

# Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek

T. Fördös, H. Švecová, K. Melounová  
Gymnásium Petra Bezruče Frýdek-Místek  
Gymnásium Jeseník  
Gymnásium Český Brod

tfordos@seznam.cz, svecova.hana@post.cz, klara.mel@seznam.cz

## Abstrakt:

Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza je metoda, která využívá charakteristické záření vybuze­né ze vzorku k určení přítomnosti prvků. Výhodou této metody je fakt, že nedochází k destrukci zkoumaného vzorku. Z tohoto důvodu se tato metoda využívá ke zkoumání historických památek, např. ke stanovení pravosti starých obrazů, fresek, písemností (složení inkoustu specifické pro určitou dobu).

## 1 Úvod do teorie

Mezi spektrometrickými metodami používanými k analytickým účelům mají významné místo metody založené na využití charakteristického záření vybuze­ného z elektronového obalu zkoumaných atomů. Základní princip spočívá v použití vhodného zdroje budícího záření a detektoru, který snímá záření vybuze­né. Budící záření dodává elektronům energii. Pokud je tato energie dostatečná, dochází k vyrazení elektronu z některé vnitřní slupky atomu. Prázdné místo se zaplní některým elektronem ze slupky vnější. Přičemž dojde k vyrovnání vazebných energií, což se projeví vyzářením kvanta energie. Toto kvantum energie nazýváme charakteristické rentgenovské záření a je pro každý atom specifické.

Zákon, který objevil H. G. J. Moseley, vyjadřuje závislost mezi energií jednotlivé čáry a protonovým číslem atomu prvku, v jehož elektronovém obalu došlo k fotoefektu. Lze ho zapsat rovnicí:

$$E = K (Z-b)^2$$

K, b – konstanty  
Z – protonové číslo  
E – energie čáry

Ke každé hodnotě Z je přiřazena energie čáry, která je prvkem emitována. Změříme-li tedy energii čáry, je možné zjistit, kterým prvkem byla emitována. Hodnoty energií čar lze najít v tabulkách.

Nejčastějšími radionuklidovými zdroji jsou  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{247}\text{Am}$ ,  $^{57}\text{Co}$ . Při výběru vhodného zdroje je podstatné především to, aby měl energii dostačující k vybuzení charakteristického záření.

## 2 Analýza mincí

Cílem naší práce bylo zjistit a porovnat prvkové složení čtyř mincí. Zkoumali jsme mince ze 4 stol. n. l., z roku 1982 - USA, dnešní mince 5 Kč, 10 Kč.

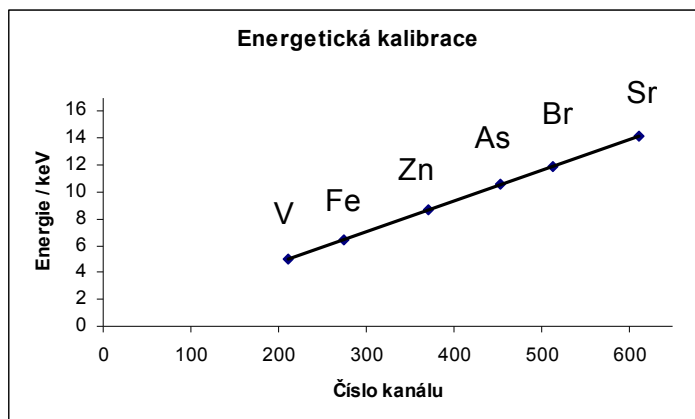
K zjišťování složení jednotlivých mincí jsme použili aparaturu sestavenou ze zářiče  $^{238}\text{Pu}$ , detektoru, zesilovače, mnohakanálového analyzátoru a počítače. Před samotným měřením bylo nutné provést energetickou kalibraci analyzátoru pomocí destičky se známým složením, neboť jednotlivé píky jsou vztaženy na kanály, ke kterým následně přiřadíme energii čáry. Energii čar známých prvků nalezneme v tabulkách a sestavíme kalibrační rovnici, neboť víme, že tato energie je lineárně závislá na čísle kanálu. Také graf potvrdil lineární závislost.

