



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ZDRAVJE
URAD REPUBLIKE SLOVENIJE
ZA KEMIČALIJE



Zavod
Republike
Slovenije
za šolstvo



Nacionalni inštitut
za javno zdravje

8. POSVET KEMIJSKA VARNOST ZA VSE:

NANOVARNOST – Ali smo dovolj previdni z nano?

ZBORNIK POVZETKOV

Izola, 23. november 2016

8. POSVET KEMIJSKA VARNOST ZA VSE:

NANOVARNOST – Ali smo dovolj previdni z nano?

ZBORNIK POVZETKOV

Organizatorji: MZ Urad RS za kemikalije, Zavod RS za šolstvo, Nacionalni inštitut za javno zdravje

Organizacijski odbor: Alojz Grabner, Anja Menard Srpčič, Andreja Bačnik, Agnes Šömen Joksić, Viviana Golja, Helena Pavlič, Bojana Bažec, Matej Ivartnik

ZBORNIK POVZETKOV

Uredili: Agnes Šömen Joksić, Bojana Bažec

Založnik: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2016

Dostopno na: www.nijz.si

PROGRAM 8. POSVETA KEMIJSKA VARNOST ZA VSE: NANOVARNOST – Ali smo dovolj previdni z nano?

23.11.2016, Belvedere d.o.o. Izola, Dobrava 1a, IZOLA

- 8.30-9.00** **Prihod in prijava udeležencev posveta**
- 9.00-9.15 Alojz Grabner, Urad RS za kemikalije, MZ
Uvodni pozdrav ter predstavitev ciljev posveta
- 9.15-9.45 Damjana Drobne, UL BF
Kdaj so nanodelci varni, kdaj niso in čemu jih uporabljamo?
- 9.45-10.15 Mojca Pavlin, UL FE
Kdaj se nanodelci še obnašajo kot nanostrukture pri interakciji z biološkimi sistemi?
- 10.15-10.45 Saša Novak, IJS
Čari, neznanke in grožnje nanodelcev TiO₂
- 10.45-11.15 Anita Jemec, UL BF
Nanomateriali in tveganje za okolje
- 11.15-11.45 Odmor
- 11.45-12.15 Viviana Golja, NIJZ in Agnes Šömen Joksić, NIJZ, UP
Nanoizdelki in nanodelci v našem okolju in zdravje
- 12.15-12.45 Anja Menard Srpčič, URSK
Nanomateriali v kozmetiki
- 12.45-13.00 Eva Kranjc, IJS
Pogledi na nanovarnost na primeru nanosa nanodelcev platine na solati (rukola in endivija)
- 13.00-14.15 Odmor za kosilo
- 14.15-15.00 Andreja Bačnik in Simona Slavič Kumer, ZRSŠ
Nanotehnologija z eksperimenti in nanovarnost v izobraževanju?
- 15.00-15.45 Zaključna diskusija posveta: Vse kar ste želeli vprašati o nanovarnosti?
Izvajalci in udeleženci posveta (Moderira: Agnes Šömen Joksić)
- 15.45-16.00 Evalvacija posveta

Kazalo vsebine

VARNOST NANOMATERIALOV: POVEZAVA MED NJIHOVIMI LASTNOSTMI IN UČINKI NA OKOLJE	4
KDAJ SE NANODELCI ŠE OBNAŠAJO KOT NANOSTRUKTURE PRI INTERAKCIJI Z BIOLOŠKIMI SISTEMI?	5
ČARI, NEZNANKE IN GROŽNJE NANODELCEV TIO ₂	6
NANOIZDELKI IN NANODELCI V NAŠEM OKOLJU IN ZDRAVJE	7
NANOMATERIALI V KOZMETIKI	9
POGLEDI NA NANOVARNOST NA PRIMERU NANOSA NANODELCEV PLATINE NA SOLATI (RUKOLA IN ENDIVIJA)	10
NANOTEHNOLOGIJA Z EKSPERIMENTI IN NANOVARNOST V IZOBRAŽEVANJU	12
ZAKLJUČNA RAZPRAVA POSVETA: VSE KAR STE ŽELELI VPRAŠATI O NANOVARNOSTI?	14

Varnost nanomaterialov: povezava med njihovimi lastnostmi in učinki na okolje

Anita Jemec, Damjana Drobne

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Letos mineva že več kot desetletje od kar se je prvič pojavila potreba po vpeljavi nove discipline, t.i. nanotoksikologije (Donaldson in sod., 2004). Od takrat je disciplina dosegla velik razcvet, kar je rezultiralo v ogromnem številu znanstvenih objav ter projektov. Vse od 2006 smo na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete aktivno vpeti v področje in delujemo v okviru nacionalnih in mednarodnih projektov. Ocenjujemo, da je vedenje o potencialnih negativnih učinkih nanomaterialov v zadnjih desetih letih zelo napredovalo, zato bomo v prispevku predstavili glavne ugotovitve s tega področja.

