

Ochrona przed hałasem drogowym

prof. dr hab. inż. Marian Tracz
dr inż. Krystian Woźniak
Politechnika Krakowska



**Konferencja naukowo- techniczna
pt. " LXII Techniczne Dni Drogowe "**

06-08 listopada 2019 r.

Ochrona przed hałasem drogowym

Projekt RID - I/76



Wykonywało Konsorcjum:
Politechnika Krakowska –

Kierownik Projektu - prof. dr hab. inż. Marian Tracz,
Politechnika Warszawska – dr hab. inż. Karol Kowalski, prof. PW
Politechnika Wrocławska – prof. dr hab. inż. Antoni Szydło
Instytut Badawczy Dróg i Mostów – dr hab. inż. Adam Zofka
Politechnika Lubelska – dr hab. inż. Janusz Bohatkiewicz

Sekretarz Projektu - dr inż. Krystian Woźniak

**zagospodarowanie
przestrzenne**

**ochronna akustyczna
ekrany
gabiony
zieleń
osłona zabudowy**

**ściany budynku
układ pomieszczeń**



**ciche nawierzchnie
bitumiczne
betonowe
utrzymanie**

**natężenie ruchu
ruch ciężki
prędkość**

**odległość i wysokość
zabudowy
rozplanowanie
działki**

Problem interdyscyplinarny

Obecnie ochrona ogranicza się do budowy sztucznych ekranów (adm. drogowa), oraz budowy ogrodzeń np. gabiony, tuje i inne formy zieleni (przez mieszkańców), ograniczeń prędkości oraz ruchu sc.

Buduje się także, jeszcze eksperymentalnie ciche nawierzchnie.

Cel: Stworzenie racjonalnych podstaw do kompleksowej ochrony otoczenia dróg przed hałasem z uwzględnieniem cichych nawierzchni i infrastruktury redukującej hałas

Zadania

1. Metodyka pomiaru hałasu drogowego wraz z badaniami porównawczymi.
2. Ocena rozwiązań materiałowo-technologicznych górnych warstw nawierzchni asfaltowych i zalecenia w zakresie ich hałaśliwości.
3. Ocena rozwiązań materiałowo-technologicznych górnych warstw nawierzchni betonowych i zalecenia w zakresie ich hałaśliwości.
4. Wytyczne prowadzenia badań i oceny hałaśliwości nawierzchni drogowych.
5. Ocena nawierzchni drogowych pod względem hałaśliwości wraz z katalogiem klasyfikacyjnym nawierzchni drogowych.
6. Opracowanie sposobów i zasad ustalania miarodajnych wartości parametrów ruchu oraz wybór metod pomiarowych do analiz hałasu.
7. Kształtowanie urbanistyczne układów drogi – zabudowa w aspekcie ochrony akustycznej ochrony mieszkańców przed hałasem.
8. Innowacyjne metody i środki w kompleksowej ochronie otoczenia drogi przed hałasem z oceną ich skuteczności i uwarunkowań stosowania.
9. Kompleksowa ochrona otoczenia dróg przed hałasem z uwzględnieniem cichych nawierzchni i infrastruktury redukującej hałas.-

Rezultaty realizacji projektu to m.in. 15 pozycji w postaci instrukcji/wymagań/wytycznych etc.

- Instrukcja metody do oceny hałaśliwości mieszanek mineralno-asfaltowych w warunkach laboratoryjnych
- Wytyczne dotyczące rozwiązań materiałowo-technologicznych górnych warstw nawierzchni betonowych i zalecenia w zakresie ich hałaśliwości
- Wytyczne prowadzenia pomiarów hałaśliwości nawierzchni dla metody CPX
- Wytyczne prowadzenia pomiarów hałaśliwości nawierzchni dla metody OBSI
- Procedura (algorytm postępowania) w kompleksowej ochronie przed hałasem
- (...)

Założone kompleksowe podejście do ochrony otoczenia drogi przed hałasem polega na uwzględnieniu:

a) Rozwiązań urbanistycznych – tj. zaplanowanie optymalnej wzajemnej lokalizacji zabudowy i drogi, strefowania zabudowy (duży wieloletni problem, brak uregulowań ustawowych)

b) Rozwiązań ograniczających hałas u źródła:

- ruch i jego parametry: natężenie, prędkość i udział ruchu ciężkiego,
- niweleta drogi w stosunku do otoczenia,
- stosowanie tzw. cichych nawierzchni, ich efektu ze zmianami w czasie,

c) środków ochrony akustycznej otoczenia - przez różne formy ekranów akustycznych i osłon – w tym z zieleni, i innych

d) środków ochrony dotyczących bezpośrednio samej zabudowy; tj. lokalizacji:

- budynku na działce i jej zagospodarowanie (np. zabudowa „prostopadła” do drogi), stref cichych,
- lokalizacja pomieszczeń w budynku (badania hałasu na poszczególnych ścianach) oraz okna, drzwi i ściany,

Dobre zagospodarowanie przestrzenne umożliwia:

- niezbędne oddalenie budynku od drogi i lepszy klimat akustyczny w obrębie posesji,
- osłonę budynku garażami , obiektami komercyjnymi, pasem zieleni, itp.

Dobre zagospodarowanie zależy od:

- przepisów i zasad dot. lokalizacji zabudowy, projektantów zabudowy i developerów,
- odpowiedniego kształtowania rozkładu ruchu w sieci (buduje się węzły i nie uwzględnia co powodują w zakresie hałasu na drogach dochodzących)

W procedurze poszukiwania rozwiązań należy:

1. Określić kryteria oceny oraz zakresy wpływu hałasu przy wariantowym projektowaniu trasy i niwelety drogi (m.in. z wykorzyst. map hałasu)
2. Zidentyfikować możliwe opcje ochrony i jej koszty
3. Dokonać oceny wpływu hałasu w odniesieniu do kryteriów dla ustalonych opcji zabudowy, określić warianty rozwiązań dla ochrony akust.
4. Ustalić optymalne rozwiązanie ochronne

Główne kierunki badań członków konsorcjum w zakresie:

- Nawierzchni – pomiary hałaśliwości, techniki i realizacja **IBDiM**, PWr, PW-wa, PL
- Cichych nawierzchni – PW-wa, PK,
- Ruchu drogowego – PK, PL
- Urbanistyki - PK
- Wzajemnej lokalizacji zabudowa-droga – PK, PL
- Ochrony zabudowy przy różnych układach urbanistycznych (zabudowa równoległa, prostopadła)- PK

Ciche nawierzchnie

- Analizy i badania własne i studia literaturowe – zachowanie nawierzchni w czasie - 3 lata za krótki okres na miarodajne badania empiryczne (potrzeba 6-10 lat),
- Cicha nawierzchnia vs ograniczenia V

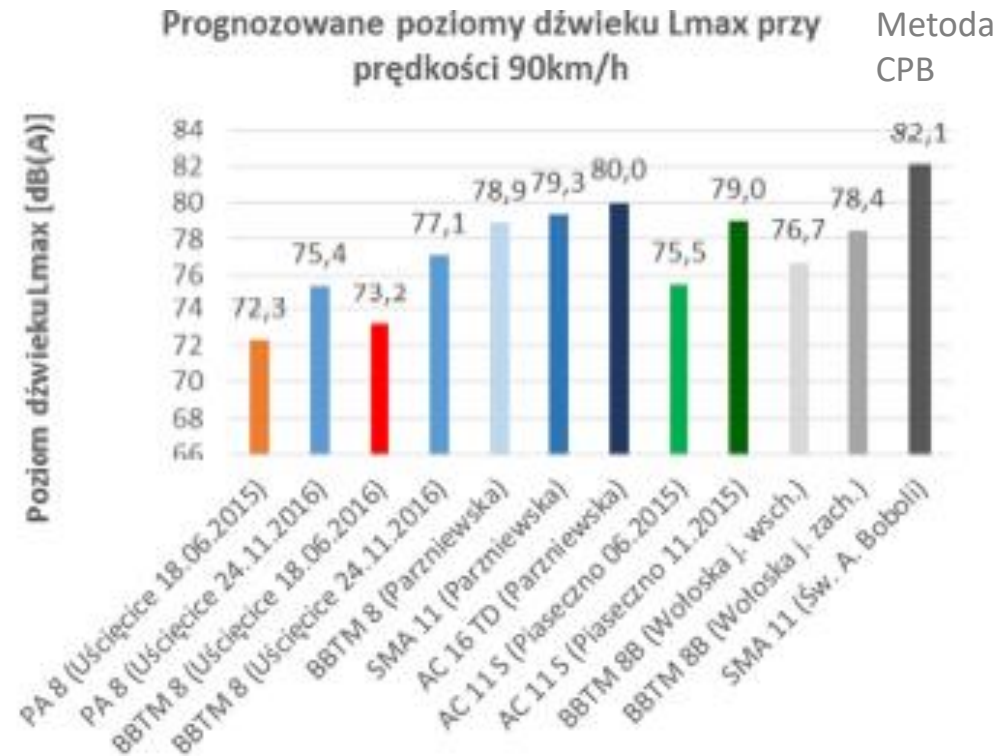
Rozwiązania materiałowo-technologiczne obniżające hałas drogowy

Które rozwiązanie preferować

- SMA-LA?
- PA? / PA dwuwarstwowa?
- BBTM?
- guma w mma?

