

Metode preiskovanja črnih in papirja

Matjaž Kotnik*

Forenzične preiskave črnih in papirja so področje, kjer so novosti pri možnosti razlikovanja, identifikacije in datiranja dokumentov povzročile popolnoma nov pristop k delu, kar pa je pretežno zasluga novih, hitro se razvijajočih tehnologij in njihovih aplikacij v forenzični znanosti. Dandanes imamo na voljo veliko število postopkov, od fizikalno-kemičnih preiskav strukture in sestave papirja, do ugotavljanja vrste pisalnega sredstva, ter kemične sestave in fizikalnih lastnosti črnih na določenem dokumentu. Pri ugotavljanju starosti dokumentov je še nekaj nejasnosti, čeprav nekateri novi postopki dajejo določene obete. Podan je predlog nedestruktivnih in destruktivnih analitičnih metod za preiskovanje pisanih, tiskanih in fotokopiranih dokumentov, ter kakšna je prihodnost raziskav na tem področju.

Ključne besede: kriminalistična tehnika, preiskava dokumentov, analitične metode, dokumenti, črnilo, papir.

UDK 343.982.4

1. UVOD

Z uporabo novih fizikalno-kemijskih metod je preiskovanje sumljivih dokumentov z analizo črnih in papirja v zadnjih letih dobilo nekatere nove značilnosti. Pri tem imamo v mislih tako možnost razlikovanja, identifikacije in datiranja dokumenta, kakor tudi pristop k analizi. Izvedenci za dokumente so razširili svoje običajno področje preiskovanja s tesnejšim sodelovanjem s kemiki v kriminalističnih laboratorijih, kar je pripeljalo do številnih novosti in izboljšav preiskovalnih tehnik.

Najpreprostejša definicija dokumenta je nekaj, kar vsebuje informacijo. Informacija je lahko shranjena na različne načine, vendar se bomo tu omejili na zapis na papirju. Analiza takega dokumenta poteka v dveh smereh: preiskavo teksta opravi izvedenec grafološke stroke, preiskava izvora, črnih, papirja ter različnih sledov in posegov na dokumentu pa je področje izvedenca za dokumente (angl. document examiner). Le-ta lahko preiskave opravlja sam, sodeluje s forenzičnim kemikom, lahko pa zaprosi za pomoč tudi strokovnjaka ustrezne smeri, če gre za uporabo sofisticirane in drage tehnologije, kot so npr. elektronska mikroskopija, nevtronska aktivacijska analiza itd. Pri uporabi različnih postopkov se moramo zavedati, da ima vsaka analitična metoda svoje omejitve in da ne moremo delati nobenih gotovih zaključkov, ne da bi tega upoštevali. V ameriškem pravnem sistemu velja tudi t. i. Frye-evo načelo,¹ ki določa, katera merila mora znanstvena metoda izpolnjevati, da so materialni dokazi, zbrani z njeno pomočjo, lahko uporabljivi v postopku. Ta metoda naj bi bila toliko preizkušena, da je bila na splošno sprejeta na področju, od koder izvira.

2. ANALIZA PAPIRJA

Zaradi svoje heterogene sestave je papir lahko izvor mnogih informacij za ugotavljanje izvora ali pristnosti dokumenta. Diskriminacijska moč posamezne analitične metode je namreč odvisna od količine informacij, ki jih dobimo od preiskovanega vzorca, teh pa je tem več, kolikor bogatejša je elementna sestava.³

Metode, ki jih pri kontroli kakovosti papirja uporablja papirna industrija, so dobro poznane⁴ in so primerne tudi za forenzično preiskavo papirja. Pri sistematični analizi papirja določimo njegove fizikalne karakteristike, preiščemo vodni žig, opravimo vlakninsko analizo, kemično analizo dodatkov v papirju in analizo elementov v sledovih. Pri tem pridejo v poštev različne laboratorijske tehnike, kot so optična mikroskopija, tankoslojna kromatografija, ultravijolična, vidna in fluorescenčna spektrometrija, FT-IR spektroskopija, rentgenska difrakcija, rentgenska fluorescenčna spektroskopija, vrstična elektronska mikroskopija z energijsko spektroskopijo rentgenskih žarkov, diferencialna termična analiza, nevtronska aktivacijska analiza, atomska absorbcija in druge.⁵

