KLIMAT W KRYZYSIE

FAKTY I DZIAŁANIA, KTÓRE MAJĄ ZNACZENIE

BIBLIOTEKI dla klimatu

Warszawa 2025

SPIS TREŚCI

WSTĘP 3

1. Czym jest klimat i jak się zmienia? 4

2. Skutki zmiany klimatu. 17

3. Ograniczenie tempa zmiany klimatu. 26

4. Przystosowanie do zmiany klimatu 39

5. Podsumowanie 43

WSTĘP

Ludzie interesują się swoim otoczeniem od początków powstania naszego gatunku. Dokładne informacje o tym, jak wygląda okolica i to, co się w niej dzieje były kluczowe dla naszego przetrwania. Wiedza na temat wzorców zmian temperatur i ilości opadów umożliwiała planowanie wędrówek, budowanie odpowiednich schronień czy zasiewanie zbóż we właściwych terminach. Klimat był więc „od zawsze" jednym z tematów, któremu poświęcaliśmy wiele uwagi. Tak też jest teraz. Naukowcy obserwują i przewidują jego zmiany, ponieważ wpływają i będą dalej wpływać w przyszłości na każdy aspekt życia ludzi: bezpieczeństwo, zaspokojenie podstawowych potrzeb (żywność, woda) czy zdrowie. Im więcej wiemy o tych zmianach, tym lepiej możemy planować działania pozwalające zachować naszą planetę w stanie jak najbardziej sprzyjającym naszemu dobrostanowi.

1.CZYM JEST KLIMAT I JAK SIĘ ZMIENIA?

Klimat opisuje przeciętne stany pogody na danym obszarze na podstawie obserwacji prowadzonych przez co najmniej kilkadziesiąt lat. Korzystając z baz danych meteorologicznych, które w Polsce były nawet zbierane już w XVIII wieku, możemy łatwo opisać, jak wygląda przeciętne polskie lato czy zima.

Nowoczesne techniki (tzw. paleoklimatyczne) pozwalają sięgać jeszcze dalej w przeszłość i opisać klimat jakiegoś zakątka świata sprzed tysięcy lat. Mimo to nie jesteśmy w stanie przewidzieć, jak dokładnie będzie wyglądał konkretny dzień w danym roku i w danym miejscu. Powodem są ciągłe zmiany ciśnienia atmosferycznego, przepływy mas powietrza i inne zjawiska kształtujące **pogodę** (czyli stan chwilowy atmosfery). Ponieważ w atmosferze ciągle coś się dzieje, prognozowanie pogody na więcej niż 3 dni w przód jest trudne. Jeśli chodzi o klimat sprawa jest prostsza.

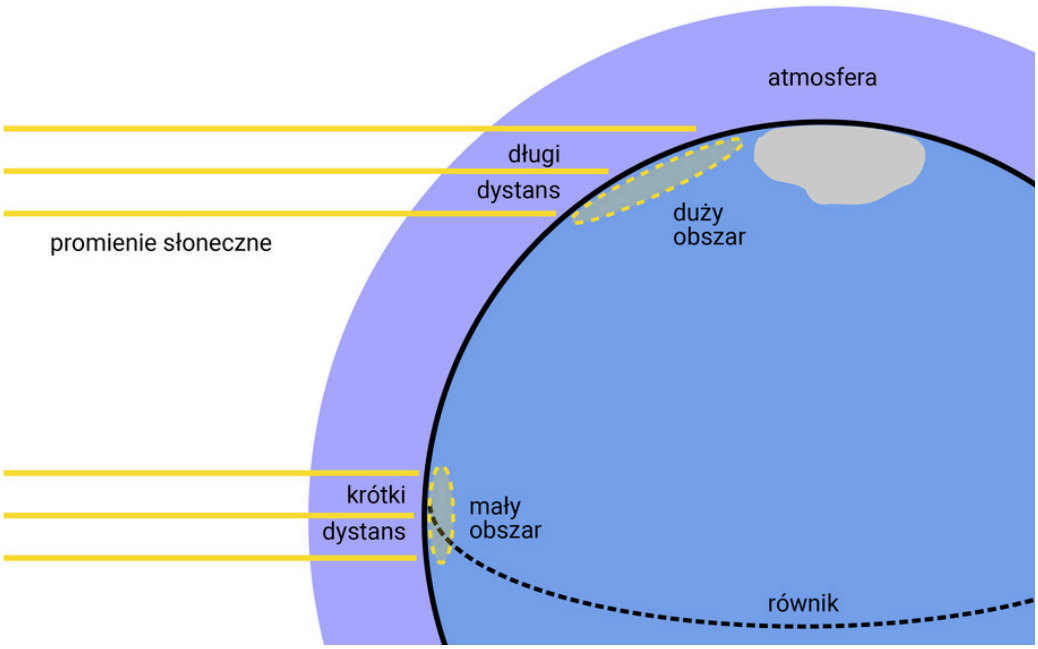
W Polsce spodziewamy się zimą raczej opadów śniegu i temperatur nieprzekraczających 0 stopni niż 30-stopniowych upałów. Dlaczego? Bo tak wyglądały setki polskich zim w przeszłości. Kiedy nie ma u nas śniegu – tak, jak dzieje się to coraz częściej w ostatnich latach – traktujemy to raczej jako coś niespotykanego i zastanawiamy się nad przyczyną takiej sytuacji.

POGODA CZY KLIMAT?

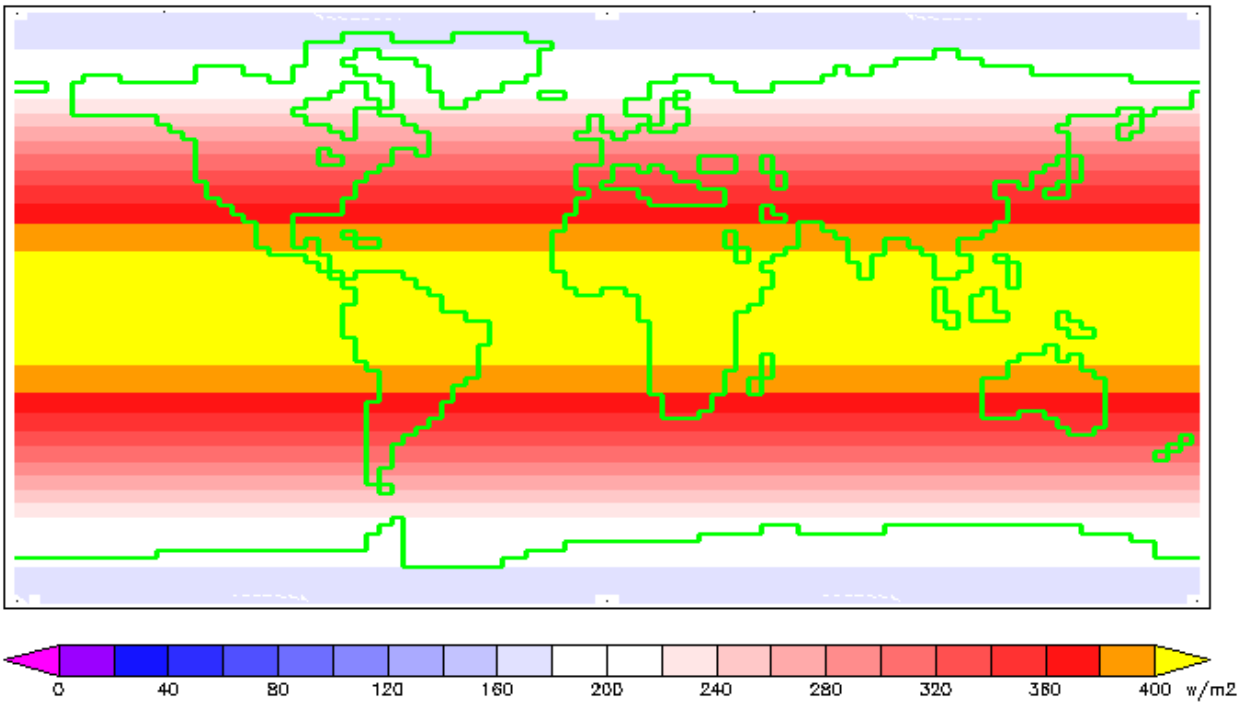
„Gdzie się podziało globalne ocieplenie?” – pytają niektórzy dziennikarze, gdy w styczniu spadnie sporo śniegu albo w jednym tygodniu lipca mamy niskie — jak na lato — temperatury. Tego typu komentarze to kwestia mylenia pojęć „pogoda” i „klimat”, niezrozumienia określenia „globalne” oraz wynik braku wiedzy na temat norm klimatycznych pór roku w Polsce. Takie sensacyjne nagłówki i artykuły nie mają na celu informowania nas o czymś – to zabieganie o uwagę (kliknięcia) poprzez wzbudzanie emocji.

Obserwacje pokazują, że pory roku w Polsce faktycznie mocno się zmieniły w ostatnich dekadach w stosunku do tego, co było normą przez poprzednie setki lat. Średnie temperatury większości miesięcy wzrosły, szczególnie latem, kiedy to coraz częściej mamy fale upałów. Pokrywa śnieżna zimą jest coraz cieńsza, coraz krócej zalega, a w niektórych regionach może jej nie być praktycznie w ogóle. Wiosny stają się coraz cieplejsze, ale też coraz bardziej suche. Najmniejsze różnice widać jesienią, ale też wygląda ona obecnie nieco inaczej niż przeciętna polska jesień 100 lat temu. Aby odpowiedzieć na pytanie, dlaczego tak się dzieje, trzeba sprawdzić, co się zmieniło, jeśli chodzi o wszystkie czynniki kształtujące klimat danego regionu (tym zajmują się np. klimatolodzy).

Podstawową rzeczą, od której zależą warunki klimatyczne w danym miejscu na Ziemi, jest położenie geograficzne (stąd mamy strefy klimatyczne). To wpływa m.in. na ilość promieniowania słonecznego docierającego w poszczególnych porach roku oraz na to, jakie masy powietrza napływają nad dany obszar.
W Polsce najmniej promieniowania słonecznego dociera zimą, dlatego mamy wtedy najniższe temperatury. Nasze położenie geograficzne się nie zmieniło, a temperatury zimą rosną, musi więc być to skutkiem czegoś innego. Ponieważ Polska nie jest odizolowaną wyspą, na którą nie wpływa to, co dzieje się na planecie, musimy spojrzeć na sprawę w szerszym kontekście.

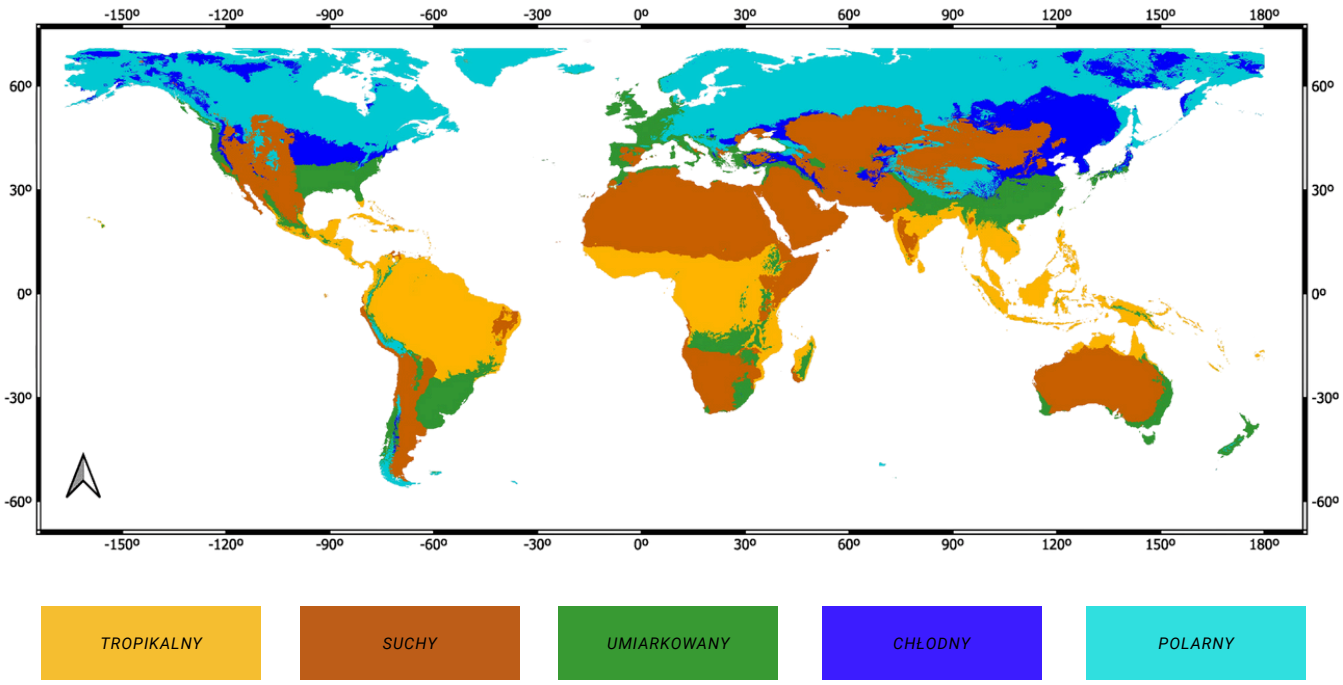


Rys.1. W regionach biegunów światło słoneczne dociera do powierzchni pod bardzo małym kątem. Oznacza to, że ta sama ilość energii ogrzewa tu większy obszar w porównaniu do okolic równika, gdzie promienie padają niemal prostopadle. To wpływa na temperatury - dużo niższe są w okolicy biegunów. Źródło: Wikipedia



Rys.2. Średnie roczne nasłonecznienie, czyli ilość energii docierającej rocznie na metr kwadratowy danego obszaru (W/m^2). Największe jest w okolicy równika, gdyż tutaj promieniowanie słoneczne pada niemal prostopadle (zobacz rysunek wyżej). Źródło: William M. Connolley/Wikipedia

BIBLIOTEKI dla klimatu



Rys.3. Strefy klimatyczne Ziemi wg uproszczonej klasyfikacji Köppena–Geigera. Źródło: Kovács i in., 2023, LINK

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE KLIMAT ZIEMI SĄ BADANE PRZEZ NAUKOWCÓW OD DZIESIĄTEK, A NAWET SETEK LAT.

