

56. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2022

# **PRISOTNOST MIKROPLASTIKE V ŠAMPONIH ZA LASE**

Raziskovalno področje: KEMIJA ALI KEMIJSKA TEHNOLOGIJA

Raziskovalna naloga

Šola: II. gimnazija Maribor

Avtorica: Viva Kokalj

Mentorici: Anita Mustać in Julija Valh Volmajer

Maribor, 2022

## KAZALO VSEBINE

POVZETEK .....	6
ABSTRACT .....	7
ZAHVALE .....	8
1 UVOD .....	9
1. 1 Namen in cilji .....	9
1. 2 Raziskovalno vprašanje .....	9
1. 3 Hipoteze .....	10
1. 4 Raziskovalne metode dela .....	10
1. 5 Predvidena nova spoznanja .....	10
2 TEORETIČNI DEL .....	11
2. 1 Mikroplastika .....	11
2. 2 Mikroplastika v kozmetiki .....	12
2. 2. 1 Kampanija »Beat the Microbead« .....	12
2. 3 Šamponi za lase, vključeni v raziskovalno nalogo .....	13
3 PRAKTIČNI DEL .....	14
3. 1 Določanje mikroplastike v šamponih za lase .....	14
3. 1. 1 Material in pripomočki .....	14
3. 1. 2 Potek dela .....	15
4 REZULTATI .....	17
4. 1 Določanje mase delcev s tehtanjem .....	17
4. 2 Določanje velikosti delcev z napravo Zetasizer .....	19
4. 2. 1 Meritve z napravo Zetasizer pri L'Occitane en Provence šamponu .....	19
4. 2. 2 Meritve z napravo Zetasizer pri Aveo šamponu .....	21
4. 3 Določanje števila delcev pod FTIR mikroskopom .....	23
4. 4 Fotografije delcev ter njihova kemijska sestava .....	27

5 RAZPRAVA .....	30
6 ZAKLJUČEK.....	32
7 PRILOGA.....	33
7. 1 Mase filtrov in šamponov.....	33
7. 2 Meritve z napravo Zetasizer pri preostalih šamponih .....	34
7. 2. 1 Meritve z napravo Zetasizer pri šamponu Head & Shoulders classic clean .....	34
7. 2. 2 Meritve z napravo Zetasizer pri Daddy-o šamponu .....	35
7. 2. 3 Meritve z napravo Zetasizer pri kremnem šamponu .....	36
7. 2. 4 Meritve z napravo Zetasizer pri kamiličnem šamponu .....	37
8 VIRI IN LITERATURA .....	39
8. 1 Bibliografija .....	39
8. 2 Viri slik.....	39

## KAZALO SLIK

Slika 1: Head & Shoulders classic clean šampon	13
Slika 2: Aveo družinski šampon	13
Slika 3: Daddy-o šampon	13
Slika 4: L`Occitane en Provence šampon	13
Slika 5: Kremni šampon	13
Slika 6: Kamilični šampon	13
Slika 7: Pripomočki	15
Slika 8: Filtriranje pod znižanim tlakom	16
Slika 9: Posnetek filtra Head & Shoulders šampona	23
Slika 10: Posnetek filtra Aveo šampona	24
Slika 11: Posnetek filtra Daddy-o šampona	24
Slika 12: Posnetek filtra L`Occitane šampona	25
Slika 13: Posnetek filtra kremnega šampona	25
Slika 14: Posnetek filtra kamiličnega šampona	26
Slika 15: Delec, posnet na filtru L`Occitane šampona	27
Slika 16: Delec, posnet na filtru kremnega šampona	27
Slika 17: Spekter delca, posnetega na filtru kremnega šampona	27
Slika 18: Delec posnet na filtru Head & Shoulders šampona	27
Slika 19: Spekter delca posnetega na filtru Head & Shoulders šampona	27
Slika 20: Delec, posnet na filtru Daddy-o šampona	28
Slika 21: Spekter delca, posnetega na filtru Daddy-o šampona	28
Slika 22: Delec, posnet na filtru Aveo šampona	28
Slika 23: Spekter delca, posnetega na filtru Aveo šampona	28
Slika 24: FTIR spektrofotometra z mikroskop	29

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Šamponi za lase	13
Tabela 2: Povprečna sprememba mase filtra pri posameznem šamponu	17
Tabela 3: Posnetki filtrov pod FTIR mikroskopom	23
Tabela 4: Mase šamponov in filtrov pred in po prvem filtriranju pod znižanim tlakom	33

## KAZALO GRAFOV

Graf 1: Sprememba mase filtra pri filtriranju posameznega šampona	17
Graf 2: Začetna in končna masa filtra	18
Graf 3: Število delcev izmerjeno na površini filtra in povprečna sprememba v masi filtra	18
Graf 4: Meritev pred začetkom filtriranja pri šamponu L`Occitane	19
Graf 5: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri šamponu L`Occitane	19
Graf 6: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri šamponu L`Occitane	20
Graf 7: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri šamponu L`Occitane	20
Graf 8: Meritev pred začetkom filtriranja pri Aveo družinskem šamponu	21
Graf 9: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri Aveo družinskem šamponu	21
Graf 10: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri Aveo družinskem šamponu	21
Graf 11: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri Aveo družinskem šamponu	22
Graf 12: Povprečno število delcev na površini filtra 5000 x 5000 µm in cena šampona na 100 ml	26
Graf 13: Meritev pred začetkom filtriranja pri šamponu Head & Shoulders	34
Graf 14: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri šamponu Head & Shoulders	34
Graf 15: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri šamponu Head & Shoulders	34
Graf 16: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri šamponu Head & Shoulders	34
Graf 17: Meritev pred začetkom filtriranja pri Daddy-o šamponu	35
Graf 18: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri Daddy-o šamponu	35
Graf 19: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri Daddy-o šamponu	35
Graf 20: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri Daddy-o šamponu	36
Graf 21: Meritev pred začetkom filtriranja pri kremnem šamponu	36
Graf 22: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri kremnem šamponu	36
Graf 23: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri kremnem šamponu	37
Graf 24: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri kremnem šamponu	37
Graf 25: Meritev pred začetkom filtriranja pri kamiličnem šamponu	37
Graf 26: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri kamiličnem šamponu	38
Graf 27: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri kamiličnem šamponu	38
Graf 28: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri kamiličnem šamponu	38

## **POVZETEK**

V raziskovalni nalogi smo se osredotočili na vsebnost mikroplastike v šamponih za lase. Mikroplastika ima namreč negativen vpliv na naravo in zdravje človeka, v zadnjih desetletjih pa se v povečanem obsegu uporablja v izdelkih za vsakdanjo uporabo, kot je na primer kozmetika. Raziskovalne metode, ki smo jih v okviru raziskovalne naloge uporabili, so filtriranje pod znižanim tlakom in skozi filtrne diske s pomočjo injekcijske brizgalke. Za ugotavljanje spremembe mase smo uporabili tehtanje z analitsko tehtnico, velikosti delcev v različnih raztopinah smo izmerili s pomočjo dinamičnega sipanja laserske svetlobe (DLS), z napravo Zetasizer. Uporabili smo tudi Fourierjeve infrardeče (FTIR) spektroskopije z mikroskopom za štetje delcev na posameznem filtru in določali smo infrardeče (IR) spektre s tehniko oslabljenega popolnega odboja (ATR). Rezultati raziskave kažejo, da največ mikroplastičnih delcev vsebuje šampon Head & Shoulders classic clean, najmanj pa šampona L'Occitane en Provence in kamilični šampon proizvajalca Ilirija. Oba nista imela spremembe v mase, kamilični šampon je imel le nekoliko več delcev, izmerjenih na filtru. Zanimivo je, da cena nima vpliva na vsebnost mikroplastike v šamponu.

## **ABSTRACT**

In the research, we focused on the content of microplastics in hair shampoos. Microplastics have a negative impact on nature and human health, and in recent decades there has been increased use in everyday products such as cosmetics. The research methods used in the research are filtration under reduced pressure and through filter discs using a syringe. Weighing with an analytical balance was used to determine the change in mass. Particle sizes in different solutions were measured using dynamic laser light scattering (DLS) with a Zetasizer device. Fourier infrared (FTIR) spectroscopy with a microscope was also used to count the particles on a single filter, and infrared (IR) spectra were determined using the attenuated total reflection (ATR) technique. The results show that the Head & Shoulders classic clean shampoo contains the most microplastic particles, while L'Occitane en Provence shampoo and Ilirija chamomile shampoo contain the least. Both had no change in mass, the chamomile shampoo had only slightly more particles measured on the filter. Interestingly, the price has no effect on the microplastic content of the shampoo.

## **ZAHVALE**

Ob končani raziskovalni nalogi se zahvaljujem mentoricama, Aniti Mustać in Juliji Valh Volmajer, za strokovno pomoč in podporo ob izvedbi raziskovalne naloge. Hvala za pomoč pri izvedbi eksperimentalnega dela, za vodenje in usmerjanje ter za čas, ki sta ga namenili za sodelovanje pri raziskavi in pregledu pripravljenega poročila.



## **1 UVOD**

Mikroplastika predstavlja veliko težav sodobnega človeka, vendar se tega večina populacije ne zaveda. Skoraj nihče ne pomisli, da si lase ali obraz umiva s sredstvi, ki vsebujejo plastične delce. Delci mikroplastike, ki jih vsebujejo kozmetični izdelki, so tako majhni, da so skoraj nevidni oziroma nevidni s prostim očesom. Ljudje ob misli na mikroplastiko v svoji kopalnici pomislijo na preštevilno embalažo, v katero je shranjena njihova kozmetika, vendar to še ni vse. Potrebno je pomisliti na mikrodolge plastike, ki jih ne vsebuje embalaža, ampak sam proizvod (Voshart, 2020).

Delci mikroplastike so zelo majhni, kljub temu pa predstavljajo ogromno težavo za človeštvo in okolje. Zgodba plastike v oceanih ni enoznačna, saj je ob vidni plastiki, ki se je ljudje v veliki večini zavedajo, prisotna tudi mikroplastika, ki je zaradi svoje majhnosti čistilne naprave ne zadržijo oziroma se majhni delci ne ujamejo v mulju, zato končajo v vseh svetovnih oceanih. Skupna količina mikroplastike, ki se trenutno nahaja v morjih, ni znana. Znanstvene študije navajajo, da je kar do 4,1 % onesnaženja z mikroplastiko v evropskih morjih posledica kozmetičnih izdelkov (Petkovšek, 2019).

### **1. 1 Namen in cilji**

Namen raziskovalne naloge je raziskati šampone na slovenskem tržišču glede na vsebnost mikroplastike. Preverili bomo različne cenovne razrede, blagovne znamke ter tudi šampone z oznako brez mikroplastike ali z oznako 100 % naravna kozmetika. Z metodami filtriranja, mikroskopiranja, določanjem velikosti delcev z napravo Zetasizer in določanjem IR-spektrov z ATR-tehniko bomo preverili vsebnost mikroplastike v šamponih.

### **1. 2 Raziskovalno vprašanje**

Kakšna je vsebnost mikroplastike v šamponih za lase na slovenskem tržišču?

