



THE EVIDENTIAL VALUE OF TRANSFER EVIDENCES – A HIT-AND-RUN ACCIDENT

Grzegorz ZADORA, Beata M. TRZCIŃSKA

Institute of Forensic Research, Krakow, Poland

Abstract

In this paper the usefulness of the likelihood ratio framework as a basis for thinking and reaching conclusions about evidence values has been presented on the basis of casework in which a pedestrian was hit by a car which fled from the accident scene. The pedestrian died and the suspected car was found some hours after the accident and suitable control samples were collected. Performed analysis showed compatibility of physico-chemical features between evidence and control material such as paint, glass, plastic and fibres. A way of thinking based on the likelihood ratio approach (*LR*) was applied in reaching the final conclusion. The framework is useful as a guideline for experts, forcing them to address the right questions and hypotheses (not only the hypothesis of the prosecution, but also alternative (defence) hypothesis(es)). This way of thinking, which is based on *LR*, has great merits even if a numerical value for *LR* cannot be calculated due to lack of adequate data, as is often the case. Moreover, the *LR* approach can also be used to draw conclusions about the evidential value of a combination of different kinds of forensic evidence. This approach allowed us to provide extremely strong support for a hypothesis that traces of paint, glass, plastic and fibres recovered from a victim's clothes originated from the suspected car, which should effectively enable the judge to issue a correct verdict. This casework was also interesting in that a two-colour paint smear (two adjacent layers of car paint) was found on the victim's trousers, which is not a very common situation.

Key words

Forensic science; Likelihood ratio approach; Hit-and-run accident; Transfer evidences; Physico-chemical analysis.

Received 11 March 2008; accepted 22 April 2008

1. Introduction

An analysis of traffic accidents reveals that some involve fleeing of the driver from the accident scene i.e. hit-and-run accidents. In order to find a car which could have taken part in a hit-and-run accident, it has very often been necessary to analyse transfer evidence in the form of paint, glass and plastic fragments which can be recovered from the victim's clothes (called recovered samples) [3, 5, 7, 8]. When a suspected car has been indicated by police, then control materials should be collected (referred to as control samples). After this, control and recovered samples can be analysed by various physico-chemical methods and then compared in

order to provide an answer to the following question – could the evidence (recovered) and control samples have originated from the same suspected car?

The results of physico-chemical analysis provide an answer to the question: are the compared samples (recovered and control material) similar on the basis of their physico-chemical properties? However, from the forensic point of view, it is the following question which is of interest: could the samples (recovered and control) have originated from the same car? This at least requires knowledge about the rarity (frequency) of the measured physico-chemical properties in the relevant population [1] and also information about the course of the accident. A categorical answer is re-

quired. However, it is well known that a forensic expert who evaluates transfer evidence on the basis of its physico-chemical features can only assess which of the hypotheses is more likely, i.e. whether the control and recovered samples originated from the same object, i.e. the suspected car or from different cars.

In order to evaluate the evidence value of analysed material, it is best to apply a likelihood ratio approach (*LR*). This compares the probability that given samples originate from the same object with the probability that they originate from different objects. The likelihood ratio is a well-documented measure of the value of evidence [1, 2] and can be written in the form

$$LR = \frac{p(E, I | H_p)}{p(E, I | H_d)}, \quad \{1\}$$

where: H_p – control and recovered samples originate from the same object, known as the prosecutor hypothesis; H_d – control and recovered samples originate from different objects, known as the defence hypothesis; E – available physico-chemical data and information about the control and recovered samples, e.g. physico-chemical features of recovered and control samples; I – available additional information.

This way of thinking, which is based on *LR*, has great merits even if a numerical value for *LR* cannot be calculated due to lack of adequate data, as is often the case. An approach based on interpretation of data using the *LR* can also be seen as a sort of guideline for forensic experts, forcing them to put forward the right questions and hypotheses when analysing evidence material – the expert has to consider not only the hypothesis of the prosecution, but also alternative (defence) hypothesis(es). Moreover, the *LR* approach can also be used to draw conclusions about the evidential value of a combination of different kinds of forensic evidence.

2. Case history

A man was walking on the left side of the road (in accordance with regulations) in a small village on an early spring evening. Traffic was light. At a certain moment, a fast moving car approached from the opposite direction, hit the pedestrian and fled from the accident scene. A woman who lived nearby heard a noise and looked out of the window. She saw the back lights of a rather small car and a man lying on the road. She called the Police and an ambulance. The victim died in hospital of serious head injuries.

Fragments of plastic from an indicator lens (e1), fragments of car paint (e2) and glass fragments (e3) were collected at the scene of the accident. Table I contains descriptions of all analysed evidence. Moreover, the victim's outer clothes were also submitted for analysis, i.e. jacket (e4) and trousers (e5).

Police operational activities and also an interview with the woman living near the accident enabled the Police the following day to find a car which could have taken part in this accident (suspected car) in a mechanic's garage in a neighbouring village. The car, a Fiat 126p, had a damaged left wing and a left indicator lens was missing. When questioned by police, the driver stated that he had not run anybody over, but that he had damaged his car because he had driven into a tree in the yard. Because the car had not yet been repaired, it was possible to collect appropriate control materials: fragments of car paint from the left wing (c1), glass from the car (c2) and brown plastic material from the area of the left indicator (c3), a fragment of a gasket with some red fibres on its surface (c4). Evidence and control materials were sent to the Institute of Forensic Research, where the authors are employed, in order to investigate whether the evidence material could have the same origin (the suspected car – Fiat 126p) as the control material. A positive answer to this problem would be helpful in reconstruction of the accident.

3. Methods

First of all, control and recovered materials were observed under an SMZ-U stereoscopic (optical) microscope (Nikon, Japan). The jacket (e4) and trousers (e5) were brushed to recover fragments of various pieces of transfer evidence that had been transferred from the perpetrator's car and remained on the victim's clothes. Brushing was carried out above a special funnel (120 cm high, upper hole diameter 100 cm and lower hole diameter 10 cm) made of stainless steel with a very smooth surface. The debris obtained as a result of brushing was collected in plastic Petri dishes placed at the end of the funnel. These were observed under the optical microscope (magnification 100 \times), and glass r1(e4,5) and paint r2(e4,5) fragments were recovered.

