



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

„Monitorowanie narażenia na hałas i szacowanie ryzyka uszkodzenia
słuchu u pracowników różnych grup zawodowych”
Łódź, 04 listopada 2020 r.

Skutki ekspozycji zawodowej na hałas ultradźwiękowy – przegląd piśmiennictwa



**Adam Dudarewicz,
Małgorzata Pawlaczyk-Łuszczczyńska**

**Zakład Zagrożeń Fizycznych
Instytut Medycyny Pracy w Łodzi**



*Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia*





SKUTKI EKSPOZYCJI ZAWODOWEJ NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

- Oddziaływanie ultradźwięków z ośrodkami propagacji fal akustycznych zależy od częstotliwości. Powoduje ono występowanie różnych zjawisk fizycznych, które są wykorzystywane w różnych procesach przemysłowych, w medycynie lub w życiu codziennym.
- Zróżnicowane oddziaływanie ultradźwięków z ośrodkami propagacji prowadzi również do pojawienia się różnorodnych skutków biologicznych w organizmach poddanych ekspozycji.



SKUTKI EKSPOZYCJI ZAWODOWEJ NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Odziaływanie ultradźwięków z ośrodkiem propagacji stanowiło podstawę do podziału ultradźwięków na ultradźwięki o niskiej lub wysokiej częstotliwości.

- Ultradźwięki o częstotliwości poniżej 100 kHz mogą służyć do modyfikacji ośrodka propagacji, np. w przypadku zastosowań medycznych do zabiegów terapeutycznych.
- Ultradźwięki o wysokiej częstotliwości mogą znaleźć zastosowania w diagnostyce medycznej czy w defektoskopii przemysłowej.



ZASTOSOWANIA ULTRADŹWIĘKÓW

Zakresy częstotliwości ultradźwiękowej w zastosowaniach medycznych lub przemysłowych

- wysokie częstotliwości (~20 MHz); defektoskopia, diagnostyka medyczna
- częstotliwości „średnie” (0,7-3 MHz); procedury terapeutyczne
- częstotliwości „niskie” (**20-200 kHz**) zastosowania terapeutyczne i przemysłowe



ZASTOSOWANIA ULTRADŹWIĘKÓW

Propagacja ultradźwięków w ośrodku

Na przykład w:

- Medycyna (diagnostyka medyczna)
- Przemysł (defektoskopia)
- Gospodarka morska/marynarka wojenna (nawigacja/sonary)



ZASTOSOWANIA ULTRADŹWIĘKÓW

Modyfikowanie ośrodka propagacji ultradźwięków

Na przykład w:

– **Medycyna**

- Procedury terapeutyczne
- Chirurgia
- Litotrypsja

– **Przemysł**

- Maszynowy, tekstylny (obróbka materiałów)
- Spożywczy (sterylizacja itd.)



Zastosowania ultradźwięków w przemyśle spożywczym

- Filtrowanie
- Odpienianie
- Odgazowanie/odpowietrzenie
- Depolimeryzacja
- Gotowanie
- Formowanie i wyłaczanie
- Cięcie
- Zamrażanie i krystalizacja
- Rozmrażanie
- Suszenie
- Solenie i marynowanie
- Sterylizacja/pasteryzacja
- Homogenizacja

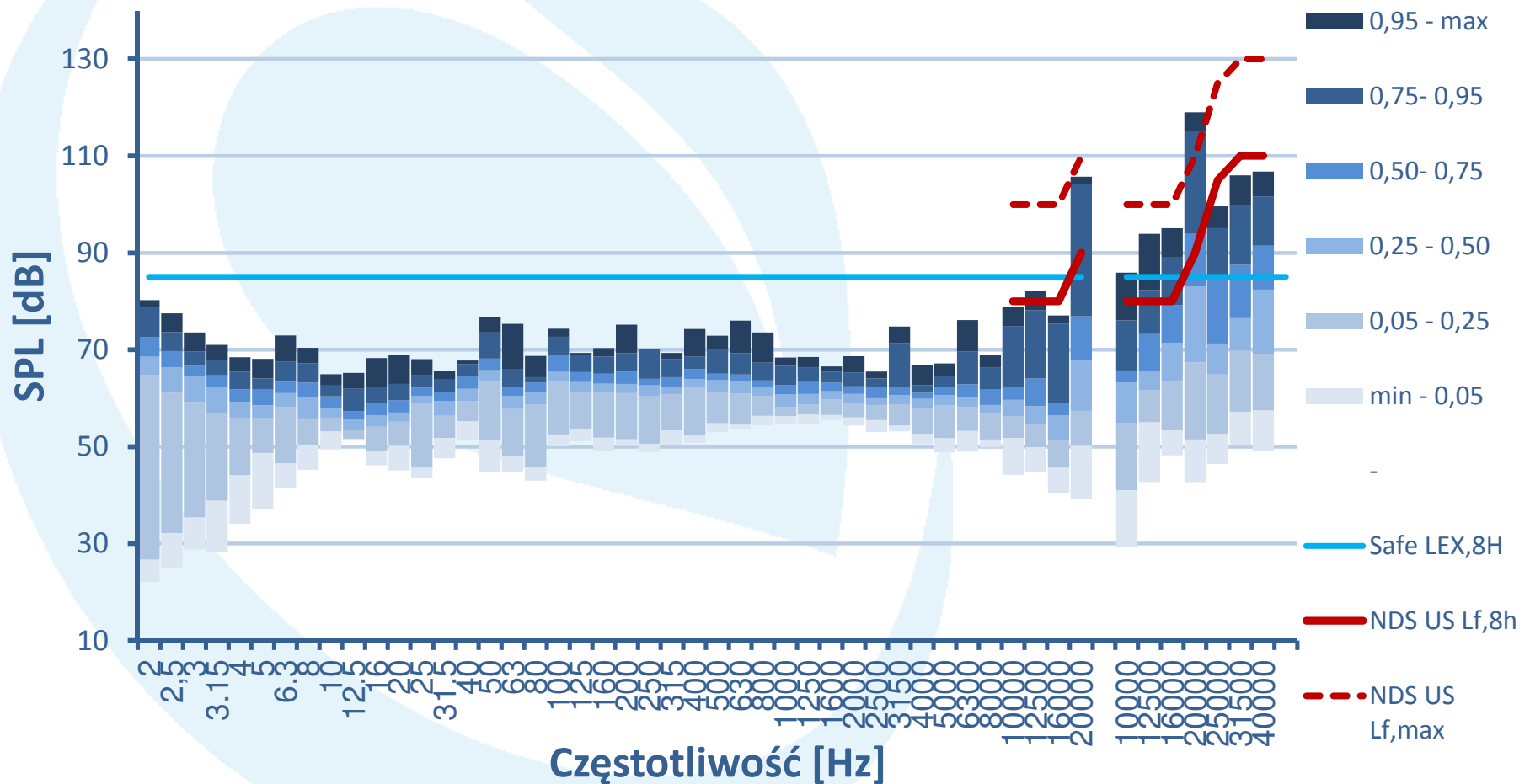


ZASTOSOWANIA ULTRADŹWIĘKÓW

**Niskich częstotliwości (LF) (20-100 kHz)
wykorzystywane w medycynie w licznych
zastosowaniach terapeutycznych**

- Sonoforeza (podawanie leku przez skórę)
- Stomatologia
- Chirurgia oka
- Sonothromboliza (eliminacja zakrzepów krwi).