### **1. 3 Hipoteze**

HIPOTEZA 1: Višja kot je cena šampona, manj mikroplastike vsebuje.

HIPOTEZA 2: Šampon 100 % naravne kozmetike in šampon kozmetike z oznako brez mikroplastike ne vsebujeta mikroplastike.

HIPOTEZA 3: Nižja kot je cena šampona, večje delce mikroplastike vsebuje.

HIPOTEZA 4: Večja kot je sprememba mase filtrirnega papirja pri določenem šamponu, večje bo število delcev, ujetih v filtru.

### **1. 4 Raziskovalne metode dela**

Raziskovalne metode dela, ki jih bomo uporabili v raziskovalni nalogi, so pregled virov in literature. Naš namen je izvedeti, kaj je že znanega o zastavljeni temi. Za tem bomo uporabili laboratorijske in eksperimentalne metode, kot so tehtanje z analitsko tehtnico, filtriranje pod nižanim tlakom in z injiciranjem skozi filtrne diske, sušenje v sušilniku, ugotavljanje velikosti delcev z aparatom Zetasizer, mikroskopiranje s FTIR mikroskopom ter določanje IR-spektrov z ATR-tehniko.

### **1. 5 Predvidena nova spoznanja**

Namen raziskovalne naloge je ugotoviti vsebnost mikroplastike v šamponih za lase na slovenskem tržišču. Hkrati želimo ugotoviti, kako se vsebnost razlikuje v šamponih različnih cenovnih razredov, ter ali cena vpliva na kvaliteto šampona. Prav tako nameravamo izvedeti, kakšne so razlike v velikosti delcev mikroplastike po filtraciji skozi filtre z vedno manjšo velikostjo por.

## **2 TEORETIČNI DEL**

### **2.1 Mikroplastika**

Mikroplastika so majhni koščki plastike, veliki manj kot 5 milimetrov, ki se pojavijo v okolju kot posledica onesnaženja s plastiko. Mikroplastika je prisotna v različnih izdelkih, od kozmetike do sintetičnih oblačil, do plastičnih vrečk in steklenic. Mikroplastika je sestavljena iz polimernih verig (Rogers, 2020).

Mikroplastiko delimo na dve vrsti: primarno in sekundarno. Primeri primarne mikroplastike vključujejo mikrokroglice, ki jih najdemo v izdelkih za osebno nego, plastične drobce, ki se uporabljajo v industrijski proizvodnji, in plastična vlakna, ki se uporabljajo v sintetičnih tekstilnih izdelkih. Primarna mikroplastika vstopa v okolje neposredno po uporabi izdelkov. Sekundarna mikroplastika nastane pri razpadu večjih plastičnih delcev; to se običajno zgodi, ko so večji kosi plastike izpostavljeni različnim vremenskim vplivom in sončnim žarkom (prav tam, 2020).

Mikroplastika ni biorazgradljiva. Tako se primarna in sekundarna mikroplastika v okolju kopičita in ostajata. Mikroplastiko so našli v različnih okoljih, vključno z oceani in sladkovodnimi ekosistemi. Mikroplastiko so našli v prebavnem traktu in tkivih različnih nevretenčarjev. Osumljena je tudi, da se premika po zooplanktonu navzgor po morskih prehranjevalnih verigah, od majhnih rib do velikih morskih plenilcev. Znanstveniki so mikroplastiko odkrili tudi v človeških tkivih in organih (prav tam, 2020).

Mikroplastika, ki se uporablja v kozmetiki, onesnažuje naše okolje, čeprav ta vir predstavlja le majhen del onesnaževanja okolja s plastiko. V več državah je uporaba primarne mikroplastike v kozmetiki prepovedana, da se prepreči nadaljnja škoda. Velika večina kozmetičnih podjetij si prizadeva preoblikovati svoje formulacije z ustreznimi alternativami brez mikroplastike (Petsitis, 2018).

## **2. 2 Mikroplastika v kozmetiki**

Dr. Ruta Almedom, vodja raziskav pri CodeChecku, je opravil raziskavo na področju mikroplastike v okolju. Mikrozrna so povsod okoli nas, najdemo jih lahko v zraku, tleh in vodi. V svetovnem povprečju vsak prebivalec planeta absorbira do pet gramov plastike na teden (teža bančne kartice). V Nemčiji se vsako leto iz vsebine kozmetike in detergentov v odpadne vode sprostijo okoli tisoč ton mikroplastike in skoraj 50-krat več tekočih makromolekul. CodeCheckovo poročilo o mikroplastiki in polimerih vključuje analizo približno 50.000 izdelkov za osebno nego in ugotavlja, da mikroplastika prevladuje v kozmetičnih izdelkih, kar predstavlja tveganje za okolje in zdravje. (Almedom, 2020)

V sodobnem svetu šele začenjamo razumeti vpliv mikroplastike na okolje in zdravje. Ko delci pridejo v telo, predstavljajo potencialno tveganje za zdravje ljudi. Študije na živalih so potrdile, da lahko mikro in nanoplastika prehajata v krvni ali limfni sistem skozi prebavila. Glede na svoje značilnosti se plastični delci širijo in kopičijo v različnih organih, povzročajo zamašitev majhnih krvnih žil in vnetne odzive (prav tam, 2020).

Mikroplastika pa ne predstavlja le problema za zdravje ljudi, ampak velik problem za okolje. Kozmetiko z vodo spiramo v kanalizacijo, kjer pa so pore na filterjih čistilnih naprav prevelike, da bi zadržale drobne delce mikroplastike. Ti posledično pridejo do morij in oceanov, kjer predstavljajo velik vir onesnaževanja, prav tako pa so nevarni za morskotvornost. Živali delce nehote zaužijejo, kasneje pa se znajdejo na naših krožnikih, saj ljudje predstavljamo konec prehranjevalne verige (Voshart, 2020).

### **2. 2. 1 Kampanija »Beat the Microbead«**

Leta 2012 se je začela kampanja »Beat the Microbead« (prevod v slovenščino: premagati mikrokroglice), ki si prizadeva prepovedati uporabo mikrokroglic v vsakdanjem življenju. Leta 2015 so z raziskavo našli seznam 67 mikroplastičnih sestavin, ki so prisotne v kozmetiki. Do leta 2021 zaradi predloga omejevanja Evropske kemijske agencije (ECHA) poznamo več kot 500 mikroplastičnih sestavin, ki se pogosto uporabljajo v kozmetiki in izdelkih za osebno nego. Na voljo sta spletna stran<sup>1</sup> in aplikacija, kjer se lahko potrošniki seznanijo z mikroplastiko v kozmetiki ter s pomočjo skeniranja tudi preverijo ali njihov izdelek vsebuje mikroplastiko (Beat the Microbead, 2021).

---

<sup>1</sup> Povezava do spletne strani: <https://www.beatthemicrobead.org/>

## 2. 3 Šamponi za lase, vključeni v raziskovalno nalogo

Tabela 1: Šamponi za lase

 <p>Slika 1: Head &amp; Shoulders classic clean šampon</p>	<p><b>HEAD &amp; SHOULDERS CLASSIC CLEAN ŠAMPON</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proizvajalec: Head &amp; Shoulders</li> <li>• cena: 1,33 €/100 ml</li> <li>• država porekla: Nemčija</li> <li>• sestava embalaže: HDPE (polietilen visoke gostote)</li> </ul>
 <p>Slika 2: Aveo družinski šampon</p>	<p><b>AVEO DRUŽINSKI ŠAMPON</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proizvajalec: Aveo (Müller)</li> <li>• cena: 0,30 €/100 ml</li> <li>• država porekla: Nemčija</li> <li>• sestava embalaže: HDPE (polietilen visoke gostote)</li> </ul>
 <p>Slika 3: Daddy-o šampon</p>	<p><b>DADDY-O ŠAMPON</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proizvajalec: LUSH</li> <li>• cena: 9 €/100 ml</li> <li>• država porekla: Velika Britanija</li> <li>• sestava embalaže: PET (polietilen tereftalat)</li> </ul>
 <p>Slika 4: L'Occitane en Provence šampon</p>	<p><b>L'OCCITANE EN PROVENCE ŠAMPON</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proizvajalec: L'Occitane en Provence</li> <li>• cena: 6,60 €/100 ml</li> <li>• država porekla: Francija</li> <li>• sestava embalaže: PET (polietilen tereftalat)</li> </ul>
 <p>Slika 5: Kremni šampon</p>	<p><b>KREMNI ŠAMPON</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proizvajalec: Naturavit</li> <li>• cena: 2,32 €/100 ml</li> <li>• država porekla: Evropska unija</li> <li>• sestava embalaže: PET (polietilen tereftalat)</li> </ul>
 <p>Slika 6: Kamilični šampon</p>	<p><b>KAMILIČNI ŠAMPON</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proizvajalec: Ilirija 1908</li> <li>• cena: 0,65 €/100 ml</li> <li>• država porekla: Slovenija</li> <li>• sestava embalaže: HDPE (polietilen visoke gostote)</li> </ul>

### 3 PRAKTIČNI DEL

#### 3.1 Določanje mikroplastike v šamponih za lase

##### 3.1.1 Material in pripomočki<sup>2</sup>

- 6 šamponov (opisani so na strani 12)
- milli-q voda (H<sub>2</sub>O)
- celulozni filtri (3-5 µm)
- polietersulfonski filtri (0,2 µm)
- injekcijska brizgalka
- filtrni diski (0,45 µm in 0,20 µm)
- eksikator s sušilnim sredstvom
- sušilnik
- analitska tehtnica
- čaše (200 ml)
- merilni valj (100 ml)
- steklena palčka
- pinceta
- urna stekla
- petrijevka
- presesalna nuča
- Buchnerjev keramični lij
- kovinska prijemalka
- vodna črpalka
- FTIR spektrofotometer z mikroskopom
- Zetasizer (Malvern Zetasizer nano series)

---

<sup>2</sup> Zaradi določanja plastike v raztopini nismo uporabili plastičnega laboratorijskega pribora.



*Slika 7: Pripomočki*

### **3. 1. 2 Potek dela**

V sklopu praktičnega dela raziskovalne naloge smo se osredotočili na določanje mikroplastike v šamponih za lase. Pred začetkom dela smo v sušilniku posušili celulozne filtre ter jih do uporabe shranili v eksikator s sušilnim sredstvom. Oštevilčili smo vzorce šamponov in pripravili raztopino šampona tako, da smo natehtali približno 2 grama šampona in ga razredčili s 100 mililitri mili-q vode. Nato smo se lotili filtriranja pod znižanim tlakom in injiciranja skozi filtrne diske. Pripravili smo presesalno nučo, ki smo jo priključili na vodno črpalko, saj smo filtrirali pod znižanim tlakom. Najprej smo stehali posušeni filter ter ga nato vstavili v Buchnerjev keramični lij. Raztopino šampona smo prelili skozi filter. Filtriranje je trajalo približno deset minut. Filter smo s pinceto odstranili, položili na urno steklo in dali v sušilnik na 105 °C ter ga po končanem sušenju stehali na analitski tehtnici, da smo lahko primerjali začetno in končno maso filtra ter s tem ugotovili maso delcev, ujeta na filter. Za tem smo dobljeno raztopino inicirali skozi injekcijsko brizgalko s filtrirnim diskov z velikostjo por 0,45  $\mu\text{m}$ . Dobljeno raztopino smo ponovno inicirali skozi filtrirni disk z velikostjo por 0,20  $\mu\text{m}$ . Vse štiri raztopine (začetno, po prvem filtriranju pod znižanim tlakom, po prvem iniciranju, po drugem iniciranju) smo kasneje okarakterizirali z napravo Zetasizer in pogledali, kako se spreminja velikost delcev skozi posamezne filtracije. Za vsak šampon smo filtriranje ponovili trikrat.

