

## Szlaki niżów śródziemnomorskich nad Europą Środkowo-Wschodnią a opady w Polsce\*

*Tracks towards Central and Eastern Europe followed by  
Mediterranean Cyclones, and the precipitation associated with them*

**JAN DEGIRMENDŹIĆ**

Katedra Geografii Fizycznej, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki  
90-139 Łódź, Narutowicza 88; jandegir@uni.lodz.pl

**KRZYSZTOF KOŹUCHOWSKI**

Instytut Nauk Leśnych, Filia Uniwersytetu Łódzkiego w Tomaszowie Mazowieckim  
97-200 Tomaszów Mazowiecki, ul. Konstytucji 3 Maja 65/67

**Zarys treści.** Artykuł zawiera analizę związków między położeniem niżów śródziemnomorskich na ich szlakach przebiegających przez Europę Środkowo-Wschodnią a wysokością opadów atmosferycznych na obszarze Polski w okresie 1958-2008. Wyróżniono 6 typów szlaków niżów śródziemnomorskich oraz odcinki opadotwórcze na tych szlakach, określające położenie niżów, generujące wzrost opadów atmosferycznych w Polsce. Stwierdzono, że wyższe od przeciętnej obfitości całkowitych opadów ( $I_e > 100\%$ ) są opady śródziemnomorskie związane z niżami wędrującymi z nad Morza Śródziemnego przez obszar Polski szlakiem centralnym (C), szlakiem wschodnim (E) oraz na południe od granic kraju (szlak S). Najwyższe opady występują po lewej (zachodniej i północnej) stronie tych szlaków, w strefach panowania składowej północnej i wschodniej cyrkulacji cyklonalnej.

**Słowa kluczowe:** niże śródziemnomorskie, szlaki niżów, opady, Polska.

### Wstęp

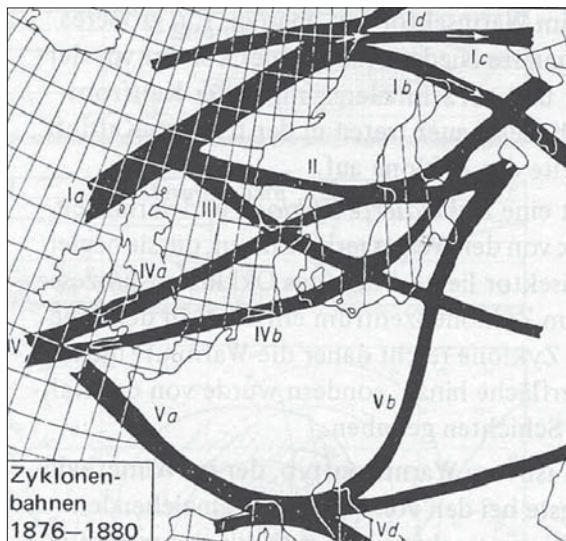
Układy cyklonalne, przemieszczające się nad Europę Środkowo-Wschodnią<sup>1</sup> z nad Morza Śródziemnego pojawiają się na jej obszarze średnio około 7 razy w roku. Większość niżów śródziemnomorskich przybywa nad Europę Środkowo-Wschodnią szlakiem Vb, wyznaczonym już w 1891 r. przez W. J. van Bebbera (ryc. 1), i podobnymi szlakami, przebiegającymi z południa na północny wschód

---

\* Opracowanie wykonane w ramach grantu NCN N N306313739.

<sup>1</sup> Obszar umownie nazwany tu Europą Środkowo-Wschodnią zawarty jest między równoleżnikami przechodzącymi przez Triest (45°39' N) i przez Gotlandię (58°11' N) oraz między południkami przechodzącymi przez Dortmund (7°32' E) i Odessę (30°44' E).

przez obszar Polski lub na wschód od jej granic. Blisko 1/4 niżów wędruje szlakiem biegnącym równoleżnikowo na południe od granic Polski, a około 10% przemieszcza się na północ przez Niemcy. Według Z. Bielec-Bąkowskiej (2010) ponad 10% głębokich cyklonów występujących nad Polską reprezentują układy przemieszczające się z nad Morza Śródziemnego szlakiem T7, który odpowiada wyróżnionemu przez van Bebbera (1891) szlakowi Vb. Około 14% silnych adwekcji przynosi nad Polskę masy powietrza z nad Włoch, Adriatyku i Półwyspu Bałkańskiego (Degirmendzić i Kozuchowski, 2006).



Ryc. 1. Szlaki niżów barycznych nad Europą według W. J. van Bebbera (1891)  
Tracks followed by cyclones over Europe, according to W. J. van Bebber (1891)

Niże śródziemnomorskie docierają do Europy Środkowej również innymi szlakami, różniącymi się od „klasycznego” toru Vb; mogą na przykład przemieszczać się z nad Morza Śródziemnego przez Austrię i Czechy, przez Węgry i Ukrainę lub przez Morze Czarne i Ukrainę, a także przez Francję aż do Morza Północnego (Apostol, 2008). W pracy dotyczącej częstości występowania cyklonów śródziemnomorskich w Polsce wyróżniono aż 13 różnych szlaków ich wędrówki (Degirmendzić i Kozuchowski, 2014). W niniejszej pracy uwzględniono 4 typy tych szlaków, wśród których typ E (wschodni), odpowiadający szlakowi Vb, reprezentuje tylko nieco ponad 1/5 przypadków cyklonów śródziemnomorskich zidentyfikowanych w wieloleciu.

Cyklony śródziemnomorskie (*MEC - Mediterranean European Cyclones*) niosą na północ ogromne zasoby wilgoci, a na ich zachodnich peryferiach rozwija

się cyrkulacja, napotykalą orograficzne bariery Karpat Zachodnich, Sudetów i Alp, co sprzyja powstawaniu wysokich opadów w tym regionie.

I. Morozowska (1987), a w ślad za nią E. Bogdanowicz i J. Stachý (1998, 2002) oraz K. Kożuchowski (2003) podają, że 88% silnych powodzi w Polsce związanych jest z działalnością niżów na szlaku Vb. Autorzy pracy o ekstremalnych zjawiskach meteorologicznych w Polsce (Buchert i inni, 2013) stwierdzają, że 75% niebezpiecznie wysokich opadów w Polsce wywołanych jest przez niż śródziemnomorskie na szlaku Vb. Co czwarty niż śródziemnomorski przynosi w Polsce opady dobowe  $>50$  mm (Bartoszek, 2006). Największe prawdopodobieństwo wysokich opadów związanych z aktywnością niżów Vb obejmuje obszar Polski od Beskidu Śląskiego i Żywieckiego przez wyżyny aż do Bugu na odcinku Terespol-Włodawa (*Projekt KLIMAT*, 2011).

Szczegółowy opis właściwości i klimatycznej roli cyklonów śródziemnomorskich zawiera m.in. artykuł K. Bartosza (2006). Wskazano w nim na istnienie 7 obszarów cyklogenezy w basenie śródziemnomorskim: w jego zachodniej części są to Zatoka Genueńska – jako główne „centrum cyklogenezy” oraz północna Afryka w rejonie Atlasu i Półwysep Iberyjski. W części wschodniej wyróżniają się obszary Morza Egejskiego, wschodnia część Morza Czarnego, Bliski Wschód oraz rejon Cypru. Czynniki inicjującymi cyklogenezę są w przypadku niżów śródziemnomorskich oddziaływania termiczne podłoża morskiego (szczególnie ciepłego we wschodniej części akwenu) oraz efekt orograficzny, sprzyjający spadkom ciśnienia po zawietrznej stronie gór, co może inicjować powstawanie niżów genueńskich (Alpert i inni, 1990). Trzeba ponadto dodać, iż cyklogenezę umożliwiają takie czynniki, jak dywergencja w górnej troposferze (teoria dywergencyjna R. Scherhaga), fronty atmosferyczne (teoria „norweska”) i baroklinowa niestabilność atmosfery (Ziemiański, 2002).

