



**Projekt realizowany w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia RID,
finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad**

**Wynik z osiągniętego etapu/etapów prac nad Projektem będącym
przedmiotem umowy pn:**

Ochrona przed hałasem drogowym

Zadanie 7. Kształtowanie urbanistyczne układów drogi – zabudowa w aspekcie ochrony akustycznej ochrony mieszkańców przed hałasem

Akronim Projektu: OT1-1D/PK-PW-PWR-IBDiM-PL
Numer umowy: DZP/RID-I-76/15/NCBR/2016
Lider i Współwykonawcy: PK, PW, PWR, IBDiM, PL
Kierownik Projektu: prof. dr hab. inż. Marian Tracz

Lider i Współwykonawcy Zad. 7: Politechnika Krakowska
Kierownik Zad. 7: prof. dr hab. inż. Marian Tracz

Data rozpoczęcia Zad. 7: 01.01.2016
Data zakończenia Zad. 7: 30.01.2018



Zadanie 7

7. KSZTAŁTOWANIE URBANISTYCZNE UKŁADÓW DROGA – ZABUDOWA W ASPEKCIE OCHRONY MIESZKAŃCÓW PRZED HAŁASEM

Zespół badawczy:

Politechnika Krakowska
Instytut Inżynierii Drogowej, Kolejowej i Transportu

prof. dr hab. inż. Marian Tracz – kierownik zadania
mgr inż. Piotr Buczek
mgr inż. Agnieszka Kościelecka
mgr inż. Marek Nosek
mgr inż. Piotr Ostaszewski
dr inż. Krystian Woźniak

Spis treści:

Zadanie 7 1

7.	KSZTAŁTOWANIE URBANISTYCZNE UKŁADÓW DROGA – ZABUDOWA W ASPEKTCIE OCHRONY MIESZKAŃCÓW PRZED HAŁASEM	1
7.1.	WPROWADZENIE	3
7.1.1.	Rozwój dróg krajowych klasy GP i G oraz procesy rozwojowe w ich otoczeniu.....	3
7.1.2.	Przesłanki realizacji zadania i jego główne cele.	8
7.1.3.	Kształtowanie lokalnych układów droga- zabudowa w celu minimalizacji ochrony akustycznej stan istniejący	9
7.1.4.	Badania zasadnicze i analizy dodatkowe służące realizacji zasadniczych celów zadania. Metody badawcze.	23
7.1.5.	Badania empiryczne rozprzestrzeniania się hałasu w terenie otwartym oraz zagospodarowanym.....	25
7.2.	OKREŚLENIE TYPOLOGII UKŁADÓW DROGA-ZABUDOWA.....	37
7.2.1.	Przykłady i schematy analizowanych układów zabudowy.....	38
7.3.	OCENA UKŁADÓW DROGA-ZABUDOWA POD WZGLĘDEM OCHRONY AKUSTYCZNEJ ...	49
7.3.1.	Ocena wskaźnikowa	50
7.3.2.	Analiza jakości klimatu akustycznego w obrębie badanych układów zabudowy w pobliżu drogi i ekspozycji zabudowy na ponadnormatywny hałas.....	56
7.4.	ZASTOSOWANIE LINII REFERENCYJNYCH DO ODPOWIEDNIEGO PLANOWANIA I LINII ZABUDOWY WRAŻLIWEJ NA HAŁAS	100
7.5.	MOŻLIWOŚCI I SPOSOBY DOSTOSOWANIA ISTNIEJĄCYCH UKŁADÓW DO REKOMENDOWANYCH	109
7.5.1.	Przykłady przekształceń istniejących układów zabudowy wraz z oceną wskaźnikową ich ekspozycji na hałas	111
7.5.2.	Wnioski z analiz z zastosowaniem map hałasu	130
7.6.	WNIOSKI	134

7.1. WPROWADZENIE.

7.1.1. Rozwój dróg krajowych klasy GP i G oraz procesy rozwojowe w ich otoczeniu.

W obecnym programie przekształceń sieci drogowej na plan pierwszy wysuwa się dalszą rozbudowę sieci autostrad i dróg ekspresowych. Jest to niewątpliwie potrzebne i zrozumiałe, gdyż te drogi będą decydować o sprawności transportu drogowego, biorąc pod uwagę ich wysoką przepustowość, wysokie prędkości podróży i bezpieczeństwo ruchu. Równocześnie powstaje ważne pytanie, co dalej z siecią dróg klas GP i G, tj. dróg, które do niedawna były najważniejszymi dla rozwoju transportu drogami, zapewniającymi dość dużą przepustowość i wysokie prędkości ruchu, w sytuacji, kiedy najważniejsze funkcje ruchowe przejmują autostrady i drogi ekspresowe gwarantujące lepsze warunki ruchu i jego bezpieczeństwo.

Obecnie drogi krajowe klasy GP pełnią w dalszym ciągu funkcje ważne dla transportu krajowego, ale głównie w skali regionów i województw oraz tam, gdzie nie ma jeszcze zbudowanych lub nie są planowane połączenia drogami klas A lub S. Znaczna część dróg GP przestaje służyć do ruchu dalekobieżnego w skali kraju. Zależnie od rozwoju sieci drogowej w danym regionie kraju, drogi te pełnią nieco inne, ale również bardzo ważne funkcje ruchowe, rozprawdzając ruch drogowy z dróg klas A i S na drogi wojewódzkie i powiatowe, a przez nie do wielu ośrodków regionalnych i miast. Służą one także, jako dojazdy z dróg klas A i S do ośrodków przemysłowych i handlowych, turystycznych i administracyjnych.

Niestety, równocześnie postępuje dość żywiołowy proces obudowy dróg klasy GP zarówno zabudową mieszkaniową, jak i zabudową komercyjną, przemysłową i składową zwłaszcza na odcinkach wylotowych tych dróg z miast.. Dotyczy to szczególnie dwóch grup odcinków tych dróg;

- mających dobre połączenia z drogami A i S, dzięki czemu ułatwiają one transport z miejsc w otoczeniu tych dróg, co jest istotne dla rozwoju przemysłu i handlu,
- odcinków na wylotach z miast, które są obudowywane różnego typu zabudową, a w tym zwłaszcza piętrową i parterową zabudową mieszkaniową.

Tworzenie nowej zabudowy mieszkaniowej, nierzadko wraz z zabudową komercyjną i usługową ma także miejsce na długości małych miast i miejscowości oraz wsi.

Opisane procesy, wobec braku uregulowań i działań w zakresie gospodarki przestrzennej, czyli na ogół bez planów zagospodarowania oraz projektowania zabudowy wrażliwej na hałas, muszą budzić uzasadniony niepokój. Ma to odzwierciedlenie w pogarszaniu się warunków ruchu i jego bezpieczeństwa, a także w zwiększaniu się zakresu przestrzennego niekorzystnych oddziaływań akustycznych na otoczenie, a także uciążliwości hałasu drogowego (poziom hałasu), a w ślad za nimi z oczekiwaniami na zapewnienie ochrony akustycznej.

Intensywny rozwój motoryzacji rozpoczął się w Polsce po 1990 roku. Od 1990 roku równoległe z procesem szybkiej motoryzacji (po umożliwieniu przez rząd przywozu z zagranicy samochodów - w większości używanych) wzrastały szybko natężenia ruchu drogowego, ponieważ zlikwidowano także kartki na paliwo. Wzrost natężeń ruchu drogowego wynikał także ze wzrostu zamożności społeczeństwa i rosnącej szybko motoryzacji. Ten wzrost zamożności skutkuje także rozwojem budownictwa mieszkaniowego w miastach oraz poza miastami, co w efekcie skutkuje także widocznym procesem chaotycznej obudowy istniejących i nowoprojektowanych dróg krajowych klas GP i G, na których także wzrasta ruchu drogowy dalekobieżny i ruch związany w dużej części z powstającą wzdłuż nich zabudową przemysłową i komercyjną. Drogi GP i G zapewniają na ogół szybki dojazd do powstających dróg A i S oraz do miast. Z tego powodu niezależnie od zabudowy istniejącej przy tych drogach od wielu lat, powstaje nowa zabudowa przemysłowa. Dzięki dobrej dostępności do dróg ruchem samochodowym, powstają wzdłuż tych dróg nowe budynki mieszkalne oraz zabudowa komercyjna. Te procesy skutkują z jednej strony wzrostem zakresu uciążliwości hałasu w stosunku do istniejącego, a także rozwijającego się otoczenia tych dróg, zaś z drugiej wzrostem kosztów ochrony akustycznej zabudowy i terenów wrażliwych w otoczeniu dróg.

Należy podkreślić generalny brak dobrych uregulowań prawnych, których mogłyby uporządkować zachodzące procesy chaotycznej urbanizacji [6, 19, 20]. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji, gdzie miesza się zabudowę mieszkaniową wrażliwą na hałas z zabudową przemysłową, składową i komercyjną – niewrażliwymi na hałas (przykład Rys.1.).



Rys. 7.1. Przykład mieszania zabudowy komercyjno-przemysłowej (składowej) z zabudową mieszkaniową na drodze nr 75 (odcinek wylotowy z Nowego Sącza).



Rys.7.2. Przykład łączenia zabudowy przemysłowej z mieszkaniową oraz usługową na odcinku wylotowym drogi nr 7 z Nowego Sącza

Opisanym procesom nie towarzyszył niestety na ogół proces porządkowania zagospodarowania przestrzennego, tj. [16] tworzenia planów zagospodarowania przestrzennego terenów zamiejskich w otoczeniu miast - zawierających także nowo tworzone układy dróg lokalnych i rozwój (zmiany) takich terenów. Ten rozwój, przeważnie dość

dynamiczny przebiega na ogół żywiołowo, bo takich planów na ogół nie wykonywano. Wykonywane w przypadku wielkich miast plany zagospodarowania przestrzennego rzadko obejmowały kształtowanie terenów podmiejskich, albo obejmowały je w zbyt małym zakresie [18, 25, 26]. Skutki takich zaniedbań ilustrują fotografie (rys.1 i rys.2). W wielu przypadkach żywiołowy rozwój terenu prowadził do karykaturalnych efektów (rys.1), zaś w innych, gdzie wyraźnie oddzielona jest strefa przemysłowa (produkcja w zamkniętych halach) od mieszkaniowej nie występują dzięki budowie w wielu przypadkach dróg lokalnych.

Na opisane problemy i związane z tym koszty społeczne zwracali uwagę w swoich raportach i publikacjach naukowcy i eksperci z kilku ośrodków w kraju. Warto w tym miejscu wymienić następujące raporty i publikacje:

- a) **Kowalewski A., Mordasiewicz J., Osiatyński J., Regulski J., Stępień J., Śleszyński P., Ekonomiczne straty i społeczne koszty niekontrolowanej urbanizacji w Polsce - wybrane fragmenty raportu”, Samorząd Terytorialny, 2014, [16]**
- b) **Lityński P., Hołuj A. Urban Sprawl Costs: the Valuation of Households’ Losses in Poland, „Journal of Settlements and Spatial Planning”, t. 8, nr 1, s. 11–35, 2017,[17]**
- c) **Bonenberg W., Kapliński O., The Architect and the Paradigms of Sustainable Development; a Review of Dilemmas Sustainability, 10(1) 2018 [11].**

W wymienionych i innych pracach wskazywano na różnorodne negatywne skutki zachodzących w ostatnich latach chaotycznych procesów zachodzących w terenach zamiejskich, ale także w otoczeniu miast, gdzie zachodzą procesy tzw. deglomeracji (w j. ang. sprawling up.) czyli przenoszenia się mieszkańców miast na ich przedmieścia, a nawet dalej - do własnych domów. Jednym z elementów tego procesu jest proces obudowy dróg wylotowych z miast, a w ostatnim okresie także proces żywiołowej obudowy dróg krajowych klasy GP przedstawiony w: Tracz M.: „Kształtowanie otoczenia dróg krajowych klasy GP w programie przekształceń sieci drogowej” [21]. Procesy te mają różnorodny charakter, ale związane są najczęściej z powstawaniem zakładów wytwórczych i produkcyjnych oraz baz transportowych, a w bezpośrednim sąsiedztwie małych miast lub wsi. Tworzone plany zagospodarowania przestrzennego (lub ich aktualizacje), związane były zasadniczo z potrzebami budownictwa mieszkaniowego i obejmowały po 1990r. głównie tereny dużych i średnich miast w przekształcaniu, których generalnie nie uwzględniano jednak rozwijających się coraz silniej po 2000 roku procesów deglomeracji, czyli wychodzenia urbanizacji poza

wcześniejsze granice administracyjne, co w ostatnich latach (szczególnie po 2010 r.) ma miejsce w coraz większej skali i co można prześledzić na obrazach satelitarnych.



Rys 7.3. Przykład wychodzenia urbanizacji wzdłuż dróg krajowych poza granice administracyjne miast

Generalnie proces deglomeracji obejmuje zmianę miejsca zamieszkania przez część mieszkańców z większych miast i pracujących nadal w tych miastach, na tereny podmiejskie do nowobudowanych domów i osiedli. Jedną z przesłanek decyzji takich mieszkańców jest zazwyczaj połączenie miejsca zamieszkania z wypoczynkiem i rekreacją, czyli spędzanie czasu po pracy w sposób bardziej atrakcyjny niż mieście; w kontakcie z przyrodą. Dla wielu osób istotne są także przesłanki ekonomiczne. Z uwagi na dojazd, poszukuje się lokalizacji dla nowej zabudowy wzdłuż dróg powiatowych i gminnych, ale znaczna jej część - z uwagi na łatwość dojazdu, lokowana jest także wzdłuż dróg krajowych i wojewódzkich na terenach na ogół nieobjętych planami zagospodarowania. Dotyczy to także absolwentów wyższych uczelni spoza dużych miast, którzy chcą pozostać w tych miastach.

Analiza zachodzących procesów wskazuje, że jednym z istotnych problemów planistyczno-projektowych jest ocena stosowanych odległości od drogi do zabudowy i ich doboru, oraz układów drogi-zabudowa w jej otoczeniu, a także sposobu zagospodarowania tych powierzchni pomiędzy drogą i wrażliwą na hałas zabudową, z uwzględnieniem: własności, charakterystyki zabudowy oraz poziomu hałasu wytwarzanego przez ruch drogowy, a także jego rozchodzenia się przy uwzględnieniu czynników wpływających na jego, poziom.

Procesy obudowy dróg klas GP i G zabudową wrażliwą na hałas, obok zabudowy komercyjnej, i przemysłowej, mają miejsce nie tylko na wylotowych odcinkach dróg z miast,

ale także na odcinkach dróg krajowych (także wojewódzkich) w pewnej odległości od miast. Dotyczy to zwłaszcza odcinków dróg krajowych klasy GP mających, jak już wskazano dobre połączenie z drogami A lub S [21].

7.1.2. Przesłanki realizacji zadania i jego główne cele.

Na podstawie wstępnych analiz stanu istniejącego w zakresie zagospodarowania otoczenia dróg klas GP i G oraz analiz klimatu akustycznego w otoczeniu tych dróg, a także analizy trendów rozwojowych, zwłaszcza w pobliżu miast, sformułowano następujące cele zadania 7:

1. Analiza i ocena istniejących rozwiązań i układów droga-zabudowa i klimatu akustycznego w konkretnych przypadkach w otoczeniu zabudowy położonej przy drogach. Głównie w terenach niezbyt odległych od miast oraz sformułowanie wniosków dla uporządkowania procesów budowy/rozbudowy lub przebudowy drogi i racjonalnego lokalizowania zagospodarowania w otoczeniu dróg (głównie klas GP i G).
2. Analizy prowadzone były pod kątem możliwości racjonalizacji z jednej strony ekspozycji zabudowy na hałas drogowy, a z drugiej ochrony akustycznej istniejącego otoczenia dróg, uwzględniającej zastosowanie różnych metod i środków, w tym także ocenę możliwości ograniczenia stosowania ekranów akustycznych do ochrony przed hałasem, czyli obniżenia kosztów ochrony. Ten cel obejmował także opracowanie wskaźnikowej metody umożliwiającej ocenę skuteczności ochrony akustycznej zabudowy na etapie planowania. Realizacja tego celu wiązała się z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych przez jednego z autorów do analiz.
3. Opracowanie modelowych układów droga-zabudowa dla nowo projektowanych dróg, a także nowoprojektowanej zabudowy, wg. kryteriów rozprzestrzeniania się hałasu drogowego przy zapewnieniu dostępności pojazdami do dróg klas GP i G pełniących funkcje ruchowe - z uwzględnieniem sytuacyjno-wysokościowego ukształtowania drogi i zabudowy, a także środków redukcji hałasu, które mogą być zastosowane. Chodziło także o opracowanie kilku modelowych rozwiązań przekształceń lokalizacji zabudowy wrażliwej na hałas (głównie mieszkaniowej) w sąsiedztwie drogi, czyli możliwych sposobów dostosowania istniejących układów droga-zabudowa do rekomendowanych rozwiązań modelowych uwzględniających także kryterium minimalizacji hałasu wraz z ich oceną.

4. Czwartym celem było zbadanie możliwości wprowadzenia do procesu planowania i projektowania linii referencyjnych prognozowanego hałasu dla oceny zagrożenia, wskazujących granice terenu w otoczeniu drogi w odniesieniu, do którego zarządca drogi mógłby gwarantować dotrzymanie ustalonych poziomów hałasu przy zachowaniu funkcji drogi.

Koncepcja wprowadzenia linii referencyjnej polega na określeniu zakresu minimalnej odległości zabudowy od drogi, przy której zapewniona zostanie wymagana ochrona akustyczna budynku (posesji) w zależności od charakterystyk ruchu (natężenie, struktura rodzajowa, prędkość, zmienność ruchu) oraz przyjętego zagospodarowania terenu.

Badania empiryczne i symulacyjne koncentrowały się zasadniczo na odcinkach podmiejskich dróg krajowych (klasy GP lub G), tj. na odcinkach, wzdłuż których osiedlają się najczęściej dotychczasowi mieszkańcy miast, poszukujący rozwiązania ich problemów z uzyskaniem mieszkania oraz lepszych warunków do wypoczynku i rekreacji niż w obszarze miasta. Uwzględniano także poprzeczne drogi niższych klas, przy których jest także lokalizowane zabudowa mieszkaniowa.

Należy zwrócić uwagę na to, że proces obudowy opisanych i analizowanych odcinków dróg odbywał się generalnie w sposób dość żywiołowy, a hałas rzadko był kryterium brany pod uwagę przy: zakupie działek budowlanych, lokalizacji posesji na działce, jej zagospodarowaniu oraz przy rozkładzie pomieszczeń wewnątrz zabudowy, – co wynika także z dodatkowych badań ankietowych. Analizowano także odcinki poza miastami tam, gdzie powstawała zabudowa komercyjna.

7.1.3. Kształtowanie lokalnych układów droga- zabudowa w celu minimalizacji ochrony akustycznej stan istniejący

Kształtowanie układów droga-zabudowa

Racjonalne planowanie przeznaczenia terenu oraz rozmieszczenia zabudowy na danym terenie w otoczeniu dróg klas GP i G, jak i dróg dochodzących do tych dróg, w tym tzw. dróg niższych klas Z i L – także w formie sięgaczy, może wpłynąć na zmniejszenie uciążliwości wywołanych przez hałas samochodowy wokół nowo planowanych inwestycji drogowych, a także wokół dróg rozbudowywanych i przebudowywanych. W sytuacji już istniejącego zagospodarowania terenów przyległych do inwestycji liniowej, jaką jest droga, w

analizie możliwości pozostaje przeciwdziałanie nadmiernym oddziaływaniom akustycznym. Wtedy należy uwzględnić ograniczenie oddziaływania hałasu, metodami i środkami pokazanymi we wprowadzeniu do opisu projektu (rys.0.1). Obejmują one metody i środki związane z:

- drogą i ruchem drogowym (nawierzchnie oraz natężenie, prędkość i struktura ruchu),
- ograniczeniem propagacji hałasu w otoczeniu drogi i ekspozycji zabudowy na ten hałas, przez różne osłony i formy ekranowania (ekrany akustyczne, wały ziemne i różne formy zieleni,

- odbiorcami - czyli mieszkańcami otoczenia drogi i użytkownikami zabudowy w tym otoczeniu (np. szkoły), mieszkającymi, wypoczywającymi, pracującymi umysłowo, itp. Przez lokalizację i zabezpieczenie budynku (np. stolarka okienna), odpowiednie rozmieszczenie pomieszczeń wewnątrz budynku.

W niektórych przypadkach należy też rozważać przekształcenia już istniejących układów droga-zabudowa, a także już istniejących terenów między zabudową, a drogą. Te problemy są przedmiotem analiz także w innych zadaniach projektu (zad.8 i zad.9).

Racjonalne planowanie przeznaczenia terenu oraz rozmieszczenia zabudowy na danym terenie z uwzględnieniem dróg może wpłynąć na zmniejszenie uciążliwości wywołanych przez hałas samochodowy nie tylko wokół istniejących dróg, ale także wokół nowo planowanych inwestycji drogowych i wokół dróg rozbudowywanych i przebudowywanych. W sytuacji już istniejącego zagospodarowania terenów przyległych do inwestycji liniowej, jaką jest droga, w analizie możliwe pozostaje przeciwdziałanie nadmiernym oddziaływaniom akustycznym. Należy wtedy rozważyć metody i środki pokazane schematycznie na zdjęciu poniżej rys 7.4 poprzez: stosowanie narzędzi zarządzania ruchem, zmiany rodzajów nawierzchni drogowych, projektowanie zabezpieczeń w formie: ekranów akustycznych, wałów ziemnych i zieleni. W niektórych przypadkach należy też rozważać przekształcenia już istniejących układów droga-zabudowa, a także już istniejących terenów między zabudową, a drogą. Te problemy są przedmiotem analiz także w innych zadaniach projektu. zad.8 i zad.9.



Rys. 7.4. Rozmieszczenie metod zabezpieczeń akustycznych

Na przestrzeni drugiej połowy XX wieku nastąpiło znaczne rozdrobnienie gospodarstw rolnych, a co za tym idzie zmiana struktury własnościowej działek. Zmiana ta doprowadziła do podziału większych działek na mniejsze z zachowaniem dostępu do drogi nadrzędnej. Na działkach tych po odpowiednim ich przekształceniu budowano zabudowania zarówno jednorodzinne, wielorodzinne, zagrodowe, usługowo-przemysłowe jak i spełniające funkcje rekreacyjne. Na przestrzeni ostatnich lat funkcje tych działek, a także zabudowy ulegały zmianom. Niezbyt udane były zmiany układu przestrzennego w terenach pozamiejskich. Sytuacja taka była i jest bardzo niekorzystna z punktu widzenia urbanistyki i brd [15], oraz ochrony środowiska przed hałasem.

W polskim piśmiennictwie występowały i występują nieściśle, niepełne lub niezbyt korzystne zapisy dotyczące planowania zabudowy wokół istniejących i nowo projektowanych dróg krajowych, o czym traktują prace [16]. Pierwszy z nich dotyczy określenia lokalizacji zabudowy względem drogi. W sytuacji, gdy jest ustalony MPZP, obowiązujący na terenie inwestycji, obowiązkowo określa się linie zabudowy [6]. Takie rozwiązanie z uwagi na bardzo małe pokrycie miejscowymi planami Polski [24, 16,] jest rzadziej spotykane. W

przypadku, gdy na danym terenie nie obowiązuje MPZP należy określić nową linię zabudowy na podstawie [2]. Dokument ten określa najmniejszą odległość lokalizacji zabudowy w przypadku lokalizacji nowych budynków, gdy na danym terenie nie ma sporządzonego MPZP. Linia ta wyznaczana jest na podstawie istniejącej linii zabudowy na działkach sąsiednich w przypadku starania się inwestora o decyzję o warunkach zabudowy.

Drugi aspekt prawny, który jest niestosowny z punktu ochrony akustycznej to zapis wynikający z ochrony akustycznej terenów, które zgodnie z [6] podlegają ochronie na mocy ustawy[5]. Zgodnie z zapisem Art. 144 tej ustawy eksploatacja instalacji powodująca wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza, emisję hałasu oraz wytwarzanie pól elektromagnetycznych nie powinna, z zastrzeżeniem ust. 3, powodować przekroczenia standardów, jakości środowiska poza terenem, do którego prowadzący instalację ma tytuł prawny. Zapis ten oznacza, że zarządca drogi nie może dopuścić do przekroczeń dopuszczalnych poziomów dźwięków określonych w [3] (poza linie rozgraniczające inwestycję) na terenach, które podlegają ochronie. Odległości między liniami rozgraniczającymi regulują zapisy rozporządzenia [1]. Rozporządzenie to podaje minimalne szerokość linii rozgraniczających w zależności od klasy drogi lub ulicy. Rezerwy terenowe przyjęte przez ustawodawcę pod budowę drogi wraz z infrastrukturą wahają się od 15 m (droga klasy D) do 70 metrów (droga klasy A przekrój 2x3). Linie rozgraniczające dla ulic są węższe i wahają się od 10 do 50 metrów. Odległość linii rozgraniczających od drogi jest o połowę mniejsza ze względu na usytuowanie drogi zwykle w osi terenu zarezerwowanego pod inwestycję drogową. Oznacza to, że w przypadku autostrady linia rozgraniczająca jest usytuowana maksymalnie 35 m od osi drogi tj. około 10 – 15 od krawędzi drogi.

W ustawie [4] określono minimalne odległości usytuowania zabudowy od zewnętrznej krawędzi jezdni (tablica nr 1). Analizując dane stwierdzono, że można wybudować zabudowę podlegającą ochronie nawet w odległości 6m od krawędzi drogi. Oznacza to, że w bardzo bliskiej odległości od drogi od 6 – 50 m można zlokalizować zabudowę wrażliwą. W takiej sytuacji nie ma miejsca na zastosowanie jakiegokolwiek metody lub środków ochrony przed hałasem. W przypadku natężenia ruchu sięgającego 40 – 50 tys. poj./dobę izolacje dopuszczalnego poziomu dźwięku oddalone są od krawędzi drogi nawet o 200 m. Oznacza to konieczność stosowania zabezpieczeń akustycznych często nieskutecznych z uwagi na duże przekroczenia poziomu dopuszczalnego dźwięku przy każdej nowej inwestycji drogowej.

Zbyt liberalne zapisy w polskim prawie oznaczają brak możliwości skutecznego zabezpieczenia zabudowy w przypadku usytuowania jej w bliskiej odległości od krawędzi

drogi. Jednocześnie zapewniając one dostęp do drogi każdemu właścicielowi działki w otoczeniu w przypadku dróg klas D, L, Z, G, a do niedawna także GP.

Tab. 7.1 Minimalne odległości usytuowania obiektów budowlanych od krawędzi jezdni wg [4].

Lp.	Rodzaj drogi	W terenie zabudowy	Poza terenem zabudowy
1	Autostrada	30 m	50 m
2	Droga ekspresowa	20 m	40 m
3	Droga ogólnodostępna:		
	a) krajowa	10 m	25 m
	b) wojewódzka, powiatowa	8 m	20 m
	c) gminna	6 m	15 m

Dowolność w ustalaniu MPZP skutkuje nieracjonalnym wykorzystaniem środków z budżetu państwa na zabezpieczenia akustyczne, takie jak ekrany akustyczne. Środki te w większym stopniu powinny być wykorzystywane na poprawę klimatu akustycznego poprzez przebudowę lokalnych układów drogowych lub zmiany funkcji obiektów.

Ustawa [6], nie podaje żadnych informacji dotyczących optymalnej lokalizacji zabudowy według kryterium hałasu. Odpowiednie regulacje prawne dotyczące zarówno planowania przestrzennego jak również dostępności do dróg oraz ich respektowanie przez organy administracji państwowej może przyczynić się do poprawy warunków życia mieszkańców oraz poprawy sprawności ruchu i brd.

Analiza stanu wiedzy w zakresie wpływu zagospodarowania otoczenia dróg w aspekcie ochrony akustycznej wskazuje na potrzebę opracowania modeli lokalnych układów drogi i zabudowy zawierających trzy strefy: strefy zabudowy, strefy buforowej oraz drogi, w celu identyfikacji właściwych rozwiązań oraz możliwych przekształceń istniejących układów pod względem ochrony akustycznej. Uwzględnienie odpowiedniego planowania tego typu układów zabudowy oraz kształtowania niwelety drogi oraz strefy buforowej umożliwi wprowadzenie zmian prawnych przy sporządzaniu MPZP, które uwzględniałyby wzajemną lokalizację nowej zabudowy i projektowanych układów drogowych. Nowe rozwiązania przyczynią się w dalszej perspektywie czasowej do zmniejszenia wydatków na ochronę akustyczną mieszkańców oraz ochronę ich zdrowia. Próby podjęcia podobnych tematów miały miejsce w publikacjach wykonanych przez grupę CEDR [8, 9, 10, 12, 13]

- **Rodzaje stref kształtowanych w otoczeniu drogi**

Planowanie osiedli mieszkaniowych nie jest nowym problemem. W literaturze zagranicznej, jak i polskiej są pozycje dotyczące tej tematyki, chociaż nie są one liczne i dotyczą na ogół autostrad. Rzadko pojawiają się pozycje literatury podejmujące planowanie zabudowy mieszkaniowej wzdłuż innych dróg pełniących ważne funkcje ruchowe (w Polsce poza drogami A i S – drogi GP i G) oraz w strefach otaczających duże i średnie miasta, o zmieniających się funkcjach z powodu deglomeracji. Procesy deglomeracji obejmują zarówno niskie budownictwo mieszkaniowe, jak i zabudowę przemysłową, składową i komercyjną. Procesy te cechuje w ostatnich latach duża dynamika rozwojowa. Tematyka ta w Polsce jest nowa, podobnie jak stosunkowo nowy jest problem planowania osiedli i innych form zabudowy w aspekcie ich odpowiedniej lokalizacji pod względem ochrony akustycznej. W nielicznych pozycjach literatury pojawiają się wzmianki dotyczące dobrych przykładów lokalizacji zabudowy [24], jednakże bez podania szczegółów dotyczących: odległości wrażliwej zabudowy od drogi, jej wysokości, przedziałów natężeń ruchu na drodze głównej, przy której dany układ zabudowy może być stosowany itp.

Obecny stan wiedzy pozwala na stwierdzenie, że wpływ na bezpieczną lokalizację zabudowy ze względu na dotrzymanie określonych w danym kraju poziomów dopuszczalnych ma redukcja hałasu, jaką dzięki zastosowaniu znanych i dopuszczalnych środków można osiągnąć pomiędzy źródłem hałasu (drogą), a pasem terenu gdzie planuje się (lub dopuszcza) wrażliwą na hałas zabudowę.

Na podstawie przeprowadzonych studiów literatury i badań można wyróżnić następujące elementy kontroli klimatu akustycznego zarówno w strefie emisji jak i immisji:

- kształtowanie sytuacyjno-wysokościowe drogi (projektowanie drogi) i zagospodarowania otoczenia (urbanistyka);
- redukcja hałasu u źródła (środki inżynierii ruchu), oraz stosowanie nawierzchni o obniżonym poziomie hałaśliwości,
- ograniczenie rozchodzenia się hałasu od drogi (chroniące zabudowę i teren wokół niej),
- kontrola użytkowania gruntów (w tym sztuczne zabezpieczenia akustyczne),
- środki dotyczące samej zabudowy.

W zadaniu nr 7 jest analizowane kształtowanie lokalnych układów droga- zabudowa, co wiąże się z pewną kontrolą użytkowania gruntów. Działania w tej podgrupie możemy podzielić na:

- działania administracyjne;
- oraz metody fizyczne.

Działania administracyjne, które mogą być wdrażane przez samorządy lokalne oraz władze państwowe dzielą się na działania, które umożliwiają kontrolę dostępności do terenu pod inwestycje:

- a) wydzielenie stref w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego (zoning),
- b) ograniczenia prawne,
- c) zachęty finansowe,
- d) kontrolowanie nieruchomości przez samorządy,
- e) edukację, działania doradcze.

Działania fizyczne przeznaczone są do stosowania przez projektantów, architektów i mają za zadanie minimalizację oddziaływań hałasu na osiedla mieszkaniowe, grupy budynków i pojedyncze budynki. Do tych działań można zaliczyć np.:

- a) ochronę poprzez odpowiednie zagospodarowanie terenu,
- b) metody architektoniczne (lokalizacja budynku na posesji oraz rozkład pomieszczeń w budynku (także okien, balkonów, tarasów, a także budowę osłon itp.),
- c) metody konstrukcyjne tworzenie pewnych (innych niż ekrany) form ekranowania,
- d) stosowanie ekranów akustycznych i osłon, m.in. dla tworzenia miejsc cichych .

W dalszej części opisu badań w zadaniu⁹ przedstawione zostały przykłady istniejących układów droga-zabudowa, które posłużyły, jako przykłady do dalszych analiz klimatu akustycznego w otoczeniu zabudowy.

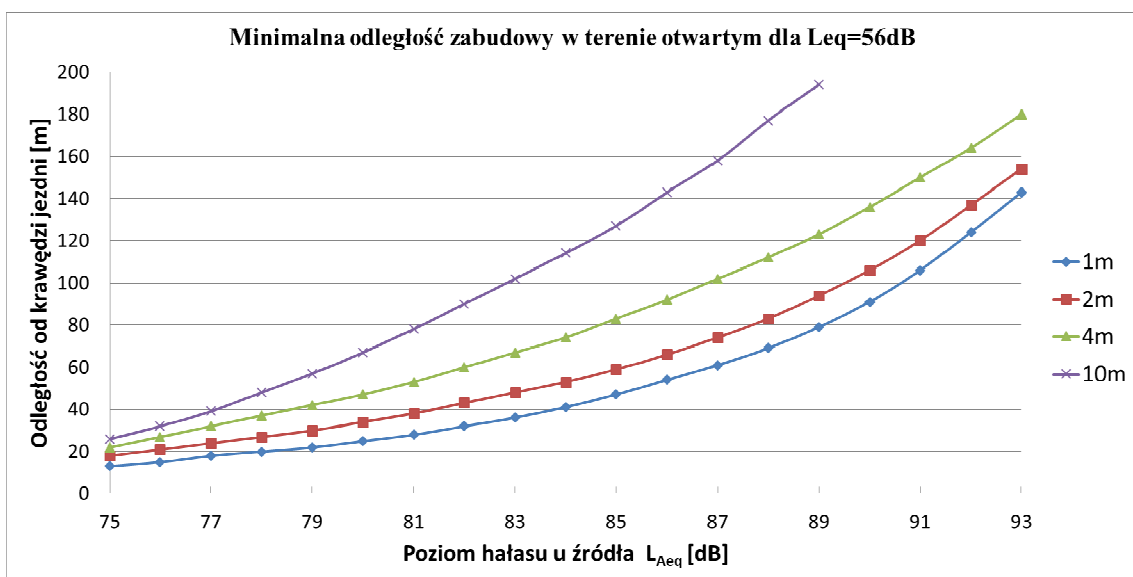
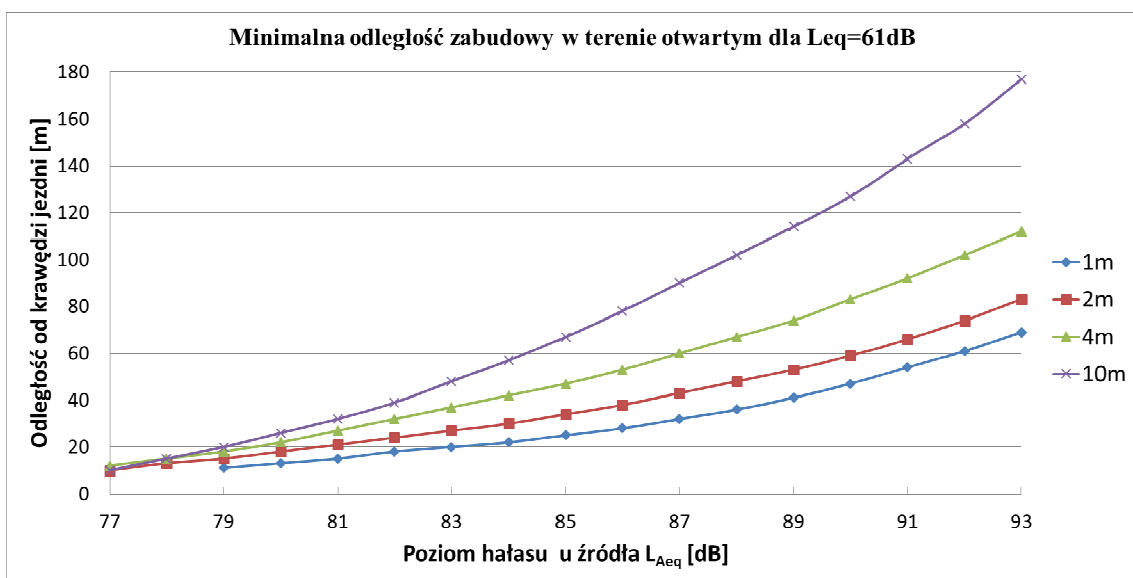
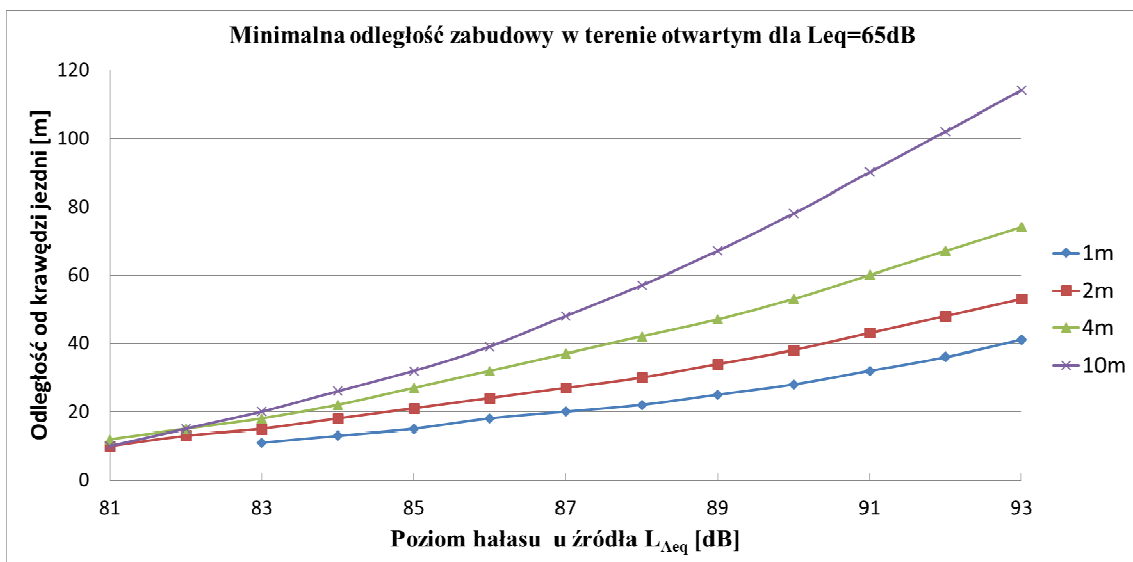
- **Strefa buforowa**

Rysunki 7.6 i 7.7 przedstawiają przykłady wydzielenia niezabudowanej strefy buforowej pomiędzy drogą, dzięki czemu do zabudowy dociera hałas drogowy o mniejszym natężeniu (odległość, tłumienie przez pokrycie terenu, ewentualnie zieleń). Szerokość takiej strefy tworzonej w celu lokalizacji zabudowy w odległości po niższym poziomie hałasu w zależy przede wszystkim od natężenia ruchu na drodze (mocy akustycznej źródła) oraz od elementów zagospodarowania między źródłem a odbiornikiem (zabudowa). Przykłady

ustalania odległości bezpiecznej lokalizacji zabudowy w zależności od mocy akustycznej (hałasu drogowego) przedstawiono na poniższych wykresach (rys 7.5). Uzyskane wyniki oraz możliwości wykorzystania przy planowaniu zabudowy wrażliwej na hałas zaprezentowano w rozdziale 7.5

Z wykresów wynika, że w zależności od mocy akustycznej źródła oraz wysokości punktu odbioru odległość posadowienia zabudowy nie jest stała z uwagi na możliwość posadowienia zabudowy w takiej odległości gdzie nie zostaną przekroczone poziomy dopuszczalne. Różnice pomiędzy posadowieniem zabudowy jednokondygnacyjnej (punkt odbioru na wysokości 2m), a zabudową 3 kondygnacyjną (punkt odbioru na wysokości 10m) w odległości, gdzie nie powinno dochodzić do przekroczeń poziomów dopuszczalnych w nocy mogą wynosić nawet 100m.

Przedstawione na rys 7.5 rozwiązania są bardzo korzystne pod względem hałasu i bezpieczeństwa ruchu – zwłaszcza pieszych, ale pociągają za sobą konieczność budowy lokalnych dróg dojazdowych oraz racjonalnego zagospodarowania terenu pomiędzy drogą i zabudową, co generalnie nie powinno sprawiać większego kłopotu. Nie są potrzebne ekrany akustyczne ani inne drogic środki ochrony przed hałasem. Takie rozwiązania powinny być uwzględniane w planach zagospodarowania. Przy zjeździe z drogi wojewódzkiej (w innym przypadku krajowej) mogą być lokalizowane usługi. Bilans kosztów może być w tym przypadku pozytywny.



Rys. 7.5. Minimalne odległości lokalizacji zabudowy ze względu na dopuszczalne poziomy dźwięku dla poziomów dopuszczalnych wyrażonych równoważnym poziomem dźwięku przy wybranych

$L_{Aeq,N} = 56\text{dB}$, $L_{Aeq,D} = 61\text{dB}$, $L_{Aeq,D} = 65\text{dB}$ parametrach źródła dźwięku dla 4 wysokości punktu odbioru 1m, 2m, 4m, 10m (teren o właściwościach pochłaniających).



Rys. 7.6. Wydzielona wzdłuż drogi strefa wolna od zabudowy – Houston, Texas, USA [27]



Rys. 7.7. Przykład wydzielonej strefy wolnej od zabudowy o szer.100m na odcinku drogi wojewódzkiej nr 724 Konstancin-Jeziorna [27]

- **Strefa buforowa z zabudową**

Zastosowanie strefy buforowej z zabudową jest wskazane, gdy nie ma możliwości wydzielenia odpowiednio dużej strefy wolnej pomiędzy zabudową wrażliwą a drogą. Wydzielenie dużej strefy buforowej jest kosztowne i w praktyce często niewykonalne z uwagi na potrzeby rezerwy terenu sięgające do 200m od drogi w celu bezpiecznej lokalizacji zabudowy. W celu minimalizacji kosztów oraz braku możliwości zabezpieczenia rezerwy terenu w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego można zastosować zabudowę ekranującą w postaci zabudowy mało wrażliwej na hałas np.: budynki usługowe, garaże i budynki przemysłowe. W sytuacji lokalizacji zakładów przemysłowych w strefie buforowej należy zwrócić uwagę na hałas emitowany przy pracy zakładu oraz wpływ spalin.

W przypadku, gdy inwestorzy posiadają odpowiedniej wielkości działkę mogą wraz z projektantem samodzielnie zapewnić ochronę akustyczną w postaci niewrażliwych budynków ekranujących, a dodatkowo czerpać korzyści z wynajmu garaży lub budynków np. na sklepy, zakłady usługowe, biura itp. Przykład wykonania stref buforowych z zabudową przedstawia poniższy rys. 7.8.

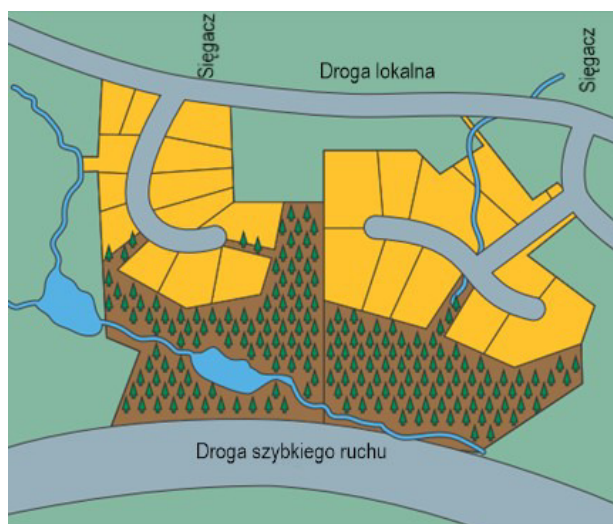


Rys. 7.8. Modelowy przykład zabudowy z garażami pełniącymi funkcję ekranującą [14]

- **Strefa buforowa z różnymi formami zieleni**

Innym sposobem zmniejszenia wielkości strefy buforowej jest zastosowanie gęstej zieleni zawierającej wszystkie szaty roślinności od niskiej do wysokiej. Najlepszym rozwiązaniem w naszym klimacie jest stosowanie roślinności zimozielonej. Z danych literaturowych można wnioskować, że poziom tłumienia hałasu przez pasy zieleni zależy od rodzajów nasadzonej roślinności, gęstości nasadzenia oraz szerokości pasa zieleni. Według danych z literatury [14] i badań autorów redukcja hałasu dzięki tłumieniu waha się w granicach od 4 dB do 10 dB

(wraz z tłumieniem związanym z odległością –szczegółowe wyniki badań różnych form tłumienia hałasu zamieszczono w Zadaniu 8 niniejszego Raportu) przy 100 metrowej szerokości pasa zieleni. Natomiast gęste żywopłoty tłumią hałas o wartość 0,5 dB na każdy metr miąższości. Poniżej przedstawiono przykładowe rysunki z omawianymi strefami zieleni. Zaletą takich rozwiązań jest wizualne oddzielenie mieszkańców od ruchliwej drogi oraz dobra kompozycja z krajobrazem, a także wytwarzanie tlenu.



Rys. 7.9. Modelowy przykład zabudowy z buforem zagospodarowanym zielenią – rzut z góry [14]



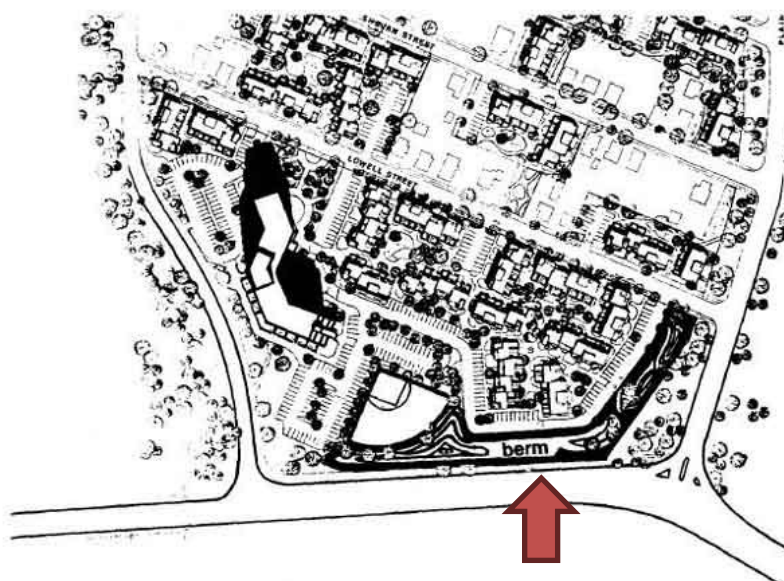
Rys. 7.10. Rzut z góry przedstawiający z jednej strony osiedle oddzielone od drogi strefą ochronną z zieleni, a po drugiej brak strefy ochronnej(Nijmegen, Holandia [27])

- **Strefa buforowa z wałem ziemnym**

Rozwiązanie z wałem ziemnym jest alternatywą dla budowy ekranów akustycznych, jednakże wały są lepiej odbierane przez mieszkańców i użytkowników drogi i zapewniają większe możliwości tłumienia hałasu:

Uwarunkowania stosowania wałów ziemnych sprawiają, że z uwagi na brak możliwości posadowienia ich tak blisko źródła hałasu jak ekranu akustycznego oraz oddalenie górnej krawędzi ekranu od źródła hałasu, skuteczność tego rodzaju zabezpieczenia w porównaniu do takiej samej wysokości i długości ekranu akustycznego zwykle jest mniejsza. Ich wadą jest jednak większa zajętość terenu, a zaletą możliwość stopniowej budowy z wykorzystaniem zbędnych gruntów (z wykopów). W przypadku braku wystarczającej szerokości terenu można stosować wały zbrojone, które skutecznie ograniczają zajęcie terenu..

Na podstawie wyników badań [7, 10] można stwierdzić, że wały ziemne mogą redukować hałas w granicach 15-25 dB. Poniżej na rysunkach 7.10 – 7.12 przedstawiono przykłady lokalizacji wałów ziemnych.



Rys. 7.10. Schematyczne przedstawienie zabezpieczenia przed hałasem w postaci wału ziemnego – rzut z góry [23] (strzałką zaznaczono wał).



Rys. 7.11. Rzut z góry na osiedle chronione przez wał ziemny – droga stanowa nr 84 Meridian, US [27] (strzałką zaznaczono wał).



Rys. 7.12. Widok na wał ziemny chroniący osiedle przed hałasem – droga stanowa nr 84 Meridian, USA [27]

- **Strefa buforowa z ekranem akustycznym**

Ekran akustyczny to najpopularniejszy i najskuteczniejszy środek ochrony akustycznej w Polsce. W połączeniu z odpowiednio dużą strefą buforową ekran w znacznym stopniu ogranicza uciążliwości związane z hałasem drogowym (rys. 7.13). Zaletą ekranu akustycznego jest jego duża skuteczność osiągająca 15 dB przy stosunkowo niskiej cenie. Do

wad zaliczyć można niechęć niektórych mieszkańców do lokalizowania ekranów przy zabudowie oraz dużą monotonność jazdy, na którą skarżą się kierowcy podróżujący wzdłuż ekranów akustycznych.

Dobór odpowiedniej klasy izolacyjności od dźwięków powietrznych (klasy od B0 do B3 – najlepsza) oraz klasy właściwości pochłaniających (klasa od A0 do A4 – najlepsza) umożliwi dobierania odpowiednich parametrów ekranów akustycznych (długość, wysokość) dla ustalonego przekroczenia dopuszczalnego hałasu.



