

## ***Scientometrijski aspekt vrednovanja znanstvenoga rada na području prirodnih znanosti za razdoblje 1991–2005.***

**Nataša Jermen**

Leksikografski zavod Miroslav Krleža

**SAŽETAK:** S pomoću scientometrijske analize 8436 znanstvenih radova s hrvatskim adresama, objavljenih u časopisima iz prirodnih znanosti koji su indeksirani u bazi WoS-SCI Expanded od 1991. do 2005., definirano je stanje znanstvene aktivnosti na području prirodnih znanosti u Hrvatskoj u navedenom razdoblju. Analizirana su i interpretirana obilježja znanstvene produktivnosti i znanstvenoga odjeka te trendovi u suautorstvu i međunarodnoj suradnji. Na temelju utvrđenih specifičnosti znanstvenoga publiciranja u pojedinim poljima prirodnih znanosti upućuje se na nužnost redefiniranja uporabe scientometrijskih pokazatelja u sustavu vrednovanja znanstvenoga rada na području prirodnih znanosti.

**Ključne riječi:** *prirodne znanosti; scientometrijska analiza; znanstvena produktivnost; znanstveni odjek; WoS-SCI Expanded; znanstvena politika*

### **Uvod**

Znanost je ključan čimbenik u ekonomskom i društvenom razvoju pa je u interesu svake države utvrditi svoj položaj u znanstvenom okruženju i temeljem toga usmjeravati i razvijati znanstvenu politiku. Vrednovanje znanstvenoga rada u sklopu znanstvene politike, osim na nacionalnoj razini, provodi se i na razini ustanova kojima se želi utvrditi znanstvenu važnost u zemlji te u usporedbi sa srodnim ustanovama u okruženju. Nadalje, na razini pojedinih znanstvenika, znanstveni se prinos i utjecaj vrednuju najčešće u svrhu napredovanja, ali i procjene njihova ukupnoga prinosa razvoju znanosti.

Znanstveni rad u pravilu se vrednuje dvjema metodama: recenzijskim postupkom i scientometrijskom analizom. Recenzijski postupak podrazumijeva procjenu znanstvenoga rada od kompetentnih stručnjaka za određeno područje, a scientometrijska se istraživanja temelje na mjerenju i analizi objavljenih rezultata znanstvenoga rada, tj. znanstvenih publikacija. Časopis je znanstvena publikacija koja ima glav-

nu ulogu u znanstvenom komuniciranju, poglavito u prirodnim znanostima, pa je jedan od najčešće korištenih izvora u scientometrijskim istraživanjima. Međunarodna se vidljivost, odnosno prepoznatljivost časopisa mjeri zastupljenošću u relevantnim sekundarnim izvorima informacija, odnosno u bibliografskim i citatnim bazama podataka. Kao osnovni u scientometrijskim istraživanjima u svijetu se najčešće rabe multidisciplinarne bibliografske i citatne baze podataka Science Citation Index-Expanded (SCI-Expanded), Social Sciences Citation Index (SSCI) i Arts & Humanities Citation Index (A&HCI), dostupne putem web usluge Web of Science (WoS),<sup>1</sup> a sve više i baza podataka Scopus.<sup>2</sup> WoS-ovi citatni indeksi obrađuju sadržaje vodećih svjetskih časopisa iz svih područja znanosti, u prosjeku oko 10% svjetske znanstvene publicistike koja čini tzv. jezgru svjetskoga znanja. Upravo zbog svoje selektivnosti smatraju se najrelevantnijim i najprestižnijim sekundarnim izvorom znanstvenih informacija. Budući da se ovaj rad bavi prirodnim znanostima, ključan izvor za scientometrijsku analizu bila je baza WoS-SCI Expanded, koja indeksira časopise iz prirodnih, tehničkih i medicinskih znanosti. Trenutačno obrađuje radove objavljene u približno 8500 vodećih svjetskih znanstvenih i stručnih časopisa navedenih područja, a obuhvaća 150 znanstvenih disciplina. Iz korpusa citatnih baza SCI-Expanded i SSCI kreira se statistička baza podataka Journal Citation Reports (JCR) koja sadržava statističke podatke o časopisima unutar određene discipline, na temelju kojih se izračunavaju različiti pokazatelji, među njima i faktor odjeka (IF) časopisa.

Pojačano zanimanje za vrednovanje znanstvenoga rada, kao i za procese u znanstvenom komuniciranju, nije samo posljedica porasta kompeticije u znanosti u odnosu na raspoloživa sredstva nego i trajnoga propitivanja o stanju i vrijednostima unutar neke znanstvene discipline. Scientometrijskim se istraživanjima analiziraju kvantitativni aspekti stvaranja, prijenosa i korištenja znanstvenih informacija radi boljšega razumijevanja mehanizama znanstvenoga istraživanja kao društvene aktivnosti.<sup>3</sup> Rezultatima tih istraživanja učvršćuje se teorijska podloga znanstvenih komunikacija te se nastoje utvrditi specifičnosti pojedinih znanstvenih disciplina i osnove za razvoj znanosti.

<sup>1</sup> Održavanje i razvoj WoS-ovih citatnih indeksa od 2008. vodi tvrtka Thomson Reuters (nastala spajanjem Thomson korporacije i grupacije Reuters). Thomson korporacija preuzela je citatne indekse 1992. od filadelfijskoga Instituta za znanstvene informacije (Institut for Scientific Information, akr. ISI), utemeljenoga 1960., pa je za njih prije bio uvriježen naziv ISI-evi citatni indeksi.

<sup>2</sup> Scopus, koji je 2004. utemeljila izdavačka kuća Elsevier, bibliografska je i citatna baza podataka koja nudi relevantne, znanstvene i stručne, multidisciplinarne izvore na znatno široj osnovi nego što je to slučaj s WoS-ovim bazama podataka, budući da ima drugačiju koncepciju selekcije publikacija. Posebice je važno istaknuti da bolje pokriva europsku znanstvenu publicistiku od WoS-a. S obzirom na to da indeksira veći broj nacionalnih časopisa, potencijalno je primjerenija baza podataka za neka područja znanosti, poglavito za društvene znanosti.

