



## SOURCES OF UNCERTAINTY IN THE EVALUATION OF THE EVIDENTIAL VALUE OF PAINT TRACES

Beata M. TRZCIŃSKA

*Institute of Forensic Research, Krakow, Poland*

### Abstract

Nowadays evaluation of evidential value of examined evidence material, e.g. by numerical estimation, is perceived as one of the most important tasks in forensic sciences. Even when an expert opinion is given only in a verbal way without numerical values, the expert ought to consider the possibility of different errors occurring and their influence on the evidential value of the examined trace. In this paper, some sources of uncertainty (error) which can affect evaluation of the evidential value of car paint analysis in cases concerning traffic accidents are discussed. Paint chips or paint smears are materials which are very often examined by physicochemical forensic experts in such situations. A numerical estimation of evidential value requires an appropriate statistical model(s).

### Key words

Evaluation of evidential value; Paint analysis; Sources of uncertainty.

*Received 20 August 2007; accepted 11 October 2007*

### 1. Introduction

The administration of justice tries to reconstruct an event on the basis of an unconstrained evaluation of personal evidences as well as material evidences collected in a particular case. It is not the material evidence itself, but the expert opinion (case report) which is subject to direct evaluation by the court. The case report contains not only a description of the performed analysis and obtained results but also a description of the significance of the analysed traces, i.e. an evaluation of their evidential value [2, 22]. Experimental data obtained by application of particular forensic sciences and statistical analysis (of this data) provide the theoretical basis for such an evaluation.

The evidential value of a particular type of trace is not a constant value but is dependent on the circumstances of the particular event (crime). Paint traces are analysed in the case of events such as car accidents,

burglaries and thefts of works of art. The evidential value of paint traces is higher if, during an accident between two cars (*a* and *b*), a transfer of paint occurs in both directions (car paint found on car *a* has the same features as car paint on car *b* and *vice versa*) than if it was only a unidirectional transfer (e.g. car paint found on car *b* has the same features as car paint of car *a*, but not *vice versa*). Knowledge of possible sources of errors of the performed analysis is necessary in order to evaluate the evidential value. These sources of errors can be divided into two groups.

The first group is made up of those errors which are related to performance of analysis of evidences submitted for examination, which are most often, very precisely defined evidence material and comparative material. The aim of such analysis is to provide an answer to the question: could compared samples originate from the same object? The causes of occurrence of such errors are: variability of physicochemical fea-

tures analysed within one object; and variability of physicochemical features between objects in the same category (e.g. acrylic paints); and frequency of occurrence in the general population of defined values for the studied feature. These errors can be evaluated on the basis of results of population studies [2].

The sources of errors which make up the second group are related to the question: was the object from which material originates that has features matching those of the evidence material present at the scene of the event? Here the sources of errors in evidence evaluation are related to the possibility of primary and secondary transfer as well as environmental contamination [2].

Sources of uncertainty in evidence evaluation of traces of car paints related to traffic accidents on the basis of information found in papers published over the last several years and also some practical examples are presented. Contact between a car and another object occurs during a car accident and this may cause detachment of a fragment(s) of car paint layer, which may be complete or not. They (it) may be transferred onto the ground (road surface), another car, tree etc. Not so much fragments of the coating itself, but more a certain amount of material in the form of particles (paint smears) originating from the outside part of the car paint may also be transferred onto a pedestrian's clothes. The type of layer and its condition have an influence on the quantity and quality of evidence material. Older layers (fragile) and damaged layers (e.g. cracked) are more easily entirely transferred than new layers which are more elastic. Paint may not be transferred at all onto slippery and polished surfaces and material originating from several layers could be transferred onto rough surfaces (e.g. tree bark). Multi-layer paint traces occur in the form of pieces, whereas one-layer paint traces most often have the form of smears.

## 2. Uncertainty related to the nature of paint traces and applied analytical methods

Until now, information on errors related to variability within a studied object and between objects of the same category has not been published in peer-reviewed literature concerning paint examination. Such evaluation should be carried out separately for different kinds of paint (e.g. acrylic, alkyd, nitrocellulose, polyurethane, mixed paints or with addition of modifiers) making up individual layers of car paint coating.

Analysis of within source variability should also take into account the possibility of renovation of damaged paint coats and hence the presence on roads of ve-

hicles with a paint coat that is at least partially not original. Then the source of error (compared samples not matching although they originate from the same object) could be control (comparative) material which was collected from an incorrect place. Real cases relating to such a situation have been described by Zięba and Trzcńska [37].

Car paint is not a chemical compound but it is a product made from several compounds during a particular technological process [19]. Its characterisation requires more than just information about its quantitative and qualitative chemical composition, which is strictly protected by the producer; and furthermore the chemical composition of a particular paint layer is not identical to the composition of the liquid paint which is available on the market. Solvents evaporate and components of binder create appropriate connections during the drying process. Other features which characterise paints and which are a part of production procedures used with the aim of guaranteeing the quality of the final product (e.g. viscosity, density) are useful in forensic expert work to a limited extent. A specific feature of analysis of paint samples for forensic purposes is that the analysed object is a structure composed of the hardened forms of several paints, and not just one paint – a factory product made by one producer. In most cases each paint layer of a particular car paint is created from a different type of paint, because each layer has a different role.

Not only is the whole analysed object (a fragment of paint) morphologically diverse, but also there is characteristic variability within each layer. In order to reduce intra paint sample variability of a studied paint sample, a set of analysed features should be determined in such way that it is possible to fully characterise a paint object as a whole and also its particular elements. Features relating to the object as a whole are: number, colour and thickness of particular layers. Individual paint layers are characterised by such features as: kind of binder, presence of fillers, pigments, additives and elemental content.

A car paint coating could be original (made in the car factory) or could be the result of renovation(s) or repairs carried out by specialized service stations or otherwise. A car is painted under a formal technological process at the factory [24, 36], which means that a particular kind of coating has to have a specific thickness, and number and type of layers.

Research into the possibility of differentiation of car paints originating from different cars has been carried out in Canada and Australia [11]. The authors concluded that physicochemical analysis (infrared spectrometry – IR, atomic emission spectrometry –

ESA, pyrolytic gas chromatography – Py-GC) is very useful in such analysis. However, it is not possible to differentiate car paints which cover various individual cars of the same model. Ryland and Kopec [20] analysed 200 paint samples originating from cars which were involved in car accidents and were not older than 10 years old. They concluded that obtaining of matching results on the basis of routine analytical methods (microscopy, solvent tests, Py/GC, IR – diamond cell, ESA, SEM/EDX, NAA) for fragments which have 6 or more layers (renovated coats) and originate from various objects is very rare. The issue of differentiation of car paints was the subject of research carried out by Edmondstone et al. [8]. They analysed 260 damaged cars which were classified, taking into account year of manufacturing, type, Vehicle Identification Number, colour of outside layer, type of coating, presence of colourless layer, number and sequence of remaining layers. They used microscopic analysis and infrared spectra obtained by the attenuated total reflection (ATR) technique with the aim of differentiation of similar samples. Amongst the studied samples, only one pair was not differentiated as the samples originated from cars manufactured in the same batch and they were brand new. Two pairs had the same outside layer (colour and composition), but their morphology was different (structure of layers).

Incomplete data on the frequency of occurrence of a particular kind of car paint colour in the general population are also available. Frequency of occurrence of a particular colour of car paint in a particular country, in car parks and on streets (visual analysis by comparison with a suitable catalogue) has been studied by different authors. Ryland [21] determined the colours of cars (ca. 43 000) both on town streets and in car parks. He concluded that these populations in the USA were similar and that blue cars were the most popular, followed by brown, white and green ones. Buckle [5] analysed car colours (max. 28 possibilities and ca. 16 000 cars) in several Canadian cities over a period of three years (1982–1985). He concluded that the most popular are blue and brown colours, independent of whether the car had a traditional or metallic car coat. This tendency is not dependent on the kind of car (passenger car or lorry) or whether data came from research (observation of cars driving on roads) or from the appropriate agency (newly registered cars). Volpe [34] analysed colours (13 possibilities in three shades) and makes of cars parked in the main car park of six different cities. Blue and brown cars manufactured by General Motors were the most frequent. Stone [25], on the other hand, analysed colours of passenger cars and lorries in two cities – for traditional and metallic

paints. Brown and blue colours were the most common among cars with metallic paint. The tendency was different in the case of cars with traditional paint, as the most common colours were red, black and white. Nevertheless, it should be taken into account that these data do not concern the Polish car market, and therefore they are not directly useful for Polish forensic experts. This kind of research should also be carried out in every country and frequently repeated, as the car market undergoes diverse changes over time.

