

KEMIJSKA ANALIZA METALNIH VLAKANA NA SRMI IZ MAKEDONIJE

Flora Ziberi, doc. dr. sc. Iva Rezić (mentor).

*Tekstilno-tehnološki fakultet, (e-mail: flora_ziberi@yahoo.com).

**Tekstilno-tehnološki fakultet, (e-mail: iva.rezic@ttf.hr)

Sažetak: U Makedoniji se vrlo često narodne nošnje ukrašavaju zlatnim i srebrnim srmama. Najraskošnije svečane nošnje nose mlade žene do prvih pet godina braka. Nakon pete godine braka odjeća mladih gospođa manje je raskošna, a udane žene, nakon što im djeca postanu punoljetna, odjeću ukrašena zlatnim srmama više ne nose. Cilj ovog rada bio je istražiti kemijski sastav metalnih srma sa makedonski nošnji metodom tankoslojne kromatografije. Problematika istraživanja podijeljena je u tri cjeline. U prvom dijelu rada govori se općenito o metalnim vlaknima i srmima, te o mogućim morfološkim oblicima metalnih niti koje nalazimo na makedonskim nošnjama. Metali od kojih su se izrađivale srme bili su najčešće zlato, srebro i bakar zbog njihovih kemijskih svojstava. Drugi dio obuhvaća literaturno istraživanje kromatografskih sustava koji se mogu primijeniti u analizi metalnih iona u otopinama uzoraka metalnih srma. Treći dio rada je eksperimentalni dio, obuhvaća razvoj i primjenu kromatografske metode kojom su analizirani prikupljeni uzorci srme iz Makedonije te interpretaciju rezultata dobivenih tankoslojnom kromatografijom. Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti da su uzorci srme iz Makedonije bila bakrena pozlaćena odnosno posrebrana vlakna.

Ključne riječi: metalna vlakna, srma, zlato, srebro, tankoslojna kromatografija

1. UVOD

Ženske narodne nošnje u Makedoniji vrlo se često ukrašavaju srmom. Srma je tekstilna pređa izrađena od jezgre (od prirodnog biljnog ili životinjskog vlakna) i omotača (metalnog vlakna ili metalne trake). Srmom se ukrašavaju materijali koji se koriste u posebnim i svečanim prilikama (crkvena ruha, vojne odore, svečana odjeća). Odjevni predmet ukrašen srmom ima poseban sjaj. Sjaj dolazi od metalne niti koja se nekada sastojala od zlata, srebra ili bakra. Ovi su metali razvojem tehnologije zamijenili drugim i jeftinijim metalima. Sjaj plemenitih metala može se imitirati posebnim postupcima. Srma koja se od davnina koristila zanimljiva je i danas zbog svoje posebne tehnike kombiniranja tekstilno-metalnih dijelova, i to metalne niti spiralno omotane oko osnovne tekstilne pređe. U Makedoniji primjena srme bila je raširena, ukrašavala su se liturgijska ruha koja su bila nošena od pravoslavnih svećenika. Vrlo raskošno i bogato ukrašeni odjevni predmeti poput šalova, kapa, plašta odnosno vanjskih i vidljivih odjevnih predmeta. Narodna nošnja ukrašena srmom korištena je za svečane prilike. Kvaliteta srme određivala je cijenu odjevnog predmeta. Srma koja je načinjena od zlata je puno skuplja u odnosu na srmu koja je pozlaćena, jer takva kvalitetna srma s vremenom neće izgubiti svoj sjaj.

Na području Makedonije nastavlja se tradicija nošenja predmeta bogato ukrašenih srmom, koji u kombinaciji s drugim skupim materijalima poput brokat svile daju materijalu raskoš. Zbog toga što se i danas odijevaju predmeti ukrašeni srmom, na području Makedonije mogu se pronaći različite vrste srma. Za ovaj završni rad korištene su srme s područja Makedonije. U završnom radu analizirano je 11 različitih uzoraka metalnih vlakana uzrokovanih sa srmom. Rezultati su pokazali kako su ta vlakna uglavnom bila posrebrana i pozlaćena. Srebro i zlato određeni su na uzorcima metodom tankoslojne kromatografije na silikagelu i celulozi. Za to smo koristili dva različita razvijaača: za silikagel – petroleter, toluen, octena kiselina dok za celulozu – acetonitril i kloridna kiselina.

1.1 METALNA VLAKNA

Metalna vlakna, oznaka MTF, su vlakna građena od različitih metala. Nekada su to uglavnom bili plemeniti metali zlato i srebro, a danas se najviše izrađuju od eloksiranog aluminija. Metalizirana vlakna je opće naziv za vlakna izvana prevučena metalnim filmom [1]. Metalna vlakna su vlakna od kojih najveće značenje imaju čelik, aluminij i volfram. Da bi se mogla prerađivati u tekstilnoj industriji, promjer vlakana mora biti vrlo mali (10 µm).

Način dobivanja metalnih vlakana: U primjeni je više postupka dobivanja finih metalnih niti od kojih najveće značenje imaju postupak izvlačenja i Taylorov postupak te za vrpčasta vlakna postupak rezanja folije. Pri postupku izvlačenja polazi se od

relativno grubih metalnih niti (žice) koje se zatim strojno izvlače u nekoliko isteznih polja. Taylorov postupak u načelu se sastoji u izvlačenju taline metala od potrebne finoće niti. Vrpčasta metalna vlakna (pravokutnog presjeka) dobivaju se postupkom rezanja folije.

Na sličan način u dalekoj su se prošlosti dobivale zlatne (i srebrne) niti od veoma tankih zlatnih listića nalijepljenih na pergamentu, tj. izrezivanjem veoma uskih vrpca. Radi postizanja potrebne čvrstoće, dobivene zlatne niti obavijale su se oko čvrste lanene (kasnije i pamučne) niti, a tako dobivena jezgrasta pređa bila je poznata pod nazivom srma [2].

Srma je najstariji oblik efektne pređe; to je jezgrasta pređa u kojoj je središnja nit (jezgra) najčešće pamučna ili lanena pređa (u novije vrijeme doba i pređa od viskoznih vlakana), a koja je gusto obavijena, u izvornoj izvedbi, zlatnom ili srebrnom niti vrpčasta oblika (zlatna odnosno srebrna srma) [3].

Srma je naziv uvriježen u narodu za pređu u kojima ima metalnih niti. Riječ srma dolazi od turske riječi „syrma“ i izvorno označava srebro. Utkivanjem metala u tekstilne proizvode postižu se veoma ugodni optički efekti izazvani svjetlucajem metala između tekstilnih vlakana. Proizvodnja niti od metala osniva se na sposobnosti nekih metala i legura da se mogu kovanjem ili valjanjem rastanjiti u veoma tanke listiće. Upravo je to razlog da su metalne niti poznate još od davnine, pa se mogu smatrati i prvim vlaknima koje je čovjek izradio. Metalne niti su se proizvodile istežanjem metalne žice kroz rupice sve manjeg i manjeg promjera dok se ne postigne željena tankoća. Prolaskom ovih tankih žica kroz valjke pod pritiskom, mogu se dobiti plosnate lamele. Najčešće zastupljeni metali za izradu metalnih vlakana su još od davnine bili zlato i srebro. Zlato i srebro su najpoznatiji zbog svojih prikladnih svojstava kao što su kovkost i otpornost na koroziju. Otpornost na koroziju je posebno važno svojstvo, jer su tkanine izgrađene s metalnim nitima bile veoma skupe, pa je bilo ostalo važno, da se optički efekti metala ne izgube s vremenom. Udio zlata se s vremenom smanjivao, pa su se zlatne metalne niti proizvodile tako da se na srebrne ili bakrene niti nanosi sloj zlata.

