

Urszula Konarowska

ekspert z zakresu badań dokumentów Biura Badań Kryminalistycznych Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego

dr Mieczysław Goc (autor korespondencyjny)

wiceprezes Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego, ekspert z zakresu badań dokumentów Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego

mg@kryminalistyka.pl

Badania wieku względnego dokumentów. Część II Badania chronologii wykonania niekrzyżujących się zapisów ręcznych i wydruków sporządzonych na drukarce laserowej

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań chronologii wykonania niekrzyżujących się zapisów ręcznych i wydruków sporządzonych na drukarce laserowej. Na podstawie oględzin mikroskopowych wyodrębniono i opisano cechy charakterystyczne dla zapisów wykonanych *in blanco*, które przeszły przez drukarkę laserową.

Słowa kluczowe toner, drukarka laserowa, środek kryjący

Wstęp

Od lat 90. XX wieku obserwuje się bardzo dynamiczny rozwój urządzeń drukujących i reprodukujących. Producenci udoskonalają swoje produkty tak, aby w jak najkrótszym czasie otrzymać dokument o wysokiej jakości przy niskim koszcie jego wytworzenia. Powszechna dostępność takich urządzeń spowodowała, iż większość dokumentów zarówno w biurach, jak i w domu, jest wykonywana na drukarkach komputerowych. Nastąpił wzrost przestępczości polegającej na przerabianiu lub podrabianiu różnych rodzajów wydrukowanych dokumentów. Jednym z problemów z tym związanych jest ustalenie chronologii wykonania niekrzyżujących się zapisów ręcznych oraz wydruku stanowiącego treść zasadniczą dokumentu. Dotyczy to dokumentów podpisanych *in blanco*, a następnie uzupełnionych o treść niezgodną z wolą podpisanego. W ten sposób mogą powstać nowe dokumenty, np. weksle, zobowiązania, pokwitowania, testamenty itp., obciążające finansowo osobę, która złożyła swój podpis *in blanco*, bądź takie, których autentyczność osoba podpisana kwestionuje, twierdząc, że nie podpisała tego dokumentu, a swój podpis złożyła *in blanco*, ale miał on posłużyć do sporządzenia zupełnie innego treściowo dokumentu.

Dotychczas eksperci dokumentów nie dysponowali skuteczną metodyką diagnostyczną oceny dokumentów przerobionych, np. podpisanych *in blanco* lub z dodrukowanym tekstem, gdy nie zawierały one zapisów krzyżujących się ze sobą w jakimkolwiek fragmencie. W ramach prac badawczych prowadzonych przez Polskie Towarzystwo Kryminalistyczne i Uniwer-

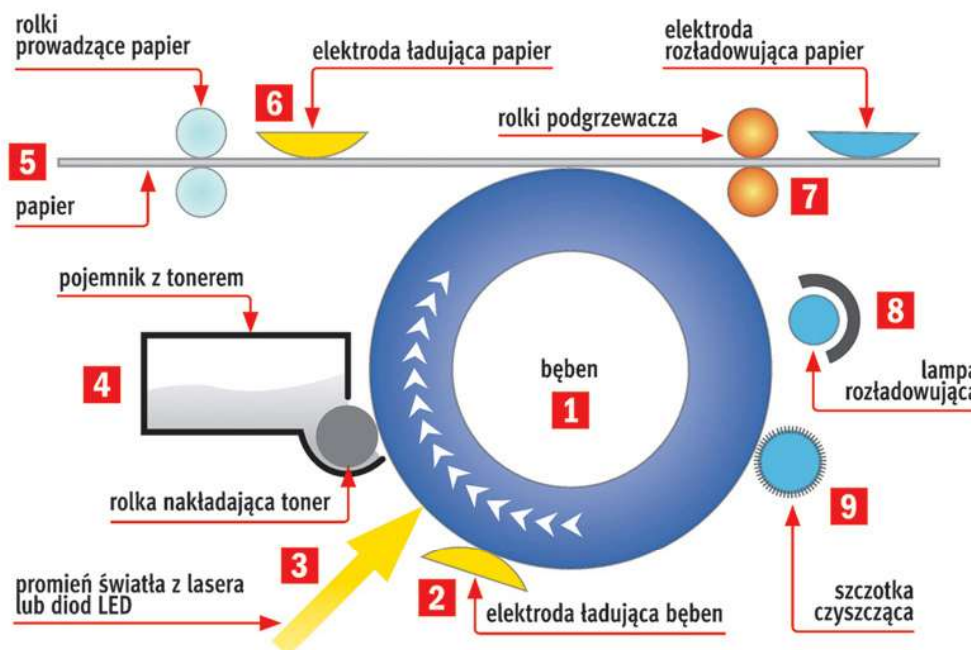
syтет Warszawski, realizujących projekt rozwojowy pn. „Opracowanie metodyki oraz zbudowanie stanowiska do badań chronologii zapisów wykonanych różnymi technikami i środkami kryjącymi na podłożu papierowym”¹, w Biurze Badań Kryminalistycznych Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego wykonano badania zmierzające do opracowania nieniszczącej metody umożliwiającej ustalenie kolejności powstawania zapisów na dokumencie sporządzonym na drukarce laserowej.