Minimisation of analytical errors resulting from performed analysis by a particular method is achieved by application of particular analytical procedures [3, 4]. Spectrometric methods are most commonly used in paint analysis. Spectra in the visual and ultraviolet range (UV/VIS) are obtained by the transmission or reflection technique for traditional paint layers [12]. They allow not only identification of pigments but also determination of mathematical parameters which describe the paint colour. The colour of metallic and pearl layers as well as traditional ones is determined by comparison to a colour map, e.g. the Akzo-Nobel ColorMap or/and by use of appropriate databases. Microscopic analysis of morphological features of car paint allows determination of the number, sequence and thickness of particular layers. Evaluation of surface conditions (cracks, discolouration) is important when layers originating from different individual cars of the same model are compared [1].

Infrared spectrometry is routinely used to determine the kind of binder and presence of main pigments and inorganic fillers [26, 27, 28, 29, 30, 31]. Determination of pigments could be performed by Raman spectrometry [13]. X-ray spectrometry provides information about the elemental content [7]. Pyrolytic gas chromatography connected with a mass spectrometer (Py/GC-MS) allows determination of main and trace components by analysis of products of decomposition of car paint. This method is especially useful in identification of additives because of the relatively low detection threshold. Use of the Py/GC-MS method in the car paint analysis procedure thus allows more information to be obtained about the chemical composition of car paint [16] than application of infrared spectrometry (IR) alone. Chemical tests, using various chemical compounds, e.g. sulphuric acid, nitric acid, alcohol solution of potassium hydroxide, could also be useful in comparative research [6].

The possibility of analysis of smaller and smaller samples by a particular analytical method requires application of appropriately constructed apparatus or choice of another measurement option. A traditional dispersive infrared spectrometer does not allow analy-

sis of paint samples without preliminary layers separation. A more sensitive infrared spectrometer with Fourier Transformation (FTIR) coupled with a microscope (MK-FTIR) as well as a new generation of apparatuses (microscope equipped with a spectrometer) do not require separation of layers. Such equipment also allows analysis of material collected from a paint smear [22]. The detection limit is also determined by various elements of the spectrometer such as the light source and detector. Application of various elements that are penetrable by infrared light allows detection of IR spectra in various ranges (KBr from  $333\text{ cm}^{-1}$ , and CsJ from  $180\text{ cm}^{-1}$ ), and application of various measurement types (transmission, reflection etc.) and various parameters (number of measurements, resolution etc.) has an influence on the quality of the obtained spectrum. An infrared spectrum of paint supplies information about the kind of bonds and functional groups of main components as well as those components whose concentration is greater than 5% by weight. Thus, matching of spectra does not always mean consistency of chemical composition [9]. Binders of car paints are very often modified by styrene whose content may vary within a very broad range [38]. A lack of bands characteristic for one derived benzene ring in the infrared spectrum of paint, i.e.  $700$ ,  $760$  and  $3020\text{ cm}^{-1}$  (intensity of  $700\text{ cm}^{-1}$  band greater than  $760\text{ cm}^{-1}$  band), is only a suggestion that a paint does not contain styrene. This hypothesis is only confirmed when there is a lack of a styrene peak on the pyrogram of paint.

The more complete are analysed paint fragments, the more information can be obtained and the less error is committed when assessing the possibility of origin from the same object on the basis of consistent results. The probability that compared samples originate from the same source in the case of obtaining matching results of performed analysis (number of layers, their sequence, colour, thickness, chemical composition) is greater in the case of fragments originating from repainted cars than for factory (original) paint coats, because the probability of the existence of another car having the same repainted coat is very low. The process of evaluation of within-object variability of compared objects requires knowledge not only about the number of determined fragments of paint but also their size. It is an important factor in the correct evaluation of the thickness of a particular layer. The thickness of repainted layers may vary within a large range.

In very rare cases, where a recovered fragment is an exact physical fit to a missing part of control material, conclusions concerning the common origin of evidence and control material may be categorical, as in

a such situation origin from the same object has been confirmed. This can be illustrated by the following case where an unknown car hit two women who were riding bicycles. They were seriously injured. Fragments of car paint were found at the accident scene. A car with a damaged right wing (dents and loss of paint) was found in a relatively short period of time. As a result of performed analysis it was established that recovered and control car paint samples had the same thickness and colour. One of the largest fragments recovered at the accident scene and one of the control fragments had corresponding features along the whole length of the break-off line. Moreover, the outside surfaces of both fragments were wrinkled and created a pattern of hollowed lines. When these fragments were fitted together, these lines revealed a continuity. In this situation a categorical conclusion was drawn that the car from which the control material was collected was involved in the studied accident [10].

The evidential value of a particular kind of trace could have an influence on the evidential value of the set of other traces analysed in a particular casework. For example, if fragments of other car elements (plastic parts, glass fragments, tyres imprints, fibres attached to damaged car parts) were found on the accident scene in addition to paint fragments, and results of performed comparisons matched in the case of all analysed traces then the evidential value of such a set of evidence is greater than if these traces were evaluated separately [35].

Hit-and-run accidents are common among traffic accidents (especially those with a fatal result). Analysis of recovered paint samples at the scene of an accident is performed in order to determine the make, model and year of production of a car(s) which could have been involved in the accident. Such analyses were performed as early as 1964 by Tippett [32]. Nowadays, after performing identification analysis of a revealed paint trace, comparative analysis is carried out, in which the control material is not a single sample but a set of samples collected in the form of a database. The European Car Paint database (EUCAP), created in Germany, is accessible to members of the European Network of Forensic Science Institutes. The evidential value of the paint trace in this situation depends mainly on whether the analysed object (trace) originates from an original (factory) car paint coating or not. Non-factory (repainted) layers are very rare in practice and they should be treated differently.

Fragments of car paints are rare at the scene of accidents where a pedestrian has been hit, but in such situations paint smears may be found on the victim's clothes. Analysis of materials making up a smear only

allows determination of the colour and chemical composition of the transferred layer. Revealing of a smear may be difficult in cases where surfaces in contact with each other (car body paint layer and clothes) have very similar colours and when the outside car layer is colourless. Moreover, nowadays not only metallic layers but also traditional ones are increasingly frequently protected by a colourless layer. It may happen that traces originating from two layers are transferred onto textile/material, but this is very rare [35]. The evidential value of comparative analyses performed on samples originating from a smear which was formed during contact with the colourless outside layer that protects a decorative layer is less than in the case of contact with a traditional layer.

Changes which occur at various speeds in analysed material over time and depend on the scene of the accident and conditions occurring there are related to the nature of the analysed material. Changes which depend on time elapsed are always a consequence of oxidation processes. Factors related to the place can be divided into natural (like humidity and insolation), environmental (air pollution) and other (e.g. chemical mixtures used in the process of car care). The outside layer of the paint coating, especially its colour, is the most sensitive to the action of such factors. In comparative analyses, the influence of such changes is eliminated because control and recovered fragments were located relatively near to each other before the accident. Changes which occur in the case of layers older than 10 years could have an influence on colour determination. It is well-known from practice (experience) that white paint layers become yellow with time. However, there is a lack of papers concerning various aspects of ageing of car paint in the literature.

### 3. Uncertainty related to analysis of the accident scene

The circumstances of any particular accident are different (from that of any other), thus arising of primary or secondary transfer or environmental contamination cannot be *a priori* excluded.

Analysis of the phenomenon of primary transfer focuses around the possibility of occurrence of a given trace. It is necessary to ascertain what conditions must exist for a particular trace to occur and whether these conditions were fulfilled during a particular incident. For example, in a road accident involving a pedestrian, it is necessary to consider whether paint traces could be transferred onto a victim's clothes (i.e. creation of a paint smear) in particular conditions (e.g. location of

elements of victim's clothes and the vehicle with respect to each other during contact, the force of the hit).

