

Część II

ĆWICZENIA RACHUNKOWE



Przykład 1

Związek A ma próg wyczuwalności $S_{PWW} = 0,001 \text{ mg/m}^3$. 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:*

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

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

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

$$50 = a - 3b$$

$$80 = a - 2b$$

$$a = 50 + 3b$$

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

$$b = 30; a = 140$$

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

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

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

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

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:

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

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

◇ Wyznaczamy wartości stałych empirycznych w równaniu

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

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

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

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

$$b = 60;$$

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

◇ Obliczamy S_{PWW} związku X:

$$\%TAK = 50$$

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

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

Odpowiedź:

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

Przykład 3

Do 100 dm^3 czystego powietrza wprowadzono $1 \mu\text{g}$ związku o progu wyczuwalności węchowej $S_{PWW} = 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 dziesięciu osób z tej grupy?

Obliczenia:

◇ Obliczamy stężenie zanieczyszczenia w nie rozcieńczonej próbce powietrza:

$$S_1 = 1 \mu\text{g} : 0,1 \text{ m}^3 = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$LJZ_1 = S_1 [\mu\text{g}/\text{m}^3] : S_{PWW} [\mu\text{g}/\text{jz}]$$

$$LJZ_1 = 10 \text{ jz}/\text{m}^3$$

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

$$50 = a + b \cdot \log S_{PWW} = a; \quad a = 50$$

$$80 = a + b \cdot \log S_1 = 50 + b; \quad b = 30$$

◇ Obliczamy stężenie S_2 , przy którym %TAK = 10:

$$10 = a + b \cdot \log S_2 = 50 - 30 \cdot \log S_2$$

$$\log S_2 = -4 : 3; \quad S_2 = 0,0464$$

◇ Obliczamy krotność rozcieńczenia próbki, o którą pytano:

$$S_1 : S_2 = 215,5$$

Odpowiedź:

Zapach gazu będzie wyczuwalny dla tylko 10% zespołu, jeżeli zostanie rozcieńczony czystym powietrzem **216 razy**.

Przykład 4

Zapach powietrza zanieczyszczonego związkami o progu wyczuwalności $S_{PWW} = 0,01$ 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 (S_1) i po rozcieńczeniu (S_2)?

Obliczenia:

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

$$100 \cdot 15/25 = a + b \cdot \log S_1$$

$$100 \cdot 8/25 = a + b \cdot \log (S_1/5)$$

$$60 = a + b \cdot \log S_1$$

$$32 = a + b \cdot \log S_1 + b \log 0,2$$

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

- ◇ 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 S_1 i S_2

$$\log S_1 = (60 - 130,12) : 40,06 = -1,75$$

$$S_1 = 10^{-1,75} = 0,0178 \text{ mg}/\text{m}^3$$

$$S_2 = S_1 : 5 = 0,0036 \text{ mg}/\text{m}^3$$

Odpowiedź:

Stężenia przed i po rozcieńczeniu wynosiły: $S_1 = 0,0178 \text{ mg}/\text{m}^3$, $S_2 = 0,0036 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Przykład 5

Substancja zapachowa ma próg wyczuwalności $S_{PWW} = 0,001 \text{ mg/m}^3$. Stwierdzono, że zapach powietrza zawierającego 10 jz/m^3 (LJZ_1) jest uznawany za bardzo słaby ($I_1 \approx 2$).

Pytanie:

Jakie jest stężenie tego związku zapachowego w powietrzu ($S_2[\text{mg/m}^3]$), jeżeli zapach jest wyraźny ($I_2 \approx 4$)?

