

# Utjecaj aditiva u deterdžentu na svojstva opranih materijala

---

Lovreškov, Veronika

Master's thesis / Diplomski rad

2019

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:188094>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**TEKSTILNO - TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO**

**DIPLOMSKI RAD**

**UTJECAJ ADITIVA U DETERDŽENTU NA**  
**SVOJSTVA OPRANIH MATERIJALA**

**VERONIKA LOVREŠKOV**

**Zagreb, rujan 2019.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**TEKSTILNO - TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO**  
**TEKSTILNA KEMIJA, MATERIJALI I EKOLOGIJA**

**DIPLOMSKI RAD**

**UTJECAJ ADITIVA U DETERDŽENTU NA**  
**SVOJSTVA OPRANIH MATERIJALA**

**VERONIKA LOVREŠKOV**

**Zagreb, rujan 2019.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Institucija: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10 000 Zagreb  
Zavod za tekstilnu kemiju i ekologiju

Sveučilišni diplomski studij: Tekstilna tehnologija i inženjerstvo (TTI)

Smjer: Tekstilna kemija, materijali i ekologija (TKME)

Student: Veronika Lovreškov

Matični broj (broj indeksa): 10983

Mentor: doc. dr. sc. Tihana Dekanić

Broj stranica:	62 + 5
Broj slika:	33
Broj grafova:	1
Broj tablica:	18
Broj literaturnih izvora:	30
Jezik teksta:	hrvatski

Članovi povjerenstva:

1. Prof. dr. sc. Tanja Pušić, predsjednica
2. Doc. dr. sc. Tihana Dekanić, članica
3. Izv. prof. dr.sc. Sanja Ercegović Ražić, članica
4. Izv. prof. dr.sc. Anita Tarbuk, zamjenica članice

Rad je pohranjen u knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta, Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb

*Zahvale:*

*Zahvaljujem se svojoj **obitelji** i **Liviu** što su vjerovali u mene, podržavali i motivirali u svemu te bili uz mene kad je bilo najteže.*

*Zahvalila bih se prof. dr. sc. Tanji Pušić na susretljivosti i nesebičnoj pomoći oko pripreme i provedbe ovog rada.*

*Iskreno se zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Tihani Dekanić za sav uloženi trud i strpljenje u ovaj rad, na pruženoj mogućnosti da unaprijedim svoje znanje, konstruktivnim komentarima i svim lijepim trenucima.*

*I posebno bih se zahvalila svim kolegama i prijateljima koji su ispunili moj studentski život smijehom i radošću te se nadam da ćemo i dalje stvarati divne uspomene.*

## SAŽETAK

U ovom radu se razvijala tekuća formulacija deterdženata različitog sastava namijenjenog pranju vunenog materijala. Korištena su dva inovativna deterdženta različite osnove (baze), neionski i kombinacija anionskog i neionskog tenzida. U deterdžente su dodavani specijalni aditivi sa svrhom očuvanja prvobitnih svojstava. Upotrijebljene su proteinske i lanolinska komponenta, te njihova kombinacija. Na opranim vunenim materijalima se pratila promjena spektralnih karakteristika, izgled i struktura površine materijala.

***Ključne riječi:** tekući deterdžent, aditivi, vuna, proces pranja, postojanost*

## SUMMARY

In this paper, a liquid formulation of detergents of different composition for washing woolen material was developed. Two innovative detergents of different base, nonionic and a combination of anionic and nonionic surfactants, were used. Special additives have been added to the detergents in order to preserve their original properties. The protein and lanolin component, and a combination thereof, were used. The washed woolen materials were monitored through spectral changes, appearance and surface characterization.

***Key words:** liquid detergent, additives, wool, washing process, fastness*

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORETSKI DIO .....	3
2.1. PROCES PRANJA .....	3
2.2. SREDSTVA ZA PRANJE.....	5
2.2.1. Sastojci deterdženata .....	6
2.2.1.1. Tenzidi .....	7
2.2.1.2. Anionski tenzidi .....	11
2.2.1.3. Neonski tenzidi .....	12
2.2.2. Podjela deterdženata .....	14
2.2.2.1. Praškasti deterdženti .....	15
2.2.2.2. Tekući deterdženti .....	17
2.2.2.3. Deterdženti u obliku gel-kapusla, paste, sapuna i tableta .....	18
2.2.2.4. Deterdženti za specijalnu namjenu .....	20
2.3. TEKSTILIJU U PRANJU .....	22
2.3.1. Vuna.....	23
2.3.2. Oštećenja u pranju.....	25
2.4. UČINCI U PRANJU.....	28
2.4.1. Primarni učinci.....	28
2.4.2. Sekundarni učinci .....	31
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	32
3.1. MATERIJALI.....	32
3.2. SREDSTVA ZA PRANJE.....	32
3.3. SPECIJALNI ADITIVI .....	33
3.3.1. COLTIDE™ HPVP-LQ-(WD), P1 .....	33
3.3.2. COLTIDE™ CASHMERE-LQ-(WD), P2.....	34

3.3.3. COLTIDE™ HQS PE-LQ-(WD), P3.....	34
3.3.4. FLUILAN™ -LQ-(RB), L.....	36
3.3.4.1. Lanolin .....	36
3.4. POSTUPCI I UREĐAJI.....	39
3.4.1. Analitička vaga .....	39
3.4.2. Postupak pranja.....	40
3.5. MJERNE METODE .....	42
3.5.1. Određivanje pH .....	42
3.5.2. Određivanje spektralnih karakteristika .....	43
3.5.3. Analiza površine pletiva digitalnim mikroskopom .....	44
4. REZULTATI .....	45
4.1. ANALIZA PH PRIMIJENJENIH OTOPINA.....	45
4.2. SPEKTRALNE KARAKTERISTIKE .....	46
4.2.1. Promjena tona .....	46
4.2.2. CIEL*a*b* koordinate boje .....	48
4.3. POVRŠINA MATERIJALA .....	53
5. ZAKLJUČAK.....	58
6. LITERATURA .....	60



## 1. UVOD

Deterdžent (lat. *detergens, detergere* - brisati, skidati), u svakodnevnom značenju, industrijski proizvod za uklanjanje nečistoća pranjem u vodi, najčešće za pranje tekstila. Glavni komponente su tenzidi, bilderi, sredstva za bijeljenje, pomoćna sredstva (aditivi, dodaci) te punila. Već prema traženim svojstvima deterdženta upotrebljavaju se anionski, kationski, neionski ili amfoterni tenzidi.

Molekule tenzida, koje se sastoje od hidrofilnog i hidrofobnog dijela, nakupljaju se pri pranju na granici faza koje se ne miješaju (npr. vode i masnoće). Pritom se hidrofilni dio molekule orijentira prema vodenoj fazi, a hidrofobni prema nevodenoj, npr. prema masnoći, što smanjuje napetost površine i omogućuje odvajanje nečistoće od podloge. Osim tenzida, deterdžent sadrži i sredstva za mekšanje vode i za bijeljenje, enzime za uklanjanje nečistoća od bjelancevina i drugih bioloških tvari, mirise, sredstva za zaštitu od korozije, za osvježavanje boje itd.

Proizvode se kao prašci ili otopine, rjeđe kao suspenzije, gel ili tablete. Praškasti deterdženti najviše se koriste za tkanine od pamuka ili miješanih vlakana, dok su tekući deterdženti prikladni za tkanine od sintetskih i miješanih vlakana. Za vunene tekstilne materijale koriste se tekući deterdženti sa raznim aditivima za poboljšanje i očuvanje svojstava. Formulacije modernih deterdženata za pranje tekstilija prilagođavaju se brzom i učinkovitom uklanjanju prljavština [1,2].

U ovom radu se razvijala tekuća formulacija deterdženata različitog sastava, namijenjenog pranju vunenog materijala. U tu svrhu je odabrano vuneno pletivo crnog tona (100 % vuna) izrađeno od *superwash* pređe, na kojem je provedeno 10 ciklusa pranja. U deterdžente su dodavani specijalni aditivi sa svrhom očuvanja prvobitnih svojstava. Upotrijebljene su proteinske i lanolinska komponenta, te njihova kombinacija. Na opranim vunanim materijalima se pratila promjena spektralnih karakteristika, izgled i struktura površine materijala.

Za analizu postignutih učinaka u pranju korištene su različite instrumentalne metode. pH vrijednost pojedinačnih komponenata i otopina određena je potenciometrijskom metodom,

primjenom spektrofotometrije je analizirana promjena tona, a specijalnim digitalnim mikroskopom analizirana je površina materijala prije i nakon pranja.

Ovim istraživanjem smo dokazali da pranjem vunениh uzoraka u otopini deterdženta sa ili bez aditiva ne dolazi do značajnije promjene tona. Dodatak pojedinačnih komponenata u otopinu deterdženta, kao i njihove kombinacije, rezultiralo je neznatnim promjenama u okviru spektralnih karakteristika. Lanolinska komponenta se pokazala kao najpovoljnija opcija budući da je prirodni proizvod vunenog voska dobiven od ovčje vune. Opranim vunениm uzorcima dao je plemeniti sjaj nakon provedenih 10 ciklusa pranja. Usljed višestrukih ciklusa pranja došlo je do izvjesne promjene strukture pletiva i blage deformacije opranih vunениh uzoraka.

## 2. TEORETSKI DIO

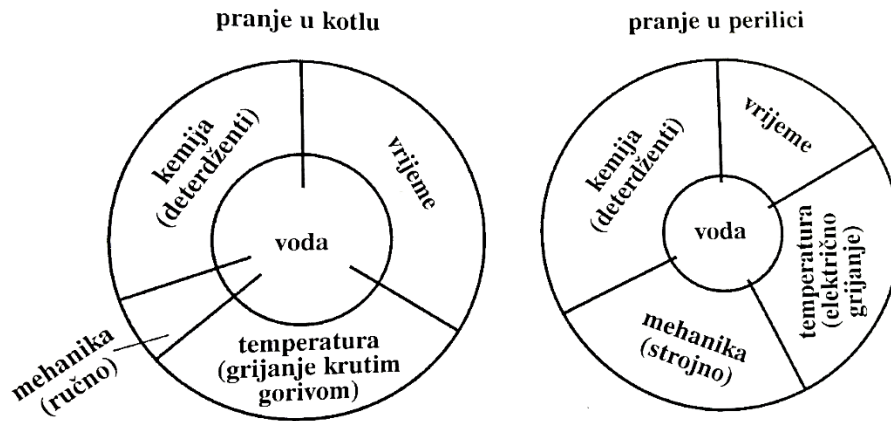
### 2.1. PROCES PRANJA

Pranje u vodenim kupeljima je proces u kojem međusobno djeluje čitav niz fizikalnih i kemijskih utjecaja. Otapanjem se skidaju nečistoće topljive u vodi, masnoće se emulgiraju, a krute netopljive nečistoće se dispergiraju. Obojeni pigmenti, čvrsto vezani za vlakna, razgrađuju se oksidacijskim putem i prelaze u nebojene ili topljive spojeve i ne mogu se u potpunosti drugačije ukloniti. Bjelančevine i neki drugi spojevi se hidrolitički razgrađuju te prelaze u topljive produkte pod utjecajem enzima kao biokatalizatora. Sve to čini primarne procese u pranju.

Do pojave posivljenja tekstilnog materijala dolazi kad se jedan dio uklonjenih nečistoća iznova veže na druga mjesta na tekstilnom materijalu. Deterdžent ima zadaću da nečistoće zadrži emulgirane ili dispergirane u kupelji što se postiže uz tenzide, bildere te druge sastojke. Ovo su sekundarni procesi koji se, isto kao i primarni, moraju dobro provesti, da bi proces pranja bio učinkovit.

Pranje se regulira s četiri faktora: *kemija, mehanika, temperatura i vrijeme*. Danas se nastoji prati na nižim temperaturama ponajviše radi materijala od sintetskih vlakana i njihovih mješavina s prirodnim vlaknima kako bi se izbjegli ili umanjili nabori na materijalu. Osim toga pranjem na nižim temperaturama štedi se na vremenu i energiji.

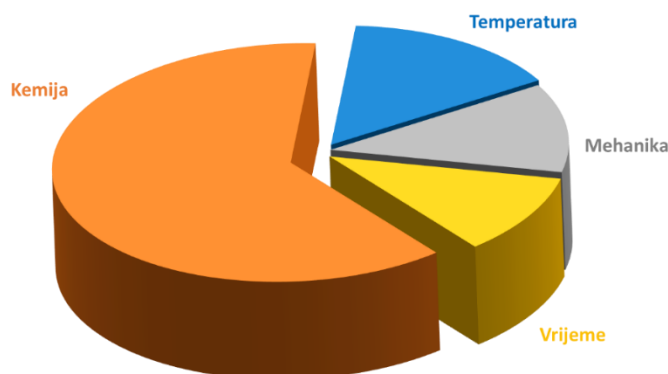
Kod pranja na 30 °C potroši se oko 0,2 kWh električne energije, 1,0 kWh na 60 °C, a na 90 °C potrošak iznosi 1,9 kWh. Nagli skok potrošnje energije uzrokovan je visokim toplinskim kapacitetom vode. U idealnim uvjetima potrošnja električne energije za zagrijavanje 10 litara vode od 20 °C do 90 °C je 0,8 kWh. Učinkovitost pranja na nižim temperaturama postiže se povećanim udjelom neionskih tenzida, dodavanjem dvije do tri vrste enzima u deterdžent i primjenom aktivatora bijeljenja. Na taj način postižu se optimalni učinci pranja na temperaturama od 30-40 °C [3].



Slika 1. Sinner-ov krug pranja [3]

Na slici 1 je prikazan Sinner-ov krug pranja u kotlu i perilici na kojem se vide četiri faktora kojima se regulira proces pranja, a to su: *kemija*, *temperatura*, *mehanika* i *vrijeme*. Utjecaj pojedinih faktora na učinak pranja je različit, ovisno o načinu pranja - ručno, u kotlu ili u perilici. Voda koja se nalazi u unutarnjem krugu označuje medij u kojem se pere, odnosno medij koji povezuje faktore u pranju. Prikazani omjer faktora vrijedi za uvjete pranja iz sedamdesetih i osamdesetih godina. Suvremeni proces pranja se odvija na nižim temperaturama radi uštede vremena, energije i sredstava, ali i zbog sveprisutnih sintetskih tekstilnih materijala koji na nižim temperaturama imaju manju mogućnost gužvanja [3].

Danas, Sinner-ov krug pranja u perilici, prikazan na grafu 1., ima najveći udio kemijske komponente, potom komponentu temperature te u približno podjednakim udjelima vrijeme i mehaniku.



Graf 1. Suvremeni Sinner-ov krug pranja [4]

## 2.2. SREDSTVA ZA PRANJE

Naziv deterdžent dolazi od latinske riječi *detergere*, što znači očistiti. Taj se naziv nekada upotrebljavao za površinski aktivne tvari, a s vremenom se uobičajio i za razna sredstva za pranje. Danas se izraz koristi isključivo kada se misli na sredstva za pranje, a za površinski aktivne tvari prihvaćen je naziv *tenzidi*, prema latinskom *tendere*, što znači napinjati, a podrazumijeva tvari koje snižavaju površinsku napetost tekućine (vode). U engleskom jeziku za površinski aktivnu tvar postoji naziv *surfactant* (od *surface*, što znači površina). Deterdženti najčešće dolaze u obliku praška ili u obliku kapljevine.

Kućanstva i praonice troše najviše deterdženata, stoga je na tržištu njihov izbor po asortimanu i tvorničkim markama vrlo velik. Proizvode se kao prašci ili otopine, gel te tablete. Praškasti deterdženti najviše se rabe za tkanine od pamuka ili mješavine vlakana, dok su tekući deterdženti prikladni za tkanine od kemijskih i mješavine vlakana.

Zbog velikih količina deterdženata koji se nakon upotrebe ispuštaju u kanalizaciju, njihovu se djelovanju na okoliš danas poklanja velika pozornost. U mnogim je zemljama dopuštena proizvodnja samo onih deterdženata koji sadrže biorazgradive tenzide [5].

Suvremena sredstva za pranje ili deterdženti, trebali bi ispunjavati sljedeće zahtjeve [3]:

- Otkloniti raznolike vrste prljavština,
- Biti primjenjivi za različite vrste tekstilnog materijala,
- Otkloniti široku skalu različitih tvrdoća vode,
- Ne ostavljati nakon pranja nikakve taloge na dijelovima stroja za pranje, niti inkrustacije na tekstilu,
- Generirati nisku pjenu, odnosno posjedovati regulator pjene,
- Biti ekološki povoljni i neopasni po zdravlje,
- Imati besprijekoran zrnati ili praškasti oblik, ukoliko nisu tekući,
- Imati svrsishodno pakiranje,
- Imati dobru postojanost na odležavanje,
- Imati ugodan miris,
- Zadovoljiti uspjeh pranja uz najveće postavljene zahtjeve

### ***2.2.1. Sastojci deterdženata***

Deterdženti su sastavljeni od velikog broja različitih komponenata, čiji se broj u deterdžentima u novije vrijeme i povećava. Glavni sastojci nekog deterdženta su: tenzidi, bilderi, sredstva za kemijsko bijeljenje, aktivatori sredstava za kemijsko bijeljenje, stabilizatori bijeljenja, optička bjelila, nosioci prljavština, enzimi, inhibitori korozije, antimikrobna sredstva, regulatori pjene, omekšivači, mirisi, punila i bojila. Najšire se primjenjuju anionski tenzidi (alkilbenzensulfonati, alkansulfonati, alkilsulfati, alkiletersulfati).

Deterdženti za kućanstvo i uporabu u ustanovama su kompleksne formulacije koje mogu sadržavati više od 25 različitih sastojaka. Oni mogu biti podijeljeni u sljedeće veće grupe:

1. Tenzidi
2. Bilderi
3. Sredstva za bijeljenje
4. Pomoćna sredstva (aditivi, dodaci)
5. Punila

Svaka zasebna komponenta deterdženta, izuzev punila i nekih aditiva, ima svoja specifična svojstva u procesu pranja. Do neke mjere oni djeluju sinergistički, pojačavajući međusobno djelovanje. Uz napomenute sastojke, pojedini dodaci su važni zbog zahtjeva u proizvodnji, a neki se dodaju za poboljšanje izgleda proizvoda. U tablici 1. prikazani su sastojci deterdženata i njihova uloga [3,5].

