



Raziskovalna naloga

DOLOČANJE KOLIČINE DETERGENTOV V OKOLJU OD HIŠE DO ČISTILNE NAPRAVE

Raziskovalno področje: kemija

Avtorji: Ajda Grm
Izak Pelicon
Ivana Vodopivec

Mentorici: prof. dr. Polonca Trebše
Livija Komel Konjedic, predmetna učiteljica biologije in kemije
Lektorica: mag. Mateja Hočevar Gregorič

KAZALO VSEBINE

ZAHVALA.....	4
POVZETEK	5
ABSTRACT	6
1 UVOD.....	7
1.1 Načini pomivanja posode, ki vplivajo na življenjski krog detergentov.....	7
1.2 Raziskovalni vprašanji.....	9
1.3 Hipotezi.....	9
2 TEORETIČNI DEL	10
2.1 Detergenti.....	10
2.2 Načini pomivanja posode, ki vplivajo življenjski krog detergentov.....	11
2.3 Čiščenje odpadne vode – čistilne naprave	13
3 Eksperimentalni del.....	18
3.1 Določanje detergentov	18
3.2 Pripomočki za delo v kemijskem laboratoriju	20
3.3 Analiza detergentov v odpadnih gospodinjskih vodah	20
3.4 Priprava umeritvene krivulje in analiza vzorcev vode.....	23
4 REZULTATI	25
4.1 Določanje umeritvene premice	25
5 RAZPRAVA	28
5.1 Način pomivanja posode vpliva na količino detergentov	28
5.2 Čiščenje vode na čistilni napravi.....	31
6 ZAKLJUČEK.....	33
7 LITERATURA.....	34

Kazalo slik

Slika 1: Pomivanje posode nekoč in danes	7
Slika 2: Shematski prikaz delovanja detergentov pri odstranjevanju maščobe.....	10
Slika 3: Načini pomivanja posode, ki smo jih testirali	12
Slika 4: Pene v potočku blizu Ovčjega placa, Šempas	13
Slika 5: Odstranjevanje grobih delcev	14
Slika 6: Maščobolovilec in pesek iz KČN	14
Slika 7: Stiskalnica aktivnega blata	15
Slika 8: Dentrifikacijski bazen	15
Slika 9: Biološko čiščenje vode	16
Slika 10: Prečiščena odpadna voda, iztok v reko Hubelj	16
Slika 11: Vzorec prečiščene odpadne vode, ki smo jo analizirali v laboratoriju	17
Slika 12: Delovanje spektrofotometra, instrumenta, ki določi absorbanco vzorca	18
Slika 13: Intenziteta modre barve bo naraščala od leve proti desni, tako kot je naraščala koncentracija detergenta	23
Slika 14: Intenziteta modre barve je naraščala od leve proti desni, tako kot je naraščala koncentracija detergenta	23
Slika 15: Po hlajenju smo raztopinam izmerili absorbanco.....	24
Slika 16: Umeritvena premica za izračun koncentracij detergenta	26

ZAHVALA

Zelo nas veseli raziskovanje, še posebej na področju kemije, biologije in ekologije, vendar samo želja ne bi bila dovolj, zato nas je pot vodila najprej po naših krajih, kjer smo spoznali problematiko čiščenja odpadnih vod. Na Centralni čistilni napravi Ajdovščina so nam razkazali in pojasnili, kako čistijo komunalne odpadne vode. Zahvaljujemo se gospe Barbari Štravs, ki nam je to omogočila.

Vzorci, ki smo jih tam dobili, smo nato analizirali na Zdravstveni fakulteti v Ljubljani pod vodstvom prof. dr. Polonce Trebše in doc. dr. Mojce Bavcon Kralj. V kemijskem laboratoriju smo izvajali meritve, spoznali smo se z laboratorijskem inventarjem, posodo, inštrumenti ter metodo določanja detergentov. Spoznali smo, kaj sploh so detergenti in kako so sestavljeni ter kje jih najdemo. Videli smo, kam vodi pretirana uporaba in na kakšen način bi lahko bili vsi bolj zmerni. Veseli smo, da smo lahko delali v raziskovalnem laboratoriju. Iskrena hvala tudi naši učiteljici kemije Liviji Komel Konjedic za vzpodbudo pri raziskovanju.

POVZETEK

Pomivanje posode sega daleč v preteklost, a so se načini pomivanja do danes že zelo spremenili, predvsem zaradi uporabe pomivalnih strojev in detergentov, ki so se pojavili kasneje. Močno se je povečala poraba vode, še bolj pa uporaba detergentov, saj se zavedamo, da je umazano posodo pred ponovno uporabo treba dobro pomiti, da preprečimo okužbe. Kljub temu detergentov še vedno ne uporabljamo pravilno, saj se ne zavedamo, da nekaj detergenta po pomivanju ostane na posodi, poleg tega navodil za uporabo skoraj nikoli ne preberemo in praviloma s količino detergenta pretiravamo. Z obiskom čistilne naprave smo spoznali končno postajo naših odpadnih voda, ki smo se jih odločili tudi analizirati. Postavili smo si dve raziskovalni vprašanji o vplivu načina pomivanja na ostanek detergenta na posodi in o učinkovitosti čiščenja vode na čistilni napravi.

Detergenti so površinsko aktivne snovi, ki so pri pomivanju vmesni člen med vodo in maščobo. Kot površinsko aktivne snovi naj bi bili neškodljivi, vendar so pri nekaterih opazili negativne učinke na žive organizme, zato je mnogo snovi, ki se nahajajo v pralnih sredstvih, prepovedanih. V laboratoriju smo vzorce iz čistilne naprave ter vzorce, ki smo jih pripravili po treh običajnih navadah pomivanja posode doma, analizirali s pomočjo spektrofotometra. Uporabili smo metodo, kjer barvilo metilen modro obarva detergent – natrijev dodecil sulfat (SDS), obarvani kompleks pa ujame kloroform. Absorbanco naših vzorcev smo nato primerjali z absorbanco predhodno pripravljenih standardnih raztopin vzorcev s točno pripravljeno koncentracijo detergenta. Narisali smo umeritveno premico absorbance v odvisnosti od koncentracije detergenta ter z njeno pomočjo izračunali koncentracijo detergentov v naših neznanih vzorcih.

Ugotovili smo, da način pomivanja posode in količina uporabljenega detergenta pri čiščenju vplivata na koncentracijo detergenta v odpadni vodi in na količino ostanka detergenta na posodi po pomivanju. Prav tako lahko potrdimo, da tudi po čiščenju na čistilni napravi nekaj detergenta ostane.

Ključne besede: detergenti, čistilna naprava, čiščenje vode, pomivanje

ABSTRACT

Washing dishes has been a common housework from ancient times, however washing methods have changed in the last century, due to the use of detergents in sinks and dishwashers, which later appeared. Water consumption and mass use of detergents have greatly increased to prevent foodborne infections. However, we still do not use detergents properly. Basically, we are not aware that exaggerated use of detergent leads to residues on dishes, which are lately ingested. By visiting the waste water treatment plant, we have learnt the final station of our wastewater, which we also decided to analyse in the lab. We pose ourselves two research questions; what are the detergent residues on dishes, and what are the detergent values in cleaned water after purification procedure in the waste water treatment plant.

Detergents are mainly surfactants that work as an intermediate between water and grease on dishes. They are mainly harmless, but some have shown negative effects on living organisms, so those substances are nowadays banned. In the laboratory, samples from the treatment plant and samples prepared according to the three usual habits of washing dishes at home were analysed using a spectrophotometer. We used a method, where the methylene blue dyes the detergent - sodium dodecyl sulphate (SDS), and the coloured complex is afterward captured by the chloroform. The absorbances of our samples were then compared to the absorbances of pre-prepared standard sample solutions accurately prepared with known concentrations of the detergent. We plotted the absorbance calibration line as a function of the detergent concentration and used it to calculate the detergent concentration in our unknown samples.

We noticed that the method of washing dishes and the amount of detergent used clearly affect the concentration of detergent in wastewater and the quantity of detergent residue on dishes after washing. We can also confirm that some detergent remains in the cleaned water after wastewater treatment plant.