Samples of car paint (e2, e5.1, r2(e4,5), c1) and brown plastic material (e1.1, c3) were analysed by the Micro Fourier Transform Infrared Spectrometry (MK-FTIR) method; using an FTS 40 Pro spectrometer connected with a UMA 500 microscope (Digilab,

TABLE I. INFORMATION ABOUT ANALYSED MATERIALS AND ABBREVIATIONS USED IN THE TEXT

Evidence	Origin	Symbol	Type of material
Paint	The site of the accident	E2	Recovered
	Smear on the victim's trousers (e5)	E5.1	Recovered
	Recovered from victim's clothes (e4, e5)	R2(e4,5)	Recovered
	Collected from suspected car – Fiat 126p	C1	Control
Fragments of indicator lens	The site of the accident	E1	Recovered
Brown plastics	On a fragment of left indicator lampshade (e1)	E1.1	Recovered
	On the left wing of suspected car – Fiat 126p	C3	Control
Glass	The site of the accident	E3	Recovered
	Recovered from the victim's clothes (e4, e5)	R1(e4,5)	Recovered
	Collected from inside the suspected car – Fiat 126p	C2	Control
Clothes	Jacket	E4	Recovered
	Trousers	E5	Recovered
Fibres	Jacket (e4)	C4(e4)	Control
	Red fibres from outer fabric		
	Fibres from inside fabric:	Red	c5.1(e4)
		Black	c5.2(e4)
	Recovered from the gasket of the left indicator lamp of suspected car Fiat 126p	E6	Recovered

USA). Standard conditions were applied (resolution 4 cm^{-1} , a number of scans 128, range $600\text{--}3800 \text{ cm}^{-1}$).

Glass fragments (e3, r1(e4,5), c2) were placed on self-adhesive carbon tabs on aluminium stubs and then carbon coated using an SCD sputter (Bal-Tech, Switzerland). Analysis of the elemental content of each glass fragment was carried out using a Scanning Electron Microscope (JSM-5800 Jeol, Japan), with an Energy Dispersive X-ray spectrometer (Link ISIS 300, Oxford Instruments Ltd., United Kingdom) [10]. The measurement conditions were: accelerating voltage 20 kV, life time 50 s, magnification 1000–2000. The calibration element was cobalt. The elemental content [wt. %] of each glass fragment was determined by the SEMQuant option (part of the LINK ISIS programme, Oxford Instruments Ltd, United Kingdom). Next, the elemental content of control and recovered samples was analysed by the likelihood ratio approach [1], in order to answer the question – could they have come from the same object, i.e. the suspected Fiat 126p?

Comparative examinations of fibres (e6, c4(e4), c5.1(e4.), c5.2(e4)) were performed by application of a set of microscopes: stereoscope – MZ 16 (Leica, Germany); polarisation – Eclipse E600POL (Nikon, Japan) and fluorescence – Labophot-2 (Nikon, Japan).

4. Results

4.1. Plastics

Fragments of plastic (e1) collected at the site of the accident together constituted almost a complete lampshade of an indicator. This lampshade could be the missing left indicator of the suspected Fiat 126p. Moreover, bits of a label were located on the collected fragments, indicating that this type of indicator (e1) is used in this particular car model. Additionally, soft brown plastic material (e1.1) found on the edge of one of the plastic fragments had a similar appearance and consistency to material (c3) collected from the edges of the hole where the left indicator used to be. Spectrometric analysis in infrared indicated that both materials contained mainly silicone (Figure 1).

4.2. Car paints

A two-colour (navy-blue and red) paint smear was found on the back of the victim's dark green trousers in the vicinity of the right buttock (e5.1). All the fragments of car paint collected at the accident scene (e2), recovered from debris r2(e4,5) as well as ones from the

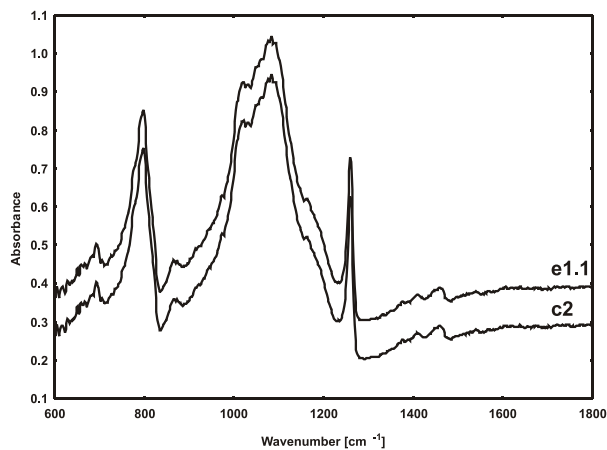


Fig. 1. IR spectra of brown plastic material originating from: a piece of the indicator collected from the site of the accident (e1.1) and from the vicinity of the hole where the (missing) indicator used to be on the left wing of the Fiat 126p (c3).

left wing of the suspected Fiat 126p (c1) had at least two layers and the top layer was navy-blue (“navy-blue 1”). However, paint fragments collected from the suspected car differed in the sequence and colour of remaining (inner) layers. This indicates that the paint coating on this part of the car body was not original, i.e. it had been repainted. In some fragments a navy-blue layer (“navy-blue 2”) or a red layer was observed as a second layer. It was found that the chemical composition of paint forming the external layer (“navy-blue 1”) was consistent for fragments originating from the car (c1), from the accident scene (e2), from debris (on clothes) r2(e4,5) as well as from the navy-blue paint smear on the victim’s trousers (e5.1) and the main component of the binder is alkyd resin (Figure 2).

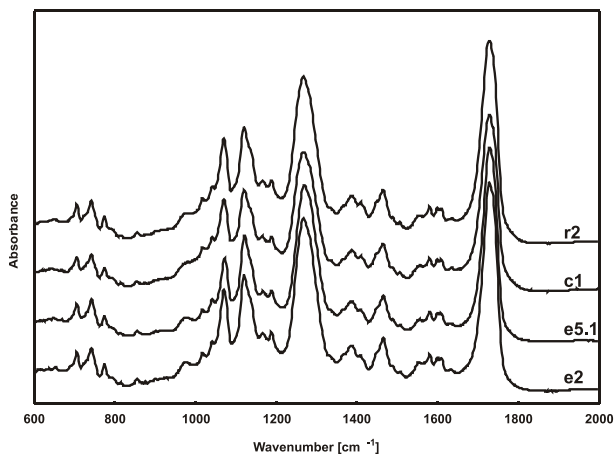


Fig. 2. IR spectra of top layer of paint fragments (navy-blue 1) coming from: paint coating of suspected car (c1), the accident scene (e2), recovered from clothes (r2(e4,5)) and from the smear of paint present on the victim’s trousers (e5.1).

Red paint making up the second layer and originating from the same places had binder that was also made up of alkyd resins but modified by addition of styrene. Talc and kaolin were also present in this paint as a filler (Figure 3).

