



DEVELOPING OF LATENT FINGERPRINTS ON BANKNOTES ISSUED BY THE NATIONAL BANK OF POLAND

Irena BIAŁEK¹, Anna ZAJĄC², Jerzy BRZOZOWSKI¹

¹ *Institute of Forensic Research, Krakow*

² *Faculty of Chemistry, Jagiellonian University, Krakow*

Abstract

The aim of the presented research was to evaluate the efficiency of selected methods of latent fingerprint development on 20 PLN and 50 PLN banknotes issued by the National Bank of Poland. In particular, the influence of the degree of wear of the banknotes, the age of the fingerprints and their location on a banknote on their visualisation was analysed. The following latent fingerprint development methods were analysed: ninhydrin, DFO (1, 8-diaza-9-fluorenone), PD (Physical Developer), complexes of europium and lanthanum and cyanoacrylate (CA) in combination with fluorescence dyes (Ardrox, Eu/OP/TTA). Visualisation of sweat fingerprints turned out to be less efficient than visualisation of fingerprints with grease components. The influence of fingerprint age on efficiency of latent fingerprint development was only noticed when the DFO method was applied. Ninhydrin showed higher efficiency when it was applied on used banknotes, whereas DFO and a combined application of cyanoacrylate and Ardrox gave better results in the case of banknotes which were relatively new. Analysis of protective features present on Polish banknotes allowed us to conclude that the site of fingerprint deposition influences the possibility of its development and also influences its visibility.

Key words

Latent fingerprints; Banknotes; Ninhydrin; DFO; PD (Physical Developer); Cyanoacrylate/Ardrox; Lanthanide.

Received 30 November 2006; accepted 18 December 2006

1. Introduction

Banknotes are very often analysed in the everyday practice of forensic laboratories (by fingerprint examiners), as they constitute material evidence in trials. The aim of forensic examination of banknotes is to develop latent fingerprints regardless of their role in a crime, i.e. whether they were loot, were used with the aim of achieving a particular goal or were collected (secured) by chance due to being present at the scene of a crime. Efforts to develop the most appropriate method of latent fingerprints visualisation on banknotes have been described in some papers [3, 6, 7, 18] and they concerned the Euro, German mark, American

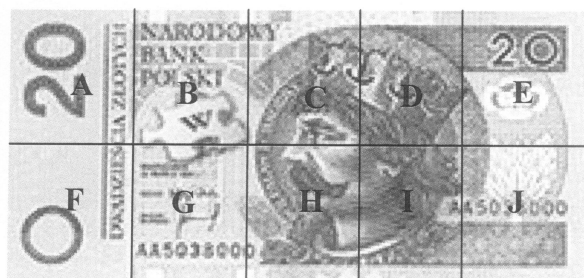
and Australian dollars. Differences observed in obtained results showed unambiguously that they could not be directly applied to analysis of Polish banknotes. Therefore, the decision was made that similar research should be performed on Polish banknotes issued by the National Bank of Poland

Banknotes undoubtedly have a very “difficult” surface in terms of its properties as a carrier of dactyloscopic traces. This is both because of specific features that banknotes have in order to ensure appropriate functioning when in circulation, and due to the presence of many protective features against forgery.

Banknotes, which are the fundamental method of payment used in daily cash transactions, are subject to

the action of many negative factors (frequently passed from hand to hand) and therefore have to fulfil suitable durability criteria, e.g. resistance to bending (ca. 1500–2000 bends) or fluid penetration [4]. To this end, the highest quality cotton paper with a suitable paper weight (80g/m²) and paint absorptiveness coefficient is used. Moreover, the surface of a banknote is covered by polyvinyl alcohol. These processes fundamentally decrease the porousness of the surface, which in turn has an influence on visualisation of friction ridges marks.

Anti-forgery protective features are located on the paper (watermark, protective thread), in the figure (guilloche, microprint, anti-photocopy background) and in the print (composition and a number of used paints, intaglio, offset, typography), and special paints (optical variable inks) are used with the aim of achieving visual effects. The presence of some of the mentioned protective features (concave print, the figure on a banknote is intensively covered by substances which stick strongly to paper) creates a so-called “surface effect”. This results in, amongst other things, a fragmentary recording of a fingerprint on the surface or weak “survival” of a mark on a banknote surface [7]. The intensity of the “surface effect” varies according to the banknote topography, which is dependent on the location of protective features. Moreover, this effect can be intensified or totally nullified depending on the developing method used. This happens because some of the applied protective features have a visual character and others have a latent character, i.e. they can be observed only under suitable wavelengths (especially = 365 nm, long ultraviolet). Therefore, it could be expected that protective elements on banknotes, which glow in ultraviolet light or in infrared light, should not have an influence on the visibility of fingerprints developed by non-fluorescence methods and *vice versa*. This is why application of several complementary developing methods, which differ in their way of detecting fingerprints, enables the most comprehensive information about a mark to be obtained.



The aim of the presented research was to analyse the efficiency of selected latent fingerprint (sweat and grease-sweat) developing methods on 20 PLN and 50 PLN banknotes, taking the following factors into consideration:

- aging of marks;
- localisation of fingerprint on banknote;
- degree of banknote wear.

2. Materials and methods

336 banknotes, representing two of the most commonly used Polish banknotes – 20 PLN and 50 PLN – were the subject of the research. They had different degrees of wear, i.e. new and used banknotes. They were borrowed from the Krakow Branch of the National Bank of Poland.

2.1. Preparation of materials for research

The obverse and reverse side of each of the 336 banknotes were divided into 10 identical areas which were labelled with letters (from A to U) in the way presented in Figure 1.

Three persons (so-called donors) were involved in the process of fingerprint creation on banknotes. Each donor received 112 banknotes, i.e.:

- 28 new 20 PLN banknotes;
- 28 used 20 PLN banknotes;
- 28 new 50 PLN banknotes;
- 28 used 50 PLN banknotes.

