



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA



NANOTEHNOLOGIJE RIZICI I BEZBEDNOST

Doc. Dr Pal Terek
Doc. Dr Aleksandar Miletić

ŠTA NUDE NANOTEHNOLOGIJE?



Pozitivno

- ⊙ Roboti za medicinu
- ⊙ Umreženi neuronski računari ugrađeni u svakog čoveka.
- ⊙ Povećanje nacionalne bezbednosti.
- ⊙ Izobilje novca – bilioni dolara
- ⊙ Brzi razvoj nezamislivih proizvoda
- ⊙ Bolje razumevanje prirode stvari
- ⊙ Štednja energije i resursa planete

Negativno

- ⊙ Oružije za masovno uništavanje koje se teško detektuje
- ⊙ Uređaji za praćenje i snimanje koji se teško detektuju
- ⊙ Umreženi sistemi praćenja koje omogućavaju vladama da kontrolišu svaki naš pokret
- ⊙ Želja za posedovanjem svega/sveta. Ekonomska segregacija.
- ⊙ Veoma brzi razvoj oružja koji bi mogao dovesti do destabilizacije u trci naoružanja
- ⊙ Narušavanje zdravlja, zagađenje okoline

- ⊙ Ekonomski poremećaji
- ⊙ Zagađenje okoline
- ⊙ Neuravnotežena trka naoružanja
- ⊙ Nagomilavanje oružja za masovno uništenje
- ⊙ Rat
- ⊙ Terorizam
- ⊙ Preuzimanje kontrole sveta od strane nano i mikro roboz
- ⊙ Potpuni nadzor
- ⊙ Izostanak privatnosti
- ⊙ Svetska diktatura
- ⊙ Ugrožavanje intelektualne svojine
- ⊙ Rast crnog tržišta
- ⊙ Krijumčarenje
- ⊙ Socijalni nemiri

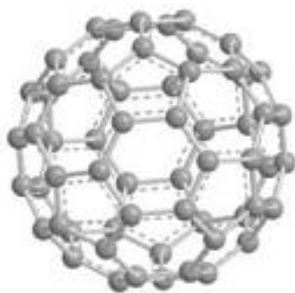
KOLIKO JE TO NANO?



- ⊙ Nanometar je milijarditi deo metra, tj. 10^{-9} m
- ⊙ Buva je veličine 10^{-3} m, tj. 1 mm
- ⊙ Vlas ljudske kose prečnika je 10^{-4} m, tj. oko 80 μm
 - ⊙ Dimenzija evropske vlasi kose 0.06 - 0.08
 - ⊙ Azijska 0.08 to 0.12 mm
- ⊙ Crveno krvno zrnce veličine je 10^{-5} m, tj. 6 - 7 μm
- ⊙ Svežanj nanocevi je širine oko 1.4 nm, dok jedna može biti prečnika 0.3 nm
- ⊙ Fuleren 60 prečnika je 0.7 nm



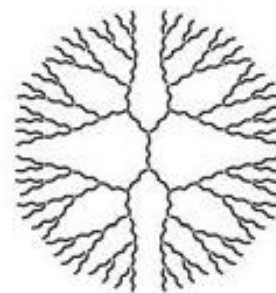
Diesel Exhaust Particles



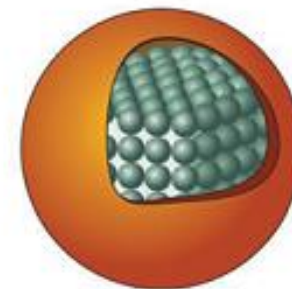
Fullerene



Nanotubes



Dendrimers



Quantum Dots

← Incidental Nanoparticles

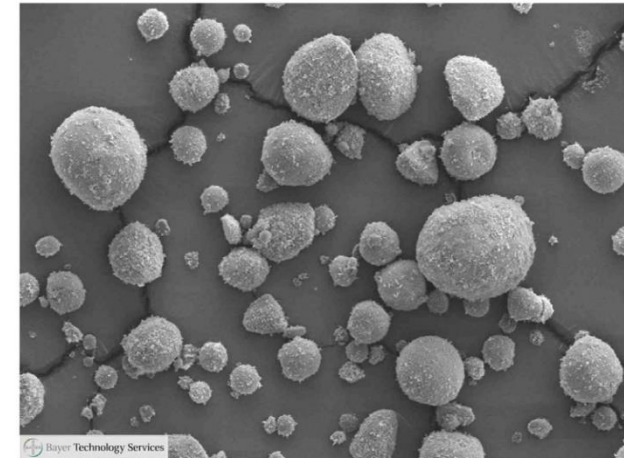
→ Engineered Nanoparticles

FIG. 1. Examples of incidental and engineered nanoparticles.

- ⊙ NČ se mogu proizvesti ili kupiti povezane ili nepovezane
- ⊙ Veliki broj malih NČ obezbeđuje veliku površinu kontakta čime se povećava hemijska reaktivnost
- ⊙ Za NČ manje od 50 nm ne važe klasični zakoni fizike, pre zakoni kvantne fizike
- ⊙ Upotreba NČ je u stalnom porastu.

Osobine nanočestica od kojih zavisi njihovo dejstvo na okolinu a tako i na ljudski organizam:

- ⊙ Količina u određenoj zapremini
- ⊙ Oblik, veličina i distribucija njihovih dimenzija, aglomeracija
- ⊙ Površina čestica i masa, specifična površina
- ⊙ Hemijski sastav i reaktivnost
- ⊙ Kristalnost, poroznost, rastvorljivost
- ⊙ Sposobnost zadržavanja u biološkim organizmima
- ⊙ Površinska aktivnost, kvašljivost
- ⊙ Postojanje sloja prevlake na njima



Potreba za razvojem takvog prenosnog uređaja koji bi se koristio na različitim mestima na kojima postoji emisija nanočestica

POSTOJEĆE NANOČESTICE

- ⊙ U toku zavarivanja stvaraju se veće količine nanočestica u isparenjima.
- ⊙ Nanočestice stvaraju se u velikoj meri kao posledica sagorevanja goriva u dizel motorima, ali i gasa u domaćinstvima.
- ⊙ U zagađenim okolinama 5000 to 3,000,000 čestica/cm³



Nanometer sized particles are also found in the atmosphere where they originate from combustion sources (traffic, forest fires), volcanic activity, and from atmospheric gas to particle conversion processes such as photochemically driven nucleation.

