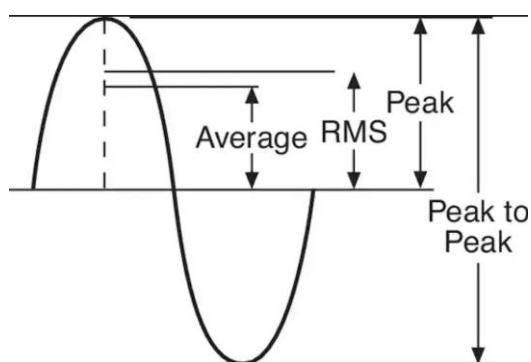


"Głośność" w kontekście nagrań audio i video

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

1

Jak oceniać sygnał audio?



RMS (ang. *Root Mean Square*) level - średnia poziomu amplitudy sygnału w pewnym przedziale czasu (typowo 300 ms)

Fig.: <https://unison.audio/what-is-rms-in-audio/>

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024



EBU
OPERATING EUROVISION AND EURORADIO



2

Jak oceniać sygnał audio?

TP (ang. *True Peek*) - najwyższy punkt w sygnale audio w systemie analogowym. W systemach cyfrowych obrazuje to samo dla toru cyfrowego - 0dB powoduje clipping



dBTP (ang. *True Peek Level ref to full scale*) - poziom sygnału audio biorący pod uwagę piki między próbkowaniem - mierzone w dB i odniesione do pełnej skali (maksymalny poziom doprecyzowany przez R 128 to -1dBTP).



Jak oceniać sygnał audio?

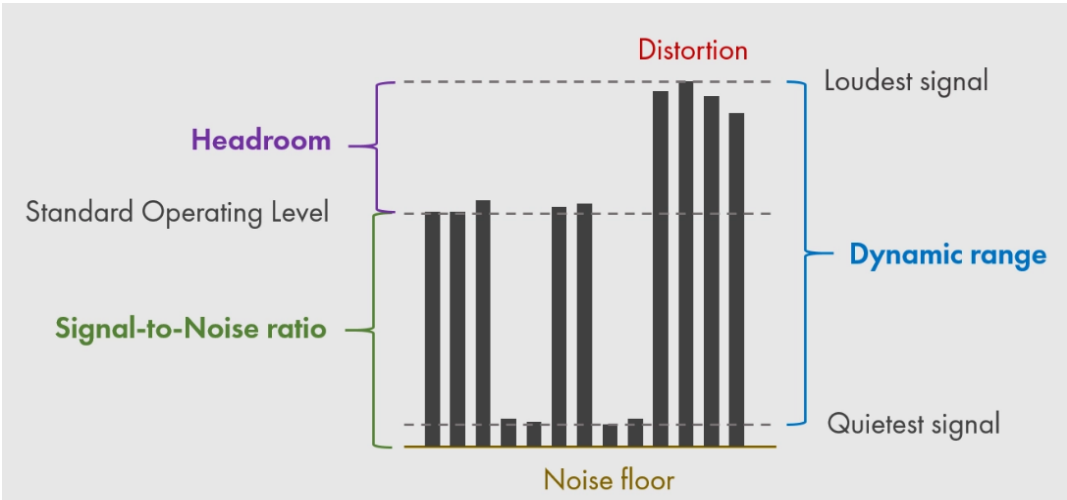
Zakres: dynamiki i głośności - obszar między najcichszymi i najgłośniejszymi dźwiękami.

DR (ang. *Dynamic range*) - używa *peek metering* (szybki pomiar),

LRA (ang. *Loudness range*) - używa LUFSów (wolny pomiar).

Zakres dynamiki - jest oceną kompresji poszczególnych grup (wokale, perkusja)

Zakres głośności - ocenia głośność poszczególnych partii utworu (zwrotka, refren etc).



logs.qsc.com | Differences between Dynamic Range (DNR) and Signal-to-Noise Ratio (SNR)

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

5

Album list

(548 albums total)

DR scale

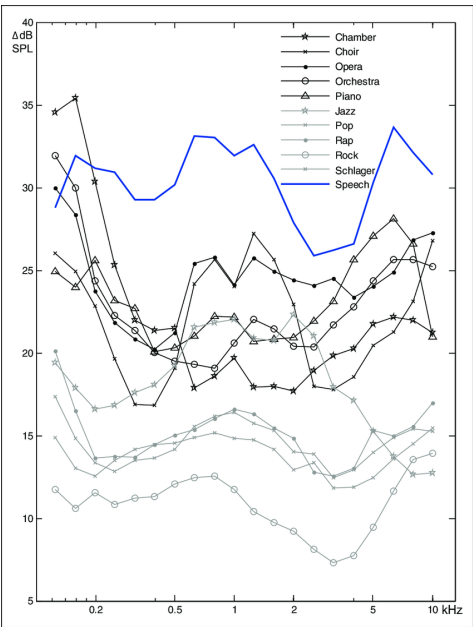
00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14

Search result

Artist	Album	Year	min DR	max DR	Codec	Source
Pink Floyd	Animals (Original Mix) (Blu-ray)	2018	14	12	15	Lossless CD
Pink Floyd	Dark Side Of The Moon	1985	11	10	12	Lossless CD
Pink Floyd	Animals (2018 Remix)	2022	15	15	15	Lossless Vinyl
Pink Floyd	Animals (2018 Remix)	2022	12	11	13	Lossless CD
Pink Floyd	Animals	2021	14	12	14	Lossless Download
Pink Floyd	The Wall	2021	15	16	17	Lossless Download
Pink Floyd	Wish You Were Here	2021	12	11	12	Lossless Download

Dynamic range comparison between different music genres and speech across frequency. The dynamics are calculated as the difference between the 99th and 30th percentiles according to the IEC 60118-15 standard. SPL $\frac{1}{4}$ sound pressure level.

