Određivanje površinske napetosti kationskih tenzida iz prirodne kozmetike na tekstilu

Kovačić, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:201:751494

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-25**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

ODREĐIVANJE POVRŠINSKE NAPETOSTI KATIONSKIH TENZIDA IZ PRIRODNE KOZMETIKE NA TEKSTILU

Završni rad

Mentor:

Doc. dr. sc. Iva Rezić

Student:

Petra Kovačić

10455, TKME

Zagreb, rujna 2018.

Temeljna dokumentacijska kartica

Institucija u kojoj je rad izrađen:	Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet
Mentor rada:	Doc. dr. sc. Iva Rezić
Broj stranica:	42
Broj slika:	30
Broj tablica:	7
Broj literaturnih navoda:	17
Datum predaje završnog rada:	26. rujna 2018.
Datum obrane završnog rada:	27. rujna 2018.
Jezik teksta:	Hrvatski
Jezika sažetka:	Hrvatski
Članovi povjerenstva:	1. doc. dr. sc. **Maja Somogyi Škoc**, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkog fakultet 2. doc. dr. sc. **Anita Tarbuk**, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkog fakultet 3. doc. dr. sc. **Iva Rezić**, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkog fakultet

Zahvaljujem se prvenstveno svojim roditeljima, suprugu, bratu i obitelji koji su mi bila velika podrška tijekom studiranja. Hvala mentorici doc. dr. sc. Ivi Rezić na savjetima i pomoći tijekom izrade ovog završnog rada. Hvala mojim kolegama na nesebičnoj pomoći i potpori tijekom studiranja.

SADRŽAJ

SAŽETAK 4

1. UVOD 5

2. POVRŠINSKA NAPETOST 6

3. ODREĐIVANJE POVRŠINSKE NAPETOSTI 13

3.1. MJERENJE POVRŠINSKE NAPETOSTI STALAGMOMETROM 13

3.2. METODA OTKIDANJA PRSTENA PO DU NOUYU; TORZIONA VAGA 16

3.3 OPTIČKA ANALIZA GEOMETRIJE KAPI 19

4. TENZIDI 22

4.1. PODIJELA TENZIDA 22

4.1.1. Kationski tenzidi 25

4.2. UPORABA TENZIDA 26

4.2.1. UPORABA KATIONSKIH TENZIDA 27

4.3. RAZVOJ PROIZVODNJE TENZIDA I NJIHOVA PRIMJENA 28

4.3.1. Razvoj i primjena kationskih tenzida 29

4.4. GRAĐA TENZIDA 30

5. TENZIDI U OTPADNIM VODAMA 33

5.1. Kationski tenzidi u otpadnim vodama 36

6: TENZIDI U PRIRODNOJ KOZMETICI 37

6.1. KATIONSKI TENZIDI U PRIRODNOJ KOZMETICI 37

7. ZAKLJUČAK 40

8.LITERATURA 41

POPIS SLIKA

Slika 1: Primjena tenzida u kozmetici 5
Slika 2: Shematski prikaz međumolekulskih interakcija (sila) u posudi 6
Slika 3a: Kukac gazivoda hoda po vodenoj površini 7
Slika 3b: Čelična igla pliva na vodi 7
Slika 4: Ovisnost napetosti površine o temperaturi 8
Slika 5: Ovisnost površinske napetosti (γ) o koncentraciji tenzida (log c) 9
Slika 6: Prikaz kohezivnih sila usmjerene prema susjednim molekulama 10
Slika 7: Odnos sila koje djeluju na molekule u unutrašnjosti i na površini tekućine .. 10
Slika 8: Shematski prikaz molekula s hidrofilnim i hidrofobnim dijelom 11
Slika 9: Orijentacija molekula deterdženata u vodi 12
Slika 10: Pribor za mjerenje površinske napetosti stalagmometrom 14
Slika 11: Detalj sastavljene aparature za mjerenje napetosti površine. 14
Slika 12: Stalagmometar za ispitivanje viskoznih tekućina 15
Slika 13: Promjena površinske napetosti tijekom mjerenja Du Nouy-evom metodo . 16
Slika14: Shematski prikaz Du Nouy-eve metode prstena 17
Slika 15: Bezdimenzionalne jednadžbe za opis oblika kapi 19
Slika 16: Promjena tlaka ***p*** prilikom nastajanja mjehurića odnosno šupljine 20
Slika 17: Klasifikacija tenzida 24
Slika 18: Svjetska potrošnja tenzida po glavnim područjima primjene 28
Slika 19: Dialkildimetilamonij klorid ($R=C_{16-18}$) 29
Slika 20: Imidazolna sol ($R=C_{16-18}$) 29
Slika 21: Alkildimetilbenzilamonij klorid ($R=_{8-18}$) 30
Slika 22: Građa tenzida 30
Slika 23: Kuglasta ili sferična micela 31
Slika 24: Laminarna micela 32
Slika 25: Cilinrdična micela 32
Slika 26: Primjeri eutrofikacije 35
Slika 27: Esterkvat (EQ) 36
Slika 28: Silikoni u kozmetici 38
Slika 29: Silikoni zaglađuju kožu 38
Slika 30: Silikoni u kosi 39

POPIS TABLICA

Tablica 1. Površinska napetost nekih tvari 7

Tablica 2: Primjeri uporabe tenzida po kategorijama.....24

Tablica 3: Biorazgradivost kationskih tenzida najčešće upotrebljavanih u industrijskom pranju tekstila i u pranju u domaćinstvima.....26

Tablica 4: Potrošnja tenzida na svjetskoj razini po kategorijama.....27

Tablica 5: Ukupna količina otpadnih voda u Republici Hrvatskoj u 2012. i 2013. godini.....33

Tablica 6: Maksimalna dozvoljena koncentracija tenzida u otpadnim vodama u Republici Hrvatskoj. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisije otpadnih voda.....36

Tablica 7: Potrošnja proizvoda za osobnu njegu.....37

SAŽETAK

Površinska napetost kationskih tenzida izrazito je važna u procesima pranja i oplemenjivanja materijala, a prirodno dobivene površinski aktivne tvari sve su zanimljivije tekstilnoj industriji. Tenzidi su organske tvari, čije se molekule sastoje od hidrofilnog i hidrofobnog dijela. Postoje četiri vrste površinski aktivnih tvari: kationske, anionske, neionske i amfolitske. Kationski tenzidi dobro podnose promjene pH. Polarnu "glavu" čini pozitivno nabijen dušikov atom ili amidna skupina. Kationski tenzidi su uglavnom blago kiseli i nisu kompatibilni s lužnatim otopinama. Nisu primarni tenzidi u deterdžentima, nego sam poboljšavaju svojstva anionskih tenzida, samostalno nisu za pranje. Koriste se kao omekšivači tkanina i regeneratori za kosu, u sredstvima za čišćenje, u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji. U aerobnim uvjetima su biorazgradivi, ali i pri malim koncentracijama zadržavaju toksičnost, a svojim svojstvima lakoćom dospijevaju u okoliš stoga je vrlo važno odrediti njihove točne koncentracije, jer su najveći zagađivači među tenzidima. Kationski tenzidi se u kozmetici pojavljuju kao silikoni. Silikoni su u sasvavu mnogih kozmetičkih proizvoda za kosu i kožu. U novije vrijeme se koristi prirodna kozmetika koja se proizvodi iz prirodnih sirovina. Sastojci moraju biti biljnog, životinjskog ili mineralnog podrijetla.

Ključne riječi: *aktivne tvari, kationski tenzidi,, tenzidi,* S*talagmometar, prirodna kozmetika, površinska napetost*

1. UVOD

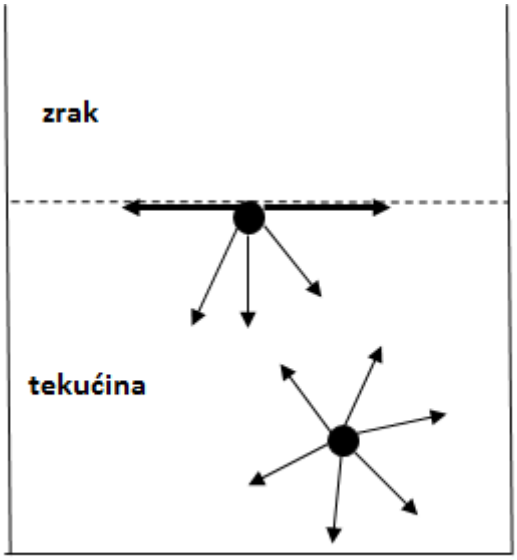
Površinski aktivne tvari, drugim nazivom tenzidi, su tvari koje smanjuju površinsku napetost tekućine, najčešće se nalaze u proizvodima za čišćenje jer razgrađuju nečistoću. Također nalaze se i u drugim proizvodima, primjerice sredstvima za osobnu higijenu, dezinfekciju, u pripravi sredstava za gašenje požara, u sredstvima za zaštitu od korozije i dr. Tenzidi mogu stvoriti velike probleme u vodama stvarajući pjenušave nakupine. Zbog ispusta industrijskih otpadnih voda u prirodu, stvaraju se veliki problemi u okolišu jer su deterdženti i sami sastojci deterdženata toksični za vodni sustav, stoga je vrlo važna i kontrola vode.

Tenzide kvalificiramo kao anionske, kationske, neionske i amfoterne tenzide. Anionski tenzidi su povijesno najstariji i najčešći. Oni su zaslužni za pranje, kada govorimo o deterdžentima i sapunima. Kod kationskog tipa tenzida najčešći su kvaterni amonijevi spojevi. To su derivati amonijevih spojeva u kojima su sva četiri vodikova atoma vezana na dušik zamijenjena hidrokarbilnim skupinama. Tenzidi se međusobno razlikuju, odnosno svaki ima različita svojstva i grupe. Sustavi koji sadrže više od jedne vrste tenzida, kao npr. sustavi koji sadrže kationske i neionske tenzide, pokazuju bolja svojstva od sustava sa samo jednom vrstom tenzida.