**Tablica 1:** Komponente deterdženata i njihova funkcija [5]

<b>SASTOJAK</b>	<b>SVOJSTVA I DJELOVANJE</b>
<b>TENZIDI</b>	Imaju površinski aktivna svojstva i aktivne su komponente u procesu pranja
	Anionski, neionski, kationski i amfoterni tenzidi
<b>BILDERI</b>	Pojačivači i regulatori pranja. Nemaju površinski aktivna svojstva, ali imaju određenu sposobnost pranja i pojačavaju djelovanje tenzida
	Alkalijske, kompleksirajuća sredstva i ionski izmjenjivači
<b>SREDSTVA ZA BIJELJENJE</b>	Sredstva za kemijsko bijeljenje i sredstva za optičko bijeljenje
	Aktivne komponente bijeljenja, aktivatori bijeljenja, katalizatori bijeljenja, stabilizatori bijeljenja
	Fluorescentna optička bjelila
<b>POMOĆNA SREDSTVA (aditivi, dodaci)</b>	Specifične funkcije
	Enzimi, antiredepozicijska sredstva (nosioci nečistoća), regulatori pjene, inhibitori korozije, inhibitori prijenosa bojila, mirisi, bojila
<b>PUNILA</b>	Ne sudjeluju u pranju; omogućuju sipkost, dobru topljivost i ispiranje deterdženta i sprečavaju stvaranje grudica i prašine
	Anorganske soli, najčešće natrijev sulfat

### 2.2.1.1. Tenzidi

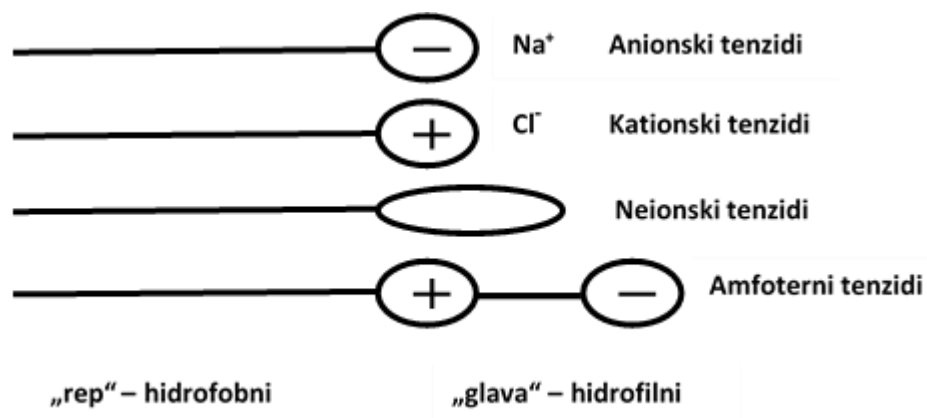
Površinski aktivne tvari (*surface active agents*) ili tenzidi su bifunkcionalni organski spojevi koji se sastoje od hidrofilnog i hidrofobnog dijela. Predstavljaju najvažniju grupu sastojaka deterdženata i prisutni su u svim tipovima deterdženata. Općenito, tenzidi su u vodi topljive, površinski aktivne tvari, koje se sastoje od hidrofobnog dijela (općenito dugi alkilni lanac) vezanog na hidrofilne skupine koje poboljšavaju topljivost.

Osnovna osobina površinski aktivnih tvari je sposobnost da apsorbiraju na graničnoj površini vodenih otopina. Tenzidi su spojevi čije se molekule u otapalu raspoređuju tako da je njihova koncentracija na graničnoj površini veća od koncentracije u unutrašnjosti otapala te zbog toga dolazi do promjene površinske napetosti sustava. Tvari koje smanjuju površinsku napetost vode prema zraku također smanjuju i površinsku napetost vode u odnosu na druge tvari kao što su masnoće, različite nečistoće, tekstilne površine. Na taj način se voda dovodi u stanje da puno brže i lakše moči druge tvari, a vodonetopljive emulgira [5,6].

Prema električnom naboju površinski aktivnog iona ili molekule u vodenoj otopini tenzidi su grupirani u četiri skupine [5]:

1. Anionski tenzidi
2. Neionski tenzidi
3. Kationski tenzidi
4. Amfoterni tenzidi

Shematski prikaz molekula tenzida prikazan je na slici 2.:



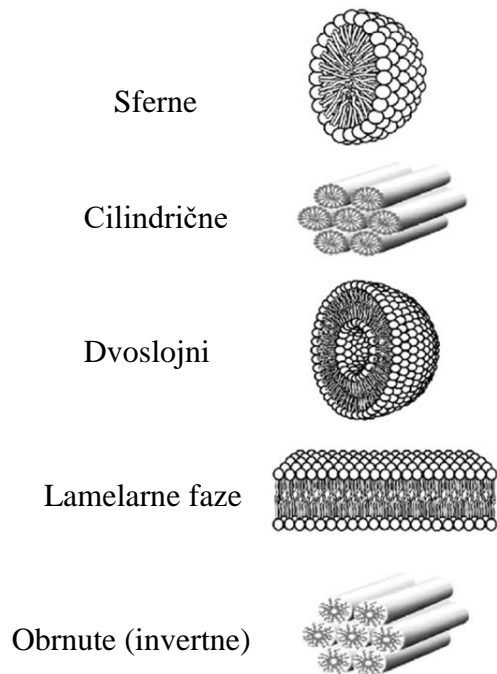
**Slika 2.** Shematski prikaz molekule tenzida [5]

Molekule anionskih tenzida disociraju u vodenim otopinama na anion koji je površinski aktivan i kation, najčešće natrij ili kalij. Molekule kationskih tenzida također disociraju u vodi na površinski aktivan kation i anion, najčešće klorid ili bromid. Neionski tenzidi ne



disociraju u vodi. Hidrofilni dio molekula neionskih tenzida sastoji se od više hidrofilnih skupina koje su u određenoj ravnoteži s hidrofobnim ostatkom, čime se postižu različiti stupnjevi topljivosti. Najčešće su to etoksi skupine (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O-). Amfoterni tenzidi ovisno o pH otopine imaju pozitivan ili negativan naboj ili su električki neutralni. U svojoj molekuli sadrže anionsku i kationsku grupu [5].

Molekulska struktura tenzida ukazuje na njihove neuobičajene osobine koje imaju najrazličitije primjene. Te osobine dijele se u dvije široke kategorije: adsorpciju (eng. *adsorption*) i molekulsko samoudruživanje (eng. *self-assembly*). Udružene molekule tenzida nazivaju se micela. Micela imaju kuglast ili cilindričan oblik. Pojedinačne molekule su uglavnom prisutne u jako razrijeđenim otopinama tenzida dok se porastom koncentracije tenzida stvaraju micela. Treba naglasiti da su u procesu pranja pojedinačne molekule aktivnije od tromih micela. Međutim, i udružene molekule imaju pozitivno djelovanje jer opkoljuju nečistoće koje su pojedinačne molekule otrgnule od podloge i sprečavaju njihovo ponovno taloženje na podlogu (redepozicija). U jednoj miceli obično se nalazi nekoliko desetina do nekoliko stotina molekula tenzida [5,6].



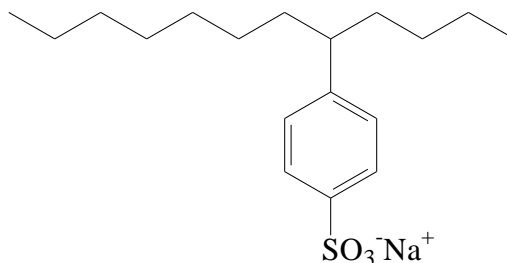
**Slika 3.** Različiti idealizirani oblici udruženih molekula tenzida (micela) u vodenim otopinama [7]

Adsorpcija i djelovanje deterdženata povećava se s povećanjem duljine alkilnog lanca. Npr, ionski tenzidi koji nose n-alkilne skupine pokazuju linearni odnos između broja atoma ugljika u molekuli tenzida i logaritma količine tenzida adsorbiranih na aktivnom ugljenu ili kaolinskoj glini. Struktura hidrofobnog dijela također ima značajan utjecaj na svojstva tenzida. Tenzidi s malo grananja u svojim alkilnim lancima općenito pokazuju dobar učinak čišćenja, ali relativno loše karakteristike močenja, dok su s druge strane vrlo razgranati tenzidi dobra močila, ali imaju nezadovoljavajuća svojstva kao deterdženti. Za spojeve koji sadrže jednak broj ugljikovih atoma u svojim hidrofobnim lancima, svojstvo močenja se značajno povećava kako se hidrofilne skupine premještaju u središte lanca ili s povećanjem grananja. Istovremeno dolazi do smanjenja adsorpcije i učinka deterdženta. Promjene u odnosu na adsorpciju, močenje i učinak deterdženta koje rezultiraju iz različitih stupnjeva grananja daleko su značajniji za ionske tenzide nego za neionske tenzide. U slučaju anionskih tenzida, smanjenje učinka deterdženta uzrokovano povećanim grananjem se može nadoknaditi do neke mjere, ako se povećava sveukupni broj ugljikovih atoma. Kationski i neionski tenzidi počeli su dobivati sve važniju ulogu zajedno sa anionskim tipovima. Unatoč velikom izboru mogućnosti, svega nekoliko tenzida je našlo svoju upotrebu na tržištu, a što je dijelom i rezultat ekonomskih čimbenika. Anionski tenzidi su najčešći sastojci u deterdžentima namijenjenim za pranje rublja, posuđa te općenito čišćenje. Neionski tenzidi, poput alkohol etoksilata su stekli veliku važnost tijekom posljednjih desetljeća. Zbog slabog učinka pranja kationski tenzidi se većinom upotrebljavaju kao omekšivači. Amfoternim tenzidima još uvijek nedostaje značajno mjesto na tržištu [5].

Nakon uporabe, ostaci tenzida se ispuštaju u kanalizacijske sustave ili izravno u površinske vode, a većina ih se raspršuje u različitim dijelovima okoliša, poput tla, vode ili sedimenata. Toksični učinci površinski aktivnih tvari na razne vodene organizme dobro su poznati. Općenito, tenzidi su prisutni u okolišu ispod razine toksičnosti, a u Hrvatskoj ispod nacionalne granice. Većina površinski aktivnih tvari lako je biorazgradiva, a njihova količina uvelike se smanjuje sekundarnim pročišćavanjem u uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Najveća briga je ispuštanje nepročišćenih otpadnih voda ili otpadnih voda koje su samo prošle primarne obrade. Ispuštanje otpadnih voda zagađenih ogromnim količinama površinski aktivnih tvari moglo bi imati ozbiljne učinke na ekosustav [8].

### 2.2.1.2. Anionski tenzidi

Anionski tenzidi su površinski aktivne tvari s jednom ili više funkcionalnih grupa, koje u vodenim otopinama ioniziraju dajući negativno nabijene površinski aktivne organske ione. Većina deterdženata sadrži veće količine anionskih tenzida od neionskih tenzida. Anionski tenzidi koji su u širokoj upotrebi i/ili imaju povoljna svojstva su slijedeći: sapuni, alkilbenzensulfonati (LAS i TPS), sekundarni alkansulfonati (SAS),  $\alpha$ -olefinsulfonati (AOS),  $\alpha$ -sulfo esteri masnih kiselina (MES), alkil sulfati (AS), alkil eter sulfati (AES). Za pranje tekstila najviše se upotrebljavaju ravnolančani alkilbenzensulfonati [5,6].



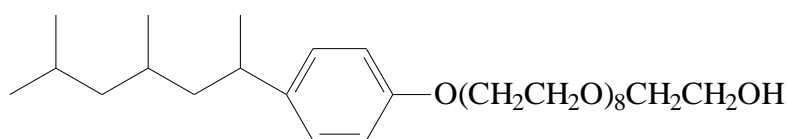
**Slika 4.** Primjer molekule anionskog tenzida; natrijev dodecilbenzensulfonat. [6]

Anionski tenzidi su visoko-pjeneće površinski aktivne tvari. Djelotvorniji su od ostalih vrsta tenzida, posebno za uklanjanje zaprljanja s prirodnih tkanina. Lako se raspršuju i kao takvi se koriste u praškastim deterdžentima. Osjetljivi su na tvrdoću vode, te je iz tog razloga tvrdoj vodi potrebno dodavanje tvari koje kompleksiraju kalcij i magnezij.

Izraz alkilbenzensulfonati (ABS) je uobičajeni izraz za anionske tenzide s razgranatim alkilnim lancem. Teško se razgrađuju. Njihova upotreba u razvijenim zemljama je ograničena samo na slučajeve kada njihova primjena neće izazvati zagađenja prirodnih vodotokova (npr. kao emulgatori u agrokemikalijama). Za razliku od ABS, linearni alkilbenzensulfonati (LAS) se lako i brzo razgrađuju u aerobnim uvjetima. LAS imaju najnižu cijenu od svih tenzida i koriste se u cijelom svijetu. Kao i ABS osjetljivi su na tvrdoću vode. Anionski tenzidi se koriste kod proizvodnje deterdženata, u biotehnologiji i drugim industrijskim procesima uključujući i kozmetičku industriju [6,9].

### 2.2.1.3. Neonski tenzidi

Neonski tenzidi su površinski aktivne tvari koje ne disociraju u vodenoj otopini. Topljivost neonskih tenzida u vodi potječe od funkcionalnih grupa u njihovoj strukturi s jakim afinitetom prema vodi. Neonski tenzid se razlikuje od ionskih po tome što su njihove molekule u vodenoj otopini nedisocirane. Najrasprostranjeniji od svih komercijalnih neonskih tenzida su oni dobiveni od masnih alkohola (prirodni i sintetski) i etilen oksida [6].



**Slika 5.** Primjer molekule neionskog tenzida; dodekanol-9-mol-etoksilat [6].

Neka od svojstava neonskih tenzida mogu se posebno izdvojiti: odsutnost elektrostatskih interakcija, ponašanje u odnosu na elektrolite, mogućnost podešavanja povoljne hidrofilne-lipofilne ravnoteže (*HLB vrijednost*), anomalije u topljivosti u vodi. Pojava adsorpcije, koja uključuje neonske tenzide, može se objasniti na temelju hidrofobnih interakcija koje mogu biti povezane sa sferičkim utjecajima. Elektroliti nemaju direktan utjecaj na adsorpciju s neonskim tenzidima. Prisutnost polivalentnih kationa ima negativan utjecaj na deterđentska svojstva neonskih tenzida. Ovi kationi izazivaju redukciju negativnih  $\zeta$ -potencijala površine vlakana i nečistoća koja dovodi do reduciranog odbijanja i uslijed toga slabog uklanjanja nečistoća.

Važna prednost alkohol etoksilata je činjenica da odgovarajuća ravnoteža (HLB) može biti lako postignuta između hidrofobnih i hidrofilnih dijelova neonskih tenzida. Na primjer, hidrofilni dio molekule može se postepeno produžiti dodavanjem dijelova molekula etilen oksida. To dovodi do postepenog povećanja hidratacije i odgovarajućih povećanja u topljivosti. S druge strane, sa ionskim tenzidima, prisutnost čak jedne ionske skupine daje snažan doprinos hidrofilnom karakteru da daljnje uvođenje ionskih skupina u potpunosti eliminira mogućnost ravnotežnih odnosa u odnosu na hidrofobne dijelove. Time dolazi do

brzog nestajanja tipičnih karakteristika tenzida. Znatno duži alkilni lanac ( $>C_{20}$ ) bio bi potreban da tenzid, koji nosi dvije jake ionske hidrofilne skupine, pokaže svoju aktivnost pranja. Neionski tenzidi, s danim hidrofobnim dijelom, se mogu prilagoditi promjenom stupnja etoksilacije kako bi imali optimalna svojstva za različite podloge s obzirom na adsorpciju i deterdžentska svojstva. Djelovanje pokazuje početno povećanje s povećanjem stupnja etoksilacije, ali i značajno opadanje nakon što se dosegne određeni stupanj. Svojstvo močenja često opada pri vrlo visokim stupnjevima etoksilacije, pri čemu svojstvo močenja tvrdih hidrofobnih površina nastavlja rasti s porastom broja etoksi skupina. Alkohol etoksilati pokazuju anomalije u topljivosti: zagrijavanjem u vodenoj otopini javlja se zamućenje, obično kod relativno precizirane temperature. Takvo ponašanje uzrokuje separacija otopine alkohol etoksilata u dvije faze, od kojih je udio vode u jednoj fazi veći nego u drugoj.

Odgovarajuća karakteristična temperatura za određeni tenzid naziva se točka zamućenja. Točka zamućenja se pomiče na više temperature s porastom broja etoksi skupina. Ako točka zamućenja nije uvelike premašena, tada uglavnom vodene faze i faze tenzida tvore emulziju. Adsorpcija (točnije, deterdžentska svojstva) određenog tenzida opada kada se točka zamućenja premaši u značajnoj mjeri. Glavni razlog takvog ponašanja je smanjena topljivost alkohol etoksilata koji se odvede iz vodene faze. Međutim, neionski tenzidi s točkom zamućenja koja je nešto ispod određene temperature obično pokazuju bolje djelovanje od onih čija je točka zamućenja veća. Stoga je temperatura pranja bitan faktor kod određivanja optimalnog stupnja etoksilacije. Najbolja deterdžentska svojstva ostvaruju se kod temperature koja je bliska temperaturi točke zamućenja. Točka zamućenja se može uvelike reducirati dodatkom nekoliko grama elektrolita po litri, ovisno o tenzidu. Međutim, sve rečeno primjenjivo je samo na sustave sastavljene od čistih neionskih tenzida.

Važno je prepoznati, u slučaju binarnih mješavina neionskih i ionskih tenzida, da čak i mala količina ionskih tenzida može izazvati veći ili manji porast točke zamućenja. Mijenjanjem duljine ugljikovog lanca i stupnja etoksilacije ovi neionski tenzidi mogu se proizvesti po mjeri s obzirom na temperaturu pranja. Iz tih razloga, povećana upotreba neionskih tenzida djelomično prati trend pranja na nižim temperaturama. Razlozi za povećanu uporabu neionskih tenzida nalaze se u njihovim povoljnim deterdžentskim svojstvima, osobito za pranje sintetskih materijala kao i za pranje pri nižim temperaturama. Povoljna deterdžentska svojstva neionskih tenzida proizlaze uglavnom iz sljedećih faktora: niske kritične micelarne

koncentracije (CMC), vrlo dobre performanse deterdženta, odlične antiredepozicijske karakteristike nečistoća sa sintetičkih vlakana. Neionski tenzidi s niskim CMC vrijednostima pokazuju deterdžentska svojstva čak i pri relativno niskim koncentracijama [3,5].

Predstavnici još nekih neionskih tenzida su: alkil fenol etoksilati (APE), alkanol amidi masnih kiselina (FAA), alkil amin oksidi, N-metilglukamidi (NMG) i alkil poliglikozidi (APG) [5].

