



OSNOVNA ŠOLA ANTONA INGOLIČA  
SPODNJA POLŠKAVA

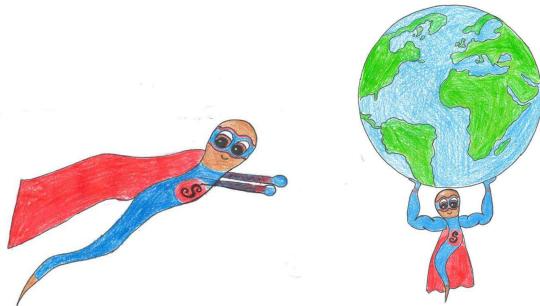
---

## VSEMOGOČNI LASJE

Interdisciplinarno področje

(fizika, kemija in biologija)

---



— AVTORICI: —  
EVA VOGRINEC IN MARTINA BRDNIK

— MENTORICA: —  
KSENIJA ROSC BENEDEJČIČ

— SOMENTORICA —  
ANITA PRAPOTNIK BRDNIK  
Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo  
Univerza v Mariboru

— KRAJ IN DATUM —  
Zgornja Polškava, 6. april 2022

## **Zahvala**

*Iskreno se zahvaljujeva vsem, ki so nama pomagali pri raziskavi in izdelavi raziskovalne naloge:*

- mentoricam Ksenji Rosc Benedejčič in Aniti Prapotnik Brdnik za vodenje in podporo pri raziskavi in izdelavi raziskovalne naloge,
- učencem naše šole in članom družine, ki so darovali lase za raziskavo,
- lektorici Romani Vek za lektoriranje najine raziskovalne naloge,
- profesorici angleščine Ireni Kranjc za prevod povzetka,
- inženirju Andreju Brdniku za pomoč pri izdelavi naprave za interferenco,
- nečakinji mentorice Ksenije za pomoč pri meritvi vpojnosti las.

# Kazalo

<b>1 Uvod</b>	<b>7</b>
<b>2 Teoretični del</b>	<b>8</b>
2.1 Anatomska zgradba las . . . . .	8
2.1.1 Faze rasti las . . . . .	9
2.2 Fizikalne lasnosti las . . . . .	11
2.3 Kemijske lasnosti las . . . . .	12
<b>3 Opis eksperimentalnih metod</b>	<b>14</b>
3.1 Merjenje debeline las z mikroskopom . . . . .	14
3.2 Merjenja debeline lasu z interferenco . . . . .	15
3.2.1 Teoretični uvod . . . . .	15
3.2.2 Opis postopka meritve . . . . .	16
3.3 Merjenje maksimalne natezne trdnosti lasu . . . . .	20
3.3.1 Teoretični uvod . . . . .	20
3.3.2 Opis postopka meritve . . . . .	20
3.4 Statistična analiza podatkov . . . . .	22
<b>4 Eksperimenti</b>	<b>25</b>
4.1 Merjenje debeline las . . . . .	25
4.2 Vpliv različnih snovi in temperaturne spremembe na natezno trdnost las . . . . .	25
4.3 Merjenje debeline lasu z interfereometrom . . . . .	31
<b>5 Zaključek</b>	<b>31</b>
<b>A Lasje skozi zgodovino</b>	<b>33</b>
<b>B Tabele s podatki meritev</b>	<b>36</b>

## Slike

1	Zgradba lasnega steba [8]	8
2	Lasje pod mikroskopom in vidne lasne luske [9]	9
3	Zgradba las [10]	10
4	Faze rasti lasu [11]	10
5	Oblika las [12]	11
6	Prikaz postopka določanja središča vidnega polja in polmera.	15
7	Seštevanje valovanj [17]	16
8	Merjenje debeline lasu s pomočjo interference.	17
9	Interfereometer	18
10	Interferenčna slika reže (zgoraj) in lasu (spodaj).	19
11	Ploščica z dvema režama na razdalji 0.1 mm. Levo: naravna velikost, desno: pod mikroskopom	19
12	Obnašanje preiskušanca pri nateznem poiskusu [18]	21
13	Merjenje natezne trdnosti las	22
14	Gaussova krivulja [21]	23
15	Na diagramih so prikazane povprečne debeline las posameznikov. Z navpičnimi črtami so prikazani standardni odkloni (črta je dolga en standardni odklon merjeno od povprečna navzgor oziroma navzdol). <b>Zgoraj:</b> povprečne debeline las so urejene po starosti. <b>Sredina:</b> ločeno so prikazane debeline las otrok iz dveh družin: štiri meritve na levi strani predstavljajo povprečne debeline las otrok družine A, tri meritve na desni strani pa predstavljajo povprečne debeline las otrok družine B. <b>S povprečne debeline las so urejene po starosti odaj:</b> povprečne debeline las so urejene po barvi las. Barve so označene kot z (1) – svetla, (2) – ”ginger”, (3) – svetlo rjava, (4) – rjava, (5) – temno rjava, (6) – črna.	26
16	Distribucije las. ( <b>Zgoraj:</b> ) distribucija las skupine oseb. ( <b>Spodaj:</b> ) distribucija las ene osebe. Označe območij so: A od $\bar{d} - 3\sigma$ do $\bar{d} - 2\sigma$ , B od $\bar{d} - 2\sigma$ do $\bar{d} - \sigma$ , C od $\bar{d} - \sigma$ do $\bar{d}$ , D od $\bar{d}$ do $\bar{d} + \sigma$ , E od $\bar{d} + \sigma$ do $\bar{d} + 2\sigma$ , F od $\bar{d} + 2\sigma$ do $\bar{d} + 3\sigma$ .	27
17	Meritve vpojnnosti las	30
18	Ženske pričeske v starem Egiptu [23]	33
19	Starogrške (sliki levo in sredina) in rimske (slika desno) frizure [24]	33
20	Srednjeveške frizure [25]	34
21	Baročna pričeska na francoskem dvoru [26]	35
22	Pričeska iz petdesetih (levo) [27] in osemdesetih (desno) let prejšnjega stoletja [28]	35
23	Spreminjanje pričesk skozi čas [29]	36

## Tabele

1	Rezultati meritve debeline las. Oznake za spol so: Ž – ženska, M – moški. Oznake za barvo las so: S – svetli, SR – svetlo rjavi, R – rjavi, TR – temno rjavi, G – ginger, B – obarvani, TR+S – mešanica črnih in sivih las. Oseba M je mati ene izmed sošolk in zato ne poznamo njene starosti. Pod družina so označeni le otroci dveh družin. . . . .	28
2	Primerjava debeline posivelih in obarvanih las pri isti osebi ter debeline las otrok dveh družin. . . . .	29
3	Meritev natezne trdnosti: $\bar{d}$ – povprečna debelina las, $\bar{\sigma}$ – povprečna natezna trdnost, $\bar{m}_{60}$ – povprečna masa, ki bi jo las zdržal, če bi imel debelino 0,06 mm, $\sigma_d$ , $\sigma_{\sigma}, \sigma_m$ – standardni oklon zgornjih debelin, $p(\sigma)$ – stopnja značilnosti, s katero lahko trdimo, da se natezna trdnost razlikuje od natezne trdnosti kontrolne skupine, $p(\sigma)$ – stopnja značilnosti, s katero lahko trdimo, da se debelina la razlikuje od debeline las kontrolne skupine. . . . .	29
4	Meritev vpojnosti las: $m_1$ – masa las pred namakanjem v snovi, $m_2$ – masa las po namakanju v snovi. . . . .	30
5	Rezultati meritve debeline lasu z interferometrom . . . . .	32

## Povzetek

Lasje so za nekatere zgolj okras na glavi. V resnici pa so veliko več. Lase smo želeli predstaviti še v drugi luči. V raziskovalni nalogi smo proučevali, kako so različne vidne lastnosti las, kot so dednost, starost, barva in osivelost las, povezane z debelino las in ali je debelina las posamezne osebe in skupine oseb porazdeljena po naravnih porazdelitvah. Prav tako smo proučevali, kako nizka temperatura in različne snovi, kot so slana voda, olje, beljak, natrijev hidroksid in regenerator za lase, vplivajo na natezno trdnost las. Preverili smo, kako lasje vpijajo jajca, olje in vodo. Debelino las smo merili s pomočjo mikroskopa, natezno trdnost pa z obešanjem uteži na upognjen las. Poskusili smo tudi alternativno metodo za merjenje debeline las s pomočjo interferometra. Ugotovili smo, da so sivi lasje debelejši od obarvanih in da so lasje ene družine debelejši od las druge družine, kar nakazuje da dednost vpliva na debelino las. Prav tako smo opazili, da so svetli lasje tanjši od temnih. Pokazali smo, da olje in jajca ne povečajo natezne trdnosti las, visoka temperatura in natrijev hidroksid pa močno zmanjšata natezno trdnost las. Prav tako kaže, da bi slana voda in nizke temperature lahko negativno vplivali na natezno trdnost las, a bi bilo potrebno izvesti poskus z več vzorci, da bi to dokazali.

**Ključne besede:** fizikalne lastnosti las, debelina las, natezna trdnost las

## Abstract

For some, hair is just an adornment on the head. In reality, however, it is much more than that. That's why we wanted to look at hair from a different angle. In the study, we tested the thickness and tensile strength of a hair. The thickness of the hair was determined with a microscope and the tensile strength was measured by hanging a weight on a bent hair. An alternative method of measuring hair thickness using an interferometer was also tested. The relationship between hair thickness on the one hand and various noticeable characteristics of hair, such as heredity, age, colour, and greying, on the other hand was investigated, as was the distribution of hair thickness of an individual and a group of individuals. In addition, the effects of low and high temperatures and the effects of various substances such as salt water, oil, bleach and sodium hydroxide on the tensile strength of hair were tested, as well as the ability of hair to absorb eggs, oil and water. It was found that grey hair is thicker than coloured hair. It was also found that the hair of a family members in one family were thicker than the hair of family members in another family, suggesting that heredity affects hair thickness. The results also suggest that light hair is thinner than dark hair. In addition, oil and eggs were found not to increase the tensile strength of hair, while high temperature and sodium hydroxide significantly decreased the tensile strength of hair. The results suggest that salt water and low temperatures may have a negative effect on hair tensile strength, but further studies should be conducted to prove this.

**Keywords:** physical characteristics of human hair, human hair thickness, human hair tensile strength

# 1 Uvod

Močni, sijoči lasje ne polepšajo samo našega videza, ampak so pogosto tudi znak zdravega telesa. Za pravilno nego las je potrebno veliko časa, truda, pa tudi znanja. Ker se večina ljudi tega ne zaveda in o laseh in njihovih lastnostih ne ve veliko, smo se odločili raziskati to področje. Po drugi strani nas znanost zelo zanima in občudujemo, kaj je razvoj znanosti doprinesel človeštvu. Zato smo želeli pobližje spoznati raziskovalno delo in metode raziskovanja.

Pri pregledu literature smo ugotovili, da nismo edini, ki jih lasje zanimajo. Otroci podaljšanega bivanja Osnovne šole Železniki so preučevali razteznost in vpojnost las [1], Nika in Pia Horvat sta preučevali pH vrednost šamponov [2], N. Ribežel-Medved, K. Bračun, M. Melavec iz Celja so proučevali, kako barvanje vpliva na lase [3], Leila Bohorč in Pia Gobec pa kemijsko sestavo las [4].

V raziskovalni nalogi smo želeli preučiti, kateri dejavniki vplivajo na kemijske in fizikalne lastnosti las. Med dejavnike, ki bi lahko vplivali na karakteristiko las, sodijo dednost, svetloba, temperatura, različne kemijske snovi, bolezni in številni drugi dejavniki. Ker je dejavnikov, pa tudi lastnosti las, veliko, smo se v raziskovalni nalogi morali omejiti le na nekatere. Pri tem smo se ozirali na to, katere lastnosti bi bilo možno izmeriti z enostavno dostopnimi pripomočki, ki jih lahko najdemo ali doma ali pa v šoli in niso bile obravnavane v prejšnjih raziskovalnih nalogah. Odločili smo se za merjenje debeline in merjenje natezne trdnosti. Zasledili smo, da debelino kot las tankih predmetov lahko merimo s pomočjo valovnega pojava, imenovanega interferenca. Pojav se nam je zdel zanimiv in smo ga hoteli preizkusiti. Prav tako bi debelino las merili tudi z mikroskopom. Natezno trdnost pa po drugi strani lahko enostavno merimo z obešanjem uteži na las.

Tako smo se kot prvo odločili raziskati, kolikšna je debelina človeških las in kako je ta povezana z drugimi vidnimi dejavniki kot so starost, spol, barva las in dednost. Za takšno raziskavo je pomembno dobiti dovolj velik vzorec las iz vseh skupin, s čimer smo imeli kar nekaj težav. Morali smo se zadovoljiti s tistimi vzorci las, ki so jih prispevali družinski člani in nekaj sošolk (sošolci so žal bili manj ustrežljivi). To je omejilo nabor možnih raziskav. Ker obe prihaja iz velikih družin, smo primerjali debelost las otrok obeh družin in preko tega sklepali, kako vpliva dedovanja na debelino las. Ugotavliali smo tudi, ali sta barva las in debelina povezani, in ali se debelina las spremeni s posativijo. Prav tako smo preverili, ali je debelina las ene osebe in skupine ljudi razporejena po normalni porazdelitvi.

Odločili smo se tudi raziskati, kako izpostavljenost las visoki ali nizki temperaturi ter različnim snovem vpliva na natezno trdnost las. Ker smo slišali od frizerke, da slana voda uničuje lase, nas je zanimalo, ali izpostavljenost las slani vodi zmanjšuje njihovo natezno trdnost. Prav tako smo želeli preveriti priporočila za naravno nego las z doma narejenimi pripravki, kot so na primer pripravki na bazi oljčnega olja in jajc. Ti naj bi zaradi bogate vsebnosti maščob in beljakovin blagodejno vplivali na lase in jih naredili močnejše. Zanimalo nas je, ali oljčno olje in jajca dejansko povečajo natezno trdnost las.