2.1. Fizikalne karakteristike papirja

Prve preiskave, ki jih opravimo na dokumentu, so nedestruktivne. Pri tem ugotavljamo lastnosti, kot so: debelina papirja, površinska struktura (zrnatost), specifična teža, prosojnost, barva in fluorescenca v UV svetlobi. Subjektivno presodimo, kakšen je papir na otip, kakšen zvok daje pri stresanju in kakšnega videza je. Posebnega pomena je vodni žig, saj lahko z nje-

¹ Matjaž Kotnik, magister kemije, Slovenska obveščevalno-varnostna agencija.

² A. A. Cantu, s. 854.

³ A. A. Cantu, s. 847.

⁴ B. L. Browning, s. 20.

⁵ R. L. Brunelle, s. 223.

govo pomočjo ugotovimo proizvajalca oziroma ugotavljamo, če gre za ponaredek. Ponarejen vodni žig lahko odkrijemo z uporabo mehkih rentgenskih žarkov, posebnih barvil, UV svetlobe in različne stopnje penetracije vode.⁶ Pri posebnih vrstah papirja (bankovci) vrednotnice, osebni dokumenti itd.) uporabljajo še posebne vrste zaščit, ki jih pri slabših ponaredkih ne najdemo, ali pa povzročijo sledove pri poskusu prenašanja dokumenta.⁷ Take vrste zaščite so obarvana vlakna in ploščice, varnostna nitka, zaščitna podlaga, reliefni in mikroskopski tisk, zaščita z risbo (gijoširanje), magnetna zaščita, površinski optični efekti itd.

2.2. Vlakninska analiza papirja

Bistvena sestavina papirja so celulozna vlakna rastlinskega izvora (les iglavcev in listavcev, bombaž, juta, slama, bagasa, esparto itd.), vsebovana pa so lahko tudi vlakna živalskega izvora in sintetična vlakna. Z natančnim mikroskopskim pregledom ugotavljamo relativno količino posameznih tipov vlaken, njihov izvor in način kemične obdelave.⁸ S temi podatki lahko nedvoumno sklepamo o istovetnosti papirja pri primerjalni analizi, oziroma ugotavljamo izvor papirja s primerjavo s standardi. Pri tem uporabljamo reagente za specifično obarvanje vlaken, ki dajejo značilna obarvanja in tone, odvisno od vrste vlakna in načina kemične obdelave (C barvilo, barvila po Herzbergu, Selleggerju in Wilsonu).⁹

2.3. Analiza dodatkov v papirju

Različne vrste papirja vsebujejo razne anorganske in organske dodatke, ki vplivajo na njegove lastnosti in kakovost. Taki dodatki so veziva, klejiva, polnila, pigmenti, barvila ter dodatki za posebne vrste papirjev. Te snovi se lahko v procesu proizvodnje dodajajo v papirno maso, ali pa so na površini v obliki premazov. Za analizo teh dodatkov uporabljamo specifične kemične dokazne reakcije. Klasične metode za analizo anorganskih dodatkov so optična mikroskopija in kemična analiza pepela, od novejših pa lahko omenimo vrstično elektronsko mikroskopijo z energijsko spektroskopijo rentgenskih žarkov ter rentgensko fluorescenčno spektrosko-

pijo.¹⁰ Poleg teh so za ugotavljanje kemične sestave primerne še tankoslojna kromatografija, rentgenska difrakcija, FT-IR spektroskopija in nevtronska aktivacijska analiza. Sodobne instrumentalne metode pridobivajo na veljavi zaradi svoje hitrosti in zanesljivosti, zahtevajo pa tudi zelo majhno količino vzorca za analizo.

