



FIZYKA BUDOWLI



Wprowadzenie (z krótką historią przedmiotu)

Oświetlenie i hałas

Charakterystyka materiałów budowlanych

Fizyka przegród budowlanych (procesy jednostkowe - przepływ ciepła, wilgoci i powietrza)

Wstęp do problematyki potrzeb cieplnych (okres zimowy - grzewczy)

Stateczność cieplna (okres zimowy i letni)

Tematyka - Budynek a środowisko. Interdyscyplinarny charakter fizyki budowli. Podstawy wymiany ciepła i masy (rodzaje i prawa wymiany ciepła, właściwości materiałów, przepływ ciepła, powietrza i pary wodnej przez przegrody, zdolność do akumulowania ciepła, stateczność ciepła). Klimat pomieszczeń (czynniki kształtujące, komfort cieplny, oświetlenie, stan powietrza, mikroklimat akustyczny). Ochrona cieplna pomieszczeń (normalizacja i metody, parametry obliczeniowe, projektowanie przegród, ochrona przed stratami ciepła, ochrona przed zawilgoceniem, szczelność obudowy). **Kompleksowa ocena charakterystyki energetycznej budynku (audyting energetyczny i termomodernizacja budynków istniejących – temat realizowany osobno)**

Cel dydaktyczny - Niezbędny wstęp do wszystkich przedmiotów obejmujących podstawy projektowania nowoczesnych, energooszczędnych i pro-ekologicznych budynków. Wprowadzenie do zagadnień projektowania budynków spełniających współczesne wymagania w zakresie racjonalnej ochrony cieplnej oraz wyposażenia instalacyjnego, ukierunkowane na zapewnienie właściwego klimatu pomieszczeń o różnym przeznaczeniu **(co zapewnia niezbędny zasób wiedzy do współpracy architekta z instalatorem)**

Elementy historii rozwoju

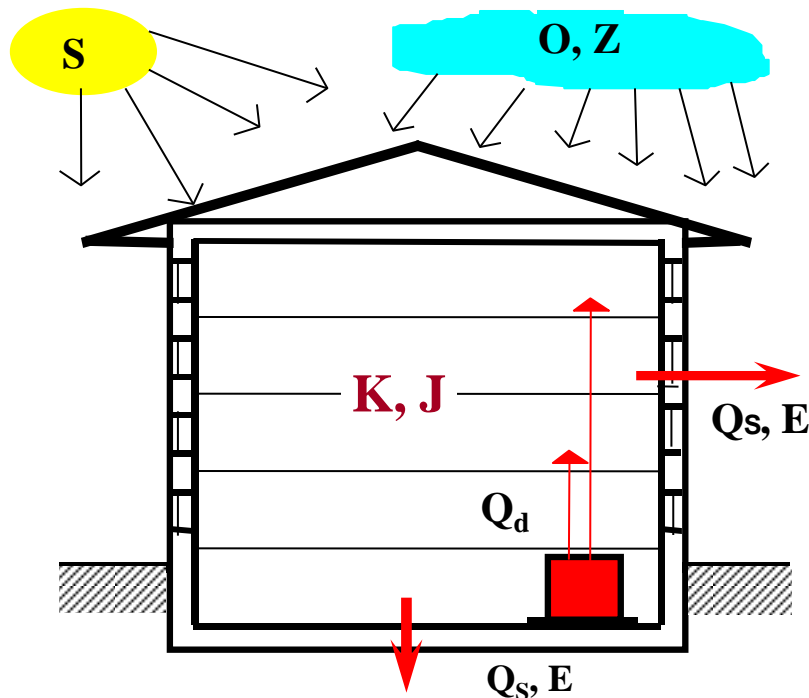
Budownictwo jako nauka składa się z wielu gałęzi wywodzących się z różnych dziedzin nauki i techniki. Wiele z nich do niedawna stanowiło jedynie część fizyki, mechaniki, geologii, itp.

Początki datują się na lata 20-te XX wieku, w których zaczęto rozwijać tzw. fizykę konstrukcji budowlanych (np. Bauphysik w Niemczech); *fizyka przegrody budowlanej* opisuje i rozwiązuje głównie procesy wymiany ciepła, wilgoci, znacznie rzadziej – powietrza

Fizyka budowli zajmuje się zagadnieniami fizyki przegród budowlanych i szeregiem zjawisk związanych z funkcją jaką pełni budynek, a więc w jej zakres wchodzi: *znajomość klimatu zewnętrznego i wewnętrznego oraz rodzaj i działanie urządzeń i instalacji wewnętrznych.* Jako nauka samodzielna wykorzystuje metody badań oraz ich wyniki uzyskiwane w takich dyscyplinach jak np. materiałoznawstwo budowlane, budownictwo ogólne i przemysłowe, technologia budowlana, instalacje budowlane, inżynieria materiałowa, klimatologia, chemia fizyczna, fizjologia, socjologia, ekonomia, itd. W Polsce fizyka budowli (a właściwie – fizyka przegrody budowlanej) pojawiła się w latach 50-tych. Obecnie zaczyna się tworzyć podstawy do pełnej *Fizyki Budowli*

Budowla a środowisko

Każdy obiekt budowlany podlega wpływom otoczenia. Jego powłoka zewnętrzna i wewnętrzne wyposażenie techniczne powinno umożliwiać pełną realizację wymaganego przeznaczeniem budynku klimatu wewnętrznego, który jest współtworzony w wyniku realizacji założeń *komfortu cieplnego, jakości powietrza wewnętrznego, oświetlenia i hałasu*. Użyte materiały budowlane oraz urządzenia i instalacje wewnętrzne powinny być tak dobrane i użytkowane aby nie obciążać środowiska zewnętrznego (emisja, odpady, itp.) oraz nie wpływać negatywnie na samopoczucie i zdrowie użytkowników. Ponadto dostarczona do budynku energia (ciepło) oraz jej produkcją i rozdział powinny być dostosowane do wymagań klimatu wewnętrznego



S - promieniowanie słoneczne; **O** - opady; **Z** - zanieczyszczenia; **Q_s** - straty ciepła; **E** - wpływ na środowisko zewnętrzne (np. emisja); **Q_d** - ciepło (energia) dostarczana do pomieszczeń (lub budynku);

K - komfort cieplny; **J** - jakość powietrza wewnętrznego

KLIMAT ZEWNĘTRZNY

Klimatem zewnętrznym nazywamy cechy charakterystyczne układu i zmienności zjawisk atmosferycznych występujących na danym terenie i uwarunkowanych jego położeniem geograficznym, wysokością nad poziomem morza, właściwościami atmosfery (głównie zawartością H_2O i CO_2), rozkładem lądów, mórz i cieków lub innych zbiorników wodnych, zmiennością napromieniowania słonecznego, cyrkulacją atmosferyczną, ciepłem wewnętrznym ziemi, działalnością ludzką, itp.

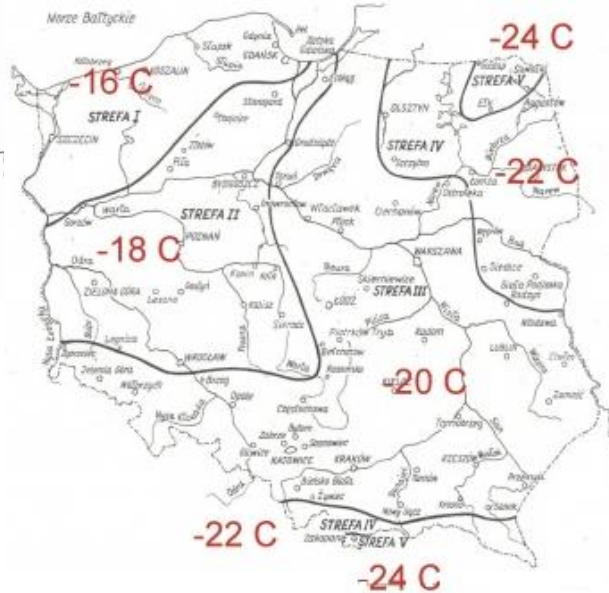
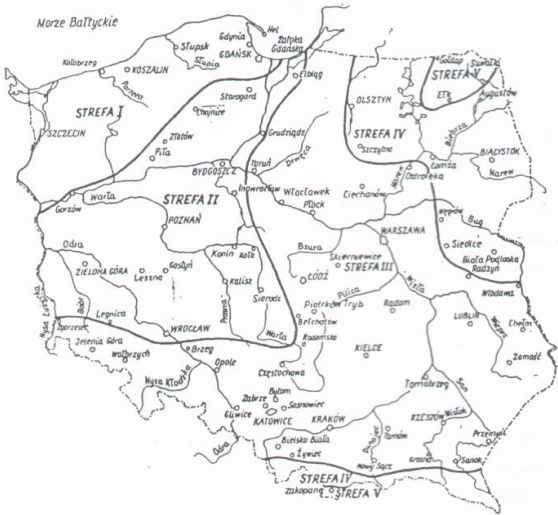
Na klimat zewnętrzny składają się uśrednione warunki pogodowe dla długiego okresu czasu, w których skład wchodzi przede wszystkim:

- ✓ **Temperatury i ciśnienia powietrza**
- ✓ **Ciśnienie cząstkowe pary wodnej (wilgotność powietrza)**
- ✓ **Natężenie promieniowania słonecznego**
- ✓ **Prędkości i kierunki wiatru**
- ✓ **Częstość i natężenie opadów oraz skład fizyczny, chemiczny powietrza**

