

Czynniki różnicujące temperaturę radiacyjną użytków rolnych w obszarze młodoglacjalnym na obrazach termalnych wykonanych 14 kwietnia 1980 roku po zachodzie słońca

WSTĘP

Promieniowanie własne stanowi, zwłaszcza w porze nocnej, ważny element bilansu radiacyjnego powierzchni czynnej, rozumianej jako granica, na której odbywa się wymiana energii i materii między litosferą, hydrosferą i biosferą z jednej strony a atmosferą z drugiej. Szczególnie w obszarze użytków rolnych rozpatrywanie składowych bilansu radiacyjnego ma ważne znaczenie poznawcze i praktyczne.

Moc promieniowania może służyć za wskaźnik temperatury zgodnie z prawem Stephana—Boltzmana (m. in. R u d o w s k i, 1978):

$$E_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} \times \delta \times T^4,$$

gdzie:

- E_{λ} — moc promieniowania,
- ε_{λ} — współczynnik emisji,
- T — temperatura obiektu ($^{\circ}\text{K}$),
- δ — stała Boltzmana ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \times ^{\circ}\text{K}$).

Współczynnik emisji (ε_{λ}) wyrażający wpływ rodzaju powierzchni oblicza się jako stosunek mocy promieniowania danej powierzchni w określonej temperaturze do promieniowania teoretycznej powierzchni doskonale czarnej o tej samej temperaturze. W przypadku powierzchni czynnej na użytkach rolnych ε_{λ} zawiera się w przedziale od około 0,60 do 0,98 (dla wody), co oznacza, że przy równej mocy radiacji (E_{λ}) powierzchnia rzeczywista ma zawsze wyższą temperaturę niż powierzchnia do-

skonale czarna. Różnica ta jest tym większa, im niższy jest współczynnik emisji powierzchni realnej (R u d o w s k i, 1980).

W ostatnich kilkunastu latach dzięki rozwojowi skanerowej techniki zdalnej rejestracji (R e e v e s (ed.), 1975) możliwe jest badanie mocy promieniowania długofalowego niemalże jednocześnie na znacznych obszarach, w odróżnieniu od punktowych pomiarów naziemnych z użyciem radiometru. Sposób powstawania takiego obrazu powierzchniowego zróżnicowania radiacji (zwanego obrazem termalnym) i jego własności były już prezentowane w publikacjach polskich (m. in. B u t o w t t, 1976; C i o ł k o s z, 1977), nie ma więc potrzeby szczegółowego omawiania tych zagadnień.

Obszary jaśniejsze na obrazie termalnym odpowiadają większej mocy promieniowania w rejestrowanym zakresie długości fali i przy założeniu podobnego współczynnika emisji. W technice skanerowej określa się moc promieniowania przez wyznaczenie tzw. temperatury radiacyjnej obserwowanej powierzchni. Oznacza ona temperaturę ciała doskonale czarnego cechującego się taką intensywnością radiacji, jaka dochodzi do skanera z danej powierzchni realnej.

Duża labilność promieniowania długofalowego powierzchni czynnej umożliwia odnoszenie wyników do pory roku i dnia, w których wykonywano obrazowanie. Rozszerzenie wniosku wymagałoby kosztownych powtórzeń w innych terminach lub oparcia się na znanych prawidłowościach dynamiki temperatury powierzchni czynnej.

Użyty w badaniach skaner AGA Thermoprophile THP-1 rejestruje promieniowanie w przedziale długości fali 2 000nm—5 600 nm, a więc z tzw. bliższej podczerwieni termalnej, co również stanowi o ograniczeniu zakresu uogólnienia uzyskanych wyników.

OBSZAR BADAŃ

Prezentowane opracowanie dotyczy czterech fragmentów Poligonu Fotointerpretacyjnego „Mosina”, które są zróżnicowane pod względem cech fizycznogeograficznych (ryc. 1), co wynika z odrębności genetycznych (wysoczyzna zwarta, wysoczyzna rozcięta rynnami glacialnymi, pradolina i terasa zalewowa). Na obszarach tych szczegółowo rozpoznano własności środowiska przyrodniczego (M i z g a j s k i, 1982), a także prowadzono badania z zakresu fotointerpretacji (C i e r n i e w s k i, K i j o w s k i, M i z g a j s k i, 1981; K i j o w s k i, 1981).

Obszar „Brodnica” leży między Mosiną a Śremem, na wschód od wsi gminnej Brodnica. Jest to zwarty płat wysoczyzny morenowej o wysokości 80 m—85 m n.p.m., na którym złożone zostały formy fluwioglacjalne o wysokościach względnych do 20 m. Wysoczyzna wytworzona jest z gliny zwałowej zawierającej 10%—30% frakcji ilastej, natomiast wznie-

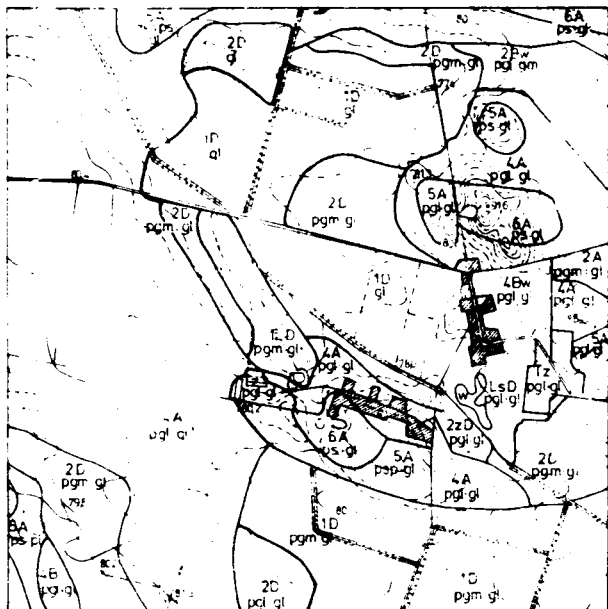
sienia są zbudowane z piasków często pylastych przy powierzchni, a niektóre ich fragmenty pokrywa glina ablacyjna. Stosunki wodne kształtowane są głównie przez brak rozczłonkowania wysoczyzny, małą przepuszczalność utworów budujących ją oraz występowanie piaszczystych wzniesień. Oznacza to dość płytko zalegający pod powierzchnią wysoczyzny i nawiązujący do rzeźby I poziomu wód podziemnych oraz jego brak w obrębie łatwo przepuszczalnych piasków fluwioglacjalnych. Wody powierzchniowe stanowią kanały melioracyjne, które zostały częściowo przykryte. Zmienność pokrywy glebowej nawiązuje do dwudzielności morfogenetycznej tego terenu. Na wysoczyźnie w obszarach niżej położonych występują czarne ziemie właściwe, na elewacjach wykształciły się gleby płowe właściwe, a położenia pośrednie zajmują gleby szarobrunatne. Na wzniesieniach fluwioglacjalnych występują gleby płowe i brunatne kwaśne.