Drukarka laserowa [1] składa się z:

- bębna światłoczułego
- lasera
- pojemnika z tonerem
- części transportowej
- zespołu utrwalającego.

Bęben światłoczuły (1) jest pokryty warstwą fotoprzewodzącą, którą stanowi najczęściej warstwa żywicy fotoprzewodzącej z tlenkiem cynku. Warstwa światłoczuła zostaje naelektryzowana przez tzw. wyładowania koronowe za pomocą specjalnych szczotek lub drutu (2) umieszczonego poprzecznie względem kierunku obrotu bębna. Następnie za pomocą wiązki lasera (3) odchylanej przez układ luster na bębnie odwzorowany jest monochromatyczny obraz drukowanej

¹ Projekt rozwojowy zrealizowany na podstawie umowy nr 0019/R/T00/2010/11 z dnia 26.08.2010 r. o wykonanie projektu rozwojowego 0 R00 001911 zawartej pomiędzy Ministrem Nauki i Szkolnictwa Wyższego a Konsorcjum Uniwersytetu Warszawskiego i Centrum Badawczo-Szkoleniowym Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego.



Ryc. 1. Schemat budowy i działania monochromatycznej drukarki laserowej.

strony. W miejscach, w których wiązka lasera dotknie powierzchni bębna, wcześniej naniesiony ładunek zostaje usunięty. Ładunek znajdujący się w miejscach nienaświetlonych tworzy tzw. elektrofotograficzny obraz utajony. Wywoływanie utajonego obrazu polega na ujawnianiu tego obrazu proszkiem (tonerem) (4) o ładunku przeciwnym do ładunku znajdującego się na warstwie fotorzładującej. Może się to odbywać różnymi metodami: kaskadowo, za pomocą szczotek futrzanych, metodą szczotki magnetycznej, metodą chmury pyłowej lub dyspersyjnie. Obraz proszkowy, który uzyskuje się w wyniku wywoływania, zostaje następnie przeniesiony na inne podłoże, czyli papier (5). Przenoszenie obrazu odbywa się w wyniku przyciągania tonera przez wcześniej naładowany papier (6) ładunkiem przeciwnym niż jest naładowany toner. Tak powstały obraz na papierze jest utrwalany najczęściej metodą termiczną (8). Stopiony pod wpływem wysokiej temperatury (140–200°C) toner przykleja się do podłoża. Proces ten jest wspomagany przez wciskanie proszku w papier przez wąskie dociskowe. Karta z wtopionym tonerem jest transportowana do odbiornika, a warstwa światłoczuła jest całkowicie rozładowana (8) i czyszczona (9) tak, aby ponownie rozpocząć pracę.

W drukarce laserowej utrwalenie nadruku polega na wtopieniu tonera w papier i dla trwalszego połączenia z podłożem jego dociśnięciu [2]. Wysoka temperatura² prawdopodobnie może spowodować zmiany

właściwości fizycznych środka kryjącego naniesionego odrębnie, a wysoki nacisk może zaburzyć przebieg linii pisma bądź zniekształcić relief [3]. Poza tym w trakcie wydruku drukarka pozostawia dodatkowe ślady w postaci drobin tonera na powierzchni papieru.

