

Dorota Rucińska

Uniwersytet Warszawski,
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Zakład Geografii Regionalnej
dmrucins@uw.edu.pl

PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE ENSO

The ENSO spatial diversity

Abstract: The paper offers information about the spatial diversity of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) in such aspects as the spatial range of the phenomenon and its varying impacts on agriculture, i.e. plant cultivation and fishery. The author discusses both positive and negative consequences of the El Niño and La Niña phases. The nature of the phenomenon underpins the author's analysis of the region. Theoretically, the criterion for the differentiation of an impact region is the existence, within its territory, of a relationship between specific phenomena (in this case, natural phenomena and human agricultural activity), and the relevance of a given criterion is crucial for a problem at hand. Such a condition is fulfilled by areas with anthropogenic activity which are significantly subject to the ENSO influence. This approach is related to the research concept proposed by regional geography (Dumanowski 1981), which revolves around the relationships between the environment and man.

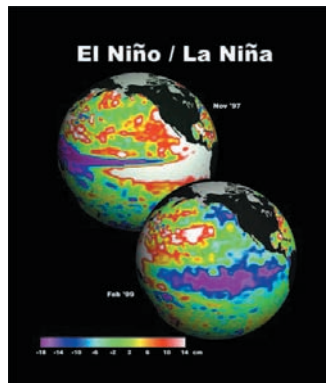
Słowa kluczowe: przyroda, ENSO, Oscylacja Południowa El Niño, El Niño, La Niña, działalność człowieka, rolnictwo, rybołówstwo, region

Key words: nature, ENSO, El Niño Southern Oscillation, El Niño, La Niña, anthropogenic activity, agriculture, fishery, region

WSTĘP

Wszystko, co dzieje się na naszej planecie jest ze sobą ściśle powiązane. Jedno zjawisko przyczynia się do powstania następnego, dzięki czemu nic nie tkwi w bezruchu. Związki pomiędzy elementami środowiska są doskonale widoczne na przykładzie Oscylacji Południowej El Niño (El Niño Southern Oscillation, w skrócie ENSO), która łączy w sobie dwie przeciwstawne fazy: ciepłą – El Niño oraz zimną – La Niña. ENSO to naturalne zjawisko oceaniczno-

atmosferyczne o charakterze cyklicznym (określane niekiedy quasi-cyklicznym). Występuje w strefie okołorównikowej Oceanu Spokojnego, oddziałując na elementy środowiska przyrodniczego, a w konsekwencji na ludzi i ich działalność gospodarczą. Utrzymujące się zainteresowanie oscylacją wynika z napływających raportów o stratach finansowych poniesionych przez różne państwa na świecie, w wyniku jej wystąpienia. Zależność pogody od cyrkulacji oceaniczno-atmosferycznej skłoniła naukowców do stałego monitorowania tych sfer i opracowywania prognoz pogody, w celu zmniejszania strat w różnych dziedzinach gospodarki (mowa o rolnictwie, rybołówstwie, energetyce, budownictwie, leśnictwie, gospodarce wodnej i rekreacji). W prognozach dotyczących zmian klimatu podkreśla się możliwość częstszego występowania ekstremalnych zjawisk przyrodniczych, również ekstremalnych faz ENSO. W wielu krajach, w których obserwowane są zmiany pogodowe, podejmowane są badania (często przy współpracy międzynarodowej), w celu zminimalizowania niekorzystnych skutków i rozwiązywania lokalnych problemów społeczno-ekonomicznych.



Ryc. 1. Fazy ENSO.

Fig. 1. ENSO phases

Źródło: NASA: <http://topex-www.jpl.nasa.gov/science/el-nino-text.html#morelinks>

1. ODROBINA HISTORII

Od czasu wystąpienia bardzo intensywnej fazy El Niño w 1982/1983 r. naukowcy zajęli się stałym monitorowaniem zjawiska i szczegółową analizą danych, co zaowocował już w roku 1997 prawidłową prognozą nadejścia silnej fazy cieplej (prognoza sześciomiesięczna). Możemy już dziś powiedzieć, że ENSO nie jest nowym zjawiskiem w naszym środowisku, a ponadto nie jedy-

nym. Geolodzy prowadzący badania na wybrzeżu Peru datują najstarsze dowody świadczące o obecności El Niño na około 13 000 lat. Niektórzy są zdania, iż znane było ono Inkom i mogło mieć wpływ na lokalizację ich osad na wysokości ponad 2000 m n.p.m. (Suplee 1999). Badania zboczy dolin z okresu ostatnich dwóch tysięcy lat na płaskowyżu Nazca przeprowadzone przez Andyjską Misję Archeologiczną Instytutu Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego wykazały istnienie w przeszłości okresów nasilenia erozji i akumulacji w postaci spływów gruzowo-błotnych. Zachowane po dzień dzisiejszy ślady w postaci potężnych bloków skalnych w warstwach miąższości od dwóch do czterech metrów, skojarzono z El Niño. Takie warstwy osadowe są typowe w pustynnym obszarze górskim, w którym mają miejsce gwałtowne i wyjątkowo obfite opady deszczu zdolne przenosić ciężki materiał skalny. Faza ciepła zaznacza się w tym regionie w szczególny sposób. Przykładowo, w roku 1982/1983 w peruwiańskiej prowincji – Piura (Talara), w której zwykle średnia roczna opadu atmosferycznego nie przekracza 250 mm, w okresie trwania fazy ciepłej średni opad dobowy wyniósł ponad 100 mm (zaś sumaryczny opad z okresu kilku miesięcy trwania fazy przekroczył 4000 mm) (Grodzki 1998). W 1891 r. El Niño przyniosło wraz z opadami deszczu obfitość zieleni na Pustynię Sechura (Peru). Pojawiająca się możliwość eksploatacji drewna, a także poprowadzenie szlaku kolejowego zadecydowały o otwarciu pod koniec XIX wieku kopalni siarki. Niespełna sto lat później (1982/1983 r.), opady deszczu powodowane ciepłą fazą utworzyły na tej samej pustyni rozległe jezioro, którego wody utrzymywały się przez dwa kolejne lata. Rybacy wykorzystali ten okres i utworzyli hodowlę ryb (tilapia, potocznie nazywana pstrągiem). Historia powtórzyła się podczas kolejnego silnego El Niño 1997/1998. Fala powodziowa stworzyła wówczas drugie co do wielkości jezioro w Peru (jezioro miało około 150 km długości, 30 km szerokości, 3 m głębokości). Ryby dopływały z gór wraz z prądem rzek. Jednak ujawnił się też niekorzystny aspekt zmian, gdyż na gliniastym podłożu tworzyły się płycizny sprzyjające wylęganiu komarów, co trzykrotnie zwiększyło w regionie Piura liczbę przypadków zachorowań na malarię.

Dane dotyczące występowania El Niño w przeszłości sięgają 40 000 lat wstecz (Schönwiese 1997). Cykliczność zjawiska potwierdzają badania paleoklimatyczne (Diaz, Margraf 1992), a także analizy przyrostów nacieków krasowych powstałych w ostatnich 30 latach w jaskiniach Ameryki środkowej (Frapier i inni 2002).

Monitorowanie cyrkulacji oceaniczno-atmosferycznej pozwoliło na zidentyfikowanie jeszcze innych oscylacji (np. PDO – Pacific Decadal Oscillation – Dziesięcioletnia Oscylacja Pacyficzna, NAO – North Atlantic Oscillation. – Oscylacja Północnego Atlantyku) (Duxbury i inni 2002) i AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation. Atlantycka Oscylacja Wielodekadowa) (<http://www.aoml.noaa.gov/>) .

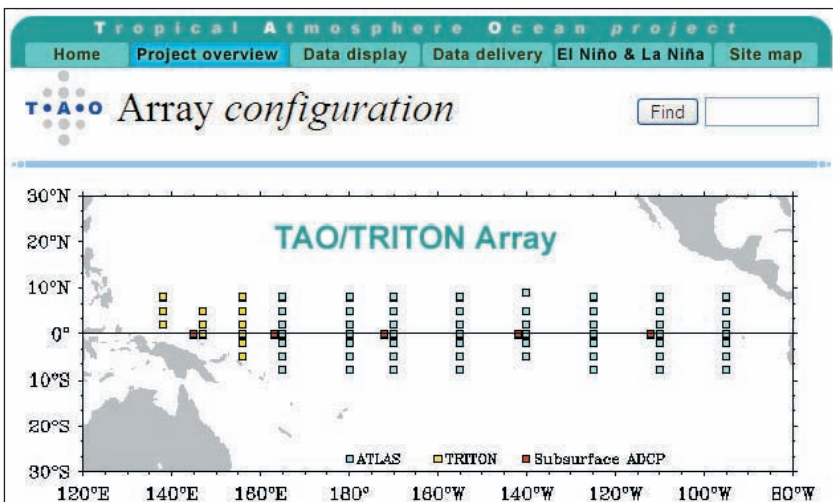
2. SPECYFIKA ZJAWISKA – EL NIÑO I LA NIÑA

Średnia temperatura wód powierzchniowych Oceanu Światowego jest o 3°C wyższa od średniej rocznej temperatury powietrza na Ziemi. Tropikalny pas Pacyfiku jest naturalnym i największym zbiornikiem magazynującym ciepło. Temperatura najcieplejszych wód oceanicznych w strefie równikowej, niezależnie od pory roku wynosi 26–28°C, zaś Pacyfik jest najcieplejszym oceanem i odgrywa istotną rolę w utrzymaniu równowagi cyrkulacji oceaniczno-atmosferycznej w skali całego globu. Pasaty, charakteryzujące się stałą prędkością i kierunkiem, w naturalny sposób, na skutek tarcia cząsteczek powietrza o cząsteczki wody, przemieszczają w kierunku zachodnim ciepłe powierzchniowe wody oceaniczne. Regiony Australii i wysp Azji Południowej zasilane są wówczas opadami deszczu. Lata, w których obserwujemy właśnie taki stan w cyrkulacji atmosfery i oceanu, nazywane są latami normalnymi, podczas których na wschodzie Oceanu Spokojnego, zimny Prąd Peruwiański opływa bez zakłóceń zachodnie wybrzeża Ameryki Południowej, a zasilany przez upwelling (wynoszenie wód przydennych ku powierzchni) stanowi źródło żywnych wód. Prąd ten przyczynia się do bogactwa fauny i flory, a jednocześnie do małej ilości opadów w tym regionie.

