

LUMINESCENČNÍ SPEKTROSKOPIE JAKO NÁSTROJ K OVĚŘOVÁNÍ PRAVOSTI BANKOVEK

LUMINESCENCE SPECTROSCOPY FOR AUTHENTICATING OF BANKNOTES

Ing. Ondřej HALAŠKA

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky

Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, Česká republika

halaska@fai.utb.cz

Abstrakt: Příspěvek obecně pojednává o nejefektivnějších metodách, pomocí nichž lze snadno a rychle examínovat danou bankovku z hlediska její pravosti. Některé z uvedených metod jsou velmi jednoduché a zvládne je i neodborná veřejnost, respektive lidé bez hlubších znalostí problematiky. Dále příspěvek také pojednává o metodách, které si vyžadují určité znalosti v oblasti padělání bankovek a také jisté laboratorní zázemí. Pro upřesnění celé problematiky, počáteční kapitola pojednává o samotných materiálech, ze kterých jsou bankovky vyrobeny. Experimentální výstup nastiňuje možné metody a jejich vhodné kombinace, které mohou být v praxi použity při ověřování pravosti bankovek.

Abstract: In general, this article is focused on the most effective methods that may be used to simple and quick examination of banknotes. Some of mentioned methods are very simple and may be done by people without knowledge of counterfeiting of banknotes. The article also mentions methods that require some kind of knowledge in counterfeiting of banknotes and laboratory background as well. To make this field clear, the initial chapter deals with materials that banknotes are made from. Experimental output describes possible methods and their appropriate combination which may be used in authenticating of banknotes.

Klíčová slova: luminiscence, spektroskopie, ochranné prvky, padělání, české bankovky, americký dolar, kanadský dolar

Key words: luminescence, spectroscopy, security features, counterfeiting, Czech banknotes, American dollar, Canadian dollar

1 ÚVOD

Jelikož je celá společnost postavena na materialismu a veškeré zboží a služby se směřují právě (většinou) prostřednictvím měny, je problematika padělání bankovek velmi citlivé téma. Pokud by byla výroba bankovek dostupná každému, respektive pokud by bankovky neobsahovaly sofistikované ochranné prvky, prakticky kdokoli by si mohl vyrábět své vlastní bankovky, což by se odrazilo ve světové ekonomice a devalvací dané měny. A právě z toho důvodů existují instituce, které se zabývají ochranou bankovek z hlediska jejich padělání a pozměňování. Cílem tohoto příspěvku je podat stručný přehled uvádějící čtenáře do problematiky ověřování pravosti bankovek, ale také nastínit možné metody a jejich kombinace při ověřování pravosti bankovek. Hlavní zaměření se týká ověřování pravosti pomocí spektrofluorometrického přístroje, který využívá luminiscenčních vlastností ochranných prvků bankovek.

2 MATERIÁLY BANKOVEK

Na samotný materiál, ze kterého jsou bankovky vyrobeny, je kladen patřičný důraz, jelikož je potřebné splňovat určité požadavky, zejména požadavky týkající se jeho funkčnosti.

Bankovky lze rozdělit do 3 skupin a to v závislosti na materiálu, ze kterého jsou vyrobeny:

- Směs celulózy.
- Hybridní.
- Polymerní.

2.1 SMĚS CELULÓZY

Bankovky jsou vyrobeny ze směsi přírodní celulózy, přičemž jsou do směsi přidány aditiva v podobě kříd, barviva a bělicí látky, ale také syntetická vlákna zajišťující nezbytnou pevnost. Nicméně je také velmi důležité, aby bankovky dosahovaly požadovaného odstínu, bělosti, přilnavosti barev a hustoty. [1, 4, 7]

Do samotné směsi jsou navíc přidána ochranná vlákna, z nichž některé jsou napuštěny luminofory. Ochranná vlákna mohou být rovněž viditelná ordinérním pohledem, zatímco některá jsou téměř neviditelná. Komparace se nachází na obrázcích Obr. 1 a Obr. 2. [1, 4, 7]