Zgodnie z literaturą

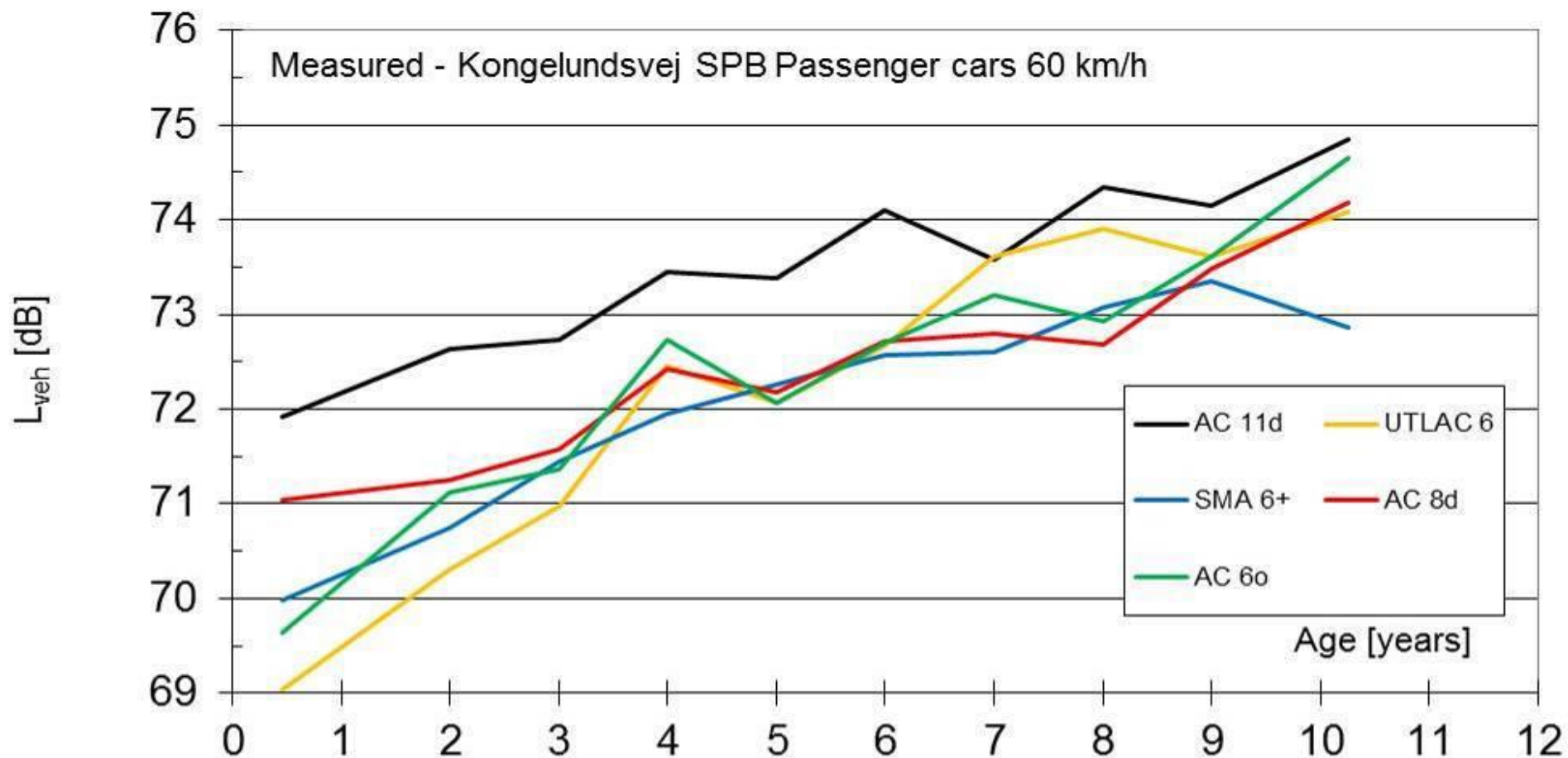
- Niekonsekwencja w wynikach i zaleceniach
- Zależność od jakości wykonania i warunków eksploatacji
- Istotne zagadnienie zmiany właściwości akustycznych w czasie
- Konieczne są rozwiązania zapewniające trwałość nawierzchni w warunkach klimatycznych panujących w Polsce (> 100 cykli zamarzania/rok)
- Bezpieczeństwo ruchu pojazdów (szorstkość) – kwestia kluczowa!



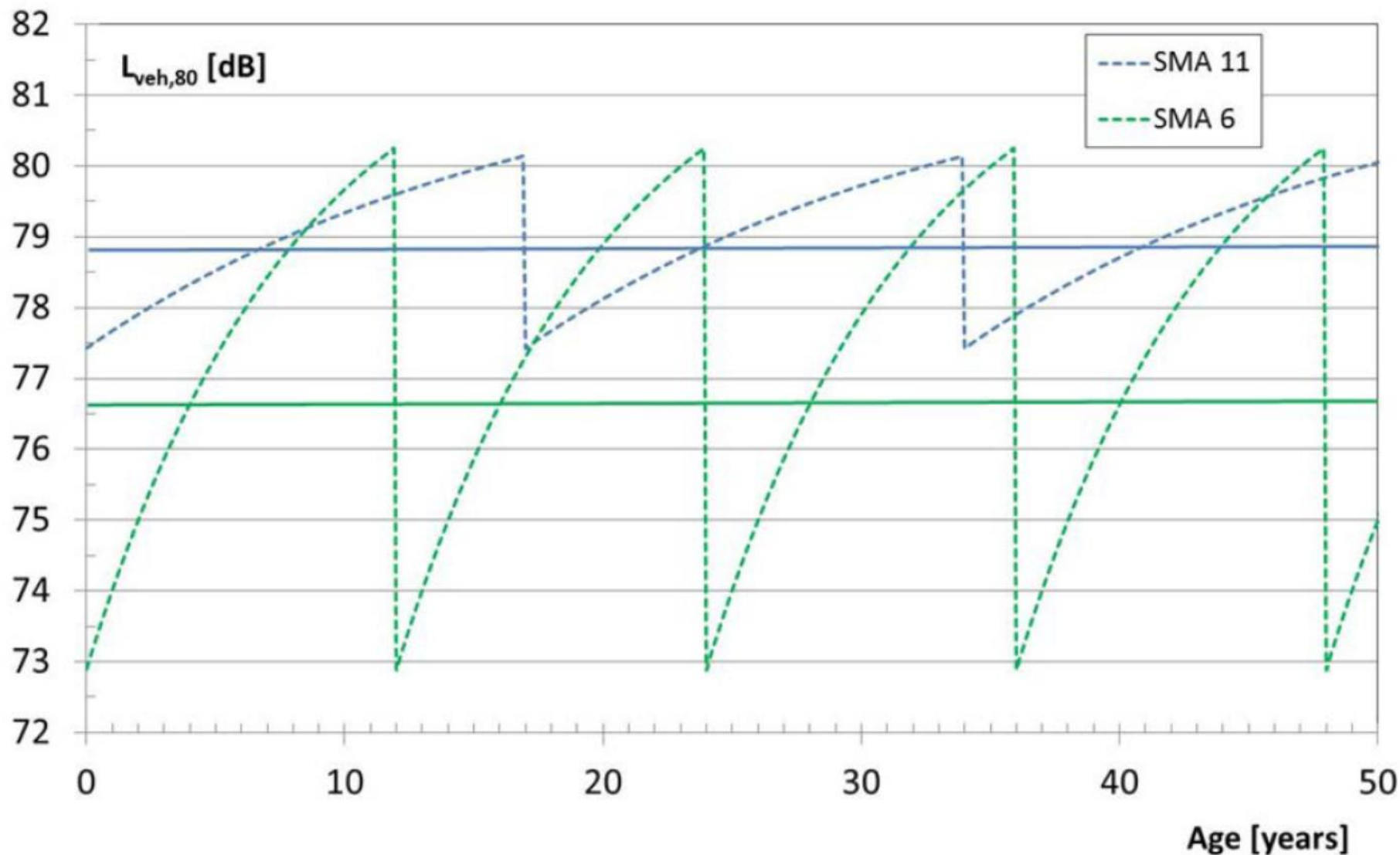
$$L_{SPB}(t) = 80.9 + 1.27 \cdot \lg(t)$$