Obszar „Trzebow” położony jest na południe od szosy Poznań — Stęszew w rejonie wsi Trzebow. Stanowi on fragment falistej wysoczyzny morenowej o wysokościach 85 m—95 m n.p.m. oraz rynny glacialnej wciętej na głębokość około 10 m—15 m. Wysoczyzna jest zbudowana z gliny zwałowej spiaszczonej przy powierzchni, natomiast w dnie rynny i na jej zachodnim zboczu występują piaski. Rozcinające wysoczyznę rynny glacialne powodują jej odwodnienie, co decyduje o głębokim zaleganiu wód podziemnych. Wody powierzchniowe reprezentowane są przez strumień Trzebawkę (wykorzystujący rynnę) oraz drobne ciekły odwodniające wysoczyznę. W pokrywie glebowej dominują gleby płowe, które wykształciły się na piaskach gliniastych zalegających na glinie. W utworach piaszczystych w obrębie rynny i w jej sąsiedztwie występują gleby brunatne kwaśne i wylugowane. Fragmenty dna rynny zajmują gleby torfowo-murszowe.

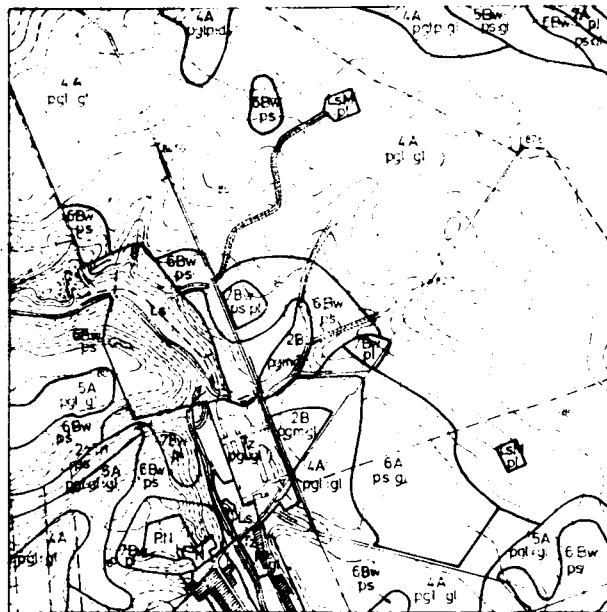
Obszar „Krosno” znajduje się około 3 km—5 km na południo-zachód od Mosiny, między linią kolejową Poznań — Wrocław a Kanałem Mosińskim. Teren ten leży na nadzalewowej terasie pradoliny w obrębie tzw. Basenu Mosińskiego na wysokości 62 m—67 m n.p.m. Zbudowany jest z piasków luźnych, przy powierzchni słabo gliniastych bądź pylastych. W obniżeniach, zwłaszcza wzdłuż kanału Olszynki, występują utwory mułowo-organiczne. Stosunki wodne kształtowane są przez dominację gruntów łatwo przepuszczalnych, brak znacniejszego urzeźbienia powierzchni oraz istnienie kanałów: Mosińskiego i Olszynki. Mimo że różnice wysokości są tu niewielkie, to znajdują one swe odzwierciedlenie w rozmieszczeniu gleb. W miejscach najwyżej położonych wytworzyły się gleby brunatne wylugowane lub kwaśne. W obniżeniach występują gleby hydromorficzne: murszowe, mineralnomurszowe i czarne ziemie właściwe.

Obszar „Sowiniec” leży w dnie doliny Warty na południe od mostu w Rogalinie, między zabudowaniami majątku Sowiniec a Rogalinem. Powierzchnia ta położona jest na dwóch poziomach teras zalewowych:

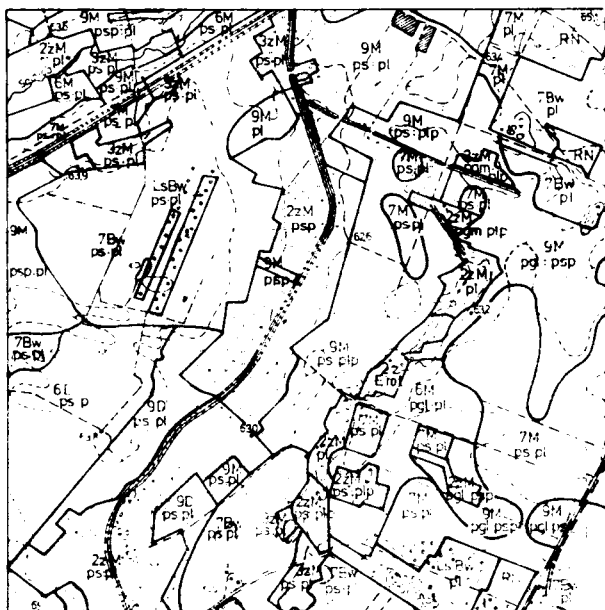
TRZEBAW



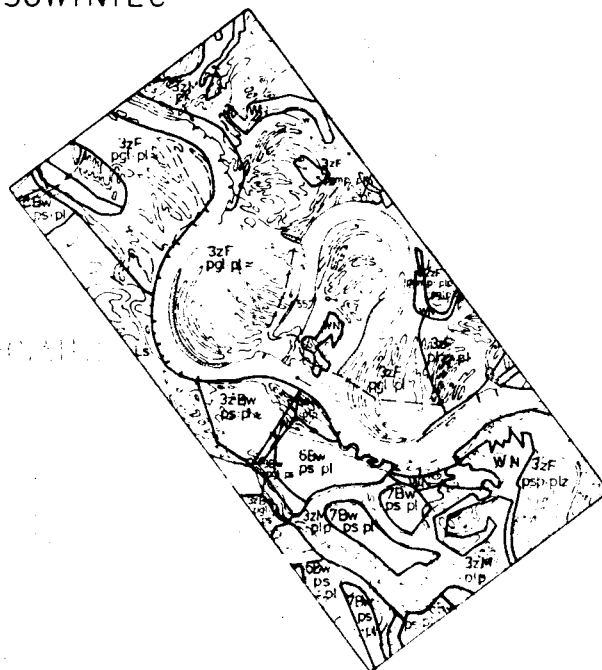
BRODNICA



KROSNO

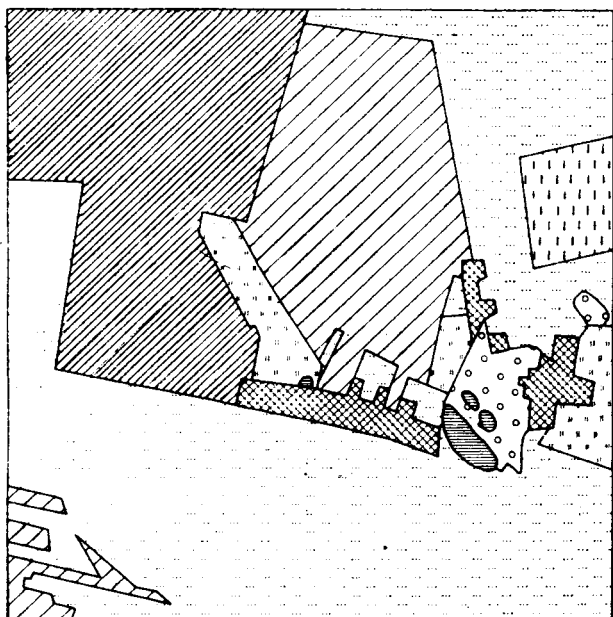


SOWINIEC

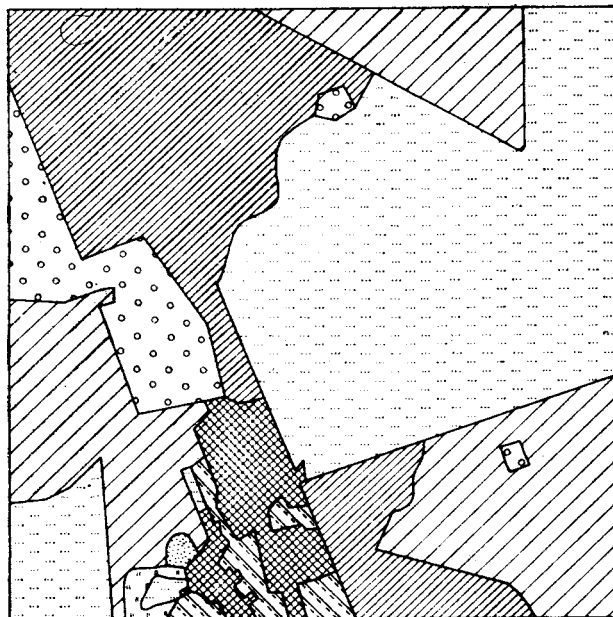


Ryc. 1. Mapy glebowo-rolnicze badanych obszarów na tle topograficznym
Fig. 1. Soil agricultural maps showing test sites, which topographic contours sketched on them

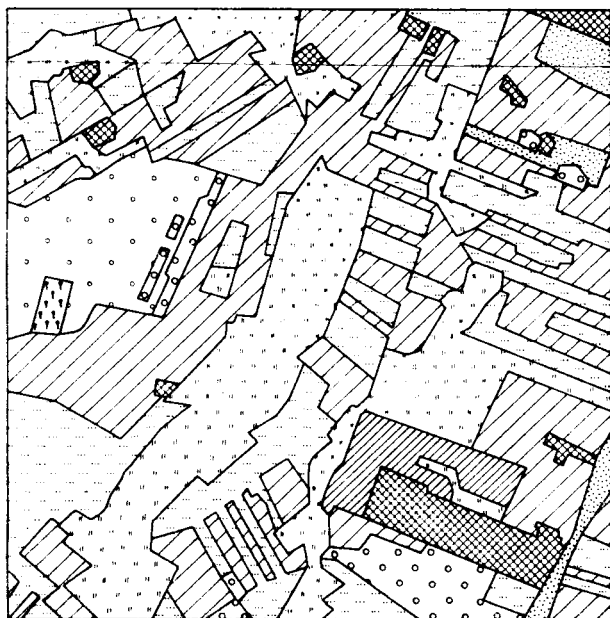
BRODNICA



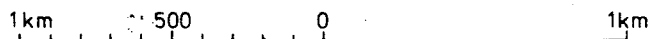
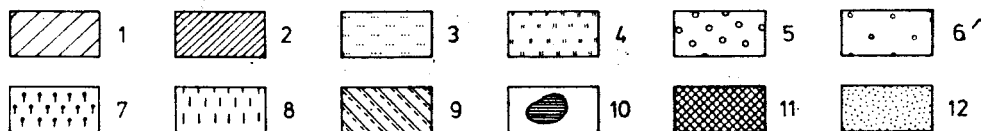
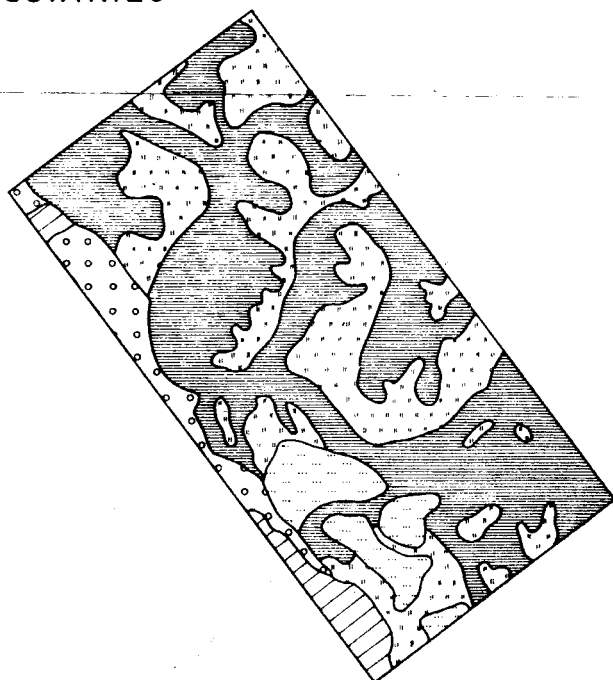
TRZEBAW



KROSNO



SOWINIEC



Ryc. 2. Stan powierzchni czynnej w dniu obrazowania termalnego 14 kwietnia 1980 roku:
 1 — oziminy, 2 — rośliny motylkowe, 3 — odsłonięta powierzchnia gleby, 4 — użytki zielone, 5 — lasy, 6 — kilkuletnie nasadzenia leśne, 7 — wiklina, 8 — chmiel, 9 — ogrody, 10 — wody, 11 — zabudowania, 12 — nieużytki trawiaste

Fig. 2. Surface state as seen on thermal imagery of April 14th 1980:
 1 — maize, 2 — the family *Papilionaceae*, 3 — soil exposed in the open, 4 — grassland, 5 — forests, 6 — a few-year-old forest area, 7 — willow brake, 8 — hop, 9 — gardens, 10 — water, 11 — built-up areas, 12 — barren grassland

55,5—57,0 m n.p.m. i 58,0—59,0 m n.p.m. Litologia silnie nawiązuje do rzeźby; na wzniesieniach (odsypy) pod cienką warstwą piasków pylastych występują piaski luźne, w obniżeniach międzyodsypowych przy powierzchni występują utwory mułkowe z dużym udziałem substancji organicznej. Wyższy poziom terasowy zbudowany jest z piasków luźnych z udziałem frakcji pylastej przy powierzchni. Na wyższym poziomie terasowym wykształciły się gleby brunatne wylugowane i kwaśne, niżej zaś dominują gleby organogeniczne oraz mady właściwe, których zmienność nawiązuje do rzeźby.