*Obr. 1: Ochranné vlákno
za denního světla [8]*



*Obr. 2: Ochranné vlákno při
ozáření UV lampou (254 nm) [8]*

2.2 HYBRIDNÍ BANKOVKY

Hybridní materiál je kombinací přírodních materiálů a polymerních, respektive celulózy (bavlněná vlákna) a uměle vytvořeného ochranného filmu. Přírodní materiál tvoří základ bankovky, do kterého jsou aplikovány bezpečnostní prvky (ochranná vlákna, vodoznak a fluorescentní vlákna). Na směs celulózy je poté nanášena tenká vrstva ochranného filmu, který plní protektivní účel. [3, 7]

Hybridní bankovky mají hned několik výhod:

- Menší výrobní náklady než polymerní bankovky.

- Odolnější než papírové (směsi celulózy) bankovky.
- Obsahují méně bakterií než papírové bankovky.
- Vysoká životnost i v extrémních podmínkách.
- Vynikající vestavěné ochranné prvky.
- Voděodolné. [3, 7]

2.3 POLYMERNÍ BANKOVKY

99% polymerního substrátu je produkováno australskou společností Innovia Security. Substrát nese název Guardian® substrate a jeho základem je tenký film Clarity®C. Tento tenký film je tvořen biaxiálně orientovaným propylenem (BOPP). [2, 7]

Polymerní bankovky mají následující výhody:

- Delší životnost než papírové bankovky – až 5x → menší produkce bankovek.
- Voděodolné – rezistentní proti jakékoli vodě (sladká/ slaná) a také proti vyprání.
- Vyšší bezpečnost než papírové bankovky.
- Hygienické a ekologické – obsahují méně bakterií a jsou šetrné k životnímu prostředí než papírové bankovky.
- Menší náklady na produkci oproti hybridním bankovkám. [2, 5, 6, 7]

3 METODY OVĚŘOVÁNÍ PRAVOSTI BANKOVEK

Metod a postupů, pomocí kterých lze detekovat padělek, či pozměněné platidlo je několik. Mezi nejjednodušší patří lidské smysly, zejména zrak a hmat. Sofistikovanější metody zahrnují použití zvětšovacích pomůcek (lupy a mikroskopy), UV/ IR detektorů, a spektrofluorometrického přístroje.

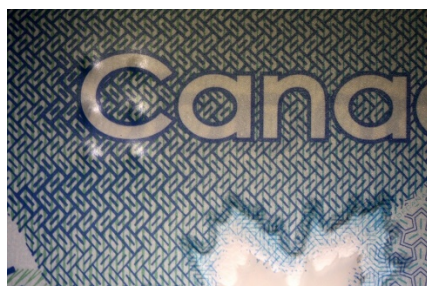
Během experimentálního měření byly postupně zkoumány české bankovky, které hojně využívají luminiscenčních bezpečnostních prvků; americké dolary, jež jsou nejrozšířenější měnou na světě; a kanadský dolar, jež je od roku 2011 vyráběn z polymerního substrátu.

3.1 LIDSKÉ SMYSLY

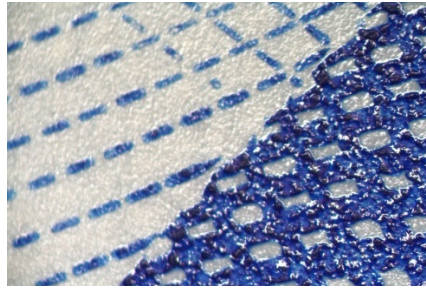
Jedná se o nejjednodušší a nejrychlejší metodu detekce padělaných bankovek. Padělané bankovky většinou nedosahují takové kvalitní výroby, aby nebyly k rozeznání od pravých bankovek.

