

Analiza aktivnosti u oblasti nanonauka i nanotehnologija u Srbiji na osnovu bibliometrijskih pokazatelja

MILICA ŠEVKUŠIĆ, DRAGAN USKOKOVIĆ,
Institut tehničkih nauka SANU, Beograd

Originalni naučni rad
UDC:

U radu je dat preliminarni presek trenutnog stanja u oblasti nanonauka i nanotehnologija u Srbiji na osnovu uporedne bibliometrijske analize naučnih radova koji u naslovu, apstraktu, ključnim rečima ili naslovu matične publikacije u kojoj su objavljeni sadrže reč ili prefiks „nano“, publikovanih u periodu od 1996. do sredine avgusta 2009. godine u međunarodnim časopisima i monografskim serijama indeksiranim u bazama podataka Scopus i Web of Knowledge, u kojima se kod bar jednog autora pod „afilijacija“ navodi neka naučna institucija iz Srbije. Analizirali smo sledeće bibliometrijske pokazatelje: broj i citiranost radova, distribuciju radova po godini objavljivanja, tipu publikacije, oblastima istraživanja, matičnim publikacijama u kojima su objavljeni, institucijama u kojima su zaposleni autori radova i po autorima radova. Posebno smo se osvrnuli na najznačajnije konferencije na kojima su predstavljeni radovi obuhvaćeni ovom analizom i projekte koje finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Ključne reči: bibliometrijska analiza, nanonauka i nanotehnologija, Srbija

1. UVOD

Nanotehnologija predstavlja primenu naučnih i inženjerskih principa u cilju dizajniranja materijala na atomskoj i molekularnoj skali između, uslovno rečeno, 1 i 100 nanometara, gde kreiranje jedinstvenih fenomena omogućava nastajanje novih svojstava i njihovu primenu. Objedinjavanje nauke, inženjerstva i tehnologije na nano nivou uključuje posmatranje, merenje, modelovanje i rukovanje materijalom na nanometarskoj skali. (Nanometar je milijarditi deo metra. Debljina lista papira je oko 100.000 nanometara, dok je atom zlata prečnika trećine nanometra.) Na ovom nivou mogu nastati neobična fizička, hemijska i biološka svojstva koja se znatno razlikuju od odgovarajućih osobina materijala čije kritične dimenzije (npr. velicina zrna) dosežu preko gornje granice gore definisanih nanodimenzija.

Postoji niz primera pojava koje danas svrstavamo u oblast nanotehnologija, a koje su bile poznate pre više od pedeset godina. Koloidno zlato je odavno korišćeno za bojenje stakla i keramike, a tek je sa razvojem visokorezolucione mikroskopije utvrđeno da su njegove dimenzije često na nano skali. Prvu definiciju pojma „nanotehnologija“ dao je Norio Taniguči (Norio Taniguchi), profesor Univerziteta u Tokiju, 1974. godine [1]. Tokom osamdesetih godina

XX veka ovu ideju naročito promovio Erik Drexler (Eric Drexler) u knjizi *Engines of Creation: the Coming Era of Nanotechnology* [2]. Nanotehnologije u formi u kojoj ih danas poznajemo počele su da se razvijaju pre dvadesetak godina, kada su se nauka i inženjerstvo proširili i fokusirali na istraživanja na ovom nivou, dolazeći do njega sa donje i gornje strane. Pri kraju prošlog stoleća, kroz organizovanje različitih konferencija, radove u časopisima, doktorske i magistarske programe, to je uhvatilo maha, da bi najpre u Americi 2001. godine, a nakon toga u drugim zemljama bile pokrenute Nacionalne nanotehnološke inicijative kao koordinirane akcije koje će dovesti do revolucije u tehnologiji i industriji za dobrobit društvene zajednice [3–4]. Upravo u to vreme pojavljuju se novi časopisi koji u naslovu sadrže prefiks „nano“, specijalizovani za ovu oblast¹⁾, i organizuje se veliki broj konferencija posvećenih nanonaukama i nanotehnologijama²⁾.

¹⁾ U istraživanju koje su T. Braun, S. Zsindely, I. Dióspatonyi, I. E. Zádor [27] objavili u časopisu *Scientometrics*, a koje se odnosi na period do kraja 2005. godine, identifikovano je i analizirano 16 međunarodnih časopisa koji u naslovu sadrže „nano“ (od kojih su samo četiri pokrenuta pre 2000. godine). U ovom trenutku *Science Citation Index* indeksira 29 časopisa, a *Scopus* 47 takvih časopisa i dve monografske serije.

²⁾ U bazi *Conference Proceedings Citation Index – Science* pronašli smo 52.145 radova ili apstrakata sa konferencija (organizovanih od 2001. godine do danas) koje u naslovu sadrže reč ili prefiks „nano“.

Adresa autora: Institut tehničkih nauka SANU,
Beograd, Knez Mihailova 35
Rad primljen: 14. 09. 2009.

I kod nas se od kraja šezdesetih i tokom sedamdesetih godina prošlog stoleća istražuju oblasti kod kojih se proučava dizajniranje procesa sinteze i strukture na atomskoj i molekularskoj skali, a koje se danas svrstavaju u nanotehnologije. To su kvantne čestice, hemija površina, koloidne čestice, tanki filmovi (Institut za nuklearne nauke „Vinča“), sinterovanje aktivnih prahova i aktivirano sinterovanje (INN „Vinča“ i Institut tehničkih nauka SANU), elektrokataliza (Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd), superrešetke (Elektrotehnički fakultet u Beogradu). I pored nekih pokušaja da se kod nas ustanovi nacionalna nanotehnološka inicijativa, ili, drugim rečima, koordinirani istraživački program u oblasti nanotehnologija, u tome se nije uspelo, tako da su se nanonauke i nanotehnologije razvijale u okviru individualnih programa. Cilj ovog članka je da se na osnovu bibliometrijskih indikatora načini preliminarna analiza trenutnog stanja u oblasti nanonauka i nanotehnologija u Srbiji kako bi se utvrdili okviri dosadašnje naučne produkcije i identifikovali glavni tokovi i nosioci razvoja u ovoj oblasti.

2. METODOLOGIJA

Podaci koji će biti izneseni u ovom radu rezultat su uporedne bibliometrijske analize naučnih radova koji u naslovu, apstraktu, ključnim rečima ili naslovu matične publikacije u kojoj su objavljeni sadrže reč ili prefiks „nano“, publikovanih u periodu od 1996. odnosno 1994. godine, do sredine avgusta 2009. godine u međunarodnim časopisima i monografskim serijama indeksiranim u bazama podataka *Scopus* i *Web of Knowledge*, u kojima se kod bar jednog autora pod „afilijacija“ navodi neka naučna institucija iz Srbije.

2.1 Prikupljanje podataka

Prva faza prikupljanja podataka podrazumevala je pretraživanje pomenutih indeksnih baza postavljanjem složenog upita (*Advanced Search*). Iako uporedne analize baza podataka *Scopus* i *Web of Knowledge* ukazuju na velika preklapanja u pokrivenosti oblasti istraživanja relevantnih za našu analizu i na visoku korelaciju broja radova i broja citata [5–9], zbog različitih principa indeksiranja kriterijumi pretraživanja su se donekle razlikovali. Naime, u klasifikaciji oblasti istraživanja koju koristi *Web of Knowledge* „Nanoscience & Nanotechnology“ postoji kao posebna oblast, što u *Scopusu* nije slučaj. Pored toga, u bazi podataka *Web of Knowledge* postoji mogućnost pretraživanja po temi rada – „Topic“, kada se zadati termin traži u polju naslova rada, apstrakta, ključnih reči koje su definisali autori rada i ključnih reči koje je određenom radu prilikom indeksiranja pripisao *Thomson Reuters* a na osnovu termina koji se najčešće pominju u citiranim referencama (*KeyWords Plus*[®]). *Scopus* takođe koristi dve vrste ključ-

nih reči: one koje su definisali sami autori i ključne reči iz indeksa, odnosno kontrolisanog rečnika ili tezaurusa, pripisane određenom radu prilikom obrade podataka na osnovu njegovog sadržaja. U *Scopusu*, međutim, ima radova kod kojih su oba polja za ključne reči još uvek prazna.