Vsak šampon smo po istem postopku filtriranja pod znižanim tlakom filtrirali tudi skozi polietersulfonske filtre z velikostjo por 0,20  $\mu\text{m}$ , saj so ti filtri bolj primerni za kasnejšo karakterizacijo s FTIR spektroskopijo z mikroskopom. Filtrirni čas se je v tem primeru podvojil, saj so bile pore filtrov manjše (0,2  $\mu\text{m}$ ). Filtre smo posušili in analizirali s FTIR spektroskopijo

z mikroskopom, kjer smo ugotavljali število delcev na posameznem filtru in IR-spektre oziroma sestavo posameznih delcev s pomočjo ATR-tehnike.



*Slika 8: Filtriranje pod znižanim tlakom*



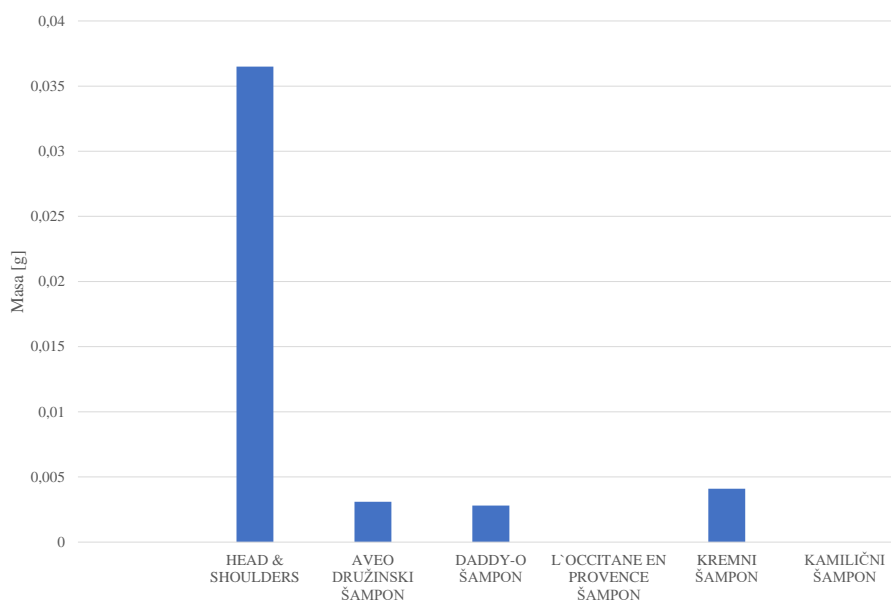
## 4 REZULTATI

### 4.1 Določanje mase delcev s tehtanjem

Tabela 2: Povprečna sprememba mase filtra pri posameznem šamponu

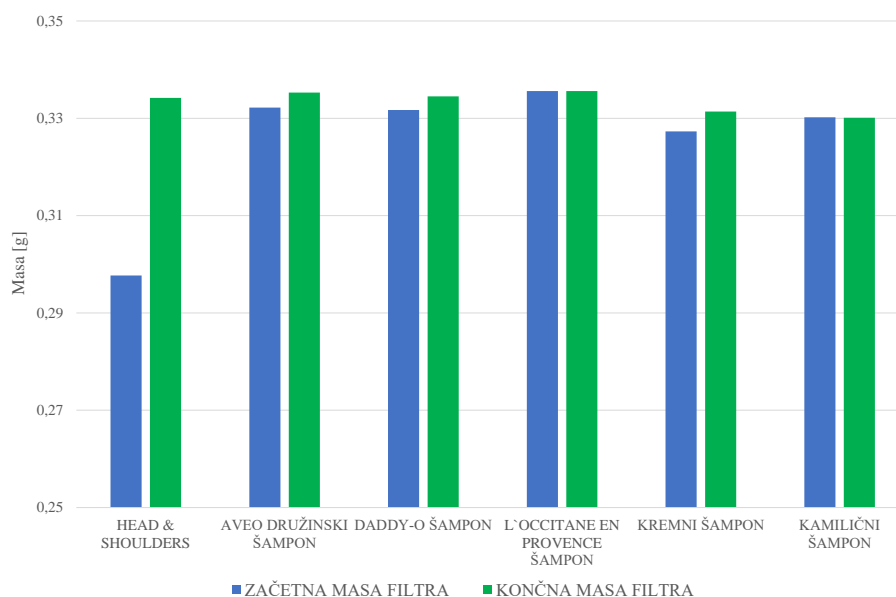
POVPREČNE SPREMEMBE V MASI FILTRA PO PRVEM FILTRINJANJU POD ZNIŽANIM TLAKOM (velikost por med 3 in 5 $\mu\text{m}$ )	
Ime šampona	Masa v miligramih [mg]
HEAD & SHOULDERS ŠAMPON	36,5
AVEO DRUŽINSKI ŠAMPON	3,1
DADDY-O ŠAMPON	2,8
L'OCCITANE EN PROVENCE ŠAMPON	0
KREMNI ŠAMPON	4,1
KAMILIČNI ŠAMPON	0

Graf 1: Sprememba mase filtra pri filtriranju posameznega šampona



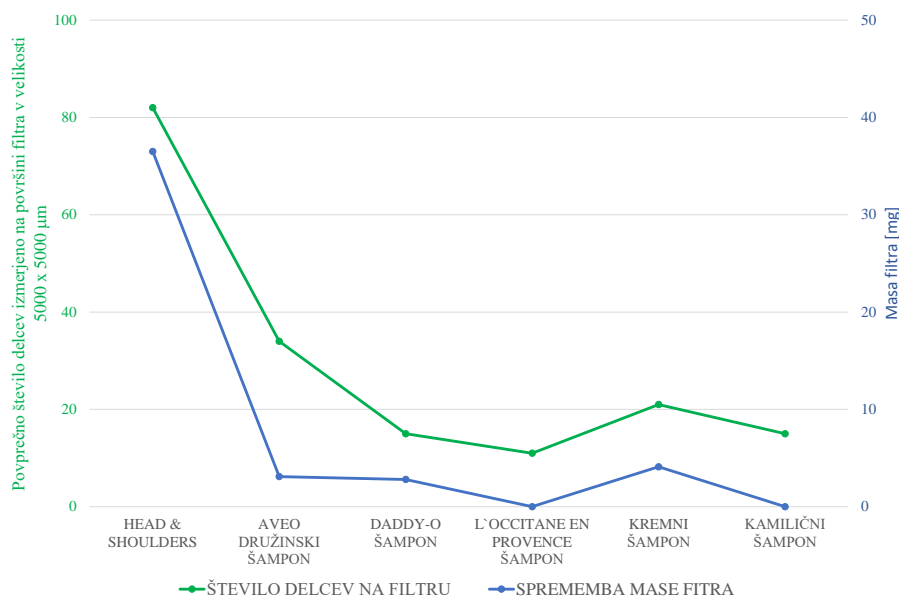
Graf 1 prikazuje spremembe v masi filtrov po prvem filtriranju pod znižanim tlakom. Izmed treh ponovitev smo izračunali povprečno spremembo pri posameznem šamponu. Največja sprememba je izstopajoče opazna pri šamponu Head & Shoulders. Po drugi strani pa pri kamiličnem in L'Occitane en Provence šamponu ni prišlo do spremembe v masi filtra.

Graf 2: Začetna in končna masa filtra



Graf 2 predstavlja maso celuloznega filtra z velikostjo por od tri do pet mikrometrov, pred in po filtriranju pod znižanim tlakom. Sprememba v masi je bila največja pri šamponu Head & Shoulders. Pri kamiličnem in L'Occitane en Provence šamponu je masa celuloznega filtra enaka pred in po filtriranju.

Graf 3: Število delcev izmerjeno na površini filtra in povprečna sprememba v masi filtra



Graf 3 z zeleno barvo prikazuje število delcev, izmerjenih na površini filtra v velikosti 5000 x 5000 mikrometrov, ter z modro povprečno spremembo v masi filtra, ki je podana v miligramih. Razvidno je, da imajo šamponi z večjo spremembo v masi izmerjenih tudi več delcev na

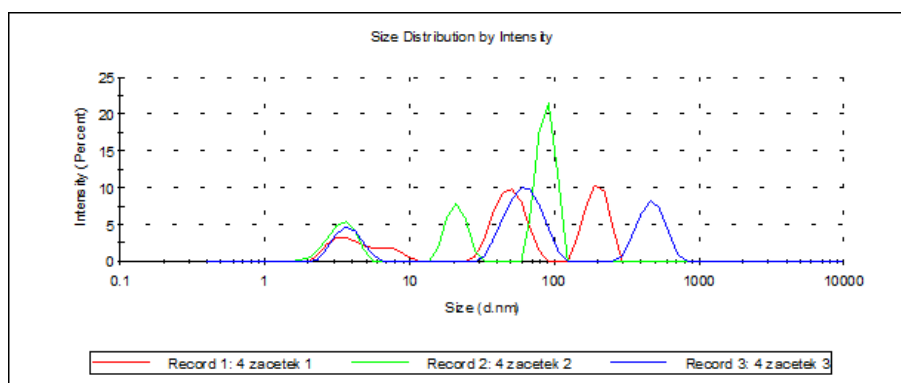
površini polietersulfonskega filtra. Na primer šampon Head & Shoulders ima prešteti največ delcev, prav tako pa ima tudi največjo spremembo v masi filtra.

## 4. 2 Določanje velikosti delcev z napravo Zetasizer

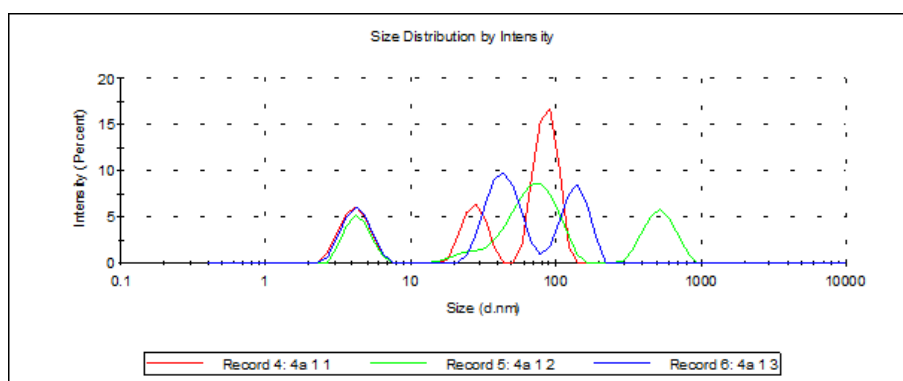
Z napravo Zetasizer (Malvern Zetasizer nano series) smo izmerili velikost delcev v vseh fazah filtriranja v raztopini šampona in vode. Velikost por na filtru pri prvem filtriranju pod znižanim tlakom je bila 3–5 mikrometrov. Pri prvem iniciranju z injekcijsko brizgalko je bila velikost por 0,45 mikrometrov. Pri drugem iniciranju skozi injekcijsko brizgalko je bila velikost por na nastavku 0,20 mikrometrov.

