

## METHODS OF REDUCING OF THE PROPAGATION IN THE AGRICULTURAL ENVIRONMENT OF THE NOISE EMITTED BY FIELD-AGGREGATES

### Summary

Field-aggregates from always were and still are a source of the noise emitted to the environment. A main source of the noise of field-aggregates are driving units that is the tractors. There exists many methods of reducing of the adverse effect on the environment of the noise emitted by field-aggregates. Paper presents both the active methods and the passive methods of reduction of the emission of the noise of field-aggregates.

## METODY OGRANICZANIA ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ W ŚRODOWISKU ROLNICZYM HAŁASU EMITOWANEGO PRZEZ AGREGATY POŁOWE

### Streszczenie

Agregaty polowe zawsze były i są źródłem hałasu emitowanego do otoczenia. Głównym źródłem hałasu agregatów polowych są ich jednostki napędowe, np. ciągniki. Istnieje wiele sposobów ograniczania szkodliwego wpływu na otoczenie hałasu emitowanego przez agregaty polowe. W pracy przedstawiono zarówno metody czynnej jak i biernej redukcji emisji hałasu agregatów polowych.

### 1. Wstęp

Wykonywaniu prac polowych przez agregaty ciągnikowe zawsze towarzyszy hałas<sup>1</sup>, który jest efektem zarówno pracy ciągnika, pracy maszyn bądź narzędzi z nim zagregowanych oraz wykonywanego przez agregat zabiegu lub czynności agrotechnicznej.

Celem pracy jest przedstawienie metod wpływania na wielkość hałasu emitowanego przez agregaty polowe oraz na jego rozprzestrzenianie się w ich środowisku pracy.

### 2. Źródła hałaśliwości ciągnika

Aby mówić o metodach ograniczania poziomu dźwięku<sup>2</sup> czy też hałasu emitowanego przez agregaty polowe należy wcześniej scharakteryzować źródła hałaśliwości tychże agregatów. Największym i najważniejszym źródłem hałasu w agregacie polowym jest ciągnik, a w ciągniku jego silnik. Hałas ciągnika rolniczego ze względu na jego pochodzenie jest hałasem akustycznym powstającym na skutek rozchodzenia się fal akustycznych w powietrzu, powstającym w efekcie drgań naprężeniowych (wibracji) powodujących powstawanie na powierzchni elementów mechanicznych fal akustycznych. Źródłami hałasu akustycznego ciągnika rolniczego są: silnik, wentylator, przekładnie, układ hydrauliczny, układ kierowniczy, obudowa kabiny i silnika, osprzęt.

W przypadku całego agregatu polowego do źródła hałasu akustycznego, jakim jest ciągnik stanowiący siłę pociąg

ową i napędową agregatu trzeba dodać hałas emitowany przez współpracującą z tym ciągnikiem maszyną rolniczą.

Poziom dźwięku agregatów polowych zależy wreszcie od zabiegu agrotechnicznego, jaki dana maszyna wykonuje. Przy wykonywaniu orki, np. poziom dźwięku emitowany przez pług jest bardzo niewielki w porównaniu z np. poziomem dźwięku w czasie koszenia i rozdrabniania łąk ziemniaczanych czy kopania ziemniaków.

Hałas agregatu polowego, agregatu ciągnikowego nie jest jednak sumą algebraiczną dźwięku emitowanego przez ciągnik i zagregowaną z nim w danym momencie maszyną wykonującą określony zabieg agrotechniczny. Z fizyki wiadomo bowiem, że hałas dwóch lub kilku źródeł o takim samym poziomie w sumie jest o 3-4 dB wyższy od hałasu pojedynczego najgłośniejszego źródła. Przykładem nich będą pomiary poziomu dźwięku w kabinie czyli na stanowisku pracy kierowcy dla ciągnika Ursus 4512 zagregowanego z rozdrabniaczem bel siana, słomy i sianokiszonki wykonywanego wspólnie przez PIMR wraz z firmą Inventor, Mokobody (rys. 1). Zmierzony poziom dźwięku w kabinie ciągnika, na stanowisku operatora dla pracującego ciągnika przy nominalnych obrotach silnika wynosił 78,4 dB(A). Po uruchomieniu rozdrabniacza poziom dźwięku mierzony na stanowisku operatora przy tych samych parametrach pracy silnika ciągnika wzrósł do 81,5 dB(A). Na zewnątrz kabiny wartości poziomu hałasu byłyby wyższe.