Zarówno podczas fazy ciepłej, jak i zimnej obserwujemy pewne zmiany w cyrkulacji oceaniczno-atmosferycznej. Co jakiś czas ulega odwróceniu rozkład układów ciśnień w strefie okołorównikowej Pacyfiku. Gilbert Walker – od jego nazwiska pochodzi nazwa cyrkulacji Walkera – prowadząc na początku XX w. badania nad monsunami w Indiach, odkrył tę huśtawkę ciśnień pomiędzy regionami Tahiti a Darwin, i nazwał ją Oscylacją Południową. Jego obserwacje zaowocowały utworzeniem indeksu SOI (Southern Oscillation Index) charakteryzującego układy baryczne w tym regionie, który jest często stosowany w analizach ENSO ze względu na najdłuższy zapis danych historycznych sięgających początku ubiegłego wieku. Pozwala on ustalić, czy dany rok kalendarzowy był rokiem El Niño czy La Niña oraz jak długo trwała faza. Kolejnym naukowcem, który w decydujący sposób przyczynił się do zrozumienia złożoności oscylacji był norweski meteorolog J. A. Bjerknes. Skojarzył on podwyższenie temperatury wód powierzchniowych w Pacyfiku w 1957 roku (El Niño 1957/1958) ze zmianami układów barycznych wynikających z cyrkulacji Walkera i uznał tę zmienność za prawidłowość. Od tego czasu mówimy o ENSO. Rybacy w Peru już dawno zauważyli (dane historyczne sięgają 1726 roku), że zdarzają się takie Święta Bożego Narodzenia, w które zwykle zimny Prąd Humboldta ulega ociepleniu, co zawsze jest połączone ze słabymi połowami, a ponadto, co jakiś czas ocieplenie wód jest dużo silniejsze niż zwykle. Zmianę tę nazwali El Niño (po hiszpańsku: chłopiec) – Dzieciątko Jezus – od okresu wystąpienia zjawiska w roku. Potocznie, mówi się o wystąpieniu „prądu El Niño”, jednak jest to coś więcej, niż typowy prąd powierzchniowy – przede

wszystkim, nie jest on prądem stałym. Podczas fazy ciepłej temperatura wód powierzchniowych wzrasta o około 1–3°C. W roku 1982/1983 wzrost wyniósł 3,5°C, a w roku 1997/98 aż 5°C. Faza występuje nieregularnie, co kilka lat, z nasileniem właśnie w grudniu i może trwać od kilku do kilkunastu miesięcy (stąd powszechnie przyjęło się podawanie przełom roku, jako czas wystąpienia zjawiska). Podane powyżej przykłady należą jednak do bardzo intensywnych faz ciepłych. Naukowcy przyjęli, że za przejście oceanu w fazę ENSO uznaje się zmianę temperatury wód powierzchniowych w strefie równikowej o 0,5°C, pod warunkiem, że zmiana ta utrzymuje się przez pięć kolejnych miesięcy. Podczas El Niño mamy do czynienia z podwyższeniem, zaś podczas La Niña z obniżeniem temperatury wody. Podczas El Niño ciepłe wody powierzchniowe są przemieszczane wówczas na wschód, blokując tym samym upwelling (zanikowi upwellingu towarzyszy poziome ułożenie termokliny).

Skala zjawiska na oceanie nie ogranicza się jednak do strefy przybrzeżnej Ameryki Południowej. Duże znaczenie ma rozległa powierzchnia wód o podwyższonej temperaturze, która obejmuje czwartą część równikowego Pacyfiku. Obecnie wiadomo, że zasięg ciepłej fazy jest znacznie większy niż sądzono wcześniej, a zjawisko wpływa nie tylko na najbliższe sąsiedztwo ciepłych wód powierzchniowych, ale również na odległe lądy. Dzieje się tak za pośrednictwem silniej zaznaczającego się podczas El Niño w atmosferze prądu strumieniowego (jet stream) nad zachodnim Pacyfikiem, który jest strumieniem powietrza o dużej rozciągłości poziomej, wiejącym z dużą prędkością w górnej warstwie troposfery.

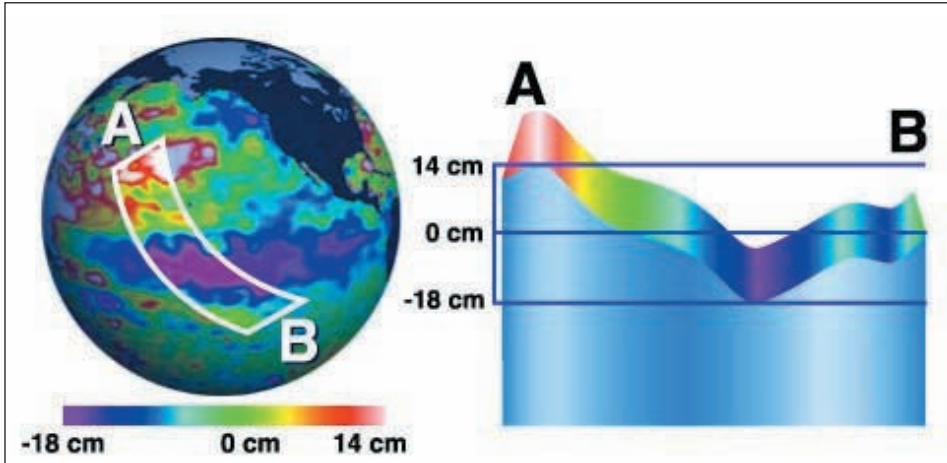


Ryc. 2 Monitorowany obszar Pacyfiku.

Fig. 2. Monitored area of the Pacific

Źródło: http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/map_array.html

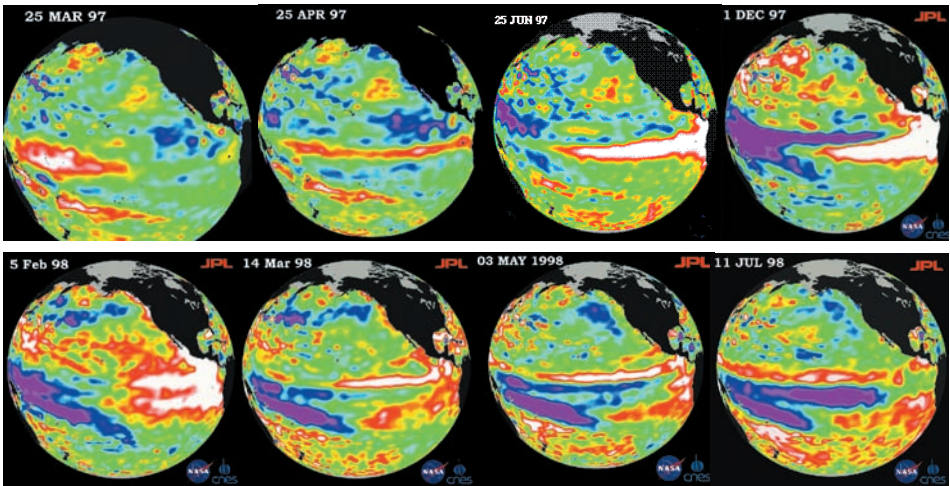
Ciągłe monitorowanie oceanu pozwala diagnozować jego stan. Pomiary są możliwe dzięki dwóm głównym technikom – zainstalowanym bojom pomiarowym rozmieszczonym w strefie okołorównikowej, pozwalającym odczytać temperaturę wód powierzchniowych i charakterystyczne cechy wiatru (The Tropical Atmosphere Ocean) oraz radarowi wysokościomierzowemu odczytującemu zmiany wysokości poziomu powierzchni oceanu (TOPEX – Poseidon).