Niże śródziemnomorskie wędrują na północ i północny wschód, gdy izohipsy w środkowej troposferze przybierają kierunek południkowy (Bartoszek, 2006). U. Ulbrich i inni (2003), którzy analizowali warunki towarzyszące powodzi w dorzeczu Łaby w 2002 r., ustalili, że czynnikami aktywizującymi niż śródziemnomorskie są: zatoka w polu powierzchni izobarycznej 300 hPa nad zachodnią Europą, silna dywergencja w pobliżu tropopauzy oraz znaczne kontrasty termiczne mas powietrznych uczestniczących w południkowej wymianie. M. Świątek (2013a), na przykładzie dwu epizodów nawalnych opadów w południowej Polsce, związanych z działalnością niżów śródziemnomorskich w 1997 i 2010 r., wykazała istnienie nad Polską układu zbieżności mas powietrza polarno-morskiego, polarno-kontynentalnego i zwrotnikowego, napływających z różnych kierunków odpowiednio na wysokości 500, 2000 i 4000 m n.p.m. Konwergencja w dolnej części troposfery i kształtująca się w związku z nią makroskalowa konwekcja są według M. Sobika i M. Błasia (2010) bezpośrednimi przyczynami powstawania obfitych opadów w niżach wędrujących lub stagnujących nad Polską i sąsiednimi obszarami. W strefie zbieżności quasi-stacjonarny front chłodny

oddziela ciepłe masy powietrza zwrotnikowego znad Morza Śródziemnego od chłodnego powietrza polarnego, ulokowanego po zachodniej stronie niżu i tworzącego tzw. „kroplę chłodu” nad zachodnią Europą. Z powodu kontrastów termicznych atmosfera wykazuje silną baroklinowość, która sprzyja cyklogenezie. Według teorii M. Sobika i M. Błasia (2010) wysokie opady przynosi zatem nie sam niż śródziemnomorski, ale cały układ cyrkulacyjno-termiczny z nim związany, w tym szczególnie sąsiedztwo wspomnianej „kropli chłodu”. Podobny obraz uzyskał wcześniej M. Ziemiański (2002), przedstawiając model niestabilności baroklinowej, w którym odzwierciedlono rozwój położonych obok siebie (w odległości rzędu tysiąca kilometrów) komórek ruchu zstępującego (nad chłodną „kroplą”) i wstępującego w ciepłym wycinku cyklonu.

Warto dodać, że o znacznych zasobach wilgoci w baroklinowej atmosferze decyduje nie tylko zawartość wody w powietrzu pochodzącym znad Morza Śródziemnego, ale i wilgoć, której nie brakuje w powietrzu kontynentalnym, zwłaszcza w okresie lata. Opady jednak, w opisywanym układzie cyrkulacyjnym, znacznie przekraczają ogólną zawartość wilgoci w atmosferze (wielkość *precipitable water* nie przekracza zwykle 40 mm słupa wody). Dzieje się tak wskutek ciągłego dopływu wilgotnych mas powietrza i następującej w nich kondensacji pary wodnej. M. Sobik i M. Błaś (2010) wykazali, że najwyższe opady powstają przy silnej dolnej konwergencji i dużych prędkościach wiatru ponad warstwą graniczną atmosfery.

W całkowitej średniej rocznej sumie opadów w Polsce nizinnej (605 mm) zawiera się 55 mm (9,1%) opadów o genezie śródziemnomorskiej (*MCP – Mediterranean Cyclonal Precipitation*), tzn. opadów, związanych z działalnością niżów śródziemnomorskich, dalej także określanych w skrócie jako „opady śródziemnomorskie”. W górach i na obszarach przedgórskich średnia suma opadów *MCP* wynosi 112 mm (11% sumy rocznej). Dla całego kraju udział ten wynosi 9,6%, co oznacza, że średnio w roku na obszar Polski spada ponad 66 mm opadu o genezie śródziemnomorskiej. Największe udziały opadów *MCP* w sumie rocznej opadów charakteryzują Polskę południowo-zachodnią (12-14%) oraz wschodnią, z Lubelszczyzną (11%). Na Wybrzeżu udział opadów *MCP* jest najmniejszy i wynosi około 5-6% całkowitej sumy opadów. Udział opadów *MCP* w strukturze rozkładu dobowych sum opadowych wzrasta wraz z ich wysokością. Opady dobowe o wysokości należącej do 10 decyla (1/10 obserwowanych sum opadu o najwyższej wysokości) zawierają średnio w Polsce 12,8% opadów śródziemnomorskich (Degirmendzić i Kożuchowski, 2015).

Opady o genezie śródziemnomorskiej stanowią pewną osobliwość klimatu Polski; pojawiają się nie często, ale znacząco wpływają na przychodową część bilansu wodnego. Względnie wysoka ich częstość występowania na wiosnę w pewnym stopniu ogranicza deficyty wilgoci w glebie w tym sezonie. Niektóre epizody opadowe, powstające w związku z działalnością niżów śródziemnomorskich, zwłaszcza w okresie letnim, odznaczają się wyjątkową obfitością i są odpo-

wiedzialne za najwyższe notowane w Polsce dobowe sumy opadu; są to m.in. sumy dobowe z dnia 21.08.1972 w Bielsku Białej (147 mm), 30.07.1977 na Śnieżce (150 mm) i 20.07.2001 w Jeleniej Górze (119 mm).

Celem niniejszej pracy jest określenie związków między położeniem niżów śródziemnomorskich na ich szlakach przebiegających przez Europę a wysokością opadów atmosferycznych na obszarze Polski. Autorzy chcieli sprawdzić, w jakim stopniu szlak niżów wpływa na wysokość opadów w Polsce i jak kształtuje się pole opadów pochodzenia śródziemnomorskiego w Polsce w relacji do toru niżów *MEC*. Sprawdzona zostanie hipoteza, że poszczególnym torom niżów odpowiadają odmienne wysokości oraz rozmieszczenie opadów śródziemnomorskich na obszarze Polski.

### Dane i metody badawcze

Na podstawie bazy danych o niżach barycznych z okresu 1959-2008 skonstruowanej przez M. Serreze'a (2009) wyselekcjonowano 351 niżów śródziemnomorskich (*MEC*), spełniających dwa podstawowe kryteria: (1) na dowolnym etapie rozwoju niżu jego ośrodek usytuowany jest nad akwenem Morza Śródziemnego lub nad Morzem Czarnym, (2) w późniejszym etapie rozwoju niżu jego centrum znajduje się w odległości nie większej niż 350 km od granic Polski. Pozycja cyklonów w bazie M. Serreze'a określona jest z rozdzielczością 6-godzinną. Niż jest zdefiniowany jako lokalne minimum ciśnienia w siatce gridów  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ . Szczegółowy opis procedury identyfikacji i klasyfikacji niżów *MEC* przedstawiono w artykule Degirmendžića i Kożuchowskiego (2014).

W niniejszym opracowaniu uwzględniono cztery klasy niżów *MEC*:

- E – wschodnia klasa niżów, których szlak wędrówki przebiega na wschód od Polski i zarazem jest najbardziej zbliżony do szlaku Vb van Bebbera;
- C – centralna klasa niżów ze szlakami przechodzącymi przez obszar Polski;
- W – zachodnia klasa niżów, przemieszczających się szlakiem położonym na zachód od Polski;
- S – południowa klasa niżów, wędrujących z zachodu na wschód szlakiem położonym na południe od Polski.

Wyznaczono uśrednione położenie szlaków niżowych w ramach wyróżnionych klas niżów *MEC*. Średnie szlaki określono na podstawie najczęstszego miejsca występowania niżów danej klasy. Punkty wyznaczające przebieg trajektorii określono z rozdzielczością  $1^\circ$  długości i szerokości geograficznej i oznaczono kolejnymi numerami, rosnącymi zgodnie z drogą przemieszczania się niżów. Stwierdzono, że tory niżów klas W i C na znaczącej przestrzeni dzielą się, tworząc odrębne odcinki – wschodni i zachodni – zaklasyfikowane odpowiednio jako typy szlaków WE i WW oraz CE i CW.

W analizie opadów atmosferycznych, związanych z oddziaływaniem niżów śródziemnomorskich wykorzystano dobowe sumy opadów z 66 stacji równomier-

nie rozmieszczonych na obszarze Polski z okresu 1958-2008. Sumy te powiązano z obecnością niżów *MEC* na wydzielonych szlakach ich przemieszczania się nad Europą Środkowo-Wschodnią. Serie sum dobowych opadów w Polsce uzyskano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Aby określić zmiany opadów w Polsce związane z ruchem niżu *MEC* wzdłuż trajektorii, określono daty wystąpienia tych układów w okręgach o promieniu 250 km i środkach w kolejnych punktach trajektorii (np. w przypadku szlaku E punkty ponumerowano od 1 do 34).