Razvoj i primjena površinski aktivnih tvari u stalnom je porastu. Današnja opća potražnja za “zelenim proizvodima” nametnula je potrebu razvoja biorazgradljivih i ekološki prihvatljivih tenzida. Tenzidi su danas prisutni u mnoštvu proizvoda za čišćenje u domaćinstvima, sredstvima za čišćenje u industriji, kozmetičkim i farmaceutskim proizvodima, sredstvima za zaštitu bilja itd. Mogu biti u praškastom obliku (praškasti detergentski), u obliku vodenih otopina (tekući detergentski, šamponi, dezinficijensi) i emulzija (kozmetički preparati, sredstva za čišćenje podova i metalnih površina). Iako je u današnje vrijeme u proizvodima većina površinski aktivnih tvari biorazgradljiva, njihovo nakupljanje ili akumulacija produkata njihove razgradnje u prirodnim vodama u ekstremnim slučajevima može dovesti do uništavanja flore i faune. Kao zaključak se nameće činjenica da je analitika tenzida veoma značajna kako za razvoj novih tenzida i njihovu proizvodnju i primjenu u praksi s jedne strane, tako i za njihovu kontrolu u okolišu.

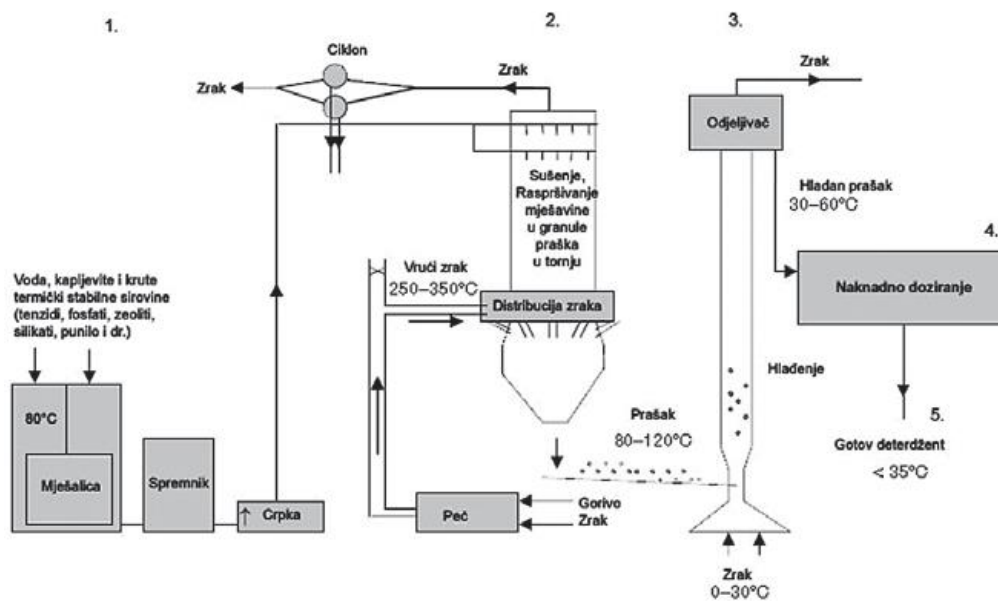
### ***2.2.2. Podjela deterdženata***

Deterdženti se na tržištu pojavljuju kao deterdženti za ručno pranje, za pranje u perilicama i za praonice. Te tri skupine deterdženata proizvode se u praškastom i tekućem obliku, a dijele se na tri glavne grupe [3]:

- Deterdžent za univerzalno pranje,
- Deterdžent sa specijalnom namjenom,
- Pomoćna sredstva za pranje

### 2.2.2.1. Praškasti deterdženti

Praškasti deterdženti mogu biti *univerzalni* i *specijalni* (za obojeno rublje, za vunu i dr.). Proizvodnja praškastih deterdženata se odvija po nekoliko postupaka: klasični postupak raspršivanja vrućim zrakom (*spray drying*), postupak raspršivanja pregrijanom vodenom parom (*super-heated steam drying*), postupkom bez tornja (*nontower*), ekstruzijom granula praška i dr. [10].



**Slika 6.** Shematski prikaz proizvodnje deterdženta postupkom raspršivanja vrućim zrakom: 1. Dobivanje smjese za raspršivanje; 2. Raspršivanje smjese u granule praška (osnovni prašak ili raspršena smjesa); 3. Ujednačavanje čestica osnovnog praška; 4. Naknadno doziranje sirovina; 5. Pakiranje. [10]

Postupkom raspršivanja vrućim zrakom proizvode se praškasti deterdženti, sl. 6. Raspršena smjesa (*slurry*) je mješavina kapljevite i praškaste sirovine (tenzida, enzima, zeolita, polimera, fosfata, bjelila i dr.) koje se dovode iz silosa ili spremnika određenim redoslijedom u točno zadanom omjeru kako bi se zadržala konstantna kvaliteta deterdženta. Voda se dodaje u količini koja je potrebna za zadržavanje definirane viskoznosti. Smjesa sadrži kemijski i termički stabilne sirovine poput enzima, bjelila i mirisa. Po završetku miješanja smjesa se odvođa u spremnik odakle se može kontinuirano odvijati daljnji proces proizvodnje deterdženta.

Postupkom raspršivanja nastaju granule praška, tj. osnovni prašak ili raspršena smjesa. U ovoj fazi procesa potrebno je ukloniti suvišnu vodu pomoću različitih postupaka sušenja. Otparavanje se odvija raspršivanjem u tornju, a smjesa za raspršivanje se provodi kroz sita, magnetske odjeljivače i mlinove za homogeniziranje. Pomoću crpke uz slabi pritisak, maksimalno  $8 \cdot 10^6$  Pa (80 bar), transportira se na vrh tornja te se pod pritiskom protiskuje kroz mlaznice u toranj. Vrući zrak zagrijan na 250 do 350 °C upuhuje se u toranj. S obzirom na smjer upuhivanja vrućeg zraka razlikuje se *istosmjerni* i *protusmjerni* postupak, koji je češći. Kapljice padaju prema dolje i u kontaktu s vrućim zrakom gube vodu. Proces otparavanja započinje na površini kapljice i odvija se velikom brzinom, što uvjetuje stvaranje granula u obliku šupljih kuglica. Otparena vlaga, para i zrak se odvođe ventilacijom iz tornja. Male, suhe, šuplje kuglice praška padaju na dno tornja pri temperaturi 80 do 120 °C. Ovakav praškasti proizvod se ne može dobiti niti jednim drugim postupkom.

Ujednačavanje čestica praška provodi se protugravitacijskim upuhivanjem zraka, pri čemu finije čestice prolaze kroz odjeljivač, a grublje zaostaju na dnu. Suhe čestice skupljene na dnu tornja se skeniraju radi utvrđivanja veličine. Veće čestice se melju radi jednoličnosti na dimenziju 0,2 mm do 0,8 mm.

U fazi naknadnog doziranja dodaju se termički osjetljive sirovine kao što su enzimi, izbjeljivači, aktivatori bijeljenja, mirisi, sastojci posebnih svojstava (soil-release, čuvanje boje, mekšanje rublja i dr.). Osim toga može se dodati i dio tenzida (kapljeviti, praškasti), dio bildera (fosfata, zeolita, silikata), kobildera i dr. Kapljeviti sirovine se naprskaju na granule, a praškaste se dodaju kao homogena smjesa ili pojedinačno pa potom slijedi homogeniziranje miješanjem. Na taj način, dodatkom tenzida, bildera, kobildera u toj fazi, mogu se proizvesti deterdženti kao koncentrirani (više tenzida) i kompaktni (veća nasipna masa), koje je nemoguće proizvesti samo raspršivanjem.

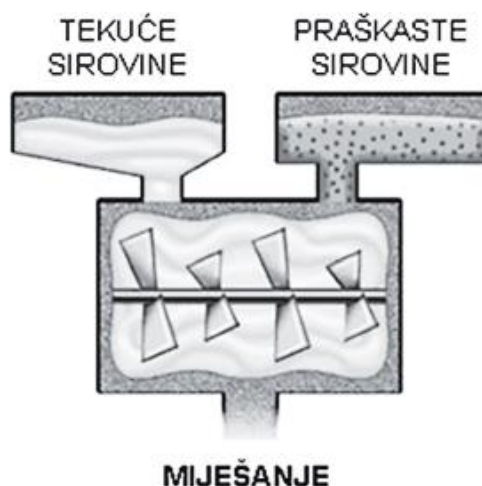
Tako dobiveni gotovi deterdžent se prosijava i vodi do stroja za pakiranje. Doziranje u pakete prema masi je problematično zbog velike brzine punjenja, pa se dozira volumetrijski pomoću fotoćelija. Volumetrijsko doziranje zahtijeva od praška besprijekornu konstantnu nasipnu masu. Nakon prolaska kroz niz kontrolnih uređaja, paketi se zatvaraju zavarivanjem. Automati za pakiranje omogućuju punjenje do 350 paketa u minuti [10].



Prednosti praškastih deterdženata su manja cijena i ambalaža je ekološki prihvatljivija, a nedostaci su što natrijev sulfat može nanjeti štetu na septički sustav, u praškastim deterdžentima potrebna su punila za razliku od tekućih. Što se tiče tekućih deterdženata, oni su već djelomično otopljeni (ušteta energije i vode), moguće ga je nanjeti na mrlju prije pranja u uređaju za pranje rublja, obično su skuplji od praškastih deterdženata i imaju ekološki manje prihvatljiviju ambalažu [11].

#### 2.2.2.2. Tekući deterdženti

Proizvodnja tekućih deterdženata je znatno jednostavnija i ima manje tehničkih zahtjeva nego proizvodnja praškastih deterdženata (sl.7.). U mješalici se dodaju sirovine određenim tempom i redoslijedom uz određenu količinu vode uz zagrijavanje i hlađenje prema potrebi.



Slika 7. Proizvodnja tekućeg deterdženta [10]

Izbor sirovina provodi se ovisno o željenim svojstvima gotovog deterdženta te o njihovoj međusobnoj kompatibilnosti i topljivosti u vodi. Recepture tekućih deterdženata moraju osigurati kvalitetan učinak, stabilnost proizvoda u pogledu nerazdvajanja, taloženja, gubitka ili promjene boje te mikrobiološke čistoće. U tu se svrhu dodaju sirovine koje se ne stavljaju u praškaste deterdžente, kao što su konzervansi, stabilizatori boje, hidrotropne tvari. Uloga konzervansa je očuvanje proizvoda od napada mikroorganizama. Stabilizatori boje sprječavaju promjenu boje uslijed djelovanja svjetla ili ostalih sirovina., a hidrotropne tvari, kao etanol, izopropanol, urea, toluen sulfat i sl. povećavaju topljivost tenzida i sprječavaju neželjeno taloženje, razdvajanje ili neželjeni porast viskoznosti. Tekući deterdženti ne sadrže

izbjeljivače kao univerzalni praškasti deterdženti, pa se najčešće koriste za specijalne namjene, primjerice pranje obojenog ili osjetljivog rublja od vune ili svile. U novije vrijeme postoje i univerzalni tekući deterdženti koji su bogati novim sastojcima, enzimima, koji omogućavaju uspješno pranje i bijelog rublja. Tekući deterdženti se lakše doziraju bez prašenja i brže djeluju u kupelji za pranje. Pakiraju se u neprozirne boce, a poklopac na pakiranju im najčešće služi kao mjerica za doziranje [10].

Uloga tekućih deterdženata do 1987. godine gotovo da je bila beznačajna na europskom tržištu. Njihova potrošnja u SAD-u početkom sedamdesetih godina iznosila je 4 %, a krajem devedesetih oko 50 %. Tekući deterdženti se danas upotrebljavaju za univerzalno i specijalno pranje, a mogu biti strukturirani i nestrukturirani.

Nestrukturirani tekući deterdženti imaju visoki udio neionskih tenzida i sapuna, a manji udio anionskih tenzida i bildera. Strukturirani tekući deterdženti sadrže veći udio anionskih tenzida i bildera, manji udio neionskih i sapuna. Veća je zastupljenost nestrukturiranih tekućih deterdženata na tržištu od strukturiranih. Udio aktivne tvari prelazi 60%, a čine ju tenzidi, visoki udio sapuna s točno definiranom duljinom lanca i pomoćnih sredstava [a] Komponente u tekućim deterdžentima moraju biti dobro topljive u vodi i stabilne tijekom skladištenja te iz tih razloga ne sadrže perborat koji nije postojan u alkalnim vodenim otopinama. Moć pranja i tekućih i praškastih deterdženata je poboljšana prisustvom enzima, najčešće proteaza i amilaza [2,10].

#### 2.2.2.3. Deterdženti u obliku gel-kapsula, paste, sapuna i tableta

Danas se proizvodi više tipova deterdženata, poput *prašaka, tableta, tekućih deterdženata, gel-kapsula, pastoznih deterdženata, krutine-sapuna, pjene te listića*, pa se ovisno o tipu i razlikuju procesi proizvodnje. Svaki oblik deterdženta, bilo pasta ili prašak, ima svojevrsan sastav, način proizvodnje i doziranje.

Distribucija deterdženata u obliku gela počela je 1997. godine. Reološka svojstva gela olakšavaju uklanjanje prljavština u pretpranju i pranju na nižim temperaturama. Gel-kapsule pojavile su se kao nova forma, odnosno varijacija razvoja tekućeg deterdženta s mogućnošću jednokratnog doziranja. Točno određena količina gela se dozira u PVA vrećice koje imaju

svojstvo topljivosti u vodi. Koncentrirani deterdženti koji se nalaze u vrećicama su u obliku gela, tj. ili bezvodni ili sadrže vrlo malo vode, tako da ne dođe do otapanja PVA vrećice. Mogući problemi tijekom proizvodnje gel-kapsula predstavlja bušenje ili primjerice nepravilno zatvaranje vrećice, u tom slučaju dolazi do curenja deterdženta. Kapsule pomažu potrošačima da koriste pravu količinu deterdženta za svoje potrebe pranja. Iako su sigurni kada se koriste i pohranjuju prema uputama na pakovanju proizvoda, važno je čuvati ih na sigurnom mjestu prije i nakon upotrebe te ih uvijek čuvati izvan dohvata djece. Čak i samo oglašavanje takvih proizvoda je umanjeno i kontrolirano zbog utjecaja na djecu mađu od pet godina.

Pastozni deterdženti su viskozne paste koje na tržište dolaze kao pomoćna sredstva za pranje, u obliku koncentrata tenzida. Kod ovakvog oblika deterdženta važno je da pasta ostane dulje vrijeme homogena da ne dođe do razdvajanja komponenata. Pakiraju se u tube ili u kante s poklopcima. Prilikom pakiranja paste u tubu važno je da se pasta može istisnuti u neprekinutom tragu. Na tržištu se mogu naći paste koje su čisti anionski deterdžent s neutralnim pH, te ne sadrže izbjeljivače, enzime, sulfate, punila i druge kemikalije koje mogu utjecati na tekstil.

Deterdžent kao krutina – sapun, su kruta mješavina koncentriranih sastojaka deterdženta. Mogu se uliti u kalupe i sušiti ili ekstrudirati i rezati, čime se mogu dobiti, primjerice sredstva za lokalno uklanjanje mrlja. Primjenjuju se direktnim utrljavanjem samo na mjesto zaprljanja na rublju te služe kao pojačivači u pranju zbog odabrane kombinacije anionskih tenzida i fosfatnih bildera. Udio površinski aktivnih tvari u sapunima varira od 10 - 15 % (jeftiniji) pa sve do 20 - 30 % (skuplji sapuni).

Deterdžent u obliku tableta odlikuje jednostavno doziranje, no postupak proizvodnje je skup. Tablete moraju biti dovoljno čvrste kako se ne bi raspale prilikom postupaka zbijanja te u transportu, a s druge strane dovoljno rahle kako bi se prilikom pranja brzo otopile u vodi i na nižim temperaturama. Najčešće se na njih nanosi dodatni sloj topljiv u vodi koji ujedno i pomaže pri transportu. Unatoč navedenim prednostima i prihvatljivosti za automatske perilice rublja, njihova primjena nije zaživjela na širem tržištu [2,10,12-14].

#### *2.2.2.4. Deterdženti za specijalnu namjenu*

Današnjim potrošačima dostupan je veliki broj tekućih deterdženata za rublje. Iako mnogi deterdženti na odgovarajući način uklanjaju prljavštinu, zemlju i neugodne mirise, učinkovito čisteći tekstil u tradicionalnim strojevima za pranje s vodoravnom osi i/ili vertikalnom pristupu. Proizvođačima je želja da potrošačima pruže dodatne prednosti njege tkanina koja proizlazi iz njihovog deterdženta za pranje rublja i kroz više ciklusa pranja. Primjerice to su omekšavanje, zaštita boja, zaštita od trošenja tkanina i nježni tretman osjetljivog tekstila, poput vune i svile.

Kationski polimeri, kao što su kationski hidroksietil celulozni polimeri, komercijalno su dostupni za uključenje u sastav deterdženata, posebno proizvoda za kosu, poput šampona. U novije vrijeme se s takvim kationskim polimerima eksperimentira i istražuje. Otkriveno je da takvi kationski polimeri mogu u kombinaciji s tenzidom i masnom kiselinom u vodenoj tekućoj kompoziciji deterdženta za rublje dati pozitivna svojstva tkanini [15].

Deterdženti namijenjeni pranju vrlo osjetljivih vlakana od vune ili svile općenito pokazuju neutralnu do blago alkalnu reakciju, a osim anionskih površinski aktivnih tvari kao što je alkilbenzen sulfonat, masni alkohol-sulfat ili alkil-glikol-eter-sulfat, često sadrže neionske ili kationske spojeve. Neionska površinska aktivnih sredstava namijenjena su povećanju moći uklanjanja nečistoća, dok su kationski spojevi namijenjeni poboljšanju mekoće oprane odjeće. Međutim, ustanovljeno je da određeni broj anionskih površinski aktivnih tvari, kao što su na primjer alkilbenzen sulfonati, prilikom opetovane uporabe oštećuju strukturu vlakana osjetljivih materijala poput vune, posebno merino i angora, budući da se masni alkoholni sulfati ne ispuštaju na zadovoljavajuće niskim temperaturama pranja. Neionski tenzidi također su se pokazali nezadovoljavajućim u takvim slučajevima, jer su osjetljivi vuneni materijali isprani njima relativno tvrdi i krhki. Ti se efekti mogu znatno pooštriti strojnim pranjem [16].

Općenito, pri pranju osjetljivih tkanina potrebno je izbjegavati uporabu standardnog deterdženata, deterdženata koji sadrže enzime ili bilo kakve deterdžente koji sadrže izbjeljivače. Deterdženti za osjetljive tkanine nježniji su od standardnih deterdženata, prikladniji za osjetljive tkanine poput svile i vune [17].

Tehnički razvoj tekućeg deterdženta zahtijeva poznavanje vrsta sastojaka koji se mogu koristiti i njihove funkcije, kao i razumijevanje tehnika koje se koriste za ocjenu karakteristika svojstava. To uključuje odabir ili optimizaciju sustava aktivnih sastojaka, prilagođavanje fizičkih svojstava proizvoda, ugradnju odgovarajućeg bojila i parfema, provođenje odgovarajućih ispitivanja starenja i ispitivanje otpornosti na mikrobiološka onečišćenja kako bi se osigurala odgovarajuća kvaliteta u trenutku kupnje i procjena sigurnosti za ljude [18].





