

CHARAKTERYSTYKA CYKLONÓW TROPIKALNYCH WYSTĘPUJĄCYCH NA OBSZARZE TAJLANDII W POSZCZEGÓLNYCH PORACH ROKU I TOWARZYSZĄCYCH IM WARUNKÓW POGODOWYCH NA PODSTAWIE DANYCH Z LAT 2000–2009

ANNA KRYSZKOWIAK

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

Abstract. The aim of this paper is to characterise tropical cyclones occurring in Thailand in different seasons of the year – together with accompanying weather conditions – based on data from the years 2000–2009. It has been found that most cyclones occur during the rainy season, especially in September and October. They usually bring heavy rain and cause numerous floods, although in most cases they come to Thailand in the tropical depression stage, where the wind speed does not exceed 56 km/h. It has been found that cyclones in the area of Thailand pass through different regions and provinces, depending on the season. In the hot season, mainly southern and northern provinces are exposed, whereas in the rainy season northern and north-eastern ones; towards the end of September also the central provinces, while in the cool season – southern ones. In the analyzed period, most cyclones occurred in the provinces of Nong Khai and Nan, being part of the north-east region and the north region respectively, while no cyclone showed up in the eastern region. It has been found that the routes of some cyclones differ from those widely accepted for a given month, and many of them – especially at the end of the rainy season and the cool season – proceeded over the territory of Thailand in the direction of the Andaman Sea and the Bay of Bengal.

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

ZARYS TREŚCI

Celem opracowania jest charakterystyka cyklonów tropikalnych występujących na obszarze Tajlandii w poszczególnych porach roku i towarzyszących im warunków pogodowych w oparciu o dane z lat 2000–2009. Ustalono, iż najczęściej cyklonów pojawia się w porze deszczowej, szczególnie we wrześniu i październiku. Przynoszą one zwykle intensywne opady deszczu i powodują liczne powodzie, choć w większości przypadków docierają do Tajlandii w stadium depresji tropikalnej, gdzie prędkość wiatru nie przekracza 56 km/h. Stwierdzono, że w zależności od pory roku cyklony na obszarze Tajlandii przemieszczają się przez różne regiony i prowincje. W porze gorącej narażone są głównie prowincje południowe i północne, w porze deszczowej prowincje północne

i północno-wschodnie, a pod koniec września także centralne, natomiast w porze chłodnej prowincje południowe. W badanym okresie najczęściej cyklonów pojawiło się w prowincjach Nong Khai i Nan należących odpowiednio do regionu północno-wschodniego i północnego, natomiast żaden cyklon nie pojawił się w regionie wschodnim. Ustalono, że trasy niektórych cyklonów różniły się od ogólnie przyjętych dla danego miesiąca, a wiele z nich szczególnie pod koniec pory deszczowej i w porze chłodnej przebiegało przez teren Tajlandii, kierując się dalej w stronę Morza Andamańskiego i Zatoki Bengalskiej.

WPROWADZENIE

Geneza cyklonów związana jest z konwekcją, ścieraniem się różnych mas powietrza oraz oddziaływaniem wyższych warstw troposfery. Nie wszystkie okoliczności sprzyjające powstaniu cyklonów doprowadzają do ich utworzenia, a jedynie, co dziesiąty przypadek prowadzi do ich powstania. W roku 1954 Herbert Riehl sformułował koncepcję mechanizmu powstawania cyklonów tropikalnych zakładającą, iż cyklon tropikalny jest pewnego rodzaju maszyną ciepłą posiadającą:

- źródło energii cieplnej, które stanowi energia potencjalna pary wodnej i po części powierzchnia morza,
- rozrusznik, czyli dynamiczne zmącenie, które powoduje intensywne ruchy wstępujące powietrza sięgające do wysokości około 300 hPa, na której trafiają w dolinę fali chłodnego powietrza polarnego i są rozrzucone na boki przez cyrkulację antycyklonalną, a dywergencja powoduje wciąganie nowych mas od dołu,
- silnik działający po ustaniu pracy rozrusznika i zmieniający energię potencjalną w energię kinetyczną. Wznoszące się powietrze musi być odpowiednio gorące i wilgotne, aby nie doszło do zaniku górnego antycyklonu. Jednocześnie długotrwały ruch wznoszący możliwy jest dzięki wydzielaniu się utajonego ciepła kondensacji, które powoduje, że cyklon jest cieplejszą i mniej gęstą masą powietrza niż jego peryferie,
- przekładnię przenoszącą ruch obrotowy z jednej płaszczyzny na drugą, na którą wpływa odpowiednio duża siła Coriolisa, a po rozpoczęciu wirowania i wzrostu prędkości wiatru – siła odśrodkowa działająca w wyniku przyspieszenia spowodowanego przez gradient baryczny. Pionowy ruch powietrza przechodzi w płaszczyznę ruchu wirowego. Oś wiru stanowi oko cyklonu, czyli bezwietrzna strefa o słabych prądach zstępujących i wysokiej temperaturze,
- chłodnicę usuwającą nadmiar ciepła, której rolę spełnia adwekcja polarnego powietrza w górnej troposferze na wysokości ponad 300 hPa. Chłodne powietrze osiada na peryferiach cyklonu, podtrzymując tam wy-

sokie ciśnienie oraz stwarzając możliwość do wznoszenia się ciepłego powietrza w samym cyklonie.

Adwekcja mas polarnego powietrza w górnej troposferze jest więc 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 z dołu. Dochodzi do tego najczęściej przy zetknięciu z lądem, chłodnymi wodami lub przemieszczeniu się do szerokości umiarkowanych, gdzie zamienia się w głęboki ośrodek niżowy, stąd czas trwania cyklonu jest bardzo różny, choć statystycznie przyjmuje się, iż jest to około 6–10 dni. W rozwoju cyklonu wyróżnia się cztery stadia (Tamulewicz, 1997):

1. Stadium powstawania. Cyklony tropikalne powstają ze zmań tropikalnych, gdy w wyniku unoszenia się powietrza ku górze pod zmań powstaje niedobór masy. Prądy wstępujące nie osiągają jeszcze poziomu 300 hPa, ale prowadzą do powstania wypiętrzonych chmur kłębiastych. Pionowy zasięg formującego się cyklonu jest jeszcze niewielki.
2. Stadium dojrzewania. Prądy wznoszącego się powietrza osiągają wysokość 300 hPa, na której znajduje się chłodne powietrze. Wznoszące się powietrze jest rozrzucone przez cyrkulację antycyklonalną, co przyspiesza jego ruch i powoduje spadek ciśnienia pod zmań, w wyniku czego w krótkim czasie tworzy się oko cyklonu. Wokół oka powstaje pas o szerokości 40–50 km, w którym prędkość wiatru przekracza 33 m/s. Zwarty układ chmur głównie Cumulonimbus tworzy uporządkowany system wykształcony w postaci wąskich, spiralnych pasm, które zbliżają się do oka cyklonu i otaczają go prawie pionową ścianą. Średnica oka wynosi około 15–18 km. Tak zbudowany cyklon sięga do wysokości 6–8 km. Siła Coriolisa wprawia układ w ruch.
3. Stadium dojrzałości. Obszar objęty cyklonem osiąga największe rozmiary nawet do 300 km. Powstaje silny gradient baryczny. Duża siła odśrodkowa sprawia, że w pobliżu centrum cyklonu wiatr wiele prawie równoległe do izobar. Wnętrze cyklonu jest natomiast obszarem bardzo niskiego ciśnienia. Występują nieregularne krótko- bądź długookresowe zmiany prędkości wiatru i wartości ciśnienia w centrum cyklonu. Zanika symetria układu. Tworzy się silny ruch wirowy sięgający do wysokości 300 – 400 hPa. Na wysokości 200 – 300 hPa antycyklon rozrzuca wyniesione powietrze, które, ochładzając się, osiada na peryferiach cyklonu tropikalnego i powoduje podniesienie tam ciśnienia. Średnica oka cyklonu wynosi około 28 km. Na półkuli północnej strefa najgorszej pogody jest większa po prawej stronie względem kierunku ruchu cyklonu niż po lewej.

