



ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo

INKJET kartuše, zgradba in delovanje, obremenitev okolja in možnosti recikliranja

RAZISKOVALNA NALOGA

AVTORJA:

Tomaž Maroh

David Ribar

MENTORICA:

Mojca Drofenik Čerček, univ. inž. kem. tehn.

**Mestna občina Celje, Mladi za Celje
Celje, 2016**

KAZALO

KAZALO SLIK	4
KAZALO TABEL	4
KAZALO GRAFOV	4
ZAHVALA	5
POVZETEK	6
ABSTRACT	6
1 UVOD	7
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA.....	7
1.2 HIPOTEZE	7
1.3 IZBIRA RAZISKOVALNIH METOD	8
2 ZGRADBA IN DELOVANJE INKJET KARTUŠ	9
2.1 ZGRADBA	9
2.1.1 Ohišje.....	9
2.1.2 Polnilna pena.....	9
2.1.3 Čip s kontaktom.....	9
2.2 DELOVANJE.....	10
2.2.1 Termično doziranje črnila	10
2.2.2 Piezoelektrično doziranje črnila	11
2.2.3 Zamašitve	11
3 ČRNILO	12
3.1 ČRNILA NA OSNOVI BARVIL.....	12
3.2 ČRNILA NA OSNOVI PIGMENTOV	12
3.3 SESTAVA ČRNIL.....	12
3.3.1 Črna	12
3.3.2 Modra	13
3.3.3 Rumena	13
3.3.4 Magenta	13
3.4 POTENCIALNE NEVARNOSTI ZA OKOLJE.....	13
3.4.1 Trietanolamin	14
3.4.2 Dowicil 75	14
3.4.3 Etilendiamintetraocetna kislina.....	14
3.4.4 Direct Black.....	15
3.4.5 Direct Blue 86	15
3.4.6 Direct Yellow 107.....	16
3.4.7 Reactive Red 120	16
3.4.8 Acid Red 52.....	17

3.4.9	Etilen glikol	17
4	ZBIRANJE V SLOVENIJI	18
5	MOŽNOSTI RECIKLIRANJA	20
6	EKSPERIMENTALNI DEL.....	22
6.1	RAZSTAVLJANJE KARTUŠ, DOLOČANJE ZGRADBE IN MAS POSAMEZNIH DELOV	22
6.1.1	Inventar	22
6.1.2	Postopek.....	22
6.1.3	Meritve	23
6.1.4	Ugotovitve	24
6.2	DOLOČANJE KOMPONENT ČRNILA S KROMATOGRAFIJO	25
6.2.1	Inventar in kemikalije	25
6.2.2	Postopek.....	26
6.2.3	Ugotovitve	26
6.3	IZLOČANJE ZLATA IZ ČIPOV Z ZLATOTOPKO	28
6.3.1	Inventar in kemikalije	29
6.3.2	Postopek.....	29
6.3.3	Ugotovitve	29
6.4	DOLOČANJE MASNEGA DELEŽA ANORGANSKIH SNOVI V OHIŠJIH IN ČIPIH	30
6.4.1	Inventar	30
6.4.2	Postopek.....	31
6.4.3	Meritve in izračuni.....	31
6.4.4	Ugotovitve	32
7	TEŽAVE PRI PROCESU RAZISKOVANJA	33
8	RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK	34
9	VIRI IN LITERATURA	36
9.1	VIRI SLIK	37

KAZALO SLIK

Slika 1: Čip	9
Slika 2: Spodnja stran kartuše	9
Slika 3: Zgradba kartuše	10
Slika 4: Tehniki doziranja črnila	11
Slika 5: Trietanolamin	14
Slika 6: EDTA	14
Slika 7: Direct Black 80	15
Slika 8: Direct Blue 86	15
Slika 9: Direct Yellow 107	16
Slika 10: Reactive Red 120	16
Slika 11: Acid Red 52	17
Slika 12: Etilen glikol	17
Slika 13: Sestavni deli barvne kartuše	24
Slika 14: Sestavni deli črne kartuše	24
Slika 15: Primerjava kapacitete črne kartuše tipa 301 znamke HP	25
Slika 16: Primerjava kapacitete barvne kartuše tipa 301 znamke HP	25
Slika 17: Kromatogram z mobilno fazo št. 2	27
Slika 18: Kromatogram z mobilno fazo št. 3	27
Slika 19: Kromatogram z mobilno fazo št. 1	27
Slika 20: EDTA na tisku	27
Slika 21: EDTA na tisku	27
Slika 22: Čip po žarjenju	32
Slika 23: Anorganski preostanek po žarjenju	32

KAZALO TABEL

Tabela 1: Meritve in izračunane vrednosti anorganskih komponent v kartušah	31
--	----

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Mase posameznih sestavnih delov kartuše Canon CL-38 COLOR	23
Graf 2: Mase posameznih sestavnih delov kartuše Canon PG-37 BLACK	23

ZAHVALA

Za uspešno izvedbo najine raziskovalne naloge so nama bile v pomoč naslednje osebe, ki bi se jim rada zahvalila.

Gospodu Mirku Lavbiču iz podjetja Bitea, d.o.o., gospe Mirjani Matič iz podjetja Emstar, d.o.o., gospodu Boštjanu Šimencu iz podjetja Kemis, d.o.o., in gospodu Tadeju Ferležu iz podjetja Simbio, d.o.o., se zahvaljujeva za odgovore na najina vprašanja in posredovane informacije.

Prav tako gre najina zahvala gospe Aniti Laznik za lekturo raziskovalne naloge ter gospe Ireni Sojč za lekturo angleškega dela povzetka.

Posebna zahvala pa gre najini mentorici gospe Mojci Drofenik Čerček za vse nasvete, pomoč pri raziskovanju ter pri izvedbi eksperimentalnega dela.

POVZETEK

V sodobnem svetu se uporablja vse več kartuš za potrebe tiska. Ker je odpadna inkjet kartuša nevarna za okolje, se odpira vprašanje, kakšen vpliv ima kot odpadek.

V nalogi je zajeta okoljska problematika odpadnih inkjet kartuš. Na osnovi informacij podjetij, ki se ukvarjajo z njihovim zbiranjem in reciklajo, je prikazana razširjenost zbiranja odpadnih kartuš v Sloveniji ter primernost, ekonomičnost in same možnosti njihovega recikliranja.

Za razumevanje potencialne nevarnosti odpadnih inkjet kartuš sta razložena njihova sestava in delovanje, preučene so tudi nevarnosti črnih, ki jih kartuše vsebujejo.

Eksperimentalni del zajema analizo zgradbe kartuše, s katero so določeni materiali, iz katerih je kartuša sestavljena, tankoplastno kromatografijo črnih in opis postopka izločanja zlata iz čipov z zlatotopko.

Ključne besede: inkjet kartuše, recikliranje, sestava črnila, delovanje kartuš, zlatotopka, zbiranje kartuš

ABSTRACT

In the modern world cartridges are being used more often for the purposes of printing. Since waste cartridges are hazardous for the environment they raise questions of what impact do they actually have.

This paper looks at environmental issues of waste ink-jet cartridges. Based on the information given to us by companies who collect and recycle them, we show the prevalence of collecting waste cartridges in Slovenia and the suitability, economical value and the very possibility of their recycling.

The experimental part includes: a structural analysis of cartridges which determines materials cartridges are made of, thin layer chromatography of ink and a described process of extraction of gold from chips using Aqua regia.

Key words: ink-jet cartridges, recycling, composition of ink, how cartridges work, Aqua regia, collection of empty cartridges

1 UVOD

Že od nekdaj ima človeštvo potrebo po zapisovanju. Tako želimo določene informacije ohraniti za dalj časa, seveda odvisno od samega medija, na katerem nato hranimo zapis. Ta potreba pa verjetno izhaja predvsem iz psihološkega vidika, in sicer strahu, da bi neko za nas oz. druge pomembno informacijo pozabili oz. da bi se le-ta izgubila.

Vendar pa kljub vsesplošni digitalizaciji in vse bolj razširjenemu elektronskemu poslovanju še vedno ostaja potreba po shranjevanju zapisov oz. dokumentov na papirju. Posledično iz tega dejstva izhaja tudi potreba po tisku.

Tiskanje nam omogoča, da neko informacijo hitreje razmnožujemo ter jo naredimo obstojno za dalj časa. Tiskanje je skozi leta postalo cenovno dostopno že skoraj vsakemu gospodinjstvu. Tu pa se z množično razširjenostjo pojavi problem velike količine odpadnih kartuš. Kam gredo? Kartuše uvrščamo med nevarne odpadke, za katere je potrebno poskrbeti, da ne pristanejo v okolju. Prav tako je črnilo sestavljeno iz različnih kemikalij, ki so lahko okolju škodljive.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Cilj najine naloge je bil ugotoviti možnosti recikliranja kartuš, njegovo smiselnost in ekonomski vidik. Prav tako naju je zanimalo, kakšno obremenitev za okolje nosijo kartuše kot odpadek, predhodno pa sva morala raziskati še zgradbo in delovanje inkjet kartuš.

Zanimalo naju je:

- *Kako kartuša sploh deluje in kako je sestavljena?*
- *Kako veliko obremenitev za okolje nosijo kartuše?*
- *Kako je v Sloveniji urejeno zbiranje kartuš in kako uspešno je?*
- *Kakšne so možnosti recikliranja kartuš?*
- *Ali barve kartuš vsebujejo okolju nevarne snovi?*
- *Ali lahko iz odpadne kartuše pridobimo uporabne snovi?*

1.2 HIPOTEZE

Pred raziskovanjem sva si zadala naslednje hipoteze:

HIPOTEZA ŠT. 1: *Iz kartuše lahko pridobimo uporabne materiale.*

HIPOTEZA ŠT. 2: *Recikliranje kartuš je ekonomsko bolj učinkovito kot njihovo odlaganje na odlagališču.*

HIPOTEZA ŠT. 3: *Barve v kartušah so sestavljene iz okolju škodljivih snovi.*

Med raziskovanjem sva dobila rezultate, s katerimi sva po vseh opravljenih raziskovalnih postopkih ovrednotila postavljene hipoteze.

1.3 IZBIRA RAZISKOVALNIH METOD

Z analizo zbrane literature sva povzela ključne ugotovitve ter si pomagala pri zasnovi eksperimentalnega dela, ki sva ga kasneje tudi izvedla. Pri raziskovanju sva si pomagala tudi tako, da sva na podjetja, ki se ukvarjajo z dejavnostjo, povezano s to temo, naslovila prošnjo za pomoč z vprašanji, za katere sva menila, da nama bodo nanje lahko odgovorili. Tako sva dobila pomembne podatke in spoznanja, ki sva jih upoštevala pri vrednotenju rezultatov.

2 ZGRADBA IN DELOVANJE INKJET KARTUŠ

2.1 ZGRADBA

Kartušo sestavljajo: ohišje, polnilna pena, črnilo in čip s kontaktom. Stik med papirjem in kartušo se zgodi v kontaktu.