<sup>3</sup> Braun, Glänzel, Schubert 1985.

U scientometrijskim istraživanjima vrednovanje znanstvenoga rada najčešće se provodi analizom znanstvene produktivnosti i znanstvenoga odjeka. Znanstvena se produktivnost, kao pokazatelj aktivnosti u istraživanjima i potencijalnoga prinosa razvoju, uobičajeno mjeri brojem objavljenih radova, članaka, knjiga, odnosno tehničkim proizvodima, patentima i inovacijama. Napose ovisi o načinima financiranja istraživanja te o percepciji uloge znanosti u društvu, odnosno o statusu nacionalne znanstvene politike. Znanstveni odjek najčešće se mjeri dobivenim citatima i citatnim analizama. S pomoću broja citata može se odrediti koliko pojedini rad privlači pažnju znanstvene zajednice pa je citiranost zapravo pokazatelj prepoznatljivosti znanstvene produktivnosti.

Cilj je ovoga rada utvrditi stanje znanstvene aktivnosti na području prirodnih znanosti u Hrvatskoj od 1991. do 2005. s pomoću scientometrijske analize radova s hrvatskim adresama objavljenih u časopisima iz prirodnih znanosti, koji su indeksirani u bazi WoS-SCI Expanded u navedenom razdoblju. Time se želi dobiti uvid u strukturu i razvoj prirodnih znanosti te u trendove znanstvenoga komuniciranja toga područja tijekom petnaestogodišnjega razdoblja. Nadalje, na temelju utvrđenih zakonitosti publiciranja u pojedinim poljima prirodnih znanosti, želi se skrenuti pozornost na činjenicu kako sustav vrednovanja znanstvenoga rada s pomoću scientometrijskih pokazatelja dosad nije bio prilagođen specifičnostima znanstvenoga komuniciranja različitih znanstvenih disciplina.

Ovo istraživanje načinjeno je u sklopu znanstvenoga projekta MZOS-a *Izrada modela vrednovanja znanstvenoga rada u RH za sva znanstvena područja*, koji se provodio u razdoblju od 2007. do 2013., a kojem je cilj bio dobiti cjelovitu sliku stanja znanstvene aktivnosti u Hrvatskoj u svim znanstvenim područjima od 1991. do 2005.

Uzorak za ovo istraživanje činili su radovi s hrvatskim adresama objavljeni u časopisima indeksiranim u bazi WoS-SCI Expanded od 1991. do 2005., koji su prema WoS/JCR klasifikaciji razvrstani u područje prirodnih znanosti. Pretraživanje navedene baze provedeno je tijekom prvoga tjedna veljače 2008. U analizu su uzete u obzir sve vrste radova koje pokriva WoS. Osim podataka o produktivnosti, iz baze WoS-SCI Expanded preuzeti su i podatci o citiranosti radova, uključujući i samocitate.

Dio je časopisa prema WoS/JCR klasifikaciji razvrstan u više predmetnih kategorija. Radi cjelovitosti određeni je časopis pribrojen svakoj predmetnoj kategoriji u koju je bio razvrstan, a svi radovi u pojedinom časopisu dodijeljeni su svim predmetnim kategorijama kojima je pripadao sam časopis. U skladu sa službenom klasifikacijom prirodnih znanosti u Hrvatskoj koja je bila na snazi 2005.<sup>4</sup> časopisi iz uzorka razvrstani su u pet polja (biologija, fizika, geoznanosti, kemija, matematika), a za potrebe ovoga istraživanja uvedeno je i interdisciplinarno polje, koje je obuhvatilo

<sup>4</sup> Vidi Pravilnik o znanstvenim i umjetničkim poljima i granama (2005).

časopise koji bi ravnopravno mogli pripadati u više polja prirodnih znanosti. Svaki je časopis, kao i svi u njemu objavljeni radovi, razvrstan samo u jedno polje prirodnih znanosti.

Analizirana su i interpretirana obilježja znanstvene produktivnosti i znanstvenoga odjeka. Status časopisa određen je na temelju njegova IF-a u bazi podataka JCR Science Edition za 2005. Kao dodatni pokazatelji utvrđeni su trendovi u suautorstvu i stanje međunarodne suradnje. Statistički postupci za provjeru značajnosti razlika i povezanosti u većini su slučajeva neparametrijski: Mann-Whitneyjev test za dva nezavisna uzorka, medijan test za više nezavisnih uzoraka te hi-kvadrat i Spearmanov koeficijent korelacije. U nekim su se slučajevima koristili i parametrijski postupci, npr. jednostavna analiza varijance, kako bi se mogla testirati statistički značajna razlika između više skupina.