KOMERCIJALNI NANO PROIZVODI

U komercijalnoj upotrebi postoje već hiljade proizvoda u kojima su primenjeni nanomaterijali i nanočestice



Socks with Nano Silver



Kodak Inkjet Photo Papers



Kohler CleanCoat Technology



Nanosolar's Utility Panel™



Toshiba's Lithium-Ion Battery



Nanotec Nanoseal® Wood



Hummer H2

KOMERCIJALNI NANO PROIZVODI I MATERIJALI U NJIMA

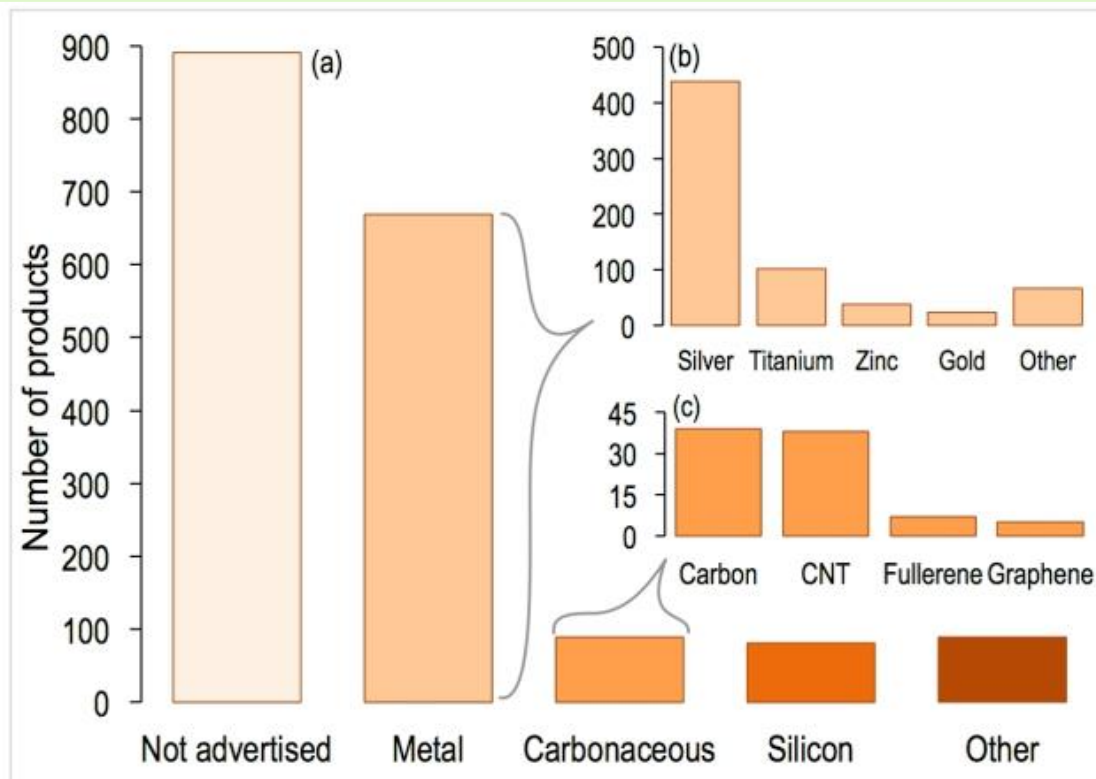
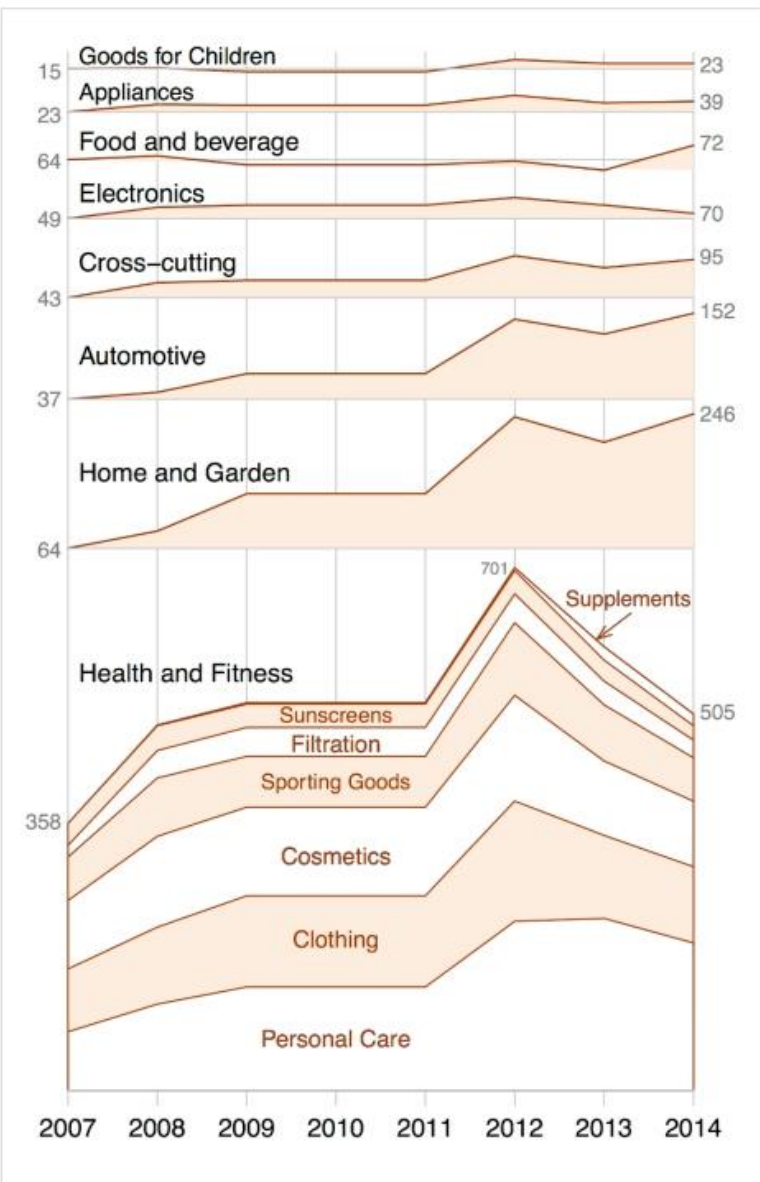
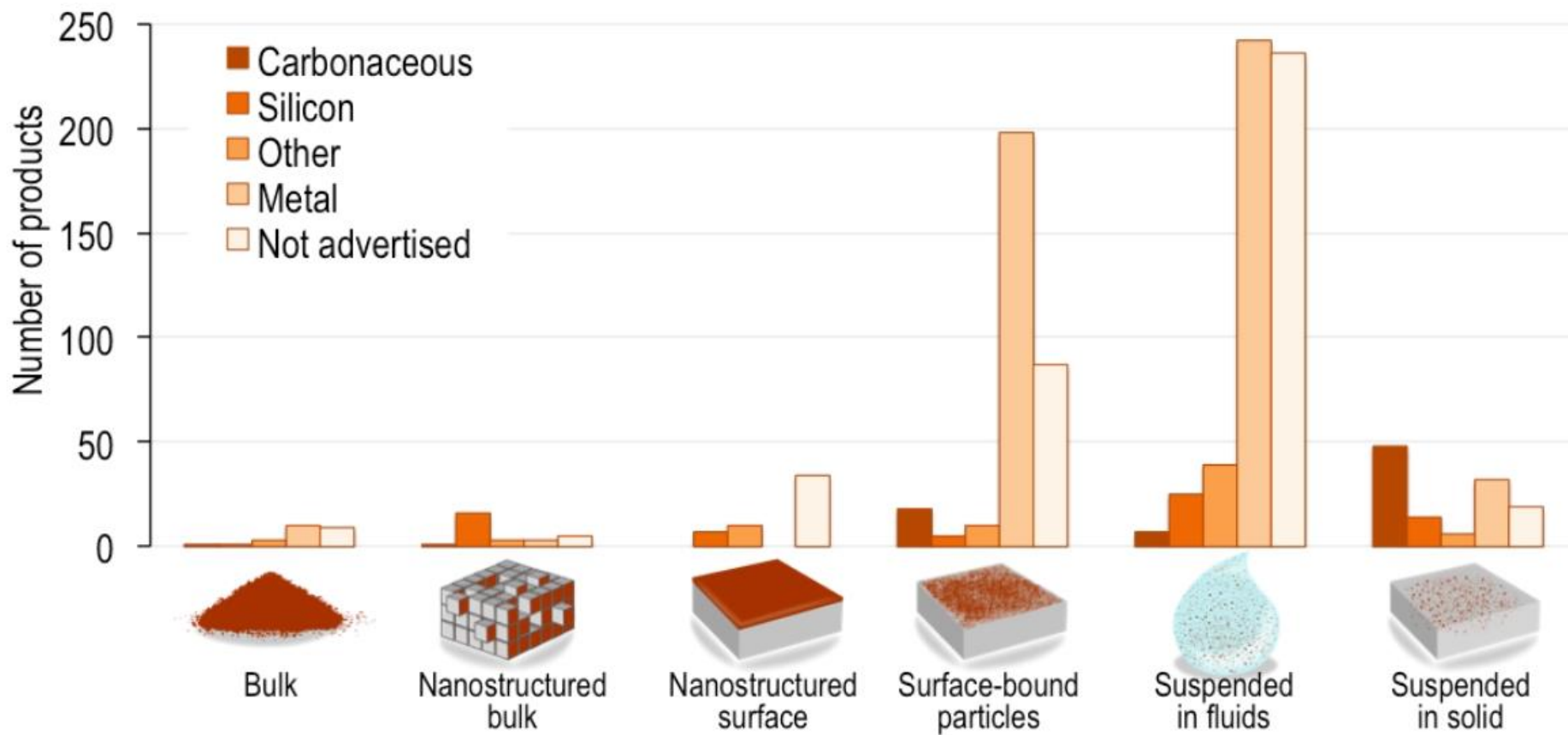


Figure 2: (a) Claimed composition of nanomaterials listed in the CPI, grouped into five major categories: not advertised, metal (including metals and metal oxides), carbonaceous nanomaterials (carbon black, carbon nanotubes, fullerenes, graphene), silicon-based nanomaterials (silicon and silica), and other (organics, polymers, ceramics, etc.). (b) Claimed elemental composition of nanomaterials listed in the metals category: silver, titanium, zinc, gold, and other metals (magnesium, aluminum oxide, copper, platinum, iron and iron oxides, etc.). (c) Claimed carbonaceous nanomaterials (CNT = carbon nanotubes).

