

MIROŚLAWA MALINOWSKA

SYTUACJE SYNOPTYCZNE W POLSCE PÓŁNOCNEJ  
A OPADY NA ŻUŁAWACH WIŚLANYCH

## ZARYS TREŚCI

W opracowaniu scharakteryzowano strukturę przestrzenną głównych typów genetycznych opadów na Żuławach Wiślanych w półroczu ciepłym (IV-IX) lat 1961-1980. Uwzględniono dobowe sumy opadów z 25 miejscowości położonych na Żuławach Wiślanych i w ich najbliższym otoczeniu. Identyfikacji typów genetycznych opadów dokonano na podstawie analizy map pogody zawartych w codziennych Biuletynach Synoptycznych IMGW. Wyróżniono trzy główne typy genetyczne opadów: opad w niżu barycznym, opad na froncie atmosferycznym i opad konwekcyjny. Dla tak wydzielonych typów genetycznych opadów scharakteryzowano wielkości wybranych wskaźników opadu: sumy opadu, częstość dni z opadem  $\geq 0,1$  mm,  $\geq 1,0$  mm i  $\geq 10,0$  mm oraz obfitość opadów.

## WSTĘP

Opady atmosferyczne w Polsce wywołane są cyrkulacją atmosfery w średnich szerokościach geograficznych i są skutkiem częstego przemieszczania się niżów i frontów atmosferycznych. Do czynników modyfikujących sumy opadu w skali mezoregionu należą: orografia, ekspozycja w stosunku do przeważających wiatrów, sąsiedztwo Morza Bałtyckiego. Czynniki lokalnymi, mogącymi powodować podwyższenie sum opadu atmosferycznego, są np. rozległy obszar zurbanizowany (LORENC 1978) bądź leśny (PASZYŃSKI 1955). W porze letniej znaczny odsetek opadów powstaje w wyniku konwekcji (WOŚ 1999). Z punktu widzenia genezy opadu można więc wyróżnić opady w niżu, frontalne oraz konwekcyjne (KUPCZYK, SULIGOWSKI 1997)

Wśród wielu analiz stosunków pluwiometrycznych w skali regionalnej dominują prace charakteryzujące wpływ

uwarunkowań cyrkulacyjnych na występowanie opadów atmosferycznych. Informacje dotyczące charakterystyk opadowych południowych wybrzeży Bałtyku znaleźć można w pracach MONIAKA (1952), BOROWIKA (1964) oraz KWIECIEŃ i TARANOWSKIEJ (1974). Analizą zmienności opadów w otoczeniu Zalewu Wiślanego zajmowały się KWIECIEŃ i WIELBIŃSKA (1975). Stosunki opadowe delty Wisły analizowano również w aspekcie bilansu wodnego (WIELBIŃSKA 1979) oraz klimatycznego bilansu wodnego (TRAPP 1993). Ta ostatnia praca analizuje stosunki pluwiometryczne Żuław Wiślanych w półroczu ciepłym (IV-IX) w zależności od makrotypów cyrkulacji atmosferycznej i wpisuje się, podobnie jak praca MIĘTUSA i FILIPIAKA (2002), w szereg analiz próbujących określić rolę cyrkulacji w kształtowaniu zmienności przestrzennej i czasowej opadów w otoczeniu Zatoki Gdańskiej. Prognozę przebiegu zmienności opadów do

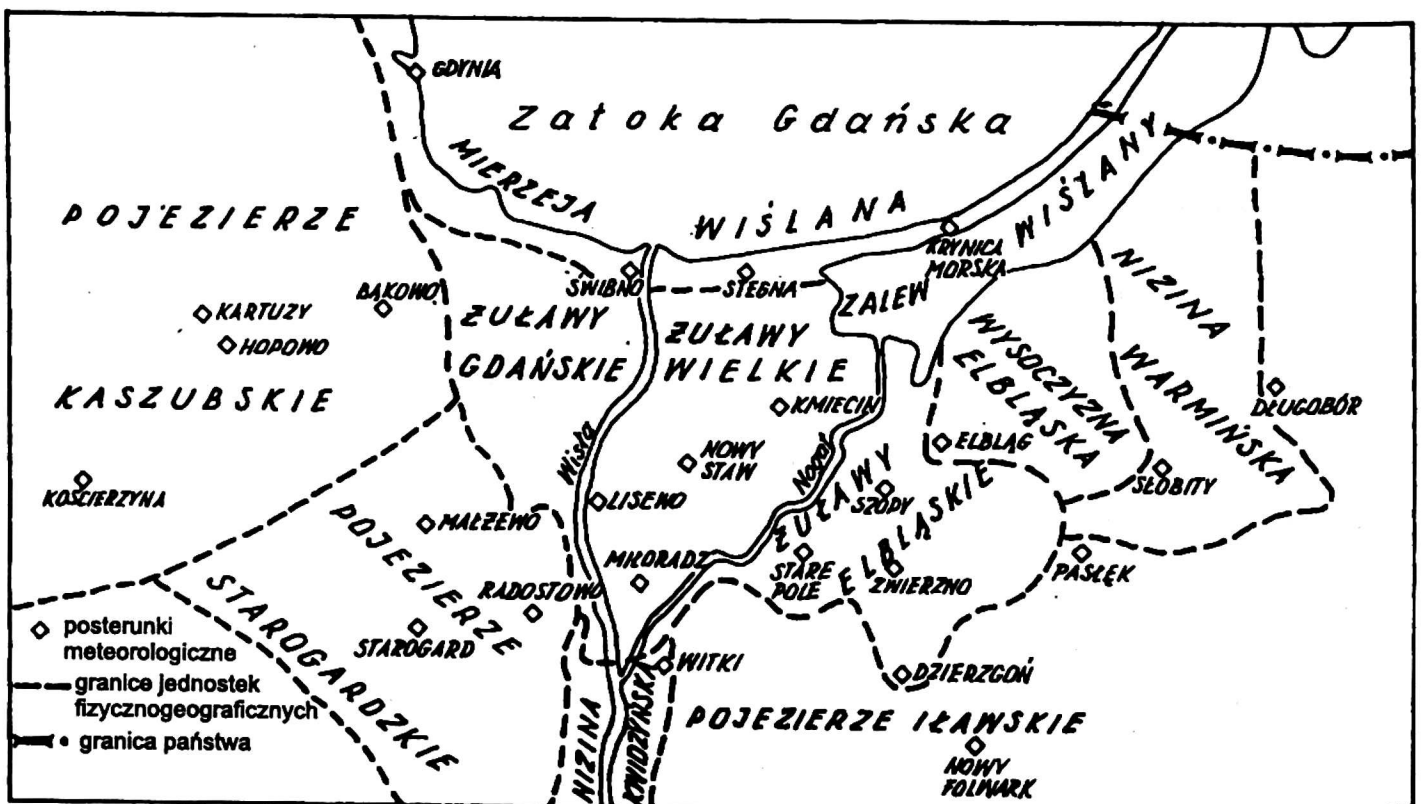
roku 2030 w rejonie polskiego wybrzeża zaproponował MIĘTUS (1996). Niewiele jest prac określających cechy opadów w zależności od ich typu genetycznego (MICHAŁOWSKI, WARAKOMSKI 1974; KUPCZYK, SULIGOWSKI 1997), a dla Żuław takie nie powstały.

Celem niniejszej pracy jest identyfikacja typów genetycznych opadów oraz charakterystyka ich struktury przestrzennej na Żuławach Wiślanych. Analizy zróżnicowania przestrzennego opadów dokonano na tle regionów sąsiednich, oddziałujących na opady w delcie Wisły (TRAPP 1993). Obszar badań stanowi delta Wisły wraz z regionami sąsiednimi, obejmującymi od zachodu – wschodni skłon Pojezierza Kaszubskiego i Pojezierze Starogardzkie, od południa – północną i północno-wschodnią część Pojezierza Iławskiego, a od wschodu Wysoczyznę Elbląską i Nizinę Warmińską (rys. 1). Analizę genezy opadów przeprowadzono dla półroczy ciepłych (IV–IX) lat

1961–1980, uznając, że jest to okres roku, w którym występują opady wywołane konwekcją. W pracy wykorzystano dobowe sumy opadu atmosferycznego z 25 stacji meteorologicznych i posterunków opadowych położonych na obszarze badań. Dane pochodzą ze zweryfikowanej bazy danych klimatycznych Katedry Meteorologii i Klimatologii UG (WYSZKOWSKI, TRAPP 1987). Analizę sytuacji synoptycznych przeprowadzono na podstawie map zawartych w Biuletynach Synoptycznych IMGW.

#### IDENTYFIKACJA TYPU GENETYCZNEGO OPADU

Podział zbioru danych dotyczących opadów na opady określonej genezy jest skomplikowany. Według KUPCZYK i SULIGOWSKIEGO (1997) można tego dokonać w dwojaki sposób: analizując sytuację



Rys. 1. Lokalizacja posterunków meteorologicznych na tle jednostek fizyczno-geograficznych obszaru badań

Fig. 1. Location of weather stations and physico-geographical units

synoptyczną i lokalne warunki meteorologiczne poszczególnych przypadków opadów i na tej podstawie ustalić typy genetyczne opadów lub metodą analizy statystycznej charakterystyk opadów wybranych w taki sposób, aby różnicowały opady ze względu na genezę.

W artykule wykorzystano pierwszą metodę, posiłkując się metodyką zaproponowaną przez WARAKOMSKIEGO (1961) do określenia zachmurzenia i rodzaju chmur w zależności od mas powietrznych w Polsce. Podstawą do określenia sytuacji synoptycznych były mapy zawarte w codziennych Biuletynach Synoptycznych IMGW. Mapy pochodziły z dwóch (00 i 12 UTC w latach 1961–1972) lub jednego (00 UTC w latach 1973–1980) głównego terminu synoptycznego. Starano się prześledzić rozwój sytuacji synoptycznej w ciągu doby opadowej, czyli od godz. 6 UTC do godz. 6 UTC dnia następnego. Stąd o zakwalifikowaniu dnia do określonej sytuacji synoptycznej decydowała analiza map z godziny 00 (ewentualnie 12) UTC tego dnia oraz z godz. 00 UTC dwóch następnych dni (ewentualnie z godz. 12 UTC dnia następnego). Przyjęto przy tym ostre kryteria klasyfikowania dni do poszczególnych sytuacji synoptycznych. W przypadku, gdy zachodziło podejrzenie, iż w którejkolwiek ze stacji obszaru badawczego może wystąpić opad związany z nadciągającym frontem lub niżem, zaliczano ten dzień do dni z sytuacją fronta lub niżową. Podobnie postępowano w sytuacji po przejściu frontu lub niżu. Takie postępowanie umożliwiło utworzenie kilku lub kilkunastogodzinnego „marginesu bezpieczeństwa”, koniecznego do wychwycenia dni z opadem „czysto” konwekcyjnym.

Wyróżniono 8 sytuacji synoptycznych, na podstawie których możliwa jest identyfikacja typu genetycznego opadu: sytuację dynamiczną, front ciepły, front

chłodny, front okluzji, niż, słabogradientowe pole ciśnienia, klin wyżowy i wyż. W tym miejscu wyjaśnienia wymaga określenie „sytuacja dynamiczna”. Za dobę opadową z sytuacją dynamiczną uznano taką dobę, w trakcie której nad obszarem badań przesunęły się front ciepły i front chłodny, niejednokrotnie z frontem okluzji.

#### SYTUACJE SYNOPTYCZNE W POLSCE PÓLNOCNEJ

W celu uzyskania większej przejrzystości analiz wydzielone sytuacje synoptyczne połączono w 3 grupy, odpowiadające typom genetycznym opadu: sytuacje z niżem, sytuacje z frontem oraz sytuacje obejmujące występowanie w Polsce północnej wyżu, klina wyżowego lub słabego gradientu ciśnienia, kiedy to może dojść do powstania opadu konwekcyjnego. Te ostatnie sytuacje nazwano „konwekcyjnymi”. Można dyskutować zasadność wydzielenia sytuacji z niżem i z frontem, gdyż opady występujące w tych sytuacjach mają tę samą genezę, tzn. powstają na skutek wielkoskalowych procesów wywołanych cyrkulacją atmosferyczną w średnich szerokościach geograficznych. W opracowaniu tym zastosowano jednak podział genetyczny zaproponowany przez KUPCZYK i SULIGOWSKIEGO (1997).

Częstość występowania poszczególnych sytuacji synoptycznych w półroczu ciepłym w Polsce Północnej nie jest jednakowa.