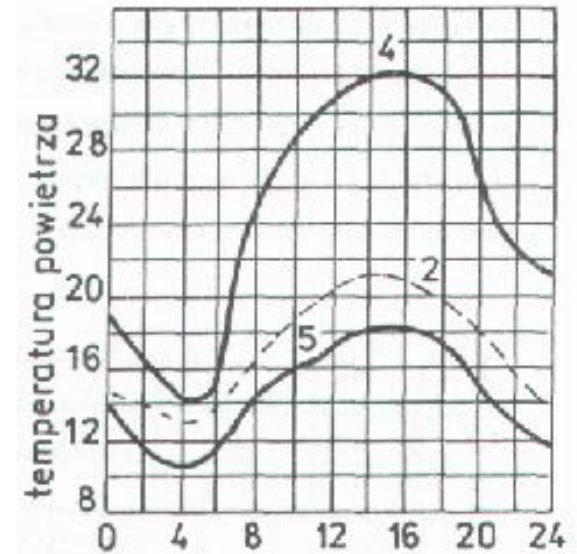
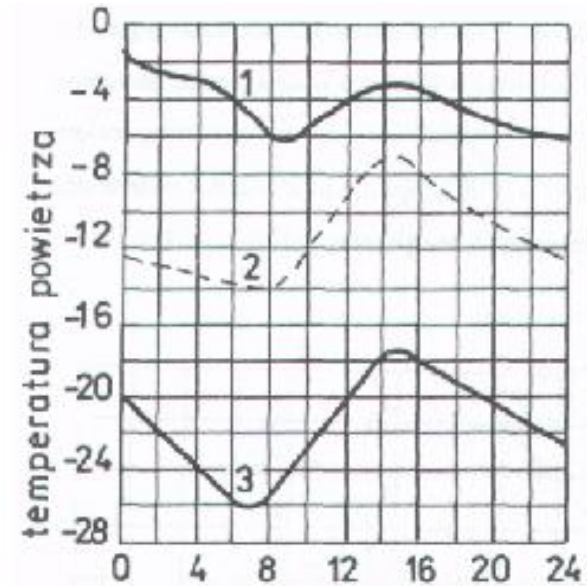
Dla celów odniesienia zmiennych w czasie i przestrzeni parametrów fizycznych atmosfery stworzono *tzw. atmosferę standardową*, której podstawą jest gradient temperatury i ciśnienia

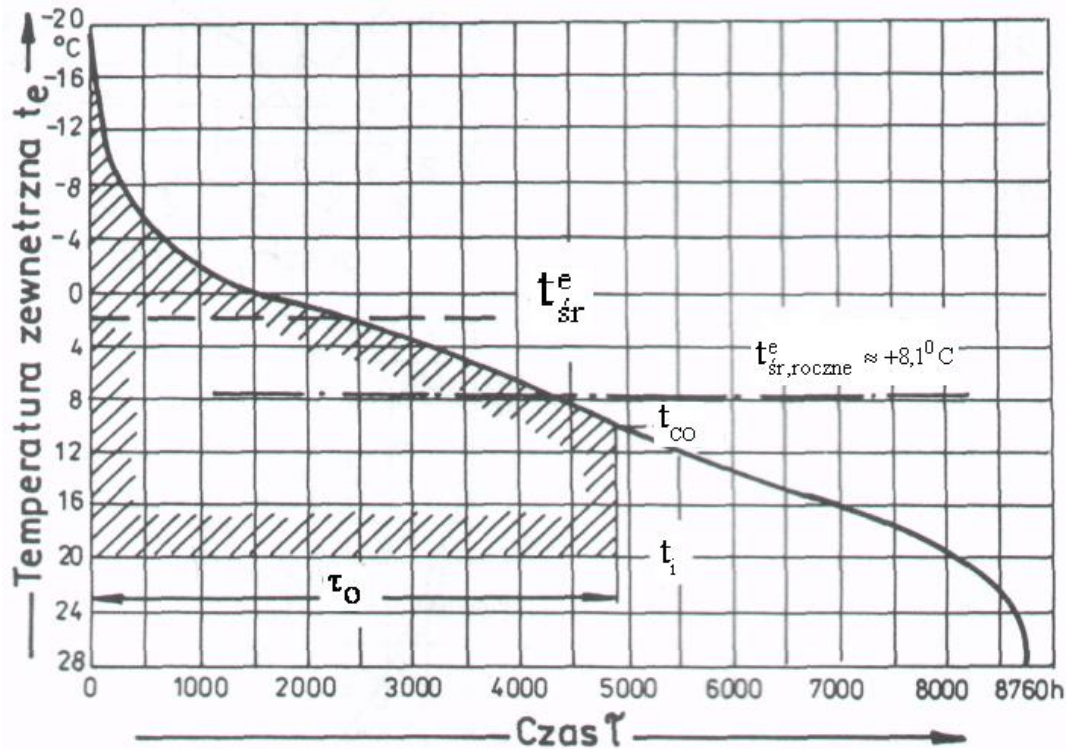
Temperatury powietrza

Podział obszaru Polski na strefy klimatyczne



1 - łagodny dzień zimowy, 2-średnia miesięczna, 3-mroźny dzień zimowy, 4-gorący dzień letni, 5-chłodny i wietrzny dzień letni)



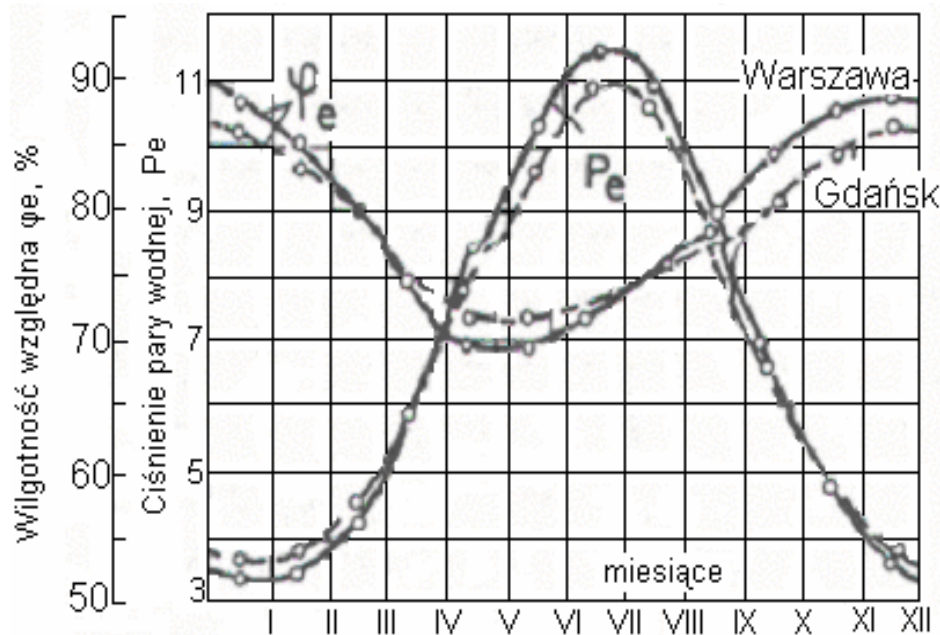


Uporządkowany wykres częstotliwości temperatur powietrza zewnętrznego dla Katowic: t_{co} - temperatura zewnętrzna początku ogrzewania (np. $+10^{\circ}\text{C}$), τ_0 - czas ogrzewania, t_{sr}^e - średnia temperatura w roku, t_{sr}^e - średnia temperatura okresu ogrzewania

Najchłodniejszym miesiącem w roku w Polsce jest zwykle styczeń lub luty, ale może nim być każdy miesiąc od grudnia do marca. W rozkładzie temperatury w ziemi, obok oddziaływania wyniesienia nad poziomem morza, zaznacza się ocieplający wpływ Bałtyku i ochładzająca rola napływu kontynentalnych mas powietrza ze wschodu, objawiająca się w charakterystycznym biegu izoterm. **Sezon letni odznacza się większą stałością warunków termicznych. Najczęściej najcieplejszym miesiącem jest lipiec lub sierpień**

