

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Tatjana JAGARINEC

**PREVERJANJE UČINKA PRAKTIČNEGA POUKA  
NA ZNANJE DIJAKOV O NANODELCIH TER NA  
NJIHOVA STALIŠČA DO NANOBIOLOGIJE**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Tatjana JAGARINEC

**PREVERJANJE UČINKA PRAKTIČNEGA POUKA NA ZNANJE  
DIJAKOV O NANODELCIH TER NA NJIHOVA STALIŠČA DO  
NANOBILOGIJE**

MAGISTRSKO DELO

**THE IMPACT OF PRACTICAL WORK ON STUDENTS'  
KNOWLEDGE ABOUT NANOPARTICLES AND STUDENTS'  
ATTITUDE TOWARDS NANOBIOLOGY**

M. SC. THESIS

Ljubljana, 2015

Magistrsko delo je bilo opravljeno na Katedri za metodiko biološkega izobraževanja Oddelka za biologijo in predstavlja zaključek podiplomskega študija biologije. Izvedba raziskave je potekala na I. gimnaziji v Celju.

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po Sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 25. 9. 2013 je bilo potrjeno, da kandidatka izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja biologije. Za mentorja je bil imenovan doc. dr. Iztok Tomažič, za somentorico pa prof. dr. Damjana Drobne.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: doc. dr. Jasna DOLENC KOCE

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: doc. dr. Iztok TOMAŽIČ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: prof. dr. Damjana DROBNE

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: prof. dr. Barbara BAJD

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Datum zagovora: 16. 11. 2015

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Tatjana Jagarinec

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Md
- DK UDK 57:004.85.373.5(043.2)=163.6
- KG izkustveno učenje/pouk/klasični pouk/nanodelci/nanobiologija/stališča/znanje/  
gimnazija
- AV JAGARINEC, Tatjana, univ. dipl biolog in prof. biologije
- SA TOMAŽIČ, Iztok (mentor)/DROBNE, Damjana (somentorica)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in  
biotehniških znanosti, področje biologije
- LI 2015
- IN PREVERJANJE UČINKA PRAKTIČNEGA POUKA NA ZNANJE DIJAKOV  
O NANODELCIH TER NA NJIHOVA STALIŠČA DO NANOBIOLOGIJE
- TD Magistrsko delo
- OP X, 84 str., 19 pregl., 16 sl., 3 pril., 92 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Hiter porast novosti v znanosti in tehnologiji, še posebej v nanobiologiji, bo imel velik vpliv na naše življenje, zato je pomembno, da dijake seznanimo s prednostmi, slabostmi in nevarnostmi, ki jih prinaša. Namen naloge je bil preveriti znanje in stališča dijakov o nanodelcih in nanobiologiji glede na način izvedbe pouka. Primerjali smo rezultate anket dijakov, ki so imeli klasični pouk, z rezultati anket dijakov, ki so imeli poleg klasičnega pouka še eksperimentalno delo. Ugotavljali smo, kako novo znanje in izkušnje vplivata na interes dijakov o pridobivanju novih informacij o nanodelcih in nanobiologiji. Raziskavo smo izvedli med dijaki od prvega do tretjega letnika na I. gimnaziji v Celju. Skupno število anketirancev je bilo 181. Vprašalnik, ki so ga dijaki reševali pred poukom in po pouku, je bil enak. Rezultati raziskave so pokazali, da dijaki ne poznajo vsebin o nanodelcih in nanotehnologiji in ne poznajo prednosti in nevarnosti, ki jih le-ta prinaša. V povprečju so na vprašanja iz znanja pravilno odgovorili v 36,3 %. Največ predznanja je imel tretji letnik, razlik v stališčih do nanobiologije pa med letniki ni bilo. Predznanje o nanobiologiji in nanodelcih je pri fantih v drugem in tretjem letniku boljše kot pri dekletih. Po izvedenem pouku so se pozitivni učinki pridobljenega znanja in interes za učenje izrazili tako pri razredih s klasičnim poukom kot pri razredih z eksperimentalnim delom. Ko pa smo primerjali oba načina poučevanja, so razredi, kjer je potekalo eksperimentalno delo, pokazali več znanja in višjo vrednost stališč do pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih ter pokazali večji interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih. Z raziskavo želimo opozoriti, da lahko v šoli širimo nova znanja in omogočamo dijakom, da kritično presojujejo o prednostih in slabostih novitet, in da je eksperimentalno delo v pri tem zelo učinkovito.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Md

DC UDK 57:004.85.373.5(043.2)=163.6

CX experimental learning/instruction/direct instruction/nanoparticles/nanobiology/  
attitude/knowledge/secondary school

AU JAGARINEC, Tatjana, univ. dipl biolog in prof. biologije

AA TOMAŽIČ, Iztok (supervisor)/DROBNE, Damjana (co-supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological  
and Biotechnical Sciences, Field: Biology

PY 2015

TI THE IMPACT OF PRACTICAL WORK ON STUDENTS' KNOWLEDGE ABOUT  
NANOPARTICLES AND STUDENTS' ATTITUDE TOWARDS NANOBIOLOGY

DT M. Sc. Thesis

NO X, 84 p., 19 tab., 16 fig., 3 ann., 92 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Revolutionary development in science and technology especially in nanobiology will have an enormous influence on our lives, therefore it is of an extreme importance to inform our students about the advantages, drawbacks and dangers that are brought along. The purpose of my paper was to check the students' knowledge and attitudes towards nanoparticles and nanobiology according to different methods of teaching. We compared the results of the questionnaires completed by students involved in ordinary lessons with those who performed experiment as well. We were trying to find out how the acquired knowledge and experience influence the students' interest in gaining new information on nanoparticles and nanobiology. The research was conducted at high school I. gimnazija v Celju. 181 students from the first to the third grade took part in it. Students filled in the same questionnaire before and after the lessons. The results showed that they are neither familiar with the contents of nanoparticles and nanotechnology nor with the advantages and dangers involved. On average they answered 36,3 % of the questions correctly. The students in the third grade showed most of the knowledge, but there were no differences in attitudes towards nanobiology between the students of different ages. In the second and third grade boys have more knowledge on nanoparticles and nanobiology than girls. After different types of lessons were carried out all the students involved in the research showed more interest in studying. Only after we had compared both methods of teaching, there were some differences. Those who performed experiments showed more knowledge and the importance of a positive attitude towards studying and gaining knowledge about nanobiology and nanoparticles. The purpose of our research is to point out the importance of school work in expanding students' knowledge and enabling them to think critically about the advantages and disadvantages of innovations and the efficiency of conducting experiments.

## KAZALO VSEBINE

	Str.
<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....</b>	<b>III</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION .....</b>	<b>IV</b>
<b>KAZALO VSEBINE .....</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC .....</b>	<b>VIII</b>
<b>KAZALO SLIK.....</b>	<b>IX</b>
<b>KAZALO PRILOG .....</b>	<b>X</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 NAMEN IN IZHODIŠČA.....	3
1.2 HIPOTEZE .....	4
<b>2 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>5</b>
2.1 NANOZNANOST IN NANOBIOLOGIJA .....	5
<b>2.1.1 Nanotehnologija v naravi.....</b>	<b>6</b>
2.2 NANODELCI .....	8
<b>2.2.1 Izvor nanodelcev.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.2 Lastnosti nanodelcev .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3 Uporaba nanodelcev .....</b>	<b>9</b>
2.2.3.1 Uporaba nanodelcev v prehrani .....	9
2.2.3.2 Uporaba nanodelcev v medicini.....	9
<b>2.2.4 Vstopanje nanodelcev v organizem.....</b>	<b>10</b>
2.3 TiO <sub>2</sub> in ZnO – NANODELCI UPORABLJENI V NAŠI RAZISKAVI.....	11
<b>2.3.1 Uporaba in razširjenost nanodelcev TiO<sub>2</sub> .....</b>	<b>11</b>
2.3.1.1 Toksičnost nanodelcev TiO <sub>2</sub> .....	12
<b>2.3.2 Uporaba in razširjenost nanodelcev ZnO.....</b>	<b>13</b>
2.3.2.1 Toksičnost nanodelcev ZnO .....	13
2.4 TESTNI ORGANIZEM – ENAKONOŽNI RAK VRSTE <i>Porcellio scaber</i> ..	15
<b>2.4.1 Spremljanje toksičnih učinkov nanodelcev na rake.....</b>	<b>15</b>
2.5 UČENJE IN POUČEVANJE NA PODROČJU NARAVOSLOVNEGA IZOBRAŽEVANJA .....	17

<b>2.5.1</b>	<b>Načini poučevanja (klasični pouk, izkustveni pouk, raziskovalni pouk)...</b>	<b>18</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Praktično in eksperimentalno delo pri pouku biologije.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Delo z živimi organizmi pri pouku.....</b>	<b>21</b>
2.6	STALIŠČA .....	22
<b>2.6.1</b>	<b>Raziskave stališč o nanotehnologiji.....</b>	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI IN METODE DELA .....</b>	<b>25</b>
3.1	NAČRTOVANJE RAZISKAVE .....	25
<b>3.1.1</b>	<b>Delo v razredu s klasičnim poukom.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Delo v razredu z laboratorijsko vajo .....</b>	<b>25</b>
3.2	IZBIRA IN VELIKOST VZORCA .....	27
3.3	PROTOKOL ZA NASTAVITEV POSKUSA .....	28
<b>3.3.1</b>	<b>Gojenje organizmov .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Priprava listov za poskus .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Priprava petrijevsk .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Izbor živali .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Trajanje poskusa .....</b>	<b>30</b>
3.4	DELO V RAZREDU.....	30
<b>3.4.1</b>	<b>Priprava na poskus.....</b>	<b>30</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Izvedba poskusa .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Zaključek in analiza po eksperimentalnem delu .....</b>	<b>32</b>
3.5	VPRAŠALNIK .....	33
3.6	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV .....	36
<b>4</b>	<b>REZULTATI .....</b>	<b>37</b>
4.1	ANALIZA PODATKOV GLEDE NA HIPOTEZE .....	37
<b>4.1.1</b>	<b>Predznanje dijakov.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Primerjava predznanja in stališč med letniki.....</b>	<b>41</b>
4.1.2.1	Primerjava predznanja med letniki.....	42
4.1.2.2	Primerjava stališč med letniki pred poukom.....	43
<b>4.1.3</b>	<b>Primerjava predznanja, interesa in stališč glede na spol.....</b>	<b>45</b>
4.1.3.1	Primerjava predznanja, interesa in stališč glede na spol .....	45
4.1.3.2	Primerjava znanja in stališč dijakov prvega letnika glede na spol pred poukom . .....	46

4.1.3.3	Primerjava znanja in stališč dijakov drugega letnika po spolu pred poukom...	47
4.1.3.4	Primerjava znanja in stališč dijakov tretjega letnika glede na spol pred poukom .....	48
<b>4.1.4</b>	<b>Primerjava znanja in stališč pred poukom in po pouku v razredih s klasičnim poukom in v razredih s poskusom .....</b>	<b>49</b>
4.1.4.1	Primerjava znanja in stališč vseh razredov, ki so izvajali eksperiment, pred poukom in po pouku.....	49
<b>4.1.5</b>	<b>Interes za učenje.....</b>	<b>51</b>
4.1.5.1	Interes za učenje oz. znanje in stališča glede na izvedbo pouka (vsi letniki skupaj) .....	51
4.2	ANALIZA POSAMEZNIH TRDITEV STALIŠČ GLEDE NA LETNIK PRED POUKOM IN PO POUKU .....	54
<b>4.2.1</b>	<b>Trditve stališč pred poukom glede na letnik .....</b>	<b>55</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Povprečne vrednosti za trditve stališč po pouku glede na letnik .....</b>	<b>56</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Primerjava opredelitev do trditev dijakov vseh razredov pred poukom in po pouku .....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI.....</b>	<b>60</b>
5.1	PREDZINANJE DIJAKOV .....	61
5.2	PRIMERJAVA PREDZINANJA IN STALIŠČ MED LETNIKI.....	62
5.3	PRIMERJAVA PREDZINANJA, INTERESA IN STALIŠČ GLEDE NA SPOL .....	64
5.4	PRIMERJAVA ZNANJA IN STALIŠČ PRED POUKOM IN PO POUKU V RAZREDIH S KLASIČNIM POUKOM IN V RAZREDIH Z EKSPERIMENTALNIM DELOM .....	65
5.5	INTERES ZA UČENJE.....	66
5.6	SKLEPI.....	69
<b>6</b>	<b>POVZETEK (SUMMARY) .....</b>	<b>71</b>
6.1	POVZETEK.....	71
6.2	SUMMARY.....	73
<b>7</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>75</b>
	<b>ZAHVALA</b>	
	<b>PRILOGE</b>	



## KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1: Deskriptivna statistika končnega vzorca glede na način pouka, razred in spol učencev. ....	27
Pregl. 2: Trditve iz znanja. ....	33
Pregl. 3: Nivoji Likertove lestvice. ....	34
Pregl. 4: Kategorije stališč. ....	35
Pregl. 5: Trditve in vprašanja iz znanja. ....	37
Pregl. 6: Odstotki pravih in nepravilnih odgovorov iz predznanja v 1., 2. in 3. letniku. ....	39
Pregl. 7: Povprečno število doseženih točk iz predznanja po letniku. ....	42
Pregl. 8: Primerjava razlik v predznanju med letniki – Tukey-HSD test. ....	43
Pregl. 9: Povprečna ocena kategorij stališč po letniku pred poukom. ....	44
Pregl. 10: Primerjava razlik v kategorijah stališč med letniki – F-test. ....	44
Pregl. 11: Primerjava razlik v stališčih med letniki s post-testom Tukey-HSD. ....	45
Pregl. 12: Primerjava znanja in stališč vseh dijakov glede na spol pred poukom. ....	46
Pregl. 13: Primerjava znanja in stališč dijakov prvega letnika glede na spol pred poukom. ....	47
Pregl. 14: Primerjava znanja in stališč dijakov drugega letnika glede na spol pred poukom. ....	47
Pregl. 15: Primerjava znanja in stališč dijakov tretjega letnika glede na spol pred poukom. ....	48
Pregl. 16: Primerjava znanja in stališč glede na izvedbo pouka (pred poukom in po pouku ter za vse letnike skupaj) (t-test). ....	52
Pregl. 17: Trditve stališč. ....	54
Pregl. 18: Primerjava trditev stališč glede na letnik pred poukom. ....	55
Pregl. 19: Primerjava trditev stališč glede na letnik po pouku. ....	57

## KAZALO SLIK

Sl. 1: Nanotehnologija v naravi (Schulenburg, 2006).....	6
Sl. 2: Vodne kapljice na listu kapucinke, upodobljene z elektronskim mikroskopom (ESEM) Univerze v Baslu (Schulenburg, 2006). ....	7
Sl. 3: Vstopne poti nanodelcev v človeško telo in možne poškodbe (Hunt, University of Surrey, Velika Britanija, povzeto po Remškar, 2009). ....	10
Sl. 4: TiO <sub>2</sub> v anatasni obliki, visokoločljivostna presevoelektronskomikroskopska slika posameznega nanodelca (Remškar, 2009). ....	11
Sl. 5: Rak enakonožec ( <i>Porcellio scaber</i> ). ....	15
Sl. 6: Načrt poteka raziskave. ....	26
Sl. 7: Enakonožec z marzupijem. ....	29
Sl. 8: Levitev enakonožca. ....	29
Sl. 9: Petrijevke z enakonožci v stekleni posodi (Drobne in sod., 2007). ....	30
Sl. 10: Priprava na delo v razredu (Jagarinec, 2013). ....	31
Sl. 11: Petrijevke z enakonožci in listi. ....	31
Sl. 12: Tehtanje enakonožcev. ....	32
Sl. 13: Odstotek pravih odgovorov iz predznanja. . ....	41
Sl. 14: Primerjava znanja in stališč vseh razredov, ki so izvajali eksperiment, pred poukom in po pouku. ....	50
Sl. 15: Primerjava znanja in stališč vseh razredov, ki so imeli samo klasični pouk, pred poukom in po pouku. ....	50
Sl. 16: Opredelitev do trditev vseh dijakov pred poukom in po pouku. ....	58

## **KAZALO PRILOG**

Priloga A : Anketni vprašalnik: NANOBIOLOGIJA

Priloga B: Nanodelci in nanobiologija – PowerPoint predstavitev

Priloga C: Priprava na eksperimentalni del z raki enakonožci – PowerPoint predstavitev

## 1 UVOD

Nanoznanost oz. nanotehnologija bo močno spremenila našo prihodnost. Shand in Wetter (2006, cit. po Planinšič in Kovač, 2008) napovedujeta, da bo njen vpliv primerljiv z vplivi, ki so ga imeli na človeštvo izumi parnega stroja, elektrike, tranzistorja in interneta. Nanometer ali  $10^{-9}$  m je velikostni razred atomov in molekul. V nanometrskih razsežnostih so lastnosti snovi bistveno drugačne kot lastnosti, ki jih ima snov, v kateri je združenih veliko število atomov ali molekul. Meje med naravoslovnimi disciplinami v nanometrskih razsežnostih so drugačne kot tradicionalne meje, saj je razumevanje lastnosti na nivoju atomov in molekul osnova za razumevanje procesov v fiziki, kemiji in biologiji. Snovi, ki vsebujejo z nanotehnoškimi postopki proizvedene nanodelce, in imajo zaradi tega drugačne lastnosti, pa postajajo vse bolj prisotne tudi v našem vsakdanjem življenju.

Takšne snovi najdemo na primer v prehrani, kozmetiki, v različnih sredstvih za impregnacijo tkanin in lesa ... Revolucionarne novosti prinaša nanotehnologija tudi na področju medicine, varovanja okolja in energetike. Kljub obetavnim napovedim pa zbuja skrb dejstvo, da vemo zelo malo o tem, kako nanomateriali delujejo na žive organizme. V zadnjih desetih letih so si OECD, Evropske komisija in tudi države članice prizadevale izboljšati nanovarnost, vendar zakonodaja na tem področju zaostaja za razvojem (Humar Jurič in sod., 2013). Revolucionarne obetavne napovedi in potencialna nevarnost, ki jo predstavljajo nanomateriali, pa narekujejo, da o tej temi spregovorimo tudi v šoli. Iz članka Tiborja Gyaloga (2007) lahko razberemo, da je nanotehnologija sestavni del številnih srednješolskih učnih načrtov po vsej Evropi in tudi univerzitetnih učnih programov. Nanotehnologija se vedno bolj širi tudi v biologijo, saj v okviru nanobiologije govorimo o bionanotehnologiji in nanobiotehnologiji.

Pri pouku biologije naj bi dijaki pridobili uporabna znanja, ki jih bodo kot posamezniki potrebovali v vsakdanjem življenju. V učnem načrtu za gimnazije je eden od ciljev pouka ozaveščanje o tem, da je biološka znanost temelj napredka in aplikacij na mnogih pomembnih področjih človekovega udejstvovanja (npr. medicina, farmacija, veterina, kmetijstvo, živilstvo, biotehnologija in gensko inženirstvo, bioinformatika, nanotehnologija). Hiter razvoj teh področij pa vodi tudi v tveganja in nevarnosti na

osebni in družbeni ravni. Ta tveganja in probleme moramo prepoznati, razumeti in sistemsko reševati (Vilhar in sod., 2008).

V učnem načrtu je še zapisano: »Dijakinje in dijaki naj ovrednotijo svoja nova biološka spoznanja in razmišljajo o njih na osnovi celotne mreže znanja, pridobljene skozi izobraževalni proces. Za uresničitev tega cilja potrebujejo praktične izkušnje s pridobivanjem informacij iz različnih virov, kot so »uradni« šolski učbeniki za biologijo in praktično delo, poleg tega pa tudi časopisni, filmski, internetni in drugi viri strokovnih in aktualnih informacij, animacije, simulacije, igre, anketiranje ipd.«.

Z raziskavami narave na nivoju nanodelcev smo vstopili na novo področje raziskovanja. Raziskave potekajo tako na živem kot neživem. Nanobiologija na primer raziskuje nanostrukture v povezavi z živim, torej strukturo in funkcijo na nivoju nano velikosti. Nanotehnologija pa predstavlja aplikacijo odkritij na nano nivoju in je hkrati omogočila tudi razvoj nanobiologije (Kroll, 2012).

Ker pedagoških raziskav in raziskav stališč o nanobiologiji nismo našli, smo se pri pregledu literature osredotočili na pedagoške raziskave, povezane z nanotehnologijo. Hiter porast novih tehnologij bo imel velik vpliv na naše življenje, zato je pomembno, kakšna stališča si ustvarimo do njih.

## 1.1 NAMEN IN IZHODIŠČA

Ker je že v učnih načrtih zapisano, da je pomembno v pouk biologije vključevati novosti s področja znanosti in sočasno razvijati kritičen odnos do novih odkritij in vključevanja le-teh v naš vsakdan, smo se odločili dijake poučiti o nanodelcih in nanobiologiji s pomočjo učiteljeve interaktivne predstavitve vsebine in z laboratorijskim eksperimentalnim delom dijakov. Dodatno bomo preverili učinek obravnave vsebin z ali brez vključenega laboratorijskega dela na znanje dijakov o nanodelcih ter vpliv praktičnega pouka na stališča dijakov do nanobiologije in nanodelcev.

Čeprav bi v ožjem pomenu, za potrebe naše raziskave lahko uporabili termin bionanointerakcije, delovanje tehnološko proizvedenih nanodelcev na biološke sisteme, smo se odločili za preverjanje znanja uporabiti izraz nanodelci. Za preverjanje stališč pa smo uporabili izraz nanobiologija, saj bomo v sklopu frontalnega pouka (predavanj) obravnavali širše področje, poleg bionanointerakcij tudi spoznavanje in uporabo nanotehnoloških proizvodov v medicini, biologiji in živilski industriji.

Odločili smo se torej preveriti znanje in stališča dijakov v povezavi z nanobiologijo glede na način izvedbe pouka. Primerjali bomo klasični pouk, pri katerem izvedemo interaktivno predstavitev in vključimo eksperimentalno delo učencev, s poukom, kjer izvedemo le interaktivno predstavitev. Zanima nas, kako novo znanje in izkušnje vplivajo na interes dijakov o pridobivanju novih informacij o nanodelcih in nanobiologiji.

Predvidevamo, da večina dijakov že ima informacije o nanobiologiji, vendar pričakujemo, da je njihovo poznavanje nanobiologije pomanjkljivo. Dijaki bodo pridobili znanje in informacije o nanodelcih in nanobiologiji. Spoznali bodo, da so nanopotrošniki, čeprav se tega verjetno ne zavedajo in spoznali bodo, da nanobiologija prinaša prednosti in nevarnosti. Dijaki, ki bodo opravili eksperimentalno delo, bodo verjetno pokazali višje formalno znanje in bodo bolj kritično ocenjevali prednosti nanobiologije kot tisti, ki bodo sodelovali le pri interaktivni predstavitvi. Predvidevamo, da se bo povečal tudi interes za nanobiologijo pri vseh anketiranih dijakih, še posebej pri starejših dijakih in pri tistih, ki bodo opravili eksperimentalno delo.

## 1.2 HIPOTEZE

Dosedanje raziskave so obravnavale predvsem znanje in stališča anketirancev v povezavi z nanotehnologijo. Raziskav v povezavi z nanobiologijo pa nismo zasledili. V nekaj raziskavah so se avtorji ukvarjali z raziskovanjem znanja in stališč v povezavi z nanodelci. Postavili smo naslednje hipoteze:

5.1. Ker učni načrt biologije ne predvideva obravnave o nanodelcih, predvidevamo, da je znanje dijakov o nanodelcih ter o prednostih in nevarnostih, ki jih prinašajo nova odkritja nizko ( $M < 50\%$  pri preverjanju znanja).

5.2. Ker dijake zanimajo novosti s področja naravoslovja in dobijo take informacije predvsem iz poljudno-znanstvenih oddaj, količina znanja o nanodelcih narašča s starostjo dijakov. Prav tako s starostjo naraščajo tudi pozitivna stališča do nanobiologije in raziskovanja nanodelcev.

5.3. Ker dijaki večinoma izkazujejo večji interes za nove tehnologije, je količina znanja o nanodelcih večja pri dijakih kot dijakinjah. Enako velja glede stališč do nanobiologije in raziskav nanodelcev.

5.4. Ker med praktičnim delom dijaki pridobijo več znanja in oblikujejo bolj pozitivna stališča kot pri tradicionalnem pouku, predvidevamo, da bodo po izvedeni učni enoti med dijaki, ki bodo pri pouku sami izvajali eksperiment, in tistimi, ki bodo poslušali le predstavitev, obstajale razlike v znanju o nanodelcih ter stališčih do nanobiologije in nanodelcev, in sicer v prid samostojne izvedbe eksperimenta.

5.5. Ker je znano, da praktično delo vpliva na bolj pozitiven situacijski interes dijakov, pričakujemo, da bo interes dijakov za učenje o nanodelcih večji pri testirancih, ki bodo samostojno izvajali eksperiment, ne glede na spol in starost testirancev.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 NANOZNANOST IN NANOBIOLOGIJA

Nanoznanost predstavlja novo področje, ki raziskuje naravo in uporabo sistemov s komponentami nanometrične velikosti. Mnogokrat je prav zaradi novosti področja težko opredeliti oziroma definirati pojme oziroma podpodročja, tudi takšna, ki se navezujejo na področje biologije (Kahn, 2007, povzeto po Boisseau in sod., 2010).

Na svetovnem spletu je mogoče najti pojme kot so nanobioznanost, nanobiologija, nanobiointerakcije, nanobiotehnologija. Nanoznanost vključuje vrsto znanstvenih področij, tudi omenjene.

Nanotehnologija pomeni manipulacijo, sintezo in kontrolo snovi na ravni atomov, molekul ali makromolekul, v okvirnem velikostnem območju 100 nm (Salata, 2004). Nanotehnologija bistveno doprinese k razumevanju pojavov in materialov nanometrskih velikosti ter k proizvodnji in uporabi struktur, naprav in sistemov z novimi lastnostmi in funkcijami, nastalimi kot posledica njihove majhne velikosti. Izraz nanotehnologija je prvi uporabil Norio Taniguchi leta 1974, ki jo je definiral kot proizvodnjo tehnologijo, s katero dosežemo izredno natančnost in ultra majhne dimenzije (povzeto po Lobnik in sod., 2013).

Našo prihodnost bodo brez dvoma krojile nove tehnologije kot je nanotehnologija, saj se nanoprodukti pojavljajo v mnogih izdelkih za vsakdanjo rabo. Nanotehnološkim proizvodom je skupno to, da imajo zaradi svoje majhnosti številne posebne lastnosti, ki so drugačne od lastnosti večjih teles in se dajo izkoristiti v praktične namene. Pojavlja pa se tudi vprašanje o vplivu nanodelcev in nanotehnoloških proizvodov na živa bitja in o njihovi varnosti za človeka in okolje. Med drugimi, se s tem vprašanjem ukvarja nanobiologija.

Nanobiologija na primer raziskuje nanostrukture v povezavi z živim, torej strukturo in funkcijo na nivoju nano velikosti (Kroll, 2012). Nanobiologija, nanobiotehnologija in bionanotehnologija so izrazi, ki se nahajajo na stičišču nanotehnologije in biologije. Bionanotehnologija danes načrtuje nove proteine, DNA, RNA, sintetične membrane in

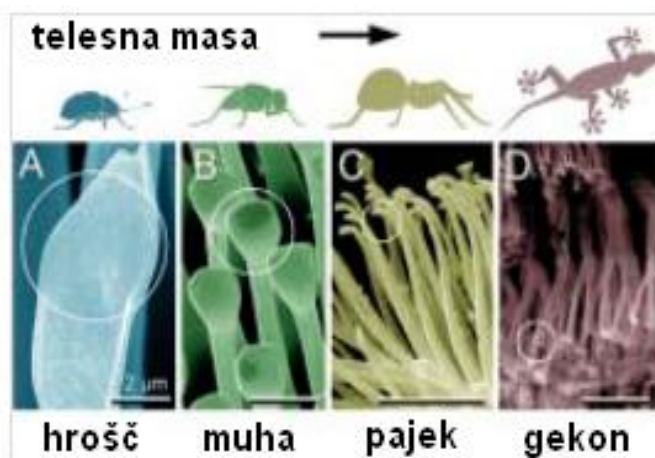


proučuje, kako lahko uporabimo materiale in nanonaprave, ki jih je ustvarila narava, jih spremenimo in izboljšamo ter uporabimo v korist človeka. Preučuje delovanje in lastnosti nanostrojov v celici. Področja uporabe so v diagnostiki in zdravljenju bolezni, spreminjanju celične signalizacije, raziskav pri izkoriščanju obnovljivih virov energije itd. (Goodsell, 2004). Nanobiotehnologija je raziskovalno in tehnološko področje, ki uvaja nanotehnološke pristope v biološke sisteme in na osnovi bioloških molekul in procesov v živi celici razvija nanoorodja za raziskave in zdravljenje. Primer nanobiotehnoloških raziskav in aplikacij so nanodelci za dovajanje zdravil do tarčnih celic, nanosenzorji, biološka zdravila in podobno (Fortina in sod., 2005).