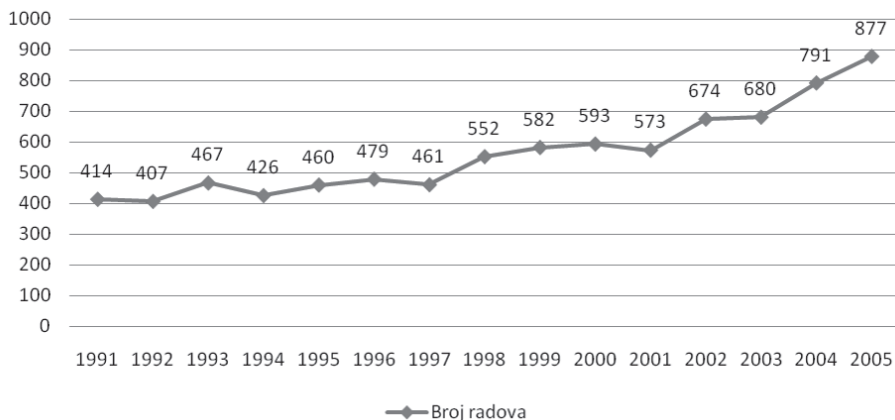
## 1. Znanstvena produktivnost

U bazi podataka WoS-SCI Expanded u promatranom je razdoblju indeksirano 8436 radova, objavljenih u časopisima s područja prirodnih znanosti, na kojima je navedena adresa ustanove iz Hrvatske (u prosjeku 562 objavljena rada po godini). Budući da su Jokić i sur. ustanovili da je u istom razdoblju u sva tri citatna indeksa WoS-a bilo zastupljeno ukupno 19 929 radova s hrvatskim adresama, može se zaključiti da je 42,3% svih hrvatskih radova, koje je pokrivaio WoS u spomenutom razdoblju, objavljeno u časopisima s područja prirodnih znanosti.<sup>5</sup> Kad je riječ o udjelu radova s adresama hrvatskih institucija u svjetskoj produkciji, primjerice od 1998. do 2002. ISI-evi citatni indeksi uključivali su 37% radova iz zemalja Europske unije, 34% radova iz SAD-a, a radovi iz Hrvatske bili su zastupljeni s udjelom od 0,18%.<sup>6</sup>

Iz grafikona na slici 1. vidljivo je da znanstvena produkcija na području prirodnih znanosti u Hrvatskoj uglavnom kontinuirano raste u cjelokupnom promatranom razdoblju. Prosječna stopa rasta po godini iznosila je 7,5%.

<sup>5</sup> Jokić, Zauder, Letina 2010.

<sup>6</sup> Bayers 2005.



Slika 1. Broj hrvatskih radova iz prirodnih znanosti u WoS-u od 1991. do 2005.

Najproduktivnijim su se poljima prirodnih znanosti pokazali polje kemije, fizike i potom biologije, a zamjetno je manja produktivnost zabilježena u polju matematike, geoznanosti te interdisciplinarnom polju (tablica 1). Dosadašnjim se istraživanjima zastupljenosti hrvatskih radova u citatnim indeksima također ustanovilo kako su najveću produktivnost ostvarili fizičari i kemičari.<sup>7</sup> U skladu je to s modelima istraživačkih profila prema znanstvenim područjima koje je razradio Glänzel, budući da model »bivših socijalističkih zemalja« podrazumijeva dominaciju radova iz kemije i fizike.<sup>8</sup>

### 1.1. Časopisi

Analizirani hrvatski radovi s područja prirodnih znanosti objavljeni su u 1029 različitih časopisa. Prosječno je po časopisu objavljeno 8,2 rada (medijan radova iznio je 2, a raspon od 1 do 539). Raspršenje radova po časopisima važan je čimbenik u vrednovanju vidljivosti (tj. prepoznatljivosti) znanstvene produkcije neke zemlje. Naime po *Bradfordovu zakonu raspršenja* najveći se broj relevantnih radova za pojedino područje objavljuje u malom broju časopisa, što ih čini tzv. jezgrom časopisa koja je najvažnija za to područje.<sup>9</sup> Raspršenje radova u velikom broju časopisa stoga podrazumijeva slabu vidljivost znanstvene produkcije. Tablica 1. pokazuje da je u polju fizike i kemije prosječan broj radova po časopisu bio najveći (najmanje raspršenje radova po časopisima), a u polju geoznanosti i matematike najmanji (najveće raspršenje

<sup>7</sup> Klaić 1997; Jokić, Šuljok 2008.

<sup>8</sup> Glänzel 2000.

<sup>9</sup> Bradford 1934.

radova po časopisima). Iz navedenoga može se zaključiti da je vidljivost hrvatske znanstvene produkcije područja prirodnih znanosti najveća za polja fizike i kemije, a najmanja za polja geoznanosti i matematike. Medijan testom potvrđeno je da postoji statistički značajna razlika među poljima prirodnih znanosti kad je riječ o raspoređenju radova po različitim časopisima ( $p < 0,01$ ;  $df = 5$ ;  $N = 983$ ,  $\chi^2 = 44,061$ ).

Tablica 1. Broj časopisa i radova po poljima prirodnih znanosti

Polje	Broj časopisa	Broj radova (% od ukupnoga broja radova)	Prosječan broj radova po časopisu	Medijan radova
biologija	342	2099 (24,9%)	6,1	2
fizika	178	2303 (27,3%)	12,9	4
geoznanosti	97	291 (3,5%)	3	2
kemija	237	2862 (33,9%)	12,1	4
matematika	140	629 (7,5%)	4,5	2
interdisciplinarno	35	252 (3%)	7,2	3
ukupno	1029	8436	8,2	2

### 1.1.1. Hrvatski časopisi iz prirodnih znanosti u WoS-u

U promatranom su razdoblju u bazi podataka WoS-SCI Expanded bila indeksirana tri hrvatska časopisa iz prirodnih znanosti, u kojima je objavljeno ukupno 1146 (13,6%) radova. U svakom od tih časopisa objavljen je najveći udio radova pripadajućega polja. Riječ je o časopisima *Croatica Chemica Acta*, s objavljenih 539 (18,8%) radova iz kemije, *Periodicum biologorum*, s objavljenim 531 (25,3%) radom iz biologije, i *Mathematical Inequalities and Applications*, s objavljenih 76 (12,1%) radova iz matematike.

Smatra se da hrvatski znanstvenici s područja prirodnih znanosti ne objavljuju svoje najbolje radove u hrvatskim časopisima, ponajprije zbog postojećega sustava vrednovanja znanstvenoga rada u kojem status časopisa na međunarodnoj razini ima presudnu ulogu. Pri izborima u znanstvena zvanja na području prirodnih znanosti uvjetuje se zastupljenost određenoga broja radova u časopisima koji su indeksirani u bibliografskoj bazi Current Contents, odnosno u časopisima kojima je IF veći

od medijana IF-a područja.<sup>10</sup> Da bi udovoljili navedenim uvjetima, znanstvenici nastoje objaviti radove u međunarodnim časopisima sa što višim IF-om. To se poglavito odnosi na biologe, fizičare i kemičare, dok se primjerice u geografiji i geologiji nacionalni izvori smatraju ključnim komunikacijskim kanalom. Međutim smatra se da bi i u takvim znanstvenim poljima rezultate opsežnijih istraživanja ili razvoj neke ideje (koji bi mogli zainteresirati širu znanstvenu zajednicu) trebalo objaviti u prestižnijim međunarodnim časopisima. Na taj se način pridonosi razvoju discipline, ali i prepoznatljivosti autora, institucije i zemlje.<sup>11</sup>

