

Joanna Kośmider

ODORYMETRIA

Ćwiczenia laboratoryjne i obliczenia

Część I

ĆWICZENIA LABORATORYJNE

Ćwiczenie 1

POMIARY EMISJI ODORANTÓW

Ćwiczenie 2

PROGNOZOWANIE ZASIĘGU

ZAPACHOWEJ UCIAŻLIWOŚCI EMITORÓW

Ćwiczenie 3

TERENOWE OCENY UCIAŻLIWOŚCI ZAPACHU

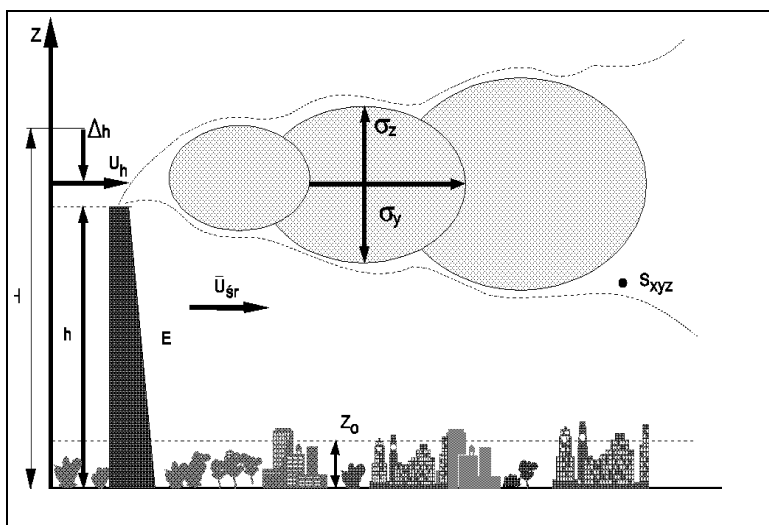
Ćwiczenie 2

PROGNOZOWANIE ZASIĘGU ZAPACHOWEJ UCIAŹLIWOŚCI EMITORÓW

Wprowadzenie

Zgodnie z wytycznymi ministerialnymi (Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska 1998) przygruntowe stężenia zanieczyszczeń gazowych, emitowanych ze źródła punktowego, są obliczane w oparciu o model schematycznie zilustrowany na rysunku 4. Rozwiązanie różniczkowego równania Pasquilla dla ruchu stacjonarnego ma postać:

$$S_{xyz} = \frac{E}{2\pi \bar{u} \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}$$



Rysunek 4
SMUGA ZANIECZYSZCZEŃ
POWIETRZA
(ilustracja znaczenia
symboli wykorzystanych
w równaniu)

Użyte w równaniu oraz na rysunku symbole oznaczają:

S_{xyz} - stężenie w powietrzu w recepcorze o współrzędnych x_p, y_p, z_p ; [mg/m^3]

E - emisja zanieczyszczenia gazowego; [mg/s]

\bar{u} - średnia prędkość wiatru w warstwie powietrza od $z = 0$ do $z = H$; [m/s]

H - wysokość pozornego punktu emisji; [m]

σ_z, σ_y - współczynniki dyfuzji atmosferycznej: $\sigma_z = B x^b$; $\sigma_y = A x^a$

Do obliczeń parametrów A, B, a i b stosuje się wzory Nowickiego:

$$A = 0,08 [6 m^{-0,3} + 1 - \ln (H/z_0)] \quad B = 0,38 m^{1,3} [8,7 - \ln (H/z_0)]$$