### 2.1.1 Nanotehnologija v naravi

»Nanotehnologom je živa narava zelo pri srcu. V štirih milijardah let obstoja je naravi namreč uspelo najti nekaj osupljivih rešitev za težave, na katere je naletela. Pri tem je značilno naslednje: življenje je svojo snov strukturiralo do popolnosti, vse do atomov. Tega si želijo tudi nanotehnologi.« (Schulenburg, 2006)

Mnoge vrste imajo na okončinah tanke dlačice, te so tako mehke, da se lahko podlagi na večji površini približajo na nekaj nanometrov (slika 1). Med dlačicami in podlago, na razdalji nekaj nanometrov, začne delovati van-der-Waalsova sila, ki je sicer šibka, vendar zaradi oprijemnih točk nosi težo. Kasneje se vezi enostavno sprostijo z »odlepitvijo«, kot bi odstranili lepilni trak (Schulenburg, 2006).

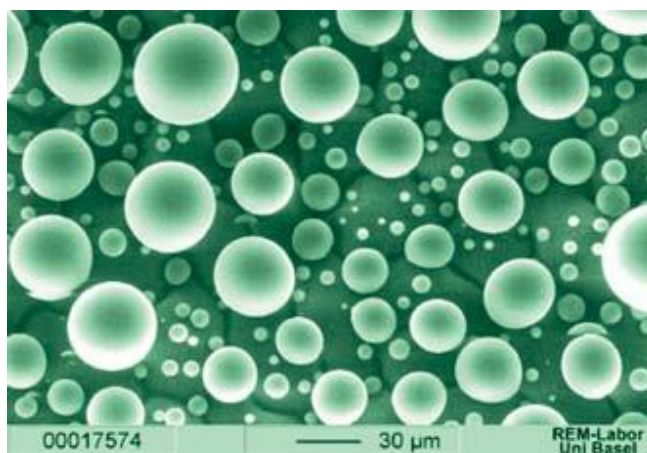


Slika 1: Nanotehnologija v naravi (Schulenburg, 2006).

Figure 1: Nanotechnology in the nature (Schulenburg, 2006).

Školjke imajo vrhunske sposobnosti »nanotehnološkega« lepljenja. Ko se klapavica pritrjuje na podlago, izbrizga curke lepljivih kapljic, ki se sprostijo in tvorijo močno podvodno lepilo (Schulenburg, 2006). Na inštitutu IFAM (Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials) v Bremnu raziskujejo prilagojeno lepilo klapavice, ki naj bi celo najobčutljivejši in najtanjši porcelan naredilo odporen na pranje v pomivalnem stroju (Schulenburg, 2006).

Lotosov efekt je zelo pogost v naravi (slika 2). Ime je dobil po lotosovem listu, ki se čisti sam. Gornja površina lotosovega lista je hidrofobna. Čeprav je površina videti gladka, jo v resnici sestavljajo igličaste strukture visoke in široke okrog 10 nanometrov. Na taki površini se kapljica vode ne more oprijemati, zato se kapljica odkotali in odnese s seboj umazanijo z lista. V gradbeništvu se premazi s takimi lastnostmi pogosto uporabljajo kot barve in laki. Pomemben je njihov učinek, saj vemo, da so čistila draga in obremenjujejo okolje, čiščenje pa je naporno (Schulenburg, 2006).



Slika 2: Vodne kapljice na listu kapucinke, upodobljene z elektronskim mikroskopom (ESEM) Univerze v Baslu (Schulenburg, 2006).

Figure 2: Water drops on Nasturtium leaf, imaged with electronic microscope (ESEM) of University of Basel (Schulenburg, 2006).

## 2.2 NANODELCI

Nanodelci so drobni skupki materiala, ki so manjši od 100 nanometrov (nm) in so definirani kot delci z vsaj eno dimenzijo manjšo od 100 nm. Nanodelci so lahko amorfni ali imajo kristalno obliko in njihova površina lahko deluje kot nosilec za kapljice tekočin in za pline (Buzea in sod., 2007). Človeškim očem so nevidni. Opazimo jih lahko le z elektronskimi mikroskopi, katerih najvišja meja ločljivosti je okoli 0,12 nm (Remškar, 2009). Nanomateriale najdemo v obliki kroglic, iglic, cevč, paličic (Remškar, 2009).

### 2.2.1 Izvor nanodelcev

Po izvoru so nanodelci naravni (erozija, prah, gorenje, virusi ...), inženirski (kozmetika, hrana, detergenti, tekstilije ...) in namensko proizvedeni (izgorevanje fosilnih goriv, industrijska proizvodnja, izpuhi motorjev ...). V enem kubičnem centimetru zraka v učilnici je v poprečju med  $1 - 4 \times 10^4$  nanodelcev, pri brušenju in varjenju nastane v enem kubičnem centimetru zraka približno 4 milijone nanodelcev. V enem kubičnem centimetru izdihanega zraka kadilca je več kot  $10^8$  nanodelcev (Remškar, 2009).

### 2.2.2 Lastnosti nanodelcev

Pomembna razlika nanodelcev v primerjavi z mikrodelci je, da imajo nanodelci veliko večje razmerje med površino in prostornino. Manjši kot je delec, večji je relativni delež atomov, ki je na površini glede na število vseh atomov, ki sestavljajo delec. Ker imajo nanodelci izjemno majhno maso in v primerjavi z njo veliko površino, so njihove fizikalno-kemijske lastnosti drugačne. Spremenjena je kemična reaktivnost, električna prevodnost, termična razteznost, optična prevodnost itd. Posledica je tudi aglomeracija, to je kopičenje in združevanje nanodelcev v skupke. O aglomeraciji govorimo, če so med delci šibke van der Waalsove sile, če pa so vezi med njimi močnejše, govorimo o agregaciji (Jiang in sod., 2009). Reis in sod. (2006) so ugotovili, da se delci v aerosolu sprva sprijemajo v dokaj sferične aglomerate, pri neki značilni velikosti (okoli 6 premerov posameznega delca) pa se oblika začne spreminjati v podolgovato, iglasto – iz te podolgovate oblike lahko zrastejo sekundarne igle.

### 2.2.3 Uporaba nanodelcev

Uporaba nanodelcev sega na različna področja človekovega dela in ustvarjanja od fizike, medicine, farmacije, kemije, do ekologije in gradbeništva. Magnetni nanodelci so v zadnjem desetletju postali zanimivi za različne raziskave, na primer na področju medicine in elektronike (Novak in sod., 2013). Za premaze, kompozitne materiale, polprevodnike, delčke v elektroniki, fotokemične aktivne površine se uporabljajo nanodelci iz kovinskih oksidov ... V večjih količinah se trenutno največ uporabljajo delci iz ogljika, kremena in titanovega dioksida (Veranth in sod., 2007).

#### 2.2.3.1 Uporaba nanodelcev v prehrani

Uporaba nanodelcev predstavlja revolucionaren pristop tudi v proizvodnji in pakiranju živil. Živilska industrija se šele začenja zavedati polnega potenciala nanotehnologije. Z izrazom nanohrana označujemo hrano, ki je bila pridelana, predelana ali pakirana s pomočjo nanotehnologije ali v katero so primešani nanomateriali. Primeri uporabe so pri pakiranju živil, antibakterijski učinki posode, v hladilnikih, nanoprevleke za živila, voskanje jabolk, živila z dodanimi nanokapsulami, ki služijo kot nosilci za vitamine, minerale ter esencialne maščobne kisline itd. (Remškar, 2009).

#### 2.2.3.2 Uporaba nanodelcev v medicini

Nanotehnologija v medicini je odprla novo upanje. Nanodelci so lahko nosilci zdravilnih učinkovin, lahko so senzorji sprememb v organizmu, npr. pri zgodnjem odkrivanju bolezni. Nanodelci so zelo uporabni v onkologiji, zlasti pri slikanju in diagnostiki, saj povečajo kontrast na slikah tumorjev, posnetih z jedrsko magnetno resonanco ali z rentgenskim slikanjem (Remškar, 2009).

Nanodostavni sistemi z vključenimi protitumorskimi učinkovinami omogočajo prenos zdravil točno do žarišča bolezni brez škode za ostala, zdrava tkiva. Nanodostavni sistemi so polimerni beljakovinski ali lipidni delci (Mirković in sod., 2010).

Obetavni so tudi nanometrski magnetni delci, ki jih lahko usmerimo na izvor rakavega obolenja, jih z elektromagnetnim poljem segrejemo in tako uničimo tumor (Huang in Hainfeld, 2013).

Razvijajo tudi »nanoantibiotike«. To so nanomateriali, ki imajo protimikrobni učinek. Antibiotični učinek nanodelcev je posledica sočasnega delovanja po različnih mehanizmih. Tako nanoantibiotiki v mikroorganizmih delujejo na različne biološke procese, kar preprečuje razvoj odpornosti (Huh in Kwon, 2011).

#### 2.2.4 Vstopanje nanodelcev v organizem

Nanodelci vstopajo v organizem skozi prebavni trakt, respiratorne površine in kožo (slika 3). Delno se odstranijo z defekacijo v prebavilih, migetalčnim epitelom in makrofagi v dihalih ter M-celicami. Nanodelci, ki niso odstranjeni, pa se lahko vsrkajo v kri in limfo ter potujejo v jetra, vranico in druge notranje organe. Preko vohalnih nevronov lahko prodrejo neposredno v možgane. Nadaljnja usoda nanodelcev je odvisna od kemijskih in površinskih lastnosti, lahko se integrirajo z organskimi molekulami, se vključijo v metabolizem ali pa se izločijo iz telesa (Borm in sod., 2006).



Slika 3: Vstopne poti nanodelcev v človeško telo in možne poškodbe (Hunt, University of Surrey, Velika Britanija, povzeto po Remškar, 2009).

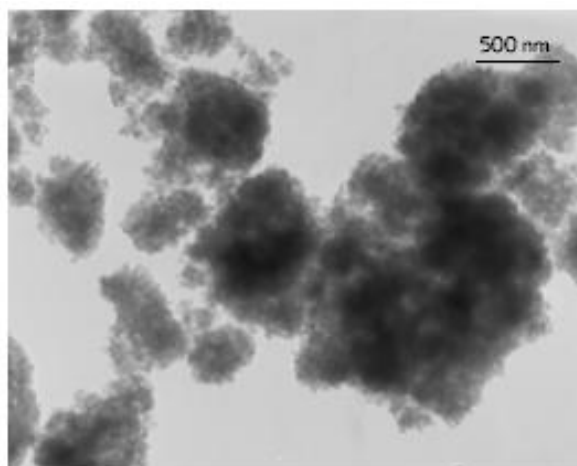
Figure 3: Entrance ways of nanoparticles into organism and possible injuries (Hunt, University of Surrey, Velika Britanija, povzeto po Remškar, 2009).

## 2.3 TiO<sub>2</sub> in ZnO – NANODELCI UPORABLJENI V NAŠI RAZISKAVI

Zaradi širitve nanotehnologije se bistveno povečuje izpostavljenost ljudi in okolja nanodelcem. TiO<sub>2</sub> in ZnO sta vsestransko uporabni snovi, ki ju zasledimo v mnogih nanoizdelkih in smo zato z njima pogosto v stiku, njuni učinki na organizme in na okolje pa so slabo poznani.

### 2.3.1 Uporaba in razširjenost nanodelcev TiO<sub>2</sub>

TiO<sub>2</sub> je izredno pogost material, iz katerega so narejeni nanodelci (slika 4). Uporaben je zaradi svoje antimikrobne aktivnosti, fotokatalitične sposobnosti in za zaščito pred ultravijoličnim sevanjem. V vsakdanjem življenju se uporablja kot dodatek hrani, kot belilno sredstvo, je pomemben dodatek za podaljševanje obstojnosti hrane zaradi svojih antibakterijskih lastnosti. Z dodatki TiO<sub>2</sub> loščijo sadje, dodajajo ga v fermentirano mleko, v moko, v zdravila kot polnilo. Iz njega izdelujejo sončne celice, premaze v samočistilnih oknih in dodajajo za čiščenje vode (Remškar, 2009). Titanov dioksid se uporablja v tekstilijah, ki jih najdemo na trgu, predvsem za doseganje protibakterijskih in samočistilnih učinkov (Lobnik, 2013). V hrani je označen z oznako E171 (The UK Food Guide, 2003–2013).



Slika 4: TiO<sub>2</sub> v anatasni obliki, visokoločljivostna presevnoelektronskomikroskopska slika posameznega nanodelca (Remškar, 2009).

Figure 4: TiO<sub>2</sub> in its anatase form, high-resolution transmission electron microscope picture of a particular nanoparticle (Remškar, 2009).

### 2.3.1.1 Toksičnost nanodelcev TiO<sub>2</sub>

Toksikološke študije so pokazale, da imajo nanodelci TiO<sub>2</sub> mnogotere pretežno škodljive učinke preko indukcije oksidativnega stresa, ki lahko povzroči poškodbe celic, genotoksičnost, vnetja in aktivacijo imunskega odziva. Oksidativni stres je tako vpleten v patogenezo številnih bolezni, vključno z aterosklerozo, karcinogenezo ter akutnim in kroničnim vnetjem, pa tudi s staranjem (Skočaj in sod., 2011).

V študiji Menardove in sod. (2011) so povzeli trinajst študij o ekotoksikoloških učinkih TiO<sub>2</sub> na organizme. Nanotoksične učinke TiO<sub>2</sub> so proučevali na algah in višjih rastlinah, vodnih nevretenčarjih, kopnih nevretenčarjih in ribah, vendar niso dokazali korelacije med velikostjo delcev in toksičnim učinkom. Obseg in vrsta škode je močno odvisna od fizikalnih in kemijskih lastnosti nanodelcev TiO<sub>2</sub>, ker ti vplivajo na njihovo biološko učinkovitost in reaktivnost. Delci so dlje časa stabilni v serumu in zato bolj toksični, v primerjavi z vodnim medijem brez seruma, saj proteini v serumu prekrijejo nanodelce in zato težje nastopi aglomeracija (Shukla in sod., 2011).

Na osnovi eksperimentalnih dokazov iz študij na živalih so nanodelci TiO<sub>2</sub>, razvrščeni kot »mogoče rakotvorni za ljudi«. Študije o izpostavljenosti kože nanodelcem TiO<sub>2</sub>, ki se uporablja v kremah za sončenje, na splošno kažejo zanemarljivo majhno transdermalno penetracijo, le ta pa se poveča pri poškodovani in opečeni koži ter pri drugih poškodbah kože (Tyner in sod., 2011, Shi in sod., 2013). Tudi raziskava o vplivu nano-TiO<sub>2</sub> na keranocite ni pokazala škodljivih učinkov, vendar pa so potrebni podatki o dolgoročni izpostavljenosti in morebitnih škodljivih učinkih foto-oksidacije (Skočaj in sod., 2011; Kocbek in sod. 2010).

Čeprav je nano-TiO<sub>2</sub> dovoljen kot dodatek (E171) v prehrabnih in farmacevtskih izdelkih, nimamo zanesljivih podatkov o njegovi absorpciji, porazdelitvi, izločanju in strupenosti za oralno uporabo. Ob vnosu v okolje TiO<sub>2</sub> lahko izraža nizko akutno toksičnost za vodne organizme, ob dolgotrajni izpostavljenosti pa sproži vrsto škodljivih učinkov (Skočaj in sod., 2011).

Zaradi nanodelcev TiO<sub>2</sub> je povečano število astmatičnih obolenj in vse več ljudi oboleva za Crohnovo boleznijo, kar bi lahko bilo povezano z dodatki v hrani (Ashwood

in sod., 2007). 25 nm in 80 nm veliki delci povzročijo poškodbe jeter in ledvic pri miškah ter se nabirajo v jetrih, vranici, ledvicah in pljučih (Wang in sod., 2007). Šimundić in sod. (2013) so ugotavljali vpliv  $\text{TiO}_2$  in  $\text{ZnO}$  na človeške in pasje eritrocite ter ugotovili, da  $\text{TiO}_2$  povzroči zlepljanje eritrocitov in bi lahko potencialno sprožil še zlepljanje krvi. Fabian in sod. (2008) so ugotavljali vpliv  $\text{TiO}_2$  na notranje organe podgane in vnetni odziv. Po intravenskem dodajanju malih količin  $\text{TiO}_2$  (5 mg/kg  $\text{TiO}_2$ , < 100 nm) so zasledili kopičenje  $\text{TiO}_2$  najbolj v jetrih, vnetnega odziva pa niso zaznali. Študija Shukle in sod. (2013) je pokazala, da nanodelci  $\text{TiO}_2$  povzročajo nastanek kisikovih reaktivnih zvrsti, ki povzročijo poškodbe DNA in apoptozo v človeških jetrnih (HepG2) celicah tudi pri zelo nizkih koncentracijah. Zato je uporabo nanodelcev treba skrbno spremljati.

### **2.3.2 Uporaba in razširjenost nanodelcev ZnO**

Poleg titanovega dioksida tudi cinkov oksid uporabljajo v pigmentih, v sončnih kremah, v kozmetiki, v katalizi, tekstilnih izdelkih, poleg tega pa še v metalurgiji in medicinski diagnostiki. V malih količinah je cink nujen v organizmu ljudi za delovanje encimov, sintezo DNA, rast in delitev celic, razvoj možganov itd., zato je to običajna sestavina prehranskih dodatkov. Če v telesu primanjkuje cinka, to povzroča zastajanje v rasti, kožne bolezni, dovzetnost za infekcije in počasno celjenje ran. Izpostavljenost nanodelcem cinka pa je lahko zelo tvegana (Remškar, 2009).

#### **2.3.2.1 Toksičnost nanodelcev ZnO**

Sharma in sod. (2012) je v svoji študiji preiskoval učinke nanodelcev  $\text{ZnO}$  na človeške jetrne celice in je prispeval zagotovo dragocen vpogled v mehanizem toksičnosti. Rezultati študije so pokazali, da nanodelci  $\text{ZnO}$  delujejo citotoksično in genotoksično. Povzročajo nastajanje kisikovih reaktivnih zvrsti, ki poškodujejo DNA. Vplivajo tudi na mitohondrije in povečajo apoptozo jetrnih celic.

Raziskave na miših so pokazale, da imajo miši po zaužitju nanocinka z velikostjo 40–70 nm najprej resne prebavne težave, potem pa zaostajanje v rasti, hudo slabokrvnost in posledično okvare srčne mišice, jeter in ledvic (Wang in sod., 2006). Šimundić in sod. (2013) so v raziskavi o vplivu nanodelcev  $\text{ZnO}$  na pasje in človeške eritrocite ugotovili,



da poleg zlepljanja eritrocitov ZnO povzroči še razpad fosfolipidnih membran. Raziskave na čebelah so pokazale, da imajo nanodelci ZnO nevrotoksične učinke (Milivojević in sod., 2015). Težko je ločiti učinek raztopljenih cinkovih ionov in nanodelcev ZnO. Po hranjenju čebel z nanodelci ZnO, se je povečala aktivnost antioksidanta glutation S-transferaze in nevrotoksičnega biomarkerja acetilholinesteraze.

V obsežni študiji Ma in sod. (2013) je predstavljen izčrpen pregled literature o strupenosti proizvedenih nanodelcev ZnO do bakterij, alg in rastlin, vodnih in kopenskih nevretenčarjev in vretenčarjev. Najpogostejše ekotoksikološke študije so bile opravljene na bakterijah in manj na drugih testnih organizmih. Te študije kažejo relativno visoko akutno toksičnost ZnO, čeprav je toksičnost zelo odvisna od testnih vrst, fizikalno-kemijskih lastnosti materiala in metode dela. Primarni način toksičnega delovanja nanodelcev ZnO je nastanek reaktivnih kisikovih zvrsti in fotokatalitična toksičnost, ki je lahko še en pomemben mehanizem strupenosti pod vplivom UV-sevanja.

Na koncu lahko ugotovimo, da so raziskave o toksičnem učinku nanodelcev zelo raznolike in zaradi izjemno hitrega razvoja tudi precej divergentne. Skoraj vsaka publikacija predstavi svoj pogled na strupenost posameznih materialov, z različnimi testi in uporabi različne biomarkerje. Vendar večina raziskav preučuje kratkotrajne, akutne efekte izpostavitve, medtem ko so študije dolgotrajne izpostavljenosti redke (Ma in sod., 2013).

## 2.4 TESTNI ORGANIZEM – ENAKONOŽNI RAK VRSTE *Porcellio scaber*

Kopenski enakonožci so eni najpogosteje uporabljenih kopenskih nevretenčarjev v kopenski ekotoksikologiji, zato smo v poskusu kot testni organizem, za analiziranje učinka nanodelcev, uporabili kopenskega raka vrste *Porcellio scaber* L. (slika 5). Izopodni raki izpolnjujejo kriterije za izbor testnih organizmov. To so številčnost in razširjenost v naravi, preprosto gojenje, dobro so poznane fiziološke in ekološke značilnosti vrste, primerna velikost in preprosto določanje vrste. Odziv na teste pa je merljiv, test je občutljiv na nizke koncentracije in hiter (Drobne, 1997).

*Porcellio scaber* uvrščamo med višje rake (razred Malacostraca), valilničarje (nadred Peracarida), enakonožce (red Isopoda) in prašičke ali kočiče (podred Oniscoidea). Enakonožni raki so kozmopoliti. Kopenske vrste najdemo v zmerno vlažnih predelih (med lubjem, pod propadajočimi debli in kamenjem, v zgornjih plasteh komposta). Prehranjujejo se z algami, glivami, mahom, lubjem ter z razpadajočim rastlinskim in živalskim materialom. Kot dekompozitorji so v naravi zelo pomembni saj mehansko drobijo odmrli rastlinski material in s tem povečajo aktivno površino, na katero delujejo bakterije in glive (Ruppert in sod., 2004).



Slika 5: Rak enakonožec (*Porcellio scaber*).

(<http://aramel.free.fr/insectes23.shtml> (20. 10. 2013))

Figure 5: Isopod (*Porcellio scaber*) (<http://aramel.free.fr/insectes23.shtml> (20. 10. 2013)).

### 2.4.1 Spremljanje toksičnih učinkov nanodelcev na rake

Le redke živalske vrste izpolnjujejo kriterije za uporabo kot testni organizmi za toksične učinke onesnažil na kopnem. Najpogostejši merljivi kriteriji za toksične učinke onesnažil so smrtnost, reprodukcija in rast, pri čemer je smrtnost nizko občutljiv

parameter, ostala dva pa sta neugodna zaradi potrebe po dolgotrajni izpostavljenosti ter visoki individualni variabilnosti odgovora. Najbolj občutljivi parametri so biokemijski, histološki in fiziološki (Drobne, 1997). Kakršnekoli spremembe v prehranjevalnem vedenju kopenskih enakonožcev lahko vplivajo na dekompozicijo odmrlega rastlinskega materiala in posledično na pretok snovi in energije skozi ekosisteme. Lahko tolerirajo visoke koncentracije kovin, njihovi odzivi na kovine na različnih nivojih biološke organizacije pa so dobro raziskani (Drobne in Hopkin, 1994; Drobne, 1997). Enakonožci se zastrupitvi s kovinami izogibajo na več načinov: z izogibalnim vedenjem, uravnavanjem stopnje prehranjevanja in/ali z izločanjem preko iztrebkov, morda tudi urina (Drobne in Hopkin, 1995).

Drobne in sod. (2009) so ugotavljali učinke nanodelcev  $\text{TiO}_2$  (10–1000 mg  $\text{TiO}_2/\text{g}$  suhe teže) na enakonožnega raka *Pocellio scaber*. V poskusu so spremljali hranjenje rakcev, spremembo telesne mase, smrtnost in dejavnost antioksidativnih encimov katalaze ter glutation-S-transferaze po 3 ali 14 dnevni izpostavljenosti nanodelcem. Raziskava je pokazala, da so učinki nano- $\text{TiO}_2$  na kopenske enakonožce odvisni od celotne zaužite količine in koncentracije nanodelcev, trajanja izpostavljenosti in velikosti delcev, kot tudi predpriprave nanodelcev in da do pomembnih razlik med kontrolnimi in izpostavljenimi organizmi ni prišlo. Odziv je v veliki meri povezan z dozo. To pomeni, da večja doza sproži večji odziv. Vendar pa večanje doze pri kratkotrajni (3 dnevni) izpostavljenosti, odziva ne okrepi (Jemec, 2008). Pri podaljšanji (3, 7, 14 ali 28 dni) izpostavljenosti nano- $\text{TiO}_2$  in večjih koncentracijah (1000 in 2000  $\mu\text{g TiO}_2/\text{g}$  na suho težo hrane) so rezultati pokazali, da nano- $\text{TiO}_2$  očitno nima hude strupenosti za rake, čeprav se pri nekaterih rakih pojavi destabilizacija membrane celic v prebavilu (Novak in sod., 2012).

Valant in sod. (2012) so ugotavljali vpliv zaužitega  $\text{TiO}_2$  na peroksidacijo lipidov in stabilnost celičnih membran v prebavni žlezi rakov enakonožcev. Oksidativni stres, ki je povezan s peroksidacijo lipidov, so opazili po daljšem trajanju izpostavljenosti ter visokih odmerkih.  $\text{TiO}_2$  nanodelci pa destabilizirajo celične membrane v neposrednih interakcijah že v krajšem času in ne samo preko oksidativnega stresa.

## 2.5 UČENJE IN POUČEVANJE NA PODROČJU NARAVOSLOVNEGA IZOBRAŽEVANJA

Učenje je proces spreminjanja posameznika na temelju izkušenj (Marentič Požarnik, 2000). Pojem učenja je v naši predstavi ozko vezan na šolsko učenje, vendar je učenje še več, so izkušnje, ki jih dobimo ob interakciji med človekom in njegovim fizikalnim in socialnim okoljem (Marentič Požarnik, 2000). Pojmovanja o učenju lahko delimo na nižje kategorije, ki temeljijo na povečanju količine znanja, ki je površinsko in višje kategorije, ki zajemajo globlje razumevanje, nove povezave, notranjo motivacijo. Tako učenje vodi do konstruiranja lastne razlage o problemu in pelje do spreminjanja samega sebe kot osebnosti, ko se spremeni pogled na svet, se krepi samozavest.

Učenje s transmisijo je prenos gotovega znanja. Tako učenje je ločeno od izkušenj učencev, zato tako učenje dosega nižje kategorije znanj. Aktivno učenje pa učenca celostno in miselno ter čustveno aktivira, zato je najuspešnejše in daje trajnejše znanje. Učenci samostojno iščejo rešitve, razmišljajo, postavljajo hipoteze in znanje povezujejo z življenjskimi okoliščinami. Učenje ni več le transmisija, ampak transakcija oz. mnoštvo miselnih interakcij med učiteljem in učencem in končno transformacija in spreminjanje pojmovanja o svetu, spreminjanje osebnosti (Marentič Požarnik, 2000).

S prenovo šolskih programov naj bi izobraževanje v srednjih šolah preusmerili od učnosnovnega k učinkovitemu pristopu. Prejšnja usmerjenost pretežno na vsebine naj bi dopolnila tudi pozornost na načine pridobivanja teh vsebin, na načine izkazovanja znanja o njih in pozornost na spretnosti. Zora Rutar Ilc (2004) meni, da se v učno ciljni perspektivi usmerja pozornost na učne cilje, povezane z vsebinami, kot so: razumevanje in ustvarjalna uporaba znanja, povezovanje znanj, na osnovi pridobljenega znanja izoblikovano kritično mišljenje o različnih pojavih in dogodkih ... Na ta način cilji ne izključujejo vsebin, ampak jih vključujejo in vsebine niso več edino določilo učnega procesa. Zelo pomembno postane, kako se vsebine pridobivajo in na kakšen način učenci ravnajo z njimi, kaj zmorejo narediti z njimi in kako jih uporabijo na različne načine in v različnih situacijah. Nekatere raziskave so pokazale, da je prenos znanja največji, ko je aktivno učenje z odkrivanjem dopolnjeno z učiteljevo razlago, ki znanje

pomaga uokviriti. Če so bili učenci deležni samo izkustvenega učenja brez razlage ali pa le študija literature z učiteljevo ustno razlago, je bil prenos manjši (Rutar Ilc, 2004).