Raziskovalno naložno smo razdelili na dva dela. V prvem, teoretičnem delu, smo najprej s pomočjo literature poiskali podatke o zgradbi las in fizikalnih ter kemijskih lastnostih las, ki bi nam pomagale odgovoriti na zgoraj zastavljena vprašanja. Anatomska zgradba las je opisana v odseku 2.1, fizikalne lastnost las v odseku 2.2, kemijska zgradba las in kemijske lastnosti las pa

v odseku 2.3. Ker nas zanima tudi zgodovina, smo kot zanimivost dodale še zgodovinski pregled razvoja pričeski v prilogi A. V drugem delu smo izvedli preizkuse. V odseku 3 so opisani postopki meritve. V odseku 3.1 je opisan postopek meritve debeline las z mikroskopom, v odseku 3.2 pa je opisan postopek meritve las z interferenco. V odseku 3.3 so definirane mehanske lastnosti snovi in je opisan postopek meritve natezne trdnosti. V odseku 3.4 je opisana statistična obdelava podatkov. V odseku 4 so prikazani rezultati in diskusija eksperimentov, in sicer v odseku 4.1 rezultati meritve debeline las in v odseku 4.2 rezultati vpliva temperature in različnih snovi na natezno trdnost las. V odseku 5 so podane zaključne misli in predlogi za nadaljnjo raziskavo.

## 2 Teoretični del

Lasje so nitaste tvorbe oziroma dlake, ki jih nosimo na glavi. Sicer je skoraj vsa površina kože poraščena z roženimi izrastki, vendar te izrastke imenujemo s skupnim izrazom dlake. Las imenujemo le dlako na lasišču. Lasje varujejo telo pred okoljskimi dejavniki (mraz, vročina, sončna svetloba) in sodelujejo pri uravnavanju telesne temperature (ohranjajo ugodno temperaturo za normalno delovanje možganov) [5].

### 2.1 Anatomska zgradba las

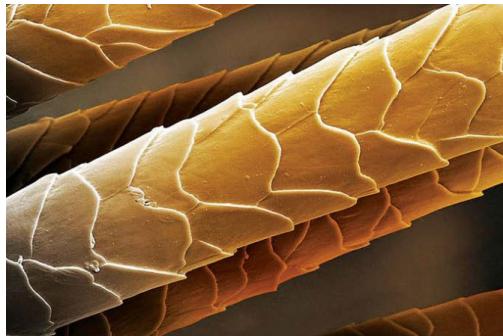
Las je sestavljen iz steba in korenine [6, 7]. Korenina lasu se nahaja v koži in skupaj z lasno ovojnicico tvori lastno čebulico. Steblo pa je del lasu nad površino kože. Sestavljeno je iz treh plasti:

- zunanjega dela je povrhnjica ali kutikula,
- srednjega dela lasu je skorja,
- notranjega dela se imenuje sredica ali medula.



Slika 1: Zgradba lasnega steba [8]

**Lasna kutikula ali povrhnjica** se nahaja na površju lasu. Zgrajena je iz 6 do 10 plasti ploščatih, prekrivajočih se celic, ki nas spominjajo na luske ali strešnike. Plasti teh celic potekajo od korenine do konice lasu. Pri zdravem lasu je kutikula gladka in prosojna in daje lasu svetleč videz.



Slika 2: Lasje pod mikroskopom in vidne lasne luske [9]

**Lasna skorja** je sestavljena iz poroženelih celic, ki predstavljajo kar 90% teže lasu. Sestoji iz keratinskih vlaken, ki nastajajo s skladiščenjem celic skorje ene na drugo. Od tega sloja je odvisna njegova trdnost. V celicah skorje je pigment, ki daje lasem barvo.

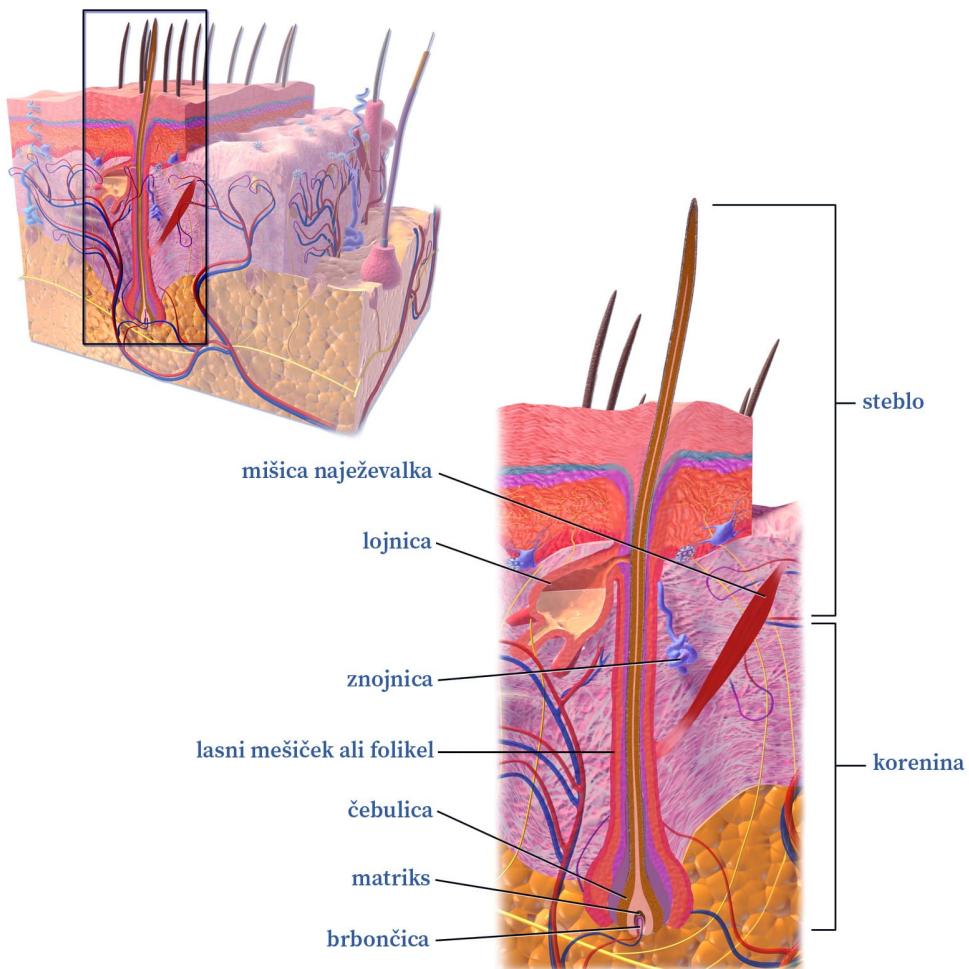
**Lasna sredica** se nahaja v sredini lasu in je sestavljena iz več celic, ki še niso popolnoma poroženele. Ta plast vsebuje zrna maščobe in zračne mehurčke.

**Lasni mešiček** je najpomembnejši del lasu, ki se oblikuje že v tretjem mesecu nosečnosti. Lasni mešiček je majhna drobna jamica cevaste oblike, iz katere raste las. Na dnu je lasni mešiček priraščen in odebelen v lasno čebulico. V spodnjem delu se k čebulici stiska lasna brbončica ali papila, v kateri so krvne žilice. Lasna brbončica je pomemben del lasnega mešička in je odgovorna za rast lasu. Če brbončica odmre, odmre tudi las. Vsak mešiček je bogato obdarjen z živčnimi vlakni. Ti spremljajo las vse od čebulice do epidermisa. Lasnega mešička pa se dotikajo tudi žleze lojnice, natančneje znojna žleza in mišica naježevalka.

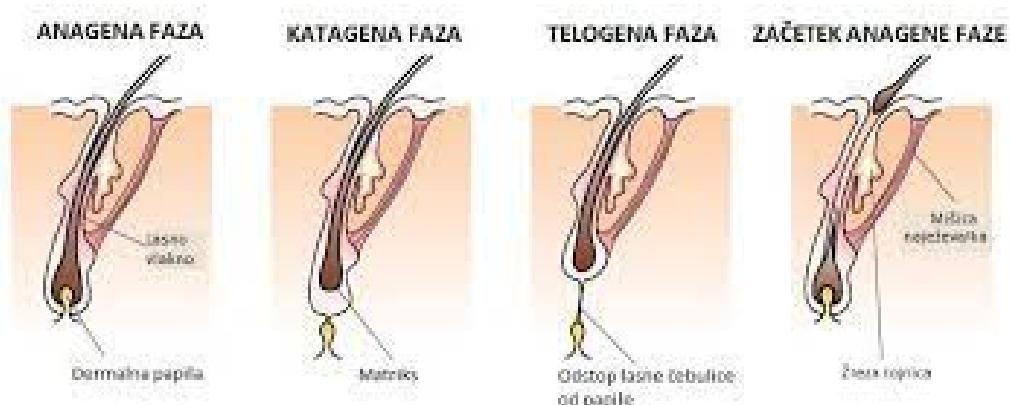
### 2.1.1 Faze rasti las

Lasje nastajajo v usnjici, ki je plast kože [5]. Vsak las raste iz cevke, ki jo imenujemo lasni mešiček. Povprečno lasje rastejo s hitrostjo do enega centimetra na mesec. Faze rasti las so:

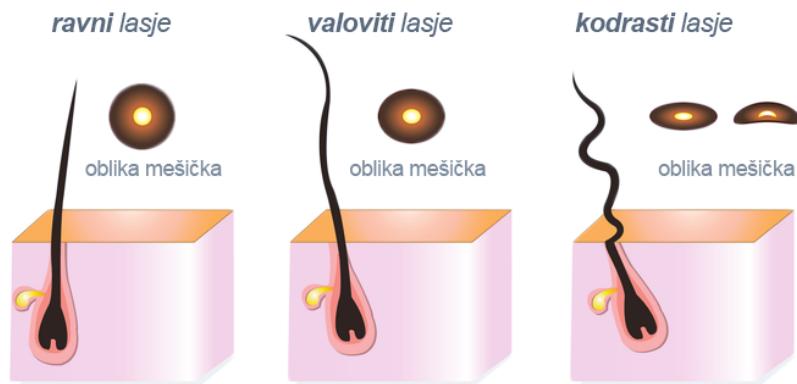
- **Anagena faza – faza rasti**, v kateri las raste iz lasne čebulice, lasni mešiček se pogreza globlje v usnjico.
- **Katagena faza – faza ustavitve rasti**, v kateri se lasna korenina odcepi od mešička, spodnji del mešička pa propade. Las je v tej fazi nekaj tednov. Rastne aktivnosti v lasni čebulici počasi upadajo.
- **Telogenka faza – faza mirovanja**, v kateri lasni mešiček počiva.
- **Eksogena faza – faza izpadanja**, v kateri lastni mešiček dokončno odpade.



Slika 3: Zgradba las [10]



Slika 4: Faze rasti lasu [11]



Slika 5: Oblika las [12]

## 2.2 Fizikalne lastnosti las

### Debelina

Debelina lasu se giblje od 0,01 mm do 0,1 mm [13]. Pri belcih naj bi se debelina svetlih (blond) las gibala med 0,01mm in 0,05mm, debelina temnih (črnih) las pa med 0,06mm in 0,1mm. Ravni lasje imajo okrogli presek, valoviti nekoliko sploščenega, kodrasti pa zelo sploščenega (slika 5).

### Masa

Masa las je odvisna od števila posameznih las, debeline vsakega lasnega vlakna ter splošne odpornosti ali moči las. Proses staranja kot tudi izpostavljenost zunanjim dejavnikom, kot so UV žarki, onesnaženje, kajenje in nezdrava hrana, lahko povzročijo zmanjšanje mase las. Zaradi tega so lasje videti tanjši, vendar ni nujno, da začnejo tudi izpadati.

### Razteznost

Razteznost je odvisna od strukture las [14]. Za zdrave suhe lase veljajo približno naslednje vrednosti:

- Raztegnitev za 10% – elastično območje, las se po raztezanju vrne v prvotno obliko.
- Raztegnitev za 30 do 45% – plastično območje, podaljšek, ki je posledica raztezanja, znaša 10 do 45%.

V mokrem stanju se vodikove vezi v laseh cepijo. Peptidne spirale izgubijo stabilnost, zato se spremeni tudi razteznostna sposobnost las. Razteznost pri mokrih laseh je zaradi nateznega delovanja večja.

### Natezna trdnost

Natezna trdnost lasu je odvisna od njegove strukture. Visoka natezna trdnost zdravih las je

odvisna od zgradbe vlaknatega sloja. Trdnost je odvisna od vlaken, prepletenih v proteinskem vezivu vrvičastega vlaknatega spletja. Natezna trdnost zdravih las znaša okoli  $300\text{ N/mm}^2$ , kar pomeni, da las debeline 0,06 mm zdrži natezno obremenitev od 100 g. Pobarvani lasje enake debeline zdržijo natezno obremenitev od 80 g, trajno skodrani 70 g in močno razbarvani 20 g/mm.

### Vpojnost

Lasje imajo sposobnost vpijanja vode, saj nanelektrene skupine lasnega keratina privlačijo vodne molekule. Ker pa se vodne molekule medsebojno privlačijo, privlači vodo tudi delež vode v laseh. Zato je sposobnost vpijanja pri navlaženih laseh večja kot pri suhih. Nasprotno pa z vodo nasičeni lasje nimajo več sposobnosti vpijanja vode. Lasje vsrkajo 75% maksimalne količine vode, ki jo lahko sprejmejo v štirih minutah. Zaradi navlaževanja se teža las lahko poveča za 12% do 18%. Ker voda cepi vodikove vezi, vmes pa se vrinejo vodne molekule, las nabrekne. Pri tem se podaljša za 2%, premer pa se poveča približno za 15%. Ob sposobnosti vpijanja tekoče vode imajo lasje tudi sposobnost vsrkati zračno vlogo, čemur rečemo **higroskopičnost**. Ta lastnost las se lahko koristi pri vlagomeru oziroma higromeru za merjenje vlažnosti v zraku.

### Električni naboј

V notranosti las je več pozitivnih, na površini pa več negativnih nabojev. Pri česanju in sušenju s sušilnikom se lahko las v celoti negativno nanelektri. Lasje se medsebojno odbijajo in jih je težko oblikovati v pričesko. Tudi pri poškodovanih laseh prevladujejo negativni električni naboјi.