Jak již bylo zmíněno, mezi lidské smysly, pomocí kterých probíhá detekce padělaných bankovek, patří zrak a hmat. Užití těchto smyslů je nutné zejména při detekci polymerních bankovek (kanadský dolar). Jelikož kanadský dolar neobsahuje žádné ochranné prvky na bázi luminiscence, jedinou možnou detekční metodou v praxi, pomineme-li zvětšovací aparaturu, jsou právě tyto smysly. Z praxe bylo zjištěno, že právě lidské smysly jsou v ordinárním životě používány nejvíce při ověřování pravosti bankovek, ať už se jednalo českou korunu, americký, či kanadský dolar.

Zejména kanadský dolar obsahuje „zrakové“ a „hmatové“ bezpečnostní prvky, mezi které se také řadí i Braillovo písmo a různá barevná provedení bankovek (každá nominální hodnota má jiné barevné provedení) pro zrakově hendikepované jedince. Detailní náhled na vybrané bezpečnostní prvky poskytují obrázky Obr. 3 – Obr. 9.



Obr. 3: 5 CAD - Braillovo písmo [7]



Obr. 4: 5 CAD - vyvýšený inkoust [7]



*Obr. 5: 5 CAD - metalický prvek –
přímý pohled [7]*



*Obr. 6: 5 CAD - metalický prvek –
pohled při sklopení [7]*

3.2 ZVĚTŠOVACÍ APARATURA

Lupy, či mikroskopy se hodí všude tam, kde je potřeba detailní pohled na dané ochranné prvky. Pro relevantní výstupy je vhodnější použití stereomikroskopů, které uživatelům umožňují několika násobně zvětšení obrazu daného ochranné prvku, či struktury materiálu, ze kterého je bankovka vyrobena. Výhodou této metody je její nenáročnost jak z hlediska časového, tak z hlediska zkušeností examinatora. Jak již bylo dříve zmíněno, padělané bankovky nedosahují takové kvality, čili je lze detekovat již pomocí lidských smyslů nebo právě pomocí zvětšovací aparatury.

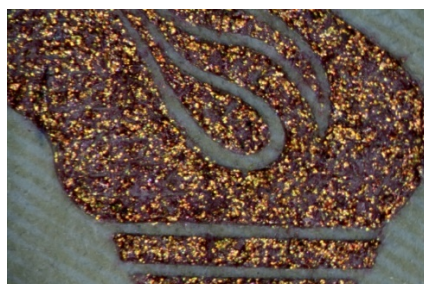


Obr. 7: 5 CAD – polymerní substrát [7]



Obr. 8: 10 USD – The Torch –

iridiscentní prvek (zvětšení 12,5x) [7]



Obr. 9: 10 USD – The Torch –

iridiscentní prvek (zvětšení 50x) [7]

3.3 UV/ IR DETEKTORY

Výhodou UV a IR detektorů je rovněž jejich simplicítní použití a časová nenáročnost. V praxi se vyskytují nejčastěji v supermarketech, poštovních, bankovních a jiných peněžních institucích, směnárnách apod. Ovšem tyto detektory není možné použít u všech typů bankovek – pouze u takových, které disponují luminiscenčními prvky (např. česká koruna (Obr. 10) nebo americký dolar (Obr. 11) – pouze nominální hodnota 5 USD (2013) a výše). V případě polymerních kanadských bankovek je nutné dbát důrazu na lidské smysly, popř. zvětšovací aparaturu, či spektrofluorometrický přístroj.



Obr. 10: 2000 CZK – denní/ UV záření (254nm) [8]



Obr. 11: 50 USD – denní/ UV záření (254 nm) [7]

3.4 SPEKTROFLUOROMETRICKÝ PŘÍSTROJ

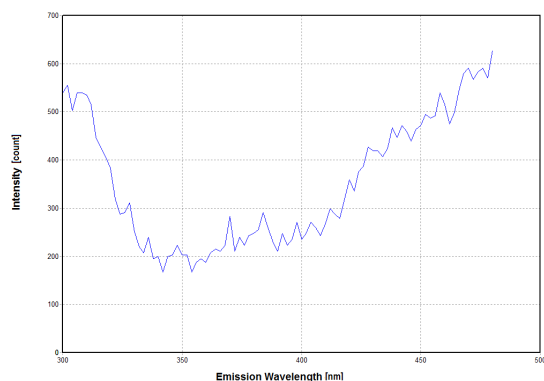
Spektrofluorometr se řadí mezi sofistikovanější metody ověřování pravosti bankovek, přičemž je zapotřebí laboratorního zázemí a jisté znalosti a zkušenosti ze strany uživatele.

