

**Biegły sądowy przy Sądzie Okręgowym w Warszawie  
w zakresie badań fonoskopijnych**

**dr inż. Waldemar Maciejko**

Egz. 2. z 3.

# O P I N I A

numer opinii: **156/WAR/2017**

data wydania: **02.01.2017**

SYGNATURA AKT SPRAWY:	<b>IV C 928/14</b>
ORGAN POWOŁUJĄCY:	<b>Sąd Okręgowy w Warszawie IV Wydział Cywilny</b>
OPINIĘ SPORZĄDZONO NA PODSTAWIE:	<b>Postanowienia o dopuszczeniu dowodu z opinii biegłego</b>
DATA WYDANIA POSTANOWIENIA:	<b>13 lipca 2016 roku</b>
DATA WPŁYWU POSTANOWIENIA:	<b>08 sierpnia 2016 rok</b>
DATA WPŁYWU MATERIAŁU PORÓWNAWCZEGO	<b>06 grudnia 2016 roku</b>
DATA ZAKOŃCZENIA BADAŃ:	<b>02 stycznia 2017 roku</b>
DANE BIEGŁEGO:	<b>dr inż. Waldemar Maciejko Biegły sądowy przy Sądzie Okręgowym w Warszawie w zakresie badań fonoskopijnych</b>

## Cel badań

Celem badań jest:

1. niezbędne „oczyszczenie” jakości dźwięku na nagraniu rozmowy powoda z Piotrem Nisztozem i Janem Pińskim;
2. stwierdzenie autentyczności nagrania w/w rozmowy;
3. wykluczenie czynności polegających na zmontowaniu powyższego nagrania;
4. identyfikacji osób, których głos został zarejestrowany na nagraniu.

## Wnioski

**Ad 1 Wynik „oczyszczenia” jakości dźwięku na nagraniu rozmowy powoda z Piotrem Nisztozem i Janem Pińskim zapisano na płycie DVD i przekazano Sądowi.**

**Ad 2, 3 W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że powyższe nagranie było poddane filtracji częstotliwościowej z wykorzystaniem profesjonalnego programu komputerowego o nazwie Adobe Audition. Przeprowadzona analiza nie wykazała aby ingerowano w ciągłość zapisu, jednak biorąc pod uwagę duże możliwości edycyjne wykorzystanego narzędzia, w oparciu o znaną obecnie w literaturze przedmiotu metodykę badawczą, nie można wykluczyć, że zmontowanie powyższego nagrania w jakimś zakresie nastąpiło. Istotne jest również, że wspomniana wyżej filtracja częstotliwościowa nagrania została przeprowadzona w dolnym zakresie częstotliwości, w którym zwykle znajduje się tzw. przydźwięk sieciowy, w oparciu, o który możliwe jest skuteczne zbadanie autentyczności. Wobec powyższego należy stwierdzić, że w oparciu o znaną metodykę badawczą nie można potwierdzić autentyczności nagrania rozmowy powoda z Piotrem Nisztozem i Janem Pińskim, które stanowi kartę 796 akt sprawy IV C 928/14.**

**Ad 4 W przedmiotowym nagraniu zarejestrowane zostały wypowiedzi Romana Giertycha, Piotra Nisztoza oraz z wysokim prawdopodobieństwem Jana Pińskiego.**

## Interpretacja wyników

Ad 1. Biorąc pod uwagę charakter zakłóceń obecnych w nagraniu dowodowym, tj: całkowicie usunięty dolny zakres częstotliwości, w którym powinien znajdować się sygnał mowy oraz zniekształcenia o charakterze nieliniowym, istnieją bardzo ograniczone możliwości przeprowadzenia korekcji częstotliwościowej w taki sposób aby istotnie nastąpiła poprawa zrozumiałości mowy

WYNIK BADAŃ I ZWIĄZANA Z NIM NIEPEWNOŚĆ ODNOSI SIĘ JEDYNNIE DO PRZEKAZANYCH DO BADAŃ MATERIAŁÓW, KTÓRYCH CHARAKTERYSTYKA PRZEDSTAWIONA ZOSTAŁA W PUNKCIE 1. SPRAWOZDANIA

**Biegły sądowy w zakresie badań fonoskopijnych  
przy Sądzie Okręgowym w Warszawie**

*Waldemar Maciejko*  
**dr inż. Waldemar Maciejko**  
**02.01.2017**

Załączniki 1 na 17 stronach

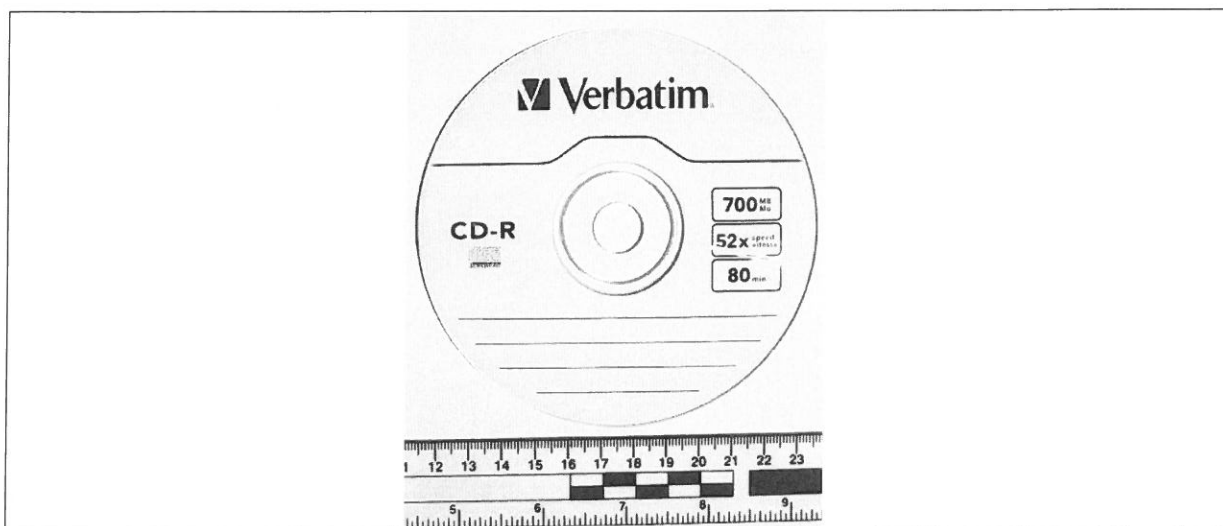
1. Sprawozdanie z badań fonoskopijnych, 17 stron.

# SPRAWOZDANIE Z BADAŃ

## załącznik nr 1 do Opinii 156/WAR/2017 z dnia 02.01.2017

### 1 Obiekty badań

Sąd Okręgowy w Warszawie IV Wydział Cywilny, zgodnie z treścią postanowienia w sprawie IV C 928/14 do badań nadesłał nośnik optyczny w postaci płyty CD marki Verbatim (karta 796 akt sprawy). Płyta ta nie nosi żadnego opisu. Nośnik przedstawiono na Ilustracji 1.



**Ilustracja 1** Nośnik optyczny przekazany do badań z zapisanym nagraniem dowodowym.

Na nośniku tym zapisano dwa pliki: jeden plik tekstowy oraz jeden plik dźwiękowy. Parametry tych plików zostały przedstawione w tabeli 1.

**Tabela 1** Parametry plików zapisanych na płycie CD przesłanej do badań.

1	File Name : .checksum.md5 Directory : G:/ File Size : 88 bytes File Modification Date/Time : 2014:12:11 16:29:35+01:00 File Access Date/Time : 1900:01:00 00:00:00+00:00 File Creation Date/Time : 2014:12:11 16:29:35+01:00 File Permissions : r--r--r--
2	File Name : rozmowa rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav File Size : 131 MB File Modification Date/Time : 2014:12:11 16:29:35+01:00 File Access Date/Time : 1900:01:00 00:00:00+00:00 File Creation Date/Time : 2014:12:11 16:29:35+01:00 File Type Extension : wav Encoding : Microsoft PCM Num Channels : 1 Sample Rate : 8000 Avg Bytes Per Sec : 16000 Duration : 2:23:26

