

ODORYMETRIA

Ćwiczenia rachunkowe
(przykłady obliczeń)

Przykład 1

Związek A ma próg wyczuwalności $c_{th} = 0,001 \text{ mg/m}^3$. Stwierdzono, że zapach powietrza zawierającego $0,01 \text{ mg A/m}^3$ wyczuwa 80% oceniających.

Pytanie:

Jakie jest stężenie zanieczyszczenia A w powietrzu, jeżeli jego zapach wyczuwa 20% oceniających?

Obliczenia:

◇ Obliczamy wartości stałych empirycznych w równaniu:

$$\%TAK \text{ (czuję zapach)} = a + b \cdot \log c:$$

$$50 = a + b \cdot \log 0,001$$

$$80 = a + b \cdot \log 0,010$$

$$50 = a - 3 b$$

$$80 = a - 2 b$$

$$a = 50 + 3 b$$

$$80 = 50 + 3 b - 2 b = 50 + b;$$

$$b = 30; a = 140$$

$$\% TAK = 140 + 30 \log (c[\text{mg/m}^3])$$

◇ Obliczamy stężenie c_x , przy którym zapach związku A jest wyczuwalny dla 20% oceniających:

$$20 = 140 + 30 \cdot \log c_x$$

$$c_x = 10^{-120/30} = 10^{-4} = 0,0001 \text{ mg/m}^3$$

Odpowiedź:

Dwadzieścia procent oceniających wyczuwa zapach związku A, jeżeli jego stężenie wynosi $0,1 \mu\text{g/m}^3$.

Przykład 2

Do worka z folii TEDLAR (pojemnik do sporządzania wzorcowych mieszanin dla chromatografii gazowej) odmierzone $V_p = 10 \text{ dm}^3$ powietrza, a następnie wprowadzono strzykawką chromatograficzną $v_c = 1 \text{ }\mu\text{l}$ lotnego związku organicznego X (gęstość cieczy: $d_{20} = 0,8 \text{ g/cm}^3$). Ciecz odparowała po kilku sekundach.

Zapach otrzymanej gazowej mieszaniny wzorcowej (próbka A) oceniało 20 osób. Siedemnaście spośród nich odpowiedziało „Tak” na pytanie „Czy czujesz zapach?”.

Drugą serię ocen węchowych wykonano po dziesięciokrotnym rozcieńczeniu próbki A czystym powietrzem. Stwierdzono, że zapach rozcieńczonej próbki B wyczuwa pięć spośród dwudziestu osób.

Pytanie:

Jaki jest próg węchowej wyczuwalności związku X?

Obliczenia:

◇ Obliczamy stężenie związku X w mieszaninie wzorcowej:

$$c [\text{mg/m}^3] = (v_c [\mu\text{l}] \cdot d_{20} [\text{mg}/\mu\text{l}]) : V_p [\text{m}^3]$$

$$c = 1 \cdot 0,8 : 0,01 = 80 \text{ mg/m}^3$$

◇ Wyznaczamy wartości stałych empirycznych w równaniu

$$\%TAK (\text{czuję zapach}) = a + b \cdot \log (c[\text{mg/m}^3]):$$

$$100\% \cdot 17:20 = a + b \cdot \log 80$$

$$\underline{100\% \cdot 5:20 = a + b \cdot \log 8}$$

$$85 - 25 = b \cdot \log 10$$

$$b = 60;$$

$$a = 85 - 60 \cdot \log 80 = - 29,185$$

◇ Obliczamy c_{th} związku X:

$$\%TAK = 50$$

$$50 = - 29,185 + 60 \cdot \log (c_{th}[\text{mg/m}^3])$$

$$c_{th} = 10^{79,185/60} = 20,88 \text{ mg/m}^3$$

Odpowiedź:

Próg węchowej wyczuwalności związku X wynosi: $c_{th} = 21 \text{ mg/m}^3$.

Przykład 3

Do 100 dm^3 czystego powietrza wprowadzono $1 \mu\text{g}$ związku o progu wyczuwalności węchowej $c_{th} = 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zapach otrzymanej gazowej mieszaniny wzorcowej oceniało 50 osób. Czterdzieści spośród nich odpowiedziało „Tak” na pytanie „Czy czujesz zapach?”.

Pytanie:

Ile razy trzeba rozcieńczyć próbkę powietrza zanieczyszczonego powietrzem czystym, żeby zapach był wyczuwalny dla tylko ośmiu osób z tej grupy?

Obliczenia:

◇ Obliczamy stężenie zanieczyszczenia w nie rozcieńczonej próbce powietrza:

$$c_1 = 1 \mu\text{g} : 0,1 \text{ m}^3 = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$c_{od1} = c_1 [\mu\text{g}/\text{m}^3] : c_{th} [\mu\text{g}/\text{ou}]$$

$$c_{od1} = 10 \text{ ou}/\text{m}^3$$

◇ Korzystamy z liniowej zależności udziału odpowiedzi „Czuję zapach” (%TAK) od logarytmu ze stężenia zanieczyszczenia: $\% \text{TAK} = a + b \cdot \log c$

$$50 = a + b \cdot \log c_{th} = a; \quad a = 50$$

$$80 = a + b \cdot \log c_1 = 50 + b; \quad b = 30$$

◇ Obliczamy stężenie c_2 , przy którym $\% \text{TAK} = 100 - 8/40 = 20$:

$$20 = a + b \cdot \log c_2 = 50 + 30 \cdot \log c_2$$

$$\log c_2 = -30 : 30 = -1; \quad c_2 = 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

◇ Obliczamy krotność rozcieńczenia próbki, o którą pytano:

$$c_1 : c_2 = 100$$

Odpowiedź:

Zapach gazu będzie wyczuwalny dla tylko ośmiu osób, jeżeli zostanie rozcieńczony czystym powietrzem **100 razy**.

Przykład 4

Zapach powietrza zanieczyszczonego związkami o progu wyczuwalności $c_{th} = 0,01$ mg/m³ oceniał zespół 25 osób. Zapach wyczuwało piętnastu oceniających. Po 5-krotnym rozcieńczeniu próbki czystym powietrzem pozostał wyczuwalny dla ośmiu z nich.