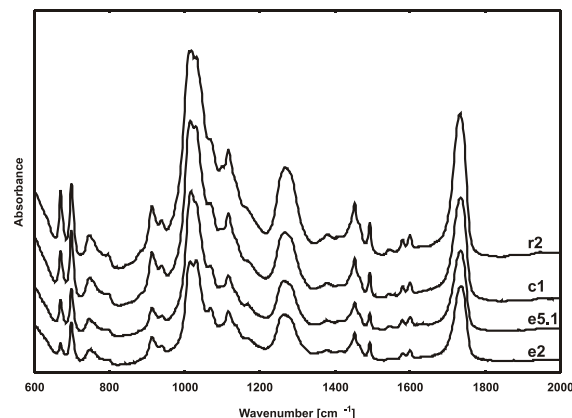


Fig. 3. IR spectra of red paint originating from: paint coating on left wing of car (c1), from the accident scene (e2), recovered from clothes (r2(e4,5)) and from the paint smear present on the victim’s trousers (e5.1).

However, the binder of the navy-blue second layer (“navy-blue 2”) consisted of alkyd resins and polyurethane resins. This type of paint was found in samples originating from the car (c1), from the accident scene (e2) and from the debris (on clothes) r2 (e4,5). Moreover, it was found that the chemical composition of other paint layers (blue and two different grey layers) present in control materials (c1) as well as in evidence materials (e2, r2(e4,5)) matched each other.

4.3 Fibres

The outside material (fabric) of the victim’s jacket c4(e4) was red and, as performed analysis showed, was made of red cotton and polyester fibres. However, the inside material (red with red-black checks) was made up of four types of red fibres (c5.1(e4) – woolen, polyester, acrylic and cotton) and grey-black polyester fibres (c5.2(e4)). Most of the fibres present on the gasket (e6) were red (woollen, polyester and acrylic) and some (significantly fewer) fibres were grey-black polyester ones. Comparative examination revealed that fibres present on the gasket (e6) and fibres coming from the inside material of the victim’s jacket – c5.1(e4), c5.2(e4) – had matching morphology and physico-chemical features.

4.4 Glass

Twenty eight glass fragments were found in debris obtained after brushing of the victim's clothes – r1(e4,e5). The elemental content of these fragments, traces collected at the accident scene (e3), as well as the elemental content of control glass sample (c2) was determined by the SEM-EDX method.

The elemental composition of 28 glass fragments recovered from the victim's clothes r1(c4,5) and ones found on the road (e3) matched with that of control glass fragments (c2). Descriptive statistics of the 28 glass fragments are presented in Figure 4. The means (\pm std) of particular elements present in (e3) and (c2) were the following:

- glass fragments found on the road (e3): O (48.64 ± 0.94), Na (9.34 ± 0.23), Mg (2.13 ± 0.05), Al (0.61 ± 0.03), Si (33.39 ± 0.80), K (0.27 ± 0.04), Ca (5.56 ± 0.34);
- control glass fragments (c2): O (49.14 ± 1.74), Na (9.37 ± 0.40), Mg (2.13 ± 0.07), Al (0.63 ± 0.03), Si (32.98 ± 1.52), K (0.27 ± 0.04), Ca (5.44 ± 0.61).

5. Discussion

Performed analysis showed that physico-chemical features of control and recovered material matched, i.e.:

- the brown plastic material recovered from one of the plastic fragments of the left indicator lens (e.1.1) and material collected from the vicinity of the hole where the (missing) left indicator of the Fiat 126p used to be (c3);
- navy-blue and red materials recovered from the paint smear on the victim's trousers (e5.1), navy-blue and red paints which were neighbouring layers in paint fragments found at the accident scene (e.2), recovered from the victim's clothes r2(e4,5) and those originating from the suspected car (c1);
- red and grey-black fibres found on the gasket (e6) and fibres making up the inner fabric of the victim's jacket – c5.1(e4), c5.2(e4);
- glass fragments found at the accident scene (e1), glass fragments recovered from debris from the victim's clothes r1(e4,5) as well as glass fragments collected from the car (c2).

In the presented casework, a likelihood ratio could only be expressed in numerical form for glass fragments, for which elemental content had been determined by SEM-EDX, because a suitable database (used among other things for evaluation of rarity of de-

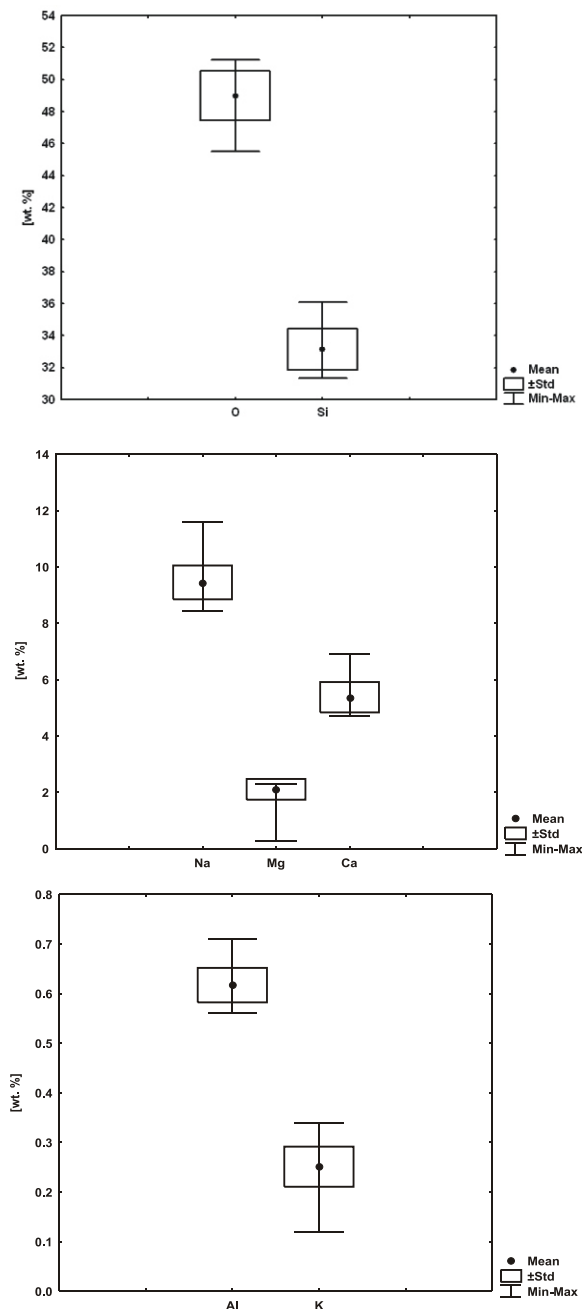


Fig. 4. Plots – descriptive statistics of variables in 28 glass fragments recovered from debris from victim's clothes (r1(e4,e5)).

termined physico-chemical features) and appropriate statistical models were available for glass traces [1, 2]. The following hypotheses were considered: H_p – glass fragments recovered from victim's clothes originate from control glass fragments, H_d – glass fragments recovered from victim's clothes originate from a different source than the control glass fragments. The calculated LR value for the set of 28 recovered glass fragments r1 (e4,5) and those found on the road (e3),

whose elemental composition matched that of the control sample (c2) was equal to 3757. The verbal equivalent of this LR value [6] is – the consistency of physicochemical features of compared fragments of glass gives strong support for the H_p hypothesis, i.e. that they originate from the same glass object. Furthermore, taking into account additional information, i.e. the relatively large number of matching glass fragments, it could be concluded that this is very strong evidence to support the hypothesis that they come from the suspected car.