Slika 1: Primjena tenzida u kozmetici [5]

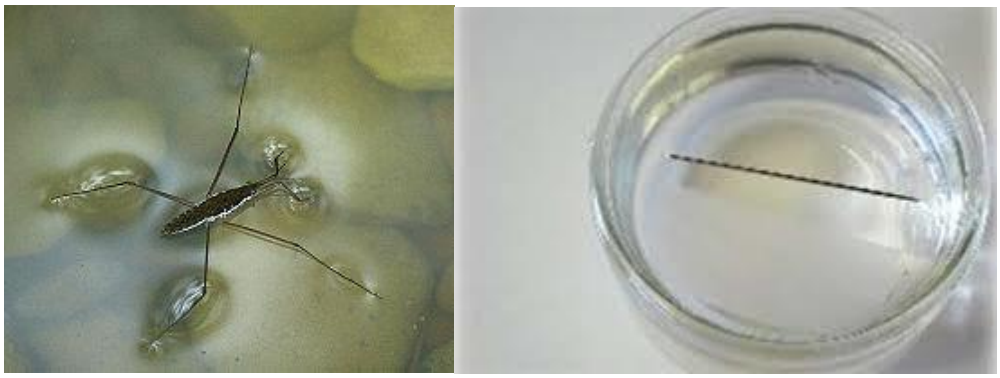
2. POVRŠINSKA NAPETOST

Površina neke tekućine , tj. granični sloj između dviju faza, primjerice tekućine i plinske faze, svojim se svojstvima bitno razlikuje od unutrašnjosti tekućine. Tu razliku uvjetuju različite sile koje djeluju na čestice na površini ili u unutrašnjosti tekućine. Na slici 2 prikazan je shematski prikaz međumolekulskih interakcija (sila) u posudi.



Slika 2: Shematski prikaz međumolekulskih interakcija (sila) u posudi [10]

U unutrašnjosti tekućine molekula je sa svih strana okružena gusto složenim molekulama, pa su i sile međudjelovanja u svim smjerovima jednake. Zato je rezultantna sila jednaka nuli. Molekule u površini okružene su sa strane i prema dolje gusto složenim molekulama, a s gornje strane nalazi se vrlo malo molekula plina. Privlačne su sile prema česticama plina zanemarivo male, pa je rezultantna sila usmjerena prema središtu tekućine. Zbog toga će u površini ostati najmanji mogući broj čestica i površina se ponaša kao elastična opna. Ta se elastičnost očituje time što po površini vode mogu hodati kukci (slika 3a), a čelična igla (čija je gustoća mnogo veća od gustoće vode) može plivati (slika 3b). Sve je to posljedica napetosti površine. U tablici 1 date su vrijednosti površinske napetosti za neke tekućine.



Slika 3a: Kukac gazivoda hoda po vodenoj površini [14]

Slika 3b: Čelična igla pliva na vodi[14]

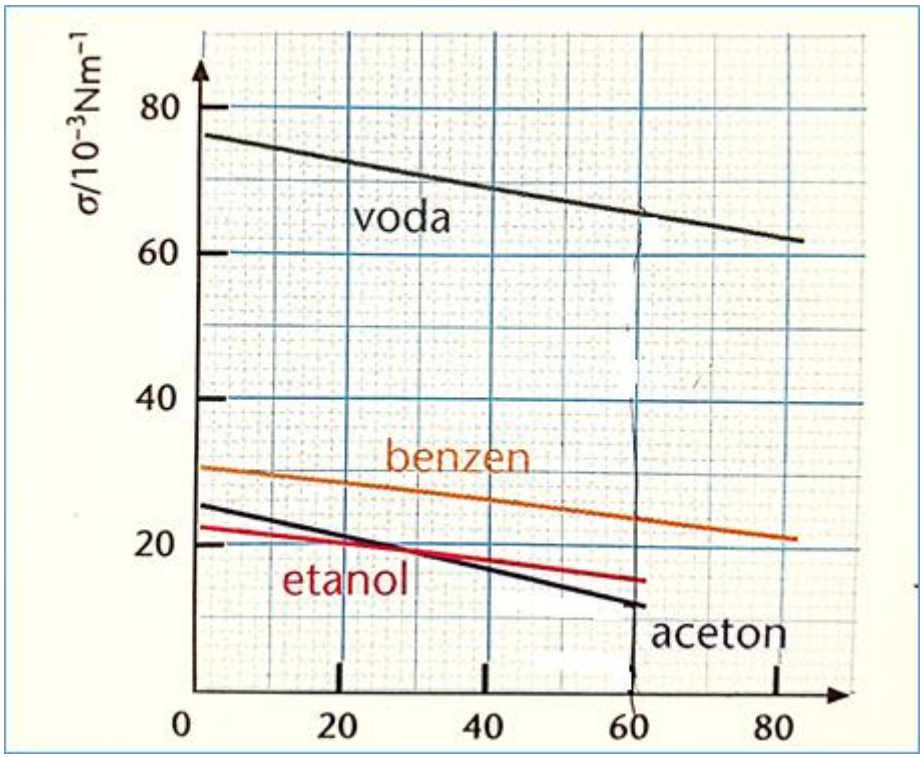
Tablica 1. Površinska napetost nekih tvari [8]

tvar	σ / mN m^{-1}
voda	72,8
glicerol	64
metilenjodid (CH_2I_2)	50,8
etilen-glikol	48
dimetil-sulfoksid	44
benzil-alkohol	39
toluen	28,4
kloroform	27,15
aceton	23,7
heksan	18,4

Svaki sustav u prirodi nastoji zauzeti stanje koje odgovara minimumu potencijalne energije, pa će se zbog toga svaka površina nastojati izgraditi tako da bude najmanja moguća. Zato kapljice tekućine velike površinske napetosti pri slobodnom oblikovanju poprimaju oblik kugle. Napetost površine (σ) mjera je za silu

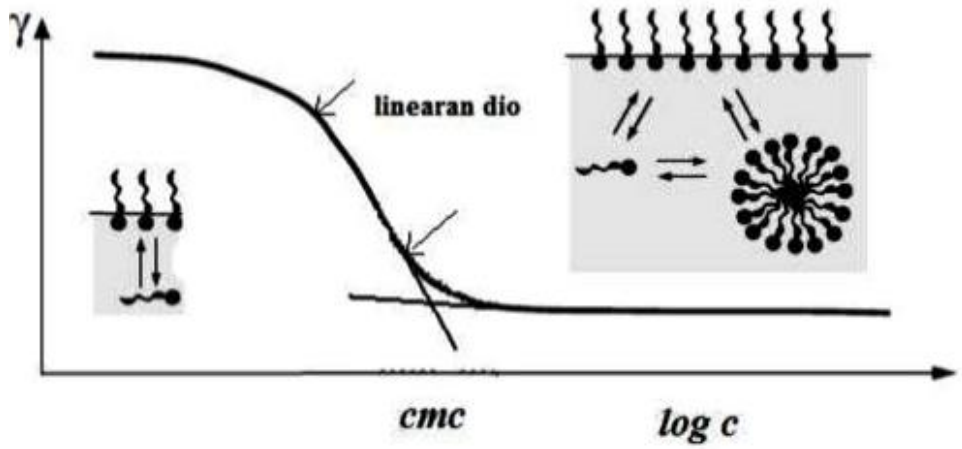
kojom bi valjalo djelovati na površinske molekule kako bi one pokazivale jednaku silu međudjelovanja kao molekule u unutrašnjosti tekućine.

Napetost površine ovisi o temperaturi i prirodi tvari s kojom tekućina graniči. Ovisnost napetosti površine o temperaturi predočuje slika 4. Na dijagramu se vidi da se povišenjem temperature napetost površine smanjuje. Voda ima mnogo veću napetost površine od ostalih tekućina zbog jakih vodikovih veza.



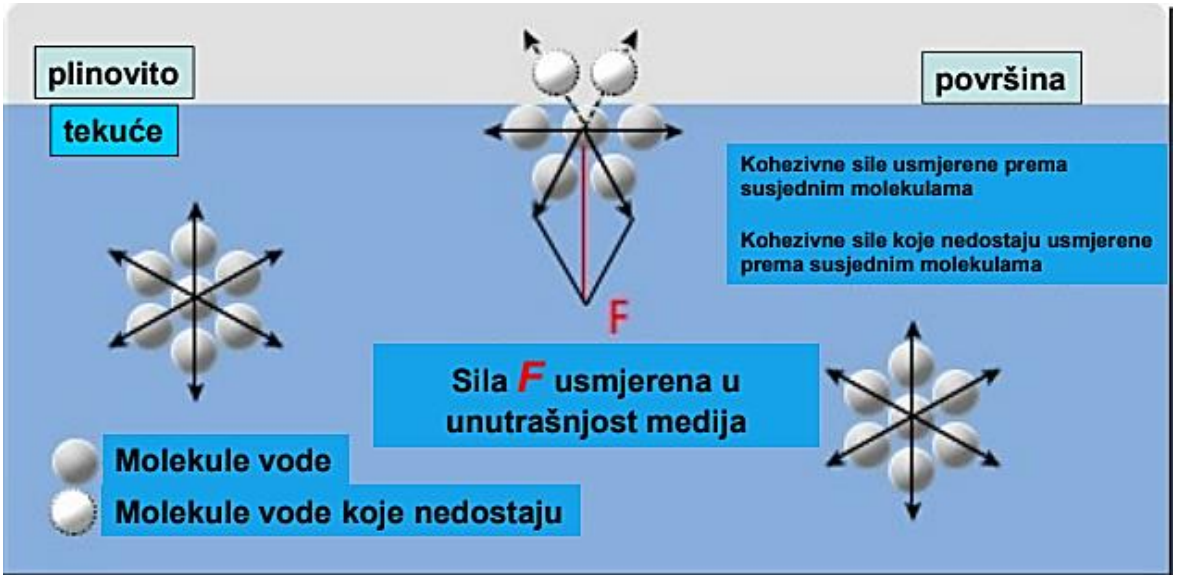
Slika 4: Ovisnost napetosti površine o temperaturi [1]

Oko molekule na površini tekućine istovrsne molekule se poslože u obliku polukugle. Zbog takvog rasporeda, rezultantna sila nad spomenutom molekulom usmjerena je prema središtu tekućine. Ona je veća što su svojstva susjednog fluida različitija od svojstva promatrane tekućine, budući da određena interakcija postoji i između površinskih molekula tvari s kojom dotična tekućina graniči. Ovisnost površinske napetosti (γ) o koncentraciji tenzida (log c) prikazana je na slici 5.