Ryc. 3 Wahania w poziomie oceanu.
Fig. 3. Fluctuations of the ocean level

Źródło: <http://sealevel.jpl.nasa.gov/science/jason1-quick-look/index.html>

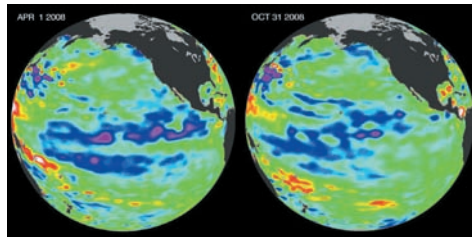
Gdy nadchodzi La Niña (po hiszpańsku: dziewczynka) – do odkrycia tej fazy przyczynił się również J.A. Bjerknes – układ ciśnień jest przeciwny do układu z lat El Niño, zaś zbliżony do tych z lat normalnych. Jednak na tym podobieństwo się kończy. Różnica względem lat normalnych dotyczy skali towarzyszących im zjawisk atmosferyczno-oceanicznych. Burze i sztormy są o wiele silniejsze niż zwykle. Ciepłe wody powierzchniowe przemieszczane na zachód docierają do kontynentu Australii oraz wysp południowo-wschodniej Azji. W tym samym czasie na wschodzie obserwuje się wzmożony upwelling, który istotnie wspomaga działanie zimnego Prądu Peruwiańskiego. Obszar zasięgu zimnych wód powierzchniowych powiększa się, rozciągając w strefie międzyzwrotnikowej od wybrzeży Peru, aż po Nową Gwineę (podczas fazy normalnej zimne wody docierają w okolice Tahiti). Tak więc, gdy nadchodzi faza zimna, obszary wodne zasobne w biogeny powiększają swój zasięg, tworząc rozleglejsze niż w latach normalnych obszary bogate w fitoplankton. Fazie La Niña poświęcono już wiele miejsca literaturze (Glantz 2002).



Ryc.4 Wyjątkowo silne El Niño na przełomie roku 1997/98. Czerwona i biała barwa wskazuje poziom oceanu powyżej średniego w regionie (25 Marzec 1997 w regionie obszaru północno-wschodniej Australii).

Fig.4 The exceptionally strong El Niño in 1997/98. Colours red and white point to the ocean level above the region's average values (25 March 1997 in the region of north-western Australia).

Źródło: <http://sealevel.jpl.nasa.gov/elnino/970325.html>



Ryc. 5. Na obecność La Niña wskazują błękitne obszary widoczne na obrazie wzdłuż równika, świadczące o niższym poziomie wód oceanicznych w tym miejscu.

Fig. 5. La Niña is indicated by blue areas visible in the picture along the equator, which point to a lower level of the ocean's water in this particular location

Źródło: <http://sealevel.jpl.nasa.gov/elnino/20080401.html> (La Niña kwiecień 2008)

Źródło: <http://sealevel.jpl.nasa.gov/science/jason1-quick-look/2008/20081031.html> (La Niña październik 2008)

Badaniami nad ENSO zajmują się od lat amerykańskie ośrodki naukowe, uniwersytety w Kalifornii, na Florydzie oraz w stanie Nowy Jork. Obok prognozowania faz ENSO, główną uwagę skupia się na skutkach powodowanych przez zjawisko, zarówno w sferze środowiska naturalnego jak i gospodarczej

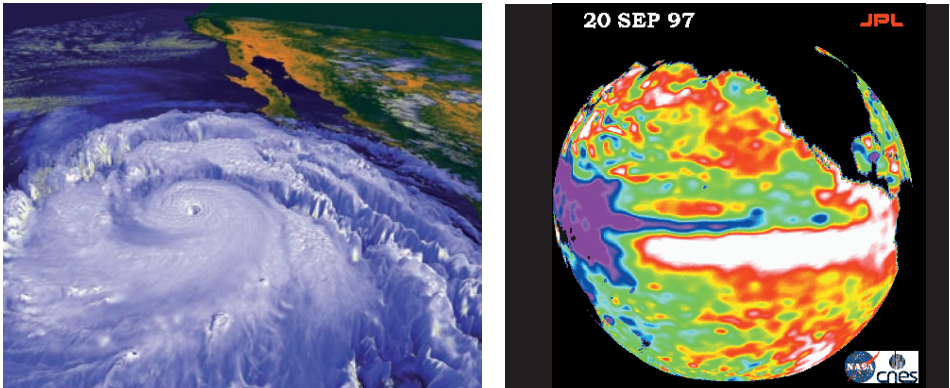
działalności człowieka. Obie fazy, ciepła i zimna, powodują różnorodne skutki. W przypadku ich nawarstwienia, mogą być one dodatkowo odczuwalne w gospodarce. Należy jednak pamiętać o możliwości zaistnienia sprzyjających warunków dla gospodarki podczas jednej, a nawet obu faz, w zależności od obszaru, intensywności zjawiska i sektora gospodarki. Badanie zmienności zachodzących w gospodarce na tle omawianej oscylacji sprawia pewne trudności, wynikające z braku regularności w ich występowaniu (odstępów czasowe oraz kolejności występowania faz po sobie). Istnieje kilka indeksów charakteryzujących fazy ENSO, pozwalających ustalić okres wystąpienia i długość fazy w roku. Najczęściej stosowanymi są: SOI (Southern Oscillation Index), JMA SSTA (The Japan Meteorological Agency, Sea Surface Temperature Anomalies) oraz NINO. Wciąż jednak powstają nowe, najczęściej poprzez modyfikację już istniejących. Problem w wykorzystywaniu ich dla celów analiz gospodarczych wynika ze specyfiki zjawiska. Zazwyczaj ma miejsce sytuacja, iż dana faza rozpoczyna się w jednym roku kalendarzowym, a kończy już w następnym, może również następować bezpośrednie przejście z fazy ciepłej w fazę zimną – lub odwrotnie – z pominięciem okresu normalnego. Cechy zjawiska (stopień podwyższenia temperatury wód powierzchniowych lub długości trwania fazy) sugerują, iż jego skutków należy poszukiwać nie tylko w okresie trwania danej fazy, ale i po niej. Złożoność powiązań powoduje, że wciąż wiele zagadnień jest nie rozwiązanych.

2.1. ENSO – korzystne czy niekorzystne?

Zdolność identyfikacji faz ENSO, następnie ich monitorowanie pozwoliło dokonać wielu obserwacji zmian pogodowych na świecie. Szczególnie zapisały się w historii środowiska naturalnego El Niño 1997/98 który zdewastował ekosystem w regionie Wysp Galapagos. Zmiana temperatury wód spowodowała destabilizację w morskiej florze i faunie, migracje planktonu i mięczaków, a co za tym idzie – gatunków ryb, a nawet ich wyginięcie. Przerwanie łańcucha troficznego spowodowało brak pożywienia i wyginięcie wielu ptaków i fok. Jednocześnie, wzmożone opady deszczu spowodowały powodzie i zmianę warunków wegetacji roślin, zwiększając zasoby żywieniowe żółwi, ale jednocześnie pogarszając je morskim legwanom (podczas El Niño giną algi brązowe stanowiące pożywienie legwanów, a wzrasta ilość alg zielonych, zawierających toksyczne związki zatruwające te zwierzęta). Według Sixto Narajo León (2008) załamanie równowagi w środowisku przyrodniczym w regionie archipelagu Galapagos, podczas poprzedniego silnego El Niño w roku 1982/1983, było tak duże, że powrót do stanu sprzed wystąpienia fazy ciepłej trwał blisko dekadę.

Przełom roku 1982/1983 był szczególny. Utrzymujące się ciągle deszcze, po kilku miesiącach doprowadziły do obudzenia wegetacji na pustyni, zaś w 1997/1998 roku, w północno-zachodniej części Peru, deszcze utworzyły jezioro na Pustyni Sechura (drugie co do wielkości w Peru). W wielu regionach, okres ten był odbierany pozytywnie, pomimo powodzi nikt nie myślał o wyniesieniu się na dalsze obszary. Wspierając nieco naturę i zarybiając jezioro, utworzono stawy rybne, które pozwoliły rybakom utrzymywać swe rodziny przez dwa kolejne lata. Gwałtowne deszcze podczas El Niño są przyczyną osuwisk błotnych w górzystych partiach regionu. Przykładowo w Kalifornii, podczas fazy ciepłej obserwuje się silniejsze zimowe burze i wiatry oraz większe opady. Osunięcia ziemi powodowane intensywnymi deszczami w 1997/98 roku obserwowano począwszy od stycznia 1998, przez zimę i wiosnę na obszarze 10 hrabstw regionu San Francisco Bay (Godt 1999).

Ciepła faza powoduje jednocześnie susze w Australii, Indonezji, na Filipinach (np. w 1998 r.) niekiedy także w Indiach w okresie, w którym normalnie, od listopada do marca powinny trwać deszcze tropikalne (deszcze padają w tym czasie w innej części świata – w Peru i Ekwadorze). Susze są częstą przyczyną obniżenia plonów upraw, albo też zwiększają zagrożenie pożarami. El Niño sprzyja tworzeniu się huraganów we wschodnim Pacyfiku (wyjątkowo silny huragan Linda uderzył na wybrzeża Zatoki Kalifornijskiej we wrześniu 1997), a zmniejsza ich liczbę na Atlantyku.



Ryc. 6. (A, B) Huragan Linda podczas El Niño w roku 1997

Fig. 6. (A, B) Hurricane Linda during an El Niño in 1997

Źródło: http://rsd.gsfc.nasa.gov/rsd/images/Linda/linda_6_lg.jpg

Źródło: <http://sealevel.jpl.nasa.gov/elnino/970925.html>

Odwrotnie jest podczas La Niña – mniej huraganów rozwija się w tym czasie na Pacyfiku, zaś więcej na Atlantyku (NOAA 2007). Wówczas obserwuje się susze w zachodnich stanach Stanów Zjednoczonych.