Na fakt termicznych przemian, jakim muszą podlegać materiały kryjące wcześniejszych zapisów (np. podpisów *in blanco*) znajdujących się na powierzchni papieru w momencie jego elektrofotograficznego zadrukowywania, zwrócił uwagę prof. M. Owoc [4]. W kserokopiarkach starego typu termiczne utrwalanie tonera na papierze uzyskiwano przez naświetlanie lampą halogenową dużej mocy, o temperaturze przekraczającej 200°C. W nowszych konstrukcjach kserokopiarek i komputerowych drukarek laserowych są to temperatury rzędu 140–200°C, co daje wyobrażenie o skali termicznych procesów towarzyszących tej technice drukowania dokumentów. Oddziaływaniu termicznemu podlegają materiały kryjące wcześniej naniesione na podłożu. W tej temperaturze ulegają plastyfikacji utwardzone oleje oraz żywice tworzące podstawę „wyschniętych” kresek długopisowych oraz niektórych odbitek stempli metalowych, miękkie guma tragakantowa stanowiąca lepiszcze ołówków kredkowych, topią się też woski będące podstawą kredek [4].

Cel, preparatyka i przebieg badań

Opierając się na powyższych założeniach, przeprowadzono badania, których celem było sprawdzenie, czy na podstawie oględzin mikroskopowych niekryjących się podpisów wykonanych *in blanco* z dopisaną treścią wydrukowaną na drukarce laserowej

² Wcześniej w BBK ABW, wykorzystując mikroskop model ECLIPSE 80i z przystawką konfokalną, wykonywano badania mające na celu ustalenie faktu dodruku dodatkowej treści do już istniejącego tekstu przy użyciu urządzeń drukujących z funkcją termicznego utrwalania tonera.

można ustalić kolejność naniesienia ich na podłoże oraz opracowanie metody badawczej umożliwiającej wiarygodną ocenę tego rodzaju chronologii wykonania dokumentu.

Do badań przygotowano zapisy ręczne sporządzone na dwóch rodzajach papieru:

- papier firmy „Xerox” o gramaturze 80 g/m²,
- papier firmy „Gohrsmühle mill” o gramaturze 90g/m².

Zapisy wykonano różnymi środkami piszącymi, a w tym:

- długopisami (firmy „Pilot RFJS/BSRF6 F”; „Zenith”, „BIC medium”, „Pant”, „Xinhua”, „Pilot BPS-GP”, „STAR”, „Pilot RFJS/BSRF6 F”) ze środkiem kryjącym koloru: niebieskiego – 5 rodzajów, czarnego – 5 rodzajów, zielonego – 3 rodzaje;
- piórami wiecznymi (firmy „Sheaffer”, „Mont Blanc”, „Waterman”) z atramentami koloru: niebieskiego – 2 rodzaje, czarnego – 3 rodzaje, brązowego – 1 rodzaj;
- cienkopisami (firmy „Wang Neng”, „Fineliner”, „Taurus”, „Stabilo”) z tuszami koloru: czarnego – 2 rodzaje, niebieskiego – 2 rodzaje, czerwonego – 2 rodzaje, zielonego – 2 rodzaje;
- flamastrami (firmy „Kamet”) z tuszami koloru: czarnego – 1 rodzaj, niebieskiego – 1 rodzaj, czerwonego – 1 rodzaj, zielonego – 1 rodzaj, brązowego – 1 rodzaj;
- długopisami żelującymi (firmy „Rystar”) z pastą żelującą koloru: czarnego – 1 rodzaj, niebieskiego – 1 rodzaj, czerwonego – 1 rodzaj, zielonego – 1 rodzaj.

Na tak przygotowanych próbkach wydrukowano tekst na drukarce laserowej HP Color LaserJet 2600n:

- po 3 dniach od wykonania zapisów odręcznych,
- po 7 dniach od wykonania zapisów odręcznych,
- po 21 dniach od wykonania zapisów odręcznych,
- po 91 dniach od wykonania zapisów odręcznych.

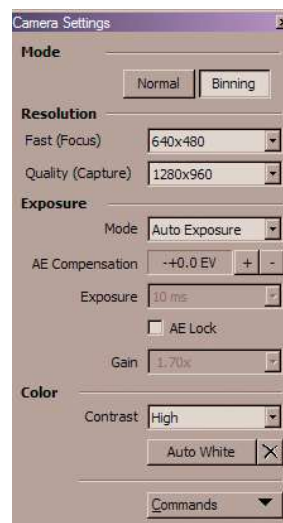
Założono, że wysoka temperatura i wysoki nacisk powinien spowodować zmiany właściwości fizycznych środka kryjącego naniesionego odręcznie.