49% proizvodna nema defisnisan sastav i količinu nanomaterijala

KOMERCIJALNI NANO PROIZVODI I MATERIJALI U NJIMA



Sadržaj nanomaterijala u određenim proizvodima

- ⊙ **Procesi iz gasne faze** plamen, piroliza, isparavanja, visoke temperature, plazma procesi sinteze
- ⊙ **Depozicija iz parne faze** sinteza
- ⊙ **Procesi iz tečne faze, koloidni procesi** Hemijske reakcije u rastvorima stvaraju koloide
- ⊙ **Mehanički procesi i razbrizgavanje** Mlevenje, brušenje, glodanje legiranje

Nanočestice koje se proizvode:

- Srebro, galijum, železo
- Suspenzije aluminijuma,
- Titanium-dioksid, mangan-oksidi, cink-oksidi
- Nanoceluloza
- Čađ

ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?



- ⊙ Štetno dejstvo može se javiti:
 - ⊙ Tokom proizvodnje
 - ⊙ Pri upotrebi proizvoda
 - ⊙ Sa ambalaža proizvoda, koja je kontaminirana iz proizvodnje
 - ⊙ Zagađenjem okoline i ponovnim izlaganjem
- ⊙ Nivo štetnosti povećava se sa smanjenjem veličine čestica
 - ⊙ Masa i zapreminski hemijski sastav manje važni
 - ⊙ Veličina površine i površinski hemijski sastav i reakcije na površine važniji - NIOSH is evaluating potential methods and technologies for measuring exposures to airborne nanomaterials, such as instruments that measure particle number and surface area.

ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?



- ⊙ Štetno dejstvo tokom proizvodnje
- ⊙ Potencijali rizici prilikom izlaganja u proizvodnji

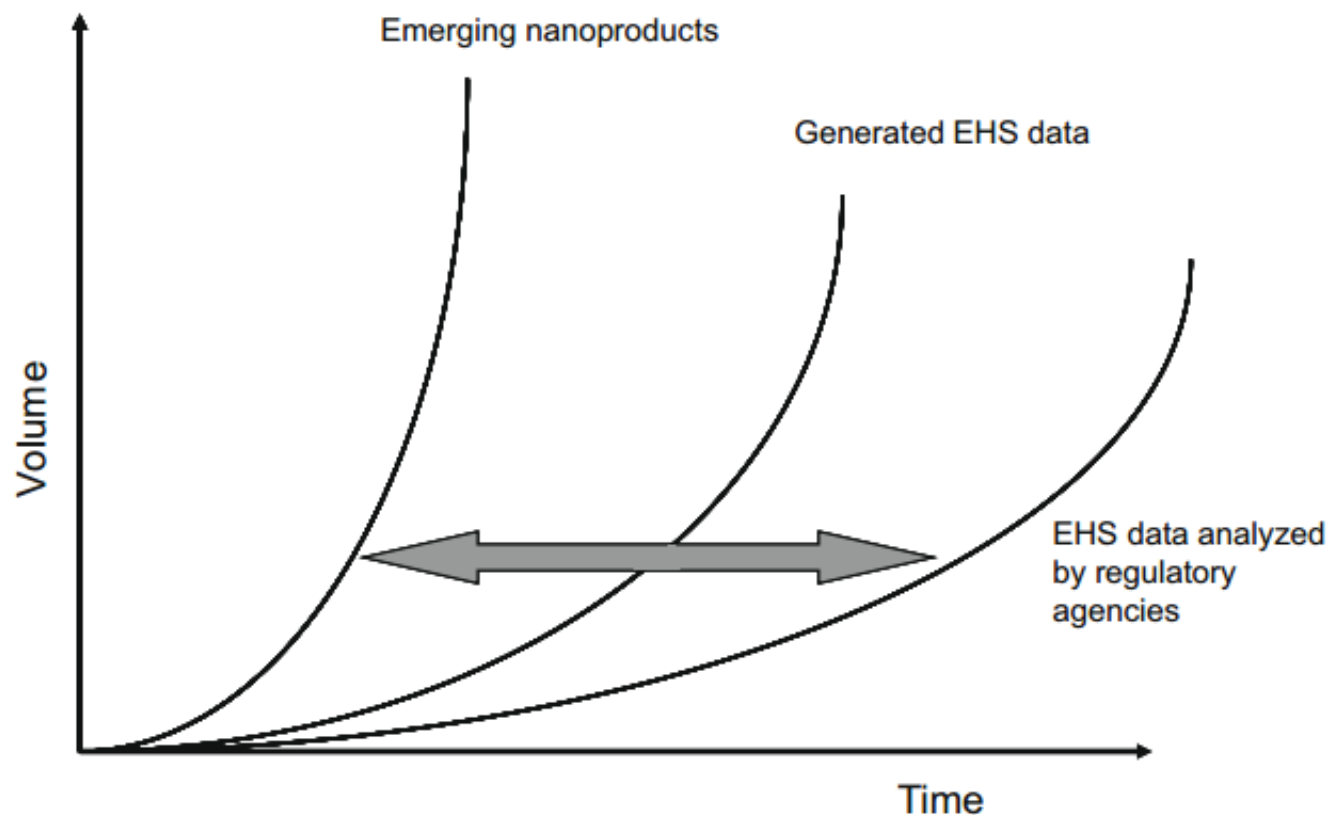
Tehnologija	Nastanak čestice	Potencijalni rizik	Porencijalni kožni rizik/rizik od unosa
Iz gasne faze	U vazduhu	Curenje iz reaktora Finalne faze proizvodnje U fazama posle proizvodnje, pakovanje	Kontaminacija vazduha radne okoline Rukovanjem proizvoda Čišćenjem i održavanjem pogona
Iz parne faze	Na podlozi	Curenje iz reaktora Finalne faze proizvodnje U fazama posle proizvodnje, pakovanje	Kontaminacija radnog okruženja u suvim uslovima Rukovanjem sa proizvodom Čišćenjem i održavanjem pogona
Kolidno	U tečnom rastvoru	Sušenje proizvoda Procesiranje i prosipanje	Prosipanjem/kontaminacija radne okoline Rukovanjem proizvoda Čišćenjem i održavanjem pogona
Razbrizgavanjem	U tečnom rastvoru	Sušenje proizvoda Procesiranje i prosipanje	Prosipanjem/kontaminacija radne okoline Rukovanjem proizvoda Čišćenjem i održavanjem pogona