Obliczenia:

- ◇ Obliczamy współczynnik Webera-Fechnera: $I_1 = k \cdot \log LJZ_1$
 $k = I_1 : \log LJZ_1 = 2$
- ◇ Obliczamy stężenie LJZ_2 odpowiadające $I_2 = 4$: $\log LJZ_2 = I_2 : k = 4 : 2 = 2$
 $LJZ_2 = 100 \text{ jz/m}^3$
- ◇ Obliczamy stężenie odpowiadające LJZ_2 : $S_2 = LJZ_2[\text{jz/m}^3] \cdot S_{PWW} [\text{mg/jz}]$
 $S_2 = 100 \cdot 0,001 = 0,1 \text{ mg/m}^3$

Odpowiedź:

Zapach jest wyraźny, jeżeli stężenie substancji zapachowej wynosi $S_2 \approx 0,1 \text{ mg/m}^3$.

Przykład 6

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

Pytanie:

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

Obliczenia:

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

Odpowiedź:

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

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 $I = 2$ (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: $I = 4$.

Obliczenia:

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

| | |
|--|-------------------------------------|
| Kubatura pomieszczenia: | $3 \times 4 \times 2,5 m = 30 m^3$ |
| Powierzchnia malowanej próbki: | $0,0025 m^2$ |
| Stężenie odorantów po malowaniu próbki: | $1 jz/m^3$ (próg wyczuwalności) |
| Ilość odorantów w pomieszczeniu: | $30 m^3 \cdot 1 jz/m^3 = 30 jz$ |
| Wskaźnik emisji odorantów (WE [jz/m^2]): | $30 jz : 0,0025 m^2 = 12000 jz/m^2$ |

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

| | |
|-------------------------------------|---|
| Ilość uwolnionych odorantów: | $10 \text{ próbek} \cdot 30 jz/próbkę = 300 jz$ |
| Stężenie odorantów w pomieszczeniu: | $LJZ = 300 jz : 30 m^2 = 10 jz/m^3$ |
| Intensywność zapachu: | $I = 2$ |
| Współczynnik Webera-Fechnera: | $k = I : \log 10 = 2$ |

◇ Obliczamy emisję odorantów w sytuacji docelowej:

$$\text{Malowana powierzchnia:} \quad 10 \text{ m}^2/\text{h}$$

$$\text{Emisja odorantów (E[jz/h]):} \quad E = 10 \text{ m}^2/\text{h} \cdot 12000 \text{ jz/m}^2$$

$$E = 120000 \text{ jz/h}$$

◇ Obliczamy stężenie odorantów w gazach wentylacyjnych, odpowiadające $I = 4$:

$$LJZ_{maks.} = 10^{I/k} = 10^{4/2}$$

$$LJZ_{maks.} = 100 \text{ jz/m}^3$$

◇ Obliczamy najmniejszą niezbędną wydajność wentylatora:

$$LJZ_{maks.} = E \text{ [jz/h]} : V \text{ [m}^3/\text{h]}; \quad V \text{ [m}^3/\text{h]} = 120\,000 \text{ jz/h} : 100 \text{ jz/m}^3$$

$$V = 1200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Odpowiedź:

Intensywność zapachu gazów wentylacyjnych nie powinna przekraczać $I = 4$, 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 $I_1 = 5$ (mediana opinii zespołu ekspertów). Po powtórnych dziesięciokrotnym rozcieńczeniu wynikiem pomiarów była wartość $I_2 = 3$.

Pytanie:

Jakie jest stężenie odorantów w gazie odlotowym (LJZ_0 [jz/m³]) i intensywność jego zapachu (I_0)?

Obliczenia:

◇ Rozwiązujemy układ dwóch równań typu $I = I_0 - k \cdot \log R$:

$$5 = I_0 - k \cdot \log 10 = I_0 - k$$

$$3 = I_0 - k \cdot \log 100 = I_0 - 2k$$

$$k = I_0 - 5$$

$$I_0 = 3 + 2 \cdot (I_0 - 5) = 2I_0 - 7$$

$$I_0 = 7; \quad k = 2$$

◇ Obliczamy stężenie odorantów w gazach wylotowych z równania: $I = k \cdot \log LJZ$

$$LJZ_0 = 10^{7/2} = 3160 \text{ jz/m}^3$$

Odpowiedź:

Nie rozcieńczony gaz odlotowy zawiera **około 3160 jz/m³**, a intensywność jego zapachu wynosi **I ≈ 7**.