L_{SPB} prognozowany poziom dźwięku wg metody SPB db(A)
 t czas eksploatacji nawierzchni (lata)

wg Bartolomaeus W.,
Measurements on low noise
road surfaces, Internoise
2016



- Rezultaty pomiarów metodą SPB dla samochodów osobowych na 5 nawierzchniach – droga miejska w Kopenhadze w okresie 10 lat - CEDR 2017-01 (lit)



Skonstruowany przykład zmian hałasliwości w czasie dla standardowej naw. SMA11 i redukującej hałas cienkiej warstwy SMA6 dla okresu 51 lat , jako hałas mierzony metodą SPB. Różnica wartości linii wynosi 2,1 dB

Ocena/pomiar hałaśliwości nawierzchni

W projekcie badane były trzy metody pomiaru hałaśliwości: CPX, SPB oraz OBSI. Pomiary wykonywane były tymi metodami.

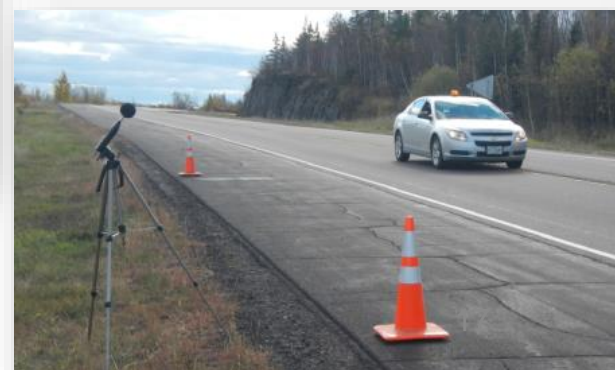
Metodyka pomiaru hałaśliwości nawierzchni drogowych

INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW

ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE



- Opracowanie metodyki
- Wytyczne prowadzenia badań i oceny hałaśliwości nawierzchni drogowych
- Metody:
 - CPX
 - OBSI
 - SPB
 - ROSSA (tuba impedancji akustycznej)
- Pomiaru uzupełniające: współczynnik tarcia, tekstura, równość



Główni autorzy: Adam Zofka, Tomasz Mechowski

Badania wykonywane w ramach zadań 7 i 8

7. Dotyczyły grup zabudowy/osiedli

8. Dotyczyły pojedynczych budynków i posesji

Były one prowadzone następującymi metodami:

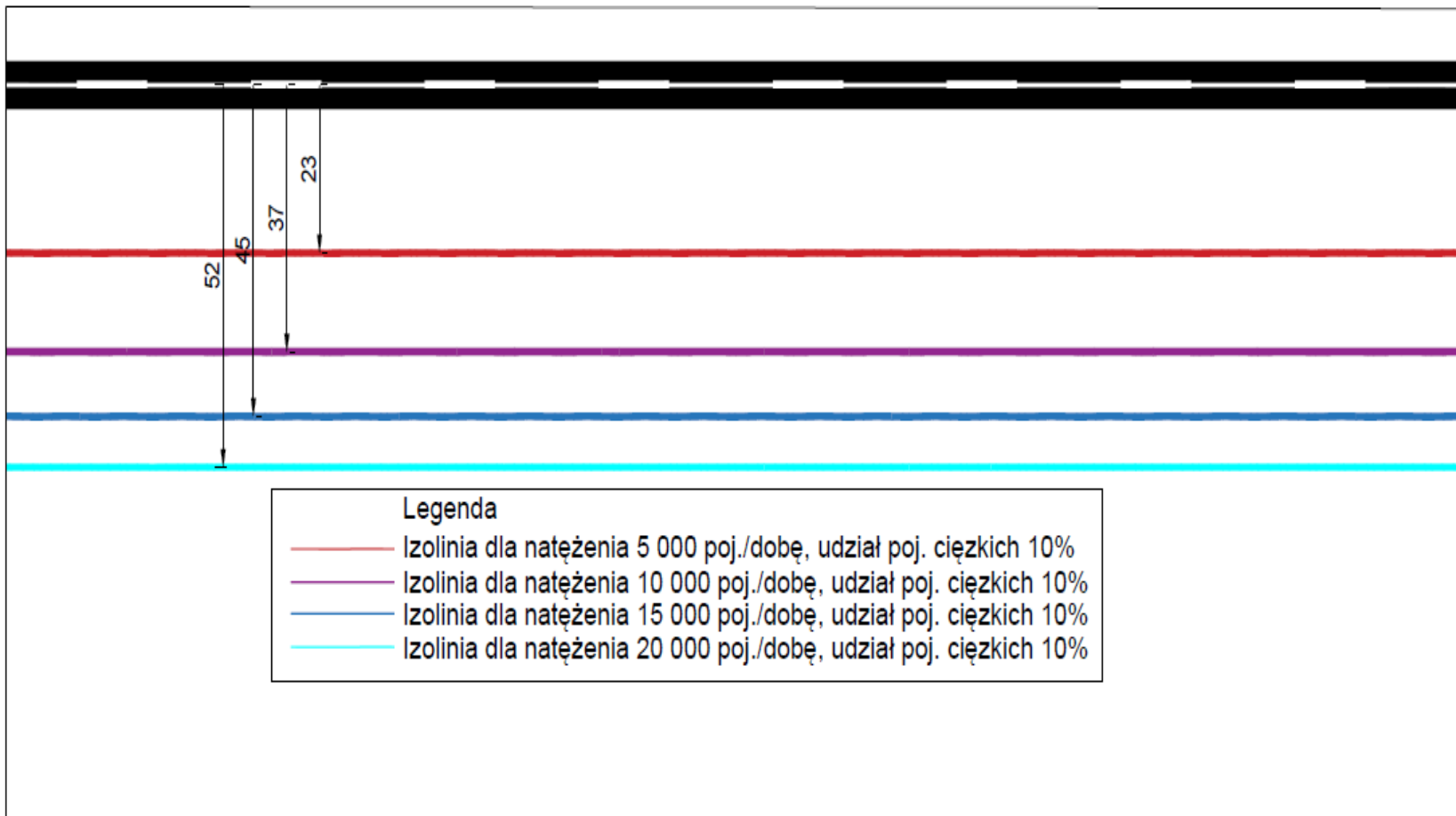
- a) bezpośrednie pomiary hałasu i parametrów ruchu, w tym dla weryfikacji wyników analiz symulacyjnych. Istotną częścią badań empirycznych były badania ekranów i osłon z zieleni.
- b) badania i analizy symulacyjne z zastosowaniem programów SoundPlan ew. Knossos,

W zadaniu nr 9 podsumowującym w dużym stopniu wykorzystano wyniki zadań 1-5 (nawierzchniowych) oraz 6, 7 i 8