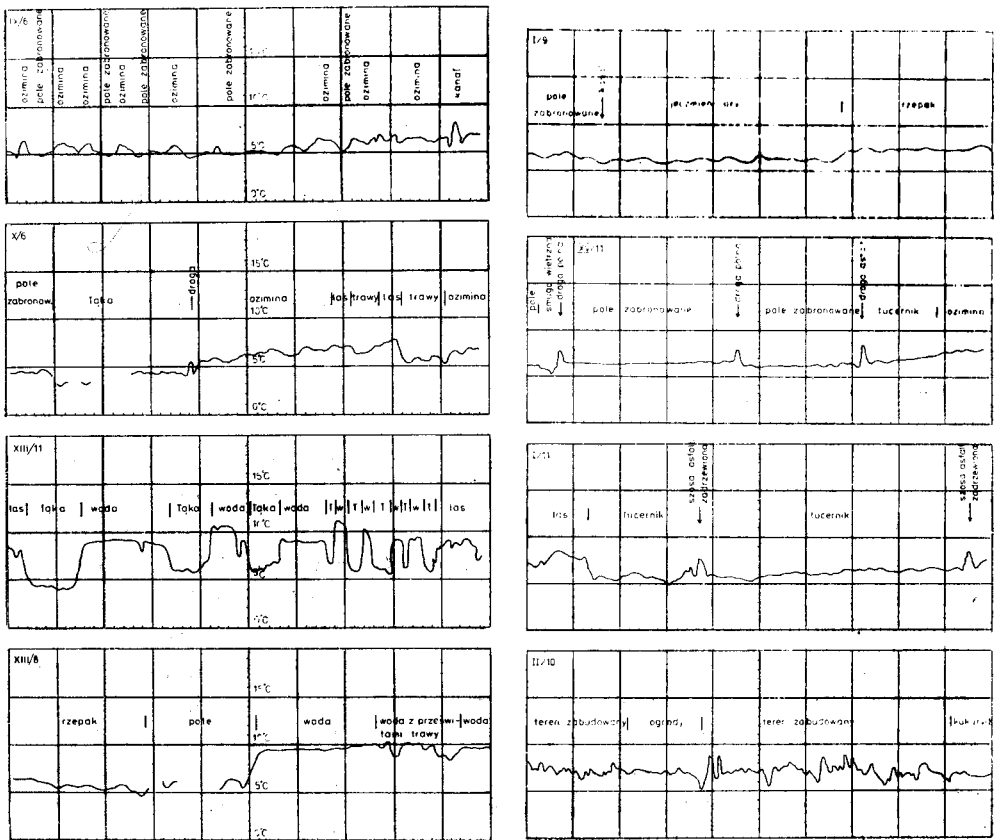
PROCEDURA BADAŃ

W związku z obrazowaniem zapoznano się w terenie z charakterem powierzchni czynnej na analizowanych obszarach, określając rodzaj i stan roślinności lub ostatnio wykonany zabieg uprawowy (ryc. 2). Ponadto, w czasie obrazowania pobierano próbki gruntu przy powierzchni w celu określenia wilgotności oraz zmierzono w kilkudziesięciu miejscach temperaturę przypowierzchniowej warstwy gruntu (0 cm—2 cm) i przygruntowej warstwy powietrza (0 cm—2 cm). Rozpoznaniem termiki objęto więc strefy kontaktowe z obu stron powierzchni czynnej.

Obrazowanie termalne wykonało Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne w Warszawie w dniu 14 kwietnia 1980 roku w 2—3 godz. po zachodzie słońca. Otrzymane od wykonawców wyniki w postaci negatywów termofotogramów w skali około 1 : 60 000 oraz tzw. termoprofilów zostały powiększone do skali 1 : 10 000 i poddane analizie w nawiązaniu do badań naziemnych.

Termoprofile (ryc. 3 i 4) ukazują przebieg temperatury radiacyjnej na wybranych liniach prostopadłych do kierunku lotu. Ich interpretacja polegała na identyfikowaniu poszczególnych powierzchni, przez które wykonywano profile. Następnie określano temperatury radiacyjne dla jednolitych fragmentów.

Zmienność powierzchniową temperatury radiacyjnej uzyskano tworząc barwne wyciągi ekwitalne na urządzeniu elektroniczno-analogowym NAC, udostępnionym przez Ośrodek Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych w Warszawie. Poszczególnym barwom przyporządkowano przedziały temperatur radiacyjnych z termoprofilów, a uzyskany rozkład temperatur radiacyjnych zgeneralizowano tworząc klasy co 1°C. Chodziło o uniknięcie pozorów dokładności, gdy czas obrazowania każdej z powierzchni testowych trwał 20—30 min i zaobserwowano różnice w mocy radiacji na fragmentach obrazowanych w dwóch kolejnych przelotach. Przez wpasowanie wyróżnionych konturów w rysunek sytuacyjny powstały mapy rozkładu temperatury radiacyjnej powierzchni testowych w przedziałach co 1°C (ryc. 5).



Ryc. 3 i 4. Wybrane termoprofile wraz z interpretacją
 Fig. 3 and 4. Selected thermal sections and their interpretation

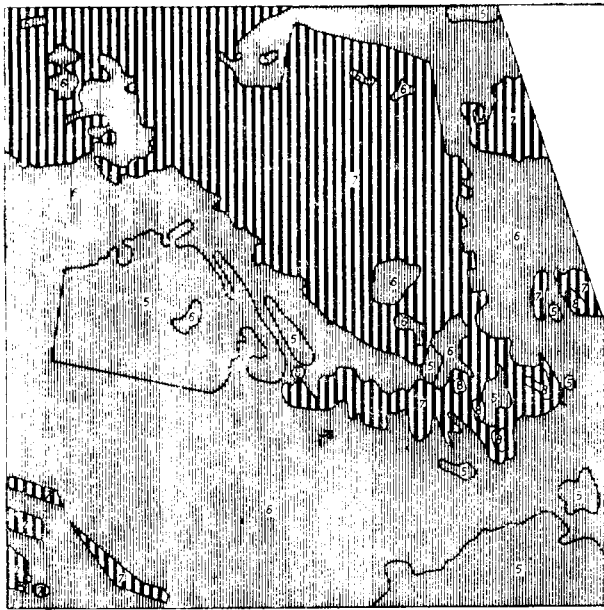
CZYNNIKI RÓŻNICUJĄCE TEMPERATURĘ RADIACYJNĄ

Zmienność temperatury radiacyjnej odzwierciedla w pierwszym przybliżeniu stan powierzchni czynnej (fot. 1) i na użytkach rolnych można wyróżnić:

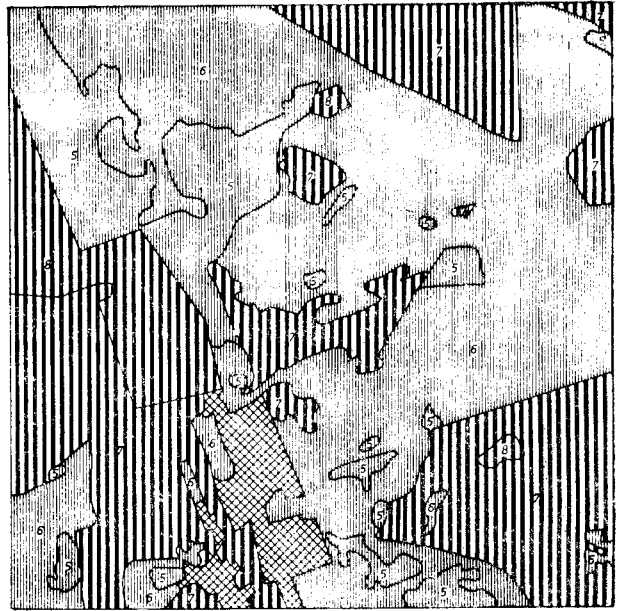
- 1) powierzchnie z oziminami jako najcieplejsze,
- 2) powierzchnie z odkrytą glebą o temperaturach pośrednich,
- 3) powierzchnie ze zwartą pokrywą roślinną (łąki, motylkowe, trawy) cechujące się najwyższymi wartościami temperatury radiacyjnej.