Pytanie:

Jakie było stężenie zanieczyszczenia w próbce przed rozcieńczeniem (c_1) i po rozcieńczeniu (c_2)?

Obliczenia:

- ◇ Korzystamy z układu dwóch równań typu %TAK (czuję zapach) = $a + b \cdot \log (c[\text{mg/m}^3])$ wyznaczając stałą empiryczną b :

$$100 \cdot 15/25 = a + b \cdot \log c_1$$

$$\underline{100 \cdot 8/25 = a + b \cdot \log (c_1/5)}$$

$$60 = a + b \cdot \log c_1$$

$$\underline{32 = a + b \cdot \log c_1 + b \log 0,2}$$

$$28 = -b \cdot \log 0,2; \quad b = -28 : \log 0,2 = 40,06$$

- ◇ Korzystamy z informacji o progu wyczuwalności (50% TAK) wyznaczając stałą a :

$$50 = a + b \cdot \log 0,01$$

$$50 = a + 40,06 \cdot \log 0,01 = a - 80,12$$

$$a = 130,12$$

- ◇ Obliczamy stężenia c_1 i c_2

$$\log c_1 = (60 - 130,12) : 40,06 = -1,75$$

$$c_1 = 10^{-1,75} = 0,0178 \text{ mg/m}^3$$

$$c_2 = c_1 : 5 = 0,0036 \text{ mg/m}^3$$

Odpowiedź:

Stężenia przed i po rozcieńczeniu wynosiły: $c_1 = 0,0178 \text{ mg/m}^3$, $c_2 = 0,0036 \text{ mg/m}^3$.

Przykład 5

Substancja zapachowa ma próg wyczuwalności $c_{th} = 0,001 \text{ mg/m}^3$. Stwierdzono, że zapach powietrza zawierającego 10 ou/m^3 (c_{od1}) jest uznawany za bardzo słaby ($S_1 \approx 2$).

Pytanie:

Jakie jest stężenie tego związku zapachowego w powietrzu ($c_2[\text{mg/m}^3]$), jeżeli zapach jest wyraźny ($S_2 \approx 4$)?

Obliczenia:

- | | |
|--|--|
| ◇ Obliczamy współczynnik Webera-Fechnera: | $S_1 = k \cdot \log c_{od1}$ |
| | $k = S_1 : \log c_{od1} = 2$ |
| ◇ Obliczamy stężenie c_{od2} odpowiadające $S_2 = 4$: | $\log c_{od2} = S_2 : k = 4 : 2 = 2$ |
| | $c_{od2} = 100 \text{ ou/m}^3$ |
| ◇ Obliczamy stężenie c_2 : | $c_2 = c_{od2}[\text{ou/m}^3] \cdot c_{th} [\text{mg/ou}]$ |
| | $c_2 = 100 \cdot 0,001 = 0,1 \text{ mg/m}^3$ |

Odpowiedź:

Zapach jest wyraźny, jeżeli stężenie substancji zapachowej wynosi $c_2 \approx 0,1 \text{ mg/m}^3$.

Przykład 6

Związek A ma próg wyczuwalności $c_{th} = 0,001 \text{ mg/m}^3$. Stwierdzono, że intensywność zapachu powietrza zawierającego $0,03 \text{ mg A/m}^3$ wynosi: $S = 5$.

Pytanie:

Jaka będzie intensywność zapachu powietrza zawierającego $0,1 \text{ mg A/m}^3$?

Obliczenia:

- | | |
|---|--|
| ◇ Obliczamy c_{od} [ou/m^3] w powietrzu o intensywności zapachu: $S = 5$: | $c_{od} = 0,03 \text{ mg/m}^3 : 0,001 \text{ mg/ou} = 30 \text{ ou/m}^3$ |
| ◇ Obliczamy współczynnik Webera-Fechnera: | $k = S : \log c_{od} = 5 : \log 30 = 3,38$ |
| ◇ Obliczamy intensywność zapachu powietrza zawierającego $0,1 \text{ mgA/m}^3$: | $S = 3,38 \cdot \log (0,1 : 0,001) = 6,76$ |

Odpowiedź:

Zapach powietrza zawierającego $0,1 \text{ mgA/m}^3$ ma intensywność $S = 6,8$.

Przykład 7

W celu orientacyjnego oszacowania zapachowej uciążliwości projektowanej małej malarni przeprowadzono dwa doświadczenia.

Doświadczenie 1

W zamkniętym pomieszczeniu o kubaturze $3 \times 4 \times 2,5$ m pomalowano i wysuszono próbkę o powierzchni 5×5 cm. Zapach farby wyczuwało 50% osób wchodzących do pomieszczenia.

Doświadczenie 2

W tym samym pomieszczeniu pomalowano i wysuszono 10 próbek 5×5 cm. Zapach powietrza był w tym wypadku wyczuwalny dla wszystkich oceniających. Przypisano mu intensywność $S = 2$ (mediana opinii zespołu oceniających).

Pytanie:

Jaką wydajność (V [m^3/h]) powinien mieć wentylator obiektu, w którym zamierza się malować 10 m^2 powierzchni na godzinę, jeżeli zależy nam, aby intensywność zapachu gazów wentylacyjnych w punkcie ich wyrzutu nie przekraczała poziomu: $S = 4$.