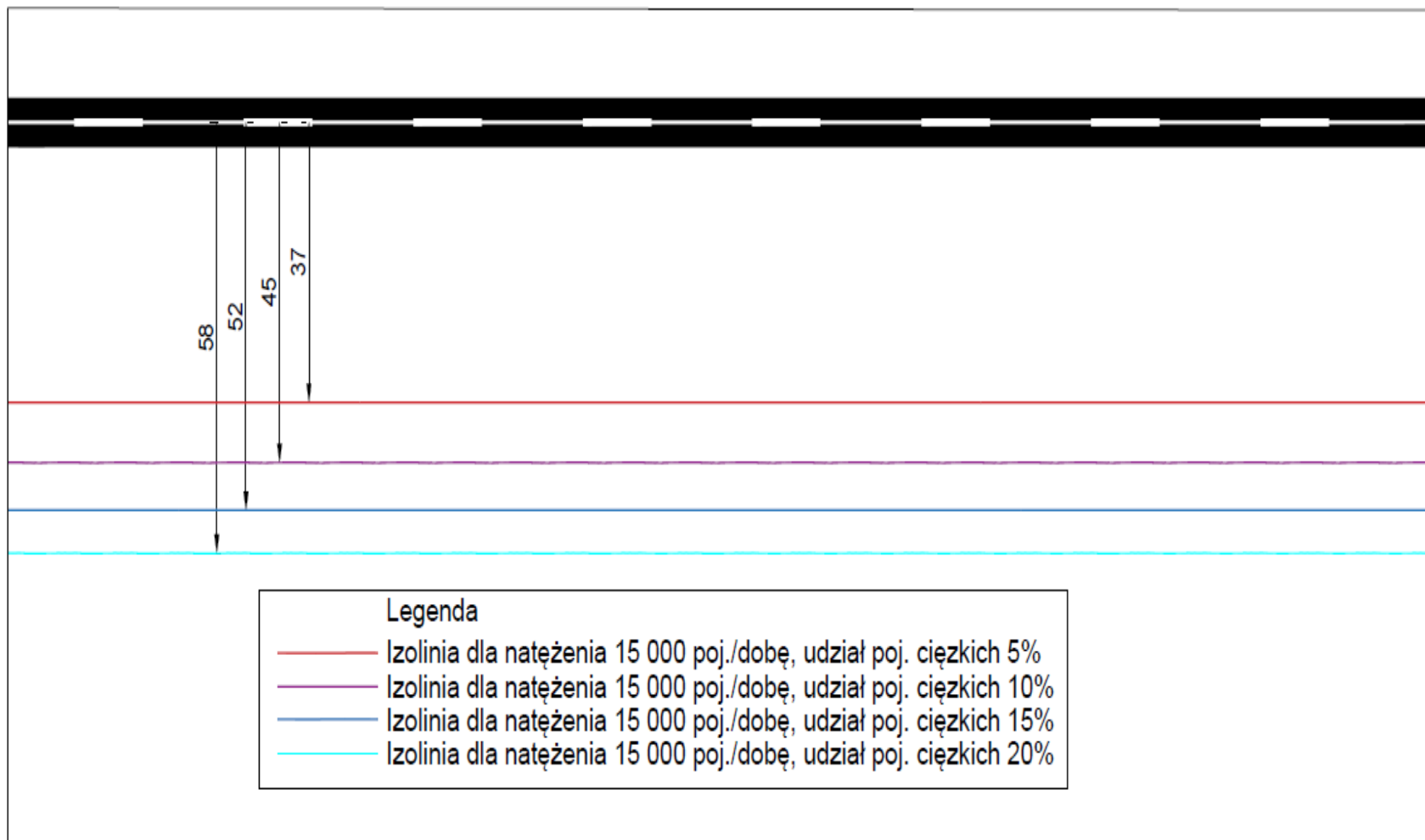
Czego oczekiwali autorzy zadań 7-9 od partnerów zajmujących się nawierzchniami (1-5)? Danych dotyczących możliwości redukcji hałasu „u źródła” i zmian tego efektu w czasie (lit) oraz określenia uwarunkowań (dotyczących wykonania, utrzymania i kosztów cichych nawierzchni jako alternatywy do redukcji V.

Urbanistyka.

- Co należy uwzględnić gdy planujemy nową drogę lub nowy węzeł drogowy? Nie zapominać o wzroście ruchu i możliwych zmianach struktury rodz. Te czynniki powinny być uwzględniane **a generalnie nie są**. Dla nowej inwestycji są wykonywane OOS - a dla lokalnej sieci dróg dochodzących?
- To samo dotyczy dużych kompleksów magazynowo-produkcyjnych



Przykład odległości izolinii dopuszczalnego hałasu dla wzrostu natężenia w czasie na przestrzeni lat wykonany w programie SoundPLAN.



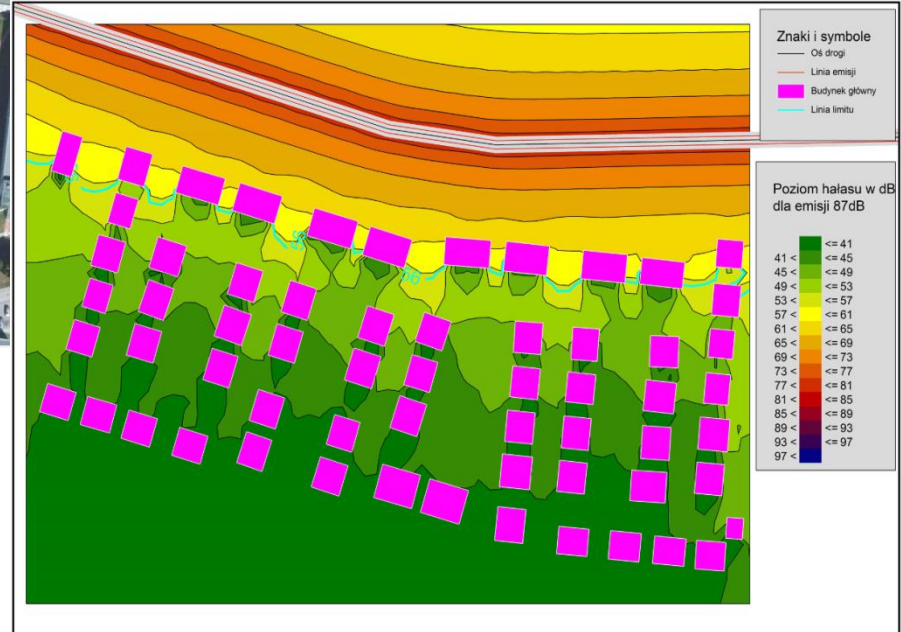
Przykład odległości izolinii dopuszczalnego hałasu dla wzrostu udziału pojazdów ciężkich w czasie na przestrzeni lat wykonany w programie SoundPLAN

Czym można manewrować w ochronie otoczenia poza ekranowaniem ?

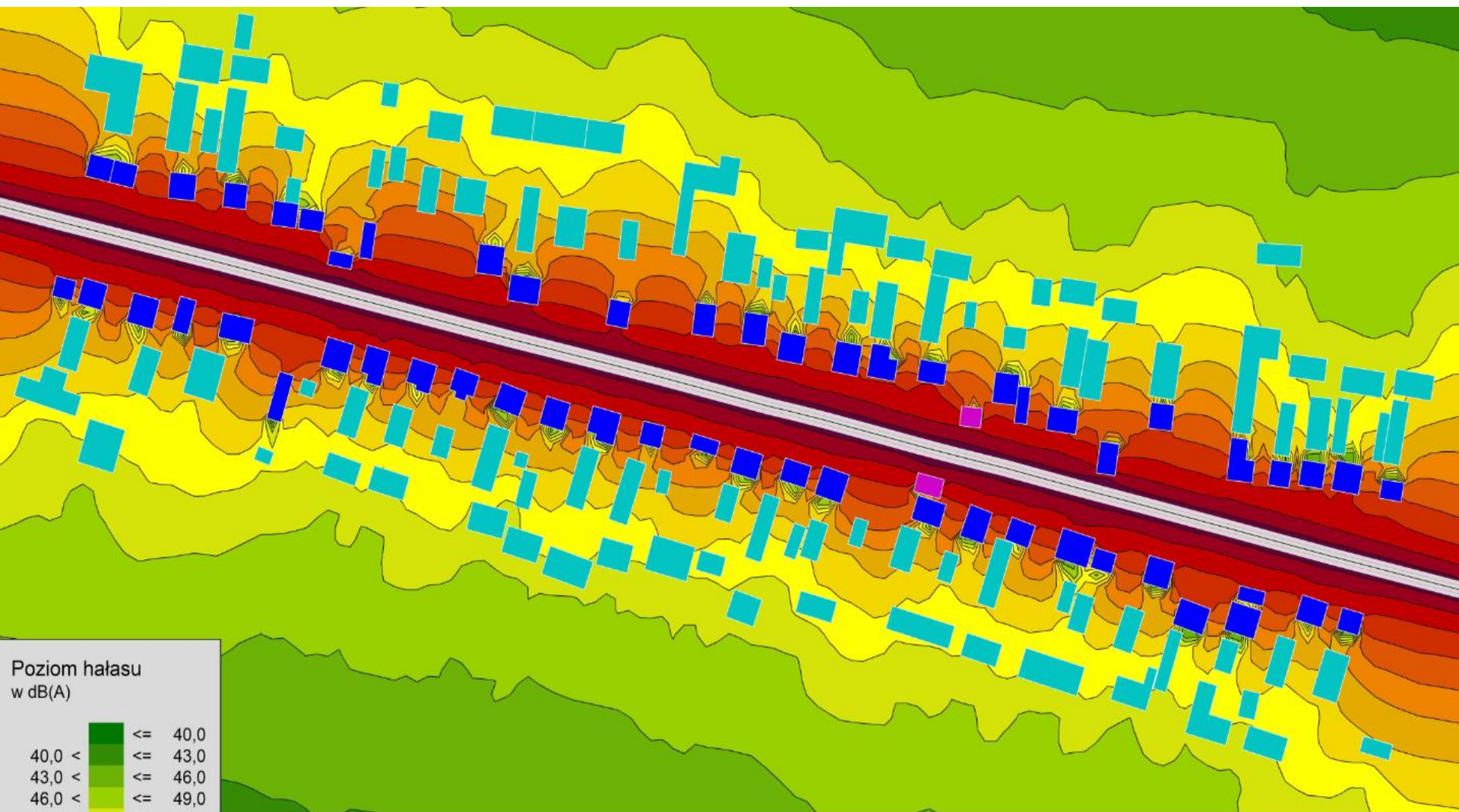
- Odległością: zabudowy i jej wysokością (możliwość częściowej ochrony, odległość terenu wrażliwego (np. parki), zieleń, ekranujące ogrodzenie
- Miejscem lokalizacji zabudowy wrażliwej na posesji przy drodze i ew. dodatk. zabudowy ekranującej (np.garaż)
- Układem dróg/ulic obsługujących
- Lokalizacją zabudowy usługowo-komercyjnej jako sposobu ekranowania