Jak dotąd brak potwierdzenia hipotezy, iż powodzie, które miały miejsce w Europie w 1997 (także w Polsce) są skutkiem El Niño (choćby pośrednim), jednak zdarzeń tych nie można pomijać w podejmowanych badaniach.

Ciepła faza ENSO pozostawia swoje piętno wśród koralowców. Rafa koralowa stanowi równie ważne i zróżnicowane środowisko w międzyzwrotnikowych sferach oceanu, co las tropikalny na lądzie, stąd jej obecność w ekosystemie jest tak istotna. Obumieranie rafy może być związane z różnego rodzaju stresami fizjologicznymi, do których należą podwyższenie temperatury wód oceanicznych, zmiany w zasoleniu, dostępie światła poprzez zamulenie lub powstanie płyczyny. Optymalne warunki dla jej rozwoju to temperatura od 25 do 31°C. Koralowce reagują na podwyższenie temperatury wód oceanicznych podczas El Niño i już różnica 1 stopnia może powodować ich reakcję. Obserwuje się wówczas ich blaknięcie, które jest powodowane wyrzucaniem z organizmu symbiotycznych zooksantelli (mikroskopijnych glonów będących ich składnikiem odżywczym i decydujących o zabarwieniu koralu). Taka reakcja prowadzi do uszkodzenia lub obumierania rafy. W roku 1998 (El Niño) obumarło 16% światowej rafy koralowej (w samej zachodniej części Oceanu Indyjskiego strat doznało 48% raf). Rok 2002, choć nie charakteryzował się tak dużymi odchyleniami temperatury o normy, spowodował obumieranie fragmentów Wielkiej Rafy Koralowej na obszarze blisko 300 000 km² (m.in. rafy Palau, Seszeli, Okinawy). W przypadku podniesienia temperatury wód oceanicznych na krótki czas, ekosystem potrafi powrócić do pierwotnego funkcjonowania. Problem pojawia się jednak podczas wydłużania i powtarzania się takich okresów (ESSEA).

3. REGION A ENSO

U podstaw koncepcji regionu istniało założenie, że region to obszar o pewnej organizacji. Region to także obszar o odrębnym charakterze. Istotą jest cecha lub grupa cech pozwalająca postrzegać go za wewnątrznie jednorodny. Granica regionu jest tam, gdzie zmienia się jakość lub nasilenie charakterystycznej cechy pozwalającej na wydzielenie danego regionu. Tym samym charakter granicy oraz jej trwałość jest wynikiem przyjętego kryterium wydzielenia regionu.

Za podstawowe warunki uznania obszaru za region przyjmuje się następujące cechy: jednorodność w zakresie określonych kryteriów wyznaczania tego regionu, istotność tych kryteriów z punktu widzenia badanego problemu oraz dodatkowy warunek mówiący, iż kryteria te muszą odnosić się do współwystę-

powania w przestrzeni pewnego zespołu cech, między którymi zachodzą związki przyczynowe (Whittlesey 1954, Ashok, Dutt 1970).

Zdaniem P.E. Jamesa „region jest obszarem o dowolnej wielkości, jednorodnym z punktu widzenia pewnych kryteriów, który różni od sąsiednich obszarów zespół przestrzennie powiązanych cech” (James 1957).

Na tle wyżej wymienionych definicji wyłania się nieco inne spojrzenie na region, z jednoczesnym zachowaniem podstawowych warunków uznania go za szczególny obszar. Kryterium wyróżnienia regionu jest istnienie na jego obszarze związku między pewnymi określonymi zjawiskami (region związku), a istotność tego kryterium jest zasadnicza dla badanego problemu. Taki warunek spełniają obszary będące środowiskiem działalności człowieka, które w istotny dla niego sposób poddawane są oddziaływaniu Oscylacji Południowej El Niño. Nawiązuje ona do koncepcji badawczej geografii regionalnej (Dumanowski 1981), która skupia się wokół relacji środowisko – człowiek.

ENSO występuje w pasie okołorównikowej strefy Pacyfiku, jednak zmienia warunki pogodowe w wielu częściach świata. Powstaje w związku z tym wiele pytań. Czy skutków tego zjawiska należy szukać tylko w regionie jego występowania, czyli w strefie wód oceanicznych, czy także na lądzie? Na lądzie w strefie okołorównikowej, czy też w wyższych szerokościach geograficznych? Gdzie znajdują się regiony związków i ich granice? Opracowany zasięg zmienności opadów atmosferycznych oraz temperatur powietrza wskazują, iż ENSO powoduje fluktuacje na całym globie (Ropelewski, Halpert 1986, 1987). Najbardziej na nie wrażliwe wydają się być połowy ryb, co jest związane ze zmianą temperatury w ich środowisku życia podczas poszczególnych faz. Jednak skrupulatnie gromadzone dane wskazują, iż w różnych regionach świata, także rośliny uprawne są wrażliwe na fluktuacje oceaniczno-atmosferyczne.

4. ENSO – ZJAWISKO GLOBALNE

4.1. Oceaniczne regiony wpływu ENSO

Obszary wodne Peru oraz północnego i centralnego Chile, będące w strefie zjawiska upwellingu, to baseny, w których odławiane są żyjące licznie małe ryby pelagiczne z kilkoma dominującymi gatunkami, do których należą sardele, sardynki oraz makrele. Najważniejszą spośród łowionych ryb w regionie Południowo-Wschodniego Pacyfiku jest sardela peruwiańska. Od początku lat 70. XX w. raporty donosiły o zmiennych połowach tego gatunku. Według opi-

nii FAO, wahania w liczebności i kompozycji gatunków w tym akwenie są spowodowane zmianami stanu środowiska, związanymi właśnie z El Niño.

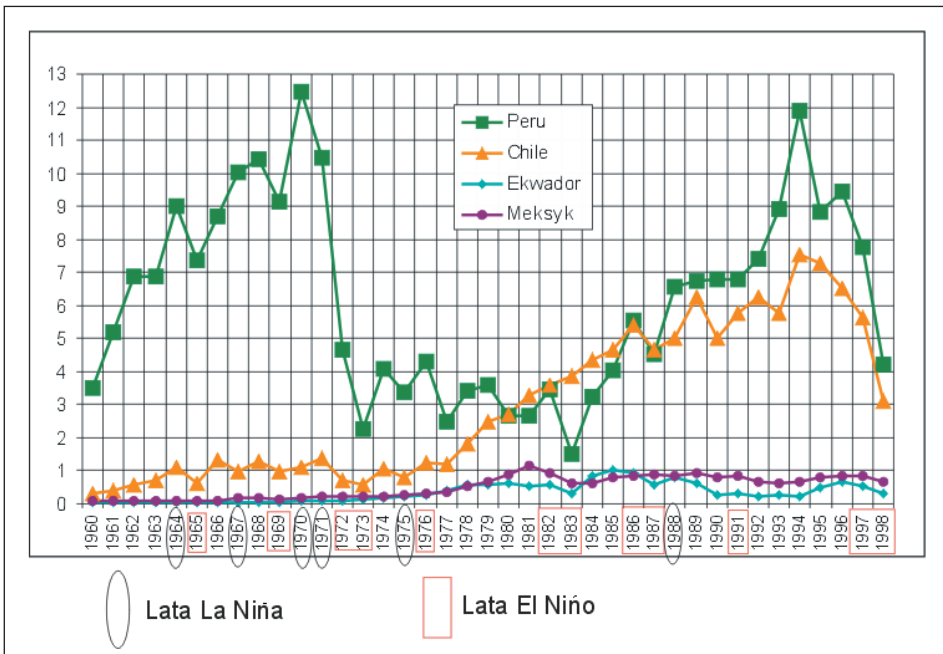
W 1970 r. w Peru drastycznie zmniejszyły się połowy sardeli. Faktu tego nie łączono wówczas z El Niño, dopiero pogorszenie sytuacji w latach 1972/73 skojarzono z wystąpieniem fazy ciepłej. Ten przedłużający się w czasie spadek połowów oraz brak odpowiedniej polityki wpływał niekorzystnie na ogólną sytuację w rybołówstwie. Ekstremalne El Niño 1982/1983 spowodowało zmniejszenie połowów tego gatunku do najniższych w historii Peru. Obecnie utrzymuje się stały monitoring zasobów i połowów (FAO 1996). W basenie Centralno-Wschodniego Pacyfiku zauważalne są pewne fluktuacje, a kryzysowym był rok 1973. Załamanie w produkcji ryb było związane z nagłym zmniejszeniem połowów sardeli i sardynek w Peru i Chile w okresie El Niño. Ogólnie, istnieje tendencja zwiększania połowów różnych gatunków ryb morskich. Szczególne obniżenie połowów wszystkich gatunków miało miejsce w 1983 i 1984 r., po ekstremalnym El Niño 1982/83 r. (FAO 1996). Zmniejszenie połowów małych ryb pelagicznych odczuli zwłaszcza rybacy w Meksyku. Spowodowane ono było zmniejszeniem różnorodności i liczebności sardynek oraz sardeli kalifornijskich. Podobne zmniejszenia połowów miały miejsce w innych regionach. Według FAO występujące fluktuacje w liczebności i ogólnej produkcji ryb są często związane ze stanem środowiska, szczególnie w regionie zachodnich wybrzeży Ameryki. Podejrzewa się, iż silne zmiany w populacji ryb w basenie Pacyfiku mają cykl dekad, podczas których dochodzi do poważnych zmian w całkowitej różnorodności oraz ogólnej produkcji małych ryb pelagicznych, jak również innych ryb w akwenie Centralo-Wschodnim oraz Południowo-Wschodnim Pacyfiku. Istnieją opinie, że zjawisko El Niño doprowadziło do zmniejszenia połowów sardeli peruwiańskich w latach 1972/1973, a później w 1982/1983 r. zmniejszyło obfitość wielu gatunków i wpłynęło na migrację ryb. Fluktuacje jakie mają miejsce w Peru i w Chile wpływają na ogólną produkcję ryb w Ameryce Łacińskiej i w regionie Karaibów (FAO 1996).