Obliczenia:

- ◇ Obliczamy wskaźnik emisji odorantów na podstawie wyników pierwszego doświadczenia:

Kubatura pomieszczenia:	$3 \times 4 \times 2,5m = 30 m^3$
Powierzchnia malowanej próbki:	$0,0025 m^2$
Stężenie zapachowe po malowaniu próbki:	$1 ou/m^3$ (próg wyczuwalności)
Ilość odorantów w pomieszczeniu:	$30 m^3 \cdot 1 ou/m^3 = 30 ou$
Wskaźnik emisji odorantów ($Fq_{od} [ou/m^2]$):	$30 ou : 0,0025 m^2 = 12000 ou/m^2$

- ◇ Obliczamy współczynnik Webera-Fechnera na podstawie wyników drugiego doświadczenia:

Ilość uwolnionych odorantów:	$10 próbek \cdot 30 ou/próbkę = 300 ou$
Stężenie zapachowe w pomieszczeniu:	$c_{od} = 300 ou : 30 m^3 = 10 ou/m^3$
Intensywność zapachu:	$S = 2$
Współczynnik Webera-Fechnera:	$k = S : \log 10 = 2$

- ◇ Obliczamy emisję odorantów w sytuacji docelowej:

Malowana powierzchnia:	$10 m^2/h$
Emisja odorantów ($q_{od}[ou/h]$):	$q_{od} = 10 m^2/h \cdot 12000 ou/m^2$ $q_{od} = 120000 ou/h$

- ◇ Obliczamy stężenie zapachowe w gazach wentylacyjnych, odpowiadające $S = 4$:

$$c_{od maks.} = 10^{S/k} = 10^{4/2}$$

$$c_{od maks.} = 100 ou/m^3$$

- ◇ Obliczamy najmniejszą niezbędną wydajność wentylatora:

$$c_{od maks.} = q_{od} [ou/h] : V [m^3/h]; \quad V [m^3/h] = 120\ 000 ou/h : 100 ou/m^3$$

$$V = 1200 m^3/h$$

Odpowiedź:

Intensywność zapachu gazów wentylacyjnych nie powinna przekraczać $S = 4$, jeżeli zostanie zainstalowany wentylator o sprawności nie mniejszej niż **1200 m³/h**

Uwaga: Konieczne jest potwierdzenie wniosku na podstawie większej liczby pomiarów!

Przykład 8

Próbkę gazów odlotowych pobrano stosując dziesięciokrotne wstępne rozcieńczenie czystym powietrzem. Stwierdzono, że zapach tak pobranego gazu ma intensywność $S_1 = 5$ (mediana opinii zespołu ekspertów). Po powtórny dziesięciokrotnym rozcieńczeniu wynikiem pomiarów była wartość $S_2 = 3$.

Pytanie:

Jakie jest stężenie zapachowe w gazie odlotowym (c_{od0} [ou/m³]) i intensywność jego zapachu (S_0)?

Obliczenia:

◇ Rozwiązujemy układ dwóch równań typu $S = S_0 - k \cdot \log Z$:

$$5 = S_0 - k \cdot \log 10 = S_0 - k$$

$$3 = S_0 - k \cdot \log 100 = S_0 - 2k$$

$$k = S_0 - 5$$

$$S_0 = 3 + 2 \cdot (S_0 - 5) = 2S_0 - 7$$

$$S_0 = 7; \quad k = 2$$

◇ Obliczamy stężenie zapachowe w gazach wylotowych z równania: $S = k \cdot \log c_{od}$

$$c_{od0} = 10^{7/2} = 3160 \text{ ou/m}^3$$

Odpowiedź:

Nie rozcieńczony gaz odlotowy zawiera **około 3160 ou/m³**, a intensywność jego zapachu wynosi $S \approx 7$.

Przykład 9

Podczas produkcji 1 tony wyrobu X do atmosfery wprowadza się średnio 100 mg związku A o progu węchowej wyczuwalności $c_{th,A} = 0,01 \text{ mg/m}^3$ i współczynnika Webera-Fechnera $k_A = 1,8$ (wyznaczonym z użyciem skali wzorców n-butanolowych „20/7”). Zakład pracuje przez całą dobę i wytwarza 100 ton wyrobu X na godzinę. Zanieczyszczenia są wprowadzane do komina z użyciem wentylatora o wydajności $1000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Pytanie:

Jaka jest intensywność zapachu emitowanych gazów (wyrażona w stopniach tej samej skali wzorców)?

Obliczenia:

- ◇ Obliczamy wskaźnik emisji odorantów: $Fq_{od} = 100 \text{ mgA/t} : 0,01 \text{ mg/ou} = 10\,000 \text{ ou/t}$
- ◇ Obliczamy emisję odorantów: $q_{od} = 10\,000 \text{ ou/t} \cdot 100 \text{ t/h} = 10^6 \text{ ou/h}$
- ◇ Obliczamy stężenie zapachowe w gazach odlotowych:
 $c_{od} = 10^6 \text{ ou/h} : 1000 \text{ m}^3/\text{h} = 1000 \text{ ou/m}^3$
- ◇ Obliczamy intensywność zapachu gazów: $S = 1,8 \cdot \log 1000 = 5,4$

Odpowiedź:

Intensywność zapachu gazów odlotowych $S \approx 5,4$.

Przykład 10

Zakład przemysłowy wprowadza do atmosfery gazy odlotowe o uciążliwym zapachu. Odorymetrycznie oznaczono stężenie zapachowe w tych gazach: c_{od1} (średnia) = 10 000 ou/m³. Mediana ocen intensywności zapachu (wykonanych z użyciem siedmiostopniowej skali wzorców) wynosiła $S_1 = 6$.

Pytanie:

Jaka skuteczność procesu (względna zmiana stężenia zapachowego) spowoduje zmniejszenie się intensywności zapachu emitowanych gazów do $S_2 = 3$, jeżeli podczas oczyszczania gazów nie zmieni się wartość współczynnika Webera-Fechnera?

Obliczenia:

- ◇ Obliczamy współczynnik Webera-Fechnera: $k = S_1 : \log c_{od1} = 6 : 4 = 1,5$
- ◇ Obliczamy stężenie po oczyszczaniu gazów: $c_{od2} = 10^{S_2/k} = 10^{3/1,5} = 100 \text{ ou/m}^3$
- ◇ Obliczamy względną zmianę stężenia zapachowego:
 $(c_{od1} - c_{od2}) : c_{od1} = 9900 : 10000 = 0,99$
Skuteczność oczyszczania: 99%

Odpowiedź:

Zmniejszenie intensywności zapachu emitowanych od początkowej wartości $S=6$ do poziomu $S = 3$ wymaga usunięcia **99%** odorantów.