### **2.5.1 Načini poučevanja (klasični pouk, izkustveni pouk, raziskovalni pouk)**

Klasični pouk je neposredna oblika pouka. To je frontalni pouk, ko učitelj istočasno izvaja pouk s celotnim razredom, oddelkom ali skupino učencev (Kramar, 2009). Pouk poteka po vnaprej predvidenem načrtu, po določenih učnih metodah, z določenimi učili in učnimi pripomočki (Kubale, 1999). Pri klasičnem načinu poučevanja imajo učenci precej pasivno vlogo, saj je v središče postavljen učitelj. Učenje je v tem primeru zgolj kopičenje dejstev in teorij, ki niso povezane z izkušnjami in konkretnimi življenjskimi okoliščinami učencev, zato je za tako pridobljeno znanje značilna premajhna trajnost in uporabnost. Odgovor na pomanjkljivosti takšnega načina poučevanja je pojav izkustvenega učenja, ki je nastalo tudi zaradi potrebe po tesnejši povezanosti med teorijo in prakso (Marentič Požarnik, 2000).

Tradicionalno oz. klasično poučevanje se je izkazalo za koristno, če gre za učence, ki so navajeni avtorskega stila poučevanja in zato potrebujejo zunanje vodenje in spremljanje. Samouravnalno učenje je uspešnejše, če gre za samostojne učence. Odprte situacije učenja, ki učencem svojim sposobnostim postavljajo visoke zahteve po konstruiranju novih spoznanj, so se pokazale kot učinkovitejše, kadar so bili predpogoji za učenje ustreznejši (Špoljar, 2004).

Nova, vse bolj razširjena paradigma učenja in poučevanja, ki naj bi povečala interes in motiviranost študentov za naravoslovne teme, pa tudi uspešnost pouka, je t.i. »aktivno« ali »raziskovalno« poučevanje in učenje. Pri njem učenci oz. dijaki za pridobivanje znanja uporabljajo način, ki posnema znanstveno raziskovanje, saj pouk naravoslovja sestavljata dva različna, medsebojno prepletena dela: učna snov in proces, v katerem se znanje gradi in stalno dopolnjuje.

Raziskovalni oz. »aktivni« pristop je za učence bolj privlačen in hkrati bolj učinkovit. Aktivni pouk posnema eksperimentalno raziskovalno delo, s katerim lažje razvija jasne pojme in »občutek« za naravne pojave, pa tudi eksperimentalne spretnosti, posledično

poveča motivacijo učencev, bolje usposablja učence ter razvija avtonomno, neodvisno razmišljanje (Gerstner in Bogner, 2010).

Aktivni (raziskovalni) pouk je pogosto vezan na laboratorijsko delo, ki je lahko kombinirano s predavanji. V laboratoriju učenci sami načrtujejo eksperimente in postopajo na »znanstven« način: iščejo povezave med količinami, delajo in preizkušajo hipoteze, komunicirajo, diskutirajo o rezultatih in jih postavljajo pod vprašaj, se odločajo, se navajajo na timsko delo, pišejo poročila in na vsakem koraku porabijo nekaj časa za »osmišljanje«. V skupinah so učenci različni, od vodilnih v skupini do pasivnih. Vloga učitelja je pomembna, da s skrbno izbranimi vprašanji pomaga pri iskanju in odkrivanju pravilne končne razlage, posebej v primeru kognitivnega konflikta (Kranjc in Razpet, 2011).

V raziskavi Scharfenberga in Bognerja (2011), so se osredotočili na opazovanje dejavnosti učencev v času njihovega eksperimentalnega dela v raziskovalnem laboratoriju izven šole ter na odnose med spremenljivkami kot so velikosti skupine učencev in kognitivni dosežki. Iz videoposnetkov učencev pri izvajanju laboratorijskih aktivnosti so analizirali aktivnost učencev. Devet kategorij, ki so opredelile ključne aktivnosti učencev, so zožili na štiri skupine, ki so jih oblikovali na osnovi časa trajanja prevladujočih aktivnosti učencev, in sicer na: vsestranske učence, ki so namenili enak delež časa vsem glavnim aktivnostim; opazovalce, ki so bili osredotočeni predvsem na opazovanje eksperimentalnega dela; eksperimentatorje, ki so se pretežno ukvarjali z izvajanjem eksperimentalnega dela in pasivne učence, ki so bili pretežno vključeni v dejavnosti, ki niso bile povezane z eksperimentalnim delom. Učenci vseh omenjenih skupin so po učnem procesu izkazali izboljšane kognitivne dosežke v kratkoročnem in dolgoročnem pomenu, pri tem pa se upad ravni znanja s časom pri aktivnih učencih ni pojavil.

## **2.5.2 Praktično in eksperimentalno delo pri pouku biologije**

Kvaliteta znanja je odvisna od načina pouka oz. pridobivanja znanja. Za pridobivanje znanja ni dovolj pasiven pristop oz. samo opazovanje, ampak je za razumevanje in uporabo znanja potrebno še eksperimentalno delo. Študenti, ki so v srednji šoli izvajali

eksperimente, so imeli pri preverjanju boljše rezultate od tistih, ki niso izvajali eksperimentov (Tomažič in Vidic, 2011). Za učitelje naravoslovja je praktično delo bistvena značilnost znanstvenega izobraževanja (Abrahams in Saglamb, 2010). Praktične naloge so precej bolj zahtevne, kot tiste, ki preprosto zahtevajo opazovanje, bolj jasno izražajo razumevanje, saj »delaš« stvari s predmeti, surovinami. Praktično delo pomaga študentom razviti povezave med opazovanjem in idejami (Abrahams in Millar, 2008).

Pri praktičnem delu v razredu učenci poleg pridobivanja znanja razvijajo tudi spretnosti in oblikujejo pozitivna stališča, ki jih pri tradicionalnih oblikah pouka večinoma ne dosežemo (Tomažič, 2010). Učenci so lahko pri praktičnem delu motivirani, vendar je njihov interes lahko le posledica trenutne motivacije (situacijski interes), kar ne vpliva na njihove življenjske odločitve v smeri naravoslovja (Abrahams, 2009). Kljub temu pa neposredne izkušnje učence pripeljejo do bolj pozitivnih stališč kot pouk, ki je osnovan na pridobivanju posrednih izkušenj – klasični pouk (Tomažič, 2008).

Holstermann in sod. (2010) so raziskovali, koliko vpliva praktični pouk pri biologiji na povečano zanimanje za snov. Praktično delo je obsegalo eksperimentalno delo, sekcije, mikroskopiranje in razvrščanje. Prva skupina dijakov je imela praktični pouk, druga pa klasični. Zanimivo je, da je raziskava pokazala pri praktičnem pouku pri vseh aktivnostih večji interes za biologijo, kot v skupini s klasičnim poukom, vendar značilnih razlik med skupinama ni bilo. Pomembna ugotovitev je, da so pri dijakih, ki jih določene vsebine niso zanimale (npr. rastline), zaznali večji porast zanimanja, če so imeli praktično in eksperimentalno delo, kot pri tistih, ki so imeli klasični pouk. Na pozitiven učinek praktičnega pouka pomembno vpliva kvaliteta izkušnje. Pozitivne izkušnje pomembno prispevajo k interesu dijakov za biologijo, zato bi morali učitelji uvajati veliko praktičnega pouka.

Uspeh metode je odvisen od učitelja. Če se sam boji neuspešnih poskusov in ne kaže veselja do izvajanja poskusov, potem tudi učenci tega ne delajo radi. Če je poskus namenjen samo za zabavo učencev, tudi kvaliteten poskus ne prispeva k trajnejšemu znanju. Pri vsakem poskusu se morajo učenci nekaj naučiti, si nekaj zapomniti in pridobiti nove pojme ter povezave. Vsako učenje z raziskovanjem mora biti podprto

tudi s pomnjenjem nekaterih dejstev (ali »podatkov«). Danes je do osnovnih informacij o pojavih zelo lahko priti, vendar je za trajnejše znanje in kasnejšo uporabo pridobljenega znanja potreben miselni napor. Uporaba novih tehnologij pomaga pri jasnejši in nazornejši predstavitvi posameznih pojmov. Za pridobitev uporabnega znanja pa je potrebno delo tako učitelja kakor tudi učenca (Razpet in Kranjc, 2011).

### **2.5.3 Delo z živimi organizmi pri pouku**

Vsak učenec preživi velik del svojega časa v šoli. Učitelji biologije naj bi pozitivno vplivali na odnos otrok do okolja na splošno in posebej do živali. Randler in sod. (2012) so pokazali, da praktično delo z živimi živalmi, ki so običajno označene kot nepriljubljene in jih lahko gojimo v šolskih laboratorijskih pogojih, znatno zmanjšajo gnus in strah do živali. Seveda odsvetujejo sekcije živali, prisilo učencev, da se jih dotikajo in priporočajo razpravo o etiki uporabe živih organizmov v razredu in o pravilnem ravnanju z živalmi.

Pomembno je, da mnoge živalske vrste omogočajo razvijanje eksperimentalne kompetence in presegajo zgolj opazovanje. Poleg tega pa so primerne za izobraževalne procese tudi zato, ker vplivajo na dvig pozitivnih čustev in znižujejo dolgočasje (Hummela in Randlera, 2010).

Boeck Yore and Boyer (1997) sta pokazala razlike med študenti, ki so imeli neposredne izkušnje z živimi organizmi, in tistimi, ki tega niso storili. Vsi študenti, ki so imeli neposredne izkušnje z drugim živim bitjem, so pokazali višjo povprečno vrednost v vseh kategorijah stališč, saj so pokazali večjo skrb za druge vrste, večji interes za študij druge vrste ter pokazali nižje rezultate v vseh kategorijah stališč, ki so izražala manj skrbi za druge vrste. Ta poskus je pokazal, kako je za študente pomembno, da imajo neposreden stik z drugimi organizmi. Takšna neposredna izpostavljenost vodi do pozitivnih skrbi za dobrobit drugih vrst. Študija je pokazala, da je znanje pomembna osnova pri oblikovanju pozitivnega stališča.

Stališče, ki temelji na neposrednih izkušnjah z objektom, doprinese bolj predvidljivo obnašanje in večjo doslednost v stališčih, saj po neposrednih izkušnjah lahko



posameznik lažje oceni objekt na jasen, samozavesten in razumljiv način (Fazio in Zanna, 1981, povzeto po Boeck Yore and Boyer , 1997).

## 2.6 STALIŠČA

»Stališča so sistem kognitivnih, emocionalnih in konativnih tendenc in predstavljajo mentalno pripravljenost za določen način reagiranja. Vplivajo na to, kako bomo zaznavali posamezne predmete, osebe ali situacije, kaj bomo o njih mislili, kako se bomo nanje čustveno odzivali. Stališča imajo vedno tudi dinamično funkcijo, delujejo kot motivi in spodbujajo ter usmerjajo naše ravnanje. /.../ Znatno del stališč postane del naše osebnosti.« (Rot, 1987, cit. po Razdevšek Pučko, 1990). Stališča lahko tudi definiramo kot občutja, ki temeljijo na naših prepričanjih in vplivajo na naše odzivanje (Myers, 2007, cit. po Tomažič, 2010). Na oblikovanje stališč vpliva dolgotrajen stik z določenimi informacijami, zgledi in čustveno obarvane izkušnje (Marentič Požarnik, 2000). Poleg spola, starosti, etične pripadnosti, osebnih izkušenj in aktivnosti v naravi, je eden najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na oblikovanje stališč, izobraževanje (Kellert, 1996, cit. po Tomažič, 2010).

Stališča imajo pomembno vlogo v življenju posameznika, saj vplivajo na to, kaj bomo počeli in kakšen bo naš odnos do okolja, politike, hrane, šole, znanosti ... Zaradi stališč, ki jih imamo, nam je nekaj všeč in podpiramo, oziroma ni všeč in zavračamo. Npr., ko z nekom soglašamo, drugemu nasprotujemo, se prepiramo, prepričujemo ..., s tem izražamo svoja stališča in želimo, da svoja stališča izrazijo tudi drugi. V sodobnem času smo vsakodnevno izpostavljeni vplivom različnih medijev, elektronskih, pisnih ali osebne komunikacije. Le ti lahko povzročijo, da stališča spremenimo ali okrepmo (Bohner in Wänke, 2002).

V socialni psihologiji se stališča uporabljajo za ugotavljanje odnosa posameznikov ali skupin do določene situacije, dogodkov, pojavov, oseb in za predvidevanje njihovega vedenja (Rot, 1987, cit. po Razdevšek Pučko, 1990). Rus (1997) pojem stališč nekoliko poenostavi, in sicer kot pozitiven ali negativen odnos do nekoga ali nečesa. Pri tem je odnos definiran kot pozitiven ali negativen čustvo do nekoga ali nečesa (kaj smo nekemu ali nečemu pripravljeni storiti v prid ali škodo). Tako pozitiven ali negativen

odnos vedno temelji na določenem znanju in poznavanju tistega, do česar imamo izoblikovano stališče. Zato lahko povzamemo, da stališča zajemajo znanje in poznavanje tistega, do česar imamo pozitivna ali negativna čustva.

Čeprav so stališča relativno trajna, jih je možno spreminjati, zato so za socialne psihologe, učitelje, menedžerje idr. zanimive okoliščine in pogoji teh sprememb. Na spremembo stališč ima velik vpliv povečano znanje (Ajzen, 1988). Na stališča, ki jih posameznik ima do določenih predmetov, pojavov in oseb, vplivajo informacije.

### **2.6.1 Raziskave stališč o nanotehnologiji**

Ker pedagoških raziskav in raziskav stališč o nanobiologiji nismo našli, smo se pri pregledu literature osredotočili na raziskave, povezane z nanotehnologijo.

V Nemčiji so raziskave pokazale, da ljudje večinoma niso seznanjeni z nanotehnologijo, bolj informirani so ljudje z relativno višjo izobrazbo. Večina ljudi nima stališč ali pa so ravnodušni (ambivalentni) do nanotehnologije (Vandermoere in sod., 2010).

Triletna študija za sledenje stališč javnosti do nanotehnologije za avstralski urad je ponudila zanimive podatke. Podpora javnosti nanotehnologiji je bila večja kot v preteklosti in sicer npr. podpora nanotehnologiji v medicini, medtem ko so bili pomisleki javnosti, zaradi tveganja uporabe nanotehnologije, manjši. Obstajali pa so pomisleki v zvezi z uporabo nanotehnologije v hrani, živilih ter embalaži za živila (Cormick, 2009).

Z raziskavo v Kanadi so ugotavljali, kakšno je razmerje med koristjo in škodo v stališčih do nanohrane in ostale nanotehnologije v zvezi s hrano. Tisti, ki so imeli odklonilno stališče do nanohrane, so imeli odklonilno stališče tudi do nanotehnologije na splošno. Z vidika trajnosti in uporabe nanotehnologije v hrani, ki bi poskušala reševati okoljske probleme, je študija Vandermoera (Vandermoere in sod., 2011, povzeto po Marin in sod., 2012) pokazala zelo majhno zvezo med skrbjo za okolje in novo tehnologijo. Ljudje, ki imajo najbolj pozitiven odnos do varstva okolja in pri reševanju okoljskih problemov ne podpirajo uporabe nanotehnologije in ljudje, ki so močni zagovorniki uporabe nanotehnologije, v obeh študijah verjamejo, da so učinki

znanosti in tehnologije koristni za družbo. Ta prepričanja o znanosti in vplivu na okolje se ne dopolnjujejo, zato je pomembno, da se zagotovi več izobraževanja o vlogi tehnologije v družbi, ter poveča sprejemanje nanotehnologije (Matin in sod., 2012).

Čeprav se večina izobraževanja o nanotehnologiji v Ameriki izvaja na podiplomskih programih, se je začela uvajati tudi na dodiplomskih. Razvili, izvajali in ocenjevali so različne module izobraževanja. Učinki so bili pozitivni, saj se je povečal interes na področju nanotehnologije in se je več študentov odločilo za študij s področja nanotehnologije. Dokazali so, da so praktične predstavitve učnih modulov z vizualnimi elementi bolj učinkovite kot tradicionalne predstavitve predavanj v učilnici (Shabani in sod., 2011).

Na potrošniških trgih je že več kot 1000 izdelkov, razvitih z uporabo nanotehnologije, hkrati pa še ni izdelanega okvira varnostnih ukrepov. To predstavlja resen izziv za potrošnika, čeprav so obeti nanotehnologije resnično zanimivi in predstavljajo možnosti za reševanje večjih težav, na primer na območjih zdravja, energije in revščine. Pomembna je tudi razprava o možnih tveganjih uporabe nano podprtih izdelkov. Analiza na Norveškem je pokazala, da udeleženci želijo imeti možnost izbire na trgu med nano izdelki in izdelki visokih kakovosti, ki niso nano alternative. Proizvajalci morajo zagotoviti pomembne informacije o izdelku npr. ali vsebuje nanodelce. Na primer, ni koristno, če so tekstilni izdelki označeni, da imajo »protibakterijsko zdravilo,« niso pa omenjeni ustrezni nanodelci. Izkazalo se je, da pravice potrošnikov v nano obdobju niso samoumevne, ampak jih je treba okrepiti in zaščititi (Throne-Holst in Strandbakken, 2009).

Simonneaux in sod. (2013) so eksperimentirali s poučevanjem nanotehnologije v srednji šoli tako, da so vključili strokovnjake s področja nanotehnologije, izobraževanja, etike in filozofije. Usposabljanje je vključevalo pouk s strokovnjaki, laboratorijsko delo in debato, kjer so dijaki razpravljali o družbeno aktualnih vprašanjih, ki so bila obravnavana v različnih fazah pouka. Po analizi interakcij dijakov v razpravi, so ugotovili, da je njihovo dožemanje tveganja o nanotehnologiji kontrastno. Eni odražajo pozitivistično stališče, ki vključuje individualno uporabo nanotehnologije in znanosti, drugi pa izražajo kritično in humanistično vizijo uporabe nanotehnologije in znanosti

### **3 MATERIALI IN METODE DELA**

#### **3.1 NAČRTOVANJE RAZISKAVE**

Pouk je potekal v dveh izvedbah (slika 6). Med prvo izvedbo, ki je potekala kot tradicionalna oblika pouka, so dijaki preko interaktivne predstavitve spoznavali vsebine nanobiologije in nanodelcev. Med drugo izvedbo, ki je vključevala tudi eksperimentalno delo dijakov, pa so dijaki po interaktivni predstavitvi izvedli še laboratorijsko vajo, pri kateri so spoznavali vpliv nanodelcev na izbrane organizme.

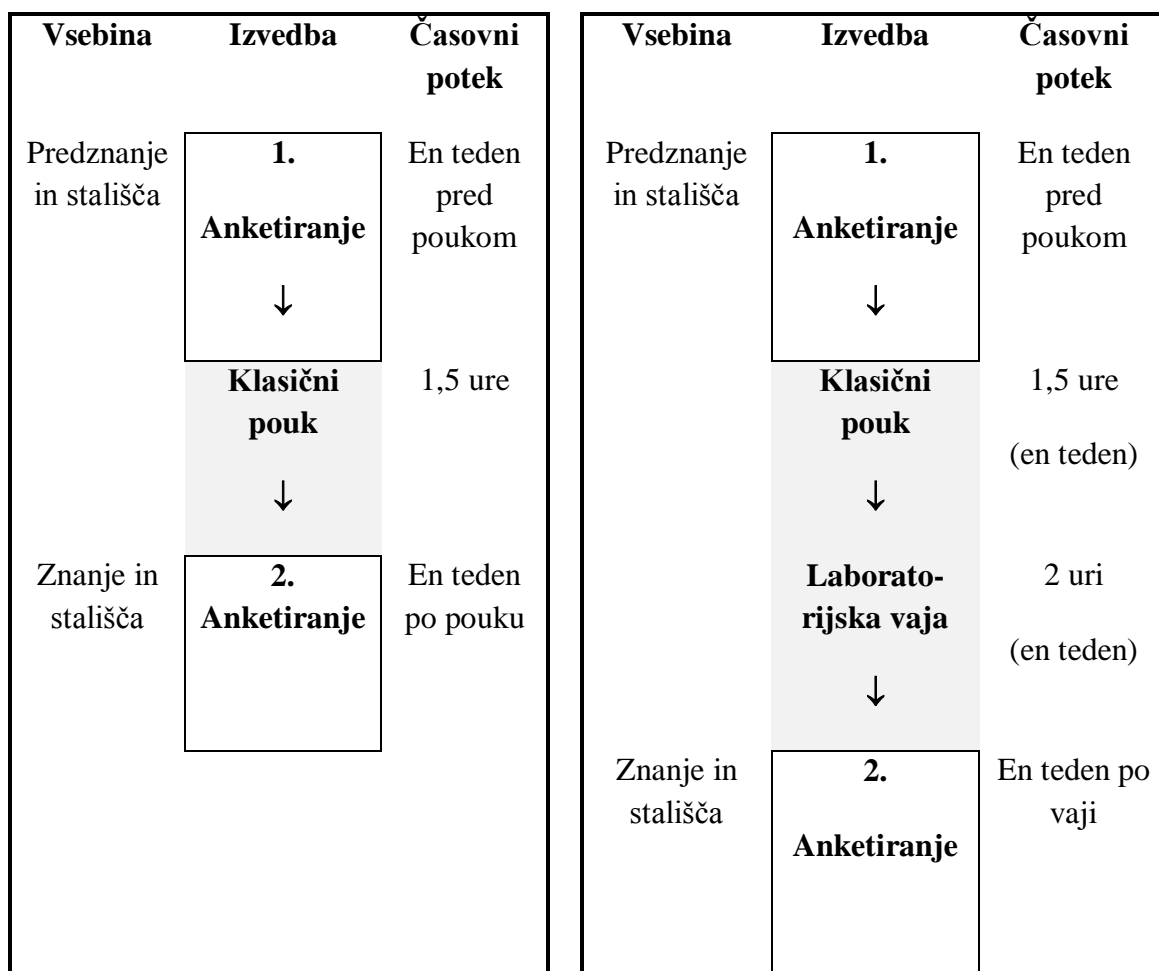
Dijaki so pred poukom in po pouku rešili vprašalnik o stališčih do nanobiologije in uporabe nanodelcev ter vprašalnik znanja o omenjenih temah. Anketni vprašalnik (Priloga A) so dijaki reševali en teden po klasičnem pouku. Dijaki, ki pa so imeli poleg klasičnega pouka še laboratorijsko vajo, ki je trajala en teden, so odgovarjali na vprašalnik en teden po poskusu. Reševanje vprašalnika pred poukom in po pouku predstavlja instrumentarij, s katerim smo zbrali podatke za ugotavljanje znanja in stališč o nanobiologiji in nanodelcih ter spremembe znanja in stališč po klasičnem pouku oz. raziskovalnem pouku.

##### **3.1.1 Delo v razredu s klasičnim poukom**

V vseh oddelkih smo izvedli pouk s frontalno obliko dela. S pomočjo predstavitve PowerPoint smo testirancem predstavili novo snov (Priloga B).

##### **3.1.2 Delo v razredu z laboratorijsko vajo**

Po uri in pol klasičnega pouka, kjer so dijaki dobili nekaj informacij o nanobiologiji in nanodelcih, je v enem izmed oddelkov vsakega letnika sledila še laboratorijska vaja z raki enakonožci.



Slika 6: Načrt poteka raziskave.

Figure 6: The plan of the research.

### 3.2 IZBIRA IN VELIKOST VZORCA

Raziskavo smo izvedli na I. gimnaziji v Celju. V raziskavo smo vključili tiste dijake, ki jih uči isti učitelj. Sodelovali so dijaki od prvega do tretjega letnika, ki imajo v teh treh letnikih biologijo kot obvezni predmet. Maturantov, ki izberejo biologijo kot maturitetni predmet nismo vključili, saj nas je zanimala populacija gimnazijcev v celoti. Iz vsakega letnika smo v raziskavo vključili po dva oddelka dijakov. Vsi dijaki so sodelovali pri klasičnem pouku, po en oddelek vsakega letnika pa je bil vključen tudi v laboratorijsko praktično delo. Iz raziskave je izpadlo 20 dijakov, ki so manjkali pri klasičnem pouku ali pri laboratorijskem delu (preglednica 1).

Preglednica 1: Deskriptivna statistika končnega vzorca glede na način pouka, razred in spol učencev.

Table 1: Descriptive statistics of the final sample according to the teaching method, grade and gender of the students.

<b>Kategorije</b>		<b>n</b>	<b>f (%)</b>
<b>Letnik šolanja</b>	1.	56	30,9
	2.	65	35,9
	3.	60	33,1
<b>Spol</b>	Moški	62	34,3
	Ženski	119	65,7
<b>Izvedba pouka</b>	Eksperiment	95	52,5
	Klasični pouk	86	47,5
<b>Skupno število anketirancev</b>		181	100

### 3.3 PROTOKOL ZA NASTAVITEV POSKUSA

To je postopek, v katerem hranimo oz. izpostavljamo poskusni organizem nanodelcem in vivo. Šele po izpostavljenosti nanodelcem merimo različne odzive organizma (Novak, 2012; Valant in sod., 2012; Drobne in Drobne, 2014).

#### 3.3.1 Gojenje organizmov

Za poskusne živali smo izbrali kopenske rake enakonožce, vrste *Porcellio scaber*. Nabrali smo jih v okolici Ljubljane in Polzele v naravi pod odmrlim rastlinskim materialom. V laboratoriju smo jih namestili v gojitvene posode, steklene terarije dimenzij  $35 \times 18 \times 21$  cm, ki smo jih do višine 10 cm napolnili s prstjo in z rastlinskim materialom iz narave, kjer smo jih nabrali. Hranili smo jih s suhimi listi leske (*Corylus avellana*), ki smo jih dodajali v posodo. Posode smo na vrhu pokrili z večjimi kosi lubja in čeznje položili steklene pokrove, tako da posod nismo nepredušno zaprli. Da so se poskusne živali aklimatizirale na laboratorijske razmere, smo jih 14 dni hranili pri sobni temperaturi  $20 \pm 2$  °C in naravnem svetlobnem ciklu (16 ur svetlobe in 8 ur teme). Primerno vlažnost smo vzdrževali z vlaženjem stene posode in rastlinskega materiala z destilirano vodo dvakrat na teden.

#### 3.3.2 Priprava listov za poskus

Pri poskusu smo uporabili liste leske (*Corylus avellana*), ki smo jih nabrali jeseni in hranili zunaj. Nato smo liste rahlo navlažili z destilirano vodo in herbarizirali. Posušene liste smo obrezali, da ni bilo zvitih robov in izrezali glavno žilo. Vsak list smo izrezali tako, da je tehtal približno  $100 \pm 10$  mg in nanj nanegli suspenzijo nanodelcev. Na 100 mg list smo z mikropipeto nanegli 100 µl suspenzije določene koncentracije (5000 µg TiO<sub>2</sub>/mL in 5000 µg ZnO/mL). S pipeto smo enakomerno razporedili kapljice tekočine po spodnji površini lista in jo razmazali z označenimi čopiči. Ko se je razmazana suspenzija na listu posušila (v najmanj 24 urah), smo liste še enkrat tehtali in na petrijevko zapisali začetno težo lista. Tehtali smo z analitsko tehtnico (OHAUS, AS120). Nato smo liste položili v petrijevke s spodnjo stranjo navzgor (Novak, 2012; Valant in sod., 2012).

### 3.3.3 Priprava petrijevka

Petrijevke smo ustrezno označili in nanje zapisali začetno maso lista in živali. Preden smo v petrijevke dali stehtane liste, smo petrijevke pred poskusom navlažili, tako da smo pokrove petrijevka poškropili z destilirano vodo in v njih namestili navlažene papirnate brisače.

Nato smo v petrijevke dodali še stehtane enakonožce.

### 3.3.4 Izbor živali

Izbirali smo živali obeh spolov, težke od 30 – 60 mg (manj kot 25 mg so težki mladiči). Nekateri enakonožci so bili tudi večji. Živali, ki so imele razvit marzupij (valilno vrečko) (slika 7) ali so se levile (slika 8), nismo vključili v poskus.



Slika 7: Enakonožec z marzupijem.

(<http://www.bf.uni-lj.si/biologija/o-oddelku/katedre/zoologija/> (20. 10. 2013)).

Figure 7: Isopode with marsupium.

(<http://www.bf.uni-lj.si/biologija/o-oddelku/katedre/zoologija/> (20. 10. 2013)).



Slika 8: Levitev enakonožca.

(<http://www.bf.uni-lj.si/biologija/o-oddelku/katedre/zoologija/> (20. 10. 2013)).

