

Obliczanie efektów zdrowotnych
Skrót opracowania pn.:
Wytyczne oceny wskaźników zdrowotnych hałasu w środowisku

NAZWA I ADRES ZAMAWIAJĄCEGO

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

PODMIOT REALIZUJĄCY ZADANIE

AkustiX Sp. z o. o.
ul. Wiosny Ludów 54,62-081 Przeźmierowo

Katedra Akustyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań

ZESPÓŁ AUTORSKI

Kierownik zespołu:

dr Piotr Kokowski

Wykonawcy:

prof. dr hab. Anna Preis

mgr Paweł Libiszewski

dr Jan Felcyn

dr Michał Gałuszka

dr Tomasz Kaczmarek

dr Piotr Pękała

Październik 2022

1 WSTĘP

Dyrektywa Komisji (UE) 2020/367 z dnia 4 marca 2020 r. wprowadziła zmiany w załączniku III do Dyrektywy 2002/49/WE w odniesieniu do ustalania metod oceny szkodliwych skutków hałasu w środowisku, definiując zbiór szkodliwych skutków hałasu w postaci:

- choroby niedokrwiennej serca (*IHD* od ang. *ischaemic heart disease*) odpowiadającą kodom BA40 do BA6Z klasyfikacji międzynarodowej ICD - 11 ustanowionej przez Światową Organizację Zdrowia;
- znacznej uciążliwości (*HA* od ang. *high annoyance*);
- znacznych zaburzeń snu (*HSD*, od ang. *high sleep disturbance*).

W oparciu o aktualne badania naukowe, w dyrektywie wskazano relacje pozwalające wyznaczyć miary ww. skutków hałasu w oparciu o długookresowe wskaźniki poziomu hałasu L_{DWN} i L_N .

Dla choroby niedokrwiennej serca (*IHD*) relację określono wyłącznie dla hałasu drogowego i wiąże ona występowanie szkodliwego skutku hałasu ze wskaźnikiem L_{DWN} . Występowanie znacznej uciążliwości hałasu (*HA*) i znacznych zaburzeń snu (*HSD*) określono dla wszystkich źródeł hałasu komunikacyjnego – dróg, linii kolejowych oraz hałasu lotniczego. Miary tych szkodliwych skutków powiązane są odpowiednio ze wskaźnikami hałasu L_{DWN} i L_N .

Dotychczasowe wyniki badań naukowych nie pozwalają na sformułowanie precyzyjnych relacji pomiędzy poziomem hałasu a jego szkodliwymi skutkami dla źródeł hałasu przemysłowego. Stąd też w aktualnej rundzie strategicznych map hałasu dla tego rodzaju oddziaływania akustycznego nie wyznacza się miary szkodliwych skutków.

Zakres wskaźników wykorzystywanych do szacowania szkodliwych skutków hałasu oraz stosowalność poszczególnych miar dla różnych źródeł hałasu zaprezentowano w tabeli 1.

Tabela 1 Stosowalność szkodliwych skutków w odniesieniu do rodzaju hałasu

szkodliwy skutek hałasu	IHD	HA	HSD
wskaźnik poziomu hałasu stosowany do oszacowania skutku	L_{DWN}	L_{DWN}	L_N
drogowy	✓	✓	✓
szynowy	✗	✓	✓
lotniczy	✗	✓	✓
przemysłowy	✗	✗	✗

Wskaźniki *HA* i *HSD* zależą bezpośrednio i tylko od długookresowego poziomu dźwięku L_{DWN} i L_N wyznaczonego w strategicznych mapach hałasu oraz liczby osób ekspozowanych na hałas. Wyznaczenie *IHD* oprócz znajomości powyższych wymaga uwzględnienia danych statystycznych nt. ogólnej zachorowalności na choroby niedokrwienne serca, co opisano w kolejnych rozdziałach opracowania.

2 OZNACZENIA STOSOWANE W TYM OPRACOWANIU:

END	dyrektywa hałasowa (2002/49/EC)
HA	szkodliwy skutek hałasu w postaci znacznej uciążliwości hałasu
HSD	znaczne zaburzenia snu
IHD	choroba niedokrwienna serca
L _{DWN}	długookresowy (roczny) dziennie-wieczorno-nocny równoważny poziom dźwięku
L _N	długookresowy (roczny) nocny równoważny poziom dźwięku
N _{HA}	liczba osób narażonych na znaczną dokuczliwość hałasu
N _{HSD}	liczba osób narażonych na znaczne zaburzenia snu
N _{IHD}	liczba osób narażonych na choroby niedokrwienne serca
PAF	ułamek przypisany do populacji (część populacji narażonej)
WHO	Światowa Organizacja Zdrowia
Agglomeracja	miasto o liczbie mieszkańców pow. 100 tys.

UWAGA W wielu miejscach niniejszego opracowania podaje się zakresy przedziałów wartości wskaźników L_{DWN} i L_N używając z pozorów rozbieżnej notacji, np.:

55-59, 60-64, 65-69, ...

55,0-59,9, 60,0-64,9, 65,0-69,9, ...

55-60, 60-65, 65-70, ...

Rozbieżność ta nie jest wynikiem niekonsekwencji, czy niedbalstwa autorów niniejszego opracowania, a świadomym przywołaniem różnej oryginalnie stosowanej notacji w materiałach źródłowych, w tym m.in. w Dyrektywie Komisji (UE) 2020/367 z dnia 4 marca 2020 r., Rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 1 lipca 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu danych ujętych na strategicznych mapach hałasu, sposobu ich prezentacji i formy ich przekazywania (Dz. U. 2021 poz. 1325), opracowaniu *Wytyczne GIOŚ – Dobre praktyki wykonywania strategicznych map hałasu*, a także w wielu pracach naukowych odnoszących się omawianego tu zagadnienia. Należy podkreślić, że we wszystkich ww. materiałach źródłowych definicja przedziałów wartości wskaźników L_{DWN} i L_N jest jednakowa i zakłada 5-cio decybelowy przedział wartości domknięty od dołu. W związku z powyższym poprawna matematycznie notacja, zgodnie z międzynarodową normą ISO-80000-2:2019, powinna wyglądać następująco:

[55, 60), [60, 65), [65, 70), ...

Stosowane w praktyce notacje, z jakimi możemy spotkać się w ww. materiałach źródłowych wynikają najczęściej z precyzji danych, jakie ich autorzy wykorzystywali w analizach lub na jakie się powoływali. W wykorzystywanych współcześnie programach obliczeniowych precyzja ta jest niemal nieograniczona, a w kontekście obliczeń akustycznych dokładność do 0,1 dB jest zupełnie wystarczająca. Co więcej, biorąc pod uwagę dokładność stosowanej w strategicznych mapach hałasu metodyki obliczeniowej CNOSSOS-EU, a także wymaganą w Dyrektywie 2020/367 dokładność danych wejściowych należy uznać, że posługiwanie się w opisywanych tu obliczeniach statystycznych poziomami hałasu zaokrąglonymi do liczb całkowitych również nie prowadzi do błędów.

3 STAN PRAWNY - DYREKTYWA 2020/367

Wpływ hałasu na efekty zdrowotne został znormalizowany w Dyrektywie Unii Europejskiej 2020/367 z 2020 roku. Już samo ujęcie zagadnienia w postaci dyrektywy wskazuje, że jest ono wystarczająco udowodnione naukowo oraz że hałas w środowisku jest jednym z kluczowych czynników wpływających na jakość życia.

Dyrektywa 2020/367 formalnie obowiązuje w naszym kraju już od 4 rundy mapowania (która kończy się 30 czerwca 2022 roku) wg Dyrektywy END. Przy jej pomocy należy wyrażać długookresowe skutki hałasu, które z kolei będą podstawą programów naprawczych (program ochrony środowiska przed hałasem, art. 119a ustawy Prawo ochrony środowiska).

Dyrektywa 2020/367 wyznacza metody oceny szkodliwych skutków w odniesieniu do trzech wybranych efektów zdrowotnych:

- choroby niedokrwiennej serca (*IHD*),
- znacznej dokuczliwości (*HA*),
- znacznego zaburzenia snu (*HSD*).

W odniesieniu do przepisów prawa krajowego należy zwrócić uwagę na sposób wyrażania skutków zdrowotnych jako niezależny od dopuszczalnych wartości długookresowych poziomów hałasu w środowisku. W świetle Dyrektywy END i Dyrektywy 2020/367 wartości dopuszczalne w postaci stosowanej w naszym kraju są do tego celu zbędne.

4 OBLICZANIE EFEKTÓW HA i HSD

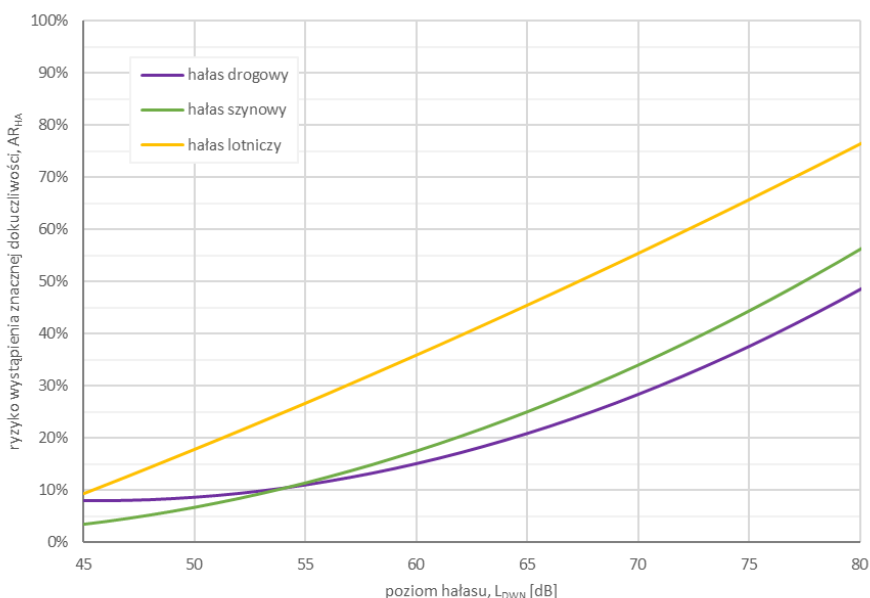
Miarą ww. szkodliwych skutków hałasu jest **liczba osób dotkniętych danym skutkiem**, którą określa się w oparciu o wartości długookresowych wskaźników hałasu obliczanych w ramach strategicznej mapy hałasu oraz tzw. współczynniki „dawka-skutek” ustandaryzowane w ww. Dyrektywie 2002/49/WE.

Współczynniki „dawka-skutek” tworzą zależność pomiędzy poziomem hałasu w środowisku (L_{DWN} lub L_N) a absolutnym ryzykiem (AR) wystąpienia szkodliwego skutku hałasu (HA lub HSD). Innymi słowy pozwalają określić, jaka część populacji narażona na określony poziom hałasu będzie dotknięta szkodliwym skutkiem. Zależności te zostały określone na bazie wielu badań prowadzonych niezależnie w różnych krajach oraz ośrodkach naukowych i są uśrednioną miarą prawdopodobieństwa (ryzyka) wystąpienia danego szkodliwego skutku przy ekspozycji (narażeniu) na określony poziom hałasu. Przy czym absolutne ryzyko znacznej dokuczliwości hałasu (AR_{HA}) powiązane jest ze wskaźnikiem L_{DWN} , a absolutne ryzyko znacznych zaburzeń snu (AR_{HSD}) ze wskaźnikiem L_N .

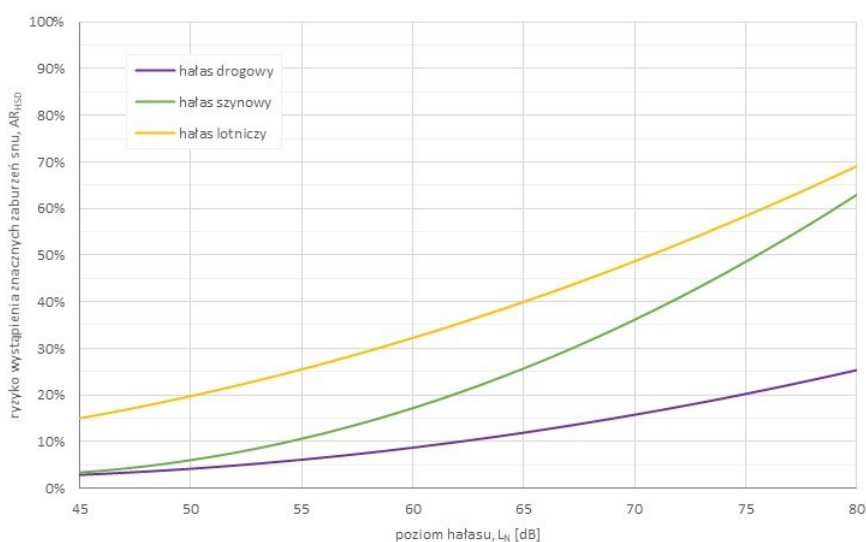
Ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku jest różne dla różnych źródeł hałasu, co obrazują wykresy zaprezentowane na rysunkach 1 i 2. Dla przykładu, ryzyko wystąpienia znacznych zaburzeń snu wywołanych hałasem lotniczym jest dużo większe niż dla hałasu drogowego czy szynowego (rysunek 2) przy tym samym poziomie hałasu. Oznacza to, że jeśli porównamy trzy miejsca narażone na różny rodzaj hałasu, odpowiednio lotniczy, drogowy i szynowy, ale o tym samym poziomie hałasu, np. L_N wynoszący 65 dB, to liczba osób dotknięta znacznymi zaburzeniami snu będzie w każdym z tych miejsc inna. W miejscu, gdzie ludzie eksponowani są na hałas lotniczy aż 40 % osób będzie dotkniętych znacznymi zaburzeniami snu, podczas gdy w miejscu ekspozycji na hałas szynowy będzie to około 26% osób. W miejscu narażenia na hałas drogowy znacznymi zaburzeniami snu będzie dotkniętych około 12% osób, a więc ponad trzykrotnie mniej niż w przypadku hałasu lotniczego i ponad dwukrotnie mniej niż w przypadku hałasu szynowego. Zależności „dawka-skutek” można odczytywać także w odmienny sposób: hałas będzie tak samo szkodliwy przy zdecydowanie różnych poziomach w zależności od źródła. Dla przykładu, 30% ludzi zostanie dotkniętych znaczną dokuczliwością hałasu wtedy, gdy

(średnioroczny) poziom hałasu, wyrażony wskaźnikiem L_{DWN} , wyniesie 57 dB dla hałasu lotniczego, 68 dB dla hałasu kolejowego i aż 71 dB dla hałasu drogowego (rysunek 1).

Powyższe obrazuje, że o ile poziom hałasu obliczany i prezentowany w ramach strategicznych map hałasu jest obiektywną, *stricte* fizyczną, miarą energii akustycznej, miarą zanieczyszczenia środowiska hałasem, to jego wartości nie odwzorowują jednoznacznie percypowanych wrażeń i wywołanych nimi skutków hałasu. Szkodliwość hałasu uzależniona jest nie tylko od poziomu, ale także od jego charakteru powiązanego ze źródłem.



Rysunek 1 Zależność pomiędzy absolutnym ryzykiem wystąpienia znacznej uciążliwości hałasu a poziomem L_{DWN}



Rysunek 2 Zależność pomiędzy absolutnym ryzykiem wystąpienia znacznych zaburzeń snu a poziomem L_N

Dokładne wartości absolutnego ryzyka wystąpienia danego szkodliwego skutku hałasu wyznacza się z poniższych wzorów dla znaczącej dokuczliwości (HA) (równania 1 do 3) oraz dla znaczących zaburzeń snu (HSD) odpowiednio dla poszczególnych rodzajów hałasu (równania 4 do 6).

$$AR_{HA,drogowy} = (78,9270 - 3,1162 * L_{DWN} + 0,0342 * L_{DWN}^2)/100 \quad (1)$$

$$AR_{HA,szynowy} = (38,1596 - 2,05538 * L_{DWN} + 0,0285 * L_{DWN}^2)/100 \quad (2)$$

$$AR_{HA,lotniczy} = (-50,9693 + 1,0168 * L_{DWN} + 0,0072 * L_{DWN}^2)/100 \quad (3)$$

$$AR_{HSD,drogowy} = (19,4312 - 0,9336 * L_N + 0,0126 * L_N^2)/100 \quad (4)$$

$$AR_{HSD,szynowy} = (67,5406 - 3,1852 * L_N + 0,0391 * L_N^2)/100 \quad (5)$$

$$AR_{HSD,lotniczy} = (16,7885 - 0,9293 * L_N + 0,0198 * L_N^2)/100 \quad (6)$$

Zależności te w powiązaniu z liczbą ludzi żyjących w danym budynku lub na danym obszarze, narażonych (eksponowanych) na określony poziom hałasu pozwalają na statystyczne wyznaczenie liczby osób dotkniętych danym szkodliwym skutkiem hałasu, zgodnie ze wzorami:

$$N_{HA,x} = n * AR_{HA,x} \quad (7)$$

$$N_{HSD,x} = n * AR_{HSD,x} \quad (8)$$

gdzie:

N_{HA} / N_{HSD} – liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu (odpowiednio *HA* lub *HSD*),

x – rodzaj hałasu (odpowiednio: drogowy, szynowy lub lotniczy),

n – liczba osób żyjących w danym budynku lub na danym obszarze,

AR_{HA} / AR_{HSD} – absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku (odpowiednio *HA* lub *HSD*).

Powyższe zależności pozwalają w ramach strategicznej mapy hałasu określić sześć różnych miar szkodliwych skutków hałasu, które zaprezentowano w schematyczny sposób na rysunkach 3 i 4.

Dla przykładu, znając wartość poziomu hałasu lotniczego wyrażonego wskaźnikiem L_N możemy za pomocą wzoru (równanie 6) określić absolutne ryzyko wystąpienia znacznych zaburzeń snu wywołanych hałasem lotniczym ($AR_{HSD,lotniczym}$). Dalej, znając liczbę osób (n) jaka jest narażona na ww. poziom hałasu możemy wyznaczyć (równanie 8) liczbę osób dotkniętych znacznymi zaburzeniami snu.

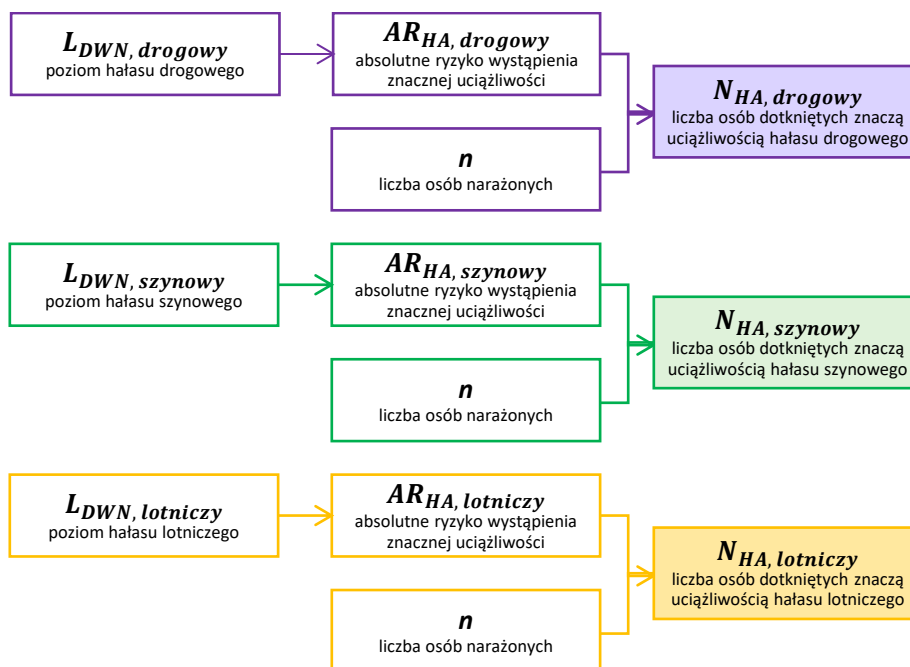
Gdy na poziom hałasu $L_{N,lotniczy} = 65 \text{ dB}$ narażone są $n = 740$ osoby, to

$$AR_{HSD,lotniczy} = (16,7885 - 0,9293 * 65 + 0,0198 * 65^2)/100 \cong 0,40$$

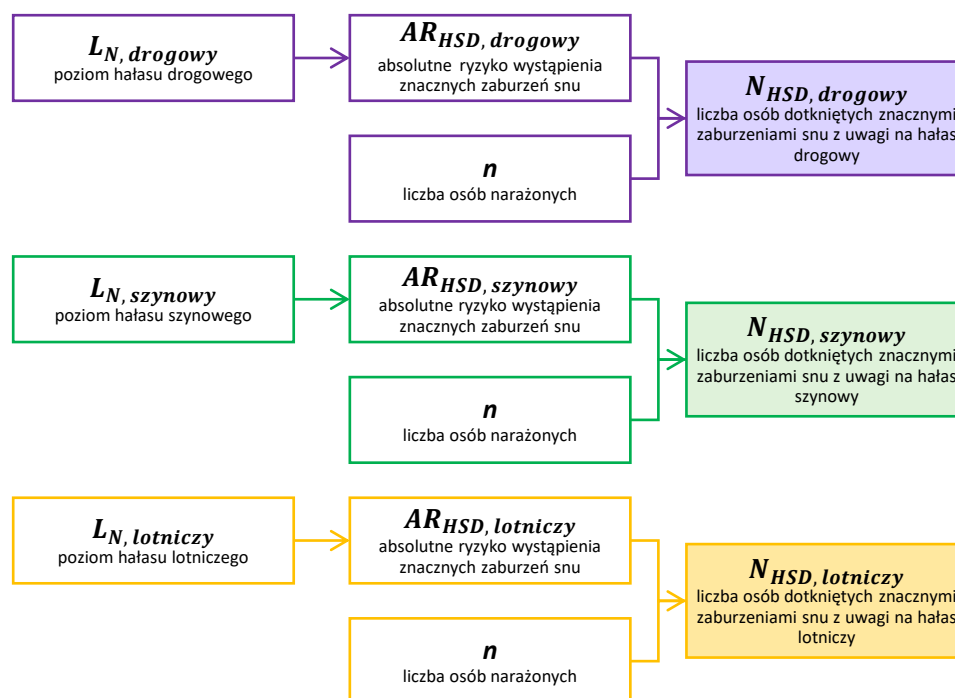
$$N_{HSD,lotniczy} = 740 * 0,40 \cong 296$$

296 osób jest dotkniętych znacznymi zaburzeniami snu wywołanymi hałasem lotniczym.

Obecny stan wiedzy, znajdujący odzwierciedlenie w zapisach załącznika III Dyrektywy 2002/49/WE, pozwala na wyznaczenie liczby osób narażonych na dany szkodliwy skutek w odniesieniu do każdego ze źródeł hałasu (drogowy, szynowy, lotniczy) oddzielnie. Nie ma aktualnie ujednoczonych i miarodajnych zależności łączących ryzyko występowania szkodliwych skutków z wypadkowym poziomem hałasu pochodzącym od kilku źródeł. Stąd w strategicznej mapie hałasu należy określić liczbę osób dotkniętych szkodliwymi skutkami odrębnie dla każdego źródła.



Rysunek 3 Ogólny schemat określania liczby osób dotkniętych znaczną uciążliwością hałasu



Rysunek 4 Ogólny schemat określania liczby osób dotkniętych znacznymi zaburzeniami snu

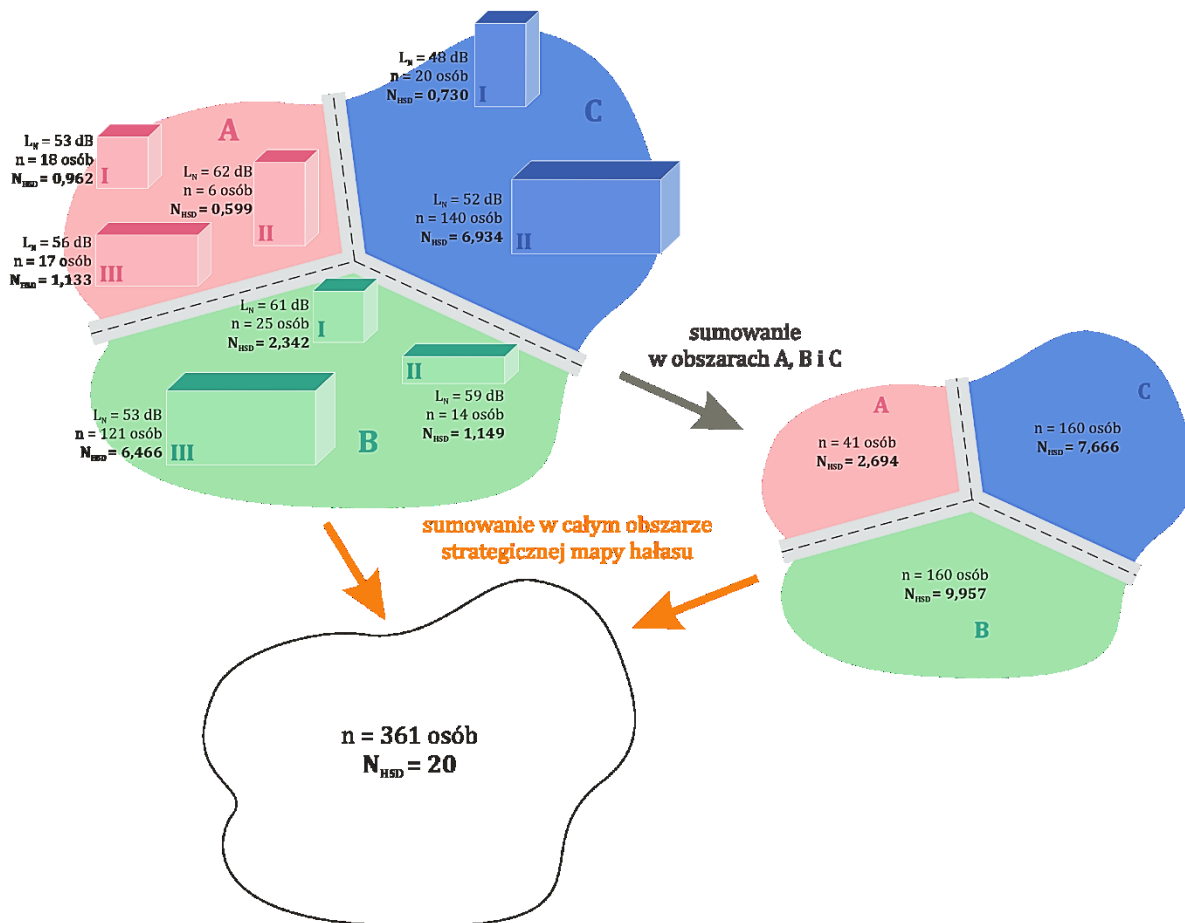
Powyższe schematy w sposób ideowy opisują algorytm wyznaczania liczby osób narażonych na szkodliwy skutek hałasu (N_{HA} lub N_{HSD}) w sytuacji, gdy możemy hałas scharakteryzować jedną wartością poziomu L_{DWN} lub L_N . W rzeczywistości, w badanym środowisku (obszarze objętym

strategiczną mapą hałasu) odnotowuje się całe spektrum poziomów hałasu, które zmieniają się wraz z odległością od źródła w miarę występowania poszczególnych mechanizmów towarzyszących propagacji dźwięku. Nie można całej tej przestrzeni scharakteryzować jedną wartością poziomu hałasu. Podobnie niejednorodna jest dystrybucja populacji objętej strategiczną mapą hałasu, która zmienia się wraz z przestrzennym usytuowaniem i charakterem terenów mieszkalnych. Stąd też powyższe wzory 7 i 8 nie mogą w bezpośredni sposób zostać wykorzystane do określenia całkowitej liczby osób dotkniętych szkodliwymi skutkami hałasu dla całego obszaru objętego mapą. Ich implementacja wymaga powiązania konkretnej liczby osób z konkretnym poziom hałasu, na jaki są one narażone w miejscu swojego zamieszkania, a to możliwe jest tylko i wyłącznie w odniesieniu do pojedynczych budynków/lub ich części.

Poniżej (rysunek 5) w sposób schematyczny pokazano możliwość wyznaczenia miary szkodliwych skutków hałasu (na przykładzie N_{HSD} dla hałasu drogowego) dla pojedynczych budynków. Następnie miary te mogą być sumowane w obrębie większych obszarów (np. związanych z danym odcinkiem drogi czy linii kolejowej, fragmentów miasta/gmin/powiatów) czy wreszcie całego obszaru objętego strategiczną mapą hałasu. Na potrzeby strategicznej mapy hałasu dane te należy zagregować do powiatów / jednostek pomocniczych gmin.

Aby finalna liczba osób narażona na dany szkodliwy skutek hałasu (drogowego, szynowego lub lotniczego) w obrębie obszaru była obarczona możliwe najmniejszym błędem, wartości cząstkowe wyznaczone dla danego budynku nie powinny być zaokrąglane do wartości całkowitych. Wprawdzie N_{HA} lub N_{HSD} jest miarą liczby osób (niewystępujących zazwyczaj w częściach dziesiętnych czy setnych), niemniej statystyczny wymiar przeprowadzanych analiz uzasadnia stosowanie wartości ułamkowych. Zaokrąglić do jednego miejsca po przecinku należy natomiast wartości końcowe prezentowane w strategicznych mapach hałasu i programach ochrony przed hałasem.