Osim zbog navedenih razloga, hrvatski znanstvenici objavljuju radove u međunarodno vidljivim časopisima jer vjeruju da će na taj način brže dobiti potvrdu vrijednosti i relevantnosti svojih rezultata te ih brže integrirati u korpus globalnoga znanstvenoga znanja.<sup>12</sup> S druge strane razlog za objavljivanje rada u nacionalnim časopisima može biti tema od lokalne važnosti, odbijanje rada od uredništva međunarodnoga časopisa ili pitanje nacionalne znanstvene politike.<sup>13</sup>

Objavljivanje najboljih radova u međunarodnim časopisima s visokim IF-om zasigurno ne utječe pozitivno na status hrvatskih časopisa u WoS-u. Kad je riječ o hrvatskim časopisima obuhvaćenima ovim istraživanjem, valja istaknuti kako su to časopisi s međunarodnim uredništvima i recenzentima, koji objavljuju radove na engleskom jeziku. Sva tri časopisa u analiziranom su razdoblju imala IF manji od 1 i nisu pripadala najprestižnijim časopisima. Mnoga istraživanja upućuju na činjenicu kako IF-i časopisa zemalja sa »znanstvene periferije« imaju razmjerno nizak IF te da zastupljenost tih časopisa u citatnim indeksima ne povećava njihovu međunarodnu vidljivost.<sup>14</sup> Osim što je uloga nacionalnih časopisa neizbježna u diseminaciji znanstvenih informacija u područjima koja su regionalno ili lokalno orijentirana (npr. u geoznanostima ili konzervacijskoj biologiji), smatra se da su takvi časopisi pokazatelji statusa znanosti u pojedinoj zemlji u određenom razdoblju, pa se njihova važnost u nacionalnom znanstvenom okruženju ne bi smjela zanemariti. *Periodicum biologorum* najstariji je hrvatski prirodnoznanstveni časopis (izlazi od 1886), a *Croatica Chemica Acta* vodeći znanstveni časopis za kemiju u Hrvatskoj (izlazi od 1927) i jedini od analizirana tri časopisa indeksiran u bazi Current Contents.<sup>15</sup>

<sup>10</sup> Vidi Pravilnik o izmjeni Pravilnika o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja (2006) i Pravilnik o dopunama Pravilnika o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja (2010).

<sup>11</sup> Jokić, Šuljok 2008.

<sup>12</sup> Bekavac, Petrak, Buneta 1994.

<sup>13</sup> Andreis, Jokić 2008.

<sup>14</sup> Zmaić, Maričić, Simeon 1989; Bordons, Fernandez, Gomez 2002; Must 2006.

<sup>15</sup> Jedan od temeljnih nedostataka vrednovanja znanstvenoga rada u Hrvatskoj, kad je o prirodnim znanostima riječ, naglašavanje je važnosti baze Current Contents (CC), koja se nigdje u svijetu ne

## 1.2. Produktivnost prema WoS/JCR predmetnim kategorijama

Budući da se obrasci znanstvenoga komuniciranja zamjetno razlikuju među znanstvenim disciplinama, klasifikacija znanstvene literature u odgovarajuće predmetno područje jedan je od osnovnih preduvjeta za valjanu scientometrijsku analizu. Klasifikacija časopisa u predmetne kategorije koju je razvio WoS/JCR utemeljena je na podjeli znanosti u više od 250 kategorija. Svaki se časopis dodjeljuje barem jednoj predmetnoj kategoriji, a može biti raspodijeljen u maksimalno pet kategorija. Murillo i sur. smatraju da razvrstavanje časopisa u više od jedne kategorije upućuje na postojanje kognitivnih veza između znanstvenih disciplina koje mogu rezultirati interdisciplinarnim istraživanjem, a pokazalo se korisnim indikatorom interdisciplinarnosti za polje kemije.<sup>16</sup> Interdisciplinarnost se danas smatra ključnim elementom za napredak znanosti i inovacija. U ovom je istraživanju utvrđeno da je 43,4% časopisa iz cjelokupnoga promatranoga korpusa razvrstano u više od jedne predmetne kategorije, što upućuje na to da su istraživanja na području prirodnih znanosti u Hrvatskoj u znatnoj mjeri interdisciplinarna. Od pet temeljnih polja prirodnih znanosti najveći je stupanj interdisciplinarnosti pokazalo polje biologije, u kojem je 53,8% časopisa razvrstano u više predmetnih kategorija, a najslabiji je stupanj interdisciplinarnosti pokazalo polje matematike, u kojem je samo 15,7% časopisa razvrstano u više predmetnih kategorija.

Časopisi iz promatranoga uzorka bili su raspodijeljeni u ukupno 62 WoS/JCR predmetne kategorije iz prirodnih znanosti. Potpunija slika stanja znanstvene aktivnosti područja prirodnih znanosti u Hrvatskoj u promatranom razdoblju dobivena je analizom broja radova unutar WoS/JCR predmetnih kategorija. Na taj su se način identificirala uža područja, odnosno discipline prirodnih znanosti koje su bile najaktivnije kad je riječ o objavljivanju znanstvenih radova u časopisima koje indeksira WoS-SCI Expanded.

Tablica 2. prikazuje predmetne kategorije u kojima je zabilježen najveći broj radova (više od 300 radova). Riječ je dakle o disciplinama prirodnih znanosti u Hrvatskoj koje su u promatranom razdoblju ostvarile najviši stupanj znanstvene aktivnosti. Najproduktivnija predmetna kategorija iz geoznanosti bila je oceanografija (159 radova).