4. Stadium zanikania. Po dostaniu się na ląd rozmiary cyklonu zmniejszają się. Gwałtownie wzrasta siła tarcia powietrza o podłoże, co powoduje, że wzrasta ciśnienie w centrum cyklonu. Odcięcie dopływu energii cieplnej z powierzchni oceanu sprawia, iż maleje jego intensywność, słabnie wiatr, zanika symetryczna budowa układu i oko cyklonu. Szybkość zaniku po przedostaniu się nad chłodniejsze wody uzależniona jest natomiast od temperatury wód powierzchniowych.

Mimo olbrzymich prędkości wiatru w strefie przylegającej do oka cyklonu, prędkość całego układu nie przekracza 25 km/h, a cyklony poruszają się zwykle wraz z masami powietrza, w których powstają, po trasie parabolicznej lub hiperbolicznej, co uzależnione jest od cech geometrycznych antycyklonu (Terry, 2007). Istnieje kilka typów dróg przemieszczania się cyklonów, z których każda posiada swoją własną nazwę. Typowa trasa cyklonu zaczyna się w obszarze przyrównikowym, a cyklony zmierzają 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. 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 wyżej 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 w oparciu o prędkość wiatru w cyklonie na cztery grupy (Marsz, Styszyńska, 1992):

1. Zmącenie tropikalne, w którym wir powietrza nie jest jeszcze dobrze wykształcony, a co za tym idzie 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 zwykle podobnie jak zmącenie 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 m/s a 32 m/s. Istnieje podział na umiarkowany sztorm tropikalny o prędkości wiatru od 17 m/s 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 z 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. Ułatwienie dla tego rozpoznania stanowi rozmiar cyklonu, gdyż średnice dojrzewających cyklonów zwykle zawierają się w przedziale od 110 do 300 km, a dojrzałych w przedziale 600–650 km, co nie jest równoznaczne ze średnicą zachmurzenia, z reguły większą, czy zwykle mniejszym polem wiatrów sztormowych.

BUDOWA CYKLONU I POGODA W CYKLONIE TROPIKALNYM

Jednym z bardzo ważnych elementów cyklonu tropikalnego jest pole zachmurzenia i opadów. We w pełni rozwiniętym cyklonie zachmurzenie charakteryzuje się wieloma cechami szczególnymi i nie stanowi zwartej masy chmur, które miąższość wzrasta jednostajnie w kierunku oka cyklonu. Okazuje się bowiem, że występują tu także wąskie, wyciągnięte pasma chmur bardziej wypiętrzonych o dużej wysokości, wykształconych w postaci spiral schodzących się w pobliżu oka cyklonu i mogących osiągać ponad 400 km długości. Przestrzenie pomiędzy pasmami bardzo często pozbawione są chmur piętra niskiego, a jeśli takie chmury się pojawiają, to są to najczęściej chmury typu *Cu*. Przy małych odległościach między pasmami bardzo często niebo pokrywa powłoka chmur *Sc*. Natomiast przy wspomnianym braku chmur piętra niskiego zauważyć można chmury piętra wysokiego *Cs*, *Cc*, *Ci* oraz średniego *Ac*, czasem także *As*. Zachmurzenie w poszczególnych cyklonach może nieznacznie się różnić i odbiegać od ogólnego schematu, zgodnie z którym w przywodnej części obszarów peryferyjnych w wyniku ruchów wznoszących tworzą się chmury o budowie pionowej *Cu med* i *Cu con*. W miarę zbliżania się do centrum cyklonu wzrasta konwekcja, co sprawia, że chmury te zaczynają łączyć się podstawami i rozbudowują się w pionie, tworząc pierścień osiągający w pobliżu centrum wysokość 13000–17000 m. Ich grubość ogranicza znacznie dopływ światła do powierzchni ziemi. W wyniku istniejącej na wysokości około 13000 m cyrkulacji antycyklonalnej tworzą się rozległe połacie chmur *Cs*, które w miarę oddalania się od centrum przechodzą w chmury *Ci*, pomiędzy którymi pojawiają się chmury *Cc*. Wnętrze centralnej części pozbawione jest chmur, a oś wiru otaczają pionowe ściany chmur typu *Cb* tworzące oko cyklonu, w którym odbywa się powolny ruch zstępujący powietrza, które ogrzewa się adiabatycznie, powodując niedosyt wilgotności, co uniemożliwia tworzenie się chmur w wyższych warstwach. Z zachmurzeniem związane są opady, które z reguły są bardzo intensywne i dochodzą do 100 mm

na dobę w pobliżu oka cyklonu. Towarzyszą im zazwyczaj silne wyładowania atmosferyczne. W samym oku cyklonu opady nie występują. W częściach peryferyjnych opady są przelotne i krótkotrwałe, lecz o dużym nasileniu. W tylnej części cyklonu wraz z opadami występują często także burze.

Kolejnym ważnym elementem jest pole ciśnienia i związane z nim pole wiatru. Poziome gradienty ciśnienia w cyklonie tropikalnym nie są stałe i wzrastają stopniowo w kierunku centrum, gdzie obserwuje się zazwyczaj obszar bezgradientowy o minimalnej wartości ciśnienia, stanowiący centrum układu barycznego cyklonu, które jednak nie pokrywa się z geometrycznym środkiem, gdyż profil ciśnienia nie jest symetryczny. Znajduje się ono więc na prawo i trochę powyżej od centrum geometrycznego, co powoduje, iż średni gradient baryczny w przedniej prawej części jest zwykle około 2 razy większy niż w części tylnej lewej. Pierwszą izobarę cyklonu stanowi zwykle izobara 1010 hPa. Spadki ciśnienia wynoszą średnio od 20 do 50 hPa. Wartości w centrum cyklonu mieszczą się w granicach od 990 do 873 hPa (Mamedov, Pavlov, 1974). W miarę zbliżania się do centrum cyklonu maleje odległość pomiędzy izobarami, co uniemożliwia dokładne ich przedstawienie na mapach synoptycznych, dlatego rysowuje się tylko kilka zewnętrznych izobar i oznacza ciśnienie w centrum cyklonu. Prędkość wiatru rośnie proporcjonalnie do wzrostu wartości gradientu barycznego, a jego kierunek jest typowy dla cyrkulacji cyklonalnej na danej półkuli (na półkuli północnej przeciwnie do ruchu wskazówek zegara). Wzrost roli siły odśrodkowej powoduje zmniejszanie kąta zawartego między kierunkiem wiatru a izobarą, co powoduje, iż w centrum cyklonu wiatr wieje prawie równoległe do izobar. Wewnątrz centrum tworzy się strefa ciszy, którą nazywa się okiem cyklonu lub wieje słaby wiatr o maksymalnej prędkości 5 m/s. Gigantyczny wir tworzy powietrze wznoszące się po spirali ku górze. Prędkość wiatru w cyklonie może osiągać maksymalnie 100 do 120 m/s i zmniejsza się po wejściu na ląd w wyniku siły tarcia. Podobnie, jak w przypadku wartości gradientu również prędkość wiatru jest największa w przedniej prawej połowie cyklonu.