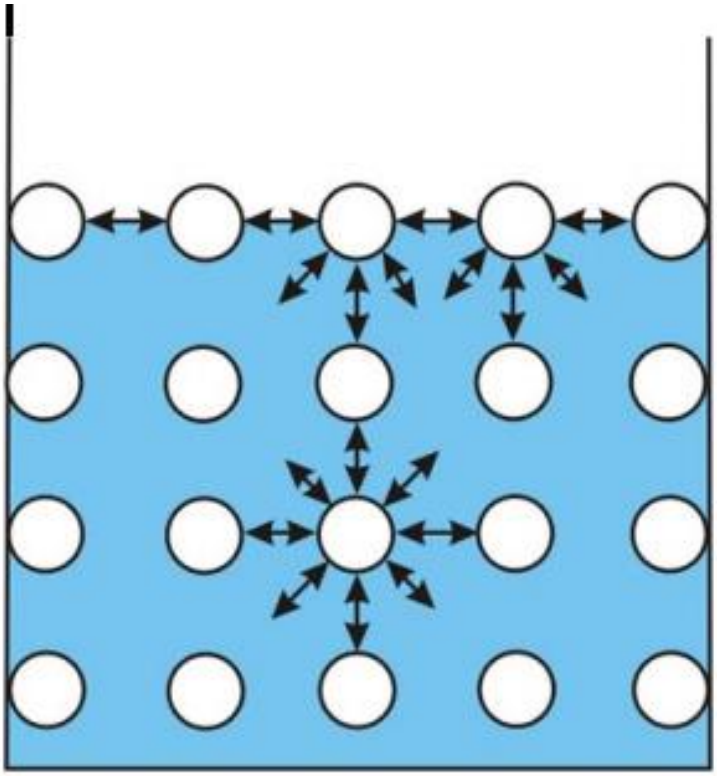


Slika 5: Ovisnost površinske napetosti (γ) o koncentraciji tenzida (log c) [1]

Tenzidi u tekućinama imaju specifična svojstva karakteristična samo za tu vrstu tvari. Ako promatramo posudu s tekućinom vidljivo je da su pojedine molekule u unutrašnjosti tekućine okružene srodnim molekulama, pa stoga na sve strane djeluju jednake sile. Rezultanta privlačenja sila molekula okrenuta je prema unutrašnjosti tekućine, pa prema tome molekule s površine teže da se uguraju i istisnu druge molekule koje se nalaze u unutrašnjosti. Na samoj površini dolazi do određene napetosti koja je rezultat ovih sila, jer molekule iz površine ne mogu izgurati druge molekule iz unutrašnjosti tekućine.



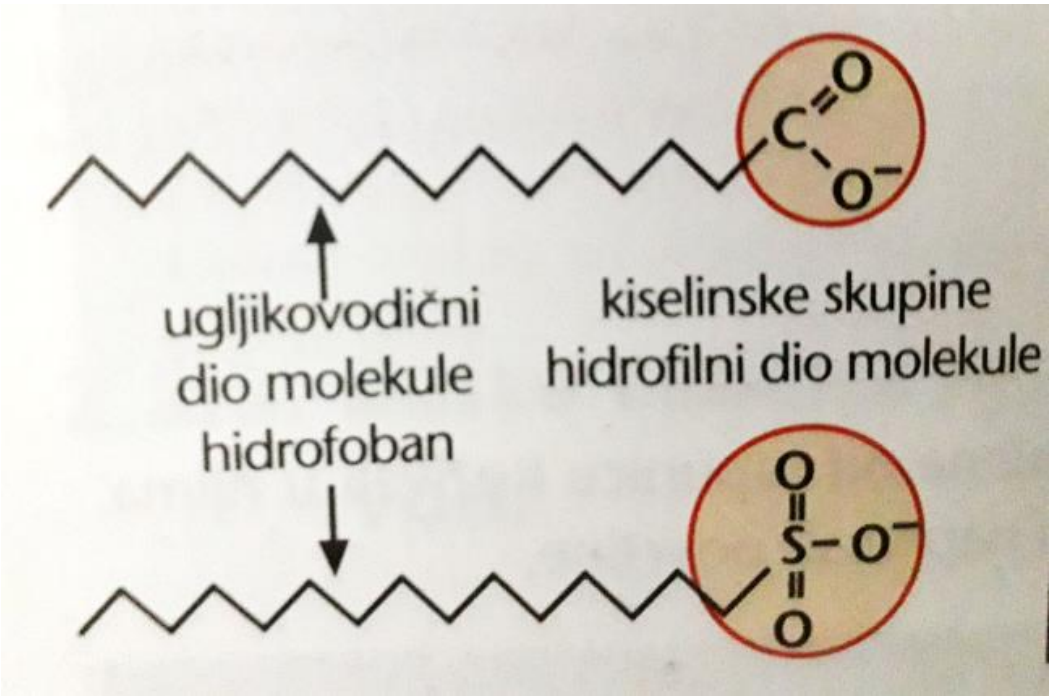
Slika 6: Prikaz kohezivnih sila usmjerene prema susjednim molekulama [11]



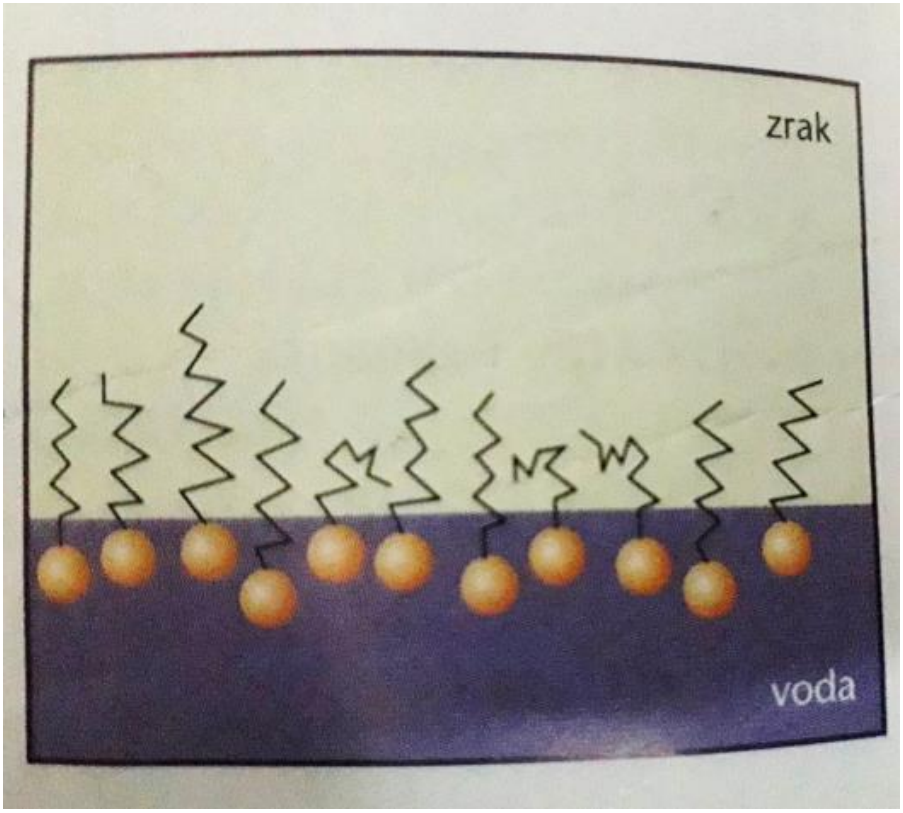
Slika 7: Odnos sila koje djeluju na molekule u unutrašnjosti i na površini tekućine [11]

Kohezivne sile između molekula u unutrašnjosti otopine se dijele između susjednih atoma; na površini nedostaju susjedni atomi, te pokazuju jače privlačne sile između susjednih atoma na površini.

Na napetost površine uvelike može utjecati dodatak površinskih aktivnih tvari kao što su deterdženti i sapuni. Te su tvari izgrađene od dugolančanih ugljikovodičnih molekula koje na jednom kraju imaju polarnu karboksilnu ($-COO^-$) ili sulfonsku ($-SO_3^-$) skupinu (slika 8). Ugljikovodični dio molekule nije topljiv u vodi jer je nepolaran, a kiselinske su skupine polarne i zato topljive u vodi. Dio molekule koji se ne otapa u vodi je hidrofoban, a dio koji se otapa u vodi je hidrofilan. Zbog takve građe te se molekule u vodi usmjeravaju tako da im je hidrofilna skupina okrenuta prema vodi a hidrfobni rep viri iz tekućine (slika 9). Takvo usmjeravanje molekula uzrokuje njihovo nakupljanje na površini, zbog čega se napetost površine uvelike smanjuje.



Slika 8: Shematski prikaz molekula s hidrofilnim i hidrofobnim dijelom [1]



Slika 9: Orijentacija molekula deterdženata u vodi [1]

3. ODREĐIVANJE POVRŠINSKE NAPETOSTI

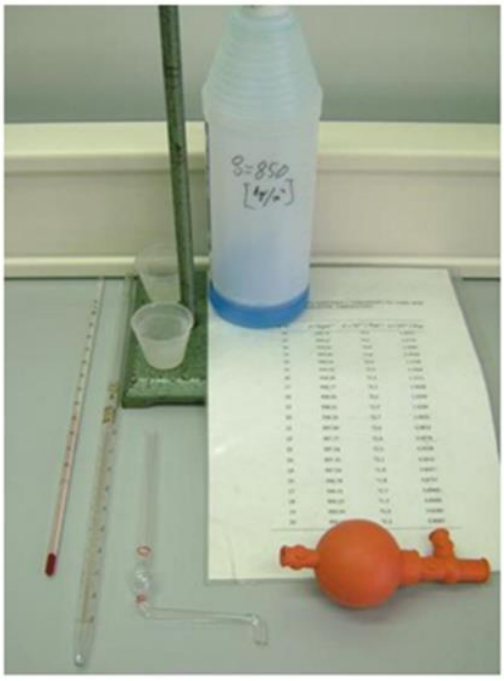
Napetost površine može se odrediti na razne načine. Neke od metoda su:

- Mjerenje stalagmometrom
- Metoda otkidanja prstena po Du Nouyu; torziona vaga
- Optička analiza geometrije kapi

3.1. MJERENJE POVRŠINSKE NAPETOSTI STALAGMOMETROM

Ovo je metoda za brzo utvrđivanje relativne napetosti površine, a temelji se na brojanju kapljica potrebnih za izlijevanje određenog volumena tekućeg uzorka iz stalagmometra.

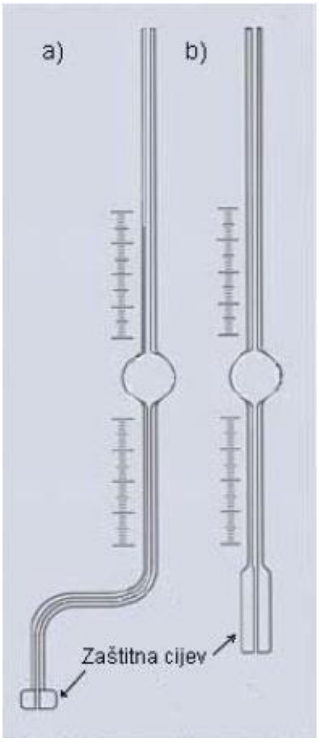
Stalagmometar je instrument nalik staklenoj trbušastoj cijevi (pipeti), ali ravno odrezanog donjeg kraja koji je izvana trajno obložen zaštitnom cijevi. Za ispitivanje viskoznijih tekućina koristi se ravni stalagmometar u svom najdonjem dijelu stanjen u kapilaru. Tečnije tekućine proučavaju se stalagmometrom koji je ispod proširenja savijen u obliku slova „S“. Unutrašnja stjenka donjeg dijela instrumenta je izrazito glatka, kako bi veličina kapi koja iscuri iz njega proporcionalno ovisila o površinskoj napetosti tekućine. Naime, što je napetost površine uzorka veća, to su i kapljice u obliku kojih se izlijeva veće, a shodno tome ih je i manji broj u odabranom volumenu.