---

rabi kao instrumentarij za scientometrijska istraživanja. CC je trenutačno samo jedna od komercijalnih baza podataka tvrtke Thomson Reuters, a uloga joj je informirati znanstvenike o najnovijim zbivanjima u njihovu području. To je bibliografska baza podataka i kao takva nije prilagođena za scientometrijska istraživanja. Ne sadržava popis citata, pa s pomoću nje nije moguće provoditi citatne analize, tj. nema pokazatelje za vrednovanje časopisa koje donosi baza JCR.

<sup>16</sup> Morillo, Bordons, Gómez 2001.



Tablica 2. WoS-SCI predmetne kategorije s najvećim brojem radova

<b>Predmetna kategorija</b>	<b>Broj radova</b>
fizikalna kemija	874
kemija, multidisciplinarno	862
opća biologija	671
analitička kemija	565
biokemija i molekularna biologija	527
fizika, multidisciplinarno	519
atomska, molekularna i kemijska fizika	506
nuklearna fizika	492
fizika kondenzirane tvari	448
opća matematika	430
fizika čestica i polja	376
organska kemija	360
zaštita okoliša	322

Tablica 3. prikazuje predmetne kategorije u kojima je zabilježen najmanji broj radova (manje od 20 radova). To su discipline prirodnih znanosti u Hrvatskoj koje su u promatranom razdoblju pokazale najslabiju znanstvenu aktivnost.

Tablica 3. WoS-SCI predmetne kategorije s najmanjim brojem radova

<b>Predmetna kategorija</b>	<b>Broj radova</b>
matematička i računalna biologija	19
limnologija	11
fizička geografija	9
mikologija	8
imunologija	7
razvojna biologija	6
mikroskopija	5
očuvanje bioraznolikosti	4
ornitologija	3
akustika	3
termodinamika	2

### 1.3. Status časopisa

Značenje znanstvene aktivnosti hrvatskih znanstvenika s područja prirodnih znanosti u WoS-u ustanovilo se utvrđivanjem statusa časopisa u kojima su im radovi objavljeni. Kao glavni pokazatelj statusa časopisa u svijetu se uobičajeno rabi IF, koji je i u sustavu vrednovanja znanstvenoga rada u Hrvatskoj u uporabi pri rangiranju časopisa. IF predstavlja mjeru učestalosti kojom je prosječni članak u časopisu citiran u određenoj godini.<sup>17</sup>

Radi boljega razumijevanja značenja IF-a časopisa obuhvaćenih ovim istraživanjem valja istaknuti kako prema podacima iz JCR Science Edition za 2005. postoje zamjetne razlike u vrijednostima toga pokazatelja između pojedinih predmetnih kategorija prirodnih znanosti. Tako je primjerice najmanji raspon IF-a najbolje rangiranih časopisa (tj. onih časopisa s najvećim IF-om) u pojedinim predmetnim kategorijama zabilježen u polju matematike (od 2,323 u općoj matematici do 7,231 u primijenjenoj matematici), a najveći u polju biologije (od 1,838 u ornitologiji do 47,400 u imunologiji). Raspon medijana IF-a za različite predmetne kategorije također je najmanji u matematici (od 0,465 u općoj matematici do 0,833 u matematici, interdisciplinarne primjene), a najveći u biologiji (od 0,600 u ornitologiji do 2,667 u virologiji). Biologija je polje koje je obuhvatilo najveći postotak časopisa s IF 1 ili većim od 1 (oko 69%), a matematika polje koje je obuhvatilo najmanji postotak časopisa s IF 1 i više od 1 (oko 23%). Radovi u područjima koja se ubrzano razvijaju (npr. u biokemiji ili molekularnoj biologiji) u dvije godine od objavljivanja (a to je razdoblje koje se koristi za izračun standardnoga ili Garfieldova IF-a) ostvare najveći broj citata pa časopisi u takvim područjima imaju veći IF. Osim toga radovi u dinamičnijim područjima znanosti imaju i veću gustoću citiranja (prosječan broj referenci koje donose), što izravno utječe na IF. Radovi u područjima koja su obilježena sporijim zastarijevanjem literature i manjom gustoćom citiranja (npr. matematika) u dvije godine od objavljivanja ostvaruju zamjetno manje citata, zbog čega je i IF časopisa iz tih područja manji. Stoga treba voditi računa o značajkama znanstvenoga komuniciranja užega područja ako se kao ključni pokazatelj vrijednosti časopisa uzima njegov IF.

#### 1.3.1. Iznadprosječni časopisi

Iznadprosječnima su smatrani oni časopisi kojima je IF iznad medijana IF-a barem u jednoj predmetnoj kategoriji koju časopisu dodjeljuje JCR, odnosno oni su

<sup>17</sup> IF časopisa definira se kao omjer broja citata dobiven na objavljene radove i broj objavljenih radova u određenom razdoblju. Standardni ili Garfieldov IF računa se tako da se broj citata dobiven u tekućoj godini na radove objavljene u proteklom dvogodišnjem razdoblju podijeli s brojem objavljenih radova u istom razdoblju. JCR nudi mogućnost izračuna IF-a i za petogodišnje razdoblje.

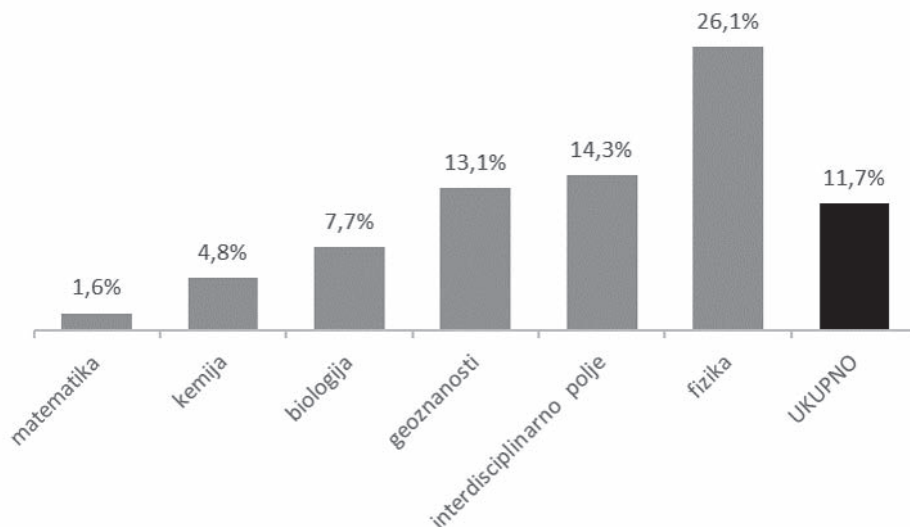
koji smješteni u prvi (Q1) i drugi kvartil (Q2) na ljestvici IF-a barem u jednoj pripadajućoj predmetnoj kategoriji.