Donors deposited sweat fingerprints on half of all types of banknotes (e.g. on 14 out of 28 new 20 PLN banknotes) and deposited grease-sweat type fingerprints on the remaining half of the banknotes. Sweat fingerprints were obtained in a natural way, i.e. due to the fact of the natural process of hand sweating in latex gloves. The grease-sweat fingerprints were obtained by lubricating sweaty hands, i.e. by application of hand moisture-grease cream. A fingerprint was created

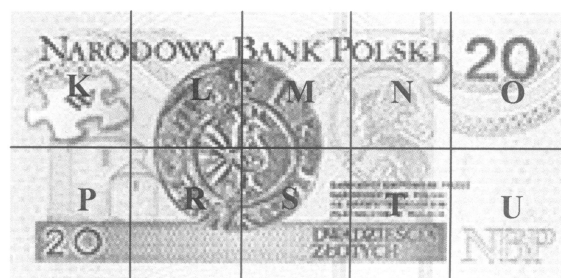


Fig. 1. Method of banknote preparation for the study, using a 20 PLN banknote as an example – the banknote is divided into 10 areas and these areas are labelled with letters.

by applying the fingertip to each of the fields marked on the banknote surfaces. 6720 fingerprints were left in total: 3360 of the sweat type and 3360 of the grease-sweat type.

Each set of 112 banknotes with fingerprints was divided into three parts for the purposes of the planned research into the effect of aging of the fingerprint process on the effectiveness of their development. These parts were successively subjected to various development methods at 3-week intervals. A scheme of the performed research is presented in Figure 2.

2.2. Methods of fingerprint visualisation

The following fingerprint development methods were used in the research:

- Ninhydrin;
- DFO (1,8-diazo-9-fluorenone);
- PD (Physical Developer);
- europium organic complex (Eu/EDTA/OP/TTA);
- lanthanum organic complex (La/EDTA/OP/TTA);
- europium organic complex followed by cyanoacrylate application (CA + Eu/OP/TTA);
- cyanoacrylate (CA) + Ardrex.

The selection of mentioned methods was made on the basis of a literature review. Authors selected well known and routinely applied methods (ninhydrin, DFO, PD, CA) as well as ones recently used in fingerprint development practice (lanthanide organic complexes: Eu/EDTA/OP/TTA, La/EDTA/OP/TTA). During the selection process it was also taken into account that methods having a similar working mechanism should have different methods of fingerprints visualisation, e.g. ninhydrin and PD (observation in white light) *versus* DFO and lanthanide chelates (observation at alternate light). Methods suitable for visualisation of fingerprints on both absorptive and non-absorptive surfaces were used because of a lack of information about the absorptive properties of the paper which is used in the Polish banknote manufacturing process.

2.3. Reagents

1. Ninhydrin – was used in the form of a preparation produced by Vogel & Hoeller GmbH Banknotes were analysed in white light.
2. DFO – a preparation made by Sirchie Finger Print Labs. Inc was used. Banknotes were analysed in the range of visual light at 515 nm and 535 nm. Orange or red goggles were used.
3. PD (Physical Developer) – a non-detergent procedure described by Luo Yapping and Wang Yue [18] was used. A new formula of PD encompasses

preparation of a working solution by mixing two solutions (a solution of diaminosilver (I) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ complex ion and a solution of $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$). Observations were carried out in white light.

4. Eu/EDTA/OP/TTA – A procedure described by Clay E. Allred, Tao Lin and E. Roland Menzel [1] was applied. This procedure involves preparation of three solutions: two solutions of ligands, so-called antennae (OP, TTA), and a solution of europium in the form of a $[\text{Eu}(\text{EDTA})]^{3+}$ complex. Banknotes were observed under UV light after the end of the fingerprint developing process. Transparent goggles for the UV range were used for observation.
5. La/EDTA/OP/TTA – the procedure used for preparing the organic complex of europium was also used for preparing organic complexes of lanthanum. This was done with the aim of comparison of luminescence features of organic complexes of these two rare earth elements – europium and lanthanum.
6. Cyanoacrylate + Eu/OP/TTA – a cyanoacrylate glue (Cyjanostik, Stanimex s.c.) was used. Three solutions were prepared with the aim of obtaining an organic complex of europium: two solutions of ligands (OP, TTA) and one solution of europium nitrate ($\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Banknotes were observed in UV light after the end of the fingerprint developing process. Transparent goggles for the UV range were used for observation.
7. Cyanoacrylate + Ardrex – reagents manufactured by Stanimex s.c. and Lightning Powder Co were used. Observation of fingerprints was carried out in the UV range. Transparent goggles for the UV range were used.

3. Results

The results of the fingerprints developing process were evaluated by assigning to each fingerprint a number which described its visibility. The following 5-degree scale was used: 0 – the fingerprint was totally illegible, 1 – a stain or singular fridge ridges and lack of minutiae, 2 – from 1 to 7 visible minutiae, 3 – from 8 to 12 visible minutiae, 4 – more than 12 minutiae.

Analysis of the obtained results showed that the nature of the fingerprints (sweat or grease-sweat), their age as well as degree of usage and fingerprint localisation on a banknote had an influence on the efficiency of the applied methods of fingerprints visualisation.

