

CYKLONY TROPIKALNE NA OBSZARZE TAJLANDII

ANNA KRYSZKOWIAK

Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Dziegiełowa 27, 61-680 Poznań

Abstract: The purpose of this paper is characteristic of tropical cyclones occurring in Thailand, and thus to detect and describe some rules governing them. It was found that cyclones occur over the area of Thailand, mostly in October, and have most of tropical depression strength. Based on the data from the years 1951–2009 184 tracks of the movement of cyclones were analyzed appearing at that time in the area of Thailand, and then determined the regions and provinces most vulnerable to the emergence of the storm in each month of their occurrence. It was found the cyclones penetrate the area of Thailand, usually from the east, covering different regions depending on the month in which they appear. The region most vulnerable to the emergence of the cyclones in the Northeast region, while the provinces through which most of cyclones passed are two provinces in the North – Chiang Mai and Nan.

Keywords: tropical cyclones, movement and track, strength of the cyclone, regions and provinces, Thailand

ZARYS TREŚCI

Celem opracowania jest charakterystyka cyklonów tropikalnych pojawiających się na obszarze Tajlandii, a co za tym idzie wykrycie i opisanie pewnych prawidłowości nimi rządzących. Ustalono, iż cyklony pojawiają się nad obszarem Tajlandii najczęściej w październiku i w większości przypadków mają siłę depresji tropikalnej. Na podstawie danych z lat 1951–2009 przeanalizowano trasy przemieszczania się 184 cyklonów, jakie pojawiły się w tym czasie na obszarze Tajlandii, a następnie wyznaczono regiony i prowincje najbardziej narażone na pojawienie się cyklonu w każdym miesiącu ich występowania. Stwierdzono, że cyklony przedostają się nad obszar Tajlandii zazwyczaj od strony wschodniej, obejmując zasięgiem różne regiony w zależności od miesiąca, w jakim się pojawiają. Regionem najbardziej narażonym na pojawienie się cyklonu okazał się Region Północno-Wschodni, natomiast prowincjami, przez które przemieszczało się najwięcej cyklonów dwie prowincje Regionu Północnego – Chiang Mai i Nan.

WPROWADZENIE

Cyklony tropikalne na obszarze Tajlandii są zjawiskiem powszechnym. Pojawiają się każdego roku o różnej porze. Systematyczna ich obserwacja prowadzona jest od roku 1951, jednak dopiero od końca lat 90. ukazują się coroczne raporty. Cyklony tropikalne, przemieszczając się nad obszarami lądowymi, zwykle powodują katastrofalne zniszczenia. Do najważniejszych czynników niszczycielskich zalicza się wiatr, opady oraz falę przyływową (Riehl 1978). Liczne powodzie towarzyszące cyklonom pochłaniają ofiary śmiertelne i powodują duże straty materialne, które są tym większe, im cyklon przemieszcza się wolniej lub zatrzymuje się. Obecnie każdy cyklon znajdujący się już w stadium depresji tropikalnej otrzymuje przyznany przez ośrodek prognostyczny swój numer porządkowy odpowiadający kolejności występowania na danym akwieńie w określonym roku, na przykład numer 8912 oznacza, iż jest to 12 cyklon w 1989 r. Jeśli cyklon tropikalny osiągnie stadium sztormu tropikalnego, wówczas nadaje mu się nazwę (imię) zgodną z przyjętą na dany rok tabelą.

Cyklony tropikalne definiuje się jako silne zmącenia atmosfery o wirowym charakterze z pionową osią symetrii występujące w szerokościach międzywrotnikowych i mające bardzo duże zasoby energii kinetycznej (Mamedov, Pavlov 1974). Funkcjonują w nich jednocześnie procesy kinematyczne, termodynamiczne oraz adwekcyjne na wielką skalę. Wraz z powstaniem wiru przy powierzchni oceanu wykształca się głęboki układ niskiego ciśnienia cechujący się dużymi gradientami barycznymi, przynoszą one zatem wiatry o wyjątkowej sile i ulewne deszcze. Cyklony generują i rozpraszają ogromne ilości energii, której nie da się porównać do innych procesów zachodzących w przyrodzie. Pedelaborde (1958) wyróżnia cztery podstawowe cechy cyklonów tropikalnych:

1. Istnienie ruchomej depresji barycznej i silnych poziomych gradientów barycznych dochodzących do 60 hPa, co prowadzi do powstania bardzo silnych wiatrów o prędkości przekraczającej nierzadko 100 m/s.
2. Wiatry w pobliżu „oka cyklonu” mogą wiać prawie równoległe do izobar.
3. Brak nieciągłości w polu temperatury powoduje, że wirowanie obejmuje jednorodną ciepłą masę powietrza.
4. Z wyjątkiem centrum cyklonu cały układ znajduje się w stanie silnego ruchu wstępującego, powodującego intensywne zachmurzenie i obfite opady.

Cyklony tropikalne, w zależności od miejsca, w którym powstają, są różnie nazywane. Nazwa cyklon przyjęła się przede wszystkim na obszarze Zatoki Bengalskiej i Oceanu Indyjskiego. Na południowym Pacyfiku oraz w rejonie Morza Południowochińskiego są one nazywane tajfunami, natomiast w rejonie Zatoki Meksykańskiej i Morza Karaibskiego huraganami. Występują w dowolnej porze roku w strefie powyżej 5° szerokości geograficznej północnej i południowej (ze względu na zbyt małą wirowość w niższych szerokościach potrzebną do

wprowadzenia układu w ruch) do mniej więcej 25°. Ich formowaniu sprzyjają przede wszystkim (Tamulewicz, 1997):

- temperatura powierzchni wody powyżej 26,5°C, a temperatura powietrza nieznacznie od niej niższa,
- duża ilość pary wodnej w powietrzu i zasobów energii cieplnej,
- słaby gradient pionowy prędkości wiatru,
- antycyklonalna cyrkulacja powietrza w górnej troposferze,
- pojawienie się zaburzenia tropikalnego.

Adwekcja mas polarnego powietrza w górnej troposferze jest niezbędna do powstania cyklonu tropikalnego, stąd najczęściej pojawiają się one w porze letniej, kiedy cała strefa tropikalna przesunięta jest w stronę bieguna. Cyklon zamiera, gdy przenikną do niego masy chłodnego powietrza zakłócające ruchy wstępujące i niszczące uporządkowane pole termiczne na wszystkich poziomach w centrum cyklonu, co powoduje zmniejszenie dopływu energii od dołu. Dochodzi to tego najczęściej przy zetknięciu z lądem, chłodnymi wodami lub przemieszczeniu się do szerokości umiarkowanych, gdzie cyklon zamienia się w głęboki ośrodek niżowy, stąd czas trwania cyklonu jest bardzo różny, choć statystycznie przyjmuje się, iż jest to około 6–10 dni (Riehl 1954). W rozwoju cyklonu wyróżnia się cztery stadia: powstawania, dojrzewania, dojrzałości i zanikania.