Polazeći od ovih razlika, kriterijume pretraživanja definisali smo na sledeći način:

Radovi iz *Scopus*a morali su da zadovolje sledeće kriterijume:

1. da sadrže reč ili prefiks „nano“ u naslovu, apstraktu ili ključnim rečima rada (TITLE-ABS-KEY) ili naslovu matične publikacije (SRCTITLE);
2. da bar jedan autor kao matičnu ustanovu navodi neku od naučnih institucija sa teritorije Republike Srbije; s obzirom na složena politička dešavanja tokom perioda za koji je analiza rađena kao kriterijumi za pretraživanje u polju „AFFIL-COUNTRY“ uneseni su pojmovi „Yugoslavia“, „Serbia and Montenegro“ i „Serbia“;
 - imajući u vidu činjenicu da u određenom broju radova nije naveden naziv države, u upit su uključena i imena gradova u kojima se nalaze značajniji istraživački centri – Beograd, Novi Sad, Niš, Kragujevac, Čačak, Leskovac itd.;
 - iz liste pogodaka isključeni su radovi kod kojih se među adresama autora navode samo institucije sa teritorije Crne Gore;
 - u obzir smo uzeli i radove kod kojih su pored adrese domaće institucije autori kao afilijaciju naveli i adresu neke strane naučne institucije;
3. činjenica da se tokom 1993. godine u adresama institucija iz republika bivše Jugoslavije koje nisu ušle u sastav SR Jugoslavije još uvek sporadično pojavljuje ovaj pojam, unekoliko je odredila donji vremenski prag za našu analizu – 1994. godinu; s obzirom da Akademska mreža Srbije ima ograničen pristup podacima *Web of Knowledge* – od 1996. godine do danas, te da *Scopus* beleži citate samo od 1996. godine, poređenje između dve baze vršeno je samo za taj vremenski period – podatke iz *Scopus*a za 1994. i 1995. godinu dali smo samo radi potpunijeg uvida u razvoj oblasti nanonauka i nanotehnologija u Srbiji.

Radovi iz baze *Web of Knowledge* morali su da zadovolje sledeće uslove:

1. da sadrže reč ili prefiks „nano“ u naslovu rada, naslovu matične publikacije ili , u temi rada (*Topic*);
2. da bar jedan autor kao matičnu ustanovu navodi neku od naučnih institucija sa teritorije Republike Srbije;

3. pretraživanjem su bile obuhvaćene baze *Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)* – 1996 – present i *Conference Proceedings Citation Index – Science (CPCI-S)* – 2001 – present.

U oba slučaja pretraživanje je bilo ograničeno na originalne naučne radove objavljene u časopisima, pregledne članke i saopštenja sa konferencija objavljena u celosti u zbornicima ili časopisima. Svi radovi obuhvaćeni analizom objavljeni su na engleskom jeziku.

Nakon pretraživanja, iz liste pogodaka (*Scopus*: 710 od 1994, odnosno 706 od 1669; *Web of Knowledge*: 738) isključeni su radovi kod kojih se u pretraživanim poljima nalaze termini koji sadrže prefiks „nano“ (nanogram, nanosecond, nanoliter, nanomolar) ili izrazi koje pretraživač prepoznaje kao „nano“ (NaNO₂, NaNO₃), a koji su u ranijim sličnim istraživanjima ocenjeni kao irelevantni i eliminisani iz korpusa koji se dalje analizira [10–11] – ukupno 17 (2,39%) iz *Scopusa*, a 15 (2,03%) iz baze *Web of Knowledge*.

Treba napomenuti da zadati parametri pretraživanja, pa i analiza koja proističe iz tako prikupljenih podataka, imaju jedno formalno ograničenje terminološke prirode: u obzir su uzeti samo oni radovi u kojima se u naslovu, apstraktu, ključnim rečima ili nazivu matične publikacije eksplicitno pominje pojam „nano“. Kao što je u uvodu navedeno, termini kao što su nanonauka ili nanotehnologija pojavljuju se i ulaze u upotrebu relativno kasno kao odraz svesti o potrebi da se srodna istraživanja submikronskih fenomena povežu u jedan multidisciplinarni okvir. Uključivanje radova koji se bave nekim od gore navedenih problema koji spadaju u „nano“ fenomene znatno bi pomerilo donji vremenski prag, a time bismo, kao što je već napomenuto, došli u situaciju da baratamo nepotpunim i nedovoljno pouzdanim podacima. I u novijoj literaturi može se naći znatan broj radova koji ne zadovoljavaju kriterijume našeg pretraživanja, a bave se fenomenima na nano skali. Istraživanje koje bi se bavilo takvim radovima zahtevalo bi detaljniju analizu njihovog sadržaja. Takva istraživanja [11–15], pored neograničenog pristupa podacima iz korišćenih baza podataka, podrazumevaju savršenije alate, kompleksniju metodologiju i veći tim saradnika. S druge strane, ako pretpostavimo da korišćenje određenog termina u naslovu i drugim delovima rada koji se indeksiraju od strane specijalizovanih servisa namenjenih naučnicima podrazumeva i svest o ukupnom karakteru fenomena koji se iza njega krije, moglo bi se reći da naša analiza posredno ukazuje i na puteve razvoja potrebe da se domaća istraživanja uklope u svetske trendove prihvatanjem novouspostavljenih, širih i složenijih, okvira i ciljeva istraživanja. Ovde svakako treba napomenuti da činjenica da je pojavljivanje termina „nano“ u naslovu matične publikacije uzeto kao jedan

od kriterijuma prilikom pretraživanja nije uticala na dobijene rezultate.

2.2 Analiza podataka

Pretraživanje u *Scopusu* (od 1994) dalo je 692 pogotka, odnosno 689 (od 1996), a u bazi *Web of Knowledge* (od 1996) 723. Rezultati pretraživanja preuzeti su u XML ili TXT formatu i dalje su obrađivani u odgovarajućim bazama podataka urađenim u programima MS Access i MS Excel.

Analizirali smo sledeće bibliometrijske pokazatelje: broj i citiranost radova, distribuciju radova po godini objavljivanja, tipu publikacije, oblastima istraživanja, matičnim publikacijama u kojima su objavljeni, institucijama u kojima su zaposleni autori radova i po autorima radova. Pored toga, posebno smo se osvrnuli na najznačajnije konferencije na kojima su predstavljeni radovi obuhvaćeni ovom analizom i projekte koje finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije. Rezultati analize tabelarno su prikazani. Pre nego što pređemo na prikaz rezultata, treba napomenuti da je pregled po oblastima istraživanja dat u skladu sa klasifikacijama koje koriste *Scopus* u *Web of Knowledge* i da su se zato pojedini radovi našli u više kategorija. Iz tog razloga zbir radova u ovoj tabeli veći je od ukupnog broja radova obuhvaćenih analizom. S obzirom da autori jednog rada vrlo često dolaze iz različitih institucija, sličnu situaciju imali smo i prilikom analize distribucije radova po institucijama.

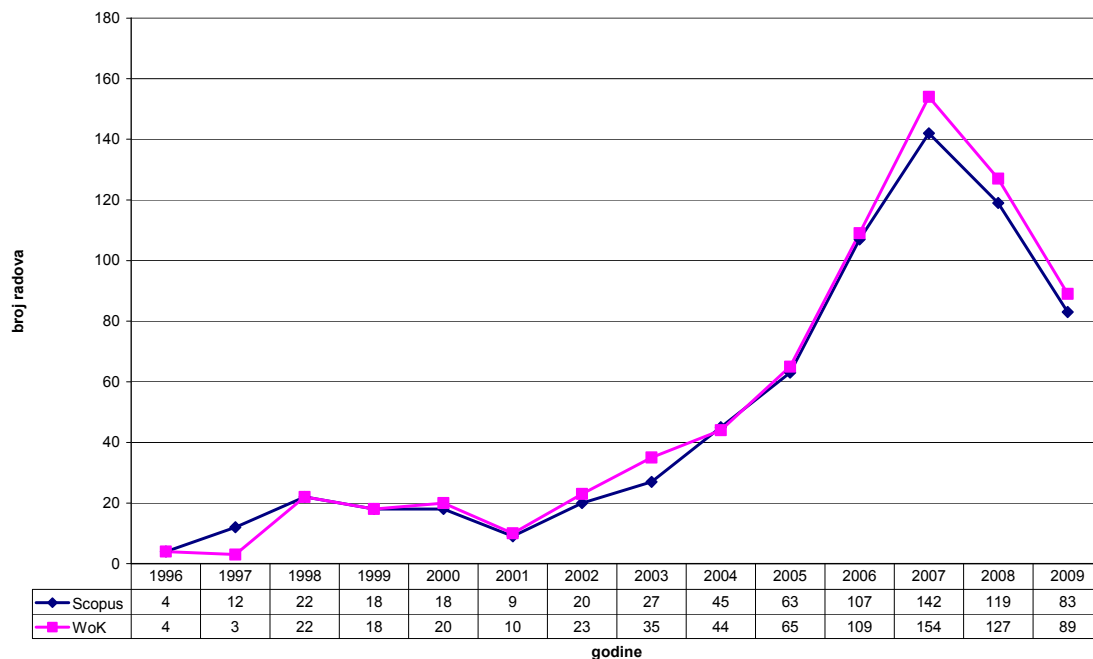
3. REZULTATI ANALIZE

3.1 Rezultati pretraživanja baza *Scopus* i *Web of Knowledge*

U želji da proverimo stepen podudarnosti, rezultate pretraživanja baza *Scopus* i *Web of Knowledge* za period od 1996. godine do danas objedinili smo u zajedničku bazu podataka, što nam je omogućilo da identifikujemo radove koji se nalaze u obe baze – takvih radova je 607, što čini 88,09% radova iz *Scopusa*, odnosno 83,95% radova iz baze *Web of Knowledge*. Razliku skupova čini 116 radova (16,04%) iz baze *Web of Knowledge* kojih nema u *Scopusu* i 82 rada (11,9%) iz *Scopusa* kojih nema među rezultatima dobijenim iz baze *Web of Knowledge* – ukupno 198. Treba imati u vidu da je 29 radova iz te grupe objavljeno 2009. godine, te da njihovo nepojavljivanje u jednoj od baza podataka ima veze sa ritmom ažuriranja. Osim toga, 11 radova je iz časopisa *Science of Sintering*, koji još uvek nije u potpunosti indeksiran u *Scopusu* (nedostaju podaci za period 2007–2009), 14 iz časopisa *Hemijska industrija*, a 10 iz zbornika *Applied Physics in Serbia* (koje *Scopus* ne pokriva). Ove razlike su, kao što ćemo kasnije videti, bitnije uticale na rangiranje institucija u našoj analizi.

