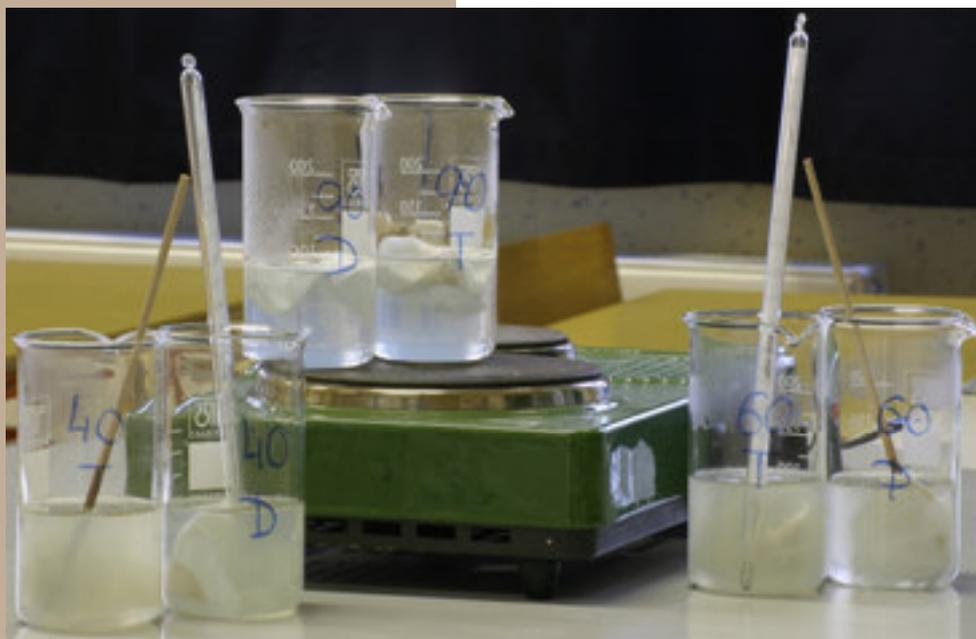




področje : KEMIJA



Vpliv trdote in temperature vode na proces pranja perila

Avtorji:

ŽAN BRAČIČ

KRYSTYNA MYRONOVA

JERNEJ LUZAR

Mentor:

BOŠTJAN ŠTIH

raziskovalna naloga

Vpliv trdote in temperature vode na proces pranja perila

avtorji:
ŽAN BRAČIČ
JERNEJ LUZAR
KRYSTYNA MYRONOVA
vsi 9.a

mentor:
BOŠTJAN ŠTIH

Celje, april 2006

POVZETEK

V naši raziskovalni nalogi smo ugotavljali vpliv trdote in temperature vode na proces pranja perila. Spoznali smo, da je perilo bolje oprano, če ga peremo pri višjih temperaturah in v bolj mehki vodi. Uporaba sredstva za odstranjevanje vodnega kamna ni bistveno izboljšala učinkovitosti detergenta za pranje perila. Poleg tega smo ugotovili, da nekaterih madežev preprosto ni mogoče odstraniti s perila.

Glavna raziskovalna metoda je bilo eksperimentalno delo, poleg tega pa smo izdelali primerjavo med našimi rezultati in podatki iz literature.

KAZALO

POVZETEK	2
----------	---

KAZALO	3
--------	---

I UVOD	4
--------	---

1.1 TEORETSKE OSNOVE	4
1.2 OPIS RAZISKOVALNEGA PROBLEMA	7
1.3 HIPOTEZE	7
1.4 RAZISKOVALNE METODE	8
1.4.1 Delo z viri	8
1.4.2 Oblikovanje pisnega poročila	8
1.4.3 Določanje trdote vode	9
1.4.4 Priprava vzorcev tekstila	9
1.4.5 Priprava pralnih raztopin	10
1.4.6 Testiranje vpliva trdote vode na proces pranja	10
1.4.7 Testiranje vpliva temperature vode na proces pranja	11
1.4.8 Testiranje vpliva sredstva za odstranjevanje vodnega kamna na proces pranja	11