Zapisy odręczne, które przeszły przez drukarkę laserową analizowano przy użyciu mikroskopu Nikon 80i wyposażonego w kolorową kamerę cyfrową DS-Fi-1-DS.-U2, o rozdzielczości 5,24 mln pikseli. Obserwacji dokonywano przy użyciu obiektów:

- LU Plan Epi P 5X N.A. 0.15, W.D. 23,5 mm,
- CFI LU Plan Epi P 10X N.A. 0.3, W.D. 17,3 mm,
- CFI LU Plan Epi P 20X N.A. 0.45, W.D. 4,5 mm,
- LU Plan Epi P 50X N.A. 0,08 W.D. 1,0 mm.

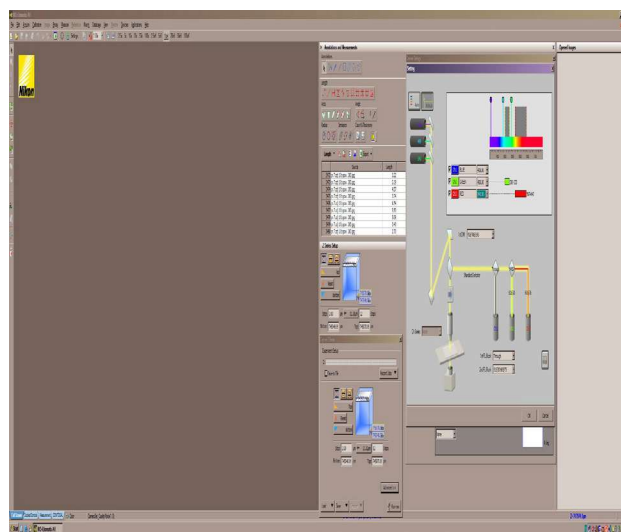
W oświetlaczu światła przechodzącego zastosowano najnowsze rozwiązanie, czyli systemem „fly-eye” (oko muchy). Powoduje ono równomierne oświetlenie całej płaszczyzny pola roboczego i tym samym eliminuje zjawisko niedoświetlenia obrzeża. Mikroskop umożliwia także skanowanie poszczególnych warstw obrazu, które po nałożeniu na siebie dają obraz trójwymiarowy. Dodatkowo mikroskop wyposażony jest w przystawkę konfokalną, czyli badany obiekt oświetlany jest 3 laserami: niebieskim – 408 nm, zielonym

– 488 nm, czerwonym – 543,50 nm. Światło laserowe wnika w głąb struktury badanej, wykonując sekwencję zdjęć z przesunięciem w pionie w osi Z, a specjalistyczne oprogramowanie NIS Elements AR 3.00 tworzy rekonstrukcję wyglądu preparatu.



Ryc. 2. Parametry pracy kamery.

Ogłędziny były prowadzone w świetle widzialnym oraz z przystawką konfokalną z wykorzystaniem oświetlenia laserowego.



Ryc. 3. Schemat działania przystawki konfokalnej.

Do analizy mikroskopowego obrazu „na żywo” i złożenia obrazów 3D posługiwano się programem NIS Elements AR 3.00 [5].

Ogłędzinom poddano 370 próbek w różnym powiększeniu, oświetleniu oraz konfiguracji. Łącznie przeanalizowano około 3330 obrazów.

W celu sprawdzenia skuteczności opracowanej metody badawczej przeprowadzono test kontrolny, w ramach którego przebadano 60 próbek zawierających niekrzyżujące się zapisy ręczne i wydruki, o nie-

znanej dla wykonującego chronologii tych naniesień. W przypadku 56 próbek w sposób prawidłowy została określona chronologia ich wykonania.

Poniżej przedstawione zostały wyniki z badań z przykładowymi zdjęciami.

Wyniki badań

W wyniku konfrontacji zapisów, które przeszły przez drukarkę laserową, z zapisami, które nie przeszły przez drukarkę laserową, stwierdzono następujące różnice:

- mniejsze nasycenie koloru po przejściu przez drukarkę w przypadku zapisów wykonanych długopisem ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego, czarnego, zielonego, piórem wiecznym (przykład na ryc. 4, 5);
- rozmycie środka kryjącego po przejściu przez drukarkę, widoczne również poza linią pisma w przypadku zapisów wykonanych długopisem ze środ-



Ryc. 4. Wykonany długopisem z tuszem koloru zielonego zapis, który nie przeszedł przez drukarkę laserową – pięćdziesięciokrotne powiększenie.