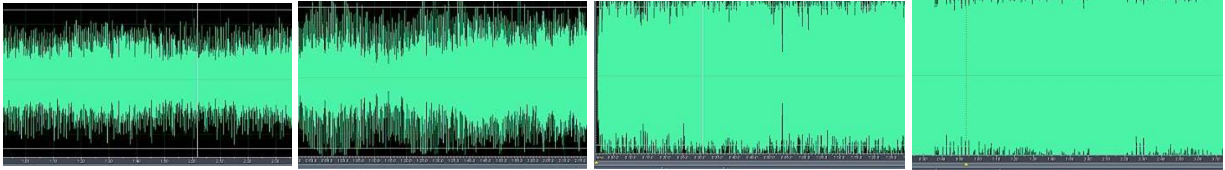
<https://dr.loudness-war.info/?artist=pink+floyd&album=https://www.aspen-media.com/wp-content/uploads/2017/02/EBU-Tech-3342-Loudness-Range.pdf>
<https://unison.audio/dynamic-range-audio/>



Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

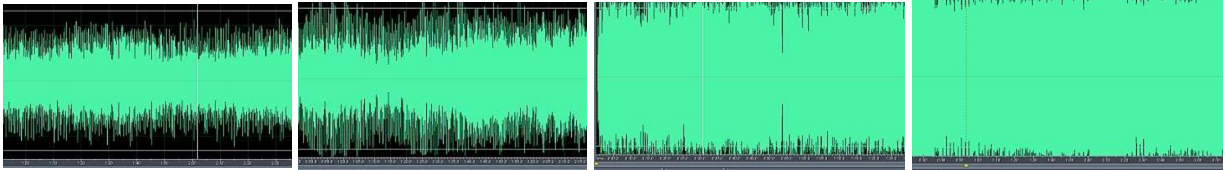
6

Co ma dużą, a co małą dynamikę?



7

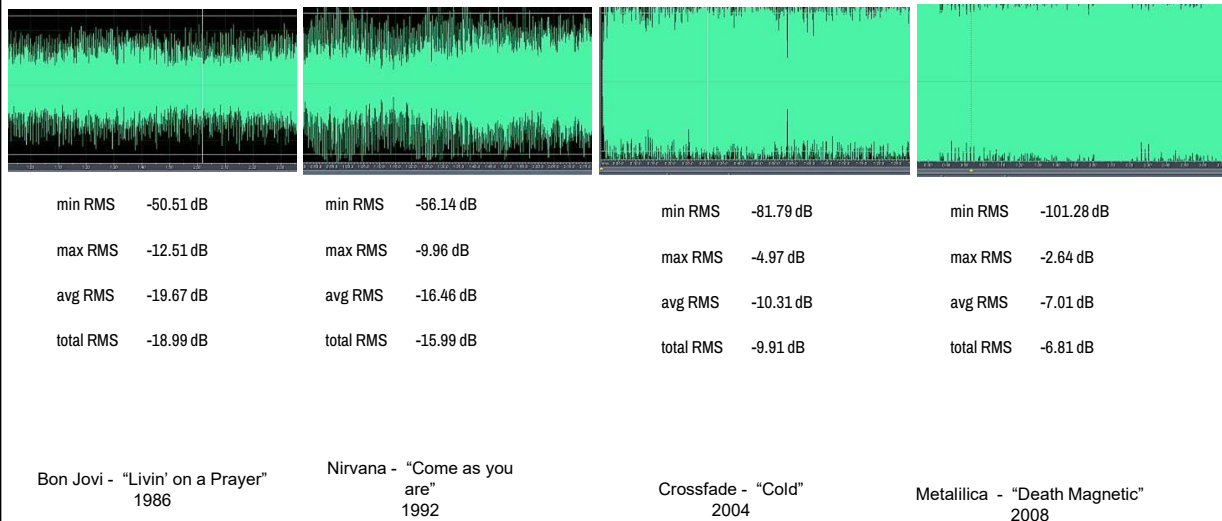
Jak dynamika zmieniała się przez lata?



min RMS	-50.51 dB	min RMS	-56.14 dB	min RMS	-81.79 dB	min RMS	-101.28 dB
max RMS	-12.51 dB	max RMS	-9.96 dB	max RMS	-4.97 dB	max RMS	-2.64 dB
avg RMS	-19.67 dB	avg RMS	-16.46 dB	avg RMS	-10.31 dB	avg RMS	-7.01 dB
total RMS	-18.99 dB	total RMS	-15.99 dB	total RMS	-9.91 dB	total RMS	-6.81 dB

8

Jak dynamika zmieniała się przez lata?



Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

9

Jak modyfikować do w praktyce?

◆ Zmiana DR w procesie nagrywania i miksowania

- Automatyzacja głośności
- Limiter
- [Kompresja](#) – parametryczna, pasmowa
- De-esser
- [Sidechain compression](#) – kompresja ścieżki względem innej

Typowe zakresy DR w zależności od przeznaczenia

Typ	Reklamy (* mastering)	Muzyka klasyczna	Jazz	Muzyka elektroniczna	Pop	Hip-Hop, country
DR	7-9	20-30	7-15	3-6	8-10	12-15

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

11

Loudness war

- ◆ Era cyfrowa - nie tyle nośnik dźwięku, co kodek i format;
- ◆ Słuchamy utworów - nie płyt;
- ◆ Brak jednolitych wymagań co do poziomów;
- ◆ Im głośniej tym lepiej?

Wolters, Mundt, Riedmiller, Katz, Lund...

Loudness War

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

12

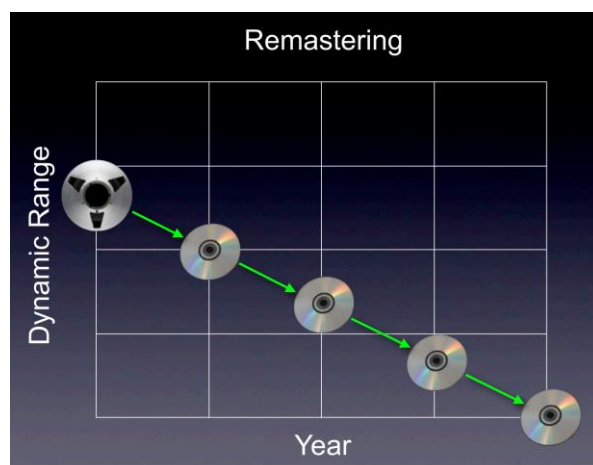
Remastered?