W literaturze agrometeorologicznej wskazuje się na termoizolacyjne właściwości darni (m. in. Molga, 1970; Radomski, 1977). Przyjmuje się także, że powierzchnie z roślinnością są chłodniejsze, gdyż rośliny chronią glebę przed promieniami słońca i zużywają ciepło na parowanie. W pracach dotyczących obrazów termalnych użytków rolnych również dowodzi się wpływu rosnącej gęstości roślin na obniżenie tempera-

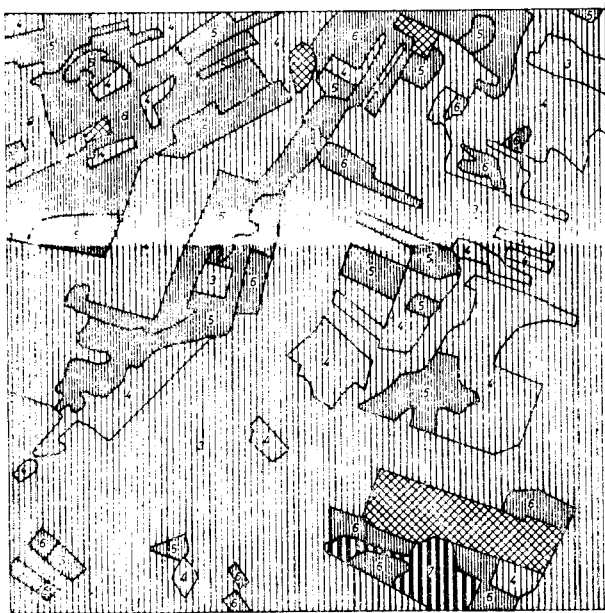
TRZEBAW



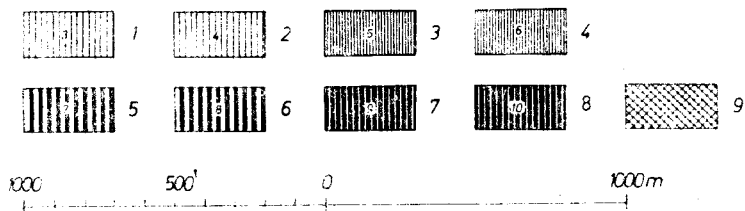
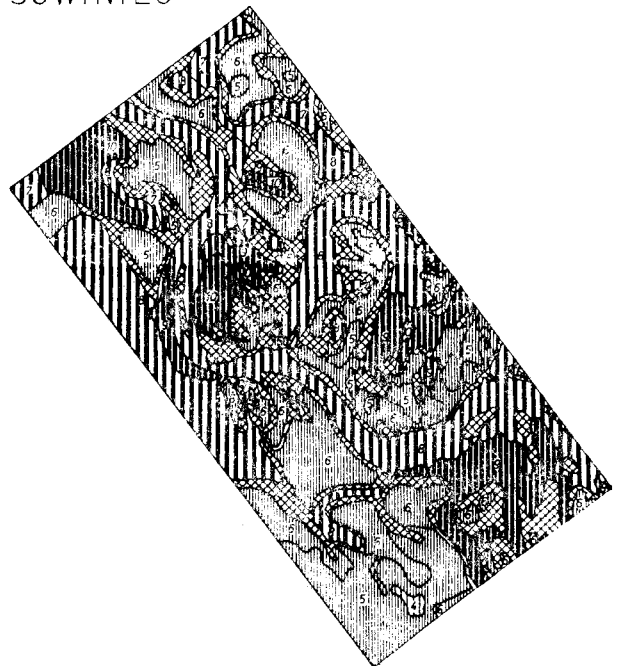
BRODNICA



KROSNO



SOWINIEC



Ryc. 5. Zróżnicowanie temperatury radiacyjnej powierzchni czynnej w dniu 14 kwietnia 1980 roku po zachodzie słońca:

1 — temperatura radiacyjna w przedziale 3°C–4°C, 2 — temperatura radiacyjna w przedziale 4°C–5°C, 3 — temperatura radiacyjna w przedziale 5°C–6°C, 4 — temperatura radiacyjna w przedziale 6°C–7°C, 5 — temperatura radiacyjna w przedziale 7°C–8°C, 6 — temperatura radiacyjna w przedziale 8°C–9°C, 7 — temperatura radiacyjna w przedziale 9°C–10°C, 8 — temperatura radiacyjna powyżej 10°C, 9 — fragmenty o dużym gradiencie termicznym

Fig. 5. Surface radiometric temperature variations on April 14th 1980 after sunset:

1 — radiometric temperature within the range of 3°C–4°C, 2 — radiometric temperature within the range of 4°C–5°C, 3 — radiometric temperature within the range of 5°C–6°C, 4 — radiometric temperature within the range of 6°C–7°C, 5 — radiometric temperature within the range of 7°C–8°C, 6 — radiometric temperature within the range of 8°C–9°C, 7 — radiometric temperature within the range of 9°C–10°C, 8 — radiometric temperature over 10°C, 9 — surface sections with high temperature gradient

tury radiacyjnej (Myers, Heilman, 1969). W podręczniku zespołu: K. Kuźnicki, S. Białousz, P. Skłodowski (1979), w części obejmującej zastosowanie obrazowania termalnego do badań gleboznawczych wspomina się o szybkiej stracie ciepła wieczorem przez pokrywę roślinną. Jej obraz termalny byłby wówczas „chłodniejszy” od powierzchni odkrytych.