3.2 Broj i citiranost radova

Na slici 1 prikazan je broj radova u oblasti nanonauka i nanotehnologija u Srbiji od 1996. godine, do sredine avgusta 2009. prema podacima iz *Scopus* i baze *Web of Knowledge*. U oba slučaja uočava se kontinuirani rast, posebno izražen počev od 2002. godine, kada je publikovano 20 radova, odnosno 23 (*WoK*); 2008. godine odštampano je 119, odnosno 127 radova. Ukupan broj radova iz *Scopus* koji zadovoljavaju kriterijume našeg pretraživanja od 1996. godine jeste 689, a 409 radova (59,36%) ima bar jedan citat. Ukupan broj citata je 3450 uključujući autocitate, odnosno 2450 ne računajući autocitate, tako da je prosečan broj citata po radu 5 (sa autocitaima), odnosno 3,55 (bez autocitata), a *h*-indeks 26, odnosno 20³⁾. Četiri rada objavljena tokom 1994. i 1995. imaju 68 citata. Od 723 rada iz baze *Web of Knowledge*, 434 ima bar jedan citat; ukupan broj citata je 3250 sa autocitaima (*h*-indeks 24), odnosno 2209 bez autocitata; prosečan broj citata po radu je 4,49, odnosno 3,05 bez autocitata.



Slika 1 - Broj radova iz oblasti nanonauka i nanotehnologija u Srbiji od 1994. do avgusta 2009. godine u *Scopus* i *Web of Knowledge*

Prosečna godišnja stopa rasta broja naučnih radova u oblasti nanonauka i nanotehnologija u Srbiji za poslednjih deset godina (1999–2008) iznosi 23,35%, prema *Scopus*, odnosno 24,25% prema podacima iz baze *Web of Knowledge*, i znatno je veća od prosečne godišnje stope rasta broja naučnih publikacija u obla-

sti prirodnih i tehničkih nauka za isti period (9%, prema *Scopus*; 12,48% prema *WoK*).

Koristeći formulu:

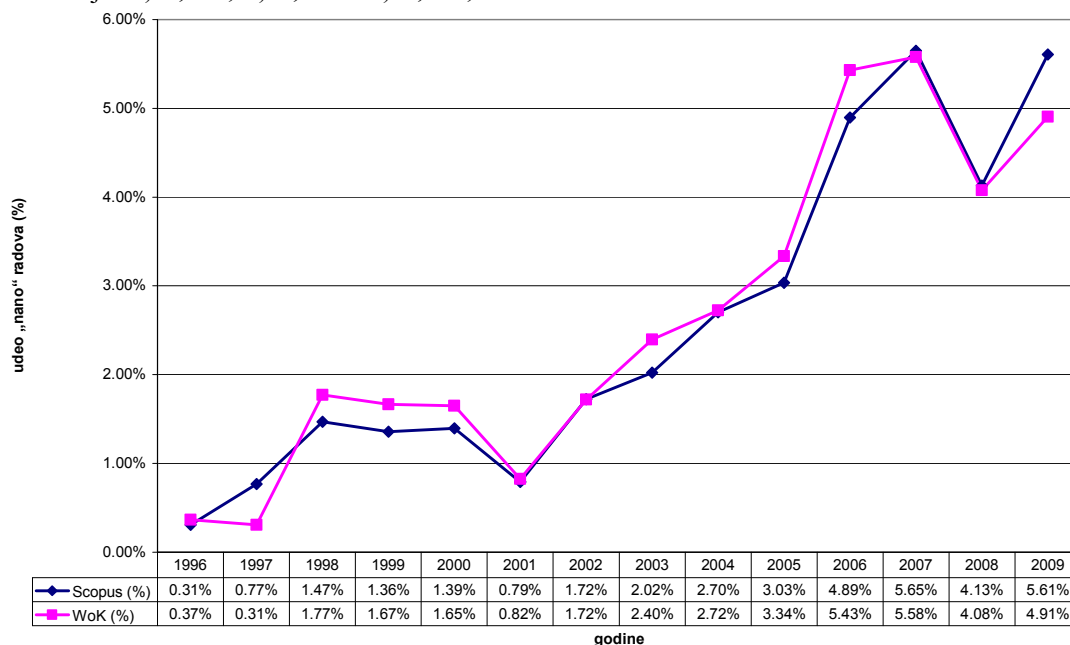
$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

gde je: $n=14$, X = broj radova u bazi *Web of Knowledge*, a Y = broj radova iz *Scopus*, izračunali smo i korelacije između podataka dobijenih iz ove dve baze za 1) ukupan broj radova iz prirodnih i

³⁾ Iako *h*-indeks pokazuje odnos između produktivnosti i naučnog uticaja (merenog brojem citata) pojedinca [28], mogu se zapaziti i pokušaji izračunavanja *h*-indeksa za istraživačke timove ili čitave države [24].

tehničkih nauka; 2) broj radova iz oblasti nanonauka i nanotehnologija i 3) udeo radova iz oblasti nanonauka i nanotehnologija u ukupnoj naučnoj produkciji iz prirodnih i tehničkih nauka. Dobijene su visoke korelacije: 1) 0,924; 2) 0,997 i 3) 0,983; one

se u velikoj meri podudaraju sa rezultatima koje su u upoređivanju bibliometrijskih statistika iz baza *Web of Knowledge* i *Scopus* Archambault et al. [9] dobili na daleko većem i sveobuhvatnijem uzorku.

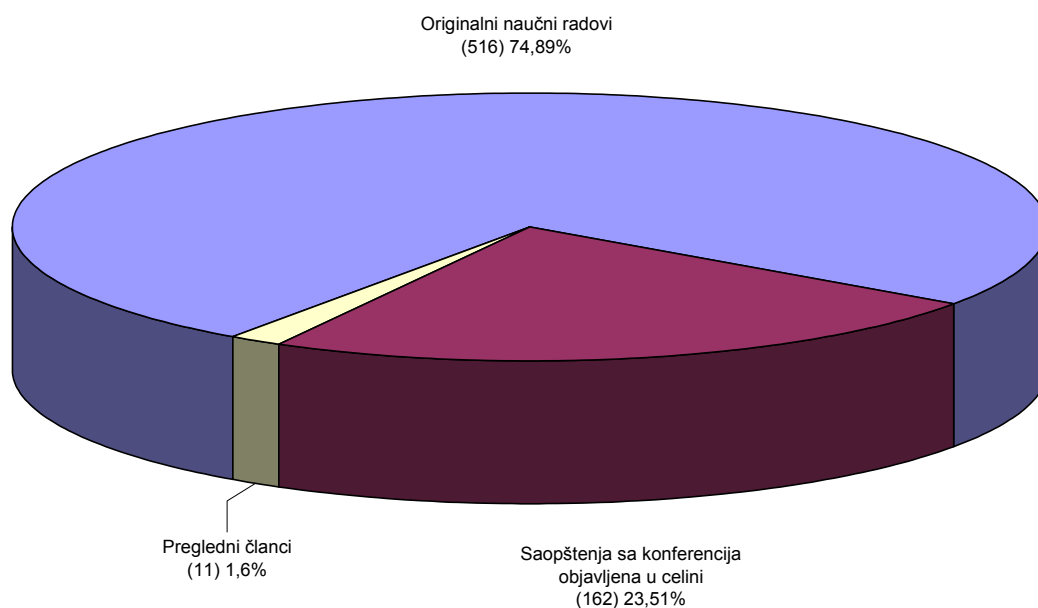


Slika 2 - Udeo (u %) radova iz oblasti nanonauka i nanotehnologija u korpusu naučnih radova iz oblasti prirodnih i tehničkih nauka, po godinama (izvori: Scopus i Web of Knowledge)

3.3 Struktura produkcije

Kao što je već pomenuto, prilikom definisanja korpusa radova koji će biti podvrgnuti analizi u obzir smo uzeli tri tipa dokumenata: originalne naučne radove, saopštenja sa konferencija objavljena u celini i pregledne članke, onako kako su indeksirani u ove dve baze podataka. Prema podacima iz obe baze, ori-