Przykład 11

Zakład przemysłowy emituje łącznie 10000 m³/h gazów odlotowych, w tym bardzo mało zanieczyszczone gazy wentylacyjne i jeden niewielki strumień gazów bardzo silnie zanieczyszczonych. Przeprowadzono badania odorymetryczne, obejmujące oceny intensywności zapachu trzech próbek gazów:

próbki A – pobranej bez rozcieńczania w punkcie wyrzutu do atmosfery,

próbki B – pobranej bez rozcieńczania ze strumienia bardziej zanieczyszczonego,

próbki C – pobranej ze strumienia bardziej zanieczyszczonego z zastosowaniem dziesięciokrotnego rozcieńczenia czystym powietrzem.

Pytanie:

Jakie jest stężenie zapachowe $c_{od E}$ [ou/m³]

w punkcie wyrzutu

oraz emisja odorantów

q_{od} [ou/s],

jeżeli współczynnik Webera-Fechnera jest taki sam

dla obu strumieni gazów?

wykonywał zespół ośmioosobowy – załączono indywidualne karty ocen.

Pomiary

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce			
NrB	O	A	B	C
>10				
9-10	x			
8-9		xx		
7-8				
6-7				
5-6				x
4-5				x
3-4			x	
2-3			x	
1-2				

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce			
NrB	O	A	B	C
>10				
9-10	x			
8-9		xx		
7-8				
6-7				
5-6				
4-5				x
3-4				
2-3			x	
1-2			x	

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce			
NrB	O	A	B	C
>10				
9-10				
8-9	x			
7-8		x		
6-7		x		
5-6				
4-5				
3-4				x
2-3			x	x
1-2			x	

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce			
NrB	O	A	B	C
>10				
9-10				
8-9	x			
7-8		x		
6-7		x		
5-6				
4-5				
3-4				x
2-3				x
1-2			xx	

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce			
NrB	O	A	B	C
>10				
9-10				
8-9	x			
7-8				
6-7		x		
5-6		x		
4-5				
3-4				x
2-3				x
1-2			xx	

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce			
NrB	O	A	B	C
>10				
9-10	x			
8-9				
7-8		x		
6-7		x		
5-6				
4-5				
3-4				xx
2-3				
1-2			xx	

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce			
NrB	O	A	B	C
>10				
9-10	x			
8-9				
7-8		x		
6-7		x		
5-6				
4-5				
3-4				xx
2-3			x	
1-2			x	

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce			
NrB	O	A	B	C
>10				
9-10				
8-9	x			
7-8				
6-7		x		
5-6		x		
4-5				
3-4				
2-3				x
1-2			xx	x

Obliczenia:

◊ Wypełniamy zbiorczą kartę ocen intensywności zapachu i wyznaczamy mediany rozkładów wskazań

Próbka	Punkt poboru Stopień rozcieńczenia	log Z	Klasa S	Rozkład wskazań klasy	Mediana S
A	Gazy w punkcie wyrzutu Z = 1	0	<1		2,0
			1-2		
			2-3		
			3-4		
			4-5		
			5-6		
			6-7		
			7-8		
			8-9		
B	Strumień zanieczyszczony Z = 1	0	<1		7,1
			1-2		
			2-3		
			3-4		
			4-5		
			5-6		
			6-7		
			7-8		
			8-9		
			9-10		
C	Strumień zanieczyszczony Z = 10	1	<1		5,6
			1-2		
			2-3		
			3-4		
			4-5		
			5-6		
			6-7		
			7-8		
			8-9		

◊ Na podstawie wyników ocen próbek B i C obliczamy współczynnik Webera-Fechnera; wyznaczamy równanie prostej $S_Z = S_0 - k \cdot \log Z$, przechodzącej przez punkty ($\log Z=0$; $S_Z=7,1$) i ($\log Z=1$; $S_Z=5,6$):

$$5,6 = S_0 - k = 7,1 - k \quad \rightarrow \quad k = 7,1 - 5,6 = 1,5$$

◊ Na podstawie intensywności zapachu próbki A obliczamy stężenie zapachowe:

$$S = k \cdot \log c_{od.E.}; \quad c_{od.E.} = 10^{2/1,5} = 21,5 \text{ ou/m}^3$$

◊ Obliczamy emisję odorantów:

$$q_{od} \cong 10000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 21,5 \text{ ou/m}^3 \cong 215 \text{ 000 ou/h} = 60 \text{ ou/s}$$

Odpowiedź:

Emisja odorantów wynosi **około 60 ou/s**.

Uwaga: konieczne jest wykonanie ocen intensywności zapachu większej liczby próbek, w różnym stopniu rozcieńczonych czystym powietrzem!

Przykład 12

Oceniając skuteczność instalacji dezodoryzującej pobrano próbki:

próbka A – wlot do instalacji; gaz rozcieńczony 1000 razy,

próbka B – wlot do instalacji; gaz rozcieńczony 100 razy,

próbka C – wylot z instalacji; gaz rozcieńczony 10 razy,

próbka D – wylot z instalacji; gaz nie rozcieńczony.

Intensywność zapachu próbek A, B, C i D oceniał sześciuosobowy zespół ekspertów, korzystając z n-butanolowej skali wzorców.

Załączono indywidualne karty ocen.

Pytania:

Jaka jest skuteczność procesu dezodoryzacji gazów $\Delta c_{od}:c_{odp}$

i $\Delta S:S_p$?

Jak wpływa zmiana współczynnika Webera-Fechnera na wyniki obliczeń?