### Lom in odboј

Videz in lesk barve las sta odvisna od odboja svetlobe rožene plasti in loma svetlobe na robovih lusk rožene plasti las. Prilegajoča se in nepoškodovana rožena plast zagotavlja lesk las. Svetloba, ki pada na lase, se od gladke površine enakomerno odbija, robovi lusk pa odbijajo svetlobo tako, kot to lahko opazujemo pri brušenem steklu ali briljantih. Delujejo kot prizme in v barvnem spektru lomijo svetlobo, ki pada nanje. Preveč maščobe na laseh povzroča močnejši odboj svetlobe in tako imajo lasje neprivlačen svetleč, masten videz.

## 2.3 Kemijske lasnosti las

Lasje so večinoma sestavljeni iz 80% beljakovin (kreatin), 10%-15% vode, preostalo so pigment, minerali in lipidi (maščobe) [15].

### Keratin

Keratin je trdna snov, ki tvori naše lase in nohte in povrhnjico kože. Je beljakovinsko vlakno, ki sodi med ene izmed najtržih snovi, ki gradijo živa bitja. Vsebuje sledi žvepla. Čeprav se zdi las zelo občutljiv, je zaradi keratina v resnici zelo čvrst. Njegova naloga je, da zaščiti epitelijske celice pred zunanjimi poškodbami. Lasem daje elastičnost, sijaj in mehkobo.

### Lasni pigment

Lasem daje naravno barvo pigment melanin, ki ga proizvajajo celice melanocite v lasnem mešičku. Poznamo dve vrsti melanina:

- eumelanin – naredi lase črne ali rjave
- feomelanin – lase obarva svetlo ali rahlo rdeče

Naša naravna barva las je odvisna od razmerja med temo dvema pigmentoma. Ko celice melanocite v lasnem mešičku prenehajo proizvajati pigment, lasje postopoma osivijo.

### **Lojnice**

Pomemben del lasu so lojnice, njihova osnovna naloga je mazanje lasu z maščobo. Na lasu se naredi emulzijska zaščitna prevleka iz maščobe, vode in beljakovin. Njen pH je 4,5 do 6,5. Sestavljena je iz mrtvih celic epidermisa in izločka žlez lojnic in znojnici. V normalnih pogojih s takim pH-jem preprečuje razmnoževanje mikroorganizmov na površini kože, kjer izrašča las. Prav tako preprečuje, da bi se koža razmočila, saj vodo odbija (deluje hidrofobno) in kožo ščiti pred čezmerno izsušitvijo.

### **Kemijski elementi**

Prevladujoči elementi, ki se nahajajo v laseh so [4]:

- ogljik (49,6%),
- kisik (23,2%),
- dušik (16,8%),
- vodik (6,4%),
- žveplo (4%).

V zelo majhnih količinah so prisotni tudi magnezij, železo, fosfor, cink, arzen in baker.

### **Vpliv baz in kislin na lase**

Las je kisel in ima pH od 4,5 do 5,5 [15]. Če las izpostavimo bazičnemu okolju, se poruši ravnovesje v aminokislinski sestavi lasu. Bazičen pH ruši naravno ravnovesje lojnic, ki izločajo maščobo – zaradi tega lahko pride do različnih pojavov na lasišču, kot so prhljaj, prekomerno mastenje las, izpadanje las in počasna rast las. Las se prične v lasnem mešičku, če je tam ravnovesje porušeno, potem to vodi v nepravilno izrast lasu, kar lahko prinese pretanke lase, lase s poškodovano kutikulo, manj las, ki izraščajo iz mešička in podobno. Bazičen pH povzroča tudi, da se povrhnjica lasu še tanjša, kar povzroči lomljene las in cepljenje konic. Prav tako baze povzročajo nabrekanje lasu in odpirajo kutikulo. Zato v frizerskih salonih uporabljajo bazične preparate pri barvanju in beljenju las, da omogočijo lažje prodiranje sredstev za barvanje in beljenje v notranjost lasu. Bazične snovi z zelo visoko koncentracijo (pH nad 10) pri višji temperaturi topijo keratin. Po drugi strani kisline zapirajo kutikulo las, zaradi česar dobijo lasje naraven lesk, se lažje češejo, zaprta kutikula pa ščiti notranjost las pred vsemi zunanjimi vplivi. V kislem okolju pa so lasje sijoči, mehki in se manj lomijo (zlasti konice las). To lastnost uporabljamo pri regeneratorjih za lase, ki imajo pH vrednost okoli 5. Da bi bili barvani lasje čim dlje mehki in voljni in da bi barva dolgo časa ostala intenzivna, je potrebno v laseh doseči optimalno pH vrednost 4,5.

## Sivenje las

Do sivenja las pride, ko celice v lasnem mešičku, ki proizvajajo melanin, zaradi starosti začnejo odmirati [16]. S starostjo lasne kapilare proizvedejo tudi več vodikovega peroksida, ki dodatno zavira nastajanje melanina. Kdaj bomo osiveli, je predvsem odvisno od dednih lastnosti. Najhitreje osivijo belci, zatem Azijati in najkasneje Afričani. Za kar približno polovico Evropejcev je značilno, da imajo ljudje, ko določno 50 let, 50 odstotkov las sivih. Sivenje las lahko pospeši tudi izločanje stresnih hormonov in pomanjkanje vitamina B.

## 3 Opis eksperimentalnih metod

### 3.1 Merjenje debeline las z mikroskopom

Ker je las zelo tanek, njegove debeline ne moremo preprosto izmeriti z metrom. Zato smo za merjenje debeline lasu uporabili mikroskop. Z mikroskopom dobimo povečano sliko lasu, čigar debelino lahko izmerimo. Las pritrdimo na objektno steklo s pomočjo lepilnega traku in ga postavimo pod mikroskop. Na las nismo s kapalko kapnili kapljice vode, da se njegova debelina ne bi spremenila. Mikroskop najprej nastavimo na najmanjšo povečavo in objektno steklo nastavimo tako, da je v središču vidnega polja. Mikroskop nato nastavimo na največjo povečavo. Če las ni v vidnem polju, si pomagamo tako, da mikroskop nastavimo na srednjo povečavo in objektno steklo ponovno poravnamo, tako da se las nahaja v sredini vidnega polja. Potem mikroskop ponovno vrnemo na največjo povečavo.

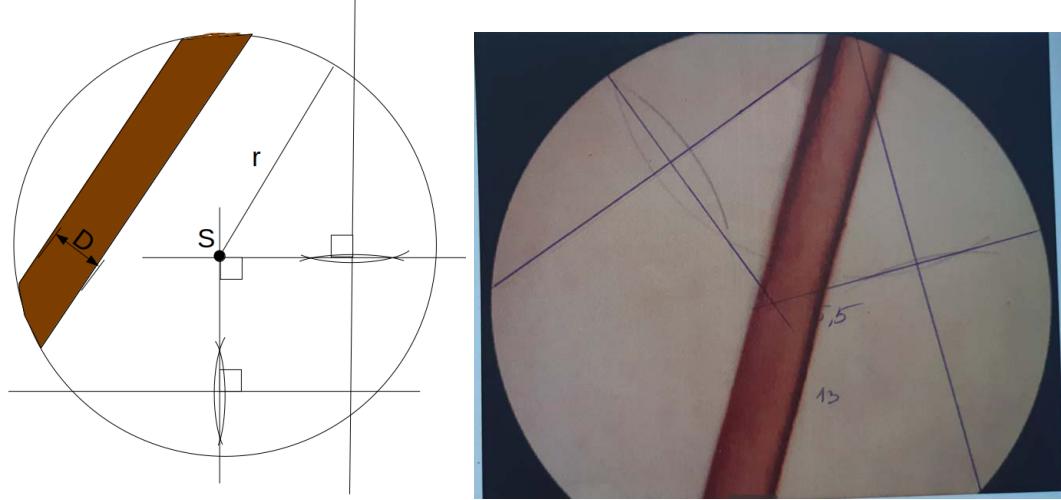
Sliko izostrimo najprej z makrometrskim, kasneje pa še z mikrometrskim vijakom. Pri izostrovjanju opazimo, da se debelina lasu spreminja. To se zgodi, ker je las okroglega preseka in pri izostrovjanju opazujemo različne sloje lasu. Pri pravi izostritvi je las najdebelejši. Ko nastavimo pravilno izostritev, las slikamo z mobitelom z eno kamero. Na sliki mora biti dobro viden čim večji rob vidnega polja. Ko posnamemo sliko, spustimo mizico, odstranimo objektno steklo in ga očistimo. Postopek ponovimo za vse pridobljene vzorce. Slike nato natisnemo. Natisnjene slike naj bodo čim večje, da ne izgubimo na natančnosti pri merjenju debeline.

Da debeline las lahko primerjamo med seboj, mobitela med slikanjem las ne smemo premikati. Zato smo mobitel postavili na stojalo za kamero. Žal smo ugotovili, da je kljub temu nemogoče, da bi bil mobitel vedno enako oddaljen od okularja. Že majhen tresljaj mize ali mikroskopa je prestavil sliko in smo morali telefon na novo poravnati. Prav tako nismo mogli posneti vseh vzorcev v istem dnevu, ker jih je bilo veliko. Morali smo poiskati boljši način, kako bi lahko debeline las primerjali med seboj. Odločili smo se, da debelino las primerjamo z velikostjo vidnega polja, ki je pri istem mikroskopu vedno enaka. Na slikah smo najprej izmerili debelino lasu ( $D$ ) in jo delili s polmerom vidnega polja ( $r$ ). Razmerje  $D/r$  na vseh slikah potem lahko primerjamo med seboj.

Radij vidnega polja smo določili tako, da smo na natisnjene slike najprej narisali dve tetivi, ki naj bosta čim bolj pravokotni druga na drugo. Potem smo tetivam narisale simetralo. Presečišče simetrale nam določa center vidnega polja. Sedaj smo lahko enostavno izmerili polmer kot razdaljo med presečiščem simetral in robom vidnega polja. Dobra stran tega je tudi ta, da deluje tudi, ko na slikah ni vidno celo vidno polje (cel krog), ampak le njegov del.

Če želimo dobiti dejansko debelino las, potrebujemo predmet, čigar dimenzije poznamo in ki

je primerne velikosti, da ga lahko vidimo pod mikroskopom. Uporabili smo pripomoček za prikazovanje interference na dveh režah. Gre za diapositiv, na katerem sta odtisnjeni dve reži na medsebojni razdalji  $0,1\text{ mm}$ . Ugotovili smo, da je razmerje med polmerom vidnega polja in razdaljo med režami  $2,3$ . To pomeni, da če razmerje  $D/r$  zmnožimo z  $0,23$  dobimo debelino las v milimetrih.



Slika 6: Prikaz postopka določanja središča vidnega polja in polmera.

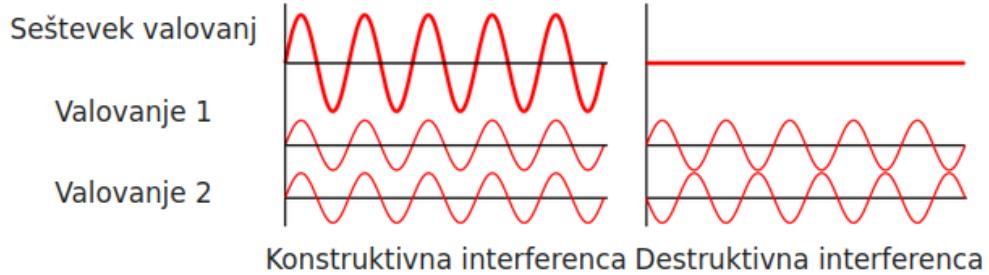
Pri izvedbi zgornjega postopka moramo predvsem paziti, da:

- smo pravilno izostrili las
- pri risanju uporabljam ošiljeno šestilo in svinčnik ali tehnični svinčnik, da pri risanju ne pride do nepotrebnih napak,
- pri risanju tetivi ne bosta skoraj vzporedni,
- slike natisnemo velike, da bodo meritve čim bolj natančne,
- pri slikanju vidnega polja ujamemo njegov čim večji del.

### 3.2 Merjenja debeline lasu z interferenco

#### 3.2.1 Teoretični uvod

Interferenca je pojav, ko se dve valovanji, ki imata enako frekvenco, srečata na istem mestu in nastane nov valovni vzorec [17]. Valovanji se seštejeta tako, da se odmiki prvega vala seštejejo z odmiki drugega vala. To pomeni, da če se hrib sreča z enako velikim hribom, dobimo dvakrat večji hrib. To imenujemo konstruktivna interference. V primeru, ko pa se hrib sreča z enako veliko dolino, se valovanji izničita. To imenujemo destruktivna interference. Seštevanje valovanj prikazuje slika 7.



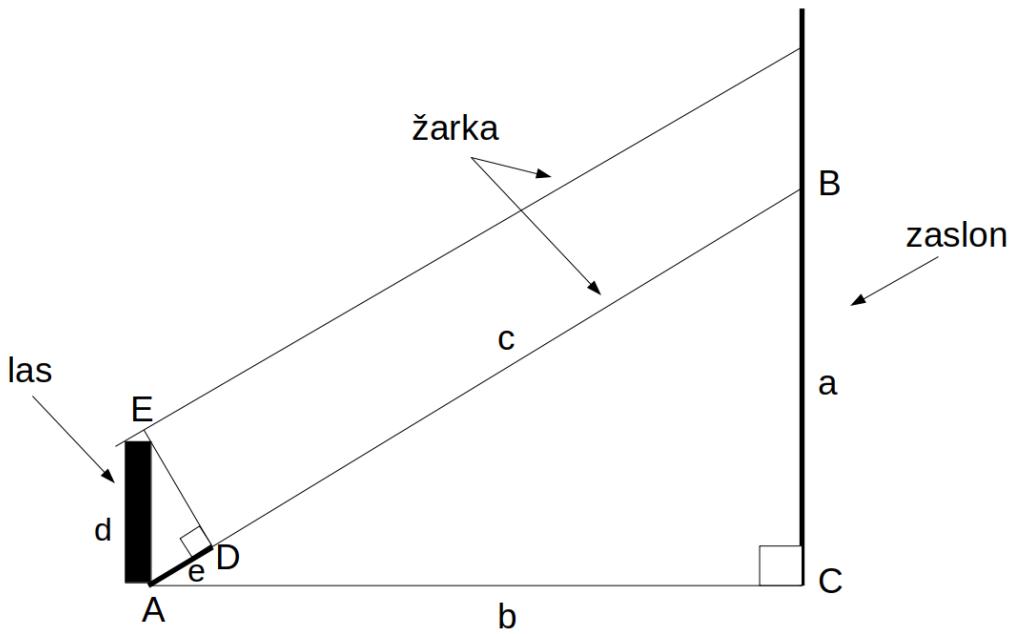
Slika 7: Seštevanje valovanj [17]

Ker je laserska svetloba valovanje, do interference pride tudi, če z laserjem posvetimo na las, ki je tanjši od laserskega snopa. Las razdeli laserski snop na dva ločena snopa. Snopa se za lasom razširita in se prepletata. Na mestih, kjer se hrib sreča s hribom, dobimo večji hrib, kar vidimo kot svetloba. Na mestih, kjer se hrib sreča z dolino pa dobimo temo.