### 4. 2. 1 Meritve z napravo Zetasizer pri L`Occitane en Provence šamponu

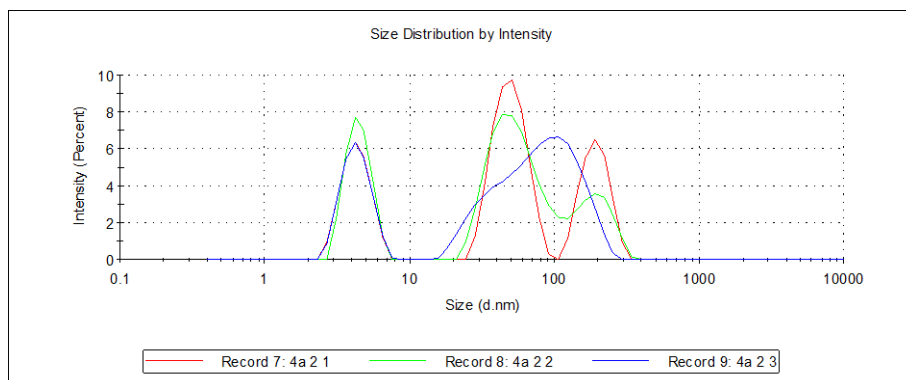
Graf 4: Meritev pred začetkom filtriranja pri šamponu L`Occitane



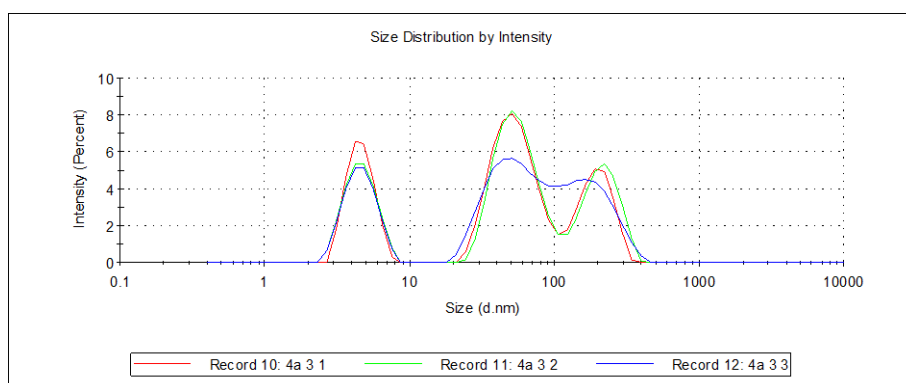
Graf 5: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri šamponu L`Occitane



Graf 6: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri šamponu L'Occitane



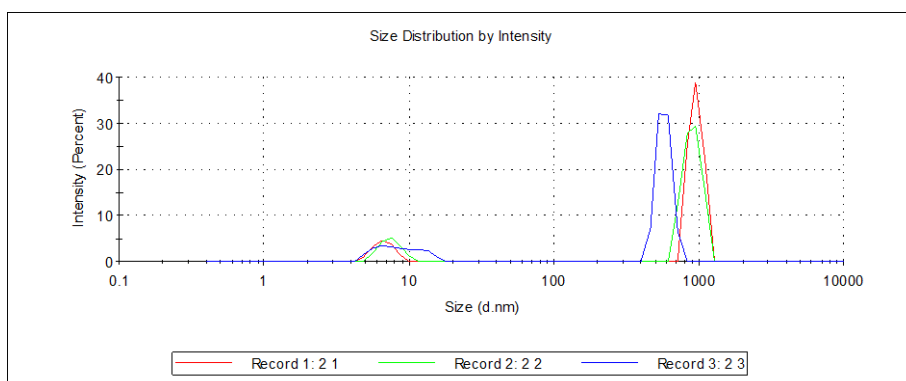
Graf 7: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri šamponu L'Occitane



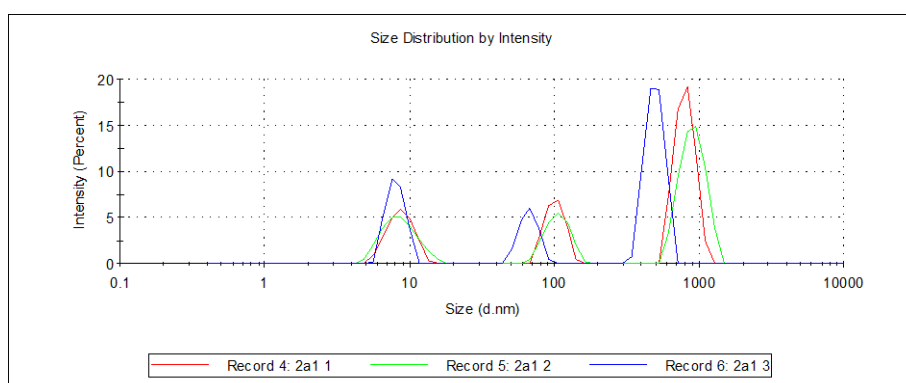
V grafih 4, 5, 6 in 7 so vidne spremembe pri filtriranju skozi vedno manjše pore. Na prvem grafu 4 je tako vidno, da so prisotni večji delci, ki jih je zaznala naprava Zetasizer, njihova velikost je v povprečju 677,0 nm. Pri drugi meritvi, po prvem filtriranju pod znižanim tlakom, so vidni manjši delci, iz česar lahko sklepamo, da so se večji ujeli v pore filtra. Njihova povprečna velikost je 395,5 nm. Po prvem iniciranju skozi injekcijsko brizgalko so vidni še manjši delci, v povprečju veliki 202,2 nm, kar prikazuje graf 6. Najmanjši delci so bili zaznani na koncu, po drugem iniciranju skozi filter z najmanjšimi porami. Povprečna velikost delcev po končanem filtriranju je znašala 155,2 nm. Po vsakem filtriranju je viden padec velikosti delcev. Različne barve na grafu predstavljajo tri meritve oziroma tri ponovitve pri meritvi.

## 4. 2. 2 Meritve z napravo Zetasizer pri Aveo šamponu

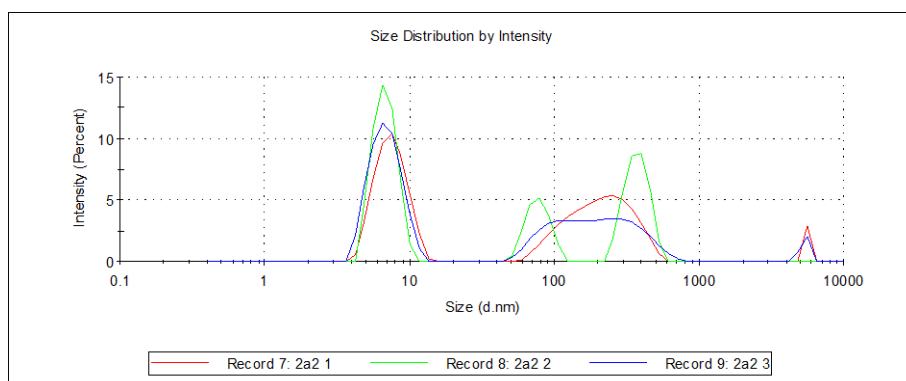
Graf 8: Meritev pred začetkom filtriranja pri Aveo družinskem šamponu



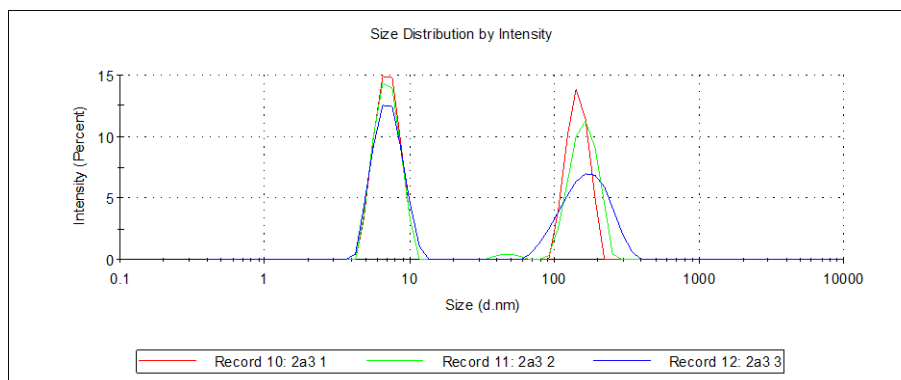
Graf 9: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri Aveo družinskem šamponu



Graf 10: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri Aveo družinskem šamponu



Graf 11: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri Aveo družinskem šamponu

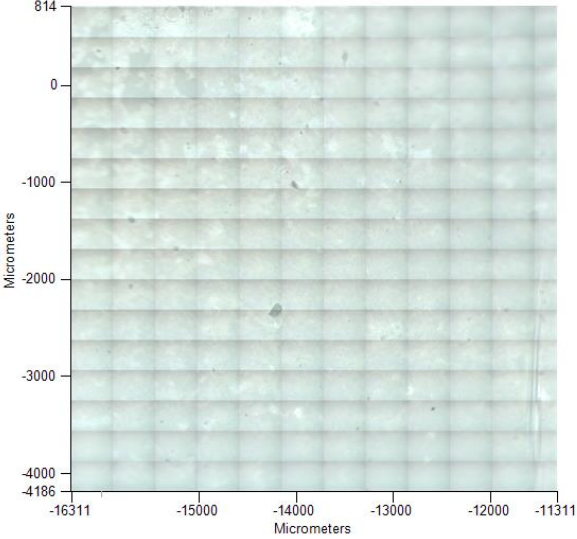


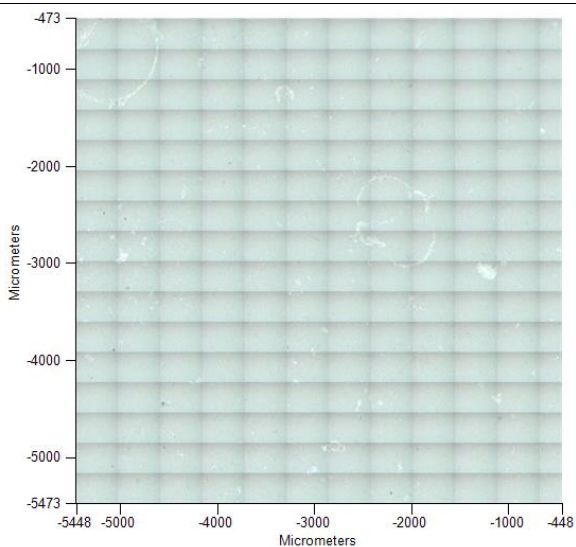
Tudi pri Aveo šamponu lahko opazimo manjše delce v raztopini po filtraciji skozi vedno manjše pore na filterih, saj so večji delci ostali na površini filtra. Na grafih 8, 9 10 in 11 so zaznani vedno manjši delci, izmerjeni v raztopinah, saj so se skozi filtriranje odstranili večji delci. Pred začetkom filtriranja je bila velikost delcev 2005 nm, po prvem filtriranju pod znižanim tlakom je znašala 812,8 nm. Povprečna velikost delcev po prvem iniciranju z injekcijsko brizgalko znašala 405,1 nm in po drugem 153,8 nm. Za primerjavo z L`Occitane en Provence šamponom so v tem šamponu prisotni večji delci, kar lahko sklepamo tudi iz spremembe v masi. Tudi pri teh meritvah lahko opazujemo padec velikosti delcev po vsakem filtriranju.