In the case of other transfer evidence considered in the presented casework, LR values could be expressed in verbal form on the basis of forensic expert knowledge about the rarity (frequency) of determined physico-chemical features for a particular kind of evidence in the general population, i.e.:

- the similarity of morphological features and chemical composition of the silicone material found in samples (e.1.1) and (c.3), which can be used not only in cars, is limited evidence to support the hypothesis that they come from the same object (H_p). However, additional information (I) was available that silicone was used during car repairs at home. Ultimately, the forensic expert could conclude that this was moderate evidence to support the hypothesis that they come from the same object, i.e. the suspected car;
- matching of morphological features (sequence and thickness of particular layers) and chemical composition of analysed control and recovered paint samples (E) is moderate evidence to support (the hypothesis) that they come from the same object (H_p). However, taking into account the additional information (I) that the analysed car paints originated from a non-original topcoat of car paint (i.e. the car was repainted) and the paint smear found on the victim's trousers was atypically rare, it was possible to conclude that this was very strong evidence to support the hypothesis that they come from the same object, i.e. the suspected car;
- matching of morphological and chemical features of analysed fibres (E) is limited evidence to support (the hypothesis) that they come from same object (H_p). However, the fact (I) that fibres were found on the car gasket, which is a rather rare situation, allowed the forensic expert to conclude that the fibres are moderately strong evidence to support the hypothesis that they come from the same object, i.e. the victim's jacket.

It is clear that none of the above presented individual conclusions were categorical ones – because they could not be: the role of the forensic expert is to evalu-

ate evidence in the context of two hypotheses – one proposed by the prosecution and the second one proposed by the defence. When available data and information about all pieces of evidence is considered together, then a joint likelihood ratio (LR_{total}) value can be calculated. The LR_{total} can be so large that that it will allow a judge to draw a categorical conclusion that the recovered and control evidence originate from the suspected car.

In order to visualise the problem, let us make a naive assumption that the analysed evidences could be considered as independent, i.e. they arose in an independent way. Then, a value of LR_{total} could be calculated by multiplication of the individual LR values determined for any particular type of evidence, taking into account similarity of physico-chemical features and information about the course of the accident:

$$LR_{total} = LR_{plastic} \cdot LR_{paint} \cdot LR_{fibre} \cdot LR_{glass} \cdot \{2\}$$

Moreover, the following numerical equivalents of the verbal descriptions of evidence values presented above can be assumed on the basis of the information presented in [9]:

$$\begin{aligned} LR_{plastic} &= 100 \text{ (moderate support for } H_p); \\ LR_{paint} &= 10\,000 \text{ (very strong support for } H_p); \\ LR_{fibre} &= 1000 \text{ (moderately strong support for } H_p); \\ LR_{glass} &= 10\,000 \text{ (very strong support for } H_p). \end{aligned}$$

These values are the smallest possible integer values according to the proposed rules in [9]. Finally,

$$LR_{total} = LR_{plastic} \cdot LR_{paint} \cdot LR_{fibre} \cdot LR_{glass} \cdot \{3\} \\ 100 \cdot 10000 \cdot 1000 \cdot 10000 \cdot 1 \cdot 10^{13}$$

LR_{total} value is relatively very high (e.g. this is comparable to LR values obtained for DNA cases) [8] which should allow a judge to conclude that recovered transfer evidences support the prosecutor hypothesis, i.e. that they originate from the suspected Fiat 126p.

A general question could be formulated here – should all evidence delivered for analysis be the subject of forensic analysis? The answer depends on how strong an answer is required by the administration of justice or for what LR value submitted by the forensic expert the judge is ready to give a verdict. This is a subjective choice. Firstly, evidence which has promising features, i.e. which should give the highest support (the highest LR value(s)) in favour of the prosecution hypothesis, should be analysed. When the obtained LR value – also expressed in verbal form – after the analysis of such selected evidences is not sufficient, then other evidence could be additionally analysed in order to obtain a satisfactory LR value. Such evidence could be selected by performing a pre-

assessment of evidence value [4]. This approach, probably common in many forensic laboratories, allows time and money to be saved. In the presented case, analysis of the most frequently examined transfer evidences in the case of hit-and-run accidents (glass and fibres) allowed a very high LR value ($1 \cdot 10^8$) to be obtained. This value may be sufficient for most forensic scientists to draw conclusions that satisfy the requirements of the administration of justice. The authors also performed analysis and interpretation of additional evidence (fibres and plastic) which matched control materials, because of the rarity of such evidence on the scene of hit-and-run accidents. The authors' choice was, of course, subjective (supported by thinking in terms of the likelihood ratio framework): they felt that they could give the most valuable answer ($LR = 10^{13}$) when data and information about all available evidence was considered.

6. Conclusions

The presented casework of a hit-and-run accident illustrates that thinking in terms of likelihood ratios allows a forensic expert to make a decision about how many types of evidence should be analysed in order to satisfy the administration of justice. The authors' opinion is that in the case of physico-chemical analysis of transfer evidence as much evidence as possible should be analysed as this results in the most valuable answer (to the question: could recovered and control samples have originated from the same object?). In cases where analysed recovered and control materials reveal similarities, such an approach enables very complex information to be conveyed to the judge in the form of a (simple) overall answer which should effectively help the judge to reach a correct verdict.

Acknowledgement

The authors wish to thank Dr. Jolanta Waś-Gubała, Institute of Forensic Research, Krakow, Poland for performing fibres analysis and Dr Tereza Neocleous, School of Mathematics, University of Edinburgh, Edinburgh, UK for helpful comments and language support.

References

1. Aitken C. G. G., Taroni F., Statistics and the evaluation of evidence for forensic scientists, John Wiley & Sons, Chichester 2004.

2. Aitken C. G. G., Zadora G., Lucy D., A Two level model for evidence evaluation, *Journal of Forensic Sciences* 2007, 52, 414–419.
3. Caddy B., Forensic examination of glass and paint, CRC Press, Boca Raton 2001.
4. Cook R., Evett I.W., Jackson G. [et al.], A model for case assessment and interpretation, *Science and Justice* 1998, 38, 151–156.
5. Curran J. M., Hicks T. N., Buckleton J. S., Forensic interpretation of glass evidence, CRC Press, Boca Raton 2000.
6. Evett I. W., Jackson G., J. Lambert J. A. [et al.], The impact of the principles of evidence interpretation and the structure and content of statements, *Science and Justice* 1998, 40, 233–239.
7. Robertson J, Grieve M. ([eds.], Forensic examination of fibres, Taylor and Francis, London 1999.
8. Saferstain R. [ed.], Forensic science handbook, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1993.
9. Tippett C. F., Car distribution statistics and the hit-and-run driver, *Medicine Science and Law* 1964, 4, 91-97.
10. Zadora G., Brożek-Mucha Z., SEM-EDX – a useful tool for forensic examinations, *Material Chemistry and Physics* 2003, 81, 345–348.