Wyniki niniejszych badań tylko częściowo potwierdzają wcześniejsze ustalenia. Nowum stanowi stwierdzenie, iż obraz termalny ozimin wykonany wiosną w 2—3 godz. po zachodzie słońca jest w zasadzie „cieplejszy” niż odkryta gleba. W tym samym czasie roślinność tworząca darń jest najsilniej wychłodzona. Udokumentowane stwierdzenie przyczyn takiego stanu będzie możliwe po przeprowadzeniu szczegółowych badań terenowych zsynchronizowanych z obrazowaniem. Tutaj wysuwa się tylko hipotezę opartą na dotychczasowym stanie wiedzy. W świetle uzyskanych wyników sądzi się, że na analizowanych obrazach najwyraźniej zaznaczyły się termoizolacyjne właściwości darni, a wpływ części naziemnych roślin na obraz termalny okazał się nieznaczny. Przy tym założeniu temperatura powierzchni gleby odkrytej i gleby z oziminą byłaby podobna, a na obszarach z roślinnością tworzącą darń wyraźnie niższa. Stwierdzone różnice temperatury radiacyjnej między odkrytą glebą a oziminami mogą wynikać stąd, że w pierwszym przypadku skaner rejestrował promieniowanie powierzchni gleby, w drugim zaś (przynajmniej w części) odbierał promieniowanie z pewnej wysokości nad ziemią, co wiązało się z istnieniem pokrywy roślinnej. Istnienie w godzinach wieczornych, przy braku zachmurzenia, inwersji termicznej w łanie zboża (Geiger, 1927) wywołało efekt w postaci „cieplejszych” powierzchni z oziminami.

Oprócz roślinności na temperaturę radiacyjną użytków rolnych wpływały inne czynniki. Świeżo wykonane zabiegi uprawowe (orka, bronowanie) zaznaczyły się wychłodzeniem powierzchni. Jest to zgodne z wnioskami R. Baranowskiego i B. Bakowskiego (1977), którzy stwierdzili obniżenie temperatury gleby tak po zabiegach zagęszczających (wzrost przewodnictwa cieplnego), jak i spulchniających (pobór ciepła na parowanie).

Silnie podwyższoną temperaturą radiacyjną odznaczają się powierzchnie, na których intensywnie wylewano gnojowicę (Trzebaw). Potwierdzają się więc obserwacje rolników stwierdzających na takich obszarach występowanie tzw. suszy fizjologicznej u roślin. Są to tereny o wysokiej zdolności do akumulacji ciepła.

Wpływ ukształtowania powierzchni na temperaturę radiacyjną jest zróżnicowany. W skali makro wyraża się on wychłodzeniem pradoliny (Krosno) w stosunku do sąsiadujących wysoczyzn morenowych położonych 20 m—25 m wyżej. Na poszczególnych powierzchniach zagłębienia

terenowe odznaczają się jako „chłodniejsze” tylko w niektórych przypadkach. Sytuacja taka występuje np. na powierzchni badawczej Brodnica, między grzbietem pagórka fluwioglacjalnego a „ścianą” drzew parku przydworskiego w Przylepkach. Wychłodzenie nie wystąpiło natomiast w wąskiej, wciętej około 10 m rynnie glacialnej w okolicy Trzebawia.

Innym czynnikiem różnicującym temperaturę radiacyjną użytków rolnych są zjawiska termiczne związane z poziomym ruchem przypowierzchniowej warstwy powietrza. F. F. Sabins (Linz, Simonett (eds), 1976) wyróżnił dwa rodzaje takich zjawisk: *surface wind smears* oraz *surface wind streaks*. Pierwsze z nich proponuje się określać mianem smug wietrznych; zaznaczyły się one na powierzchni testowej Brodnica w postaci chłodniejszych „cieni” po południowo-zachodniej stronie pasów roślinności krzewiastej i drzewiastej. Można wnioskować o adwekcji powietrza z północo-wschodu, podczas której na fragmentach osłoniętych istniały warunki do intensywniejszego promieniowania powierzchni czynnej. Drugi rodzaj zjawisk wywołanych poziomym ruchem powietrza można nazwać pasmami wietrznymi; są to występujące przemiennie „chłodniejsze” i „cieplejsze” pasy analogiczne do obserwowanych na gładkiej tafli jeziora, nad którą występuje słaby wiatr. Pasma wietrzne zaznaczyły się najsilniej w pradolinie, gdzie teren jest płaski i brak przeszkód terenowych (duże powierzchnie bezleśne). Są one dobrze widoczne na słabo urzeźbionej wysoczyźnie „Trzebaw”, słabiej na obszarze „Brodnica”, a nie ujawniają się na terasie zalewowej.

Obrazowanie termalne wykonywano wiosną przy wysokim stanie wód na Warcie, kiedy znaczna część terasy zalewowej była podtopiona. Mapa temperatur radiacyjnych tego obszaru cechuje się dużymi kontrastami termicznymi między bardzo ciepłymi wodami i silnie wychłodzonymi łąkami. W obrębie wód zauważono także zróżnicowanie:

- 1) „najcieplejsze” były rozlewiska poza starorzeczami o słabej wymianie wód z rzeką,
- 2) pośrednie temperatury radiacyjne miały płynące wody Warty i starorzeczy,
- 3) względnie „najchłodniejsze” były peryferyjne fragmenty rozlewisk w sąsiedztwie nie zalanych użytków zielonych.

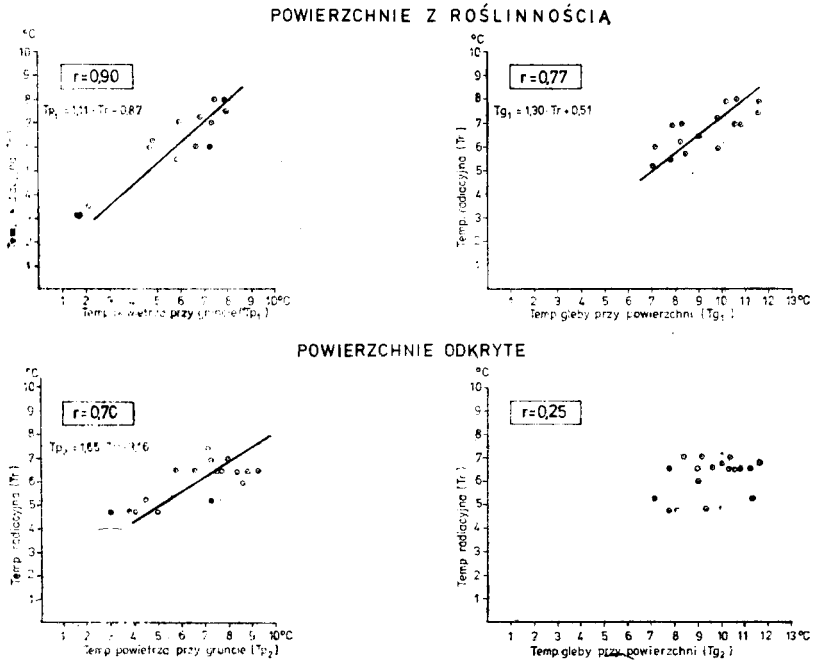
Sądzi się, że w obrębie wyróżnionych powierzchni najchłodniejszych ponad powierzchnię wody wystawała roślinność trawiasta. Tak można bowiem tłumaczyć istnienie wyraźnej granicy termicznej wyróżniającej brzeżne fragmenty rozlewisk.