Rys. 7.13. Droga serwisowa wzdłuż ekranów akustycznych i chroniona zabudowa DK7 (Białobrzegi [27])

7.1.4. Badania zasadnicze i analizy dodatkowe służące realizacji zasadniczych celów zadania. Metody badawcze.

Realizacja zasadniczych celów zadania 7 wymagała wykonania następujących prac:

- Studiów literatury dotyczących kształtowania układów droga – zabudowa oraz analiz klimatu akustycznego w otoczeniu dróg, a także sposobów ochrony zabudowy przed hałasem w skali zespołów zabudowy
- Analiz map i zdjęć satelitarnych sieci drogowej dla wyboru reprezentatywnych poligonów badawczych układów droga – zabudowa wraz z opracowaniem metodyki tych analiz,
- Wykorzystania zdjęć satelitarnych do identyfikacji poligonów do badań i analiz,

- Wstępnego określenia charakterystyki poszukiwanych poligonów badawczych oraz analiza satelitarnych obrazów różnych dróg klasy GP dla wyboru odcinków dróg do analiz,
- Opracowania wskaźnikowej metody umożliwiającej ocenę skuteczności ochrony akustycznej zabudowy na etapie planowania.
- Badań empirycznych rozprzestrzeniania się hałasu w obrębie wybranych poligonów badawczych, reprezentujących różne modele zagospodarowania w otoczeniu drogi (droga – zabudowa) w celu kalibracji modeli symulacyjnych,
- Zastosowania metod symulacyjnych do analiz i prognozowania hałasu w otoczeniu dróg i zabudowy (rozwiązań modelowych) dla wskazania złych cech istniejących rozwiązań i wypracowania dobrych praktyk i wytycznych lokalizacji zabudowy wrażliwej i niewrażliwej względem drogi wraz ze stosowaniem innych dodatkowych środków do redukcji hałasu,
- Opracowania modelowych układów droga – zabudowa wg ustalonych kryteriów,
- Wybór odcinków dróg z zabudową w ich otoczeniu dla wskazania, w jakich sytuacjach i w jaki sposób można korygować układy droga zabudowa
- Wybór odcinków dróg dla przedstawienia możliwości poprawy klimatu akustycznego w ich otoczeniu przez pewne przekształcenia przebiegu dróg i zagospodarowania

W ramach zadania zastosowano następujące metody badawcze pomiary empiryczne, symulację komputerową, analizy ortofotomap oraz planów sytuacyjnych.

Analizy ortofotomap i dostępnych planów sytuacyjnych miały na celu stworzenie bazy dostępnych istniejących układów droga zabudowa do następnych analiz (pomiarów empirycznych, bądź symulacji komputerowych).

Badania empiryczne na poligonach badawczych miały za zadanie zweryfikować późniejsze obliczenia symulacyjne oraz posłużyć do ewentualnej kalibracji modelu obliczeniowego (symulacyjnego).

Badania symulacyjne przeprowadzono w celu oceny istniejących, jak i zaprojektowanych układów droga-zabudowa pod względem ekspozycji na hałas zabudowy. W dalszej części badań wyniki symulacji wykorzystano do oceny ekspozycji na hałas przedmiotowych układów (zabudowy).

7.1.5. Badania empiryczne rozprzestrzeniania się hałasu w terenie otwartym oraz zagospodarowanym

- **Wybór poligonów badawczych – do pomiarów rozprzestrzeniania się hałasu w terenie zagospodarowanym**

Celem badań była kalibracja modelu obliczeniowego NMPB użytego do obliczeń akustycznych przy zastosowaniu oprogramowania SoundPLAN oraz analiza poziomu hałasu w zależności od natężenia ruchu i zmian struktury rodzajowej oraz prędkości punkowej pojazdów. Badania obejmowały pomiary hałasu w terenie, które wykonano w województwie małopolskim, opolskim, lubelskim, dolnośląskim, łódzkim i podkarpackim.

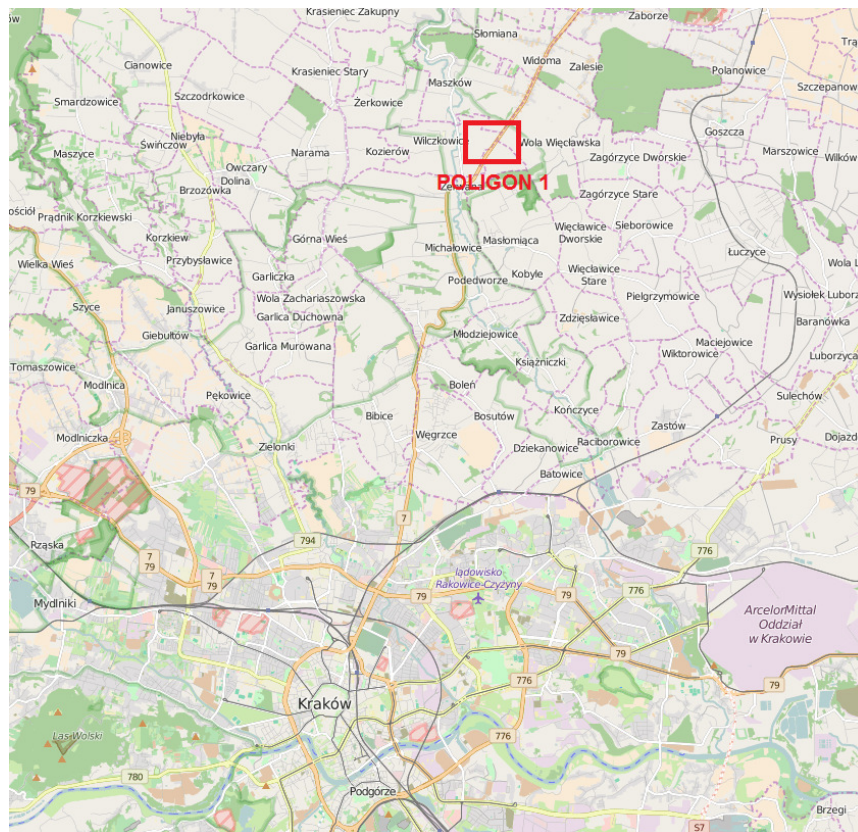
Pomiary hałasu oraz pomiary prędkości i natężenia ruchu wykonano na następujących poligonach:

- Poligon 1 – Michałowice – sięgaczowy układ zabudowy,
- Poligon 2 – Niepołomice – układ zabudowy skupionej wokół sieci dróg lokalnych,
- Poligon 3 – Kraków ul. Powstańców – układ zabudowy ekranowanej ciągiem garaży,
- Poligon 4 – Kraków ul. Strzelców – układ zabudowy ekranowanej dwoma ciągami garaży,
- Poligon 5 – Kraków ul. Obrońców Krzyża – układ zabudowy z występującą strefą buforową,
- Poligon 6 – Kraków ul. Marii Dąbrowskiej – układ zabudowy wielorodzinnej w pobliżu ulicy o przekroju 2x2 pasy ruchu z dodatkową drogą serwisową,
- Poligon 7 – Kraków ul. Janusza Meissnera – układ zabudowy ekranowany zabudową komercyjną,
- Poligon 8 – Kraków- ul. Balicka – układ zabudowy jednorodzinnej z krótką strefą buforową,
- Poligon 9 – Kraków – ul. Igołomska – układ zabudowy – układ zabudowy równoległej do drogi
- Poligon 10 – Przegonia – DK94– układ zabudowy równoległej do drogi

Przykłady wykonanych pomiarów rozprzestrzeniania się hałasu na poligonie nr 1 i poligonie nr 7 przedstawiono poniżej. Poziomy hałasu mierzone były za pomocą dwóch mierników.

Poligon 1 zlokalizowany został na podstawie analizy zdjęć satelitarnych [27] w ciągu drogi krajowej nr 7 na odcinku Kraków – Kielce. Wybrany do badań poligon usytuowany jest

przy granicy administracyjnej gmin Michałowice oraz Wilczkowie. Analizowany teren jest częścią Dłubiańskiego Parku Krajobrazowego. Lokalizację wybranego poligonu przedstawiono na rys. 7.14.



Rys. 7.14 Lokalizacja poligonu badawczego nr 1 miejscowość Michałowice [27]

Analizowany odcinek drogi krajowej nr 7 posiada przekrój drogowy jednojezdniowy 2+1 (z pasem ruchu powolnego), iż utwardzonym poboczem o szerokości 1m oraz obustronnymi rowami. Szerokość pojedynczych pasów ruchu wynosi około 3,5m, natomiast całej jezdni 11m. Jezdnia drogi posiada bitumiczną nawierzchnię. Na podstawie przeprowadzonej wizji lokalnej stan nawierzchni w trakcie przeprowadzanego badania określono, jako poprawny. Na analizowanym odcinku drogi występują jednak liczne łaty oraz lokalne spękania siatkowe, które mogą zwiększać hałas. Miejscami występują niewielkie ubytki w nawierzchni. Równość poprzeczna jezdni nie jest zachowana na całym badanym odcinku, a pobocza są źle utrzymane. Opisany stan jezdni nie utrudniał jednak ruchu poruszających się po niej pojazdów. Rysunek 7.15 przedstawia stan nawierzchni bitumicznej badanego odcinka drogi krajowej nr 7. W pobliżu układu zabudowy wybranej do badań (rys.7.16) zlokalizowany jest

łuk pionowy wklęsły. Jednorodne pochylenia podłużne w obrębie łuku pionowego są niewielkie, zostały ocenione, jako nie większe niż 4%.

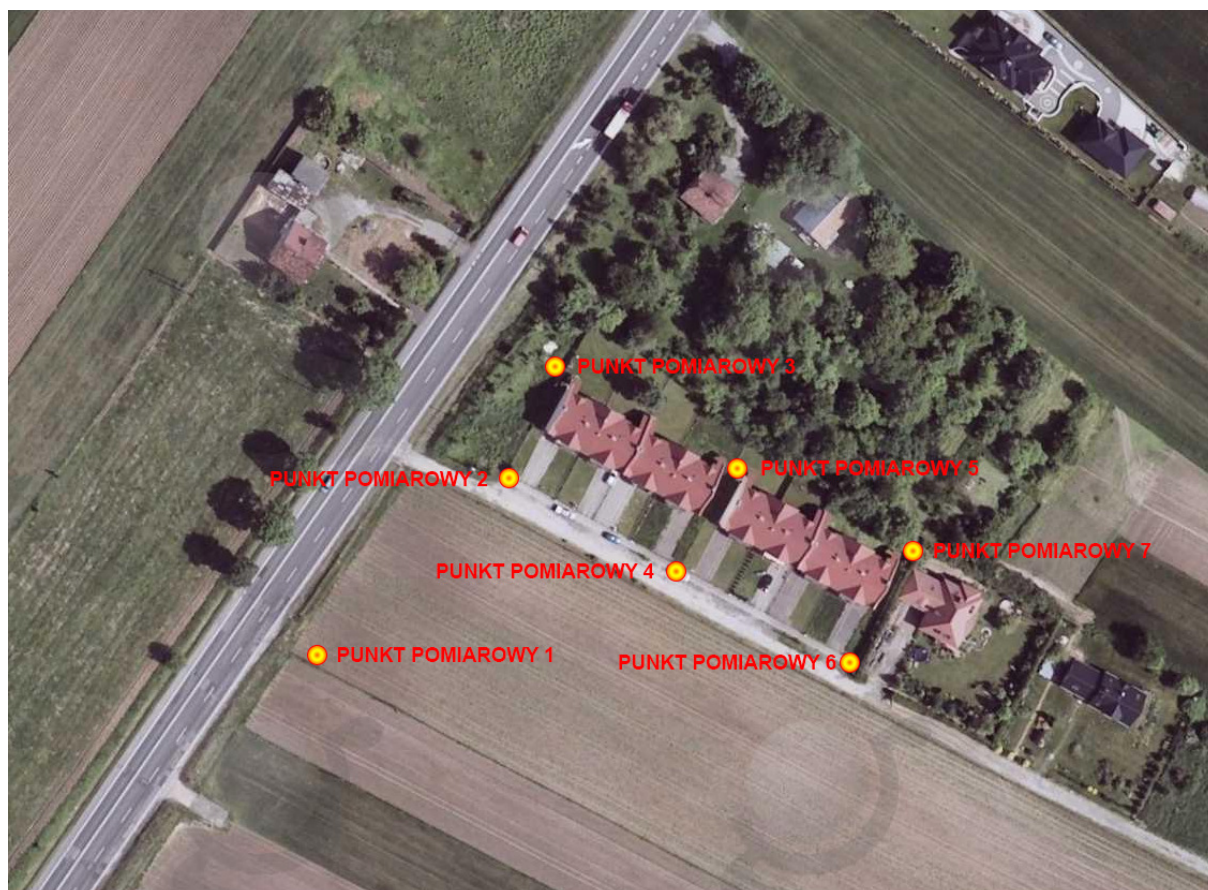
Poligon badawczy nr 1 obejmuje przedstawiony na zdjęciu sięgaczowy układ zabudowy, prostopadły do drogi pełniącej funkcję ruchową. Analizowany zespół zabudowy obejmuje 6 budynków mieszkalnych. Wysokościowo są one położone o około 2m niżej niż przebiegająca w pobliżu droga krajowa numer 7. Pierwsze cztery budynki charakteryzuje identyczna kubatura. Występują w dwóch grupach, jako zabudowa bliźniacza o wysokości około 7m. Ściana szczytowa opisanych budynków zorientowana jest równoległe do biegnącego odcinka drogi krajowej nr 7. Dwa kolejne budynki mają inny, mniej regularny kształt i znajdują się w znacznej odległości od drogi krajowej nr 7 – odpowiednio 125m i 170m. Dojazd do posesji zapewnia jeden zjazd publiczny oraz droga dojazdowa o utwardzonej nawierzchni tłuczniowej. Droga krajowa nr 7 oddzielona jest od zabudowy mieszkalnej krótkim wałem ziemnym o wysokości około 3,5m.



Rys. 7.15. Zły stan nawierzchni drogi krajowej nr 7 wzdłuż analizowanego poligonu nr 1

Wał zagospodarowany jest wysoką zielenią w postaci drzew oraz niską w postaci krzewów. Na północ od analizowanej zabudowy mieszkalnej występują stosunkowo gęsto posadzone drzewa liściaste o wysokości ok 8m. W południowej części badanego poligonu znajdują się pola uprawne.

Na poligonie badawczym w Michałowicach pomiar wykonano w siedmiu punktach pomiarowych (rys. 7.16). Pierwszy punkt znajdował się z dala od zabudowy mieszkalnej (około 100m w linii prostej) i zlokalizowany był w odległości 10m od krawędzi jezdni. Punkty 2 i 3 zostały zlokalizowane na początku zabudowy mieszkalnej, za wałem ziemnym (około 26m od krawędzi jezdni). Punkty pomiarowe nr 4 i 5 znajdowały się między dwoma grupami zabudowy bliźniaczej w odległości 75m krawędzi jezdni. Ostatnie dwa punkty zlokalizowano 125 m od skrajnej krawędzi drogi krajowej. Punkty 2, 4 i 6 znajdowały się przy dojazdowej drodze, która pełni funkcję sięgacza. Punkty 3, 5 oraz 7 ulokowano między zabudową mieszkalną a obszarem zagospodarowanym wysoką gęstą zielenią. Dokładne rozmieszczeni punktów pomiarowych przedstawia rys. 13.



Rys. 7.16 Lokalizacja punktów pomiarowych na poligonie nr 1 [27]

Pomiar empiryczny na poligonie nr 1 w Michałowicach przeprowadzono w piątek 26.08. 2016 r. Pomiar podzielony został na trzy etapy. Pierwszy etap obejmował punkty pomiarowe 1, 2 i 3, drugi etap punkty pomiarowe 1, 4 i 5, trzeci etap punkty pomiarowe 1, 6 oraz 7. W

ramach każdego etapu wykonano 2 sesje pomiarowe, każda trwająca 15 minut. Warunki pogodowo podczas przeprowadzania pomiaru wyglądały następująco:

- pogoda słoneczna, bezchmurnie,
- średnia temperatura ok. 25 C,
- sporadyczne podmuchy wiatru do 3m/s,
- brak opadów atmosferycznych.

Podczas wykonywania pomiaru, w trakcie każdej sesji pomiarowej, pomierzone zostało natężenie ruchu na drodze krajowej nr 7. Ustalono strukturę rodzajową i kierunkową zgodnie z opisem znajdującym się w dalszej części pracy. Otrzymane natężenia 15-minutowe przeliczono na natężenia godzinowe. W trakcie trwania wszystkich sesji pomiarowych mierzona była prędkość pojazdów poruszających się po drodze. Liczba pomierzonych pojazdów osobowych przekraczała 100, natomiast liczba pojazdów ciężkich 40.

Wyniki otrzymane z powyżej opisanego pomiaru empirycznego zestawione zostały całościowo w tabeli 2.

Tab. 2 Zestawienie wyników z empirycznego pomiaru hałasu na poligonie nr 1

ETAP I							
Poligon Nr 1 Michałowice, DK 7		Pomiar 1			Pomiar 2		
		Punkty pomiarowe			Punkty pomiarowe		
		1	2	3	1	2	3
Natężenie ruchu [P/h]	s.o.	744			760		
	s.c.	64			24		
Prędkość ruchu [km/h]	s.o.	70			70		
	s.c.	50			50		
Wartości z pomiaru hałasu [dB]		71,5	64,8	60,9	72,2	65,2	61,4
ETAP II							
Poligon Nr 1 Michałowice, DK 7		Pomiar 1			Pomiar 2		
		Punkty pomiarowe			Punkty pomiarowe		
		1	4	5	1	4	5
Natężenie ruchu [P/h]	s.o.	888			888		
	s.c.	76			108		
Prędkość ruchu [km/h]	s.o.	70			70		
	s.c.	50			50		
Wartości z pomiaru hałasu [dB]		71,6	50,4	52,9	72,6	57,2	54,4
ETAP III							
Poligon Nr 1 Michałowice, DK 7		Pomiar 1			Pomiar 2		
		Punkty pomiarowe			Punkty pomiarowe		
		1	6	7	1	6	7
Natężenie ruchu [P/h]	s.o.	936			868		
	s.c.	88			96		
Prędkość ruchu [km/h]	s.o.	70			70		
	s.c.	50			50		
Wartości z pomiaru hałasu [dB]		72,8	50,7	49,1	71,9	43,1	46,5

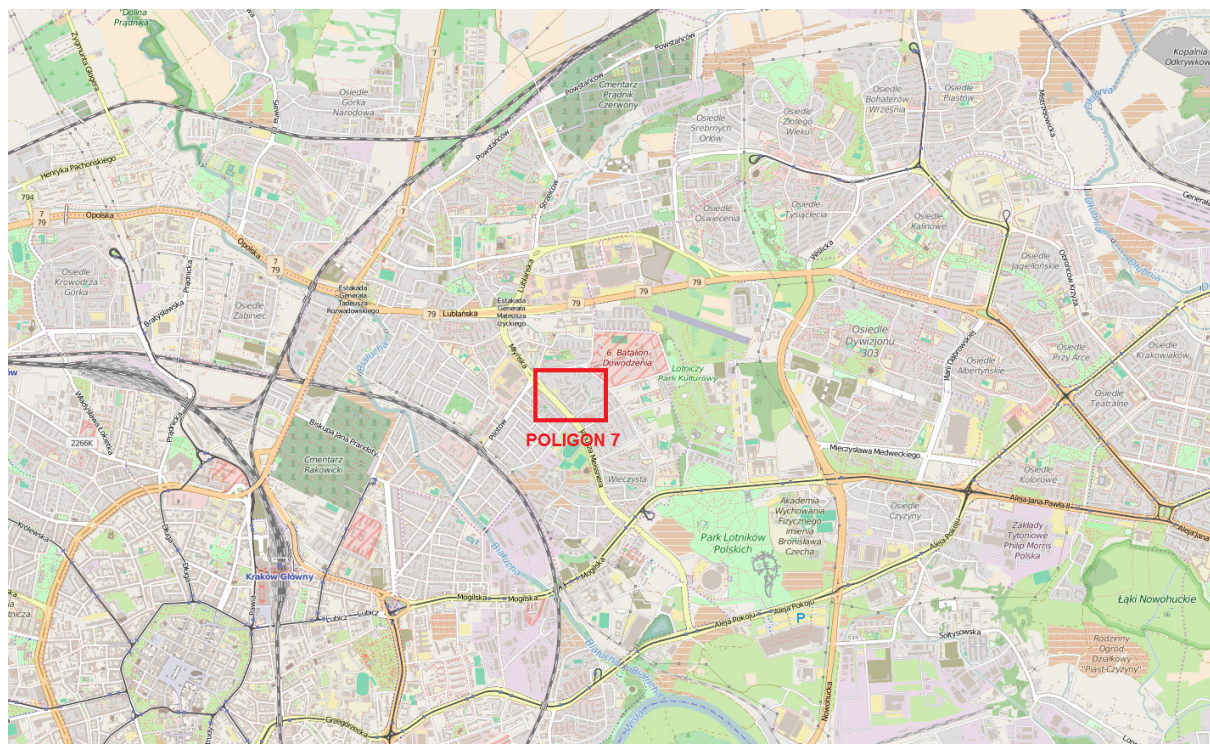
Analizując otrzymane wyniki pomiarów rozprzestrzeniania się hałasu drogowego na poligonie

w Michałowicach można ocenić klimat akustyczny panujący w otoczeniu badanego układu zabudowy. Wartości pomierzonego równoważnego poziomu hałasu na początku układu zabudowy (punkty nr 2 i 3) są zbliżone do granicznych wartości poziomu hałasu [3]. Można przypuszczać, że klimat akustyczny na początku układu zabudowy (od strony drogi) nie

będzie zadowalający. Istnieje możliwość, że dopuszczalne poziomy hałasu będą tam nieznacznie przekraczane. Jednak, im dalej na wschód od drogi krajowej nr 7, tym poziom dochodzącego do zabudowy mieszkalnej hałasu jest mniejszy. Bardziej oddalone budynki nie są narażone na ponadnormatywny hałas.

Wniosek Analizując wyniki otrzymane w poszczególnych punktach pomiarowych, wywnioskować można, że na panujący klimat akustyczny na badanym poligonie wpływa zagospodarowanie zielenią jego północnej części. Widać, że zieleń przyczynia się do tłumienia hałasu emitowanego z drogi. Łatwo można zwiększyć wartość tego tłumienia przy zastosowaniu zieleni i/lub niskiego wału. Analizując rozprzestrzenianie się hałasu przy układzie ściągaczowym można zaobserwować, że stosunkowo niewielka liczba budynków jest zagrożona ponadnormatywnym hałasem (1, 2, 3 budynki od strony drogi). Zmniejszenie liczby zagrożonych budynków można osiągnąć poprzez zastosowanie różnych form ekranujących boki układów zabudowy np. stosując zieleń, zabudowę gospodarczą, osłony drewniane itp.

Poligon pomiarowy nr 7 wyselekcjonowany do przeprowadzenia pomiarów znajduje się w Krakowie przy ulicy J. Meissnera. Poligon znajduje się około 250m od ronda Młyńskiego. Jego dokładne położenie przedstawione zostało na rys. 14.



Rys. 7.17. Lokalizacja poligonu badawczego nr 7 [27] w Krakowie

Poddany analizie poligon przy ul. J. Meissnera posiada przekrój uliczny dwujezdniowy 2x2 pasy. Jezdnie ulicy mają po 7m szerokości. Oddziela je pas dzielący o szerokości 10m, który pełni funkcje zieleńca. Przy jezdni prowadzącej potoki ruchu od strony ronda Młyńskiego zlokalizowany jest chodnik dla pieszych. Chodnik o szerokości 2m i jest oddzielony od krawędzi jezdni bezpiecznikiem oraz pasem zieleni o łącznej szerokości 4m. Równolegle do jezdni o przeciwnym kierunku biegnie ścieżka dla rowerów i przylegający do niej chodnik dla pieszych. Razem ich użytkowa szerokość wynosi 4m. Ścieżka dla rowerów znajduje się w odległości 4,5m od krawędzi jezdni ul. Meissnera. Jest od niej oddzielona bezpiecznikiem oraz pasem zieleni o szerokości 4m. Stan nawierzchni bitumicznej na ulicy Meissnera oceniony został, jako bardzo dobry. Podczas wizji lokalnej nie odnotowano żadnych uszkodzeń nawierzchni, zachowana była równość poprzeczna oraz podłużna.

Wewnątrz badanego układu zabudowy znajduje się sieć dojazdowych dróg wewnątrzosiedlowych. W środku osiedla zlokalizowane są dwa małe ronda. Wyspy środkowe rond zagospodarowane są wysoką zielenią w postaci drzew. Średnice wysp środkowych wynoszą odpowiednio 20m i 15m. Drogi dojazdowe wewnątrz osiedla mają przekrój uliczny i jezdnie o szerokości 5m. Stan nawierzchni dróg dojazdowych oceniono, jako dobry. Nie zauważono występowania poważnych zniszczeń nawierzchni bitumicznej.

Układ zabudowy na poligonie nr 7 obejmuje dziewięć czteropiętrowych bloków mieszkalnych o różnorodnym kształcie oraz trzy budynki o charakterze komercyjnym. Budynki komercyjne znajdują się w odległości 11m od krawędzi jezdni. Każdy z nich ma szerokość 6m oraz długość odpowiednio 50m, 60m i 75m. Zabudowa komercyjna pełni w tym układzie zabudowy funkcję bariery akustycznej dla hałasu generowanego przez ruch w ul. Meissnera.

Na poligonie nr 7 zdecydowano się mierzyć równoważny poziom hałasu w siedmiu punktach pomiarowych – reprezentujących różne warunki dochodzenia hałasu z ul. Meissnera. Pomiar we wszystkich punktach wykonywano na wysokości 4m. Ich rozmieszczenie przedstawia rys. 7.18.



Rys. 7.18 Lokalizacja punktów pomiaru hałasu na poligonie nr 7 [27] (żółte kółka)

Pierwszy punkt pomiarowy zlokalizowany został przy wyjeździe z badanego osiedla mieszkaniowego, w odległości 35m od krawędzi jezdni ulicy Meissnera. Punkt pomiarowy numer dwa znajdował się w odległości 7,3m od frontowej fasady bloku mieszkalnego oraz 28,70m od krawędzi jezdni. Kolejny punkt umiejscowiono 10m od ul. J. Meissnera. Punkt pomiarowy nr 4 znajdował się 4m przed fasadą budynku widocznego na rysunku 5.26 oraz 60m od krawędzi jezdni ul. Meissnera patrząc w linii prostej. Rozmieszczenie punktów 5, 6 oraz 7 na końcu układu zabudowy przedstawia rys. 16.

Badanie rozprzestrzeniania się hałasu drogowego przy ulicy J. Meissnera zrealizowane zostało we wtorek 9.08 2016 roku. Pomiar został przeprowadzony w dwóch etapach. Pierwszy etap obejmował równoległe badanie w punktach pomiarowych nr 1, 2, 3 oraz 4. Wykonano go w godzinach od 6:00 do 9:00. W trakcie badania zmierzone zostało natężenie ruchu oraz średnia prędkość pojazdów poruszających się na ulicach J. Meissnera oraz M. Pszona.

Drugi etap badawczy obejmował pomiar hałasu w punktach pomiarowych zlokalizowanych w odległości ok 180m od ul. Meissnera (pkt 5-7). Badanie wykonano w dwóch sesjach pomiarowych, każda trwająca po 15 minut. W trakcie trwania każdej sesji pomiarowej zmierzone zostało natężenie ruchu na ul. Meissnera. Rozstawione punkty pomiarowe przedstawiono na rys.7.19.



Rys. 7.19 Punkty pomiarowe na poligonie nr 7

Warunki pogodowe w czasie trwania pomiaru na poligonie nr 7 były następujące:

- bezchmurnie,
- średnia temperatura powietrza ok. 20 C,
- podmuchy wiatru do 2m/s,
- brak opadów atmosferycznych.

Wszystkie pomierzone natężenia ruchu zostały przeliczone na natężenia godzinowe. Całościowe wyniki opisanych wyżej pomiarów opracowano i zestawiono w tab. 3.

Tab. 3 Zestawienie wyników z pomiaru empirycznego na poligonie nr 7 (ul. Meissnera)

ETAP I							
Poligon 7 Kraków ul. Meissnera		ul. Meissnera kierunek ul. Mogilskiej		ul. Meissnera kierunek ronda Młyńskiego		ul. M. Pszona	
Natężenie ruchu [P/h]	s.o.	593		451		14	
	s.c.	21		16		1	
Prędkość ruchu [km/h]	s.o.	65				28	
	s.c.	50				20	
Poligon7 Kraków ul. Meissnera		Punkty pomiarowe					
		1	2	3	4		
Wartości z pomiaru hałasu [dB]		58,0	57,0	65,2	53,9		
ETAP II							
Poligon7 Kraków ul. Meissnera				ul.Meissnera kierunek ul. Mogilska		ul. Meissnera kierunek r. Młyńskie	
Natężenie ruchu [P/h]	s.o.	Pomiar 1		696		576	
		Pomiar 2		620		492	
	s.c.	Pomiar 1		28		20	
		Pomiar 2		24		12	
Prędkość ruchu [km/h]	s.o.		65				
	s.c.		50				
Poligon 7 Kraków ul. Meissnera		Pomiar 1			Pomiar 2		
		Punkty pomiarowe			Punkty pomiarowe		
		5	6	7	5	6	7
Wartości z pomiaru hałasu [dB]		49,4	46,7	44,7	47,4	44,5	47,2

Wniosek.

Wyniki otrzymane z pomiarów empirycznych na poligonie nr 7 wskazują na to, że zabudowa mieszkalna zlokalizowana jest poprawnie pod względem ochrony przed hałasem. Zaprezentowany układ zabudowy jest chroniony od strony źródła emisji (ul. Meissnera) zabudową komercyjną dwukondygnacyjną. Zabudowa ta stanowi element ekranujący dla

mieszkańców a jednocześnie stwarza miejsca pracy (górną kondygnacja) oraz miejsca postojów dla pojazdów (dolna kondygnacja). W pierwszej linii zabudowy dopuszczalne poziomy dźwięku mogą zostać nieznacznie przekroczone jedynie w środku zabudowy, w miejscu gdzie występuje przerwa w ciągłości zabudowy komercyjnej. Jednakże odpowiednie zastosowanie zieleni, ekranu, lub dodatkowej zabudowy komercyjnej może całkowicie wyeliminować problem przekroczeń poziomów dopuszczalnych. Ukształtowanie zabudowy na wzór poligonu nr 7 jest, zatem korzystne pod względem akustycznym. W przestrzeni osiedla jest możliwość wydzielenia cichych powierzchni służących do wypoczynku.

Pomiary empiryczne – wnioski

Wykonane pomiary na poligonach badawczych miały za zadanie zbadanie wpływu hałasu od poruszających się po drodze pojazdów na różne formy układów zabudowy wokół dróg. Różnorodność (nieregularność) układów droga zabudowa oraz różnorodność terenu wokół zabudowy skłoniły autorów do wykorzystania pomiarów empirycznych głównie do weryfikacji poprawności obliczeń symulacyjnych poprzez wykonane pomiary empiryczne hałasu i ruchu.

Wykonanie pomiarów empirycznych niewątpliwie ma dużo zalet związanych z wpływem poszczególnych elementów środowiskowych wpływających na poziom hałasu w punkcie odbioru (tłumienie, warunki meteorologiczne, inwersja temperatury, wahania ruchu itp.), jednakże pracochłonność wykonania dużej liczby pomiarów ogranicza możliwości zbadania dużej liczby poligonów i późniejszej rekomendacji celowości ich stosowania w wybranych układach zabudowy, aby ograniczyć nadmierną ekspozycję mieszkańców na hałas

7.2. OKREŚLENIE TYPOLOGII UKŁADÓW DROGA-ZABUDOWA

Wstępne prace dla określenia typologii układów droga-zabudowa przeprowadzone przez Autorów polegały na przeanalizowaniu układów zabudowy wokół istniejących w Polsce dróg klasy GP na podstawie zdjęć satelitarnych i w pewnych przypadkach na podstawie przejazdów wybranych odcinków dróg. Na tej podstawie ustalona została ich wstępna klasyfikacja, a następnie dokonano wyboru poligonów do analiz symulacyjnych oraz do realizacji pomiarów weryfikacyjnych w ograniczonym zakresie

Badania dla identyfikacji układów przeprowadzono na dostępnych ortofotomapach wzdłuż następujących dróg:

- DK79 – województwo mazowieckie;
- DK28 – województwo podkarpackie;
- A2 – województwo wielkopolskie;
- A4 – województwo małopolskie;
- DK19 – województwo podlaskie;
- DW964 – województwo małopolskie.

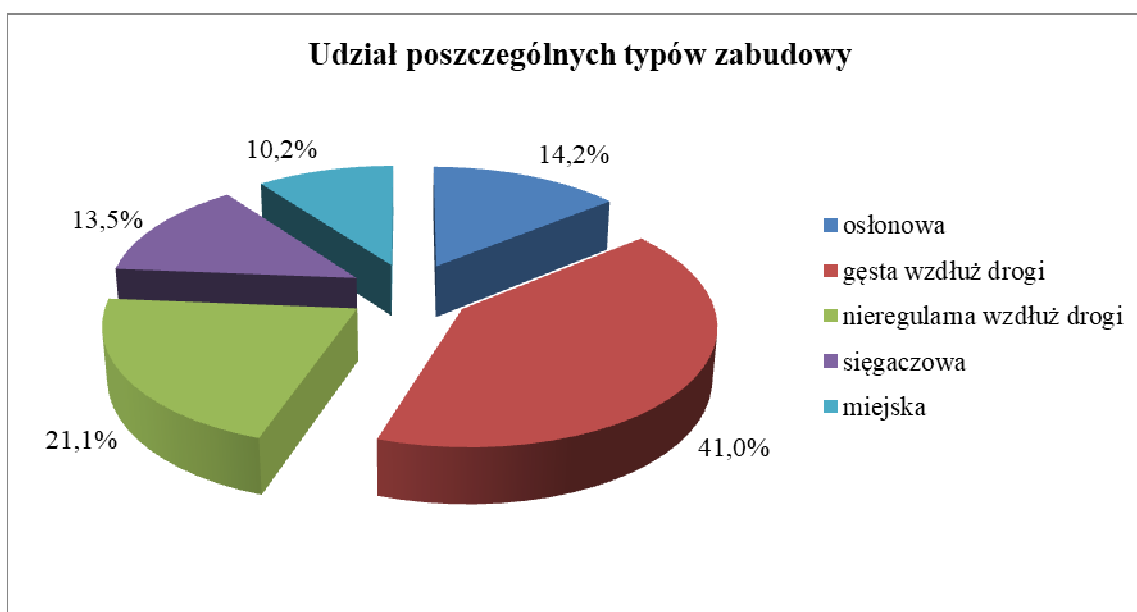
Wykonany przegląd układów zabudowy wokół analizowanych powyżej dróg umożliwił wytypowanie pięciu charakterystycznych typów zabudowy do dalszych analiz:

- **gęstą wzdłuż drogi**, w niewiele różniących się od siebie odległościach od drogi – zazwyczaj z towarzyszącą im zabudową gospodarczą (o różnych kształtach i układach – pełniącą często także funkcję garażu) i połączonymi z nimi polami,
- **nieregularną- rozproszoną** wzdłuż drogi w różnych odległościach – połączoną z polami, jednostronna lub dwustronna,
- **sięgaczowa**, tj. zlokalizowaną wokół dróg lokalnych (sięgaczy) dochodzących do drogi DK, gdzie domy mieszkalne są połączone z garażami (przybudówkami) i nie są bezpośrednio połączone z polami uprawnymi (ta zabudowa powstała w okresie ostatnich kilkunastu lat).
- **osłonowa** – niewrażliwa na hałas i osłaniająca zabudowę/ teren wrażliwe na hałas (zabudowa komercyjna, usługowa, produkcyjna, parkingowa itp. wzdłuż drogi).
- **miejska** tj. zabudowa zlokalizowana wokół lokalnych układów ulic tworzących wewnętrzny układ drogowy.

Kształt układów zabudowy zależy od okresu powstania, od lokalizacji na obszarze kraju, lokalnych zwyczajów i tradycji. Okres po 1990 roku, a zwłaszcza po wstąpieniu do UE cechują znaczne zmiany układów zabudowy mieszkalnej zbudowanej w przeszłości i w ostatnich 20 latach.

Przeprowadzone analizy wykazały, że najczęściej występującym typem zabudowy na badanych polskich drogach jest zabudowa gęsta wzdłuż drogi. Taki typ zabudowy stanowi ponad 41 % układów zabudowy wzdłuż dróg badanych przez autora. Kolejne rodzaje zabudowy to: nieregularna (rozproszona) 21,1%, osłonowa 14,2%, sięgaczowa 13,5%, miejska 10,2 % (rys. 7.20). Na poniższych rysunkach (7.21-7.34) zaprezentowano fotografie przykładów wymienionych powyżej rodzajów układów droga-zabudowa. Wyniki otrzymano z losowo wytypowanych dróg.

Udział poszczególnych typów zabudowy w przeprowadzonych analizach jest przedstawiony na rys. 7.20.



Rys. 7.20 Udział liczby poszczególnych układów zabudowy wokół wybranych dróg.

7.2.1. Przykłady i schematy analizowanych układów zabudowy

Poniżej przedstawione zostały przykłady różnych typów zabudowy, które w dalszych rozdziałach zostały poddane analizie:

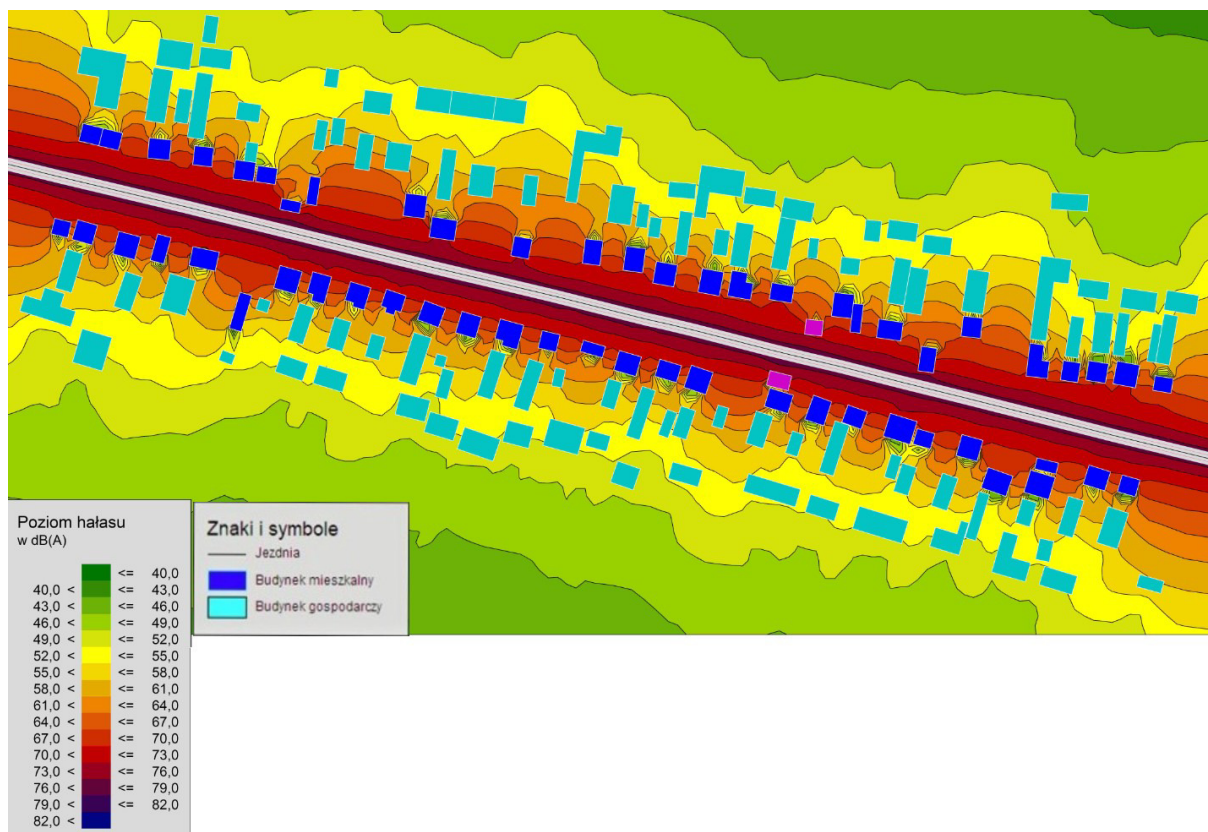
- zabudowa gęsta wzdłuż drogi (rys. 7.21 – 7.23),
- zabudowa rozmieszczona wzdłuż sięgacza (rys. 7.24 – 7.26),

- zabudowa rozproszona wzdłuż drogi (rys. 7.27 – 7.29),
- zabudowa osłonowa (rys. 7.30 – 7.32)
- zabudowa rozmieszczona wzdłuż dróg lokalnych – miejska (rys. 7.33 – 7.34)



Rys. 7.21. Zdjęcie satelitarne miejscowości Biała Rządowa woj. Łódzkie – gęsta zabudowa wzdłuż drogi DK74, budynki mieszkalne ustawione ścianą frontową do drogi.

Zdjęcie obrazuje przykład dość typowego układu zabudowy wzdłuż drogi krajowej występującej na krótszych lub dłuższych odcinkach innych dróg krajowych. Z jednej strony zabudowa jest zlokalizowana w bardzo zbliżonych odległościach od krawędzi jezdni, zaś z drugiej te odległości nie są równe. Rys. 7.22 przedstawia plan sytuacyjny oraz zabudowy mieszkalnej i gospodarczej oraz mapę rozchodzenia się hałasu w otoczeniu drogi.



Rys. 7.22. Rysunek modelu zabudowy wraz z mapą rozprzestrzenia się hałasu wzdłuż drogi nr DK74

Jak widać budynki mieszkalne są zlokalizowane dość blisko siebie przeważnie w sposób równoległy do drogi. Ich rzuty mają zazwyczaj formę prostokąta, ustawionego w większości przypadków dłuższą ścianą równoległą do drogi (rys.7.23). Inne ustawienie budynków występuje sporadycznie. Budynki gospodarcze występują na zapleczu za zabudową mieszkalną od strony pól.

W wielu miejscowościach zlokalizowanych przy drogach taki niekorzystny pod względem hałasu układ zabudowy występuje dość często.

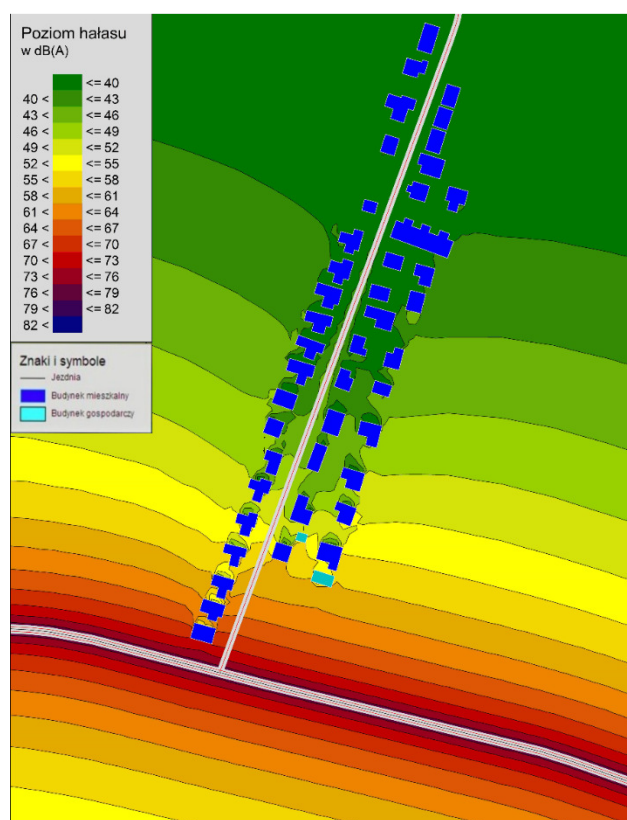


Rys. 7.23 Model układu reprezentujący gęstą zabudowę mieszkaniową wzdłuż drogi

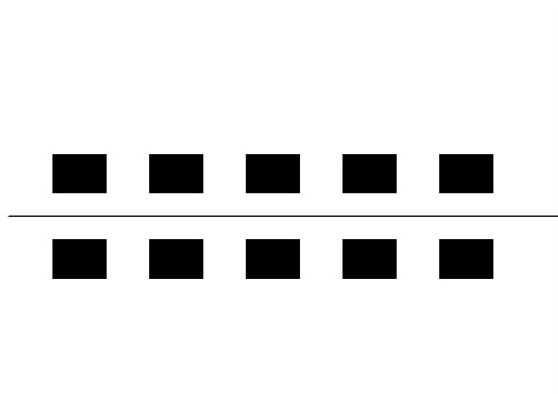
Rysunek 7.24 przedstawia korzystny pod względem oddziaływania hałasu układ zabudowy zlokalizowanej wzdłuż sięgacza drogowego prostopadłego do drogi. Jak widać układ zabudowy został specjalnie zaplanowany, chociaż nie jest on w pełni regularny



Rys. 7.24. DK10 Mierzyn woj. Zachodniopomorskie – zabudowa wzdłuż sięgacza prostopadłego do drogi wyższej klasy



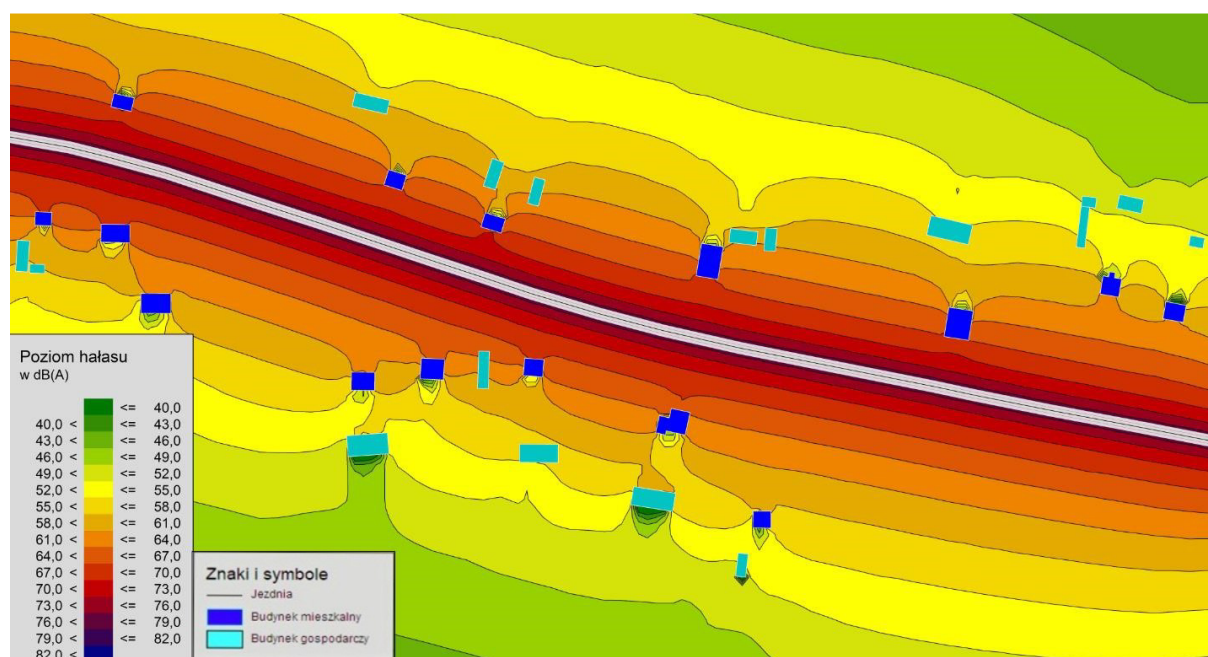
Rys. 7.25 DK10 Przykład rozprzestrzeniania się hałasu wokół zabudowy zlokalizowanej wzdłuż sięgacza prostopadłego do głównej drogi, nieco odbiegającego od modelu rys.7.26 - pierwsze budynki.



Rys. 7.26 Model układu z zabudową sięgaczową prostopadłą do głównej drogi



Rys. 7.27 DK10 Siekluki woj. mazowieckie– zabudowa rozproszona wokół drogi



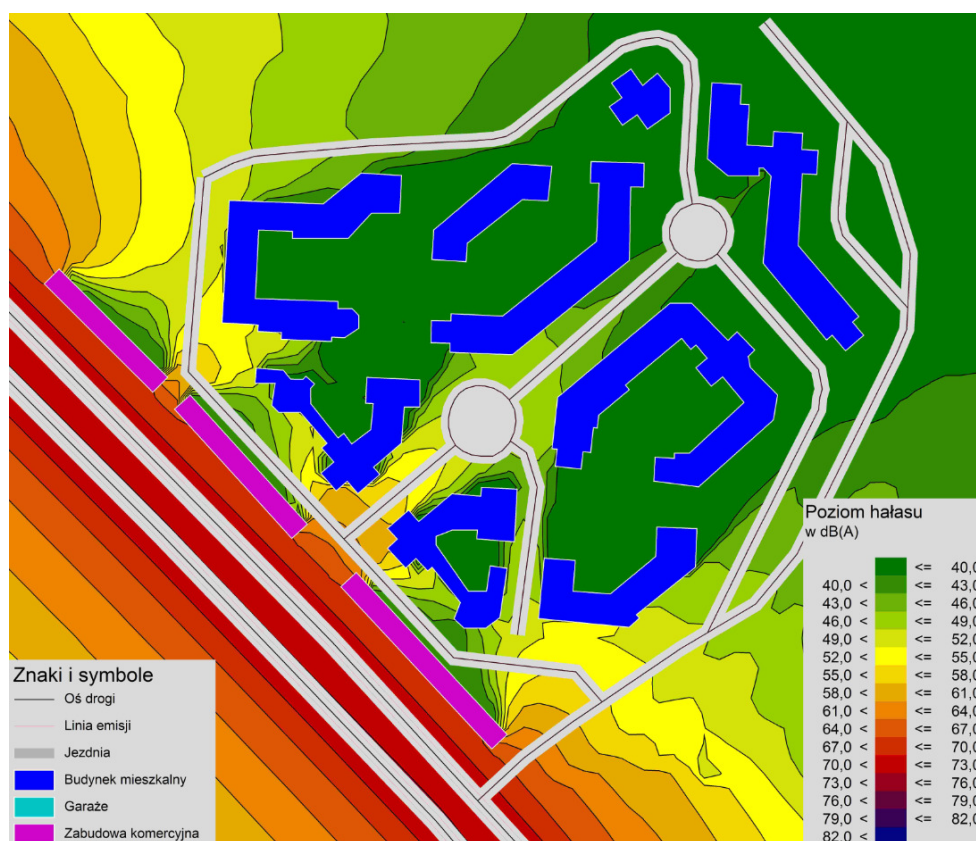
Rys. 7.28 Przykład rozprzestrzeniania się hałasu– zabudowa rozproszona



Rys. 7.29 Model układu z zabudową rozproszoną wzdłuż drogi generującej hałas.