1.

SŁOŃCE.

To podstawowe źródło energii dla naszej planety. Słońce ma różne fazy aktywności, kiedy to wysyła do nas nieco więcej lub nieco mniej energii. Jednak obecnie obserwowane zmiany tej aktywności nie korelują przez większość czasu ze zmianami temperatury Ziemi. Przyczyną ocieplenia nie jest więc Słońce.

2.

KSZTAŁT ORBITY ZIEMI I NACHYLENIE OSI ZIEMI WZGLĘDEM PŁASZCZYZNY ORBITY.

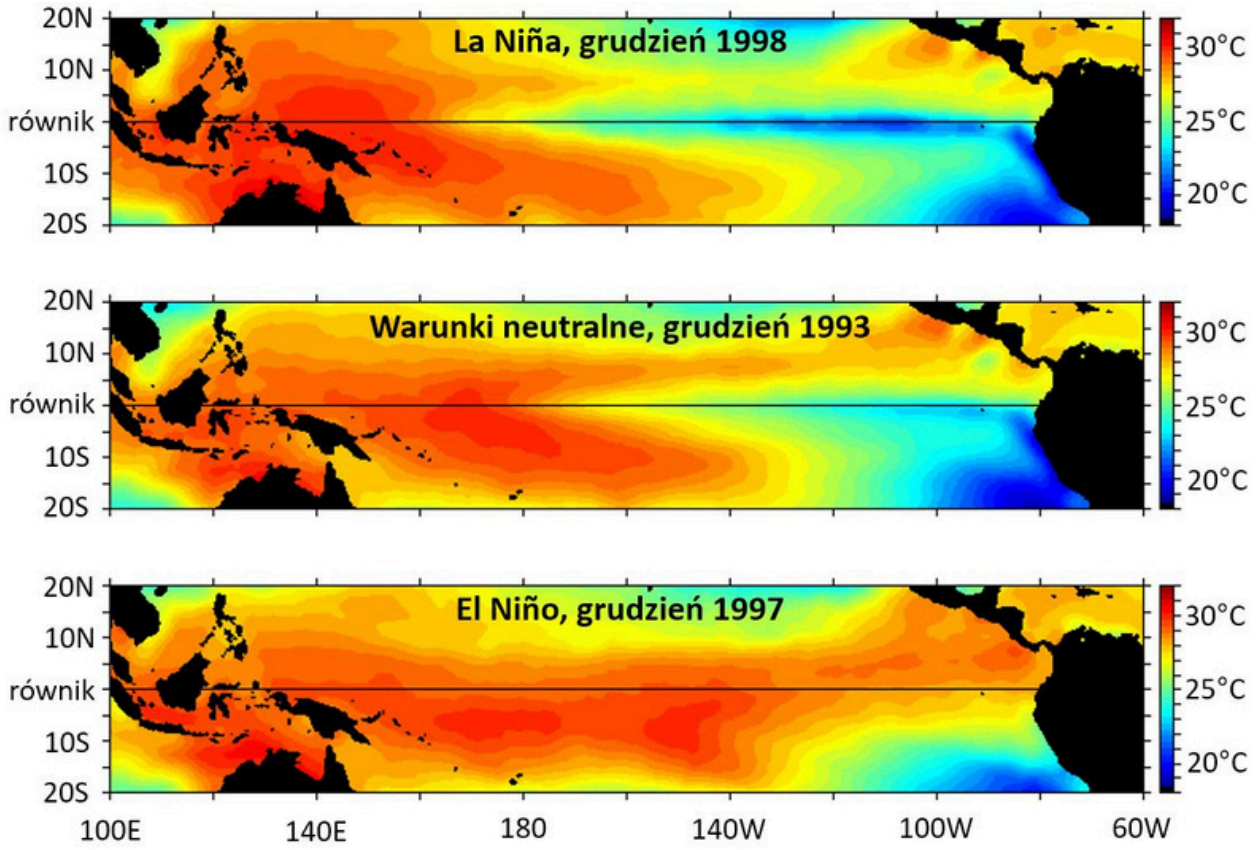
Ulegają one niewielkim cyklicznym zmianom (na przestrzeni tysięcy lat), przez co Ziemia raz znajduje się nieco dalej od Słońca, a raz nieco bliżej, co oczywiście wpływa na to, ile energii dociera z niego do powierzchni planety. Są to tzw. cykle Milankovića. Zmiany nachylenia osi Ziemi w stosunku do orbity są też czynnikiem decydującym w dużej mierze o pojawianiu się epok lodowych. Obecny układ tych czynników astronomicznych „wpychałyby” Ziemię powoli w kolejną epokę lodową. Jednak zamiast ochłodzenia obserwujemy ocieplenie.

BIBLIOTEKI dla klimatu

3.

PRZEPŁYWY ENERGII MIĘDZY OCEANAMI A ATMOSFERĄ.

Chodzi o to, że oceany mogą oddawać ciepło do atmosfery i odwrotnie. Często w tym kontekście mówi się o naturalnej zmienności klimatu lub o naturalnych cyklach takich jak ENSO (ang. El Niño–Southern Oscillation, El Niño–Oscylacja Południowa, cykliczne zjawisko meteorologiczne występujące nad okołorównikową częścią Oceanu Pacyficznego), NAO (ang. North Atlantic Oscillation, oscylacja północnoatlantycka – zjawisko meteorologiczne związane z różnicami ciśnień pomiędzy okolicą Islandii i Azorów) itp. Obecnie jednak ociepla się zarówno atmosfera, jak i oceany. Nie mamy więc do czynienia z wymianą ciepła między tymi ośrodkami, ale zwiększaniem temperatury obu. Co więcej, naturalne cykle nakładają się na ten wzrost, a to powoduje, że kiedy mamy cieplejszą fazę ENSO (El Niño), temperatury w wielu regionach rosną obecnie dużo bardziej, niż działo się to podczas El Niño dekady temu. Ponieważ te cykle wpływają też na opady, również ich rozkład i natężenie ulegają zmianom.



Rys.4. Średnia miesięczna temperatura wody równikowego Pacyfiku podczas La Niña i El Niño.
Źródło: NOAA

BIBLIOTEKI dla klimatu

4.

SKŁAD ATMOSFERY.

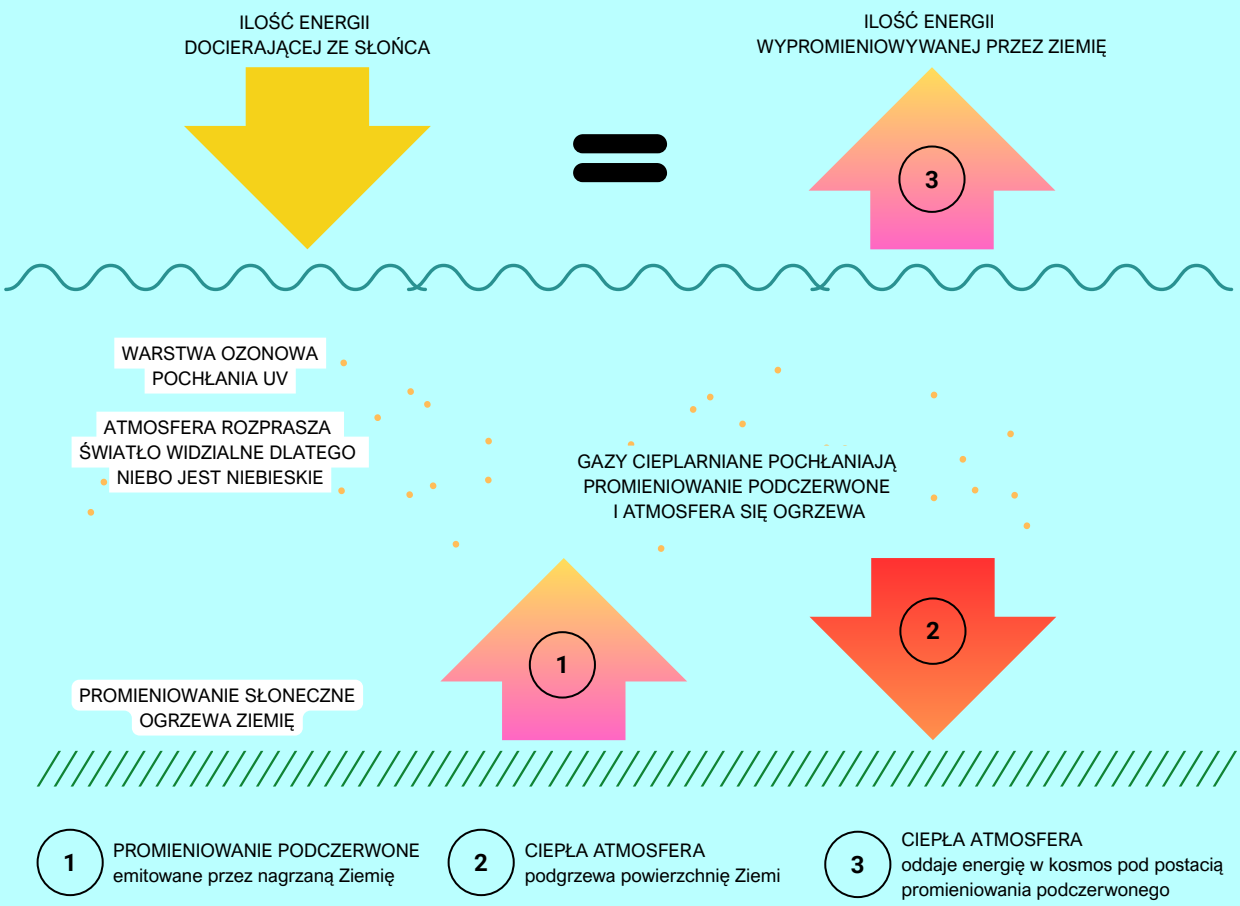
Ilość niektórych gazów wchodzących w skład atmosfery może się zmieniać w określonych warunkach. Dotyczy to też np. pyłów czy aerozoli. To wpływa zarówno na to, ile energii dociera do powierzchni Ziemi, jak i na ucieczkę w kosmos energii, którą Ziemia wypromieniowuje po nagrzaniu się. Duże zapylenie, np. po potężnych wybuchach wulkanów, może wywołać początkowo ochłodzenie (mniej promieniowania słonecznego przedostaje się przez atmosferę). Z drugiej strony zwiększenie, nawet niewielkie, ilości gazów zwanych cieplarnianymi (np. CO_2 z 0,03% na 0,04%), utrudnia promieniowaniu ziemskiemu (podczerwonemu) ucieczkę w kosmos. Powoduje to podgrzewanie atmosfery. Od dekad mierzymy regularnie zmiany ilości gazów cieplarnianych, a także ilość energii docierającej i „uciekającej" z naszej planety. Dzięki temu wiemy, że głównym powodem obecnego ocieplenia, a tym samym zmian polskich pór roku, jest głównie wzrost ilości CO_2 w atmosferze.

EFEKT CIEPLARNIANY I GAZY CIEPLARNIE

Każde ciało, którego temperatura przekracza tzw. zero absolutne (-273,15^{0}C), emituje jakąś ilość energii w określonych długościach fal promieniowania elektromagnetycznego („rodzaj" energii). Słońce jest bardzo gorące, więc wysyła do nas ogromne ilości energii głównie w formie promieniowania widzialnego. To promieniowanie bez większych przeszkód przedostaje się przez atmosferę i ogrzewa powierzchnię Ziemi. Nagrzana Ziemia też emituje energię (w kosmos). Jednak jej temperatura jest dużo, dużo niższa od Słońca, więc jest to „mniej energetyczne" promieniowanie podczerwone. Ma ono jednak pewne „problemy", żeby łatwo przedostać się przez atmosferę w kierunku przestrzeni kosmicznej. Powodem są gazy, które nazywamy cieplarnianymi: para wodna (H_2O), dwutlenek węgla (CO_2), metan (CH_4), tlenek azotu(I) (N_2O) i jeszcze kilka innych występujących w minimalnych ilościach. Z powodu swojej budowy cząsteczkowej ulegają one wzbudzeniu przez promieniowanie

BIBLIOTEKI dla klimatu

podczerwone (promieniowanie widzialne na nie „nie działa”). Stają się bardziej „naenergetyzowane”, „ruchliwe”. Swoją energię mogą przekazywać innym cząsteczkom (np. zderzając się z nimi), a im bardziej ruchliwe są cząsteczki, tym wyższa jest temperatura danego ośrodka – w tym przypadku atmosfery. Obecność gazów cieplarnianych powoduje ogrzewanie się atmosfery, ogrzewając tym samym powierzchnię Ziemi (jest to tzw. efekt cieplarniany). Im więcej jest tych gazów, tym atmosfera ogrzewa się bardziej, co zwiększa temperaturę planety (nasilenie efektu cieplarnianego). Efekt cieplarniany opisał Józef Fourier w 1824 r., a w 1859 r. John Tyndall wykazał doświadczalnie, że gazy takie jak CO_2, CH_4 i H_2O (zarówno w postaci pary wodnej, jak i kropelek wody, takich jak w chmurach), „zatrzymują” promieniowanie podczerwone. W 1896 r. został natomiast opublikowany pierwszy artykuł naukowy, w którym obliczono jak wzrost ilości CO_2 w atmosferze wpływa na podniesienie temperatury planety. Autorem był Svante Arrhenius.



