:

$$M = \frac{760}{0.001293 A} \frac{273 + t}{273} \frac{1}{h} \frac{p' - p}{P - p'} \quad (3)$$

Z tego równania wypływa, że natężenie parowania jest wprost proporcjonalne do różnicy między prężnością pary nasyconej a prężnością pary w powietrzu, wprost proporcjonalne do temperatury bezwzględnej i odwrotnie proporcjonalne do ciśnienia barometrycznego, pomniejszonego o prężność pary nasyconej. Natężenie to jest nadto odwrotnie proporcjonalne do głębokości naczynia, z którego parowanie się odbywa, co jednak jest dla charakterystyki zdolności ewaporacyjnej powietrza obojętne. Powyższe twierdzenie stosuje się tylko do tego przypadku, jeżeli temperatura wody jest równa temperaturze powietrza. Nie bierze ono pod uwagę wiatru.

Z równania (3) można wyprowadzić dla charakterystyki zdolności ewaporacyjnej powietrza wielkość:

$$i = (p' - p) \frac{273 + t}{273} \frac{760}{P - p'} \quad (4)$$

którą można nazwać wskaźnikiem parowania.

Określony w ten sposób wskaźnik parowania daje wartości, idące równolegle do wyników, otrzymywanych przy pomocy ewaporometrów. Zupełnej zgodności naturalnie niema, gdyż wskaźnik parowania nie uwzględnia wpływu wiatru i promieniowania. Charakter zgodności ilustruje wzięty na chybił trafił wykres (ryc. 6), przedstawiający parowanie (e) i wskaźnik parowania (i) w różnych miesiącach roku 1910 w Madrycie. Bliższe wyjaśnienia w tej kwestji

znajdzie czytelnik w moich rozprawach (Szymkiewicz 1925).

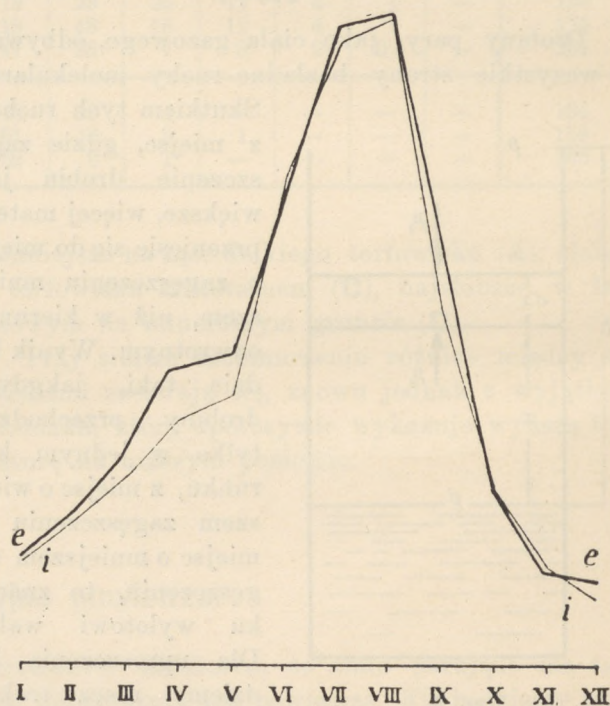
Wielkość wskaźnika parowania na niżu zależy głównie od temperatury. W istocie, we wzorze (4) czynniki

$$\frac{273 + t}{273} \text{ i } \frac{760}{P - p'}$$

mało różnią się od jedności i przeto wskaźnik parowania niewiele różni się od wielkości

$$d = p' - p \quad (5)$$

która, jak wiadomo, jest niedosytem wilgotności. Otóż w równaniu (5) wielkość p' jest prężnością pary nasyconej. Z podniesieniem temperatury wzrasta ona bardzo silnie na sposób funkcji wykład-



Ryc. 6.

Wskaźnik parowania (i) i parowanie (e) w Madrycie w r. 1910. *L'indice d'évaporation (i) et l'évaporation (e) à Madrid en 1910.*

niczej, podczas gdy wielkość p — prężność pary wodnej w powietrzu — zmienia się mało. W ten sposób natężenie parowania okazuje się zależnym głównie od temperatury powietrza, oczywiście w założeniu, że ciało parujące ma taką samą temperaturę.

Z powodu zależności wskaźnika parowania od temperatury jego wartości maksymalne występują przeważnie w tym samym czasie, co maksima temperatury powietrza. O godzinie 14^{1/2}, kiedy dokonywano pomiary temperatur submaksymalnych, występowały wobec tego wartości submaksymalne wskaźnika parowania. Wartości te są zestawione w tabelach I i II w końcu tej rozprawy obok temperatur submaksymalnych.

Pomiędzy stanowiskami wynikają tu charakterystyczne różnice, których częstość jest przedstawiona w tabeli 4 i ryc. 7. Wobec tego, że wielkość wskaźnika parowania zależy głównie od temperatury, różnice te są odpowiednikiem omówionych poprzednio różnic w temperaturach submaksymalnych (tabela 1, ryc. 2). Różnice te są jednak teraz wyolbrzymione skutkiem silnego wzrostu wskaźnika parowania nawet przy niewielkich wzrostach temperatury. Wielkość tych różnic uwydatni się jeszcze lepiej, jeżeli je porównamy ze średnimi wartościami wskaźnika parowania. Otóż na dolnym poziomie na dzikim torfowisku średnia ta wynosi 7.0 mm, tym-

czasem różnice na tym poziomie między badanymi stanowiskami dochodzą w krańcowych przypadkach do 18 mm, czyli przewyższają tę średnią 2½ razy.

Z ryciny 7 widoczne jest odrazu, że na dolnym poziomie parowanie na torfowisku kulturalnym jest o wiele silniejsze niż na łące dzikiego, w lesie natomiast słabsze. Na górnym poziomie natomiast zarówno torfowisko kulturalne, jak i las wykazują słabsze od torfowiska dzikiego parowanie. Poziom środkowy zachowuje się chwiejnie. Zachmurzenie wyrównuje wszystkie te różnice w sposób niezwykle silny.

TABELA 4.

Częstość różnic we wskaźniku parowania na różnych stanowiskach (w %).
Fréquence des différences entre les indices d'évaporation des différentes stations (en %).

Poziom Niveau	Stanowisko Stations	Zachmurzenie Nébulosité	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	+12	+13	+14	+15	+16	Ilość obserw. Nombre d'observations
5	C-A	0-3 4-7 8-10	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	3	15 14 51	15 17 15	12 17 4	15 7 7	5 3 -	10 7 -	3 -	5 7 4	3 3 4	3 -	-	5 -	-	3 -	-	3	40 29 27	
	D-A	0-3 4-7 8-10	-	-	-	2.5	2.5	2.5	2.5	3	8	10	18	15	18 10 33	2.5 3 7	2.5 10 7	5 3 7	8 10 -	-	2.5 3 -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39 30 27	
50	C-A	0-3 4-7 8-10	-	-	3	3	-	-	3	5	23	17.5	15	17.5 20.5	17.5 20.5 37	7.5 7	3 10	3 3	-	3 7	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	40 29 27
	D-A	0-3 4-7 8-10	-	-	-	5	5	12	10	15	25	15	5	5 10 22	5 10 22	-	3	-	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	40 30 27
200	C-A	0-3 4-7 8-10	-	-	-	3	-	-	-	10	17.5	15	20	20 24 33	7.5 -	5 -	-	3	-	3	-	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	40 29 27
	D-A	0-3 4-7 8-10	2.5	-	5	-	-	10	8	10	13	23	20.5	2.5 10 22	5 -	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39 30 27

5. Parowanie terenu pokrytego roślinnością.

Wzór Stefana, wyprowadzony w poprzednim ustępie, może być zastosowany także do wyparowywania wody przez teren, pokryty roślinnością. Trzeba tylko w nim wstawić odpowiednią wartość na p' . Wielkość ta jest prężnością pary przy parującej powierzchni. Dotychczas, przy omawianiu wskaźnika parowania, przyjmowaliśmy, że parowanie odbywa się z wolnej powierzchni wody i przez to p' było równe prężności pary nasyconej przy danej temperaturze. Teraz będzie to prężność pary przy po-

wierzchni liści, wielkość od poprzedniej mniejsza. Poza tem trzeba będzie uwzględnić wpływ wiatru. Promieniowania natomiast można nie brać pod uwagę, gdyż wpływ jego przejawia się w powiększeniu wielkości p' i przez to przy pomiarze tej wielkości będzie uwzględniony automatycznie.

Będziemy zatem opierali się na równaniu:

$$E = k(p' - p) \frac{273+t}{273} \frac{760}{P-p'} \quad (6)$$

W tem równaniu E będzie ilością wody wyparowanej w jednostkę czasu z jednostki powierzchni terenu, k — będzie funkcją szybkości wiatru (v), której forma będzie zależna od rodzaju roślinności.

Dla oznaczenia współczynnika k przeprowadziłem bezpośrednie pomiary parowania, których wyniki przedstawiłem na III-ej Konferencji hydrologicznej państw bałtyckich (Szymkiewicz 1930). Pomiary były wykonane w ten sposób, że blaszany walec bez dna o średnicy około 20 cm był wbijany w grunt tak, żeby nie uszkodzić nadziemnych pędów roślin. Wyjmowano go następnie i wstawiano do blaszanego wiaderka prawie takich samych wymiarów. Następnie ważono wiaderko z zawartością i umieszczano je we wgłębieniu, skąd była wzięta ziemia, tak żeby powierzchnia terenu nie uległa żadnej zmianie. Wiaderko ważono powtórnie po 2 godzinach. Skutkiem krótkości czasu obserwacji, strata na wadze odpowiadała dokładnie ilości wyparowanej wody.

Jednocześnie z pomiarami parowania wykonywano pomiary prężności pary przy pomocy psychrometru Assmanna. Pomiary robiono przy powierzchni gruntu i na wysokości 150 cm. Pomiar przy powierzchni gruntu dał wielkość p' . Oczywiście nie była to dokładna wartość tej wielkości, gdyż psychrometr Assmanna zgarnia powietrze nie z samej tylko powierzchni liści, lecz z pewnej objętości. W każdym jednak razie była to pewna wielkość określona. Pomiar na wysokości 150 cm dał wielkość p . Jednocześnie naturalnie dokonywał się pomiar temperatury. Wreszcie szybkość wiatru mierzono przy pomocy wiatromierza Robinsona także na wysokości 150 cm. Równa powierzchnia torfowiska i brak większych przedmiotów wokoło zapewniały prawidłowość prądów powietrza.

Pomiary były wykonane na czterech różnych rodzajach terenu. Z nich podam tu wyniki tylko dla dwóch, gdyż w czasie pomiarów na dwóch pozostałych przypadkowo szybkość wiatru była zbyt mało zmienna. Dane liczbowe, które tu przytoczę, są wyrażone w następujących jednostkach: E — w gramach na godzinę i metr kwadratowy, p' i p w mm rtęci i v w m/sec.

Pierwsza serja pomiarów była wykonana na polu koniczyny o roślinności około 13 cm wysokości (tabela 5), druga serja — na łące świeżo skoszonej o roślinności około 5 cm wysokości (tabela 6).

W równaniu (6) czynniki

$$\frac{273+t}{273} \text{ i } \frac{760}{P-p}$$

niewiele różnią się od jedności. Wobec tego powyższemu równaniu można nadać przybliżoną formę:

$$E = k(p' - p), \dots \dots \dots (7)$$

TABELA 5.

Parowanie pola koniczyny.
Évaporation d'un champs de trèfle.

No	t	E	$p' - p$	$\frac{E}{p' - p}$	v
5	14 ⁰	208	3.01	69	1.75
6	16	349	3.61	97	2.0
7	16	243	3.61	52	0.3
20	15	325	2.68	121	2.7
22	21	268	1.97	136	6.2
23	23	254	2.84	161	4.0

TABELA 6.

Parowanie świeżo skoszonej łąki.
Évaporation d'une prairie fraîchement fauchée.

No	t	E	$p' - p$	$\frac{E}{p' - p}$	v
11	15	58.9	1.68	32	0.9
12	15	163	4.92	34	2.2
13	10	75.6	1.12	67	3.8
14	13	215	3.56	60	2.7
15	14	216	4.23	51	1.25
16	9	140	2.52	55	0.75

gdzie $p' - p$ nie jest niedosytem wilgotności, lecz gradientem prężności pary wodnej nad danym terenem. Wobec tego, że pomiary były nieliczne, zadowolimy się tą mniej dokładną formą równania. Wyprowadzamy z niej:

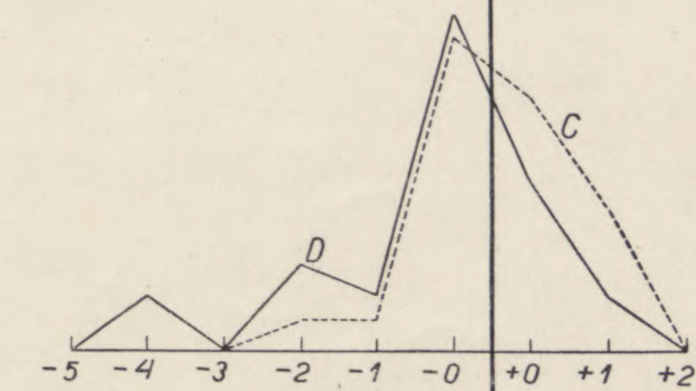
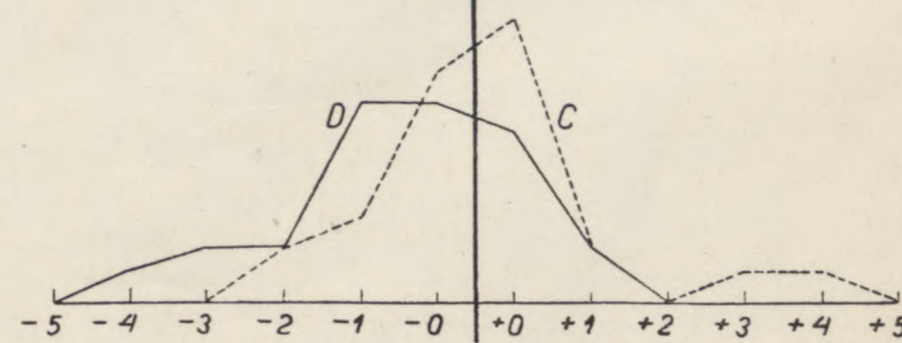
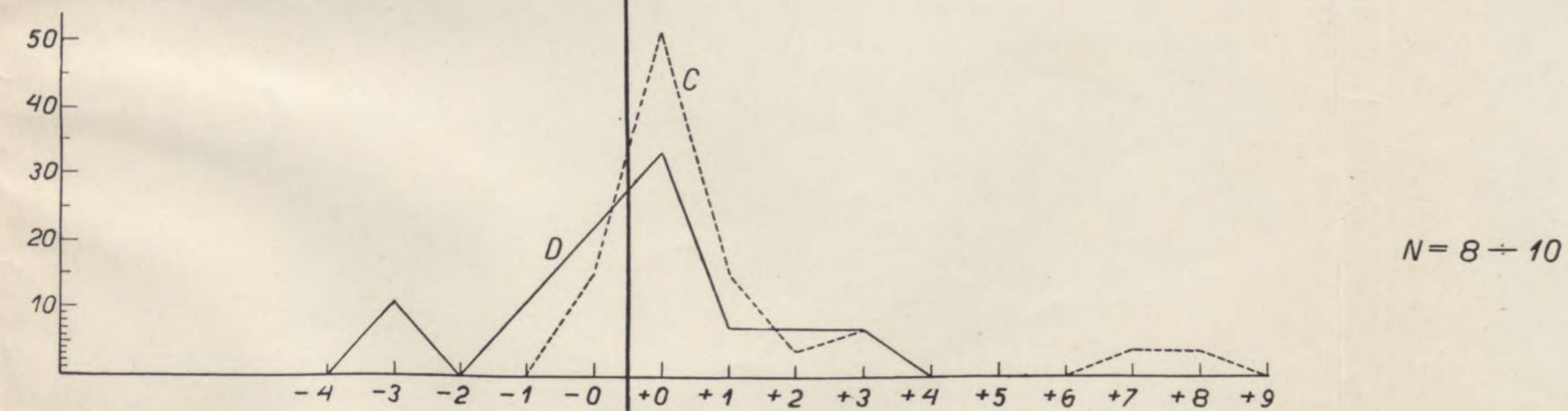
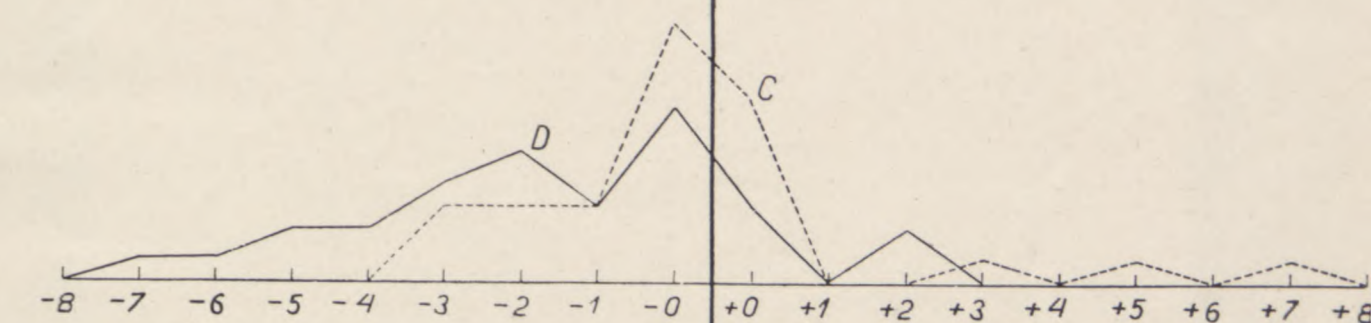
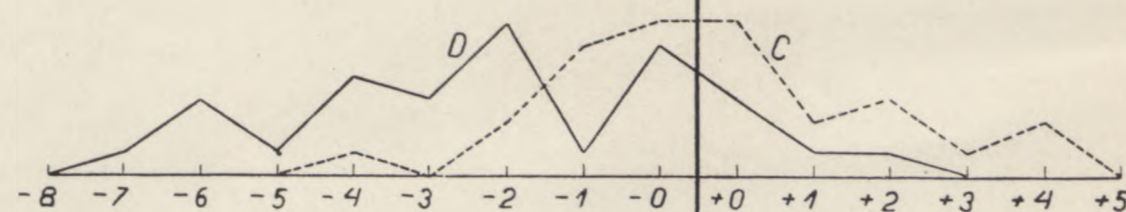
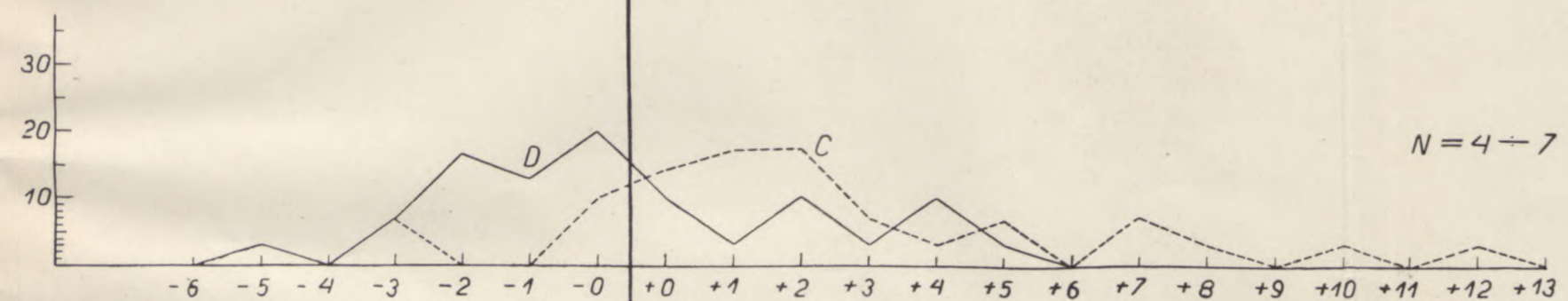
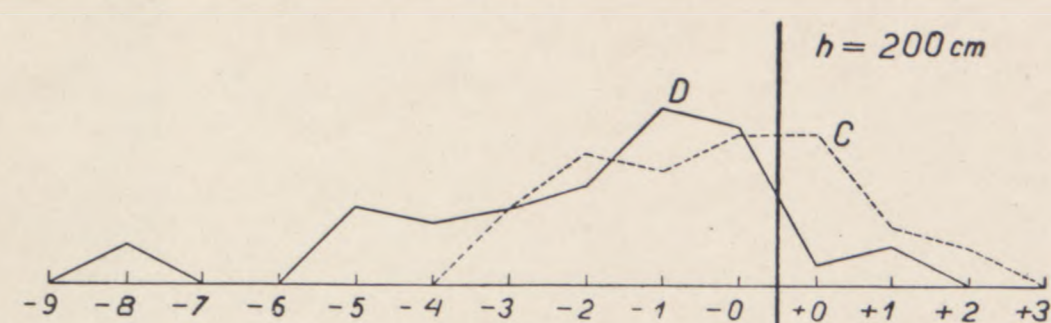
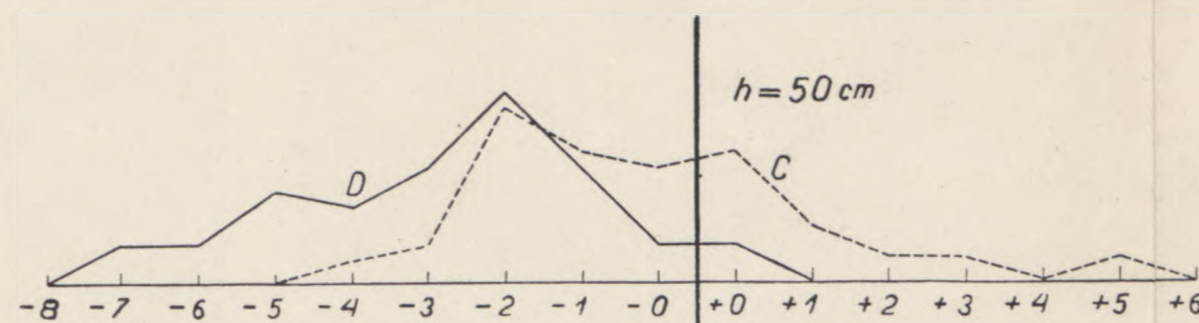
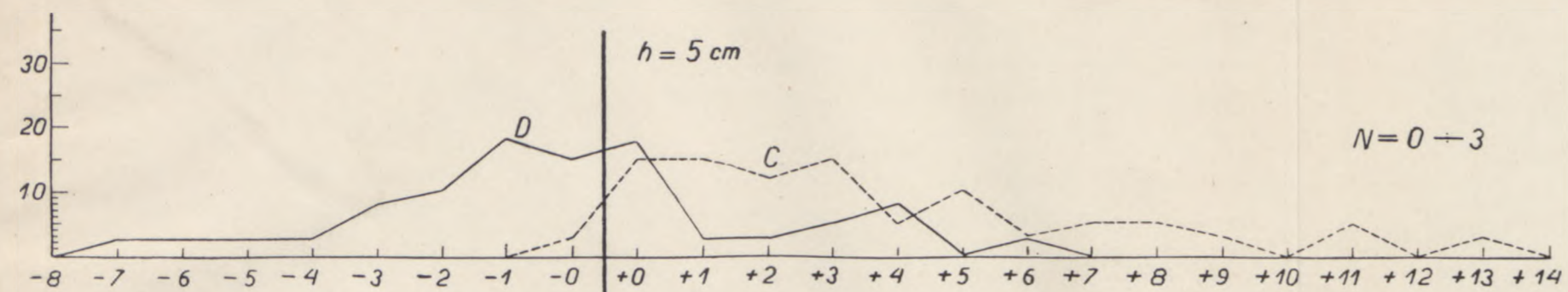
$$k = \frac{E}{p' - p}$$