Przykład 9

Podczas produkcji 1 tony wyrobu X do atmosfery wprowadza się średnio 100 mg związku A o progu węchowej wyczuwalności $S_{PWW,A} = 0,01 \text{ mg/m}^3$ 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 m³/h.

Pytanie:

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

Obliczenia:

◇ Obliczamy wskaźnik emisji odorantów: $WE = 100 \text{ mgA/t} : 0,01 \text{ mg/jz} = 10\,000 \text{ jz/t}$

◇ Obliczamy emisję odorantów: $EO = 10\,000 \text{ jz/t} \cdot 100 \text{ t/h} = 10^6 \text{ jz/h}$

◇ Obliczamy stężenie odorantów w gazach odlotowych:

$$LJZ = 10^6 \text{ jz/h} : 1000 \text{ m}^3/\text{h} = 1000 \text{ jz/m}^3$$

◇ Obliczamy intensywność zapachu gazów: $I = 1,8 \cdot \log 1000 = 5,4$

Odpowiedź:

Intensywność zapachu gazów odlotowych **I ≈ 5,4**.

Przykład 10

Zakład przemysłowy wprowadza do atmosfery gazy odlotowe o uciążliwym zapachu. Odorymetrycznie oznaczono stężenie odorantów w tych gazach: $LJZ_1(\text{średnia}) = 10\ 000\ \text{jz/m}^3$. Mediana ocen intensywności zapachu (wykonanych z użyciem siedmiostopniowej skali wzorców) wynosiła $I_1 = 6$.

Pytanie:

Jaka skuteczność procesu (względna zmiana stężenia) spowoduje zmniejszenie się intensywności zapachu emitowanych gazów do $I_2 = 3$, jeżeli podczas oczyszczania gazów nie zmieni się wartość współczynnika Webera-Fechnera?

Obliczenia:

- ◇ Obliczamy współczynnik Webera-Fechnera: $k = I_1 : \log LJZ_1 = 6 : 4 = 1,5$
- ◇ Obliczamy stężenie po oczyszczaniu gazów: $LJZ_2 = 10^{I_2/k} = 10^{3/1,5} = 100\ \text{jz/m}^3$
- ◇ Obliczamy względną zmianę stężenia odorantów:
 $(LJZ_1 - LJZ_2) : LJZ_1 = 9900 : 10000 = 0,99$
Skuteczność oczyszczania: 99%

Odpowiedź:

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

Przykład 11

Zakład przemysłowy emituje łącznie $10000\ \text{m}^3/\text{h}$ 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.

Pomiary wykonywał zespół ośmioosobowy - załączono indywidualne karty ocen.

Pytanie:

Jaka jest liczba jednostek
zapachowych LJZ_E [jz/m³]
w punkcie wyrzutu
oraz emisja odorantów
EO [jz/s],
jeżeli współczynnik Webera-
Fechnera jest taki sam
dla obu strumieni gazów?

| 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 R | Klasa I | Rozkład wskazań klasy | Mediana I |
|--------|---------------------------------------|-------|---------|-----------------------|-----------|
| A | Gazy w punkcie wyrzutu R = 1 | 0 | <1 | █ | 2,0 |
| | | | 1-2 | █ | |
| | | | 2-3 | █ | |
| | | | 3-4 | █ | |
| | | | 4-5 | █ | |
| | | | 5-6 | █ | |
| | | | 6-7 | █ | |
| | | | 7-8 | █ | |
| | | | 8-9 | █ | |
| B | Strumień zanieczyszczony R = 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 R = 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 $I_R = I_0 - k \cdot \log R$, przechodzącej przez punkty ($\log R=0$; $I_R=7,1$) i ($\log R=1$; $I_R=5,6$):

$$5,6 = I_0 - k = 7,1 - k \quad \rightarrow \quad k = 7,1 - 5,6 = 1,5$$

◇ Na podstawie intensywności zapachu próbki A obliczamy stężenie odorantów:

$$I = k \cdot \log LJZ_E; \quad LJZ_E = 10^{2/1,5} = 21,5 \text{ jz/m}^3$$

◇ Obliczamy emisję odorantów:

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

Odpowiedź:

Emisja odorantów wynosi **około 60 jz/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

sześcioosobowy zespół

ekspertów, korzystając z

n-butanolowej skali

wzorców.

Załączono indywidualne

karty ocen.

Pytania:

Jaka jest skuteczność procesu

dezodoryzacji gazów

$\Delta I_Z : I_{Zp}$

i $\Delta I : I_p$?

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 R | Klasa I | Rozkład wskazań klasy | Mediana I |
|--------|--|-------|------------|-----------------------|--------------|
| A | Gaz przed oczyszczaniem R = 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 R = 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 R = 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 R = 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 I_0 w równaniach typu: $R = I_0 - k \cdot \log R$ dla gazu nie oczyszczonego (WLOT) i oczyszczonego (WYLOT):

$$\text{WLOT:} \quad 2 = I_0 - k \cdot \log 1000 = I_0 - 3k$$

$$3,5 = I_0 - k \cdot \log 100 = I_0 - 2k$$

$$k = 1,5; \quad I_0 = 6,5$$

$$\text{WYLOT:} \quad 4,5 = I_0 - k \cdot \log 1 = I_0$$

$$3,2 = I_0 - k \cdot \log 10 = 4,5 - k$$

$$k = 1,3; \quad I_0 = 4,5$$

◇ Obliczamy stężenie odorantów: LJZ_{WLOT} i LJZ_{WYLOT} :

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

$$LJZ_{WYLOT} = 10^{4,5/1,3} \cong 2\,890 \text{ jz/}$$

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

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

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

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

$$100\% \cdot \Delta I : I_{WLOT} = 30,8\%$$

$$LJZ_{WYLOT} = 10^{4,5/1,5} = 1000 \text{ jz/m}^3$$

$$100\% \cdot \Delta LJZ : LJZ_{WLOT} = 100 \cdot (21540 - 1000) : 21540 = 95,4\%$$

Odpowiedź:

Zmniejszenie się intensywności zapachu o około 30%: od $I=6,5$ do $I=4,5$, jest związane ze zmniejszeniem się stężenia odorantów (LJZ) o około 85%.

Wykorzystanie k_{WLOT} podczas obliczania stężenia odorantów w gazie wylotowym prowadzi do wartości LJZ 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: WE_A i WE_B [kjz/kg surowca] oraz współczynniki proporcjonalności (k) w równaniach Webera-Fechnera: $I_A = k_a \cdot \log LJZ_A$ i $I_B = k_B \cdot \log LJZ_B$ (I_A i I_B - intensywność zapachu, LJZ - stężenie odorantów [jz/m^3]):

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

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 WE:

$$EO_A = 100 \text{ Mg/h} \cdot 2,0 \text{ Mjz/Mg} = 200 \text{ Mjz/h} = 55555 \text{ jz/s}$$

$$EO_B = 100 \text{ Mg/h} \cdot 1,8 \text{ Mjz/Mg} = 180 \text{ Mjz/h} = 50000 \text{ jz/s}$$