Rys.5. Schematyczne przedstawienie efektu cieplarnianego. Jeśli ilość gazów cieplarnianych w atmosferze jest mniej więcej stała, to ilość energii wypromieniowywanej przez Ziemię (3) jest równa ilości docierającej ze Słońca (żółta strzałka). Średnia temperatura Ziemi nie ulega wtedy większym zmianom. Źródło: Ilustracja autorki

BIBLIOTEKI dla klimatu

JAK ODRÓŻNIĆ CO_2 Z WULKANÓW I DZIAŁALNOŚCI LUDZI

Zarówno ludzie, dzięki technice, jak i wulkany, dzięki budowie, mają dostęp do skał zawierających dużo pierwiastka węgla (C) znajdujących się bardzo głęboko pod powierzchnią Ziemi. W przypadku ludzi są to składy osadowe, takie jak ropa naftowa czy węgiel kamienny, a w przypadku wulkanów – np. skały wapienne, ale nie tylko. Naukowcy (głównie wulkanolodzy) badają procesy wulkaniczne, natomiast dane gospodarcze dostarczają informacje o przemyśle wydobywczym. Stąd możemy oszacować, ile CO_2 „dokładają" do atmosfery ludzie, a ile wulkany. Wulkany odpowiadają rocznie za ok. 1/100 z tego, reszta to wynik działalności ludzi. Wpływ wulkanów na zmianę składu atmosfery jest więc obecnie zaniedbywany. Do tego wulkany wyrzucają do atmosfery „gotowy" CO_2, a my najpierw wydobywamy skały zawierające węgiel organiczny, spalamy je na powierzchni w obecności tlenu zawartego w atmosferze i dopiero tak powstaje CO_2 . To powinno więc powodować drobny ubytek tlenu z atmosfery, bo na jeden atom węgla pochodzącego z głębin, czyli nie uczestniczącego wcześniej w krążeniu na powierzchni ziemi (tzw. „cyklu węglowym"), przypadają 2 atomy tlenu „wyciągnięte" z atmosfery. I faktycznie – naukowcy obserwują bardzo niewielki, ale stały spadek zawartości tlenu w atmosferze.

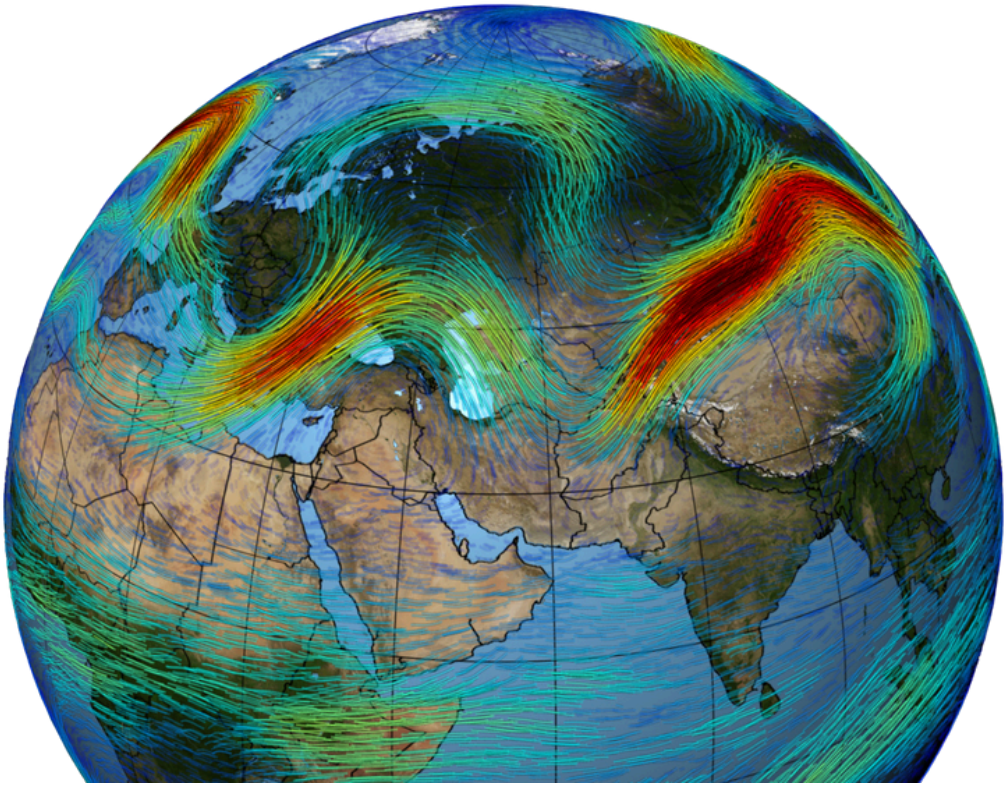
BIBLIOTEKI dla klimatu

Rosnąca temperatura Ziemi powoduje nie tylko bezpośrednie ocieplanie się pór roku, wpływa również na inne zjawiska, takie jak parowanie z oceanów. Zwiększone parowanie (cieplejsza woda = większe parowanie) powoduje zmiany w cyklu krążenia wody. W wielu regionach prowadzi to do tego, że ulewy stają się jeszcze bardziej „ulewne", czyli mamy do czynienia z ekstremalnymi opadami deszczu. W innych regionach – wydawałoby się paradoksalnie – nasilają się susze. Jeszcze w innych mamy i ulewy, i susze. Często jest to związane ze zmianami w przemieszczaniu się mas powietrza na skutek procesów zachodzących w atmosferze.

PARA WODNA - NAJWAŻNIEJSZY GAZ CIEPLARNIANY

Największe znaczenie dla „zatrzymywania" promieniowania podczerwonego w atmosferze ma woda – zarówno w postaci pary wodnej, jak i kropelek czy kryształków lodu (w chmurach). Im cieplejsza jest Ziemia, tym więcej wody paruje z oceanów i dostaje się do atmosfery, co nasila efekt cieplarniany. Zawartość pary wodnej w powietrzu jest jednak zmienna – skrapla się ona i opada w postaci deszczu. Dostosowuje się więc de facto do panujących warunków temperaturowych. Na nie natomiast wpływa wiele innych czynników. Jeśli one się zmienią, Ziemia stanie się cieplejsza i więcej pary wodnej znajdzie się w atmosferze. Z taką sytuacją mamy do czynienia teraz. Nie mamy jednak możliwości zmniejszyć przykładowo parowania z oceanów, możemy za to wpłynąć na inne czynniki powodujące wzrost temperatury planety, takie jak emisje gazów cieplarnianych z gospodarki. W ten sposób możemy ograniczyć nasilenie efektu cieplarnianego powodowanego również przez parę wodną.

W Polsce na pogodę wpływają ciepłe i wilgotne masy znad Atlantyku, suche i ciepłe z okolic Morza Śródziemnego oraz zimne znad Arktyki i Rosji. Jeśli chodzi o opady, to szczególne znaczenie mają te pierwsze. Jeszcze kilkadziesiąt lat temu pogoda w Polsce potrafiła być bardzo „kapryśna”. Niże kształtujące się nad Atlantykiem przemieszczały się z zachodu na wschód, przynosząc opady, po czym po kilku dniach wędrowały dalej, ustępując miejsca innym masom powietrza (np. bardziej suchym). Tak szybkie przemieszczanie się mas powietrza związane było z silnym wiatrem, wiejącym wysoko w atmosferze tzw. prądem strumieniowym. Prędkość tego wiatru zależy od różnicy temperatur między równikiem a Arktyką. Im jest większa, tym prąd strumieniowy mocniejszy, a tym samym masy powietrza przemieszczają się szybciej.

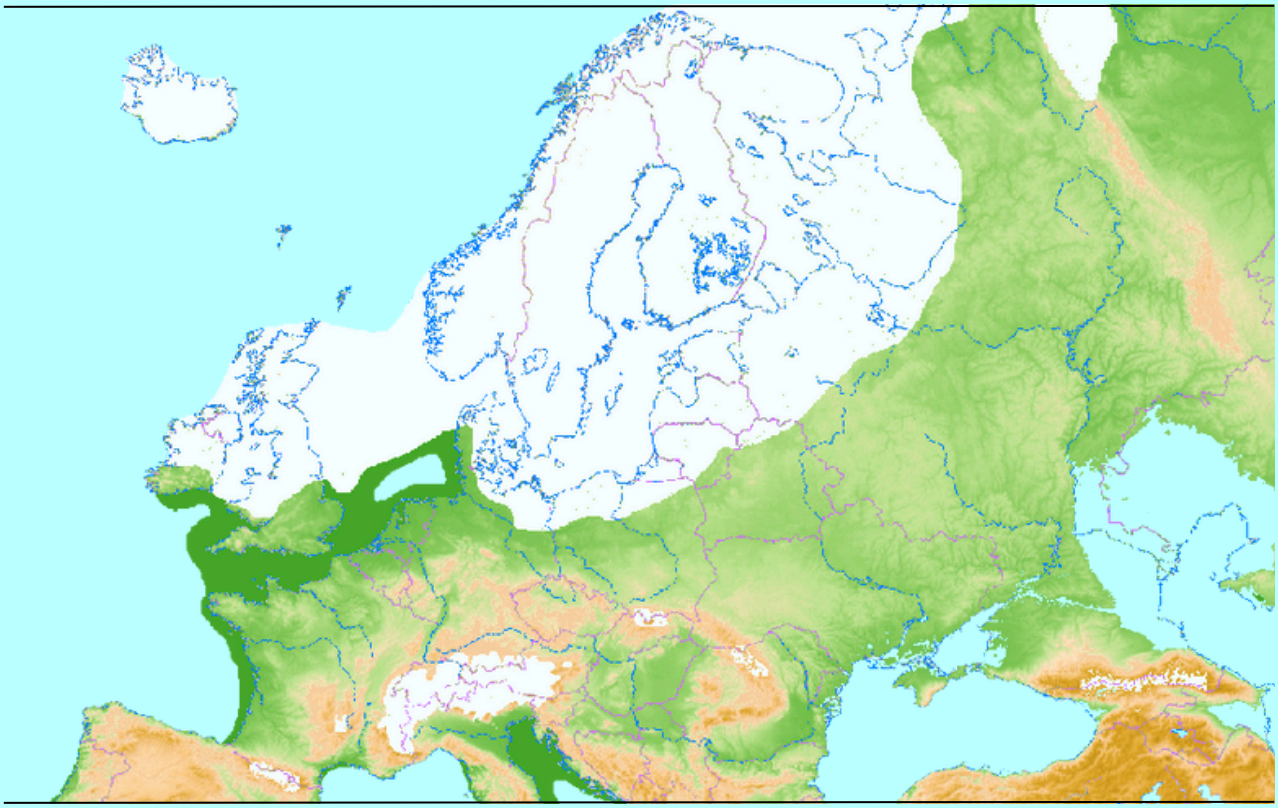


Rys.6. Schematyczne przedstawienie prędkości wiatrów wysoko w atmosferze (ciemnoczerwone linie oznaczają najwyższe prędkości). Linie wyznaczają orientacyjny przebieg prądu strumieniowego w danym momencie. Widoczne są tworzące się "meandry". Źródło: NASA

ŚREDNIA TEMPERATURA ZIEMI

Średnia temperatura Ziemi (globalna) to średnia wyciągnięta z rocznych pomiarów z całego świata. Wynosi ona około 15°C. Jej bardzo precyzyjne zmierzenie jest trudne. Dużo łatwiej jest określić jej zmianę (spadek lub wzrost) w odniesieniu do jakiegoś konkretnego okresu, czyli anomalię. Zmiana średniej temperatury Ziemi nawet o niewielki ułamek stopnia ma duży wpływ na żywe organizmy czy krążenie wody na planecie. Zmiana o kilka stopniu oznacza drastyczne przemiany, przykładowo spadek o 5°C w stosunku do obecnej średniej temperatury, to warunki temperaturowe środka epoki lodowej, kiedy sporą część Europy pokrywał lądolód (ostatnie zlodowacenie trwało od 115 tys. lat temu do 11,7 tys. lat temu przed naszą erą). Wzrost średniej temperatury o podobną wartość doprowadziłby do przekształcenia Ziemi w tzw. Ziemię cieplarnianą, gdzie warunki w wielu regionach stałyby się niezdatne do życia dla ludzi (mniej więcej takie warunki panowały w czasach dinozaurów). Choć średnia temperatura Ziemi obecnie rośnie, to ten wzrost nie rozkłada się równomiernie na planecie. Są regiony, które ocieplają się dużo szybciej niż reszta świata np. Arktyka i Europa, ale są też takie, gdzie temperatury praktycznie się nie zmieniają, a nawet takie, gdzie temperatury mogą być nieco niższe niż 100 lat temu. Przykładem tych ostatnich jest północna część Oceanu Atlantyckiego, gdzie wody spływające z topniejących lodowców Grenlandii przyczyniają się do utworzenia „plamy" chłodniejszej wody. Obecnie średnia temperatura Ziemi jest ok. 1,2°C wyższa niż była w połowie XIX w.