U uzorku časopisa u kojima je objavljen najveći broj radova pojedinoga polja (u polju biologije, fizike i kemije riječ je o časopisima s 20 i više objavljenih radova, a u polju geoznanosti, matematike te u interdisciplinarnom polju o časopisima s 10 i više objavljenih radova) utvrđen je udio iznadprosječnih časopisa te u njima objavljenih radova. U polju biologije riječ je o zamjetno manjem udjelu radova (25%) objavljenih u iznadprosječnim časopisima, nego što je to slučaj u polju fizike (88,5%) i kemije (74,8%). Razlog je tome činjenica da je najviše radova objavljenih u analiziranim časopisima iz biologije (531) zastupljeno u domaćem časopisu *Periodicum biologorum*, koji se nalazio u četvrtom kvartilu (Q4) na ljestvici IF-a u svojoj predmetnoj kategoriji (opća biologija) prema JCR Science Edition za 2005. Nasuprot tome časopis *Croatica Chemica Acta*, u kojem je objavljen najveći broj radova iz kemije (539), godine 2005. pripadao je iznadprosječnim časopisima te se nalazio u Q2 u svojoj predmetnoj kategoriji (kemija, multidisciplinarno). U polju geoznanosti 71,4% radova bilo je objavljeno u iznadprosječnim časopisima, u polju matematike 46,9% radova, a u interdisciplinarnom polju 51,7% radova. Hrvatski časopis *Mathematical Inequalities and Applications*, u kojem je objavljen najveći broj radova u polju matematike (76), godine 2005. pripadao je iznadprosječnim časopisima (smješten u Q2) u svojoj predmetnoj kategoriji (opća matematika).

### 1.3.2. Najprestižniji časopisi

Najprestižnijima su smatrani oni časopisi koji su pripadali među 10% najboljih prema IF-u za 2005. barem u jednoj predmetnoj kategoriji koju časopisu dodjeljuje JCR. Takvih je časopisa bilo 129, što čini 12,5% od ukupnoga broja analiziranih časopisa. U njima su objavljena 983 rada (11,7% od ukupnoga broja radova), što je u prosjeku 7,6 radova po časopisu (medijan radova je 2, raspon od 1 do 159).

Najveći je udio radova objavljenih u najprestižnijim časopisima (slika 2.) zabilježen u polju fizike, a najmanji u polju matematike ( $\chi^2=698,919$ ;  $df=5$ ;  $p=0,000$ ). Prema hi-kvadrat testu u polju fizike dobivena je zamjetno viša frekvencija radova u najprestižnijim časopisima od očekivanih, dok je u polju matematike frekvencija radova u najprestižnijim časopisima zamjetno niža od očekivanih (što vrijedi i za polje biologije i kemije).



Slika 2. Udio radova u najprestižnijim časopisima

Kad je riječ o svim hrvatskim radovima indeksiranim u bazi WoS-SCI Expanded od 1991. do 2005., Jokić i sur. ustanovili su da je 12,8% tih radova bilo objavljeno u najprestižnijim časopisima.<sup>18</sup> Bencetić Klaić i Klaić utvrdili su pak da su u najprestižnijim časopisima u SCI-u od 1980. do 2000. hrvatski znanstvenici objavili 20,9% svojih radova (svjetski prosjek bio je 29,5%). Od ukupnoga broja radova objavljenih u najprestižnijim časopisima najzastupljeniji su bili radovi iz fizike (32,2%), biomedicine (28,9%) i kemije (21,3%); biologija je bila zastupljena sa 6,99% radova, geoznanosti s 0,63% radova, a matematika s 0,51% radova.<sup>19</sup>

#### 1.4. Znanstvena suradnja

Procesi komunikacije u znanosti mogu se upoznati istraživanjem znanstvene suradnje, napose na međunarodnoj razini. Znanstvena suradnja, koja najčešće podrazumijeva zajedničko istraživanje znanstvenika iz dviju ili više ustanova, najčešće se pokušava mjeriti brojem radova koji su ishod te suradnje, tj. brojem suautorskih radova.

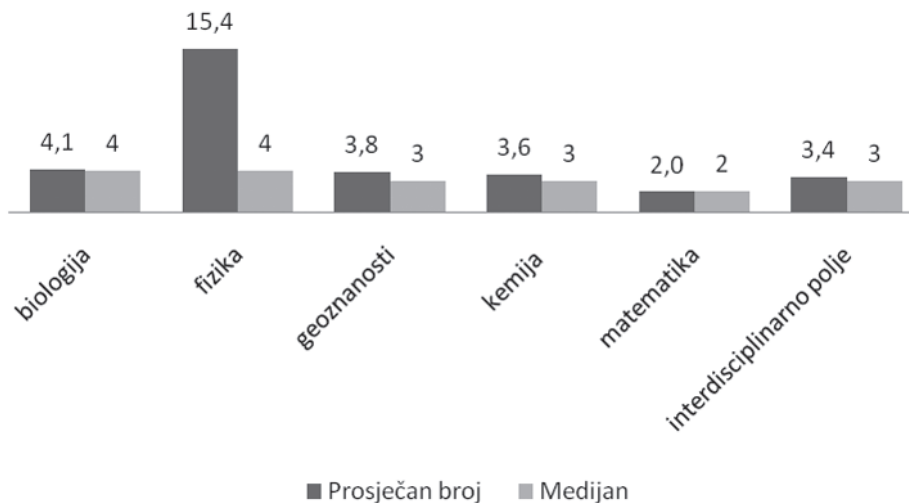
<sup>18</sup> Jokić, Zauder, Letina 2010.

