

Wpływ zmian klimatycznych na ekosystemy leśne:

- Wydłużenie sezonu wegetacyjnego (zmienia się rozkład w roku i przestrzeni - mniej wilgoci w glebach oraz przesunięcie się stref roślinności – lasostep i las przesuwają się na północ).
- Łagodniejsze zimy, cieplejsze lata (więcej opadów w postaci deszczu, w dodatku ulewnego, niż w postaci stałej, więc woda nie jest kumulowana, odpływa z ekosystemu, nie przynosi pozytywnych skutków tak jak topniejący śnieg który skutecznie nawilża glebę; inny rozkład opadów w ciągu roku).
- Przesunięcie polarnej granicy lasu na północ i górnej granicy lasu w górę (jednocześnie na północ przesunie się granica stepowa).
- Stepowanie i pustynnienie obserwowane w Europie, Afryce, Azji.
- Zmiany charakterystyk hydrologicznych, co się wiąże ze zmianami opadów (wcześniejsze szczyty przepływów, niższe poziomy wód latem – bardzo poważnie modyfikuje warunki wzrostu lasów, zwłaszcza tych na terenach suchych).
- Wzrost temperatury gleby (co wpływa na kiełkowanie nasion, szybkość rozkładu etc).
- Tajanie wiecznej zmarzliny.
- Przyspieszenie obiegu materii.
- Wzrost częstotliwości występowania anomalii pogodowych (susze, powodzie, huragany).
- Wzrost częstotliwości, zasięgu i intensywności występowania pożarów, zwłaszcza kraje bardziej suche jak Hiszpania, Włochy, Grecja.
- Zanik stopniowy ekosystemów bagiennych (przesuszenie – wcześniej wykonywane melioracje; zatopienie – np. w trakcie prac przy budowie zbiorników wodnych).
- Zmiany w różnorodności biologicznej (gatunki rodzime nie będą w stanie dostosować się do zmian, pojawią się nowe gatunki "konsumentów" i chorób; np. zamieranie jesionu, olszy).

Wpływ zmian klimatycznych na występowanie pożarów:

- Zmiany pogodowe mogą pełnić istotną rolę w częstotliwości oraz intensywności pożarów.
- W latach 1982-1983 El Nino wywołał na terenie Australii silne susze w wyniku których doszło do wielu ostrych w przebiegu pożarów lasów i stepów.
- W tym samym okresie odnotowano pożary w północnej Ameryce, południowych Indiach, Indonezji, Filipinach, Meksyku, Ameryce Środkowej oraz półwyspie Iberyjskim.
- W 1997 susze spowodowane przez El Nino wywołały na terenie Indonezji i Brazylii pożary, w wyniku których spłonęło kilka milionów ha lasów i obszarów trawiastych.
- El Nino - wzrost opadów na terenie południowo-zachodniej części USA, dał swój wyraz w zwiększonej produkcji pierwotnej, a więc w znacznym przyroście materii organicznej. Spowoduje to w przyszłości częstsze i ostrzejsze w swym przebiegu pożary.

W Ameryce dopuszcza się kontrolowane pożary które wypalają nadmiar martwego drewna, utrzymują prerie w stanie otwartym.

W 1988 z powodu długotrwałych okresów suszy oraz silnych wiatrów spłonęło ponad 250 tys. ha Parku Narodowego Yellowstone (tj. ok. 36% jego powierzchni).

Wpływ pożarów na zmiany klimatyczne:

- W wyniku pożarów lasów może powstać specyficzny typ chmur tzw. pyrocumulonimbus.
- Pyrocumulonimbus zaburza w podobny sposób jak chmury powstałe w wyniku działalności wulkanicznej "funkcjonowanie" stratosfery, w której znajduje się warstwa ozonowa:
 - może modyfikować strukturę opadów atmosferycznych (deszczu, gradu), burze, silne wiatry i niekiedy tornada,

- aerozole powstające podczas spalania mogą hamować lub sprzyjać powstawaniu różnego typu chmur i/lub zmieniają ich właściwości fizyczne, zaburzając tym samym cykle hydrologiczne.
- Podczas pożarów (zwłaszcza torfowisk) uwalniane są do atmosfery bardzo duże ilości gazów cieplarnianych (głównie CO₂), które powodują podwyższenie temperatury.