The relatively low adhesion of paint particles to surfaces means that secondary transfer of paint traces is a relatively rare event in traffic accidents. A hypothetical situation of secondary transfer can be illustrated by the following example. During a collision of two vehicles (1 and 2), particles of paint making up the paint coating on car no 1 are transferred onto the surface of car no. 2 (trace no 1a). The collision is not dangerous, so both cars drive away from the scene of the accident. Next, car no. 2 hits car no. 3 in such a way that only paint originating from car no 1 (trace 1a) is transferred from car no. 2 onto car no. 3. And once again, the collision is not dangerous, and both cars drive away from the scene of the accident. During a routine traffic control, cars no. 1 and no. 3 are stopped and examined. Performed analysis of chemical composition and colour of material no 1a and the outer layer of paint coating of car no 1 shows that they match. Concluding that paint smear no 1a originates from car body no 1 is correct (not burdened with error), however concluding that these cars (1 and 3) took part in a collision is burdened with the error of not taking into account the possibility of a secondary transfer. Until now, a real case of secondary transfer has not been described in the literature.

The phenomenon of environmental contamination (also called "paint found by chance") can be illustrated by the following example. A car drives through a town at night and hits a pedestrian. As a result, a paint smear is deposited on the pedestrian's clothes (1a) and a fragment of car paint breaks off from the car body and is transferred to the road surface (1b). The accident was observed by an eyewitness who recognised the car make and described its approximate colour. After this, another car of the same colour and a somewhat damaged car body drives along the same road, and after driving into a hole in the road "loses" a fragment of coating (2b) in the vicinity of the site of the incident. Both pieces of paint (1b and 2b) are collected during examination of the accident scene. It was found that the chemical compositions and colours of the analysed paint traces (1b and 2b) match each other as well as those of the paint smear (1a) and the outside layer originating from both traces (1b and 2b). The matching results indicated the possibility of a common origin of the compared samples. However, the evidential value of such paint samples was lower in the 1970s than it is at present, as Polish Fiats 125p and 126p in (only) several colours predominated on Polish roads.

Information about the presence by chance of paint fragments at the scene of an incident can be found in

some papers on analysis of paint samples. A matching of features of all analysed fragments reduces the probability that these are chance fragments, not connected with the accident. If recovered fragments differ, then the possibility of the presence of fragments by chance, i.e. not connected to the incident, at the scene of the incident should be taken into account. The procedure of examination of the scene of the incident requires that each trace which looks like paint should be collected. The possibility of the presence of a paint fragment by chance on a particular type of surface can be evaluated only on the basis of empirical research when the following variables are also considered: type of surface, traffic intensity etc. Until now a limited number of such experiments have been performed. There has been research concerning the presence of paint fragments (among other kinds of traces) on clothes of persons in Canada, Australia and the United Kingdom. Pearson et al. [18] analysed, at the beginning of the 1970s, the phenomenon of the presence of paint fragments on clothes of persons who were not connected with any crime. They analysed traces recovered from the clothes of persons who lived within a radius of 32 km from a laundry and who had given them to the laundry for cleaning over the previous 3 months. Recovered traces were segregated by application of microscopic methods and their chemical composition was analysed by pyrolytical gas chromatography (Py/GC) and by application of dilution tests. It was concluded, on the basis of obtained results, that paint fragments are present on the worn items of clothing. One-layer traces could be classified as paint traces only after analysis of chemical composition (e.g. by the Py/GC method). No similarity by chance of two- and three-layers paint fragments was noted if the fragments originated from clothes of different persons and they had been delivered to the laundry at different times. Accidental similarity of features for two-layers paint fragments was found in 0.7% of recovered fragments; for one-layer fragments, this percentage was significantly higher and depended on the colour.

Dilution tests are especially important in the analysis of very small paint fragments whose colour cannot be established in an easy way. Lau et al. [17] also analysed the problem of frequency of occurrence of paint fragments on clothes. They analysed a group of students. The surface and pockets of jackets and trousers or skirts as well as shoes collected from 213 students were analysed. Selection of recovered paint fragments was performed by an application of various optical methods. Traces identified as paint fragments were analysed by infrared spectrometry (a diamond cell was applied). Paint fragments were found on significantly

less clothes in comparison to previously described research. The authors concluded that when the number of recovered paint fragments which have matching physicochemical features increases, then the probability that it is evidence material, i.e. these fragments are not present by chance, also increases. The presence of paint fragments on clothes by chance should be taken into account especially when a pedestrian is involved in a traffic accident.

Fragments present by chance can be recovered not only from clothes. The possibility of the presence of paint fragments not originating from vehicles that took part in the collision was also considered by Tippett [33]. Factors that should be considered in such a case are traffic intensity at the place and time of the accident as well as frequency of occurrence of a particular type of car (make, model and colour) in the vicinity of the accident site. The author concluded, on the basis of performed observations, that the greater the traffic intensity at the site of the accident, and the more common the type and colour of the car, the higher the probability that a transferred paint fragment was transferred by chance.

Various issues relating to a collision between two cars, including various scenarios of paint traces transfer, verbal variants and likelihood ratio values of support for particular hypotheses obtained on the basis of physicochemical analysis were presented by Mc Dermott et al. [14, 15]. For example, 35% of forensic experts gave categorical conclusions that a fragment recovered from one car originates from another car and *vice-versa* (i.e. there was contact between the cars) on the basis of results of analysis of multi-layers renovated paint coats which match cross-transferred paints. However, 51% of forensic experts stated that such a scenario only allowed a probabilistic conclusion to be drawn, i.e. the evidence gave strong support for the fundamental hypothesis. Nevertheless, matching results of performed analyses in the case of unidirectional transfer of just a single layer was the basis for 77% forensic experts to conclude that this evidence gives only limited support for the hypothesis that there was contact between cars. 19% of forensic experts concluded that this evidence supports the hypothesis. With the aim of expressing these conclusions in numerical form, ca. 1000 vehicles parked in a car park were analysed in terms of colours (10 colours, 3 shades) and type of car paint (traditional, metallic). It was found that medium red paint was the most frequent, and that the largest number of cars was in the range 0–3 years old. However, data from the car registration bureau showed that the most common cars are less than 1 year, and 6–7 years old. The most common car

make is Toyota and Ford; however, according to official registration data, the situation is the opposite. 17% of cars had a damaged coating, which could facilitate transfer of car paints and 9% of cars had car paint other than the original. These data were used with the aim of presenting the evidential value in numerical form. In the case of a cross transfer of multi-layer fragment the obtained value of the likelihood ratio value was above 150,000, which is a measure of the evidential value, and corresponds to very strong support for the prosecutor's hypothesis.

#### 4. Conclusions

It should be emphasised that evidence in the form of a forensic expert opinion has essential significance in investigating (the truth of) an incident. In order to reliably judge a case, a court has to consider both the prosecutor's hypothesis (e.g. the suspect's car took part in the collision) and the defence hypothesis (e.g., the suspect's car did not take part in the collision). In order to correctly evaluate these hypotheses – *a posteriori* odds (i.e. including evidence from analysis of paint traces) – it is first necessary to evaluate *a priori* odds (i.e. without taking into account the evidence) and to evaluate the evidential value, which the expert includes in the expert report. The evidential value could be expressed in mathematical form as the likelihood ratio, which can be calculated by application of a suitable statistical model. Until now, the evidential value has most often been expressed in verbal form.