Wielkość k jest, jak to już było zaznaczone poprzednio, funkcją szybkości wiatru. Dla oznaczenia formy tej funkcji przedstawimy dane w formie wykresu (ryc. 8). Na tym wykresie wartości, odnoszące się do pola koniczyny, są oznaczone punktami. Wykazują one duży rozsiew, grupują się jednak wzdłuż linii prostej, której równanie jest:

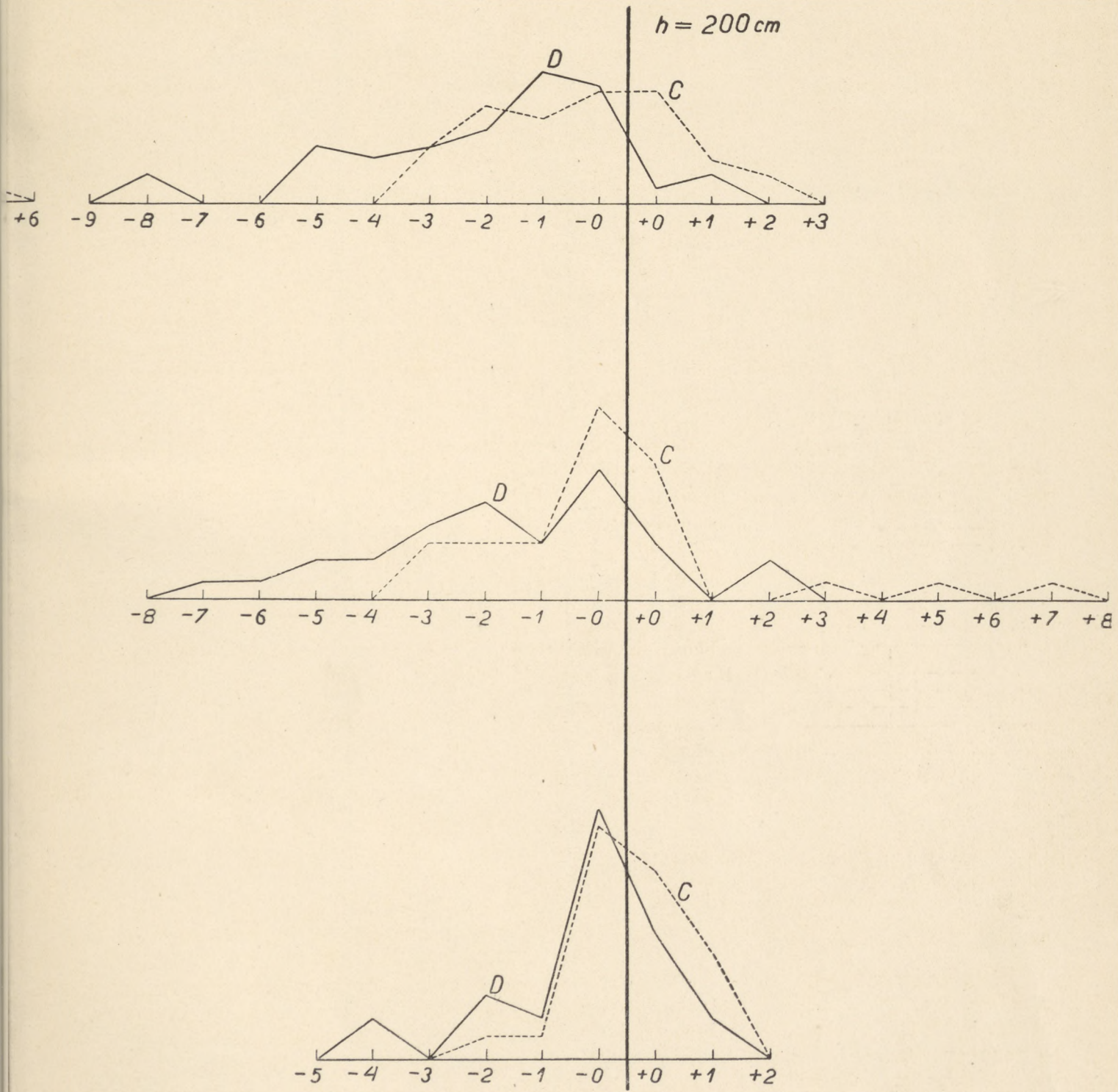
$$k = 40 + 21.4 v \dots \dots \dots (8)$$

W podobny sposób dla łąki świeżo skoszonej, dla której dane są oznaczone przez kółka, otrzymujemy prostą interpolacyjną:

$$k = 35 + 6.6 v \dots \dots \dots (9)$$



Ryc. 7. Częstość różnic we wskaźniku parowania między stanowiskami **C** i **D** a stanowiskiem **A** (w %). N oznacza zachmurzenie, h — poziom nad powierzchnią gruntu.
Fréquence des différences entre les indices d'évaporation des stations **C** et **D** et ceux de la station **A** (en %). N signifie la nébulosité, h — le niveau au-dessus du sol.



i nad powierzchnią gruntu.
niveau au-dessus du sol.

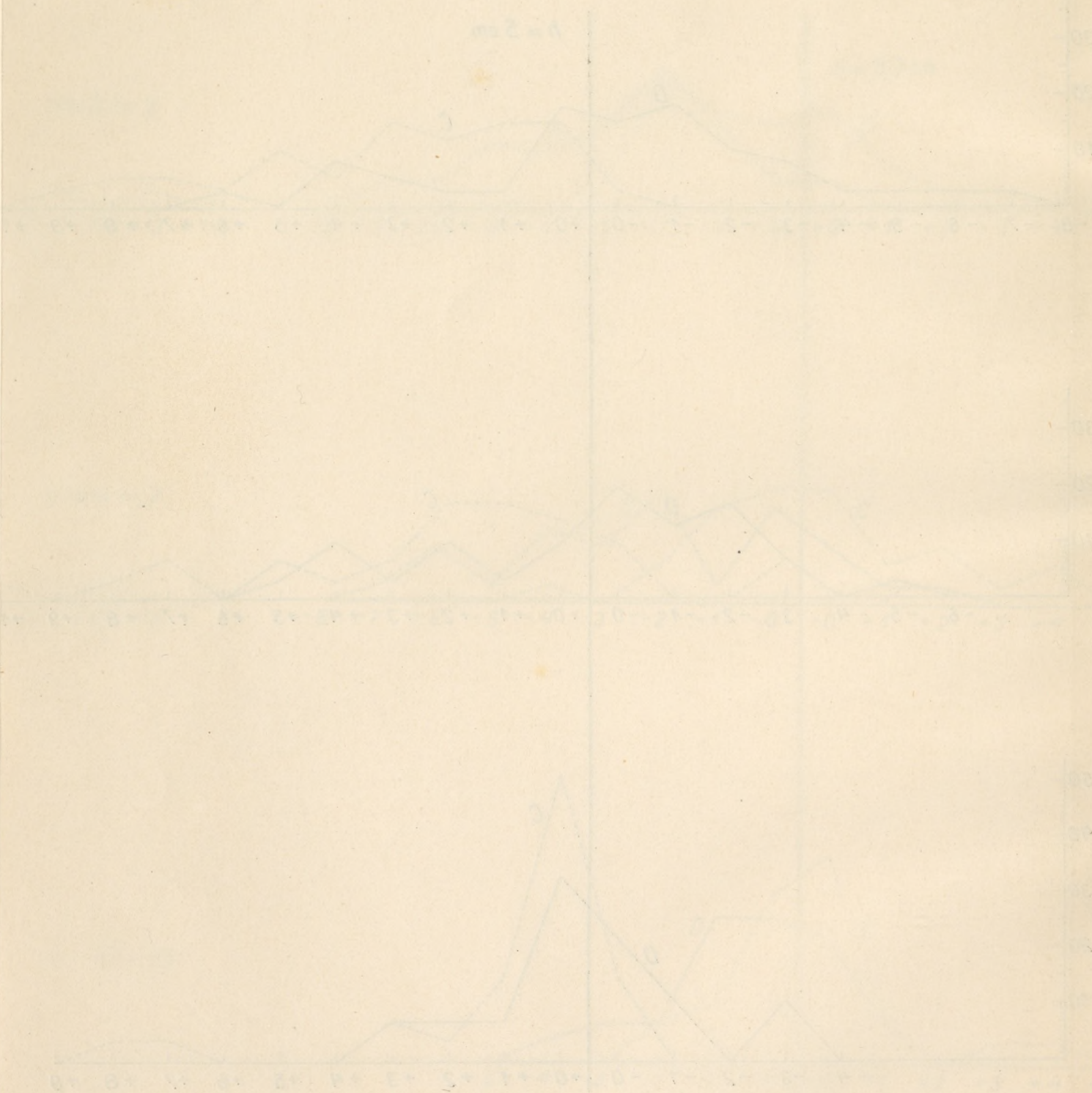
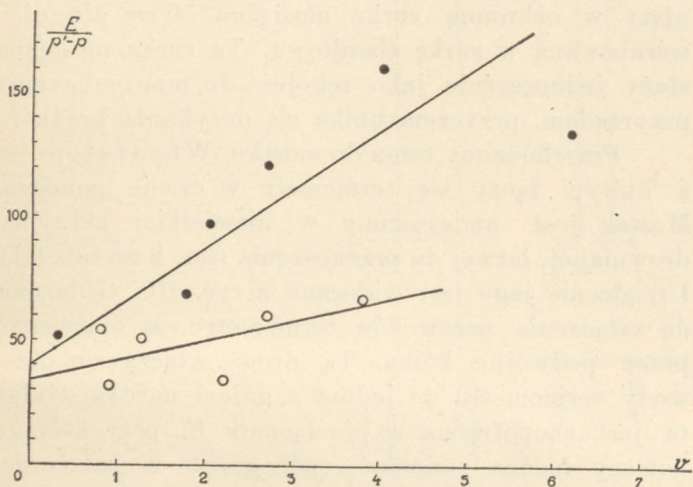


Fig. 10. The British Museum Library. The graph shows the distribution of the British Museum Library.

Te dwie proste mają różne nachylenie względem osi współrzędnych i przecinają się z osią y prawie w jednym punkcie. Uwzględniając niepewność interpolacji graficznej, nieuniknionej wobec niewielkiej ilości punktów, możemy przyjąć z dużym prawdopodobieństwem, że proste przecinają się w tym samym punkcie, czyli że współczynnik k w spokojnym powietrzu jest jednakowy dla różnych rodzajów roślinności. Innymi słowami, w powietrzu spokojnym parowanie nie zależy od natury roślinności. Wniosek ten może się wydać paradoksalnym. Można jednak z łatwością uzasadnić go teoretycznie. W istocie, w spokojnym powietrzu



Ryc. 8.

Zależność wielkości $E/(p'-p)$ od szybkości wiatru. Kropki odnoszą się do pola koniczyny, kółka do łąki świeżo skoszonej.

La quantité $E/(p'-p)$ en fonction de la vitesse du vent. Les points se rapportent au champs de trèfle, les cercles — à la prairie fraîchement fauchée.

wolne przestrzenie między roślinami wypełniają się parą wodną, która w końcu tworzy na poziomie szczytów roślin równą powierzchnię o właściwościach niezależnych od charakteru roślinności. Od tej powierzchni parowanie odbywa się dalej w sposób jednakowy, jakkolwiek jest roślinność. Inaczej jest na wietrze. Prądy powietrza wymiatają teraz parę z pomiędzy roślin. Ilość jej będzie tem większa, im większa jest powierzchnia roślin i wpływ wiatru będzie przeto tem silniejszy, im bujniejsza jest roślinność. Istotnie, w naszych przykładach wpływ wiatru był silniejszy na polu koniczyny o roślinności 13 cm wysokości, niż na świeżo skoszonej łące o trawie 5-centymetrowej wysokości.

Reasumując, dochodzimy do wniosku, że wpływ wiatru na parowanie z terenu, pokrytego roślinnością, wyraża się funkcją liniową:

$$k = A + Bv,$$

gdzie A jest wielkością stałą, niezależną od roślinności, zaś B jest tem większe, im większa jest powierzchnia roślin na jednostce powierzchni terenu.

Obliczmy wielkość A . Równania (8) i (9) dają wartości 40 i 35. Weźmiemy z nich średnią — 37,5. Wartość ta odnosi się jednak do uproszczonego równania (7). Dla otrzymania wartości, odpowiadającej równaniu (6), trzeba ją podzielić przez iloczyn

$$\frac{273 + t}{273} \frac{760}{P - p'}$$

W pierwszym przybliżeniu można wziąć:

$$\begin{aligned} t &= 15 \\ P &= 750 \\ p' &= 11 \end{aligned}$$

Wypadnie wtedy:

$$A = 34,6$$

Ostatecznie parowanie z terenu wyrazi się równaniem:

$$E = (34,6 + Bv) (p' - p) \frac{273 + t}{273} \frac{760}{P - p'}$$

W tem równaniu E jest wyrażone w gramach na godzinę i metr kwadratowy powierzchni terenu; B jest pewnym współczynnikiem stałym, zależnym od charakteru roślinności; v jest szybkością wiatru w m/sec , wymierzona na wysokości 150 cm; p' jest prężnością pary, wymierzona w mm rtęci przy pomocy psychrometru Assmanna przy powierzchni gruntu; p jest prężnością pary, wymierzona w ten sam sposób na wysokości 150 cm nad powierzchnią terenu; t jest temperaturą powietrza; wreszcie P jest ciśnieniem barometrycznym.

Opisana metoda nie jest dokładna: z ryc. 8 wypływa, że błędy dochodzą do 20%. Wynika to prawdopodobnie stąd, że nie została uwzględniona turbulencja powietrza — nieprawidłowe wirowe ruchy, które powodują silne zakłócenia w prawidłowym przebiegu procesów dyfuzyjnych. Wadą metody jest także to, że opiera się ona na gradiencie pary wodnej, która to wielkość jest zbyt mała w porównaniu do dosyć dużych błędów, popełnianych przy pomiarach wilgotności powietrza. Zaletą metody jest natomiast jej prostota i prędkość. Kilka jednorazowych pomiarów już daje pojęcie o natężeniu parowania. Szczególnie ważny jest tu gradient prężności pary. O jego wielkości na torfowisku Czermerne mogą dać pojęcie różnice między poziomami 5 i 200 cm. Są to wartości tylko przybliżone, gdyż dolny poziom jest za wysoki. Tem nie mniej wykazują one ciekawe różnice (patrz tabelę na str. 18).

Okres	Torf. dzikie łąka	Torf. kult.
Lipiec 1929	2.65	1.25
Sierpień „	2.35	1.48
Wrzesień „	1.97	1.23

Wypadają w ten sposób dla mokrego torfowiska dzikiego wartości znacznie większe niż dla osuszonego kulturalnego.

Podane tu wyniki badań nad parowaniem mają charakter orientacyjny.

6. Temperatura gleby.

Pomiar temperatury gleby pod względem metodyki swojej jest zasadniczo łatwy, wymaga jednak pewnych ostrożności. Używane zwykle do tego celu termometry rtęciowe nie mogą dać wyników dostatecznie dokładnych, gdyż w czasie pomiarów podlegają wpływowi atmosfery i promieniowania. Jedynie termometry elektryczne nadają się do tego celu. Dla tego też po nieudanych próbach z rtęciowymi termometrami został skonstruowany według moich wskazówek przez pp. Wnękowskię i Walloniego elektryczny termometr oporowy, którego urządzenie tu opiszę.

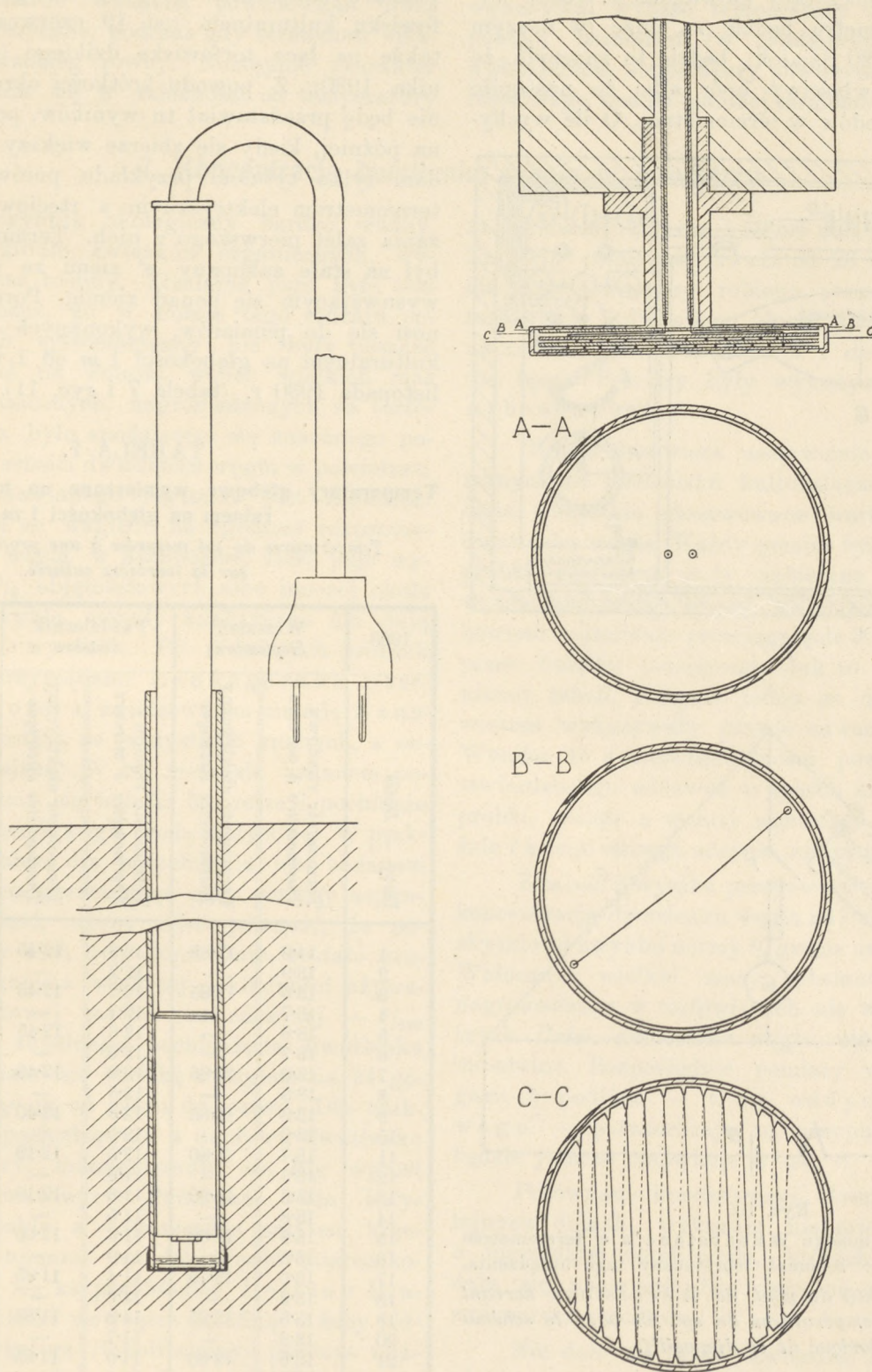
Chodzi tu o dwie rzeczy: o sam termometr i o urządzenie do wykonywania pomiarów w określonej warstwie gleby. Rozpoczniemy od tego drugiego. Jest to szklana rurka o świetle 20 mm, zamknięta na dolnym końcu denkiem z cienkiej miedzianej blachy. Rurka jest zakopana w ziemi w ten sposób, żeby wspomniane denko znajdowało się na tej głębokości, na której mają być wykonywane pomiary. Do tej rurki wsuwa się termometr tak, żeby dotykał denka swoim zakończeniem w formie krążka (ryc. 9 i fot. 2 na tab. III). We wspomnianym krążku mieści się ciało termometryczne, mające postać platynowego drucika. Przez zetknięcie z miedzianym denkiem krążek po pewnym czasie przybierze temperaturę ziemi na danej głębokości. Dla ujednostajnienia temperatury różnych części krążka do rurki pomiarowej nalewa się cokolwiek nafty, tak żeby krążek był w niej całkowicie zanurzony.

Szczegóły urządzenia krążka są przedstawione na ryc. 9 (część prawa). Jest to płaska puszka miedziana, cynowana na powierzchni, zawierająca 4 okrągłe blaszki mikowe, służące jako izolatory. Na drugiej z tych blaszek, licząc od dołu, jest nawinięty drucik platynowy długości 44 cm o średnicy 0.0308 mm (patrz przekrój CC). Końce tego drucika przechodzą przez otwory w trzeciej i czwartej blaszce w sposób pokazany na przekrojach BB i AA i przy wyjściu z ostatniej blaszki są zlutowane z miedzianymi przewodnikami, które idą najpierw wewnątrz grubościennej rurki ebonitowej, a następnie łączą się z kablem, prowadzącym do mostku Wheatstone'a. Krążek jest umocowany na dolnym końcu rurki ebonitowej zapomocą cienkiej nagwintowanej mo-

siężnej rurki, a to w ten sposób, żeby jak najlepiej izolować go termicznie od innych części termometru, zapewniając jednocześnie jak największą powierzchnię zetknięcia z naftą, nalaną do rurki pomiarowej. Wspomniany powyżej kabel jest w dolnej części ujęty w ochronną rurkę mosiężną 50 cm długości, wkręconą w rurkę ebonitową. Ta rurka mosiężna służy jednocześnie jako rękojeść do manipulowania przyrządem, przyczem unika się dotykania krążka.