BIBLIOTEKI dla klimatu

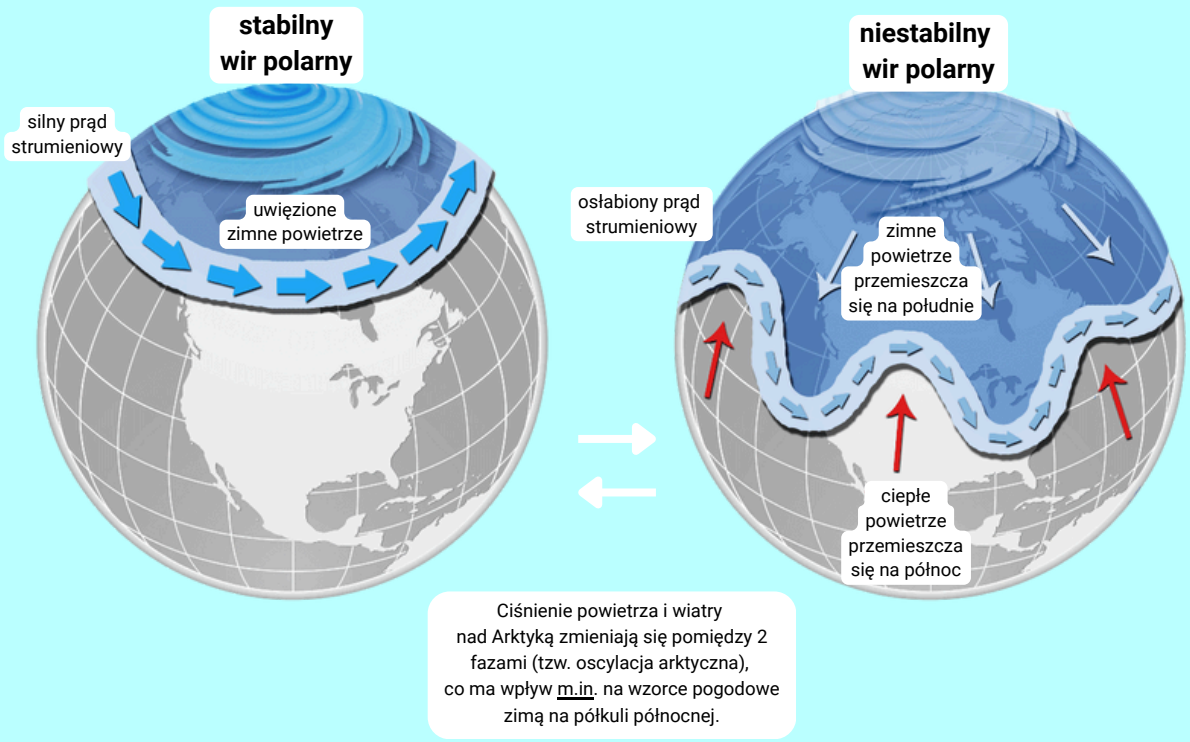


Rys.7. Wizualizacja obszaru Europy podczas ostatniego zlodowacenia. Na biało zaznaczone są lądolody i lodowce. Warto zwrócić uwagę, że w tym czasie istniało połączenie lądowe Wielkiej Brytanii z kontynentem. Źródło: San Jose/Wikipedia

Ze względu na wzrost globalnej temperatury ta różnica maleje, gdyż okolice Arktyki ogrzewają się dużo bardziej niż równika. Prąd strumieniowy słabnie, a tym samym zamiast przemieszczać się w linii w miarę prostej, zaczyna meandrować jak wolno płynąca rzeka. W ten sposób masy powietrza przesuwają się wolniej i mogą długo „zalegać” nad jakimś obszarem. Skutkiem są np. trwające tygodniami upały powodujące susze. Dzięki “meandrom” masy powietrza mogą przemieszczać się bardzo daleko na południe lub północ, przyczyniając się do powstawania różnych ekstremalnych zjawisk, często na pierwszy rzut oka nie kojarzących się z globalnym ociepleniem. Przykładowo takim meandrem może spłynąć nad Polskę zimne powietrze znad Arktyki, powodując ochłodzenie latem. Bliskość Arktyki jest zresztą powodem tego, dlaczego w Polsce nadal możemy spodziewać się śniegu i mrozu mimo rosnących temperatur.

“SNOWMAGEDDONY”

… czyli ekstremalne śnieżyce są częstymi bohaterami doniesień z USA w ostatnich latach. W związku z ociepleniem okolic bieguna północnego i meandrowaniem prądu strumieniowego, „jęzory” chłodnego, arktycznego powietrza sięgają czasami bardzo daleko na południe (rekordowo nawet do Florydy!). Tu spotykają się z cieplejszymi masami powietrza, które dzięki nasilonemu przez ocieplenie parowaniu oceanów, mogą zawierać bardzo dużo wilgoci. Rezultatem takich spotkań bywają potężne niże atmosferyczne z frontami przynoszącymi niezwykle obfite opady śniegu. Śnieżyce powstające na podobnej zasadzie mogą zdarzać się także w Europie, np. w Alpach.



Rys.8.Zachowanie prądu strumieniowego zależy od różnic temperatur pomiędzy Arktyką i równikiem. Wir polarny to system niskiego ciśnienia i bardzo silnych wiatrów "więżących" zimne powietrze bliżej bieguna. Gdy wiatry te oraz prąd strumieniowy słabną, zimne powietrze może przemieścić się bardziej na południe. Źródło: NOAA LINK

2.SKUTKI ZMIANY KLIMATU

Od regionalnego klimatu zależy to, jakie gleby znajdują się na danym obszarze oraz jakie występują gatunki roślin i zwierząt. To wpływa na warunki życia ludzi, w tym np. rolnictwo czy określone zagrożenia epidemiologiczne. Temperatury poszczególnych pór roku decydują o sposobie budowania domów, tworzenia infrastruktury czy możliwości pracy na świeżym powietrzu. Gdy klimat się zmienia, ma to określone konsekwencje dla wielu dziedzin naszego życia. Niestety w większości przypadków negatywnych – tym bardziej, że zmiany zachodzą tak szybko, że trudno jest się do nich dobrze przygotować.

Z punktu widzenia ludzi można wyróżnić trzy grupy zagrożeń związanych ze wzrostem globalnej temperatury:

- bezpośrednie dla zdrowia i życia,
- dla społeczeństwa, pośrednio wpływające na los jednostek,
- dla infrastruktury i dochodów państwa.

A)

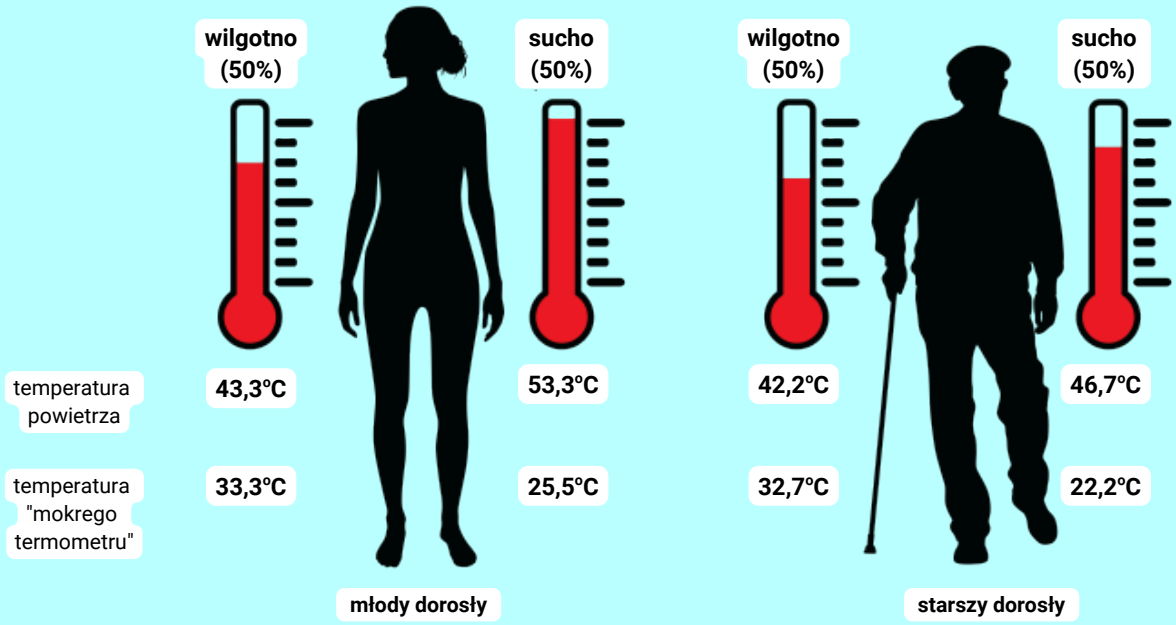
BEZPOŚREDNIE ZAGROŻENIA DLA ZDROWIA I ŻYCIA LUDZI.

Zmiana klimatu nasila wiele zjawisk, które mogą powodować bezpośrednie zagrożenie dla życia ludzi. Wśród nich wyróżniają się fale upałów. Światowa Organizacja Zdrowia podaje, że w okresie 2000-2019 z powodu wysokich temperatur ginęło na świecie rocznie około 490 000 osób. Upały są największym zagrożeniem w państwach, gdzie już teraz jest bardzo gorąco, szczególnie gdy towarzyszy im wysoka wilgotność np. Indiach.

Upały są jednak dużym problemem także na naszych szerokościach geograficznych. Zagrażają zdrowiu, a często życiu, osób przewlekle chorych, starszych oraz niemowląt – czyli osób, których termoregulacja już lub jeszcze nie funkcjonuje sprawnie. Od mniej więcej lat 90. XX w. obserwuje się w Polsce wzrost liczby zgonów wśród osób starszych w czasie gorących okresów lata (gdy temperatury powietrza przekraczają 26–28°C). Wysokie temperatury zwiększają ryzyko śmierci nawet już u osób po 50 r. ż., jednak najbardziej zagrożeni są seniorzy po 75 r. ż. O ile w Polsce dni z temperaturami przekraczającymi 30°C zdarzały się w XX w. sporadycznie, to w ostatnich dekadach jest ich coraz więcej. Powoduje to pojawianie się uciążliwych fal upałów, które mogą trwać tydzień, albo i dłużej (szczególnie jeśli mamy do czynienia z „zaleganiem" mas powietrza).

DLACZEGO LUDZIE ŹLE ZNOSZĄ UPAŁY?

Podstawowym procesem, który schładza nasze ciało, jest pocenie. Kropelki potu, odparowując z naszej skóry, „zabierają" z niej ciepło. Dzięki temu temperatura ciała nie wzrasta do wysokości, która mogłaby zagrozić naszemu życiu. Gdy osiąga ona 42°C lub więcej, zachodzą nieodwracalne zmiany w mózgu, kończące się często zgonem. Jeśli przebywamy w miejscu, gdzie temperatura i wilgotność powietrza są bardzo wysokie, pot trudniej odparowuje. Nasz organizm zaczyna mieć problemy z chłodzeniem. Możemy dostać udaru cieplnego, a w skrajnym przypadku umrzeć z przegrzania nawet siedząc w cieniu. Taka sytuacja może nastąpić, gdy temperatura powietrza osiąga mniej więcej 35°C przy 100% wilgotności lub 46°C przy wilgotności 50%. Tego typu ekstremalne sytuacje zdarzają się obecnie sporadycznie, głównie w okolicy Zatoki Perskiej, ale w 2. połowie XXI w. mogą stać się bardziej powszechne. Jednak wiele osób bardzo źle znosi dużo niższe temperatury i wilgotności. Takie warunki pogodowe powodują wycieńczenie organizmu i odwodnienie, a to może mieć poważne konsekwencje zdrowotne.



Rys.9. Maksymalne warunki termiczne i wilgotnościowe, w jakich człowiek może przeżyć do 6 godzin w ogóle się nie poruszając. Po lewej stronie dla zdrowego, młodego dorosłego, po prawej dla starszej osoby. Temperatura wilgotnego termometru oznacza najniższą możliwą temperaturę, jaką można osiągnąć poprzez samo odparowanie wody w danej temperaturze powietrza. W praktyce oznacza to efektywność pocenia. Im ta temperatura jest wyższa, tym trudniej człowiekowi ochłodzić się przez pocenie. Przy pewnej wartości (ok. 35°C temperatury mokrego termometru) staje się to niemożliwe. Źródło: Global Futures Laboratory za Arizona State University. Źródło: LINK.

Zmiany temperatur oraz ilości i rozkładu opadów powodują też przesuwanie się granic występowania organizmów przenoszących choroby, m.in. komarów i kleszczy. Wpływają także na ich aktywność w ciągu roku. W ostatnich kilku dekadach obserwuje się w Polsce wzrost zachorowań u ludzi na boreliozę oraz na różne choroby odkleszczowe u zwierząt domowych. Wiąże się to w dużej mierze z coraz cieplejszą jesienią i zimą, a tym samym dłuższą aktywnością kleszczy, które hibernują dopiero, gdy temperatury spadną poniżej 4°C. W Polsce pojawiły się też nowe choroby przenoszone przez komary, takie jak gorączka Zachodniego Nilu, której przypadki stwierdzono w ostatnich latach u ptaków i koni.

Rys.10. Komar tygrysi. Źródło: Wikipedia

BIBLIOTEKI dla klimatu

DRZEWA DLA ZDROWIA

Na terenach zabudowanych temperatury są zazwyczaj o kilka stopni wyższe niż poza nimi (tzw. miejska wyspa ciepła). Jest to szczególnie odczuwalne podczas upałów. Im więcej mamy wybetonowanych, łatwo nagrzewających się powierzchni, tym bardziej uciążliwe warunki panują w mieście. Konieczne jest więc pozostawianie jak największej ilości terenów zielonych. Pojedyncze drzewo, dzięki oddawaniu wilgoci do powietrza, może „chłodzić" otoczenie podobnie jak dwa domowe klimatyzatory, a cień rzucany przez aleje drzew sadzone wzdłuż chodników pozwala łatwiej przemieszczać się po mieście np. osobom starszym – dzięki temu zmniejsza się ryzyko ich zasłabnięcia.

B)

ZAGROŻENIA DLA SPOŁECZEŃSTWA.