U tablici 2. prikazana je usporedba količine tenzida u deterdžentu za pranje osjetljivog rublja i konvencionalnom deterdžentu.



**Tablica 2.** Prosječna količina tenzida u deterdžentu za pranje osjetljivog rublja [19]

Vrsta proizvoda	Tenzidi [%]	
	Min.	Max.
Deterdžent za pranje osjetljivog rublja	7	30
Konvencionalni deterdžent za pranje rublje	10	15

Na slici 8. prikazana je ušivna etiketa sa simbolima njege 100 % merino ekstra fine vune koji su detaljno objašnjeni u tab. 3.

**Tablica 3.** Simboli za njegu vune [3]

Simbol	Objašnjenje
	Ručno pranje
	Vrlo blag proces pranja na 30 °C, smanjena mehanika
	Nije dozvoljeno bijeljenje
	Glačati pri najvišoj temperaturi 110 °C. Primjenjivo na osjetljive materijale kao što su viskoza i svila. Glačanje na paru može uzrokovati nepopravljivu štetu.

	Profesionalno kemijsko čišćenje u svim otapalima osim trikloretena Znak s crtom označava blagi postupak.
	Ocijedeno rublje sušiti na ravnoj podlozi



Slika 8. Simboli njege za ručno i strojno pranje vunene odjeće [20]

### 2.3. TEKSTILJE U PRANJU

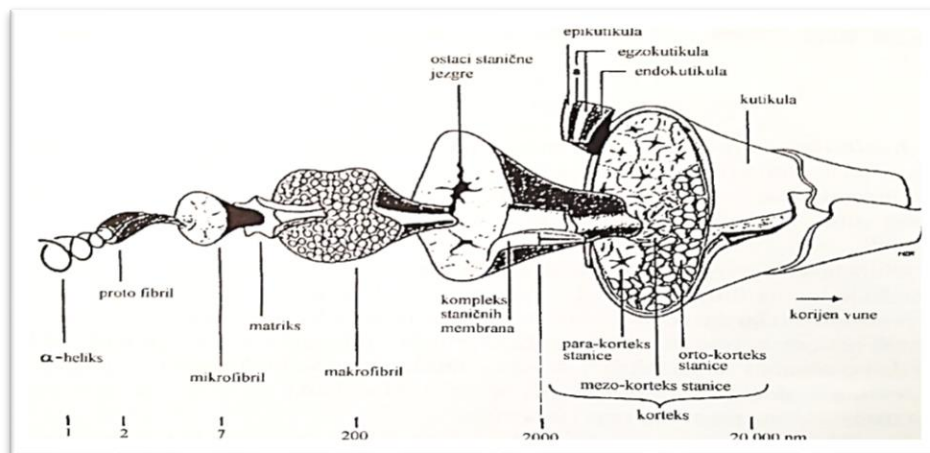
Tekstilije dolaze na tržište u najrazličitijim oblicima. Mogu biti ravne plošne tvorevine sastavljene od jedne ili više vrsta vlakana npr. kuhinjske krpe, plahte, stolnjaci, ručnici, salvete, zavjese itd. U njezi tekstila, pranju i kemijskom čišćenju, sušenju i glačanju strogo treba voditi računa o svim dijelovima tekstilnog predmeta, a ne samo o tekstilnim dijelovima, jer oštećenja bilo kojeg dijela odjeće znači smanjenje njezine upotrebne vrijednosti ili čak i nemogućnosti daljnje upotrebe. Raznolikost tekstilija, posebice mješavna iziskuje pažnju u formuliranju deterdženata koji će što dulje održati njihova početna svojstva. U procesu pranja prljavštinu treba što potpunije ukloniti uz minimalno oštećenje tekstilije. Doziranje sredstava provodi se prema količini, vrsti rublja i stupnju zaprljanja [1,3].

### 2.3.1. Vuna

Vuna je vlakno koje pripada skupini prirodnih proteinskih ili životinjskih vlakana. Vlakno vune se dobiva iz dlake, tj. runa raznih pasmina ovaca. Može se dobiti striženjem, pa se razlikuju runska vuna koja je visoke kvalitete i kožarska (tabačka) vuna koja je slabije kvalitete i ne nosi oznaku runske vune. Regenerirana vuna je prethodno upotrebljavana vuna.

Vuneno vlakno je prirodno proteinsko vlakno, koje se koristi za proizvodnju odjeće i podnih obloga zbog izvrsne otpornosti na vatru, otpornosti na mrlje, antistatike i svojstava kontrole mirisa i iznimne toplinske otpornosti. Po svojoj strukturi vuneno vlakno je heterogeno i složeno. Izgrađeno je od polimernih molekula keratina međusobno vezanim van der Waalsovim, vodikovim, cistinским i ionskim vezama. Aktivne skupine su -OH, -NH<sub>2</sub> i -COOH. Površina vunenog vlakna je prekrivena ljuskicama, o čijem broju ovisi klasiranje vune (što je veći broj ljuskica vlakno je finije).

Vuneno vlakno je vlakno keratin proteina koje sadrži 18 amino kiselina, uključujući glicin, alanin, tirozin, lizin, glutaminsku kiselinu i cistein, a mnoge od njih imaju hidrofilne amino i karboksilne skupine koje vunenim vlaknima daju visoku vlagu.



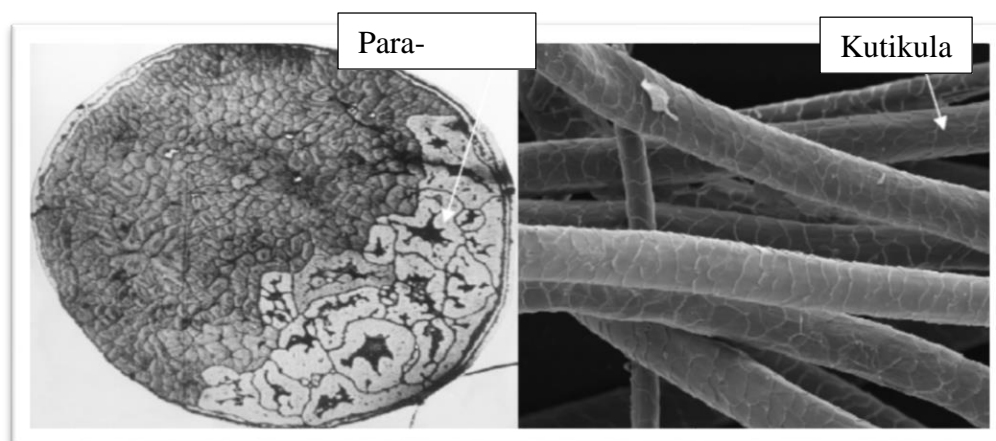
Slika 9. Struktura vunenog vlakna [21]

Vlakno vune je općenito izgrađeno iz:

- **kutikule**: vanjski omotač, sloj ljuskastih epitelnih stanica koje obavijaju vlakno i prekrivene su voskom.

- **korteksa**: čini 70-90 % vunenog vlakna. Sastoji se od vretenastih stanica koje su posložene jedna iza druge. U vunenom vlaknu korteks se sastoji iz dvije vrste stanica: ortokorteks ili bazofilni (o-korteks) i parakorteks (p-korteks).

- **srži ili medule**: čini središnji dio vlakna i ispunjena je saćastim stanicama i zrakom [21,22].



Slika 10. TEM slika poprečnog presjeka i SEM slika površine vunenih vlakana [22]

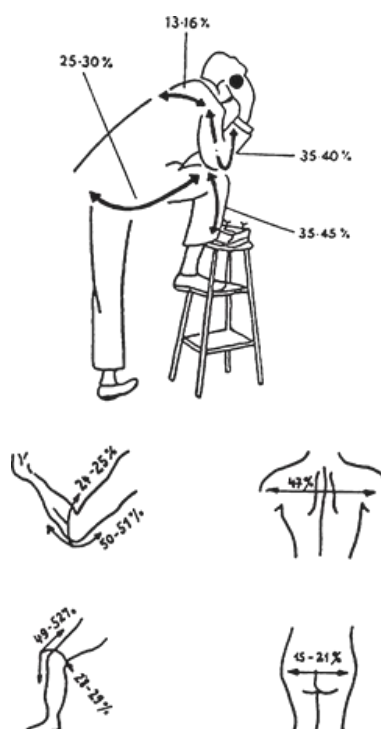
Tablica 4. Glavne značajke i karakteristike vune [21]

Svojstvo	Vrijednost
<b>Finoća, <math>\mu\text{m}</math>:</b>	
- fina vuna, $\mu\text{m}$	12 – 70
- gruba vuna, $\mu\text{m}$	18 – 23
	> 36
<b>Čvrstoća, cN/dtex</b>	1 – 2
<b>Prekidno istezanje, %</b>	25 – 50
<b>Stupanj elastičnosti, %:</b>	
- pri 2 % istezanja	95 – 99
- pri 5 % istezanja	60 – 70
- pri 10 % istezanja	40 – 50
<b>Gustoća, g/cm<sup>3</sup></b>	1,30 – 1,32
<b>Repriza, %</b>	14, 5
<b>Termostabilnost, °C</b>	
- temperatura pranja, °C	30
- temperatura glačanja, °C	160 – 170
- temperatura raspada, °C	Oko 250
- temperatura pougljenjenja, °C	590 – 600



### 2.3.2. Oštećenja u pranju

Općenito, tijekom nošenja i upotrebe tekstilije se izvrgavaju različitim naprezanjima i istezanjima što uzrokuje deformaciju i veće ili manje habanje pojedinih njihovih dijelova. Nastale deformacije, ovisno o veličini oštećenja, mogu biti više ili manje vidljive. Naprezanja su specifična i ovise o navikama i kretanjima osobe koja je nosila dotičnu tekstiliju, o namjeni tekstilije i podneblju i uvjetima u kojima je ona korištena. Tekstilija nije jednako oštećena po cijeloj svojoj površini, već su njeni pojedini dijelovi izvrgnuti različitim naprezanjima, istezanjima i habanjima, sl. 11. Osim toga, na mjestima povećanog pritiska i trenja, npr. u sjedenju donji dio hlača i donji dio rukava sakoa pri nošenju, dolazi do povećanog sjaja [23].



**Slika 11.** Prikaz rastezanja pojedinih dijelova odjevnog predmeta kod različitih položaja tijela [23]

U pranju mogu nastati znatna oštećenja tekstila, koja je teško ili nemoguće naknadno ukloniti. Ako se pažljivo radi ta oštećenja su rijetka, ali ipak moguća. Načelno se može reći da uzrok oštećenja nije loše izrađen deterdžent, jer su kroz njegov kraći ili dulji razvoj proizvođači deterdženata izvršili mnogostruka ispitivanja, te uz ostala teoretska saznanja

praktički nije moguće da neka ozbiljnija tvornica plasira na tržište deterdžent koji bi izazvao oštećenja tekstila.

U praksi najčešći uzrok oštećenja u pranju je nepažljiv rad, a tek u manjoj mjeri oštećenja nakon pranja postaju vidljiva zbog ranijih grešaka u proizvodnji. Zbog toga je vrlo važno upozoriti onoga koji će prati tekstil na uvjete u kojima se određeni tekstilni predmet smije prati. Pri tom se posebno misli na mehaniku pranja, omjer kupelji, vrijeme, temperaturu i izbor deterdženata.

Od posebne su važnosti ušivene etikete s internacionalnim oznakama za njegu tekstilija. Vuna i svila su vrlo osjetljive na uvjete pranja. Tekstilije izrađene od njih moraju se prati u velikom omjeru kupelji po specijalnom programu pranja uz malo mehanike i na temperaturi do maksimalno 30 °C s posebnim deterdžentima. Osobito je osjetljiva vuna jer je vuneno vlakno zbog ljuskave površine sklono pustenju u vodenim otopinama, pa se u određenim slučajevima preporuča umjesto pranja primijeniti kemijsko čišćenje.

Pranje vune je olakšano ako je prethodno obrađena protiv pustenja. Za vrijeme nošenja i pranja dolazi do oštećenja vlakana, najviše zbog ribanja vlakana jednih o druge i o podlogu. U pranju je važan mehanički efekt kao posljedica mehaničkog djelovanja uzrokovanog okretanjem bubnja i trljanjem tekstilije o tekstiliju te o rubove i izbočine bubnja. Stupanj bubrenja koji je proporcionalan količini vode adsorbirane pri 65 % relativne vlažnosti zraka i na 20 °C i utječe na promjene materijala u pranju. U tim uvjetima vuna apsorbira 15 % vlage od njene mase. Što vlakna apsorbiraju veću količinu vode, to je veće bubrenje i to je intenzivniji učinak mehaničke radnje vlakna u pranju. Na vuni je zbog većeg bubrenja vlakana, ali i zbog ljuskave površine vlakana ta pojava još izraženija [3].

Vuna prana uz previše mehanike i na previsokoj temperaturi, osobito ako nije obrađena protiv pustenja, se skupi i pusti, te se više nikakvim postupkom ne može popraviti. Vunena vlakna imaju nekoliko ozbiljnih nedostataka. Jedan od njih je znatno skupljanje odjeće izrađene od vunениh vlakana tijekom pranja. Vlakna su podvrgnuta dvama vrstama skupljanja, opuštanje i skupljanje. Kako bi se riješio ovaj problem, vunena vlakna, posebno ona koja se koriste u odjeći, često su obrađena sredstvima za otpornost na skupljanje kako bi bila periva u perilici rublja. Širok raspon tretmana uključujući oksidativne, enzimatske, radijacijske, polimerne prevlake, sol-gel premazi i obrade plazmom istraživani su kako bi

vlakna od vune bila otporna na skupljanje. Neke od ispitivanih obrada mogu utjecati na biorazgradivost vunениh vlakana, posebno ona koja se temelje na premazu od sintetičkih polimera. Posebna svojstva površine vunениh vlakana čine ga osjetljivim na pustenje i skupljanje. Vunena odjeća se u prosjeku skupi za 55 % nakon prvog pranja u odnosu na izvornu dimenziju. Stoga je otpornost na skupljanje važna za primjenu vune u odjeći, poplunima, zavjesama, jastucima i posteljini.[4] Sklonost pustenju je to veća što je veća finoća vlakana, a od vlakana visoke finoće izrađuju se najvrjedniji i najskuplji materijali [23].

Opuštanje (relaksacija), odnosno njeno smanjenje nastaje zbog oslobađanja naprezanja/napetosti, koje se nameću tijekom različitih faza proizvodnje od pređe ili tkanine pređenjem, tkanjem i pletenjem. Kada su pređe i tkanine uklonjene iz stroja i pohranjene, pokušavaju se opustiti i otići natrag na izvornu duljinu. Ova vrsta skupljanja naziva se relaksacija - skupljanje, koje je reverzibilno i pojavljuje se kod tekstilnih materijala od bilo kojeg vlakna. Da bi se to prevladalo, kompresijsko skupljanje je dano vunenoj tkanini tijekom dekatiranja, tako da se više ne smanjuje tijekom uporabe [4]. Kod kemijskog čišćenja vune jedan od načina na koji može doći do oštećenja je korištenje prevelike količine vode, posebno ako je vunena pređa pri pređenju bila prerastegnuta. U tom slučaju i najmanje količine vlage mogu uzrokovati skupljanje. Skupljanje je to veće što je bila veća relativna vlaga zraka kod koje je tekstilija prije čišćenja bila skladištena. U svakom slučaju treba nastojati da relativna vlaga u otapalu i zraku iznad njega ne pređe 70 %. Pri reguliranju relativne vlage vrlo važnu ulogu ima pojačivač [23].

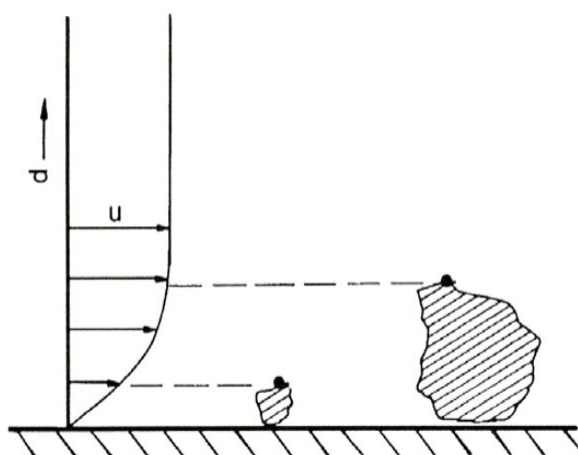
U jednom radu gdje se istraživao oksidacijski tretman vlakana kašmira u svrhu smanjenja pustenja dobiveno su podatci da je vuneno pletivo s niskom sposobnošću pustenja otpornije na piling i skupljanje, nego tkanine načinjene od kvalitetnije i finije vune [24].

## 2.4. UČINCI U PRANJU

Deterdženti se sastoje od velikog broja komponenata koje u procesu pranja djeluju sinergistički. U procesu pranja prljavštinu treba što potpunije ukloniti uz minimalno oštećenje tekstilije. Doziranje sredstava provodi se prema količini, vrsti rublja i stupnju zaprljanja [3,25].

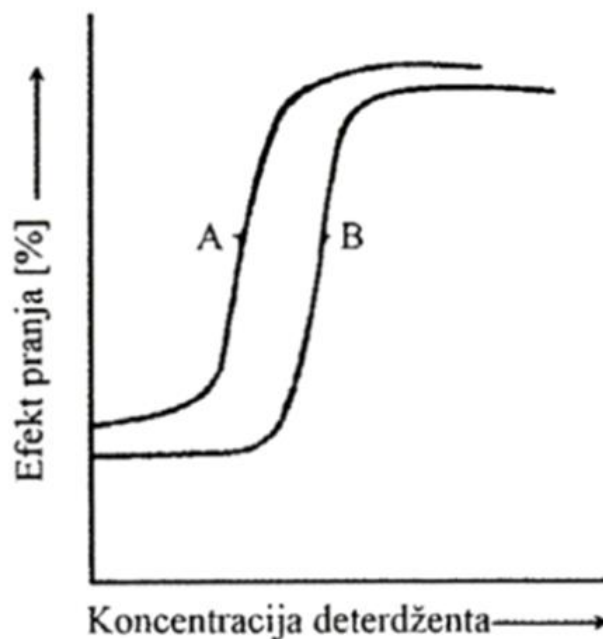
### 2.4.1. Primarni učinci

U pranju najvažnija uloga pripada vodi jer je ona medij u kojemu se pere. Voda istovremeno služi kao otapalo za vodotopljive nečistoće i najveći dio sastojaka deterdženata. Netopljivi sastojci deterdženata i netopljive nečistoće u vodi su fino dispergirane. Voda, budući da prenosi toplinsku energiju, olakšava uklanjanje tvari poput voskova i masti jer oni na povišenoj temperaturi prelaze u tekuću fazu. Osim toga, voda služi i kao prenosilac kinetičke energije (miješanje, cirkulacija, zagrijavanje). Zbog pokretanja vode, uzrokovanog mehaničkim i toplinskim utjecajem, čestica nečistoće se otkine s vlakna i otplavi u kupelj. To vrijedi samo ako je čestica dovoljno velika da je može zahvatiti strujanje vode. Nadalje, s udaljenošću od površine vlakna raste jačina strujanja i neposredno uz površinu gotovo da nema strujanja i ako je čestica nečistoće manja od neke granične vrijednosti, strujanje je neće zahvatiti i ona će ostati vezana na površini (sl. 12) [3].