Ostatnim już ważnym elementem jest temperatura powietrza w cyklonie, która rozkłada się niemal symetrycznie względem jego centrum. W centralnych partiach cyklonu powietrze jest znacznie cieplejsze niż na jego peryferiach. Najwyższe temperatury obserwuje się w samym oku cyklonu, co jest związane z ruchami zstępującymi powietrza powodującymi jego adiabatyczne ogrzewanie. W przywodnej warstwie w częściach peryferyjnych temperatury wahają się zwykle w granicach 27–28°C i w miarę zbliżania się do centrum temperatura nieznacznie spada do około 26°C przed ścianą oka wskutek schładzania się powietrza spowodowanego przez opady i adiabatycznego ochładzania będącego skutkiem rozprężania powietrza w warunkach obniżającego się ciśnienia.

Przy analizie warunków pogodowych panujących w cyklonie można wyróżnić pięć stref, w których zmieniają się one stopniowo w miarę zbliżania się do

centrum cyklonu (Marsz, Styszyńska, 1992). Strefy od 1 do 4 znajdują się w cyklonie, natomiast strefa 0 znajduje się na zewnątrz cyklonu.

Strefa 0 pozostaje jednak pod silnym wpływem cyklonu, w sąsiedztwie którego się znajduje, stąd pogoda w niej różni się od typowej pogody w tym rejonie. Zmniejsza się zachmurzenie lub niebo jest bezchmurne, słabną i zmieniają swój kierunek wiatry lub panuje cisza, ciśnienie atmosferyczne minimalnie wzrasta. W miarę zbliżania się do strefy 1 stopniowo zmieniają się także warunki pogodowe. Ciśnienie powoli spada, powietrze jest mniej przejrzyste, o zachodzie i wschodzie słońca niebo przybiera barwę od krwistoczerwonej do czerwono-fioletowej, wokół Słońca i Księżyca pojawia się halo. Przy zetknięciu obu stref pojawiają się chmury pierzaste *Ci*, pierzasto-warstwowe *Cs*, a także chmury *Cu con* o silnym wypiętrzeniu, powodujące opady. Strefa 1, a więc najbardziej peryferyczna cechuje się wyraźnym spadkiem ciśnienia i zmianą kierunku wiatru na przeciwny w stosunku do kierunku przeważających wiatrów. Wiatr staje się bardziej porywisty. Niebo pokrywają chmury piętra wysokiego *Cs*, a wraz ze zbliżaniem się do kolejnej strefy przybywa chmur *Cu* i zachmurzenie w piętrze niskim wzrasta do całkowitego. Powietrze jest gorące i duszne, czasem pojawiają się przelotne opady, a na niebie liczne smugi. Środkową strefą cyklonu jest strefa 2, w której wiatr osiąga siłę sztormowego. Niebo jest ciemne i całkowicie pokryte chmurami. Pojawiają się ulewy o dużym natężeniu i towarzyszące im gwałtowne wyładowania atmosferyczne. Ciśnienie coraz bardziej spada. Prawie pionowy zapis barografu świadczy o położeniu w strefie 3, czyli w centrum cyklonu. Wiatr osiąga tu siłę huraganu, widzialność jest bardzo ograniczona, niebo ma barwę od granatowej do ołowianoszarej, odczuwalny jest silny chłód. Granica między morzem a powietrzem zaciera się. Występują silne wyładowania atmosferyczne. Ostatnią strefę – 4 stanowi oko cyklonu, w którym pogoda jest znacznie ładniejsza i cieplejsza. Niebo może być pokryte chmurami wysokimi (*Ci*, *Cc*) lub całkowicie zachmurzone. Widzialność jest najczęściej umiarkowana. Ciśnienie jest bardzo niskie, ale jego spadek się zatrzymuje. Wiatry, jeśli w ogóle występują, są bardzo słabe.

METODY BADAŃ

Podstawę analizy stanowiły raporty pogodowe i roczniki opadowe z lat 2000–2009 wydane przez Tajski Departament Meteorologii. W celu dokładniejszej interpretacji danych obszar Tajlandii podzielono na 5 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. Każdemu z regionów przydzielono inny kolor. Na podstawie opisu zawartego w dokumentach meteorologicznych oraz analizy map synoptycznych i zdjęć satelitarnych wyznaczono trasy cyklonów, które



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

Fig. 1. Map of Thailand with regions and provinces.

dotarły nad obszar Tajlandii w badanym okresie. Trasy te zostały naniesione na mapy, sporządzone osobno dla każdego z miesięcy. W ten sposób możliwe stało się porównanie tras w poszczególnych miesiącach. W dalszej analizie miesiące pogrupowano według kryterium pór roku. Znając trasy przemieszczania się cyklonów, wyznaczono prowincje, które najbardziej w badanym okresie były narażone na występowanie cyklonów. Otrzymane wyniki porównano z podobnymi tego typu analizami dla innych lat. W celu dokładnego wyznaczenia pola opadów związanego z przemieszczaniem się cyklonu tropikalnego nad danym regionem wykorzystano dane dotyczące opadów pochodzące z 23 stacji w regionie północnym, 18 stacji w regionie północno-wschodnim, 11 stacji w regionie centralnym, 12 stacji w regionie wschodnim i 24 w regionie południowym. W ten sposób możliwe stało się porównanie poszczególnych pór roku ze względu na liczbę cyklonów, ich trasy, prowincje, przez które się przemieszczają oraz warunki pogodowe i zagrożenia, które ze sobą niosą.

CYKLONY TROPIKALNE NA OBSZARZE TAJLANDII

Cyklony tropikalne są zjawiskiem powszechnym na morzach i oceanach leżących w strefie tropikalnej, a Tajlandia jest państwem położonym w tej strefie pomiędzy oceanem Indyjskim na zachodzie i Pacyfikiem na wschodzie, oceany te są miejscem powstawania tychże cyklonów. Na przestrzeni ostatnich 59 lat 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, jednakże 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 więc nad teren Tajlandii docierają cyklony o sile depresji tropikalnej. Na 184 cyklony, które nawiedziły Tajlandię od 1951 roku tylko jeden miał siłę tajfunu. Cyklony tropikalne w postaci sztormu tropikalnego nawiedziły Tajlandię 13 razy, z czego aż 3 w latach 2004–2007. Najczęściej, bo aż 4 razy, cyklony o sile sztormu pojawiały się w październiku (1952, 1962, 2006, 2007), 3 razy w listopadzie (1970, 1992, 1997), po 2 razy w sierpniu (1990, 1991) i we wrześniu (1964, 1969) a 1 raz w czerwcu (2004). Pozostałe 170 cyklonów miało siłę depresji tropikalnej. Na przestrzeni 59 lat największe nasilenie cyklonów nad obszarem Tajlandii zauważane jest we wrześniu i w październiku. W miesiącach tych pojawiło się dotychczas odpowiednio 47 i 51 cyklonów, co stanowi ponad 50% wszystkich cyklonów, jakie od roku 1951 nawiedziły Tajlandię.

