



Wytyczne oceny wskaźników zdrowotnych hałasu przemysłowego

Opracował:
Tomasz Malec

06.12.2023

www.kfb-acoustics.com

WYTYCZNE OCENY WSKAŹNIKÓW ZDROWOTNYCH
HAŁASU PRZEMYSŁOWEGO

RAPORT Z BADAŃ

Zamawiający:

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. 3
02-362 Warszawa

Wykonujący

KFB Acoustics Sp. z o.o.
ul. Mydlana 7
51-502 Wrocław

Autor wiodący

Tomasz Malec

Współautorzy

Andrzej Dobrucki

Filip Barański

Piotr Bednarek

Konrad Wilczyński

Mikołaj Maciejewski

Agnieszka Grzelka

Zespół badawczy

Klaudia Ostrzycka

Łukasz Sienkiewicz

Agata Gruszczyńska

Michał Pajer

Dagmara Joniec

Patrycja Oleksy

Karol Pawlicki

Dawid Rurzyński

Weronika Wołnik

Nadzór merytoryczny GIOŚ

Łukasz Pietras

Paulina Pillaszek-Durlik

Anna Taras

Katarzyna Wiśniewska

Nr projektu **399-23P-E00-1**

Wersja dokumentu **1.01**

Wrocław, 14 listopad 2023

KATALOG DANYCH PRZEMYSŁOWYCH



- Data opracowania: 14.11.2023
- Czas realizacji projektu: 5 miesięcy
- Praca naukowo-badawcza

Cel pracy - wprowadzenie

Celem pracy jest ocena skutków zdrowotnych poprzez określenie powiązania dawka-skutek dla hałasu przemysłowego, tak jak ma to miejsce dla hałasu komunikacyjnego.

Ocena skutków zdrowotnych hałasu została wprowadzona do obiegu prawnego poprzez dyrektywę Komisji Unii Europejskiej 2020/367 z dnia 4 marca 2020 roku, która wprowadziła Załącznik 3 do dyrektywy 2002/49/WE odnoszącej się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku. W załączniku tym ustalone zostały metody oceny szkodliwych skutków hałasu w środowisku, dla hałasu drogowego, kolejowego i lotniczego. **Podstawą sporządzenia dokumentu były wytyczne Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) dla obszaru europejskiego (World Health Organization, 2018), w ramach których zdefiniowano trzy wskaźniki oceny: IHD, HA i HSD.**

Wskaźnik IHD opisuje **ryzyko względne poprzez ocenę prawdopodobieństwa zwiększenia występowania choroby niedokrwiennej serca.**

Wskaźnik HA ocenia **ryzyko bezwzględne poprzez określenie liczby ludzi wskazujących na znaczną uciążliwość hałasu danego typu.**

Wskaźnik HSD ocenia **ryzyko bezwzględne poprzez określenie liczby ludzi ze znacznymi zaburzeniami snu.**

Wskaźniki HA i HSD są najlepiej rozpoznane poprzez liczne badania, dlatego w Dyrektywie podano sposoby ich obliczania dla hałasu drogowego, kolejowego i lotniczego. Wskaźnik IHD, jako posiadający najmniej badań zdefiniowany jest tylko dla hałasu drogowego.

Przedmiotem całej pracy jest zaproponowanie, na podstawie przeprowadzanych badań terenowych i przeglądu literatury, sposobu obliczania wskaźnika (HA) dla hałasu przemysłowego, w tym wzoru na jego obliczanie.

Całość prac podzielona jest na 3 zadania:

Zadanie 1 - sformułowanie projektu badań.

Zadanie 2 - przeprowadzenie badań.

Zadanie 3 - wytyczne obliczenia wskaźnika HA dla hałasu przemysłowego.

WYMAGANIA PRAWNE obecnie obowiązujące

DYREKTYWA (UE) 2020/367 z dnia 4 marca 2020r.

zmieniająca załącznik III do dyrektywy 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do ustalenia metod oceny szkodliwych skutków hałasu w środowisku

ZAAŁĄCZNIK III

- (4) Obecnie dostępna jest ograniczona wiedza na temat szkodliwych skutków hałasu przemysłowego, w związku z czym nie jest możliwe zaproponowanie wspólnej metody oceny tych skutków. W badaniach nie oceniono również specyfiki poszczególnych krajów, w związku z czym nie można było ich uwzględnić w załączniku. Podobnie, chociaż stwierdzono związek między hałasem w środowisku a następującymi szkodliwymi skutkami, nie istnieją obecnie wystarczające dowody pozwalające na ustalenie wspólnej metody oceny tych szkodliwych skutków: udar, nadciśnienie, cukrzyca i inne metaboliczne skutki zdrowotne, zaburzenia funkcji poznawczych u dzieci, zaburzenia zdrowia psychicznego i dobrostanu, uszkodzenie słuchu, szumy uszne, niepożądane skutki przy porodzie. Wreszcie, chociaż istnieje związek między hałasem kolejowym i lotniczym a chorobą niedokrwinną serca, kwantyfikacja zwiększonego ryzyka tej choroby w odniesieniu do tych dwóch źródeł jest przedwczesna.

(¹) Dz.U. L 189 z 18.7.2002, s. 12.

(²) Environmental Noise Guidelines for the European Region (Wytyczne w sprawie hałasu w środowisku w regionie europejskim), Światowa Organizacja Zdrowia 2018, ISBN 978 92 890 5356 3.

4. Przyszłe zmiany

Współczynniki dawka-skutek, które będą wprowadzone w przyszłych zmianach niniejszego załącznika, będą dotyczyć w szczególności:

- zależności między uciążliwością a L_{den} dla hałasu przemysłowego,
- zależności między zaburzeniami snu a L_{night} dla hałasu przemysłowego.

W razie potrzeby można by przedstawić szczególne współczynniki dawka-skutek dla:

- lokali mieszkalnych posiadających specjalną izolację dźwiękową, określonych w załączniku VI,
- lokali mieszkalnych z cichą elewacją, określonych w załączniku VI,
- różnych klimatów/różnych kultur,
- szczególnie narażonych grup ludności,
- tonowego hałasu przemysłowego,
- impulsowego hałasu przemysłowego i innych szczególnych przypadków.”