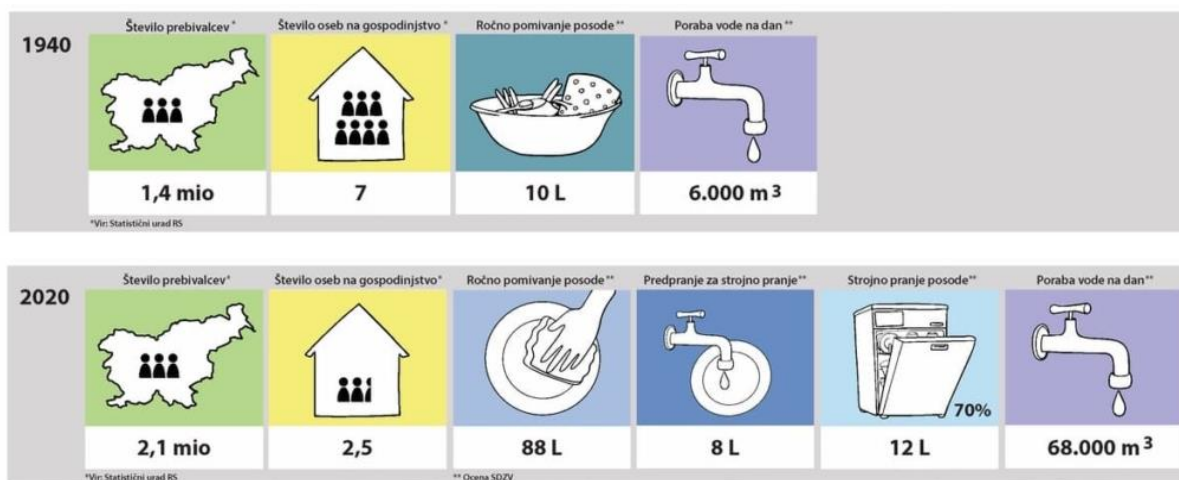
Key words: detergents, wastewater treatment plant, manual dishwashing

1 UVOD

1.1 Načini pomivanja posode, ki vplivajo na življenjski krog detergentov

Ročno pomivanje posode sega že v čase naših babic, prababic, vseh prednikov, ki so skrbeli, da so obrok hrane pripravili in postregli v čisti posodi. Pripravljali so preproste obroke hrane, običajno trikrat dnevno, imeli pa so tudi manj posode in pribora. Vode v gospodinjstvih ni bilo v izobilju, vodovod in voda na lastni pipi pa sta bila prava redkost. Z vodo so ravnali precej bolj preudarno (Levstek, 2021). S posode so najprej dobro očistili ostanke hrane, nato pa jo zdrgnili z lesnim pepelom in jo na koncu sprali z vodo. Detergentov za pranje posode takrat še niso poznali. Odpadno vodo, ki je nastala po pranju posode, so po prvem splakovanju porabili za hrano prašičem, ostanek pa izlili na travnik (Dragaš in Škerl, 2004).

Kasneje so se v trgovinah že pojavili prvi detergenti za ročno pomivanje posode. Poraba vode za ročno pomivanje posode je naraščala (slika 1). Odpadna voda iz kuhinje se je odvajala v greznice (Levstek, 2021). Sedaj doma navadno pripravljamo le še dva obroka dnevno. Med 10 gospodinjstvi vsaj v treh posodo še vedno pomivajo ročno (Kompore in Levstek, 2006).



Slika 1: Pomivanje posode nekoč in danes (Levstek, 2021)

Pralna in čistilna sredstva imajo sposobnost odstranjevanja vidne in nevidne umazanije, ki se med uporabo prime na perilo, posodo in druge predmete. Ker spadajo k nevidni umazaniji tudi mikroorganizmi, se pralna in čistilna sredstva ne uporabljajo samo za čistočo, ampak tudi za higieno (Fortuna, 2018).

Sredstva za ročno pomivanje posode vsebujejo poleg sredstev za razmaščevanje (detergenti) tudi dodatke za bleščečo posodo ter dodatke za varovanje in nego kože. Sredstva za strojno pomivanje posode vsebujejo manj detergentov, zato pa nekaj močno bazičnih sestavin (predvsem natrijev hidroksid in njegove soli). Pomembno je, da se pomivanje posode izvede na pravilen način, ne glede na to, ali to naredimo ročno ali za to uporabimo pomivalni stroj. Z ustrezno očiščeno posodo med drugim pripomoremo k varnosti uživanja živil. Neprimerno očiščena in razkužena površina poveča tveganje za pojav škodljivih učinkov na zdravje z mikrobiološkega (prenos bakterij) in kemijskega (vnos kemičnih spojin v telo) stališča. Ena izmed glavnih skrbi potrošnikov, ko kupujejo različno blago, je, koliko različnim vrstam in kolikšni količini nevarnih kemikalij bodo izpostavljeni (Fortuna, 2018).

Čiščenje posode je vsakodnevno delo v gospodinjstvu, ki mu velika večina ljudi ne namenja posebne pozornosti. Le malokdo pred uporabo detergenta prebere navodila za uporabo, ampak detergent uporablja po občutku, velikokrat preveč! Tako lahko čistilno sredstvo predoziramo in tako povečamo količino ostankov na posodi, kar lahko škodljivo vpliva na naše zdravje (Fortuna, 2018).

Posodo je treba temeljito očistiti, saj jo pri obrokih ponovno uporabimo. Pomembna je čistost posode in pravilna uporaba čistilnega sredstva. Ključno pa je tudi, da med pomivanjem s posode odstranimo čim več detergenta, saj ga sicer po nepotrebnem zaužijemo. Poleg tega večina danes pomiva vsaj enkrat dnevno in ne zavedamo se, da kemikalije, ki jih vsebuje detergent, prehajajo v naše telo (Fortuna, 2018).

Zveza potrošnikov Slovenije je opozorila, da je med 88 pregledanimi čistilnimi sredstvi na slovenskih policah kar dve tretjini pomanjkljivo označenih. Vsako deseto čistilo pa je označeno neustrezno. Pravilno označevanje z navodili za uporabo in varnostne ukrepe je pomembno, saj zaradi zaužitja kemikalij vsako leto v EU umre kar 2000 otrok. Ugotavljajo, da je največji delež zdravju in okolju nevarnih izdelkov med detergenti za strojno pomivanje posode (Dernovšek, 2009).

1.2 Raziskovalni vprašanja

Naše delo smo si zastavili širše. Odločili smo se obiskati čistilno napravo, kjer smo spoznali, katera je končna postaja naše odpadne vode, ki jo zlivamo v kuhinjska korita. Poleg tega smo se odločili, da analiziramo del vode pred vstopom v čistilno napravo in po njenem izstopu. Spoznali smo metodologijo kemijske analize detergentov. Naučili smo se izmeriti količino detergentov v vzorcih, ki smo jih sami pripravili, ter na koncu pomerili še realne vzorce iz čistilne naprave. Med samim obiskom, pri vsakdanjih opravilih doma ter na koncu, pri delu v laboratoriju, smo se zamislili nad sabo oz. nad potrošniki in si postavili dve glavni raziskovalni vprašanji:

1. Ali način pomivanja posode vpliva na količino detergentov v odpadni vodi?
2. Ali je odstranjevanje detergentov v odpadni vodi na čistilni napravi dovolj učinkovito (nad 99 %)?

Po pogovoru z učitelji, raziskovalci in operaterji na čistilni napravi smo prišli do hipotez ali domnev, ki ju bomo z našo raziskavo ovrgli ali potrdili. Hipotezi smo oblikovali skupaj v trdilni obliki. Menimo namreč, da je odgovor na prvo raziskovalno vprašanje trdilen, na drugo pa nikalen.

1.3 Hipotezi

Hipoteza 1: Način pomivanja posode vpliva na količino detergentov v odpadni vodi.

