



Politechnika Wrocławska

Poprawka impulsowa w ocenie hałasu w środowisku

Barbara Rudno-Rudzińska

Przemysław Plaskota

Laboratorium Badawcze Akustyki

www.lba.pwr.edu.pl



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



LII SZ ASIW Warsztaty - Szczyrk, luty 2025

Wprowadzenie - zagadnienia

- Poprawka impulsowa, metody jej wyznaczania
- Poprawka impulsowa w krajowej metodyce referencyjnej pomiaru hałasu impulsowego
- Aktualny stan wiedzy i badań dotyczący stosowania poprawki impulsowej
 - Metoda obiektywna Nordtest NT 112:2002
 - Norma ISO/PAS 1996-2:2022
- Przykład zastosowania metody Nordtest
- Poprawka impulsowa w regulacjach prawnych stosowanych w innych krajach

Poprawka impulsowa

Metodologia jej wyznaczania

- Poprawka impulsowa - korekcja na odczuwaną subiektywnie większą uciążliwość dźwięku impulsowego niż dźwięku ciągłego o takim samym równoważnym poziomie dźwięku
- Metody wyznaczania - porównanie mierzalnych parametrów akustycznych (L_{AE} , L_{Aeq}) dźwięku impulsowego i dźwięku odniesienia oraz ich subiektywnej oceny uciążliwości
 - dźwięk odniesienia - hałas przejeżdżającego samochodu dla pomiaru L_{AE} lub hałas ruchu drogowego dla L_{Aeq}
 - pomiar: w warunkach terenowych lub laboratoryjnych

Poprawki impulsowe stosowane w Polsce

- Podstawa prawna - rozp.MKiŚ z dnia 07.09.2021r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji, Załącznik nr 8
- Rozporządzenie zawiera tabelę z poprawkami impulsowymi, które należy stosować oraz przywołuje normy:
 - ✓ PN-ISO 10843 Metody opisu i pomiaru pojedynczych impulsów lub serii impulsów (2002)
 - ✓ PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002 Akustyka - opis i pomiary hałasu środowiskowego

Rodzaje dźwięków impulsowych i poprawki impulsowe

Tabela z rozp. MKiŚ z dnia 07 września 2021 r.

Rodzaj dźwięku	Poprawka impulsowa do wyników pomiarów parametrów impulsów, w dB	
	Pomiar ekspozycyjnych poziomów dźwięku w odniesieniu do pojedynczych impulsów	Pomiar równoważnego poziomu dźwięku impulsowego, z zawartością impulsów akustycznych
Dźwięk o dużej impulsowości	12	11,7
Dźwięk impulsowy o dużej energii	12	12
Typowy dźwięk impulsowy	5	3

Kwalifikacja rodzaju dźwięku impulsowego

Norma PN-ISO 1996-2/1999/A1:2002

- Zastosowano definicje kategoryzujące dla różnych typów dźwięków impulsowych na podstawie rodzaju źródła, które wytwarza ten dźwięk
- Ustalono trzy rodzaje dźwięków impulsowych
 - **dźwięk o dużej impulsowości:** np. wystrzały z broni, źródła przemysłowe jak katar, młotkowanie, zderzenia wagonów na stacji rozrządowej
 - **dźwięk impulsowy o dużej energii:** np. wybuchy ale też uzbrojenie wojskowe np. ogień broni pancernej
 - **typowy dźwięk impulsowy:** np. dzwony kościelne, trzaskanie drzwiami od samochodu, gra w piłkę na wolnym powietrzu
- Uzasadnienie: brak obiektywnej metody kwalifikacji rodzaju impulsów

Dźwięk o dużej impulsowości - definicja

- Dźwięk o dużej impulsowości zdefiniowany jest jako dźwięk wytwarzany przez źródło należące do jednej z wymienionych kategorii:
 - wystrzał z broni strzeleckiej,
 - młotkowanie metalu, młotkowanie drewna, kafar z młotem wolnospadającym, kucie matrycowe, młotkowanie pneumatyczne, rozbijanie nawierzchni,
 - uderzenia metaliczne podczas operacji na kolejowych stacjach rozrządowych,
 - bądź dźwięki o porównywalnej charakterystyce oraz stopniu uciążliwości