Przechodzimy teraz do mostku Wheatstone'a, z którym łączy się termometr w czasie pomiaru. Mostek jest umieszczony w niewielkiej skrzynce drewnianej, łatwej do przenoszenia (fot. 2 na tab. III). Urządzenie jego jest widoczne z ryc. 10. Gniazdka do załączenia przewodów termometru są oznaczone przez podwójne kółka. Tą drogą włącza się przewody termometru do jednej z gałęzi mostka. Gałąź ta jest zaopatrzona w przełącznik E, przy którego pomocy można zmieniać opór gałęzi w zależności od zakresu badanej temperatury. Najmniejszy opór (odgałęzienie 3) odpowiada temperaturom 40°—20°, najbliższy większy (odgałęzienie 2) — temperaturom 20°—0°, jeszcze większy (odgałęzienie 1) — temperaturom 0°—(—20°). Poza tem przy pomocy tego samego przełącznika można, załączając go na zacisk s, wyłączyć termometr i załączyć na jego miejsce opór równej wielkości. Termometr, w ten sposób urządzony, został wycechowany w przedziale od (—20°) do +40°.

Sposób użycia przyrządu jest następujący: Załącza się najpierw opór s przy pomocy przełącznika E. Następnie włącza się galwanometr G przy pomocy klucza F. Dalej, operując opornicą R, doprowadza się natężenie prądu do pewnej określonej wysokości, zawsze tej samej. Dla naszego przyrządu obraliśmy natężenie 10⁻⁴ amp, odpowiadające wychyleniu skazówki galwanometru do końca skali. Teraz, po tych wstępnych czynnościach, przystępuje się do właściwego pomiaru. Rozpoczyna się to od załączenia jednego z oporów 1, 2, 3 zależnie od tego, do którego przedziału należy badana temperatura. Potem, naciskając klucz F, włącza się galwanometr G. Trzeba czynić to ostrożnie, gdyż przy niewłaściwym nastawieniu przełącznika E, prąd płynący przez galwanometr może okazać się za silny.

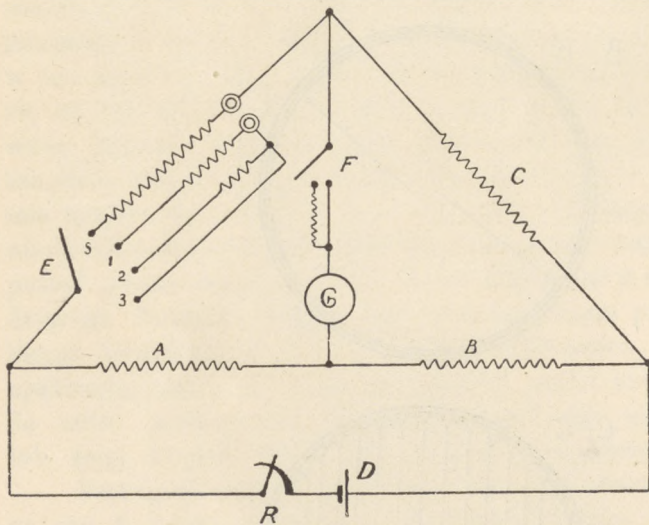
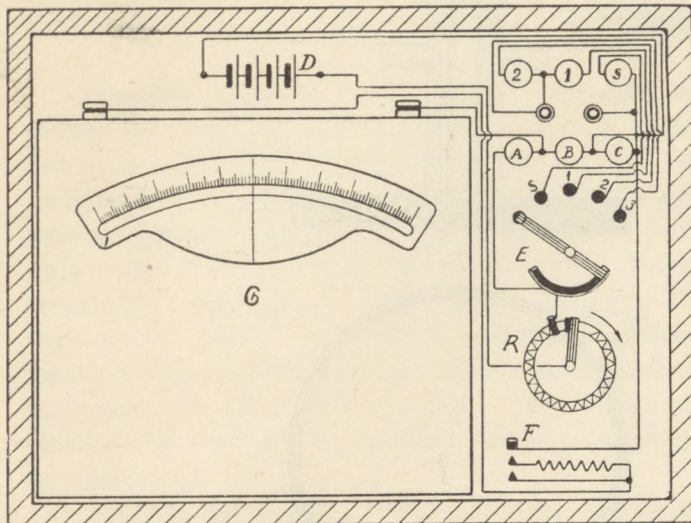


Ryc. 9.

Lewa część: termometr elektryczny do pomiaru temperatur glebowych włożony do rurki zakopanej w ziemię.
(Skala 1:2). Prawa część: urządzenie ciała termometrycznego. (Skala 25:1).

A gauche: thermomètre électrique pour la mesure des températures du sol, introduit dans le tube en verre enfoui dans la terre. A droite: les détails du corps thermométrique.

By uniknąć spalenia galwanometru, naciska się klucz najpierw do połowy. Wtedy zostaje włączony opór dodatkowy, zabezpieczający galwanometr. Jeżeli wychylenie galwanometru będzie za duże (w naszym przyrządzie poza 20 działek), będzie to znaczyło, że się włączyło niewłaściwy opór albo że nastąpiło przerwanie przewodów w termometrze. O ile wychy-



Ryc. 10.

U góry: urządzenie mostku Wheatstone'a w termometrze glebowym. U dołu: schemat teoretyczny tego urządzenia.
En haut: le dispositif du pont de Wheatstone servant aux mesures des températures du sol. En bas: le schéma théorique de ce dispositif.

lenie nie jest za duże, naciska się klucz do końca, przez co wyłącza się ochronny opór. Teraz wychylenie skazówki galwanometru wskaże, jaka jest temperatura. Jako źródło prądu do przyrządu użyliśmy 6-voltowej suchej baterji (D na rycinie 10) umieszczonej w tej samej skrzynce, w której mieści się mostek i galwanometr.

Po nieudanych próbach z rtęciowymi termometrami, zastosowałem opisany powyżej przyrząd do pomiaru temperatur glebowych: z początku na torfowisku kulturalnym (od 19 czerwca 1930), potem także na łące torfowiska dzikiego (od 1 października 1930). Z powodu krótkości okresu obserwacji nie będę przedstawiał tu wyników, pozostawiając to na później, kiedy się zbierze większy materiał. Podam tylko tytułem przykładu porównanie między termometrem elektrycznym a rtęciowym dla wykazania zalet pierwszego z nich. Termometr rtęciowy był na stałe zakopany w ziemi ze słupkiem rtęci, wysuwającym się ponad ziemię. Porównanie to odnosi się do pomiarów, wykonanych na torfowisku kulturalnym na głębokości 1 m od 1 września do 30 listopada 1930 r. (tabela 7 i ryc. 11). Różnice mię-

TABELA 7.

Temperatury glebowe wymierzone na torfowisku kulturalnym na głębokości 1 m.

Températures du sol mesurées à une profondeur de 1 m sur la tourbière cultivée.

1930	Wrzesień <i>Septembre</i>	Październik <i>Octobre</i>	Listopad <i>Novembre</i>
Daty — <i>Dates</i>	Termometr rtęciowy <i>Thermomètre à mercure</i>	Termometr elektryczny <i>Thermomètre électrique</i>	Termometr rtęciowy <i>Thermomètre à mercure</i>
			Termometr elektryczny <i>Thermomètre électrique</i>
1	14·2	12·85	12·6
2	13·9	—	12·3
3	13·5	12·85	12·8
4	13·7	—	12·7
5	13·8	—	12·8
6	13·7	—	12·6
7	13·8	12·85	12·8
8	13·5	—	12·5
9	13·3	12·85	12·3
10	13·0	—	12·0
11	13·7	12·80	12·5
12	13·9	—	11·9
13	13·3	12·80	11·6
14	13·8	—	11·5
15	13·9	12·80	11·6
16	13·8	—	11·9
17	13·6	12·70	11·4
18	13·9	—	11·6
19	13·5	12·65	11·3
20	13·8	—	11·7
21	13·5	12·60	11·9
22	13·9	—	11·6
23	12·7	12·60	11·5
24	13·0	—	11·3
25	13·6	12·45	11·2
26	13·0	—	11·3
27	12·7	12·45	11·0
28	12·7	—	11·3
29	13·4	12·45	11·0
30	13·0	—	11·0
31	—	—	11·0

dzy wskazaniem obu termometrów są bardzo znaczne. Przedewszystkiem termometr rtęciowy wykazuje nieregularne wahania, powodowane przez wpływy atmosferyczne, podczas gdy termometr elektryczny ma przebieg równy. Następnie charakter odchyleń zmienia się w zależności od temperatury

powietrza: z początku (we wrześniu), kiedy powietrze było stosunkowo ciepłe, termometr rtęciowy wykazywał wyższe temperatury od elektrycznego; później natomiast (w październiku i listopadzie) z obniżeniem temperatury powietrza linja termometru rtęciowego opadła poniżej termometru elektrycznego.

7. Koncentracja dwutlenku węgla w powietrzu.

Jest to czynnik ekologiczny bardzo ważny, gdyż stanowi źródło związków organicznych, wytwarzanych przez rośliny. Zbadanie jego było tem bardziej konieczne, że w Polsce tego rodzaju pomiary w sposób systematyczny nie były jeszcze prowadzone, zaś na Polesiu wobec wielkich mas substancji organicznych, nagromadzonych na torfowiskach, można było spodziewać się znacznego powiększenia zawartości dwutlenku węgla w powietrzu.

Pomiar omawianego czynnika jest zadaniem bardzo trudnym ze względu na ogromne rozproszenie dwutlenku węgla w atmosferze. Ilość jego wynosi około 0.03% objętościowych albo inaczej około $\frac{1}{2}$ g na m^3 . Zwykle metody analityczne nie dają tak dokładnych wyników. Po nieudanych próbach z kloszowymi przyrządami Lundegardha i rurkami Petterkofera, zastosowałem metodę Saussure'a, najprostszą ze wszystkich znanych, a zarazem najpewniejszą. W tej metodzie badaniem powietrzem wypełnia się butelki 5-litrowe i pochłania się w nich dwutlenek węgla wodą barytową. W praktycznym wykonaniu dla wypełnienia ich badaniem powietrzem trzeba przeciągnąć przy pomocy aspiratora 6-krotną ilość, ażeby mieć pewność, że powietrze, które w nich było poprzednio, zostało usunięte. Dla osiągnięcia większej dokładności używałem wody barytovej bardzo rozcieńczonej — $\frac{1}{100}$ normalnej. Dla zupełnego pochłonięcia dwutlenku węgla pozostawiało się butelkę z ługiem na 24 godziny, potrząsając ją od czasu do czasu. Dla uniknięcia błędów, pochodzących z dopływu dwutlenku węgla z atmosfery, miareczkowało się ług wprost w butelkach pomiarowych. Ponieważ woda barytowa nadgryza szkło, a rozpuszczona przytem krzemionka wpływa ujemnie na dokładność miareczkowania, wylewało się za przykładem Lettisa i Blake'go (1900) butelki wewnątrz parafiną. Ażeby jednak barwa indykatora (fenoltaleiny) podczas miareczkowania była widoczna, górną część butelki pozostawiano wolną od parafiny. Wyniki obliczano ostatecznie w gramach na metr sześcienny z dwoma znakami dziesiętnymi. Większa dokładność nie może być osiągnięta przy tego rodzaju pomiarach.

Pomiary wykonywano z początku co drugi dzień, o godzinie 10.45 według czasu miejscowego

na wysokości 225 cm i 10 cm nad poziomem gruntu. Ta serja pomiarów trwała od 26 maja do 26 sierpnia 1930. Pomiary robiono początkowo tylko na torfowisku kulturalnym (do 13 sierpnia), potem zaś naprzemian na kulturalnym i dzikim torfowisku (na łące). Pomiary były wykonywane przez p. A. Arbesbauera.

Tabela 8 zawiera zestawienie wyników, otrzymanych na torfowisku kulturalnym. Są w niej podane wszystkie obserwowane wartości koncentracji dwutlenku węgla. Każdy pomiar był podwójny. Dwie próbki powietrza były nabierane jedna za drugą w odstępie mniej więcej półgodzinnym, tyle czasu bowiem zajmowało przeciągnięcie 30 litrów powietrza przez butelkę pomiarową. Jak to widać ze wspomnianej tabeli, pobrane jedna za drugą próbki powietrza wykazywały prawie zawsze pewne różnice. Wynika to z niejednorodności powietrza — faktu stwierdzonego oddawna w sposób niewątpliwy: dwie próbki, wzięte z wolnej atmosfery nawet jednocześnie i z tego samego miejsca, nie są nigdy jednakowe.

Z tabeli 8 wynika przedewszystkiem, że w dzień koncentracja dwutlenku węgla na Polesiu nie odbiega zbyt od zwykłej normy $\frac{1}{2}$ grama na metr sześcienny. Widocznie wielkie masy substancji organicznej, nagromadzone w torfowiskach nie wytwarzają większych ilości dwutlenku węgla, niż to czynią gleby mineralne. Bezpośrednie pomiary wydzielania tego gazu z podłoża — t. zw. oddychania glebowego — potwierdzają to przypuszczenie, jak to będzie jeszcze omówione w ust. 8.

Porównanie koncentracji, obserwowanych w kolejnych dniach, wykazuje nieprawidłowe wahania o niewielkiej amplitudzie, których przyczyny nie dają się uchwycić. Nie dało się zauważyć żadnej zmienności sezonowej.

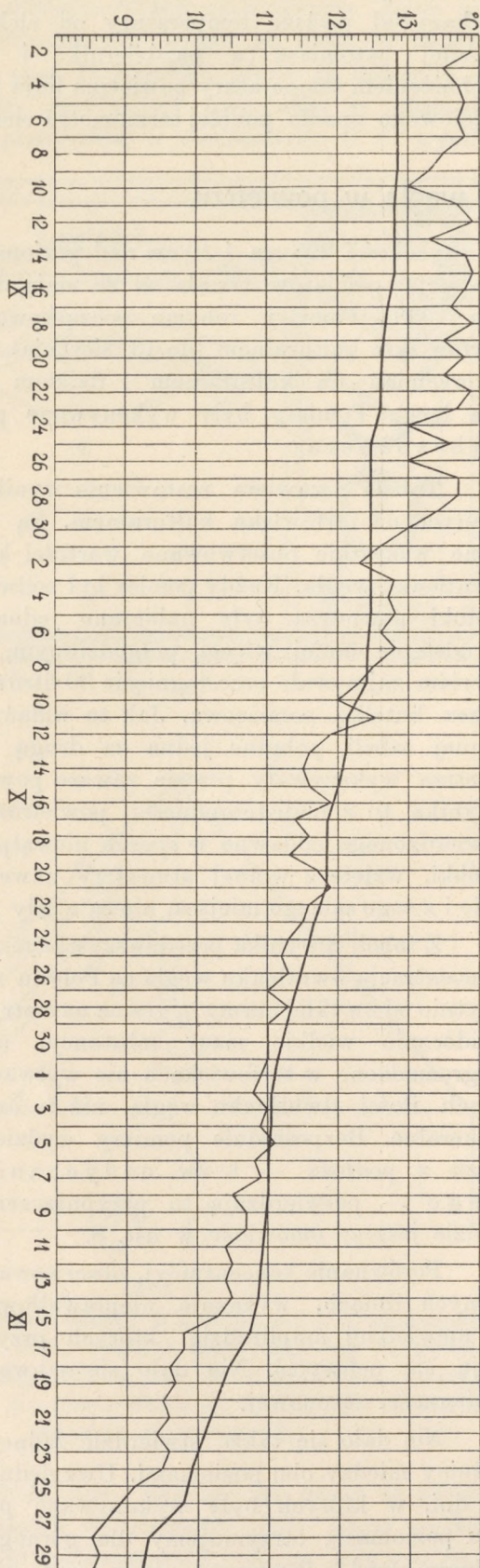
Nie dało się także stwierdzić żadnej wyraźnej różnicy między obu poziomami. Uwzględniając tylko te dni, w których były wykonywane pomiary na obu poziomach, otrzymujemy dla górnego 0.53, dla dolnego 0.54. Przyczyną tego jest niewątpliwie wiatr, który w dzień na równej powierzchni pozbawionego drzew kulturalnego torfowiska przybiera znaczne szybkości,

TABELA 8.

Koncentracja dwutlenku węgla w powietrzu wymierzona na kulturalnym torfowisku o godzinie 10:45 w gramach na metr sześcienny.

Teneur de l'air en acide carbonique, mesurée sur la tourbière cultivée à 10 h. 45 en grammes par mètre cube.

1930	Poziom } 225 cm			Poziom } 10 cm			Szybkość wiatru } Vitesse du vent } m/sec
	Poszczególne pomiary		Wartości średnie	Poszczególne pomiary		Wartości średnie	
	I	II		I	II		
	Résultats particuliers		Valeurs moyennes	Résultats particuliers		Valeurs moyennes	
D a t y	Dates						
26. V	0.45	0.45	0.45	—	—	—	5.8
27	.51	.44	.47	—	—	—	4.4
28	.45	.48	.46	—	—	—	7.5
29	.48	.45	.46	—	—	—	4.4
30	.47	.50	.48	—	—	—	5.0
31	.49	.49	.49	—	—	—	2.4
1. VI	0.50	0.49	0.49	—	—	—	2.1
3	.50	.51	.50	—	—	—	4.8
4	.51	.56	.53	—	—	—	2.8
5	.48	.47	.47	—	—	—	3.2
6	.56	.53	.54	—	—	—	5.4
7	.53	—	.53	—	—	—	4.3
8	.53	.54	.56	—	—	—	2.8
9	.49	.49	.49	—	—	—	1.6
11	.51	.52	.51	—	—	—	1.4
13	.53	.50	.51	—	—	—	4.2
15	.51	.47	.49	—	—	—	3.0
17	.50	.48	.49	0.52	0.51	0.51	5.0
19	.53	.47	.50	.50	.49	.49	2.7
21	.49	.44	.46	.52	.50	.51	3.7
23	.62	.59	.60	.52	.67	.59	1.0
25	.49	.53	.51	.60	.58	.59	3.5
27	.58	—	.58	.55	—	.55	6.6
29	.53	.53	.53	.54	.58	.56	3.7
1. VII	0.52	0.50	0.51	0.57	0.54	0.55	3.2
3	.55	—	.55	.47	—	.47	4.6
5	.57	.56	.56	.57	.52	.54	5.9
7	.52	.53	.52	.56	.52	.54	2.8
9	.57	—	.57	—	—	—	3.6
11	.54	.55	.54	.55	.55	.55	5.3
13	.51	.52	.51	.57	.57	.57	7.4
15	.58	—	.58	.56	—	.56	2.9
17	.50	.51	.50	.54	.58	.56	5.4
19	.49	.53	.51	.52	.50	.51	4.9
21	.53	.51	.52	.47	.59	.53	4.4
23	.58	—	.58	.59	—	.59	4.0
25	.54	.55	.54	.64	.55	.59	3.0
27	.55	—	.55	.59	—	.59	2.7
29	.54	—	.54	.55	—	.55	4.2
31	.59	—	.59	.59	—	.59	2.8
2. VIII	0.54	0.52	0.53	0.55	0.56	0.55	5.0
4	.52	—	.52	—	—	—	1.0
8	.47	.46	.46	.51	.49	.50	2.0
10	.53	.53	.53	.52	.51	.51	6.5
12	.49	.49	.49	.52	.50	.51	3.8
14	.48	.52	.50	.48	.51	.49	4.0
16	.49	.55	.52	.49	.56	.52	3.5
18	.58	.59	.58	.52	.54	.53	2.0
20	.61	—	.61	—	—	—	4.2
24	.56	.55	.55	.55	.56	.55	2.4
26	.51	.54	.52	.51	.55	.53	3.5



Ryc. 11.
Temperatury gleby, wymierzone przy pomocy termometru elektrycznego (linja grubsza) i przy pomocy termometru rtęciowego (linja cieńsza).
Les températures du sol déterminées au moyen du thermomètre électrique (tracé fort) et au moyen du thermomètre à mercure (tracé fin).

Średnia szybkość jego w czasie pomiarów wyniosła 5·4 m/sec. Jest to bardzo dużo, jeżeli się zważy, że pomiary szybkości wiatru były dokonywane na wysokości zaledwie 2 m nad gruntem. We wczesnych rannych godzinach, kiedy wiatr był słaby, różnice między poziomami wypadały natomiast znaczne.

Poranne wartości koncentracji dwutlenku węgla mają wielkie znaczenie dla ekologii roślin, gdyż

w tych godzinach, jak to wykazują badania szkoły Kostytschewa, odbywa się przeważna część produkcji masy organicznej. Dla dokładniejszego zbadania tej kwestji przeprowadzono szereg pomiarów o wschodzie słońca, porównując je z pomiarami o godzinie 10·45. Pomiary wykonywano jednocześnie na kulturalnym i dzikim torfowisku (na łące). Próbkę powietrza brano z wysokości 10 cm. Wyniki są zestawione w tabeli 9.

TABELA 9.
Koncentracja dwutlenku węgla w powietrzu na wysokości 10 cm (g/m³).
Teneur de l'air en acide carbonique au niveau de 10 cm (g/m³).