Odczytując przykład zaprezentowany na rysunku 5 warto przy okazji zauważyć wpływ, jaki na ostateczną miarę szkodliwego skutku mają zarówno poziom hałasu, jak i ogólna liczba osób na niego narażona. Dla budynku C.II, mimo, że charakteryzuje się on zdecydowanie mniejszą ekspozycją na hałas niż budynek A.II, liczba osób dotkniętych szkodliwym skutkiem hałasu jest ponad jedenastokrotnie większa, co bezpośrednio wynika z dużo większej liczby osób narażonych na hałas. Podobnie, w przypadku budynków A.I i B.III eksponowanych na hałas w równym stopniu, o liczbie osób dotkniętych szkodliwym skutkiem decyduje liczba osób eksponowanych (zamieszkujących te budynki). Z drugiej strony, porównując obszary B i C, na których żyje identyczna liczba osób dostrzegamy, że tam gdzie ekspozycja na hałas jest większa (wyższe poziomy hałasu), wyższa jest również miara szkodliwych skutków. Te analizy obrazują złożoność aspektu oceny szkodliwych skutków hałasu i w klarowny sposób uzasadniają wprowadzone w Dyrektywie 2002/49/WE zmiany. Sam poziom hałasu w środowisku prezentowany na mapach imisyjnych nie jest wystarczający do określenia szkodliwości hałasu. Stąd też wprowadzono opisywane w niniejszym rozdziale miary szkodliwych skutków będące funkcją poziomu hałasu (i wynikającego z niego absolutnego ryzyka wystąpienia szkodliwego skutku) oraz liczby osób eksponowanych na ten hałas.



Rysunek 5 Schemat ideowy przestrzennej analizy liczby osób narażonych na szkodliwy skutek hałasu (na przykładzie $N_{HSD,drogowy}$)

Wiadomo już, że wyznaczenie miary szkodliwości hałasu wymaga precyzyjnego powiązania liczby osób ekspozowanych na hałas z konkretną wartością jego poziomu. Nie jest to możliwe dla całych obszarów i wymaga przeprowadzenia analiz w odniesieniu do budynków lub siatki receptorów na elewacjach budynków, którym przypisano konkretną liczbę mieszkańców. Budynki (w przypadku hałasu lotniczego) lub receptory na elewacjach budynków (hałas drogowy, szynowy i przemysłowy) stanowią nośnik informacji przestrzennej łączący w sobie konkretną liczbę mieszkańców z konkretnym poziomem hałasu, na jaki są one narażone.

Dla szczegółowych analiz np. skuteczności wdrażania lokalnych działań minimalizujących oddziaływanie akustyczne można, zatem obliczyć miary szkodliwych skutków hałasu w odniesieniu do pojedynczego budynku, czy zespołu budynków zgodnie z powyższym opisem. Jednak w celach statystycznych, w odniesieniu do większych terenów, czy wręcz całego obszaru objętego strategiczną mapą hałasu miary szkodliwych skutków wyznacza się w uproszczeniu, poprzez wyznaczenie absolutnego ryzyka wystąpienia danego szkodliwego skutku hałasu dla określonych przedziałów wartości poziomu hałasu i powiązanie go z sumą osób ekspozowanych na ten przedział hałasu (równanie 9):

$$N_{x,y} = \sum_j n_j * AR_{j,x,y} \quad (9)$$

gdzie:

- x – rodzaj hałasu (odpowiednio: drogowy, szynowy lub lotniczy),
- y – szkodliwy skutek hałasu (odpowiednio: *HA* lub *HSD*);
- j – zakres poziomu hałasu (L_{DWN} : 55-60, 60-65, 65-70, 70-75 i ≥ 75 dB; L_N : 50-55, 55-60, 60-65, 65-70 i ≥ 70 dB);
- $N_{x,y}$ – liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu (x) danego źródła (y);
- n_j – liczba osób ekspozowanych na j zakres poziomu hałasu,
- $AR_{j,x,y}$ – absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku x dla j zakresu poziomu hałasu źródła y ;

W przypadku hałasu lotniczego ostateczny algorytm wyznaczania szkodliwych skutków hałasu przedstawiono poniżej (rysunek 6). Algorytm ten należy zastosować niezależnie dla *HA* i *HSD*. Dla każdego z analizowanych zakresów poziomów hałasu absolutne ryzyko wystąpienia danego szkodliwego skutku obliczamy odpowiednio ze wzorów (równanie 10 do 15) przyjmując środkową w danym paśmie wartość poziomu hałasu np. dla zakresu 50 – 54 dB (50 – 54,9 dB) przyjmujemy do obliczeń wartość poziomu równą 52,5 dB. Dla zakresu 60 – 64 dB (60 – 64,9 dB) przyjmujemy wartość 62,5 dB. Natomiast dla zakresu ≥ 75 dB przyjmujemy 77,5 dB zaniebując, że pasmo to może zawierać także receptory (lub budynki) narażone na skrajnie wysokie poziomy rzędu np. ponad 80 dB. Założenie to (uproszczenie) wynika z faktu, że takie skrajnie wysokie poziomy dotyczą niewielkiej populacji mieszkańców, która nie wpłynie na finalną wartość sumaryczną. W szczególnych przypadkach, gdy na wysokie poziomy narażona jest istotnie duża liczba mieszkańców zaleca się rozszerzenie liczby analizowanych zakresów poziomów hałasu, np. 75 – 80 dB, 80 – 85 dB itp.

$$AR_{HA,drogowy} = (78,9270 - 3,1162 * L_{DWN} + 0,0342 * L_{DWN}^2)/100 \quad (10)$$

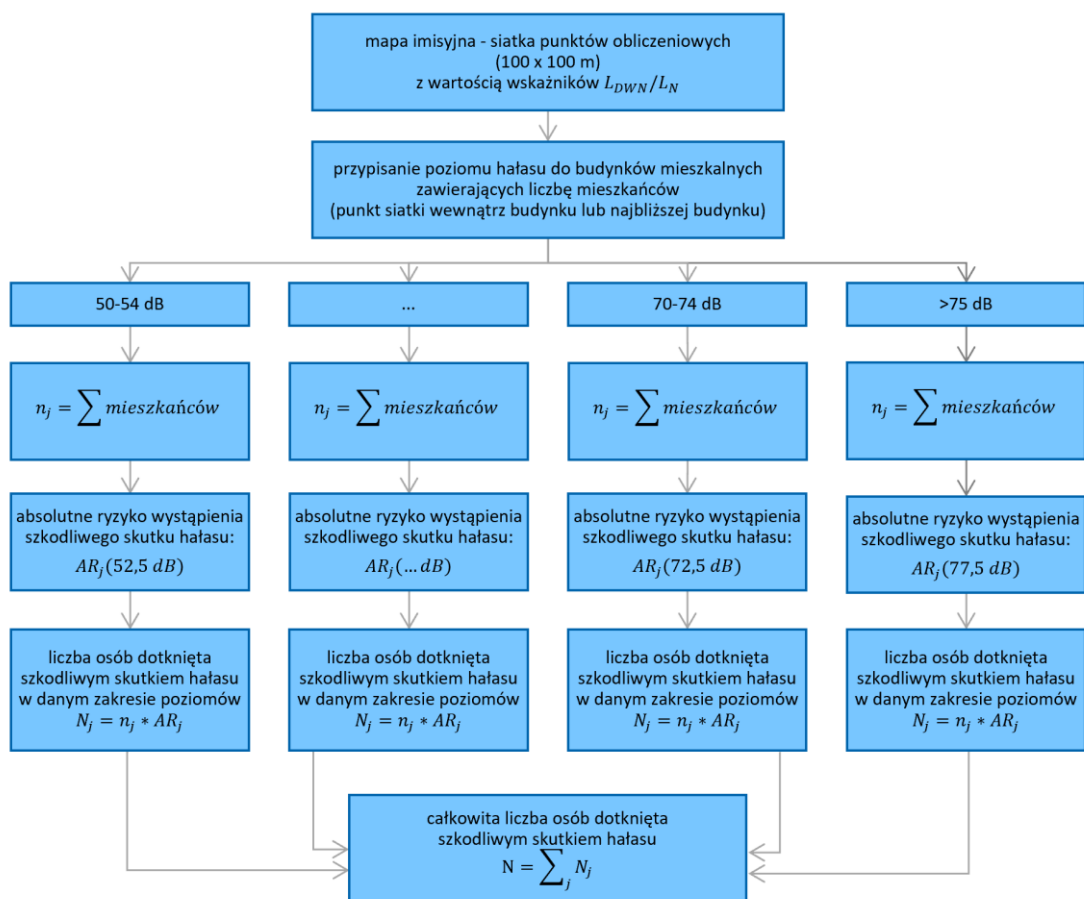
$$AR_{HA,szynowy} = (38,1596 - 2,05538 * L_{DWN} + 0,0285 * L_{DWN}^2)/100 \quad (11)$$

$$AR_{HA,lotniczy} = (-50,9693 + 1,0168 * L_{DWN} + 0,0072 * L_{DWN}^2)/100 \quad (12)$$

$$AR_{HSD,drogowy} = (19,4312 - 0,9336 * L_N + 0,0126 * L_N^2)/100 \quad (13)$$

$$AR_{HSD,szynowy} = (67,5406 - 3,1852 * L_N + 0,0391 * L_N^2)/100 \quad (14)$$

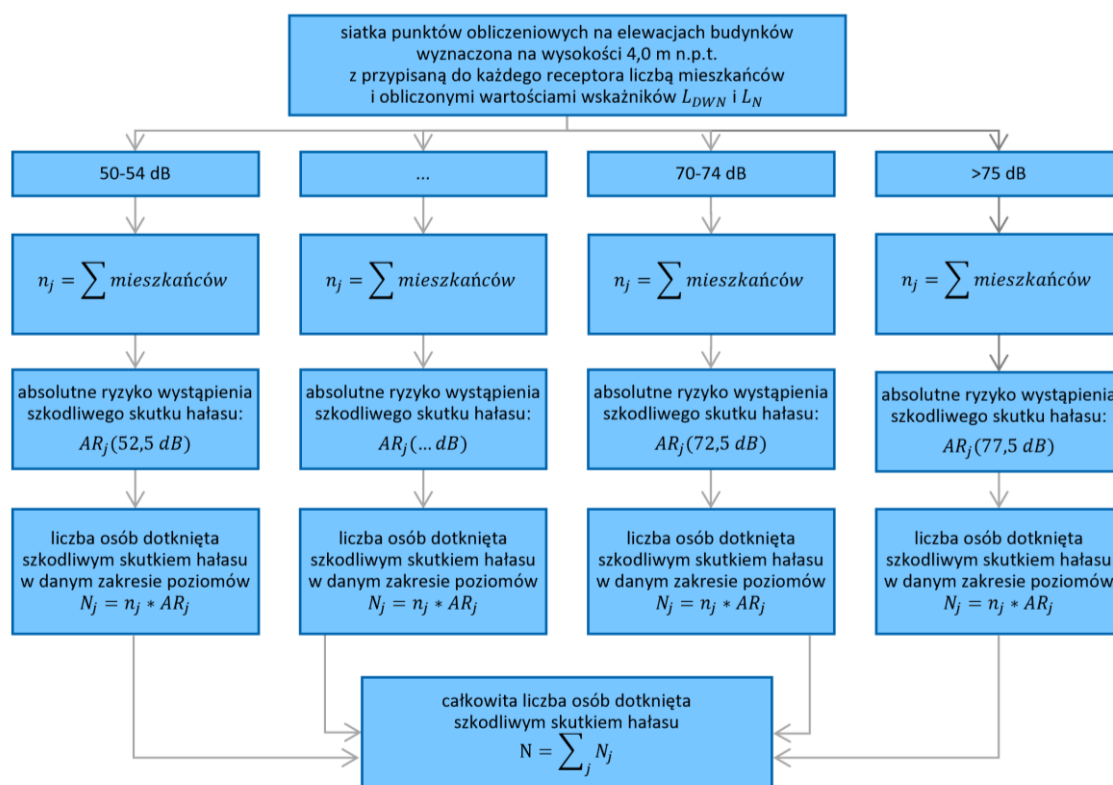
$$AR_{HSD,lotniczy} = (16,7885 - 0,9293 * L_N + 0,0198 * L_N^2)/100 \quad (15)$$



Rysunek 6 Algorytm wyznaczania szkodliwych skutków hałasu lotniczego; przedziały poziomu hałasu należy dobrać odpowiednio dla HA lub HSD

W przypadku pozostałych rodzajów hałasu (drogowy i szynowy) ostateczny algorytm wyznaczania szkodliwych skutków hałasu przedstawiono na rysunku 7. Algorytm ten należy zastosować niezależnie dla HA i HSD.

Algorytm analizy szkodliwych skutków hałasu dla hałasu lotniczego różni się od algorytmu dla hałasu drogowego i szynowego wyłącznie nośnikiem informacji przestrzennej, do którego przypisane są poziomy hałasu i liczba mieszkańców na ten hałas ekspozycja. W przypadku hałasu lotniczego nośnikiem tym są budynki mieszkalne, a w przypadku pozostałych źródeł receptory na elewacjach budynków mieszkalnych. Samo grupowanie nośników (budynków lub receptorów) w określone przedziały wartości wskaźników L_{DWN} i L_N oraz wyznaczanie miar szkodliwych skutków hałasu w obrębie każdego przedziału jak i wartości sumarycznej (całkowitej) odbywa się identycznie.



Rysunek 7 Algorytm wyznaczania szkodliwych skutków hałasu drogowego i szynowego; przedziały poziomu hałasu należy dobrać odpowiednio dla HA lub HSD

5 OBLICZANIE WSKAŹNIKA IHD

Łączną liczbę przypadków *IHD* spowodowaną hałasem drogowym należy wyznaczyć korzystając ze wzoru poniżej (wzór 11 w Dyrektywie 2020/367).

$$N_{IHD} = PAF * I * P \quad (16)$$

gdzie:

- I* – wskaźnik zachorowalności na IHD,
- PAF* – odsetek przypadków IHD wśród ludności narażonej na RR ,
- P* – wielkości populacji danego obszaru (powiatu).

Zgodnie z treścią aneksu III do Dyrektywy END, tj. w myśl Dyrektywy 2020/367 ocenę liczby *N* przypadków *IHD* wywołanych hałasem wyznacza się tylko dla hałasu drogowego. Dla hałasu kolejowego i lotniczego ludność narażoną na hałas powyżej odpowiedniego poziomu *LDWN* uznaje się za narażoną na podwyższone ryzyko *IHD*, ale obecny stan wiedzy nie pozwala na jednoznaczne oszacowanie liczby *N* przypadków *IHD* wywołanych hałasem z tych źródeł. *IHD* rozważane będzie więc tylko w odniesieniu do hałasu drogowego.

Współczynnik zachorowalności

Do obliczenia *IHD* należy stosować współczynnik zachorowalności *I*. Zgodnie z definicją, współczynnik zachorowalności (bądź zapadalności) to stosunek liczby nowych zachorowań na dane schorzenie w danej populacji w określonym czasie do liczby osób narażonych na zachorowanie z tej samej

populacji w tym samym czasie. Dla potrzeb przedmiotowych analiz długość odcinka czasu o którym mowa powyżej to jeden rok.

W celu wykonania obliczeń liczby przypadków IHD związanych z konkretnym źródłem hałasu należy ustalić źródło danych epidemiologicznych dla Polski. W chwili powstawania niniejszego dokumentu powszechnie dostępnym źródłem takich danych są „*Mapy Potrzeb Zdrowotnych*”. Dokument ten do tej pory opracowywany był przez Ministra Zdrowia, natomiast od roku 2021 za jego przygotowanie odpowiedzialni są Wojewodowie w porozumieniu z tzw. Wojewódzką Radą do Spraw Potrzeb Zdrowotnych. Dokumenty te obejmują okresy pięcioletnie i są dostępne na stronach Ministerstwa Zdrowia. Aktualnie obowiązująca mapa stanowi załącznik do obwieszczenia Ministra Zdrowia z dnia 27 sierpnia 2021r. poz. 69. Od najnowszej edycji map potrzeb zdrowotnych funkcjonuje Baza Analiz Systemowych i Wdrożeniowych (BASiW) Ministerstwa Zdrowia a w jej ramach portal internetowy <https://basiw.mz.gov.pl> na którym dostępne są ww. dane oraz narzędzia analityczne pozwalające na eksporty danych w różnych ujęciach statystycznych. Mapy te zawierają dane o chorobowości i zapadalności w skali całego kraju oraz w skali województw w okresach rocznych (dane o samej chorobowości dostępne są także na poziomie powiatów). W przypadku IHD dane te dotyczą wszystkich przypadków choroby niedokrwiennej serca z wyłączeniem tzw. OZW – czyli Ostrych Zespołów Wieńcowych (grupa stanów klinicznych wywołanych ostrym niedokrwieniem mięśnia sercowego w przebiegu ograniczenia lub ustania przepływu w tętnicach wieńcowych). Dane dotyczące zapadalności prezentowane są tam w ujęciu bezwzględnym, ale także w ujęciu względnym – na 100 tys. mieszkańców – bez standaryzacji, oraz standaryzowane wiekiem, płcią i miejscem zamieszkania dla populacji Polski na podstawie danych GUS. Dla celów obliczeń wskaźników zdrowotnych należy brać pod uwagę dane standaryzowane – względne – na 100 tys. mieszkańców. Zgodnie z wzorem dzieląc tak wyrażoną zachorowalność przez 100 000 otrzymujemy wprost współczynnik (wskaźnik) zachorowalności „I” określony w Dyrektywie.

$$I = \frac{\text{zapadalność standaryzowana na 100 tys.ludności}}{100\ 000} \quad (17)$$

Dane statystyczne opracowane na podstawie BASiW za rok 2020 (najnowsze dostępne we wskazanym źródle) dotyczące chorobowości, zapadalności oraz obliczone dla tych danych współczynniki zapadalności I z podziałem na województwa przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2 Dane dotyczące chorobowości, zachorowalności oraz obliczone współczynniki zachorowalności w skali województw opracowane na podstawie Mapy Potrzeb Zdrowotnych za rok 2020 (dane z BASiW)

lp	województwo	chorobowość względna standaryzowana (na 100 tys. mieszkańców)	zapadalność względna standaryzowana (na 100 tys. mieszkańców)	współczynnik zachorowalności, I
1	dolnośląskie	4405,21	312,09	0,0031
2	kujawsko-pomorskie	5619,08	301,82	0,0030
3	lubelskie	6629,68	353,02	0,0035
4	lubuskie	6509,06	402,8	0,0040
5	łódzkie	6069,15	380,8	0,0038
6	małopolskie	6194,73	282,79	0,0028
7	mazowieckie	5321,99	311,42	0,0031

lp	województwo	chorobowość względna standaryzowana (na 100 tys. mieszkańców)	zapadalność względna standaryzowana (na 100 tys. mieszkańców)	współczynnik zachorowalności, I
8	opolskie	4848,47	258,54	0,0026
9	podkarpackie	5659,3	306,67	0,0031
10	podlaskie	5574,34	332,25	0,0033
11	pomorskie	6025,13	275,76	0,0028
12	śląskie	6609,57	323,9	0,0032
13	świętokrzyskie	6846,79	372,11	0,0037
14	warmińsko-mazurskie	5082,66	369,66	0,0037
15	wielkopolskie	6388,15	387,37	0,0039
16	zachodniopomorskie	5521,81	333,94	0,0033
17	Polska	6111,39	329,93	0,0033

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Mapy Potrzeb Zdrowotnych 2022-2026 (pозyskanych z BASiW).

Porównując chorobowość względną na poziomie wojewódzkim do chorobowości względnej w danym powiecie uzyskujemy współczynnik chorobowości dla tego powiatu. Zachorowalność względną na poziomie powiatu szacujemy mnożąc chorobowość względną dla danego powiatu przez opisany powyżej współczynnik chorobowości dla tego powiatu. Ostatecznie współczynnik zachorowalności dla danego powiatu wyznaczamy dzieląc tak uzyskaną zachorowalność względną na poziomie powiatu przez 100 000 – zgodnie z wzorem 18:

$$I_{\text{powiatu}} = \frac{\frac{\text{chorobowość}_{\text{powiatu}}}{\text{chorobowość}_{\text{województwa}} \cdot \text{zapadalność}_{\text{województwa}}}{100\,000}} \quad (18)$$

Dane źródłowe do wyznaczenia współczynników zachorowalności jak również wyznaczone dla nich współczynniki zachorowalności *I* dla powiatów dla roku 2020 przedstawiono w załączniku nr 1 do niniejszego opracowania.

Obliczanie wskaźnika RR

W celu wyznaczenia liczby ludności narażonej na *IHD* wywołane hałasem (drogowym) należy oszacować wartości relatywnego ryzyka (*RR*) związanego z oddziaływaniem hałasu i potencjalnym wzrostem zachorowań na *IHD*. Sposób obliczania wartości *RR* dla różnych wartości L_{DWN} hałasu drogowego reguluje wzór 3 w Dyrektywie 2020/367 który ma postać:

$$RR_{IHD,i,road} = \begin{cases} e^{\left[\left(\frac{\ln(1,08)}{10}\right) \cdot (L_{DWN} - 53)\right]} & \text{dla } L_{DWN} > 53 \text{ dB} \\ 1 & \text{dla } L_{DWN} \leq 53 \end{cases} \quad (19)$$

Wartości *RR* obliczone wg powyższego równania zależą jedynie od poziomu L_{DWN} , stąd można z góry dokonać obliczenia i stworzyć tabelę prezentującą wartości *RR* w zależności od wartości L_{DWN} .

Zgodnie z punktem 3.2.2 w Dyrektywie 2020/367, dla poszczególnych pasm poziomów w decybelach, do obliczania wartości RR należy przyjąć wartości środkowe danego przedziału. Zatem, dla przedziałów dla wskaźnika L_{DWN} w zakresie: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74 oraz ≥ 75 dB, będą to odpowiednio wartości: 57,5, 62,5, 67,5, 72,5 dB. Natomiast dla zakresu ≥ 75 dB przyjmujemy 77,5 dB zanedbując, że pasmo to może zawierać także pewną liczbę ludzi narażonych na skrajnie wysokie poziomy rzędu np. ponad 80 dB. Założenie to (uproszczenie) wynika z faktu, że takie skrajnie wysokie poziomy dotyczą niewielkiej populacji mieszkańców, która nie wpłynie w znaczący sposób na finalną wartość sumaryczną. W szczególnych przypadkach, gdy na wysokie poziomy narażona jest istotnie duża liczba mieszkańców zaleca się rozszerzenie liczby analizowanych zakresów poziomów hałasu, np. 75-80 dB, 80 - 85 dB itp.

UWAGA Pomimo, iż zgodnie ze wzorem 19, względne ryzyko wystąpienia IHD spowodowanej hałasem pojawia się już powyżej 53 dB, obliczenia szkodliwych skutków hałasu w ramach strategicznych map hałasu wykonuje się dla przedziałów wartości wskaźnika L_{DWN} równych lub większych 55 dB. Wynika to bezpośrednio z dolnego zakresu dla którego sporządza się mapy zgodnie z Dyrektywą 2020/367 oraz rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 1 lipca 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu danych ujętych na strategicznych mapach hałasu, sposobu ich prezentacji i formy ich przekazywania (Dz. U. 2021 poz. 1325). Pominięcie zakresu od 53 do 55 dB wprowadza niewielkie niedoszacowanie miary IHD, niemniej zapewnia spójność wszystkich opracowań i umożliwia względne porównanie ich wyników zarówno na etapie analizy trendów dla jednego obszaru (kolejne rundy mapowania) jak i pomiedzy różnymi obszarami.

Dane dotyczące narażenia populacji na hałas o zadanych poziomach

Zgodnie z treścią aneksu III i wzorem 10 Dyrektywy 2020/367, do obliczania narażenia na IHD w wyniku hałasu potrzebne są również dane o procencie populacji na danym obszarze eksponowanym na działanie hałasu o określonym poziomie. Procent ten określa wskaźnik PAF i oblicza się go zgodnie z wzorem:

$$PAF = \left(\frac{\sum_j [p_j (RR_j - 1)]}{\sum_j [p_j (RR_j - 1)] + 1} \right) \quad (20)$$

Zbiór pasm hałasu j składa się z pojedynczych pasm obejmujących przedziały 5 dB. Przedziały te dla wskaźnika L_{DWN} zawierają się w zakresie: 55-60, 60-65, 65-70, 70-75 oraz ≥ 75 dB.

p_j oznacza odsetek całkowitej liczby ludności P na ocenianym obszarze (w danym powiecie), który jest narażony na pasmo narażenia j . Wielkości te należy określić na podstawie danych zawartych w strategicznych mapach hałasu, w sposób analogiczny jak w przypadku wskaźnika HA:

$$p_j = \frac{n_j}{P} \quad (21)$$

gdzie

n_j – liczba mieszkańców narażona na hałas w danym przedziale wartości

P – całkowita liczba mieszkańców danego obszaru.

Przykładowe obliczenie liczby przypadków IHD spowodowanej hałasem drogowym

Poniżej zaprezentowano krok po kroku przykład obliczeń dla miasta Poznania na podstawie danych ze *Strategicznej Mapy Hałasu miasta Poznania 2022*.

Dane wejściowe – dane epidemiologiczne z BASiW za rok 2020:

Zapadalność względna dla województwa wielkopolskiego:	387,37 osób na 100 tys. mieszkańców
Chorobowość względna dla województwa wielkopolskiego:	6 388,15 osób na 100 tys. mieszkańców
Chorobowość względna dla powiatu m. Poznań:	4 479,63 osób na 100 tys. mieszkańców

Dane wejściowe – Strategiczna Mapa Hałasu miasta Poznań 2022:

Całkowita liczba mieszkańców: 530 500

Liczba osób narażonych na hałas drogowy dla wskaźnika L_{DWN} (dane ze Strategicznej Mapy Hałasu dla Miasta Poznania 2022):

	Przedział poziomu dźwięku, wskaźnik L_{DWN} [dB]					
	[55, 60)	[60, 65)	[65, 70)	[70, 75)	[75, 80)	≥ 80
Liczba eksponowanych mieszkańców w danym zakresie L_{DWN}	57600	45300	18800	4500	100	0

UWAGA Powyższe dane dotyczące ekspozycji na hałas zaczerpnięto bezpośrednio z części opisowej strategicznej mapy hałasu, gdzie zgodnie z rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska¹ dane te podane zostały z zaokrągleniem do setek. W miarę dostępności, w obliczeniach wartości szkodliwych skutków hałasu należy wykorzystywać zawsze możliwie najbardziej precyzyjne dane, minimalizując błąd oszacowania. Niemniej, należy podkreślić, że w przypadku zilustrowanego tu dla przykładu miasta Poznań, wykorzystanie liczby eksponowanych mieszkańców w poszczególnych przedziałach wartości z dokładnością do osoby zmienia ostateczny wynik wskaźnika N_{IHD} o 0,5 osoby.

Współczynnik zachorowalności I dla powiatu m. Poznań (wzór 18):

$$I_{\text{powiatu}} = \frac{\frac{4479,63}{6338,15} \cdot 387,37}{100\,000} \cong 0,0027$$

Powyższe obliczenia zostały zaprezentowane w celu ilustracyjnym. Dla obecnej IV rundy mapowania obliczone już współczynniki zachorowalności I dla poszczególnych powiatów w Polsce dla roku 2020 przedstawiono w załączniku nr 1 do niniejszego opracowania. Są to najbardziej aktualne dostępne dane i mogą zostać bezpośrednio wykorzystane w szacowaniu miary IHD w obecnej rundzie mapowania.

Obliczenie wskaźnika RR (wzór 19)

$e \cong 2,7182$

$L_{DWN} = 57,5$ dB dla przedziału [55, 60)dB

$$RR_{IHD,55-60,road} = 2,7182 \left[\left(\frac{\ln(1,08)}{10} \right)^{*(57,5-53)} \right] \cong 1,0352$$

W analogiczny sposób obliczyć można wskaźniki RR dla pozostałych przedziałów wartości wskaźnika L_{DWN} :

przedział L_{DWN} [dB]	wartość środkowa dla pasma L_{DWN} [dB]	RR dla IHD
[55, 60)	57,5	1,0352
[60, 65)	62,5	1,0759
[65, 70)	67,5	1,1181
[70, 75)	72,5	1,1619
≥ 75	77,5	1,2075

¹ Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 1 lipca 2021 r. „w sprawie szczegółowego zakresu danych ujętych na strategicznych mapach hałasu, sposobu ich prezentacji i formy ich przekazywania” (Dz. U. 2021 poz. 1325).

Obliczanie wskaźnika PAF

Odsetek całkowitej liczby populacji ekspozowanej na hałas w danym przedziale wartości:

$$p_j = \frac{\text{liczba mieszkańców narażona na hałas w danym przedziale}}{\text{całkowita liczba mieszkańców danego obszaru}}$$

Dla przedziału 55-60 [dB]:

$$p_{55-60 \text{ dB}} = \frac{57600}{530500} \cong 0,108577$$

Analogicznie dla pozostałych przedziałów wartości wskaźnika L_{DWN} :

	Przedział poziomu dźwięku, wskaźnik L_{DWN} [dB]				
	[55, 60)	[60, 65)	[65, 70)	[70, 75)	[75, 80)
p_j	0,1086	0,0854	0,0354	0,0085	0,0002

Wyraz pomocniczy $p_j^*(RR-1)$:

	Przedział poziomu dźwięku, wskaźnik L_{DWN} [dB]				
	[55, 60)	[60, 65)	[65, 70)	[70, 75)	[75, 80)
$p_j^*(RR-1)$	0,0038	0,0065	0,0042	0,0014	< 0,0001

Procent populacji na danym obszarze narażonym na działanie hałasu o określonym poziomie wyrażony wskaźnikiem PAF (wzór 20):

$$PAF = \frac{0,0038 + 0,0065 + 0,0042 + 0,0014 + 0,0000}{(0,0038 + 0,0065 + 0,0042 + 0,0014 + 0,0000) + 1} \cong 0,0157$$

Łączna liczba przypadków *IHD* spowodowana hałasem drogowym (wzór 16):

$$N = 0,0157 * 0,0027 * 530500 \cong 22,5$$

UWAGA W przedstawionym powyżej przykładzie nieprzypadkowo zastosowano precyzję podawania poszczególnych wartości cząstkowych do 4 miejsca po przecinku. Na podstawie przeprowadzonych analiz, taka precyzja pozwala na uzyskanie dokładności końcowego wyniku w zakresie $\pm 0,5$ osoby narażonej na *IHD*, która z uwagi na statystyczny charakter oszacowania wydaje się w zupełności wystarczająca. Oczywiście realizując powyższe obliczenia bezpośrednio w programach komputerowych zwykle nie jesteśmy ograniczeni ich precyzją. Dla przykładu oprogramowanie SoundPLAN w wersji 8.2 pozwala na wprowadzenie współczynnika zachorowalności *I* w postaci względnej standaryzowanej (w odniesieniu do 100 tys. mieszkańców) z precyzją do jednego miejsca po przecinku, co oznacza, że w postaci bezwzględnej (w jakiej współczynnik ten został podany w tabeli 2 oraz w załączniku 1 niniejszego opracowania) precyzja ta sięga aż 6 miejsc po przecinku.