1 Przedmiot badań

Szczegółowy opis przedmiotu badań określony został przez Zamawiającego w ramach załącznika nr 7 do SWZ, który jednocześnie stanowi Załącznik nr 1 do Umowy. Zgodnie z załącznikiem zakres prac jest następujący:

1.1 Zadanie 1 – Sformułowanie projektu badań

W ciągu 1 miesiąca od podpisania umowy należy dokonać przeglądu odpowiedniej literatury i wyników badań dotyczących uciążliwości hałasu przemysłowego oraz sformułować projekt badań na wybranych obszarach wokół zakładów przemysłowych. Celem tych badań ma być powiązanie ekspozycji hałasu przemysłowego ze znaczną uciążliwością hałasu HA. Badania należy zaprojektować w ten sposób, aby na ich podstawie można było uszczegółowić podany przez WHO lub sformułować nowy wzór na obliczanie wskaźnika HA w zależności od poziomu L_{DWN} . Badania należy przeprowadzić w co najmniej 5 obszarach (terenach wokół zakładu lub grupy zakładów położonych obok siebie).

Jeden obszar obejmuje tereny, w których mieszkają ludzie, z następującymi przedziałami wartości poziomu L_{DWN} dla hałasu przemysłowego:

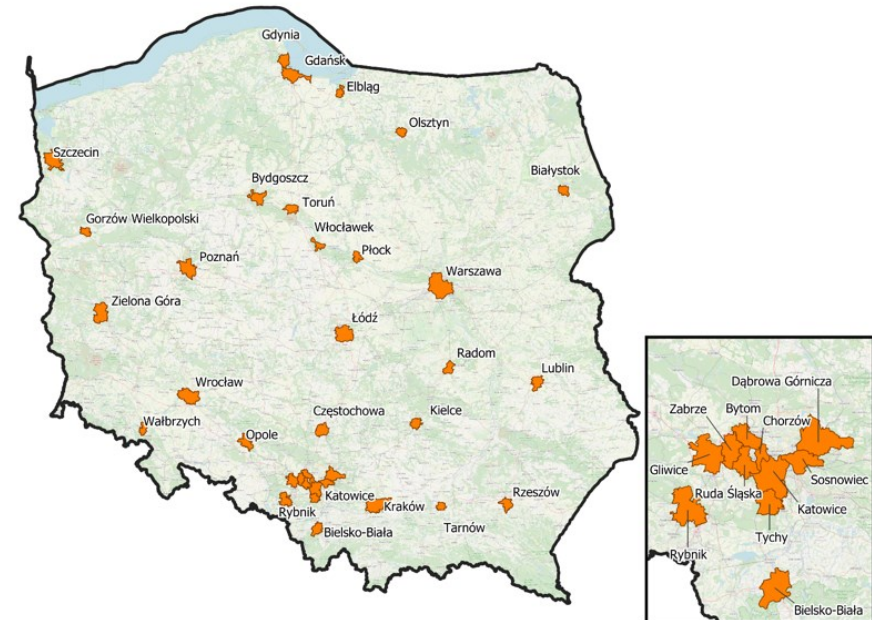
- 50,0-54,9 dB ;
- 55,0-59,9 dB ;
- 60,0-64,9 dB ;
- 65,0-69,9 dB^* ;
- 70,0-74,9 dB^* ;
- 75,0-79,9 dB^* .

*o ile te przedziały poziomów dźwięku występują na terenach, na których mieszkają ludzie.

Brak takich przedziałów należy udokumentować.

W każdym z tych obszarów minimalna próba badawcza powinna wynosić około 30 osób. Jeśli dla danego przedziału poziomu L_{DWN} nie będzie możliwości znalezienia takiej próby badawczej, może zostać ona zmniejszona, jednak nie może być mniejsza niż 10 osób.

Zmniejszenie liczby ludności objętej badaniem należy uargumentować.



Rysunek 1 Miasta powyżej 100 tys. Mieszkańców objęte mapowaniem za rok 2021.

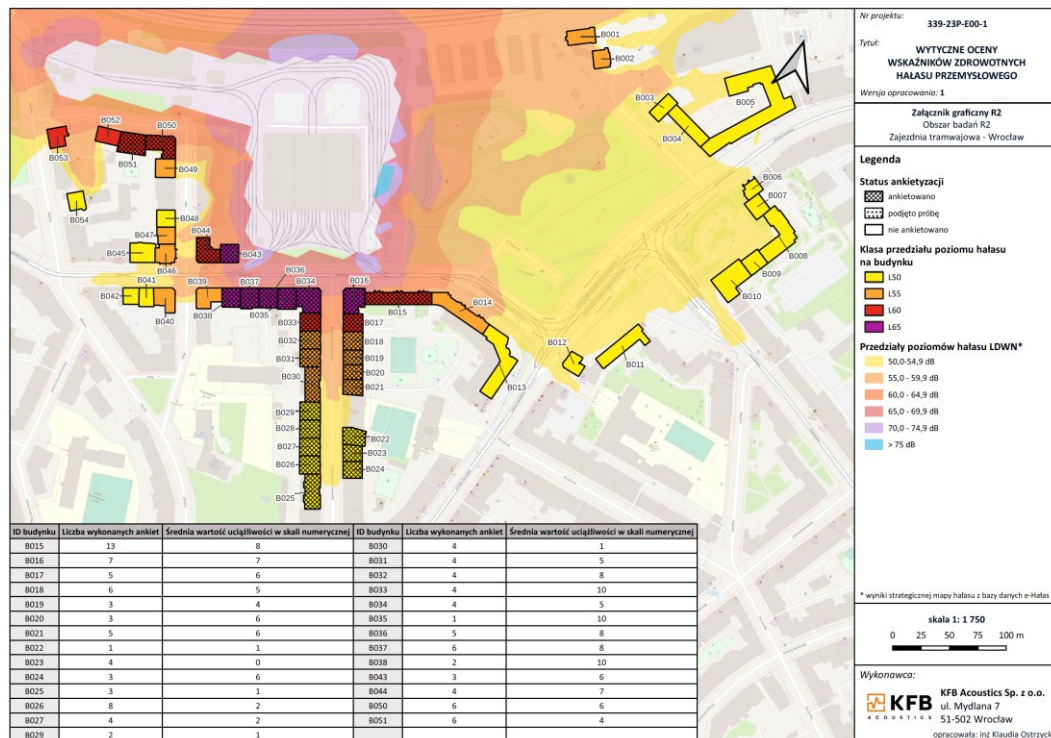
Tabela 3 Liczba zakładów przemysłowych objętych mapowaniem w ramach SMH w poszczególnych miastach