Skutki zmiany klimatu oddziałują na nas również pośrednio: na nasze samopoczucie psychiczne, aktywność czy dochody. Podstawową kwestią w tym kontekście jest chociażby system zaopatrzenia w żywność. Rolnictwo musi mierzyć się z wieloma problemami w zmieniającym się klimacie, a te przekładają się na bezpieczeństwo żywnościowe, ceny żywności czy jej jakość. W wielu regionach plony już znacząco spadają. Wynika to zarówno z występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych, jak i innej niż kilkanaście lat temu pogody. W Polsce również to obserwujemy: brak śniegu zimą szkodzi oziminom (zbożom wysiewanym jesienią), a susze prowadzą do zamierania roślin. Na terenie naszego kraju pojawiają się nowe gatunki owadów niszczących uprawy oraz nowe wirusy czy bakterie atakujące rośliny i zwierzęta hodowlane. Im trudniejsze są warunki dla uprawy i hodowli, tym większych

nakładów pracy i finansowych wymaga od rolników dbanie o gospodarstwo. Rośnie zużycie wody (np. do nawadniania), energii (np. do wentylacji obór, chlewni), nawozów, środków ochrony roślin czy leków dla zwierząt. Wszystko to przekłada się na ceny żywności oraz dochody rolników. Ma to również wpływ na inne grupy społeczne.

ROLNICTWO ODPORNE NA ZMIANĘ KLIMATU

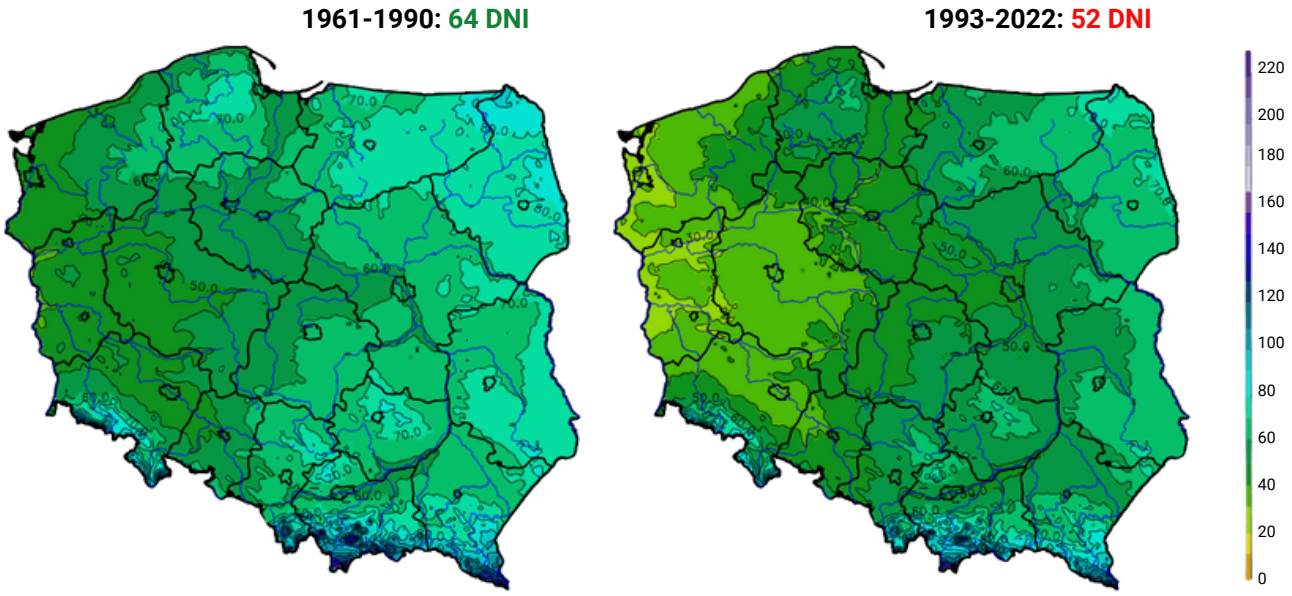
Dbanie o glebę to podstawowe działanie pomagające łagodzić negatywne skutki zmiany klimatu w rolnictwie. Szczególnie ważne jest wzbogacanie jej w materię organiczną, która pomaga zatrzymywać w glebie więcej wody, poprawia jej strukturę i dostarcza substancji odżywczych dla roślin. Dzięki temu maleje np. potrzeba sztucznego nawadniania czy nawożenia. Bardzo istotna jest też ochrona miejsc magazynujących wodę, takich jak torfowiska czy naturalne doliny rzeczne wraz z ich terenami zalewowymi. Sztuczne budowle (np. zbiorniki) nie spełniają tej roli. Drenują bowiem wodę z dużego obszaru, by gromadzić ją w jednym miejscu, odległym często dziesiątki czy setki kilometrów od pól. Walkę ze szkodnikami upraw może wspomóc zachowanie dookoła pól łąk, nieużytków i zadrzewień będących schronieniem ich naturalnych wrogów. Dodatkowo takie nieuprawiane i nieopryskiwane tereny to idealne miejsce dla owadów zapylających.Techniki zwiększające odporność upraw na zmieniające się warunki klimatyczne można przetestować w wersji mini – założyć własny ogródek permakulturowy, np. z ziołami i warzywami. W permakulturze niezwykle ważne jest stosowanie lokalnych gatunków i odmian roślin czy ras zwierząt, dbanie o glebę, płodozmian i miejsce do życia dla organizmów pomagających utrzymać rośliny w dobrym zdrowiu (np. tzw. pożyteczne owady).

BRAK ŚNIEGU NASILA SUSZE

Topniejąca powoli wiosną pokrywa śnieżna była w Polsce tradycyjnym źródłem uzupełniania zapasów wód podziemnych. Woda, wsiąkając w glebę, zapewniała jej odpowiednią wilgotność, dzięki czemu rośliny mogły rozpoczynać wzrost w korzystnych dla siebie warunkach. Gdy brakuje śniegu, łatwo może dojść do przesuszania gleby na wiosnę, gdyż temperatury marca, kwietnia i maja zdecydowanie u nas wzrastają. Oznacza to wysokie parowanie, a więc szybką ucieczkę wilgoci z gleb, zwłaszcza gdy brakuje deszczu. Polska jest jednym z tych krajów Europy, które mają mało opadów na wiosnę. Szczególnie kwiecień staje się u nas coraz bardziej suchy. Do tego opady, gdy już się pojawią, bywają gwałtowne. Takie ulewy zamiast łagodzić suszę nasilają erozję gleby zmywając jej wierzchnią warstwę z nachyleń terenu. Ze względu na długie okresy posuszne wiosną, mamy w niektórych regionach kraju do czynienia z nowym dla nas zjawiskiem ekstremalnym – burzami pyłowymi. Pojawiają się one w suchych okresach, przy silnych wiatrach, gdy pola nie są jeszcze zakryte roślinnością. Przesuszona, najbardziej urodzajna wierzchnia warstwa gleby jest zwiewana, powodując zapylenie powietrza.

Choć zimą mamy często dużo deszczu zamiast śniegu, to nie rekompensuje to jego braku. Woda nie wsiąka w zmarzniętą glebę, tylko raczej spływa od razu po jej powierzchni do rowów i strumieni. Nie ma więc „zapasu” na wiosnę. Pod koniec XXI wieku liczba dni ze śniegiem zmniejszy się u nas najprawdopodobniej o 1/3 w stosunku do obecnej, nasilając te problemy.

LICZBA DNI Z POKRYWĄ ŚNIEŻNĄ



Rys.11. Średnia roczna liczba dni z pokrywą śnieżną w okresie 1961-1990 i 1993-2022.
Źródło: dane IMGW/Nauka o klimacie.

Zmiana klimatu wpływa też m.in. na turystykę. Wiele miejsc może utracić swoje walory, co przełoży się na dochody osób prowadzących pensjonaty czy restauracje. Wysokie temperatury wody sprzyjają namnażaniu sinic i szkodliwych bakterii, a to może powodować zamykanie kąpielisk np. nad Morzem Bałtyckim. W wyniku susz może być wprowadzany zakaz wstępu do lasów, a wybuchające pożary mogą zagrażać dziedzictwu kulturowemu i przyrodniczemu. Tak stało się np. w roku 2025 w przypadku Biebrzańskiego Parku Narodowego, czy w roku 2024 w Grecji, gdzie pożar dosięgnął przedmieści Aten. Czerwiec i lipiec 2024 były najcieplejszymi miesiącami letnimi w historii obserwacji w w tym kraju. W związku z coraz cieplejszymi zimami załamywać się będzie turystyka narciarska, szczególnie w przypadku ośrodków położonych niezbyt wysoko nad poziomem morza.

Coraz silniejsze wichury, groźniejsze powodzie czy częstsze trąby powietrzne mogą niszczyć domy mieszkalne oraz budynki użyteczności publicznej, w tym szkoły i szpitale. Im większe będą szkody w wyniku ekstremalnej pogody, tym trudniej będzie ubezpieczać majątek. Na przykład już teraz część firm ubezpieczeniowych nie ubezpiecza domów na Florydzie, gdzie huragany uderzające w ląd stają się coraz bardziej destrukcyjne. W Polsce problematyczne stają się rolnicze ubezpieczenia od suszy.

POWODZIE BŁYSKAWICZNE

W miastach gwałtowne ulewy często prowadzą do tzw. powodzi błyskawicznych. Spada tak duża ilość deszczu na metr kwadratowy w tak krótkim czasie, że kanalizacja burzowa, budowana często w czasach, gdy klimat w Polsce był inny, nie jest w stanie sobie z tym poradzić. Do tego mamy coraz więcej nieprzepuszczalnych powierzchni pokrytych betonem, które utrudniają odpływ wody. Woda gromadzi się w zagłębieniach terenu, na ulicach czy placach podtapiając budynki. Na południu kraju za gwałtowne ulewy odpowiadają często niże, które docierają do nas znad Morza Śródziemnego. Morze Śródziemne coraz bardziej się nagrzewa, a przez to parowanie z jego powierzchni jest coraz większe. W powietrzu gromadzi się więc bardzo dużo wilgoci. Gdy taka wilgotna masa powietrza zawędruje do nas (często są to tzw. niże genueńskie), to nad górami następuje skroplenie zawartej w niej pary wodnej. W niektórych przypadkach te deszcze są tak silne, że mogą powodować lokalne osunięcia gruntu czy powodzie rzeczne.

BIBLIOTEKI dla klimatu

C)

ZAGROŻENIA DLA INFRASTRUKTURY I DOCHODÓW PAŃSTWA.

Ekstremalne wydarzenia mogą również niszczyć infrastrukturę kluczową dla sprawnego działania państwa: drogi, linie kolejowe czy linie energetyczne. W wyniku upałów mogą następować przerwy w dostawach prądu: lokalne (ze względu na przeciążenie transformatorów), ale także na dużo większą skalę. Większość bloków w elektrowniach węglowych w Polsce jest chłodzona wodą z rzek. Kiedy poziom wody spada, a temperatura rośnie, mogą nastąpić problemy z ich chłodzeniem. W skrajnych przypadkach może to przyczynić się do blackoutu (załamania systemu energetycznego). Blisko takiej sytuacji było w sierpniu 2015 roku, gdy część elektrowni była z różnych powodów wyłączona. Podczas upałów wzrosło zapotrzebowanie na klimatyzację, a tym samym prąd, zaczęło natomiast brakować wody (niski stan w rzekach) do chłodzenia bloków energetycznych części pozostałych, działających nadal elektrowni. W kilku z nich trzeba było wyłączyć z tego powodu bloki, a operator systemu elektroenergetycznego wprowadził – po raz pierwszy od czasów PRL – 20. stopień zasilania (w elektroenergetyce mogą być wprowadzone stopnie od 11 do 20, 11 oznacza brak ograniczeń w poborze mocy, 20 – pobór mocy tylko do poziomu niezbędnego dla zachowania bezpieczeństwa w danym obiekcie). Całe szczęście do blackoutu nie doszło. Polska Izba Ubezpieczeń wyliczyła, że gdyby jednak nastąpił, to każda godzina przerw w dostawie prądu kosztowałaby polską gospodarkę ok. 500 mln zł.

Spadek dochodów z różnych dziedzin działalności gospodarczej oznacza spadek dochodów budżetu państwa. Rosnąć będą za to wydatki: chociażby na opiekę medyczną czy odszkodowania dla rolników. Sytuacja będzie się pogarszać wraz ze wzrostem globalnej temperatury i powstanie błędne koło – gdy zaczyna brakować pieniędzy na naprawy i adaptację do „nowych” warunków klimatycznych, ludzie i gospodarka ponoszą coraz większe straty. To pokazuje, że samo przystosowanie się do zmian nie wystarcza. Kluczowe jest zmniejszenie ich tempa, bo gdy będą zbyt szybkie, nie będziemy w stanie nadążać za dostosowywaniem się i będzie nam coraz bardziej brakować na to środków pieniężnych.

3. OGRANICZENIE TEMPA ZMIANY KLIMATU

Ponieważ stabilne warunki klimatyczne umożliwiają sprawne funkcjonowanie społeczeństwa, to ograniczenie tempa wzrostu globalnej temperatury jest kluczowe, aby uniknąć nasilania się różnych zagrożeń. Rozwiązań, które na to pozwalają, są setki i można je wdrażać na różnej skali – od działań indywidualnych aż do międzynarodowych. Rzeczy robione na każdym z tych poziomów są pomocne, jednak tak naprawdę same działania indywidualne nie są skuteczne bez działań systemowych, natomiast same działania systemowe, bez uwzględniania potrzeb ludzi, mogą utykać w miejscu ze względu na brak akceptacji społecznej. Tylko współdziałanie tych wszystkich poziomów pozwala na realne zmiany. „Ubocznym" skutkiem wdrożenia różnych rozwiązań proklimatycznych byłoby ograniczenie nadmiernego konsumpcjonizmu, który napędza niszczenie środowiska poprzez ciągłe zwiększanie zapotrzebowania na energię czy ziemię rolną. Zamiast tego mogłyby kształtować się wartości i style życia oparte raczej na relacjach i współdziałaniu niż posiadaniu i gromadzeniu, co mogłoby dodatkowo np. ograniczyć pogarszanie się stanu zdrowia psychicznego ludzi.