Mimo olbrzymich prędkości wiatru w strefie przylegającej do oka cyklonu prędkość całego układu nie przekracza 25 km/h. Cyklony zwykle poruszają się wraz z masami powietrza, w których powstają, po trasie parabolicznej lub hiperbolicznej, co uzależnione jest od cech geometrycznych antycyklonu. Istnieje kilka typów dróg przemieszczania się cyklonów, z których każda ma swoją własną nazwę. Typowa trasa cyklonu zaczyna się w obszarze przyrównikowym, a cyklony zacierają zwykle w kierunku zachodnim, przemieszczając się równoleżnikowo ze zmienną prędkością. Jeśli natrafią na ląd – zanikają. W przeciwnym przypadku następuje punkt zwrotu, w którym cyklon przekracza oś grzbietu wysokiego ciśnienia i wchodzi na drogę południkową, kierując się w stronę wyższych szerokości z dużą prędkością (Trzeciak 2004). Cyklon może także powstać we wspomnianym odcinku południkowym i podążać dalej lub przy kontakcie z lądem zaniknąć. Po dostaniu się w wyższe szerokości geograficzne porusza się zwykle w kierunku północno-wschodnim z jeszcze większą prędkością w różnych potokach prowadzących. Wspomniana trasa cyklonu może w warunkach rzeczywistych znacznie się różnić, ulegać załamaniu, zmianie kierunku lub tworzyć pętle, co związane jest z wieloma czynnikami i powoduje utrudnienia w prognozowaniu położenia cyklonu. W celach prognostycznych cyklony tropikalne dzieli się na cztery grupy ze względu na prędkość wiatru w cyklonie (Marsz, Styszyńska 1992):

1. Zmącenie tropikalne, w którym wir powietrza nie jest jeszcze dobrze wykształcony, a co się z tym wiąże – prędkość wiatru nad wodą dochodzi

jedynie do kilkunastu m/s. Na mapach synoptycznych oznaczany czerwonym kółkiem z literą D (*disturbance*).

2. Depresja tropikalna cechuje się dość dobrze wykształconym przywodnym wirem powietrza, w którym prędkość wiatru nie przekracza 17 m/s. Oznaczana jest najczęściej podobnie jak zamięnienie czerwonym kółkiem z literami TD (*tropical depression*) i jedną lub dwiema zamkniętymi izobarami.
3. Sztorm tropikalny o bardzo silnym wirze powietrza, w którym maksymalne prędkości wiatru zawierają się w granicach pomiędzy 17 a 32 m/s. Istnieje podział na umiarkowany sztorm tropikalny o prędkości wiatru od 17 do 23 m/s i silny sztorm tropikalny. Na mapie oznaczany więcej niż dwoma izobarami z zaznaczoną w centrum wartością ciśnienia oraz literami TS (*tropical storm*) lub STS w przypadku silnego sztormu, obok których może być podana nazwa.
4. Huragan/tajfun, przy którym prędkość wiatru osiąga powyżej 32 m/s, oznaczany jest podobnie jak sztorm literami H (*hurricane*), TH, T lub TY (*typhoon*) i dodatkowo nazwą.

Na podstawie tego podziału nie można jednoznacznie określić, w jakim stadium rozwojowym znajduje się dany cyklon. Rozpoznanie to ułatwia rozmiar cyklonu, gdyż średnice dojrzewających cyklonów zwykle zawierają się w przedziale od 110 do 300 km, a dojrziałych w przedziale od 600 do 650 km, co nie jest równoznaczne ze średnicą zachmurzenia, która z reguły jest większa czy zwykle mniejszym polem wiatrów sztormowych (Riehl 1979). Analizując warunki pogodowe panujące w cyklonie, można więc wyróżnić pięć stref, w których zmieniają się one stopniowo w miarę zbliżania się do centrum cyklonu. Strefy od 1 do 4 znajdują się w cyklonie, natomiast strefa 0 na zewnątrz cyklonu.

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE I METODY BADAŃ

Podstawę analizy stanowiły raporty pogodowe i roczniki opadowe z lat 1951–2009, wydawane corocznie przez Tajski Departament Meteorologii. Na podstawie opisu tam zamieszczonego oraz synoptycznych map pogody nanie­siono na mapę obszaru wszystkie tory cyklonów, jakie dotychczas pojawiły się w Tajlandii, wraz z dokładnym czasem ich przemieszczania od momentu powstania do dnia zaniku oraz siłą na poszczególnych etapach drogi. Analiza tych torów pozwoliła na wyodrębnienie, charakterystycznych dla każdego miesiąca, szlaków przemieszczania się cyklonów tropikalnych, które pojawiają się na terenie Tajlandii oraz określenie przeważających kierunków, z jakich można się spodziewać cyklonu w danym miesiącu. Następnie podsumowano liczbę cyklonów w poszczególnych latach i miesiącach, co pozwoliło na wyliczenie średniej liczby cyklonów przypadającej na dany miesiąc i rok oraz dało

podstawę do dalszej charakterystyki opartej na podziale na poszczególne pory roku. Szczegółowa analiza wszystkich danych zawartych w rocznikach i raportach była również podstawą wyodrębnienia prowincji najbardziej narażonych na pojawienie się cyklonów. Aby lepiej wyodrębnić rejony, w których cyklony występują najczęściej, obszar Tajlandii podzielono na pięć regionów: Północny (15 prowincji), Północno-Wschodni (19 prowincji), Centralny (18 prowincji), Wschodni (8 prowincji) i Południowy (16 prowincji), a następnie każdy z regionów na poszczególne prowincje. Dodatkowo Region Południowy, położony na Półwyspie Malajskim podzielono na Wybrzeże Wschodnie (10 prowincji) i Wybrzeże Zachodnie (6 prowincji). W ten sposób uzyskano bardzo przejrzysty obraz prowincji pozostających pod wpływem cyklonów w poszczególnych miesiącach i latach.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KLIMATU TAJLANDII

Klimat Tajlandii znajduje się pod silnym wpływem sezonowych wiatrów monsunowych – monsunu północno-wschodniego i południowo-zachodniego. Od połowy października do połowy lutego monsun północno-wschodni przynosi nad obszar Tajlandii zimne i suche powietrze znad kontynentalnych Chin. Zaznacza się on szczególnie wyraźnie w północnych i północno-wschodnich prowincjach Tajlandii, położonych w wyższych szerokościach geograficznych. W części południowej monsun ten powoduje obfite opady deszczu wzdłuż wschodniego wybrzeża. Monsun południowo-zachodni natomiast, zaznaczający się od połowy maja, przynosi nad obszar Tajlandii strumień ciepłego i wilgotnego powietrza znad Oceanu Indyjskiego, powodując obfite deszcze w całej Tajlandii, a szczególnie po nawietrznej stronie gór (Ramage 1971). Opady w tym okresie spowodowane są także położeniem kraju w Międzyzwrotnikowej Strefie Konwergencji oraz w rejonie występowania cyklonów tropikalnych, które niosą z sobą dużą ilość opadów.