Slika 8 prikazuje žarka, ki prihajata vsak iz svojega snopa pod poljubnim kotom in se srečata na zaslonu, ki se nahaja daleč stran od lasu. Če je zaslon dovolj daleč, lahko predpostavimo, da sta žarka vzporedna. Spodnji žarek do zaslona prepotuje za dolžino daljice  $\overline{AD}$  daljšo razdaljo kot zgornji žarek. Če bo dolžina daljice  $\overline{AD}$  enaka večkratniku valovne dolžine laserske svetlobe, bomo na zaslonu v točki  $B$  dobili konstruktivno interferenco oziroma svetlo točko. Če pa je dolžina daljice  $AD$  enaka večkratniku valovne dolžine plus polovici valovne dolžine, bomo na zaslonu v točki  $B$  dobili destruktivno interferenco oziroma temo. Na zaslonu se bosta torej izmenjevala tema in svetloba. Trikotnika  $ADE$  in  $ABC$  na sliki 8 sta skladna, zato so dolžine stranic v trikotniku v enakem razmerju. Če dolžino stranice  $\overline{AD}$  označimo z  $e$ , debelino lasu oziroma dolžino stranice  $\overline{AE}$  z  $d$ , oddaljenost lasu od zaslona oziroma dolžino stranice  $\overline{AC}$  z  $b$  in dolžino stranice  $\overline{BC}$  z  $a$ , lahko zapišemo  $e : d = a : c$ . Točka  $B$  bo najsvetlejša takrat, ko bo  $e = N\lambda$ , kjer je  $N$  celo število,  $\lambda$  pa valovna dolžina laserja. Točka  $B$  bo temna, ko bo  $e = N\lambda + \lambda/2$ . Če torej izmerimo razdaljo  $a$  od sredine zaslona do prve najsvetlejše točke, debelino lasu izračunamo po enačbi  $d = c\lambda/a$ , če pa izmerimo razdaljo  $a$  od sredine zaslona do prve najtemnejše točke, debelino lasu izračunamo po enačbi  $d = c\lambda/2a$ .

### 3.2.2 Opis postopka meritve

Najprej smo iz ostankov leseni desk in plošč, izdelali interfereometer, ki je prikazan na sliki 9. Od desne proti levi imamo najprej laser. Laser sveti skozi odprtino, na katero lahko s pomočjo vijakov in matice napnemo las. Laser je na vrtljivem nosilcu, tako da ga lahko usmerimo tako, da sveti na las. Na zaslonu, na katerega smo prilepili milimetrski papir, opazujemo interferenčno sliko. Oddaljenost med odprtino, v katero napnemo las, in zaslonom je  $a = 212,8$  cm. Interferenčno sliko, ki nastane na zaslonu, slikamo z mobilnim telefonom (slika 10). Interferometer najprej umerimo tako, da na odprtino, kjer naj bi pripeli las, pripnemo ploščico z ozkima režama, ki sta odmaknjeni za natanko  $0,1$  mm (slika 11). Z laserjem posvetimo na ploščico, tako da laserska svetloba sveti skozi obe reži. Slikamo interferenčno sliko, ki nastane na zaslonu. Na sliki izberemo temno polje in označimo njegove robove. Središče temnega polja poiščemo s



Slika 8: Merjenje debeline lasu s pomočjo interference.

pomočjo simetrale. S pomočjo milimetrskega papirja odčitamo razdaljo  $b$  od središča temnega polja pa do središčne točke laserja. Valovno dolžino laserja izračunamo po enačbi:

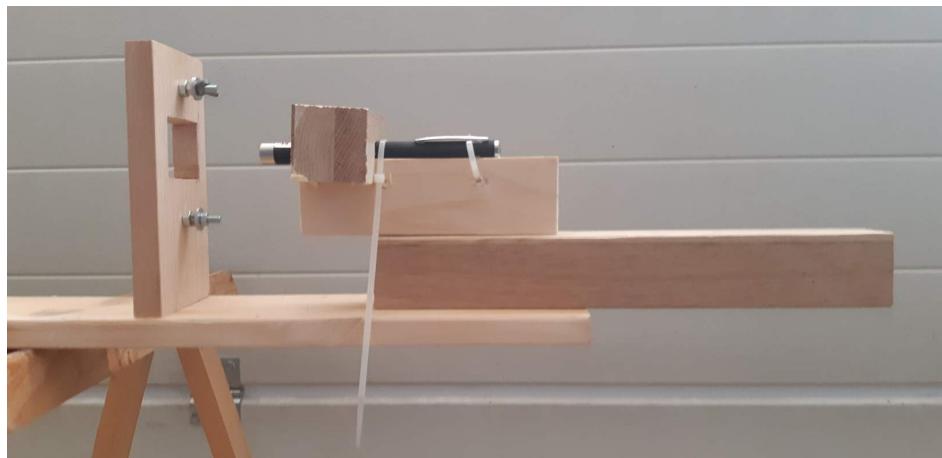
$$\lambda = \frac{da}{c(N + 1/2)} = \frac{d_1 a_1}{(N + 1/2)\sqrt{a_1^2 + b^2}},$$

kjer je  $d_1 = 0,1\text{ mm}$  razdalja med rezami,  $a = 212,8\text{ cm}$  razdalja med ploščico in zaslonom,  $b$  izmerjena razdalja med središčem temnega polja in središčne točke laserja ter  $N$  vrstno število temne lise, ki smo jo izbrali (glej sliko). Postopek ponovimo, le da namesto ploščice na odprtino napnemo las. Debelino lasu  $d_2$  izračunamo s pomočjo enačbe

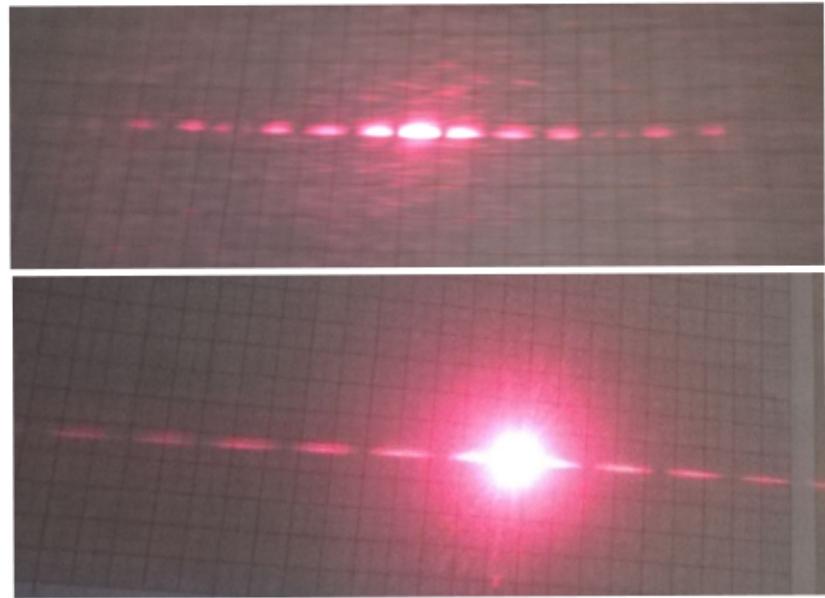
$$d_2 = \frac{(N + 1/2)\sqrt{a_2^2 + b^2}\lambda}{a_2}.$$

Če obe enačbi združimo in upoštevamo, da sta  $a_1$  in  $a_2$  veliko manjša od  $b$  in torej  $\sqrt{a_i^2 + b^2} \approx b$ , dobimo preprost izraz, s pomočjo katerega lahko določimo debelino lasu

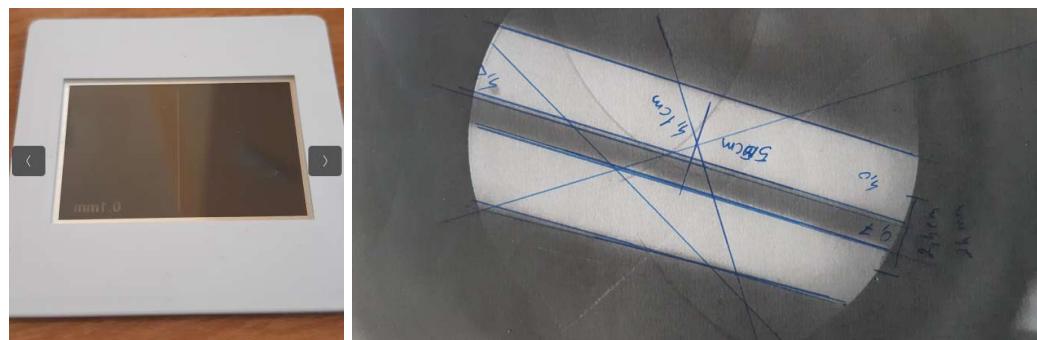
$$d_2 = \frac{d_1 a_1}{a_2} = 0,1\text{ mm} \frac{a_1}{a_2}.$$



Slika 9: Interfereometer



Slika 10: Interferenčna slika reže (zgoraj) in lasu (spodaj).



Slika 11: Ploščica z dvema režama na razdalji 0.1 mm. Levo: naravna velikost, desno: pod mikroskopom

### 3.3 Merjenje maksimalne natezne trdnosti lasu

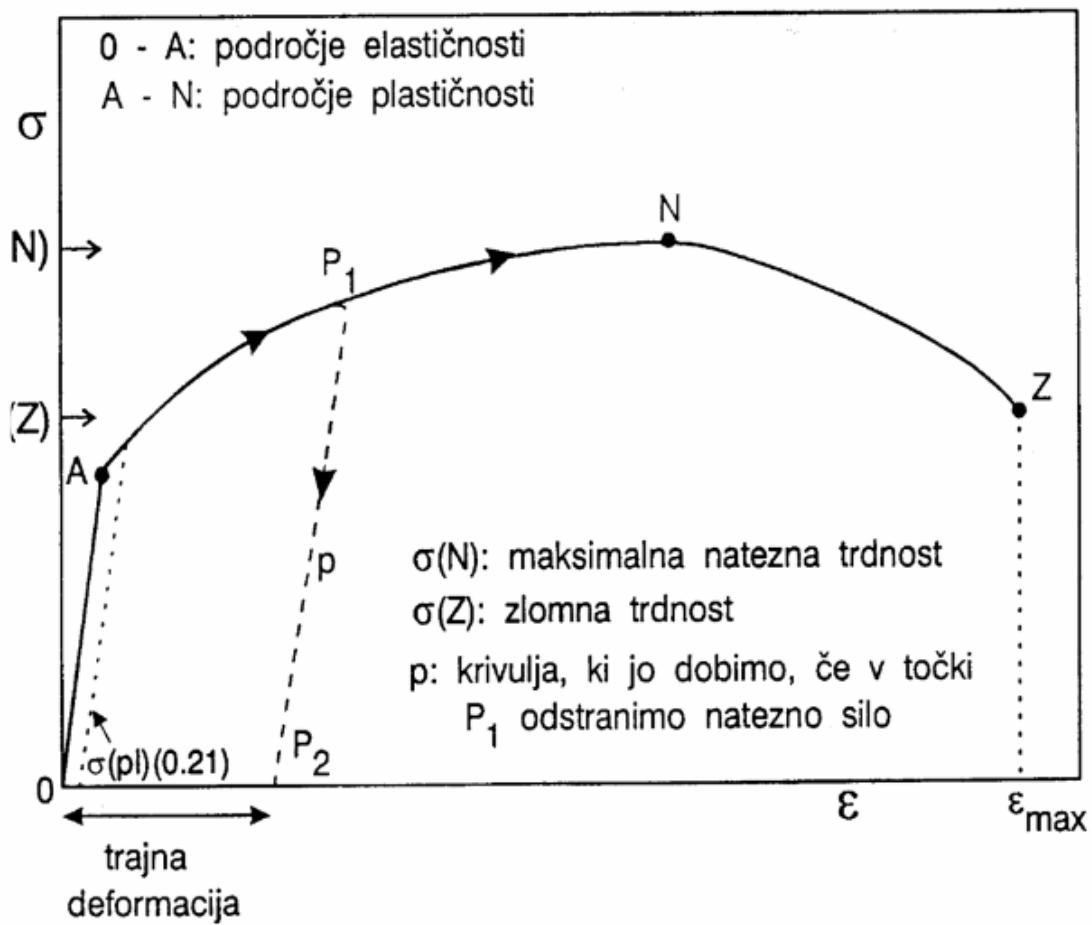
#### 3.3.1 Teoretični uvod

Mehanske lastnosti snovi so tiste lastnosti, ki določajo kako se snov odzove, ko jo mehansko obremenimo: jo vlečemo, stiskamo, upogibamo in podobno [18]. Mehanske lastnosti določajo, koliko je neka snov odporna na fizične vplive in v koliki meri jo lahko oblikujemo. Med mehanske lastnosti snovi sodijo elastičnost, razteznost, žilavost, trdnost in trdota. Mehanske lastnosti snovi lahko določamo z različnimi preizkusi (natezni preizkus, tlačni preizkus, strižni preizkus, upogibni preizkus). Najbolj osnoven je natezni preizkus, ki ga običajno izvajamo s trgalno napravo. V trgalni napravi preizkušanec z dolžino  $l$  in prečnim presekom  $S$  v vzdolžni smeri vlečemo z neko silo. Za določanje mehanskih lastnosti snovi sta pomembni natezna trdnost in relativni raztezek. Natezna trdnost  $\sigma$  je sila, s katero vlečemo preizkušanec deljena z njenim začetnim prečnim presekom ( $\sigma = F/S$ ). Relativni raztezek  $\epsilon$  pa je dolžina za katero se je preizkušanec raztegnil deljena z začetno dolžino preizkušanca ( $\epsilon = \Delta l/l$ ). Če narišemo graf, kako je relativni raztezek odvisen od napetosti, običajno dobimo krivuljo, ki je podobna krivulji na sliki 12.