Ryc. 5. Wykonany długopisem z tuszem koloru zielonego zapis, który przeszedł przez drukarkę laserową – pięćdziesięciokrotne powiększenie.



Ryc. 6. Wykonany piórem wiecznym zapis, który nie przeszedł przez drukarkę laserową – pięćdziesięciokrotne powiększenie.



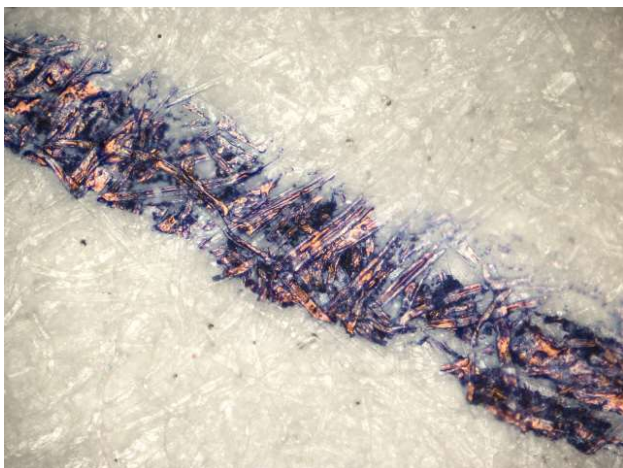
Ryc. 7. Wykonany piórem wiecznym zapis, który przeszedł przez drukarkę laserową (widoczne rozmazania środka kryjącego) – pięćdziesięciokrotne powiększenie.

kiem kryjącym koloru niebieskiego, zielonego, piórem wiecznym (ryc. 6, 7);

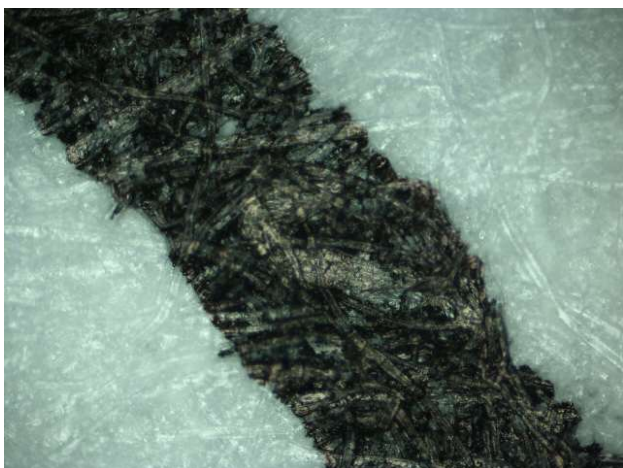
- zaburzenie linii pisma po przejściu przez drukarkę (ryc. 8, 9, 10, 12, 13):
 - rozłożenie środka kryjącego wzdłuż włókien papieru, a nie wzdłuż kierunku kreślenia w przypadku zapisów wykonanych długopisem ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego, czarnego, zielonego, piórem wiecznym, cieniokopisem, długopisem żelującym;
 - nieregularna linia brzegowa powstała na skutek spływania środka kryjącego po włóknach papieru w przypadku zapisów wykonanych długopisem ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego, czarnego, zielonego, piórem wiecznym, cieniokopisem, długopisem żelującym;
 - brak wyraźnych „białych linii” charakterystycznych dla zapisów wykonywanych długopisem ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego, czarnego;



Ryc. 8. Wykonany długopisem zapis, który nie przeszedł przez drukarkę laserową (rozłożenie środka kryjącego wzdłuż kierunku kreślenia) – stukrotne powiększenie.



Ryc. 9. Wykonany długopisem zapis, który przeszedł przez drukarkę laserową (rozłożenie środka kryjącego wzdłuż włókien papieru, nieregularna linia brzegowa) – stukrotne powiększenie.



Ryc. 10. Wykonany piórem wiecznym zapis, który nie przeszedł przez drukarkę laserową (rozłożenie środka kryjącego wzdłuż kierunku kreślenia) – stukrotne powiększenie.