W kolejnych latach zauważono zbieżność dwóch faktów podczas ciepłej fazy ENSO, mianowicie zwiększeniu liczebności szprotki u wybrzeży Chile podczas załamania połowów tego gatunku ryb u wybrzeży Peru (Suplee 1999). Interesujące wyniki badań uzyskała K. Miller studiując fluktuacje w klimacie Północnego Pacyfiku (1940–1970 r.) oraz połowy w latach 1925–1994 kilku gatunków łososia. Odnalazła ona związki między temperaturą wód powierzchniowych a wysokością połowów we wschodniej części Północnego Pacyfiku. Stwierdziła, że widoczna jest zależność produkcji łososi od anomalii klimatycznych, zarówno w skali rocznej jak i w dekadach. Podobnie doniesienia o znik-

nięciu dorszy w łowiskach Morza Północnego wiązane ze zmianą temperatury wód powierzchniowych na Morzu Północnym (Zmiany Klimatu, 2000) mogą stanowić pewną wskazówkę, iż obserwowane zmienności w regionach Pacyfiku nie są wyjątkiem.

Badania mające na celu znalezienie zależności pomiędzy ENSO a połowami w czterech wybranych krajach: Chile, Peru, Ekwadorze i Meksyku, w akwenach przybrzeżnych Pacyfiku, w latach 1960–1998 wykazały związek między ENSO a połowami w przypadku Peru. Podczas faz El Niño (nie tylko podczas faz ekstremalnych) następuje ich zmniejszenie i jest ono na tyle znaczące, że wpływa na obniżenie sumy połowów czterech badanych państw w danym roku. Natomiast fazom La Niña towarzyszą pojedyncze wzrosty połowów. Wysunięta hipoteza mówiąca, iż podczas fazy cieplej następuje zmniejszenie wielkości połowów a podczas fazy zimnej ich wzrost, sprawdziła się tylko w przypadku Peru, gdzie związek faz ENSO z wielkością połowów jest widoczny także poza fazami ekstremalnymi. W pozostałych krajach badania statystyczne nie wykazały takiego związku, nie potwierdzając powyższej hipotezy. Połowy w Chile podlegają wpływowi zjawiska, przy czym zachowują odwrotny charakter niż w Peru (zauważalne są wzrosty połowów, a nie obniżenia), zaś wyniki badań połowów w Ekwadorze i Meksyku nie są jednoznaczne. W Ekwadorze widoczne są obniżenia połowów z przesunięciem na drugi rok wystąpienia silnej fazy cieplej. W Meksyku, podczas faz ciepłych następuje wzrost połowów, jednak podczas silnych faz El Niño mają także miejsce obniżenia połowów, a tym samym może to świadczyć (jeśli nie był to wpływ czynników antropogenicznych) o związkach ENSO z rybołówstwem także poza strefą okołorównikową, w wyższych szerokościach geograficznych.

Należy podkreślić, iż Peru wyróżnia się spośród badanych państw intensywnością połowów. Począwszy od lat 60. XX w., wahania są tam większe niż w pozostałych trzech krajach. Jednocześnie we wszystkich krajach zauważalny jest pewien pułap, po przekroczeniu którego obniżenia połowów stają się silniejsze (dla Peru granicą tą jest wielkość ok. 6 mln t, zaś dla pozostałych krajów ok. 600 tys. t). W prowadzonych badaniach nie były brane pod uwagę inne czynniki mogące wpływać na gospodarkę. Jednak od momentu zwiększenia intensywności połowów w regionie w latach 70. XX w., wraz z którą doszło do silnej eksploatacji ekosystemu morskiego, zauważalne są podczas faz ciepłych znacznie większe obniżenia połowów niż w latach 60. XX w. i wcześniejszych (Ryc. 7) .



Ryc. 7. Połowy ryb w Peru, Chile, Ekwadorze i Meksyku (w mln t.) w latach 1960 – 1998, na podstawie danych źródłowych FAO, JMA Index

Fig. 7. Fishing in Peru, Chile, Ecuador and Mexico (in million tons) in 1960–1998, based on data from FAO, JMA Index

Na przestrzeni wielu lat ciągłej tendencji zwiększania wielkości połowów mogło dojść w pewnym momencie eksploatacji zasobów morskich do nadwężenia bioróżnorodności, zaś wystąpienie fluktuacji oceaniczno-atmosferycznych doprowadzić mogło do załamania rybołówstwa w danym kraju. Dlatego stosunkowo mniejsze spadki połowów w okresie występowania El Niño widoczne są w latach, w których nie miało jeszcze miejsce intensywne odławianie ryb. Dopiero naruszenie ekosystemu morskiego poprzez ciągłe zwiększanie odławianych zasobów przez wiele krajów doprowadziło do silniejszego odczuwania oddziaływania El Niño. Intensywność oraz częstotliwość El Niño wraz z wysokim stopniem wykorzystywania zasobów ryb przez człowieka w regionie mogą przyczyniać się do wyjątkowo gwałtownych obniżen połowów podczas faz ciepłych (Rucińska 2003).

Z analiz korelacji wielkości połowów w czterech wymienionych krajach wynika, iż ENSO ma szerszy zasięg wpływu we wschodniej części łowisk Pacyfiku, niż zasięg występowania samego zjawiska. W miarę odsuwania się od akwenów Peru (zarówno na południe jak i na północ) związek ENSO z poło-

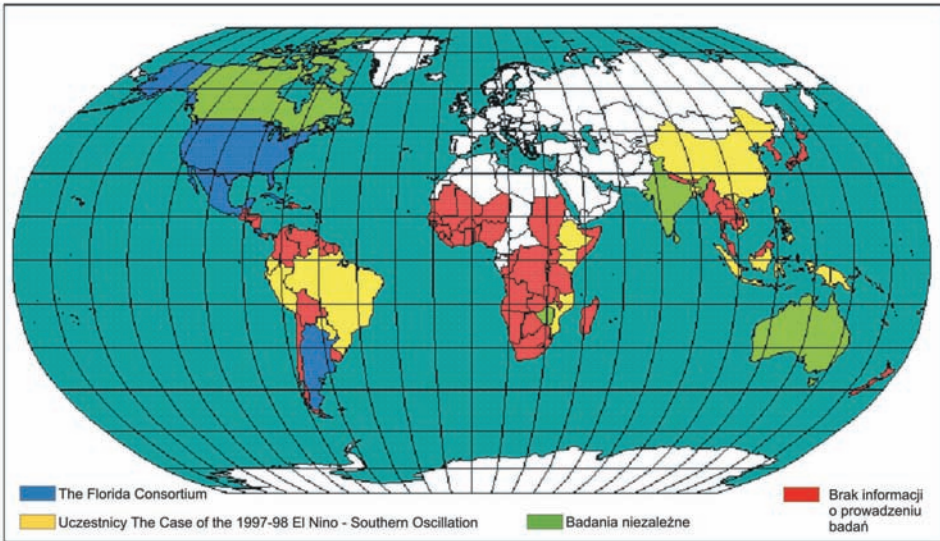
wami słabnie oraz zmienia swój charakter. Podczas obniżenia połowów w Peru następuje wzrost połowów w Chile (podobną zależność wykazały badania na podstawie danych z akwenów Ekwadoru i Meksyku, jednak związek ten jest słabszy niż w przypadku Chile). Peru stanowi swego rodzaju oś, w rejonie której, podczas fazy cieplej następuje zmniejszenie wielkości połowów a podczas fazy zimnej ich wzrost.

Z analizy sum wielkości połowów w poszczególnych czterech krajach w latach 1960–1998 wynika, iż wszystkim analizowanym ekstremalnym fazom ciepłym (np. lata 1972/1973, 1983, 1997/1998) towarzyszyły znaczące zmniejszenia połowów, zaś fazom zimnym – wzrosty, co nie jest zgodne z ogólną tendencją zmian w poszczególnych krajach indywidualnie (Ryc. 7). Biorąc jednak pod uwagę fakt, iż Peru ma największy udział w połowach spośród czterech badanych państw w regionie, wyjaśnia się sprzeczność. Pośrednio przez Peru, ENSO ma wpływ na ogólny stan rybołówstwa w regionie zachodnich wybrzeży Ameryki Łacińskiej. Szczególnie wyraźnie widoczny jest niekorzystny wpływ podczas faz El Niño (Rucińska 2003).

