

Andrzej Czerniak, Agata Poszyler-Adamska, Dariusz Kayzer

OCENA PROPAGACJI HAŁASU KOMUNIKACYJNEGO NA TERENACH ZADRZEWIONYCH

EVALUATION OF TRAFFIC NOISE PROPAGATION IN AFFORESTED AREAS

Streszczenie

Propagację fal akustycznych w strefie przydrożnej warunkuje energia źródła dźwięku oraz własności ośrodka. Zadrzewienia przydrożne oraz leśne strefy ekotonowe spełniają rolę filtrów ekologicznych dla różnych zanieczyszczeń generowanych przez ruch samochodowy. Drzewa i krzewy rosnące w sąsiedztwie dróg, odbijając i pochłaniając hałas pełnią rolę naturalnych ekranów akustycznych.

Celem przeprowadzonych badań była ocena propagacji hałasu komunikacyjnego na terenach zadrzewionych metodą analizy wariancji. Badania prowadzono na terenie leśnym, zadrzewieniu miejskim oraz parkowym. Pomiar natężenia hałasu interpretowano według trzy-czynnikowego i dwuczynnikowego modelu liniowego. Punkty pomiarowe zlokalizowano w różnych odległościach od korony drogi (czynnik A). Pomiar prowadzono w dwóch terminach, tzn. w okresie zimowym oraz w okresie wegetacji (czynnik C). Otrzymane wyniki równoważnego poziomu hałasu na terenach zadrzewionych porównano z wynikami uzyskanymi na powierzchniach kontrolnych niezadrzewionych (czynnik B). Dla celów porównawczych wykonano również badania równoważnego poziomu hałasu w pobliżu poliwęglanowego ekranu akustycznego.

Na podstawie analizy wariancji stwierdzono, że wszystkie hipotezy zerowe efektów czynników głównych są odrzucone na rzecz hipotez alternatywnych na poziomie istotności $\alpha = 0,01$. Oznacza to, że każdy wyróżniony w doświadczeniu czynnik istotnie różnicuje poziom hałasu komunikacyjnego. Przeprowadzone badania wykazały, że najistotniejszym czynnikiem decydującym o propagacji hałasu jest występowanie szaty roślinnej. W zadrzewieniach zlokalizowanych przy drodze krajowej nr 11 w Złotnikach i przy ul. Umultowskiej w Poznaniu równoważne

poziomy hałasu były podobne w obu terminach badawczych. Wynika to z faktu, że gatunkiem dominującym w analizowanych drzewostanach była sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.). Największy spadek wartości równoważnego poziomu hałasu w drzewostanie sosnowym występował w pasie o szerokości ok. 50 m. Drzewostan sosnowy o szerokości ok 30 m zarówno zimą jak i latem ogranicza propagację hałasu w stopniu porównywalnym z poliwęglanowym ekranem akustycznym. Pas krzewów liściastych w Parku Sołackim obniżył wartość równoważnego poziomu hałasu (o ok. 5 dB) tylko w okresie wegetacyjnym.

Słowa kluczowe: hałas komunikacyjny, propagacja, szata roślinna, analiza wariancji

Summary

Noise is one of the most popular environmental pollution. Long-standing residence in noisy areas can cause discomfort, problems with sleeping, neurosis, etc. Because of moving sources and increasing the number of routs, communicative noise is drudging on the huge areas. The level of noise emitted depends on the number of vehicles, as well as their types, speed and technical condition and also the type of routs pavement. Propagation of acoustic waves in the roadside area is stipulated by sound's source energy as well as characteristics of the emitter. Forest ecotone zones and roadside afforestation constitute a certain ecological filter buffering contaminations generated by traffic. Trees and shrubs growing in the vicinity of routs are able to reflect as well as absorb noise. They can form natural acoustic screen.

The paper presents an assessment of the propagation of communicative noise on the forestry areas by analysis of variance. Researches were carried out in the forest area, urban and park forests. Evaluation of noise propagation was conducted in January and July 2006. The measurements' intensity of noise was interpreted according to model three-factor linear model as well as two-factor linear model.

Measuring points were located in different distances away from the crown road (factor A). Researches were carried out in winter and vegetation periods (factor C). The results obtained on forest areas were compared with those of non-forest control areas (factor B). For the reason of comparison, researchers were also carried out near polycarbonate acoustic baffle.