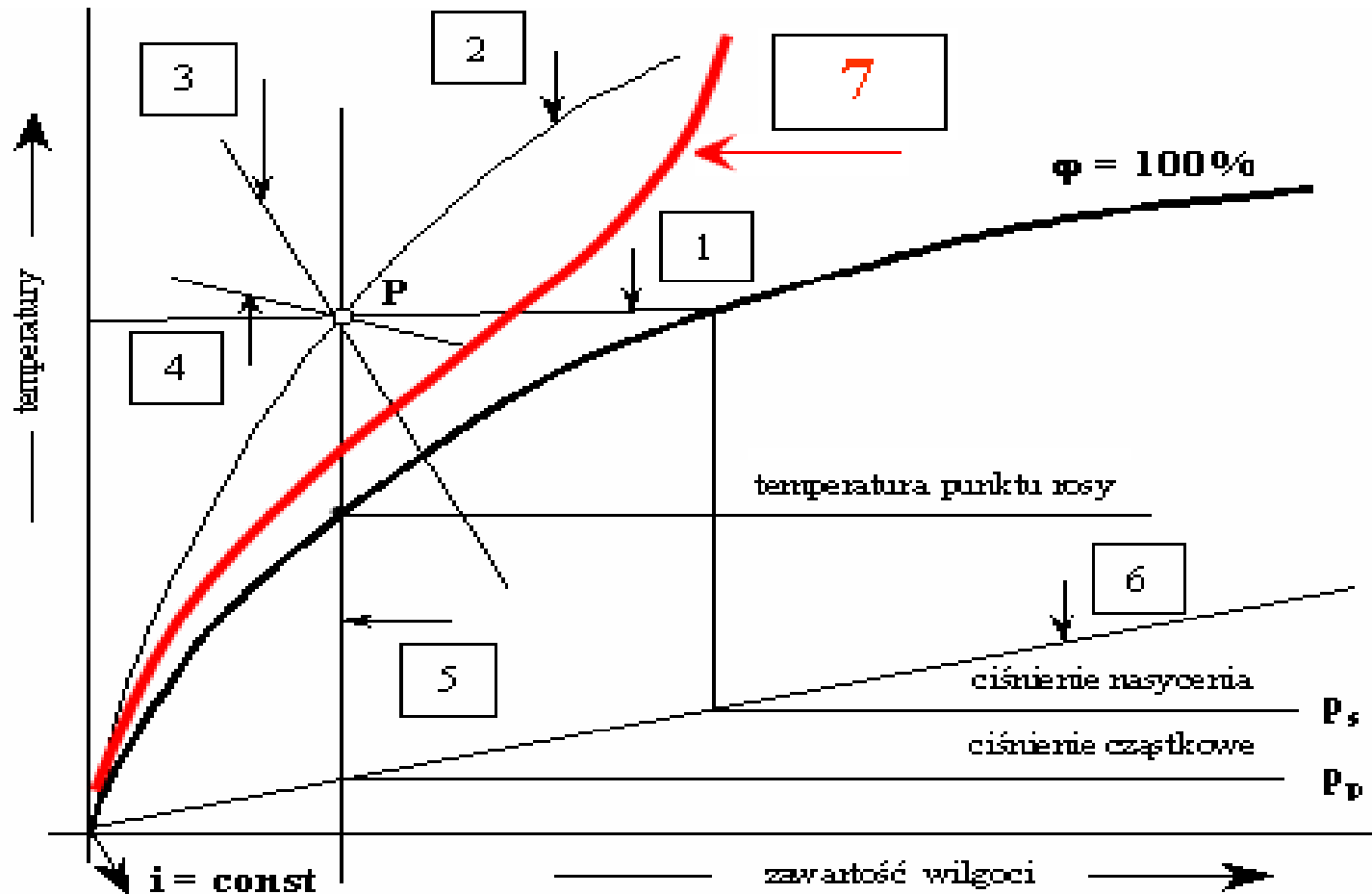
Wilgotności powietrza

Ilość pary wodnej w powietrzu zewnętrznym (wilgotność bezwzględna) waha się od *0.4 g/kg pow. suchego (okres zimowy) do około 22g/kg pow. suchego (okres letni - duże opady)*. Zależy ona od temperatury powietrza oraz źródeł parowania wody w atmosferze i jest zmienna w ciągu dnia, sezonu i roku. W praktyce często stosuje się wilgotności względne (φ_e). *Okresowi zimowemu odpowiadają wysokie wilgotności względne (ponad 90%), zaś okres letni charakteryzuje się wartościami 50% (60%)*



Roczny przebieg wilgotności względnej (φ_e) i ciśnienia pary wodnej (p_e) w powietrzu zewnętrznym

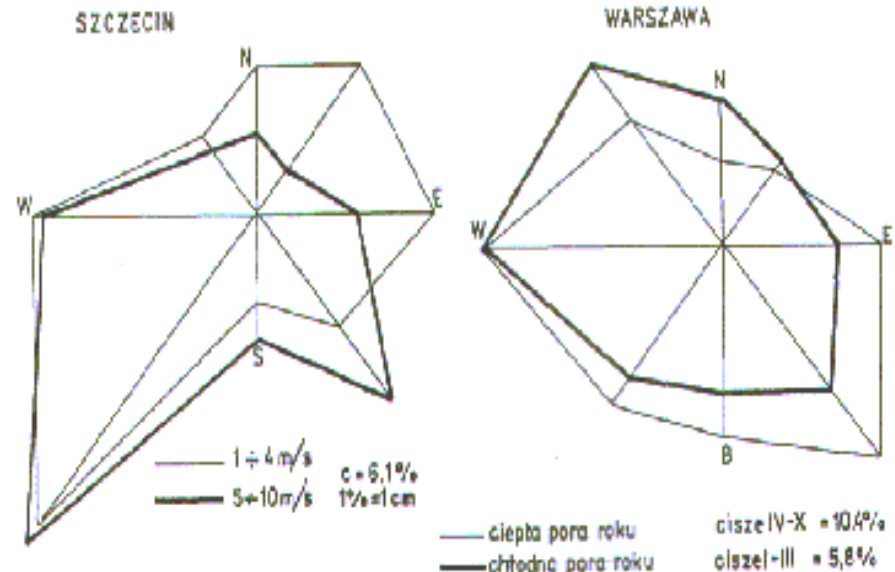
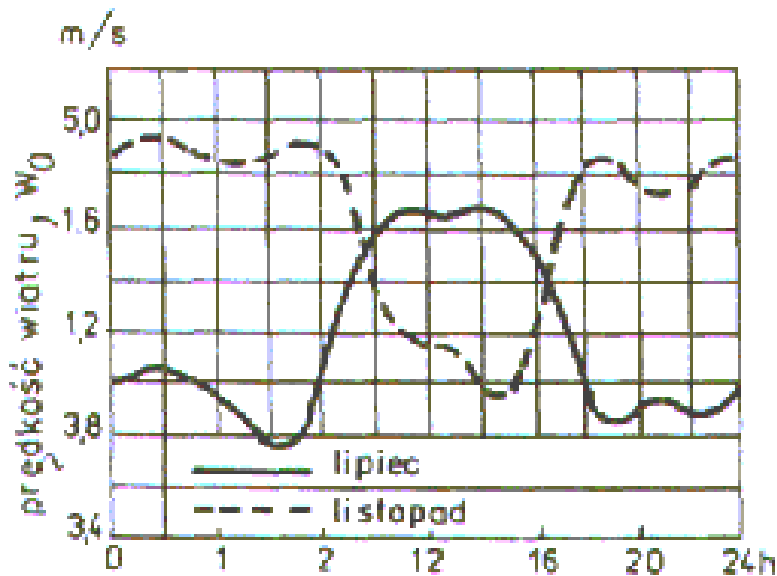
Temperatury i wilgotności powietrza związane są z sobą, a ich zmiany często są przedstawiane na wykresie I-X w postaci tzw. krzywych klimatycznych (linia 7 na wykresie)



1 – temperatura ($^{\circ}\text{C}$), 2 – wilgotność względna (%), 3 – entalpia (kJ/kg), 4 – gęstość (kg/m^3), 5 – zawartość wilgoci (g/kg), 6 – linia zmian ciśnień pary wodnej (Pa), 7 – **krzywa klimatyczna**

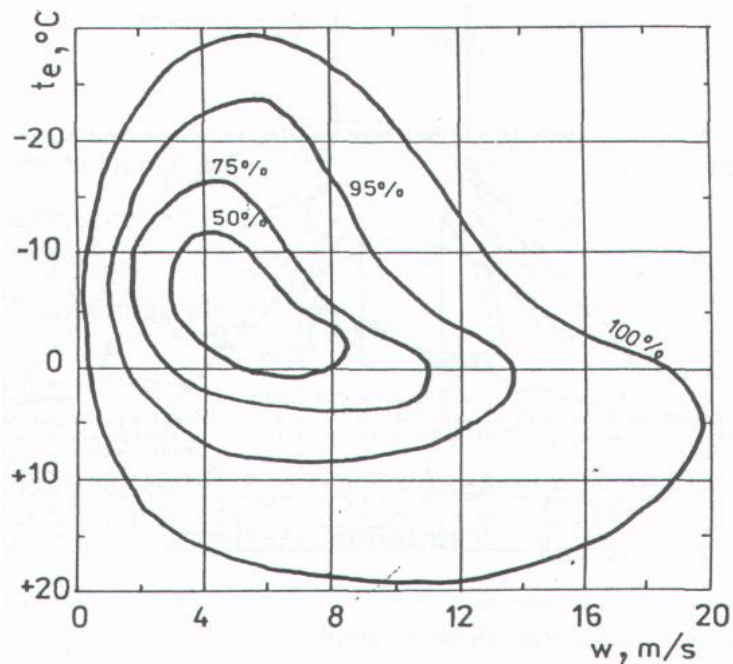
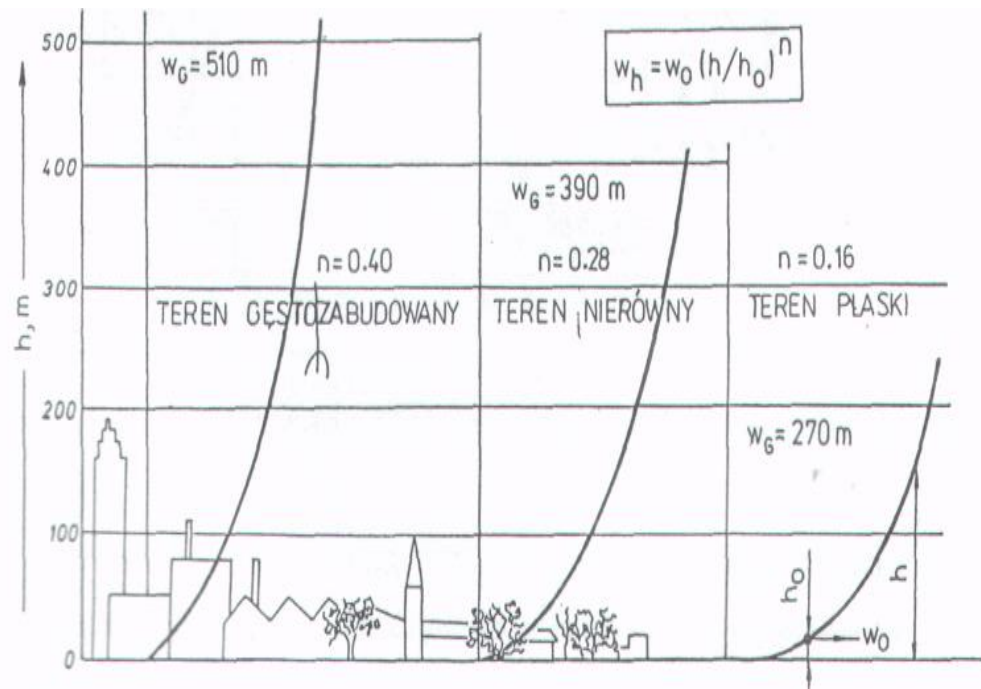
Prędkości i kierunki wiatru