L.p.	Miasto	Liczba zakładów przemysłowych	w tym liczba parkingów	Liczba zakładów przemysłowych skorygowana (bez parkingów)
1	Białystok*	37	7	30
2	Bielsko-Biała	15	-	15
3	Bydgoszcz	66	-	66
4	Bytom	17	2	15
5	Chorzów	29	1	28
6	Częstochowa	49	1	48
7	Dąbrowa Górnicza	47	-	47
8	Elbląg	41	7	34
9	Gdańsk	49	-	49
10	Gdynia	18	-	18
11	Gliwice	57	1	56
12	Gorzów Wielkopolski*	16	2	14
13	Katowice	44	2	42
14	Kielce*	25	5	20
15	Kraków	42	14	28
16	Lublin*	15	4	11
17	Łódź	50	-	50
18	Olsztyn*	10	2	8
19	Opole	56	4	52
20	Płock	17	-	17
21	Poznań	29	-	29
22	Radom	36	-	36
23	Ruda Śląska	15	1	14
24	Rybnik	56	28	28
25	Rzeszów	34	10	24
26	Sosnowiec	131	-	131
27	Szczecin	129	4	125
28	Tarnów	7	-	7
29	Toruń*	23	6	17
30	Tychy	38	4	34
31	Wałbrzych	38	2	36
32	Warszawa	254	32	222
33	Włocławek	49	3	46
34	Wrocław	150	57	93
35	Zabrze	32	1	31
36	Zielona Góra	25	5	20
SUMA		1746	205	1541

*miasta z brakiem jednoznacznego wykazu obiektów przemysłowych w opracowaniach tekstowych SMH

Tabela 4 Szacunkowa liczba ludzi narażonych na hałas określony wskaźnikiem L_{DOWN} w przedziałach – oficjalne wyniki SMH.

L.p.	Miasto	Liczba ludzi narażona na hałas w przedziale dB				
		55-59	60-64	65-69	70-74	>75
1	Białystok	100	0	0	0	0
2	Bielsko-Biała	0	0	0	0	0
3	Bydgoszcz	100	100	0	0	0
4	Bytom	0	0	0	0	0
5	Chorzów	100	0	0	0	0
6	Częstochowa	0	0	0	0	0
7	Dąbrowa Górnicza	0	0	0	0	0
8	Elbląg	100	0	0	0	0
9	Gdańsk	1000	100	0	0	0
10	Gdynia	400	0	0	0	0
11	Gliwice	100	0	0	0	0
12	Gorzów Wielkopolski	200	0	0	0	0
13	Katowice	500	0	0	0	0
14	Kielce	400	200	0	0	0
15	Kraków	300	100	0	0	0
16	Lublin	0	0	0	0	0
17	Łódź	700	100	0	0	0
18	Olsztyn	0	0	0	0	0
19	Opole	100	0	0	0	0
20	Płock	0	0	0	0	0
21	Poznań	100	9	0	0	0
22	Radom	100	0	0	0	0
23	Ruda Śląska	200	0	0	0	0
24	Rybnik	0	0	0	0	0
25	Rzeszów	0	0	0	0	0
26	Sosnowiec	0	0	0	0	0
27	Szczecin	1800	500	200	100	0
28	Tarnów	0	0	0	0	0
29	Toruń	200	100	0	0	0
30	Tychy	100	0	0	0	0
31	Wałbrzych	200	0	0	0	0
32	Warszawa	0	0	0	0	0
33	Włocławek	0	0	0	0	0
34	Wrocław	1800	700	100	0	0
35	Zabrze	500	0	0	0	0
36	Zielona Góra	0	0	0	0	0



- Zgodnie z normą ISO/TS 15666:2021
- Dwie skale oceny (werbalna i numeryczna)
- Unikalne kodowanie dla każdej ankiety dające możliwość ponownego ankietytowania za kilka lat

Ankieta do oceny wskaźników zdrowotnych hałasu przemysłowego - ANKIETER

* Wymagane

Ocena skalą numeryczną

Prezentuję Panu/Pani skalę liczbową od 0 do 10 dla wyrażenia opinii jak bardzo (źródło hałasu) hałas przeszkadza, irytuje lub dokucza, gdy jest Pan/Pani w domu. Jeśli nie dokucza Panu/Pani hałas wcale proszę wybrać 0, jeśli dokucza ekstremalnie proszę wybrać 10, jeśli dokucza w sposób „pomiędzy” proszę wybrać liczbę pomiędzy 0 i 10.

3. Myśląc o ostatnich (...12 miesiącach lub podobnym okresie...) jaka liczba od 0 do 10 najlepiej opisuje jak bardzo przeszkadzający, irytujący, dokuczliwy był hałas pochodzący od przemysłu? *

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wcale Skrajnie/Ekstremalnie

Ankieta do oceny wskaźników zdrowotnych hałasu przemysłowego - ANKIETER

* Wymagane

Ocena skalą werbalną

2. Myśląc o ostatnich (...12 miesiącach lub podobnym okresie...), kiedy był(a) Pan/Pani w domu, proszę odpowiedzieć, jak bardzo hałas przemysłowy przeszkadzał, irytował, dokuczał Panu/Pani: *