*On the basis of analysis of variance it can be noticed that all null hypothesis of main factors effects are rejected in favour of alternative hypothesis at significance level $\alpha=0.01$. It means that each factor influences on the level of communicative noise. The carried out research showed that the most important factor which determines noise propagation is plant cover. The equivalent noise levels were similar in both research periods in the afforestations situated in Złotniki, the national road 11 and Poznań, the Umultowska street. It results from the fact that the dominant species in the analysed afforestations was *Pinus sylvestris* L. The most significant equivalent level value decrease occurred in the 50m wide belt of the pine stand. The equivalent noise levels were similar in both research periods in the afforestations situated in Złotniki, the national road 11 and Poznań, the Umultowska street. It results from the fact that the dominant species in the analysed afforestations was *Pinus sylvestris* L. The most significant equivalent level*

value decrease occurred in the 50m wide belt of the pine stand. The approx. 30m wide pine stand reduces noise propagation both in winter and summer to a degree comparable to the polycarbonated acoustic screen. The broad-leaved shrub-belt in the Solacki Park decreased the equivalent noise level value (by approx. 5 dB) only in the vegetation season.

Key words: *communicative noise, propagation, plant cover, analysis of variance*

WSTĘP

Począwszy od istnienia ludzkości, przez starożytność, rewolucję techniczną i przemysłową aż po dzień dzisiejszy środowisko jest ciągle narażone na negatywne działanie hałasu. Już 100 lat p.n.e. w Rzymie wydano przepisy zabraniające lokalizacji hałaśliwych zakładów w pobliżu domów uczonych. Kształtowanie klimatu akustycznego jest obecnie jednym z priorytetowych zadań w dziedzinie ochrony środowiska. Hałas jest najpowszechniejszym zanieczyszczeniem środowiska. Długotrwałe przebywanie w hałasie powoduje uczucie dyskomfortu, zakłócenie snu, nerwice itp. Zwierzęta poddane działaniom hałasu wykazują zmiany zachowań (stany lękowe, obumieranie zarodków, przedwczesne porody). Również stwierdzono, że rośliny reagują na dźwięki np. zaburzeniem wzrostu. Najbardziej uciążliwymi emitorami hałasu są ośrodki przemysłowe oraz środki transportu.

Hałas komunikacyjny ze względu na przemieszczanie się źródeł hałasu oraz zwiększającą się ilość szlaków komunikacyjnych jest uciążliwy na dużych obszarach. Poziom emitowanego hałasu drogowego zależy przede wszystkim od liczby poruszających się pojazdów ich typu, prędkości i stanu technicznego oraz rodzaju nawierzchni drogowej. Propagację fal akustycznych w strefie przydrożnej warunkuje energia źródła dźwięku oraz własności ośrodka. W warunkach terenu otwartego istotny wpływ na propagację energii dźwięku mają warunki meteorologiczne (kierunek i prędkość wiatru, rozkład temperatury i wilgotność) [Lebiedowska 2006]. Poziom hałasu w środowisku, powodowany ruchem komunikacyjnym, określa się wartością równoważnego poziomu dźwięku.

CEL I METODY BADAŃ

Celem przeprowadzonych badań była ocena propagacji hałasu komunikacyjnego na terenach zadrzewionych metodą analizy wariancji. Badania prowadzono na terenie leśnym, zadrzewieniu miejskim oraz parkowym. Punkty pomiarowe zlokalizowano w różnych odległościach od korony drogi (czynnik A). Pomiarów prowadzono w dwóch terminach tzn. w okresie zimowym oraz w okresie wegetacji (czynnik C). Otrzymane wyniki równoważnego poziomu hałasu na terenach zadrzewionych porównano z wynikami uzyskanymi na powierzchniach

kontrolnych niezadrzewionych (czynnik B). Dla celów porównawczych wykonano również badania równoważnego poziomu hałasu w pobliżu poliwęglanowego ekranu akustycznego.

Ocenę propagacji hałasu komunikacyjnego przeprowadzono w roku 2006 w dwóch terminach, tzn. w styczniu i lipcu.

Lokalizacja badań:

1. Rezerwat Przyrody Żurawiec w sąsiedztwie ul. Umultowskiej w Poznaniu.
2. Drzewostan sosnowy w okolicach miejscowości Złotniki w sąsiedztwie drogi krajowej nr 11 (trasa wylotowa z Poznania w kierunku północnym).
3. Pas krzewów w otulinie Parku Sołackiego graniczącego z ważną arterią miasta Poznania – ulicą Niestachowską.
4. Teren w sąsiedztwie ul. Witosa chroniony poliwęglanowym ekranem akustycznym.

Ogólna charakterystyka obiektów badawczych. Rezerwat Żurawiec utworzono w 1959 r w celu ochrony zespołu roślinności torfowiska przejściowego. Obecnie obszar ten zajmuje powierzchnię 1,47, ha stanowi integralną część większego kompleksu lasów komunalnych miasta Poznania. Skład gatunkowy górnego piętra to sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) i brzoza brodawkowata (*Betula verrucosa* Ehrh.), wśród krzewów dominuje czeremcha amerykańska (*Prunus serotina* Ehrh.). Ruch na sąsiadującej z rezerwatem ulicy Umultowskiej w 2006 r. wyniósł 9698 pojazdów umownych na dobę.