2 OSREDNJI DEL	12
----------------	----

2.1 PREDSTAVITEV RAZISKOVALNIH REZULTATOV	12
2.1.1 Določanje trdote vode	12
2.1.2 Vpliv trdote vode na proces pranja	13
2.1.3 Vpliv temperature na proces pranja	14
2.1.4 Vpliv sredstva za odstranjevanje vodnega kamna na proces pranja	15
2.1.5 Skupni rezultati vpliva trdote in temperature vode na proces pranja perila	16
2.2 DISKUSIJA	17

3 ZAKLJUČEK	18
-------------	----

4 VIRI IN LITERATURA	19
----------------------	----

4.1 LITERATURA	19
4.2 INTERNETNI NASLOVI	19
4.3 VIRI SLIK	19

I UVOD

Vsaka gospodinja se dnevno srečuje s kupi umazanega perila, ki je iz različnih materialov, od katerih nekateri zahtevajo zelo previdno pranje. Kako torej perilo oprati tako, da bo čisto, brez madežev, hkrati pa pri tem porabiti čim manj električne energije in pralnega praška. Na taka in podobna vprašanja bomo skušali odgovoriti v naši raziskovalni nalogi.

I.1 TEORETSKE OSNOVE

Voda je močno polarna spojina, sestavine umazanije pa so povečini nizko polarne in nepolarne spojine. Kako torej spraviti nizkopolarne in nepolarne spojine v polarno vodo? Za raztapljanje moramo upoštevati pravilo sorodnosti po polarnosti. Polarne snovi se topijo v polarnih topilih, nepolarne in nizkopolarne snovi pa v nepolarnih in nizkopolarnih topilih.

Za pranje z vodo potrebujemo torej posrednike – pralna sredstva, ki morajo izpolnjevati dva osnovna pogoja:

- imeti morajo močno polarni ali ionski del, s katerim se vežejo na polarno vodo
- drugi konec molekule mora biti nepolaren, da se lahko z njim vežejo na nepolarne in šibko polarne spojine.

Tako imajo molekule pralnih sredstev polarno glavo in nepolarni rep. Da bi bil konec repa res nepolaren, mora biti veriga ogljikovih atomov od »glave« do »repa« dovolj dolga, da učinek polarne ali ionske glave do konca repa povsem oslabi. Verige pralnih sredstev imajo zato po 12 in več ogljikovih atomov.

Pralno sredstvo deluje tako, da se voda veže na nabiti del »pralnega iona«, nepolarne spojine pa na drugi, nepolarni konec.

Učinek naboja polarne »glave« se širi tudi na bližnji del »repa«. Zato se na nepolarni konec »repa«, ki je najbolj oddaljen od polarne »glave«, vežejo nepolarne molekule, na delu »repa«, bližje polarni »glavi« pa polarne molekule. Pralni ion tako odvede umazanijo v vodo.⁶

Katera pralna sredstva poznamo?

- Mila, ki so natrijeve in kalijeve soli maščobnih kislin.
- Detergente, ki so soli sulfonskih kislin.

⁶ Kornhauser, A.: Organska kemija, DZS, Ljubljana 1993, str. 144, 146

Pralni praški poleg mil in detergentov vsebujejo še:

- sodo (NaCO_3 ali NaHCO_3), zato v vodni raztopini reagirajo alkalno;
- natrijev perborat (NaBO_3), ki deluje kot belilno sredstvo;
- zeolite, ki mehčajo trdo vodo;
- optične belilce, ki dajejo opranemu perilu še posebno belino;
- encime, ki pospešujejo hidrolizo nečistoč in s tem povečajo njihovo topnost v vodi;
- penilce in emulgatorje za povečanje pralnega učinka.⁵

Pralni praški so pralna sredstva, ki jih uporabljamo za ročno ali strojno pranje perila. Pralne praške z dodatkom encimov imenujemo tudi biološki pralni praški. Razgradijo beljakovine in »zrahljajo« madeže na tekstilnih izdelkih.⁴

Ponekod je vodovodna voda taka, da se mila v njej zlahka penijo. Pravimo, da je taka voda mehka. Drugod dobimo z enako količino mila kosmiče netopnih mil in komaj kaj pene. To so značilnosti trde vode.