Średnio większość rejonów kraju otrzymuje rocznie około 1200–1600 mm opadów. Średnia roczna dla całego kraju wynosi 1572,5 mm (dane z Tajskiego Departamentu Meteorologii dla lat 1971–2000). Ilość opadów uzależniona jest jednak od położenia danego obszaru, ukształtowania powierzchni, a przede wszystkim od pory roku. Niektóre obszary leżące po stronie nawietrznej, szczególnie wschodnia część prowincji Trat, jak i prowincja Ranong na zachodnim wybrzeżu południowej Tajlandii, otrzymują ponad 4000 mm opadów rocznie. Roczna suma opadów poniżej 1200 mm występuje po stronie zawietrznej, szczególnie na obszarze północnej Tajlandii w Dolinach Centralnych, jak również w najwyżej wyniesionych obszarach części południowej. Najwięcej dni z opadem w ciągu roku odnotowuje się na zachodnim wybrzeżu Regionu Południowego. W rejonie tym występują także największe opady we wszystkich porach



Ryc. 1. Mapa Tajlandii z podziałem na regiony i prowincje

Fig. 1. Map of Thailand with regions and provinces

roku. W porze zimnej opady przeważają na wschodnim wybrzeżu, natomiast w porze gorącej i deszczowej na zachodnim. Obszar ten jest także nawiedzany przez cyklony tropikalne, co wyraźnie przyczynia się do zwiększenia ilości opadów w ciągu roku, a szczególnie w porze deszczowej.

Z meteorologicznego punktu widzenia w klimacie Tajlandii można więc wyróżnić trzy sezony: deszczowy, chłodny i gorący (Bajkiewicz-Grabowska 1997). Pora deszczowa związana jest z monsunem południowo-zachodnim i trwa zazwyczaj od połowy maja do połowy października. Średnia temperatura dla tego okresu (dane z Tajskiego Departamentu Meteorologii dla lat 1971–2000) waha się od 27,3°C w Regionie Północnym do 28,3°C w Regionie Centralnym. Najwilgotniejszy okres przypada na sierpień i wrzesień. Wyjątkiem jest wschodnie wybrzeże południowej Tajlandii, gdzie obfite deszcze padają do końca roku, a najbardziej mokrym miesiącem jest listopad, co związane jest już z nadejściem monsunu północno-wschodniego. Pora chłodna zaczyna się wraz z nadejściem monsunu północno-wschodniego, który łagodzi klimat i powoduje znaczny spadek temperatury, szczególnie w północnej Tajlandii w grudniu i styczniu. Średnia temperatura waha się od 23,1°C w Regionie Północnym do 26,8°C na zachodnim wybrzeżu Regionu Południowego. Pora gorąca natomiast, trwająca od połowy lutego do połowy maja, jest okresem przejściowym pomiędzy dwoma monsunami. Charakteryzuje się wysokimi średnimi temperaturami wahającymi się od 28,0°C w Regionie Północnym do 29,6°C w Regionie Centralnym. Średnie maksymalne temperatury w tym okresie osiągają wartości powyżej 35°C w środkowej i północnej części kraju. Najcieplejszym miesiącem jest kwiecień, kiedy promienie słońca w południe padają prawie prostopadle do powierzchni ziemi. Choć w porze tej jest zwykle gorąco i sucho, zdarza się, że masy zimnego powietrza znad Chin zderzając się z gorącymi, powodują burze, wichury, a nawet grad. Do temperatury powietrza i cyrkulacji atmosferycznej w wyraźny sposób nawiązuje przestrzenny rozkład i roczny przebieg wilgotności względnej.

Usytuowanie Tajlandii w niskich szerokościach geograficznych sprawia, iż obszar ten charakteryzuje się wysokim położeniem Słońca i małą zmiennością długości dnia w ciągu całego roku. Roczne usłonecznienie na całym Półwyspie Indochińskim waha się od 2400 do 1600 godz. (Martyn 2000).

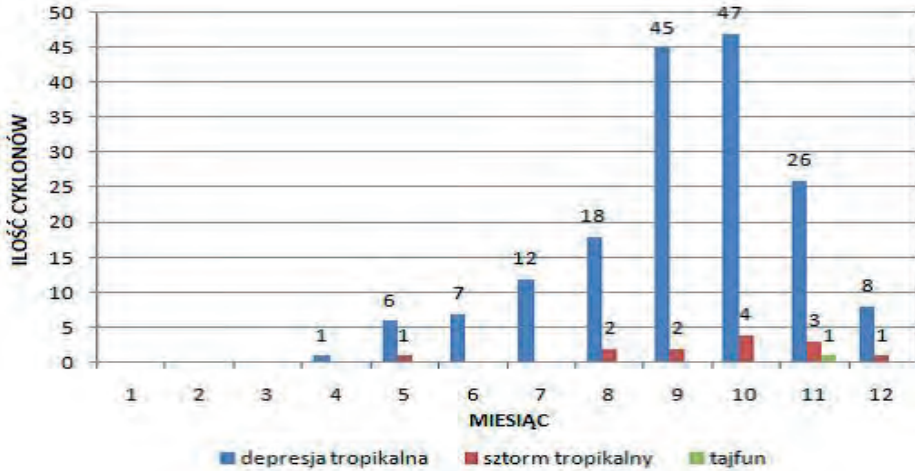
AKTYWNOŚĆ CYKLONÓW NA OBSZARZE TAJLANDII W LATACH 1951–2009

W latach 1951–2009 Tajlandię nawiedziły 184 cyklony tropikalne o różnej sile. Powstają one najczęściej w rejonie Mikronezji lub Morza Południowochińskiego, a następnie przemieszczają na zachód w rejon Azji Południowo-Wschodniej. Zdarza się, iż do Tajlandii docierają także cyklony znad Oceanu Indyjskiego. Wszystkie cyklony, z wyjątkiem tych powstałych na obszarze Zatoki