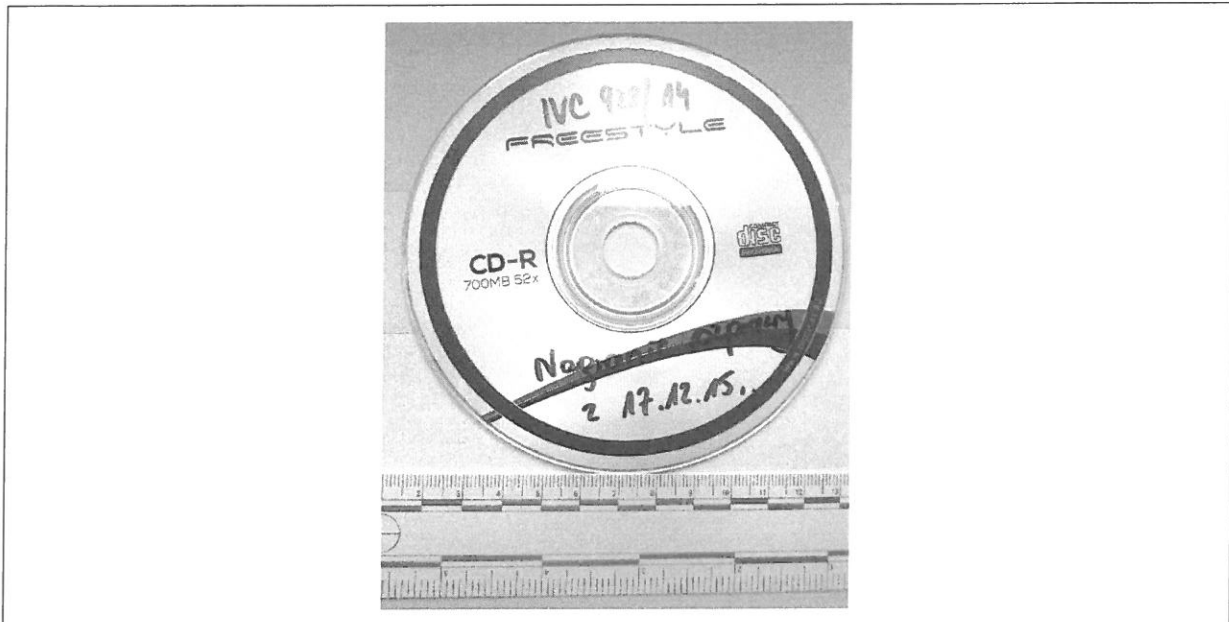
Z przeprowadzonej analizy wynika, że zawartość pliku .checksum.md5 stanowi sumę kontrolną obliczoną w oparciu o algorytm MD5. W celu jej weryfikacji dokonano obliczenia sumy kontrolnej według wykorzystanego algorytmu MD5 z pliku rozmowa „rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav”. Porównanie sum kontrolnych przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2** Porównanie zawartości pliku .checksum.md5 z płyty

Zawartość pliku .checksum.md5	Suma kontrolna obliczona z pliku „rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav”
3a087201d2bcc5b1f3eed08a03cb1bf4 rozmowa rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav	3A087201D2BCC5B1F3EED08A03CB1BF4 rozmowa rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav

Obliczone sumy kontrolne wykazują zgodność.

Materiał porównawczy w badaniach identyfikacyjnych stanowiły wypowiedzi Piotra Nisztor, które zarejestrowano podczas jego przesłuchania przez Sąd Okręgowy w Warszawie w sprawie IV C 928/14 w dniu 17 grudnia 2015 roku (zgodnie z informacjami z karty 902 akt sprawy). Wypowiedzi te zostały zapisane na płycie CD marki Freestyle opisanej czarnym flamastrem: „Nagranie rozprawy z 17.12.15 r.” stanowiącej kartę 905 akt sprawy. Nośnik przedstawiono na ilustracji 2.



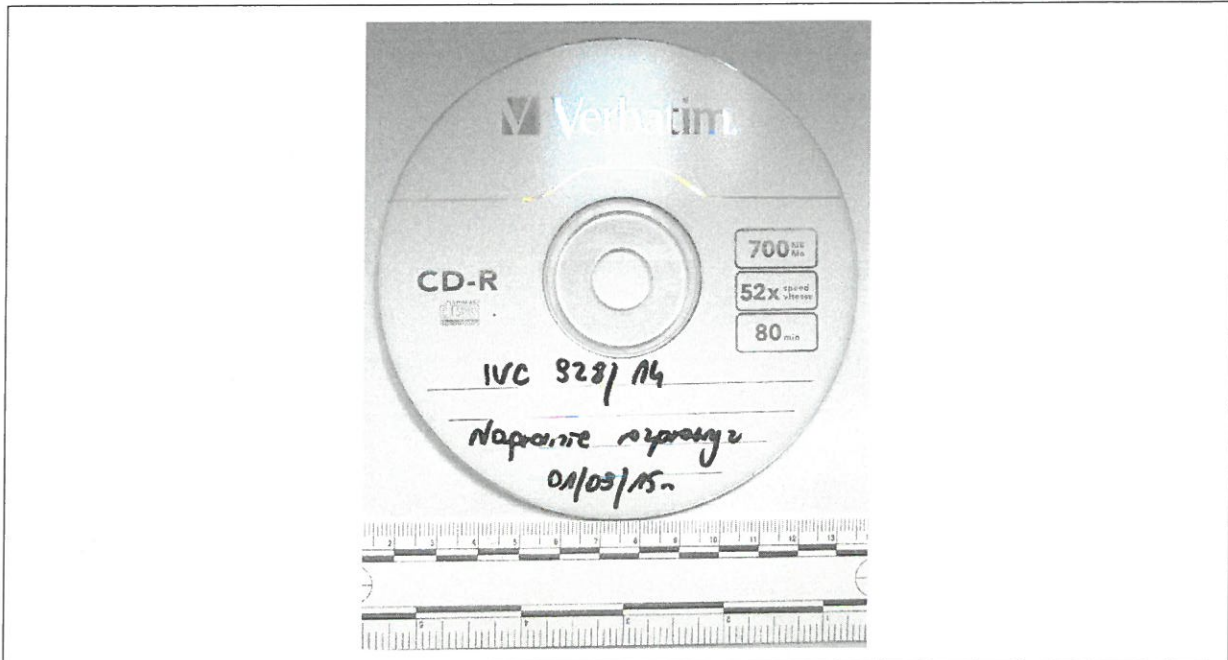
**Ilustracja 2** Nośnik optyczny przekazany do badań z nagraniem wypowiedzi porównawczymi pochodzącymi od Piotra Nisztor (karta 905).

Parametry techniczne pliku dźwiękowego z wypowiedziami Piotra Nisztor przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 3** Parametry techniczne pliku dźwiękowego z wypowiedziami Piotra Nisztor.

	Pełna ścieżka	:	...
	...\\154505000001203_IV_C_928_14_306_20151217_082919\154505000001203_IV_C_928_14_306_20151217_082919_MIXED.oga	:	
	Format	:	OGG
	Rozmiar pliku	:	18,6 MB
	Czas trwania	:	1h 8 min.
	Rodzaj całkowitej przepływności bitów	:	Zmienna
	Całkowita przepływność bitów	:	37,8 Kb/s
1	File Modification Date/Time	:	2015:12:17 11:18:41+01:00
	File Access Date/Time	:	2015:12:17 11:52:17+01:00
	File Creation Date/Time	:	2015:12:17 11:18:41+01:00
	Format	:	Speex
	Rodzaj przepływności	:	Zmienna
	Kanały	:	1 kanał
	Częstotliwość próbkowania	:	48,0 KHz
	Biblioteka zapisująca	:	speex-1.2rc1
	Komentarz	:	ReCourt

Materiał porównawczy w badaniach identyfikacyjnych stanowiły również wypowiedzi Jana Pińskiego, które zarejestrowano podczas jego przesłuchania przez Sąd Okręgowy w Warszawie w sprawie IV C 928/14 w dniu 1 września 2015 roku (zgodnie z informacjami z karty 878 akt sprawy). Wypowiedzi te zostały zapisane na płycie CD marki Verbatim opisanej czarnym flamastrem: „IV C 928/14 Nagranie rozprawy z 01/09/15 r.” stanowiącej kartę 879 akt sprawy. Nośnik przedstawiono na ilustracji 3.



**Ilustracja 3** Nośnik optyczny przekazany do badań z nagraniem wypowiedzi porównawczych pochodzących od Jana Pińskiego (karta 879).

Parametry techniczne pliku dźwiękowego z wypowiedziami Jana Pińskiego przedstawiono w tabeli 4.

**Tabela 4** Parametry techniczne pliku dźwiękowego z wypowiedziami Jana Pińskiego.

	Ogólne	
	Pełna ścieżka	:
	...\\15450500001203_IV_C_928_14_219_20150901_112358\15450500001203_IV_C_928_14_219_20150901_112358_MIXED.oga	
	Format	: OGG
	Rozmiar pliku	: 15,8 MB
	Czas trwania	: 1h 2 min.
	Rodzaj całkowitej przepływności bitów	: Zmienna
1	Całkowita przepływność bitów	: 35,4 Kb/s
	File Modification Date/Time	: 2015:09:01 12:41:10+02:00
	File Access Date/Time	: 2015:09:02 09:25:16+02:00
	File Creation Date/Time	: 2015:09:01 12:41:10+02:00
	Format	: Speex
	Rodzaj przepływności	: Zmienna
	Kanały	: 1 kanał
	Częstotliwość próbkowania	: 48,0 KHz
	Biblioteka zapisująca	: speex-1.2rc1
	Komentarz	: ReCourt

Materiał porównawczy w badaniach identyfikacyjnych stanowiły również wypowiedzi Romana Giertycha, które zarejestrowano podczas jego przesłuchania przez Sąd Okręgowy w Warszawie w sprawie IV C 666/14 w dniu 16 kwietnia 2015 roku. Podstawą do wykorzystania tych materiałów było pismo Sądu Okręgowego w sprawie IV C 928/14 z dnia 30 listopada 2016 roku, w którym „Sąd poleca sporządzenie opinii wykorzystując nagranie z rozprawy z dnia 16 kwietnia 2015 roku w sprawie o sygnaturze IV C 666/14 w zakresie informacyjnego wysłuchania powoda – na potrzeby sporządzenia opinii w niniejszej sprawie”. Nagranie to zostało zapisane na płycie marki Verbatim, którą opisano czarnym flamastrem: „IV C 666/14 Protokół rozprawy z dn. 16.04.2015r.” Płyta ta umieszczona została na karcie 288 akt sprawy IV C 666/14. Nośnik ten przedstawiono na ilustracji numer 4.