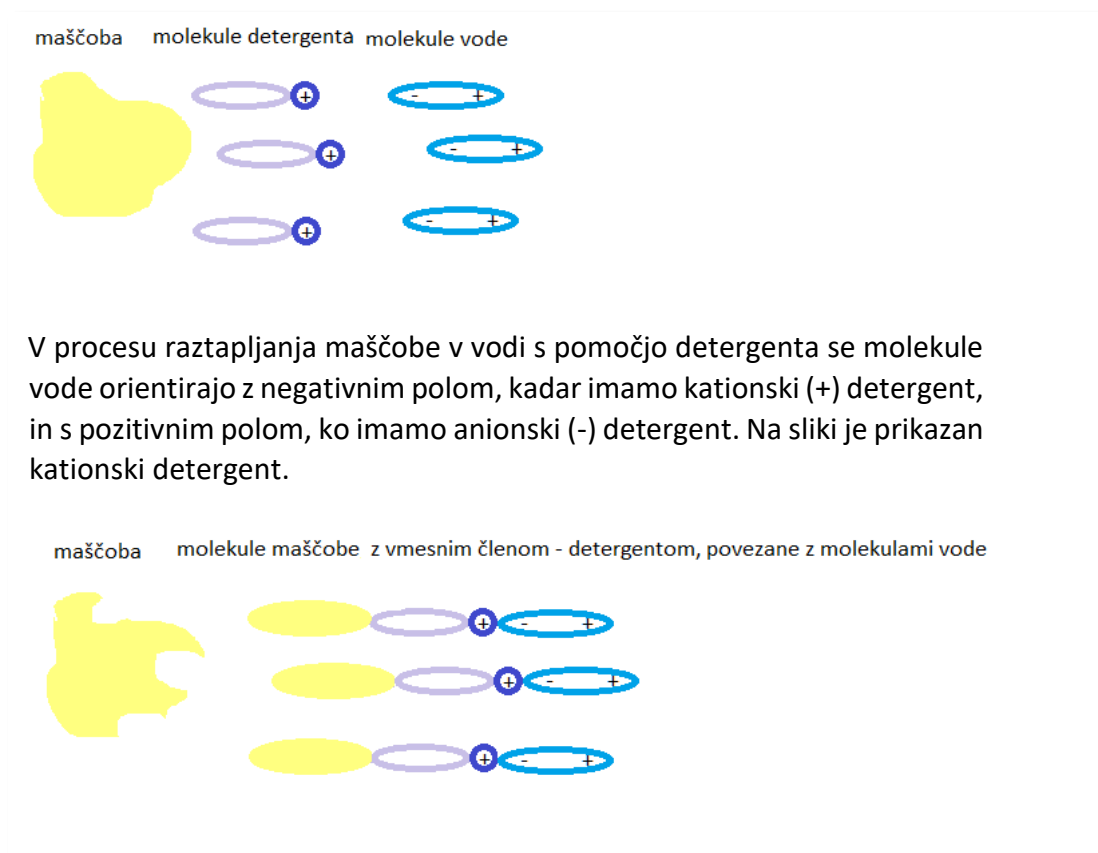
Hipoteza 2: Čiščenje vode na čistilni napravi ni učinkovito nad 99 %.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Detergenti

Detergenti so snovi, ki imajo polarno glavo in nepolaren rep, zato so pri pomivanju posode vmesni člen med polarnimi molekulami vode in nepolarnimi molekulami maščobe. Imajo vlogo emulgatorjev, torej snovi, ki omogočajo, da nastane emulzija, ki je heterogena raztopina med dvema tekočinama, ki se med sabo slabo ali sploh ne mešata. Pri tem so kapljice ene tekočine razpršene v drugi tekočini.

Voda in maščoba se med sabo ne mešata, ker je voda polarna snov, heksan pa nepolaren. Ko dodamo detergent, ki ima polarno glavo in nepolaren rep, se nepolaren rep 'prilepi' na maščobo, polarna glava pa privlači molekule vode. Te molekule detergenta, pritrjenega na maščobo, tako močno vlečejo, da detergent del maščobe odtrga – maščoba in voda sta 'povezani' z vmesnim členom – detergentom. Shematsko delovanje detergenta lahko vidimo na spodnji sliki (slika 2).



Slika 2: Shematski prikaz delovanja detergentov pri odstranjevanju maščobe

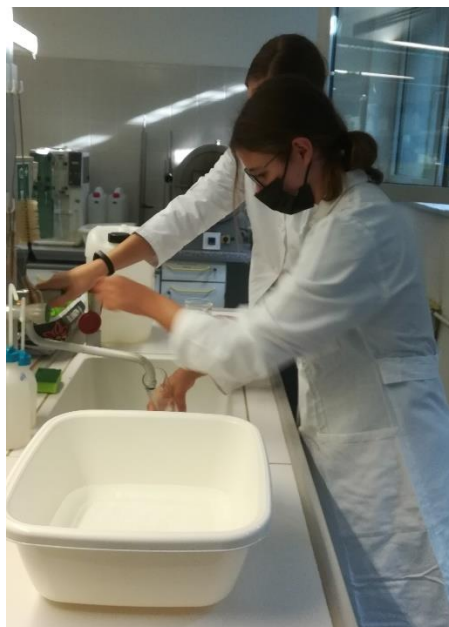
2.2 Načini pomivanja posode, ki vplivajo na življenjski krog detergentov

Čistilna sredstva bi se morala uporabljati v manjših, že zadostnih količinah, za doseganje zelenega cilja. Detergenti, zmešani z vodo, po pranju potujejo do čistilnih naprav. Večina površinsko aktivnih snovi je razmeroma nestrupenih, vendar so pri nekaterih opazili škodljive učinke na žive organizme. Nekatere nekoč dovoljene snovi za uporabo v pralnih sredstvih so danes v EU prepovedane. Posebno zaskrbljujoči so njihovi vplivi na vodne organizme. Zato je zelo pomembno, da so razgradljive v naravi oziroma v čistilnih napravah (Dolenc, 2016)

Skoraj dve tretjini gospodinjstev je priključenih na javni kanalizacijski sistem, kjer se proces čiščenja odpadne vode konča s čistilno napravo, ali pa uporabljajo greznice in male komunalne čistilne naprave. Obremenitve okolja so zaradi odvajanja odpadnih voda že znatno nižje kot pred desetletji (Levstek, 2021).

Čeprav ne obstajajo standardi, imamo smernice pravilnega pomivanja, ki so skladne z rezultati raziskav človekovega vedenja v domačem gospodinjstvu. Nemška skupina raziskovalcev (Fortuna, 2018) je identificirala tri načine pomivanja posode, ki se izvajajo po svetu in sledijo smernicam pravilnega ravnanja s posodo. Poznamo pomivanje pod tekočo vodo ter enokoritni in dvokoritni način pomivanja posode. Statistično je pomivanje pod tekočo vodo prevladujoča metoda (45 odstotkov), medtem ko ljudje iz vodnato revnih regij (Avstralija, Nova Zelandija in Afrika) ter 51 odstotkov Nemcev posodo pomiva v enem koritu (Fortuna, 2018).

Najbolj gospodarno ravnanje z vodnimi viri vključuje pomivanje v enem koritu, zato smo se odločili, da v našem primeru preverimo ta način pomivanja posode in ga primerjamo s pomivanjem pod tekočo vodo (slika 3).



Slika 3: Načini pomivanja posode, ki smo jih testirali (levo: pomivanje pod tekočo vodo; desno: pomivanje v enem koritu)

2.3 Čiščenje odpadne vode – čistilne naprave

Komunalne odpadne vode, ki vključujejo vode iz gospodinjstev, so vode iz naših korit, kopalnic in pralnic. Te vode se velikokrat (še danes!) izlivajo v grape, potoke, jezera in na koncu v morje. Vse prepogosto srečujemo pojave, ki smo jih zabeležili na sliki 4, pene, ki so posledica prekomerne uporabe detergentov.



Slika 4: Pene v potočku blizu Ovčjega placa, Šempas (Foto: Ivana, Ajda, Izak)

Proces čiščenja odpadne vode iz gospodinjstev smo spoznali na Centralni čistilni napravi Ajdovščina (KČN). Tako se danes praviloma čistijo komunalne vode, kot pa vidimo z zgornje slike 4, vsa gospodinjstva še niso povezana na komunalno omrežje. Glavne postopke čiščenja bi lahko strnili v spodnji opis, ki je nastal po našem obisku.