Rys.7.30. ul. J. Meissnera w Krakowie– zabudowa komercyjna tworzy osłonę zabudowy wrażliwej



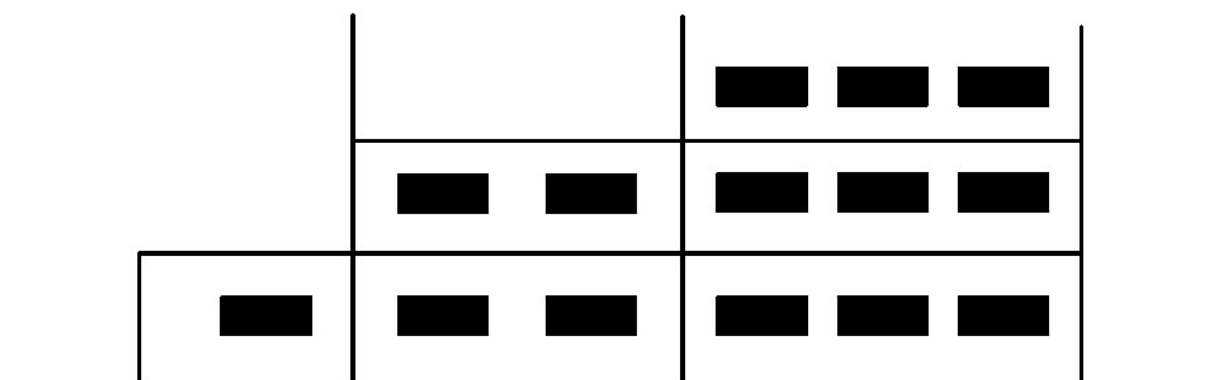
Rys. 7.31 Mapa rozprzestrzenianie się hałasu– zabudowa komercyjna osłania zabudowę wrażliwą- mieszkalną



Rys.7.32 Model układu z zabudową komercyjną (kolor czerwony) ekranującą zabudowę wrażliwą na hałas.



Rys. 7.33 DW719 Pruszków woj. Mazowieckie – zabudowa miejska regularna



Rys. 7.34 Model układu z zabudowy miejskiej

Przykłady analizy klimatu akustycznego dla wybranych przykładów zabudowy w otoczeniu dróg, w układach równoległych do drogi oraz wokół sięgaczy do drogi wskazują na bardzo zróżnicowaną sytuację pod względem klimatu akustycznego w otoczeniu zabudowy. Generalnie wyraźnie korzystniejsze są pod tym względem są układy zabudowy sięgaczowej; są one korzystne również pod względem dojazdu z drogi głównej ze względu na bezpieczeństwo ruchu. Ich minusem może być pewna odległość zabudowy od pól/ogrodów należących do mieszkańców.

Analizę klimatu akustycznego wokół dróg dla ww. typów układów zamieszczono w rozdziale 7.3.

Analiza stanu wiedzy w zakresie wpływu zagospodarowania otoczenia dróg na możliwości ochrony zabudowy przed hałasem w aspekcie ochrony akustycznej[14, 23] wskazuje na potrzebę opracowywania modeli lokalnych układów drogi i zabudowy zawierających trzy strefy: zabudowy, strefy buforowej oraz drogi, w celu identyfikacji korzystnych rozwiązań pod względem funkcjonalnymi akustycznym oraz możliwych przekształceń istniejących układów dla poprawy klimatu akustycznego pod względem ochrony akustycznej. Uwzględnienie odpowiedniego planowania tego typu układów zabudowy oraz kształtowania niwelety drogi oraz strefy buforowej umożliwi wprowadzenie zmian prawnych przy sporządzaniu MPZP, które uwzględniałyby wzajemną lokalizację nowej zabudowy i projektowanych układów drogowych. Nowe rozwiązania przyczynią się w dalszej perspektywie czasowej do zmniejszenia wydatków na ochronę akustyczną mieszkańców oraz ochronę ich zdrowia. Należy zwrócić uwagę, że wielu przypadkach korzystne pod względem hałasu może być usytuowanie budynku krótszą ścianą w stronę drogi

Wymienione powyżej negatywne oddziaływania na otoczenie, skutki zdrowotne jak również wpływ hałasu na ceny gruntów wywołane nadmiernym oddziaływaniem hałasu rodzą potrzebę stosowania optymalnych rozwiązań dotyczących planowania układów droga zabudowa.

Aktualna praktyka dotycząca kształtowania układów droga zabudowa poza granicami miast w Polsce związana jest z chaosem związanym z suburbanizacją oraz z zastaną sytuacją związaną z równoległą obudową dróg szczególnie w latach na przełomie XX i XXI. Drogi te szczególnie po wejściu Polski do Unii Europejskiej (związana z tym możliwość swobodnego sprowadzania używanych pojazdów) zostały znacznie obciążone ruchem. Z uwagi na równoległą obudowę dróg istnieje duże narażenie na hałas zabudowy, mieszkańców terenów służących do wypoczynku związanych z nieprawidłowym rozmieszczeniem zabudowy z uwagi na ochronę akustyczną. Z drugiej strony wolne tereny rolnicze stały się atrakcyjne do zainwestowania poprzez zabudowę jednorodziną poprzez inwestorów indywidualnych jak i lokalnych deweloperów budujących kilka lub kilkanaście budynków na zakupionych działkach. Działania takie nie są w większości kontrolowane przez gminę zarówno, co do ładu przestrzennego jak i obsługi komunikacyjnej czy odpowiedniej lokalizacji zabudowy z uwagi na możliwość ekspozycji na hałas.

Ludność zamieszkująca tereny podlegające oddziaływaniu hałasu narażona jest na różnego rodzaju dolegliwości związane z oddziaływaniem akustycznym. Im wyższy poziom

dźwięku tym skutki oddziaływania hałasu na człowieka są większe. Hałas oddziałuje na ludzi w sposób subiektywny powodując (np. zmęczenie, znużenie), wpływa na fizjologię człowieka (np. zmiany chorobowe) lub zakłóca czynności życiowe (np. problemy ze snem, bóle głowy). Analiza przedstawionych powyżej różnych form kształtowania układów zabudowy oraz elementów służących do ich ochrony prowadzi do stwierdzenia, że dominującym typem układów zabudowy przy polskich drogach jest rozmieszczenie gęstej zabudowy wzdłuż drogi, natomiast dominującym środkiem ochrony przed hałasem jest ekran akustyczny. Zabudowa ta charakteryzuje się bezpośrednim dostępem do drogi poprzez liczne zjazdy indywidualne i publiczne, co z kolei przeczy efektywnej ochronie akustycznej poprzez zastosowanie ciągu ekranów akustycznych. Taki charakter zabudowy oraz lokalizacja zabezpieczeń akustycznych w formie ekranów to pokłosie nie przestrzegania ograniczeń dostępności związane z drogami wyższych klas (G, GP). Częstym problemem jest brak hierarchizacji sieci drogowej. Powyższe scharakteryzowanie polskiej sieci drogowej uwypukla negatywne oddziaływanie hałasu na możliwość ochrony zabudowy przed hałasem oraz narażenie mieszkańców na oddziaływanie ponadnormatywnego hałasu. Problem z ochroną przed negatywnym oddziaływaniem hałasu przy polskiej sieci drogowej związany jest to z potrzebą częstego przerywania zabezpieczeń akustycznych w celu zapewniania dojazdu do posesji, ruchem tranzytowym po drogach w sąsiedztwie zabudowy, zwiększającym się udziałem pojazdów ciężkich, brakiem stosowania innych środków redukcji hałasu takich jak (ciche nawierzchnie, roślinność, ekrany na posesjach, ogrodzenia, ograniczenia prędkości, stosowanie odpowiednich lokalizacji osiedli mieszkaniowych, stosownie zabudowy niewrażliwej w pierwszym rzędzie zabudowy). Analizując układy zabudowy wokół sieci polskich dróg oraz układów działek można dojść do wniosku, że występujące duże rozdrobienie ma pośredni wpływ na istniejące i projektowane typy zabudowy w Polsce. Wymienione powyżej cechy wpływają na bliskie lokalizowanie zabudowy przy drogach oraz wpływa na trudności przy wdrażaniu innych środków akustycznych niż ekrany akustyczne.

Literatura zagraniczna dotycząca form lokalizacji układów droga zabudowa w dużej części jest odmienna od sytuacji w Polsce. Taki stan rzeczy związany jest w szczególności z hierarchiczną siecią drogową, co pozwoliło na wyeliminowanie dużych potoków ruchu z bezpośredniego sąsiedztwa terenów podlegających ochronie. Literatura zagraniczna podaje przykłady ochrony układów zabudowy przez różne formy zabezpieczeń akustycznych lub przez odpowiednie kształtowanie układów zabudowy jednakże przeprowadzone studia literatury nie wykazały oceny wskaźnikowej układów droga zabudowa pod względem

narażenia na hałas. Braki literaturowe dotyczą również odległości lokalizacji układów zabudowy w aspekcie ochrony przed nadmiernym hałasem od drogi. Zastany stan badań w Polsce i na świecie jest przyczyną podjęcia tematu rozprawy doktorskiej, której rezultatem będzie określenie przykładów dobrej lokalizacji układów droga zabudowa w zależności od natężenia ruchu na drodze głównej oraz zagospodarowania strefy między drogą a zabudową. Kolejnym celem będzie ocena, jakości rozwiązań układów droga zabudowa, która będzie uwzględniać funkcję celu bazującą na ocenie klimatu akustycznego na działkach przyległych do drogi oraz fasadach zabudowy.

Analizy układów zabudowy pozwolą na ocenę akustyczną, ekonomiczną oraz ocenę narażenia na różnego rodzaju choroby. W związku z powyższym wytypowanie dobrych praktyk pozwoli na dopełnienie istniejących badań w podobnym temacie lokalizacji i oceny układów droga zabudowa na świecie.

7.3. OCENA UKŁADÓW DROGA-ZABUDOWA POD WZGLĘDEM OCHRONY AKUSTYCZNEJ

Ocenę układów droga-zabudowa pod względem klimatu akustycznego budynku i jego otoczenia, może być wykonywana w odniesieniu do:

- otoczenia budynku tj. miejsc, które mogą służyć mieszkańcom do rekreacji,
- elewacji budynku,
- do pomieszczeń wrażliwych na hałas w budynku,
- ludności zamieszkującej zabudowania.

Generalnie w ocenach oddziaływania na środowisko uwzględnia się hałas mierzony/obliczany przed elewacją budynku, choć dostępne akty prawne stwierdzają o konieczności ochrony akustycznej zainwestowanego terenu podlegającego ochronie akustycznej. Sytuacja taka wynika ze względów ekonomicznych z uwagi na fakt, wydawania publicznych pieniędzy na zabezpieczenia akustyczne natomiast z drugiej strony wykazuje się ochronę budynku podlegającego ochronie nie chroniąc zwykle terenu przed budynkiem.

Autor opracowania do określenia poziomów hałasu korzystał z oprogramowania SoundPLAN, oraz wykonał pomiary terenowe hałasu oraz przeprowadził analizy symulacyjne

W celu wykonania badań symulacyjnych wymagane było zebranie odpowiedniej liczby danych oraz materiałów takich jak (inventaryzacja terenowa, NMT, określenie źródła hałasu wraz z jego parametrami, określenia przeszkód terenowych oraz rodzaju powierzchni terenu itp.). Dalszy etap polegał na przygotowaniu danych do obliczeń symulacyjnych w tym także wykorzystanie do kalibracji/weryfikacji wyników pomiarów empirycznych. Badania empiryczne służą do kalibracji modeli oraz do praktycznej weryfikacji otrzymanych wyników. Pomimo tych dodatkowych prac, zastosowanie metody badań symulacyjnych do analiz rozchodzenia się hałasu jest bardzo racjonalne, co potwierdziły badania i analizy autorów, a weryfikacja wyników symulacji wynikami badań empirycznych wskazuje na ich dużą zbieżność.

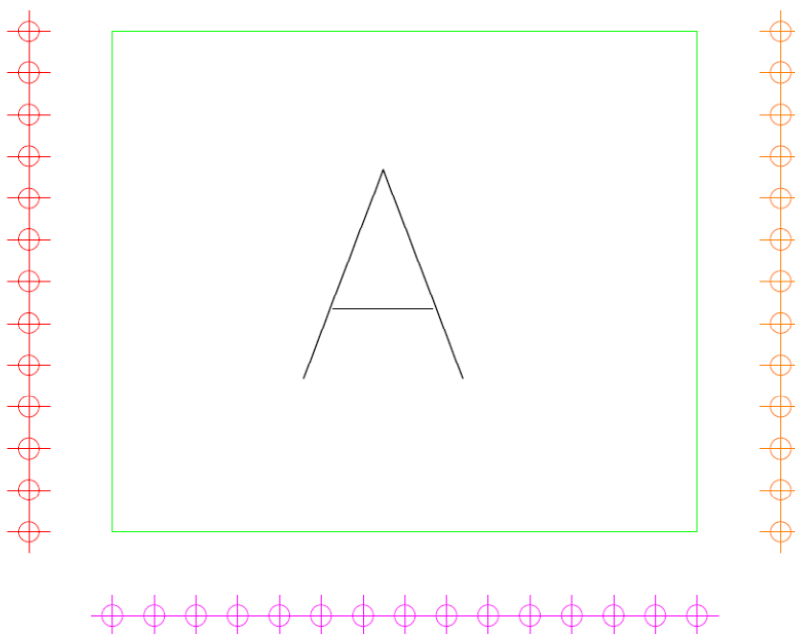
Zastosowania badań symulacyjnych, okazało się w przypadku badań autorów bardzo korzystne m.in. z uwagi na możliwości:

- szybkiego wykonania wielu obliczeń dla różnych zestawów danych dla opracowanego i analizowanego modelu,
- łatwe zmiany w obliczeniach wartości parametrów wpływających na poziomy hałas i ich redukcję,

- możliwość łatwego zmieniania lokalizacji zabudowy i elementów ją ochraniających przed hałasem, w poszukiwaniu optymalnych rozwiązań

7.3.1. Ocena wskaźnikowa

W ramach prac przeprowadzono obliczenia rozprzestrzeniania się hałasu. Wykonano obliczenia map siatkowych hałasu dla kilkudziesięciu poligonów badawczych oraz obliczenia w punktach na fasadach budynków. Przykład rozmieszczania punktów receptorowych na fasadach budynków przedstawiono na poniższym rysunku nr 7.35. W obliczeniach zrezygnowano z rozmieszczania punktów na ścianie tylnej zabudowy z uwagi na fakt zwykle niskich poziomów dźwięku ze względu na cień akustyczny wytworzony przez budynek.



Rys. 7.35. Przykład rozmieszczenia punktów receptorowych przy budynku.

Prognozę równoważonego poziomu dźwięku wykonano w programie SoundPLAN wersja 7.4. Aktualna wersja oprogramowania wykonuje obliczenia zgodnie z metodą zalecaną przez ISO 9613-2, NMPB Routes – 96. Uzyskane wyniki umożliwiają ocenę klimatu akustycznego w otoczeniu istniejącego lub projektowanego odcinka drogi, a wyniki obliczeń z uwzględnieniem przeciętnego błędu (± 1.5 dB) można bezpośrednio odnosić do wartości dopuszczalnych dla danego rodzaju terenu i zabudowy. Tabela 7.4 przedstawia ustawienia programu obliczeniowego przy wykonywaniu obliczeń symulacyjnych zarówno mapy siatkowej jak i obliczeń w punktach receptorowych.

Obliczenia mapy siatkowej wykonane w ramach badań posłużyły autorowi do określenia zagrożonej powierzchni terenu. PO wstępnych analizach wybrane zostały cztery poziomy hałasu: 55dB, 56dB, 61dB, 65dB. Porównanie powierzchni zagrożonej jest jednym z elementów oceny klimatu akustycznego wokół inwestycji drogowych.

W ramach analizy wykonano obliczenia w punktach odbioru (receptorowych) rozmieszczonych na każdej ścianie zabudowy o minimalnej długości 5m, w obszarze obliczeń o szerokości 200m od osi każdej z dróg, ale nie dalej niż do drugiej linii zabudowy wrażliwej. Receptory rozmieszczono tylko na zabudowie podlegającej ochronie. Punkty receptorowe zostały zlokalizowane na wysokości 4m nad terenem i 2m od fasady budynku tak, aby zminimalizować odbicie dźwięku od fasady budynku.

Wykonane obliczenia symulacyjne posłużyły do wykonania analiz wskaźnikowych zamieszczonych w kolejnym rozdziale.

Tab. 7.4 Ustawienia programu SoundPLAN 7.4 przy obliczeniach mapy siatkowej.

Obliczenia w siatce			
Ustawienia	Liczba odbić	-	3
	Maksymalny promień poszukiwań	[m]	2000
	Maksymalny promień poszukiwań odbicia przy odbiorniku	[m]	200
	Maksymalny promień poszukiwań odbicia od źródła	[m]	50
	Dozwolony błąd	[dB]	0,001
Standardy obliczeń, emisji	Drogi	NMPB-Routes-96	
	Emisja	Guide duBruit	
Warunki oceny	Oddziaływanie	L _{Aeq} 06-22/22-06/	
Cechy mapy siatkowej	Obszar siatki	[m]	10
	Wysokość ponad terenem	[m]	4
	Interpolacja siatki Min/Max	[dB]	10
	Interpolacja siatki różnica	[dB]	0,15
	Interpolacja rozmiaru pola	-	9x9
Cechy Środowiska	Ciśnienie powietrza	[mbar]	1013,25
	Wzg. wilgotność	[%]	70
	Temperatura	[°C]	10
	Stały korzystny/jednorodny procentowo	[%]	p(6-22h)=0,0 p(22-6h)=0,0

W badaniach z zastosowaniem metody symulacji rozchodzenia się dźwięku zmierzano do opracowania metody oceny układów rozmieszczenia zabudowy względem drogi w celu

oceny ekspozycji na hałas tj. oceny, jakości układów droga-zabudowa, w której kryterium oceny byłby poziom hałasu w otoczeniu zabudowy, a także do ustalenia wskaźników do tej oceny.

W pierwszej kolejności dobrane zostały odpowiednie poligony (droga i zabudowa w jej otoczeniu) przy wykorzystaniu zdjęć satelitarnych, map i wizji lokalnych.

Analizy zostały ukierunkowane na zbadanie kilku podstawowych najczęściej spotykanych w Polsce układów, a takimi są:

- układy liniowe, (zabudowa gęsta wzdłuż drogi i nieregularna wzdłuż drogi) tj. rozmieszczenie zabudowy o różnej gęstości wokół drogi głównej (np. drogi krajowej), w różnych od tej drogi odległościach,

-układy sięgaczowe tj. droga główna i dochodzące do niej drogi lokalne są otoczone zabudową

- układy miejskie zabudowy rozmieszczonej wokół dróg lokalnych dochodzących do drogi głównej (krajowej)

- układy z zabudową komercyjną

Do oceny ekspozycji na hałas zabudowy zastosowano następujące rodzaje wskaźników:

- wartość maksymalna poziomu hałasu L_{Aeq} [dB];
- wartość minimalna hałasu L_{Aeq} [dB];
- średnia wartość hałasu L_{Aeq} [dB];
- odchylenie standardowe wartości hałasu L_{Aeq} [dB];
- percentyle wartości hałasu L_{Aeq} [-];
- współczynnik zmienności hałasu L_{Aeq} [-];
- udział przekroczeń dop. limitu hałasu [dB] [%];
- liczba budynków poniżej poziomu dopuszczalnego [-];
- liczba budynków powyżej poziomu dopuszczalnego [-];
- wskaźnik zagrożenia budynków – WZB [-].

Szerszego omówienia wymaga wskaźnik WZB, który został opracowany do celów dalszych analiz. Poniżej przedstawiono wzór, który może mieć zastosowanie dla każdej wartości uznanej za dopuszczalną podstawionej do poniższego wzoru:

$$WZB = \frac{L_{B \leq DOP} * 1 + L_{B > DOP \leq DOP + 10dB} * 2 + L_{B > DOP + 10dB} * 4}{LB},$$

gdzie:

WZB – wskaźnik zagrożenia budynków dla pory nocnej,

$LB \leq DOP$ – liczba budynków narażonych na hałas o poziomie mniejszym bądź równym przyjętemu poziomowi dopuszczalnemu,

$LB > DOP \leq DOP + 10\text{dB}$ – liczba budynków narażonych na hałas o poziomie dźwięku większym od poziomu dopuszczalnego i mniejszym bądź równym wartości poziomu hałasu dopuszczalnego zwiększonego o 10 dB,

$LB > DOP + 10\text{dB}$ – liczba budynków narażonych na hałas o poziomie dźwięku większym od poziomu dopuszczalnego zwiększonego o 10 dB,

LB – liczba budynków poddanych analizie.

Przy wyborze poligonów kierowano się ich następującymi cechami:

- określony rodzaj układu droga zabudowa według klasyfikacji z rozdziału 7.2,
- niewielka odległość układu zabudowy od drogi o funkcjach ruchowych.

Na podstawie inwentaryzacji przeprowadzonych w terenie, oraz analiz dostępnych ortofotomap, a także przeprowadzonych przez autorów pomiarów hałasu do badań klimatu akustycznego wokół zabudowy i jej ekspozycji na hałas zostały wyselekcjonowane podane poniżej rzeczywiste (33) oraz modyfikowane przez autora 33 poligony badawcze.

Poligonami rzeczywistymi nazwano takie poligony, gdzie ustalone są: wzajemna lokalizacja drogi oraz jej otoczenie (zabudowa, teren wokół drogi, jego funkcje). Poligonami modyfikowanymi nazwano poligony tworzone przez pewne zmiany poligonów rzeczywistych (zmiany obecności i lokalizacji elementów otoczenia) w stosunku do stanu istniejącego.

W dalszym ciągu realizacji zadania wykonano analizy z zastosowaniem metody symulacji rozchodzenia się hałasu drogowego w rzeczywistych i modyfikowanych układach droga-zabudowa, których celem było poszukiwanie układów droga-zabudowa jak najkorzystniejszych pod względem ekspozycji na hałas.

Do celów niniejszej pracy zidentyfikowano następujące poligony na drogach w Polsce oraz zagranicą (lista poniżej) – reprezentujące pod względem urbanistycznym różnorodne rozmieszczenie układów zabudowy w stosunku do dróg. Dobór poligonów ma zapewnić charakterystyczne cechy układów tak, aby analiza tych poligonów umożliwiła w kolejnym kroku selekcję mniejszej próby poligonów o wyraźnych cechach do analiz oraz do wyciągnięcia wniosków praktycznych i naukowych. Analizę przeprowadzono dla następujących poligonów badawczych rzeczywistych i modyfikowanych.

Poligony rzeczywiste:

1. Dzierżążnia – DK10 – zabudowa rozproszona wzdłuż drogi;
2. Siekluki – DK10 - zabudowa rozproszona wzdłuż drogi;

3. Biała Rządowa – DK74 – zabudowa równoległa wzdłuż drogi;
4. Kraszewo – DK50 – zabudowa równoległa wzdłuż drogi;
5. Arynów – DK50 – zabudowa sięgaczowa;
6. Kamion Duży – DK50 - zabudowa sięgaczowa;
7. Kuznecin – DK50– zabudowa sięgaczowa;
8. Gilino – DK60 – zabudowa sięgaczowa;
9. Łochów – DK62 – zabudowa rozmieszczona wokół dróg lokalnych;
10. Płock – DK60 - zabudowa rozmieszczona wokół dróg lokalnych;
11. Osiedle Złotego Wieku (teren miejski) – zabudowa z niewrażliwą strefą buforową (komercja);
12. Głinojeck – DK60 – zabudowa z strefą buforową (zieleń);
13. Konstancin – Jeziorna DW724 – zabudowa z niewrażliwą strefą buforową (komercja)
14. Ponikiew Mała – DK60 – zabudowa z strefą buforową (zieleń);
15. Białystok - ul. Baranowicka - DK65- zabudowa rozmieszczona wokół dróg lokalnych;
16. Warszawa - Wał Miedzeszyński - DW801– zabudowa sięgaczowa;
17. Warszawa - ul. Czwartaków - DW631- zabudowa z strefą buforową (zieleń wysoka);
18. USA - Indianapolis - Rockville Road - zabudowa rozmieszczona wokół dróg lokalnych
19. USA - Indianapolis - Road 31 - zabudowa rozmieszczona wokół dróg lokalnych
20. Japonia - Tokio - Kawasaki Highway – zabudowa rozmieszczona wokół dróg lokalnych
21. Koszalin - ul. Bohaterów Warszawy - DK6 – zabudowa sięgaczowa;
22. Niemcy - Karlsfeld - Bajuwarenstrasse - St2063 zabudowa z niewrażliwą strefą buforową (garaże);
23. Radlin - DK78 - zabudowa z strefą buforową (zieleń wysoka);
24. Kraków - ul. Balicka - zabudowa z niewrażliwą strefą buforową (zieleń)
25. Rosja - Moskwa - MKAD 37km - E105 zabudowa z niewrażliwą strefą buforową (garaże)
26. Olsztyn - ul. Sielska - DK16 zabudowa z niewrażliwą strefą buforową (komercja)
27. Olsztyn - ul. Tuwima - zabudowa z niewrażliwą strefą buforową (budynki innego użytkowania)
28. Francja - Magny- `le-Hongre - Boulevard de l'Europe - D344- zabudowa z niewrażliwą strefą buforową (parkingi)

29. Poznań - ul. Dąbrowskiego - DK92 – zabudowa równoległa wzdłuż drogi;
30. Warzymice - DK13 – zabudowa rozproszona wzdłuż drogi;
31. Warszawa - ul. Patriotów zabudowa rozproszona wzdłuż drogi;
32. Radwanice - ul. Wrocławska - DK94 - zabudowa sięgaczowa;
33. Wrocław - ul. Królewiecka - zabudowa z niewrażliwą strefą buforową (zieleń)

Poligony modyfikowane

34. Zabudowa ekranująca o gęstości* 0,93 (z dwoma wjazdami)
35. Zabudowa ekranująca o gęstości 0,93 o miąższości** 25m z dwoma wjazdami
36. Zabudowa ekranująca o gęstości 0,93 o miąższości 50m z dwoma wjazdami
37. Zabudowa ekranująca o gęstości 0,87 z czterema wjazdami
38. Zabudowa ekranująca o gęstości 0,87 o miąższości 25m z czterema wjazdami
39. Zabudowa ekranująca o gęstości 0,87 o miąższości 50m z czterema wjazdami
40. Zabudowa ekranująca o gęstości 0,77 z siedmioma wjazdami
41. Zabudowa ekranująca o gęstości 0,74 z ośmioma wjazdami
42. Zabudowa ekranująca ciągła
43. Zabudowa rozproszona wzdłuż drogi - budynki gospodarcze z przodu
44. Zabudowa rozproszona wzdłuż drogi - budynki gospodarcze z tyłu
45. Zabudowa z garażami i ekranującymi budynkami komercyjnymi wzdłuż drogi
46. Zabudowa z garażami bez ekranujących budynków komercyjnych wzdłuż drogi
47. Zabudowa z rozproszoną zabudową ekranującą wzdłuż drogi
48. Zabudowa regularna między budynkami mieszkalnymi i gospodarczymi
49. Zabudowa z ekranującymi budynkami wzdłuż drogi
50. Zabudowa ekranująca o miąższości 25m z dwoma wjazdami i ścieżką rowerową
51. Zabudowa ekranująca o miąższości 25m z jednym wjazdem i ścieżką rowerową
52. Zabudowa ekranująca z dwoma wjazdami i ścieżką rowerową
53. Zabudowa ekranująca z jednym wjazdem i ścieżką rowerową
54. Zabudowa ekranująca o miąższości 25m z dwoma wjazdami i nasypem 2m
55. Zabudowa ekranująca o miąższości 25m z dwoma wjazdami i wykopem 2m
56. Zabudowa ekranująca o miąższości 25m z dwoma wjazdami i nasypem 4m
57. Zabudowa ekranująca o miąższości 25m z dwoma wjazdami i wykopem 4m
58. Zabudowa ekranująca z dwoma wjazdami i nasypem 2m
59. Zabudowa ekranująca z dwoma wjazdami i nasypem 4m
60. Zabudowa ekranująca z dwoma wjazdami i wykopem 2m

- 61. Zabudowa ekranująca z dwoma wjazdami i wykopem 4m
- 62. Bez zabudowy ekranującej
- 63. Bez zabudowy ekranującej nasyp 2m
- 64. Bez zabudowy ekranującej wykop 2m
- 65. Bez zabudowy ekranującej nasyp 4m
- 66. Bez zabudowy ekranującej wykop 4m

*) Gęstością nazywa się tutaj stosunek długości rzutu najbliższych do drogi ścian zabudowy równoległych do drogi w pierwszej linii zabudowy w stosunku do długości analizowanego odcinka

***) Miąższością nazywamy szerokość całego zespołu budynków liczona od najbliższej ściany w stosunku od drogi do najbardziej odległej od drogi.

7.3.2. Analiza, jakości klimatu akustycznego w obrębie badanych układów zabudowy w pobliżu drogi i ekspozycji zabudowy na ponadnormatywny hałas.

W poniższych podrozdziałach przedstawiono wybrane analizy rozchodzenia się hałasu w otoczeniu drogi pełniące istotne funkcje ruchowe i ekspozycji na ponadnormatywny hałas. Analizowano kilka charakterystycznych układów zabudowy. Celem tych analiz była ocena układów zabudowy pod względem ekspozycji na hałas drogowy.

Poligon 1 - Dzierżania

Pierwszy wyselekcjonowany poligon dla tego typu układu zabudowy znajduje się w miejscowości Dzierżania w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 10.

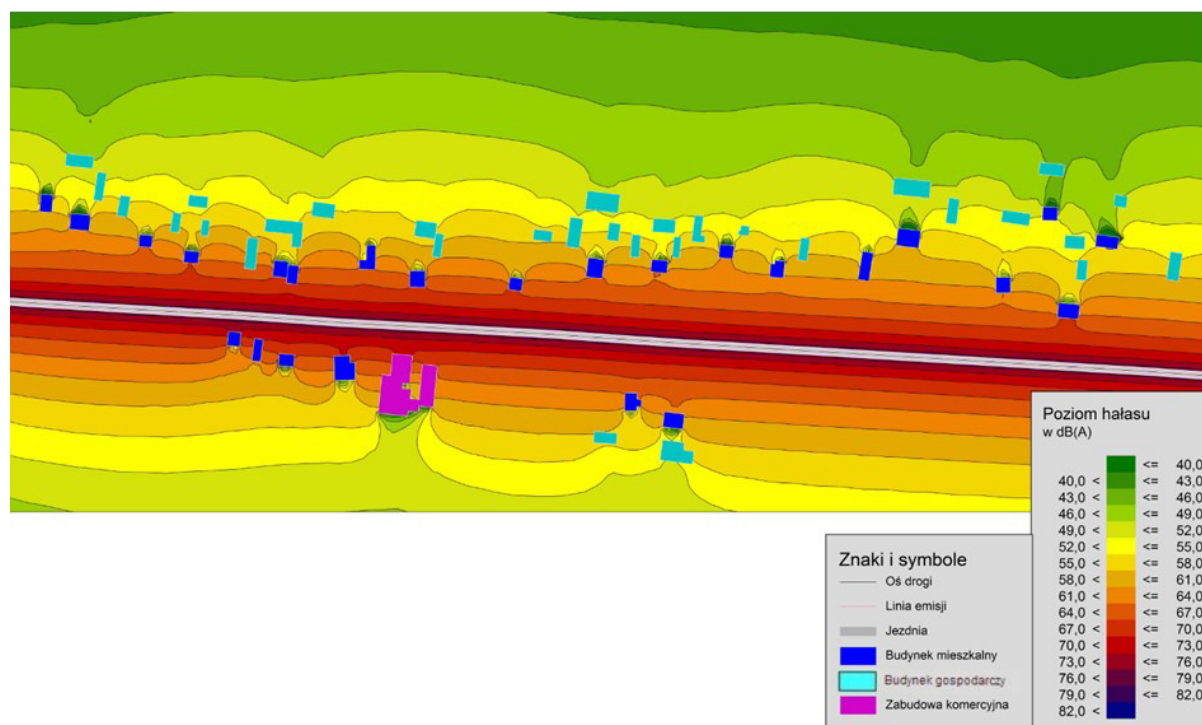
Budynki mieszkalne znajdują się blisko jezdni, a najbliższy położony jest oddalony o jedynie

10 m od jej krawędzi. Na rysunku 7.36 przedstawiono zdjęcie satelitarne analizowanego poligonu.



Rys. 7.36 Zdjęcie satelitarne – poligon 1[27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 1 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB

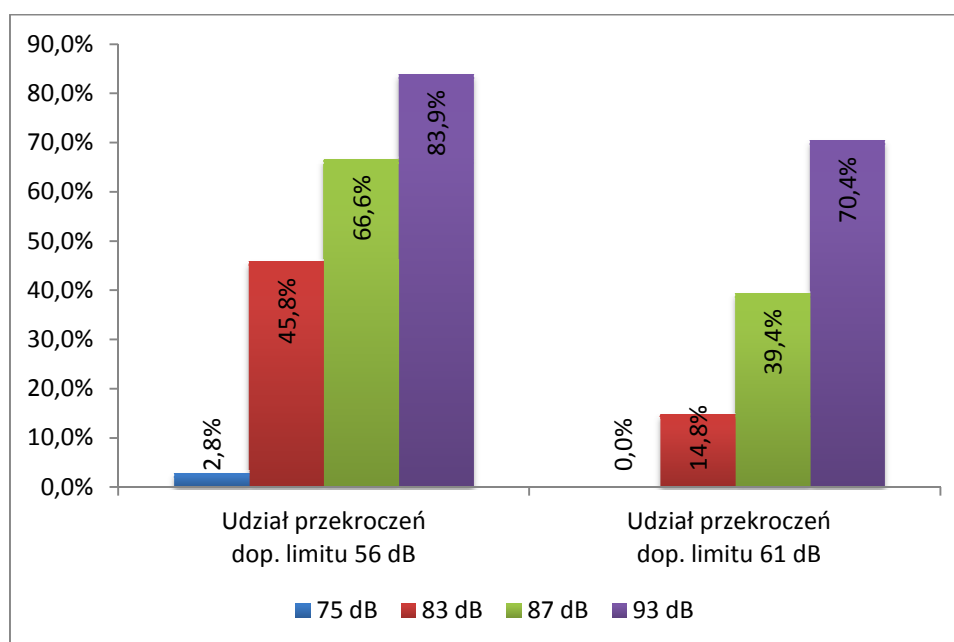


Rys. 7.37 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 1

Po przeanalizowaniu otrzymanych siatkowych map hałasu można stwierdzić, że nie jest to korzystny układ zabudowy pod względem kryterium hałasu. Dla większości budynków mieszkalnych zostały przekroczone dopuszczalne poziomy hałasu zarówno w ciągu dnia, jak i w nocy. Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.5 oraz na wykresie rys.7.38.

Tab.7.5 Statystyki hałasu dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych (od strony drogi) dla różnych poziomów emisji – poligon 1

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	1409	1409	1409	1409
Wartość maksymalna Leq [dB]	60,2	68,2	72,2	78,2
Wartość minimalna Leq [dB]	22,9	30,9	34,9	40,9
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	2,8%	45,8%	66,6%	83,9%
Udział przekroczeń dop. limitu 61 dB	0,0%	14,8%	39,4%	70,4%



Rys. 7.38 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 1

Analizując otrzymane statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych można stwierdzić, że nie jest to korzystny układ ze względu na rozprzestrzenianie się hałasu drogowego. Dla emisji na poziomie 87 dB ponad połowa budynków mieszkalnych narażona jest na działanie ponadnormatywnego poziomu hałasu w ciągu nocy. Układ ten może być stosowany przy małych natężeniach ruchu do około 2500 poj./24h. W takim przypadku udział przekroczeń poziomów dopuszczalnych jest w granicach błędu obliczeniowego.

Poligon 2 - Siekluki

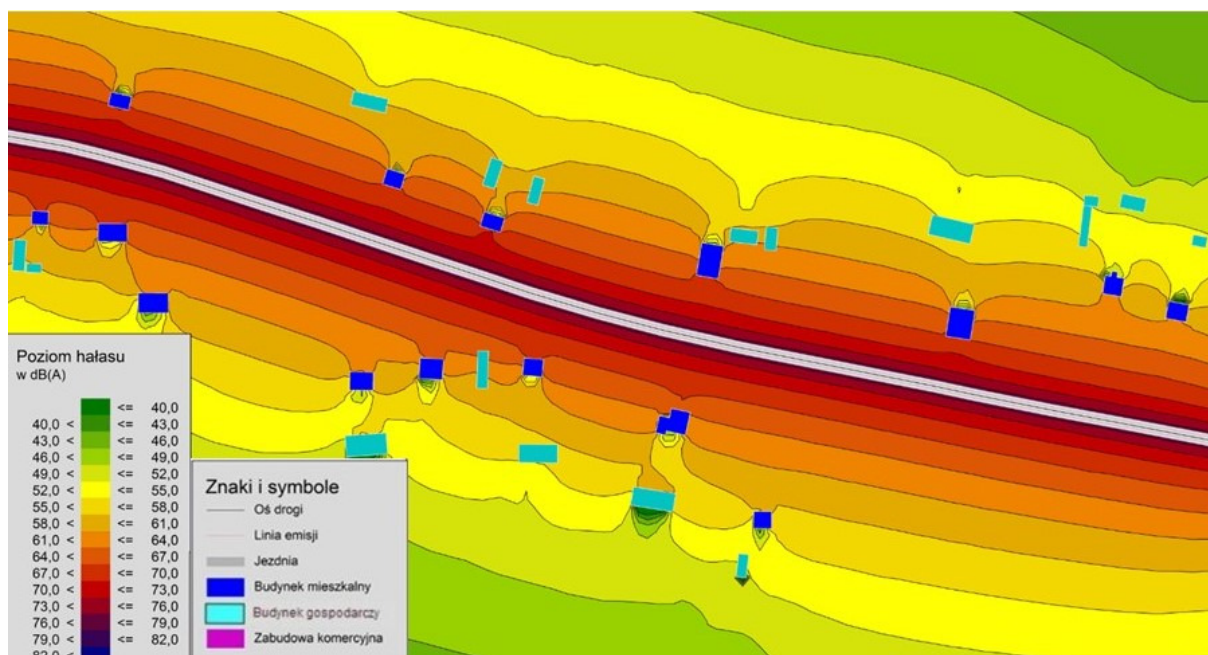
Drugi wybrany poligon znajduje się w miejscowości Siekluki w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 10.

Najbliżej położony źródła hałasu budynek mieszkalny jest zlokalizowany 24 m od krawędzi jezdni. Rysunek 7.39.



Rys. 7.39 Mapa satelitarna – poligon 2[27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 2 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



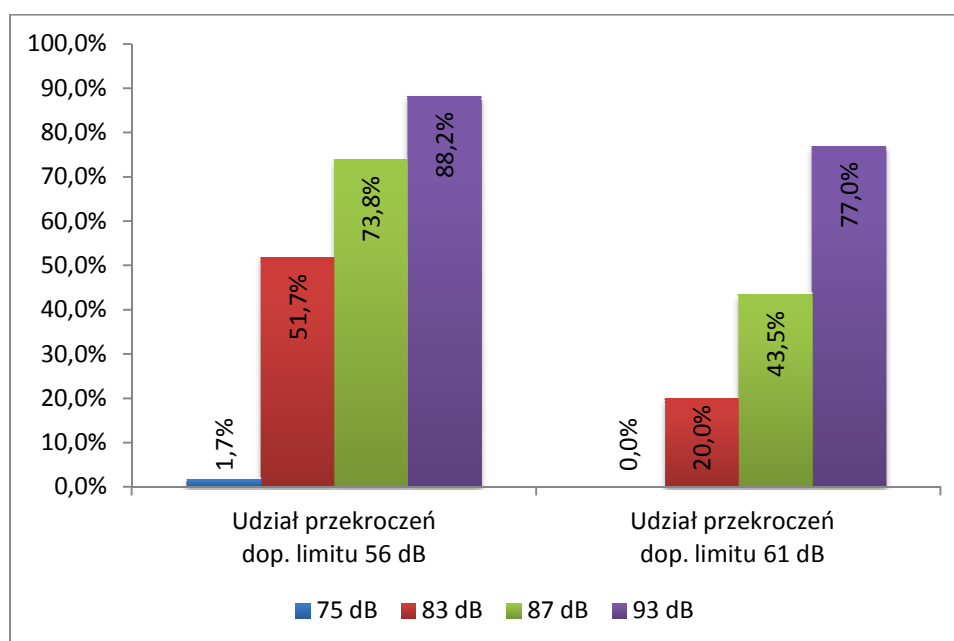
Rys. 7.40 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 2

Na drugim poligonie również można zauważyć, że dla większości budynków mieszkalnych został przekroczony dopuszczalny poziom hałasu. Można stwierdzić, że istniejący układ zabudowy nie sprzyja minimalizacji wpływu hałasu drogowego. Układ ten jest korzystniejszy do zastosowania tłumienia niż poprzedni z uwagi na fakt mniejszej gęstości zabudowy oraz większych odległości pierwszej linii zabudowy od drogi.

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.6 oraz na wykresie 7.41. Statystyki te posłużą do porównania poligonów w celu wyselekcjonowania optymalnego typu układu zabudowy ze względu na rozprzestrzenianie się hałasu.

Tab.7.6 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 2

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	764	764	764	764
Wartość maksymalna Leq [dB]	56,2	64,2	68,2	74,2
Wartość minimalna Leq [dB]	25,6	33,6	37,6	43,6
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	1,7%	51,7%	73,8%	88,2%
Udział przekroczeń dop. limitu 61 dB	0,0%	20,0%	43,5%	77,0%



Rys. 7.41 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 2

Otrzymane statystyki dla tego poligonu wyraźnie pokazują, że nie jest to korzystny układ wg kryterium hałasu. Aż 73,8 % budynków mieszkalnych będzie narażonych na nadmierny hałas w ciągu nocy dla poziomu emisji 87 dB. Układ ten powinien być stosowany jedynie w przypadku małych natężeń ruchu rzędu do około 2500 poj./24h, ponieważ tylko wtedy przekroczenia są w granicach błędu obliczeniowego.

Poligon 3 - Biała Rządowa

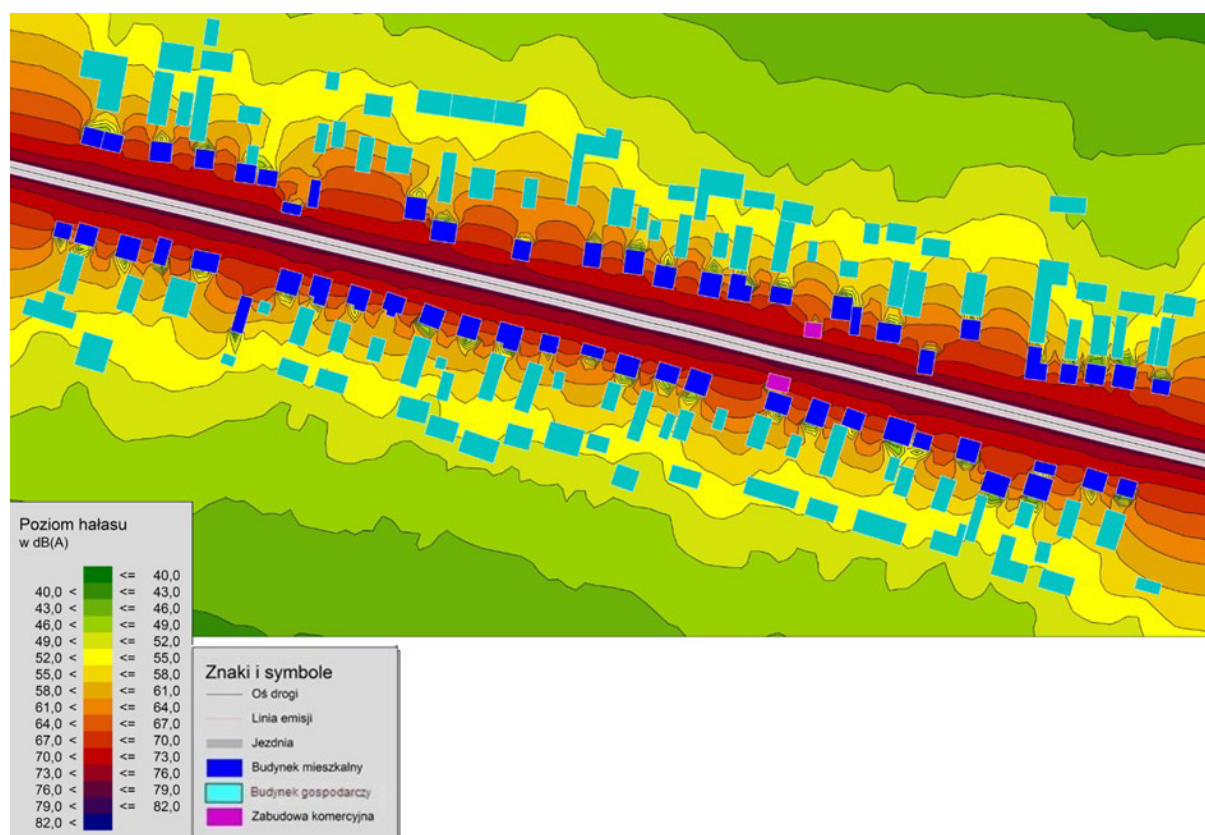
Trzeci analizowany poligon znajduje się w miejscowości Biała Rządowa w województwie łódzkim, wzdłuż drogi krajowej nr 74.

Na rysunku 7.42 przedstawiono zdjęcie satelitarne analizowanego poligonu 3.



Rys. 7.42 Mapa satelitarna – poligon 3[27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 3 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



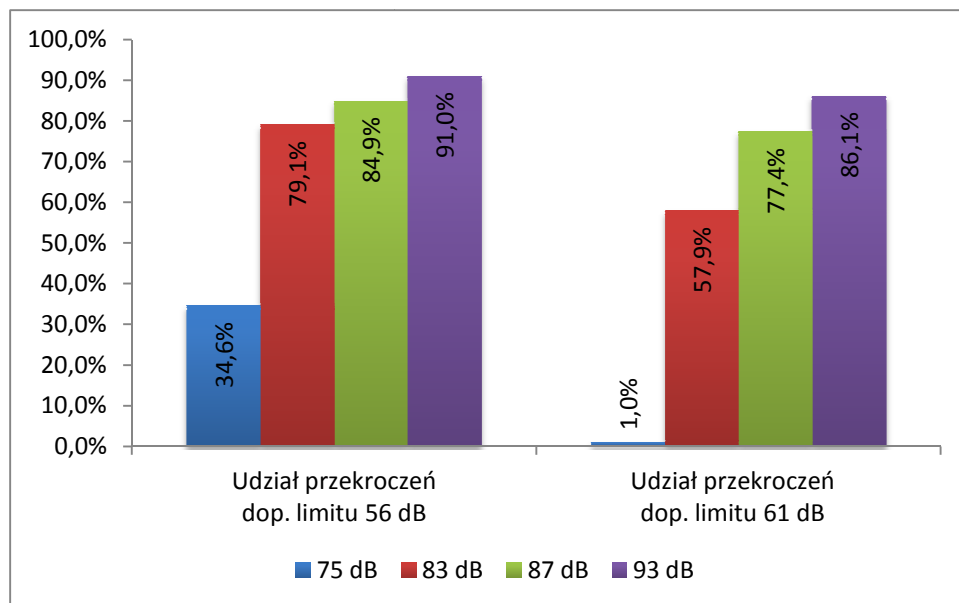
Rys. 7.43 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 3

Po przeanalizowaniu otrzymanych siatkowych map hałasu można stwierdzić, że nie jest to korzystny układ zabudowy pod względem kryterium hałasu. Dla większości budynków mieszkalnych zostały przekroczone dopuszczalne poziomy hałasu zarówno w ciągu dnia, jak i w nocy.

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.7 oraz na wykresie 7.44

Tab. 7.7 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 3

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	2357	2357	2357	2357
Wartość maksymalna Leq [dB]	63,5	71,5	75,5	81,5
Wartość minimalna Leq [dB]	31,8	39,8	43,8	49,8
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	34,6%	79,1%	84,9%	91,0%
Udział przekroczeń dop. limitu 61 dB	1,0%	57,9%	77,4%	86,1%



Rys. 7.44 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 3

Analizując otrzymane statystyki można stwierdzić, że zdecydowana większość budynków mieszkalnych będzie narażona na działanie ponadnormatywnego hałasu. Spowodowane jest to w głównej mierze poprzez niewielką odległość zabudowy od krawędzi jezdni. Układ ten ze względu na małą odległość pierwszej linii zabudowy od drogi oraz dużą gęstość zabudowy nie powinien być stosowany nawet przy małych natężeniach ruchu. Jedynym możliwym zastosowaniem jest wykonanie takiego układu przy drogach lokalnych gdzie główna droga pełni jedynie funkcje dojazdu do okolicznych domów.

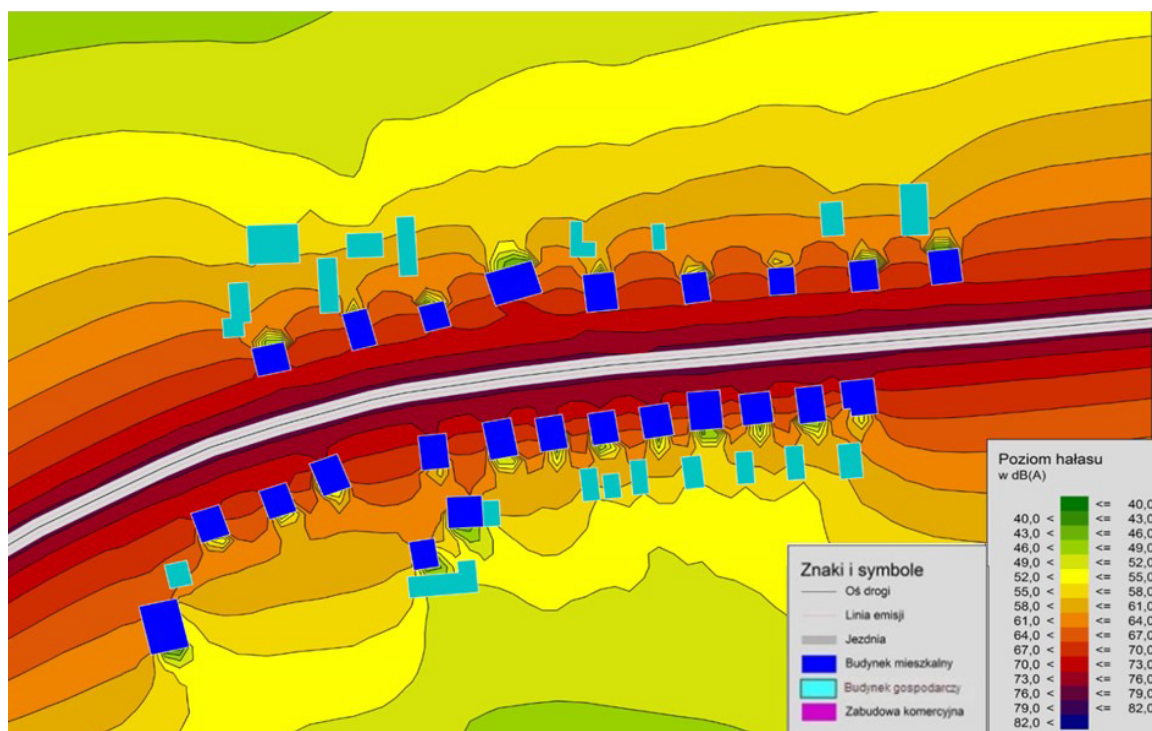
Poligon 4- Kraszewo

Kolejny wybrany poligon znajduje się w miejscowości Kraszewo w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 50.