Średnie obszarowe sumy dobowe opadów (z 66 stacji meteorologicznych w Polsce) wyznaczono na podstawie wartości z dni, kiedy niż *MEC* znajdowały się w polu danego okręgu. Procedurę powtarzano dla każdego kolejnego okręgu. Otrzymano tyle wartości średnich obszarowych, ile punktów wyznaczono na danej trajektorii. Dodatkowo, zestawiono wartości maksymalne dla obszaru Polski, wybrane spośród wartości odpowiadających 66 stacjom meteorologicznym. Innymi słowy, wartości maksymalne wybrano spośród sum dobowych uśrednionych dla kolejnych stacji z terminów, kiedy niż *MEC* znalazły się w granicach danego okręgu. Otrzymano tyle wartości maksymalnych ile punktów wyznaczono na danej trajektorii. Na wykresach (ryc. 3) przedstawiono wartości średniej obszarowej i maksymalnej sumy dobowej opadu związane z kolejnymi punktami trajektorii. Wyznaczono opadotwórczy odcinek trajektorii, czyli taki, z którym związane były najwyższe opady w Polsce. Odcinek opadotwórczy jest wyznaczony przez punkty trajektorii, dla których spełnione są dwa kryteria: (1) średni obszarowy opad w Polsce przekracza wartość średnią policzoną dla całej trajektorii (wszystkich punktów trajektorii) oraz (2) maksymalny opad, wybrany spośród 66 stacji w Polsce, przekracza wartość uśrednioną dla całej trajektorii.

Poła opadów w Polsce związane z daną trajektorią niżów *MEC* przedstawiono jako rozkłady przestrzenne sum dobowych uśrednione z terminów związanych ze wszystkimi punktami opadotwórczego odcinka trajektorii – tzn. z terminów, kiedy niż *MEC* znalazły się w granicach okręgów o środkach w punktach wyznaczających odcinek opadotwórczy trajektorii.

Sumy opadów dobowych związanych z określonymi szlakami niżów porównano ze średnimi sumami opadów w dniach z opadem (tzn. z obfitością opadów<sup>2</sup>) w poszczególnych stacjach na obszarze Polski. Wyznaczono wskaźniki efektywności opadów<sup>3</sup> związanych z niżami śródziemnomorskimi, zdefiniowane jako ilorazy średniej dobowej sumy opadów *MCP* i średniej obfitości opadów całko-

<sup>2</sup> Obfitość opadów jest wskaźnikiem, określającym średnią wysokość opadu w dniach z opadem; według A. Kosiby (1972) jest to miara „średniej wydajności dnia opadowego”. Miary tej używali m.in. J. Tamulewicz (1993), który uznał ją (niezupełnie poprawnie...) za wskaźnik intensywności opadów, a także E. Żmudzka (2010), która wyznaczyła średnią roczną obfitość opadów na Kasprowym Wierchu (7,85 mm/dzień z opadem) i w Zakopanem (5,59 mm/dzień z opadem).

<sup>3</sup> Efektywność opadów śródziemnomorskich oznacza zatem ich znaczenie dla kształtowania całkowitych sum opadowych; wskaźnik  $I_{ef} > 1$  (czyli  $I_e > 100\%$ ) oznacza, że opad *MCP* cechuje się ponadprzeciętną obfitością i wpływa na wzrost całkowitej sumy opadów.

witych w danym miejscu. We wskaźnikach efektywności opadów  $MCP - I_e$  (%) zawiera się informacja, jak wysokie są opady śródziemnomorskie w relacji do średniej wysokości całkowitych sum opadów w dniach z opadem na terenie kraju; to umożliwia ocenę porównawczą ich przestrzennego zróżnicowania.

## Wyniki

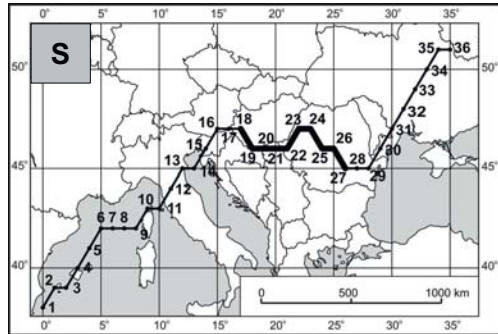
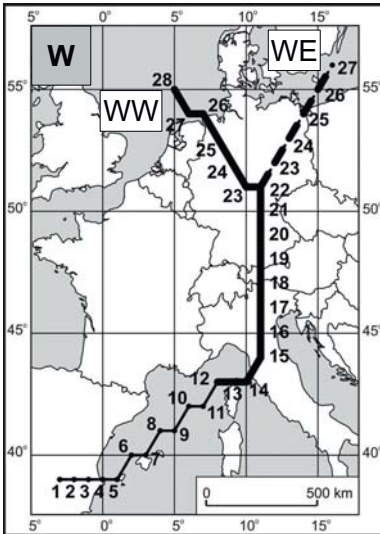
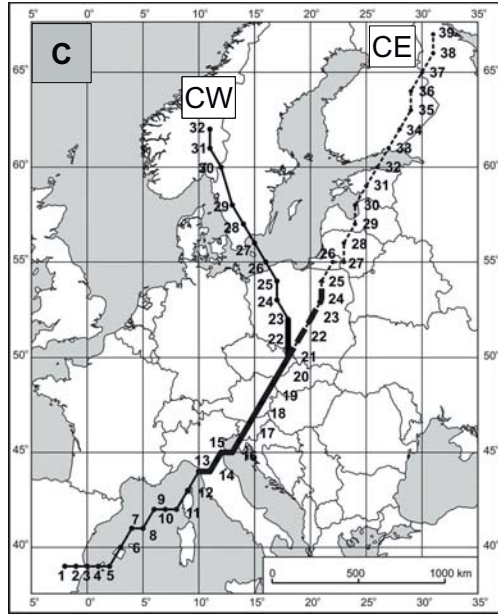
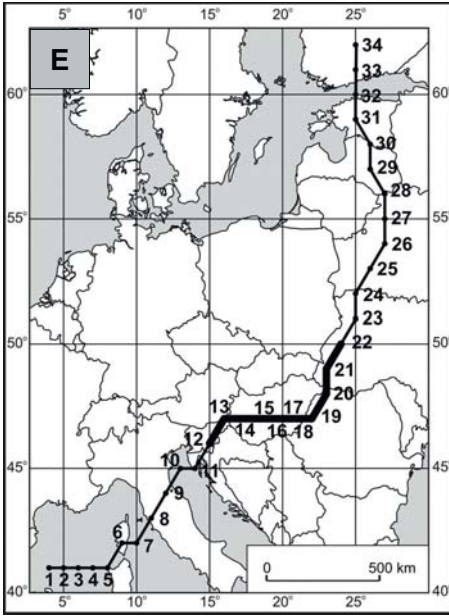
### Szlaki niżów MEC

Szlak niżowy E rozpoczyna się nad Balearami, następnie biegnie na północno-wschód nad Korsykę, przekracza Półwysep Apeniński oraz północny Adriatyk (ryc. 2). Na dalszym etapie wędrówki niż śródziemnomorskie kierują się nad Słowenię i Węgry. Odcinek nad Węgrami ma charakter równoleżnikowy, co wiąże się prawdopodobnie z orografią Karpat. Nad północno-zachodnią Rumunią niż klasy E zmieniają kierunek na północno-wschodni i przedostają się nad zachodnią Ukrainę przez przewężenie Karpat między Bieszczadami a Gorganami. Następnie układy niżowe wędrują na północ przez Białoruś i kraje nadbałtyckie. Trajektoria E kończy się nad południową Finlandią. Spośród 351 zidentyfikowanych niżów śródziemnomorskich 22,8% przemieszczało się szlakiem E.

Tor niżów C zaczyna się nad Półwyspem Iberyjskim. Jego przebieg przez Morze Śródziemne jest zbliżony do szlaku E. Po wejściu na ląd niż kierują się bardziej na północ w porównaniu ze szlakiem E – przez Austrię i Czechy. Kierunek przemieszczania niżów na północny wschód jest zachowany aż do granicy Polski. Następnie trajektoria C dzieli się i niż przemieszczają się szlakiem zachodnim (CW), usytuowanym nad zachodnią Polską, Szwecją i Norwegią lub wschodnim (CE), który przebiega nad wschodnią częścią Polski i przez Litwę, Łotwę, Estonię i Finlandię dociera aż w okolice Morza Białego (ryc. 2). Na szlaku C zarejestrowano ogółem 34,2% niżów MEC.

Szlak niżów W jest usytuowany bardzo podobnie do szlaku C w granicach akwenu Morza Śródziemnego, jednak centra niżów przemieszczających się tym szlakiem nie pojawiają się nad Adriatykiem. Znad Półwyspu Apenińskiego kierują się prosto na północ, nad Niemcy. Nad centralną częścią Niemiec trajektoria dzieli się na dwie odnogi – zachodnią (CW), która kieruje się nad Morze Północne oraz wschodnią (CE), która kończy się nad zachodnim Bałtykiem. Tor W jest wyraźnie krótszy w porównaniu z pozostałymi typami torów niżów MEC. Niewielka jest także częstość występowania niżów na tym szlaku – 7,7%.