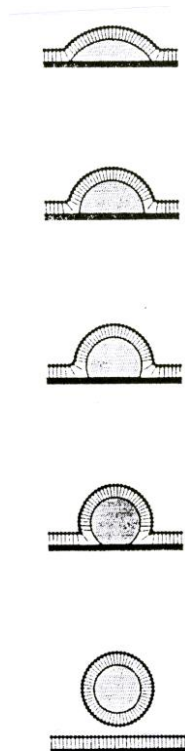
**Slika 12.** Pokretanje čestica nečistoće ovisno o njihovoj veličini i jakosti strujanja koja ovisi o udaljenosti od površine vlakna ( $d$  = udaljenost od površine vlakna;  $u$  = jakost strujanja) [3]

Učinak djelovanja kinetičke energije (miješanje) prikazano je na slici 13. Vidljivo je da je uz jako miješanje u određenom području koncentracije potrebno mnogo manje deterdženta nego uz slabo miješanje.



**Slika 13.** Utjecaj miješanja na učinak pranja (A = jako miješanje; B = blago miješanje) [3]

Fizikalno odvajanje hidrofobnih nečistoća s vlakna događa se zbog nespecifične adsorpcije tenzida na različitim graničnim površinama. Ako se nauljeno vlakno uroni u čistu vodu ništa se neće zbivati, no ako se uroni u otopinu tenzida onda se na jednakomjerno nauljenoj površini vlakna počnu formirati kapljice ulja. S vremenom te kapi poprimaju sve izraženiji sferni oblik. Dodirna površina ulja i vlakna se smanjuje i naposljetku se uz pomicanje vlakna kapi ulja otkinu s površine. Dolazi do adsorpcije molekula tenzida koje su orijentirane svojim hidrofobnim dijelom na vlakno i ulje, tako tvoreći na njihovim površinama tanki film. Adhezija između vlakna i ulja se prekida i kapljice ulja se otkidaju s površine vlakna. Shematski prikaz močenja i otkidanja uljne nečistoće s vlakna prikazan je na slici 14.



**Slika 14.** Shematski prikaz močenja i otkidanja uljne nečistoće s vlakna [3]

Uloga tenzida u ovom procesu je da otkine uljnu nečistoću s površine materijala, zatim da ju emulgira u kupelji i konačno da ju zadrži u kupelji tj. stabilizira nastalu emulziju. Zajedno s masnoćama uklanjaju se krute nečistoće koje su na njih vezane. Termoanalitička ispitivanja pokazuju da također i masti znatnim dijelom sadrže tekuće sastojke, a iznad 40 °C većinom prelaze u tekuću fazu i za njihovo uklanjanje načelno vrijedi isti mehanizam kao i za ulja.

Smanjenje međupovršinske napetosti je veće ako se upotrijebi mješavina anionskih i neionskih tenzida nego ako se upotrijebi samo jedan tenzid. Optimalni omjer anionski : neionski tenzid je 4:1. Time je postignuto njihovo sinergističko djelovanje i o tom treba voditi računa kod formulacije deterdženta. Ova pojava se tumači time što se kod prisutnosti samo anionskog tenzida negativno nabijene anionske skupine međusobno odbijaju i kod određene gustoće naboja daljnja adsorpcija se zaustavlja. Ako se između molekula anionskog tenzida ugrade molekule neionskog tenzida onda se odbojne sile smanje i ukupna adsorpcija tenzida se povećava. Dodatkom alkalija u kupelj povećava se učinak pranja, jer porastom pH kupelji, raste negativni naboj vlakana i čestica nečistoće. Anionski tenzidi adsorpcijom na vlakno i čestice nečistoće dodatno povećavaju negativni naboj i pomažu pri dispergiranju i zadržavanju nečistoća u kupelji [3].

#### **2.4.2. Sekundarni učinci**

Nečistoće skinute s tekstilnog materijala ostaju u kupelji tijekom pranja. Tekstilije se kroz izvjesno vrijeme peru u nečistoj kupelji, a to osobito vrijedi u perilicama. Nužno je da se nečistoće zadrže u kupelji i da se spriječi njihovo ponovno taloženje ili redepozicija na drugim mjestima, što bi uzrokovalo posivljenje tekstilija. Tenzidi, stvarajući površinski sloj na česticama uklonjenih nečistoća i kapljicama masnoće djeluju kao stabilizatori nastale disperzije i emulzije te tako sprečavaju ponovno taloženje na vlakno, tim više što je i površina vlakna zasićena slojem tenzida.

Taloženje sprečava i dodatno elektronegativno nabijanja nečistoće i vlakna čemu doprinose i bilderi. Inhibitori posivljenje ili nosioci nečistoća imaju također bitnu ulogu u sekundarnim učincima pranja jer čisto fizički sprečavaju taloženje nečistoća na vlakna. Posebno je osjetljivo pitanje pranja obojenog rublja nepostojanih obojenja, osobito ako se obojeno rublje pere zajedno s bijelim rubljem te o tome treba voditi brigu kod formulacija deterdženata za pranje obojenog rublja tzv. *color* deterdženata. Postoji opasnost da skinute čestice bojila pređu na druga mjesta na vlaknu i da ih oboje. Čestice uklonjenog bojila potrebno je svakako zadržati u kupelji. To se dobrim dijelom postiže solubilizacijom [3].

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

U okviru ovog rada se razvijala formulacija tekućih deterdženata različitog sastava namijenjenog pranju vunenog materijala. U deterdžente su dodavani specijalni aditivi prirodne osnove sa svrhom očuvanja visokocijenjenih svojstava vunenog pletiva. Upotrijebljene su proteinske i lanolinska komponenta, te njihova kombinacija. Na opranim vunenim materijalima se pratila promjena spektralnih karakteristika, izgled i površina materijala u odnosu na neprani.

#### 3.1. MATERIJALI

Istraživanja su rađena na vunenom pletivu sljedećih karakteristika: 100 % vuneno pletivo crnog tona, izrađeno od *superwash* pređe tvrtke Schoeller GmbH, 14563 Noir, finoće 19 tex, površinske mase 270 g/m<sup>2</sup>, art. 55922, u tvornici Beti preja, Slovenija. Pređa je prethodno obrađeno protiv skupljanja, a koordinate boje crnog pletiva su sljedeće: a\* -1,14, b\* -0,70, svjetlina L\* 12,94.

#### 3.2. SREDSTVA ZA PRANJE

U ovom diplomskom radu korištena su dva inovativna deterdženta različitog sastava, tab. 5 i tab. 6.

Deterdžent 1 (D1) sadrži neionski tenzid kao površinski aktivnu komponentu u udjelu 7,7%, tab 5

**Tablica 5.** Sastav formulacije deterdženta na bazi neionskih tenzida, D1

Komponenta	$\omega$ [%]
Neionski tenzid	7,7
Konzervans, fosfonat, emulgator, natrijev citrat, polipropilen glikol, glicerin	30,0
Voda	do 100



Deterdžent 2 (D 2) kao površinski aktivnu tvar sadrži anionski (8,8 %) i neionski tenzid (9,0%), tab 6. Sastav formulacije deterdženata prikazan je u tablicama 5 i 6.

**Tablica 6.** Sastav formulacije deterdženta na bazi anionskih i neionskih tenzida, D2

Komponenta	$\omega$ [%]
Natrijev lauril eter sulfat	8,8
Neionski tenzid	9,0
Konzervans, fosfonat, emulgator, natrijev citrat, polipropilen glikol, glicerol	30,0
Voda	do 100

### 3.3. SPECIJALNI ADITIVI

U svrhu razvoja tekuće formulacije u deterdžent su ugrađivane različite proteinske te lanolinska komponenta. Osnovni sastav specijalnih aditiva uz pojašnjenja odgovarajućih oznaka prikazan je u tab. 7.

**Tablica 7.** Kemijski sastav primijenjenih aditiva [26]

Oznaka	Kemijski sastav/osnova proizvoda	Suha tvar [%]/ Aktivna tvar [%]	Preporučeno doziranje u deterdžent [%]
P1	kopolimer hidroliziranog proteina pšenice i polivinilpirolidona	18-24/21-22 (ili 21/21)	1
P2	hidrolizirani kašmirski keratinski protein	27/27,5 (ili 27)	1
P3	stearildiamonij hidroksipropil hidroliziranog pšeničnog proteina	29,5/30	0,5
L	čisti tekući lanolin (lanolinsko ulje)	0/100	3

#### 3.3.1. COLTIDE<sup>TM</sup> HPVP-LQ-(WD), P1

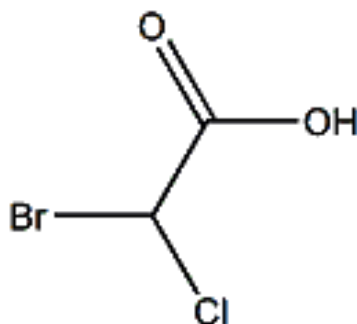
Coltide HPVP je kopolimer hidroliziranog proteina pšenice i polivinilpirolidona (PVP). Pojedinačno, hidrolizirani proteini pšenice i PVP nalaze primjenu u deterdžentima i

omekšivačima. Primjenjuje se kao omekšivač te za osjetljivu i odjeću od vunениh vlakana. Pogodan je za tekuće, praškaste i deterdžente u obliku tableta. Izvrstan je za oblikovanje filma, zadržavanje vlage te povećanje sjaja. Pomaže pri očuvanju stabilnosti dimenzija vunениh materijala tijekom uporabe i prirodne elastičnosti.

*Coltide HPVP* stvara kopolimerni film na vlaknima vune i smanjuje pojavu stršećih vlakana tijekom uporabe što uzrokuje zakrivljenje i raspršenje svjetlosti koje utječe na doživljaj boje. Polivinilpirolidon (PVP) posjeduje sposobnost kompleksiranja bojila, te se navodi kao inhibitor prijenosa bojila (DTI- *Dye Transfer Inhibition*) [26].

### 3.3.2. *COLTIDE™ CASHMERE-LQ-(WD), P2*

Hidrolizirani keratinski protein kašmira *Coltide Cashmere* sastoji se prije svega od malih peptida i nastaje hidrolizom luksuznih keratinskih vlakana od kašmira. Posjeduje snažna higroskopska svojstva važna regulaciju vlage te za kondicioniranje vlakana, čime se poboljšava mekoća materijala i uporabna svojstva [26].



Slika 15. Strukturna formula hidroliziranog keratina [27]

### 3.3.3. *COLTIDE™ HQS PE-LQ-(WD), P3*

*Coltide HQS* je prirodno proteinsko regenerirajuće sredstvo koji prirodnim tekstilnim materijalima uključujući vunu, pamuk, lan i svilu pruža vrhunsko kondicioniranje i zaštitu

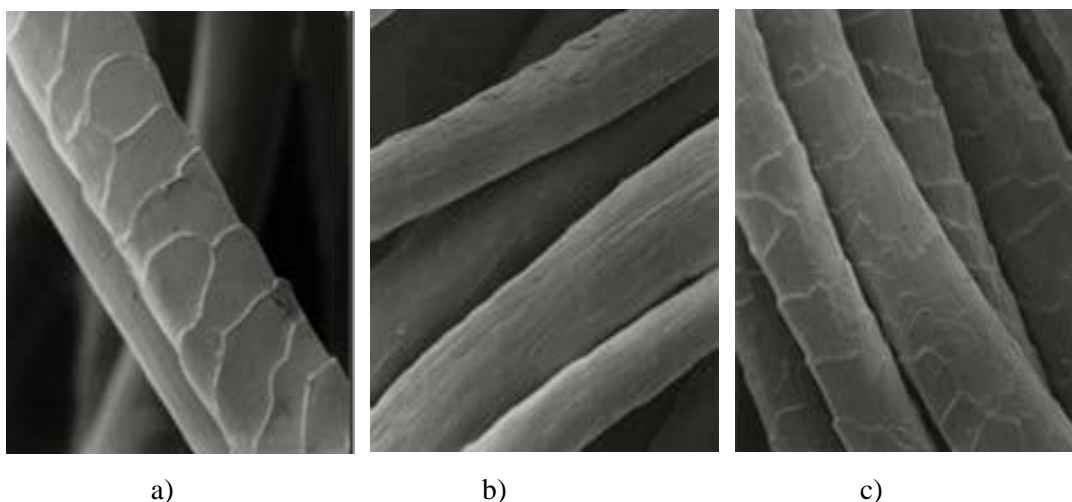
vlakana. Kao jedinstveni dodatak kondicioniranoj tkanini, *Coltide HQS* poboljšava glatkoću, daje teksturu i mekoću.

Prednosti *Coltide HQS PE-LQ-(WD)*:

- Poboljšava kondicioniranje i opipna svojstva tkanine
- Smanjuje oštećenje vlakana u pamuku i vuni
- Povećava mazivost vunениh vlakana
- Ne nakuplja se na pamučnim ili vunениm vlaknima
- Ne smanjuje prirodnu vlažnost vlakana i tkanine
- Poboljšava antistatička svojstva

*Coltide HQS* je idealan za upotrebu u proizvodima za njegu tkanina, a posebno je prikladan za omekšivače tkanina. Optimalne performanse se mogu postići uz preporučenu koncentraciju od 0,5 %.

Istraživanja tvrtke *Croda*, provedena na uzorku vune, sl. 16 a) koji je tretiran regenerirajućim sredstvom nakon 20 ciklusa pranja, sl. 16 b), pokazuje da je kutikula od vunениh vlakana odstranjena. Uzorak tretiran regenerirajućim sredstvom uz dodatak *Coltide HQS*-om, sl. 16 c), pokazuje manji stupanj oštećenja kutikule, većina kutikule je još uvijek netaknuta [26].



**Slika 16.** Uzorak vune: a) Vuneno vlakno obrađeno u kontroliranim uvjetima, b) vuneno vlakno obrađeno samo regenerirajućim sredstvom i c) vuneno vlakno obrađeno regenerirajućim sredstvom i *Coltide HQS*-om [26].

### 3.3.4. *FLUILAN<sup>TM</sup>-LQ-(RB), L*

Tekući lanolin ( $C_4H_8O_3$ ) *Fluilan* je čisti tekući lanolin, koji se ponekad naziva i „lanolinsko ulje“. To je viskozna zlatna tekućina sastavljena od estera bogatih kolesterolom izoliranim iz farmaceutskog lanolina. *Fluilan* ne sadrži aditive ili razrjeđivače te je kozmetička i farmaceutska sirovina najviše kvalitete. Kao i svi lanolini, *Fluilan* je prirodnog podrijetla, potječe od vunenog voska koji se dobiva iz ovčje vune bez štete za životinju.

Značajke:

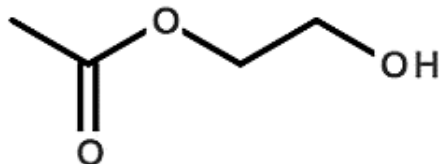
- ublažavajući
- povećava sjaj vlakana
- prirodni ovlaživač
- disperzijsko sredstvo
- emulgator vode u ulju
- zadržava jedinstvene funkcionalne karakteristike farmaceutskog lanolina

Zbog svoje okluzivnosti i sposobnosti zadržavanja vlage na površini kože, *Fluilan* je idealno hidratantno sredstvo, uz funkciju ublažavanja. Kao i kod lanolina, *Fluilan* je snažan emulgator vode u ulju i može se koristiti kao primarni ili sekundarni emulgator u pripravcima smjesa voda/ulje. *Fluilan* se može miješati s mineralnim, životinjskim i biljnim uljima, oleilnim alkoholom, većinom masnih estera, skvalanom i mnogim drugim kozmetičkim sirovinama. Topivo je u izopropilnim i višim alkoholima, ugljikovodicima i većini aerosola. *Fluilan* je djelomično topljiv u acetonu i netopiv u etilnom alkoholu, vodi, glicerolu i glikolama [26].

#### 3.3.4.1. *Lanolin*

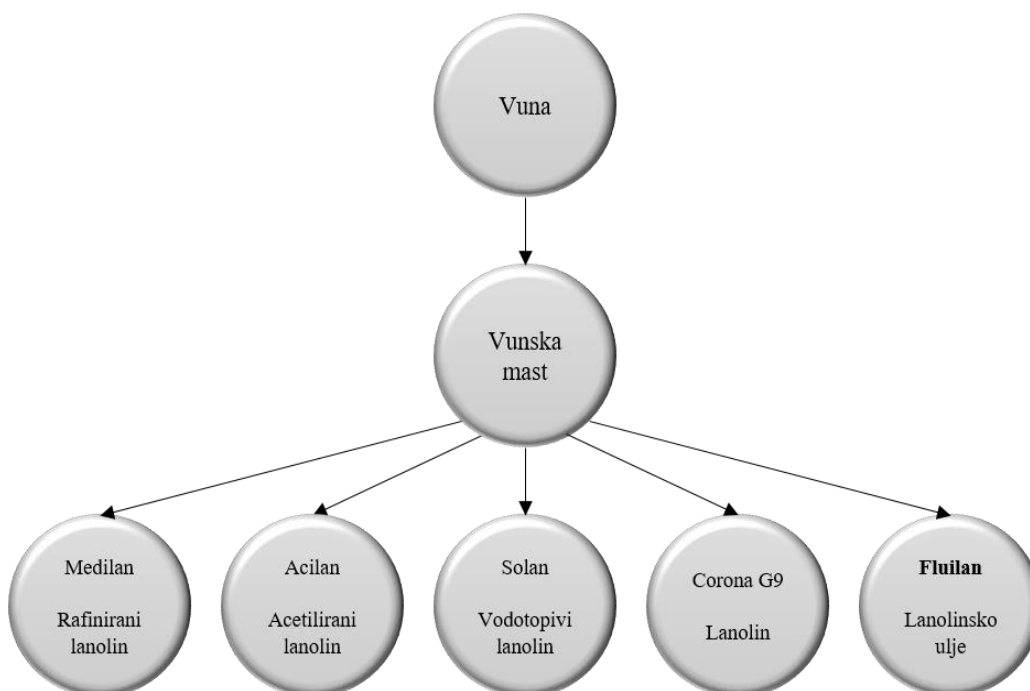
Poznato je da lanolin sadrži specifične lipide i ulja uobičajena za prirodne supstrate. Kao takav, lanolin pokazuje afinitet prema prirodnim površinama i vlaknima podjednako uz mogućnost oponašanja i povećavanja mnogih prirodnih svojstava. Lanolinski derivati imaju mnoštvo funkcija i mogu ponuditi mnoštvo pogodnosti za potrošače i u formulaciji deterdženata. Kao svestrano površinski aktivno sredstvo, lanolin može ponuditi

omekšavanje i vlaženje. Etoksilirani lanolin može djelovati i kao sredstvo za vlaženje i kao djelotvorno otapalo ulja, sl. 17.