Rys. 7.45 Mapa satelitarna – poligon 4[27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 4 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



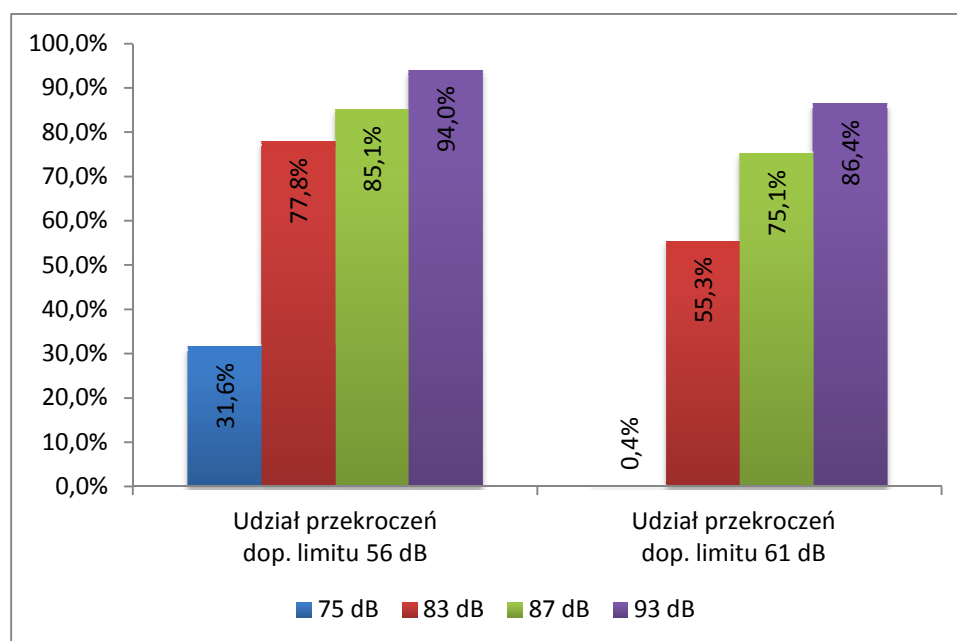
Rys. 7.46 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 4

Po przeanalizowaniu otrzymanych siatkowych map hałasu dla poligonu nr 4 można dojść do podobnych wniosków jak na poprzednich poligonach. Wybór tego typu układu zabudowy nie jest korzystny ze względu na kryterium hałasu.

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.8 oraz na wykresie 7.47.

Tab. 7.8 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 4

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	1134	1134	1134	1134
Wartość maksymalna Leq [dB]	61,1	69,1	73,1	79,1
Wartość minimalna Leq [dB]	29,5	37,5	41,5	47,5
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	31,6%	77,8%	85,1%	94,0%
Udział przekroczeń dop. limitu 61 dB	0,4%	55,3%	75,1%	86,4%



Rys. 7.47 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 4

Otrzymane statystyki potwierdzają, że nie jest to korzystny wybór typu układu zabudowy ze względu na zminimalizowanie wpływu hałasu drogowego. Dla większości budynków mieszkalnych zostaną przekroczone dopuszczalne poziomy hałasu. Układ ten powinien być stosowany jedynie w przypadku dróg lokalnych z uwagi na bliskość zabudowy od drogi oraz jej gęstość w pierwszym rzędzie zabudowy.

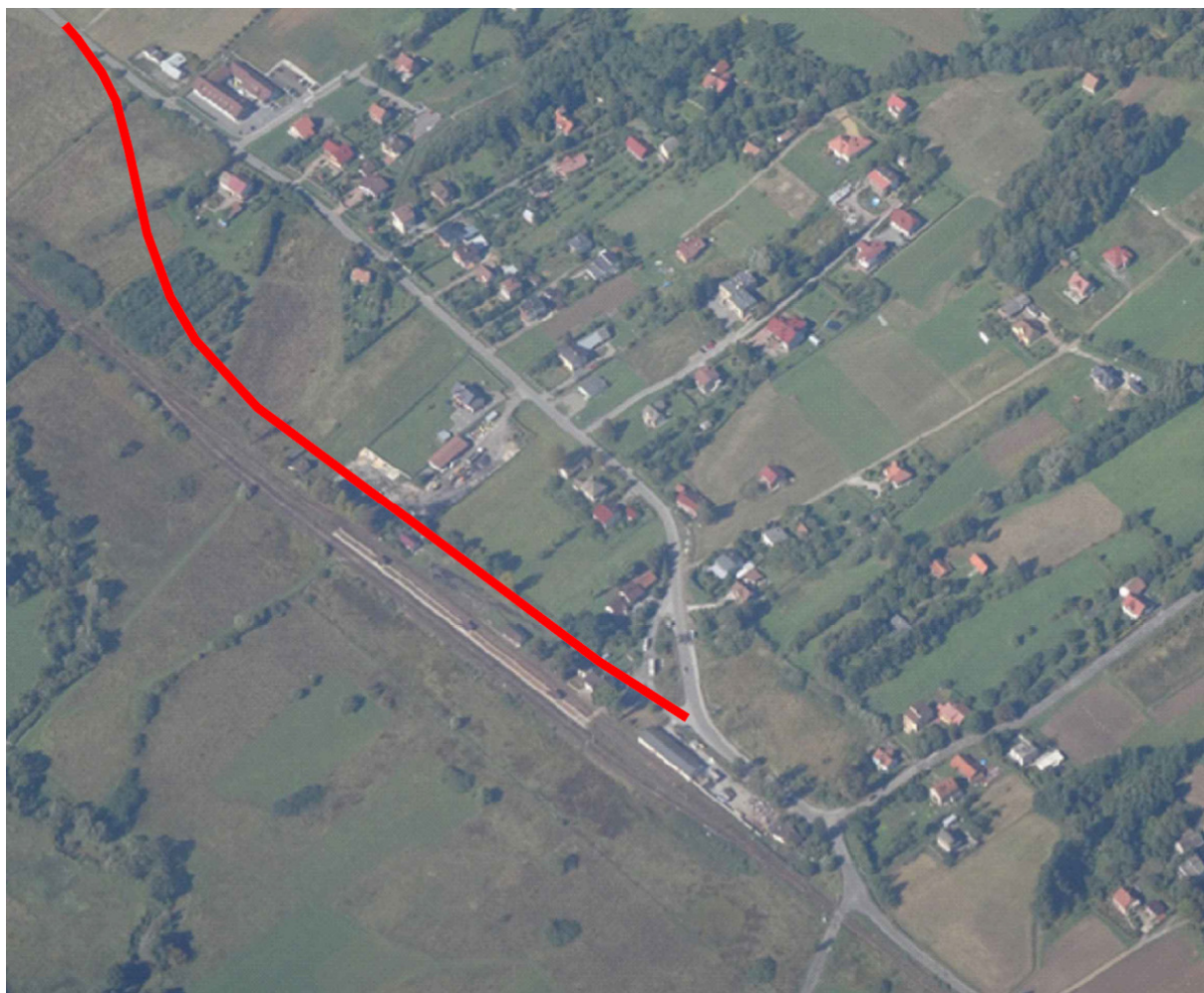
Wnioski dotyczące zabudowy rozproszonej wzdłuż drogi generującej hałas.

Przedstawione układy zabudowy są przykładami zwartej i rozproszonej zabudowy w otoczeniu drogi z gęsto rozmieszczonymi wjazdami. Takie odcinki dróg występują przeważnie na przedmieściach miast, ale także na odcinkach pozamiejskich.

- a. W analizowanych przypadkach, zabudowa zlokalizowana w niewielkiej odległości od krawędzi jezdni występuje po obydwu lub tylko po jednej stronie drogi. Zabudowa mieszkalna ma układ zbliżony do liniowego względem drogi.
- b. Obsługa wjazdów do zabudowy mieszkalnej jest realizowana przy użyciu licznych zjazdów indywidualnych i publicznych. Przy tak gęstej zabudowie na odcinku zamiejskim, nierzadko wzdłuż jezdni są budowane chodniki, co utrudnia dodatkowo wykonanie jakichkolwiek zabezpieczeń akustycznych.

Przy występowaniu tak gęstej zabudowy w pierwszej linii, może dojść od zjawiska ekranowania dla budynków w drugiej linii. Jednak zazwyczaj nie przynosi to wymiernych korzyści poprawy klimatu akustycznego ze względu na to, że w większości przypadków w drugiej linii zabudowy znajdują się budynki niewrażliwe na działanie ponadnormatywnego hałasu. Układ pomieszczeń w budynkach mieszkalnych na ogół również nie sprzyja minimalizacji wpływu hałasu drogowego. W większości przypadków pomieszczenia wrażliwe na nadmierny hałas lokalizowane są, zatem blisko źródła hałasu.

Bliskość zabudowy i jej gęstość nie daje dużych możliwości redukcji hałasu, poza uzasadnioną redukcję prędkości (do 50 lub 60 km/h) oraz możliwością trudnego pod względem praktycznym wprowadzenia cichej nawierzchni na krótkim odcinku drogi z niską prędkością dopuszczalną [28]. Pozostałe możliwości dotyczą samych budynków mieszkalnych (stolarka okienna, lokalizacja pomieszczeń). Wykonanie krótkiej obwodnicy, na ogół nie jest ani możliwe ani efektywne, a niekorzystnie odcinałoby zabudowę od pól jednakże są przykłady gdzie takie rozwiązanie jest możliwe np. przedstawiony układ w Kraszewie poligon4 lub zaprezentowany poniższy układ rys 7.48.



Rys. 7.48 Rysunek miejscowości z możliwym do zaprojektowania obejściem wzdłuż linii kolejowej kolor czerwony

Efektywne zastosowanie ekranów akustycznych nie jest możliwe z powodu bardzo częstych wjazdów do zabudowy.

Przykłady zwartej zabudowy wzdłuż drogi pokazują główne usterki obudowy dróg gdzie praktyczne możliwości poprawy klimatu akustycznego są bardzo ograniczone.

- **Zabudowa wzdłuż sięgacza prostopadłego do drogi generującej hałas**

Przedstawiony na rys 7.49 typ układu zabudowy charakteryzuje się tym, że jest ona zlokalizowana wzdłuż sięgacza poprowadzonego prostopadle do drogi generującej hałas. Budynki skupione są wzdłuż sięgacza i zlokalizowane w odległości około 10m od jezdni (sięgacza). Budynki znajdujące się w większej odległości od drogi głównej są ekranowane przez budynki w pierwszej linii zabudowy. Do hałasu z drogi głównej, który oddziałuje w największym stopniu na budynki zlokalizowane najbliżej źródła hałasu dochodzi niewielki hałas tworzony przez ruch wzdłuż sięgacza. W wielu przypadkach taki sięgacz tworzy droga niższej klasy obudowana głównie na odcinku w pobliżu drogi generującej większy hałas.

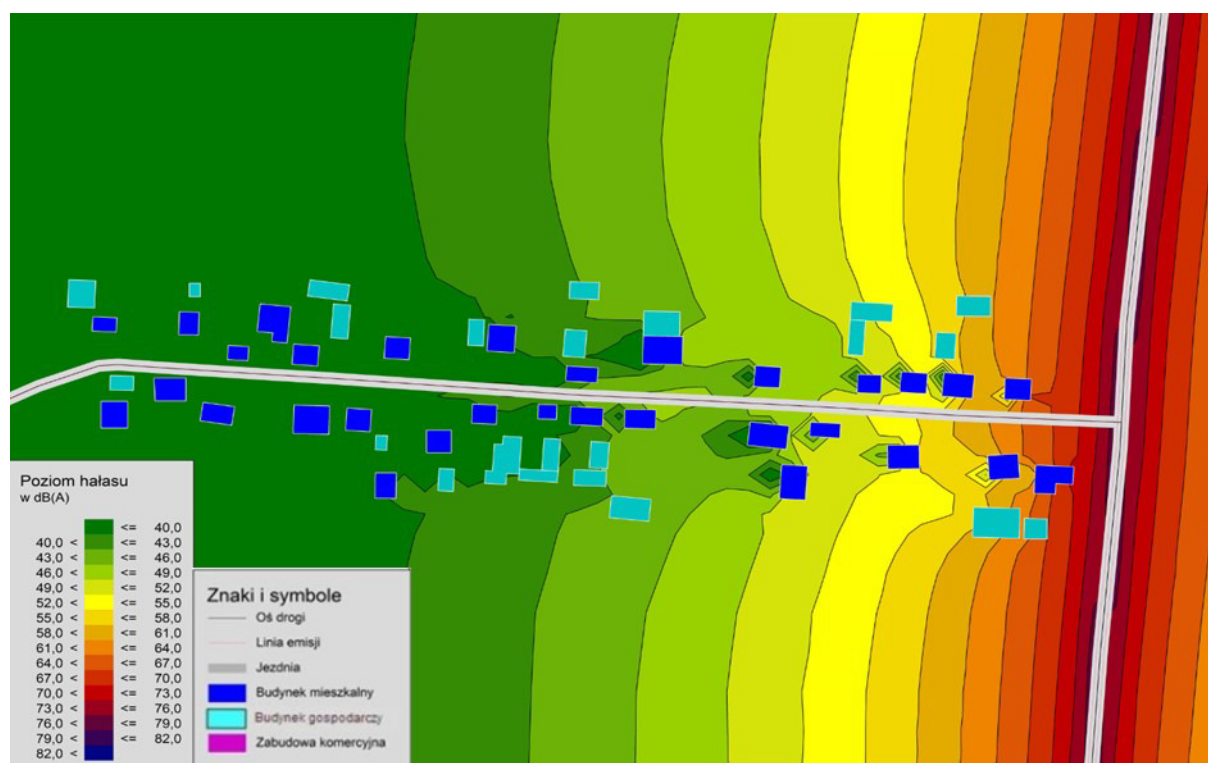
Poligon 5 - Arynów

Poligon 5 zlokalizowany jest w miejscowości Arynów w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 50. Rysunek 7.49 przedstawia zdjęcie satelitarne analizowanego poligonu.



Rys. 7.49 Mapa satelitarna – poligon 5[27] DK 50 miejscowość Arynów

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 5 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.

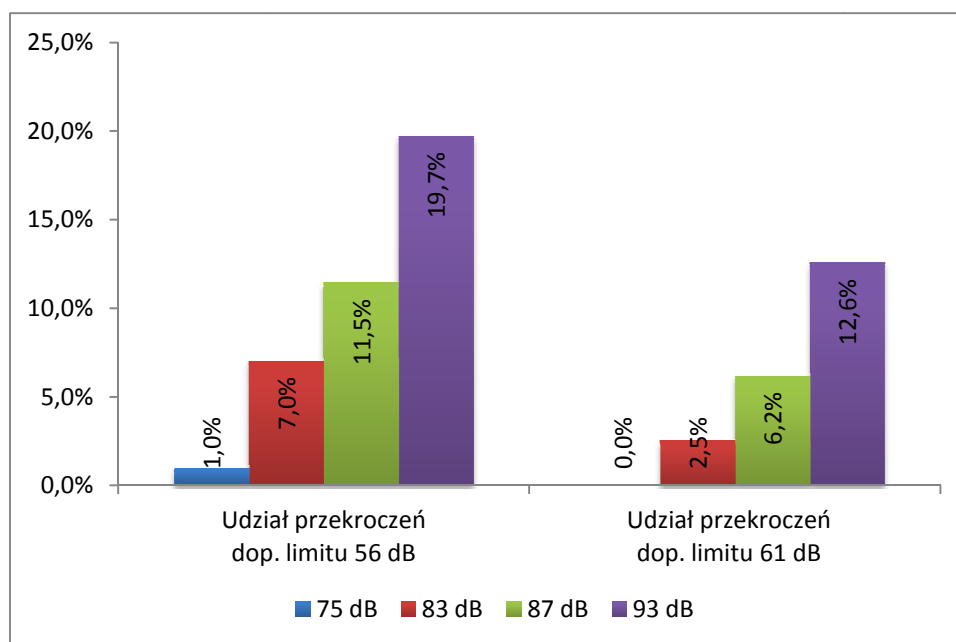


Rys. 7.50 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 5

Po przeanalizowaniu opracowanych siatkowych map hałasu można stwierdzić, że jest to korzystny układ zabudowy pod względem kryterium hałasu. Dopuszczalny poziom hałasu będzie przekroczony jedynie w otoczeniu budynków znajdujących się w pierwszej i drugiej linii zabudowy w pobliżu skrzyżowania. Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tab.7.8 oraz na wykresie rys.7.51. Statystyki te wykorzystano następnie do porównania poligonów w celu wyselekcjonowania optymalnego typu układu zabudowy ze względu na rozprzestrzenianie się hałasu.

Tab. 7.8 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji hałasu– poligon 5

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	1535	1535	1535	1535
Wartość maksymalna Leq [dB]	58,3	66,3	70,3	76,3
Wartość minimalna Leq [dB]	8,8	16,8	20,8	26,8
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	1,0%	7,0%	11,5%	19,7%
Udział przekroczeń dop. limitu 61 dB	0,0%	2,5%	6,2%	12,6%



Rys. 7.51 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 5

Z zamieszczonego powyżej wykresu można zauważyć, że niewiele budynków mieszkalnych będzie narażonych na działanie ponadnormatywnego hałasu. Dopuszczalny poziom hałasu będzie przekroczony jedynie dla budynków zlokalizowanych najbliżej głównej drogi

W wielu przypadkach przy wlocie do drogi generującej hałas można zlokalizować obiekty (usługi, handel inne), nieograniczające widoczności, które mogą redukować nadmierny hałas dochodzący do pierwszych budynków zlokalizowanych przy sięgaczu. Układ ten w przypadku braku stosowania zabezpieczeń akustycznych może być stosowany przy drogach do natężenia około 7000 poj./24h. Przy zastosowaniu środków ograniczających hałas dla 1 i 2 linii zabudowy można stosować ten typ zabudowy nawet przy natężeniach wyższych natężeniach ruchu nawet rzędu (nawet kilkudziesięciu tysięcy poj./24h).

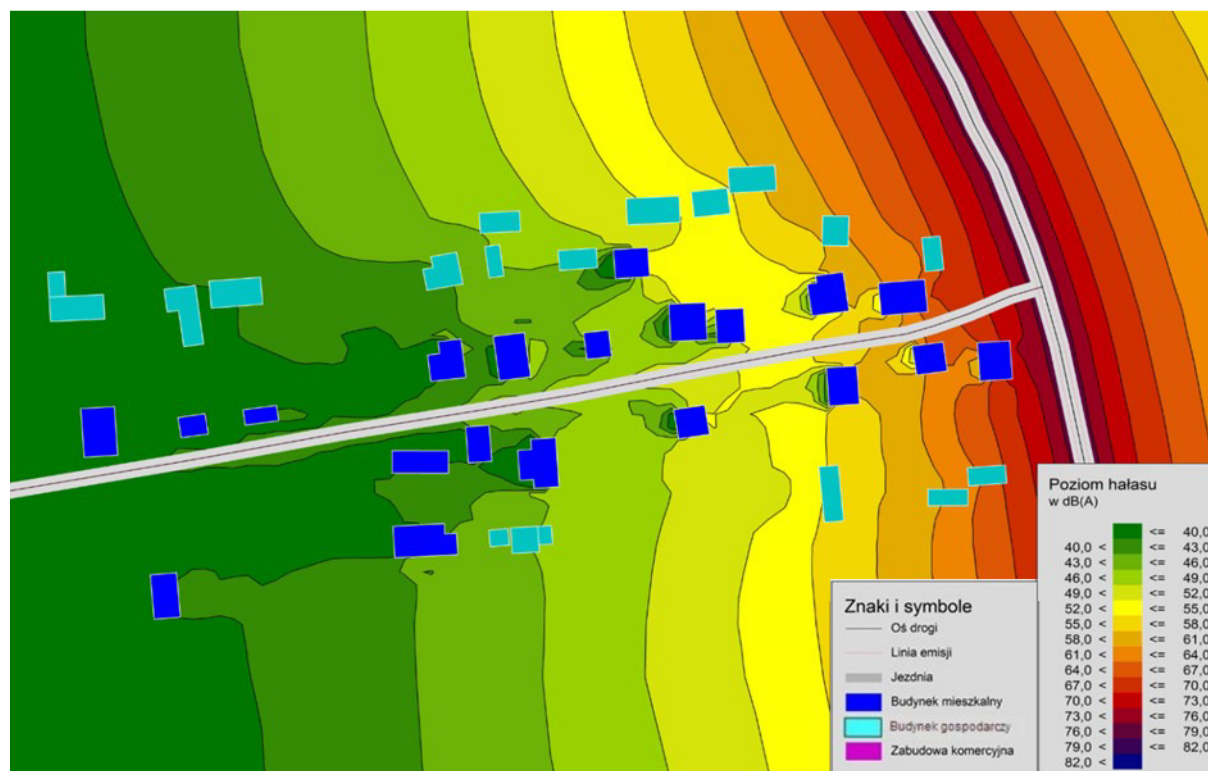
Poligon 6 Kamion Duży

Następny wyselekcjonowany poligon znajduje się w miejscowości Kamion w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 50. Na rysunku 7.52 przedstawiono zdjęcie satelitarne analizowanego poligonu.



Rys. 7.52 Mapa satelitarna – poligon 6 [27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 6 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



Rys. 7.53 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 6

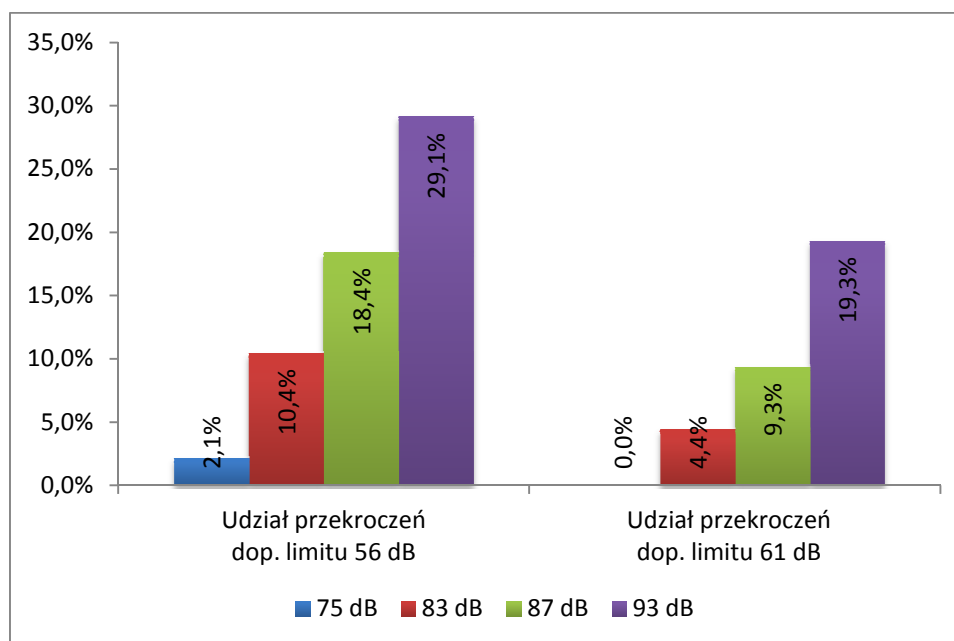
Z siatkowych map hałasu dla tego poligonu wynika, że tylko w odniesieniu do pięciu najbliższych położonych drogi głównej budynków zostanie przekroczony dopuszczalny poziom hałasu.

Poprawę klimatu akustycznego dla takiego układu zabudowy osłaniając od drogi np. ekranami akustycznymi, wałami zabudową komercyjną, garażami

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.9 oraz na wykresie 7.54. Statystyki te posłużą do porównania poligonów w celu wyselekcjonowania optymalnego typu układu zabudowy ze względu na rozprzestrzenianie się hałasu.

Tab. 7.9 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 6

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	1027	1027	1027	1027
Wartość maksymalna Leq [dB]	59,4	67,4	71,4	77,4
Wartość minimalna Leq [dB]	12,4	20,4	24,4	30,4
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	2,1%	10,4%	18,4%	29,1%
Udział przekroczeń dop. limitu 61 dB	0,0%	4,4%	9,3%	19,3%



Rys. 7.54 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 6

Analizując otrzymane statystyki udziału przekroczeń można dojść do wniosku, że układ zabudowy wzdłuż sięgacza jest korzystny ze względu na ograniczenie wpływu hałasu drogowego. Jedynie, co piąty budynek mieszkalny będzie narażony na działanie nadmiernego hałasu, a można to także zmniejszyć stosując środki redukujące hałas u źródła lub pomiędzy

źródłem a odbiornikiem. Układ ten poddając modyfikacji poprzez np. wykup budynków mieszkalnego znajdującego się najbliżej drogi i zagospodarowując strefę pomiędzy drogą a zabudową np. (zielenią, garażami itp. elementami) mającymi za zadane poprawę klimatu akustycznego.

- **Zabudowa zlokalizowana wzdłuż sięgacza, włączonego pod różnym kątem do drogi generującej hałas**

Ten typ układu zabudowy jest podobny do poprzednio analizowanego. Jediną różnicą jest to, że sięgacz nie jest włączony pod kątem prostym w stosunku do drogi generującej hałas. Włączenie sięgacza pod innym kątem niż prostym może ograniczyć osłanianie zabudowy przed nadmiernym hałasem przez budynki znajdujące się w pierwszej linii zabudowy, a sposób naprowadzenia sięgacza nie jest korzystny dla brd.

Poligon 7 - Kuznocin

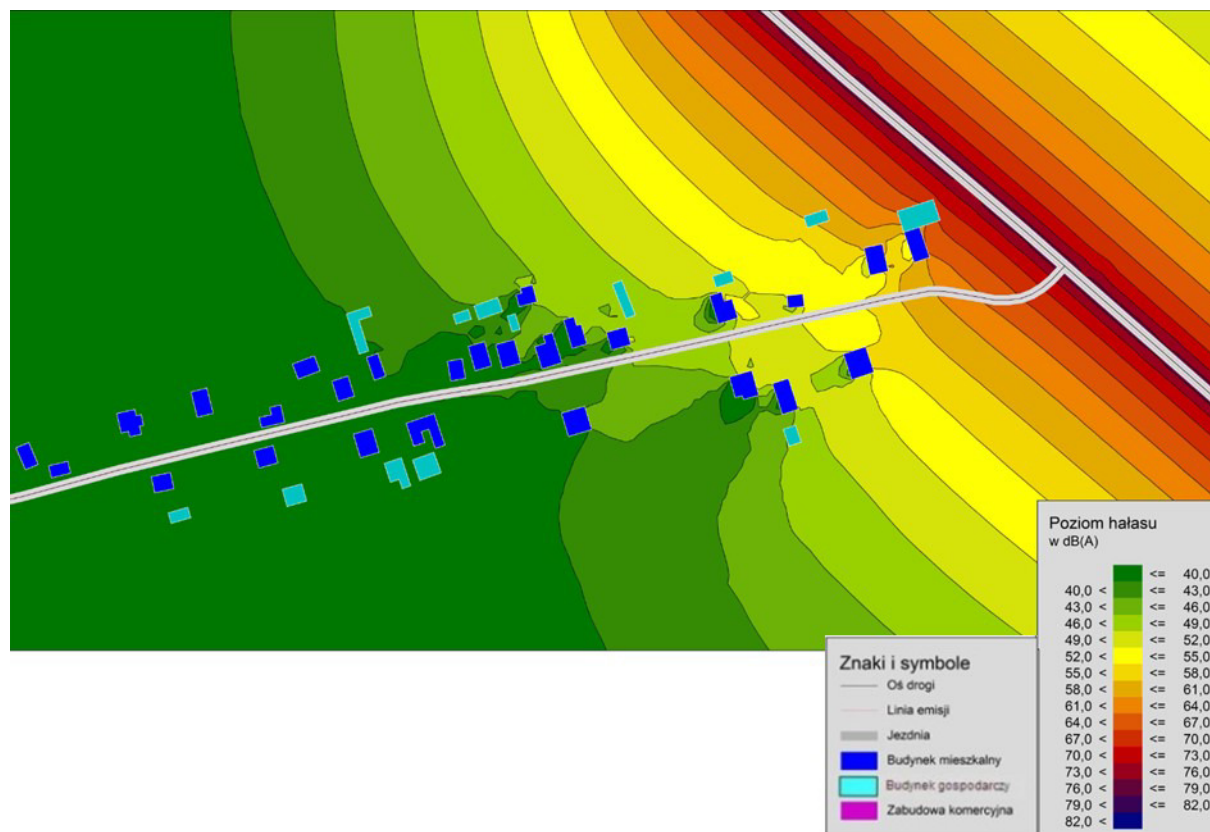
Poligon nr 7 znajduje się w miejscowości Kuznocin w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 50.

Na rysunku 7.55 przedstawiono zdjęcie satelitarne analizowanego poligonu.



Rys. 7.55 Mapa satelitarna – poligon 7[27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 7 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



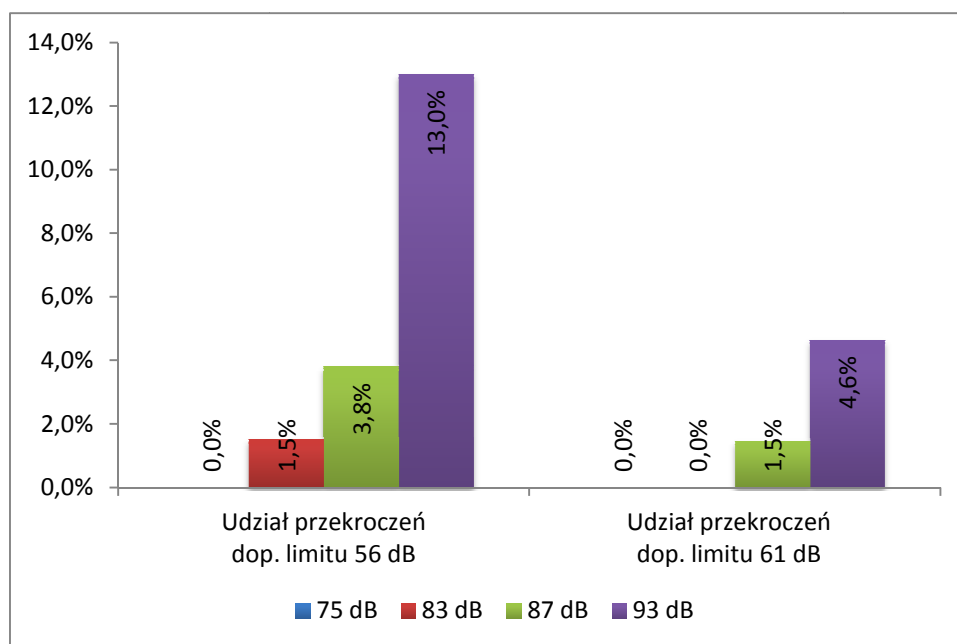
Rys. 7.56 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 7

Na siatkowych mapach hałasu dla analizowanego poligonu można zauważyć, że jedynie dwa najbliższe położone źródła hałasu budynki mieszkalne będą narażone na oddziaływanie ponadnormatywnego poziomu hałasu i wymagają ewentualnej osłony.

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.10 oraz na wykresie 7.57.

Tab. 7.10 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 7

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	1445	1445	1445	1445
Wartość maksymalna Leq [dB]	51,1	59,1	63,1	69,1
Wartość minimalna Leq [dB]	6,5	14,4	18,4	24,4
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	0,0%	1,5%	3,8%	13,0%
Udział przekroczeń dop. limitu 61 dB	0,0%	0,0%	1,5%	4,6%

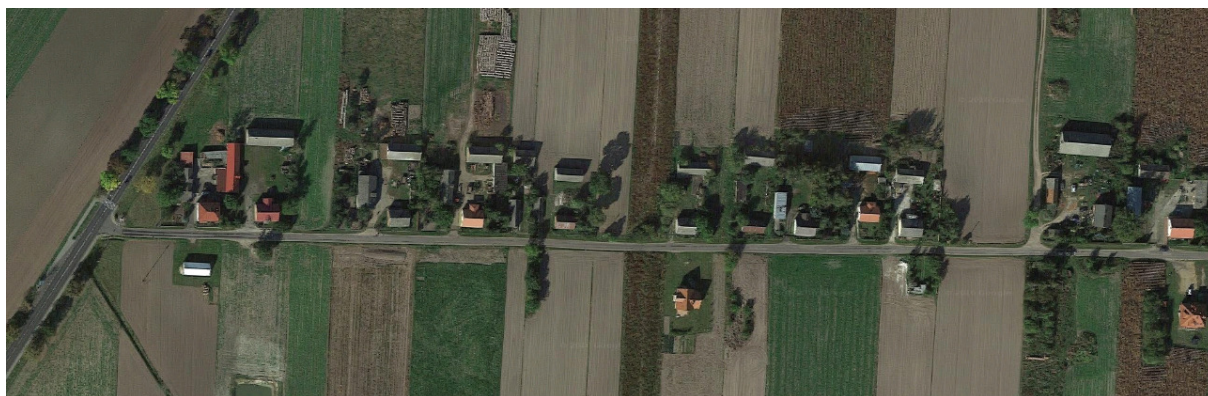


Rys. 7.57 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 7

Analizując otrzymane statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych można łatwo zauważyć, że wybrany układ zabudowy nie jest niekorzystny ze względu na rozprzestrzenianie się hałasu drogowego. Tylko na niewielką część budynków mieszkalnych będzie oddziaływał ponadnormatywny poziom hałasu. Budynki te można niewielkim kosztem osłonić przed hałasem. Układ ten w przypadku braku stosowania zabezpieczeń akustycznych może być stosowany przy drogach do około 7000 poj./24h. Przy zastosowaniu środków ograniczających hałas dla 1 i 2 linii zabudowy można stosować ten typ zabudowy przy natężeniach nawet rzędu kilkunastu a nawet kilkudziesięciu tysięcy poj./24h.

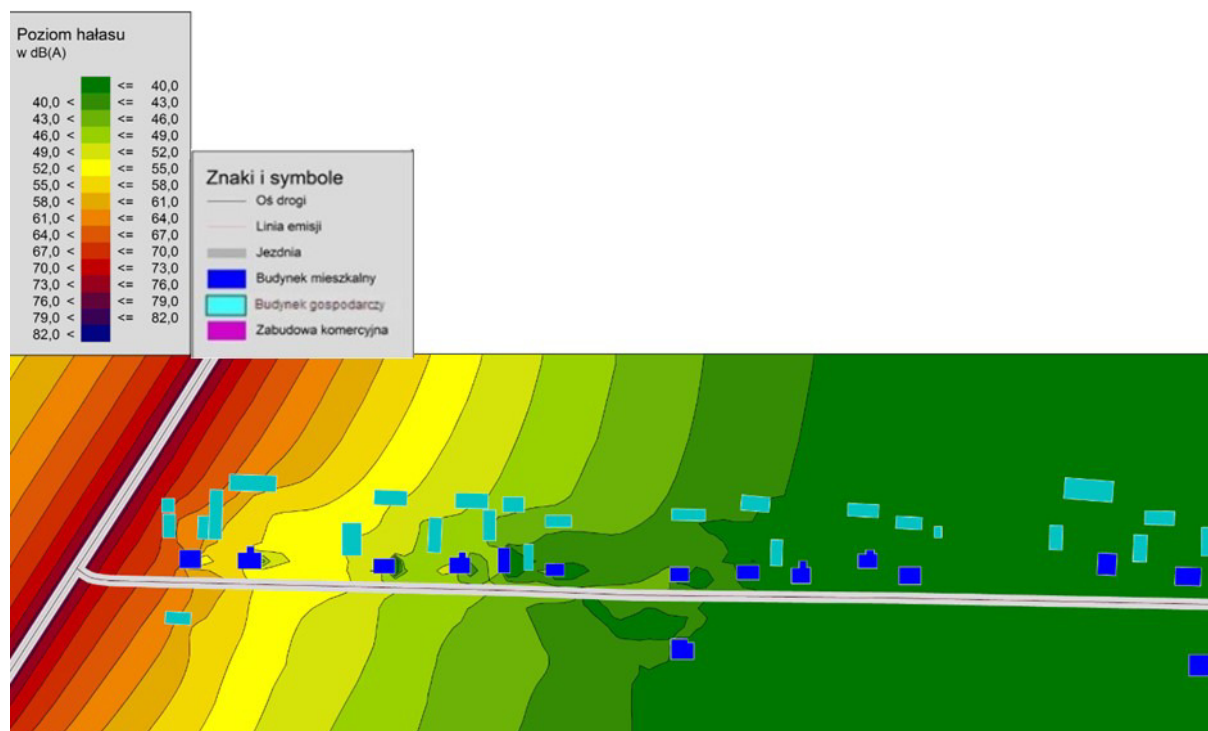
Poligon 8 - Gilino

Poligon nr 8 znajduje się w miejscowości Gilino w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 60. Na rysunku 7.58 przedstawiono zdjęcie satelitarne analizowanego poligonu.



Rys. 7.58 Mapa satelitarna – poligon 8[27]

Poligon różni się od poprzednich tym, prawie cała zabudowa została zlokalizowana po jednej stronie sięgacza, co może być korzystne pod względem funkcjonalnym oraz bezpieczeństwa ruchu – zwłaszcza pieszego. Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 8 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



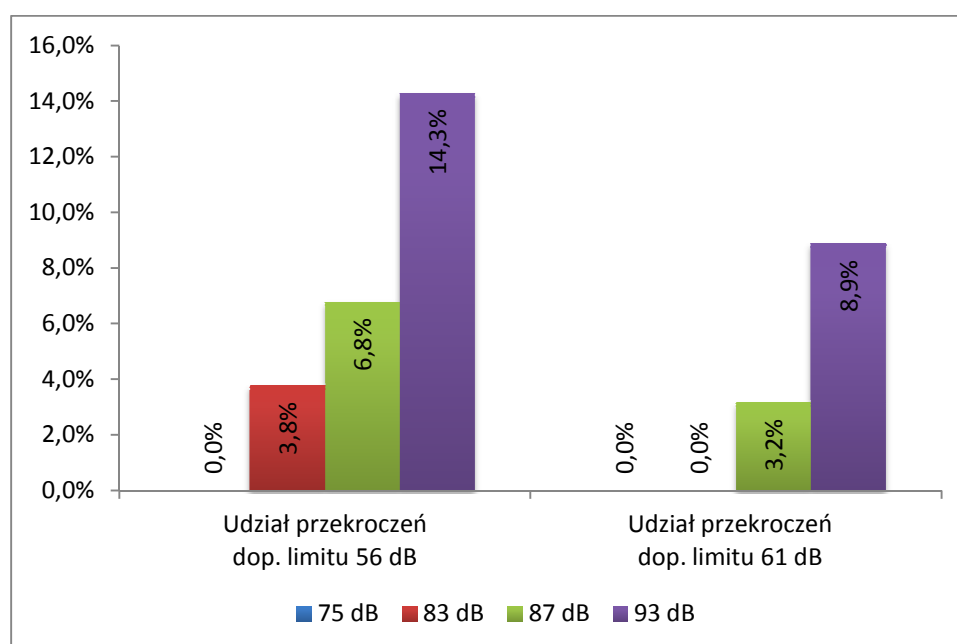
Rys. 7.59 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 8

Z otrzymanych siatkowych map hałasu wynika, że jedynie dwa budynki mieszkalne będą narażone na działanie nadmiernego hałasu drogowego.

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.11 oraz na rysunku 7.60.

Tab. 7.11 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 8

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	665	665	665	665
Wartość maksymalna Leq [dB]	52,3	60,3	64,3	70,3
Wartość minimalna Leq [dB]	5,2	13,2	17,2	23,2
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	0,0%	3,8%	6,8%	14,3%
Udział przekroczeń dop. limitu 61 dB	0,0%	0,0%	3,2%	8,9%
Udział przekroczeń dop. limitu 65 dB	0,0%	0,0%	0,0%	4,2%



Rys. 7.60 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 8

Podobnie jak na poprzednim poligonie tylko nieliczne budynki mieszkalne będą narażone na działanie ponadnormatywnego hałasu. Jest to przykład pozytywnego kształtowania zabudowy pod względem kryterium hałasu. Układ ten w przypadku braku stosowania zabezpieczeń akustycznych może być stosowany przy drogach do około 7000 poj./24h bez zastosowania dodatkowych zabezpieczeń akustycznych. Przy zastosowaniu środków ograniczających hałas dla 1 i 2 linii zabudowy można stosować ten typ zabudowy przy natężeniach nawet rzędu kilkunastu a nawet kilkudziesięciu tysięcy poj./24h.

Wnioski dotyczące zabudowy rozmieszczonej wzdłuż sięgacza podłączonego do drogi generującej hałas.

Układy z zabudowa rozmieszczoną wzdłuż sięgacza są korzystne zarówno pod względem ekspozycji na hałas jak i z uwagi na brd. Układy te w przypadku wczesnego planowania zapewniają rozmieszczanie w strefie pomiędzy drogą a zabudową wrażliwa elementów ochrony akustycznej w celu ochrony paru zabudowań umiejscowionych najbliżej drogi. Jako strefę pomiędzy zabudową chronioną a drogą można stosować odpowiednio szeroką strefę buforową zależną od natężenia ruchu na drodze (rozdział 7.4) lub zagospodarowaną poprzez zabudowę niepodlegającą ochronie akustycznej pełniącą równocześnie funkcję osłony dla zabudowy mieszkalnej. Układy rozmieszczone wzdłuż sięgaczy są korzystne dla mieszkańców, nie tylko pod względem klimatu akustycznego, ale także, pod względem warunków zamieszkania i możliwości rekreacji a także zaopatrzenia.

W ostatnich latach na północy Krakowa w sąsiedztwie obecnego przebiegu drogi krajowej nr 7 w kierunku Kielc powstało na ogół w systemach deweloperskich wiele osiedli lub zespołów budynków zbudowanych wzdłuż sięgaczy wychodzących z drogi nr 7 w terenie o dość zróżnicowanym ukształtowaniu pionowym. Wspólną cechą tej zabudowy jest to, że nie jest ona narażona na oddziaływania hałasu wytwarzanego przez potoki ruchu o dużych natężeniach ruchu. Wcześniejszy brak planów zagospodarowania powoduje, że przebieg tych sięgaczy, jak i same połączenia z drogą nr 7 budzą sporo zastrzeżeń, zwłaszcza pod względem bezpieczeństwa ruchu. Interesujący jest sposób rozwiązywania garaży – przeważnie w połączeniu z budynkami mieszkalnymi.

Zabudowa skupiona wokół sieci dróg lokalnych.

Kolejne analizy przeprowadzono dla układów zabudowy zlokalizowanej wzdłuż sieci dróg/ulic lokalnych. Takie układy zabudowy są tworzone najczęściej w strefach podmiejskich miast średnich i dużych i składają się z sieci ulic lokalnych oraz zabudowy zlokalizowanej wzdłuż tych ulic. Zabudowa ta zazwyczaj tworzy zwarte, regularne struktury. Dostęp do układu zabudowy jest ograniczony i odbywa się poprzez nieliczne skrzyżowania z drogą/ulicą przenoszącą zasadnicze potoki ruchu. Hałas drogowy oddziałuje w największym stopniu na budynki zlokalizowane bezpośrednio przy takiej drodze.

Poligon 9 - Łochów

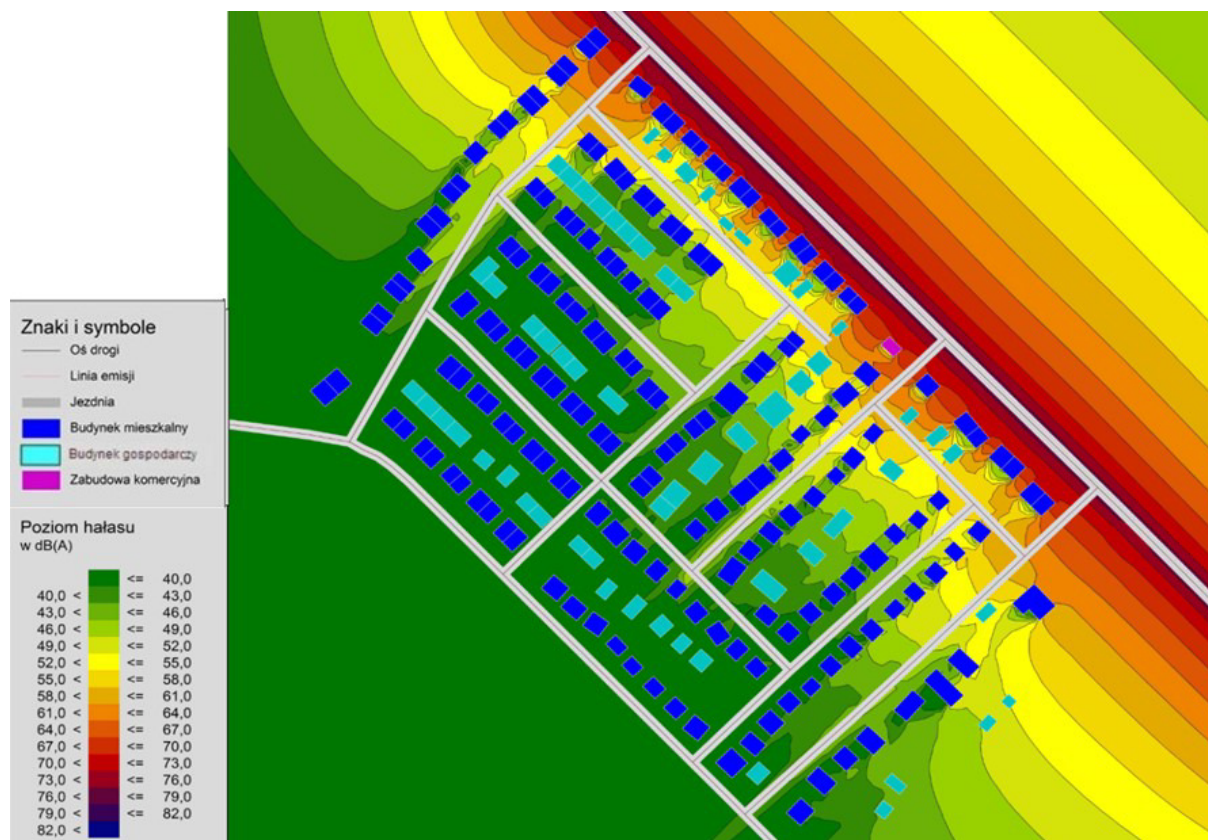
Pierwszy z wyselekcjonowanych poligonów tego typu układu niskiej zabudowy znajduje się w miejscowości Łochów w woj. mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 62.

Na rys.7.61 przedstawiono zdjęcie satelitarne analizowanego poligonu.



Rys. 7.61 Mapa satelitarna – poligon 9[27]

Poniżej przedstawiono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 9 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



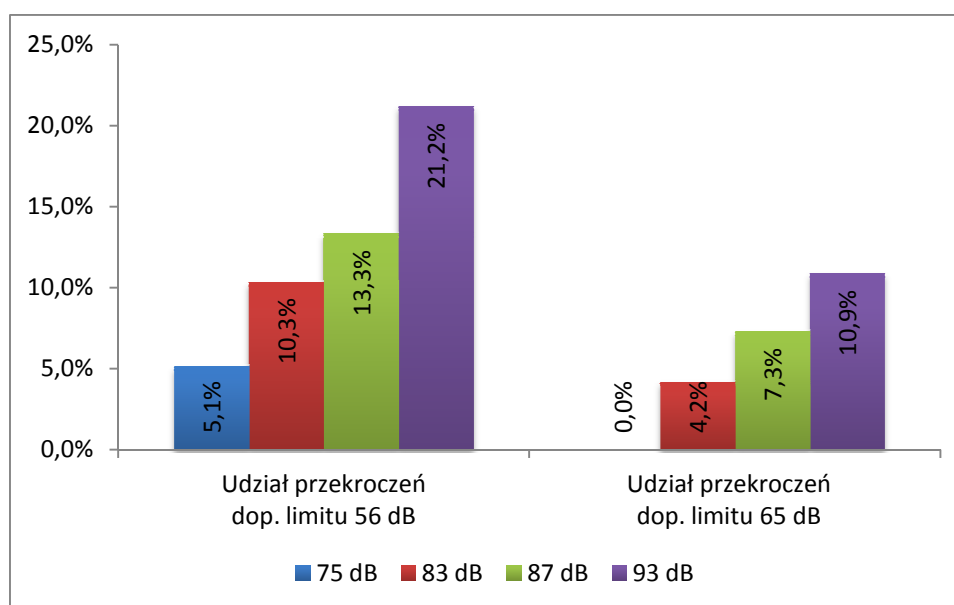
Rys. 7.62 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 9

Na zamieszczonych powyżej siatkowych mapach hałasu można zauważyć, że dopuszczalny poziom hałasu będzie przekroczony głównie w odniesieniu do budynków zlokalizowanych w pierwszej linii zabudowy, które osłaniają budynki znajdujące się wewnątrz układu i które dzięki temu będą miały zapewniony korzystny klimat akustyczny. Oczywiście powstaje pytanie: czy ten pierwszy rząd można ekranować z uwagi na bliskie położenie jezdni drogi, a jeśli nie to czy obniżenie prędkości i cicha nawierzchnia mogą zapewnić akceptowalny poziom hałasu?

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.12 oraz na wykresie 7.63.