$$a = 0,367 (2,5 - m)$$

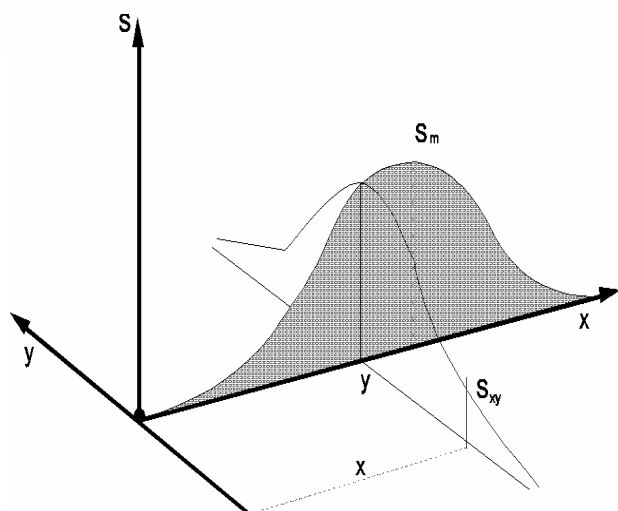
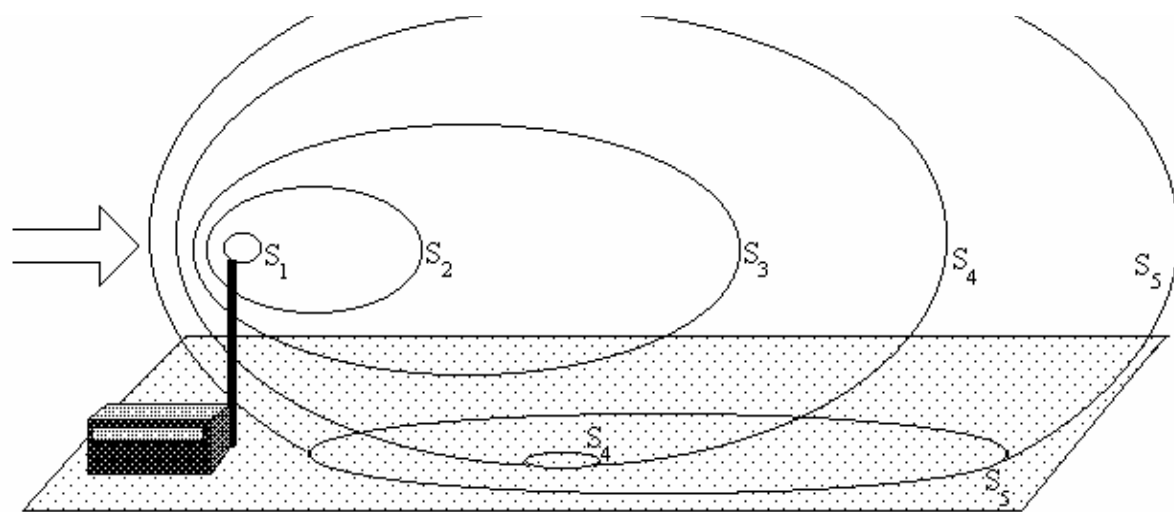
$$b = 1,55 \exp (-2,35 m)$$

gdzie:

m - wykładnik meteorologiczny, z_0 - parametr aerodynamicznej szorstkości powierzchni; [m] (dane stabelaryzowane).

Stężenia przygruntowe S_{xy} oblicza się dla poziomu gruntu ($z=0$) lub innej wybranej wysokości z oraz dla określonych sytuacji meteorologicznych. W każdej sytuacji wyniki układają się na powierzchni z maksimum S_m o innej wysokości i odległości od emitora (rys. 5). Obliczenia wykonuje się dla trzydziestu sześciu sytuacji meteorologicznych. Korzysta się z klasyfikacji, w której wyodrębniono:

- ◇ jednaście klas prędkości wiatru: $u = 1, 2, 3, \dots, 11 \text{ m/s}$
(dla $u < 1$ lub $> 11 \text{ m/s}$ zakłada się $u=1$ lub $u=11 \text{ m/s}$),
- ◇ sześć stanów równowagi atmosfery (prędkości wiatru w różnych stanach - patrz tab. 4).



Rysunek 5

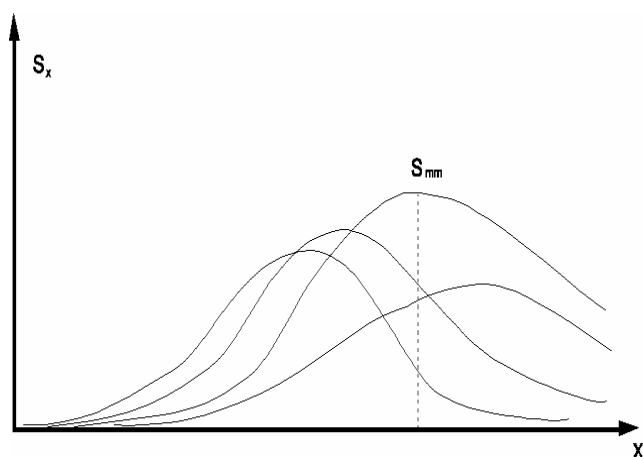
GRAFICZNA
ILUSTRACJA
ROZWIĄZANIA
RÓWNIANIA PASQUILLA
DLA OKREŚLONEJ
SYTUACJI
METEOROLOGICZNEJ
(wartości S_{xy} na poziomie
gruntu, $z=0$)