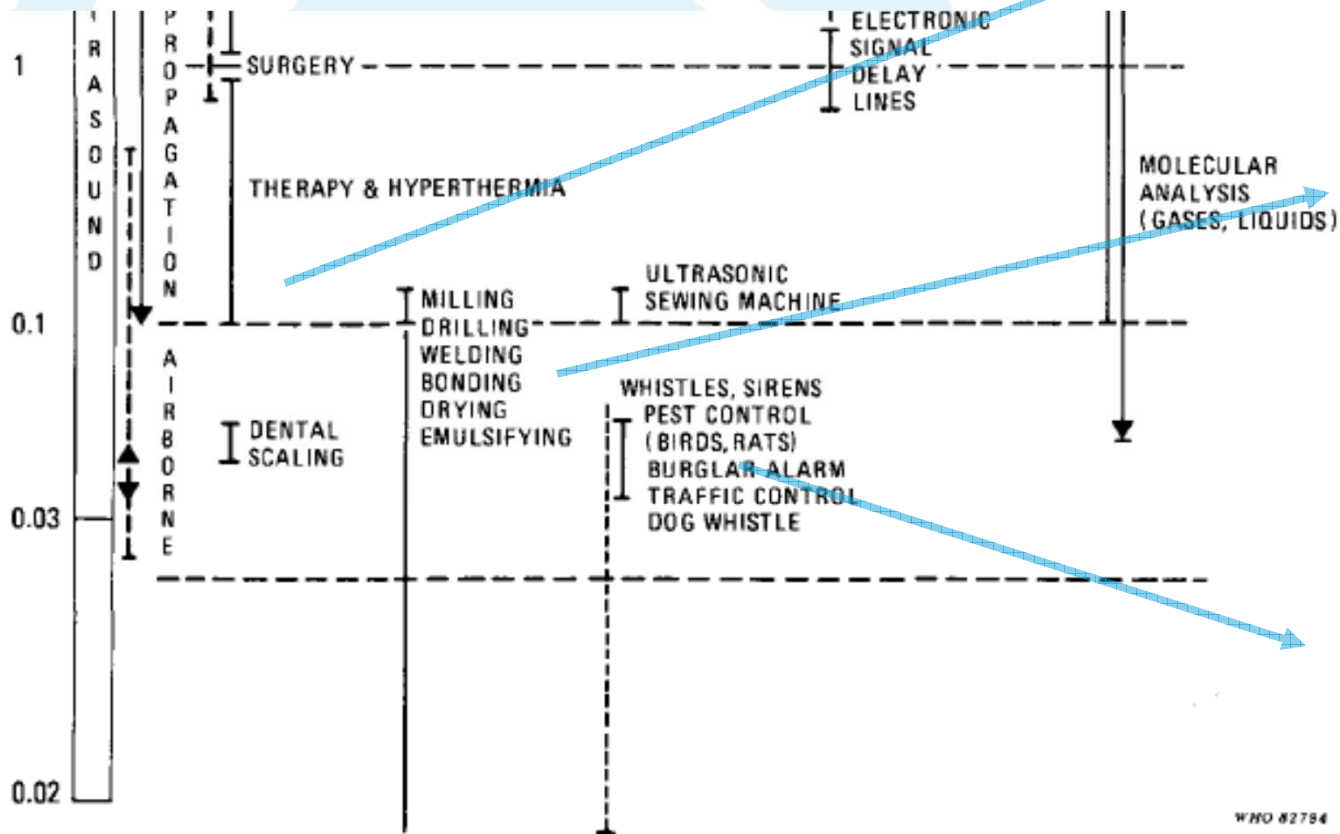
***Większość przemysłowych zastosowań ultradźwięków o
dużej mocy również dotyczy tego zakresu częstotliwości.***



Widma hałasów na stanowiskach z technologicznymi urządzeniami ultradźwiękowymi niskiej częstotliwości. Słupki przedstawiają rozkłady poziomów dźwięku w pasmach tercjowych.



Ultradźwięki - zastosowanie



Medycyna
Chirurgia
Terapeutyczne
Stomatologia

Przemysłowe
Mielenie
Wiercenie
Zgrzewanie
Klejenie
Suszenie
Emulgacja

Inne
Odstraszanie szkodników
Systemy alarmowe

Fig. 6. The ultrasound spectrum. Applications of ultrasound in medicine, industry, consumer products, signal processing and testing, are shown in relation to ultrasound frequency in megahertz (Modified from: IRPA, 1977).



SKUTKI EKSPozyCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Skutki oddziaływania hałasu ultradźwiękowego można podzielić na cztery grupy:

- słuchowe
- inne efekty (głównie subiektywne)
- fizjologiczne
- termiczne



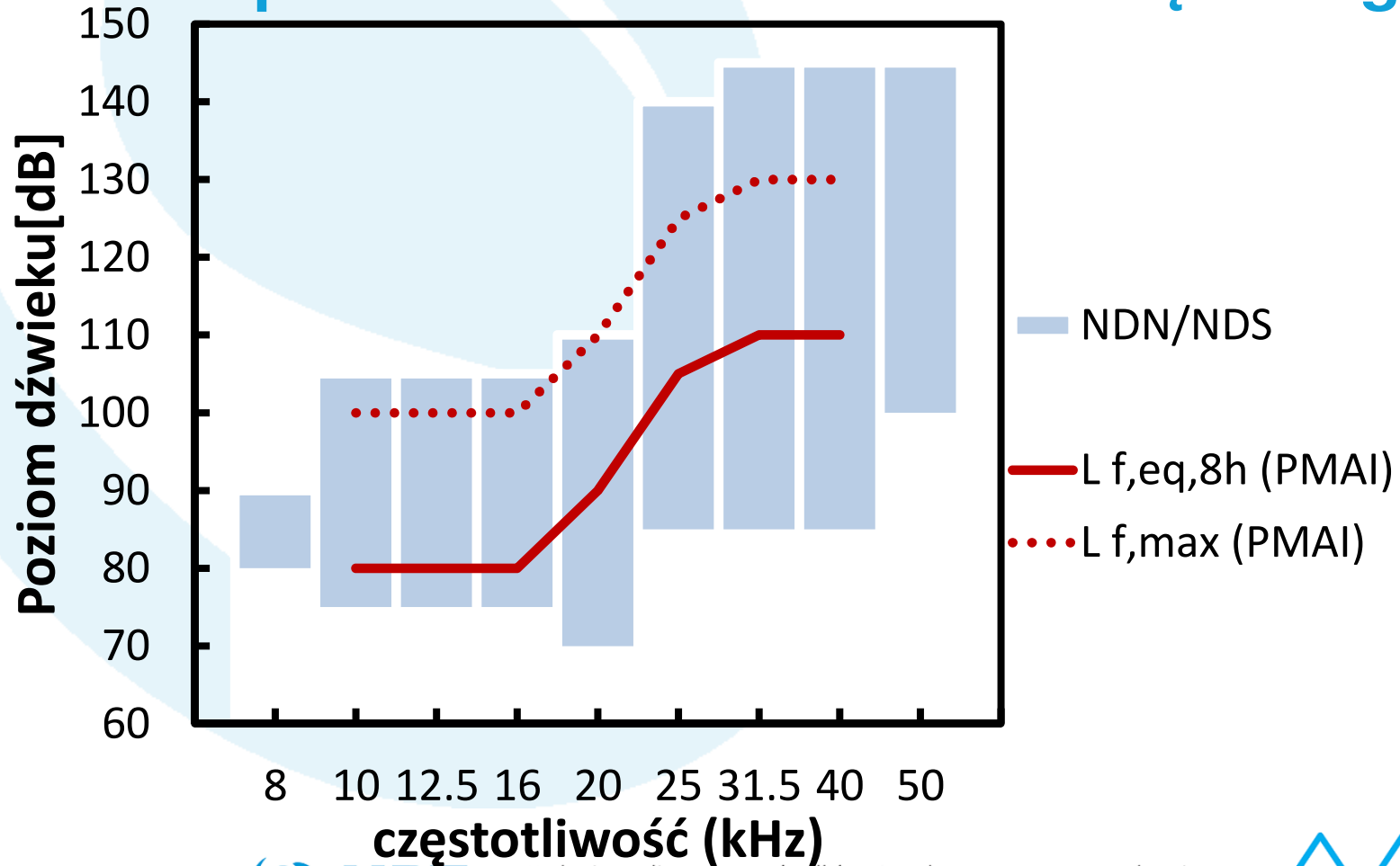
SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

- skutki słuchowe i pozasłuchowe

- W badaniach skutków słuchowych prowadzonych wśród pracowników przemysłowych narażonych na hałas ultradźwiękowy niskiej częstotliwości odnotowano zmiany stanu słuchu osób narażonych na ultradźwięki i obserwowano czasowe przesunięcie progu słuchu dla hałasu ultradźwiękowego w zakresie 17-37 kHz (148-154 dB).
- Zaobserwowano szybsze pogorszenie progu słuchu w zakresie częstotliwości 13-17 kHz (80-102 dB dla 10-18 kHz i 100-116 dB dla > 20 kHz).
- Zarejestrowano przypadki zaburzeń równowagi przy ekspozycji 120 dB (20 kHz).