Zremasterowane wersje starszych nagrań charakteryzują się niestety zmniejszeniem dynamiki...

Chris Isaak - Wicked Game:

1989 -> DR = 13 dB

2006 -> DR = 7 dB



http://www.sfxmachine.com/docs/loudnesswar/loudness_war_slides_800x600.pdf

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

14

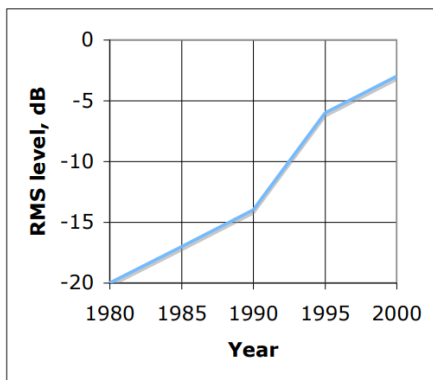


Figure 2. Average RMS levels of 'hottest' pop music CDs, 1980-2000, (data from Katz, [1]).

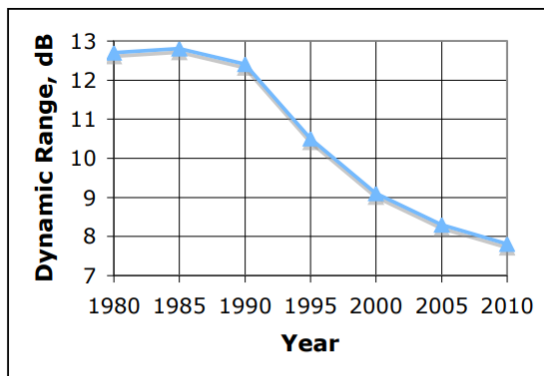
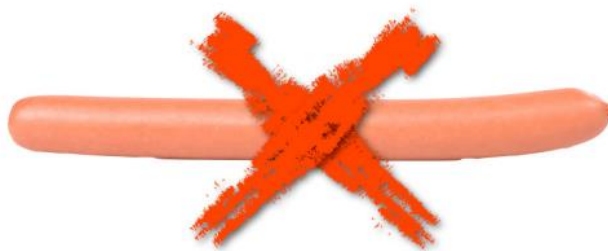


Figure 3. Average "dynamic range" of albums listed on "The Unofficial Dynamic Range Database" [21], 1980-2010, measured with the TT Dynamic Range Meter [5].

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

15

Don't produce loudness sausage!



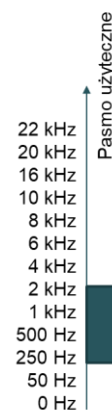
Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

16

Loudness War

Początkowo - ujednolicenie materiałów na CD - aktualnie głównie streaming.

"we're making popular music recordings that have no more dynamic range than a 1909 Edison Cylinder!"



Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

17



Don't be distracted by the Loudness Deception

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

19

Loudness - telewizja

- ◆ mniejsza “wojna” niż przypadku rozgłośni radiowych,
- ◆ problematyczne były jedynie reklamy (Loudness normalization and permitted maximum level of audio signals [EBU R128](#))
- ◆ istniały inne głośności między stacjami TV (zmiana kanału równała się zmianie głośności)

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

20

Loudness - kina

- ◆ trailery do filmów - maksymalizacja głośności,
- ◆ lata 70 - głośniki kalibrowane do 85 dBc (pink noise)
 - ◆ sposób ten był krytykowany i zgłaszany jako za głośny
- ◆ dźwięk w kinach został ograniczony wytycznymi Dolby (1997 r.)

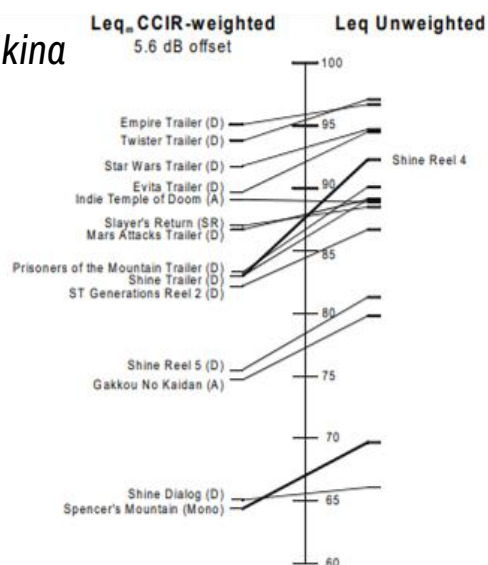
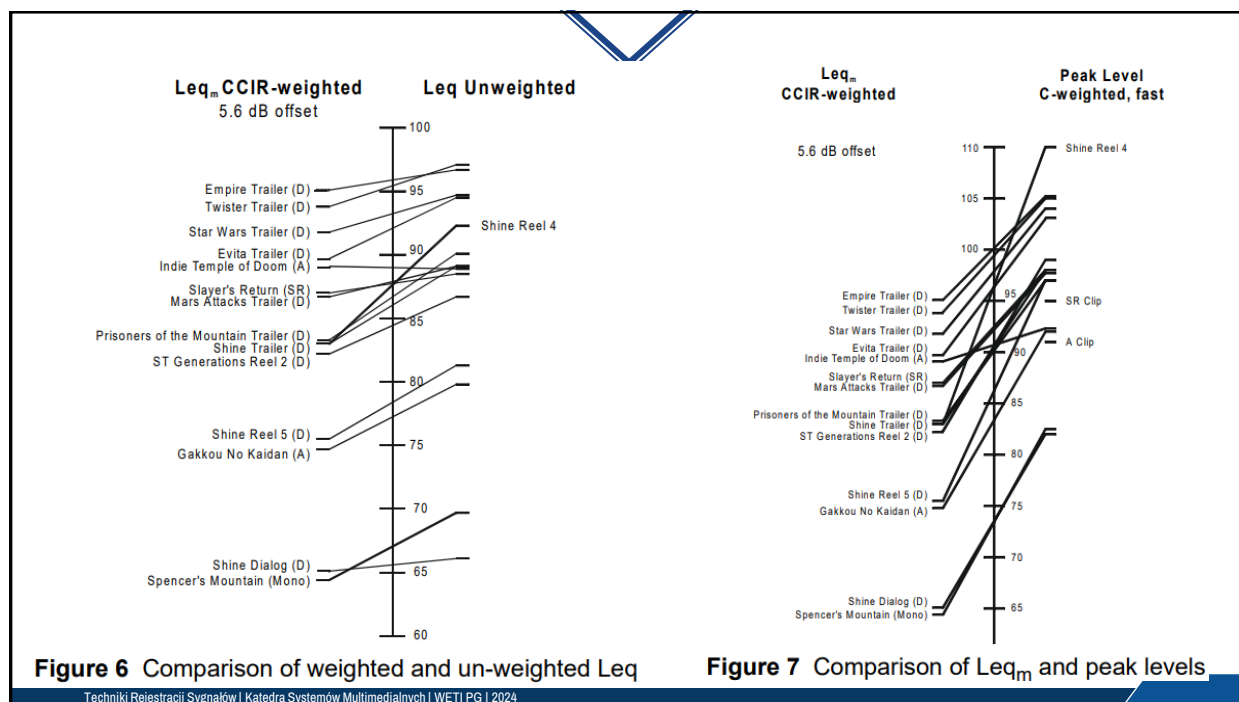