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

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

$$LJZ_{E,A} = 55555 : 6,28 = 8846 \text{ jz/m}^3$$

$$LJZ_{E,B} = 50000 : 6,28 = 7962 \text{ jz/m}^3$$

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

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

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

- ◇ 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 $LJZ[\text{jz/m}^3]$ odniesionych do 30 minut $[\text{jz/m}^3]$,
- czas przekroczeń progu chwilowej wyczuwalności zapachu $LJZ_{30} = 0,1 \text{ jz/m}^3$,
- czas przekroczeń stężenia odpowiadającego chwilowemu występowaniu wybranej intensywności zapachu, na przykład $I=2$ (zapach rozpoznawalny):

$$\text{sytuacja A: } LJZ_{30}^{(I=2)} = 0,1 \cdot 10^{2/1,7} = 1,50 \text{ jz/m}^3$$

$$\text{sytuacja B: } LJZ_{30}^{(I=2)} = 0,1 \cdot 10^{2/1,9} = 1,13 \text{ jz/m}^3.$$

Wyniki obliczeń - rysunki 12.1-12.3 - 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 (LJZ_E), ich emisji EO $[\text{jz/s}]$ 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 $LJZ_{30}^{99,8} [\text{jz/m}^3]$ odpowiadającego chwilowemu osiągnięciu progu wyczuwalności ($I = 0$) oraz chwilowemu występowaniu

zapachu o intensywności $I = 1; 1,5$ i 2 (zapach ledwo wyczuwalny, bardzo słaby i słaby).

Intensywnościom tym odpowiadają chwilowe stężenia:

$$I = 1,0 \quad \text{LJZ}_A = 10^{1/1,7} = 3,86 \text{ jz/m}^3 \quad \text{LJZ}_B = 10^{1/1,9} = 3,36 \text{ jz/m}^3$$

$$I = 1,5 \quad \text{LJZ}_A = 10^{1,5/1,7} = 7,63 \text{ jz/m}^3 \quad \text{LJZ}_B = 10^{1,5/1,9} = 6,16 \text{ jz/m}^3$$

$$I = 2,0 \quad \text{LJZ}_A = 10^{2/1,7} = 15,1 \text{ jz/m}^3 \quad \text{LJZ}_B = 10^{2/1,9} = 11,3 \text{ jz/m}^3$$

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

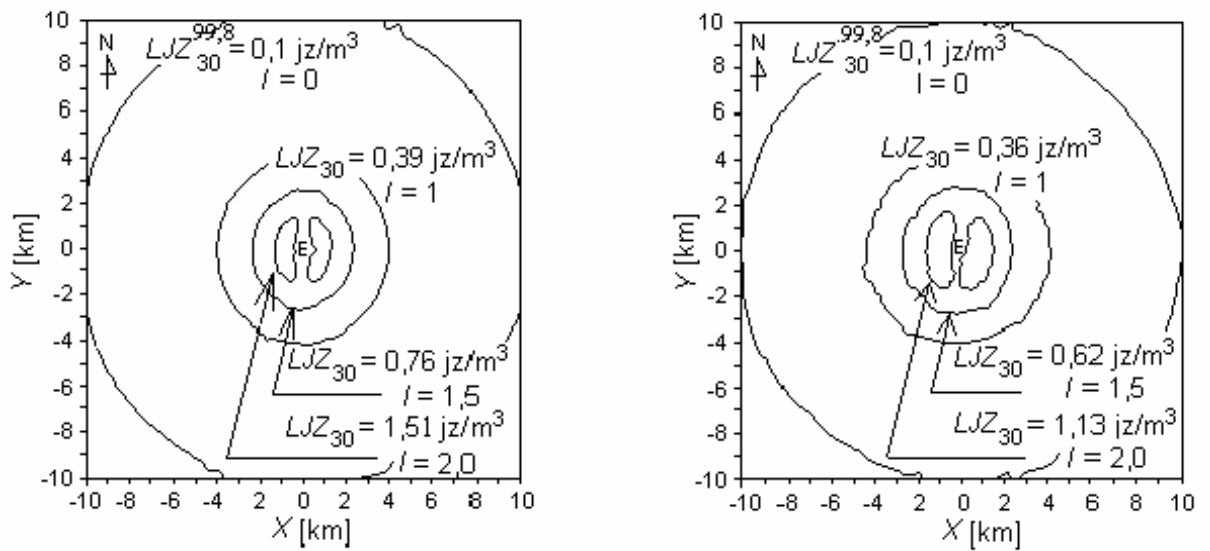
Do podobnych wniosków prowadzi analiza wyników obliczeń czasu przekroczeń progu chwilowej wyczuwalności (rys. 2 a i b; zmniejszenie obszaru objętego izoliniami 3, 5, 8, 10% czasu roku) oraz progu chwilowego pojawiania się zapachu „słaby” (rys. 3 a i b; zwiększenie obszaru objętego izoliniami 3 i 5% czasu roku).