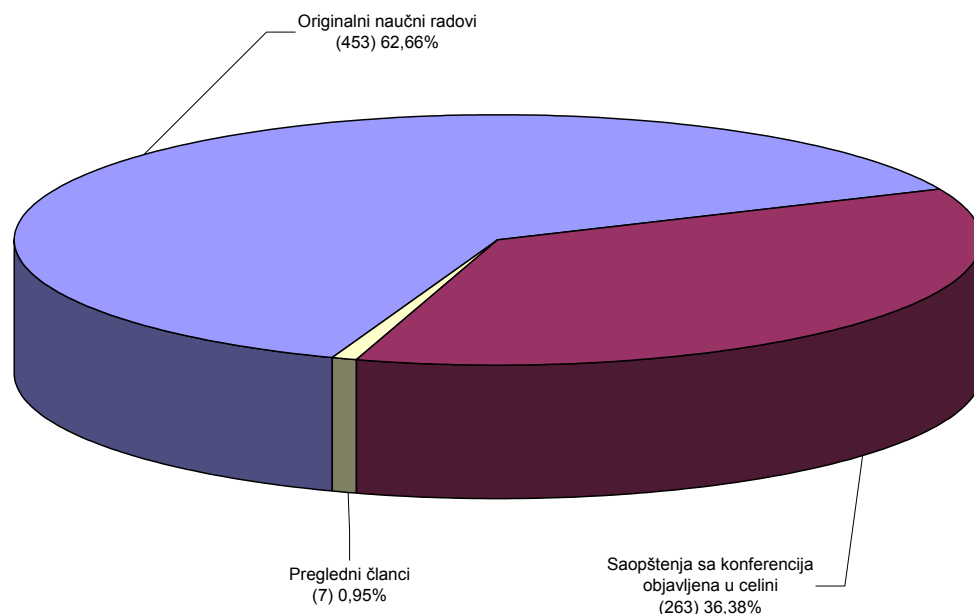
ginalni naučni radovi čine više od 60% ukupne naučne produkcije u oblasti nanonauka i nanotehnologija u Srbiji. Međutim, zbog razlike u indeksiranju saopštenja sa konferencija podaci iz ove dve baze daju bitno različitu sliku o strukturi naučne produkcije (slike 3 i 4).



Slika 3 - Struktura naučne produkcije u oblasti nanonauka i nanotehnologija u Srbiji (izvor: Scopus)

Naime, uvođenjem baze *Conference Proceedings Citation Index, Thomson Reuters* je sva saopštenja sa konferencija, pa i ona objavljena u časopisima, počeo da tretira kao „Conference Paper“, dok je broj takvih radova u *Scopusu* relativno mali. Od 256 radova iz baze *Web of Knowledge* koji su se našli u kategoriji saopštenja sa konferencija, 199 (46,48%) je objavljeno

u časopisima. Međutim, s punim pravom možemo reći da podaci iz baze *Web of Knowledge* daju precizniju i potpuniju sliku o strukturi naučne produkcije u Srbiji: nešto više od trećine svih radova iz oblasti nanonauka i nanotehnologija pre objavljivanja saopšteno je na nekoj konferenciji.



Slika 4. Struktura naučne produkcije u oblasti nanonauka i nanotehnologija u Srbiji (izvor: *Web of Knowledge*)

3.4 Distribucija radova po oblastima istraživanja

Distribucija radova po oblastima istraživanja data je u tabelama 1 (za radove iz *Scopusa*) i 2 (za radove iz baze *Web of Knowledge*) za period od 1996. godine do danas. Ove dve baze koriste različite sisteme predmetne klasifikacije, a u oba slučaja klasifikacija se vrši tako što se časopisi kao celine razvrstavaju u predmetne kategorije, s tim da se jedan časopis može naći u više kategorija. Zbir broja radova iz *Scopusa* po oblastima (1154) veći je od ukupnog broja radova obuhvaćenih analizom (689) za 67,49%. Prema analizi Bosman et al. [5], koja se odnosila na sve oblasti istraživanja, zbir broja radova po oblastima veći je za oko 30% od ukupnog broja radova. Znatna razlika između ovih i naših rezultata ukazuje na multidisciplinarni karakter časopisa u kojima se objavljuju radovi iz oblasti nanonauka i nanotehnologija, a posredno i na multidisciplinarni karakter samih radova iz ovih oblasti. U bazi *Web of Knowledge* zbir radova po oblastima veći je od ukupnog broja radova obuhvaćenih našom analizom za 65,62%. Imajući u vidu preliminarni karakter ove analize, nismo vršili naknadna ujednačavanja kojima bi se dobijeni rezultati iz obe baze podvrgli zajedničkom, opštijem sistemu predmetne klasifikacije. Osim toga, da bi se dobio potpuni uvid u tematsku raznovrsnost radova iz oblasti nanonauka, trebalo bi izvršiti klasifikaciju samih

radova, a ne časopisa. Drugim rečima, rezultate koje smo ovde izneli treba uzeti sa rezervom zato što smo za potrebe analize pretpostavili da se tematska klasifikacija časopisa u kojima su radovi objavljeni podudara sa tematskom klasifikacijom samih radova.

Tri najzastupljenije šire oblasti istraživanja u našem uzorku iz obe baze jesu: nauka o materijalima, fizika i hemija. Na vrhu obe liste (tabele 1 i 2) nalazi se nauka o materijalima: u *Scopusu* kao šira oblast, sa 421 rad, a u *Web of Knowledge* kao podoblast „multidisciplinarna nauka o materijalima“, sa 253 rada.

Tabela 1 - Distribucija radova po oblastima istraživanja (izvor: *Scopus*)

Oblast istraživanja	Broj radova
Nauka o materijalima	421
Fizika i astronomija	282
Hemija	153
Inženjerstvo	107
Hemijska tehnologija	56
Biohemija, genetika i molekularna biologija	29
Računarstvo	22
Medicina	17
Matematika	17
Farmakologija, toksikologija i farmacija	14
Energetika	9
Poljoprivreda i biološke nauke	5

Tabela 2 - Distribucija radova po oblastima istraživanja (izvor: Web of Knowledge)

Oblast istraživanja	Broj radova
Nauka o materijalima, multidisciplinarna	253
Fizika čvrstog stanja	129
Fizika, primenjena	117
Hemija, fizička	88
Hemija, multidisciplinarna	60
Nauka o materijalima, keramika	61
Nanonauka i nanotehnologija	58
Metalurgija	48
Optika	47
Fizika, multidisciplinarna	35
Elektrotehnika i elektronika	32
Elektrohemijska	29
Fizika, atomska, molekularna i hemijska	26
Hemijska tehnologija	24
Nauka o materijalima, prevlake i filmovi	22
Polimeri	20
Merni uređaji	15
Hemija, analitička	13
Nauka o materijalima, biomaterijali	13
Inženjerstvo, multidisciplinarno	11
Nuklearna nauka i tehnologija	11
Fizika, matematička	11
Fizika, nuklearna	10
Energetika i goriva	8
Inženjerstvo, biomedicinsko	8
Mikroskopija	8
Farmakologija i farmacija	8
Biofizika	6
Hemija, neorganska i nuklearna	6
Kristalografija	5
Nauka o materijalima, karakterizacija i ispitivanje	5

3.5 Distribucija radova po časopisima / monografskim serijama

Radovi obuhvaćeni ovom analizom objavljeni su u 216 (prema *Scopusu*), odnosno 218 (prema *WoK*), časopisa ili monografskih serija, pri čemu je u 13 (6,02%; *Scopus*), odnosno 14 (6,42%; *WoK*), časopisa/serija objavljeno po 10 ili više radova, u 23 (10,65%; *Scopus*), odnosno 26 (11,93%; *WoK*) između 5 i 9 radova, a u 180 (83,33%; *Scopus*), odnosno 178 (81,65%; *WoK*), manje od 5 radova. Publikacije u kojima je objavljen samo po jedan rad (*Scopus*: 118; *WoK*: 122) čine 54,63%, odnosno 54,13% ukupnog broja matičnih publikacija. U tabelama 3 i 4 dajemo pregled 20 najzastupljenijih matičnih publikacija.

Tabela 3 - Distribucija radova po časopisima / monografskim serijama – 20 matičnih publikacija sa najvećim brojem radova (izvor: Scopus)

Časopis / monografska serija	Broj radova
Materials Science Forum	92
Journal of the Serbian Chemical Society	23
Journal of Optoelectronics and Advanced Materials	18
Physical Review B – Condensed Matter and Materials Physics	19
Acta Physica Polonica A	18
Journal of Alloys and Compounds	14
Journal of the European Ceramic Society	14
Applied Surface Science	11
Journal of Computational and Theoretical Nanoscience	11
Journal of Physics Condensed Matter	11
Solid State Communications	11
Proceedings of the International Conference on Microelectronics	10
Nanotechnology	10
Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures	9
Ceramics International	8
Journal of Microscopy	8
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	8
Materials Letters	7
2008 26th International Conference on Microelectronics, Proceedings, MIEL 2008'	7
AIP Conference Proceedings	7

Po broju članaka prednjači *Materials Science Forum*, monografska serija u kojoj su štampana 92 članka (13,35% od ukupnog broja radova sa prefiksom „nano“, prema *Scopusu*), odnosno 91 članak (12,59%, prema *WoK*). To je posledica činjenice da su praktično od prve konferencije Društva za istraživanje materijala, YUCOMAT 1995, zbornici radova štampani u seriji *Materials Science Forum* izdavačke kuće *Trans Tech Publications* iz Ciriha. Pored toga, od druge YUCOMAT konferencije, 1997, jedan od simpozijuma posvećen je nanomaterijalima. Po slobodnoj proceni, do sada je stotinak učesnika govorilo o nanomaterijalima i nanotehnologijama i popularizovalo ovu temu na YUCOMAT konferencijama.