#### References

1. Adamsons K., Chemical surface characterization and depth profiling of automotive coating systems, *Progress in Polymer Sciences* 2000, 25, 1363–1409.
2. Aitken C., Taroni F. Statistics and the evaluation of evidence for forensic scientists, J. Wiley & Sons, Chichester 2004.
3. Audette R. J., Percy R. F. E., A rapid, systematic and comprehensive classification system for the identification and comparison of motor vehicle paint samples. Part I, *Journal of Forensic Sciences* 1979, 24, 790–807.
4. Audette R. J., Percy R. F. E., A rapid, systematic and comprehensive classification system for the identification and comparison of motor vehicle paint samples. Part II, *Journal of Forensic Sciences* 1982, 27, 622–670.
5. Buckle J., Fung T., Ohashi K., Automotive topcoat colors: occurrence frequencies in Canada, *Canadian Society of Forensic Sciences Journal* 1987, 20, 45–56.
6. Castle D. A., Pigment analysis in the forensic examination of paints. Part II, *Journal of Forensic Sciences Society* 1982, 22, 179–186.
7. Curry C. J., Rendle D. F., Rogers A., Pigment analysis in the forensic examination of paints. Part I, *Journal of Forensic Sciences Society* 1982, 22, 173–177.
8. Edmondstone G., Hellman J. [et al.], An assessment of the evidential value of automotive paint comparisons, *Canadian Society of Forensic Sciences Journal* 2004, 37, 147–153.
9. George B., McIntyre P., Infrared spectroscopy, John Wiley & Sons, London 1991.
10. Filochowski E., Musiał A., Zidentyfikowanie pojazdu na podstawie odłamków szkła i lakieru, *Problemy Kryminalistyki* 1974, 107, 106–109.
11. Gothard J. A., Evaluation of automobile paint flakes as evidence, *Journal of Forensic Sciences* 1976, 21, 636–641.
12. Hammer P. S., Pigment analysis in the forensic examination of paints. Part III, *Journal of Forensic Sciences Society* 1982, 22, 186–192.
13. Massonnet G., Stocklein W., Identification of organic pigments in coatings: applications to red automotive topcoats. Part III. Raman spectroscopy (NIR FT-Raman), *Science & Justice* 1999, 39, 181–187.
14. McDermott S. D., Willis S. M., A survey of the evidential value of paint transfer evidence, *Journal of Forensic Sciences* 1997, 42, 1012–1018.
15. McDermott S. D., Willis S. M., McCullough J. P., The evidential value of paint. Part II: A Bayesian approach, *Journal of Forensic Sciences* 1999, 44, 263–269.
16. Milczarek J. M., Zięba-Palus J., Kościelniak P., Application of Py-GC to car paint analysis for forensic purposes, *Problems of Forensic Sciences* 2005, LXI, 7–18.
17. Lau L., Beveridge A. D., Callwhill B. C. [et al.], The frequency of occurrence of paint and glass on the clothing of high school students, *Canadian Society of Forensic Sciences Journal* 1997, 30, 233–240.
18. Pearson E. F., May R. W., Dabbs M. G. D, Glass and paint fragments found in men's outer clothing – report of a survey, *Journal of Forensic Sciences* 1971, 16, 283–300.
19. Podgórska E., Szlęzak M. [i in.], Wyroby lakierowe dla motoryzacji, Zjednoczenie Przemysłu Tworzyw i Farb, Warszawa 1981.
20. Ryland S. G., Kopec R. J., The evidential value of automobile paint chips, *Journal of Forensic Sciences* 1979, 24, 140–147.
21. Ryland S. G., Kopec R. J., Somerville P. N., The evidential value of automobile paint. Part II. Frequency of occurrence of topcoat colors, *Journal of Forensic Sciences* 1981, 26, 64–74.
22. Ryland S. G., Infrared microscopy of forensic paint examination, Dekker, New York 1995.
23. Smalldon K., Moffat A., The calculation of DP for a series of correlated attributes, *Journal of Forensic Sciences Society* 1973, 13, 291–295.

24. Sobczyńska G., Neuman Z., *Lakiernictwo samochodowe*, Szczecin 2006.
25. Stone H. S., Murphy K. J. [et al.], Vehicle topcoat colour and manufacturer, frequency distribution and evidential significance. Part II, *Canadian Society of Forensic Sciences Journal* 1991, 24, 175–185.
26. Suzuki E., IR spectra of U.S. automobile original topcoats (1974–1989). Part I, *Journal of Forensic Sciences* 1996, 41, 376–392.
27. Suzuki E., IR spectra of U.S. automobile original topcoats (1974–1989). Part II, *Journal of Forensic Sciences* 1996, 41, 393–406.
28. Suzuki E., IR spectra of U.S. automobile original topcoats (1974–1989). Part III, *Journal of Forensic Sciences* 1997, 42, 619–648.
29. Suzuki E., IR spectra of U.S. automobile original topcoats (1974–1989). Part IV, *Journal of Forensic Sciences* 1998, 43, 514–542.
30. Suzuki E., IR spectra of U.S. automobile original topcoats (1974–1989). Part V, *Journal of Forensic Sciences* 1999, 44, 297–313.
31. Suzuki E., IR spectra of U.S. automobile original topcoats (1974–1989). Part VI, *Journal of Forensic Sciences* 1999, 44, 1151–1175.
32. Tippett C. F., Car distribution statistics and the hit-and-run driver, *Medicine Science and Law* 1964, 4, 91–97.
33. Tippett C. F., Emerson V. J. [et al.], The evidential value of the comparison of paint flakes from sources other than vehicles, *Journal of Forensic Science Society* 1968, 8, 61–65.
34. Volpe G. G., Stone H. S. [et al.], Vehicle topcoat colour and manufacturer, frequency distribution and evidential significance, *Canadian Society of Forensic Sciences Journal* 1988, 21, 11–18.
35. Zadora G., Trzcńska B., The evidential value of transfer evidence – a hit-and-run accident, *Journal of Forensic Sciences* [in press].
36. Zawadzki J., *Lakierowanie samochodów*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1975.
37. Zięba-Palus J., Trzcńska B., Selected cases of paint coating examination, *Problems of Forensic Sciences* 2001, 47, 147–153.
38. Zięba-Palus J., Milczarek J., Kościelniak P., Application of infrared spectroscopy and pyrolysis gas chromatography – mass spectrometry in examination of automobile paint samples, *Chemia Analityczna* [in press].

---

**Corresponding author**

Beata M. Trzcńska  
Instytut Ekspertyz Sądowych  
ul. Westerplatte 9  
31-033 Kraków  
e-mail: btrzcinska@ies.krakow.pl

---



## PRZYCZYNY NIEPEWNOŚCI W OSZACOWANIU WARTOŚCI DOWODOWEJ ŚLADÓW LAKIERU

### 1. Wprowadzenie

Wymiar sprawiedliwości stara się odtworzyć przebieg zdarzenia na podstawie swobodnej oceny dowodów zarówno osobowych, jak i rzeczowych zebranych w danej sprawie. Przedmiotem oceny sądu nie jest bezpośrednio dowód rzeczowy, lecz opinia biegłego, która, oprócz opisu przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników, powinna zawierać między innymi ocenę istotności badanego śladu – to jest oszacowanie (ocenę) jego wartości dowodowej [2, 22]. Podstaw teoretycznych do tych działań dostarcza statystyka, a także dane eksperymentalne uzyskane przez poszczególne nauki sądowe.

Dla danego rodzaju śladu wartość dowodowa nie jest wielkością stałą, lecz zależy przede wszystkim od rodzaju zdarzenia i jego okoliczności. Ze śladami lakierów spotykamy się, analizując np. wypadki komunikacyjne, włamania, kradzieże dzieł sztuki. Jeżeli podczas kolizji dwóch pojazdów (*a* i *b*) doszło do wzajemnego przeszczepienia się lakieru (na pojeździe *a* ujawniono lakier o cechach zgodnych z cechami zewnętrznej warstwy lakieru z powłoki pojazdu *b* i odwrotnie, na pojeździe *b* ujawniono lakier o cechach zgodnych z cechami zewnętrznej warstwy lakieru z powłoki pojazdu *a*) to wartość dowodowa tych śladów jest większa niż w przypadku przeszczepienia jednokierunkowego (np. tylko na pojeździe *b* ujawniono lakier o cechach zgodnych z cechami zewnętrznej warstwy lakieru z powłoki pojazdu *a*). Do oszacowania wartości dowodowej potrzebna jest także znajomość źródeł i przyczyn błędów. Przyczyny te można podzielić na dwie grupy.