### 4.3 Določanje števila delcev pod FTIR mikroskopom

Polietersulfonske filtre, skozi katere smo pod znižanim tlakom filtrirali raztopine vseh šestih šamponov, smo pogledali pod FTIR spektrometrom z mikroskopom ter s štetjem delcev, po štirikrat na vsakem filtru, ugotovili povprečno število ujetih delcev na filtru. Delci so bili različno veliki in različnih oblik. Število delcev smo šteli na štirih območjih velikih 5.000 x 5.000  $\mu\text{m}$ . Določene večje delce smo s pomočjo ATR-tehnike tudi izmerili ter pridobili IR-spektre, na podlagi katerih lahko predvidevamo kemijsko sestavo delca. Izmerili smo lahko le delce večje od 100 x 100  $\mu\text{m}$ , saj je tolikšna površina kristal na ATR-nosilcu. Pri manjših delcih smo naleteli na oviro, saj je kristal na ATR-nosilcu izmeril spekter ozadja, in ne samega delca. Na slikah v tabeli 3 drobne, komaj vidne črne pike predstavljajo delce.

Tabela 3: Posnetki filtrov pod FTIR mikroskopom

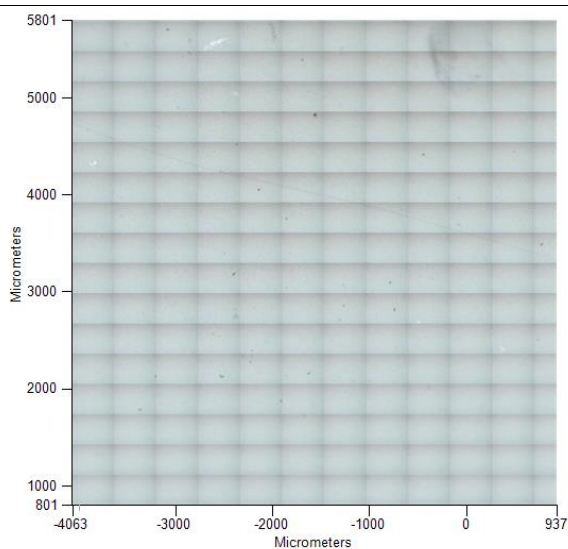
 <p data-bbox="347 1503 852 1532"><i>Slika 9: Posnetek filtra Head &amp; Shoulders šampona</i></p>	<p data-bbox="1027 864 1350 1003"><b>FILTER ŠAMPONA HEAD &amp; SHOULDERS CLASSIC CLEAN</b></p> <p data-bbox="1027 1050 1390 1525">Na filtru so bili prisotni veliki in mali delci, različnih oblik. Povprečno število delcev na območju 5.000 x 5.000 <math>\mu\text{m}</math> je 82, iz tega sledi, da je na območju filtra, ki meri 1.962,5 <math>\text{mm}^2</math> bilo prisotnih približno 6.437 delcev.</p>
--	---



*Slika 10: Posnetek filtra Aveo šampona*

### FILTER AVEO DRUŽINSKEGA ŠAMPONA

Na filtru so bili opazni mali in srednje veliki delci, različnih oblik. Povprečno število na območju 5.000 x 5.000  $\mu\text{m}$  je 34 delcev. Na celotnem filtru je bilo prisotnih 2.669 delcev.

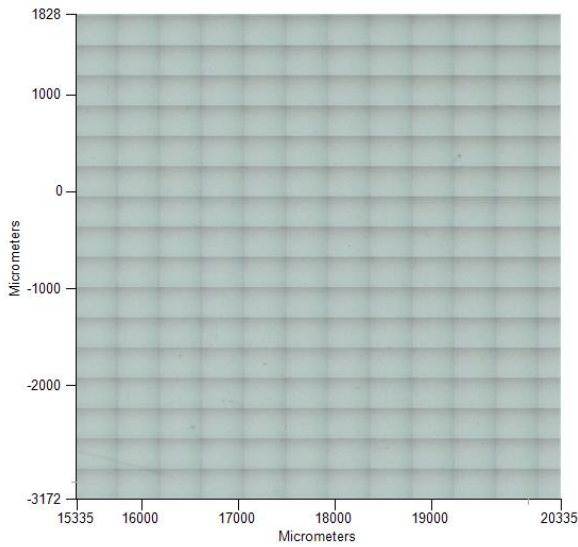


*Slika 11: Posnetek filtra Daddy-o šampona*

### FILTER DADDY-O ŠAMPONA

Na filtru so bili prisotni mali delci, njihovo povprečje na območju 5.000 x 5.000  $\mu\text{m}$  je 15. Na celotnem filtru je bilo 1.778 delcev.

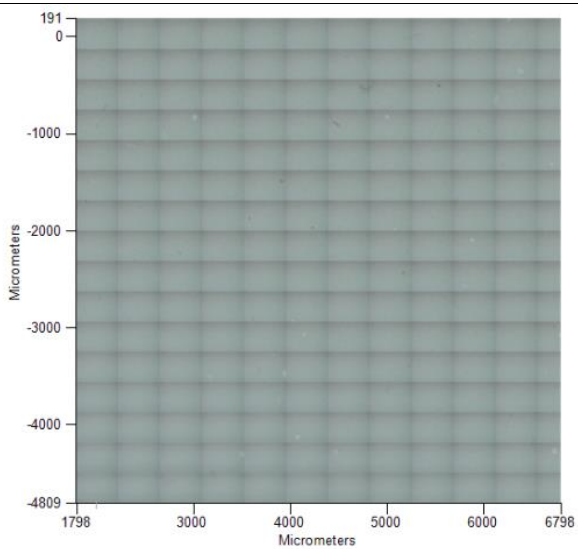




Slika 12: Posnetek filtra L'Occitane šampona

#### FILTER L' OCCITANE EN PROVENCE ŠAMPONA

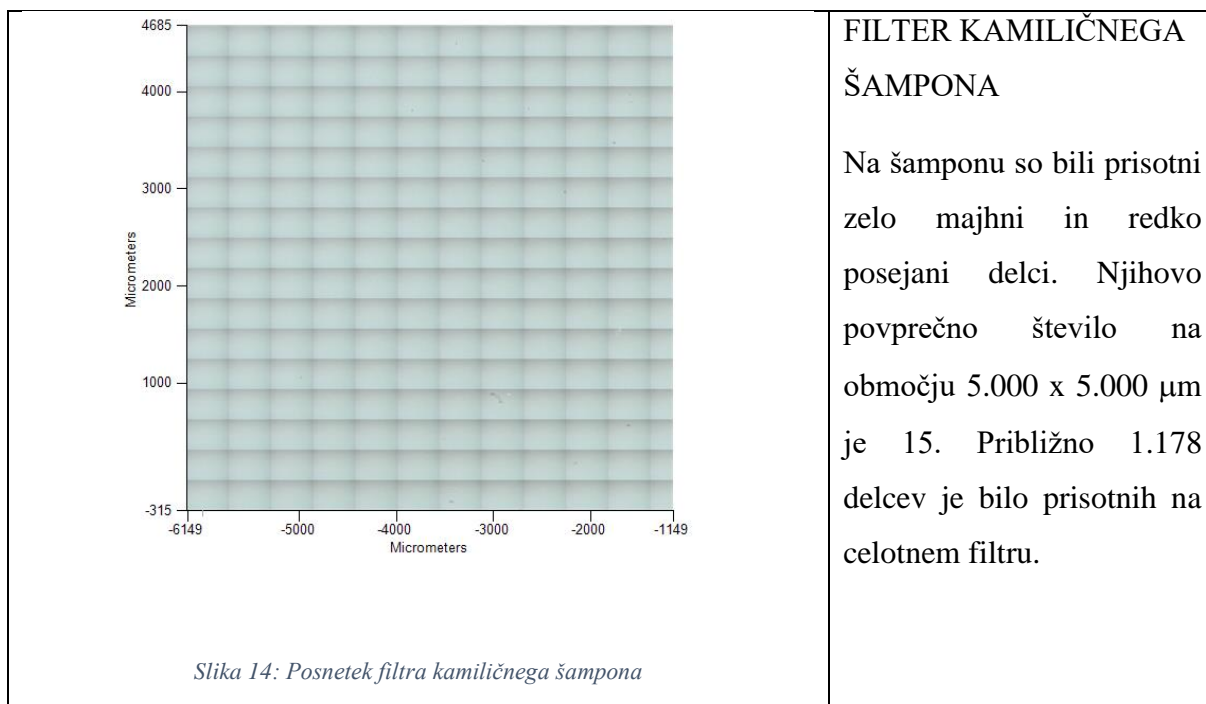
Na filtru so bili mali delci, ki so si bili zelo podobni po obliki. Povprečno število delcev na izmerjeni površini 5.000 x 5.000  $\mu\text{m}$  je 11. Na filtru je bilo približno 864 delcev.



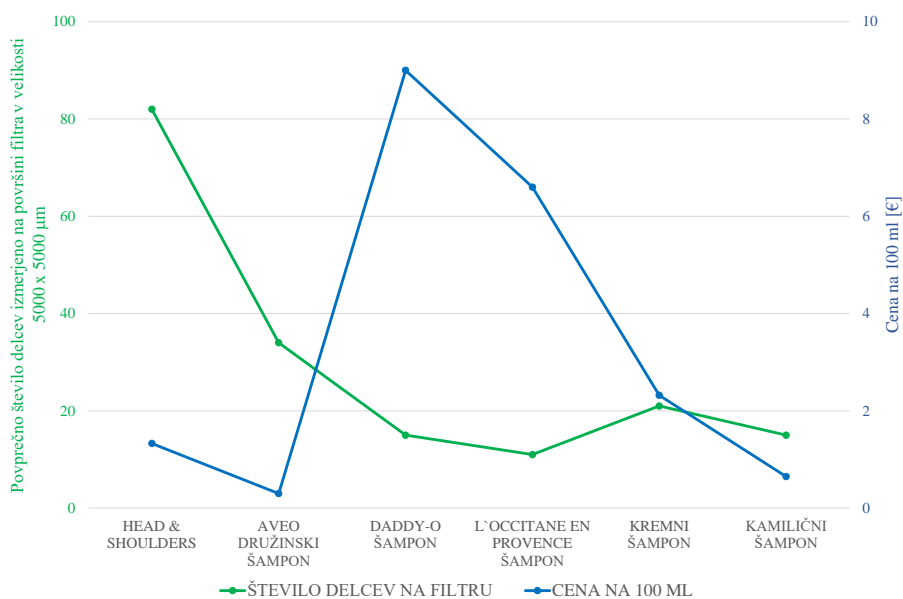
Slika 13: Posnetek filtra kremnega šampona

#### FILTER KREMNEGA ŠAMPONA

Na filtru so bili različno veliki delci, različnih oblik, njihovo povprečno število na območju 5.000 x 5.000  $\mu\text{m}$  pa je 21 delcev. Na filtru je bilo 1.649 delcev.