2.4. Ugotavljanje starosti papirja

Bistvo ugotavljanja starosti papirja je v tem, da približno določimo čas, pred katerim določeni papir ni mogel biti izdelan. Če pogledamo zgodovino izdelovanja papirja od začetka 19. stoletja do današnjih dni, lahko vidimo, da so izdelovalci v posameznih obdobjih uvajali nove postopke in materiale.¹¹ Spreminjala se je tako vlakninska sestava kot dodatki v papirju, od katerih jih je nekaj v uporabi šele v zadnjih desetletjih. Gre pa za precejšnje časovne razpone, zato je zelo težko določiti leto izdelave papirjev, ki so bili izdelani v zadnjem času. Poleg kemične analize dodatkov v papirju nam je v pomoč tudi določevanje elementov v sledovih, ki so večkrat specifični za posameznega proizvajalca v določenem obdobju.¹² Pri tem je neizogibno sistematično vzdrževanje zbirke različnih vrst papirja, ki so v preteklih letih prihajali na trg, kakor tudi dopolnjevanje z novimi vzorci.

3. ANALIZA ČRNILA

Informacija na papirju je lahko napisana z roko, natipkana ali natiskana z različnimi tehnikami tiska. V vsakem primeru je poleg pisalne priprave potrebno sredstvo, ki na papirju pusti bolj ali manj trajno sled. Pri analizi zapisa na papirju nas zanimajo naslednje stvari: vrsta pisalne naprave, vrsta tiska pri tiskanih dokumentih, vrsta črnila in izvor, ugotavljanje starosti zapisa, morebitna prisotnost latentnega teksta, sledovi ponarejanja (brisanje, dodajanje, popravljanje) in drugi sledovi na dokumentu. Za analizo črnila je značilno, da imamo opravka z zelo majhnimi količinami snovi na papirju. V literaturi je opisanih veliko preiskovalnih tehnik, ki jih na splošno lahko razdelimo na ne-destruktivne in destruktivne, po naravi pa gre za fizikalne in kemične postopke. Tudi pri ana-

⁶ Prav tam, s. 224.

⁷ J. L. Clement, s. 11.

⁸ B. L. Browning, s. 49.

⁹ Prav tam, s. 225.

¹⁰ M. Kotnik, L. Prvan, s. 367.

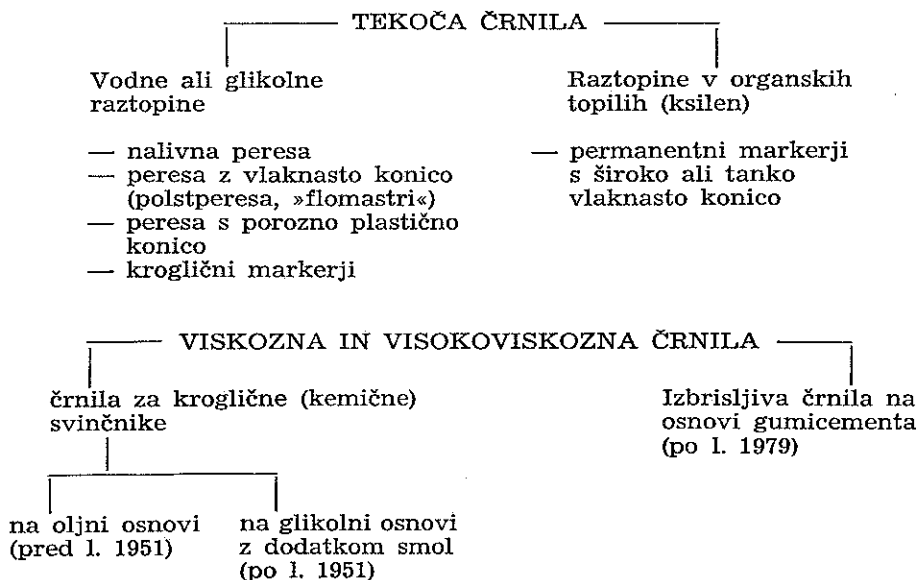
D. E. Polk in sod., s. 524.