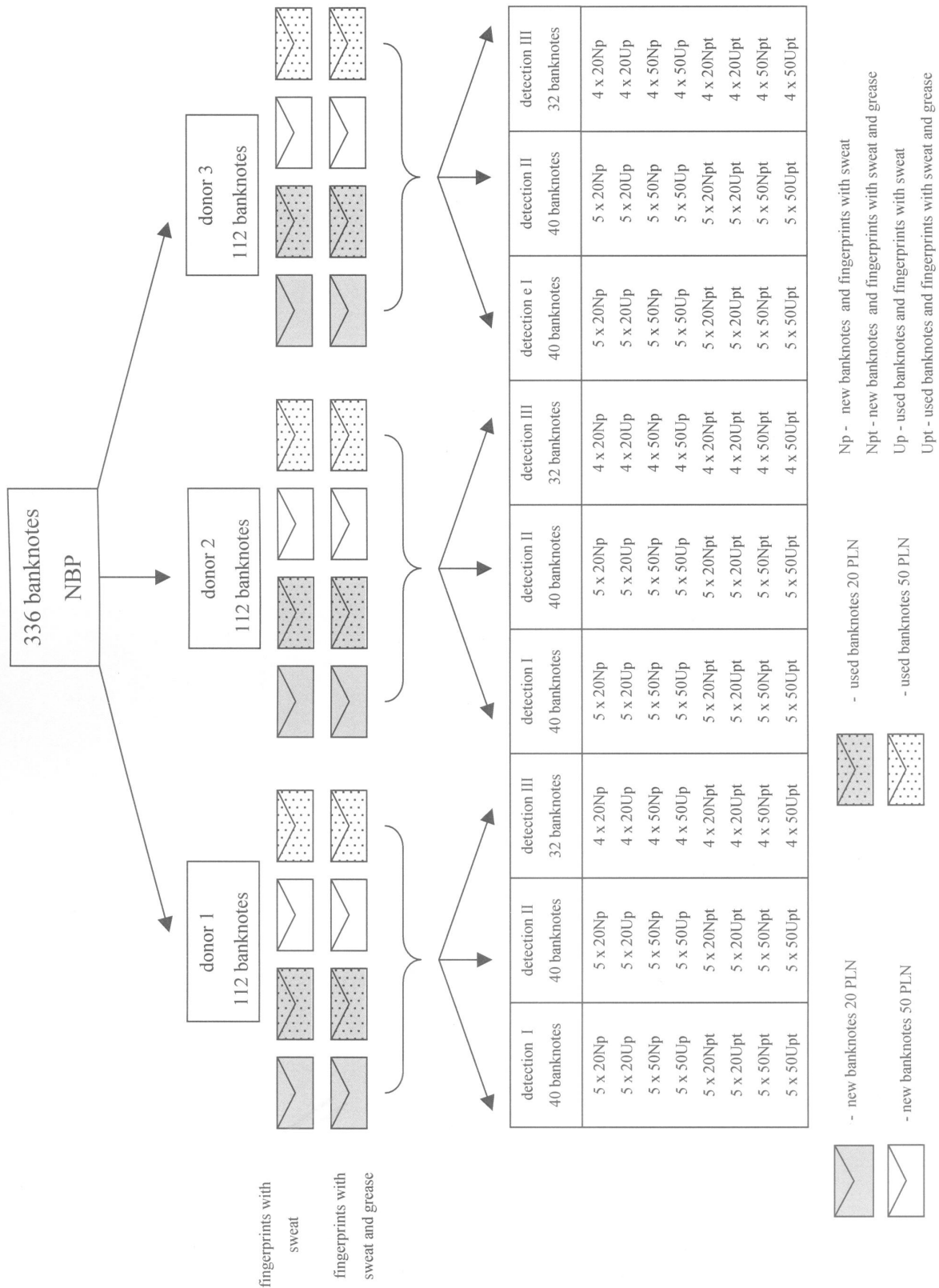


Fig. 2. Preparation of material for research.

TABLE I. NUMBER OF FINGERPRINTS WHICH HAVE THE BEST VISIBILITY, DEVELOPED DURING APPLICATION OF ALL FINGERPRINT DEVELOPING METHODS.

Detection methods	Visibility of fingerprints "3"		Visibility of fingerprints "4"	
	Sweat fingerprints	Grease-sweat fingerprints	Sweat fingerprints	Grease-sweat fingerprints
Ninhydrin	0	7	0	4
DFO	2	3	0	2
Ca/Ardrox	0	14	0	3
PD	0	1	0	0
Eu/EDTA/OP/TTA	0	0	0	0
La/EDTA/OP/TTA	0	0	0	0
Ca/Eu/OP/TTA	0	0	0	0

Good quality traces, i.e. those whose visibility was evaluated as "3" or "4" were taken into account when the method efficiency was analysed.

3.1. Ninhydrin

The ninhydrin method showed a definitely higher efficiency in the case of reactions with grease-sweat fingerprints (this method did not allow us to develop any sweat fingerprint with legibility above "2"). The method could be ranked second in terms of legibility of grease-sweat fingerprints. The sequence CA/Ardrox gave the best results, with third place being taken by DFO and PD methods. The effect of aging of fingerprints, when ninhydrin was used, was not noted. The best results were obtained on used banknotes; however, some very good quality fingerprints were also developed on new banknotes.

3.2. DFO

The DFO method showed higher efficiency than the ninhydrin method in the development of grease-sweat fingerprints. All grease-sweat fingerprints which were awarded the score "3" were developed by this method. Unfortunately, most of the developed fingerprints had very low quality (visibility described as "1" and "2"). The influence of fingerprint aging on the possibility of their development by the DFO method was noted, i.e. most fingerprints were detected at the first stage of visualisation (Figures 3 and 4). The method turned out to be most effective in the case of unused banknotes.

3.3. PD

The application of PD did not allow development of any sweat fingerprints with legibility above "1", and, in the case of grease-sweat fingerprints, ones were sporadically developed with particular individual features (legibility "2"). Only one developed fingerprint was evaluated as "3". Because of the very weak developing results, it was not possible to determine the influence of elapsed time on the efficiency of this reagent with respect to either sweat or grease-sweat fingerprints.

3.4. Cyanoacrylate/Ardrox

The CA/Ardrox combination did not allow development of any sweat fingerprints; nevertheless, this method turned out to be the best among the analysed developing methods for grease-sweat fingerprints. The largest number of fingerprints was developed by application of this method, and developed marks were also the most readable ("3" and "4"). A small influence of the fingerprints aging process on the effectiveness of development of grease-sweat type fingerprints was observed, i.e. at consecutive visualisation stages, a decrease in the number of totally developed fingerprints was noticed. Moreover, a slightly lower legibility of older marks was also observed. The surface preferred by the CA/Ardrox method was the surface of new banknotes; however, a good effect was also observed on used surfaces.

3.5. CA/Eu/OP/TTA, Eu/EDTA/OP/TTA, La/EDTA/OP/TTA

Methods based on organic complexes of lanthanide which were used independently as developing methods (Eu/EDTA/OP/TTA and La/EDTA/OP/TTA), as well as in combination with cyanoacrylate (CA/Eu/OP/TTA) turned out to be highly ineffective for both sweat and grease-sweat marks, i.e. no fingerprint was developed.