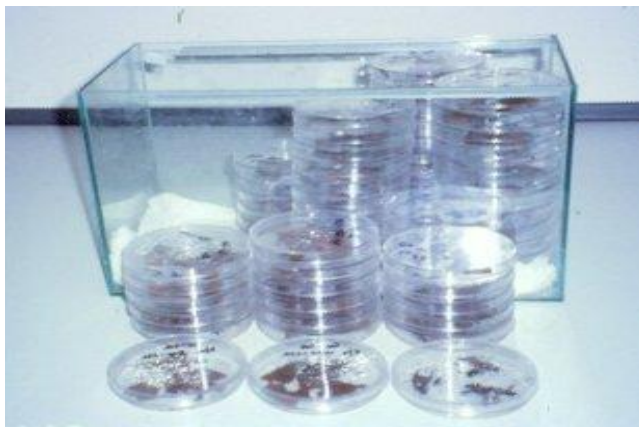
Figure 8: Moulting isopode.

(<http://www.bf.uni-lj.si/biologija/o-oddelku/katedre/zoologija/> (20. 10. 2013)).



### 3.3.5 Trajanje poskusa

Poskus je trajal sedem dni. Petrijevke smo zložili v stekleno posodo in vlažili dno, da so bile razmere dokaj stabilne (slika 9). Sedmi dan smo zopet tehtali živali. Liste in iztrebke smo sušili in šele po nekaj dneh stehtali.



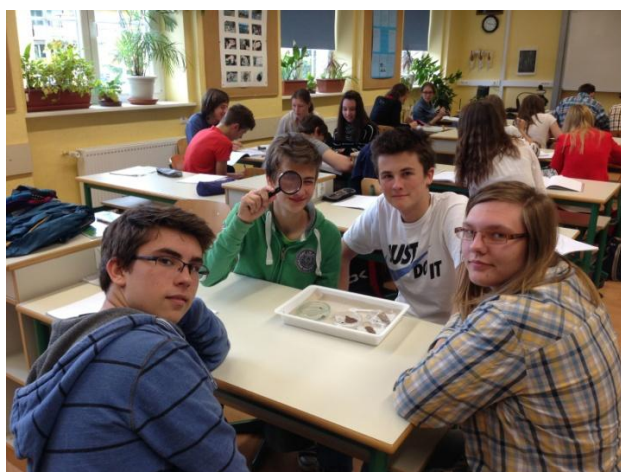
Slika 9: Petrijevke z enakonožci v stekleni posodi (Drobne in sod., 2007).

Figure 9: Petri dishes with isopods in glass container (Drobne in sod., 2007).

## 3.4 DELO V RAZREDU

### 3.4.1 Priprava na poskus

Dijake smo razdelili v skupine po 4 ali 5 dijakov (slika 10). V uvodnem delu smo predstavili raziskovalni problem in sicer »Ali imajo nanodelci dveh kemijskih spojin ( $\text{TiO}_2$  in  $\text{ZnO}$ ) učinek na prehranjevanje enakonožnih rakov?«. Dijaki so nato postavili hipotezo in predstavili kratek predlog za izvedbo poskusa. Preden smo dijakom omogočili neposreden stik z raki, smo jim posredovali uvodna navodila za izbor rakov, delo z raki in tehtanje (Priloga C).



(Avtor fotografije: Tatjana Jagarinec)

Slika 10: Priprava na delo v razredu (Jagarinec, 2013)

Figure 10: At the beginning of the work in the class (Jagarinec, 2013).

### 3.4.2 Izvedba poskusa

Dijaki so najprej živali opazovali, skicirali in označili skico, nato sta po dva dijaka iz skupine tehtala živali na analitski tehtnici (slika 12) in živali dajala v petrijevke z natehtanimi listi. Vse podatke smo zapisali na pokrov petrijevke (razred, številka petrijevke, datum, začetna masa lista, začetna masa živali). Vsaka skupina je dobila pet petrijevok z že natehtanimi listi in v vsako petrijevko dala enega raka (slika 11). Polovica razreda je imela petrijevke z listi, premazanimi s  $\text{TiO}_2$ , polovica pa z listi, premazanimi s  $\text{ZnO}$ . Eden izmed razredov je naredil kontrolni poskus za vse ostale. Dvakrat na teden sta dva dijaka prišla rake opazovati in navlažiti petrijevke.



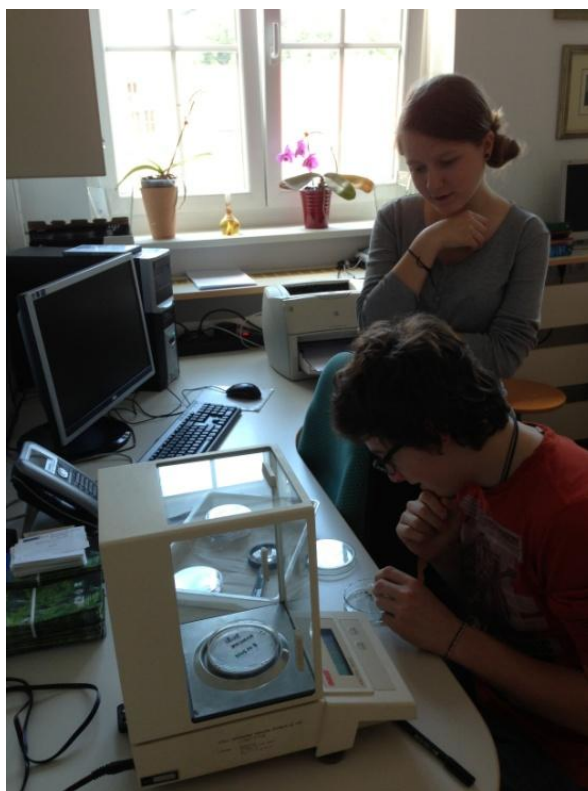
(Avtor fotografije: Tatjana Jagarinec)

Slika 11: Petrijevke z enakonožci in listi.

Figure 11: Petri dishes with isopods and leaves.

### 3.4.3 Zaključek in analiza po eksperimentalnem delu

Po enem tednu eksperimenta nekaj rakov ni preživel, tako v petrijevkah z listi premazanimi z nanodelci, kot v kontrolnih petrijevkah, nekaj rakov pa se je levilo. Preživele rake so dijaki v skupini ponovno stehali in vrnili v gojišče ter opazovali ostanke lista v petrijevki. Petrijevke brez rakov smo odprli, nato liste in iztrebke sušili. Dijaki zaradi časovne stiske listov in iztrebkov niso tehtali. Analizirali smo samo podatke o razliki mase rakov, ki so jih izmerili pri pouku, nato smo v analizo vključili še podatke poskusa iz ostalih razredov ter podatke mase rakov iz kontrolne skupine. Primerjali smo ali se je sprememba mase rakov, ki so se hranili z listi, premazanimi s  $\text{TiO}_2$  in  $\text{ZnO}$ , razlikovala od spremembe mase rakov pri kontrolni skupini.



(Avtor fotografije: Tatjana Jagarinec)

Slika 12: Tehtanje enakonožcev.

Figure 12: Weighing of isopods.

### 3.5 VPRAŠALNIK

Vprašalnik, ki so ga dijaki reševali pred poukom in po pouku, je v prilogi A. V obeh primerih je bil vprašalnik enak. Sestavljen je bil iz štirih sklopov. Prvi sklop vprašalnika je vseboval podatke o dijaku, torej spol, starost, razred, oceno iz biologije v preteklem šolskem letu, ali rad bere poljudnoznanstvene revije, ali rad gleda poljudnoznanstvene oddaje, ali bi rad študiral naravoslovje, ali odobrava poskuse na živalih in kateri so ključni viri pri pridobivanju informacij o nanodelcih.

Drugi sklop vprašalnika se je nanašal na znanje o nanobiologiji in nanodelcih, kjer so dijaki odgovorili na 13 trditve z lestvico odgovorov: drži, ne drži, ne vem. Trditve, povezane z znanjem, so prikazane v preglednici 2.

Preglednica 2: Trditve iz znanja.

Table 2: Arguments of knowledge.

---

TRDITVE
- Nanodelci so skupki materiala in so manjši od 100 nm.
- Že od nekdaj so nanodelci prisotni v naravi.
- V ozračju je veliko nanodelcev, ki skrajšujejo našo življenjsko dobo.
- Nekatere rastline in živali izkoriščajo »nanotehnologijo« za lažje preživetje.
- Goreča sveča v zaprtem prostoru zmanjša število nanodelcev v zraku.
- Nanodelci vstopajo v telo preko kože, prebavil in dihal.
- Nanodelci najtežje vstopijo v telo preko dihal.
- Virusni so nanodelci.
- V delovnem okolju, kjer so prisotni nanodelci, se ni potrebno zaščititi.
- Nanodelci, kot $\text{TiO}_2$ , bi lahko bili posredni krivci za bolezni, kot sta Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen.
- Nanodelci so tudi v domačem prahu.
- Boljši način odstranjevanja prahu v domu je mokra krpa, kot pa uporaba navadnega sesalnika.
- Pri kajenju je v vsakem kubičnem centimetru izdihanega zraka, pomešanega s tobačnim dimom, toliko nanodelcev, da presegajo zmogljivost instrumenta, ki je 100 milijonov nanodelcev v $\text{cm}^3$ .

---

Tretji del vprašalnika z dvanajstimi vprašanji se je prav tako nanašal na znanje. Vprašanja so bila izbirnega tipa, kjer je bil pravilen en odgovor, razen v primeru desetega vprašanja, kjer sta bila pravilna dva odgovora. Enajsto vprašanje pa je bilo odprtega tipa in ga v statistični analizi nismo uporabili.

Četrty del vprašalnika se je nanašal na stališča dijakov do nanobiologije in nanodelcev. Vprašalnik o stališčih je v obliki petstopenjske Likertove lestvice (preglednica 3).

Preglednica 3: Nivoji Likertove lestvice.

Table 3: Likert scale levels.

Vrednosti lestvice	Pomen vrednosti
1	se nikakor ne strinjam
2	se ne strinjam
3	nimam posebnega mnenja
4	se strinjam
5	se popolnoma strinjam

Vse negativno obrnjene trditve smo pri obdelavi obrnili v pozitivno smer. Veliko število spremenljivk, med katerimi obstaja odvisnost, smo izrazili z manjšim številom faktorjev s pomočjo faktorjske analize. Faktorsko analizo smo naredili samo za stališča. Za faktorsko analizo stališč smo imeli 20 trditev. Ker se trditve 5, 6, 8 in 10 niso razporedile v nobeno izmed kategorij, smo jih izločili. Ostale trditve so se kategorizirale v tri kategorije stališč (preglednica 4):

- F1-stališče o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih,
- F2-stališče, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih in
- F3-stališče, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu.

Preglednica 4: Kategorije stališč.

Table 4: Categories of attitudes.

TRDITEV	FAKTOR		
	1	2	3
<b>Stališče o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih</b>			
V šoli bi morali več časa nameniti učenju o nanobiologiji.	0,780		
Želim si, da bi bilo v medijih več informacij o razvoju nanobiologije.	0,756		
Rad bi vedel, kaj vse raziskujejo nanobiologi.	0,720		
Poučevanje o nanobiologiji v šolah se mi zdi pomembno.	0,713		
Rad bi bral prispevke o nanobiologiji.	0,594		
Posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te.	0,544		
<b>Stališče, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih</b>			
O nanobiologiji vem veliko.		0,666	
Sledim medijskim prispevkom o nanobiologiji.		0,652	
Nanobiologija me zanima.		0,599	
Moja poklicna pot bo povezana z nanobiologijo.		0,569	
Rad bi gledal poljudno-znanstvene oddaje o nanobiologiji.		0,543	
Brez zadržkov bi uporabil nanobiološke metode za ugotavljanje bolezni pri človeku.		0,451	
<b>Stališče, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu</b>			
Veseli me, da bo razvoj nanobiologije prinesel napredek v zdravstvu.			0,852
Veseli me, da bo z razvojem nanobiologije mogoče hitreje ugotavljati različne bolezni.			0,761
Želim, da se nanobiologija razvija in nam omogoča lažje življenje, kakor hitro je to mogoče.			0,663
To, da nanobiologija vstopa v naše življenje, me navdaja z zadovoljstvom.			0,527

se nadaljuje

#### nadaljevanje Preglednice 4: Kategorije stališč

To, da bi v moje telo vstavljali nanobiočipe, je grozljivo.(O)	izločeno
Misel, da lahko nanodelci povzročijo onesnaženje, me straši.(O)	izločeno
Ker vem malo o razvoju nanobiologije, nisem zaskrbljen/a o prihodnjih izkušnjah z nanobiologijo.	izločeno
Menim, da je za zdravljenje bolnikov z rakom smiselno uporabljati tudi nanobiološke metode z visokim tveganjem.	izločeno
<b>Crombach <math>\alpha</math> (za vse trditve je 0,79)</b>	<b>0,83</b> <b>0,71</b> <b>0,71</b>

Opomba: O (obrnjeno) – trditev je obrnjena v pozitivno smer.

### 3.6 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Grobe podatke smo v prvi fazi vnesli v program Microsoft Excel in jih pripravili za vnos v statistični program SPSS. Pri analizi podatkov smo uporabili osnovno deskriptivno in inferenčno statistiko. Stališča smo ugotavljali z vprašalnikom, ki je vseboval 20 trditev in uporabili faktorsko analizo, s katero smo pridobili smiselne faktorje in tako zmanjšali število spremenljivk za analizo. Pri sestavljanju vprašalnika smo se opirali na podobne raziskave preverjanja stališč z enakim tipom vprašalnika. Glede na distribucijo odgovorov smo uporabili ustrezne neparametrične in parametrične statistične teste (npr. t-test,  $\chi^2$ -test, Anova test, Tukey HSD in Kruskal-Wallisov test) ter primerjali znanje in stališča tudi glede na način izvedbe pouka, spol in letnik.

## 4 REZULTATI

### 4.1 ANALIZA PODATKOV GLEDE NA HIPOTEZE

Primerjali smo predznanje dijakov med posameznimi letniki in glede na spol ter ugotavljali njihova stališča do nanobiologije. Analizirali smo vpliv klasičnega pouka in eksperimentalnega dela pri pouku na znanje in stališča dijakov.

#### 4.1.1 Predznanje dijakov

S pomočjo vprašalnika smo ugotavljali predznanje dijakov o nanobiologiji in nanodelcih. Na trditve od ena do trinajst so dijaki odgovarjali drži, ne drži, ne vem. Vprašanja štirinajst do štiriindvajset pa so vsebovala naloge izbirnega tipa.

Hipoteza 1: Ker učni načrt biologije ne predvideva obravnave vsebin nanodelcev predvidevamo, da je znanje dijakov o nanodelcih ter o prednostih in nevarnostih, ki jih prinašajo nova odkritja nizko ( $M < 50\%$  pri preverjanju znanja).

Analiza posameznih vprašanj, s katerimi smo preverjali znanje, je prikazana v preglednici 6.

Preglednica 5: Trditve in vprašanja iz znanja.

Table 5: Claims and questions of knowledge.

Št. trditve	Trditve in vprašanja iz znanja
V1	Nanodelci so skupki materiala in so manjši od 100 nm.
V2	Že od nekdaj so nanodelci prisotni v naravi.
V3	V ozračju je veliko nanodelcev, ki skrajšujejo našo življenjsko dobo.
V4	Nekatere rastline in živali izkoriščajo »nanotehnologijo« za lažje preživetje.
V5	Goreča sveča v zaprtem prostoru zmanjša število nanodelcev v zraku.
V6	Nanodelci vstopajo v telo preko kože, prebavil in dihal.
V7	Nanodelci najtežje vstopijo v telo preko dihal.

---

se nadaljuje



nadaljevanje Preglednice 5: Trditve in vprašanja iz znanja

---

- V8** Virusi so nanodelci.
- V9** V delovnem okolju, kjer so prisotni nanodelci, se ni potrebno zaščititi.
- V10** Nanodelci, kot  $\text{TiO}_2$ , bi lahko bili posredni krivci za bolezni, kot sta Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen.
- V11** Nanodelci so tudi v domačem prahu.
- V12** Boljši način odstranjevanja prahu v domu je mokra krpa, kot pa uporaba navadnega sesalnika.
- V13** Pri kajenju je v vsakem kubičnem centimetru izdihanega zraka, pomešanega s tobačnim dimom, toliko nanodelcev, da presegajo zmogljivost instrumenta, ki je 100 milijonov nanodelcev v  $\text{cm}^3$ .
- V14** Katera velikost ustreza kriterijem, da delec spada med nanodelce? To so velikostni razredi med: ...
- V15** Kakšne oblike so lahko nanodelci? Nanovlakna ...
- V16** Po katerih lastnostih se nanodelci razlikujejo od delcev »normalne« velikosti?
- V17** Kateri odgovor najbolje navaja naravne nanodelce? ...
- V18** Nanodelci so prisotni v našem okolju. Z nekaterimi aktivnostmi človek močno povečuje količino nanodelcev in s tem ogroža svoj zdravje. Aparature za merjenje količin nanodelcev so zaznale daleč največ nanodelcev ...
- V19** Nanodelci vstopajo v telo skozi pregrade med telesom in okoljem, nato jih krvni obtok raznese po vsem telesu. Organi, ki so najbolj prizadeti zaradi vdora nanodelcev, so: ...
- V20** Posledice delovanja nanodelcev v celici so lahko zaradi njihove reaktivnosti številne. Izberite pravilni odgovor. ...
- V21** Zelo verjetno ste že uporabljali izdelke kjer so nanodelci, npr. če ste na kožo nanesli kremo za sončenje. Nanodelci ...
- V22**  $\text{TiO}_2$  dodajajo različnim izdelkom. Z njim povečajo belino, antimikrobno delovanje, stabilnost ... Kako je označen stabilizator izdelkov z manj maščobe v posnetem mleku, rastlinski smetani, ...?
- V23** Kaj je nanotehnologija? ...
- V24** Izvedemo poskus na rakah enakonožcih. Uporabimo dve kemikaliji v velikosti nanodelcev in sicer  $\text{TiO}_2$  in  $\text{ZnO}$  ... (priloga A).
-

Pravilni odgovor je bil samo eden, vse ostale odgovore, vključno z odgovorom ne vem, smo obravnavali kot nepravilne. Samo na osem vprašanj od štiriindvajsetih so dijaki pravilno odgovarjali z več kot 50 %. S  $\chi^2$  testom smo ugotavljali ali so statistično pomembne razlike v predznanju med letniki. Razen v nekaterih primerih, v večini vprašanj razlik med letniki ni bilo.

Preglednica 6: Odstotki pravih in nepravilnih odgovorov iz predznanja v 1., 2. in 3. letniku.  
Table 6: Percentage of correct and incorrect answers from the knowledge before lessons.

Vprašanje	1. letnik		2. letnik		3. letnik		$\chi^2$ test		
	0	1	0	1	0	1	$\chi^2$	df	p
<b>V1</b>	39,3 %	60,7 %	43,1 %	56,9 %	38,3 %	61,7 %	22,59	2	0,848
<b>V2</b>	35,7 %	64,3 %	41,5 %	58,5 %	33,3 %	66,7 %	20,73	2	0,619
<b>V3</b>	80,4 %	19,6 %	73,8 %	26,2 %	40,0 %	60,0 %	19,80	2	< 0,001*
<b>V4</b>	82,1 %	17,9 %	76,9 %	23,1 %	73,3 %	26,7 %	12,69	2	0,524
<b>V5</b>	83,9 %	16,1 %	87,7 %	12,3 %	78,3 %	21,7 %	9,28	2	0,369
<b>V6</b>	41,1 %	58,9 %	49,2 %	50,8 %	16,7 %	83,3 %	20,11	2	< 0,001*
<b>V7</b>	57,1 %	42,9 %	64,6 %	35,4 %	48,3 %	51,7 %	24,13	2	0,185
<b>V8</b>	64,3 %	35,7 %	81,5 %	18,5 %	80,0 %	20,0 %	13,61	2	0,056
<b>V9</b>	51,8 %	48,2 %	55,4 %	44,6 %	35,0 %	65,0 %	26,61	2	0,055
<b>V10</b>	80,4 %	19,6 %	58,5 %	41,5 %	75,0 %	25,0 %	16,40	2	0,021*
<b>V11</b>	33,9 %	66,1 %	52,3 %	47,7 %	40,0 %	60,0 %	23,82	2	0,111
<b>V12</b>	26,8 %	73,2 %	33,8 %	66,2 %	21,7 %	78,3 %	15,47	2	0,310
<b>V13</b>	66,1 %	33,9 %	84,6 %	15,4 %	56,7 %	43,3 %	17,02	2	0,002*
<b>V14</b>	42,9 %	57,1 %	30,8 %	69,2 %	8,3 %	91,7 %	15,16	2	< 0,001*
<b>V15</b>	64,3 %	35,7 %	61,5 %	38,5 %	40,0 %	60,0 %	25,06	2	0,014 *
<b>V16</b>	91,1 %	8,9 %	86,2 %	13,8 %	68,3 %	31,7 %	10,21	2	0,003*
<b>V17</b>	73,2 %	26,8 %	92,3 %	7,7 %	85,0 %	15,0 %	8,97	2	0,016*
<b>V18</b>	66,1 %	33,9 %	73,8 %	26,2 %	55,0 %	45,0 %	19,49	2	0,086
<b>V19</b>	60,7 %	39,3 %	72,3 %	27,7 %	50,0 %	50,0 %	21,66	2	0,038*

se nadaljuje

nadaljevanje Preglednice 6: Odstotki pravih in nepravilnih odgovorov iz predznanja v 1., 2. in 3. letniku.

<b>V20</b>	80,4 %	19,6 %	78,5 %	21,5 %	53,3 %	46,7 %	16,40	2	< 0,001*
<b>V21</b>	89,3 %	10,7 %	87,7 %	12,3 %	93,3 %	6,7 %	5,57	2	0,559
<b>V22</b>	92,9 %	7,1 %	98,5 %	1,5 %	95,0 %	5,0 %	2,48	2	0,276
<b>V23</b>	76,8 %	23,2 %	87,7 %	12,3 %	73,3 %	26,7 %	11,45	2	0,114
<b>V24</b>	98,2 %	1,8 %	89,2 %	10,8 %	85,0 %	15,0 %	5,26	2	0,46
<b>M</b>	65,8 %	34,2 %	69,2 %	30,8 %	56,0 %	44,0 %			

Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z \* Legenda: 0 = napačno, 1 = pravilno, M = aritmetična sredina

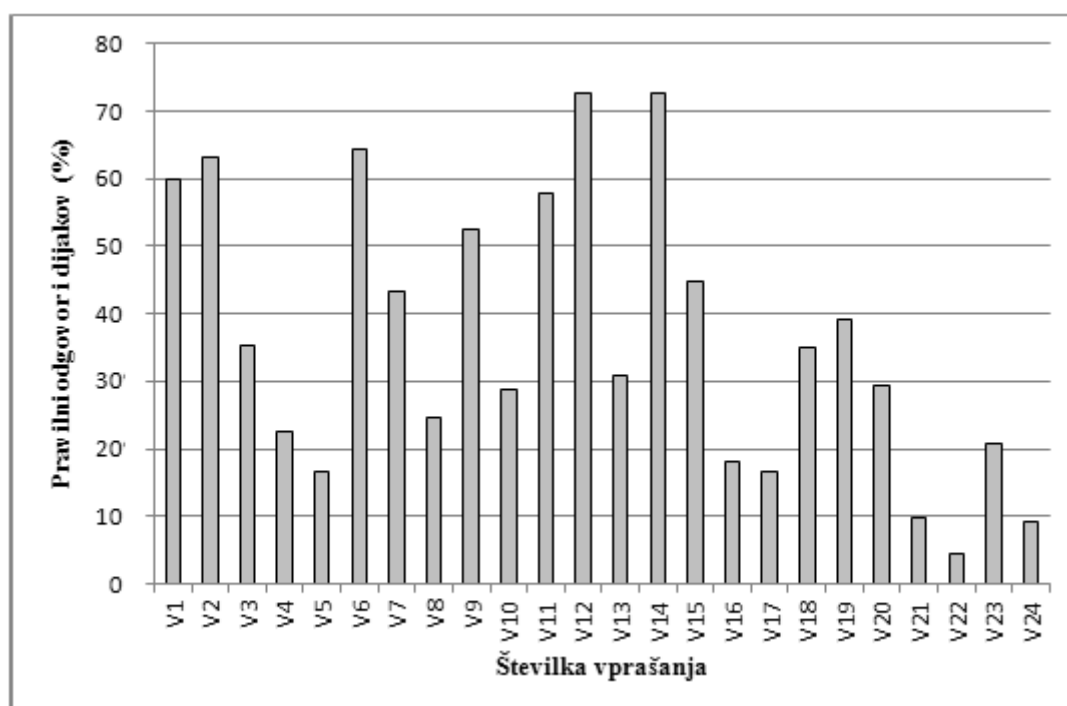
Predznanje dijakov tretjega letnika je bilo (statistično značilno) boljše pri odgovorih na vprašanja V3 (»V ozračju je veliko nanodelcev, ki skrajšujejo našo življenjsko dobo.«;  $p < 0,001$ ), V6 (»Nanodelci vstopajo v telo preko kože, prebavil in dihal.«;  $p < 0,001$ ), V13 (»Pri kajenju je v vsakem kubičnem centimetru izdihanega zraka, pomešanega s tobačnim dimom, toliko nanodelcev, da presegajo zmogljivost instrumenta, ki je 100 milijonov nanodelcev v  $\text{cm}^3$ .«;  $p = 0,002$ ), V14 (»Katera velikost ustreza kriterijem, da delec spada med nanodelce? To so velikostni razredi med: «;  $p < ,001$ ), V15 (»Kakšne oblike so lahko nanodelci?«;  $p = 0,014$ ), V16 (»Po katerih lastnostih se nanodelci razlikujejo od delcev »normalne« velikosti?«;  $p = 0,003$ ), V19 (»Nanodelci vstopajo v telo skozi pregrade med telesom in okoljem, nato jih krvni obtok raznese po vsem telesu. Organi, ki so najbolj prizadeti zaradi vdora nanodelcev, so:«;  $p = 0,038$ ) in V20 (»Posledice delovanja nanodelcev v celici so lahko zaradi njihove reaktivnosti številne. Izberite pravilni odgovor.«;  $p < 0,001$ ) (preglednica 6).

Dijaki drugega letnika so najboljše odgovarjali samo na vprašanje V10 (»Nanodelci, kot  $\text{TiO}_2$ , bi lahko bili posredni krivci za bolezni, kot sta Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen.«;  $p = 0,021$ ). Dijaki prvega letnika pa so bolje odgovorili na vprašanje V17 (»Kateri odgovor najboljše navaja naravne nanodelce?«;  $p = 0,016$ ) (preglednica 6).

Znanje dijakov o nanodelcih in nanobiologiji je v posameznem letniku v povprečju doseglo manj kot 50 % oz. 12 točk (preglednica 6 in 7).

Več kot 50 % pravilno so dijaki vseh letnikov odgovarjali na vprašanje V1 (»Nanodelci so skupki materiala in so manjši od 100 nm.«; 59,8 %), V2 (»Že od nekdaj so nanodelci

prisotni v naravi.«; 63,2 %) in najboljše na V12 («Boljši način odstranjevanja prahu v domu je mokra krpa, kot pa uporaba navadnega sesalnika.«; 72,6 %) ter V14 («Katera velikost ustreza kriterijem, da delec spada med nanodelce? To so velikostni razredi med:« 72,7 %). Najnižje število točk so dosegli pri vprašanju V22 («TiO<sub>2</sub> dodajajo različnim izdelkom. Z njim povečajo belino, antimikrobno delovanje, stabilnost ... Kako je označen stabilizator izdelkov z manj maščobe v posnetem mleku, rastlinski smetani, ...?»« 4,5 %) (slika 13).



Slika 13: Odstotek pravih odgovorov iz predznanja.

Figure 13: Percentage of the correct answers from knowledge of all the students before the lessons.

#### 4.1.2 Primerjava predznanja in stališč med letniki

Predznanje smo primerjali na osnovi odgovorov na trditve in vprašanja od prve do štiriindvajsete točke v anketi, stališča pa smo s faktorsko analizo oblikovali v tri kategorije.

#### 4.1.2.1 Primerjava predznanja med letniki

Hipoteza 2: Ker dijake zanimajo novosti s področja naravoslovja in dobijo take informacije predvsem iz poljudno-znanstvenih oddaj, količina znanja o nanodelcih narašča s starostjo dijakov. Prav tako s starostjo naraščajo tudi pozitivna stališča do nanobiologije in raziskovanja nanodelcev.

Iz preglednice 7 je razvidno, da so dijaki tretjega letnika v povprečju dosegli največ točk ( $M = 10,57$ ), dijaki prvega letnika so dosegli manj točk ( $M = 8,21$ ), najmanj pa so jih dosegli dijaki drugega letnika ( $M = 7,38$ ). Z metodo Analiza variance smo ugotovili, da so med njimi nastale statistično pomembne razlike ( $df = 2$ ;  $F = 8,528$ ,  $p > 0,001$ ).