D. E. Lipp in sod., s. 95.

¹¹ B. L. Browning, s. 335.

¹² R. L. Brunelle, s. 250.

Tabela 1: sodobna črnila in pisalna sredstva



lizi črnila je splošen trend uporaba sodobnih tehnologij, ki zahtevajo zelo majhne količine vzorca, tako da se dokument poškoduje v najmanjši možni meri, in ki hitro dajejo zanesljive in ponovljive rezultate.

3.1. Vrste črnih

Črnilo je na splošno raztopina ali suspenzija barvila ali pigmenta v nekem mediju, ki omogoča prenos iz pisalne naprave na papir ali na kakšno drugo podlago. Črnilo lahko vsebuje še mnoge druge sestavine, ki vplivajo na njegovo konsistenco, oprijemanje na podlago in penetracijo, hitrost sušenja, trajnost zapisa in optične lastnosti. Tabela 1 prikazuje razdelitev črnih, ki se uporabljajo v sodobnih pisalnih sredstvih, medtem ko se starejši tipi črnih kot so tuš, železno-taninsko črnilo in galusno črnilo, uporabljajo zelo redko ali pa ne več. Poleg črnih za pisala imamo še druge vrste črnih: za žige, za trakove pisalnih strojev in tiskalnice, barvila za fotokopirnike in laserske tiskalnice, tiskarska črnila in črnila za posebne namene.

3.2. Fizikalne preiskave črnih

To so predvsem analize, kjer opazujemo fluorescenco v ultravijolični svetlobi, infrardečo luminescenco in infrardečo absorpcijo. Aparat, ki

združuje vse te funkcije, je videospektralni komparator, s katerim lahko poleg optičnih lastnosti črnih opazujemo tudi izbrisano, prekrito in latentno pisavo, pa tudi druge sledove ponarejanja na dokumentu. Lahko posnamemo absorpcijske spektre v ultravijoličnem, vidnem in infrardečem območju,¹³ spektrofluorimetrijo pa uporabljamo pri črnilih, ki vsebujejo fluorescenčne komponente.¹⁴ Z optično mikroskopijo opazujemo način nanosa črnih na površino, ki je odvisen od vrste pisalnega instrumenta. Za določanje sledov anorganskih snovi v črnilu so primerne metode rentgenske fluorescence, nevtronske aktivacijske analize in ICP spektrometrije.¹⁵ Večina fizikalnih metod je nedestruktivnih, oziroma zahtevajo zelo malo vzorca, zato jih pri analizi črnih najprej uporabimo.

3.3. Kemične analize črnih

Poleg testa topnosti (določena črnila se topijo v določenih topilih) predvsem uporabljamo tankoslojno kromatografijo (TLC),¹⁶ ki je verjetno najbolj razširjena metoda na tem področju. Temelji na lastnosti barvil v črnilu, da različno

¹³ M. Kotnik, M. Štokovič, s. 56.

¹⁴ R. L. Brunelle, s. 117.

¹⁵ A. A. Cantu, s. 847.

¹⁶ S. N. Tiwari, N. Bhat, s. 201.

N. A. Fuller.

R. S. Verma in sod., d. 65.

hitro potujejo po nekem inertnem nosilcu, ki je nanešen na kromatografsko ploščo. Na ta način določimo, koliko sestavin ima črnilo in jih tudi lahko identificiramo s primerjavo s standardi. Prednosti te metode so enostavnost, cenenost, hitrost in velika diskriminacijska moč, zahteva pa tudi malo vzorca. Rezultat lahko ocenimo vizuelno ali pa z uporabo UV/vidnega spektrofotometra.¹⁷

Novejšega datuma je visokotlačna tekočinska kromatografija (HPLC), kjer ločevanje sestavin namesto na kromatografski plošči poteka v koloni.¹⁸ Z uporabo različnih detektorjev je tu možno določiti tudi sestavine, ki jih pri TLC ne vidimo. Podobne poskuse so izvedli s pomočjo plinske kromatografije.¹⁹