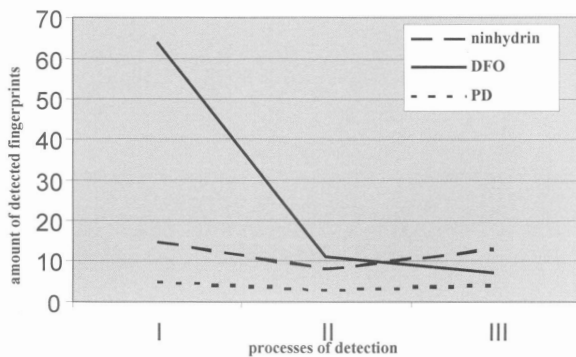


Fig. 3. The effect of elapsed time on effectiveness of developing methods, using the example of sweat fingerprints.

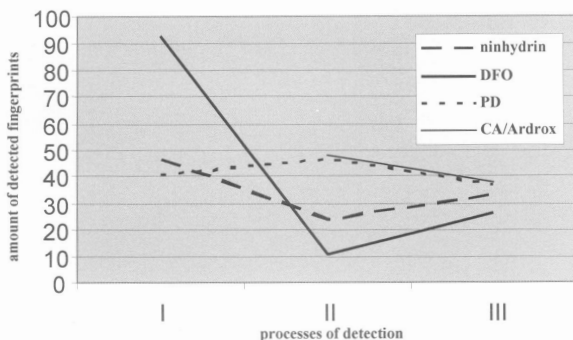


Fig. 4. The effect of elapsed time on effectiveness of developing methods, using the example of grease-sweat fingerprints.

3.6. Surface effect

The total number of fingerprints developed in particular banknote areas by all tested methods was analysed with the aim of establishing the influence of fingerprint localisation on the banknote on the efficiency of the developing process. The highest number of developed fingerprints was observed in areas which had the least amount of print (A, F, U) or those which were coloured to the lowest degree, e.g. E, J, K. The highest number of fingerprints having the best quality ("4" and "3") was found within areas A, F, J, K and U. The worst results (taking into account the number of developed fingerprints as well as the quality of devel-

oped marks) were obtained in areas C, D, H and I, which were almost totally covered by paint deposited by the Intaglio technique.

4. Discussion

The obtained results showed that results of research on foreign currency banknotes could not be directly applied to Polish banknotes. The effectiveness of compounds of lanthanide and PD on Polish banknotes was not confirmed, whereas results obtained by DFO application were not totally predictable. DFO, despite of being a substance designed for porous surfaces exhibited much better efficiency for new banknotes than for used banknotes – in the latter case background fluorescence overlapped with reagent fluorescence.

A surprising fact found in the results of performed experiments is that methods utilising a reaction with proteins failed in the case of developing of sweat marks. However, according to the theory they should have a higher concentration of amino acids and peptides than in traces obtained when skin was covered by a mixture of fats. A possible explanation of this phenomenon is that forcing sweat glands of donors to intensively produce sweat (thousands of fingerprints were made during a short period of time) caused exhaustion of proteins reserves in the sweat, or another explanation is that donors were weak sweat producers. Application of cream for making grease-sweat fingerprints most probably caused sticking of epidermis particles on the trace, which enabled occurrence of developing reactions.

The mentioned explanations have aroused some fears as to the validity of the performed research. Probably natural conditions of deposition of fingerprints on banknotes were not adequately simulated and this resulted in obtained results being lower than the achievable potential. On the other hand, the practice of fingerprint analysis has shown that developing of any fingerprints on both Polish and foreign currency banknotes is very difficult, rare and only a small part of developed traces have sufficient visibility, i.e. a sufficient number of individual features necessary for identification.

Therefore, we can speculate that in order for fingerprints left on banknotes (developed for forensic purposes) to have good visibility, they must be left by either profusely sweating hands or hands that have not been washed for a long time, i.e. covered by grease-sweat substances containing large amounts of epidermis and dirt.

5. Results

1. The obtained results do not indicate that it is necessary to use different methods for developing latent fingerprints on 20 and 50 PLN banknotes.
2. The quality composition of fingerprints is the most important factor which has an influence on the efficiency of fingerprint development methods. Development of sweat fingerprints seemed to be less effective than development of fingerprints with a grease component.
3. It was found that application of ninhydrin allowed us to develop grease-sweat fingerprints much more easily than sweat fingerprints. This method gave better results on new banknotes. An influence of the banknote aging process on the quality of the fingerprint developing process was not observed.
4. A higher efficiency of developing of sweat fingerprints was noticed in the case of the DFO method. This method preferred new banknotes and it was observed that the banknote aging process had an unfavourable influence.
5. A very low efficiency was observed for the PD method regardless of fingerprint qualitative content and surface type.
6. Application of organic complexes of lanthanide, either as individual developing methods (Eu/EDTA/OP/TTA and La/EDTA/OP/TTA), or in combination with cyanoacrylate (CA/Eu/OP/TTA) turned out to be very ineffective for both sweat and grease-sweat fingerprints.
7. Cyanoacrylate in combination with Ardrex demonstrated high efficiency in the case of grease-sweat fingerprints on new banknotes.
8. There is a relationship between the efficiency of the method and the degree of advancement of the banknote aging process: ninhydrin showed better efficiency on used banknotes, whereas DFO and a mixture of cyanoacrylate and Ardrex gave better results on new banknotes. Other methods showed lower efficiency.
9. The site where a fingerprint is located on a banknote has a strong influence on the possibility of its development and visibility. Most fingerprints were found in areas which had the least print or were the least covered by paint. The worst results in terms of number and quality of developed fingerprints were observed in areas almost totally covered by paint by the Intaglio technique.