Prawdopodobne zmiany w ekosystemach przyrodniczych (zmiany średniej temperatury globalnej w stosunku do ery preindustrialnej):

- żywność:
 - 0-3C - możliwy wzrost produkcji żywności w dużych szerokościach geograficznych
 - 1-5C - spadek produkcji żywności, zwłaszcza w regionach rozwijających się
 - 4-5C - spadek produkcji w regionach rozwiniętych
- woda:
 - 0-2C - zanik małych lodowców górskich - deficyt wody
 - 2-4C - istotny spadek w dostępności wody w wielu regionach np. region śródziemnomorski
 - 4-5C - wzrost poziomu mórz zagrozi wielu dużym aglomeracjom miejskim
- ekosystemy:
 - 0-2C - rozległe uszkodzenia raf koralowych
 - 2-5C - wymieranie gatunków i zanikanie ekosystemów
- ekstremalne zjawiska:
 - 1-5C - wzrost intensywności i częstotliwości huraganów, pożarów lasów, susz, powodzi, fal upałów
- gwałtowne i nieodwracalne zmiany:
 - 2-5C - wzrost ryzyka niebezpiecznych sprzężeń zwrotnych oraz gwałtownych, wielkoskalowych zmian klimatycznych

Stepowienie klimatu w Polsce - zmiany ilości opadów, zwłaszcza centralna Wielkoposka – opady poniżej 500mm rocznie, (a 450mm to granica lasostepów).

Szczekuska, wół piżmowy, niedźwiedź polarny – szczególnie zagrożone.

Czy ten proces (tak ogólnie, zmian klimatycznych) można zatrzymać?

Czas powrotu do równowagi:

- Wzrost poziomu oceanów (topnienie lodowców) - kilka tysięcy lat
- Wzrost poziomu oceanów (rozszerzalność cieplna) - setki do tysięcy lat
- Stabilizacja temperatury - kilkaset lat
- Stabilizacja CO₂ - 100-300 lat
- Emisje CO₂ - maleją

Sposoby przeciwdziałania skutkom zmian klimatycznych

Łagodzenie skutków (ang. *mitigation*) - działania mające na celu stabilizację poziomu gazów cieplarnianych w atmosferze w celu spowolnienia procesu globalnego ocieplenia.

Dostosowywanie się (ang. *adaptation*) - działania mające na celu minimalizację negatywnych skutków globalnego ocieplenia oraz maksymalizację ewentualnego oddziaływania pozytywnego.

Ekosystemy leśne będą stopniowo same dostosowywać się do zachodzących zmian klimatycznych - aczkolwiek zmiany te mogą nie pozwolić na zachowanie istniejących układów ekologicznych, składów gatunkowych organizmów oraz funkcji pełnionych przez las.

Więcej o...

Łagodzenie:

- Oszczędzanie energii (redukcja emisji),
- maksymalizowanie wiązania węgla przez ekosystemy leśne (przyspieszenie przyrostu biomasy, ochrona przed pożarami, atakami owadów i innymi zaburzeniami),
- redukcja emisji przez użytkowanie produktów leśnych (wbudowywanie drewna – uwięziony węgiel przez 100-200 lat nie będzie uwalniany do atmosfery; ale też użytkowanie drewna jako odnawialnego źródła energii).

Rola lasu w wiązaniu CO₂

Fotosynteza - wiązanie CO₂. 74% globalnego C "żywego" w drzewach i krzewach, 16% w grubych pniach, 10% w ściółce. Potem przychodzi drwal i ścina drzewo. Co się stanie z tym drewnem? 32.5% C uwalniane jako emisje w ciągu 5 lat. 32.5% "trwale" wbudowane (straty szacowane na ok. 2% rocznie). 35% C pozostaje w ekosystemie.