6 OBSZAR OBLICZEŃ

Efekty zdrowotne w strategicznych mapach hałasu obliczane są dla powiatów.

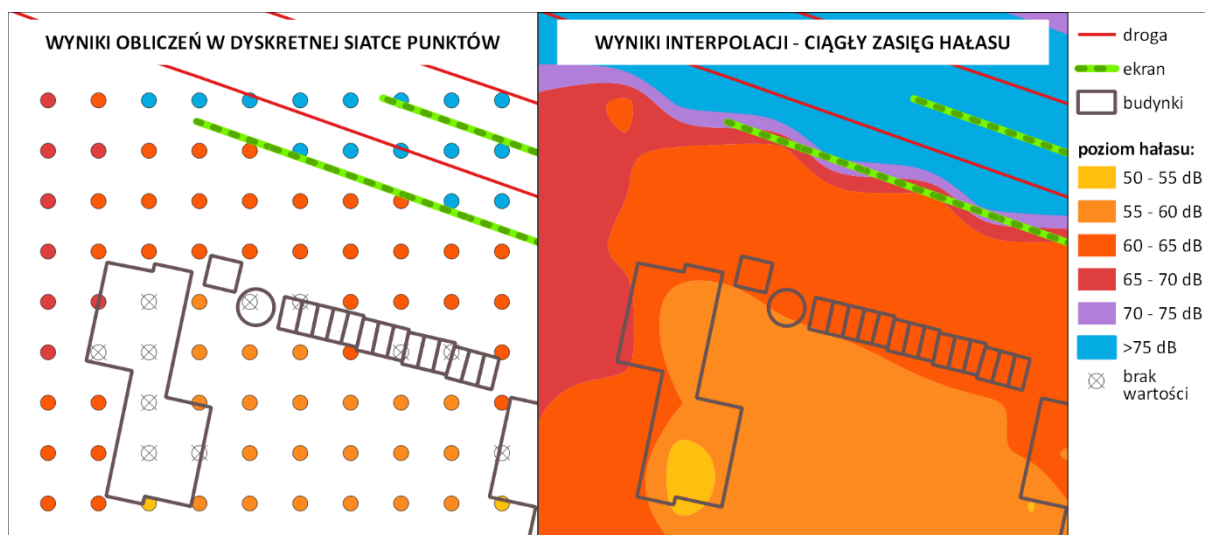
W programach ochrony środowiska przed hałasem:

- dla obszaru aglomeracji lub obszaru wokół lotniska poza aglomeracją – obszar jednostkowy to kwadrat o boku 100 m lub jego wielokrotności, jednak nie większym niż 1 km,
- dla dróg i linii kolejowych poza aglomeracją – obszar jednostkowy to bufor o długości 500 m lub 1 km, mierzony zgodnie z kilometrażem i szerokości nie mniejszej niż zasięg hałasu określony przez izolinię poziomu dźwięku o najniższej wartości określonej w SMH,
- dla lotnisk poza aglomeracją – obszar jednostkowy to kwadrat o boku 500 m lub jego wielokrotności, jednak nie większym niż 1 km,
- przy czym obszary jednostkowe przylegają do siebie.

Harmonogram działań sporządza się dla obszarów jednostkowych, pogrupowanych w ranking wg wartości danego wskaźnika opisującego efekty hałasu, przy czym POH powinien objąć przynajmniej obszary jednostkowe najbardziej narażone. **Obszarami najbardziej narażonymi jest górne 10% z tego rankingu.**

6.1 Dane wejściowe dotyczące liczby mieszkańców narażonych na dany poziom hałasu

Wynikiem strategicznych map hałasu jest przestrzenny rozkład poziomów dźwięku określonych wskaźnikami L_{DWN} i L_N w środowisku. Zasięg hałasu prezentowany w części graficznej strategicznych map powstaje wskutek interpolacji, czyli przybliżenia, wyników obliczeń, które realizowane są w dyskretnej – nieciągłej – siatce punktów (rysunek 8). Dla hałasu drogowego, szynowego czy przemysłowego siatka ta wynosi zwykle 10 x 10 m, a w przypadku hałasu lotniczego 50 x 50 m (*Wytyczne GIOŚ – Dobre praktyki wykonywania strategicznych map hałasu*).



Rysunek 8 Wyniki obliczeń w siatce punktów obliczeniowych oraz ich prezentacja graficzna w postaci zasięgu poziomu hałasu

Zgodnie z Dyrektywą 2002/49/WE wszystkie efekty i statystyki związane z ekspozycją/narażeniem mieszkańców na hałas (a także lokali mieszkalnych i budynków podlegających wyjątkowej ochronie przed hałasem – m.in. szkoły, przedszkola, szpitale, domy opieki społecznej) nie określa się jednak w oparciu o przestrzenny rozkład (zasięg) hałasu w środowisku zewnętrznym.

Hałas drogowy i szynowy

W przypadku hałasu drogowego i szynowego w tym celu w ramach strategicznych map hałasu realizuje się całkowicie odrębne obliczenia w siatce punktów (receptorów) na elewacjach budynków podlegających ochronie przed hałasem, które zlokalizowane są na wysokości 4 m n.p.t. – rysunek 9. W wyniku tych obliczeń otrzymuje się miarę energii akustycznej padającej na elewację budynków. Jest ona mniejsza od energii akustycznej w bezpośrednim otoczeniu budynku, gdyż nie uwzględnia odbicia od elewacji, do której dany receptor (punkt obliczeniowy) jest przypisany (którą odwzorowuje). Niemniej wyniki obliczeń w siatce receptorów na elewacji budynku są bezpośrednią miarą hałasu jaki w ciągu roku poprzez otwarte, bądź zamknięte okna oraz pozostałe elementy fasad przedostają się do wnętrza pomieszczeń, w których wypoczywamy, śpimy, czy pracujemy. To właśnie ta miara energii akustycznej (przedostającej się do wnętrza naszych mieszkań) korelowana jest z badaniami ankietowymi, które leżą u podstaw psychoakustycznych relacji definiujących szkodliwe skutki hałasu – czyli wpływ hałasu na człowieka.

Na rysunku 9 przedstawiono fragment Strategicznej Mapy Hałasu m. Poznania z 2022 r. obrazującej siatkę receptorów na elewacjach budynków mieszkalnych wraz z poziomami hałasu drogowego wyrażonych wskaźnikiem L_{DWN} .



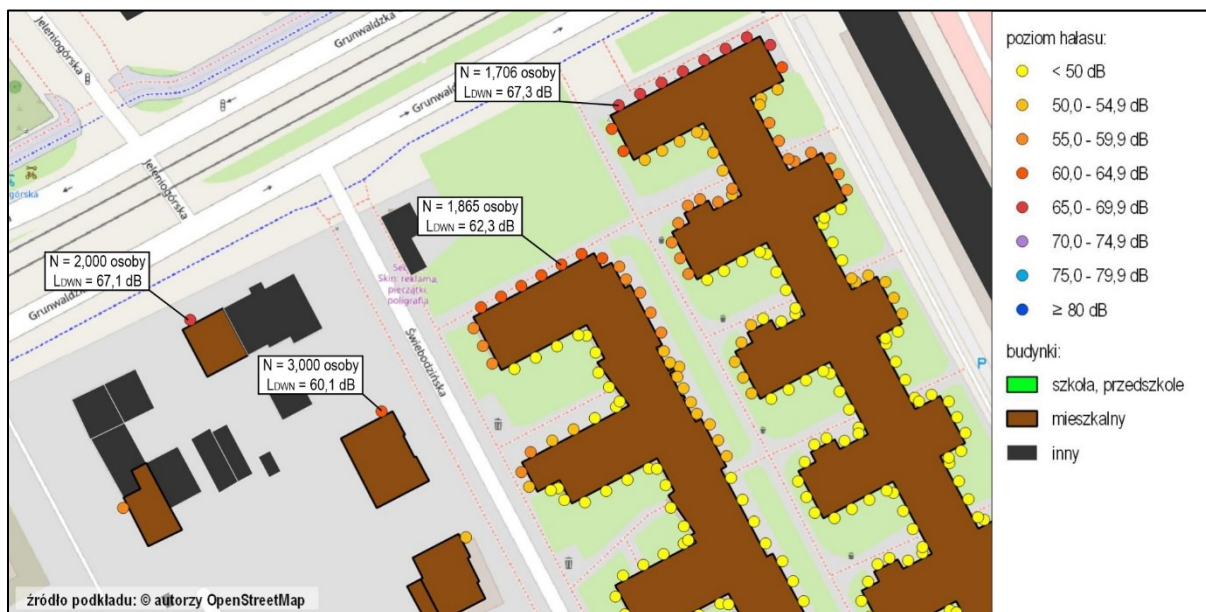
Rysunek 9 Wyniki obliczeń w siatce punktów obliczeniowych na elewacjach budynków mieszkalnych

Zgodnie z rozdziałem 2.8 załącznika II Dyrektywy 2002/49/WE każdemu punktowi powyższej siatki obliczeniowej na elewacjach budynków mieszkalnych przypisana jest ściśle określona liczba mieszkańców. Zatem wyniki te w sposób jednoznaczny pozwalają przypisać konkretną liczbę osób do określonego poziomu hałasu, na jaki są one narażone w miejscu swojego zamieszkania. Reguły przypisywania osób do poszczególnych punktów siatki obliczeniowej opisane zostały szczegółowo zarówno we wspomnianym załączniku II Dyrektywy 2002/49/WE jak i w rozdziale 10.2 opracowania *Wytyczne GIOŚ – Dobre praktyki wykonywania strategicznych map hałasu*. W tym miejscu przypomnieć należy tylko najważniejsze reguły:

- w przypadku budynków jednorodzinnych wszyscy mieszkańcy przypisywani są do receptora z najwyższym poziomem rozpatrywanego wskaźnika (UWAGA: może to być inny receptor dla wskaźnika L_{DWN} i inny dla wskaźnika L_N , co uwarunkowane jest charakterystyką źródeł hałasu);

- w przypadku budynków o dwóch i więcej lokalach mieszkalnych, w najprostszym przypadku, mieszkańców przypisuje się do wszystkich receptorów na budynku wając ich liczbę jedynie długością fragmentu elewacji (obwodu budynku), który dany receptor odwzorowuje.

Przykład finalnych danych wykorzystywanych do analiz statystycznych narażenia na hałas i szacowania szkodliwych skutków hałasu drogowego i szynowego przedstawiono na rysunku 10.



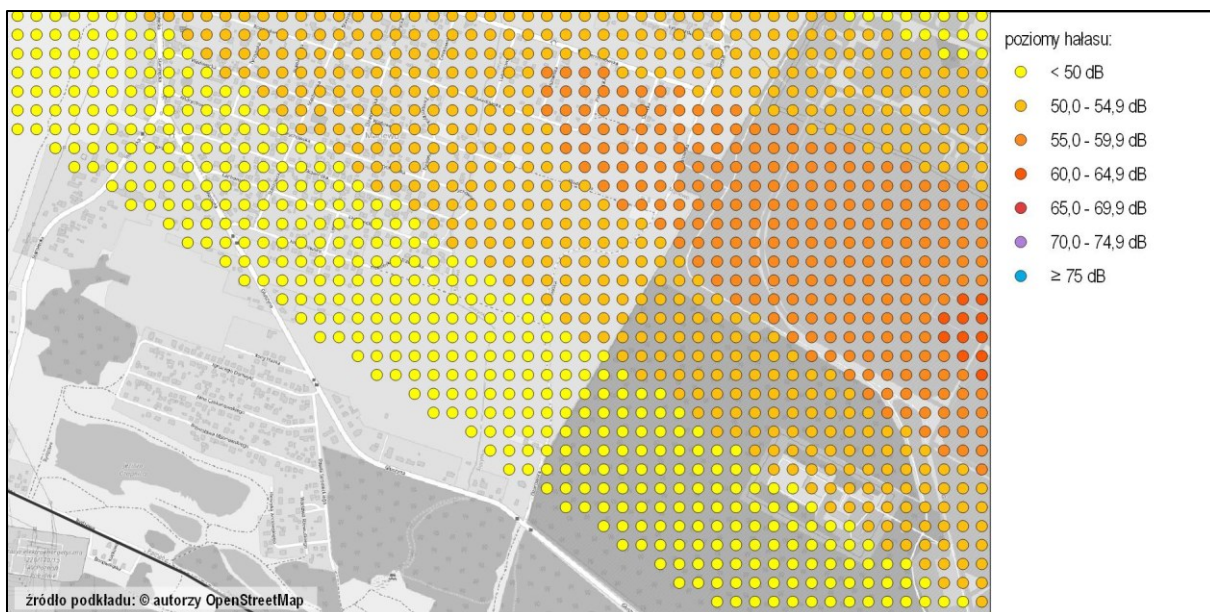
Rysunek 10 Finalne dane w siatce punktów obliczeniowych na elewacjach budynków mieszkalnych wykorzystywane do oszacowania skutków zdrowotnych hałasu; liczba osób – N oraz poziom hałasu, tu L_{DWN} , przypisane do receptorów

Hałas lotniczy

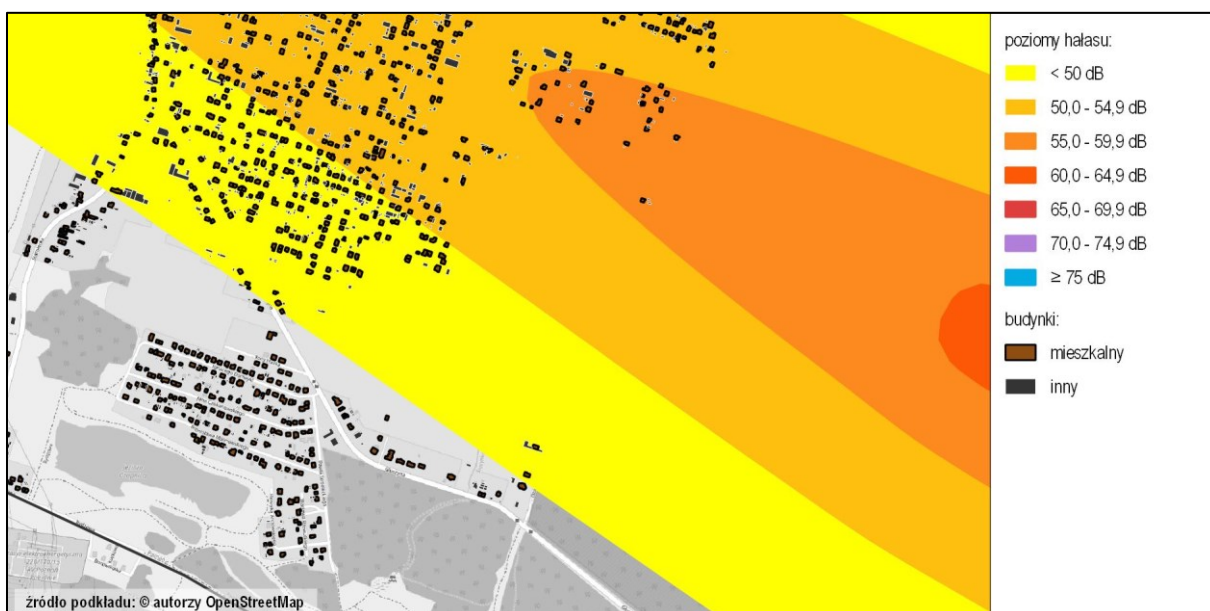
W przypadku hałasu lotniczego, obliczenia akustyczne nie uwzględniają budynków, czy innych przeszkód na drodze propagacji hałasu. Uproszczenie to związane jest z poruszaniem się źródła hałasu – statku powietrznego – wysoko ponad powierzchnią ziemi. Przy takiej geometrii i ruchu źródła, zjawiska dyfrakcji i odbić fali akustycznej mają marginalne znaczenie, a obserwowany poziom hałasu uwarunkowany jest wyłącznie parametrami źródła, odległością punktu obserwacji od źródła i pochłanianiem dźwięku w trakcie propagacji przez atmosferę. Stąd też dla tego rodzaju hałasu wszystkie obliczenia wykonywane są w siatce receptorów na wysokości 4 m n.p.t. równomiernie pokrywającej obszar analiz (rysunek 11). Wyniki obliczeń w punktach z jednej strony stanowią podstawę do interpolacji zasięgu hałasu w postaci ciągłych obszarów o określonych zakresach poziomów (rysunek 12), z drugiej strony zostają przypisane do budynków (rysunku 13).

Zasady przypisania poziomów hałasu lotniczego do budynków są dość proste:

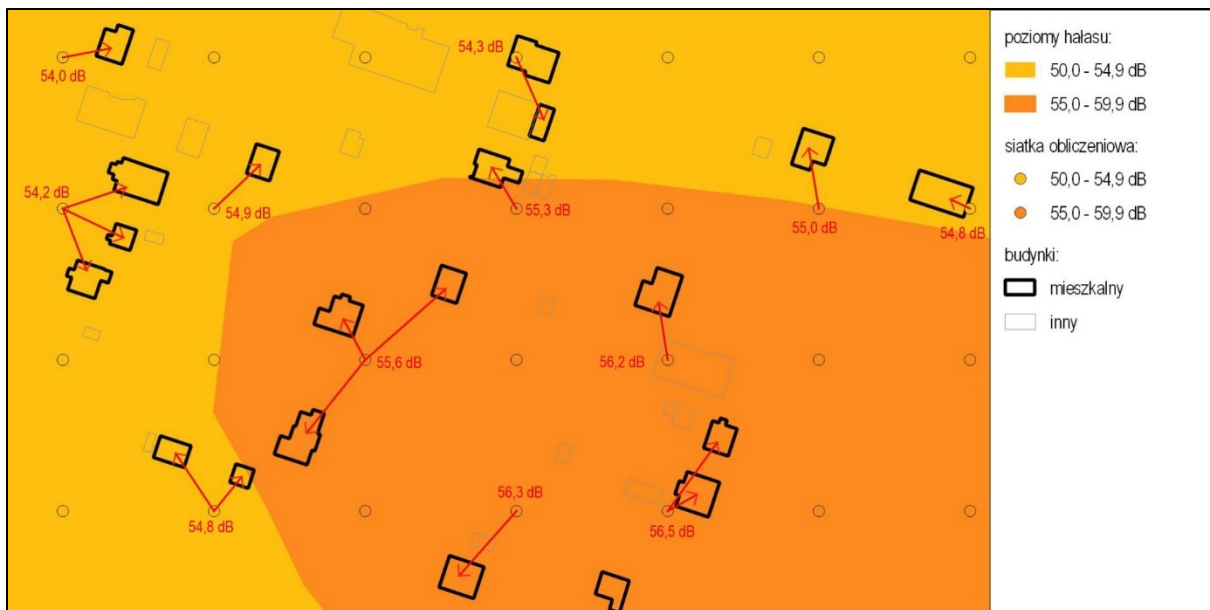
- do budynku przypisuje się poziom z punktu siatki znajdującego się w jego obrysie;
- gdy w obrysie budynku znajduje się więcej niż jeden punkt siatki (co dzieje się rzadko z uwagi na duży rozmiar siatki obliczeniowej dla hałasu lotniczego wynoszący zwykle 50 x 50 m) do budynku przypisuje się wartość maksymalną;
- gdy w obrysie budynku nie ma żadnego punktu siatki obliczeniowej, do budynku przypisuje się wartość poziomu z najbliższego receptora leżącego poza jego obrysem.



Rysunek 11 Siatka punktów 50 x 50 m z obliczonym poziomem hałasu lotniczego, tu wskaźnik L_w

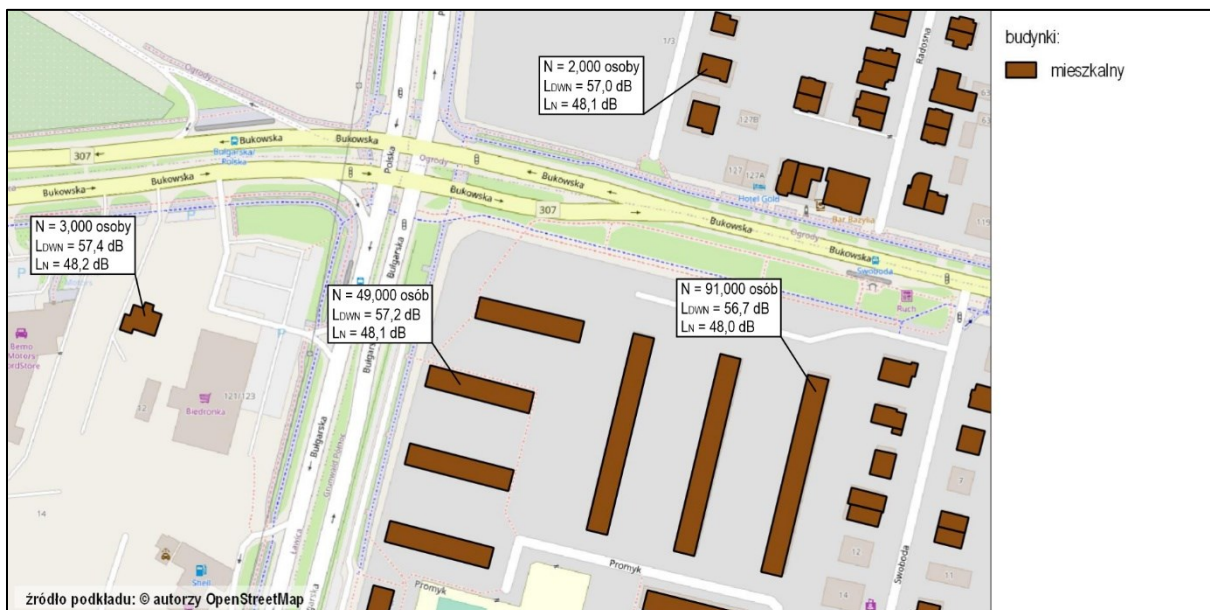


Rysunek 12 Interpolowany z siatki punktów obliczeniowych zasięg poziomu hałasu lotniczego, tu wskaźnik L_w



Rysunek 13 Przypisanie obliczonego w siatce punktów poziomu hałasu lotniczego, tu wskaźnik L_N , do budynków mieszkalnych

Zatem, finalny zbiór danych potrzebny do oceny szkodliwych skutków hałasu lotniczego stanowią budynki mieszkalne z przypisaną liczbą osób je zamieszkujących i z wartościami poziomów wskaźników L_{DWN} i L_N , co przedstawiono na rysunku 14.



Rysunek 14 Finalne dane w postaci budynków mieszkalnych z przypisanymi: liczbą osób – N oraz poziomami hałasu – L_{DWN} i L_N , wykorzystywane do oszacowania skutków zdrowotnych hałasu lotniczego

Zbiory danych, na których przeprowadza się analizy szkodliwych skutków hałasu są ogromne. Dla przykładu w granicach miasta Poznania w Strategicznej Mapie Hałasu 2022 uwzględniono 48 126 budynków mieszkalnych, które z przypisanymi mieszkańcami (ogółem 530,5 tys. osób) oraz poziomami wskaźników L_{DWN} i L_N stanowią dane wejściowe do obliczeń szkodliwych skutków hałasu lotniczego związanego z funkcjonowaniem dwóch lotnisk: Poznań-Ławica oraz Poznań-Krzesiny.

Dla ww. budynków mieszkalnych finalna siatka receptorów na elewacjach obejmuje 237 956 punktów, które z przypisanymi mieszkańcami oraz poziomami hałasu stanowią dane wejściowe do oceny szkodliwych skutków hałasu drogowego i szynowego w granicach aglomeracji.

6.2 Siatka obszarów jednostkowych - aglomeracja

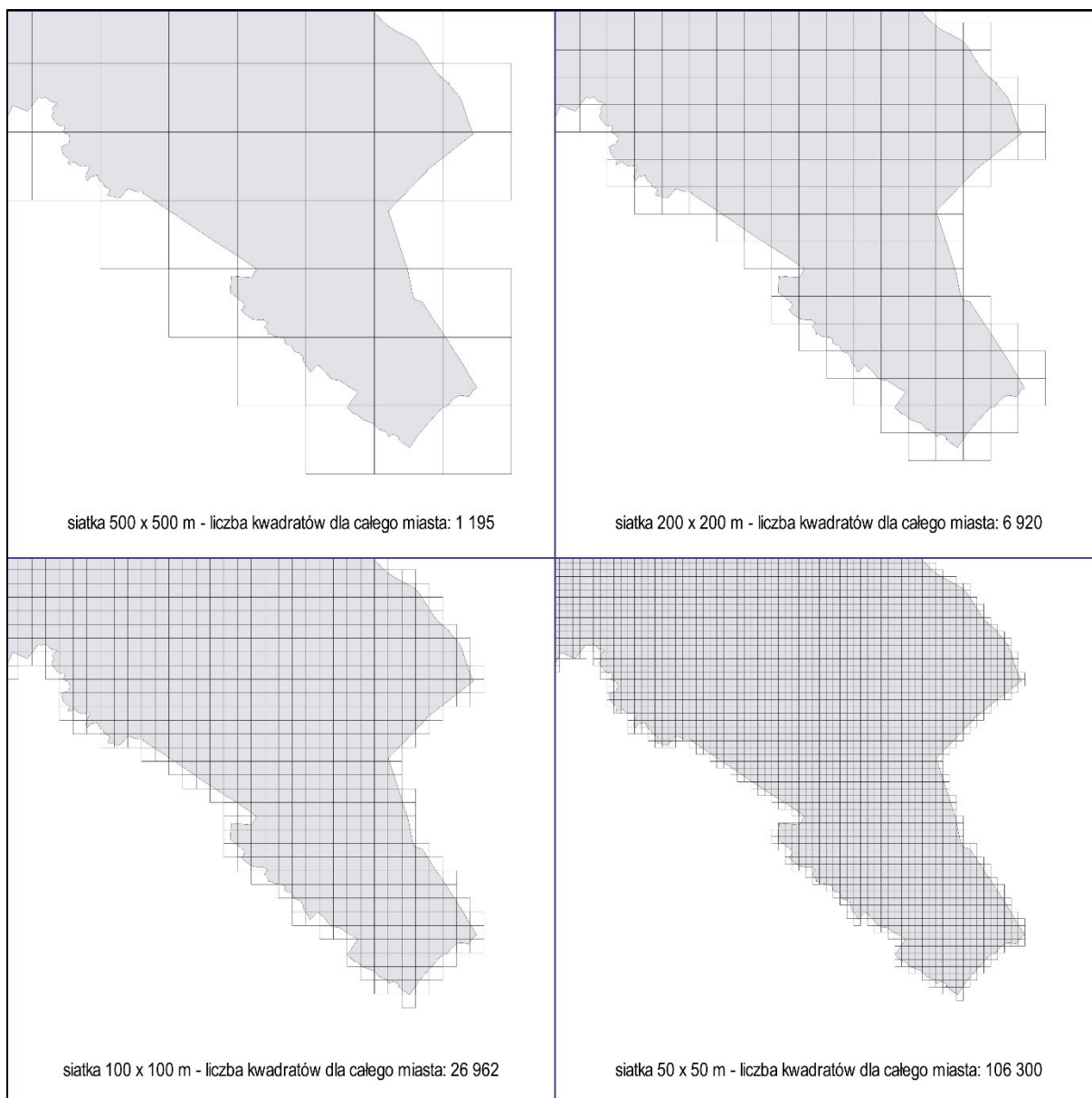
Zgodnie z przeglądem literatury zaprezentowanym w Załączniku 2, w przypadku aglomeracji, których granice zwykle są nieregularne, a źródła hałasu w ich obrębie stanowią dość złożony układ, najprościej określić jednostkowy obszar oceny szkodliwych skutków hałasu w postaci kwadratu o określonej i stałej długości boku. Obszary takie przylegając do siebie (nie mogą na siebie nachodzić) pokrywają całą powierzchnię miasta i tworzą swojego rodzaju siatkę (przez analogię do siatki kartograficznej).

Przeprowadzony przegląd literatury wskazuje, że najbardziej optymalnym rozmiarem obszaru jednostkowego jest kwadrat o długości boku równej 100 m. Niemniej, w niniejszym opracowaniu dla wizualizacji i uwypuklenia jak rozmiar obszaru jednostkowego przekłada się na sam proces analiz, a przede wszystkim ich rezultaty, obliczenia przeprowadzono dla dwóch różnych rozmiarów obszaru jednostkowego: 500 i 100 m.

Dla granic miasta Poznania, na przykładzie którego wykonano analizy, utworzono siatki ww. obszarów jednostkowych pokrywających cały obszar miasta. Na rysunku 15 przedstawiono jedynie mały fragment aglomeracji zachowując w ten sposób czytelność prezentacji. Liczbę obszarów jednostkowych w danej siatce oraz łączną ich powierzchnię w odniesieniu do powierzchni miasta zaprezentowano w tabeli 3.