References

1. Allred Clay E., Murdock Russel H., Menzel E. R., New lipid-specific, rare earth-based chemical fingerprint detection method, *Journal of Forensic Identification* 1997, 47, 542–556.
2. Allred Clay E., Lin T., Menzel E. R., Lipid-specific latent fingerprint detection: fingerprints on currency, *Journal of Forensic Sciences* 1997, 42, 997–1003.
3. Azoury M., Cohen D., Himberg K. [et al.], Fingerprint detection on counterfeit US\$ banknotes: The importance of preliminary paper examination, *Journal of Forensic Sciences* 2004, 49, 1015–1017.
4. Buduj E., Jak rozpoznawać fałszywe banknoty?, Polska Oficyna Wydawnicza BGW, Warszawa 1994.
5. Cantu A. A., Letter to the editor, Re: A new silver physical developer, *Journal of Forensic Identification* 2005, 55, 289–290.
6. Flynn J., Stoilovic M., Lennard C., Detection and enhancement of latent fingerprints on polymer banknotes: A preliminary study, *Journal of Forensic Identification* 1999, 49, 594–613.
7. Frerichs I., Schwarz L., Lang R. [et al.], Location and development of latent fingerprints on Euro banknotes. Preliminary report, *Problems of Forensic Sciences* 2002, 51, 140–149.
8. Li C., Li B., Yu S. [et al.], Study on the direct developing of a latent fingerprint using a new fluorescent developer, *Journal of Forensic Identification* 2004, 54, 653–659.
9. Lis S., Charakterystyka luminescencyjna wybranych jonów i kompleksów lantanowców w fazie ciekłej, *Wiadomości Chemiczne* 1993, 47, 155–176.
10. Lloyd D., The development of friction ridge detail on a class of counterfeit currency, *Fingerprint Whorld* 2003, 29, 9–12.
11. Marciniak B., Mechanizmy badania reakcji fotochemicznych, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 1999.
12. Moszczyński J., Daktyloskopia, Wydawnictwo Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego Komendy Głównej Policji, Warszawa 1997.
13. Moszczyński J., DFO – nowa metoda ujawniania śladów linii papilarnych na podłożach papierowych, *Problemy Kryminalistyki* 1995, 210, 27–28.
14. Pokutycki L., Rzepiela K., Wykorzystanie kryminalistycznego oświetlacza halogenowego Multikolor-5 do ujawniania śladów linii papilarnych metodą DFO, *Problemy Kryminalistyki* 1998, 219, 27–31.
15. Ramotowski R., Importance of an acid prewash prior to the use of physical developer, *Journal of Forensic Identification* 1996, 46, 673–677.
16. Rosak M., Witosławski K., Drabarek B. [i in.], Ocena 1,2-Indanedione do ujawniania ukrytych śladów linii papilarnych na powierzchniach porowatych, *Problemy Kryminalistyki* 2002, 236, 34–42.
17. Wallace-Kunkel C., Roux C., Lennard C. [et al.], Detection and enhancement of latent fingermarks on porous

- surfaces – a survey, *Journal of Forensic Identification* 2004, 54, 687–705.
18. Yapping L., Yue W., A new silver physical developer, *Journal of Forensic Identification* 2004, 54, 422–427.
19. Wilkinson D., Study of the reaction mechanism of 1,8-diazafluoren-9-one with the amino acid, l-alanine, *Forensic Science International* 2000, 109, 87–103.

Corresponding author

Irena Białek
Instytut Ekspertyz Sądowych
ul. Westerplatte 9
PL 31-033 Kraków
e-mail: ibialek@ies.krakow.pl

PROBLEMATYKA UJAWNIANIA ŚLADÓW LINII PAPILARNYCH NA BANKNOTACH NARODOWEGO BANKU POLSKIEGO

1. Wprowadzenie

Jak wynika z codziennej praktyki laboratoriów kryminalistycznych, banknoty bardzo często trafiają do pracowni daktyloskopii jako dowód rzeczowy w postępowaniu sądowym. Bez względu na to, jaką rolę odegrały w przestępstwie – czy były łupem, środkiem do celu, czy też zostały przypadkowo zabezpieczone przez techników na miejscu zdarzenia, z reguły zachodzi potrzeba ujawnienia na ich powierzchni śladów linii papilarnych. Literatura przedmiotu donosi o próbach wyznaczenia najodpowiedniejszych metod wizualizacji śladów daktyloskopijnych na banknotach obcych walut, np. euro, dolarach amerykańskich i australijskich [3, 6, 7, 18]. Różnice w uzyskanych rezultatach wskazują jednoznacznie, że nie można w prosty sposób odnosić wyników tych badań do rodzimych banknotów. Stąd wynikła konieczność przeprowadzenia badań własnych na banknotach Narodowego Banku Polskiego (NBP).

Banknoty, jako nośnik śladów daktyloskopijnych, to bez wątpienia podłoże „trudne” zarówno z uwagi na pewne specyficzne cechy nadane banknotowi w celu zapewnienia mu właściwego funkcjonowania w obiegu, jak również ze względu na występowanie w nim szeregu zabezpieczeń chroniących ów znak pieniężny przed fałszerstwem.

Banknot, jako podstawowy środek płatniczy używany w codziennych rozliczeniach gotówkowych, jest narażony na działanie wielu niekorzystnych czynników (wielokrotnie przechodzenie z rąk do rąk) i wobec tego musi spełniać odpowiednie kryteria wytrzymałościowe, takie jak np. odporność na zginanie (ok. 1500–2000 zgięć) czy przenikanie cieczy [4]. W tym celu stosuje się najwyższej jakości papier (bawełniany) o odpowiedniej gramaturze (80 g/m^2) i współczynnika chłonności farby, a powierzchnię gotowego banknotu uszlachetnia się alkoholem poliwinylowym. Zabiegi te zasadniczo wpływają na obniżenie porowatości podłoża, co nie jest bez znaczenia w procesie wizualizacji śladów linii papilarnych.