Prędkości i kierunki wiatrów ulegają dobowym i rocznym zmianom o charakterze nieperiodycznym i zależą od zmian ciśnienia atmosferycznego oraz rodzaju i zabudowy terenu. Ostatnie z tych czynników mają istotne znaczenie dla opływów strumieni powietrza wokół budynków oraz naturalnie kształtujących się przepływów powietrza przez budynki (wentylacja naturalna)



W Polsce przeważają wiatry słabe, na wybrzeżu stanowią one 60% notowań, na nizu sięgają nieci ponad 70% a w kotlinach śródgórskich nawet 80%. *Wiatry silne najczęściej występują w najwyższych partiach gór oraz w strefie nadmorskiej. Wiatry bardzo silne w górach obserwuje się w ciągu całego roku. Najwyższe partie Karkonoszy są najbardziej wietrznym regionem Polski*

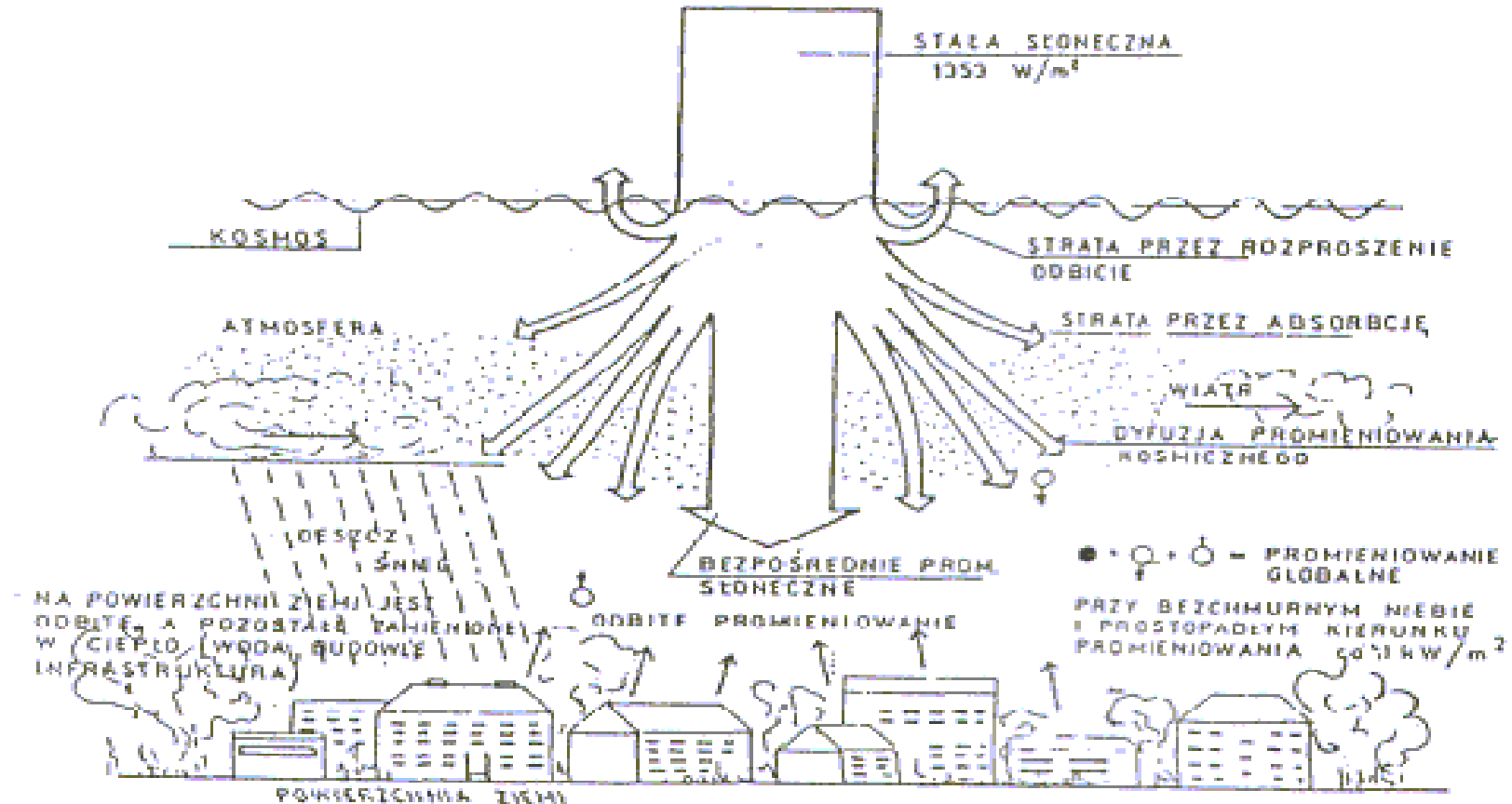
Pionowy rozkładu prędkości wiatru: w_0 - prędkość wiatru mierzona na wysokości h_0 w stacjach meteorologicznych, w_h - jw. lecz na dowolnej wysokości ponad terenem o różnej zabudowie, w_g - prędkość wiatru gradientowego (brak zaburzeń wywołanych istnieniem zabudowy)



Charakterystyczna jest zależność między prędkościami wiatru i temperaturami; są to tzw. **łączne częstotliwości występowania temperatur powietrza zewnętrznego i prędkości wiatrów dla terenów położonych pomiędzy 52°÷55° szerokości geograficznej**

Promieniowanie słoneczne

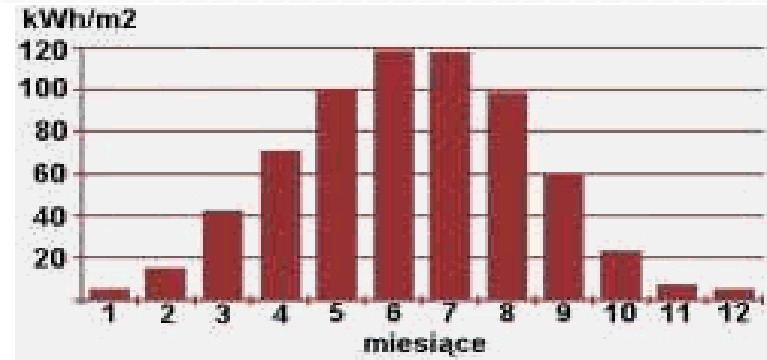
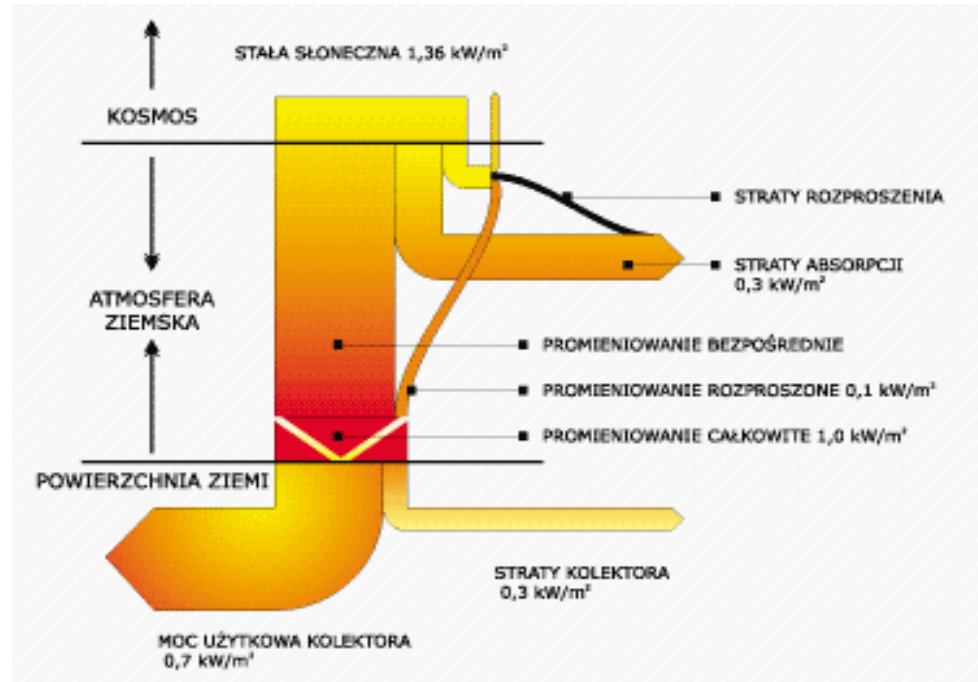
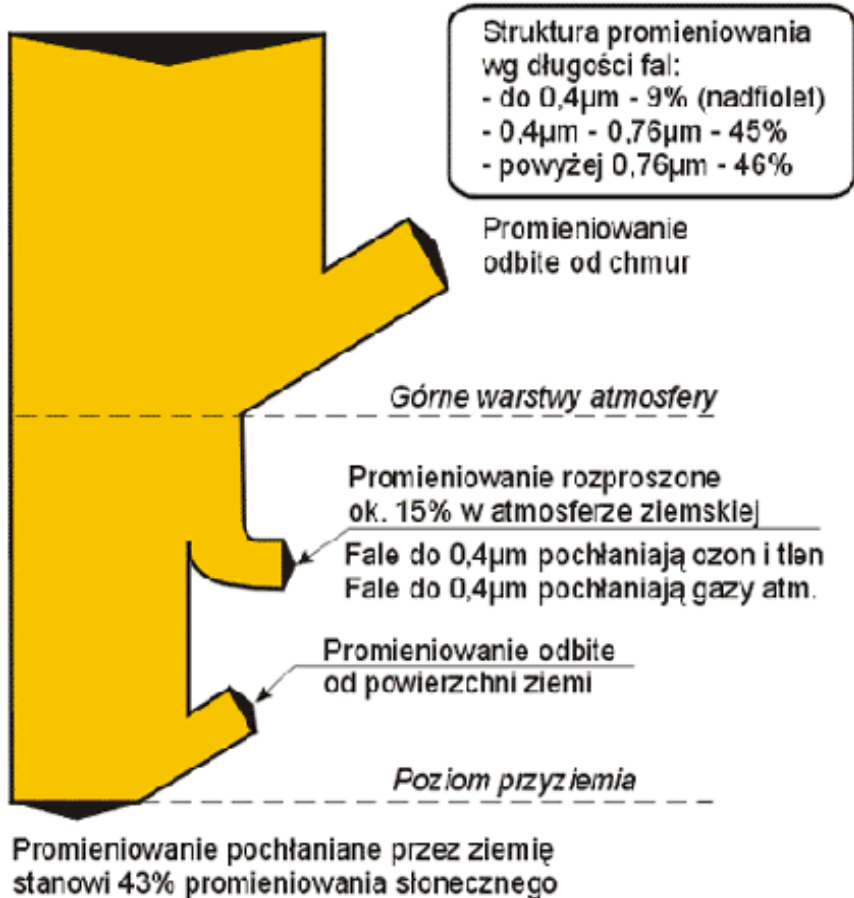
Promieniowanie słoneczne jest formą przekazywania energii przez fale elektromagnetyczne o długościach od 0,2 do 3 μm