2.1.1 Ohišje

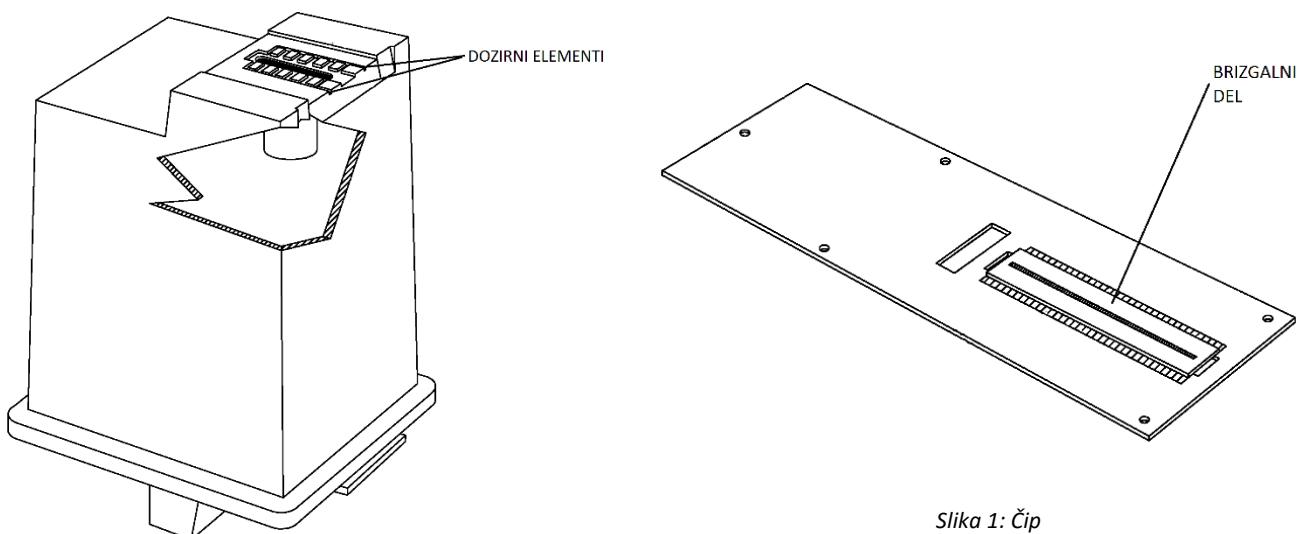
Ohišje kartuš je sestavljen iz mešanice različnih umetnih mas in anorganskih komponent. Večji del anorganske komponente predstavljajo steklena vlakna. Ohišje kartuše mora biti trdo in trpežno, saj je njegova glavna naloga varovanje in preprečevanje izlivov črnila.

2.1.2 Polnilna pena

Polnilna pena je iz umetnih mas. Njena osrednja vloga v kartuši je shranjevanje črnila.

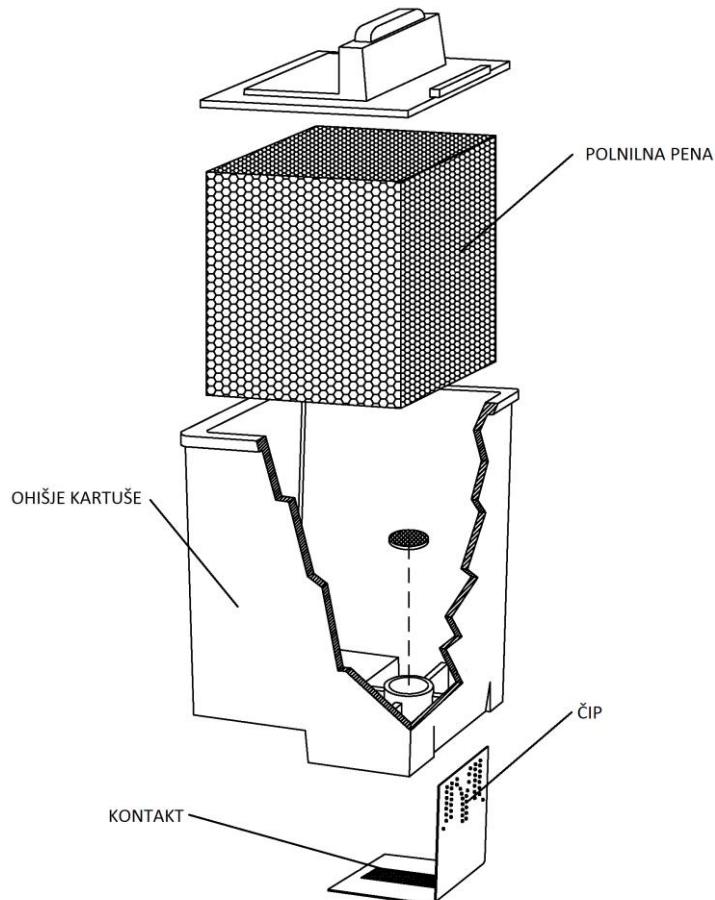
2.1.3 Čip s kontaktom

Čip je sestavljen iz plasti, na katero je naneseno pozlačeno vezje. Preko čipa tiskalnik pošilja ukaze v dozirne elemente in ti izpustijo črnilo v kontakt. Ta se nahaja v skrajnjem spodnjem delu kartuše in je mesto, kjer se dozirni elementi srečajo z listom papirja.



Slika 1: Čip

Slika 2: Spodnja stran kartuše



Slika 3: Zgradba kartuše

2.2 DELOVANJE

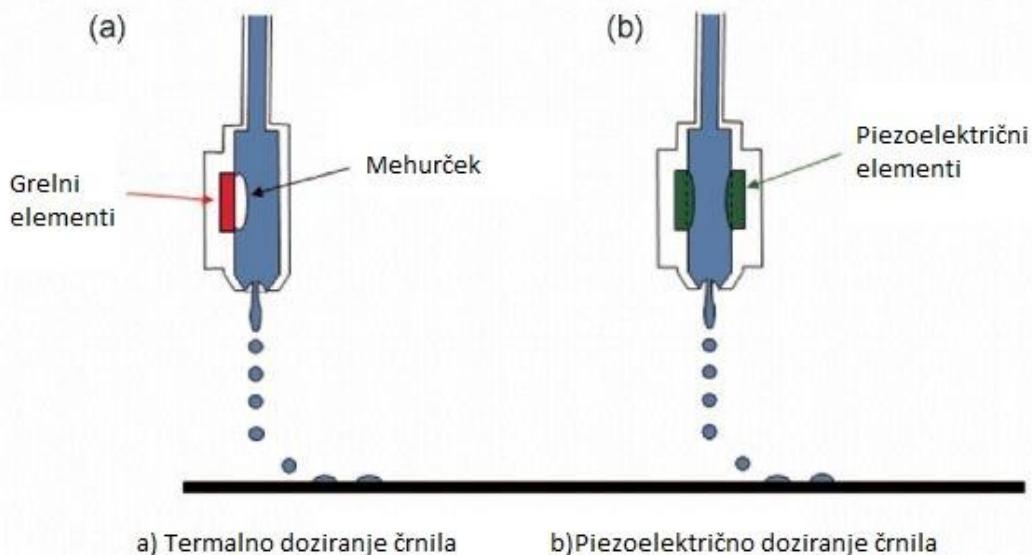
Sodobni inkjet tiskalniki delujejo na principu brizganja črnila na papir. Pri tiskanju je pomembno, da so kapljice črnila okrogle, male in da imajo veliko hitrost, s katero zapustijo brizgalni del. Če kateri izmed pogojev ni izpoljen, se na papirju pojavijo packe. Poznamo dve tehniki doziranja črnila v brizgalni del, ki jih bova opisala v podpoglavljih.

2.2.1 Termično doziranje črnila

To tehniko sta izumili in patentirali podjetji Canon ter HP, a se je način HP-ja nekoliko razlikoval. Kot lahko že pove naslov, tukaj pomembno vlogo igra toplota. V kartuši nad kontaktom se nahaja grelni element, ki z električnim pulzom, ki ga pošlje računalnik preko čipa, intenzivno segreje cevčico ter upari nekaj črnila. Posledično se ustvari balonček plinastega črnila, ki zaradi svojega povečanega volumna izpodrine tekoče črnilo skozi cevčico na papir. Tako se oblikuje kapljica črnila na papirju. Cel proces doziranja na papir traja zgolj del milisekunde.

2.2.2 Piezoelektrično doziranje črnila

Ta proces doziranja je izumilo in patentiralo podjetje Epson, uporablja ga vsi tiskalniki znamke Epson. V kartuši grelni element zamenja droben kristal, sestavljen iz dveh plasti piezoelektričnega materiala (material, ki ob prisotnosti električnega toka spremeni svojo obliko) in podporne plasti, ki je iz medenine. Poznamo dve vrsti kristalov: takšne, ki se ob električnem impulzu raztezajo, in takšne, ki se ob električnem impulzu ukrivijo. Naloga obeh je, da s svojo spremenjeno obliko izpodrineta črnilo skozi cevčico.



Slika 4: Tehniki doziranja črnila

2.2.3 Zamašitve

Pri obeh tehnikah doziranja črnila je prisotna odvečna toplota zaradi segrevanja sestavnih delov, ki jo ustvari električni pulz. Prekomerno segrevanje črnila v kartuši povzroči termično dekompozicijo in ustvari grudice, ki zamašijo cevčico.

3 ČRNILO

Najpogosteji tip črnila v inkjet tiskalnikih je črnilo na osnovi vode, etilen glikola in barvil. Tovrstna črnila imajo majhno ceno za proizvodnjo. Črnila na osnovi vode so uporabljena pri termalnem doziranju črnila.

Črnila delimo na takšna, ki za barvo uporablja barvila, in takšna, ki za barvo uporablja pigment.

3.1 ČRNILA NA OSNOVI BARVIL

Kot sva že prej omenila, so tovrstna črnila cenejša za proizvajanje, vendar imajo nekaj slabosti, in sicer odtisi, tiskani s črnili na barvni osnovi, hitreje zbledijo in so precej občutljivi na različne valovne dolžine svetlobe ter na ozon. Barvilo je topna barvilna snov, kiobarva druge materiale s kemijsko reakcijo, absorpcijo ali difuzijo na podlago.

3.2 ČRNILA NA OSNOVI PIGMENTOV

Tovrstna črnila imajo višjo ceno proizvodnje, a so bolj kakovostna. Odtisi, natisnjeni na papir s tem črnilom, so odporni na celoten spekter svetlobe ter tudi na ultravijolični del spektra. Najpogosteje najdemo ta črnila v profesionalnih tiskalnikih, kjer je zahteva po višji kakovosti in obstojnosti odtisov. Pigment je netopni prašek, ki je v barvilni zmesi dispergiran, zato so za njegovo vezavo na podlago potrebna veziva.

(Povzeto po: Boh, B. et al. (2000): *Barvila in naravna barvila*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.)