Do pierwszej z nich należą te, które związane są z wykonywaniem analizy porównawczej dostarczonego do badań materiału, który stanowią, najczęściej precyzyjnie zdefiniowany, materiał dowodowy i materiał porównawczy. Celem takiej analizy jest odpowiedź na pytanie: czy porównywane próbki mogą pochodzić z tego samego obiektu? Błędy, które mogą się pojawić (uznanie próbek pochodzących z jednego źródła za różne na podstawie uzyskanych wyników i odwrotnie) są konsekwencją następujących czynników: zmienności własności fizykochemicznych w obrębie pojedynczego obiektu; zmienności własności fizykochemicznych pomiędzy obiektami należącymi do tej samej kategorii (np. lakiery akrylowe) oraz częstość występowania w populacji generalnej określonych wartości odpowiadających badanej właściwości. Oceny zmienności dokonujemy poprzez prowadzenie odpowiednich badań populacyjnych [2].

Do drugiej grupy należą te przyczyny, które związane są z udzieleniem odpowiedzi na pytanie: czy przedmiot,

z którego pochodzi materiał o cechach zgodnych z materiałem dowodowym, był na miejscu zdarzenia? Źródłami błędów są wówczas możliwości przeniesienia pierwotnego, wtórnego oraz kontaminacja środowiskowa [2].

Przyczyny niepewności w szacowaniu wartości dowodowej śladów lakieru przedstawiono, analizując dane bibliograficzne i wybrane przykłady wypadków komunikacyjnych. Dochodzi wówczas do kontaktu pojazdu z innym obiektem, co może spowodować oddzielenie się, kompletne lub nie, fragmentu lub fragmentów powłoki lakierowej. Mogą się one przenieść na podłoże, inny pojazd, drzewo itp. Na odzież pieszego mogą zostać przeniesione nie tyle fragmenty samej powłoki, ile pewna ilość materiału w postaci drobin (otarcie lakierowe) pochodzących przede wszystkim z warstwy zewnętrznej. Rodzaj powłoki i jej stan mają wpływ na ilość i jakość powstającego materiału dowodowego. Powłoki starsze (kruche) i powłoki uszkodzone (np. popękane) łatwiej przenoszą się w całości niż powłoki nowe (elastyczne). Na powierzchnię śliską i gładką lakier może nie przenieść się wcale, na powierzchni chropowatej (np. kora drzew) może dojść do przemieszania się materiału pochodzącego z kilku warstw. Wielowarstwowe ślady lakierowe mają postać okruchów, jednowarstwowe najczęściej postać otarć.

### 2. Niepewność wynikająca z natury śladów lakieru i stosowanych metod analitycznych

Literatura dotycząca badań lakierów samochodowych, jak dotąd, nie zawiera informacji o wielkości błędów dotyczących zmienności wewnątrz badanego obiektu i pomiędzy obiektami tej samej kategorii. Ocenę taką należałoby prowadzić oddzielnie dla różnych typów lakierów (np. akrylowy, alkidowy, nitrocelulozowy, poliuretanowy, lakiery mieszane i modyfikowane) tworzących poszczególne warstwy powłoki lakierowej pojazdu.

Analizując zjawisko zmienności w obrębie obiektu, należy rozważać możliwość renowacji uszkodzonych powłok lakierowych, a tym samym obecność na drogach pojazdów o powłoce przynajmniej częściowo niefabrycznej. Źródłem błędów (uzyskanie niezgodnych wyników badań) może być wówczas materiał porównawczy pobrany z niewłaściwego miejsca. Sytuacje rzeczywiste dotyczące takich sytuacji opisane zostały przez Ziębę i Trzecińską [37].

Lakier samochodowy nie jest związkiem chemicznym, lecz wyrobem powstającym z kilku składników w określonym procesie technologicznym [19]. Do jego

scharakteryzowania nie wystarczy podanie jakościowego i ilościowego składu chemicznego zawartego w chronionej tajemnicą procedurze produkcyjnej. Skład chemiczny danej warstwy lakieru nie jest bowiem tożsamy ze składem lakieru – produktu dostępnego w handlu. Podczas schnięcia odparowują rozpuszczalniki, a składniki spoiwa tworzą odpowiednie połączenia. Inne, charakteryzujące lakier cechy podane w normach i służące zagwarantowaniu produktowi określonej jakości (np. lepkość, gęstość), przydatne są biegłemu tylko w ograniczonym zakresie. Specyfiką sądowych badań lakierów jest to, że obiektem badań jest struktura złożona z utwardzonych form kilku lakierów, a nie jeden lakier – wyrób fabryczny, z jakim mają do czynienia producent względnie lakiernik. Każdą warstwę powłoki lakierowej tworzy na ogół inny rodzaj lakieru, gdyż każda z warstw spełnia inną rolę.

Badany obiekt (fragment powłoki lakierowej) jest nie tylko różnicowany morfologicznie jako całość, ale dodatkowo każdą warstwę cechuje właściwa jej niejednorodność. Aby zminimalizować zmienność wewnątrz pojedynczej próbki lakieru poddanej badaniom, należy tak dobrać zespół analizowanych cech, aby możliwie najlepiej charakteryzowały zarówno całość, jak i poszczególne elementy. Cechami odnoszącymi się do całości są: liczba, barwa i grubość poszczególnych warstw. Pojedynczą warstwę lakieru charakteryzują ponadto takie cechy, jak rodzaj spoiwa, obecność wypełniaczy, pigmentów, dodatków i skład pierwiastkowy.

Powłoka lakierowa pojazdu może być oryginalna (fabryczna) lub też może być efektem naprawy bądź napraw dokonywanych nie tylko przez wyspecjalizowane firmy. Fabryczne lakierowanie pojazdu jest sformalizowanym procesem technologicznym [24, 36], co powoduje, że dany typ powłoki musi mieć określoną grubość, liczbę warstw i ich rodzaj.

Badania dotyczące możliwości rozróżniania powłok lakierowych pochodzących z różnych pojazdów przeprowadzono m.in. w Kanadzie i Australii. Gothard [11] stwierdza, że analiza fizykochemiczna (spektrometria w podczerwieni – IR, spektrometria emisji atomowej – ESA, pirolityczna chromatografia gazowa – Py-GC) jest w takich badaniach bardzo skuteczna. Nie udaje się jednak rozróżnić powłok lakierowych pokrywających różne egzemplarze tego samego modelu. Ryland i Kopec [20] przeanalizowali 200 próbek lakierów z samochodów po wypadku, nie starszych niż 10 lat, i stwierdzili, że dla fragmentów powłoki o 6 i więcej warstwach (powłoki niefabryczne) prawdopodobieństwo uzyskania rutynowymi metodami (mikroskopia, testy rozpuszczalnikowe, Py-GC, IR – komórka diamentowa, ESA, SEM-EDX, NAA) zgodnych wyników dla próbek pochodzących z różnych źródeł jest bardzo niewielkie. Zagadnieniem rozróżniania lakierów samochodowych zajmował się również Edmondstone i in. [8]. Przebadali oni 260 uszkodzo-

nych samochodów, które klasyfikowali według rocznika, modelu, numeru VIN, barwy warstwy zewnętrznej, typu powłoki, obecności warstwy bezbarwnej oraz liczby i kolejności pozostałych warstw. Do rozróżnienia podobnych próbek stosowali oni obserwację mikroskopową, a widma w podczerwieni mierzyli techniką całkowitego wewnętrzznego odbicia (ATR). Spośród przebadanych próbek nie rozróżniono jedynie elementów 1 pary – próbki pochodziły z pojazdów należących do tej samej serii produkcyjnej i były fabrycznie nowe, a tylko 2 pary miały zgodną warstwę zewnętrzną (barwa i skład), lecz różniły się morfologią (układ warstw).