4. DOLOČANJE STAROSTI ČRNILA

Nemogoče je natančno določiti, kdaj je nastal določen zapis s črnilom, obstaja pa možnost, da na podlagi njegove sestave poskušamo ugotoviti, kdaj in kje se je ta tip črnila proizvajal oziroma prišel na tržišče. Edino, kar lahko zaključimo, je to, da dokument pred tem časom ni mogel nastati. Za tak pristop je potrebno sistematično delo, saj moramo imeti zbirko standardnih vzorcev črnil, ki so jih različni proizvajalci izdelali v zadnjih desetletjih. U. S. Secret Service ima največjo zbirko črnil na svetu, ki vsebuje preko 6000 primerkov z vsega sveta, od katerih nekateri datirajo v začetek tega stoletja.²⁰ Nekateri proizvajalci črnil v določenih časovnih obdobjih tudi dodajajo redke elemente v sledovih, ki jih je možno dokazovati z rentgensko fluorescenco in s tem sklepati na leto proizvodnje.

Mnogi preiskovalci so se lotili tudi problema določanja relativne starosti črnila, vendar rezultati teh postopkov niso v vseh primerih zanesljivi. Problem je predvsem v tem, ker ne vemo, kakšnim pogojem je bil dokument izpostavljen (svetloba, temperatura, vlažnost, ravnanje z dokumentom) in kako so ti dejavniki vplivali na stanje črnila. V literaturi je sicer že dolgo znan način določanja starosti galotaninskega črnila z ugotavljanjem difuzije kloridnih ionov v okolišnja papirna vlakna,²¹ vendar se to črnilo danes ne uporablja več. Za črnila za kroglične (kemične) svinčnike je eden od pristopov določanja

hitrosti ekstrakcije, ki temelji na opažanju, da je ekstraktabilnost črnila iz papirja tem slabša, čim starejši je zapis. Za primerjavo potrebujemo zapis s črnilom iste formule na istem papirju, ki smo ga starali določen čas (od nekaj mesecev do treh let). Nato odvzamemo vzorce ekstrakcije z uporabo tankoslojne kromatografije in denzitometrije.²² Z rezultati meritev skonstruiramo umeritveno krivuljo in potem glede na hitrost ekstrakcije preiskovanega črnila sklepamo na njegovo starost, kar naj bi bilo možno v intervalu od dveh mesecev do treh let. Z metodo hitrosti ekstrakcije, ki smo jo nekoliko modificirali, tudi v našem laboratoriju nismo dobili zanesljivih rezultatov. Drugi avtorji so za ocenjevanje starosti zapisa uporabili določanje vsebnosti hlapnih sestavin v črnilu s pomočjo plinske kromatografije²³ in spreminjanje relativne intenzitete posameznih absorpcijskih trakov pri FT-IR spektroskopiji.²⁴ Rezultati teh postopkov so preliminarni, zato v bližnji prihodnosti lahko pričakujemo izboljšave in novosti.

5. PREISKAVE TISKANIH IN FOTOKOPIRANIH DOKUMENTOV

Tiskarske tehnike kot so knjigotisk, bakrorez, bakrotisk, litografija in offset prepoznavamo po značilnih učinkih, ki jih povzročijo na površini papirja,²⁵ prav tako pa imajo svoje značilnosti tudi tiskarska črnila. Bistveno se razlikujejo od ostalih v tem, da so izdelana na oljni osnovi in da vsebujejo veliko anorganskih snovi, njihova sestava pa je prilagojena zahtevam posameznih tiskarskih tehnik.²⁶ Ker so ta črnila večinoma netopna v topilih, ki jih uporabljamo pri tankoslojni kromatografiji, pridejo pri preiskavi v poštev metode, kot so plinska kromatografija z masno spektrometrijo. FI-IR spektroskopija, rentgenska fluorescenca in vrstična elektronska mikroskopija.