3.3 SESTAVA ČRNIL

Na spodaj navedeni spletni strani sva našla sestavo nekaterih črnil. Vsekakor pa ta sestava ne ustreza vsem črnilom, vendar sva predpostavila, da so vsaj podobne snovi tudi v ostalih črnilih.

$$w = \text{masni delež snovi} \nu \%$$

3.3.1 Črna

Črno črnilo vsebuje:

- $w = 18,4\%$ črnega barvila (»Direct Black«)
- $w = 5,8\%$ trietanolamin
- $w = 0,25\%$ Dowicil 75
- $w = 0,05\%$ etilendiamintetraocetna kislina (EDTA)
- $w = 75,5\%$ deionizirana voda

3.3.2 Modra

Modro črnilo vsebuje:

- w = 20,4 % modrega barvila (»Direct Blue 86«)
- w = 2,9 % trietanolamin
- w = 0,25 % Dowicil 75
- w = 0,05 % etilendiamintetraocetna kislina (EDTA)
- w = 76,4 % deionizirana voda

3.3.3 Rumena

Rumeno črnilo vsebuje:

- w = 1,55 % Rumenega barvila (»Direct Yellow 107«)
- w = 11,2 % trietanolamin
- w = 0,25 % Dowicil 75
- w = 0,05 % etilendiamintetraocetna kislina (EDTA)
- w = 86,9 % deionizirana voda

3.3.4 Magenta

Magenta črnilo vsebuje:

- w = 1,9 % rdečega barvila (»Reactive Red 120«)
- w = 0,56 % rdečega barvila (»Acid Red 52«)
- w = 7,7 % trietanolamin
- w = 0,25 % Dowicil 75
- w = 0,05 % etilendiamintetraocetna kislina (EDTA)
- w = 89,54 % deionizirana voda

(Poglavlja 3.3.1–3.3.4 so povzeta po:

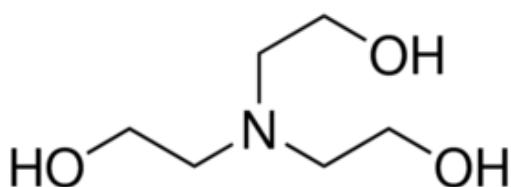
<https://www.google.com/patents/US4818285?dq=printer+ink&hl=sl&sa=X&ved=0ahUKEwiLrZmsiq7KAhWJ1hQKHcJ9C3sQ6AEIHDAA.>

3.4 POTENCIALNE NEVARNOSTI ZA OKOLJE

Na podlagi sestavin črnil, ki so bile navedene v virih, bova opisala potencialne nevarnosti za naše zdravje in za okolje nasploh. Naj pa poudariva, da ni nujno, da imajo takšno sestavo vse barve inkjet kartuš, saj imajo različni proizvajalci verjetno različne recepte (in tako tudi različne sestavine) za pripravo barv. Vendar pa domnevava, da imajo podobne sestave zgoraj opisanim primerom ter tako predstavljajo tudi podobne nevarnosti za okolje.

3.4.1 Trietanolamin

Trietanolamin je viskozna organska tekočina, sestavljena iz osrednje aminoskupine treh alkoholnih funkcionalnih skupin. V črnih deluje kot emulgator, ki deluje tako, da se nepolarne molekule črnil povežejo s polarnimi molekulami vode.



Slika 5: Trietanolamin

(Povzeto po: <https://en.wikipedia.org/wiki/Triethanolamine>, 26. 2. 2016.)

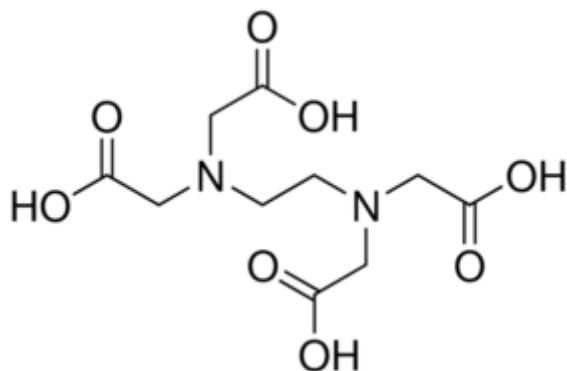
3.4.2 Dowicil 75

Dowicil 75 je konzervans, sestavljen iz različnih kemikalij. Ob neposrednem kontaktu z očmi oz. kožo lahko povzroči blago razdraženje. Je strupen ob zaužitju. Sestavina metilenklorid poviša možnost nastanka rakastih celic v testiranih živalih (miši). Ob visokih oralnih dozah konzervansa so testirane živali pokazale očitne znake deformacij. Sodeč po teh negativnih učinkih, je neposredna interakcija z okoljem odsvetovana.

(Povzeto po: <https://www.uaa.alaska.edu/chemistry/labs/upload/Dowicil-75.pdf>, 31. 1. 2016.)

3.4.3 Etilendiamintetraocetna kislina

Etilendiamintetraocetna kislina, krajše EDTA, je kemikalija, ki se veže s kovinskimi kationi v vodi. Uporablja se za mehčanje trde vode. Povzroča hudo draženje oči.

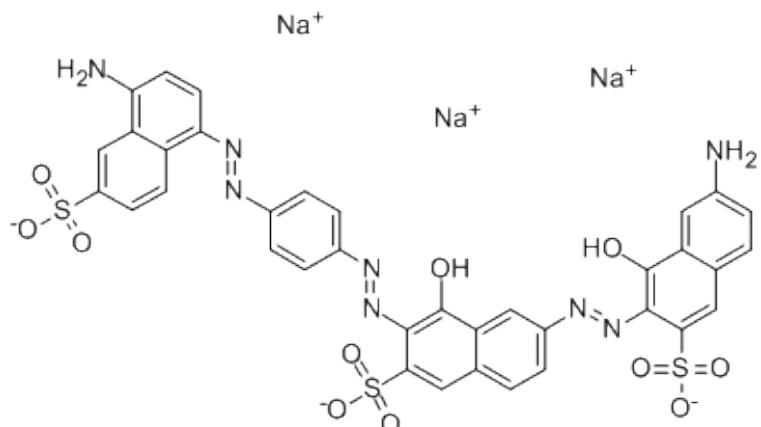


Slika 6: EDTA

(Povzeto po: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/431788?lang=en®ion=SI>, 31. 1. 2016.)

3.4.4 Driect Black

V viru sva zasledila črno barvilo, poimenovano Black liquid. Med raziskovanjem sva odkrila, da obstaja več črnih barvil. Ker iz patenta ne moreva ugotoviti, za katero barvilo gre, možnih pa je več barvil, lahko predvidevava, da gre za eno izmed njih oz. za mešanico le-teh. Za lažjo analizo nevarnosti bova izbrala le eno črno barvilo, za katerega predvidevava, da bi ga lahko navedla kot sestavino črne barve, to je Direct Black 80. Za tovrstno kemikalijo je značilna akutna zastrupitev z dušikovimi oksidi, ki se tvorijo ob segrevanju barvila. V viru sva zasledila tudi dejstvo, da je Direct black 80 najverjetnejše vnetljiva snov.

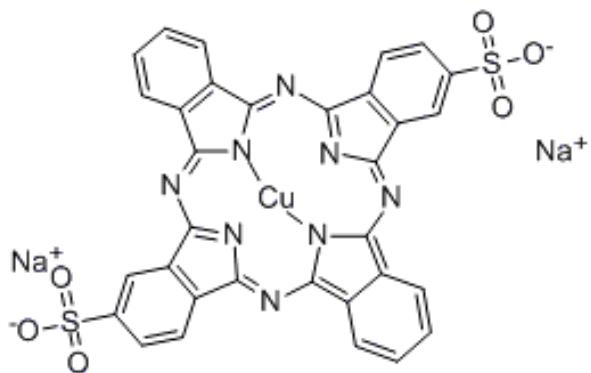


Slika 7: Direct Black 80

(Povzeto po: http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB6875707_EN.htm, 31. 1. 2016.)

3.4.5 Direct Blue 86

Za to spojino ni navedenih veliko podatkov, podani sta le dve LD₅₀ vrednosti pri miših. Intraperitonealno (dozirano neposredno v trebušno votlino) je LD₅₀ 80 mg/1 kg in oralno je 5 g/1 kg. Dejstvo, da je ta spojina strupena, je poglavitni razlog, da se te snovi v okolje naj ne odлага.

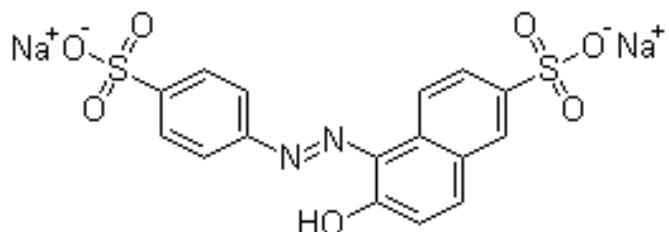


Slika 8: Direct Blue 86

(Povzeto po: http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB8336918.htm, 3. 2. 2016.)

3.4.6 Direct Yellow 107

Direct Yellow 107 je rumen prašek. V viru sva zasledila, da je neposredna izpostavljenost barvila s soncem odsvetovana, saj le-ta lahko razpade. Navedeno je tudi, da ima negativne posledice na koži in na očeh. Ob stiku barvila s kožo je svetovano, da se območje kontakta izpira z obilico vode.

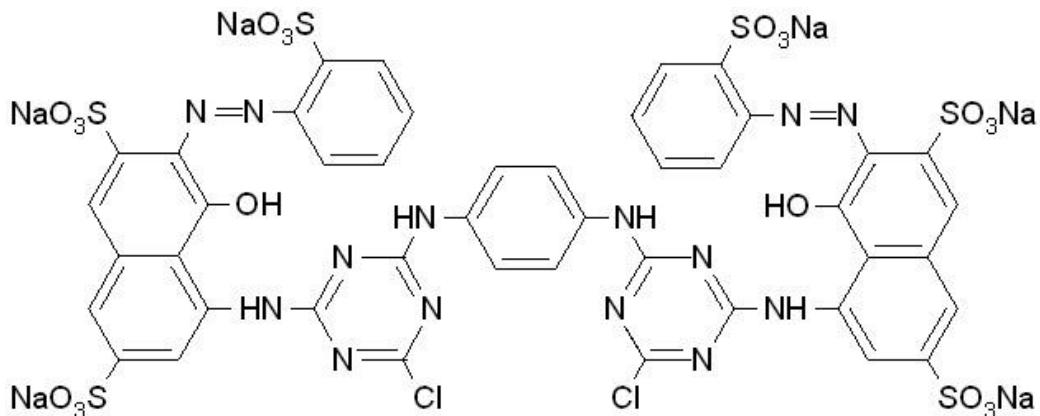


Slika 9: Direct Yellow 107

(Povzeto po: <http://www.anildyesandchemicalsindustries.in/direct-yellow-107-dye.htm>, 3. 2. 2016.)

3.4.7 Reactive Red 120

Reactive Red 120 je temnordeč prašek. V navedenih H in P stavkih sva ugotovila, da lahko povzroči alergijski odziv kože in alergične simptome pri vdihavanju. Navedena so naslednja navodila za preprečevanje slednjih simptomov: ne vdihavati prahu, dima, meglice oz. plina. Potrebno je uporabljati zaščitne rokavice, očala in masko. Ob respiratornih komplikacijah pa je nujno potrebno poiskati pomoč zdravnika.

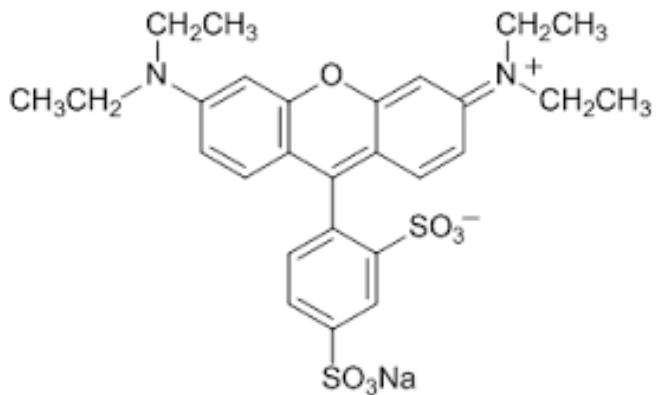


Slika 10: Reactive Red 120

(Povzeto po: <http://www.sigmadralich.com/catalog/product/sigma/r0378?lang=en®ion=SI>, 24. 2. 2016.)

3.4.8 Acid Red 52

Acid Red 52 je rdeč prašek in povzroča hudo draženje oči, kože ter dihalnih poti. Navodila za preprečevanje poškodb: ne vdihavati praška, preprečiti stik z očmi, uporabljati je potrebno zaščitna očala in haljo. Če snov pride v kontakt z očmi, je obvezno izpiranje z obilico vode in potrebno je poiskati zdravniško pomoč.

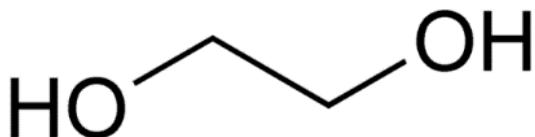


Slika 11: Acid Red 52

(Povzeto po <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/230162?lang=en®ion=SI>, 24. 2. 2016.)