Tabela 3 Charakterystyka siatek obszarów obliczeniowych – liczba obszarów jednostkowych, ich powierzchnia w odniesieniu do powierzchni miasta

rozmiar obszaru jednostkowego (krok siatki)	500 m	200 m	100 m	50 m
liczba obszarów jednostkowych (kwadratów) w siatce pokrywających obszar miasta	1 195	6 920	26 962	106 300
łączna powierzchnia obszarów jednostkowych [km ²]	298,750	276,800	269,620	265,750
powierzchnia miasta [km ²]	261,917 km ²			
różnica [km ²]	36,833	14,883	7,703	3,833



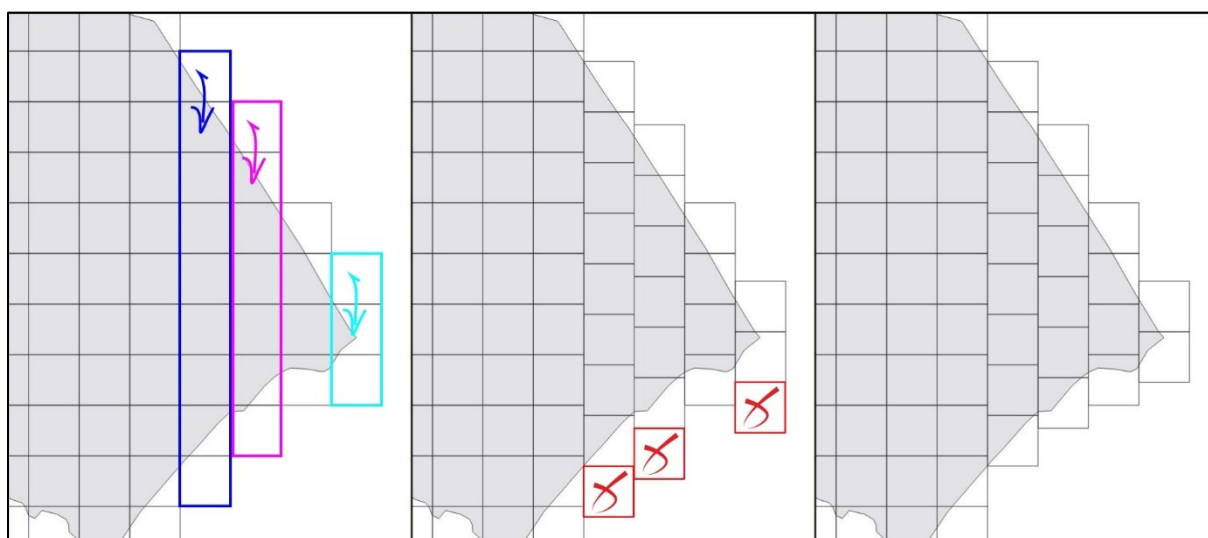
Rysunek 15 Siatki obszarów jednostkowych o różnej wielkości pokrywających obszar całego miasta (tu dla czytelności rysunku jedynie fragment)

Jak wynika z przedstawionych powyżej danych w zależności od rozmiaru obszaru jednostkowego istotnie zmienia się ich liczba pokrywająca obszar analiz a także łączna powierzchnia. Im większy rozmiar obszaru jednostkowego, tym w oczywisty sposób wynikowa siatka pozostaje mniej dopasowana do nieregularnych granic miasta, a kwadraty na granicy obejmują istotną powierzchnię poza miastem. Nie stanowi to w ogólności problemu w sytuacji, gdy dane wejściowe (budynki i receptory na budynkach) obejmują wyłącznie obszar wewnątrz granic miasta. Niemniej, gdy dany obszar jednostkowy obejmuje tylko niewielką część swojej powierzchni obszar analiz, to uzyskane dla niego wyniki – ocena szkodliwych skutków hałasu – siłą rzeczy będą mniejsze od wartości w obszarach jednostkowych, które w całości obejmują obszar miasta. Relacja ta będzie niezależna od faktycznego narażenia na hałas w danym miejscu, a zatem zniekształcać będzie ideę wyznaczania szkodliwych skutków hałasu dla obszarów jednostkowych, dzięki któremu można dokonać ich

porównania i wskazania miejsc wymagających podjęcia działań minimalizujących w pierwszej kolejności.

Problem ten jest jednak trudny do rozwiązania. Algorytm pozwalający na utworzenie obszarów jednostkowych o identycznej powierzchni i obejmujących wyłącznie obszar miasta wymagałby stosowania wielu skomplikowanych operacji geometrycznych, które trudne byłyby do realizacji przy pomocy powszechnie dostępnego oprogramowania. Z drugiej strony, jak wskazane zostanie w dalszej części opracowania, wybór miejsc wymagających podjęcia działań minimalizujących w pierwszej kolejności uwarunkowany jest nie tyle wynikami analiz dla pojedynczego obszaru jednostkowego, ale z uwzględnieniem także tych sąsiednich, wspólnie obrazujących szkodliwość oddziaływania akustycznego większego odcinka źródła hałasu (np. odcinka drogi, czy linii kolejowej, tramwajowej).

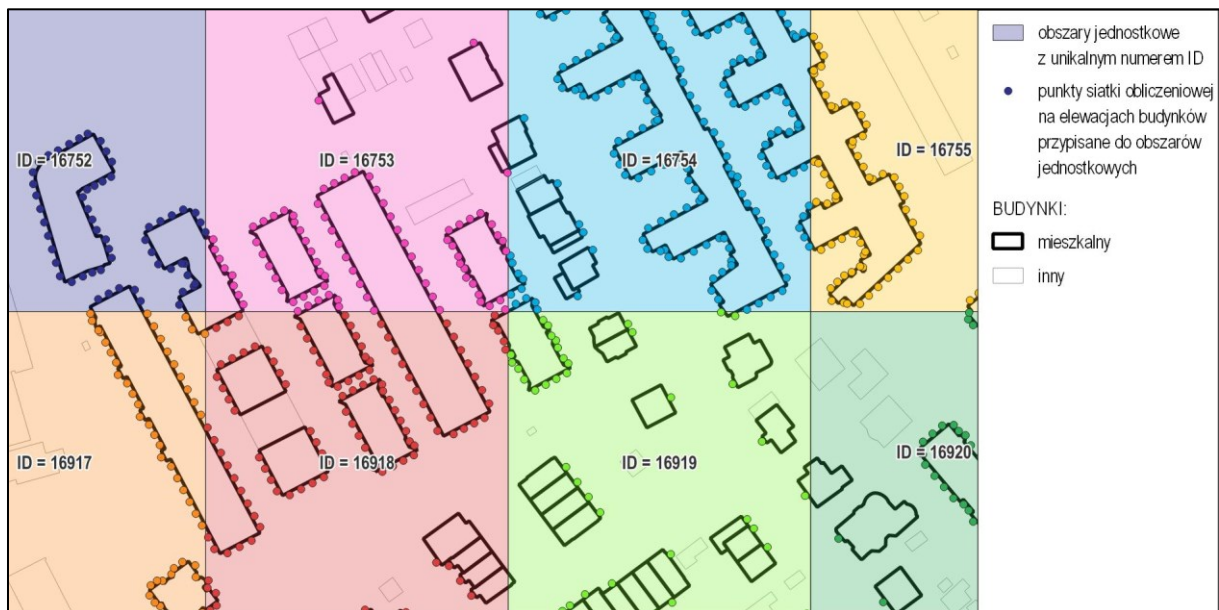
Stąd też siatka kwadratów o identycznym rozmiarze wydaje się najprostszym rozwiązaniem mimo wskazanych wad. Przy czym im mniejszy rozmiar siatki tym lepiej są one dopasowane do granic analizowanego obszaru (tu granic miasta) i tym mniejsze jest zniekształcenie wyników opisane powyżej. Należy także dodać, że przestrzenny rozkład kwadratów można optymalizować, tak aby zmniejszyć ich liczbę i poprawić dopasowanie do granic miasta – rysunek 16. Niemniej trudno jest ten proces zautomatyzować, a przeprowadzanie go ręcznie, przy kilku tysiącach czy wręcz ponad stu tysiącach obszarów jednostkowych (por. tabela 3) wymaga ogromu nakładu pracy, który może okazać się niewspółmierny do rezultatu.



Rysunek 16 Sposób optymalizacji siatki obszarów jednostkowych, prowadzący do lepszego jej dopasowania do granic analiz

Dysponując docelową siatką obszarów jednostkowych należy przypisać do nich dane wejściowe, a więc budynki w przypadku hałasu lotniczego oraz receptory siatki na elewacjach budynków w przypadku hałasu drogowego i szynowego. Przypisanie to jest geometryczne, a jego podstawę stanowi lokalizacja danego obiektu wewnątrz określonego obszaru jednostkowego. Oczywiście pojawia się problem z danymi wejściowymi leżącymi na granicy dwóch (lub więcej) obszarów jednostkowych. W takim przypadku muszą one zostać przypisane wyłącznie do jednego z obszarów jednostkowych, tak aby suma osób we wszystkich obszarach jednostkowych była równa liczbie mieszkańców miasta. W przypadku hałasu drogowego i szynowego, gdzie „nośnikiem” danych o mieszkańcach i ich narażeniu na hałas są punkty siatki obliczeniowej na elewacjach budynków, punkty te można przyporządkować do dowolnego obszaru jednostkowego jeśli są one usytuowane dokładnie na ich granicy. W przypadku hałasu lotniczego, gdzie nośnikiem danych są budynki, można skorzystać z ich

powierzchni i przyporządkować dany budynek leżący na granicy kilku obszarów jednostkowych do tego, który obejmuje większą jego powierzchnię. Sytuacje te zwizualizowano poprzez kolorystyczne przyporządkowanie danych do obszarów jednostkowych na rysunkach 17 i 18. W przykładach tych wykorzystano siatkę obszarów jednostkowych o wymiarze 100 x 100 m.



Rysunek 17 Przypisanie receptorów siatki obliczeniowej na elewacjach budynków do poszczególnych obszarów jednostkowych – hałas drogowy i szynowy



Rysunek 18 Przypisanie budynków mieszkalnych do poszczególnych obszarów jednostkowych – hałas lotniczy

Przypisane w powyższy sposób dane (liczba mieszkańców w połączeniu z poziomami hałasu, na jaki są oni ekspozowani) do poszczególnych obszarów jednostkowych pozwalają na wyznaczenie szkodliwych skutków hałasu w każdym z obszarów jednostkowych wykorzystując bezpośrednio algorytmy przedstawione na rysunkach 3 i 4 w rozdziale 4. Algorytmy te różnią się jedynie:

- nośnikiem danych wejściowych (punkty na elewacjach budynków mieszkalnych w przypadku hałasu drogowego i szynowego lub budynki w przypadku hałasu lotniczego),
- zakresem analizowanych poziomów (w przypadku wskaźnika HA są to przedziały wartości L_{DWN} od 55 dB, dla wskaźnika HSD analizowane są przedziały wartości L_N od 50 dB),
- wartościami absolutnego ryzyka, AR , wyznaczonymi dla wartości środkowych poszczególnych przedziałów wskaźnika L_{DWN} lub L_N odpowiednio dla danego źródła hałasu.

W praktyce wyznaczenie wartości HA , HSD sprowadza się do kilku kroków:

- w obrębie każdego obszaru jednostkowego zsumować należy mieszkańców w poszczególnych przedziałach poziomów wskaźnika L_{DWN} (w przypadku obliczania HA) lub wskaźnika L_N (w przypadku obliczania wskaźnika HSD),
- pomnożyć uzyskaną sumę mieszkańców w danym przedziale poziomu przez wartość absolutnego ryzyka wystąpienia danego skutku hałasu obliczoną dla środkowej wartości tego przedziału (np. 57,5 dB w przypadku przedziału 55 – 60 dB),
- zsumować otrzymane wartości iloczynów z wszystkich przedziałów poziomu hałasu.

Otrzymana w ten sposób wartość jest miarą danego szkodliwego skutku hałasu, a więc liczbą osób narażonych na jego wystąpienie w analizowanym obszarze jednostkowym.

Procedura obliczania wartości wskaźnika IHD jest podobna:

- w obrębie każdego obszaru jednostkowego zsumować należy mieszkańców w poszczególnych przedziałach poziomów wskaźnika L_{DWN} (p_j), a także sumaryczną liczbę mieszkańców danego obszaru jednostkowego (P),
- wyznaczyć odsetek mieszkańców p , odnosząc ich liczbę w danym przedziale wartości wskaźnika L_{DWN} do ogółu osób zamieszkujących dany obszar jednostkowy,
- wyznaczyć wartość względnego ryzyka RR , a następnie wartość wskaźnika PAF ,
- odczytać z tabeli zamieszczonej w załączniku do niniejszego dokumentu wartość współczynnika zachorowalności dla powiatu, w którym znajduje się dany obszar jednostkowy,
- w oparciu o wyznaczone dane obliczyć wartość wskaźnika N_{IHD} .

Przykładowe obliczenia wskaźników HA , HSD i IHD

Przykład obliczeń HA , HSD i IHD dla poszczególnych źródeł hałasu przedstawiono w tabeli 4 dla pojedynczego obszaru jednostkowego o wymiarze 500 x 500 m. W celach ilustracyjnych wybrano taki obszar jednostkowy (numer $ID = 1074$), w którym występują wszystkie trzy źródła hałasu – rysunek 19.



Rysunek 19 Lokalizacja wybranego obszaru jednostkowego (lewy panel) oraz dane wejściowe do analiz w jego obrębie (prawy panel)

Tabela 4 Przykład obliczeń HA i HSD dla poszczególnych źródeł hałasu w wybranym obszarze jednostkowym

hałas drogowy – znaczna uciążliwość hałasu, HA

przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HA dla hałasu drogowego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu drogowego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu drogowego w obszarze jednostkowym
L_{DWN}	$L_{DWN,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HA}
[55 – 60) dB	57,5 dB	40,86	$AR(57,5 \text{ dB}) = 0,128$	5,23	
[60 – 65) dB	62,5 dB	0	$AR(62,5 \text{ dB}) = 0,178$	0	
[65 – 70) dB	67,5 dB	0	$AR(67,5 \text{ dB}) = 0,244$	0	5,23
[70 – 75) dB	72,5 dB	0	$AR(72,5 \text{ dB}) = 0,328$	0	
≥ 75 dB	77,5 dB	0	$AR(77,5 \text{ dB}) = 0,428$	0	

hałas drogowy – znaczne zaburzenia snu, HSD

przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HSD dla hałasu drogowego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu drogowego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu drogowego w obszarze jednostkowym
L_N	$L_{N,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HSD}
[50 – 55) dB	52,5 dB	9,69	$AR(52,5 \text{ dB}) = 0,051$	0,49	
[55 – 60) dB	57,5 dB	0	$AR(57,5 \text{ dB}) = 0,074$	0	
[60 – 65) dB	62,5 dB	0	$AR(62,5 \text{ dB}) = 0,103$	0	0,49
[65 – 70) dB	67,5 dB	0	$AR(67,5 \text{ dB}) = 0,138$	0	
≥ 70 dB	72,5 dB	0	$AR(72,5 \text{ dB}) = 0,180$	0	

hałas drogowy – niedokrwienność serca, IHD

przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	całkowita liczba mieszkańców w obszarze	odsetek ludzi w danym przedziale	względne ryzyko	frakcja	współczynnik zachorowalności	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu drogowego w obszarze jednostkowym
L_{DWN}	$L_{DWN,j}$	n_j	P	p_j	RR_j	PAF	I	N_{IHD}
[55 – 60) dB	57,5 dB	40,86		0,1460	1,0352			
[60 – 65) dB	62,5 dB	0		0	1,0759			
[65 – 70) dB	67,5 dB	0	279,92	0	1,1181	0,0051	0,0027	0,004
[70 – 75) dB	72,5 dB	0		0	1,1619			
≥ 75 dB	77,5 dB	0		0	1,2075			

hałas szynowy – znaczna uciążliwość hałasu, HA

przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HA dla hałasu szynowego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w obszarze jednostkowym
L_{DWN}	$L_{DWN,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HA}
[55 – 60) dB	57,5 dB	6,25	AR(57,5 dB) = 0,142	0,89	
[60 – 65) dB	62,5 dB	3,23	AR(62,5 dB) = 0,210	0,68	
[65 – 70) dB	67,5 dB	0	AR(67,5 dB) = 0,293	0	1,57
[70 – 75) dB	72,5 dB	0	AR(72,5 dB) = 0,389	0	
≥ 75 dB	77,5 dB	0	AR(77,5 dB) = 0,500	0	

hałas szynowy – znaczne zaburzenia snu, HSD

przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HSD dla hałasu szynowego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w obszarze jednostkowym
L_N	$L_{N,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HSD}
[50 – 55) dB	52,5 dB	3,23	AR(52,5 dB) = 0,081	0,26	
[55 – 60) dB	57,5 dB	0	AR(57,5 dB) = 0,137	0	
[60 – 65) dB	62,5 dB	0	AR(62,5 dB) = 0,212	0	0,26
[65 – 70) dB	67,5 dB	0	AR(67,5 dB) = 0,307	0	
≥ 70 dB	72,5 dB	0	AR(72,5 dB) = 0,421	0	

hałas lotniczy – znaczna uciążliwość hałasu, HA

przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HA dla hałasu lotniczego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu lotniczego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu lotniczego w obszarze jednostkowym
L_{DWN}	$L_{DWN,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HA}
[55 – 60) dB	57,5 dB	279,92	AR(57,5 dB) = 0,313	87,62	
[60 – 65) dB	62,5 dB	0	AR(62,5 dB) = 0,407	0	
[65 – 70) dB	67,5 dB	0	AR(67,5 dB) = 0,505	0	87,62
[70 – 75) dB	72,5 dB	0	AR(72,5 dB) = 0,606	0	
≥ 75 dB	77,5 dB	0	AR(77,5 dB) = 0,711	0	

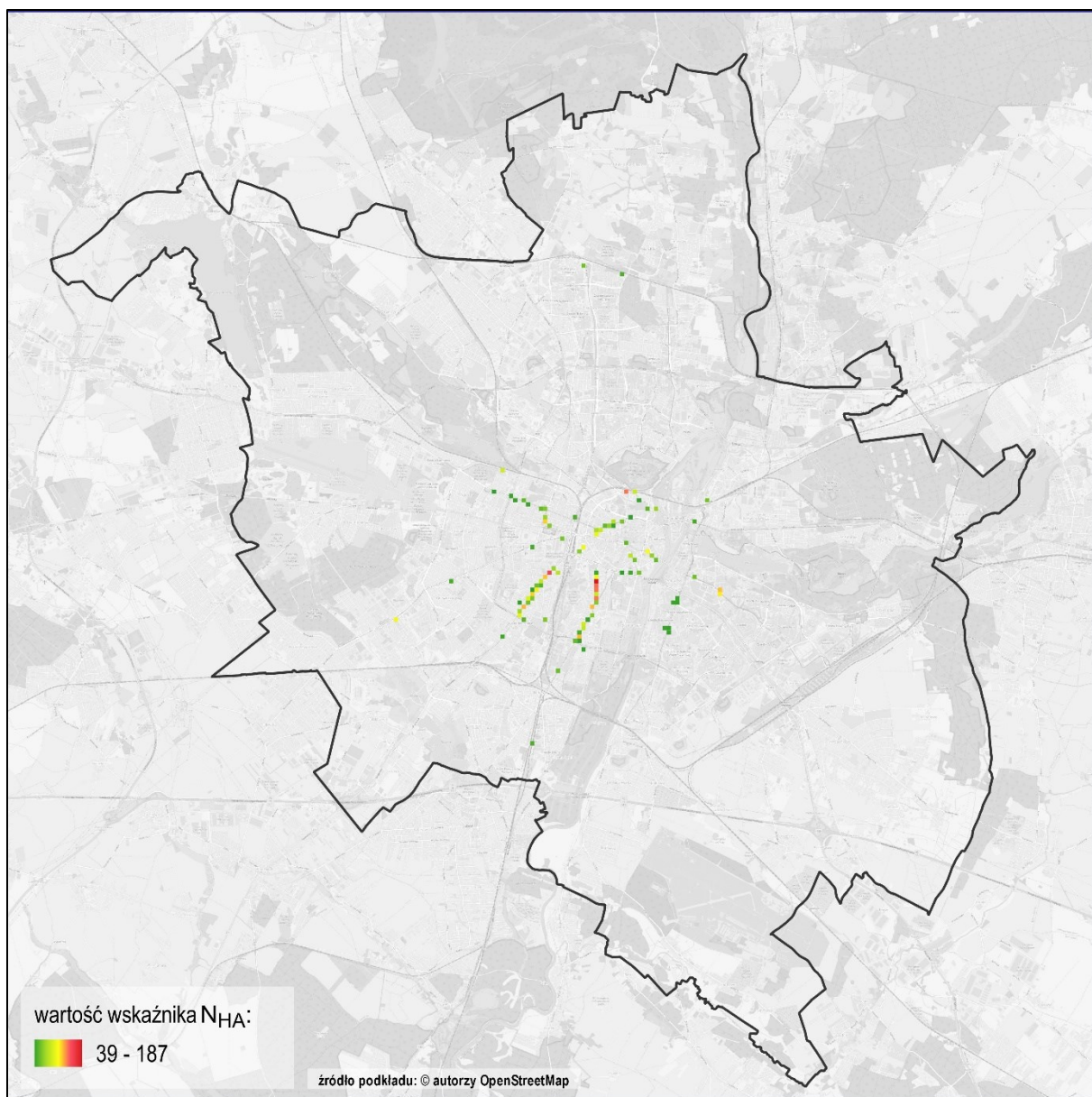
hałas lotniczy – znaczne zaburzenia snu, HSD

przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HSD dla hałasu lotniczego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu lotniczego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu lotniczego w obszarze jednostkowym
L_N	$L_{N,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HSD}
[50 – 55) dB	52,5 dB	0	$AR(52,5 \text{ dB}) = 0,226$	0	
[55 – 60) dB	57,5 dB	0	$AR(57,5 \text{ dB}) = 0,288$	0	
[60 – 65) dB	62,5 dB	0	$AR(62,5 \text{ dB}) = 0,361$	0	0
[65 – 70) dB	67,5 dB	0	$AR(67,5 \text{ dB}) = 0,443$	0	
≥ 70 dB	72,5 dB	0	$AR(72,5 \text{ dB}) = 0,535$	0	

Powyższy przykład obrazuje fakt, że analizy szkodliwych skutków hałasu realizuje się odrębnie dla każdego źródła hałasu i odrębnie dla każdego ocenianego efektu. W danym obszarze jednostkowym może nie występować dany rodzaj hałasu lub oddziaływanie to jest poniżej analizowanego zakresu poziomów, co skutkować będzie wartością wskaźnika oceny szkodliwego skutku równą zero (jak w powyższym przykładzie dla HSD spowodowanych hałasem lotniczym). Warto podkreślić, że liczba mieszkańców oraz liczby osób dotkniętych szkodliwym skutkiem wyrażane są w analizach często przez liczby niecałkowite. Wynika to bezpośrednio ze statystycznego charakteru analiz. Nawet gdy znana jest dokładna liczba mieszkańców danego budynku, to w przypadku budynków wielorodzinnych mieszkańcy Ci przypisywani są do zbioru receptorów na elewacjach tego budynku, a wynikiem tego przypisania są zwykle niecałkowite wartości. Z drugiej strony liczba mieszkańców również w budynkach jednorodzinnych może być niecałkowita, gdy nie są dostępne dokładne dane meldunkowe w obszarze analiz. Wówczas liczbę osób w budynku przyjmuje się często za wskaźnikami GUS, jako średnią liczbę mieszkańców np. w gminie czy powiecie przypadającą na jeden lokal mieszkalny. Warto podkreślić, że w toku analiz należy zachować możliwie największą dokładność określania liczby mieszkańców wynikającą najczęściej z danych wejściowych, a dopiero wynik końcowy zaokrąglać do liczb całkowitych, co pozwoli na uzyskanie właściwej precyzji kolejnych etapów analizy. W powyższym przykładzie wartości wskaźników szkodliwych skutków hałasu w odniesieniu do pojedynczego obszaru jednostkowego pozostawiono z dokładnością do setnych części, gdyż w dalszej części analiz wyniki te będą porównywane i sumowane na przestrzeni całego obszaru objętego analizą (tu miasta Poznań).

Na rysunku 20 przedstawiono obszar miasta wraz z wynikami analiz znacznej dokuczliwości hałasu szynowego w siatce obszarów jednostkowych o wymiarze 100 x 100 m ograniczonej do 10 % obszarów o największej wartości N_{HA} . Obraz ten umożliwia wskazanie konkretnych źródeł, tu określonych odcinków torowisk tramwajowych czy kolejowych, z których emisja hałasu skutkuje analizowanym szkodliwym skutkiem dla mieszkańców. Dla tych odcinków źródeł możliwa jest agregacja obszarów jednostkowych w większe obszary oraz wyznaczenie dla nich sumarycznej wartości wskaźnika N_{HA} .

Tak utworzony ranking obszarów narażonych w największym stopniu na szkodliwość danego skutku hałasu umożliwia wprost wskazanie w POH, które obszary wymagają podjęcia działań. Kolejność obszarów określona w rankingu wielkością wskaźnika danego efektu szkodliwości hałasu pozwala natomiast określić kolejność realizacji działań w poszczególnych perspektywach czasowych określonych w POH, a więc dokonać priorytetyzacji zadań.

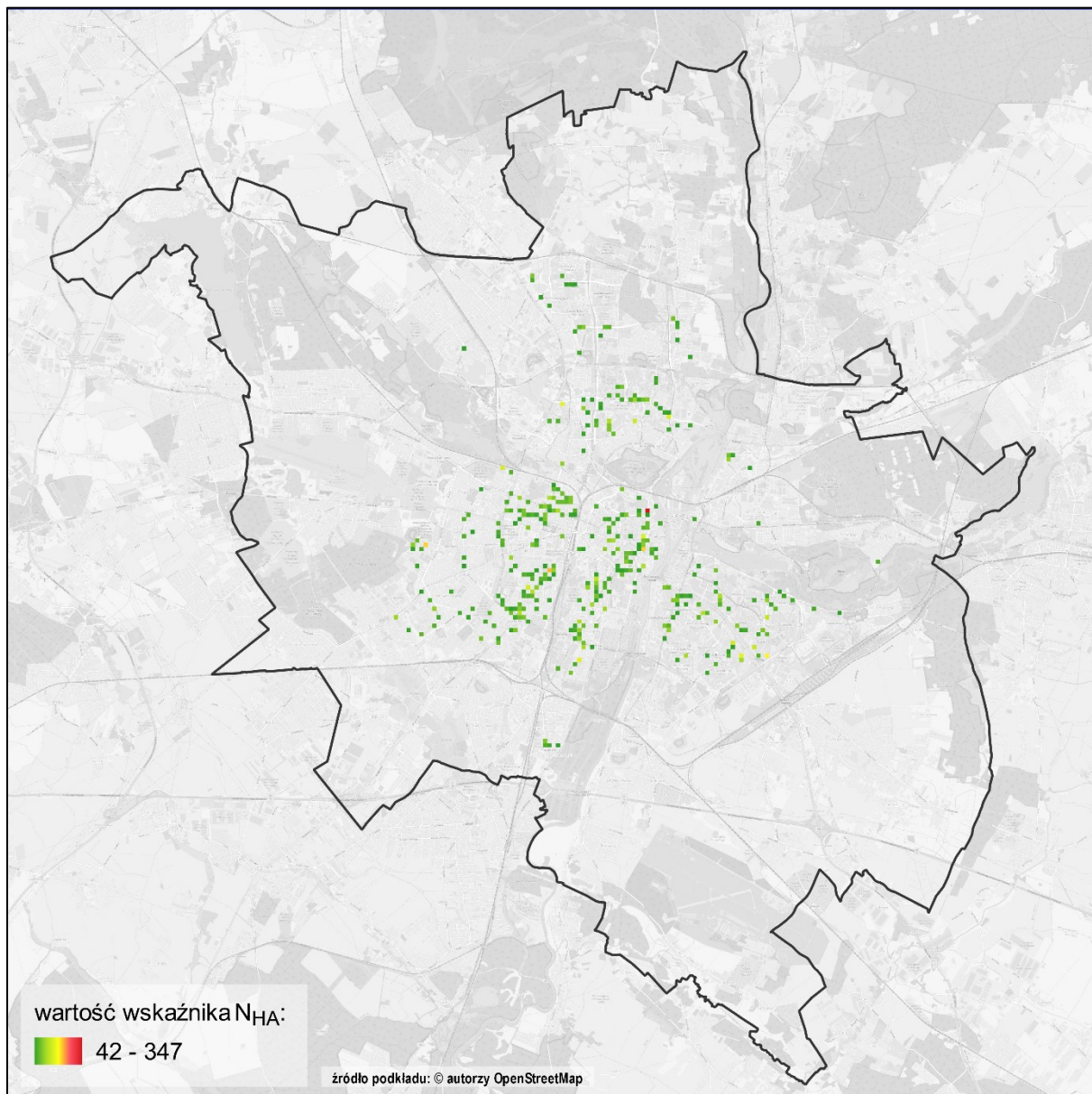


Rysunek 20 Wskaźnik N_{HA} dla hałasu szynowego wyznaczony w siatce obszarów jednostkowych o wymiarach 100 x 100 m – obszar całego miasta

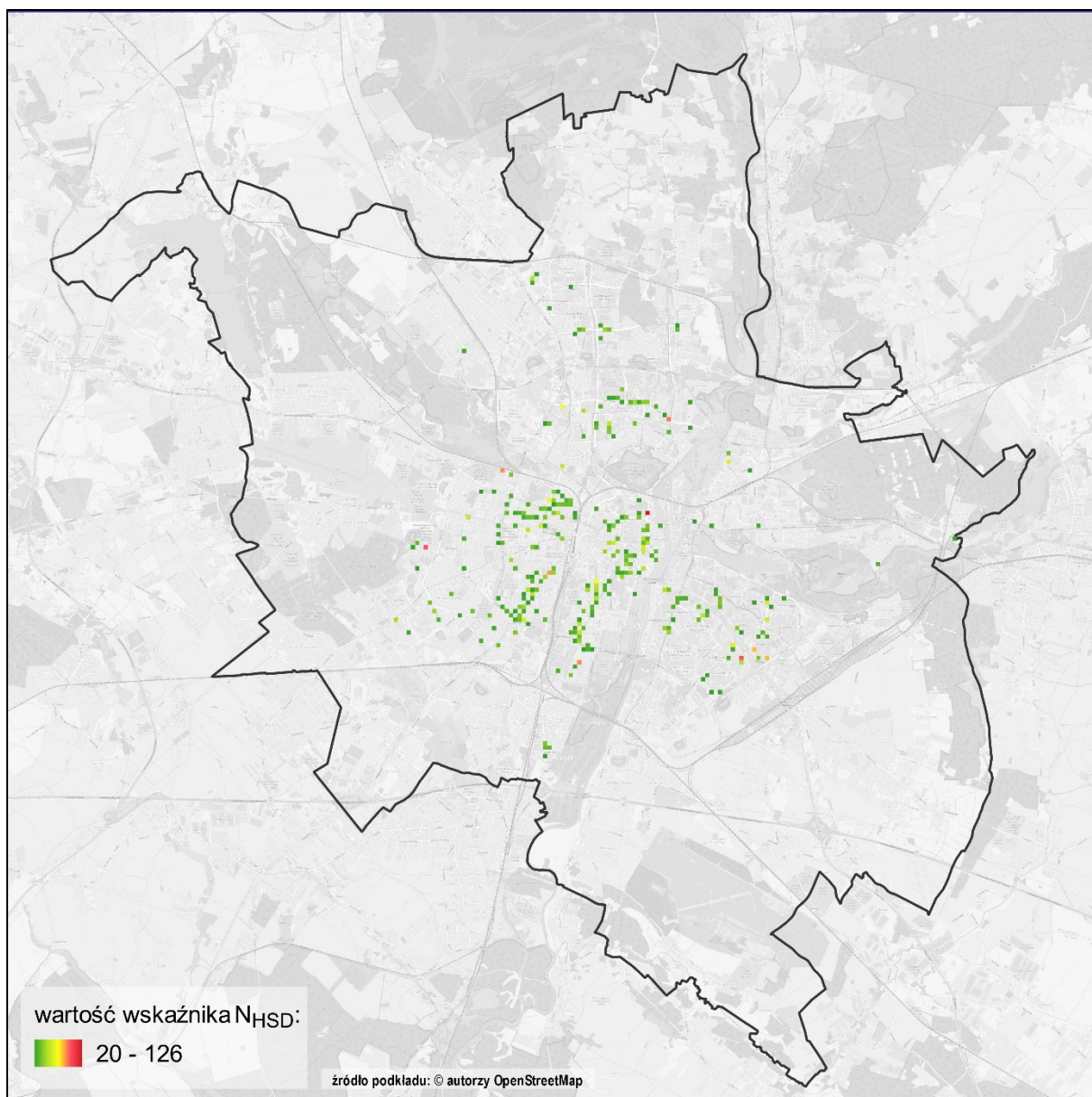
W analogiczny sposób postąpić należy z pozostałymi źródłami oddziaływania akustycznego i wskaźnikami oceny szkodliwych skutków hałasu. Pełny obraz skutków zdrowotnych hałasu w obszarze aglomeracji tworzy siedem map dla:

- hałasu drogowego – wskaźnik HA,
- hałasu drogowego – wskaźnik HSD,
- hałasu drogowego – wskaźnik IHD,
- hałasu szynowego – wskaźnik HA,
- hałasu szynowego – wskaźnik HSD,
- hałasu lotniczego – wskaźnik HA,
- hałasu lotniczego – wskaźnik HSD.