Nanomateriali so zelo širok pojem, ki po definiciji Evropske komisije pomenijo »inženirsko proizvedene delce, v obliki posameznih delcev, agregatov ali aglomeratov, kjer ima vsaj 50 % delcev eno dimenzijo v velikostnem rangi 1-100 nm«. Pojma »nanomateriali in nanodelci« se pogosto uporabljata kot sinonima, čeprav so dejansko nanodelci le eni izmed vrste tipov nanomaterialov. Ena izmed osrednjih tematik nanotoksikologije je, katere lastnosti nanomaterialov so tiste, ki imajo glavni vpliv na njihove učinke. Sprva se je zelo velik pomen pripisoval velikosti, predvidevali smo namreč, da imajo majhni delci večji učinek kot večji delci. Vendar pa so številne študije pokazale, da povezava med učinkom in velikostjo ni tako enoznačna. Velikost delcev namreč vpliva tudi na njihove druge lastnosti, kot so npr. raztapljanje in vedenje v okolju. Raztapljanje nekaterih nanomaterialov, kot so npr. srebrovi, bakrovi in cinkovi nanodelci, je ključnega pomena za njihov vpliv na okolje. Primerjalne študije z ustreznimi kovinskimi solmi (npr. srebrov klorid, bakrov nitrat in cinkov klorid) so pokazale, da je učinek teh nanodelcev pretežno na račun raztopljenih kovinskih ionov. Na drugi strani imajo domnevno inertni nanomateriali, kot so npr. titanov dioksid, silicijev dioksid in cerijev oksid, lahko popolnoma drugačen tip učinkov. Slednji imajo veliko absorptivno sposobnost, kar povzroča, da se »lepijo« na površine biomolekul in organizmov. Adsorpcija ima lahko zelo velik vpliv na organizem, saj onemogoča njihovo normalno gibanje in ovira komunikacijo ter npr. pri rakah levitev. Težava je v tem, da mnogi doslej uveljavljeni postopki testiranja strupenosti ne zajamejo tovrstnih vplivov, kar pomeni, da morda testi prikažejo drugačno stanje, kot je v resnici. Enoznačnega odgovora, kateri delci predstavljajo večje tveganje za okolje in kateri manj, torej ne moremo podati. Ocena temelji tudi na verjetnosti izpostavljenosti, kar pa je v tem trenutku še v veliki meri le modelska napoved. Nekateri nanomateriali se trenutno že proizvajajo v veliki meri, kot so npr. titanov dioksid, ogljikove cevke in srebrovi nanodelci, vendar pa ni znanih podatkov o njihovi dejanski pojavnosti okolju.

Nedvomno je, da nam nanotehnologije prinašajo mnogo novih rešitev in priložnosti, ki prej niso bile mogoče. Pretehtati pa je potrebno, kdaj je njihova uporaba res potrebna. Veliko trenutnih tržnih izdelkov je po našem mnenju nepotrebni. Vsekakor je potrebno, da je potrošnik seznanjen s potencialnimi negativnimi vplivi ter obveščen o prisotnosti določenih nanomaterialov v izdelkih. Potrebno pa je imeti v mislih: kar je škodljivo za okolje, je škodljivo tudi za človeka.

Viri in nadaljnje branje:

Donaldson in sod., 2004. Nanotoxicology. *Occup. Environ. Med.*, 61(9), pp.727-728.

http://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/fag/definition_en.htm

Borm in sod. 2006. The potential risks of nanomaterials: a review carried out for ECETOC. *Particle and fibre toxicology*, 3(1), p.1.

Misra, S.K in sod., 2012. The complexity of nanoparticle dissolution and its importance in nanotoxicological studies. *Science of the total environment*, 438, 225-232.

Maynard, A.D. et al., 2006. Safe handling of nanotechnology. *Nature*, 444(7117), 267-269.

Kdaj se nanodelci še obnašajo kot nanostrukture pri interakciji z biološkimi sistemi?

Mojca Pavlin

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, Skupina za nano in biotehnološke aplikacije

Nanotehnologija je v zadnjih treh desetletjih postalo obetavno področje. Novi materiali in na nanodelcih osnovane aplikacije se že uporabljajo v različnih industrijskih in medicinskih produktih. Nanotehnološki produkti se že uporabljajo pri predelavi hrane, v biotehnologiji in biomedicini. Zaradi svojih edinstvenih lastnosti – majhne velikosti, zaradi katere imajo veliko razmerje med površino in volumnom, visoke reaktivnosti in možnosti specifične vezave – imajo nanodelci velik potencial za različne aplikacije. Komerčno dostopni industrijski ND, s katerimi lahko ljudje pridemo v stik, se večinoma uporabljajo v predelavi hrane, kozmetiki in tekstilu (npr. TiO_2 , Ag, ZnO, SiO_2). Hkrati pa so v uporabi tudi že številne biomedicinske formulacije nanodelcev, katerih večina se uporablja za dostavo učinkovin (npr. liposomi) ali kot kontrastna sredstva za NMR.