Tab. 7.12 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 9

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	6449	6449	6449	6449
Wartość maksymalna Leq [dB]	60,2	68,2	72,2	78,2
Wartość minimalna Leq [dB]	16,9	24,9	28,9	34,9
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	5,1%	10,3%	13,3%	21,2%
Udział przekroczeń dop. limitu 65 dB	0,0%	4,2%	7,3%	10,9%

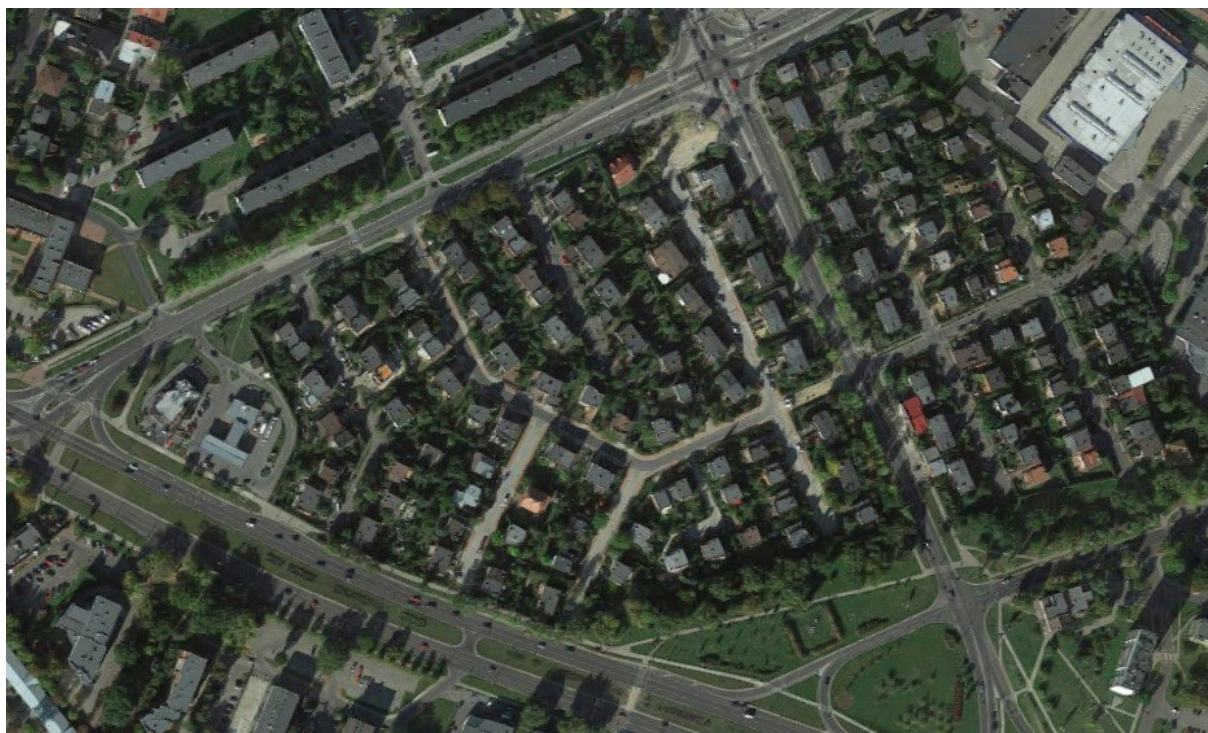


Rys. 7.63 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 9

Analiza statystyk odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych można zauważyć, że niewielka część budynków będzie narażona na działanie nadmiernego hałasu. Będą to głównie budynki znajdujące się w pierwszej linii zabudowy. Układ ten podobnie jak układy z zabudową gęstą wzdłuż drogi jest niekorzystny z uwagi na przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu przy zabudowie. Pozorną zaletą jest ochrona akustyczna dalszych rzędów zabudowy drugiego i więcej poprzez zabudowę narażoną na hałas w pierwszej linii zabudowy.

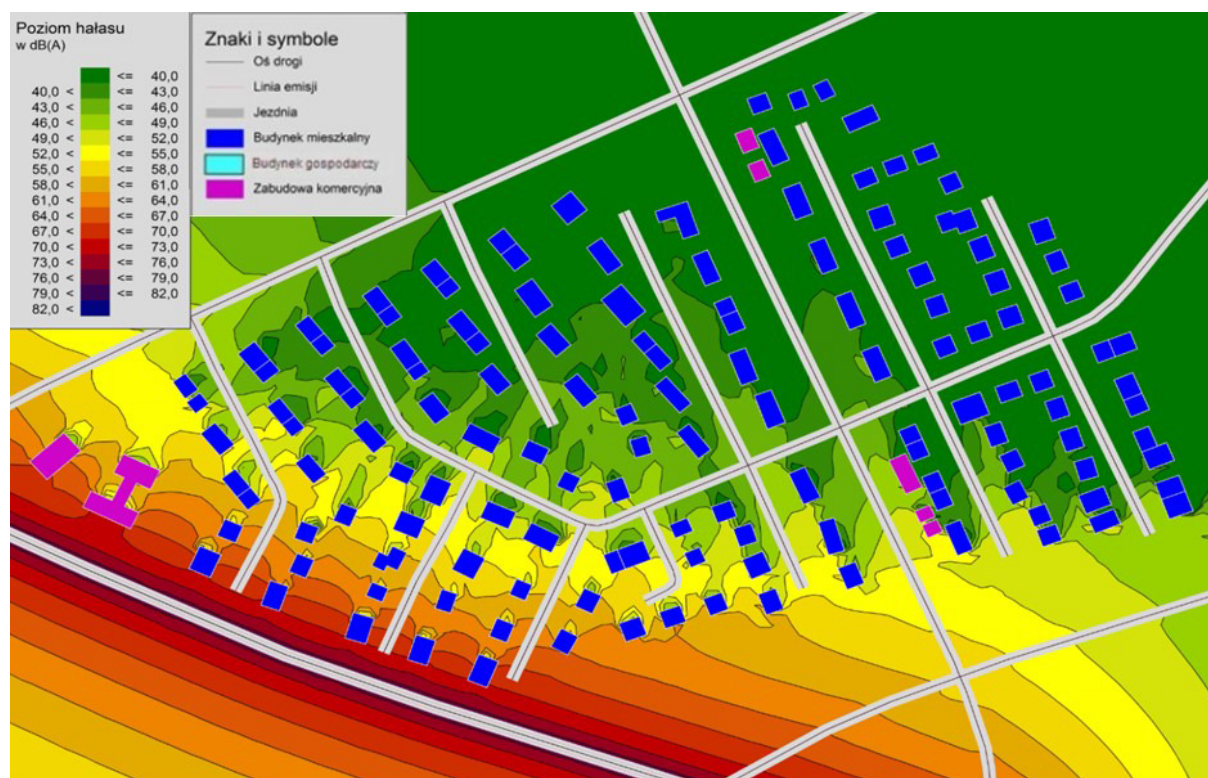
Poligon 10 - Płock

Drugi wyselekcjonowany poligon dla tego typu układu zabudowy znajduje się w mieście Płock w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 60. Na rysunku 7.64 przedstawiono zdjęcie satelitarne analizowanego poligonu.



Rys. 7.64 Mapa satelitarna – poligon 10[27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 10 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



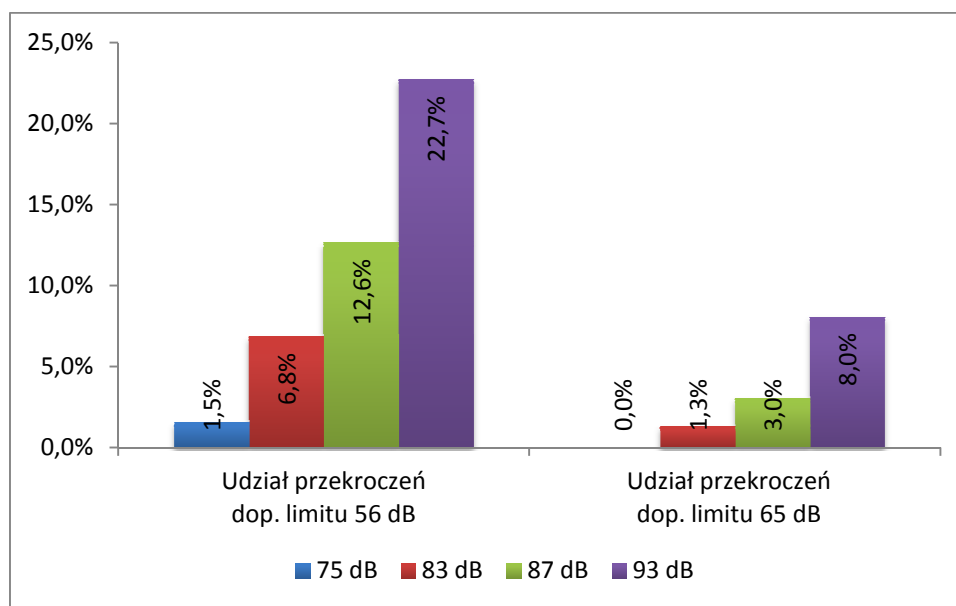
Rys. 7.65 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 10

Podobnie jak w przypadku poprzedniego poligonu budynki znajdujące się najbliżej ulicy przenoszącej duże natężenia ruchu będą narażone na oddziaływanie nadmiernego hałasu. Budynki znajdujące się wewnątrz osiedla będą miały zapewniony odpowiedni klimat akustyczny.

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.13 oraz na wykresie 7.66.

Tab. 7.13 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 10

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	5393	5393	5393	5393
Wartość maksymalna Leq [dB]	59,1	67,1	71,1	77,1
Wartość minimalna Leq [dB]	15,3	23,3	27,3	33,3
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	1,5%	6,8%	12,6%	22,7%
Udział przekroczeń dop. limitu 65 dB	0,0%	1,3%	3,0%	8,0%



Rys. 7.66 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 10

Analizując zamieszczony powyżej wykres można stwierdzić, że analizowany typ układu jest korzystny ze względu na kryterium hałasu. Nieduża część budynków mieszkalnych będzie narażona na działanie hałasu powyżej dopuszczalnych norm. Układ ten podobnie jak układy z zabudową gęstą wzdłuż drogi jest niekorzystny z uwagi na przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu przy zabudowie pozorną zaletą jest ochrona akustyczna dalszych rzędów

zabudowy drugiego i więcej poprzez zabudowę narażoną na hałas w pierwszej linii zabudowy.

Wnioski dotyczące zabudowy rozmieszczonej wzdłuż lokalnego układu dróg

Zabudowa ta powstaje przez rozbudowę zarówno układów sięgaczowych, jak i równoległych do drogi układy te charakteryzują się bardzo gęstą zabudową (praktycznie styl miejski), co skutkuje przekroczeniami wartości dopuszczalnej przeważnie tylko na pierwszej linii zabudowy (rzadko dla drugiej linii zabudowy w przypadku małej gęstości pierwszej linii zabudowy). Układy podobnie jak zabudowa wzdłuż drogi charakteryzują się licznymi wjazdami, brakiem możliwości odpowiedniego zabezpieczenia pierwszej linii zabudowy. Jednym z rozwiązań w przypadku ochrony może być zastosowanie cichej nawierzchni [29] lub w przypadku odpowiednio szerokiej wolnej przestrzeni międzymiędzy drogą a zabudową wykonanie drogi serwisowej likwidacja zjazdów i posadowienie ekranu akustycznego lub wału zbrojonego.

- **Zabudowa ekranowana przez zabudowę niewrażliwą**

Racjonalne planowanie zabudowy przy ruchliwych drogach/ulicach może uwzględniać sytuacje gdzie zabudowa mieszkalna będzie osłaniana przez zabudowę niewrażliwą na hałas

Jest to typ układu zabudowy, w którym zabudowa mieszkalna ekranowana jest poprzez zabudowę niewrażliwą na ponadnormatywny hałas. Do takiej zabudowy można zaliczyć: budynki przemysłowe, garaże oraz budynki handlowe i usługowe itp.. Przy projektowaniu tego typu obiektów ważny jest dobór wysokości budynku ekranującego względem budynku chronionego. Zbyt niski budynek ekranujący nie będzie odpowiednio chronił przed nadmiernym hałasem wyższych pięter budynku chronionego, natomiast zbyt wysoki budynek ochronny będzie ograniczał dostęp światła słonecznego.

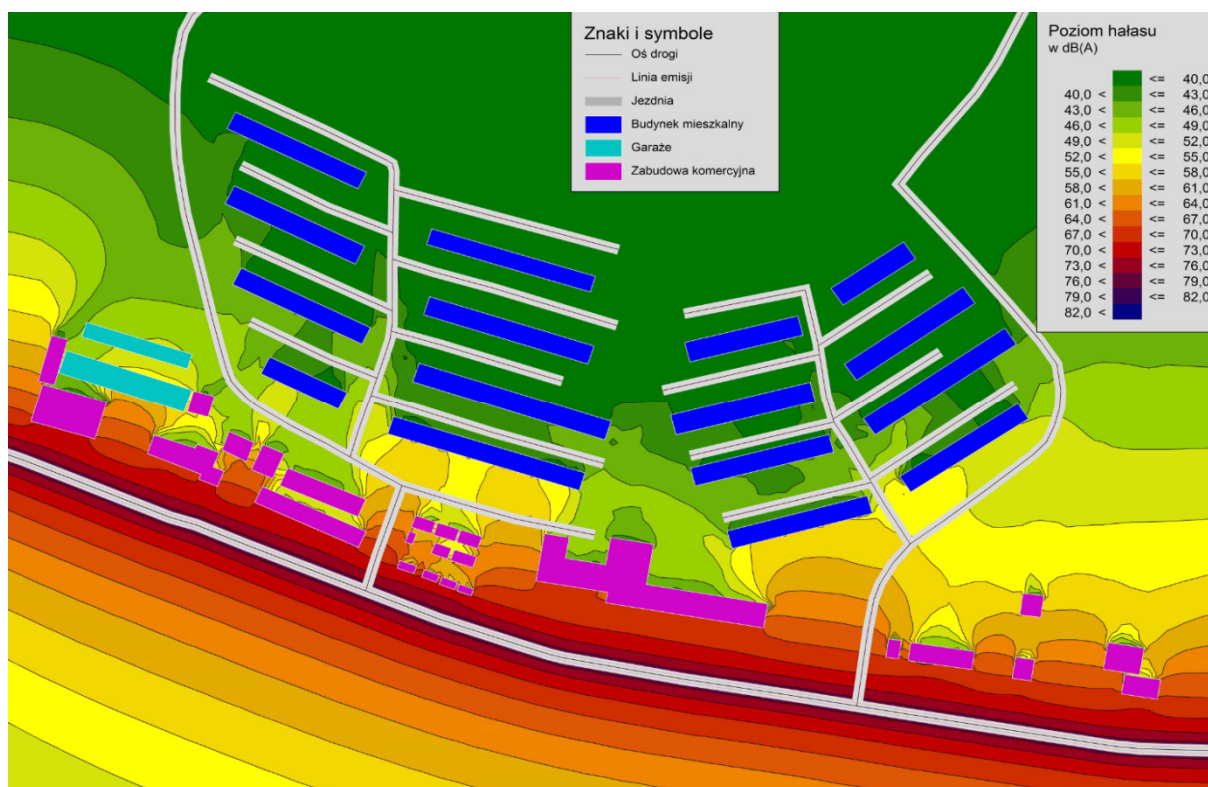
Poligon 11 – osiedle Złotego Wieku, Kraków

Pierwszy wyselekcjonowany poligon dla tego typu układu zabudowy znajduje się na osiedlu Złotego Wieku w Krakowie. Na rysunku 7.67 przedstawiono zdjęcie satelitarne analizowanego poligonu. Na poniższej ilustracji przedstawiono osiedle mieszkaniowe z zabudowa 5-kondygnacyjną rys. 7.67.



Rys. 7.67 Mapa satelitarna – poligon 11[27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 11 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



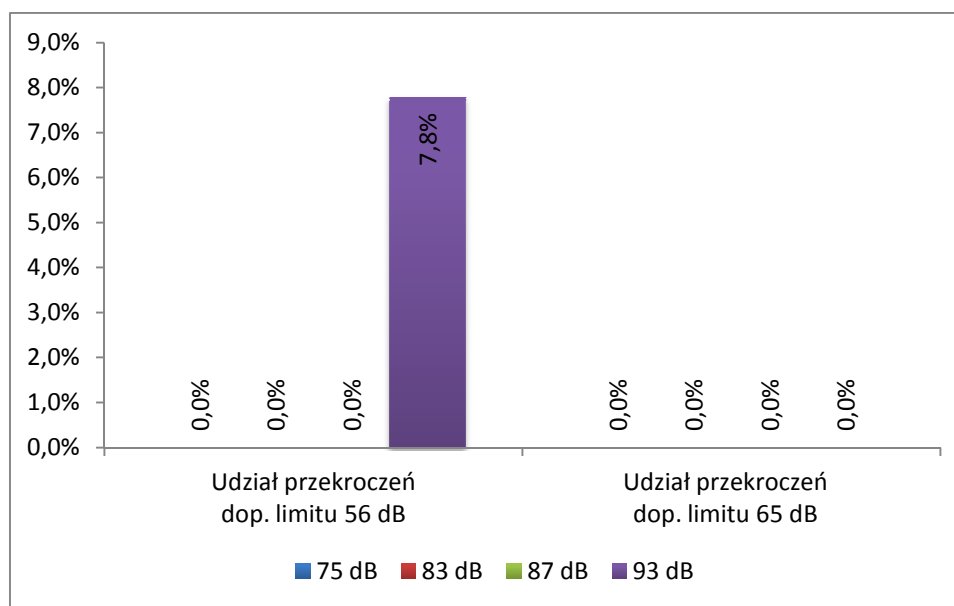
Rys. 7.68 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 11

Na zamieszczonych mapach hałasu można zauważyć jak efektywnie chroniona jest zabudowa mieszkalna przed nadmiernym hałasem. Pas zabudowy niewrażliwej usytuowany bezpośrednio przy drodze głównej zapewnia dogodny klimat akustyczny dla zabudowy mieszkalnej.

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.14 oraz na wykresie 7.69. Statystyki te posłużą do porównania poligonów w celu wyselekcjonowania optymalnego typu układu zabudowy ze względu na rozprzestrzenianie się hałasu.

Tab. 7.14 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 11

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	2980	2980	2980	2980
Wartość maksymalna Leq [dB]	42,6	50,6	54,6	60,6
Wartość minimalna Leq [dB]	18,4	26,4	30,4	36,4
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	0,0%	0,0%	0,0%	7,8%
Udział przekroczeń dop. limitu 65 dB	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



Rys. 7.69 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 11

Analizując otrzymane statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków można zauważyć, że jest to przykład korzystnego kształtowania układu zabudowy.

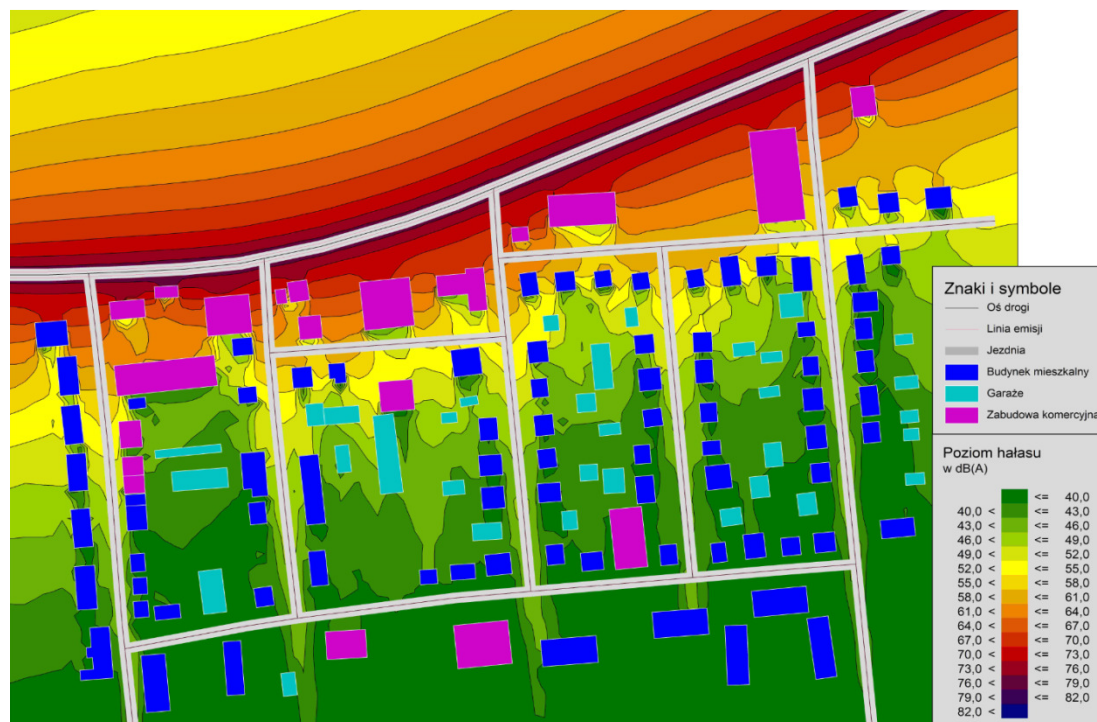
Poligon 12 – Głinojeck

Drugi wybrany poligon dla tego typu zabudowy znajduje się w miejscowości Głinojeck w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 60.



Rys. 7.70 Mapa satelitarna – poligon 12[27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 12 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



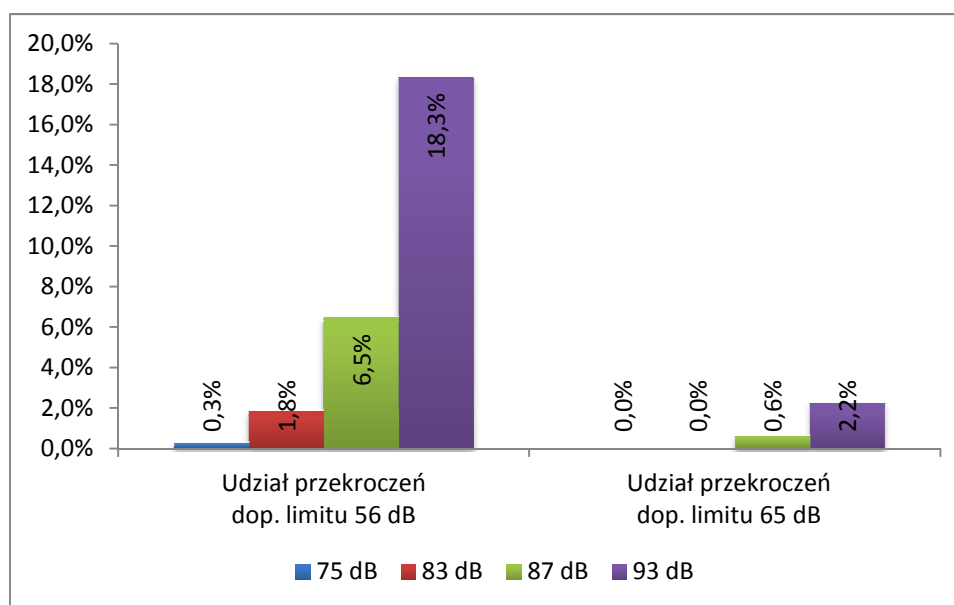
Rys. 7.71 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 12

Na powyższych mapach hałasu można zauważyć, że dla pory dnia tylko jeden budynek mieszkalny będzie narażony na oddziaływanie hałasu powyżej dopuszczalnej normy. Ekranowanie zabudową komercyjną przynosi w tym przypadku dobre efekty.

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.15 oraz na wykresie 7.72. Statystyki te posłużą do porównania poligonów w celu wyselekcjonowania optymalnego typu układu zabudowy ze względu na rozprzestrzenianie się hałasu.

Tab. 7.15 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 12

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	4231	4231	4231	4231
Wartość maksymalna Leq [dB]	56,3	64,3	68,3	74,3
Wartość minimalna Leq [dB]	16,3	24,3	28,3	34,3
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	0,3%	1,8%	6,5%	18,3%
Udział przekroczeń dop. limitu 65 dB	0,0%	0,0%	0,6%	2,2%



Rys. 7.72 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 12

Analizując zamieszczone statystyki dla analizowanego poligonu można zauważyć, że tylko w przypadku nielicznych budynków mieszkalnych będzie przekroczony dopuszczalny poziom hałasu. Jednakże porównując poligon numer 11 i 12, gdzie zasadniczą różnicą jest gęstość zabudowy niewrażliwej oraz jej rozstaw można zaobserwować lepszą ochronę akustyczną w

przypadku poligonu nr 11, gdzie zabudowa niewrażliwa/ekranująca stanowi lepszą osłonę akustyczną dla budynków mieszkalnych.

- **Zabudowa ze strefą buforową**

Układ zabudowy ze strefą buforową jest to układ, w którym zabudowa mieszkalna zlokalizowana jest w pewnej odległości od krawędzi jezdni. Odległość ta ma celu zapewnienie dogodnego klimatu akustycznego, ponieważ wraz ze wzrostem odległości od źródła hałasu poziom dźwięku docierający do odbiorcy maleje. Zapewnienie odpowiedniej odległości zabudowy od krawędzi jezdni może być problematyczne, ponieważ tereny, na których ma zostać wprowadzony zakaz możliwości zabudowy zazwyczaj nie należą do administracji drogowej. Zapisy, które grunty mogą zostać przeznaczone na zabudowę mieszkalną powinny być zawarte w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego. Taka strefa może być zagospodarowana i ochraniana w różny sposób.

Poligon 13 – Konstancin - Jeziorna

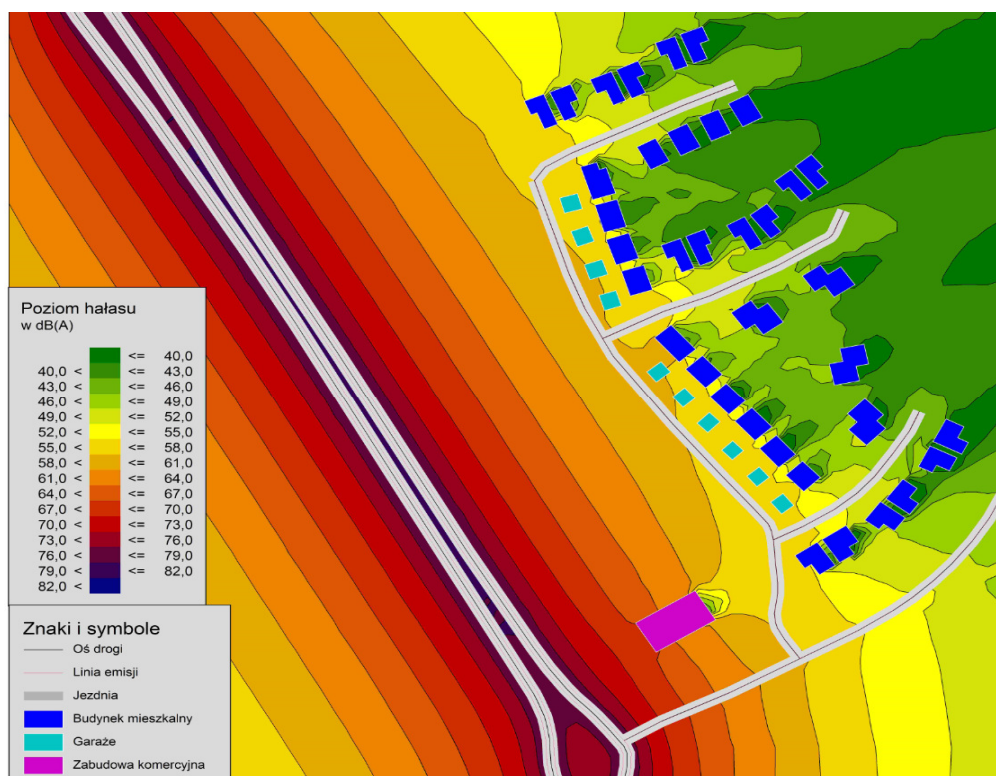
Pierwszy wyselekcjonowany poligon dla tego typu układu zabudowy znajduje się w mieście Konstancin - Jeziorna w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 724.

Zabudowa mieszkalna oddalona jest od krawędzi jezdni o 120 m. Na rysunku 7.73 przedstawiono zdjęcie satelitarne analizowanego poligonu.



Rys. 7.73 Mapa satelitarna – poligon 13[27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu 13 przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.

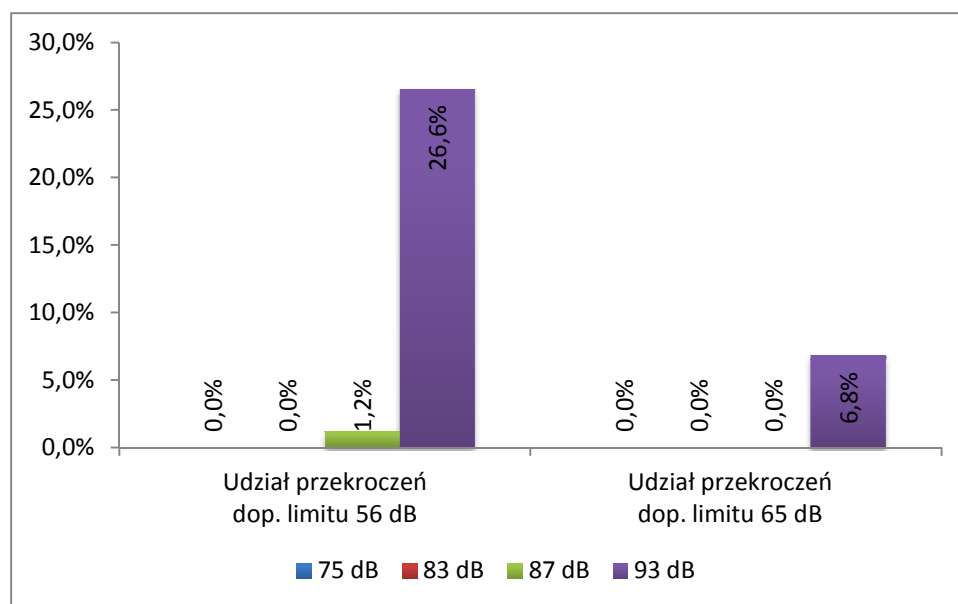


Rys. 7.74 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 13

Po przeanalizowaniu otrzymanych siatkowych map hałasu można stwierdzić, że jest to korzystny przykład kształtowania zabudowy pod względem kryterium hałasu. W ciągu dnia wszystkie budynki mieszkalne będą miały zapewniony odpowiedni klimat akustyczny. Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.16 oraz na wykresie 7.75.

Tab. 7.16 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 13

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	1686	1686	1686	1686
Wartość maksymalna Leq [dB]	45,5	53,5	57,5	63,5
Wartość minimalna Leq [dB]	19	27	31	37
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	0,0%	0,0%	1,2%	26,6%
Udział przekroczeń dop. limitu 61 dB	0,0%	0,0%	0,0%	6,8%



Rys. 7.75 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 13

Na zamieszczonym powyżej wykresie można zauważyć, że zdecydowana większość budynków mieszkalnych będzie odpowiednio chroniona przed nadmiernym hałasem drogowym. Układ zabudowy ze strefą buforową jest to bardzo dobra forma kształtowania zabudowy pod względem rozprzestrzeniania się hałasu drogowego.

Poligon 14 – Ponikiew Mała

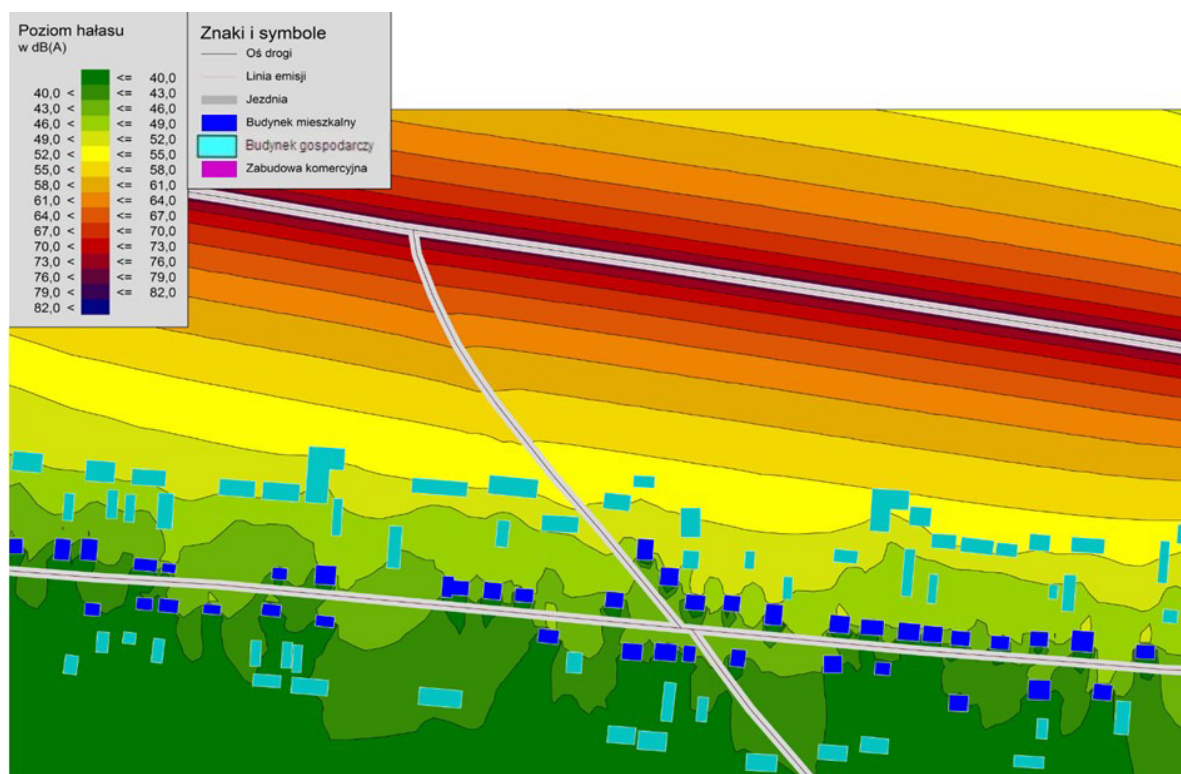
Drugi wybrany poligon znajduje się w miejscowości Siekluki w województwie mazowieckim, wzdłuż drogi krajowej nr 60.

Zabudowa mieszkalna zlokalizowana jest w znacznej odległości od drogi krajowej nr 60. Najbliżej położony budynek mieszkalny znajduje się 160 m od krawędzi jezdni. Dodatkowo zabudowa mieszkalna osłaniana jest przez zabudowę niewrażliwą znajdującą się w pierwszej linii zabudowy. Rysunek 7.76 przedstawia zdjęcie satelitarne poligonu.



Rys. 7.76 Mapa satelitarna – poligon 14[27]

Poniżej zamieszczono siatkowe mapy hałasu wykonane dla modelu obliczeniowego poligonu II przy emisji hałasu na poziomie 87 dB.



Rys. 7.77 Siatkowa mapa hałasu wykonana dla emisji na poziomie 87 dB – poligon 14

Na sporządzonych siatkowych mapach hałasu można zauważyć, że na żaden budynek

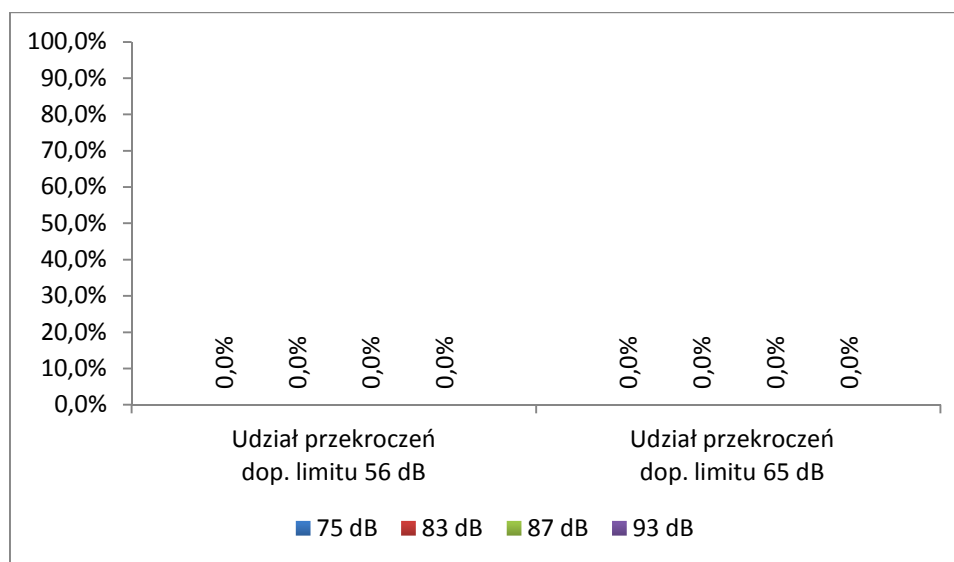
mieszkalny nie będzie oddziaływał hałas powyżej dopuszczalnego poziomu, zarówno w ciągu dnia, jak i w nocy.

Statystyki dla odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych zostały przedstawione w tabeli 7.17 oraz na wykresie 7.78.

Bardzo dobrym rozwiązaniem sporadycznie spotykanym przy polskich drogach jest usytuowanie zabudowy gospodarczej bliżej drogi o charakterze ruchowym. Rozwiązanie to wprowadza dodatkową ochronę zabudowy wrażliwej przed hałasem mimo zastosowania strefy buforowej.

Tab. 7.17 Statystyki odbiorników umieszczonych przed fasadami budynków mieszkalnych dla różnych poziomów emisji – poligon 14

Moc źródła hałasu	75 dB	83 dB	87 dB	93 dB
Liczba odbiorników	1667	1667	1667	1667
Wartość maksymalna Leq [dB]	37,7	45,7	49,7	55,7
Wartość minimalna Leq [dB]	14,6	22,6	26,6	32,6
Udział przekroczeń dop. limitu 56 dB	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Udział przekroczeń dop. limitu 61 dB	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



Rys. 7.78 Wykres udziału przekroczeń dopuszczalnych limitów poziomu hałasu – poligon 14

Wnioski dotyczące zabudowy z strefą buforowa zagospodarowaną poprzez wykonanie zabudowy niewrażliwej na hałas lub teren zielony (trwa, niskie uprawy, las).

Te typy układów charakteryzują się rozmieszczeniem zabudowy wrażliwej na hałas w pewnej odległości od źródła hałasu. Teren pomiędzy źródłem a odbiorcą może być zagospodarowany

poprzez uprawy, zieleni średnią lub wysoką lub zainwestowany poprzez zabudowę komercyjną, garaże lub zabudowę gospodarczą. Takie planowanie rozmieszczenia układów zabudowy jest bardzo korzystne z uwagi na fakt, różnorodnego zagospodarowania strefy pomiędzy zabudowa a drogą i równocześnie stosowane zagospodarowanie może być dostosowane do szerokości strefy. Przy mniejszych odległościach można skutecznie zastosować zabudowę gospodarczą lub garaże przy większych np. roślinność. Z przeprowadzonych badań wynika, że w przypadku stosowania odpowiedniego zagospodarowania przed linią zabudowy wrażliwej na hałas można praktycznie wyeliminować przekroczenia poziomów dopuszczalnych. Układy te należy rekomendować, jako pożądane i powinny być stosowane przy drogach.

Wnioski dotyczące zidentyfikowanych układów droga zabudowa.

Przedstawione charakterystyczne układy zabudowy wraz z wykresami izofon oraz statystykami pokazały korzystne i mniej korzystne rozwiązania z pewnymi wadliwie zlokalizowanymi budynkami. W niektórych przypadkach są to budynki wybudowane wcześniej przy mniejszych natężeniach ruchu zaś w innych zlokalizowane bez uwzględniania kryterium hałasu

Porównanie układów zabudowy zostało wykonane na podstawie statystyk udziału przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu dla pory nocy i dnia uzyskanych dla odbiorników zlokalizowanych 2m przed wszystkimi fasadami budynków mieszkalnych przy emisji hałasu ze źródła na poziomie 87 dB. Wykres porównujący przeanalizowane układy zabudowy zaprezentowano na rysunku 7.79.

Biorąc pod uwagę otrzymane wyniki stwierdzono, że do niepożądanych przykładów kształtowania układu zabudowy pod względem ochrony akustycznej należą układy z rozproszoną zabudową wzdłuż drogi i układy z zabudową zwarta wzdłuż drogi.

Układy te charakteryzują się następującymi cechami:

- małą odległością utytułowania zabudowy wrażliwej od krawędzi drogi nieraz mniejszej niż 10m, co uniemożliwia jakąkolwiek ochronę akustyczną ze względu na brak miejsca między źródłem hałasu a zabudową.
- częste wjazdy do posesji nie sprzyjają budowie ekranów akustycznych z uwagi na fakt występowania przerw na zjazdach do posesji, które można zredukować poprzez zastosowanie bram wjazdowych o zbliżonej izolacyjności akustycznej do ekranów akustycznych.

- wykonanie bram w ekranach ma swoje mankamenty przede wszystkim po wyjeździe mieszkańców z posesji bramy te są pozostawiane otwarte, co czyni ciąg ekranowania nieskuteczny, natomiast wykonanie automatycznych bram na pilota w wielu przypadkach wiąże się z kradzieżą sprzętu odpowiedzialnego za otwieranie lub przesuw bram.
- układy z rozlokowaną zabudową wzdłuż drogi charakteryzują się dużym procentem zabudowy wrażliwej w pierwszym rzędzie zabudowy. Takie rozmieszczenie odpowiada za liczny udział przekroczeń wartości dopuszczalnej przy zabudowie rysunek 7.79.
- występują przekroczenia poziomów dopuszczalnych hałasu dla 70-85% zabudowy wrażliwej oraz równocześnie problemy z możliwością zastosowania ekranów akustycznych oraz cichej nawierzchni (z uwagi na fakt małej redukcji hałasu w terenach zabudowanych gdzie prędkość pojazdów oscyluje w przedziale 50-60 km/h).

Powyższe stwierdzenia dają podstawy do stwierdzenia, że układy z zabudowy wzdłuż drogi są negatywne z punktu widzenia ochrony akustycznej i należy ich unikać w przypadku planowania nowej zabudowy.

Jako najkorzystniejsze pod względem ochrony przed hałasem sklasyfikowano następujące układy zabudowy zabudowa ekranowana przez zabudowę niewrażliwą (np. garaże, komercja itp.) i zabudowa ze strefą buforową (zieleń, las itp.).

Te typy układów charakteryzują się następującymi cechami:

- rozmieszczeniem zabudowy wrażliwej na hałas w pewnej odległości od źródła hałasu.
- teren pomiędzy źródłem a odbiorcą może być zagospodarowany poprzez uprawy, zieleń średnią lub wysoką lub zainwestowany poprzez zabudowę komercyjną, garaże lub zabudowę gospodarczą.
- planowanie rozmieszczenia układów zabudowy w pewnej odległości od drogi jest bardzo korzystne z uwagi na fakt, różnorodnego zagospodarowania strefy pomiędzy zabudową a drogą i równocześnie stosowane zagospodarowanie może być dostosowane do szerokości strefy.
- przy mniejszych odległościach można skutecznie zastosować zabudowę gospodarczą lub garaże przy większych np. roślinność.
- Przeprowadzone badania wynika, że w przypadku stosowania odpowiedniego zagospodarowania przed linią zabudowy wrażliwej na hałas można praktycznie wyeliminować przekroczenia poziomów dopuszczalnych rys 7.79.

Układy te należy rekomendować, jako pożądane i powinny być stosowane przy drogach.

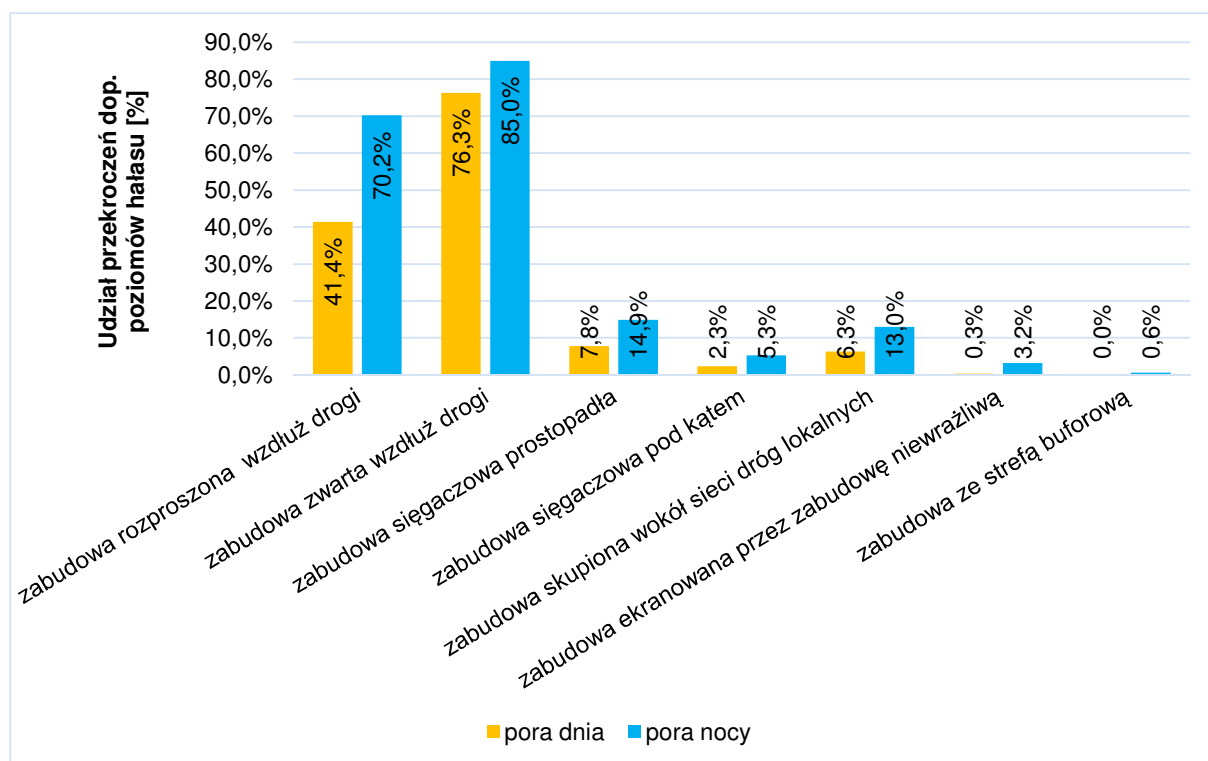
Do pozytywnych przykładów kształtowania zabudowy można również zaliczyć układy z zabudową wzdłuż sięgacza prostopadłego do drogi i zabudowę wzdłuż sięgacza usytuowaną pod kątem w stosunku do drogi. Zabudowa ta charakteryzuje się następującymi cechami.

- układy charakteryzują się przekroczeniami poziomów dopuszczalnych zwykle na pierwszych zabudowaniach.
- przeważnie istnieje szansa na minimalizację nielicznych przekroczeń poprzez modyfikację układu lub zastosowanie ekranów lub zabudowy osłonowej.
- układy te są bardzo korzystne z uwagi na brd (jedno miejsce włączenia do drogi nadrzędnej).
- przy takich układach zabudowy stwierdzono przekroczenia poziomów dopuszczalnych do około 15% analizowanych budynków.

Układy te należy rekomendować do stosowania przy drogach o umiarkowanym natężeniu ruchu w przypadku małej odległości układu od drogi.

Zabudowa skupiona wokół sieci dróg lokalnych charakteryzuje się następującymi cechami.

- zabudowa ta powstaje przez rozbudowę zarówno układów sięgaczowych, jak i równoległych do drogi układy te charakteryzują się bardzo gęstą zabudową (praktycznie styl miejski), co skutkuje przekroczeniami wartości dopuszczalnej przeważnie tylko na pierwszej linii zabudowy.
- układy podobnie jak zabudowa wzdłuż drogi charakteryzują się licznymi wjazdami, brakiem możliwości odpowiedniego zabezpieczenia pierwszej linii zabudowy. Jedynym rozwiązaniem w przypadku ochrony może być zastosowanie cichej nawierzchni.



Rys. 7.79 Udział przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu w porze dnia i nocy dla wybranych typologii układów zabudowy przy emisji hałasu drogowego na poziomie 87 dB.

7.4. ZASTOSOWANIE LINII REFERENCYJNYCH DO ODPOWIEDNIEGO PLANOWANIA I LINII ZABUDOWY WRAŻLIWEJ NA HAŁAS

Określenie miejsca lokalizacji zabudowy mieszkaniowej na działce indywidualnej, lub na działce przeznaczonej pod budowę zespołu budynków tj. działce większego formatu (deweloperskiej) w głównej mierze zależy od uzgodnień pomiędzy inwestorem, a architektem odpowiedzialnym za projekt budowlany. Przed przystąpieniem do ustalenia wstępnego rozmieszczenia zabudowy należy zgodnie z aktualnymi przepisami określającymi wymagania dotyczące lokalizacji zabudowy, określić jej rodzaj oraz wysokość. Zachowanie wymaganych odległości oraz wymiarów działki jest uwarunkowana następującymi kryteriami:

- bezpieczeństwa konstrukcji,
- bezpieczeństwa pożarowego,
- bezpieczeństwa, zdrowia i życia ludzi,
- bezpieczeństwa inwentarza żywego,
- rozwiązań funkcjonalnych zagospodarowania przestrzennego;
- ochrony środowiska w tym hałasu.

Rodzaj zabudowy, jej wymiary i wysokość są potrzebne dla określenia odpowiednich warunków doświetlenia budynków. Chodzi o zapewnienie odpowiedniego dostępu do światła dziennego w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi. Odległości pomiędzy zabudową wynikają również z przepisów bezpieczeństwa ochrony przeciwpożarowej i/lub sanitarnej. Przepisy oraz normy w wystarczającym stopniu określają wzajemne położenie zabudowy tak, aby minimalizować w/w zagrożenia. W praktyce bardzo ważnym problemem jest zapewnienie odpowiedniej odległości lokalizacji budynków, czy zespołu zabudowy od źródła hałasu, czyli od obiektów liniowych tj. drogi, linii kolejowej lub punktowych MOP-ów, parkingów, zakładu przemysłowego, itp.).

W polskiej literaturze występuje pojęcie linii zabudowy, czyli linii w miejscowych planach zagospodarowania [6], gdzie rozdzielane są tereny o różnym przeznaczeniu lub różnych zasadach zagospodarowania i w odniesieniu, do których możemy lokalizować zabudowę. Warunki lokalizacji zabudowy względem siebie określono głównie w ustawach: *Prawo budowlane* [7] oraz w *ustawie O planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym* [6]. *Prawo budowlane* określa tylko położenie zabudowy w stosunku do sąsiedniej działki, a pojęcie *linii zabudowy* nie jest określone.

Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego (mpzp) powinny bardzo dokładnie określać warunki lokalizacji zabudowy, aby na ich podstawie można było wydawać decyzje o *pozwoleniu na budowę*. W sytuacji braku *mpzp* pozwolenie na budowę jest wydawane w oparciu o wydaną decyzję o warunkach zabudowy i na podstawie opracowanego projektu spełniającego wymagania niniejszej decyzji. Zmieniające się na przestrzeni lat przepisy i różne podejścia, co do wyznaczania linii zabudowy przez urzędników skutkują brakiem jednakowej minimalnej odległości zabudowy od drogi.