Stan równowagi		Prędkość wiatru [m/s]										
Nazwa	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
silnie chwiejna	1	■	■	■								
chwiejna	2	■	■	■	■	■						
lekko chwiejna	3	■	■	■	■	■	■	■	■			
obojętna	4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
lekko stała	5	■	■	■	■	■	■					
stała	6	■	■	■	■							

Tabela 4

ZESTAWIENIE 36.
ANALIZOWANYCH
SYTUACJI
METEOROLOGICZNYCH

Obliczenie S_{xy} dla wszystkich sytuacji meteorologicznych pozwala stosunkowo szybko określić maksymalne w skali roku stężenia trzydziestominutowe dla każdego punktu $P(x,y)$. Na rysunku 6 przedstawiono poglądowo przewidywane zmiany stężenia S_x , których można oczekiwać w punktach leżących na osi x w różnych odległościach od emitora.



Rysunek 6

WYNIKI OBLICZEŃ S_x
DLA KILKU RÓŻNYCH SYTUACJI
METEOROLOGICZNYCH

Prawdopodobieństwo przekroczeń wybranych stężeń granicznych (np. D_{30} lub S_{PWW}) oblicza się korzystając z róży wiatrów (częstości występowania poszczególnych kierunków wiatru i sytuacji meteorologicznych w skali roku lub sezonu).

Symulacja rozprzestrzeniania się odorantów nie różni się od wykonywanych dla innych zanieczyszczeń powietrza. Sensoryczne pomiary stężenia odorów w emitowanych gazach (LJZ [jz/m^3]) umożliwiają obliczenie emisji (E [jz/s]) i przeprowadzenie rutynowych obliczeń stężeń maksymalnych w skali roku (LJZ_{30} [jz/m^3]) oraz czasu przekroczeń wybranych stężeń granicznych.

Wyniki obliczeń pozwalają przewidywać częstość pojawiania się zapachu w otoczeniu lub częstość występowania zapachu o określonej intensywności (czynniki decydujące o wystąpieniu dyskomfortu).

Za stężenie średnie trzydziestominutowe, przy którym człowiek o przeciętnym węchu może zauważyć występowanie zapachu, proponuje się uznać $LJZ_{30} = 0,1 jz/m^3$. Jest to

wartość dziesięciokrotnie mniejsza od stężenia progowego, oznaczanego w warunkach laboratoryjnych ($S_{PWW} = 1 \text{ jz/m}^3$). Uzasadnieniem różnicy jest zmienność sytuacji meteorologicznej. Stężenie może być chwilowo dużo większe od wartości średniej trzydziestominutowej. Chwilowe przekroczenia S_{PWW} są natychmiast rejestrowane węchem.

Propozycja zastosowania pozornego stężenia progowego $LJZ_{30} = 0,1 \text{ jz/m}^3$ została sformułowana przez analogię do zasad obliczeń stosowanych w Niemczech. Podobny mnożnik 10 został tam określony na podstawie wyników badań socjologicznych, poprzedzających wprowadzenie normy zapachowej jakości powietrza.

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest opanowanie technik obliczeniowych umożliwiających wykorzystanie wyników pomiarów emisji odorantów podczas ocen zasięgu zapachowej uciążliwości wytwórni, w tym odległości, w której zapach emitowanych gazów może być wyczuwany jako:

- | | |
|----------------|-------------------------------|
| ◇ bardzo słaby | (intensywność: $I_B = 0-1$), |
| ◇ słaby | (intensywność: $I_B = 2-3$), |
| ◇ wyraźny | (intensywność: $I_B = 4-5$), |
| ◇ mocny | (intensywność: $I_B > 5$). |

Obliczenia powinny być wykonane w odniesieniu do skali roku (róża wiatrów średnioroczna) oraz wybranych sytuacji meteorologicznych (określony kierunek i siła wiatru oraz stan równowagi atmosfery).

Przebieg ćwiczenia

1. Zapoznać się z instrukcją obsługi programu „Operat” dla Windows
2. Obliczyć emisję odorantów z instalacji wentylacyjnej hali produkcyjnej, której powietrze jest zanieczyszczone substancją zapachową badaną w ramach ćwiczenia 1. Intensywność jej zapachu utrzymuje się poziomie $I = 3$ (średnia).