Odpadna voda se zbira v zbirnem kanalu. Od tam naprej gre voda do elektromotornih grabelj, kjer se odstranijo večji trdi delci. Nato se te delce stisne in zapakira v zabojnik za odvoz na odlagališče ali v zažig. Če grobih delcev ne bi bili odstranili, bi lahko povzročili veliko škode in bi onemogočili nadaljnji proces čiščenja (slika 5).



Slika 5: Odstranjevanje grobih delcev (Foto: Ivana, Ajda, Izak)

Odpadna voda nato odteče do črpalk v obliki polža, ki vodo dvignejo do peskolova in maščobolovilca (slika 6). Pesek, prod in razbite delce stekla se prečrpa v zabojnik, kjer se odcejajo in odložijo. V maščobolovilcu odstranjujejo maščobe in olja, ki priplavajo na površino bazena. Zračni razpihovalci na dnu rezervoarja razpihujejo usedline, da se maščoba lažje loči, nato pa jo s strgali posnamejo v drug zabojnik.



Slika 6: Maščobolovilec in pesek iz KČN (Foto: Ivana, Ajda, Izak)

Po predčiščenju voda preko sifona odteka skozi merilnik pretoka v primarni usedalnik oziroma primarni usedalni bazen. Sedimentirani delci oziroma primarno blato se s talnim strgalom postrga v poglobljen lijak, od tu pa se preko elektromotorjev prečrpa v primarno gnilišče. Ustvari se metan, ki ga uporabijo za gnilišče. Odvečno blato je v gnilišču 14 dni. Preostanek aktivnega blata (slika 7) sežgejo ali uporabijo za prekrivanje smetišč ali gnojenje zemlje.



Slika 7: Stiskalnica aktivnega blata (Foto: Ivana, Ajda, Izak)

Iz denitrifikacijske stopnje (slika 8) se voda preliva v iztočni jašek primarnega usedalnika in po sifonskem cevovodu do prezračevalnih bazenov, kjer so vgrajeni membranski prezračevalniki, preko katerih se dovaja kisik.



Slika 8: Denitrifikacijski bazen (Foto: Ivana, Ajda, Izak)

V prezračevalnih bazenih poteka biološki proces razgradnje z aktivnim blatom. Uporablja se kisik za spodbujanje rasti bioloških vrst, ki za svojo rast in razvoj porabljajo organsko snov iz odpadne vode (slika 9).



Slika 9: Biološko čiščenje vode (Foto: Ivana, Ajda, Izak)

Iz prezračevalnih bazenov se voda preliva v usedalnika, kjer se biološko blato postrga in loči od prečiščene vode. Prečiščena voda se odvaja v reko Hubelj (slika 10).



Slika 10: Prečiščena odpadna voda, iztok v reko Hubelj (Foto: Ivana, Ajda, Izak)

Za namen naše raziskovalne naloge smo vzorčili vodo na vtoku in iztoku KČN (slika 11). Na oko smo lahko videli, da je kakovost vode popolnoma različna, zanimalo pa nas je, koliko detergentov vsebuje voda na vtoku in koliko na iztoku.

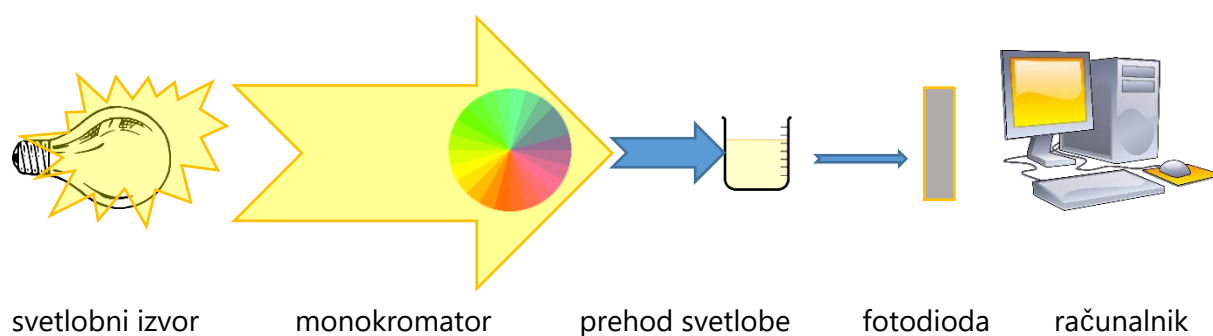


Slika 11: Vzorec prečiščene odpadne vode, ki smo jo analizirali v laboratoriju (Foto: Ivana, Ajda, Izak)

3 Eksperimentalni del

3.1 Določanje detergentov

Detergenti so torej površinsko aktivne snovi, ki omogočajo, da se ostanki maščobe na posodi ustrezno očistijo. Za določitev detergentov (primer ostanka anionsko površinsko aktivne snovi) uporabimo postopek z organskim barvilom metilensko modrilo ali metilen modro, ki so ga razvili že leta 1975 (Fortuna, 2018). Metilen modro je intenzivno kationsko barvilo, ki tvori modre soli z detergenti, v našem primeru z natrijevim dodecil sulfatom (SDS-om, od tod naprej detergent). Ta kompleks lahko nato ekstrahiramo v organskem topilu, na primer v kloroformu. Na ta način lahko določimo koncentracijo detergenta s spektrofotometrom z merjenjem absorbance pri 665 nm (slika 12).



Slika 12: Delovanje spektrofotometra, instrumenta, ki določi absorbanco vzorca

Izvedbo meritve absorbance omogoča spektrofotometer, ki je predstavljen na zgornji sliki (slika 12) (Bavcon Kralj in sod. 2020). Sestavni deli instrumenta so svetloba točno določene barve (valovne dolžine, v našem primeru rumeni snop svetlobe), ki jo izberemo in nato pošljemo v vzorec, ki je komplementarne barve (v našem primeru modra raztopina zaradi metilenskega modrila). Prehod svetlobe in absorpcija svetlobe se zgodi v delu, kjer namestimo kvarčno kiveto (štirioglata steklena posoda v obliki kvadra, ki ima točno določeno dolžino, širino in višino), ki smo jo napolnili z merjeno

obarvano raztopino. Zmanjšani snop svetlobe, ki upade zaradi absorbance svetlobe v naši raztopini, pomeni večjo količino detergentov v vzorcu.

Koliko točno znaša ta količina, pa nam pove matematična povezava, ki sta jo opisala znanstvenika Lambert in Beer, zato po njiju ta zakon imenujemo Lambert-Beerov zakon. Med koncentracijo in absorbirano svetlobo (absorbanco) nastane premo sorazmerje ali linearna povezava. Seveda ta premica velja le za nizke koncentracije.

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot l$$

A ... absorbanca;

l ... pot svetlobe skozi vzorec [cm];

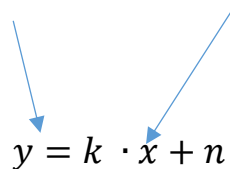
c koncentracija preučevane snovi [mol L^{-1}];

ε konstanta; ki je lastnost posamezne raztopine ($\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$).

Lambert-Beerov zakon v »praksi« lahko povzamemo v enačbo premice, kjer je absorbanca A , odvisna spremenljivka y , koncentracija snovi c , v našem primeru koncentracija detergenta pa neodvisna spremenljivka x . Enačba, ki sledi, je t. i. enačba premice (Bavcon Kralj in sod., 2020):

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot c = k \cdot c$$

ali:


$$y = k \cdot x + n$$

3.2 Pripomočki za delo v kemijskem laboratoriju

V kemijskem laboratoriju so bile na voljo različne posode in steklovina. Za eksperiment smo uporabili naslednje:

- gobice za pomivanje;
- banjice;
- merilni valj;
- tehtnico;
- laboratorijske žličke;
- kapalke;
- pipete;
- merilne in avtomatske pipete;
- merilne bučke;
- epruvete s stojalom;
- električni mešalnik (vortex);
- kivete;
- spektrofotometer;
- detergent Winni's;
- urno steklo;
- čaše;
- analitsko tehtnico;
- plastični krožnik;
- kovinski krožnik.