W drzewostanie w okolicy Złotnik również dominowała sosna zwyczajna oraz sporadycznie na skraju lasu rosły dęby szypułkowe (*Quercus rober* L.) i klony pospolite (*Acer platanooides* L.). Natężenie ruchu samochodowego wyniosło ok. 26 tys. pojazdów na dobę.

Dla obu obiektów (przy ul. Umultowskiej i drodze krajowej nr 11) pomiary hałasu przeprowadzono w ramach dwóch transektów badawczych tzn. w zadrzewieniu oraz kontrolnie na terenach sąsiednich bez zadrzewień. Na każdym z transektów wyznaczono po 7 punktów badawczych oddalonych od korony drogi o: 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 100 m i 200 m. We wszystkich punktach badawczych wykonano po 25 pomiarów dźwięku.

Ocenę wpływu krzewów na propagację hałasu komunikacyjnego przeprowadzono w Parku Sołackim przy ul. Niestachowskiej. Park Sołacki powstał w latach 1907–1913 i należy do najpiękniejszych obiektów przyrodniczych Poznania. Obecnie w parku rośnie 2018 drzew. Szczegółowa inwentaryzacja dendrologiczna przeprowadzona w 2006 r. uwzględniła gatunek drzewa, pierśnicę, wysokość i stan zdrowotny każdego drzewa [Czerniak 2006]. Mikroklimat parku kształtuje rzeczka Bogdanka i dwa stawy o nieregularnych liniach brzegowych.

Punkty pomiarowe zlokalizowano na skraju drogi oraz w odległości 20 m od skraju drogi. W otulinie parku w odległości 5 m od ulicy znajdował się pas

krzewów o szerokości 10 m. W zakrzewieniu dominowała śnieguliczka biała (*Symphoricarpos album* L.) o wysokości 2 m.

Dla celów porównawczych wykonano również badania równoważnego poziomu hałasu w pobliżu poliwęglanowego ekranu akustycznego wybudowanego przy ul. Witosa. Ulica Witosa jest przedłużeniem ulicy Niestachowskiej w kierunku północnego wylotu z miasta trasą krajową nr 11. Punkty pomiarowe zlokalizowano na skraju ulicy bezpośrednio przed ekranem oraz w odległości 4 m i 20 m od drogi (ok. 19 m za ekranem).

Nateżenie ruchu samochodowego na ulicach: Niestachowskiej i Witosa, według badań przeprowadzonych w 2006 przez Zarząd Dróg Miejskich w Poznaniu przekraczało 70 tys. pojazdów na dobę.

Wszystkie drogi, przy których zlokalizowano punkty pomiarowe miały nawierzchnię bitumiczną w stanie dobrym. Pochylenie podłużne niwelety nawierzchni nie przekraczało 3%. Ulica Umultowska i droga krajowa nr 11 miały 2 pasy ruchu, natomiast ulice: Niestachowska i Witosa 6 pasów ruchu.

Pomiary przeprowadzono na wys. 1,5 m w godzinach od 8⁰⁰ do 14⁰⁰ zgodnie z obowiązującymi przepisami [Dz.U. nr 62, poz. 627; Dz.U. nr 18, poz. 164; Dz.U. nr 35, poz. 308; Dz.U. nr 178, poz. 1841; Dz.U. nr 8, poz. 81]. Pomiary poziomu hałasu wykonano analizatorem poziomu dźwięku typ SON-50 nr 397 z mikrofonem typ WK 21 nr 3490 firmy Sonopan.

Model matematyczny doświadczenia. Załóżmy, że pomiar poziomu hałasu y_{ijkl} pochodzi z i -tej odległości od drogi ($i = 1, \dots, 7$), j -tego rodzaju terenu ($j = 1, 2$), k -tego terminu ($k = 1, 2$) i l -tego powtórzenia ($l = 1, \dots, 25$). Ponadto załóżmy, że i, j, k, l -ta obserwacja poziomu hałasu pochodzi z trzy-czynnikowego modelu liniowego [Elandt 1964; Trętowski, Wójcik 1988] zapisanego w postaci:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + e_{ijkl},$$

gdzie:

- μ – średnia ogólna,
- α_i – i -ty efekt odległości od drogi (czynnik A),
- β_j – j -ty efekt rodzaju terenu (1 – teren zadrzewiony, 2 – teren bez zadrzewienia) (czynnik B),
- γ_k – k -ty efekt terminu pomiaru (1 – okres wegetacyjny, 2 – okres spoczynku roślin) (czynnik C),
- $(\alpha\beta)_{ij}, (\alpha\gamma)_{ik}, (\beta\gamma)_{jk}$ – efekty interakcji drugiego rzędu,
- $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ – efekt interakcji trzeciego rzędu,
- e_{ijkl} – błąd losowy.