Zabezpieczenia przed fałszerstwem umieszczane są w papierze (znak wodny, nitka zabezpieczająca), w rysunku (gilosz, mikrodruk, tła antykseneryczne) oraz w druku (skład i liczba użytych farb, staloryt, offset, typografia), a w celu uzyskania efektów optycznych stosowane są specjalne farby zmienne optycznie. Obecność niektórych z wymienionych zabezpieczeń (wklęsłodruk, znaczna intensywność wysycenia rysunku środkami kryjącymi szczególnie przylegającymi do papieru) tworzy tzw. „efekt podłoża” przejawiający się między innymi fragmentarycznym odzwierciedleniem śladu linii papilarnych na

podłożu czy słabym utrzymywaniem się śladu na powierzchni banknotu [7]. Natężenie „efektu podłoża” jest różne i zmienia się wraz z topografią banknotu, czyli odpowiednio do rozmieszczenia na nim poszczególnych zabezpieczeń. Co więcej, ów efekt potęguje się lub całkowicie zanika w zależności od zastosowanej metody wizualizacji śladów. Dzieje się tak dlatego, że część stosowanych zabezpieczeń ma charakter jawny, natomiast pozostałe są utajone, czyli innymi słowy, możliwe do zaobserwowania dopiero po naświetleniu banknotu promieniowaniem o odpowiedniej długości fali (szczególnie $\lambda = 365 \text{ nm}$, ultrafiolet długi). Wobec tego można się spodziewać, że elementy protekcyjne, świecące w promieniach ultrafioletowych czy też aktywne w promieniach podczerwonych, najpewniej nie będą wpływały na czytelność linii papilarnych ujawnionych niefluorescencyjnymi metodami i odwrotnie. Dlatego stosowanie kilku komplementarnych metod ujawniających, różniących się np. sposobem detekcji śladów linii papilarnych, daje możliwość uzyskania najpełniejszej informacji o śladzie.

Celem podjętych badań było sprawdzenie skuteczności wybranych metod ujawniania śladów daktyloskopijnych (potowych, potowo-łuszczykowych) na dwóch nominałach (20 PLN i 50 PLN) banknotów z uwzględnieniem wpływu starzenia się śladów, lokalizacji śladu na banknocie oraz stopnia zużycia banknotu.

2. Materiały i metody

Przedmiot badań stanowiły dwa najczęściej występujące w obiegu nominały banknotów polskich: 20 PLN i 50 PLN w liczbie 336 sztuk o zróżnicowanym stopniu zużycia: nowe i używane. Banknoty zostały wypożyczone z Okręgowego Oddziału Narodowego Banku Polskiego w Krakowie.

2.1. Przygotowanie materiału do badań

Awers i rewers każdego z 336 banknotów podzielono na dziesięć jednakowych pól i oznaczono symbolami literowymi pól od A do U w sposób pokazany na rycinie 1. Do nanoszenia odcisków palców na banknoty zaangażowano trzy osoby, zwane dalej donorami śladów. Każdy donor otrzymał po 112 banknotów, w tym:

- 28 nieużywanych banknotów dwudziestozłotowych;
- 28 używanych banknotów dwudziestozłotowych;
- 28 nieużywanych banknotów pięćdziesięciuzłotowych;
- 28 używanych banknotów pięćdziesięciuzłotowych.

Na połowie banknotów danego typu (np. na 14 z 28 nieużywanych banknotów dwudziestozłotowych) donory składali potowe odciski palców, a na pozostałych egzemplarzach pozostawiali oni ślady potowo-tłuszczowe. Substancję śladotwórczą potową uzyskiwano, wykorzystując fakt naturalnego pocenia się dłoni w lateksowych rękawiczkach, natomiast potowo-tłuszczową poprzez nasmarowanie spoconych dłoni kremem do pielęgnacji rąk o nawilżająco-natłuszczających właściwościach. Rysunek linii papilarnych odwzorowywano, przykładając opuszki palców kolejno do pól zaznaczonych na powierzchni banknotu. W sumie pozostawiono 6720 śladów daktyloskopijnych: 3360 potowych i 3360 potowo-tłuszczowych.

Z uwagi na zaplanowane badania wpływu starzenia się śladów na efekt ich ujawnienia, każde 112 banknotów z pozostawionymi śladami linii papilarnych podzielono na trzy części, z których kolejną poddawano działaniu metod ujawniających w odstępach trzytygodniowych. Schemat przygotowania materiału do badań przedstawiono na rycinie 2.

2.2. Metody wizualizacji śladów linii papilarnych

W badaniach wykorzystano następujące metody daktyloskopijne:

- ninhydrynę;
- DFO (1,8-diazafluoren-9-on);
- PD (Physical Developer);
- organiczne kompleksy europu (Eu/EDTA/OP/TTA);
- organiczne kompleksy lantanu (La/EDTA/OP/TTA);
- organiczne kompleksy europu w sekwencji z cyjanoakrylanem (CA + Eu/OP/TTA);
- cyjanoakrylan (CA) + ardrex.

Dobór metod dokonany został w oparciu o doniesienia zawarte w literaturze przedmiotu. Wykorzystano zarówno metody dobrze znane i stosowane rutynowo (ninhydryna, DFO, PD, CA), jak i stosunkowo niedawno wprowadzone do praktyki daktyloskopijnej organiczne kompleksy lantanowców (Eu/EDTA/OP/TTA, La/EDTA/OP/TTA). W trakcie selekcji zwrócono także uwagę, aby metody o podobnym mechanizmie działania były różnorodne pod względem sposobu obserwacji ujawnionych śladów, np. ninhydryna i PD (obserwacja w świetle białym) versus DFO i chelaty lantanowców (obserwacja w świetle zmiennym). Z uwagi na brak danych dotyczących stopnia chłonności papieru, z którego polskie banknoty są wykonywane, zastosowano metody odpowiednie do wizualizacji śladów zarówno na powierzchniach chłonnych, jak i niechłonnych.