Rys. 1. Ciągnik Ursus 4512 z rozdrabniaczem bel firmy Inventor

Fig. 1. Tractor Ursus 4512 with bale shredder

<sup>1</sup> Hałasem nazywane są wszelkie niepożądane, nieprzyjemne, dokuczliwe, uciążliwe lub szkodliwe drgania ośrodka sprężystego oddziałujące za pośrednictwem powietrza na narząd słuchu.

<sup>2</sup> Dźwięk jest zaburzeniem falowym rozchodzącym się w bezwładnym środowisku (ośrodku) sprężystym, zdolnym do wywołania wrażenia słuchowego. Zaburzenia te zwane są drganiami akustycznymi.

### 3. Metody ograniczania hałasu agregatów polowych

Kompleksowa ochrona przed hałasem, realizowana za pomocą odpowiednich środków i metod, umożliwi kształtowanie – w miejscach pracy oraz w środowisku – klimatu akustycznego o parametrach zgodnych z normowymi wymaganiami akustycznymi. Na rys. 2 przedstawiono schematycznie podział metod zwalczania hałasu przemysłowego. Hałas agregatów polowych różni się w znacznej mierze od hałasu przemysłowego, jednak obydwa rodzaje hałasu zwalczą się podobnymi, przedstawionymi ogólnie na schemacie, metodami technicznymi i administracyjno-prawnymi.

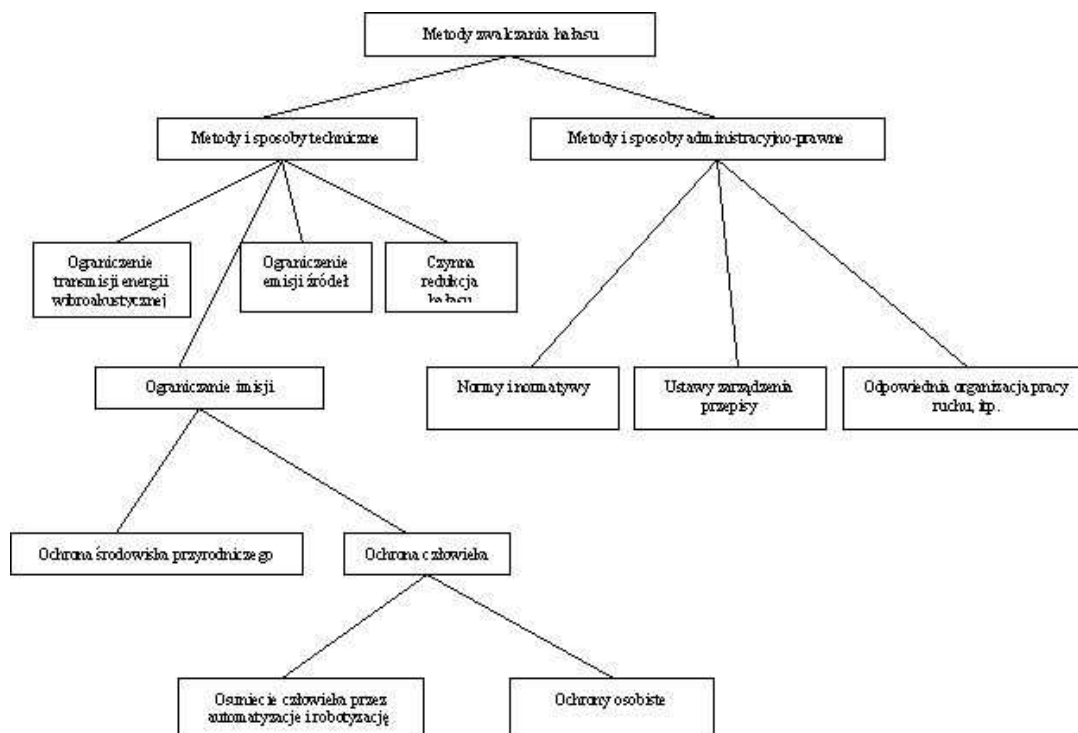
Metody administracyjno-prawne stosowane do zwalczania hałasu agregatów rolniczych to obostrzenia prawne, takie jak: norma PN-ISO 7216 mówiąca o poziomie dźwięku hałasu zewnętrznego emitowanego przez ciągniki podczas jazdy, Polityka Ekologiczna Państwa ogłaszana co kilka lat przez Radę Ministrów i zawierająca m.in. uwagi dotyczące dopuszczalnych poziomów hałasu w porze dziennej i nocnej.

Do zwalczania hałasu agregatów polowych stosuje się metody techniczne czynnie i biernie ograniczające emisję oraz imisję energii akustycznej, której źródłem jest rolniczy agregat polowy. Przedstawione teraz zostaną czynne i biernie metody redukcji hałasu ciągników rolniczych jako głównych i największych źródeł hałasu układu ciągnik rolniczy–maszyna rolnicza.