Slika 10: Pribor za mjerenje površinske napetosti stalagmometrom (termometar, pipeta, stalagmometar, dvije čaše, stalak sa držačem, propipeta, tablica sa vrijednostima površinske napetosti pri različitim temperaturama). [16]

Slika 11: Detalj sastavljene aparature za mjerenje napetosti površine stalagmometrom.[16]

Stalagmometar na gornjem dijelu ima ugravirane dvije oznake, te je time određen volumen *V*. Cijev završava kapilarom kroz koju istječe tekućina u kapima. Stalagmometar se napuni pomoću priložene pipete malo iznad označene razine. Kapi se počnu brojati tek kada razina padne na nivo gornje oznake, i s brojanjem se nastavlja sve dok se razina tekućine ne spusti do donje oznake.



Slika 12: Stalagmometar za ispitivanje viskoznih tekućina [8]

Ukoliko je poznata gustoća uzorka, na temelju dobivenih rezultata mjerenja može se izračunati relativna površinska napetost (σ_{rel}) pomoću izraza (1):

$$\sigma_{rel} = (z_1\rho_2) / (z_2\rho_1) = \sigma_2/\sigma_1 \quad (1)$$

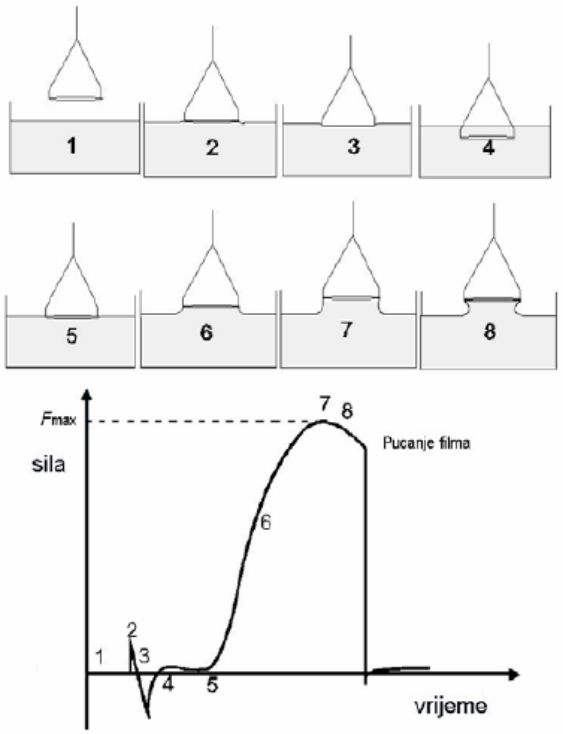
gdje z_1 i z_2 označavaju broj kapi, ρ_1 i ρ_2 gustoće, a σ_1 i σ_2 površinske napetosti prvog i drugog uzorka.

Ako je poznata površinska napetost jednog, može se izračunati apsolutna površinska napetost drugog uzorka, s kojim se prvi uspoređuje.

3.2. METODA OTKIDANJA PRSTENA PO DU NOUYU; TORZIONA VAGA

Apsolutna napetost površine tekućina najčešće se određuje uz pomoć tenziometra. Taj instrument mjeri rezultantnu silu koja se javlja prilikom kontakta slobodno viseće sonde i površine uzorka. Ona ovisi o obliku i veličini sonde, kutu između nje i tekućine te napetosti površine uzorka. Izračunavanje površinske napetosti iz izmjerenih vrijednosti uvelike je olakšano ukoliko spomenuti kut iznosi 0°. takva optimalna smočljivost postiže se izradom sondi od posebnih materijala, najčešće platine i njenih legura.

Du Nouy-eva metoda prstena istražuje koliko jedna prstenasta sonda može rastegnuti površinu tekućine. Materijal od kojeg se izrađuje je obično legura platine i iridija. Takav se prsten uroni u uzorak i potom polako izvlači iz njega. Pritom podiže meniskus tekućine. Daljnjim udaljavanjem od uzorka, površina tekućine se sve više povećava, vrijednosti volumena izdignute tekućine i sile koja ga stvara sve više rastu i dostižu maksimalnu vrijednost. Slijedi njeno potpuno smanjenje, pucanje površinskog filma i povratak sustava u prvobitan položaj.

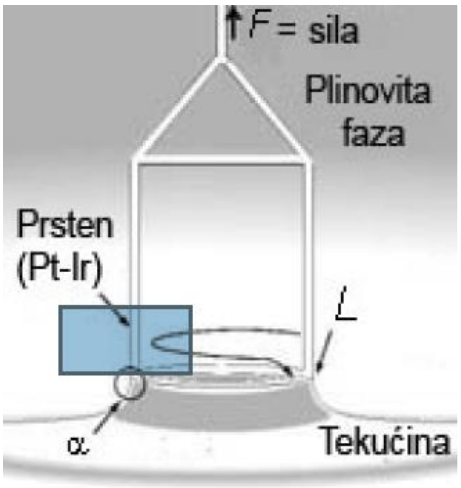


Slika 13: Promjena površinske napetosti uzorka tijekom mjerenja Du Nouy-evom metodom prstena [8]

Na tenziometru se očitava sila kojom se prsten podiže putem utega ili torzione opruge. Da bi se izračunala površinska napetost uzorka važno je znati maksimalnu vrijednost izmjerene sile, što jest u slučaju kada je vektor sile paralelan sa smjerom gibanja prstena odnosno kada kut između meniskusa uzorka i sonde iznosi 0° (cosα = 1).

$$\sigma = F_{max} / (L \cos\alpha) \quad (2)$$

gdje je F_{max} maksimalna vrijednost izmjerene sile, a L smočena duljina prstena.



Slika14: Shematski prikaz Du Nouy-eve metode prstena [8]

Iz matematičkog izraza (2) vidljivo je da se maksimalna vrijednost sile dijeli duljinom prstena koja je u doticaju s tekućinom. Budući da je prsten zapravo savijena žica, ta je duljina zbroj unutarnjeg i vanjskog opsega kruga čiji se polumjeri međusobno razlikuju za njezinu debljinu. Najčešće se iskazuje u obliku (izraz 3):

$$L = 4R\pi \quad (3)$$

R je srednja vrijednost dvaju polumjera.

Prilikom izračunavanja površinske napetosti uzima se u obzir i težina volumena podignute tekućine koja je obuhvaćena izmjerenom silom. Treba obratiti pozornost i na zakrivljenost površinskog filma koja je drukčija za unutarnji i vanjski rub prstena. Kut α poprima vrijednosti od 0° za unutarnji i vanjski obod prstena pri

malčice različitim udaljenostima od ravnine uzorka. Zbog toga izmjerena maksimalna sila ne odgovara u potpunosti stvarnoj te se navedena matematička formula za dobivanje površinske napetosti uzorka množi korekcijskim faktorom. On se na temelju poznatih činjenica pročita iz prikladnih tablica.

Najpreciznije tablice primjenjive na velik broj sustava su Harkins i Jordan mjereći površinsku napetost prstenjem različitih polumjera. Pri tom su uzeli u obzir prosječni polumjer prstena i polumjer poprečnog presjeka žice od koje je napravljen, gustoće medija na čijoj se granici mjeri napetost i volumen prstenom postignute tekućine.

Za vrijednosti površinske napetosti manje od 25 mN/m prikladnije su tablice Zuidema i Waters-a dobivene interpoliranjem podataka Harkins-Jordan tablica.

Korištenjem matematičkih metoda Huh i Mason izradili su tablice većeg raspona primjene, ali i manje preciznosti od Harkins-Jordan-ovih.

Prednosti Du Nouy-eve metode:

- Kratko vrijeme mjerenja
- Smočena duljina pločice je tri puta manja od duljine prstena, pa je sila koja djeluje na uravnoteživanje prstena veća i preciznija. To je važno pri određivanju malih vrijednosti površinskih napetosti.
- Kationski surfaktanti lakše moče leguru platine i iridija od čiste platine, zbog čega je prsten iste površine kao i pločica u ovom slučaju ipak više smočen.
- Nema utjecaja na kut močenja
- Obilje podataka iz literature za usporedbu, budući da je ovo najstarija metoda mjerenja površinske napetosti.

3.3 OPTIČKA ANALIZA GEOMETRIJE KAPI

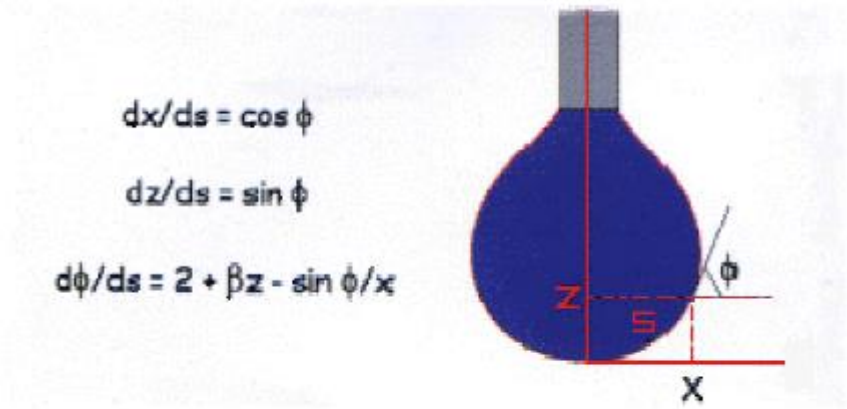
Pri visokim tlakovima i temperaturama površinska napetost se može izračunati optički analizirajući geometriju kapi stvorene na vrhu posebne kapilare potiskivanjem tekućine kroz nju. Naime, oblik kapi je određen različitim silama. Preciznije podatke dobivene ovom metodom viseće kapljice (engl. *pendant drop method*) osigurava računalna kontrola uređaja i sofisticirani softver.

Površinska napetost računa se prema izrazu (4):

$$\sigma = d\rho\, g\, r_0^2 / \beta \text{ (11)} \qquad (4)$$

gdje je $d\rho$ razlika u gustoći između dva fluida na čijoj granici se mjeri napetost, r_0 polumjer zakrivljenosti na vrhu kapi, a β čimbenik oblika definiran Young-Laplace-ovom jednadžbom.

Oblik kapi opisan je trima bezdimenzionalnim jednadžbama kojima se može izraziti Young-Laplace-ova jednadžba.