W półroczu ciepłym lat 1961–1980 dominowały w Polsce Północnej sytuacje konwekcyjne – średnio przez ok. 86 dni, choć prawdopodobieństwo ich wystąpienia w półroczu ciepłym nie przekraczało 50%. Niewiele ponad 70 dni w półroczu ciepłym w Polsce Północnej to dni z frontem (częstość 38,6%), natomiast

Tabela 1. Wybrane charakterystyki statystyczne sytuacji synoptycznych w Polsce Północnej w półroczu ciepłym w okresie 1961–1980

Table 1. Selected statistics of synoptic situations in North Poland in the warm season of 1961–1980

Sytuacja synoptyczna Synoptic situation	Liczba dni ogółem Total number of days	Średnia liczba dni w półroczu Average number of days	Częstość wystąpienia sytuacji synoptycznej Frequency of synoptic situation	Średnia długość okresu z jedną sytuacją synoptyczną Average number of days with particular synoptic situation	Maksymalna długość okresu z jedną sytuacją synoptyczną Maximum number of days with particular synoptic situation
			[%]	dni – days	
z niżem – with a depression	527	26,4	14,4	1,50	7
z frontem – with a front	1414	70,7	38,6	1,83	11
konwekcyjne – convective	1719	85,9	47,0	2,40	14

przez ok. 26 dni pogodę na obszarze badań kształtował niż. Sytuacje z niżem to sytuacje, które utrzymywały się nad Polską Północną najkrócej, bo średnio półtora dnia, choć maksymalna długość okresu z sytuacją niżową wyniosła 7 dni. Przejście frontu lub rodziny frontów trwało w badanym okresie nad Polską Północną średnio 1,8 dnia. Maksymalny okres, kiedy w obszarze badań o pogodzie decydował front, to 11 dni. Najbardziej trwały były sytuacje konwekcyjne, które utrzymywały się nawet do 14 dni. Średni czas trwania takich sytuacji to 2,4 dnia.

#### OPADY A SYTUACJE SYNOPTYCZNE

W celu scharakteryzowania zależności między ilością wody dochodzącej do powierzchni Żuław Wiślanych a sytuacjami synoptycznymi w Polsce Północnej obliczono opad obszarowy w tym mezoregionie. W tym celu wykorzystano metodę wieloboków równomiernego zadeszczenia. Za granicę regionu przyjęto poziom 10 m n.p.m. Zbadano zmienność

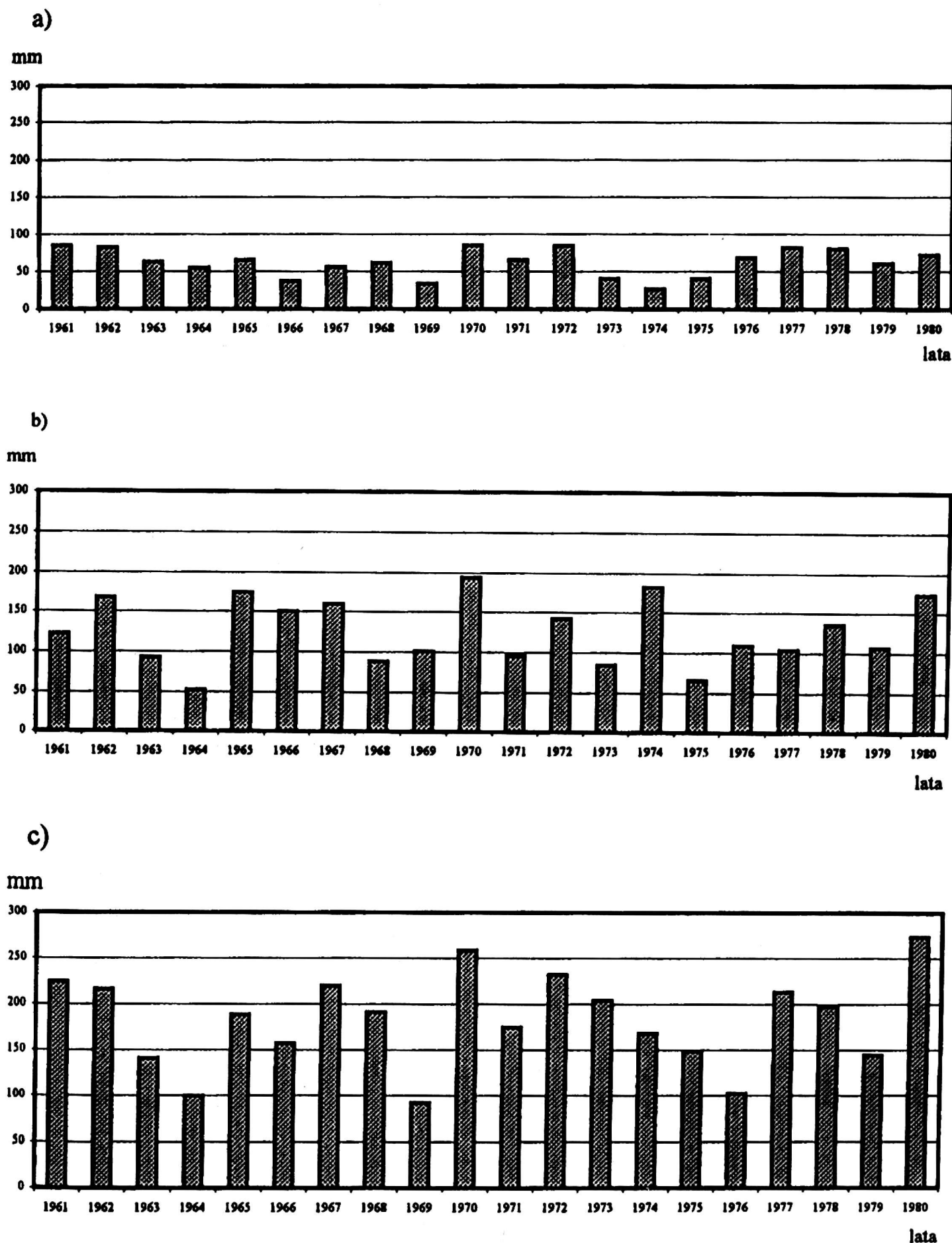
czasową tego wskaźnika. Przeanalizowano również zróżnicowanie przestrzenne opadów, liczbę dni z opadem oraz wydajność dnia opadowego w poszczególnych sytuacjach synoptycznych.

#### SYTUACJE SYNOPTYCZNE A SUMY OPADU

Średnia suma opadu obszarowego na Żuławach Wiślanych w półroczach ciepłych lat 1961–1980 wynosiła 369,2 mm. Najwięcej opadu na Żuławach Wiślanych w półroczu ciepłym pochodziło z frontów atmosferycznych. Wartość ta wyniosła w latach 1961–1980 ok. 180,0 mm (49% średniej sumy opadu w półroczu ciepłym). Średnie półroczne sumy opadu obszarowego pochodzącego z niżu osiągały wówczas 125,0 mm i stanowiły 35% sum opadów w tym półroczu. Z kolei w wyniku opadów konwekcyjnych Żuławy Wiślane otrzymywały w półroczu ciepłym lat 1961–1980 niewiele ponad 60 mm wody (16% średniej półrocznej sumy opadu obszarowego).

Najsuchsze w dwudziestoleciu 1961–1980 okazały się półrocza ciepłe lat 1964 i 1969 (rys. 2). Opad pochodzenia fron-





Rys. 2. Średnie sumy opadu obszarowego w półroczu ciepłym lat 1961–1980 na Żuławach Wiślanych

a – opady konwekcyjne; b – opady w niżu; c – opady frontalne

Fig. 2. Average totals of precipitation in the warm season of 1961–1980 in the Vistula River Delta  
a – convective precipitation; b – depression precipitation; c – frontal precipitation

talnego był w obu półroczach zbliżony (99,7 mm w 1964 r. i 91,8 mm w 1969 r.), opad z niżu był w półroczu ciepłym 1969 r. prawie dwukrotnie większy niż w półroczu ciepłym roku 1964 (odpowiednio 100,4 i 52,4 mm), z kolei opad konwekcyjny w półroczu ciepłym 1964 r. znacznie przekraczał ten z półrocza ciepłego 1969 r. (54,6 mm i 33,8 mm).

Najbardziej wilgotne półrocza ciepłe badanego okresu wystąpiły w latach 1970 i 1980. Sumy opadu określonej genezy w obu tych półroczach były zbliżone. Z opadu frontального spadło 258,8 mm deszczu w półroczu ciepłym roku 1970 i 273,7 mm w tymże półroczu roku 1980. Opady pochodzenia niżowego wynosiły w 1970 r. 194,2 mm, a w 1980 – 174,1 mm. Równie wyrównane wartości zanotowano dla opadu konwekcyjnego, 85,2 mm w półroczu ciepłym roku 1970 i 72,2 mm w półroczu ciepłym roku 1980.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że w badanym dwudziestoleciu sumy opadu półrocznego określonej genezy wykazywały dużą zmienność. Suma półroczna opadu frontального z roku 1980 (273,7 mm) osiągnęła niemal czterokrotnie sumę opadu obszarowego pochodzenia frontального z roku 1969 (91,8 mm). Podobnie było w przypadku opadów konwekcyjnych (33,8 mm w 1969 r. wobec 85,2 mm w roku 1970).

W przypadku opadów w niżu barycznym najniższa suma półroczna opadu – 52,4 mm w 1964 r. była ok. czterokrotnie niższa niż maksymalna suma opadu w niżu w półroczu ciepłym roku 1970, której wartość wyniosła 194,2 mm.