Zaradi vse pogostejše uporabe nanodelcev v vsakdanjem življenju je nanotoksikologija postala zelo aktualno vendar kompleksno interdisciplinarno področje, ki analizira morebitna škodljive vplive nanodelcev. Le-ti lahko namreč, kot vsaka tuja snov v telesu, sprožijo škodljive procese v celicah in celem organizmu. Odvisno od fizikano-kemijskih lastnosti delcev, lahko dolečene vrste nanodelcev povzročijo celični stres in celo celično smrt oziroma poškodbe organov, zaradi velike raznolikosti formulacij ND v kombinaciji s kompleksnostjo celic in živih organizmov, pa je problem nanotoksičnosti še vedno odprt.

Po drugi strani, pa je bila potencialna imunogeničnost ND veliko manj raziskana in nekatera na ND osnovana zdravila so že umaknili iz tržišča zaradi resnih imunskih reakcij. Problem imunotoksičnosti ND je zelo kompleksen, saj ima vsak tip ND svoje lastnosti, ki v kombinaciji z različnimi fiziološkimi mediji vodijo v zelo specifične interakcije.

Več študij in naše raziskave so tudi pokazale, da je ključno natančno karakterizirati lastnosti nanodelcev ne samo v vodnih raztopinah ampak tudi v fiziološko relevantnih medijih. Lastnosti nanodelcev (npr. velikost, površinski naboj, površinska reaktivnost) se namreč v stiku z biološkimi mediji (npr. človeški serum) ali mediji za celične kulture, ki vsebujejo ione, proteine in druge molekule, spremenijo. Posledično, lahko slaba karakterizacija podceni ali preceni potencialno toksičnost oziroma reaktivnost določenih vrst nanodelcev. Zaradi kompleksnosti področja je še mnogo odprtega tako glede razumevanja mehanizmov toksičnosti in imunogenosti nanodelcev kot na področju regulative uporabe nanodelcev v industrijskih produktih.

Čari, neznanke in grožnje nanodelcev TiO₂

Saša Novak¹, Martina Lorenzetti¹, Anja Drame^{1,2}

¹ Odsek za nanostrukturne materiale, ISOFood EraChair, Institut „Jožef Stefan“

² Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana

Titanov oksid je zaradi privlačnih fizikalno-kemijskih lastnosti tehnološko izredno zanimiva anorganska spojina. Srečujemo ga npr. v kremah za sončenje, samočistilnih fasadnih premazih, neoprijemljivih prevlekah kuhinjske posode, kot dodatek v živilih in zdravilih itd, vendar pogosto ni jasno, kako veliki delci so prisotni in v kateri izmed treh kristalnih modifikacij. V zadnjem času strmo narašča uporaba prah TiO₂ z delci nanometerske velikosti, saj visoka specifična površina takega prahu razširja področje uporabnosti.

Čeprav TiO₂ velja kot kemijsko inertna snov in je njegova topnost relativno nizka, pa izpostavljenost nenadzorovanim količinam nanodelcev odpira vprašanje potencialnega vpliva na zdravje. Strokovna literatura si na tem področju zaenkrat še ni enotna, kar je v veliki meri posledica neenotnih postopkov analize in raznolikosti analiziranih prahov. Zato smo v naših raziskavah uporabili prah TiO₂ iz različnih virov in analizirali njegove fizikalne lastnosti, ki bi potencialno lahko imele vpliv na biološke sisteme. Izkazalo se je, da so med njimi pomembne razlike, ki bi lahko povzročale razlike v opaženih bioloških učinkih. Vodne suspenzije prahov imajo različno pH vrednost, kar je prvi znak prisotnosti različnih onesnažil na površini (npr. površinsko aktivnih snovi), posebno velike razlike pa se pojavljajo v površinskem naboju (zeta-potencialu), ki določa stopnjo dispergiraniosti delcev v tekočini. Površinski naboj bistveno vpliva na dejansko velikost delcev (aglomeratov), v znatni meri pa tudi na fotokatalitičnost in s tem na sposobnost razgradnje organskih snovi.

Predvideno metodo analize prisotnosti in lastnosti delcev TiO₂, prisotnih v živilih, smo preizkusili na enostavnem modelu z deklarirano prisotnostjo TiO₂ (E171), na žvečilnih gumijih s trdo skorjo. V preiskovanih vzorcih so bili delci TiO₂ nekoliko večji od 100 nm in izkazujejo fotokatalitski učinek. Podobne lastnosti kaže tudi prah, namenjen za bele (npr. tortne) glazure.

Rezultati raziskav nakazujejo, da je pri analizi bioloških učinkov majhnih delcev TiO₂ potrebna velika pozornost pri karakterizaciji obravnavanega prahu, pri oceni tveganja za zdravje pa čim bolj realna ocena izpostavljenosti iz različnih virov.