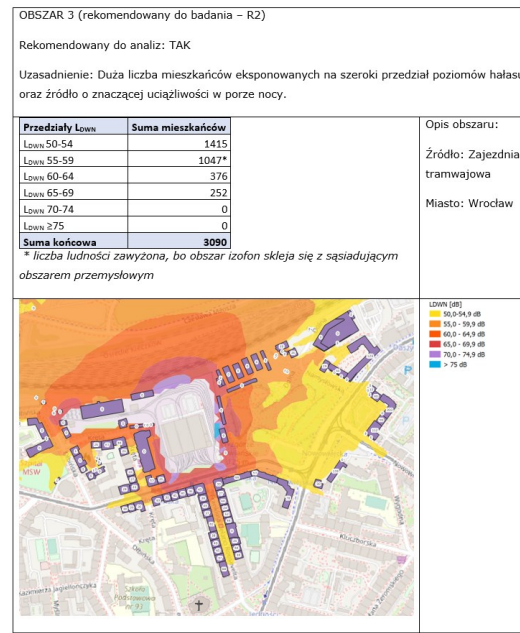
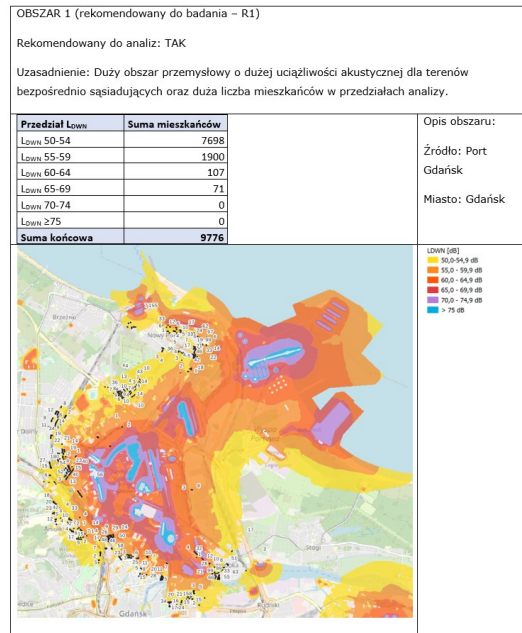
Wcale

Mało

Średnio

Bardzo

Skrajnie/Ekstremalnie



PRZEDMIOT BADAŃ



- 5 obszarów analiz spośród 15 wstępnie wytypowanych
- Ankiety z mieszkańcami zgodnie z normą ISO/TS 15666:2021
- Program badań opracowany w oparciu o przeprowadzone studia literaturowe
- Jedno z pierwszych badań w tym zakresie w takiej skali
- Łącznie 431 ankiet

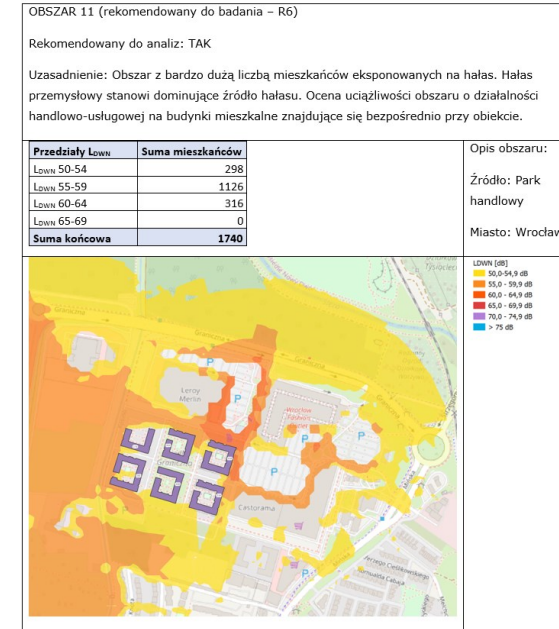
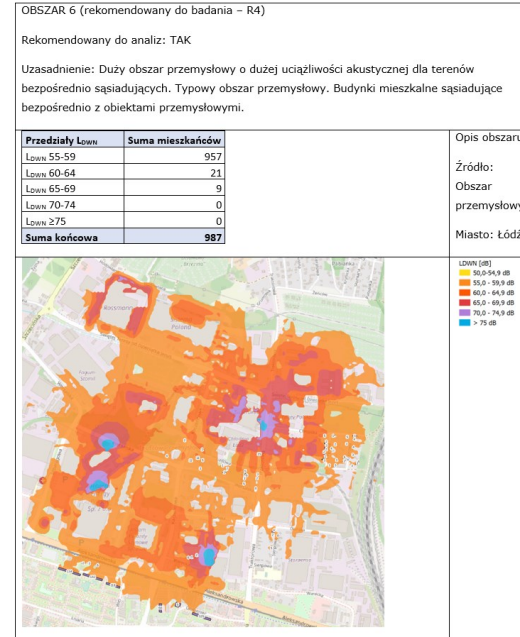
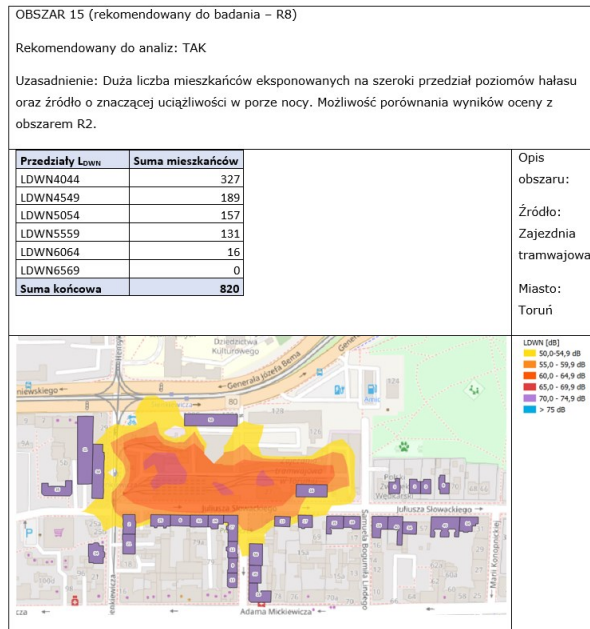


Tabela 18 Sumaryczne wyniki ankiety dla obszaru wszystkich badanych obszarów

Przedział poziomu hałasu [dB]	Liczba udzielonych odpowiedzi											Liczba odpowiedzi dla danego przedziału
	Skala liczbowa oceny uciążliwości, gdzie: 0-brak irytacji, 10-skrajna/ekstremalna irytacja											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
50-54,9	48	13	14	11	6	12	11	8	9	4	9	145
55-59,9	38	8	12	12	15	23	11	11	13	5	4	152
60-64,9	12	4	2	13	2	3	8	12	10	8	13	88
65-69,9	1	1	1	2		5	6	2	9	4	15	46
70-74,9												brak mieszkańców
75-79,9												brak mieszkańców
	Suma:											431