3.4.9 Etilen glikol

Je organska spojina, ki se predvsem uporablja za polimerizacijo poliestrskih vlaken, uporablja pa se tudi za izdelavo nekaterih črnih in barvil. Je strupena snov in lahko poškoduje organe pri kronični izpostavljenosti toksina. Ob primeru zaužitja je potrebo kontaktirati center za zastrupitve in izpirati usta z obilico vode.



Slika 12: Etilen glikol

(Povzeto po: <http://f.tqn.com/y/chemistry/1/S/G/p/ethyleneglycol.jpg>, 24. 2. 2016)

4 ZBIRANJE V SLOVENIJI

Če sva želela raziskati možnosti recikliranja kartuš, sva najprej morala raziskati področje zbiranja kartuš.

Začela sva v podjetju Simbio. Kot so nama povedali, kartuše in tonerje zbirajo v šestih zbirnih centrih in dvakrat letno s premičnim kontejnerjem za zbiranje nevarnih odpadkov iz gospodinjstev, ki stoji na 82 različnih lokacijah.

V preteklem letu so tako zbrali 561 kg kartuš in tonerjev, ki so jih nato predali podjetju Bitea, d. o. o. iz Dramelj.

Z raziskovanjem sva nadaljevala v podjetju Bitea. Naprej sva jih kontaktirala z vprašanji, na katera sva želela odgovore, nato pa so nama tudi omogočili vpogled v delovanje podjetja, s čimer sva dobila zelo dobro predstavo, kakšen je njihov celoten delovni proces.

Podjetje Bitea je z delovanjem pričelo leta 1998. Že od samega začetka so se v podjetju bolj specializirali za delo s tonerji, saj prinašajo večji dobiček kot inkjet kartuše. Vendar zbirajo oboje, saj se zavedajo pomena reciklaže in s tem povezanega ohranjanja okolja. Tako več kot polovica vseh zbranih kartuš v Sloveniji konča pri njih. Pred desetimi leti so s projektom Ekošola z zbiranjem izpraznjenih kartuš in tonerjev vstopili v šole in vrtce po Sloveniji. Do danes je v njihovem sistemu čez 650 šol in vrtcev, ki predstavljajo 80 % vir vseh tonerjev in kartuš, zbranih v podjetju. Šole dobijo 15- do 20-odstotni delež dobička vseh primernih kartuš za nadaljnjo reciklažo. Prav tako pa zbiranje kartuš po podobnem sistemu poteka za dobrodelne organizacije. Poleg šol in dobrodelnih organizacij kartuše in tonerje dobijo tudi od raznih podjetij, ki sodelujejo v njihovem sistemu zbiranja kartuš. Tako letno zberejo okoli 120 ton izpraznjenih kartuš in tonerjev.

Zbrane kartuše in tonerje pakirajo po modelih in jih nato prodajo naprej, včasih pa jim ostanejo, saj določenega modela trenutno ne odkupujejo več. Pri obisku podjetja sva videla, da takšno ločevanje zahteva veliko mero organiziranosti in konec koncev tudi precej prostora za shranjevanje, saj so od začetnih 20 različnih, sedaj že presegli 1000 različnih tipov.

Kot pa so nama povedali, nastane problem pri poceni kartušah in tonerjih, predvsem iz Kitajske, t. i. kompatibilne kartuše. Teh naj bi bilo 60–70 %, ta delež pa še narašča. Izvedela sva, da so te že v osnovi slabše izdelave in tako neprimerne za ponovno polnjenje oz. takšno vrsto reciklaže. Prav tako imajo takšne kartuše skoraj ničelno odkupno ceno, po večini pa jih podjetja sploh ne odkupujejo. Kot so izpostavili, so te vrste kartuše res cenejše z vidika potrošnika, vendar nosijo precej večjo obremenitev za okolje kot originalne kartuše, ki so boljše in kvalitetnejše izdelane. Kot sva izvedela, to področje v Sloveniji, predvsem v javnih ustanovah, ni urejeno, saj so v veliki meri v uporabi predvsem kompatibilne kartuše. V drugih državah, kot npr. v Nemčiji, se v uradnih ustanovah uporabljajo samo originali.

Ker je Slovenija zelo majhen trg, pri zbiranju in nadaljnji prodaji primernih kartuš pa precejšnjo vlogo igra predvsem količina zbranih kartuš in tonerjev, le-te zbirajo tudi na Hrvaškem.

Pri iskanju podjetij, ki se ukvarjajo z zbiranjem kartuš, sva naletela na reciklažni program "recycling4smile" ("recikliranje za nasmeh") v korist Rdečih noskov Internacional, za katerim stoji podjetje Emstar. Od vsake kartuše oz. tonerja, primernih za reciklažo, namenijo društvu rdečih noskov 1 €.

Podjetje Emstar je hčerinska družba podjetja Embatex, d.d., iz Avstrije, ki je del svetovnega podjetja TURBON, d.d. Vsi našteti se ukvarjajo izključno z zbiranjem odpadnih kartuš, obnovo in prodajo obnovljenih kartuš.

Letno obnovijo približno 700.000 tonerskih in 900.000 inkjet kartuš.

Sistem zbiranja pokriva področje v Avstriji, Nemčiji, Sloveniji, Madžarski, na Slovaškem in Češkem.

V Sloveniji delujejo že 10 let. V tem času so pri nas zbrali približno 680 ton, od tega v lanskem letu 76,5 tone odpadnih kartuš in tonerjev.

Zbiranje odpadnih kartuš pokriva področje Avstrije, Nemčije, Slovenije, Madžarske, Slovaške in Češke. V Avstiriji je matično podjetje, kamor na ponovno polnjenje pošiljajo vse inkjet kartuše. Tonerske kartuše pa obnavljajo tudi v drugih državah, kjer ima podjetje postavljene proizvodnje.

5 MOŽNOSTI RECIKLIRANJA

Kot sva ugotavljala v prejšnjem poglavju, je zbiranje odpadnih kartuš v Sloveniji kar uspešno. Seveda pa nastane problem, potem ko odpadne kartuše zberemo, kaj narediti z njimi. Kot so že najini sogovorniki iz podjetij izpostavili, je vse več kartuš neprimernih za ponovno polnjenje oz. reciklažo. Takšne kartuše razstavijo in prodajo po posameznih delih oz. po surovinah, velikokrat pa jih pošljejo v sežigalnice na sežig. Trudilo se, da kar se da največ uporabnih kartuš ponovno polnijo. Podjetja, ki sva jih kontaktirala, se ukvarjajo tako z inkjet kartušami kot tudi s tonerji. Tukaj se bova osredotočila na inkjet kartuše.

Kot so nama povedali v podjetju Emstar, je za obnovo primerena večina inkjet kartuš, vendar to pri določenih tipih ni ekonomsko rentabilno.

Problemi, povezani z obnovo inkjet kartuš, so:

- proizvajalci originalnih kartuš na določene dele kartuš vlagajo patentne pravice, zato ni dovoljeno izdelati novih, prav tako ne menjati določenih pokvarjenih oz. dotrajanih delov;
- kartuše so zaščitene predvsem s programsko opremo, zapisano na čipih, ki onemogoča večkratno polnjenje ali pa po določenem obdobju kartuš blokira. Vse te zaščite so seveda z namenom potrebe po novih kartušah ter s tem povezanim dobičkom proizvajalcev;
- poleg originalnih kartuš je na trgu veliko kompatibilnih kartuš, ki nemalokrat kršijo patentne pravice, zato obnova takšnih kartuš ni ekonomična.

Kartuše, ki niso primerne za obnovo, ločijo na posamezne dele (plastika, čip, gobica) ter jih oddajo nadaljnjam zbiralcem.

V podjetju se poleg ponovnega polnjenja kartuš ukvarjajo še s prodajo obnovljenih kartuš. Kot opažajo, so nekateri pri nakupu obnovljenih kartuš še vedno skeptični, predvsem zaradi predhodnih slabih izkušenj. Poudarjajo, da so obnovljene kartuše zelo različnih kakovosti. Od zelo dobrih, pri katerih v tisku ni razlike glede na tisk z originalnimi kartušami, pa tudi do takih, kjer je kakovost tiska slaba ali pa so težave s prepoznavanjem kartuš, kapaciteto itd. Poleg tega so obnovljene kartuše dražje od novih kompatibilnih, proizведенih predvsem na Kitajskem, vendar te pogosto kršijo patentne pravice.

V podjetju BITEA se ukvarjajo predvsem z zbiranjem, ločevanjem in prodajo kartuš ter tonerjev podjetjem, ki jih nato ponovno polnijo.

Povedali so, da do 80 % zbranih kartuš izvozijo na ponovno polnjenje, večino od tega na Hrvaško, Poljsko in v Nemčijo.

Poudarili so, da večino kartuš ponovno polnijo v tovarnah oz. večjih podjetjih, ki so specializirana za to dejavnost, saj pri manjših podjetjih nemalokrat pride do nižje kakovosti ponovnih polnitev ter s tem povezanih več reklamacij in posledično izgube dobička.

Prav tako so za ponovno polnjenje primerne le originalne kartuše, medtem ko kompatibilne niso, saj so že v osnovi slabše izdelave in kakovosti ter tako niso primerne za ponovno polnjenje.

Povedali so tudi, da je v enem čipu kartuše zlata vrednosti okoli 10 centov. Plastiko ohišja pa je možno granulirati, vendar je postopek vprašljiv predvsem s stališča čistosti te plastike, saj ji dodajajo različne aditive.

Tudi tu se srečujejo s problematiko kartuš, ki niso primerne za ponovno polnjenje ter jih tako podjetja ne odkupujejo. Takšne kartuše v nekaterih primerih razdrejo, drugače pa jih peljejo v razgradnjo na Hrvaško, in sicer po ceni 15 centov/kg kartuš, ali pa na sežig v podjetje Kemis v Sloveniji po ceni 40 centov/kg.

Podjetje Kemis se ukvarja s kemičnimi izdelki ter s predelavo in odstranjevanjem odpadkov. Povedali so nama, da v njihovem podjetju letno prevzamejo okoli 20 ton odpadnih tonerjev in kartuš ter vse peljejo na sežig v tujino. Prav tako so povedali, da kartuše niso primerne za odlaganje na deponijah, medtem ko ostanek po sežigu predstavlja pepel in žlindra, ki jo lahko odlagajo na deponijah. Kot so povedali, takšen postopek nima posebnih okoljskih zahtev.

Naj strneva podatke, dobljene iz podjetij:

- za ponovno polnjenje so primerne le originalne kartuše, medtem ko so kompatibilne že v osnovi slabše izdelave ter pogosto kršijo patentne pravice in so tako neprimerne za ponovno polnjenje;
- neprimerne kartuše za ponovno polnjenje razstavijo oz. peljejo na sežig;
- originalne kartuše so s programsko opremo v čipih zavarovane tako, da jih velikokrat ni mogoče ponovno polniti;
- pri obnovljenih kartušah lahko velikokrat nastopi slabša kakovost tiska, kot pri originalnih.

6 EKSPERIMENTALNI DEL

V tem delu raziskovalne naloge bova predstavila najino eksperimentalno delo. Podala bova osnove posamezne vaje, potreben inventar za izvedbo, postopek, meritve in rezultate ter ugotovitve. V ugotovitvah bova poleg splošnih ugotovitev posamezne vaje navedla tudi posebnosti pri izvedbi in najina opažanja.