Położenie szlaku S nad basenem Morza Śródziemnego nie różni się istotnie od położenia pozostałych torów. Układy niżowe tej klasy, po przejściu przez Adriatyk, przemieszczają się równoleżnikowo na wschód przez Węgry i Rumunię, a dopiero nad Ukrainą wędrują na północny wschód (ryc. 2). Szlakiem S przemieszcza się 25,9% niżów MEC. W opracowaniu nie uwzględniono niżów MEC wędrujących szlakami „wstecznymi” (na zachód) znad Morza Czarnego, których częstość jest bliska 10%.



Ryc. 2. Średnie położenie szlaków niżów śródziemnomorskich przemieszczających się nad Europą Środkowo-Wschodnią. Odcinki opadotwórcze pogrubiono. Punkty wzdłuż trajektorii ponumerowano zgodnie z kierunkiem przemieszczania się niżów  
 Źródło mapy konturowej: GoldenSoftware MapViewer 7 Samples Files.

Ryciny 2-7 – opracowanie własne.

The mean positions of tracks followed by Mediterranean cyclones moving towards Central and Eastern Europe. The most rainfall-efficient sections of trajectories are in bold, while points along them are numbered in line with the direction of movement of the cyclones. Contour map source: GoldenSoftware MapViewer 7 Samples Files.

Figures 2-7 – authors' own elaboration.



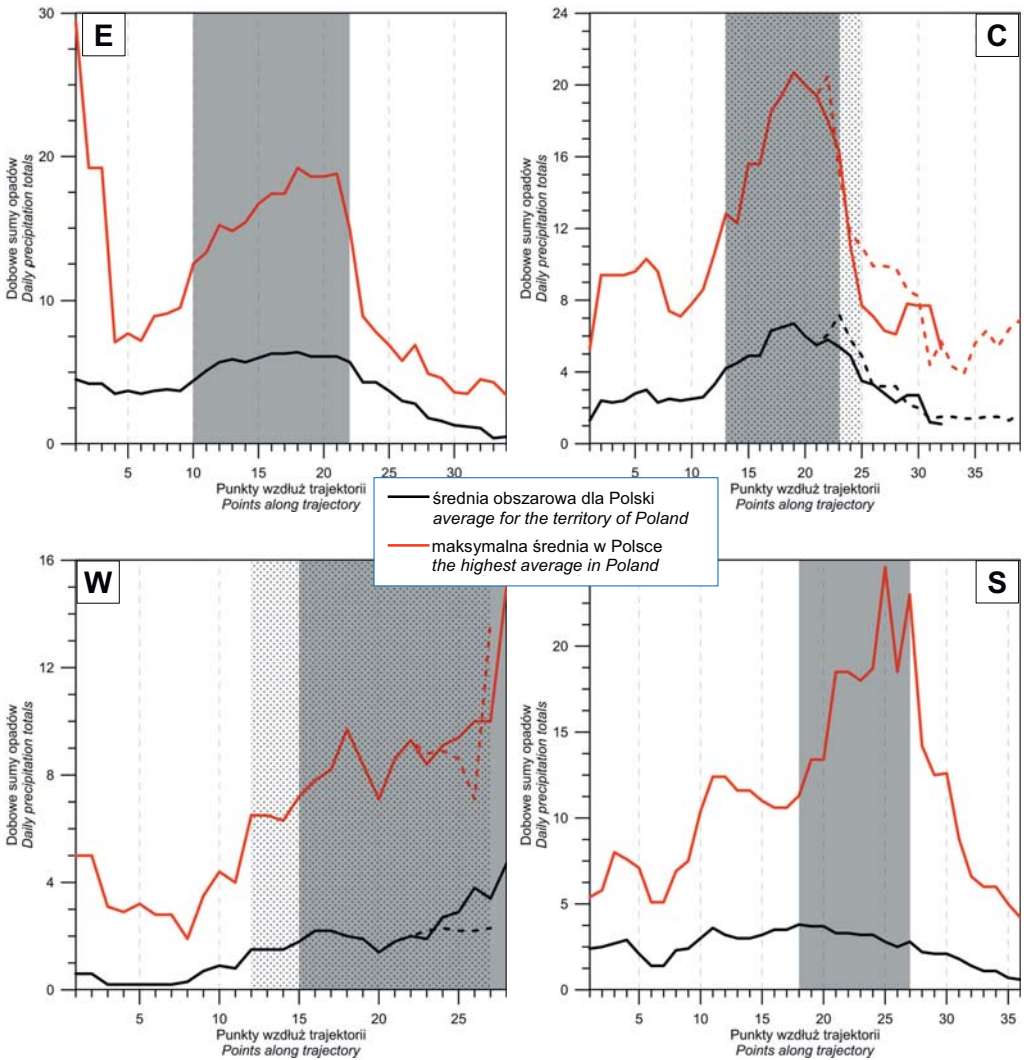
### Opadotwórcze odcinki szlaków niżowych

Wydzielone na szlakach niżowych odcinki opadotwórcze umożliwiają określenie położenia ośrodków niżów śródziemnomorskich, przy którym sumy opadów w Polsce są najwyższe.

Opadotwórczy odcinek szlaku wschodniego niżów śródziemnomorskich (E) obejmuje środkowy fragment tego szlaku, położony między północnym Adriatykiem i zachodnią Ukrainą. Dalsze przemieszczanie się tych niżów na północ wiąże się z wyraźnym osłabieniem opadów na obszarze Polski (ryc. 3). Maksimum opadu związane z początkiem trajektorii E jest prawdopodobnie wynikiem oddziaływania niżu bałtyckiego, który zakończył okres cyrkulacji strefowej nad Europą – w tym czasie rozpoczął się proces cyklogenezy nad Morzem Śródziemnym (ryc. 3). W przypadku niżów przechodzących centralnie przez Polskę (C) opadotwórczy odcinek ich szlaku ciągnie się od Zatoki Genueńskiej i sięga do terenów południowo-zachodniej (typ CW) lub północno-wschodniej Polski (typ CE). Wyraźnie zaznaczone maksimum opadów w Polsce odpowiada położeniu ośrodka niżowego nad północną Austrią (ryc. 2 i 3). Opadotwórczy odcinek na zachodnim szlaku niżów obejmuje większą część tego szlaku od Morza Liguryjskiego aż do Morza Północnego (szlak WW) i do Bałtyku (szlak WE). W przeciwieństwie do innych szlaków, opady śródziemnomorskie w Polsce wzrastają w miarę przesuwania się niżów klasy W ku północy, osiągając maksima przy położeniu ośrodków niżowych nad Morzem Północnym i Bałtykiem. Maksima te nie są jednak tak wysokie, jak w przypadku niżów przemieszczających się pozostałymi szlakami. Najwyższe maksymalne opady wiążą się natomiast ze szlakiem południowym niżów przy ich położeniu na odcinku przebiegającym przez Węgry i Rumunię. Opady szybko maleją, gdy szlak niżowy S zwraca się w końcowym odcinku ku północy (ryc. 2 i 3).

Średnie sumy opadów dobowych, związanych z opadotwórczym odcinkiem szlaku niżowego E, osiągają około 15 mm wysoko w Tatrach i w Beskidzie Śląskim (Bielsko-Biała) i wynoszą 10-11 mm w Zakopanem, w Żywcu, w Dobczycach oraz na Śnieżce. Dość wysokie (>6 mm) średnie wartości obejmują całą południowo-wschodnią połowę kraju, na północnym zachodzie natomiast średnie te szybko zmniejszają się do zaledwie 1 mm w Świnoujściu (ryc. 4). Średnia krajowa wysokość opadów śródziemnomorskich związana z opadotwórczym odcinkiem szlaku E jest najwyższa i wynosi 5,9 mm (tab. 1). Jest to 154% średniej obfitości opadów w Polsce ( $3,82 \text{ mm doba}^{-1}$ ).

Średnia wysokość opadów związanych ze szlakami CW i CE zmienia się od 16-17 mm na Śnieżce do 3-4 mm na wschodzie kraju i na Wybrzeżu. Średnie wartości dobowych opadów MCP na całym obszarze wynoszą 5,5 mm (CW) i 5,6 mm (CE), stanowiąc 143 i 147% średniej obfitości całkowitych opadów w Polsce (tab. 1).