JAK POZBYĆ SIĘ NADMIARU CO_2 Z ATMOSFERY?

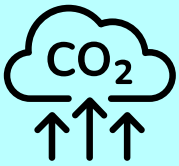
Rośliny pobierają CO_2 do fotosyntezy, rozpuszcza się on również w oceanach. Jednak oba te procesy mają swoje ograniczenia.
Rośliny nie mogą rosnąć w nieskończoność, a tym samym cały czas, w tym samym tempie, pobierać CO_2 . Do tego do fotosyntezy potrzebują wody, susze mogą więc wpływać na pobieranie przez nie CO_2. Zgromadzony w tkankach roślin

BIBLIOTEKI dla klimatu

węgiel może też zostać łatwo uwolniony z powrotem do atmosfery np. na skutek pożarów. Również ilość CO_2, która może „rozpuścić" się w oceanach, nie jest nieskończona. Do tego im cieplejsza woda, tym proces ten zachodzi wolniej, a wręcz może ulec odwróceniu. Zmiany właściwości wody morskiej na skutek rozpuszczania w niej CO_2 mają negatywny wpływ na wiele organizmów żyjących w morzach i oceanach, w tym takich, które są ważne dla procesów usuwania CO_2 z atmosfery.

Ciągłe spalanie paliw kopalnych skutkuje dorzucaniem do atmosfery co roku kolejnych miliardów ton CO_2 – żadne procesy naturalne nie są w stanie „zagospodarować" tylu nowych cząsteczek. Udaje im się to mniej więcej z połową, reszta gromadzi się i pozostaje w atmosferze. Najskuteczniej usuwają CO_2 z atmosfery procesy chemicznego wietrzenia skał. Tworzące się wtedy związki trafiają ze spływającą wodą do mórz i oceanów, a ostatecznie współtworzą kolejne skały, w których mogą zostać uwięzione na miliony lat. Problem w tym, że wietrzenie skał to proces niezwykle powolny, działa wydajnie, ale w bardzo długich okresach czasu – dłuższych niż setki tysięcy lat.

Można budować technologie, które mają za zadanie uwięzić węgiel na dłużej, tak jak dzieje się to w przypadku chemicznego wietrzenia skał (tzw. CSS, ang. carbon capture and storage – przechwytywanie i magazynowanie CO_2 czy BECSS, ang. bioenergy with carbon capture and storage – bioenergia z wyłapywaniem i magazynowaniem węgla), ale są one obecnie raczkujące, mało wydajne i drogie. W najbliższych dekadach nie będą więc mogły za bardzo pomóc z problemem gromadzącego się w atmosferze CO_2. Z tego powodu koniecznie jest jak najszybsze ograniczanie emisji gazów cieplarnianych, ponieważ gdy już trafią do atmosfery, będą bardzo długo wpływać na klimat planety podnosząc jej temperaturę.



A)

POZIOM INDYWIDUALNY

Najbardziej skutecznym działaniem na rzecz ochrony klimatu, które może podjąć każdy z nas, jest rozmowa na ten temat z bliskimi i znajomymi. Im więcej osób dowiaduje się o tym, z jak dużym kryzysem mamy do czynienia, jak sobie z nim radzić itp., tym bardziej wzrasta akceptacja społeczna dotycząca konieczności zmian, tym ważniejsze stają się tematy związane z ochroną środowiska dla polityków i tym łatwiej budować lokalne grupy angażujące się w działania na rzecz klimatu. Ważne jest także poszerzanie własnej wiedzy, choćby dlatego, że zmniejsza to szansę, że ktoś nas wprowadzi w błąd albo zmanipuluje. Pozwala nam to również podejmować skuteczne działania. Zrozumienie, dlaczego pewne rzeczy są szkodliwe, jakie są przepisy prawa, kto jest odpowiedzialny za jakie obszary czy przedsięwzięcia (np. na terenie gminy), pomaga wyznaczyć skuteczną ścieżkę interwencji. Dzięki wiedzy możemy też wprowadzić do naszej codziennej rutyny zmiany ograniczające nasz ślad węglowy (czyli emisje będące skutkiem naszych działań i zachowań).

SIŁA ROZMOWY

Rozmowa nie tylko pomaga innym lepiej nas zrozumieć, ale również umożliwia im przedstawienie wątpliwości czy zaproponowanie własnych rozwiązań. Działania wypracowane wspólnie w społecznościach, gdzie każdy mógł zabrać głos i zostać wysłuchanym czy wysłuchaną, mają największe szanse zostać wdrożone i przyczynić się do zmian w naszym najbliższym otoczeniu. Nie chodzi jednak o rozmowy, które są samym przedstawieniem faktów. Fakty nie zawsze mają siłę przekonywania. Nieskuteczne jest też straszenie groźnymi skutkami globalnego ocieplenia. Zmiana postaw ludzi jest możliwa tam, gdzie jest dialog, empatia, ciekawość, próba znalezienia „wspólnego gruntu" i zrozumienia. Im więcej osób rozumie problem zmiany klimatu, tym większa szansa na zmianę norm kulturowych i większy nacisk na zmiany systemowe.

Jak więc rozmawiać o zmianie klimatu (ale też na inne trudne tematy)?

✓ Przede wszystkim słuchaj: celem nie jest przekonanie kogoś do naszych racji, ale sama rozmowa.

✓ Pomyśl wcześniej o rzeczach, które chciałbyś powiedzieć innym na temat zmiany klimatu. I... nie mów ich od razu.

✓ Jeśli temat zmiany klimatu nie pojawia się naturalnie w rozmowie, a koniecznie chcesz coś o tym powiedzieć, spytaj o zgodę:
„Czy masz czas, aby porozmawiać ze mną o czymś ważnym?",
„Czy mogę ci opowiedzieć o czymś, co mnie niepokoi?"

✓ Pytaj rozmówcę/rozmówczynię, co sądzi o zmianie klimatu.
„Czy martwisz się zmianą klimatu?"
„Czy pogoda jest teraz taka sama, jak w czasach twojego dzieciństwa?"
„Jakie masz wątpliwości, co do dowodów na ocieplanie się Ziemi?"

✓ Nie przerywaj, gdy ktoś opowiada (nawet jeśli się denerwujesz) – wysłuchaj.

✓ Nawiązuj do wypowiedzi rozmówcy:
„To ciekawe, że zauważyłeś...";
„Uważasz, że to może być spisek naukowców?"

✓ Będziesz miał/miała też czas, aby podzielić się swoimi uczuciami odnośnie do zmiany klimatu. Opowiadaj o swoich osobistych doświadczeniach, zamiast próbować przekonać kogoś, że się myli, zarzucając go informacjami.

✓ Opowiedz o tym, co ciebie martwi, jak się dowiedziałeś/dowiedziałaś o zmianie klimatu, co cię przekonało, że kryzys przyrodniczo-klimatyczny jest prawdziwym zagrożeniem. Zapytaj rozmówcę, co o tym myśli.

✓ Doceń rozmówcę/rozmówczynię – od każdego można się czegoś dowiedzieć i nauczyć. Pozytywne zakończenie rozmowy zwiększy prawdopodobieństwo, że nasz rozmówca będzie chciał dalej dowiadywać się o kryzysie klimatycznym i rozmawiać na ten temat.

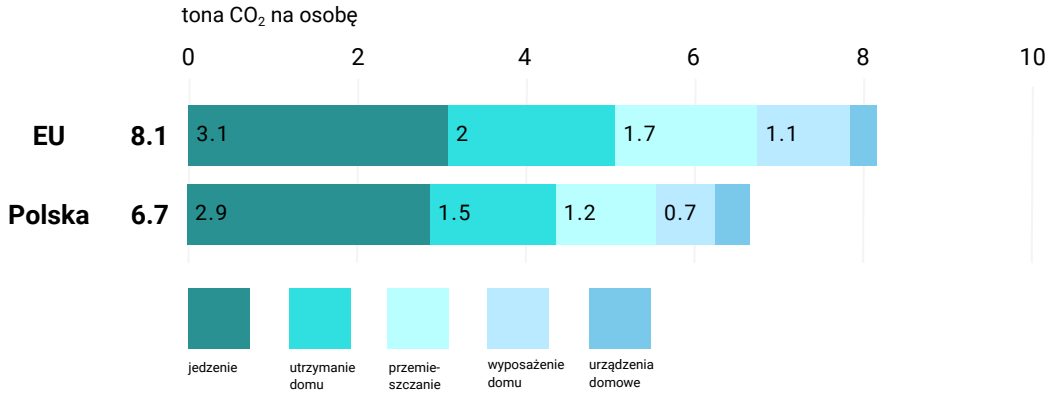
EMOCJE I TZW. DEPRESJA KLIMATYCZNA

Dla wielu osób zrozumienie skali kryzysu klimatycznego i jego potencjalnych konsekwencji wiąże się z przeżywaniem wielu trudnych emocji tj. lęku, smutku, bezsilności, złości. Nic dziwnego, temat jest bardzo złożony i trudny, a rozwiązania wymagają współpracy mocarstw, na których działania często nie mamy wpływu. Wiele osób słysząc o zmianie klimatu wręcz zaprzecza prawdziwości podawanych faktów, gdyż nie zgadzają się one z tym, co wiedzieli wcześniej lub też trudno im przyjąć prawdziwość wizji przyszłości często odmalowywanych wręcz apokaliptycznie.
Strach nie wzbudza chęci do działania, może za to wywołać automatyczne reakcje na zagrożenie – zamrożenie lub ucieczkę, które prowadzą nie do zaangażowania się, ale do paraliżującego lęku, reakcji depresyjnych czy wyparcia. Szczególnie ciężko mogą przeżywać katastroficzne wizje przyszłości dzieci i młodzież. Dlatego zamiast eksponować młode osoby na tego typu informacje, lepiej zachęcać je do poznawania swojego otoczenia, pobudzać ich ciekawość odnośnie funkcjonowania świata przyrody lub uczyć je weryfikowania informacji pochodzących z internetu i innych źródeł.

Zmiany, które pomagają ograniczać nasz osobisty ślad węglowy:

- ***Transport.*** Około 1/3 emisji związanych z funkcjonowaniem przeciętnego gospodarstwa domowego w Europie pochodzi z transportu, czyli zasadniczo z przemieszczania się własnym samochodem. Można na to wpłynąć kupując mniejszy pojazd spalający mniej paliwa, korzystając z transportu zbiorowego czy roweru. Rezygnacja z samochodu jest często trudna – w wielu miejscach brakuje odpowiedniej infrastruktury czy sprawnie działającej komunikacji publicznej. To pokazuje, że ważne są też działania na poziomie lokalnym czy krajowym, które w ogóle dają możliwość wybrania mniej emisyjnego środka transportu.

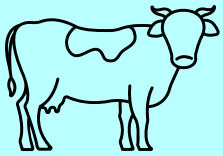
- ***Ogrzewanie domu.*** Najwięcej emisji z gospodarstw pochodzi ze spalania paliw potrzebnych do wytwarzania ciepła oraz elektryczności. W Polsce ok. 2/3 domów jest ogrzewanych indywidualnie, z czego około połowa ma piece na węgiel, a 1/3 ogrzewanie gazowe. Mieszkania ogrzewane ciepłem sieciowym też jednak korzystają z paliw kopalnych (to ok. 90% paliwa używanego w polskich ciepłowniach). Państwo mogłoby ułatwić tutaj potrzebne zmiany np. finansując termomodernizację budynków, dzięki czemu mniej energii byłoby potrzebne do ich ogrzewania. Indywidualnie można natomiast wpływać na to regulując temperatury w domu.
- ***Jedzenie.*** Ograniczenie spożycia mięsa i produktów pochodzenia zwierzęcego do poziomu rekomendowanego przez lekarzy miałoby pozytywny wpływ na nasze zdrowie i środowisko. Globalnie cały system żywnościowy („od pola do stołu") odpowiada za mniej więcej 1/3 emisji wszystkich gazów cieplarnianych, z czego ponad połowa jest związana z hodowlą zwierząt. W przypadku Europy emisje związane z wytwarzaniem żywności są na 2. miejscu pod względem wielkości (za tymi związanymi z utrzymaniem domu: ogrzaniem, elektrycznością, poborem wody liczonymi łącznie), wpływa na to głównie duże spożycie produktów pochodzenia zwierzęcego.
- ***Energia.*** Oszczędzanie energii to najprostszy, a jednocześnie bardzo skuteczny sposób na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Chodzi zarówno o urządzenia domowe (wybór bardziej energooszczędnych, wyłączanie tych, których w danym momencie nie potrzebujemy), jak i to, co i w jakich ilościach kupujemy. Wytworzenie każdej rzeczy wymaga energii, a ta najczęściej pochodzi z paliw kopalnych. Im więcej kupujemy przedmiotów i szybciej się ich pozbywamy, tym więcej emisji idzie „na darmo", czyli de facto na wyprodukowanie czegoś, co za chwilę jest odpadem. Podobnie się dzieje w przypadku marnotrawstwa żywności.



Rys.12. Średni ślad węglowy w EU i w Polsce na osobę w 2021 roku. Źródło: Axelsson i in., 2024. LINK

MIĘSO I KLIMAT

Na świecie żyje ok. 1,5 mld osobników bydła domowego, 1 mld świń, 20 mld drobiu oraz miliony innych zwierząt. Potrzebują one ogromnych ilości paszy. Przykładowo w Polsce około 50-60% zbieranych zbóż wykorzystywanych jest do tuczenia zwierząt. Dla całego świata ten wskaźnik wynosi ok. 30%. Ogółem na całym świecie aż 3/4 ziemi rolnej zajmują łąki, pastwiska i pola z roślinami uprawianymi na pasze.
Ta ziemia rolna mogłaby zostać przeznaczona na inne cele, gdyby zwierząt hodowlanych było po prostu mniej na skutek zmniejszonego popytu na mięso. Do tego spadłyby emisje z rolnictw, np. N_2O pochodzącego ze stosowania nawozów czy CH_4 pochodzącego z fermentacji jelitowej przeżuwaczy („odbekiwanie krów"). Biorąc pod uwagę liczbę bydła, ten metan nie jest czymś, co można zaniedbać, jeśli chodzi o wpływ na skład atmosfery.