1930	Torfowisko kulturalne <i>Tourbière cultivée</i>								Torfowisko dzikie <i>Tourbière primitive. Prairie</i>							
	O wschodzie słońca <i>Au lever du soleil</i>				O godzinie 10·45 <i>A 10 h. 45</i>				O wschodzie słońca <i>Au lever du soleil</i>				O godzinie 10·45 <i>A 10 h. 45</i>			
	Poszczególne pomiary <i>Valeurs particulières</i>		Wartości średnie <i>Valeurs moyennes</i>	Szybkość wiatru <i>Vitesse du vent</i>	Poszczególne pomiary <i>Valeurs particulières</i>		Wartości średnie <i>Valeurs moyennes</i>	Szybkość wiatru <i>Vitesse du vent</i>	Poszczególne pomiary <i>Valeurs particulières</i>		Wartości średnie <i>Valeurs moyennes</i>	Szybkość wiatru <i>Vitesse du vent</i>	Poszczególne pomiary <i>Valeurs particulières</i>		Wartości średnie <i>Valeurs moyennes</i>	Szybkość wiatru <i>Vitesse du vent</i>
	I	II			I	II			I	II			I	II		
28. VIII	0·56	0·56	0·56	2·4	0·71	0·67	0·69	—	0·55	0·53	0·54	5·0	0·56	0·59	0·57	—
30. VIII	·60	·54	·58	3·5	·59	·55	·57	—	·49	·46	·47	5·2	·44	·48	·46	—
1. IX	1·09	1·07	1·08	0·0	1·18	·85	1·01	0·0	·50	·48	·49	2·0	·49	·50	·49	0·2
3	·64	·62	·63	1·8	·65	·74	·69	0·3	·57	—	·57	2·0	·58	·64	·61	1·7
5	·56	·61	·58	3·0	·72	·77	·74	—	·56	·55	·55	3·2	—	—	—	—
7	·96	—	·96	0·0	—	—	—	—	·56	·55	·55	0·0	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	·56	·58	·57	2·0	·64	·50	·57	0·8
11	·98	·91	·94	1·2	1·22	1·02	1·12	0·0	·60	·61	·60	2·0	·58	·65	·61	1·7
13	·63	·63	·63	3·8	—	·63	·63	1·3	·57	·57	·57	5·5	·57	·51	·54	—
15	—	—	—	—	—	—	—	—	·59	·60	·59	2·6	·62	·63	·62	1·6
17	·81	·81	·81	1·3	1·00	1·10	1·05	0·0	·57	·58	·57	1·3	·78	·69	·73	1·3
19	·99	1·06	1·02	0·0	·85	·88	·86	0·0	·63	·61	·62	2·7	·62	·62	·62	—
21	·63	·69	·66	3·2	·63	·57	·60	1·9	·55	·57	·56	4·6	·56	·62	·59	2·7
23	·80	·82	·81	1·0	·94	·90	·92	0·0	·63	·58	·60	3·2	·69	·65	·67	1·9
25	·71	·68	·69	2·0	·80	·71	·75	0·1	·63	·58	·60	2·3	·61	·63	·62	1·3
27	1·25	1·07	1·16	0·0	1·23	1·17	1·20	0·0	·58	·52	·55	2·0	·59	·58	·58	1·2
29. IX	1·15	·95	1·05	0·0	1·28	1·28	1·28	0·0	·64	·55	·59	2·2	·57	·57	·57	1·2
1. X	·57	·65	·61	1·0	·69	·73	·71	1·0	·61	·55	·58	3·2	·60	·55	·57	3·1

Pomiary te uwidoczniają w sposób jaskrawy wpływ wiatru na koncentrację dwutlenku węgla w powietrzu: im powietrze jest spokojniejsze, tem więcej gromadzi się w niem tego gazu. Z rannych pomiarów na torfowisku kulturalnym można wyprowadzić następujący związek między koncentracją dwutlenku węgla a szybkością wiatru (mierzoną na wysokości 2 m) (tabela 10).

Najwyższa wartość, obserwowana podczas omawianych pomiarów, wynosiła 1·28 g/m³. Nie jest to jednak granica górna, bo dnia 31 lipca po spokojnej nocy podczas jednego ze sporadycznych pomiarów o godzinie 3·15 stwierdzono na wysokości 5 cm wartości 0·94 i 1·46. Jest rzeczą ciekawą, że podczas

tego pomiaru także na wysokości 225 cm było dużo dwutlenku węgla: zwykle dwa kolejne pomiary dały 0·74 i 1·10 g/m³.

TABELA 10.

Szybkość wiatru <i>Vitesse du vent</i>	Koncentracja CO ₂ <i>Teneur en CO₂</i>
0·0	1·05
1·0—1·5	0·79
> 1·5	0·62

Tak silnych wahań w ciągu doby dotąd nigdzie nie obserwowano. Pochodzi to prawdopodobnie stąd, że dotychczasowe systematyczne pomiary wykonywano głównie w okolicach nadmorskich (Szwecja, Anglja, Francja i t. d.), gdzie spokojne noce należą do rzadkości.

Pomiędzy torfowiskiem dzikiem a kulturalnym zachodzi pewna niewielka różnica w koncentracji dwutlenku węgla w powietrzu; na dzikiem tego gazu jest więcej. Różnica ta zaznacza się wyraźnie wczesnym rankiem, potem zanika, jak to widoczne jest z tabeli 11.

Przyczyną wspomnianych różnic jest częściowo mniejsza siła wiatru na dzikiem torfowisku, co jest powodowane przez częściowe porośnięcie go lasem.

Ponadto działa tu silniejsze na dzikiem torfowisku oddychanie glebowe, o czym będzie mowa w następnym ustępie.

TABELA 11.

Koncentracja dwutlenku węgla w powietrzu.

Teneur de l'air en acide carbonique.

Stanowisko <i>Station</i>	O wschodzie słońca <i>Au lever du soleil</i>	O godz. 10:45 <i>A 10 h 45</i>
A	0·85	0·59
C	0·79	0·57

8. Oddychanie glebowe.

Wydzielanie dwutlenku węgla z gleby jest zjawiskiem nadzwyczajnie ważnym dla życia roślin, gdyż jest ono tak wydatne, że wystarcza do zaopatrzenia rośliny w ten niezbędny pokarm. (Lundegardh 1924). Średnia ilość wydzielanego przy tym procesie dwutlenku węgla jest podawana na 0·4 grama na godzinę i metr kwadratowy. Zależy to od różnych czynników, głównie od temperatury, zawartości substancji organicznych w glebie i od ilości żyjących w niej mikroorganizmów.

Do zbadania tych zjawisk na moim terenie użyłem metody, polegającej na pochłanianiu wydzielanego dwutlenku węgla przez ług potasowy. W tym celu wbijało się w ziemię na głębokość 15 cm walec blaszany o wysokości 22 cm, tak że przed ziemię wystawało 7 cm. Średnica walca wynosiła 20 cm. Do wnętrza walca wstawiało się szalkę szklaną z 30 cm³ ługu 1/10-normalnego i przykrywało się walec pokrywką blaszaną. Dla uszczelnienia pokrywa wchodziła do rynienki, przylutowanej na górnym brzegu walca i wypełnionej parafiną płynną. Po czterech godzinach miareczkowało się ług metodą Harta. Metoda ta, jak wiadomo, polega na tem, że do badanego ługu dolewa się z początku tyle kwasu, żeby się fenolftaleina odbarwiła. Ilość tego kwasu nie oznacza się. Następnie dodaje się metyl-oranżu i dolewa się kwasu do zmiany barwy z żółtej na czerwoną. Ilość tej drugiej porcji kwasu jest miarą dwutlenku pochłoniętego przez ług. Nadziemne pędy roślin usuwało się z powierzchni objętej przez walec. Pomiary wykonywało się zawsze o tej samej porze dnia, mianowicie między godziną 9 a 13. (Por. Meinecke 1927).

Wartości oddychania glebowego są przeliczone na gramy, na godzinę i metr kwadratowy powierz-

chni gruntu. Nie są to wartości dokładne, gdyż skutkiem pochłaniania dwutlenku węgla przez ług wydzielanie tego gazu podczas pomiaru odbywa się prędzej niż w naturalnych warunkach.

Ponieważ jednak wszystkie pomiary były wykonywane w ten sam sposób i w tych samych godzinach dnia, są one w każdym razie porównywalne.

Pomiary robiono na 4 stanowiskach. Była to przede wszystkim piaszczysta gleba wydymowa na wysepce mineralnej wśród torfowiska kulturalnego, na której stoi barak laboratoryjny (2 na ryc. 1). Zawierała ona mało próchnicy. Następnie poddano badaniu torf kulturalny również w pobliżu baraku laboratoryjnego. Dalej wzięto torf dziki na łące w pobliżu punktu obserwacyjnego **A** i wreszcie glebę leśną w pobliżu punktu obserwacyjnego **D**. Ta ostatnia była piaszczysta, ale z dużą zawartością próchnicy.

Wyniki liczbowe są zestawione w tabeli 12. Z nich można wyprowadzić wartości średnie dla poszczególnych stanowisk. Ażeby to były liczby porównywalne, trzeba je zredukować do tego samego okresu obserwacyjnego. Redukcję tę przeprowadziłem metodą różnic, tak jak w meteorologii przeprowadza się redukcję temperatur. Wypadły wartości następujące:

Piaszczysta gleba wydymowa.	0·26
Torf kulturalny	0·35
Piaszczysta gleba leśna	0·39
Łąka na dzikiem torfowisku.	0·48

Powyższe liczby są zastanawiające. Ciekawa jest w nich stosunkowo mała wartość dla kulturalnego torfowiska w porównaniu z torfowiskiem dzikiem. Jest ona mniejsza od piaszczystej gleby leśnej. Prawdopodobnie przyczyna leży tu w słabszej działalności mikroorganizmów.

TABELA 12.
Oddychanie glebowe.
Respiration du sol.

1930	Gleba piaszczysta wydmowa <i>Sol sablonneux des dunes</i>			Torfowisko kulturalne <i>Tourbière cultivée</i>			Torfowisko dzikie Łąka <i>Tourbière primitive Prairie</i>			Gleba piaszczysta leśna <i>Sol sablonneux forestier</i>		
	Poszcze- gólne pomiar <i>Valeurs particulieres</i>		Wartości średnie <i>Valeurs moyennes</i>	Poszcze- gólne pomiar <i>Valeurs particulieres</i>		Wartości średnie <i>Valeurs moyennes</i>	Poszcze- gólne pomiar <i>Valeurs particulieres</i>		Wartości średnie <i>Valeurs moyennes</i>	Poszcze- gólne pomiar <i>Valeurs particulieres</i>		Wartości średnie <i>Valeurs moyennes</i>
	I	II		I	II		I	II		I	II	
10. VI	0'34	0'26	0'30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	0'54	0'46	0'50	—	—	—	—	—	—
14	22	27	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	28	22	25	44	43	43	—	—	—	—	—	—
18	17	17	17	45	45	45	—	—	—	—	—	—
20	22	22	22	30	33	31	—	—	—	—	—	—
22	18	19	18	35	29	32	—	—	—	—	—	—
24	26	28	27	61	41	51	—	—	—	—	—	—
26	25	26	25	46	—	46	—	—	—	—	—	—
28	25	25	25	49	42	45	—	—	—	—	—	—
30. VI	18	22	20	39	38	38	—	—	—	—	—	—
2. VII	13	12	12	33	31	32	—	—	—	—	—	—
4	31	25	28	33	34	33	—	—	—	—	—	—
6	15	17	16	29	30	29	—	—	—	—	—	—
8	35	—	35	30	—	30	—	—	—	—	—	—
10	35	33	34	33	37	35	0'44	0'44	0'44	—	—	—
12	26	25	25	31	30	30	40	38	39	—	—	—
14	25	28	26	33	32	32	44	46	45	—	—	—
16	32	35	33	34	37	35	49	52	50	—	—	—
18	38	40	39	33	34	33	49	53	51	—	—	—
20	25	30	27	28	29	28	48	49	48	—	—	—
22	25	25	25	37	31	34	55	47	51	—	—	—
24	23	23	23	36	35	35	49	47	48	—	—	—
26	18	17	17	35	33	34	47	45	46	—	—	—
28	35	37	36	41	36	38	53	53	53	—	—	—
30. VII	35	34	34	38	36	37	—	—	—	0'43	—	0'43
1. VIII	32	29	30	38	34	36	52	51	51	—	—	—
3	35	31	33	37	39	38	—	—	—	38	36	37
7	33	32	32	36	37	36	53	52	52	—	—	—
9	25	26	25	40	37	38	—	—	—	38	38	38
11	15	17	16	33	26	29	43	45	44	—	—	—
13	31	32	31	31	30	30	—	—	—	43	—	43
15	25	24	24	30	29	29	40	40	40	—	—	—
17	26	24	25	27	26	26	—	—	—	34	32	33
19	26	26	26	32	30	31	38	39	38	—	—	—
23	37	38	37	37	37	37	—	—	—	40	36	38
25	28	28	28	29	29	29	41	38	39	—	—	—
27. VIII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31	37	34

9. Promieniowanie.

Promieniowanie wpływa na roślinność w dwójaki sposób. Po pierwsze powoduje różne zjawiska klimatyczne, szczególnie zaś mikroklimatyczne, jak to było wyjaśnione powyżej w ust. 1. Po wtóre działa ono bezpośrednio na rośliny, powodując m. i. wzmożenie transpiracji i określając produkcję masy roślinnej.

Wynika stąd konieczność pomiarów promieniowania dla badań ekologicznych, a to tembardziej,

że pomiary te nie wchodzą w zakres zwykłych obserwacji meteorologicznych. Badanie promieniowania jest zadaniem trudnym, wymagającym skomplikowanych i delikatnych przyrządów, trudnych do użycia na wolnym powietrzu. Trudności te muszą być jednak przewyżnione, o ile badania ekologiczne mają objąć całokształt przejawów życia roślinnego.

Pierwszem zagadnieniem, jakie nasuwa się przy

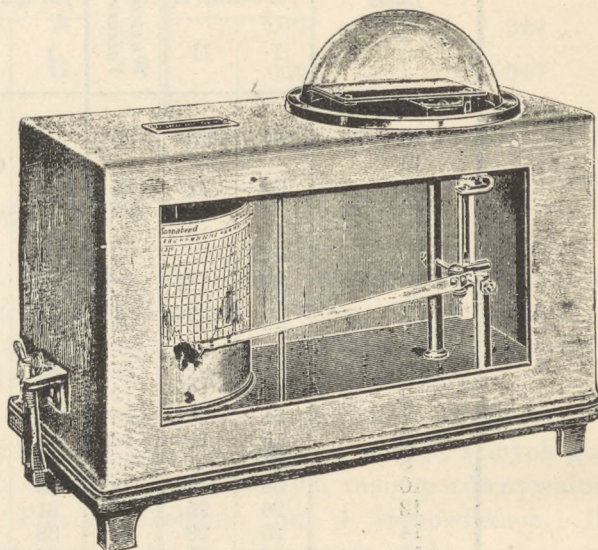
badaniach nad promieniowaniem, jest pomiar całkowitego promieniowania krótkofalowego. W tym względzie w Polsce zrobiono dotąd bardzo mało, gdyż uwagę geofizyków i meteorologów zajmowały prawie wyłącznie pomiary bezpośredniego promieniowania bez uwzględnienia promieniowania rozproszonego (prace Gorczyńskiego, Stenza i innych). Wspomniane pomiary promieniowania bezpośredniego są oczywiście niedostateczne dla ekologii, zwłaszcza w naszym klimacie, w którym skutkiem silnego zachmurzenia promieniowanie rozproszone odgrywa szczególnie ważną rolę. Pomiary całkowitego promieniowania krótkofalowego stały się stosunkowo łatwe do wykonania od czasu badań amerykańskiego fizyka Coblentza (1913) nad białymi ciałami. Wykazał on mianowicie, że takie ciała, odbijając większą część krótkofalowego promieniowania (w 80—85%), pochłaniają jednocześnie promieniowanie długofalowe równie silne, jak ciała czarne. Wobec tego, zestawienie ciała czarnego i białego daje możliwość pomiaru promieniowania krótkofalowego niezależnie od długofalowego. Ciało czarne pochłania bowiem bardzo silnie promieniowanie krótkofalowe, białe natomiast czyni to w nieznacznym stopniu. Różnica temperatur tych ciał będzie miarą padającego na nie promieniowania krótkofalowego. Różnica ta będzie niezależna od promieniowania długofalowego, gdyż to ostatnie rozgrzewa w jednakowym stopniu oba ciała. Uniezależnienie wskazań przyrządu od promieniowania długofalowego ma wielkie znaczenie, gdyż działanie tego ostatniego na roślinność jest zupełnie inne, w szczególności nie bierze ono udziału w asymilacji dwutlenku węgla.

Pierwszym zastosowaniem wyników Coblentza do pomiarów promieniowania był pyranometr Andersa Ångströma (1919). Jest to najlepszy przyrząd do danego celu. Wobec tego, że próby z nim, przeprowadzane na Stacji ekologicznej w Dublanach, nie są jeszcze ukończone, nie zastosowałem go na razie na Polesiu. Ograniczyłem się tymczasem do użycia dwóch prostych przyrządów: termometrycznego aktynometru czarno-białego mojego pomysłu i aktynografu systemu Robitzscha (wyrobu firmy R. Fuess w Berlinie).

Termometryczny aktynometr czarno-biały składa się z dwóch zwykłych rtęciowych termometrów, umocowanych w kulistej szklanej kolbie, tak żeby ich naczynia znajdowały się w środku wybrzuszenia (Szymkiewicz 1926, 1929). Jeden z tych termometrów jest wyczerniony w dymie z palącej się terpentyny, drugi — wybielony w dymie palącej się wstęgi magnowej. Przyrząd taki z powodu zaokrąglonego (cylindrycznego) kształtu naczyń termometrycznych nadaje się tylko do pomiaru maksy-

malnego promieniowania, działającego w danym miejscu. Ustawia się go do pomiaru tak, żeby termometry zajęły położenie prostopadłe do promieni słońca. Przy pomocy tego przyrządu są wykonywane od lata 1930 roku pomiary także w kilku punktach Polski poza Polesiem. Wyniki będą ogłoszone później razem dla wszystkich tych miejscowości.

Aktynograf Robitzscha jest urządony na wzór termografu (ryc. 12). Główną częścią jego są dwa poziome bimetaliczne paski, umieszczone obok



Ryc. 12.

Aktynograf systemu Robitzscha.
Actinograph système Robitzsch.

siebie pod ochronnym szklanym kloszem. Jeden pasek jest czarny, drugi — biały. Pod wpływem ogrzewania wyginają się one w przeciwne strony. Przy pomocy odpowiedniego mechanizmu różnica tych wygięć jest notowana automatycznie na obracającym się bębnie. Przyrząd notuje promieniowanie, spadające na poziomą powierzchnię. Dokładność przyrządu nie jest wielka: 3—5%; jest to jednak dużo, jeżeli zważymy, że najlepszy przyrząd tego rodzaju — pyranometr Ångströma — ma dokładność 2%. Wielką zaletą przyrządu jest prostota: obsługa nie wymaga żadnych specjalnych wiadomości.

Jeden egzemplarz tego przyrządu był czynny w r. 1930 przez dwa miesiące na Czernem. Był to przyrząd wypożyczony ze Stacji ekologicznej w Dublanach. Próby z nim wypadły pomyślnie i wobec tego został zakupiony nowy egzemplarz dla badań poleskich. W przyrządzie Dublańskim obrót jest 4-dniowy, skutkiem czego przy szybkich zmianach zachmurzenia wykresy wychodzą cokolwiek zamazane. Wobec tego zamówiłem przyrząd z jednodniowym obrotem, zresztą tak samo urządzonej.

Przykłady wykresów są zestawione w tablicy IV. W nich 12 mm odpowiada 1 gramowej kalorii na minutę i kwadratowy centymetr według skali Ångströma. Widoczne jest ze wspomnianych wykresów odrazu, że głównym czynnikiem, określającym w sezonie wegetacyjnym natężenie całkowitego promieniowania krótkofalowego, jest zachmurzenie. Osłabia ono promieniowanie w sposób bardzo wydatny. Z wykresów tablicy IV. widoczne jest także, że jednakowym notowaniem zachmurzenia nie zawsze odpowiada jednakowe natężenie promieniowania. Pochodzi to oczywiście stąd, że notuje się tylko powierzchnię chmur, tymczasem różnią się one nie-

tylko rozmiarami, lecz także przepuszczalnością dla promieniowania.

Pomiary całkowitego promieniowania krótkofalowego nie wystarczają do celów ekologicznych, gdyż różne rodzaje promieni działają różnie na roślinność. Na przykład promienie czerwone i błękitne biorą wybitny udział w asymilacji dwutlenku węgla, zielone — słaby, infraczerwone i ultrafioletowe nie biorą wcale udziału w tym procesie. Ze względu na te różnice, będą przeprowadzone osobne badania nad natężeniem czerwonego, zielonego i błękitnego promieniowania.

Domek wegetacyjny.

Dokładny opis domku wegetacyjnego, wybudowanego w roku 1930 na Czernem, będzie podany później wraz z wynikami doświadczeń, które w nim mają być wykonane. Teraz ograniczę się do wyłożenia zasadniczych myśli, które posłużyły do ustalenia planu jego budowy.

Przedewszystkiem trzeba omówić jego położenie. Został on postawiony na palach wśród torfowiska kulturalnego (3 na ryc. 1), a to w tej myśli, ażeby kultury mogły się odbywać w warunkach jak najbardziej zbliżonych do warunków naturalnych. Część tych kultur ma być wykonana pod siatką, nazwaną domku. W nich rośliny będą w warunkach prawie identycznych z naturalnymi, gdyż wazoni będą zakopane w gruncie. Reszta kultur będzie miała warunki nieco odmienne od naturalnych: będą one wykonane w wazonach, stojących na wózkach. Wózki te będą, jak zwykle, wtaczane na noc i w czasie niepogody do domku.

Urządzenie domku wegetacyjnego odbiega znacznie od przyjętego powszechnie typu. Domek nie jest cały oszklony — oszklony jest tylko dach, ściany zaś są drewniane, polakierowane z zewnątrz i wewnątrz na biało (ryc. 3 na tabl. II). To białe malowanie stanowi główną cechę budowli. Zabezpiecza ono domek przed zbytnim rozgrzewaniem, z drugiej zaś strony zapewnia wewnątrz należyte oświetlenie. Dla bliższego wyjaśnienia tych rzeczy trzeba wziąć pod uwagę, że biała farba odbija około 80% krótkofalowego promieniowania. Skutkiem tego przedmioty, wymalowane na biało, rozgrzewają się stosunkowo słabo. Ten wpływ białego malowania został z początku wypróbowany na barakach. Jest rzeczą pow-

szecznie wiadomą, że takie małe drewniane budowle rozgrzewają się bardzo silnie pod działaniem promieni słońca. Baraki te miały początkowo dachy z czarnej papy i rozgrzewały się tak silnie w słoneczne dni, że przebywanie w nich i wykonywanie analiz stawało się niemożliwe. Zmiana dachów na blaszane i wymalowanie na biało osłabiły działanie słońca bardzo wydatnie.

To samo białe malowanie zapewnia, skutkiem silnego odbicia światła, także wystarczające oświetlenie wnętrza domku wegetacyjnego. Wynika to już a priori z następujących rozważań. Ponieważ domek wegetacyjny jest tylko schronem dla kultur w czasie złej pogody, a więc przy niebie zachmurzonym, trzeba odnośnie do niego brać pod uwagę tylko promieniowanie rozproszone. Promieniowanie to nie ma określonego kierunku i przychodzi ze wszystkich części nieba, przytem silniejsze jest z górnej części nieba niż z dolnej. W domku wegetacyjnym na Czernem drewniane ściany zatrzymują promieniowanie rozproszone, pochodzące z dolnej części nieba. Natomiast o wiele silniejsze górne promieniowanie wpada bez przeszkody przez oszklony dach. Odbite w 80% przez białą farbę kompensuje ono z nadwyżką zatrzymane przez ściany słabe boczne promieniowanie niższych części nieba. Przewidywania te sprawdziły się w praktyce. Po wybudowaniu domku i wymalowaniu okazało się, że w nim w dni pochmurne jest nawet jaśniej niż nazewnątrz. Inaczej rzecz się ma w dni słoneczne, ale to jest obojętne, gdyż wtedy rośliny są poza domkiem na wolnym powietrzu.