Nanoizdelki in nanodelci v našem okolju in zdravje

Viviana Golja^{1,2}, Agnes Šömen Joksić^{1,3} in Saša Novak^{2,4}

¹ Nacionalni inštitut za javno zdravje

² Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana

³ Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju

⁴ Inštitut Jožef Stefan

V prispevku je opisana izpostavljenost nanodelcem iz različnih virov in njihovi vplivi na zdravje. Predstavljena je tudi raziskava sproščanja nanodelcev TiO₂ iz kvazikeramičnih ponev in ciljani raziskovalni projekt o onesnaženosti zraka z ultrafinimi delci (nanodelci) in oceni možnih vplivov na zdravje zaradi ognjemetov.

V zunanjem zraku se nahajajo nanodelci, kot posledica naravnih procesov (vulkanski izbruhi, erozija tal, peščeni viharji) in človekovega delovanja – industrijskih emisij, izpušnih plinov iz prometa, izgorevanja biomase, ognjemetov in uporabe drugih pirotehničnih sredstev, varjenja, brušenja, itd. Nanodelci se sproščajo v zrak tudi v zaprtih prostorih s kajenjem, prižiganjem sveč, kurjenjem, kuhanjem, sesanjem, iz sušilnikov perila, iz fotokopirnih strojev in tiskalnikov. V telo pridejo v glavnem zaradi vdihavanja. O izpostavljenosti nanodelcem (na področju zraka se uporablja izraz ultra-fini delci) iz zunanjega zraka oziroma zraka notranjih prostorov, ki jih vdihavamo, še nimamo dovolj informacij oziroma znanja.

Vsaki dan je vse več tudi novih materialov, ki nastanejo z uporabo nanotehnologije in vsebujejo nanodelce, ker ti izboljšujejo njihove lastnosti. Najdemo jih v izdelkih za otroke, živilih in materialih v stiku z živili, izdelkih za dom in vrt, izdelkih za prosti čas, tekstilu in obutvi, kozmetiki, čistilih. Uporabljajo se v gradbeništvu, avtomobilski industriji, za izboljšavo sončnih celic in baterij, filtracijo vode, ter v obetavnih novih zdravilih, implantih in za diagnostiko različnih bolezni. Prinašajo veliko koristi, vendar imajo zaradi drugačnih, spremenjenih, lastnosti v primerjavi z večjimi delci iste kemične sestave spremenjen vpliv na zdravje. Tveganje za zdravje je lahko prisotno, kadar smo jim izpostavljeni (če pridejo v naše telo). Netopni biološko obstojni nanodelci se v telesu lahko akumulirajo in lahko povzročajo oksidativni stres, poškodbe DNK, lipidov celične membrane, beljakovin in lahko vplivajo na nastanek različnih bolezni. Epidemiološke študije so pokazale vplive nanodelcev na respiratorni sistem, kardiovaskularni sistem, živčni in imunski sistem. Nekatere študije so tudi pokazale, da obstaja možnost škodljivega vpliva na embrionalni razvoj in razvoj diabetesa. O dolgoročnih učinkih nanodelcev na zdravje ter o dejanski izpostavljenosti nanodelcem iz novih materialov in iz zraka še ni dovolj informacij. Raziskave kažejo, da so lahko škodljivi tudi za okolje.

Preliminarni rezultati raziskave ponev s kvazikeramičnimi premazi, ki vsebujejo nano TiO₂ so pokazali, da se iz premazov v živila lahko sproščajo nanodelci zaradi uporabe ostrih pripomočkov (grobega mešanja, rezanja, čiščenja) in tudi v stiku s kislimi živili (npr. kislim zeljem, paradižnikom, čežano). Ocena tveganja bo pokazala ali obstaja pri tovrstni uporabi tveganje za zdravje.

Meritve onesnaženosti zraka z ultrafinimi delci (nanodelcem v zraku jim pravimo v Ljubljani že potekajo. Na osnovi rezultatov meritev in pregleda literature bomo naredili oceno možne povezave med negativnimi vplivi na zdravje in povišano koncentracijo ultrafinih delcev v zraku v času ognjemetov.

Ključne besede: nanodelci, ultrafini delci, tveganje za zdravje, kvazikeramični premazi, ognjemeti

Viri in nadaljnje branje

Woodrow Wilson database (<http://www.nanotechproject.org/cpi/about/analysis/>)

EFSA: Inventory of Nanotechnology applications in the agricultural, feed and food sector:

(<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/sp.efsa.2014.EN-621/pdf>)

Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark

(http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf).