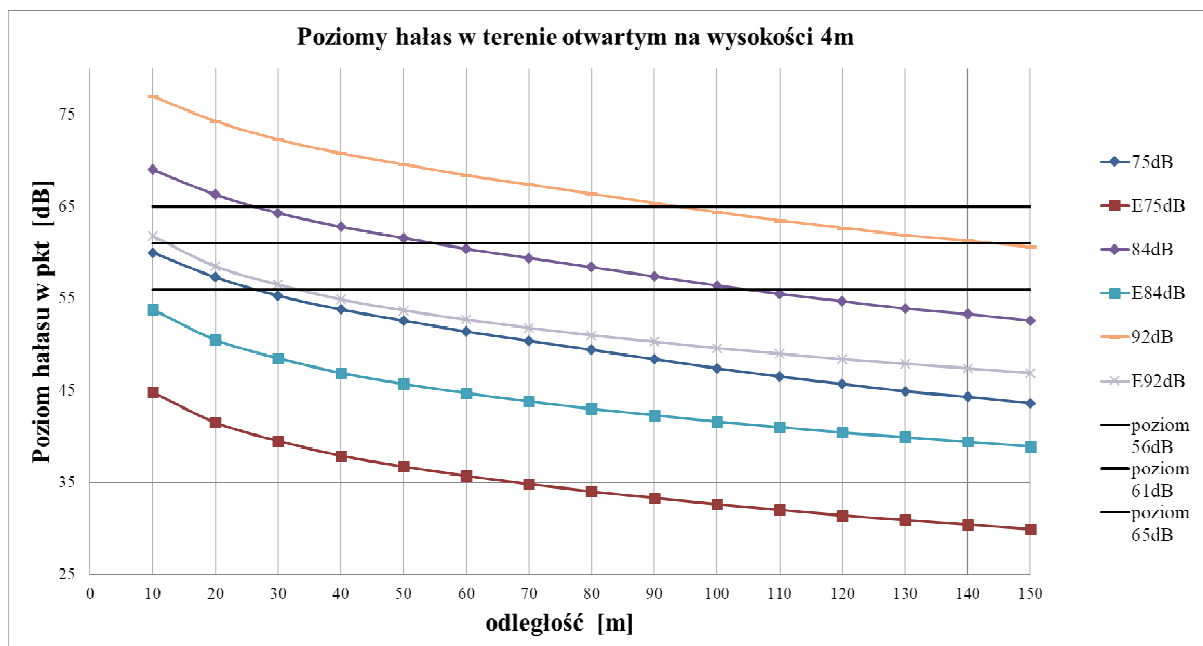
Wykonane prace związane z określeniem minimalnej odległości lokalizacji (posadowienia) zabudowy obejmujące m.in. wykonanie pomiarów empirycznych hałasu w terenie, a następnie poddanie kalibracji modelu obliczeniowego hałasu. Badania rozprzestrzeniania się hałasu wykazały, że aby zapewnić **bezpieczną** odległość lokalizacji zabudowy od drogi, czyli taką, dla której nastąpi dotrzymanie poziomów dopuszczalnych hałasu należy ukształtować pierwszy rząd zabudowy wrażliwej na hałas w odległościach od 0 - 130m. Odległości te zależą od wartości generowanego hałasu, rodzaju pokrycia (teren odbijający i absorbujący falę dźwiękową) oraz wysokości punktu obserwacji **Przez bezpieczną odległość rozumie się tutaj odległość od krawędzi jezdni do punktu umieszczonego 2 m przed fasadą pierwszego rzędu zabudowy wrażliwej na hałas, dla której hałas nie przekracza dopuszczalnego poziomu określonego w [3].**

Założeniem analizy było wykonanie badań dla 3 różnych poziomów natężeń ruchu, które charakteryzują przedział poziomów mocy akustycznej w większości przypadków na drogach klasy G i GP o przekroju 1x2 i 2x2:

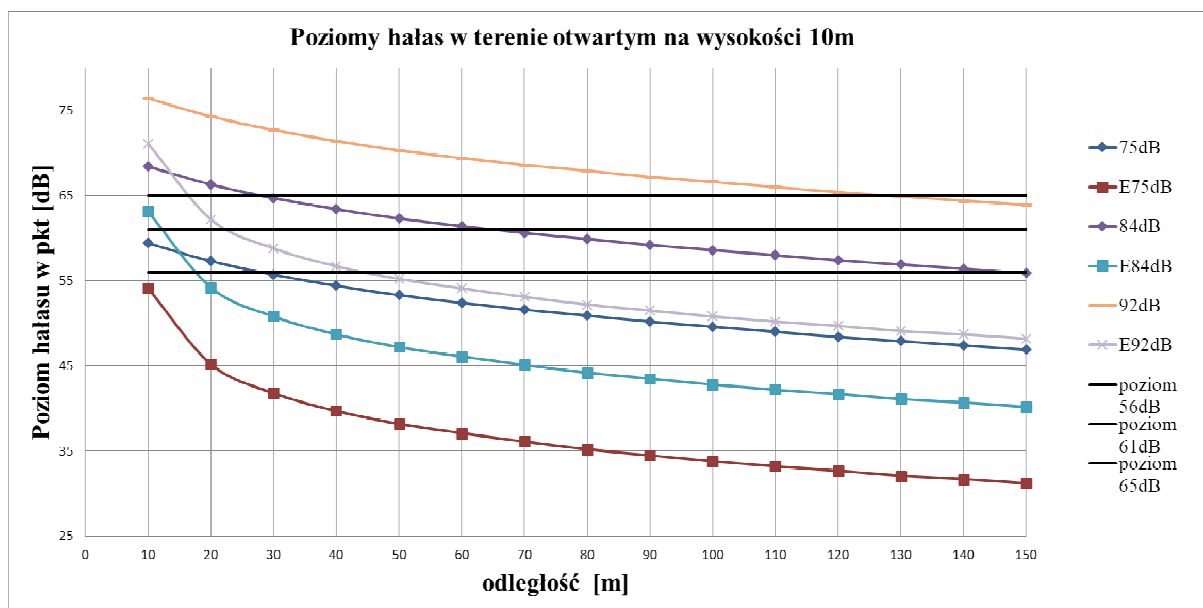
- natężenie 2500 poj./dobę (udział pojazdów ciężkich 5,5%, prędkość pojazdów lekkich i ciężkich 50km/h) – przyjęte dane odpowiadają mocy akustycznej u źródła 75 dB.
- natężenie 7000 poj./dobę (udział pojazdów ciężkich 15%, prędkość pojazdów lekkich 90 km/h, ciężkich 70km/h) – przyjęte dane odpowiadają mocy akustycznej u źródła 84 dB.
- natężenie 38000 poj./dobę (udział pojazdów ciężkich 20%, prędkość pojazdów lekkich 100 km/h, ciężkich 80km/h) – przyjęte dane odpowiadają mocy akustycznej u źródła 93 dB.

Z otrzymanych wartości poziomów hałasu w punktach położonych na różnych wysokościach otrzymano przedstawione poniżej krzywe poziomów hałasu dla punktów receptorowych umieszczonych na wysokości 4 i 10 m dla terenu otwartego bez zabezpieczeń

przed rozchodzeniem się hałasu oraz z takim zabezpieczeniem w postaci ekranu akustycznego o wysokości 4m (rys. 7.80, 7.81). Poniższe dane otrzymano modelując teren pomiędzy droga a odbiorcą, jako w połowie odbijający i pochłaniający.



Rys. 7.80 Poziomy hałasu w terenie otwartym na wysokości 4m w funkcji odległości od krawędzi drogi.



Rys. 7.81 Poziomy hałasu w terenie otwartym na wysokości 10m w funkcji odległości od krawędzi drogi.

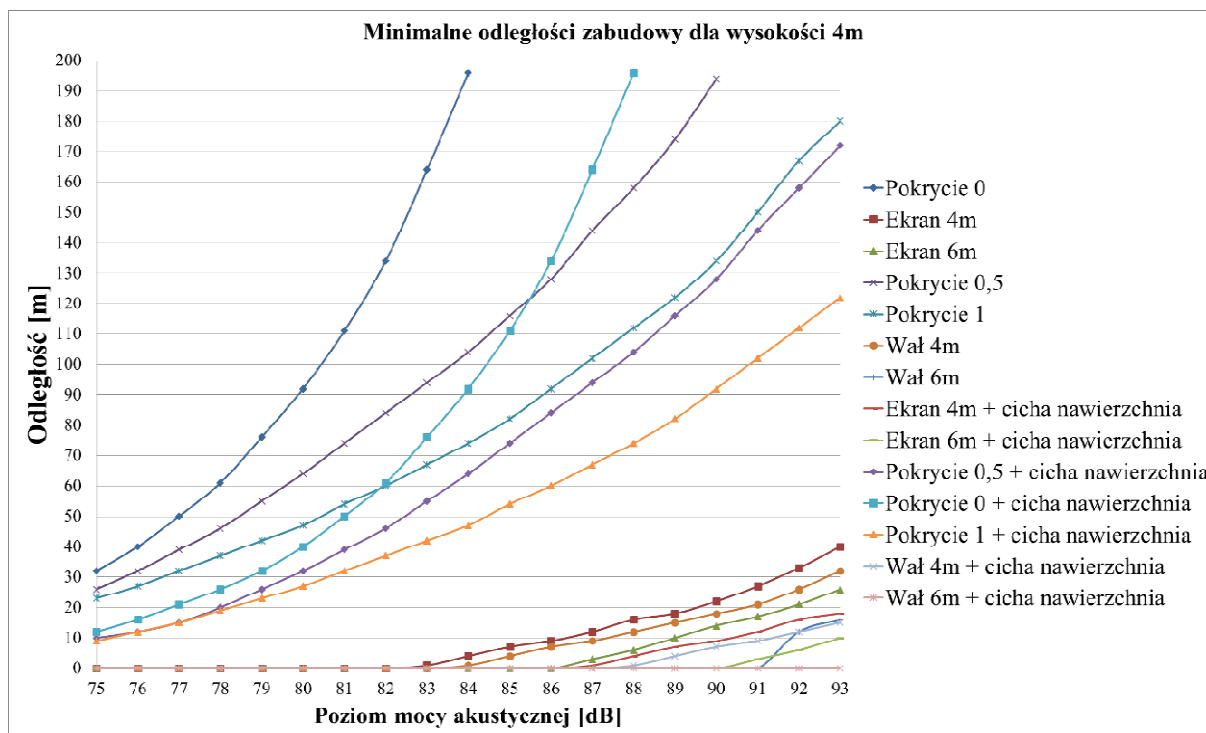
Odpowiednie opisy w legendzie na rysunkach oznaczają poziom hałasu na wysokości 4m (rys. 7.80) i 10m (rys. 7.81) nad terenem

- 75dB – zasięg hałasu dla poziomu mocy akustycznej równej 75 dB,

- E75dB – zasięg hałasu dla poziomu mocy akustycznej równej 75 dB przy zastosowaniu ekranu akustycznego o wysokości 4m,
- 84 dB- zasięg hałasu dla poziomu mocy akustycznej równej 84 dB,
- E84dB – zasięg hałasu dla poziomu mocy akustycznej równej 84 dB przy zastosowaniu ekranu akustycznego o wysokości 4m,
- 92dB zasięg hałasu dla poziomu mocy akustycznej równej 92 dB,
- E92dB – zasięg hałasu dla poziomu mocy akustycznej równej 92 dB przy zastosowaniu ekranu akustycznego o wysokości 4m,

Poziomy hałasu, tutaj odpowiednio (czarne poziome linie) 56 dB, 61 dB i 65 dB odpowiadają poziomom dopuszczalnym hałasu w środowisku dla 2 i 3 grupy według [3] tj. dla terenów z zabudową jednorodziną oraz zagrodową, czyli najczęściej występującą przy polskich drogach poza miastem.

Analizując otrzymane wyniki można dojść do wniosku, że aby bezpiecznie lokalizować zabudowę jednorodziną (poziom dopuszczalny 56 dB) np. 2-3 kondygnacyjną przy drogach nie stosując zabezpieczeń akustycznych należałoby posadowić zabudowę w okolicach 30 m dla mocy akustycznej źródła równej 75 dB, natomiast dla mocy akustyczne źródła równej 92 dB ta odległość wynosi około 280 m a teren między zabudową a drogą przeznaczyć na wykorzystanie inne niż cele mieszkaniowe (uprawy rolnicze, lasy, itp.). Takie rozwiązanie lokalizacji zabudowy nie jest możliwe do wykonania w praktyce z uwagi na fakt, że ceny wykupu gruntów stanowiłyby olbrzymi koszt inwestycji. Z uwagi na ten fakt projektuje się tradycyjne ekrany akustyczne, wały ziemne, wały zbrojone. Oprócz tych metod można zastosować inne środki takie jak zmiany pokrycia terenu, cicha nawierzchnię lub stosowanie zabudowy niepodlegającej ochronie, jako zabezpieczenie akustyczne. Przykłady odległości posadowienia zabudowy w terenie tak, aby nie dopuścić do przekroczenia poziomów dopuszczalnych dla poziomu 56 dB zaprezentowano na poniższym rysunku 7.82.



Rys. 7.82 Minimalna odległość bezpiecznej lokalizacji zabudowy dla dopuszczalnego poziomu hałasu 56 dB

- Pokrycie 0 - teren między źródłem hałasu a odbiornikiem całkowicie odbijający (beton, woda, itp.),
- Pokrycie 0,5 - teren między źródłem hałasu a odbiornikiem mieszany odbijająco-pochłaniający np. teren z nieliczną zabudową,
- Pokrycie 1- teren między źródłem hałasu a odbiornikiem całkowicie pochłaniający (trawa, itp.),
- Ekran 4m – zastosowanie ekranu akustycznego o wysokości 4m pokrycie pochłaniające,
- Ekran 6m – zastosowanie ekranu akustycznego o wysokości 6m pokrycie pochłaniające,
- Wał 4m – zastosowanie wału zbrojonego o wysokości 4m pokrycie pochłaniające,
- Wał 6m – zastosowanie wału zbrojonego o wysokości 6m pokrycie pochłaniające,
- Ekran 4m + cicha nawierzchnia – zastosowanie ekranu akustycznego o wysokości 4m pokrycie pochłaniające oraz nawierzchni o redukcji hałasu u źródła -3 dB,
- Ekran 6m + cicha nawierzchnia – zastosowanie ekranu akustycznego o wysokości 6m pokrycie pochłaniające oraz nawierzchni o redukcji hałasu u źródła -3 dB,
- Pokrycie 0,5 + cicha nawierzchnia – zastosowanie nawierzchni o redukcji hałasu u źródła -3 dB oraz pokrycia mieszanego między źródłem a odbiornikiem,
- Pokrycie 0 + cicha nawierzchnia – zastosowanie nawierzchni o redukcji hałasu u źródła -3 dB oraz pokrycia odbijającego między źródłem a odbiornikiem,
- Pokrycie 1 + cicha nawierzchnia – zastosowanie nawierzchni o redukcji hałasu u źródła -3 dB oraz pokrycia pochłaniającego między źródłem a odbiornikiem,
- Wał 4m + cicha nawierzchnia – zastosowanie wału zbrojonego o wysokości 4m pokrycie pochłaniające oraz nawierzchni o redukcji hałasu u źródła -3 dB

- Wał 6m + cicha nawierzchnia – zastosowanie wału zbrojonego o wysokości 6m pokrycie pochłaniające oraz nawierzchni o redukcji hałasu u źródła -3 dB.

Tablica 7.18 Zestawienie odległości bezpiecznych lokalizacji zabudowy dla poziomu dopuszczalnego 56 dB przy różnych mocach akustycznych źródła oraz różnych formach zabezpieczeń.

Rodzaj zabezpieczeń akustycznych	Ekran 4m	Ekran 6m	Pokrycie 0,5	Pokrycie 0	Pokrycie 1	Wał 4m	Wał 6m	Ekran 4m + cicha nawierzchnia	Ekran 6m + cicha nawierzchnia	Pokrycie 0,5 + cicha nawierzchnia	Pokrycie 0 + cicha nawierzchnia	Pokrycie 1 + cicha nawierzchnia	Wał 4m + cicha nawierzchnia	Wał 6m + cicha nawierzchnia
Moc akustyczna źródła hałasu														
75,00	0	0	26	32	23	0	0	0	0	10	12	9	0	0
76,00	0	0	32	40	27	0	0	0	0	12	16	12	0	0
77,00	0	0	39	50	32	0	0	0	0	15	21	15	0	0
78,00	0	0	46	61	37	0	0	0	0	20	26	19	0	0
79,00	0	0	55	76	42	0	0	0	0	26	32	23	0	0
80,00	0	0	64	92	47	0	0	0	0	32	40	27	0	0
81,00	0	0	74	111	54	0	0	0	0	39	50	32	0	0
82,00	0	0	84	134	60	0	0	0	0	46	61	37	0	0
83,00	1	0	94	164	67	0	0	0	0	55	76	42	0	0
84,00	4	0	104	196	74	1	0	0	0	64	92	47	0	0
85,00	7	0	116	x	82	4	0	0	0	74	111	54	0	0
86,00	9	0	128	x	92	7	0	0	0	84	134	60	0	0
87,00	12	3	144	x	102	9	0	1	0	94	164	67	0	0
88,00	16	6	158	x	112	12	0	4	0	104	196	74	1	0
89,00	18	10	174	x	122	15	0	7	0	116	x	82	4	0
90,00	22	14	194	x	134	18	0	9	0	128	x	92	7	0
91,00	27	17	x	x	150	21	0	12	3	144	x	102	9	0
92,00	33	21	x	x	167	26	12	16	6	158	x	112	12	0
93,00	40	26	x	x	180	32	16	18	10	172	x	122	15	0

x) wartości poza badanym obszarem – powyżej 200 m od krawędzi drogi

Przedstawione wyniki obrazują możliwe odległości posadowienia zabudowy przy różnych formach zabezpieczeń akustycznych lub pokrycia terenu.

Przedstawione wyniki badań stanowiły podstawę do przeprowadzenia badań możliwości strefowania i modyfikowania oraz zastosowania różnych form zabezpieczeń akustycznych dla kilku wybranych poligonów w rozdziale 7.5 reprezentujących różne charakterystyczne układy zabudowy w otoczeniu dróg.

Wykonane obliczenia mogą posłużyć do określenia lokalizacji zabudowy lub terenów chronionych oraz określenia ewentualnych wstępnych środków zabezpieczeń akustycznych (kosztów) w przypadku planowania inwestycji budowlanej. W przypadku dysponowania

działką, na której może być zlokalizowana zabudowa mieszkaniowa w pierwszej kolejności należy określić odległość działki od krawędzi jezdni, następnie przewidywane natężenie ruchu, prędkość itp. elementy w celu określenia poziomu mocy akustycznej źródła. Do określenia poziomu mocy akustycznej źródła mogą posłużyć uproszczone wzory:

$$L_{WL} = 10,01 * \log_{10}(Q_L) + 20,73 * \log_{10}(V_L) + 15,4$$

L_{WL} - moc akustyczna pojazdów lekkich [dB];

Q_L - natężenie ruchu pojazdów lekkich [poj./h];

V_L - średnia prędkość chwilowa pojazdów lekkich [km/h];

$$L_{WC} = 9,98 * \log_{10}(N_C) - 3,91 * \log_{10}(V_C) + 69,8$$

L_{WC} - moc akustyczna pojazdów ciężkich [dB];

Q_C - natężenie ruchu pojazdów ciężkich [poj./h];

V_C - średnia prędkość chwilowa pojazdów ciężkich [km/h];

$$L_{WA} = 10 * \log_{10}(10^{(0,1*L_{WL})} + 10^{(0,1*L_{WC})})$$

L_{WA} – moc akustyczna wszystkich pojazdów [dB];

Otrzymane wyniki odnosimy do tabeli 7.18 gdzie np. dla wartości 88 dB w przypadku pokrycia terenu między drogą a zabudową trawą można bezpiecznie wybudować dwukondygnacyjny budynek w odległości 112 m. W przypadku chęci ochrony akustycznej wałem ziemnym o wysokości 4m zabudowę wrażliwą można zlokalizować 12m od krawędzi jezdni.

Kwalifikowanie terenów w procesie planowania przestrzennego w gminach (mpzp) powinny uwzględniać planowanie zabudowy oraz terenów podlegających ochronie z uwzględnieniem linii referencyjnych. Takie określenie linii w mpzp skutkować może większą świadomością mieszkańców, deweloperów w przypadku planowania układów zabudowy. Linie referencyjne powinny być obligatoryjnie wpisane do aktów prawa w celu wyeliminowania zbyt dużej

liczby zabezpieczeń akustycznych przy polskich drogach. Proponuje się dookreślenie art. 43 z Ustawy o drogach publicznych [4] o minimalne wymagane odległości bezpiecznego posadowienia zabudowy w celu minimalizacji oddziaływania hałasu od dróg. Jednocześnie należy wprowadzić odpowiednie zapisy do Prawa ochrony środowiska sugerujące minimalne odległości lokalizowania zabudowy od dróg o określonym natężeniu ruchu. Kolejnym krokiem jest informowanie organów tworzących mpzp o konieczności odpowiedniej lokalizacji zabudowy podlegającej ochronie akustycznej.

7.5. MOŻLIWOŚCI I SPOSOBY DOSTOSOWANIA ISTNIEJĄCYCH UKŁADÓW DO REKOMENDOWANYCH

W obecnym stadium rozwoju sieci drogowej i rozwoju otoczenia przy polskich drogach występują różne rodzaje układów droga-zabudowa, których liczne przykłady zostały przedstawione we wcześniejszych rozdziałach. Nie jest możliwe ustalenie w ramach tej pracy jak kształtują się proporcje tych układów w sieci dróg klas GP i G, które były przedmiotem analiz autorów.

Istniejące układy zabudowy są wynikiem wieloletnich przekształceń rozwojowych, czego i zmian funkcji, Czego – szczególnie wraz z realizacją sieci dróg A i S w ostatnich latach. Jest to wynik budowy i przebudowy dróg w kilku okresach; do 1970 r., w okresie lat siedemdziesiątych, oraz po roku 1990 przed wstąpieniem do UE i po wstąpieniu. Te układy charakteryzują się różnym obciążeniem dróg ruchem oraz różnym stopniem ekspozycji zabudowy na hałas pochodzący od ruchu drogowego. Są to na ogół układy z rozmieszczeniem wzdłuż drogi zabudowy rozproszonej i zwartej. Powstawały one stopniowo w miarę podnoszenia standardu dróg i wzrostu ruchu, oraz budowy nowych domów. Te układy charakteryzują się największym udziałem przekroczeń poziomu dopuszczalnego hałasu w przeciwieństwie do układów, gdzie zabudowa wrażliwa jest w różny sposób chroniona; czy to poprzez odpowiednio ukształtowaną strefę buforową o odpowiedniej długości i szerokości, czy poprzez zabudowę niewrażliwą tj. garaże, budynki gospodarcze, czy przez zabudowę komercyjną. Należy podkreślić, że przez długie lata hałas nie był brany pod uwagę zarówno przy projektowaniu dróg jak i przy lokalizacji zabudowy.

W rozdziałach wcześniejszych wskazano rekomendowane układy zabudowy w przypadku kształtowania nowych osiedli mieszkaniowych. W przypadku już istniejących układów można określić **działania naprawcze**, które w niektórych przypadkach w pewnym stopniu mogą zmniejszyć ekspozycję na hałas zabudowy oraz mieszkańców. Działania naprawcze mogą być z jednej strony wynikiem potrzeb zmniejszania niekorzystnych oddziaływań, a z drugiej możliwości im ograniczeń wynikających z istniejącego zagospodarowania.

W poniższym podrozdziale zostały przedstawione cztery przykładowe najczęściej występujące układy zabudowy, to jest:

- zabudowę rozproszoną wzdłuż drogi,
- zabudowę zwartą wzdłuż drogi,

- zabudowę wzdłuż sięgaczy od drogi głównej lub odchodzących dróg lokalnych,
- zabudowę skupioną wokół dróg dojazdowych w układzie zabudowy mieszkaniowej.

Dla wytypowanych układów wykonano analizy rozprzestrzeniania się hałasu wokół istniejącego przy obecnych drogach otoczenia dla poziomu mocy akustycznej źródła 87 dB - co odpowiada średniemu natężeniu ruchu 21500 poj./dobę, przy średnim udziale pojazdów ciężkich na poziomie 15% i prędkości pojazdów 50 km/h. Zaproponowano także kilku sposobów przekształceń tych niekorzystnych układów. Wykonano również obliczenia poziomu hałasu na fasadzie zabudowy, analizując każdy metr kwadratowy ścian budynku i określając na nich poziomy hałas. Otrzymane wyniki posłużyły do analizy ekspozycji na hałas poprzez dokonanie oceny wskaźnikowej analizowanych rozwiązań oraz ich porównanie. Należy zwrócić uwagę na dominujący sposób ułożenia zabudowy mieszkalnej od strony drogi przed zabudową gospodarczą i inną (poza komercyjną), która tym samym nie jest osłaniana przed hałasem od strony drogi. Wiąże się to z niewątpliwie tradycyjnym sposobem wykorzystania mało estetycznej zabudowy gospodarczej i „podwórka”. I chociaż ten sposób ulega obecnie zmianom, to nie jest możliwa zmiana tego układu.

Przekształcenia układów droga-zabudowa w celu zmniejszenia ekspozycji na hałas zabudowy mieszkalnej i powierzchni rekreacyjnych (rzadko zostawianych przy starej zabudowie) w mogą być realizowane kilkoma sposobami, jednakże nie zawsze dany rodzaj przekształcenia może zostać wykorzystany w istniejącej rzeczywistej sytuacji. Przekształcenia podzielono na trzy grupy i przyporządkowano im działania szczegółowe:

A. Dostosowanie istniejącej drogi i ruchu:

- wprowadzenie cichej nawierzchni;
- obniżenie dopuszczalnej prędkości tzw. białymi tablicami miejscowości lub znakami ograniczenia prędkości,
- stosowanie krótkich obejść (obwodnic) (mini obwodnic) oddalających ruch od drogi tam gdzie jest to możliwe z uwagi na zagospodarowanie i ukształtowanie terenu;

B. Dostosowanie powierzchni pomiędzy drogą i budynkiem w sposób zmniejszający ekspozycję budynku i działki na hałas:

- budowa wału ziemnego (z gruntu pozyskiwanego z wykopów przy innych budowach); o pełnej wysokości lub niższych uzupełnianych zielenią,

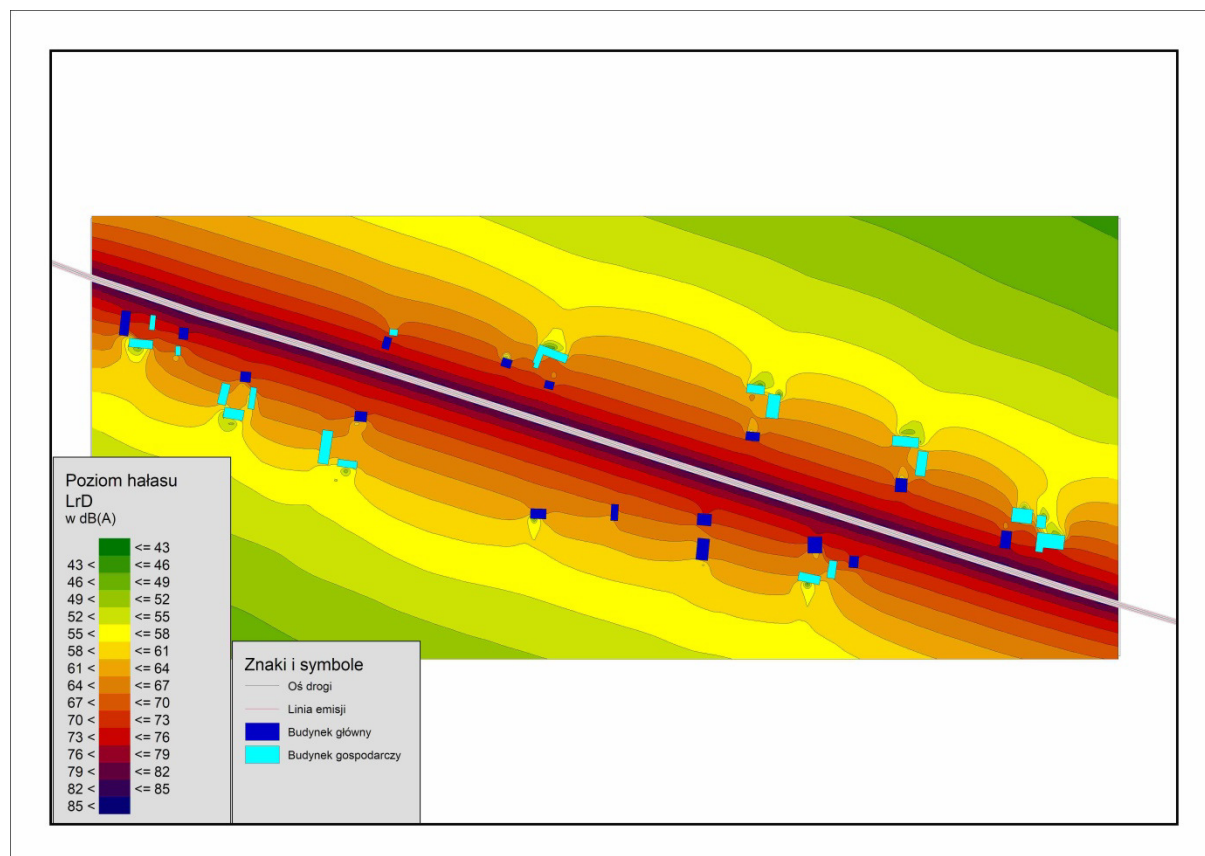
- wprowadzenie w pasie drogowym, po stronie zabudowy środków tłumiących hałas: zieleń – (np. tuje) i ogrodzenia w formie gabionu, ogrodzenia komponowane - mur plus zieleń i gabiony;
- zmiana szorstkości/tłumienia terenu pomiędzy drogą a zabudową z powierzchni z betonowej na pochłaniającą;
- wprowadzenie niskiej zabudowy osłaniającej np. garaż, budynek gospodarczy, altana, itp.;
- założenie terenu do rekreacji przy domu po stronie przeciwnej do drogi;
- wprowadzenie zabudowy osłonowej np. przy zabudowie lokalizowanej wzdłuż sięgacza, ale nieograniczającej widoczności;

7.5.1. Przykłady przekształceń istniejących układów zabudowy wraz z oceną wskaźnikową ich ekspozycji na hałas

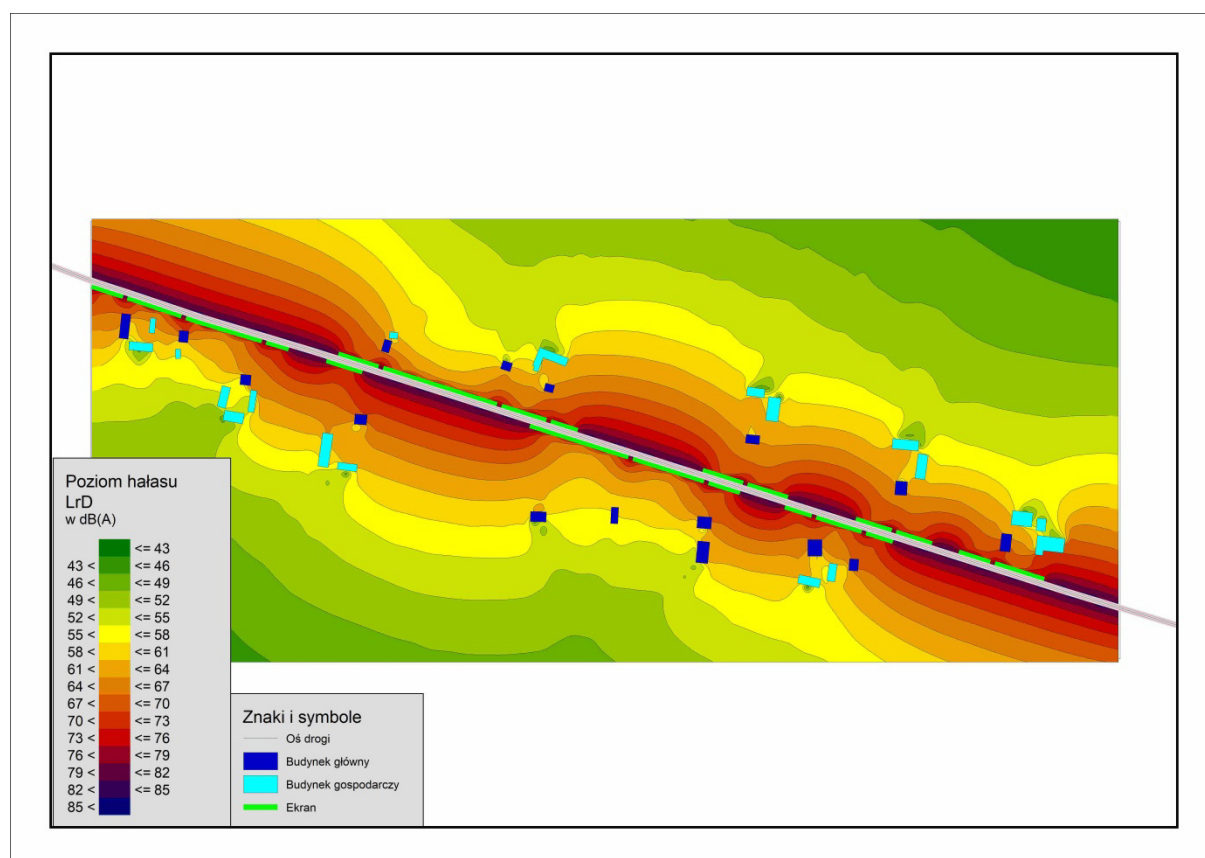
7.5.1.1. Zabudowa rozproszona wzdłuż drogi

Pierwszym z analizowanych układów jest zabudowa rozproszona wzdłuż drogi. Dla przykładowego przedmiotowego układu wykonano analizy dla trzech przypadków, tj. dla:

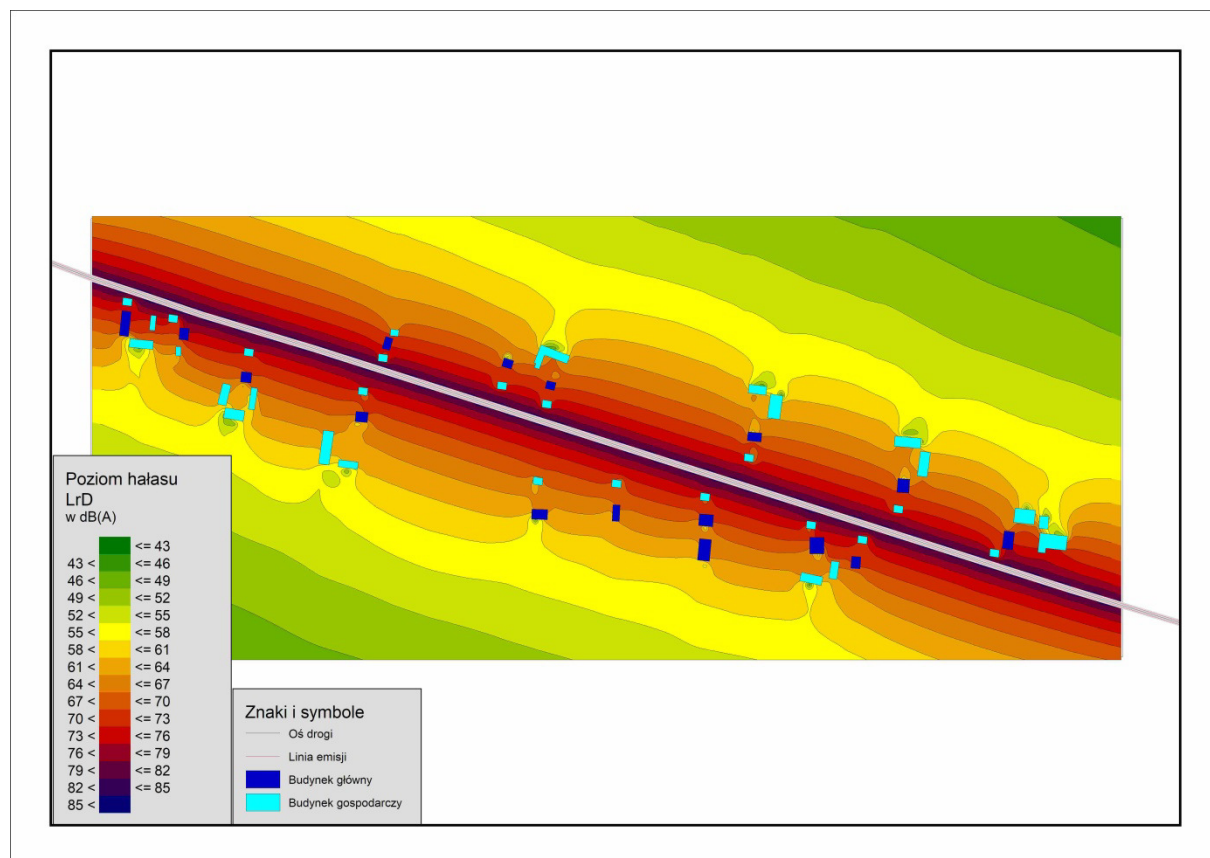
- układu istniejącego zabudowy, rys 7.83,
- zabudowy chronionej ekranem akustycznym o wysokości 4m, rys. 7.84,
- zabudowy osłanianej dodatkowymi budynkami gospodarczymi/garażami, rys 7.85.



Rys. 7.83. Zabudowa rozproszona wzdłuż drogi; przykład układu istniejącego



Rys. 7.84. Zabudowa rozproszona wzdłuż drogi; układ z ekranem akustycznym



Rys. 7.85. Zabudowa rozproszona wzdłuż drogi; układ z i budynkami gospodarczymi/garażami

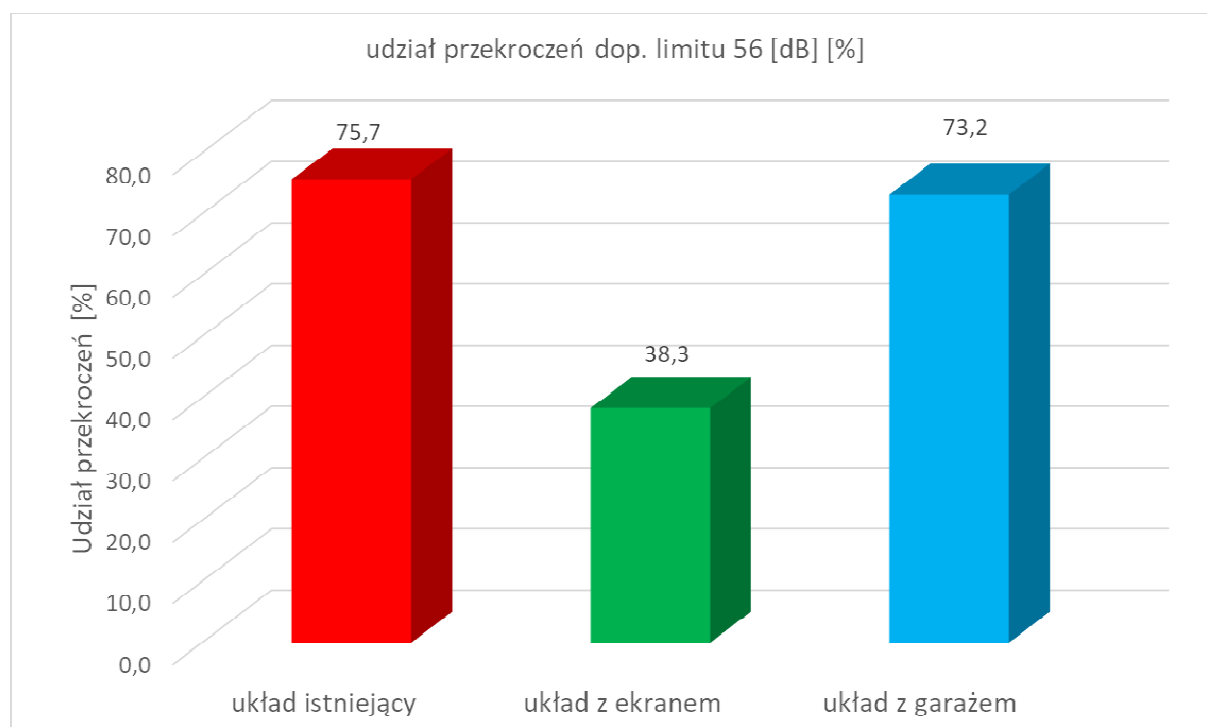
Wyniki wykonanych obliczeń hałasu na fasadzie zabudowy dla powyższych trzech układów zabudowy przedstawiają się następująco (Tab. 7.19):

Tab. 7.19 Obliczenia wskaźników dla układów z rozproszoną zabudową wzdłuż drogi.

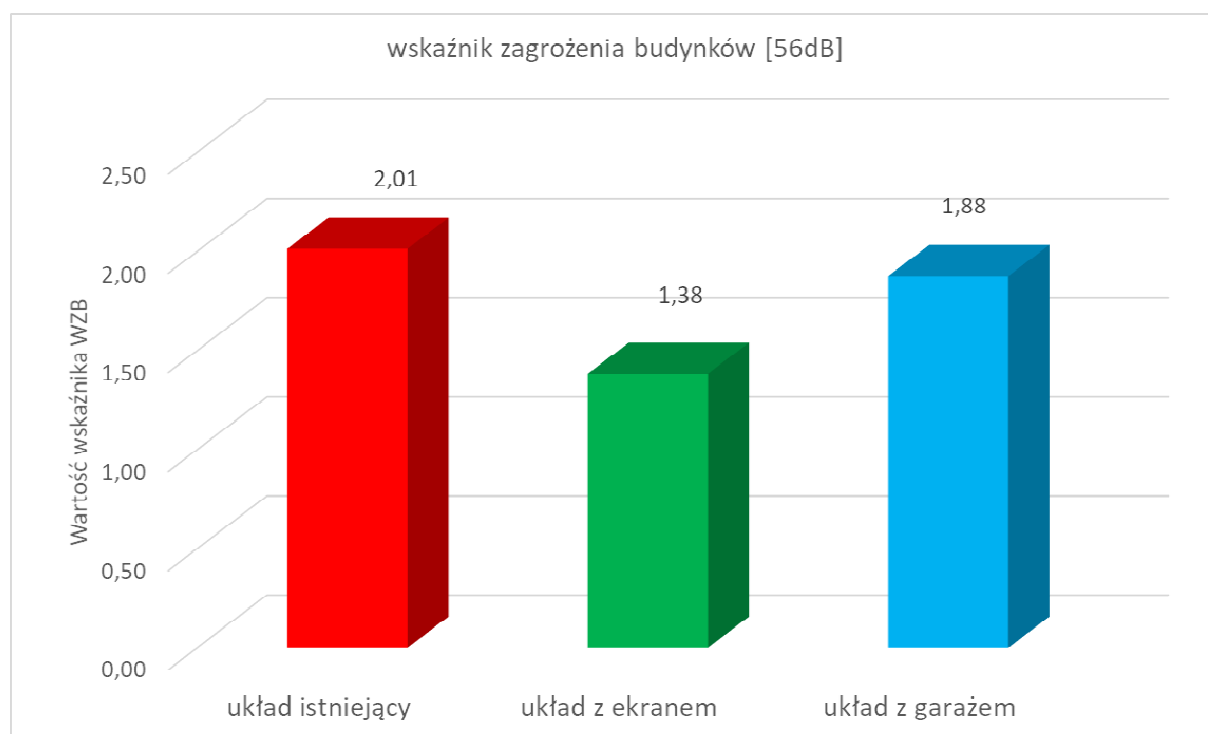
Poziom hałasu u źródła	87dB	87B	87dB
Typ układu	układ istniejący	układ z ekranem	układ z garażem
Liczebność odbiorników (pow. ścian m2)	5112	5112	5112
Wartość maksymalna Leq [dB]	70,9	63,9	70,8
Wartość minimalna Leq [dB]	37,6	37,8	37,5
Średnia Leq [dB]	59,9	54,1	59,0
Percentyl 50 Leq [dB]	60,5	54,4	59,7
Percentyl 85 Leq [dB]	65,7	59,6	64,4
Percentyl 95 Leq [dB]	68,4	61,6	66,9
Udział przekroczeń dop. limitu 55 [dB] [%]	79,5	45,2	77,7
limitu 56 [dB] [%]	75,7	38,3	73,2
limitu 61 [dB] [%]	47,1	7,0	40,6
limitu 65 [dB] [%]	19,5	0,0	11,5
Percentyl dla 55 [dB]	20,5	54,8	22,3

Percentyl dla 56 [dB]	24,3	61,7	26,8
Percentyl dla 61 [dB]	52,9	93,0	59,4
Percentyl dla 65 [dB]	80,5	100,0	88,5
Wskaźnik zagrożenia budynków hałasem [55dB]	2,18	1,45	2,01
[56dB]	2,01	1,38	1,88
[61dB]	1,47	1,07	1,41
[65dB]	1,19	1,00	1,12

Analizie porównawczej poddano dwa wskaźniki udział przekroczeń poziomu dopuszczalnego hałasu w nocy 56 dB rys 7.86 oraz wskaźnik zagrożenia budynków hałasem dla wartości 56 dB rys. 7.87. Poniżej zaprezentowano graficznie otrzymane wyniki:



Rys. 7.86. Udział przekroczeń poziomu dopuszczalnego hałasu dla układu z zabudowa rozproszoną wzdłuż drogi po modyfikacji



Rys. 7.87. Wartości wskaźnika WZB56 z zabudową rozproszoną wzdłuż drogi po modyfikacji
Efektywność ekonomiczna (koszty na budynek)

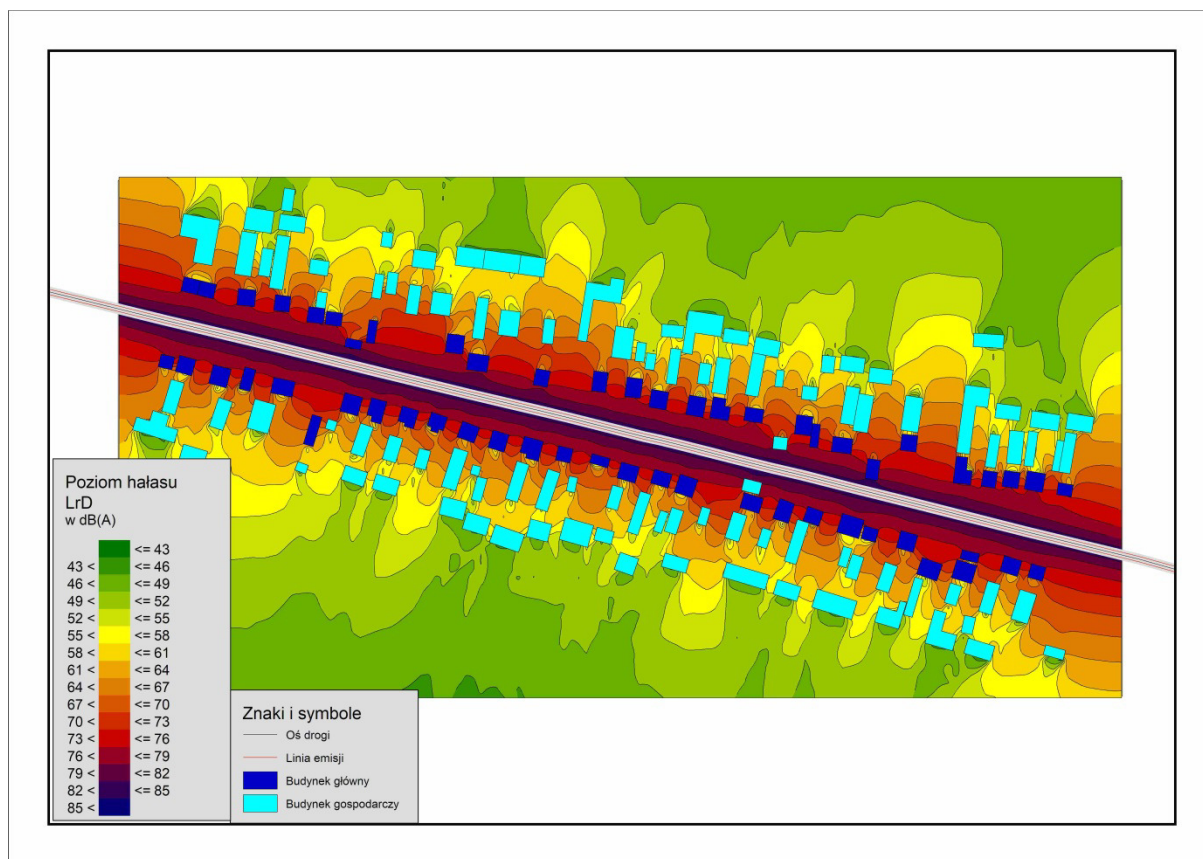
Wnioski. Analizując otrzymane wyniki można stwierdzić, że w istniejącym stanie ponad 75% powierzchni ścian zabudowy wrażliwej na hałas jest ekspozycyjnych na hałas o poziomie wyższym od dopuszczalnego. Wykonane modyfikacje poprzez zastosowanie dodatkowych budynków gospodarczych lub garaży nie wpływają radykalnie na poprawę warunków akustycznych wokół zabudowy. Wprawdzie układy z garażem przynoszą niewielkie ulepszenie w zakresie hałasu, ale garaż daje pewne korzyści w porównaniu do ekranu. Jednocześnie rozproszenie zabudowy i wjazdu do posesji nie sprzyjają kształtowaniu zabudowy niewrażliwej na hałas o większych gabarytach takich jak sklepy o powierzchni rzutu większej niż 500 m².