R É S U M É.

L'organisation des recherches.

Les recherches écologiques exécutées sous ma direction en Polesie polonaise ont pour but la connaissance de la vie végétale sur les marais de ce pays. Elles ont à servir des matériaux auxiliaires pour l'établissement d'un projet général de l'assèchement du pays. Quatre ans — de 1929 à 1932 — ont été assignés à ce but. La présente publication résume les résultats de deux premières années.

Les recherches en question ont été exécutées sur la tourbière Czemerne près de Sarny, sur l'emplacement de la Station expérimentale pour la culture des tourbières et sur le terrain avoisinant. A cet endroit, une partie de la tourbière a été asséchée et aménagée pour la culture agricole. Sur la fig. 1 (p. 2) on voit l'emplacement du terrain cultivé, marqué par les fossés limitrophes (6). Au delà de ces fossés, la tourbière reste inculte, ayant le niveau des eaux souterraines plus ou moins rapproché de la surface.

Sur ce terrain une station écologique a été établie. Elle se compose de quatre constructions en bois. Ce sont d'abord deux pavillons-laboratoires dont l'un est situé sur un îlot sablonneux au milieu de la tourbière cultivée (2, fig. 1 [p. 2] et phot. 1 et 2, planche II) et l'autre — sur la tourbière primitive (4, fig. 1 et phot. 2, planche I). Vient ensuite un pavillon de culture (3, fig. 1 et phot. 3, planche II) et un pavillon servant de logement pour le personnel (parmi les bâtiments de la Station expérimentale: 1, fig. 1). De ces quatre pavillons, trois — les deux laboratoires et le pavillon-logement — ont été construits en 1929 au commencement des travaux. Le quatrième — le pavillon de culture — a été construit 1930 et n'a pas encore été utilisé.

Le programme des recherches se composait de l'étude des conditions de la vie des végétaux sur les terrains marécageux et des manifestations de cette vie, en particulier de la production des substances organiques. Les années 1929 et 1930 ont été consacrées principalement à l'étude des conditions de la vie végétale. On a étudié la température de l'air, la capacité évaporatoire de l'air, la température du sol, la teneur de l'air en acide carbonique, le dégagement de l'acide carbonique du sol („respiration du sol“) et le rayonnement. Pour ce qui est des phénomènes de la vie végétale, on s'est borné pour le moment à l'étude de l'évaporation du terrain couvert par la végétation. Les autres problèmes de la vie végétale sur les marais ont été remis aux années 1931 et 1932 qui doivent terminer ces recherches.

Le problème des conditions de la vie des végétaux se réduit en majeure partie aux problèmes de la microclimatologie. En effet, les végétaux se trouvent principalement en basses couches de l'air avoisinant la surface du sol, où on a à faire avec les conditions qui changent fortement déjà à une petite distance. Ces changements sont causés par les particularités locales du terrain, entre autres choses par la différente humidité du sol et par le différent caractère de la végétation. Étant donné le but principal des recherches en question de servir de matériaux auxiliaires pour le projet de l'assèchement, on avait surtout étudié l'influence, exercée par l'humidité du sol sur les conditions microclimatériques. Pour les observations microclimatologiques quatre stations ont été établies (voyez fig. 1, p. 2) C'était d'abord la station **A** sur la prairie dans la tourbière primitive (phot. 1, planche I). Elle représente les conditions les plus rapprochées de l'état primitif de la tourbière. Au printemps, les eaux souterraines montent ici presque à la surface (voyez la table p. 6). En été elles baissent, mais pas plus qu'à une profondeur de 30 *cm*. Comme toutes les autres stations microclimatologiques, la station **A** occupe la surface de 6×6 *m*, protégée par une enceinte de fils de fer barbelés. Au milieu est planté un poteau de 2½ *m* de hauteur servant de support aux instruments de mesure (thermomètres, psychromètres etc.). Près du poteau se trouve une petite échelle pour les observations à un niveau élevé. En outre, à l'intérieur de l'enceinte, on a établi le dispositif pour la mesure de la température du sol et on a creusé un puit hydrométrique. Pour garantir la station le plus strictement possible de toute influence de l'activité humaine, on a établi autour d'elle un terrain réservé ayant la superficie d'un hectare.

On a établi sur la tourbière primitive encore une station microclimatologique, à savoir dans la forêt des bouleaux (**B**, fig. 1 p. 2). La raison en était la transformation, subie par la végétation sous l'influence de l'assèchement. La partie de la tourbière que j'appelle ici „primitive“ ne l'est qu'à un certain degré. Le canal principal du drainage (5, fig. 1) a provoqué un assèchement partiel de la tourbière tout entière. Par suite, la prairie qui couvrait primitivement la tourbière s'est trouvée peu à peu envahie par les bouleaux mélangés d'un certain nombre de pins. Cette transformation était ralentie et rendue irrégulière par l'exploitation agricole — le fauchage et la pâture. La tourbière a pris ainsi

l'aspect d'un mélange de la prairie et de la forêt des bouleaux. L'envahissement de la prairie par les bouleaux sur la tourbière Czemerne date de 30 ans environ. Pour préciser cette date, on a choisi 3 pieds de bouleaux et de pins parmi les arbres les plus élevés et on a compté le nombre de couches annuelles dans le bois. L'âge des bouleaux s'est trouvé de 29, 30 et 29 ou 30 ans. Pour les pins les chiffres correspondants étaient de 30, 32 et 34 ans. De l'aspect général de la forêt, on peut se faire une idée d'après la photographie 2 de la planche I. C'est une forêt assez dense, d'une hauteur allant jusqu'à 12 m. Le niveau des eaux souterraines dans cette forêt est à peu près le même que sur la prairie, comme on peut le voir de la table (p. 6).

La station microclimatologique **C** sur la tourbière cultivée (voyez fig. 1 [p. 2] et phot. 3, pl. I) se trouve non loin du pavillon de culture. Ici, outre les dispositifs habituels, se trouve un actinograph système Robitzsch, monté au faite du poteau.

Enfin la station **D** se trouve sur le sol sablonneux dans la forêt de pins mélangés de chênes qui couvre le terrain avoisinant la tourbière (voyez fig. 1 et phot. 1, pl. III). On l'a établie pour avoir une comparaison entre le terrain sablonneux sec et la tourbière humide. Pour compléter cette comparaison on va établir encore une station sur le même sable, mais dans un endroit découvert. Ceci sera possible à cause de l'abattement d'une partie de la forêt avoisinant la tourbière. Cette forêt est d'ailleurs

assez claire à cause de l'utilisation intense du bois pendant la guerre et, par suite, la station **D** ne représente nullement le microclimat des forêts de pins sur le sable, d'un type très répandu du pays.

La tourbière Czemerne est très commode pour l'études des différences microclimatériques, produites par la différente humidité du terrain, à cause de la surface presque complètement horizontale. Les niveaux des stations sont les suivants :

A Tourbière primitive, prairie . . .	153·942 m
B Tourbière primitive, forêt de bouleaux	153·974 m
C Tourbière cultivée	153·518 m
D Forêt de pins sur sol sablonneux	157·123 m

Cette forme du terrain exclut sur la tourbière tout courant d'air causé par la gravité, ce qui est surtout important pour l'étude des températures de nuit, lorsque l'air est en général calme. Seule la station **D**, située sur le terrain sablonneux avoisinant, s'élève de quelques mètres au-dessus de la tourbière, ce qui est d'ailleurs le cas général dans ce pays.

Sur ces stations, on a exécuté les mesures de la température et de l'humidité de l'air à trois niveaux : 5, 50 et 200 cm au-dessus du sol. Le niveau supérieur correspond aux observations météorologiques officielles et permet de coordonner les observations microclimatologiques avec celles de la météorologie officielle.

Température de l'air.

Pour l'étude de la température de l'air je me suis borné aux mesures des maxima et des minima.

Comme instrument principal pour ces mesures, j'ai adopté le psychromètre aspiratoire d'Assmann (1892). Cet instrument permet, comme on le sait, de mesurer la température et l'humidité de l'air dans une couche déterminée de l'air dans n'importe quelles conditions. Il présente, il est vrai, l'inconvénient de mélanger l'air pendant l'observation. Mais l'air dans la nature ne se trouve que rarement en état de repos parfait et, par suite, les changements causés par l'aspiration n'excèdent pas en général ceux qui se produisent normalement.

Pour la détermination des températures maxima on faisait les observations au moment, où le maximum vient le plus souvent, à savoir à 14 h. 1/2. Naturellement, ces mesures donnaient en général des températures quelque peu inférieures aux maxima : c'étaient des submaxima.

Il était impossible d'employer ici les thermo-

mètres à maxima du type courant, parce que ces instruments exigent un abri contre l'action du rayonnement. Or, tout abri est impuissant sans aspiration qu'il est trop difficile de maintenir tout le temps, où la température maximum puisse venir.

On a travaillé aux stations **A**, **C** et **D**. La station **B** a été négligée à cause du manque du personnel. Pendant les observations, on suspendait le psychromètre sur le poteau (voyez phot. 3, pl. I), de façon à ce que les extrémités des tubes se trouvassent au niveau désiré.

Les observations duraient 101 jours, de 22 juin à 30 septembre 1929. Les résultats sont réunis dans les tables I et II à la fin de cette publication.

Une revue sommaire de ces résultats fait voir immédiatement que les températures submaxima accusent des différences les plus considérables pendant les jours clairs. Par le temps couvert, les différences diminuent et parfois, surtout pendant la pluie, disparaissent complètement. Comme nous le

verrons dans la suite, cette influence de la nébulosité effaçant les différences microclimatériques s'exerce aussi sur d'autres facteurs.

La cause en est le bilan énergétique du rayonnement. En effet, par un jour clair d'été tombe sur le terrain à midi près de 1.5 *gr.cal* de rayonnement à onde courte (de 0.3 à 3.0 μ) par *cm*² de la surface horizontale et par minute. Ce rayonnement, composé des rayons directs du soleil et des rayons diffus du ciel, est absorbé par la végétation en proportion de 70% environ, ce qui donne au terrain près de 1.0 *gr.cal* d'énergie par *cm*² et minute. Il s'y ajoute le rayonnement à onde longue (de 6 à 13 μ), produit par l'atmosphère, qui est absorbé totalement, en donnant près de 0.4 *gr.cal* par *cm*² et minute. Le terrain gagne ainsi 1.4 *gr.cal* d'énergie. Il perd en même temps de l'énergie par l'émission du rayonnement à onde longue. La végétation se comporte sous ce rapport comme un corps noir. Par suite, on peut calculer la perte d'énergie au moyen de la loi de Stefan. A la température de 25°, cela donne 0.65 *gr.cal* par *cm*² et minute. En somme, le bilan énergétique du terrain à midi du jour clair s'élève à 0.75 *gr.cal*. Il est beaucoup plus faible par le temps couvert. Le fort rayonnement direct du soleil fait alors défaut et le rayonnement à onde courte se trouve réduit au rayonnement diffus du ciel dont l'énergie est inférieure à 0.5 *gr.cal*. De cette énergie la végétation retient 0.2—0.3 *gr.cal*. Pour ce qui est du rayonnement à onde longue, il ne joue ici aucun rôle, car le rayonnement venant de l'atmosphère est compensé par celui émis par la végétation. En effet, l'atmosphère nuageuse et la végétation émettent le rayonnement comme des corps noirs et la température de la végétation par le temps couvert diffère peu de celle de l'air. En fin de comptes, le bilan énergétique du rayonnement pendant les jours couverts n'est que de 0.2—0.3 *gr.cal*.

Le fort bilan énergétique des jours clairs provoque sur les différents terrains de différents changements de la température. Il en résultent de fortes différences microclimatériques. Le faible bilan de jours couverts est, au contraire, impuissant d'en provoquer d'appréciables. Pour tenir compte de ces influences du rayonnement, produites par les changements de la nébulosité, je considère séparément les jours à nébulosité 0—3, 4—7 et 8—10.

Les différences microclimatériques changent aussi avec le niveau, auquel les observations ont été faites. Elles diminuent rapidement avec l'élévation au-dessus du sol. Ceci s'explique facilement par ce fait que le rayonnement, qui est la cause fondamentale des phénomènes en question, n'agit directement que sur la surface du terrain. Sur cette sur-

face se produisent les changements que nous qualifions de microclimatériques et de cette surface ils se propagent dans l'air, en s'affaiblissant à mesure qu'on s'éloigne de ladite surface. Il s'ensuit la nécessité de traiter séparément les trois couches de l'air, où les observations ont été faites.

Pour caractériser les différences microclimatériques j'ai employé la méthode statistique. J'ai calculé la fréquence des différences particulières, en les groupant en classes. Pour les températures, j'ai adopté des classes de 1°, en réunissant dans la même classe les températures, ayant la partie entière égale. Dans la classe +0 entre aussi la valeur 0.0°. On a donc pour les classes les limites suivantes :

.
-2 :	(-2.9)	—	(-2.0)	
-1 :	(-1.9)	—	(-1.0)	
-0 :	(-0.9)	—	(-0.1)	
+0 :	0.0	—	(+0.9)	
+1 :	(+1.0)	—	(+1.9)	
+2 :	(+2.0)	—	(+2.9)	
.

Comme terme de comparaison, j'ai choisi la station **A** qui s'approche le plus des conditions primitives de la tourbière. La table 1 (p. 8) et la figure 2 représentent les fréquences en question.

Il s'ensuit que l'air pendant le jour est en général plus chaud sur la tourbière cultivée que sur la tourbière primitive. Les différences vont jusqu'à 7°. Surtout au niveau inférieur par le temps clair cette différence se dessine nettement: ce n'est que dans 3 pour cent de cas que la tourbière primitive était plus chaude que la tourbière cultivée et encore la différence était au-dessous d'un degré.

Dans la station **D**, dans la forêt de pins sur le sol sec sablonneux, les températures submaxima sont plus basses que sur la tourbière primitive. Les différences sont très nettes au niveau inférieur par le temps clair, elles s'effacent avec l'élévation au-dessus du sol et avec l'augmentation de la nébulosité.

Les différences des températures submaxima qui viennent d'être décrites peuvent être expliquées de la manière suivante. Le rayonnement aux stations **A** et **C** est identique, mais la station **A** est plus humide, ce qui cause une évaporation plus intense et, par suite, un refroidissement plus marqué. Dans la station **D**, les rayons directs du soleil étant absorbés ou réfléchis par les feuilles des arbres, le bilan d'énergie est tellement abaissé que la température de l'air se tient au niveau plus bas que sur la tourbière primitive, même malgré l'évaporation plus faible.

En somme, les différences des températures submaxima dans les stations étudiées sont trop faibles pour exercer directement une influence notable sur la végétation. Leur action indirecte est en revanche très considérable. Comme on le verra plus loin, ces différences assez modestes de la température provoquent des différences très fortes dans l'évaporation.

Passons maintenant aux températures minima. Je n'ai pas employé ici de psychromètres d'Assmann, car il est trop pénible d'effectuer les mesures dans la nuit avant l'aube, quand la température de l'air s'abaisse le plus. J'ai fait l'usage des thermomètres à minima du type courant. On les a employés sans aucun abri, fixés horizontalement aux poteaux au moyen des supports appropriés. Cette méthode d'observation suffit parfaitement aux besoins de l'écologie végétale. En effet, ce qui importe à l'écologie, ce n'est pas la température de l'air, mais celle de la plante. La température de l'air n'est que la cause principale qui détermine la température de la plante. Cette cause n'est nullement unique et, par suite, la température de la plante peut différer de celle de l'air. Or, la température de la plante reste la nuit très proche de celle du thermomètre à minima dépourvu d'abri. Ces deux températures sont au même niveau que la température de l'air pendant les nuits couvertes, elles s'abaissent au-dessous de cette dernière pendant les nuits claires.

Les observations des températures minima, à cause de leur facilité relative, ont été très étendues. On a utilisé toutes les quatre stations microclimatologiques. Je résume pour le moment 522 observations, à savoir du 27 juin 1929 à 30 novembre 1930. Le travail est poursuivi sans interruption et à la fin des recherches un aperçu général sera publié. Les températures observées sont réunies dans les tables I—IX à la fin de la publication. Dans ces tables, les astérisques marquent les observations pendant lesquelles la neige a enfoui les thermomètres du niveau inférieur. Ces thermomètres n'ont pas été fixés aux poteaux, mais placés sur les supports séparés qu'on mettait en hiver tous les jours sur la surface de la neige.

Les fréquences des différences microclimatiques concernant les températures minima des stations étudiées sont réunies dans la table 2 (p. 10) et représentées sur la figure 3. La station **A** sur la prairie de la tourbière primitive est choisie comme terme de comparaison, comme cela a été fait dans l'étude des températures maxima. On voit tout de suite que toutes les stations sont plus chaudes que la station **A**. Les différences vont jusqu'à 12°. Les

cas, où la station **A** est plus chaude, sont rares. Les différences en question ont une grande importance, car les températures nocturnes, lorsqu'elles s'abaissent fortement, peuvent facilement passer au-dessous du zéro. Ce cas n'est pas rare sur les tourbières par les nuits claires en pleine saison de la végétation.

Naturellement, les plus fortes différences se produisent par le temps clair au niveau inférieur. On voit alors, d'après la figure 3, qu'à la tourbière cultivée (station **C**) l'excédent de la température sur la station étalon est de 2°—3°. Cet excédent dans la forêt des bouleaux (station **B**) est de 6°—7° et dans la forêt des pins — de 7°—8°. Ces différences s'affaiblissent avec l'augmentation de la nébulosité et avec l'élévation au-dessus du sol. Pour une forte nébulosité (8—10) toutes les trois stations **B**, **C** et **D** se comportent de la même façon vis-à-vis de la station **A**.

L'influence de la nébulosité sur la grandeur des différences microclimatiques se réduit dans ce cas, comme dans le précédent, aux différences du bilan énergétique du rayonnement. Pendant les nuits claires, le bilan est négatif; pendant les nuits couvertes — il est nul. Ces phénomènes sont plus simples la nuit que le jour, parce que le rayonnement à onde courte fait défaut. Pendant les nuits claires, nous avons le gain d'énergie, provenant du rayonnement de l'atmosphère, de 0.42 *gr. cal* environ par *cm*² de la surface horizontale et par minute. La perte s'élève à 0.57 *gr. cal*, si l'on prend la température de 15°. Le bilan sera

$$0.42 - 0.57 = -0.15$$

Pendant les nuits couvertes, l'atmosphère chargée des nuages émet le rayonnement comme un corps noir, de même la végétation qui couvre le sol. Comme la température des végétaux dans ces conditions ne diffère pas de celle de l'air, le gain et la perte de l'énergie seront égaux et le bilan sera nul.

L'élucidation de causes déterminant les faits précités n'est pas facile. Ce ne sont pas les différences des niveaux qui provoquent souvent pendant la nuit des flux de l'air froid. Ce n'est que pour la station **D** qu'on peut invoquer des causes de ce genre: cette station se trouve à 3 mètres au-dessus de la tourbière. Par contre, les stations situées sur la tourbière se trouvent presque au même niveau, à savoir: le niveau de la station **B** est de 5.2 *cm* plus élevé que celui de la station **A** et le niveau de la station **C** de 42.4 *cm* plus bas. S'il se produisait un écoulement de l'air froid, ce serait de **A** vers **C**; alors la station **C** serait plus froide que la station **A**, tandis qu'en réalité les choses se passent de manière contraire. Ce qui prouve clairement que les

différences des niveaux ne jouent qu'un rôle secondaire dans les phénomènes en question, c'est la comparaison de deux forêts (**B** et **D**). Situées sur les niveaux différents, établies sur deux terrains très différents au point de vue de l'humidité et de la constitution chimique, elles accusent des températures nocturnes semblables, mais beaucoup plus élevées que celles de la station **A** qui se trouve sur le même niveau que la forêt des bouleaux (**B**). Les deux forêts diffèrent aussi de la tourbière cultivée (**C**) quoiqu'à un degré plus faible. Le comportement semblable des forêts considérées s'explique facilement par ce fait que les arbres émettent un rayonnement, qui se rapproche par son intensité du rayonnement du ciel nuageux. Par suite, le terrain abrité par les arbres se trouve continuellement dans des conditions comparables à celles du temps couvert. Par contre, il est très difficile d'expliquer, pourquoi la tourbière asséchée est toujours plus chaude que la tourbière primitive humide.

On a encore un phénomène intéressant dans les températures minima de l'air: ce sont les diffé-

rences entre les niveaux de 200 *cm* et 5 *cm* à la même station. Les fréquences de ces différences sont réunies dans la table 3 et représentées sur la figure 4 (p. 11). Le phénomène a un aspect bizarre. Pendant les nuits claires, toutes ces quatre stations se comportent différemment. Dans la forêt des bouleaux (**B**) le niveau inférieur est plus chaud, à toutes les autres stations plus chaud est le niveau supérieur. L'air froid étant plus lourd, les couches basses de l'air sont la nuit généralement plus froides. Pourquoi dans la forêt des bouleaux le phénomène est inverse, il est d'autant plus difficile à expliquer que la forêt des pins se comporte autrement, malgré les conditions de rayonnement semblables. Le refroidissement des couches inférieures de l'air est le plus fort sur la prairie de la tourbière primitive (**A**), il est plus faible sur la tourbière cultivée (**C**) et le plus faible dans la forêt de pins (**D**) sur le sol sablonneux. Sous l'influence de la nébulosité les différences entre les stations s'effacent, sauf cependant la forêt des bouleaux qui accuse toujours une température plus élevée au niveau inférieur.

La capacité évaporatoire de l'air.

En mesurant la température de l'air au moyen du psychromètre d'Assmann, on a mesuré aussi l'humidité de l'air. Ces dernières mesures permettent de déterminer la capacité évaporatoire de l'air. La notion de cette capacité, introduite dans la science par les écologistes américains sous le nom de *evaporation power of air*, demande quelques précisions. Or, l'intensité d'évaporation est une quantité indéterminée, tant que la température du corps évaporant n'est pas précisée. Pour les besoins de l'écologie végétale, on assume que la température du corps évaporant est égale à celle de l'air, car la température des plantes suit d'assez près cette dernière. On peut alors, en utilisant la méthode de Stefan (1871), établir théoriquement une équation déterminant l'intensité d'évaporation et en tirer une quantité qui caractérise la capacité évaporatoire de l'air.