Ryc. 3. Średnie dobowe wysokości opadów śródziemnomorskich w Polsce (mm) w zależności od położenia centrów niżów śródziemnomorskich na ich szlaku wschodnim (E), centralnym (C), zachodnim (W) i południowym (S). Kolorem szarym zaznaczono odcinki opadotwórcze szlaków niżowych. W przypadku trajektorii składających się z dwóch gałęzi kolor oznacza odcinek opadotwórczy zachodniej, a szraf wschodniej gałęzi trajektorii; linia ciągła dotyczy zachodniej a przerywana wschodniej gałęzi trajektorii

Mean daily totals for Mediterranean precipitation in Poland (mm), depending on the positions of the centres of the Mediterranean cyclones on eastern (E), central (C) or southern (S) tracks. Rainfall-efficient sections of tracks are shaded in grey. In the case of a trajectory consisting of two branches the colour used indicates the western branch, and the cross-hatched area the eastern branch; the solid line refers to the western branch of the trajectory, and the dotted line to the eastern branch.

Opady dobowe związane ze szlakiem zachodnim niżów śródziemnomorskich (W) nie są w Polsce wysokie i osiągają zaledwie połowę średniej obfitości opadów atmosferycznych (tab. 1). Jedynie w Tatrach średnie sumy opadów są bliskie lub nieco wyższe od średniej obfitości opadów w tym regionie (7-8 mm doba<sup>-1</sup>).

Wysokie opady związane ze szlakiem południowym niżów śródziemnomorskich (S) występują tylko w południowej Polsce, zwłaszcza w Tatrach. Na Kasprowym Wierchu średnie sumy dobowe osiągają 16 mm, na Hali Gąsienicowej prawie 18 mm (odpowiednio 206 i 231% obfitości opadów całkowitych). Średnia suma krajowa nie jest jednak wielka (3,3 mm tj. 87% średniej obfitości całkowitych opadów), gdyż w całej północnej połowie kraju sumy dobowe MCP kształtują się na poziomie zaledwie 1-2 mm (ryc. 4).

Tabela 1. Średnie dobowe wysokości opadów MCP (tj. obfitość, mm doba<sup>-1</sup>) i wskaźniki ich efektywności (%) w zależności od typu szlaku niżów śródziemnomorskich (MEC)  
Average daily totals of Mediterranean cyclonal precipitation (MCP) (i.e. abundance, mm day<sup>-1</sup>) and indicators of their effectiveness (%) associated with type of Mediterranean European cyclones (MEC) track

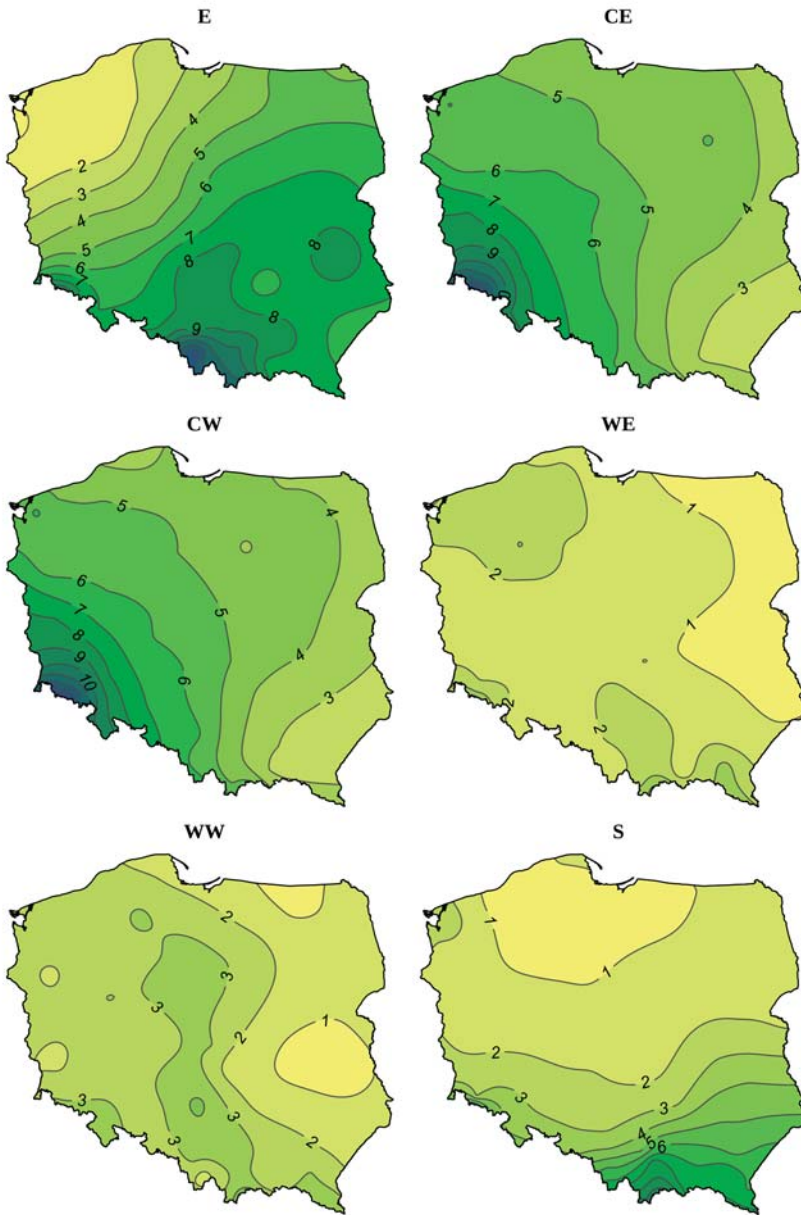
Charakterystyki opadów <i>Precipitation characteristics</i>	Typy szlaków MEC / <i>Types of MEC tracks</i>					
	WW	WE	CW	CE	E	S
Średnie krajowe opadów MCP / <i>Country mean of MCP precipitation</i>						
Obfitość opadu / <i>Abundance</i>	2,49	1,97	5,48	5,60	5,89	3,33
Efektywność / <i>Effectiveness</i>	65	52	143	147	154	87
Najwyższe średnie opadów MCP <sup>a</sup> / <i>Maximum average MCP precipitation<sup>a</sup></i>						
Obfitość opadu	–	–	8,68	5,20	7,90	10,06
Efektywność	–	–	241	150	206	200
Ponadprzeciętne opady MCP <sup>b</sup> / <i>Above-average MCP precipitation<sup>b</sup></i>						
Obfitość opadu	(5,61)	(8,07)	6,16	5,98	7,58	7,73
Efektywność	(123)	(106)	164	158	187	164

<sup>a</sup> średnie dobowe sumy MCP na obszarach wg ryc. 6 / average daily totals of MCP precipitation for regions presented in fig. 6.

<sup>b</sup> średnie dobowe sumy MCP na obszarach wg ryc. 7 / average daily totals of MCP precipitation for regions presented in fig. 7.

W nawiasach wartości dotyczące 1-3 stacji meteorologicznych. / Values based on 1-3 meteorological stations are in brackets.

Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.



Ryc. 4. Średnie dobowe sumy opadów śródziemnomorskich na obszarze Polski (mm), odpowiadające położeniu niżów na opadotwórczych odcinkach szlaków E, CE, CW, WE, WW i S. Okres 1958-2008

Mean daily totals for Mediterranean precipitation in Poland (mm), corresponding to the positions of cyclones on rainfall-efficient sections of the E, CE, CW, WE, WW and S tracks. Period 1958-2008

### Maksima<sup>4</sup> opadów śródziemnomorskich

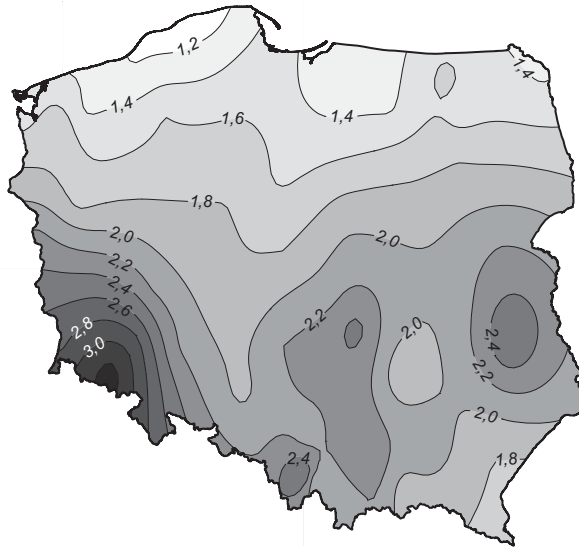
Opady *MCP* przewyższające średnią obfitość opadu całkowitego w określonych stacjach na terenie Polski wiążą się z czterema szlakami niżów: CW, CE, E lub S. Obliczone wskaźniki efektywności opadów *MCP* związanych ze szlakami przynoszącymi najwyższe opady w poszczególnych stacjach meteorologicznych przekraczają wszędzie 100%, co świadczy o tym, że opady *MCP* w całej Polsce odznaczają się podwyższoną obfitością. Najwyższe wskaźniki *Ie* (największa efektywność opadów *MCP*) występują w Sudetach i na Dolnym Śląsku (Śnieżka 328%, Jelenia Góra 327%, Legnica 290%, Zgorzelec 279%). Dość wysokie są wskaźniki efektywności w zachodniej części Karpat i Pogórza oraz na Wyżynach (Bielsko-Biała 267%, Lublin 263%, Hala Gąsienicowa 231%, Dobczyce 239%, Kraków 237%, Częstochowa 230%, Tarnów 220%, Racibórz 217%, Kasprowy Wierch 207%, Zakopane 206%, Katowice 203%). Najniższe wartości są charakterystyczne dla Wybrzeża (Ustka 108%, Łeba 111%). Na mapie rozkładu *Ie* można wyróżnić południową połowę kraju, w której opady *MCP* dwu-, a nawet trzykrotnie przekraczają średnią obfitość całkowitych opadów, oraz pozostałą część północną, z sumami *MCP* w granicach 100-200% średniej obfitości opadów. Za charakterystyczne trzeba uznać trzy strefy względnie wysokich opadów śródziemnomorskich: sudecką, podkarpacką i lubelską, którym odpowiadają wskaźniki *Ie* >220% (ryc. 5).