Slika 17. Lanolin (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>) [28]

Kroz nekoliko različitih metoda obrade, vunska mast se može preoblikovati u brojne korisne proizvode koji donose funkcionalnost formulacije u doradi odjevnog predmeta. Na slici 18. prikazani su materijali i supstance koji se najčešće koriste u kućanstvu [26].



Slika 18. Lanolinska obrada [26]

***Funkcionalne prednosti:***

- Nadopunjavanje prirodne vlage
- Podmazivanje
- Povećavanje sjaja
- Stabilizacija emulzija
- Nadopunjavanje kože
- Vodootporno i vodoodbojno sredstvo

***Primjene proizvoda:***

- Kao lak za namještaj i pod
- Ručno pranje posuđa i sapun za ruke
- Njega tkanina
- Kućne maramice
- Dorada vlakna
- Obrada tkiva
- Koža i cipele [26]



**Slika 19.** Tekući lanolin [29]

Oštećenje vlakana na odjeći može dovesti do povećanog habanja i skraćivanja vijeka trajanja odjeće. Mnoga sredstva za kondicioniranje povećavaju udio vlage u vlaknima, ali ne mogu u potpunosti nadopuniti izgubljena ulja na isti način kao i lanolinski proizvodi. Za pranje osjetljivih tkanina poput vune i u ručnom pranju, uključivanje *Fluilana* u formulaciju u niskim koncentracijama može poboljšati stanje vlakana zamjenom tih prirodnih ulja, smanjiti stvaranje statičkog elektriciteta i ublažiti trenje [26].

**Tablica 8.** Fizikalna i kemijska svojstva aditiva upotrijebljenih u istraživanju [26]

Aditiv		P1	P2	P3	L
Svojstva	<b>Trgovačko ime</b>	Coltide™ HPVP-LQ-(WD)	Coltide™ CASHMERE-LQ-(WD)	Coltide™ HQS PE-LQ-(WD)	FLUILAN™ -LQ-(RB)
	<b>Ime tvari</b>	Kopolimer hidroliziranog proteina pšenice i polivinilpirolidona	Hidrolizirani keratin	Stearildiamonij hidroksipropil hidroliziranog pšeničnog proteina	Lanolin
	<b>Izgled/pojava</b>	Viskozna kapljevina	Kapljevina	Kapljevina	Viskozna kapljevina
	<b>Obojenje</b>	Žuto	Žuto, jantarno	Jantarno	Žuto-narančasto
	<b>Miris</b>	Karakterističan	NP	Karakterističan	Karakterističan
	<b>Točka zapaljenja</b>	NP	NP	>100°C	270°C
	<b>Nasipna gustoća</b>	NP	NP	NP	943 kg/m <sup>3</sup>
	<b>Topljivost u vodi</b>	NP	U potpunosti topljivo	Topljiv	Netopljiv
	<b>Točka izlijevanja</b>	NP	NP	NP	14°C

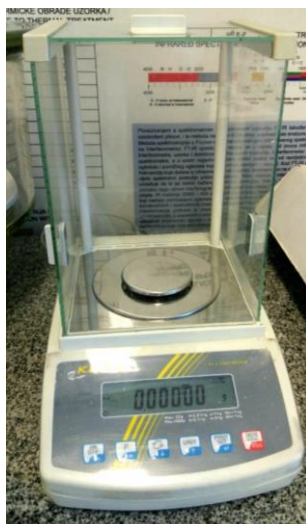
\*NP – nema podataka

### 3.4. POSTUPCI I UREĐAJI

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada korišteni su različiti uređaji i aparati.

#### 3.4.1. Analitička vaga

Za preciznu pripremu formulacije deterdženata korištena je analitička vaga Kern (sl. 20 )



Slika 20. Analitička vaga, Kern

### 3.4.2. Postupak pranja

Pranje je provedeno u uređaju *Turbomat P4502*, *Werner Mathis*, Švicarska (sl. 21). Uređaj se koristi za procese mokrih obrada u postupcima oplemenjivanja, bojadisanja i pranja, te ima mogućnost podešavanja procesnih parametara. Rad uređaja se bazira na pokretanju kupelji i materijala. U glikolnoj kupelji se nalazi kružni nosač na koje se smještaju kivete s ispitivanim uzorcima.



Slika 21. Uređaj za oplemenjivanje i bojadisanje, *Turbomat P4502*, *Werner Mathis*

Postupak pranja je proveden u otopinama deterdženata D1 i D2 prije i nakon dodatka aditiva sukladno opisu danom u tab. 9.



**Tablica 9.** Legenda uzoraka

Oznaka	Opis obrade
V	Voda
D1	Deterdžent na bazi neionskih tenzida
D1_P1	D1 s kopolimerom hidroliziranog proteina pšenice i polivinlpirolidona
D1_P2	D1 s hidroliziranim kašmirskim keratinskim proteinom
D1_P3	D1 sa stearildiamonij hidroksipropil hidroliziranim pšeničnim proteinom
D1_L	D1 s čistim tekućim lanolinom
D1_P1-3+L	D1 s kombinacijom svih proteinskih i lanolinskim aditivom
D2	Kombinacija anionskih i neionskih tenzida
D2_P1	D2 s kopolimerom hidroliziranog proteina pšenice i polivinlpirolidona
D2_P2	D2 s hidroliziranim kašmirskim keratinskim proteinom
D2_P3	D2 sa stearildiamonij hidroksipropil hidroliziranim pšeničnim proteinom
D2_L	D2 s čistim tekućim lanolinom
D2_P1-3+L	D2 s kombinacijom svih proteinskih i lanolinskim aditivom

Uzorci su prani u otopinama deterdženata priređenim u destiliranoj vodi pod sljedećim uvjetima:

$$m_D = 2,5 \text{ g/L}$$

OK 1:20

T=30 °C

t=20 min

10 ciklusa pranja

4 ispiranja u destiliranoj vodi



**Slika 22.** Priprema kupelji i uzoraka za proces pranja

### **3.5. MJERNE METODE**

Za analizu postignutih učinaka u pranju korištene su različite instrumentalne metode. pH vrijednost otopina određena je potenciometrijskom metodom, primjenom spektrofotometrije je analizirana promjena tona, a digitalnim mikroskopom analizirana je površina materijala prije i nakon obrada.

#### **3.5.1. Određivanje pH**

pH vode se može odrediti na više načina: univerzalnim indikator papirom s točnošću  $\pm 0,5$  pH jedinica, te potenciometrijski s točnošću  $\pm 0,1$  pH jedinica.

Potenciometrijsko određivanje pH, tj. koncentracije vodikovih iona u otopinama, se određuje mjerenjem elektromotorne sile u ćeliji između indikatorske (radne) i referentne elektrode. Kao radna elektroda koristi se staklena elektroda, a kao referentna obično se koristi zasićena kalomel elektroda, sl. 23.



**Slika 23.** pH metar, MA 5736, Metrel, Iskra

Prije rada je potrebno baždariti pH metar pomoću 2 standardne puferske otopine čije su pH vrijednosti približne pH vrijednosti ispitivanog uzorka.

### **3.5.2. Određivanje spektralnih karakteristika**

Za objektivno vrednovanje učinaka pranja na spektralne karakteristike boje vunenog pletiva prije i nakon 10 ciklusa pranja korišten je remisijski spektrofotometar *Spectraflash SF300*, *Datacolor* (sl. 24.) [30].

Remisijski spektrofotometar radi na principu mjerenja valne duljine reflektiranog i apsorbiranog dijela upadne svjetlosti. Uzorak se postavlja i učvršćuje na mjerni otvor instrumenta posebnim držačem, te osvjetljava iz izvora svjetlosti ugrađenog u instrumentu. Izmjereni podaci se pohranjuju u računalnu bazu podataka iz koje se specijaliziranim računalnim programima izračunavaju potrebni parametri.



**Slika 24.** Remisijski spektrofotometar *Spectraflash SF 300*, *Datacolor*

### 3.5.3. Analiza površine pletiva digitalnim mikroskopom

Za površinsku karakterizaciju nepranog i opranog crnog vunenog pletiva upotrijebljen je prijenosni digitalni mikroskop s polarizacijskim filterom, Dino-Lite AM7013MZT, tip *Premier* (sl. 25.), koji omogućuje snimanje površine uz različita povećanja, te dobivanje slike visoke rezolucije i vrhunske kvalitete. Namijenjen je za rad s predmetima koji imaju visoki odsjaj, poput metala, plastike, nakita, stakla i sl.



**Slika 25.** Digitalni mikroskop, Dino-Lite AM7013MZT, tip Premier

Tehničke specifikacije primijenjenog ručnog digitalnog mikroskopa prikazane su u tab. 10.

**Tablica 10.** Tehničke karakteristike digitalnog mikroskopa Dino-Lite AM7013MZT s polarizacijskim filterom

<b>Model</b>	AM7013MZT Dino-Lite Premier
<b>Sučelje</b>	USB 2.0; mogućnost povezivanja s računalom preko DinoCapture aplikacije
<b>Kvaliteta slike (rezolucija)</b>	5,0 megapiksela
<b>Povećanje</b>	20x~50x, 200x
<b>Senzor</b>	Color CMOS
<b>Brzina slike</b>	do 30 sličica po sekundi
<b>Podržani format slike</b>	BMP, GIF, PNG, MNG, TIF, TGA, PCX, WBMP, JP2, JPC, JPG, PGX, RAS, PNM
<b>Podržani format videa</b>	WMV, FLV, SWF
<b>Microtouch senzor</b>	sadrži
<b>Osvjetljenje</b>	8 LED svjetala
<b>Podržani operacijski sustav</b>	Windows 10, 8, 7, Vista, XP, MAC OS 10.4 ili viši
<b>Masa</b>	140 g

## 4. REZULTATI

Diplomski rad je usmjeren na dva cilja:

- razvoj deterdženata za pranje vune
- analizu utjecaja novoformuliranih deterdženata na svojstva vunenog pletiva crnog tona.

U osnovnu formulaciju dva deterdženta su dodavani specijalni aditivi sa svrhom očuvanja materijala u procesima pranja. Upotrijebljene su proteinske te lanolinska komponenta i njihova kombinacija. Dodatak aditiva u formulacije deterdženta je praćen metodom potencijometrije. Utjecaj sastava deterdženata na osjetljivo vuneno pletivo crnog tona kroz 10 ciklusa pranja vrednovano je metodama spektrofotometrije i digitalne mikroskopije.

### 4.1. ANALIZA pH PRIMIJENJENIH OTOPINA

U tablicama 11 i 12 su prikazane pH vrijednosti otopine deterdženata, specijalnih aditiva i vode, te primijenjenih otopina pri temperaturi  $24 \pm 1$  °C.

**Tablica 11.** pH 1% otopine deterdženata, aditiva i vode

Otopina	pH
<b>D1</b>	6,10
<b>D2</b>	6,59
<b>P1</b>	6,47
<b>P2</b>	6,08
<b>P3</b>	5,45
<b>L</b>	7,03
<b>Destilirana voda</b>	6,65
<b>Tvrda voda</b>	7,01

Dodatno su izmjerene pH vrijednosti stvarno primijenjenih otopina deterdženata za pranje s ciljem analize da li dodatak aditiva utječe na pH vrijednost otopina deterdženata, tab. 12.

**Tablica 12.** pH vrijednosti primijenjenih otopina deterdženata

Otopina	pH
D1	6,58
D1_P1	6,50
D1_P2	6,43
D1_P3	6,51
D1_L	6,53
D1_P1-3+L	6,33
D2	6,53
D2_P1	6,41
D2_P2	6,44
D2_P3	6,55
D2_L	6,52
D2_P1-3+L	6,40

Na temelju izmjerenih vrijednosti razvidno je da deterdženti i primijenjeni aditivi, te njihove mješavine i kombinacije imaju pH niži od 7. Dodatak kombinacije proteinskih i lanolinskog aditiva formulaciji D 1 i D 2 ima izražajni utjecaj na pad početne pH vrijednosti u odnosu na ostale aditive. Sve pH vrijednosti karakteriziraju ih prikladnim za pranje vunelih materijala, kojem pogoduje pH od 5,5 do 7,0.

## **4.2. SPEKTRALNE KARAKTERISTIKE**

Promjene spektralnih karakteristika opranih vunelih uzoraka određene su na remisijskom spektrofotometru *Spectraflash SF300, Datacolor*, uz veličinu mjernog otvora 20 mm i standardno osvjetljenje  $D_{65}$ . Uzorci su mjereni na 4 mjesta i prikazani kao srednja vrijednost pojedinačnih mjerenja, tab.15.-18.

### **4.2.1. Promjena tona**

Prema CIE 76, matematičkom sustavu za mjerenje boje i broičano vrednovanje boje i razlika u boji, analizirana je razlika između opranih i nepranog uzorka, a izražena je vrijednostima razlike pojedinačnih parametara boje opranih u odnosu na neprani: razlike u svjetlini ( $dL^*$ ),

zasićenosti ( $dC^*$ ) i tonu ( $dH^*$ ) te vrijednostima ukupne razlike u boji ( $dE$ ). Dodatno su prikazane ocjene postojanosti obojenja materijala u pranju kroz skalu prema *ISO A05* i *AATCC*.

U tablici 13 dane su srednje vrijednosti promjene tona vunenih uzoraka opranih u vodi i deterdžentu D1 prije i nakon dodatka aditiva u odnosu na neprano pletivo, te ocjene postojanosti prema *ISO A05* i *AATCC*.

**Tablica 13.** Promjene spektralnih karakteristika crnog vunenog pletiva nakon 10 ciklusa pranja u deterdžentu D1

Uzorak	$dL^*$	$dC^*$	$dH^*$	$dE$	ISO A05	AATCC
Voda	-1,1008	-0,0118	0,0205	1,1033	4-5	4-5
D1	-1,2238	0,0075	0,0253	1,2248	4-5	4-5
D1_P1	-1,2730	0,0413	-0,0315	1,2780	4-5	4-5
D1_P2	-1,4498	0,0473	-0,0305	1,4525	4	4
D1_P3	-1,3780	0,0480	-0,0100	1,3588	4	4
D1_L	-1,1308	0,0863	-0,1225	1,1485	4-5	4-5
D1_P1-3+L	-1,3308	0,0533	-0,0168	1,3338	4-5	4-5

Iz tab. 13 je vidljivo da pranjem vunenog pletiva u vodi ne dolazi do značajnije promjene tona nakon provedenih 10 ciklusa pranja. Uzorak opran u deterdžentu D1 je gotovo istovjetan onome opranom u vodi (ocjena 4-5). Dodatak specijalnih aditiva na proteinskoj bazi u deterdžent D 1 (D1\_P2 i D1\_P3) uzrokovao je određenu blagu promjenu tona. Uzorak opran deterdžentom D1 uz aditiv na proteinskoj bazi koji sadrži polivinilpirolidon (sredstvo za očuvanje obojenja), D1\_P1, ima najmanju razliku u boji ( $dE=1,2780$ , ocjena prema *ISO A05* 4-5) u odnosu na ostale uzorke. Dodatak čiste lanolinske komponente u deterdžent (D1\_L) se pokazao kao najpovoljnija opcija u vidu očuvanja obojenja crnog vunenog pletiva. To je i razumljivo obzirom da je lanolinkomponenta koja se dobiva ekstrakcijom iz vunenog vlakna, te posjeduje prirodni afinitet prema vlaknu. Kombinacija proteinskih i lanolinske komponente daje slične rezultate kao kad su komponente primijenjene zasebno.

U tablici 14 dane su srednje vrijednosti promjene tona vunениh uzoraka opranih u deterdžentu D2.

**Tablica 14.** Promjene spektralnih karakteristika crnog vunenog pletiva nakon 10 ciklusa pranja u deterdžentu D2

Uzorak	dL*	dC*	dH*	dE	ISO A05	AATCC
Voda	-1,1008	-0,0118	0,0205	1,1033	4-5	4-5
D2	-1,2178	0,0235	-0,0135	1,2188	4-5	4-5
D2_P1	-1,4038	-0,0018	-0,0165	1,4055	4	4
D2_P2	-1,2055	0,0480	-0,0640	1,2100	4-5	4-5
D2_P3	-1,2208	0,0570	-0,0185	1,2240	4-5	4-5
D2_L	-1,2883	0,0190	-0,0455	1,2908	4-5	4-5
D2_P1-3+L	-1,3740	0,0068	-0,0613	1,3770	4	4

Pranje vunenog pletiva u deterdžentu D2, kombinaciji neionskog i anionskog tenzida nije pokazalo značajnije odstupanje od deterdženta D1 na bazi neionskog tenzida. Rezultati ukazuju na slično ponašanje i minimalne promjene obojenja nakon provedenih 10 ciklusa pranja. Za razliku od D1\_P1, u slučaju D2\_P1 protektor boje dao je nešto slabiji učinak (ISO A05 je 4). To se može obrazložiti činjenicom da PVP ostvaruje sinergijski učinak samo s neionskim tenzidom, te mu prisutnost anionskog tenzida na neki način smanjuje stupanj zaštite tona boje tekstila u pranju.

#### 4.2.2. CIEL\*a\*b\* koordinate boje

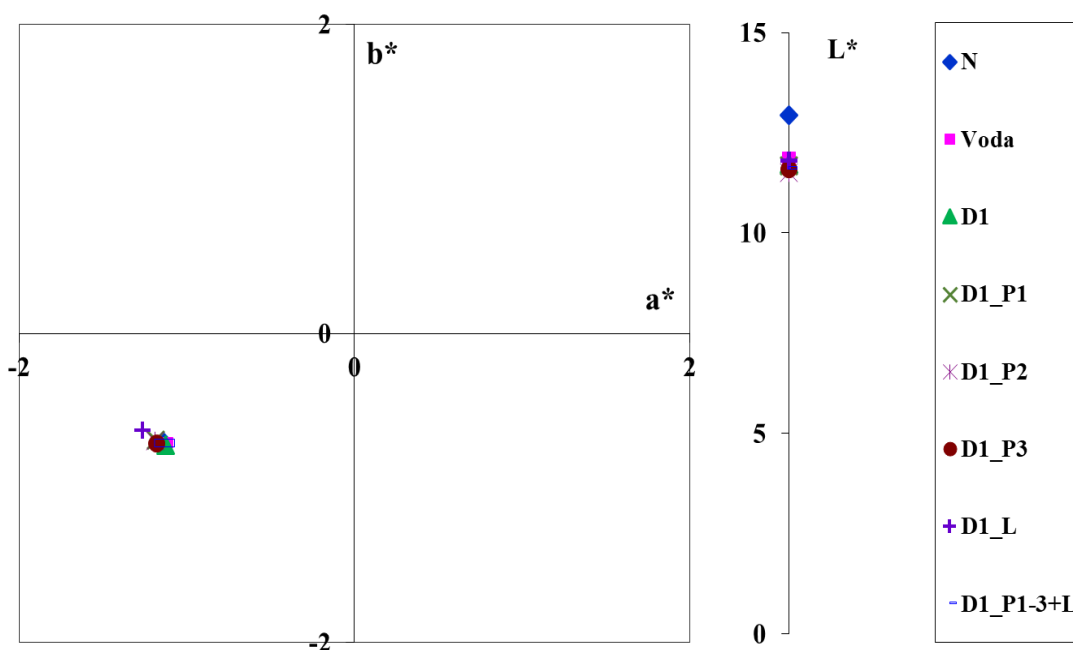
CIE L\*a\*b\* koordinate vunениh uzoraka opranih u deterdžentima D1 i D2 definirane su vrijednostima svjetline (L\*) te vrijednostima koordinata a\* (crveno-zelena) i b\* (žuto-plavo), a prikazane su u tab. 15 i 17 te na sl. 26. i 27.