Dostępne są także niepełne dane dotyczące częstotliwości występowania w populacji generalnej takiej cechy, jak barwa. Częstotliwością występowania w danym kraju, na parkingach i w ruchu ulicznym pojazdów z lakierem określonej barwy (ocena wizualna przez porównanie z katalogiem), zajmowali się różni autorzy. Ryland [21] oceniał barwę pojazdów (ok. 43 tys.) będących zarówno w ruchu miejskim, jak i parkujących. Stwierdził on, że populacje te (w Stanach Zjednoczonych) są do siebie podobne i przeważają pojazdy niebieskie oraz, kolejno, brązowe, białe i zielone. Buckle [5] analizował barwy (maksymalnie 28 możliwości) pojazdów (ok. 16 tys.) w kilku miastach kanadyjskich w okresie trzech lat (1982–1985). Stwierdził, że najbardziej popularne są barwy: niebieska i brązowa niezależnie od tego, czy dotyczy to samochodów z powłoką tradycyjną, czy typu metalik. Tendencja ta jest zachowana również niezależnie od tego, czy są to samochody osobowe czy ciężarowe oraz czy dane pochodzą z obserwacji (samochody jeżdżące po drogach), czy z urzędu (samochody nowo rejestrowane). Volpe [34] analizował barwę (13 możliwości w trzech odcieniach) i producenta pojazdów stojących w 6 miastach na głównym parkingu. Niezależnie od lokalizacji, przeważały pojazdy barwy niebieskiej i brązowej produkowane przez General Motors. Natomiast Stone [25] analizował barwy zarówno samochodów osobowych, jak i ciężarowych w dwóch miastach z podziałem na pojazdy z powłoką tradycyjną i typu metalik. Wśród samochodów z powłoką typu metalik przeważały pojazdy brązowe i niebieskie. W przypadku pojazdów z powłoką tradycyjną tendencja była inna, przeważały barwy: czerwona, czarna i biała. Należy jednak zwrócić uwagę, że dane te nie dotyczą polskiego rynku samochodowego, nie są więc bezpośrednio przydatne biegłym opiniującym w naszym kraju. Badania tego typu powinny być prowadzone w każdym kraju i powtarzane, gdyż rynek samochodowy podlega w czasie różnorodnym zmianom.

Minimalizowanie błędów analitycznych wynikających z prowadzenia badań konkretną metodą realizowane jest poprzez stosowanie obowiązujących procedur [3, 4]. W badaniach lakierów wykorzystywane są głównie metody spektrometryczne. Widma w zakresie światła widzialnego i ultrafioletowego (UV/VIS) otrzymane dla

powłok tradycyjnych techniką transmisyjną lub odbiciową są podstawą nie tyle do identyfikacji pigmentów [12], ile do wyznaczenia parametrów matematycznych opisujących barwę. Barwę powłok zarówno ozdobnych (metalicznych, perłowych), jak i tradycyjnych, określa się przez porównanie ich z atlasem barw np. Akzo-Nobel ColorMap lub (i) korzystanie z odpowiednich baz danych. Mikroskopowe badania morfologii fragmentów powłoki lakierowej pozwalają określić liczbę, kolejność i grubość poszczególnych warstw. Ocena stanu powierzchni (spękania, przebarwienia) ma znaczenie przy porównywaniu powłok pochodzących z różnych egzemplarzy tego samego modelu pojazdu [1].

Spektrometria w podczerwieni wykorzystywana jest rutynowo do określania rodzaju spoiwa oraz obecności głównych pigmentów i wypełniaczy nieorganicznych [26, 27, 28, 29, 30, 31]. Do oznaczania pigmentów może być również stosowana spektrometria Ramana [13]. Spektrometria rentgenowska dostarcza informacji o składzie pierwiastkowym lakieru [7]. Pirolityczna chromatografia gazowa ze spektrometrem masowym jako detektorem (Py/GC-MS) pozwala, poprzez analizę produktów rozkładu, oznaczać zarówno składniki o znacznej, jak i o małej zawartości. Ze względu na niski próg wykrywalności metoda ta stosowana jest przede wszystkim do identyfikacji dodatków. Wykorzystywanie metody Py/GC-MS w procedurze badań lakierów pozwala zatem uzyskać więcej informacji o składzie chemicznym lakieru [16] niż stosowanie tylko metody spektrometrii w podczerwieni (IR). W badaniach porównawczych pomocne mogą być także testy chemiczne z użyciem różnych związków chemicznych, np. kwasu siarkowego, azotowego czy alkoholowego roztworu wodorotlenku potasu [6].

Możliwość analizy coraz to mniejszych próbek daną metodą wymaga stosowania odpowiednio skonstruowanej aparatury względnie wyboru innej opcji pomiarowej. Tradycyjny spektrometr dyspersyjny do podczerwieni nie umożliwia analizy próbek lakieru bez rozdzielania poszczególnych warstw. Znacznie czulszy spektrometr z transformacją Fouriera (FTIR) połączony dodatkowo z mikroskopem MK-FTIR oraz nowa generacja przyrządów – wyposażenie mikroskopu w spektrometr – nie wymagają rozdzielania poszczególnych warstw oraz umożliwiają analizę materiału pobranego z otarcia lakieru [22]. O poziomie wykrywalności decydują również takie elementy wyposażenia spektrometru, jak źródło światła i detektor. Stosowanie różnych elementów przepuszczalnych dla podczerwieni pozwala rejestrować widma IR w różnym zakresie (KBr od  $333\text{ cm}^{-1}$ , a CsJ od  $180\text{ cm}^{-1}$ ), zaś stosowanie różnych typów pomiarów (transmisyjny, odbiciowy itp.) i różnych parametrów (liczba pomiarów, rozdzielczość itp.) wpływa na jakość uzyskanego widma. Widmo lakieru w podczerwieni dostarcza informacji o rodzajach wiązań i grupach funkcyjnych głównych

składników oraz tych, których zawartość jest większa niż 5% wagowych, stąd też zgodność widm nie zawsze oznacza zgodność składu chemicznego [9]. I tak np. spoiwa lakierów bardzo często są modyfikowane styrenem, którego zawartość może się wahać w bardzo szerokich granicach [38]. Brak w widmie w podczerwieni lakieru pasm charakterystycznych dla jednopodstawnego pierścienia:  $700$ ,  $760$  i  $3020\text{ cm}^{-1}$  (intensywność pasma  $700\text{ cm}^{-1}$  większa niż pasma  $760\text{ cm}^{-1}$ ) stanowi jedynie przesłankę do wnioskowania, że lakier ten nie zawiera styrenu. Potwierdzeniem tej hipotezy jest dopiero brak pików charakterystycznych dla styrenu w pirogramach tego lakieru.

Im bardziej kompletne są badane fragmenty powłoki lakierowej, tym więcej informacji uzyskujemy i tym mniejszy błąd popełniamy, oceniając na podstawie zgodnych wyników możliwość pochodzenia ze wspólnego obiektu. Prawdopodobieństwo, że badane próbki pochodzą ze wspólnego źródła w przypadku uzyskania zgodnych wyników badań (liczba warstw, ich kolejność, barwa, grubość, skład chemiczny) jest większe dla fragmentów pochodzących z powłok przemalowywanych niż dla powłok fabrycznych, gdyż prawdopodobieństwo istnienia innego pojazdu o podobnie przemalowanej powłoce (częstość występowania w populacji generalnej) jest znikomo małe. Do oceny zmienności wewnątrz badanych obiektów ma znaczenie nie tylko liczba ujawnionych fragmentów powłoki lakierowej, ale także ich wielkość. Ma ona bowiem istotne znaczenie dla prawidłowej oceny grubości danej warstwy. Dla warstw niefabrycznych ich grubość może się wahać w dość szerokich granicach.

W niezwykle rzadkich sytuacjach, gdy badany fragment można dopasować do ubytku, wnioski dotyczące wspólnego pochodzenia materiału dowodowego i porównawczego mogą być kategorięczne, pochodzenie z jednego obiektu zostało bowiem potwierdzone. Zilustrować to można przypadkiem, gdy nieznanemu samochodowi potracił dwie kobiety jadące prawidłowo na rowerach. Obie doznały ciężkich obrażeń. Na miejscu zdarzenia ujawniono m.in. fragmenty powłoki lakierowej. W stosunkowo krótkim czasie zatrzymano samochód, który miał uszkodzony prawy przedni błotnik (wgniecenia i ubytki lakieru). W wyniku przeprowadzonych badań ustalono, że dowodowe i porównawcze fragmenty powłoki lakierowej odpowiadają sobie grubością i barwą. Jeden z większych fragmentów ujawniony na miejscu zdarzenia i jeden z fragmentów porównawczych posiadały wzdłuż całej linii odłamania wzajemnie korespondujący układ cech. Ponadto powierzchnia zewnętrznej warstwy obu fragmentów była pomarszczona, tworząc deseni w postaci wgłębionych linii. Fragmenty te udało się tak dopasować, że linie zachowywały ciągłość. W tej sytuacji wydano opinię kategorięczną, mówiącą, że pojazd, z którego pobrano materiał porównawczy, uczestniczył w analizowanym zdarzeniu [10].