HEI Review Panel on Ultrafine Particles. 2013. Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles. HEI Perspectives 3. Health Effects Institute, Boston, MA. (dosegljiv na spletni strani: <http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=893>)

Scientific Opinion: The Potential Risks Arising from Nanoscience and Nanotechnologies on Food and Feed Safety. The EFSA Journal (2009) 958, 1-39 . Pridobljeno 07.02.2014 s spletne strani: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/958.pdf>

Nanomateriali v kozmetiki

Anja Menard Srpčič

Urad RS za kemikalije

Uredba o kozmetičnih izdelkih opredeljuje pojem nanomaterial kot netopen ali biološko obstojen in namenoma proizveden material z eno ali več zunanji dimenzijami ali notranjo strukturo v merilu od 1 do 100 nm. Nanomateriale najdemo v sredstvih za nego ustnic, maskarah, senčilih, črtalih za oči, izdelkih za zaščito pred soncem, lakih za nohte, itd. Proizvajalci jih v kozmetične izdelke dodajajo z namenom zaščite kože pred določenimi ultravijoličnimi žarki (UV filtri), za zaviranje razvoja mikroorganizmov v kozmetičnem izdelku (konzervansi), barvanja kozmetičnega izdelka, celotnega telesa ali določenih delov telesa (barvila) ter za druge namene (npr. kot absorbent, mehčalo za kožo, sredstvo proti sprijemanju, itd.). Evropska komisija pripravlja katalog vseh nanomaterialov, ki se uporabljajo v kozmetičnih izdelkih. Zakonodaja za kozmetične izdelke zagotavlja visoko raven varovanja zdravja ljudi pri uporabi nanomaterialov v kozmetičnih izdelkih. Pred dajanjem kozmetičnega izdelka na trg, ki vsebuje nanomaterial, mora proizvajalec narediti oceno varnosti s čimer zagotovi, da so nanomateriali uporabljeni v kozmetičnem izdelku varni za uporabo. Zakonodaja ima tudi mehanizem, ki omogoča Evropski komisiji, da spremlja uporabo nanomaterialov v kozmetičnih izdelkih in oceni njihovo varnost v primeru, da ima pomisleke glede njihove varnosti. Na seznamu dovoljenih UV filtrov v obliki nanomateriala sta trenutno naveden dva anorganska UV filtra (TiO_2 in ZnO) in organski UV filter (1,3,5-Triazine, 2,4,6-tris[1,1'-biphenyl]-4-yl-). V procesu odobritve uporabe kot UV filtra v obliki nanomateriala v kozmetičnih izdelkih pa je Methylene Bis-Benzotriazolyl Tetramethylbutylphenol (MBBT). Na seznamu dovoljenih barvil za uporabo v kozmetičnih izdelkih pa so navedene nano saje (CI 77266). V kozmetičnih izdelkih je dovoljena uporaba nanomaterialov samo v določeni koncentraciji, z značilnostmi (čistost, kristalna struktura, oblika, prevlečen/neprevlečen,...) in pod pogoji, ki so navedeni v zakonodaji za kozmetične izdelke. Dostopni podatki kažejo, da so zgoraj omenjeni UV filtri in barvilo varni za uporabo, če se nanašajo na zdravo nepoškodovano kožo. Uporaba vseh omenjenih nanomaterialov v kozmetičnih izdelkih v obliki razpršila pa je prepovedana. Zakonodaja za kozmetične izdelke vsebuje obveznost označevanja sestavin v obliki nanomaterialov na seznamu sestavin na embalaži kozmetičnega izdelka. Pred imenom te sestavine mora biti v oklepaju navedena beseda »nano«. Označevanje sestavin v obliki nanomaterialov na seznamu sestavin omogoča potrošniku, da se odloči ali bo uporabil kozmetični izdelek, ki vsebuje nanomateriale.

Viri:

Uredba (ES) št. 1223/2009 o kozmetičnih izdelkih

Pogledi na nanovarnost na primeru nanosa nanodelcev platine na solati (rukola in endivija)

Eva Kranjc^{1,2}, Maja Remškar², Damjana Drobne³ in Saša Novak³

¹Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana

²Inštitut Jožef Stefan

³Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Atmosferska depozicija emisij kovinskih nanodelcev (npr. iz avtomobilov in industrijskih procesov) na uporabne rastlinske površine predstavlja potencialno tveganje za varnost hrane (1,2). Kontaminanti lahko v obliki nanodelcev potujejo na tisoče kilometrov od izvora onesnaževanja in lahko izkazujejo povečane ali nove oblike strupenosti v primerjavi z večjimi delci istega elementa. Ker velik del sestavnih atomov in molekul obstaja na površini nanodelca, so ti tudi visoko reaktivni in posedujejo sposobnost vezanja in prenašanja sicer nemobilnih onesnaževal (3). Raziskave interakcij med rastlino in nanodelcem nas popeljejo korak bližje k oceni tveganja uživanja hrane, ki vsebuje kovinske nanodelce in k vzpostavitvi smernic za omejitev izpostavljenosti. V naših eksperimentih sta dve vrsti solat z različnimi površinskimi lastnostmi -rukola, ki ima hidrofobične liste, in endivija, ki ima hidrofilične liste - izpostavljeni nanodelcem platine (<50 nm) bodisi skozi korenine (enkratna izpostavljenost 1 mg nanodelcem Pt v ultračisti vodi, nanešeni na zemljo) ali preko listov (5-dnevna izpostavljenost 5, 50 ali 500 mg/L Pt disperzija, v kapljicah enakomerno nanešena na zgornje in spodnje površine listov.)