V novejšem času so se pojavili številni novi postopki kot so fotokopiranje, kserografija, laserski tisk in tisk z brizganjem črnila (ink-jet). Vsem tem je skupna lastnost, da za nastanek zapisa ni potreben pritisk matrice na površino papirja, kot je to pri različnih tiskarskih tehnikah. Predvsem kserografski postopek, pri ka-

¹⁷ R. N. Totty, in sod., s. 137.

¹⁸ R. O. Keto, s. 198.

¹⁹ R. L. Brunelle, s. 134.

²⁰ A. A. Cantu, s. 848.

²¹ A. H. Witte, s. 35.

²² H. I. Brunelle, H. Lee, s. 1166.

²³ L. F. Stewart, s. 405.

²⁴ H. J. Humecki, s. 131.

²⁵ D. Ellen, 126.

²⁶ R. L. Brunelle, s. 72.

terem uporabljamo običajni papir, je doživel v zadnjem času nesluten razmah, saj fotokopirne stroje srečujemo skoraj na vsakem koraku. Zaradi njihove splošne dostopnosti in zmeraj boljše kakovosti reprodukcije je zlorab vedno več, najsi gre za fotokopiranje denarja ali vrednostnih papirjev, ali pa za ponarejanje raznovrstnih dokumentov. Izvedenci za dokumente se vedno pogosteje srečujejo s primeri, ko je fotokopija edini materialni dokaz. Zato postaja ugotavljanje izvora fotokopije z namenom, da se določi tip aparata, s katerega izvira, vse bolj rutinski postopek.²⁷

Tako kot pri tiskanih dokumentih tudi pri fotokopijah teče analiza v dveh smereh: ugotavljanje izvora papirja in analiza zapisa na njem. Pri fotokopijah imamo še možnost ugotavljanja posebnih sledov, ki so posledica značilnosti v delovanju posameznega fotokopirnika.²⁸ Snovi, ki jih uporabljamo za formiranje zapisa na fotokopiji, se imenujejo fotokopirna barvila. Sodobni stroji pretežno delujejo s suhimi barvili, ki so v bistvu s sintetičnimi polimeri opláščeni pigmenti. Z analizo njihove kemične sestave je moč sklepati na tip aparata, s katerega izvira fotokopija. Pri tem lahko uporabljamo pirolizno plinsko kromatografijo z masno spektrometrijo²⁹ ali pa difuzno refleksijsko FT-IR spektroskopijo.³⁰ Nekateri avtorji so uporabljali tudi vrstični elektronski mikroskop za opazovanje morfologije strukture barvila na papirnih vlaknih in za določanje elementne sestave pigmenta v barvilu.³¹

5. ZAKLJUČEK

S pregledom različnih postopkov preiskovanja dokumentov smo lahko videli, da sodobna znanost in tehnologija ponujata mnoge možnosti izbire pristopov k analizi. Zato se moramo najprej vprašati, kakšne podatke želimo dobiti iz analize črnih in papirja, kako hitro jih potrebujemo ter kakšne so lastne možnosti glede opremljenosti z aparaturami in obvladovanja določenega postopka.

Včasih je možno ugotoviti kako pomembno podrobnost z zelo enostavnimi metodami, ki so