6.1 RAZSTAVLJANJE KARTUŠ, DOLOČANJE ZGRADBE IN MAS POSAMEZNIH DELOV

Določala sva razlike v zgradbi med barvnimi in črnimi kartušami, njihovo sestavo in masni delež posameznih delov. Iz predhodno ogledanih posnetkov razstavljanja kartuš na Youtubu sva predvidevala, da bo kartuše težko razstaviti ter da bodo malo verjetno ostale popolnoma nepoškodovane. Uporabljala sva izpraznjene kartuše.

6.1.1 Inventar

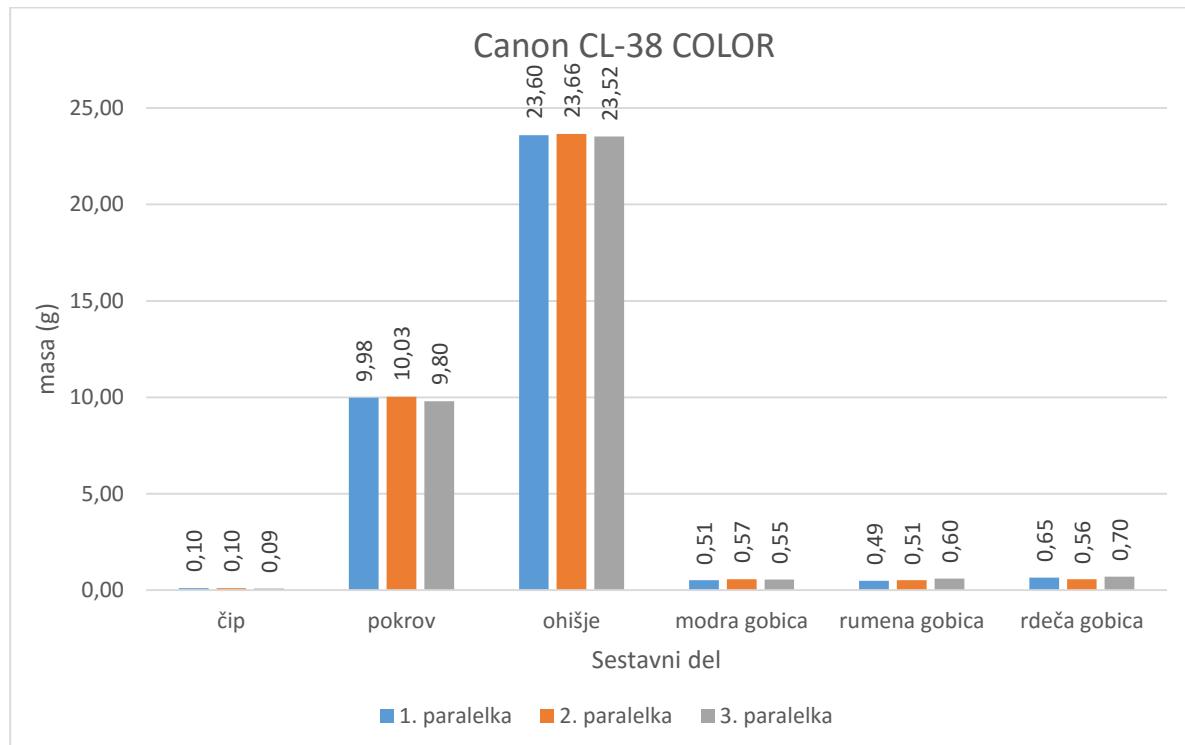
- precizna tehnicka
- ploščati izvijač
- kladivo
- pinceta
- 3X Canon PG-37 BLACK
- 3X Canon CL-38 COLOR
- HP 301 in 301XL Black
- HP 301 in 301XL Tri-colour

6.1.2 Postopek

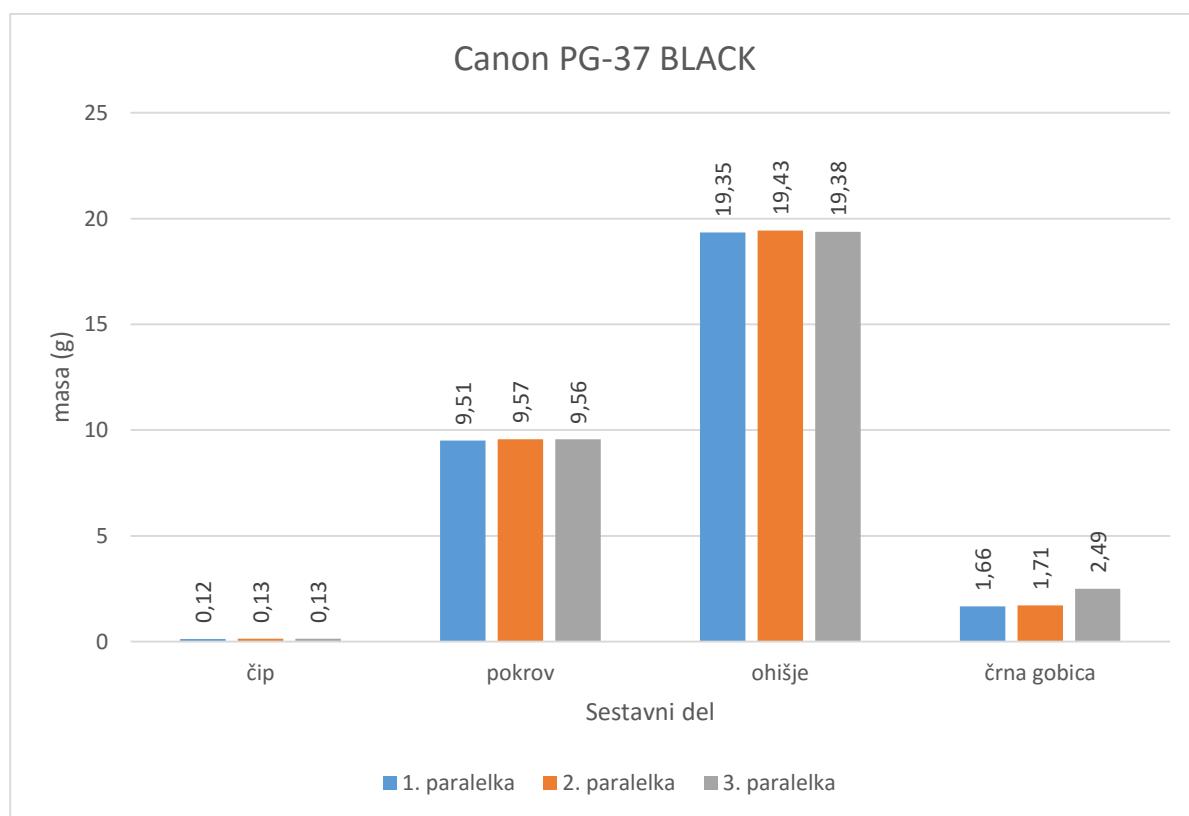
Najprej sva stehtala celotno kartušo, nato sva se lotila njenega razstavljanja. Na spoj med ohišjem in pokrovom kartuše sva nastavila ploščati izvijač ter nato s kladivom udarila po njem. Po nekaj udarcih se je pokrov ločil od ohišja. Odstranila sva pokrov in iz ohišja kartuše s pinceto pobrala gobice z barvo. Iz ohišja sva odstranila še čip in vsako izmed komponent posebej stehtala. S Canonovima kartušama sva naredila tri paralelke. HP-jeve kartuše sva uporabila zgolj kot primerjavo zgradbe med posameznimi proizvajalci (zato sva jih samo razstavila) ter kot razliko med navadno in XL-kartušo.

6.1.3 Meritve

Na grafu 1 in 2 so prikazane meritve posameznih delov v treh paralelkah.



Graf 1: Mase posameznih sestavnih delov kartuše Canon CL-38 COLOR



Graf 2: Mase posameznih sestavnih delov kartuše Canon PG-37 BLACK

6.1.4 Ugotovitve

Kartuše so bile po pričakovanjih težko razstavljive v nasprotju s Canonovimi kartušami, ki so bile dosti lažje razstavljive v primerjavi s HP-jevimi. Za prve predvidevava, da so bile le lepljene skupaj, za druge pa, da je bil pokrov nekako močneje pritrjen na ohišje oz. je bilo uporabljeno močnejše lepilo. Uporaba izvijača in kladiva za razstavljanje kartuš se nama je za najin cilj zdela primernejša, kot pa razstavljanje z žaganjem spoja, saj sva tako dobila večje kose, ki so se morebitno odlomili od pokrova oz. ohišja. Pri žaganju pa bi dobila žagovino, ki je ne bi mogla umestiti k pokrovu oz. ohišju, saj bi šlo za zmes obojega. Pri razstavljanju z izvijačem sva ohranila ohišje in pokrov razmeroma nepoškodovana oz. tako sva vedela, kam kateri odlomljeni del sodi, kar je bilo bistveno pri tehtanju.

Črne kartuše vsebujejo le eno gobico, torej so sestavljene le iz enega prekata, zaradi česar so tudi lažje od barvnih. Barvne kartuše vsebujejo tri gobice (vsako za svojo barvo) ter so razdeljene na tri prekate, zaradi česar je masa ohišja barvne kartuše večja od mase ohišja črne, ker ima več plastike, ki deli prekate. Pokrovi obeh kartuš imajo navzdol nekakšne »zidove«, ki preprečujejo premikanje gobice. Gobice so narejene iz bele kompaktne pene.

Pod gobicami se nahaja izvodilo do brizgalnega dela. Prekriva ga nekakšna mrežica, podobna membrani, za katero predvidevava, da preprečuje prekomerno izlivanje barve iz ohišja.



Slika 14: Sestavni deli črne kartuše



Slika 13: Sestavni deli barvne kartuše

Seštevek mas barvnih gobic se nekako ujema z maso črne gobice, vendar to niso točne mase, saj gre za gobice, ki kljub izpraznjeni kartuši še vedno vsebujejo barvo.

Čipi barvnih kartuš imajo več kontaktov (zlato obarvane pikice na čipu) kot čipi črnih kartuš. Vendar so črni čipi težji od barvnih, kar pripisujeva večji površini brizgalnega dela pri barvnih, kot pa pri črnih čipih, saj sva lahko odstranila le čip brez brizgalnega dela. Čipi so na sprednji strani kartuše pritrjeni s čepki, pri brizgalnem delu pa so zaledeni na ohišje.

Pri razstavljanju HP-jevih kartuš sva želeta ugotoviti razliko med navadnimi in XL-kartušami. Ugotovila sva, da gobice z barvo pri navadnih kartušah zavzemajo le del razpoložljivega prostora, medtem ko je le-ta pri XL-kartušah povsem zapolnjen. Enako velja za črne in za barvne kartuše.

Zanimivo pa je, da je pri barvnih zamenjan položaj gobice z rumenim in rdečim polnilom pri navadni in pri XL-kartuši. Prav tako se po zgradbi razlikujejo od Canonovih kartuš, kar je bilo vidno že na zunaj (različna oblika).



Slika 16: Primerjava kapacitete barvne kartuše tipa 301 znamke HP



Slika 15: Primerjava kapacitete črne kartuše tipa 301 znamke HP

6.2 DOLOČANJE KOMPONENT ČRNILA S KROMATOGRAFIJO

S tem eksperimentom sva želela ugotoviti in primerjati komponente črnil vseh barv v originalnih in kompatibilnih kartušah. Ker sva ob prebiranju literature zasledila dve različni mobilni fazi, sva sklenila, da bova poskusila z obema.