Dane:

średnia prędkość liniowa emitowanych gazów: 10 m/s,

średnica emitora w punkcie wylotu: Φ 1,5 m

3. Wykonać obliczenia stężeń przygruntowych LJZ_{30} oraz określić prawdopodobieństwo występowania w otoczeniu emitora zapachu określanego jako:

wyczuwalny ($LJZ_{30} = 0,1 \text{ jz/m}^3$, próg chwilowej wyczuwalności),
bardzo słaby lecz już rozpoznawalny ($LJZ_{30} = 10^{1/k} \text{ jz/m}^3$),
słaby ($LJZ_{30} = 10^{2/k} \text{ jz/m}^3$).

Dane dodatkowe:

Wysokość wyrzutni (wylot pionowy z zadaszeniem)	15 m
Temperatura gazów	300 °K
Czas pracy	365 dni/rok
Ciepło właściwe gazów wentylacyjnych	1,3 kJ/m ³ ·K
Siatka receptorów	X od: - 500 m do: 500 m Y od: - 500 m do: 500 m skok na osiach X i Y: 50 m
Meteorologiczne warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń	róża wiatrów całoroczna Szczecin-Dąbie dwie wybrane sytuacje meteorologiczne
Tłó R ₃₀	0

Opracowanie wyników

Sporządzić sprawozdanie zawierające opis wykonanych obliczeń, wyniki i komentarz.

Przebieg symulacji rozprzestrzeniania się

1. Uruchom program *OPERAT dla Windows* poprzez skrót do „Baza emitorów”



Skrót do Baza.Ink

2. Wprowadź dane dotyczące warunków emisji i rozprzestrzeniania się:
Pliki \Rightarrow Nowe dane \Rightarrow Nazwa pliku: 5III02 \Rightarrow Dane zakładu \Rightarrow 1 emitor \Rightarrow OK
Dane okresów \Rightarrow roczna \Rightarrow OK

Wybór róży wiatrów \Rightarrow Szczecin-Dąbie

Tło zanieczyszczenia atmosfery: ODORY

R30 = 0;

$$P1 = (0,1 * 1 \text{ jz/m}^3) * 1000 = 100 \text{ mjz/m}^3$$

$$P2 = 0,1 * 10^{1/k} * 1000 = \dots \text{ mjz/m}^3$$

$$P3 = 0,1 * 10^{2/k} * 1000 = \dots \text{ mjz/m}^3$$

$$P4 = 0,1 * 10^{4/k} * 1000 = \dots \text{ mjz/m}^3$$

Dane emitora:

Symbol (E), usytuowanie (0,0), szorstkość (według informacji o rodzaju zabudowy), wylot okrągły (średnica), prędkość, temperatura, ciepło właściwe: $1,36 \text{ kJ/m}^3 \text{ K}$ \Rightarrow Dalej \Rightarrow Czas pracy (1 okres) \Rightarrow Dalej \Rightarrow Lista zanieczyszczeń (odory, dodaj) \Rightarrow Emisja:

3. Emisja maksymalna E_{maks} [jz/s] i roczna ($E_{\text{maks}} * 0,0315$) - wartości obliczone z wykorzystaniem wyniku ćwiczenia 1), udział okresu 1: 1 \Rightarrow OK

4. Siatka receptorów: podstawowa, skośna, obliczana według:
początek osi X: -500 m, koniec osi X: 500 m, skok: 50 m
początek osi Y: -500 m, koniec osi Y: 500 m, skok: 50 m

\Rightarrow OK

5. OBLICZENIA \Rightarrow Stężen długookresowych \Rightarrow Odory; receptor 1,5 m \Rightarrow OK
Rozpocznij obliczenia \Rightarrow liczba punktów siatki \Rightarrow OK

6. IZOLINIE

\Rightarrow Wykresy (obejrzyj *Stężenia średnie, Częstości przekroczeń*) \Rightarrow Zamknij

\Rightarrow Opcje (wstaw tytuły, dostosuj poziomy danych, opisy osi, ...) \Rightarrow OK

\Rightarrow Wykresy (obejrzyj po modyfikacji, wydrukuj w skali 0,8) \Rightarrow Zamknij

Dodatkowy problem rachunkowy

2001/2002

W wytwórni artykułów chemii gospodarczej (zakład X) znajduje się emitor o wysokości 15 metrów, średnicy 1,5 metra. Prędkość przepływu emitowanych gazów wynosi 10 m/s, a ich temperatura 300 K. Gazy nie zawierają zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia (o określonych stężeniach dopuszczalnych D_{30} , D_{24} , D_a). Cechuje je zapach olejków eterycznych (cytrynowo - eukaliptusowy).