Trdoto vode povzročajo raztopljene kalcijeve in magnezijeve spojine, ki jih v vodarnah ne odstranjujejo iz vode. To so predvsem:

- kalcijev hidrogenkarbonat
- kalcijev sulfat
- magnezijev hidrogenkarbonat
- magnezijev sulfat.

Trdoto vode največkrat povzroča kalcijev hidrogenkarbonat. Ta nastaja, ko pada dež po kamninah kot sta apnenec in kreda. Oba sestojita predvsem iz kalcijevega karbonata, ki v vodi ni topen. Vendar pa deževnica ni čista voda. Ko pada dež skozi zrak, raztaplja ogljikov dioksid, pri tem pa nastaja šibka ogljikova kislina. Ta raztaplja kalcijev karbonat, ki pri tem preide v kalcijev hidrogenkarbonat.²

⁵ Kornhauser, A.: Organska kemija, DZS, Ljubljana 1990, str. 117, 118

⁴ Kobal, E.: Kemija za vedoželjne, DZS, Ljubljana 1994, str. 124

² Gallagher, R. M.: Naravoslovje – kemija, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1992, str. 108, 109

O trdoti govorimo pri analizi vode, vendar pa se pojem trdota zajema le del vseh raztopljenih snovi. Je merilo količine določenih kovinskih ionov prisotnih v vodi, predvsem kalcija in magnezija. Od obeh je kalcij daleč najvplivnejši, saj njegova koncentracija tri do desetkrat presega koncentracijo magnezija. V mnogo manjšem merilu na trdoto vplivajo tudi barij, stroncij, železo, baker, cink in še nekateri kovinski ioni. Ti ioni so prisotni predvsem v treh glavnih oblikah: hidroksidih, karbonatih in bikarbonatih. Obstajajo pa tudi sulfatih, kloridih, silikatih, fosfatih in boratih, a v zelo majhnih količinah.

Skupna trdota (oznaka GH) oz. celokupna trdota vode, označuje celotno vsebnost vseh teh kombinacij soli in jo lahko razdelimo na začasno, ki se izloči pri prekuhavanju, in trajno (permanentno), ki ostane v vodi tudi po prekuhavanju. Začasna trdota, ki ji rečemo tudi karbonatna trdota (oznaka KH), običajno tvori večji del skupne trdote. Določene kalcijeve in magnezijeve soli povečujejo alkalnost vode, kot tudi k trdoto vode. Alkalnost in začasna trdota vode imata precej kompleksno razmerje, a poenostavljeno rečeno alkalnost odraža začasno trdoto vode. To je predvsem zato, ker začasno trdoto sestavljajo predvsem bikarbonatni ioni, ki so odgovorni tudi za alkalnost vode. Stalno trdoto sestavljajo predvsem karbonatne, kloridne in sulfatne soli.⁸

<i>mg / L CaCO₃</i>	°N	trdota vode
0 - 50	0 - 3	mehka
50 - 100	3 - 6	srednje mehka
100 - 200	6 - 12	rahlo trda
200 - 300	12 - 18	srednje trda
300 - 450	18 - 25	trda
preko 450	nad 25	zelo trda

Tabela 2: Kategorizacija voda po trdoti

Trdoto vode izražamo v nemških stopinjah °N. 1 °N ustreza 10 mg CaO v litru vode.¹

⁸ <http://www.akvazin.com/default.cfm?j=Si&kat=0201&ID=89&noextra>

¹ Gabrič, A.: Kemija danes 2, DZS, Ljubljana 2003, str. 42

1.2 OPIS RAZISKOVALNEGA PROBLEMA

Kot smo že omenili, nas je zanimalo, kako bi najučinkovitejše oprali perilo, umazano z različnimi madeži. Zanimali so nas odgovori na naslednja vprašanja:

- Ali je perilo bolje oprano v trdi ali v mehki vodi?
- Ali temperatura vode bistveno vpliva na končni rezultat pranja?
- Ali dodatek sredstva za odstranjevanje vodnega kamna poveča pralni učinek detergenta?