<sup>19</sup> Bencetić Klaić, Klaić 2004.

### 1.4.1. Suautorstvo

Autorstvo sve više postaje »kolektivnom aktivnošću«, posebice u prirodnim i biomedicinskim znanostima. Posljedica je to povećane suradnje među znanstvenicima, ponajprije zbog porasta interdisciplinarnih istraživanja, potrebe za timskim radom (posebice u istraživanjima koja zahtijevaju velike, specijalizirane laboratorije i uporabu skupe opreme), olakšane komunikacije, ali i zbog sustava napredovanja znanstvenika koji ih stimulira na objavljivanje. U WoS-u je primjerice udio radova nastalih u suradnji više ustanova ili zemalja u 1981. iznosio 30%, a u 2005. narastao je na gotovo 60%.<sup>20</sup>

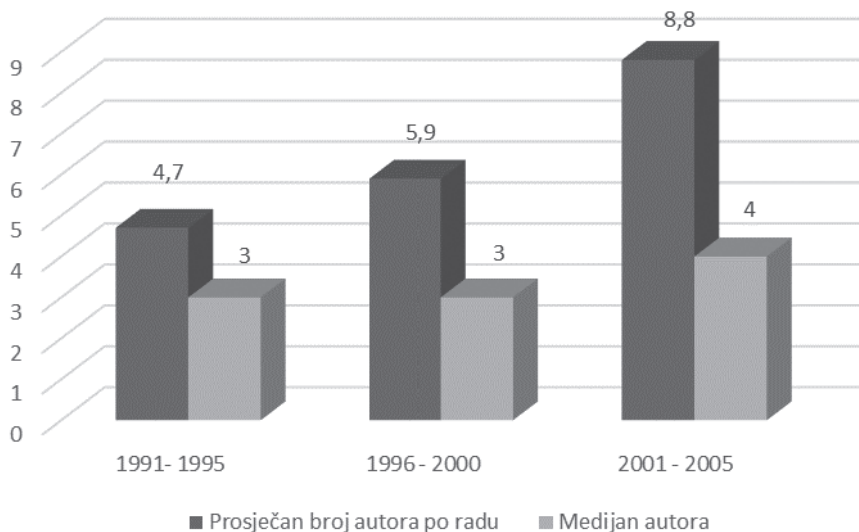
Analiza trendova u suautorstvu na analiziranim radovima hrvatskih znanstvenika pokazala je da je prosječno po radu bilo 6,8 autora (medijan autora je 3, a raspon od 1 do 386). Distribucija broja autora izrazito je asimetrična (nalik eksponencijalnoj distribuciji), s visokom frekvencijom nižih vrijednosti i izrazito velikom raspršenosti ( $SD=25,29 > M=6,8$ ). Iz grafikona na slici 3. vidljivo je da je najveći je prosječan broj autora po radu zabilježen u polju fizike, a najmanji u polju matematike. Najveća je vrijednost medijana broja autora na radu zabilježena u polju fizike i biologije, a najmanja u polju matematike. Medijan testom potvrđeno je da se različita polja statistički značajno razlikuju prema broju autora na radu ( $\chi^2=506,387$ ,  $p=0,000$ ).



Slika 3. Prosječan broj autora po radu i medijan autora

<sup>20</sup> van Leeuwen 2009.

Trend povećanja broja autora na radovima potvrđuje podatak da je u 1991. prosječno po radu bilo 3,8 autora, a u 2005. godini 10,9 autora. Podjelom promatranoga petnaestogodišnjeg razdoblja na tri jednaka razdoblja od po pet godina (slika 4.) provedena je jednostavna analiza varijance (ANOVA 3×1), kojom je potvrđen statistički značajan trend linearnoga porasta broja autora tijekom godina ( $F(2,1)=20,253$ ;  $p=0,000$ ;  $\eta=R=0,069$ ). Scheffeov *post hoc* test pokazao je da razlika između prvog i drugog razdoblja nije statistički značajna ( $p=0,227$ ).



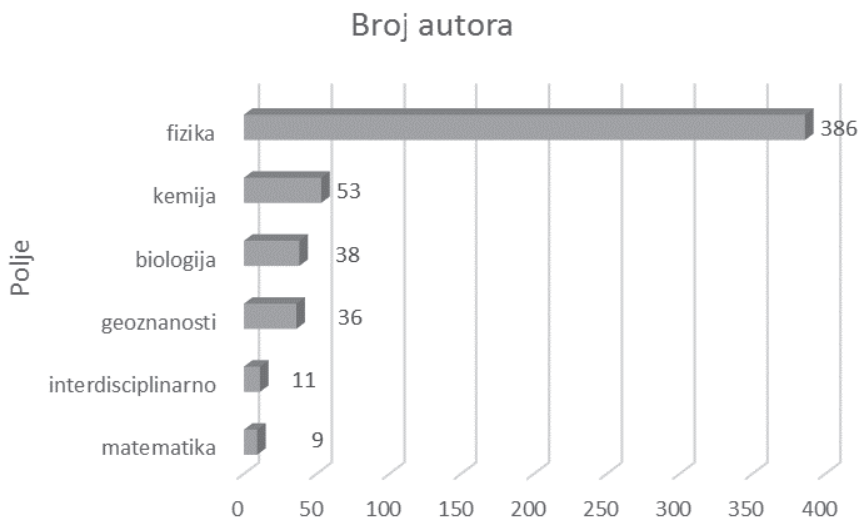
Slika 4. Autorstvo po petogodišnjim razdobljima od 1991. do 2005.