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce				
NrB	O	A	B	C	D
>10					
9-10					
8-9	x				
7-8					
6-7		x			
5-6		x		xx	
4-5			xx		x
3-4					x
2-3					
1-2					

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce				
NrB	O	A	B	C	D
>10					
9-10					
8-9	x				
7-8					
6-7		x			
5-6		x	x	x	
4-5			x	x	xx
3-4					
2-3					
1-2					

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce				
NrB	O	A	B	C	D
>10					
9-10	x				
8-9		x			
7-8		x			
6-7			xx	x	
5-6				x	
4-5					xx
3-4					
2-3					
1-2					

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce				
NrB	O	A	B	C	D
>10					
9-10					
8-9					
7-8	x				
6-7					
5-6		xx			
4-5			x	xx	
3-4			x		x
2-3					x
1-2					

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce				
NrB	O	A	B	C	D
>10					
9-10					
8-9	x				
7-8					
6-7		xx			
5-6				x	
4-5			xx	x	
3-4					xx
2-3					
1-2					

Nr wzorca	Wzorzec przypisany próbce				
NrB	O	A	B	C	D
>10					
9-10					
8-9					
7-8	x				
6-7		x			
5-6		x			
4-5			xx	x	
3-4					xx
2-3					
1-2					

Obliczenia:

◇ Wypełniamy zbiorczą kartę ocen intensywności zapachu

Próbka	Punkt poboru Stopień rozcieńczenia	log Z	Klasa S	Rozkład wskazań klasy	Mediana S
A	Gaz przed oczyszczaniem Z = 1000	3	<1		2,0
			1-2	█	
			2-3	██	
			3-4	███	
			4-5	████	
			5-6		
			6-7		
			7-8		
			8-9		
			9-10		
			>10		
B	Gaz przed oczyszczaniem Z = 100	2	<1		3,5
			1-2		
			2-3	█	
			3-4	██	
			4-5	███	
			5-6	████	
			6-7		
			7-8		
			8-9		
			9-10		
			>10		
C	Gaz po oczyszczeniu Z = 10	1	<1		3,2
			1-2		
			2-3	█	
			3-4	██	
			4-5	███	
			5-6	████	
			6-7		
			7-8		
			8-9		
			9-10		
			>10		
D	Gaz po oczyszczeniu Z = 1	0	<1		4,5
			1-2		
			2-3		
			3-4	█	
			4-5	██	
			5-6	███	
			6-7	████	
			7-8		
			8-9		
			9-10		
			>10		

- ◇ Obliczamy stałe k i S_0 w równaniach typu: $Z = S_0 - k \cdot \log Z$ dla gazu nie oczyszczonego (WLOT) i oczyszczonego (WYLOT):

$$\begin{aligned} \text{WLOT:} \quad & 2 = S_0 - k \cdot \log 1000 = S_0 - 3k \\ & \underline{3,5 = S_0 - k \cdot \log 100 = S_0 - 2k} \\ & k = 1,5; \quad S_0 = 6,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WYLOT:} \quad & 4,5 = S_0 - k \cdot \log 1 = S_0 \\ & \underline{3,2 = S_0 - k \cdot \log 10 = 4,5 - k} \\ & k = 1,3; \quad S_0 = 4,5 \end{aligned}$$

- ◇ Obliczamy stężenie zapachowe: $c_{od \text{ WLOT}}$ i $c_{od \text{ WYLOT}}$:

$$c_{od \text{ WLOT}} = 10^{6,5/1,5} \cong 21\,540 \text{ ou/m}^3;$$

$$c_{od \text{ WYLOT}} = 10^{4,5/1,3} \cong 2\,890 \text{ ou/m}^3$$

- ◇ Obliczamy skuteczność dezodoryzacji z wykorzystaniem $k_{\text{WLOT}}=1,5$ i $k_{\text{WYLOT}}=1,3$:

$$100\% \cdot \Delta S : S_{\text{WLOT}} = 100 \cdot (6,5 - 4,5) : 6,5 = 30,8\%$$

$$100\% \cdot \Delta c_{od} : c_{od \text{ WLOT}} = 100 \cdot (21540 - 2890) / 21540 = 85,6\%$$

- ◇ Obliczamy skuteczność dezodoryzacji przy założeniu, że $k_{\text{WYLOT}} = k_{\text{WLOT}} = 1,5$:

$$100\% \cdot \Delta S : S_{\text{WLOT}} = 30,8\%$$

$$c_{od \text{ WYLOT}} = 10^{4,5/1,5} = 1000 \text{ ou/m}^3$$

$$100\% \cdot \Delta c_{od} : c_{od \text{ WLOT}} = 100 \cdot (21540 - 1000) : 21540 = 95,4\%$$

Odpowiedź:

Zmniejszenie się intensywności zapachu o około 30%: od $S=6,5$ do $S=4,5$, jest związane ze zmniejszeniem się stężenia zapachowego (c_{od}) o około 85%.

Wykorzystanie k_{WLOT} podczas obliczania stężenia odorantów w gazie wylotowym prowadzi do wartości c_{od} niemal trzykrotnie mniejszych od rzeczywistych.

Uwaga: współczynniki Webera-Fechnera nie powinny być wyznaczone na podstawie dwóch punktów! Konieczne jest wykonanie ocen intensywności zapachu większej liczby próbek, w różnym stopniu rozcieńczonych czystym powietrzem.

Przykład 13

W zakładzie przemysłowym rozpatrywano celowość zamiany surowca A, przetwarzanego na dużą skalę, na charakteryzujący się mniejszą zawartością zanieczyszczeń surowiec B.

Orientacyjne pomiary laboratoryjne pozwoliły oznaczyć wskaźniki emisji odorantów: $Fq_{od A}$ i $Fq_{od B}$ [kou/kg surowca] oraz współczynniki proporcjonalności (k) w równaniach Webera-Fechnera: $S_A = k_a \cdot \log c_{odA}$ i $S_B = k_B \cdot \log c_{odB}$ (S_A i S_B – intensywność zapachu, c_{od} – stężenie zapachowe [ou/m^3]):

$$\begin{aligned} Fq_{od A} &= 2,0 \text{ kou/kg A}; & k_a &= 1,7 \\ Fq_{od B} &= 1,8 \text{ kou/kg B}; & k_B &= 1,9 \end{aligned}$$

Pytanie:

Jak zmiana surowca wpłynie na zasięg zapachowej uciążliwości wytwórni, w której przetwarza się 100 Mg/h?