Analizowane były różne układy i ich efektywność.

Rozwiązania modelowe z praktyki (nie wzory), poligony badawcze Zabudowa sięgaczowa .







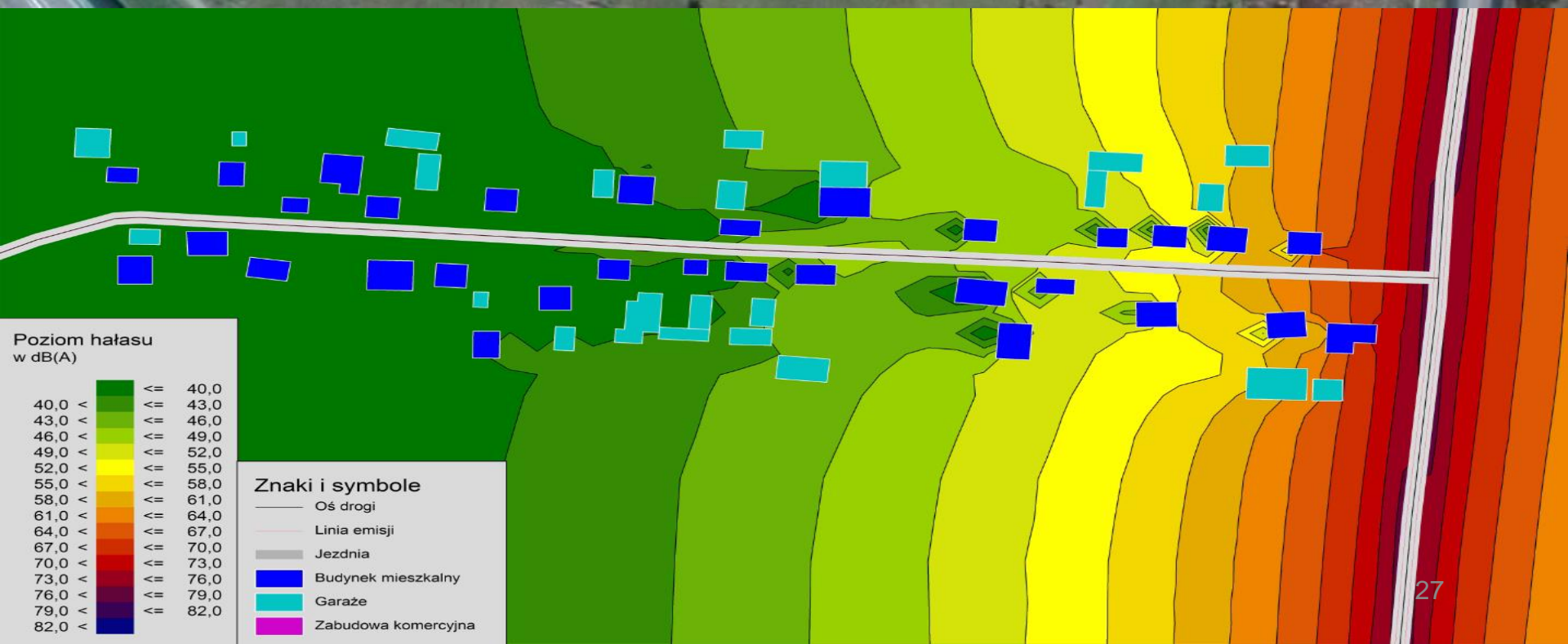
Poziom hałas
w dB(A)

<=	40,0
40,0 <	<= 43,0
43,0 <	<= 46,0
46,0 <	<= 49,0
49,0 <	<= 52,0
52,0 <	<= 55,0
55,0 <	<= 58,0
58,0 <	<= 61,0
61,0 <	<= 64,0
64,0 <	<= 67,0
67,0 <	<= 70,0
70,0 <	<= 73,0
73,0 <	<= 76,0
76,0 <	<= 79,0
79,0 <	<= 82,0
82,0 <	

Znaki i symbole

- Oś drogi
- Linia emisji
- Jezdnia
- Budynek mieszkalny
- Garaże
- Zabudowa komercyjna

**Jak lokalizować wrażliwą
zabudowę?**
Nie tak!!! Czynniki dostępności



Co można zrobić w skali mikro?

Kształtowanie klimatu akustycznego posesji przyległej do drogi

- 1. Usytuowanie budynków na terenie działki**
- 2. Odpowiednie ogrodzenia**
- 3. Roślinność**
- 4. Ekranowanie wewnętrzne**
- 5. Usytuowanie i wielkość otworów okiennych**
- 6. Układ pomieszczeń**
- 7. Dźwiękoizolacyjne elewacje i okna**

Badanie indywidualnych środków ochrony akustycznej pojedynczych obiektów

Przeprowadzono badania empiryczne efektywności środków indywidualnej ochrony akustycznej innych niż ekrany akustyczne w trakcie których określono potencjał redukcji hałasu.

Badano efektywność takich elementów infrastruktury jak:

- wały/ekrany ziemne,
- zieleń w postaci żywopłotów, drzew iglastych, żywotników (tuje),
- barier brd,
- ogrodzeń z różnych materiałów w tym gabionowych
- kombinacje ww. elementów.

	Data pomiaru	Miejscowość	Przełoga	Liczba pkt pomiarowych	Zdjęcie przełogi
1	12.07.2016	Łuborzyce	Tuje	4	
2	12.07.2016	Pietrzejowice	Betonowe ażurowe ogrodzenie	3	
3	15.07.2016	Szardów	Wysokie i gęsto posadzone choinki	4	
4	15.07.2016	Szardów	Betonowe ażurowe ogrodzenie porośnięte bluszczem	3	
5	15.07.2016	Las obok Szarowa	las	10	
6	22.07.2016	Biłków	Niski żywopłot	4	
7	22.07.2016	Biłków	Tuje	4	
8	22.07.2016	Biłków Wielki	Ogrodzenie stalowe, za ogrodzeniem wysokie drzewa/tuje/krzewy, za krzewami betonowe ogrodzenie	4	
9	03.08.2016	Posępka	Betonowy mur (pełny) porośnięty bluszczem	4	
10	03.08.2016	Posępka	Tuje	4	