6.2.1 Inventar in kemikalije

- 3 x kromatografska komora
- 4 x čaša, V=150 mL
- kapilare
- 4 x kromatografski papir (1 x iz celuloze, 2x s silika gelom prevlečena aluminijasta plošča)
- pinceta
- svinčnik
- ravnilo
- 2 x merilni valj, V=10 mL
- kartuše (original in kompatibilne)
- urno steklo, 2x
- deionizirana voda (l)
- etil acetat (l) H225-H319-H336 P210-P261-P305 + P351 + P338

- etanol (l) H225-H319 P210-P280-P305 + P351 + P338-P337 + P313-P403 + P235
- butan-2-ol (l) H226-H319-H335-H336 P210-P280-P304 + P340 + P312-P305 + P351 + P338-P337 + P313-P403 + P235
- EDTA (aq), c = 1/56 mol/L H319 P305 + P351 + P338

6.2.2 Postopek

V čašo s pinceto prenesemo polnilno peno iz originalnih kartuš. Dodamo nekaj deionizirane vode, da se črnilo raztopi. To storimo za vse barve v kartušah (v eni čaši črna, v drugi modra, tretji rumena in četrti magenta). Na kromatogramu zarišemo startno črto in nanjo s kapilaro nanesemo kapljice vseh raztopin črnih, vendar le do polovice črte. Enako storimo tudi na drugem kromatogramu in nato očistimo čaše z raztopinami. Zatem s pinceto prenesemo polnilno peno iz kompatibilnih kartuš v očiščene čaše. Dodamo nekaj deionizirane vode in s kapilaro nanesemo kapljice vseh raztopin črnih na drugo polovico kromatograma. Kapljice raztopin črnih kompatibilnih kartuš nanesemo tudi na preostalo polovico drugega kromatografskega papirja.

V digestoriju pripravimo prvo mobilno fazo (faza št. 1). To sestavlja etilacetat, etanol in deionizirana voda v volumskem razmerju 70:35:30. Ker ne potrebujemo velike količine mobilne faze, pripravimo mešanico, ki jo sestavlja 7 mL etilacetata, 3,5 mL etanola in 3 mL deionizirane vode. Fazo temeljito premešamo in prelijemo v prvo kromatografsko komoro. Pustimo pri miru 60 min, da se hlapi faze nasičijo v komori.

Sledi priprava druge mobilne faze (faza št. 2), ki jo sestavlja butan-2-ol, etanol in deionizirana voda v volumskem razmerju 10:2:3. Pripravimo mešanico, katere sestavnini deli so 10 mL butan-2-ola, 2 mL etanola in 3 mL deionizirane vode. Fazo temeljito premešamo in prelijemo v drugo kromatografsko komoro. Tako kot pri prvi komori tudi pri tej pustimo 60 min, da se hlapi faze nasičijo.

Na koncu pripravimo še tretjo mobilno fazo (faza št. 3), ki jo sestavlja 1/56 M raztopina EDTA. V čaše z pinceto prenesemo polnilne pene različnih črnih kartuš. Dodamo nekaj deionizirane vode.

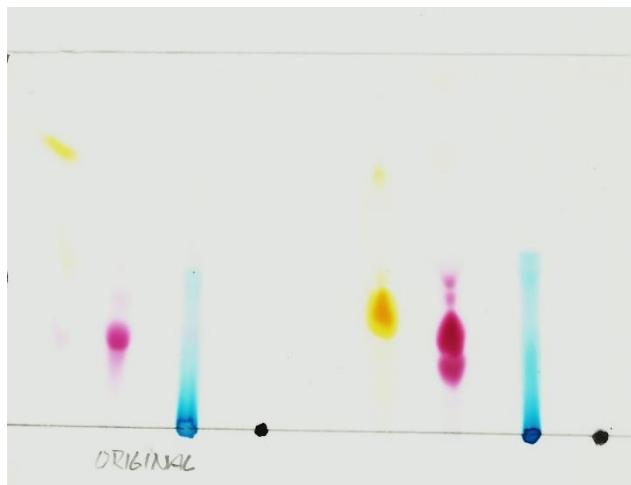
V vsako komoro postavimo en kromatogram in počakamo, da se topilo dvigne do zgornjega dela. Ko pot topila doseže želeno višino, ustavimo razvijanje in takoj zarišemo črto, do kod je prišla mobilna faza.

Na okrogel kromatografski papir iz celuloze s kapilaro nanesemo raztopine črnih v krog okoli središča. V središču naredimo luknjo in vstavimo tulec iz celuloze. Kromatografski papir prenesemo na urno steklo, v katerem se nahaja raztopina EDTA. Pokrijemo z drugim urnim stekлом.

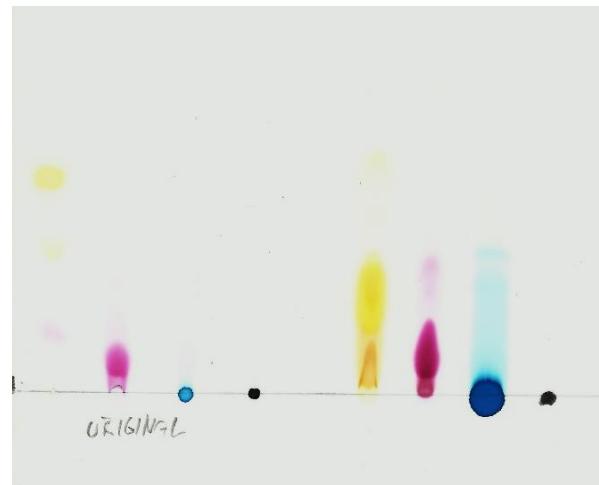
6.2.3 Ugotovitve

Na kromatografu v prvih dveh primerih so se pričela razslojevati vsa barvna črnila, razen črnega, ki se je takoj po nanosu na kromatogram fiksiralo in se ni premaknilo. Črno črnilo se je pričelo malo razslojevati v tretjem primeru (uporabila sva 4 črnila različnih proizvajalcev), kjer sva za

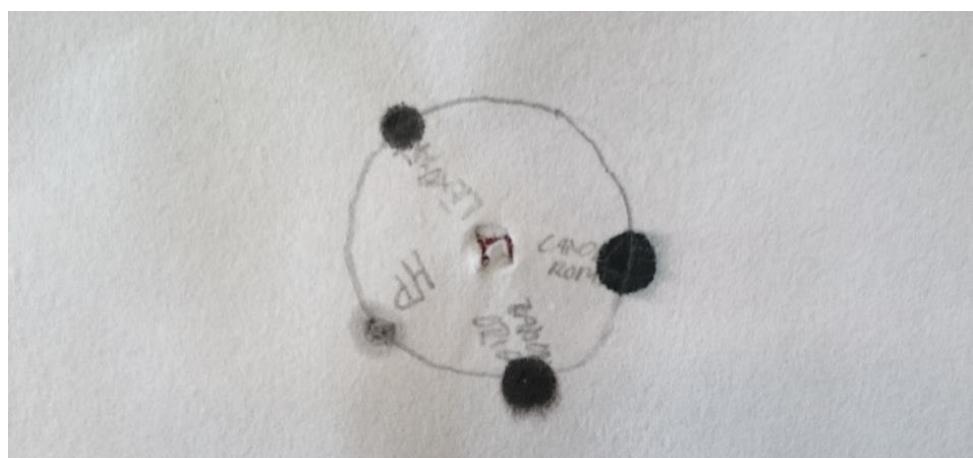
mobilno fazo uporabljala EDTA. Kasneje sva s kapalko nanesla EDTA tudi neposredno na natisnjen tekst in opazila, da se je črnilo razmazalo oz. se razslojilo in razbarvalo v zeleno ter v manjši meri razlilo v rdečo. Sklepava, da EDTA vpliva na črno črnilo, tako da slednje spremeni barvo.



Slika 19: Kromatogram z mobilno fazo št. 1



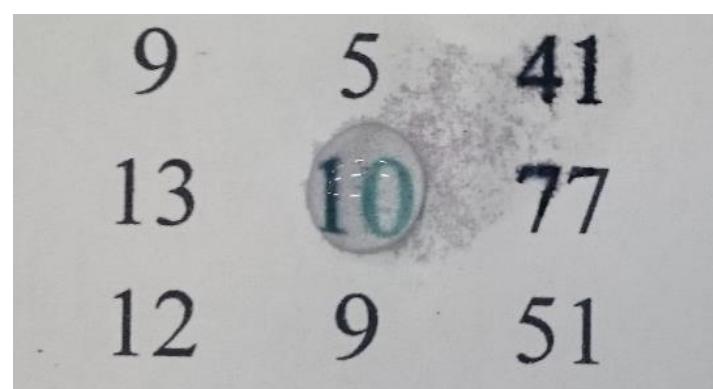
Slika 17: Kromatogram z mobilno fazo št. 2



Slika 18: Kromatogram z mobilno fazo št. 3



Slika 20: EDTA na tisku

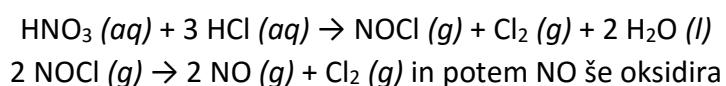


Slika 21: EDTA na tisku

6.3 IZLOČANJE ZLATA IZ ČIPOV Z ZLATOTOPKO

Pri raziskovanju nama je prav ta postopek povzročal precej težav, te pa so bile povezane s pomanjkanjem podatkov oz. z nezanesljivimi podatki, dobljenih iz različnih virov. Tako smo se z mentorico odločili za v nadaljevanju opisan postopek izvedbe. Vse vire, ki so nam bili v pomoč pri zasnovi vaje, bova navedla pod opisom.

Pred pripravo zlatotopke si moramo pripraviti hladno kopel, saj zlatotopka pri sobni oz. povišani temperaturi hitreje razpada.



Kot je razvidno iz enačbe, nastajata strupena plina NO in NO₂ ter Cl₂, prav tako pa obe kislini (HCl in HNO₃) hlapita in sta škodljivi pri vdihavanju, zato celotno delo poteka v digestoriju.

Pri pripravi je običajno molarno razmerje HCl:HNO₃ 3:1, volumsko pa 4:1 (HCl 35 %, HNO₃ pa 65 %). Pri mešanju kislin se zlatotopka močno segreje in tako tudi hitreje razpada, zato uporabimo že prej omenjeno hladno kopel.

Čeprav zlatotopko hladimo, slednja vseeno razpada, saj s hlajenjem le upočasnimo njen razpad. Zaradi tega vedno uporabljamo svežo pripravljeno zlatotopko.

Zlatotopka lahko burno reagira z organskimi in drugimi snovmi, zato je pametno prej poskusiti burnost reakcije z majhno količino zlatotopke in vzorca (v tem primeru sva kot vzorec vzela en čip).

Čipe dodamo v zlatotopko in počakamo, da se zlato s čipov raztopi.

Nastalo raztopino zlata v zlatotopki moramo prefiltrirati, saj lahko vsebuje nečistoče v obliki trdnih delcev, ki kasneje vplivajo na čistost zlata. To naredimo s filtriranjem pod znižanim tlakom.

Za filtracijo pod znižanim tlakom potrebujemo ustrezno nučo, presesalno bučo in vodno črpalko, ki jo priključimo na vodovodno pipo. Izrežemo okrogel filter papir, ki se prilega dnu nuče, ne sme biti prevelik niti premajhen in mora pokrivati vse luknjice v dnu nuče. Filtriramo zlatotopko in po končani filtraciji filtrirni papir s čipi prenesemo na urno steklo.

Prefiltrirano zlatotopko prelijemo v erlenmajerico in reduciramo zlato v elementarno obliko, z dodajanjem enega izmed reducentov npr. SO₂, N₂H₄ ali oksalno kislino. Izločiti bi se moralo elementarno zlato.