Analizę pomiarów natężenia hałasu komunikacyjnego przy drodze krajowej nr 11 i ul. Umultowskiej w Poznaniu przeprowadzono według trzyczynnikowego modelu liniowego. Pomiary natężenia hałasu wykonane przy ul. Niestachowskiej i Witosa zinterpretowano według dwuczynnikowego modelu liniowego. W przypadku ul. Niestachowskiej jako pierwszy czynnik przyjęto zmienność zdeterminowaną przez ekranizujący wpływ pasa krzewów rosnących wzdłuż drogi. W przypadku ul. Witosa jako pierwszy czynnik przyjęto zmienność zdeterminowaną przez poliwęglanowy ekran akustyczny. W obu przypadkach jako drugi czynnik zmienności przyjęto termin pomiarów.

Do wyznaczenia istotności różnic w poziomie hałasu pomiędzy dwoma wybranymi obiektami doświadczalnymi posłużono się procedurą Tukeya [Ott 1984].

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie analizy wariancji można stwierdzić, że wszystkie hipotezy zerowe efektów czynników głównych są odrzucone na rzecz hipotez alternatywnych na poziomie istotności $\alpha = 0,01$ (tabele 1–4). Uzyskane wyniki pozwalają z dużym prawdopodobieństwem uznać, że każdy wyróżniony w doświadczeniu czynnik istotnie różnicuje równoważny poziom hałasu komunikacyjnego. Stwierdzono, że wartości poziomu hałasu komunikacyjnego w okresie wegetacyjnym roślin są istotnie różne od wartości uzyskanych w okresie spoczynku roślin (tabele 1–3) oraz że propagacja hałasu komunikacyjnego na terenie zadrzewionym jest różna od propagacji na terenie niezadrzewionym (tab. 1–2). Szczegółowe wyniki porównań dla efektów interakcji trzeciego rzędu (dla drogi krajowej nr 11 i ulicy Umultowskiej) przedstawiono w tabelach 5–6, a dla efektów interakcji drugiego rzędu (dla ulicy Niestachowskiej i Witosa) w tabelach 7–8.

Tabela 1. Analiza wariancji dla równoważnego poziomu hałasu przy drodze krajowej nr 11
Table 1. Analysis of variance for equivalent noise level in the vicinity of 11 Rout

Źródło zmienności	Stopień swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka testowa	Empiryczny poziom istotności
A	6	15078,6	2513,1	128,5	0,0000
B	1	10494,7	10494,7	536,8	0,0000
C	1	343,6	343,6	17,6	0,0000
A*B	6	783,9	130,7	6,7	0,0000
A*C	6	583,0	97,2	5,0	0,0001
B*C	1	42,1	42,1	2,2	0,1429
A*B*C	6	85,8	14,3	0,7	0,6247
Błąd	672	13137,9	19,6		
Ogółem	699	40549,5			

Tabela 2. Analiza wariancji dla równoważnego poziomu hałasu przy ulicy Umultowskiej

Table 2. Analysis of variance for equivalent noise level in the vicinity of Umultowaska Street

Źródło zmienności	Stopień swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka testowa	Empiryczny poziom istotności
A	6	12519,0	2086,5	167,2	0,0000
B	1	15310,2	15310,2	1226,7	0,0000
C	1	214,3	214,3	17,2	0,0000
A*B	6	338,3	56,4	4,5	0,0002
A*C	6	58,1	9,7	0,8	0,5890
B*C	1	1791,0	1791,0	143,5	0,0000
A*B*C	6	540,5	90,1	7,2	0,0000
Błąd	672	8386,8	12,5		
Ogółem	699	39158,2			

Tabela 3. Analiza wariancji dla równoważnego poziomu hałasu przy ulicy Niestachowskiej

Table 3. Analysis of variance for equivalent noise level in the vicinity of Niestachowska Street

Źródło zmienności	Stopień swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka testowa	Empiryczny poziom istotności
Zakrzewienie	1	237,2	237,2	27,4	0,0000
Termin	1	169,0	169,0	19,5	0,0000
Interakcja	1	148,8	148,8	17,2	0,0001
Błąd	96	830,0	8,6		
Ogółem	99	1385,0			

Tabela 4. Analiza wariancji dla równoważnego poziomu hałasu przy ulicy Witosa

Table 4. Analysis of variance for equivalent noise level in the vicinity of Witosa Street