S pravom se može reći da su ove sinhronizovane akcije udarile temelje nanonaukama i nanotehnologijama. Tabela 5, u kojoj je dat pregled broja radova sa prefiksom „nano“ u zbornicima sa YUCOMAT konferencija objavljenim u seriji *Materials Science Forum*, pokazuje da radovi sa YUCOMAT-a čine 95,65% (*Scopus*), odnosno 92,31% (*WoK*), svih radova obuhvaćenih našom analizom koji su objavljeni u ovoj monografskoj seriji.

Tabela 4 - Distribucija radova po časopisima / monografskim serijama – 20 matičnih publikacija sa najvećim brojem radova (izvor: Web of Knowledge)

Časopis / monografska serija	Broj radova
Materials Science Forum	91
Journal of the Serbian Chemical Society	29
Journal of Optoelectronics and Advanced Materials	20
Physical Review B	20
Science of Sintering	19
Journal of the European Ceramic Society	17
Journal of Alloys and Compounds	16
Hemijska industrija	14
Applied Surface Science	12

Acta Physica Polonica A	11
Journal of Physics-Condensed Matter	11
Nanotechnology	11
Solid State Communications	11
AIP Conference Proceedings	10
Ceramics International	8
Electrochimica Acta	8
Nuclear Instruments & Methods In Physics Research Section B-Beam Interactions With Materials And Atoms	8
2006 25th International Conference on Microelectronics, Vols 1 and 2, Proceedings	7
Journal of Physical Chemistry B	7
Materials Chemistry and Physics	7

Tabela 5 - Radovi sa YUCOMAT konferencija iz oblasti nanonauka i nanotehnologija objavljeni u monografskoj seriji Materials Science Forum

Zbornik radova sa YUCOMAT konferencije	Broj radova	
	Scopus	WOK
Recent Developments in Advanced Materials and Processes: YUCOMAT VII, MSF 518 (2006)	22	22
Research Trends in Contemporary Materials Science: YUCOMAT VIII, MSF 555 (2007)	22	21
Current Research in Advanced Materials and Processes: YUCOMAT 2004, MSF 494 (2005)	12	12
Advanced materials and processes. YUCOMAT II, MSF 282–283 (1998)	9	8
Contemporary Studies in Advanced Materials and Processes: YUCOMAT IV, MSF 413 (2002)	7	7
Progress in Advanced Materials and Processes: YUCOMAT V, MSF 453–454 (2004)	8	6
Trends in Advanced Materials and Processes: YUCOMAT III, MSF 352 (2000)	6	6
Advanced Materials for High Technology Applications: YU ADVA MAT 95, MSF 214 (1996)	2	2
Ukupno	88	84

3.6 Konferencije

Na značaj konferencije Društva za istraživanje materijala Srbije ukazuje i tabela 6, u kojoj je dat pregled 15 najznačajnijih konferencija na kojima su saopšteni radovi obuhvaćeni našom analizom, urađena na osnovu podataka iz baze *Conference Proceedings Citation Index*, sastavnog dela servisa *Web of Knowledge*. Na prvom mestu je YUCOMAT sa 89 objavljenih radova (uključujući i radove koji nisu objavljeni u seriji *Materials Science Forum*), što čini

33,84% od ukupnog broja saopštenja sa konferencija (263). Zapažamo, takođe, da prvih pet mesta na listi popunjavanju konferencije koje organizuju domaće institucije ili domaći ogranci međunarodnih organizacija (IEEE Serbia and Montenegro Section), kao i da se Institut tehničkih nauka SANU pojavljuje kao organizator ili suorganizator dve konferencije iz samog vrha liste – YUCOMAT-a i Konferencije mladih istraživača.

Tabela 6 - Konferencije na kojima su saopšteni radovi iz oblasti nanonauka i nanotehnologija obuhvaćeni našom analizom – 15 najznačajnijih (izvor: Web of Knowledge)

Konferencija	Broj radova
YUCOMAT (Društvo za istraživanje materijala Srbije, ITN SANU)	89
MIEL – International Conference on Microelectronics (IEEE Serbia and Montenegro Section)	15
Conference of Young Researchers (ITN SANU)	10
Conference on Applied Physics in Serbia (SANU)	8
ICOM – International Conference on Physics of Optical Materials and Devices (INN „Vinča“)	7
International Conference on Electroceramics	7
International Conference on Micro- and Nano-Engineering	6
International Conference of the Balkan Physical Union	6

ISMANAM – International Symposium on Metastable and Nano-Materials	4
ISCOM – International School and Conference on Optics and Optical Materials (Institut za fiziku, Fizički fakultet u Beogradu, INN „Vinča“, Elektrotehnički fakultet u Beogradu)	4
Conference and Exhibition of the European-Ceramic-Society	4
PHONONS – International Conference on Phonon Scattering in Condensed Matter	3
International Workshop and Summer School on Nanoscience and Nanotechnology	3
International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry (Društvo fizikohemičara Srbije)	3
ELECTROCERAMICS – International Conference on Electronic Ceramics and their Applications	3

3.7 Distribucija radova po institucijama

Za potrebe ove preliminarne analize pokušali smo da utvrdimo ulogu (merenu brojem radova) i uticaj (meren brojem citata) naučnih institucija u Srbiji u razvoju nanonauka i nanotehnologija. Suočeni sa određenim tehničkim ograničenjima, ovom prilikom smo koristili samo rezultate dobijene iz *Scopus*, pa zato prikazane brojke treba uzeti sa rezervom. Ovaj segment analize bio je posebno komplikovan zato što su obe baze podataka nazivi institucija različito navođeni. Iako je *Scopus* još prošle godine uveo mogućnost pretraživanja po afilijaciji, čemu je svakako prethodilo ujednačavanje podataka u poljima koja se tiču adrese autora, u našem slučaju se pokazalo da takvo pretraživanje još uvek ne daje dovoljno pouzdane rezultate. To naročito važi za institute u sastavu Univerziteta u Beogradu – Institut za fiziku, Institut za multidisciplinarna istraživanja – ili Srpske akademije nauka i umetnosti; npr. Institut tehničkih nauka SANU: sve publikacije ovog instituta podvedene su pod afilijaciju „Srpska akademija nauka i umetnosti“, dok se Matematički institut SANU tretira kao posebna institucija. U našoj analizi, radovi saradnika pomenutih instituta izdvojeni su iz tih većih celina, tako da je Univerzitet u Beogradu raščlanjen na fakultete i institute, a i SANU, nakon izdvajanja radova saradnika Instituta tehničkih nauka SANU, svedena na radove nastale u okviru projekata koji se finansiraju iz Fonda za naučna istraživanja ove institucije. Da bi se izbeglo preterano usitnja-

vanje, univerziteti u Novom Sadu, Nišu i Kragujevcu tretirani su kao celine. Najveći naučnoistraživački institut u Srbiji – INN „Vinča“ posmatran je kao jedna celina zato što podaci kojima smo raspolagali nisu davali dovoljno materijala za pouzdano razvrstavanje radova po jedinicama koje čine ovaj institut.

U tabeli 7 dat je pregled institucija iz Srbije sa najvećim brojem radova iz oblasti nanonauka i nanotehnologija u periodu od 1994. do danas. Pored toga, dat je ukupan broj citata (od 1996) koje su dobili radovi pripisani svakoj instituciji, *h*-indeks i prosečan broj citata po radu. Najveći broj članaka publikovali su saradnici INN „Vinča“, najvećeg domaćeg naučnog instituta. Veoma visoko je pozicioniran Institut tehničkih nauka SANU, naročito kada se ima u vidu relativno mali broj istraživača koji rade u ovoj instituciji. Saradnici ovog instituta su publikovali prvi članak domaćih autora sa relevantnim prefiksom „nano“ koji se može naći u *Scopusu* [16], kao i prvi članak koji zadovoljava sve kriterijume pretraživanja koje je predstavljalo osnovu za našu analizu [17]. Najviši prosečan broj citata po radu ima Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu zahvaljujući jednom radu sa 184 citata (60,33% ukupnog broja citata koje su dobili radovi ove institucije uključeni u našu analizu) objavljenom u časopisu *Science*. Na isti način se može protumačiti i relativno visok prosečan broj citata Fizičkog fakulteta u Beogradu i Instituta za fiziku u Zemunu. U tabelama 9 i 10 dat je spisak radova sa najvećim brojem citata.