Ovaj se postupak zadržao sve do danas. Imitacija zlatnih niti izrađene su tako da su se bakarne niti izlagale parama cinka, čime se na površini stvarao sloj mjedi čija se boja mogla zamijeniti s bojom zlata.

Danas se proizvodi relativno malo metalnih niti koje sadrže zlato ili srebro. Zamijenio ih je aluminij kojemu se posebnim postupkom može dati obojenje zlata, dok srebrni sjaj aluminijske u potpunosti može zamijeniti sjaj srebra. Metali se susreću i ukomponirani u tekstilne materijale u obliku listića ili niti još u starovjekovnim primjerima tekstila [2].

Metali i metalne niti nalaze se na velikom broju povijesno vrijednih i suvremenih tekstilnih predmeta.



SLIKA 1: Prednja i stražnja strana prsluka (kaftana) od crnog pliša ukrašenog zlatnom srmom porijeklom iz Makedonije

Analiza i karakterizacija ovih materijala vrlo je važna i potrebna iz različitih razloga: kod povijesnih tekstilnih materijala svi postupci čišćenja, konzerviranja i restauracije materijala ovise o sastavu materijala. Koji će se reagensi moći prilikom toga koristiti ovisi o tome da li su metalne niti bile sačinjene od zlata, srebra, bakra ili njihovih legura [4].

Najstariji poznati primjerak tako izgrađenog tekstila potječe iz Egipta iz kasnog antičkog doba i čuva se u Victoria and Albert Museum u Londonu [2].

Tekstil koji sadrži srmu je nezaobilazni predmet kulturnog, društvenog i religioznog života. Predstavlja nešto svečano, skupocjeno i vrijedno poštovanja, te ima poseban sjaj. Predmeti ukrašeni srmom bili su najčešće ručno rađeni, rjeđe su rađeni strojno ako su metalne niti ili srmene pređe utkane u tekstil [5].

Srmom se ukrašavala skupocjena odjeća svjetovnih i crkvenih velikodostojanstvenika o čemu svjedoče nalazi iz starohrvatskih grobova, od srmе se radio zlatovez na skupocjenim nošnjama [2].

Odjeća ukrašena srmom oblačila se samo u najsvečanijim prigodama.

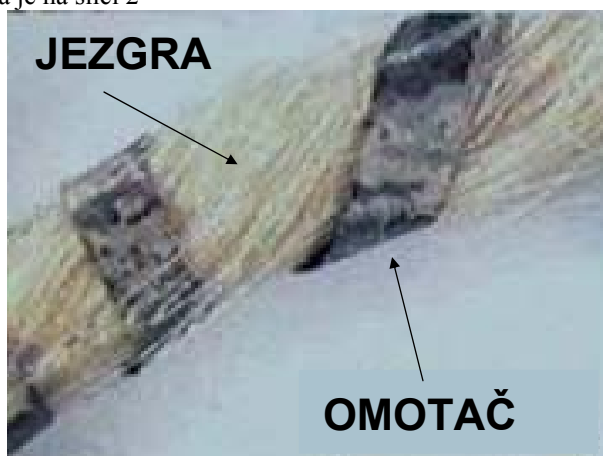
Primjenjuje se još i danas u vojsci na epoletama i na donjim dijelovima rukava za označavanje činova [5].

Metali na tekstilu

Oprilike 80 % svih poznatih elemenata su metali. Njihova kemijska i fizička svojstva su u potpunosti različita od onih nemetalnih elemenata. Metali imaju mnoga pozitivna svojstva, npr. dobro reflektiraju svjetlo i dobri su vodiči topline, lijepih su boja, te se lako oblikuju. Postoje značajne razlike u fizičkim i kemijskim svojstvima pojedinih metala. Npr. zlato ne reagira sa ostalim elementima spontano, dok željezo veoma lako tvori spojeve. Zbog toga folija i žica mogu biti od srebra ali ne i od kalcija. Zbog svojih svojstava metalne niti su se prvo počele upotrebljavati na vunanim tkaninama, već od davnih vremena.

Sama morfologija metalnih niti nije se mnogo mijenjala kroz godine, ali tih upotreba materijala, njihove kombinacije kao i tehnologija izrade, dosta se mijenjala tokom godina.

Morfologija metalnih niti prikazana je na slici 2



Slika 2: Morfologija srmе (jezgra- tekstilna vlakna (svila, lan, pamuk), omotač – metalno vlakno) [6]

Tehnike izrade metalnih niti

Čvrste metalne niti u obliku tankih traka su se proizvodile rezanjem metalne folije ili ravnanjem žice. Najstarija metoda izrade je djelovanje mehaničke sile na neobrađeno zlatno grumenje dok se ne bi dobila što tanja folija koja se kasnije rezala. Te su niti bile kratke te su se međusobno preplitale i spajale pri samom obavljanju oko pređe.

Mnogo jednostavnija i praktičnija metoda otkrivena je kasnije. Istegnuta metalna nit (žica) kovala se uz pomoć određenog alata ili bi se provlačila između dva valjka. Metoda s valjcima bila je bolja jer su se pomoću nje mogla dobiti dulja i tanja metalna traka koja se kasnije rezala na potrebnu debljinu. Da bi se smanjila količina plemenitih metala te samim time olakšala tkanina, niti su izrađivane u kombinaciji koža-zlato, koža-srebro, papir-zlato, papir-srebro ili metalom presvučeno životinjsko crijevo. Papir, koža i crijevo najprije su pozlaćeni ili posrebrani i nakon toga se režu.

U prošlosti je postojalo nekoliko metoda za izradu žice. Izrađivale su se od okruglih šipki ili rezanjem metalnih traka koje su se provlačile između valjaka. Izvlačenje žice izvodilo se pomoću određenog željeznog alata. Alat je na sebi imao rupe koje su omogućile proizvodnju znatno tanje i dulje žice, povlačeći usku, kratku metalnu šipku kroz manje rupe, kratka šipka pretvarala se u dugu finu žicu.

Omatanje metalne niti ili žice oko jezgre od vlakana uz pomoć vretena, već je od davnina predstavljala obiteljski zanat. Prelo se ručno tako da su se metalne niti uvijale u Z ili S preko jezgre od vlakana.

Metalne niti rijetko se sastoje od čistih metala. Obično se manje plemeniti metal prekrivao tankim slojem plemenitijeg metala. Najčešće bi se metalne niti pozlaćivale ili posrebrivale. Pozlata organskih materijala izvodila se pomoću zlatnih listića ili zlatnog praha te bi se spajala pomoću ljepljivog medija ili glačanjem.

Materijal upotrebljavan za izradu metalnih niti

Sve do početka XIX. st. za izradu metalnih niti prvenstveno se upotrebljavalo zlato, srebro i bakar. Također se ponekad koristio i cink kao komponenta bakrove legure. Danas, najčešće upotrebljavan metal za izradu metalnih niti je aluminij. Prekrasni primjeri makedonskih materijala ukrašenim metalnim nitima nalaze se na slici 3.