**Ilustracja 4** Nośnik optyczny przekazany do badań z nagraniem wypowiedzi porównawczymi pochodzącymi od Romana Giertycha (karta 288 akt sprawy IV C 666/14).

Parametry techniczne pliku dźwiękowego z wypowiedziami Romana Giertycha przedstawiono w tabeli 5.

**Tabela 5** Parametry techniczne pliku dźwiękowego z wypowiedziami Romana Giertycha.

	Pełna ścieżka	:
	...\154505000001203_IV_C_666_14_306_20150416_123858\154505000001203_IV_C_666_14_306_20150416_123858_MIXED.oga	
	Format	: OGG
	Rozmiar pliku	: 18,9 MB
	Czas trwania	: 1h 6 min.
	Rodzaj całkowitej przepływności bitów	: Zmienna
	Całkowita przepływność bitów	: 39,7 Kb/s
1	File Modification Date/Time	: 2015:04:16 13:47:05+02:00
	File Access Date/Time	: 2015:04:17 09:35:49+02:00
	File Creation Date/Time	: 2015:04:16 13:47:05+02:00
	Format	: Speex
	Rodzaj przepływności	: Zmienna
	Kanały	: 1 kanał
	Częstotliwość próbkowania	: 48,0 KHz
	Biblioteka zapisująca	: speex-1.2rc1
	Komentarz	: ReCourt

Zgodność nadesłanego materiału z treścią postanowienia sprawdził biegły sądowy w zakresie badań fonoskopijnych dr inż. Waldemar Maciejko.

## 2 Cel badania

Celem badań jest:

1. niezbędne „oczyszczenie” jakości dźwięku na nagraniu rozmowy powoda z Piotrem Nisztozem i Janem Pińskim;
2. stwierdzenie autentyczności nagrania w/w rozmowy;
3. wykluczenie czynności polegających na zmontowaniu powyższego nagrania;
4. identyfikacji osób, których głos został zarejestrowany na nagraniu.

## 3 Metody badań

Filtracja nagrań (korekta) polega na wykorzystaniu filtrów cyfrowych w celu usunięcia zakłóceń sygnału, przy czym celem nadrzędnym jest tutaj poprawa zrozumiałości wypowiedzi.

Bibliografia

[1] S. Błasiakiewicz, Metoda odsłuchu szeptu i mowy intensywnie zakłóconej, „Problemy kryminalistyki” 1971, nr 90, s. 159-183.

[2] H. Hollien, The Acoustics of Crime: The New Science of Forensic Phonetics, 1990, Springer

Badania w celu sprawdzenia czy nagranie zawiera fragmenty zmontowane mogą zostać przeprowadzone w przedmiotowym przypadku z wykorzystaniem trzech metod wzajemnie się ze sobą uzupełniających, są nimi:

1. analiza globalna (analiza częstotliwościowa, analiza sygnału sieci elektroenergetycznej, jeżeli został zarejestrowany, analiza metadanych pliku jeżeli zostały zapisane),
2. analiza lokalna (odsłuch krytyczny, analiza spektrograficzna, analiza przebiegu czasowego)
3. badanie struktury plików (analiza formatu zapisu, analiza nagłówka, metadanych ).

Zgodnie z funkcjonującą obecnie definicją w literaturze przedmiotu za nagranie *autentyczne uznaje się takie, które powstało równocześnie z trwaniem rejestrowanego zdarzenia akustycznego, zawiera kompletny jego przebieg i pozbawione jest niewytłumaczalnych zakłóceń, zmian, lub usunięć. W definicji tej zwraca się również uwagę na konieczność istnienia integralności (ciągłości)* [1].

Inna definicja mówi: *„audiodokument jest autentyczny, gdy charakteryzuje się ciągłością zapisu całej rozmowy (wypowiedzi) wraz z sytuacją akustyczną towarzyszącą przebiegowi zarejestrowanego zdarzenia* [5].

**Analiza częstotliwościowa** polega na obliczeniu długoterminowej, uśrednionej charakterystyki częstotliwościowej sygnału fonicznego danego nagrania co pozwala stwierdzić czy jego parametry, takie jak częstotliwość próbkowania, były modyfikowane.

Poszczególne rodzaje plików cyfrowych posiadają właściwą dla siebie strukturę. Generalnie można wyróżnić tutaj tzw. nagłówki, w którym zapisywane są informacje o pliku oraz właściwe dane. Niektóre rodzaje plików zapisują dodatkowe dane (tzw. metadane). **Analiza struktury plików** polega na odczycie przy pomocy edytorów zapisu szesnastkowego wszelkich informacji znajdujących się w obszarze nagłówka, danych binarnych lub metadanych. Można znaleźć tam informacje o czasie utworzenia pliku, dacie modyfikacji, wykorzystanym do tego edytorze itp.

**Analiza czasowo-częstotliwościowa (spektrograficzna) połączona z krytycznym odsłuchem** wykorzystywana jest do zbadania, czy zarejestrowane zapisy cyfrowe treści rozmów noszą ślady ingerencji. Badania te wykonywane są za pomocą programów umożliwiających wizualizację przebiegu sygnału fonicznego, poprzez wyznaczenie jego widma i spektrogramu. Analiza spektrograficzna pozwala na badanie ciągłości parametrów akustycznych zapisów, ciągłości wypowiedzi oraz detekcję różnego rodzaju zjawisk, które następnie podlegają klasyfikacji i interpretacji przez eksperta. Poniższe badania są prowadzone równolegle z analizą audytywną, czyli tzw. krytycznym odsłuchem nagrań, pozwalającym na obserwację i skojarzenie zjawisk akustycznych, które mogą wskazywać na ingerencję w ciągłość zapisu. Ponadto w trakcie odsłuchu ocenie podlegają: nieuzasadnione, nagłe zmiany toku wypowiedzi, skokowe zaburzenia intonacji, nielogiczność treści rozmowy, zaburzenia struktur składniowych poszczególnych zdań itp.

**Analiza przydźwięku sieciowego** jest metodą badania czy zarejestrowane zapisy cyfrowe treści rozmów noszą ślady ingerencji. Metoda ta może być wykorzystywana tylko wówczas, gdy sygnał tzw. „przydźwięku sieciowego” pojawi się w zapisach rozmów dowodowych i będzie możliwe jego wyodrębnienie oraz pomiar chwilowych wartości częstotliwości. Metoda ta opiera się na następujących założeniach:

- prąd przemienny z sieci elektrycznej może wyindukować się w urządzeniach rejestrujących dźwięki w wyniku oddziaływania na to urządzenie pola elektromagnetycznego tej sieci,
- teoretycznie stała częstotliwość znamionowa sieci elektrycznej w praktyce ulega nieznacznym wahaniom o losowym charakterze,
- wahania częstotliwości prądu sieci energetycznej są w dużym stopniu skorelowane (praktycznie identyczne) w obszarze całej europejskiej sieci elektroenergetycznej.

Metoda „przydźwięku sieciowego” polega na ekstrakcji z nagrania dowodowego sygnału sieci energetycznej, a następnie na jego porównaniu z przebiegiem zmian częstotliwości prądu sieci elektroenergetycznej w funkcji czasu pochodzącym od operatora sieci (w Polsce jest to spółka Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.).

#### Bibliografia

- [1] AES-27 1996 (r2007), AES Recommended Practice for Forensic Purposes- Managing Recorded Audio Materials Intended for Examination, Audio Engineering Society, Inc. 2007.
- [2] C. Grigoras, D. Rappaport, J. Smith, Analytical framework for digital audio authentication, 46th AES International Conference, Denver, Co, USA, 2012.
- [3] B. Koenig, D. S. Lacey, Forensic authenticity analyses of the header data in re-encoded wma files from small olympus audio recorders, JAES Volume 60 Issue 4 pp. 255-265; April 2012.
- [4] Koenig, Bruce E.; Lacey, Douglas S.; Grigoras, Catalin; Price, Suzana Galic; Smith, Jeff M, Evaluation of the average dc offset values for nine small digital audio recorders, JAES Volume 61 Issue 6 pp. 439-448; June 2013.
- [5] Błaskiewicz S., Bednarczyk W., Metoda badania autentyczności zapisu magnetofonowego, „Problemy Kryminalistyki”, nr 131, 1978.
- [6] A.J. Cooper, C. Grigoras, M. Michałek, Best practice guidelines for ENF analysis in forensic Authentication of digital evidence, Forensic Speech and Audio Analysis Working Group, ENFSI 2009.
- [9] M. Michałek, Automatyzacja badania autentyczności cyfrowych nagrań dźwiękowych z wykorzystaniem kryterium ENF, Problemy kryminalistyki, Vol 267, 2010.
- [10] B. Carrier, File system forensic analysis, Addison Wesley Professional, 2005.

Badania identyfikacyjne wykonywane metodą językowo-pomiarową pozwalają na sporządzenie opisu mówcy, który uwzględni cechy osobnicze wynikające z budowy kanału głosowego i artykulatorów oraz grupowe, wspólne np. dla użytkowników tego samego dialektu.