Wykonano terenowe oceny zapachowej jakości powietrza w osiedlu mieszkaniowym położonym w kierunku północnym od zakładu, w punkcie odległym o 1 km od emitora.

Pomiary przeprowadził czteroosobowy zespół kontrolerów. Wybrano dzień z wiatrem wiejącym od strony zakładu w kierunku osiedla (temperatura powietrza: 15⁰C). Prędkość wiatru zmierzono na wysokości 3 metrów 250 razy. Zanotowano:

poziome ułożenie smug dymów z kominów,

kierunek 6 1 m/s (50 razy),

kierunek 6 2 m/s (130 razy),

kierunek 5 2 m/s (50 razy),

kierunek 5 3 m/s (20 razy),

prędkość wiatru na wysokości 30 metrów: średnia 5 m/s.

W czasie pięciu pięciominutowych okresów kontrolnych zanotowano łącznie 400 ocen intensywności zapachu. Stwierdzono, że łącznie zanotowano 200 ocen „zero” – brak zapachu.

Wykorzystując przedstawione dane oraz wyniki własnych pomiarów laboratoryjnych (współczynnik Webera-Fechnera mieszaniny olejków eterycznych) należy oszacować:

- emisję odorantów EO [jz/s] z zakładu X,
- stężenia odorantów na obszarze 10×10 km wokół zakładu: percentyl 99,8 LJZ_{30} [jz/m³],
- możliwość ewent. czas występowania w skali roku zapachu określanego jako „słaby” i „wyraźny”.

Przebieg obliczeń

1. Na podstawie treści zadania określ stan równowagi atmosfery w dniu pomiarów (patrz: Załącznik)
2. Uruchom program *OPERAT dla Windows* poprzez skrót do „Baza emitorów”



Skrót do Baza.lnk

3. Uzupełnij wykaz „Róż wiatrów”:

Róża wiatrów \Rightarrow Dane \Rightarrow Nowa róża \Rightarrow Całkowicie nowe dane \Rightarrow OK \Rightarrow Edycja róż wiatrów \Rightarrow Nazwa stacji: ćw.2_2002 \Rightarrow wysokość anemometru \Rightarrow temperatura \Rightarrow liczby obserwacji umieszczone w odpowiednich kłatkach tabeli „roczna” \Rightarrow OK \Rightarrow zapisz na dysku

2. Wprowadź dane dotyczące warunków emisji i rozprzestrzeniania się:

Pliki \Rightarrow Nowe dane \Rightarrow Nazwa pliku: 5III02 \Rightarrow Dane zakładu \Rightarrow 1 emitor \Rightarrow OK
Dane okresów \Rightarrow roczna \Rightarrow OK

Wybór róży wiatrów \Rightarrow ćw.2_2002 \Rightarrow OK

Tło zanieczyszczenia atmosfery: ODORY

R30 = 0;

$P1 = (0,1 * 1 \text{ jz/m}^3) * 1000 = 100 \text{ mjz/m}^3$

$P2 = 0,1 * 10^{1/k} * 1000 = \dots \text{ mjz/m}^3$

$P3 = 0,1 * 10^{2/k} * 1000 = \dots \text{ mjz/m}^3$

$P4 = 0,1 * 10^{4/k} * 1000 = \dots \text{ mjz/m}^3$

Dane emitora:

Symbol (E), usytuowanie (0,0), szorstkość (według informacji o rodzaju zabudowy), wylot okrągły (średnica), prędkość, temperatura, ciepło właściwe: $1,36 \text{ kJ/m}^3 \text{ K}$ \Rightarrow Dalej \Rightarrow Czas pracy (1 okres) \Rightarrow Dalej \Rightarrow Lista zanieczyszczeń (odory, dodaj) \Rightarrow Emisja:

3. Emisja maksymalna i roczna (E maks. * 0,0315) - wartości wyznaczone

Zastosuj metodę prób i błędów – wstaw wybraną wartość E_{maks} [jz/s] i odpowiednią roczną: $E_{\text{roczna}} \cong E_{\text{maks}} * 0,0315$; wstaw: okres 1 – udział 1