Primjer 1.: Mlada udana žena, ima prsluk vrlo bogato ukrašen najkvalitetnijem i najskupljom srmom. Zlatna srma utkana je u sami materijal.



Primjer 2: Mlada žena nosi ispod prsluka svečanu košulju koja je također ukrašena zlatnom srmom (dio oko vrata i na rubnim dijelovima rukava)



Primjer 3: Mlada udana žena koja ima vrlo bogato ukrašen prsluk zlatnom srmom, a donji dio nošnje su trake ukrašene zlatnom srmom koje su prišivene na bijeli čipkasti materijal ukrašen bijelim biserima. Ovakva nošnja vrlo je skupa.



Primjer 4: Ukrašavanje srmom može biti u različitim motivima.

Slika 3: Četiri primjera materijala iz Makedonije ukrašenih metalnim nitima: 1.: Mlada udana žena, ima prsluk vrlo bogato ukrašen najkvalitetnijem i najskupljom srmom. Prsluk je postavljen rozim plišem, ali od raskoši detalja sa zlatnom srmom vrlo se slabo može uočiti. Donji dio nošnje je brokat svila. Zlatna srma utkana je u sami materijal.; 2: Mlada žena nosi ispod prsluka svečanu košulju koja je također ukrašena zlatnom srmom (dio oko vrata i na rubnim dijelovima rukava); 3: Mlada udana žena koja ima vrlo bogato ukrašen prsluk zlatnom srmom, a donji dio nošnje su trake ukrašene zlatnom srmom koje su prišivene na bijeli čipkasti materijal ukrašen bijelim biserima. Ovakva nošnja vrlo je skupa.: 4: Ukrašavanje srmom prikazan pojedinim motivima.

Organski materijal preko kojeg se navlači metalni sloj može biti na bazi celuloze (papir) ili proteina (koža, životinjska crijeva). Danas se u ovu svrhu upotrebljavaju sintetički materijali.

Vlaknasta jezgra može biti od proteinskih vlakana (svile, vune ili dlake) ili od onih na bazi celuloze (lan, juta, pamuk).

Međutim, od XX. st sve se više upotrebljavaju umjetna vlakna [6].

MODERNE PRĐE – METALNE I METALIZIRANE PREĐE

Srma se nije odbacila kao način ukrašavanja modernih makedonskih haljina, kao što je vidljivo iz slijedeće slike.



Slika 4: Moderna crna plišana haljina ukrašena srmom i svjetlucajućim kamenima.

Tvrtka Ledel danas proizvodi više od pola milijuna kilograma metalne pređe godišnje, koja se koristi za izradu odjeće i dekorativne tkanine [7]. Hrvatska tvrtka Čateks proizvodi tkanine za radnu odjeću s inox nitima, koja je namijenjena za nošenje u uvjetima gdje postoji opasnost od stvaranja statičkog elektriciteta. Inox je nehrđajući čelik otporan na sve vremenske uvjete, pa se od tkanina s inox nitima izrađuje zaštitna odjeća [8].

2. METALI

2.1. Zlato (Au)

Kemijski simbol za zlato Au dobiven je od latinske riječi aurum, što znači „rumenilo izlazećeg sunca“. Pretpostavlja se da anglosaksonska riječ gold potječe od geolo, što znači žuto.

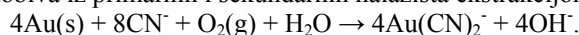
Zlato nema biološku ulogu. Elementarno zlato i njegove soli imaju nisku razinu otrovnosti, jer ih tijelo ne apsorbira. Zlato je bilo poznato od prapovijesti, a i prvi je metal koji se obrađivao, najviše zbog toga što ga se moglo naći u zrcima, pa čak i u grudama, koji su svjetlucali u koritima potoka i jednostavno se moglo prosijati. Sve su civilizacije cijenile zlato i razvijale su složene načine za njihovu uporabu, kao na primjer tkanje zlatnim nitima i ukrašavanje odjeće. Privlačnost zlata izazivala je ljude da traže načina kako bi ga proizveli pa su alkemičari bezuspješno tražili „kamen mudraca“, tvar koja bi, kako se se nadali, pretvorila osnovne metale, na primjer, olovo u zlato. Ali nisu sva alkemičarska istraživanja bila uzaludna. U trinaestom stoljeću oni su otkrili da se zlato otapa u mješavini koncentrirane dušične i klorovidične kiseline nazvanoj *Aqua regia* – kraljevska vodica (zlatotopka). Zlato se koristi za izradu zlatnih poluga, za nakit i u elektronici. Uobičajeno je čistoću zlata mjeriti karatima, a čisto zlato označava je s 24 karata. Naziv je uveden iz riječi karatia koju su koristili bizantski zlatari. Ostale gradacije zlata su 22 karata, to je 92%, 18 karata (75%), 14 karata (58%) i 9 karata (38%).

Zlato za nakit može se razlikovati po nijansi boje, koja ovisi o metalu s kojim je u slitini. Postoji bijelo zlato (težinskih 90% zlata i 10% nikla), crveno zlato (50% zlata i 50% bakra), plavo zlato (46% zlata, 54% indija), purpurno zlato (80% zlata, 20% aluminijska), zeleno zlato (73% zlata, 27% srebra) i čak crno zlato (75% zlata, 25% kobalta).

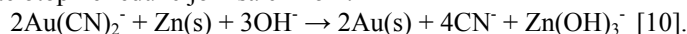
Kad metalni predmet treba prekriti zlatom, odnosno galvanizirati, stavlja se u kupku otopine zlata; on uzima ulogu katode, dok je anoda izrađena od slitine platine i titana. Provođenjem električne struje, na predmet se nanosi zlato. Galvanizacijom se može proizvesti film debljine mikrometra. Zlato ima veću kovnost od bilo kojeg

elementa, a dokaz za to je da se čekićem može razvući u list tanak poput papira, što se tisućljećima koristi za izradu ornamenta. Jedan jedini gram zlata – veličine zrna riže – čekićem se može razvući u list zlata koji pokriva 1 četvorni metar. [9]

Dobivanje zlata: Najčešće se zlato dobiva iz primarnih i sekundarnih nalazišta ekstrakcijom pomoću *cijanidnog postupka*:



Taloženje zlata vrši se iz lužnate otopine redukcijom sa cinkom:



Zlato je mekani metal i član 11. skupine u periodnom sustavu elemenata. U metalnom obliku ima karakterističnu sjajnu žutu boju. Na zlato ne djeluju zrak, voda, lužina ni kiselina, osim zlatotopke (aqua regia) i selenske kiseline (H_2SeO_4) [9].

Otapanje u zlatotopci (carskoj vodi), $\text{HNO}:\text{HCl} = 1:3$, zato što ona sadrži Cl^- ion koji stabilizira Au^{3+} ion pri stvaranju kompleksnog iona tetrakloro - auratne (III) - kiseline (AuCl_4^-) te u cijanidnim otopinama koje sadrže kisik, zbog stvaranja kompleksa s kloridom odnosno cijanidom [6].