Stanowiska pracy wartości dopuszczalne hałasu ultradźwiękowego





SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Zmiany fizjologiczne

- Pojawiają się przy ekspozycji na hałas ultradźwiękowy o częstotliwościach przekraczających 10 kHz.
- Poziomy ciśnienia akustycznego dźwięków przekraczające 110 dB mogą wywoływać, przy długotrwałym narażeniu, wzrost poziomu cukru we krwi i zaburzenie równowagi elektrolitycznej w tkankach nerwowych.



SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Skutki subiektywne

- Obserwowano przy poziomach ciśnienia akustycznego przekraczających 75 dB (do 16 kHz) i 110 dla częstotliwości od 20 kHz.
- Niektórzy narażeni skarżyli się na zmęczenie, bóle głowy, nudności, szумы uszne i wymioty.
- Narażeni zgłaszali również pojawienie się nieprzyjemnego uczucia pełności lub ucisku w uszach, odczucie ucisku w nosie lub wewnątrz jamy ustnej.



SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Skutki termiczne

- Długotrwała wysoka temperatura może powodować
 - Oparzenia
 - Martwicę tkanek
- Temperatura do 41-45⁰C do 5 minut może mieć skutki terapeutyczne
 - Zwiększenie przepływu krwi
 - Zmniejszenia skurczu mięśni

Łagodne ogrzewanie odczuwane w zagłębieniach skóry (140 dB).

Przy poziomach powyżej 160 dB stwierdzono ogrzewanie powierzchni ciała.

Obserwowano przypadki zaćmy u operatorów urządzeń ultradźwiękowych.



SKUTKI EKSPOZYCJI NA ULTRADŹWIĘKI

Ludzie

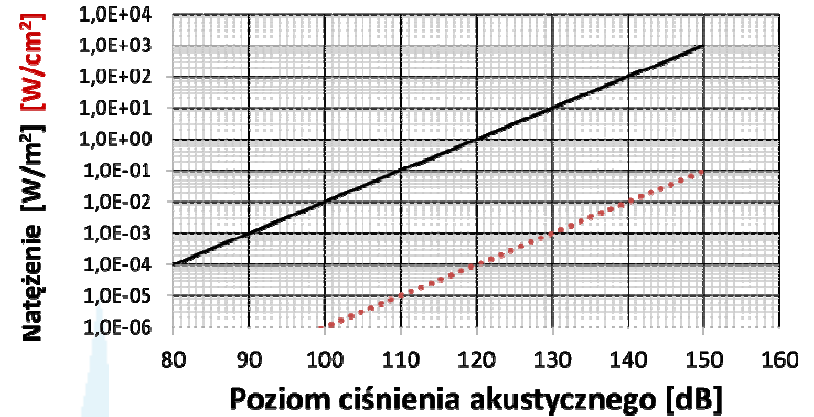
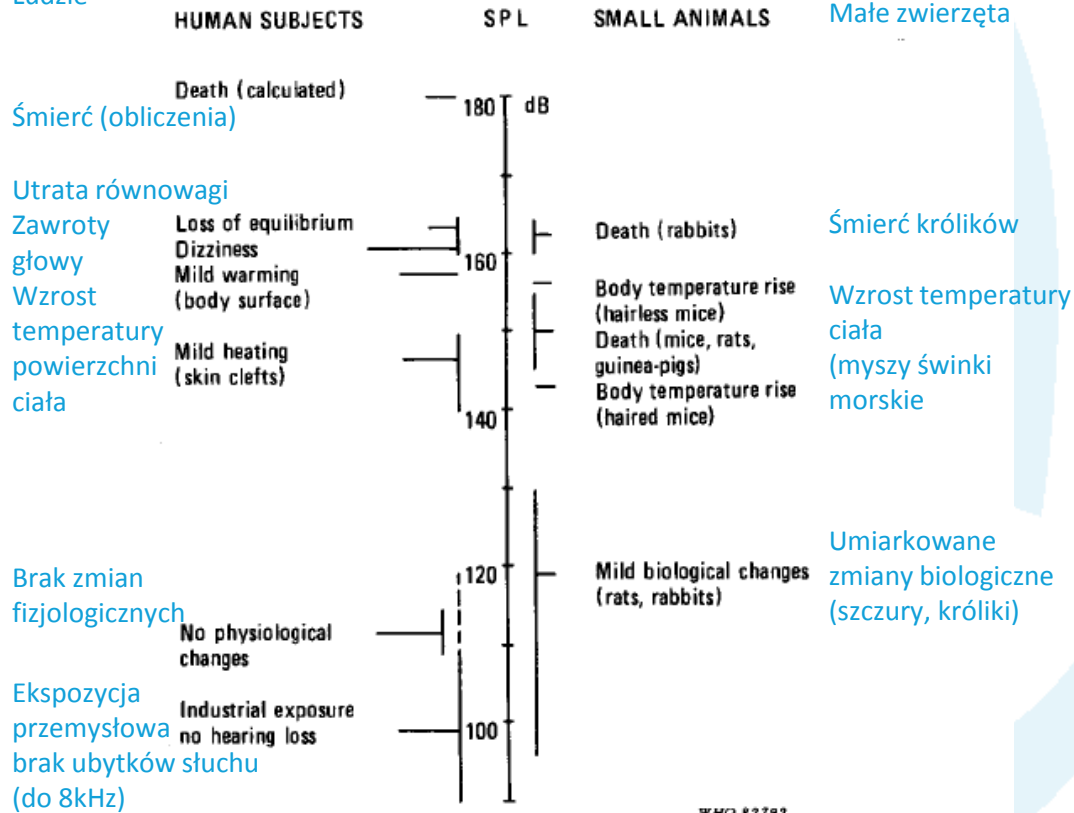


Fig. 8. Reported physiological effects in human beings and animals from exposure to airborne ultrasound (From: Acton, 1974).