CYKLONY TROPIKALNE W POSZCZEGÓLNYCH PORACH ROKU W LATACH 2000–2009

W latach 2000–2009 pojawiło się na obszarze Tajlandii 18 cyklonów tropikalnych z czego 13 w porze deszczowej, 4 w porze chłodnej i 1 w porze gorącej. Średnia liczba cyklonów w danym roku obliczona na podstawie danych z 59 lat wynosi 3,12, a więc w ostatnich latach cyklonów nad obszarem Tajlandii pojawia się znacznie mniej. Z obserwacji wynika, iż najwięcej cyklonów pojawia się pod koniec pory deszczowej. W badanym okresie największą ich liczbę odnotowano we wrześniu (tab.1). Pora deszczowa związana jest z monsunem południowo-zachodnim, a więc trwa zazwyczaj od połowy maja do połowy października. Jego przeważający wpływ zaznacza się nad całym obszarem Tajlandii i powoduje występowanie obfitych opadów. W porze chłodnej natomiast, która zaczyna się wraz z nadejściem monsunu północno-wschodniego i trwa od połowy października do połowy lutego aktywność cyklonów znacznie się zmniejsza, a od stycznia praktycznie w ogóle zamiera. Dopiero pod koniec pory gorącej, która trwa od połowy lutego do połowy maja, sporadycznie nad obszarem Tajlandii pojawi się cyklon tropikalny, który jednak zwykle nie osiąga większej siły niż depresja tropikalna.

TRASY PRZEMIESZCZANIA SIĘ I ZASIĘG CYKLONÓW

Zamieszczone w Tab.1. informacje pokazują, że w zależności od pory roku cyklony obejmują swym zasięgiem różne regiony i prowincje kraju. Wraz z początkiem pory deszczowej, w czerwcu, cyklony pojawiają się najczęściej w prowincjach regionu północno-wschodniego i północnego omijając pozostałe regiony. Z reguły powstają one w rejonie Morza Południowochińskiego i przemieszczają się na północny-zachód. Tajfun Chanthu, który nawiedził Tajlandię w czerwcu 2004, stanowi wyjątek, gdyż jako jedyny cyklon w całej historii obserwacji, który dotarł w czerwcu nad obszar Tajlandii, powstał w północno-zachodniej części Oceanu Spokojnego, a w Tajlandii pojawił się jako sztorm tropikalny dopiero w dziewiątym dniu swego istnienia (ryc. 2.).

Wchodząc coraz bardziej na południkowy odcinek toru, objął swym zasięgiem jedynie prowincje północno-wschodnie. Ze względu na to, iż rozkład opadów związanych z cyklonem tropikalnym jest nierównomierny w przestrzeni i silnie uzależniony od asymetrii cyrkulacji (Marsz, Styszyńska, 1992), cyklon ten wywołał silne i nagłe opady deszczu nie tylko na północnym-wschodzie kraju, ale także w regionie północnym. Opady w dniach 12–15 czerwca wahały w tych regionach od 100 mm do nawet ponad 200 mm. Ciśnienie natomiast utrzymywało się w granicach 1000–1002 hPa.

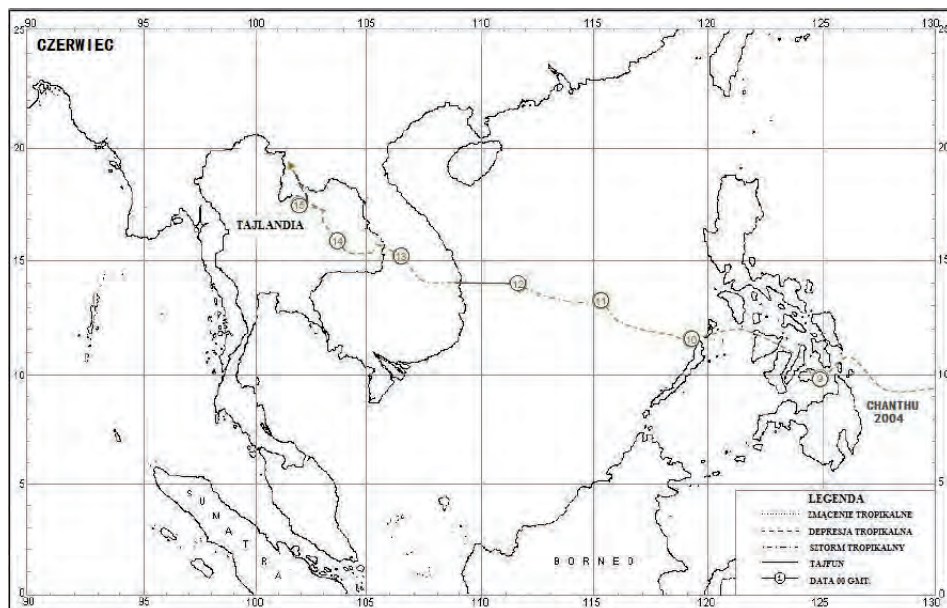
Tabela 1. Cyklony tropikalne na obszarze Tajlandii w latach 2000–2009
Table 1. Tropical cyclones in Thailand in the years 2000–2009

Pora roku	Miesiąc	Nazwa cyklonu	Siła cyklonu nad obszarem Tajlandii	Prowincja, w której pojawił się cyklon	Dzień pojawienia się cyklonu	Prowincje objęte zasięgiem cyklonu	Obszar zaniku	Dzień zaniku cyklonu
deszczowa	czerwiec	Tajfun Chanthu 0405*	Sztorm tropikalny	Ubon Ratchathani	13.06.2004	Yasothon, Roi Et, Kalasin, Nong Khai, Udon Thani	Laos	16.06.2004
	lipiec	Tajfun Koni 0308	Depresja tropikalna	Chiang Rai	23.07.2003	Chiang Rai	Północna część Regionu Północnego	23.07.2003
	sierpień	Sztorm tropikalny Kaemi 0011	Depresja tropikalna	Mukdahan	23.08.2000	Mukdahan	Mukdahan	23.08.2000
		Sztorm tropikalny Usagi 0110	Depresja tropikalna	Nong Khai	11.08.2001	Uttaradit, Phrae, Nan, Lampang	Północna część Regionu Północnego	11.08.2001
		Depresja tropikalna 3	Depresja tropikalna	Nong Khai	08.08.2007	Uttaradit, Phitsanulok, Chiang Mai	Tajlandia	09.08.2007
	wrzesień	Tajfun Wukong 0016	Depresja tropikalna	Nong Khai	10.09.2000	Nong Khai	Nong Khai	11.09.2000
		Depresja tropikalna 3	Depresja tropikalna	Ubon Ratchathani	13.09.2005	Si Sa Ket, Surin, Buri Ram, Nakhon Ratchasima, Sara Buri, Lop Buri, Chai Nat, Sing Buri, Uthai Thani, Kanchanaburi	Indie	21.09.2005
		Sztorm tropikalny Vicente 0516	Depresja tropikalna	Nan	19.09.2005	Phayao, Chiang Rai	Chiang Rai	19.09.2005

	Tajfun Damrey 0518	Depresja tropikalna	Nan	28.09.2005	Phayao, Chiang Rai	Birma	28.09.2005
	Sztorm tropikalny Mekkhala 0816	Depresja tropikalna	Nong Khai	30.09.2008	Loei, Uttaradit, Phitsanulok, Sukhothai, Kamphaeng Phet	Tajlandia	01.10.2008
	Tajfun Ketsana	Depresja tropikalna	Ubon Ratchathani	30.09.2009	Si Sa Ket, Surin, Buri Ram, Lopburi, Saraburi, Kanchanaburi	Tajlandia	01.10.2009
październik	Tajfun Xangsane 0615*	Sztorm tropikalny	Ubon Ratchathani	02.10.2006	Yasothon, Roi Et, Surin, Nakhon Ratchasima	Południowa część północno-wschodniego regionu	02.10.2006
	Tajfun Lekima 0714*	Sztorm tropikalny	Nong Khai, Loei	04.10.2007	Uttaradit, Nan, Phrae, Phetchabun, Sukhothai, Tak, Mae Hong Son, Phitsanulok, Chiang Mai	Tajlandia	05.10.2007
chłodna	październik	Depresja tropikalna 4	Prachuap Khiri Khan	24.10.2003	Prachuap Khiri Khan	Zatoka Bengalska	25.10.2003
	listopad	Depresja tropikalna 5	Nakhon Si Thammarat	03.11.2000	Nakhon Si Thammarat	Nakhon Si Thammarat	03.11.2000
		Tajfun Muifa 0425	Surat Thani	25.11.2004	Ranong	Morze Andamańskie	26.11.2004
	grudzień	Tajfun Durian 0621	Chumphon	06.12.2006	Ranong	Morze Andamańskie	08.12.2006
gorąca	maj	Depresja tropikalna 2	Chumphon	01.05.2007	Chumphon	Granica Birmy i Tajlandii	05.05.2007