Corresponding author

Grzegorz Zadora
Institute of Forensic Research
ul. Westerplatte 9
PL 31-033 Krakow
e-mail: gzadora@ies.krakow.pl

WARTOŚĆ DOWODOWA MIKROŚLADÓW UJAWNIONYCH W PRZYPADKU ANALIZY WYPADKU SAMOCHODOWEGO

1. Wstęp

Wśród wypadków drogowych zdarzają się również takie, po których sprawca zbiega z miejsca zdarzenia uszkodzonym samochodem. Przedmioty znalezione na miejscu wypadku w postaci śladów lakierów, szkła i części plastikowych samochodu ujawnionych na odzieży ofiary, tzw. próbki dowodowe, bardzo często poddawane są analizie w celu ustalenia samochodu, którym kierował sprawca wypadku [3, 5, 7, 8]. Gdy w toku prowadzonego dochodzenia ustalony zostanie podejrzany samochód, którym potrącono pieszego, to wówczas dostępny jest również materiał porównawczy. Następnie próbki dowodowe i porównawcze mogą być poddane analizie za pomocą różnych metod fizykochemicznych, a uzyskane wówczas wyniki porównywane są w celu udzielenia odpowiedzi na następujące pytanie: czy próbki dowodowe i porównawcze mogą pochodzić z tego samego obiektu?

Rezultaty analizy fizykochemicznej dają odpowiedź na pytanie, czy właściwości fizykochemiczne porównywanych próbek są statystycznie podobne. Natomiast z punktu widzenia wymiaru sprawiedliwości interesujące jest następujące pytanie: czy próbki dowodowe mogą pochodzić z tego samego samochodu, co próbki porównawcze? Odpowiedź na to pytanie wymaga między innymi wiedzy o częstości występowania wyznaczonych cech fizykochemicznych w populacji generalnej [1], jak też informacji o przebiegu zdarzenia. Przedstawiciele wymiaru sprawiedliwości (sędziowie, prokuratorzy, policjanci) bardzo często wymagają, aby odpowiedź na powyższe pytanie była kategorię. Stoi to jednak w sprzeczności z faktem, że biegły sądowy, który ocenia analizowany przez siebie materiał dowodowy na podstawie badań fizykochemicznych, może jedynie dokonać oceny, która z hipotez jest bardziej wiarygodna, tzn. czy porównywane próbki pochodzą z podejrzanego samochodu, czy też próbki pochodzą z różnych samochodów.

W celu oszacowania wartości dowodowej analizowanego materiału dowodowego najlepiej zastosować podejście oparte na wyznaczeniu ilorazu wiarygodności (LR), który porównuje prawdopodobieństwo, że dane próbki pochodzą z tego samego obiektu z prawdopodobieństwem, że pochodzą one z różnych obiektów. Iloraz wiarygodności jest dobrze udokumentowaną w literaturze [1, 2] miarą oceny wartości dowodowej i można go zapisać w formie:

$$LR = \frac{p(E, I | H_p)}{p(E, I | H_d)}, \quad \{1\}$$

gdzie: H_p – to hipoteza, że próbka porównawcza i dowodowa pochodzą z tego samego obiektu (jest to tzw. hipoteza oskarżenia); H_d – hipoteza, że próbka porównawcza i dowodowa pochodzą z różnych obiektów (jest to tzw. hipoteza obrony); E – dostępne dane fizykochemiczne o próbce porównawczej i kontrolnej; I – inne dostępne dane.

Metoda oceny wartości dowodowej porównywanych próbek oparta na ilorazie wiarygodności może być również z powodzeniem stosowana wówczas, gdy brak jest danych umożliwiających wyrażenie tego ilorazu w postaci liczbowej. Sposób postępowania oparty na interpretacji danych za pomocą ilorazu wiarygodności można potraktować również jako swego rodzaju instrukcję dla biegłych sądowych, która wymusza na nich, aby podczas analizy materiału dowodowego stawiali poprawne pytania i hipotezy. Wymusza on również, by biegły analizował dostępne dane nie tylko z perspektywy oskarżenia, ale również w kontekście hipotezy alternatywnej stawianej przez obronę. Ponadto metoda LR może być stosowana w przypadku, gdy chcemy oszacować łączną wartość dowodową kilku różnych dowodów.

2. Opis przypadku

Wczesnym wieczorem w niewielkiej miejscowości, lewą stroną szosy (zgodnie z przepisami), szedł mężczyzna. Ruch nie był duży. W pewnym momencie z naprzeciwka ze znaczną prędkością nadjechał samochód, który potrącił pieszego, nie zatrzymując się po wypadku. Kobieta mieszkająca w pobliżu usłyszała hałas i wyjrzała przez okno. Zobaczyła tylne światła niedużego samochodu i mężczyznę leżącego na jezdni. Zawiadomiła policję i pogotowie. Z powodu poważnych obrażeń głowy ofiara wypadku zmarła w szpitalu. Na miejscu zdarzenia ujawniono i zabezpieczono wykonane z tworzywa sztucznego fragmenty klosza kierunkowskazu (e1), fragmenty powłoki lakierowej (e2) i okruchy szkła (e3). W tabeli I podano informacje opisujące wszystkie badane dowody. Do badań dostarczono również zewnętrzną odzież ofiary, którą stanowiły kurtka (e4) i spodnie (e5).

Działania operacyjne podjęte przez policję oraz przesłuchanie kobiety, która zawiadomiła o wypadku, pozwoliły już następnego dnia odnaleźć w warsztacie mechanicznym znajdującym się w sąsiedniej wsi samo-

chód mogący uczestniczyć w tym zdarzeniu (typowany samochód). Był to Fiat 126p, który miał wgnieciony lewy błotnik i brakujący lewy kierunkowskaz. Kierowca pytany przez policjantów o przyczynę uszkodzeń twierdził, że uderzył w drzewo, wjeżdżając na podwórko. Ponieważ samochód nie został jeszcze naprawiony, możliwe było zabezpieczenie odpowiedniego materiału porównawczego: fragmentów powłoki lakierowej z lewego błotnika (c1), szkła z reflektorów (c2), brązowego, plastycznego tworzywa z okolic lewego kierunkowskazu (c3) oraz fragmentu uszczelki z widocznymi częściowo wtopionymi czerwonymi włóknami (c4). Materiał dowodowy i porównawczy został przesłany do Instytutu Ekspertyz Sądowych, gdzie biegli mieli za zadanie ustalić, czy może on pochodzić z wytypowanego samochodu Fiat 126p. Pozytywna odpowiedź byłaby pomocna w rekonstrukcji przebiegu zdarzenia.