### 3.1. Czynne metody redukcji hałasu ciągników rolniczych

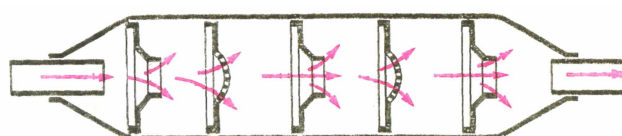
Metody aktywne zmierzają do eliminacji, bądź ograniczenia hałasu w miejscu jego powstawania; w odniesieniu do ciągników rolniczych dotyczy to przede wszystkim silnika. Podstawowym elementem obniżającym emisję hałasu ciągnika rolniczego jest tłumik układu wydechowego. Przy końcu suwu rozprężania, gdy zaczyna otwierać się zawór wylotowy, gazy spalinowe mają ciśnienie 0,3–0,5 MPa. Gazy te wylatują z cylindrów z dużą prędkością, czemu towarzyszy powstawanie fali dźwiękowej o znacznym natężeniu. Aby zmniejszyć hałaśliwość silników ich układy wylotowe zaopatruje się w tłumiki. W przypadku ciągników rolniczych są to tłumiki typu refleksyjnego, dobrze tłumiące dźwięki niskoczęstotliwościowe. Tłumienie hałasów wylotu spalin w takim tłumiku osiąga się przez zmianę kierunku ruchu strumienia gazów, rozdzielenie go na kilka strumieni o różnej długości drogi przepływu oraz kolejno zwężanie i rozszerzanie przekroju przepływu spalin, tak aby rozprężanie gazów następowało łagodnie (rys. 3).

Tłumik refleksyjny jest podzielony na kilka komór, a wprowadzenie i wypływ gazów z komór odbywa się przez odpowiednio ukształtowane przewody przelotowe. Komory w tłumikach są wypełniane porowatym materiałem dźwiękochłonnym, np. watą szklaną, watą aluminiową, pianoplastem, co zwiększa efektywność tłumienia.



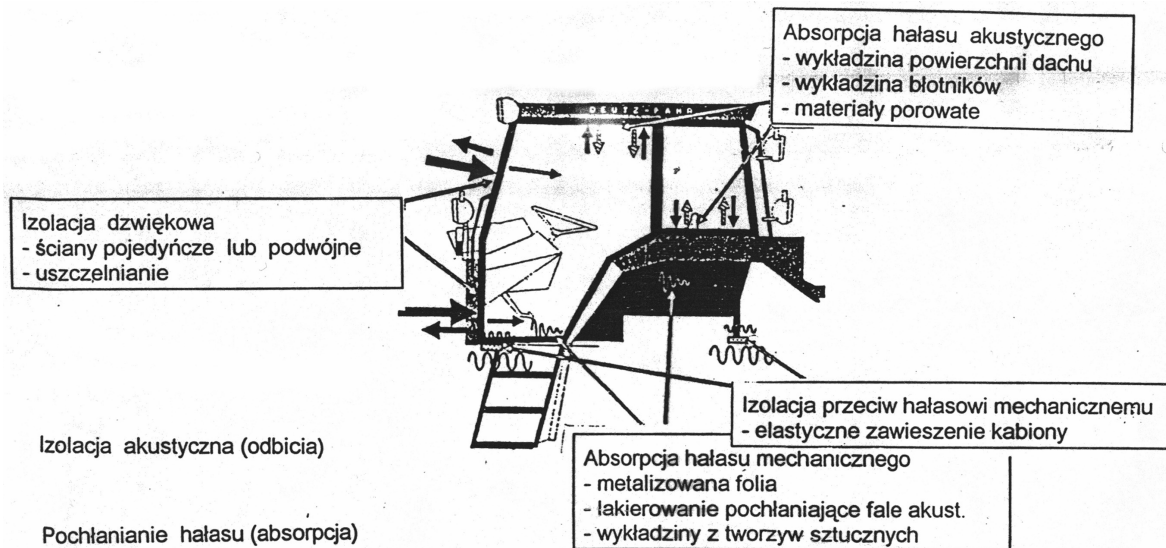
Rys. 2. Podział metod zwalczania hałasu przemysłowego (Engel, Sikora 1998)

Fig. 2. The partition of methods of fighting of the industrial noise



Rys. 3. Tłumik wylotu spalin silników ciągników Ursus (Mazur, Stolarczyk 1982)

Fig. 3. Silencer of the outlet of combustion gases of engines of tractors Ursus



Rys. 4. Izolacja akustyczna i pochłanianie dźwięków w kabinie ciągnika Deutz Fahr