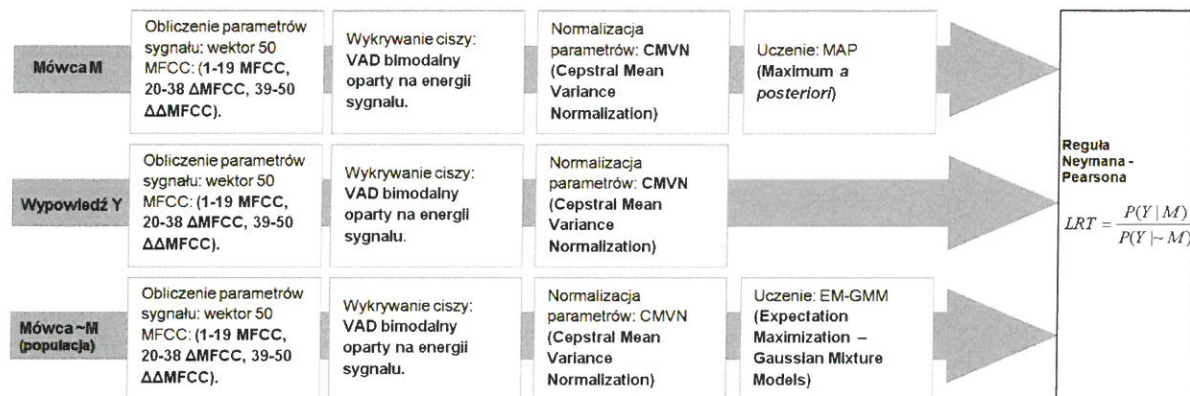
Analiza językowa w badaniach identyfikacyjnych polega na wyekstrahowaniu z badanych wypowiedzi (dowodowych i porównawczych) dystynktywnych cech lingwistycznych. Założenia takiego podejścia uwzględniają badanie przejawów językowej aktywności człowieka. Efektem badań identyfikacyjnych powyższą metodą jest opis zbieżności bądź rozbieżności zaobserwowanych cech. Pozwala to na stwierdzenie podobieństwa albo jego braku w warstwie językowej materiału badawczego. Indywidualne zespoły cech stwierdza się poprzez analizę zjawisk językowych takich jak: sposób artykulacji, morfologia, zasób słownikowy, składnia, prozodia, błędy językowe (fonetyczne – artykulacyjne, frazeologiczne, leksykalne, fleksyjne, składniowe) oraz wady wymowy, o ile jakość badanego materiału pozwala na ich identyfikację.

W badaniach nad rozpoznawaniem mówców wykorzystano również analizę tonu krtaniowego. Ton krtaniowy jest emitowany przez drgające więzadła krtaniowe. Jego częstotliwość ulega zmianą w trakcie trwania wypowiedzi odwzorowując intonację tej wypowiedzi. Jego wartość średnia zależy od indywidualnych cech mówcy.

Do rozpoznawania mówców wykorzystywane są również niektóre widmowe parametry sygnału mowy. Ich wartość oraz zakres zmienności stanowią informację osobniczą, ponieważ są uzależnione od



budowy anatomicznej narządu mowy. W przedmiotowych badaniach wykorzystano melowe współczynniki cespstralno-częstotliwościowe, w skrócie MFCC (ang. mel frequency cepstral coefficients). Do ich analizy statystycznej wykorzystano mieszaninę modeli normalnych. Na podstawie szeroko udokumentowanych w literaturze, empirycznych obserwacji stwierdzono, że komponenty mieszaniny modeli normalnych zbudowane w oparciu o długookresowe obserwacje widma sygnału reprezentują jednostki fonetyczne, które określane są jako klasy akustyczne. W języku mówionym najmniejszą jednostką fonetyczną jest fonem, których język polski liczy około 38. W badaniach prowadzonych w ramach niniejszej pracy wykorzystywano mieszaniny GMM (ang. gaussian mixture models) rzędu 512. Oznacza to, że wykorzystano znacznie bogatszą reprezentację sygnału mowy niż opis fonetyczny wykorzystywany w języku mówionym. Schemat metody rozpoznawania mówców oparty na wykorzystanym algorytmie MFCC-EM-GMM-UBM-MAP przedstawiono poniżej.



**Rysunek 1** Schemat działania metody MFCC-EM-GMM-UBM-MAP.

Ocena zgodności cech porównywanych głosów została wyrażona za pomocą ilorazu wiarygodności (ang. *likelihood ratio*). Metody szacowania tej wartości w odniesieniu do kryminalistycznego rozpoznawania mówców szeroko opisano w literaturze. W niniejszej pracy posłużono się metodą zaprezentowaną w publikacji pt. Forensic speaker recognition based on a Bayesian framework and Gaussian mixture modeling Meuwlego i Drygajły (2001). Do oszacowania zmienności wewnątrzosobniczej i międzyosobniczej wykorzystano populację czterdziestu czterech mówców polskojęzycznych. Ocena zgodności cech została również wyrażona za pomocą szansy, tj. prawdopodobieństwa tego, że porównywane wypowiedzi pochodzą od tej samej osoby.

#### Bibliografia:

- [1] W. Maciejko, Wpływ warunków transmisji na skuteczność automatycznego systemu kryminalistycznego rozpoznawania mówców, Praca doktorska, Politechnika Wroclawska, Wrocław 2014.
- [2] D. A. Reynolds, T. F. Quatieri, R. B. Dunn (2000), Speaker verification using adapted gaussian mixture models. Digital Signal Processing 10, 19 – 41 2000.
- [3] D. Meuwly, A Drygajło (2001), Forensic Speaker Recognition Based on a Bayesian Framework and Gaussian Mixture Modeling (GMM). In 2001, A Speaker Odyssey: The Speaker Recognition Workshop, pages 145–150 2001.
- [4] W. Maciejko (2012), Biometryczne rozpoznawanie mówców w kryminalistyce, Problemy Kryminalistyki, CLK Policji, nr 275/2012, Warszawa 2012.
- [5] I. Krzosek-Piwowarczyk, O. Komosa, W. Maciejko (2013), Kryminalistyczna identyfikacja mówcy maskującego głos, CLK Policji, nr 280/2013, Warszawa 2013.
- [6] Forensic speech and audio analysis working group terms of reference for forensic speaker analysis, ENFSI (European Network of Forensic Science Institutes), 2008.
- [7] K. Klus, A. Trawińska, Identyfikacja mówców z wykorzystaniem metody językowo-pomiarowej w KEU i IES, Problems of Forensic Sciences 2009, 78, 175-183.
- [8] B. S. Davis, P. Mermelstein, (1980), Comparison of parametric representation for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences IEEE Transactions on acoustics, speech and signal processing, vol. ASSP-28, No.4, sierpień 1980.

#### 4 Sposób przeprowadzenia badań

Badania przy pomocy metod opisanych w punkcie 3 przeprowadził biegły sądowy w zakresie badań fonoskopijnych dr. inż. Waldemar Maciejko, w okresie od 08.08.2016 roku do 02.01.2017 roku.

Cel badań oraz dostępne i opisane w rozdziale 3 metody badawcze wymagają przeprowadzenia szeregu analiz. Badania będą prowadzone wg. następującego planu:

1. Analiza akt sprawy w celu odnalezienia materiałów porównawczych od poszczególnych mówców.
2. Wykonanie kopii roboczych nagrań porównawczych i dowodowych.
3. Ustalenie technicznych parametrów nagrań.
4. Przeprowadzenie badań.

Do badań wykorzystano następujące oprogramowanie:

Autopsy v. 3.1.3 – analiza w zakresie informatyki śledczej (eksport plików, carving danych, analiza zdarzeń w funkcji czasu),

ExifTool v. 5.16.0.0 – analiza plików osieroconych oraz odzyskanych z niealokowanej pamięci,

Audacity – analiza audytywna oraz czasowo-częstotliwościowa ścieżek audio.

Praat, Wavsurfer – analiza pomiarowa.

W badaniach wykorzystano również zestaw odsłuchowy w postaci komputera, karty dźwiękowej Roland Duo-Capture mk2, słuchawek półotwartych AKG K22 oraz Panasonic RP-HT 161.

#### 5 Wyniki badań i ich podsumowanie

##### 5.1 Badanie autentyczności nagrania w celu ewentualnego wykluczenia czynności polegającej na zmontowaniu nagrania dowodowego

W celu potwierdzenia autentyczności nagrania oraz wykluczenia czynności polegających na zmontowaniu nagrania dowodowego przeprowadzono szereg badań, który opis teoretyczny zamieszczony został w rozdziale 3 niniejszego sprawozdania. W pierwszym etapie wykonano analizę metadanych pliku. Ich wynik przedstawiono m.in. w tabeli 6 oraz jej opisie.

Poz 1 oraz Poz 2 – wartości DID oraz IID zmienia się w sposób inkrementalny co oznacza, że zostały nadane podczas tej samej sesji przetwarzania dokumentu. Jak zauważono w tabeli 6 wartości się różnią co oznacza, że doszło do zmiany zawartości dokumentu.

Poz 3 – wartość OID jest dziedziczona przez DID. Obserwowane wartości wskazują, że do edycji dochodziło podczas dwóch kolejnych sesji (zmiana wartości nastąpiła w sposób inkrementalny).

Poz 4 – umieszczone w węźle dane świadczą o tym, że doszło do zmiany metadanych pliku w dniu 2014-12-04 o godzinie 19 i 12 sekund lub 20 i 12 sekund (w zależności od strefy czasowej wg której pracuje system operacyjny). Do edycji wykorzystano program Adobe Audition CS 6 w systemie operacyjnym Windows.