Ko preizkušanec napnemo, najprej vstopi v področje elastičnega raztezka (do točke A). V tem področju se snov po raztezanju vrne v svojo osnovno obliko. V elastičnem območju lahko s pomočjo Hookovega zakona izračunamo raztezek lasu. Enačba se glasi  $\sigma = E\epsilon$ , kjer  $E$  imenujemo modul elastičnosti. To pomeni, da je črta na grafu od izhodišča pa do točke A ravna. Snov se tudi hitro odziva na spremembe (tako se raztegne/skrči če povečamo/zmanjšamo natezno napetost). V plastičnem področju (od točke A do točke N) pa se raztezek tako poveča, da se snov oziroma las ne vrne več v prvotno stanje, ampak ostane raztegnjen. Tu ne velja več Hook-ov zakon. Natezno napetost v točki N imenujemo natezna trdnost in je maksimalna natezna napetost, ki jo preizkušanec prenese. Ko preizkušanec obremenimo z maksimalno natezno napetostjo, se še nekaj časa razteguje, ne da bi ga dodatno vlekli, dokler ne poči (od točke N do točke Z). Točko Z imenujemo točka zloma ali pa točka porušitve, natezno napetost v tej točki pa zlomna trdnost. Zlomna trdnost je lahko manjša od natezne trdnosti, ker se preizkušanec počasi razteguje, čeprav ga dodatno ne vlečemo. Elastičnost snovi je vezana z vrednostjo elastičnega modula v Hookovi enačbi. Manjši je elastični modul, bolj elastična je snov in bolj položna je daljica od izhodišča do točke A. Razteznost snovi je odvisna od relativnega raztezka v točki zloma. Večja je vrednost relativnega raztezka, bolj raztegljiva je snov. Trdnost snovi je vezana na velikost maksimalne ali zlomne trdnosti. Večja je maksimalna ali zlomna trdnost, večja je trdnost snovi. Žilavost snovi meri sposobnost absorpcije energije materiala do zloma. Večja je površina krivulje pod grafom na sliki 12, bolj žilava je snov. Krhka snov ima običajno kratko plastično območje, žilava pa dolgo. Trdota pa je odpornost snovi proti rezanju in jo z nateznim preizkusom ne merimo.

#### 3.3.2 Opis postopka meritve

V preizkusu bomo merili natezno trdnost las. Meritve bomo izvajali le na dovolj dolgih (ženskih) laseh. Lasu najprej izmerimo debelino s pomočjo metode opisane v odseku 3.1. Nato las na obeh koncih ovijemo okoli lesene palice (lahko uporabimo nabodala). Las ovijemo večkrat, da nam ne zdrsne in oviti del dodatno prilepimo na palico z lepilnim trakom. Ovita dela naj bosta čim bližje skupaj, da las tvori čim ožjo in čim daljšo črko "U" (slika 13). Na las obesimo stojalo



Slika 12: Obnašanje preiskušanca pri nateznem poiskusu [18]



Slika 13: Merjenje natezne trdnosti las

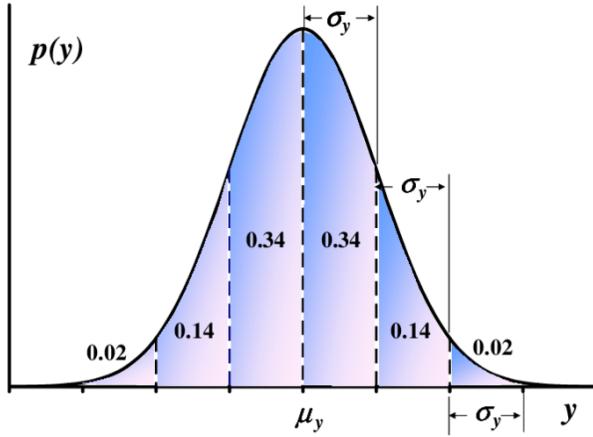
za uteži, ki ima maso 20 g. Eno za drugo dodajamo uteži, najprej od 20 g, potem pa od 10 g. Preden dodamo novo utež, uteži pri dodajanju primemo z roko in las razbremenimo, da ne bi pri dodajanju uteži las obremenili z večjo silo, kot je sila teže od uteži. Ker se las, ki ga obremenimo z maksimalno natezno trdnostjo dodatno razteguje, preden poči, moramo po vsakem dodajanju uteži nekoliko počakati, da dopustimo, da se las do konca raztegne. Uteži dodajamo, dokler las ne poči. Maksimalno natezno trdnost lasu izračunamo kot

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi r^2},$$

kjer je skupna masa uteži s stojalom, ki smo jo obesili na las,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  je gravitacijski pospešek in  $r$  je polmer lasu, ki je enak polovici debeline lasu.

### 3.4 Statistična analiza podatkov

Statistika je veda, ki se ukvarja z urejanjem velikega števila podatkov [19]. Statistično raziskavo izvedemo na veliki množici elementov (npr. množici las ene osebe, skupine ljudi ali vseh ljudi) za katere izmerimo neko lastnost (npr. debelino). Celotno množico imenujemo populacija. Ker je običajno populacija prevelika da bi na njej naredili raziskavo, raziskavo opravimo le na enem njenem delu, ki mu rečemo vzorec. Iz meritev lastnosti vzorca s pomočjo statistike potem sklepamo na lastnosti celotne populacije. Statistični parametri so splošne lastnosti, ki veljajo za populacijo kot celoto in jih dobimo kot rezultat statistične raziskave vzorca. Najbolj pomembna statistična parametra sta poprečna vrednost in standardni odklon. Recimo, da smo naredili  $N$  meritev neke količine:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ . Povprečje izračunamo tako, da vsoto vseh izmerjenih



Slika 14: Gaussova krivulja [21]

vrednosti delimo s številom meritov

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}.$$

Standardni odklon računamo drugače, če imamo podatke za celotno populacijo in drugače, če imamo podatke le za vzorec. Če delamo na vzorcu, standardni odklon izračunamo tako, da najprej izračunamo oddaljenost vsake izmerjene vrednosti  $x_i$  od povprečja, dobljene oddaljenosti kvadriramo, seštejemo, delimo s številom vseh meritov zmanjšanim za ena in rezultat korenimo:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_N - \bar{x})^2}{N-1}}.$$

Če imamo meritve za celotno populacijo pa delimo s številom vseh meritov:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_N - \bar{x})^2}{N}}.$$

Povprečje in standardni odklon v programu Excel izračunamo tako, da uporabimo ukaza AVERAGE() in STDEV() in v oklepaju navedemo, v katerih celicah se nahajajo meritve. Če smo meritve zapisali v stolpec A od vrstice 1 do vrstice 10, zapišemo AVERAGE(A1:A10) in STDEV(A1:A10).

### Normalna porazdelitev

Večina lastnosti v naravi je razporejena v obliki normalne porazdelitve. Normalno porazdelitev matematično predstavimo z Gaussovo krivuljo. Gaussova krivulja je krivulja zvonaste oblike (slika 14), ki jo določata dva parametra, povprečna vrednost in standardni odklon. Povprečna vrednost določa, kje se nahaja sredina Gaussove krivulje, standardni odklon pa, koliko je Gaussova krivulja ozka oziroma široka. Ko rišemo Gaussovo krivuljo, na x-os nanašamo vrednosti meritve, vrednosti na y osi pa so nastavljeni tako, da je površina pod Gaussovo krivuljo enaka

1. Če izmerimo površino pod Gaussovo krivuljo med točkama  $x_A$  in  $x_B$ , nam to pove, kolikšen delež meritev se bo nahajal na intervalu med  $x_A$  in  $x_B$ . Gaussova krivulja nam pove, da ima največ meritev vrednost blizu povprečne vrednosti in bolj kot gremo stran od povprečne vrednosti, manj meritev s to vrednostjo bomo našli. To pomeni tudi, da večji kot je standardni odklon, bolj razpršene so meritve okoli povprečne vrednosti.

### Statistični t-test

S statističnimi testi preverjamo, ali hipoteze, ki smo jih postavili, držijo, ali ne. Imamo različne vrste testov za različne vrste meritev in podatkov. Večina statističnih testov predpostavlja, da so meritve razporejene po normalni distribuciji. V raziskovalni nalogi bomo uporabljali tako imenovani t-test. Imamo tri vrste t-testov: t-test za en vzorec, t-test za neodvisne vzorce in t-test za odvisne vzorce [20]. S t-testom za en vzorec preverjamo ali se naše meritve izvedene na enem vzorcu, ujemajo z neko, že prej znano vrednostjo. Recimo, če smo v literaturi našli, kolikšna je povprečna debelina las, s tem testom lahko preverimo, ali se debelina las našega vzorca ujema s to vrednostjo, ali ne. S t-testom za neodvisne vzorce preverjamo, ali se dva različna vzorca v merjeni lastnosti razlikujeta, ali ne. S tem testom lahko preverimo, ali se dve različni skupini razlikujejo v neki merjeni lastnosti ali ne. Recimo, lahko preverjamo ali se debelina las razlikuje med moškimi in ženskami, med člani skupine A in člani skupine B, med osebo A in osebo B. S t-testom za odvisne vzorce preverjamo, ali se je neka lastnost enega vzorca spremenila, če smo vzorec izpostavili neki spremembi. S tem testom lahko preverimo, recimo, ali se je debelina lasu spremenila, ko smo ga namočili v vodo. Za izvedbo t-testa v programu Excel uporabimo ukaz T.TEST(*podatki1;podatki2;vrsta;tip*). Pod "podatki1" navedemo celice, kjer se nahajajo meritve prvega vzorca. Pod "podatki2" navedemo celice, kjer se nahajajo meritve drugega vzorca. Pod "vrsta" lahko navedemo številko 1 ali 2. Običajno uporabimo številko 2, kar pomeni, da s testom preverjamo ali se merjena vrednost vzorcev razlikuje ali ne. Če bi uporabili številko 1, preverjamo, ali je vrednost enega vzorca večja ali manjša (eno ali drugo – ne oboje hkrati). Pot "tip" lahko navedemo številke 1, 2 ali 3. Tip 1 pomeni, da želimo uporabiti t-test za odvisne vzorce. Tip 2 uporabimo, če želimo izvesti t-test za neodvisne vzorce in smo prepričani, da je standardni odklon obeh vzorcev enak. Tip 3 uporabimo, če želimo izvesti t-test za neodvisne vzorce in dopuščamo možnost, da so standardni odkloni vzorcev različni. Kot rezultat t-testa dobimo številko od 0 do 1, ki jo imenujemo **stopnja značilnosti**. Stopnja značilnosti prestavlja verjetnost s katero se lahko zmotimo, če trdim, da je med vzorci razlika. Manjša je torej stopnja značilnosti, bolj smo lahko prepričani, da se vzorca razlikujeta. Če želimo trditi, da je med vzorci razlika, običajno zahtevamo vsaj 95% verjetnost, da imamo prav. To pomeni, da mora biti stopnja značilnosti manjša od 0,05. Lahko pa smo še bolj strogi (npr. zahtevamo 99% verjetnost ali stopnjo značilnosti 0,01). Nikoli pa ne moremo 100% trditi, da sta vzorca različna. Lahko imamo recimo smolo in v eni skupini poberemo ravno vzorce, ki se nahajajo v enem repu Gaussove krivulje, v drugi pa vzorce, ki se nahajajo v drugem repu Gaussove krivulje. Na primer, če preverjamo debelino las med fanti in dekleti, pri dekletih poberemo najdebelejše lase, pri fantih pa najtanjše. Potem lahko napačno sklepamo, da imajo dekleta debelejše lase, čeprav to ni res. Podobno kot lahko imamo srečo ali smolo pri igri "Človek ne jezi se" in enem igralcu v igri padajo same šestke, drugemu pa same enke.

## 4 Eksperimenti

### 4.1 Merjenje debeline las

Od članov družine in sošolk smo zbrali vzorce las. Od vsake osebe smo zbrali po pet las, izmerili njihove debeline in izračunali povprečno vrednost in standardni odklon. Rezultati so prikazani v tabeli 1. Slika 15 prikazuje povprečne vrednosti debeline las oseb urejene glede na pripadnost družini, starosti in barvi las. Iz slike 15 zgoraj lahko vidimo, da nič ne nakazuje, da bi starost in debelina las bile povezane. Po drugi strani slika 15 v sredini nakazuje, da imajo otroci družine A v povprečju debelejše lase kot otroci družine B. Slika 15 spodaj nakazuje, da so svetlejši lasje tanjši od temnejših. Prav tako smo pri mikroskopiranju opazili, da so sivi lasje osebe, ki je delno osivela, bili debelejši, od obarvanih. Tudi to smo žeeli raziskali. Postavili smo naslednje ničelne hipoteze:

$\mathcal{H}_{01}$ : Med otroki družine A in otroki družine B ni odstopanj v debelini las.

$\mathcal{H}_{02}$ : Sivi in obarvani lasje deloma posivele osebe so enako debeli.