Fig. 4. The acoustic isolation and the absorption of sounds in the cabin of the tractor Deutz Fahr

### 3.2. Bierne metody redukcji hałasu ciągników rolniczych

Metody bierne zwalczania hałasu polegają na zastosowaniu odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych, obejmujących wprowadzenie pomiędzy źródło hałasu a miejsce wymagające ochrony (stanowisko pracy, teren akustycznie chroniony) odpowiednich zabezpieczeń dźwiękochłonnaizolacyjnych. Zaliczamy do nich: przegrody budowlane, osłony dźwiękoizolacyjne, ekrany akustyczne, osłony dźwiękochłonnaizolacyjne. Bierne metody redukcji hałasu ciągników rolniczych można podzielić na dwie grupy, tj. metody akustycznej izolacji stanowiska pracy (kabiny dźwiękoszczelne) i metody akustycznej izolacji źródła dźwięku (ekranowanie silnika) (Juliszewski 1996).

#### 3.2.1. Kabin dźwiękoszczelne

Na szkodliwe oddziaływanie hałasu agregatów polowych, a szczególnie hałasu ciągników, najbardziej narażony jest kierowca. Jednak współczesne kabin ciągnikowe dają mu bardzo dobrą ochronę i izolację akustyczną, co przedstawia schemat kabiny ciągnikowej firmy Deutz Fahr (rys. 4). Dach i podłoga kabiny oraz znajdujące się wewnątrz elementy błotników są wyłożone wykładzinami dźwiękochłonnymi. Ściany kabiny są odpowiednio wykonane i uszczelnione. Pomiedzy uchwytami ramy i uchwytami kabiny znajdują się wkładki elastyczne kompensujące drgania mechaniczne. Wszystkie te elementy w efekcie zmniejszające poziom hałasu akustycznego w tej kabinie w porównaniu z kabinami starego typu montowanymi bezpośrednio do ramy i nie wyposażanymi w wykładziny dźwiękochłonne.

#### 3.2.2. Ekranowanie silnika

Drugą z wymienionych biernych metod redukcji hałasu ciągników rolniczych jest ekranowanie silnika. Ekranowanie silnika ciągnikowego ogranicza się głównie do jego oblauchowania osłonami i obudowania elementami osprzętu (rys. 5).



Rys. 5. Ciągnik Fendt Favorit 824 z oblachowanym silnikiem i kosiarką do poboczny

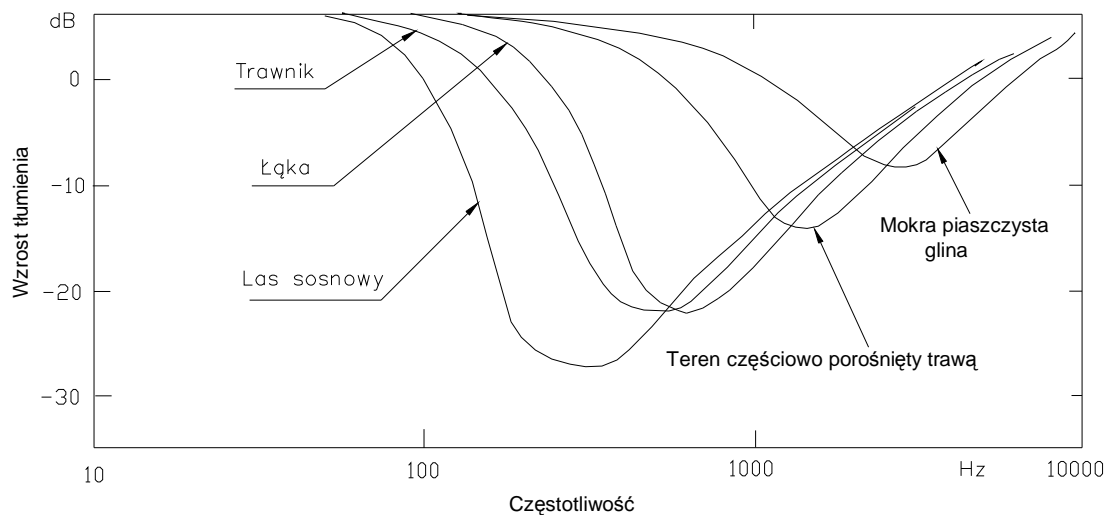
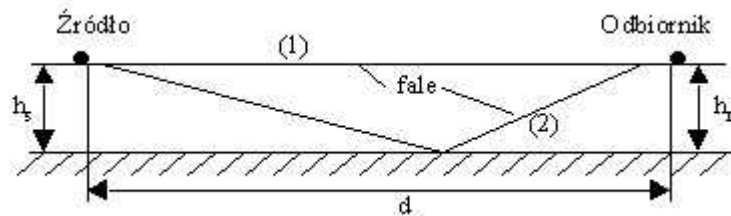
Fig. 5. The tractor Fendt Favorit 824 with his engine rounded metal plate and with the mowing machine to side-spaces