Poz 5 – umieszczone w węźle dane świadczą o tym, że doszło do zmiany danych dźwiękowych pliku w dniu 2014-12-04 o godzinie 19 i 12 sekund lub 20 i 12 sekund (w zależności od strefy czasowej wg której pracuje system operacyjny). Do edycji wykorzystano program Adobe Audition CS 6 w systemie operacyjnym Windows.

Tabela 6 Analiza metadanych pliku dowodowego.

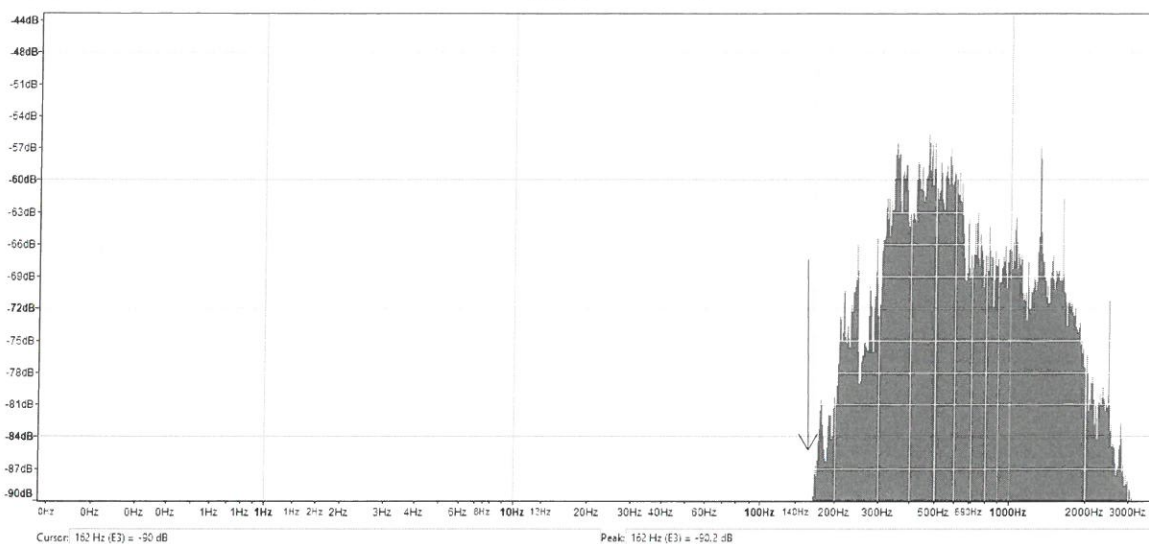
	<p>Znaczniki czasowe ostatniego zapisu danych dźwiękowych oraz metadanych.</p> <p>Poz. 1 ID Instancji nadawane jednokrotnie plikowi, po uruchomieniu operacji "Save".</p> <p>Poz. 2 ID Dokumentu nadawane jednokrotnie plikowi, po zmianie jego zawartości i uruchomieniu operacji "Save".</p> <p>Poz. 3 Pierwotne ID Dokumentu nadawane jednokrotnie plikowi, w przypadku gdy plik jest edytowany jednokrotnie jest ono dziedziczone przez ID Dokumentu.</p> <p>Poz. 4 Historia edycji pliku. Numer IID, data edycji, wykorzystane narzędzie do edycji oraz informacja o zapisie do metadanych.</p> <p>Poz. 5 Historia edycji pliku. Numer IID, data edycji, wykorzystane narzędzie do edycji oraz informacja o zmianie danych dźwiękowych.</p> <p>Poz. 6 Historia edycji pliku. Numer IID, data edycji, wykorzystane narzędzie do edycji oraz informacja o zapisie do metadanych.</p> <p>Poz. 7 Historia edycji pliku. Numer IID, data edycji, wykorzystane narzędzie do edycji oraz informacja o zmianie danych dźwiękowych.</p> <p>Parametry pliku (zgodne z zamieszczonymi w tabeli 1 na stronie 1 niniejszego sprawozdania).</p>
--	--

Poz 6 – umieszczone w węźle dane świadczą o tym, że doszło do zmiany metadanych pliku w dniu 2014-12-04 o godzinie 19:26 i 12 sekund lub 20:26 i 12 sekund (w zależności od strefy czasowej wg której pracuje system operacyjny). Do edycji wykorzystano program Adobe Audition CS 6 w systemie operacyjnym Windows.

Poz 7 – umieszczone w węźle dane świadczą o tym, że doszło do zmiany danych dźwiękowych pliku w dniu 2014-12-04 o godzinie 19:26 i 12 sekund lub 20:26 i 12 sekund (w zależności od strefy czasowej wg której pracuje system operacyjny). Do edycji wykorzystano program Adobe Audition CS 6 w systemie operacyjnym Windows.

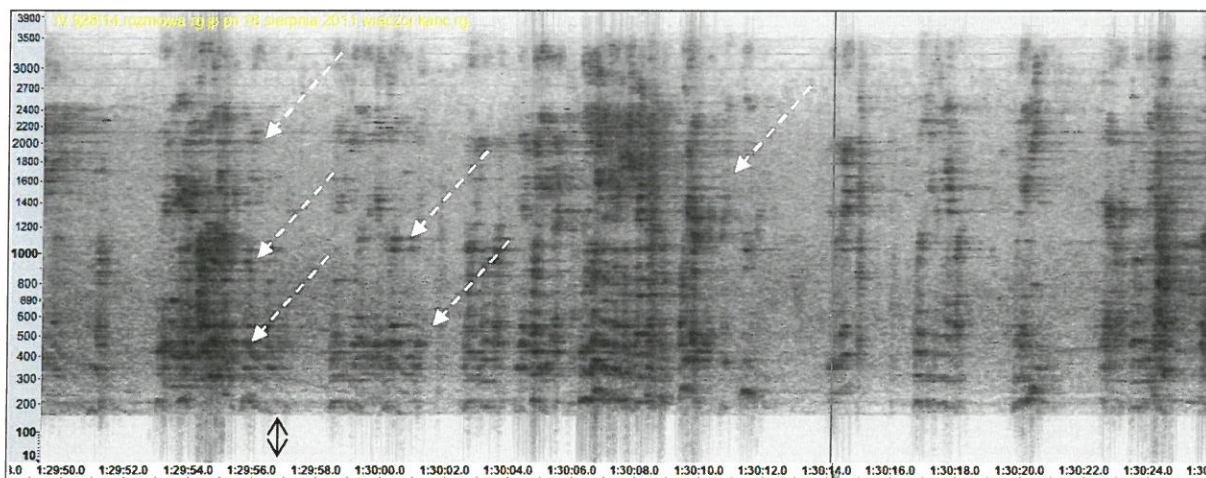
W wyniku analizy metadanych pliku „rozmowa rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav” stwierdzono, że został on zmieniony do czego wykorzystano program Adobe Audition. Metadane pliku definiowane w oparciu o standard XMP nie zawierają informacji jaki był zakres owych zmian.

W kolejnym etapie badań przeprowadzono analizę widmową oraz spektrograficzną połączoną z tzw. Krytycznym odsłuchem nagrania „rozmowa rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav”.



**Rysunek 2** Analiza widmowa nagrania dowodowego (parametry analiza: FFT=65536, Hanning, skal log.).

Charakterystyka widmowa (rysunek 2) długoterminowa świadczy o tym, że sygnał nagrania został odfiltrowany w dolnym zakresie częstotliwości tj. do 162 Hz. Można to zaobserwować również na spektrogramie na rysunku 3. Obserwowane zjawiska dotyczą całego czasu trwania nagrania.

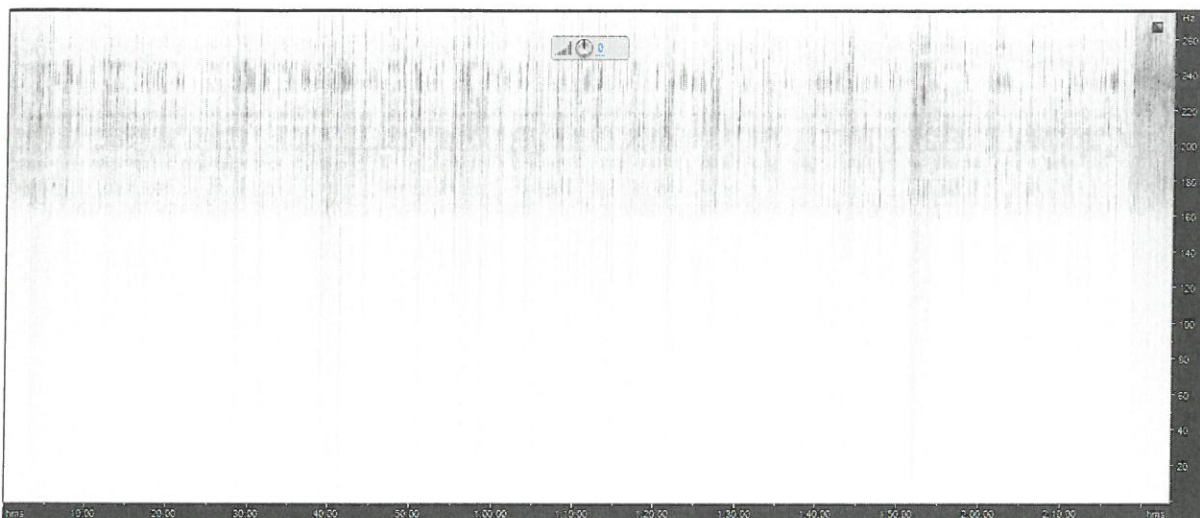


**Rysunek 3** Analiza czasowo-częstotliwościowa nagrania dowodowego (parametry analizy: Max częst=8000 Hz, FFT=2048, Hamming, skala mel).