Nous allons admettre que l'évaporation se produit dans un cylindre ayant l'aire de la section transversale égale à 1 *cm*² (voyez fig. 5, p. 13). La surface de l'eau se trouve à une distance *h* au-dessous de l'extrémité du cylindre. La tension de vapeur d'eau près de la surface d'eau est *p'*. Elle sera égale à la tension de vapeur saturée. Nous admettons encore que la température et la pression dans toutes les parties du système considéré sont égales et constantes et que l'évaporation se produit

depuis un temps assez long pour qu'un état stationnaire puisse se former. Par suite, la tension *p* de vapeur d'eau sera constante à chaque niveau du cylindre, en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de l'eau. Parallèlement, la concentration δ de vapeur ira également en diminuant d'après la formule:

$$\delta = 1.060 \frac{273}{273 + t} p \dots \dots (1)$$

Les molécules de la vapeur exécutent les mouvements désordonnés qui produisent cet effet que la vapeur passe en plus grande quantité des endroits où sa concentration est plus forte à ceux où cette concentration est plus faible qu'en sens inverse. On aura en somme le même état des choses, comme si les molécules ne se mouvaient que vers les endroits à faible concentration, c'est-à-dire vers l'extrémité du cylindre.

Considérons ce mouvement dans une section du cylindre de hauteur *dx*, située à une distance *x* au-dessus de la surface évaporante (fig. 5, p. 13). Admettons en outre que le mouvement se produit dans la direction positive de l'axe *x*. La force motrice est fournie par la tension de vapeur, qui agit sur la section considérée d'en bas avec la force *p*₁ et d'en haut — avec la force *p*₂. Ces deux forces donnent une résultante

$$f = p_1 - p_2$$

dirigée vers le haut. Étant donné que la tension de vapeur est une fonction décroissante de distance x , on aura :

$$f = -dp.$$

Les molécules de vapeur rencontrent dans leur mouvement la résistance de l'air qu'on peut considérer comme proportionnelle à leur nombre, à la densité de l'air et à la vitesse du mouvement. Au lieu du nombre de molécules, on peut prendre leur masse δdx . En désignant la densité de l'air par δ' et la vitesse des molécules par u , on aura pour la résistance de l'air l'expression :

$$f' = A \delta \delta' u dx$$

où A est une constante.

Étant donné que l'énergie cinétique moyenne des mouvements moléculaires ne dépend que de la température et de la masse des molécules, on peut considérer la vitesse u comme constante. Par suite, la force motrice doit être équilibrée par la résistance. On aura donc :

$$-dp = A \delta \delta' u dx$$

Dans cette équation, on introduit la quantité $M = \delta u$, la masse de vapeur qui passe par une section du cylindre en unité du temps. Ce n'est autre chose que l'intensité de l'évaporation, car la quantité d'eau transformée en vapeur est égale à la quantité de vapeur qui se propage en même temps dans l'air. On aura ainsi :

$$-dp = A M \delta' dx \quad \dots \quad (2)$$

En appliquant à l'air les lois des gaz parfaits et en tenant compte de ce que la densité de l'air à 0° et 760 mm de pression est de 0.001293, on peut introduire dans l'équation (2) l'expression :

$$\delta' = 0.001293 \frac{P-p}{760} \frac{273}{273+t}$$

où P est la pression barométrique. On aura :

$$-dp = 0.001293 AM \frac{P-p}{760} \frac{273}{273+t} dx$$

ou bien

$$-\frac{dp}{P-p} = \frac{0.001293}{760} AM \frac{273}{273+t} dx$$

En intégrant, on obtient :

$$\lg(P-p) = \frac{0.001293}{760} AM \frac{273}{273+t} x + C$$

Pour calculer la constante de l'intégration, on peut utiliser la relation :

$$x = 0, p = p'$$

d'où :

$$C = \lg(P-p')$$

L'équation prend alors la forme :

$$\lg \frac{P-p}{P-p'} = \frac{0.001293}{760} AM \frac{273}{273+t} x$$

Dans cette équation, il n'y a que les quantités p et x qui sont variables. Or, pour $x = h$ on a p égal à la tension de vapeur dans l'air ambiant. Par conséquent, si l'on attribue cette valeur à la variable p , on aura pour l'intensité de l'évaporation l'équation :

$$M = \frac{760}{0.001293 A} \frac{273+t}{273} \frac{1}{h} \lg \frac{P-p}{P-p'} \quad (3)$$

En développant le logarithme en série, on aura :

$$\begin{aligned} \lg \frac{P-p}{P-p'} &= \lg \left(1 + \frac{p'-p}{P-p'} \right) = \\ &= \frac{p'-p}{P-p'} - \frac{1}{2} \left(\frac{p'-p}{P-p'} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{p'-p}{P-p'} \right)^3 - \dots \end{aligned}$$

Étant donné que dans les conditions naturelles la tension p' de la vapeur d'eau saturée est très petite en comparaison avec la pression barométrique P , on peut négliger dans la série en question tous les termes à partir du deuxième. L'équation (3) prendra maintenant la forme définitive :

$$M = \frac{760}{0.001293 A} \frac{273+t}{273} \frac{1}{h} \frac{p'-p}{P-p'} \quad \dots \quad (4)$$

On en tire, pour définir la capacité évaporatoire de l'air, l'expression

$$i = (p' - p) \frac{273+t}{273} \frac{760}{P-p'} \quad \dots \quad (5)$$

qu'on peut appeler l'indice d'évaporation. En effet, les facteurs négligés

$$\frac{1}{0.001293 Ah}$$

n'ont pas de rapport avec les variations de l'évaporation.

L'indice d'évaporation, défini par l'équation (5), donne des valeurs de l'évaporation qui suivent de très près la marche de ce phénomène, déterminée par les mesures directes. On le voit bien p. ex. de la figure 6 (p. 14), qui représente la marche de l'indice d'évaporation et de l'évaporation mesurée directement en 1910 à Madrid. Une concordance complète ne peut avoir lieu, car l'indice d'évaporation ne tient pas compte de l'influence du vent sur ce phénomène. On peut trouver une exposition plus complète des questions relatives à ce problème dans mon travail de 1925.

L'indice d'évaporation dépend surtout de la température. En effet, les deux derniers facteurs

$$\frac{273+t}{273} \text{ et } \frac{760}{P-p'}$$

dans l'équation (5) ne diffèrent que peu de l'unité et, par conséquent, l'indice diffère peu du déficit hygrométrique

$$d = p' - p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Or, la tension p' de vapeur saturée est une fonction qui croît rapidement avec la température, tandis que la tension p de vapeur dans l'atmosphère ne varie que faiblement. On voit donc que l'indice d'évaporation augmente rapidement avec l'élevation de la température de l'air. Par suite, le maximum de l'indice se produit généralement en même temps que le maximum de la température.

Les mesures effectuées au moyen du psychromètre d'Assmann à 14 h. $\frac{1}{2}$ ont donné non seulement les températures submaxima, mais aussi ont fourni les données nécessaires pour calculer les valeurs de l'indice d'évaporation, valeurs qui ont également le caractère des submaxima diurnes. Ces valeurs sont réunies dans les tables I et II à la fin de la publication. Elles se rapportent, de même

que les températures submaxima, aux stations **A**, **C** et **D**. Ces stations présentent les différences qui correspondent à celles de la température, mais sont fortement amplifiées, comme on peut le voir en comparant les tables 4 (p. 15) et 1 (p. 8) et les figures 7 et 2. L'ampleur de ces différences ressort encore plus clairement, quand on les compare aux valeurs moyennes de l'indice d'évaporation. Or, au niveau inférieur de la station **A** la moyenne est de 7.0 mm, tandis que les différences entre les stations étudiées vont jusqu'à 18 mm, c'est-à-dire dépassent la moyenne plus de deux fois.

La figure 7 montre que sur la tourbière cultivée (**C**) l'indice d'évaporation au niveau inférieur est beaucoup plus fort que sur la tourbière primitive (**A**), dans la forêt des pins (**D**) il est, au contraire, plus faible. Au niveau supérieur, il en est autrement: les stations **C** et **D** accusent un indice d'évaporation plus faible que la station **A**. Les nuages effacent les différences entre les stations.

L'évaporation du terrain couvert par la végétation.

Nous avons vu dans la partie précédente que l'intensité de l'évaporation d'une masse d'eau ayant la température égale à celle de l'air peut être définie au moyen de l'équation:

$$E = k (p' - p) \frac{273 + t}{273} \frac{760}{P - p'} \quad (A)$$

où p' est la tension de vapeur d'eau au voisinage de la surface évaporante (c'est-à-dire la tension de vapeur saturée), p — la tension de vapeur dans l'atmosphère, t — la température de l'air, P — la pression barométrique et enfin k — un coefficient dépendant des unités employées pour les mesures et de la vitesse du vent. Évidemment, on peut employer l'équation (A) pour évaluer l'évaporation de n'importe quel corps humide: il suffit pour cela de changer les valeurs de k et p' . Dans cet ordre d'idées, j'ai essayé d'appliquer l'équation (A) à l'évaporation d'un terrain couvert de végétation.

La chose fondamentale dans ces recherches était la mesure de la tension de vapeur à la surface du terrain. Une mesure exacte est naturellement impossible. J'ai essayé de déterminer cette quantité p' au moins approximativement au moyen du psychromètre d'Assmann, en le mettant le plus près possible de la surface du terrain. La tension de vapeur dans l'atmosphère a été mesurée à un niveau de 150 cm. Le psychromètre donnait naturellement aussi les températures de l'air. Enfin la vitesse du vent a été mesurée également au niveau de 150 cm au moyen d'un anémomètre système Robinson.

L'évaporation a été mesurée de la manière suivante. Un cylindre en fer blanc de 20 cm de diamètre environ a été enfoncé dans le terrain examiné de façon à ne pas abîmer la végétation. On le retirait ensuite avec la terre et les plantes et on le mettait dans un seau de dimensions à peine plus grandes. On pesait le seau avec son contenu, on le mettait dans l'excavation d'où provenait la terre, de façon à ne pas changer la position de la surface du terrain, et après 2 heures environ on pesait encore une fois. La perte du poids correspondait exactement à l'évaporation réelle du terrain, parce que la durée de l'observation était très courte.

Les observations ont été exécutées sur 4 sortes des terrains, tous tourbeux. Je n'utiliserai ici que deux séries d'observations, parce que les deux autres correspondaient à la variation trop faible du vent.

C'étaient d'abord les observations sur un champs de trèfle, où la végétation s'élevait à 13 cm environ. Les données correspondantes sont résumées dans la table 5 (p. 16). Dans cette table, t — est la température de l'air moyenne entre la température près de la surface du terrain et celle du niveau de 150 cm, $p' - p$ est la différence des tensions définie plus haut et que nous appellerons le gradient d'humidité, enfin E est l'évaporation calculée en grammes par mètre carré et par heure et v — la vitesse du vent en mètres par seconde.

La seconde série des observations que je rapporterai ici a été exécutée sur une prairie fraîche-

ment fauchée à l'herbe ayant 5 cm environ de hauteur (table 6, page 16).

Dans l'équation (A) les facteurs

$$\frac{273 + t}{273} \text{ et } \frac{760}{P - p'}$$

ne diffèrent que peu de l'unité. Par conséquent, on peut écrire l'équation sous forme approchée:

$$E = k (p' - p) \quad (B)$$

Étant donné que nous ne disposons ici que d'un petit nombre de données qui sont insuffisantes pour les calculs exacts, nous nous servons de l'équation (B) pour la discussion des valeurs réunies dans les tables 5 et 6. Nous tirons de l'équation (B) la relation

$$k = \frac{E}{p' - p}$$

La quantité k , ainsi définie, est une fonction de la vitesse du vent dont la forme dépend de la nature de la végétation. Pour établir la forme de cette fonction, profitons de la représentation graphique (fig. 8, p. 17), dans laquelle les valeurs de k pour le champs de trèfle sont marquées par des points et celles pour la prairie — par de petits cercles. En examinant ce graphique, on voit que les points, tout en étant assez fortement disséminés, se groupent suivant une ligne droite dont l'équation peut s'écrire:

$$k = 40 + 21.4 v \quad (C)$$

De même, pour les cercles on peut tracer une droite

$$k = 35 + 6.6 v \quad (D)$$

Ces deux droites, tout en ayant des inclinaisons différentes, coupent l'axe de y presque au même point. Nous avons ici le point important du problème: le coefficient k est indépendant de la nature de la végétation, lorsque $v = 0$, c'est-à-dire lorsque l'air est immobile. Calculons cette valeur fondamentale de k . Les équations (C) et (D) donnent respectivement 40 et 35. Prenons la moyenne, soit 37.5. Mais cette valeur se rapporte à l'équation simplifiée (B). Pour obtenir la valeur correspondante pour l'équation (A), il faut diviser par

$$\frac{273 + t}{273} \frac{760}{P - p'}$$

Nous prendrons comme la première approximation:

$$\begin{aligned} t &= 15 \\ P &= 750 \\ p' &= 11 \end{aligned}$$

On aura alors

$$k = 34.6$$

En fin de comptes on arrive à ce résultat que l'évaporation d'un terrain peut être évaluée au moyen de l'équation suivante:

$$E = (34.6 + Av) (p' - p) \frac{273 + t}{273} \frac{760}{P - p'}$$

Dans cette équation, E est exprimé en grammes par mètre carré et par heure; v est la vitesse du vent en mètres par seconde mesurée au niveau de 150 cm au-dessus du terrain; p' est la tension en millimètres de mercure de vapeur d'eau mesurée près de la surface de la terre au moyen d'un psychromètre d'Assmann; p est la tension de vapeur au niveau de 150 cm; t est la température de l'air en centigrades; P est la pression barométrique en millimètres de mercure; enfin le coefficient A est propre à la forme donnée de la végétation.

Cette méthode d'évaluer l'évaporation n'est pas très exacte: l'inspection de la fig. 8 (p. 17) montre que les erreurs s'élèvent en moyenne à 20%. Elle a cependant l'avantage d'être directe et rapide. Elle a été l'objet d'une communication, présentée à III-ème Conférence hydrologiques des états baltiques à Varsovie au mois de mai 1930.

De ce qui précède, on voit la grande importance du gradient d'humidité pour l'étude de l'évaporation. Malheureusement, les méthodes de mesure de l'humidité atmosphérique dont nous disposons sont peu exactes et on ne peut calculer ce gradient avec une exactitude suffisante. Toutefois, on peut facilement obtenir au moins des valeurs approchées. Ainsi pour les terrains étudiés sur la tourbière Czemerne on peut prendre la différence des tensions de vapeur aux niveaux de 5 cm et 200 cm, comme une expression du gradient d'humidité. On a en moyenne les valeurs (voyez la table qui suit):

1 9 2 9	Stations	
	A	C
Juillet	2.65	1.25
Août	2.35	1.48
Septembre	1.97	1.23

On a ici des valeurs du gradient plus élevées pour la tourbière humide que pour la tourbière asséchée.

Les observations sur l'évaporation des terrains couverts de végétation seront continuées.

Température du sol.

Les mesures de la température du sol, faciles en principe, se heurtent aux difficultés, causées par les influences extérieures — atmosphère et rayonnement. Les thermomètres à mercure ne peuvent pas être soustraits à ces influences. Seules, les thermomètres électriques peuvent donner des renseignements exactes sur la température du sol.

Pour des raisons qui viennent d'être exposées, un thermomètre électrique à résistance a été construit (fig. 9, p. 19, et phot. 2, pl. III). Le corps thermométrique est constitué par un fil de platine de 0.0308 mm de diamètre et de 44 cm de longueur, enroulé sur une plaque circulaire de mika. Ce corps est enfermé dans un disque de cuivre enduit d'une couche d'étain et réuni au moyen d'un tube métallique court de petit diamètre à un tube en ébonite plus ample et plus long. Par ces tubes passent les conducteurs en cuivre, adaptés ensuite au pont de Wheatstone. Le tube en ébonite est prolongé par un tube métallique qui sert de poignée pour le maniement de l'appareil.

Pour les mesures de la température du sol, on enfouit dans la terre des tubes en verre fermés à leur extrémité inférieure par des plaques minces en cuivre. On introduit le thermomètre dans un de ces tubes de façon à ce que le disque renfermant le corps thermométrique vienne à toucher la plaque du fond. Par intermédiaire de cette plaque, le thermomètre prend la température de la couche correspon-

dante du sol. Pour que la température du corps thermométrique soit plus uniforme, on verse dans le tube de mensuration un peu de pétrole de façon à ce que le disque du thermomètre y soit plongé. Le pont de Wheatstone est enfermé avec le galvanomètre et les piles électriques dans un coffret en bois (phot. 2, pl. III et fig. 10, p. 20).

Avec le thermomètre qui vient d'être décrit on a commencé les mesures le 19 juin 1930. Les résultats ne sont pas encore assez nombreux pour en tirer des conclusions. Je me borne, par suite, à ne communiquer qu'une courte série pour montrer la discordance entre le thermomètre à mercure et le thermomètre électrique. Cette série comprend les observations, exécutées sur la tourbière cultivée (station C) à 1 m de profondeur de 1 septembre à 30 novembre 1930 (table 7 et fig. 11, p. 22). Les différences entre les deux instruments sont bien significatives. On voit tout de suite que la courbe du thermomètre électrique est bien régulière, tandis que celle du thermomètre à mercure présente des montées et des baisses brusques, causées visiblement par les influences extérieures. Ces influences provoquent d'abord la surélévation des températures du thermomètre à mercure. Mais plus tard, avec le refroidissement croissant à l'approche de l'hiver, le thermomètre à mercure baisse au-dessous du thermomètre électrique.

La teneur de l'air en acide carbonique.

Les mesures de la teneur de l'air en acide carbonique sont très difficiles à cause de l'extrême dilution de ce gaz dans l'atmosphère. Pour l'étude de ce facteur écologique, j'ai adopté la méthode la plus simple, méthode de Saussure, dite de bouteille, attribuée à tort à Pettenkofer. On prend une bouteille de 5 litres environ de volume, on y introduit l'air à analyser et on verse un volume déterminé d'une solution de baryte à titre connu. Après un certain temps, suffisant pour l'absorption de l'acide carbonique, on procède à l'analyse du réactif par titration avec l'acide chlorhydrique en présence du phénolphtaléine. Pour éviter les erreurs causées par l'acide carbonique de l'atmosphère, on accomplissait les analyses en bouteilles mêmes. Étant donné que le verre est attaqué par la baryte (voyez Letts et Blake, 1900), j'ai fait enduire les bouteilles de paraffine. Pour qu'on puisse voir le teint du liquide

pendant la titration, on laissait libre de paraffine la partie supérieure de la bouteille. Les résultats ont été calculés à deux décimales près en grammes par mètre cube.

On effectuait les mesures d'abord à 10 h. 45 m. d'après le temps local, en puisant l'air à des niveaux de 225 cm et 10 cm au-dessus du sol. Cette première série des observations durait de 26 mai à 26 août 1930. On les faisait jusqu'à 12 août sur la tourbière cultivée (station C), ensuite alternativement sur la tourbière cultivée et sur la prairie à la tourbière primitive (station A) Les résultats relatifs à la tourbière cultivée sont réunis dans la table 8 (p. 22) Chaque observation était double. Les prises d'air étaient faites à un intervalle de 30 minutes environ. On voit que ces observations, faites l'une après l'autre, accusent de petites différences, ayant un caractère irrégulier. Ceci provient de ce que l'at-

mosphère est loin d'être homogène: même les prises simultanées ne donnent jamais de résultats identiques. Les valeurs obtenues dans les mesures en question ne diffèrent pas sensiblement du niveau consacré de 0.5 gramme par mètre cube. Elles présentent d'un jour à l'autre des variations qui ne sont ni considérables, ni régulières. La teneur en acide carbonique de la couche inférieure ne diffère que peu de celle des couches plus élevées: on a en moyenne pour le niveau de 10 *cm* 0.54 contre 0.53 au niveau de 225 *cm*. Ceci est dû sans doute aux vents qui sont, au milieu du jour, assez fortes sur la surface plate de la tourbière et qui avaient, pendant les mesures, une vitesse moyenne de 5.4 *m/sec* au niveau de 2 *m* audessus du sol.

On a exécuté encore une seconde série des analyses de l'air pour étudier les variations diurnes de la concentration de l'acide carbonique. A ce but, on faisait une observation au lever du soleil et l'autre à 10 h. 45 m. Les prises d'air ont été faites simultanément aux stations **A** et **C** au niveau de 10 *cm*. En même temps, on mesurait la vitesse du vent au niveau de 2 *m*. La table 9 (p. 23) réunit les résultats.

Cette seconde série d'observations met en évi-

dence la forte action du vent sur la teneur de l'air en acide carbonique. Comme on le sait, ce gaz se dégage en quantités considérables du sol. Le jour il est dissipé par le vent, qui est alors plus ou moins vif. La nuit, au contraire, l'air est plus calme et alors le gaz carbonique peut se concentrer. On peut établir des rapports étroits entre la concentration de l'acide carbonique et la vitesse du vent, comme on peut le voir dans la table 10 (p. 23).

La valeur la plus élevée de la concentration de l'acide carbonique, constaté pendant cette série d'observations, était de 1.28 *g/m³*. Ce n'était pas cependant la limite supérieure, car le 31 juillet, pendant une observation hors série, à 3 h. 15 m. par un temps parfaitement calme, on a trouvé les valeurs 0.94 et 1.46 au niveau de 5 *cm* et 0.74 et 1.10 au niveau de 225 *cm*.

Entre les stations **A** et **C** il existe une certaine différence: la tourbière primitive est plus riche en acide carbonique que la tourbière cultivée, comme on peut le voir de la table 11 (p. 24). La cause en est le dégagement plus abondant de l'acide carbonique sur la tourbière primitive. On aura les détails de ce phénomène dans la partie suivante du travail.

La respiration du sol.

Pour l'étude de la respiration du sol, c'est-à-dire du dégagement de l'acide carbonique par la surface du sol, j'ai employé un dispositif très simple. C'était un cylindre en fer blanc de 20 *cm* de diamètre et de 22 *cm* de hauteur (comparez Meinecke 1927). On l'enfonçait dans la terre à une profondeur de 15 *cm* environ, on y mettait un cristalliseur avec la potasse et on fermait le cylindre avec un couvercle. Quatre heures plus tard on analysait la potasse par la titration d'après la méthode de Hart et on déterminait la quantité d'acide carbonique, absorbé par ce réactif. Les observations ont été effectuées toujours dans les mêmes heures de la journée, à savoir entre 9^h et 13^h. Les valeurs ainsi obtenues sont quelque peu supérieures à la réalité, car la potasse, en absorbant l'acide carbonique, augmentait le gradient de concentration de ce gaz entre le sol et l'air. Cependant, les résultats obtenus par cette méthode sont comparables entre eux, étant déterminés de la manière tout à fait semblable.