$$E = a \text{ CH} + c$$

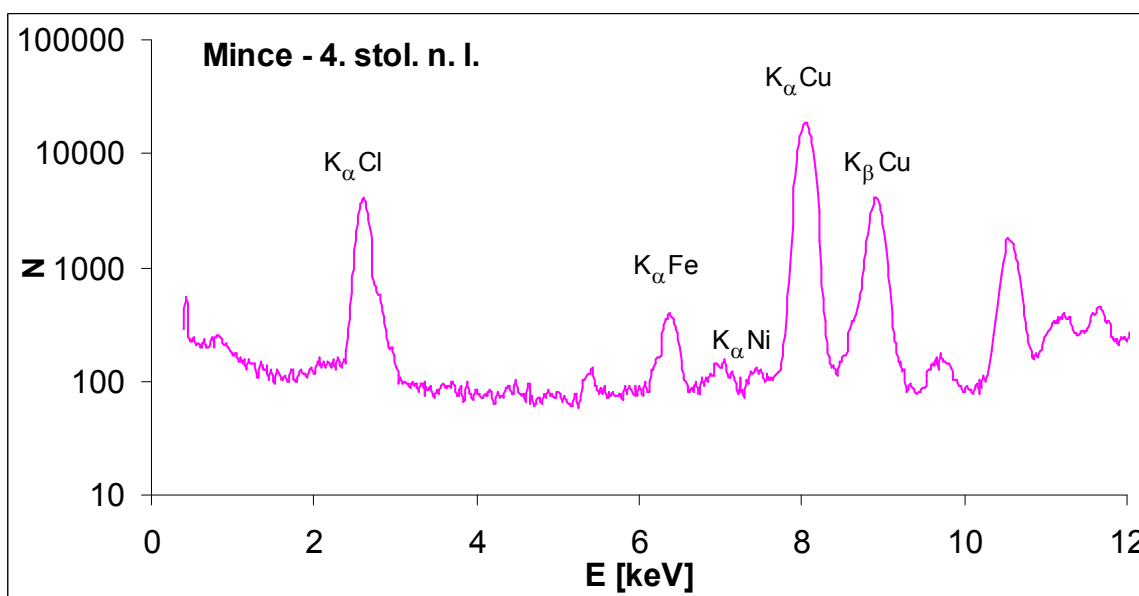
CH - číslo kanálu

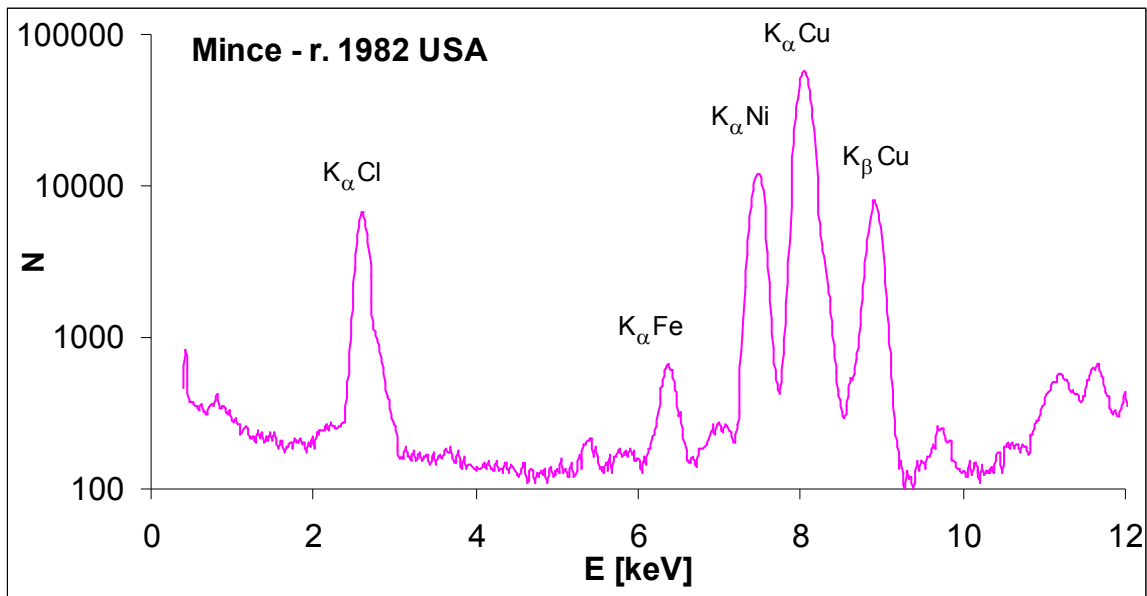
$$E = 0,0231 \text{ CH} + 0,0426 \text{ keV}$$

| Prvek     | Kanál | Energie [keV] |
|-----------|-------|---------------|
| Vanad     | 212   | 4,952         |
| Železo    | 275   | 6,403         |
| Zinek     | 372   | 8,638         |
| Arsen     | 454   | 10,543        |
| Bróm      | 513   | 11,923        |
| Stroncium | 611   | 14,164        |