Ponadto w wyniku analizy spektrograficznej stwierdzono, że zastosowano filtr szerokopasmowy. Na spektrogramie zaznaczono przekłady zniekształceń nieliniowych, które zwykle powstają jako uboczny wynik stosowania filtracji adaptacyjnej.

W wyniku wykonanej analizy czasowo-częstotliwościowej połączonej z krytycznym odsłuchem stwierdzono, że nagranie zostało zmienione poprzez zastosowanie filtracji dolnopasmowej oraz szerokopasmowej. Jej skutkiem jest usunięcie zakresu częstotliwości do 162 Hz oraz zniekształcenia nieliniowe powstałe w całym zakresie częstotliwościowym. Obserwowane zjawiska dotyczą całego czasu trwania nagrania. Jednocześnie nie stwierdzono, aby doszło do ingerencji w ciągłość zapisu.

W kolejnym kroku podjęto próbę detekcji tzw. przydźwięku sieciowego. Detekcję prowadzono w całym zakresie częstotliwości nagrania tj. w przedziale od 50 Hz do 8000 Hz.



**Rysunek 4** Analiza nagrania w celu detekcji przydźwięku sieciowego, przykład analizy w zakresie 50-260 Hz.

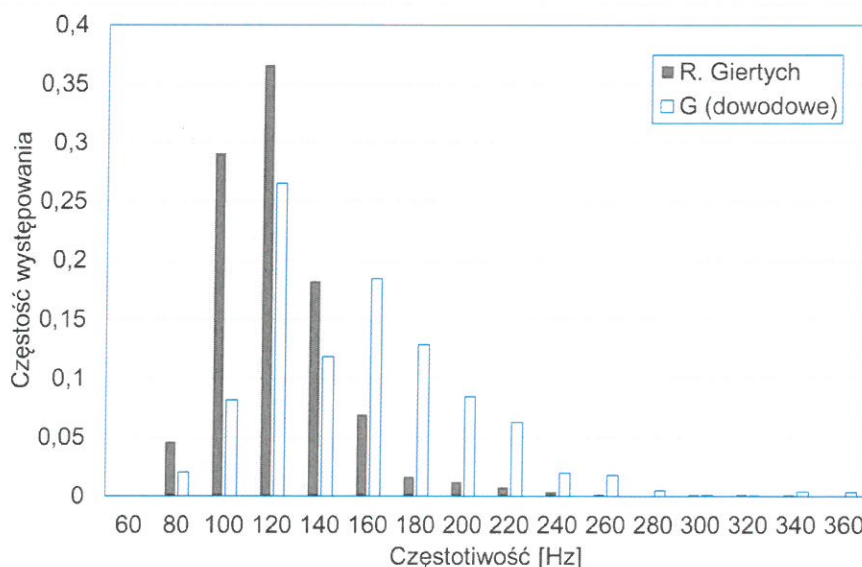
W wyniku przeprowadzonej analizy nie stwierdzono obecności w nagraniu tzw. sygnału przydźwięku sieciowego.

### 5.2 Identyfikacja osób, których głos został zarejestrowany w nagraniu

W pierwszym etapie badań przeprowadzono identyfikację mówców w obrębie nagrania dowodowego. W wyniku tego etapu analizy stwierdzono, że w nagraniu „*rozmowa rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav*” zarejestrowane są wypowiedzi trzech mówców. Na potrzeby niniejszej opinii oznaczeni zostali oni, w następujący sposób: G, P, N.

W oparciu o analizę właściwości brzmieniowych głosów takich jak intensywność, barwa, tempo mowy, wykonano wstępną identyfikację mówców. W wyniku tego etapu badań stwierdzono, że nie można wykluczyć, że wypowiedzi mówcy G należą do Romana Giertycha, mówcy P do Jana Pińskiego, mówcy N do Piotra Nisztor. Wobec tego przeprowadzono dalsze badania z wykorzystaniem metody językowo-pomiarowej.

W pierwszej kolejności wykonano porównanie cech osobniczych obserwowanych w sygnale mowy jednego z mówców, którego wypowiedzi zapisano w nagraniu dowodowym, a które na potrzeby niniejszego sprawozdania oznaczono literą G z cechami obserwowanymi w wypowiedziach Romana Giertycha.



**Rysunek 5** Analiza porównawcza tonu krtaniowego Romana Giertycha oraz jednego z mówców, którego wypowiedzi uległy zapisowi w nagraniu dowodowym.

W pierwszym etapie przeprowadzono analizę tonu krtaniowego, której wynik przedstawiono na rysunku 5 oraz w tabeli 7. W wyniku tej analizy stwierdzono całkowitą zgodność wartości średnich

analizowanych tonów kraniowych (różnica około 6 Hz) oraz wartości minimalnych (różnica około 1 Hz).

**Tabela 7** Parametry statystyczne tonu kraniowego Romana Giertycha oraz jednego z mówców, którego wypowiedzi zostały zapisane w nagraniu dowodowym.

	Średnia [Hz]	Odchylenie standardowe [Hz]	Min [Hz]
<b>R. Giertych</b>	125.4	28.4	63.8
<b>G</b>	131.2	43.8	63.6

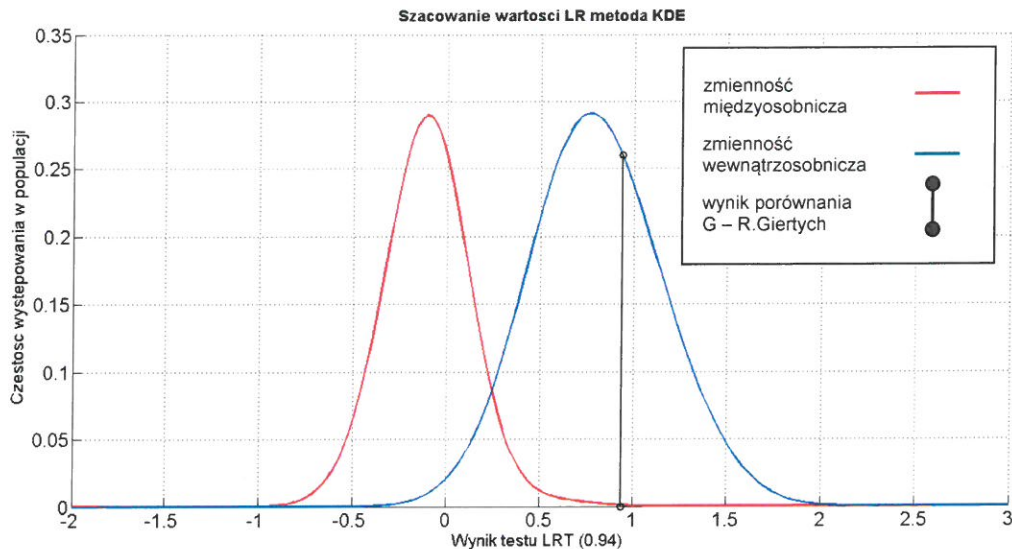
W kolejnym etapie badań przeprowadzono analizę językową, której wynik zaprezentowano w tabeli 8.

**Tabela 8** Porównawcza analiza językowa jednego z mówców, którego wypowiedzi zostały zapisane w nagraniu dowodowym oraz Romana Giertycha.

Nagranie porównawcze: 15450500001203_IV_C_666_14_3 06_20150416_123858_MIXED.oga, przykład zjawiska	Nagranie dowodowe: rozmowa rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav przykład zjawiska	Charakterystyka obserwowanego zjawiska
j[e]żeli (9m 9s) t[e]j (9m 27s, 22m 10s)	j[e]żeli (4m 23s) g[e]neralnie (4m 27s)	Uprzednione i podwyższone <i>e</i> w sylabie akcentowanej
pozwan[y] (10m 45s)	cz[y]li (2m 50s, 4m 4s, 4m 0s) prz[y]jdzie (4m 54s)	Podwyższona realizacja samogłoski <i>y</i>
„...o stronę formalną” (9m 20 s)	„...paragrafu jeden a”	Wykorzystywanie akcentów zdaniowych. Silny akcent na określone sylaby.
poł[ą]czenie (9 m 22 s)	zarz[ą]dzie (4m 23s)	Synchroniczna realizacja głoski nosowej <i>ą</i> w śródgłosie
potrzebuje->poczebuję (10m 53s, 12 m 13s) trzeci->czeci (16m 41s, 16m 48s, 17m 13s)	trzech->czech (2m 25s)	Uproszczenie grupy <i>trz-&gt;cz</i>
okoliczność->okoliczność (12m 51s) treść->treść (15 m 0s)	sześć->sześć[-] (2m 16s, 3m 59s) część->część[-] (15m 47s) większość->większość[-] (15m 54s)	Upodobnienie głoski tego samego szeregu
chciałem->chcia[-]em (14m 48s) odczuwałem->odczuwa[-]em (19 m 2 s)	miała->mia[-]a (4m 57s) obejrza[-]em (6m 56s)	Aproksymacja <i>l</i> w układzie <i>v-l-v</i>

Obserwowane zjawiska językowe mówcy G z nagrania dowodowego oraz u Romana Giertycha wykazują całkowitą zgodność.