U tablici 15 dane su CIEL\*a\*b\* koordinate boja vunenog pletiva opranog u D1 kroz 10 ciklusa pranja. Uzorci su mjereni na 4 mjesta, te prikazani kao srednja vrijednost u tab. 15.



**Tablica 15.** CIEL\*a\*b\* koordinate boja vunenog pletiva opranog u D1 kroz 10 ciklusa pranja

Uzorak	Br. mjerenja	a*	b*	L*
N		-1,14	-0,70	12,94
Voda	1.	-1,13	-0,63	11,96
	2.	-1,03	-0,70	11,81
	3.	-1,16	-0,71	11,80
	4.	-1,13	-0,78	11,81
D1	1.	-1,11	-0,71	11,78
	2.	-1,17	-0,68	11,76
	3.	-1,14	-0,73	11,69
	4.	-1,09	-0,78	11,65
D1_P1	1.	-1,17	-0,72	11,78
	2.	-1,20	-0,66	11,47
	3.	-1,15	-0,76	11,74
	4.	-1,22	-0,61	11,70
D1_P2	1.	-1,17	-0,79	11,66
	2.	-1,20	-0,65	11,55
	3.	-1,16	-0,71	11,44
	4.	-1,23	-0,63	11,33
D1_P3	1.	-1,25	-0,80	11,71
	2.	-1,23	-0,58	11,46
	3.	-1,12	-0,77	11,65
	4.	-1,12	-0,70	11,55
D1_L	1.	-1,42	-0,47	11,63
	2.	-1,14	-0,68	11,77
	3.	-1,31	-0,63	11,98
	4.	-1,19	-0,72	11,87
D1_P1-3+L	1.	-1,16	-0,65	11,71
	2.	-1,27	-0,70	11,52
	3.	-1,13	-0,79	11,79
	4.	-1,19	-0,71	11,43



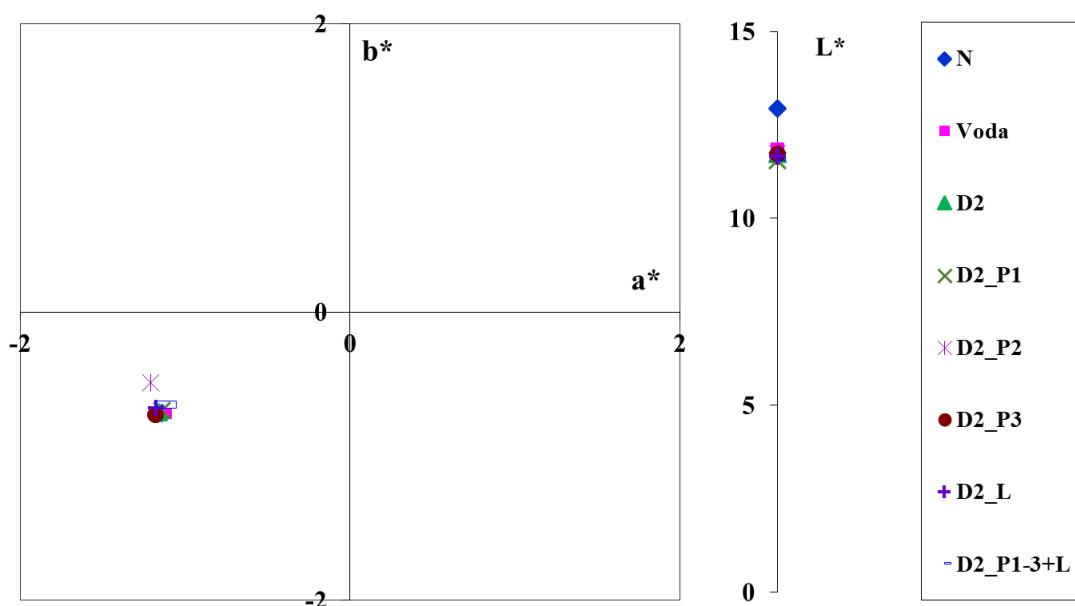
**Slika 26.** Promjene spektralnih karakteristika crnog vunenog pletiva u CIEL\*a\*b\* dijagramu prije i nakon provedenih 10. ciklusa pranja u D1

Svi uzorci, nepranog i opranih vunelih plativa u CIE L\*a\*b\* sustavu boja nalaze se u trećem kvadrantu, sl. 26, gdje su vrijednosti koordinata a\* i b\* negativne (zeleno-plavo). Potrebno je istaknuti da pojedinačna mjerenja materijala ne odstupaju, što ukazuje na jednakomjernost boje opranih pletiva. Evidentno je da proces pranja uzrokuje izvjesno smanjenje svjetline u odnosu na početni materijal, tab. 14. Promjene nisu zamjetne, razlike u svjetlini kreću se u rasponu od 1,095 do 1,445. Najmanja promjena je vidljiva kod uzorka pranog u vodi, a najveća kod uzorka pranog u deterdžentu s hidroliziranim kašmirskim keratinskim proteinom (D1\_P2). Uzorak D1\_L ima najveći pomak u zeleno (s 1,140 na 1,265), te blagi pomak prema žutom. Specijalni aditivi prirodne osnove su mutni i moguće je da se radi njihove adsorpcije na površinu vunenog pletiva smanjuje sjaj materijala, odnosno svježina tona. Na neki način djeluju kao protektori i modifikatori sjaja.

**Tablica 16.** Zbirni podaci CIEL\*a\*b\* koordinate boja vunenog pletiva opranog u D1 kroz 10 ciklusa pranja, na osnovu 4 mjerenja

Uzorak	a*	b*	L*
N	-1,140	-0,7	12,94
Voda	-1,1125	-0,705	11,845
D1	-1,1275	-0,725	11,72
D1_P1	-1,185	-0,6875	11,6725
D1_P2	-1,19	-0,695	11,495
D1_P3	-1,18	-0,7125	11,5925
D1_L	-1,265	-0,625	11,8125
D1_P1-3+L	-1,1875	-0,7125	11,6125

U tablici 17 dane su vrijednosti CIEL\*a\*b\* koordinata boja vunenog pletiva opranog u D2 kroz 10 ciklusa pranja, a na slici 27 su prikazane promjene spektralnih karakteristika crnog vunenog pletiva u CIEL\*a\*b\* dijagramu prije i nakon provedenih 10. ciklusa pranja u D2.



**Slika 27.** Promjene spektralnih karakteristika crnog vunenog pletiva u CIEL\*a\*b\* dijagramu prije i nakon provedenih 10. ciklusa pranja u D2

Slika 27. opranog vunenog pletiva u D2 pokazuje slično ponašanje, tj. promjene svjetline za maksimalno 1,5 jedinicu. Uzorak opran u D2 uz dodatak kašmirskog keratinskog proteina (D2\_P2) je manje plaviji od ostalih ( $b^* = -0,493$ ).

**Tablica 17.** CIEL\*a\*b\* koordinate boja vunenog pletiva opranog u D2 kroz 10 ciklusa pranja

Uzorak	Br. mjerenja	a*	b*	L*
N		-1,14	-0,70	12,94
Voda	1.	-1,13	-0,63	11,96
	2.	-1,03	-0,70	11,81
	3.	-1,16	-0,71	11,80
	4.	-1,13	-0,78	11,81
D2	1.	-1,17	-0,66	11,37
	2.	-1,16	-0,75	11,97
	3.	-1,16	-0,66	11,79
	4.	-1,15	-0,72	11,77
D2_P1	1.	-1,16	-0,63	11,50
	2.	-1,12	-0,74	11,59
	3.	-1,11	-0,75	11,54
	4.	-1,17	-0,61	11,53
D2_P2	1.	-1,18	-0,67	11,78
	2.	-1,17	-0,63	11,63
	3.	-1,31	-0,67	11,79
	4.	-1,17	-0,69	11,75
D2_P3	1.	-1,25	-0,63	11,62
	2.	-1,15	-0,76	11,85
	3.	-1,18	-0,77	11,82
	4.	-1,19	-0,68	11,61
D2_L	1.	-1,19	-0,63	11,82
	2.	-1,16	-0,74	11,84
	3.	-1,22	-0,64	11,56
	4.	-1,13	-0,65	11,40
D2_P1-3+L	1.	-1,15	-0,71	11,59
	2.	-1,20	-0,57	11,61
	3.	-1,13	-0,62	11,59
	4.	-1,20	-0,68	11,49

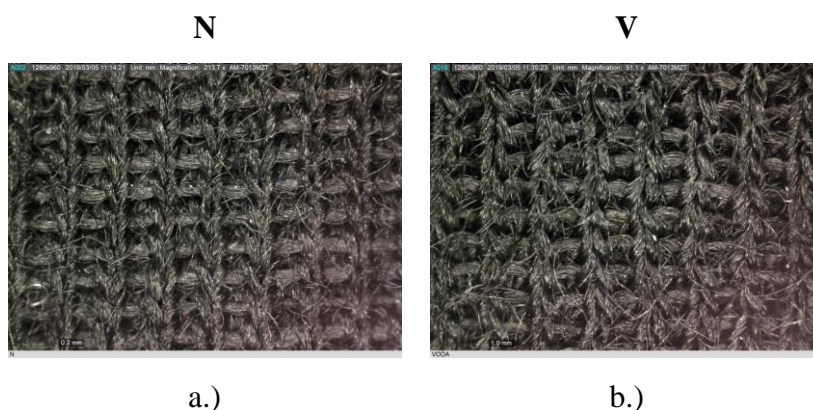
**Tablica 18.** Zbirni podaci CIEL\*a\*b\* koordinate boja vunenog pletiva opranog u D2 kroz 10 ciklusa pranja, na osnovu 4 mjerenja

Uzorak	a*	b*	L*
N	-1,14	-0,70	12,94
Voda	-1,1125	-0,705	11,845
D2	-1,16	-0,6975	11,725
D2_P1	-1,14	-0,6825	11,54
D2_P2	-1,2075	-0,4925	11,7375
D2_P3	-1,1925	-0,7100	11,725
D2_L	-1,175	-0,665	11,655
D2_P1-3+L	-1,17	-0,645	11,57

### 4.3. POVRŠINA MATERIJALA

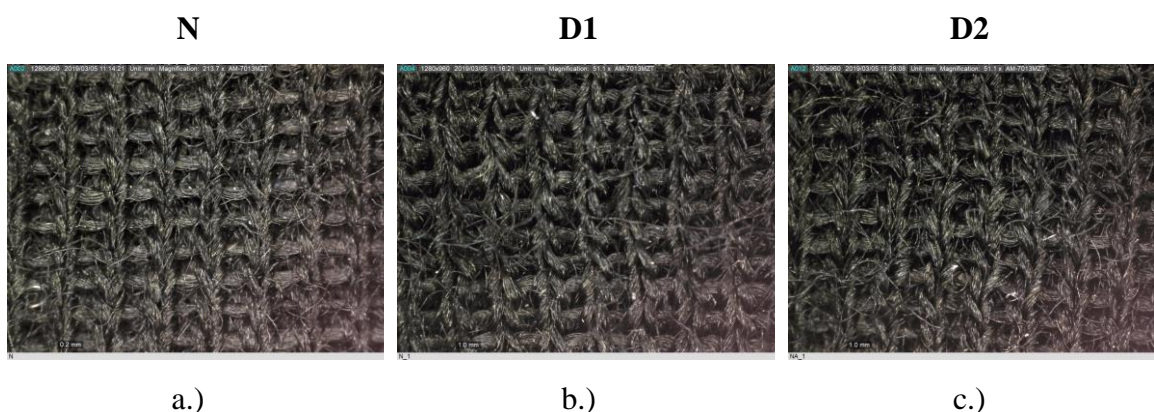
Analiza površine opranih uzoraka načinjena je digitalnim mikroskopom DINO-LITE, tip *Premier* uz dva povećanja, 55 i 215x (sl. 28.-33.).

Na slici 28. je prikazana površina vunenog pletiva prije i nakon 10. ciklusa pranja u vodi, uz povećanje 55x.



**Slika 28.** Mikroskopska slika površine vunenih uzoraka: a.) nepranog, b.) opranog u vodi kroz 10 ciklusa pranja uz povećanje 55x

Površina tamnog pletiva opranog u vodi nakon 10. ciklusa pranja ima nešto više stršećih vlaknaca, i primjetna je blaga deformacija nizova očica pletiva, dok neke druge vizualne promjene nisu uočene.



**Slika 29.** Mikroskopska slika površine vunenih uzoraka: a) nepranog, b) opranog u D1, c.) opranog u D2, kroz 10 ciklusa pranja uz povećanje 55x

Razlike u mikroskopskim površinama uzoraka opranih u dva deterdženta, D1 i D2, nisu zamjetne. Očituje se isti model ponašanja kao kod obrade u vodi. Primjetna su stršeća vlakanca i deformacija nizova očica.

**N**



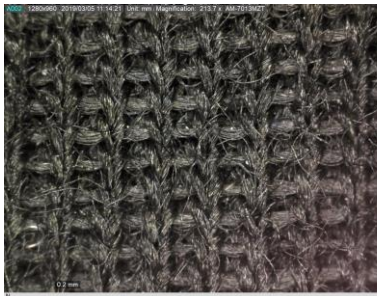
**D1\_P1**



**D2\_P1**



**N**



**D1\_P2**



**D2\_P2**



**N**



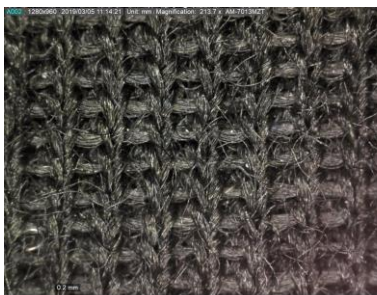
**D1\_P3**



**D2\_P3**



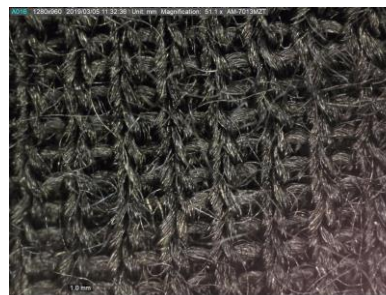
**N**

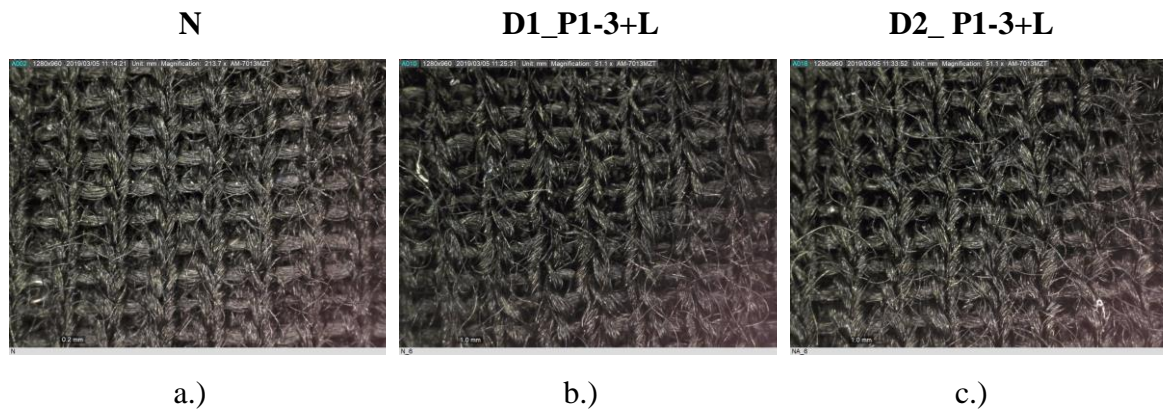


**D1\_L**



**D2\_L**

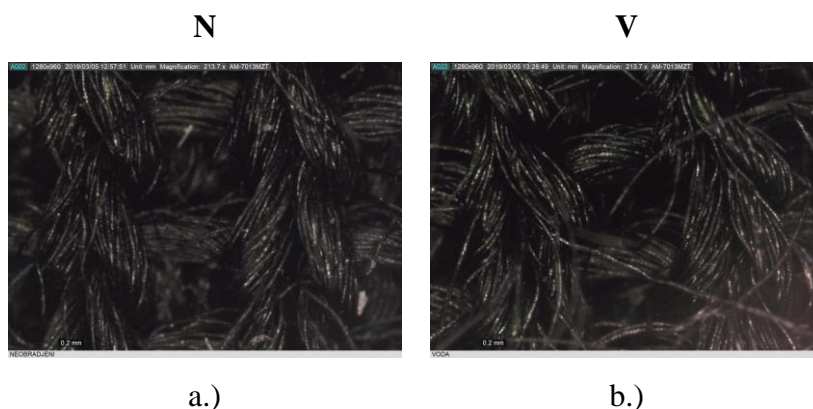




**Slika 30.** Mikroskopske slike površine vunениh uzoraka: a) nepranog; b) opranih u kombinacijama s D1; c) opranih u kombinacijama s D2, kroz 10 ciklusa pranja uz povećanje 55x

Mikroskopske slike površine opranih vunениh pletiva pokazuju izvjestan blagi gubitak sjaja u odnosu na početno neprano pletivo, osim kod uzorka s lanolinskom komponentom (D1\_L i D2\_L). Razlog blagog gubitka sjaja je ranije objašnjeno kroz svojstva specijalnih aditiva. Osim gubitka sjaja, vizualno je primjetno i nešto više stršećih vlakanaca te blagi gubitak stabilnosti strukture, odnosno blaga deformacija pletiva.

Na slici 31. je prikazana površina vunеноg pletiva prije i nakon 10. ciklusa pranja u vodi, uz povećanje 215x.