Najwyższe opady *MCP* w zachodniej Polsce związane są ze szlakiem niżowym CW, w Polsce północnej i środkowo-zachodniej – ze szlakiem CE, na krańcach południowo-wschodnich maksima opadowe wiążą się ze szlakiem S, w pozostałej, największej obszarowo części kraju, najwyższe sumy opadów *MCP* przynoszą niżej wędrujące szlakiem E. Obszar dominacji opadów związanych z tym szlakiem ogranicza od zachodu linia od Opola do Kętrzyna. Na zachód od tej linii opady o najwyższych sumach dobowych wiążą się z oddziaływaniem niżów ze szlaku centralnego (C), przy czym na obszarze położonym na zachód od Opola, Poznania i Kołobrzegu są to niżej wędrujące szlakiem CW (ryc. 6).

Warto zauważyć, że wykreślone granice zasięgu oddziaływania poszczególnych szlaków niżowych (E, CE i CW) niemal dokładnie odpowiadają przebiegowi szlaku centralnego C wraz z jego gałęziami CW i CE (por. ryc. 2 i 6). Najwyższe opady *MCP* występują po lewej (zachodniej) stronie tych szlaków. Obszar objęty oddziaływaniem niżów ze szlaku E (południowo-wschodnia część kraju) znajduje się także po lewej, zachodniej stronie szlaku E. Podobnie ma się rzecz z zaznaczonymi fragmentami południowo-wschodnich regionów, pozostających w zasięgu oddziaływań niżów przemieszczających się szlakiem S – maksymalne opady notowane są po lewej (północnej) stronie szlaku.

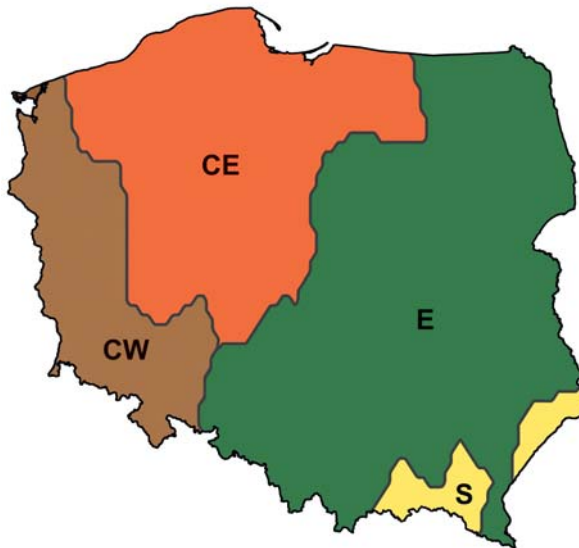
Średnie wysokości sum dobowych opadów *MCP* w regionach opadowych, przyporządkowanych poszczególnym szlakom niżowym według kryterium opadu najwyższego, wahają się od 5 do 10 mm, a wskaźniki efektywności od 150 do 241% (tab. 1).

<sup>4</sup> Maksimami nazwano tu najwyższe **średnie** dobowe opady *MCP*.



Ryc. 5. Wskaźnik efektywności najwyższych średnich opadów śródziemnomorskich ( $I_e MCP_{MAX}$  – maksymalny średni dobowy opad  $MCP$  związany z daną trajekcją / średnia obfitość opadu całkowitego) odpowiadających różnym szlakom niżowym. Okres 1958-2008

The efficiency ratio of the highest average Mediterranean rainfall ( $I_e MCP_{MAX}$  – maximum daily average  $MCP$  associated with a given trajectory / average abundance of total precipitation) corresponding to the different tracks followed by low pressure systems. Period 1958-2008



Ryc. 6. Zasięgi występowania największych średnich wysokości opadów śródziemnomorskich ( $MCP_{MAX}$ ) na obszarze Polski, odpowiadających szlakom CW, CE, E i S. Okres 1958-2008

The occurrence of the highest mean Mediterranean precipitation ( $MCP_{MAX}$ ) totals in Poland, as associated with the CW, CE, E and S tracks. Period 1958-2008

### **Efektywne opady MCP**

Ponadprzeciętna wysokość (tzn. wskaźnik  $I_e > 100\%$ ), podobnie jak najwyższe średnie opady MCP, charakteryzuje w Polsce opady związane przede wszystkim ze szlakami CW, CE, E i S (zanotowano tylko kilka przypadków, w których takiej wysokości opad wiązał się z zachodnim typem szlaków niżowych). Zasięgi występowania opadów MCP wyższych od średniej obfitości opadów całkowitych („opadów efektywnych” MCP) nakładają się, ale warto podkreślić, że w całym kraju te ponadprzeciętne opady dobowe związane są z dwoma, trzema, a miejscami nawet z czterema szlakami niżów MEC.

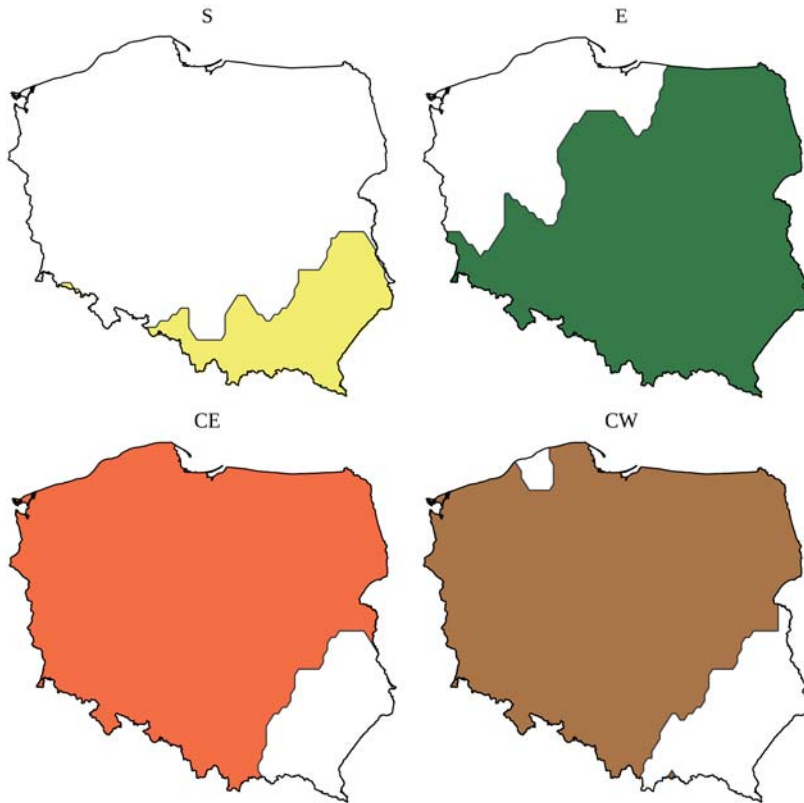
Największy zasięg występowania opadów MCP o wysokości większej od średniej obfitości opadów wiąże się z centralnym położeniem szlaków niżowych, tj. ze szlakami typu CW i CE. Nie obejmują one jedynie Polski południowo-wschodniej, w tym regionie bowiem do ponadprzeciętnych opadów MCP przyczyniają się niżej wędrujące szlakiem południowym (S). Niżej ze szlaku wschodniego (E) powodują natomiast ponadprzeciętne opady w przeważającej, południowo-wschodniej części Polski – aż po linię przechodzącą przez okolice Poznania, Bydgoszczy i Olsztyna (ryc. 7). Średnie dobowe wysokości opadów MCP w regionach występowania ponadprzeciętnych opadów, związanych z oddziaływaniem niżów CW, CE, E i S wahają się od 6 do 8 mm, a wskaźniki efektywności od 158 do 187% (tab. 1).