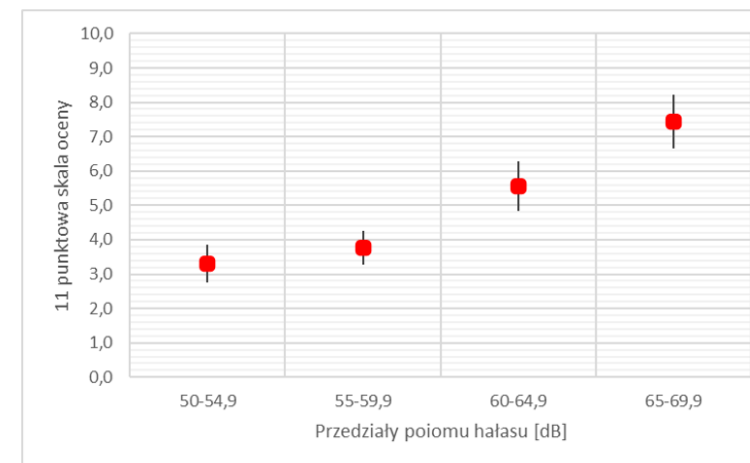
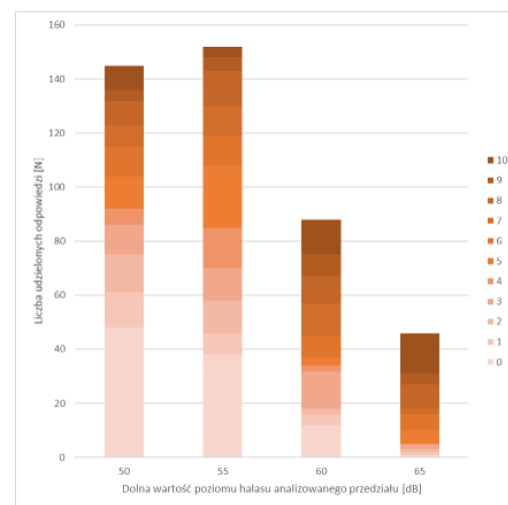
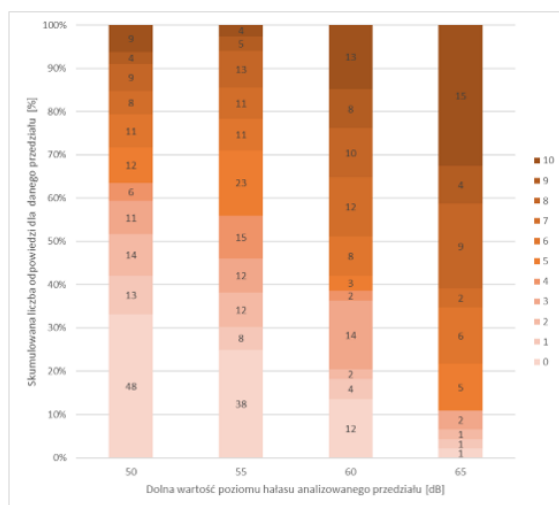
WYNIKI BADAŃ



- Odrębne wyniki dla każdego obszaru
- Wyniki sumaryczne
- Analiza metodologiczna i przedmiotowa zebranego materiału
- Określenie zależności opisującej HA dla przemysłu

Tabela 19 Średnie wartości oceny w 11 stopniowej skali dla sumarycznych wyników badań

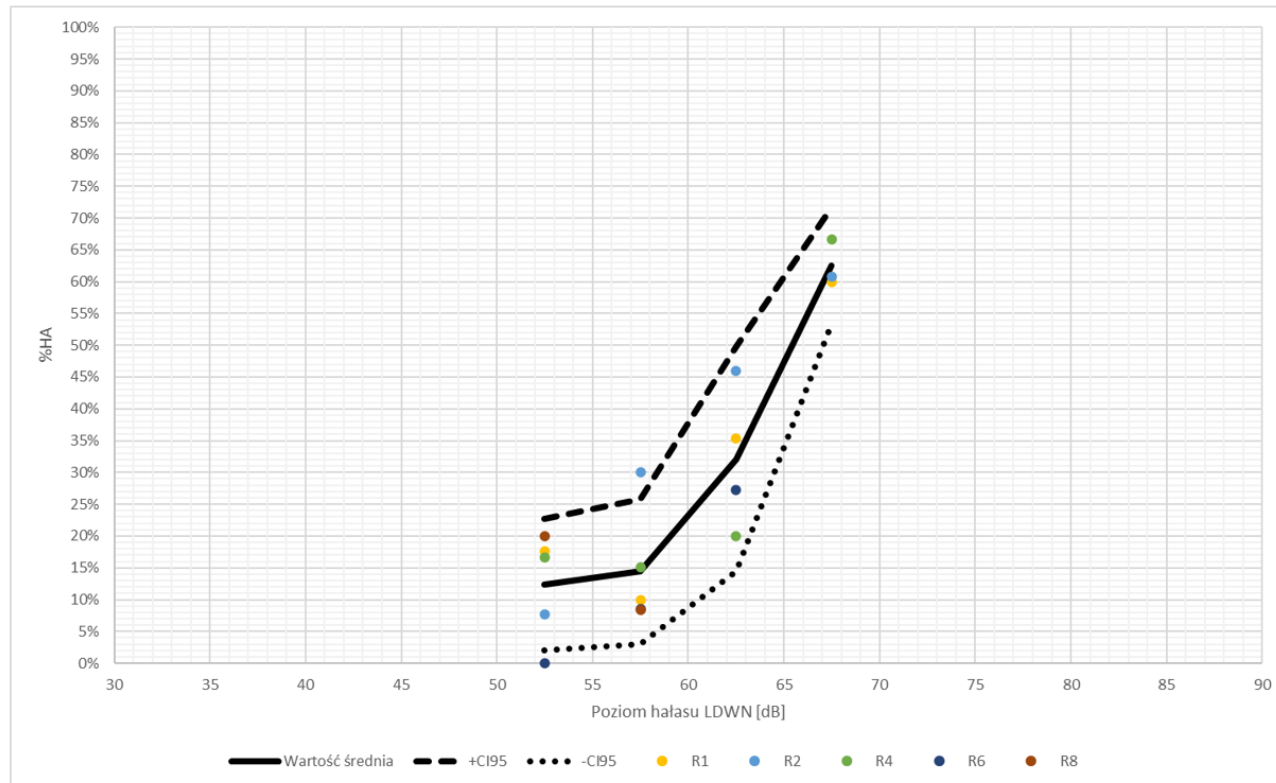
Przedział poziomu hałasu [dB]	Średnia ocena uciążliwości w 11 stopniowej skali	+CI95%	-CI95%
50-54,9	3,3	3,8	2,8
55-59,9	3,8	4,3	3,3
60-64,9	5,6	6,3	4,8
65-69,9	7,4	8,2	6,6