*Oznacza cyklony, które pojawiły się nad obszarem Tajlandii z siłą sztormu tropikalnego

** Kolor określa przynależność prowincji do danego regionu: Region Północny, Region Północno – Wschodni, Region Wschodni, Region Centralny, Region Południowy



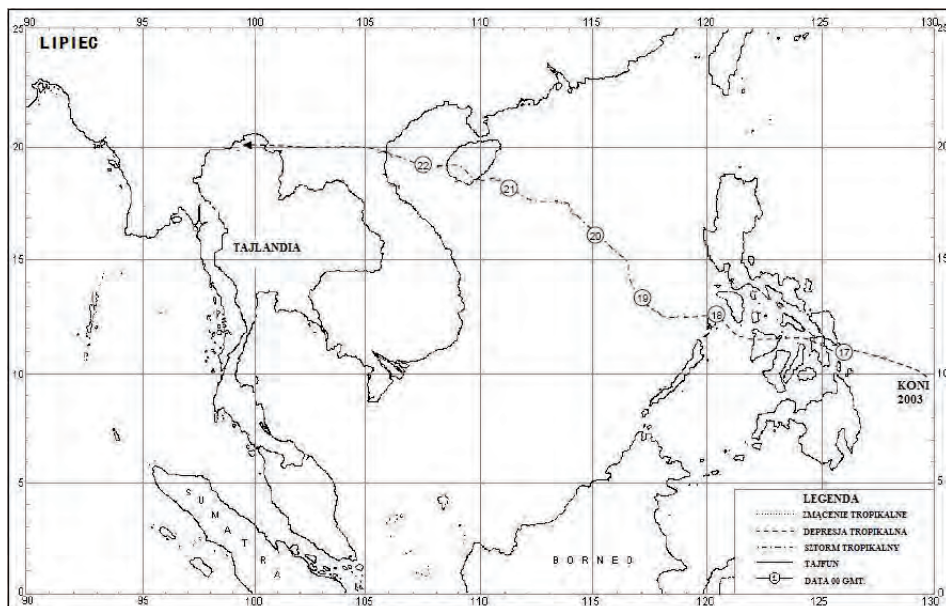
Ryc. 2. Cyklony tropikalne wkraczające nad obszar Tajlandii w czerwcu (2000–2009)

Fig. 2. Tropical cyclones on the area of Thailand in June (2000–2009)

W lipcu podobnie jak w czerwcu w badanym okresie odnotowano nad obszarem Tajlandii tylko jeden cyklon tropikalny. W sumie od 1951 pojawiło się ich 12, średnio jeden raz na kilka lub kilkanaście lat. Tajfun Koni, który dotarł do Tajlandii 23 lipca 2003r. (ryc.3.) był już bardzo osłabiony, gdyż cyklony, które docierają nad północną Tajlandię, zwykle powstają na Oceanie Spokojnym i przemierzają długą drogę zanim dotrą do Tajlandii.

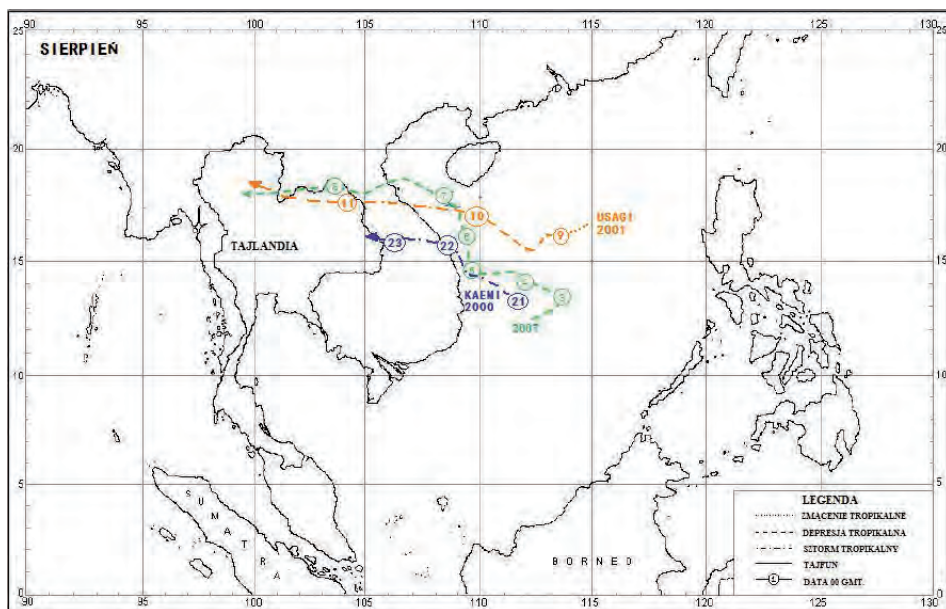
Po ośmiu dniach cyklon ten miał już siłę depresji tropikalnej i bardzo szybko uległ zanikowi. Swoim zasięgiem objął tylko niewielki skrawek regionu północnego, powodując opady dochodzące do 300 mm szczególnie w prowincjach graniczących z Laosem. Porównując trasę tego cyklonu z innymi, jakie we wcześniejszych latach docierały nad obszar Tajlandii w lipcu, można stwierdzić, iż jest ona typowa i charakterystyczna dla tego okresu.

W sierpniu cyklony tropikalne docierające do Tajlandii powstają zazwyczaj w północnej części Morza Południowocchińskiego lub na Oceanie Spokojnym. W latach 2000–2009 wszystkie 3 cyklony, które pojawiły się w sierpniu nad obszarem Tajlandii, powstały na Morzu Południowocchińskim w jego północnej lub, co zdarza się bardzo sporadycznie, środkowej części i docierając do Tajlandii były już znacznie osłabione, co spowodowało, że szybko uległy zanikowi nie podążając dalej, jak to zwykle ma miejsce w przypadku cyklonów docierających w tym miesiącu nad obszar Tajlandii znad Oceanu Spokojnego (ryc. 4.).