W tabeli 2 zamieszczono dane, ilustrujące rozkład średnich dobowych sum opadów MCP związanych z typami szlaków niżów śródziemnomorskich. Na przykład, najwyższe średnie opady MCP w Świnoujściu wiążą się z zachodnią gałęzią szlaku C, a opady MCP przekraczające średnią wysokość opadów całkowitych są związane ze szlakami CW i CE. Na Hali Gąsienicowej maksymalny opad MCP wiąże się z południowym szlakiem niżów, przy czym wszystkie typy niżów (WW, WE, CW, CE, E i S) powodują opady MCP większe od średniej obfitości opadów całkowitych. W tabeli 2 zamieszczono także „wskaźnikowe” szlaki niżów, określone według najwyższych średnich opadu MCP ( $MCP_{max}$ ) i według wskaźnika efektywności  $I_e > 100\%$ .

### **Wnioski i komentarze**

Wyróżniono 6 typów szlaków niżów śródziemnomorskich oraz odcinki opadotwórcze na tych szlakach określające położenie niżów, generujące wzrost opadów atmosferycznych w Polsce (ryc. 2-3). Typ E wschodni w największym stopniu odpowiada znanemu szlakowi niżów Vb van Bebbera.

Zweryfikowano pozytywnie sformułowane we wstępie artykułu hipotezy badawcze. Wykazano, że średnie dobowe sumy opadów związanych z niżami śródziemnomorskimi, są w Polsce wyższe od przeciętnej obfitości opadów atmosferycznych. Stwierdzono też m.in., że wyższe od przeciętnej obfitości całkowitych



Ryc. 7. Zasięgi występowania efektywnych opadów śródziemnomorskich cechujących się  $I_e > 100\%$  na obszarze Polski, odpowiadających położeniu niżów śródziemnomorskich na szlakach S, E, CE i CW; 1958-2008

The range of occurrence of effective Mediterranean precipitation in Poland characterised by  $I_e > 100\%$ , as this corresponds with the position of the Mediterranean cyclones along the S, E, CE and CW tracks; 1958-2008

tych opadów są te opady *MCP*, które wiążą się z niżami wędrującymi znad Morza Śródziemnego przez obszar Polski (typy C), na wschód (typ E) oraz na południe od granic kraju (typ S).

Najwyższe średnie sumy opadów *MCP* ( $>10 \text{ mm doba}^{-1}$ ) występują w górach i na ich przedpołu, przy czym w Karpatach związane są one z działalnością niżów *MEC* na szlakach wschodnim i południowym, a w Sudetach – z niżami na szlakach centralnych CW i CE.

Najwyższe opady *MCP* występują po lewej (zachodniej) stronie szlaków CW, CE i E, w strefach panowania składowej północnej i wschodniej cyrkulacji cyklonalnej. Na południowym wschodzie Polski najwyższe opady *MCP* wiążą się też ze szlakiem typu S – występują na północ od tego szlaku (ryc. 6-7).



Tabela 2. Średnia obfitość całkowitych opadów atmosferycznych w wybranych stacjach [mm doba<sup>-1</sup>], średnie dobowe sumy opadów śródziemnomorskich w zależności od typu szlaku niżów śródziemnomorskich oraz wskaźnikowe typy szlaków związanych z najwyższą ( $MCP_{max}$ ) oraz z wyższą od średniej ( $Ie >100\%$ ) obfitością opadów śródziemnomorskich

Average abundance of total precipitation in selected stations [mm day<sup>-1</sup>], mean sums of Mediterranean precipitation associated with types of Mediterranean cyclones track and indicative types of tracks associated with maximum ( $MCP_{max}$ ) and above-average ( $Ie >100\%$ ) abundance of Mediterranean precipitation

Stacje Stations	Obfitość opadu <i>Precipitation abundance</i>	Obfitość opadu związana z danym typem szlaku niżów MEC <i>Precipitation abundance associated with a given type of MEC cyclones track</i>						Wskaźnikowe typy szlaków <i>Indicative types of track</i>	
		WW	WE	CW	CE	E	S	$MCP_{max}$	$Ie >100\%$
Świnoujście	3,3	1,8	1,4	4,4	4,4	0,7	2,4	CW	CW CE
Śnieżka	5,2	4,0	4,8	17,1	16,3	10,5	7,5	CW	CW CE E S
Poznań	3,2	3,0	1,7	6,0	6,2	3,0	1,3	CE	CW CE
Łódź	3,4	3,1	1,8	5,3	5,5	7,1	1,2	E	CW CE E
Lublin	3,4	0,7	0,5	3,4	3,3	8,9	3,8	E	CW E S
Bielsko-Biała	5,4	2,8	1,2	5,7	6,8	14,5	6,3	E	CW CE E S
Zakopane	5,6	4,2	3,8	5,5	5,9	11,6	10,4	E	CE E S
Przemyśl	4,1	1,7	1,3	2,4	2,6	6,0	7,1	S	E S
Hala Gąsienicowa	7,6	9,1	8,1	10,7	11,2	15,3	17,6	S	WW WE CW CE E S
Kasprowy Wierch	7,7	7,1	6,1	9,6	9,5	15,8	15,8	S	CW CE E S

Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

Spostrzeżenia te pozostają w zgodzie z wnioskami M. Świątek (2013b), która stwierdziła, że najwyższe opady w północnej Polsce związane są z niżami położonymi na wschód lub północny wschód od miejsc wystąpienia opadu. Także M. Sobik i M. Błaś (2010) oraz B. Wrona (2008) zauważyli, że wysokie sumy opadowe na Dolnym Śląsku wiążą się z niżami ulokowanymi na wschód lub południowy wschód od tego regionu.

Najwyższe opady o genezie śródziemnomorskiej pojawiają się w strefach objętych północną, północno-wschodnią bądź wschodnią cyrkulacją cyklonalną, czyli w układach bliskich typowi cyrkulacji cyklonalnej wschodniej i północno-wschodniej  $E_0$  (wg klasyfikacji Osuchowskiej-Klein, 1978). Typ ten, według wielu autorów, przynosi wysokie opady zarówno w północno-zachodniej (Świątek, 2009; Kirschenstein, 2013), jak i w środkowej Polsce (Wibig i Fortuniak, 1998) oraz na południu kraju (Dubicka, 1991; Twardosz, 1997).

Średnie wysokości opadów  $MCP$  pozwalają stwierdzić, że są to wartości stano-  
wiące na ogół około 1,5-, a tylko wyjątkowo (na Śnieżce i w Tatrach) 3-krotność

średniej obfitości całkowitych opadów. Najwyższe średnie nie przekraczają 18 mm doba<sup>-1</sup> (zob. średnia obfitość opadów MCP na Hali Gąsienicowej, tab. 2). Nie jest to imponująca wysokość na tle notowanych w Polsce sum ekstremalnych. Warto jednak pamiętać, że średnie arytmetyczne nie zawierają pełnej informacji o rozkładzie analizowanego szeregu, który może zawierać elementy wielokrotnie wyższe od średniej. Przykłady takich skrajnych wartości w szeregach opadów MCP podano we wstępie artykułu. Do zobrazowania skali obfitości opadów śródziemnomorskich może być przydatne porównanie średniej dobowej sumy opadów na Kasprowym Wierchu (7,7 mm na dzień z opadem) ze średnią typową dla Polski nizinnej (około 3,5 mm na dzień z opadem). Zbliżone relacje otrzymamy, porównując obfitość opadów śródziemnomorskich i obfitość całkowitych opadów w Polsce. Można więc uznać, że opady MCP mają podobną przewagę nad pozostałymi opadami, jak opady w Tatrach nad skąpymi opadami na nizinach...