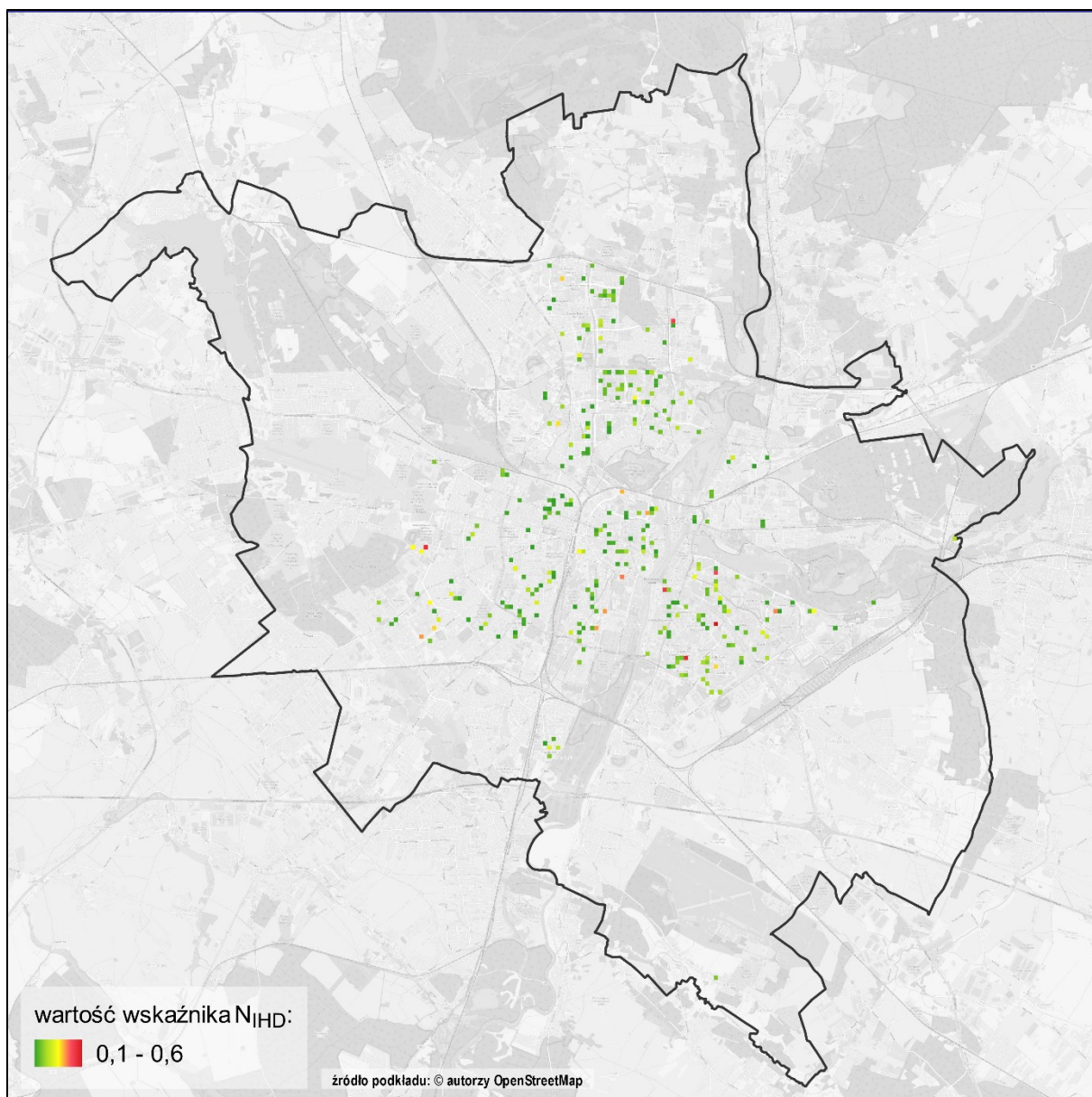
Mapy te ilustrujące 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźników dla miasta Poznania przedstawiono na poniższych rysunkach.



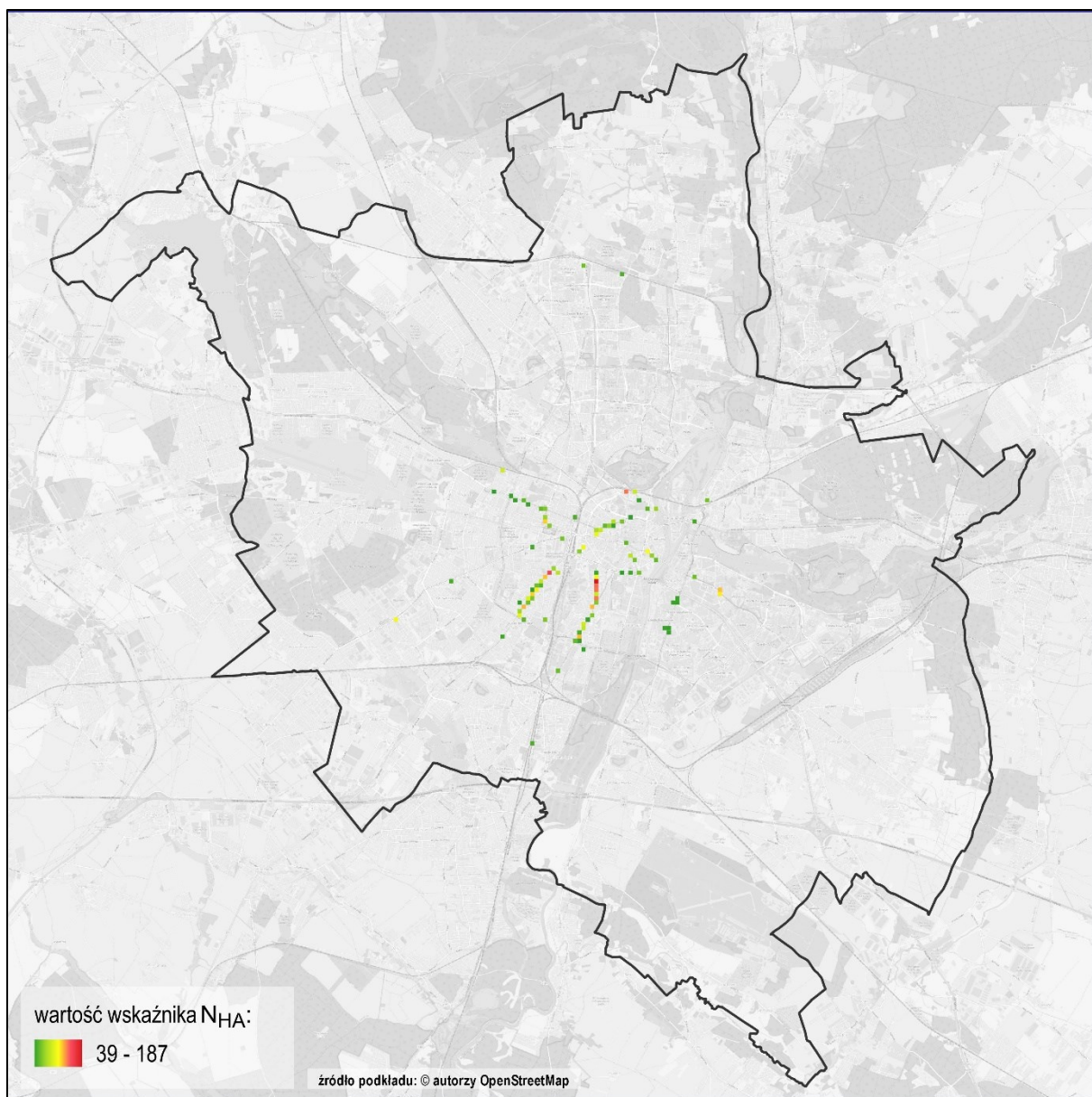
Rysunek 21 Wskaźnik N_{HA} dla hałasu drogowego w aglomeracji; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika



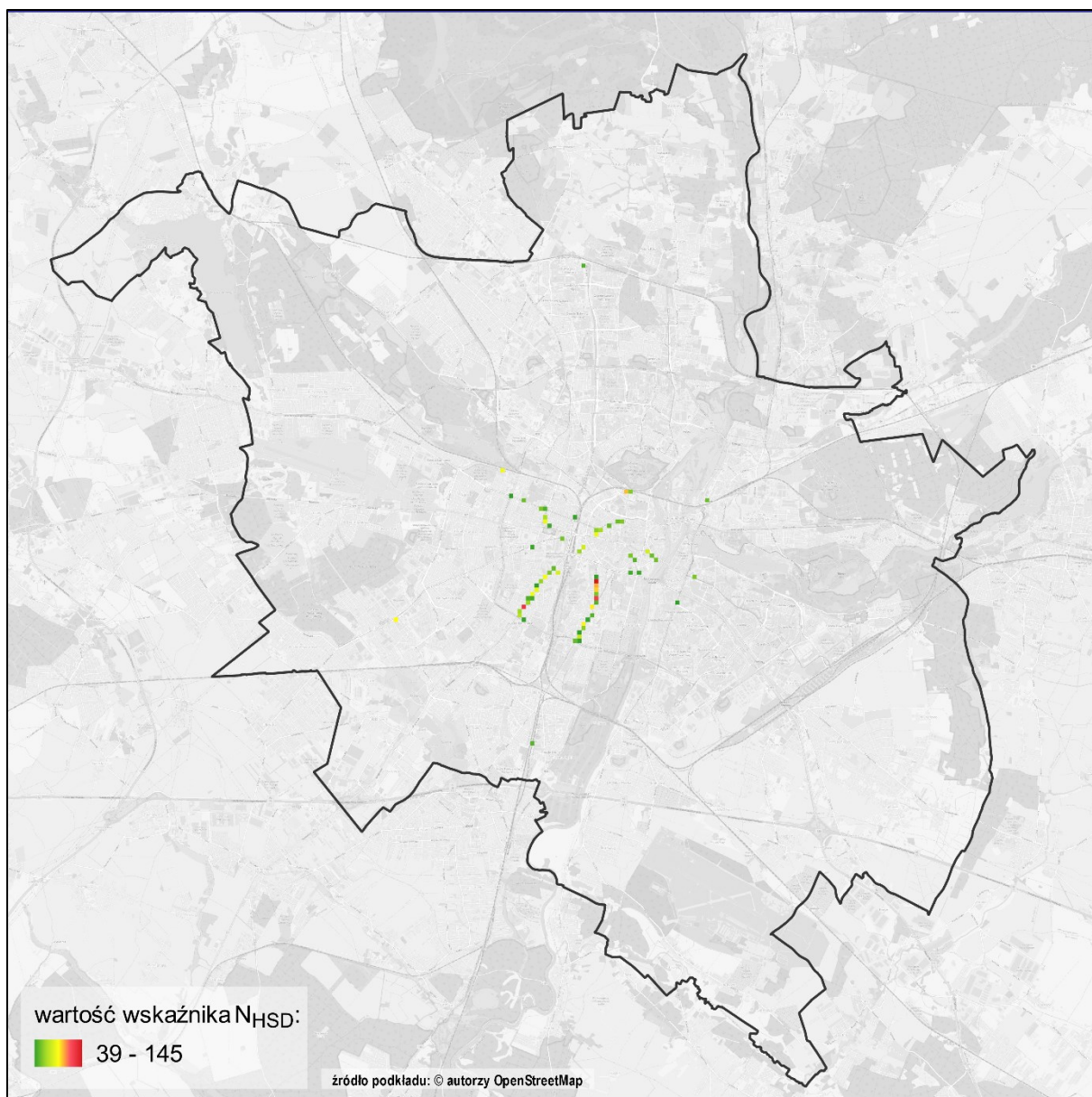
Rysunek 22 Wskaźnik N_{HSD} dla hałasu drogowego w aglomeracji; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika



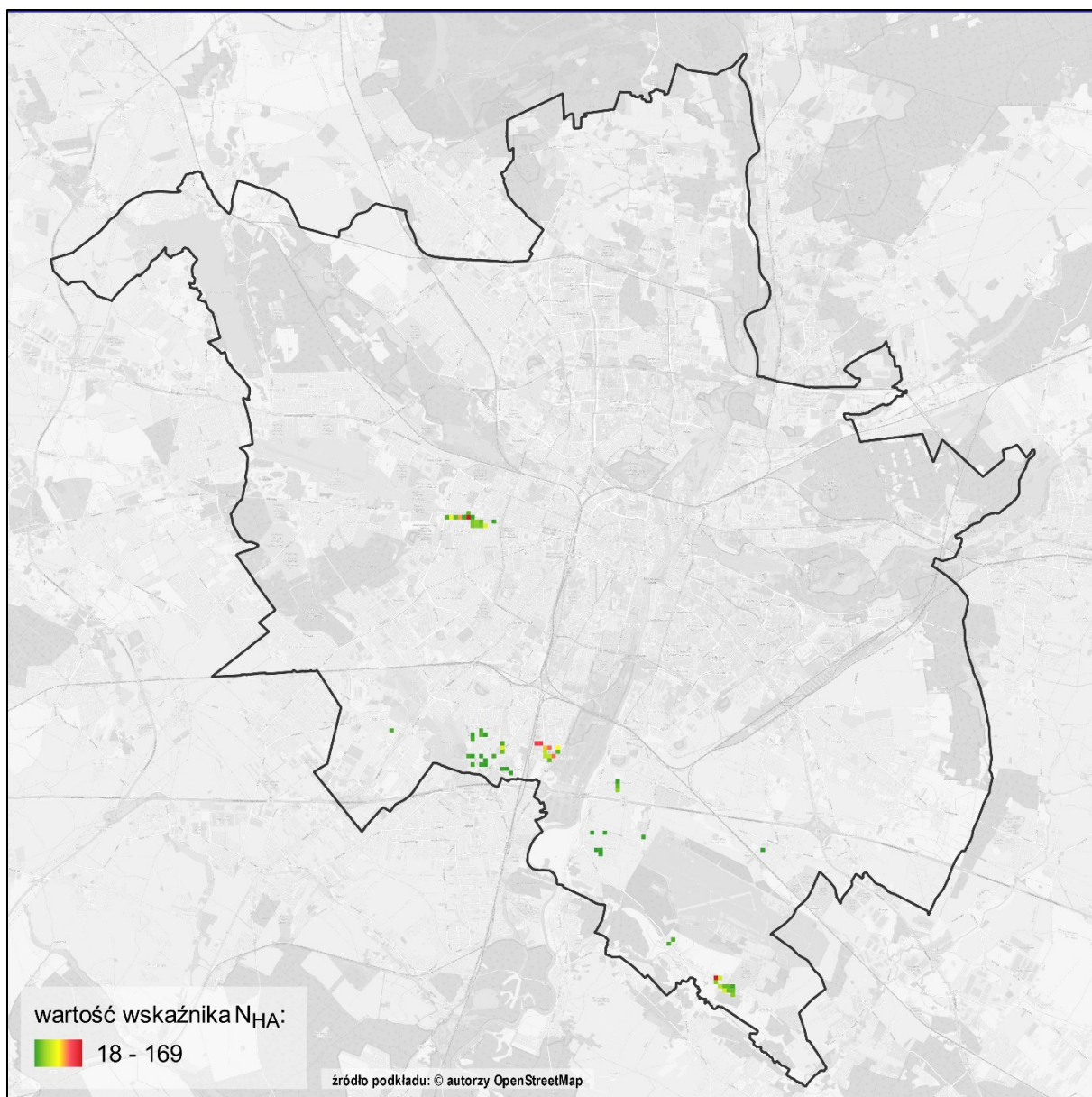
Rysunek 23 Wskaźnik N_{IHD} dla hałasu drogowego w aglomeracji; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika



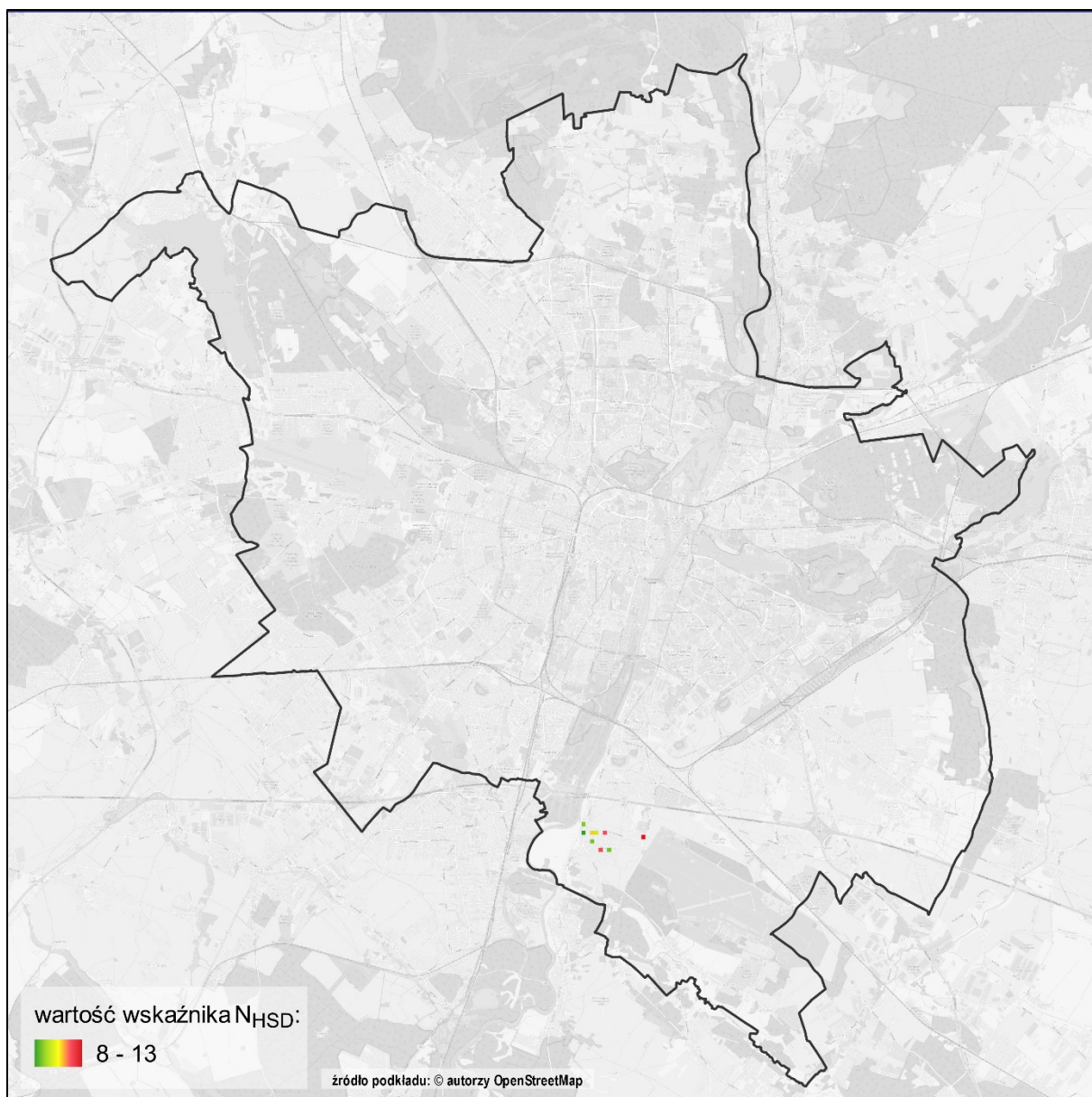
Rysunek 24 Wskaźnik N_{HA} dla hałasu szynowego w aglomeracji; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika



Rysunek 25 Wskaźnik N_{HSD} dla hałasu szynowego w aglomeracji; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika



Rysunek 26 Wskaźnik N_{HA} dla hałasu lotniczego w aglomeracji; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika



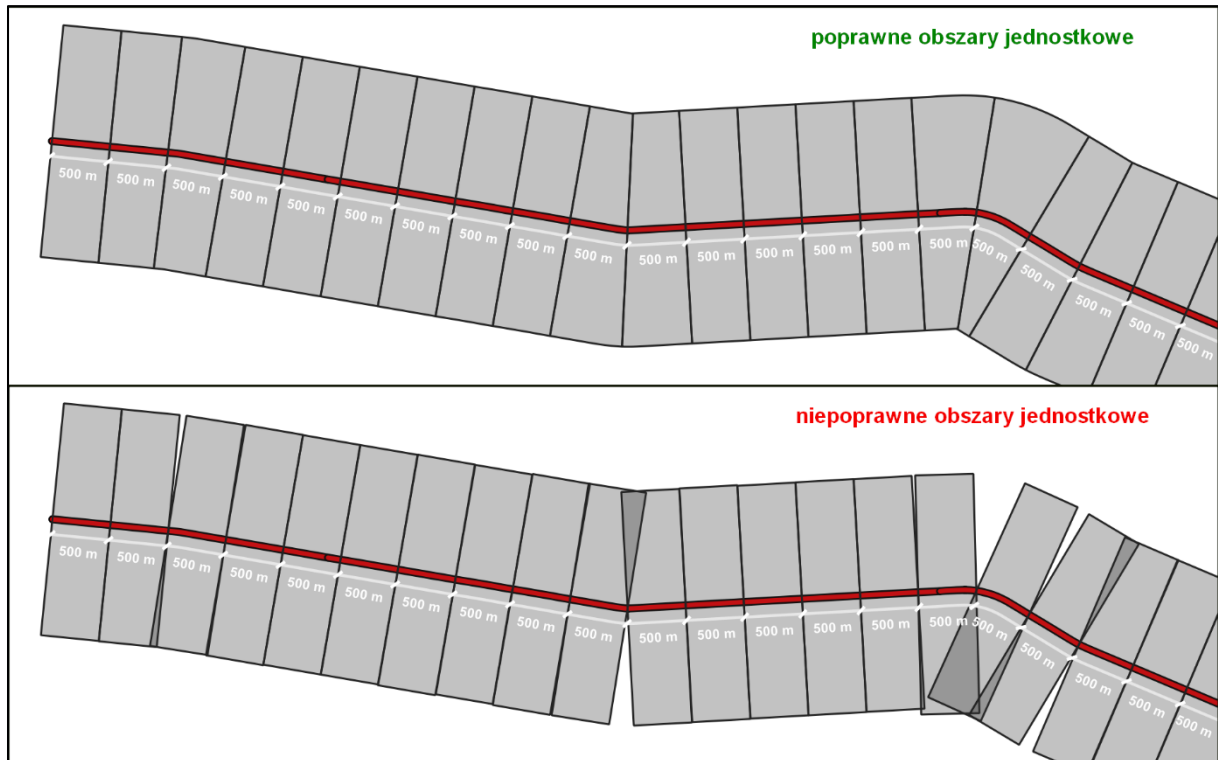
Rysunek 27 Wskaźnik N_{HSD} dla hałasu lotniczego w aglomeracji; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika

6.3 Siatka obszarów jednostkowych – droga/linia kolejowa poza aglomeracją

Przebieg liniowych źródeł hałasu – dróg czy linii kolejowych poza obszarem aglomeracji - w większości przypadków determinuje podłużny kształt obszaru objętego strategiczną mapą hałasu ciągnący się często na przestrzeni od kilku do nawet kilkudziesięciu kilometrów. Stąd też najprostszym sposobem podziału całego obszaru analiz na mniejsze obszary jednostkowe, dla których będą wyznaczane miary szkodliwych skutków hałasu, są bufor o określonej długości wyznaczone wzdłuż przebiegu źródła. Szerokość buforu powinna przy tym pokrywać zasięg hałasu wyznaczony wskaźnikami L_{DWN} i L_N o wartościach odpowiednio 55 i 50 dB. Długość buforu powinna być dobrana w taki sposób, aby wyniki analiz dość precyzyjnie wskazywały odcinki źródła, dla których szkodliwe skutki hałasu są największe i które wymagają wdrożenia rozwiązań minimalizujących oddziaływanie akustyczne.

W niniejszym dokumencie zaprezentowano przykłady oparte na obszarach jednostkowych wyznaczonych dla odcinków źródła o długości 500 m. Poprawny sposób konstruowania obszarów

jednostkowych zaprezentowano na rysunku 28. Istotne jest aby obszary te ściśle przylegały do siebie i tym samym nie pomijały jakichkolwiek fragmentów terenu, na które źródło oddziałuje. Równie ważne jest aby sąsiednie obszary nie nachodziły na siebie, co w konsekwencji doprowadziłoby do kilkukrotnego uwzględniania tych samych mieszkańców w analizach. Przykład niepoprawnej konstrukcji obszarów jednostkowych zaprezentowano również na rysunku 28.



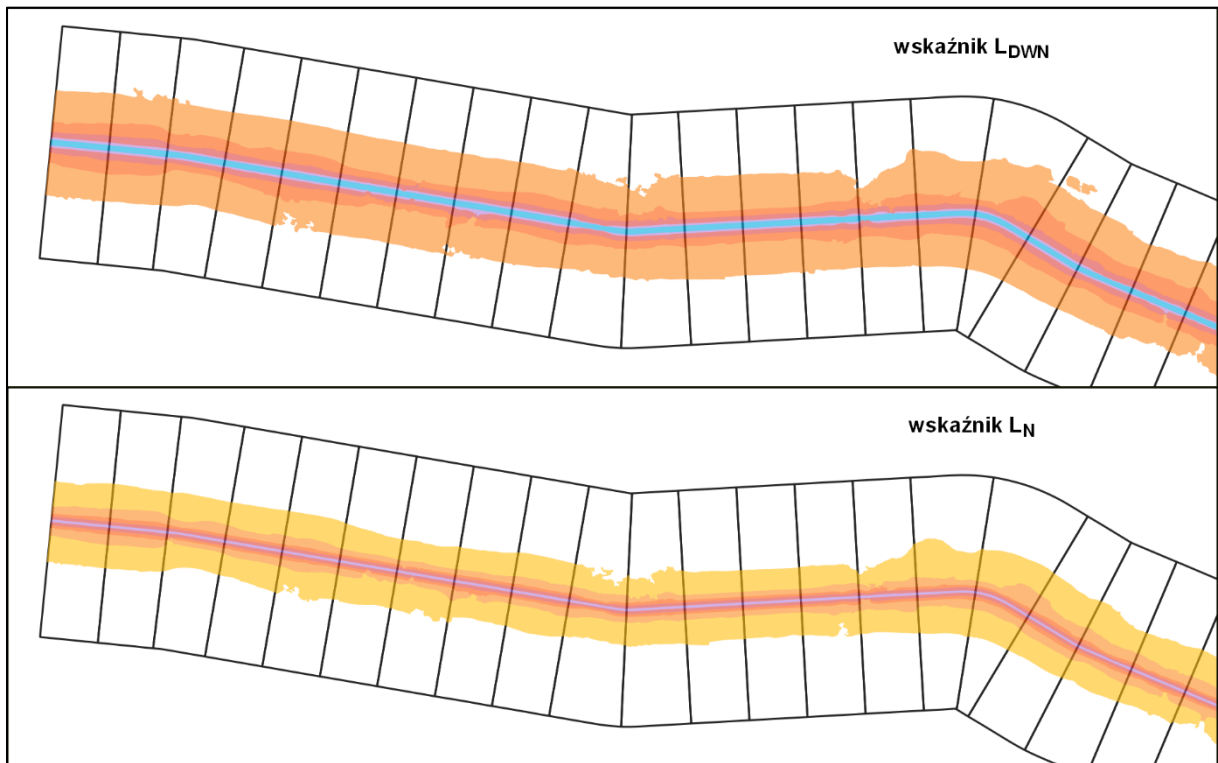
Rysunek 28 Poprawny i niepoprawny sposób konstruowania obszarów jednostkowych dla źródeł liniowych

Z rysunku 28 wynika, że przy rzeczywistej geometrii źródła, w której obok odcinków prostych występują liczne zakręty i załamania, trudno jest zachować równość powierzchni obszarów jednostkowych – istotną dla względnego porównania wyników. Niemniej problemu tego nie da się uniknąć, a wszelkie geometryczne jego rozwiązania uwzględniające całą mnogość osobliwych przypadków wymagałyby stworzenia bardzo skomplikowanych algorytmów, których realizacja utrudniałaby znacznie analizy szkodliwych skutków hałasu. Stąd racjonalny wydaje się kompromis dopuszczający niewielkie dysproporcje w powierzchni obszarów jednostkowych na rzecz prostoty realizacji analiz.