Jednym z dobrych rozwiązań może być wykonanie zabezpieczeń akustycznych w formie ekranów akustycznych. W przypadku zastosowania zabezpieczeń o wysokości 4m z przerwami na zjazdy udział przekroczeń poziomu dopuszczalnego hałasu zmniejszył się do poziomu 38%. Poziom ten może być jeszcze mniejszy w przypadku optymalizacji zabezpieczeń akustycznych (zwiększenie wysokości oraz odpowiedniego rozmieszczenia na działce z budynkiem mieszkalnym zabudowy niewrażliwej na hałas w taki sposób, aby ograniczyć rozprzestrzenianie się hałasu w stronę zabudowy mieszkalnej. Porównanie wskaźników WZB wskazuje na wnioski podobne jak powyższe w tym, że wskaźnik WZB w

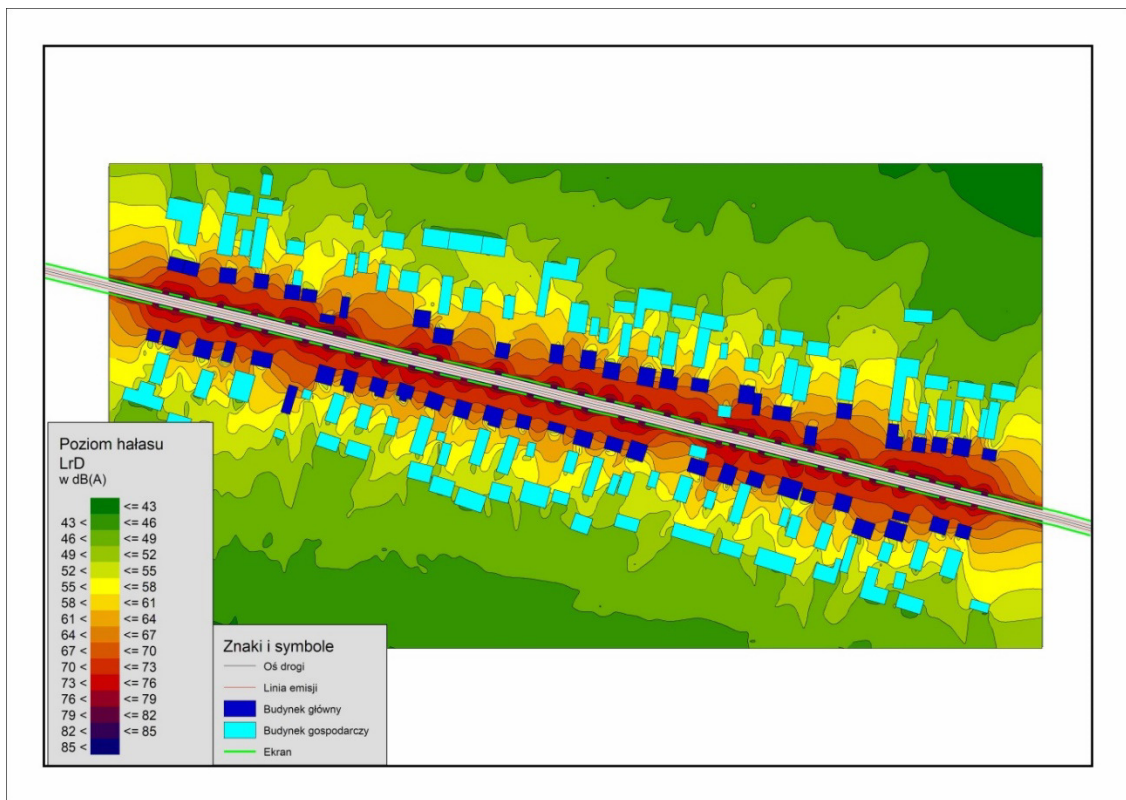
istniejącym układzie nie przybiera wartości zbliżonych do maksymalnych (maksymalna wartość =4) jak to ma miejsce w przypadku analizy następnego układu. Możliwym rozwiązaniem dla takiego układu byłoby także wykonanie cichej nawierzchni, ale byłoby to efektywne tylko w przypadku, gdy prędkość na analizowanym odcinku drogi jest wyższa od 50 km/h. Alternatywą może być ulepszenie akustyczne budynków (zad 8)

7.5.1.2. Zabudowa zwarta wzdłuż drogi

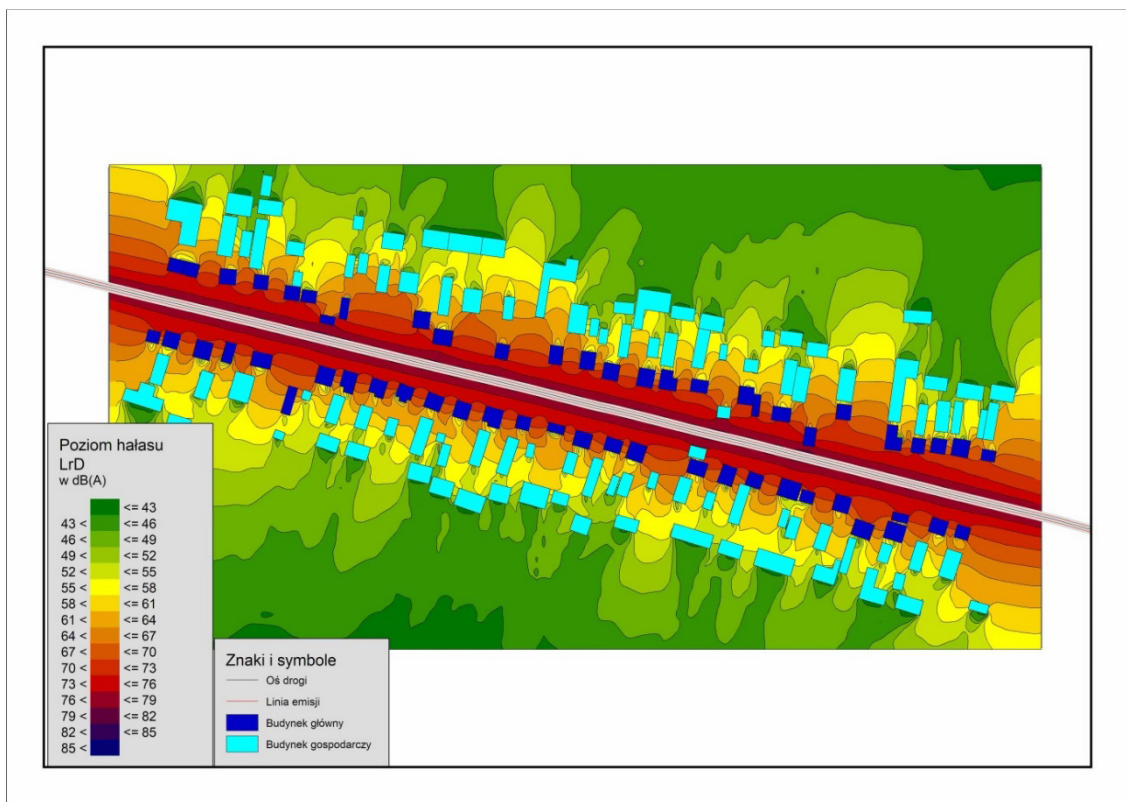
Możliwość korekty układu z zabudową zwartą wzdłuż drogi przeanalizowano dla trzech przypadków tj. układu istniejącego, z zastosowaniem ochrony akustycznej ekranem o wysokości 4m oraz wykonania obwodnicy i przeniesienia części ruchu na inną trasę (rys. 7.89 – 7.91).



Rys. 7.89. Zabudowa zwarta wzdłuż drogi w odległościach od 5 – do 25m od krawędzi drogi; przykład układu istniejącego



Rys. 7.90. Zabudowa zwarta wzdłuż drogi w odległościach od 5 – do 25m - układ z ekranem akustycznym (z wyjazdami z zabudowy) o wysokości 4m

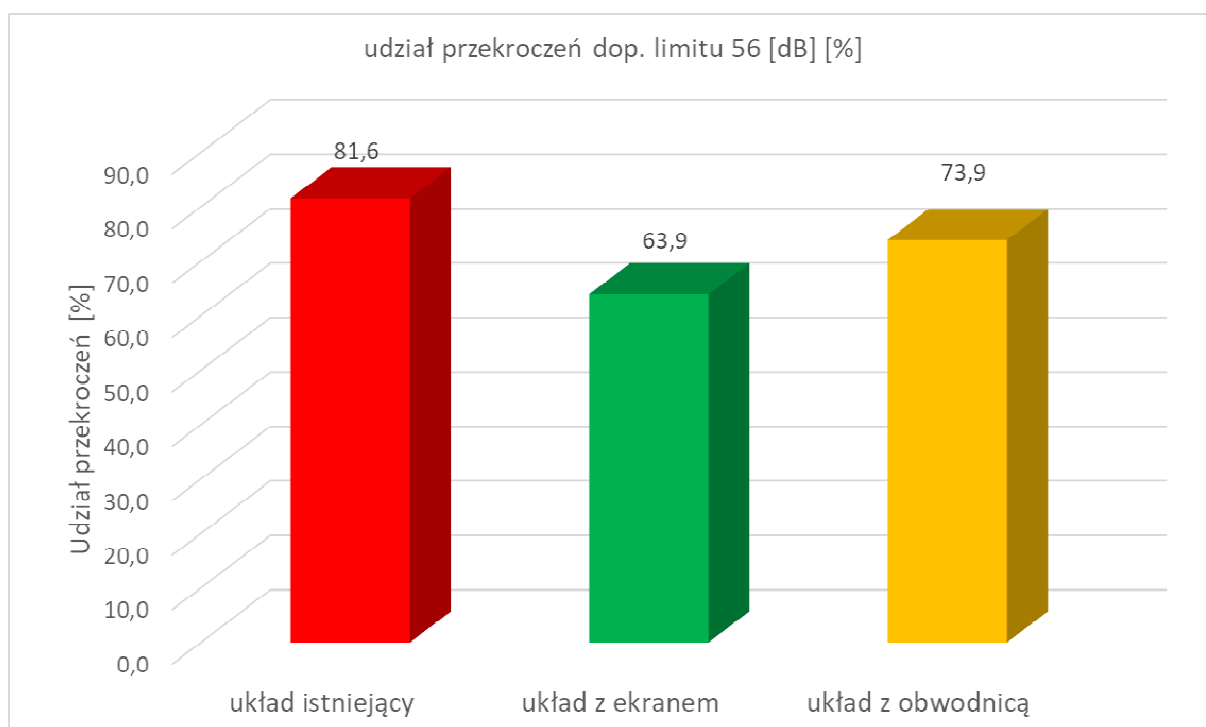


Rys. 7.91. Zabudowa zwarta wzdłuż drogi - zmniejszenie natężenia ruchu dzięki obwodnicy. Założono, że na obwodnicę przechodzi 60% (13000 P/24h) z całkowitego natężenia ruchu 21500 P/24h

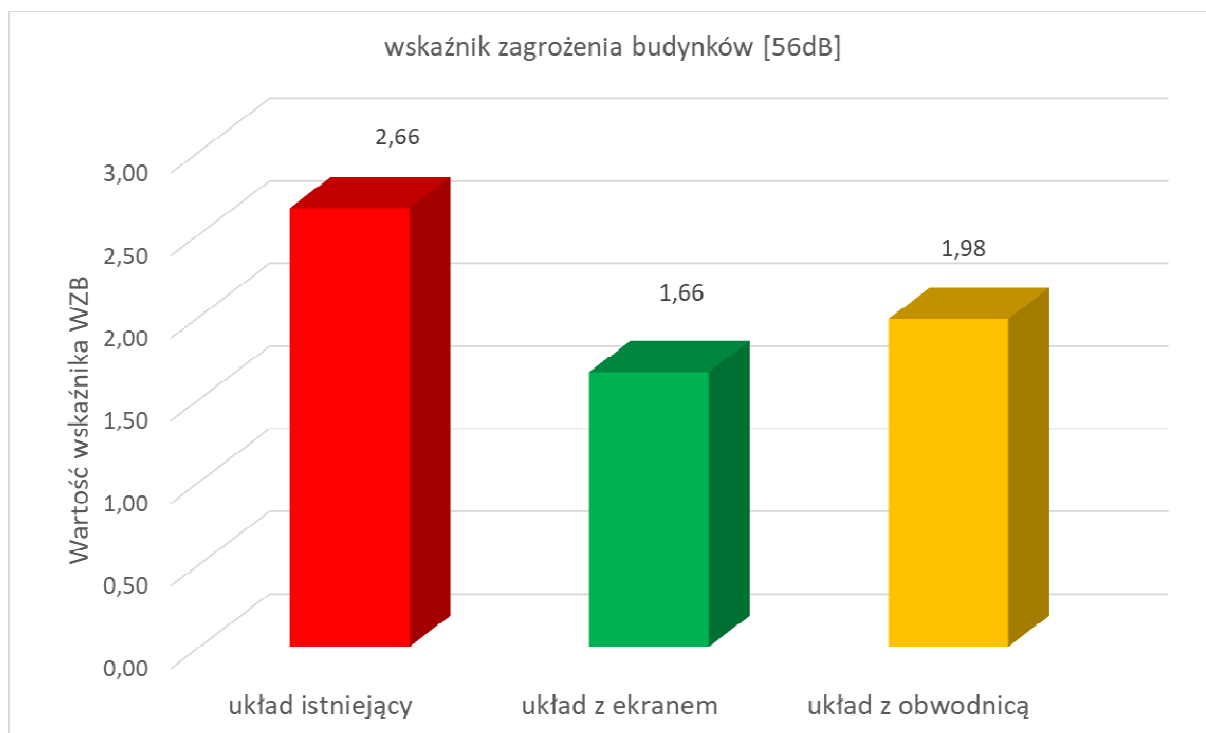
Wykonane obliczenia na fasadzie zabudowy dla trzech możliwych układów zabudowy przedstawiono w tab.7.20

Tab. 7.20 Obliczenia wskaźników dla układu z zwartą zabudowa wzdłuż drogi.

Poziom hałasu u źródła	87dB	87B	87dB
Typ układu	układ istniejący	układ z ekranem	układ z obwodnicą
Liczebność odbiorników (pow. ścian m ²)	15294	15294	15294
Wartość maksymalna Leq [dB]	75,8	74,5	71,9
Wartość minimalna Leq [dB]	42,4	43,0	38,6
Średnia Leq [dB]	62,8	57,5	59,3
Percentyl 50 Leq [dB]	64,9	58,6	61,0
Percentyl 85 Leq [dB]	69,7	63,7	65,8
Percentyl 95 Leq [dB]	70,7	64,9	66,7
Udział przekroczeń dop. limitu 55 [dB] [%]	83,5	68,6	76,8
limitu 56 [dB] [%]	81,6	63,9	73,9
limitu 61 [dB] [%]	69,6	34,1	49,9
limitu 65 [dB] [%]	49,2	4,4	20,9
Percentyl dla 55 [dB]	16,5	31,4	23,2
Percentyl dla 56 [dB]	18,4	36,1	26,1
Percentyl dla 61 [dB]	30,4	65,9	50,1
Percentyl dla 65 [dB]	50,8	95,6	79,1
Wskaźnik zagrożenia budynków [55dB]	2,8	1,8	2,2
[56dB]	2,7	1,7	2,0
[61dB]	1,8	1,3	1,5
[65dB]	1,5	1,0	1,2



Rys. 7.92. Udział przekroczeń poziomu dopuszczalnego poziomu hałasu dla układu z zabudową zwartą wzdłuż drogi przed i po modyfikacji



Rys. 7.93. Wartości wskaźnika WZB56 z zabudową zwartą wzdłuż drogi po modyfikacji

Wniosek. Analizując otrzymane (rys 7.92 i 7.93) wyniki można stwierdzić, że w istniejącym stanie ponad 81% powierzchni ścian zabudowy podlegającej ochronie jest ekspozowanych na ponadnormatywny poziom hałasu. Wykonane modyfikacje poprzez zastosowanie ekranów

akustycznych o wysokości 4m w niewielkim stopniu wpływają na poprawę sytuacji z uwagi na fakt, że występują liczne wjazdy do posesji, gdzie następuje przerwa w ekranowaniu.

Poprawę sytuacji w analizowanym przypadku, czyli zmniejszenie ekspozycji na hałas można osiągnąć stosując optymalizację ekranów akustycznych, tj. np. zwiększając ich wysokość oraz stosując zamykane bramy w miejscach wjazdów. Jednakże takie rozwiązania też nie są w pełni skuteczne, ponieważ istniejące bramy w większości przypadków po wyjeździe mieszkańców z posesji nie są zamykane powodując w dalszym ciągu przekroczenia.

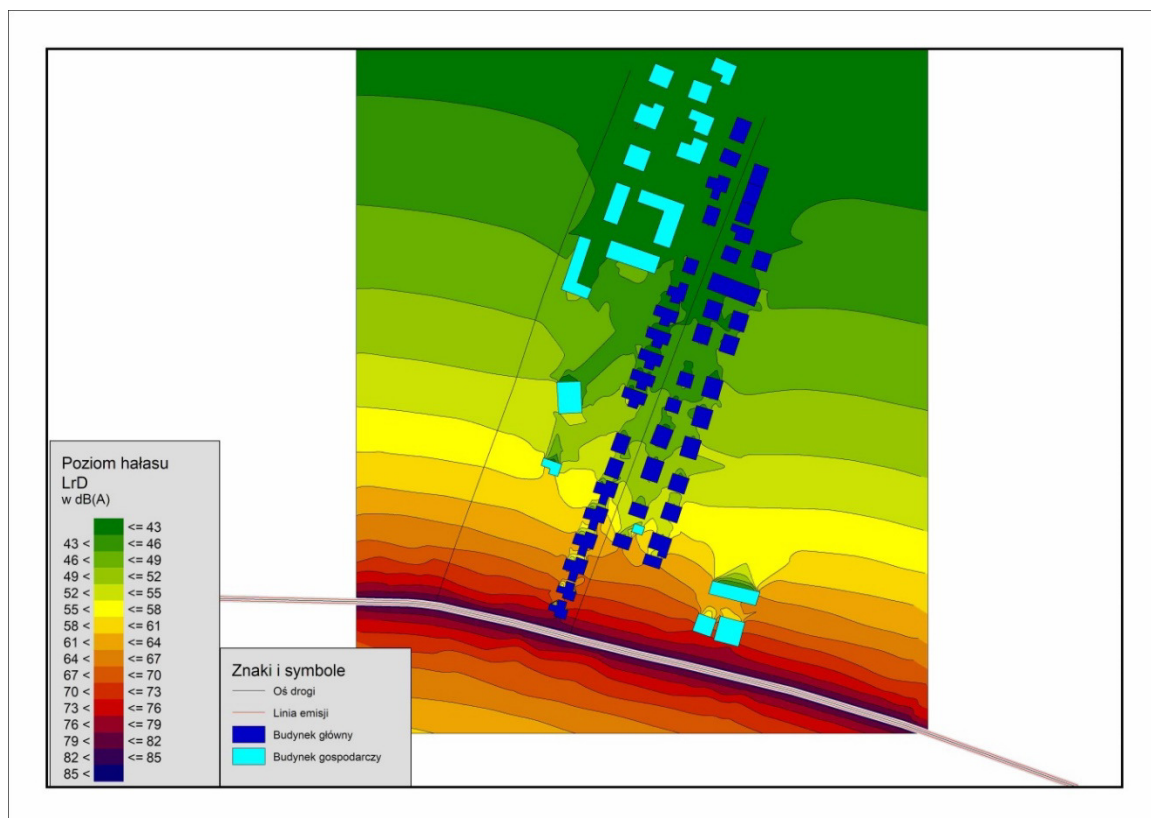
Zastosowanie obwodnicy (wariant 3) również nie jest optymalnym rozwiązaniem dla takich układów, ponieważ budynki posadowione są w bardzo bliskiej odległości od drogi i pozostający ruch będzie wytwarzał hałas powodujący przekroczenia poziomów dopuszczalnych. Obwodnica może być odpowiednim rozwiązaniem w przypadku kilkudziesięciu domów, gdzie występują małe natężenia ruchu docelowego do osiedla lub małej miejscowości. W praktyce oznaczać to będzie tylko przemieszczanie się pojazdów mieszkańców (ruch lokalny).

Porównanie wskaźników WZB wskazuje na wnioski podobne jak wyżej. Wskaźnik WZB w istniejącym układzie przybiera większe wartości, niż dla układu rozproszoną zabudową, co jest związane z większą liczbą przekroczeń dop. poziomu hałasu oraz ich większymi wartościami w stosunku do wartości dopuszczalnej. Możliwym rozwiązaniem dla takiego układu może być jeszcze dodatkowe wykonanie cichej nawierzchni, ale tylko w przypadku, gdy prędkość na analizowanym odcinku drogi jest większa bądź równa 50 km/h,

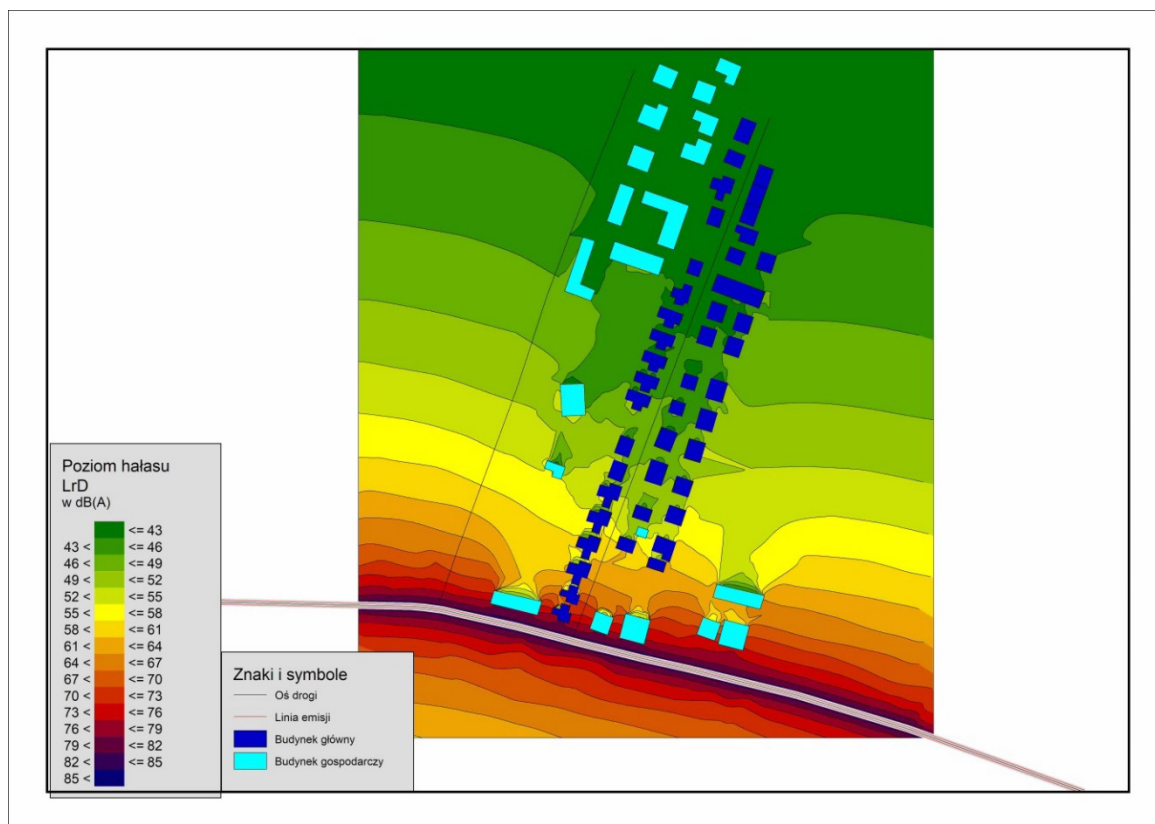
7.5.1.3. Zabudowa wzdłuż sięgacza drogowego prostopadłego do drogi

Układ z zabudową wzdłuż sięgacza drogowego prostopadłego do drogi przeanalizowano dla czterech układów: (rys. 7.94 – 7.97)

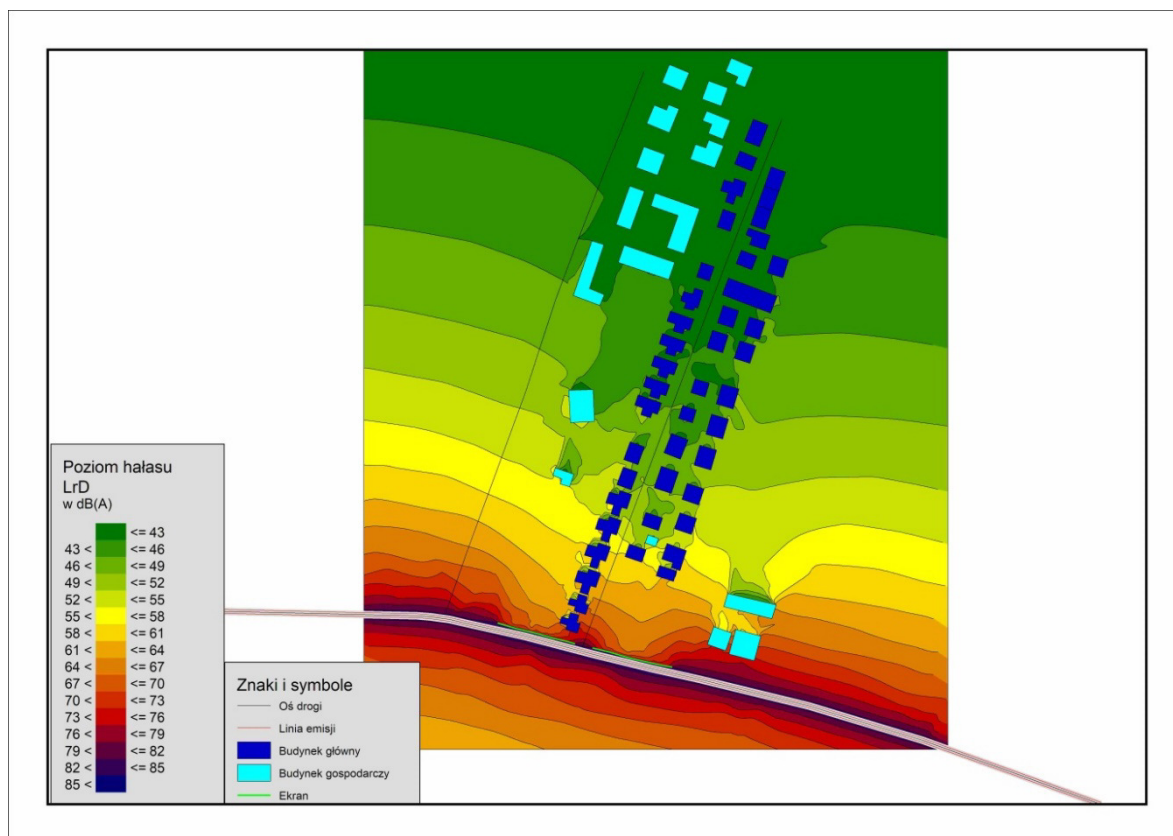
- istniejącego,
- istniejącego i chronionego zabudową niewrażliwą gospodarczą/garażem,
- z ochroną akustyczną ekranem o wysokości 4m,
- przy wykonaniu strefy buforowej o szerokości 50m między drogą a zabudową wrażliwą.



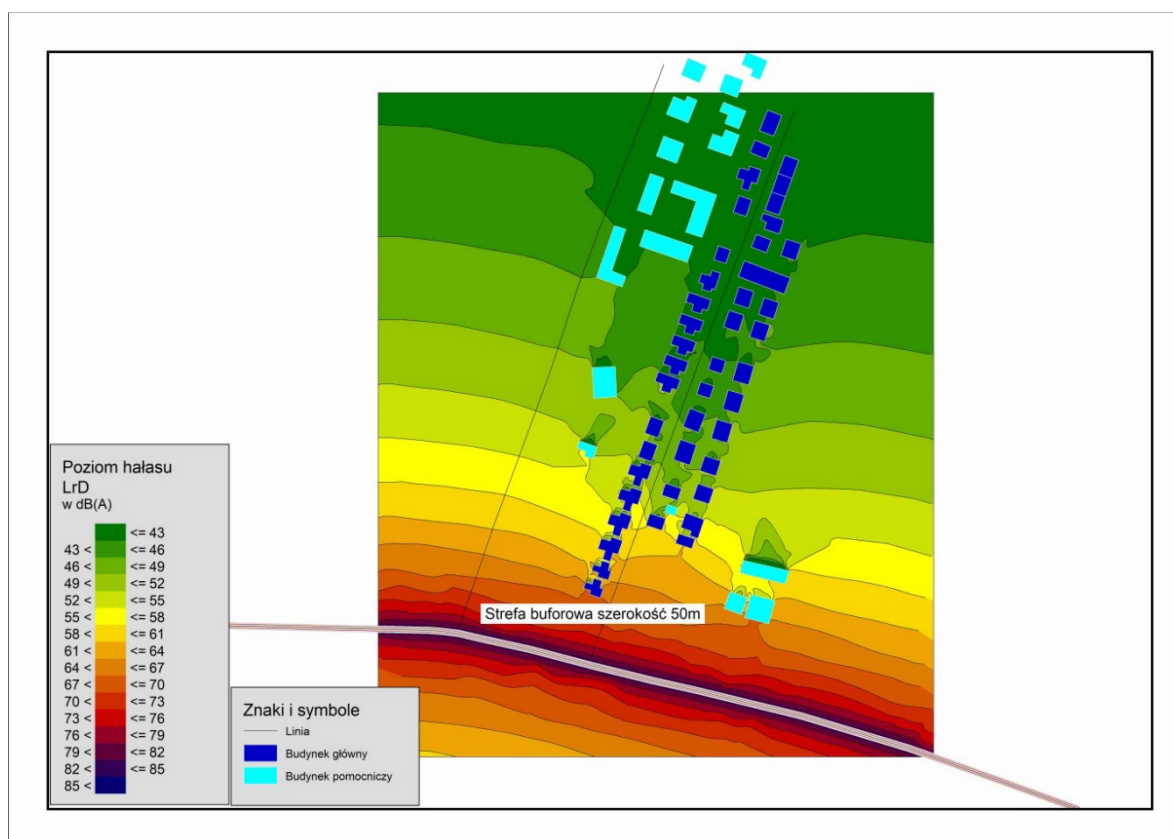
Rys. 7.94. Zabudowa wzdłuż sięgacza w stanie istniejącym



Rys. 7.95. Zabudowa wzdłuż sięgacza z dodatkowymi budynkami gospodarczymi/komercyjnymi w pierwszej linii zabudowy osłaniającymi pierwsze budynki wzdłuż sięgacza



Rys. 7.96. Zabudowa wzdłuż sięgacza z ekranem akustycznym o wysokości 4m przy włączeniu sięgacza

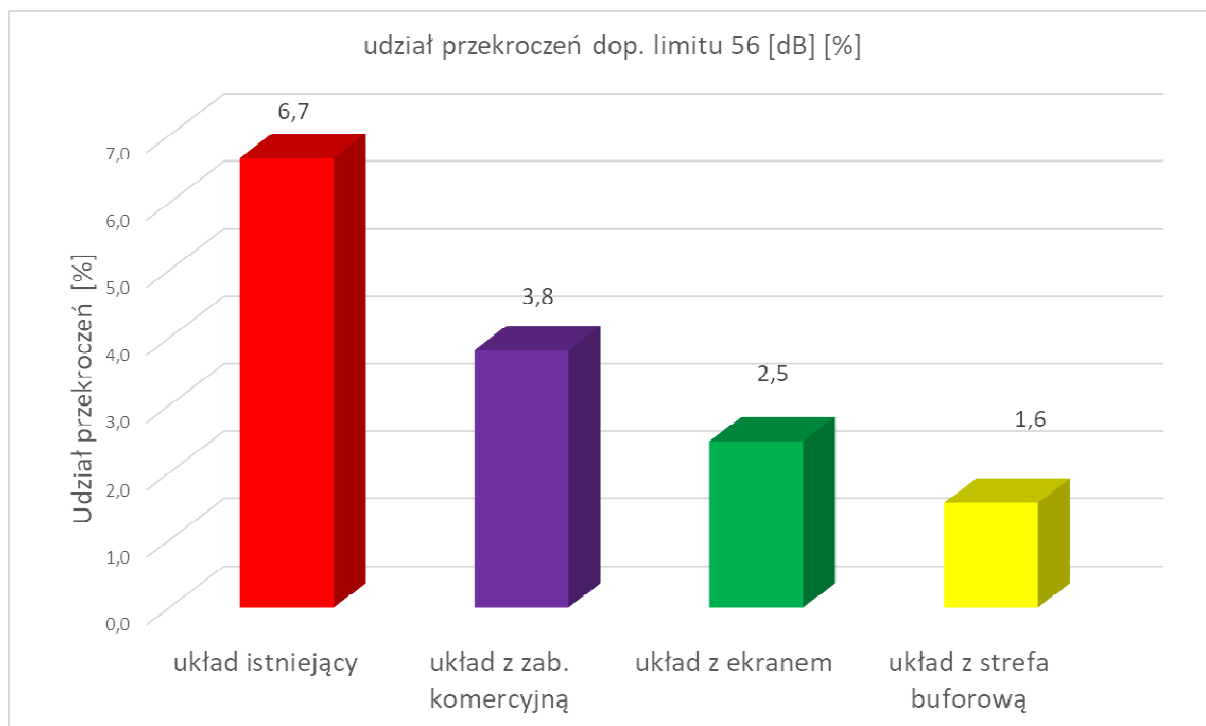


Rys. 7.97. Zabudowa wzdłuż sięgacza z strefą buforową o szerokości 50 m

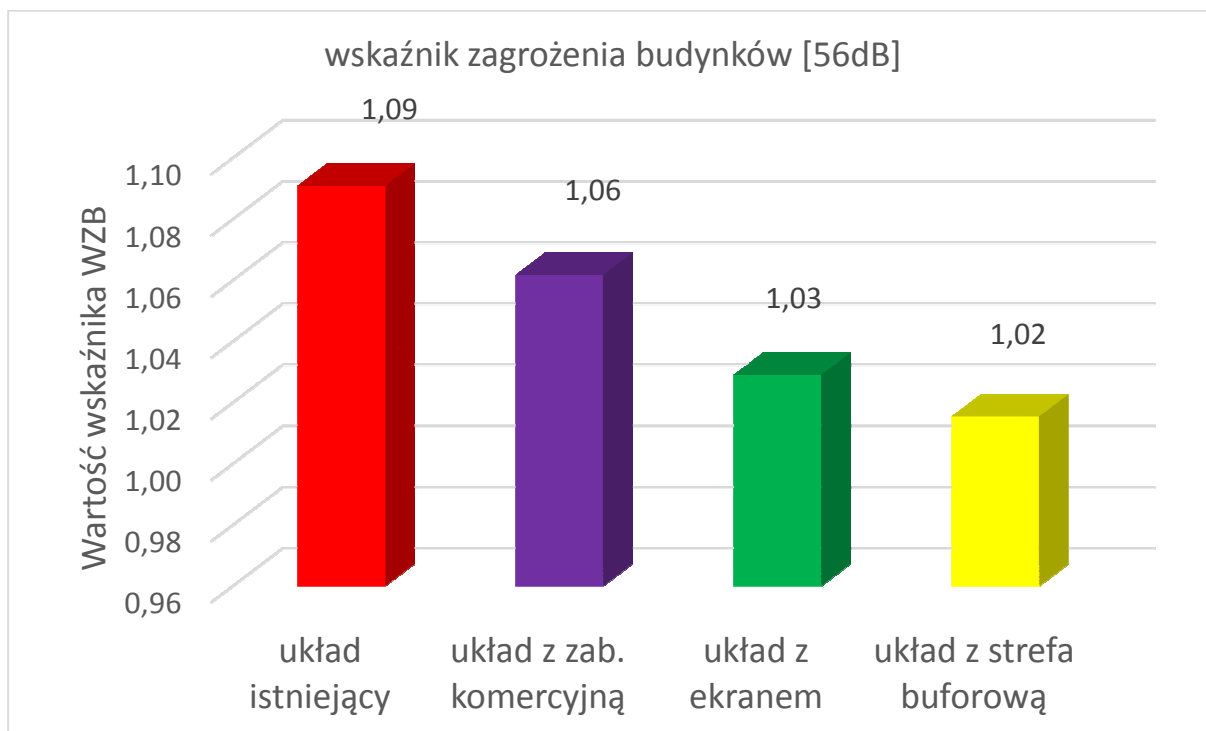
Wykonane wyniki obliczeń hałasu na fasadzie zabudowy dla czterech układów zabudowy przedstawiają się następująco Tab. 7.21:

Tab. 7.21 Obliczenia wskaźników dla układu z zabudową wzdłuż sięgacza drogowego.

Poziom hałasu u źródła	87dB	87B	87dB	87B
Typ układu	układ istniejący	układ z zab. komercyjną	układ z ekranem	układ z strefa buforową
Liczebność odbiorników (pow. ścian m ²)	18258	18258	18258	18258
Wartość maksymalna Leq [dB]	72,1	72,1	68,0	63,3
Wartość minimalna Leq [dB]	20,6	21,6	22,0	18,7
Średnia Leq [dB]	39,9	39,0	38,6	37,5
Percentyl 50 Leq [dB]	38,4	37,7	37,4	36,6
Percentyl 85 Leq [dB]	49,3	47,0	46,8	46,0
Percentyl 95 Leq [dB]	57,6	54,5	53,3	52,1
Udział przekroczeń dop. limitu 55 [dB] [%]	7,7	4,5	3,3	2,2
limitu 56 [dB] [%]	6,7	3,8	2,5	1,6
limitu 61 [dB] [%]	2,6	2,0	1,0	0,3
limitu 65 [dB] [%]	1,4	1,3	0,4	0,0
Percentyl dla 55 [dB]	92,3	95,5	96,7	97,8
Percentyl dla 56 [dB]	93,3	96,2	97,5	98,4
Percentyl dla 61 [dB]	97,4	98,0	99,0	99,7
Percentyl dla 65 [dB]	98,6	98,7	99,6	100,0
Wskaźnik zagrożenia budynków [55dB]	1,10	1,07	1,04	1,02
[56dB]	1,09	1,06	1,03	1,02
[61dB]	1,03	1,03	1,01	1,00
[65dB]	1,01	1,01	1,00	1,00



Rys. 7.98. Udział przekroczeń poziomu dopuszczalnego hałasu dla układu z zabudową wzdłuż sięgacza po modyfikacji



Rys. 7.99. Wartości wskaźnika WZB56 z zabudową sięgaczową po modyfikacji

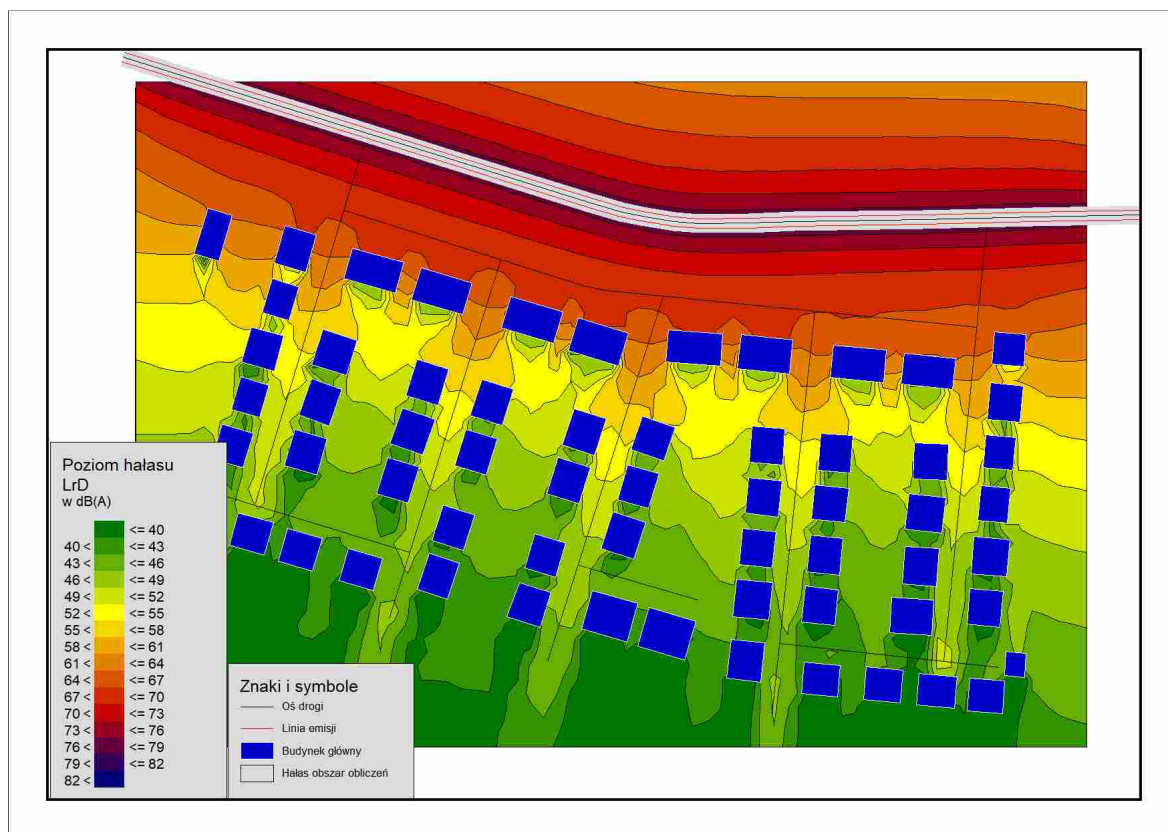
Analizując otrzymane wyniki (rys. 7.98 – 7.99) można stwierdzić, że istniejącym stanie tylko 6% powierzchni ścian zabudowy wrażliwej na hałas jest ekspozowanych na ponadnormatywny poziom hałasu. Jest to zdecydowana zaleta układów zabudowy wzdłuż

sięgaczy, przy których ekspozycja zabudowy wrażliwej na hałas jest niewielkie. Poprzez dokonanie modyfikacji można osiągnąć mniejszy wskaźnik przekroczeń poziomów dopuszczalnych na ścianie zabudowy. Dokonanie modyfikacji przedstawionych powyżej jest bardzo podobne, jeśli przeanalizuje się stopień przekroczeń na 1,6 do 3,6 % powierzchni ścian budynków. Podobne wyniki skłaniają to tego, aby wykonać analizę ekonomiczną tych przekształceń, aby ocenić, które przekształcenie układu będzie lepsze do zastosowania w tym przypadku. Oczywiście hałas jest w takim przypadku jednym z kryteriów doboru przekształceń. Układy te mają jednak także duży zalety pod względem brd

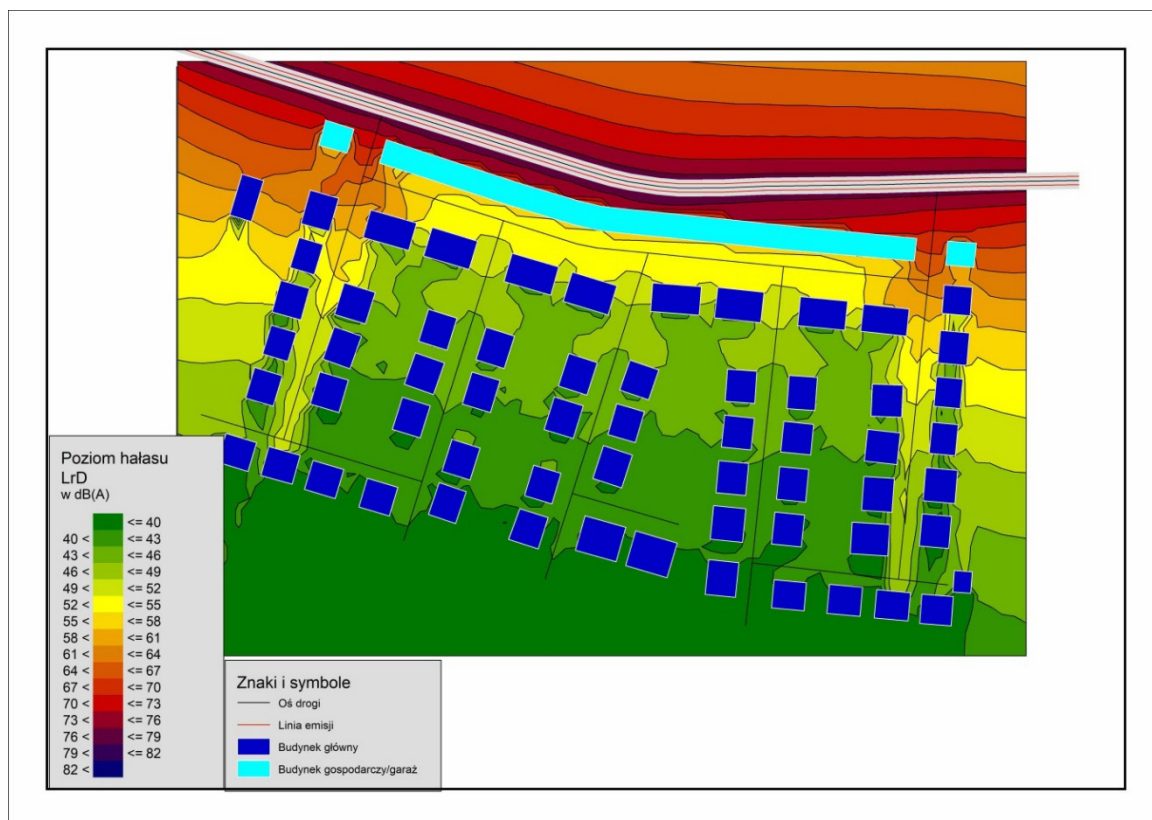
Porównując wskaźniki WZB wartości te we wszystkich przypadkach są bliskie 1,0, co oznacza bardzo małą liczbę przekroczeń jak również niewielką ich wartość.

7.5.1.4. Zabudowa skupiona wokół dróg dojazdowych w układzie zabudowy mieszkaniowej

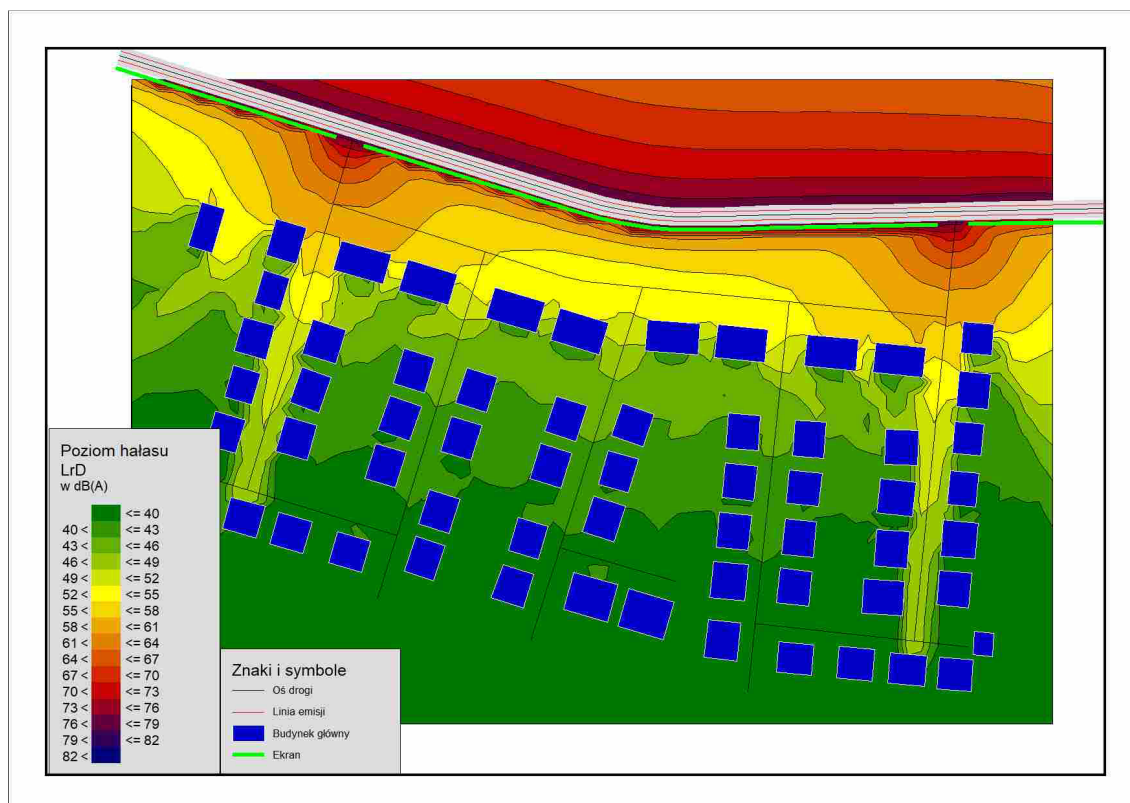
Układ z zabudową skupioną wokół dróg lokalnych, czyli dróg o niewielkim natężeniu ruchu oraz o małym udziale ruchu samochodów ciężarowych, przeanalizowano dla czterech przypadków, tj. dla układów istniejących, przy ochronie zabudową niewrażliwą gospodarczą/garażem, przy ochronie akustycznej ekranem o wysokości 4m oraz przy wykonaniu strefy buforowej o szerokości 50m (rys. 7.100 – 7.103).