Do ekranowania silników ciągnikowych nie stosuje się materiałów dźwiękochłonnych montowanych pod oblachowaniem. Materiały te ograniczają wolną przestrzeń wokół silnika utrudniając przepływ czynnika chłodzącego, którym jest powietrze oraz zamieniają część energii akustycznej na ciepłą co prowadzi do przegrzewania się silnika przy jego akustycznym ekranowaniu (Stańczyk 1997).

### 3.3. Wpływ powierzchni pola na pochłanianie dźwięku

Zmniejszenie poziomu rozchodzącego się dźwięku na skutek bliskości powierzchni pola nazywane efektem gruntowym jest wynikiem nakładania się (1) fali biegnącej bezpośrednio, bez przeszkód od źródła do odbiornika i (2) fali odbijającej się od powierzchni ziemi (rys. 6). Wzajemne nakładanie się tych fal powoduje wytracanie ich prędkości i energii, a to z kolei powoduje zmniejszanie poziomu dźwięku dla poszczególnych częstotliwości.

Efekt gruntowy jest zależny od częstotliwości dźwięku i impedancji powierzchni podłoża. Badania Penga pokazały, iż największy wpływ efektu gruntowego (gleby) występuje w przedziale 250 – 1000 Hz.



Rys. 6. Wpływ efektu gruntowego na zmniejszanie się poziomu dźwięku (Peng, Lines, 1995)

$h_s = 0,5$  m;  $h_r = 1,5$  m;  $d = 10$  m

Fig. 6. Excess attenuation due to ground surface effect

Tab. 1. Charakter i formuły opisujące środowisko pochłaniające dźwięk

Tab. 1. The character and the formulas describing environment absorbing the sound

Lp.	Wartość liczbowa współczynnika pochłaniania dźwięku przez środowisko	Charakter i formuła opisująca środowisko pochłaniające dźwięk w [dB] według:		
		Puzyny $L_{nz} = L_1 - k_t \cdot 20 \lg \frac{r_n}{r_1}$	Sadowskiego $L_{nz} = L_1 - k \cdot 20 \lg \frac{r_n}{r_1} - 7,9$	Engela $L_z = L_A - K_1 \cdot K_2 \cdot 10 \lg \frac{r_n}{r_1}$
1	0,90	asfalt	teren płaski pokryty trawą	teren płaski, pokryty asfaltem
2	1,00	ziemia	teren płaski pokryty trawą, lecz za pasmem zieleni drzew i krzewów o szerokości większej niż 20 m	teren płaski, grunt
3	1,05	-	-	teren płaski pokryty trawą o wysokości nie większej od 0,20 m
4	1,10	trawa	-	-
5	1,10–1,35	-	-	park gęsto zadrzewiony z podszyciem krzewów i trawy
6	1,20	gęsto zadrzewiony park z krzewami	tereny parkowe gęsto zadrzewione z występującymi krzewami	-
7	1,50	gęste zadrzewienie leśne	zwarte, gęste, obszary leśne	leśne pasy ochronne, gęsto zadrzewione, z bogatym podszyciem

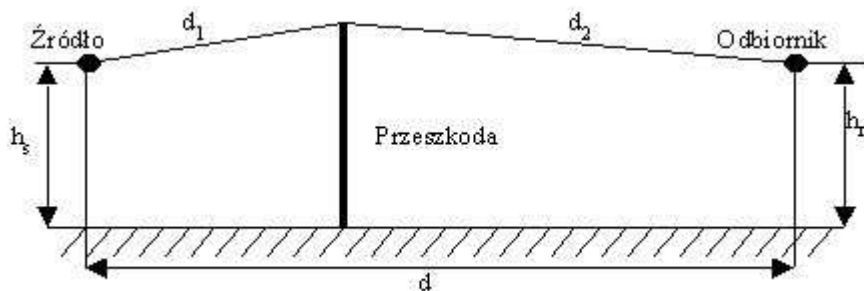
$L_{nz}$  – poziom natężenia dźwięku w odległości  $r_n$  od źródła, zmniejszony w skutek pochłaniania dźwięku przez środowiska (dB),

$L_1$  – poziom natężenia dźwięku w odległości  $r_1$  od źródła (zazwyczaj  $r_1 = 1$  m) (dB),

$k, k_t$  – współczynnik pochłaniania dźwięku przez środowisko,

$K_1$  – współczynnik określający charakter źródła (dla źródła punktowego  $K_1 = 2$ , dla liniowego  $K_1 = 1$ ),

$K_2$  – współczynnik określający redukcję poziomu dźwięku przez powierzchnie terenu i zieleń łącznie.