Otpornost zlata na oksidaciju i koroziju leži u izuzetno čvrstoj vezi njegovog vanjskog elektrona, onoga koji je „zadužen“ za stvaranje kemijskih veza [9].

2.2. Srebro (Ag)

Kemijski simbol, Ag, dolazi od *argentum*, latinskog naziva za srebro.

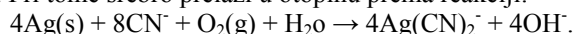
Srebro nema biološku ulogu i izuzetno je otrovan za niže organizme.

Srebro je bilo poznato svim starim civilizacijama, ali se, za razliku od zlata, rijetko nalazio kao čisti metal, pa iako je mnogo raširenije, dugo nije ušlo u primjenu.

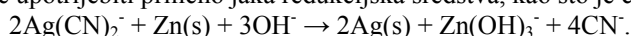
Izrađuju se sme, slitine u kojoj je 93% srebra i 3% bakra.

Srebro ima izvrsnu vodljivost. Ono je najbolji vodič topline i elektriciteta među svim kovinama [9].

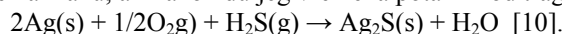
Dobivanje srebra: Metalno srebro je često uprskano u različitim stijenama, obično zajedno s rudom. Iz aktivnih sirovina srebro se dobiva tzv. *cijanidnim postupkom*. Pri tome srebro prelazi u otopinu prema reakciji:



Da bi se dobilo srebro, potrebno je upotrijebiti prilično jaka redukcijska sredstva, kao što je cink u lužnatom mediju:



Na običnoj temperaturi ne oksidira se na zraku, ali nakon duljeg vremena potamni od tragova sumporovodika iz zraka :



Srebro je meka kovina svojstvenoga srebrnog sjaja kada se ulašti; član je 11. grupe periodnog sustava elemenata. Srebro je, poput zlata, kovno i gipko. Može se raskovati tako da postane gotovo prozirno, a gram kovine može se razvući u žicu dugu gotovo 2km. Stabilno je u kontaktu s vodom i zrakom, ali ga polagano napadaju sumporni spojevi iz zraka pa tvore crni sulfidni sloj, zbog kojega se srebro mora redovito čistiti. Srebro se otapa u sumpornoj i dušičnoj kiselini [9].

Kemijski je relativno inertno. Pri sobnoj temperaturi na zraku ne oksidira, ali nakon duljeg vremena potamni od tragova sumporovodika iz zraka:



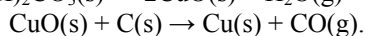
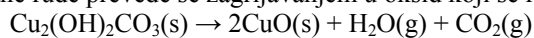
Velika otpornost srebra prema koroziji objašnjava se, u prvom redu, njegovom visokom elektropozitivnošću, a manje stvaranjem zaštitnog sloja na površini metala. Zbog prilično visokog standardnog potencijala (+ 1,68 V) srebro se ne otapa u neoksidirajućim kiselinama. Otapa se u dušičnoj i vrućoj koncentriranoj sumpornoj kiselini, a njegovo otapanje u zlatotopci brzo se zaustavlja jer se na površini metala stvara zaštitni sloj srebrovog(I)-klorida [6]

Srebro se danas koristi i u obliku nanočestica, dok ioni srebra imaju široku primjenu zbog antimikrobnog djelovanja.

2.3. Bakar (Cu)

Kemijski simbol Cu dolazi od latinskog *Cyprium aes*, što znači metal s Cipra. Bakar je esencijalan za sve žive vrste. Taj se metal zlatno narančaste boje lako obrađuje, a može se izvlačiti u tanke žice. Taljenje bakrenih ruda počelo je 5000 godina p.n.e., a sve su ga kulture koristile za izradu oružja, oruđa i nakita. Bakar se uglavnom izdvajao iz malahita, zelene rude koja se lako mogla otkriti, u osnovi koje je bakreni karbonat, $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$. Bakar je odličan vodič topline i zbog toga se upotrebljavao za izradu lonaca, čajnika i kotlova u grijanju vode. Bakar je, uz srebro i zlato, tradicionalno poznat kao jedan od metala za izradu novca, ali mu je vrijednost bila manja od srebrnog i zlatnog, jer ga je bilo više [9]

Dobivanje bakra: Koncentrat karbonatne rude prevede se zagrijavanjem u oksid koji se reducira koksom:



Bakar je metal karakteristične svijetlo-crvenkaste boje, relativno mekan, ali vrlo žilav i rastezljiv. Može se izvlačiti i u vrlo tanke žice. Zbog pozitivnoga standarda redoks-potencijala bakar se ne otapa u kiselinama koje nemaju oksidacijsko djelovanje. U čistom zraku bakar je stabilan, ali duljim stajanjem dobiva zelenu *patinu*, čiji sastav ovisi o nečistoćama u atmosferi. To može biti ili hidroksidkarbonat, ili hidroksidsulfat, ili hidroksidklorid [9].

Bakar je narančasto-zlatni metal i član je 11. skupine periodnog sustava elemenata, u kojoj se nalaze kovni metali. Kovan je i rasteljiv. Od svih metala, s izuzetkom srebra, ima najbolju električnu vodljivost. Otporan je na zrak i vodu, ali ne i na kiseline [9].

Prema sastavu bakrene legure mogu se podijeliti na: tehničke legure bakra, bakar sa manjim dodatcima primjesa, mjedi i bronce. Na tekstilijama najviše nailazimo na razne ukrase, nakit, metalna vlakna, načinjene od mijedi. **Mijed** (mesing) je legura bakra i cinka u različitim omjerima kojoj se dodaju manje količine drugih metala (Sn, Fe, Mn, Ni, Al). Osim mijedi, za izradu nakita, kovanog novca, različitih metalnih perlica i dugmadi, koriste se i **bronce** – legure bakra s kositrom. Bronca se zbog različitih svojstava mogu dodavati i drugi elementi (Al, Si, Pb, itd.). Tako npr. aluminijske bronce sadrže 5-12 % aluminijske, otporne su na atmosfersku i kemijsku koroziju, imaju visoku čvrstoću i tvrdoću te lijepu zlatnu boju [6].

Tablica 1: Konstante produkta topljivosti (K_{pt}) i konstante nestabilnosti (K_{nest}) za neke komplekse zlata, srebra i bakra [11]:

TALOG	K_{pt}	KOMPLEKS	K_{nest}
$Au(OH)_3$	$5 \cdot 10^{-46} M^4$	Au^{3+}/Cl^-	$1 \cdot 10^{-20} M (K_4)$
$H_2AuO_3^- / H^+$	$6,3 \cdot 10^{-18} M$	Au^{3+}/NH_3	$1 \cdot 10^{-30} M (K_4)$
$Au(SCN)_4^- / K^+$	$6 \cdot 10^{-5} M$	Au^{3+}/SCN^-	$1 \cdot 10^{-42} M (K_4)$
AgS	$8 \cdot 10^{-21} M^3$	$Ag(NH_3)_2^+$	$5,75 \cdot 10^{-8} M^3$
$AgCl$	$1,77 \cdot 10^{-10} M^2$	$Ag(S_2O_3)_2^{3-}$	$3,16 \cdot 10^{-15} M^3$
$AgCN$	$5,97 \cdot 10^{-17} M^2$	$Ag(CN)_2^-$	$1,41 \cdot 10^{-20} M^3$
Cu_2S	$8 \cdot 10^{-37} M^3$	$Cu^{2+} / 2OH^-$	$1,3 \cdot 10^{-20} M^3$
$CuCN$	$3,47 \cdot 10^{-20} M^2$	$Cu^{2+} / EDTA^{4-}$	$1,6 \cdot 10^{-18} M^2$
$Cu(OH)_2$	$1,26 \cdot 10^{-20} M^2$	Cu^{2+} / CN^-	$1,0 \cdot 10^{-28} M^2$
$2Cu^{2+} / Fe(CN)_6^{4-}$	$2,0 \cdot 10^{-16} M^3$	Cu^{2+} / NH_3	$1,0 \cdot 10^{-2} M^5$