AKO SU RADNICI IZLOŽENI – PUNO PITANJA MALO ODGOVORA

- ⊙ Na koji način zaposleni mogu biti izloženi nanomaterijalima tokom proizvodnje i primene?
- ⊙ Na koji način mogu nanomaterijali ući u organizam tokom izloženosti?
- ⊙ Kada uđu u organizam gde će se nanomaterijali kretati i na koji način će reagovati fiziološki i hemijski sa delovima organizma?
- ⊙ Da li su te interakcije bezazlene ili mogu dovesto do akutnih ili hroničnih oboljenja?
- ⊙ Na koji način se može meriti i kontrolisati izloženost česticama veličine nekoliko nanometara i drugim nanomaterijalima?
- ⊙ Koje doze nisu štetne?

IDENTIFIKACIJA UTICAJA NANOMATERIJALA

- ⊙ Identifikacija uticaja nanomaterijala kasni za razvojem i komercijalnom proizvodnjom nanomaterijala
- ⊙ To kašnjenje je sve veće i veće jer je veliki broj podataka za analizu u pitanju



ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?

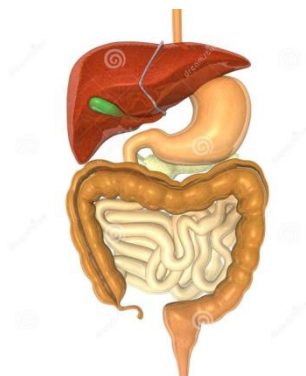


UNOS NANOČESTICA U ORGANIZAM

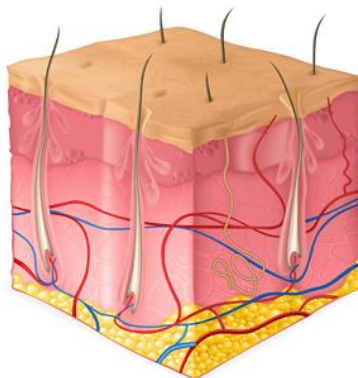
Udisanje



Gutanje



Kroz kožu



- Ne zna se na koji način različite vrste čestica mogu dospeti u organizam, niti kako deluju na organizam.

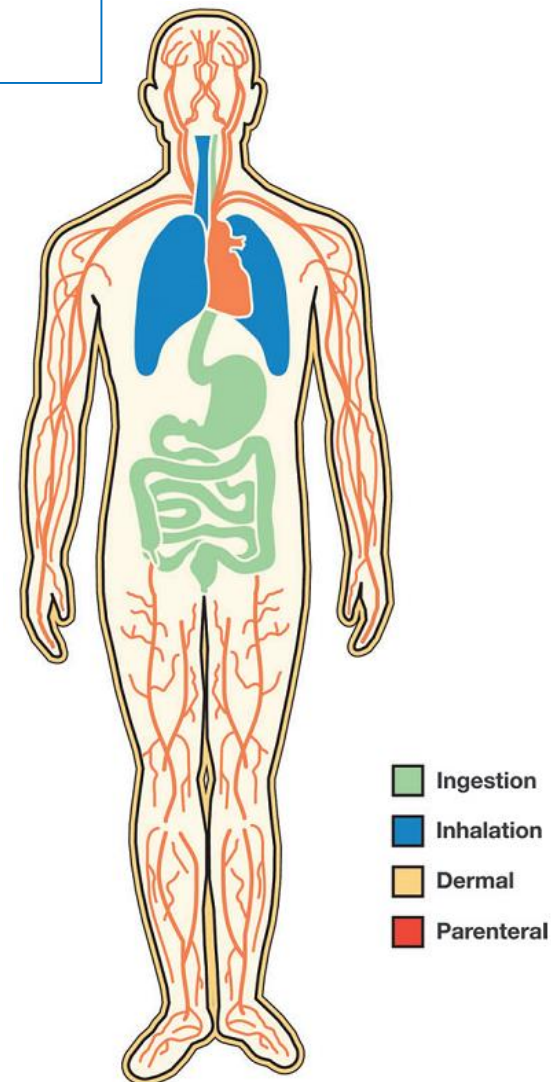


FIG. 2. Potential routes of nanoparticle exposure.

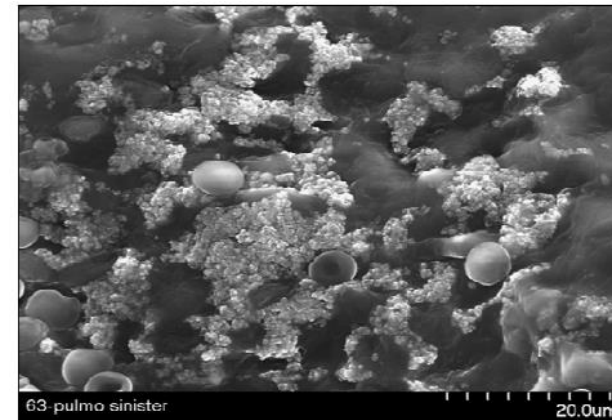
ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?



UDISANJE



- ⊙ Može doći do zapaljenja
- ⊙ Ukoliko se upalni proces odvija tokom dužeg vremena posledice mogu biti **fibroza i rak**.
- ⊙ Zbog toga je vrlo važno umanjiti i kontrolisati upalne procese:
 - ⊙ Neophodno je utvrditi kritičnu dozu čestica koja dovodi do upale,
 - ⊙ Neophodno je postaviti granice izloženosti, tako da se štetna doza ne može uneti tokom životnog veka.



ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?



GUTANJE

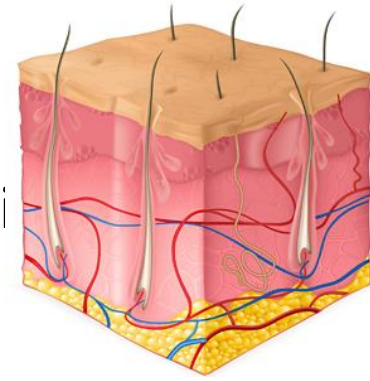
- ⊙ Ukoliko se progutaju nanočestice se mogu lako spru drugih organa.
- ⊙ Sitne čestice mogu lakše da prođu kroz zidove creva u poređenju sa većim česticama.
- ⊙ Postoji veoma malo saznanja o uticaju nanočestica na jetru, slezinu i bubrege, kao i podataka o najvećim dozvoljenim dozama.
- ⊙ Veliki problem predstavlja prolaz čestica kroz zidove placentе i moguća dejstva na razvoj ploda.



ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?

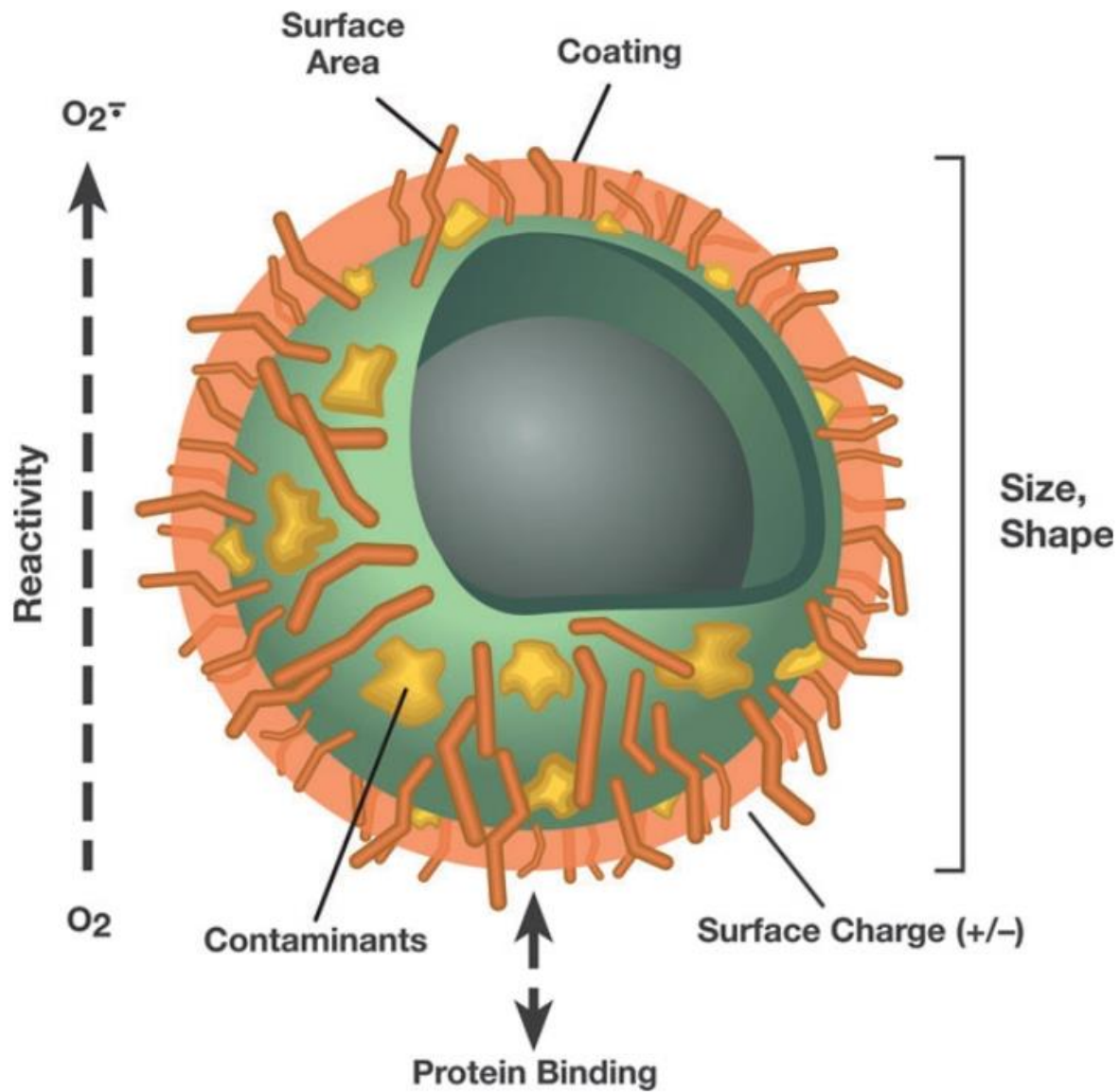


PROLAZ KROZ KOŽU



- ⊙ Neželjena dejstva mogu se javiti na samoj koži, ali čestice mogu putem krvotoka lako sprovesti do ostalih delova organizma.
- ⊙ Apsorpcija čestica kroz kožu još uvek nije dovoljno istražena, ali se pretpostavlja da se nanočestice uvode u organizam preko folikula dlake, gde može doći do razlaganja čestica u kiseloj sredini.
- ⊙ Pojedina istraživanja pokazuju da kroz kožu mogu proći čestice veličine 1000 nm, što je mnogo veće od dimenzija nanočestica.
- ⊙ Pojedine farmaceutske kuće rade na razvoju nanočestica za transfer lekova u organizam putem prodiranja kroz kožu.