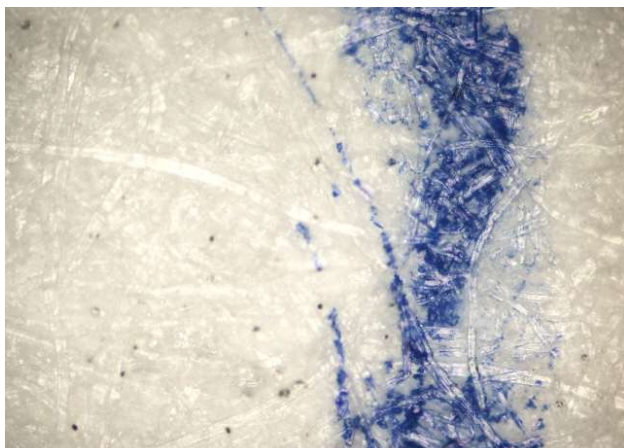
Ryc. 11. Wykonany piórem wiecznym zapis, który przeszedł przez drukarkę laserową (rozłożenie środka kryjącego wzdłuż włókien papieru, nieregularna linia brzegowa) – stukrotne powiększenie.



Ryc. 12. Wykonany długopisem żelowym zapis, który nie przeszedł przez drukarkę laserową (rozłożenie środka kryjącego wzdłuż kierunku kreślenia) – pięćdziesięciokrotne powiększenie.



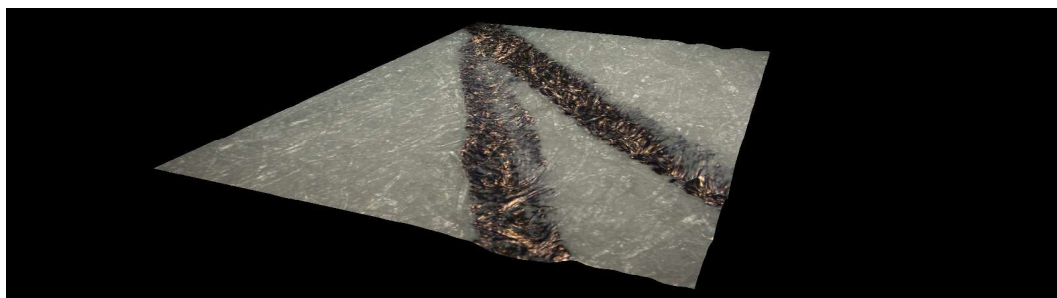
Ryc. 13. Wykonany długopisem żelowym zapis, który przeszedł przez drukarkę laserową (rozłożenie środka kryjącego wzdłuż włókien papieru, nieregularna linia brzegowa) – pięćdziesięciokrotne powiększenie.



Ryc. 14. Wykonane długopisem zapisy, które przeszły przez drukarkę laserową (liczne rozpryski środka kryjącego poza linią zasadniczą pisma) – stukrotne powiększenie.



Ryc. 15. Wykonany długopisem zapis, który przeszedł przez drukarkę laserową (widoczne spieki) – stu- i dwustukrotne powiększenie.



Ryc. 16. Wykonany długopisem zapis, który nie przeszedł przez drukarkę laserową (widoczny relief linii graficznej) – obraz 3D, pięćdziesięciokrotne powiększenie.



Ryc. 17. Wykonany długopisem zapis, który przeszedł przez drukarkę laserową (brak reliefu linii graficznej) – obraz 3D, pięćdziesięciokrotne powiększenie.