Tajlandzkiej, są już znacznie osłabione po przejściu przez terytoria krajów sąsiadujących z Tajlandią. Cyklony docierające od zachodu zanim pojawią się nad Tajlandią, uderzają najpierw w wąski pas wybrzeża birmańskiego, natomiast cyklony docierające do Tajlandii od wschodu tracą swą siłę zwykle na terenie Wietnamu, Laosu lub Kambodży. Najczęściej nad teren Tajlandii docierają cyklony o sile depresji tropikalnej. Na 184 cyklony, które nawiedziły Tajlandię od 1951 r., tylko jeden miał siłę tajfunu. Był to tajfun Gay (8929), który pojawił się w Tajlandii 4 listopada 1989 r. w prowincji Chumphon, położonej na południu Tajlandii. Tajfun ten powstał w południowej części Zatoki Tajlandzkiej, blisko wschodniego wybrzeża Tajlandii i początkowo przemieszczał się na północ, trzeciego dnia skręcił na północny zachód i przechodząc przez terytorium Tajlandii oraz Birmy, skierował się w stronę Zatoki Bengalskiej. Cyklony tropikalne w postaci sztormu tropikalnego nawiedziły Tajlandię 13 razy, z czego trzy razy w ostatnich pięciu latach. Najczęściej, bo aż cztery razy cyklony o sile sztormu pojawiały się w październiku (1952, 1962, 2006, 2007), trzy razy w listopadzie (1970, 1992, 1997), dwa razy w sierpniu (1990, 1991) i we wrześniu (1964, 1969) i raz w czerwcu (2004). Pozostałych 170 cyklonów miało siłę depresji tropikalnej.

Pierwszym miesiącem, w którym cyklony zaczynają pojawiać się na obszarze Tajlandii według danych historycznych, jest kwiecień (ryc. 2). Dotychczas jednakże cyklon w tym miesiącu pojawił się tylko raz w roku 1961. W maju oraz w czerwcu odnotowano do tej pory po siedem cyklonów w każdym miesiącu. Ich nasilenie dostrzegane jest szczególnie we wrześniu i październiku. W miesiącach tych pojawiło się odpowiednio 47 i 51 cyklonów w ciągu 59 lat. Kolejnym miesiącem pod względem liczby cyklonów jest listopad – 30 cyklonów, a dalej sierpień – 20 cyklonów. 12 cyklonów pojawiło się dotychczas w lipcu, a dziewięć w grudniu. Miesiącami, w których cyklony tropikalne nie pojawiają się na terytorium Tajlandii są: styczeń, luty i marzec, zatem najmniej cyklonów nawiedza Tajlandię w porze chłodnej. Najwięcej natomiast cyklonów pojawia się w porze deszczowej, a szczególnie we wrześniu i październiku, co jest związane ze zmianą kierunku monsunu z południowo-zachodniego na północno-wschodni. W tym okresie Tajlandię nawiedziło ponad 50% wszystkich cyklonów.

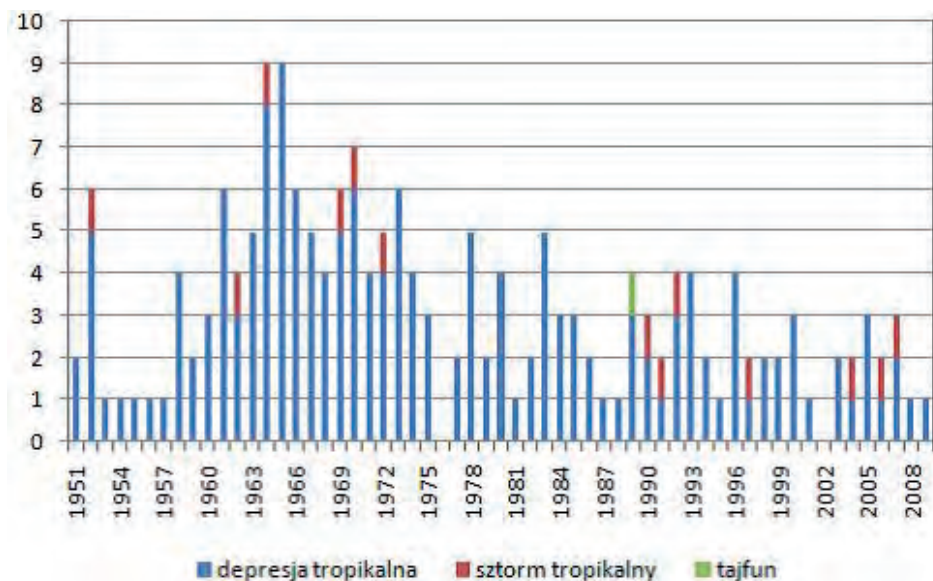
Szczególnie wiele cyklonów pojawiło się w latach 1961–1974, bo aż 76. Maksymalna liczba cyklonów, jaka nawiedziła Tajlandię w całym cyklu obserwacyjnym przypada na lata 1964 i 1965, w których odnotowano łącznie 18 cyklonów, po dziewięć w każdym roku. Kolejnym rokiem z dużą liczbą cyklonów był rok 1970, w którym pojawiło się ich siedem. Średnia liczba cyklonów dla danego roku obliczona na podstawie danych z 59 lat wynosi 3,12, czyli maksymalne wartości nawet trzykrotnie przekraczają średnią. Jedynie w dwóch latach całego cyklu obserwacyjnego na obszarze Tajlandii nie odnotowano cyklonu, w roku 1976 i 2002. Nie oznacza to jednak, iż w latach tych cyklony,



Ryc. 2. Liczba i siła cyklonów w poszczególnych miesiącach w latach 1951–2009
 Fig. 2. The number and strength of tropical cyclones monthly in the years 1951–2009

które nawiedzały kraje sąsiadujące z Tajlandią, nie miały wpływu na pogodę w Tajlandii. W ostatnich latach cyklonów jest mniej niż wskazuje na to średnia wieloletnia. Najwięcej cyklonów w danym miesiącu nawiedziło Tajlandię we wrześniu 1965, kiedy pojawiło się ich aż sześć. Kolejne rekordy padały w październiku w latach 1952 i 1964, podczas których w jednym miesiącu odnotowano cztery cyklony. Zwykle jednak w danym miesiącu nie pojawia się więcej niż jeden czy dwa cyklony.

Cyklony tropikalne stanowią duże zagrożenie dla obszarów, przez które przechodzą. Jednak wpływają też pozytywnie na gospodarkę wodną obszarów bardzo suchych. Głównym skutkiem negatywnym przemieszczania się cyklonów nad obszarem Tajlandii są przede wszystkim powodzie spowodowane dużymi, nagłymi opadami deszczu, które powodują liczne zniszczenia, jak również wzrost liczby zachorowań związany z szerzącymi się na tych terenach epidemiami. Obszarem najbardziej zagrożonym pod tym względem jest południowa Tajlandia, której wschodnie prowincje przylegają bezpośrednio do Zatok Tajlandzkiej, a zachodnie do Morza Andamańskiego. Cyklony nie przechodzą przez obszar innego kraju, lecz bezpośrednio kierują się w stronę tajskiego wybrzeża, co sprawia, iż są tam znacznie silniejsze i powodują większe straty niż na innych obszarach. Ponadto, fale powstałe w wyniku przemieszczania się cyklonu uderzają z dużą siłą bezpośrednio o brzeg położonych tam prowincji, powodując liczne zniszczenia.