Łącznie przeprowadzono pomiary w ok. 270 punktach

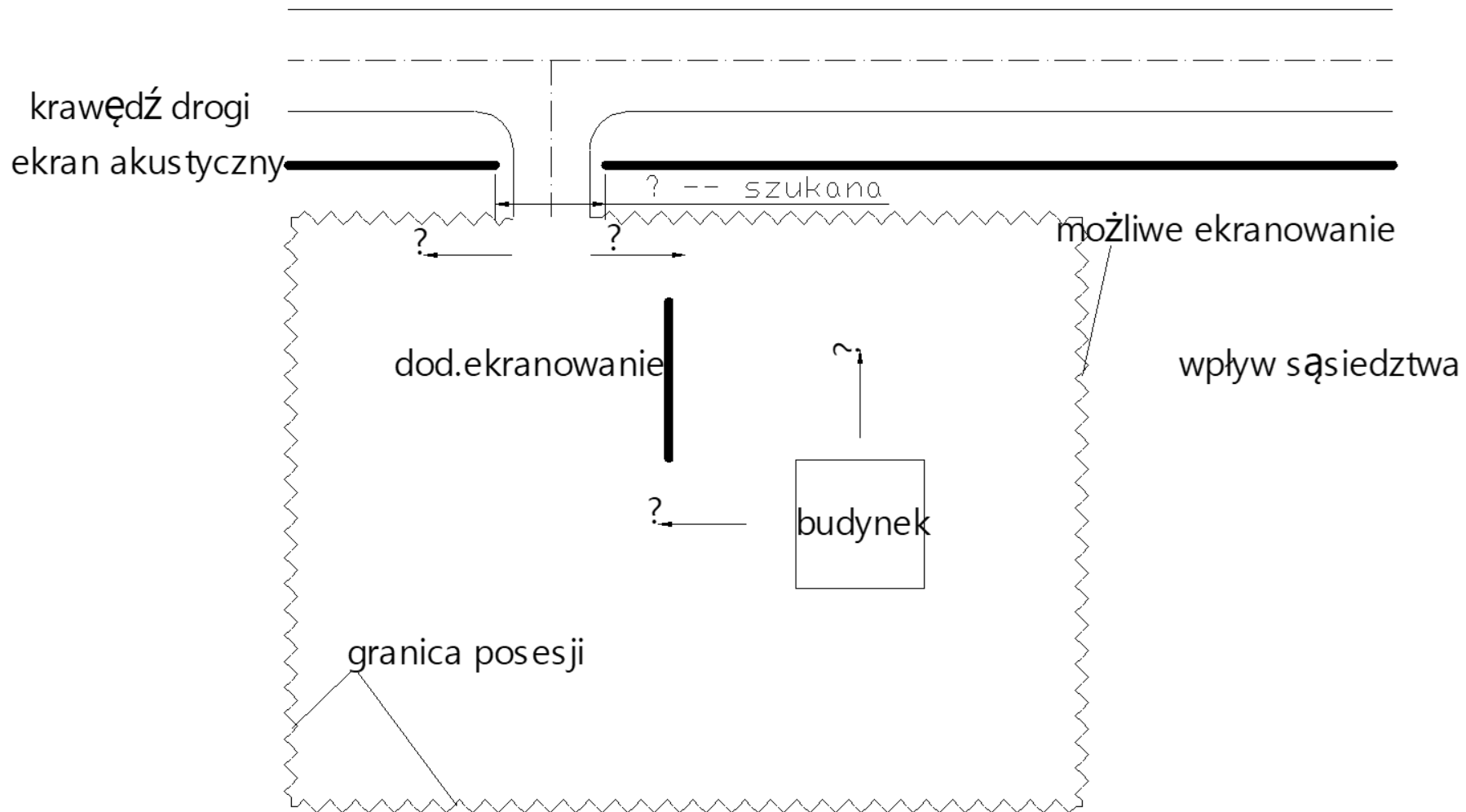
11	03.08.2016	Biłków Mały	Tuje nieprzycinane	4	
12	17.08.2016	Zielonki	Ogrodzenie stalowe obite pleksi za ogrodzeniem tuje	4	
13	16.08.2016	Kraków	Mur ceglany z różnicą wysokości	3	
14	16.08.2016	Kraków	Mur ceglany+gęsta zielen za murem (różne krzewy, drzewa)	3	
15	16.08.2016	Kraków	Ogrodzenie stalowe z żywopłotem za ogrodzeniem	3	

16	18.08.2016	Zielonki	Gęste tuje	4	
17	18.08.2016	Zielonki	Gęste ogrodzenie drewniane+nasyt	4	
18	18.08.2016	Zielonki	Mur z kamienia+roślinność za murem	4	
19	18.08.2016	Zielonki	Ogrodzenie drewniane+małe tuje za ogrodzeniem	4	
20	19.08.2016	Januszowice	B.wysoki mur z kamienia	4	
21	19.08.2016	Januszowice	5 rzędów tuj	6	



Czym można manewrować w planowaniu i w projektowaniu ochrony akustycznej budynku?

- Odległością od drogi i lokalizacją drogi dojazdowej
- Położeniem i ułożeniem zabudowy wrażliwej w obrębie działki w pobliżu drogi
- Układem pomieszczeń wewnątrz budynku
- Konstrukcją okien i drzwi oraz ścian
- Różnymi formami ekranowania (sztuczne, zieleni)

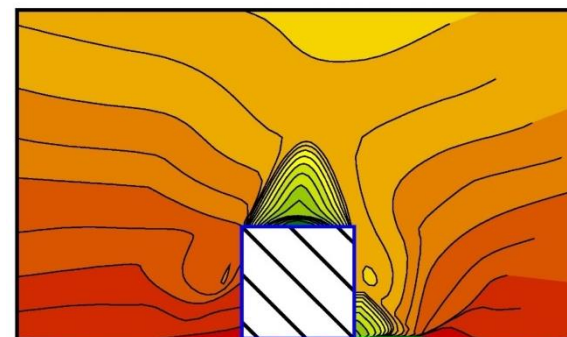
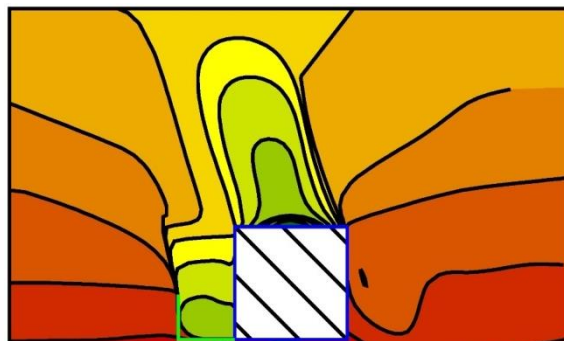
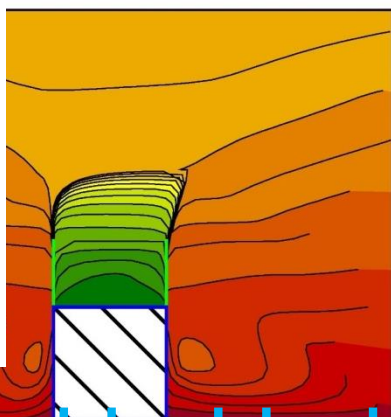