3.3 Analiza detergentov v odpadnih gospodinjskih vodah

Plastično banjico za pomivanje posode smo napolnili z 10 L vode. Voda je bila sobne temperature. V vodo smo dodali 2 g detergenta za ročno pomivanje posode s pomočjo urnega stekla. To smo izvedli tako, da smo urno steklo na analitski tehtnici stehtali, nato smo njegovo maso izničili (tara) ter dodali detergent. Urno steklo z detergentom smo potopili v vodo in s krožnimi gibi mešali v vodi, tako da sta se detergent in voda pomešala. Nato smo urno steklo odstranili iz posode.

Začeli smo s pripravo preiskovanih vzorcev. Vse količine vode in načine pomivanja, ki vplivajo na končno koncentracijo detergenta, smo povzeli po predhodnih raziskavah, ki so sledile standardom za izračun ostankov detergentov (Fortuna, 2018).

Pomivanje v banjici, detergent v vodi – način iz navodil

Najprej smo vzeli vzorec iz posode, ki je vseboval mešanico 10 L vode in 2 g detergenta. Volumen prvega vzorca je bil okrog 100 mL (vzorec št. 1).

Nato smo vzeli plastični krožnik, ki smo ga potrebovali za pripravo štirih vzorcev. Plastičnega krožnika prehodno nismo čistili. Držali smo ga v rokah in ga brez pomakanja v posodo pomili z gobico, ki smo jo predhodno namočili v mešanico vode in detergenta. Krožnik smo pomili tako, da smo naredili 20 krožnih gibov v smeri urinega kazalca. Nato smo krožnik sprali. Tekočo vodo, s katero smo spirali krožnik, smo ulovili. To je bil vzorec vode, ki jo dobimo, ko krožnike spiramo pod tekočo vodo (vzorec št. 2). Ulovili smo okrog 100 mL vzorca.

V nadaljevanju nas je zanimalo, koliko detergenta ostane na tem pomitem krožniku, zato smo krožnik sprali s 50 mL vode iz puhalke (destilirana voda). Vodo smo med spiranjem ulovili v čašo okrog 30 mL vzorca (vzorec št. 3).

Pomivanje pod tekočo vodo, detergent na gobici – najpogostejši način

Zanimalo nas je tudi, koliko detergenta ostane, ko krožnike pomivamo z gobico, ki smo ji dodali detergent. To smo opravili tako, da smo odmerili 2 g detergenta neposredno na gobico. Krožnik smo nato pomili z 20 krožnimi gibi v smeri urinega kazalca. Nato smo krožnik splaknili pod tekočo vodo. Tekočo vodo, s katero smo spirali krožnik, smo lovili (vzorec št. 4). Ulovili smo okrog 100 mL vzorca.

Pomit krožnik smo ponovno sprali s 50 mL vode iz puhalke (destilirane vode). Vodo smo med spiranjem lovili v čašo in ulovili smo okrog 30 mL vzorca (vzorec št. 5).

Nato smo želeli vedeti, na katerem materialu ostane več detergenta. Vzeli smo kovinski krožnik, ki smo ga prehodno pomili v laboratorijskem pomivalnem stroju. Krožnik smo dodatno sprali s 50 mL vode iz puhalke (destilirana voda). Vodo smo med spiranjem lovili v čašo in ulovili okrog 30 mL vode (vzorec št. 6).

Oznaka vzorcev:

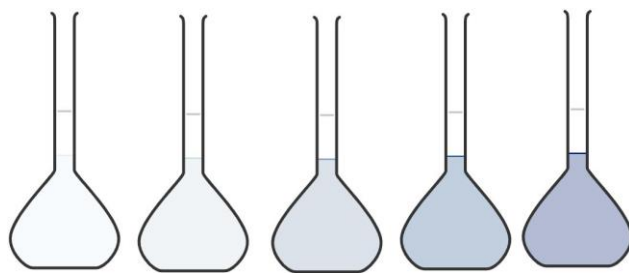
- Vzorec št. 1: vzorec je mešanica 10 L vode in 2 g detergenta.
- Vzorec št. 2: vzorec je tekoča voda, ulovljena v čašo pri spiranju krožnika, ki smo ga pomili v vodi, označeni z vzorcem št.1.
- Vzorec št. 3: vzorec je destilirana voda, ulovljena v čašo pri ponovnem spiranju krožnika.
- Vzorec št. 4: vzorec je tekoča voda, ulovljena v čašo pri spiranju krožnika, ki je bil umit z gobico in 2 g detergenta.
- Vzorec št. 5: vzorec je destilirana voda, ulovljena v čašo pri ponovnem spiranju krožnika.
- Vzorec št. 6: vzorec je destilirana voda, ulovljena v čašo pri spiranju kovinskega krožnika, ki smo ga predhodno umili v laboratorijskem pomivalnem stroju.
- Vzorec št. 7: vzorec je vzet iz vtoka v čistilno napravo.
- Vzorec št. 8: vzorec je vzet iz iztoka iz čistilne naprave.

Med vzorčenjem smo vzeli tudi ničti vzorec, ki je bil vzorec navadne pitne vode.

3.4 Priprava umeritvene krivulje in analiza vzorcev vode

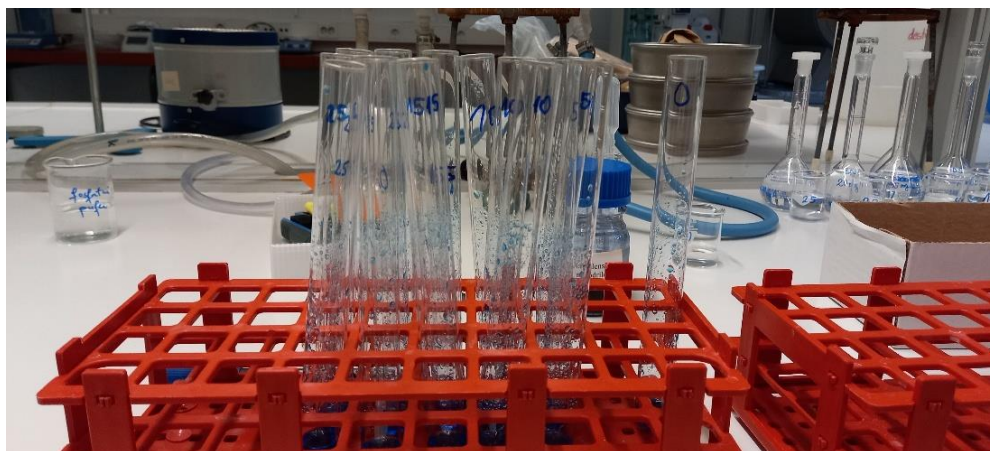
Za ugotavljanje koncentracije ostankov čistilnega sredstva na posodah po ročnem čiščenju posode smo uporabili hiter postopek določanja detergenta z metilen modrim. Metoda je občutljiva, natančna in enostavna za uporabo.

Če želimo preveriti, kakšno absorbanco bodo imele obarvane raztopine detergenta z metilen modrim, moramo najprej pripraviti v laboratoriju raztopine, za katere vemo, koliko detergenta smo v njih raztopili. Odvisnost naraščajoče absorbance v odvisnosti od koncentracije detergenta v raztopini lahko povežemo v umeritveno premico. Na x-os nanašamo koncentracije in na y-os izmerjeno absorbanco. Na oko pa lahko opazimo, kako se je večala intenziteta modre barve z naraščanjem koncentracije detergenta (slika 13).



Slika 13: Intenziteta modre barve bo naraščala od leve proti desni, tako kot je naraščala koncentracija detergenta

V posamezne epruvete smo najprej odpipetirali 0,4 ml fosfatnega pufru, ki so nam ga pripravili v laboratoriju, nato smo dodali 0,1 ml metilenskega modrila ter 0,5 ml našega vzorca vode z detergentom. Vse skupaj smo premešali s pomočjo vortex mešala.