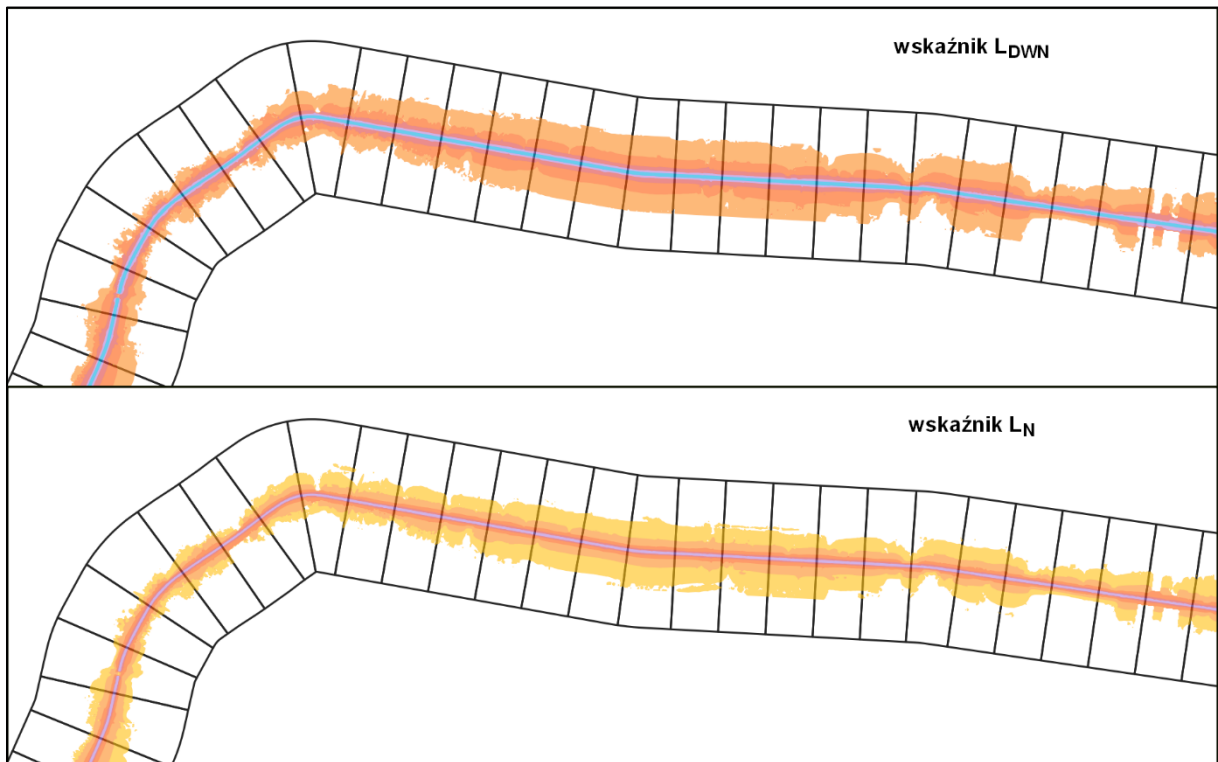
Zasady i sposób przypisywania receptorów na elewacjach budynków mieszkalnych niosących informację ze strategicznej mapy hałasu o liczbie mieszkańców i ich ekspozycji na hałas do poszczególnych obszarów jednostkowych zostały opisane wyczerpująco w rozdziale 6.2 poświęconym aglomeracji. W przypadku dróg i linii kolejowych poza aglomeracją, algorytmy wyznaczania poszczególnych wskaźników zdrowotnych w obszarach jednostkowych pozostają identyczne, a jedyną różnicą jest kształt obszarów uwarunkowany charakterem przestrzennym źródła. Stąd też w niniejszym rozdziale zaprezentowano wyłącznie wyniki obliczeń dla przykładowego odcinka drogi krajowej nr 11 (DK11) w województwie wielkopolskim w powiecie średzkim o długości blisko 37 km, a także dla odcinka linii kolejowej nr 3 (LK3) w województwie mazowieckim w powiecie sochaczewskim o długości blisko 26 km.

W obu przypadkach wyznaczono obszary jednostkowe o długości 500 m i szerokości 2 km (po 1 km z prawej i lewej strony źródła) w całości obejmującej oddziaływanie hałasu wyrażone wskaźnikami L_{DWN}

≥ 55 dB i $L_N \geq 50$ dB, co zilustrowano na przykładowych fragmentach obszarów analiz na rysunkach 29 oraz 30.



Rysunek 29 Fragment obszaru analiz dla drogi DK11 – zasięgi hałasu na tle przyjętych obszarów jednostkowych



Rysunek 30 Fragment obszaru analiz dla linii kolejowej LK3 – zasięgi hałasu na tle przyjętych obszarów jednostkowych

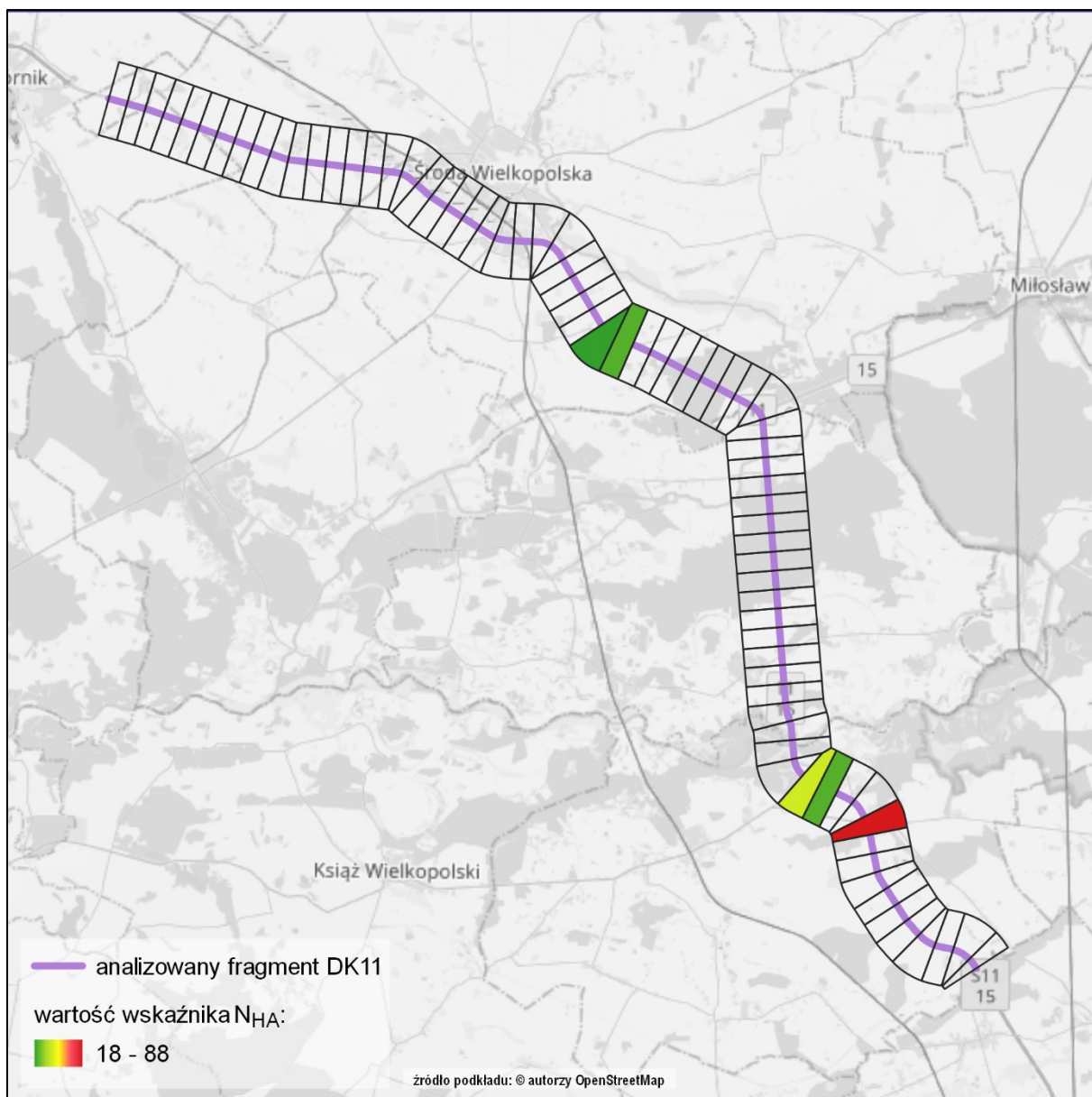
Przykład obliczeń HA, HSD i IHD dla DK11 przedstawiono w tabeli 5 dla pojedynczego obszaru jednostkowego, natomiast wyniki obliczeń dla całego odcinka drogi przedstawiono na mapach na rysunkach 31 ÷ 33. Na mapach zaprezentowano 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźników szkodliwości hałasu, które w pierwszej kolejności powinny zostać objęte harmonogramem działań w ramach POH.

Tabela 5 Przykład obliczeń HA, HSD i IHD dla drogi krajowej w wybranym obszarze jednostkowym

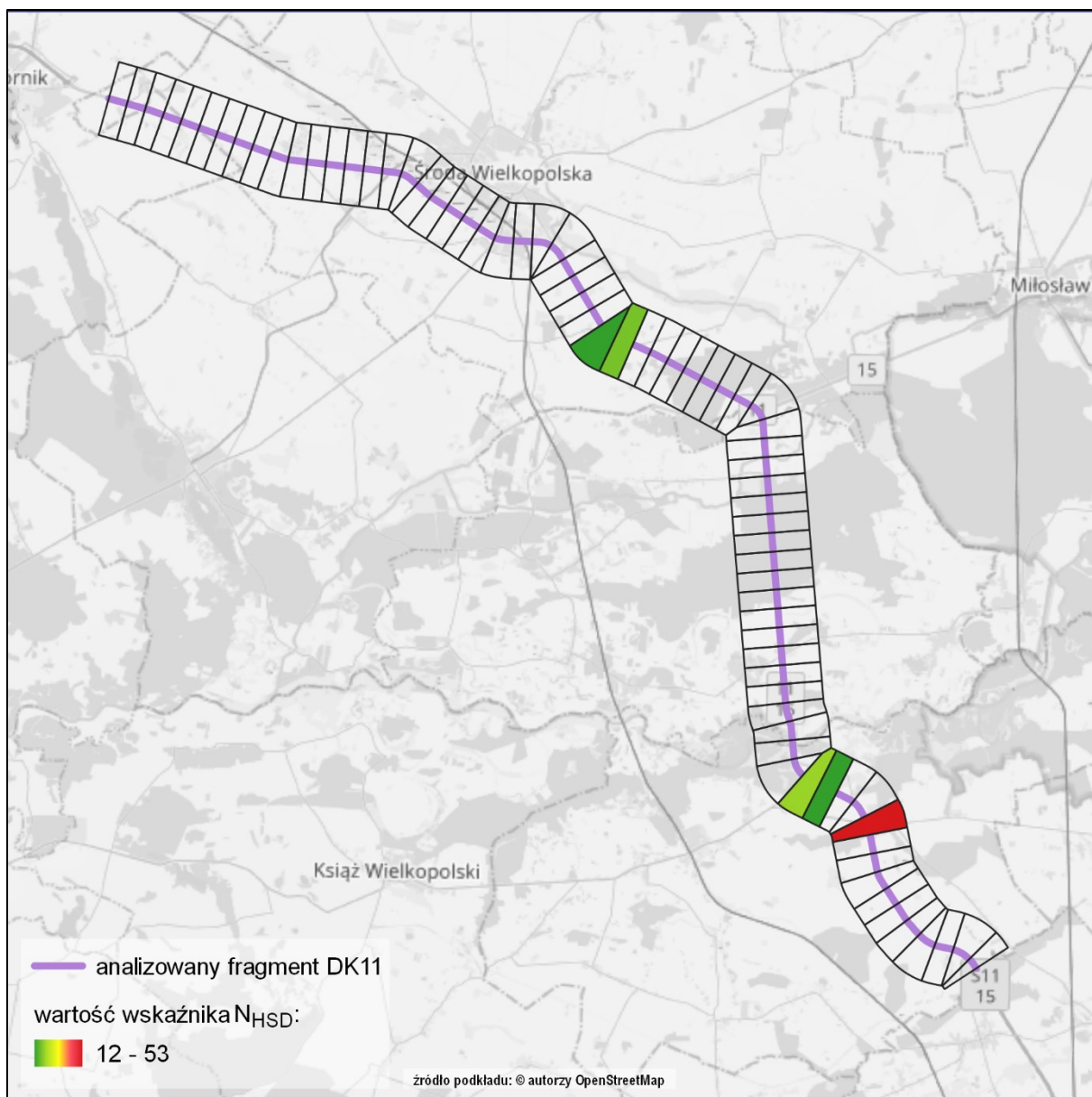
hałas drogowy – znaczna uciążliwość hałasu, HA						
przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HA dla hałasu drogowego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu drogowego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu drogowego w obszarze jednostkowym	
L_{DWN}	$L_{DWN,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HA}	
[55 – 60) dB	57,5 dB	60	$AR(57,5 \text{ dB}) = 0,128$	7,69		
[60 – 65) dB	62,5 dB	23	$AR(62,5 \text{ dB}) = 0,178$	4,08		
[65 – 70) dB	67,5 dB	9	$AR(67,5 \text{ dB}) = 0,244$	2,20	17,12	
[70 – 75) dB	72,5 dB	7	$AR(72,5 \text{ dB}) = 0,328$	2,29		
≥ 75 dB	77,5 dB	2	$AR(77,5 \text{ dB}) = 0,428$	0,86		

hałas drogowy – znaczne zaburzenia snu, HSD						
przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HSD dla hałasu drogowego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu drogowego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu drogowego w obszarze jednostkowym	
L_N	$L_{N,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HSD}	
[50 – 55) dB	52,5 dB	40	$AR(52,5 \text{ dB}) = 0,051$	2,06		
[55 – 60) dB	57,5 dB	23	$AR(57,5 \text{ dB}) = 0,074$	1,70		
[60 – 65) dB	62,5 dB	9	$AR(62,5 \text{ dB}) = 0,103$	0,93	5,24	
[65 – 70) dB	67,5 dB	4	$AR(67,5 \text{ dB}) = 0,138$	0,55		
≥ 70 dB	72,5 dB	0	$AR(72,5 \text{ dB}) = 0,180$	0,00		

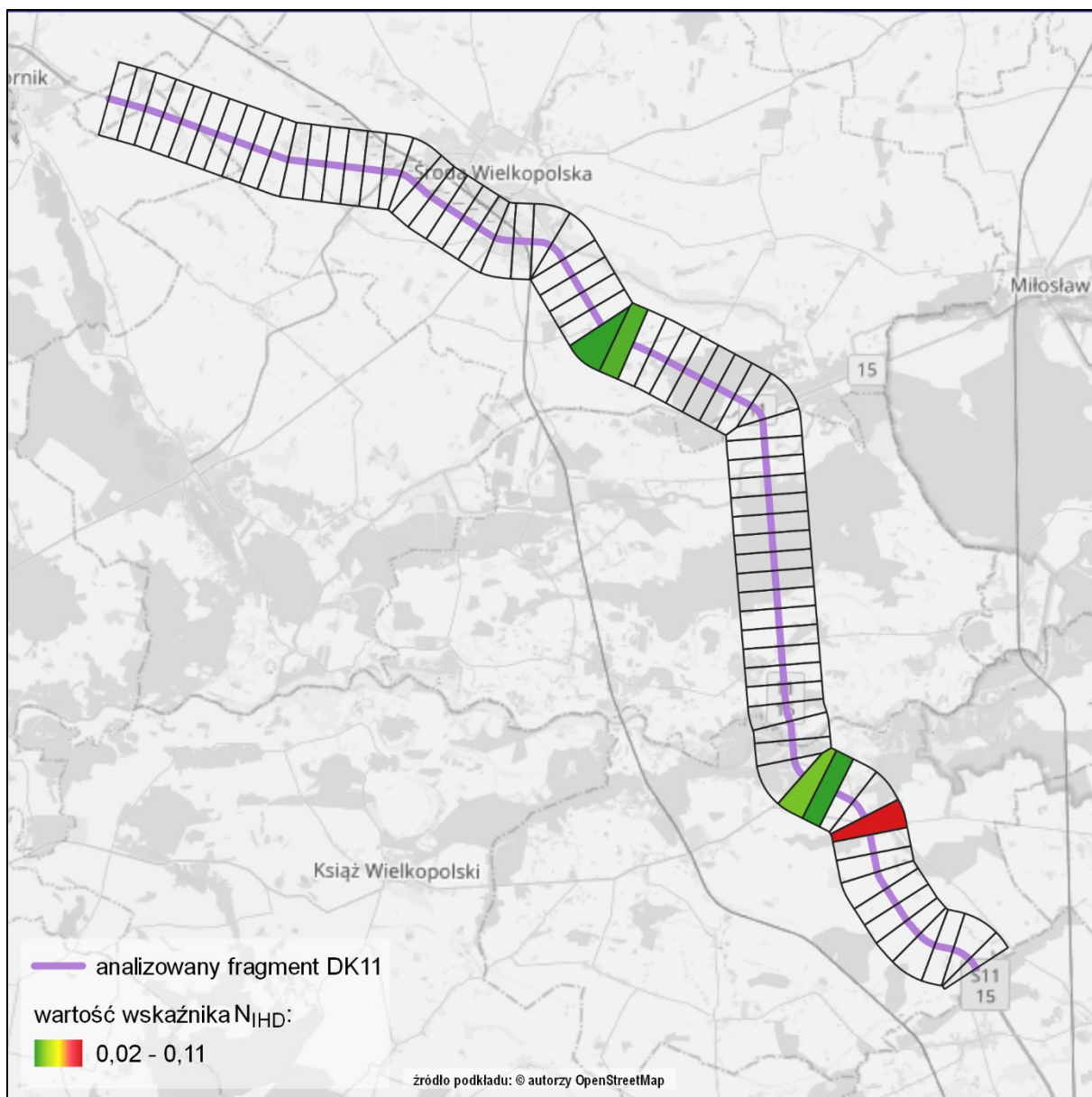
hałas drogowy – niedokrwienna choroba serca, IHD								
przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	całkowita liczba mieszkańców w obszarze	odsetek ludzi w danym przedziale poziomu	względne ryzyko	frakcja	współczynnik zachorowalności	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu drogowego w obszarze jednostkowym
L_{DWN}	$L_{DWN,j}$	n_j	P	p_j	RR_j	PAF	I	N_{IHD}
[55 – 60) dB	57,5 dB	60		0,0992	1,0352			
[60 – 65) dB	62,5 dB	23		0,0380	1,0759			
[65 – 70) dB	67,5 dB	9	605	0,0149	1,1181	0,0106	0,0030	0,019
[70 – 75) dB	72,5 dB	7		0,0116	1,1619			
≥ 75 dB	77,5 dB	2		0,0033	1,2075			



Rysunek 31 DK11 - wskaźnik N_{HA} ; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika

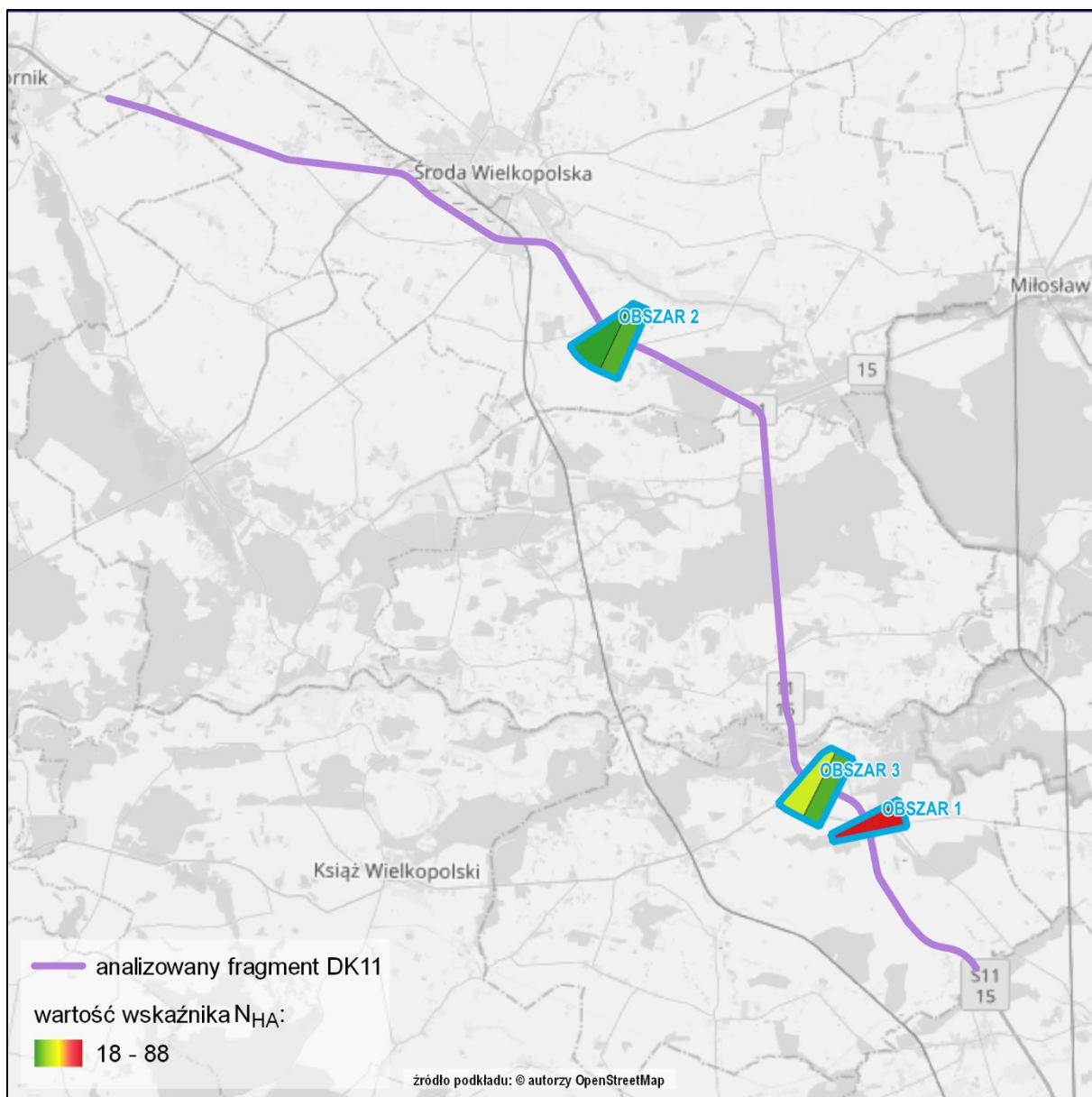


Rysunek 32 DK11 - wskaźnik N_{HSD} ; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika



Rysunek 33 DK11 - wskaźnik N_{IHD} ; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika

Powyższe mapy (rysunki 31 ÷ 33) jednoznacznie obrazują, że w analizowanym przypadku odcinka DK11 występują trzy większe obszary o szczególnie wysokich wartościach wszystkich trzech wskaźników szkodliwych skutków hałasu, które przedstawiono na rysunku 34. Wyniki uzyskane w obszarach jednostkowych zagregowano dla tych trzech terenów i zestawiono w tabeli 6. Wskazują one, że w zależności od wybranego wskaźnika HA, IHD czy HSD ranking obszarów najbardziej narażonych może wyglądać nieco inaczej.



Rysunek 34 Agregacja obszarów jednostkowych w większe obszary powiązane z odcinkami źródła hałasu – DK11

Tabela 6 Przykładowe zestawienie obszarów narażonych na szkodliwe skutki hałasu – droga krajowa

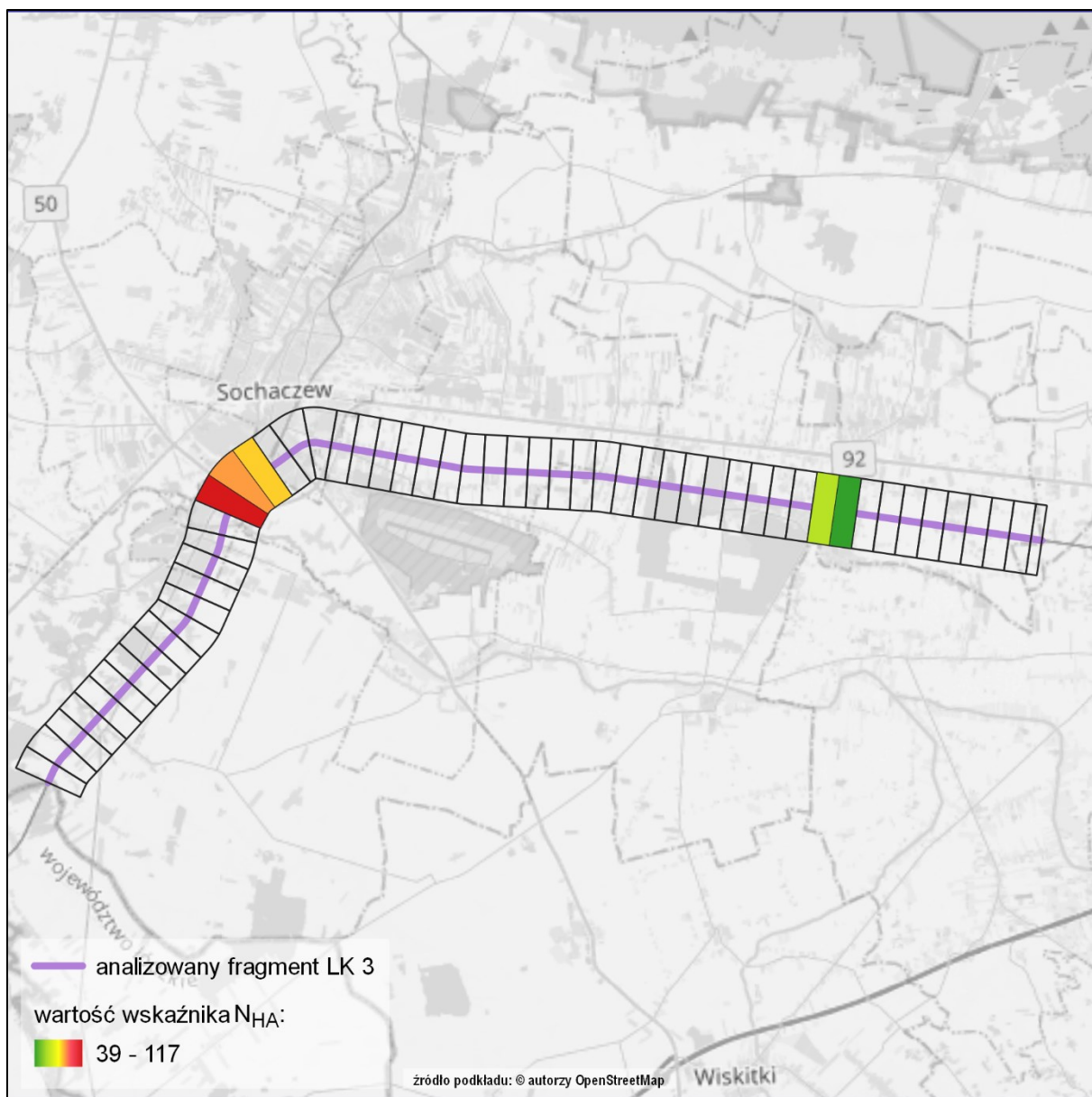
identyfikator	odcinek drogi	wartość wskaźnika	wartość wskaźnika	wartość wskaźnika
		N_{HA} (liczba osób narażonych na znaczną uciążliwość hałasu)	N_{HSD} (liczba osób narażonych na znaczne zaburzenia snu)	N_{IHD} (liczba osób narażonych na choroby niedokrwienne serca)
obszar 1	przejście przez m. Klęka	88	53	0,11
obszar 2	przejście przez m. Brodowo	57	39	0,07
obszar 3	obejście Nowego Miasta nad Wartą	78	38	0,07

Analogiczne obliczenia przeprowadzono dla LK3 w powiecie sochaczewskim, których przykład zaprezentowano w tabeli 7 dla pojedynczego obszaru jednostkowego, natomiast wyniki obliczeń dla całego odcinka linii przedstawiono na mapach na rysunkach 35 i 36. Na mapach zaprezentowano 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźników szkodliwości hałasu, które w pierwszej kolejności powinny zostać objęte harmonogramem działań w ramach POH.