Tabela 7 - Distribucija radova po institucijama od 1994. godine do danas (izvor: *Scopus*)

Institucija	Broj radova	Broj citata	h-index	Prosečan broj citata
INN „Vinča“, Beograd	235	989	15	4,21
Univerzitet u Novom Sadu	85	279	8	3,93
Institut tehničkih nauka SANU, Beograd	82	424	11	5,17
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd	80	327	11	4,09
Institut za fiziku, Zemun	79	567	10	7,18
Fizički fakultet, Beograd	64	718	14	11,22
Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd	56	160	6	2,86
Institut za multidisciplinarna istraživanja, Beograd	55	232	8	4,22
Elektrotehnički fakultet, Beograd	44	87	5	1,98
Fakultet za fizičku hemiju, Beograd	35	190	6	5,43

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd	29	170	8	5,86
Hemijski fakultet u Beogradu	17	26	4	1,53
SANU	14	29	3	2,07
Medicinski fakultet u Beogradu	13	305	6	23,46
Univerzitet u Nišu	11	24	4	2,18
Univerzitet u Kragujevcu	9	48	5	5,33
Srbija (ukupno)	692	3518	26	5,08

Poređenja radi, a imajući u vidu razlike u pokrivenosti časopisa i konferencija, u Tabeli 8 dajemo pregled distribucije radova po institucijama urađen na osnovu podataka iz baze *Web of Knowledge*. Zapažamo značajne razlike u broju radova i rangiranju

sledećih institucija: Tehnološko-metalurškog fakulteta, Instituta za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Instituta za multidisciplinarna istraživanja. Te razlike se u velikoj meri mogu objasniti razlikama u pokrivenosti časopisa koje smo naveli u odeljku 3.1.

Tabela 8 - Distribucija radova po institucijama (izvor: *Web of Knowledge*)

Institucija	Broj radova
INN „Vinča“, Beograd	247
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd	96
Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd	93
Univerzitet u Novom Sadu	83
Institut tehničkih nauka SANU, Beograd	83
Institut za fiziku, Zemun	83
IMSI, Beograd	75
Fizički fakultet, Beograd	67
Fakultet za fizičku hemiju, Beograd	39
Elektrotehnički fakultet, Beograd	38
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd	27
Univerzitet u Kragujevcu	19
Hemijski fakultet u Beogradu	17
SANU	14
Medicinski fakultet u Beogradu	14
Univerzitet u Nišu	13
Srbija (ukupno)	723

Tabela 9 - Radovi sa najvećim brojem citata (izvor: *Scopus*)

Rad	Broj citata
Leibfried, D., DeMarco, B., Meyer, V., Lucas, D., Barrett, M., Britton, J., et al. (2003). Experimental demonstration of a robust, high-fidelity geometric two ion-qubit phase gate. <i>Nature</i> , 422(6930), 412-415.	312
Rustom, A., Saffrich, R., Markovic, I., Walther, P., & Gerdes, H. (2004). Nanotubular highways for intercellular organelle transport. <i>Science</i> , 303(5660), 1007-1010.	184
Damnjanović, M., Milošević, I., Vuković, T., & Sredanović, R. (1999). Full symmetry, optical activity, and potentials of single-wall and multiwall nanotubes. <i>Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics</i> , 60(4), 2728-2739.	143
Mbhele, Z. H., Salemane, M. G., Van Sittert, C. G. C. E., Nedeljković, J. M., Djoković, V., & Luyt, A. S. (2003). Fabrication and characterization of silver-polyvinyl alcohol nanocomposites. <i>Chemistry of Materials</i> , 15(26), 5019-5024.	106
Trchová, M., Sedenková, I., Konyushenko, E. N., Holler, J. S. P., & Ćirić-Marjanović, G. (2006). Evolution of polyaniline nanotubes: The oxidation of aniline in water. <i>Journal of Physical Chemistry B</i> , 110(19), 9461-9468.	70
Isakovic, A., Markovic, Z., Todorovic-Marcovic, B., Nikolic, N., Vranjes-Djuric, S., Mirkovic, M., et al. (2006). Distinct cytotoxic mechanisms of pristine versus hydroxylated fullerene. <i>Toxicological Sciences</i> , 91(1), 173-183.	65
Dobardžić, E., Milošević, I., Nikolić, B., Vuković, T., & Damnjanović, M. (2003). Single-wall carbon nanotubes	50

phonon spectra: Symmetry-based calculations. <i>Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics</i> , 68(4), 454081-454089.	
Srdić, V. V., Winterer, M., & Hahn, H. (2000). Sintering behavior of nanocrystalline zirconia doped with alumina prepared by chemical vapor synthesis. <i>Journal of the American Ceramic Society</i> , 83(8), 1853-1860.	50
Srdić, V. V., Winterer, M., & Hahn, H. (2000). Sintering behavior of nanocrystalline zirconia prepared by chemical vapor synthesis. <i>Journal of the American Ceramic Society</i> , 83(4), 729-736.	46
Vuković, T., I. Milošević, and M. Damnjanović. 2002. Carbon nanotubes band assignment, topology, bloch states, and selection rules. <i>Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics</i> , 65(4), 454181-454189	35

Tabela 10 - Radovi sa najvećim brojem citata (izvor: *Web of Knowledge*)

Rad	Broj citata
Rustom, A., Saffrich, R., Markovic, I., Walther, P., & Gerdes, H. (2004). Nanotubular highways for intercellular organelle transport. <i>Science</i> , 303(5660), 1007-1010.	185
Pinson, J., Podvorica, F. (2005). Attachment of organic layers to conductive or semiconductive surfaces by reduction of diazonium salts. <i>Chemical Society Reviews</i> , 34(5), 429-439.	166
Damnjanović, M., Milošević, I., Vuković, T., & Sredanović, R. (1999). Full symmetry, optical activity, and potentials of single-wall and multiwall nanotubes. <i>Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics</i> , 60(4), 2728-2739.	145
Mbhele, Z. H., Salemane, M. G., Van Sittert, C. G. C. E., Nedeljković, J. M., Djoković, V., & Luyt, A. S. (2003). Fabrication and characterization of silver-polyvinyl alcohol nanocomposites. <i>Chemistry of Materials</i> , 15(26), 5019-5024.	102
Trchová, M., Sedenková, I., Konyushenko, E. N., Holler, J. S. P., & Čirić-Marjanović, G. (2006). Evolution of polyaniline nanotubes: The oxidation of aniline in water. <i>Journal of Physical Chemistry B</i> , 110(19), 9461-9468.	72
Isakovic, A., Markovic, Z., Todorovic-Marcovic, B., Nikolic, N., Vranjes-Djuric, S., Mirkovic, M., et al. (2006). Distinct cytotoxic mechanisms of pristine versus hydroxylated fullerene. <i>Toxicological Sciences</i> , 91(1), 173-183.	61
Dobardžić, E., Milošević, I., Nikolić, B., Vuković, T., & Damnjanović, M. (2003). Single-wall carbon nanotubes phonon spectra: Symmetry-based calculations. <i>Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics</i> , 68(4), 454081-454089.	50
Damnjanovic M., Vukovic T., Milosevic I. (2000). Modified group projectors: tight-binding method. <i>Journal of Physics A –Mathematical And General</i> , 33(37), 6561-6571.	38
Bozovic, I., Bozovic, N., Damnjanovic, M. (2000). Optical dichroism in nanotubes. <i>Physical Review B</i> , 62(11), 6971-6974.	38
Lovic, J. D., Tripkovic, A. V., Gojkovic, S. L.J., Popovic, K.D., Tripkovic, D.V., Olszewski, P., Kowal, A. (2005). Kinetic study of formic acid oxidation on carbon-supported platinum electrocatalyst. <i>Journal of Electroanalytical Chemistry</i> , 581(2), 294-302.	37

Razlike koje zapažamo između tabela 9 i 10 dobra su ilustracija posledica različitih sistema indeksiranja koje koriste baze *Scopus* i *Web of Knowledge*. Rad Leibfried, D., DeMarco, B., Meyer, V., Lucas, D., Barrett, M., Britton, J., et al. (2003). Experimental demonstration of a robust, high-fidelity geometric two ion-qubit phase gate. *Nature*, 422(6930), 412-415 [18], koji nema prefiks „nano“ ni u naslovu, ni u apstraktu, našao se na listi koju smo dobili iz *Scopus* zato mu je prilikom indeksiranja u ovoj bazi pripisana ključna reč „nanotechnology“, ali ga nema na listi koju smo dobili iz baze *Web of Science*. S druge strane, rad Pinson, J. & Podvorica, F. (2005). Attachment of organic layers to conductive or semiconductive surfaces by reduction of diazonium salts. *Chemical Society Reviews*, 34(5), 429-439 [19], koji takođe ne sadrži prefiks „nano“ ni u naslovu, ni u apstraktu, nalazi se na listi iz baze *Web of Knowledge*,

ali ga nema na listi iz *Scopus* iz istog razloga: prilikom indeksiranja u bazi *Web of Knowledge* pripisan mu je termin „nanotubes“ (u polju *KeyWordsPlus*). Radovi Srdić, V., Winterer, M. & Hahn, H. (2000). Sintering behavior of nanocrystalline zirconia prepared by chemical vapor synthesis. *Journal of the American Ceramic Society*, 83(4), 729–736 [20] i Srdić, V., Winterer, M. & Hahn, H. (2000), Sintering behavior of nanocrystalline zirconia doped with alumina prepared by chemical vapor synthesis. *Journal of the American Ceramic Society*, 83(8), 1853–1860 [21], u kojima se uz ime V. Srdić navode tri adrese, od kojih je jedna domaća, nisu se našli na listi koju smo dobili pretraživanjem baze *Web of Knowledge* zato što je prilikom unosa podataka uz ovog autora ostala samo jedna, inostrana afilijacija.