Źródło zmienności	Stopień swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka testowa	Empiryczny poziom istotności
Ekran	2	3285,1	1642,5	96,2	0,0000
Termin	1	278,8	278,8	16,3	0,0001
Interakcja	2	77,4	38,7	2,3	0,1074
Błąd	144	2458,5	17,1		
Ogółem	149	6099,7			

Na podstawie testów porównań wielokrotnych stwierdzono, że zarówno w okresie wegetacyjnym jak i w okresie spoczynku roślin w odległościach od 10 m do 200 m poziom hałasu komunikacyjnego jest znacząco mniejszy na terenie zadrzewionym w porównaniu z terenem bez zadrzewień (tab. 5–6).

Tabela 5. Równoważny poziom hałasu komunikacyjnego przy drodze krajowej nr 11
Table 5. Equivalent communicative noise level in the vicinity of 11 Rout

Odległość od drogi [m]	Okres wegetacyjny (lipiec)			Okres spoczynku roślin (styczeń)			Porównanie okresów badawczych (wegetacja – spoczynek roślin)		
	Terren bez zadrzewienia	Terren zadrzewiony	Różnica	Terren bez zadrzewienia	Terren zadrzewiony	Różnica	Różnica dla terenu bez zadrzewień	Różnica dla terenu zadrzewionego	
	(1)	(2)	(1)-(2)	(3)	(4)	(3)-(4)	(1)-(3)	(2)-(4)	
10	90,6	86,5	4,2	87,4	78,9	8,6**	3,2	7,6**	
20	86,3	79,8	6,5**	84,9	78,0	6,9**	1,3	1,7	
30	85,8	76,7	9,1**	84,9	75,3	9,6**	0,9	1,4	
40	85,2	76,2	8,9**	84,6	75,3	9,3**	0,6	0,9	
50	85,1	74,2	10,9**	84,5	73,1	11,4**	0,6	1,1	
100	79,9	72,8	7,1**	78,7	71,3	7,5**	1,2	1,5	
200	71,7	67,6	4,1	73,0	68,6	4,4	-1,3	-1,0	

**różnica istotna na poziomie $\alpha = 0,01$ **significant difference at level $\alpha = 0,01$

Tabela 6. Równoważny poziom hałasu komunikacyjnego przy ulicy Umultowska Street
Table 6. Equivalent communicative noise level in the vicinity of Umultowska Street

Odległość od drogi [m]	Okres wegetacyjny (lipiec)			Okres spoczynku roślin (styczeń)			Porównanie okresów badawczych (wegetacja – spoczynek roślin)		
	Terren bez zadrzewienia	Terren zadrzewiony	Różnica	Terren bez zadrzewienia	Terren zadrzewiony	Różnica	Różnica dla terenu bez zadrzewień	Różnica dla terenu zadrzewionego	
	(1)	(2)	(1)-(2)	(3)	(4)	(3)-(4)	(1)-(3)	(2)-(4)	
10	87,0	72,0	15,0**	81,7	77,2	4,4**	5,3**	-5,2**	
20	85,2	70,2	15,0**	77,4	74,8	2,6	7,8**	-4,6**	
30	80,4	69,7	10,7**	75,3	71,7	3,6	5,1**	-2,0	
40	77,0	67,9	9,1**	75,0	68,0	7,0**	2,0	-0,1	
50	76,9	65,3	11,5**	73,0	65,5	7,5**	3,9*	-0,2	
100	76,0	62,1	13,8**	72,7	63,7	9,0**	3,3	-1,5	
200	73,6	60,8	12,8**	70,8	61,9	8,9**	2,8	-1,1	

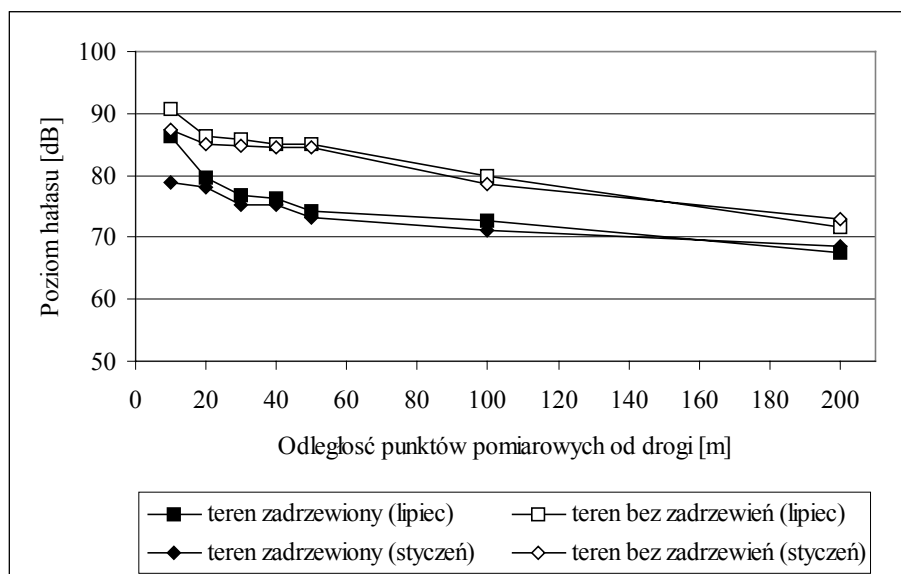
*różnica istotna na poziomie $\alpha = 0,05$ *significant difference at level $\alpha = 0,05$