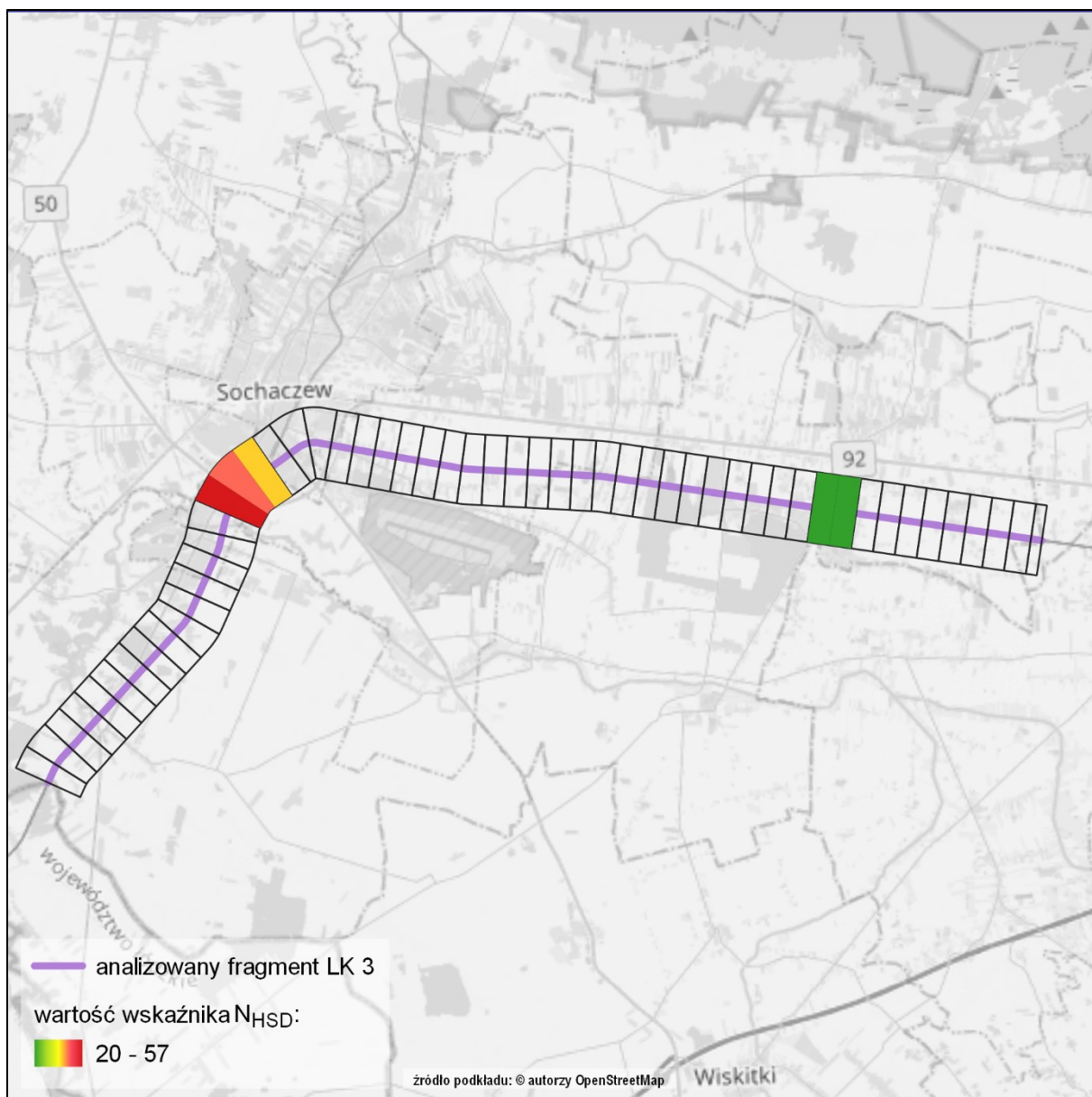
Tabela 7 Przykład obliczeń HA i HSD dla linii kolejowej w wybranym obszarze jednostkowym

hałas szynowy – znaczna uciążliwość hałasu, HA					
przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HA dla hałasu szynowego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w obszarze jednostkowym
L_{DWN}	$L_{DWN,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HA}
[55 – 60) dB	57,5 dB	154,94	$AR(57,5 \text{ dB}) = 0,142$	22,01	
[60 – 65) dB	62,5 dB	182,88	$AR(62,5 \text{ dB}) = 0,210$	38,45	
[65 – 70) dB	67,5 dB	165,1	$AR(67,5 \text{ dB}) = 0,293$	48,33	116,7
[70 – 75) dB	72,5 dB	20,32	$AR(72,5 \text{ dB}) = 0,389$	7,91	
≥ 75 dB	77,5 dB	0	$AR(77,5 \text{ dB}) = 0,500$	0,00	

hałas szynowy – znaczne zaburzenia snu, HSD					
przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HSD dla hałasu szynowego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w obszarze jednostkowym
L_N	$L_{N,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HSD}
[50 – 55) dB	52,5 dB	274,32	$AR(52,5 \text{ dB}) = 0,081$	22,18	
[55 – 60) dB	57,5 dB	182,88	$AR(57,5 \text{ dB}) = 0,137$	24,99	
[60 – 65) dB	62,5 dB	48,26	$AR(62,5 \text{ dB}) = 0,212$	10,23	57,4
[65 – 70) dB	67,5 dB	0	$AR(67,5 \text{ dB}) = 0,307$	0,00	
≥ 70 dB	72,5 dB	0	$AR(72,5 \text{ dB}) = 0,421$	0,00	



Rysunek 35 LK3 - wskaźnik N_{HA} ; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika

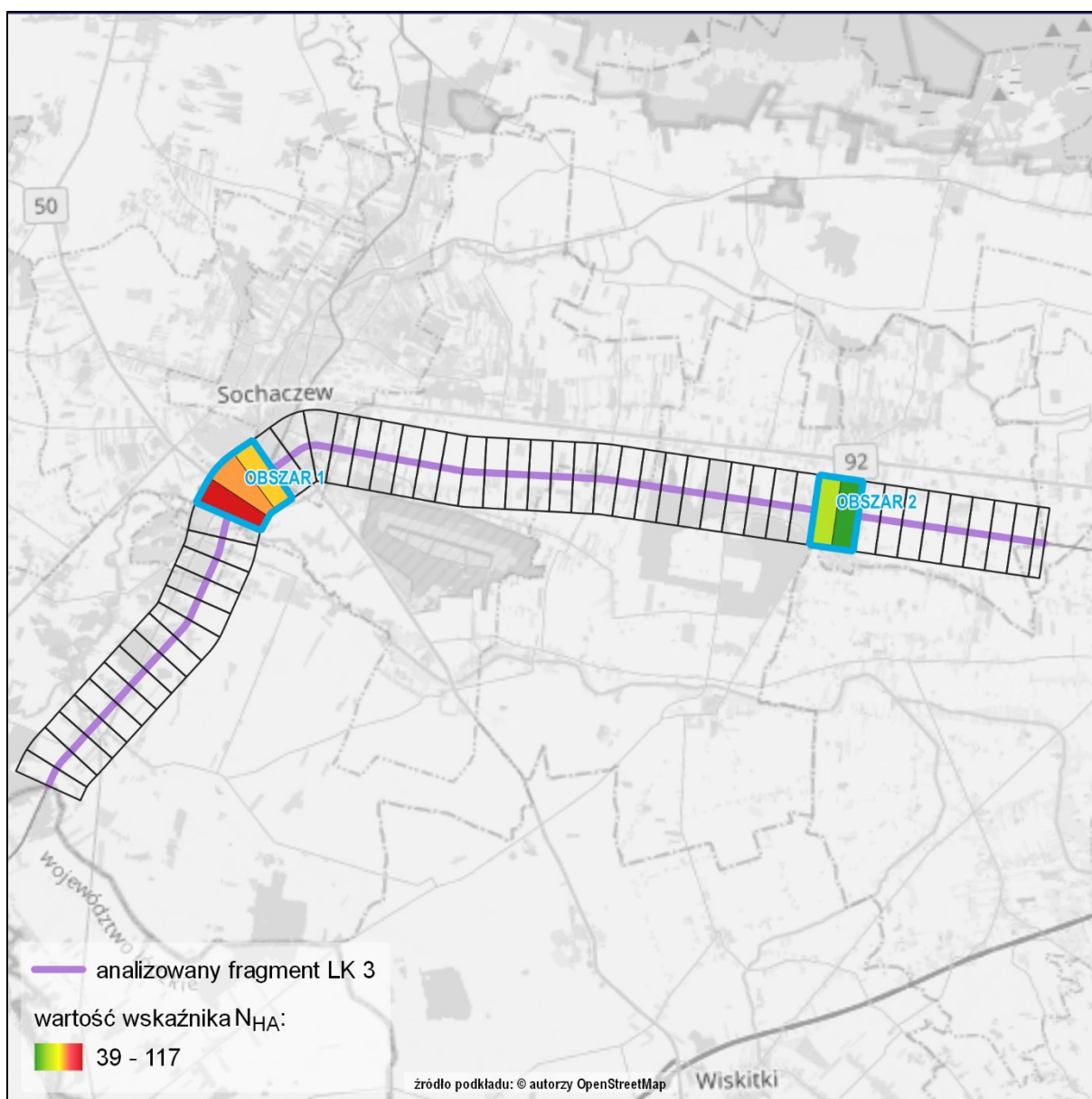


Rysunek 36 LK3 - wskaźnik N_{HSD} ; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika

W analizowanym przypadku odcinka LK3 wyróżnić można dwa większe obszary o szczególnie wysokich wartościach wskaźników szkodliwych skutków hałasu, które przedstawiono na rysunku 37. Wyniki uzyskane w obszarach jednostkowych zagregowano dla tych trzech terenów i zestawiono w tabeli 8.

Tabela 8 Przykładowe zestawienie obszarów narażonych na szkodliwe skutki hałasu – linia kolejowa

identyfikator	odcinek linii kolejowej	wartość wskaźnika N_{HA} (liczba osób narażonych na znaczną uciążliwość hałasu)	wartość wskaźnika N_{HSD} (liczba osób narażonych na znaczne zaburzenia snu)
obszar 1	m. Sochaczew	297	148
obszar 2	m. Teresin	21	51

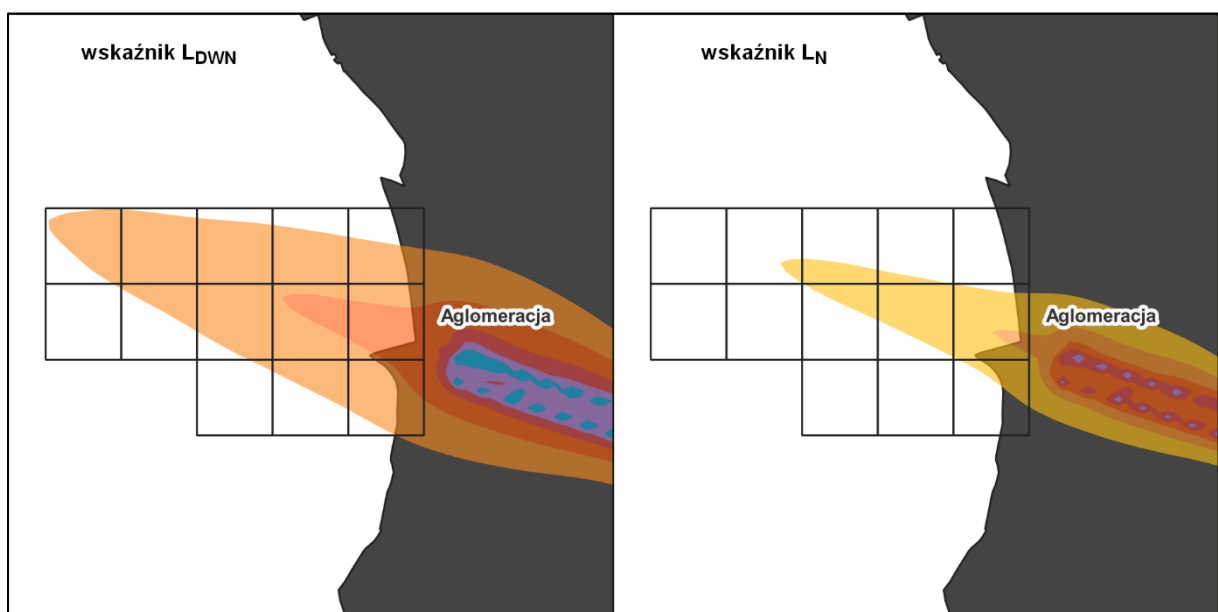


Rysunek 37 Agregacja obszarów jednostkowych w większe obszary powiązane z odcinkami źródła hałasu – linia kolejowa

6.4 Siatka obszarów jednostkowych – lotnisko poza aglomeracją

Z uwagi na fakt, że obecna IV runda mapowania nie objęła żadnego z lotnisk położonych poza aglomeracją, w niniejszym opracowaniu przedstawiono przykładowe analizy dla Lotniska Ławica w Poznaniu i jego oddziaływania poza granice aglomeracji, tj. na teren powiatu poznańskiego. Przykład siatki obliczeniowej o boku 500 x 500 m dla obszaru poza aglomeracją obejmującej oddziaływanie w zakresie wskaźników $L_{DWN} \geq 55$ dB oraz $L_N \geq 50$ dB przedstawiono na rysunku 38.

Wyniki obliczeń zaprezentowane w rozdziale 6.2 wskazują, że oddziaływanie hałasu lotniczego obejmuje zwykle duże obszary wzdłuż tras realizowanych operacji lotniczych. Co więcej, nie ma skutecznych rozwiązań minimalizujących oddziaływanie hałasu lotniczego miejscowo, tzn. w odniesieniu do pojedynczych zabudowań. Stąd też w analizie szkodliwych skutków hałasu lotniczego wymiary obszarów jednostkowych nie muszą być małe. Zaprezentowany poniżej przykład dla obszarów jednostkowych o wymiarach 500 x 500 m pozwala na dokładne przestrzenne zobrazowanie i jego analizę np. w kontekście wyboru preferowanych kierunków realizacji operacji lotniczych, które skutkować będą mniejszą szkodliwością hałasu.



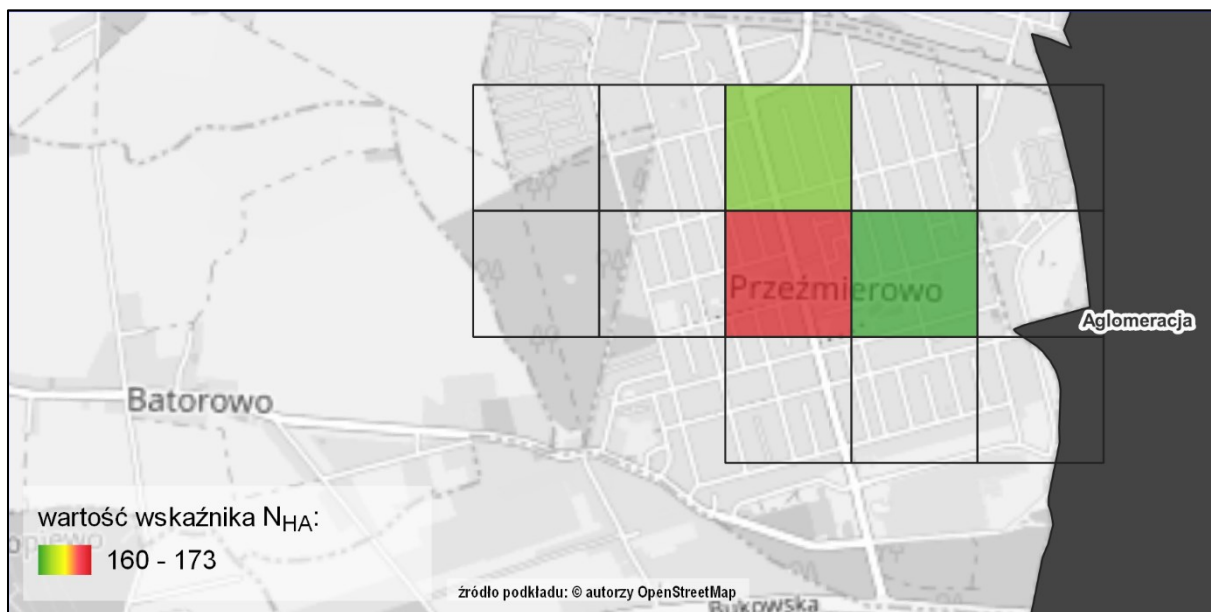
Rysunek 38 Obszar analiz hałasu lotniczego poza aglomeracją – zasięgi hałasu na tle przyjętych obszarów jednostkowych

Przykład obliczeń wartości wskaźników HA i HSD dla pojedynczego obszaru jednostkowego zaprezentowano w tabeli 9 dla pojedynczego obszaru jednostkowego, natomiast wyniki obliczeń dla całego obszaru analiz przedstawiono na mapach na rysunkach 39 i 40. Na mapach zaprezentowano 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźników szkodliwości hałasu, które w pierwszej kolejności powinny zostać objęte harmonogramem działań w ramach POH.

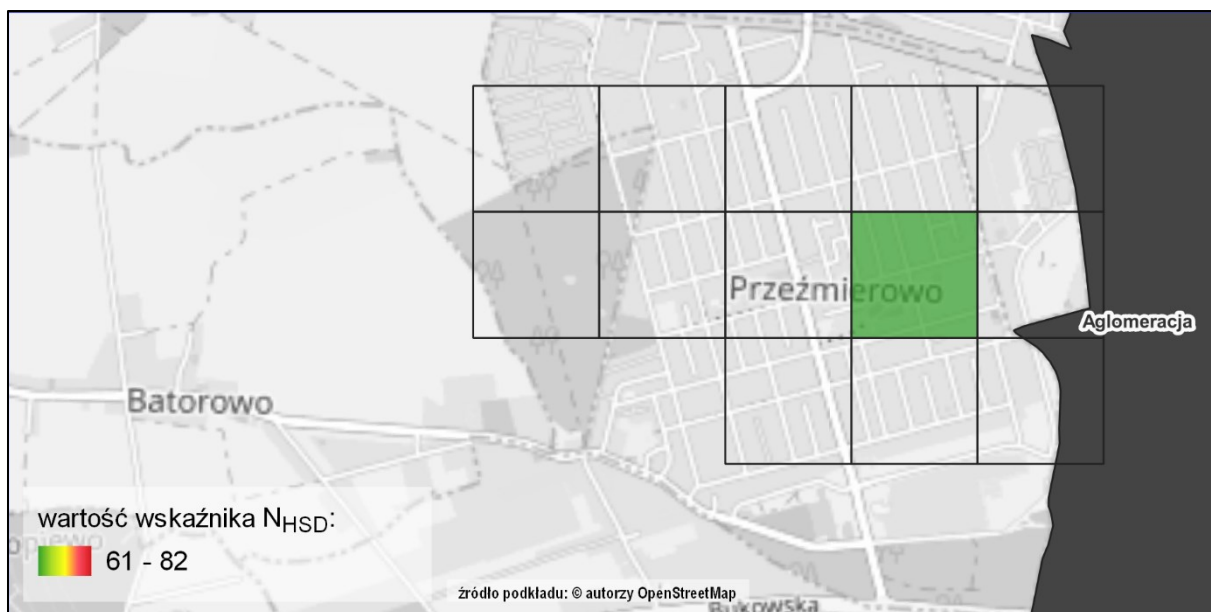
Tabela 9 Przykład obliczeń HA i HSD dla hałasu lotniczego poza aglomeracją w wybranym obszarze jednostkowym

hałas lotniczy – znaczna uciążliwość hałasu, HA					
przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HA dla hałasu szynowego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w obszarze jednostkowym
L_{DWN}	$L_{DWN,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HA}
[55 – 60) dB	57,5 dB	331,1	$AR(57,5 \text{ dB}) = 0,313$	103,64	160,0
[60 – 65) dB	62,5 dB	138,5	$AR(62,5 \text{ dB}) = 0,407$	56,36	
[65 – 70) dB	67,5 dB	0,0	$AR(67,5 \text{ dB}) = 0,505$	0,00	
[70 – 75) dB	72,5 dB	0,0	$AR(72,5 \text{ dB}) = 0,606$	0,00	
≥ 75 dB	77,5 dB	0,0	$AR(77,5 \text{ dB}) = 0,711$	0,00	

hałas lotniczy – znaczne zaburzenia snu, HSD					
przedział poziomu	wartość środkowa przedziału	liczba mieszkańców w przedziale	absolutne ryzyko wystąpienia szkodliwego skutku HSD dla hałasu szynowego	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w przedziale	liczba osób dotknięta szkodliwym skutkiem hałasu szynowego w obszarze jednostkowym
L_N	$L_{N,j}$	n_j	AR_j	$N_j = n_j \cdot AR_j$	N_{HSD}
[50 – 55) dB	52,5 dB	361,2	$AR(52,5 \text{ dB}) = 0,226$	81,54	81,5
[55 – 60) dB	57,5 dB	0,0	$AR(57,5 \text{ dB}) = 0,288$	0,00	
[60 – 65) dB	62,5 dB	0,0	$AR(62,5 \text{ dB}) = 0,361$	0,00	
[65 – 70) dB	67,5 dB	0,0	$AR(67,5 \text{ dB}) = 0,443$	0,00	
≥ 70 dB	72,5 dB	0,0	$AR(72,5 \text{ dB}) = 0,535$	0,00	



Rysunek 39 Oddziaływanie lotniska poza aglomeracją - wskaźnik N_{HA} ; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika

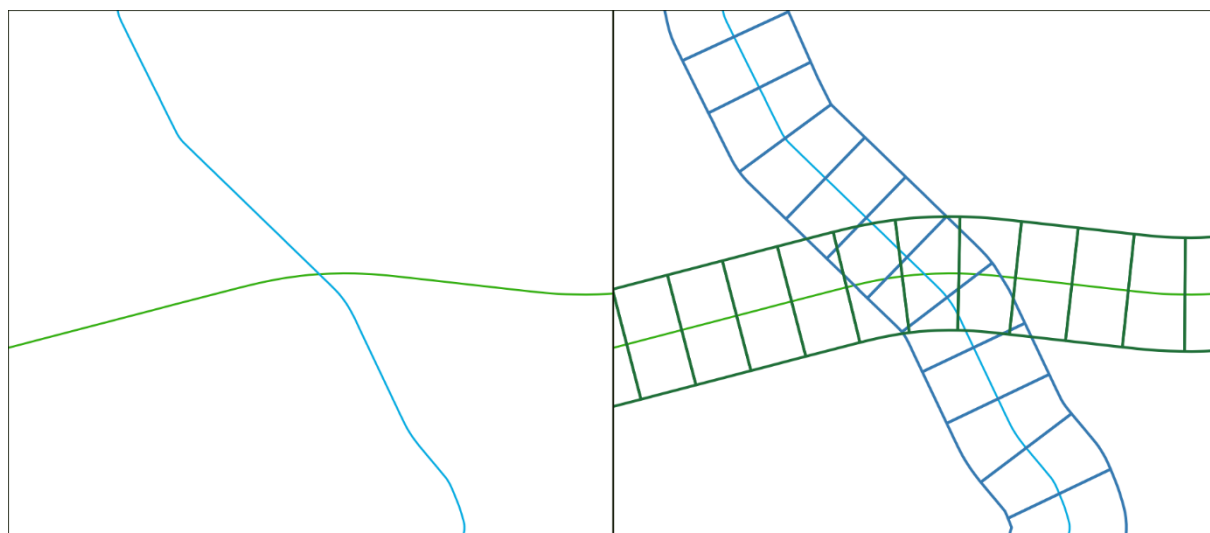


Rysunek 40 Oddziaływanie lotniska poza aglomeracją - wskaźnik N_{HSD} ; 10% obszarów jednostkowych o największych wartościach wskaźnika

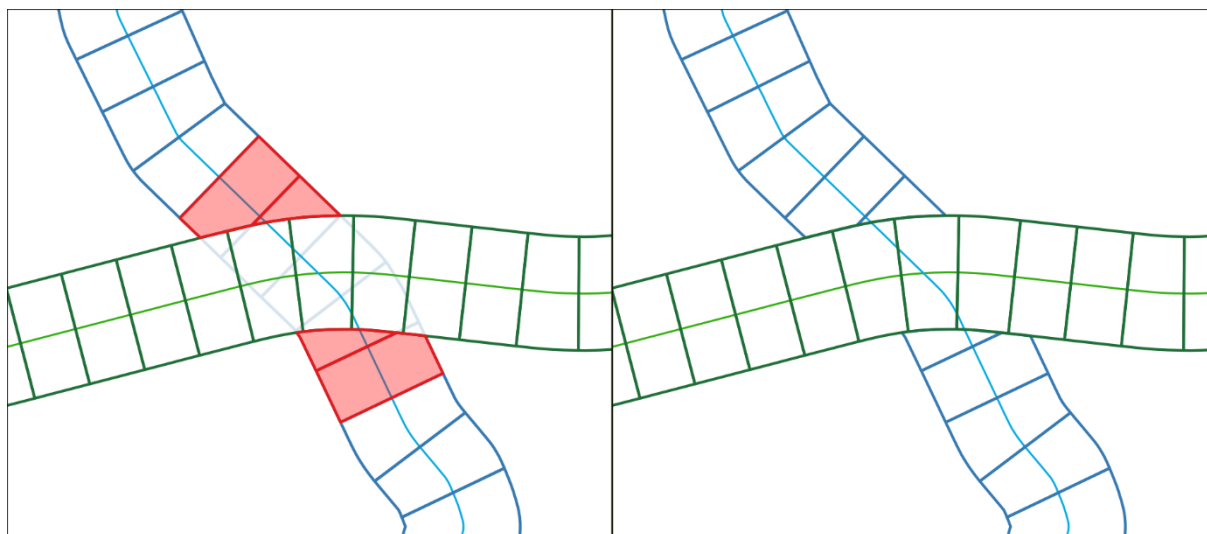
6.5 Tworzenia obszarów jednostkowych na skrzyżowaniu dwóch źródeł liniowych poza aglomeracją

Dla uzupełnienia przykładów zawartych w tekście, poniżej zaprezentowano możliwe rozwiązanie tworzenia obszarów jednostkowych na skrzyżowaniu dwóch źródeł liniowych:

- 1) utworzenie obszarów jednostkowych dla każdej z dróg (linii kolejowych) odrębnie



2) przycięcie nakładających się obszarów



3) ewentualna agregacja przyciętych obszarów (resztkowych) pozwalająca zachować zbliżoną powierzchnię finalnych obszarów jednostkowych



Należy podkreślić, że w omawianym przykładzie nie ma znaczenia, które z obszarów utworzonych dla poszczególnych dróg zostaną przycięte do granic obszarów drugiej drogi. Finalnie obszary jednostkowe obejmujące skrzyżowanie obu dróg niosą informację o szkodliwych skutkach hałasu oddziaływania drogowego obu źródeł.

W wypadkach, gdy odległości pomiędzy kolejnymi skrzyżowaniami czy równoległe biegnącymi źródłami liniowymi są istotnie mniejsze od wymiaru obszaru jednostkowego, merytorycznie poprawne i uzasadnione może być utworzenie dla takiego układu źródeł siatki obszarów jednostkowych w postaci kwadratów jaka opisana została w opracowaniu dla aglomeracji. Niewątpliwą zaletą tworzenia dla źródeł liniowych obszarów jednostkowych przy wykorzystaniu stałej jednostki długości źródła jest prostota interpretacji wyników. Dany obszar jednostkowy obejmuje oddziaływanie i jego szkodliwe skutki, które bezpośrednio można powiązać z danym fragmentem drogi (linii kolejowej/tramwajowej). Przy podziale obszaru analizy na kwadraty, miara szkodliwych skutków hałasu związana z danym odcinkiem drogi rozkłada się na wiele sąsiednich kwadratów (w zależności od ich usytuowania względem drogi), co prowadzi do rozmycia finalnego obrazu.