\Rightarrow OK

4. Siatka receptorów: podstawowa, skośna, obliczana według:

początek osi X: -5000 m, koniec osi X: 5000 m, skok: 500 m

początek osi Y: -5000 m, koniec osi Y: 5000 m, skok: 500 m

\Rightarrow OK

5. OBLICZENIA \Rightarrow Stężen długookresowych \Rightarrow Odory; 1,5 m \Rightarrow Rozpocznij obliczenia \Rightarrow liczba punktów siatki \Rightarrow OK (jeżeli mieści się w zakresie 300 – 800)

6. IZOLINIE \Rightarrow Wykres \Rightarrow Stężenia średnie

(sprawdź położenie izolinii $0,1 \text{ jz/m}^3$,

porównaj z wynikami pomiarów terenowych, wyciągnij wnioski dotyczące wielkości E, powtórz obliczenia po zmianie E, jeżeli jest potrzebna \Rightarrow wybór E)

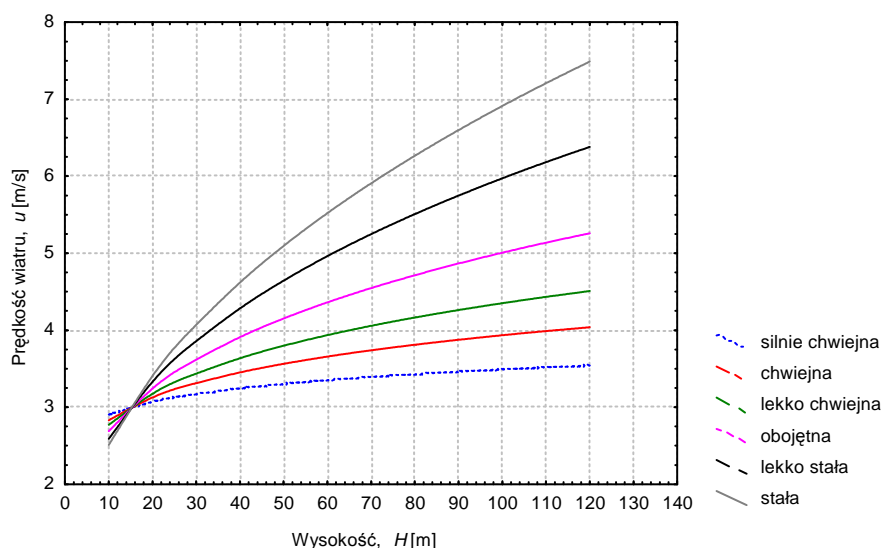
7. SYMULACJA ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ Z WYKORZYSTANIEM RÓŻY WIATRÓW WYBRANEGO MIASTA – sporządzenie wykresów: częstość przekraczania progu wyczuwalności (P1) oraz kolejnych przekraczanych progów (P2, P3, ...?)

Wykładnik meteorologiczny (m) określa tempo wzrostu prędkości wiatru z wysokością. Przyjmuje się w uproszczeniu, że spełniana jest zależność:

$$u_h = u_a \left(\frac{h}{h_a} \right)^m$$

gdzie u_a , u_h - prędkość wiatru na wysokościach, odpowiednio: h_a i h .

Wartość wykładnika meteorologicznego decyduje o kształcie i wzajemnym położeniu wykresów funkcji $u_h = f(h)$, przedstawionych na rysunku. Im bardziej „stała” jest równowaga, tym mniej „mieszają się” kolejne warstwy atmosfery i zanieczyszczenie jest mniej rozpraszane (stężenia przygruntowe są większe).



ZALEŻNOŚĆ PRĘDKOŚCI WIATRU OD WYSOKOŚCI dla różnych stanów równowagi atmosfery; założenie: na poziomie anemometru (15 m) $u = 3$ m/s

Pomiar u_a i u_h na dwóch znacznie różniących się wysokościach h_a i h pozwala oszacować wartość wykładnika meteorologicznego m i określić stan równowagi atmosfery.

Liczbowe wartości wykładnika meteorologicznego dla sześciu wyodrębnionych stanów równowagi atmosfery podano poniżej.

stan 1 równowaga silnie chwiejna:	$m = 0,080$	stan 4 równowaga obojętna:	$m = 0,270$
stan 2 równowaga chwiejna:	$m = 0,143$	stan 5 równowaga lekko stała:	$m = 0,363$
stan 3 równowaga lekko chwiejna:	$m = 0,196$	stan 6 równowaga stała:	$m = 0,440$