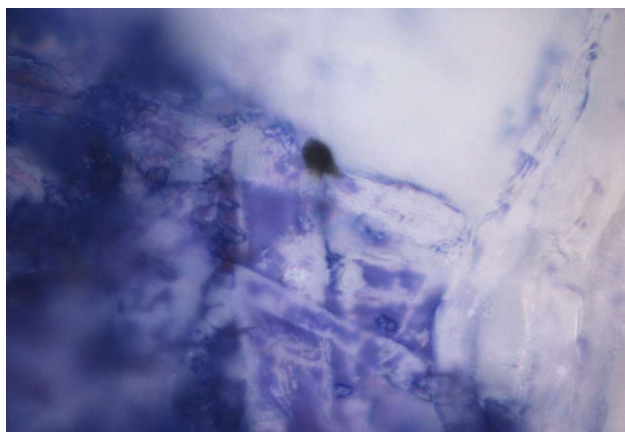
- ślady środka kryjącego znajdujące się poza linią pisma (rozpryski) po przejściu przez drukarkę niewynikające z naturalnego nanoszenia środka kryjącego, w przypadku zapisów wykonanych długopisem ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego, czarnego (ryc. 14);
- występowanie nadtopionych powierzchni, tzw. spieków, po przejściu przez drukarkę w przypadku zapisów wykonanych długopisem ze środkiem kryjącym koloru czarnego, cienkopisem, długopisem żelującym (ryc. 15);
- brak reliefu po przejściu przez drukarkę w przypadku zapisów wykonanych długopisem ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego, czarnego, zielonego; piórem wiecznym, cienkopisem (ryc. 16, 17);
- zmienna kolorystyka linii pisma po przejściu przez drukarkę w przypadku zapisów wykonanych piórem wiecznym i długopisem żelującym (ryc. 19);
- obecność drobin tonera na powierzchni zapisów po przejściu przez drukarkę (ryc. 19, 20).

Cechy charakterystyczne dla zapisów, które przeszły przez drukarkę laserową zależą od: środka kryjącego, podłoża, czasu między wykonaniem zapisów a przejściem przez drukarkę laserową, wieku dokumentu, drukarki laserowej (typu urządzenia, czasu eksploatacji, rodzaju zastosowanego tonera).

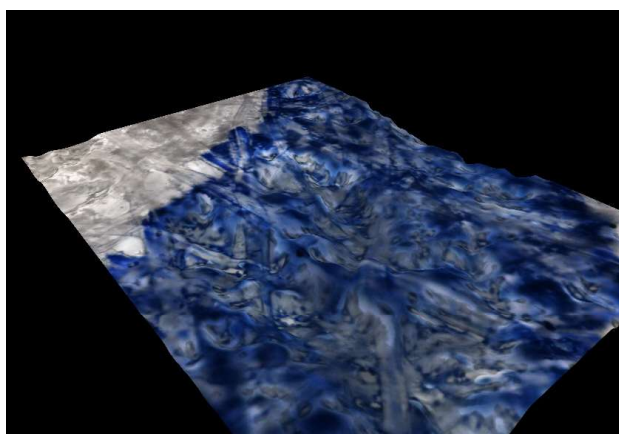
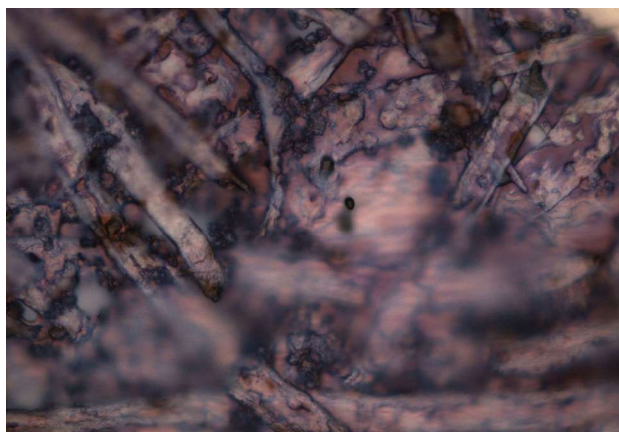


Ryc. 18. Wykonany piórem wiecznym zapis, który przeszedł przez drukarkę laserową (widoczne przebarwienia w obrębie linii graficznej) – stukrotne powiększenie.

Obserwacje zmierzające do ustalenia chronologii wykonania niekrzyżujących się zapisów ręcznych oraz wydruku sporządzonego na drukarce laserowej należy przeprowadzać w różnych powiększeniach mikroskopu (od pięćdziesięcio- do pięćsetkrotnych)



Ryc. 19. Wykonane długopisem zapisy, który przeszły przez drukarkę laserową – pięćsetkrotne powiększenie.



Ryc. 20. Wykonane długopisem zapisy, które przeszły przez drukarkę laserową – obraz 3D, dwustukrotne powiększenie.