Ryc. 3. Cyklony tropikalne wkraczające nad obszar Tajlandii w lipcu (2000–2009)

Fig. 3. Tropical cyclones on the area of Thailand in July (2000–2009)



Ryc. 4. Cyklony tropikalne wkraczające nad obszar Tajlandii w sierpniu (2000–2009)

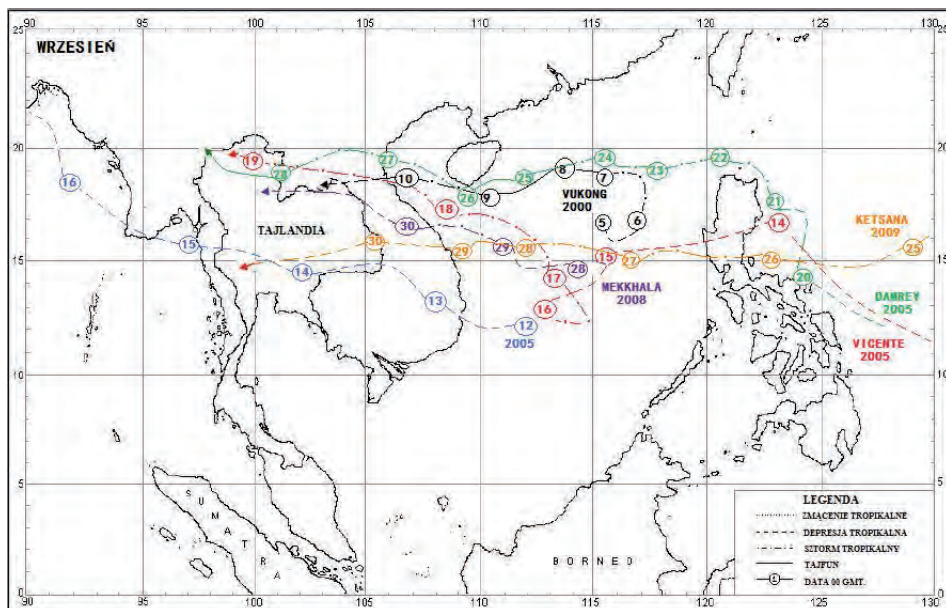
Fig. 4. Tropical cyclones on the area of Thailand in August (2000–2009)

Prędkość wiatru wahała się w przypadku każdego z nich między 50 a 56 km/h, a ciśnienie wynosiło od 994 hPa do 1000 hPa w przypadku sztormu tropikalnego Usagi. Opady w czasie przemieszczania się wszystkich trzech depresji rzadko przekraczały 200mm. Jedynie w czasie, gdy cyklon Kaemi przemieszczał się przez obszar Tajlandii w prowincji Ubon Ratchathani w dystrykcie Nam Yuen odnotowano opad rzędu 287,7mm. Trasy wszystkich trzech cyklonów z wyjątkiem lekkiego przesunięcia na południe przebiegają standardowo. Jedynie depresja tropikalna 3, która w 2007 r. powstała na Morzu Południowochińskim, przemieszczała się w dość nietypowy dla cyklonów sposób, najpierw kierując się na północny-wschód, zmieniając 3 dnia kierunek na zachodni, by w 5 dniu wkroczyć na tor południkowy i poruszać się na północ w kierunku wyspy Hajnan, aż do 7 dnia, w którym z powrotem wkroczyła na tor równoleżnikowy, podążając na zachód w kierunku północno-wschodnich i północnych prowincji Tajlandii.

W kolejnym miesiącu pory deszczowej w latach 2000–2009 odnotowano nad obszarem Tajlandii najwięcej cyklonów, bo aż 6. Wszystkie z nich, wkraczając nad obszar Tajlandii, miały siłę depresji tropikalnej. 3 z nich, sztorm Vicente, oraz tajfuny Damrey i Ketsana powstały na Oceanie Spokojnym, a 3 pozostałe na Morzu Południowochińskim (ryc. 5.). Trasy wszystkich cyklonów były bardzo typowe jak na wrzesień. W miesiącu tym cyklony docierające nad Tajlandię bardzo często przechodzą przez jej obszar i podążają dalej na zachód w kierunku Birmy i Morza Andamańskiego.

Żyją zwykle bardzo długo, przemierzając duże odległości. Pod koniec pory deszczowej trasy cyklonów przesuwiają się nieznacznie na południe, co powoduje, iż obejmują one swoim zasięgiem także centralne prowincje kraju. Sytuacja taka ma miejsce szczególnie w drugiej połowie września. Wrześniowe cyklony w postaci depresji tropikalnej przynoszą zwykle opady wynoszące maksymalnie ok. 200 mm, prędkość wiatru nie przekracza 56 km/h, a ciśnienie wynosi ok. 1000 hPa. Warte zauważenia jest sytuacja, która powstała w roku 2007. Krótco po depresji tropikalnej 3, która pojawiła się w Tajlandii 13 września i objęła swym zasięgiem prowincje północno-wschodnie i centralne, do Tajlandii w postaci depresji tropikalnej wkroczył cyklon Vicente. Duże ilości opadów towarzyszące szczególnie depresji tropikalnej 3 i przekraczające w regionach Kanchanaburi i Ayutthaya 400 mm spowodowały liczne wezbrania, w wyniku których została zniszczona nie tylko infrastruktura drogowa, zakłady i prywatne gospodarstwa, ale także zginęło wielu ludzi. Sytuacja, kiedy w odstępie kilku dni pojawiają się w Tajlandii aż 3 cyklony tropikalne zdarza się niezwykle rzadko.

Pierwsze dwa tygodnie października kończą porę deszczową. Cyklony w tym czasie obejmują prawie całą północną i centralną Tajlandię, przesuwając się stopniowo na południe. Te, które docierają jednak do północnych, północno-wschodnich i centralnych prowincji, powstają na Oceanie Spokojnym.



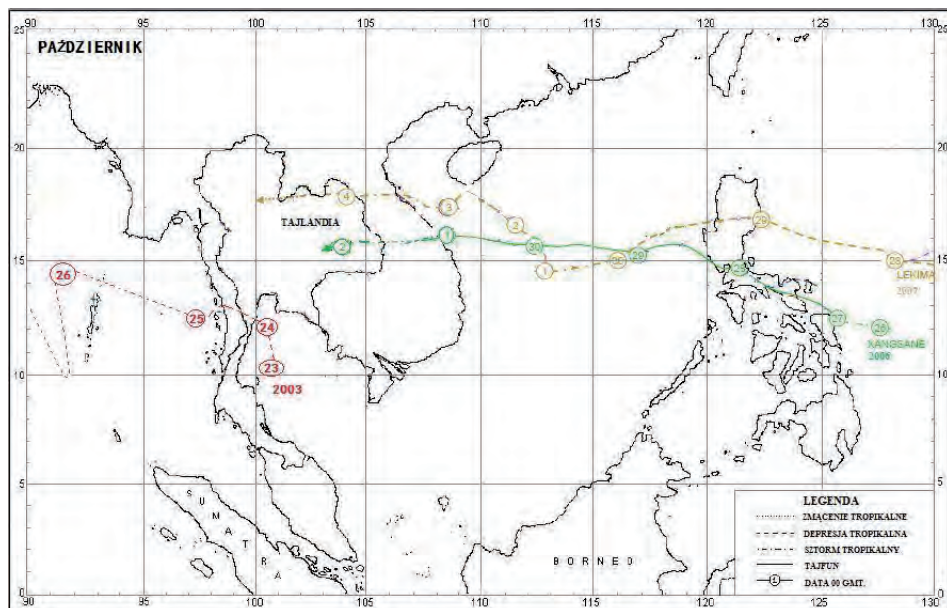
Ryc. 5. Cyklony tropikalne wkraczające nad obszar Tajlandii we wrześniu (2000–2009)

Fig. 5. Tropical cyclones on the area of Thailand in September (2000–2009)

W analizowanym okresie pojawiły się w Tajlandii dwa cyklony, każdy o sile sztormu tropikalnego (ryc.6.). Prędkość wiatru z początku wynosząca ok. 70 km/h stopniowo malała i oba cyklony uległy zanikowi na terenie Tajlandii w ciągu doby. Opady w czasie pojawienia się obu cyklonów w najbardziej narażonych regionach nie przekroczyły 200 mm.