Graf 12: Povprečno število delcev na površini filtra 5000 x 5000  $\mu\text{m}$  in cena šampona na 100 ml



Iz grafa 12 je razvidno, da vsebnost mikroplastike v šamponu in cena šampona nista soodvisni, saj lahko vidimo, da najcenejši šampon ne vsebuje največ ali najmanj mikroplastike, prav tako ne najdražji. Na primer šampon Head & Shoulders vsebuje največ mikroplastike, cenovno gledano pa je tretji po naraščajoči ceni. Po drugi strani pa je šampon Daddy-o proizvajalca Lush najdražji po ceni, po vsebnosti mikroplastike pa je na tretjem mestu od najmanjše proti največji vsebnosti mikroplastike.

#### 4. 4 Fotografije delcev ter njihova kemijska sestava

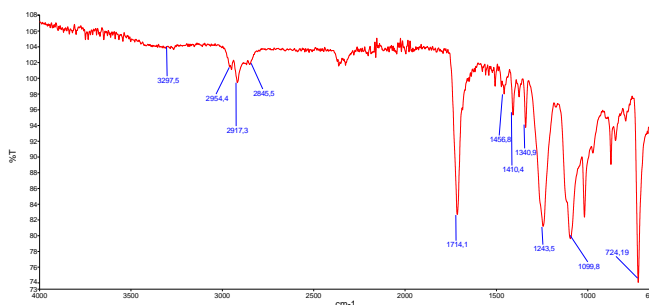


Slika 15: Delec, posnet na filtru L`Occitane šampona

Prikazan delec je eden izmed majhnih delcev šampona L`Occitane, ki je bil izločen na filtru. Približna velikost delca je 25  $\mu\text{m}$ . Bil je premajhen, da bi ga lahko okarakterizirala s pomočjo ATR FTIR spektroskopije.



Slika 16: Delec, posnet na filtru kremnega šampona

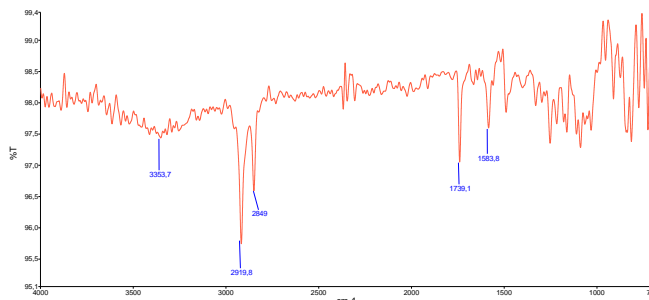


Slika 17: Spekter delca, posnetega na filtru kremnega šampona

Delec na sliki 16 je posnet na filtru kremnega šampona. Približna velikost delca je 130  $\mu\text{m}$ . Delec smo okarakterizirali z ATR FTIR spektroskopijo. Po primerjavi IR-spektra delca s podatki iz literature predvidevamo, da je izoliran delec iz polietilen tereftalata (Käppler, 2016).



Slika 18: Delec posnet na filtru Head & Shoulders šampona



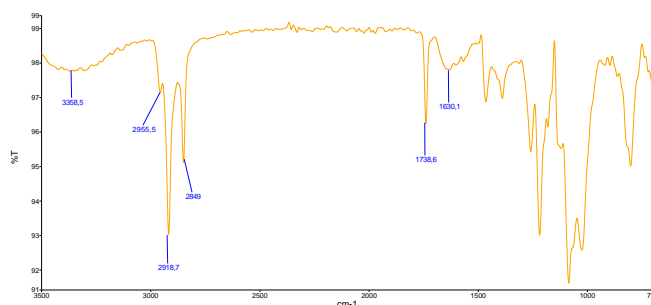
Slika 19: Spekter delca posnetega na filtru Head & Shoulders šampona

Delec na sliki 18 je velik in najden na filtru šampona Head & Shoulders. Približna velikost delca je 150  $\mu\text{m}$ . Delec smo okarakterizirali z ATR FTIR spektroskopijo. Po primerjavi IR-

spektra delca s podatki iz literature predvidevamo, da je izoliran delec poli(etilenvinilacetata) (prav tam, 2016).

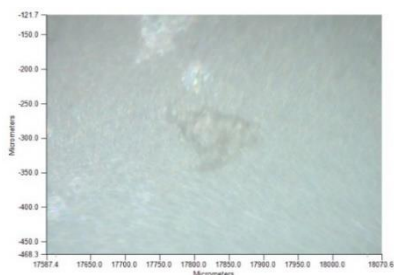


Slika 20: Delec, posnet na filtru Daddy-o šampona



Slika 21: Spekter delca, posnetega na filtru Daddy-o šampona

Prikazan delec na sliki 20 je bil posnet na filtru šampona Daddy-o in je velik približno 200  $\mu\text{m}$ . Delec smo okarakterizirali z ATR FTIR spektroskopijo. Po primerjavi IR-spektra delca s podatki iz literature predvidevamo, da je izoliran delec iz poli(etilenvinilacetata) (prav tam, 2016).

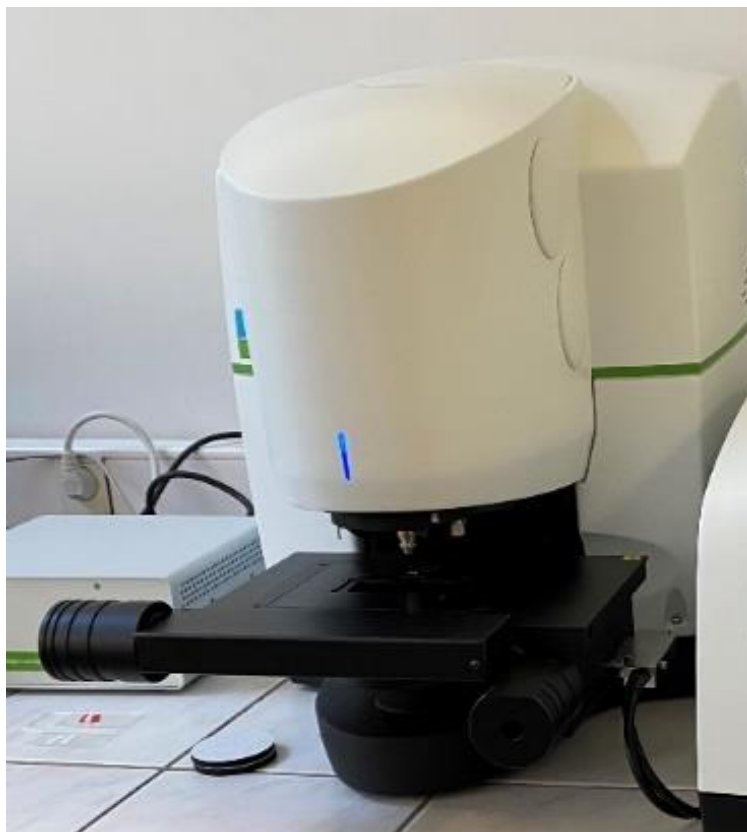


Slika 22: Delec, posnet na filtru Aveo šampona



Slika 23: Spekter delca, posnetega na filtru Aveo šampona

Delec na sliki 22 je bil posnet na filtru Aveo družinskega šampona. Njegova velikost je približno 130  $\mu\text{m}$ . Delec smo okarakterizirali z ATR FTIR spektroskopijo. Po primerjavi IR-spektra delca s podatki iz literature predvidevamo, da je izoliran delec iz poli(etilenvinilacetata) (prav tam, 2016).



*Slika 24: FTIR spektrofotometra z mikroskopom*

Slika 24 prikazuje FTIR spektrofotometra z mikroskopom v laboratoriju, ki smo ga uporabili za izvedbo raziskave.

## 5 RAZPRAVA

RAZISKOVALNO VPRAŠANJE: Kakšna je vsebnost mikroplastike v šamponih za lase na slovenskem tržišču? Vsebnost mikroplastike v šamponih na slovenskem tržišču se glede na šest testiranih šamponov razlikuje med posameznimi znamkami. Šampon Head & Shoulders se glede na spremembo mase filtra kot tudi na prešteto število delcev oziroma izračunano povprečno vrednost delcev na filtru uvršča na prvo mesto kot šampon z največ mikroplastike. Zadnje mesto si delita šampona L'Occitane en Provence in kamilični šampon, katerih sprememba v masi filtra je nič gramov. Minimalno se razlikujeta le v povprečnem številu delcev na filter, pri čemer ima L'Occitane en Provence najmanj delcev, prešteti na filtru izmed vseh šestih šamponov. Preostali trije, in sicer Daddy-o, kremni in Aveo družinski šampon so imeli podobno vrednost pri spremembi mase, saj je pri vseh povprečna vrednost predstavljala manj kot 5 miligramov. Po številu delcev so se razlikovali, saj je imel šampon Aveo največ delcev, in sicer za polovico več kot Daddy-o, ki jih je imel najmanj izmed predstavljenih treh.

HIPOTEZA 1: Višja kot je cena šampona, manj mikroplastike vsebuje. Hipoteza je zavrjena. Kljub temu da je L'Occitane en Provence drugi najdražji šampon, je vseboval najmanj mikroplastike. Najdražji šampon znamke Lush je šele na tretjem mestu. Šampon Head & Shoulders, ki je na tretjem mestu po ceni od cenejšega do dražjega (cena = 1,33 €/100 ml), je vodilen v vsebnosti mikroplastike. Med šestimi izbranimi šamponi cena in vsebnost mikroplastike nista bili premosorazmerni.

HIPOTEZA 2: Šampon 100 % naravne kozmetike in šampon kozmetike z oznako brez mikroplastike ne vsebujeta mikroplastike. Hipoteza je popolnoma zavrjena, saj so vsi šamponi vsebovali vsaj majhen delež mikroplastike. Šampon z oznako brez mikroplastike je imel manjšo spremembo v masi celuloznega filtra, ki pri obeh ni presegala 5 miligramov. Število delcev na filtru pa je bilo pri kremnem šamponu, torej šamponu naravne kozmetike, manjše, z vrednostjo 1649 delcev na celotnem polietersulfonskem filtru.

HIPOTEZA 3: Nižja kot je cena šampona, večje delce mikroplastike vsebuje. Hipoteza je zavrjena. Največji delci so bili najdeni in posneti na filtru šampona Head & Shoulders in na filtru Lushevega šampona Daddy-o. Izmerjen delec na filtru Lushevega šampona je bil velik kar 200 mikrometrov, delec na filtru šampona Head & Shoulders pa približno 150 mikrometrov. Zelo majhni delci so bili najdeni na vseh filtrih. Večji delci niso bili najdeni na filtru šampona

L`Occitane en Provence ter na filtrih kremnega in kamiličnega šampona. Ti delci, označeni kot majhni, so bili veliki približno do 30 mikrometrov.