Rys. 7. Geometria rozprzestrzeniania się dźwięku ponad przeszkodą (Peng i Lines, 1995),  $h_s$  – wysokość źródła nad powierzchnią gruntu,  $h_r$  – wysokość odbiornika nad powierzchnią gruntu

Fig. 7. Geometry of sound propagation over a barrier,  $h_s$  – source height above the ground level,  $h_r$  – receiver height above the ground level

### 3.4. Wpływ roślinności na pochłanianie dźwięku emitowanego przez agregaty polowe

Rodzaj roślinności, pokrój roślin, gęstość i rodzaj ukoźnienia mogą powodować istotne różnice w zmniejszaniu rozchodzącego się hałasu. To sugeruje, że dobór pokrycia roślinnego gleby przez rolnika lub właściciela gruntu może wpływać większą lub mniejszą redukcję hałasu rozchodzącego się w danym terenie. Ilościowe określenie tego wpływu przez Sadowskiego, (1971), Puzyń (1974) i Engela (1993) przedstawia (tab. 1). Wielkością bezpośrednio charakteryzującą wpływ rodzaju poszycia roślinnego na tłumienie energii dźwiękowej są współczynniki: „ $k_1$ ” u Puzyń, „ $k$ ” u Sadowskiego i „ $k_2$ ” u Engla. Mimo, że ich wartości podane w tabeli są przybliżone, to wskazują na większy wpływ na pochłanianie dźwięku przez rośliny wyższe i gęściej rosnące, aniżeli rośliny niskie lub nie porośniętą ziemię.

Według Engela najlepsze warunki izolacyjne spełniają drzewa iglaste, nie mogą być one jednak stosowane w wielu miejscach, np. okolice dróg i autostrad, ze względu na ich wrażliwość na spaliny.

### 3.5. Wpływ przeszkód terenowych na pochłanianie dźwięku emitowanego przez agregaty polowe

W otwartej przestrzeni wszelka roślinność tłumí rozprzestrzenianie się dźwięku. Jednak w środowisku naturalnym, a na terenach wiejskich i rolniczych przede wszystkim, występują także inne naturalnie występujące przeszkody tłumiące rozchodzące się od jakiegokolwiek źródła fale akustyczne. Takimi przeszkodami mogą być: rowy, nasypy, wały, płoty, budynki itp. Upraszczając geometrię takiej przeszkody jak na rys. 7 można wyznaczyć wielkość tłumienia na jej krawędzi.

W praktyce obliczanie tłumienia dźwięku przez przeszkody opiera się na wyznaczeniu liczby Fresnela „ $N$ ” jako funkcji długości fali  $\lambda$  i geometrii przeszkody (Peng, Lines 1995):

$$N = \frac{2}{\lambda} (d_1 + d_2 - d) \quad (1)$$

gdzie:

$d_1$ ,  $d_2$  i  $d$  odległości, których wzajemne stosunki przedstawia rys. 7.

Na podstawie liczby Fresnela „ $N$ ” obliczonej z zależności (1) podanej powyżej, wielkość tłumienia na przeszkodach  $A_{\text{przeszkody}}$  można empirycznie zapisać jako:

$$A_{\text{przeszkody}} = 10 \log_2 (3 + 20N) \quad (2)$$

### 3.6. Wpływ warunków meteorologicznych na propagację dźwięku

Na rozchodzenie się dźwięku w otwartej przestrzeni mają wpływ także warunki meteorologiczne takie jak: gradient temperatury, prędkość i kierunek wiatru, wilgotność powietrza, ciśnienie powietrza, wysokość nad poziomem morza. Najistotniejszy wpływ na poziom rozchodzenia się dźwięku spośród nich mają temperatura powietrza i prędkość wiatru. Dlatego zostaną one omówione.