4.2. Lądowe obszary wpływu ENSO

Badania na temat związków faz ENSO z opadami (Ropelewski, Halpert 1986, 1987) dały podstawę do dalszych analiz nad skutkami zjawiska w rolnictwie wybranych krajów. Niezależnie, działają na świecie różne jednostki naukowe państw bezpośrednio zainteresowanych poznaniem wpływu zjawiska na ich gospodarkę. Współpraca międzynarodowa znacznie przyspieszyła pogłębienie wiedzy na ten temat. Szczegółowe opracowania wykonano przez The Florida Consortium. Istotne znaczenie dla postępu prac miał program „The Case of El Nino – Southern Oscillation” (International Strategy for Disaster Reduction, ISDN, 1999; <http://www.ccb.ucar.edu/un/>) poszerzający grono państw intensyfikujących działania edukacyjne oraz współpracę nad problemem minimalizacji szkód (Ryc. 8).

Lokalnie zbadano relacje między fazami ENSO a uprawą roślin w południowo-wschodnich stanach USA – Alabama, Floryda, Georgia, Pd. Karolina (Hansen i inni 1998). Poza Florydą, w ramach The Florida Consortium przeprowadzono badania w trzech krajach: Argentynie (Pampa, Pergamino), Kostarice (Los Chiles i Liberia), Meksyku (Sinaloa). Dwufazowość zjawiska powoduje różnorodne oddziaływanie na poszczególne rośliny, najczęściej jednak pogarszając warunki wegetacyjne. Obok elementów pogody w fazach ENSO, okres wegetacji jest w wielu pracach podstawą badania zależności ze zjawiskiem (Jones, Hansen i inni 1999). Stosowane są także analizy statystyczne (Hansen i inni 1998).



Ryc. 8. Badania nad oddziaływaniem ENSO (opracowanie sporządzono na podstawie danych zgromadzonych do roku 2005).

Fig. 8. Study of ENSO impact (on the basis of data compiled until 2005)

4.3. Przestrzenne rozmieszczenie wpływu ENSO na uprawę roślin

Zgromadzone na podstawie literatury dane o globalnym oddziaływaniu ENSO na uprawę różnorodnych roślin pozwoliły ustalić charakter wpływu na rośliny podczas faz (lokalnie jest on korzystny lub niekorzystny). Wykorzystano informacje o zmianach w wielkości zbiorów wynikających ze zmian pogodowych wpływających na warunki wegetacji oraz o klęskach żywiołowych z uwzględnieniem powodzi i pożarów. Pomimo prowadzonych na świecie badań, w niektórych krajach określenie skutków zjawiska jest trudne do ustalenia (Rucińska 2005).

Dwufazowość ENSO oraz różna długość trwania faz powodują zróżnicowane skutki w obrębie regionów, zarówno, jeśli chodzi o zasięg wpływu, jak i o rodzaj podlegających temu wpływowi roślin uprawnych. Na podstawie zmian pogodowych zauważano wpływ ENSO na produkcję w rolnictwie w południowo-wschodniej Azji, Australii, Ameryce Północnej oraz Afryce. Najwięcej państw odczuwa oddziaływanie zjawiska na uprawę roślin na kontynencie amerykańskim. W Kanadzie fazy oddziałują na uprawę pszenicy. W Stanach Zjednoczonych zjawisko to wpływa na uprawę kukurydzy, a kilka roślin wykazało wrażliwość w Alabamie, na Florydzie, w Georgii i Południowej Karolinie.

W centralnej części Meksyku faza ciepła przyczynia się do zmniejszenia zbiorów kukurydzy (Harris 2001), w Ameryce Środkowej: w Kostaryce – ryżu i fasoli, w Panamie – kawy, na Kubie – trzciny cukrowej, tytoniu, bananów. Susze podczas El Niño odczuwalne są w północno-wschodniej Brazylii. Rolnicy argentyńscy w zależności od fazy oraz regionu kraju odnotowują zróżnicowany wpływ na uprawy, jednak w przypadku pszenicy i soi z ujemnymi i wyraźnie silniejszymi skutkami w okresie fazy zimnej (Podesta 2000). La Niña wpływa równie niekorzystnie w Ekwadorze uniemożliwiając eksport bananów oraz produkcję mango. Nietypowo niskie temperatury ograniczają możliwość osiągnięcia przez bananowce odpowiedniego stopnia dojrzewania owoców, zaś w przypadku mango zahamowana zostaje faza kwitnienia (Cornejo-Grunauer 2000).

Trudne do określenia prawidłowości wynikające z zależności ENSO-rolnictwo są w **Afryce**. Specyfika kontynentu przyczynia się częściowo do szybszego powstawania skrajnych warunków w przypadku nadejścia faz. Wyraźnie niekorzystny wpływ El Niño na uprawę kukurydzy wykazano w Zimbabwie (Hansen 2001). Podobnie, jak ma to miejsce w Ameryce, łatwiejsze do zdefiniowania, choć pozostające w opozycji, są związki ENSO – uprawy w południowo-wschodniej Azji, np. w Indiach (Kumar 2000), Sri Lance (Zubair, Somasundea 2000), na Filipinach (Centeno 2000). Według Selvaraju R. (2003) w Indiach korzyści podczas uprawy zbóż wynikające ze zmian pogody podczas La Niña, przewyższają jednak straty powstające podczas fazy ciepłej. Wahania w zbiorach pszenicy podczas występowania faz ENSO zauważane są w Chinach (Hansen, Jones 2001). Niekorzystny wpływ na uprawę ryżu widoczny jest w Indonezji (Brookfield 1993). Na Filipinach zdecydowanie większy wpływ na zbiory ryżu ma El Niño na obszarach nie objętych irygacją. Suszami, niejednokrotnie przeradzającymi się w pożary, dotknięte są Australia i Fidzi. Inny charakter przyjmują zmiany pogodowe podczas fazy ciepłej w Papui Nowej Gwinei, gdzie na obszarach wyżynnych przymrozki niszczą większość roślin (Brookfield 1993). W kraju tym El Niño destabilizuje produkcję kawy, kakao oraz orzechów kokosowych.

Lokalnie przeprowadzono szereg prac nad wpływem ENSO na uprawę różnych roślin. Na Florydzie wykazały one wpływ El Niño na zmniejszenie plonów wielu roślin, m.in. limonek, truskawek, soi, tytoniu, bawełny, orzeszków ziemnych (Hansen i inni 1999) oraz kukurydzy, soi, orzeszków tytoniu, bawełny w południowo-wschodnich stanach USA – Alabama, Floryda, Georgia, Pd. Karolina (Hansen 1998). W ramach The Florida Consortium przeprowadzono badania w trzech krajach: Argentynie (Pampa, Pergamino), Kostaryce (Los Chiles i Liberia), Meksyku (Sinaloa), z których wynika, iż zmiany opadów w czasie La Niña w regionie Pampy wpływają na obniżenie plonów soi i kukurydzy (Jones 2001). W południowej części prowincji Buenos Aires przeprowadzona analiza korelacyjna wykazała związek dodatni między średnimi kwartalnymi tem-

peraturami wód powierzchniowych w regionie NINO3 na Pacyfiku (w cyklu vegetacyjnym czerwiec-grudzień) a plonami pszenicy oraz odwrotny związek w przypadku soi w okresie listopad-marzec (Berri 2000). Badania w dwóch regionach Kostaryki dotyczące wielkości plonów ryżu nienawadnianego (Liberia) i fasoli (Los Chiles) wskazują, iż fazy ENSO nie mają związku z uprawą fasoli, zaś plony ryżu w fazach El Niño wykazują zależność i są podczas faz ciepłych niższe od średnich (Jones 2001).

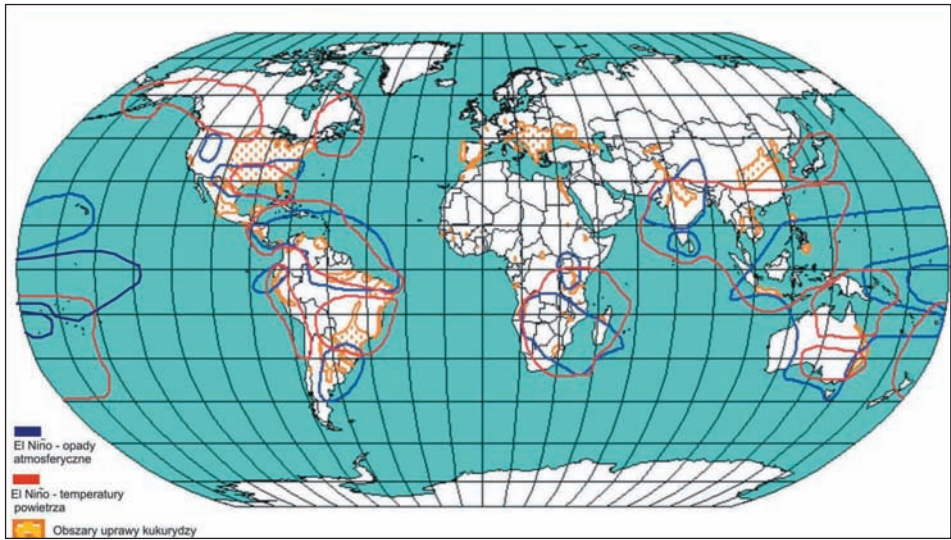
Badania przeprowadzone w południowo-wschodniej Ameryce Południowej potwierdzają wpływ ENSO na opady i produkcję roślinną, przy zwiększeniu opadów podczas faz ciepłych i zmniejszeniu podczas faz zimnych (Baethgen 1997). Przeprowadzone badania w regionie Sinaloa w Meksyku z wyszczególnieniem obszaru nawadnianego (ID-010) wykazują, iż ENSO istotnie wpływa na jesienno-zimowy strumień wodny biorący udział w irygacji regionu, zwiększając jego poziom podczas faz El Niño i obniżając w latach La Niña. Analizy statystyczne prowadzone w różnych dystryktach kraju potwierdziły analogiczną zależność między fazami a uprawą kukurydzy i innych ziaren (Jones 2001). Wyniki badań w Ekwadorze wskazują na związek między anomaliami temperatur wód powierzchniowych w regionie Pacyfiku NINO3 a plonami ryżu i soi (Cornejo-Grunauer 2002). Znany jest także wpływ na ENSO na plony bawełny (fazy zimne sprzyjają wzrostowi plonów) w Peru (Ordinola 2002). Prowadzone są również badania na Kubie, w Kenii, Etiopii bez wyraźnych wyników zależności między ENSO a uprawą roślin.