Preglednica 7: Povprečno število doseženih točk iz predznanja po letniku.

Table 7: Average number of points received in the pre-test in different grades.

Letnik	N	M	SN
1	56	8,21	0,56
2	65	7,38	0,60
3	60	10,57	0,54

Opomba:  $df = 2$ ;  $F = 8,528$ ,  $p < 0,001$ . Legenda: N = število dijakov, M = aritmetična sredina, SN = standardna napaka.

Tukey-HSD test nam je pokazal, da so bile statistično pomembne razlike v predznanju med dijaki prvega in tretjega letnika ( $p = 0,013$ ) ter med dijaki drugega in tretjega letnika ( $p < 0,001$ ), statistično pomembnih razlik med dijaki prvega in drugega letnika pa ni bilo ( $p = 0,561$ ; preglednica 8).

Rezultati so pokazali, da s starostjo narašča predznanje, saj so dijaki tretjega letnika dosegli statistično značilno več točk kot dijaki prvega in drugega letnika.

Preglednica 8: Primerjava razlik v predznanju med letniki – Tukey-HSD test.

Table 8: Comparison of the differences between different grades – Tukey-HSD test.

Letnik	Primerjava z letnikom	p
<b>1</b>	2	0,561
	3	0,013*
<b>2</b>	1	0,561
	3	< 0,001*
<b>3</b>	1	0,013*
	2	< 0,001*

Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z \*.

#### 4.1.2.2 Primerjava stališč med letniki pred poukom

Ocena posameznih stališč se med letniki bistveno ni razlikovala. Pri oceni stališča o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih so dijaki v povprečju dosegli 3,22 točk od petih, pri oceni stališča, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih 2,41 točk in pri oceni stališča, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu, 3,79 točk. Najbolj pozitivna stališča med vsemi letniki je imel prvi letnik in sicer za stališče F3, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu ( $M = 3,92$ ), za stališče F1 o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih ( $M = 3,30$ ) in manj za stališče F2, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih ( $M = 2,59$ ). Vrednost stališč med prvim in tretjim letnikom pada in ne narašča, kot smo predvidevali (preglednica 9).

S F-testom (preglednica 10) smo želeli ugotoviti ali obstajajo statistično pomembne razlike v stališčih F1, F2 in F3 med letniki. Stališča so bila med letniki podobna in se statistično pomembno ne razlikujejo. Statistično pomembna razlika se je pojavila le v stališču F2 ( $p = 0,025$ ). Na osnovi Tukey-HSD testa smo ugotovili, da med prvim in tretjim letnikom obstaja statistično značilna razlika ( $p = 0,018$ ; preglednica 11).

Vrednost stališč rahlo pada od prvega do tretjega letnika, kar nakazuje, da interes v višjih letnikih pada.

Preglednica 9: Povprečna ocena kategorij stališč po letniku pred poukom.

Table 9: The average grade of the categories of attitudes in different grades before the lessons.

Stališče	Letnik	N	M	SN
<b>F1</b>	1	56	3,30	0,10
	2	65	3,16	0,09
	3	60	3,20	0,11
	Skupaj	181	3,22	0,06
<b>F2</b>	1	56	2,59	0,09
	2	65	2,40	0,08
	3	60	2,24	0,09
	Skupaj	181	2,41	0,05
<b>F3</b>	1	56	3,92	0,10
	2	65	3,80	0,07
	3	60	3,65	0,09
	Skupaj	181	3,79	0,05

Legenda: N = število dijakov, M = aritmetična sredina, SN = standardna napaka.

Preglednica 10: Primerjava razlik v kategorijah stališč med letniki – F-test.

Table 10: Comparison of the differences in categories of attitudes in different grades – F-test.

Stališče	F	df	p
<b>F1</b>	0,558	2	0,573
<b>F2</b>	3,780	2	0,025*
<b>F3</b>	2,238	2	0,110

Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z \*.

Preglednica 11: Primerjava razlik v stališčih med letniki s post-testom Tukey-HSD.

Table 11: Comparison of the differences in attitudes in different grades with post-test Tukey-HSD.

Stališče	Letnik	Primerjava z letnikom	p
<b>F1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	0,554
		<b>3</b>	0,754
	<b>2</b>	<b>1</b>	0,554
		<b>3</b>	0,947
	<b>3</b>	<b>1</b>	0,754
		<b>2</b>	0,947
<b>F2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	0,272
		<b>3</b>	0,018*
	<b>2</b>	<b>1</b>	0,272
		<b>3</b>	0,411
	<b>3</b>	<b>1</b>	0,018*
		<b>2</b>	0,411
<b>F3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	0,642
		<b>3</b>	0,092
	<b>2</b>	<b>1</b>	0,642
		<b>3</b>	0,417
	<b>3</b>	<b>1</b>	0,092
		<b>2</b>	0,417

Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z \*.

#### 4.1.3 Primerjava predznanja, interesa in stališč glede na spol

Hipoteza 3: Ker dijaki večinoma izkazujejo višji interes za nove tehnologije, je količina znanja o nanodelcih večja pri dijakih kot dijakinjah. Enako velja glede stališč do nanobiologije in raziskav nanodelcev.

##### 4.1.3.1 Primerjava predznanja, interesa in stališč glede na spol

S t-testom smo primerjali znanje in stališča dijakov glede na spol v vseh letnikih pred poukom. V stališčih in v znanju so fantje dosegli več točk kot dekleta. Statistično



značilna razlika med fanti in dekleti je bila v znanju in v stališču F2. Fantje so sicer izkazali statistično pomembno več znanja kot dekleta ( $p = 0,047$ ), vendar je ta razlika dokaj nizka, le za 1,5 točke od skupnih 24 točk (preglednica 12). Pri fantih se je tudi izrazilo bolj pozitivno stališče ( $p = 0,002$ ), ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih. V stališču F1 (o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih) ter stališču F3 (o pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu) pa razlik med spoloma ni bilo.

Preglednica 12: Primerjava znanja in stališč vseh dijakov glede na spol pred poukom.

Table 12: Comparison of the knowledge and attitudes of all the students according to their gender before the lessons.

					t-test		
	Spol	N	M	SN	t	df	p
<b>Znanje</b>	Fantje	62	9,71	0,67	2,01	102,07	0,047*
	Dekleta	119	8,17	0,32			
<b>Stališča</b>	Fantje	62	3,15	0,10	-0,79	179	0,431
	<b>F1</b>	Dekleta	119	3,25			
<b>F2</b>	Fantje	62	2,64	0,10	3,16	100,88	0,002*
	Dekleta	119	2,28	0,05			
<b>F3</b>	Fantje	62	3,89	0,10	1,42	179	0,157
	Dekleta	119	3,74	0,06			

Legenda: N = število dijakov, M = aritmetična sredina, SN = standardna napaka.

Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z \*.

#### 4.1.3.2 Primerjava znanja in stališč dijakov prvega letnika glede na spol pred poukom

S t-testom smo primerjali znanje in stališča dijakov glede na spol skupaj v posameznem letniku pred poukom. V prvem letniku so dekleta izkazala malo več znanja ( $M = 8,46$ ) kot fantje ( $M = 7,81$ ) in pokazala bolj pozitivna stališča (F1, F2, F3), vendar statistično pomembnih razlik med spoloma ni bilo (preglednica 13).

Preglednica 13: Primerjava znanja in stališč dijakov prvega letnika glede na spol pred poukom.

Table 13: Comparison of the knowledge and attitudes of the first grade students according to their gender before the lessons.

		Primerjava znanja in stališč – 1. letnik			t-test		
	Spol	N	M	SN	t	df	p
<b>Znanje</b>	Fantje	21	7,81	1,09	-0,55	54	0,583
	Dekleta	35	8,46	0,63			
<b>Stališča</b>	Fantje	21	3,29	0,18	-0,07	54	0,941
	<b>F1</b>	Dekleta	35	3,31			
<b>F2</b>	Fantje	21	2,82	0,17	1,97	54	0,055
	Dekleta	35	2,45	0,10			
<b>F3</b>	Fantje	21	3,93	0,18	0,11	54	0,917
	Dekleta	35	3,91	0,12			

Legenda: N = število dijakov, M = aritmetična sredina, SN = standardna napaka.

#### 4.1.3.3 Primerjava znanja in stališč dijakov drugega letnika po spolu pred poukom

Statistično pomembna razlika med fanti in dekleti ( $p = 0,025$ ) je v drugem letniku prisotna samo v znanju, kjer so fantje dosegli za 2,76 več točk kot dekleta. Razlik v stališčih med spoloma v drugem letniku nismo dokazali, kar je razvidno iz preglednice 14.

Preglednica 14: Primerjava znanja in stališč dijakov drugega letnika glede na spol pred poukom.

Table 14: Comparison of the knowledge and attitudes of the second grade students according to their gender before the lessons.

		Primerjava znanja in stališč – 2. letnik			t-test		
	Spol	N	M	SN	t	df	p
<b>Znanje</b>	Fantje	24	9,13	1,04	2,30	63	0,025*
	Dekleta	41	6,37	0,68			
<b>Stališča</b>	Fantje	24	2,99	0,16	-1,40	63	0,165
	<b>F1</b>	Dekleta	41	3,26			

se nadaljuje

nadaljevanje Preglednice 14: Primerjava znanja in stališč dijakov drugega letnika glede na spol pred poukom.

<b>F2</b>	Fantje	24	2,46	0,14	0,61	63	0,546
	Dekleta	41	2,36	0,09			
<b>F3</b>	Fantje	24	3,85	0,13	0,53	63	0,596
	Dekleta	41	3,77	0,08			

Legenda: N = število dijakov, M = aritmetična sredina, SN = standardna napaka. Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z \*.

#### 4.1.3.4 Primerjava znanja in stališč dijakov tretjega letnika glede na spol pred poukom

Preglednica 15: Primerjava znanja in stališč dijakov tretjega letnika glede na spol pred poukom.

Table 15: Comparison of the knowledge and attitudes of the third grade students according to their gender before the lessons.

		Primerjava znanja in stališč – 3. letnik			t-test		
	Spol	N	M	SN	t	df	p
<b>Znanje</b>	Fantje	17	12,88	1,09	2,85	58	0,006*
	Dekleta	43	9,65	0,57			
<b>Stališča</b>	Fantje	17	3,22	0,22	0,09	58	0,926
	<b>F1</b> Dekleta	43	3,19	0,12			
<b>F2</b>	Fantje	17	2,67	0,19	2,77	58	0,011*
	Dekleta	43	2,08	0,09			
<b>F3</b>	Fantje	17	3,88	0,22	1,58	58	0,119
	Dekleta	43	3,56	0,10			

Legenda: N = število dijakov, M = aritmetična sredina, SN = standardna napaka. Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z \*.

V tretjem letniku je bilo znanje fantov večje od znanja deklet in razlika je statistično pomembna ( $p = 0,006$ ), saj znaša 3,2 točke od 24. Prav tako so bila stališča fantov bolj pozitivna. Statistično pomembna razlika ( $p = 0,011$ ) je pri oceni stališča F2, ki izraža večji interes za učenje pri fantih kot pri dekletih. V stališču o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih ter stališču, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu, pa statistično pomembnih razlik ni bilo (preglednica 15).

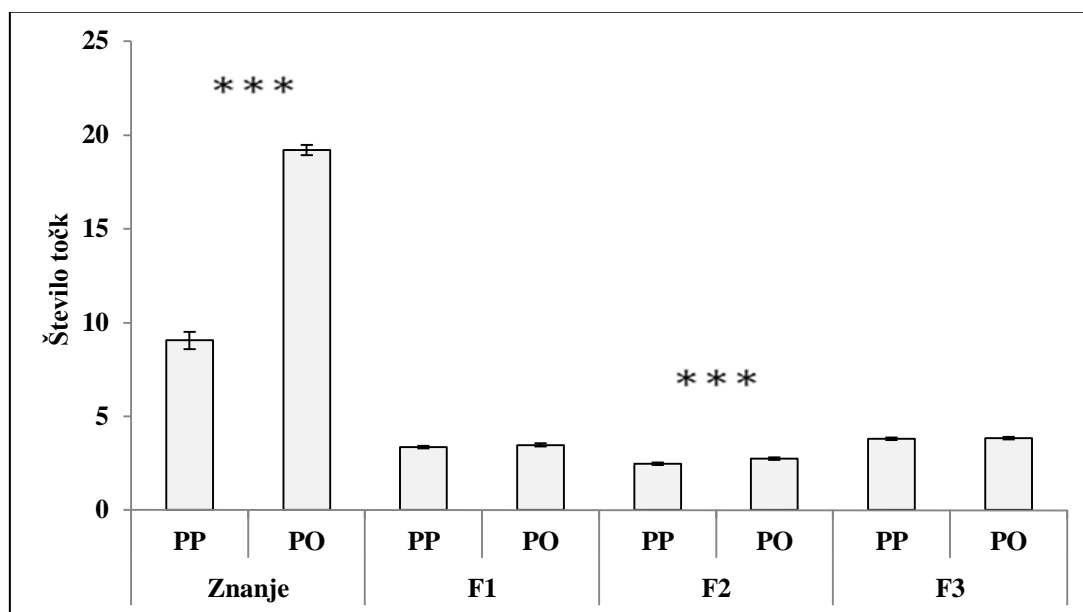
#### **4.1.4 Primerjava znanja in stališč pred poukom in po pouku v razredih s klasičnim poukom in v razredih s poskusom**

Hipoteza 4: Ker med praktičnim delom dijaki pridobijo več znanja in oblikujejo bolj pozitivna stališča kot pri tradicionalnem pouku, predvidevamo, da bodo po izvedeni učni enoti med dijaki, ki bodo pri pouku sami izvajali eksperiment in tistimi, ki bodo poslušali le predstavitel, obstajale razlike v znanju o nanodelcih ter stališčih do nanobiologije in nanodelcev v prid aktivnega pouka.

##### **4.1.4.1 Primerjava znanja in stališč vseh razredov, ki so izvajali eksperiment, pred poukom in po pouku**

Analiza podatkov je pokazala, da obstajajo statistično pomembne razlike med skupinami razredov, ki so izvajali eksperiment, v znanju (t-test;  $t = -22,76$ ,  $df = 94$ ,  $p < 0,001$ ) in v stališču, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih (t-test;  $t = -4,602$ ,  $df = 94$ ,  $p < 0,001$ ), medtem ko se stališče o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih (t-test;  $t = -1,765$ ,  $df = 94$ ,  $p = 0,081$ ), in stališče, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu, ni statistično pomembno povečalo (t-test;  $t = -0,373$ ,  $df = 94$ ,  $p = 0,710$ ).

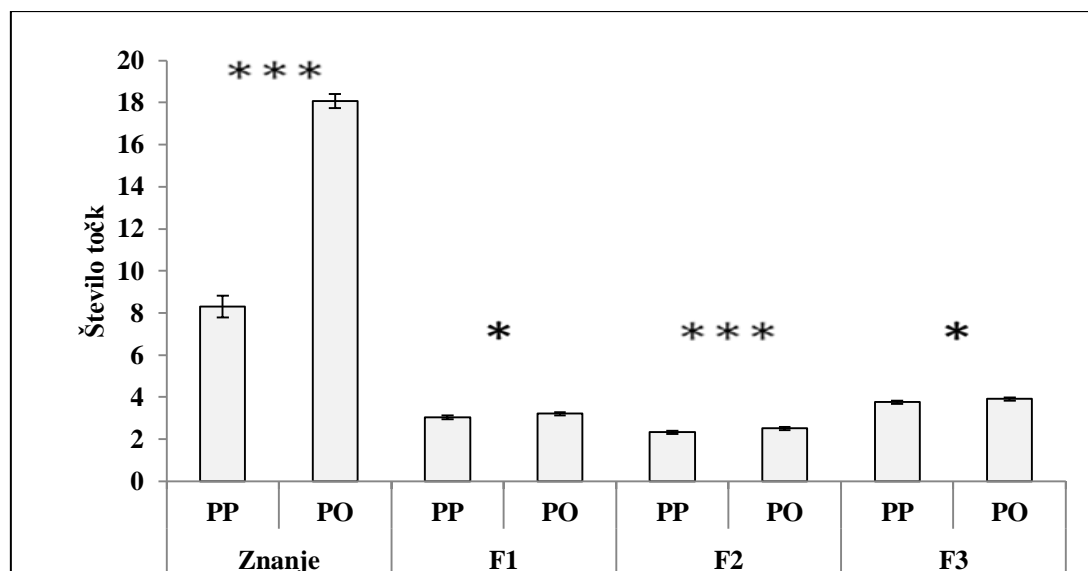
Znanje se je po pouku močno povečalo ( $M$  pred = 9,05 in  $M$  po pouku = 19,21) in povišala se je vrednost stališča, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih ( $M$  pred = 2,47,  $M$  po pouku = 2,76). Stališče o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih pa je bilo že pred poukom visoko ( $M = 3,37$ ), prav tako stališče, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu ( $M = 3,81$ ). Dvig vrednosti zato ni statistično pomemben (slika 14).



Op.: Prikazana je aritmetična sredina  $M \pm SN$ . Statistično pomembna razlika je označena z \*\*\* ( $p \leq 0,001$ ). Legenda: PP = pred poukom, PO = po pouku.

Slika 14: Primerjava znanja in stališč vseh razredov, ki so izvajali eksperiment, pred poukom in po pouku.

Figure 14: Comparison of the knowledge and attitudes of all the grades conducting the experiment before and after the lessons.



Op: Prikazana je aritmetična sredina  $\pm SN$ . Statistično pomembna razlika je označena z \* ( $p \leq 0,05$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ ). Legenda: PP = pred poukom, PO = po pouku.

Slika 15: Primerjava znanja in stališč vseh razredov, ki so imeli samo klasični pouk, pred poukom in po pouku.

Figure 15: Comparison of the knowledge and attitudes of all the grades being involved in ordinary lessons before and after them.

Primerjava razredov (pred poukom in po pouku), ki so imeli samo klasični pouk, je pokazala, da so se statistično pomembno povečale vse merjene kategorije. Povečalo se je znanje (t-test;  $t = 0,832$ ,  $df = 85$ ,  $p < 0,001$ ), povečalo se je stališče o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih (t-test;  $t = -2,320$ ,  $df = 85$ ,  $p < 0,023$ ), povečal se je interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih (t-test;  $t = -3,519$ ,  $df = 85$ ,  $p < 0,001$ ) in povečali so se obeti uporabe nanobiologije v zdravstvu (t-test;  $t = -2,264$ ,  $df = 85$ ,  $p < 0,026$ ). Znanje se je izboljšalo za 9,78 točk (slika 15).

#### **4.1.5 Interes za učenje**

Hipoteza 5: Ker je znano, da praktično delo vpliva na bolj pozitiven situacijski interes dijakov, pričakujemo, da bo interes dijakov za učenje o nanodelcih večji pri testirancih, ki bodo samostojno izvajali eksperiment, ne glede na spol in starost testirancev.

##### **4.1.5.1 Interes za učenje oz. znanje in stališča glede na izvedbo pouka (vsi letniki skupaj)**

Preglednica 16 nam prikazuje primerjavo med dijaki, ki so izvajali eksperiment in dijaki, ki so imeli samo klasični pouk. S t-testom smo ugotavljali razlike v aritmetični sredini med dvema podskupinama znotraj vzorca.

Preglednica 16: Primerjava znanja in stališč glede na izvedbo pouka (pred poukom in po pouku ter za vse letnike skupaj) (t-test).

Table 16: Comparison of the knowledge and attitudes according to different teaching methods, all grades together before and after the lessons (t-test).

	<b>Pouk</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>SN</b>	<b>t</b>	<b>df</b>	<b>p</b>	
<b>Znanje</b>	Exp	95	9,05	0,46	1,09	179	0,276	
	Kla	86	8,30	0,51				
<b>Pred poukom</b>	<b>F1</b>	Exp	95	3,37	0,06	2,79	179	0,006*
		Kla	86	3,05	0,09			
	<b>F2</b>	Exp	95	2,47	0,07	1,36	179	0,177
		Kla	86	2,33	0,07			
	<b>F3</b>	Exp	95	3,81	0,07	0,53	179	0,594
		Kla	86	3,76	0,07			
<b>Znanje</b>	Exp	95	19,21	0,28	2,59	179	0,011*	
	Kla	86	18,08	0,34				
<b>Po pouku</b>	<b>F1</b>	Exp	95	3,48	0,08	2,46	179	0,015*
		Kla	86	3,21	0,08			
	<b>F2</b>	Exp	95	2,76	0,07	2,42	179	0,016*
		Kla	86	2,51	0,07			
	<b>F3</b>	Exp	95	3,84	0,07	-0,77	179	0,442
		Kla	86	3,92	0,08			

Legenda: N = število dijakov, M = aritmetična sredina, SN = standardna napaka, Exp = pouk z eksperimentom, Kla = samo klasični pouk. Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z \* ( $p < 0,05$ ).

Pred poukom se podskupini v znanju statistično nista razlikovali, saj je bila razlika med njima samo 0,75 točk (od 24 možnih točk). Po pouku pa je nastala statistično značilna razlika ( $p = 0,011$ ) med podskupinama in sicer za 1,13 točke v prid skupine, ki je izvajala eksperiment.

Razlika v stališču o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih se je statistično pomembno izrazila že pred poukom ( $p = 0,006$ ) v prid

skupini, ki je izvajala eksperiment. Statistično pomembna razlika ( $p = 0,015$ ) med skupinama se je ohranila tudi po opravljenem pouku.

Stališče, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih, je pri obeh skupinah izkazalo najmanjšo vrednost pred poukom in po pouku. Pred poukom statistično pomembnih razlik med skupinama ni bilo, po pouku pa se je izrazila statistično pomembna razlika ( $p = 0,016$ ), saj je eksperimentalna skupina dijakov ( $M = 2,76$ ) izkazala večji interes, kot skupina, ki je imela klasični pouk ( $M = 2,51$ ).

Stališče, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu se ni bistveno razlikovalo med skupina pred poukom in tudi ne po pouku. Vrednosti tega stališča se po pouku niso bistveno zvišali, saj so bile že pred poukom dokaj visoke ( $M_{Exp.} = 3,81$ ,  $M_{Kla.} = 3,76$ ).

Po pouku, oziroma eksperimentalnem delu, pa so razlike statistično pomembne, in sicer v prid razredom, ki so izvajali eksperimentalno delo. Tisti, ki so izvajali eksperimentalno delo, so v primerjavi z ostalimi pokazali več znanja in bolj pozitivna stališča do pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih (F1) ter pokazali večji interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih (F2) (preglednica 16).



## 4.2 ANALIZA POSAMEZNIH TRDITEV STALIŠČ GLEDE NA LETNIK PRED POUKOM IN PO POUKU

Preglednica 17: Trditve stališč.

Table 17: Climes of attitudes.

Št. trditve	Trditve stališč
T 1	To, da nanobiologija vstopa v naše življenje, me navdaja z zadovoljstvom.
T 2	Želim, da se nanobiologija razvija in nam omogoča lažje življenje, kakor hitro je to mogoče.
T 3	Poučevanje o nanobiologiji v šolah se mi zdi pomembno.
T 4	Veseli me, da bo razvoj nanobiologije prinesel napredek v zdravstvu.
T 5	To, da bi v moje telo vstavljali nanobiočipe, je grozljivo.
T 6	Misel, da lahko nanodelci povzročijo onesnaženje, me straši.
T 7	Brez zadržkov bi uporabil nanobiološke metode za ugotavljanje bolezni pri človeku.
T 8	Menim, da je za zdravljenje bolnikov z rakom smiselno uporabljati tudi nanobiološke metode z visokim tveganjem.
T 9	Veseli me, da bo z razvojem nanobiologije mogoče hitreje ugotavljati različne bolezni.
T 10	Ker vem malo o razvoju nanobiologije, nisem zaskrbljen/a o prihodnjih izkušnjah z nanobiologijo.
T 11	Sledim medijskim prispevkom o nanobiologiji.
T 12	Želim si, da bi bilo v medijih več informacij o razvoju nanobiologije.
T 13	Posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te.
T 14	V šoli bi morali več časa nameniti učenju o nanobiologiji.
T 15	Rad bi vedel, kaj vse raziskujejo nanobiologi.
T 16	Rad bi bral prispevke o nanobiologiji.
T 17	Rad bi gledal poljudno-znanstvene oddaje o nanobiologiji.
T 18	Nanobiologija me zanima.
T 19	O nanobiologiji vem veliko.
T 20	Moja poklicna pot bo povezana z nanobiologijo.

---

#### 4.2.1 Trditve stališč pred poukom glede na letnik

Preglednica 18: Primerjava trditev stališč glede na letnik pred poukom.

Table 18: Comparison of individual statements of the attitudes according to the grade before the lessons.

Trditev	1. letnik		2. letnik		3. letnik		Kruskal Wallisov test		
	M	SN	M	SN	M	SN	$\chi^2$	df	p
<b>T 1</b>	3,21	0,14	2,86	0,11	2,7	0,12	7,02	2	0,030*
<b>T 2</b>	3,82	0,14	3,74	0,13	3,43	0,13	5,15	2	0,076
<b>T 3</b>	3,52	0,14	3,38	0,12	3,5	0,15	0,91	2	0,634
<b>T 4</b>	4,3	0,12	4,49	0,08	4,28	0,12	1,18	2	0,554
<b>T 5</b>	3,09	0,16	2,52	0,17	2,38	0,18	9,55	2	0,008*
<b>T 6</b>	2,55	0,13	2,58	0,14	2,48	0,14	0,52	2	0,772
<b>T 7</b>	3,39	0,14	3,26	0,13	3,27	0,13	0,56	2	0,757
<b>T 8</b>	2,82	0,15	2,82	0,14	3,08	0,14	2,11	2	0,348
<b>T 9</b>	4,32	0,09	4,12	0,11	4,18	0,12	1,21	2	0,545
<b>T 10</b>	2,98	0,15	2,95	0,14	2,95	0,15	0,00	2	0,999
<b>T 11</b>	2,00	0,16	1,86	0,13	1,85	0,13	0,34	2	0,843
<b>T 12</b>	3,34	0,15	3,18	0,13	3,32	0,13	0,61	2	0,736
<b>T 13</b>	3,27	0,14	3,31	0,12	3,6	0,14	4,73	2	0,094
<b>T 14</b>	3,34	0,13	3,11	0,12	3,18	0,14	1,37	2	0,504
<b>T 15</b>	3,39	0,15	3,26	0,13	3,15	0,14	1,67	2	0,434
<b>T 16</b>	2,96	0,16	2,69	0,12	2,45	0,14	6,24	2	0,044*
<b>T 17</b>	3,41	0,17	3,09	0,15	2,67	0,15	9,77	2	0,008*
<b>T 18</b>	3,16	0,16	2,83	0,13	2,67	0,15	5,37	2	0,068
<b>T 19</b>	1,59	0,12	1,52	0,11	1,47	0,09	0,35	2	0,839
<b>T 20</b>	1,96	0,15	1,82	0,12	1,55	0,11	4,97	2	0,083

Legenda: M = aritmetična sredina, SN = standardna napaka; Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z \* ( $p < 0,05$ ).

Iz preglednice 18 je razvidno, da se prvi letnik pred poukom statistično pomembno razlikuje od ostalih dveh letnikov, saj so se dijaki prvega letnika bolj pozitivno

opredeljevali glede trditve T1 kot dijaki drugega in tretjega letnika (»To, da nanobiologija vstopa v naše življenje, me navdaja z zadovoljstvom.«;  $p = 0,030$ ). Bolj pozitivne opredelitve dijakov prvega letnika so bile tudi pri trditvi T5 (»To, da bi v moje telo vstavljali nanobiočipe, je grozljivo.«;  $p = 0,008$ ), pri trditvi T16 (»Rad bi bral prispevke o nanobiologiji.«;  $p = 0,044$ ) in pri trditvi T17 (»Rad bi gledal poljudno-znanstvene oddaje o nanobiologiji.«;  $p = 0,008$ ). V vseh ostalih trditvah pa se razlike med letniki pred poukom statistično pomembno niso izrazile.

Pri večini trditev je bil prvi letnik bolj pozitivno naravnani od ostalih dveh, razen pri trditvi T4 («Veseli me, da bo razvoj nanobiologije prinesel napredek v zdravstvu.«), kjer je bil bolj pozitivno opredeljen drugi letnik. Pri trditvi T8 (»Menim, da je za zdravljenje bolnikov z rakom smiselno uporabljati tudi nanobiološke metode z visokim tveganjem.«) in T13 (»Posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te.«) pa je imel bolj pozitivno stališče tretji letnik.