Wniosek:

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

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

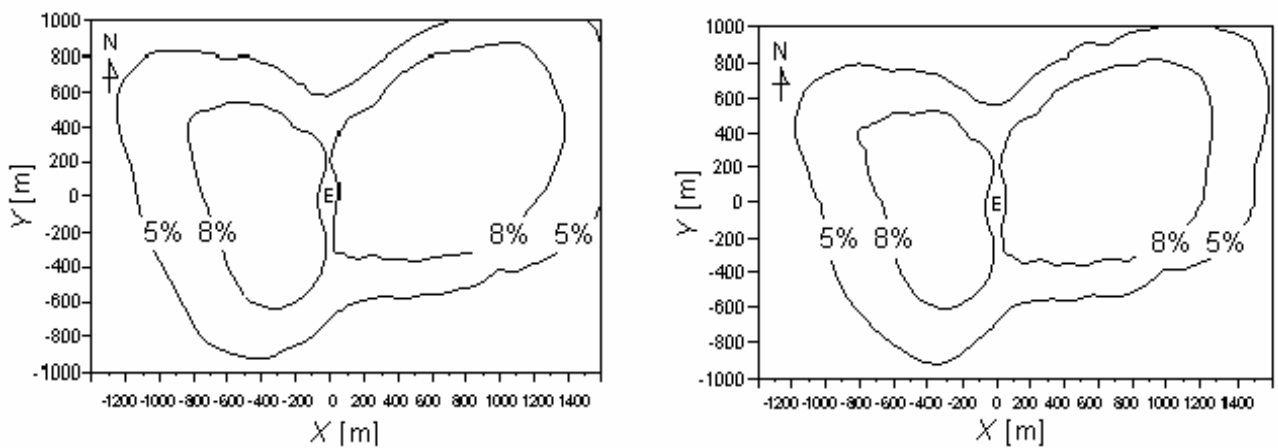
Z punktu widzenia mieszkańców otoczenia zakładu zamiana surowców jest nie celowa.



Rysunek 1

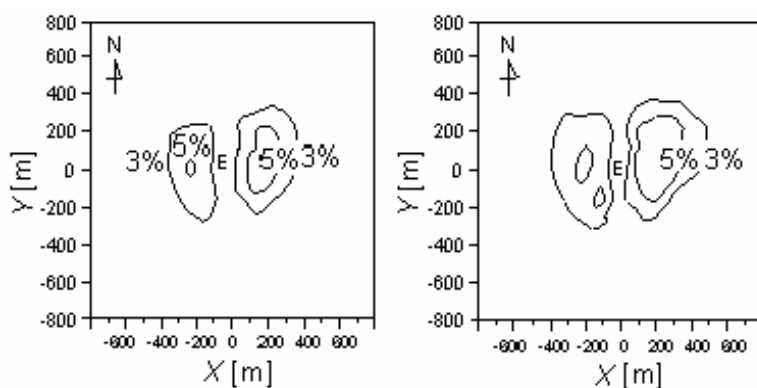
Stężenie odorantów w otoczeniu emitora - $LJZ_{30}^{99,8}$ [jz/m^3]:

a) $WE = 2$ Mjz/Mg, b) $WE = 1,8$ Mjz/Mg



Rysunek 2

Częstość przekraczania $LJZ_{30} = 0,1$ jz/m^3 : a) $WE = 2$ Mjz/Mg, b) $WE = 1,8$ Mjz/Mg



Rysunek 3.