1.3 HIPOTEZE

Postavili smo naslednje raziskovalne hipoteze:

- Perilo je po pranju bolj čisto, če ga peremo v mehki vodi.
- Perilo se bolje opere pri višji temperaturi.
- Dodatek sredstva za odstranjevanje vodnega kamna izboljša pralni učinek detergenta.

1.4 RAZISKOVALNE METODE

1.4.1 DELO Z VIRI

Po podrobni analizi raziskovalnega problema smo pobrskali po učbenikih in drugi literaturi, kjer smo našli veliko podatkov o vrsti in delovanju pralnih sredstev ter o vzrokih za trdoto vode. Nato smo opravili izbor primerne literature.

1.4.2 OBLIKOVANJE PISNEGA POROČILA

Pisno poročilo smo oblikovali z računalnikom v programu MS Word 2003. Fotografije smo izdelali z digitalnim fotoaparatom Canon EOS 300D z objektivom Sigma 50 – 200. Objekte smo postavili pred belo ozadje in fotografirali brez bliskavice, z uporabo stativa. Fotografije smo naknadno obdelali s programom Adobe Photoshop Elements 2.0. Vzorce tkanin smo skenirali z optičnim čitalnikom Canon D660 U. Slike smo obrezali z že zgoraj omenjenim programom za obdelavo slik.

I.4.3 DOLOČANJE TRDOTE VODE

Za določanje karbonatne in celokupne trdote smo uporabljali Sera kH in Sera gH test, ki se sicer uporabljata v akvaristiki. Karbonatno trdoto vode smo določali tako, da smo v kiveto nalili 5 mL vzorca in nato po kapljicah dodajali kH reagent do preskoka barve iz modre v rumeno. Število dodanih kapljic je enako karbonatni trdoti v °N. Celokupno trdoto smo določali na podoben način. Pri tem smo 5 mL vzorca v kiveti po kapljicah dodajali gH reagent do preskoka barve iz rdeče v zeleno. Število kapljic reagenta je bilo enako celokupni trdoti vode v °N.



Slika 1: Sera testi za določanje karbonatne in celokupne trdote vode.

I.4.4 PRIPRAVA VZORCEV TEKSTILA

Iz bele bombažne rjuhe smo izrezali kvadratke velike približno 5x5 cm. Na vsak košček tkanine smo nanegli po eno vrsto madeža in sicer od:

- rabljenega motornega olja
- trave
- paradižnikove omake

I.4.5 PRIPRAVA PRALNIH RAZTOPIN

V čašo smo nalili vodo ter detergent Ariel in sicer:

- Za testiranje vpliva trdote smo eno čašo napolnili s 100 mL vodovodne (trde) vode in 1 mL detergenta, drugo pa s 100 mL destilirane (mehke) vode in 1 mL detergenta. Pripravili smo tri take serije za vsako vrsto madeža posebej.
- Za testiranje vpliva temperature smo štiri čaše napolnili s 100 mL vodovodne vode in 1 mL detergenta. Pripravili smo tri take serije za vsako vrsto madeža posebej.
- Za ugotavljanje vloge sredstva za odstranjevanje vodnega kamna smo eno čašo napolnili s 100 mL vodovodne vode in 1 mL detergenta, drugo pa s 100 mL vodovodne vode, 1 mL detergenta ter 0,5 mL sredstva za odstranjevanje vodnega kamna Calgon. Pripravili smo dve taki seriji, ker smo testirali samo tkanine z madeži od trave in paradižnikove omake.