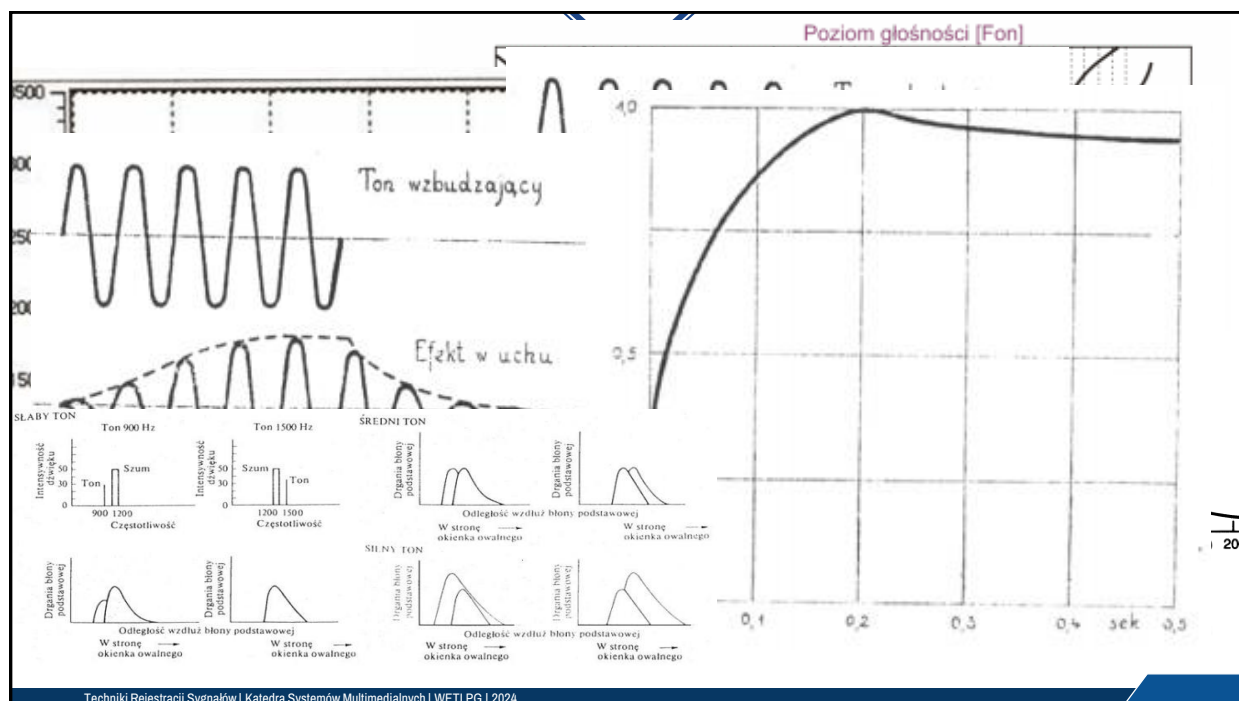
Figure 6 Comparison of weighted and un-weighted Leq