Kolejnym elementem prowadzonej analizy była ocena zgodności współczynników MFCC. Na rysunku 6 przedstawiono funkcje gęstości prawdopodobieństw reprezentujące zmienność wewnątrzsobniczą (funkcja niebieska) oraz międzysobniczą (funkcja czerwona) analizowanych współczynników. Na osi rzędnej odłożono wartość wyniku porównania.



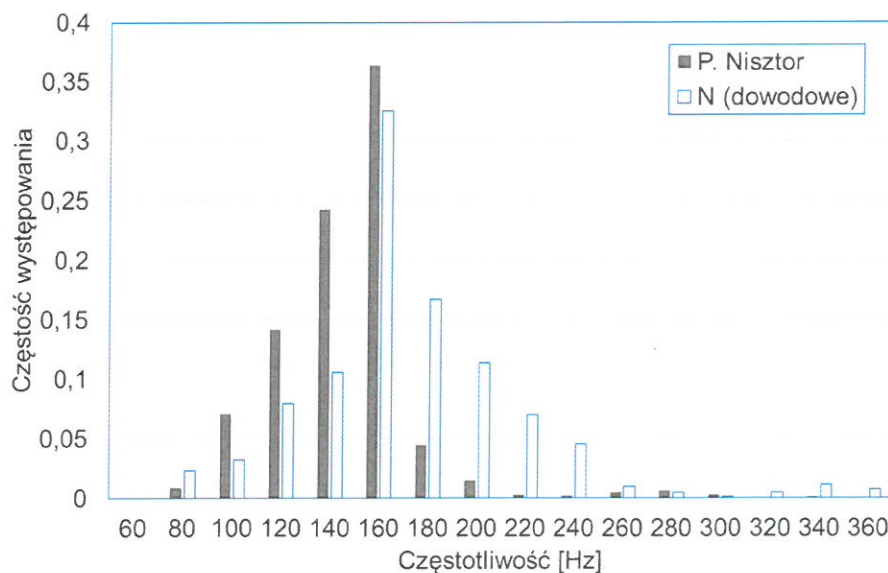
**Rysunek 6** Funkcje gęstości reprezentujące zmienność wewnątrzosobniczą i międzyosobniczą oraz wynik testu LRT – porównania mówcy R. Giertycha oraz mówcy G z nagrania dowodowego.

Wynik analizy porównawczej prowadzonej z wykorzystaniem współczynników MFCC Romana Giertycha oraz mówcy G zamieszczono na rysunku 6 oraz w tabeli 9. Z przeprowadzonej analizy wynika, że poziom zgodności współczynników MFCC wynosi 0,996.

**Tabela 9** Wynik analizy współczynników MFCC mówcy G z nagrania dowodowego oraz Romana Giertycha.

Wynik testu LRT	Liczność zbioru do oszacowania zmienności wewnątrzosobniczej	Liczność zbioru do oszacowania zmienności międzyosobniczej	Iloraz wiarygodności LR (zakres zmian (0,∞))	Współczynnik zgodności P (zakres zmian (0,1))
LRT=0.94	1090	10888	252.8	0.996

Następnie wykonano porównanie cech osobniczych obserwowanych w sygnale mowy kolejnego z mówców, którego wypowiedzi zapisano w nagraniu dowodowym, a które na potrzeby niniejszego sprawozdania oznaczono literą N z cechami obserwowanymi w wypowiedziach Piotra Nisztor.



**Rysunek 7** Analiza porównawcza tonu krtaniowego Piotra Nisztor oraz jednego z mówców, którego wypowiedzi uległy zapisowi w nagraniu dowodowym.

W pierwszym etapie przeprowadzono analizę tonu kraniowego, której wynik przedstawiono na rysunku 7 oraz w tabeli 10. W wyniku tej analizy stwierdzono całkowitą zgodność wartości średnich analizowanych tonów kraniowych (różnica około 8 Hz) oraz wartości minimalnych (różnica około 1 Hz).

**Tabela 10** Parametry statystyczne tonu kraniowego Piotra Nisztoro oraz jednego z mówców, którego wypowiedzi zostały zapisane w nagraniu dowodowym.

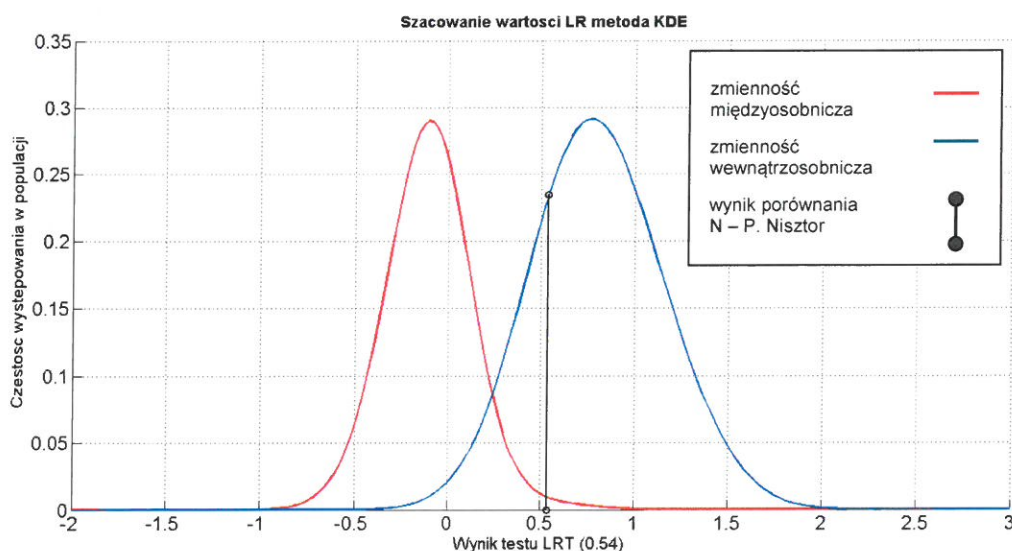
	Średnia [Hz]	Odchylenie standardowe [Hz]	Min [Hz]
P. Nisztor	155.1	28.1	63.6
N	162.4	44.3	66.4

W kolejnym etapie badań przeprowadzono analizę językową, której wynik zaprezentowano w tabeli 11.

**Tabela 11** Porównawcza analiza językowa jednego z mówców, którego wypowiedzi zostały zapisane w nagraniu dowodowym oraz Piotra Nisztoro.

Nagranie: 15450500001203_IV_C_928_14_306_20 151217_082919_MIXED.oga, przykład zjawiska	Nagranie: rozmowa rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav przykład zjawiska	Charakterystyka obszernego zjawiska
powiedział->po[-]iedział (5m 9s)	powiedział->po[-]iedział (24m 0s)	Silna interpolacja w układzie v-w-v
„kupić od mnie te prawa” (5m 38s), „wszystko zaczęło się od tego szeptania” (5m 54s)	„najlepsze materisły” (21m 51s), „gruba sprawa co była” (21 m 57 s)	Wydłużenie iloczasu samogłosek występujących w wygłosie
sądzie->s[on]dzie (3m 55s, 8m 34s, 9m 21s)	porz[ą]dzny->porz[on]dny (24m 3s)	Asynchroniczna realizacja samogłoski nosowej w śródgłosie
mnie->m[-]je (4m 6s), uczestni[cz]ył (4m 7s), spotka[-]em (5m 5s)	by[-]ja (22m 5s), wszys[-]ko (26m 42s), s[-]uchaj (27m 56s)	Liczne uproszczenia, ściśnienia wynikające z nierównego tempa mowy.

Obserwowane zjawiska językowe mówcy N z nagrania dowodowego oraz u Piotra Nisztoro wykazują całkowitą zgodność.



**Rysunek 8** Funkcje gęstości reprezentujące zmienność wewnętrzosobniczą i międzysobniczą oraz wynik testu LRT – porównania mówcy Piotra Nisztoro oraz mówcy N z nagrania dowodowego.

Kolejnym elementem prowadzonej analizy była ocena zgodności współczynników MFCC. Na rysunku 8 przedstawiono funkcje gęstości prawdopodobieństw reprezentujące zmienność wewnętrzosobniczą (funkcja niebieska) oraz międzysobniczą (funkcja czerwona) analizowanych współczynników. Na osi rzędnej odłożono wartość wyniku porównania.