*M – moldm⁻³

3. KROMATOLOGRAFIJA

Kromatografija je fizikalna metoda separacije u kojoj se sastojci raspodjeljuju između dviju faza, od kojih je jedna nepokretna, dok je druga, pokretna, i giba se u određenom smjeru. Kromatografski sustav čini uz to i ispitivanje supstancija koja je tijekom kromatografskog procesa u dinamičkoj ravnoteži između pokretne i nepokretne faze. Zbog toga dolazi do narušavanja i uspostavljanja ravnotežnog stanja, što uzrokuje putovanje skupine molekula u smjeru gibanja pokretne faze. Nepokretna faza mora biti odabrana tako da zadržavanje molekula bude selektivno, tj. da različiti sastojci smjese bude uz nju vezani u različitim vremenskim razdobljima, što uzrokuje razdvajanje smjese. S obzirom na prirodu ravnoteže između pokretne i nepokretne faze, kromatografske se tehnike mogu podijeliti na :

- razdjelnu kromatografiju, kada se ravnoteža uspostavlja između dviju kapljevine, što znači da je i nepokretna faza kapljevine vezana na inertni čvrsti nosač
- adsorpcijsku kromatografiju u kojoj se ravnoteža uspostavlja između kapljevine ili plina u pokretnoj fazi i površine čvrste nepokretne faze, pri čemu se ispitivane molekule vežu na površinu adsorbensa
- afinitetnu kromatografiju u kojoj se na površini čvrste faze nalaze različite funkcionalne skupine s definiranim prostornim rasporedom, a do vezivanja dolazi zbog specifičnih interakcija molekula s kemijski vezanim ligandom na površini nepokretne faze
- kromatografiju isključivanjem u kojoj je nepokretna faza materijal s porama definiranih dimenzija i slabo izraženim adsorpcijskim svojstvima, a razdvajanje se molekula zbiva zbog razlike u molekularnoj masi i obujmu.

Podjela kromatografskih tehnika moguća je i na temelju sastava pokretne faze. Tako je u plinskoj kromatografiji pokretna faza inertni plin, u tekućinskoj kromatografiji to je kapljivina male viskoznosti, a u fluidnoj kromatografiji pri superkritičnim uvjetima pokretna je faza gusti plin (fluid) iznad svoje kritične temperature i tlaka.

Nepokretna faza uglavnom je porozni zrnati sloj velike specifične površine, koja može biti modificirana vezivanjem liganada, što je čini prikladnijom za određenu namjenu. Ona može biti gusto pakirana u kromatografskom stupcu, pa onda govorimo o kolonskoj kromatografiji, ili može biti nanosena kao tanki homogeni sloj na inertnu podlogu, primjer je tankoslojna kromatografija. Tankoslojna kromatografija i kromatografija na papiru predstavljaju plošnu kromatografiju.

Vrlo mali volumen uzorka koji kromatografski odjeljuje i dokazuje, unosi se u pokretnu fazu kada je riječ o kromatografiji na stupcu, ili na nepokretnu fazu, ako se radi plošna kromatografija. Uspostavljanjem kromatografskog procesa dolazi do razlučivanja smjese.

Informacija o uspješnosti separacije je u kromatogramu, tj. zapisu koncentracijskog ili masenog profila sastojka uzorka nakon završnog procesa razdvajanja. Na temelju broja opaženih koncentracijskih profila može se zaključiti o složenosti ispitivanog

uzorka. Položaj mrlje na kromatogramu pomaže u identifikaciji uzorka, a na temelju površine kromatografske krivulje, odnosno njezine visine može se dobiti kvantitativna procjena. Pri tomu kromatogram je grafički prikaz odnosa odziva detektora, tj. koncentracije analita u eluatu prema volumenu eluata ili vremenu. U plošnoj kromatografiji pojam kromatogram može se odnositi na papir ili tanki sloj na kojemu su razdvojene zone. Uzorak se nanosi na početnu točku ili liniju (start), otapalo putuje do fronte, a omjer puta koji je prošla ispitivana tvar i puta otapala iskazuje se faktorom zaostajanja, R_F .

Faktor zaustavljanja, R_F vrijednost

Temeljni parametar koji se koristi za karakterizaciju položaja zone uzorka je *faktor zaustavljanja* ili R_F vrijednost. On predstavlja odnos udaljenosti koju prijeđe uzorak i udaljenost koju prijeđe pokretna faza

$$R_F = Z_x / (Z_f - Z_o)$$

gdje je Z_x udaljenost koju prijeđe uzorak od starta, $Z_f - Z_o$ udaljenost koju prijeđe pokretna faza od starta ispitivane supstancije, Z_f udaljenost koju prijeđe pokretna faza, Z_o udaljenost od starta do početka pokretne faze R_F vrijednosti kreću se u rasponu od 0 do 1. Ako je vrijednost 0, onda putuje sa starta, a ako je 1 onda se tijekom kromatografiranja ne veže na nepokretnu fazu.

3.1. Kromatografski sustav

Kromatografski sustav čine analizirani uzorak te pokretna i nepokretna faza. O njihovu optimalnom izboru ovisi učinkovitost kromatografskog razvijanja, pri izboru nepokretne i pokretne faze. U *kromatografiji normalnih faza* nepokretna je faza polarna, a pokretna nepolarna. Odjeljivanje smjese spojeva u tom slučaju ovisi o interakciji polarnog analita s polarnom nepokretnom fazom. Pri tome se mogu razdvojiti homogeni ili izomerni spojevi s istom funkcionalnom skupinom i sličnim mehanizmom interakcije. Napolarni spojevi, npr. ugljikovodici, bez polarnih funkcionalnih skupina u tom slučaju reagiraju s nepokretnom fazom.

Kao nepokretna faza u ovoj kromatografiji rabi se uglavnom silikagel, a ponekad i neutralni aluminijev oksid.

Kao pokretna faza služi sustav otapala, kojemu se prema potrebi dodaju voda ili elektroliti u cilju podešavanja polarnosti. Silikagel je temeljna nepokretna faza, ali zbog smanjenja njegove polarnosti treba ga ponovno modificirati. Zato se na površinu silikagela vežu alkilne i arilne skupine, a najpopularniji je oktadecilsilil supstituirani silikagel, poznatiji kao C_{18} . Nedostatak silikagelnih nepokretnih faza je u njihovoj nestabilnosti izvan pH-područja 2,5-8,0. Pokretna faza jest smjesa vode i polarnog organskog otapala. Izbor otapala ovisi o njegovoj moći eluiranja analita, što je povezano s viskoznošću, dielektričnom konstantom te proton-akceptorskim, odnosno proton-donorskim svojstvima.