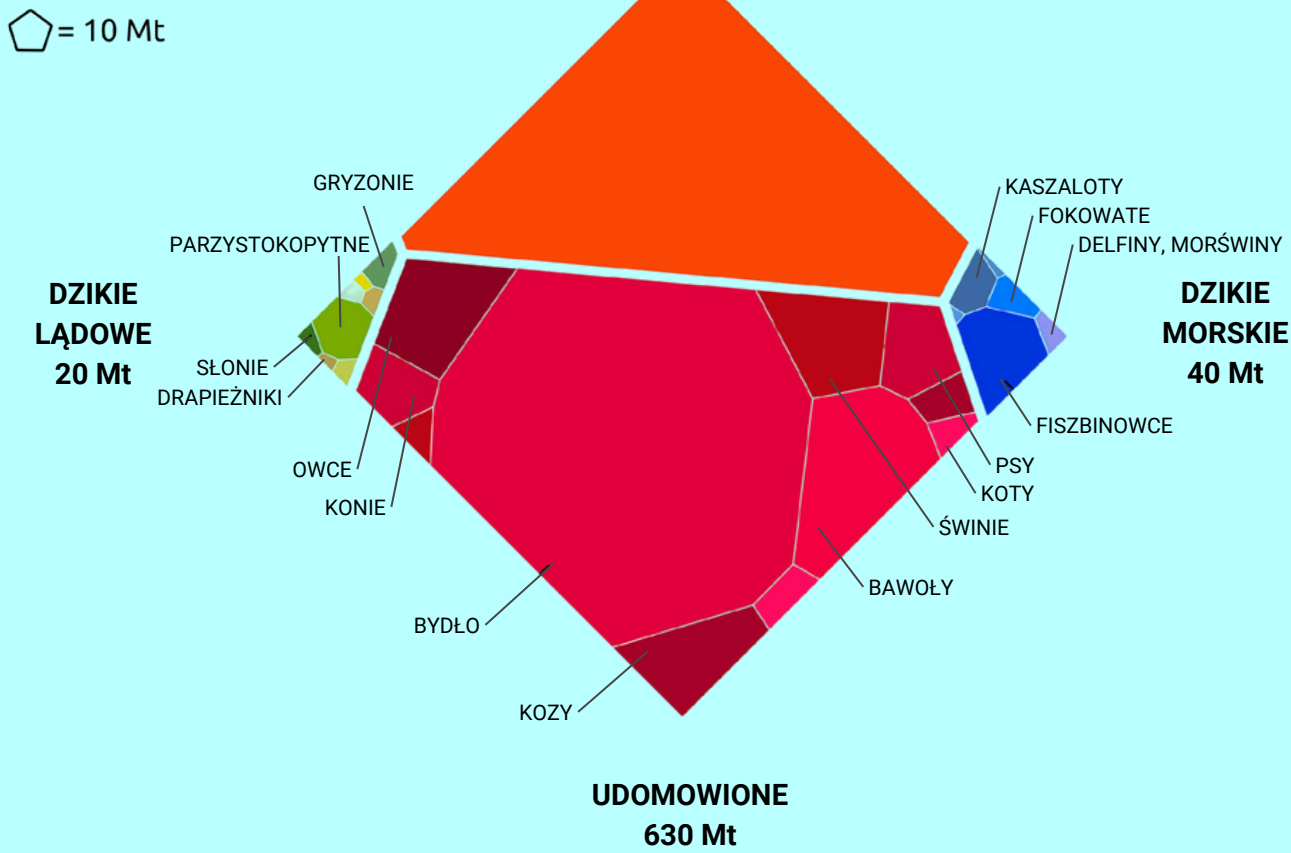
KRYZYS BIORÓŻNORODNOŚCI

Jesteśmy obecnie w trakcie kolejnego wielkiego wymierania gatunków, tylko tym razem spowodowanego nie naturalną katastrofą, a nadmierną eksploatacją i zanieczyszczeniem środowiska. Pozyskiwanie nowych terenów pod uprawy rolnicze jest jednym z głównych czynników nasilających ten kryzys. Wycinane są tysiące hektarów pierwotnych lasów, niszczone naturalne tereny trawiaste (np. poprzez nadmierny wypas bydła), osuszane torfowiska. Na nowych terenach sieje się często rośliny paszowe czy przemysłowe, takie jak palmy oleiste.

Wynika to z coraz większego popytu na mięso i tanie tłuszcze (często też używane w tuczu). Nadmierna eksploatacja środowiska doprowadziła do tego, że dzikie ssaki lądowe – począwszy od ryjówek poprzez lisy, sarny aż do słoni – stanowią jedynie 3% całkowitej masy ssaków lądowych na Ziemi (bez ludzi). Reszta to zwierzęta hodowlane, takie jak krowy czy świnie. Przykładowo w Polsce jest szacunkowo ok. 280 tys. jeleni i ponad 6 mln bydła. Jeśli chodzi o gatunki ptaków, jest podobnie. Spada także liczebność innych grup zwierząt, w tym też bezkręgowców (np. owadów).

SSAKI ZIEMSKIE
WG. CAŁKOWITEJ BIOMASY

1MT = 10^6 TON



Rys.13. Źródło: Greenspoon i in., 2023. LINK

BIBLIOTEKI dla klimatu

Także „głosowanie portfelem” może być indywidualnym działaniem proklimatycznym. Możemy kupować produkty firmy, które faktycznie minimalizują swój ślad węglowy czy marnotrawstwo, ich fabryki znajdują się w miejscach, gdzie istnieją skuteczne przepisy ochrony środowiska (np. w Europie).

POZOROWANE DZIAŁANIA – GREENWASHING

Wiele firm czy organizacji stara się poprawiać swój publiczny wizerunek, przedstawiając się jako „ekologiczne”. W ich komunikatach pojawiają się informacje o dbaniu o przyrodę. Problem w tym, że w Polsce nie ma żadnych prawnych ograniczeń, co do używania symboli kojarzących się z przyrodą czy słów typu „eko”, „przyjazne dla środowiska” do opisywania produktów i usług. Dlatego czasem trudno jest odróżnić, które produkty faktycznie pochodzą z firm starających się zmieniać swoje praktyki, a które są jedynie „ubrane” w ładne słowa (greenwashing). Pomocne może być poszukiwanie na opakowaniach informacji o certyfikatach, których wydanie wymaga regularnej, zewnętrznej kontroli przedsiębiorstwa.

Kolejnym działaniem indywidualnym jest głosowanie w wyborach na osoby, które zdają sobie sprawę z kryzysów, jakie nas dotykają, a nawet osobiste włączenie się w politykę czy tworzenie prawa poprzez np. kandydowanie na radnego lub uczestniczenie w konsultacjach społecznych polityk energetycznych, strategii gminnych, planów zagospodarowanie przestrzennego itp. Każdy może mieć wpływ na kształt tych dokumentów. Można również pisać listy do swoich posłów albo uczestniczyć w spotkaniach komisji środowiska czy infrastruktury w swojej gminie/dzielnicy. Informacje o dokumentach wykładanych do konsultacji społecznych znajdują się na stronach internetowych ministerstw (najczęściej w zakładce „komunikaty” lub „aktualności”) oraz urzędów dzielnic/gmin.

PLANOWANIE PRZESTRZENNE

Dokumenty planistyczne są istotnym elementem dbania o środowisko naturalne. Pozwalają chronić cenne obszary i lepiej kształtować zabudowę. Odpowiednie planowanie rozmieszczenia domów i budynków użyteczności publicznej, takich jak szkoły czy drogi, pozwala m.in.:

- *ograniczać koszty ponoszone przez gminę na tworzenie i utrzymanie infrastruktury (a zaoszczędzone pieniądze można przeznaczyć np. na poprawę jakości życia mieszkańców),*
- *ograniczyć konieczność korzystania z samochodu na co dzień,*
- *zachować jak najwięcej terenów zielonych,*
- *ograniczyć szkodliwy wpływ dużych inwestycji (np. poprzez zakaz budowy lub maksymalne oddalenie od miejscowości ferm przemysłowych),*
- *ochronić cenne tereny, np. torfowiska, fragmenty naturalnych lasów,*
- *ograniczać starty np. w infrastrukturze spowodowane gwałtownymi zjawiskami pogodowymi.*

Takie dokumenty powstają na każdym poziomie – od państwowego do gminnego (miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego). Każdy może zgłosić do nich swoje uwagi, a tym samym mieć wpływ na to, jak będzie wyglądać jego najbliższe otoczenie. Plany zagospodarowania przestrzennego mogą pomagać ograniczać emisje gazów cieplarnianych (np. uwzględnienie transportu kolejowego, ochrona terenów „magazynujących" węgiel, takich jak torfowiska) lub wspomagać adaptację (np. zmniejszenie gęstości zabudowy, wymagania dotyczące udziału tzw. powierzchni biologicznie czynnej, aby zmniejszać ilość zabetonowanej powierzchni i ograniczać miejską wyspę ciepła).

Kolejnym przykładem proklimatycznego działania indywidualnego jest wspieranie różnych form protestu przeciw szkodliwym rozwiązaniom lub praktykom oraz organizacji i grup nieformalnych, które zajmują się tym tematem.

B)

POZIOM LOKALNY I KRAJOWY

Aby zwiększyć skuteczność działań, dobrze jest łączyć siły z osobami, które mają podobne cele, rozmawiać w swoich społecznościach, szukać najlepszych rozwiązań dla miejsc, w których mieszkamy i dla osób, które są naszymi sąsiadami. Naszymi sojusznikami w tych działaniach mogą być lokalne organizacje, a także ważne dla nas instytucje, np. biblioteki. Wiele osób chętnie angażuje się w ochronę cennych przyrodniczo miejsc, które są ulubionymi celami spacerów, dzięki którym nieruchomości mają większą wartość (widok na park czy parking?). Jednak wiele działań wymaga odpowiedniego prawodawstwa i polityk na poziomie gmin, województw czy państwa. Przykładowo, aby ludzie mogli faktycznie dokonać indywidualnego wyboru, a nie być zmuszeni do skorzystania z konkretnej opcji, konieczne jest stworzenie odpowiedniej krajowej strategii, np. dotyczącej tego, czy to drogi czy kolej powinny mieć priorytet, jeśli chodzi o budowę i modernizację sieci transportowej.

Prawodawstwo na poziomie krajowym lub unijnym może wymuszać pewne zmiany w instytucjach i firmach, jednak ważne jest to, żeby politykę kształtować tak, aby niskoemisyjne produkty i usługi były dla ludzi po prostu tańsze i wygodniejsze. Pomocna byłaby także zmiana priorytetów i podstaw oceny rozwoju społeczeństwa. Obecnie głównie dba się o rozwój gospodarczy (wzrost PKB). Jednak ten wskaźnik niewiele mówi o zmniejszaniu nierówności, zapewnianiu wysokiej jakości usług, np. sprawnej służby zdrowia, czy o jakości środowiska, w którym żyjemy (np. stopniu zanieczyszczenia powietrza, którym oddychamy). Z punktu widzenia życia, zdrowia i bezpieczeństwa ludzi działania na rzecz ograniczenia stopnia zmiany klimatu są kluczowe. Gdy jednak patrzymy tylko na wzrost gospodarczy, to są nieistotne, a niekiedy mogą wręcz być przeszkodą w zwiększaniu PKB. Między innymi z tego względu dekarbonizacja wielu sektorów gospodarki idzie niezwykle opornie.

Aby skutecznie przeciwdziałać zmianie klimatu przebudowie musi więc ulec cały system społeczno-gospodarczy państwa, w tym kluczowe sektory, takie jak energetyka. Wymaga to ogromnych środków, wiedzy oraz bardzo starannego planowania. Jednak zysk z tych działań jest dużo większy niż koszty, jakie należy ponieść na transformację. Im bardziej bowiem rośnie temperatura Ziemi, tym bardziej nasilają się różne niekorzystne zjawiska. Straty przez nie generowane są coraz większe, a część jest właściwie niepoliczalna. Trudno bowiem wycenić utratę czyjegoś zdrowia czy życia.

Wśród działań, które pomogłyby na poziomie lokalnym lub krajowym ograniczać zużycie energii i emisje gazów cieplarnianych, można wymienić:

- wdrażanie efektywności energetycznej (oznacza to mniejsze zużycie energii przez maszyny, urządzenia, budynki, przemysł itd.),
- wzrost udziału źródeł niskoemisyjnych w generowaniu elektryczności,
- dostarczanie ciepła do budynków ze źródeł nisko- lub bezemisyjnych i termomodernizację budynków,
- „demotoryzację" (takie projektowanie miast, terenów podmiejskich itp., żeby potrzeba korzystania z samochodu była jak najmniejsza),
- elektryfikację (m.in. transportu),
- odpowiednie planowanie przestrzenne (np. pozwalające ograniczyć konieczność rozbudowy infrastruktury),
- wdrożenie lepszych praktyk rolniczych (głównie mających na celu ochronę jakości gleby i zatrzymywanie wody w krajobrazie),
- zmianę sposobów odżywiania (zmniejszenie udziału mięsa w diecie do poziomu zalecanego przez dietetyków i lekarzy – zmiany w instytucjach, przepisach itp),
- ograniczenie marnotrawstwa (żywności, ubrań i wszelkich innych produktów), np. poprzez przepisy ułatwiające oddawanie produktów o krótkim czasie przydatności przez sklepy.