Vsi dijaki so bili pred poukom najbolj pozitivno opredeljeni glede trditve T4 («Veseli me, da bo razvoj nanobiologije prinesel napredek v zdravstvu.«;  $M > 4$ ) in T9 (»Veseli me, da bo z razvojem nanobiologije mogoče hitreje ugotavljati različne bolezni.«;  $M > 4$ ). Najnižje vrednosti so bile podane pri opredelitvi do trditve T19 (»O nanobiologiji vem veliko.«;  $M < 2$ ) in T20 (»Moja poklicna pot bo povezana z nanobiologijo.«;  $M < 2$ ).

#### **4.2.2 Povprečne vrednosti za trditve stališč po pouku glede na letnik**

Rezultati so pokazali, da se tudi po pouku prvi letnik statistično pomembno razlikuje od ostalih dveh letnikov in je bolj pozitivno opredeljen do trditve T1 (»To, da nanobiologija vstopa v naše življenje, me navdaja z zadovoljstvom.«;  $p < 0,001$ ). Statistično pomembne razlike so zaradi prvega letnika prisotne tudi pri trditvi T2 (»Želim, da se nanobiologija razvija in nam omogoča lažje življenje, kakor hitro je to mogoče.«;  $p < 0,001$ ) in pri trditvi T9 (»Veseli me, da bo z razvojem nanobiologije mogoče hitreje ugotavljati različne bolezni.«;  $p = 0,043$ ). V drugem letniku pa so mnenja, da posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo

ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te ( $p = 0,021$ ). Pri vseh ostalih trditvah se statistično pomembne razlike med letniki niso izrazile (pregl. 19).

Preglednica 19: Primerjava trditev stališč glede na letnik po pouku.

Table 19: Comparison of individual statements of the attitudes according to the grade after the lessons.

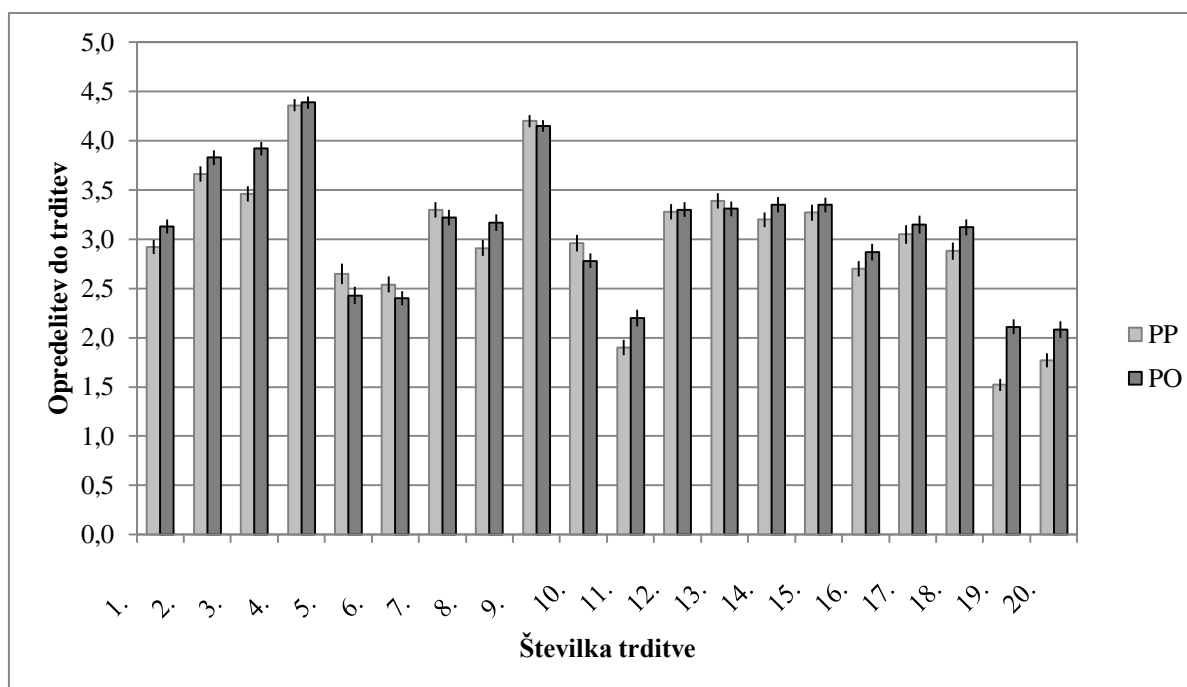
Trditev	1. letnik		2. letnik		3. letnik		Kruskal Wallisov test		
	M	SN	M	SN	M	SN	$\chi^2$	df	p
<b>T 1</b>	3,54	0,13	3,00	0,128	2,88	0,10	13,84	2	0,001*
<b>T 2</b>	4,27	0,11	3,68	0,13	3,58	0,13	15,20	2	0,001*
<b>T 3</b>	3,89	0,13	3,80	0,13	4,08	0,10	1,62	2	0,445
<b>T 4</b>	4,50	0,10	4,31	0,12	4,38	0,11	1,29	2	0,523
<b>T 5</b>	2,61	0,17	2,32	0,17	2,37	0,16	2,66	2	0,264
<b>T 6</b>	2,41	0,14	2,29	0,11	2,50	0,12	1,27	2	0,529
<b>T 7</b>	3,46	0,13	3,12	0,13	3,08	0,14	4,26	2	0,119
<b>T 8</b>	3,16	0,17	3,14	0,13	3,22	0,14	0,13	2	0,938
<b>T 9</b>	4,32	0,11	4,05	0,10	4,10	0,10	6,28	2	0,043*
<b>T 10</b>	2,95	0,13	2,72	0,12	2,70	0,13	2,62	2	0,270
<b>T 11</b>	2,16	0,17	2,22	0,13	2,22	0,15	0,47	2	0,791
<b>T 12</b>	3,20	0,15	3,40	0,11	3,30	0,14	0,68	2	0,710
<b>T 13</b>	3,20	0,13	3,58	0,11	3,12	0,14	7,77	2	0,021*
<b>T 14</b>	3,34	0,14	3,37	0,13	3,33	0,14	0,01	2	0,994
<b>T 15</b>	3,41	0,14	3,32	0,12	3,32	0,13	0,30	2	0,862
<b>T 16</b>	3,02	0,16	2,83	0,14	2,78	0,15	1,24	2	0,539
<b>T 17</b>	3,21	0,16	3,15	0,15	3,08	0,16	0,18	2	0,912
<b>T 18</b>	3,29	0,16	2,97	0,13	3,13	0,13	2,45	2	0,290
<b>T 19</b>	2,09	0,12	2,05	0,13	2,20	0,13	1,05	2	0,593
<b>T 20</b>	2,38	0,18	2,00	0,12	1,88	0,14	4,21	2	0,122

Legenda: M = aritmetična sredina, SN = standardna napaka; Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z \* ( $p < 0,05$ ).

Še vedno se je pri večini trditev najbolj pozitivno opredelil prvi letnik, razen pri trditvah T6 (»Misel, da lahko nanodelci povzročijo onesnaženje, me straši.«), T8 (»Menim, da je

za zdravljenje bolnikov z rakom smiselno uporabljati tudi nanobiološke metode z visokim tveganjem.«), T10 («Ker vem malo o razvoju nanobiologije, nisem zaskrbljen/a o prihodnjih izkušnjah z nanobiologijo.«), T11 («Sledim medijskim prispevkom o nanobiologiji.«) in T19 («O nanobiologiji vem veliko.«), kjer je bolj pozitivno opredeljen tretji letnik. V drugem letniku so se dijaki bolj pozitivno opredelili pri trditvah T12 («Želim si, da bi bilo v medijih več informacij o razvoju nanobiologije.«) in T13 («Posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te.«).

#### 4.2.3 Primerjava opredelitev do trditvev dijakov vseh razredov pred poukom in po pouku



Prikazane so aritmetične sredine  $\pm$  SN. Legenda: PP = pred poukom, PO = po pouku.

Slika 16: Opredeletvev do trditvev vseh dijakov pred poukom in po pouku.

Figure 16: Values of the attitudes towards statements of all the students before and after the lessons.

Iz slike 16 je razvidno, da so se vrednosti opredelitev do trditvev pri dijakih vseh letnikov skupaj po pouku zvišale, razen pri trditvah T5 («To, da bi v moje telo vstavljali nanobiočipe, je grozljivo.«), T6 («Misel, da lahko nanodelci povzročijo onesnaženje, me straši.«), T7 («Brez zadržkov bi uporabil nanobiološke metode za ugotavljanje

bolezni pri človeku.«), T9 («Veseli me, da bo z razvojem nanobiologije mogoče hitreje ugotavljati različne bolezni.«), T10 («Ker vem malo o razvoju nanobiologije, nisem zaskrbljen/a o prihodnjih izkušnjah z nanobiologijo.«) in T13 («Posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te.«). Najbolj pa se je zvišala opredelitev pri trditvi T19 («O nanobiologiji vem veliko.«;  $\Delta M = 0,59$ ), T3 («Poučevanje o nanobiologiji v šolah se mi zdi pomembno.«;  $\Delta M = 0,46$ ), T20 («Moja poklicna pot bo povezana z nanobiologijo.«;  $\Delta M = 0,31$ ) in T11 («Sledim medijskim prispevkom o nanobiologiji.«;  $\Delta M = 0,30$ ).

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Hiter porast novosti v znanosti in tehnologiji, še posebej v nanobiologiji, bo imel velik vpliv na naše življenje, zato je pomembno, da dijake seznanimo s prednostmi in slabostmi ter nevarnostmi, ki jih prinaša. Šele ko je poznavanje novosti dobro, lahko ustvarimo stališča do njih. Pomembno je, da dijaki znajo ravnati s podatki in informacijami in jih kritično ovrednotiti, da so sposobni samostojno razmišljati in samostojno pristopati k problemom.

Poučevanje je proces, namenjen spreminjanju učenčevih pojmovanj o svetu, tako da na določenem področju dosežejo stopnjo razumevanja, ki jo imajo strokovnjaki. Poučevanje je učiteljeva neposredna pomoč mladim pri usvajanju novih spoznanj, spretnosti, vrednot, izkušenj ... Učitelj zna ustvariti produktivno učno okolje, ki naj temelji na čim bolj aktivnem in samostojnem učenju (Marentič Požarnik, 2005).

Naloga učiteljev je, da dijakom omogočijo kritično zgraditi dobro oblikovan odnos in stališče do kompleksnih tem, kot je npr. nanotehnologija. Študija Gardner ja in sod. (2010) se je osredotočila na dožemanje tveganja in koristi, ki jo predstavlja nanotehnologija pri dodiplomskih študentih tehnike, ki so že poslušali vsebine o nanotehnologiji. Ugotovili so, da je dožemanje tveganja in koristi nanotehnologije pri študentih kritično in zato večinoma tesno vezano na določeno vrsto aplikacije: npr. splošne potrošniške izdelke, izdelke za zdravstvene namene in napredne tehnološke aplikacije. Študentje so tudi ugotavljali, da je lahko določena nanotehnološka aplikacija, kljub tveganju, v določenih situacijah koristna. Študija Murcie (2013) pa je pokazala, da avstralski dijaki nimajo znanja o nanotehnologiji in posledično se je izrazil njihov nasprotujoč odnos do nanotehnologije nasploh ter izrazil majhen interes za poklicno pot povezano z nanotehnologijo. Obe študiji Murcie in Gardnerja (Gardner in sod., 2010, Murcia, 2013) sta pokazali, da je vključitev znanosti v izobraževalni kurikulum nujna, saj je znanstvena pismenost pomembna v izobraževanju mladih, ker omogoča sprejemanje in razumevanje nastajajočih tehnologij in prispeva k informirani in odgovorni uporabi le te.

V učnem načrtu za biologijo vsebine o nanodelcih in nanobiologiji niso zajete. Je pa zapisano, da mora učitelj v pouk vključevati tudi nove ali aktualne vsebine in to nanobiologija vsekakor je.

Namen naloge je bil preveriti znanje in stališča dijakov o nanodelcih in nanobiologiji glede na način izvedbe pouka. Primerjali smo rezultate anket dijakov, ki so imeli klasični pouk z dijaki, ki so imeli poleg klasičnega pouka še eksperimentalno delo. Ugotavljali smo tudi, kako novo znanje in izkušnje vplivata na interes dijakov o pridobivanju novih informacij o nanodelcih in nanobiologiji.

V literaturi s področja naravoslovnega (biološkega) izobraževanja je mogoče najti nekaj virov, kjer so avtorji raziskovali stališča in znanje učencev v povezavi z nanotehnologijo (Shabani in sod., 2011, Simonneaux in sod., 2013). Shabani (2011) je dokazal, da so praktični moduli poučevanja z vizualnimi elementi bolj učinkoviti od tradicionalnih predavanj, saj je učinek takega učenja na odnos do nanotehnologije pozitiven. Poveča se tudi interes za nanotehnologijo kot kariero.

Naša raziskava je pokazala, da je predznanje dijakov o nanodelcih in nanobiologiji pomanjkljivo. Po izvedenem klasičnem pouku in eksperimentalnem delu pa se je znanje povečalo. Dijaki, ki so izvajali eksperimentalno delo, so v primerjavi z ostalimi pokazali več znanja in bolj pozitivna stališča do pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih ter pokazali večji interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih.

## 5.1 PREDZNANJE DIJAKOV

Prva hipoteza: Ker učni načrt biologije ne predvideva obravnave vsebin o nanodelcih, predvidevamo, da je znanje dijakov o nanodelcih ter o prednostih in nevarnostih, ki jih prinašajo nova odkritja nizko ( $M < 50\%$  pri preverjanju znanja).

Uspešnost dijakov pri preverjanju predznanja je bila glede na letnik naslednja: v prvem letniku 34,21 %, v drugem letniku 30,75 % in v tretjem letniku 44,04 %. Na večino vprašanj dijaki niso odgovarjali pravilno. Nad 50 % pravih odgovorov so dosegli le pri šestih vprašanjih od štiriindvajsetih. Ta vprašanja se nanašajo na splošno znanje o



velikostnem razredu nanodelcev, ter o tem, da so nanodelci prisotni v naravi in v prahu in jih lažje odstranjujemo z vlažno krpo kot s sesalnikom. Presenetljivo dobro so odgovarjali na vprašanje 6 (»Nanodelci vstopajo v telo preko kože, prebavil in dihal.«), vendar pa so na vprašanje 7 (»Nanodelci najtežje vstopijo v telo preko dihal.«), ki preverja isto znanje, odgovarjali slabo. Na osnovi tega lahko zaključimo, da znanja o vstopu nanodelcev v telo, nimajo.

Na vsa ostala vprašanja so pravilno odgovarjali v manj kot 50 %. Dijaki se ne zavedajo negativnih vplivov zaradi prisotnosti nanodelcev v okolju, problema kajenja z vidika nanodelcev in dejstva, da so nanodelci lahko povzročitelji bolezni. Dijaki ne vedo, da človek povečuje količino nanodelcev v okolju in da se namensko proizvedeni nanodelci nahajajo tudi v hrani, kemičnih preparatih, oblačilih ...

Znanje dijakov je o nanodelcih in nanobiologiji v povprečju glede na letnik doseglo manj kot 50 % oziroma 12 točk, zato lahko prvo hipotezo potrdimo.

## 5.2 PRIMERJAVA PREDZNANJA IN STALIŠČ MED LETNIKI

Druga hipoteza: Ker dijake zanimajo novosti s področja naravoslovja in dobijo te informacije predvsem v poljudno-znanstvenih oddajah, količina znanja o nanodelcih narašča s starostjo dijakov. Prav tako s starostjo naraščajo pozitivna stališča do nanobiologije in raziskovanja nanodelcev.

Ugotovili smo, da med letniki pred poukom obstajajo statistično pomembne razlike v predznanju o nanodelcih in nanobiologiji. Najboljši v predznanju je tretji letnik, medtem ko se prvi in drugi letnik v predznanju nista razlikovala. Razlike v odgovorih med dijaki različnih letnikov so bile v devetih vprašanjih od štiriindvajsetih. Dijaki tretjega letnika so bolje od ostalih odgovarjali na vprašanja ki se nanašajo na vpliv nanodelcev na življenjsko dobo, na vstop nanodelcev v telo, na lastnosti nanodelcev ter velikostni razred nanodelcev (3, 6, 14, 15, 16, 19 in 20). Dijaki drugega letnika so bolje od ostalih odgovarjali na vprašanje 10, vendar je pravih samo 41,5 % odgovorov, dijaki prvega letnika pa so bolje odgovorili na vprašanje 17, vendar s samo 26,8 % pravih odgovorov. Hipotezo, da znanje narašča s starostjo, lahko potrdimo, saj so dijaki

tretjega letnika dosegli statistično značilno več točk kot dijaki prvega in drugega letnika. Razlik v znanju med dijaki prvega in drugega letnika pa ni bilo.

Kljub temu, da so dijaki tretjega letnika izkazali več znanja na predtestu od ostalih dijakov, pa ne izkazujejo razlik v stališčih in interesu do nanobiologije. Edina razlika, ki pa je presenetljiva, je razlika med dijaki prvega in tretjega letnika, in sicer v primeru stališča, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih v prid prvemu in ne tretjemu letniku.

Tudi raziskava Meško (2009) je pokazala, da je odnos osnovnošolcev do biologije bolj pozitiven od odnosa srednješolcev. Pomemben pokazatelj odnosa dijakov do biologije je tudi maturitetni preizkus. Trend upadanja opravljanja splošne mature iz biologije v primerjavi s fiziko in kemijo se nadaljuje že več let (Splošna matura, 2009; 2010; 2011), razen v letih 2012 in 2013, ko se je število kandidatov malo povečalo, verjetno zaradi dobrih ocen na maturi (Splošna matura, 2013). Odnos do naravoslovja s starostjo učencev in dijakov pada, prav tako pada interes za opravljanje mature iz biologije in posledično pada tudi stopnja pozitivnih stališč do nanobiologije.

Če primerjamo stališča v povprečju med vsemi dijaki, pa imajo dijaki najbolj pozitivno stališče do tistega, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu tudi do stališča o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih, medtem ko je stališče, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih najnižje.

Do podobnih ugotovitev o odnosu učencev do naravoslovja so prišli tudi z izsledki projekta ROSE. Raziskava Univerze na Primorskem (Strašek in sod., 2008), ki je bila narejena po vprašalniku ROSE pri učencih zaključnih razredov osnovne šole, je pokazala, da je zanimanje učencev za učenje naravoslovnih vsebin v Sloveniji nizko. Raziskava je pokazala, da se učenci v povprečju ne želijo učiti vsebin, ki so zajete v predmetnih področjih fizike, okoljske vzgoje, kemije in botanike. Na splošno učenci nimajo raje naravoslovja od drugih predmetov v šoli. Primerjava učencev med državami pa je pokazala, da se zanimanje osnovnošolcev za učenje naravoslovja bistveno ne razlikuje od učencev drugih evropskih držav.

Vsekakor so rezultati naše ankete pokazali, da vrednost stališč med prvim in tretjim letnikom pada, kar pomeni, da hipoteze o tem, da pozitivna stališča po letniku rastejo, nismo potrdili.

### 5.3 PRIMERJAVA PREDZNANJA, INTERESA IN STALIŠČ GLEDE NA SPOL

Hipoteza 3: Ker dijaki večinoma izkazujejo višji interes za nove tehnologije, je količina znanja o nanodelcih večja pri dijakih kot dijakinjah. Enako velja glede stališč do nanobiologije in raziskav nanodelcev.

Fantje imajo večje predznanje o nanobiologiji in nanodelcih kot dekleta v drugem in tretjem letniku, v prvem pa razlik nismo dokazali. Ker nanobiologija zajema znanje biologije in fizike, lahko izsledke naše raziskave primerjamo z raziskavo TIMSS.

Raziskava TIMSS 2011 navaja, da so dosežki med osmošolci pri biologiji višji med deklicami kot med dečki. V Sloveniji pa med deklicami in dečki ni bilo razlik v znanju biologije, oboji so namreč dosegli 8. mesto med vsemi deklicami in dečki. Pri fiziki je vzorec obrnjen. Dečki so uspešnejši v 14 državah, deklice pa v 9 državah. Na mednarodni ravni pa med spoloma ni razlik.

Rezultati turške raziskave so pokazali, da glede na spol niso opazili značilne razlike pri poznavanju dejstev o nanotehnologiji, mnenj o nanotehnologiji in dojemanju tveganj o nanotehnologiji pri učencih s povprečno starostjo 13 let (Sahin in Ekli, 2013).

V Sloveniji pa so dečki uspešnejši od deklic in sicer pri vedah o Zemlji. Na mednarodni ravni so dečki od deklic statistično boljši v vseh evropskih državah, tudi v Sloveniji (Japelj Pavešić in sod., 2012).

Več znanja pri fantih se izrazi tudi v pozitivnem stališču do učenja o nanobiologiji in nanodelcih. Pozitivno stališče, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih je bilo izrazito šele v tretjem letniku.

Izsledki raziskave ROSE so pokazali, da je interes učencev za učenje naravoslovnih vsebin v Sloveniji nizek in da je pri deklicah osmošolkah večji kot pri dečkih.

Raziskava je pokazala tudi, da so razlike med spoloma primerljive z evropskimi državami (Strašek in sod., 2008).

V naši raziskavi pa ni bilo razlik med spoloma ne v stališču o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih in tudi ne v stališču, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu. Vrednosti ocen obeh stališč so bile zelo visoke in očitno zelo pomembne za oba spola in vse letnike.

Hipoteza o razliki v znanju in stališčih med spoloma je delno potrjena, saj se je pri fantih izrazila pozitivna razlika v znanju v primerjavi z dekleti v drugem in tretjem letniku, v prvem pa ne. Razlik v stališčih med spoloma v prvem in drugem letniku ni bilo, so pa bile pozitivne razlike v tretjem letniku in sicer v stališču, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih. Razlik v stališčih o pomembnosti pridobivanja informacij o nanodelcih ter v stališču o pozitivnih obetih nanobiologije v zdravstvu ni bilo.

#### 5.4 PRIMERJAVA ZNANJA IN STALIŠČ PRED POUKOM IN PO POUKU V RAZREDIH S KLASIČNIM POUKOM IN V RAZREDIH Z EKSPERIMENTALNIM DELOM

Hipoteza 4: Ker med praktičnim delom dijaki pridobijo več znanja in oblikujejo bolj pozitivna stališča kot pri tradicionalnem pouku, predvidevamo, da bodo po izvedeni učni enoti med dijaki, ki bodo pri pouku sami izvajali eksperiment, in tistimi, ki bodo poslušali le predavatev, obstajale razlike v znanju o nanodelcih ter stališčih do nanobiologije in nanodelcev in sicer, v prid samostojne izvedbe eksperimenta.

V razredih, ki so izvajali eksperiment, se je močno povečalo znanje. Pred poukom se podskupini v znanju nista statistično razlikovali, saj je bila razlika med njima samo 0,75 točke od 24. Po pouku pa je nastala statistično značilna razlika ( $p = 0,011$ ) med podskupinama in sicer za 1,13 točke v prid skupine, ki je izvajala eksperiment. V skupini, ki je izvajala eksperiment, so se izboljšala stališča, ki odražajo interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih. Izrazila se je statistično pomembna razlika ( $p = 0,016$ ), saj je eksperimentalna skupina ( $M = 2,76$ ) izkazala večji interes za učenje o nanobiologiji kot skupina s klasičnim poukom ( $M = 2,51$ ). Razlika v stališču o

pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih se je statistično pomembno izrazila že pred poukom ( $p = 0,006$ ) v prid skupini, ki je izvajala eksperiment. Statistično pomembna razlika ( $p = 0,015$ ) med skupinama se je ohranila tudi po opravljenem pouku. Stališče o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih in stališče, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu, pa se ni statistično pomembno povečalo, vendar je potrebno opozoriti na dejstvo, da sta bili obe stališči visoko ocenjeni že pred eksperimentom. V razredih s klasičnim poukom se je prav tako močno povečalo znanje in tudi vrednosti vseh treh merjenih stališč so narasle.

Raziskave kažejo, da je znanje, ki ga učenci pridobijo na podlagi konkretne izkušnje najkvalitetnejše (Ocepek, 1993). Laboratorijsko, projektno in terensko delo omogoča boljše povezovanje teoretičnih znanj s prakso in s tem seveda pridobitev več življenjskega in manj faktografskega znanja (Verčkovnik, 2000). Rezultati na področju psihologije učenja so vplivali na zavzemanje zmernega stališča pri vrednotenju stilov učenja. Tradicionalno poučevanje se je namreč izkazalo za koristno, če gre za učence, ki so navajeni avtorskega stila poučevanja in zato potrebujejo zunanje vodenje in spremljanje. Samouravnalno učenje je uspešnejše, če gre za samostojne učence (Špoljar, 2004).

Rezultati raziskave so pokazali, da je način dela oz. izvedba pouka vplivala na pridobljeno znanje in stališča o nanobiologiji, saj so se pozitivni učinki v pridobljenem znanju in v interesu za učenje malo bolj izrazili pri dijakih, ki so izvajali eksperiment, čeprav so se pozitivni učinki pojavili tudi pri dijakih s klasičnim poukom. Pri klasičnem pouku, v primerjavi z eksperimentalnim delom, so se pozitivni učinki izrazili še v stališču o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih in v stališču o obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu.

Špoljar (2004) navaja, da so klasične oblike poučevanja učinkovitejše, če so pogoji za učenje slabi (npr. slabo predznanje). Odprte situacije učenja, ki učenčevim sposobnostim postavljajo visoke zahteve po konstruktiviranju novih spoznanj, so se izkazale za učinkovitejše, kadar so bili predpogoji za učenje ustrežnejši. Dijaki v naši

raziskavi so dokazano imeli zelo slabo predznanje, in se je zato razlika v znanju in stališčih med klasičnim poukom in eksperimentalnim delom »minimalno« pokazala.

## 5.5 INTERES ZA UČENJE

Hipoteza 5: Ker je znano, da praktično delo vpliva na bolj pozitiven situacijski interes dijakov, pričakujemo, da bo interes dijakov za učenje o nanodelcih večji pri testirancih, ki bodo samostojno izvajali eksperiment, ne glede na spol in starost testirancev.

Rutar Ilc (2004) navaja, da je prenos znanja največji, ko je aktivno učenje z odkrivanjem dopolnjeno z učiteljevo razlago, ki znanje pomaga uokviriti. Če so bili učenci deležni samo izkustvenega učenja brez razlage ali pa le študija literature z učiteljevo ustno razlago, je prenos manjši. Kljub temu pa neposredne izkušnje učence pripeljejo do bolj pozitivnih stališč kot pouk, ki je osnovan na pridobivanju posrednih izkušenj – klasični pouk (Tomažič, 2008). S praktičnim delom testiranci poleg znanja pridobivajo spretnosti in pozitivna stališča (Tomažič, 2010). Poveča se tudi motivacija in interes za učenje v dani situaciji, vendar pa nima dolgotrajnega učinka, kot ugotavlja Abrahams (2009). Tudi naša raziskava je potrdila, da je interes za učenje o nanodelcih in nanobiologiji večji pri tistih testirancih, ki so samostojno izvedli eksperiment in zato lahko hipotezo potrdimo.

Primerjava razredov, ki so opravljali eksperiment, z razredi, ki so imeli samo klasični pouk, je pokazala, da pred poukom razlik ni bilo, razen v stališču o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih. Po pouku pa so se razlike izrazile. Raziskava je pokazala večji interes za učenje v razredih, ki so izvedli eksperimentalno delo v primerjavi z razredi s klasičnim poukom. Le ti so pokazali več znanja in bolj pozitivna stališča do pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih ter pokazali večji interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih. Stališče, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu pa je bilo že pred poukom visoko in se tudi po pouku ni razlikovalo.

Analiza posameznih trditev oz. opredelitev dijakov do trditev glede na letnik (pred poukom in po pouku) je pokazala, da bistvenih razlik med letniki ni. Opredelitve do vseh trditev so se po pouku zvišale. Prvi letnik po ocenah pozitivno odstopa pri štirih

trditvah pred poukom in pri treh trditvah po pouku. Vsi letniki so se najbolj pozitivno opredelili do trditve o pozitivnih obetih nanobiologije v zdravstvu. Najnižjo oceno je dobila trditev 19 (»O nanobiologiji vem veliko.«) in trditev 11 (»Sledim medijskim prispevkom o nanobiologiji.«). Te opredelitve se ujemajo z dejstvom, da dijaki predznanja o nanobiologiji nimajo.

Hiter porast novih tehnologij bo imel velik vpliv na naše življenje, zato je pomembno, koliko smo informirani o novostih in kakšna stališča si ustvarimo do njih. V našem vsakdanu in v medijih se vse bolj srečujemo z informacijami o nanodelcih in nanotehnologiji. Na podlagi novih odkritij lahko izboljšamo kakovost življenja, vendar neprimerno uporabljeni nanodelci lahko povzročijo veliko škodo okolju in našemu zdravju.