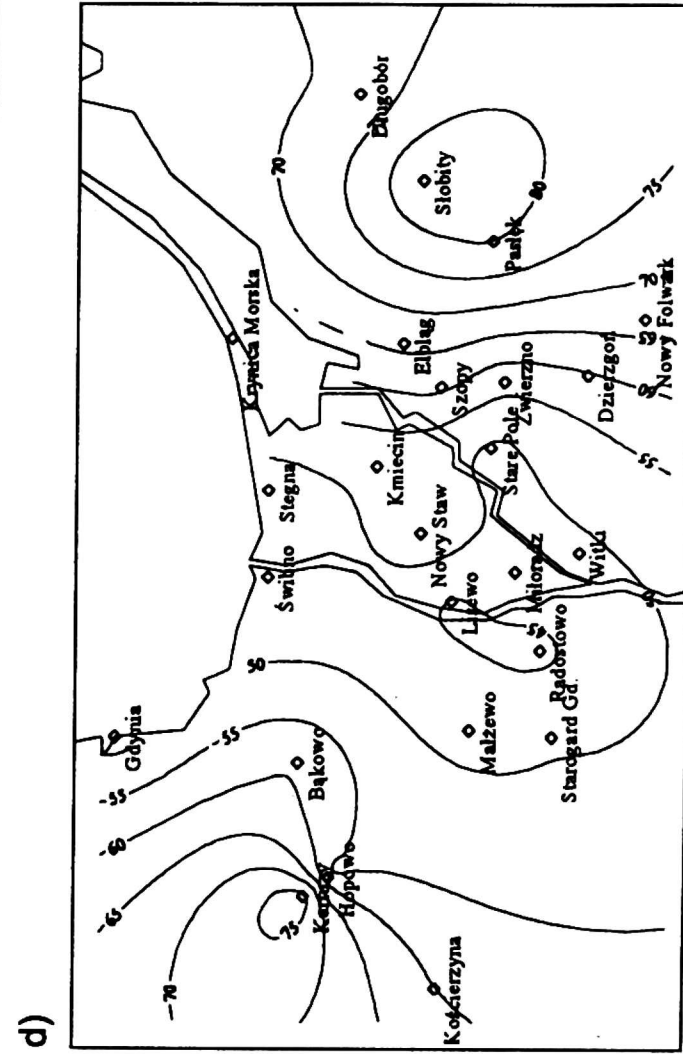
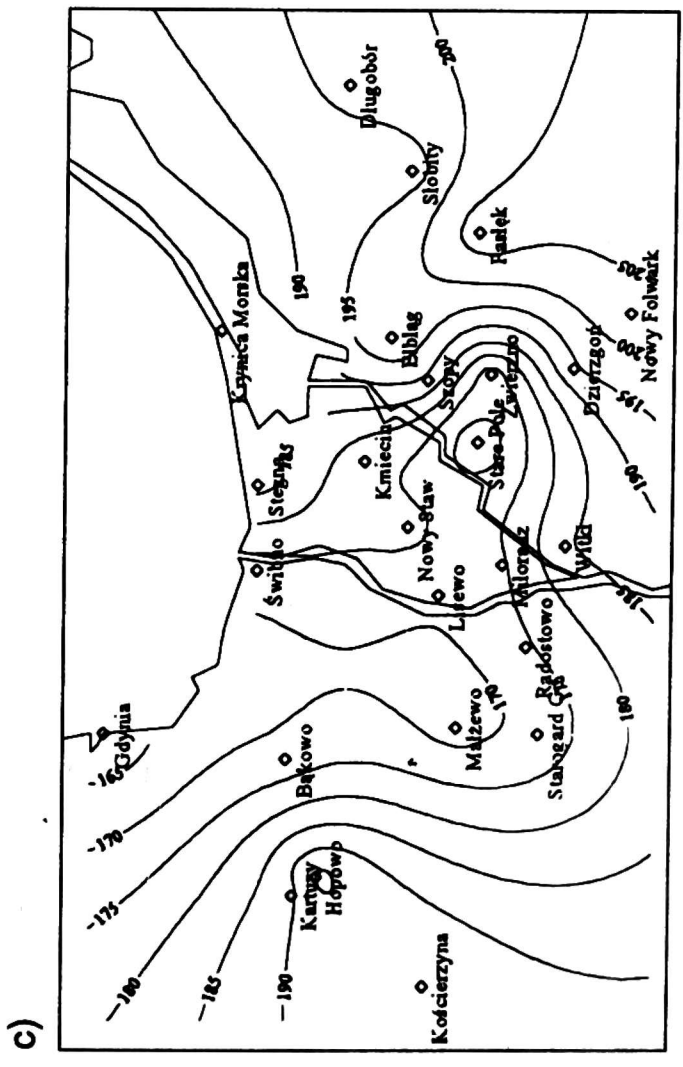
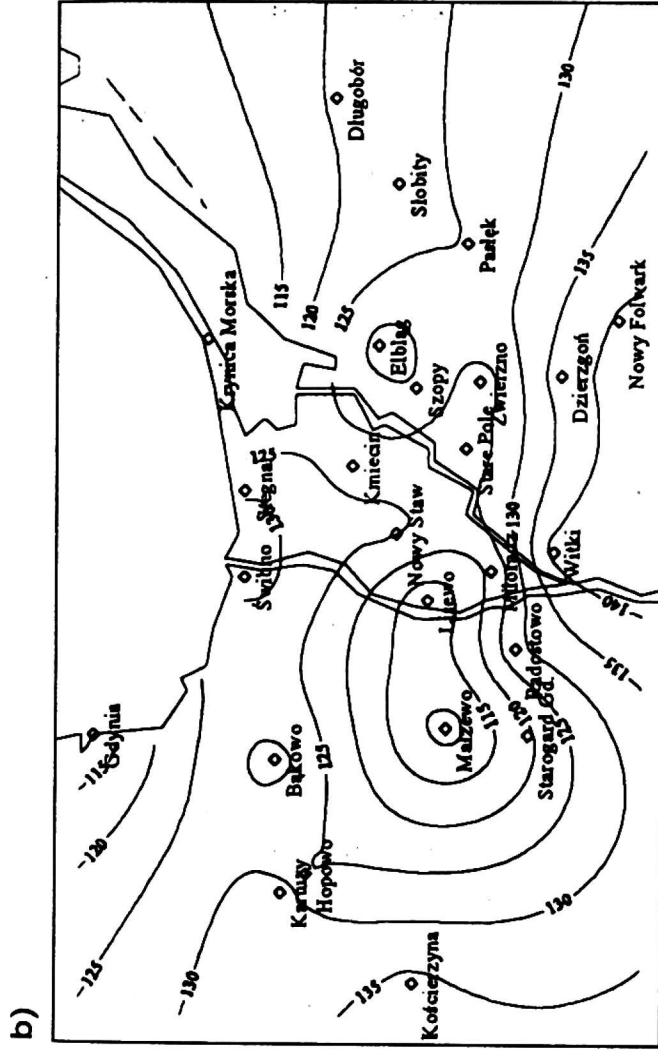
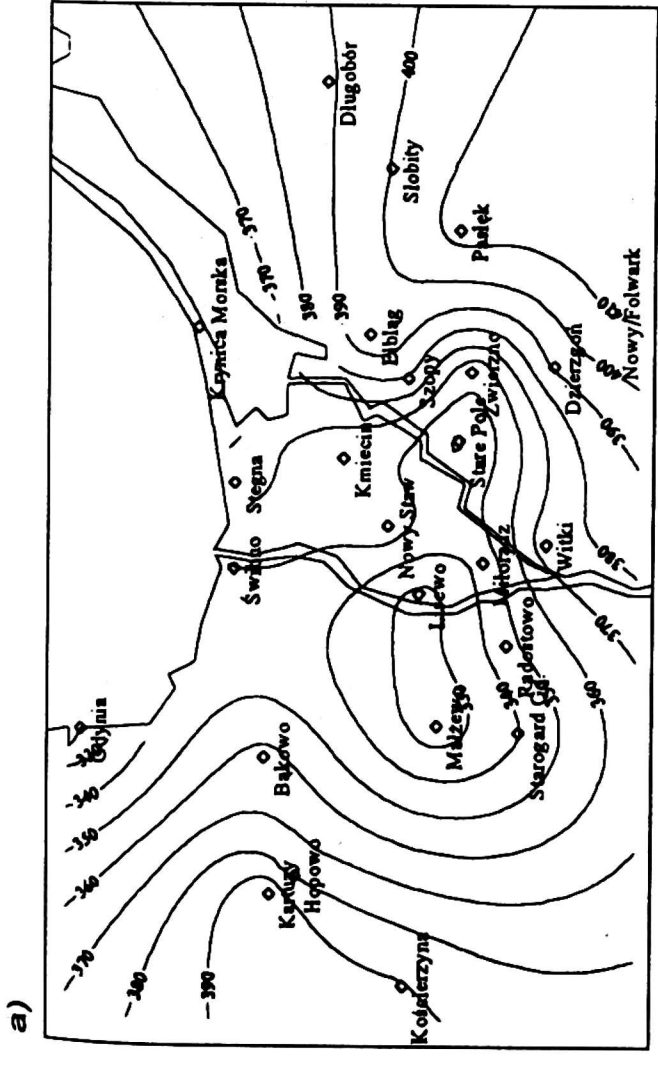
Rozkład przestrzenny opadów atmosferycznych o odmiennej genezie nawiązuje do rozkładu opadów w półroczu ciepłym (rys. 3a), opisywanego przez wielu autorów (TRAPP 1993). Jego cechą są niższe wartości sum opadów notowanych na stacjach żuławskich w stosunku do tych notowanych na stacjach położonych na obszarach sąsiednich. Drugim charakterystycznym elementem rozkładu opadów są niższe opady na Żuławach Gdańskich, znajdujących się w cieniu opadowym Pojezierza Kaszubskiego, w stosunku do opadów Żuław Wielkich i Elbląskich, otrzymujących najwięcej wody opadowej. Taką sytuację tłumaczy się położeniem Żuław Elbląskich poza cieniem opadowym Pojezierza Kaszubskiego, na przedpolu osiagającej 150 m n.p.m. Wysoczyzny Elbląskiej.

Najmniejsze na Żuławach Wiślanych średnie półroczne sumy opadu związanego z niżem notowane są na stacji Lisewo, położonej na Żuławach Wielkich na wysokości 7 m n.p.m., i wynoszą poniżej 115 mm (rys. 3b). Natomiast

Tabela 2. Wybrane charakterystyki statystyczne opadów na Żuławach Wiślanych w półroczu ciepłym w latach 1961–1980 w poszczególnych sytuacjach synoptycznych

Table 2. Selected statistics of genetic types of precipitation in the Vistula River Delta in the warm season of 1961–1980

Typ genetyczny opadu Genetic type of precipitation	Średni opad obszarowy Average areal totals	Maksymalny opad dobowy Maximum daily precipitation	Miejsce i data wystąpienia opadu maksymalnego Place and time of maximum precipitation
	[mm]		
w niżu – in a depression	125,0 (35%)	96,7	Stegna, 25.07.1975
frontalny – on a front	182,2 (49%)	108,0	Lisewo, 10.07.1980
konwekcyjny – convective	62,0 (16%)	73,1	Szopy, 12.09.1965



Rys. 3. Średnie sumy opadu w półroczu ciepłym lat 1961–1980 na Żuławach Wiślanych [mm]  
 a – ogółem; b – w niżu barycznym; c – na froncie atmosferycznym; d – w sytuacji konwekcyjnej

Fig. 3. Totals of precipitation in the warm season of 1961–1980 in the Vistula River Delta  
 s – average; b – in a depression; c – on a front; d – convective

wśród stacji położonych poza Żuławami najmniejsze sumy opadu niżowego otrzymywała w badanym okresie stacja Małzewo (poniżej 110 mm), zlokalizowana na Pojezierzu Starogardzkim na wysokości 78 m n.p.m. Średnie sumy opadu w niżu wzrastały w kierunku północnym, wschodnim oraz południowym, osiągając 130 mm, a na krańcach południowych przekraczając nawet 135 mm. Niższe sumy opadu otrzymywały tylko Gdynia i Krynica Morska.

Rozkład opadu zbliżony do rozkładu średnich półrocznych sum opadu charakteryzuje opady frontalne (rys. 3c). Wyraźnie zaznaczał się cień opadowy obejmujący zachodnią część Żuław Gdańskich, ze średnimi sumami opadów poniżej 170 mm. Obszar obniżonych wartości opadów frontalnych obejmował również okolice Starego Pola na Żuławach Elbląskich. Średnie półroczne sumy opadu frontalnego wzrastały w kierunku wschodnim, by w okolicach Elbląga uzyskać wartość ok. 195 mm. Zaznaczył się wyraźny wpływ orografii na sumy opadu frontalnego, albowiem największe sumy opadów otrzymywały stacje położone najwyżej.

Najmniejsze sumy opadu konwekcyjnego (rys. 3d) notowano w centralnej części Żuław wzdłuż Wisły, przy czym minimum średnich półrocznych sum opadu konwekcyjnego nie przekraczała 45 mm w Lisewie oraz w Radostowie, położonym na Pojezierzu Starogardzkim na wysokości 40 m n.p.m. Sumy opadu konwekcyjnego wzrastały nieznacznie w kierunku zachodnim, osiągając w zachodniej części badanego obszaru wartość niewiele ponad 55 mm. Wzrost średnich półrocznych sum opadu konwekcyjnego był wyraźniejszy w kierunku wschodnim, a opad ten osiągał wartość 75 mm. Stacje najwyżej położone notowały opady konwekcyjne w wysokości 75–80 mm (Kartuzy, Słobity), przy czym

nie zaznaczył się wpływ Pojezierza Iławskiego na sumy opadów w części południowej Żuław Wiślanych.