Modyfikujący wpływ lasu na cykl hydrologiczny i cykl obiegu pierwiastków (Hubbard Brook, USA). Badania przeprowadzono odlesiając fragment zlewni pewnej rzeki. Okazało się że pokrywa roślinna ma bardzo duży wpływ na intensywność transpiracji:

Wpływ bioróżnorodności pokrywy leśnej na ewapotranspirację:

- gatunki różnią się zdolnością transpiracyjną,
- intensywność transpiracji zależy od wieku drzewa, jego wysokości oraz stanowiska biosocjalnego w drzewostanie,
- największy wpływ na wydajność ewapotranspiracji mają fizjologiczne cechy drzewa (powierzchnia liści, głębokość ukorzenienia, zdolność do przewodzenia wody przez drzewo), które różnią się między gatunkami i między osobnikami.

Wpływ odnowienia lasu na bilans hydrologiczny, na podstawie Jackson i in. z 2005r. Badania przeprowadzono na plantacjach drzew szybko rosnących, na 504 zlewniach.

W porównaniu z terenami pól i łąk:

- odpływ ze zlewni zmniejszył się o 38-52%,
- 13% małych cieków wodnych zanikło,
- ewapotranspiracja wzrosła o 0.3mm/dzień,
- temperatura powietrza spadła o 0.3C,
- opady atmosferyczne zmniejszyły się o 30mm/miesiąc.

Las vs. zaburzenie

Las: N organiczny w drzewie ulega dekompozycji przechodząc do jonów amonowych. One są pobierane przez drzewa i wykorzystywane **albo** ulegają nitryfikacji (czyli powstają jony wodorowe i azotanowe) i to jest wymywane.

Zaburzenie: N organiczny w drzewie ulega dekompozycji do jonów amonowych... ale one nie mogą być wykorzystane przed drzewa (bo już ich nie ma), więc całość ulega nitryfikacji. Tym razem H⁺ podstawiają Ca, Na, K i Mg, i dopiero to jest wymywane (jony azotanowe też).

Średni czas zatrzymania materii organicznej i pierwiastków mineralnych w ściółce ekosystemów leśnych

Typ lasu	Czas zatrzymania (lata)					
	Mat. org.	N	P	K	Ca	Mg
Tajga	353	230	324	94	149	455
Las iglasty (str. um.)	17	17.9	15.3	2.2	5.9	12.9

Las liściasty (str. um.)	4	5.5	5.8	1.3	3	3.4
Macchia	3.8	4.2	3.6	1.4	5	2.8
Las deszczowy	0.4	2	1.6	0.7	1.5	1.1

Czas zatrzymania = (masa w ściółce) / (masa w rocznym opadzie)

Tempo akumulacji węgla w ekosystemach leśnych

Typ ekosystemu	Tempo akumulacji [g C / m ² *rok]
Tundra	0.2
Tajga	11.7-15.3
Las iglasty (str. um.)	6.8-10
Las liściasty (str. um.)	0.7-5.1
Las deszczowy	2.3-2.5

Najważniejsze biomy z punktu widzenia akumulacji węgla (w gigatonach)

Co ważne: las borealny - ma łącznie (bo ma dużą powierzchnię) największą akumulację. Na drugim miejscu są lasy tropikalne, tylko że tam węgiel jest skumulowany w masie organicznej a nie w glebie. Największą na km² mają mokradła.

Ekosystemy leśne naturalne będą się stopniowo same dostosowywać do zmian klimatycznych, ale jeśli zmiany będą szybkie to mogą nie zachować się obecnie istniejące układy i funkcje.

Rozprzestrzenianie się roślin

Podbielkowsky Z.M., "Przystosowania roślin do środowiska" (1992):

Naturalnym i stałym dążeniem organizmów jest wzrost, powiększanie się ich liczby oraz opanowywanie coraz większej przestrzeni. Każdy osobnik żyje przez pewien czas, po czym umiera. Pozostawienie po sobie potomstwa umożliwia utrzymanie gatunku, a w skali ogólnej - utrzymanie życia na Ziemi. [...] Bardzo ważne jest to oddzielanie się jednostek potomnych, ponieważ umożliwia ekspansję gatunku - opanowywanie jak największej przestrzeni przez jak największą liczbę osobników danego gatunku.

Rozprzestrzenianie (dyspersja) - proces pasywnego lub aktywnego przemieszczania się organizmu (propaguli) z miejsca jej powstania na inne miejsce. Niezależnie od skali geograficznej i sposobu rozprzestrzeniania, dyspersja jest dziełem osobnika i współdziałania środowiska.