Parametry emisji i dyspersji zanieczyszczeń:

wytwórnia pracuje w sposób ciągły 365 dni w roku; wysokość emitora: $h=20$ m; średnica emitora: $d=1$ m; prędkość liniowa gazów (śr.): $v=8$ m/s; temperatura: 400 K; ciepło właściwe: $1,3 \text{ kJ/m}^3 \text{ K}$; róża wiatrów: Szczecin-Dąbie; współczynnik aerodynamicznej szorstkości podłoża: $z_0=1$ m

Obliczenia:

- ◇ Obliczamy emisje odorantów, odpowiadające obu wyznaczonym wskaźnikom Fq_{od} :

$$Fq_{odA} = 100 \text{ Mg/h} \cdot 2,0 \text{ Mou/Mg} = 200 \text{ Mou/h} = 55555 \text{ ou/s}$$

$$Fq_{odB} = 100 \text{ Mg/h} \cdot 1,8 \text{ Mou/Mg} = 180 \text{ Mou/h} = 50000 \text{ ou/s}$$

- ◇ Obliczamy strumień objętości emitowanych gazów i stężenie odorantów w obu sytuacjach:

$$V = (\Pi d^2 : 4) \cdot v = 3,14 \cdot 8 : 4 = 6,28 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$c_{odE,A} = 55555 : 6,28 = 8846 \text{ ou/m}^3$$

$$c_{odE,B} = 50000 : 6,28 = 7962 \text{ ou/m}^3$$

- ◇ Obliczamy intensywność zapachu emitowanych gazów w punkcie ich wyrzutu:

$$S_A = 1,7 \cdot \log 8846 = 6,7$$

$$S_B = 1,9 \cdot \log 7962 = 7,4$$

- ◇ Wykonujemy komputerową symulację rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w obu sytuacjach obliczając dla sieci receptorów $4 \times 4 \text{ km}$ (krok: 200 m):

- percentyl 99,8 stężeń $c_{od}[\text{ou/m}^3]$ odniesionych do 30 minut $[\text{ou/m}^3]$,
- czas przekroczeń progu chwilowej wyczuwalności zapachu $c_{od30} = 0,1 \text{ ou/m}^3$,
- czas przekroczeń stężenia odpowiadającego chwilowemu występowaniu wybranej intensywności zapachu, na przykład $S=2$ (zapach rozpoznawalny):

$$\text{sytuacja A: } c_{od30}^{(S=2)} = 0,1 \cdot 10^{2/1,7} = 1,50 \text{ ou/m}^3$$

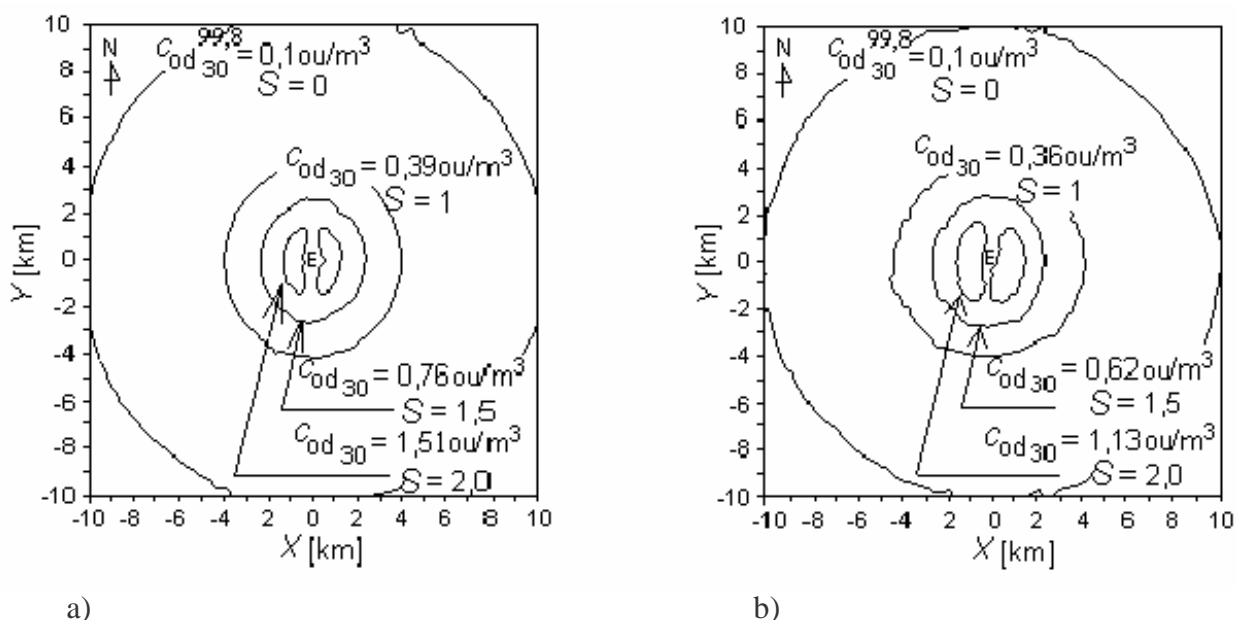
$$\text{sytuacja B: } c_{od30}^{(S=2)} = 0,1 \cdot 10^{2/1,9} = 1,13 \text{ ou/m}^3.$$

Wyniki obliczeń – rysunki 1–3 – umożliwiają udzielenie odpowiedzi na pytanie o efekty zamiany surowca A na B.

Odpowiedź:

Zastąpienie surowca A surowcem B umożliwi zmniejszenie o 10% stężenia odorantów w gazach odlotowych (c_{odE}), ich emisji Fq_{od} [ou/s] i przygruntowych stężeń. Niestety uciążliwość zapachu emitowanych gazów zmieni się w bardzo małym stopniu i nie wszędzie w oczekiwanym kierunku.

Na rysunku 1 a i b przedstawiono izolinie stężenia $c_{od_{30}}^{99,8}$ [ou/m³] odpowiadającego chwilowemu osiągnięciu progu wyczuwalności ($S = 0$) oraz chwilowemu występowaniu zapachu o intensywności $S = 1; 1,5$ i 2 (zapach ledwo wyczuwalny, bardzo słaby i słaby).