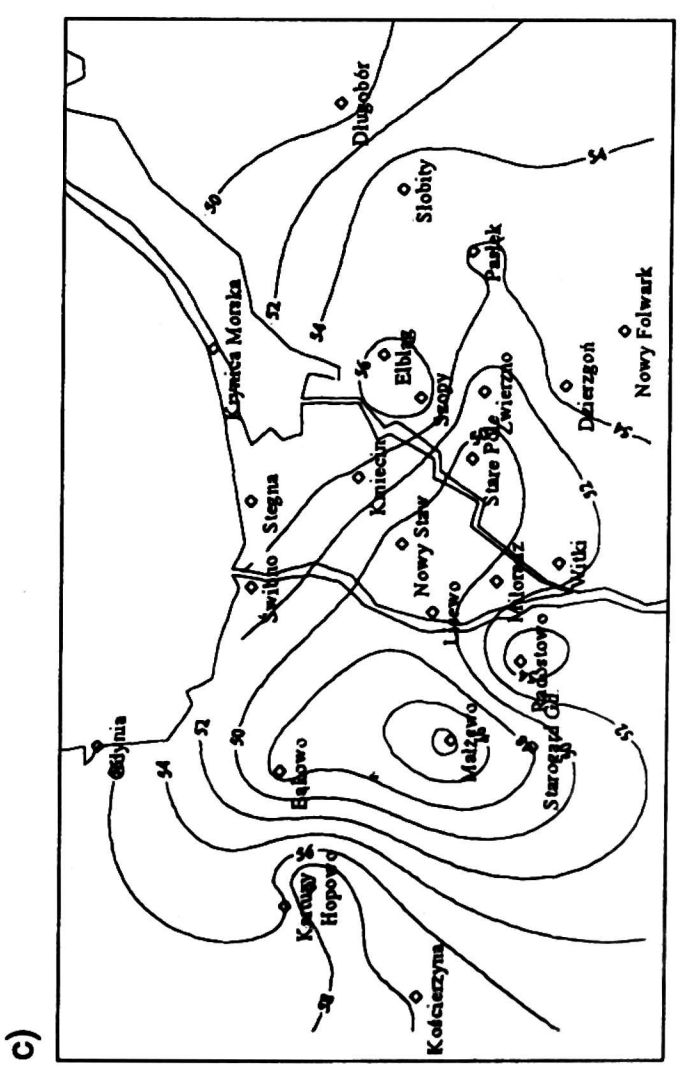
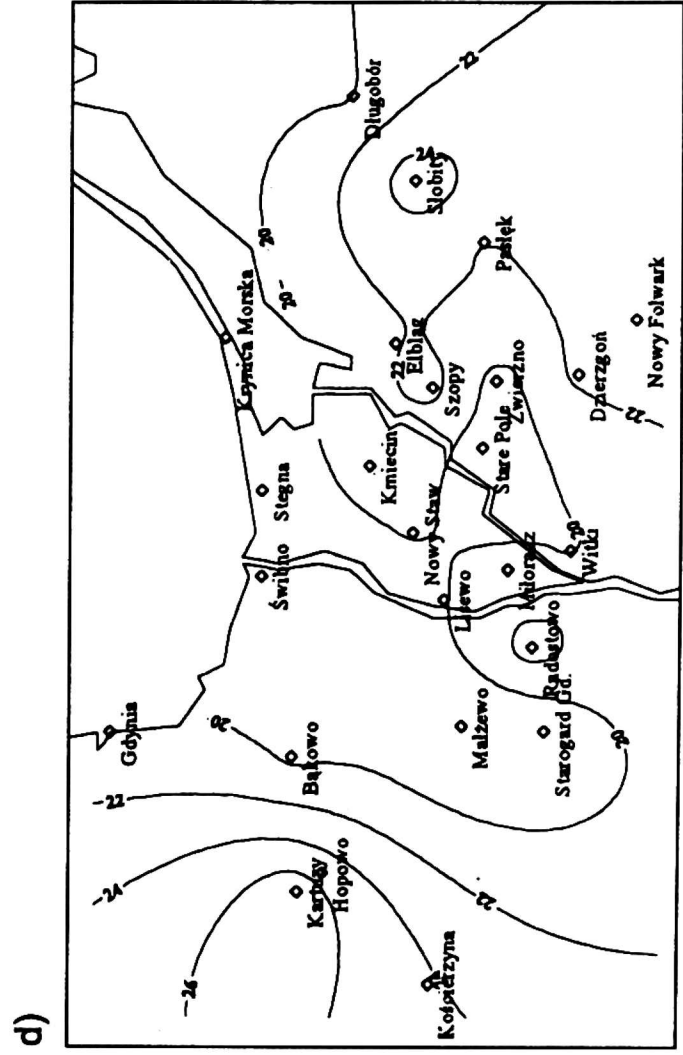
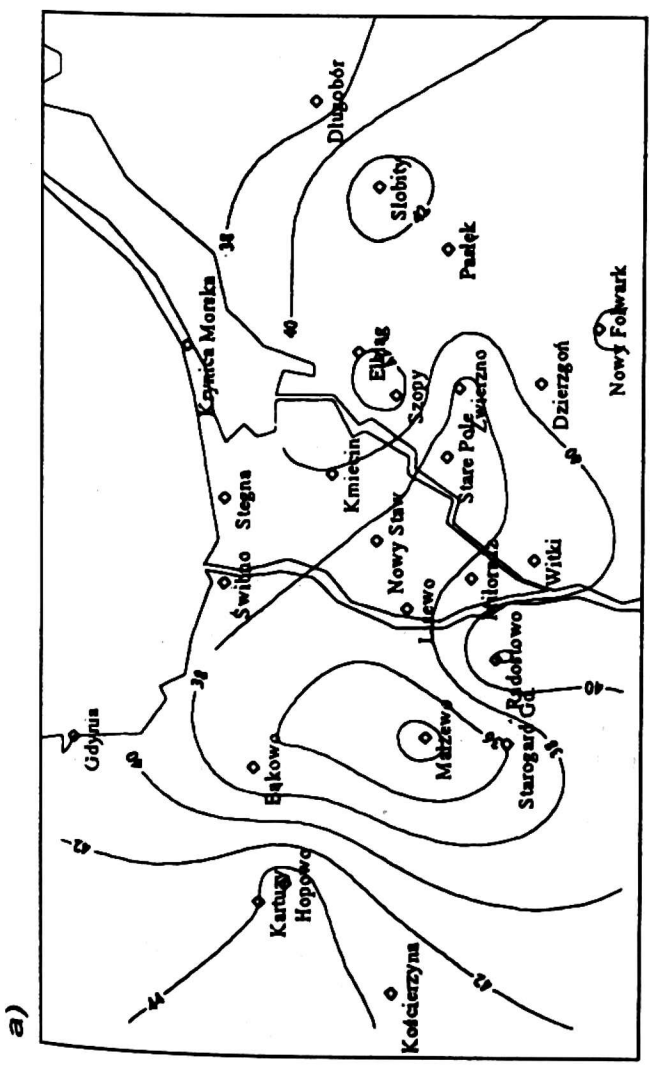
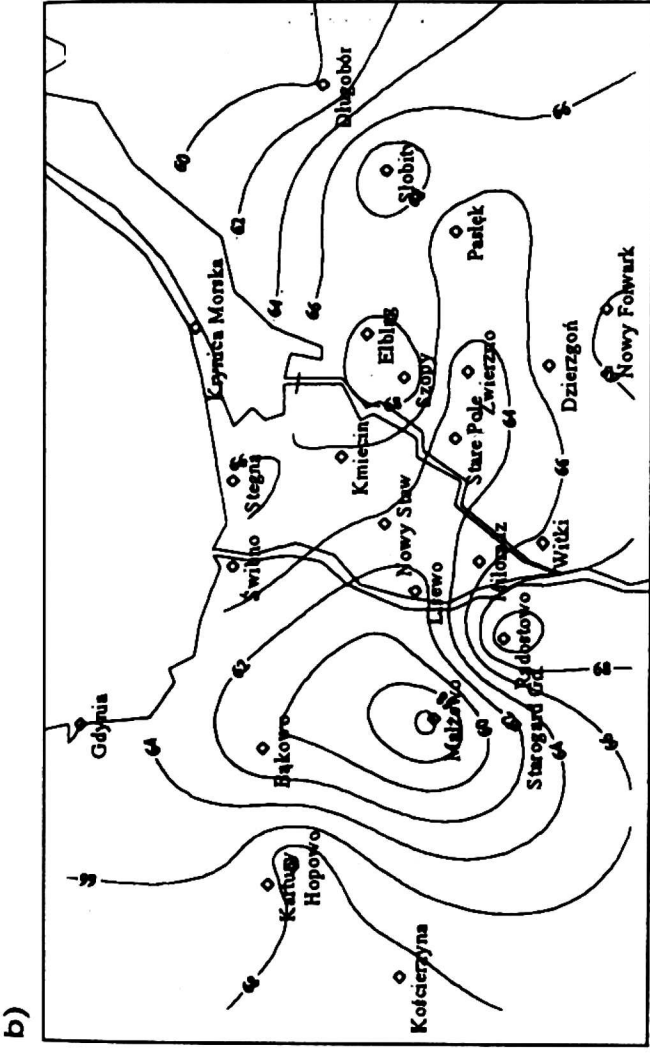
#### CZĘSTOŚĆ DNI Z OPADEM $\geq 0,1$ mm W SYTUACJACH SYNOPTYCZNYCH

Częstość wystąpienia opadu, czyli procentowy udział dni z opadem w całkowitej liczbie dni z daną sytuacją synoptyczną obliczono dla całego okresu półrocza oraz dla sytuacji synoptycznych. Częstość opadu (rys. 4a) była w badanym okresie najmniejsza na Pojezierzu Starogardzkim, reprezentowanym przez stację Małzewo (poniżej 34%) oraz na Żuławach Gdańskich i w południowej części Żuław Wielkich i Elbląskich (ok. 38%). Największe wartości tego wskaźnika zanotowano na Pojezierzu Kaszubskim (Hopowo – ponad 44%) oraz na Nizinie Warmińskiej (Słobity – ponad 42%).

Zróznicowanie przestrzenne częstości dni z opadem wykazywało duże podobieństwo w przypadku opadu niżowego i frontalnego (rys. 4b i c). Najmniejsza wartość tego wskaźnika występowała w Małzewie (55% częstości dni z opadem niżowym i 43% częstości dni z opadem frontalnym), obszar o niskich wartościach obejmował Żuławy Gdańskie i wschodni skłon Pojezierza Kaszubskiego i Starogardzkiego oraz południową część Żuław Wielkich i Elbląskich. Częstość dni z opadem wzrastała w kierunku zachodnim, jak i wschodnim, osiągając w Kościerzynie wartość ok. 69% dla opadu niżowego i 58% dla opadu frontalnego, a w Słobitach odpowiednio 70% i 56%. Lokalne podwyższenie częstości dni z opadem charakteryzowało okolice Elbląga i Szop.

Częstość dni z opadem konwekcyjnym wahała się w badanym okresie od 18% do ponad 27% (rys. 4d). Najniższe wartości występowały na Żuławach Gdańskich, Pojezierzu Starogardzkim oraz





Rys. 4. Częstość opadu w półroczu ciepłym lat 1961-1980 na Żukawach Wiślanych [%]  
 a - ogółem; b - w niżu barycznym; c - na froncie atmosferycznym; d - w sytuacji konwekcyjnej

Fig. 4. Precipitation frequency in the warm season of 1961-1980 in the Vistula River Delta [%]  
 a - average; b - in a depression; c - on a front; d - convective

w przeważającej części Żuław Wielkich, zwłaszcza w ich części północnej i południowej, jak również w południowej części Żuław Elbląskich. O ile w części zachodniej badanego obszaru zaznaczył się wyraźny wzrost częstości opadów konwekcyjnych wraz z wysokością (Kartuzy, 27,4%), o tyle w części wschodniej strefa ta była odsunięta od wybrzeża na południe. Może to świadczyć o wpływie na te opady nie tylko czynnika orograficznego, ale i sąsiedztwa morza.

#### LICZBA DNI Z OPADEM A SYTUACJE SYNOPTYCZNE

Średnia liczba dni z opadem  $\geq 0,1$  mm w półroczu ciepłym wahała się od 60,3 dnia w Małzewie do ponad 83 dni w Hopowie (rys. 5a). Najmniej dni z opadem odnotowano się na Żuławach Gdańskich i w południowej części Żuław Wielkich i Elbląskich. Niewiele było dni z opadem na wschodnim skłonie Pojezierza Kaszubskiego i na Pojezierzu Starogardzkim. Liczba dni z opadem wzrastała w miarę przesuwania się zarówno na wschód, jak i na zachód od rejonu badań, nawiązując do orografii. W rozkładzie przestrzennym liczby dni z opadem  $\geq 0,1$  mm nie zaznaczył się wpływ na ten wskaźnik wyżej od Żuław wzniesionego Pojezierza Iławskiego. Analogiczny był rozkład liczby dni z opadem  $\geq 0,1$  mm w sytuacjach niżowych (rys. 5b). Najmniej dni z opadem w niżu występowało w Małzewie (poniżej 15), na Żuławach Wiślanych ich liczba wynosiła ok. 16–17, by na Pojezierzu Kaszubskim i Iławskim przekroczyć wartość 18. Taka liczba dni z opadem podczas sytuacji niżowej była również charakterystyczna dla okolic Wysoczyzny Elbląskiej i Słobit.