Učenci naj bi pri pouku pridobili uporabna znanja, ki jih bodo kot posamezniki potrebovali v vsakdanjem življenju. Učitelji biologije pa občutijo problem pri poučevanju novosti, predvsem zaradi izredno hitrega naraščanja novih podatkov in informacij ter zaradi njihovega hitrega zastaranja oziroma spreminjanja. Zato ni najbolj pomembno, da si učenci zapomnijo čim več podatkov in vsebin. Pomembno je, da znajo ravnati s podatki in jih kritično ovrednotiti, da so sposobni samostojno razmišljati in biti ustvarjalni, učinkovito izražati svoje ideje in samostojno pristopati k problemom (Sentočnik in Rutar Ilc, 2001).

Pomemben del umetnosti učiteljskega poklica je v tem, da učence na njihovih poteh pravilno spodbujamo, usmerjamo ter ozaveščamo o tem, da je biološka znanost temelj napredka in aplikacij na mnogih pomembnih področjih človekovega udejstvovanja (npr. medicina, živilstvo, biotehnologija in gensko inženirstvo, nanotehnologija ...). Hiter razvoj teh področij pa vodi tudi v tveganja in nevarnosti na osebni in družbeni ravni. Ta tveganja in probleme moramo prepoznati, razumeti in sistemsko reševati (Vilhar, 2008).

Rezultati raziskave opozarjajo na problem, da novosti v družbi prehitevajo učitelje, učne načrte in dijake. Želimo pa pokazati, da kljub temu lahko v šoli prispevamo k širitvi novega znanja in da je eksperimentalno delo v izobraževanju bolj učinkovito kot klasični pouk. Opozoriti želimo tudi, da se novosti iz znanosti morajo uvajati v pouk

biologije, zlasti tiste, ki neposredno vplivajo na življenje ljudi. Zelo pomembno je, da dijake naučimo kritično presojati nove informacije, saj le na ta način lahko posledično oblikujejo svoja stališča in se odgovorno odločajo.

## 5.6 SKLEPI

Učni načrt za biologijo ne predvideva obravnave vsebin o nanodelcih in naša raziskava je pokazala, da posledično dijaki ne poznajo vsebin, povezanih z nanodelci in nanotehnologijo, in ne poznajo prednosti in nevarnosti, ki jih le ta prinaša. V povprečju so na vprašanja iz znanja pravilno odgovorili le v 36,33 %.

Znanje o nanodelcih in nanotehnologiji se razlikuje med letniki. Tretji letnik ima več predznanja od ostalih, medtem ko razlik v znanju med prvim in drugim letnikom ni bilo. Kljub temu, da so dijaki tretjega letnika pokazali več predznanja, razlik v stališčih do nanobiologije ni bilo, razen v drugem letniku, kjer so dijaki pokazali večji interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih. Na splošno imajo dijaki najbolj pozitivno stališče do pozitivnih obetov uporabe nanobiologije v zdravstvu in do pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih. Stališče, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih, pa je najnižje. Rezultati so pokazali, da znanje narašča s starostjo, saj so dijaki tretjega letnika dosegli statistično značilno več točk kot dijaki prvega in drugega letnika, stališča pa so med letniki podobna in se statistično ne razlikujejo.

Ker dijaki večinoma izkazujejo višji interes za nove tehnologije, smo pričakovali pri dijakih več znanja o nanodelcih kot pri dijakinjah. Izsledki so pokazali, da je predznanje o nanobiologiji in nanodelcih pri fantih večje kot pri dekletih v drugem in tretjem letniku. V prvem letniku pa razlik v znanju med spoloma ni. Fantje so v tretjem letniku pokazali pozitivno stališče do učenja o nanobiologiji in nanodelcih, ostalih razlik v stališčih med spoloma ni bilo.

Ugotavljali smo vpliv eksperimentalnega in klasičnega pouka na pridobivanje znanja dijakov in oblikovanje stališč. V razredih, kjer je poleg klasičnega pouka potekalo še



eksperimentalno delo, se je statistično pomembno povečalo znanje, povišala so se tudi stališča, ki odražajo interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih. Razlik v stališču o pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih in stališču, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu, ni bilo, vendar sta bili obe stališči visoko ocenjeni že pred poskusom. V razredih s klasičnim poukom se je prav tako statistično pomembno povečalo znanje in vrednosti vseh treh merjenih stališč. Ugotovili smo torej, da je način izvedbe pouka vplival na pridobljeno znanje in stališča o nanobiologiji, saj so se pozitivni učinki v pridobljenem znanju in v interesu za učenje, izrazili pri obeh oblikah pouka, vendar malo bolj pri dijakih, ki so izvajali eksperimentalno delo.

Ugotavljali smo, kakšen bo interes dijakov za učenje o nanodelcih pri testirancih, ki bodo samostojno izvajali eksperiment, v primerjavi s tistimi, ki so imeli tradicionalni pouk, ne glede na spol in starost testirancev. Rezultati so pokazali, da je interes za učenje o nanodelcih večji pri tistih testirancih, ki so samostojno izvajali eksperiment. Pokazatelj interesa je povečano znanje in višja ocena stališč. Razlik v predznanju med razredi s klasičnim poukom v primerjavi z razredi z eksperimentom ni bilo. Po izvedenem pouku so razredi z eksperimentalnim delom pokazali statistično pomembno več znanja in višjo vrednost stališč do pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih ter pokazali večji interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih. Stališče, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu, je bilo že pred poukom zelo pozitivno in se tudi po pouku ni razlikovalo med razredi. Po pouku so se torej izrazile statistično pomembne razlike v prid razredom, ki so izvajali eksperimentalno delo.

## 6 POVZETEK (SUMMARY)

### 6.1 POVZETEK

Hiter porast novosti v znanosti in tehnologiji, še posebej v nanobiologiji, bo imela velik vpliv na naše življenje, zato je pomembno, da dijake seznanimo s prednostmi in slabostmi ter nevarnostmi, ki jih prinaša. Šele, ko je poznavanje novosti dobro, lahko ustvarimo stališča do njih. Pomembno je, da dijaki znajo ravnati s podatki in informacijami in jih kritično ovrednotiti, da so sposobni samostojno razmišljati in samostojno pristopati k problemom. V učnem načrtu za biologijo vsebine o nanodelcih in nanobiologiji niso zajete, je pa zapisano, naj učitelj v pouk vključuje tudi nove ali aktualne vsebine.

Namen naloge je bil preveriti znanje in stališča dijakov o nanodelcih in nanobiologiji glede na način izvedbe pouka. Primerjali smo rezultate anket dijakov, ki so imeli klasični pouk z dijaki, ki so imeli poleg klasičnega pouka še eksperimentalno delo, pred poukom in po pouku. Ugotavljali smo tudi, kako novo znanje in izkušnje vplivata na stališča dijakov o pridobivanju novih informacij o nanodelcih in nanobiologiji.

Z vsemi dijaki smo izvedli klasični pouk, pri katerem smo izvedli interaktivno predstavitev, nato smo v polovici razredov v izvedbo pouka vključili še eksperimentalno delo učencev. Izvedli smo laboratorijsko vajo »Vpliv nanodelcev TiO<sub>2</sub> in ZnO na prehranjevanje rakov enakonožcev«.

Raziskavo smo izvedli na I. gimnaziji v Celju. V raziskavo smo vključili tiste dijake, ki jih poučuje isti učitelj. Sodelovali so dijaki od prvega do tretjega letnika. Skupno število anketirancev je bilo naslednje: 181, 56 v prvem letniku, 65 v drugem letniku in 60 v tretjem letniku. Od tega je bilo 65,7 % deklet, 52,5 % pa jih je izvedlo eksperimentalno delo z raki enakonožci.

Vprašalnik, ki so ga dijaki reševali pred poukom in po pouku, je bil enak. Sestavljen je bil iz štirih sklopov. Prvi sklop vprašalnika je vseboval podatke o dijaku, drugi sklop vprašalnika se je nanašal na znanje o nanobiologiji in nanodelcih, zadnji del vprašalnika se je nanašal na stališča dijakov do nanobiologije in nanodelcev.

Rezultati raziskave so pokazali, da dijaki ne poznajo vsebin o nanodelcih in nanotehnologiji in ne poznajo prednosti in nevarnosti, ki jih le ta prinaša. V povprečju so pravilno odgovorili le na 36,33 % vprašanj oz. trditev. Znanje o nanodelcih in nanotehnologiji se razlikuje med letniki. Tretji letnik ima več predznanja od ostalih, medtem ko razlik v znanju med prvim in drugim letnikom ni bilo. Kljub temu, da je tretji letnik pokazal več predznanja, se razlike v stališčih do nanobiologije niso izrazile. Na splošno imajo dijaki najbolj pozitivno stališče do pozitivnih obetov uporabe nanobiologije v zdravstvu in do pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih. Stališče, ki odraža interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih, pa je najnižje.

Predznanje o nanobiologiji in nanodelcih je pri fantih večje kot pri dekletih v drugem in tretjem letniku. V prvem letniku razlik v znanju med spoloma ni. Fantje so v tretjem letniku pokazali pozitivno stališče do učenja o nanobiologiji in nanodelcih, ostalih razlik v stališčih med spoloma ni bilo.

Primerjava razredov pred poukom in po pouku, glede na način izvedbe pouka, je pokazala, da je pouk delno vplival na razlike v stališčih in v pridobljenem znanju, saj so se pozitivni učinki v pridobljenem znanju in v interesu za učenje izrazili malo bolj pri pouku z eksperimentalnim delom, kot pri klasičnem pouku. Ko smo primerjali obe skupini po pouku, je bil interes za učenje o nanodelcih večji pri tistih testirancih, ki so samostojno izvajali eksperiment, ne glede na spol in starost. Po izvedenem pouku so razredi z eksperimentalnim delom pokazali več znanja in višjo vrednost stališč do pomembnosti učenja in pridobivanja informacij o nanobiologiji in nanodelcih ter pokazali večji interes za učenje o nanobiologiji in nanodelcih. Stališče, ki se odraža v pozitivnih obetih uporabe nanobiologije v zdravstvu, pa je bilo že pred poukom zelo pozitivno in se tudi po pouku ni razlikovalo med razredi.

Rezultati raziskave opozarjajo na problem, da novosti v družbi prehitevajo učitelje, učne načrte in dijake. Želimo pa pokazali, da kljub vsemu lahko v šoli prispevamo k širitvi novega znanja in omogočimo dijakom, da kritično presojujejo o prednostih in slabostih novitet. Raziskava je ponovno pokazala, da je eksperimentalno delo v izobraževanju zelo učinkovito.

## 6.2 SUMMARY

Revolutionary development in science and technology especially in nanobiology will have an enormous influence on our lives, therefore it is of an extreme importance to inform our students about the advantages, drawbacks and dangers that are brought along. Attitudes can only be created after the knowledge has been acquired. It is important for the students to be able to use data and information correctly and critically and to think about problems and tackle them on their own. Contents of nanoparticles and nanobiology are not part of the national curriculum for biology but teachers are supposed to include new and current contents.

The purpose of my paper was to check the students' knowledge and attitudes towards nanoparticles and nanobiology according to different methods of teaching. We compared the results of the questionnaires completed by students involved in ordinary lessons with those who performed experiments as well before and after the lessons. We were trying to find out how the acquired knowledge and experience influence the students' interest in gaining new information on nanoparticles and nanobiology.

All the students participated in lessons where we performed an interactive presentation, after that half of them were also included in experimental work. Laboratory exercise The influence of  $\text{TiO}_2$  and  $\text{ZnO}$  on the feeding methods of isopods was conducted.

The research was done at high school I. gimnazija v Celju. Students taught by the same teacher participated in it. Students from the first until the third grade took part in it. There were 181 interviewees, 56 in the first grade, 65 in the second and 60 in the third grade. 65.7% girls and 52.5% were involved in the experiments on isopods.

The questionnaire completed by the students was the same before and after the lessons. It was divided into four parts. The first one included data about the student, the second one referred to the knowledge about nanobiology and nanoparticles, the last one covered the topic of students' attitudes towards nanobiology and nanoparticles.

The results showed that they are neither familiar with the contents of nanoparticles and nanotechnology nor with the advantages and dangers involved. On average they

answered only 36.33% of the questions correctly. Students of different ages showed different level of knowledge. The students in the third grade showed most of the knowledge, but there were no differences between the second and the third grade. Although there are some differences in the level of their knowledge but there were none so ever in their attitudes towards nanobiology. On average the students are positive when it comes to using nanobiology in medical science and the importance of studying and gathering information on nanobiology and nanoparticles. The lowest attitude refers to the interest in studying about nanobiology and nanoparticles.

In the second and third grade boys have more knowledge on nanoparticles and nanobiology than girls. There are no differences in the knowledge between both genders in the first grade. Boys in the third grade showed positive attitude towards studying about nanobiology and nanoparticles, other differences between genders were not noticed.

The comparison of the classes before and after conducting different methods of teaching revealed that lessons did not have major impact on different attitudes and gained knowledge. There were positive effects in both methods of teaching. However, there was a bigger interest in studying about nanoparticles expressed by those male and female interviewees who worked practically. After the lessons students who experimented showed more knowledge and bigger attitudes towards the importance of studying about nanobiology and nanoparticles. Students' attitudes towards using nanobiology in medical science did not change under the influence of teaching because it had been positive before.

The results of the research illustrate the problem of teachers, curricula and students being left behind the development. We wanted to emphasize that lessons at school cannot only contribute and expand new knowledge but also enable students to be critical about the advantages and drawbacks of it. According to our experience, practical work in education is very efficient.

## 7 VIRI

- Abrahams, I., Saglamb, M. 2010. A Study of Teachers' Views on Practical Work in Secondary Schools in England and Wales. *International Journal of Science Education*, 32, 6: 753-768
- Abrahams, I. 2009. Does Practical Work Really Motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 31, 17: 2335-2353
- Abrahams, I., Millar, R. 2008. Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30, 14: 1945-1969
- Ajzen, I. 1988. *Attitudes, Personality and Behaviour*. Milton-Keynes, England: Open University Press & Chicago, IL: Dorsey Press: 175 str.
- Ashwood, P., Thompson, R. P., Powell, J. J. 2007. Fine particles that adsorb lipopolysaccharide...via bridging calcium cations may mimic bacterial pathogenicity towards cells, *Experimental Biology and Medicine*, 232: 107-117
- Boeck Yore, L., Boyer, S. 1997. College Students' Attitudes Towards Living Organisms: The Influence of Experience & Knowledge. *American biology teacher*, 59, 9: 558
- Bohner, G., Wänke, M. 2002. *Attitudes and Attitude Change*. Psychology Press: 295 str.
- Boisseau, P., Houdy, P., Lahmani, M. 2010. *Nanoscience, Nanobiotechnology and Nanobiology*. Heidelberg, Springer: 1216 str.
- Borm, P., Robbins, D., Haubold, S., Kuhlbusch, T., Fissan, H., Donaldson, K., Schins, R., Stone, V., Kreyling, W., Lademann, J., Krutmann, J., Warheit, D., Oberdorster, E. 2006. The potential risks of nanomaterials: a review carried out for ECETOC. *Particle and Fibre Toxicology*, 3: 11

- Buzea, C., Pacheco, Blandino I., Robbie, K. 2007. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, 2, 4: MR17–MR172
- Cormick, C. 2009. Why Do We Need to Know What the Public Thinks about Nanotechnology? *Nanoethics*, 3: 167-173
- Drobne, D., Drobne, S. 2014. Reference values for feeding parameters of isopods (*Porcellio scaber*, Isopoda, Crustacea). *ZooKeys*, 457: 313–322
- Drobne, D., Jemc, A., Pipan Tkalec, Ž. 2009. In vivo screening to determine hazards of nanoparticles: Nanosized TiO<sub>2</sub>. *Environmental Pollution*, 157, 4: 1157-1164
- Drobne, D., A., Pipan, Ž., Lešer, V., Valand, J., Gunde\_Cimerman, N., Rmškar, M. 2007. Metoda za določanje vplivov nanodelcev (TiO<sub>2</sub>) na celice in tkiva v strupenostnem testu in vivo. *Zdravstveno Varstvo*, 46: 96-102
- Drobne, D. 1997. Terrestrial Isopods—A Good Choice for Toxicity Testing of Pollutants in the Terrestrial Environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16: 1159-1164
- Drobne D., Hopkin S. P. 1995. Ecotoxicological laboratory test for assessing the effects of chemicals on terrestrial isopods. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 53: 390-397
- Drobne, D., Hopkin, S. P. 1994. The Toxicity of Zinc to Terrestrial Isopods in a »Standard« Laboratory Test. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 31: 1-6
- Fabian, E., Landsiedel, R., Ma-Hock, L., Wiench, K., Wohlleben, W., van Ravenzwaay, B. 2008. Tissue distribution and toxicity of intravenously administered titanium dioxide nanoparticles in rats. *Archives of Toxicology*, 82: 151-157
- Fortina, P., Kricka, L. J., Surrey, S., Grodzinski, P. 2005. Nanobiotechnology: the promise and reality of new approaches to molecular recognition. *TRENDS in Biotechnology*, 23, 4: 168-173

- Gardner, G., Jones, G., Taylor, A., Forrester, f., Robertson, L. 2010. Students' Risk Perceptions of Nanotechnology Applications: Implications for science education. *International Journal of Science Education*, 32, 14: 1951-1969
- Gerstner, S., Bogner, F. X. 2010. Cognitive Achievement and Motivation in Hands-on and Teacher-Centred Science Classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimise cognitive learning at work stations? *International Journal of Science Education*, 32, 7: 849-870
- Goodsell, D., S. 2004. *Bionanotechnology: Lessons from Nature*. USA, Hoboken : Wiley-Liss: 337 str.
- Gyalog, T. 2007. Nanoscience education in Europe. *Europhysics News*, 38: 13-15
- Holstermann, N., Grube, D., Bögeholz, S. 2010. Hands-on Activities and Their Influence on Students' Interest. *Research in Science Education*, 40: 743-757
- Huang, H. S., Hainfeld, J. F. 2013. Intravenous magnetic nanoparticle cancer hyperthermia. *International Journal of Nanomedicine*, 8: 2521-2532
- Huh, A. J., Kwon, Y. J. 2011. "Nanoantibiotics": A new paradigm for treating infectious diseases using nanomaterials in the antibiotics resistant era. *Journal of Controlled Release*, 156, 2: 128-45
- Humar Jurič, T., Krajnc, K., Menard, A., Ternifi, V. 2013. Pravna ureditev področja nanomaterialov in varnost nanomaterialov. *Tekstilec*, 56, 2: 145-153
- Hummela, E., Randlera, C. 2010. Experiments with living animals - effects on learning success, experimental competency and emotions. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2: 3823-3830
- Japelj Pavešić, B., Svetlik, K., Kozina, A. 2012. Znanje matematike in naravoslovja med osnovnošolci v Sloveniji in po svetu. Izsledki raziskave TIMSS. Ljubljana, Pedagoški inštitut: 296-302  
<http://www.pei.si/Sifranti/InternationalProject.aspx?id=17> (2. 2. 2014)



- Jemec, A., Drobne, D., Remškar, M., Sepčič, K., Tišler, T. 2008. Effects of ingested nano-sized titanium dioxide on terrestrial isopods (*Porcellio scaber*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27, 9: 1904-1914
- Jiang, J., Oberdörster, G., Biswas, P. 2009. Characterization of size, surface charge, and agglomeration state of nanoparticles dispersions for toxicological studies. *Journal of Nanoparticle Research*, 11: 77-89
- Kocbek, P., Teskac, K., Kreft, ME., Kristl, J. 2010. Toxicological Aspects of Long-Term Treatment of Keratinocytes with ZnO and TiO<sub>2</sub> Nanoparticles. *Small*, 6, 17: 1908-1917
- Kramar, M. 2009. Pouk. Nova Gorica: Educa, Melior: 274 str.
- Kranjc, T., Razpet, N. 2011. Aktivno ("raziskovalno") učenje in poučevanje – nova paradigma? V: »Sodobni pristopi poučevanja prihajajočih generacij«. Mednarodna konferenca EDUvision 2011. Ljubljana, 1. December 2011. Orel, M. (ur). Polhov Gradec, Eduvision: 181-195
- Kroll, A. 2012. Nanobiology-convergence of disciplines inspires great applications. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 69, 3: 335-336
- Kubale, V. 1999. Sodobno oblikovanje učnega procesa. Celje: samozaložba. Maribor, Piko's printshop: 207 str.
- Lobnik, A., Lakić, M., Košak, A., Turel, M., Korent Urek, Š., Gutmaher, A. 2013. Uvod v nanomateriale za uporabo v tekstilijah. *Tekstilec*, 56, 2: 137-144
- Ma, H., Williams, P., L., Diamond, S., A. 2013. Ecotoxicity of manufactured ZnO nanoparticles - A review. *Environmental Pollution*, 172: 76-85
- Marentič Požarnik, B. 2000. Psihologija pouka in učenja. 1. izdaja. Ljubljana, DZS: 299 str.

- Marentič Požarnik, B. 2005. Spreminjanje paradigme poučevanja in učenja ter njenega odnosa – eden temeljnih izzivov sodobnega izobraževanja. *Sodobna pedagogika*, 1: 58-74
- Matin, A. H., Goddard, E., Vandermoere, F., Blanchemanche, S., Bieberstein, A., Marette, S., Roosen, J. 2012. Do environmental attitudes and food technology neophobia affect perceptions of the benefits of nanotechnology? *International Journal of Consumer Studies*, 36, 2: 149-157
- Meško, M. 2009. Odnos slovenskih osnovnošolcev in srednješolcev do učnega predmeta biologija. Diplomsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru. Fakulteta za naravoslovje in matematiko: 99 str.
- Milivojević, T., Glavan, G., Božoč, J., Sepčić, K., Mesarič, T., Drobne, D. 2015. Neurotoxic potential of ingested ZnO nanomaterials on bees. *Chemosphere*, 120: 547-554
- Mirković, B., Lah Turnšek, T., Kos, J. 2010. Nanotehnologija pri zdravljenju raka. *Zdravstveni Vestnik*, 79: 146-155
- Menard, A., Drobne, D., Jemec, A. 2011. Ecotoxicity of nanosized TiO<sub>2</sub>. Review of in vivo data. *Environmental Pollution*, 159, 3: 677-684
- Murcia, K. 2013. Secondary school students' attitudes to nanotechnology: What are the implications for science curriculum development? *Teaching Science*, 59, 3: 15-21
- Novak, S., Drobne, D., Golobič, M., Zupanc, J., Romih, T., Gianoncelli, A., Kiskinova, M., Kaulich, B., Pelicon, P., Vavpetič, P., Jeromel, L., Ogrinc, N., Makovec, D. 2013. Cellular Internalization of Dissolved Cobalt Ions from Ingested CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles: In Vivo Experimental Evidence. *Environmental Science & Technology*, 47, 10: 5400-5408

- Novak, S., Drobne, D., Menard, A. 2012. Prolonged feeding of terrestrial isopod (*Porcellio scaber*, Isopoda, Crustacea) on TiO<sub>2</sub> nanoparticles. Absence of toxic effect. *ZooKeys*, 176: 261-273
- Ocepek, R. 1993. Izkustvena pot pri pridobivanju pojmov o naravi. *Biologija v šoli*, 2: 25-26
- Planinšič, G., Kovač, J. 2008. Nano goes to school: a teaching model of the atomic force microscope. *Physics Education*, 43, 1: 37-46
- Randler, C., Hummel, E., Prokop, P. 2012. Practical work at school reduces disgust and fear of unpopular animals. *Society & Animals*, 20: 61-74
- Razdevšek Pučko, C. 1990 Vpliv učiteljevih vzgojno-izobraževalnih stališč na njegovo pedagoško delo ter možnost njihovega spreminjanja. Doktorska disertacija, Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Filozofska fakulteta: 276 str.
- Razpet, N. Kranjc, T., 2011. Poučevanje raziskovanja. V: »Sodobni pristopi poučevanja prihajajočih generacij«. Mednarodna konferenca EDUvision 2011. Ljubljana, 1. December 2011. Orel, M. (ur). Polhov Gradec, Eduvision: 176-180
- Reis, A. H., Miguel, A. F., Bejan, A. 2006. Constructal theory of particle agglomeration and design of aircleaning devices. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 39: 2311-2318
- Remškar, M. 2009. Nanotehnologija in nanodelci. Ministrstvo za zdravje. Ljubljana, Urad Republike Slovenije za kemikalije: 104 str.
- Ruppert E. E., Fox R.S., Barnes R.D. 2004. *Invertebrate Zoology. A Functional Evolutionary Approach*. 7th ed. Belmont, Brooks/Cole Thomson Learning: 661–667
- Rus, V. S. 1997. Socialna in societalna psihologija: (z obrisi sociopsihologije). Ljubljana, Filozofska fakulteta: 747 str.