3.1.1. Nepokretna faza

Nepokretna faza je čvrsta tvar ili kapljevinna na inertnom nosaču. Nepokretna faza u tankoslojnoj kromatografiji čini tanak sloj sorbensa fiksiran na pogodnoj inertnoj podlozi (staklo, metalna ili plastična folija). S obzirom na kemijsku strukturu i polarnost, sorbensi se dijele na:

- polarne anorganske (hidrofilne) sorbense, čiji su predstavnici silikagel, aluminijev oksid i magnezijev silikat
- nepolarne anorganske sorbense, kao što su aktivni ugljen i grafit
- polarne vezane faze, npr. amino propil, cijanopropil, diol
- nepolarne vezane faze poput alkana, C_8 i C_{18} ugljikovodika i
- polarne organske sorbense koje predstavljaju celuloza, hitin i poliamid.

Izbor nepokretne faze uvjetovan je prirodom ispitivanog spoja, prirodom ravnoteže kromatografskog procesa i vrstom veze koja nastaje između ispitivanog spoja i kromatografske podloge.

Najčešće korišteni sorbensi u tankoslojnoj kromatografiji su silikagel, aluminijev oksid, celuloza, poliamidi i polimerni ionski izmjenjivači. Površina silikagela je blago kisela (pH oko 5) zbog silanolnih skupina. Aktivnost sorbensa ovisna je i o koncentraciji sorbiranih nečistoća, posebice vode pa ovisi o relativnoj vlažnosti atmosfere. Zadržavanje na silikagelu je kontrolirano brojem i vrstom funkcionalnih skupina uzorka i njihovim prostornim smještajem. Kromatografske ploče s prirodnom i mikrokristaličnom celulozom koriste se za razdvajanje vrlo polarnih spojeva. Celuloze su prirodni polisaharidi u obliku dugih vlakana (prirodna celuloza) ili štapića (mikrokristalična celuloza). Prednost TK s celulozom pred papirnatom kromatografijom je u kraćem vremenu razvijanja i većoj osjetljivosti, što se tumači kraćim vlaknima i većom površinom, pa su mrlje kompaktnije nego na papiru. Zbog vlaknaste strukture sloj celuloze može pripremiti bez dodataka veziva.

Silikagel je jedan od najviše upotrebljivanih sorbensa u kromatografiji. Opća mu je formula $SiO_2 \cdot x H_2O$, a strukturno se predstavlja SiO_4 -tetraedrom. Procesom polimerizacije nastaje amorfni porozni silikagel velike specifične površine.

Adsorpcijska svojstva silikagela ovise o broju, položaju i međusobnom odnosu hidroksilnih skupina na površini silikagela.

3.1.2. Pokretna faza

Da bi se s obzirom na izbor nepokretne faze omogućio optimalan kromatografski sustav za razdvajanje željene smjese, treba izabrati pogodan sustav otapala koje čine pokretnu fazu. U tankoslojnoj kromatografiji taj sustav otapala naziva se razvijanjem.

Priroda veze koja se ostvaruje između ispitivanog spoja, nepokretne i pokretne faze važan je čimbenik realnog kromatografskog procesa. Intermolekularne interakcije van der Waalsovih silama, veze dipol-inducirani dipol, dipol-dipol te vodikova veza najčešće su u kromatografiji. S obzirom na sposobnost tvorbe vodikove veze, otapala su podjeljena u pet skupina:

1. tekućine čije su molekule međusobno povezane višestrukim vodikovim vezama (voda, glicerol, aminoalkoholi, etilenglikol i sl.)
2. tekućine čije su molekule povezane vodikovom vezom i koje mogu tvoriti vodikovu vezu s molekulama ispitivanog spoja (alkoholi, fenoli, amini)
3. tekućine čija molekule sadržavaju atome kisika koji mogu imati udjela u vodikovoj vezi, ali ne sadržavaju atome vodika (ketoni, eteri, esteri, aldehidi)
4. tekućine čije molekule sadržavaju atom vodika koji može tvoriti vodikovu vezu, ali ne sadržava dgovarajuće atome koji bi mogli imati udjela u vezi (kloroform, diklormetan)
5. ostale tekućine čije molekule mogu tvoriti vodikovu vezu.

Optimalna R_F vrijednost može se dobiti kontroliranjem jakosti otapala, odnosno najboljom kombinacijom udjela slabog i jakog otapala u višekomponentnim razvijaačima. Važnost se otapala može definirati i njegovom polarnošću. U tankoslojnoj kromatografiji normalnih faza jakost otapala raste s porastom polarnosti razvijaača, odnosno njegovom sposobnošću da sudjeluje u snažnim međumolekulskim interakcijama sa molekulama sličnih polarnosti [12].

3.2. Kromatografski proces

Proces nejednolikog zaustavljanja različitih spojeva u odnosu na otapalo naziva se kromatografski proces [13]. Proces započinje kada dolazi do uspostavljanja dinamičke ravnoteže analita između dviju faza od kojih jedna miruje dok se druga giba, pa se prema tome i nazivaju nepokretna i pokretna faza. Kako se vidi na slici 9. zbog gibanja pokretne faze dolazi do narušavanja i uspostavljanja ravnotežnog stanja tijekom cijelog kromatografskog procesa. Posljedice toga su migracije skupina molekula u smjeru gibanja pokretne faze [12].

Za odjeljivanje na pločama koriste se staklene četvrtaste komore s brušenim staklenim poklopcem koje nazivamo kromatografskim kadama. Vrlo važan čimbenik za uspješno kromatografsko odjeljivanje je prethodno zasićenje komore. Smjer razdvajanja kromatograma može biti različit:

1. Uzlazno razvijanje – kromatografska ploča postavlja se u komoru pod kutem u kojem se nalazi otapalo. Tekućina otopine putuje odozdo prema gore, tj. do fronte kapilarnih silama. Ploča se nakon razvijanja vadi iz komore i suši u horizontalnom položaju.
2. Silazno razvijanje – rijetko se koristi u tankoslojnoj kromatografiji, zahtjeva poseban pribor za uporabu, a efekti odjeljivanja su slabiji od uzlaznog razdvajanja.
3. Horizontalno razvijanje – može biti kružno ili linearno. Kružno razvijanje koristi se uglavnom za orijentacijsko odabiranje pogodnog otapala, dok se linearno razvijanje koristi samo iznimno.