Les observations ont été faites à quatre stations. C'était d'abord le sol sablonneux sur cet îlot au milieu de la tourbière cultivée, où se trouve le premier pavillon-laboratoire (2, fig. 1; p. 2). L'îlot ayant le caractère de dune, le sol contenait très peu de substances organiques. Ensuite on a étudié

la tourbe de deux tourbières près des stations microclimatologiques **A** et **C** et enfin le sol forestier sablonneux près de la station **D**. Ce dernier sol était assez riche en substances organiques.

Les résultats sont réunis dans la table 12 (p. 25). Ils représentent les grammes de *CO₂* dégagés par heure et mètre carré de la surface du sol. Pour tirer de ces données les valeurs moyennes comparables, il faut les réduire à la même période. J'ai effectué la réduction par la méthode des différences, comme on procède en météorologie avec les températures de l'air. J'ai obtenu les valeurs suivantes:

Sol sablonneux de dune	0.26
Tourbe cultivée	0.35
Sol sablonneux forestier	0.39
Tourbe primitive	0.48

Ce qui est le plus intéressant dans ces chiffres, c'est la valeur relativement petite pour la tourbe cultivée par comparaison avec la tourbe primitive. La cause réside probablement dans l'activité plus faible des microbes. Ce dégagement relativement faible de l'acide carbonique sur la tourbière cultivée a sa répercussion dans la concentration plus faible de l'acide carbonique dans l'air, comme nous l'avons vu dans la partie précédente de ce travail,

Rayonnement.

Je ne me suis occupé que du rayonnement total à onde courte, c'est-à-dire du rayonnement, composé de celui qui provient directement du soleil et de celui qui arrive par détour après la diffusion dans l'atmosphère. Je me suis servi des actinomètres blancs-noirs. Ces appareils sont basés sur la propriété des corps blancs d'absorber le rayonnement à onde longue aussi fortement que les corps noirs et sur leur propriété non moins importante d'absorber faiblement et également les ondes courtes dont se compose le rayonnement solaire (comparez Coblentz 1913 et Hasché 1931). Comme on le sait, Anders Ångström a le premier utilisé ces propriétés des corps blancs, en construisant son pyranomètre. J'ai employé deux appareils plus simples: l'actinomètre thermométrique de ma construction et l'actinographe de Robitzsch.

Le premier de ces appareils est composé de deux thermomètres à mercure, fixés dans le col d'un vase sphérique au moyen d'un bouchon, de façon à ce que les récipients de ces thermomètres se trouvent au centre du vase (comparez mes publications de 1926 et 1929). L'un des thermomètres est noirci par la fumée de l'essence de térébenthine, l'autre est blanchi au moyen de la fumée se dégageant pendant la combustion du magnésium. Cet appareil, étalonné par la comparaison avec le pyranomètre d'Ångström, sert à l'étude du rayonnement maximum et à ce but est placé pendant l'observation perpendiculairement aux rayons du soleil.

L'actinographe de Robitzsch, construit nouvellement par la maison R. Fuess à Berlin-Steglitz, est basé sur le principe du thermographe (voyez fig. 12, p. 26). La partie essentielle de l'appareil est constituée par deux lamelles bimétalliques, placées côte à côte sous une cloche en verre. L'une de ces lamelles est peinte en blanc, l'autre — en noir. Échauffées par le rayonnement, ces lamelles se courbent en sens inverse, la noire plus fortement que la blanche. Un mécanisme composé des leviers transmet la différence de ces courbatures à la plume qui trace une ligne sur un cylindre tournant.

L'appareil dont j'ai disposé a été emprunté à la Station écologique de Dublany. Il a travaillé d'une manière satisfaisante en été de 1930. On a sur la planche IV quelques exemples de ses tracés. Une calorie par cm^2 et minute d'après l'échelle d'Ångström correspond à 12 mm. L'appareil avait le défaut de tourner trop vite: le cylindre faisait un tour en quatre jours. Par suite, le tracé était quelque peu embrouillé aux jours, quand la nébulosité était fortement variable. Pour parer à cet inconvénient, on a fait acquisition d'un autre modèle qui fait un tour en 24 heures.

Les résultats des observations du rayonnement sont encore trop peu nombreux pour permettre d'en déduire des conclusions générales. Elles seront publiées à la fin de ces recherches.

Laboratoire de Botanique de l'École Polytechnique de Lwów.

Objaśnienia tablic. — Explication des planches.

Tabl. I. — 1. Punkt obserwacyjny na łące dzikiego torfowiska (A). — *Station microclimatologique sur la prairie de la tourbière primitive (A).*

2. Barak laboratoryjny w brzeźniaku na dzikim torfowisku. — *Pavillon-laboratoire sur la tourbière primitive, dans la forêt des bouleaux.*

3. Punkt obserwacyjny na kulturalnym torfowisku (C). — *Station microclimatologique sur la tourbière cultivée (C).*

Tabl. II. — 1. Barak laboratoryjny na torfowisku kulturalnym. — *Pavillon-laboratoire sur la tourbière cultivée.*

2. Wnętrze tego baraku. — *L'intérieur de ce pavillon.*

3. Domek wegetacyjny. — *Pavillon de culture.*

Tabl. III. — 1. Punkt obserwacyjny w lesie na suchym mineralnym gruncie (D). — *Station microclimatologique dans la forêt de pins sur le sol sablonneux sec (D).*

2. Termometr glebowy elektryczny podczas pomiaru. — *Thermomètre électrique pour la mesure de la température du sol en usage.*

Tabl. IV. — Przykłady wykresów aktynometru Robitzscha. Liczby oznaczają zachmurzenie w godzinach 7, 13 i 21. — *Exemples des tracés de l'actinographe de Robitzsch. Les chiffres indiquent la nébulosité à 7^h, 13^h et 21^h.*

LITERATURA.

- Angström A. A new instrument for measuring sky radiation. — *Monthly Weather Review*. Vol. 47 (1919). 795–797, ryc. 1–2.
- Some problems relating to the scattered radiation from the sky. — l. c. 797–798, ryc. 1.
- On radiation and climate. — *Geografiska Annaler*. 1925. 122–142, ryc. 1–2.
- The albedo of various surfaces of ground. — l. c. 323–342, ryc. 1–6.
- Recording nocturnal radiation. — *Meddelanden fran Statens Meteorologisk-Hydrografiska Anstalt*. Vol. 3, Nr. 12 (1927) 1–12, ryc. 1–9, tabl. I.
- Recording solar radiation. A study of the radiation climate of the surroundings of Stockholm. — l. c. Vol. 4, Nr. 3 (1928) 1–36, ryc. 1–23, tabl. I–II.
- Assmann R. Das Aspirations-Psychrometer. Ein Apparat zur Bestimmung der wahren Temperatur und Feuchtigkeit der Luft. — *Abhandlungen des kgl. Preussischen Meteorologischen Instituts*. Vol. I, Nr. 5 (1892). 117–268, ryc. 1–15.
- Coblentz W. W. *Bull. Bureau of Standards*. Vol. 9 (1913) str. 332.
- Hasché E. Über das Absorptionsvermögen der Schwärzungen und Weissungen einiger Strahlungsmesser. — *Ann. d. Physik*. 5 Folge. Vol. 8 (1931). 47–88, ryc. 1–12.
- Letts E. A. and Blake R. F. The carbonic anhydride of the atmosphere. — *The Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society*. Vol. 9 (1900) 107–270, fig. 1–6, tabl. XIV.
- Lundegårdh H. Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. Ein Beitrag zur Pflanzenökologie und zur landwirtschaftlichen Düngungslehre. — *Jena. Gustav Fischer* (1924) I–V, 1–38, fig. 1–47.
- Meinecke T. Die Kohlenstoffernährung des Waldes. — *Berlin. Julius Springer* (1927). I–VII, 1–153, ryc. 1–22.
- Stefan J. Über das Gleichgewicht und die Bewegung, insbesondere die Diffusion von Gasgemengen. — *Sitzber. Akad. Wien*. Vol. 63·2 (1871) 63–124.
- Szymkiewicz D. Jak należy charakteryzować wilgotność klimatu? — *Rocznik Obserwatorjum Krakowskiego*. 1925.
- Études climatologiques. V. Comment caractériser l'humidité d'un climat? *Acta Soc. Bot. Polon.* Vol. II (1925) 239–264, ryc. 14–18, tabl. VII. — X. Sur un nouvel actinomètre. l. c. Vol. IV (1926). 60–63. — XIX. Sur une nouvelle forme de l'actinomètre blanc-noir. l. c. Vol. VI (1929) 385–389, ryc. 89–90.
- Promieniowanie jako czynnik klimatyczny. — I Promieniowanie krótkofalowe. *Kosmos B.* 1928. 417–451, ryc. 71–88, tabl. II–IV. — II. Promieniowanie długofalowe. *Kosmos B.* 1929. 16–32, ryc. 1–7, tabl. I.
- Sur un nouveau procédé pour évaluer l'évaporation. — III-ème Conférence hydrologique des états baltiques. *Warszawa*, mai 1930. 1–4, ryc. 1.
- *Ekologia roślin*. Lwów. Nakładem K. S. Jakubowskiego (w druku).
- UWAGA. Wartości zachmurzenia, podane w tabelach 2 i 3 (str. 10–12) i na rycinach 3 i 4, są wartościami średnimi z notowania o g. 7 danego dnia i z g. 21 dnia poprzedniego.
- Wartości oddychania glebowego, zestawione w tabeli 12 (str. 25), oznaczają setne części grama na godzinę i metr kwadratowy.
- Wilgotność powietrza w tabelach I i II jest podana w *mm* rtęci.
- Roślinność zielna na punktach obserwacyjnych A i C nie przewyższa 30 *cm*.
- REMARQUE. Les valeurs de la nébulosité, mentionnées dans les tables 2 et 3 (pp. 10–12) et marquées sur les figures 3 et 4, sont des moyennes de la valeur de 7 h. du jour donné et de celle de 21 h. du jour précédent.
- La respiration du sol est exprimée dans la table 12 (p. 25) en centièmes de gramme par heure et mètre carré.
- L'humidité de l'air dans les tables I et II est exprimée en *mm* de mercure.
- La végétation herbacée aux stations A et C ne dépasse pas 30 *cm* de hauteur.

LITERATURE

[The text in this section is extremely faint and illegible, appearing as a series of light grey lines across the page.]

Blank header area with faint text and lines.

Table with multiple columns and rows, containing faint text and numbers.

Table with multiple columns and rows, containing faint text and numbers.

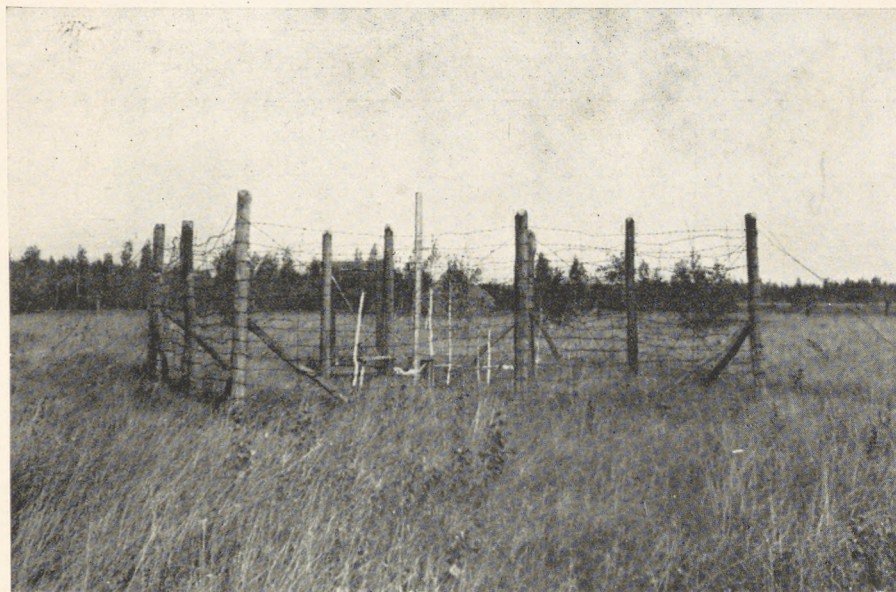
Table with multiple columns and rows, containing faint text and numbers.

No.	Coulomb's Law				Gravitation Law				Newton's Law				Time
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10
2	100	200	300	400	100	200	300	400	100	200	300	400	100
3	1000	2000	3000	4000	1000	2000	3000	4000	1000	2000	3000	4000	1000
4	10000	20000	30000	40000	10000	20000	30000	40000	10000	20000	30000	40000	10000
5	100000	200000	300000	400000	100000	200000	300000	400000	100000	200000	300000	400000	100000
6	1000000	2000000	3000000	4000000	1000000	2000000	3000000	4000000	1000000	2000000	3000000	4000000	1000000
7	10000000	20000000	30000000	40000000	10000000	20000000	30000000	40000000	10000000	20000000	30000000	40000000	10000000
8	100000000	200000000	300000000	400000000	100000000	200000000	300000000	400000000	100000000	200000000	300000000	400000000	100000000
9	1000000000	2000000000	3000000000	4000000000	1000000000	2000000000	3000000000	4000000000	1000000000	2000000000	3000000000	4000000000	1000000000
10	10000000000	20000000000	30000000000	40000000000	10000000000	20000000000	30000000000	40000000000	10000000000	20000000000	30000000000	40000000000	10000000000

U W A G A.

Dane zachmurzenia i opadów są zapożyczone ze spostrzeżeń stacji meteorologicznej na Czernem (Sarny).

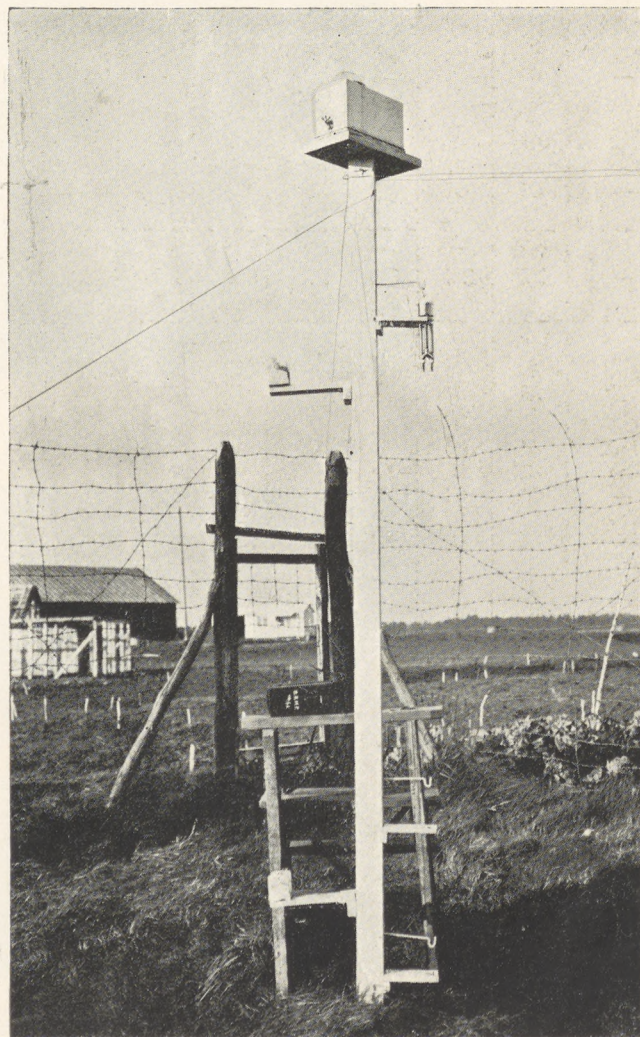
Les données de la nébulosité et des précipitations sont empruntées aux observations de la station météorologique de Czemerne (Sarny).