Ryc. 3. Liczba i siła cyklonów tropikalnych w poszczególnych latach (1951–2009)

Fig. 3. The number and strength of tropical cyclones in following years (1951–2009)

TORY PRZEMIESZCZANIA SIĘ CYKLONÓW

Cyklony przedostają się nad obszar Tajlandii zwykle od strony wschodniej. Powstają na Pacyfiku lub Morzu Południowochińskim i kierują się na zachód, w stronę wietnamskiego wybrzeża, a następnie, mijając Laos lub Kambodżę, docierają do granic Tajlandii. Cyklony powstające nad Zatoką Bengalską lub Morzem Andamańskim natomiast kierują się na wschód i poprzez terytorium Birmy przedostają się nad obszar Tajlandii. Biorąc pod uwagę wszystkie cyklony, jakie nawiedzają Tajlandię, można stwierdzić, iż jedynie niewielka część ich przedostaje się od strony zachodniej i ma to miejsce najczęściej w kwietniu lub maju. Analizując trasy cyklonów w poszczególnych miesiącach zauważa się, iż różnią się one miejscem powstania, jak również torem poruszania. Na podstawie danych z 59 lat i trasy przemieszczania każdego z cyklonów, który nawiedził Tajlandię, można stworzyć dla każdego miesiąca pewne uogólnione trasy, z których jedna jest najczęściej występującą, natomiast druga pojawia się sporadycznie. Z uwagi na to, iż w całej historii obserwacji w kwietniu nad obszar Tajlandii znad Zatoki Tajlandzkiej dotarł jedynie jeden cyklon, nie można jednoznacznie określić głównego toru poruszania się cyklonów w tym miesiącu. Na podstawie tego jednego cyklonu można jednak wnioskować, iż w tym okresie najbardziej zagrożone pojawieniem się cyklonu są prowincje południowe przylegające do Zatoki Tajlandzkiej.

W maju, a więc w miesiącu, w połowie którego kończy się pora gorąca, a zaczyna pora deszczowa, cyklony tropikalne docierające nad obszar Tajlandii tworzą się zwykle nad Zatoką Bengalską lub Morzem Andamańskim i kierują w stronę wybrzeża birmańskiego, docierając do zachodnich prowincji Tajlandii. Zdarza się jednak, choć bardzo rzadko, iż cyklon pojawiający się nad obszarem Tajlandii w maju ma swoje źródło nad Morzem Południowochińskim. Wówczas dostaje się nad północno-wschodni region Tajlandii, poprzez Wietnam i Laos, obejmując swym zasięgiem także północną część kraju. Istnieje możliwość, iż cyklon ten przedostając się nad Zatokę Tajlandzką, uderzy bezpośrednio w wybrzeże części wschodniej i środkowej. Są to jednak sporadyczne przypadki. Przyjmuje się więc, iż w okresie tym znacznie bardziej narażone na wystąpienie cyklonu są prowincje zachodnie i północno-zachodnie kraju.

W czerwcu cyklony tropikalne powstają w większości w rejonie Morza Południowochińskiego i kierują się w stronę środkowego Wietnamu. Następnie przez południowy Laos docierają do północnej i północno-wschodniej Tajlandii. Mogą pojawić się również na Morzu Południowochińskim w pobliżu południowego wybrzeża Wietnamu, a następnie przemieścić się nad Kambodżę, skąd podążają w kierunku wschodnich i północno-wschodnich prowincji Tajlandii. Tylko raz zdarzyło się, iż do Tajlandii dotarł w tym okresie cyklon powstały na Oceanie Spokojnym, co można jednak uznać za sporadyczny przypadek.

Inaczej sytuacja wygląda w lipcu, gdzie głównym miejscem powstawania cyklonów jest Ocean Spokojny. Trasa tych cyklonów jest dość długa i zwykle żyją one znacznie dłużej niż te, które powstają u wybrzeży Południowo-Wschodniej Azji. Mijając Filipiny, przedostają się one nad Morze Południowochińskie, a następnie poprzez środkowy Wietnam i Laos do północnych lub północno-wschodnich prowincji Tajlandii, a czasem jeszcze dalej do Birmy. Drugą możliwością jest powstanie cyklonu w części południowej Morza Południowochińskiego i dalsza jego droga w kierunku południowego Wietnamu i Kambodży aż do wschodnich i północno-wschodnich, a czasem także północnych prowincji Tajlandii.

W sierpniu z kolei zauważa się nieco odmienną tendencję. Podstawowym miejscem powstawania cyklonów staje się północna część Morza Południowochińskiego, skąd dalej podążają one w kierunku północnego wybrzeża Wietnamu, środkowego Laosu i wkraczają na teren Tajlandii od strony północno-wschodniej, wschodniej bądź północnej. Ponadto, niektóre cyklony w tym okresie mogą powstawać na Oceanie Spokojnym i przemieszczać się poprzez północne Filipiny nad Morze Południowochińskie w kierunku Hajnanu i Zatoki Tonkińskiej. Mijają wtedy północny Wietnam, Laos i wchodzi od strony północno-wschodniej lub części północnej na obszar Tajlandii.

Wrzesień jest miesiącem, który ze względu na cechy torów cyklonów można podzielić na dwie połowy. W pierwszej połowie września głównym miejscem powstawania cyklonów jest północna część Morza Południowochińskiego,

skąd przemieszczają się one dalej w kierunku Wietnamu, Laosu oraz północno-wschodniej i północnej Tajlandii. Kilka spośród cyklonów badanego okresu powstało na Oceanie Spokojnym i poprzez: Filipiny, Morze Południowochińskie, Hajnan, Zatokę Tonkińską, północny Wietnam i Laos wkroczyło nad obszar Tajlandii od północnej części Regionu Północnego. W drugiej połowie września trasy cyklonów mają podobny kształt, lecz obejmują większy obszar kraju. Podstawowym miejscem powstawania cyklonów jest nadal Morze Południowochińskie, lecz tym razem jego południowa część. Cyklony tam powstające przemieszczają się następnie w kierunku środkowego Wietnamu i Laosu, docierając do południa Regionu Północno-Wschodniego i dalej do centralnej części kraju. Drugą trasę rozpoczynają na Oceanie Spokojnym, po czym kierują się w stronę Filipin, przechodząc przez środek Morza Południowochińskiego, podążają w kierunku Wietnamu, Laosu aż do północno-wschodniej, północnej i środkowej Tajlandii.