Częstość występowania sytuacji, w których intensywność zapachu chwilowo osiąga $I = 2$:

a) $WE = 2$ Mjz/Mg, b) $WE = 1,8$ Mjz/Mg

Przykład 14

Czteruosobowy 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): $I_1 = 6$ i $I_2 = 4$.

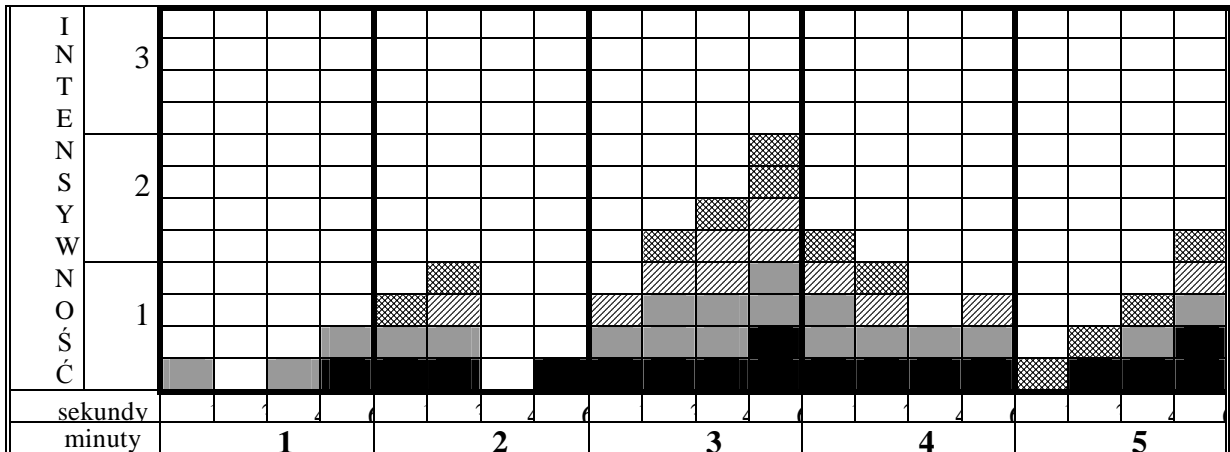
Pytanie:

Jakie było stężenie odorantów w punkcie emisji (LJZ_E) i w powietrzu atmosferycznym ($LJZ_{p/5}^{maks.}$, LJZ_5 , LJZ_{30}) ?

| 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:

$$I_{p/5}^{maks.} = 2,0; \quad I_5 = (30 \cdot 0 + 32 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 0 \cdot 3) : 80 = (32 + 16) : 80 = 0,6$$

◇ Obliczamy współczynnik Webera-Fechnera charakterystyczny dla emitowanych odorantów:

$$I_1 = k \cdot \log LJZ_E = 6$$

$$I_2 = k \cdot \log (LJZ_E/50) = k \cdot \log LJZ_E - k \cdot \log 50 = 6 - k \cdot \log 50 = 4$$

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

◇ Obliczamy stężenia odorantów:

w gazach odlotowych punkcie wyrzutu: $LJZ_E = 10^{6/1,18} \approx 122\ 000 \text{ jz/m}^3$

w powietrzu atmosferycznym w okresie kontroli:

chwilowa wartość maksymalna: $LJZ_{p/5}^{maks.} = 10^{2/1,18} = 50 \text{ jz/m}^3$

średnia dla okresu kontroli: $LJZ_5 = 10^{0,6/1,18} = 3 \text{ jz/m}^3$

Odpowiedź:

$$LJZ_E \approx 122\ 000 \text{ jz/m}^3; \quad LJZ_{p/5}^{maks.} \approx 50 \text{ jz/m}^3; \quad LJZ_5 \approx 3 \text{ jz/m}^3$$

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