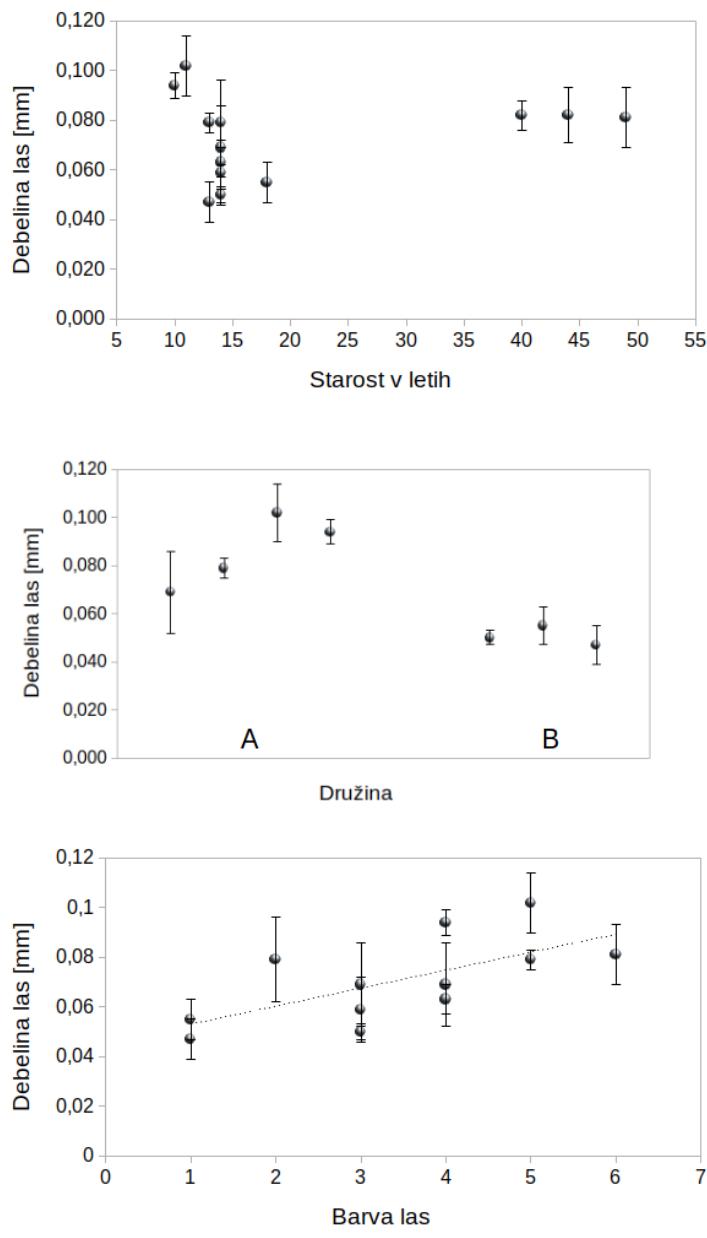
Ničelne hipoteze, vezane na povezavo med barvo in debelino las, nismo postavljali, ker imamo premalo statističnih podatkov za raziskavo. Prav tako osebe s temnimi lasmi prihajajo večinoma iz družine A, kar bi lahko vplivalo na rezultate. Pa tudi za to bi potrebovali drugačen statistični test, saj med seboj preverjamo več kot dve skupini vzorcev.

Za namen preverjanja prve hipoteze smo uporabili meritve debeline petih las za vsakega izmed otrok v družini. Za namen preverjanja druge hipoteze smo od osebe F dodatno pridobile lase, tako da smo imeli meritve debeline za po deset obarvanih in sivih las. Rezultati so prikazani v tabeli 2. Iz tabele je razvidno, da je stopnja značilnosti v obeh primerih zelo majhna, kar pomeni, da obe ničelni hipotezi lahko z veliko gotovostjo zavrnemo. Dokazali smo torej, da se debelina las otrok obeh družin znatno razlikuje, kar nakazuje na to, da na debelino las v veliki meri vpliva dednost. Prav tako smo pokazali, da se debelina posivelih in obarvanih las razlikuje. V odseku 2.3 smo zapisali, da baze povzročajo nabrekanje las in da pri sivenju lasi proizvajajo več vodikovega peroksida, ki je baza. To bi lahko bil razlog zakaj so sivi lasje debelejši od obarvanih.

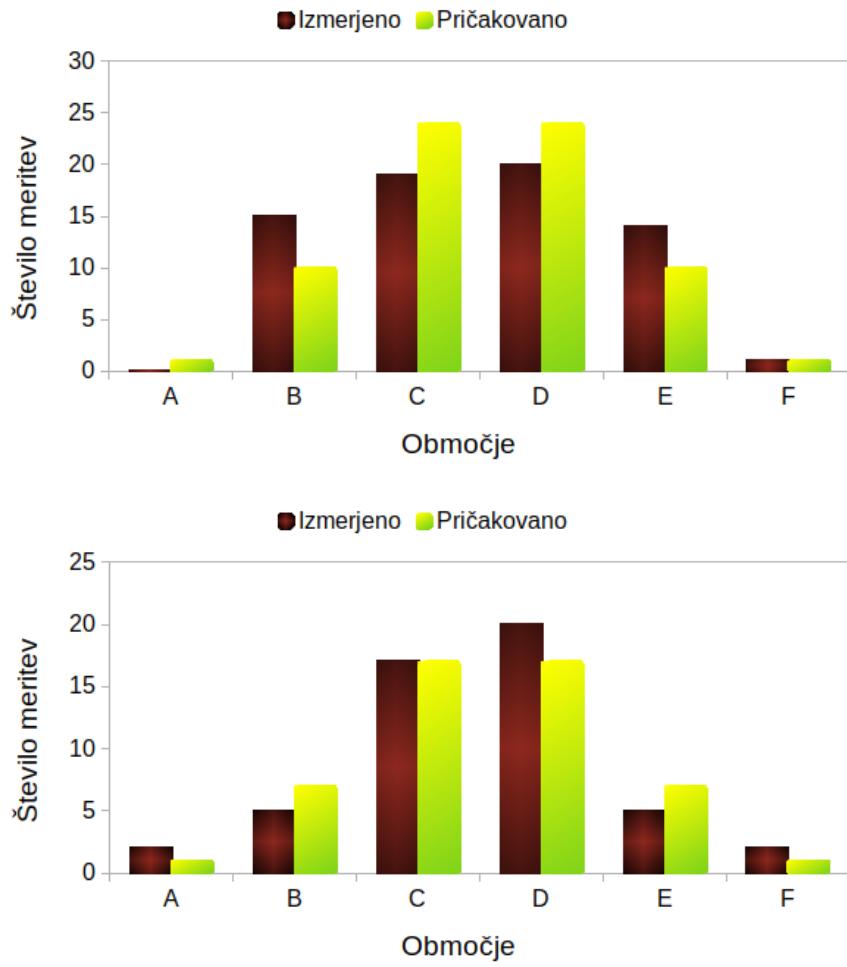
Na koncu smo žeeli še preveriti, ali debelina las sledi naravni distribuciji. V ta namen smo od osebe G pridobili dodatne lase, tako da smo jih imeli 51. Izračunali smo povprečje  $\bar{d}$  in standardni odklon  $\sigma_d$ . Presteli smo, koliko las imamo na intervalih  $\bar{d} \pm \sigma$ ,  $\bar{d} \pm 2\sigma$  in  $\bar{d} \pm 3\sigma$  in narisali graf, prikazan na sliki 16. Enako smo naredili za meritve debeline celotne skupine, pri kateri smo upoštevali meritve vseh pet debelin na posameznika. Iz slike lahko razberemo, da lasje posameznika dokaj dobro sledijo normalni porazdelitvi, dokler je pri laseh celotne populacije opaziti nekoliko več meritve na intervalih  $(\bar{d} - 2\sigma, \bar{d} + \sigma)$  in  $(\bar{d} + \sigma, \bar{d} + 2\sigma)$ . V obeh primerih sta distribuciji videti simetrični.

### 4.2 Vpliv različnih snovi in temperaturne spremembe na natezno trdnost las

Za naslednji eksperiment smo osebi A odvzeli več vzorcev las. Lase smo razporedili v devet skupin. Prvih šest skupin las smo za dve uri namakali v eni od naslednjih snovi: nasičeni raz-



Slika 15: Na diagramih so prikazane povprečne debeline las posameznikov. Z navpičnimi črtami so prikazani standardni odkloni (črta je dolga en standardni odklon merjeno od povprečna navzgor oziroma navzdol). **Zgoraj:** povprečne debeline las so urejene po starosti. **Sredina:** ločeno so prikazane debeline las otrok iz dveh družin: štiri meritve na levi strani predstavljajo povprečne debeline las otrok družine A, tri meritve na desni strani pa predstavljajo povprečne debeline las otrok družine B. **Sppovprečne debeline las so urejene po starosti.odaj:** povprečne debeline las so urejene po barvi las. Barve so označene kot z (1) – svetla, (2) – "ginger", (3) – svetlo rjava, (4) – rjava, (5) – temno rjava, (6) – črna.



Slika 16: Distribucije las. **(Zgoraj):** distribucija las skupine oseb. **(Spodaj):** distribucija las ene osebe. Oznake območij so: A od  $\bar{d} - 3\sigma$  do  $\bar{d} - 2\sigma$ , B od  $\bar{d} - 2\sigma$  do  $\bar{d} - \sigma$ , C od  $\bar{d} - \sigma$  do  $\bar{d}$ , D od  $\bar{d}$  do  $\bar{d} + \sigma$ , E od  $\bar{d} + \sigma$  do  $\bar{d} + 2\sigma$ , F oh  $\bar{d} + 2\sigma$  do  $\bar{d} + 3\sigma$ .

Tabela 1: Rezultati meritve debeline las. Oznake za spol so: Ž – ženska, M – moški. Oznake za barvo las so: S – svetli, SR – svetlo rjavi, R – rjavi, TR – temno rijavi, G – ginger, B – obarvani, TR+S – mešanica črnih in sivih las. Oseba M je mati ene izmed sošolk in zato ne poznamo njene starosti. Pod družina so označeni le otroci dveh družin.

Oseba	Spol	Starost	Barva	Družina	Povprečje [mm]	St. odklon [mm]
A	Ž	14	SR	A	0,069	0,017
B	Ž	14	SR	B	0,050	0,003
C	Ž	18	S	B	0,055	0,008
D	Ž	44	B		0,082	0,011
E	M	13	TR	A	0,079	0,004
F	M	49	ČS		0,081	0,012
G	M	11	TR	A	0,102	0,012
H	M	10	R	A	0,094	0,005
I	Ž	14	R		0,063	0,006
J	Ž	14	R		0,069	0,017
K	Ž	14	G		0,079	0,017
L	Ž	14	SR		0,059	0,013
M	Ž	?	B		0,082	0,006
N	M	13	S	B	0,047	0,008

topini slane vode, oljčnem olju, beljaku, regeneratorju za lase, raztopini klorovodikove kisline s koncentracijo 5 mol/l in raztopini natrijevega hidroksida s koncentracijo 5 mol/l. Sedmo skupino las smo za dve uri postavili v zamrzovalnik, ki je bil nastavljen na temperaturo  $-26^{\circ}\text{C}$ . Osmo skupino las smo za pol ure postavile v pečico, segreto na  $180^{\circ}$ . Deveto skupino las smo pustili ob strani kot kontrolno skupino. Po namakanju, segrevanju ali hlajenju smo lase slikali pod mikroskopom, da določimo njihovo debelino. Zaradi stiske s časom in drugih obveznosti smo drugi del preizkusa (merjenje natezne trdnosti) opravili štiri dni kasneje, razen v primeru namakanja v raztopino klorovodikove kisline, ko je meritve narejena takoj po namakanju in meritvi debeline. V vsaki skupini smo meritve naredili na vzorcu 10-ih las. Pri izračunu natezne trdnosti smo za vsak las upoštevale njegovo izmerjeno debelino. Postavili smo naslednje ničelne hipoteze:

$\mathcal{H}_{03}$ : Izpostavljenost las slani vodi ne vpliva na natezno trdnost las.

$\mathcal{H}_{04}$ : Izpostavljenost olju ne vpliva na natezno trdnost las.

$\mathcal{H}_{05}$ : Izpostavljenost las regeneratorju za lase za lase ne vpliva na natezno trdnost las.

$\mathcal{H}_{06}$ : Izpostavljenost las natrijevem hidroksidu s koncentracijo 5 mol/l ne vpliva na natezno trdnost las.

$\mathcal{H}_{07}$ : Izpostavljenost las klorovodikovi kislini s koncentracijo 5 mol/l ne vpliva na natezno trdnost las.

Tabela 2: Primerjava debeline posivelih in obarvanih las pri isti osebi ter debeline las otrok dveh družin.

Skupina	Povp. debelina [mm]	St. odklon [mm]	st. značilnosti
sivi lasje	0,09	0,014	
temni lasje	0,065	0,012	0,0047
družina A	0,086	0,017	
družina B	0,051	0,007	$5,5 \cdot 10^{-9}$

$\mathcal{H}_{08}$ : Izpostavljenost las nizki temperaturi ( $-26^{\circ}\text{C}$ ) ne vpliva na natezno trdnost las.

$\mathcal{H}_{09}$ : Izpostavljenost las visoki temperaturi ( $18^{\circ}\text{C}$ ) ne vpliva na natezno trdnost las.

Tabela 3: Meritev natezne trdnosti:  $\bar{d}$  – povprečna debelina las,  $\bar{\sigma}$  – povprečna natezna trdnost,  $\bar{m}_{60}$  – povprečna masa, ki bi jo las zdržal, če bi imel debelino 0,06 mm,  $\sigma_d$ ,  $\sigma_\sigma$ ,  $\sigma_{m60}$  – standardni oklon zgornjih debelin,  $p(\sigma)$  – stopnja značilnosti, s katero lahko trdimo, da se natezna trdnost razlikuje od natezne trdnosti kontrolne skupine,  $p(\sigma)$  – stopnja značilnosti, s katero lahko trdimo, da se debelina la razlikuje od debeline las kontrolne skupine.