Slika 14: Intenziteta modre barve je naraščala od leve proti desni, tako kot je naraščala koncentracija detergenta (Foto: Ivana, Ajda, Izak)

V epruvete smo dodali še 3 ml kloroforma in vsebino posameznih epruvet ponovno zmešali na mešalu. Nato smo jih postavili v hladilnik na 4 °C.

Po petih minutah smo epruvete vzeli iz hladilnika in jih še enkrat ročno premešali. Ko se je naredila meja med kloroformom, ki se je obarval modro, in raztopino, smo s pomočjo kapalke kloroformski sloj prenesli v kiveto ter s pomočjo spektrometra NANOCOLOR® VIS (MACHEREY-NAGEL) izmerili absorbanco pri valovni dolžini 665 nm (slika 15).



Slika 15: Po hlajenju smo raztopinam izmerili absorbanco (Foto: Ivana, Ajda, Izak)

4 REZULTATI

4.1 Določanje umeritvene premice

V tabeli 1 je predstavljena absorbanca že pripravljenih vzorcev s točno določeno količino (v odstotkih) detergenta, ki smo jo pripravili sami.

Tabela 1: Meritve absorbance vzorcev detergenta

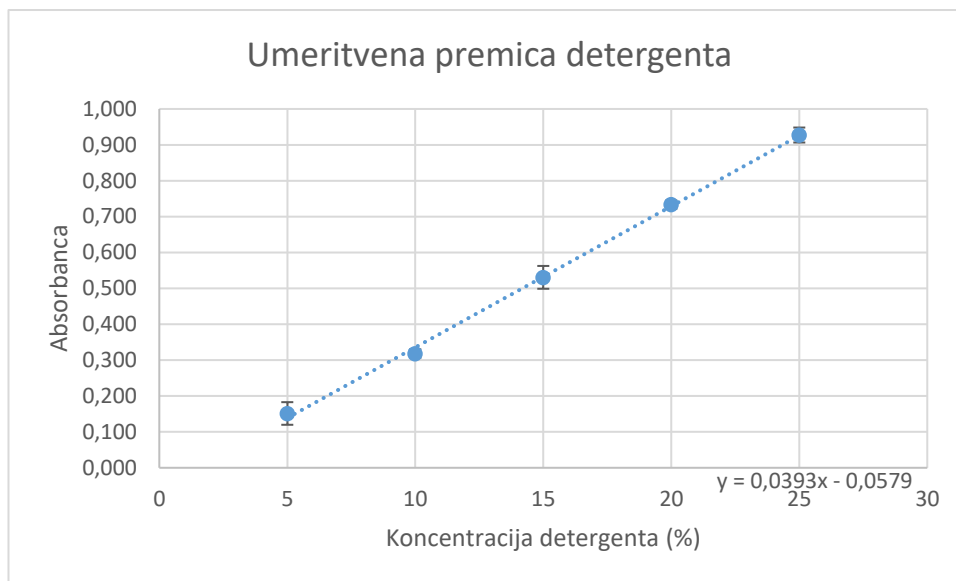
Meritve/ količina detergenta [%]	I.	II.	III.	Srednja vrednost $\bar{x}$
5	0,158	0,179	0,117	0,151
10	0,312	0,311	0,332	0,318
15	0,517	0,567	0,508	0,531
20	0,721	0,744	0,735	0,739
25	0,909	0,923	0,950	0,927

Umeritvena krivulja (premica), ki nam poveže točke koncentracije z izmerjeno absorbanco, je dala premico (slika 16):

$$y = 0,0393 x - 0,0579$$

ali izraženo z absorbanco in koncentracijo:

$$A = 0,0393 c - 0,0579$$



Slika 16: Umeritvena premica za izračun koncentracij detergenta

S pomočjo umeritvene premice lahko sedaj izračunamo koncentracije detergenta, ki so ga vsebovali naši vzorci (tabela 2).

Tabela 2: Izračunane koncentracije detergenta v naših vzorcih

vzorec	I.	II.	III.	$\bar{x}$	Izračunana koncentracija [%]
1	1,147	1,097	0,980	1,075*	28,8
2	0,012	0,048	0,005	0,022	2,0
3	0,110	0,112	0,067	0,096	3,9
4	1,857	2,150	1,918	1,975**	51,7
5	0,174	0,171	0,140	0,162	5,6
6	0,105	0,138	0,101	0,115	4,4
7	0,300	0,308	0,323	0,310	9,4
8	0,010	0,027	0,027	0,021	2,0
*1 (redčeno 1 : 1)	0,369	0,417	0,337	0,374	11,0
*4 (redčeno 1 : 1)	0,737	1,000	0,992	0,910	24,6

Merili smo pri $\lambda = 665 \text{ nm}$.

- Vzorec št. 1: vzorec je mešanica 10 L vode in 2 g detergenta. Izračunana koncentracija detergenta je bila 28,8 %, po razredčitvi 1 : 1 pa 11,0 %.
- Vzorec št. 2: vzorec je tekoča voda, ulovljena v čašo pri spiranju krožnika, ki smo ga pomili v vodi, označeni z vzorcem št. 1. Izračunana koncentracija detergenta je bila več kot 10-krat nižja; 2,0 %.
- Vzorec št. 3: vzorec je destilirana voda, ulovljena v čašo pri ponovnem spiranju krožnika. Izračunana koncentracija detergenta je bila 3,9 %.
- Vzorec št. 4: vzorec je tekoča voda, ulovljena v čašo pri spiranju krožnika, ki je bil umit z gobico in 2 g detergenta. Izračunana koncentracija detergenta je bila 51,7 %, po razredčitvi 1 : 1 pa 24,6 %.
- Vzorec št. 5: vzorec je destilirana voda, ulovljena v čašo pri ponovnem spiranju krožnika. Izračunana koncentracija detergenta je bila 5,6 %.
- Vzorec št. 6: vzorec je destilirana voda, ulovljena v čašo pri spiranju kovinskega krožnika, ki smo ga predhodno umili v laboratorijskem pomivalnem stroju. Izračunana koncentracija detergenta je bila 4,4 %.
- Vzorec št. 7: vzorec je vzet iz vtoka v čistilno napravo. Izračunana koncentracija detergenta je bila 9,4 %.
- Vzorec št. 8: vzorec je vzet iz iztoka iz čistilne naprave. Izračunana koncentracija detergenta je bila 2,0 %.

5 RAZPRAVA

5.1 Način pomivanja posode vpliva na količino detergentov

Ročno pomivanje posode sega že v čase naših babic in prababic, medtem ko strojno pomivanje posode izvajamo zadnje čase. V vseh gospodinjstvih se pomiva posodo vsaj enkrat dnevno. V okviru raziskovalne naloge smo oblikovali hipotezo 1, da način pomivanja posode vpliva na količino detergentov v odpadni vodi, saj le malokdo pred uporabo detergenta prebere navodila za uporabo, ampak detergent uporablja po občutku, velikokrat preveč in tako lahko čistilno sredstvo predozira in poveča količino ostankov detergenta na posodi.