### Piśmiennictwo / References

- Alpert P., Neeman B.U., Shay-El Y., 1990, *Climatological analysis of Mediterranean cyclones using ECMWF data*, Tellus, 42A, s. 65-77.
- Apostol I., 2008, *The Mediterranean cyclones – The role in ensuring water resources and their potential of climatic risk, in the east of Romania*, Present Environment and Sustainable Development, 2, s. 143-164.
- Bartoszek K., 2006, *Niże śródziemnomorskie*, Przegląd Geofizyczny, 51, 1, s. 35-43.
- Bielec-Bąkowska Z., 2010, *A classification of deep cyclones over Poland (1971-2000)*, Physics and Chemistry of the Earth, 35, s. 491-497.
- Bogdanowicz E., Stachý J., 1998, *Maksymalne opady deszczu w Polsce – charakterystyki projektowe*, Materiały Badawcze IMGW, seria Hydrologia i Oceanologia, 23.
- Bogdanowicz E., Stachý J., 2002, *Maximum rainfall in Poland – a design approach*, [w:] A. Snorasson, H.P. Finnsdottir, M. Moss (red.), *The Extremes of the Extremes: Extraordinary Floods*, IAHS Publication, 271, s. 15-18.
- Buchert L., Cebulak E., Drwal-Tylmann A., Wojtczak-Gaglik E., Kilar P., Limanówka D., Łapińska E., Mizera M., Ogórek Sz., Pyrc R., Winnicki W., Zawiślak T., 2013, *Vademecum. Niebezpieczne zjawiska meteorologiczne. Geneza, skutki, częstość występowania*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, [http://www.imgw.pl/attachments/1605\\_vademecum\\_wiosna\\_lato.pdf](http://www.imgw.pl/attachments/1605_vademecum_wiosna_lato.pdf) (20.03.2015).
- Degirmendźić J., Kożuchowski K., 2006, *O drogach i kierunkach adwekcji mas powietrza nad obszar Polski*, [w:] J. Trepińska, Z. Olecki (red.), *Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, s. 339-350.
- Degirmendźić J., Kożuchowski K., 2014, *Sezonowe wahania liczby niżów śródziemnomorskich w Europie Środkowo-Wschodniej*, Przegląd Geofizyczny 59, 1-2, s. 5-18.
- Degirmendźić J., Kożuchowski K., 2015, *Precipitation of the Mediterranean origin in Poland – its seasonal and long-term variability*, Quaestiones Geographicae, 34, 1, s. 37-53.
- Dubicka M., 1991, *Opady atmosferyczne we Wrocławiu i ich związek z cyrkulacją atmosferyczną*, Prace Instytutu Geografii, Geografia Fizyczna, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, A, 6, s. 55-84.

- Kirschenstein M., 2013, *Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Polsce północno-zachodniej*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Pomorskiej, Słupsk.
- Kosiba A., 1972, *Klimat Wrocławia w 1962 roku*, Acta Universitatis Wratislaviensis, Studia Geograficzne, Prace Obserwatorium Meteorologii, 19.
- Kożuchowski K., 2003, *Cyrkulacyjne czynniki klimatu Polski*, Czasopismo Geograficzne, 74, 1-2, s. 93-105.
- Morozowska I., 1987, *Prognoza obfitych opadów w Polsce związanych z przemieszczaniem się cyklonów południowo-europejskich*, Wiadomości IMGW, 21, 4, s. 63-78.
- Osuchowska-Klein B., 1978, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Projekt: KLIMAT, 2011, *Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego)*, zadanie nr 4: *Kłęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju*, IMGW, Warszawa;  
[http://klimat.imgw.pl/wp-content/uploads/2011/02/zad.4\\_R2010.pdf](http://klimat.imgw.pl/wp-content/uploads/2011/02/zad.4_R2010.pdf) (7.04.2015).
- Serreze M.C., 2009, *Northern Hemisphere Cyclone Locations and Characteristics from NCEP/NCAR Reanalysis Data*, Boulder, Colorado USA: National Snow and Ice Data Center. Digital media; [ftp://sidacs.colorado.edu/pub/DATASETS/atmosphere/nsidc0423\\_cyclone\\_ncep\\_near\\_reanalysis/](ftp://sidacs.colorado.edu/pub/DATASETS/atmosphere/nsidc0423_cyclone_ncep_near_reanalysis/) (25.09.2011).
- Sobik M., Błaś M., 2010, *Wyjątkowe zdarzenia meteorologiczne*, [w:] P. Migoń (red.), *Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku*, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław, s. 35-59.
- Świątek M., 2009, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na zmienność opadów na polskim wybrzeżu Bałtyku*, Rozprawy i Studia, 826, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin.
- Świątek M., 2013a, *Advection of air masses responsible for extreme rainfall totals in Poland, as exemplified by catastrophic floods in Racibórz (July 1997) and Dobczyce (May 2010)*, Acta Agrophysica, 20, 3, s. 481-494.
- Świątek M., 2013b, *Związek opadów atmosferycznych na polskim wybrzeżu Bałtyku z położeniem niżów barycznych nad Europą*, Przegląd Geograficzny, 85, 1, s. 87-102.
- Tamulewicz J., 1993, *Struktura pola opadów atmosferycznych Polski w okresie 1951-1980*, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Seria Geografia, Wydawnictwo Naukowe UAM, 56, Poznań.
- Twardosz R., 1997, *Ekstremalne sumy dobowe opadów w Krakowie*, [w:] *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne. Materiały Sympozjum Jubileuszowego Polskiego Towarzystwa Geofizycznego, 12-14 listopada 1997*, PTGeofiz., Warszawa, s. 161-163.
- Ulbrich U., Brücher T., Fink A.H., Leckebusch C., Krüger A., Pinto J.G., 2003, *The central European floods of August 2002: Part 2 – Synoptic causes and considerations with respect to climatic change*, Weather, 58, s. 434-442.
- Wibig J., Fortuniak K., 1998, *The extreme precipitation conditions in the period 1931-1995*, [w:] *Klimat i bioklimat miast*, Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica Physica, 3, s. 241-249.
- Van Bebber W.J., 1891, *Die Zugstrassen der barometrischen Minima*, Meteorologische Zeitschrift, 8, s. 361-366.
- Wrona B., 2008, *Meteorologiczne i morfologiczne uwarunkowania ekstremalnych opadów atmosferycznych w dorzeczu górnej i środkowej Odry*, Materiały Badawcze IMGW, seria Meteorologia, 41.
- Ziemiański M., 2002, *Systemy baryczne umiarkowanych szerokości geograficznych jako wynik działania niestabilności baroklinowej*, [w:] A.A. Marsz, A. Styczyńska (red.),

*Oscylacja północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Wydawnictwo Uczelniane Akademii Morskiej, Gdynia.

Żmudzka E., 2010, *Współczesne zmiany wielkości i charakteru opadów w Tatrach*, [w:] *Nauka a zarządzanie obszarem Tatr i ich otoczeniem*, 1, TPN, Zakopane, s. 157-164.

[Wpłynęło: grudzień 2014; poprawiono: kwiecień 2015 r.]

JAN DEGIRMENDŹIĆ, KRZYSZTOF KOŻUCHOWSKI

TRACKS TOWARDS CENTRAL AND EASTERN EUROPE  
FOLLOWED BY MEDITERRANEAN CYCLONES,  
AND THE PRECIPITATION ASSOCIATED WITH THEM

This paper contains an analysis of the impact the positions of Mediterranean cyclones moving through Central and Eastern Europe (*MEC* – Mediterranean European Cyclones) are able to exert on the precipitation fields in Poland over the period 1958-2008. A distinction was first drawn between six types of route of *MECs*, as well as segments of those routes, with the positions of lows associated with maximum precipitation in Poland at the time being indicated (Figs. 2-3).

Daily precipitation totals associated with Mediterranean lows (i.e. *MCP* – Mediterranean Cyclonal Precipitation) were compared with the average precipitation abundance (i.e. the average amount of rain per rainy day) noted at meteorological stations. The quotient of these totals represents an indicator of *MCP* efficiency (*I<sub>e</sub>*). In the Polish case, this ratio is found to have assumed values in the range between 110 and more than 300% (Fig. 5). *MCP* precipitation abundance greater than the average abundance for all precipitation (*I<sub>e</sub>* >100%) was found to be associated with Mediterranean cyclones moving over the territory of Poland along a central route (C), or else passing to the east of the country (E route) or to the south of its borders (S route). The effective *MCP* associated with the central route (C) is seen to spread across the greater part of the country, excluding south-eastern regions (Fig. 7). In turn, precipitation associated with the E route extends over large areas other than in the north-west, while the precipitation associated with the S track is present close to the southern and south-eastern borders.

The highest average *MCP* in western Poland is related to cyclones moving along the western branch of the central route (CW), while peak values for the centre and north of the country are associated with the CE route. Elsewhere in Poland, it is the eastern-route (E) systems that induce maximum *MCP*. In some places close to the south-eastern borders, maximum *MCP* is caused by cyclones travelling along the southern track (S) (Fig. 6). It follows that the highest precipitation totals are recorded to the left-hand (western and northern) sides of the tracks followed, in areas where the northern and eastern components of the cyclonic circulation are dominant.