Cilja tega eksperimenta sta oceniti in primerjati: 1) adsorpcijo površine nanodelcev na listih z uporabo metod elektronske mikroskopije in 2) sprejem in translokacijo nanešenih delcev z uporabo masne spektrometrije z induktivno sklopljeno plazmo (ICP-MS). Solate so idealni modeli za to študijo, saj posedujejo velike listne površine, ki lahko filtrirajo nanodelce iz zraka in so splošno gojene in konzumirane (4). Platina je uporabljena zaradi njene nizke naravne prisotnosti v okolju (t.j. ~1 ppb), neposredne povezanosti z antropogeno aktivnostjo (t.j. iz katalitičnih pretvornikov), in stabilnosti v obliki nanodelcev (5). To pomeni, da lahko interpretiramo prisotnost platine v neizpostavljenih delih rastline kot njen obstoj v obliki nanodelcev. Eksperimenti so sicer še vedno v procesu, vendar smo ugotovili, da imajo nanodelci večjo tendenco agregacije/aglomeracije na listih endivije v primerjavi z listi rukole in da so nanešeni nanodelci sprejeti in translocirani od korenin do listov, še posebej v endiviji. Rezultati kažejo na močne interakcije med nanodelci in rastlinami, kar bi terjalo bolj agresivne strategije, kot je odstranitev zunanjih in starejših listov, da omejimo izpostavljenost, kot protiutež specializiranim postopkom umivanja.

Ključne besede: varnost hrane, nanodelci, platina, onesnaževanje, solata

Zasluge: To delo podpira sedež ERA za tehnike izotopov in kvaliteto, varnost in sledljivost hrane (ISO-FOOD) (štipendija št. 621329).

Viri:

- [1] Ma, X, Geiser-Lee, J, Deng, Y, Kolmakov, A. 2010. Interactions Between Engineered Nanoparticles (ENPs) and Plants: Phytotoxicity, Uptake and Accumulation. *Science of the Total Environment*. 408:3053-3061.
- [2] Csavina, J, Field, J, Taylor, MP, Gao, S, Landázuri, A, Betterton, A, Sáez, AE. 2012. A Review on the Importance of Metals and Metalloids in Atmospheric Dust and Aerosol from Mining Operations. *Science of the Total Environment* 433:58-73.
- [3] Pettit ME, Lead, JR. 2013. Minimum Physicochemical Characterisation Requirements for Nanomaterial Regulation. *Environment International* 52:41-50.
- [4] Larue, C, Castillo-Michel, H, Sobanska, S, Cécillon, L, Bureau, S, Barthès, V, Ouerdane, L, Carrière, M, Sarret, G. 2014. Foliar Exposure of the Crop *Lactuca sativa* to Silver Nanoparticles: Evidence for Internalization and Changes in Ag Speciation. *Journal of Hazardous Materials* 264:98-106.

[5] Ek, KH, Morrison, GM, Rauch, S. 2004. Environmental Routes for Platinum Group Elements to Biological Materials--A Review. Science of the Total Environment 334-335:21-38.

Nanotehnologija z eksperimenti in nanovarnost v izobraževanju

Andreja Bačnik in Simona Slavič Kumer

Zavod RS za šolstvo

V prispevku predstavljamo možnosti za vključevanje nanotehnologije in nanovarnosti v pouk naravoslovnih predmetov v OŠ in SŠ. Predstavljamo primere dejavnosti, ki spodbujajo razvijanje razumevanja, kritičnega mišljenja in ozaveščajo učence o nanovarnosti ter primere projektov in gradiv, ki jih učitelji v zvezi z nanotehnologijo lahko najdejo na spletni strani skupnosti Scientix.