Pomiary rozkładu hałasu wewnątrz posesji



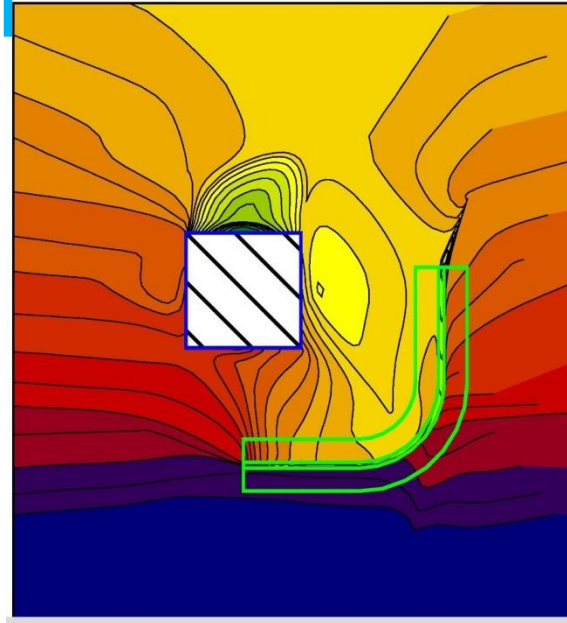
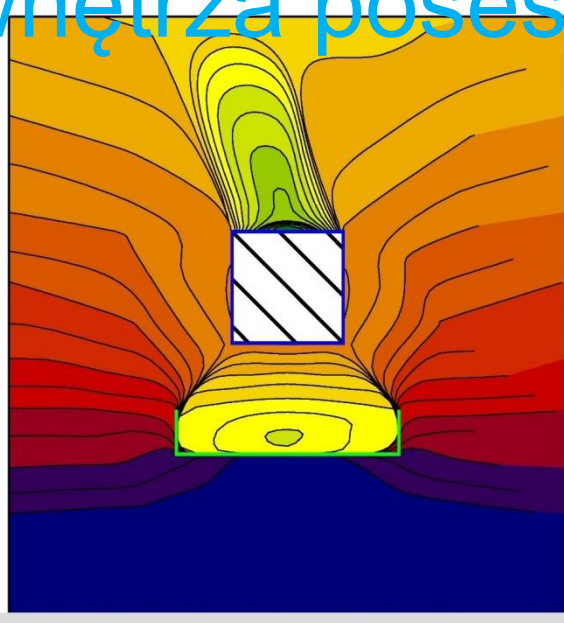
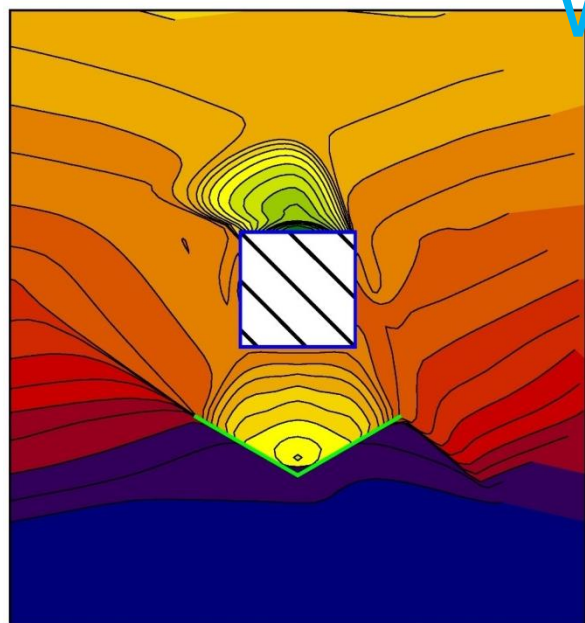
Poziom hałas
LrD
w dB(A)

<= 45
45 < <= 47
47 < <= 49
49 < <= 51
51 < <= 53
53 < <= 55
55 < <= 57
57 < <= 59
59 < <= 61
61 < <= 63
63 < <= 65
65 < <= 67
67 < <= 69
69 < <= 71
71 <



Rozkład hałasu na terenie posesji przy
różnych wariantach ekranowania

wnętrza posesji





Wnioski (dobór metod, środków i sposobów)

- Najefektywniejsze to racjonalne **planowanie zagospodarowania otoczenia dróg**, w tym zwłaszcza dróg klasy GP z wykorzystaniem map hałasu i uwzględnieniem ekspozycji na hałas
- Ważna jest analiza prognozowanego klimatu akustycznego (wzrost ruchu i zmiany struktury)
- Analiza ekonomiczna powinna uwzględniać koszty poszczególnych działań, trwałość zastosowanych rozwiązań (np. ekranowania, cichych nawierzchni)

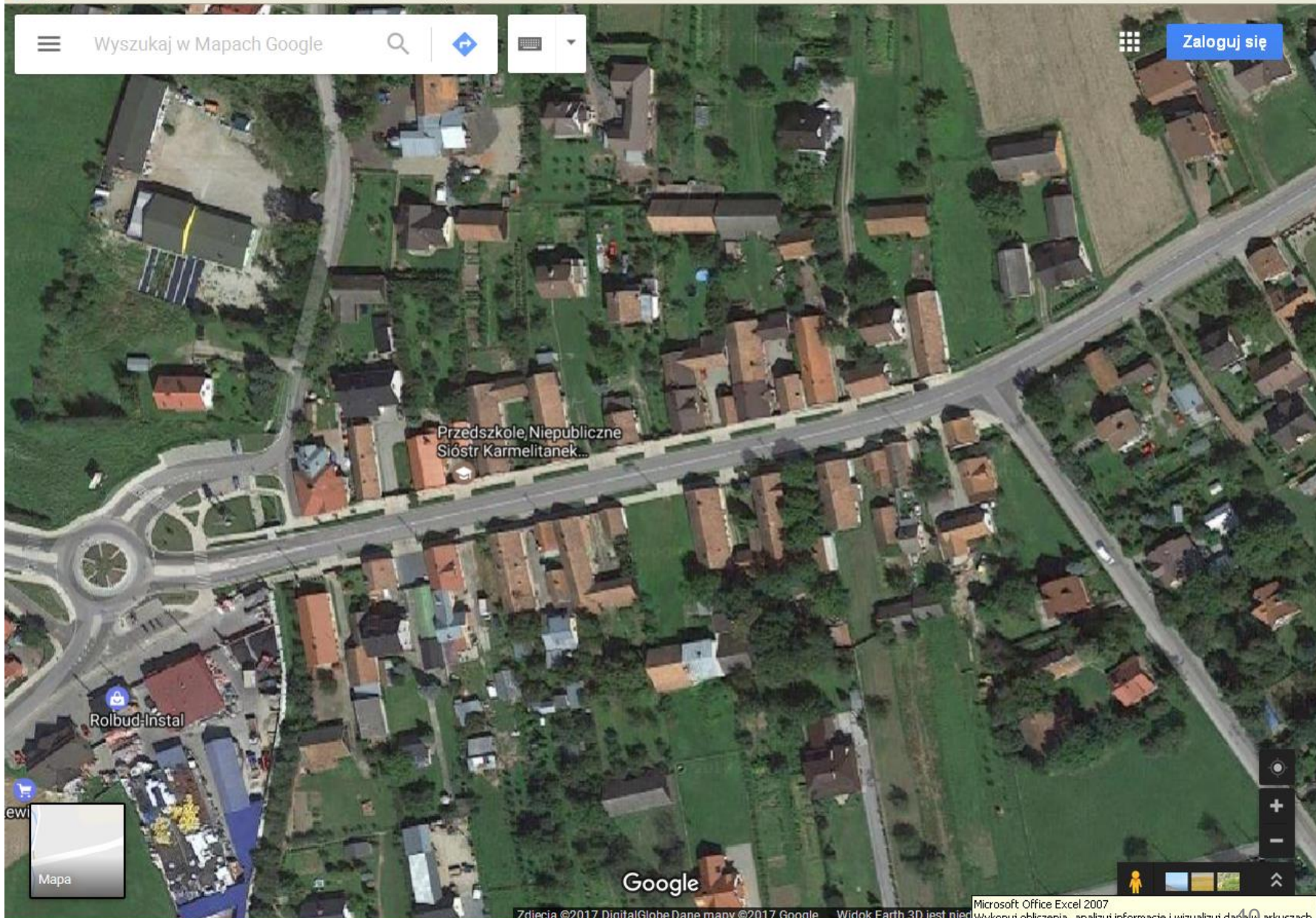
Są początki zmian! Ale problemami są min.:

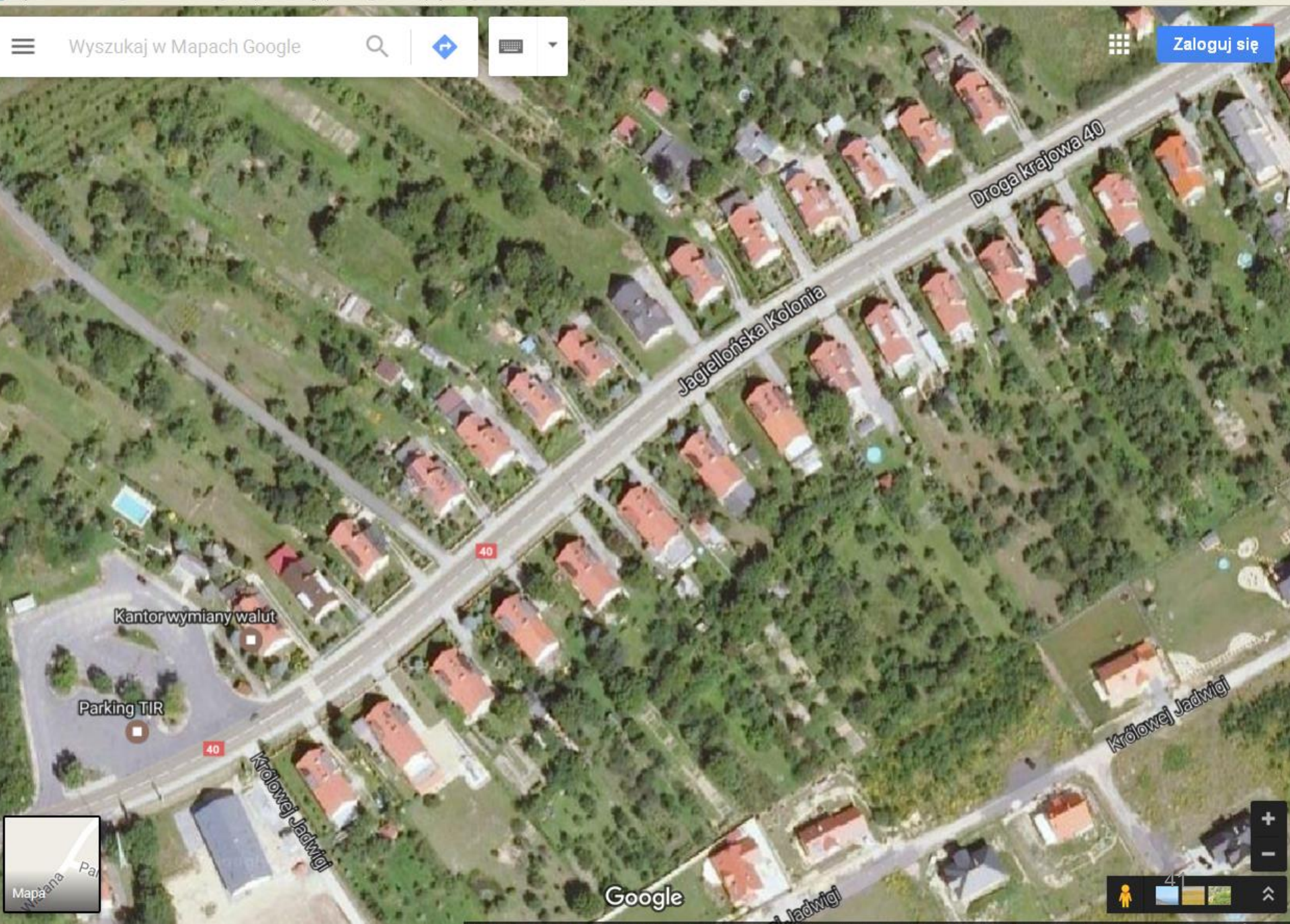
- brak wrażliwości na hałas przy zakupie działki, domu, mieszkania przed zamieszkaniem,
- szukanie tanich rozwiązań przez deweloperów
zwalanie obowiązku ochrony na administrację drogową lub gminną.
- brak instrukcji, przewodnika, wytycznych dla władz gminnych, deweloperów, projektantów, a także mieszkańców,
- Niepewność co do efektu cichej naw. (2-3 dB i zmienne, a awantury są już o 1-2 dB). Potrzebne są pewne zmiany w prawie.

Jest potrzeba opracowania materiałów pomocniczych dla planistów gminnych, urbanistów, projektantów zabudowy i dróg, dla władz samorządowych oraz potencjalnych mieszkańców, może też deweloperów.

Uwzględniać trzeba trzy sytuacje:

- Nowa droga, droga modernizowana, (ew. poszerzana) przy istniejącej zabudowie oraz
- nowa zabudowa przy istniejącej drodze, zabudowa istniejąca,
- znaczny wzrost ruchu (zmiany w sieci).





W nadchodzących latach można oczekiwać zmian, które mogą wpłynąć na poziom hałasu oddziałującego na otoczenie. Nastąpi:

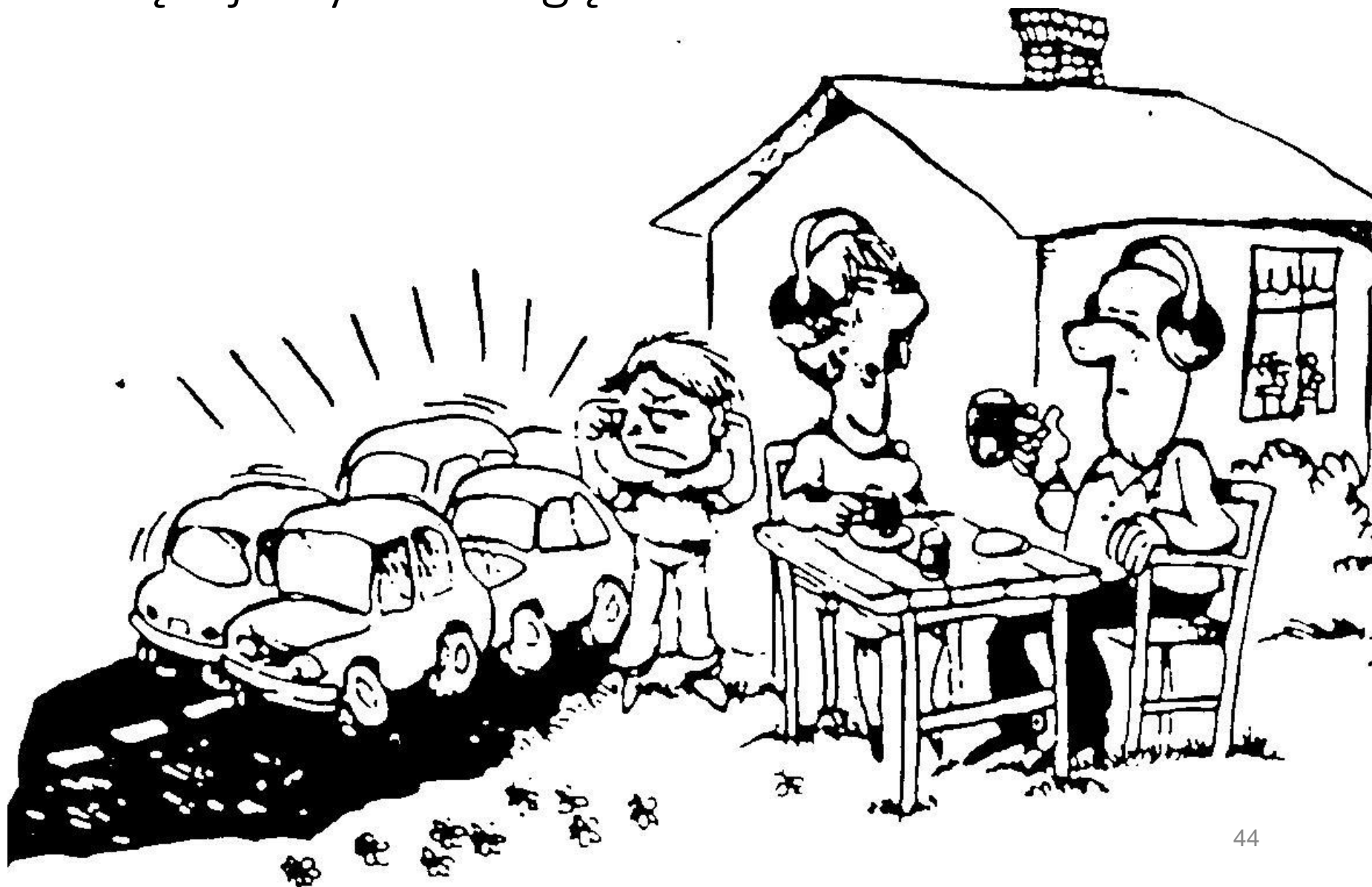
1. Wzrost udziału autostrad i dróg ekspresowych w sieci drogowej i udziału ruchu na tych drogach – zależy to także od opłat,
2. Wzrost zakresu stosowania ITS dla zwiększenia płynności i jednorodności ruchu

3. Hałas „u źródła” może być mniejszy dzięki ulepszeniom technologii opon pojazdów
4. Zwiększy się stosowanie samochodów elektrycznych i hybrydowych elektrycznych
5. Wzrost trwałości nawierzchni drogowych o niższej hałaśliwości,

Poszczególne ulepszenia nie dadzą drastycznej redukcji hałasu, ale w sumie ten efekt będzie widoczny.

Przy obecnym stanie wiedzy wiele można osiągnąć sterowaniem prędkością ruchu (wraz z nadzorem).

Dziękujemy za uwagę



Poza zakresem PR przeprowadzono badania ankietowe mieszkańców dotyczące wiedzy nt.

- hałasu i wrażliwości na hałas przed zakupem działki i realizacją budynku (lub przed zakupem domu, mieszkania w bloku),
- przesłanek wyboru lokalizacji budynku na działce i pomieszczeń w budynku, oraz wjazdu na posesję,
- lokalizacji stref cichych, zagospodarowania działki pomiędzy budynkiem i drogą