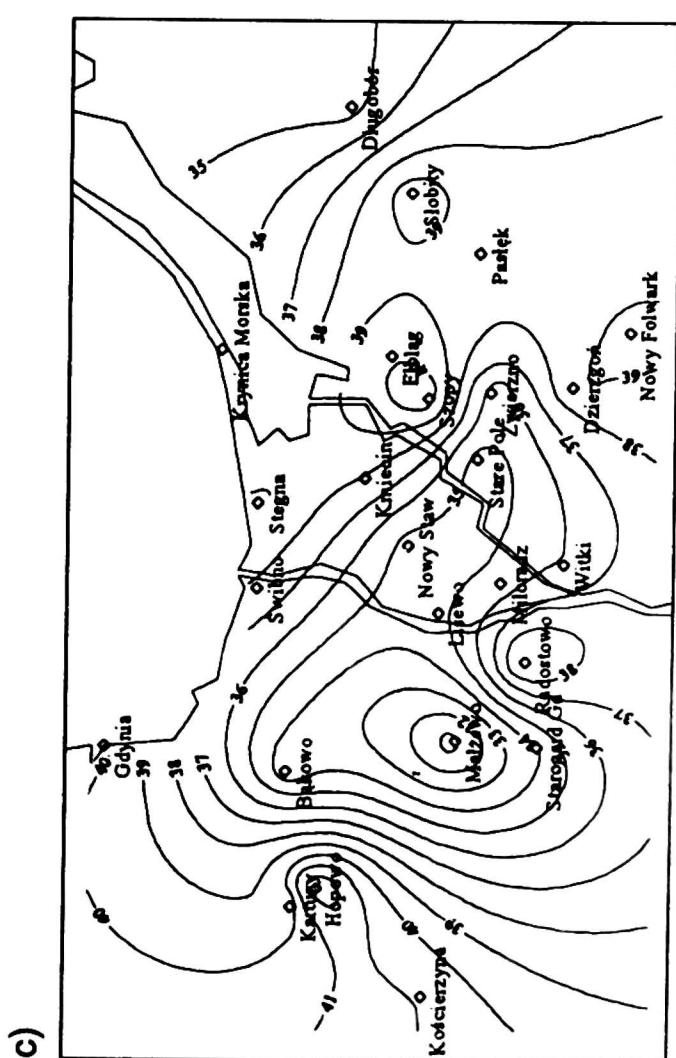
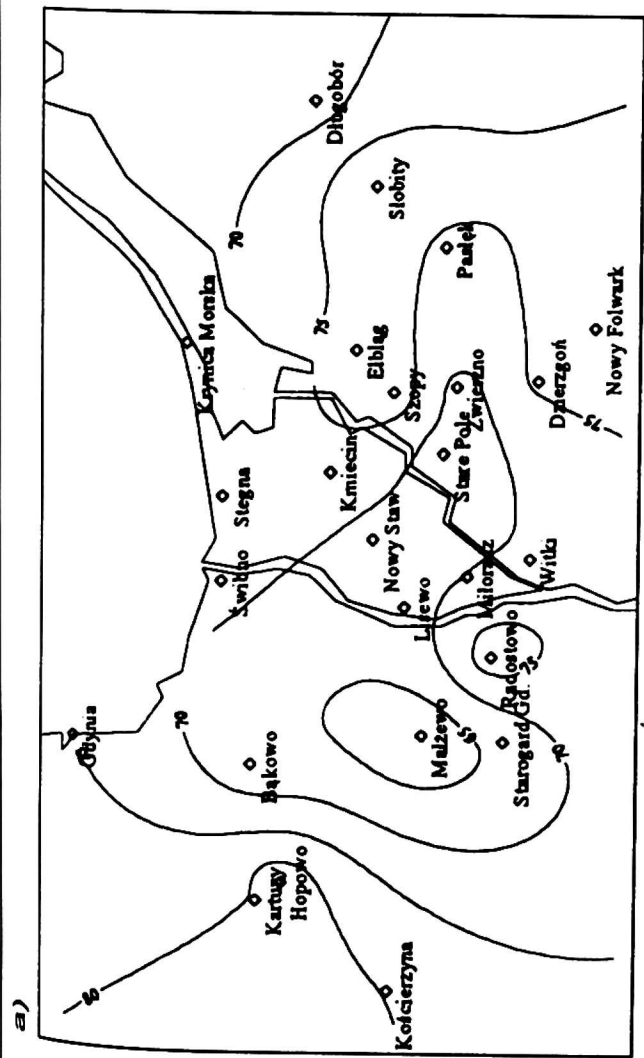
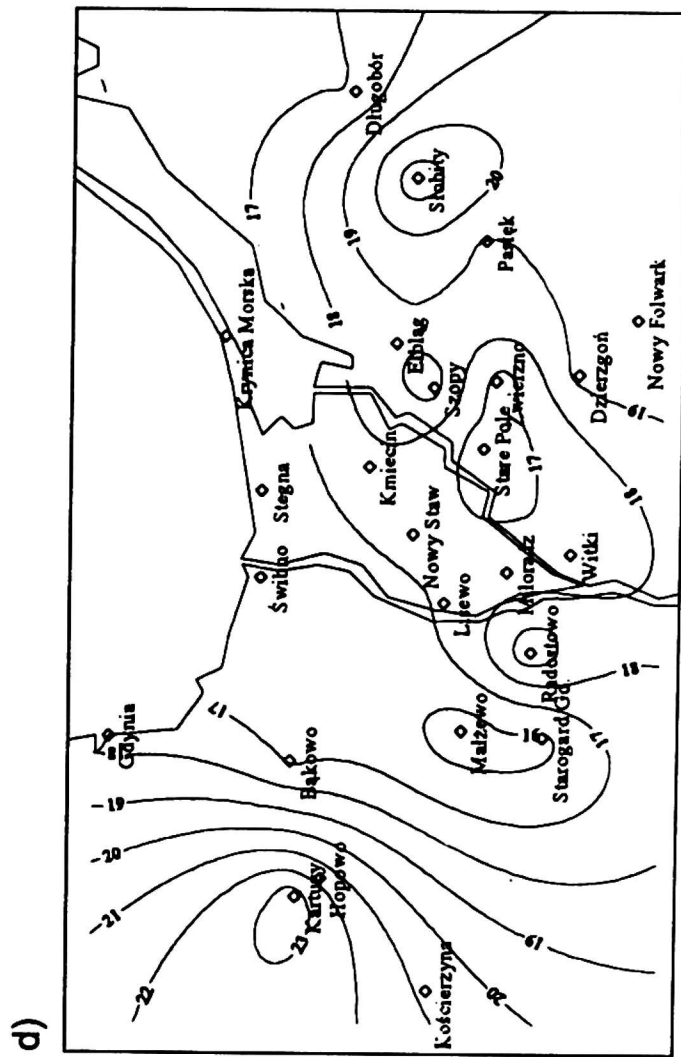
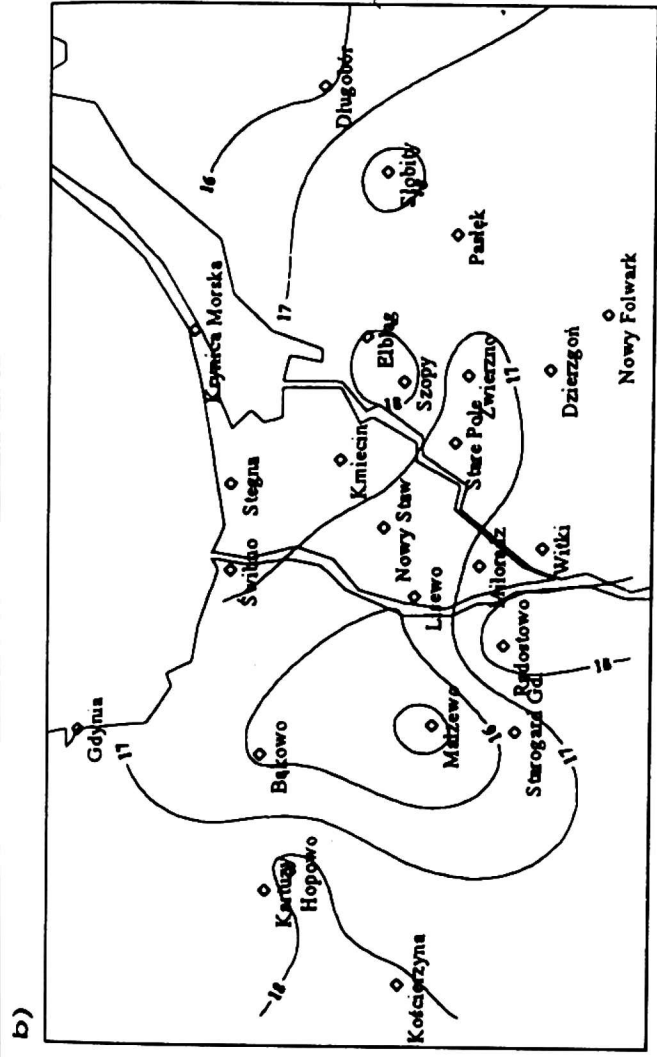
Również w przypadku opadów frontalnych najmniej dni z opadem (poniżej 35) występowało na Żuławach Gdań-

skich oraz w południowej części Żuław Wielkich i Elbląskich (rys. 5c). Wraz z przesuwaniem się na wschód ich liczba rosła (Elbląg – 40 dni, Słobity, Nowy Folwark – 39 dni) a następnie znów malały (Długobór – 35 dni). W zachodniej części badanego obszaru liczba dni z opadem frontalnym  $\geq 0,1$  mm wzrastała wraz z wysokością n.p.m., osiągając w Hopowie wartość ponad 42 dni.

Nieco inaczej kształtował się obraz rozkładu przestrzennego liczby dni z opadem konwekcyjnym  $\geq 0,1$  mm. Najniższe wartości tego wskaźnika obejmowały całe wybrzeże badanego terenu (poniżej 17 dni). Na zachodzie obszar o mniejszej liczbie dni z opadem konwekcyjnym sięgał aż po Pojezierze Starogardzkie, na wschodzie linie jednakowych wartości liczby dni z opadem konwekcyjnym  $\geq 0,1$  mm nawiązywały do przebiegu granic Wysoczyzny Elbląskiej i Niziny Warmińskiej.