Rysunek 14 Skumulowana liczba udzielonych odpowiedzi

Rysunek 15 Liczba udzielonych odpowiedzi

Rysunek 16 Rozkład średniej wartości uzyskanych odpowiedzi wraz z ich odchyleniem na poziomie istotności 95%.

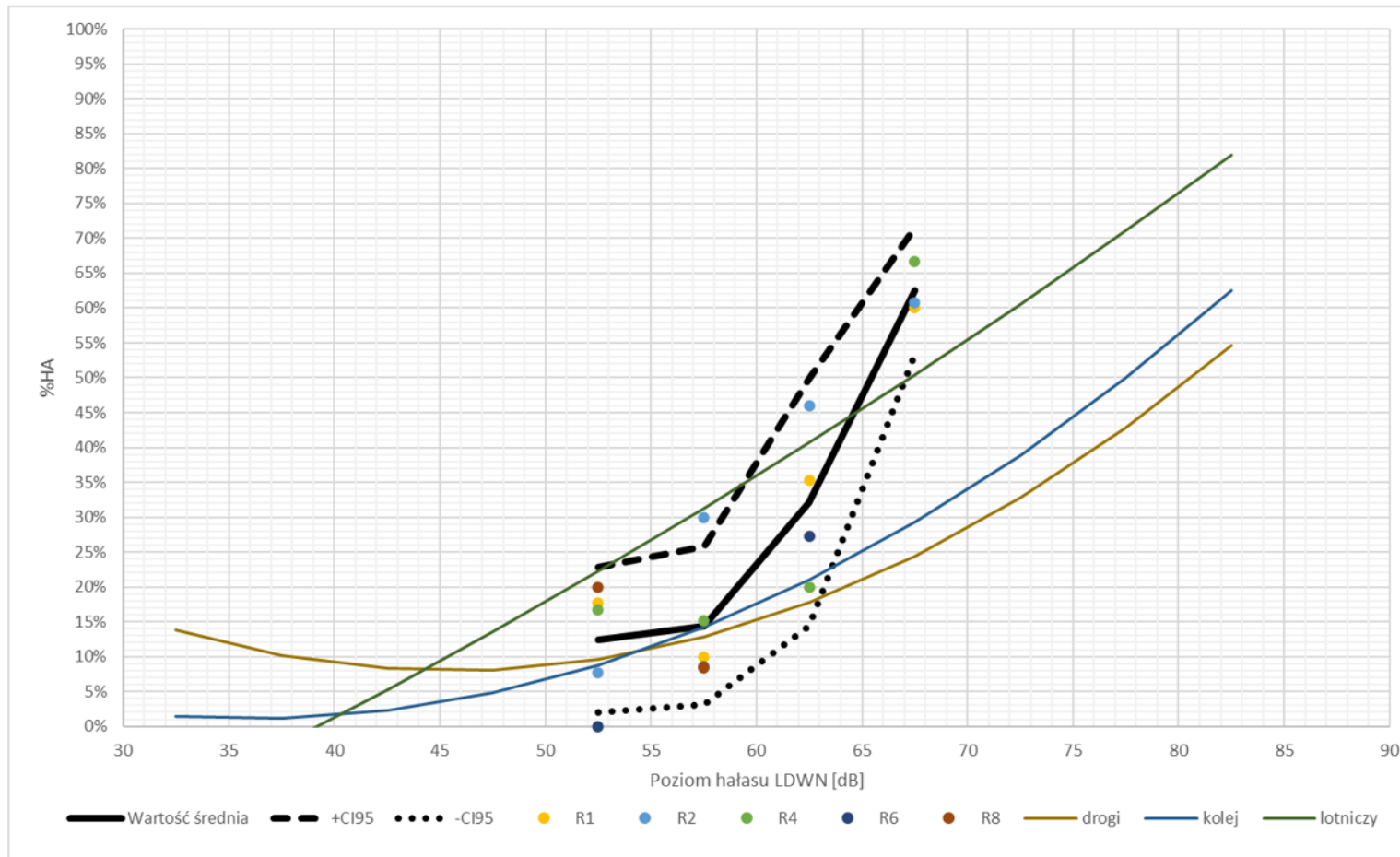


Rysunek 17 Procent ludzi odczuwających znaczną uciążliwość hałasu przemysłowego - %HA – wyniki cząstkowe dla poszczególnych prób badawczych oraz wartość średnia wraz zakresem dla poziomu istotności 95%.

Tabela 20 Procent ludzi odczuwających znaczną uciążliwość hałasu przemysłowego - %HA

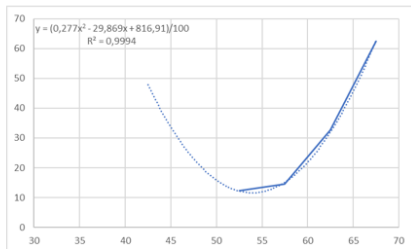
Próba badawcza	Przedziały poziomu hałasu [dB]			
	50-55	55-60	60-65	65-70
Obszar R1	18%	10%	35%	60%
Obszar R2	8%	30%	46%	61%
Obszar R4	17%	15%	22%	67%
Obszar R6	0%	9%	27%	-
Obszar R8	20%	8%	-*	-
Wartość średnia	12%	14%	33%	62%
+CI95%	23%	26%	49%	72%
-CI95%	2%	3%	16%	53%

* Wyłączone z analizy. Nie włączane do średniej (zbyt mała próba badawcza - 2 ankiety)

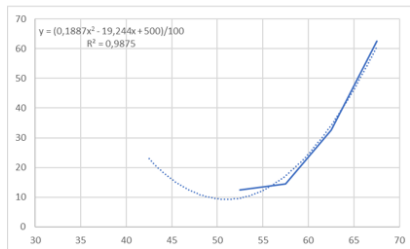


Rysunek 18 Procent ludzi odczuwających znaczącą uciążliwość dla hałasu przemysłowego - %HA – wyniki cząstkowe dla poszczególnych prób badawczych oraz wartość średnia wraz zakresem dla poziomu istotności 95% na tle %HA dla hałasu komunikacyjnego.