Meritev	povprečje			st. odklon			$p(\sigma)$	$p(d)$
	$\bar{d}$	$\bar{\sigma}$	$\bar{m}_{60}$	$\sigma_r$	$\sigma_\sigma$	$\sigma_{m60}$		
	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[g]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[g]		
slana voda	0,067	177	102	0,013	46	26	0,09	0,26
olje	0,079	170	102	0,015	68	40	0,12	0,45
beljak	0,070	178	103	0,016	55	32	0,11	0,57
regenerator	0,074	221	128	0,013	64	37	0,69	0,93
niska temperatura	0,068	169	88	0,014	43	39	0,06	0,35
klorovoikova kislina	0,080	171	99	0,012	41	23	0,06	0,33
kontrolna skupina	0,074	235	136	0,014	79	45	1	1

Rezultati meritev so predstavljeni v tabeli 3. Lasje izpostavljeni visoki temperaturi in natrijevem hidroksidu, niso prikazani, ker so bili tako krhkni, da so se lomili že pri samem dotiku in meritve natezne trdnosti nismo mogli izvesti. Če pogledamo najprej debelino las, ugotovimo, da se ta med vzorci ne razlikuje veliko. To pomeni, da če so lasje vpili snov, v katero so bili namočili, ta ni bistveno spremenila njihove debeline. Zato smo dodatnih deset las iste osebe namočili tudi v navadno vodo in jim izmerili debelino. Povprečna debelina las po dvournem namakanju v vodi je znašala 0,089 mm, standardni odklon pa 0,017 mm. Če te rezultate primerjamo z debelino las v kontrolni skupini, ugotovimo, da s stopnjo značilnosti 0,05 lahko trdimo, da debelina las ni enaka. Lasje, namočeni v navadno vodo, so torej nabreknili, lasje, namočeni v slano vodo,

olje in beljake in klorovodikovo kislino, pa ne. Rezultat nas je presenetil, a prepričljive razlage zanj žal nismo našli.

To, da se debelina v ostalin snoveh ni spremenila, še ne pomeni, da las snovi ni vpila. Vpojnost je potrebno preverjati s spremembijo mase. Goba, ki vpije vodo namreč ne spremeni svojih dimenzijs. V raziskovalni nalogi [1] so ugotovili, da lasje bolj vpijajo olje kot vodo. To smo že leli tudi sami preveriti in ugotoviti tudi, v kolikšni meri so lasi sposobni vpiti jajca. Zato smo prosile osebo, ki je imela dostop do zelo natančne tehtnice, da stehta lase pred in po tem, ko jih je pomagila v vodo, olje in jajce. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 4. Iz rezultatov je videti, kot da bi lasje vpijale olje in jajca v dosti večji meri kot vodo in kot je to ugotovljeno v raziskovalni nalogi [1]. Nad rezultati smo bili presenečeni. Posumili smo, da bi razlog lahko bil v tem, da lasje pred tehtanjem niso bili dobro očiščeni. Slika 17 potrjuje naš sum.

Tabela 4: Meritev vpojnosti las:  $m_1$  – masa las pred namakanjem v snovi,  $m_2$  – masa las po namakanju v snovi.

snov	$m_1$ [mg]	$m_2$ [mg]	$m_2/m_1$
voda	18,5	57,8	3,1
olje	20,1	154,6	7,6
jajce	19,6	452,9	23,1



Slika 17: Meritev vpojnosti las

Če se vrnemo na merjenje natezne trdnosti, ugotovimo, da so imeli največjo natezno trdnost lasje v kontrolni skupini in lasje, namočeni v regenerator za lase, dokler so ostali vzorci kazali nekoliko manjšo natezno trdnost. To, da slana voda in nizke temperature zmanjšajo natezno trdnost las, smo pričakovali. Presenetilo nas je, da smo zmanjšanje natezne trdnosti opazili tudi pri laseh, namočenih v beljak in olje. Kljub temu, stopnja značilnosti ni nikjer manjša od 0,05, tako da ničelnih hipotez, vezanih na natezno trdnost, ne moremo zavreči. Vseeno smo se stopnji značilnosti 0,05 zelo približali, še posebej v primeru las, ki so bili izpostavljeni nizki temperaturi in kislini.

V literaturi [15] smo našli podatek, da baze las uničujejo, kislina pa ga ojačajo, kar smo navedli v odseku 2.2. Zato ni presenečenje, da so se lasje izpostavljeni natrijevemu hidroksidu hitro lomili. Po drugi strani je natezna trdnost las po namakanju v klorovodikovo kislino bila podobna ostalim vzorcem in torej ni povečala natezne trdnosti las. Razlog bi lahko bil v tem, da smo uporabili premočno kislino.

Če rezultate še primerjamo z literaturo [14], opazimo, da lasje in našega preizkusa, zdržijo za polovico manjšo težo, kot je omenjeno v literaturi, kjer je zapisano, da zdrav las debeline 0,06 mm zdrži 100 g (pri nas enako maso zdrži dvojni las). Razlog je lahko ta, da je med zbiranjem vzorcev in meritvijo običajno preteklo nekaj dni in so se lasje lahko poškodovali tudi pri hranjenju (bili so pritrjeni z lepilnim trakom). Lahko pa tudi, da nismo pravilno razumeli podatkov iz literature, ali pa so ti napačno navedeni.

Omeniti moramo tudi, da oseba, od katere smo vzeli vzorec las, pri redni negi las uporablja regenerator. Naša kontrolna skupina tako ne predstavlja neobdelane lase, ampak lase pri običajni negi z regeneratorjem.

Zaključimo lahko, da bi bilo dobro preizkus ponoviti z upoštevanjem naslednjih izboljšav:

- Izmeriti je potrebno večji vzorec las, vsaj 20 v vsaki skupini.
- Lase je potrebno zbrati tudi od osebe, ki pri pranju las ne uporablja regeneratorja oziroma bi lase odvzeli takoj po pranju pred uporabo regeneratorja in jih posušili na zraku.
- Merjenje natezne trdnosti je potrebno opraviti takoj po meritvi debeline las.
- Preveriti je treba vpliv kislin in baz različnih koncentracij oziroma pH-ja.

Žal zaradi stiske s časom preizkusa nismo mogli ponoviti.

### 4.3 Merjenje debeline lasu z interfereometrom

Poizkusno smo za nekaj primerov debelino lasa merili tudi s pomočjo doma narejenega interfereometra. Čeprav se nam je metoda zdela zanimiva, je bila preveč zamudna, da bi z njo izmerili debelino vseh vzorcev. Metodo smo tako uporabili le za "pokušino" in z njo izmerili debelino enega lasu. Rezultati so prikazani v tabeli 5. Merjenje debeline las z interferometrom je bolj zamudno in manj natančno.

## 5 Zaključek

Raziskovanje je bilo zelo zanimivo. Odkrili smo kako obširen je lahko svet znanosti. Spoznali smo tudi, kako mukotrpno je lahko zbiranje in obdelovanje podatkov. Sedaj še bolj cenimo zanimivo in težko delo znanstvenikov in smo hvaležni, za izkušnjo, ki smo jo pridobili.

Raziskovalna naloga naju je privedla do nekaterih pričakovanih in do nekaterih nepričakovanih rezultatov. Ugotovili smo, da je dednost eden od pomembnih dejavnikov, ki vplivajo na debelino las. Iz literature smo izvedeli, da so svetli lasje tanjši od temnih. Tudi naše meritve so kazale

Tabela 5: Rezultati meritve debeline lasu z interferometrom

položaj minimuma	$a_1$ [mm]	$a_2$ [mm]	debelina lasu [mm]
3. desno	35	75	0,045
2. desno	20	56	0,051
1. desno	8	25	0,045
1. levo	7	24	0,029
2. levo	20	51	0,039
3. levo	34	83	0,041

podoben trend, kljub temu da nismo imeli dovolj statističnih podatkov, da bi to zanesljivo dokazali. Ugotovili smo tudi, da so sivi lasje debelejši od barvanih, kar je verjetno povezano z naravnim izločanjem vodikovega peroksida. Presenetilo nas je tudi, da beljak in olje ne povečata natezne trdnosti las in da bi naravni preparati za nego las morali bolj temeljiti na uporabi kislin (npr. limonin sok, kis).

Ideje o poskusih in raziskavah so kar prihajale, a čas naju je ponekod prehitel. Zanimivo bi bilo bolj natančno raziskovati z interferometrom in nadaljevati raziskavo s pomakanjem las v različne snovi. Lahko bi pogledali še vpliv peroksida in različnih šamponov na lase. Zanimivo bi bilo raziskovati še druge predlagane naravne izdelke za nego las. Prav tako bi bilo zanimivo izvedeti, kako različne bolezni vplivajo na lastnosti las, čeprav se zavedamo, da bi takšna raziskava bila težje izvedljiva. Nadaljnje raziskave bi lahko potekale tudi v smeri dednosti. Lahko bi raziskali, kateri geni so recesivni in kateri dominantni. Če bi le bilo mogoče, bi lahko preučevali, kako se razlikujejo lasje po svetu, saj imajo ljudje iz različnih delov sveta, različne lastnosti las. Če bi imeli več časa, bi lahko merili debelino kodrastega in ravnega lasa na več mestih, da ugotovimo ali je prečni presek kodrastih las res elipsaste oblike. Nekoliko za šalo smo že eleli raziskati, ali je barva las povezana z inteligenco in značajem ter tako razbiti mit, da so svetlolasi ljudje manj inteligentni. A na žalost nismo uspeli pridobiti inteligenčnega testa. Prav tako bi za boljšo statistiko in natančnejše rezultate potrebovali več vzorcev las, ki pa jih ni tako preprosto pridobiti, še bolj zamudno pa analizirati. Bilo bi zanimivo naučiti se izdelati kakšen računalniški program, s katerim bi poenostavili merjenje debeline las in si tako olajšati in pospešiti delo. Raziskave pa se bi lahko poglobile tudi z forenzičnega vidika, saj smo ugotovili, da so lasje pomemben dokaz v policijskih strokah. Vesele in ponosne sva, da sva se izdelale raziskovalno nalogo. Morda naju v prihodnosti čaka še veliko raziskovalnih nalog.

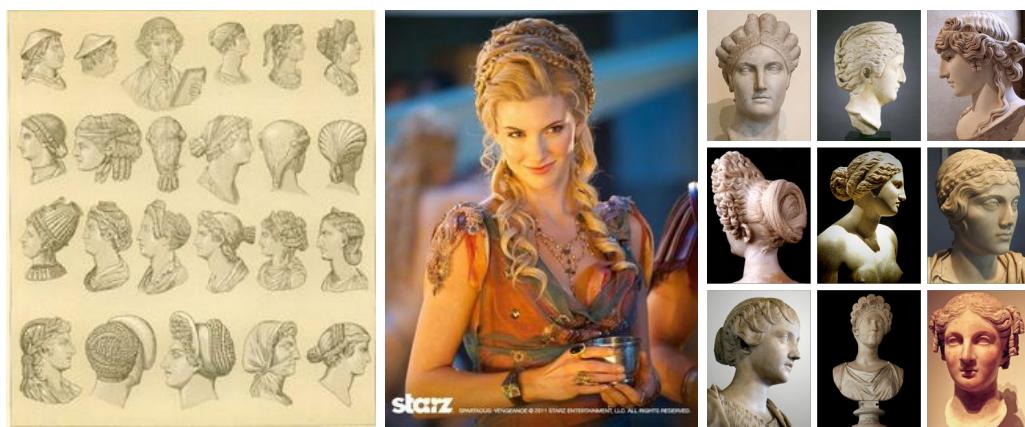
## A Lasje skozi zgodovino

Že v prazgodovini so si ljudje lase umivali, strigli, barvali, oblikovali s pomočjo različnih pri-pomočkov (glavniki, britve, noži, skodelice, ogledala, ...) iz kosti, školjk, kasneje tudi kovin. Egipčani so si lase spletali v dolge, tanke kite, v katere so vpletli manjše dodatke (barvno steklo, keramiko, zlato, poldrage kamne, ...). Kasneje so si iz higieniskih razlogov brili glave in nosili lasulje, ki so hladile glavo pred vročino.



Slika 18: Ženske pričeske v starem Egiptu [23]

V obdobju antične Grčije so lasje pomenili znamenje svobode. Ženske višjih slojev so nosile spuščene lase z venčki ali pa so jih spele s figo oziroma mrežico. Včasih so posegale po ume-tnih kodrih Moški so si lase kodrali in prepletali, enako pozornost je bila deležna tudi brada. Poznali so recepture za barvanje in svetljenje las. Sužnji in vojni ujetniki so si lase ostrigli. V rimskem imperiju so ženske premožnejših slojev nosile dolge lase, ki so jih spele v figo, kito ali jih nakodrale. V znak žalovanja pa so si lase postrigle. Sužnje so si morale puščati dolge lase in jih kasneje ostriči, da so iz njih izdelali lasulje za svoje gospodarice. Tudi moški so imeli lase različno oblikovane, včasih skodrane, ali pa so nosili lasulje.



Slika 19: Starogrške (sliki levo in sredina) in rimske (slika desno) frizure [24]

V srednjem veku je bila miselnost, da so ženski lasje tako dolgi, kolikor sami zrastejo, tudi do

kolen ali do tal, nato pa spleteni in tako simbolno ukročeni. Lase so si pogosto spletli v kito in nato zvili v različno oblikovane zvitke. Ti zvitki so bili običajno pokriti ali ujeti v mrežaste tkanine, celotna glava pa pokrita s tančico iz finega platna, svile ali tkanja iz zlatih niti. Kasneje so si ženske morale lase skruti pod pokrivali. Zlasti poročene ženske so v znamenje svojega stanu lase pokrivale z avbo. Zato še danes poznamo frazo "priti pod avbo", oziroma omožiti se. Tudi v tem času so si ženske barvale lase. Največ so uporabljale svetle tone, črno barvo in rjava. Če je imela ženska naravne rdeče lase, so jo obsodili, da sodeluje s hudičem. Tipična moška pričeska srednjega veka je bila paž, na dvorih pa so moški nosili dolge kodre na katere so bili izjemno ponosni, kot znak moči in moškosti.

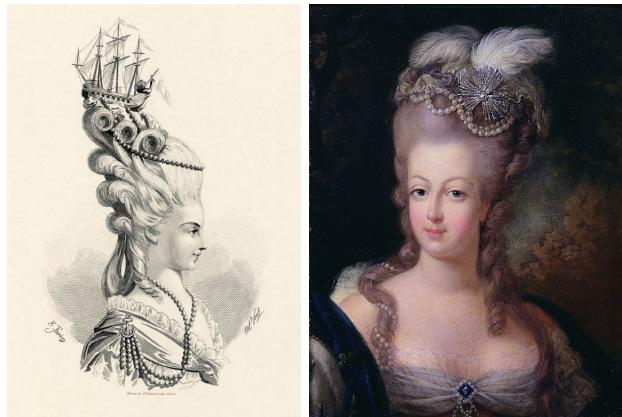


Slika 20: Srednjeveške frizure [25]

V začetku novega veka, v obdobju renesanse, so barve za lase postale zelo priljubljene. Sestavljeni so bile iz različnih barvnih pigmentov, pridobljenih iz rastlin, mineralov in živali. Nosili so rjavo-rdeče lase in tudi svetle ali zelo temne lase. Renesančne ženske pričeske so bile podobne srednjeveškim, le da so sčasoma odkrivale vse več las. Pričeske so bile kompleksno sestavljene iz kit, zvitkov, drobnih kodrov in naglavnega okrasja. Osnovna linija pričeske je bila v obliki trikotnika, s širšim delom ob ušesih, ali pa obrnjena navzgor. Lasje so bili speti in oblikovani v zvitke ob ušesih, na temenu ali zatilju.