V učnih načrtih naravoslovnih predmetov v OŠ so vsebine s področja nanotehnologije eksplicitno navedene le v učnem načrtu za kemijo, kot izbirna ali poglobljena znanja, ki jih učitelj obravnava po lastni presoji v vsebinskem sklopu Elementi v periodnem sistemu in Kemija je svet snovi. Pri izbirnem predmetu Poskusi v kemiji je v okviru osnov toksikologije možnost tudi za izbrane vidike nanovarnosti. Pri pregledu UN naravoslovnih predmetov v osnovnošolski vertikali, lahko vključimo dejavnosti s področja nanotehnologije in nanovarnosti predvsem pri ciljih, ki se nanašajo na onesnaževanje okolja (predmeta Naravoslovje in tehnika in Naravoslovje), pri biologiji je to v okviru vsebinskih sklopov Biologija kot veda, Zgradba in delovanje človeka (predvsem dihala, prebavila, koža), Biotehnologija in Vpliv človeka na naravo in okolje; pri fiziki pa v okviru sklopov Fizika in njene pomen in Fizikalna dogajanja nam lajšajo življenje. Podobno ugotovimo za področje gimnazijskega izobraževanja. V učnem načrtu za kemijo lahko učitelji vključujejo nanotehnologijo in nanovarnost pri sklopih Uvod v varno eksperimentalno delo, Lastnosti izbranih elementov in spojin v bioloških sistemih in sodobnih tehnologijah ter v izbirnem programu v poglavju Kemija in hrana. V učnem načrtu za biologijo na gimnaziji je nanotehnologija navedena v splošnih ciljih, tematski sklopi v katere bi lahko vključili ta znanja pa so Življenje na Zemlji, Zgradba človeka in drugih živali, Ekologija ter izbirni programi: Biološke osnove zdravega življenja, Biotehnologija in mikrobiologija. V srednjih strokovnih šolah najdemo v strokovnih modulih Kemije v strokih tudi modul Nanodelci, v okviru katerega se dijaki seznanijo z nanotehnologijo in nanovarnostjo.

Kako učencem približamo vsebine nanotehnologije in nanovarnosti? Kaj še je lahko učiteljem v pomoč v „gozdu nanotehnologije“?

Pri tako obsežnih in raznolikih vsebinah, kot nanotehnologija zagotovo je, je v izobraževanju zelo dobrodošla uporaba informacijske grafike ali info-grafike. Info-grafika je grafični vizualni prikaz informacije, podatkov ali znanja, z namenom predstaviti kompleksno informacijo hitro in pregledno. Uporaba info-grafik in njihova priprava lahko izboljšajo kognicijo in vizualizacijske sposobnosti (prepoznavanje vzorcev in trendov) učencev ter omogoča predstavitev podatkov na zanimivejši in hitrejši način. Primer info-grafike o uporabi nanotehnologije v vsakdanjem življenju je najti na <https://www.acs.org/content/acs/en/policy/nanotechnology.html>.

S katerimi didaktičnimi pristopi lahko uvajamo vsebine nanovarnosti? Kje najdemo ideje, ustrezne vire, uporabna gradiva in na kaj smo ob tem pozorni?

Didaktični pristopi, ki spodbujajo aktivno učenje so predvsem: eksperimentalno delo, projektno delo, ki temelji na avtentičnih problemih in učenjem z raziskovanjem. Eksperiment, kot temelj pouka naravoslovnih predmetov (*lat. experimentum iz lat. experiri – izkusiti, poskusiti, preiskati*) velja izkoristiti tudi pri uvajanju vsebin nanotehnologije in nanovarnosti. V ta namen so na tržišču dostopni tudi eksperimentalni kompleti oz. kovčki, kot je npr. NanoSchoolBox, v katerem najdemo pripomočke in