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

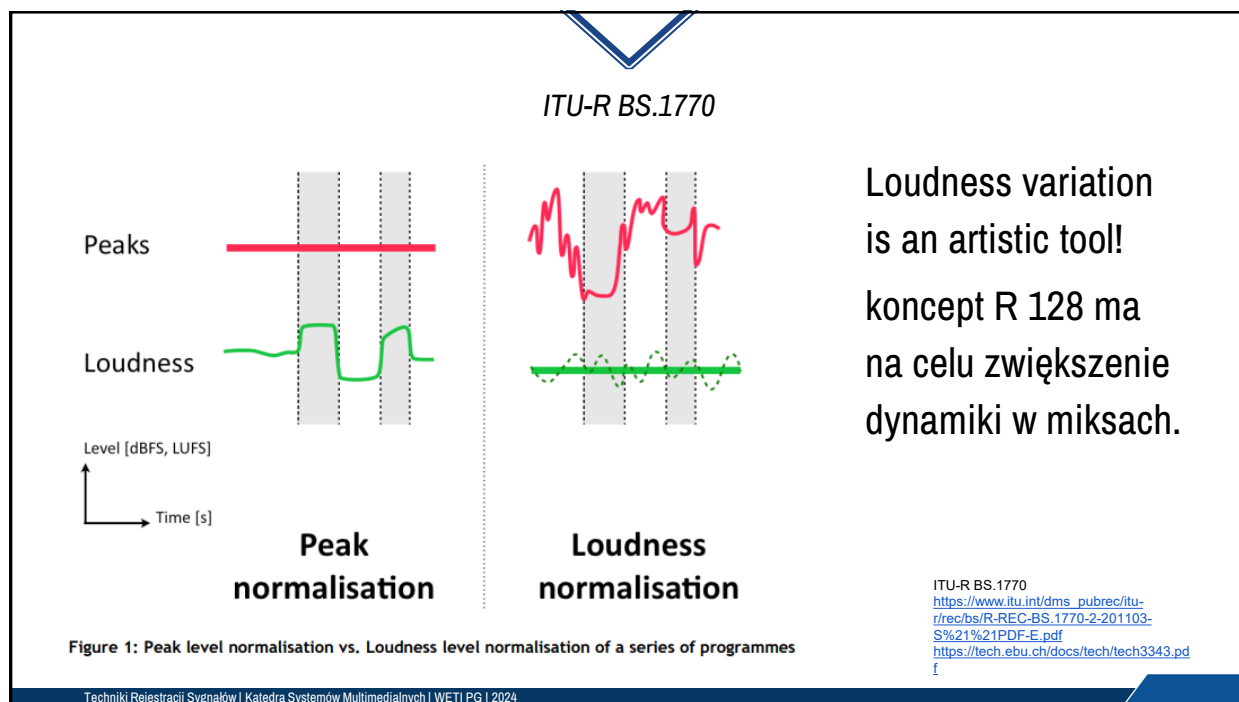
22



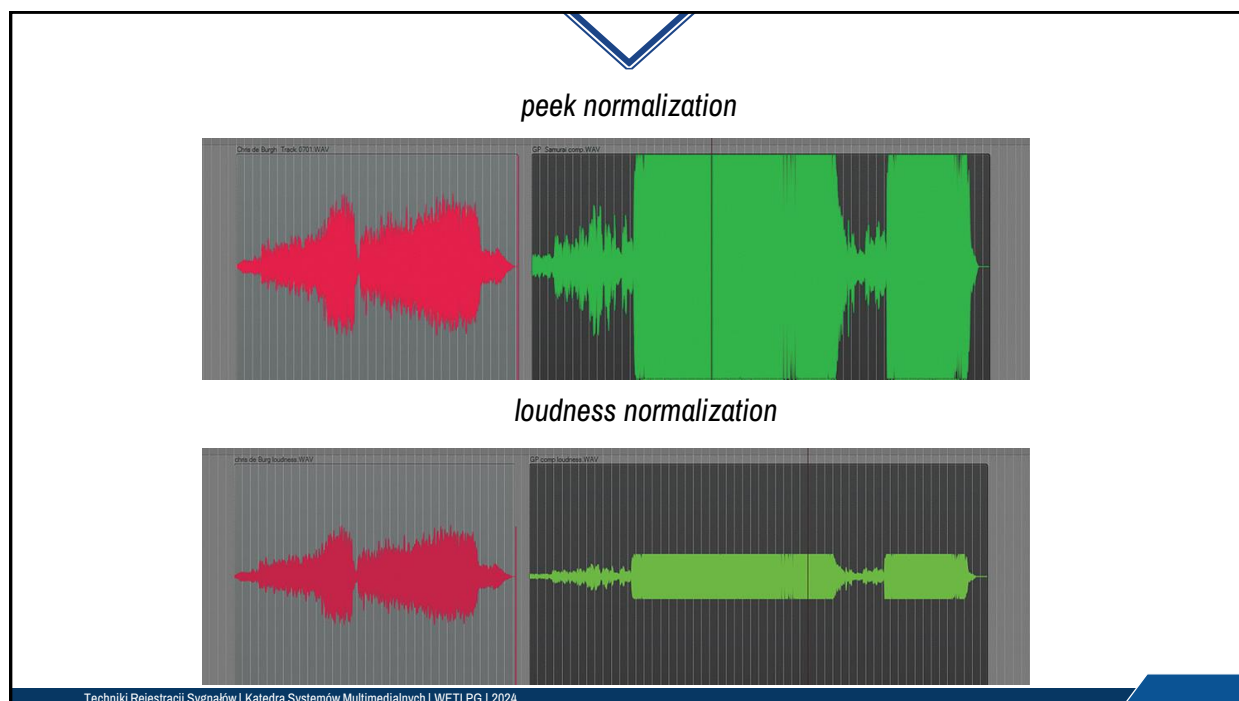
24



26



28



29

2010? LKFS - głośność ważona krzywą K w odniesieniu do pełnej skali

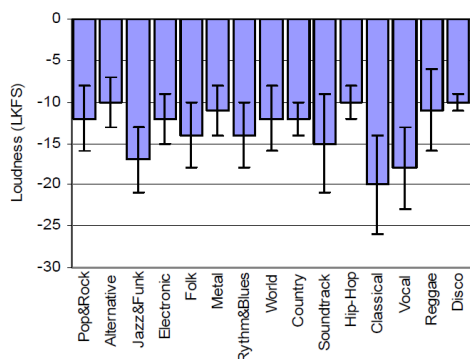


Figure 5 - Mean Loudness (ITU-R BS.1770) and Standard Deviation for different Music Genres.

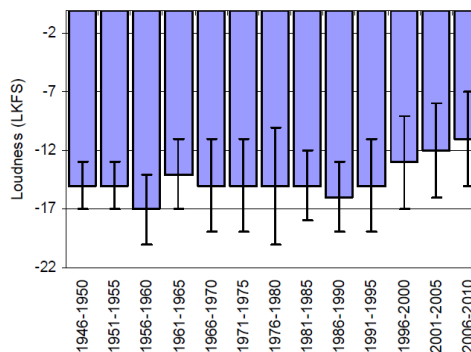


Figure 7 - Mean Loudness (ITU-R BS.1770) and Standard Deviation vs. Year.