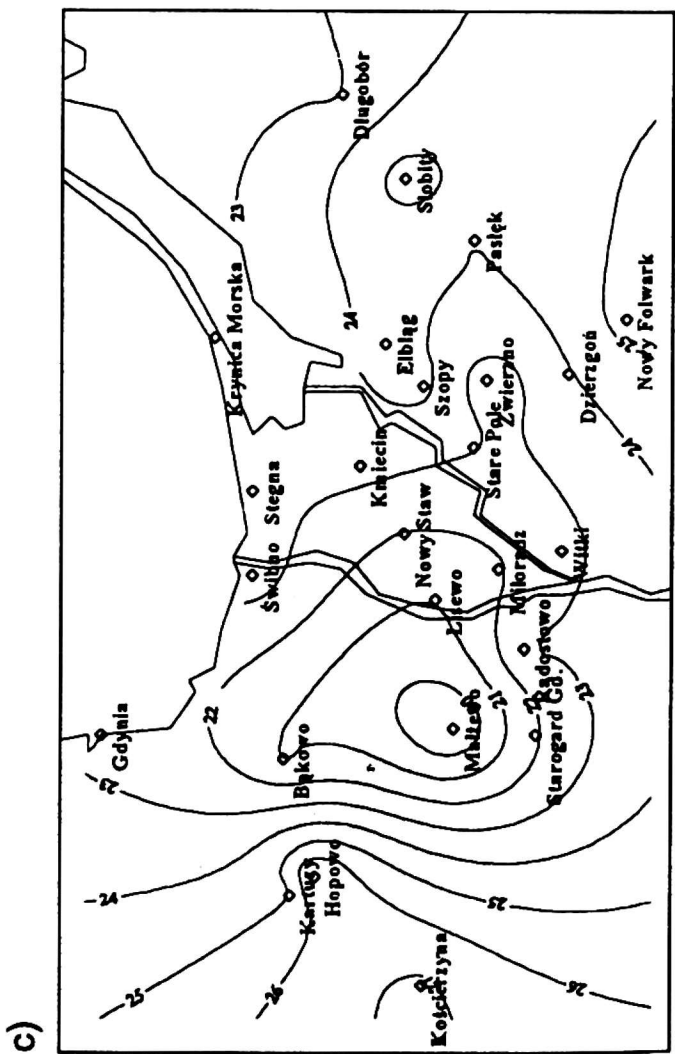
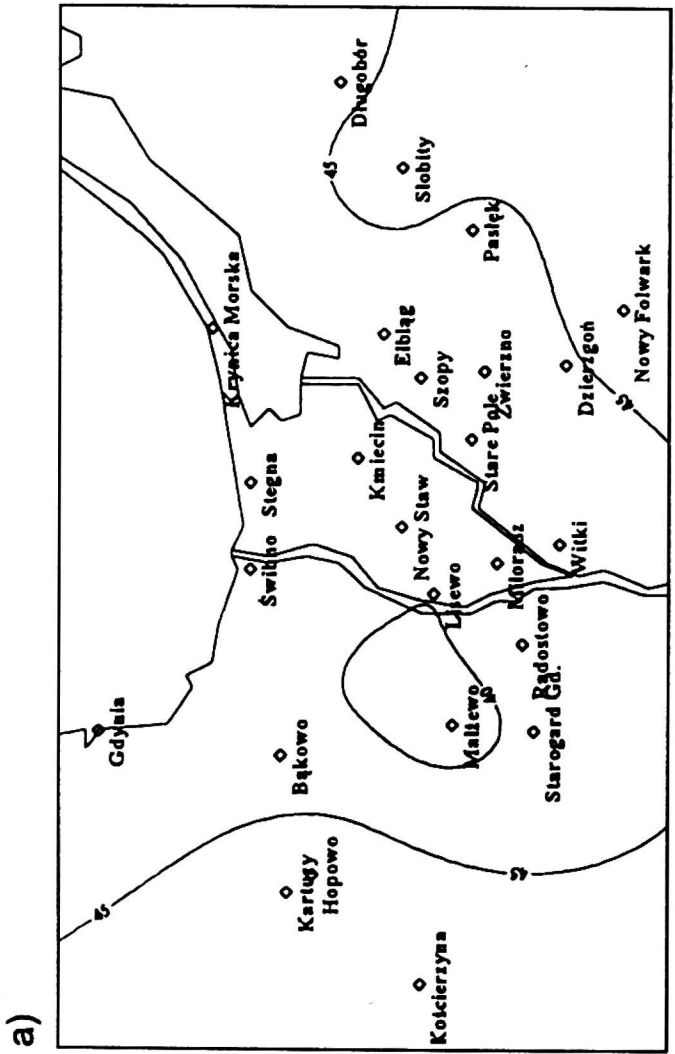
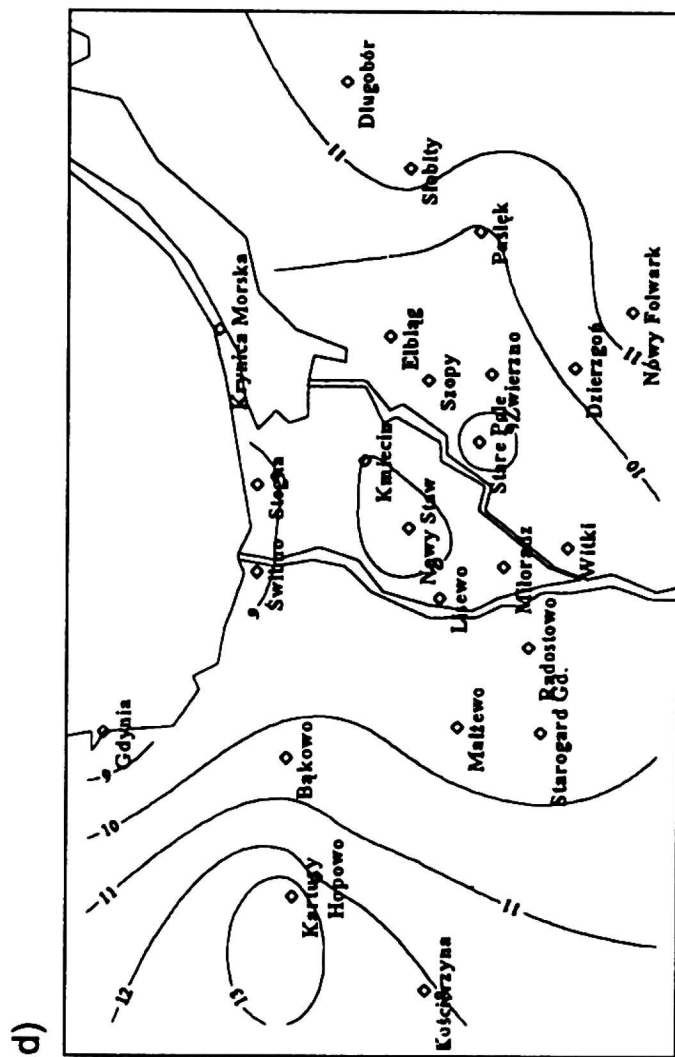
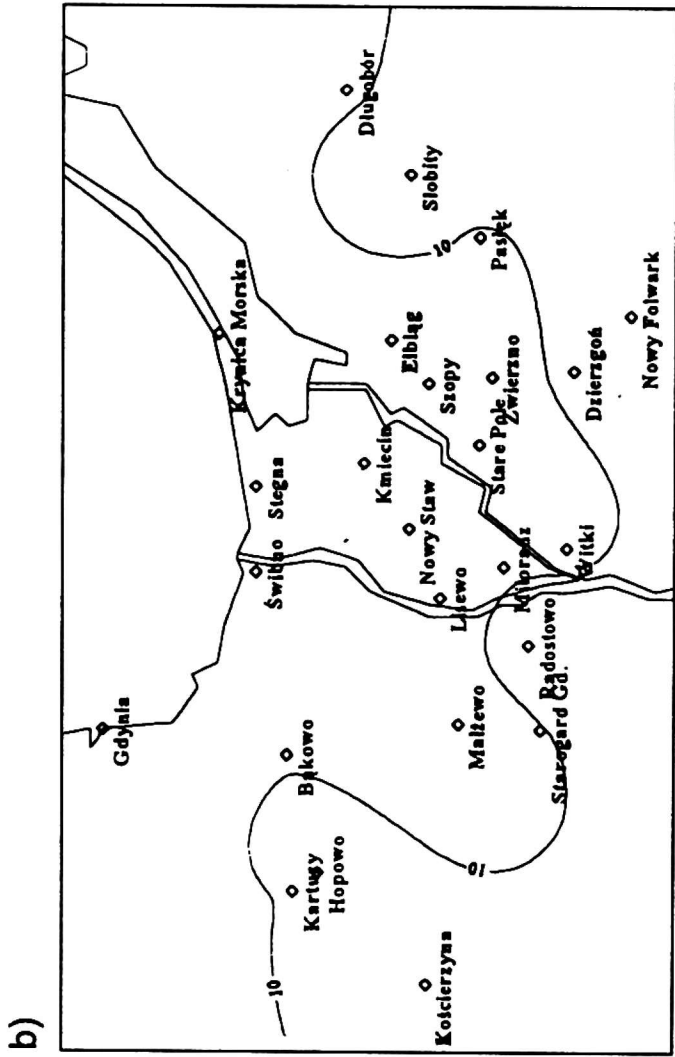
Charakterystyki liczby dni z opadem uzupełniono o średnie półroczne liczby dni z opadem  $\geq 1,0$  mm oraz  $\geq 10,0$  mm.

Średnia liczba dni z opadem  $\geq 1,0$  mm wynosiła w badanym okresie ok. 40 dni (rys. 6a). Obszary położone najwyżej charakteryzowały się liczbą dni z opadem  $\geq 1,0$  mm przekraczającą 45. Najwięcej dni z opadem  $\geq 1,0$  mm występowało podczas przejścia frontu atmosferycznego (rys. 6c). Ich liczba wahała się od poniżej 23 na Pojezierzu Starogardzkim do powyżej 27 w okolicach Kościerzyny. Liczba dni z opadem konwekcyjnym  $\geq 1,0$  mm (rys. 6d) była najmniejsza na stacjach położonych na wybrzeżu (poniżej 9 dni), największa zaś na Pojezierzu Kaszubskim (ok. 13 dni). Najmniejsze zróżnicowanie liczby dni z opadem  $\geq 1,0$  mm charakteryzowało w badanym okresie opady w niżu barycznym (rys. 6b). Poniżej 10 dni z takim opadem występowało na Żuławach Wiślanych i w północnej części badanego regionu,



Rys. 5. Średnia liczba dni z opadem  $\geq 0,1$  mm na Żuławach Wiślanych w półroczu ciepłym lat 1961–1980  
 a – ogółem; b – w niżu barycznym; c – na froncie atmosferycznym; d – w sytuacji konwekcyjnej

Fig. 5. Average number of days with precipitation  $\geq 0.1$  mm in the warm season of 1961–1980 in the Vistula River Delta  
 a – total; b – in a depression; c – on a front; d – convective

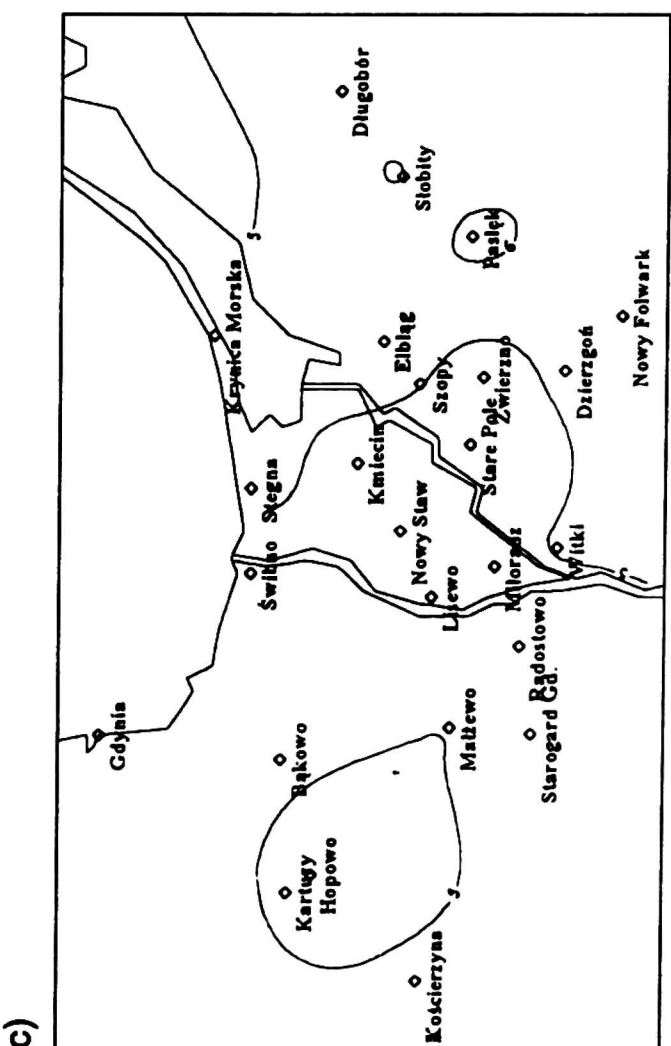
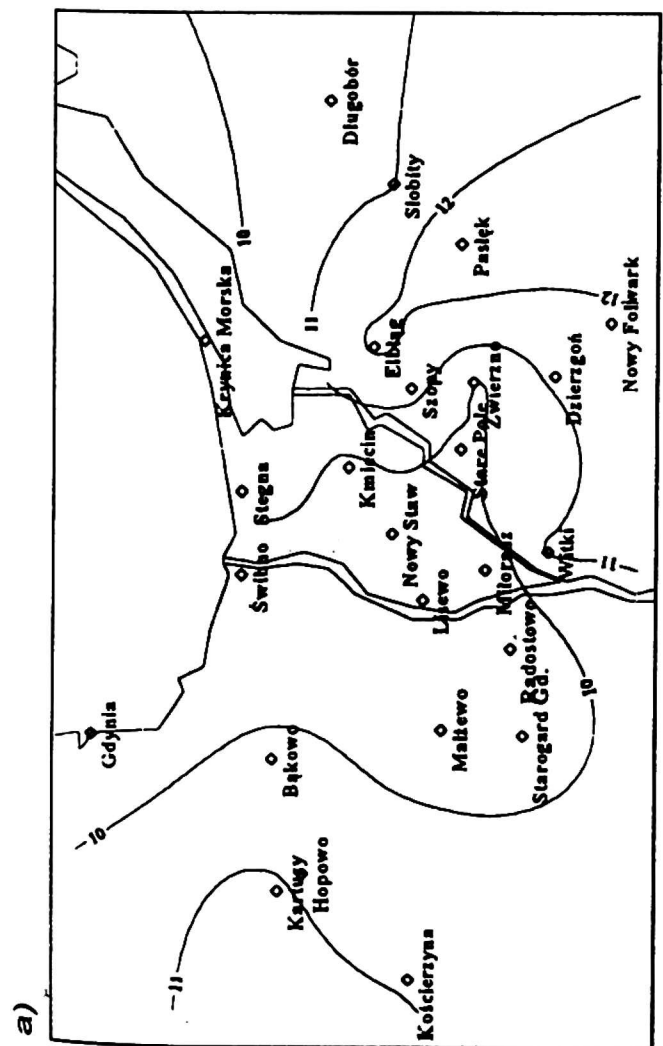
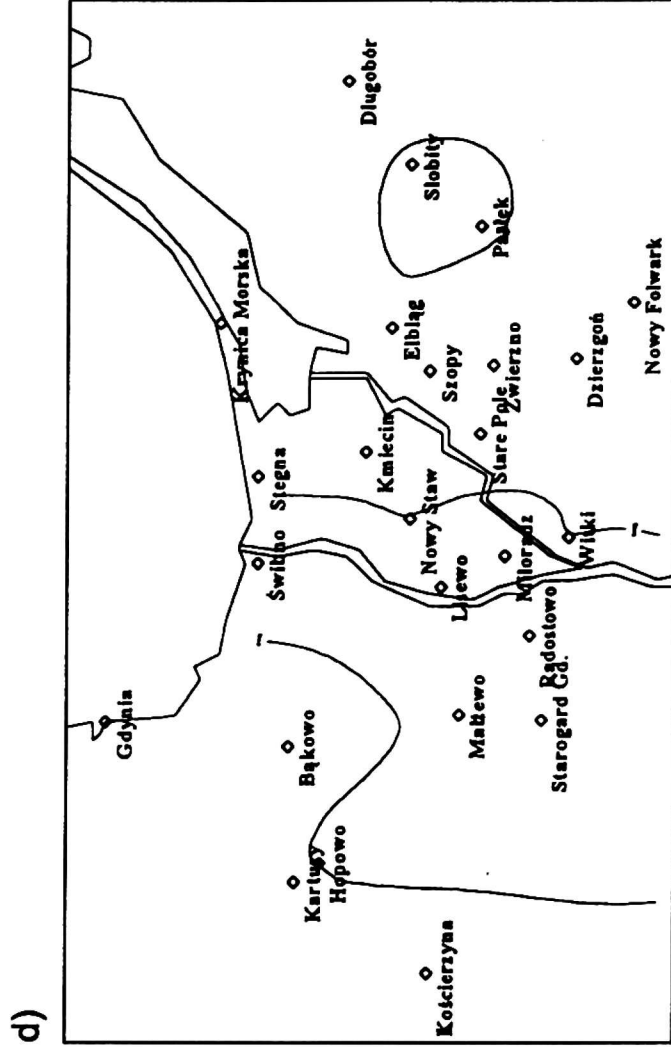
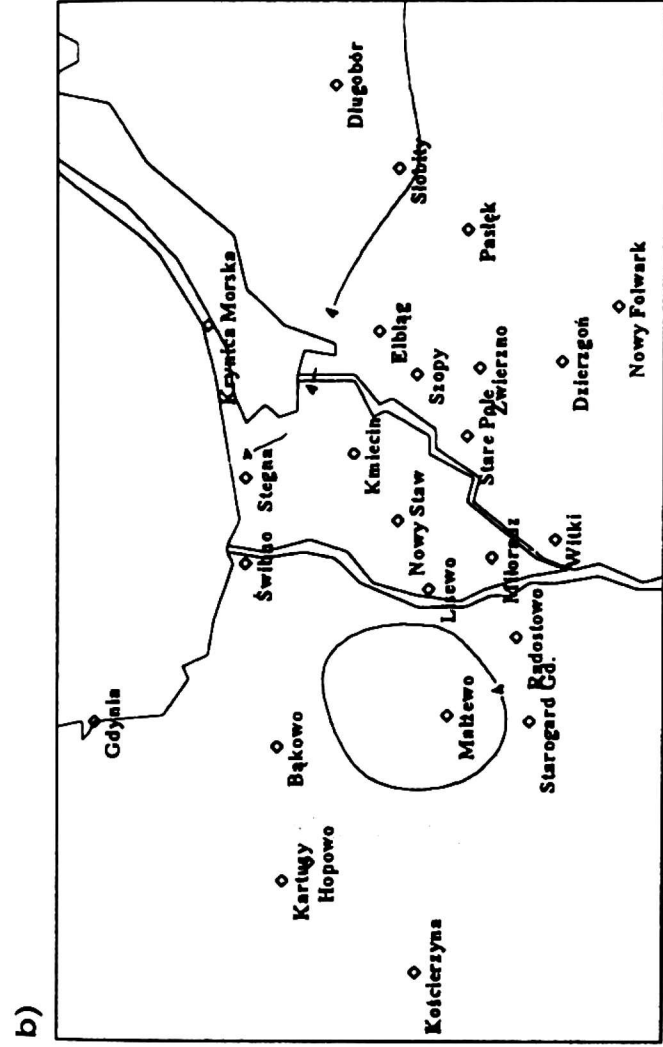