Pro analýzu je nejprve potřeba bankovky analyzovat pod UV lampou (*Pozn.:* v autorově případě UV lampa disponovala dvěma vlnovými délkami – 254 nm a 366 nm) a identifikovat ochranné prvky vykazující luminiscenci. Následně je nutné vzorek (bankovku) examínovat pomocí spektrofluorometru, přičemž je využíváno luminiscenčního jevu, který je buzen excitační energií. Poté je změřena intenzita luminiscence v dané šíři spektra. Excitační energii je nutné nastavit na hodnotu, při které ochranné prvky vykazují nejvyšší intenzitu luminiscence (*Pozn.:* v autorově případě byla hodnota rovna 254 nm). Výsledné hodnoty intenzity luminiscence je nutné zaznamenat do grafů, kde lze přehledně určit, jaké jsou hodnoty luminiscence při určité vlnové délce.

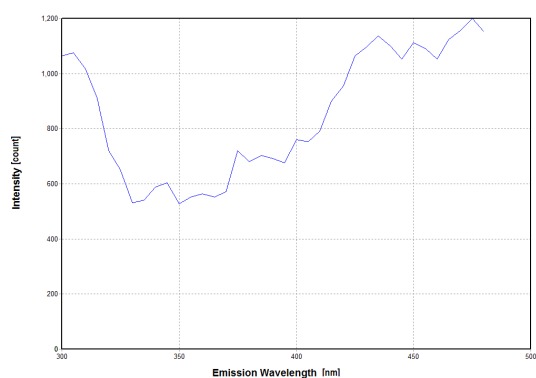
4 VÝSLEDKY

Cílem experimentálního výzkumu bylo nastínit další možné metody detekce padělaných, či pozměněných platidel využívající luminiscenčních vlastností a konstatovat nejrychlejší metody ověřování pravosti bankovek v praxi. Mimo klasické metody, jako jsou lidské smysly, zvětšovací aparatura a UV/ IR detektory, je také možno použít spektrofluorometr (*Pozn.:* autor použil Photon Counting Steady-State Spectrofluorometer PC1 od firmy ISS).

Teoretický předpoklad byl takový, že určité nominální hodnoty budou mít do jisté míry totožný průběh, respektive totožnou intenzitu luminiscence při určité vlnové délce a právě na základě této difference bude možné od sebe rozlišit padělaná/ pozměněná platidla a originální bankovky. Měřené spektrum bylo omezeno na určité hodnoty z důvodu přítomnosti Rayleighova rozptylu, který znehodnocoval naměřená data.



*Obr. 12: 100 CZK (číslo série – G04 532108) –
luminiscenční spektrum [8]*



*Obr. 13: 100 CZK (číslo série - G31 587355) –
luminiscenční spektrum [8]*

Obr. 12 a Obr. 13, jejichž výstupem byly hodnoty intenzity luminiscence v závislosti na emisní vlnové délce, mají rozdílné průběhy, i když se jedná o stejnou nominální hodnotu (100 CZK) měřené bankovky.

5 DISKUZE

Na základě naměřených dat lze konstatovat, že předpokládané výsledky se poněkud lišily od naměřených. Tato skutečnost mohla být zapříčiněna hned několika faktory, které mohou hrát určitou roli při experimentálním měření. Především se jedná o faktory, jako jsou:

- Množství excitační energie (excitační paprsek ovlivňuje výslednou intenzitu luminiscence).
- Úhel dopadajícího paprsku do výpočetní jednotky spektrofotometru.
- Závěrka spektrofotometru (také ovlivňuje množství dopadajícího excitačního paprsku na měřený vzorek, respektive bankovku).
- Nevhodná kalibrace spektrofotometru.