ZAŁĄCZNIK NR 1

Współczynnik zachorowalności na niedokrwinną chorobę serca dla poszczególnych powiatów obliczony dla IV rundy mapowania na podstawie *Mapy Potrzeb Zdrowotnych* za rok 2020

lp	województwo	powiat	chorobowość na 100 tys. mieszkańców	zapadalność na 100 tys. mieszkańców	współczynnik zachorowalności I _{powiatu}
1	dolnośląskie	m. Legnica	5365,16	380,10	0,0038
2	dolnośląskie	kłodzki	3790,77	268,56	0,0027
3	dolnośląskie	wołowski	4807,66	340,60	0,0034
4	dolnośląskie	m. Wrocław	3492,75	247,45	0,0025
5	dolnośląskie	lubiński	7399,81	524,24	0,0052
6	dolnośląskie	zgorzelecki	3486,1	246,98	0,0025
7	dolnośląskie	m. Jelenia Góra	3549,83	251,49	0,0025
8	dolnośląskie	polkowicki	6187,14	438,33	0,0044
9	dolnośląskie	gólgowski	5843,39	413,98	0,0041
10	dolnośląskie	oleśnicki	5081,24	359,98	0,0036
11	dolnośląskie	lubański	3214,56	227,74	0,0023
12	dolnośląskie	złotoryjski	6143,4	435,23	0,0044
13	dolnośląskie	trzebnicki	3640,51	257,91	0,0026
14	dolnośląskie	dzierżoniowski	3017,42	213,77	0,0021
15	dolnośląskie	świdnicki	4753,78	336,78	0,0034
16	dolnośląskie	m. Wałbrzych	2034,39	144,13	0,0014
17	dolnośląskie	bolestawiecki	2662,96	188,66	0,0019
18	dolnośląskie	legnicki	6283	445,12	0,0045
19	dolnośląskie	jeleniogórski	4417,3	312,95	0,0031
20	dolnośląskie	kamiennogórski	3704,05	262,42	0,0026
21	dolnośląskie	ząbkowicki	4876,82	345,50	0,0035
22	dolnośląskie	górowski	6781,92	480,47	0,0048
23	dolnośląskie	jaworski	6902,49	489,01	0,0049
24	dolnośląskie	wałbrzyski	5622,92	398,36	0,0040
25	dolnośląskie	milicki	6449,02	456,89	0,0046
26	dolnośląskie	średzki	5678,1	402,27	0,0040
27	dolnośląskie	wrocławski	4130,77	292,65	0,0029
28	dolnośląskie	lwówecki	3658,38	259,18	0,0026
29	dolnośląskie	oławski	4206,33	298,00	0,0030
30	dolnośląskie	strzeliński	3913,88	277,28	0,0028
31	kujawsko-pomorskie	m. Włocławek	3490,99	187,51	0,0019
32	kujawsko-pomorskie	inowrocławski	5822,85	312,77	0,0031
33	kujawsko-pomorskie	m. Toruń	3298,34	177,17	0,0018
34	kujawsko-pomorskie	bydgoski	5603,8	301,00	0,0030
35	kujawsko-pomorskie	włocławski	5088,63	273,33	0,0027
36	kujawsko-pomorskie	świecki	6793,74	364,92	0,0036
37	kujawsko-pomorskie	toruński	7675,15	412,26	0,0041
38	kujawsko-pomorskie	tucholski	8668,09	465,59	0,0047

lp	województwo	powiat	chorobowość na 100 tys. mieszkańców	zapadalność na 100 tys. mieszkańców	współczynnik zachorowalności Ipowiatu
39	kujawsko-pomorskie	m. Bydgoszcz	3957,6	212,58	0,0021
40	kujawsko-pomorskie	m. Grudziądz	3604,36	193,60	0,0019
41	kujawsko-pomorskie	chełmiński	5768,08	309,82	0,0031
42	kujawsko-pomorskie	nakielski	7066,29	379,55	0,0038
43	kujawsko-pomorskie	sępoleński	4308,71	231,44	0,0023
44	kujawsko-pomorskie	wąbrzeski	5478,16	294,25	0,0029
45	kujawsko-pomorskie	żniński	6399,32	343,73	0,0034
46	kujawsko-pomorskie	radziejowski	5652,13	303,60	0,0030
47	kujawsko-pomorskie	rypiński	4232,38	227,34	0,0023
48	kujawsko-pomorskie	brodnicki	5115,01	274,74	0,0027
49	kujawsko-pomorskie	grudziądzki	5087,8	273,28	0,0027
50	kujawsko-pomorskie	aleksandrowski	4613,96	247,83	0,0025
51	kujawsko-pomorskie	mogileński	6412,93	344,46	0,0034
52	kujawsko-pomorskie	lipnowski	4752,8	255,29	0,0026
53	kujawsko-pomorskie	golubsko-dobrzyński	5225,63	280,69	0,0028
54	lubelskie	puławski	6439,27	342,88	0,0034
55	lubelskie	m. Lublin	3775,74	201,05	0,0020
56	lubelskie	tomaszowski	8757,83	466,34	0,0047
57	lubelskie	biłgorajski	6801,28	362,16	0,0036
58	lubelskie	lubelski	6565,19	349,59	0,0035
59	lubelskie	łukowski	5731,13	305,17	0,0031
60	lubelskie	białski	4659,9	248,13	0,0025
61	lubelskie	m. Zamość	4080,3	217,27	0,0022
62	lubelskie	hrubieszowski	9163,34	487,93	0,0049
63	lubelskie	kraśnicki	5592,82	297,81	0,0030
64	lubelskie	m. Chełm	3724,46	198,32	0,0020
65	lubelskie	krasnostawski	6164,89	328,27	0,0033
66	lubelskie	lubartowski	4932,38	262,64	0,0026
67	lubelskie	radzyński	5422,21	288,72	0,0029
68	lubelskie	zamojski	6039,54	321,60	0,0032
69	lubelskie	chełmski	4496,12	239,41	0,0024
70	lubelskie	łęczyński	5850,42	311,53	0,0031
71	lubelskie	parczewski	7505,42	399,65	0,0040
72	lubelskie	janowski	4141,39	220,52	0,0022
73	lubelskie	opolski	5121,67	272,72	0,0027
74	lubelskie	rycki	7945,17	423,07	0,0042
75	lubelskie	świdnicki	8148,93	433,92	0,0043
76	lubelskie	włodawski	9560,33	509,07	0,0051
77	lubelskie	m. Biała Podlaska	2603,86	138,65	0,0014
78	lubuskie	międzyrzecki	7092,88	438,93	0,0044
79	lubuskie	m. Zielona Góra	4059,43	251,21	0,0025
80	lubuskie	krośnieński	5636,94	348,83	0,0035

lp	województwo	powiat	chorobowość na 100 tys. mieszkańców	zapadalność na 100 tys. mieszkańców	współczynnik zachorowalności Ipowiatu
81	lubuskie	m. Gorzów Wielkopolski	3774,54	233,58	0,0023
82	lubuskie	sulęciński	7961,83	492,70	0,0049
83	lubuskie	gorzowski	5036,65	311,68	0,0031
84	lubuskie	świebodziński	6970,73	431,37	0,0043
85	lubuskie	słubicki	6748,26	417,60	0,0042
86	lubuskie	nowosolski	10949,43	677,58	0,0068
87	lubuskie	żagański	6293,94	389,49	0,0039
88	lubuskie	strzelecko-drezdenecki	5600,72	346,59	0,0035
89	lubuskie	zielonogórski	6040,26	373,79	0,0037
90	lubuskie	wschowski	7428,48	459,70	0,0046
91	lubuskie	żarski	6337,37	392,18	0,0039
92	łódzkie	łowicki	5378,88	337,49	0,0034
93	łódzkie	m. Łódź	5434,74	340,99	0,0034
94	łódzkie	kutnowski	4480,66	281,13	0,0028
95	łódzkie	łaski	10392,45	652,06	0,0065
96	łódzkie	pabianicki	7408,26	464,82	0,0046
97	łódzkie	sieradzki	6626,64	415,78	0,0042
98	łódzkie	łódzki wschodni	6230,49	390,92	0,0039
99	łódzkie	pajęczański	4526,14	283,99	0,0028
100	łódzkie	rawski	7552,52	473,87	0,0047
101	łódzkie	opoczyński	5740,84	360,20	0,0036
102	łódzkie	radomszczański	7825,78	491,02	0,0049
103	łódzkie	zduńskowolski	8704,87	546,17	0,0055
104	łódzkie	zgierski	6685,7	419,48	0,0042
105	łódzkie	bełchatowski	4562,08	286,24	0,0029
106	łódzkie	łęczycki	7751,36	486,35	0,0049
107	łódzkie	poddębicki	10064,76	631,50	0,0063
108	łódzkie	tomaszowski	5227,91	328,02	0,0033
109	łódzkie	m. Piotrków Trybunalski	4004,67	251,27	0,0025
110	łódzkie	m. Skierniewice	4591,88	288,11	0,0029
111	łódzkie	brzeziński	6012,63	377,25	0,0038
112	łódzkie	piotrkowski	3607,6	226,35	0,0023
113	łódzkie	skierniewicki	1859,64	116,68	0,0012
114	łódzkie	wieluński	3133,96	196,64	0,0020
115	łódzkie	wieruszowski	2928,95	183,77	0,0018
116	małopolskie	m. Tarnów	4094,38	186,91	0,0019
117	małopolskie	wadowicki	4449,8	203,13	0,0020
118	małopolskie	proszowicki	5570,58	254,30	0,0025
119	małopolskie	wielicki	5587,78	255,08	0,0026
120	małopolskie	suski	4596,08	209,81	0,0021
121	małopolskie	m. Kraków	3443,01	157,17	0,0016
122	małopolskie	dąbrowski	4723,7	215,64	0,0022

lp	województwo	powiat	chorobowość na 100 tys. mieszkańców	zapadalność na 100 tys. mieszkańców	współczynnik zachorowalności Ipowiatu
123	małopolskie	krakowski	6208,9	283,44	0,0028
124	małopolskie	nowotarski	5110,79	233,31	0,0023
125	małopolskie	tarnowski	4477,62	204,40	0,0020
126	małopolskie	bocheński	5512,82	251,66	0,0025
127	małopolskie	chrzanowski	5732,38	261,68	0,0026
128	małopolskie	olkuski	6732,6	307,34	0,0031
129	małopolskie	brzeski	9198,27	419,90	0,0042
130	małopolskie	nowosądecki	3948,4	180,24	0,0018
131	małopolskie	tatrzański	5384,77	245,82	0,0025
132	małopolskie	limanowski	8511,31	388,54	0,0039
133	małopolskie	gorlicki	5217,49	238,18	0,0024
134	małopolskie	myślenicki	7104,7	324,33	0,0032
135	małopolskie	miechowski	6567,23	299,79	0,0030
136	małopolskie	oświęcimski	6570,21	299,93	0,0030
137	małopolskie	m. Nowy Sącz	2093,45	95,57	0,0010
138	mazowieckie	m. st. Warszawa	3739,71	218,83	0,0022
139	mazowieckie	garwoliński	5643,74	330,25	0,0033
140	mazowieckie	m. Radom	4189,82	245,17	0,0025
141	mazowieckie	łosicki	8664,36	507,00	0,0051
142	mazowieckie	ostrołęcki	5383,58	315,02	0,0032
143	mazowieckie	grodziski	4524,86	264,78	0,0026
144	mazowieckie	sochaczewski	6847,48	400,69	0,0040
145	mazowieckie	żyrardowski	7124,54	416,90	0,0042
146	mazowieckie	lipski	5393,73	315,62	0,0032
147	mazowieckie	piaseczyński	4711,86	275,72	0,0028
148	mazowieckie	wyszkowski	7936,46	464,41	0,0046
149	mazowieckie	miński	5494,01	321,49	0,0032
150	mazowieckie	węgrowski	5862,49	343,05	0,0034
151	mazowieckie	wołomiński	5541,56	324,27	0,0032
152	mazowieckie	gostyniński	3992,96	233,65	0,0023
153	mazowieckie	legionowski	5648,81	330,54	0,0033
154	mazowieckie	płoński	4877,04	285,38	0,0029
155	mazowieckie	pułtuski	7976,48	466,75	0,0047
156	mazowieckie	m. Płock	3463,53	202,67	0,0020
157	mazowieckie	sierpecki	4923,87	288,12	0,0029
158	mazowieckie	ciechanowski	4658,63	272,60	0,0027
159	mazowieckie	ostrowski	5646,56	330,41	0,0033
160	mazowieckie	pruskowski	5615,15	328,57	0,0033
161	mazowieckie	żuromiński	6277,48	367,33	0,0037
162	mazowieckie	m. Siedlce	4148,6	242,76	0,0024
163	mazowieckie	nowodworski	4145	242,55	0,0024
164	mazowieckie	płocki	4179,14	244,55	0,0024

lp	województwo	powiat	chorobowość na 100 tys. mieszkańców	zapadalność na 100 tys. mieszkańców	współczynnik zachorowalności Ipowiatu
165	mazowieckie	przysuski	6114,22	357,78	0,0036
166	mazowieckie	radomski	6247,63	365,58	0,0037
167	mazowieckie	makowski	6016,66	352,07	0,0035
168	mazowieckie	mławski	3721,18	217,75	0,0022
169	mazowieckie	siedlecki	8223,39	481,20	0,0048
170	mazowieckie	grójecki	3818,36	223,43	0,0022
171	mazowieckie	sokołowski	4592,09	268,71	0,0027
172	mazowieckie	warszawski zachodni	4855,14	284,10	0,0028
173	mazowieckie	białobrzeski	5032,79	294,50	0,0029
174	mazowieckie	otwocki	5207,9	304,74	0,0030
175	mazowieckie	m. Ostrołęka	3845,11	225,00	0,0022
176	mazowieckie	szymborski	5855,48	342,64	0,0034
177	mazowieckie	kozienski	5782,33	338,36	0,0034
178	mazowieckie	przasnyski	6093,97	356,59	0,0036
179	mazowieckie	zwolenki	5725,74	335,05	0,0034
180	opolskie	strzelecki	5591,17	298,14	0,0030
181	opolskie	kluczborski	4762,8	253,97	0,0025
182	opolskie	m. Opole	3044,34	162,34	0,0016
183	opolskie	brzeski	4633,2	247,06	0,0025
184	opolskie	prudnicki	6581,27	350,94	0,0035
185	opolskie	głubczycki	5698,89	303,89	0,0030
186	opolskie	namysłowski	4761,54	253,90	0,0025
187	opolskie	krapkowicki	4091,83	218,19	0,0022
188	opolskie	kędzierzyński-kozielski	5266,87	280,85	0,0028
189	opolskie	nyski	5485,34	292,50	0,0029
190	opolskie	oleski	6218,98	331,62	0,0033
191	opolskie	opolski	3690,52	196,79	0,0020
192	podkarpackie	łańcucki	5233,14	283,58	0,0028
193	podkarpackie	stałowowlski	5439,87	294,78	0,0029
194	podkarpackie	m. Tarnobrzeg	2475,47	134,14	0,0013
195	podkarpackie	przeworski	5871,28	318,16	0,0032
196	podkarpackie	m. Rzeszów	2787,63	151,06	0,0015
197	podkarpackie	tarnobrzeski	5431,97	294,35	0,0029
198	podkarpackie	jasielski	8050,38	436,24	0,0044
199	podkarpackie	rzeszowski	4260,97	230,90	0,0023
200	podkarpackie	jarosławski	5575,27	302,12	0,0030
201	podkarpackie	strzyżowski	5260,23	285,04	0,0029
202	podkarpackie	ropczycko-sędziszowski	6971,38	377,77	0,0038
203	podkarpackie	m. Krosno	1883,01	102,04	0,0010
204	podkarpackie	bieszczadzki	8668,4	469,73	0,0047
205	podkarpackie	brzozowski	5219,68	282,85	0,0028
206	podkarpackie	lubaczowski	4699,11	254,64	0,0025

lp	województwo	powiat	chorobowość na 100 tys. mieszkańców	zapadalność na 100 tys. mieszkańców	współczynnik zachorowalności Ipowiatu
207	podkarpackie	dębicki	3836,63	207,90	0,0021
208	podkarpackie	niżański	5521,38	299,20	0,0030
209	podkarpackie	sanocki	7520,42	407,52	0,0041
210	podkarpackie	m. Przemyśl	2168,14	117,49	0,0012
211	podkarpackie	leżajski	3809,4	206,43	0,0021
212	podkarpackie	mielecki	3704,22	200,73	0,0020
213	podkarpackie	kolbuszowski	4744,25	257,08	0,0026
214	podkarpackie	krośnieński	3559,11	192,86	0,0019
215	podkarpackie	przemyski	2239,39	121,35	0,0012
216	podkarpackie	leski	6529,53	353,83	0,0035
217	podlaskie	bielski	5725,22	341,24	0,0034
218	podlaskie	sokólski	5706,66	340,14	0,0034
219	podlaskie	suwalski	1720,47	102,55	0,0010
220	podlaskie	m. Białystok	4200	250,33	0,0025
221	podlaskie	łomżyński	5062,66	301,75	0,0030
222	podlaskie	augustowski	5058,49	301,50	0,0030
223	podlaskie	białostocki	5267,88	313,98	0,0031
224	podlaskie	moniecki	5472,18	326,16	0,0033
225	podlaskie	siemiatycki	3815,96	227,44	0,0023
226	podlaskie	m. Łomża	3341,43	199,16	0,0020
227	podlaskie	grajewski	7875,13	469,39	0,0047
228	podlaskie	hajnowski	7051,64	420,30	0,0042
229	podlaskie	m. Suwałki	3223,54	192,13	0,0019
230	podlaskie	kolneński	6529,73	389,19	0,0039
231	podlaskie	wysokomazowiecki	3264,67	194,59	0,0019
232	podlaskie	zambrowski	4741,95	282,64	0,0028
233	podlaskie	sejneński	4167,55	248,40	0,0025
234	pomorskie	m. Gdańsk	5217,66	238,80	0,0024
235	pomorskie	m. Gdynia	4429,35	202,72	0,0020
236	pomorskie	kartuski	5841	267,33	0,0027
237	pomorskie	wejherowski	4789,56	219,21	0,0022
238	pomorskie	pucki	5679,36	259,93	0,0026
239	pomorskie	starogardzki	4760,76	217,89	0,0022
240	pomorskie	sztumski	5640,56	258,16	0,0026
241	pomorskie	człuchowski	4807,31	220,02	0,0022
242	pomorskie	kościerski	12352,21	565,34	0,0057
243	pomorskie	malborski	5559,87	254,47	0,0025
244	pomorskie	tczewski	6569,62	300,68	0,0030
245	pomorskie	gdański	5061,72	231,67	0,0023
246	pomorskie	lęborski	5049,29	231,10	0,0023
247	pomorskie	bytowski	6192,2	283,41	0,0028
248	pomorskie	chojnicki	4718,83	215,97	0,0022

lp	województwo	powiat	chorobowość na 100 tys. mieszkańców	zapadalność na 100 tys. mieszkańców	współczynnik zachorowalności Ipowiatu
249	pomorskie	słupski	2985,9	136,66	0,0014
250	pomorskie	m. Słupsk	2605,49	119,25	0,0012
251	pomorskie	m. Sopot	4820,4	220,62	0,0022
252	pomorskie	nowodworski	4773,66	218,48	0,0022
253	pomorskie	kwidzyński	3601,89	164,85	0,0016
254	śląskie	będziński	9477,58	464,45	0,0046
255	śląskie	myszkowski	7857,58	385,06	0,0039
256	śląskie	żywiecki	5093,45	249,60	0,0025
257	śląskie	m. Bielsko-Biała	5369,71	263,14	0,0026
258	śląskie	m. Katowice	7554,67	370,21	0,0037
259	śląskie	m. Rybnik	3522,26	172,61	0,0017
260	śląskie	m. Siemianowice Śląskie	6356,56	311,50	0,0031
261	śląskie	m. Sosnowiec	6556,89	321,32	0,0032
262	śląskie	m. Zabrze	6034,63	295,73	0,0030
263	śląskie	mikołowski	7828,6	383,64	0,0038
264	śląskie	tarnogórski	8018,79	392,96	0,0039
265	śląskie	m. Piekary Śląskie	5377,35	263,52	0,0026
266	śląskie	bielski	5146,67	252,21	0,0025
267	śląskie	wodzisławski	4896,49	239,95	0,0024
268	śląskie	m. Bytom	5800,53	284,25	0,0028
269	śląskie	m. Częstochowa	7123,11	349,07	0,0035
270	śląskie	m. Mysłowice	5946,17	291,39	0,0029
271	śląskie	m. Ruda Śląska	7709,32	377,79	0,0038
272	śląskie	m. Tychy	7831,61	383,79	0,0038
273	śląskie	cieszyński	4622,97	226,55	0,0023
274	śląskie	gliwicki	6965,96	341,36	0,0034
275	śląskie	rybnicki	5590,57	273,96	0,0027
276	śląskie	m. Chorzów	5921,68	290,19	0,0029
277	śląskie	m. Dąbrowa Górnicza	6664,29	326,58	0,0033
278	śląskie	m. Gliwice	6152,28	301,49	0,0030
279	śląskie	m. Jaworzno	7055,27	345,74	0,0035
280	śląskie	pszczyński	4731,73	231,88	0,0023
281	śląskie	bieruńsko-lędziński	7845,57	384,47	0,0038
282	śląskie	m. Jastrzębie-Zdrój	3712,25	181,92	0,0018
283	śląskie	m. Świętochłowice	6396,63	313,46	0,0031
284	śląskie	częstochowski	6573,9	322,15	0,0032
285	śląskie	lubliniecki	7912,81	387,76	0,0039
286	śląskie	raciborski	4410,68	216,14	0,0022
287	śląskie	m. Żory	5225,17	256,06	0,0026
288	śląskie	kłobucki	7012,05	343,62	0,0034
289	śląskie	zawierciański	9645,54	472,68	0,0047
290	świętokrzyskie	kazimierski	5118,97	278,21	0,0028

lp	województwo	powiat	chorobowość na 100 tys. mieszkańców	zapadalność na 100 tys. mieszkańców	współczynnik zachorowalności Ipowiatu
291	świętokrzyskie	sandomierski	8582,86	466,46	0,0047
292	świętokrzyskie	m. Kielce	4720,57	256,55	0,0026
293	świętokrzyskie	jędrzejowski	6216,21	337,84	0,0034
294	świętokrzyskie	kielecki	5787,56	314,54	0,0031
295	świętokrzyskie	buski	5998,94	326,03	0,0033
296	świętokrzyskie	skarżyski	6576,84	357,44	0,0036
297	świętokrzyskie	ostrowiecki	7701,52	418,56	0,0042
298	świętokrzyskie	staszowski	5707,7	310,20	0,0031
299	świętokrzyskie	opatowski	9690,95	526,68	0,0053
300	świętokrzyskie	włoszczowski	5758,36	312,96	0,0031
301	świętokrzyskie	pińczowski	8503,3	462,14	0,0046
302	świętokrzyskie	starachowicki	7736,49	420,46	0,0042
303	świętokrzyskie	konecki	4810,96	261,47	0,0026
304	warmińsko-mazurskie	szczywieński	4773,88	347,20	0,0035
305	warmińsko-mazurskie	m. Elbląg	5108,41	371,53	0,0037
306	warmińsko-mazurskie	elbląski	6500,99	472,81	0,0047
307	warmińsko-mazurskie	olecki	8685,79	631,71	0,0063
308	warmińsko-mazurskie	ostródzki	3845,7	279,70	0,0028
309	warmińsko-mazurskie	piski	3717,07	270,34	0,0027
310	warmińsko-mazurskie	działdowski	4477,07	325,62	0,0033
311	warmińsko-mazurskie	iławski	3191,97	232,15	0,0023
312	warmińsko-mazurskie	gołdapski	5718	415,87	0,0042
313	warmińsko-mazurskie	kętrzyński	4904,69	356,72	0,0036
314	warmińsko-mazurskie	bartoszycki	3479,3	253,05	0,0025
315	warmińsko-mazurskie	nowomiejski	3845,28	279,67	0,0028
316	warmińsko-mazurskie	olsztyński	4332,51	315,10	0,0032
317	warmińsko-mazurskie	ełcki	6451,19	469,19	0,0047
318	warmińsko-mazurskie	giżycki	4508,38	327,89	0,0033
319	warmińsko-mazurskie	węgorzewski	3964,03	288,30	0,0029
320	warmińsko-mazurskie	m. Olsztyn	2898	210,77	0,0021
321	warmińsko-mazurskie	mągowski	4408,98	320,66	0,0032
322	warmińsko-mazurskie	lidzbarski	4226,22	307,37	0,0031
323	warmińsko-mazurskie	niedzicki	5592,36	406,73	0,0041
324	warmińsko-mazurskie	braniewski	6404,17	465,77	0,0047
325	wielkopolskie	ostrowski	4245,89	257,47	0,0026
326	wielkopolskie	m.Kalisz	3139,76	190,39	0,0019
327	wielkopolskie	poznański	6915,4	419,34	0,0042
328	wielkopolskie	m.Poznań	4479,63	271,64	0,0027
329	wielkopolskie	średzki	4919,98	298,34	0,0030
330	wielkopolskie	wolsztyński	5207,57	315,78	0,0032
331	wielkopolskie	grodziski	6092,47	369,44	0,0037
332	wielkopolskie	krotoszyński	5000,17	303,20	0,0030

lp	województwo	powiat	chorobowość na 100 tys. mieszkańców	zapadalność na 100 tys. mieszkańców	współczynnik zachorowalności Ipowiatu
333	wielkopolskie	turecki	7680,48	465,74	0,0047
334	wielkopolskie	gostyński	5540,86	335,99	0,0034
335	wielkopolskie	wągrowiecki	5884,96	356,86	0,0036
336	wielkopolskie	kępiński	3977,26	241,18	0,0024
337	wielkopolskie	ostrzeszowski	5386,81	326,65	0,0033
338	wielkopolskie	pilski	6461,8	391,84	0,0039
339	wielkopolskie	jarociński	6707,75	406,75	0,0041
340	wielkopolskie	pleszewski	7522,2	456,14	0,0046
341	wielkopolskie	szamotulski	5929,29	359,55	0,0036
342	wielkopolskie	gnieźniński	5879,55	356,53	0,0036
343	wielkopolskie	kolski	8638,27	523,81	0,0052
344	wielkopolskie	koniński	4502,75	273,04	0,0027
345	wielkopolskie	obornicki	8824,4	535,10	0,0054
346	wielkopolskie	m.Leszno	3376,08	204,72	0,0020
347	wielkopolskie	kościański	5180,2	314,12	0,0031
348	wielkopolskie	leszczyński	4924,55	298,62	0,0030
349	wielkopolskie	słupecki	5323,35	322,80	0,0032
350	wielkopolskie	wrzesiński	5083,56	308,26	0,0031
351	wielkopolskie	chodzieski	6287,7	381,28	0,0038
352	wielkopolskie	m.Konin	3391,3	205,64	0,0021
353	wielkopolskie	kaliski	2791,43	169,27	0,0017
354	wielkopolskie	międzychodzki	5629,85	341,39	0,0034
355	wielkopolskie	śremski	4291,19	260,21	0,0026
356	wielkopolskie	nowotomyski	5404,03	327,69	0,0033
357	wielkopolskie	rawicki	5292,03	320,90	0,0032
358	wielkopolskie	czarnkowsko-trzcieński	5815,02	352,62	0,0035
359	wielkopolskie	złotowski	4533,16	274,89	0,0027
360	zachodniopomorskie	goleniowski	5523,21	334,02	0,0033
361	zachodniopomorskie	m. Szczecin	5396,28	326,35	0,0033
362	zachodniopomorskie	łobeski	5809,05	351,31	0,0035
363	zachodniopomorskie	choszcheński	6922,57	418,65	0,0042
364	zachodniopomorskie	wałeski	6045,56	365,61	0,0037
365	zachodniopomorskie	gryfiński	6971,37	421,60	0,0042
366	zachodniopomorskie	drawski	5650,84	341,74	0,0034
367	zachodniopomorskie	ślawieński	3759,91	227,39	0,0023
368	zachodniopomorskie	stargardzki	5477,19	331,24	0,0033
369	zachodniopomorskie	kołobrzeski	4570,91	276,43	0,0028
370	zachodniopomorskie	m. Koszalin	4184,22	253,05	0,0025
371	zachodniopomorskie	m. Świnoujście	2608,42	157,75	0,0016
372	zachodniopomorskie	pyrzycki	6373,74	385,46	0,0039
373	zachodniopomorskie	kamieński	5255,61	317,84	0,0032
374	zachodniopomorskie	myśliborski	5218,98	315,63	0,0032

lp	województwo	powiat	chorobowość na 100 tys. mieszkańców	zapadalność na 100 tys. mieszkańców	współczynnik zachorowalności Ipowiatu
375	zachodniopomorskie	policki	6917,05	418,32	0,0042
376	zachodniopomorskie	szczecinecki	4877,58	294,98	0,0029
377	zachodniopomorskie	świdwiński	4560,89	275,83	0,0028
378	zachodniopomorskie	koszaliński	4862,77	294,08	0,0029
379	zachodniopomorskie	białogardzki	5354,42	323,82	0,0032
380	zachodniopomorskie	gryficki	4467,88	270,20	0,0027
381	Polska	razem	6111,39	329,93	0,0033

ZAŁĄCZNIK NR 2

Materiały źródłowe

1. Implications of environmental noise on health and wellbeing in Europe based on data from the second (2012) and third (2017) round of noise assessment in the framework of the European Noise Directive, February 2019 (D.Houthuijs, W.Swart, E.van Kempen, National Institute for Public Health and the Environment, RIVM), ozn.: Eionet Report-ETC/ACM2018/10
2. Study on methodology to perform environmental noise and health assessment, RIVM Report 2018-0121 I. van Kamp et al.; ozn: RIVM Report 2018-0121,
3. Dyrektywa Komisji (UE) 2020/367 z dnia 4 marca 2020 r. zmieniająca załącznik III do dyrektywy 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do ustalenia metod oceny szkodliwych skutków hałasu w środowisku, ozn. Dyrektywa 2020/367
4. Environmental noise guidelines for the European region, WHO 2018, ozn. WHO 2018
5. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 1 lipca 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu danych ujętych na strategicznych mapach hałasu, sposobu ich prezentacji i formy ich przekazywania (Dz. U. 2021 poz. 1325)
6. Wytyczne GIOŚ – Dobre praktyki wykonywania strategicznych map hałasu, Warszawa, maj 2021
1. Borch F. et al., LIFE+2008 HUSH project results: a new methodology and a new platform for implementing an integrated and harmonized noise Action Plan and proposals for updating Italian legislation and Environmental Noise Directive, Noise Mapp, 2016; 3:71–85,
2. D’Alessandro F. et al., The Noise Abatement Plan of an Italian Road Network: A Comparison Between Standard and Innovative Methodologies, The Open Transportation Journal, 2014, 8, 26-38
3. Faber N., Lourens J, The Dutch Road Noise Mitigation Program, EuroNoise 2015, Maastricht, 2015
4. Probst W., QCITY – A concept for noise mapping, ranking, hot spot detection and action planning, 19th International Congress On Acoustics, Madrid, 2-7 September 2007
5. Licitra G., ed., Noise Mapping in the EU, Models and Procedures; CRC Press Taylor & Francis Group, 2013
6. Stapelfeldt H., State wide integrated approach for noise mapping and action planning, Inter Noise 2019, Madrid, 16-19 June 2019
7. Bing M., Popp Ch., Noise action planning in agglomerations. Reduction potentials based on the example of Hamburg, UMWELTBUNDESAMT, Texte 17/2011; <http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4090.html>