Znana jest zależność wielkości zbiorów kukurydzy od faz w Zimbabwe (Burroughs 1998), jak również plonów i produkcji ryżu, orzeszków ziemnych, sorga oraz roślin strączkowych w Indiach (Kumar 2000).

Związki między ENSO a opadami oraz plonami i produkcją ryżu wykryto także w Sri Lance (Zubair, Somasundea 2000). Zmiany w produkcji ryżu znaczne są także w Indonezji (Kishore, Subbiah 2002).

Analiza zasięgu ENSO na podstawie zmienności elementów klimatu w skali globu oraz rozmieszczenia uprawy kukurydzy posłużyły stworzeniu obrazu potencjalnych obszarów oddziaływania faz (ryc. 9). Obszary zasięgów nie wszędzie pokrywają się ze sobą i sprawiają, iż uwidaczniają się różnice w zależności od oddziałującego elementu klimatu oraz fazy cieplej lub zimnej. Skupiając jednak uwagę na terenach, których zasięgi zależności tworzą część wspólną można wyróżnić niezależnie od faz następujące regiony: północno-wschodnia Ameryka Południowa, południowa Afryka, Indie, Sri Lanka, Filipiny, północno-wschodnia Australia, środkowa Indonezja, południowy Madagaskar, południowa Polinezja. Dodatkowo w fazie El Niño: południowo-wschodnie Stany Zjednoczone, południowo-wschodnia Australia. Porównując wyniki analizy

przestrzennej z danymi zaczerpniętymi z dostępnej literatury (angielskojęzycznej) o wpływie ENSO na uprawę kukurydzy, wyłoniły się nowe regiony związku: południowa część Ameryki Środkowej, Wenezuela, Brazylia, Ekwador, Peru, Tanzania, Zambia, Mozambik, RPA, Madagaskar, Indie, Wietnam, Tajlandia, Indonezja, Filipiny, Australia (Rucińska 2005).



Ryc. 9 Przestrzenny rozkład zależności między ENSO a klimatem na przykładzie El Niño i uprawy kukurydzy. Zasięgi oddziaływania elementów klimatu zobrazowano czerwoną linią w przypadku: temperatury oraz niebieską w przypadku opadów atmosferycznych (Rucińska 2005).

Fig. 9. Spatial distribution of the relationship between ENSO and the climate using the example of El Niño and maize cultivation. The range of impact of climate components shown as a red line (temperature) and a blue line (precipitation) (Rucińska 2005)

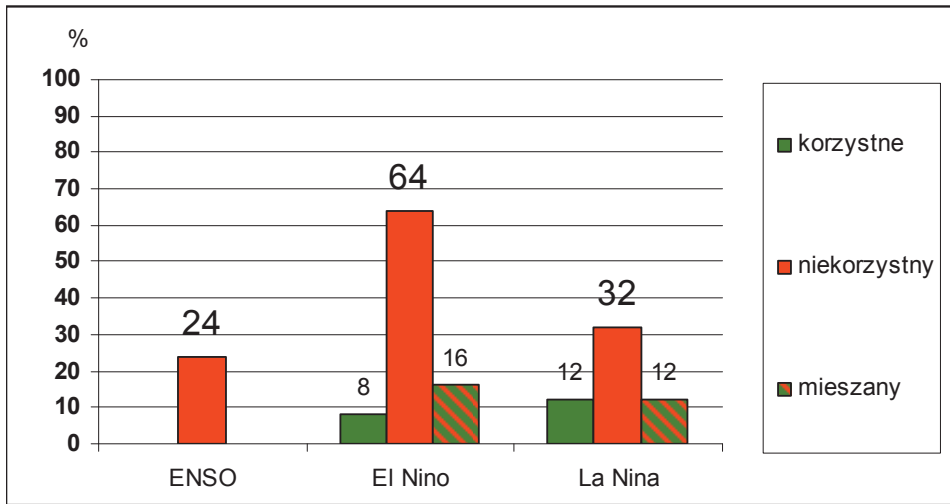
Źródła: Ropelewski, Halpert 1987, 1992; Grzebisz, Szarama 1998.

Regiony dotkliwie odczuwające nadejście fazy El Niño w postaci powodzi w Ameryce oraz susz przyczyniających się do łatwego rozprzestrzeniania pożarów w Azji Południowo-Wschodniej należą do grupy państw borykających się z ogromnymi stratami w rolnictwie, niezależnie od rodzaju upraw. Rolnictwo oparte na systemie sztucznego nawadniania jest w mniejszym stopniu narażone na straty wynikające z nadejścia susz. Nie jest ono jednak wyzwolone od wpływu zjawiska, bowiem sieci irygacyjne doznają poważnych zniszczeń przy nadejściu nadmiernych opadów i powodzi. Stopień ich zamulenia wymusza podejmowanie kosztownych i czasochłonnych działań renowacyjnych, które pozwolą na ponowne wykorzystanie w rolnictwie. Dotkliwe skutki po-

wodzi są widoczne również w samym środowisku naturalnym na obszarach naftowych stacji wiertniczych.

Różnorodność roślin podlegająca oddziaływaniu zjawiska ENSO oraz jego dwufazowość utrudniają jednoznaczne wydzielenie krajów o korzystnych lub niekorzystnych skutkach w rolnictwie. Spośród przedstawionych 25 krajów (Ryc. 3) tylko w 6 można uznać jego wpływ na rolnictwo za niekorzystny (Ekwador, Kostaryka, Kuba, Bangladesz, Indonezja, Wietnam), przez co należy rozumieć, iż w obydwu fazach zauważane są obniżenia produkcji roślin uprawnych w wyniku zmiany warunków wegetacji lub ekstremalnych stanów pogodowych prowadzących do susz lub powodzi. W fazie cieplej obserwowane jest korzystne oddziaływanie tylko w 2 krajach (Kanada, Urugwaj), niekorzystne aż w 16 (Ekwadorze, Kostaryce, Panama, Paragwaj, Peru, Stany Zjednoczone: Floryda, Południowa Karolina, Alabama, Georgia; Mozambik, Zimbabwe, Bangladesz, Filipiny, Indie, Indonezja, Wietnam, Australia, Fidzi, Papua Nowa Gwinea), zaś mieszane w 4 krajach (Argentyna, Meksyk, Sri Lanka, Kenia). W fazie zimnej obserwowane jest korzystne oddziaływanie w 3 państwach (Peru, Stany Zjednoczone, Indie), niekorzystne w 8 (Ekwador, Kanada, Kostaryka, Kuba, Urugwaj, Bangladesz, Indonezja, Wietnam), zaś mieszane w 3 (Argentyna, Kenii, Sri Lanka).

Na podstawie dostępnych materiałów źródłowych ustalono następujące proporcje w oddziaływaniu faz na świecie. Brak kraju, w którym można stwierdzić korzystny wpływ na uprawę roślinną w obydwu fazach ENSO, zaś niekorzystne skutki obserwuje się w 24% przebadanych państw. Niekorzystne oddziaływanie przeważa podczas El Niño – zaznacza się w 64% państw, zaś podczas La Niña – w 32%. Kraje charakteryzujące się mieszanymi skutkami w fazie stanowią odpowiednio: w fazie cieplej – 16%, w zimnej – 12% i w przeważającej części są to te same państwa. Korzystne skutki odczuwa zaledwie 12% krajów podczas fazy zimnej, zaś tylko 8% – podczas fazy cieplej. Uwidacznia się przeważający, niekorzystny wpływ El Niño. Podczas fazy cieplej niekorzystne oddziaływanie jest dwukrotnie częstsze niż w przypadku fazy zimnej (Ryc. 10). Prowadzenie dalszych analiz związków między ENSO a uprawą roślin może stanowić podstawę do oceny zagrożenia stabilności uprawy danej rośliny w regionie oraz możliwości współpracy gospodarczej w okresach wystąpienia zjawiska. Przyczyni się ono do pogłębienia wiedzy na temat regionów niebędących dotąd ośrodkiem zainteresowań.