Slika 15: Bezdimenzionalne jednadžbe za opis oblika kapi [8]

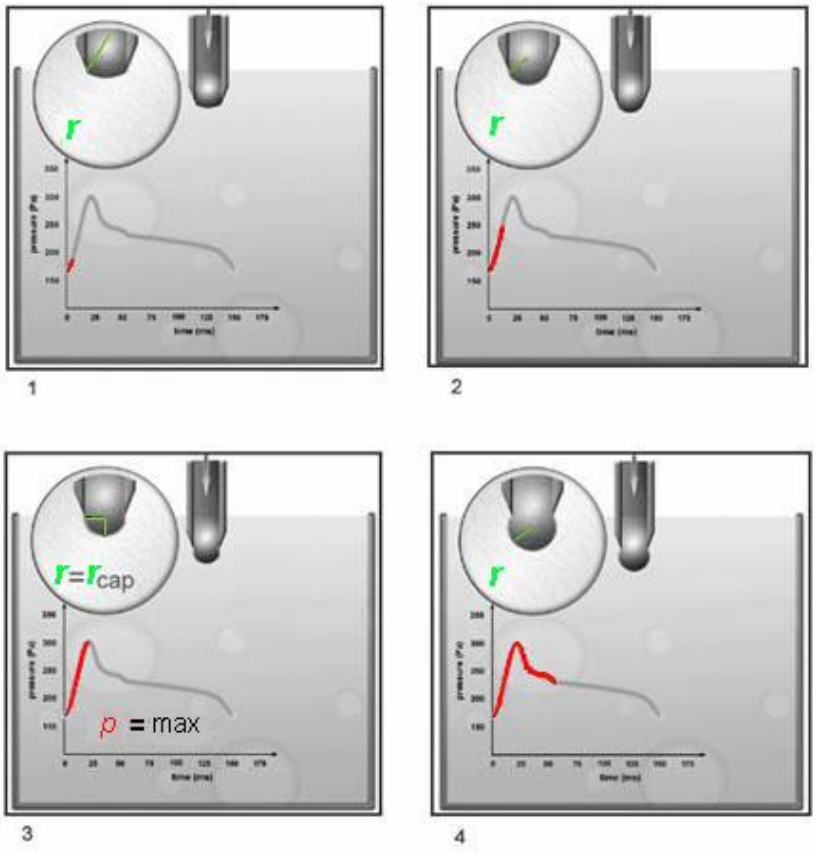
Prema metodi tlaka mjehurića (engl. *bubble pressure method*) se rezultati mjerenja hidrostatskog i maksimalnog tlaka mjehurića zraka upuhnutog u tekućinu

uvrštavaju u Laplace-ovu jednadžbu da bi se dobila vrijednost površinske napetosti uzorka (izraz 5):

$$\sigma = (p_{max} - p_{pgh})\, r / 2 \ (12) \qquad (5)$$

p_{max} označava maksimalan tlak u mjehuriću, p_{pgh} hidrostatski tlak u kapilari, a r je polumjer kapilare odnosno mjehurića u trenutku kada zaprema najmanji volumen.

Zrak se podešenom brzinom upuhuje kroz kapilaru uronjenu u ispitivanu tekućinu. Pritom poprima oblik mjehurića čiji se volumen i tlak mijenjaju kako putuje spomenutom cjevčicom. U trenutku kada je polumjer mjehurića jednak onom kapilare, mjehurić zaprema najmanji volumen, a njegov unutarnji tlak dostiže maksimum kojeg bilježi mjerni instrument.



Slika 16: Promjena tlaka ***p*** prilikom nastajanja mjehurića odnosno šupljine upuhivanjem zraka u tekućinu kroz kapilaru. ***r*** je polumjer zakrivljenosti fluida na vrhu cjevčice. [8]

Povisivanjem temperature površinska napetost se smanjuje i konačno potpuno izostane na određenoj vrijednosti karakterističnoj za sustav. Zbog toga je važno uvijek navesti temperaturu na kojoj se mjerila kako bi se dobiveni podaci mogli uspoređivati s drugima.

4. TENZIDI

Tenzidi ili surfaktanti su površinske aktivne tvari koje smanjuju površinsku napetost vode te tako omogućuju nastajanje pjene. Oni su glavni sastojci deterdženata, a koriste se i kao emulgatori, omekšivači i odmaščivaći. Tako da vjerojatno ne postoji sredstvo za čišćenje stvari ili tijela da nema tenzida. U kozmetici su u vrlo širokoj upotrebi kao pjenila, a zato što utječu na odvajanje ulja i nečistoće od podloge. Možemo ih pronaći u brojnim proizvodima kao što su sapuni, šamponi, deterdženti za pranje rublja, gelovi za tuširanje, paste za zube, itd.

Otapanjem u vodi tenzidi, već i u najmanjim koncentracijama, znatno smanjuju površinsku napetost vode u odnosu na zrak ili na neku drugu graničnu površinu. Tako jedan dobar tenzid snizuje površinsku napetost vode sa 70 mN/m na 30 mN/m. Oni djeluju na površinama, pa ih zovemo i površinski aktivnim sredstvima. Molekule su im sastavljene od hidrofobnog i hidrofilnog dijela. Ova veza topivog dijela u ulju s topivim dijelom u vodi u jedan zajednički sustav, uzrokuje posebna svojstva površinsko aktivnih sredstava, koji je svojstven samo toj vrsti spojeva. Principijelno možemo prikazati građu tih spojeva pomoću dugog hidrofobnog repa i glave koja se sastoji od hidrofilne skupine ili više hidrofilnih skupina koja(e) ih čini(e) vodotopivima.

4.1. PODIJELA TENZIDA

Tenzidi se dijele prema upotrebi i prema ionskom naboju. Prema upotrebi se dijele na sredstva za pranje i čišćenje, sredstva za močenje, sredstva za emulgiranje, sredstva za dispergiranje i sredstva za pjenjenje. Prema ionskom naboju dijele se na anionske, kationske, neionske i amfolitske tenzide. Razlika među njima je u ionskom naboju ali i u primjeni. Anionski tenzidi se najčešće koriste za pranje, odnosno kod proizvodnje deterdženata, dok se kationski tenzidi koriste za dezinfekciju. Neionski tenzidi su sastavni dio različitih proizvoda za čišćenje, sapuna i tkanine, dok se amfolitski tenzidi najčešće koriste u kozmetičkoj industriji kao pojačivači pjene u šamponima ili antistatične tvari u regeneratorima za kosu.

1. **Anionski ili anionaktivni tenzidi**

Molekule im disociraju u vodenim otopinama na negativni površinsko aktivni ion-anion koji ima jednu ili više negativno nabijenih skupina i kation, najčešće natrija ili kalija

2. **Kationski ili kationativni tenzidi**

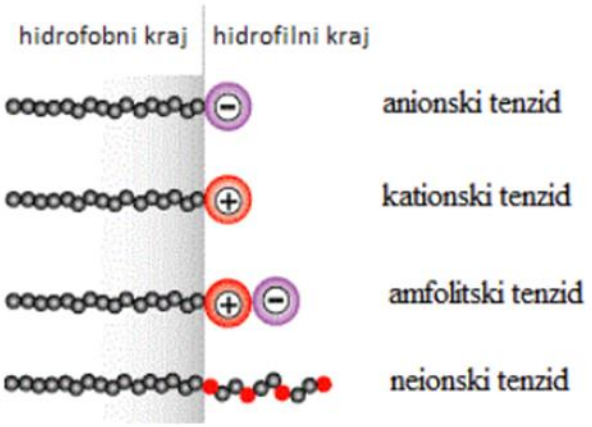
Molekule im također disociraju u vodi na pozitivno nabijeni površinsko aktivni ion-kation i anion, najčešće klorid ili bromid.

3. **Neionski ili neionogeni tenzidi**

Ne disociraju u vodi. Hidrofillni dio ovih molekula u pravilu se sastoji od više hidrofilnih skupina koje stoje u određenoj ravnoteži s hidrofobnim ostatkom čime se postižu različiti stupnjevi topivosti. Najčešće su to etoksi skupine, (-CH2-CH2-O-), a u najnovije vrijeme i glukozidne skupine.

4. **Amfoterni ili amfolitski tenzidi**

Amfoterni tenzidi ovisno o pH otopine imaju pozitivan ili negativan naboj ili su pak električki neutralni. U svojoj molekuli sadrže anionsku i kationsku skupinu. Hidrofilna skupina određuje grupu tenzida i njegova svojstva u vodenim otopinama. Anionski tenzidi su negativno nabijeni i adsorpcijom na tekstilnim vlaknima i česticama prljavštine povećavaju u vodenim otopinama njihov negativan naboj, te zbog elektrostatskog odbijanja olakšavaju njihovo međusobno odbijanje u pranju.



:

Slika 17: Klasifikacija tenzida [11]

Tablica 2: Primjeri uporabe tenzida po kategorijama [5]

Kategorija	Hidrofilna grupa	Primjer
Anionski tenzidi	$-COO^-$ $-SO_3^-$ $-OSO_3^-$	Sapun Alkilbenzensulfonati, Alkansulfonati Alkilsulfati, alkiletersulfati
Neionski tenzidi	$-(CH_2CH_2O)_n^-$ (n = 2-20)	Etoksilati masnih alkohola
Kationski tenzidi	$> N \rightarrow O$ $-\overset{\overset{\displaystyle l}{\vert}}{\underset{\underset{\displaystyle I}{\vert}}{N^+}}-$	Amin N-oksidi Kvarterni amonijevi spojevi s jednom ili dvije hidrofobne skupine Soli dugolančanih primarnih amina
Amfolitski tenzidi	$-\overset{\overset{\displaystyle l}{\vert}}{\underset{\underset{\displaystyle l}{\vert}}{N^+}}-(CH_2)_n-COO^-$ (n = 2 ili 3)	Acilamidoalkil betaini

4.1.1. Kationski tenzidi

Kationski tenzidi su kvarterni amonijevi spojevi. Ove molekule sadrže barem jedan hidrofobni ugljikovodični lanac vezan za pozitivno nabijen dušikov atom, druge alkalne skupine kao što su metilna i benzil skupina. Molekule kationskih tenzida disociraju u vodi na površinski aktivan kation i anion, najčešće klorid ili bromid.

Dugolančani kationski tenzidi kao što su distearuldimetil amonijev klorid (DSDMAC) pokazuju izuzetno visoku snagu adsorpcije s obzirom na različite površine. Oni se vrlo snažno adsorbiraju na površinu prirodnih vlakana, kao što su pamuk, vuna i lan. Adsorpcija na sintetička vlakna je manje izražena. Ovakvo ponašanje podrazumijeva kompletnu pokrivenost graničnih površina.