Wśród czynników, których wpływ na temperaturę radiacyjną nie zaznaczył się w sposób wyraźny, można wymienić: litologię, zawartość części organicznych w substracie glebowym oraz wilgotność gruntu. Szczególnie duża zmienność tych elementów występuje na powierzchni testowej „Brodnica”, gdzie obok gliniastej powierzchni wysoczyzny istnieją

piaszczyste wzniesienia fluwioglacjalne. Zawartość części organicznych waha się 1,2%—1,5% na wzniesieniach, do ponad 5% w obniżeniach, a kontrasty wilgotności przy powierzchni sięgały kilkunastu procent. W analizowanej bliższej podczerwieni termalnej (2 000 nm—5 600 nm) żaden z tych czynników nie wywiera bezpośredniego wpływu na obraz. Opisywane w publikacjach anglosaskich związki, zwłaszcza wilgotności (Myers, Heilman, 1969; Curtis, 1978), dotyczą drugiego przedziału podczerwieni termalnej o zakresie długości fali 8 000 nm—14 000 nm.

ZWIĄZEK TEMPERATURY RADIACYJNEJ Z RZECZYWISTĄ

Prowadzone synchronicznie z obrazowaniem pomiary temperatury przypowierzchniowej warstewki gruntu i przygruntowej warstewki powietrza pozwoliły na badanie związków tych parametrów z temperaturą radiacyjną. Oddzielnie dla punktów pomiarowych na powierzchniach z roślinnością oraz bez niej określono korelacje prostoliniowe temperatury radiacyjnej z rzeczywistą temperaturą gruntu i powietrza. Równania i linie regresji wraz ze współczynnikami korelacji ukazano na tle rozkładu obu zmiennych na wykresach (rys. 6).



Ryc. 6. Związki temperatury radiacyjnej z temperaturą rzeczywistą przy powierzchni

Fig. 6. Relations between radiometric and actual temperature immediately at the ground surface

Wyższe współczynniki korelacji otrzymano dla powierzchni z roślinnością, a jednocześnie silniejszy związek z temperaturą radiacyjną wykazywała temperatura powietrza niż gruntu. Takie wyniki są rezultatem specyficznego charakteru zdalnej rejestracji promieniowania długofalowego. Temperatura radiacyjna jest wielkością uśrednioną, odnoszącą się do tzw. pola jednoczesnego widzenia ze skanera (piksela), którego powierzchnia wynosiła w tych badaniach kilkanaście m². Tymczasem pomiary temperatury rzeczywistej wykonywano punktowo. Im więc mniejsze zróżnicowanie temperatury rzeczywistej na powierzchni równej pikselowi, tym większe prawdopodobieństwo, że dany jej pomiar naziemny jest bliższy wielkości średniej.

Na powierzchniach odkrytych różnice termiczne są znaczne i wynikają z mikrorzeźby oraz różnic w nasłonecznieniu fragmentów o różnej ekspozycji. Pokrywa roślinna wpływa niwelująco na temperatury w obrębie piksela. Mniejsze zróżnicowanie termiki przygruntowej wastewki powietrza w stosunku do gleby przy powierzchni wynika z ruchu turbulencyjnego cząsteczek atmosfery. W efekcie najwyższa korelacja wystąpiła między temperaturą radiacyjną a temperaturą powietrza przy gruncie na powierzchniach z roślinnością, najniższa natomiast, gdy brano pod uwagę temperaturę gruntu na fragmentach bez roślinności.

Uzyskane regresje liniowe cechują się swoistością, gdyż dotyczą konkretnych warunków terenowych oraz technicznych związanych z prezentowanym obrazowaniem. Odrębność tę dobrze ilustruje porównanie prezentowanych równań regresji z wynikami uzyskanymi przez A. Ciołkosza i B. Halembę (1978).

WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że podstawowym czynnikiem wpływającym na temperaturę radiacyjną użytków rolnych jest stan powierzchni czynnej. Zróżnicowanie obrazu termalnego odzwierciedla zmienność rodzaju i stanu roślinności, rodzaje ostatnio wykonanych zabiegów uprawowych, a także powierzchnie, na które wylewano gnojowicę. Zaznacza się także wpływ poziomego ruchu powietrza przy gruncie. Dla znajdującej się częściowo pod wodą terasy zalewowej charakterystyczne są duże kontrasty termiczne między chłodnymi powierzchniami użytków zielonych i ciepłymi powierzchniami wodnymi; wody cechują się także wyraźnymi różnicami w temperaturze radiacyjnej.

Nie odzwierciedliły się na obrazach termalnych takie cechy jak: zawartość substancji organicznej w substracie glebowym, wilgotność gleby i skład granulometryczny substratu.

Korelacje temperatury radiacyjnej z rzeczywistą są wyższe dla powierzchni z roślinnością niż powierzchni odkrytych oraz gdy w terenie

mierzymy temperaturę powietrza przy gruncie, a nie temperaturę gleby przy powierzchni.

Jak już wcześniej zaznaczono, uzyskane wyniki odnoszą się do konkretnych warunków terenowych i atmosferycznych panujących w czasie obrazowania, jak również wiążą się z określonymi parametrami technicznymi obrazowania termalnego. Ewentualna ekstrapolacja prezentowanych rezultatów musi zatem uwzględniać wszystkie te ograniczenia.

Wydaje się, że dalsze dociekania winny się koncentrować na szerszym wyjaśnianiu przyczyn różnicowania radiacji powierzchni czynnej. Wielce użyteczne byłyby także prace nad dynamiką promieniowania powierzchni czynnej prowadzone na podstawie wielokrotnie powtarzanych obrazowań termalnych.

LITERATURA

- Baranowski R., Bakowski B., 1977: *Wpływ różnicowania składu fazowego gleby na dynamikę jej temperatury*, Roczniki Gleboznawcze, t. 28, z. 1.
- Butowtt J. M., 1976: *Wielopasmowe zbieranie informacji dla potrzeb zdalnego badania środowiska*, Dodatek do Biuletynu WAT, nr 9 (289), Warszawa.
- Cierniewski J., Kijowski A., Mizgajski A., 1981: *Wpływ wilgotności powierzchniowej warstwy gleby na odpowiedź spektralną pokrywy glebowej w zakresie czułości filmu podczerwonego*, X Ogólnopolska Konferencja Fotointerpretacji. Streszczenia referatów, 24—26.09.1981, Gdańsk.
- Ciołkosz A., 1977: *Zastosowanie lotniczych zdjęć spektrostrefowych i obrazów termalnych w kartowaniu tematycznym*, Polski Przegląd Kartograficzny, t. 9, nr 4.
- Ciołkosz A., Halemba B., 1978: *Wykorzystanie lotniczych obrazów termalnych w opracowaniu termicznych warunków podłoża południowej Warszawy*, Prace Instytutu Geodezji i Kartografii, t. 25, z. 2 (59).
- Curtis L. F., 1978: *Remote sensing systems for monitoring crops and vegetation*, Progress in Physical Geography, vol. 2, no 1.
- Geiger R., 1927: *Das Klima der Bodennähen Luftschicht*, Braunschweig.
- Kijowski A., 1981: *Analiza fototonalna zdjęć lotniczych w badaniu litologicznego i wilgotnościowego różnicowania powierzchniowej warstwy gruntu*. Maszynopis pracy doktorskiej, Instytut Geografii Fizycznej UAM, Poznań.
- Kuźnicki F., Białousz St., Skłodowski P., 1979: *Podstawy gleboznawstwa z elementami kartografii i ochrony gleb*, PWN, Warszawa, s. 430—435.
- Linz J. Jr., Simonett D. S. Eds, 1976: *Remote Sensing of Environment*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, s. 546—547.
- Mizgajski A., 1982: *Powiązania i uwarunkowania wybranych cech geokompleksów użytkowanych rolniczo na przykładowych obszarach młodoglacjalnych w Wielkopolsce*. Maszynopis pracy doktorskiej. Instytut Geografii Fizycznej UAM, Poznań.
- Molga M., 1970: *Meteorologia rolnicza*, wyd. 3, PWRiL, Warszawa, s. 242—244.
- Myers V. I., Heilman M. D., 1969: *Thermal Infrared for Soil Temperature Studies*, Photogrammetric Engineering, no 10.
- Radomski Cz., 1977: *Agrometeorologia*, PWN, Warszawa, s. 105.