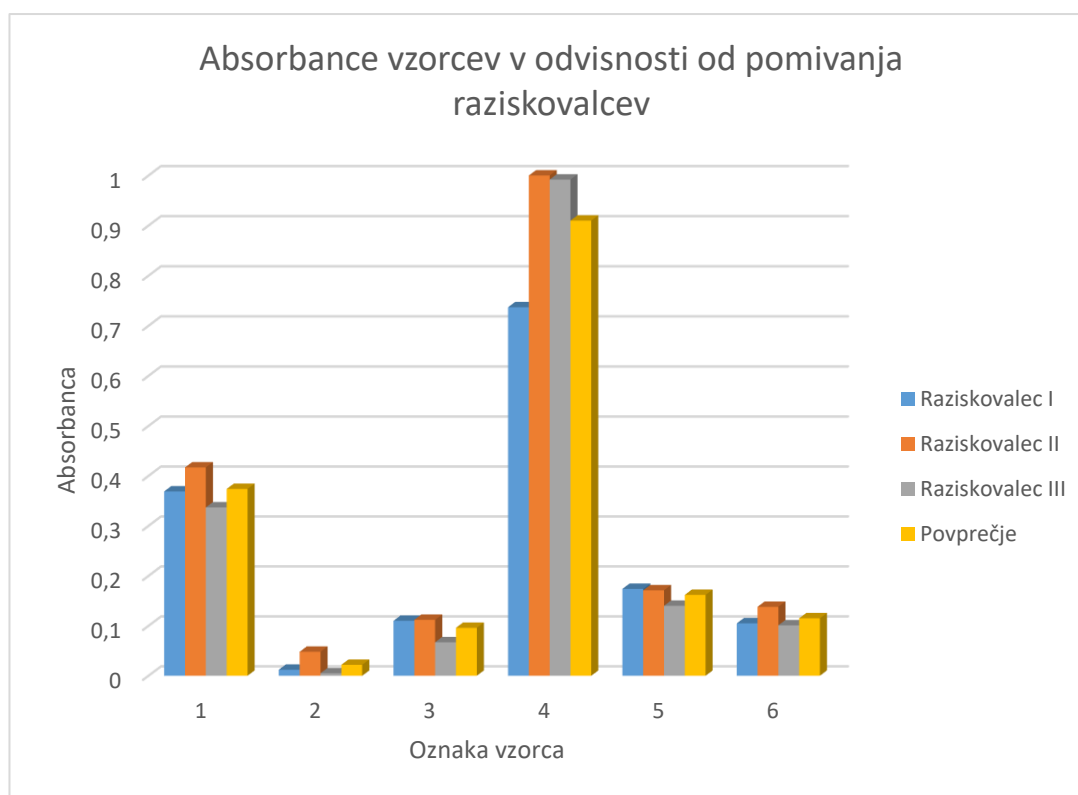
V naši raziskavi smo uporabljali čiste krožnike, saj bi količina ostankov hrane (npr. maščobe) vplivala na maso in zadrževanje detergenta na površini krožnika. Poleg tega bi morali zagotoviti vedno enako maso in vrsto maščobe.

Z namenom, da ugotovimo delež ostankov detergenta na posodi, smo uporabili čiste plastične krožnike, ki smo jih ročno čistili po dveh vnaprej določenih načinih ročnega pomivanja in enem strojnem. Primerjali smo tudi načina splakovanja, tako da smo pri vsakem ročnem načinu čiščenja plastični krožnik splaknili z vodo in nato še z enim dodatnim spiranjem. Pri vsakem spiranju smo jemali vzorce. Eksperimente smo izvedli v treh paralelkah, tako da je vsak raziskovalec izvedel enak poskus. Iz vseh treh dobljenih vrednosti absorbance za vsak vzorec smo izračunali povprečje absorbance. Iz rezultatov na grafu 1 lahko vidimo, da smo vsi trije raziskovalci dobili podobne rezultate za vsak vzorec. To nam pove, da so bili naši rezultati ponovljivi in dovolj natančni za namene naše raziskave.

Primerjava vzorcev 2 in 4 (vzorec št. 2 je tekoča voda, ulovljena v čašo pri spiranju krožnika, ki smo ga pomili v vodi, kamor smo v 10 L vode dali 2 g detergenta, ter vzorec št. 4 je tekoča voda, ulovljena v čašo pri spiranju krožnika, ki je bil umit z gobico in 2 g detergenta) nam dokazuje, da je količina ostankov detergenta v primeru nanosa detergenta neposredno na gobico več kot 25-krat višja. Nad to številko bi se morali vsi zamisliti. S tovrstnim načinom pomivanja škodujemo sebi, ker pojemo bistveno več kemikalij, in okolju, saj vse te snovi končajo v odpadni vodi. Poleg tega se v banjici

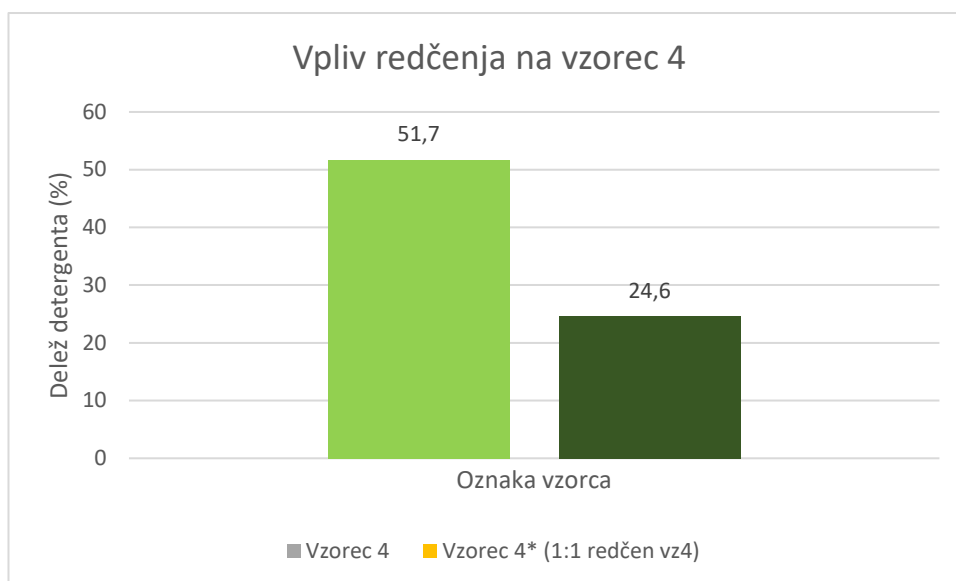
opere mnogo več krožnikov, medtem ko se z detergentom neposredno na gobico po navadi le enega.

Tudi pri ponovnem spiranju krožnikov, primerjava vzorcev 3 in 5 (vzorec št. 3 je destilirana voda, ulovljena v čašo pri ponovnem spiranju krožnika, po pomivanju v banjici, ter vzorec št. 5 je destilirana voda, ulovljena v čašo pri ponovnem spiranju krožnika, pomitega z gobico), ugotavljamo, da je pomivanje z gobico slabše, saj je detergenta na krožnikih skoraj 2-krat več.



Graf 1: Absorbanca vzorcev v odvisnosti od pomivanja – rezultati treh različnih raziskovalcev

Pri vzorcu 4 (vzorec št. 4 je tekoča voda, ulovljena v čašo pri spiranju krožnika, ki je bil umit z gobico in 2 g detergenta) smo izmerili absorbanco, ki je večja od 1. V takih primerih je treba vzorec redčiti, saj velja premo sorazmerje samo za dovolj razredčene koncentracije. Ugotovili smo (graf 2), da nam je redčenje z vodo 1 : 1 dalo podobne rezultate, saj je bila izmerjena koncentracija redčenega vzorca pol manjša od neredčenega.



Graf 2: Vpliv redčenja vzorca 4 – delež detergenta [%].

Rezultati naše raziskave so pokazali, da je pri spiranju kovinskega krožnika, ki smo ga predhodno umili v laboratorijskem pomivalnem stroju (graf 1, vzorec 6), delež detergenta višji kot v primeru, ko smo nanegli detergent, razredčen z vodo v banjici, ampak nižji kot v primeru, ko smo dali detergent direktno na gobico.