2.3. Odczynniki

1. Ninhydryna – zastosowano gotowy preparat firmy Vogel & Hoeller GmbH. Banknoty poddawano oględzinom w świetle białym.
2. DFO – zastosowano gotowy preparat firmy Sirchie Finger Print Labs. Inc. Banknoty poddawano oględzinom w zakresie światła widzialnego przy długościach fali 515 nm oraz 535 nm. Obserwację prowadzono stosując gogle pomarańczowe względnie czerwone.
3. PD (Physical Developer) – zastosowano bezdetergentową procedurę opisaną w literaturze przez Luo Yaping i Wang Yue [18]. Nowa formuła PD obejmuje sporządzenie z dwóch roztworów pomocniczych (roztworu jonu kompleksowego diaminasrebra(I) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ i roztworu redoksowego $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) jednego roztworu roboczego. Oględziny przeprowadzano w świetle białym.
4. Eu/EDTA/OP/TTA – zastosowano procedurę opisaną w literaturze przez Claya E. Allreda, Tao Lin oraz E. Rolanda Menzela [1]. Procedura przewiduje przygotowanie trzech roztworów: dwóch roztworów ligandów uczulających, tzw. anten (OP, TTA) i jednego roztworu skompleksowanego europu $[\text{Eu}(\text{EDTA})]^{3+}$. Po zakończeniu procesu ujawniania odcisków palców banknoty poddawano oględzinom w zakresie promieniowania UV. Obserwację prowadzono przez gogle bezbarwne do ultrafioletu.
5. La/EDTA/OP/TTA – zastosowano procedurę analogiczną do opisanej powyżej w celu porównania właściwości luminescencyjnych dwóch pierwiastków ziem rzadkich – europu i lantanu.
6. Cyjanoakrylan + Eu/OP/TTA – zastosowano klej cyjanoakrylowy o nazwie Cyjanostik firmy Stanimex s.c. W celu uzyskania organicznego kompleksu europu przygotowano trzy roztwory: dwa roztwory ligandów (OP, TTA) i jeden roztwór azotanu europu ($\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Po zakończeniu procesu ujawniania śladów linii papilarnych banknoty poddawano oględzinom w zakresie promieniowania UV. Obserwację prowadzono przez gogle bezbarwne do ultrafioletu.
7. Cyjanoakrylan + ardrex – zastosowano gotowe preparaty firmy Stanimex s.c. oraz Lightning Powder Co. Oględziny banknotów prowadzono w zakresie promieniowania UV. Obserwację prowadzono przez gogle bezbarwne do ultrafioletu.

3. Wyniki

Rezultaty ujawniania oceniano, przypisując poszczególnym śladom określoną liczbę punktów obrazującą ich

czytelność (jakość) według następującej pięciostopniowej skali ocen:

- 0 – ślad całkowicie nieczytelny;
- 1 – plama lub pojedyncze linie papilarne przy braku minucji;
- 2 – od 1 do 7 widocznych minucji;
- 3 – od 8 do 12 widocznych minucji;
- 4 – powyżej 12 minucji.

Obserwacje poczynione na podstawie otrzymanych rezultatów badań wykazały, iż na skuteczność zastosowanych metod wizualizacji śladów ma wpływ zarówno natura śladów (potowe/potowo-tłuszczowe), ich wiek, jak i stopień zużycia banknotu oraz lokalizacja śladu na banknocie. Przy porównaniu skuteczności metod brano pod uwagę liczbę śladów dobrej jakości, tj. tych, których czytelność została oceniona na „3” i „4”. Zestawienie liczby najczytelniejszych śladów linii papilarnych ujawnionych podczas wszystkich procesów wizualizacji ukazuje tabela I.

3.1. Ninhydryna

Zdecydowanie większą skuteczność metoda ninhydrynowa wykazała w przypadku reakcji z potowo-tłuszczowymi śladami linii papilarnych (metodą tą nie ujawniono ani jednego śladu potowego o czytelności powyżej „2”). Pod względem czytelności śladów potowo-tłuszczowych metoda ta plasuje się na drugim miejscu, zaraz po sekwencji CA/ardrox, a przed DFO i PD. Nie odnotowano wpływu starzenia się śladów na jakość ich ujawnienia ninhydryną. Najlepsze efekty uzyskano na banknotach używanych, choć i na nieużywanych ujawniono ślady linii papilarnych bardzo dobrej jakości.

3.2. DFO

Metoda z użyciem DFO wykazała większą w porównaniu z ninhydryną skuteczność w reakcji z potowymi śladami linii papilarnych. Wszystkie potowe ślady, którym przypisano ocenę „3”, zostały ujawnione tą właśnie metodą. Niestety zdecydowana większość ujawnionych śladów odznaczała się bardzo słabą jakością (czytelność „1” i „2”). Zaznaczył się wyraźny wpływ starzenia się śladów na możliwość ich ujawnienia metodą DFO – większość śladów ujawniana została w pierwszym etapie wizualizacji (ryciny 3 i 4). Metoda okazała się najbardziej skuteczna w przypadku banknotów nieużywanych.

3.3. PD

Zastosowanie metody PD nie pozwoliło na ujawnienie jakiegokolwiek potowego śladu linii papilarnych o czytelności powyżej „1”, a wśród śladów potowo-tłuszczowych potraktowanych tym środkiem sporadycznie wyróżniono pojedyncze szczegóły indywidualne (czytelność „2”).

W jednym tylko przypadku ślad ujawniony na banknocie używanym oceniony został na „3”. Ze względu na bardzo słabe efekty wizualizacji nie dało się określić wpływu czasu na skuteczność działania odczynnika zarówno w odniesieniu do śladów potowych, jak i potowo-tłuszczowych.

3.4. Cyjanoakrylan/ardrox

Kombinacją CA/ardrox nie udało się ujawnić żadnego potowego odcisku palca, natomiast okazała się zdecydowanie najlepszą spośród testowanych metodą wizualizacji śladów potowo-tłuszczowych. Za jej pomocą ujawniono największą ilość odwzorowań linii papilarnych, a ujawnione ślady były zarazem najczytelniejsze. Zaobserwowano także niewielki wpływ starzenia się śladów daktyloskopijnych na efekt ujawnienia potowo-tłuszczowych odcisków palców. W kolejnych etapach wizualizacji zanotowano spadek ogólnej liczby ujawnionych śladów, a także nieco mniejszą czytelność śladów starszych. Metoda okazała się najbardziej efektywna w przypadku banknotów nieużywanych, choć odnotowano skuteczne działanie odczynnika również na podłożu używanym.

3.5. CA/Eu/OP/TTA, Eu/EDTA/OP/TTA, La/EDTA/OP/TTA

Metody oparte na organicznych kompleksach lantanowców, stosowane zarówno jako samodzielne metody wizualizacji (Eu/EDTA/OP/TTA oraz La/EDTA/OP/TTA), jak i w kombinacji z cyjanoakrylanem (CA/Eu/OP/TTA), okazały się wysoce nieskuteczne zarówno w odniesieniu do śladów potowych, jak i potowo-tłuszczowych. Za ich pomocą nie udało się ujawnić żadnego odcisku palca.