- Ree vs R. G. (ed.), 1975: *Manual of Remote Sensing*, American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, s. 367—396, 953—970.
- Rudowski G., 1978: *Termowizja i jej zastosowanie*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, s. 17—18.
- Rudowski G., 1980: *Wpływ emisyjności i wymiarów obiektu na poprawność interpretacji termalnych obrazów skanerowych*. (w:) *Zastosowanie teledetekcji w badaniach środowiska geograficznego*, PWN, Warszawa—Łódź, s. 77—85.

ANDRZEJ MIZGAJSKI

**FACTORS AFFECTING VARIATIONS IN RADIOMETRIC TEMPERATURE
OF CULTIVATED LAND UNITS IN WÜRM AREA, AS PRESENTED
BY THERMAL IMAGES TAKEN ON APRIL 14th 1980 AFTER SUNSET**

S u m m a r y

This study deals with the characteristics of geocomplexes in agricultural use, which largely contribute to a thermal image.

Investigation was carried out on test sites in a Würm area, i.e. a morainic upland dissected by glacial troughs (Trzebaw), a non-extensive morainic upland (Brodnica), an ice-marginal valley (Krosno) and a floodplain terrace (Sowiniec).

Radiometric temperature was affected by the following factors:

- 1) surface characteristics (the nature of cultivated field crops, a type of the recent agricultural practice),
- 2) manure spread over fields,
- 3) surface relief but only in some parts of the terrain,
- 4) the depth of waters over a floodplain terrace,
- 5) phenomena related to horizontal air movement: surface wind smears and streaks.

Direct effects of such factors as lithology, organic matter contents and soil moisture content of the soil layers immediately beneath the surface remained unnoticeable.

Correlation between radiation temperature and actual temperature of the air layer in contact with the surface (0—2 cm) and the topsoil layer (0—2 cm) was examined separately for places covered by vegetation and soil exposed in the open.

Higher values of correlation coefficient were obtained for the former; air temperature is more closely related to radiometric temperature than soil temperature. This is due to a different nature of radiometric temperature registration and the measurement of actual temperature. Radiometric temperature is the mean that refers to a pixel with a side of over a dozen, whereas actual temperature is measured for single points. Thus the less variable the temperature within a pixel the greater the probability that a single measurement will approximate to the mean. Thermal variations are smaller throughout surfaces under a vegetation cover than soils in open. Also, the air layer under investigation (high turbulence) is less variable than a soil layer.

Thermal images give unique information (as compared with other remote sensing techniques) mainly about radiation and thermal properties of the surface.

As concerns other characteristics of an active surface (lithology, surface relief, variability of a soil cover, soil moisture content) the images certainly provide less information than easily available serial photographs taken on a panchromatic film, for example.

ANDRZEJ MIZGAJSKI

FACTEURS DIFFÉRENCIANT LA TEMPÉRATURE DE RADIATION DES CULTURES AGRICOLES SUR UN TERRITOIRE VISTULIEN SUR DES IMAGES THERMIQUES RÉALISÉES LE 14 AVRIL 1980 APRÈS LE COUCHER DU SOLEIL

R é s u m é

Cette étude concerne les traits des géocomplexes exploités par l'agriculture qui modèlent fondamentalement le tableau thermique. Les études ont été effectuées sur des surfaces génétiquement diverses (plateau morainique coupé de stries glaciaires, plateau morainique compact, vallée marginale proglaciaire ainsi que terrasse d'inondation) sur une région vistulienne.

Nous avons constaté une influence sur la température de radiation de la part des facteurs suivants:

- 1) le caractère de la surface (état des cultures végétales, genre d'opération de culture derièrement effectuée),
- 2) le purin épanché dans les champs,
- 3) le relief du sol (seulement dans certaines situations sur le terrain),
- 4) la profondeur des eaux à la surface de la terrasse d'inondation,
- 5) les phénomènes liés au mouvement horizontal de l'air à la surface (bandes éoliennes et traînées éoliennes).

L'influence directe de facteurs tels que la lithologie, le contenu en parties organiques et l'humidité de la couche superficielle du sol n'est pas apparue.

Nous avons étudié séparément pour les points avec tapis végétal et avec glèbe à découvert les corrélations de la température de radiation avec la température réelle dans la couche d'air près du sol (0—2 cm) ainsi que dans la couche superficielle du sol (0—2 cm). Nous avons obtenu des coefficients supérieurs de corrélation pour les surfaces avec végétation et en même temps, la température de l'air au-dessus du sol a laissé apparaître un lien plus poussé avec la température de radiation que celle du sol. Cela résulte du caractère différent de l'enregistrement de la température de radiation de celui des températures réelles. La température de radiation est une grandeur réduite à une moyenne et qui se rapporte à un pixel d'une surface d'une quinzaine de m². Par contre les mesures de température réelle concernent chaque fois des points uniques. Ainsi, moins la température est diversifiée à l'intérieur d'un pixel, plus il est probable qu'une mesure unique de point sera plus proche de la moyenne. Sur les surfaces recouvertes de végétation les différences thermiques sont moindres que là où la glèbe est à découvert. De même la couche d'air a une température moins diversifiée (par suite de la turbulence) que la couche de sol.

Les images thermiques nous fournissent des renseignements exceptionnels par rapport aux autres techniques de télé-enregistrement, principalement dans le domaine des propriétés radiatives et thermiques des surfaces.

Dans le domaine des autres traits de la surface active (lithologie, relief du sol, contenu en parties organiques et humidité du sol) ces images comportent nettement moins de renseignements que par exemple les photographies aériennes facilement accessibles effectuées sur un matériau panchromatique.

(Traduit par Michal Michalak)