Povzeto po: https://www.youtube.com/watch?v=YBa6Md0w_k (17.12.2015),
<https://www.drs.illinois.edu/SafetyLibrary/AquaRegia> (17.12.2015), <http://chemistry.about.com/od/acids/f/How-To-Make-Aqua-Regia-Acid-Solution.htm> (17.12.2015).

6.3.1 Inventar in kemikalije

- digestorij
- erlenmajerica, V=300 mL
- merilni valj (odvisno od volumna kislin)
- kristalizirka (večja – za kopel)
- čaša (za pripravo zlatotopke, V=600 mL)
- čaša 250 ml (čipi)
- urno steklo
- nuča
- vodna črpalka
- filter papir
- HCl (aq) *H290-H314-H335 P261-P280-P305 + P351 + P338-P310*
- HNO₃ (aq) *H272-H314 P210-P280-P303 + P361 + P353-P304 + P340 + P310-P305 + P351 + P338*
- Na₂C₂O₄ (s) *H302-H312 P280*
- deionizirana voda (l)

6.3.2 Postopek

Celoten postopek izvajamo v digestoriju. V večjo kristalizirko si pripravimo kopel za hlajenje pripravljene zlatotopke. V prvi merilni valj odmerimo HCl, v drugega pa HNO₃ v volumskem razmerju 4:1. V hladno kopel damo čašo in vanjo naprej nalijemo HCl ter nato HNO₃. V zlatotopko previdno dodamo čipe in počakamo, da se zlato raztopi s kontaktov. Ko je raztopljeno vso zlato ter kontakti čipov posivijo, sledi filtracija pod znižanim tlakom, da odstranimo netopne snovi. Pripravimo presesalno bučko, nučo in ustrezni filtrirni papir ter ga položimo v nučo. Priklopimo na vodno črpalko in odpreno vodo. Počasi z dekantiranjem odlijemo zlatotopko in jo prefiltriramo. Prefiltrirano zlatotopko prelijemo v erlenmajerico oz. čašo in z natrijevim oksalatom reduciramo zlato v elementarno obliko.

6.3.3 Ugotovitve

Pri pripravi zlatotopke in pri samem nadalnjem delu sva se držala zgornjega opisa postopka. Ko sva zmešala HCl in HNO₃, sva opazila, da se je po določenem času zlatotopka rahloobarvala rumeno. Po 10 minutah sva čipe pretila z zlatotopko in jih dala v hladno kopel. S čipi črnih kartuš sva delala ločeno paralelko od čipov barvnih kartuš. V obe primerih sva vzela 5 čipov. Črni čipi so bili v zlatotopki 1 uro in pol, barvni pa dve uri zaradi same filtracije, pa tudi ker sva najprej poskusila reducirati zlato, ki se je raztopilo iz čipov črnih kartuš. V obe primerih redukcija ni uspela, je pa izhajal rjav plin, za katerega meniva, da je NO₂. Domnevava, da se je pri redukciji porabljala HNO₃, saj je kljub veliki dodani količini reducenta še vedno izhajal NO₂. Na koncu se je raztopinaobarvala zeleno. Ko sva čipe očistila, sva opazila, da je bilo na kontaktih še vedno prisotno zlato. Vendar pa ga je bilo na čipih barvnih kartuš manj. Na podlagi tega predvidevava,

da se vso zlato še vedno ni raztopilo, kljub temu da so bili čipi barvnih kartuš dlje v zlatotopki. Predlagava, da pri naslednji izvedbi čipe pustimo v zlatotopki dalj časa.

Ko sva kontaktirala podjetje Bitea, pa so nama poleg ostalih podatkov povedali za drug način izločanja zlata z zlatotopko, ki se kar precej razlikuje od izvedenega. Spodaj bova opisala postopek, ki sva ga izvedela in za katerega predvidevava, da je bolj učinkovit od zgornjega. Za samo izvedbo nama je tokrat zmanjkalo časa, saj sva za sam postopek izvedela pri koncu najinega raziskovanja.

Zlatotopko zmešamo iz $\text{HNO}_3:\text{HCl}$ v volumskem razmerju 1:4 za koncentrirane, za nekoncentrirane pa 1:3. Premešamo in pustimo stati 24 ur, da se stabilizira. Po 24 urah razredčimo zlatotopko z vodo v razmerju 1:4 in dodamo čipe. Razredčena zlatotopka, bo raztopila večinoma samo zlato brez bakra in niklja, ki ju najdemo v vodnikih čipov oz. sloju med zlatom in bakrom. V tako pripravljenou zlatotopko potopimo čipe in jih pustimo, dokler se ne raztopi vso zlato. Zmes prefiltriramo pod znižanim tlakom in premešamo s topilom BUTIL DIGLYME, ki raztopi samo AuCl_3 iz zlatotopke, ostane raztopina zelene barve (prisoten baker). Organsko topilo plava na zlatotopki, zato lahko ti dve komponenti ločimo z lijem ločnikom. Reduciramo z oksalno kislino s segrevanjem na $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, tako se izloči zlato. V 1 L zlatotopke naj bi se na ta način raztopilo 0,5 kg zlata.

6.4 DOLOČANJE MASNEGA DELEŽA ANORGANSKIH SNOVI V OHIŠJIH IN ČIPIH

Oznake na ohišjih kartuš:

- Canon PPE+PS-GS25 (polifenilen eter, polistiren in 25 % steklenih vlaken »glass fiber«)
- HP PET-GF15 (polietilen tereftalat in 15 % steklenih vlaken)
- Lexmark PPE+PS FR40 (polifenilen eter, polistiren in 40 % zaviralca gorenja »flame retardant«)

Z branjem oznak sva ugotovila, da je ohišje kartuše poleg plastike sestavljeno še iz 25 % steklenih vlaken, ki še dodatno okrepijo ohišje in ga naredijo trdnejšega. Odločila sva se dokazati, če je to drži ter ali je edini delež anorganskih snovi v plastiki ohišja kartuše delež steklenih vlaken. Prav tako sva se odločila ugotoviti delež anorganskih snovi v čipu, saj sva opazila, da drobne žičke oz. vodnike obdaja plastika.

6.4.1 Inventar

- žarilna peč
- analizna tehnica
- pinceta
- kladivo
- tekstilna krpa
- označeni žarilni lončki
- urno steklo

- eksikator
- kompatibilna črna kartuša C40 BK
- kompatibilna barvna kartuša C41 CMY
- Canon PG-37 BLACK
- Canon CL-38 COLOR

6.4.2 Postopek

Označene žarilne lončke sva najprej prežarila pri temperaturi 650 °C ter jih nato ohladila v eksikatorju in stehtala na analizni tehnici. Naj opozoriva, da je potrebno prežarjene žarilne lončke prenašati s pinceto, vsaj dokler jih ne stehtamo ter s tem preprečimo odstopanje v rezultatu zaradi naknadno nanešenih organskih snovi s prstov. Stehtano ohišje kartuš (brez pokrova) sva ovila v tekstilno krpo in s tem preprečila, da bi koščki pri drobljenju s kladivom leteli naokoli. Kartušo sva poskušala čim bolj razdrobiti in dobiti čim bolj homogeno zmes, ki sva jo nato prenesla na urno steklo, ki sva ga uporabila za prenos do tehnice. Na analizni tehnici sva starirala novo urno steklo in nato nanj prenesla razdrobljeno ohišje iz urnega stekla za prenos. Odčitala sva maso in nato tarirala ter z odtehtavanjem prenesla približno 0,4–0,7 g vzorca v označene žarilne lončke. Ta postopek sva ponovila tako pri ohišju črne kartuše kot pri ohišju barvne kartuše. Iz barvne in črne (originalne in kompatibilne) kartuše sva previdno in kar se da v celoti odstranila čipe, jih stehtala na analizni tehnici ter dala v žarilne lončke. Ko sva imela vse vzorce pripravljene na žarenje, sva jih dala v žarilno peč in žarila pri 600 °C 2 uri. Po končanem žarjenju sva opazila, da je na nekaterih čipih še vedno delno prisotna plastika, deloma pa je ni več bilo. Zato sva ponovila žarjenje, tokrat pri 900 °C za 2 uri in 30 minut. Po drugem žarjenju ni ostalo več nič plastike, ki je bila po prvem žarjenju še prisotna. Prežarjene lončke sva ohladila v eksikatorju in jih nato stehtala na analizni tehnici.

6.4.3 Meritve in izračuni

$$m_{(\text{žarine})} = m_{(\text{ž.l.} + \text{žarina})} - m_{(\text{ž.lonček})}$$

$$w_{(anorg.s.)} = \frac{m_{(\text{žarine})}}{m_{(vzorec)}}$$

	Ž. LONČEK m (g)	Ž. L. + ŽARINA m (g)	VZOREC m(g)	ŽARINA m (g)	w ANORG. S.(%)
Ohišje črne kartuše	31,0862	31,2549	0,4718	0,1687	35,76 %
Ohišje črne kartuše	25,8047	25,9653	0,4630	0,1606	34,69 %
Ohišje barvne kartuše	27,7458	27,9040	0,4492	0,1582	35,22 %
Ohišje barvne kartuše	25,6885	25,9546	0,7371	0,2661	36,10 %
Kompatibilni čip črne k.	26,7843	26,8647	0,1433	0,0804	56,11 %
Originalen čip črne k.	31,8416	31,9183	0,1195	0,0767	64,18 %
Kompatibilni čip barvne k.	19,9909	20,0459	0,1024	0,0550	53,71 %
Originalen čip barvne k.	27,8274	27,8872	0,1115	0,0598	53,63 %

Tabela 1: Meritve in izračunane vrednosti anorganskih komponent v kartušah

6.4.4 Ugotovitve

Za določanje anorganskih snovi v ohišju kartuše sva uporabila originalni Canon kartuši, barvno in črno. Po podatkih na kartušah sva pričakovala masni delež anorganskih snovi okoli 25 %, če bi ohišje vsebovalo le dodana steklena vlakna. Po žarjenju ohišja je ostala apnencu podobna snov. Ko sva jo vzela iz žarilnega lončka, sva ugotovila, da je bil znotraj zrak, snov pa je bila razporejena kot milnica pri milnem mehurčku (znotraj je bil zrak), bila je tudi zelo krhkha in ob pritisku se je zdrobila v manjše delce. Po izračunu sva ugotovila, da je anorganskih snovi več, kot sva pričakovala. Za razliko, tj. okoli 10 %, predvideva, da gre za na pogled snov, podobno apnencu.

Se pa rezultati, dobljeni pri paralelkah za ohišja črnih kartuš, med sabo bistveno ne razlikujejo, enako velja tudi za barvne ter za primerjavo obojih. Iz tega lahko domnevava da gre, kot je tudi označeno na obeh ohišjih, za isto vrsto zmesi plastike in anorganskih delov ohišja.

Pri odstranjevanju čipov nama je veliko preglavic povzročala popolna odstranitev čipa iz kartuše, saj je na brizgalnem delu slednji temeljito prilepljen na kartušo. Po prvem žarjenju sva na čipih opazila še ostanek plastike, medtem ko je plastika ohišja skoraj popolnoma zgorela. Po drugem žarjenju pa so ostale le še žičke oz. vezje do brizgalnega dela. Na podlagi rezultatov vidiva, da ti deli predstavljajo več kot polovico skupne mase čipa. Pri čipih barvnih kartuš je sicer ta delež manjši, vendar v primerjavi s črnimi ne odstopa veliko. Zanimivo se nama zdi, da se rezultata pri barvnih ujemata (med čipi kompatibilnih in originalnih kartuš ni skoraj nikakršnega odstopanja), pri črnih pa vidiva razliko skoraj 8 %. Te razlike pa tudi ne moreva pripisati večji masi čipa (vzorca) že pred žarjenjem, saj ima kompatibilni čip pred žarjenjem večjo maso kot originalen čip, vendar ima manjši delež anorganskih snovi.