Slika 2: Uporabljen detergent in sredstvo za odstranjevanje vodnega kamna

I.4.6 TESTIRANJE VPLIVA TRDOTE VODE NA PROCES PRANJA

Vzorci tkanin z različnimi madeži smo namakali ločeno v vodovodni (trdi) in destilirani (mehki) vodi z dodatkom detergenta, trideset minut, pri sobni temperaturi. Med namakanjem smo jih večkrat premešali. Po končanem namakanju smo vzorce iz vodovodne vode sprali z vodovodno, vzorce iz destilirane pa z destilirano vodo, oželi, nato pa pustili čez noč na papirju, da so se posušili. Posušene vzorce smo nato ustrezno označili in jih prelikali.

I.4.7 TESTIRANJE VPLIVA TEMPERATURE VODE NA PROCES PRANJA

Vzorci tkanin z različnimi madeži smo trideset minut namakali ločeno v vodovodni vodi z dodatkom detergenta, pri temperaturah 20, 40, 60 in 95° C. Med namakanjem smo jih večkrat premešali. Po končanem namakanju smo jih sprali z vodovodno vodo, oželi, nato pa pustili čez noč na papirju, da so se posušili. Posušene vzorce smo nato ustrezno označili in jih prelikali.



Slika 3: Ugotavljanje vpliva temperature vode na proces pranja

I.4.8 TESTIRANJE VPLIVA SREDSTVA ZA ODSTRANJEVANJE VODNEGA KAMNA NA PROCES PRANJA

Vzorci tkanin z različnimi madeži smo trideset minut namakali ločeno v vodovodni vodi z dodatkom detergenta in v vodovodni vodi z dodatkom detergenta ter sredstva za odstranjevanje vodnega kamna, pri sobni temperaturi. Med namakanjem smo jih večkrat premešali. Po končanem namakanju smo jih sprali z vodovodno vodo, oželi, nato pa pustili čez noč na papirju, da so se posušili. Posušene vzorce smo nato ustrezno označili in jih prelikali.

Testirali pa smo tudi vse možne kombinacije različnih madežev, temperature in trdote vode.

2 OSREDNJI DEL

2.1 PREDSTAVITEV RAZISKOVALNIH REZULTATOV

2.1.1 DOLOČANJE TRDOTE VODE

	<i>karbonatna trdota</i>	<i>celokupna trdota</i>
<i>vodovodna voda</i>	12 °N	16 °N
<i>destilirana voda</i>	0 °N	0 °N

Tabela 2: Rezultati merjenja karbonatne in celokupne trdote za vodovodno in destilirano vodo



Slika 4: Preskok barve pri določanju karbonatne trdote



Slika 5: Preskok barve pri določanju celokupne trdote

2.1.2 VPLIV TRDOTE VODE NA PROCES PRANJA

	<i>motorno olje</i>	<i>trava</i>	<i>paradižnikova omaka</i>
<i>Trda voda</i>			
<i>Mehka voda</i>			

Tabela 3: Rezultati testiranja vpliva trdote vode na proces pranja perila

Iz tabele je razvidno, da pri odstranjevanju madeža motornega olja ni bistvene razlike med trdo in mehko vodo. Prav tako ni razlike pri odstranjevanju madeža od paradižnikove omake, saj smo tako s trdo kot z mehko vodo madež bolj ali manj odstranili. Opazna razlika pa je pri madežu od trave, saj je na vzorcu, ki smo ga prali v trdi vodi dosti bolj viden kot na vzorcu, opranem v mehki vodi.

2.1.3 VPLIV TEMPERATURE VODE NA PROCES PRANJA

	<i>motorno olje</i>	<i>trava</i>	<i>paradižnikova omaka</i>
<i>20° C</i>			
<i>40° C</i>			
<i>60° C</i>			
<i>95° C</i>			

Tabela 4: Rezultati testiranja vpliva temperature vode na proces pranja perila

Iz tabele je razvidno, da temperatura vode pomembno vpliva na proces pranja perila. S povišanjem temperature vode se pralni učinek poveča. To se vidi pri madežih od motornega olja in trave, saj madeži postajajo vse bolj svetli. Najbolj je razlika opazna pri vzorcih opranih pri 20 in tistih, ki so bili oprani pri 40° C, kasneje so razlike manjše. Pri vzorcu s paradižnikovo omako nismo zaznali nobenih razlik, madež smo odstranili že pri sobni temperaturi vode.