V baroku in rokokoj je bila pri ženskah nižjih slojev pričeska razdeljena s prečo na sredini ali križno delitvijo na štiri dele. Obraz so ob straneh obkrožali kodri, ki so prosto padali na ramena. Nato pa so pričeske začele rasti v višino. Kodri so bili visoko speti in oblikovani okrog žičnate strukture, zavite v pentlje, na ramena pa sta se na vsaki strani spuščala dva daljša kodra las. Te pričeske so skozi desetletja postajale vedno večje, bolj razkošne in bolj ekstravagantne. Seveda so bile take pričeske oblikovane večinoma iz lasulj ali dolgih dodatkov iz umetnih in naravnih las. Te pričeske so bile zelo obstojne, tudi do nekaj tednov, od lastnice pa so zahtevale spanje v nemogočih položajih.

V 19. stoletju so ženske nosile pričeske v stilu grških klasičnih pričesk, drobni kodri so mehko obkrožali čelo in stranske dele obraza, zadnji lasje pa so bili speti v šinjon na zatilju ali na vrhu glave. Pričesko so dopolnjevali trakovi in pentlje čez dan ali diademi za večerne priložnosti. Moški so na začetku 19. stoletja nosili romantične, neurejene pričeske, ki so izražale svobodo duha in svobodnjaške ideje časa.



Slika 21: Baročna pričeska na francoskem dvoru [26]

V 20-ih letih 20. stoletja je bil zelo priljubljen kratek paž, pri katerem so bil vsi lasje postriženi na enako dolžino. Desetletje kasneje so se pojavljali kodri, valoviti lasje, ki so segali do vratu. Ženske so si svoje lase barvale na svetle odtenke. V 40-ih letih so bili moderni dolgi, valoviti lasje. Do petdesetih let prejšnjega stoletja je moda zahtevala, da si ženske ponovno postrižejo lase ali jih vsaj pripnejo nazaj. Valoviti in kodrasti lasje so bili še vedno zelo priljubljeni. V 60-ih letih so ženske nosile kratke, ravne lase, v 70-ih letih pa dolge lase, kateri so lahko bili ravni ali skodrani. V 80-ih so nosili divje, uporniške pričeske znamenje protesta in naveličanosti družbe so moški nosili irokeze in punk pričeske. Lase so si topirarli, za njihov izgled pa porabili veliko utrjevalca za lase. Po tem desetletju so pričeske postale bolj umirjene, ženske so nosile dolge in ravne lase. V prihodu na 21. stoletje, so se uveljavljali dolgi lasje, z malce neurejenim videzom.



Slika 22: Pričeska iz petdesetih (levo) [27] in osemdesetih (desno) let prejšnjega stoletja [28]



Slika 23: Spreminjanje pričesk skozi čas [29]

## B Tabele s podatki meritev

SLANA VODA						
Las	R	D	D/R	m	napetost	
1	53	13	0,056	80	158,274	91
2	54	16	0,068	100	135,582	78
3	57	17	0,068	80	107,053	62
4	56	11	0,045	60	185,096	107
5	55	13	0,054	110	234,362	135
6	55	16	0,067	130	182,845	105
7	57	18	0,072	170	202,913	117
8	55	17	0,071	200	249,180	144
9	57	22	0,088	160	127,844	74
10	54	19	0,081	190	182,679	105
		povprečje	0,067		177	102
		st. odklon	0,013		46	26
		p	0,26		0,09	

OLJE						
Las	R	D	D/R	m		
1	55	21	0,087	130	106,142	61
2	54	17	0,072	220	264,221	152
3	55	13	0,054	130	276,973	160
4	55	18	0,075	150	166,697	96
5	59	18	0,070	200	255,767	148
6	53	23	0,099	160	101,128	58
7	54	14	0,059	110	194,796	112
8	54	24	0,102	170	102,440	59
9	55	18	0,075	140	155,584	90
10	52	21	0,092	150	109,475	63
11	52	19	0,084	150	133,735	77
		povprečje	0,079		170	102
		st. odklon	0,015		68	40
		p	0,45		0,12	

REGENERATOR						
Las	R	D	D/R	m	napetost	
1	54	18	0,076	210	224,966	130
2	54	17	0,072	200	240,201	139
3	54	24	0,102	210	126,543	73
4	54	19	0,081	190	182,679	105
5	56	15	0,061	120	199,081	115
6	56	13	0,053	160	353,399	204
7	54	18	0,076	200	214,254	124
8	55	18	0,075	190	211,149	122
9	55	18	0,075	150	166,697	96
10	54	15	0,064	190	293,099	169
		povprečje	0,074		221	128
		st. odklon	0,013		64	37
		p	0,93		0,69	

ZAMRZOVALNIK						
Las	R	D	D/R	m	napetost	
1	56	18	0,074	140	161,293	93
2	56	20	0,082	150	139,979	81
3	56	13	0,053	80	176,699	102
4	55	21	0,087	160	130,636	75
5	55	12	0,050	90	225,041	130
6	55	20	0,083	120	108,019	62
7	57	15	0,060	140	240,631	139
8	57	13	0,052			0
9	53	17	0,073	140	161,971	93
10	53	15	0,065	120	178,322	103
		povprečje	0,068		169	88
		st. odklon	0,014		43	39
		p	0,35		0,06	

BELJAK						
Las	R	D	D/R	m	napetost	
1	55	17	0,071	120	149,508	86
2	56	18	0,074	160	184,334	106
3	55	23	0,096	170	115,711	67
4	53	20	0,086	190	158,818	92
5	52	15	0,066	70	100,133	58
6	51	15	0,067	140	192,638	111
7	54	12	0,051	120	289,242	167
8	53	14	0,060	110	187,648	108
9	53	20	0,086	200	167,177	96
10	53	10	0,043	70	234,048	135
		povprečje	0,070		178	103
		st. odklon	0,016		55	32
		p	0,57		0,11	

**KONTROLNA SKUPINA**

Las	R	D	D/R	m		
1	54	16	0,068	210	284,723	164
2	55	15	0,062	220	352,063	203
3	56	15	0,061	190	315,212	182
4	56	13	0,053			
5	56	24	0,098	230	149,052	86
6	59	23	0,089			
7	54	17	0,072	160	192,161	111
8	55	17	0,071	190	236,721	137
9	55	18	0,075	200	222,262	128
10	53	21	0,091	170	128,889	74
		povprečje	0,074		235	136
		st. odklon	0,014		79	45
		p	1,00			

**VODA**

Las	R	D	D/R			
1	54	27	0,115			
2	55	20	0,083			
3	55	22	0,092			
4	56	17	0,070			
5	57	25	0,100			
6	59	18	0,070			
7	54	17	0,072			
8	54	27	0,115			
9	55	20	0,083			
10	55	22	0,092			
		povprečje	0,089			
		st. odklon	0,017			
		p	0,05			

BELI				ČRN			
Las	R	D	D/R	Las	R	D	D/R
1	58	25	0,099	1	60	15	0,057
2	55	25	0,104	2	55	14	0,058
3	59	20	0,078	3	55	15	0,062
4	55	16	0,067	4	55	19	0,079
5	59	27	0,105	5	55	18	0,075
6	55	22	0,092	6	57	16	0,064
7	55	20	0,083	7	59	21	0,082
8				8	55	11	0,046
9				9			
10				10			

Oseba	L1		L2		L3		L4		L5	
	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D
1	54	16	55	15	56	15	56	13	56	24
2	53	12	53	12	52	12	56	11	54	12
3	74	17	74	19	56	13	55	11	55	16
4	55	23	54	18	55	22	75	23	74	24
5	56	18	54	19	53	19	53	18	55	20
6	56	18	54	15	54	20	54	22	55	21
7	56	22	52	24	54	22	53	28	54	24
8	56	21	50	21	55	23	76	32	72	30
9	56	14	59	18	56	15	57	17	58	15
10	58	21	57	14	57	23	56	15	56	13
11	56	14	57	19	57	21	56	24		
12	57	19	57	20	55	20	57	23	59	20
13	45	15	47	11	53	11	72	22	73	15
14	55	13	57	10	56	14	75	13	82	16

KISLINA						
Las	R	D	D/R	m		
1	58	17	0,067	150	207,828	120
2	57	22	0,088	170	135,834	78
3	57	17	0,068	150	200,724	116
4	56	21	0,086	180	152,358	88
5	56	20	0,082	180	167,975	97
6	57	17	0,068	180	240,868	139
7	60	20	0,076	170	182,115	105
8	59	21	0,082	150	140,933	81
9	60	27	0,103	190	111,682	64
	povprečje		0,080		171	99
	st. odklon		0,012		41	23
	p		0,33		0,06	

## Literatura

- [1] Oddlelek podaljšanega bivanja Osnovne šole Železniki, *Razteznost in vpojnost las*, raziskovalna naloga 2012. Dostopno na: <http://oszelezniki.splet.arnes.si/files/2011/04/Razteznost%20in%20vpojnost%20las%201.pdf> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [2] N. Horvat, P. P. Horvat, *Šamponi*, raziskovalna naloga, 2014. Dostopno na <https://zpm-mb.si/wp-content/uploads/2015/03/O%C5%A0-Kemija-%C5%A0amponi.pdf> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [3] N. Ribežel-Medved, K. Bračun, M. Melavec, *Barvanje las*, raziskovalna naloga, 2014. Dostopno na: <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201402158.pdf> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [4] L. Bohorč, P. Gobec, *Kaj v sebi skrivajo lasje*, raziskovalna naloga, 2018. Dostopno na: <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201803596.pdf> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [5] D. Lawrenson, *Res je! Lasje ti zrastejo 15 kolometrov na leto*, Dob pri Domžalah: Miš, 2006.
- [6] E. Pavičevič, *Biologija las*. Dostopno na: <https://www.pavicevic.si/biologija-las/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [7] P. Stušek, *Biologija človeka*, Ljubljana: DZS, 2001.
- [8] <https://www.fitoval-formula.com/si/strokovnjak/o-laseh/> [zadnji dostop 9. 3. 2022];  
<https://vitalmarket.si/kako-do-lepih-las-katera-hranila-potrebujejo/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [9] <https://sangistil.ru/sredstva/belki-vhodyashchie-v-sostav-volos.html> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [10] [https://www.etnobotanika.eu/wp-content/uploads/2021/09/biologija\\_las\\_04.jpg](https://www.etnobotanika.eu/wp-content/uploads/2021/09/biologija_las_04.jpg) [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [11] [https://wwwffa.uni-lj.si/docs/default-source/knjiznica-doc/diplomske/2017/jeknica-nina\\_dipl\\_nal\\_2017.pdf?sfvrsn=2](https://wwwffa.uni-lj.si/docs/default-source/knjiznica-doc/diplomske/2017/jeknica-nina_dipl_nal_2017.pdf?sfvrsn=2) [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [12] <https://www.pavicevic.si/naravna-smer-rasti-nakodranost-las/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [13] <https://sl.wikipedia.org/wiki/Las> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [14] E. Pavičevič, *Fizikalne lastnosti las*. Dostopno na: <https://www.pavicevic.si/fizikalne-lastnosti-las/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [15] E. Pavičevič, *Kemijski vplivi na lase*. Dostopno na: <https://www.pavicevic.si/kemijski-vplivi-na-lase/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [16] <https://si.aleteia.org/2018/04/23/7-nenavadnih-stvari-o-sivih-laseh/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].

- [17] <https://sl.wikipedia.org/wiki/Interferenca> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [18] <https://www.zag.si/ajax/DownloadHandler.php?file=1557> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [19] <https://statisticneanalyse.com/aritmeticna-sredina/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [20] <https://www.statistik.si/t-test/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [21] [https://www.researchgate.net/publication/271212951\\_Statistical\\_Analysis\\_of\\_Data\\_in\\_the\\_Linear\\_Regime/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/271212951_Statistical_Analysis_of_Data_in_the_Linear_Regime/figures?lo=1) [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [22] <https://www.frizerska.si/frizerstvo-skozi-cas/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [23] <https://i.public-welfare.com/img/novosti-i-obshestvo/94/kak-drevnie-egiptyane-i-segodnya-prodolzhayut-vliyat-na-nashu-zhizn-6.jpg> [zadnji dostop 9. 3. 2022];  
<https://novi.ba/clanak/213299/fatalna-kraljica-za-kojom-su-muskarci-uzdisali> [zadnji dostop 9. 3. 2022];  
<https://ultrait.ru/sl/tablets/velikie-drevneegipetskie-izobreteniya-dostizheniya-drevnego-egipta.html> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [24] <https://www.pinterest.ca/jojing/greek-hair-styles/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].  
<https://www.pinterest.com/pin/146507794105445738/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [25] <https://www.pinterest.com/palaoooli/medieval-hairstyles/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [26] <https://en.wikipedia.org/wiki/Pouf> [zadnji dostop 9. 3. 2022];  
<https://www.pinterest.com/pin/124623114665272204/> [zadnji dostop 9. 3. 2022];  
[https://www.frizerska.si/files/2012/10/Slika\\_6\\_-Srednji\\_vek\\_2.jpg](https://www.frizerska.si/files/2012/10/Slika_6_-Srednji_vek_2.jpg) [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [27] <https://www.vintage-retro.com/1950s-dress-guide-hairstyles-for-different-dress-necklines/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [28] <https://www.menshairstylesnow.com/80s-hairstyles-for-men/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].
- [29] <https://www.pinterest.com/pin/8796161752762834/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].  
<https://www.pinterest.com/pin/444308319479724139/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].  
<https://www.pinterest.com/pin/401735229257634865/> [zadnji dostop 9. 3. 2022].