- Rutar Ilc, Z. 2004. Učnociljni pristop: ovira ali spodbuda za konstruktivistični način poučevanja. V: Konstruktivizem v šoli in izobraževanje učiteljev. Marentič Požarnik, B. (ur). Ljubljana, Center za pedagoško izobraževanje: 195-207
- Salata, O. 2004. Applications of nanoparticles in biology and medicine. *Journal of Nanobiotechnology*, 2: 3
- Scharfenberg, F. J., Bogner, F. X. 2011. A New Two-Step Approach for Hands-On Teaching of Gene Technology: Effects on Students' Activities During Experimentation in an Outreach Gene Technology Lab. *Research in Science Education*, 41: 505-523
- Schulenburg, M. 2006. Nanotehnologija. Inovacija za jutrišnji svet. Evropska komisija, GD za raziskave. Berlin, Zvezno ministrstvo za šolstvo in raziskovanje BMBF: 60 str.
- Sentočnik, S., Rutar Ilc, Z. 2001. Koncepti znanja, učenje za razumevanje. V: Modeli poučevanja in učenja. Zbornik prispevkov 2001. Ljubljana, Zavod RS za šolstvo: 19-41
- Shabani, R., Massi, L., Zhai, L., Seal, S., Cho, H. J. 2011. Classroom modules for nanotechnology undergraduate education: development, implementation and evaluation. *European Journal of Engineering Education*, 36, 2: 199-210
- Shand, H., Wetter, K. K. 2006. Shrinking Science: An Introduction to Nanotechnology, State of the world 2006, A worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society, New York, W. W. Norton & Company: 8-95
- Shi, H., Magaye, R., Castranova, V., Zhao, J. 2013. Titanium dioxide nanoparticles: a review of current toxicological data. *Particle and Fibre Toxicology*, 10: 1-33
- Shukla, R. K., Sharma, V., Pandeya, A. K., Singh, S., Sultan, S., Dhawan, A. 2011. ROS-mediated genotoxicity induced by titanium dioxide nanoparticles in human epidermal cells. *Toxicology in Vitro*, 25: 231-241

Shukla, R. K., Kumar, A., Gurbani, D., Pandey, A. K., Singh, S., Dhawan, A. 2013. TiO<sub>2</sub> nanoparticles induce oxidative DNA damage and apoptosis in human liver cells. *Nanotoxicology*, 7, 1: 48-60

Simonneaux, L., Panissal, N., Brossais, B. 2013. Students' Perception of Risk About Nanotechnology After an SAQ Teaching Strategy. *International Journal of Science Education*, 35, 14: 2376-2406

Sahin, N., Ekli, E. 2013. Nanotechnology awareness, opinions and risk perceptions among middle school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 4: 867-881

Skočaj, M., Filipič, M., Petkovič, J., Novak, S. 2011. Titanium dioxide in our life everyday life; is it safe? *Radiology and Oncology*, 45, 4: 227-247

Splošna matura 2009. Letno poročilo. Friš, D. (ur.). Ljubljana, Državni izpitni center: 42, 43, 121  
[http://www.ric.si/splosna\\_matura/statisticni\\_podatki](http://www.ric.si/splosna_matura/statisticni_podatki) (5. 2. 2014)

Splošna matura 2010. Letno poročilo. Pučnik Ozimič, I. (ur.). Ljubljana, Državni izpitni center: 44, 121  
[http://www.ric.si/splosna\\_matura/statisticni\\_podatki/](http://www.ric.si/splosna_matura/statisticni_podatki/) (5. 2. 2014)

Splošna matura 2011. Letno poročilo. Starc, S. (ur.). Ljubljana, Državni izpitni center: 39, 40, 117  
[http://www.ric.si/splosna\\_matura/statisticni\\_podatki](http://www.ric.si/splosna_matura/statisticni_podatki) (5. 2. 2014)

Splošna matura 2013. Letno poročilo. Pluško, A. (ur.). Ljubljana, Državni izpitni center: 45, 46, 132, 133  
[http://www.ric.si/splosna\\_matura/statisticni\\_podatki](http://www.ric.si/splosna_matura/statisticni_podatki) (5. 2. 2014)

Strašek, R., Skurjeni, D., Dolinšek, S. 2008. Zanimanje in želje osnovnošolcev za učenje naravoslovja. *Management*, 3, 4: 363-378  
[http://www.fm-kp.si/zalozba/ISSN/1854-4231/3\\_363-378.pdf](http://www.fm-kp.si/zalozba/ISSN/1854-4231/3_363-378.pdf) (1. 2. 2014)

- Šimundić, M., Drašler, B., Šuštar, V., Zupanc, J., Štikelj, R., Makove, D., Erdogmus, D., Hägerstrand, H., Drobne, D., Kralj-Iglič, V. 2013. Effect of engineered TiO<sub>2</sub> and ZnO nanoparticles on erythrocytes, platelet-rich plasma and giant unilamellar phospholipid vesicles. *BMC Veterinary Research*, 7, 9: 1-17
- Sharma, Y., Anderson, D., Dhawan, A. 2012. Zinc oxide nanoparticles induce oxidative DNA damage and ROS-triggered mitochondria mediated apoptosis in human liver cells (HepG2). *Apoptosis*, 17: 852-870
- Špoljar, K. 2004. Pedagoški konstruktivizem v teoriji in vzgojno-izobraževalni praksi. Konstruktivizem v šoli in izobraževanje učiteljev. Marentič Požarnik, B. (ur). Ljubljana, Center za pedagoško izobraževanje: 63-69
- The UK Food Guide 2003-2013. E171  
<http://www.ukfoodguide.net/e171.htm> (20. 9. 2013)
- Throne-Holst, H., Strandbakken, P. 2009. "Nobody Told Me I was a Nano-Consumer:" How Nanotechnologies Might Challenge the Notion of Consumer Rights. *Journal of Consum Policy*, 32: 393-402
- Tomažič, I. 2008. The influence of direct experience on student's attitudes to, and knowledge about amphibians. *Acta Biologica Slovenica*, 51, 1: 39-49
- Tomažič, I. 2010. Stališča kot ena od treh dimenzij naravoslovnih kompetenc – primeri iz biologije. V: *Opredelitev naravoslovnih kompetenc. Znanstvena monografija*. Grubelnik V. (ur.). Maribor, Fakulteta za naravoslovje in matematiko: 50-59
- Tomažič, I., Vidic, T. 2011. Future science teachers' understandings of diffusion and osmosis concepts. *Journal of biological education*: 1-6
- Tyner, K., M. 2011. The state of nanosized titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) may affect sunscreen performance. *International Journal of Cosmetic Science*, 33, 3: 234-244

- Valant, J., Drobne, D., Novak, S. 2012. Effect of ingested titanium dioxide nanoparticles on the digestive gland cell membrane of terrestrial isopods. *Chemosphere*, 87, 1: 19-25
- Vandermoere, F., Blanchemanche, S., Bieberstein, A., Marette, S., Roosen, J. 2010. The morality of attitudes toward nanotechnology: about God, techno-scientific progress, and interfering with nature. *Journal of Nanoparticle Research*, 12: 373-381
- Veranth, J. M., Kaser, E. G., Veranth, M. M., Koch, M., Yost, G. S. 2007. Cytokine responses of human lung cells (BEAS-2B) treated with micron-sized and nanoparticles of metal oxides compared to soil dusts. *Particle and Fibre Toxicology*, 4: 9-19
- Verčkovnik, T. 2000. Biologija v prenovljeni šoli. *Acta Biologica Slovenica*, 43, 3: 21-32
- Vilhar, B., Zupančič, G., Vičar, M., Sojar, A., Devetak, B. 2008. Učni načrt. Biologija, gimnazija. Ljubljana, Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo: 71 str.
- Wang, B., Yue Feng, W., Cheng Wang, T., Jia, G., Wang, M., Wen Shi, J., Zhang, F., Liang Zhao, Y., Fang Chai, Z. 2006. Acute toxicity of nano- and micro-scale zinc powder in healthy adult mice. *Toxicology Letters*, 161, 2: 115-123
- Wang, J., Zhou, G., Chen, C., Yu, H., Wang, T., Ma, Y., Jia, G., Gao, Y., Li, B., Sun, J., Li, Y., Jiao, F., Zhao, Y., Chai, Z. 2007. Acute toxicity and biodistribution of different sized titanium dioxide particles in mice after oral administration, *Toxicology*, 168, 2: 176-185

## ZAHVALA

Zahvaljujem se doc. dr. Iztoku Tomažiču za vse nasvete in izjemno pomoč pri teoretični in materialni pripravi naloge ter pri statistični obdelavi podatkov. Prav tako gre zahvala prof. dr. Damjani Drobne, za idejo o uporabi nanodelcev pri pouku in za pomoč pri postavitvi poskusa z živimi organizmi. Obema hvala tudi za obsežno delo, ki sta ga opravila v vlogi recenzentov.

Zahvala pa gre tudi moji sodelavki Jasni Marković, ki je pomagala pri izvedbi eksperimentalnega dela in mojemu ravnatelju dr. Antonu Šepetavcu, ki me je pri nalogi podprl.

V veliko pomoč so mi bili tudi moji sosedi, ki so mi velikodušno dovolili in pomagali nabirati mokrice na svojem kompostu.

Za konec pa gre zahvala še moji družini in moji prijateljici Saši Ogrizek, za moralno podporo in spodbude, ko sem jih najbolj potrebovala.





## PRILOGE

### Priloga A : Anketni vprašalnik: NANOBIOLOGIJA

Ime in priimek \_\_\_\_\_ Razred: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Spol: [ ] moški, [ ] ženski Starost: [ ] let

Ocena biologije v preteklem šolskem letu: 2 3 4 5

V družini imamo znanstvenika – raziskovalca. DA NE  
Rad berem poljudno-znanstvene revije. DA NE  
Rad gledam poljudno-znanstvene oddaje. DA NE  
Rad bi študiral naravoslovje (kemijo, biologijo ali fiziko). DA NE  
Odobravam poskuse na živalih DA NE NIMAM POSEBNEGA  
MNENJA

Kateri viri so ključni pri pridobivanju informacij o nanodelcih?

- a) Medija – TV, radio.
- b) Poljudno - znanstvene revije.
- c) Časopis.
- d) Pouk.
- e) Splet.
- f) Od nikoder.

**Dragi dijak / dijakinja, pred teboj je vprašalnik, s katerim želimo ugotoviti, kakšno je tvoje znanje o nanobiologiji. Podatki o anketirancu so tajni. Rešitve ne vplivajo na oceno pri predmetu.**

	ZNANJE	ODGOVOR
1	Nanodelci so skupki materiala in so manjši od 100 nm.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
2	Že od nekdaj so nanodelci prisotni v naravi.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
3	V ozračju je veliko nanodelcev, ki skrajšujejo našo življenjsko dobo.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
4	Nekatere rastline in živali izkoriščajo »nanotehnologijo« za lažje preživetje.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
5	Goreča sveča v zaprtem prostoru zmanjša število nanodelcev v zraku.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
6	Nanodelci vstopajo v telo preko kože, prebavil in dihal.	DRŽI NE DRŽI NE VEM

7	Nanodelci najtežje vstopijo v telo preko dihal.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
8	Virusi so nanodelci.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
9	V delovnem okolju, kjer so prisotni nanodelci, se ni potrebno zaščititi.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
10	Nanodelci, kot TiO <sub>2</sub> , bi lahko bili posredni krivci za bolezn, kot sta Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
11	Nanodelci so tudi v domačem prahu.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
12	Boljši način odstranjevanja prahu v domu je mokra krpa, kot pa uporaba navadnega sesalnika.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
13	Pri kajenju je v vsakem kubičnem centimetru izdihanega zraka, pomešanega s tobačnim dimom, toliko nanodelcev, da presegajo zmogljivost instrumenta, ki je 100 milijonov nanodelcev v cm <sup>3</sup> .	DRŽI NE DRŽI NE VEM

## ZNANJE: izbirni tip vprašanj

**Pri vsakem vprašanju je lahko pravilen EN ODGOVOR. Če ne veste odgovora, obkrožite »ne vem«.**

- 1 Katera dolžina ustreza kriterijem, da delec spada med nanodelce? To so velikostni razredi med
  - 1) 10 - 100 m.
  - 2) 0,1 – 0,01 m.
  - 3) 10<sup>-2</sup> - 10<sup>-3</sup> m.
  - 4) 10<sup>-4</sup> - 10<sup>-6</sup> m.
  - 5) 10<sup>-7</sup> - 10<sup>-9</sup> m.
  - 6) Ne vem.
  
- 2 Kakšne oblike so lahko nanodelci?
  - 1) Nanovlakna.
  - 2) Nanolističi.
  - 3) Nanokroglice.
  - 4) Vsi našteti.
  - 5) Nič od tega.
  - 6) Ne vem.
  
- 3 Po katerih lastnostih se nanodelci razlikujejo od delcev »normalne« velikosti?
  - 1) V tekočinah in plinih niso podvrženi Brownovemu gibanju.
  - 2) Imajo povečano kemijsko aktivnost.
  - 3) Zmanjšanja je njihova reaktivnost.
  - 4) Zmanjšana je njihova trdnost.
  - 5) Ne vem.

- 4 Kateri odgovor najbolje navaja naravne nanodelce?
- 1) Izgorevanje biomase in fosilnih goriv.
  - 2) Erozijska, vulkanska izbruh, virusi.
  - 3) Kozmetika, detergenti, tekstil.
  - 4) Stranski produkt pri industrijski proizvodnji (mletje, varjenje, brušenje, gradbeništvo, tehnologije razpršil).
  - 5) Ne vem.
- 5 Nanodelci so prisotni v našem okolju. Z nekaterimi aktivnostmi človek močno povečuje količino nanodelcev in s tem ogroža svoj zdravje. Aparature za merjenje količin nanodelcev so zaznale daleč največ nanodelcev
- 1) ob gorenju sveče,
  - 2) pri sesanju s sesalnikom,
  - 3) ob ognjemetih,
  - 4) ob odprtih kuriščih,
  - 5) v izdihu cigaretne dima,
  - 6) ne vem.
- 6 Nanodelci vstopajo v telo skozi pregrado med telesom in okoljem, nato jih krvni obtok raznese po vsem telesu. Organi, ki so najbolj prizadeti zaradi vdora nanodelcev, so:
- 1) jetra, bezgavke,
  - 2) koža,
  - 3) kosti,
  - 4) želodec,
  - 5) ne vem.
- 7 Posledice delovanja nanodelcev v celici so lahko zaradi njihove reaktivnosti številne. Izberite pravilni odgovor.
- 1) Tvorba reaktivnih kisikovih spojin, oksidativni stres.
  - 2) Oksidacija lipidov, poškodbe celičnih membran.
  - 3) Vnetja.
  - 4) Citotoksičnost.
  - 5) Denaturiranje proteinov.
  - 6) Poškodbe DNA.
  - 7) Nič od tega.
  - 8) Odgovori od 1 do 6.
  - 9) Ne vem.
- 8 Zelo verjetno ste že uporabljali izdelke kjer so nanodelci, npr. če ste na kožo nanesli kremo za sončenje. Nanodelci
- 1) povečajo odboj vidne svetlobe,
  - 2) povečajo absorpcijo UV svetlobe,
  - 3) zmanjšajo segrevanje telesne površine,
  - 4) vse naštetu,
  - 5) ne vem.

- 9  $\text{TiO}_2$  dodajajo različnim izdelkom. Z njim povečajo belino, protimikrobno delovanje, stabilnost ... Kot stabilizator izdelkov z manj maščobe je označen v posnetem mleku, rastlinski smetani, moki, ...
- 1) E 171.
  - 2) E 172.
  - 3) E 621.
  - 4) E 622.
  - 5) ne vem.

- 10 Kaj je nanotehnologija? **Izberite PRAVILNE odgovore.**

Nanotehnologija je/so

- 1) nastajanje nanodelcev pri varjenju in brušenju,
  - 2) tehnologija, ki sestavlja izdelke, pri katerih je skoraj vsak atom na želenem mestu,
  - 3) sposobnost muhe, da hodi po stropu,
  - 4) zlate nanokapsule, ki jih lahko injicirajo v telo in natančno uničujejo rakave celice,
  - 5) oblačila, na katerih ni madežev. Če se npr. poliješ s kavo, ta samo spolzi po oblačilu,
  - 6) mini tranzistorji,
  - 7) zaščitni in samočistilni premazi za steklo, keramiko ...,
  - 8) ne vem.
- 11 Zelo pogosto so nanodelci v prehrani uporabljeni zato, ker povečajo obstojnost hrane, zaščitijo izdelke pred izgubo vlage in ohranjajo sočnost ... Naštejte vsaj tri živila, ki vsebujejo nanodelce in niso navedena v vprašanju 9.
- 

- 12 Izvedemo poskus na rakah enakonožcih. Uporabimo dve kemikaliji v velikosti nanodelcev in sicer  $\text{TiO}_2$  in  $\text{ZnO}$ . Rakce hranimo v prvem poskusu z listi premazanimi z nanodelci  $\text{TiO}_2$  in v drugem poskusu s  $\text{ZnO}$ . Kontrolno skupino rakcev hranimo z listi brez nanodelcev. Kakšen bo vpliv kemikalij na prehranjevanje rakcev?

- 1) Tisti, ki se hranijo s premazanimi listi s  $\text{TiO}_2$ , bodo pojedli več kot tisti ki se hranijo z listi premazanimi s  $\text{ZnO}$ .
- 2) Tisti, ki se hranijo s premazanimi listi s  $\text{ZnO}$ , bodo pojedli več kot tisti ki se hranijo z listi premazanimi s  $\text{TiO}_2$ .
- 3) Vsi rakci, ki bodo dobili liste z nanodelci, se bodo hranili manj, kot rakci kontrolne skupine.
- 4) Vsi rakci, ki bodo dobili liste z nanodelci, se bodo hranili enako, kot rakci kontrolne skupine.
- 5) Ne vem.

**Dragi dijak/ dijakinja, pred teboj je vprašalnik, s katerim želimo ugotoviti, kakšna so tvoja stališča do nanobiologije. Podatki o anketirancu so tajni. Rešitve ne vplivajo na oceno pri predmetu.**

V nadaljevanju obkroži, v kolikšni meri se strinjaš s posamezno trditvijo.

Vrednosti: 1 = se nikakor ne strinjam; 2 = se ne strinjam; 3 = nimam posebnega mnenja; 4 = se strinjam; 5 = se popolnoma strinjam

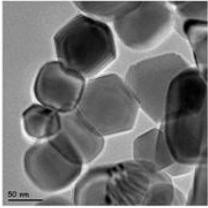
	STALIŠČA	OCENA
1	To, da nanobiologija vstopa v naše življenje, me navdaja z zadovoljstvom.	1 2 3 4 5
2	Želim, da se nanobiologija razvija in nam omogoča lažje življenje, kakor hitro je to mogoče.	1 2 3 4 5
3	Poučevanje o nanobiologiji v šolah se mi zdi pomembno.	1 2 3 4 5
4	Veseli me, da bo razvoj nanobiologije prinesel napredek v zdravstvu.	1 2 3 4 5
5	To, da bi v moje telo vstavljali nanobiočipe, je grozljivo.	1 2 3 4 5
6	Misel, da lahko nanodelci povzročijo onesnaženje, me straši.	1 2 3 4 5
7	Brez zadržkov bi uporabil nanobiološke metode za ugotavljanje bolezni pri človeku.	1 2 3 4 5
8	Menim, da je za zdravljenje bolnikov z rakom smiselno uporabljati tudi nanobiološke metode z visokim tveganjem.	1 2 3 4 5
9	Veseli me, da bo z razvojem nanobiologije mogoče hitreje ugotavljati različne bolezni.	1 2 3 4 5
10	Ker vem malo o razvoju nanobiologije, nisem zaskrbljen/a o prihodnjih izkušnjah z nanobiologijo.	1 2 3 4 5
11	Sledim medijskim prispevkom o nanobiologiji.	1 2 3 4 5
12	Želim si, da bi bilo v medijih več informacij o razvoju nanobiologije.	1 2 3 4 5
13	Posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te.	1 2 3 4 5
14	V šoli bi se morali več časa nameniti učenju o nanobiologiji.	1 2 3 4 5
15	Rad bi vedel, kaj vse raziskujejo nanobiologi.	1 2 3 4 5
16	Rad bi bral prispevke o nanobiologiji.	1 2 3 4 5
17	Rad bi gledal poljudno-znanstvene oddaje o nanobiologiji.	1 2 3 4 5
18	Nanobiologija me zanima.	1 2 3 4 5
19	O nanobiologiji vem veliko.	1 2 3 4 5
20	Moja poklicna pot bo povezana z nanobiologijo.	1 2 3 4 5

## Priloga B: Nanodelci in nanobiologija – PowerPoint predstavitev

NANODELCI

# Nanodelci

- Nanobiologija



Nanodelci

NANODELCI

### Primerjava dimenzij



Planet Zemlja – premer  
12742 km



nogometna žoga – premer  
22 cm

Razmerje premera Zemlje in nogometne žoge je enako razmerju premera nogometne žoge in molekule ogljika (C60).

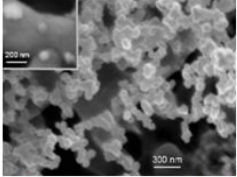


C60 – premer 0,7 nm

NANODELCI

### Nanodelci

Nanometer (nm) = 0.000000001 m =  $1 \cdot 10^{-9}$  m  
**Nanodelec** je skupek materiala, ki je vsaj v eni dimenziji manjši od 100 nanometrov ( $0.1 \mu\text{m} = 0.0001 \text{ mm}$ )



Nanodelci kot posledica ognjemeta ujeti na filtru

NANODELCI

### Oblike nanodelcev

žičke / cevke      lističi/sloji      delci/kroglice





Ogljikove nanocevke – so zgrajene iz ogljika in so široke le par nm, dolge so lahko po več centimetrov.

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Nanodelci ognjemeta na filtru

NANODELCI

### Razmerje površina/prostornina

Nenavadne lastnosti materialov so posledica, da je veliko atomov na površini, kjer so bolj reaktivni. Proste kemijske vezi ali električni naboj določajo lastnosti delca.

Premer delca (nm)	Štev. vseh atomov	Štev. atomov na površini	% površinskih atomov
0,7	10	8	80
3,4	1000	400	40
15	100 000	10 000	10
73	10 000 000	100 000	1

NANODELCI

### Lastnosti nanodelcev



VELIKA POVRŠINA GLEDE NA MASO

- Povečana reaktivnost
- Povečana kemijska aktivnost
- Električna, optična prevodnost
- Termična razteznost
- Trdnost
- Magnetne lastnosti

**NANODELCI**

## Lastnosti nanodelcev

- pisarna:  $1 \times 10^4 - 4 \times 10^4$
- varjenje:  $4 \times 10^6$
- brušenje:  $2 \times 10^5$
- izdih kadilca  $> 1 \times 10^8$

**NANODELCI**

## Opazovanje / zaznavanje nanodelcev

TEM (poveča do 5,5 milij.)  
Resolucija 0.15 nm, oblika

Tunelski mikroskop in mikroskop na atomsko silo  
Resolucija 0.01 nm, premikanje in kemijske reakcije

Kondenzacijski detektor ločevanje delcev na električnem polju  
Koncentracije: do  $2,4 \cdot 10^8$  NPs / cm<sup>3</sup>  
Velikost delcev: 10 do 487 nm

**NANODELCI**

## Izvor nanodelcev

**Naravni:**

- erozija,
- puščavski prah,
- vulkanski izbruh,
- virusi.

**Inženirski:**

- kozmetika,
- hrana,
- detergenti,
- tekstil,
- zaščitne vodoodbojne prevleke.

**Nenamensko proizvedeni:**

- stranski produkt pri industrijski proizvodnji (mletje, varjenje, brušenje, gradbeništvo, tehnologije razprši),
- izogorevanje biomase in fosilnih goriv,
- izpuh iz motorjev z notranjim izogorevanjem – dizelski motorji.

**NANODELCI**

## Nanodelci v vsakdanjem življenju

**NANODELCI**

## Nanotehnologija v prehrani

**Pakiranje živil**

Dodajanje nanodelcev (npr. Ag, TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>):

- manjša prepustnost,
- boljše mehanske lastnosti materialov,
- zmanjšan vpliv UV-svetlobe,
- večja odpornost na toploto
- antibakterijski učinki ...

**Voskanje jabolk**

Jabolka ohranijo:

- vlago,
- sočnost,
- obliko.

**NANODELCI**

## Nanoprevleke za živila

**Značilnosti:**

- (Ti O<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>),
- debelina 5 nm (meso, sirí, sadje, zelenjava),
- preprečijo izgubo vlage in zmanjšajo vpliv ozračja,
- so nosilke barv, okusa,
- vsebujejo antioksidante, encime,
- podaljšajo življenjsko dobo izdelka tudi potem, ko je bila vidna embalaža odprta.



## Nanomedicina

- Nanodelci :- so nosilci zdravilnih učinkovin;  
- so senzorji sprememb v organizmu;  
- se selektivno vežejo na določene celice:  
uporaba za diagnostiko in zdravljenje.

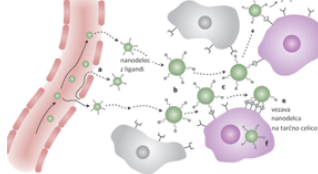
(npr. nanometriške magnetne delce lahko usmerimo na izvor  
rakavega obolenja, jih z elektromagnetnim poljem segrejemo in tako uničimo tumor)

### Sanje:



- \*nanoroboti.
- \*spremljanje dogajanja v telesu.
- \*popravljanje npr. DNA.

### Prenos zdravila z nanodelci do tarčnih celic



## TiO<sub>2</sub> – velika uporaba

Čisto, sterilno, belo

- **Antimikrobno delovanje**
  - podaljša obstojnost hrane,
  - dodaja se barvam kot kontaktni fungicid in baktericid,
  - dodatek k hrani (E 171-stabilizator izdelkov z manj maščobe), v posnetem mleku, rastlinski smetani, dodatek moki,
  - preprečuje oprijemanje bakterij npr. vojaške nogavice.
- **Belilo**
  - barve, premazi, plastični materiali,
  - papir.
- **Zgoščevalec v zdravilih**



## TiO<sub>2</sub> – velika uporaba

### Svetloba

- **Absorbira UV**
  - sončnih kremah in mazilih za občutljivo kožo deluje kot absorber UV in ga pretvarja v toploto.
- **Sončne celice**
  - svetlobo spreminja v elektriko.
- **Hidrofilnost**
  - samočistilna okna,
  - prevleke v kopalnici.



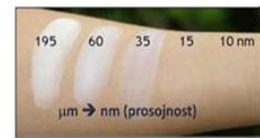
## TiO<sub>2</sub> – škodljivost

V  $\mu\text{m}$  velikosti biološko ni aktiven, zato je v EU uvrščen med varne materiale za prehrano ljudi.

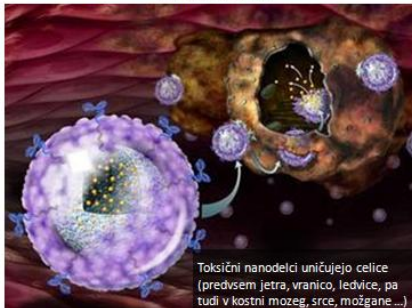
V nanometriški velikosti pa je:

- **močan oksidant,**
  - tvori proste radikale,
  - poškoduje beljakovine, maščobe,
  - 20 nm poškodbe DNA (sončne kreme),
  - 30 nm prosti radikali v imunskih celicah.

Že 200 nm veliki pa vplivajo na imunski sistem in povzročajo vnetja, astmo, Crohnovo bolezen, poškodbe celic možganov, jeter, ledvic.



Nanodelci imajo zaradi svojih lastnosti neverjetne možnosti uporabe, zaradi istih lastnosti pa tudi neverjetne možnosti zlorabe.



Toksični nanodelci uničujejo celice (predvsem jetra, vranico, ledvice, pa tudi v kostni mozeg, srce, možgane...)

## Viri

- <http://www.sussex.ac.uk/lifeSci/streicherlab/> (10.11.2012)
- Remškar M., Nanodelci in nanovarnost, Lj. 2009
- [http://www.springerimages.com/images/MaterialScience/1-10\\_1186\\_1556-276X-6-258-1](http://www.springerimages.com/images/MaterialScience/1-10_1186_1556-276X-6-258-1) (1.11.2012)
- <http://upnanon.blogspot.com/2012/04/v-behavior/ufdefaultvml.html> (1.11.2012)
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023459612003532> (10.11.2012)
- <http://www.rsc.org/chemlettovoriid/News/2010/November/02111001.asp> (1.11.2012)
- [http://www.izohela.rs/galerija/vulkani\\_01.html](http://www.izohela.rs/galerija/vulkani_01.html) (1.11.2012) vulkan slika
- <http://www.planet-lespote.com/forum/viewtopic.php?t=36561> (1.11.2012) krema za sončenje
- <http://www.iameda.de/gesundheits-lexikon/alveole/> (1.11.2012)
- Mehanizmi vstopa nanodelcev v celice in njihov vpliv na dostavljanje učinkovin Karmen Teskač Plajšek, I. Petra Kocbek, I. Mateja Erdani Kretz, 2. Julijana Kristl Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Aškerčeva 7, 1000 Ljubljana celica
- [http://myopera.com/KYren/albums/showpic\\_dml?album=638725&picture=81653612](http://myopera.com/KYren/albums/showpic_dml?album=638725&picture=81653612) (1.11.2012)
- <http://web.vecer.com/portall/vecer/v1/default.asp?kai=3&id=200708050523134> (10.11.2012)
- <http://www.flickrriver.com/photos/turmos/6979927511/> (1.11.2012)
- Nanotehnologija "Inovacija za jutrišnji svet", GD za raziskave, Evropska komisija, 2006
- <http://www.ki3.nf.uni-kl.si/e-kemija/file.php/1/outout/zgradbaCatoma/index.html> (10.11.2012)

## NANODELCI



- Nanotehnologija "Inovacija za jutrišnji svet", GD za raziskave, Evropska komisija, 2006
- <http://www.foodsafetynews.com/2010/11/meet-the-four-categories-of-nanofoods/> (1. 11. 2012)
- <http://www.iatp.org/documents/tiny-scary-unregulated> (10. 11. 2012)
- <http://ri3sp.blogspot.com/2011/01/killer-paper-nano-coated-food-packaging.html> (1. 11. 2012)
- <http://vtpcumatila.blogspot.com/2010/03/despite-denials-nano-food-is-here.html> (10. 11. 2012)
- <http://vtpcumatila.blogspot.com/2010/03/despite-denials-nano-food-is-here.html> (10. 11. 2012)
- <http://www.nanorobotinvention.com/nanorobot-asic.pdf> (1. 11. 2012)
- [http://www.nature.com/nmat/journal/v10/n5/fig\\_tab/nmat3014\\_F1.html](http://www.nature.com/nmat/journal/v10/n5/fig_tab/nmat3014_F1.html) (1. 11. 2012)
- <http://www.palostnik.com/en/productdetails.php?id=11925&cat=56> (1. 11. 2012)
- <http://nanoparticles-environment.wikispaces.com/Toxicity-of-Nanoparticles> (10. 11. 2012)
- [http://www.nature.com/nmat/journal/v7/n7/fig\\_tab/nmat2213\\_F1.html](http://www.nature.com/nmat/journal/v7/n7/fig_tab/nmat2213_F1.html) (10. 5. 2013)

## Priloga C: Priprava na eksperimentalni del z raki enakonožci – PowerPoint predstavitev

### Vpliv $\text{TiO}_2$ in $\text{ZnO}$ na prehranjevanje raka enakonožca

(*Porcellio scaber* L.)



#### Uvrstitev:

- Členonožci
- Raki
- Višji raki,
- Enakonožci
- (Isopoda)
- *Porcellio scaber* L.

#### Slovenija:

- 20 sladkovodnih
- 70 kopenskih vrst

### Navadni prašiček



### Levitev



### Marzupij - valilna vrečka z jajčeci



marzupij

Živali, ki imajo marzupij ali se levijo ne dajemo v poskus!

### Označevanje petrijevok in začetek poskusa

- Razred
- Številka petrijevke (1-15)
- Datum
- Začetna masa lista
- Začetna masa živali – TEHTAMO
- Izberemo dovolj velike živali, ki se ne levijo in nimajo marzupija.

### Tehtanje



### Shranjevanje petrijevok