Environmental Health Criteria 22; ULTRASOUND

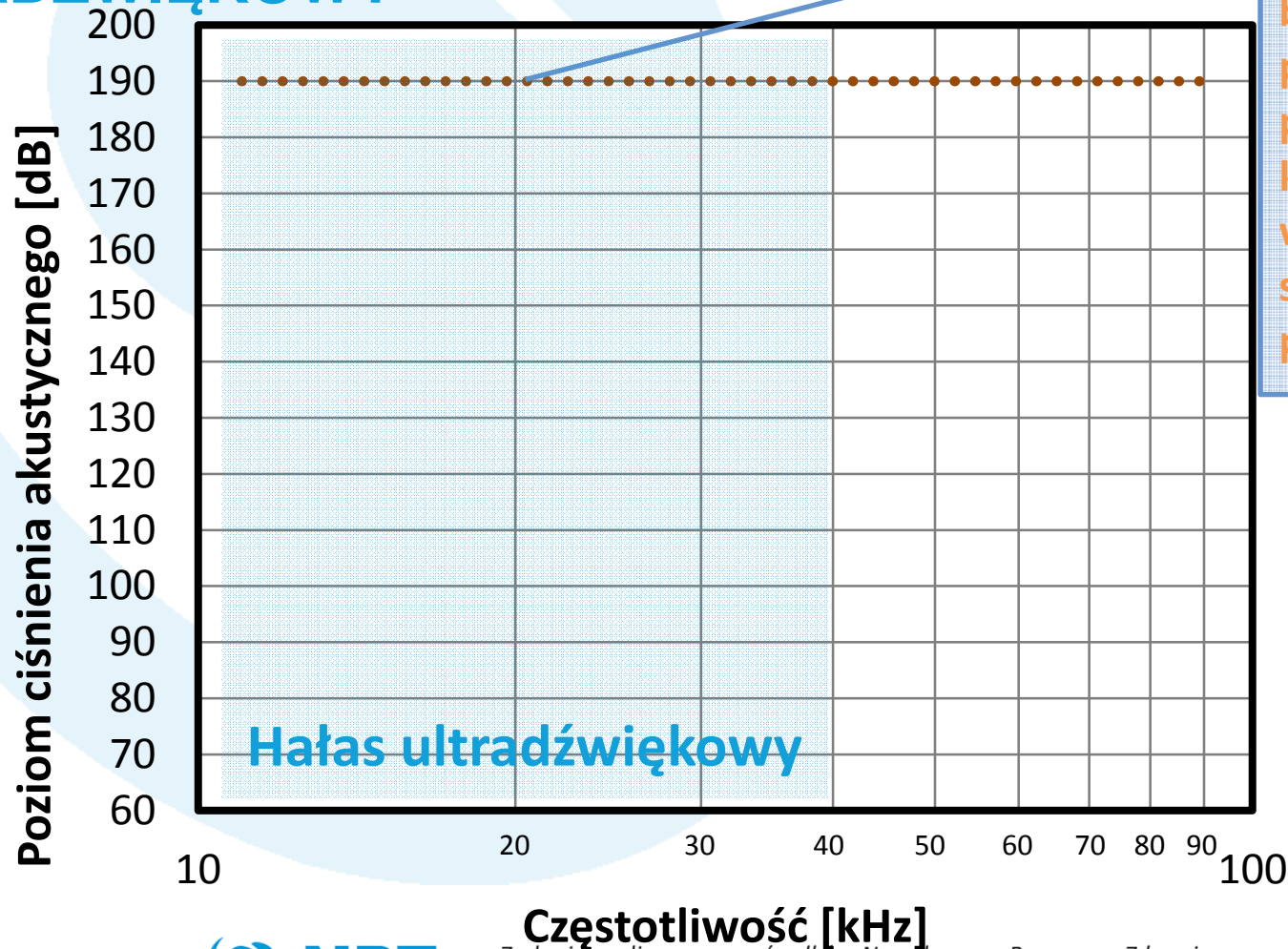
World Health Organization, Geneva, 1982

Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia





SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

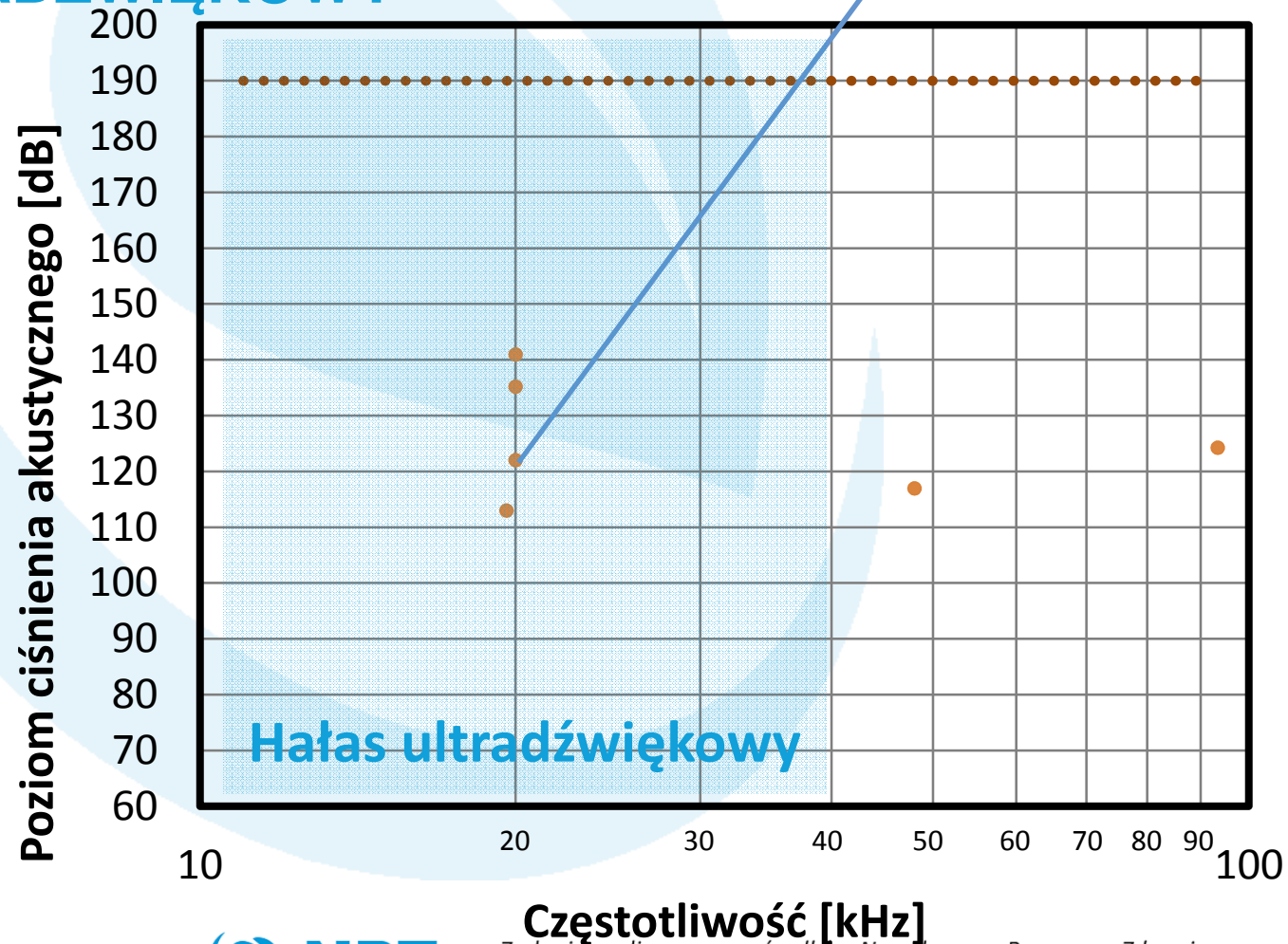


Kawitacja obserwowana w trakcie badań lab. przy poziomach które nie występują na stanowiskach pracy