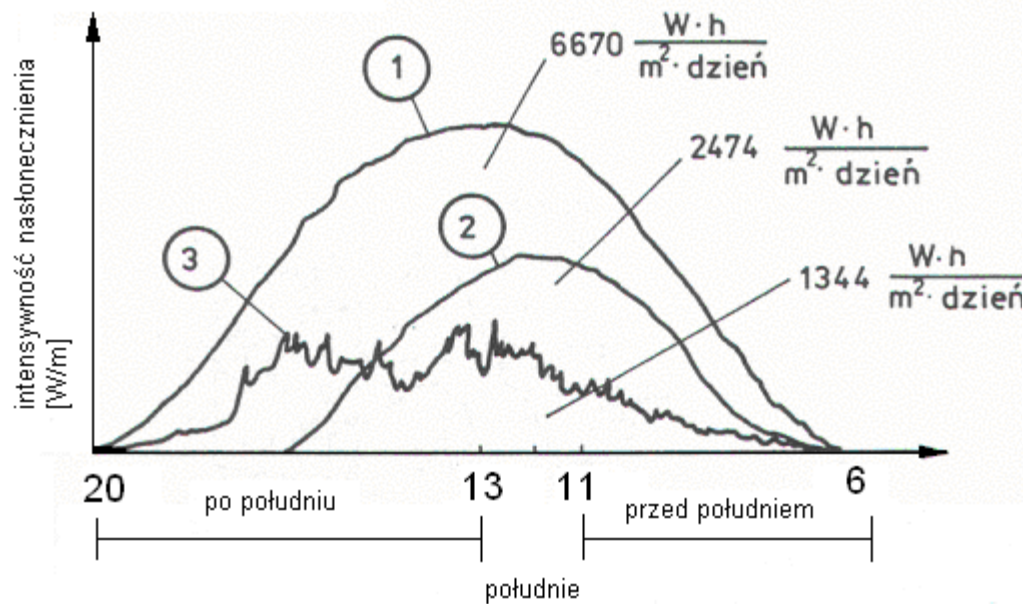


Energię promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi w ciągu roku szacować można na około **3,9 miliona eksadżuli (1 trylion dżuli)**

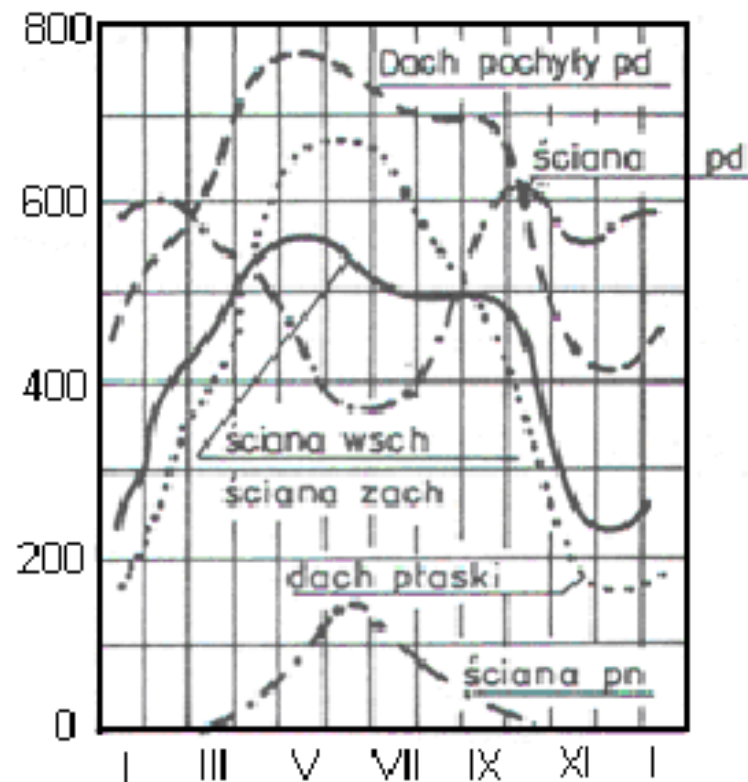
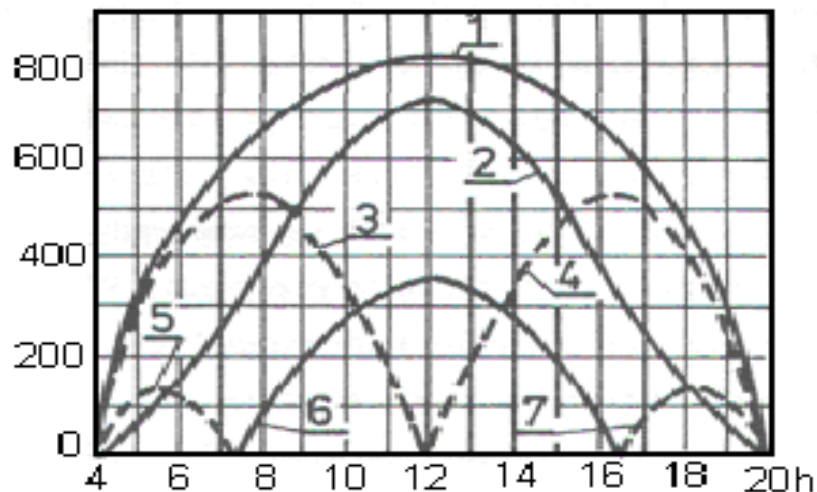
Blisko połowa dochodzącej do Ziemi energii ulega odbiciu, rozproszeniu i pochłonięciu w atmosferze ziemskiej. Metr kwadratowy powierzchni słonecznej wypromieniowuje w ciągu sekundy w przestrzeń $62,86 \times 10^6 \text{ J}$, a cała powierzchnia Słońca $3,826 \times 10^{26} \text{ J}$. Z tej energii do Ziemi dociera w każdej sekundzie $2 \times 10^{17} \text{ J}$, co odpowiada $200 \times 10^{12} \text{ W}$

PROMIENIOWANIE ELEKTROMAGNETYCZNE SŁOŃCA NA FALACH $0,1 \div 4 \mu\text{m}$





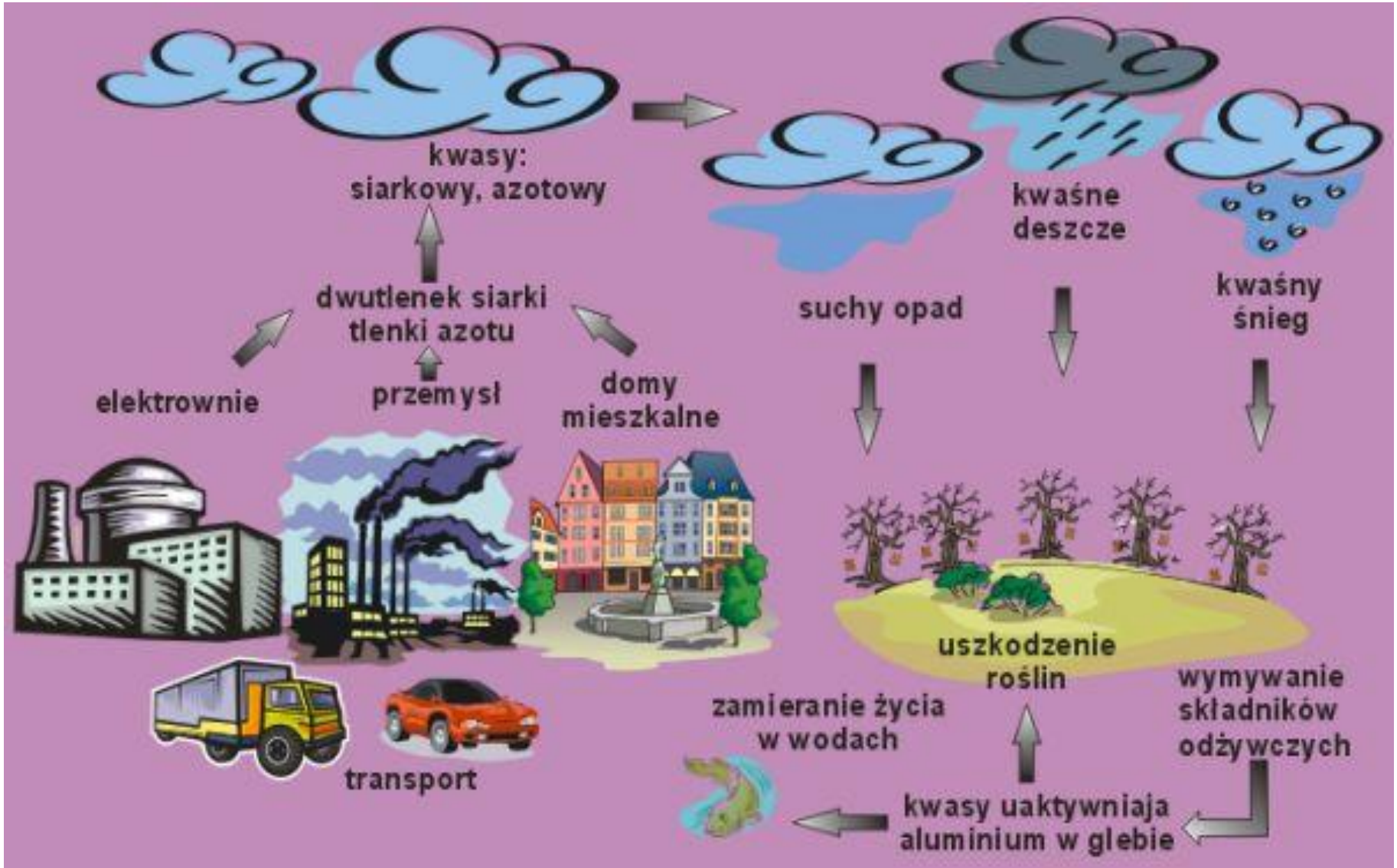
Dzienne zmiany intensywności promieniowania słonecznego: 1 - bezchmurny dzień letni, 2 - bezchmurny dzień zimowy, 3 - dzień silnie zachmurzony (wietrzny)