Rys. 6. Średnia liczba dni z opadem  $\geq 1,0$  mm na Żuławach Wiślanych w półroczu ciepłym lat 1961–1980

a – ogółem; b – w niżu barycznym; c – na froncie atmosferycznym; d – w sytuacji konwekcyjnej

Fig. 6. Average number of days with precipitation  $\geq 1.0$  mm in the warm season of 1961–1980 in the Vistula River Delta  
a – total; b – in a depression; c – on a front; d – convective





Rys. 7. Średnia liczba dni z opadem  $\geq 10,0$  mm na Żuławach Wiślanych w półroczu ciepłym lat 1961–1980

a – ogółem; b – w niżu barycznym; c – na froncie atmosferycznym; d – w sytuacji konwekcyjnej

Fig. 7. Average number of days with precipitation  $\geq 10.0$  mm in the warm season of 1961–1980 in the Vistula River Delta

a – total; b – in a depression; c – on a front; d – convective

powyżej 10 dni z opadem  $\geq 1,0$  mm w niżu zanotowano na terenach wzniesionych wyżej n.p.m.

Średnia półroczna liczba dni z opadem  $\geq 10,0$  mm wahała się na badanym obszarze od poniżej 10 w zachodniej i centralnej części Żuław Wiślanych do powyżej 12 w okolicach Elbląga i Pasłęka (rys. 7a). W niżu barycznym liczba dni z takim opadem wynosiła ok. 4, opad o wielkości  $\geq 10,0$  mm związany z frontem atmosferycznym występował średnio przez 5 dni w badanym okresie, a opad konwekcyjny tej wielkości notowany był średnio w ciągu jednego dnia, jedynie w okolicach Pasłęka i Słobit w ciągu dwóch dni półrocza ciepłego (rys. 7b, c i d).

#### OBFITOŚĆ OPADÓW W SYTUACJACH SYNOPTYCZNYCH

Obfitość opadów definiowana jest jako wskaźnik, który wyraża liczbowo ilość milimetrów opadu przypadającego na średni dzień z opadem. Wskaźnik ten jest również nazywany średnią wydajnością dnia opadowego (FILIPUK, SIWEK 1995).

Średnia obfitość opadów na Żuławach Wiślanych wynosiła w półroczach ciepłych lat 1961–1980 ok. 5,0 mm. Największą obfitością charakteryzowały się opady niżowe, w ciągu doby spadało wówczas na obszar badań średnio ok. 7,3 mm deszczu. W przypadku opadów frontalnych obfitość opadu wynosiła 4,9 mm, natomiast najmniej obfite były opady konwekcyjne, wydajność dnia opadowego wynosiła wówczas nieco ponad 3 mm.

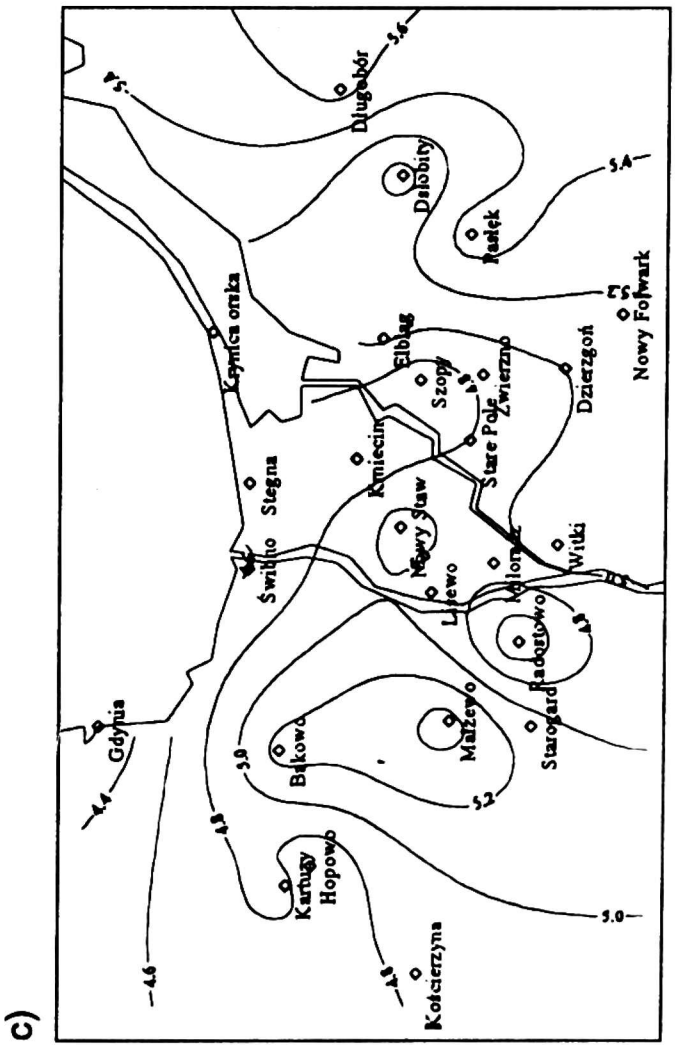
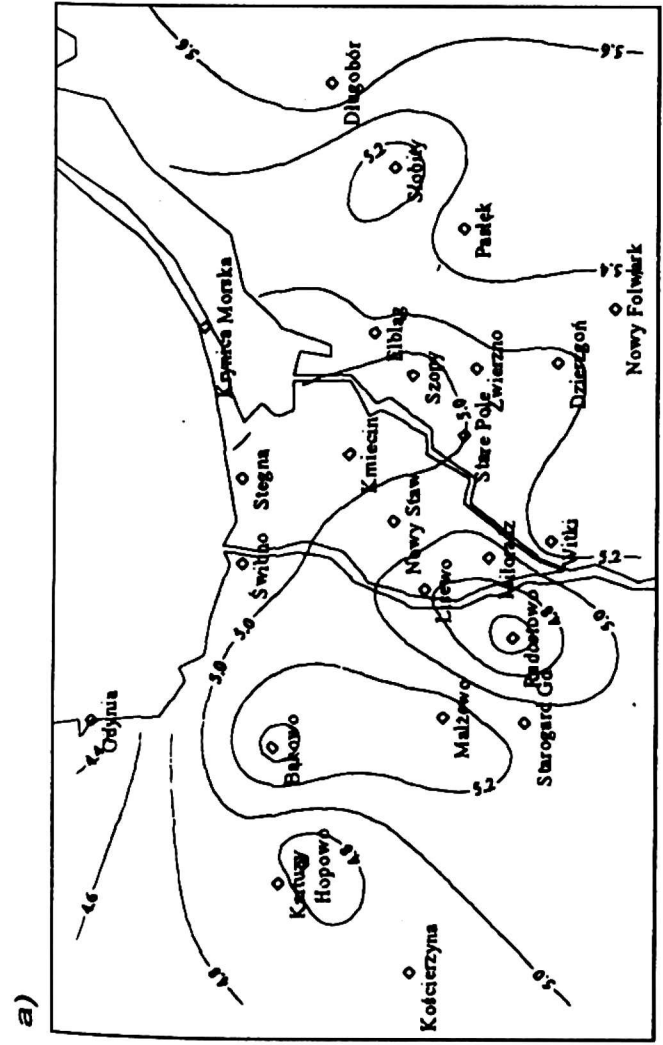
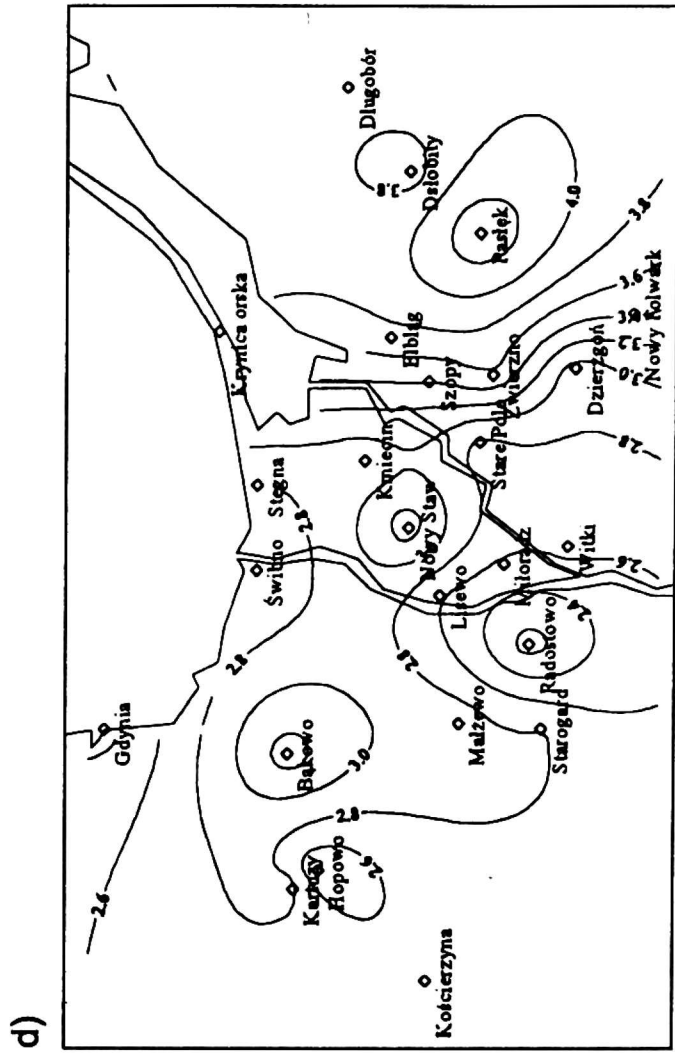
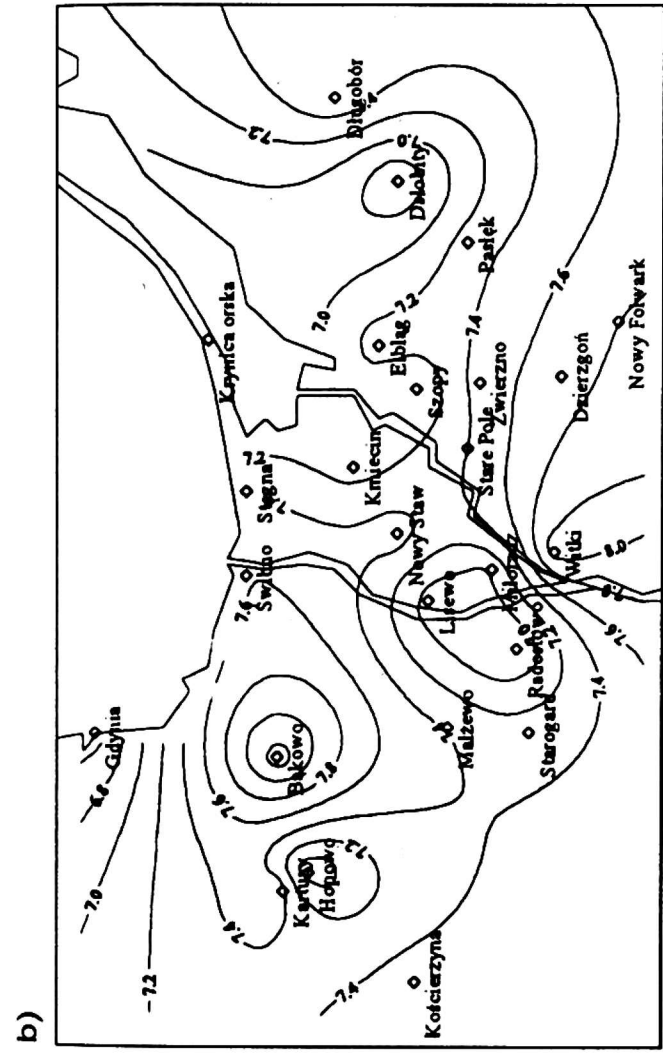
Obfitość opadów na Żuławach Wiślanych (rys. 8a) wzrastała od wybrzeża Zatoki Gdańskiej (poniżej 5 mm) w kierunku południowo-wschodnim i wschodnim, przekraczając na stacji Długobór wartość 5,6 mm. Lokalnie występowały obszary o obniżonych wartościach tego wskaźnika, obejmując swym zasięgiem Pojezierze Starogardzkie (obfitość poni-