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY



Kawitacja;
wnikające przez
inne ośrodki

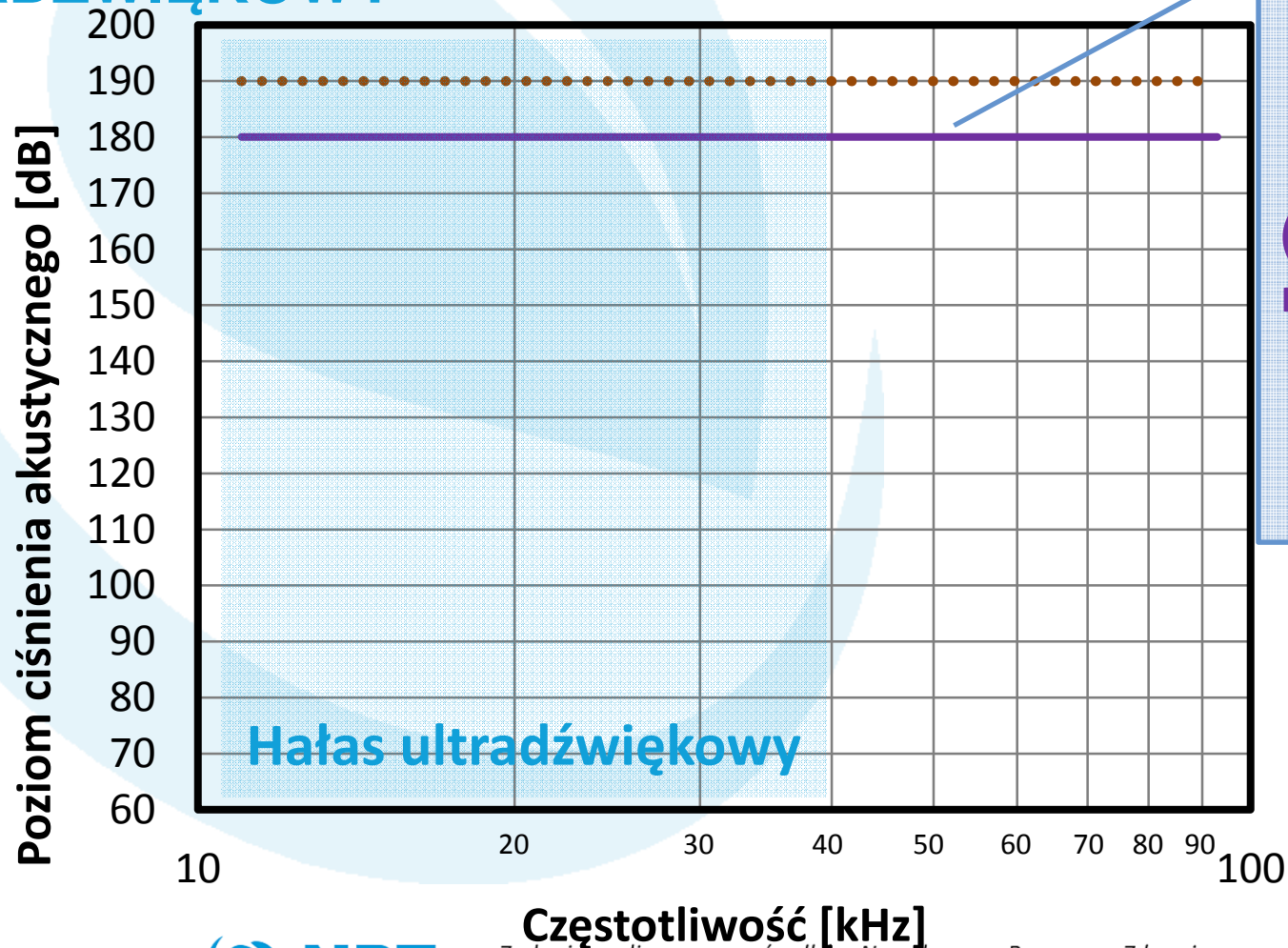


Częstotliwość [kHz]
Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia





SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

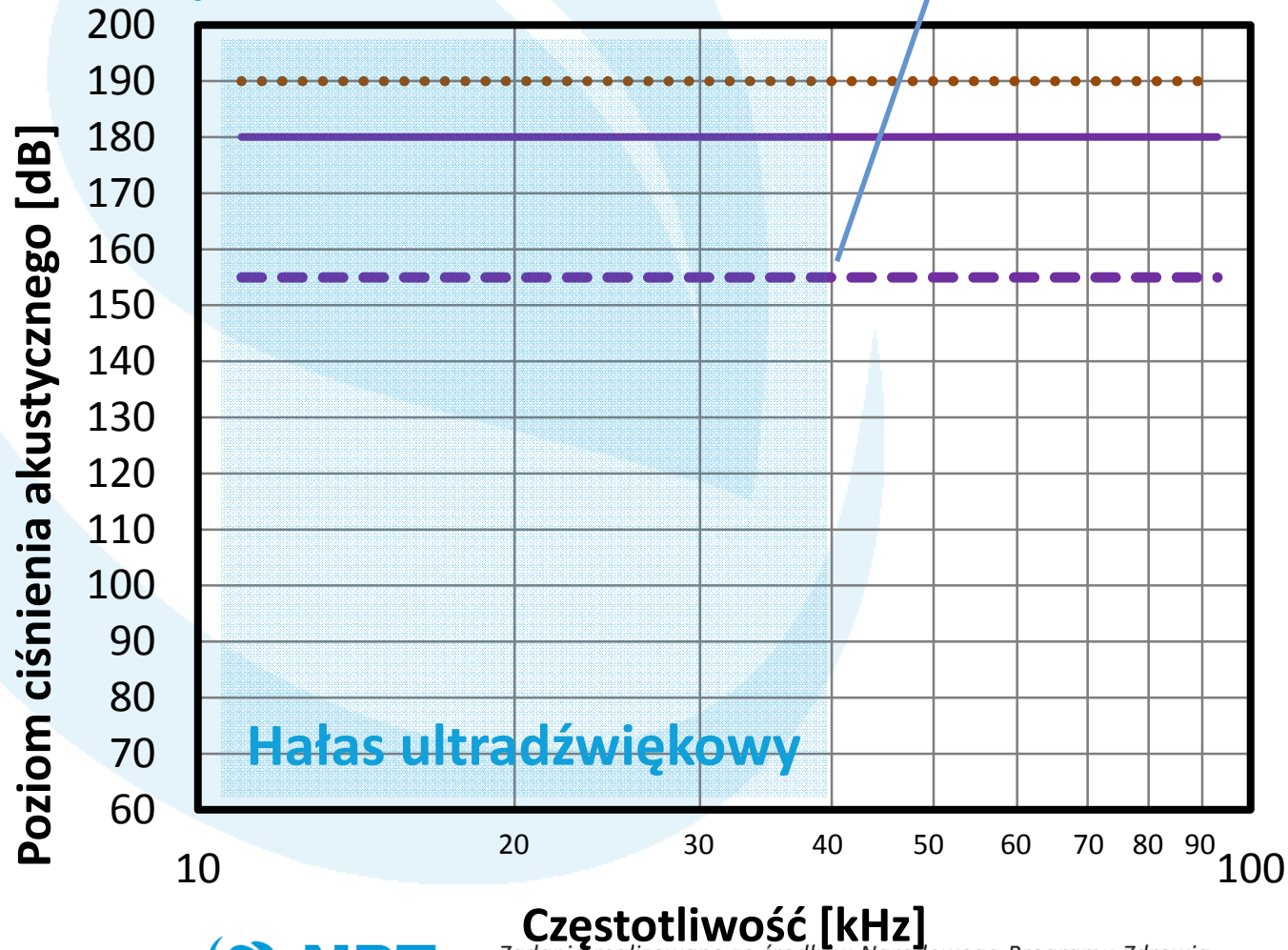


Termiczne;
śmierć z
powodu
hipertermii
(oszacowane,
na podstawie
badań na
zwierzętach)