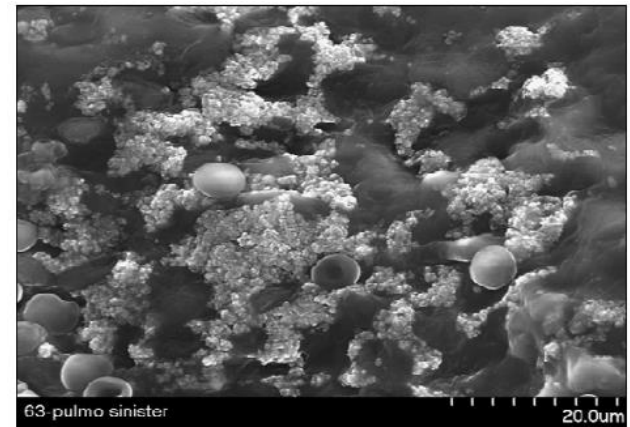
FIZIČKO-HEMIJSKE OSOBINE ČESTICA KOJE UTIČU NA BIOKOMPATIBILNOST



ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?

POZNATE ŠTETNOSTI NANOMATERIJALA PO LJUDSKO ZDRAVLJE

- ⊙ Upale pluća, plućnih ćelija, bronhija i nastanak vezivnog tkiva
- ⊙ Efekti nanočestica iz izduvnih gasova i ostalih veštačkim materijala su već opštepoznate, samo se ranije nije gledalo na to kao NČ ...
- ⊙ Bolesti krvnih sudova i srca usled taloženja zidovima sudova i srca
- ⊙ Taloženje čestica u moždanim ćelijama izazivaju niz bolesti poput alchajmerove bolesti i slične
- ⊙ Kancerogeni efekti različitih nano materijala
- ⊙ Genotoksičnost nanomaterijala je evidentna
ali se o njoj najmanje zna



ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?



SPREČAVANJE IZLAGANJA NANOČESTICAMA - STRATEGIJA

- ⊙ Potpuno zatvoren proces
- ⊙ Delimično zatvoren proces sa lokalnom ventilacijom
- ⊙ Lokalna ventilacija
- ⊙ Sveobuhvatna ventilacija
- ⊙ Smanjenje broja radnika
- ⊙ Smanjenje vremena izloženosti
- ⊙ Redovno čišćenje zidova i drugih površina
- ⊙ Upotreba lične zaštitne opreme
- ⊙ Zabranjeno unošenje pića i hrane u kontaminiranim zonama

ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?



SPREČAVANJE IZLAGANJA NANOČESTICAMA - STRATEGIJA

Smanjenje unosa putem udisanja

Instalacija rešenja sličnih za kontrolu gasova i isparenja:

- Zatvoreni radni prostor (enclosure)
- Lokalni odvodi sa ventilacijom
- Hauba za isparenja (fume hood)
- Opšta ventilacija

- Direktno izdvajanje čestica na gorioniku kod zavarivanja



- XPert Nano Enclosures provide effective containment of hazardous or toxic powders and particulates during nanoparticle manipulation and dry powder chemical handling. XPert Nano Enclosure models include various safety features and an ergonomic design that will satisfy the need of busy labs and cleanrooms concerned with operator safety and efficiency. Available in 2', 3', 4', 5', and 6' nominal widths
- Built-in ionizer (*select models*)
- Built-in blower (*all models*)
- 99.999% ULPA exhaust filter
- Ergonomic angled sash pivots and locks up
- X" tempered safety glass
- Upper containment sash foil
- Upper dilution air supply
- Patented rear baffle with zone perforation for horizontal laminar airflow; baffle pivots down
- Clean-Sweep™ air foil sweeps air through the work surface for maximum containment
- True bag-in/bag-out ULPA filter disposal system (requires certified technician)
- One-Year Manufacturer Warranty from date of installation or Two-Years from date of purchase

<https://www.terrauniversal.com/laminar-flow-hoods/xpert-nano-enclosures-labconco.php>

ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?



KONTROLA NANOČESTICA

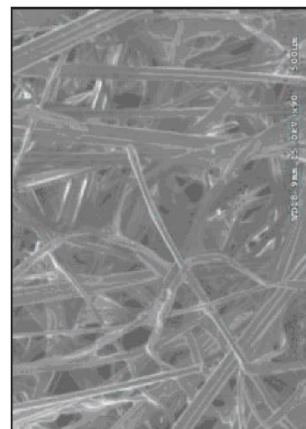
- ☉ Smanjenje unosa putem udisanja
- ☉ Filtracija ima veoma važnu ulogu za zaštitu od izlaganja nanočesticama

High Efficiency Particulate Air (HEPA)

- ☉ Izrađen od staklenih i polimerna vlakna
- ☉ mehanički filter za prečišćavanje vazduha koji se koristi izmene vazduha u radnim okolinama, filter pre povratka vazduha nazad
- ☉ Zadržava čestice od 300 nm pa na više

ULPA (ultra-low penetration air) 120nm

- ☉ Američkim standardom nisu definisani filteri kojima se filtriraju nanočestice (2018)
- ☉ Elektrostatički filteri



KONTROLA NANOČESTICA

Smanjenje unosa putem udisanja

- Filtering respirators or air supplied respirators may be used as a last option to control exposure to nanoparticles.
- Probably the efficiency will be high for all but the smallest nanoparticles (less than 2 nanometers).
- The respirator must fit properly to prevent leakage.



The white powder around the nostrils shows that this mask did not have a tight fit.