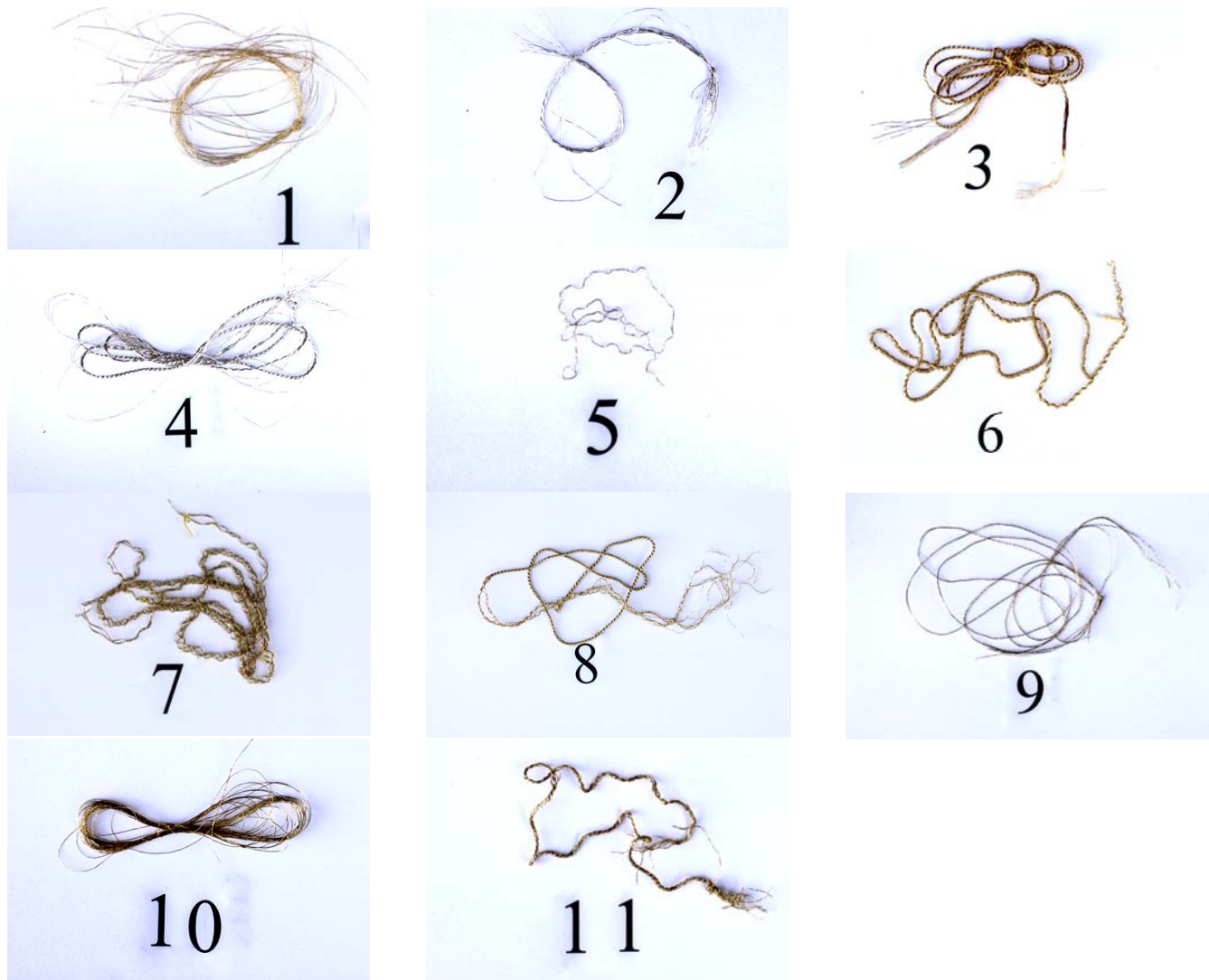
Plošna kromatografija razlikuje se od ostalih kromatografskih tehnika po tome što je plinska faza prisutna i u nepokretnoj fazi, a ta plinska faza može značajno utjecati na rezultat razdvajanja. Proces koji se odvaja u komori za razdvajanje pločice je slijedeći: pločicu stavljamo u komoru koja sadrži dovoljno razvijaača i u kojoj je već ranije postignuto ravnotežno stanje. Donji dio pločice treba biti uronjen nekoliko milimetara, kako bi se pokretna faza (razvijaač) mogla penjati kapilarnim silama do željene visine bez ometanja [13].

Razvijanje kromatograma je onaj proces u kromatografskoj analizi kojom uzorak putuje nepokretnom fazom nošen pokretnom fazom. Većinom se uzorak na polazni položaj nanosi kao otopina u točku blizu jednog kraja ploče (najčešće dimenzije ploča su 20 x 20 cm). To se mjesto označi olovkom. Ploča se postavi u zatvorenu komoru zasićenu parama razvijaača. Pošto je razvijaač prešao polovicu ili dvije trećine duljine ploče, ploča se izvadi iz komore i suši. Tako dobivene mrlje na ploči određuju se usporedbom položaja mrlje na kromatogramu nepoznatih uzoraka s položajem mrlja niza poznatih čistih spojeva (referentnih tvari).

Većina je tvari koje se ispituju tankoslojnom kromatografijom nebojena, pa je nakon završetka kromatografskog procesa potrebno odijeljene spojeve na kromatogramu na neki način detektirati. Jedna se metoda, koja se može primijeniti za većinu organskih smjesa, sastoji u prskanju kromatograma raznim kemikalijama. U tu svrhu često se upotrebljavaju i indikatori ili reagensi. Drugi se način sastoji u dodavanju fluorescentnog indikatora tijekom priprave sloja. Nakon razvijanja, takav se kromatogram promatra pod UV –svjetlom. Pri tome cijela ploča fluorescira, osim onih dijela gdje se nalaze odijeljene mrlje koje ne fluoresciraju. Danas se uglavnom koriste industrijski pripremljene pločice sa već ugrađenim fluorescentnim indikatorima [13].

4. EKSPERIMENTALNI DIO

Uzorci koji su korišteni u ovom završnom radu su s područja Makedonije, te su prikazani na slici 5.



Slika 5: Zlatna srma – uzorci korišteni u ovom završnom radu

Priprema uzoraka za analizu zahtjeva odvajanje metalne niti od jezgre vlakana.

Prvo je bilo provedeno odvajanje metalne niti od jezgre koja se zatim važe na analitičkoj vagi. Odvage pojedinih metalnih niti bile su oko 0,0250 – 0,1500 g. Otapanje metalnih niti u pogodnim reagensima

Analiza uključuje usitnjavanje i homogenizaciju, te otapanje. Za otapanje niti uzete su: zlatotopka, odnosno svježe pripremljena otopina HCl i HNO₃ u omjeru 3:1, HNO₃ 1:1 i koncentrirana HNO₃

Tankoslojna kromatografija na silikagelu / ili celulozi

Stacionarna faza: silikagel sa ugrađenim fluorescentnim indikatorom F₂₅₄ /ili celuloza

Mobilna faza za silikagel:

- petroleter; $V(C_6H_{12}) = 6,7 \text{ cm}^3$
- toluen; $V(C_7H_8) = 3,3 \text{ cm}^3$
- octena kiselina; $V(C_2H_4O_2) = 8,5 \text{ cm}^3$
- destilirana voda; $V(H_2O) = 1,5 \text{ cm}^3$

Mobilna faza za celulozu:

- acetonitril; $V(C_2H_3N) = 14,6 \text{ cm}^3$
- kloridna kiselina koncentrirana; $V(HCl) = 2,4 \text{ cm}^3$
- destilirana voda; $V(H_2O) = 1,5 \text{ cm}^3$

Standardne otopina iona s otopinama uzoraka 1a i 2a:

- Al^{3+}
- Ag^+
- Au^{2+}
- Cu^{2+}
- Cr^{3+}
- Co^{2+}
- Fe^{3+}
- Mn^{2+}
- Ni^{2+}
- Zn^{2+}

REZULTATI

Rezultati kromatografskog ispitivanja prikazani su u tablicama 3 i 4.