2.1.4 VPLIV SREDSTVA ZA ODSTRANJEVANJE VODNEGA KAMNA NA PROCES PRANJA

	<i>trava</i>	<i>paradižnikova omaka</i>
<i>brez Calgona</i>		
<i>s Calgonom</i>		

Tabela 5: Rezultati testiranja vpliva sredstva za odstranjevanje vodnega kamna na proces pranja perila

Iz tabele je razvidno, da sredstvo za odstranjevanje vodnega kamna nima posebnega vpliva na končni rezultat pranja. Paradižnikovo omako smo enako uspešno odstranili s tkanine, če smo vodovodni vodi dodali Calgon, kot če ga nismo dodali. Madež trave pa je po pranju še vedno prisoten na tkanini, ki smo jo prali s Calgonom tako, kot na tkanini, ki smo jo prali brez njega.

2.1.5 SKUPNI REZULTATI VPLIVA TRDOTE IN TEMPERATURE VODE NA PROCES PRANJA PERILA

	TRDA VODA			MEHKA VODA		
	motorno olje	trava	paradižnikova omaka	motorno olje	trava	paradižnikova omaka
20° C						
40° C						
60° C						
95° C						

Tabela 6: Rezultati pranja treh različnih madežev v trdi in mehki vodi pri različnih temperaturah

Iz tabele je razvidno, da najboljše rezultate dobimo pri pranju perila v mehki vodi pri višjih temperaturah. Predvsem je to razvidno pri madežih od trave.

2.2 DISKUSIJA

V naši raziskovalni nalogi smo ugotavljali vpliv trdote in temperature vode na proces pranja perila. Izhajali smo iz povsem vsakdanjega problema, s katerim se ukvarjajo gospodinje vsak dan in sicer, kako ob čim manjših stroških čimbolje oprati perilo.

Postavili smo tri hipoteze, V prvi trdimo, da je perilo po pranju bolj čisto, če ga peremo v mehki vodi. To hipotezo lahko potrdimo, kar je razvidno iz tabele 3. Kot navaja Gabrič (2003)¹, je doziranje pralnega sredstva odvisno od trdote vode. Če je v vodi raztopljenega veliko kalcijevega hidrogenkarbonata, govorimo o trdi vodi, ki je okusna in primerna za pitje, za pranje pa manj primerna, saj se poraba pralnih sredstev poveča. Za mehčanje vode so detergenti do nedavnega vsebovali fosfate, ki pa zelo onesnažujejo okolje zato jih danes nadomeščajo ionski izmenjevalci.

Druga hipoteza pravi, da se perilo bolje opere pri višji temperaturi. Tudi to hipotezo lahko potrdimo, kar je razvidno iz tabele 4. Pri temperaturah nad 40^o C so madeži postali svetlejši ali pa so popolnoma izginili. Razlog je v prisotnosti encimov v detergentu. Kot navaja Gabrič (2003)¹ detergenti le delno odstranjujejo madeže krvi, mleka, rumenjaka ali sadnega soka. Zato pralna sredstva vsebujejo perborate za odstranjevanje obarvanih nečistoč, da pa se lažje razgradijo beljakovinske nečistoče, jim dodajajo encime, ki pa optimalno delujejo pri višjih temperaturah. Uporaba encimov v pralnih praških je tudi eden prvih primerov sodobne uporabe encimov. (Holman, 1998)³