Na wartość dowodową danego śladu mają wpływ również dane dotyczące wyników badań porównawczych innych śladów. I tak, jeżeli oprócz fragmentów lakieru na miejscu zdarzenia zabezpieczone zostaną fragmenty elementów pojazdu wykonane z tworzywa sztucznego, fragmenty szkła, ślady opon, a z wystających części pojazdu włókna i dla wszystkich tych śladów otrzymane zostaną zgodne wyniki badań porównawczych, to wartość dowodowa każdego śladu wzrasta [35].

Wśród wypadków komunikacyjnych, zwłaszcza ze skutkiem śmiertelnym, znaczny udział mają te, gdy sprawca ucieka miejsca zdarzenia. Przeprowadzone badania zabezpieczonych śladów lakierowych mają na celu wytypowanie pojazdu (marka, model, rocznik), który mógł brać udział w zdarzeniu. Zagadnieniem tego rodzaju zajmował się Tippett już w roku 1964 [32]. Obecnie po przeprowadzeniu badań identyfikacyjnych ujawnionego śladu lakierowego przystępuje się do badań porównawczych, w których materiał porównawczy stanowi nie konkretna próbka, lecz zbiór próbek – baza danych. W Europie, dla członków Europejskiej Sieci Laboratoriów Nauk Sądowych (European Network of Forensic Science Institutes – ENFSI), dostępna jest tworzona w Niemczech baza o nazwie EUCAP (European Car Paint). Wartość dowodowa śladu lakierowego zależy wówczas głównie od tego, czy badany obiekt pochodzi z powłoki fabrycznej, czy też nie. Powłoki niefabryczne są bowiem obiektami jednostkowymi i jako takie muszą być traktowane inaczej.

Podczas potrącenia pieszego przez pojazd fragmenty powłoki lakierowej pojazdu rzadko są obecne na miejscu zdarzenia, natomiast na odzieży poszkodowanego mogą występować otarcia lakieru. Badania materiału tworzącego otarcie pozwalają jedynie na ustalenie barwy i składu chemicznego przeniesionej warstwy. Ujawnienie otarcia może napotykać na pewne trudności w sytuacji, gdy kontaktujące się ze sobą powierzchnie (powłoka lakierowa na karoserii i odzież) mają zbliżoną barwę oraz gdy zewnętrzna warstwa powłoki lakierowej jest bezbarwna. Coraz częściej nie tylko powłoki ozdobne, ale także powłoki tradycyjne zabezpieczane są warstwą bezbarwnego lakieru. Bardzo rzadko zdarza się, aby na tkaninę przeniesione zostały drobiny pochodzące z dwóch warstw [35]. Wartość dowodowa wyników badań porównawczych materiału pochodzącego z otarcia powstałego w wyniku kontaktu z zewnętrzną warstwą bezbarwną zabezpieczającą powłokę ozdobną jest mniejsza niż w przypadku kontaktu z powłoką tradycyjną.

Z naturą badanego materiału związane są również zmiany, jakie z różną szybkością zachodzą w nim wraz z upływem czasu i skorelowane są z miejscem i czynnikami tam występującymi. Zmiany starzeniowe są zawsze konsekwencją procesów utleniania. Czynniki związane z miejscem możemy podzielić na naturalne, takie jak wilgoć lub nasłonecznienie; środowiskowe – należą do nich zanieczyszczenia atmosferyczne oraz inne – np. środki

chemiczne stosowane do pielęgnacji pojazdu. Najbardziej wrażliwa na oddziaływanie tego typu czynników jest zewnętrzna warstwa powłoki lakierowej, a w szczególności jej barwa. W badaniach porównawczych wpływ tych zmian jest eliminowany ze względu na fakt, że fragmenty powłoki stanowiące po zdarzeniu materiał porównawczy i dowodowy znajdowały się przed zdarzeniem stosunkowo blisko siebie. W przypadku powłok starszych niż 10 lat zachodzące zmiany mogą mieć znaczenie podczas określania barwy. Z doświadczenia znany jest fakt, że np. białe powłoki lakierowe żółkną wraz z upływem czasu. W literaturze przedmiotu brak jest publikacji dotyczących różnych aspektów starzenia się powłok lakierowych.

### 3. Niepewność towarzysząca oględzinom miejsca zdarzenia

Przebieg i okoliczności każdego wypadku komunikacyjnego są odmienne, co nie pozwala *a priori* wyeliminować możliwości zaistnienia zjawiska przeniesienia pierwotnego, wtórnego lub kontaminacji środowiskowej.

Analiza zjawiska przeniesienia pierwotnego koncentruje się wokół możliwości zaistnienia danego śladu. Należy przeanalizować, jakie warunki muszą zaistnieć, aby dany ślad powstał oraz czy podczas konkretnego zdarzenia warunki te zostały spełnione. Analizując np. wypadek komunikacyjny z udziałem pieszego, należy rozważyć, czy w konkretnych warunkach (takich jak wzajemne usytuowanie konkretnych elementów odzieży i pojazdu podczas kontaktu, siła uderzenia) mogło dojść do przeniesienia śladów lakieru na odzież poszkodowanego (powstania otarcia lakierowego).

Mała przyczepność drobin lakieru do podłoża powoduje, że przeniesienie wtórne śladów lakieru stosunkowo rzadko towarzyszy wypadkom komunikacyjnym. Hipotetyczną sytuację przeniesienia wtórnego można zobrażać następującym przykładem. Podczas kolizji dwóch pojazdów (1 i 2) dochodzi do przeniesienia drobin lakieru tworzącego warstwę zewnętrzną powłoki z pojazdu 1 na pojazd 2 (ślad 1a). Kolizja nie jest groźna, więc oba samochody odjeżdżają. Następnie samochód 2 zderza się z pojazdem 3 w taki sposób, że na jego karoserię przeniesiony zostaje jedynie naniesiony wcześniej materiał (1a). Znowu kolizja nie jest groźna i samochody odjeżdżają. W wyniku rutynowych kontroli drogowych zatrzymane zostają jedynie pojazdy 1 i 3. Badania porównawcze materiału 1a i lakieru tworzącego warstwę zewnętrzną powłoki lakierowej pojazdu 1 potwierdzają zgodność składu chemicznego i barwy. Wnioskowanie dotyczące pochodzenia materiału tworzącego otarcie (1a) z karoserii samochodu 1 nie jest obciążone błędem, natomiast wnioski dotyczące kolizji tych właśnie pojazdów (1 i 3) obciążone jest błędem wynikającym

z nieuwzględnienia możliwości wtórnego przeniesienia śladu. W literaturze nie spotkano się z opisem rzeczywistego przypadku wtórnego przeniesienia śladów lakieru.

Zjawisko kontaminacji środowiskowej można zobrazować następującym przykładem. Nocą przez miejscowość przejeżdża samochód, który potrąca pieszego. Skutkiem zdarzenia jest zarówno powstanie otarcia lakieru na odzieży (1a), jak i oderwanie się i przemieszczenie na jezdnię fragmentu powłoki lakierowej (1b). Zdarzenie zostało zaobserwowane przez przypadkowego świadka, który rozpoznał markę pojazdu i podał jego przybliżony kolor. Następnie tą samą drogą jedzie inny samochód tej samej barwy o nieco uszkodzonej karoserii, który po wjechaniu w dziurę w jezdni „gubi” w okolicy miejsca zdarzenia fragment powłoki (2b). W wyniku oględzin miejsca zdarzenia ujawniono obydwie okruszki lakierowe (1b i 2b). Przeprowadzone w laboratorium badania porównawcze wykazały zgodność grupową składu chemicznego i barwy obu drobin lakieru (1b i 2b) oraz zgodność tych cech dla materiału pochodzącego z otarcia (1a) i stanowiącego zewnętrzną warstwę obu okruszków (1b i 2b). Zgodność wyników wskazuje więc na możliwość wspólnego pochodzenia materiału tworzącego otarcie z obu fragmentów, oraz na to, że oba fragmenty pochodzą z jednego pojazdu. W latach siedemdziesiątych 20. wieku, gdy na polskich drogach przeważały polskie fiaty (125p i 126p) o kilku kolorach, prawdopodobieństwo takiego zdarzenia było znaczne, a wartość dowodowa śladu lakieru mniejsza niż obecnie.