Jak określone zostały wartości poprawki impulsowe do celów normy PN-ISO 1996

- Norma PN ISO 1996-2/1999/A1:2002
- Postawa - wyniki badań z lat 80-tych i 90-tych ubiegłego wieku (Załącznik informacyjny A)
- Stwierdza się: „*Wyniki badań naukowych wskazują, iż poprawki dźwięku impulsowego nie są stałe*”
- Ustalenia, dla pomiarów LAE:
 - Dźwięk o dużej impulsowości
 - badania - poprawki w zakresie od 8 dB do 15 dB
 - przyjęto arbitralnie - 12 dB
 - Typowy dźwięk impulsowy
 - badania - poprawki w zakresie od 2 dB do 7 dB
 - przyjęto arbitralnie - 5 dB

Normy ISO 1996-1:2016 i ISO 1996-2:2017

- W aktualnej normie ISO 1996-1:2016(E), źródło dźwięku o dużej impulsowości zostało zdefiniowany jako: „*source with highly impulsive characteristics and a high degree of intrusiveness*” (pkt. 3.5.2)
- Definicja uwzględnia zatem dwie cechy charakteryzujące źródło dźwięku impulsowego: charakter impulsu oraz subiektywne odczucie dokuczliwości
- Nadal brak kryteriów oceny
- Wartość poprawek bez zmian - brak nowych badań

Skutki zapisów normy PN-ISO 1996-2/1999/A1 dla oceny hałasu impulsowego

- Stała wartość poprawki impulsowej, niezależna od rzeczywistych parametrów impulsu akustycznego w punkcie odbioru, które wpływają na odczucie uciążliwości
- Problem dla sytuacji punkty odbioru w dużej odległości od źródła dźwięku czy zastosowanie zabezpieczeń akustycznych
 - zmiana parametrów impulsów akustycznych
 - subiektywnie: dźwięki ciche, słabo słyszalne
- W Polsce - problem kwalifikacji dźwięków impulsowych i stosowanej poprawki impulsowej
 - Wszótek T., Kukulski B., Mleczko D., Analiza przydatności wybranych parametrów akustycznych w klasyfikacji dźwięków wysokoimpulsowych. Postępy Akustyki 2016,
 - Kukulski B., Wszótek T., Development of parameter-based criteria for applying adjustment for highly impulsive sound sources, Applied Acoustics 185 (2022)

Aktualny stan badań i normalizacji

- Rajala V., Hongisto V., Annoyance penalty of impulsive noise – The effect of impulse onset, Building and Environment (V.168) 2020
 - wyniki badań laboratoryjnych wykazujące zależność uciążliwości dźwięku impulsowego od parametrów akustycznych impulsu
 - potwierdzenie dobrej zgodności wyników oceny eksperymentalnych z oceną wg obiektywnej metody Nordtest
- Manvell D., Pedrersen T., The Development of ISO/PAS 1996-3 on Impulsive Sound Prominence, Euronoise 2021
- ISO/PAS 1996-3:2022 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise, Part 3: Objective method for the measurement of prominence of impulsive sounds and for adjustment of L_{Aeq}

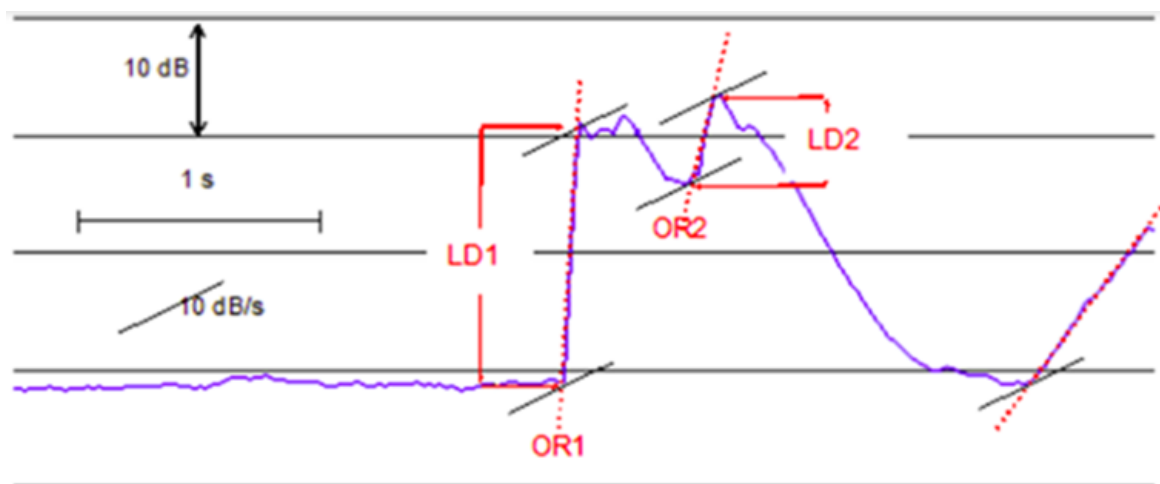
Nordest Method, Acoustics: Prominence of Impulsive Sounds and for Adjustment of L_{Aeq}