Martin Wolters, Harald Mundt, and Jeffrey Riedmiller, Loudness Normalization In The Age Of Portable Media Players. 2010

LKFS to parametr ustandaryzowany przez ITU-R BS.1770 w 2011 roku. Stosowany do pomiaru i normalizacji głośności w materiałach audio dla broadcastu, video i systemów streamingowych.

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

30

Co jest nie tak z Peak Level Normalization?

Potrzeba jednolitego,
uniwersalnego sposobu
kontroli głośności.

Komitety:

ATSC, EBU, ITU.

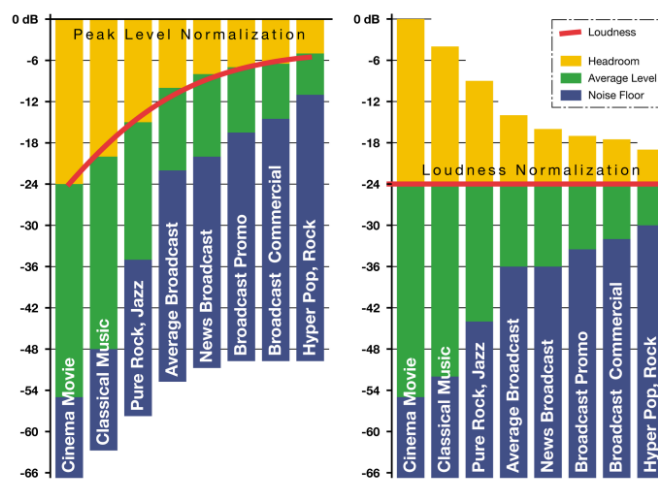


Fig 1. Pro audio is moving away from peak level normalization (left) towards standards based on loudness (right), thereby removing the main cause for systematic level differences between broadcast programs and commercials.

Literatura:

Lund T., 2011: <https://toneprints.com/media/1017421/lundt013011.pdf>

ITU-R BS.1770 https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1770-2-201103-S%21%21PDF-E.pdf

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

31

Loudness - kina domowe?

- ◆ trudniejsza kontrola niż w przypadku sal kinowych
 - ◆ wiele producentów sprzętu,
 - ◆ brak kalibracji,
 - ◆ różne media.
- ◆ *time-varying-metadata* - kontrola gain w zależności od warunków odsłuchowych (AC-3, AAC)

Mode	Reference Loudness (LKFS)	Application
Line	-31 LKFS	Home Theatre Playback – Provides Full "cinema" Dynamic Range
RF	-20 LKFS	TV Speaker Playback – Provides Typical "broadcast" Dynamic Range
Portable	-11 LKFS	Portable Device Speaker & Headphone Playback – Provides Minimum Dynamic Range (similar to music production/mixing/mastering techniques)

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

32

Dynamic Range Compression AC-3

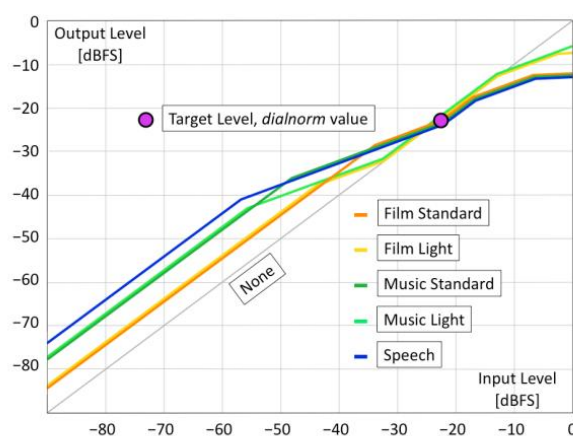


Figure 11: Dynamic Range Compression curves of the Dolby AC-3 system

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

34

Czym są LUFSy?

LUFS - jednostka głośności nagrania audio,

- typowo stosowane w serwisach streamingowych, filmach czy TV;

*loudness units **relative** to full scale*

Ustandaryzowanie poziomów głośności w LUFS powinny niwelować konieczność zmiany głośności między następującymi po sobie utworami.

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

35

- ◆ Pomiar audio wykonywany jest z uwzględnieniem percepcji człowieka.
 - ◆ Fletcher Munson curves,
 - ◆ Większa czułość w środkowym paśmie niż dla niskiego.
- ◆ Miara odczucia głośności przez człowieka, nie tyle co reprezentacji cyfrowej.

*Dwa pliki audio z jednakowym poziomem LUFS powinny dać te same
WRAŻENIE głośności.*

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

36

Jak oceniać sygnał audio?

LUFS (ang. *Loudness Units Full Scale*) - to RMS uwzględniający percepcję dźwięku przez człowieka (również względem 0dB) (EBU R 128).

LKFS, L_K (ang. *Loudness, K-weighted, relative to full scale*) - ustandaryzowany pomiar głośności stosowany przy normalizacji audio dla telewizji, video i serwisów streamingowych oficjalnie ustandaryzowany w 2011 roku (ITU-R BS.1770).

Wartość zalecana to -23 LUFS dla przemysłu filmowego.

-23 to uśredniona wartość, dopuszcza się odchylenie o 0,5 LU dla sygnałów mowy, i 1 LU dla muzyki przy czym obowiązuje dalej -1dBTP.
Inne wytyczne dla innych nośników.

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

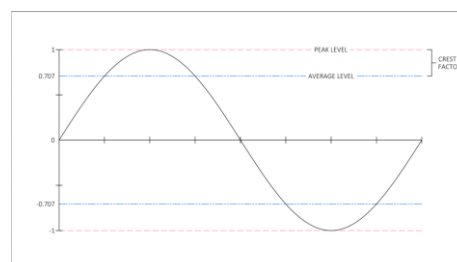
37

Jak oceniać sygnał audio?