na voljo v vsakem povprečnem laboratoriju, po drugi strani pa tudi najdražja in najbolj sofisticirana tehnologija lahko ne da rezultatov, ki jih pričakujemo. Upoštevati je tudi treba, kakšna je oblika preiskovanega dokumenta, v kakšnem stanju je, in če je dovoljeno, četudi v najmanjši možni meri, dokument poškodovati. Na začetku se ponavadi odločimo, da ga preiščemo z vsemi nedestruktivnimi metodami, ki jih imamo na razpolago. Tu bi omenili vizuelni in mikroskopski pregled ter pregled z videospektralnim komparatorjem (glej 2.1. in 3.2.), ki lahko dajo osnovne podatke o lastnostih in morebitnem izvoru papirja ter o vrsti zapisa na njem. Pri teh uvodnih analizah veliko pomaga praksa in izkušnost, saj se lahko preiskovalec na podlagi prvih spoznanj lažje odloči za vrsto in število dodatnih preiskav, ki so večinoma drage, nekatere pa tudi zamudne. Na tej stopnji tudi vidimo, če začetni podatki, zbrani z nedestruktivnimi metodami zadoščajo. Kolikor ne, se moramo odločiti za odvzem vzorcev z dokumenta. Glede na velikost vzorca in podatke, ki jih potrebujemo, se lahko odločimo za vlakninsko analizo papirja in za kemično analizo dodatkov s specifičnimi kemičnimi reakcijami ali z različnimi instrumentalnimi metodami (glej pod 2.3.). Pri preiskavi črnih je najboljša rutinska metoda tankoslojna kromatografija, v pomoč pa so še novejša tehnika kot visokotlačna tekočinska kromatografija, plinska kromatografija z masno spektrometrijo in spektrometrija pri različnih valovnih dolžinah, od ultravijolične in infrardeče.

Splošno pravilo naj bi bilo, da uporabljamo predvsem metode in tehnike, ki so preizkušene in znane v forenzični praksi. Do vsake novosti moramo biti previdni in preizkusiti, če potrjuje že znana dejstva in če prinaša kake prednosti. Ni dovolj samo dobiti rezultate nekih meritev, predvsem je važna njihova pravilna interpretacija. Večkrat je tudi koristno, če z uporabo dveh različnih metod pridemo do istih zaključkov, saj se s tem izognemo morebitnim artefaktom.

Pri preiskavah izvora papirja in črnih, pa tudi drugje, je bistvenega pomena vzdrževanje in izpopolnjevanje zbirke standardnih vzorcev, saj le s primerjalno analizo pridemo do pravih zaključkov. V večjih in razvitejših deželah to počno dosti bolj sistematično kot pri nas, ker je sodelovanje z javnim sektorjem (industrija, trgovina, druge institucije) dobro utečeno in

²⁷ J. E. Lile, A. R. Blair, s. 923.

²⁸ D. A. Crown, s. 142.

²⁹ E. J. Levy, T. P. Wampler, s. 258.
T. O. Munson, s. 352.

³⁰ W. D. Mazella in sod., s. 449.

M. Kotnik, s.

³¹ D. Ellen, s. 130.

povsem običajno, tako da so na voljo vsi dostopni podatki, če le niso poslovna skrivnost. Tovrstno organiziranost bomo morali izboljšati tudi pri nas, ker v prihodnosti lahko pričakujemo povečan obseg dela na področju preiskovanja dokumentov. V razvitih družbah je ta trend prisoten skupaj z naraščanjem kriminalitete belega ovratnika.

Nadaljni razvoj nekaterih novejših preiskovalnih tehnik je praviloma vezan na drago opremo, ki si jo lahko privoščijo samo večje raziskovalne institucije. Zato v naši dejavnosti ostaja usmeritev, da poleg preiskav, ki jih lahko opravimo z razpoložljivo opremo, predvsem izkoristimo možnost sodelovanja z raziskovalnimi skupinami na teh institucijah.

LITERATURA:

1. Browning, B. L.: **Analysis of Paper**, Marcel Dekker Inc., New York, 1977, s. 366.
2. Brunelle, R. L.: **Forensic Examination of Ink and Paper**, Charles C. Thomas, Springfield, 1984, s. 289.
3. Brunelle, R. L., Lee, H.: Determining the Relative Age of Ballpoint Ink Using a Single-Solvent Extraction- Mass Independent Approach, **Journal of Forensic Sciences**, 34/5 (1989), s. 1166 do 1182.
4. Cantu, A. A.: Analytical Methods for Detecting Fraudulent Documents, **Analytical Chemistry**, 63/17 (1991), s. 847—854.
5. Clement, J. L., Risi, B.: **Vještačenje falsificiranih dokumenata**, Zagreb, 1985, s. 108.
6. Crown, D. A.: The Differentiation of Electrostatic Photocopy Machines, **Journal of Forensic Sciences**, 34/1 (1989), s. 142—155.
7. Ellen, D.: **The Scientific Examination of Documents**, Ellis Horwood Ltd., Chichester, 1989, s. 182.
8. Fuller, N. A.: Analysis of Thin-layer Chromatograms of Paint Pigments and Dyes by Direct Microspectrophotometry, **Forensic Science International**, 27 (1985), s. 189—204.
9. Humecki, H. J.: **Experiments in Ball Point Ink Aging Using Infrared Spectroscopy**, Proceedings of the international Symposium of Questioned Documents, U. S. Government Printing Office, Washington, 1987, s. 131—135.
10. Keto, R. O.: Characterization of Alkali Blue Pigment in Counterfeit Currency by High Performance Liquid Chromatography, **Journal of Forensic Sciences**, 29 (1984), s. 198—208.
11. Kotnik, M., Štokovič, M.: Uporaba spektroskopskih metod za primerjavo črnih podobne barve, **Revija za kriminalistiko in kriminologijo**, 43/1 (1992), s. 56—59.
12. Kotnik, M., Prvan, L.: Določanje izvora in tipa papirja z analizo anorganskih polnil v papirju, **Revija za kriminalistiko in kriminologijo**, 43/4 (1992), s. 367—370.
13. Kotnik, M.: Preiskave izvora fotokopij, **Revija za kriminalistiko in kriminologijo**, Revija za kriminalistiko in kriminologijo 44/3 (1993), s. 283
14. Levy, E. J., Wampler, T. P.: Applications of Pyrolysis Gas Chromatography/Mass Spectrometry to Toner Materials from Photocopiers, **Journal of Forensic Sciences**, 31/1 (1986), s. 258 do 271.
15. Lile, J. E., Blair, A. R.: Classification and Identification of Photocopiers: A Progress Report, **Journal of Forensic Sciences**, 21/4 (1976), s. 923 do 931.
16. Mazella, W. D. et al.: Classification and Identification of Photocopying Toners by Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy, **Journal of Forensic Sciences**, 36/2 (1991), 449—465.
17. Munson, T. O.: The Classification of Photocopies by Pyrolysis Gas Chromatography-Mass Spectrometry, **Journal of Forensic Sciences**, 34/2 (1989), s. 352—365.
18. Stewart, L. F.: Ballpoint Ink Age Determination by Volatile Component Comparison-A Preliminary Study, **Journal of Forensic Sciences**, 30/2 (1985), s. 405—411.
19. Tiwari, S. N., Bhat, N.: Thin Layer Chromatography of Fountain Pen Inks, **International Criminal Police Review**, 260 (1972), s. 201—203.
20. Totty, R. N et al.: A Comparison of the Use of Visible Microspectrometry and HPTLC for the Discrimination of Aqueous Inks Used in Porous Tip and Roller Ball Pens, **Forensic Science International**, 28 (1985), s. 137—144.
21. Verma, R. S. et al.: Thin Layer Chromatographic Analysis Of Fibre Tip Pen Inks, **Journal of Forensic Science International**, 13 (1979), s. 65—70.
22. Witte, A. H.: In: **Methods of Forensic Science** Vol. 2, Lindquist, F., Ed., Interscience Publishers, J. Wiley & Sons, New York, 1963, s. 35—77.

Methods of Ink and paper Examination

Matjaž Kotnik, M. Sc., Intelligence and Security Agency of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia.

Forensic examination of ink and paper is a field of forensic science where advancements in ability to distinguish, identify and date questioned documents resulted in a new approach, mainly due to application of several new rapidly developing technologies. A variety of techniques can be used nowadays ranging from physical and chemical investigations of paper structure, composition and origin, writing instrument determination, to chemical and physical techniques of ink analysis. Dating of do-

cuments is an area where uncertainties still exist, although some methods appear to be promising. Examination of written, printed and photocopied documents is discussed and conclusions are made about the future of investigations in this field.

Key words: crime investigation technique, document examination, analytical methods, documents, ink, paper.

UDC 343.982.4