3. Metody

Nadesłany materiał dowodowy i porównawczy poddano na wstępie badaniom optycznym w świetle zwykłym z wykorzystaniem lupy stereoskopowej SMZ-U (Nikon, Japonia). Kurtkę i spodnie wyszczotkowano w celu oddzielenia od tkaniny różnego rodzaju śladów, które przeniesione z pojazdu sprawcy, pozostały na odzieży poszkodowanego. Szczotkowanie prowadzono nad specjalnym lejem (o wysokości 120 cm, średnicy górnej 100 cm i dolnej 10 cm) wykonanym ze stali nierdzewnej o bardzo gładkiej powierzchni. Materiał otrzymany w wyniku szczotkowania (otrzepiny) zebrano do wykonanych z tworzywa sztucznego szalek Petriego umieszczonych u wylotu leja. Z otrzepin pod mikroskopem stereoskopowym (powiększenie 100 \times) wyizolowano drobiny szkła r1(e4,5) i lakieru r2(e4,5).

Próbki lakieru samochodowego (e2, e5.1, r2(e4,5), c1) i brązowego tworzywa sztucznego (e1.1, c3) analizowano metodą mikrospektroskopii w podczerwieni (MKFTIR), stosując spektrometr FTS 40Pro z mikroskopem UMA500 (Digilab, Stany Zjednoczone). Pomiar prowadzono w warunkach standardowych (rezolucja 4 cm⁻¹, liczba pomiarów 128, zakres 600–3800 cm⁻¹).

Okruchy szkła (e3, r1(e4,5), c2) umieszczono na samoprzylepnym krążku węglowym naklejonym na aluminiowym stoliku używanym w mikroskopie skaningowym i pokryto warstwą węgla poprzez napylenie w napylarce SCD sputter firmy Bal-Tech (Szwajcaria). Analizę składu pierwiastkowego wykonano dla każdego z okruców, stosując mikroskop skaningowy Scanning Electron Microscope (JSM-5800 Jeol, Japonia) sprzężony z detektorem promieniowania rentgenowskiego Energy Dispersive X-ray spectrometer (Link ISIS 300, Oxford Instruments Ltd., Wielka Brytania) [10]. Pomiar wykonano w następujących warunkach pomiarowych: na-

pięcie przyciszające 20 kV, efektywny czas analizy 50 s, powiększenie 1000–2000 \times . Jako pierwiastek kalibracyjny zastosowano kobalt. Skład pierwiastkowy [% wag.] każdego z okruców oznaczono, wykorzystując program SEMQuant (część programu LINK ISIS, Oxford Instruments Ltd, Wilka Brytania). Następnie skład pierwiastkowy oznaczony dla próbki dowodowej i porównawczej był analizowany za pomocą metody ilorazu wiarygodności [1] w celu udzielenia odpowiedzi na pytanie, czy porównywane próbki mogą pochodzić z tego samego obiektu, tj. z samochodu Fiat 126p.

Badania porównawcze włókien (e6, c4(e4), c5.2(e4)) prowadzono z użyciem mikroskopów: stereoskopowego – MZ16 (Leica, Niemcy), polaryzacyjnego – Eclipse E600 Pol (Nikon, Japonia) i fluorescencyjnego – Labophot-2 (Nikon, Japonia).

4. Rezultaty

4.1. Tworzywo sztuczne

Fragmenty tworzywa sztucznego (e1) zabezpieczone na miejscu zdarzenia stanowiły prawie kompletny klosz kierunkowskazu. Mógł on być brakującym elementem w samochodzie Fiat 126p. Ponadto na badanych fragmentach znajdowały się elementy napisu wskazujące, że taki rodzaj klosza stosowany jest właśnie w tym modelu samochodu. Dodatkowo plastyczne, brązowe tworzywo (e1.1) ujawnione na krawędzi jednego z fragmentów, miało postać i konsystencję zbliżoną do materiału (c3) zebranego z brzegów otworu w miejscu brakującego kierunkowskazu. Analiza spektrometryczna w podczerwieni wykazała, że głównym składnikiem obydwóch badanych materiałów jest silikon (rycina 1).

4.2. Lakiery samochodowe

Z tyłu ciemnozielonych spodni ofiary w okolicy prawego poślodka stwierdzono obecność dwubarwnego otarcia lakierowego (granatowe i czerwone). Wszystkie fragmenty powłok lakierowych zabezpieczonych na miejscu zdarzenia (e2), otrzymane z odzieży r2(e4,5), jak również pobrane z lewego błotnika samochodu Fiat 126p, były co najmniej dwuwarstwowe, a ich zewnętrzna warstwa była granatowa (granatowy-1). Jednakże fragmenty powłoki pobrane z podejrzanego samochodu różniły się między sobą kolejnością i barwą pozostałych (wewnętrznych) warstw. Wskazywało to, że powłoka lakierowa na tym elemencie karoserii samochodu nie była fabryczna (oryginalna), lecz przemalowywana. Część okruców miała jako drugą warstwę granatową (granatowy-2), a część czerwoną. Badania wykazały, że skład chemiczny lakieru tworzącego warstwę zewnętrzną (granatowy-1) jest zgodny dla okruców pochodzących z sa-

mochodu (c1), z miejsca zdarzenia (e2), z otrzepin r2(e4,5) i z otarcia na spodniach (e5.1), a głównym składnikiem spoiwa jest żywica alkiłowa (rycina 2). Czerwony lakier stanowiący drugą warstwę i pochodzący z tych samych miejsc, miał spoiwo złożone również z żywicy alkiłowych, lecz modyfikowanych styrenem. Zawierał on także jako wypełniacze talk i kaolin (rycina 3). Natomiast w skład spoiwa lakieru granatowego tworzącego drugą warstwę (granatowy-2) wchodziła, oprócz żywicy alkiłowej, żywica poliuretanowa. Ten typ lakieru był obecny w okruchach pochodzących z samochodu (c1), miejsca zdarzenia (s2) i z otrzepin r2(e4,5). Stwierdzono także, że skład chemiczny innych warstw lakierowych (niebieska i dwie różne popielate) znajdujących się we fragmentach porównawczych (c1) i w okruchach dowodowych (r2(e4,5), e2), był zgodny.