Rysunek 1

Stężenie zapachowe w otoczeniu emitora – $c_{od_{30}}^{99,8}$ [ou/m³]:

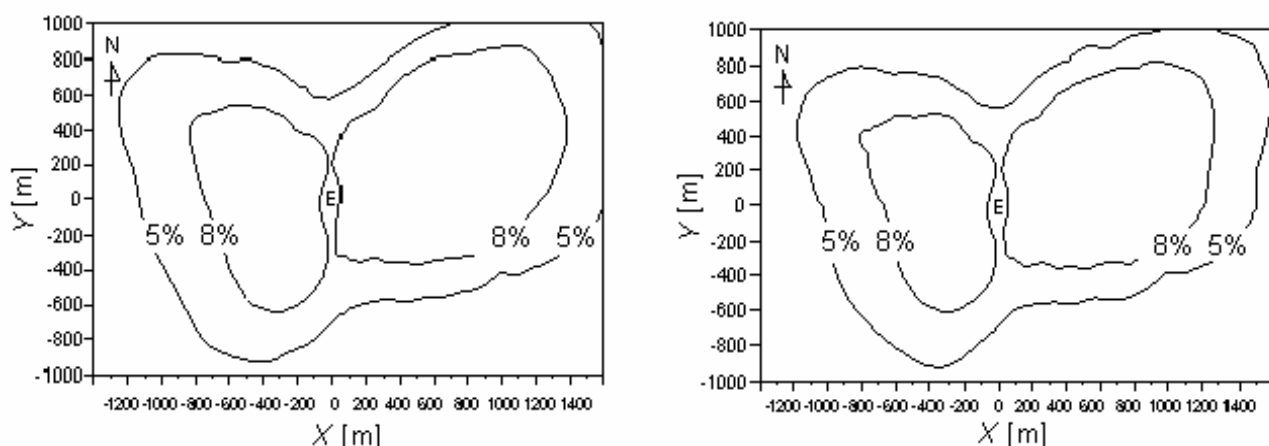
a) $q_{od} = 2 \text{ Mou/Mg}$, b) $Fq_{od} = 1,8 \text{ Mou/Mg}$

Intensywnościom tym odpowiadają chwilowe stężenia:

$S = 1,0$	$c_{odA} = 10^{1/1,7} = 3,86 \text{ ou/m}^3$	$c_{odB} = 10^{1/1,9} = 3,36 \text{ ou/m}^3$
$S = 1,5$	$c_{odA} = 10^{1,5/1,7} = 7,63 \text{ ou/m}^3$	$c_{odB} = 10^{1,5/1,9} = 6,16 \text{ ou/m}^3$
$S = 2,0$	$c_{odA} = 10^{2/1,7} = 15,1 \text{ ou/m}^3$	$c_{odB} = 10^{2/1,9} = 11,3 \text{ ou/m}^3$

Można stwierdzić, że średnica okręgu obejmującego cały obszar przekroczeń progu wyczuwalności, objęty izolinią $c_{od_{30}}^{99,8} = 0,1 \text{ ou/m}^3$, po zmianie surowca zmniejszy się o około 500 metrów. Niemal nie zmieni się powierzchnia obszaru, na którym może pojawiać się zapach bardzo słaby ($S \geq 1$). Promień obszaru, na którym może występować zapach słaby ($S = 2$) będzie po zmianie surowca nieco większa, niż przed tą zmianą.

Do podobnych wniosków prowadzi analiza wyników obliczeń czasu przekroczeń progu chwilowej wyczuwalności (rys. 12.2 a i b; zmniejszenie obszaru objętego izoliniami 3, 5, 8, 10% czasu roku) oraz progu chwilowego pojawiania się zapachu „słaby” (rys. 12.3 a i b; zwiększenie obszaru objętego izoliniami 3 i 5% czasu roku).

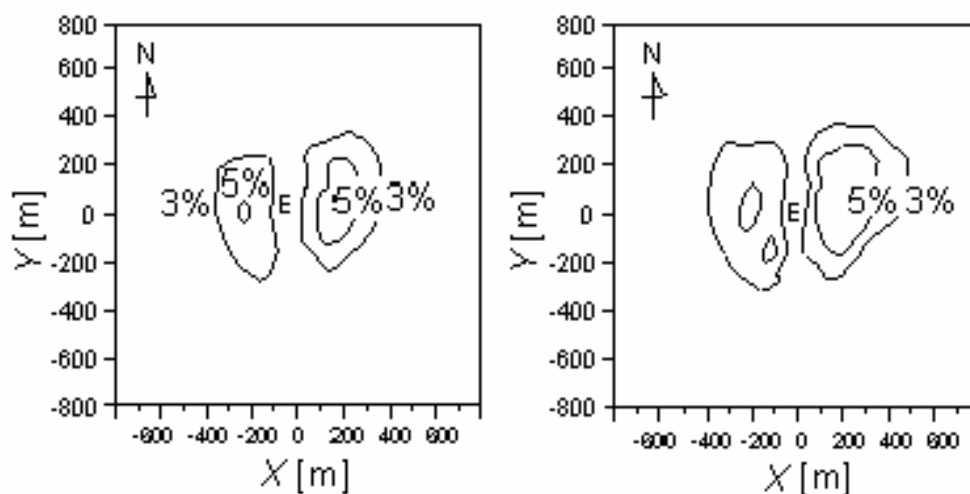


a)

b)

Rysunek 2

Częstość przekroczenia $c_{od\ 30} = 0,1\ \text{ou}/\text{m}^3$
 (róża wiatrów Szczecin-Dąbie, procent czasu roku):
 a) $Fq_{od} = 2\ \text{Mou}/\text{Mg}$, b) $Fq_{od} = 1,8\ \text{Mou}/\text{Mg}$;
 E – lokalizacja emitora



a)

b)

Rysunek .3

Częstość występowania sytuacji, w których intensywność zapachu chwilowo osiąga $S = 2$
 (róża wiatrów Szczecin-Dąbie, procent czasu roku):
 a) $Fq_{od} = 2\ \text{Mou}/\text{Mg}$, b) $Fq_{od} = 1,8\ \text{Mou}/\text{Mg}$;
 E – lokalizacja emitora

Wniosek:

Zamiana surowca A na surowiec B (o mniejszym wskaźniku emisji odorantów) spowoduje:

- nieznaczne zmniejszenie się całego obszaru, na którym zapach może się pojawiać ($S > 0$),
- nieznaczne zwiększenie się obszaru, na którym zapach może osiągać intensywność $S > 1$,
- wzrost intensywności zapachu emitowanych gazów ($S = 6,7 \rightarrow 7,4$).