Tabela 1

Cechy charakterystyczne zapisów, które przeszły przez drukarkę laserową

Lp.	Cechy charakterystyczne zapisów, które przeszły przez drukarkę	Rodzaj środka pisarskiego	Uwagi
1.	Rozmycie/rozmazanie środka kryjącego widoczne również poza linią pisma	długopis ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego długopis ze środkiem kryjącym koloru zielonego pióro wieczne	
2.	Rozłożenie środka kryjącego wzdłuż włókien papieru, a nie wzdłuż kierunku kreślenia	długopis ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego długopis ze środkiem kryjącym koloru czarnego długopis ze środkiem kryjącym koloru zielonego pióro wieczne cienkopis długopis żelujący	
3.	Nieregularna linia brzegowa pisma	długopis ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego długopis ze środkiem kryjącym koloru czarnego długopis ze środkiem kryjącym koloru zielonego pióro wieczne cienkopis długopis żelujący	
4.	Brak wyraźnych „białych linii”	długopis ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego długopis ze środkiem kryjącym koloru czarnego	w przypadku użycia mniej kontrastowej pasty długopisowej, np. koloru zielonego, brak „białych linii” może nie być zauważalny
5.	Ślady pasty długopisowej znajdujące się poza linią pisma, niewynikające z naturalnego nanoszenia środka kryjącego	długopis ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego długopis ze środkiem kryjącym koloru czarnego	mogą występować w zapisach, które przeszły przez drukarkę laserową w niedługim czasie od ich wykonania
6.	Obecność nadtopionych powierzchni – „spieków”	długopis ze środkiem kryjącym koloru czarnego cienkopis długopis żelujący	
7.	Zmienna kolorystyka linii pisma	pióro wieczne długopis żelujący	
8.	Brak reliefu	długopis ze środkiem kryjącym koloru niebieskiego długopis ze środkiem kryjącym koloru czarnego długopis ze środkiem kryjącym koloru zielonego pióro wieczne cienkopis	relief zanika wraz ze starzeniem się dokumentu
9.	Obecność drobin tonera na powierzchni pasty długopisowej	wszystkie środki pisarskie	bardzo przydatny w ocenie tej cechy jest obraz wykonany w technice 3D

w promieniowaniu widzialnym. Nie wszystkie cechy charakterystyczne dla zapisów, które przeszły przez drukarkę laserową, muszą występować jednocześnie w zapisie, który przeszedł przez drukarkę. Jedynie toner jest zawsze obecny na powierzchni zapisu, który przeszedł przez drukarkę laserową, ale w przypadku zapisów wykonanych środkiem kryjącym koloru niebieskiego i czarnego jego identyfikacja może być utrudniona. Dlatego w przypadku jakichkolwiek wątpliwości, nie należy formułować kategoriowych wniosków. Badania chronologii wykonania niekryżu-

jących się zapisów ręcznych oraz wydruku sporządzonego na drukarce laserowej są badaniami subiektywnymi i zależą od doświadczenia opiniującego i jego percepcji wzrokowej. W przypadku wątpliwości zaleca się wykonanie testów porównawczych z wykorzystaniem takich samych rodzajowo środków i materiałów (rodzaj i model urządzenia drukującego, gramatura papieru, rodzaj narzędzia pisarskiego, rodzaj i barwa środka kryjącego) oraz w miarę możliwości uwzględniających inne okoliczności związane ze stanem i sposobem wytworzenia dokumentu kwestionowanego.

Należy dążyć do wykonania kompleksowych badań, opartych zarówno na mikroskopii optycznej, jak i na badaniach spektroskopowych.

Źródła rycin i tabel

Rycina 1: <http://www.pcformat.pl/laser-od-srodka,a,1412>

Ryciny 2–4: instrukcja obsługi (wersja elektroniczna) mikroskopu Nikon Eclipse 80i

Ryciny 5–21: U. Konarowska

Tabela 1: opracowanie własne

Bibliografia

1. Konderski M.: Laser od środka, „PC Format” 2010, nr 11; <http://www.pcformat.pl/Laser-od-srodka,a,1412>.
2. Czichoń H., Czichoń M.: Reprografia i drukowanie cyfrowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003, s. 25.
3. Szczepańczyk S., Konarowska U.: Zastosowanie mikroskopii optycznej do weryfikacji dokumentów przerobionych za pomocą drukarki laserowej, „Problemy Kryminalistyki” 2012, nr 276, s. 65 i passim.
4. Owoc M.: Thermic transformations of writing materials, „Problems of Forensic Sciences” 2003, t. LIII, s. 52.
5. Nikon NIS Elements Advanced Research – instrukcja użytkownika.