3.6. Efekt podłoża

W celu ustalenia wpływu lokalizacji śladu daktyloskopijnego na banknocie na efekt procesu wizualizacji, zsumowano liczbę odcisków palców ujawnionych wszystkimi testowanymi metodami na poszczególnych polach banknotu. Pola, dla których zaobserwowano najwyższą frekwencję śladów, to obszary bądź najmniej zadrukowane (A, F, U), bądź posiadające regiony najsłabiej wybarwione, np. E, J, K. Najwięcej śladów linii papilarnych odznaczających się najlepszą jakością („4” i „3”) ujawniono w obrębie pól A, F, J, K, U. Na polach C, D, H oraz I, pokrytych niemalże w całości farbą naniesioną techniką stalorytu, odnotowano najgorsze rezultaty pod względem liczby, a także jakości ujawnionych śladów.

4. Omówienie wyników

Uzyskane wyniki wykazały, że nie można bezpośrednio przekładać doświadczeń z innymi walutami na rodzimy grunt. Nie potwierdzono skuteczności działania związków lantanowców oraz PD na polskich banknotach, zaś rezultaty uzyskane z zastosowaniem DFO nie były w pełni przewidywalne. DFO jako środek przeznaczony do powierzchni porowatych, wykazał zdecydowanie większą skuteczność działania na banknotach o małym stopniu zużycia niż na banknotach używanych, w przypadku których fluorescencja tła nakładała się na fluorescencję odczynnika.

W wynikach doświadczenia dziwić może też fakt, że metody wykorzystujące interakcje z białkami zawodziły w przypadku śladów potowych, w których teoretycznie powinna być wyższa procentowa zawartość aminokwasów i peptydów, niż w śladach pozostawianych po wleczeniu powierzchni skóry mieszaniną tłuszczów. Najprawdopodobniej zmuszając gruczoły potowe donorów do intensywnej produkcji (zostawiono tysiące śladów w bardzo krótkim przedziale czasowym), spowodowano wyczerpanie się zapasu białek w pocie lub też donorzy byli słabymi „wydzielaczami”. Może to stanowić wytłumaczenie tego zjawiska. Natomiast stosowanie kremu nawilżającego do pozostawiania śladów potowo-tłuszczowych prawdopodobnie spowodowało przyklejanie się cząstek naskórka do śladów, co umożliwiło przeprowadzenie reakcji ujawniających.

Powyższa interpretacja budzi pewne obawy co do prawidłowości przeprowadzenia eksperymentu. Być może nie udało się dostatecznie dobrze zasympulować warunków naturalnych przy pozostawianiu odcisków palców na banknotach i tym samym uzyskano wyniki gorsze od możliwie osiągalnych w praktyce. Z drugiej jednak strony pamiętać należy, że ujawnianie jakichkolwiek śladów linii papilarnych zarówno na polskich, jak również na zagranicznych banknotach, jest bardzo trudne i jedynie mała część ujawnionych śladów jest czytelna oraz posiada wystarczającą do identyfikacji liczbę cech indywidualnych. W tym miejscu można wysunąć przypuszczenie, iż odznaczające się dobrą czytelnością ślady linii papilarnych na banknotach ujawniane w praktyce kryminalistycznej, pozostawiane są na ich powierzchni rękami bądź to obficie wydzielającymi pot, bądź niemytymi przez dłuższy czas, pokrytymi substancją potowo-tłuszczową, zawierającą duże ilości złuszczonego naskórka oraz zabrudzeń.

5. Wnioski

1. Uzyskane wyniki badań nie wskazują na potrzebę stosowania odmiennych metod ujawniania śladów daktyloskopijnych na banknotach 20 PLN i 50 PLN.
2. Istotnym czynnikiem wpływającym na skuteczność metody wizualizacji śladów daktyloskopijnych jest skład jakościowy substancji tworzącej ślad. Wizualizacja potowych śladów linii papilarnych okazała się mniej skuteczna w porównaniu z ujawnianiem śladów z komponentą tłuszczową.
3. Stwierdzono, że przy użyciu ninhydryny ślady potowo-tłuszczowe okazały się łatwiejsze do ujawnienia niż ślady potowe. Metodą tą uzyskano lepsze wyniki na banknotach używanych. Nie odnotowano w tym przypadku wpływu starzenia się śladów na jakość ich ujawnienia.
4. W przypadku DFO odnotowano większą skuteczność w reakcji z potowymi śladami linii papilarnych, a preferowanym w przypadku tej metody podłożem okazały się banknoty nieużywane. Stwierdzono jednak niekorzystny wpływ starzenia się śladów na efekt ujawniania ich z użyciem DFO.
5. Stwierdzono bardzo małą skuteczność PD bez względu na skład jakościowy śladu oraz rodzaj podłoża.
6. Wykorzystanie organicznych kompleksów lantanowców zarówno jako samodzielnych metod wizualizacji (Eu/EDTA/OP/TTA oraz La/EDTA/OP/TTA), jak i w kombinacji z cyjanoakrylanem (CA/Eu/OP/TTA), okazało się wysoce nieskuteczne w odniesieniu do śladów potowych oraz potowo-tłuszczowych.
7. Cyjanoakrylan w połączeniu z ardroxem wykazał dużą skuteczność w przypadku reakcji z potowo-tłuszczowymi śladami linii papilarnych na banknotach nieużywanych.
8. Istnieje związek między efektywnością metody a stopniem zużycia banknotu: na banknotach używanych większą skuteczność wykazała ninhydryna, natomiast DFO oraz połączenie cyjanoakrylanu z ardroxem dały lepsze efekty w przypadku banknotów o małym stopniu zużycia. Pozostałe metody wykazały znacznie mniejszą efektywność.
9. Miejsce naniesienia śladu na banknocie w znacznym stopniu warunkuje możliwość jego ujawnienia oraz jego czytelność. Pola, dla których zaobserwowano najwyższą frekwencję śladów, to obszary bądź najmniej zadrukowane, bądź posiadające regiony naj słabiej wybarwione. Z kolei w miejscach pokrytych niemalże w całości farbą naniesioną techniką stalorytu odnotowano najgorsze rezultaty pod względem liczby, a także jakości ujawnionych śladów.