1 - powierzchnia prostopadła, 2 - dach płaski, 3 - ściana wschodnia, 4 - ściana zachodnia, 5, 7 - ściana północna, 6 - ściana południowa

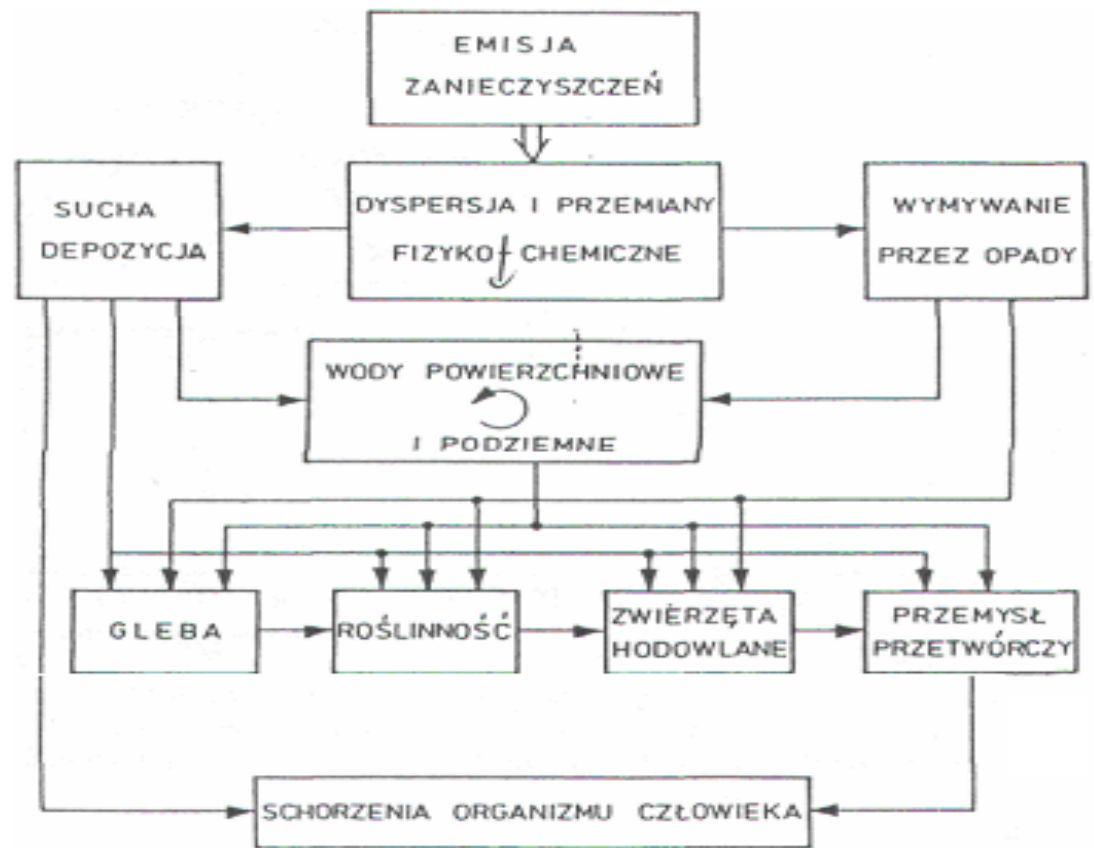
Zanieczyszczenie powietrza zewnętrznego

Atmosfera i jej zanieczyszczenia



Znamienną cechą zanieczyszczeń odprowadzanych do atmosfery jest ich krążenie w biosferze

Zanieczyszczenia wprowadzane do atmosfery są w niej rozprzestrzeniane poprzez prądy powietrzne (sucha depozycja), ulegają dyspersji, przechodzą do gleby, wody, itp., a w efekcie oddziałują pośrednio na organizm ludzki, stanowiąc jeden z powodów częstych jego schorzeń i chorób alergicznych



Emisja zanieczyszczeń nie uległa w ostatnim okresie nasileniu, ale stopień zagrożenia (szczególnie zanieczyszczeniami gazowymi) nadal wzrasta; głównymi branżami przemysłowymi będącymi przyczyną znacznej degradacji naturalnego środowiska jest przemysł ciężki i energetyka



Smog unoszący się nad Los Angeles. Po lewej obserwatorium astronomiczne Griffitha

Zanieczyszczenia powietrza są najbardziej niebezpieczne ze wszystkich zanieczyszczeń, gdyż są mobilne i mogą skazić na dużych obszarach praktycznie wszystkie komponenty środowiska. Głównymi źródłami zanieczyszczeń są: uprzemysłowienie i wzrost liczby ludności, przemysł energetyczny i transportowy. **Rosnące zapotrzebowanie na energię uczyniło ze spalania główne źródło zanieczyszczeń atmosferycznych pochodzenia antropogenicznego.** Najważniejsze z nich to: dwutlenek siarki (SO_2), tlenki azotu (NO_x), pyły węglowe (X_2) tlenek węgla (CO), dwutlenek węgla (CO_2), ozon troposferyczny (O_3), ołów (Pb), pyły, a źródłami zanieczyszczeń powietrza są m.in.: chemiczna konwersja paliw, wydobywanie i transport surowców, przemysł chemiczny, rafineryjny, metalurgiczny, cementownie, składowiska surowców i odpadów, motoryzacja. Naturalne źródła zanieczyszczeń powietrza to: wybuchy wulkanów, erozja wietrzna skał, pożary lasów i stepów, pył kosmiczny, niektóre procesy biologiczne

Zanieczyszczenia powietrza są wchłaniane przez ludzi głównie w trakcie oddychania. Przyczyniają się do powstawania schorzeń układu oddechowego, a także zaburzeń reprodukcji i alergii. W środowisku kulturowym człowieka zanieczyszczenia powietrza powodują korozje metali i materiałów budowlanych. Działają niekorzystnie również na świat roślinny, zaburzając procesy fotosyntezy, transpiracji i oddychania. Wtórnie skażają wody i gleby. **W skali globalnej mają wpływ na zmiany klimatyczne**. Zanieczyszczenia powietrza zwiększają także kwasowość wody pitnej. Powoduje to wzrost zawartości ołowiu, miedzi, cynku, glinu, a nawet kadmu w wodzie.

Zakwaszone wody niszczą instalacje wodociągowe, wypłukując z niej różne substancje toksyczne. Wyróżnia się trzy główne źródła emisji zanieczyszczeń do atmosfery: **punktowe** - są to głównie duże zakłady przemysłowe emitujące pyły, dwutlenku siarki, tlenku azotu, tlenku węgla, metale ciężkie; **powierzchniowe (rozproszone)** - są to paleniska domowe, lokalne kotłownie, niewielkie zakłady przemysłowe emitujące głównie pyły, dwutlenek siarki oraz **liniowe** - są to głównie zanieczyszczenia komunikacyjne odpowiedzialne za emisję tlenków azotu, tlenków węgla, metali ciężkich (głównie ołów).