- Metoda obiektywna określania poprawki K_1 na podstawie parametrów akustycznych impulsu
- Model opracowany na podstawie badań eksperymentalnych, głównie z wykorzystaniem przemysłowych źródeł hałasu impulsowego

Założenia:

- Uciążliwość hałasu impulsowego wzrasta wraz ze wzrostem słyszalności impulsów
- Słyszalność impulsów wyrażana jest przez parametr P (*prominence P*)
- *Prominence P* zależy od szybkości narastania impulsu OR [dB/s] i różnicy poziomów dźwięku LD [dB] w impulsie

Metoda Nordtest NT 112



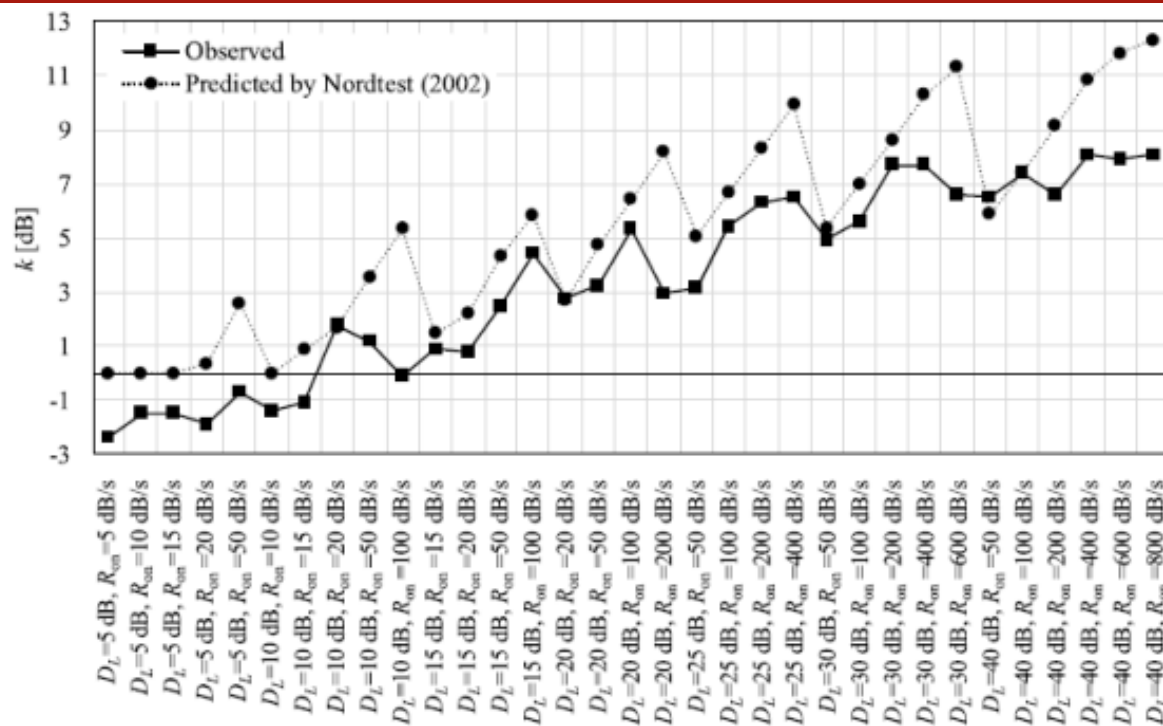
Mierzone wielkości dla każdego impulsu: OR [dB/s], LD [dB]

Obliczenie parametru P: $P = 3 \log(OR) + 2 \log(LD)$

Poprawka impulsowa K_I :

$K_I = 1,8(P-5)$ dla $P > 5$ i $K_I = 0$ dla $P \leq 5$

Wyniki badań Rajala V., Hongisto V.