Tablica 3: Separacija sastojaka otopine na kromatografskoj ploči silikagela

Broj	Uzorak	R_f vrijednost	Boje mrlja
1	Al^{3+}	0,06	Bijela
2	Ag^+	0,22	Svijetlo žuta
3	Au^{2+}	0,00	Bijela
4	Cu^{2+}	0,62	Ljubičasta
5	Cr^{3+}	0,20	Svijetlo siva
6	Co^{2+}	0,18	Tamno žuta
7	Fe^{3+}	0,68	Svijetlo smeđa
8	Mn^{2+}	0,24	Svijetlo žuta
9	Ni^{2+}	0,18	Svijetlo narančasta
10	Zn^{2+}	0,00	Bijela
11	1a	0,22	Bijela
12	2a	0,00	Bijela

Iz dobivenih rezultata vidimo da se uzorak 1a sastoji od srebra (R_f vrijednost od 0,22), a uzorak 2a se sastoji od zlata (R_f vrijednost od 0,00).

Temeljem dobivenih rezultata zaključeno je kako se uzorci 1a i 5a sastoje od srebra, a svi drugi od zlata (tablica 4).

Tablica 4: Rezultati ispitivanja metalnih vlakana sa srma iz Makedoniji

Uzorak	Opis uzorka	Dokazani metali
1	Metalno vlakno bijele boje, komercijalno proizvedena u Makedoniji	Srebro, Ag
2, 3	Metalno vlakno žute boje, komercijalno proizvedena u Makedoniji	Zlato, Au
4	Metalno vlakno bijele boje, komercijalno proizvedena u Makedoniji	Zlato, Au
5	Metalno vlakno crvene boje	Srebro, Ag
6, 7, 8	Metalno vlakno žute boje, srma uzeta sa odjevnog predmeta starog preko 40 godina	Zlato, Au
9	Metalno vlakno žute boje, srma koja je vrlo tanka	Zlato, Au
10	Metalno vlakno žute boje, srma koja je tanka i uzeta s križnog namotka	Zlato, Au
11	Metalno vlakno žute boje, srma koja je stara i bila dio odijevnog predmeta	Zlato, Au

6. ZAKLJUČAK

Tankoslojna kromatografija je separacijska i identifikacijska metoda određivanja komponenata u smjesi. To je brza, jednostavna i učinkovita metoda čija je prednost istovremeno određivanje brojnih metalnih iona iz smjese što skraćuje vrijeme pripreme uzorka. Optimalno kromatografsko razdvajanje različitih metalnih iona provedeno je na podlozi silikagela uz razijač petroleter, toluen i octenu kiselinu. Detekcija mrlja na kromatogramu provedena je promatranjem boja, oblika i položaja mrlja, te izračunavanjem R_F vrijednosti. Metodom takoslojne kromatografije su određeni metali prisutni u uzorcima srme.

Identificirani su srebro i zlato. Uzorci 1a i 5a bili su od srebra, a svi ostali su od zlata odnosno pozlačeni.

Vrijedni povijesni materijali ukrašeni zlatnim i srebrnim srmama, moraju se posebno čuvati i čistiti. Obično se narodne nošnje pohranjuju u bijele pamučne plahte, da se spriječi međusobni kontakt srme i metalnih vlakana unutar nje. Stoga se za čuvanje jednog prsluka može koristiti i pet različitih pamučnih materijala, te jastuk koji unutar prsluka održava oblik uporabnog predmeta.

Narodne nošnje simbol su vizualnog identiteta svakog naroda, a u Makedoniji, kod albanske populacije, ona ima izuzetno veliku vrijednost koju nove generacije čuvaju te tradiciju nošenja ovih materijala prenose sa generacije na generaciju (Slike 6 i 7).



Slika 6: Materijali ukrašeni zlatnim i srebrnim srmama



Slika 7: 1. Tradicionalna i obavezna nošnja, koja se nosi samo u posebnim prigodama. Svaka mlada žena koja se udala mora posjedovati ovu nošnju. Kvaliteta srme, vrijeme izrade nošnje i kvaliteta brokat svile dat će konačnu cijenu same nošnje. Brokat svila može biti u nekoliko boja. Ukoliko je mlada žena u braku do 5 godina tada je brokat svila u rozoj ili boja breskve, nakon 5 godina brokat svila može se zamijeniti i to najčešće u boju lavande; 2. Prsluk, koji ima tamniji pliš kao popratnu tkaninu koji je ukrašen zlatnom srmom te bisernim perlicama; 3. Ukrašavanje zlatnom srmom ali i bisernim perlicama;

7. LITERATURA

- [1] R. Čunko, M. Andrassy: *Vlakna*, Zrinski, Čakovec (2005.), Str.:19.
- [2] D. Raffaelli, R. Čunko i M. Dragičević: Istraživanje primjerka srme s tla Dalmacije u razmaku od tisuću godina, *Tekstil* 31(12) 827 – 383 (1982).
- [3] R. Čunko i E. Pezelj, *Tekstilni materijali*, Zrinski, Čunko 2002., Str.:26.
- [4] I. Rezić i sur.: Metalni predmeti i metalna vlakna na povijesnom i suvremenim tekstilnim predmetima, *Tekstil* 58 (3) 93-104 (2009.)
- [5] I. Soljačić, T. Pušić: Primjena srme u Hrvatskoj od 11. do 20. Stoljeća, *Tekstil* 62 (3-4) 101-111 (2013.)
- [6] I. Rezić, Disertacija, Karakterizacija metalnih vlakana posebne namjene, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet; prezentacija od 17. 12. 2009.
- [7] <http://www.lameledal.com>, Pristupljeno: 19.5.2014.
- [8] <http://www.cateks.hr/proizvodi.php>, Pristupljeno 19.5.2014.
- [9] J. Emsley, *Vodič kroz elemente*, Izvori, Zagreb 2005., Str.:450-455.
- [10] I. Filipović i S. Lipanović, *Opća i anorganska kemija*, Školska knjiga, Zagreb 1995., Str.:1085-1088.
- [11] D. Kolbah, *Priručnik za kemičare*, Zagreb 1986., Str.:108-154.
- [12] M. Kaštelan-Macan, M. Medić-Šarić, S. Turina, *PLOŠNA KROMATOGRAFIJA* Farmaceutsko-biokemijski fakultet Sveučilište u Zagrebu, 2006., Str.:3-53.
- [13] I. Rezić, Optimiranje sastava razvijaača za kromatografsko određivanje vezivnih materijala na povijesnom tekstilu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Magisterijski rad, Zagreb 2006., Str.:27-32.
- [14] D. A. Skoog, D. M. West, F. J. Holler, *Osnove analitičke kemije*, Školska knjiga Zagreb, 1999, Str.:714-717.
- [15] I. Rezić, Karakterizacija metalnih vlakana posebne namjene, Tekstilno-tehnološki fakultet, Disertacija, Zagreb 2009., Str.:30

Sl. 1 – Slika u privatnom vlasništvu.

Sl 2- Doktorska disertacija, dr. sc. Iva Rezić: Karakterizacija metalnih vlakana posebne namjene, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet

Tablica 1: D. Kolbah, *Priručnik za kemičare*, Zagreb 1986., Str.:108-154.