Dwa ostatnie tygodnie października są początkiem pory chłodnej. W tym okresie cyklony powstające na Oceanie Spokojnym obejmują swym zasięgiem jeszcze prowincje centralne i północno-wschodnie, ale znaczna ich większość powstaje w południowej części Morza Południowochińskiego i przemieszcza się przez południowe prowincje Tajlandii kierując się w stronę Birmy i Zatoki Bengalskiej. Jedyna depresja tropikalna (4), która w badanym okresie pojawiła się w drugiej połowie października, nie spowodowała większego zagrożenia. Prędkość wiatru wynosiła ok. 50 km/h a ciśnienie 1008 hPa, co jest najwyższym ciśnieniem, jakie w analizowanym okresie odnotowano podczas przemieszczania się cyklonu tropikalnego.

W pierwszej połowie listopada cyklony powstające na Oceanie Spokojnym dochodzą niekiedy do północno-wschodnich prowincji Tajlandii. Większość z nich powstaje jednak na Morzu Południowochińskim i obejmuje swym zasięgiem jedynie południową Tajlandię. W drugiej połowie miesiąca, niezależnie od miejsca powstania, wszystkie cyklony kierują się na południe Tajlandii. Ze



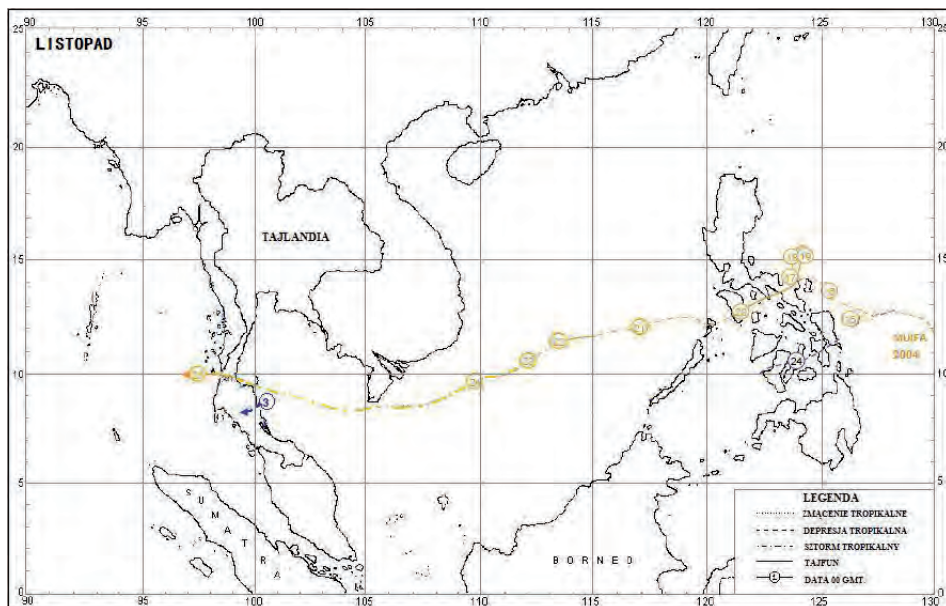
Ryc. 6. Cyklony tropikalne wkraczające nad obszar Tajlandii w październiku (2000–2009)

Fig. 6. Tropical cyclones on the area of Thailand in October (2000–2009)

względu na znaczne zwężenie lądu w tej części kraju cyklony bardzo często nie zanikają na obszarze Tajlandii, ale kierują się dalej w stronę Morza Andamańskiego. W latach 2000–2009 w listopadzie pojawiły się 2 cyklony, z których jeden w pierwszej połowie miesiąca, a drugi w ostatniej dekadzie (ryc. 7.). Oba objęły swym zasięgiem jedynie prowincje południowe.

Depresja tropikalna 5 z 2000r. powstała na Morzu Południowochińskim i trwała zaledwie kilka godzin po czym uległa zanikowi. Tajfun Muifa z kolei powstał na Oceanie Spokojnym i po przejściu przez prowincje Surat Thani i Ranong uległ zanikowi dopiero nad Morzem Andamańskim. W czasie przemieszczania się obydwu cyklonów występowały podobne warunki atmosferyczne. Prędkość wiatru nie przekraczała 56 km/h, ciśnienie natomiast wahało się w granicach 1004–1008 hPa. Niewielka depresja, która w 2000 r. objęła swym zasięgiem jedynie prowincję Nakhon Si Thammarat, spowodowała w głównym mieście tej prowincji opady wynoszące ok. 230 mm, a w sąsiednich prowincjach ponad 100 mm. Podobne wartości odnotowano w roku 2004 podczas przemieszczania się osłabionego tajfunu Muifa.

Ostatnim miesiącem, w którym pojawiają się cyklony tropikalne, jest grudzień. Swoje trasy zaczynają one na Oceanie Spokojnym lub Morzu Południowochińskim. Najczęściej obejmują swym zasięgiem prowincje wysunięte najdalej na południe Tajlandii. Tajfun Durian, który dotarł do Tajlandii w 2006 r.

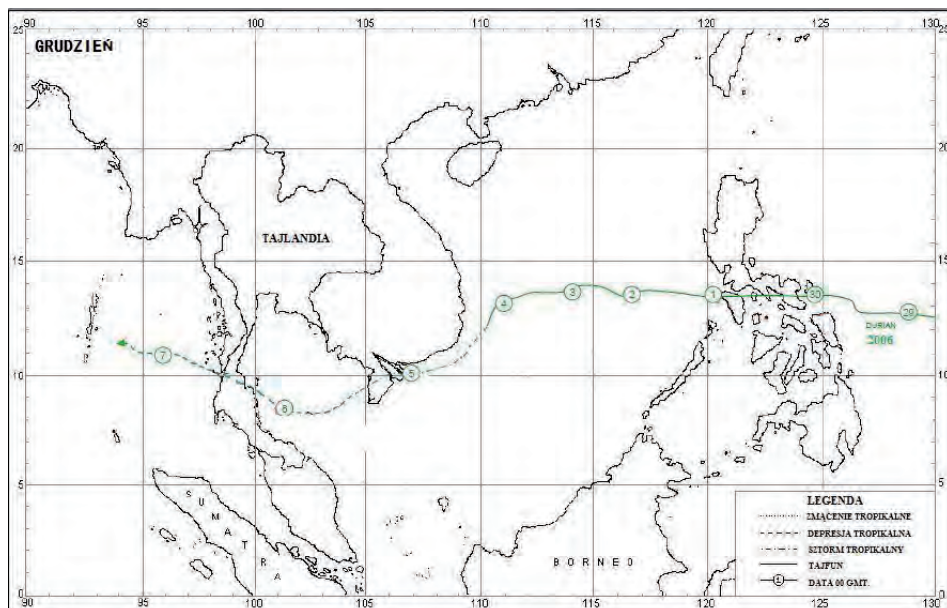


Ryc. 7. Cyklony tropikalne wkraczające nad obszar Tajlandii w listopadzie (2000 -2009)

Fig. 7. Tropical cyclones on the area of Thailand in November (2000–2009)

jako depresja tropikalna, powstał pod koniec listopada na Oceanie Spokojnym i podążając przez Morze Południowochińskie, dotarł do południowych krańców Wietnamu, co bardzo rzadko zdarza się w grudniu, a następnie przez południowe prowincje Tajlandii przedostał się na wody Morza Andamańskiego, gdzie uległ zanikowi (ryc. 8.). Prędkość wiatru w cyklonie na obszarze Tajlandii wynosiła 50 km/h, a ciśnienie 1006 hPa. Najsilniejsze opady wystąpiły w prowincji Chumphon, gdzie 6 grudnia odnotowano 160 mm.