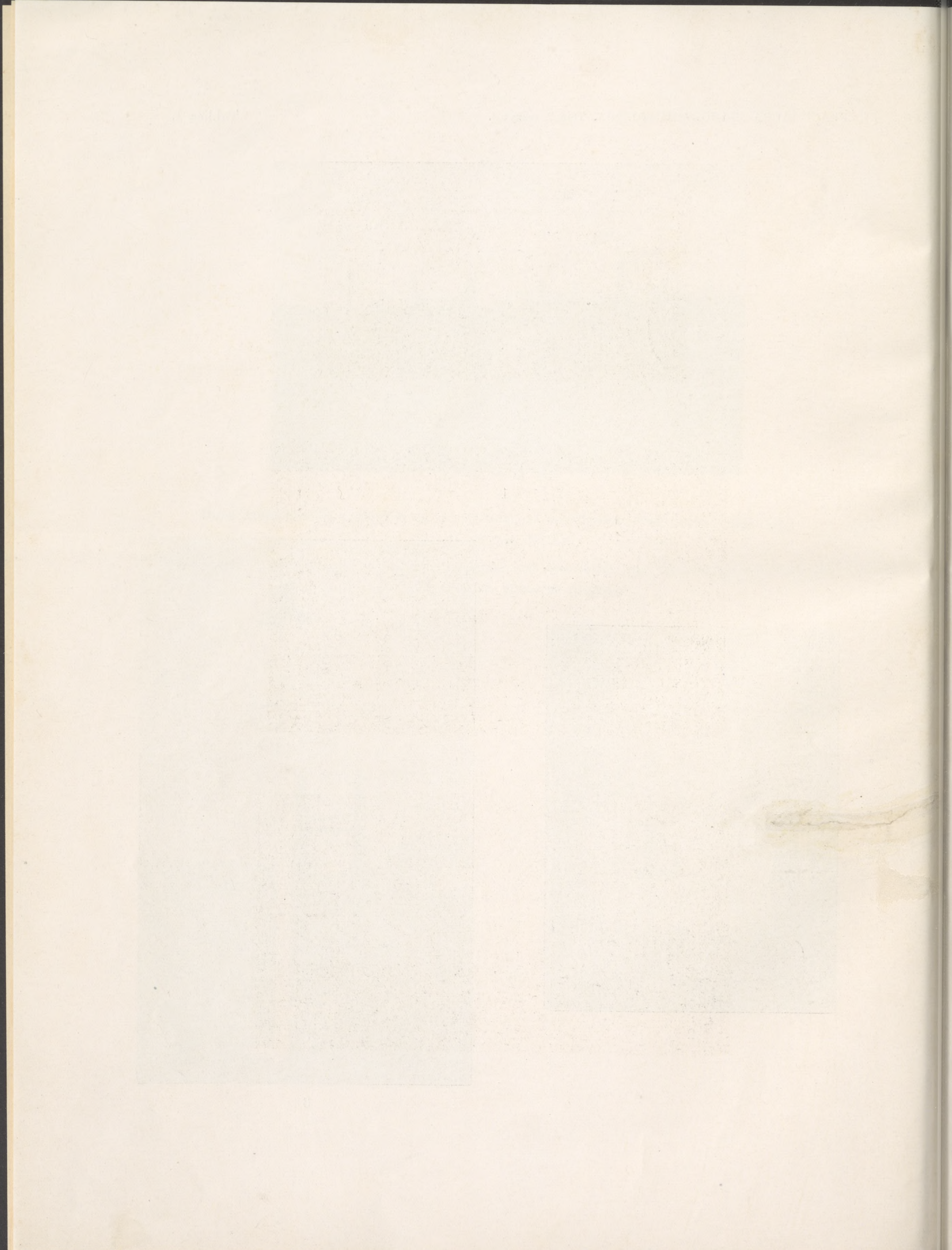
1

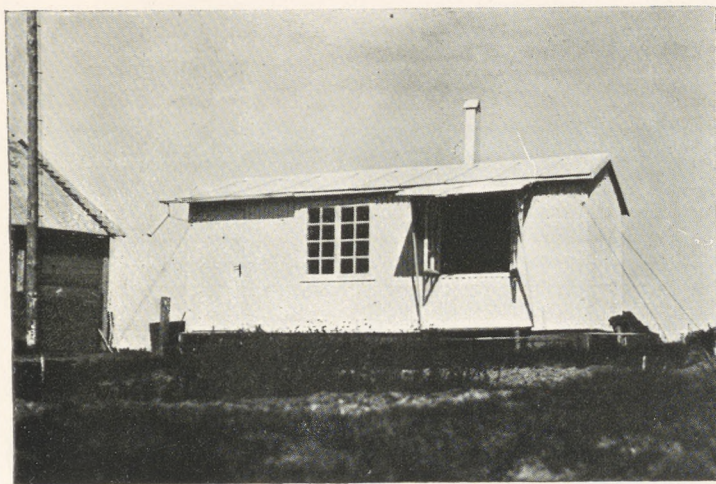


2

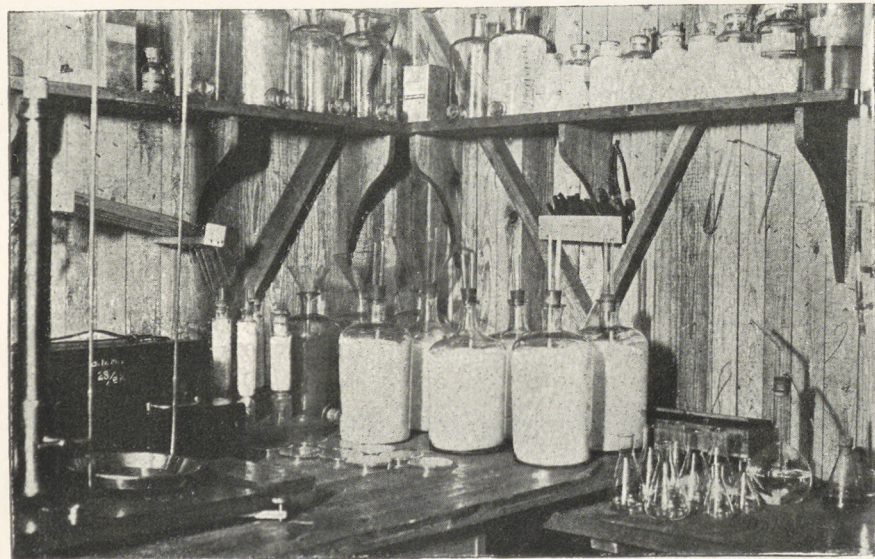


3

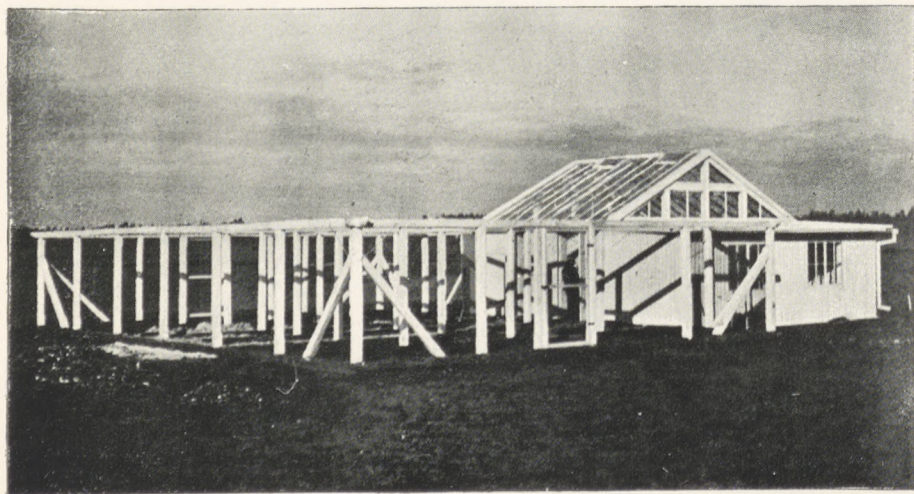




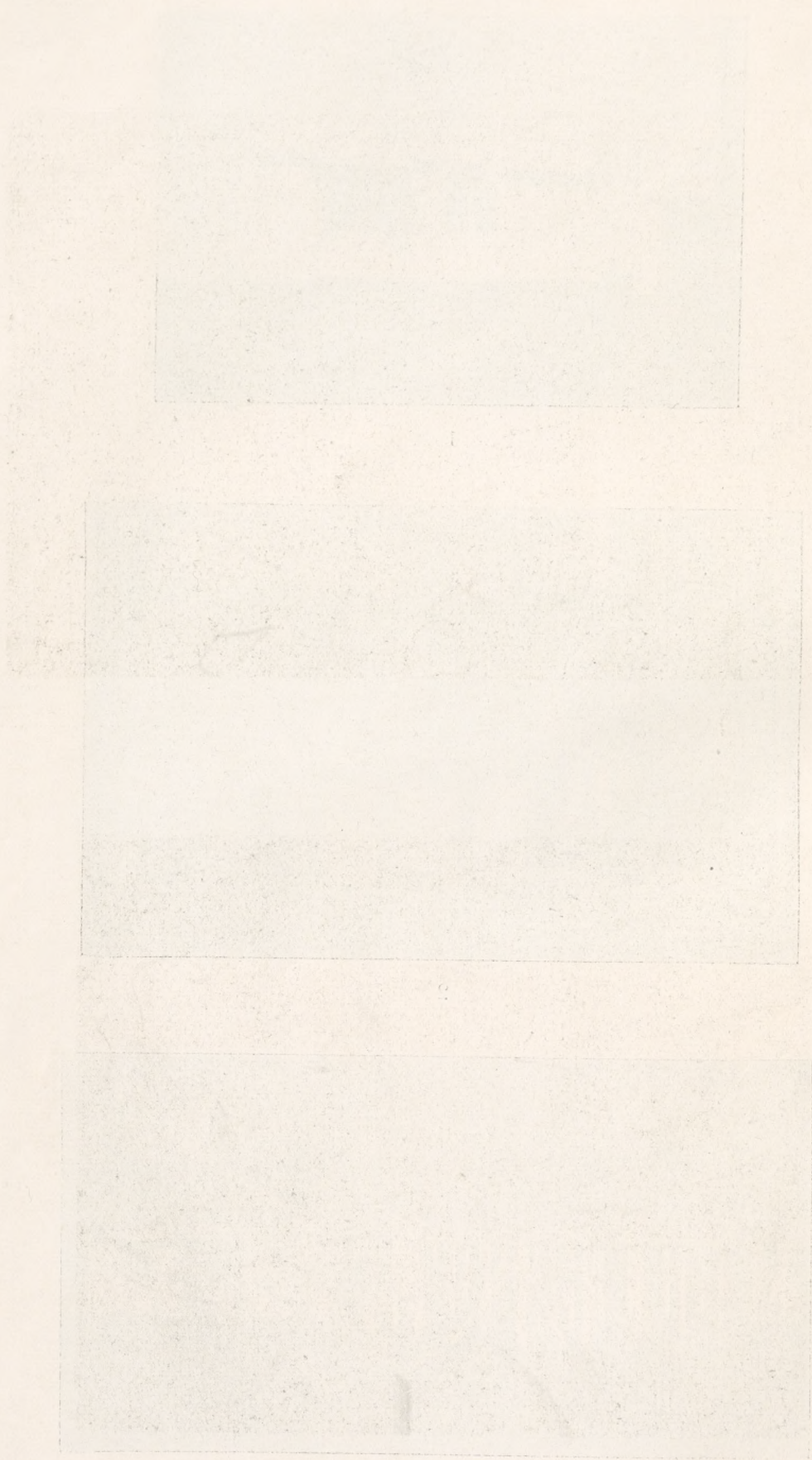
1



2

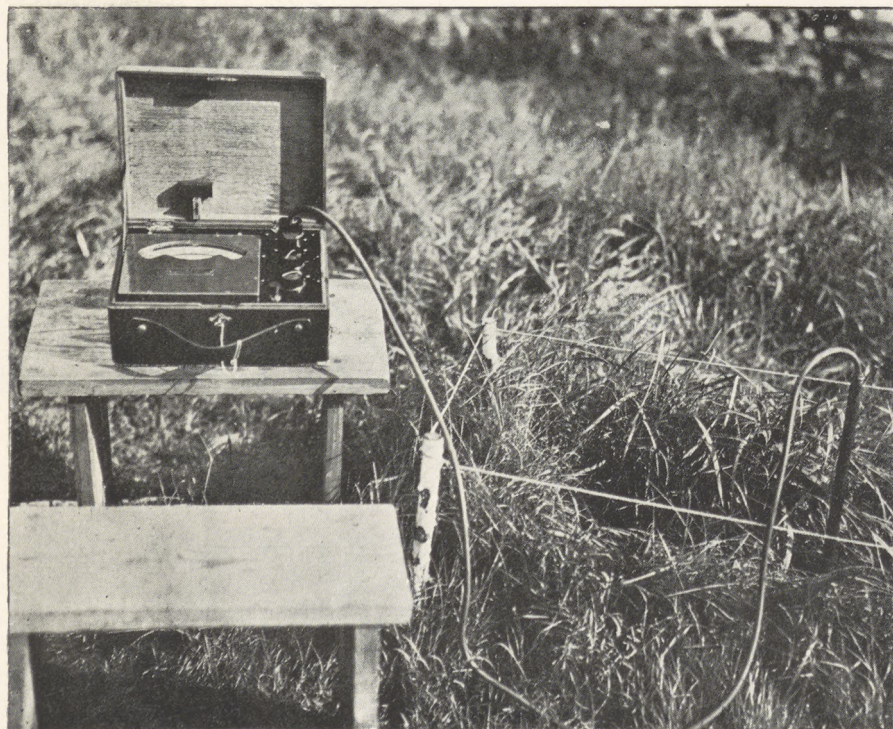


3

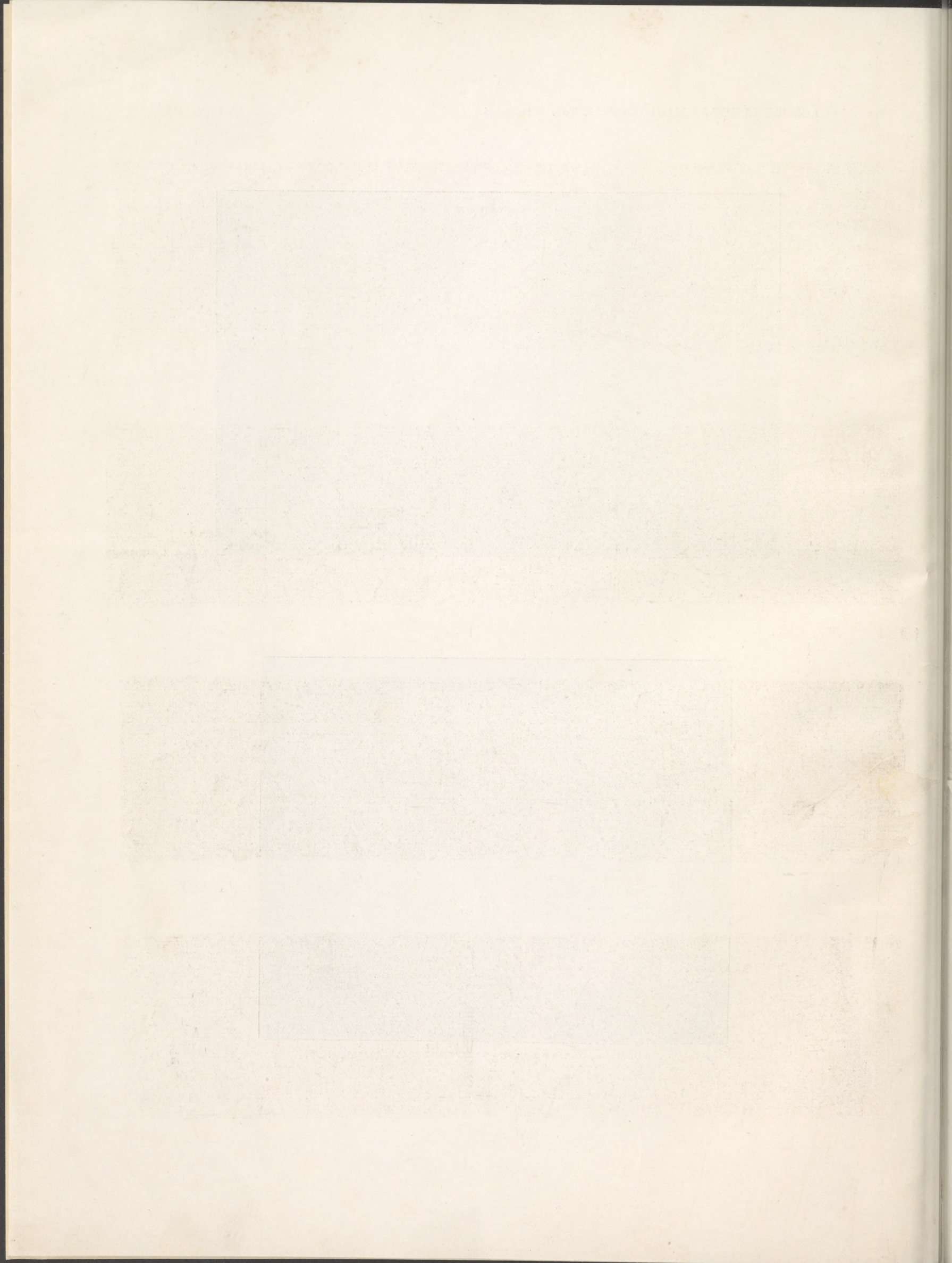


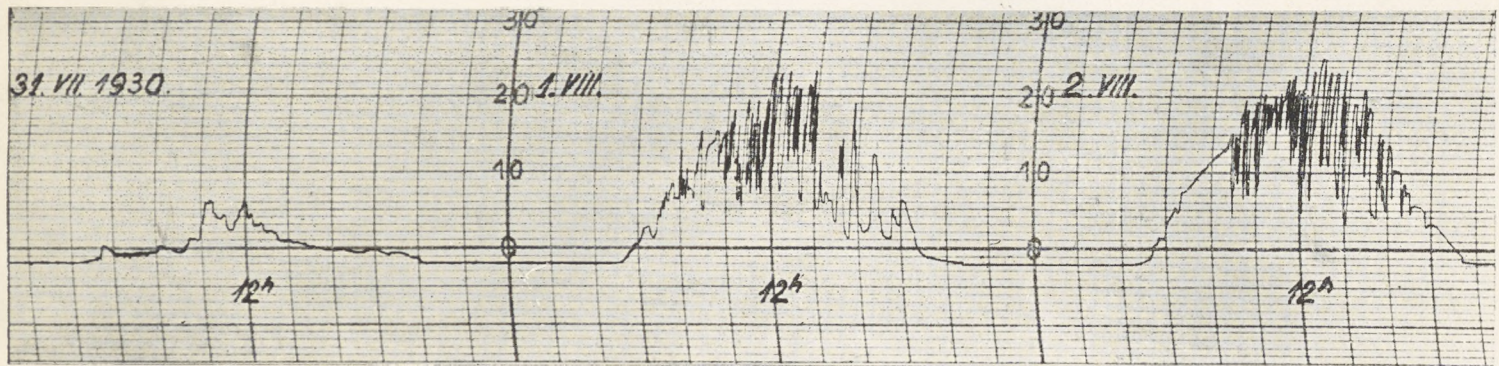


1



2

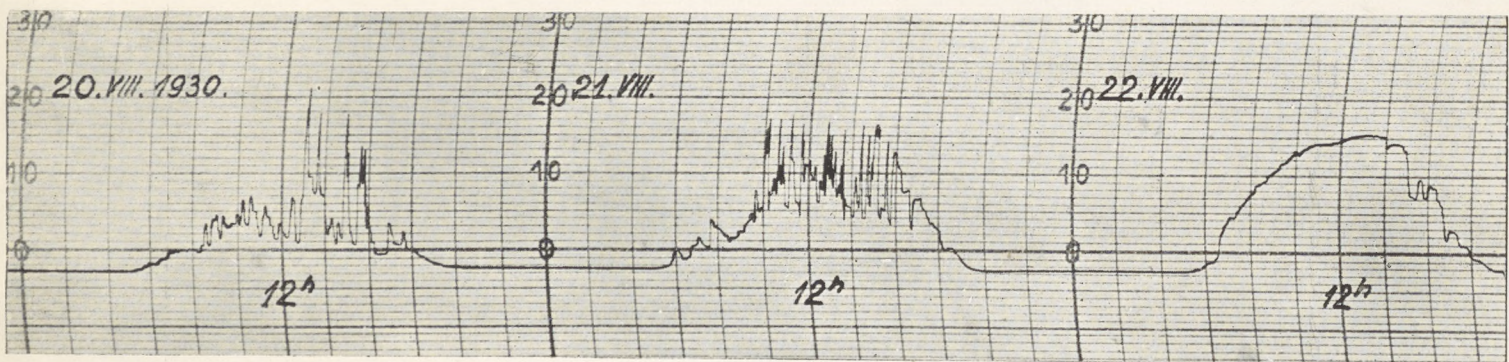




$N = 10, 10, 10$

8, 7, 3

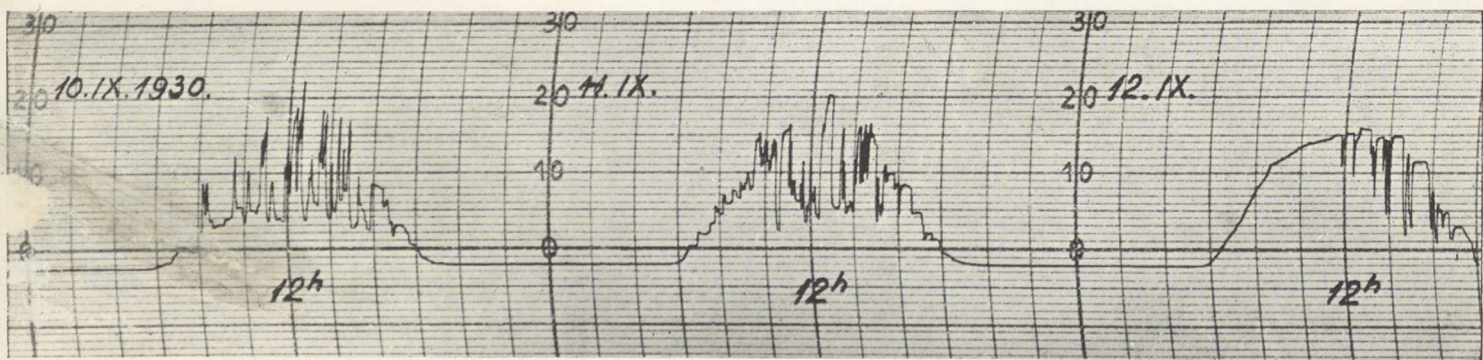
2, 6, 0



$N = 10, 9, 5$

10, 8, 1

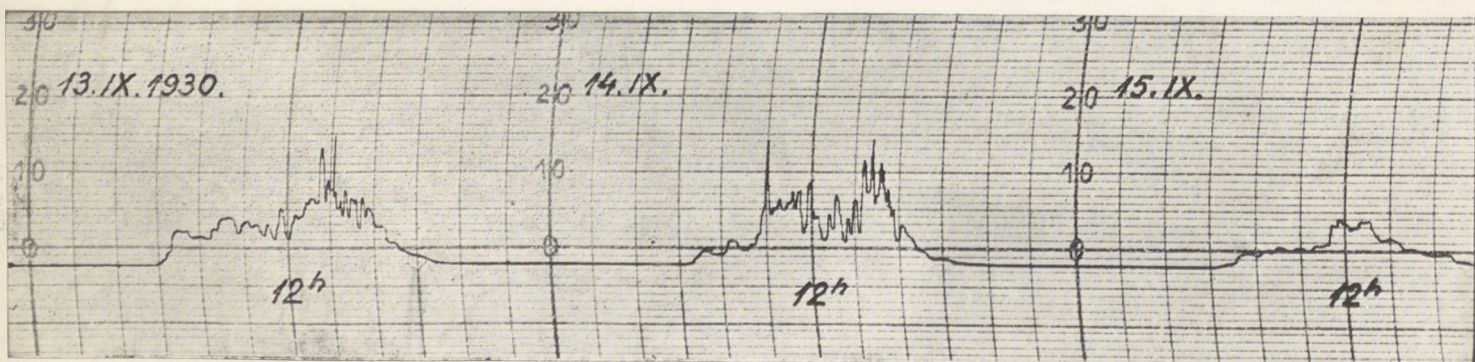
4, 0, 0



$N = 8, 9, 2$

5, 6, 0

1, 2, 7



$N = 9, 10, 9$

9, 10, 10

10, 10, 10

Faint header text at the top of the page, possibly including a title or reference number.

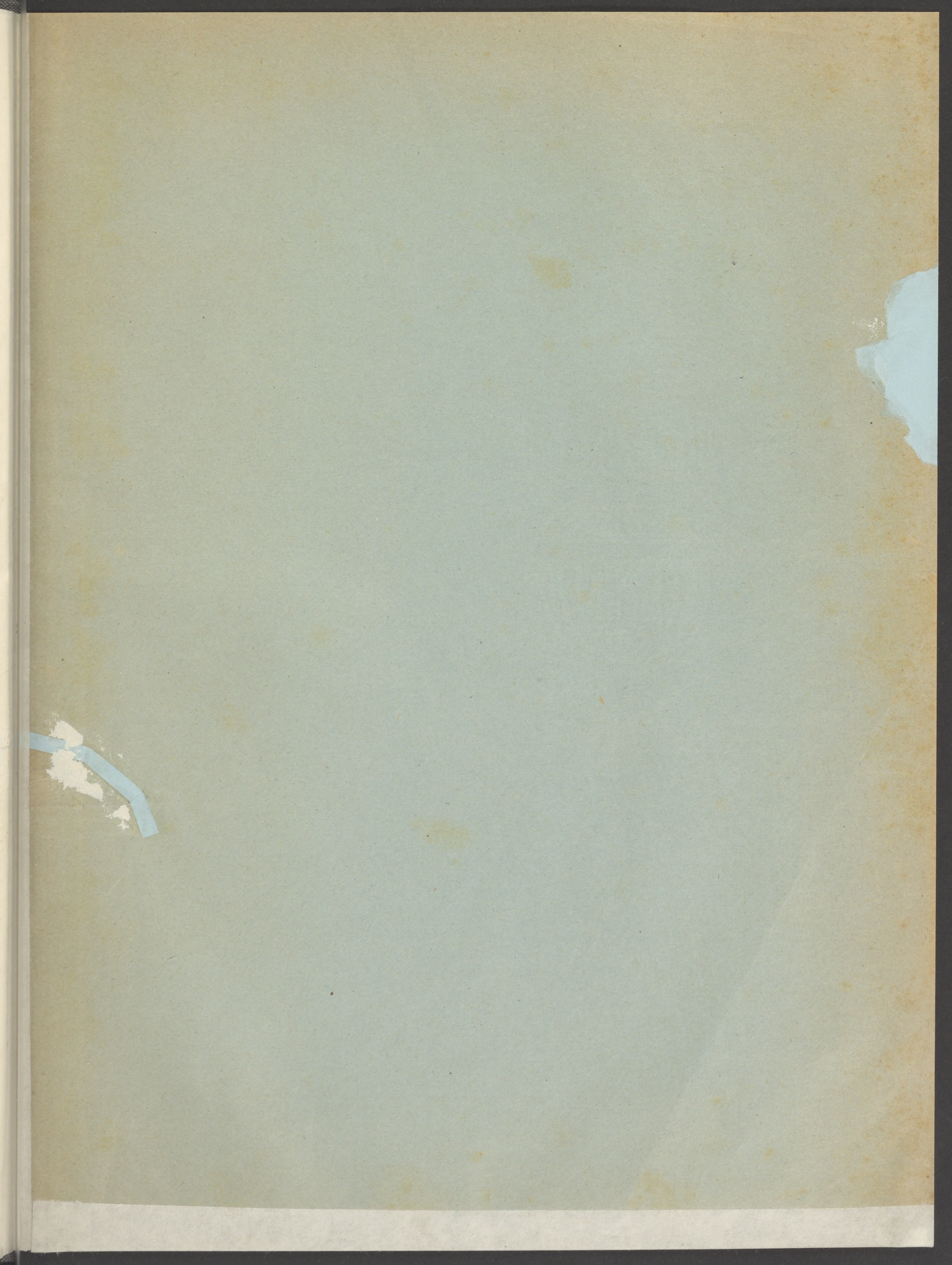
Large block of very faint, illegible text in the upper section of the page.

Second block of very faint, illegible text in the middle section of the page.

Third block of very faint, illegible text in the lower-middle section of the page.

Fourth block of very faint, illegible text in the lower section of the page.

Faint footer text at the bottom of the page.



Przedtem ukazało się w tem samym wydawnictwie: — *Il a paru dans la même édition:*

Tom I, zeszyt 1, 1929. S. Wołossowicz. Utwory dyluwjalne i morfologia wschodniego krańca Półwyspu Pińskiego. — *Les dépôts glaciaires et la morphologie de l'extrémité orientale de la Presqu'île de Pińsk.*

Tom I, zeszyt 2, 1930. S. Kulczyński. Stratygrafia torfowisk Polesia. — *Stratigraphie der Moore von Polesie.*

Tom I, zeszyt 3, 1930. S. Szafran. Torfowce Polesia. — *Sphagna von Polesie.*

Adres Redakcji: Lwów, Nabelaka 22.

Adres Administracji: Brześć nad Bugiem, Unji Lubelskiej 5.