Ryc. 10. Procentowy udział krajów odczuwających skutki zjawiska w rolnictwie (na podstawie danych zgromadzonych do roku 2005)

Fig. 10. Percentage share of countries with affected agriculture (on the basis of data compiled until 2005)

ENSO to zjawisko o bardzo rozległym zasięgu oddziaływania.. Rozpatrując je w kategorii przyczyny zmian obserwowanych w ekosystemie wodnym bądź lądowym, jak również skutków w różnorodnej działalności człowieka, region jawi się w tym przypadku jako specyficzny obszar zależności przyroda – człowiek, a więc wybranej fazy ENSO oraz rolniczej działalności człowieka.

LITERATURA

- Ashok K. Dutt, 1970, A Comparative study of regional planning in Britain and the Netherlands, *The Ohio Journal of Science*, 70, 6
- Baethgen W.E., 1997, El Niño and La Niña Impacts in Southeastern South America, *Review of the Causes and Consequences of Cold Events: A La Niña Summit*, IFDC Latin America, Montevideo, Uruguay (www.cbc.ucar.edu/)
- Berri G.J., 2000, Some Effects of La Niña on Summer Rainfall, Water Resources and Crop in Argentina, *Review of the Causes and Consequences of Cold Events: A La Niña Summit*, Department of Atmospheric Sciences, University of Buenos Aires, Argentina (www.cbc.ucar.edu/)
- Brookfield H., 1993, *South-East Asia's Environmental Future the Search for Sustainability*, UNUP, Tokyo-New York – Paris, Oxford University Press
- Burroughs W., 1998, *Pogoda czy fatum?* Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa
- Centeno H.G.S., 2000, Impact of ENSO on Rice Yields in Asia, *IRI International Forum on Climate Prediction, Agriculture and Development*, Port City Press

- Cornejo-Grunauer, 2000, La Niña Effects in Ecuador. *Review of the Causes and Consequences of Cold Events. La Niña Summit*. United Nations University. Tokio
- Diaz H., Margraf V., 1992, *El Niño Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*, University of Cambridge
- Dumanowski B., 1981, Geografia regionalna jako dyscyplina badawcza, *Przegląd Geograficzny* LIII, zeszyt 1, PAN, Warszawa
- Duxbury A.C., Duxbury A.B., Sverdrup K.A., 2002, *Oceany świata*, PWN, Warszawa
- FAO, 1996, *Fisheries Department, Fisheries and aquaculture in Latin America and the Caribbean: Situation and outlook in 1996*, Rome
- Frappier A., Sahagian D., González L.A., Carpenter S.J., 2002, El Niño Events Recorded by Stalagmite Carbon Isotopes, *Science*, 298, 5593
- Glantz M.H., 2002, *La Niña and Its Impacts*, United Nations University Press, Tokyo-NY-Paris
- Grodzki J., 1998, Prawda i mity fenomenu El Niño na płaskowyżu Nazca, *Archeologia żywa*, 4 (9)
- Grzebisz W., Szrama H., 1998, *Wielka Encyklopedia Geografii Świata*, Rolnictwo i leśnictwo, Wyd. Kurpisz. Poznań, 9
- Godt J., 1999, *Map showing locations of damaging landslides caused by El Niño rainstorms, winter season 1997–98*, San Francisco Bay region, California, U.S. Department of the Interior, USGS
- Hansen J., Jones J., 2001, El Niño-Southern Oscillation Impacts on Crop Production in the Southeast United States. *American Society of Agronomy*, Special Publication, 63
- Hansen J., Hodges A., Jones J., 1998, ENSO Influences on Agriculture in the Southeastern United States. *Journal of Climate*, 11
- Harris R., 2001, *Economy-Wide Effects of El Niño/Southern Oscillation (ENSO) in Mexico and The Role of Improved Forecasting and Technological Change*. Trade and Macroeconomic Division International Food Policy. Research Institute. Washington, D.C.
- James P.E., 1957, przyczynek do lepszego zrozumienia koncepcji regionu. PZLG [w:] *Annals of the Association of American Geographers*, t. XLII, 1952, tłum. J. Byszewska
- Jones J., Hansen J., i in., 1999, *Potential Benefits of Climate Forecasting to Agriculture*, FC of Universities
- Jones J., 2001, (Principal Investigator), *Comparative Assessment of Agricultural Uses of ENSO-Based Climate Forecasts in Argentina, Costa Rica and Mexico*, University of Florida
- Kishore K., Subbiah A. R., 2002, 1998–99 La Niña in Indonesia: Forecasts and Institutional Responses, *La Niña and Its Impacts, Fact and Speculation*, United Nations University Press, Tokyo – New York – Paris
- Netherly P. J., 1984, The Management of Late Andean Irrigation Systems on the North Coast of Peru, *Society for Americana Archeology*, American Antiquity, 49 (2)
- Kumar K., 2000, *Impact of Regional and Global Climate Variability on the Production/Yield of Major Agricultural Crops in India*, IRI International Forum on Climate Prediction, Agriculture and Development, Port City Press, 178
- Ordinola N., 2002, The consequences of cold events for Peru, *La Niña and Its Impacts, Fact and Speculation*, United Nations University Press, Tokyo – New York – Paris

- Podesta G., 2000, Experiences in Application of ENSO-related Climate Information in the Agricultural Sector of Argentina. IRI International Forum on Climate Prediction, *Agriculture and Development*, Port City Press
- Ropelewski C., Halpert M., 1987, Global and Regional Precipitation Associated with El Niño-Southern Oscillation". *Monthly Weather Review*, 115
- Ropelewski C., Halpert M., 1989, Precipitation Patterns Associated with the High Index Phase of the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 2
- Ropelewski C., Halpert M., 1992, Surface Temperature Patterns Associated with the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 6
- Rucińska D., 2003, Związki między ENSO a gospodarką zachodnich wybrzeży Ameryk, *Afryka, Azja, Ameryka Łacińska*, 80
- Rucińska D., 2005, Oddziaływanie ENSO na rolniczą działalność człowieka. Potencjalne obszary badawcze, [w:] Girjatowicz J.P., Koźmiński C. (red.), *Hydrograficzne i meteorologiczne aspekty badań wybrzeża Baltyku i wybranych obszarów Polski*, Uniwersytet Szczeciński, PTG, Szczecin
- Selvaraju R., 2003, Impact of El Niño-southern oscillation in Indian food grain production. *International Journal of Climatology*, 23
- Naranjo León S., 2008, *Fragile ecosystems and climate changes. Example from Islands of Galapagos*, *International Conference: Challenges for Humanity in the 21st Century, 12–13 November 2008*, University of Warsaw
- Suplee C., 1999, El Niño, La Niña, Nature's Vicious Cycle, *National Geographic*, 195, 3, March
- Schönwiese Ch. D., 1997, *Klimat i człowiek*, Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa
- Whittlesey D., 1957, Pojęcie regionu i metoda regionalna, [w:] *American Geography – Inventory and Prospect*, (red. P.E. James i C.F. Jones), New York 1954. PZLG. Opracował Andrzej Wróbel
- Zubair L., Somasundea S., 2000, ENSO influences in Rice Production in Sri Lanka, IRI International Forum, Port City Press
- Zmiany Klimatu – biuletyn Informacyjny*, 2000, Instytut Ochrony Środowiska

Źródła internetowe

ESSEA

http://esseacourses.strategies.org/module.php?module_id=4

COAPS

<http://coaps.fsu.edu/jma.shtml>

IRI

<http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/globalimpact/TC/index.html>

NASA

<http://topex-www.jpl.nasa.gov/science/jason1-quick-look/>

<http://topex-www.jpl.nasa.gov/science/el-nino-text.html#morelinks>

<http://sealevel.jpl.nasa.gov/science/jason1-quick-look/index.html>

http://sealevel.jpl.nasa.gov/newsroom/press-releases/96-kelvin_rossby.html
<http://sealevel.jpl.nasa.gov/gallery/videos-ssh-movies.html>
[http://earthobservatory.nasa.gov/Observatory/datasets_monthview.php3?product=sst.
avhrr&year=1999&firstyear=1985&lastyear=2003](http://earthobservatory.nasa.gov/Observatory/datasets_monthview.php3?product=sst.avhrr&year=1999&firstyear=1985&lastyear=2003)
<http://sealevel.jpl.nasa.gov/elnino/970325.html>
<http://sealevel.jpl.nasa.gov/elnino/20080401.html>
<http://sealevel.jpl.nasa.gov/science/jason1-quick-look/2008/20081031.html>
http://rsd.gsfc.nasa.gov/rsd/images/Linda/linda_6_lg.jpg
<http://sealevel.jpl.nasa.gov/elnino/970925.html>

NOAA

http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/drought/drght_enso_9798.html
http://www.aoml.noaa.gov/phod/amo_faq.php
http://www.nws.noaa.gov/om/brochures/climate/El_Nino.pdf
http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/map_array.html

UCAR

<http://www.ccb.ucar.edu/lanina/report/baethgen.html>
<http://www.ccb.ucar.edu/lanina/report/berri.html>
<http://www.ccb.ucar.edu/un/>