Istovremeno, kationski tenzidi pokazuju ponašanje suprotno ponašanju anionskih tenzida što se tiče odnosa naboja na krutinama. Budući da su molekule tenzida pozitivnog naboja, njihovom adsorpcijom smanjuje se negativni ζ-potencijal krutina prisutnih u vodenoj otopini te se time reducira i međusobno odbijanje, uključujući ono između nečistoća i vlakna. Upotreba veće koncentracije tenzida uzrokuje promjenu naboja; krute čestice postaju pozitivno nabijene, rezultirajući količine kationskih tenzida te ako su njihovi alkilni lanci donekle dulji od lanaca odgovarajućih anionskih tenzida. Ta činjenica ima mali praktični značaj, međutim, budući da naknadno ispiranje i razrjeđivanje uzrokuje promjenu naboja u smjeru negativnih ζ-potencijala, veliki dio prethodno uklonjene nečistoće ponovo bude privlačan na vlakna. Zbog toga se kationski tenzidi upotrebljavaju samo u svrhu postizanja određenih specijalnih učinaka koji uključuju primjene u ciklusu ispiranja kao omekšivači tkanina te kao antistatička sredstva i dezinficijensi.

Smjese napravljene od ekvivalentnih količina anionskih i kationskih tenzida ostaju gotovo neadsorbirane na površinama i na taj način ne pokazuju nikakve učinke pranja. Reakcije između anionskih i kationskih tenzida proizvode neutralne soli s ekstremno niskom topljivosti u vodi. S obzirom na proces pranja, ove soli se ponašaju kao dodatno opterećenje masnim nečistoćama. S druge strane, dodatak male količine određenog specifičnog kationskog tenzida anionskom tenzidu, ili čak neionskom tenzidu, može poboljšati svojstva deterdžentnosti.

Neionski tenzidi su više „tolerantni“ na prisutnost kationskih tenzida nego anionski tenzidi. Njihove smjese se ponekad koriste u specijalnim deterdžentima koji djeluju u ciklusu pranja i omekšavaju tkanine. U takvim se slučajevima mora uzeti u obzir da adsorpcija kationskog tenzida može biti uvelike reducirana prisutnošću neionskog tenzida, pa ovisno o njegovoj koncentraciji može doći do negativnog utjecaja na omekšavanje tkanine.

Kationski tenzidi predstavljaju samo 6-7% ukupno proizvedenih tenzida. Najčešće su to kvaterne amonijeve soli. To su derivati amonijevih spojeva u kojima su sva četiri atoma vodika vezana na dušik zamijenjena hidrokarbilnim skupinama. Kationski tenzidi dobro podnose promjene pH. Polarnu “glavu“ čini pozitivno nabijen dušikov atom ili amidna skupina. Osim dušika mogući su fosfor i sumpor. Kationski tenzidi su uglavnom blago kiseli i nisu kompatibilni s lužnatim otopinama. U aerobnim uvjetima su biorazgradivi, ali i pri malim koncentracijama zadržavaju toksičnost.

.

Tablica 3: Biorazgradivost kationskih tenzida najčešće upotrebljavanih u industrijskom pranju tekstila i u pranju u domaćinstvima [5]

Tenzid	Biorazgradnja	Uvjeti za uspješnost biorazgradnje
Tenzidi na bazi kvaternih amonijevih spojeva	aerobna	kratki alkilni lanac
Dietilester dimetil amonijev klorid	aerobna ili anaerobna	nije specificirano

4.2. UPORABA TENZIDA

Najstariji poznati tenzid je sapun, poznat više od 2000 god. Velika je važnost tenzida u modernom svakodnevnom životu i imaju široko područje primjene. Tenzidi imaju važnu ulogu u mnogim praktičnim primjenama i u sastavu su mnogih proizvoda. Koriste se u:

- Deterdžentima za pranje i čišćenje u kućanstvu i industriji
- Tekstilnoj industriji kao omekšivači tkanina i močila
- Prehrambenoj industriji

- Naftnoj industriji
- Proizvodnji premaznih sredstava
- Industriji agrokemikalija
- Industriji papira
- Kao aditivi u cementu
- Kod fluidizacije ugljena i flotacije ruda
- Kod površinske obrade metala
- U emulzijskoj polimerizaciji
- U farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji

Tablica 4: Potrošnja tenzida na svjetskoj razini po kategorijama [17]

Tip tenzida	Potrošnja/%
Anionski tenzidi	59
Neionski tenzidi	33
Kationski tenzidi	7
Amfolitski tenzidi	1

4.2.1. UPORABA KATIONSKIH TENZIDA

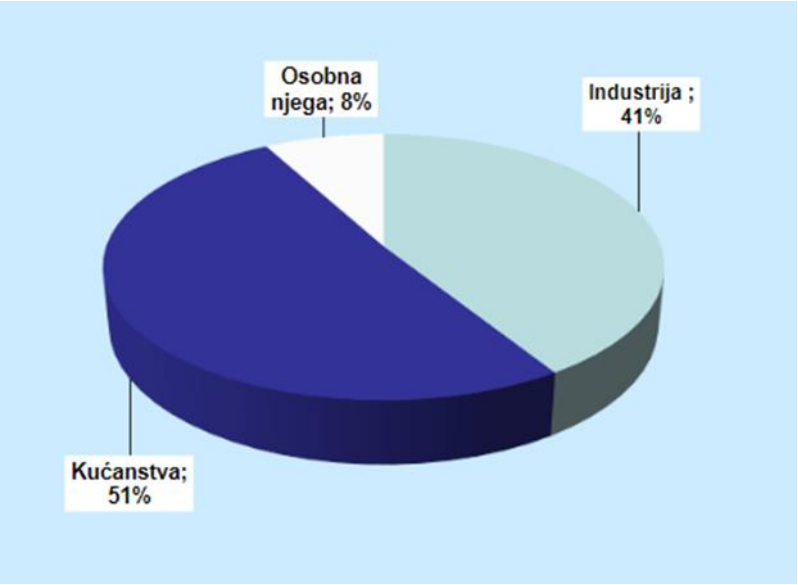
Primjena ovisi o tipu tj. kemijskoj strukturi kationskog tenzida. Nisu primarni tenzidi u deterdžentima, nego sam poboljšavaju svojstva anionskih tenzida, samostalno nisu za pranje. Koriste se kao omekšivači tkanina i regeneratori za kosu, u sredstvima za čišćenje, kao uguščivači, za proizvodnju organskih glina, na naftnim poljima za sprječavanje začepljenja cijevi kao i začepljenje pukotina nastalih prilikom vađenja nafte, u primjeni u gorivu, biocidalna primjena, imaju antimikrobna, baktericidna, antikorozijska svojstva, te svojstva lakog stvaranja emulzija. Često se koriste u industrijskim, dezinfekcijskim, kozmetičkim i farmaceutskim proizvodima, algicidnim sredstvima, sredstvima za suzbijanje plijesni. Vrlo je lako odrediti njihove točne koncentracije, zbog toga jer se velike količine svakodnevno proizvode i koriste, te zbog činjenice da su zagađivači okoliša.

4.3. RAZVOJ PROIZVODNJE TENZIDA I NJIHOVA PRIMJENA

Proizvodnja i primjena tenzida u tekstilnoj industriji pokazuju porast iz godine u godinu. Svoju primjenu tenzidi su našli u kućanstvu i industriji (npr. u tekstilnoj industriji, proizvodnji pića, industriji za preradu metala i dr.), te hotelima, bolnicama i dr., kao sredstvo za pranje, ispiranje čišćenje, održavanje i njegu tijela u obliku raznih sapuna, kupki sl. može se reći da je potrošnja tenzida danas znak određenog standarda, čistoće i higijene.

Kod proizvodnje tenzida otpada na:

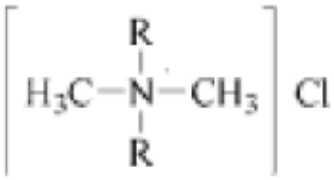
- proizvode za kućanstvo 51 %
- proizvode za industriju 41 %
- proizvode za njegu tijela 8 %



Slika 18: Svjetska potrošnja tenzida po glavnim područjima primjene (podaci za 2000. god., ukupno 10,5 miliona tona) [17]

4.3.1. Razvoj i primjena kationskih tenzida

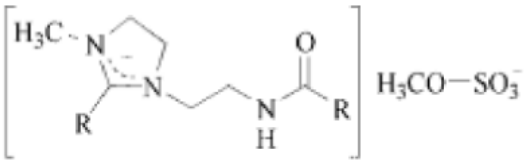
Prvi tenzid razvijen u ovoj skupini bio je distearildimetilamonij klorid (DSDMAC), predstavljen 1949. kao omekšivač tkanine za pamučne pelene, a godinu kasnije kao omekšivač tkanina u ciklusu ispiranja rublja.



Slika 19: Dialkildimetilamonij klorid (R=C_{16-18}) [9]

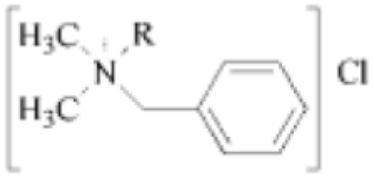
Tek sredinom 1960-tih su ovi tenzidi počeli dobivati veći utjecaj kao dodaci nakon pranja rublja.

Imidazonalne soli su dobile mjesto kao omekšivač u ciklusu ispiranja.



Slika 20: Imidazolna sol (R=C_{16-18}) [9]

Alkildimetilbenzilamonij kloridi pokazuju samo ograničeni karakter omekšavanja tkanina, ali se koriste u dezinfekcijske svrhe zbog njihove aktivnosti prema gram pozitivnim i gram negativnim bakterijama. Zbog visokog adsorpcijskog kapaciteta također se primjenjuju i kao antistatička sredstva u proizvodima koji se koriste nakon pranja.

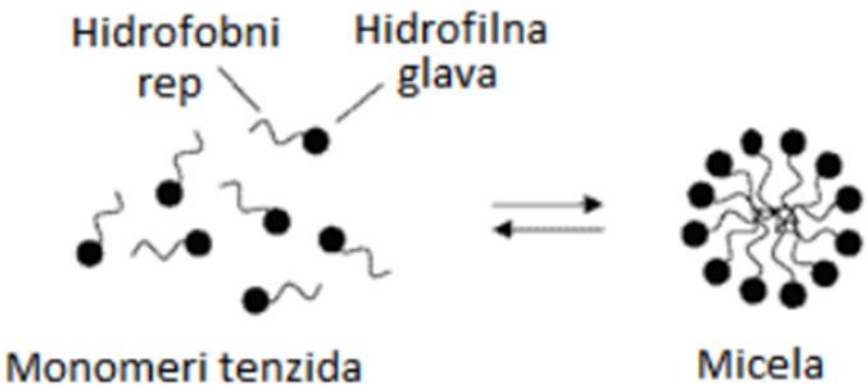


Slika 21: Alkildimetilbenzilamonij klorid ($R=_{8-18}$) [9]

4.4. GRAĐA TENZIDA

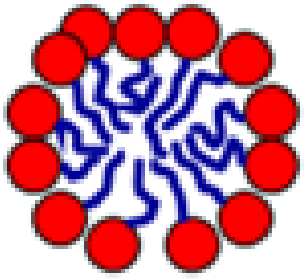
Površinski aktivne tvari ili tenzidi karakterizirani su svojom amfoternošću. Njihove molekule izgrađene su od hidrofobnog dijela, koji se nalazi na manje ili više dugom lancu C-atoma. Hidrofobni dio vezan je s hidrofilnim grupama.