W październiku w zasięgu cyklonu mogą znajdować się zarówno prowincje północne, jak i południowe Tajlandii. W pierwszej połowie miesiąca cyklony powstają z reguły w południowej części Morza Południowochińskiego i podążają w kierunku południowego Wietnamu oraz Kambodży, docierając do wschodnich i środkowych prowincji Tajlandii. Jeśli natomiast wytworzą się na Oceanie Spokojnym, poprzez północne Filipiny przemieszczają się nad Morze Południowochińskie, skąd przez Wietnam i Laos dochodzą do północno-wschodnich i północnych prowincji Tajlandii. W drugiej połowie miesiąca nadal istnieje trasa biegnąca od Oceanu Spokojnego poprzez Filipiny, Morze Południowochińskie, Wietnam i południowy Laos do południowych prowincji Regionu Północno-Wschodniego, jednakże w tym czasie cyklony znacznie częściej powstają w południowej części Morza Południowochińskiego i poprzez Zatokę Tajlandzką przedostają się do północnych prowincji Regionu Południowego.

Ostatnim miesiącem, w którym wyszczególnić można dwie odmienne trasy cyklonów, jest listopad. Na początku listopada cyklony zwykle tworzą się w południowej części Morza Południowochińskiego, kierują się w stronę Zatoki Tajlandzkiej, a następnie północnych i środkowych prowincji Regionu Południowego. W pierwszej połowie listopada po raz ostatni cyklony dochodzą do prowincji północno-wschodnich Tajlandii, a ich tory są podobne do tras cyklonów w drugiej połowie października, czyli zaczynają się na Oceanie Spokojnym i przebiegają przez Filipiny, Morze Południowochińskie, Wietnam, południowy Laos, a czasem Kambodżę. W drugiej połowie miesiąca docierają już jedynie do prowincji południowych. Powstają najczęściej w południowej części Morza Południowochińskiego, skąd przemieszczają się nad wody Zatoki Tajlandzkiej i tajske wybrzeże. Drugi tor jest bardzo podobny, jednakże rozpoczyna się na Oceanie Spokojnym i poprzez: Filipiny, Morze Południowochińskie, południowe krańce Wietnamu i Zatokę Tajlandzką dociera do wybrzeży Tajlandii.

W grudniu, podobnie jak w drugiej połowie listopada, na pojawienie się

cyklonów narażone są prowincje Regionu Południowego, a torry ich poruszania się są bardzo zbliżone i maksymalnie przesunięte na południe. Cyklony najczęściej tworzą się w rejonie Morza Południowochińskiego i kierują w stronę Zatoki Tajlandzkiej oraz graniczących z Malezją południowych prowincji Tajlandii. W tym okresie rzadziej cyklony powstają nad Oceanem Spokojnym, skąd poprzez: środkowe Filipiny, Morze Południowochińskie, południowe krańce Wietnamu i Zatokę Tajlandzką dosięgają południowo-wschodniego wybrzeża Tajlandii.

REGIONY NAJBARDZIEJ NARAŻONE NA WYSTĘPOWANIE CYKLONÓW

Na podstawie zestawienia wszystkich cyklonów, jakie przemieszczały się na obszarze Tajlandii w latach 1951–2009 oraz prowincji, jakie objęły swoim zasięgiem można stwierdzić, iż regionem najbardziej narażonym na występowanie cyklonów jest Region Północny i Północno-Wschodni. Ze 184 cyklonów, jakie nawiedziły Tajlandię w badanym okresie, 89 przemieszczało się przez Region Północno-Wschodni, a 79 przez prowincje Regionu Północnego. 55 nawiedziło Region Południowy, a 30 Region Centralny. Regionem, przez który trasy cyklonów przebiegały najrzadziej, był Region Wschodni (23 cyklony).

Prowincjami, nad które cyklony docierają najczęściej, są prowincje Chiang Mai i Nan. Od początku cyklu obserwacyjnego odnotowano w nich odpowiednio 36 i 35 cyklonów. Na obszarze całego kraju jedynie w prowincji Samut Sakhon, należącej do Regionu Centralnego, cyklony tropikalne nie pojawiły, a w sąsiednich prowincjach Samut Songkhrum, Samut Prakan wystąpiły tylko raz w maju.

W maju, jak wspomniano, cyklony najczęściej przybywają z kierunku zachodniego, a więc do prowincji najbardziej zagrożonych należą przede wszystkim prowincje północne i centralne. Najwięcej cyklonów pojawiających się wówczas na obszarze Tajlandii przemieszcza się przez prowincje Mae Hong Son, Chiang Mai i Loei, a także centralne prowincje Kanchanaburi i Uthai Thani.

Podobnie jak zmieniają się trasy cyklonów wraz z nadejściem czerwca, zmiana ulega także obszar znajdujący się w ich zasięgu. Cyklony przemieszczają się przede wszystkim przez prowincje północno-wschodnie, a więc prowincje Nakhon Phanom, Udon Thani, Nong Khai i północną część prowincji Sakon Nakhon oraz Ubon Ratchathani, dochodząc czasem do północnych prowincji Nan i Uttaradit. W całym cyklu obserwacyjnym nie zdarzyło się, aby w centrum cyklonu znalazły się w tym czasie prowincje centralne, wschodnie czy południowe.

W lipcu cyklony tropikalne pojawiają się najczęściej nad północną Tajlandią w prowincjach Chiang Rai, Nan i Phayao, przemieszczając się dalej w kierunku

Tabela. Występowanie cyklonów tropikalnych w poszczególnych regionach i prowincjach Tajlandii w latach 1951–2009

Table. The occurrence of tropical cyclones in the particular regions and provinces of Thailand in the years 1951–2009