Obr. 12 a Obr. 13 reprezentují luminiscenční spektra naměřená na dvou českých sto korunových bankovkách ovšem jiné série. Ačkoliv se jedná o totožnou nominální hodnotu a o totožné měřené místo na bankovkách, průběh luminiscenčního spektra již totožný není. Tudíž lze v tomto případě vyvrátit, že každá nominální hodnota má stejný (podobný) průběh fluorescenčního spektra. Americký dolar disponuje pouze minimálními prvky na principu luminiscence (viz. Obr. 11) a to pouze od nominální hodnoty \$5 (2013) a výše.

Papírový kanadský dolar obsahuje luminiscenční ochranné prvky, ovšem v současné době je nahrazován polymerními bankovkami, které již nedisponují žádnými ochrannými prvky na principu luminiscence.

Na základě naměřených dat lze tedy konstatovat, že spektrofluorometrická metoda není prozatím příliš průkazná k ověřování pravosti bankovek, ovšem v kombinaci s dalšími metodami a použitou aparaturou je doporučena. Nicméně v oblasti luminiscenčních spekter bude pokračováno s cílem dosažení relevantních výsledků, které by byly rozhodující nebo alespoň sloužily jako podpůrný materiál při ověřování pravosti bankovek.

Jak již bylo zmíněno dříve, většina padělaných bankovek nedosahuje vysoké kvality, a proto je lze „poměrně“ lehce odhalit. Nejjednodušší a nejrychlejší metoda v praxi je použití lidských smyslů, zejména zrak a hmat, ale také UV/ IR detektorů, které zvyšují výstupní posouzení ověřované bankovky. Na druhou stranu UV detektory nemohou být v některých případech použity z hlediska absence luminiscenčních ochranných prvků (kanadské polymerní bankovky) a právě v tomto případě je v praxi spoléháno na lidské smysly a neschopnost padělatelů vytvořit dokonalý padělek. Dalším doporučeným nástrojem jsou stereomikroskopy, které poskytují několikanásobné zvětšení daného vzorku, respektive bankovky/ ochranných prvků a tudíž je lze examínovat velmi podrobně, ovšem vyžadují si určité laboratorní zázemí. Ačkoliv spektrofluorometrická metoda není sama o sobě průkazná při ověřování pravosti bankovek, poskytuje podpůrné výstupy v oblasti problematiky padělání bankovek.

REFERENCE

- [1] TRUKHACHEV, B a M. B. SERGEYEV. *Technology for Protection Banknotes and Securities*. St. Petersburg, 2012, 110 p. ISBN 978-5-8088-0780-8.
- [2] Innovia Security. *Guardian® - Facts and Figures* [online]. Australia: Innovia Security, 2015 [cit. 2016-05-10]. Dostupné na: <https://www.innoviasecurity.com>
- [3] Giesecke & Devrient GmbH. *Hybrid* [online]. Louisenthal, 2009, **2009**(11), 4 [cit. 2016-05-10]. Dostupné na: http://www.gi-de.com/gd_media/media/en/documents/brochures/paper/Hybrid.pdf
- [4] Regula. *Glossary of Banknotes* [online]. 2008 [cit. 2016-05-10]. Dostupné na: <http://www.regulaforensics.com>
- [5] *U.S. Currency Education Program* [online]. Washington, D.C.: U.S. Government [cit. 2016-05-10]. Dostupné na: <https://uscurrency.gov/>
- [6] PE AMERICAS a TRYSKELE. *Life Cycle Assessment of Canada's Polymer Bank Notes and Cotton-Paper Bank Notes* [online]. 2011, 117 [cit. 2016-05-10]. Dostupné na: http://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2011/06/Life-Cycle-Assessment-of-Polymer-and-Cotton-Paper-Bank-Notes_opt.pdf
- [7] HALAŠKA, Ondřej. *Luminescent Behavior of American and Canadian Banknotes*. Zlín, 2016. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [8] HALAŠKA, Ondřej. *Luminiscenční chování bankovek a poštovních známek*. Zlín, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.