Prilikom formiranja pregleda radova sa najvećim brojem citata u obzir smo uzeli samo radove

objavljene od 1996. godine. Ako bismo u pregled rezultata iz *Scopus* uključili i tri rada nastala pre te godine, na desetom mestu bi bio rad Jovalekić, Č, Zdujić, M, Radaković, A. & Mitrić, M. (1995). "Mechanochemical synthesis of NiFe₂O₄ ferrite." *Materials Letters*, vol. 24, no. 6, pp. 365–368 [22], citiran 46 puta.

3.8 Distribucija radova po autorima

Doprinos domaćih autora razvoju nanonauka i nanotehnologija merili smo brojem naučnih radova u čijoj su realizaciji učestvovali. U obzir su uzeti svi autori potpisani na publikacijama koje smo analizirali koji su kao svoju afilijaciju naveli neku instituciju iz Srbije, bez obzira na ulogu koju su imali u izradi publikacije. Tako dobijen ukupan broj autora je 662 prema *Scopusu*, odnosno 684 prema bazi *Web of Knowledge*. Prema podacima iz *Scopus*, 13 autora (1,96%) ima 20 i više radova, a prema bazi *Web of Knowledge* u tu kategoriju spada 14 autora (2,05%). Broj autora koji imaju od 10 do 19 publikacija je 45 prema *Scopusu* (6,8%), a 50 (7,31%) prema bazi *Web of Knowledge*. Od 5 do 9 radova ima 85 (12,84%; *Scopus*), odnosno 94 autora (13,74%). Samo jednu publikaciju ima 302 autora (45,62%), prema *Scopusu*, odnosno 278 (40,64%) prema bazi *Web of Knowledge*.

Tabela 11 - Autori sa najvećim brojem radova u oblasti nanonauka i nanotehnologija (izvor: *Scopus*)

Autor	Broj radova
Damnjanović M	50
Milošević I	48
Nedeljković JM	44
Uskoković DP	34
Popović ZV	33
Dohčević-Mitrović Z	30
Jokanovic V	27
Mitrić M	26
Vuković T	26
Milošević O	24
Dramićanin MD	23
Šćepanović M	23
Dobardžić E	20
Petrović SM	19
Srdić VV	19
Bošković SB	18
Čomor MI	18
Mančić L	18
Sajfert V	18
Djoković V	17
Grujić-Brojčin M	17
Krstajić N	16

Šaponjić ZV	16
Kostić R	15
Marković Z	15
Matović B	15
Nikolić B	15
Tošić B	15
Vračar LM	15
Andrić Ž	14
Ikonić Z	14
Janackovic DJ	14
Jovalekić Č	14
Milanović V	14
Milonjić SK	14
Radmilović VR	14
Romčević NŽ	14
Spasojević V	14
Vasiljević Radović D	14
Antić B	13
Bibić N	13
Borka D	13
Djurić Z	13
Kremenović A	13
Tadić M	13
Todorović-Marcović B	13
Ignjatović N	12
Nešković N	12
Čirić-Marjanović G	11
Nikolić A	11
Rakočević Z	11
Štrajčić JP	11
Indjin D	10
Jakšić Z	10
Koruga Dj	10
Marinović-Cincović M	10
Marković D	10
Radonjić L	10

Tabela 12 - Autori sa najvećim brojem radova u oblasti nanonauka i nanotehnologija (izvor: *Web of Knowledge*)

Autor	Broj radova
Damnjanovic, M	51
Milošević, I	50
Nedeljković, JM	50
Uskoković, DP	36
Jokanović, VR	33
Dohčević-Mitrović, ZD	30
Popović, ZV	29
Vuković, T	27
Mitrić, M	26

Dramićanin, MD	25	Borka, D	12
Milošević, O	24	Kremenović, A	12
Dobardžić, E	22	Rakočević, Z	12
Šćepanović, MJ	21	Tadić, M	12
Bošković, SB	20	Tošić, B	12
Čomor, MI	19	Nešković, N	11
Matović, B	19	Nikolić, A	11
Krstajić, NV	18	Uskoković, PS	11
Mančić, LT	18	Vodnik, VV	11
Nikolić, B	18	Branković, G	10
Petrović, SM	18	Gaković, BM	10
Romčević, NZ	18	Gojković, SL	10
Srdić, VV	18	Maričić, AM	10
Grujić-Brojein, MU	17	Marinović-Cincović, MT	10
Djurić, ZG	16	Marković, D	10
Vracar, LJM	16	Milonjić, SK	10
Cirić-Marjanović, GN	15	Nikolić, N	10
Djoković, V	15	Petrović, ZLJ	10
Ikonić, Z	15	Romčević, MJ	10
Sajfert, VD	15	Tripković, AV	10
Šaponjić, ZV	15		
Spasojević, V	15		
Bibić, NM	14		
Ignjatović, NL	14		
Janacković, D	14		
Jovalekić, C	14		
Kostić, R	14		
Milanović, V	14		
Radmilović, VR	14		
Stojanović, BD	14		
Vasiljević-Radović, D	14		
Andrić, Ž	13		
Jakšić, Z	13		
Marković, ZM	13		
Antić, B	12		

3.9 Projekti koji se finansiraju preko programa Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj (2006–2010)

Značajan podstrek koji se osetio u broju publikacija nakon 2002. godine rezultirao je velikim brojem predloženih projekata za finansiranje iz programa osnovnih istraživanja za period 2006–2010. U tabeli 13 dat je pregled projekata iz oblasti nanonauka i nanotehnologija iz pomenutog projektnog ciklusa: 10 iz fizike, 16 iz hemije i jedan iz medicine. Držeći se istog principa kojim smo se rukovodili prilikom izbora publikacija koje ćemo uključiti u analizu, u obzir smo uzeli samo one projekte koji u nazivu sadrže reč ili prefiks „nano“.

Tabela 13 - Projekti iz oblasti nanonauka i nanotehnologija koji se finansiraju preko programa Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj (2006–2010)

FIZIKA

141001 Dobijanje i karakterizacija površina nanostrukturnih materijala	Zlatko Rakočević	Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd
141006 Nanostrukture i nanokomponente u fizickoj elektronici	Vitomir Milanović	Elektrotehnički fakultet, Beograd
141013 Modifikacija, sinteza i analiza nanostrukturnih materijala jonskim snopovima, gama zračenjem i vakuumskim deponovanjem	Momir Milosavljević	Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd
141017 Ulgljenične i neorganske nanostrukture	Milan Damnjanović	Fizički fakultet, Beograd
141025 Fizičke osnove primene neravnotežnih plazmi u nanotehnologijama i tretmanu materijala	Zoran Petrović	Institut za fiziku, Beograd
141026 Amorfni i nanostrukturni halkogenidi	Svetlana Lukić	Prirodnomatematički fakultet, Novi Sad

141027 Strukturne i magnetne osobine nanočestičnih i polikristalnih oksida retkih zemalja i 3d metala	Vojislav Spasojević	Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd
141044 Unapređivanje fizičkih karakteristika nanostrukturnih materijala	Vjekoslav Sajfert	Tehnički fakultet, „M. Pupin“, Zrenjanin
141047 Fizika niskodimenzionih i nanometarskih struktura i materijala	Zoran Popović	Institut za fiziku, Beograd
141048 Fizika, modelovanje i karakterizacija pojava u tankim slojevima kod MOS nanokomponentata	Ninoslav Stojadinović	Elektronski fakultet, Niš