LU (ang. *Loudness Unit*) pomierzona głośność relatywna. 1 LU odpowiada 1 dB na skali cyfrowej, stosowane również przy porównywaniu poziomów między próbkami.

Crest factor (Peak-to-average ratio) - różnica w dB między peak level a średnim poziomem sygnału

LUFS	LU
-23	0
-26	-3



0dB oznacza najgłośniejszy punkt przed przesterem (clipping). Zakres dynamiki omawiamy bardziej w ocenie różnic między amplitudami w waveformie, a nie typowy digital peak.

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

38

LU - I - *integrated* (mierzone dla dłuższego fragmentu, a typowo dla całego utworu)

LU - S - *short-term*, krótkookresowe (zazwyczaj 3 sekundy)

LM - *Momentary* - chwilowe (400ms)

Wytyczne do opracowania własnych mierników? [TECH 3341](#)

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

39

Jak mierzymy loudness?

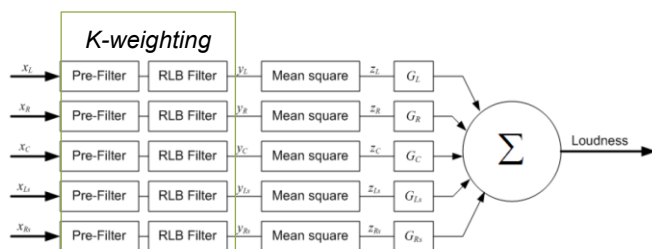


Figure 1 - ITU-R Loudness

$$\text{ITU Loudness} = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i^N G_i \cdot z_i, \text{ in dB}$$

https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1770-0-200607-S!!PDF-E.pdf

Pre-filter - filtr górno przepustowy uwzględniający akustyczny wpływ głowy człowieka na dźwięk. Zaś filtr RLB - Revised-low-frequency to zmodyfikowana krzywa ważona IEC-B. Wartości te zostały dobrane w sposób eksperymentalny na podstawie przeprowadzanych testów odsłuchowych.

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

FIGURE 2
Response of the pre-filter used to account for the acoustic effects of the head

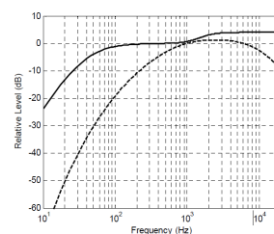
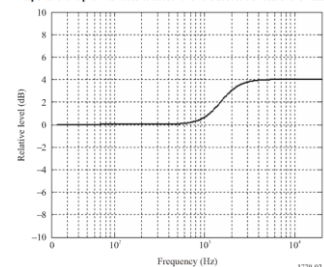
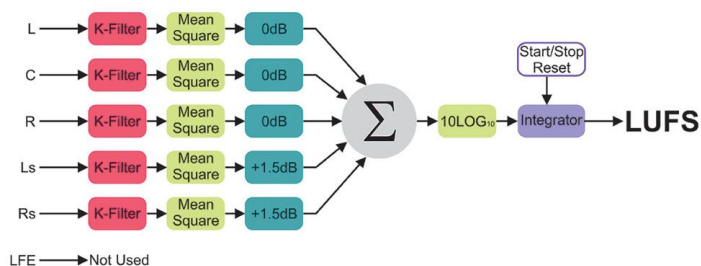


Figure 2 - ITU-R BS.1770 Frequency Weighting (solid) vs. A-weighting (dashed)

40

Dźwięk wielokanałowy

Loudness Meter Structure with 5.1 inputs

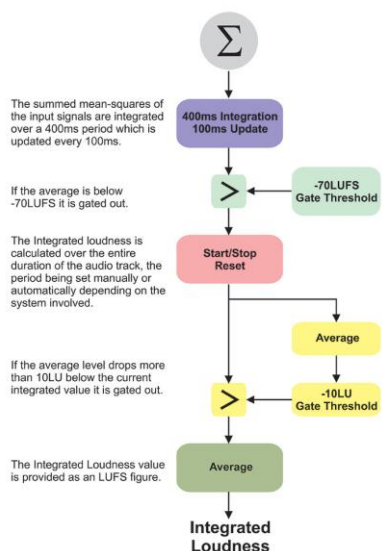


W pomiarze głośności materiałów wielokanałowych nie uwzględniamy LFE, a kanały surround mają dodatkowe wzmocnienie

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

42

Jak mierzymy loudness?



Pre-filter - filtr górno przepustowy uwzględniający akustyczny wpływ głowy człowieka na dźwięk. Zaś filtr **RLB** - Revised-low-frequency to zmodyfikowana krzywa ważona IEC-B

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

43

Aktualne wymagania:

Spotify: -14 LUFS

Apple Music: -16 LUFS

Amazon Music: -9 to -13 LUFS

Youtube: -13 to -15 LUFS

Deezer: -14 to -16 LUFS

CD: -9 LUFS

Soundcloud: -8 to -13 LUFS

(przy czym warto nie dobić pod kreskę, a zachować trochę zapasu by nie ryzykować utraty dynamiki)

Lund, 2011:

Production Guidelines:

Regular speech: -26 to -23 LUFS

Regular music: -24 to -21 LUFS

True-peak level: Max -1 dBFS

Delivery Specs:

Program Loudness: -23 LUFS +/- 1 LU Max

Loudness (short programs): < -20 LUFS

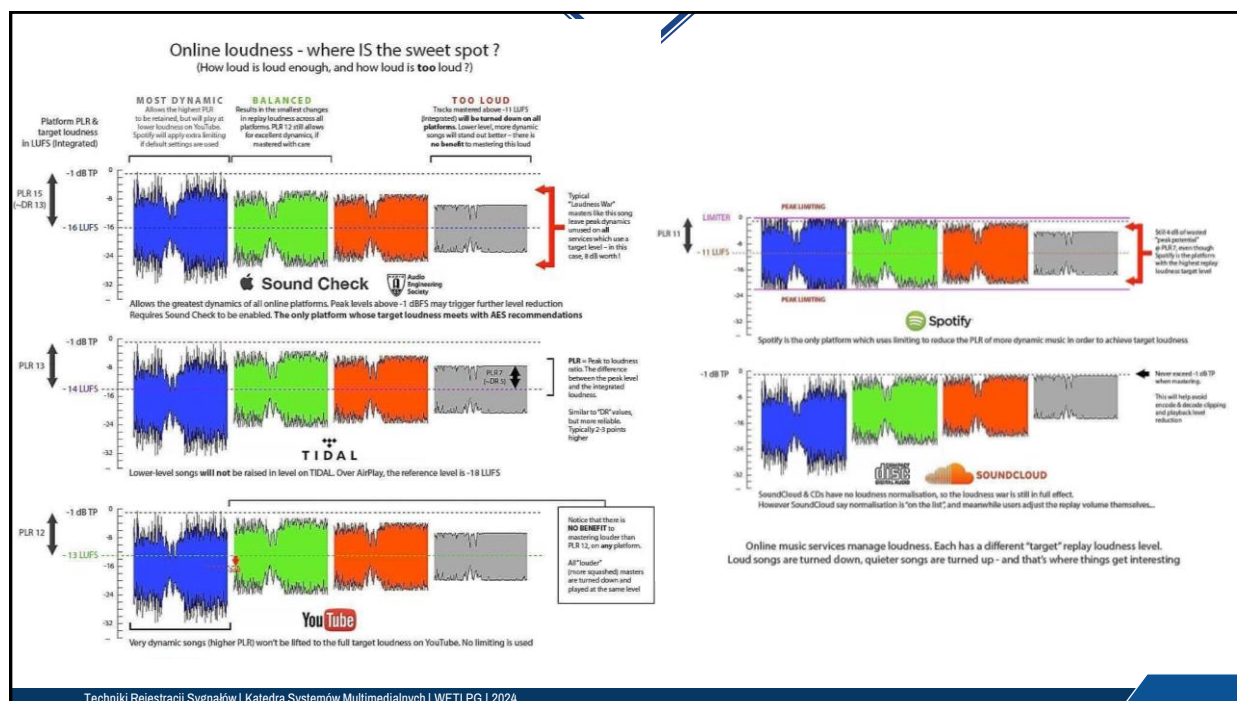
Loudness Range: < 20 LU for HDTV, < 12 LU for legacy platforms, < 8 LU for mobile platforms.

<https://youlean.co/loudness-standards-full-comparison-table/>

<https://partnerhelp.netflixstudios.com/hc/en-us/articles/360001794307-Netflix-Sound-Mix-Specifications-Best-Practices-v1-1>

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

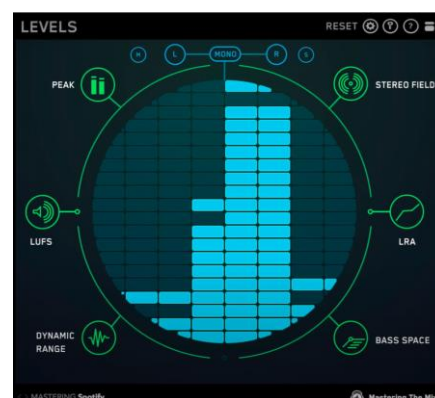
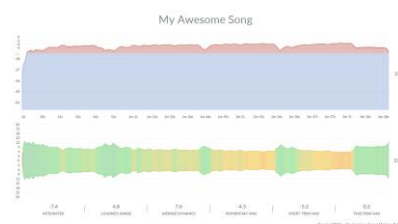
44



45

Wtyczki

- ◆ [YouLean](#) - darmowa, eksport wyników analizy
- ◆ [Mastering the Mix](#) - 66\$
- ◆ [WLM](#) (Waves) 399 \$
- ◆ [Insight 2](#) (iZotope)
- ◆ [Initial Clipper](#) (darmowe)



Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

46

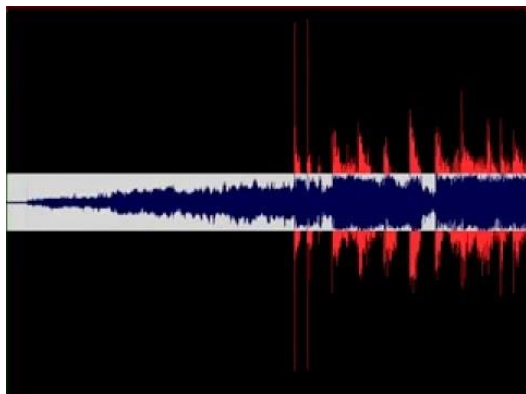
Część bez LUFS, ale przydatne

- ◆ [TT Dynamic Range Meter](#) (darmowa)
- ◆ [TBProAudio – dpMeter 5](#) (darmowe)
- ◆ [eMastered](#) - mastering przez AI
 - nie każda wtyczka działa z 5.1,
 - część posiada narzędzia wspomagające pracę pod konkretny gatunek lub plik odniesienia



Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

47



Faith that:

- "Loudness" has no effect on sales - [here's the research](#)
- People don't like the "loudness war" sound - [here's the evidence](#)
- Replay volume is adjusted so "loud" CDs never sound louder than anything else
- "Loudness war" levels sound worse on the radio
- Dynamic sound is a great way to make your music stand out

Do poczytania

- ◆ [It Came From The VU Meter – Some Audio Metering History](#)
- ◆ [izotope – lean rms levels](#)
- ◆ [What Are LUFS? The Complete Guide Ian Stewart, 2023](#)
- ◆ [What Is a True Peak Limiter? by Ian Stewart, 2023](#)
- ◆ <https://aes2.org/resources/audio-topics/loudness-project/resources-and-references/>
- ◆ [Pro Audio Reference \(StyleGuide\)](#)
- ◆ [Cambridge Music Technology](#)