navodila za različne nano-eksperimente, od lotosovega efekta do tehničnih aplikacij nanoslojev, eksperimente o funkcionalnosti z nanotehnologijo, o uporabi titanovega dioksida v nanotehnologiji, o ferofluidih itd. Osnoven/izhodiščen je nazoren eksperiment Opazovanje lotosovega efekta. Lotosov efekt (samočistilna sposobnost površine lista) omogočajo mikrostrukture na listni površini in v njih ležeči voščeni kristali, na takšni vodoodbojni površini se ne moreta obdržati ne voda, ne prah. Eksperiment lahko izvedemo v okviru pouka naravoslovnih predmetov z medpredmetnim povezovanjem. Na lotosov list ali list katere druge rastline (npr. zelja, brokolija, kapucinke, ...) kanemo kapljico vode in opazujemo pojav, nato na drugo mesto na list posujemo poper in na poper kanemo kapljico vode, list nagnemo in opazujemo, kako kapljica vode spere delce popra. Nazorni in relativno preprosti so eksperimenti o lastnostih nanomaterialov, kot so Hidrofobna površina na lesu ali mineralnih materialih ter na tekstilnem materialu, Nevidno črnilo za steklo – tvorba hidrofilne površine („anti fog“), Zaščita pred ognjem, Polobla s flip-flop efektom, Magnetno polje s ferofluidi itd. Ob izvedbi posameznega eksperimenta vedno opozorimo na varnostni vidik, uporabo zaščitne opreme pri delu z nanosnovmi, ko smo prebrali ustrezna navodila oz. H in P stavke za uporabljene snovi. Ideje za načrtovanje in izvedbo učnih ciljev povezanih z nanotehnologijo in nanovarnostjo je moč najti v različnih virih. Zelo dobrodošla je publikacija Maje Remškar: Nanodelci in nanovarnost, ki je leta 2009 izšla v okviru projekta Kemijska varnost 3. Ob množici različnih e-virov, v spletni skupnosti za naravoslovno izobraževanje Scientix (<http://www.scientix.eu/>) najdemo vrsto projektov in z njimi povezanih učnih, didaktičnih gradiv na temo nano: Timefornano, Nanoopinion, NanoChanel, Nanokoulo, Nanoyou in druge. Če med temi projekti izpostavimo projekt NANOYOU (<http://nanoyou.eu/>), ki ponuja učiteljem različna gradiva od plakatov, ppt prezentacij, filmov do nano eksperimentov in didaktičnih iger ter predlogov za interaktivne okrogle mize ugotovimo, da je ob posameznem gradivu potrebna velika mera kritičnega mišljenja oz. kritične presoje. Ideje, ki jih najdemo v tem in podobnih projektih lahko uporabimo tudi za učenja z raziskovanjem. Primera raziskovalnih vprašanj sta lahko: Ali naj obliži vsebujejo nano srebro? in Kakšen je vpliv nano delcev (srebra in zlata) na solinske rakce? Ob tovrstnem raziskovalnem delu razvijanje kritičnega mišljenja učencev pride še bolj do izraza. Ob spletnih e-virih lahko ideje in izhodišča za projektno delo najdemo v avtentičnih problemih, ki jih prinašajo aktualni časopisni ali revijalni člankih, npr. Onesnažen zrak v Pekingu: dihati ali ne dihati, to je zdaj vprašanje? (Delo, 2013). Učenci lahko po korakih projektne dela pregledajo vire, o vrst in velikosti (nano)delcev v zraku, o zgradbi in vrstah zaščitnih mask in filtrov, ki jih za zaščito dihal uporabljamo (npr. HEPA, ULPA), raziščejo kako filtri delujejo in morda projektno delo zaključijo z okroglo mizo, tudi z odgovori na vprašanje kot so: Ali lahko zaščitimo dihala pred nanodelci? Ali ob nakupu avtomobila izbrati avto, ki uporablja bencinsko ali takega, ki uporablja dieselsko gorivo?

In ne pozabimo na nanovarnost!

Ob vse bolj razširjeni uporabi nanotehnologij in ob dejstvu, da imajo snovi v nano obliki povsem drugačne lastnosti, kot v makro oblikah, je nujna spremljevalka obravnave nanotehnologij tudi nanovarnost. Naj zato zaključimo z besedami Maje Remškar, ene vodilnih slovenskih raziskovalk na področju nanotehnologij z IJS: »Nanodelci (nano pomeni škrati/palčki) niso pravi škrati, čeprav imajo nekatere njihove lastnosti. Tako kot škrate tudi nanodelce vidijo samo nekateri (operaterji elektronskih mikroskopov), prav tako prinašajo bogastvo in nas tudi lahko zaslepijo ter pahnejo v nevarnost.«

Zaključna razprava posveta: Vse kar ste želeli vprašati o nanovarnosti?

Iztočnice za razpravo in zaključki posveta

Agnes Šömen Joksić¹, Andreja Bačnik²

¹ Nacionalni inštitut za javno zdravje

² Zavod RS za šolstvo

»Nano« je nevidni sestavni del našega okolja. Na eni strani gre za delce (velikostni razred 10⁻⁹ m), ki se naravno pojavljajo npr. v zunanjem zraku (prav tako v notranjem) in so v veliki meri tudi posledica antropogenih dejavnosti. Ti delci so lahko zaradi svojih lastnosti škodljivi za zdravje. Na drugi strani pa gre za načrtno proizvedene nanomateriale oziroma nanostrukture (nanotehnologijo), ki obetajo boljše življenje in zdravje zaradi uporabe in možnosti izboljšav na različnih področjih, npr. nanoelektronika, medicina, biotehnologija, prehranska industrija, kozmetika, itd.

V okviru diskusije bi odgovorili na nekatera vprašanja, s katerimi bi dodatno pojasnili in dopolnili vsebine predavanj in tudi odgovorila na vsa morebitna vprašanja udeležencev.

Pri diskusiji bi nas vodila naslednja vprašanja:

1. Kje vse srečamo nanodelce v vsakdanjem življenju (razen v primerih, predstavljenih v predavanjih), kaj moramo pri tem vedeti glede ustreznega ravnanja?
2. Kakšne evidence so na razpolago o njihovih potencialnih škodljivih učinkih na zdravje? Kako pridejo v naše telo, kako delujejo?
3. Mnogi nanotehnologijo označujejo kot novo industrijsko revolucijo: kakšne so lahko koristi, kakšno nevarnost lahko predstavlja in kakšno tveganje (predvsem na področjih, omenjenih v predstavitevah)?
4. Kakšna so priporočila za varovanje zdravja v domačem okolju? Na delovnem mestu? V naravnem okolju? Kaj lahko/moramo storiti sami? Kaj lahko/morajo storiti državne institucije? Kaj lahko prispeva šolstvo?