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY



Termiczne;
Niekorzystne skutki
zdrowotne

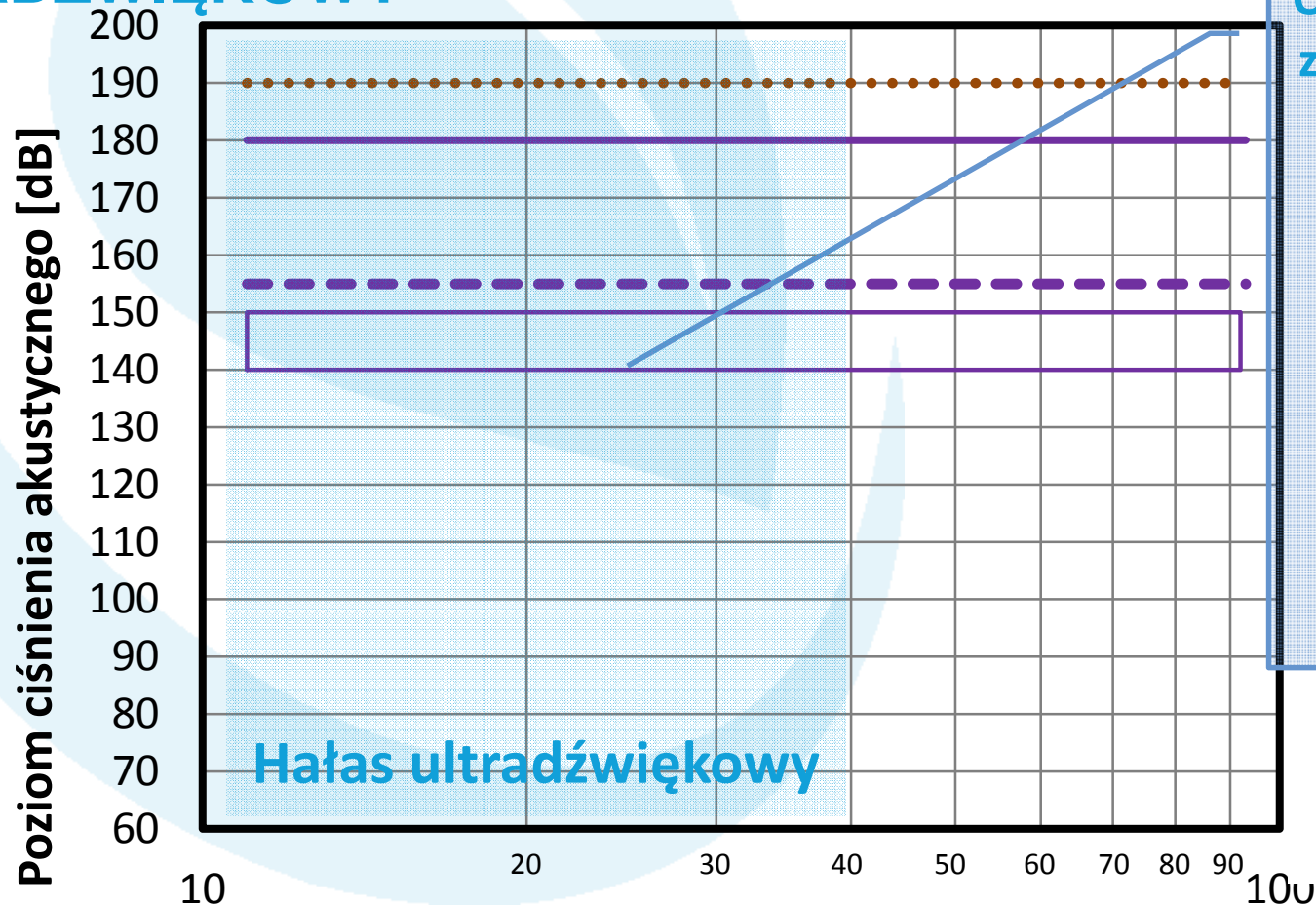


Częstotliwość [kHz]
Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia





SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY



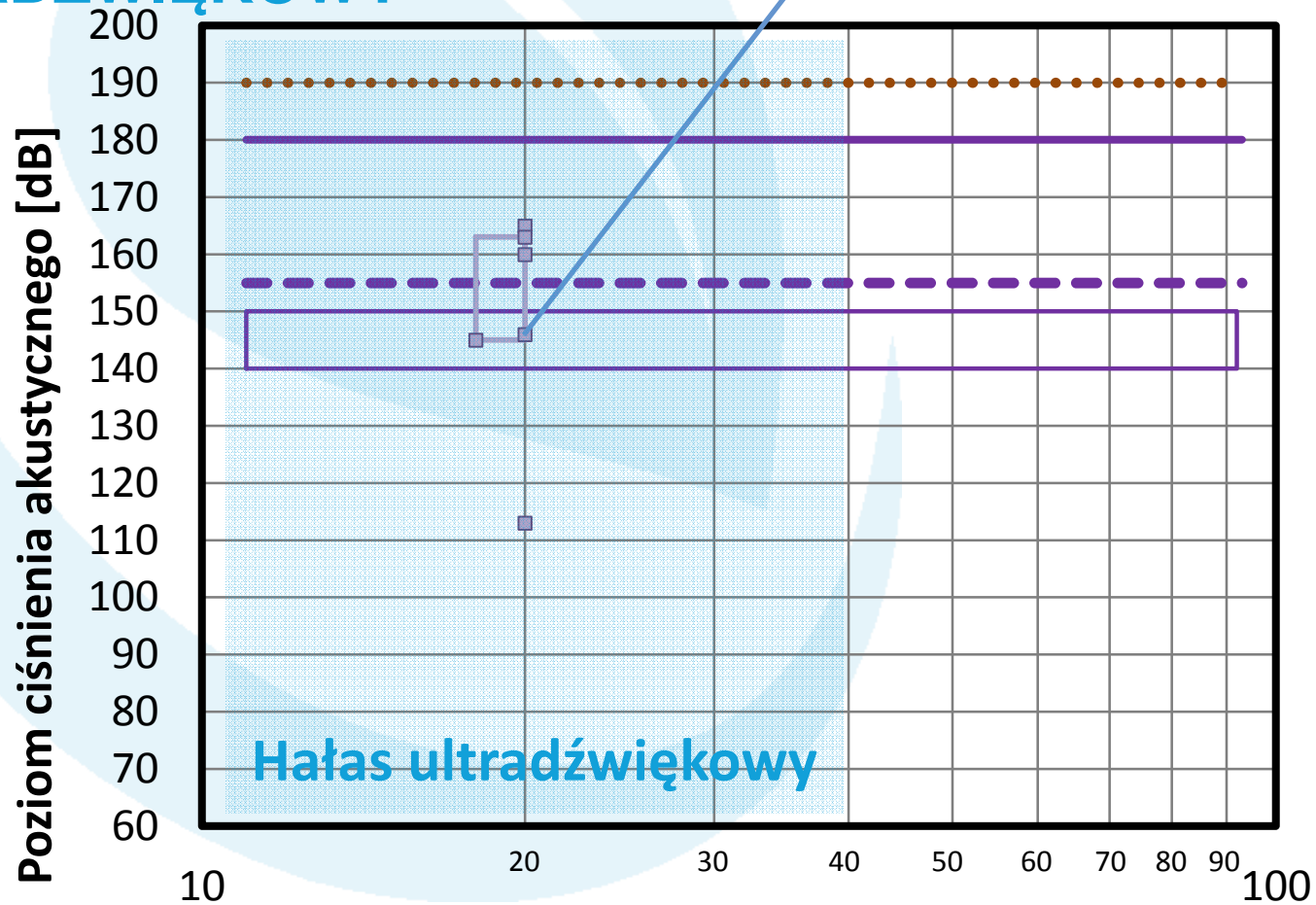
Termiczne;
Ogrzewanie w
zagłębieniach
skóry,
Wraz ze
wzrostem
poziomy
ogrzewanie
powierzchni
skóry i
głębszych
obszarów.



INSTYTUT MEDYCyny PRACY IM. PROF. J. NOFERA

SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Termiczne; hałas ultradźwiękowy, badania



Częstotliwość [kHz]

Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia

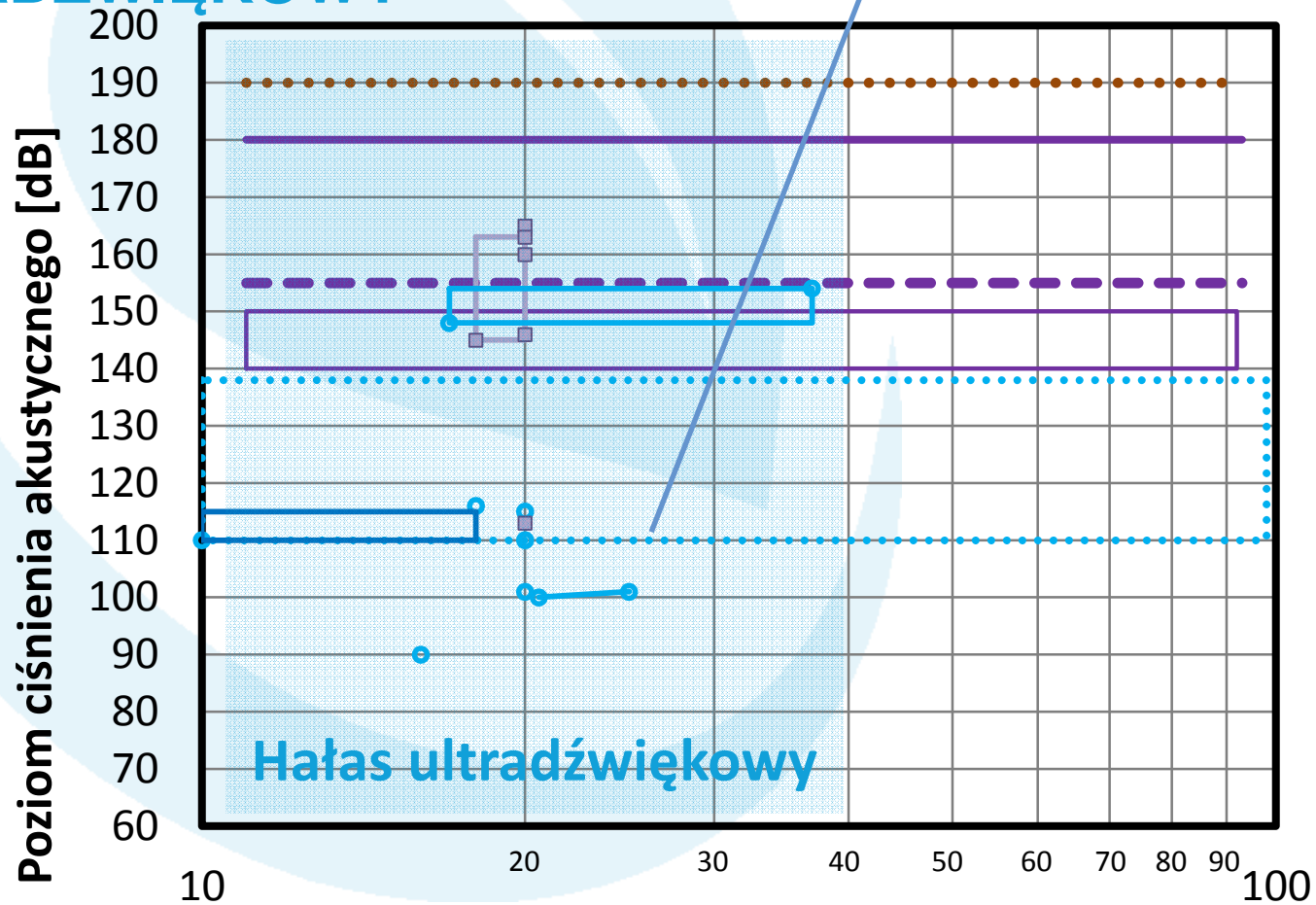




INSTYTUT MEDYCyny PRACY IM. PROF. J. NOFERA

SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Słuchowe; hałas ultradźwiękowy, badania



Częstotliwość [kHz]
Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia

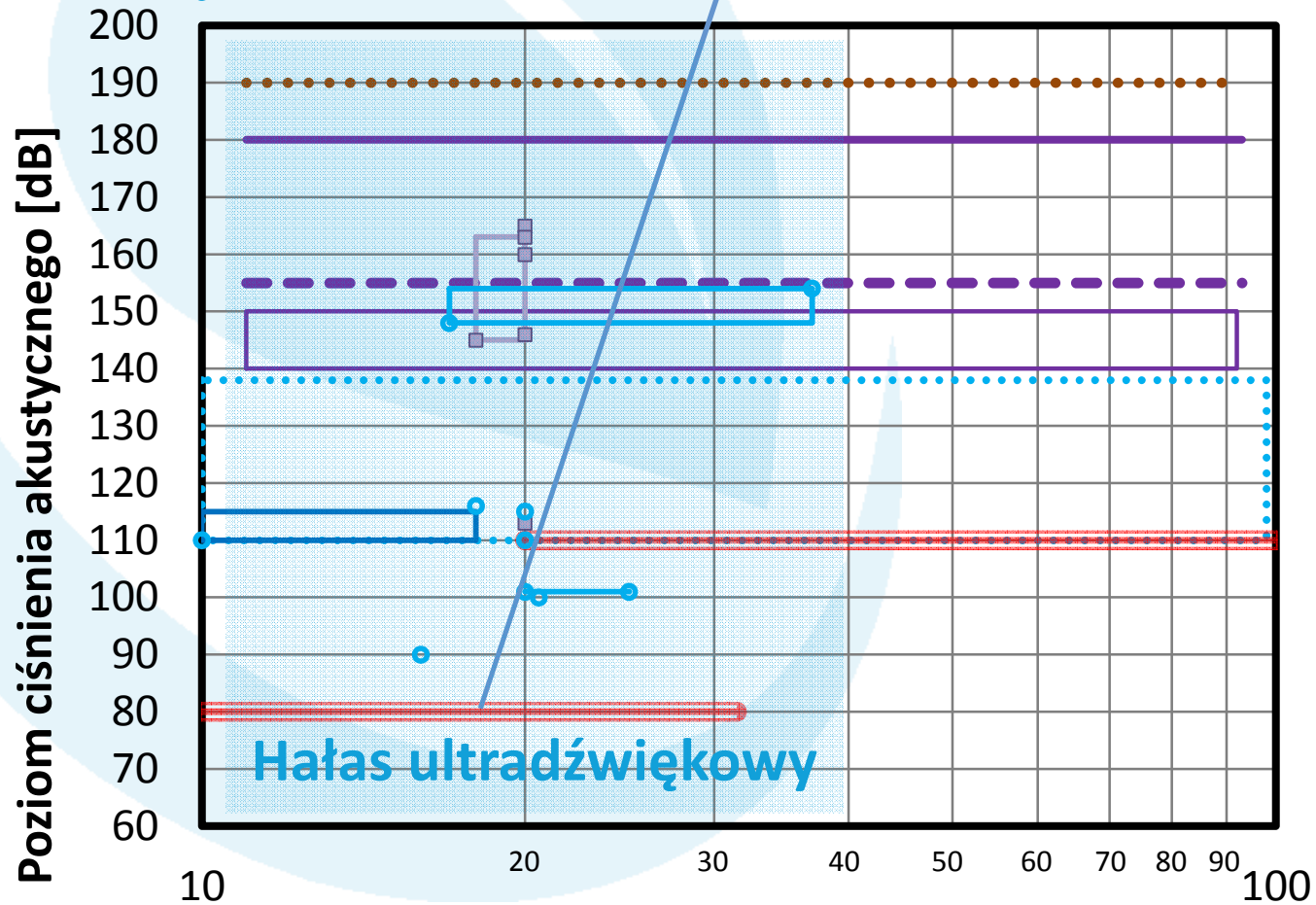




INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Subiektywne; hałas ultradźwiękowy powyżej zaznaczonej granicy



Częstotliwość [kHz]
Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia

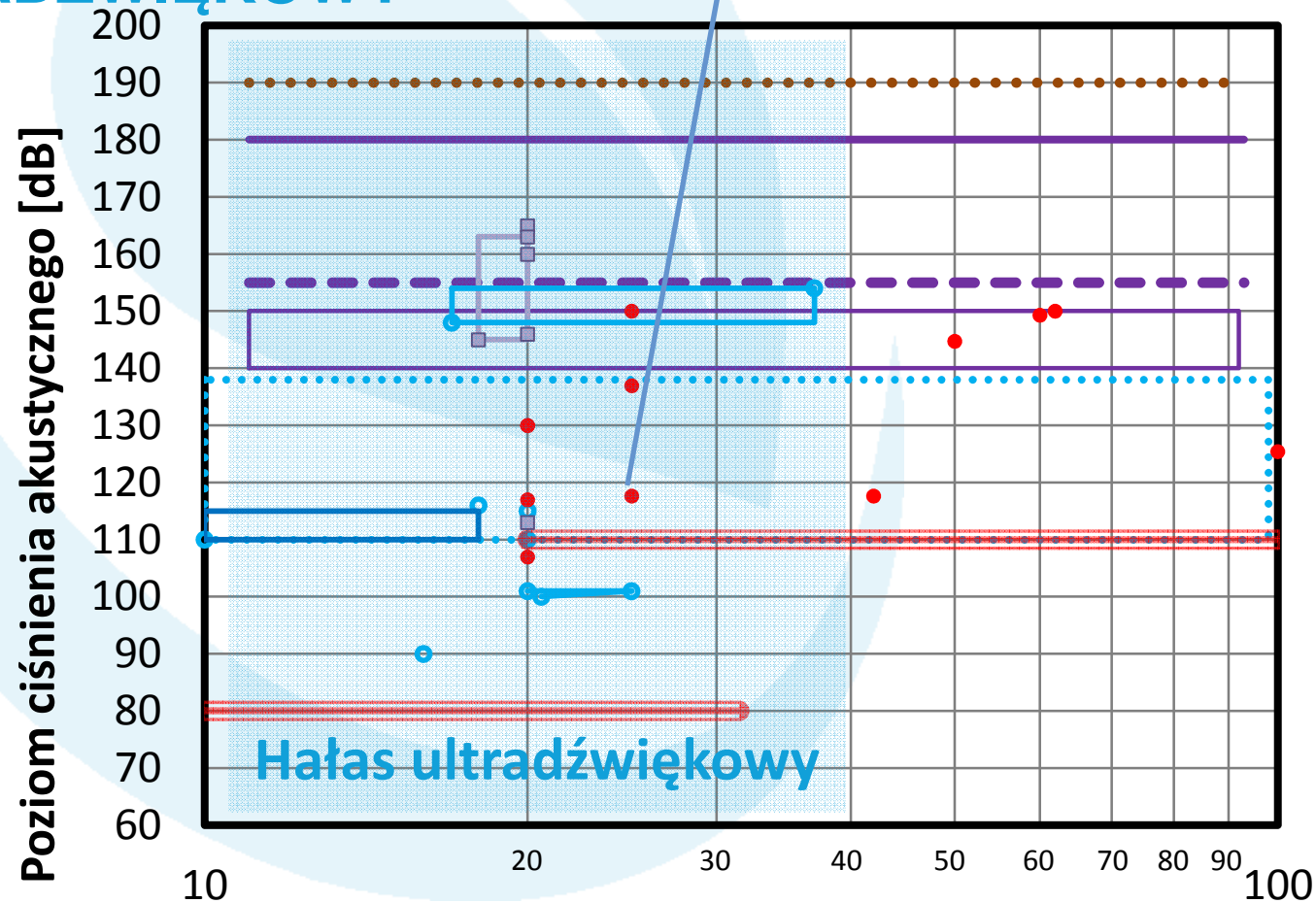




INSTYTUT MEDYCyny PRACY IM. PROF. J. NOFERA

SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Skutki oddziaływania ultradźwięków bezpośrednio na tkanki; wnikających za pośrednictwem cieczy i żeli