Dyspersja może mieć charakter:

- przemieszczania pojedynczych osobników (**pionierów**)
- przemieszczania granicy zasięgu gatunku "szerokim frontem" np. norka amerykańska
- jednorazowych masowych wędrówek (inwazji) - osobniki opuszczają swoje naturalne środowisko i do niego nie wracają
- cyklicznych/sezonowych migracji - przynajmniej część osobników (lub ich potomstwo) powraca do środowiska wyjściowego
- nalołów - nieregularnych wędrówek w wyniku których gatunek pojawia się w okolicy, w której normalnie nie występuje; w sprzyjających warunkach może nastąpić jego rozmnażanie i trwałe osiedlenie.

Co to jest rozprzestrzenianie? Różne ujęcia

Rozprzestrzenianie (ang. *dispersal*) - proces przemieszczania się propagul w przestrzeni, bez względu na jego aktywny lub pasywny charakter.

Rozprzestrzenianie potencjalne - proces opisujący przemieszczanie samych propagul, bez uwzględnienia jego efektu (sukces kolonizacyjny).

Rozprzestrzenianie efektywne (zrealizowane) - proces jak wyżej, ale uwzględniający tylko te propagule, z których powstały nowe osobniki w nowej lokalizacji.

Diaspora - twór służący do rozsiewania i rozprzestrzeniania roślin. Diasporami są zarodniki, nasiona, owoce, rozmnożki... Często używa się również terminu **propagula** raczej w stosunku do diaspor generatywnych (węższe pojęcie).

Sposoby rozmnażania:

- **wegetatywne** - przez podział lub fragmentację osobnika macierzystego
- **bezpłciowe** - przez wytworzenie specjalnych komórek rozrodczych (zarodników)
- **płciowe** - przez wytworzenie, a następnie połączenie się komórek płciowych (gamet) w zygotę i dalszy jej rozwój

Problem osobnika w demografii roślin – nie wiadomo co się dzieje pod ziemią, np. szczawik zajęczy – nie wiadomo czy osobnik to osobnik, może to być kilka osobników, lub klony.

Klon - w genetyce i hodowli roślin grupa osobników o jednakowym genotypie, które powstały w drodze rozmnażania wegetatywnego.

Przykłady: *Lomatia tasmanica* (Proteaceae), najstarszy organizm klonalny - szacowany wiek 43 000 lat. Albo klony amerykańskiej osiki *Populus tremuloides* mogą zajmować dziesiątki hektarów. Niektóre mają ok. 10 000 lat. Oraz, *Carex acutiformis*, zaplątany pod ziemią, > 1000 ramet, ok. 700 rozłogów o łącznej długości 200m.

Tempo rozrostu wegetatywnego [wybór, cała tabelka za duża]

Trzcina *Phragmites australis* - 20m/rok

Poziomka *Fragaria vesca* - 2.5m/rok

Fiołek *Viola odorata* - 0.13m/rok

Liczba tworzonych diaspor [wybór, trzeba wiedzieć, że bardzo zmienna]

Purchawica *Lycoperdon* - 10^9 - 10^{10} szt.

Wiązówka *Filipendula ulmaria* - 2000-60000 szt.

Kosaciec *Iris pseudacorus* - 500-3000 szt.

Wolfia *Wolfia arrhiza* - 1 szt.

Owoc to nie nasienie. Rysunek nasiona: Zaznaczony liscień (najbardziej w środku), w endospermie, endokarpie, mezokarpie i egzokarpie (najdalej od środka). Z niego wyrasta pęd, oraz korzeń (a więc np. żołądź nie jest nasieniem tylko owocem).

Sposoby rozsiewania diaspor

Autochoria - blastochoria, ballochoria – wyrzucanie jak u niecierpka nasion, herpochoria

Allochoria – barochoria – pod wpływem grawitacji, anemochoria, hydrochoria, zoochoria, antropochoria

Polichoria wydaje się być dominującym zjawiskiem. Stwierdzenie to ma duże znaczenie, gdyż:

- nasiona ulegają "obróbce" w inny sposób przez każdy wektor,
- dystans na jaki nasiona są przenoszone zależy od rodzaju wektora,
- wektor może wykazywać wybiórczość w stosunku do środowisk,
- różne wektory działają w różnych porach roku,
- ten sam wektor może inaczej rozprzestrzeniać różne gatunki, w zależności od ich właściwości.