Tenzidi ili površinski aktivne tvari su organski spojevi koji u molekuli sadrže barem jednu liofilnu i jednu liofobnu grupu. Miceli su nakupine ili agregati molekula tenzida. Na slici 22 prikazana je građa tenzida.



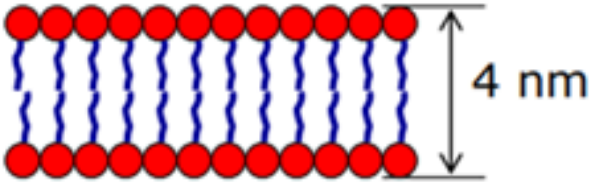
Slika 22: Građa tenzida [17]

Poznato je da se tenzidi u vodenim otopinama nakon određene koncentracijske granice udružuju tvoreći micele. Nađeno je da se npr. anionski tenzidi u vrlo razrijeđenim otopinama ponašaju kao jaki elektroliti. Povećanjem koncentracije dolazi, najprije, do nastajanja relativno malih agregata koji u jednom uskom području koncentracije, pri tzv. kritičnoj koncentraciji prelaze u veće agregate. Unutrašnja građa ovih agregata (micela) je nesređena. Pod utjecajem Van der Waals-ovih sila hidrofobni se dijelovi međusobno približavaju, a hidrofilni dijelovi ostaju na vanjskoj strani okrenuti prama vodi. Nastaju formacije sferičnih ili kuglastih micela (oblika) s negativnim nabojem prema vani (slika 23).



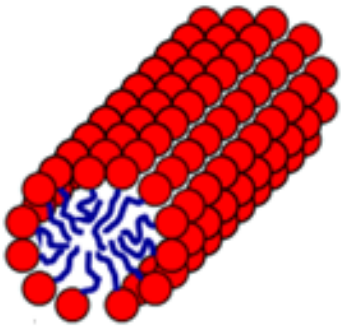
Slika 23: Kuglasta ili sferična micela [5]

Osim sferičnih micela postoje još i laminarne micele (slika 24). Budući da se sva fizikalno kemijska svojstva otopina tenzida nisu mogla protumačiti samo pomoću sferičnih micela. Postojanje laminarnih micela dokazano je mjerenjem raspršivanja rendgenskih zraka u otopini tenzida. U laminarnim micelama molekule tenzida su postavljene paralelno. Hidrofobni dijelovi molekule tenzida su okrenuti jedni prema drugima, a hidrofilni prema vodi tvoreći kristalni paket.



Slika 24: Laminarna micela [5]

Smatra se da najprije nastaju sferične ionske micele koje zadržavaju svoj električni naboj, a zatim laminarne. Ispitivanjem električne vodljivosti može se zaključiti da postoje i jedne i druge micele u otopini većih koncentracija. Ispitivanja na kationskim tenzidima pokazala su da postoji i cilindrična agregacija molekula tenzida (slika 25). Prema ovoj teoriji molekule su raspoređene radijalno oko osi cilindra i hidrofobni lanci su okrenuti prema unutrašnjem dijelu, a hidrofini prema van. Dobivaju se međusobno paralelni slojevi koji su svi okomiti na os cilindra.



Slika 25: Cilinrdična micela [5]

Opći zaključak bi bio da se otopini površinski aktivnih sredstava određenih koncentracija nalaze micele različitih oblika, a oblici ovise o više faktora i to:

- kemijskoj građi tenzida
- otapalu
- prisutnosti elektrolita
- temperaturi i drugim uvjetima

5. TENZIDI U OTPADNIM VODAMA

Danas se čovječanstvo suočava s činjenicom sve većeg porasta količina otpadnih voda. Usprkos primjeni, suvremenih tehnoloških postupaka, koji umanjuju emisiju štetnih tvari u okolinu, zagađivanje zemljišta, mora i rijeka sve je veće.

U tekstilnoj industriji najveće količine otpadnih voda nastaju nakon mokrih obrada. Smatra se da oko 250 miliona m^3 otpada godišnje na otpadne vode tekstilne industrije. Tekstila industrija se općenito susreće sa znatnom potrošnjom vode. U tablici 5 prikazana je ukupna količina otpadnih voda u Republici Hrvatskoj u 2012. i 2013. godini.

Tablica 5: Ukupna količina otpadnih voda u Republici Hrvatskoj u 2012. i 2013. godini[8]

	2012.	2013.	Indeks 2013./2012.
Otpadne vode – ukupno/ m^3	328 553	393 544	120
Iz kućanstva/ m^3	184 408	194 052	105
Iz gospodarstva/ m^3	62 477	71 318	114
Iz industrije/ m^3	81 668	128 174	157

U industrijskim otpadnim vodama nalaze se štetne tvari anorganskog i organskog podrijetla koje smanjuju količinu kisika u vodi. To su najčešće razne soli, oksidacijska i redukcijska sredstva, zatim kerijeri i bojila, tenzidi (deterdženti), ioni metala, sredstva za stvaranje kompleksa, škrobna sredstva, ulja, masti i druge prateće tvari.

Osnovna karakteristika tenzida je da smanjuje međupovršinske napetosti. Tako da npr. koncentracija od 1 g dm^{-3} smanjuje napetost površine vode od $72 \cdot 10^{-5}$ N cm^{-2} na $30 \cdot 10^{-5}$N cm^{-1}.Tenzidi u otpadnim vodama otežavaju samopročišćavanje vodotoka i utječu na život riba i nižih organizama. U vodenom mediju molekule tenzida nastoje smanjiti svoju hidrofobnu površinu. Zbog toga dolazi do agregacije molekula i do stvaranja micela. U točki stvaranja micela koncentracija tenzida naziva

se kritična koncentracija micela. Na ovoj koncentraciji niz fizikalnih i funkcionalnih svojstava tenzida dostigne svoj maksimum, te dalje povećanje koncentracije nema značajnog utjecaja kod praktične primjene.

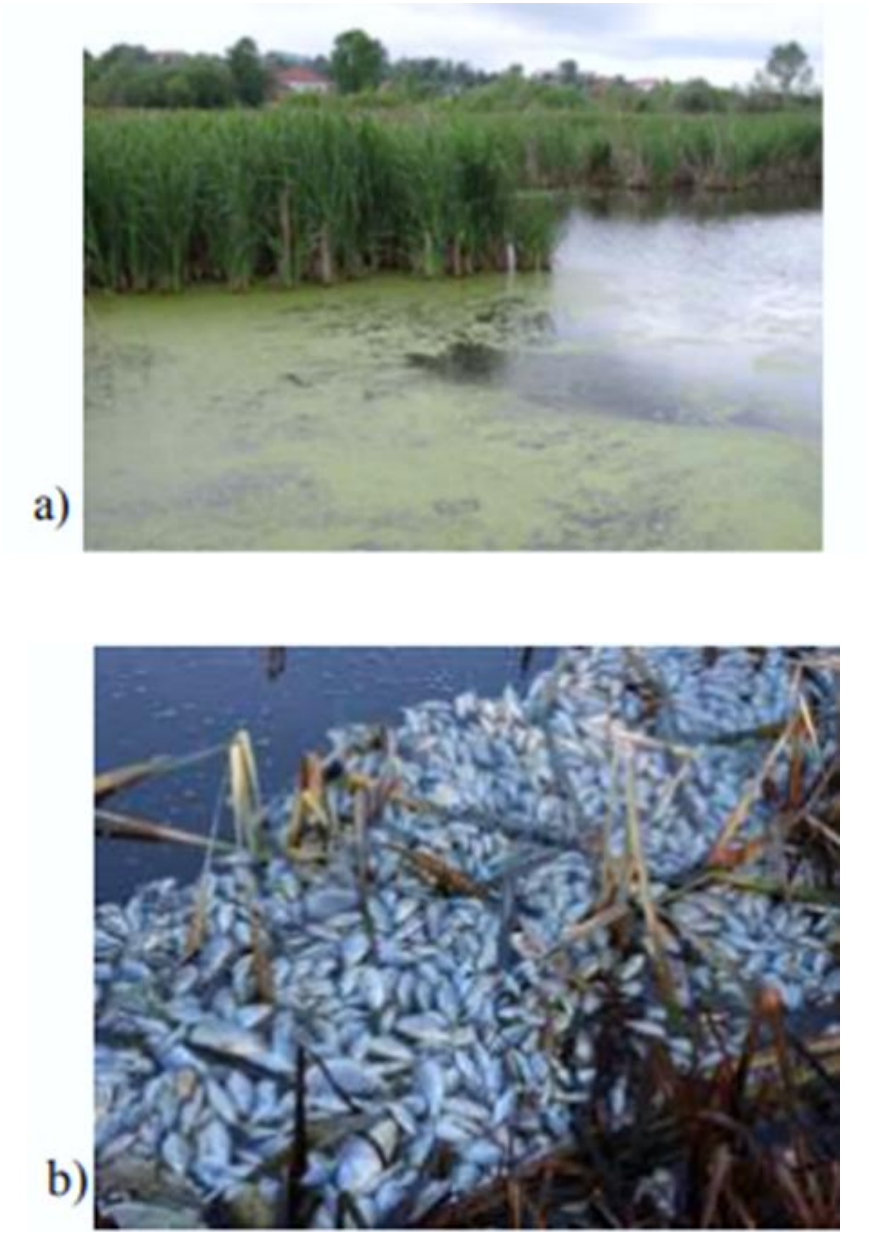
Npr. kod neionskih tenzida između kritične koncentracije micela i broja molova vezanog etilenoksida postoji eksponencijalna ovisnost prikazana izrazom (6):

$$CMC = e^{(ax + b)} \quad (6)$$

gdje su a i b konstante, a x je broj molova etilenoksida.

Pomoću kritične koncentracije se može odrediti koncentracija tenzida potrebna za upotrebu, a time i očekivati količine u otpadnim vodama. U ovom stoljeću napravljen je značajni napor u znanosti na razvoju kemije površinski aktivnih tvari. Npr. petrokemijska industrija ima značajno mjesto u proizvodnji tenzida svih tipova.