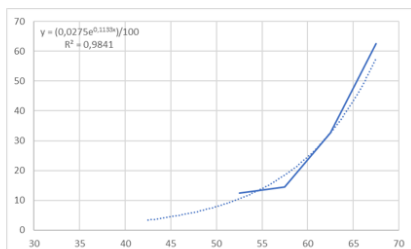
Wzór 1:



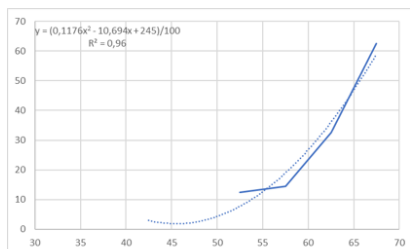
Wzór 2:



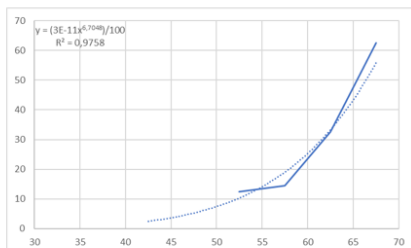
Wzór 3:



Wzór 4:



Wzór 5:



Rekomendowana zależność opisująca wskaźnik N_{HA} dla hałasu przemysłowego

$$N_{HA} = \sum_j \left(\left(\frac{0,0275e^{0,1133x}}{100} \right) * n_i \right)$$

gdzie:

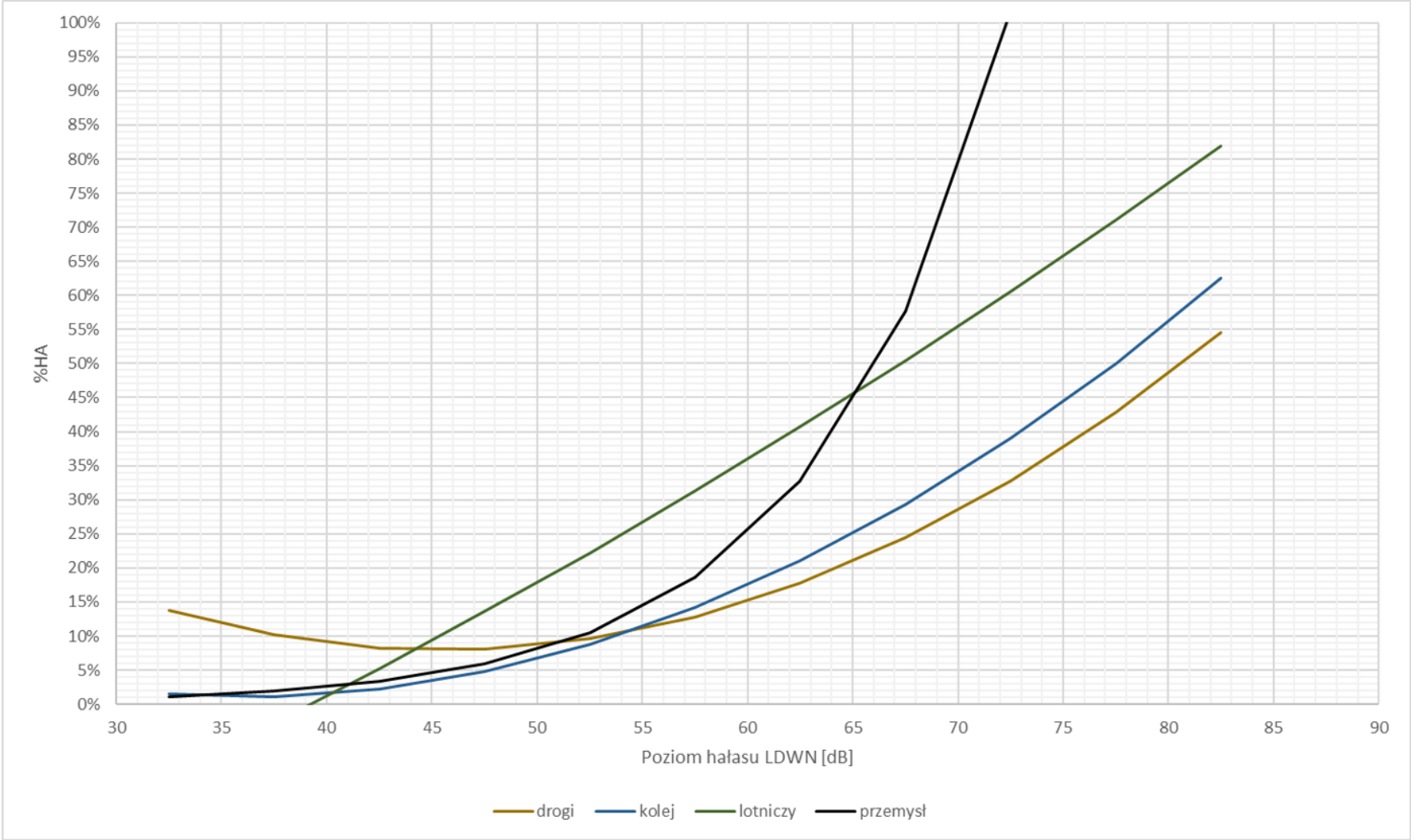
x – wartość wskaźnika L_{DWN} w receptorze,

n_i – liczba mieszkańców budynku przypisana do receptora,

j – liczba receptorów dla danego budynku.

Tabela 21 Wartość %HA dla różnych funkcji opisujących wraz ze wskaźnikiem dopasowania R^2 .