ANTROPOGENICZNE OBCIĄŻENIE ŚRODOWISKA

SKUTKI BEZPOŚREDNIE

PIERWOTNE

WTÓRNE

Zmiany jakości powietrza

Zmiany ilościowe jakościowe zasobów wodnych

Ograniczenia arealu lub zmiana jakości gleb uprawnych

Zmiany ilości i jakości zasobów biotycznych

Zmniejszenie produktywności ekosystemów

Zmiany wartości estetycznych krajobrazu

Zmiany innych pozamaterialnych wartości środowiska

SKUTKI POŚREDNIE

Straty w produkcji przemysłowej

Straty w produkcji rolnej i leśnej

Straty w gospodarce rybackiej i łowieckiej

Straty w gospodarce komunalnej i mieszkaniowej

Straty w drogownictwie, transporcie i łączności

Inne straty materialne

Pogorszenie warunków pracy

Pogorszenie warunków rekreacji i wypoczynku

Pogorszenie stanu zdrowotnego ludności

Pogorszenie komfortu życia

Utrudnienia w twórczym (naukowym) i oświatowym wykorzystaniu środowiska

Inne skutki pozamaterialne

STRATY GOSPODARCZE

BEZPOŚREDNIE

POŚREDNIE

STRATY SPOŁECZNE

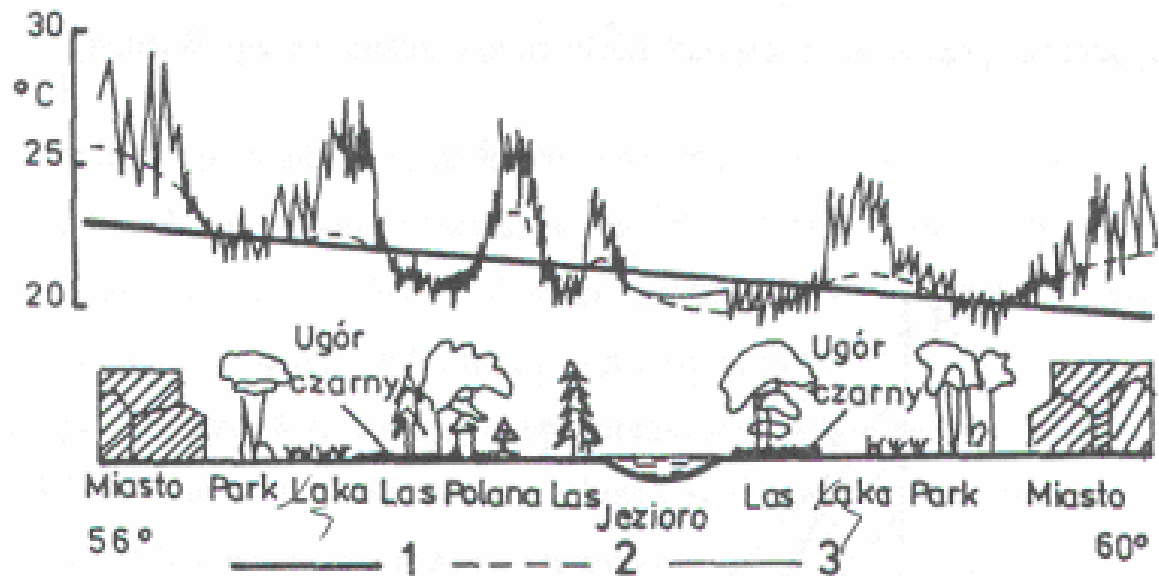
STRATY EKOLOGICZNE



Ozon – główny składnik smogu fotochemicznego

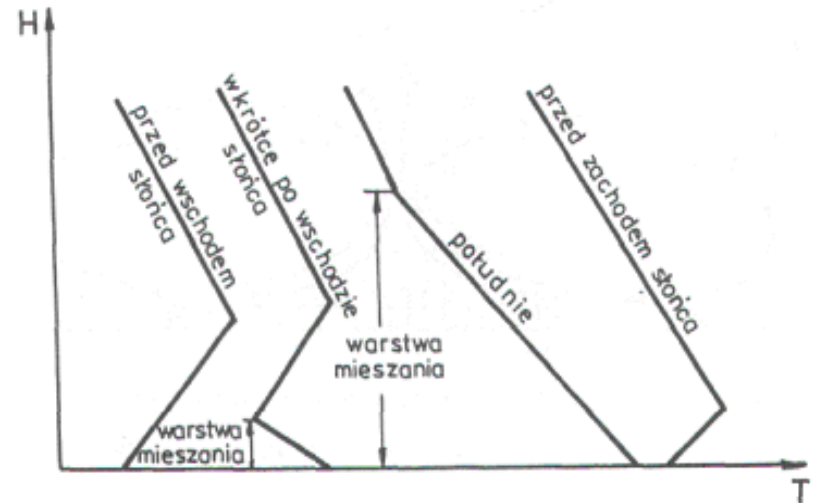
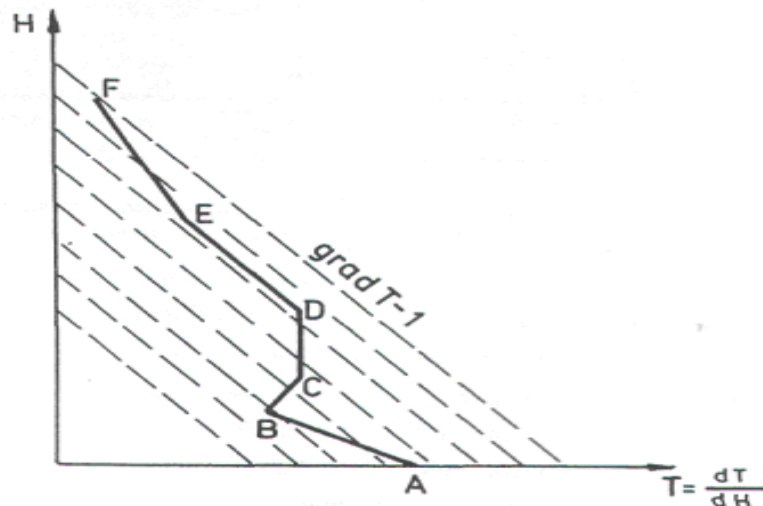
Klimat lokalny

Czynnikami kształtującymi odrębność klimatyczną mogą być: zróżnicowanie pionowe terenu (konfiguracja), rodzaj zabudowy, szata roślinna i układy cieków lub zbiorników wodnych, zanieczyszczenie powietrza w danym regionie i związane z nim tworzenie się lokalnych ruchów powietrza, zwiększenie temperatur powietrza i możliwość występowania chwiejnej równowagi termicznej atmosfery sprzyjające tworzeniu się mgieł i warstw powietrza o znacznym zanieczyszczeniu, itp.



Przykładowe różnice w przebiegach temperatur powietrza w skali klimatu zewnętrznego (1), klimatu lokalnego (2), oraz mikroklimatu (3) dla okresu letniego.

Równowaga termiczna w atmosferze i zmiany pionowego rozkładu temperatur w ciągu doby

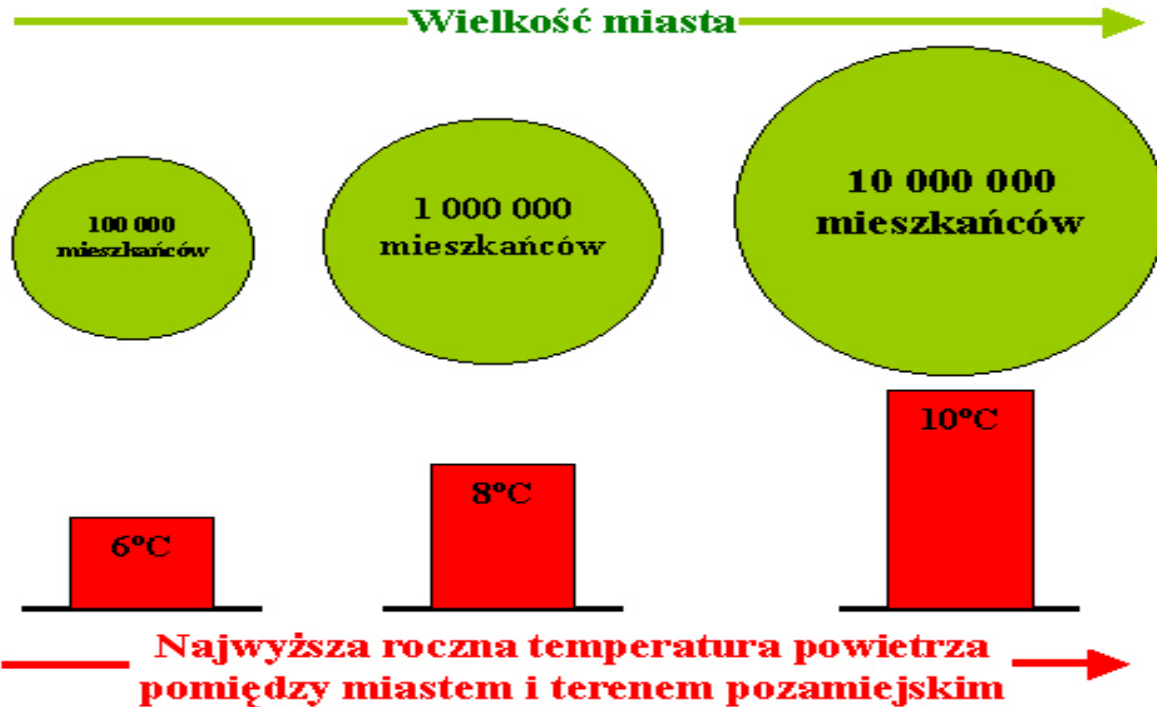
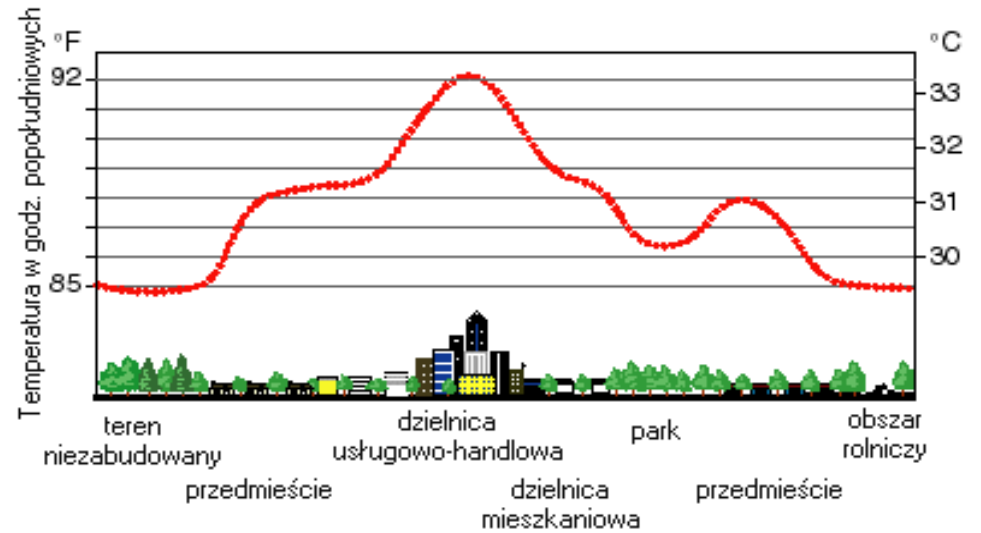