HIPOTEZA 4: Večja kot je sprememba mase filtrirnega papirha pri določenem šamponu, večje bo število delcev, ujetih v filtru. Hipoteza je potrjena, saj je tudi na grafu tri razvidno, da imajo šamponi z več preštetimi delci tudi večjo spremembo v masi filtra. Na primer šampon Head & Shoulders ima največjo povprečno spremembo v masi filtra, ki znaša 35,6 miligramov. Hkrati ima tudi največ delcev, kar 6.437 na celotnem filtru. Na drugi strani pa šampon L`Occitane en Provence nima spremembe v masi filtra oziroma je ta enaka nič, hkrati pa ima tudi najmanjšo prešteto vrednost delcev na polietersulfonskem filtru, ki je 864 delcev.

## 6 ZAKLJUČEK

Mikroplastika predstavlja novo in še ne povsem raziskano področje, kar je vzrok za manj opravljenih raziskav o vsebnosti le-te v izdelkih za vsakodnevno uporabo, na primer kozmetiki. Kljub temu se področje poznavanja problematike širi in vedno več ljudi si prizadeva za zdravje in varovanje okolja tudi na tem področju.

V raziskovalni nalogi smo preučili šampone na slovenskem tržišču glede na vsebnost mikroplastike. To nam je uspelo z natančnim analiziranjem šestih šamponov, ki smo jih vključili v raziskovalno nalogo. Uporabili smo metodo določanja velikosti delcev z napravo Zetasizer, IR-spektre delcev pa smo izmerili z IR-spektroskopijo z ATR-tehniko. Raztopine vseh šamponov smo trikrat filtrirali pod znižanim tlakom in inicirali z injekcijsko brizgalko. Za mikroskopiranje in štetje delcev smo uporabili FTIR spektroskopijo z mikroskopom. S pomočjo filtriranja in tehtanja na analitski tehtnici smo ugotovili spremembo mase.

Ugotovili smo, da vsi šamponi vsebujejo majhne delce, ki so večji od 20 mikrometrov. Rezultati kažejo, da največ mikroplastike vsebuje šampon Head & Shoulders classic clean, najmanj L'Occitane en Provence in takoj za njim kamilični šampon proizvajalca Ilirija.

Zanimivo je, da cena šampona ne vpliva na vsebnost mikroplastike v šamponu.

Večina svetovne populacije šampone za lase uporablja, zato bi se morala zavedati negativnih učinkov mikroplastike tako na organizem kot na okolje. Raziskavo bi lahko nadgradili in razširili s preučevanjem in analiziranjem večjega števila šamponov na slovenskem tržišču, rezultati pa bi bili še bolj objektivni ob več ponovitvah v posameznih meritvah.



## 7 PRILOGA

### 7.1 Mase filtrov in šamponov

Tabela 4: Mase šamponov in filtrov pred in po prvem filtriranju pod znižanim tlakom

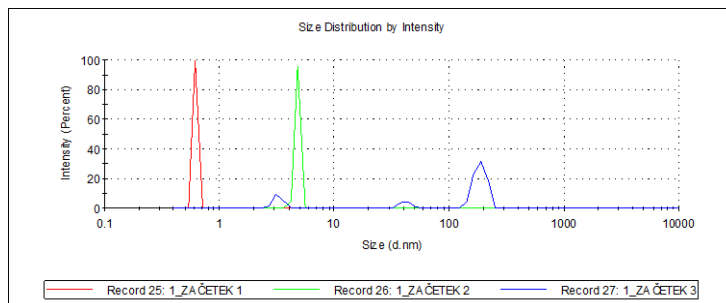
Ime šampona in mase šamponov in filtrov podane v gramih.	TRI PONOVI		
	A	B	C
<b>HEAD &amp; SHOULDERS ŠAMPON</b>			
masa šampona <sup>3</sup>	2,1012	2,1888	2,1822
začetna masa filtra	0,3285	0,3250	0,2397
končna masa filtra	0,3613	0,3647	0,2766
<b>AVEO DRUŽINSKI ŠAMPON</b>			
masa šampona	2,0047	2,0285	2,1648
začetna masa filtra	0,3324	0,3233	0,3408
končna masa filtra	0,3342	0,3247	0,3469
<b>DADDY-O ŠAMPON</b>			
masa šampona	2,0338	2,0250	2,0022
začetna masa filtra	0,3334	0,3293	0,3323
končna masa filtra	0,3382	0,3336	0,3318
<b>L' OCCITANE EN PROVENCE ŠAMPON</b>			
masa šampona	2,0148	2,0152	2,1092
začetna masa filtra	0,3381	0,3355	0,3333
končna masa filtra	0,3376	0,3351	0,3333
<b>KREMNI ŠAMPON</b>			
masa šampona	2,0598	2,0152	2,0212
začetna masa filtra	0,3211	0,3286	0,3322
končna masa filtra	0,3300	0,3312	0,3330
<b>KAMILIČNI ŠAMPON</b>			
masa šampona	2,0929	2,0152	2,0452
začetna masa filtra	0,3302	0,3268	0,3335
končna masa filtra	0,3300	0,3265	0,3343

<sup>3</sup> Maso 2 gramov šampona smo redčili s 100 ml mili Q vode. Podana masa predstavlja maso šampona brez dodane vode.

## 7. 2 Meritve z napravo Zetasizer pri preostalih šamponih

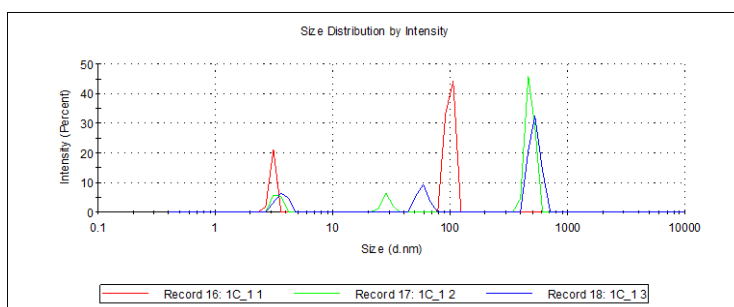
### 7. 2. 1 Meritve z napravo Zetasizer pri šamponu Head & Shoulders classic clean

Graf 13: Meritev pred začetkom filtriranja pri šamponu Head & Shoulders



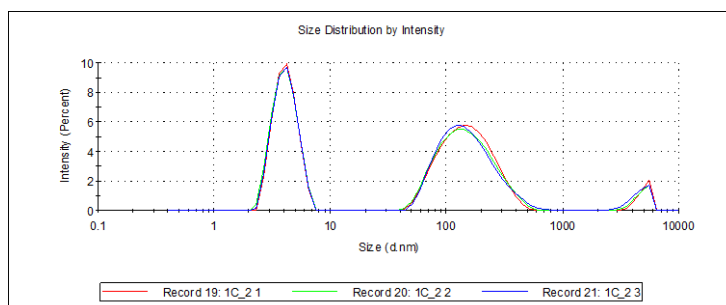
Povprečna velikost delcev na grafu je 12880 nm.

Graf 14: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri šamponu Head & Shoulders



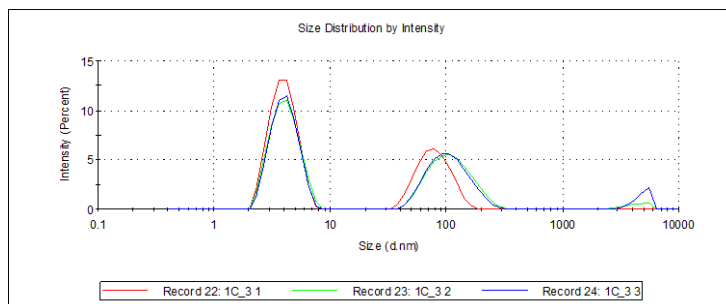
Povprečna velikost delcev na grafu je 1226 nm.

Graf 15: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri šamponu Head & Shoulders



Povprečna velikost delcev na grafu je 486,5 nm.

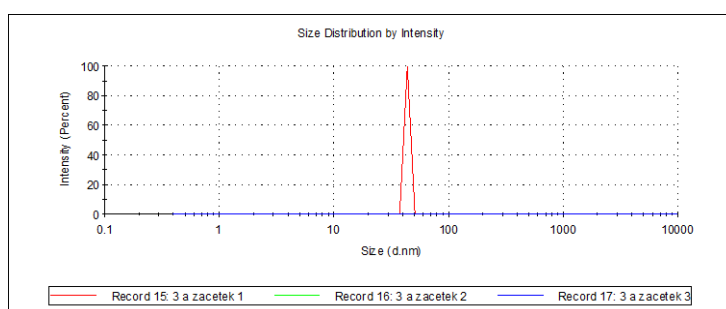
Graf 16: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri šamponu Head & Shoulders



Povprečna velikost delcev na grafu je 78,11 nm.

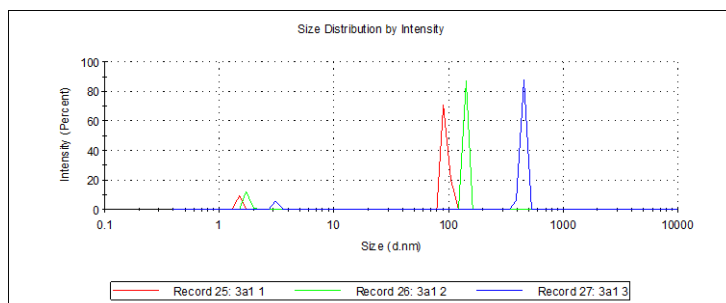
## 7. 2. 2 Meritve z napravo Zetasizer pri Daddy-o šamponu

Graf 17: Meritev pred začetkom filtriranja pri Daddy-o šamponu



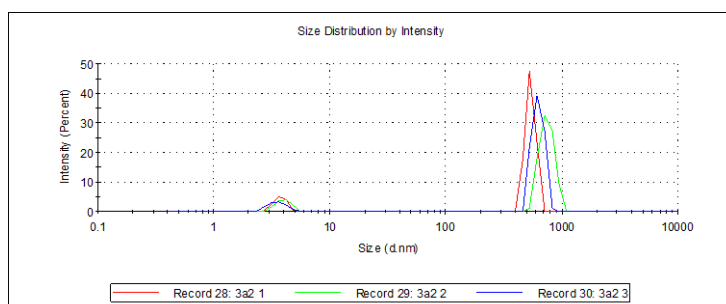
Povprečna velikost delcev na grafu je 11130 nm.

Graf 18: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri Daddy-o šamponu



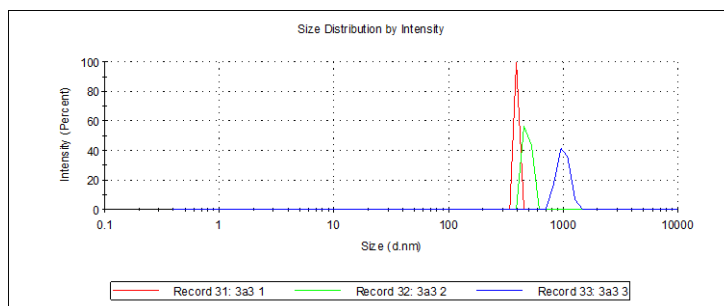
Povprečna velikost delcev na grafu je 4537 nm.