| Prowincje*\Miesiąc | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Suma |
|--------------------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|------|
| Chiang Rai | | 1 | | 8 | 7 | 9 | 2 | | | 27 |
| Mae Hong Son | | 2 | | 2 | 4 | 11 | 4 | | | 23 |
| Phayao | | 1 | | 6 | 8 | 5 | 2 | | | 22 |
| Chiang Mai | | 2 | | 6 | 7 | 15 | 6 | | | 36 |
| Nan | | 1 | 2 | 7 | 12 | 10 | 3 | | | 35 |
| Lamphun | | 1 | | | 1 | 9 | 2 | | | 13 |
| Lampang | | 1 | | 3 | 9 | 13 | 5 | | | 31 |
| Phrae | | | | | 5 | 9 | 4 | | | 18 |
| Uttaradit | | 1 | 1 | 1 | 6 | 13 | 6 | | | 28 |
| Sukhothai | | 1 | | 1 | 1 | 4 | 6 | | | 13 |
| Tak | | 1 | | 2 | 1 | 3 | 11 | 1 | | 19 |
| Phitsanulok | | 1 | | 1 | 1 | 10 | 9 | | | 22 |
| Phichit | | | | | | 1 | 3 | | | 4 |
| Phetchabun | | | | 1 | 1 | 6 | 8 | | | 16 |
| Kamphaeng Phet | | | | | 1 | 2 | 5 | | | 8 |
| Nong Khai | | 1 | 4 | 1 | 9 | 9 | 5 | | | 29 |
| Loei | | 2 | 2 | 1 | 5 | 14 | 9 | | | 33 |
| Nongbua Lamphu | | | | 1 | 1 | 9 | 5 | | | 16 |
| Udon Thani | | 1 | 3 | | 5 | 9 | 5 | 1 | | 24 |
| Nakhon Phanom | | 1 | 3 | 1 | 8 | 11 | 4 | 1 | | 29 |
| Sakon Nakhon | | 1 | 3 | 1 | 8 | 9 | 4 | 1 | | 27 |
| Mukdahan | | | 1 | 2 | 1 | 6 | 2 | | | 12 |
| Khon Kaen | | | | 2 | 1 | 7 | 6 | 1 | | 17 |
| Maha Sarakham | | | | 1 | | 3 | 3 | 2 | | 9 |
| Roi Et | | | 1 | | | 3 | 5 | 2 | | 11 |
| Chaiyaphum | | | 1 | 1 | | 3 | 4 | | | 9 |
| Si Sa Ket | | | | | | 7 | 4 | | | 11 |
| Ubon Ratchathani | | | 3 | 1 | | 9 | 10 | 2 | | 25 |
| Kalasin | | | 1 | 2 | | 6 | 4 | | | 13 |
| Surin | | | | 1 | 1 | 6 | 8 | 1 | | 17 |
| Nakhon Ratchasima | | | 1 | | 1 | 10 | 8 | 1 | | 21 |
| Yasothon | | | 1 | | | 2 | 6 | 2 | | 11 |
| Amnat Charoen | | | 1 | 1 | | 2 | 4 | | | 8 |
| Buri Ram | | | 1 | 1 | 1 | 8 | 8 | 1 | | 20 |
| Nakhon Sawan | | | | | 1 | 5 | 3 | 1 | | 10 |
| Chainat | | 1 | | | | 4 | 2 | 1 | | 8 |
| Uthai Thani | | 2 | | 1 | | 5 | 3 | 1 | | 12 |
| Lopburi | | | | | 1 | 6 | 2 | 1 | | 10 |
| Suphanburi | | 1 | | 1 | | 2 | 2 | | | 6 |

| | | | | | | | |
|---------------------|---|---|---|----|----|----|----|
| Sing Buri | | | 4 | 1 | 1 | 6 | |
| Ang Thong | 1 | | 1 | | | 2 | |
| Saraburi | | | 5 | 2 | | 7 | |
| Ayutthaya | 1 | | 3 | 1 | | 5 | |
| Kanchanaburi | 2 | 1 | 5 | 3 | | 11 | |
| Ratchaburi | | | 1 | 4 | | 5 | |
| Nakhon Pathom | 1 | | | 2 | | 3 | |
| Nonthaburi | 1 | | | 2 | | 3 | |
| Pathum Thani | | 1 | | 1 | 1 | 3 | |
| Bangkok | 1 | 1 | | 4 | | 6 | |
| Samut Prakan | 1 | | | | | 1 | |
| Samut Songkhram | 1 | | | | | 1 | |
| Samut Sakhon | | | | | | 0 | |
| Nakhon Nayok | | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | |
| Chachoeng Sao | | 1 | | 6 | | 7 | |
| Prachinburi | | | 3 | 5 | 1 | 9 | |
| Sra Kaeo | | 1 | 1 | 5 | 1 | 8 | |
| Chonburi | 1 | | | 3 | | 4 | |
| Rayong | | | | 2 | | 2 | |
| Chanthaburi | | 1 | | 8 | | 9 | |
| Trat | | | 3 | 6 | 1 | 10 | |
| Phetchaburi | | | | 6 | 1 | 7 | |
| Prachuap Khiri Khan | | | 3 | 9 | 6 | 18 | |
| Chumphon | 1 | | | | 4 | 2 | 7 |
| Surat Thani | | | | 1 | 6 | 2 | 9 |
| Nakhon Si Thammarat | | | | 2 | 10 | 2 | 14 |
| Songkhla | 1 | | | 3 | 1 | 5 | 10 |
| Phattalung | | | | 2 | 1 | 3 | 6 |
| Yala | | | | | | 2 | 2 |
| Pattani | | | | | | 1 | 1 |
| Narathiwat | | | | | 1 | 2 | 3 |
| Ranong | | | | | 4 | 2 | 6 |
| Phang Nga | | | | 1 | 4 | | 5 |
| Phuket | | | | | 2 | | 2 |
| Krabi | | | | 2 | 4 | 2 | 8 |
| Trang | | | | 3 | 2 | 4 | 9 |
| Satun | | | | | | 2 | 2 |
| Zatoka Tajlandzka | 1 | 1 | 3 | 16 | 23 | 7 | 51 |

*kolor zielony – prowincje Regionu Północnego, kolor żółty – prowincje Regionu Północno-Wschodniego, kolor czerwony – prowincje Regionu Centralnego, kolor niebieski – prowincje Regionu Wschodniego, kolor fioletowy – prowincje Regionu Południowego

provincji: Lampang, Chiang Mai, Mae Hong Song i Tak. Cyklony obejmują coraz większą powierzchnię kraju, jednak prowincje południowe wciąż pozostają poza bezpośrednim ich zasięgiem. Dotychczas prowincjami, w których pojawiło się najwięcej cyklonów w tym miesiącu, były prowincje Chiang Rai (8 cyklonów) oraz Nan (7 cyklonów). Wkraczając od północnego-wschodu, zaczynają swoją drogę zwykle od prowincji Mukdahan.

Sierpień jest miesiącem, w którym cyklony, niezależnie od miejsca powstania, kierują się zazwyczaj w stronę północnej części Regionu Północno-Wschodniego i wschodniej części Regionu Północnego. Pojawiają się więc najczęściej w prowincjach: Nan, Phayao, Phrae, Lampang, Chiang Mai, Chiang Rai, Uttaradit oraz Nong Khai, Loei, Udon Thani, Sakon Nakhon i Nakhon Phanom. W całym cyklu obserwacyjnym w centrum zasięgu cyklonu w tym miesiącu najczęściej znajdowała się prowincja Nan, bo aż 12 razy. Cyklony omijały natomiast prowincje wschodnie i południowe.