Slika 23: Anorganski preostanek po žarjenju



Slika 22: Čip po žarjenju

7 TEŽAVE PRI PROCESU RAZISKOVANJA

Pri procesu raziskovanja sva naletela na več ovir.

Prva izmed njih je bil problem pri iskanju literature, saj je ni bilo veliko. Po obsežnejšem iskanju sva ugotovila, da si s slovensko literaturo kaj prida ne bova mogla pomagati, saj je večinoma sploh ni bilo oz. je bila zelo zastarella. Seveda je bilo nekaj izjem, vendar nikakor to ni zadostovalo za najino raziskovanje. Zato sva se nato osredotočila na iskanje literature v angleškem jeziku, vendar je bilo knjižnega gradiva oz. spletnih objav knjižnega gradiva zelo malo. Iz tega je sledilo, da sva morala gradivo iskati po spletu, vendar sva se zavedala, da bo potrebno veliko preverjanja slednjega, predvsem glede njegove pravilnosti in zanesljivosti. Vse skupaj pa je postalo lažje, ko sva začela iskati po patentih o delovanju in sestavi kartuš ter barv, saj je nemalo podjetij patentiralo njihove tehnologije in procese. Tako sva našla dokaj zaupljiv vir, s katerim sva lahko tudi preverjala točnost ostalih spletnih virov.

Zaradi težav z literaturo sva bila tudi nekako omejena pri eksperimentalnem delu, saj knjižnih virov ni bilo, internetni pa so trdili vsak svojo teorijo, zaradi česar sva nemalokrat končala zmedena čemu gre zaupati. Na koncu smo z mentorico nekako našli način, ki nam je ustrezal.

8 RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

Kot sva ugotovila, je sama inkjet kartuša, na katero vsakodnevno nismo pozorni, precej kompleksna stvar. Od samega načina delovanja, ki se razlikuje od proizvajalca do proizvajalca do zgradbe in nenazadnje samega črnila, ki omogoča zapisom kar se da dolg obstoj.

Tukaj bova povzela ugotovitve, ki se nanašajo na v uvodu postavljene hipoteze.

HIPOTEZA ŠT. 1: *Iz kartuše lahko pridobimo uporabne materiale.*

Te hipoteze iz najinega eksperimentalnega dela ne moreva potrditi, saj nama v poskusu z zlatotopko ni uspelo izločiti zlata. Iz podatkov sogovorcev iz podjetij, pa je kartušo možno razstaviti na čip, iz katerega lahko pridobimo zlato, prav tako pa lahko recikliramo plastiko ohišja, vendar je to vprašljivo s stališča čistosti plastike. Iz zbranih podatkov tako lahko to hipotezo potrdita.

HIPOTEZA ŠT. 2: *Recikliranje kartuš je ekonomsko bolj učinkovito kot njihovo odlaganje na odlagališču.*

To hipotezo lahko le deloma potrdita, saj je možnost recikliranja mogoča samo pri originalni kartušah, namreč kompatibilne so neprimerne za predelavo oz. ponovno polnjenje zaradi manj kvalitetnejših delov. Pri originalnih kartušah pa pride tudi do problema, kjer v čipu vgrajeni programi preprečujejo ponovno polnjenje kartuše. Gledano iz ekonomskega vidika, pa je recikliranje originalnih kartuš bolj učinkovito oz. dobičkonosno kot pa njihovo odlaganje na odlagališčih, saj poleg plastike in drugih snovi dobimo tudi zlato v manjših količinah.

HIPOTEZA ŠT. 3: *Barve v kartušah so sestavljene iz okolju škodljivih snovi.*

Sodeč po najinih ugotovitvah o sestavi črnih kartuš lahko rečeva, da to hipotezo potrjujeva.

Kot so že najini sogovorniki iz podjetij izpostavili, se preredko zavedamo, da naša dejanja vplivajo na okolje posredno ali neposredno. Kot glavni problem so izpostavili vdor kompatibilnih, kakovostno slabših kartuš, ki niso primerne za ponovno polnjenje, na naš trg. Ker so te kartuše v prvi vrsti cenejše od ostalih, potrošniki množično posegajo po njih, pri tem pa se ne zavedajo, da te kartuše nosijo veliko obremenitev za okolje.

Poudarjati pa je potrebno tudi pomen ločenega zbiranja kartuš kot nevarnega odpadka, ki ne sodi skupaj z ostalimi med komunalne odpadke. Tega se zavedajo tudi v šolah in vrtcih, kjer že od malega spodbujajo mišljenje v tej smeri, saj množično sodelujejo v sistemu zbiranju kartuš.

Kot sva ugotovila, nastane problem tudi pri ponovnem polnjenju kartuš, saj pri določenih proizvajalci uveljavljajo patentne pravice ter tako ne dopustijo menjave poškodovanih delov ali proizvodnje nove kartuše. Sama sva tudi ugotovila, da je precej težavno kartušo razstaviti, ne da bi jo vsaj malo poškodoval. Na tem mestu predlagava, da bi podjetja, ki kartuše proizvajajo, uvedla novo linijo, ki bi namesto prilepljenega pokrova imela pokrov, ki bi se pripel na kartušo. Med pokrovom in ohišjem bi bilo tesnilo, ki bi zagotovilo, da bi kartuša tesnila, kot to sedaj

zagotavlja prilepljen pokrov. Namesto novih kartuš bi tako lahko podjetja prodajala polnilne sete z gobicami, potrošniki pa bi lahko sami ponovno polnili kartuše. Seveda bi bilo potrebno razmisli o dozirnih elementih, ki bi zdržali mnogo več polnitev kot jih lahko sedaj. Tako bi bila osnovna kartuša morda dražja, podjetje pa bi lahko služilo s prodajo polnilnih setov, zmanjšala pa se bi tudi količina odpadnih kartuš, kar bi precej razbremenilo okolje.

V prihodnje še nameravava preveriti postopek izločanja zlata iz čipov z zlatotopko, za katerega sva izvedela pri podjetju Bitea.

9 VIRI IN LITERATURA

- https://www.youtube.com/watch?v=YBa6Md0w_k (17. 12. 2015)
<https://www.drs.illinois.edu/SafetyLibrary/AquaRegia> (17. 12. 2015)
<http://chemistry.about.com/od/acids/f/How-To-Make-Aqua-Regia-Acid-Solution.htm> (17. 12. 2015)
- <http://weblab.si/kartuse-canon-skrb-za-varovanje-okolja/> (9. 1. 2016)
- <http://www.dell.com/learn/si/en/sicorp1/corp-comm/recycling-inktoner-sl> (9. 1. 2016)
- <http://www.interseroh-slo.si/o-podjetju> (9. 1. 2016)
- <http://www.obnovi.me/?viewPage=5> (9. 1. 2016)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Ink_cartridge (9. 1. 2016)
- <http://www.finance.si/201992/Odpadne-kartu%C5%A1e-bolnim-prina%C5%A1ajo-lepe-denarce?metered=yes&sid=450373948> (8. 1. 2016)
- http://www.emstar.at/index.php/Home_en_3131.html (8. 1. 2016)
- <http://www.spencerlab.com/reports/HP-Reliability-EMEA-2013.pdf> (8. 1. 2016)
- <http://www.finance.si/8349824/Ve%C4%8D-kot-50-odstotkov-ljudi-ki-so-preizkusili-cenej%C5%A1e-tonerje-si-%C5%BEeli-da-tega-ne-bi-storili> (8. 1. 2016)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Inkjet_printing (12. 1. 2016)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Micro_Piezo (12. 1. 2016)
- https://www.google.com/patents/US4818285?dq=printer+ink&hl=sl&sa=X&ved=0ahUK_EwiLrZmsiq7KAhWJ1hQKHcJ9C3sQ6AEIHDA (16. 1. 2016)
- <https://www.google.com/patents/US8602542?dq=inkjet+printer+cartridge&hl=sl&sa=X&ved=0ahUKEwj8q9eujq7KAhXBcRQKHZJDBUYQ6AEISDAF> (16. 1. 2016)
- http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB6875707_EN.htm (1. 2. 2016)
- <http://www.jagson.com/direct-dyes.php> (1. 2. 2016)
- https://sl.wikipedia.org/wiki/Tiskalnik#.C4.8Crnilni_tiskalniki (3. 3. 2016)
- <http://f.tqn.com/y/chemistry/1/S/G/p/ethyleneglycol.jpg> (24. 2. 2016)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Triethanolamine> (26. 2. 2016)
- <https://www.uaa.alaska.edu/chemistry/labs/upload/Dowicil-75.pdf> (31. 1. 2016)
- http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB6875707_EN.htm (31. 1. 2016)
- http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB8336918.htm (3. 2. 2016)
- <http://www.anildyesandchemicalsindustries.in/direct-yellow-107-dye.htm> (3. 2. 2016)
- <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/r0378?lang=en®ion=SI> (24. 2. 2016)
- <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/230162?lang=en®ion=SI> (24. 2. 2016)
- Boh, B. et al. (2000): *Barvila in naravna barvila*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

9.1 VIRI SLIK

- Slika 1 (lasten vir)
- Slika 2 (lasten vir)
- Slika 3 (lasten vir)
- Slika 4 (lasten vir)
- Slika 5 (http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/structure6/135/mfcd00002855.eps/_jcr_content/renditions/mfcd00002855-medium.png 26.2.2016)
- Slika 6 (http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/structure1/186/mfcd00003541.eps/_jcr_content/renditions/mfcd00003541-medium.png 31.1.2016)
- Slika 7 (<http://www.chemicalbook.com/CAS/GIF/8003-69-8.gif> 31.1.2016)
- Slika 8 (<http://www.chemicalbook.com/CAS/GIF/1330-38-7.gif> 3. 2. 2016)
- Slika 9 (<http://www.lookchem.com/300w/%5C2010-5%5C95958432-221e-48fb-8bdc-107e7c697633.gif> 3. 2. 2016)
- Slika 10 (<http://media.scbt.com/image.php?image=/i/11/52/115248.jpg> 3. 2. 2016)
- Slika 11 (<http://www.tcichemicals.com/image/commodity/A0600-L.gif> 24.2.2016)
- Slika 12 (<http://f.tqn.com/y/chemistry/1/S/G/p/ethyleneglycol.jpg> 24.2.2016)
- Slika 13 (lasten vir)
- Slika 14 (lasten vir)
- Slika 15 (lasten vir)
- Slika 16 (lasten vir)
- Slika 17 (lasten vir)
- Slika 18 (lasten vir)
- Slika 19 (lasten vir)
- Slika 20 (lasten vir)
- Slika 21 (lasten vir)
- Slika 22 (lasten vir)
- Slika 23 (lasten vir)

IZJAVA*

Mentorica, Mojca DROFENIK ČERČEK, v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi naslovom

INK-JET KARTUŠE, ZGRADBA IN DELOVANJE, OBREMENITEV OKOLJA IN MOŽNOSTI RECIKLIRANJA,
katere avtorja sta Tomaž MAROH in David RIBAR:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo (-ičino) dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu;
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogu v polnem besedilu na spletnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno naložno dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 14.3.2016



ŠOLSKI CENTER CELJE

SREDNJA ŠOLA ZA KEMIJO,
ELEKTROTEHNIKO IN RAČUNALNIŠTVO
3000 CELJE, Pot na Lavo 22

Šola

1

Podpis mentorja(-ice)

Ch. D. C. :

Podpis odgovorne osebe

J

* POJASNILO

V skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja(-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja(-ice) fotografkskega gradiva, katerega ni avtor(-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.