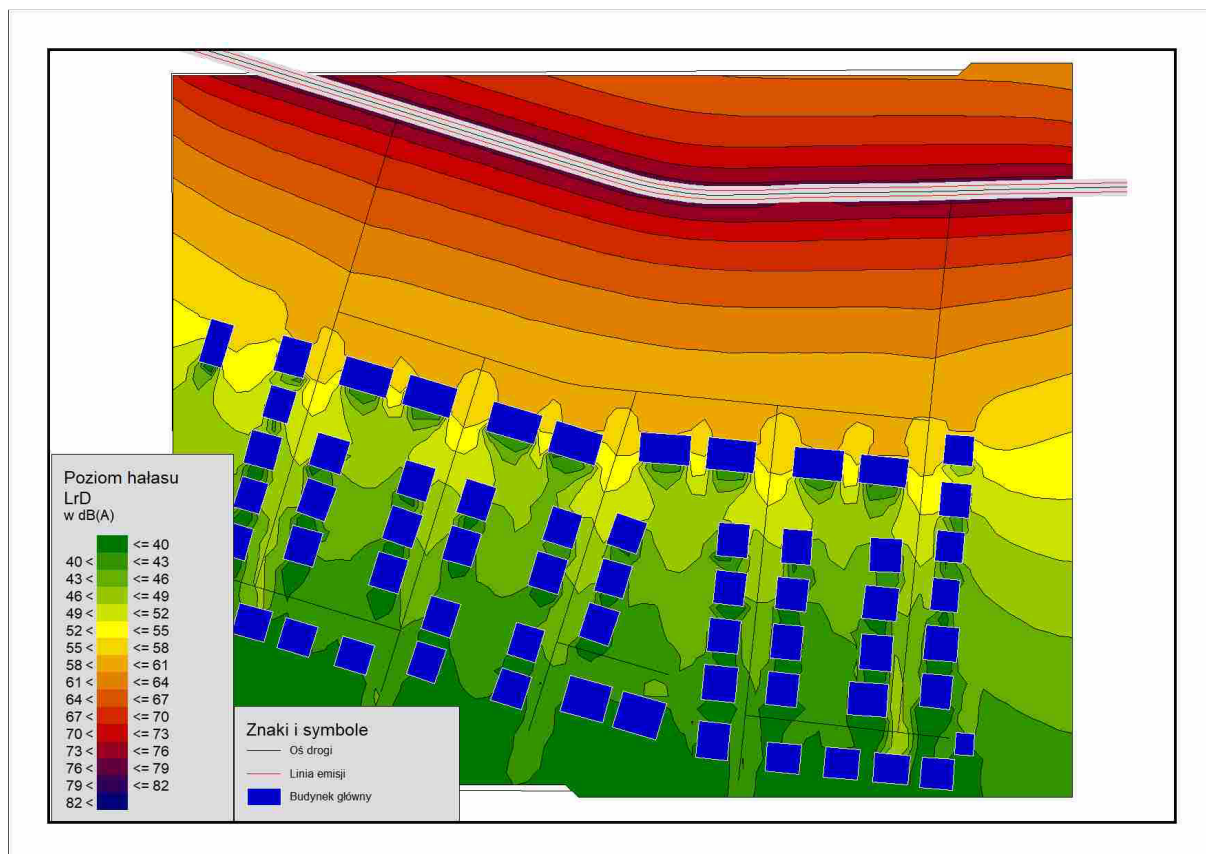
Rys. 7.100. Zabudowa skupiona wokół dróg lokalnych w układzie zabudowy mieszkaniowej



Rys. 7.101. Zabudowa skupiona wokół dróg lokalnych w układzie zabudowy mieszkaniowej z ochroną akustyczną w formie garaży



Rys. 7.102. Zabudowa skupiona wokół dróg lokalnych w układzie zabudowy mieszkaniowej z ochroną akustyczną w formie ekranu

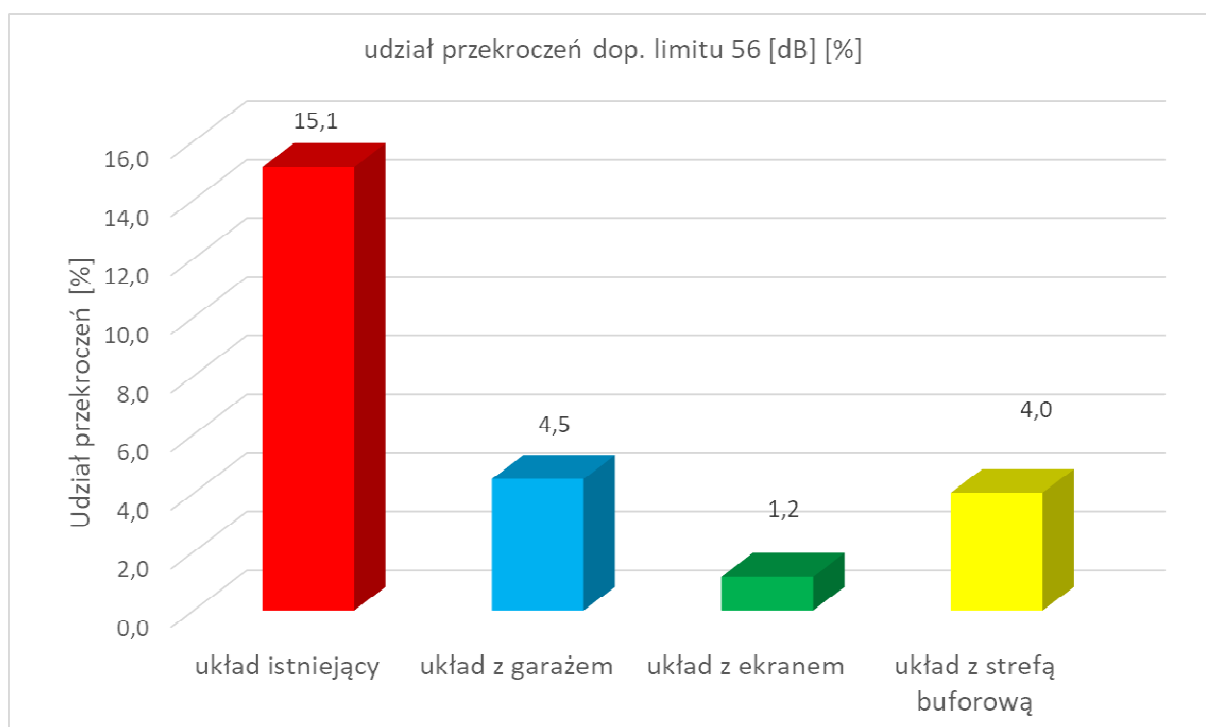


Rys. 7.103. Zabudowa skupiona wokół dróg lokalnych w układzie zabudowy mieszkaniowej z poszerzoną strefą buforową o szerokości 50m zagospodarowane zielenią niską

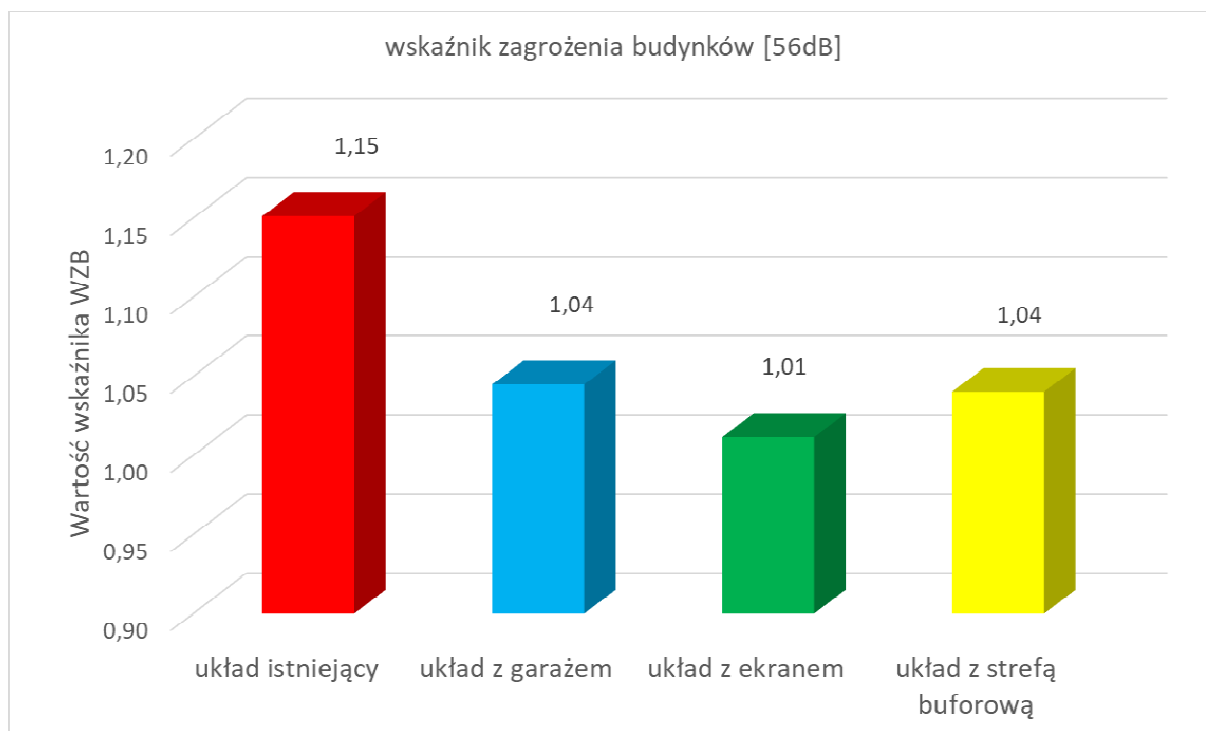
Wykonane wyniki obliczeń hałasu na fasadzie zabudowy dla czterech układów zabudowy przedstawiają się następująco: (Tab. 7.22)

Tab. 7.22 Obliczenia wskaźników dla układu z zabudową skupioną wokół dróg lokalnych.

Poziom hałasu u źródła	Odbiorniki całość		Odbiorniki całość	
	87dB	87B	87dB	87B
Typ układu	układ istniejący	układ z garażem	układ z ekranem	układ z strefą buforową
Liczebność odbiorników (pow. ścian m ²)	20076	20076	20076	20076
Wartość maksymalna Leq [dB]	65,9	64,3	58,2	63,9
Wartość minimalna Leq [dB]	30,1	30,8	31,5	26,1
Średnia Leq [dB]	46,6	43,2	41,1	42,4
Percentyl 50 Leq [dB]	45,0	41,9	39,8	41,8
Percentyl 85 Leq [dB]	56,1	49,4	47,0	50,3
Percentyl 95 Leq [dB]	63,1	55,6	52,3	55,4
udział przekroczeń dop. limitu 55 [dB] [%]	16,8	5,7	1,9	5,3
limitu 56 [dB] [%]	15,1	4,5	1,2	4,0
limitu 61 [dB] [%]	8,2	0,9	0,0	0,1
limitu 65 [dB] [%]	1,9	0,0	0,0	0,0
Percentyl dla 55 [dB]	83,2	94,3	98,1	94,7
Percentyl dla 56 [dB]	84,9	95,5	98,8	96,0
Percentyl dla 61 [dB]	91,8	99,1	100,0	99,9
Percentyl dla 65 [dB]	98,1	100,0	100,0	100,0
Wskaźnik zagrożenia budynków [55dB]	1,21	1,06	1,02	1,05
[56dB]	1,15	1,04	1,01	1,04
[61dB]	1,08	1,01	1,00	1,00
[65dB]	1,02	1,00	1,00	1,00



Rys. 7.104. Udział przekroczeń poziomu dopuszczalnego hałasu dla układu z zabudową skupioną wokół lokalnych dróg dojazdowych,



Rys. 7.105. Wartości wskaźnika WZB56 dla układu z zabudową skupioną wokół lokalnych dróg dojazdowych

Wnioski. Analizując otrzymane wyniki (rys. 7.104 – 7.105) można stwierdzić, że w istniejącym stanie 15% powierzchni ścian zabudowy wrażliwej na hałas jest ekspozowanych na ponadnormatywny poziom hałasu. Jest to związane z stosunkowo dużą liczbą zabudowań

w analizowanym przykładzie. Jednak już w istniejącym układzie strefa pomiędzy drogą a zabudową mieszkalną została zaprojektowana poprzez ukształtowanie zielenca oraz miejsc postojowych. Zaletą układu jest możliwość wprowadzenia zmian zagospodarowania na terenie pomiędzy drogą, a zabudową wrażliwą na hałas. Poprzez dokonanie modyfikacji można osiągnąć mniejszy wskaźnik przekroczeń poziomów dopuszczalnych na ścianach zabudowy.

Dokonanie modyfikacji przedstawionych powyżej układów daje zbliżony efekt akustyczny tj. udział przekroczeń poziomów dopuszczalnych na poziomie 1,2 do 4,5 % powierzchni ścian budynków. Podobne wyniki skłaniają to tego, aby wykonać analizę ekonomiczną tych przekształceń, aby ocenić, które przekształcenie układu będzie lepsze do zastosowania w tym przypadku. Oczywiście hałas jest w takim przypadku jednym z kryteriów doboru przekształceń. Istotne są możliwości zmiany zagospodarowania.

Porównując wartości wskaźników WZB można stwierdzić, że wartości we wszystkich przypadkach są bliskie 1,0 co oznacza bardzo małą liczbę przekroczeń jak również niewielką ich wartość.

7.5.2. Wnioski z analiz z zastosowania map hałasu

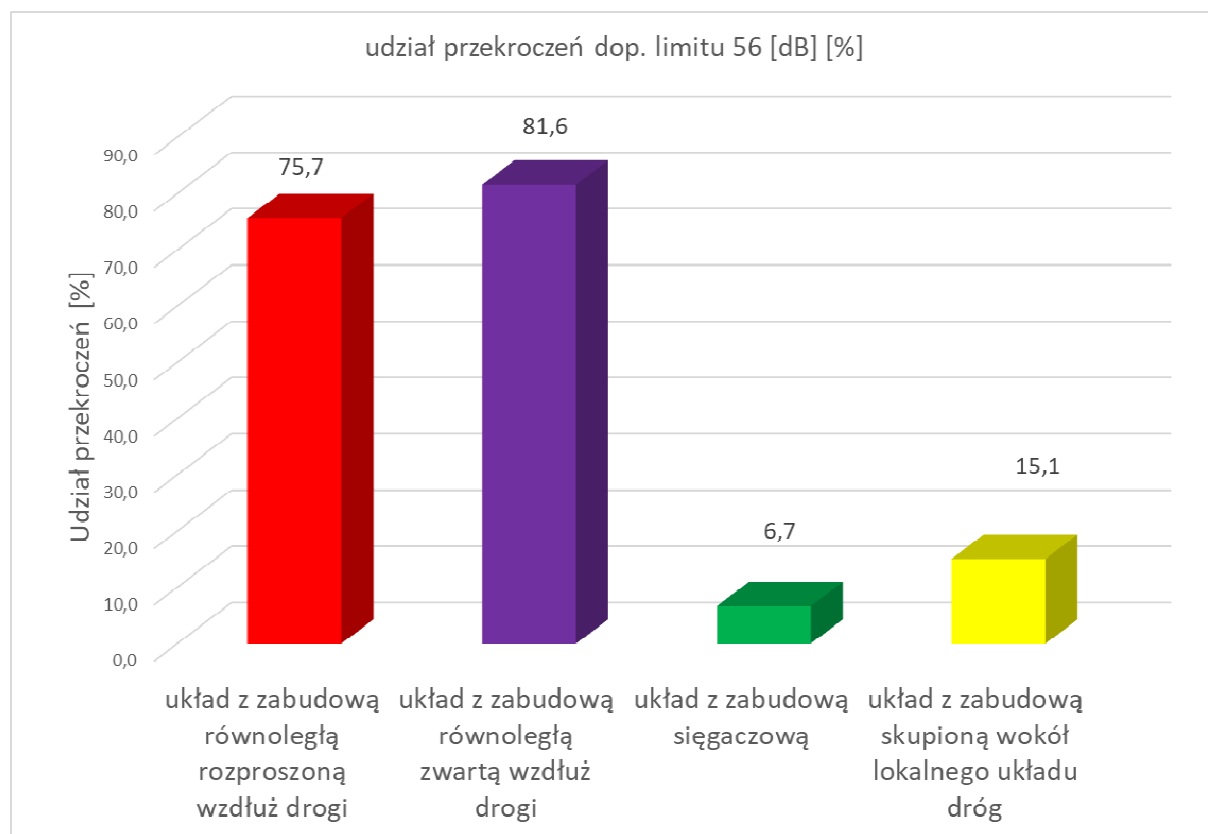
Przeprowadzone przykładowe analizy modyfikacji istniejących układów lub przekształcenia na etapie projektu rozmieszczenia zabudowy zostały wykonane dla 4 podstawowych układów:

- zabudowy równoległej rozproszonej wzdłuż drogi;
- zabudowy równoległej zwartej wzdłuż drogi;
- zabudowy wzdłuż sięgaczy prostopadłych do drogi;
- zabudowy skupionej wokół lokalnego układu dróg osiedlowych;

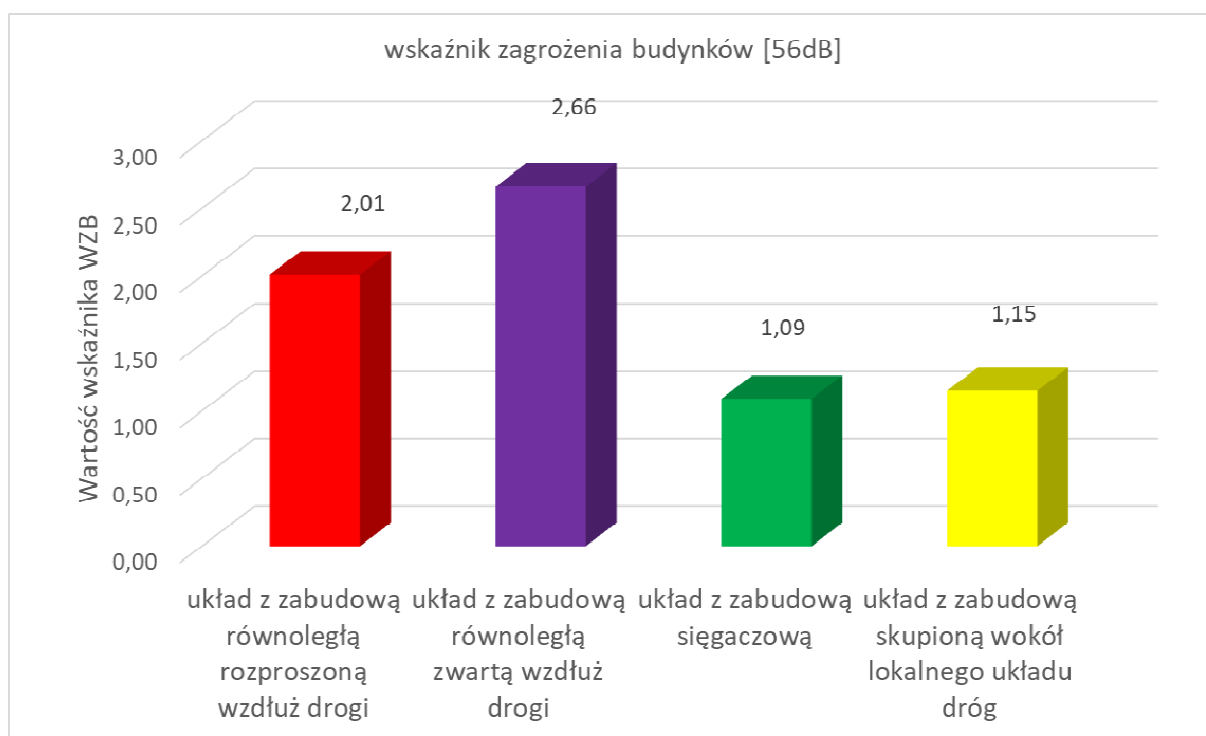
Przedmiotem analiz było określenie możliwości poprawy klimatu akustycznego wokół zabudowy wrażliwej na hałas poprzez zastosowaniu technik przekształceń układów takich jak wykonanie:

- ekranów akustycznych;
- zabudowy niewrażliwej na hałas tj. garaży, budynków gospodarczych budynków komercyjnych;
- strefy buforowej,
- obwodnicy miejscowości.

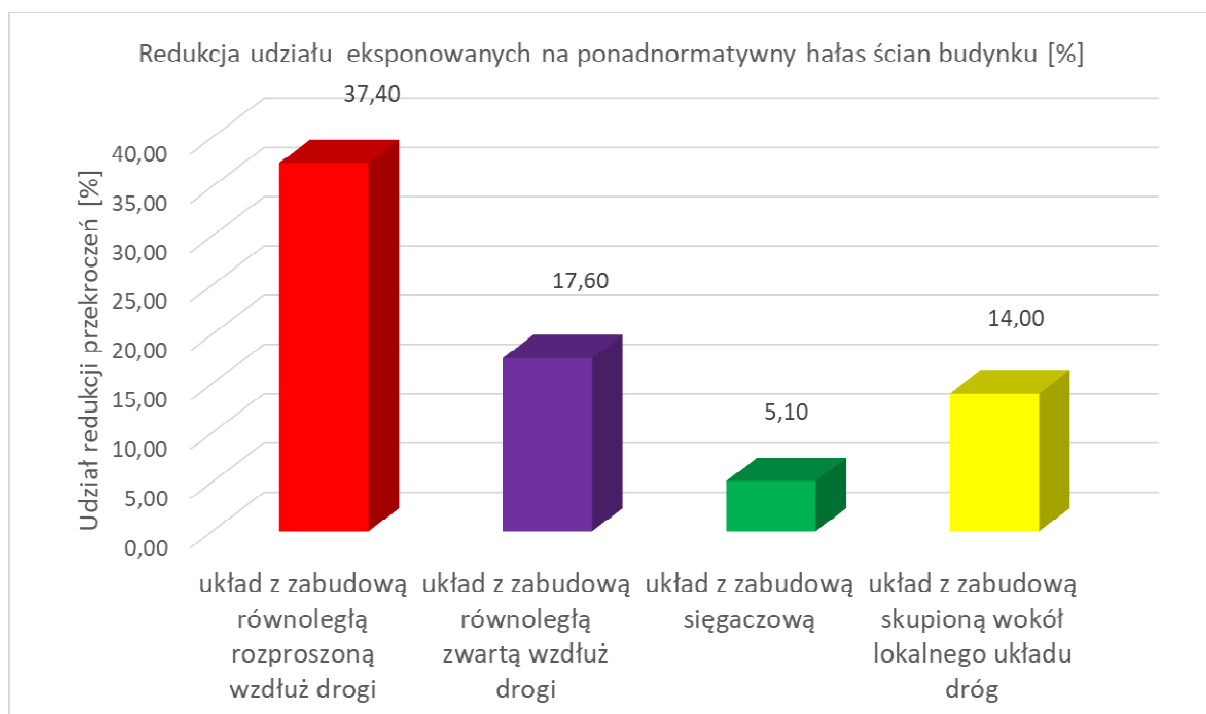
Przekształcenia te posłużyły do określenia zestawu wskaźników oraz porównania ekspozycji na hałas zabudowy wrażliwej (rys. 7.106 – 7.107). Porównując istniejące układy należy stwierdzić, że: generalnie najlepszym układem jest układ z zabudową zlokalizowaną wzdłuż sięgaczy, a następnie układ z zabudową skupioną wokół istniejącego układu dróg lokalnych, to jest wzdłuż odcinków dróg o małym natężeniu ruchu. Udział przekroczeń poziomu dopuszczalnego jest w tych przypadkach na poziomie do kilkunastu procent. Również wskaźnik WZB przyjmuje wartości bliskiej jedności, co świadczy o małych przekroczeniach poziomów dopuszczalnych, ale także o małej ich liczbie.



Rys. 7.106. Udział przekroczeń poziomu dopuszczalnego dla analizowanych czterech istniejących układów zabudowy



Rys. 7.107. Wartości wskaźnika WZB56 dla układu analizowanych czterech istniejących układów zabudowy



Rys. 7.108. Udział największej redukcji przekroczeń poziomu dopuszczalnego dla analizowanych czterech istniejących układów zabudowy

Powyżej na rysunku (7.108) przedstawiono najbardziej efektywne działania dla każdego z układu. Najlepsze efekty są osiągnięte poprzez zastosowanie ekranów akustycznych

lub odpowiednio szerokiej strefy buforowej. Zastosowanie ekranów akustycznych ma zasadniczą zaletę dotyczącą możliwości lokalizowania ich w pasie drogowym a co za tym idzie możliwość wydłużenia zabezpieczeń poza granicę działki podlegającej ochronie. Zastosowanie strefy buforowej jest również skuteczne, ale nie wszędzie możliwe do zastosowania i w przypadku zabudowy istniejącej niemożliwe do wykonania. Bardzo dobre efekty uzyskuje się po zastosowaniu zabudowy niewrażliwej na hałas garaż/budynek gospodarczy. Tu jednak ograniczeniami jest wielkość działki dewelopera. Ten rodzaj ochrony akustycznej powinien być planowany na etapie planowania rozmieszczenia zabudowy na działkach.

W przypadku odpowiedniego planowania (mpzp) można przewidzieć strefy przy drogach generujących wysokie poziomy hałasu pod zabudowę niewrażliwą. Strefa ta odpowiednio zagospodarowana może przynieść większą korzyść akustyczną (redukcje ekspozycji na hałas) niż zastosowanie ekranów akustycznych, cichej nawierzchni czy niewielkiej strefy buforowej. Zamiast częstych wjazdów do zabudowy możliwe jest projektowanie zabudowy przy krótkich sięgaczach.

7.6. WNIOSKI

Drogi krajowe klasy GP pełnią w dalszym ciągu w Polsce ważne funkcje transportowe w sieci dróg krajowych, niezależnie od zwiększającej się sieci autostrad i dróg ekspresowych. Zapewniają one połączenia pomiędzy siecią autostrad i dróg ekspresowych, a częścią dużych miast w tym centrami administracyjnymi w tym także miastami powiatowymi. Zapewniają one także dobre połączenia z lokalnymi strefami: przemysłowymi, wytwórczymi, handlowymi, a także ośrodkami turystycznymi i administracyjnymi. Często zapewniają połączenia (jedynym) z główną siecią dróg szybkiego ruchu (A i S) dla średniej wielkości miejscowości. Niestety, postępujący dość żywiołowy proces obudowy dróg klasy GP zarówno zabudową mieszkaniową – zwłaszcza na odcinkach wylotowych tych dróg z miast, jak i zabudową komercyjną, przemysłową i składową doprowadza do pewnej degradacji ruchowej tych dróg. Przykład takiej obudowy jest przedstawiony na rys. 7.109. Proces obudowy różnego typu zabudową bez wyraźnej doprowadza do przedstawionej sytuacji, kiedy budynki przeznaczone na cele mieszkaniowe przemieszane są z budynkami o funkcjach przemysłowych i handlowych.



Rys. 7.109. Przykład mieszania zabudowy komercyjno-przemysłowej (składowej) z zabudową mieszkaniową na drodze nr 79 (odcinek wylotowy z Chrzanowa).

Na wylotach omawianych dróg z miast powstają także deweloperskie osiedla mieszkaniowe, ale w dużej liczbie przypadków funkcje (użytkowe terenu) są przemieszane. Problem nieodpowiedniego planowania zabudowy zarówno pod względem funkcji, jak i rozmieszczenia zabudowy wrażliwej na hałas prowadzi do zwiększenia kosztów społecznych takich jak zwiększenie ryzyka chorób związanych z nadciśnieniem, stresem oraz na zwiększenie środków wydawanych na infrastrukturę drogową.

Głównym celem zad. 7 była ocena istniejącego stanu oraz zaproponowanie korzystnych sposobów rozmieszczenia zabudowy wrażliwej w celu minimalizacji narażenia na hałas mieszkańców. W tym celu w ramach pracy dokonano/wykonano:

- przeglądu literatury dotyczącej kształtowania układów zabudowy z uwagi na narażenia na hałas wrażliwej zabudowy – rozdział 7.1 i zestawienie literatury;
- pomiary hałasu przy zabudowie wokół dróg na wybranych do badań poligonach drogowych wraz z parametrami wpływającymi na hałas takimi jak; prędkości, natężenia ruchu i struktura ruchu. Ich celem była głównie kalibracja modeli rozchodzenia się hałasu – rozdział 7.2;

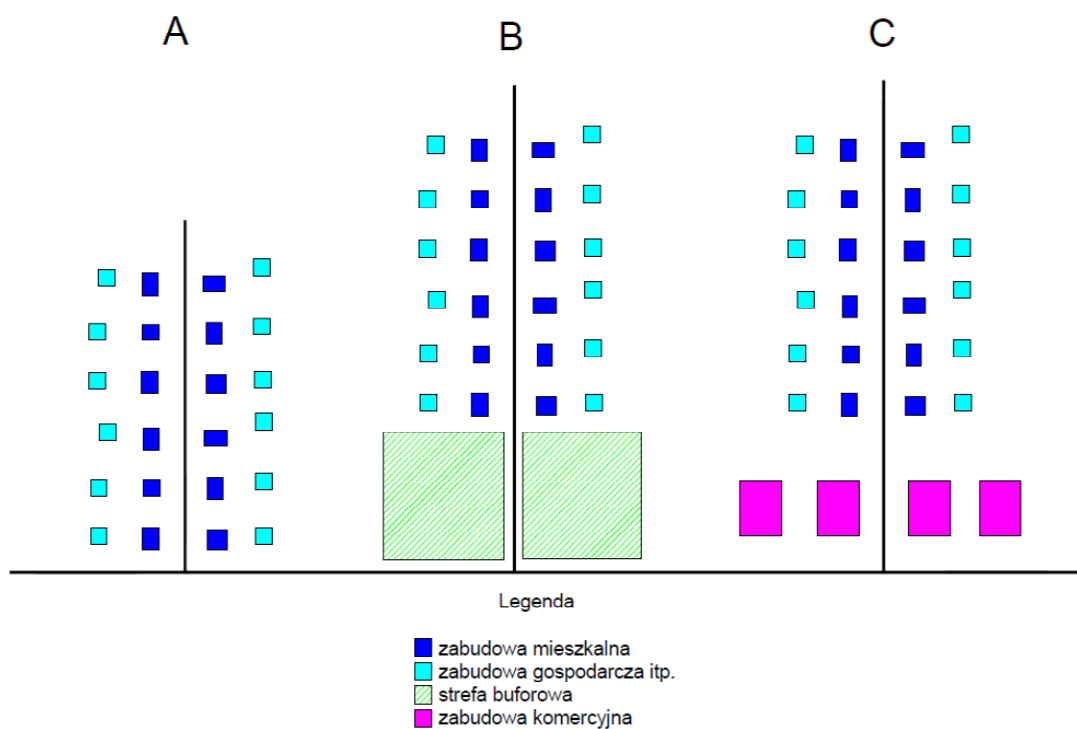
- identyfikacji istniejących typów zabudowy zarówno pod względem typów, jak i częstości występowania danego typu zabudowy przy wybranych drogach w Polsce (rys 7.20 – rozdział 7.2);
- ocenę wskaźnikową wybranych układów zabudowy w celu identyfikacji dobrych i złych praktyk lokalizowania zabudowy – rozdział 7.3;
- zaproponowano **linie referencyjne**, jako graniczne linie zabudowy (miejsce bezpiecznej lokalizacji zabudowy, gdzie ekspozycja na ponadnormatywny hałas nie powinna wystąpić) – rozdział 7.4;
- podjęto próby wskazania kilku możliwych sposobów przekształceń różnych typów zabudowy dla poprawy klimatu akustycznego przy zabudowie oraz poddano je ocenie wskaźnikowej w celu określenia korzyści z zastosowania danego środka ochrony przed hałasem – rozdział 7.5;

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski oraz zalecenia dotyczące układów droga-zabudowa:

- Proces obudowy polskich dróg zabudową wrażliwą generalnie nie uwzględniał scenariuszy rozwoju ruchu drogowego, a tym samym kryterium hałasu, którego wzrost przy wzroście ruchu musiał nastąpić,
- W badaniach ankietowych stwierdzono braki wrażliwości społecznej na hałas przy niskich natężeniach ruchu, a także odpowiednich uregulowań prawnych dotyczących planowania i rozmieszczania zabudowy uwzględniającego rozprzestrzenianie się hałasu od dróg. To i inne przyczyny spowodowały powszechne lokalizowanie zabudowy poblizu drogi – korzystnego pod względem dojazdów i dojeżdż, co obecnie skutkuje dużym zapotrzebowaniem na zabezpieczenia akustyczne w formie ekranów wokół takich dróg, wymiany stolarki okiennej itp.;
- Analizując układy zabudowy wokół sieci dróg oraz układy działek można dojść do wniosku, że występujące duże rozdrobnienie działek przy drogach miało i ma pośredni wpływ na istniejące i projektowane typy zabudowy w Polsce, a znaczna część zabudowy jest silnie powiązana z własnością ziemi,
- Analiza istniejącej sieci dróg dowodzi, że 60% układów wokół dróg jest zabudową równoległą do drogi (gęstą lub rozproszoną);
- W Polsce występuje w dalszym ciągu brak dobrych uregulowań prawnych dotyczących poprawnej lokalizacji zabudowy uwzględniającej narażenia na hałas

zabudowy wrażliwej, a powinny one powstać równoległe z dopuszczeniem rozwoju motoryzacji,

- Ocena wskaźnikowa narażenia zabudowy na hałas w układach droga-zabudowa wykazała, że najkorzystniejsze układy zapewnia zabudowa rozmieszczona wzdłuż sięgaczy z zagospodarowaną strefą między zabudową chronioną, a drogą (rys. 7.110 B i C). Jako strefę pomiędzy zabudową chronioną a drogą można stosować odpowiednio szeroką strefę buforową zależną od natężenia ruchu na drodze (rozdział 7.4) lub zagospodarowaną poprzez zabudowę niepodlegającą ochronie akustycznej pełniącą równocześnie funkcje osłonoza dla zabudowy mieszkalnej.
- Pokazane układy zabudowy są korzystne dla mieszkańców, nie tylko pod względem klimatu akustycznego (tylko dwa), ale także, pod względem warunków zamieszkania i możliwości rekreacji a także zaopatrzenia



Rys. 7.110. Przykłady układów zabudowy rozmieszczonej wzdłuż sięgacza A – bezpośrednio przy drodze, B- z strefą buforową zagospodarowaną np. zielenią, C- z zabudową osłonową, która stanowi zabudowa komercyjna.



Rys. 7.111. Przykład układów zabudowy rozmieszczonej wzdłuż sięgaczy od drogi nr 7

- Układy z rozlokowaną zabudowa wzdłuż drogi charakteryzują się dużym procentem zabudowy wrażliwej narażonej na hałas zwłaszcza w pierwszym rzędzie zabudowy.
- Najlepszym rozwiązaniem dla układu z zabudową rozmieszczoną wzdłuż drogi jest zastosowanie obejścia danego układu poprzez wyprowadzenie ruchu na zewnątrz. Takie rozwiązanie nie zawsze jest możliwe z uwagi na fakt własności działek prostopadłych do zaprojektowanego obejścia i konieczności zapewnienia kolejnych dojazdów do działek, co może skutkować dalszą obudowa nowej drogi
- Układy z zabudową wrażliwą wzdłuż drogi są negatywne z punktu widzenia ochrony akustycznej i należy ich unikać w przypadku planowania nowej zabudowy.



Rys. 7.112. Przykład zabudowy rozmieszczonej wzdłuż drogi

- Zabudowa rozmieszczona wokół dróg lokalnych/osiedlowych rys. 7.113 w przypadku odpowiedniej odległości od drogi lub odpowiedniego zagospodarowania strefy między zabudową wrażliwą a drogą są korzystne do stosowania (rozdział 7.4),
- Zbyt bliskie usytuowanie zabudowy rozmieszczone wzdłuż dróg lokalnych/osiedlowych skutkuje dużymi przekroczeniami poziomów dopuszczalnych w pierwszym rzędzie zabudowy).



Rys.

7.113. Przykład zabudowy rozmieszczonej wzdłuż dróg lokalnych

Wnioski z badań i analiz wykonanych w zadaniu 7.

1. Stan klimatu akustycznego w otoczeniu dróg krajowych klas GP i G.

Gospodarowanie przestrzenią w otoczeniu tych dróg

Pomimo realizacji sieci autostrad i dróg ekspresowych, czyli dróg o wysokiej przepustowości i posiadających zabezpieczenia ekologiczne, a w tym zabezpieczenia przed rozprzestrzenianiem się hałasu wytwarzanego przez ruch drogowy - przeważnie w formie ekranów akustycznych, drogi krajowe klasy GP pełnią i w dalszym ciągu pełnić będą funkcje ważne dla transportu krajowego, głównie w skali regionów i województw oraz tam, gdzie nie ma jeszcze zbudowanych lub nie są planowane połączenia drogami klas A lub S, na co wskazano we wstępie do zad 7. Drogi GP w większości przypadków rozprawdają ruch drogowy z dróg klas A i S na drogi wojewódzkie i powiatowe, a przez nie do wielu ośrodków regionalnych i miast. Służą one także, jako dojazdy z dróg klas A i S do ośrodków przemysłowych i handlowych, turystycznych i administracyjnych. Niestety, przy braku

odpowiednich regulacji, równocześnie postępuje dość żywiołowy proces obudowy dróg klasy GP zarówno zabudową mieszkaniową, jak i zabudową komercyjną, przemysłową i składową.

W otoczeniu dróg klasy GP obserwuje się przykłady złego i dobrego gospodarowania przestrzenią, co można tłumaczyć brakiem odpowiednich regulacji i polityki przestrzennej. Sposoby zabudowy różnią istotnie te na wylotach z miast i miasteczek i na odcinkach między nimi. Dotyczy to szczególnie dwóch grup odcinków tych dróg;

- odcinków na wylotach z miast, które są obudowywane różnego typu zabudową, a w tym zwłaszcza piętrową i parterową zabudową mieszkaniową.

Tworzenie nowej zabudowy mieszkaniowej, nierzadko wraz z zabudową komercyjną i usługową ma także miejsce na długości małych miast i miejscowości oraz wsi.

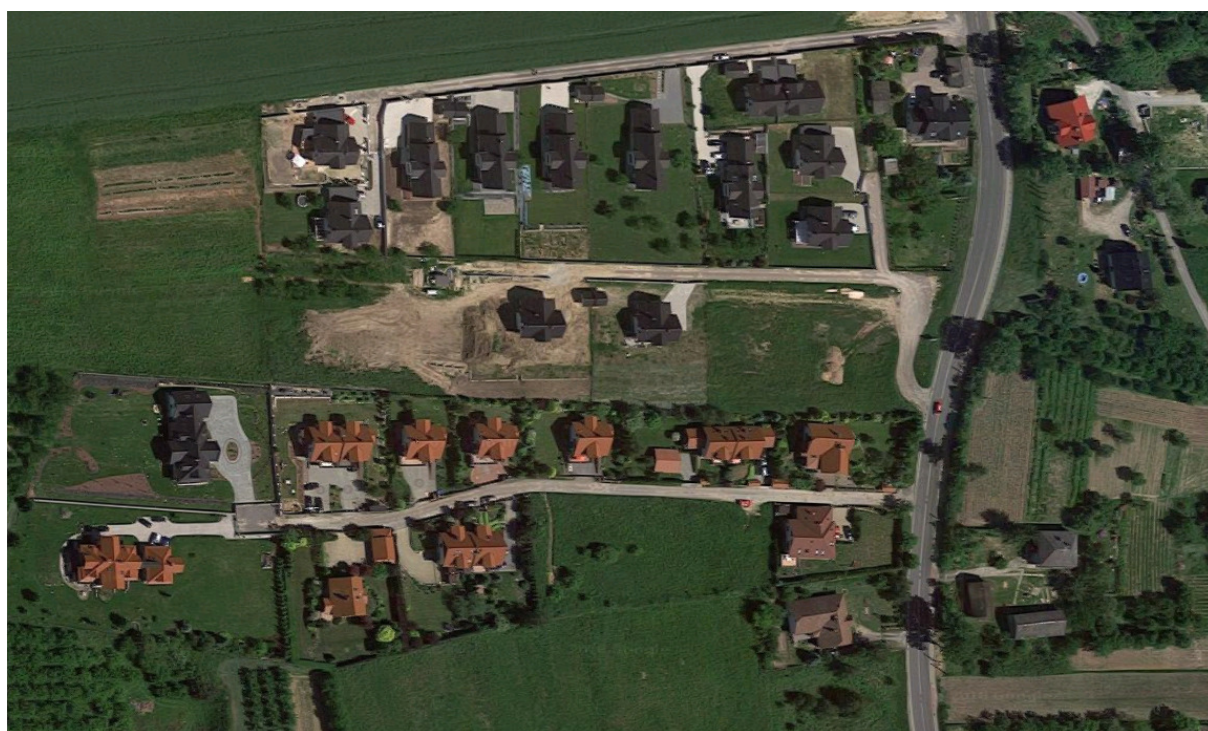
2. Jakie rodzaje sytuacji występują wzdłuż tych dróg i w ich otoczeniu, ich geneza i zmiany sytuacji po wstąpieniu do UE.

Analiza zdjęć satelitarnych dokonana przez autorów w trakcie realizacji projektu wskazuje, że proces obudowy dróg klasy GP był i jest realizowany w różny sposób nie zawsze niewłaściwy [30, 31, 32]. Obudowywane są głównie odcinki wylotowe z miast różnej wielkości zabudową mieszkaniową oraz komercyjną, przemysłową i składową. Można domniemywać, że wiąże się to z zasobami siły roboczej zlokalizowanymi w miastach. Nierzadko te rodzaje zabudowy są przemieszane ze sobą z wielką szkodą dla zabudowy mieszkaniowej.

W ostatnich kilkunastu latach wokół miast powstają także na ogół małe osiedla deweloperskie (rys 114, 115, 116). Taką zabudowę obserwuje się w granicach administracyjnych miast i poza nimi. Są przykłady dobrego i złego gospodarowania przestrzenią, uwzględniania i nie uwzględniania hałasu drogowego w zakresie jego oddziaływań (przykłady są pokazane we wstępie do opisu zadania 7) i poniżej. Analizując wiele przypadków w otoczeniu Krakowa i Wieliczki można obserwować odchodzenie deweloperów i mieszkańców od budowania bezpośrednio przy drogach krajowych GP, ale przeważnie wzdłuż różnego typu sięgaczy, korzystnych pod względem hałasu, co wykazały analizy opisane w zad.7. Przykłady takich rodzajów zabudowy jest wiele. Należy zwrócić uwagę, że zazwyczaj zapomina się o możliwości lokalizowania na początku sięgacza zabudowy osłonowej, na co wskazywano wcześniej w rozdz.7.



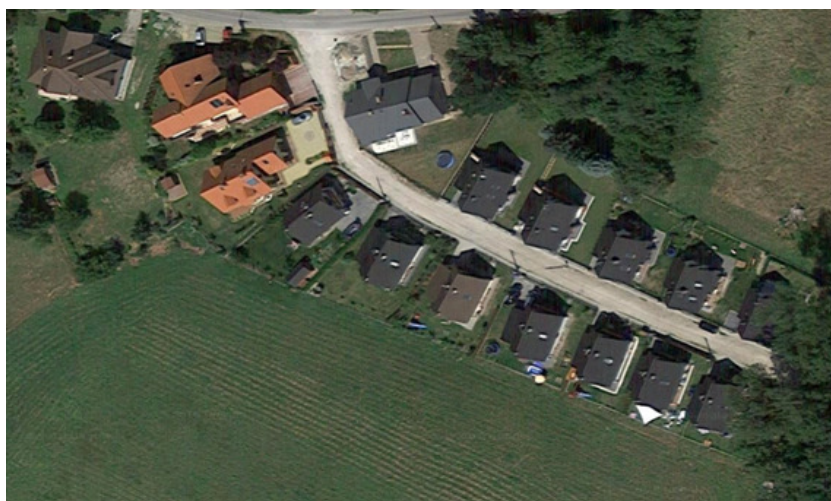
Rys. 7.114. Przykład zabudowy sięgaczowej na północ od Krakowa



Rys. 7.115. Przykład zabudowy sięgaczowej na północ od Krakowa



Rys. 7.116. Przykład zabudowy sięgaczowej na północ od Krakowa



Rys. 7.117. Przykład zabudowy sięgaczowej na północ od Krakowa

Na innych odcinkach dróg klasy GP istnieje, przeważnie rozproszona „stara” i nowa zabudowa powstająca w ostatnich latach – często połączona z różnymi formami biznesu. Tą część zabudowy zarówno starej i nowej jest trudno efektywnie chronić przed hałasem drogowym.

Innym rodzajem intensyfikacji zagospodarowania otoczenia dróg klasy GP są odcinki tych dróg mające dobre połączenia z drogami A i S, dzięki czemu ułatwiają one transport z miejsc w otoczeniu tych dróg, co jest istotne dla rozwoju przemysłu i handlu w tych

miejskach. Odcinki takie z otoczeniem o charakterze: przemysłowym, składowym bądź komercyjnym zazwyczaj nie wymagają na ogół ochrony akustycznej od ruchu drogowego.

Jeszcze inaczej wygląda sytuacja na przejściach dróg klasy GP przez wioski i małe miejscowości (7.36). W takich sytuacjach ochrona akustyczna jest zazwyczaj trudna z uwagi na małą odległość zabudowy od drogi i częste wyjazdy. W większości przypadków trudno jest stosować w pełni skuteczną ochronę akustyczną, ale uciążliwość hałasu można wyraźnie zmniejszać przez stosowanie ograniczeń prędkości, cichych nawierzchni, a także pewnych form ekranowania – zależnie od odległości.

W miarę możliwości nowa zabudowa deweloperska powinna powstawać w otoczeniu **sięgaczy** od dróg klasy GP lub przy drogach poprzecznych niskich klas Z i L w zależności od możliwości terenowych.

3. Metody oceny klimatu akustycznego w otoczeniu drogi

Do ocen klimatu akustycznego w otoczeniu drogi w niniejszej pracy zastosowano:

- mapy rozprzestrzeniania hałasu, tworzone przy zastosowaniu oprogramowania SoundPLAN i zebranych danych. Mapy te posłużyły do identyfikacji liczby eksponowanych na hałas budynków, zagrożonej powierzchni.
- wskaźniki efektywności zostały użyte do porównania układów zabudowy między podobnymi typami zabudowy. Ocena taka umożliwiła określenie największych wad i zalet wytypowanych do analiz układów zabudowy.

4. Zastosowanie map hałasu i tzw. linii referencyjnych w ocenie klimatu akustycznego i poszukiwaniu optymalnych rozwiązań

W ramach pracy wykonano badania dotyczące lokalizacji linii referencyjnej służące do lokalizowania I linii zabudowy w bezpiecznej odległości od drogi zapewniającej dotrzymanie poziomów dopuszczalnych hałasu w terenie o zmiennym pokryciu. Wprowadzenie odpowiednich zapisów do aktów prawnych oraz do mpzp doprowadzić do znacznej eliminacji przekroczeń hałasu na terenach zainwestowanych podlegających ochronie.

5. Możliwości redukcji powstającego hałasu; organizacja ruchu i ciche nawierzchnie.

W procesach planowania lokalizacji zabudowy wrażliwej na hałas, czyli głównie zabudowy mieszkalnej wzdłuż dróg klas GP i G należy uwzględnić linie referencyjne dla przyjętych miarodajnych natężeń ruchu oraz ich struktury rodzajowej.

Możliwości redukcji poziomu hałasu przez zastosowanie cichych nawierzchni oraz ograniczeń prędkości zaleca się brać pod uwagę głównie w odniesieniu do odcinków z zabudową istniejącą. To relatywnie łatwy sposób poprawy klimatu akustycznego, ale o ograniczonych możliwościach nawet przy zastosowaniu obydwu metod równocześnie. W przypadkach pojedynczych budynków można stosować także inne środki tj. ekrany akustyczne oraz te, dotyczące samej zabudowy. Stosowanie ograniczeń prędkości może wynikać także z potrzeb bezpieczeństwa ruchu.

6. Możliwości dostosowania istniejących układów droga-zabudowa do rekomendowanych rozwiązań modelowych

Autorzy pracy przeprowadzili analizy licznych obrazów satelitarnych pod kątem możliwości przekształceń elementów układów drogowych, np. przez tworzenie odcinkowych by-pasów, lub przełożenia drogi obciążonej ruchem. Jak się okazało takie możliwości są bardzo ograniczone. Wiąże się to generalnie ze strukturą własnościową gruntów.

Możliwe jest analizowanie możliwości dostosowania drogi przez:

- wprowadzenie cichej nawierzchni,
- obniżenie prędkości jazdy (lub łącznie z cichą nawierzchnią),
- wprowadzenie w pasie drogowym po stronie zabudowy środków tłumiących hałas, zieleni, ogrodzenia,
- dostosowanie budynków i ich elementów; okien, drzwi, ścian [27].

Literatura

A. Ustawy, rozporządzenia,

- [1] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 23 grudnia 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. 2016 poz. 124).
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 sierpnia 2003 r. w sprawie sposobu ustalania wymagań dotyczących nowej zabudowy i zagospodarowania terenu w przypadku braku miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego z 26 sierpnia 2003 r).
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2012 nr 0 poz. 1109).
- [4] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 listopada 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o drogach publicznych Dz.U. 2017 poz. 2222,
- [5] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska.
- [6] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003 Nr 80 poz. 717).
- [7] Ustawa prawo budowlane z 2010r. Dz. U. nr 243 poz. 1623 (z późniejszymi zmianami).

B. Raporty Badawcze i artykuły

- [8] Bendtsen H, Fryd J, Popp C., et al., : ON-AIR Investigation of noise planning procedures and tools, CEDR Transnational Road Research Programme (TRRP) Call 2012: Noise 2015
- [9] Bendtsen H, Fryd J, Popp C., et al.: ON-AIR Guidance Book on the Integration of Noise in Road Planning, CEDR TRRP. Call 2012: Noise:2015.
- [10] Bendtsen H., Fryd, Fryd J, C.Popp. On Air Guidance Book on Integration of Noise in Road Planning, CEDR Contractor Report 2017-03
- [11] Bonenberg W., Kapliński O., The Architect and the Paradigms of Sustainable Development; a Review of Dilemmas Sustainability, 10(1) 2018
- [12] Fryd J, Eggers S CEDR TRRP: Traffic Noise:ON-AIR Optimized Noise Assessment and Management Guidance for National Roads, presentation on CEDR TRRP, Conference on Road Traffic Noise, Hamburg, September 2015.
- [13] Fryd J., Axelsson H, Lück V., et al., State of the art in managing road traffic noise: cost-benefit analysis and cost-effectiveness analysis, CEDR Technical Report 2017-03 2017 [7] Highway Engineering Branch Ministry of Transportation, Highway Noise Control Earth Berms; January 1997
- [14] Kenneth D. Polcak; PennDOT: Sound Land Use Planning For Your Community: Model Ordinance Language for Addressing Traffic Noise – Highway Traffic Noise and Land Use; February 2004,
- [15] Kieć M., Woźniak K.: Wpływ zjazdów bramowych w ekranach akustycznych na bezpieczeństwo ruchu drogowego, Logistyka, 4/2014

- [16] Kowalewski A., Mordasewicz J., Osiatyński J., Regulski J., Stępień J., Śleszyński P. 2014. Ekonomiczne straty i społeczne koszty niekontrolowanej urbanizacji w Polsce – wybrane fragmenty raportu, *Samorząd Terytorialny*, 25, 4 (280): 5 – 21.
- [17] Lityński P., Hołuj A. *Urban Sprawl Costs: the Valuation of Households' Losses in Poland*, „*Journal of Settlements and Spatial Planning*”, t. 8, nr 1, s. 11–35, 2017,
- [18] Przybyła Cz., Bykowski J., Mroziak K., Napierała M.: Rola infrastruktury wodno-melioracyjnej w procesie suburbanizacji. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set of Environment Protection)*, 13, 769–786 (2011).
- [19] Śleszyński P.: Błędy polskiej polityki przestrzennej i krajobrazowej oraz propozycje ich naprawy, *Problemy Ekologii Krajobrazu*, 2015
- [20] Śleszyński P., Maria Bednarek-Szczepańska , Magdalena Górczyńska , Ewa Korcelli-Olejniczak, Komentarz do Ustawy o rewitalizacji z dnia 9 października 2015 r. , *Problemy Rozwoju Miast* nr 1, 2016
- [21] Tracz M., Kształtowanie otoczenia dróg krajowych klasy GP w programie przekształceń sieci drogowej, *Drogownictwo* 11/2017,
- [22] Tracz M., Woźniak K.: Designing separate zones with reduced noise on the property, in *Conferences Proceedings Inter-Noise*, pp. 4242–4252, Hamburg, 2016.
- [23] U.S Department of Transportation Federal Highway Administration offices of Researches and Development A reprint of the Audible Landscape: A Manual for Highway Noise and Land Use; November 1976,
- [24] Urban Systems Research & Engineering, inc. The Audible Landscape: A Manual for Highway Noise and Land Use. US Government Printing Office, 1974.
- [25] Zimnicka A., Czernik L.: Kształtowanie przestrzeni wsi podmiejskiej na przykładzie obszaru oddziaływania miasta Szczecin. *Szczecin*, 2007.
- [26] Zuziak Z.: Strefa podmiejska w architekturze miasta. W stronę nowej architektoniki regionu miejskiego. [w:] P. Lorens (red.), *Problem suburbanizacji*. Biblioteka Urbanisty 7. Urbanista. Warszawa, 17–32 (2005).
- [28] Hauri E., Steiner V., Huber-Maurus A., Schweizer P.: Um-Raum-Potenziale erkennen und nutzen, Strategien zur Verbesserung von verkehrsbelasteten Wohnsituationen mit offener Bebauungsstruktur Studie „Gute Beispiele”, 2006
- [29] Maeck J., Bergiers A. *Noise Reducting Thin Asphalt Layers in a Urban Environment: a pilot study in Antwerp*. INTER-NOISE 2016. Hamburg, 2016..

C. Inne

- [27] Zdjęcia satelitarne; strona internetowa Google Maps, www.mapy.google.pl