żej 4,6 mm) oraz okolice Hopowa i Słobit. Niska obfitość opadów w dwóch wymienionych stacjach wraz z podwyższoną tam częstością opadu wskazywałyby na występowanie w tych rejonach opadów częstszych, ale o mniejszej wydajności.

Najbardziej obfite opady w niżu występowały na wschodnim skłonie Pojezierza Kaszubskiego (rys. 8b), obejmując swym zasięgiem również Żuławę Gdańską (ok. 7,6 mm). Równie wysoką wydajnością charakteryzowały się opady w niżu we wschodniej części Pojezierza Iławskiego i na Nizinie Warmińskiej. Obfitość opadu w niżu na pozostałym obszarze Żuław wynosiła poniżej 7,4 mm, osiągając minimum w Lisewie (6,9 mm). Mniejsze wartości tego wskaźnika występowały w stacjach położonych poza Żuławami Wiślانymi, a mianowicie w Hopowie i Radostowie (6,8 mm) oraz w Słobitach (6,6 mm).

Opady frontalne (rys. 8c) najbardziej obfite były na wschodnim skłonie Pojezierza Kaszubskiego oraz na Pojezierzu Starogardzkim (5,3–5,5 mm), wyższe wartości osiągając jedynie na krańcach wschodnich badanego obszaru. Strefa opadów o najniższej obfitości ciągnęła się wzdłuż wybrzeża, obejmując w części wschodniej również Żuławę Elbląską (poniżej 4,8 mm). Niską obfitością cechowały się również opady frontalne w Radostowie (4,4 mm).

Obfitość opadów konwekcyjnych (rys. 8d) na prawie całych Żuławach Wiślanych przekraczała w badanym okresie 2,8 mm, osiągając w położonym w centrum Żuław Nowym Stawie 3,3 mm. Wyższe wartości tego wskaźnika charakteryzowały obszary położone na wschodzie obszaru badań, sięgając wartości 4,4 mm w Pasłęku. Najniższą wydajność dnia opadowego miały obszary położone wzdłuż wybrzeża oraz południowe i zachodnie fragmenty badanego obszaru (Lisewo, Miłoradz – 2,6 mm, Radostowo – 2,1 mm).



Rys. 8. Obfitość opadów w półroczu ciepłym lat 1961–1980 na Żuławach Wiślanych [mm]

a – ogółem; b – w niżu barycznym; c – na froncie atmosferycznym; d – konwekcyjnych

Fig. 8. Abundance of precipitation in the warm season of 1961–1980 in the Vistula River Delta

a – average; b – in a depression; c – on a front; d – convective

Cechą charakterystyczną rozkładu przestrzennego wskaźnika, jaki stanowi obfitość opadów, był brak charakterystycznego dla średnich sum opadu i częstości opadu cienia opadowego, obejmującego Żuławy Gdańskie, jak również niższej obfitości opadu na całych Żuławach Wiślanych.

#### PODSUMOWANIE

Analiza sytuacji synoptycznych w Polsce Północnej wykazała, że sytuacje, podczas których pogodę kształtował niż lub front atmosferyczny, występowały na obszarze badań w półroczu ciepłym lat 1961–1980 przez średnio 97 dni. Z kolei liczba dni z sytuacją synoptyczną, w której mogło dojść do opadu konwekcyjnego, wynosiła średnio 86 dni.

Średnia suma opadu obszarowego w półroczu ciepłym na Żuławach Wiślanych w latach 1961–1980 osiągnęła wartość ok. 370 mm. Opady w niżu stanowiły ok. 35% tej sumy (125,0 mm), opady frontalne przynosiły nieco poniżej 50% sumy całkowitej opadu w półroczu ciepłym (182,2 mm), natomiast z opadów konwekcyjnych pochodziło średnio ok. 16% sumy całkowitej (62,0 mm). Podobne wyniki uzyskali MIĘTUS i FILIPIAK (2002), wyznaczając, na podstawie danych z drugiej połowy XX w. trzy niezdegenerowane funkcje własne (mody zmienności), wyjaśniające łącznie 93% wariacji pola sum opadów atmosferycznych w półroczu ciepłym na wybrzeżu Zatoki Gdańskiej. Pierwszy wektor własny wyjaśnia 83% wariacji pola i charakteryzuje on, wg autorów, opady związane z frontem.

Częstość dni z opadem wahała się w badanym okresie w granicach od 34 do 44%. Są to wartości nieco niższe, niż oszacowane przez MIĘTUSA i FILIPIAKA

(2002) liczby dni z opadem  $\geq 0,1$  mm na stacjach nadmorskich Zatoki Gdańskiej w drugiej połowie XX w. Średnia liczba dni z opadem w tym okresie wahała się od 68,6 w Krynicy Morskiej do 90,1 w Gdyni, co odpowiadałoby częstości od 37 do 48%. Zaobserwowane różnice wynikają zapewne nie tylko z różnicy w długości okresu badawczego, ale i z przyjęcia przez wspomnianych autorów za półrocze ciepłe okresu V–X.

Obfitość opadów na badanym obszarze przyjmowała wartości od 4,6 do 5,6 mm. Oszacowana dla opadów konwekcyjnych obfitość opadów wahała się w granicach od 2,1 do 4,4 mm i była porównywalna z wartościami uzyskanymi przez MICHAŁOWSKIEGO i WARAKOMSKIEGO (1974) dla opadów wewnątrzmasowych. Autorzy ci podają wartości od 1,5 do 2,9 mm dla dnia i od 1,6 do 2,5 mm dla nocy, w zależności od masy powietrznej zalegającej nad Polską.

Zróznicowanie przestrzenne wydzielonych typów genetycznych opadów atmosferycznych jest odmienne dla każdego typu, co może świadczyć o tym, że czynnikiem decydującym o wystąpieniu opadu jest nie tylko cyrkulacja średnich szerokości geograficznych, ale także orografia i sąsiedztwo morza. Świadczą o tym również mapy zróznicowania przestrzennego częstości występowania opadu określonej genezy oraz liczby dni z opadem  $\geq 0,1$  mm. W przypadku opadów w niżu barycznym i opadów frontalnych czynnikiem modyfikującym ich rozkład przestrzenny stanowi orografia, czego skutkiem jest wzrost wartości analizowanych charakterystyk opadu wraz ze wzrostem wysokości n.p.m.. Nieco odmienne kształtuje się zróznicowanie przestrzenne częstości opadu oraz liczby dni z opadem konwekcyjnym. Obszar o najniższych wartościach tych wskaźników obejmuje nie tylko Żuławę Wiślaną, ale również tereny Mierzei Wiślanej i te



sąsiadujące bezpośrednio z Zalewem Wiślany. Może to świadczyć o tym, że chłodniejsze zwykle w porze ciepłej, a zwłaszcza w pierwszych jej miesiącach, w stosunku do obszarów lądowych wody Zatoki Gdańskiej działają hamująco na rozwój chmur konwekcyjnych w swym bezpośrednim sąsiedztwie, ograniczając tym samym liczbę i częstość opadów konwekcyjnych.

## LITERATURA

- BOROWIK T., 1964: Województwo gdańskie. Zarys geograficzno-gospodarczy. PWN, Warszawa.
- FILIPIUK E., SIWEK K., 1995: Wpływ cyrkulacji na opady atmosferyczne na przykładzie Lubelszczyzny. [W:] J. Kołodziej, R. Turski (red.), Gleby i klimat Lubelszczyzny. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin, 125–130.
- KUPCZYK E., SULIGOWSKI R., 1997: Statystyczny opis struktury opadów atmosferycznych jako elementu wejścia do modeli hydrologicznych. [W:] U. Soczyńska (red.), Predykcja opadów i wezbrań o zadanym czasie powtarzalności. UW, Wydz. Geografii i Studiów Regionalnych, Warszawa, 21–86.
- KWIECIEŃ K., TARANOWSKA S., 1974: Warunki klimatyczne. [W:] J. Moniak (red.), Studium geograficzno-przyrodnicze i ekonomiczne województwa gdańskiego. GTN, Gdańsk.
- KWIECIEŃ K., WIELBIŃSKA D., 1975: Opady atmosferyczne. [W:] N.N. Łazarenko, A. Majewski (red.), Hydrologiczny ustrój Zalewu Wiślano.
- LORENC H., 1978: Opady ulewne i nawalne na obszarze Wielkiej Warszawy. *Przegl. Geofiz.*, 4, 271–294.
- MICHAŁOWSKI M., WARAKOMSKI W., 1974: Opady wewnątrzmasowe w Polsce w okresie 1951–1960. *Przegl. Geofiz.*, 19, 2, 127–137.
- MIĘTUS M., 1996: Zmienność temperatury i opadów w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego i jej spodziewany przebieg do roku 2030. *Materiały Badawcze IMGW, Ser. Meteorologia*, nr 26.
- MIĘTUS M., FILIPIAK J., 2002: Struktura czasowo-przestrzennej zmienności warunków opadowych w rejonie Zatoki Gdańskiej. *Materiały Badawcze IMGW, Ser. Meteorologia*, nr 34.
- MONIAK J., 1952: Opady atmosferyczne delty Wisły w aspekcie gospodarczym. *Przegl. Geogr.*, XXII, 267–273.
- PASZYŃSKI J., 1955: Opady atmosferyczne dorzecza Odry i ich związek z hipsometrią i zalesieniem. *IG PAN, Prace Geograficzne*, nr 4.
- TRAPP J., 1993: Geograficzne uwarunkowania atmosferycznej fazy pionowej wymiany wody na Żuławach Wiślanych. *Rozprawy i Monografie UG*.
- WARAKOMSKI W., 1961: Częstość występowania rodzaju chmur w Polsce w okresie 1950–1959. *Annales UMCS, B, XVI, 1*, 207–256.
- WIELBIŃSKA D., 1979: Computing the quasi-true precipitation sums at the Polish coastal stations for the purposes of water balance computations of the Baltic Sea. *Doc. No. 5 Sixth Meeting of Experts on the Water Balance of the Baltic Sea, Hanasari–Helsinki*.
- WOŚ A., 1999: *Klimat Polski*. Wyd. Nauk PWN, Warszawa.
- WYSZKOWSKI A., TRAPP J., 1987: Sprawozdanie z realizacji RPBR 28.1.C.11.02.01. pt.: Określenie wartości niektórych elementów bilansu cieplnego i wodnego. *Etap I (maszynopis)*.

## SYNOPTIC SITUATIONS IN NORTH POLAND VERSUS PRECIPITATION IN THE VISTULA RIVER DELTA

### Summary

The aim of this study was to present the spatial distribution of main genetic types of precipitation in the Vistula River Delta. Twenty-five weather stations were considered. The analysis was based on daily precipitation totals during the warm season (April–September) of 1961–1980. The following features were chosen to describe the genetic types of precipitation:

precipitation totals, frequency of precipitation, number of days with precipitation, and abundance of precipitation. Spatial distribution of these features is presented on maps. The results show that the genetic type of precipitation depends on factors acting on a regional climatological scale but its spatial distribution is influenced by local factors.