In še k tretji hipotezi, ki pravi, da dodatek sredstva za odstranjevanje vodnega kamna izboljša pralni učinek detergenta. To hipotezo bomo zavrgli, saj kot je razvidno iz tabele 5, ni opaziti posebnih razlik med tkaninami ki smo jih prali z oziroma brez prisotnosti sredstva za odstranjevanje vodnega kamna. Po eni strani je to tudi logično, saj ta sredstva v televizijskih oglasih vedno prikazujejo v smislu zmanjševanja odlaganja vodnega kamna na delih pralnega stroja. Kot navaja Pretnar (1996)⁷, je trda voda velikokrat neprimerna za uporabo, ker pri segrevanju nastaja trda skorja na stenah kotla ali cevi in ta obloga je v pralnem stroju nezaželjena, ker zavira gretje. Uporaba sredstva za odstranjevanje vodnega kamna torej poveča učinkovitost segrevanja vode v pralnem stroju in s tem samo posredno izboljša učinek pranja, neposredno pa ne.

¹ Gabrič, A.: Kemija danes 2, DZS, Ljubljana 2003, str. 42

³ Holman J.: Svet snovi, Založba Obzorja, Maribor 1998, str. 193

⁷ Pretnar, T, Glažar, S. A.: Kemija 7, DZS, Ljubljana 1996, str. 91

3 ZAKLJUČEK

Po primerjavi vseh rezultatov, do katerih smo prišli z eksperimentalnim delom lahko sklepamo, da bomo pri pranju perila dosegli najboljši rezultat, če bomo prali v mehki vodi pri povišani temperaturi, kar je razvidno tudi iz tabele 6, ki prikazuje vse možne kombinacije madežev, temperature in trdote vode. Pri tem pa moramo upoštevati posebnosti posameznih tkanin, saj so nekatere na povišano temperaturo bolj občutljive. Sem spadajo predvsem beljakovinska vlakna kot sta svila in volna.

Omeniti pa moramo, da samo pranje v mehki in vroči vodi nekaterih madežev preprosto ne odstrani. Dokaz za to je bilo pranje tkanin, ki so bila umazana z rabljenim motornim oljem. Ker motorno olje vsebuje predvsem nasičene ogljikovodike, mu encimi v detergentu in višja temperatura nista bila kos. V tem primeru bi morali tkanino predhodno namakati v kakšnem nepolarnem topilu kot to počno v kemičnih čistilnicah, šele nato bi ga oprali z detergentom.

Z rezultati naše raziskovalne naloge smo zadovoljni, saj smo tudi eksperimentalno dokazali dejstva, o katerih se učimo pri pouku kemije in naravoslovja,

In še k odgovoru na vprašanje, kako torej s čim manj stroški dobro oprati perilo. Z uporabo mehke vode, ki zmanjša porabo detergenta in ne zavira delovanja grelnih naprav v pralnem stroju. Ker pa je v večini Slovenije voda trda, je smiselno uporabljati sredstva za odstranjevanje vodnega kamna, ki naj bi preprečevala nastanek oblog na grelniku pralnega stroja, zaradi česar bi zmanjšali porabo električne energije in preprečili morebitne okvare.

Če pa ta sredstva res delujejo, kot prikazujejo v TV oglasih, pa je že drugo vprašanje.

Morda celo za novo raziskovalno nalogo.

4 VIRI IN LITERATURA

4.1 LITERATURA

1. Gabrič, A.: Kemija danes 2, DZS, Ljubljana 2003
2. Gallagher, R. M.: Naravoslovje – kemija, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1992
3. Holman J.: Svet snovi, Založba Obzorja, Maribor 1998
4. Kobal, E.: Kemija za vedoželjne, DZS, Ljubljana 1994
5. Kornhauser, A.: Organska kemija, DZS, Ljubljana 1990
6. Kornhauser, A.: Organska kemija, DZS, Ljubljana 1993
7. Pretnar, T, Glažar, S. A.: Kemija 7, DZS, Ljubljana 1996

4.2 INTERNETNI NASLOVI

8. <http://www.akvazin.com/default.cfm?j=Si&kat=0201&ID=89&noextra>

4.3 VIRI SLIK

Vse slike so izdelali avtorji naloge.