HEMIJA

142003 Nanostrukturni čvrsti rastvori za primenu u elektronici i alternativnim izvorima energije	Slavica Zec	Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd
142004 Sinteza, karakterizacija i primena koloidnih disperzija neorganskih materijala nanometarskih veličina	Slobodan Milonjić	Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd
142006 Sinteza funkcionalnih materijala sa kontrolisanom strukturom na molekularnom i nano nivou	Dragoljub Uskoković	Institut tehničkih nauka SANU, Beograd
142010 Sinteza, karakterizacija i aktivnost organskih i koordinacionih jedinjenja i njihova primena u (bio)nanotehnologiji	Ivan Juranić	Hemijski fakultet u Beogradu
142016 Nanostrukturni neoksidni keramički i karbonski materijali i njihovi kompoziti	Branko Matović	Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd
142023 Sinteza i karakterizacija polimera i polimernih (nano)kompozita definisane molekulske i nadmolekulske strukture	Ivanka Popović	Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
142027 Sinteza i osobine nanostrukturnih metalnih, intermetalnih i kompozitnih materijala	Dušan Božić	Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd
142032 Taloženje ultrafinih prahova metala i legura i nanostrukturiranih površina elektrohemijским postupcima	Miomir Pavlović	Institut za hemiju, Beograd
142034 Fini disperzni sistemi: mikro-, nano-, ato-inženjerstvo	Aleksandar Spasić	Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
142035 Dizajniranje nanokristalnih magnetnih materijala tipa (Nd,Pr)FeB i komponenti na bazi smart magnetnih materijala	Nadežda Talijan	Institut za hemiju, Beograd
142038 Sinteza, karakterizacija i primena nanostrukturiranih katalizatora na različitim nosačima u gorivnim spregovima, elektrolizi vode i elektroorganskoj sintezi	Nedeljko Krstajić	Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
142059 Sinteza nanoprahova i dobijanje keramike i nanokompozita za primenu u novim tehnologijama	Vladimir Srdić	Tehnološki fakultet, Novi Sad
142066 Sinteza i karakterizacija nanočestica i nanokompozita	Jovan Nedeljković	Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd
142070 Sinteza, struktura, svojstva i primena funkcionalnih nanostrukturnih keramičkih i biokeramičkih materijala	Đorđe Janačković	Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
142076 Sinteza biološki aktivnih molekula fullerena i nanomedicinska istraživanja	Aleksandar Đorđević	Prirodnomatematički fakultet u Novom Sadu
166001 Mezoporozni i nanomaterijali u katalitičkim i sorpcionim procesima	Dušan Jovanović	Institut za hemiju, Beograd

MEDICINA

145073 Citotoksični, citoprotektivni i imunomodulatorni efekti nanočestica	Vladimir Trajković	Medicinski fakultet, Beograd
--	--------------------	------------------------------

U ovom trenutku ne raspolažemo podacima relevantnim za vremenski okvir obuhvaćen našom analizom koji bi nam omogućili da preciznije odredimo mesto Srbije u globalnom kontekstu razvoja nanotehnologije. Prema analizi koju je objavio Donald

Meklarcan (Donald Maclurcan) [23], Srbija se nalazi u grupi zemalja u razvoju u kojima država aktivno podržava razvoj nanotehnologija bilo sprovođenjem nacionalne strategije, bilo finansiranjem projekata u ovoj oblasti. Već u ranim vizionarskim tumačenjima

nanotecnologija je definisana kao koncept sa dalekosežnim naučnim, tehnološkim i socijalnim implikacijama. Istraživanja zasnovana na analizi broja publikacija i patenata u oblasti nanotecnologija [24–26] ukazuju na sve veću ulogu država kao što su Kina, Indija, Rusija, Iran u razvoju ove oblasti. Takav razvoj događaja rezultat je koordiniranih akcija, nacionalnih strategija, velikih materijalnih ulaganja u razvoj nanotecnologija, ali i efikasnih mehanizama koji omogućavaju primenu naučnih dostignuća u industriji.

4. ZAKLJUČAK

Preliminarna bibliometrijska analiza koju smo sprovedeli pokazala je da broj publikacija u oblasti nanonauka i nanotecnologija u Srbiji raste iz godine u godinu, kao i da je udeo „nano“ publikacija u ukupnoj naučnoj produkciji sve veći. Identifikovali smo institucije i pojedince koji su glavni nosioci istraživanja u toj oblasti. Rezultati analize ukazuju i na značajnu ulogu konferencija, naročito onih koje organizuju domaće naučne institucije, u razmeni ideja i popularizaciji nanonauka i nanotecnologija u ovoj sredini.

Ograničavanjem skupa publikacija koje su podvrgnute analizi na one koje sadrže reč ili prefiks „nano“ u naslovu, apstraktu, ključnim rečima ili naslovu matične publikacije, određeni broj publikacija koje po sadržaju spadaju u oblast nanonauka i nanotecnologija ostao je po strani. U narednoj fazi istraživanja trebalo bi utvrditi relevantne termine čijim bi se uključivanjem u inicijalno pretraživanje baza podataka (*Scopus* i *Web of Knowledge*) u što većoj meri pokrila oblast nanonauka i nanotecnologija. Osim toga, trebalo bi izvršiti precizniju predmetnu klasifikaciju radova kao bi se stekao što bolji uvid u zastupljenost određenih oblasti istraživanja.

LITERATURA

- [1] Taniguchi, N., in **Proc. Intl. Conf. Prod.**, British Society of Precision Engineering, London, 1974.
- [2] Drexler, E., **Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology**, Anchor, 1987.
- [3] Roco, M., **J. Nanopart. Res.**, 3, 5, p. 353-360, 2001.
- [4] Hullmann, A., **Scientometrics**, 70, 3, p. 739-758, 2007.
- [5] Bosman, J., Van Mourik, I. Rasch, M., Sieverts, E., Verhoeff, H., **Scopus Reviewed and Compared**, Utrecht University Library, Utrecht, 2006.
- [6] Jacso, P., **Curr. Sci.**, 89, p. 1547, 1537, 2005.
- [7] Bar-Ilan, J., Levene, M., Lin, A., **J. Informetrics**, 1, 1, p. 26-34, 2007.
- [8] Vieira, E., Gomes, J., **Scientometrics**, doi: 10.1007/s11192-009-2178-0, 2009.
- [9] Archambault, E., Campbell, D., Gingras, Y., Lari-viere, V., **J. Am. Soc. Inform. Sci. Tech.**, 60, 7, p. 1320-1326, 2009.
- [10] Braun, T., Schubert, A., Zsindely, S., **Scientometrics**, 38, 2, p. 321–325, 1997.
- [11] Porter, A., Youtie, J., Shapira, P., Schoeneck, D., **J. Nanopart. Res.**, 10, 5, p. 715–728, 2008.
- [12] Meyer, M., Persson, O., Power, Y., **Mapping Excellence in nanotechnologies : Preparatory Study, European Commission**, <http://ec.europa.eu/research/era/pdf/nanoexpertgroupreport.pdf>, 2001.
- [13] Huang, Z., Chen, H., Chen, Y., Roco, M. C., **J. Nanopart. Res.**, 6, 4, p. 325–354, 2004.
- [14] Li, X., Chen, H., Dang, Y., Lin, Y., Larson, C., Roco, M., **J. Nanopart. Res.**, 10, Suppl. 1, p. 3–22, 2008.
- [15] Porter, A., Youtie, J., **J. Nanopart. Res.**, 11, 5, p. 1023–1041, 2009.
- [16] Zdujic, M., Milosevic, O., Karanovic, Lj., **Mater. Lett.**, 13, 2-3, p. 125–129, 1992.
- [17] Brankovic, Z., Milosevic, O., Uskokovic, D., Poleti, D., Karanovic, Lj., **Nanostr. Mater.**, 4, 2, p. 149–157, 1994.
- [18] Leibfried, D., DeMarco, B., Meyer, V., Lucas, D., Barrett, M., Britton, J., Itano, W.M., Jelenkovic, B., Langer, C., Rosenband, T., Wineland, D.J., **Nature**, 422, 6930, p. 412–415, 2003.
- [19] Pinson, J., Podvorica, F., **Chem. Soc. Rev.**, 34, 5, p. 429–439, 2005.
- [20] Srdic, V., Winterer, M., Hahn, H., **J. Am. Ceram. Soc.**, 83, 4, p. 729–736, 2000.
- [21] Srdic, V., Winterer, M., Hahn, H., **J. Am. Ceram. Soc.**, 83, 8, p. 1853–1860, 2000.
- [22] Jovalekić, Č., Zdujić, M., Radaković, A., Mitrić, M., **Mater. Lett.**, 24, 365–368, 1995.
- [23] Maclurcan, D. C., **AZojono: J Nanotech. Online**, doi: 10.2240/azojono0104, 2005.
- [24] Youtie, J., Shapira, P., Porter, A., **J. Nanopart. Res.**, 10, 6, p. 981–986, 2008.
- [25] Liu, X., Zhang, P., Li, X., Chen, H., Dang, Y., Larson, C., Roco, M., Wang, X., **J. Nanopart. Res.**, doi: 10.1007/s11051-009-9698-7, 2009.
- [26] Ghazinoory, S., Divsalar, A., Soofi, A., **Technol. Forecast. Soc. Change**, 76, 6, p. 835–848, 2009.
- [27] Braun, T., Zsindely, S., Dióspatonyi, I., Zádor, E., **Scientometrics**, 70, 3, p. 651–667, 2007.
- [28] Hirsch, J.E., **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, 102, 46, p. 16569–16572, 2005.