Gradienty ponadadiabatyeczne ($T > 1$) tworzą się w ciągu słonecznych dni. Pojawia się wtedy ruch konwekcyjny sprzyjający pionowemu transportowi zanieczyszczeń. **Zupełnie inne warunki występują na peryferiach miast.** Następuje tu wychłodzenie powietrza tuż przy gruncie, noszące nazwę inwersji, charakteryzującej się wzrostem temperatury powietrza z wysokością

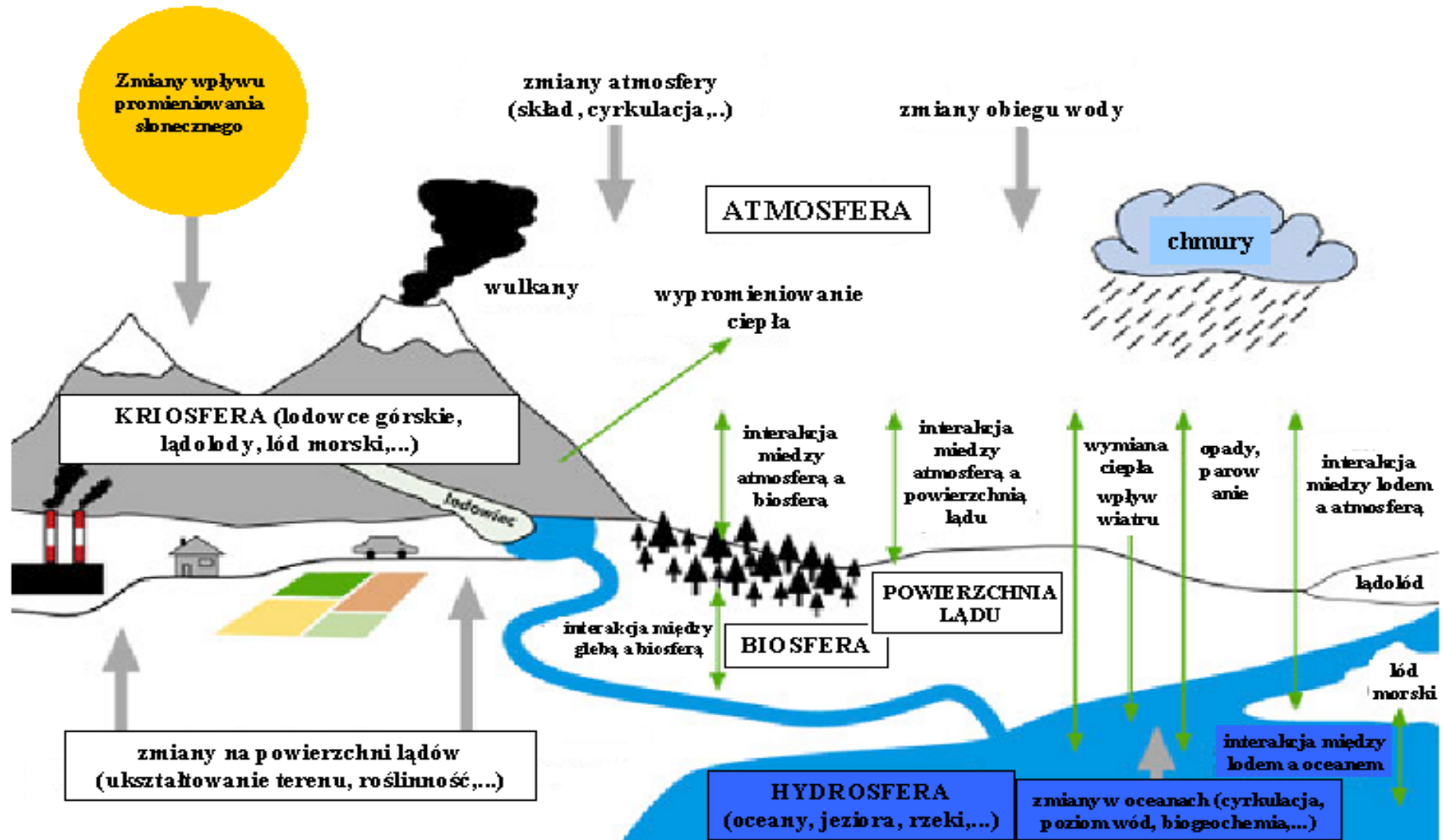
Powietrze unosi się swobodnie ku górze pośrodku miasta, a następnie rozplywa się ku jego peryferiom, zaś poza miastem opada ku dołowi wracając z powrotem nad miasto. Taka cyrkulacja powietrza może powodować znaczny wzrost jego zanieczyszczeń kumulujących się ponad ośrodkami miejskimi



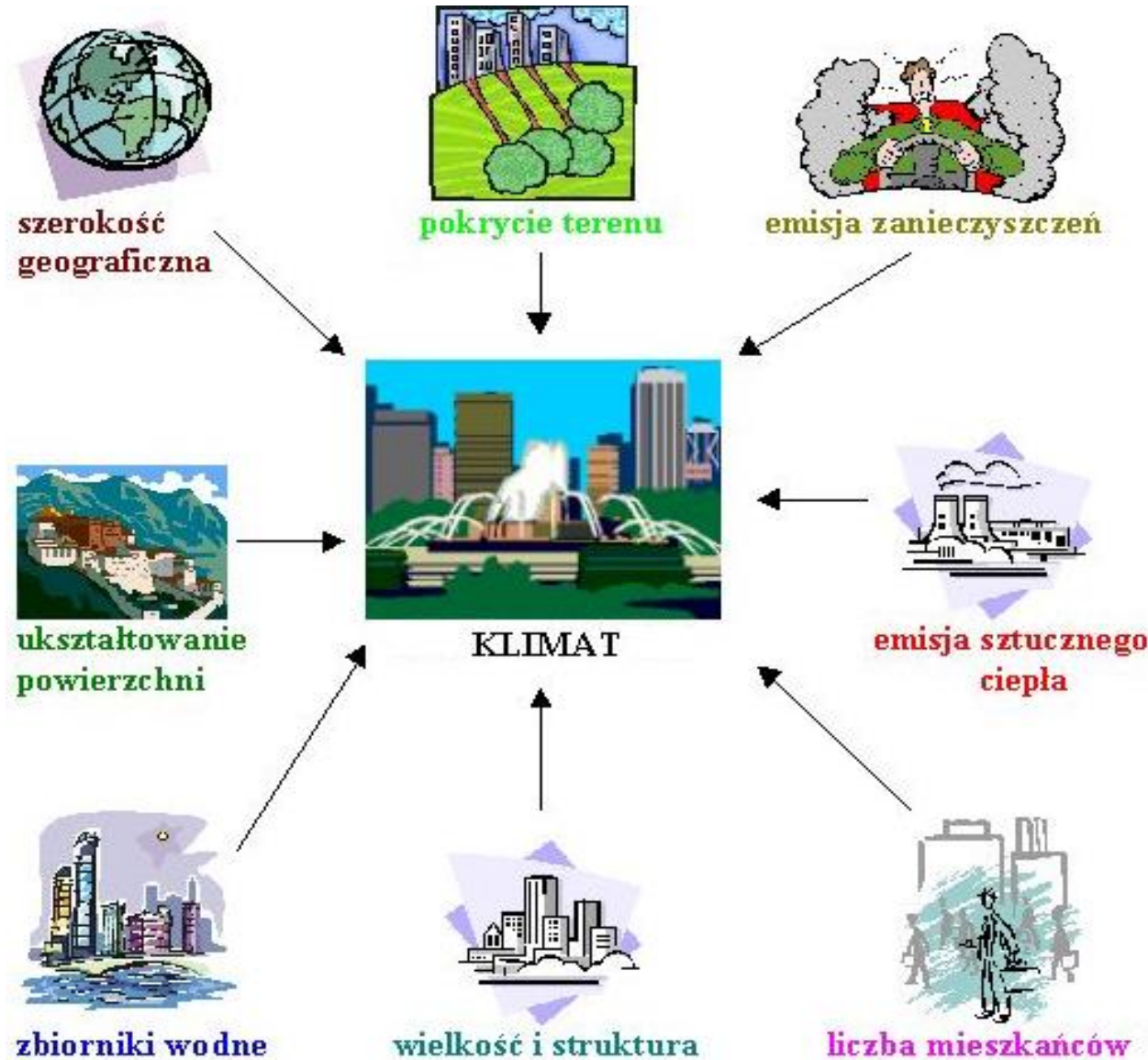
Wyspa ciepła nad miastem - przykładowy rozkład temperatury



Ogólnie system klimatyczny jest to wysoce złożony układ, a klimat ewoluuje na przestrzeni dziejów na skutek swojej własnej wewnętrznej dynamiki i pod wpływem czynników zewnętrznych w rodzaju erupcji wulkanów, zmian w nasłonecznieniu i efektów działalności człowieka



Na klimat ma wpływ szereg naturalnych czynników zarówno makroskalowych (szerokość geograficzna), jak i mezoskalowych - lokalnych (ukształtowanie powierzchni, pokrycie terenu, obecność zbiorników wodnych)



Klimat jest efektem wpływu wielu czynników naturalnych i antropogenicznych

Zanieczyszczenia powietrza, pokrycie obszaru ulicami i budynkami, czy emisja tzw. sztucznego ciepła, wraz z lokalnymi czynnikami naturalnymi, wywołują różnice klimatyczne między miastem i obszarami pozamiejskimi