Graf 19: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri Daddy-o šamponu



Povprečna velikost delcev na grafu je 2950 nm.

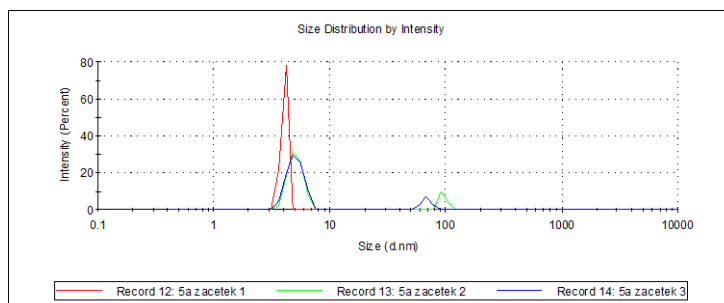
Graf 20: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri Daddy-o šamponu



Povprečna velikost delcev na grafu je 2459 nm.

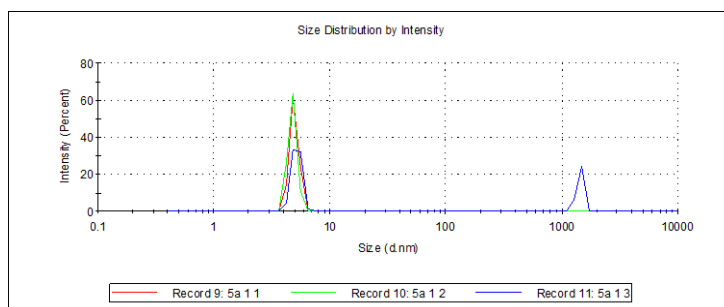
### 7. 2. 3 Meritve z napravo Zetasizer pri kremnem šamponu

Graf 21: Meritev pred začetkom filtriranja pri kremnem šamponu



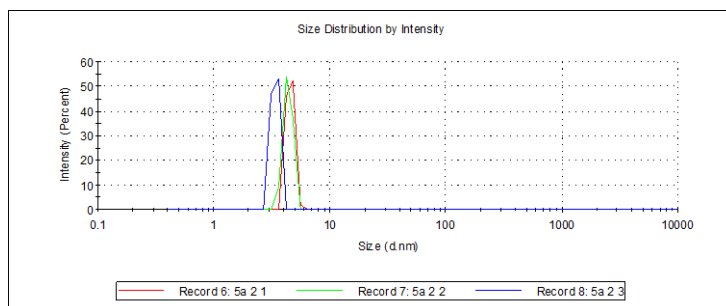
Povprečna velikost delcev na grafu je 4693 nm.

Graf 22: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri kremnem šamponu



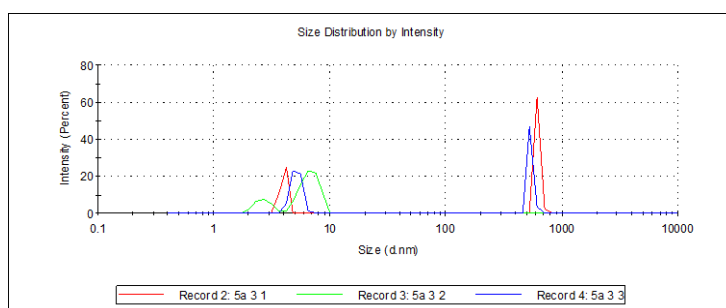
Povprečna velikost delcev na grafu je 4696 nm.

Graf 23: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri kremnem šamponu



Povprečna velikost delcev na grafu je 4211 nm.

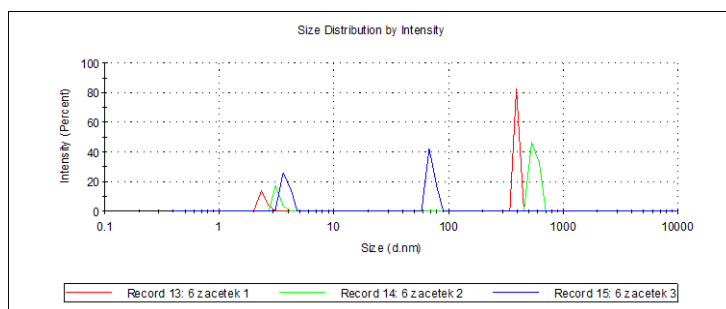
Graf 24: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri kremnem šamponu



Povprečna velikost delcev na grafu je 1803 nm.

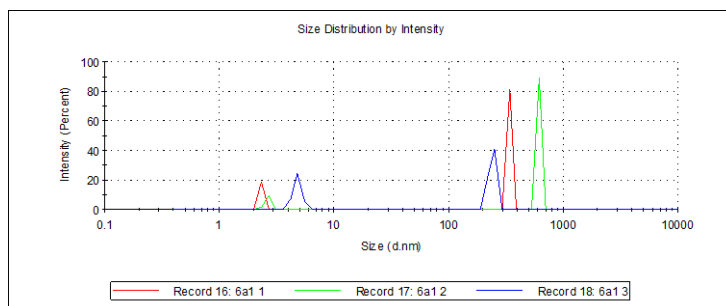
## 7. 2. 4 Meritve z napravo Zetasizer pri kamiličnem šamponu

Graf 25: Meritev pred začetkom filtriranja pri kamiličnem šamponu



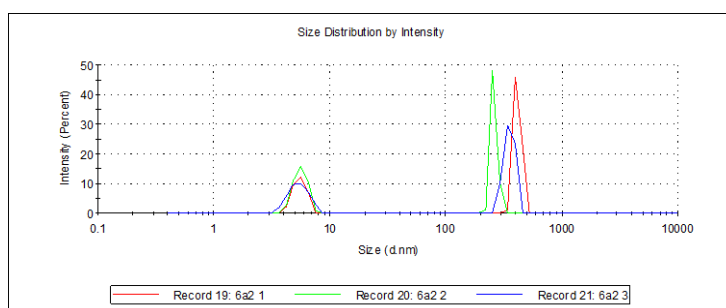
Povprečna velikost delcev na grafu je 6779 nm.

Graf 26: Meritev po prvem filtriranju pod znižanim tlakom pri kamiličnem šamponu



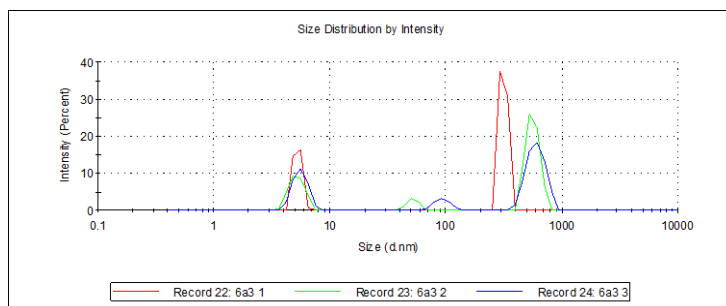
Povprečna velikost delcev na grafu je 5325 nm.

Graf 27: Meritev po prvem iniciranju skozi inicirsko brizgalko pri kamiličnem šamponu



Povprečna velikost delcev na grafu je 1704 nm.

Graf 28: Meritev po drugem iniciranju z inicirsko brizgalko pri kamiličnem šamponu



Povprečna velikost delcev na grafu je 2065 nm.

## 8 VIRI IN LITERATURA

### 8.1 Bibliografija

Almedom, R. (2020). *Microbeads: The hidden plastics in your cosmetics*. Pridobljeno iz ethnical consumer: <https://www.ethicalconsumer.org/health-beauty/latest-microbeads> (Uporabljeno: 10. december 2021).

Käppler, A. (2016). *Analysis of environmental microplastics by vibrational microspectroscopy: FTIR, Raman or both?* Pridobljeno iz Springer Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-016-9956-3?noAccess=true> (Uporabljeno: 17. 2. 2022).

Petkovšek, N. (2019). *Mikroplastika v kozmetiki*. Pridobljeno iz nelipot: <https://nelipot.si/mikroplastika-v-kozmetiki/> (Uporabljeno: 21. december 2021).

Petsitis, X. (2018). *Microplastic in Cosmetics – Alternatives for the sensory Profile*. Pridobljeno iz TECHNOLOGY R&D: [https://www.merckgroup.com/business-specifics/performance-materials/Cosmetics/abstract/EC1018\\_Microplastic%20article\\_Petsitis.pdf](https://www.merckgroup.com/business-specifics/performance-materials/Cosmetics/abstract/EC1018_Microplastic%20article_Petsitis.pdf) (Uporabljeno: 9. oktober 2021).

Rogers, K. (2019). *microplastics*. Pridobljeno iz Britannica: <https://www.britannica.com/technology/microplastic> (Uporabljeno: 9. oktober 2021).

Voshart, E. (2020). *The hidden plastic ocean in your bathroom*. Pridobljeno iz Medium: <https://medium.com/age-of-awareness/the-hidden-plastic-ocean-in-your-bathroom-41c4f9e39a9> (Uporabljeno: 10. december 2021).

*WHAT ARE MICROBEADS?!* (2022). Pridobljeno iz Beat the Microbead: <https://www.beatthemicrobead.org/#microplastics> (Uporabljeno: 10. december 2021).

### 8.2 Viri slik

Slika 1: Head & Shoulders classic clean šampon (osebni arhiv avtorja)

Slika 2: Aveo družinski šampon (osebni arhiv avtorja)

Slika 3: Daddy-o šampon (osebni arhiv avtorja)

Slika 4: L'Occitane en Provence šampon (osebni arhiv avtorja)

Slika 5: Kremni šampon (osebni arhiv avtorja)

Slika 6: Kamilični šampon (osebni arhiv avtorja)

Slika 7: Pripomočki (osebni arhiv avtorja)

Slika 8: Filtriranje pod znižanim tlakom (osebni arhiv avtorja)

Slika 9: Posnetek filtra Head & Shoulders šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 10: Posnetek filtra Aveo šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 11: Posnetek filtra Daddy-o šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 12: Posnetek filtra L'Occitane šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 13: Posnetek filtra kremnega šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 14: Posnetek filtra kamiličnega šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 15: Delec, posnet na filtru L'Occitane šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 16: Delec, posnet na filtru kremnega šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 17: Spekter delca, posnetega na filtru kremnega šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 18: Delec, posnet na filtru Head & Shoulders (osebni arhiv avtorja)

Slika 19: Spekter delca, posnetega na filtru Head & Shoulders (osebni arhiv avtorja)

Slika 20: Delec, posnet na filtru Daddy-o šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 21: Spekter delca, posnetega na filtru Daddy-o šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 22: Delec, posnet na filtru Aveo šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 23: Spekter delca, posnetega na filtru Aveo šampona (osebni arhiv avtorja)

Slika 24: FTIR mikroskop (osebni arhiv avtorja)