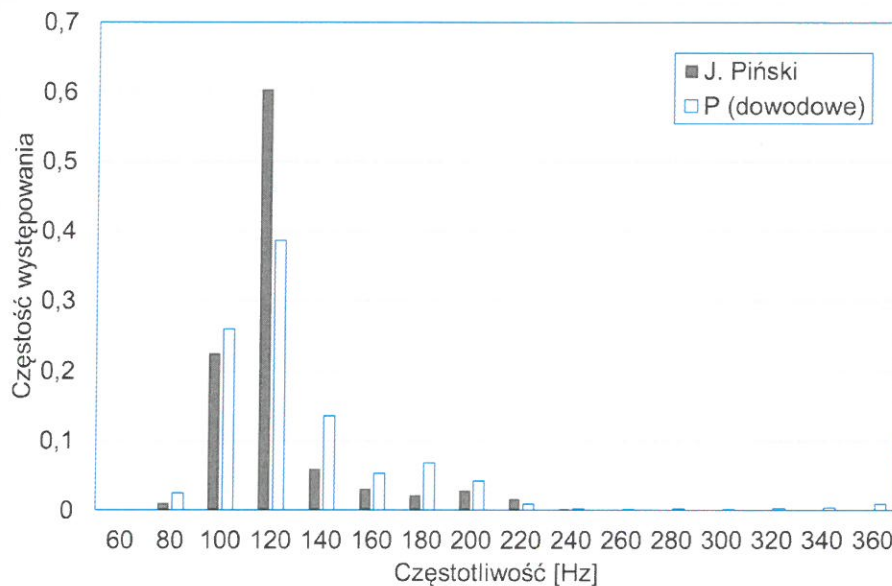


**Tabela 12** Wynik analizy współczynników MFCC mówcy N z nagrania dowodowego oraz Piotra Nisztor.

Wynik testu LRT	Liczność zbioru do oszacowania zmienności wewnątrzsobniczej	Liczność zbioru do oszacowania zmienności międzysobniczej	Iloraz wiarygodności LR (zakres zmian (0,∞))	Współczynnik zgodności P (zakres zmian (0,1))
LRT=0.54	1090	10888	25.3	0.961

Wynik analizy porównawczej prowadzonej z wykorzystaniem współczynników MFCC Piotra Nisztor oraz mówcy N zamieszczono na rysunku 8 oraz w tabeli 12. Z przeprowadzonej analizy wynika, że poziom zgodności współczynników MFCC wynosi 0,961.

Następnie wykonano porównanie cech osobniczych obserwowanych w sygnale mowy kolejnego z mówców, którego wypowiedzi zapisano w nagraniu dowodowym, a które na potrzeby niniejszego sprawozdania oznaczono literą P z cechami obserwowanymi w wypowiedziach Jana Pińskiego.

**Rysunek 9** Analiza porównawcza tonu krtaniowego Jana Pińskiego oraz jednego z mówców, którego wypowiedzi uległy zapisowi w nagraniu dowodowym.

W pierwszym etapie przeprowadzono analizę tonu krtaniowego, której wynik przedstawiono na rysunku 9 oraz w tabeli 13. W wyniku tej analizy stwierdzono całkowitą zgodność wartości średnich analizowanych tonów krtaniowych (różnica około 12 Hz) oraz wartości minimalnych (różnica około 1 Hz).

**Tabela 13** Parametry statystyczne tonu krtaniowego Jana Pińskiego oraz jednego z mówców, którego wypowiedzi zostały zapisane w nagraniu dowodowym.

	Średnia [Hz]	Odchylenie standardowe [Hz]	Min [Hz]
J. Piński	120.1	27.5	64.6
P	122.3	40.3	64.7

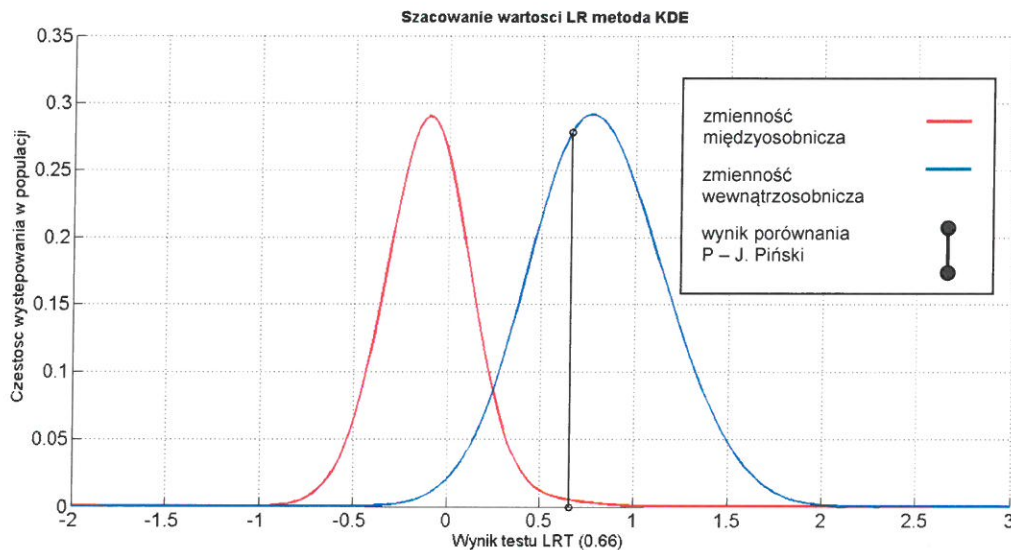
W kolejnym etapie badań przeprowadzono analizę językową, której wynik zaprezentowano w tabeli 14.

**Tabela 14** Porównawcza analiza językowa jednego z mówców, którego wypowiedzi zostały zapisane w nagraniu dowodowym oraz Jana Pińskiego.

Nagranie: 154505000001203_IV_C_928_1 4_219_20150901_112358_MIXED.oga, przykład zjawiska	Nagranie: rozmowa rg jp pn 18 sierpnia 2011 wieczor kanc rg.wav przykład zjawiska	Charakterystyka obszereowanego zjawiska
gdzi[e]ś (3m 37s, 6m 22s)	-	Uwsteczniiona i podwyższona realizacja samogłoski e w śródgłosie

tą->t[oł] (3m 57s), którą->któr[oł] (3m 58s), sporą->spor[oł] (4m 17s), charakterystyczn[oł] (5m 10s), są->soł (12m 26s)	-	Asynchroniczna realizacja samogłoski <i>a</i> w wygłosie
byli (5m 49s)	t[y]le_ile (8m 27s)	Podwyższona i uprzedniona realizacja samogłoski <i>y</i>
gdzieś->[-]dzieś (3m 37s, 6m 22s)	-	redukcja głośki w nagłosie

Wobec zbyt niskiego poziomu dźwięku wypowiedzi mówcy P w stosunku do tła, w nagraniu dowodowym, nie przeprowadzono analizy językowej jego wypowiedzi co uniemożliwiło wykonanie analizy porównawczej z wykorzystaniem metody językowej z wypowiedziami Jana Pińskiego.



**Rysunek 10** Funkcje gęstości reprezentujące zmienność wewnątrzsobniczą i międzysobniczą oraz wynik testu LRT – porównania mówcy Jana Pińskiego oraz mówcy P z nagrania dowodowego.

Kolejnym elementem prowadzonej analizy była ocena zgodności współczynników MFCC. Na rysunku 10 przedstawiono funkcje gęstości prawdopodobieństw reprezentujące zmienność wewnątrzsobniczą (funkcja niebieska) oraz międzysobniczą (funkcja czerwona) analizowanych współczynników. Na osi rzędnej odłożono wartość wyniku porównania.

**Tabela 15** Wynik analizy współczynników MFCC mówcy P z nagrania dowodowego oraz Jana Pińskiego.

Wynik testu LRT	Liczność zbioru do oszacowania zmienności wewnątrzsobniczej	Liczność zbioru do oszacowania zmienności międzysobniczej	Iloraz wiarygodności LR (zakres zmian $(0, \infty)$ )	Współczynnik zgodności P (zakres zmian $(0,1)$ )
LRT=0.66	1090	10888	55.8	0.982

Wynik analizy porównawczej prowadzonej z wykorzystaniem współczynników MFCC Jana Pińskiego oraz mówcy P zamieszczono na rysunku 10 oraz w tabeli 15. Z przeprowadzonej analizy wynika, że poziom zgodności współczynników MFCC wynosi 0,982.

### 5.3 "Oczyszczenie" jakości dźwięku na nagraniu rozmowy powoda z Piotrem Nisztołem i Janem Pińskim

Biorąc pod uwagę charakter zakłóceń obecnych w nagraniu dowodowym, tj: całkowicie usunięty dolny zakres częstotliwości, w którym powinien znajdować się sygnał mowy oraz zniekształcenia o charakterze nieliniowym, istnieją ograniczone możliwości przeprowadzenia korekcji częstotliwościowej w taki sposób aby istotnie poprawiła się zrozumiałość sygnału mowy. Podjęto próbę „oczyszczenia” nagrania poprzez: wykorzystanie expandera o następujących parametrach: expander 1.07:1, powyżej -35 dB, kompresor 4.19:1, poniżej -35 dB, expander 2.48:1 poniżej -79dB, atak 13ms, powrót 100 ms oraz korektor częstotliwościowy o następujących parametrach: środek 105 Hz, Q=8, wzmocnienie 25 dB, środek 149, Q=1.37, wzmocnienie 9.7 dB.

**6 Opis sposobu zabezpieczenia obiektów badań po wykonanej ekspertyzie.**

Po zakończeniu badań robocze kopie plików dowodowych znajdujących się na komputerze roboczym biegłego sądowego trwale usunięto z dysku metodą Gutmanna (35 krotne nadpisanie). Nośniki przekazane do badań zwrócono do sądu .

**Biegły sądowy w zakresie badań  
fonoskopijnych przy Sądzie Okręgowym  
w Warszawie**

*Waldemar Maciejko*  
**dr inż. Waldemar Maciejko**  
**02.01.2017**