Styczeń, luty i marzec są miesiącami, w których jak dotąd żaden cyklon nie przemieścił się nad obszar Tajlandii. W kwietniu odnotowano dotychczas tylko 1 cyklon w roku 1961. Sytuacja ulega zmianie pod koniec pory gorącej, a więc z nastaniem maja. Cyklony, które pojawiają się wówczas nad obszarem Tajlandii powstają zwykle w Zatoce Bengalskiej. Zdarza się jednak, że powstają na Morzu Południowochińskim lub w Zatoce Tajlandzkiej, omijając południe kraju. Wyjątek od tej reguły miał miejsce w 2007 r., kiedy powstała w Zatoce Tajlandzkiej depresja tropikalna 2 przeszła przez południową prowincję Chumphon i, kierując się przez Morze Andamańskie i Birmę, uległa zanikowi przy północno-zachodniej granicy Tajlandii (ryc. 9.). Prędkość wiatru w cyklonie na obszarze Tajlandii wyniosła 50 km/h, ciśnienie wahało się od 1002 do 1004 hPa. Ze względu na tak nietypowy przebieg trasy cyklonu silne opady wystąpiły wzdłuż praktycznie całej granicy zachodniej Tajlandii, przekraczając w niektórych miejscach 300 mm.

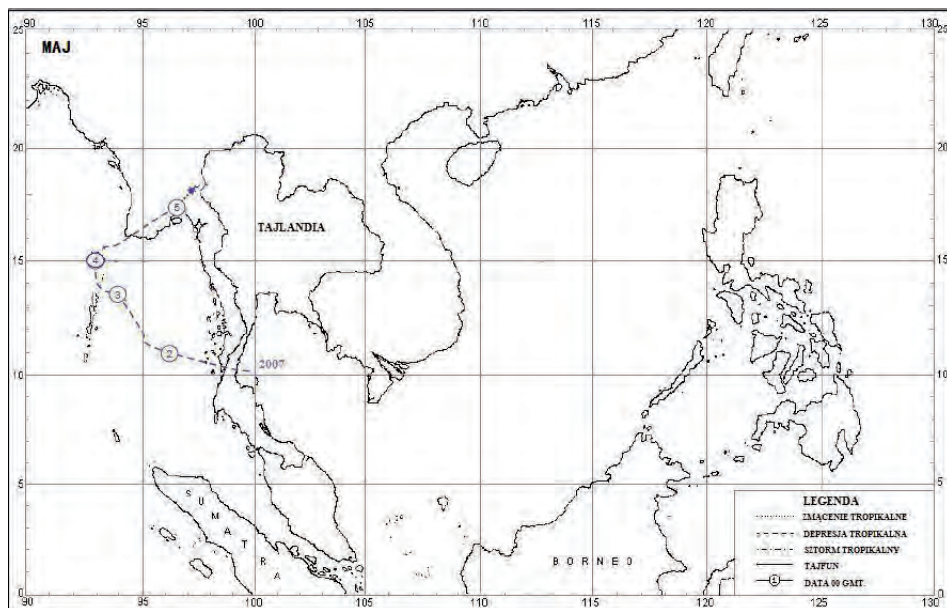


Ryc. 8. Cyklony tropikalne wkraczające nad obszar Tajlandii w grudniu (2000–2009)

Fig. 8. Tropical cyclones on the area of Thailand in December (2000–2009)

WNIOSKI

Przeprowadzone analizy dla lat 2000–2009 pozwoliły stwierdzić, iż w badanym okresie cyklony tropikalne, pojawiające się na obszarze Tajlandii, są najgroźniejsze we wrześniu. Nie tylko jest ich wtedy najwięcej, ale także powodują największe opady. Stwierdzono, iż zazwyczaj opady, jakie towarzyszą przemieszczaniu się cyklonu, nie są na danym obszarze większe niż 200 mm. Wartości ponad 200 mm zdarzają się sporadycznie. Badania pokazały także, iż w większości przypadków strefy opadowe rozpościerają się znacznie dalej od centrum w prawej połowie cyklonu, co pokrywa się ze wcześniejszymi badaniami w tym zakresie (Riehl, 1979). Prędkość wiatru w cyklonie zwykle waha się w granicach 50–56 km/h. Najniższe zanotowane ciśnienie wynosiło 994hPa a najwyższe 1008hPa, co oznacza, iż według skali intensywności huraganów Saffira-Simpsona, otrzymują one jedynek czyli szkody przez nie wyrządzone powinny być małe (Moran, Morgan, 1989). Przeprowadzone analizy pokazują, że w porównaniu z innymi regionami świata narażonymi na pojawianie się cyklonów rzeczywiście w Tajlandii te szkody są niewielkie. Najbardziej narażone na pojawienie się cyklonu, a tym samym na wszystkie niebezpieczeństwa jakie to zjawisko za sobą niesie, są, szczególnie w porze deszczowej, prowincje położone na północy i północnym wschodzie kraju, a w porze chłodnej



Ryc. 9.

Fig. 9.

provincje południowe. W latach 2000–2009 najwięcej cyklonów przemieściło się przez północno-wschodnią prowincję Nong Khai – 6 cyklonów i położoną w regionie północnym prowincję Nan – 4 cyklony. Potwierdza to wcześniejsze tego typu statystyki dokonane dla lat 1951–2009, zgodnie z którymi prowincje te należały również do grupy najczęściej nawiedzanych przez cyklony tropikalne.

Warto podkreślić, iż w badanym okresie cyklony omijały region wschodni Tajlandii, co nie oznacza, że prowincje tego regionu nie znajdowały się pod wpływem przemieszczających się nad Tajlandią cyklonów. Wcześniejsze badania wykazują jednak, że region wschodni, nie tylko w ostatnim czasie, jest regionem, przez który cyklony przemieszczają się najrzadziej. To jakie prowincje narażone są na pojawienie się cyklonu zależy więc przede wszystkim od jego trasy, która jest charakterystyczna dla danego miesiąca. Trasy, co pokazały badania, mogą w niektórych przypadkach różnić się od ogólnie przyjętych dla danego miesiąca, jak to miało miejsce w czerwcu 2004 r., listopadzie 2006, maju 2007 r. czy sierpniu 2007 r. jednakże większość tras cyklonów docierających do Tajlandii zwykle przebiega typowo dla konkretnego miesiąca. Cyklony po dostaniu się na ląd zazwyczaj zmniejszają swoją intensywność (Tamulewicz, 1997). Znaczna część wszystkich cyklonów, które dostają się nad obszar Tajlandii zanika, tracąc swą siłę już na obszarze Wietnamu i Laosu. Zdarza się jednak, że cyklony

tropikalne docierające nad Tajlandię przechodzą przez jej obszar i podążają dalej w kierunku Birmy lub Morza Andamańskiego.

W latach 2000–2009 w roku na obszarze Tajlandii nie pojawiło się więcej niż 1–3 cyklonów rocznie, z czego zazwyczaj każdy występował w innym miesiącu. Wyjątek stanowi rok 2005, w którym wszystkie trzy cyklony pojawiły się w tym samym miesiącu – we wrześniu. Sytuacja taka, aby w danym roku w tym samym miesiącu pojawiał się więcej niż jeden cyklon, zdarza się raz na kilka lat i w badanym okresie miała miejsce tylko raz.

LITERATURA

- 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.
- Moran J. M., Morgan M. D., 1989: Meteorology. The Atmosphere and the Science of Weather. Macmillan, New York.
- Riehl H., 1979: Climate and Weather in the Tropics. Academic Press, London, New York, San Francisco.
- Riehl H., 1954: Tropical Meteorology. New York – Toronto – London.
- Tamulewicz J., 1997: Wielka Encyklopedia Geografii Świata, tom V, Pogoda i klimat Ziemi. Wyd. Kurpisz, Poznań.
- Terry J.P., 2007: Tropical cyclones. Climatology and Impacts in the South Pacific. Springer, New York.