KONTROLA NANOČESTICA

Izloženost kože

- The first approach is enclosure of the process
- The second option is Skin Protective Equipment (SPE) like suits, gloves and other items of protective clothing



KONTROLA NANOČESTICA

Smanjenje unosa gutanjem

- Occurs from hand-to-mouth contact
- Control by using gloves when handling nanoparticle products
- Hand washing before eating, drinking or smoking is also important



ZAKLJUČAK

- ⊙ Mnoga pitanja vezano za nanotehnologije su i dalje otvorena i neodgovorena
- ⊙ Nanotehnologije nose ogromne rizike i ugrožavaju bezbednost ali nude i ogroman razvoj.
- ⊙ U svakodnevnom životu se svakako preuzimaju razni rizici
- ⊙ Bez rizika nema života



HVALA NA PAŽNJI !

ŠTETNO DEJSTVO NANOČESTICA?



Zanimljivost vezana za magnetit Fe_3O_4 . Može da se nađe u mozgu izgleda i prirodnim putem, ali i putem zagađenja. Čestice koje dolaze zbog zagađenja su nanočestice okruglog oblika i ima ih 100 puta više od prirodno nastalih. Povezuju se sa bolestima kao što je Alchajmerova bolest.

Wikipedia

Safety notes on an emerging technology

Human brain^[edit]

There is also evidence that magnetite exists in the human brain.^[16] It is proposed that this could allow certain people to use magnetoreception for navigation.^[23] More generally, magnetite in the brain is theorized to affect long-term memory,^[24] and some researchers suggest that humans possess a magnetic sense.^[25] It has not been understood up to now due to a lag in applying more modern research techniques to the study of magnetic phenomena in biological contexts.^[26]

Magnetite particles were found in the brains from 37 people - 29 who had lived and died in Mexico City, a significant air pollution hotspot, and who were aged from 3 to 85. A further eight came from Manchester, were aged 62-92 and some had died with varying severities of neurodegenerative diseases.^[27]

Although magnetite can occur naturally in the brain in biologically formed jagged particles, those supposedly from air pollution are said to have a spherical form. According to researchers led by Prof Barbara Maher at Lancaster University and published in the Proceedings of the National Academy of Sciences, such particles could conceivably contribute to diseases like [Alzheimer's disease](#) - though evidence for this is lacking.

[Electron microscope](#) scans of human brain-tissue samples have differentiated between crystalline forms of magnetite in the brain, which are naturally produced in body cells, and rounded [nanoparticles](#) incorporated from environmental pollution; the pollution-related magnetite particles outnumber the particles of natural origin by one hundred to one. Laboratory studies suggest that iron oxide is a component of [protein plaques](#) in the brain, linked to Alzheimer's disease.^[28]

Table 1. Basic physicality of carbon nanomaterials.

	Fullerenes	CNHs	CNTs
Year of discovery	1985	1998	1991
Discoverer	H.W. Kroto R.F. Curl R.E. Smalley	S. Iijima	S. Iijima
Size			
Diameter	1 nm	2–4 nm	0.4–70 nm
Length	-	40–70 nm	1 μm–2.5 mm
Shape	sphere	horn	fiber
Practical use	Cosmetics Lubricity agent Semiconductor	Fuel battery	Semiconductor Car parts Sports goods

Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of
Nanotechnology

www.nanoforum.org

Second edition: October 2005

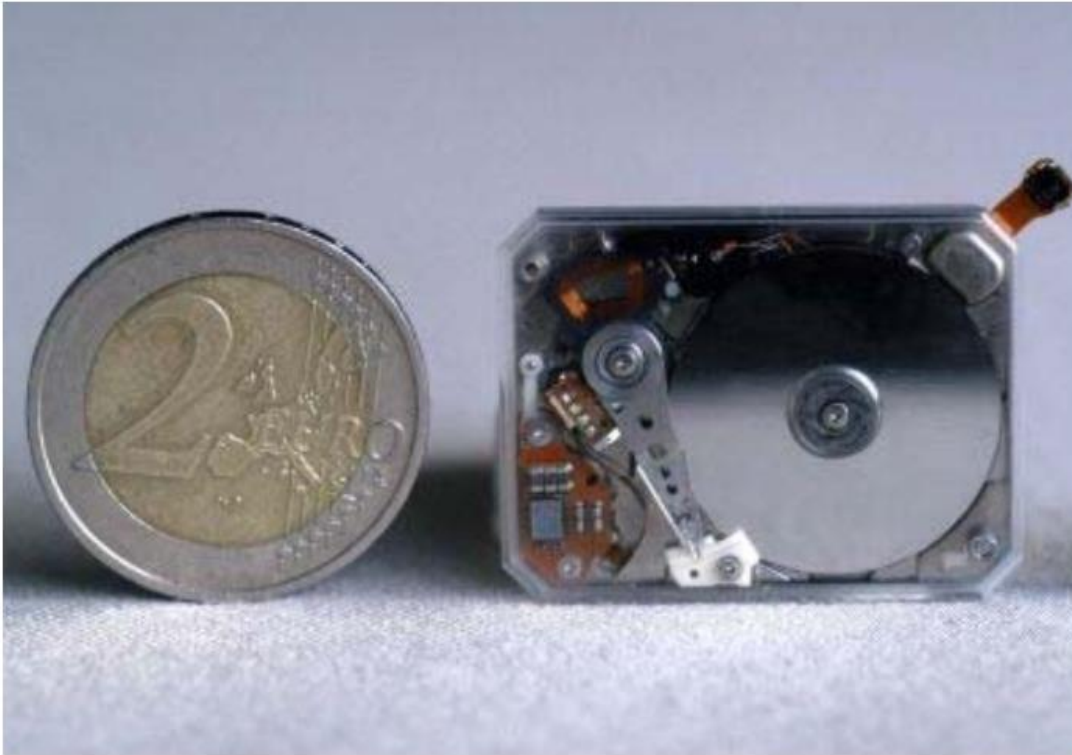


Fig.2.1.: This miniaturized 0,85 inch hard disk drive stores up to 4 GB of data.
Courtesy of
Toshiba.