#### 3.6.1. Temperatura

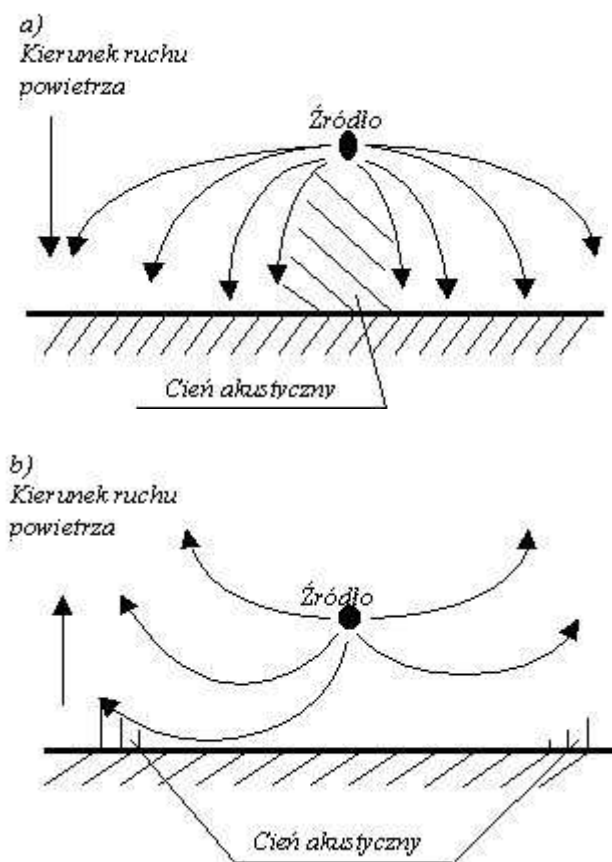
Prędkość fali dźwiękowej wzrasta wraz z temperaturą. Pozytywny gradient temperatury (temperatura wzrasta wraz z wysokością nad powierzchnią gruntu) występuje zwykle nocą. Fale dźwiękowe są wówczas załamywane ku dołowi (rys. 8a). Jest to przyczyną powszechnie znanego zjawiska, iż nocą propagacja dźwięku jest lepsza niż w ciągu dnia.

Spadek temperatury w miarę wzrostu wysokości nad poziom morza powoduje ugięcie fal dźwiękowych ku górze (rys. 8b). Zjawisko to ma miejsce w ciągu dnia, kiedy stopniowo – od promieni słonecznych – nagrzewa się chłodne powietrze unoszące się nad powierzchnią ziemi (Cempel 1982, Peng, Lines 1995, Zakrzewski 1997).

#### 3.6.2. Prędkość i kierunek wiatru

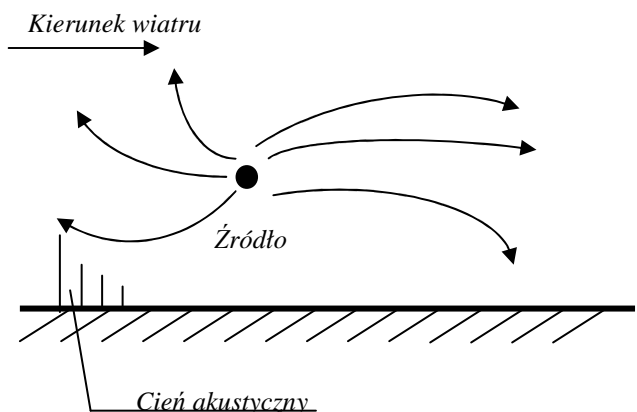
Ogólnie wiadomo, że wiatr wiejący od strony źródła dźwięku zwiększa zasięg fal akustycznych, przez co poprawia propagację dźwięku. Wiatr wiejący w kierunku źródła tłumí rozchodzenie się fal, przez co zmniejsza zasięg rozprzestrzeniania się dźwięku i jego poziom (rys. 9). W obydwóch przypadkach oddziaływanie wiatru daje się zaobserwować dopiero po przekroczeniu określonej odległości od źródła. Dla wiatru wiejącego od strony źródła odległość ta wynosi 150 m, natomiast dla wiatru wiejącego w stronę źródła – 70 m (Zakrzewski 1997). Dla umiarkowane-

go wiatru, zależnie od innych warunków meteorologicznych, różnica pomiędzy poziomem dźwięku pod wiatr i z wiatrem może dochodzić do 50 dB (Zakrzewski 1997, Peng, Lines 1995).



Rys. 8. Rozchodzenie się dźwięku: a) w nocy, b) w dzień (na podst: Cempel 1982, Peng, Lines, 1995, Zakrzewski 1997).