Poziom hałasu	Wyniki ankiet (wartość średnia)	Wzór 1	Wzór 2	Wzór 3	Wzór 4	Wzór 5
42,5	-	48%	23%	3%	3%	2%
47,5	-	23%	12%	6%	2%	5%
52,5	12%	12%	10%	11%	8%	10%
57,5	14%	15%	17%	19%	19%	19%
62,5	33%	32%	34%	33%	36%	33%
67,5	62%	63%	61%	58%	59%	55%
R^2		99,94%	98,75%	98,41%	96,00%	97,58%



Rysunek 27 Procent ludzi odczuwających znaczącą uciążliwość dla hałasu przemysłowego - %HA na tle uciążliwości dla hałasu komunikacyjnego (drogi, kolej, lotniczy)

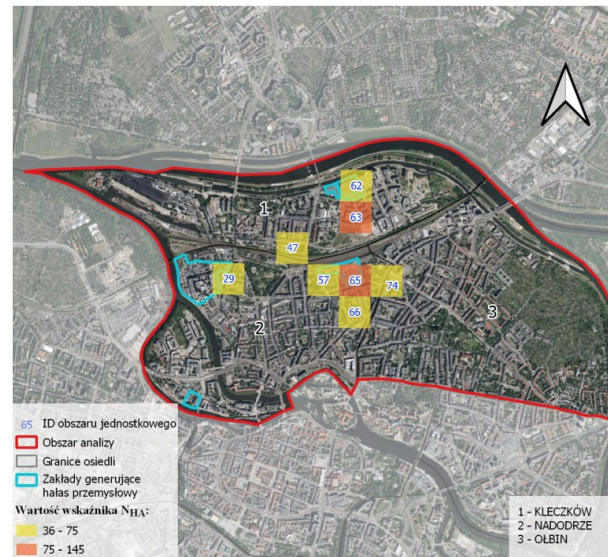
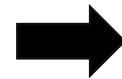
METODY OCENY DLA SMH



Rysunek 19 Przykładowa siatka 250 × 250 m obszarów jednostkowych



Rysunek 23 Przykład przypisania budynków do poszczególnych obszarów jednostkowych



Rysunek 24 Wskaźnik HA dla hałasu przemysłowego; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika

Tabela 22 Suma wskaźnika HA w 10% obszarów jednostkowych o największej wartości dla hałasu przemysłowego

LP	ID obszaru	Suma N_{HA}
1	65	143,74
2	63	115,97
3	57	62,32
4	66	56,67
5	29	53,39
6	62	45,38
7	74	39,45
8	47	36,55

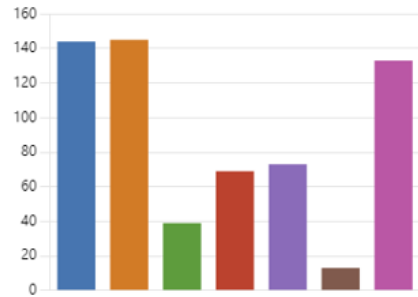


Rysunek 25 Przykładowy rozkład wskaźnika HA dla hałasu przemysłowego na obszarze jednostkowym o ID=65.

5. Jakie czynności domowe uważasz za zakłócone przez hałas przemysłowy?

[Wiecej szczegółów](#)

Relaks, odpoczynek	144
Sen	145
Rozmowa	39
Słuchania radia, muzyki, telewizji	69
Czytanie, praca umysłowa, koncentracja	73
Prace ręczne	13
Brak odpowiedzi (nie czytamy)	133

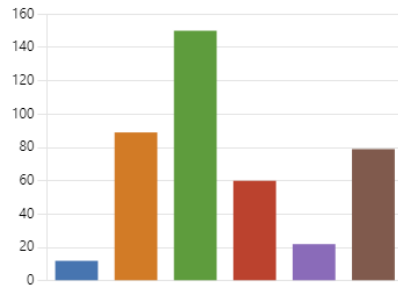


4. W porównaniu z innymi osobami w twoim otoczeniu jaka jest twoja czułość na hałas. Jestem:

[Wiecej szczegółów](#)

[Szczegółowe informacje](#)

Dużo mniej wrażliwy	12
Mniej wrażliwy	89
Tak samo wrażliwy	150
Bardziej wrażliwy	60
Dużo bardziej wrażliwy	22
Brak odpowiedzi (nie czytamy)	79



9. Jak długo mieszkasz w danym miejscu?

[Wiecej szczegółów](#)

[Szczegółowe informacje](#)

Mniej niż 6 miesięcy	12
6 - 12 miesięcy	14
1- 5 lat	84
Więcej niż 5 lat	229
Brak odpowiedzi (nie czytamy)	83



5.4 Analizy dodatkowe

W ramach przeprowadzonych ankiet, gdzie określano stopień uciążliwości hałasu przemysłowego, zebrano również odpowiedzi pozwalające lepiej rozpoznać badaną populację. W ramach pytań dodatkowych próbie oceny:

- wrażliwości akustycznej,
- czynności zakłócanych przez hałas przemysłowy,
- metod przeciwdziałania stosowanych przez respondentów,
- miejsca pracy,
- czasu mieszkania w danym miejscu,
- czasu przebywania w domu,
- wieku osób badanych,
- statusu prawnego do nieruchomości,
- wykształcenia,
- płci.

15. Jaka jest twoja płeć?

[Wiecej szczegółów](#)

[Szczegółowe informacje](#)

Kobieta	233
Mężczyzna	187
Brak odpowiedzi (nie czytamy)	2

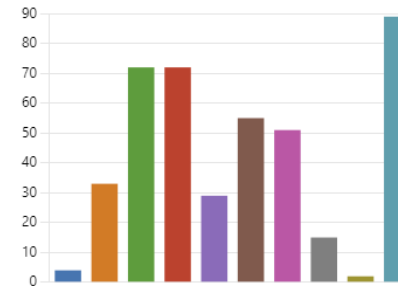


11. W jakim jesteś wieku?

[Wiecej szczegółów](#)

[Szczegółowe informacje](#)

12 - 18	4
18 - 25	33
26 - 35	72
36 - 45	72
46 - 55	29
56 - 65	55
66 - 75	51
76 - 85	15
> 85	2
Brak odpowiedzi (nie czytamy)	89





THANK YOU FOR YOUR ATTENTION.