Wyznaczona eksperymentalnie i przewidywana wg metody Nordtest poprawka impulsowa K_I ; oznaczenia D_L - różnica poziomów w impulsie w dB, R_{on} - szybkość narastania impulsu w dB/s

[Rajala V., Hongisto V., Annoyance penalty of impulsive noise - The effect of impulse onset, *Building and Environment* (V.168) 2020]

Norma ISO/PAS 1996-3:2022(E) (1)

- Propozycja normy opracowana została przez grupę roboczą ISO TC43/SC1
- Podstawa - metoda Nordest NT 112, dostosowana do wymagań norm ISO 1996 i zalecanymi ograniczeniami
- Poprawkę K_I można wyznaczać bezpośrednio wg metody Nordtest lub wykorzystywać do kategoryzacji dźwięku impulsowego i zastosować poprawki jak w ISO 1996-1
 - $K_I = 0$ - dźwięk nie jest impulsowy
 - $0 < K_I \leq 5$ - typowy dźwięk impulsowy
 - $K_I > 5$ - dźwięk o dużej impulsowości

Norma ISO/PAS 1996-3:2022(E), (2)

- Zalecana do źródeł o charakterze przemysłowym
- Dodatkowa lista przykładów źródeł hałasu impulsowego, np. dostawa towarów, rampy deskorolkowe
- Nie jest zalecana do stosowania do hałasu impulsowego powodowanego wystrzałami z broni palnej, chociaż pomiary parametru P mogą dawać istotne wyniki do celów kategoryzacji
- Nie jest przeznaczona do stosowania w przypadku wysokoenergetycznych impulsowych źródeł dźwięku określonych w normie ISO 1996-1

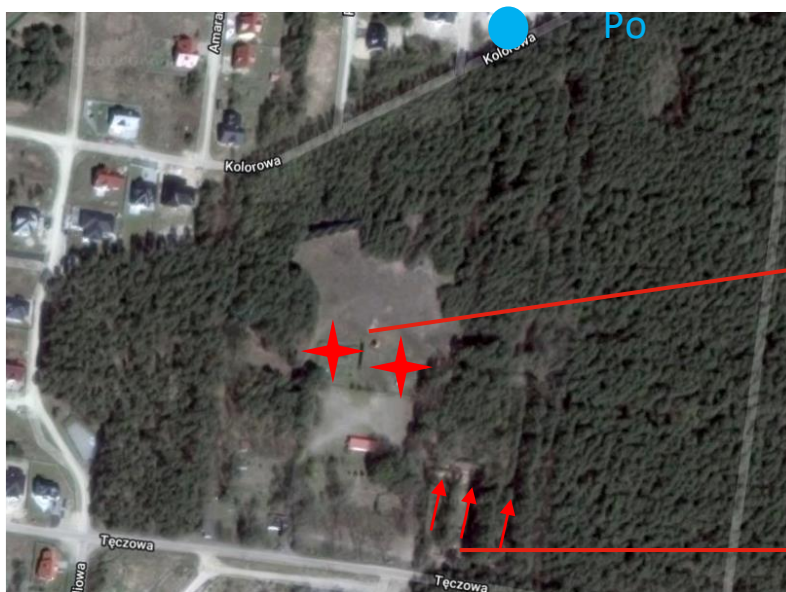
Norma ISO/PAS 1996-3:2022(E), (3)

Zalecane kierunki badań nad odpowiednimi źródłami w celu wsparcia rozwoju PAS w pełną normę ISO:

- Badania na rzeczywistych sygnałach dźwiękowych
 - na rzeczywistych dużych odległościach
 - wpływ warunków propagacji
 - dla rzeczywistych stosunków sygnału do szumu
- Badania dotyczące korelacji K_1 z parametrem P dla impulsów o bardzo dużej szybkości narastania
- Badania rzeczywistych społeczności narażonych na rzeczywisty hałas impulsowy

Przykład zastosowania metody Nordtest

Strzelnica myśliwska



Broń śrutowa



Broń kulowa

Odległość Po do stanowisk strzeleckich -
broń śrutowa - 270, broń kulowa - 350 m
Pomiar w warunkach symulowanych -
strzały oddawane tylko na 1 stanowisku

Strzały z broni śrutowej na stanowisku 1

Liczba oddanych strzałów - 10

Parametry pomiaru: A, Fast, krok 10 ms

N	LAE	LD	OR	P	KI
	[dB]	[dB]	[dB/s]		[dB]
1	63,2	31,9	456	11,0	10,8
2	63,7	33	366	10,7	10,3
3	63,4	34,4	382	10,8	10,5
4	62,1	32,6	362	10,7	10,3
5	61,7	30,1	273	10,3	9,5
6	61,8	30,7	341	10,6	10
7	61,3	32,5	250	10,2	9,4
8	60,4	28,6	286	10,3	9,5