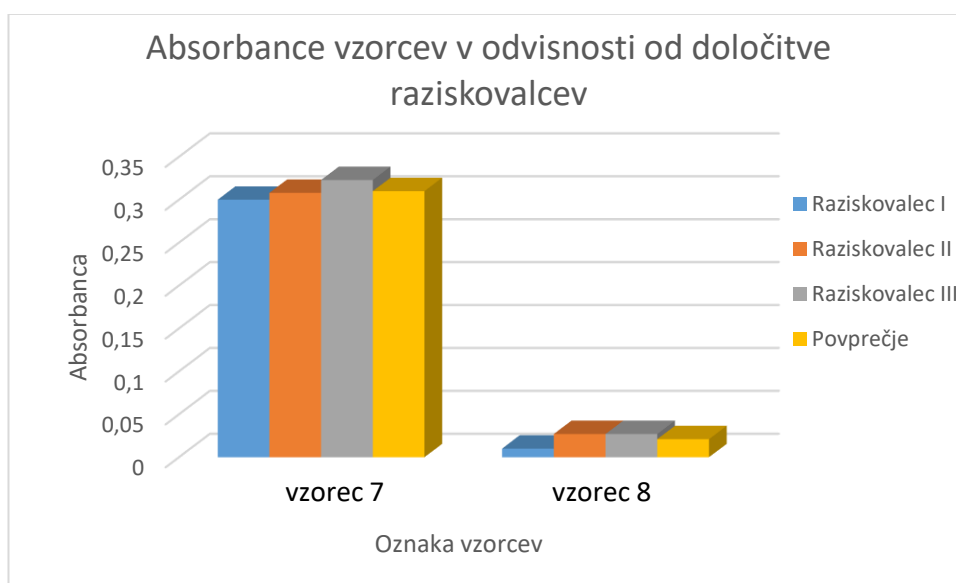
Poročali so (Fortuna, 2018), da vrsta materiala in oblika posode vplivata na ostanek koncentracije detergentov na posodi po ročnem čiščenju, saj bolj kot je površina hrapava in globlja, kot je posoda, več detergenta se zadrži na posodi. V našem primeru sta plastični in kovinski krožnik bila podobne oblike, globine in hrapavosti, tako da lahko na podlagi rezultatov, prikazanih na grafu 1, trdimo, da pomivanje v pomivalnem stroju pušča 2-krat večjo količino detergenta kot pomivanje v banjici.

Hipotezo 1 smo pravilno zastavili in jo z rezultati tudi potrdili. Način pomivanja posode vpliva na količino detergentov v odpadni vodi. Pomembno je, da se pomivanje posode izvede na pravilen način, ne glede na to, ali to naredimo ročno ali za to uporabimo pomivalni stroj. Tako kot so poročali drugi (Fortuna, 2018), podobno smo ugotovili tudi mi, da lahko s pravilno dozirano količino čistilnega sredstva zmanjšamo količino porabljenih čistil in posledično koncentracijo ostankov na površini posode.

5.2 Čiščenje vode na čistilni napravi

V okviru raziskovalne naloge smo oblikovali hipotezo 2, da čiščenje vode na čistilni napravi ni učinkovito nad 99 %.

Z namenom, da ugotovimo, ali je čiščenje vode na čistilni napravi učinkovito nad 99 %, smo vzeli vzorec iz vtoka v čistilno napravo (vzorec 7) in ga primerjali z vzorcem, vzetim iz iztoka iz čistilne naprave (vzorec 8). Eksperimente smo izvedli v treh ponovitvah, tako da je vsak raziskovalec izvedel enak poskus. Iz vseh treh dobljenih vrednosti absorbance za vsak vzorec smo izračunali povprečje absorbance. Iz rezultatov na grafu 4 lahko vidimo, da smo vsi trije raziskovalci dobili podobne rezultate za vsak vzorec.



Graf 3: Absorbance vzorcev, vzetih iz vtoka v čistilno napravo in iz iztoka iz čistilne naprave v odvisnosti od določitve raziskovalcev

Iz povprečja absorbance za vsak vzorec smo izračunali s pomočjo umeritvene krivulje delež detergenta v vzorcu. Iz rezultatov na grafu 3 vidimo, da ima vzorec 7, vzet iz vtoka v čistilno napravo, več kot 4-krat višji delež kot vzorec 8, vzet iz iztoka čistilne naprave. Vzorec 8, ki smo ga vzeli iz iztoka čistilne naprave, je vseboval 2 % detergenta.

Hipotezo 2 smo pravilno zastavili in jo z rezultati tudi potrdili. Čiščenje vode na čistilni napravi ni učinkovito nad 99 %. V iztočni vodi je še vedno 25 % detergenta, ki smo ga imeli v neočiščeni komunalni vodi. Zavedati se moramo, da so čistilne naprave naša pomoč, koliko učinkovite so, pa je v veliki meri odvisno od nas. Pomembno je, kaj vse zlivamo v odtoke, vsak bi lahko nekaj malega prispeval že z ozaveščanjem, koliko detergentov za pomivanje, pranje in osebno higieno dnevno uporabimo.

6 ZAKLJUČEK

V sklopu raziskovalne naloge smo imeli priložnost spoznati del vodnega kroga. Ozavestili smo, da se pene, ki jih splaknemo v koritu, kmalu znajdejo v potoku in nadaljujejo pot do čistilne naprave. V svoji predhodni predstavi smo si domišljali, da so čistilne naprave popolni stroji, ki naredijo vodo bistro in čisto. Spoznali smo, da so skoraj popolne, vendar imamo ljudje na njihovo učinkovito delovanje zelo velik vpliv.

Rezultati raziskave so nam potrdili, da način pomivanja posode vpliva na količino detergenta v odtoku in na naši posodi. Vsem bi toplo priporočali, da detergent uporabijo zmerno in v skladu z navodili. Uporabo na gobici pa odsvetujemo, saj se pri takšnem načinu pomivanja količina detergenta v vodi za splakovanje 25-krat večja, na krožniku po drugem spiranju pa še vedno 2-krat večja.

Pri meritvah količine detergentov na vtoku in iztoku iz čistilne naprave pa opazamo velik doprinos čiščenja k zniževanju koncentracije, saj se je le-ta znižala za 4-krat. Žal je v tej vodi še ostalo nekaj detergenta. Kako učinkovito je čiščenje na čistilni napravi, je odvisno od obremenitve vode v določenem dnevu. Glede na to, da je pomivanje stalno in vsakodnevno opravilo, pa bi se z ozaveščanjem doseglo mnogo.

7 VIRI IN LITERATURA

- BAVCON KRALJ, Mojca, KOŠENINA, Suzana, TREBŠE, Polonca. Analizne metode : analizna kemija, kemijske tehnologije, nevarne snovi : univerzitetni učbenik za študente univerzitetnega študija Sanitarne inženirstvo. 1. izd. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta, 2020. [XII], 142 str., ilustr. ISBN 978-961-6808-98-9. [COBISS.SI-ID 20399875]
- Dolenc, D. (2016). Praktikum iz organske kemije. Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.
- Dragaš, A. Z., & Škerl, M. (2004). Higiena in obvladovanje okužb: izbrana poglavja. Založba ZRC.
- FORTUNA, Anja. Določanje ostankov površinsko aktivne snovi in biocida na posodi iz različnih materialov po ročnem čiščenju : magistrsko delo = Determining residues of a surfactant and a biocide in the container made of different materials according to the manual dishwashing : master thesis. Ljubljana: [A. Fortuna], 2018. 58 str., ilustr. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=103852>. [COBISS.SI-ID 5492843]
- Kompare, B., Levstek, M., & Atanasova, N. (2006). Dva pristopa k modeliranju čistilne naprave za odpadno vodo. Two approaches to wastewater treatment plant modelling. Acta hydrotechnica, 24, 40.
- Levstek, 2021. O vrednosti vode na svetovni dan voda, 22. marca; <https://www.dnevnik.si/1042951509/objektiv-nova/komentarji/o-vrednosti-vode-na-svetovni-dan-voda-22-marca>
- Levstek Marjetka, 2021. Koliko vode lahko prihranimo pri pomivanju posode? – Slovensko društvo za zaščito voda (sdzv-drustvo.si)
- Milenko Roš, Sodobni postopki čiščenja odpadnih vod, Založnik in izdajatelj: Fit media d.o.o., 2015
- Roš, M., Simonič, M., & Šostar-Turk, S. (2005). Priprava in čiščenje vod. Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilstvo. More, Stravs, Vpliv antibakterijskih in navadnih čistilnih sredstev ...
- Dernovšek I., 2009. Nevarna čistilna sredstva nepravilno označena | Dnevnik, <https://www.dnevnik.si/1042276416>
- eucbeniki: <https://eucbeniki.sio.si/kemija9/993/index5.html>