**różnica istotna na poziomie $\alpha = 0,01$ **significant difference at level $\alpha = 0,01$

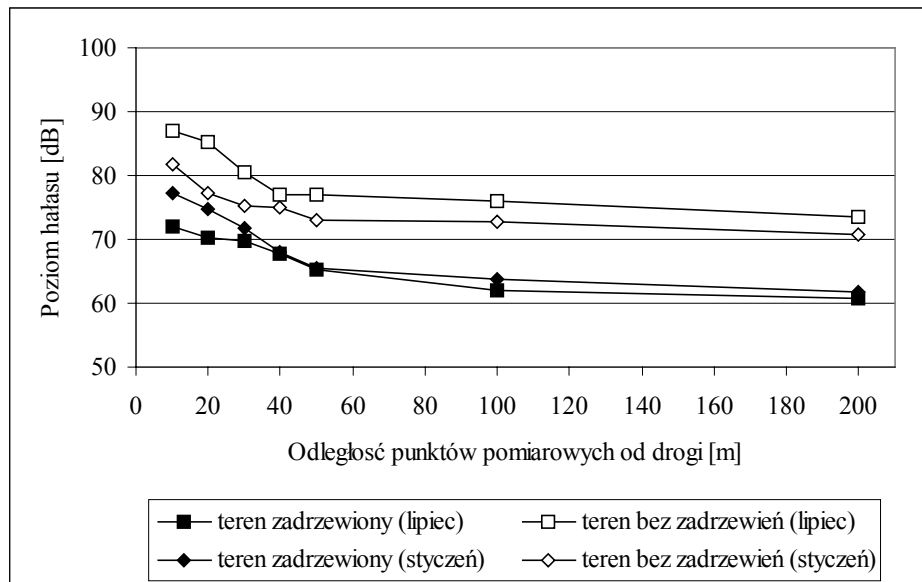
Ponadto można zauważyć, że poziom hałasu komunikacyjnego przy ulicy Umultowskiej dla terenu bez zadrzewień w lecie jest wyższy niż w zimie. Podobnych zależności w wynikach pomiarów nie stwierdzono przy drodze krajowej nr 11 (tab. 6).

Przeprowadzone badania wykazały, że zarówno w sąsiedztwie drogi krajowej nr 11, jak i ulicy Umultowskiej najsilniejszy wpływ zadrzewienia na rozprzestrzenianie się hałasu komunikacyjnego wystąpił w pasie o szerokości ok. 50 m (rys. 1, 2). Zadrzewienie przy ulicy Umultowskiej ograniczyło w okresie wegetacyjnym poziom hałasu o 12–18%, a przy drodze krajowej nr 11 o 5–12% (w ramach przyjętych punktów pomiarowych). Natomiast w okresie spoczynku roślin zadrzewienie przy ulicy Umultowskiej zredukowało poziom hałasu o 3–12%, a przy drodze krajowej nr 11 o 6–12%.