4.3. Włókna

Zewnętrzna tkanina kurtki ofiary c4(e4) była czerwona, i jak wykazały przeprowadzone badania, wykonana z czerwonych włókien bawełnianych i poliestrowych. Natomiast wewnętrzna tkanina (czerwona w czarną kratę) wykonana była z czterech rodzajów czerwonych włókien (c5.1(e4) – wełnianych, poliestrowych, akrylowych i bawełnianych oraz popielato-czarnych włókien poliestrowych (c5.2(e4))). Wśród włókien obecnych na uszczelce (e6) przeważały włókna czerwone (wełniane, poliestrowe i akrylowe), znacznie mniej było popielato-czarnych włókien poliestrowych. Przeprowadzone badania porównawcze wykazały zgodność morfologii cech fizykochemicznych włókien obecnych na uszczelce (e6) oraz włókien wchodzących w skład wewnętrznej tkaniny kurtki – c5.1(e4) i c5.2(e4).

4.4. Szkło

Dwadzieścia osiem fragmentów szkła znaleziono w otrzepinach uzyskanych w trakcie szczotkowania odzieży ofiary – r1(e4,e5). Skład pierwiastkowy tych fragmentów, okruchów zabezpieczonych na miejscu zdarzenia (e3), a także próbek szkła zabezpieczonych samochodu (c2), ustalono na podstawie analizy metodą SEM-EDX.

Skład pierwiastkowy 28 fragmentów szkła odzyskanych z odzieży ofiary r1(c4,5) i znalezionych na jezdni (e3) był zgodny ze składem pierwiastkowym próbki kontrolnej (c2). Statystykę opisową 28 fragmentów szkła przedstawiono na rysunku 4. Średnia (\pm odchylenie standardowe) poszczególnych pierwiastków oznaczone w dowodzie (e3) i (c2) były następujące:

- a) fragmenty szklane ujawnione na drodze (e3):
O ($48,64 \pm 0,94$), Na ($9,34 \pm 0,23$), Mg ($2,13 \pm 0,05$),

Al ($0,61 \pm 0,03$), Si ($33,39 \pm 0,80$), K ($0,27 \pm 0,04$), Ca ($5,56 \pm 0,34$);

- b) próbka szkła pobrana z samochodu (c2): O ($49,14 \pm 1,74$), Na ($9,37 \pm 0,40$), Mg ($2,13 \pm 0,07$), Al ($0,63 \pm 0,03$), Si ($32,98 \pm 1,52$), K ($0,27 \pm 0,04$), Ca ($5,44 \pm 0,61$).

5. Dyskusja wyników

Przeprowadzone badania wykazały zgodność cech fizykochemicznych w następujących próbkach dowodowych i porównawczych:

- a) brązowego plastycznego materiału ujawnionego na jednym z fragmentów klosza lewego kierunkowskazu (e1.1) i materiału pobranego z brzegów otworu powstałego w miejscu brakującego kierunkowskazu;
b) granatowego i czerwonego materiału tworzącego otarcie lakierowe na spodniach ofiary (e5.1) oraz lakieru pochodzącego z sąsiadujących ze sobą warstw: zewnętrznej granatowej (granatowy-1) i czerwonej, obecnych we fragmentach powłoki pochodzących z miejsca zdarzenia (e2) oraz ujawnionych w otrzepinach (r2(e4,5)) i pochodzących z powłoki lewego błotnika samochodu (c1);
c) czerwonych i popielato-czarnych włókien obecnych na uszczelce (e6) i wchodzących w skład wewnętrznej tkaniny kurtki c5.1(e4) i c5.2(e4);
d) fragmentów szkła ujawnionych na miejscu zdarzenia (e1), fragmentów szkła ujawnionych w otrzepinach odzieży ofiary r1(e4,5), jak też fragmentów szkła pobranych z samochodu (c2).

W analizowanym przypadku iloraz wiarygodności mógł być wyrażony w postaci liczbowej tylko dla fragmentów szkła, dla których wyznaczono skład pierwiastkowy za pomocą metody SEM-EDX, ze względu na dostępność odpowiedniej bazy danych służącej do oceny częstości występowania poszczególnych cech fizykochemicznych w populacji generalnej, jak też istnienie odpowiednich modeli statystycznych [1, 2]. Rozważano następujące hipotezy: H_p – fragmenty szkła ujawnione w otrzepinach z odzieży ofiary pochodzą z próbki szkła porównawczego, H_d – fragmenty szkła ujawnione w otrzepinach z odzieży ofiary pochodzą innego obiektu niż próbka szkła porównawczego. Obliczona wartość LR dla zbioru 28 okruchów szkła r1(e4,5) i okruchów ujawnionych na jezdni (e3), których skład pierwiastkowy był zgodny ze składem próbki kontrolnej (c2), wynosiła 3757. Odpowiednik słowny dla tej wartości LR [6] był następujący – zgodność cech fizykochemicznych porównywanych fragmentów szkła dawała silne wsparcie dla hipotezy H_p , tj. że pochodzą one z tego samego obiektu szklanego. Niemniej jednak, biorąc pod uwagę fakt, że stosunkowo duża liczba fragmentów szkła wykazywała wzajemną zgodność cech fizykochemicznych, można by-

ło sformułować następujący wniosek, tj. że dowód ten daje bardzo silne wsparcie dla hipotezy, iż porównywane fragmenty szkła pochodzą z podejrzanego samochodu.

W przypadku innego analizowanego materiału dowodowego wartości LR mogły zostać wyrażone w formie słownej na podstawie wiedzy biegłego na temat częstości występowania danych fizykochemicznych określonych dla danego materiału dowodowego w populacji generalnej, tj.:

- podobieństwo cech morfologicznych i skład chemiczny materiału silikonowego znalezione na próbkach (e.1.1) i (c.3), który może być stosowany nie tylko w samochodach, w ograniczony sposób wspiera hipotezę, że porównywane próbki pochodzą z tego samego obiektu (H_p). Niemniej jednak dostępna była dodatkowa informacja (I), że silikon został użyty do naprawy samochodu wykonanej samodzielnie przez jego właściciela. Ostatecznie biegły sądowy mógł wnioskować, że jest to dowód, który w sposób umiarkowany wspiera hipotezę, że pochodzą one z tego samego obiektu, tj. z podejrzanego samochodu;
- zgodność cech morfologicznych (sekwencja i grubość poszczególnych warstw) próbki kontrolnej lakieru i lakieru ujawnionego oraz ich skład chemiczny (E) był dowodem umiarkowanie wspierającym hipotezę, że pochodzą one z tego samego obiektu (H_p). Niemniej jednak, biorąc pod uwagę dodatkową informację (I), że analizowana próbka lakieru samochodowego nie pochodziła z oryginalnej powłoki, ale z samochodu po przemalowaniu oraz że otarcie lakierowe ujawnione na spodniach ofiary jest rzadko spotykane w praktyce, można było wnioskować, że materiał dowodowy bardzo mocno wspiera hipotezę, iż pochodzi on z tego samego obiektu, co próbka kontrolna, czyli z podejrzanego samochodu;
- zgodność cech morfologicznych i składu chemicznego analizowanych włókien (E) była dowodem słabo wspierającym hipotezę, że pochodzą one z podejrzanego samochodu (H_p). Niemniej jednak fakt (I), że włókna ujawniono na uszczelce samochodu, co jest stosunkowo rzadko spotykaną sytuacją, pozwoliły biegłemu na stwierdzenie, że dowód ten średnio mocno wspiera hipotezę, iż analizowane włókna pochodzą one z tego samego obiektu, tj. z kurtki ofiary.