Fig. 8. Sound propagation: a) during nighttime, b) during daytime



Rys. 9. Wpływ kierunku wiatru na rozchodzenie się fal dźwiękowych (na podst: Zakrzewski 1997, Peng, Lines 1995, Cempel 1982)

Fig. 9. The influence of the direction of the wind on the propagation of sound waves

### 3.7. Sposoby konstrukcyjno-eksploatacyjne zmniejszania hałaśliwości agregatów polowych

Niski poziom hałasu to nie tylko własności samych maszyn, bowiem powstaje on we współdziałaniu maszyn ze swym otoczeniem w danej strukturze technicznej i organizacyjnej. Trzeba więc wytyczne antyhałasowe stosować zarówno przy projektowaniu i wytwarzaniu, jak i przy eksploatacji maszyn. Co więcej wytyczne te, lub lepiej filozofia antyhałasowa, muszą obowiązywać na wszystkich szczeblach hierarchii przemysłowej; od pracownika, który przykręci luźno osłonę do dyrektora kombinatu, który na stanowisku hałaśliwym zawsze się pojawi w hełmie ze słuchawkami. Korzystając z zaproponowanego przez Cempla antyhałasowego przewodnika współczesnego inżyniera w projektowaniu - wytwarzaniu - eksploatacji odnoszącego się do hałasu przemysłowego przetransponowano wybrane zalecenia mające odniesienie do hałasu rolniczego, hałasu agregatów polowych. Oto one [1]:

- I. Wyłącz, z ruchu zbędne maszyny - źródła hałasu i drgań
- II. Stosuj mniej hałaśliwe technologie, np.:
  - reduktor bezstopniowy zamiast przekładni zębatej
  - itp.
- III. Zredukuj siły i przemieszczenia wymuszające, np.:
  - zmniejszając luzy w parach kinematycznych i innych połączeniach
  - zwiększając gładkość powierzchni ruchowych
- IV. Unikaj drgań rezonansowych i dodatkowego sprzężenia zwrotnego, np.:
  - przez zmianę wymiarów
  - przez wprowadzenie dodatkowego tłumienia
  - przez właściwe smarowanie par ruchowych
  - stosując układy eliminacji drgań i hałasu
- V. Zmniejsz efektywność propagacji drgań i hałasu, np.:
  - stosując układy izolacji drgań
  - stosując przekładki sprężyste w złączach dla izolacji kal naprężeń
  - stosując tworzywa sztuczne zamiast metali
- VI. Zmniejsz zagrożenie osobiste i zakumulowaną dawkę drgań i hałasu, np.:
  - używając zaprojektowanych osłon kabin, przegród i drzwi
  - stosując konsekwentnie ochronniki słuchu
  - stosując przerwy i planową organizację koniecznej ekspozycji.

### 5. Literatura

- [1] Cempel Cz., (1982). Wibroakustyka stosowana. Warszawa - Poznań, PWN
- [2] Juliszewski T., (1996) Zróżnicowanie hałasu ciągników rolniczych w obrębie jednego typu. III Sympozjum Ekodiesel 96. Warszawa 25-26 IV 1996, Wyd. SGGW
- [3] Engel Z., (1993). Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa
- [4] Engel Z., Sikora J., (1998) Obudowy dźwiękochłonnaizolacyjne. Podstawy projektowania i stosowania. Wydawnictwa AGH
- [5] Juliszewski T., Górski A., Zalewski P., (1996) Badanie dźwięku agregatów rolniczych. Zastosowania Ergonomii. 1996, nr 2/3
- [6] Mazur j., Stolarczyk Z., (1982) Podręcznik traktorzysty-operatora. Cz. 1. Ciągniki rolnicze. PWRiL Warszawa

- [7] Norma PN-ISO 7216: 1996 Akustyka. Ciągniki kołowe i samobieżne maszyny rolnicze i leśne. Poziom hałas zewnętrzny emitowany podczas jazdy
- [8] Peng c., Lines J. A., (1995) Noise propagation in the agricultural environment. *Journal of Agricultural Engineering Research* 1995/75 s. 73-80
- [9] Rada Ministrów (2002) Polityka ekologiczna państwa na lata 2003–2006 z uwzględnieniem perspektyw na lata 2007-2010
- [10] Puzyna Cz., (1974). Zwalczanie hałasu w przemyśle. Zasady ogólne. WNT Warszawa
- [11] Sadowski J., (1971). Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie. Arkady. Warszawa
- [12] Solecki L., (1975). Źródła hałasu ciągnika rolniczego oraz metody ich wyciszenia. *Ochrona pracy*. 1975, nr 2
- [13] Solecki L., (1996) Zagrożenie hałasem operatorów ciągników i samojezdnych maszyn rolniczych oraz sposoby jego ograniczania. *Zastosowania Ergonomii*. 1996, nr 2
- [14] Stańczyk A. K., (1997) Ograniczenie poziomu dźwięku ciągnika Massey Ferguson 235 przez zastosowanie osłon akustycznych wokół silnika. Praca magisterska wykonana w KEMR AR w Krakowie
- [15] Zakrzewski T., (1997) Akustyka budowlana. Wyd. Politechniki Śląskiej w Gliwicach.