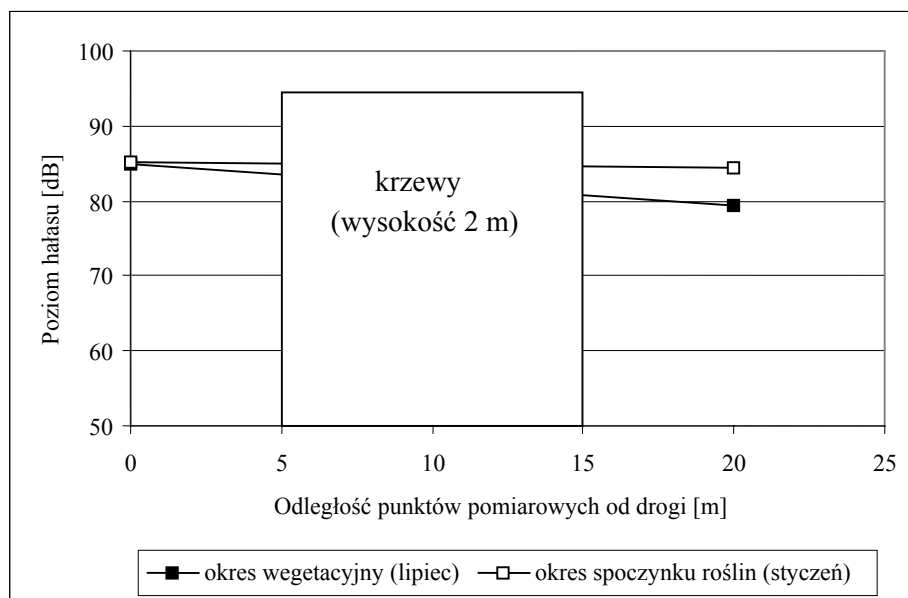
Zarówno w okresie wegetacji, jak i w okresie spoczynku roślin poziom hałasu mierzony bezpośrednio przy ul. Niestachowskiej był bardzo wysoki i nie zależał od pory roku, ponieważ w obu okresach badawczych prędkość poruszających się pojazdów była podobna i wynosiła ok. 90 km/h. Analizowany pas krzewów liściastych w Parku Sołackim obniżył wartość równoważnego poziomu hałasu o ok. 5 dB tylko w okresie wegetacyjnym (rys. 3, tab. 7).



Rysunek 1. Równoważny poziom hałasu komunikacyjnego przy drodze krajowej nr 11
Figure 1. Equivalent communicative noise level in the vicinity of 11 Rout



Rysunek 2. Równoważny poziom hałasu komunikacyjnego przy ulicy Umultowskiej
Figure 2. Equivalent communicative noise level in the vicinity of Umultowska Street



Rysunek 3. Równoważny poziom hałasu komunikacyjnego przy ulicy Niestachowskiej
Figure 3. Equivalent communicative noise level in the vicinity of Niestachowska Street

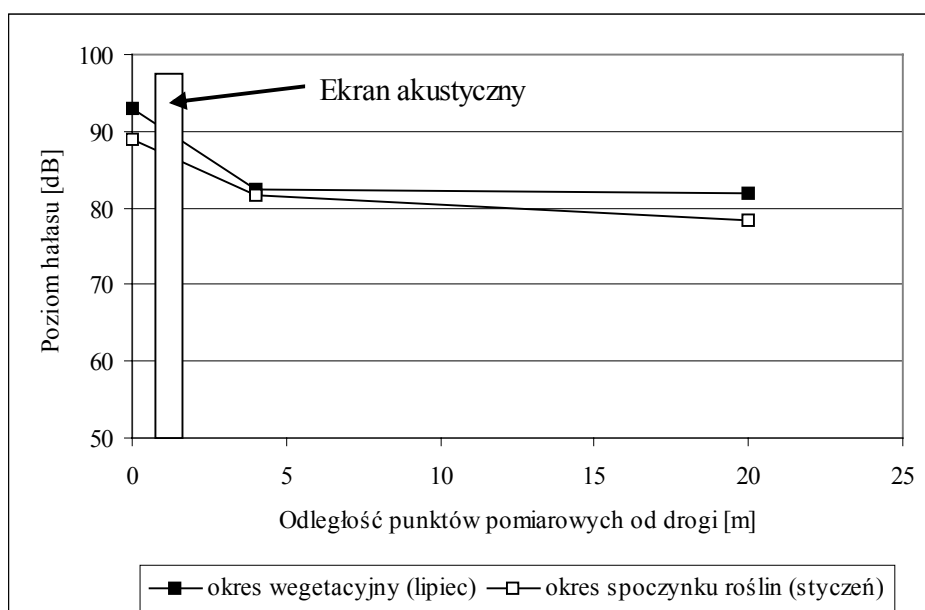
Tabela 7. Równoważny poziom hałasu komunikacyjnego przy ulicy Niestachowskiej
Table 7. Equivalent communicative noise level in the vicinity of Niestachowska Street

Odległość od drogi [m]	Okres wegetacyjny (lipiec)	Okres spoczynku roślin (styczeń)	Różnica
Pobocze (przed pasem krzewów)	85,0	85,1	-0,2
20 (za pasem krzewów)	79,5	84,5	-5,0**
Różnica „pobocze”-„20”	5,5**	0,6	

** różnica istotna na poziomie $\alpha = 0,01$

** significant difference at level $\alpha = 0.01$

Poliwęglanowy ekran akustyczny wybudowany przy ul. Witosa obniżył w obu terminach pomiarowych, przy tych samych parametrach ruchu jak na ul. Niestachowskiej, równoważny poziom hałasu o ok. 10 dB (rys. 4, tab. 8). Uzyskany poziom ekranowania dźwięku jest charakterystyczny dla tego typu barier akustycznych [Kołaska 1999].