Strzały z broni śrutowej na stanowisku 2

Liczba oddanych strzałów - 10

Parametry pomiaru: A, Fast, krok 10 ms

N	LAE	LD	OR	P	KI
	[dB]	[dB]	[dB/s]		[dB]
1	63,7	30,9	182	9,8	8,6
2	62,3	30,7	192	9,8	8,7
3	68,7	18,4	367	10,2	9,4
4	65,5	33,2	829	11,8	12,2
5	65,8	32,6	362	10,7	10,3
6	68,4	16,1	268	9,7	8,4
7	69,1	34,6	494	11,2	11,1
8	67,3	34,9	498	11,2	11,1
9	68,2	19,4	387	10,3	9,6

Strzały z broni kulowej na stanowisku K1

Liczba oddanych strzałów - 10

Parametry pomiaru: A, Fast, krok 10 ms

N	LAE	LD	OR	P	KI
	[dB]	[dB]	[dB/s]		[dB]
1	53,5	15,5	258	9,6	8,3
2	54,3	16,3	233	9,5	8,2
3	53,5	13,1	218	9,3	7,7
4	54,3	10,3	128	8,4	6
5	53,7	17,4	249	9,7	8,4
6	53,3	16,6	208	9,4	7,9

Strzały z broni kulowej na stanowisku K2

Liczba oddanych strzałów - 10

Parametry pomiaru: A, Fast, krok 10 ms

N	LAE	LD	OR	P	KI
	[dB]	[dB]	[dB/s]		[dB]
1	-	8,2	63	7,2	4
2	-	7,6	63	7,2	3,9
3	42,9	9,1	65	7,4	4,3
4	41,8	9,3	72	7,5	4,5
5	43,0	11,9	79	7,8	5,1

Strzały z broni kulowej na stanowisku K3

N	LAE	LD	OR	P	KI
	[dB]	[dB]	[dB/s]		[dB]
1	49,8	15,6	82	8,1	5,6
2	49,5	13,5	75	7,9	5,2
3	49,5	16,2	85	8,2	5,8
4	50,2	19,2	96	8,5	6,3
5	50,5	15,3	76	8,0	5,4
6	50,5	17,6	88	8,3	6,0
7	50,3	16,3	74	8,0	5,5
8	50,9	20,0	105	8,7	6,6
9	51,7	23,1	121	9,0	7,2
10	51,5	20,1	106	8,7	6,6

Regulacje stosowane w innych krajach

- Norma ISO 1996-2:199/A1 lub w nowszym wydaniu norma ISO 1996-1:2017 nie są powszechnie stosowane do określania uciążliwości hałasu impulsowego w regulacjach prawnych w innych krajach
- Poprawki impulsowe zalecane do stosowania w krajowych metodykach są mniejsze niż te podane w normie ISO 1996-2:
 - w Szwecji poprawka impulsowa wynosi 5 dB,
 - we Włoszech - 3 dB,
 - w Szwajcarii stosuje się poprawkę 0, 2, 4 i 6 dB,
 - w Niemczech od 3 dB do 6 dB,
 - w Wielkiej Brytani : 0, 3, 6 lub 9 dB

British Standard BS 4142

- Dopuszcza się stosowanie metody subiektywnej oraz metody obiektywnej opartej na metodzie Nordtest
- W obu metodach dopuszcza się stosowanie poprawki impulsowej nie większej niż 9 dB
- W subiektywnie przyjmuje się:
 - 3 dB - jeżeli impulsowość dźwięku jest po prostu wyczuwalna w punkcie odbioru,
 - 6 dB - jeżeli impulsowość jest wyraźnie wyczuwalna,
 - 9 dB - jeżeli impulsowość bardzo wyczuwalna

Ocena należy do wykonującego badania

Szwajcaria - Noise Abatement Ordinance

- Wartość poprawki impulsowej ustala się subiektywnie, uwzględniając słyszalność hałasu impulsowego w punkcie odbioru. Zalecana poprawka wynosi
 - dla niesłyszalnej zawartości hałasu impulsowej: 0 dB
 - dla słabo słyszalnego hałasu impulsowego: 2 dB
 - dla wyraźnie słyszalnego hałasu impulsowego: 4 dB
 - dla silnie słyszalnego hałasu impulsowego: 6 dB

Podsumowanie

- Podstawowy problem - mała liczba badań
- Uciążliwość hałasu impulsowego zależy od parametrów impulsu:
 - szybkości narastania w dB/s oraz
 - różnicy poziomów dźwięku w impulsie, w dB
- Krajowa metodyka referencyjna pomiaru hałasu impulsowego powinna zostać zaktualizowana