Różne wektory biorą udział w rozprzestrzenianiu roślin na różnych etapach tego procesu

Osobnik macierzysty: **separacja propaguli od osobnika macierzystego** przez: wiatr, woda, eksplozję, zwierzęta, grawitację.

Przemieszczenie w przestrzeni: wiatr, woda, zwierzęta, grawitacja.

Przemieszczenie w substracie: zwierzęta, wiatr, woda, maszyny.

Rola skali przestrzennej rozprzestrzeniania nasion

Rozprzestrzenianie na niewielkie odległości:

- określa rozmieszczenie przestrzenne osobników, a więc wpływ drapieżnictwa i konkurencji,
- umożliwia kolonizację sąsiednich płatów,
- wpływa na przepływ genów wewnątrz populacji.

Rozprzestrzenianie na duże odległości:

- określa szybkość ekspansji gatunku,
- umożliwia kolonizację odległych środowisk/płatów,
- wpływa na przepływ genów między populacjami.

Roślina macierzysta ma wpływ na zasięg i charakter rozprzestrzeniania poprzez:

- Architekturę rośliny (ma wpływ na rozmieszczenie propaguli w przestrzeni i ich początkowych potencjał dyspersyjny).
- Termin dojrzewania propaguli (zgranie z czynnikami pogodowymi, wylewami rzek, unikanie "drapieżnictwa" na nasionach).
- Siła potrzebna do oderwania propaguli od osobnika macierzystego.
- Mechanizm wyrzutowy (jeśli taki istnieje).
- Atrakcyjność pokarmowa rośliny lub jej owoców.
- Wartość użytkowa rośliny.

Właściwości propaguli wpływające na ich rozprzestrzenianie:

- Właściwości aerodynamiczne (nasiona o bardzo małych rozmiarach i wadze, przydatki opóźniające opadanie, skrzydełka wprawiające propagulę w ruch wirowy lub rotacyjny, struktury umożliwiające toczenie się, właściwości balistyczne).
- Właściwości umożliwiające unoszenie się na powierzchni wody.
- Właściwości sprzyjające zoochorii:
 - sprzyjające połykaniu (mięiste owoce, nasiona niewielkich rozmiarów, duża liczba nasion),
 - sprzyjające celowemu przenoszeniu i gromadzeniu przez zwierzęta (trwałość, duże rozmiary),
 - sprzyjające przenoszeniu na powierzchni ciała (przyłgi, haczyki, kolce, właściwości elektrostatyczne).
- Brak przystosowań do rozprzestrzeniania – teoretycznie. Są uważane za przystosowane do długotrwałego przelegiwania w tzw. bankach nasion. Nasiono tak długo czeka w glebie aż pojawią się warunki sprzyjające, czasem bardzo długo.

Dominujące sposoby rozsiewania w lesie

- Korony drzew - anemochory, barochory
- Środek wysokości lasu - endozoochory
- Ściółka i okolica - anemochory, mymekochory, autochory

Propagulami rozprzestrzeganymi mogą być także wegetatywne części roślin. Przykładowo - w spiżarni nornika *Microtus* sp. stwierdzono rozmnożki wierzbówki *Epilobium* sp.

Model rozwoju populacji roślin

Produkcja nasion -> dyspersja -> pula nasion w środowisku docelowym -> przechodzi przez sito środowiskowe -> kohorty siewek -> rozwój osobników -> powstaje nowa populacja roślin, która zaczyna wszystko od początku.

Banki siewek – głównie z gatunków cienoznośnych, czekają aż otworzy się przestrzeń.

Bank nasion – najczęściej badany jest bank glebowy, czyli rezerwy zasoby zdolnych do życia nasion obecnych w glebie i na jej powierzchni. Przy czym większość naszych drzew nie ma zdolności do produkcji nasion do glebowego banku nasion. Większość musi kiełkować od razu albo na kolejny rok. Wyjątkiem jest np. wierzba.