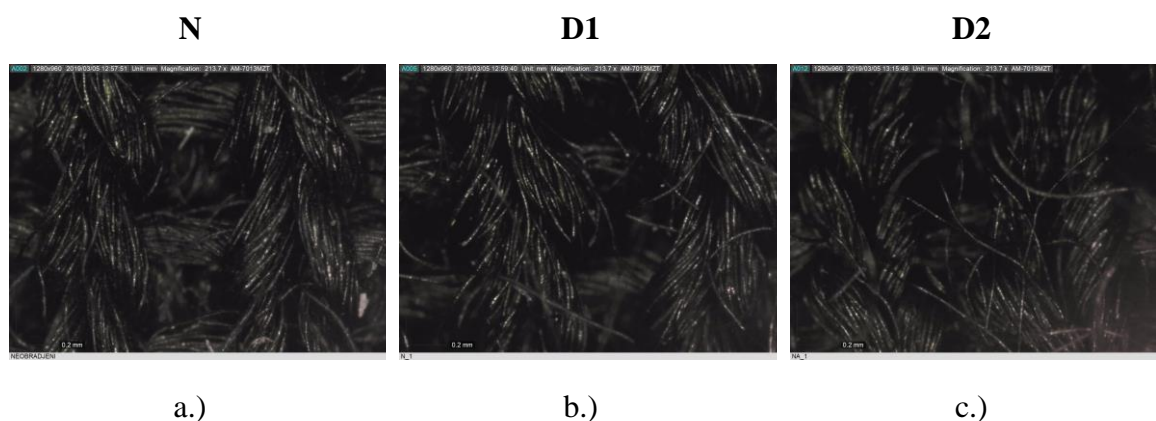


**Slika 31.** Mikroskopska slika površine vunениh uzoraka: a.) nepranog, b.) opranog u vodi kroz 10 ciklusa pranja uz povećanje 215x

Pod većim povećanjem promjene su zamjetnije. Vidi se narušena struktura površine, svojevrsni gubitak forme očica koje su blago iskrivljene i razdvojene što je vjerojatno

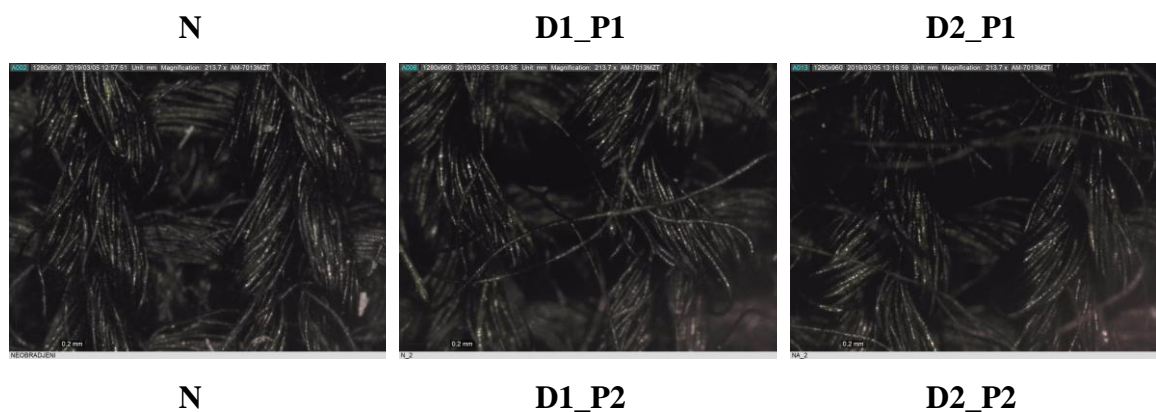
posljedica pranja i određene mehanike kojoj je pletivo podvrgnuto. Obzirom da je provedeno 10 ciklusa obrada u vodenom mediju, to se donekle i očekivalo.

Slike 32. i 33. prikazuju površinu opranih uzoraka uz povećanje 215x.

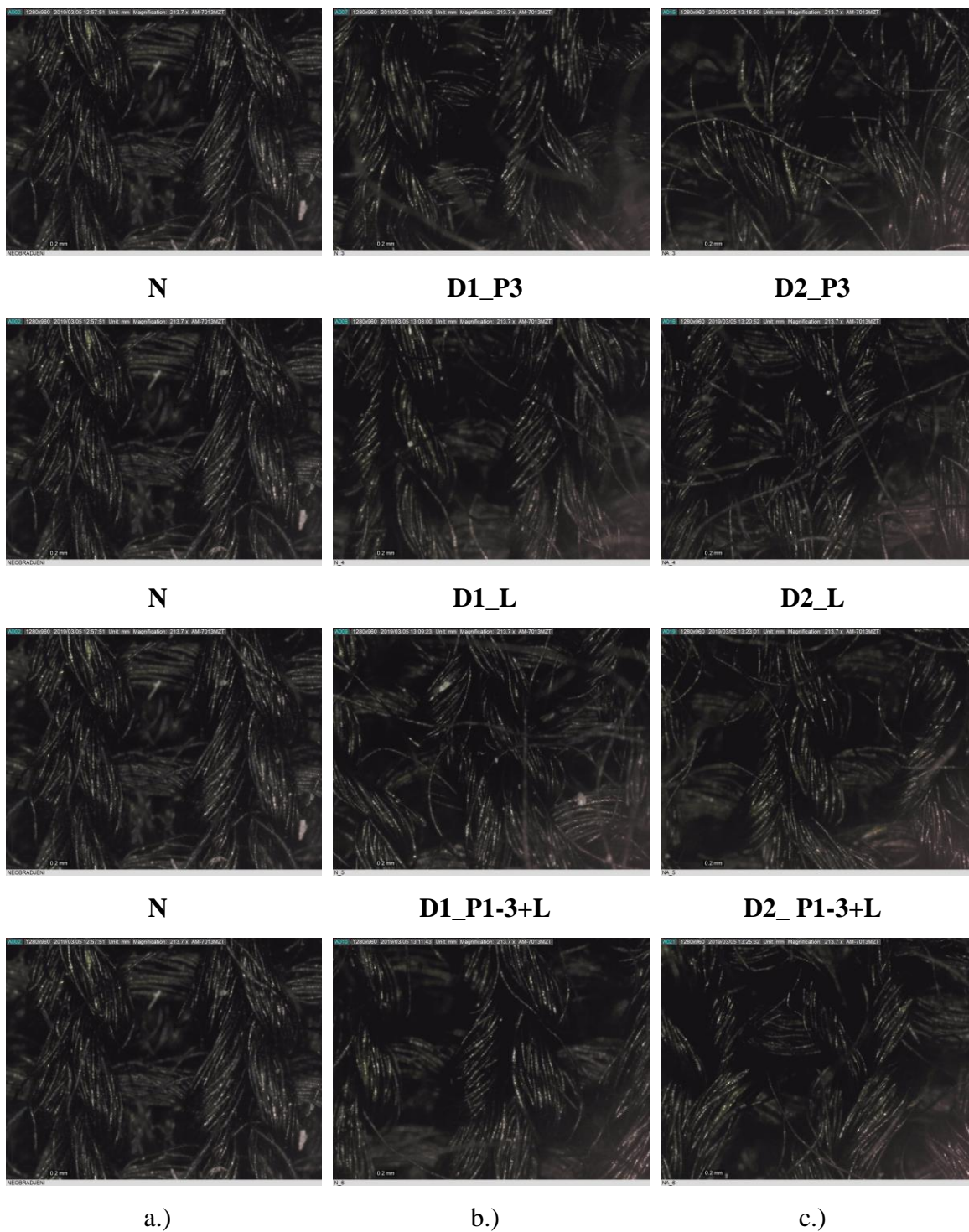


**Slika 32.** Mikroskopska slika površine vunениh uzoraka: a) nepranog, b) opranog u D1, b.) opranog u D2, kroz 10 ciklusa pranja uz povećanje 215x

Analizom površine uzoraka pletiva opranih u D1 i D2 zamjetnije je povećanje sjaja uzorka opranog u D1. Pažljivim promatranjem može se primijetiti gubitak forme pletiva, više kod uzorka pranog u D2, jer se smanjio međuprostor, odnosno udaljenost između nizova u opranom pletivu. Ovdje je potrebno istaknuti podatak koji je važan kod usporedbe deterdženata D1 i D2. Deterdžent D 1 sadrži samo neionske tenzide, a deterdžent D 2 sadrži anionske i neionske. Sadržaj ukupne površinski aktivne tvari u D1 i D2 je različit, pri čemu D 1 ima 7,7 %, a D2 17,8 %.







**Slika 33.** Mikroskopske slike površine vunelih uzoraka: a) nepranog; b) opranih u kombinacijama s D1; c) opranih u kombinacijama D2 kroz 10 ciklusa pranja uz povećanje 215x

## 5. ZAKLJUČAK

Svrha ovog diplomskog rada je razvoj formulacije tekućih deterdženata za pranje vunениh materijala. U okviru istraživanja formulirana su dva inovativna deterdženta:

- **deterdžent 1** na bazi *neionskog tenzida*,
- **deterdžent 2** na bazi *neionskog i anionskog tenzida*.

U ove novoformulirane deterdžente ciljano su ugrađivane pojedinačne komponente (aditivi) u koncentracijama koje su preporučene od strane proizvođača. Svrha dodatka aditiva u deterdžente je podizanje kvalitete i očuvanje svojstava opranih vunениh materijala.

Primijenjeni aditivi su prirodnog porijekla:

- **P1** kopolimer hidroliziranog **proteina pšenice i polivinlpirolidona**
- **P2** hidrolizirani **kašmirski keratinski protein**
- **P3** stearildiamonij hidroksipropil hidroliziranog **pšeničnog proteina**
- **L** **čisti tekući lanolin** (lanolinsko ulje)

Rezultati su pokazali da dodatak pojedinačnih komponenata kao i njihove kombinacije u deterdžente nema značajan utjecaj na početne pH vrijednosti otopina deterdženata.

Učinak upotrijebljenih aditiva na opranom vunenom pletivu praćen je spektrofotometrijski i mikroskopski kroz analizu spektralnih karakteristika, te izgled i površinu materijala.

Na osnovu dobivenih rezultata kroz **10 ciklusa pranja** može se zaključiti sljedeće:

- pranjem vunениh uzoraka u otopini deterdženta bez aditiva ne dolazi do značajnije promjene tona,
- pranjem u novoformuliranim inovativnim deterdžentima kroz deset ciklusa pranja ne dolazi do značajnije promjene tona,
- lanolinski dodatak u deterdžent 1 se pokazao kao najpovoljnija opcija jer je najbolje očuvao obojenje vunenog pletiva,
- površina opranih vunениh uzoraka je neznatno promijenjena,
- primjetna je blaga deformacija opranih uzoraka, smanjenje udaljenosti među nizovima očica,

- mikroskopska analiza površine uzoraka je utjecala na povećanje sjaja uzorka opranog u D1.

Zaključno, rezultati su ukazali da novoformulirani deterdženti za pranje vunelih pletiva uz dodatak prirodnih aditiva proteinske i lanolinske osnove u pranju djeluju na površinu vunelog pletiva. Dokazano je da aditivi blago zamagljuje ton boje, smanjuju sjaj i zasigurno doprinose mekoći.

Rezultat rada je uspješna izrada novoformuliranog tekućeg deterdženta sa posebnim svojstvima za poboljšanje kvalitete vunelih materijala tijekom uporabe i pranja. Zasigurno može poslužiti i kao osnova za daljnje istraživanje svojstava i mogućnosti kombinacije ovih deterdženata i aditiva kroz cjelovitiju analizu svojstava deterdženata, njihove moći pranja i stupnja modifikacije tekstilnih materijala.

## 6. LITERATURA

- [1] **Dostupno na:** <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=14811>, pristupljeno [10\_9\_2019]
- [2] Pušić, T., Šostar-Turk, S., Soljačić, I. i sr.: Primarni učinak praškastog i tekućeg deterdženta u pranju; stručni rad; *Tekstil, Vol. 1*; str.11-18
- [3] Soljačić, I., Pušić, T.: Njega tekstila – I dio, Čišćenje u vodenim medijima, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2005.
- [4] **Dostupno na:** <http://bandctech.com/commercial-laundry-blog/wp-content/uploads/2014/02/sinnertoday.jpg>, pristupljeno [17\_8\_2019]
- [5] Papić, S.: Deterdženti; Interna skripta; Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije sveučilišta u Zagrebu; Zagreb, 2015.
- [6] Sak-Bosnar, M. „Odabrana poglavlja analitičke kemije“. Odjel za kemiju, Sveučilište Josipa J. Strossmayera u Osijeku, **Dostupno na:** [http://www.kemija.unios.hr/old\\_web/nastava/nastavni\\_materijali/odabrana\\_poglavlja\\_aanalitick%20kemije/ODABRANA\\_POGLAVLJA\\_ANALITICKE\\_KEMIJE.ppt](http://www.kemija.unios.hr/old_web/nastava/nastavni_materijali/odabrana_poglavlja_aanalitick%20kemije/ODABRANA_POGLAVLJA_ANALITICKE_KEMIJE.ppt), pristupljeno [10\_09\_2019]
- [7] **Dostupno na:** [https://www.researchgate.net/publication/332845850\\_Liposomes\\_used\\_as\\_a\\_vaccine\\_adjuvant-delivery\\_system\\_From\\_basics\\_to\\_clinical\\_immunization](https://www.researchgate.net/publication/332845850_Liposomes_used_as_a_vaccine_adjuvant-delivery_system_From_basics_to_clinical_immunization), pristupljeno [01\_09\_2019]
- [8] Ivanković, T., Hrenović, J., Surfactants in the environment, Arh Hig Rada Toksikol, 2010., str. 95-110
- [9] Gudlin, K.: Površinski aktivne tvari, Završni rad, Međimursko veleučilište u Čakovcu; Održivi razvoj, Ekoinženjerstvo, Čakovec 2016.
- [10] Tarbuk, A., Pušić, T., Dekanić, T.: Postupci proizvodnje, uzorkovanja i analize deterdženata; Sveučilište u Zagrebu, *Tekstil, Vol. 62, Br. 7-8*, 2013.
- [11] Frydendall, E., HowStuffWorks, How Laundry Detergent Works, **Dostupno na:** <https://home.howstuffworks.com/laundry-detergent3.htm>, pristupljeno [10\_09\_2019]
- [12] **Dostupno na:** <https://www.aise.eu/our-activities/product-stewardship-programmes/liquid-detergent-capsules.aspx>, pristupljeno [18\_9\_2019]

- [13] **Dostupno na:** <https://www.aise.eu/our-activities/product-stewardship-programmes/liquid-detergent-capsules/aise-product-stewardship-programme-for-liquid-detergent-capsules-062017.aspx>, pristupljeno [18\_9\_2019]
- [14] **Dostupno na:** [http://www.french-handlaundry.com/orvus\\_vs\\_soap.htm](http://www.french-handlaundry.com/orvus_vs_soap.htm), pristupljeno [18\_9\_2019]
- [15] Grey, P. G., Depoot, K. J. M., Lievens, L. M. W., Vanneste, F. E., I sr.: LIQUID LAUNDRY DETERGENTS CONTAINING CATIONIC HYDROXYETHYL CELLULOSE POLYMER; United States Patent, Patent No.: US 7,576,048 B2; 18.8.2009. **Dostupno na:** <https://patents.google.com/patent/US7576048B2/en>, pristupljeno [13\_9\_2019]
- [16] Wilsberg, H.-M.: Washing process for sensitive fabrics; United States Patent, Patent No.: 4,714,479; 22.12.1987., **Dostupno na:** <https://patents.google.com/patent/US4714479/fr>
- [17] The Good Housekeeping Institute Team, 2017. **Dostupno na:** <https://www.goodhousekeeping.com/uk/house-and-home/household-advice/a657039/which-is-the-right-detergent-for-you/>, pristupljeno [05\_09\_2019]
- [18] Chirash, W., Liquid light-duty detergents, *Springer, Vol. 58, Br. 4*, **Dostupno na:** Chirash, W. J Am Oil Chem Soc, 1981., <https://doi.org/10.1007/BF02541582>, pristupljeno [05\_09\_2019]
- [19] Revizija šest europskih kriterija za ekološku oznaku deterdženata i sredstava za čišćenje; Tehničko izvješće 3.0; 2016. **Dostupno na:** [https://susproc.jrc.ec.europa.eu/DETERGENTS\\_Technical\\_Report\\_3.0.pdf](https://susproc.jrc.ec.europa.eu/DETERGENTS_Technical_Report_3.0.pdf), pristupljeno [13\_9\_2019]
- [20] **Dostupno na:** <https://www.heddels.com/2017/12/clean-maintain-wool-goods/> i <https://www.ifixit.com/Guide/How+do+I+wash+my+Vaude+wool+product-/69144>, pristupljeno [06\_09\_2019]
- [21] Čunko, R., Andrassy, M., *Vlakna, Zrinski 2005.*, str. 144-163
- [22] Hassan, M. M., Carr, C. M.: A review of the sustainable methods in imparting shrink resistance to wool fabrics; Bioproduct & Fiber Technology Team, *ScienceDirect, Vol. 18*, 2019., str. 39-60; **Dostupno na:** <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209012321930013X>, pristupljeno [26\_07\_2019]
- [23] Soljačić, I., Pušić, T.: Oštećenja tekstilija u kemijskom čišćenju; Tekstilno-tehnološki fakultet, Sveučilišta u Zagrebu; Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju; Zagreb, Hrvatska, *Tekstil, Vol. 61 Br. 1-6*, 2012.

- [24] Li L., Jiang F., I sr., Oksidacijski tretman vlakana kašmira protiv pustenja, Xi'an Polytechnic University, Xi'an, Shaanxi, Kina, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* Vol.7, Br. 3, 2012., **Dostupno na:**  
<https://doi.org/10.1177/155892501200700315>, pristupljeno [12\_09\_2019]
- [25] Smulders, E.: LaundryDetergents, Wiley-VCH GmbH&Co. KgaA, Duesseldorf, 2002.
- [26] CRODA, HI&I and Nonwovens, **Dostupno na:** <https://www.crodahomecare.com/en-gb>, pristupljeno [12\_07\_2019]
- [27] **Dostupno na:**  
[https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB7505832.htm](https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB7505832.htm), pristupljeno [25\_7\_2019]
- [28] **Dostupno na:** [https://www.chemsrc.com/en/cas/8006-54-0\\_1197584.html](https://www.chemsrc.com/en/cas/8006-54-0_1197584.html), pristupljeno [15\_7\_2019]
- [29] **Dostupno na:** <http://rutupic.pw/how-to-use-liquid-lanolin.html>, pristupljeno [25\_7\_2019]
- [30] HRN EN ISO 105-A05:2003 Tekstil – Ispitivanje postojanosti obojenja - Dio A05: Instrumentalna metoda određivanja promjene boje u usporedbi s vrijednostima sive skale