Częstotliwość [kHz]
Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia

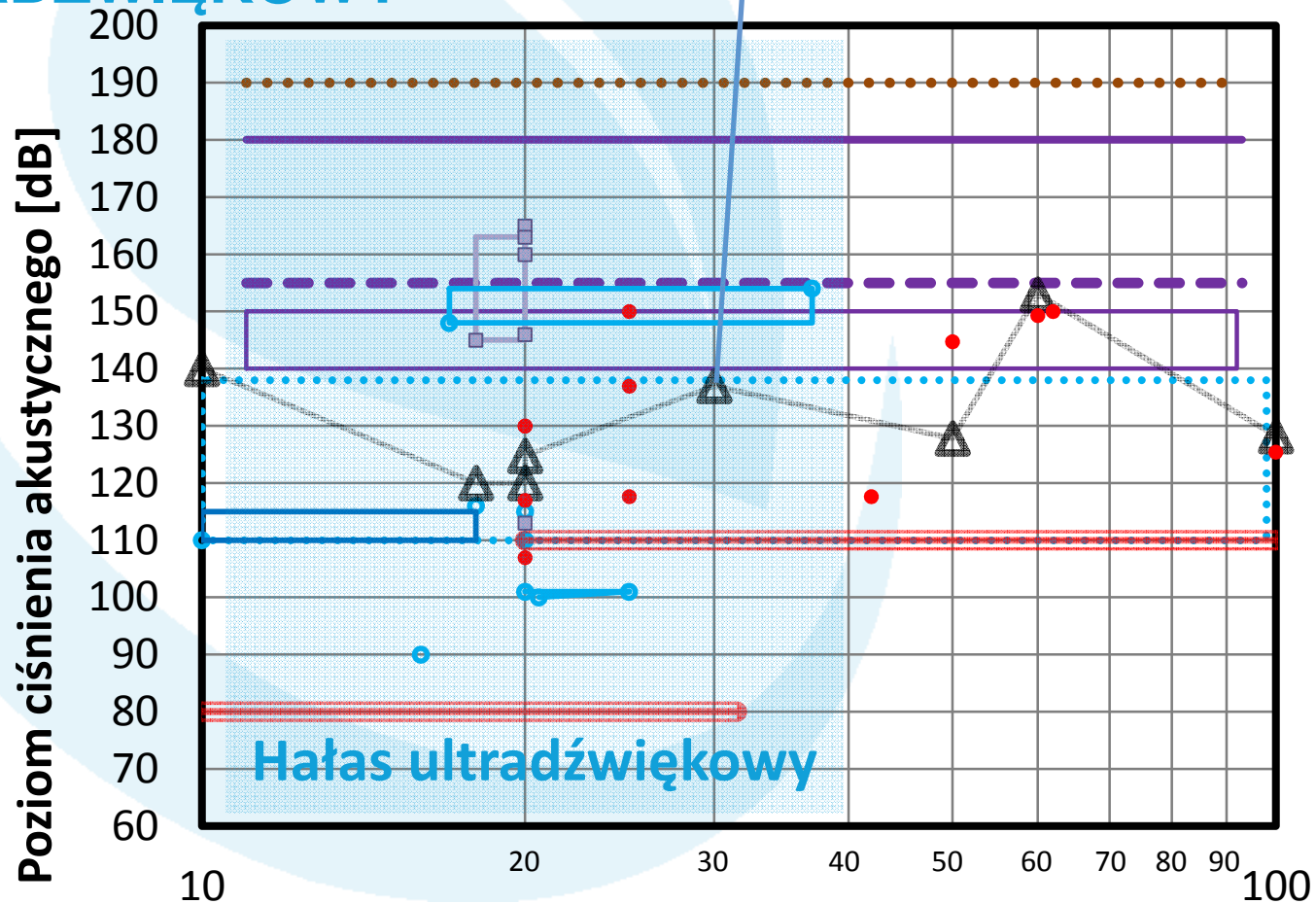




INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

SKUTKI EKSPOZYCJI NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY

Przykładowe wartości poziomów ciśnienia akustycznego ultradźwięków obserwowanych w przemyśle



Częstotliwość [kHz]
Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia





Table 3
Heating, auditory and subjective bio-effects of airborne ultrasound.

Author	Exposure subject	Frequency	Exposure duration	SPL	Results	Type of effect
Allen et al. (1948)	Mice/insects	20 kHz	10 s to 3 min	160–165 dB	Reported the death of insects and mice as a result of exposures ranging from 10 s to 3 min a result of ultrasonic heating. Other effects including tissue rupture were observed	Heating as the result of sound absorption
	Human			165 dB	<ul style="list-style-type: none"> - Caused burns almost instantly at these levels as a result of local heating in the crevices between fingers - Painful heating occurred after several seconds of exposure of broad surfaces such as the palm of the hand. 	
Danner et al (1954)	Mice	18–20 kHz	Up to 70 min	145–163 dB	Heating threshold is 144 dB for furred mice and 155 dB for shaved mice. Death of hairless mouse was observed after 8 min of exposure to the head at 20 kHz with SPL 162 dB.	
Dobrosertov (1967), Parrack (1966)	Human	17–37 kHz	5 min	148 and 154 dB	Hearing sensitivity was reduced at the sub-harmonic frequencies. Recovery from the losses was rapid and complete	Temporary hearing loss and other health effects in auditory system
Dobrosertov (1967)	Human	20.6 kHz	1 h	100 dB	No significant effects were observed at SPL exposures of 100 dB.	
Acton and Carson (1967)	Human	20 and 25 kHz	One day	101 dB	Significant loss of balance stability and reduced motor response time.	Subjective effects
		Grigoreva (1966)	Human	20 kHz pure tone 16 kHz pure tone	1 h Not reported	
Grzesik and Pluta (1980, 1983)	Human	10–18 kHz	Every day	80–102 dB	Hearing loss of approximately 1 dB/year in the frequency range of 13–17 kHz	Subjective effects
		20 kHz+	Not reported	100–116 dB	Subjective effects were associated with devices which produced SPLs greater than 80 dB	
Skillern (1965)	Human exposure to a number of ultrasonic devices	10–31.5 kHz	Not reported	80 dB		Subjective effects
		Acton and Carson (1967)	Human exposure to HF acoustic radiation with audible components	Up to and including 16 kHz Greater than or equal to 20 kHz	One day 75 dB 110 dB	

F. Ahmadi, I. V. McLoughlin: **Bio-effects and safety of low-intensity, low-frequency ultrasonic exposure.**

Progress in Biophysics and Molecular Biology 108 (2012) 119–138



Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia





Podsumowanie

- Techniki ultradźwiękowe znajdują nowe zastosowania, a ekspozycja na hałas ultradźwiękowy dotyczy coraz większej liczby osób zatrudnionych
- Również w miejscach pracy poza przemysłem
- Hałas ultradźwiękowy coraz częściej występuje w środowisku pozazawodowym zagrażając coraz większej liczbie osób



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



*Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia
na lata 2016–2020, finansowane przez Ministra Zdrowia*