Sve većom upotrebom tenzida raste i njihova količina u otpadnim vodama, te je stoga značajno praćenje tijekom procesa, kao i svrsishodno eliminiranje tenzida, jer u većim koncentracijama ugrožavaju floru i faunu vodo tokova u koje se ta otpadna voda ispušta. Utječu na smanjivanje flokulacije bojila, a također usporavaju taloženje suspendiranih čestica (zbog smanjenja napetosti površine vode i njihovog dispergirajućeg djelovanja). Sredstva za pranje i ispiranje s aromatskim prstenima, drugima alkiloksidnim lancima ili razgranatim alkilnim lancima teško se biološki razgrađuju, tako da su prisutni u većim ili manjim količinama u otpadnim vodama dulje vrijeme nakon ispuštanja iz pogona. Npr. sulfati masnog alkohola pokazuju beznačajno ponašanje kod razgradnje, za razliku od tenzida s nerazgranatim alkilnim lancima, gdje je to značajno.



Slika 26: Primjeri eutrofikacije a) stvaranje mulja, b) utjecaj na organizme vodnog Sustava [1]

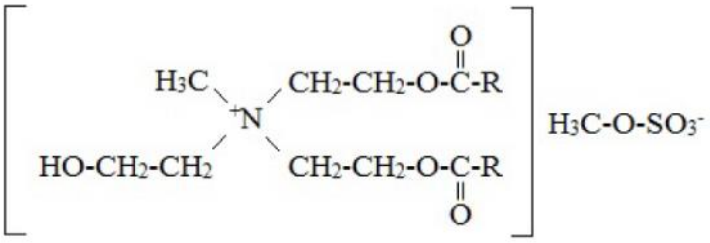
Tablica 6: Maksimalna dozvoljena koncentracija tenzida u otpadnim vodama u Republici Hrvatskoj. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisije otpadnih voda (NN 94/08) [11]

Vrste tenzida	MDK $mgdm^{-3}$	
	Površinske vode	Kanalizacijski sustav
Anionski tenzidi	1.0	10.0
Neionski tenzidi	1.0	10.0
Kationski tenzidi	0.2	2.0

5.1. Kationski tenzidi u otpadnim vodama

Suvišak količine tenzida odlazi u otpadnu vodu, gdje nakon razgradnje mogu biti prisutni razni spojevi koji onečišćuju okoliš. Tako npr. kod kationskih tenzida u okolišu nalazimo produkt distearildimetilamonijev klorid ili u sredstvima za pranje bez fosfata danas su sastavni dijelovi polikarboksilati, koji zaostaju također u okolini i mogu štetno odnosno toksično djelovati na niže organizme vodenih sustava.

U novoj generaciji omekšivača rublja, DSDMAC je zamijenjen esterkvatima. Za razliku od DSDMAC, esterkvati su lakše biorazgradivi i to svojstvo duguju svojim esterskim vezama, tj. njihovoj točki pucanja. Esterkvanti su tenzidi dobiveni esterifikacijom i imaju povoljna ekotoksikološka i toksikološka svojstva. Svi dostupni podaci dokazuju da esterkvati ne predstavljaju opasnost za živuće organizme.



Esterkvat (EQ)

Slika 27: Esterkvat (EQ) [9]

6: TENZIDI U PRIRODNOJ KOZMETICI

Tenzidi su glavni sastojci proizvoda za čišćenje i održavanje higijene.

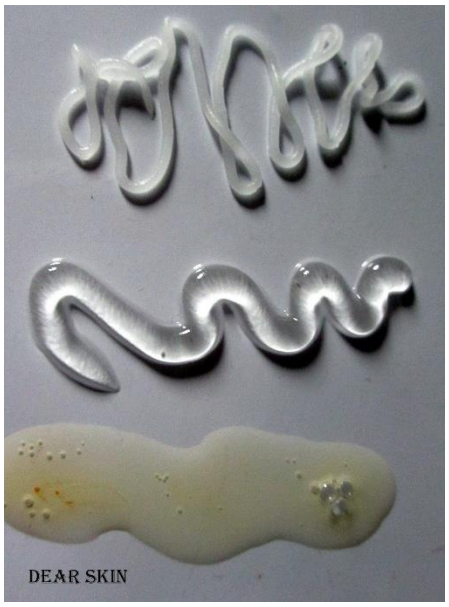
Tablica 7: Potrošnja proizvoda za osobnu njegu (koji sadrže tenzide), (podaci za 2000. god. za SAD, ; ukupno 2,2 miliona tona). [17]

➢Preparati za brijanje	3 %
➢Zubne paste	6 %
➢Tekući sapuni	5 %
➢Toaletni sapuni	13 %
➢Proizvodi za kupanje i tuširanje	6 %
➢Proizvodi za njegu kože	13 %
➢Proizvodi za njegu kose	28 %
➢Ostalo	26 %

6.1. KATIONSKI TENZIDI U PRIRODNOJ KOZMETICI

Kationski tenzidi se koriste za proizvodnju organskih glina, a one nastaju izmjenom iona između gline i kvarternih amonijevih soli, a koriste se za kontroliranje reologije ulja. Koriste se za zgušnjavanje boja, proizvodnji gela za nokte. Nalaze se u kremama za ruke, regeneratorima za kosu, podlogama i puderima.

Kationski tenzidi se u kozmetici pojavljuju kao silikoni. Silikoni su u sastavu mnogih kozmetičkih proizvoda za kosu i kožu, ali nisu na dobrom glasu. Predbacuje im se da zatvaraju pore i ne omogućuju koži da diše. No, nova generacija silikona je drugačija, laganija i bolja za kožu. Osnovna karakteristika silikona je da teksturu proizvoda čine mekom i svilenkastom te da koži daju trenutačno zaglađen izgled i čine ju mekom na dodir. No, budući da zatvaraju pore i onemogućuju disanje koži, s vremenom koža postaje puna komedona, akni i mitesera te je suha i ljušti se.



Slika 28: Silikoni u kozmetici [12]

Silikoni nemaju hidratantna niti hranjiva svojstva i ne prodiru kroz kožu (molekule su prilično velike i zadržavaju se na površini kože). Oni su zapravo tzv. reološki aditivi, odnosno tvari koje olakšavaju nanošenja ostalih sastojaka. Koriste se kako bi nakon nanošenja proizvoda pružili osjećaj da na koži nema ničega ni masnih ni bijelih tragova.

Slika 29: Silikoni zaglađuju kožu [12]

Silikoni na vlasima stvaraju neku vrstu ovojnice koja obavija svaku vlas zasebno za razliku od, primjerice, gelova koji vlas obavijaju u nakupinama tvoreći

uvojke. Silikoni za kosu zapravo su tekuće tvari koje se u kontaktu sa zrakom u roku od nekoliko minuta skrućuju, no zadržavaju fleksibilnost.

Slika 30: Silikoni u kosi [13]

Tri su njihove prednosti u proizvodima za kosu: štite je od vanjskih štetnih agensa, izoliraju pozitivan naboj kose koji je čini suhom i zamršenom te kosi trenutačno daju sjaj. Silikoni su prisutni i u tzv. suhim uljima za kosu na bazi biljnih ulja, kao što su laneno i ulje argana.

Silikoni su loši jer nisu vodotopivi i za njihovo uklanjanje s kože i kose se potrebni razni sulfati ili abrazivni sastojci kako bi se uklonili. Kao posljedica, dugoročno dolazi do isušenja kože radi progresivnih tenzda u šamponima ili čistaćima. Neki od takvih silikona su: dimethicone, dimethiconol, amodimeticone, stearyl dimethicone, phenyl trimethicone, cyclomethicone, behenoxy dimethicone, itd.

7. ZAKLJUČAK

Tenzidi imaju važnu ulogu u mnogim praktičnim primjenama i u sastavu su mnogih proizvoda. Koriste se u: deterdžentima za pranje i čišćenje u kućanstvu i industriji, tekstilnoj industriji kao omekšivači tkanina, kao sredstva za dezinfekciju, u naftnoj industriji, u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji. Otapanjem u vodi tenzidi, već i u najmanjim koncentracijama, znatno smanjuju površinsku napetost vode u odnosu na zrak ili na neku drugu graničnu površinu. Usprkos primjeni, suvremenih tehnoloških postupaka, koji umanjuju emisiju štetnih tvari u okolinu, zagađivanje zemljišta, mora i rijeka sve je veće. Kationski tenzidi su vrlo važni u procesima njege tekstila i pri osobnoj njezi. Međutim, zbog svoje toksičnosti bitno je posvetiti se njihovoj analizi kako bi se smanjio njihov štetni utjecaj na okoliš.

8.LITERATURA

1) Dunja Nothing Hus, Mira Herak: *Opća kemija 2*

2) Ivo Soljačić, Tanja Pušić: *Njega tekstila; Čišćenje u vodenim medijima*

3) Ivo Soljačić, Tanja Pušić: *Kemijsko čišćenje tekstila i kože*

4) Tekstil 3; Časopis za tekstilnu tehnologiju i konfekciju, broj 3, vol.42; članak: *Tenzidi u otpadnim vodama,* Zagreb, ožujak 1993. ISSN 0492-5882 (157-161)

5) Kristina Gudlin: *Površinski aktivne tvari*, Međimursko veleučilište u Čakovcu, Čakovec, 2016.

6) http://lijecnik.hr/2015/06/18/ruzna-strana-proizvoda-za-odrzavanje-ljepote-sto-su-sulfati/

7) http://www.dearskin.me/2015/12/sve-o-sastojcima-tenzidi/

8) Jelena Radošević: *Napetost površine vodenih otopina: utjecaj pH i suprotno nabijenih polielektrolita*, PMF, Zagreb 2009.

9) Sanja Papić: *Deterdženti*, FKIT, Zagreb, 2015.

10) http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60824

11) https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/3_ALB_TENZIDI_%5BCompatibility_Mode%5D.pdf

12) http://www.dearskin.me/2015/03/sve-o-silikonima-u-kozmetici/

13) https://zivim.hr/ucim/sto-trebate-znati-o-silikonima-u-kozmetici/

14) https://www.google.hr/search?q=povr%C5%A1inska+napetost&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwivh9-9tN3dAhUBqiwKHZy8CyEQ_AUICigB&biw=1280&bih=882#imgrc=9H-JgqyeA1PTMM:

15) https://www.google.hr/search?q=stalagmometar&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwivu9GBtd3dAhVCXSwKHSSoCccQ_AUICigB&biw=1280&bih=882#imgrc=vQmeFoeb8OVVYM:

16) http://katedre.mefos.hr/bmsmi/images/praktikum/FIZIO/01Napetost_povrsine.pdf

17) https://repozitorij.kemija.unios.hr/islandora/object/kemos:73/preview