Literatura dotycząca badań lakierów dostarcza natomiast informacji o obecności przypadkowych okruszków lakieru na miejscu zdarzenia. Zgodność cech wszystkich badanych fragmentów obniża prawdopodobieństwo, że są to okruszki przypadkowe, niezwiązane ze zdarzeniem. Jeżeli zabezpieczone okruszki różnią się, należy uwzględnić możliwość obecności okruszków przypadkowych, a więc niezwiązanych ze zdarzeniem. Procedura oględzin miejsca zdarzenia nakazuje zabezpieczenie każdego ujawnionego okruszka o wyglądzie lakieru. Możliwość przypadkowej obecności okruszków lakieru na określonym typie podłoża można szacować jedynie w wyniku badań empirycznych uwzględniających takie zmienne, jak rodzaj podłoża, natężenie ruchu itp. Jak dotąd nie przeprowadzono tego typu eksperymentów zbyt wiele. Znane są np. badania dotyczące obecności m.in. drobin lakieru na zewnętrznej odzieży osób w Kanadzie, Australii i Wielkiej Brytanii. Pearson i współpracownicy [18] już na początku lat siedemdziesiątych 20. wieku zajmowali się zagadnieniem obecności okruszków lakieru na odzieży osób niezwiązanych z żadnym przestępstwem. Analizowano drobiny odzyskane z odzieży wierzchniej osób mieszkających w promieniu ok. 32 km od pralni i oddających ją do czyszczenia przez okres ok. 3 miesięcy. Odzyskane drobiny segregowano przy użyciu metod mikroskopowych i analizowano ich skład chemiczny

metodą pirolitycznej chromatografii gazowej (Py-GC) oraz stosując testy rozpuszczalnikowe. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że na noszonej odzieży występują przypadkowe drobiny lakieru. Jednowarstwowe drobiny dopiero po zbadaniu składu chemicznego (np. metodą Py-GC) można zaklasyfikować jako drobiny lakieru. Jeżeli ujawnione trój- i więcej warstwowe okruszki pochodziły z różnych źródeł, to jest od różnych osób, a odzież była oddana do pralni w różnym czasie, to nie stwierdzano przypadkowej zbieżności ich cech. Dla okruszków dwuwarstwowych stwierdzono przypadkową zbieżność cech w 0,7%, dla jednowarstwowych procent ten był znacznie wyższy i zależny od barwy.

Podczas badań małych fragmentów lakieru, gdy trudno prawidłowo ocenić ich barwę, szczególnie przydatne są testy rozpuszczalnikowe. Lau i współpracownicy [17] również zajmowali się zagadnieniem częstości pojawiania się przypadkowych okruszków lakieru na odzieży zewnętrznej. Badaną grupę osób stanowili tym razem studenci. Materiał badawczy odzyskiwano z powierzchni i kieszeni marynarek, żakietów, spodni, spódnic i butów należących do 213 studentów. Selekcję drobin przeprowadzono metodami optycznymi. Drobiny uznane za lakier analizowano metodą spektrometrii w podczerwieni, stosując komórkę diamentową. W porównaniu z wynikami uzyskanymi wcześniej, okruszki lakieru ujawniono na znacznie mniejszej liczbie ubrań. Autorzy stwierdzają, że wraz ze wzrostem liczby ujawnionych okruszków o wzajemnie zgodnych cechach fizykochemicznych, rośnie prawdopodobieństwo, że jest to materiał dowodowy, a nie przypadkowo przeniesione cząstki. Obecność przypadkowych drobin lakieru na odzieży powinna być uwzględniana, zwłaszcza gdy w wypadku komunikacyjnym uczestniczy pieszy.

Przypadkowe okruszki mogą być ujawniane nie tylko na odzieży. Możliwość obecności na miejscu zdarzenia drobin lakieru nie pochodzących z pojazdów uczestniczących w kolizji drogowej rozważał Tippett [33]. Czynniki, które w takiej sytuacji należy brać pod uwagę, są natężenie ruchu w miejscu i czasie kolizji oraz częstotliwość występowania na danym terenie pojazdów określonej marki, modelu i barwy. W wyniku przeprowadzonych obserwacji autor doszedł do wniosku, że im w miejscu kolizji jest większe natężenie ruchu, a barwa i model pojazdu bardziej rozpowszechnione, tym większe prawdopodobieństwo, że przeniesiony lakier może być przypadkowy.

Zagadnienia kolizji dwóch pojazdów, różnych scenariuszy przeniesienia drobin, słownych wariantów siły poparcia dla wniosku opartego na badaniach fizykochemicznych oraz liczbowych wartości ilorazu wiarygodności będącego miarą siły danego dowodu dla wysuwanego wniosku zostały przedstawione przez Mc Dermotta i in. [14, 15]. I tak np. zgodne wyniki badań wzajemnie przeniesionych wielowarstwowych niefabrycz-

nych fragmentów powłok lakierowych są podstawą do wydania opinii kategorycznej o wspólnym pochodzeniu fragmentu ujawnionego na jednym z pojazdów z karoserii drugiego pojazdu i odwrotnie, a w konsekwencji o wzajemnym kontakcie obu pojazdów, aż dla 35% badanych osób. Natomiast dla 51% badanych scenariusz ten jest podstawą jedynie do wydania opinii, że ów dowód stanowi silne wsparcie dla postawionej hipotezy. Natomiast zgodne wyniki badań w sytuacji jednokierunkowego przeniesienia tylko 1 warstwy stanowią podstawę do wydania opinii, że dowód ten słabo wspiera hipotezę o wzajemnym kontakcie aż dla 77% badanych, a dla 19% dowód ten wspiera hipotezę. Aby słowne konkluzje przedstawić w postaci liczbowej, ok. 1000 stojących na parkingach pojazdów przebadano pod kątem barwy (10 barw, 3 odcienie) i typu powłoki (tradycyjna, metalik). Stwierdzono, że najczęściej występuje barwa czerwona (medium red). Najwięcej jest samochodów w przedziale poniżej 1 roku do 3 lat. Z danych rejestracyjnych wynika natomiast, że najczęściej jest samochodów poniżej 1 roku oraz 6 i 7-letnich. Najczęstsza marka to Toyota i Ford; według danych z rejestracji – odwrotnie. 17% pojazdów ma uszkodzoną powłokę, co ułatwia przenoszenie się śladów lakierowych, a 9% ma na powłóce inny lakier niż fabryczny. Dane te posłużyły do liczbowego przedstawienia wartości dowodowej. I tak np. w sytuacji wzajemnego przeniesienia wielowarstwowego fragmentu wartość ilorazu wiarygodności będącego miarą wartości dowodowej i odpowiadająca bardzo silnemu wsparciu, wynosi ponad 150 000.

#### 4. Podsumowanie

Podsumowując, należy jeszcze raz podkreślić, że dowód z opinii biegłego ma istotne znaczenie dla wymiaru sprawiedliwości w dochodzeniu do prawdy o zdarzeniu. Aby sąd mógł rzetelnie osądzić sprawę, musi rozważyć zarówno hipotezę prokuratora (np. że samochód podejrzanego brał udział w kolizji), jak i obrońcy (np. że samochód podejrzanego nie brał udziału w kolizji). Do prawidłowej oceny tych hipotez – stosunek prawdopodobieństw z uwzględnieniem dowodu z badania śladów lakierowych (szanse *a posteriori*) – konieczne jest oszacowanie stosunku prawdopodobieństw *a priori*, czyli bez uwzględnienia dowodu (szansa *a priori*) oraz ocena dowodu, którą w swojej opinii zamieszcza biegły. Jej postać matematyczna to iloraz wiarygodności, który można obliczyć, posługując się odpowiednim modelem statystycznym. Najczęściej jednak ocena ta wyrażana jest słownie.