We wrześniu po raz pierwszy trasy cyklonów zaczynają schodzić coraz niżej Półwyspu Malajskiego, wynikiem czego jest pojawienie się cyklonów w północnych prowincjach Regionu Południowego. Jednak obszarem najczęściej odwiedzanym przez cyklony jest Region Północno-Wschodni oraz Północny, a szczególnie prowincje: Mae Hong Son, Uttaradit, Lampang, Nan, Phitsanulok, Sukhothai, Chiang Mai, Lampang, Loei, Nong Khai, Udon Thani, Sakon Nakhon, Nakhon Phanom oraz Nakhon Ratchasima. W każdej z tych prowincji cyklony pojawiały się wielokrotnie, gdyż wrzesień jest jednym z dwóch miesięcy, w których do Tajlandii dociera najwięcej cyklonów.

Październik jest miesiącem o największej liczbie cyklonów w całym cyklu obserwacyjnym. Powoduje to, iż nie występuje tak duże zróżnicowanie w procentowym pokryciu powierzchni kraju, jak w przypadku innych miesięcy. Cyklony wkraczają daleko w głąb kraju, obejmując swoim zasięgiem wiele prowincji, szczególnie w Regionie Północno-Wschodnim, Centralnym i Wschodnim. Dotychczas najwięcej cyklonów w tym okresie odnotowano w prowincjach Tak i Ubon Ratchathani.

Najbardziej narażoną na pojawienie się cyklonów w listopadzie jest południowa prowincja Nakhon Si Thammarat. W okresie tym najwięcej cyklonów kieruje się właśnie w stronę środkowego wybrzeża południowej Tajlandii. Sporadycznie wkraczają one także do prowincji północno-wschodnich, wschodnich i centralnych, omijając Region Północny.

W grudniu natomiast cyklony tropikalne występują tylko i wyłącznie w Regionie Południowym. Ponad 50% z nich kieruje się w stronę prowincji Songkhla, a prowincje o największej liczbie cyklonów leżą w jej bliskim sąsiedztwie. Grudzień jest ostatnim miesiącem, w którym obszar Tajlandii zagrożony jest wystąpieniem cyklonów.

WNIOSKI

Z analiz wynika, iż regionem najbardziej narażonym na pojawienie się cyklonów jest Region Północno-Wschodni Tajlandii. Od czerwca aż do listopada większość prowincji tego regionu znajduje się w zasięgu wkraczających nad obszar Tajlandii cyklonów tropikalnych. Prawie cały kraj znajduje się w zasięgu cyklonów w październiku. Z kolei w Regionie Południowym cyklonów należy się spodziewać jedynie od października do grudnia. Tendencja z wielolecia pokazuje, iż najwięcej cyklonów w całym cyklu obserwacyjnym pojawiało się w październiku. W ostatnim dziesięcioleciu jednak miesiącem, w którym na obszarze Tajlandii najczęściej pojawiał się cyklon, był wrzesień. Badania te nie potwierdzają więc tezy Trzeciak (2004) o największym nasileniu działalności cyklonalnej na tym obszarze w lipcu i sierpniu. Średnia liczba cyklonów na obszarze Tajlandii wynosi 3–4 rocznie. W ostatnich latach cyklonów dochodzących do Tajlandii jest więc znacznie mniej, co nie oznacza, iż na Oceanie Spokojnym, Morzu Południowochińskim czy w Zatoce Bengalskiej powstaje mniej cyklonów. Zmieniają one raczej swoje trasy, omijając Tajlandię. Rekordowe pod względem liczby cyklonów były lata 1961–1974, kiedy podczas jednego roku do Tajlandii dochodziło średnio 5–6 cyklonów. Najwięcej cyklonów, bo aż dziewięć, w każdym roku pojawiło się w latach 1964 i 1965.

Sporządzone trasy cyklonów wskazują, iż cyklony żyją obecnie znacznie dłużej i pokonują większe odległości. Ich trajektorie odbiegają często od typowych torów i w wielu przypadkach stanowią jedynie fragment trajektorii typowej, na co zwracają uwagę także Mamedov i Pavlov (1974) oraz Marsz i Styszyńska (1992). Cyklony, które nawiedzają Tajlandię, zazwyczaj są już znacznie osłabione. Ze wszystkich 184 cyklonów, jakie pojawiły się w Tajlandii w latach 1951–2009, tylko 13 miało siłę sztormu tropikalnego, a jeden tajfunu. Spośród natomiast cyklonów o sile sztormu, aż trzy pojawiły się po roku 2004.

Większość cyklonów po dostaniu się nad obszar Tajlandii zanika, ale są też takie, które kierują się w stronę Birmy, północnego Laosu lub Zatoki Bengalskiej, w zależności od miesiąca, a co za tym idzie charakterystycznej trasy. Siła wiatru w cyklonach nad obszarem Tajlandii zwykle waha się w granicach od 50 do 56 km/h w przypadku depresji tropikalnej i od 65 do 80 km/h w przypadku sztormu tropikalnego.

Każdego roku wiele cyklonów przechodzi w pobliżu Tajlandii, wyrządzając niejednokrotnie większe szkody niż znikoma liczba cyklonów pojawiająca się bezpośrednio nad Tajlandią. O wielkim zagrożeniu, jakie niosą z sobą cyklony tropikalne, świadczą przede wszystkim dane dotyczące zniszczeń i ofiar. Dochodzące niejednokrotnie do 300–400 mm opady powodują każdego roku w Tajlandii liczne powodzie, podtopienia i w konsekwencji osuwiska. Będąca konsekwencją cyklonu duża fala przyływowa niszczy nabrzeżne miejscowości.

LITERATURA

- Bajkiewicz-Grabowska E. 1997: *Encyklopedia Geografii Świata, Tom VI Azja*, Agencja Wydawnicza „Opres”, Kraków.
- Mamedov E.S., Pavlov N.I. 1974: *Tajfuny*, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Marsz A., Styszyńska A. 1992: *Materiały do ćwiczeń z meteorologii i oceanografii, część II*, WSM, Gdynia.
- Martyn D. 2000: *Klimaty kuli ziemskiej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Pedelaborde P. 1958: *Les Moussons*, Paris.
- Ramage C.S. 1971: *Monsoon Meteorology*, Academic Press, London.
- Riehl H. 1954: *Tropical Meteorology*, New York–Toronto–London.
- Riehl H. 1978: *Introduction to the atmosphere*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Riehl H. 1979: *Climate and Weather in the Tropics*, Academic Press, London, New York, San Francisco.
- Tamulewicz J. 1997: *Wielka Encyklopedia Geografii Świata, tom V, Pogoda i klimat Ziemi*, Wydawnictwo Kurpisz, Poznań.
- Trzeciak S. 2004: *Meteorologia morska z oceanografią*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.