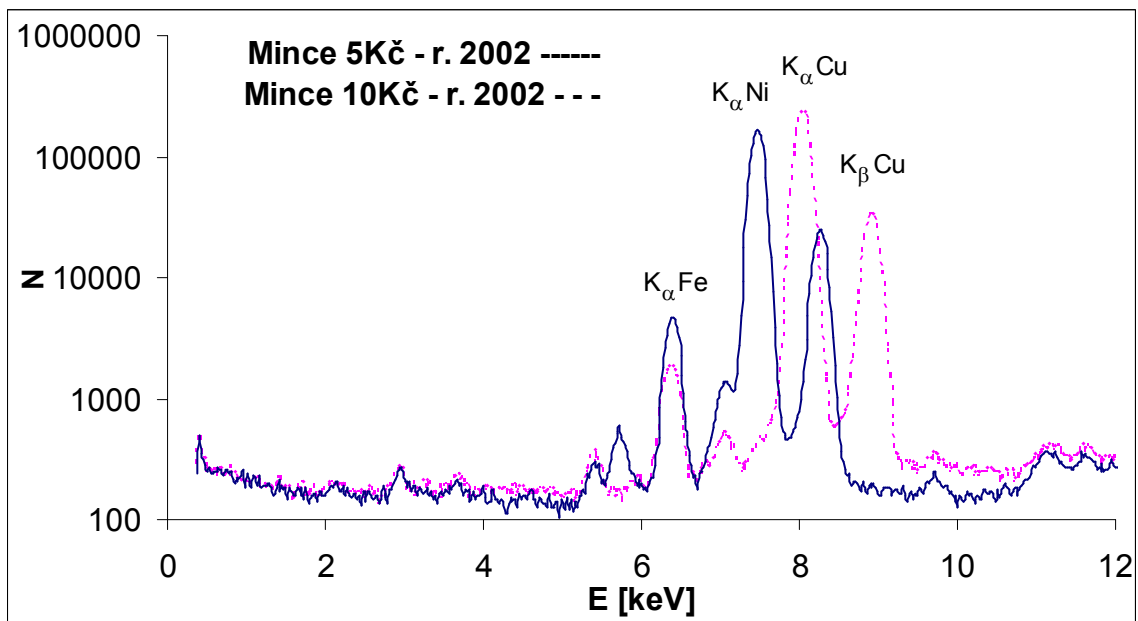


Zjistili jsme prvkové složení jednotlivých mincí a sestrojili příslušné grafy (x-E, y-N počet impulzů). Každé měření trvalo asi půl hodiny.





Z grafů je jednoznačně patrné složení mincí (Fe, Ni, Cu). Zjištěný chlór pochází z fóliového obalu mincí.



### 3 Shrnutí

Při srovnání mince ze 4. století s mincí z roku 1982 pozorujeme rozdílnou koncentraci niklu a železa. Při porovnávání mince 10 Kč a 5 Kč pozorujeme, že mince 10 Kč je převážně složena z mědi a naopak mince 5 Kč je převážně složena z niklu. Tomu odpovídá i vzhled jednotlivých mincí. Veškerá měření jsme provedli, aniž bylo nutné zkoumané předměty poškodit. Obdobně lze zkoumat další památky.

## **Poděkování**

Děkujeme RNDr. Lence Černé za pomoc při práci na miniprojektu.

## **Reference:**

ŠEDA, J.: *Dozimetrie ionizujícího záření*, SNTL, 1983.

MATĚJKA, K.: *Vybrané analytické metody pro životní prostředí*, ČVUT.

MUSÍLEK, L.: *Využití ionizujícího záření ve výzkumu*, ČVUT.