C)

POZIOM MIĘDZYNARODOWY

Podstawowym aktem prawa międzynarodowego, które służy ograniczaniu tempa zmiany klimatu jest Porozumienie Paryskie do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzonej w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r., przyjęte w Paryżu dnia 12 grudnia 2015 r. Mówi ono, że państwa będą starały się, aby wzrost globalnej temperatury Ziemi nie

przekroczył do końca XXI w. 2°C, a najlepiej 1,5. Problemem jest to, że nie ma żadnych konsekwencji za nieprzestrzeganie zapisów tego porozumienia, a to, jakie dane państwo zadeklaruje cele ograniczania emisji, zależy tylko od jego uznania. To powoduje, że dokument ten nie jest skutecznym narzędziem mitygacji (ograniczania emisji gazów cieplarnianych) i mimo że obowiązuje od wielu lat, to coraz bardziej zbliżamy się do progu 1,5°C. Osiągniemy go zapewne w najbliższej dekadzie, więc dużo wcześniej niż na koniec wieku. Istnieje szereg innych umów i konwencji, które teoretycznie wspierają cele klimatyczne (np. Konwencja o różnorodności biologicznej z 1992 r.). Jednak podobnie jak przy Porozumieniu Paryskim daleko jest od deklaracji do działań.

Tym, co wydaje się działać skuteczniej, są zmiany zachodzące w gospodarkach dużych państw. Przykładem są Chiny, które realizują od kilkunastu lat własną politykę środowiskową (np. zalesianie, odtwarzanie terenów podmokłych) i rozwijają gałęzie przemysłu niskoemisyjnego (np. samochody elektryczne, reaktory elektrowni jądrowych). Takie działania wymuszają odpowiedź innych graczy na rynku, co zwiększa konkurencyjność i prowadzi do szybszego rozprzestrzeniania się danych technologii.

4. PRZYSTOSOWANIE DO ZMIANY KLIMATU

Nawet gdybyśmy jutro przestali spalać wszelkie paliwa kopalne to temperatura Ziemi nadal będzie jeszcze rosła przez pewien czas. Wynika to z tego, że system klimatyczny odpowiada z pewnym opóźnieniem na zmianę składu atmosfery. Z tego powodu konieczne są działania, które zabezpieczą (lub chociaż złagodzą) najważniejsze dziedziny naszego życia przed negatywnymi konsekwencjami obecnego i przyszłego wzrostu temperatur, czyli adaptacja. Adaptacja jest tym trudniejsza i bardziej kosztowna, im szybciej rosną temperatury i im bardziej zmieniają się warunki życia na Ziemi.

Obszarami, gdzie jest ona konieczna są m.in.:

- planowanie miast (np. zwiększenie ochrony przed upałami i powodziami błyskawicznymi),
- rolnictwo (np. wsparcie prac nad wyhodowaniem nowych odmian roślin),
- budownictwo (np. lepsza ochrona przed upałami i nagrzewaniem budynków – nowe normy, materiały),
- ochrona zdrowia (np. szkolenie lekarzy na temat nowych chorób pojawiających się w Polsce, czy zabezpieczenie szpitali przed przeciążeniem przyjęciami w trakcie upałów),
- wykorzystanie wody (np. lepsza ochrona ujęć wody pitnej, ochrona wód podziemnych przed eksploatacją na cele niespożywcze),
- zabezpieczenie przed powodzią (np. ochrona i przywracanie terenów zalewowych),
- zabezpieczenie wybrzeży przed zalaniem i zniszczeniem (np. zalesianie, odsunięcie zabudowy od wybrzeża),
- zabezpieczenie przed skutkami zjawisk ekstremalnych (np. przebudowa sieci przesyłowych, aby trudniej ulegały uszkodzeniom).

Działania te mogą być realizowane poprzez politykę, aktywności i projekty na każdym szczeblu decyzyjnym, począwszy od najmniejszego, np. gminy. Często wymagają też współpracy pomiędzy różnymi sektorami gospodarki i innowacyjnego podejścia do problemów. Można je realizować zarówno

BIBLIOTEKI dla klimatu

przez środki techniczne (np. zmiany w infrastrukturze), informacyjno-edukacyjne (np. popularyzację dobrych praktyk w jakiejś dziedzinie), jak i organizacyjne (np. zarządzanie instytucjami np. szpitale, aby przygotować je na kryzysy czy pojawianie się nowych zagrożeń zdrowotnych).

PRZYKŁADY ADAPTACJI W TRANSPORCIE

- *Promocja transportu niskoemisyjnego (zbiorowego, rowerów, aut elektrycznych czy mniejszych aut, spalających mniej paliwa),*
- *Wykorzystanie materiałów odpornych na wysokie temperatury w wytwarzaniu infrastruktury drogowej i kolejowej,*
- *Dostosowanie rozkładów jazdy do warunków klimatycznych,*
- *Klimatyzowane pojazdy,*
- *Zapewnienie wody obsłudze i podróżnym.*

Duża rolę w adaptacji powinna pełnić tzw. infrastruktura błękitno-zielona. Jest to odpowiednio zaplanowana sieć obszarów naturalnych i półnaturalnych, które mogą zabezpieczać podstawowe usługi, które zapewnia nam środowisko: dostęp do dobrej jakości wody, łagodzenie ekstremów pogodowych, ochrona przed powodzią czy magazynowanie wody.

W przypadku zabezpieczenia jakości i dostępności wody takimi działaniami mogą być np. renaturyzacja rzek, odtwarzanie mokradeł, oszczędzanie wody, ochrona i odtwarzanie terenów zalewowych czy przystosowanie infrastruktury wodociągowej do wysokich temperatur i innych ekstremalnych warunków pogodowych. Dla ochrony wybrzeża przed erozją można np. stosować ochronę wydm i zalesienia, zamiast sztucznych umocnień, które niekiedy mogą wręcz działać odwrotnie do zamierzonych celów. Dodatkowe korzyści, które daje infrastruktura niebiesko-zielona, to zwiększenie walorów krajobrazowych danych obszarów, tworzenie miejsc wypoczynku czy tworzenie siedlisk dla roślin i zwierząt (ochrona bioróżnorodności).

Rzeka Mleczna przed meandryzacją.

Rzeka Mleczna w trakcie robót.

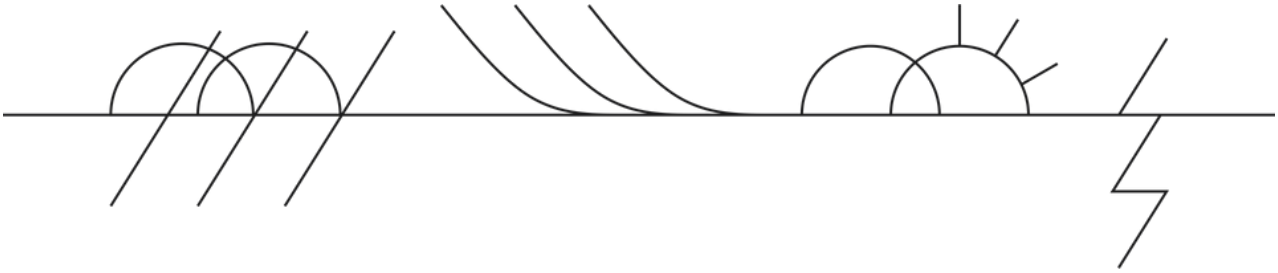
Rys.14. Rzeka Mleczna w Radomiu przed renaturyzacją (lewe zdjęcie) i w trakcie prac. Źródło: LINK

PRZYKŁADY ADAPTACJI W ROLNICTWIE

- *Rozwiązania pozwalające gromadzić wodę w glebie, np. odtwarzanie oczek wodnych, renaturyzacja rzek, budowanie zastawek na rowach odwadniających,*
- *Zmiana metod uprawy, np. wprowadzenie tam, gdzie jest to możliwe, bezorkowej, zmiany terminów prac rolniczych,*
- *Ochrona i poprawa struktury gleby, np. poprzez stosowanie płodozmianu czy międzyplonów,*
- *Nawadnianie (w niektórych przypadkach może być problematyczne ze względu na wyczerpywanie zapasów wód podziemnych, skutkując obniżaniem się ich lustra – wtedy będzie to przykład działania tzw.„przeciwadaptacyjnego”),*
- *Stosowanie nowych odmian roślin: odpornych na suszę, wysokie temperatury itp. oraz hodowla innych gatunków/ras zwierząt.*

BIBLIOTEKI dla klimatu

Wiele działań adaptacyjnych może również pomagać ograniczać emisje gazów cieplarnianych. Przykładowo, budowanie infrastruktury z lepszych, bardziej odpornych materiałów ogranicza konieczność wykonywania częstych remontów, którym zawsze towarzyszą emisje CO_2 pochodzące czy to z użycia ciężkiego sprzętu, czy z wytwarzania nowych materiałów. Podobnie odpowiednia termomodernizacja budynku może pomóc obniżyć temperatury latem zmniejszając zapotrzebowanie na klimatyzację, a tym samym na energię elektryczną wytwarzaną w Polsce głównie ze spalania paliw kopalnych.



5. PODSUMOWANIE

Słuchając w mediach wypowiedzi różnych polityków czy dziennikarzy i dziennikarek, a czasem nawet niektórych profesorów i profesorek, można odnieść niekiedy wrażenie, że o zmianie klimatu wiemy jeszcze niezbyt wiele, a działania mające ograniczać wzrost temperatury mają charakter polityczny, a nie zdroworozsądkowy. Tak naprawdę jednak wiele podstawowych praw rządzących systemem klimatycznym Ziemi zostało opisanych przez naukowców już ponad 150 lat temu. Od tego czasu kolejne badania i analizy pozwoliły na dokładniejsze poznanie jego funkcjonowania, a nowe narzędzia i technologie – na sprawdzenie różnych hipotez. Celem ograniczenia tempa zmiany klimatu jest ochrona zdrowia, życia i bezpieczeństwa ludzi. Nie ma w tym ani nic kontrowersyjnego, ani niczego, co powinno w ogóle podlegać dyskusji.

Jeśli zastanawiamy się, dlaczego mimo wielu dekad badań klimatu i ponad 30 lat, które minęły od ogłoszenia w 1992 r. Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu niewiele się wydarzyło, to należy pamiętać o tym, że firmy przemysłu wydobywczego należą do najbogatszych na świecie. Przykładowo w rankingu Forbesa za 2024 r. Saudi Aramco było na 3 miejscu z zyskiem ponad 116 miliardów dolarów, a Exxon Mobil na 14 z prawie 33. Tego typu zyski pozwalają inwestować ogromne pieniądze w kampanie PR-owe czy lobbing. Dokumenty ze śledztwa pozyskanego podczas procesu przeciwko Exxonowi, prowadzonego przez prokuratora generalnego Nowego Jorku w 2015 r. wykazały, że firma przez dekady finansowała grupy dziennikarzy i osób z tytułami naukowymi negujących zmianę klimatu i rozsiewających dezinformacje, wydając w tym czasie na te kampanie miliony dolarów.

Obecnie ponosimy konsekwencje tego, że przez dziesiątki lat nie zrobiono prawie nic na rzecz ograniczania emisji gazów cieplarnianych. Musimy w związku z tym robić to teraz bardzo szybko. Jest to dużo trudniejsze niż stopniowe przekształcanie gospodarki, które – gdybyśmy zaczęli je 50 lat temu – nie byłoby zapewne w ogóle odczuwalne przez przeciętnego obywatela. Podobnie jest z adaptacją – musimy przygotować się na bardziej negatywne konsekwencje i na dużo większe zmiany. Dalsze czekanie będzie jedynie pogarszać naszą sytuację, prowadząc do tego, że zarówno my, jak i nasze dzieci i wnuki będziemy musieli stawiać czoła warunkom środowiskowym, jakich ludzie nigdy jeszcze nie zaznali w historii naszego gatunku.

CO POLACY MYŚLĄ O ZMIANIE KLIMATU?

Mniej więcej 3/4 Polaków uważało w 2024 r. zmianę klimatu za poważny problem i się nią martwiło (badanie firmy Arc Rynek i Opinia w ramach sieci IriS). W tych samych badania widać też niestety spadek nadziei na to, że gospodarki staną się kiedykolwiek niskoemisyjne. Nie jest to zaskakujące patrząc na to, co dzieje się na świecie i w Polsce. O klimacie bardzo dużo się mówi, ale niewiele widać konkretnych działań. Pokazuje to, że sama edukacja nie wystarcza. Jeśli dużo wiemy, ale widzimy, że rządy się tym nie przejmują, możemy czuć się sfrustrowani i tracić nadzieję na zmiany.
W badaniach widać jednak, że w Polsce osób, które zaprzeczają temu, że temperatury na naszej planecie rosną albo twierdzących, że nie stanowi to problemu, jest garstka. Niestety, często jest to najgłośniejsza mniejszość, co może wywoływać wrażenie, że reprezentują dużą grupę Polaków. Tak jednak nie jest. To mała liczba osób, która po prostu ma jakiś interes w negowaniu ustaleń nauki lub faktycznie ich po prostu zupełnie nie zna.

WIĘKSZOŚĆ INFORMACJI ZAWARTYCH W BROSZURZE MOŻESZ UZUPEŁNIĆ/POSZERZYĆ CZYTAJĄC ARTYKUŁY NA WWW.NAUKAOKLIMACIE.PL

Opracowanie merytoryczne:
Anna Sierpińska

Redakcja i korekta:
Małgorzata Rodak

Grafika i skład:
Ola Andrzejewska, Megi Malinowska

Publikacja powstała w ramach projektu
Biblioteki dla klimatu realizowanego
przez Fundację FRSI.

BIBLIOTEKI dla klimatu projekt FRSI

BIBLIOTEKI
dla klimatu