Jak łatwo można stwierdzić, żaden z powyższych wniosków nie jest wnioskiem kategorycznym, ponieważ biegły sądowy nie może dokonywać takich wniosków. Rolą biegłego jest bowiem ocena wartości dowodowej analizowanego materiału w kontekście dwóch hipotez, tj. jednej, proponowanej przez prokuratora i drugiej, proponowanej przez obronę. W przypadku, gdy dostępne dane i informacje o wszystkich dowodach są rozważane łącznie, to wówczas daje się obliczyć łączny iloraz wiarygodności (LR_{total}). Wartość LR_{total} może być na tyle duża, że pozwoli sędziemu na kategoryczne stwierdzenie, iż

próbki dowodowe i porównawcze pochodzą z podejrzanego samochodu.

W celu wizualizacji problemu założmy, że analizowane dowody mogły powstać niezależnie. W takim przypadku oblicza się wartość LR_{total} poprzez pomnożenie wartości LR przypisanych do każdego z dowodów, biorąc pod uwagę podobieństwo cech fizykochemicznych i informację o zdarzeniu:

$$LR_{total} = LR_{plastic} \cdot LR_{paint} \cdot LR_{fibre} \cdot LR_{glass} \quad \{2\}$$

Na podstawie schematu opisanego w [9] dla wyrażen słownych wspomnianych powyżej mogą być przypisane następujące odpowiedniki liczbowe:

$$\begin{aligned} LR_{plastic} &= 100 \text{ (umiarkowane wsparcie dla } H_p); \\ LR_{paint} &= 10000 \text{ (bardzo mocne wsparcie dla } H_p); \\ LR_{fibre} &= 1000 \text{ (średnio mocne wsparcie dla } H_p); \\ LR_{glass} &= 10000 \text{ (bardzo mocne wsparcie dla } H_p). \end{aligned}$$

Wartości te są najmniejszymi możliwymi wartościami, które można przypisać [9]. Ostatecznie otrzymujemy, że

$$LR_{total} = LR_{plastic} \cdot LR_{paint} \cdot LR_{fibre} \cdot LR_{glass} \quad \{3\}$$

$$100 \cdot 10000 \cdot 1000 \cdot 10000 = 1 \cdot 10^{13}$$

Wartość LR_{total} jest względnie bardzo wysoka (np. jej wartość jest porównywalna do wartości LR uzyskiwanych przy analizie profili DNA) [8], co może umożliwić sędziemu podjęcie decyzji, iż materiał dowodowy wspiera jednoznacznie hipotezę prokuratora, tj. próbki ujawnione na odzieży ofiary pochodzą z samochodu Fiat 126p.

Należy sformułować pytanie, czy wszystkie dostępne w podobnej sprawie próbki dowodowe powinny być analizowane przez biegłego sądowego? Odpowiedź zależy o tego, jak mocna odpowiedź wymagana jest przez przedstawicieli wymiaru sprawiedliwości lub przy jakiej wartości LR obliczonej przez biegłego sądowego gotowy jest on wydać wyrok. Jest to oczywiście wybór subiektywny. W pierwszej kolejności powinien być analizowany dowód (bądź dowody), który ma najbardziej obiecujące cechy, tj. dający największe wsparcie (największą wartość LR) dla hipotezy prokuratora. Kiedy uzyskana wartość LR – również wyrażona w formie słownej – po analizie tak wyselekcjonowanego materiału nie jest wystarczająca, to wówczas w celu uzyskania satysfakcjonującej odpowiedzi wyrażonej jako wartość LR może zostać poddany analizie inny materiał dowodowy. Taki sposób postępowania mający na celu wyselekcjonowanie odpowiednich dowodów zwany jest fazą wstępnego szacowania dowodów i stanowi część pracy biegłego sądowego [4]. Pozwala on oszczędzić czas i zredukować koszty ekspertyz. W przypadkach potrącenia pieszego przez samochód najczęściej analizowanymi dowodami są szkło i lakier. W omawianym przypadku pozwoliły one na uzyskanie bardzo wysokiej wartości LR ($1 \cdot 10^8$) wystarczającej większości biegłych sądowych do sformu-

łowania wniosków, które mogą także satysfakcjonować przedstawicieli wymiaru sprawiedliwości.

Autorzy wykonali również analizę pozostałych dowodów (włókna i elementy plastikowe) oraz zinterpretowali uzyskane wyniki, które wykazały zgodność cech fizykochemicznych tych dowodów z materiałem porównawczym, ponieważ jest to rzadko występujący rodzaj materiału dowodowego w wypadkach związanych z potrąceniem pieszego. Dokonany wybór był oczywiście wyborem subiektywnym dokonany w oparciu o interpretację materiału dowodowego na podstawie ilorazu wiarygodności. Uznano bowiem, że najbardziej wartościową informację ($LR = 10^{13}$) można uzyskać wtedy, gdy zostaną uwzględnione wszystkie dowody dostępne do badań.

6. Podsumowanie

Opisany i analizowany przypadek potrącenia pieszego ze skutkiem śmiertelnym ilustruje, że użycie do interpretacji materiału dowodowego ilorazu wiarygodności pozwala biegłym sądowym na podejmowanie decyzji dotyczących tego, jakie dowody należy analizować, by udzielić najbardziej satysfakcjonującej odpowiedzi przedstawicielom wymiaru sprawiedliwości. Autorzy są zdania, że wszystkie możliwe dowody, które mają stać się przedmiotem analizy fizykochemicznej, powinny także być przedmiotem badań, gdy ich celem jest odpowiedź na pytanie, czy próbka dowodowa i porównawcza pochodzą z tego samego obiektu, np. samochodu? W przypadku stwierdzenia zgodności analizowanych cech pomiędzy materiałem dowodowym i porównawczym takie podejście umożliwia dostarczenie całościowej odpowiedzi, która bardzo efektywnie wspomaga wymiar sprawiedliwości w wydaniu trafnego wyroku w rozpatrywanej sprawie.

Podziękowania

Autorzy dziękują dr Jolancie Wąs-Gubale z Instytutu Ekspertyz Sądowych w Krakowie za wykonanie analiz włókien oraz dr Terezie Neocleous z Wydziału Matematyki Uniwersytetu w Glasgow (Wielka Brytania) za cenne komentarze i pomoc w napisaniu wersji anglojęzycznej.