Z punktu widzenia mieszkańców otoczenia zakładu zamiana surowców jest nie celowa.

Przykład 14

Czterooosobowy zespół inspektorów oceniał intensywność zapachu, który występował w wybranym punkcie otoczenia emitora X w 5-minutowym okresie kontroli. Wyniki ocen notowano co 15 sekund na załączonych kartach indywidualnych, korzystając ze skali punktowej: 0, 1, 2, 3.

Dodatkowe pomiary odorymetryczne wykonano w laboratorium, po pobraniu próbek gazu z emitora X. Zespół ekspertów oceniał intensywność zapachu próbki nie rozcieńczonej i rozcieńczonej 50-krotnie czystym powietrzem. Stosowano tę samą punktową skalę intensywności zapachu. Obu próbkom przypisano wartości (średnio): $S_1 = 6$ i $S_2 = 4$.

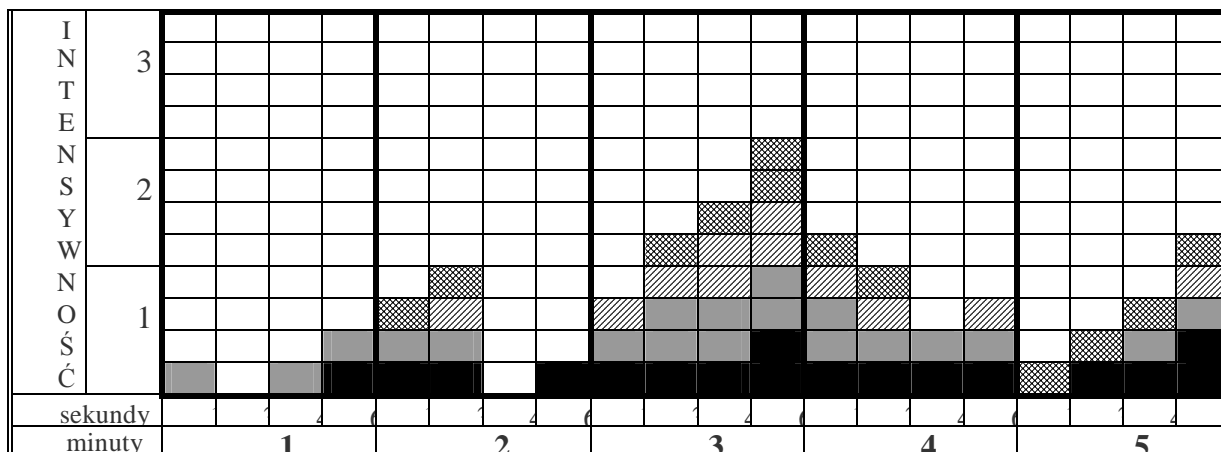
Pytanie:

Jakie było stężenie zapachowe w punkcie emisji ($c_{od E}$) i w powietrzu atmosferycznym ($c_{od p/5}^{maks.}$, c_{od5} , c_{od30}) ?

OCENIAJĄCY 1	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
1 minuta	x				x				x					x		
2 minuta		x				x			x					x		
3 minuta		x				x				x					x	
4 minuta		x				x				x				x		
5 minuta	x					x				x					x	
sekunda:	15				30				45				60			
OCENIAJĄCY 2	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
1 minuta		x			x					x				x		
2 minuta		x				x			x				x			
3 minuta		x					x				x				x	
4 minuta			x			x				x				x		
5 minuta	x				x					x				x		
sekunda:	15				30				45				60			
OCENIAJĄCY 3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
1 minuta	x				x				x				x			
2 minuta	x					x			x				x			
3 minuta		x				x					x				x	
4 minuta		x				x			x					x		
5 minuta	x				x				x				x			
sekunda:	15				30				45				60			
OCENIAJĄCY 4	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
1 minuta	x				x				x				x			
2 minuta		x				x			x				x			
3 minuta	x					x				x					x	
4 minuta		x				x			x				x			
5 minuta		x				x				x				x		
sekunda:	15				30				45				60			

Obliczenia

Wyniki ocen intensywności zapachu przenosimy na zbiorczą kartę ocen (oceniający 1 – wypełnienie pełne; oceniający 2 – wypełnienie 40%, oceniający 3 – jasny ukośny, oceniający 4 – jasna kratka)



◇ Odczytujemy maksymalną z wartości charakteryzujących kolejne okresy 15-sekundowe oraz średnią dla okresu kontroli:

$$S_{p/5}^{maks.} = 2,0; \quad S_5 = (30 \cdot 0 + 32 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 0 \cdot 3) : 80 = (32 + 16) : 80 = 0,6$$

◇ Obliczamy współczynnik Webera-Fechnera charakterystyczny dla emitowanych odorantów:

$$S_1 = k \cdot \log c_{odE} = 6$$

$$S_2 = k \cdot \log (c_{odE}/50) = k \cdot \log c_{odE} - k \cdot \log 50 = 6 - k \cdot \log 50 = 4$$

$$k = 2 : \log 50 = 1,18$$

◇ Obliczamy stężenia zapachowe:

w gazach odlotowych punkcie wyrzutu: $c_{odE} = 10^{6/1,18} \approx 122\ 000\ ou/m^3$

w powietrzu atmosferycznym w okresie kontroli:

chwilowa wartość maksymalna: $c_{od\ p/5}^{maks.} = 10^{2/1,18} = 50\ ou/m^3$

średnia dla okresu kontroli: $c_{od\ 5} = 10^{0,6/1,18} = 3\ ou/m^3$

Odpowiedź:

$$c_{od\ E} \approx 122\ 000\ ou/m^3; \quad c_{od\ p/5}^{maks.} \approx 50\ ou/m^3; \quad c_{od\ 5} \approx 3\ ou/m^3$$

Stężenie średnie odniesione do 30 minut wynosi: $c_{od\ 30} \approx 0,1 \cdot c_{od\ p/5}^{maks.} = 5\ ou/m^3$