Rysunek 4. Równoważny poziom hałasu komunikacyjnego przy ulicy Witosa
Figure 4. Equivalent communicative noise level in the vicinity of Witosa Street

Tabela 8. Równoważny poziom hałasu komunikacyjnego przy ulicy Witosza
Table 8. Equivalent communicative noise level in the vicinity of Witos Street

Odległość od drogi [m]	Okres wegetacyjny (lipiec)	Okres spoczynku roślin (styczeń)	Różnica
Pobocze (przed ekranem)	92,8	89,0	3,9*
4 (za ekranem)	82,4	81,7	0,7
20 (za ekranem)	82,0	78,4	3,6*
Różnica „pobocze”-„4”	10,4**	7,3**	
Różnica „pobocze”-„20”	10,9**	10,6**	

* różnica istotna na poziomie $\alpha = 0,05$

* significant difference at level $\alpha = 0.05$

** różnica istotna na poziomie $\alpha = 0,01$

** significant difference at level $\alpha = 0.01$

WNIOSKI

1. Każdy wyróżniony w doświadczeniu czynnik (odległość od drogi, występowanie zadrzewień, pora roku) istotnie różnicuje równoważny poziom hałasu komunikacyjnego. Najistotniejszym czynnikiem decydującym o propagacji hałasu jest występowanie szaty roślinnej.

2. W zadrzewieniach zlokalizowanych przy drodze krajowej nr 11 w Złotnikach i przy ul. Umultowskiej w Poznaniu równoważne poziomy hałasu były podobne w obu terminach badawczych. Wynika to z faktu, że gatunkiem dominującym w analizowanych drzewostanach była sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.). Największy spadek wartości równoważnego poziomu hałasu w drzewostanie sosnowym występował w pasie o szerokości ok. 50 m.

3. Drzewostan sosnowy o szerokości ok 30 m zarówno zimą jak i latem ogranicza propagację hałasu w stopniu porównywalnym z poliwęglanowym ekranem akustycznym.

4. Pas krzewów liściastych w Parku Sołackim obniżył wartość równoważnego poziomu hałasu (o ok. 5 dB) tylko w okresie wegetacyjnym.

BIBLIOGRAFIA

- Apolinarska A. *Wpływ hałasu komunikacyjnego na środowisko leśne*. Maszynopis, Katedra Inżynierii Leśnej, 2006.
- Czerniak A. *Inwentaryzacja i ewidencja drzew na terenie Poznania ze szczególnym uwzględnieniem parków, skwerów i zieleni przyulicznej. Park Sołacki*. Maszynopis Urząd Miasta Poznania, 2006, s. 5–67.
- Elandt R. *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczych*. PWN. Warszawa 1964.
- Kołaska A. *Klimat akustyczny miasta Poznania (1997–1999)*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Poznań WIOŚ 1999.

- Lebiedowska B. *Wpływ warunków meteorologicznych na propagację hałasu w terenach podmiejskich*. Materiały konferencyjne. Konferencja naukowa „Inżynieria i kształtowanie środowiska obszarów niezurbanizowanych – Woda w inżynierii krajobrazu” Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW Warszawa, 28.06–01.07. 2006, s. 102.
- Ott L. *An introduction to statistical methods and data analysis*. PWS Publishers, Boston 1984.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 17 stycznia 2003 roku w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją dróg, linii kolejowych, linii tramwajowych, lotnisk oraz portów, które powinny być przekazywane właściwym organom ochrony środowiska, oraz terminów i sposobów ich prezentacji (Dz.U. nr 18, poz. 164).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 23 stycznia 2003 roku w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem (Dz.U. nr 35, poz. 308).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 29 lipca 2004 roku w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. nr 178, poz. 1841).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 stycznia 2002 roku w sprawie wartości progowych poziomów hałasu (Dz.U. nr 8, poz. 81).
- Trętowski J., Wójcik A. R. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wydawnictwa Uczelniane WSRP Siedlce 1988.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku Prawo ochrony środowiska z dnia (Dz.U. nr 62, poz. 627) z późniejszymi zmianami.

Dr hab. inż. Andrzej Czerniak*
Mgr inż. Agata Poszyler-Adamska*

*Katedra Inżynierii Leśnej, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu
ul. Mazowiecka 41, 60-623 Poznań,
e-mail: aczerni@au.poznan.pl

Dr Dariusz Kayzer**

**Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych,
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań,
e-mail: dkayzer@au.poznan.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Czesław Rycąbel