Utvrđeno je da je većina radova izrađena u suautorstvu (88,7%). Najzastupljeniji su radovi nastali u suradnji tri autora (22,4%), a potom dva autora (20,4%). Iako je Price<sup>21</sup> početkom 1960-ih predvidio kako će jednoautorski radovi do 1980-ih nestati, a to se poglavito odnosilo na područje prirodnih znanosti (kemije, fizike) i medicine, kad je riječ o hrvatskoj znanstvenoj produkciji na području prirodnih znanosti potkraj XX. i početkom XXI. stoljeća pokazalo se da su jednoautorski radovi zastupljeni u svim poljima prirodnih znanosti. Najveći je udio jednoautorskih radova zabilježen je u polju matematike (35,9%), a najmanji u polju kemije (6,4%). U ostalim poljima udio jednoautorskih radova iznosio je oko 10%. Najveći udio jednoautorskih radova u polju matematike bio je očekivan.<sup>22</sup> U tom je polju naime u manjoj mjeri

<sup>21</sup> Price 1963.

<sup>22</sup> Liu 2003; Behrens, Luksch 2011.

riječ o eksperimentalnom i laboratorijskom radu koji zahtijeva skupe instrumente, odnosno velik ljudski potencijal.<sup>23</sup>



Slika 5. Najveći broj autora na radu

Najveći ukupan broj autora na radu u pojedinim poljima prirodnih znanosti kretao se od 9 do 386 (slika 5.). Kad je riječ o radovima s ekstremno velikim brojem autora (s više od 25 autora), najveći je udio takvih radova zabilježen u polju fizike (10,3%), što je u skladu sa svjetskim istraživanjima koja potvrđuju tendenciju mnogo-autorstva (hiperautorstva) u fizici.<sup>24</sup> U suvremenoj znanosti fizika predstavlja paradigmu znanstvene suradnje, odnosno timskoga rada (tzv. *big science*: velika znanost), koja se u tom polju, posebice u njegovim primijenjenim disciplinama, znatnije počela povećavati još od polovice XIX. stoljeća.<sup>25</sup>

#### 1.4.2. Međunarodna suradnja

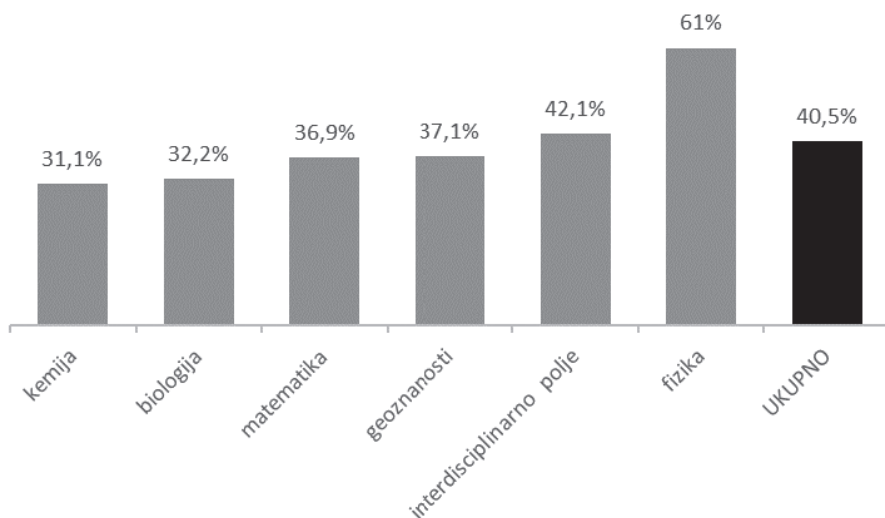
Međunarodnim radovima podrazumijevali su se radovi objavljeni u suautorstvu sa znanstvenicima za koje je bila vezana adresa inozemne ustanove. U ispitivnom uzorku ukupno je 3418 radova (40,5%) bilo izrađeno u sklopu međunarodne suradnje. Glänzel je pri analizi međunarodnih radova indeksiranih u SCI-u 1995. i

<sup>23</sup> Liu 2003.

<sup>24</sup> Sampson 1995; Cronin 2001.

<sup>25</sup> Wagner-Döbler 2001.

1996. ustanovio kako su znanstvenici iz Hrvatske objavili 43% radova u suautorstvu sa znanstvenicima iz inozemstva. Hrvatska se pokazala jednom od zemalja u kojoj je tijekom 1990-ih zabilježen značajan porast međunarodne suradnje, što je utvrđeno i u ostalim tranzicijskim zemljama, te je među pedeset analiziranih zemalja zauzela 14. mjesto.<sup>26</sup> Smatra se da znanstvenici iz malih zemalja sa »znanstvene periferije« pokazuju veće zanimanje za povezivanjem s međunarodnom znanstvenom zajednicom te da bi trebali publicirati međunarodne suautorske radove kako bi povećali utjecaj svojih istraživanja i njihovu moguću iskoristivost, bilo u statusnom bilo u komercijalnom smislu.<sup>27</sup>



Slika 6. Udio međunarodnih radova

Najveći je udio međunarodnih radova zabilježila fizika (slika 6.), koja se pokazala gotovo dvostruko angažiranijom u suradnji s inozemnim ustanovama od većine ostalih polja prirodnih znanosti. Jokić i Šuljok su, pri analizi znanstvene produktivnosti hrvatskih doktora prirodnih znanosti u WoS-u i Scopusu od 1996. do 2005., ustanovile da biolozi slabije surađuju sa znanstvenicima iz inozemstva od fizičara, ali i od kemičara. Kad je riječ o geoznanostima autorice ističu kako je geologija dugi niz godina u Hrvatskoj imala status tzv. nacionalne znanosti pa je postojala administrativna kontrola objavljivanja rezultata istraživanja i nije se preferiralo objavljivanje u međunarodnim časopisima. Geografija pak pokriva specifičnu problematiku, koja

<sup>26</sup> Glänzel 2001.

<sup>27</sup> Goldfinch, Dale, DeRouen 2003.



najviše zanima domaću znanstvenu i stručnu zajednicu.<sup>28</sup> U ovom se istraživanju pokazalo međutim da je polje geoznanosti zabilježilo zamjetan udio međunarodnih radova (slika 6.). Jedan od razloga vjerojatno leži u činjenici da WoS-SCI Expanded u promatranom razdoblju nije indeksirao niti jedan hrvatski časopis iz geoznanosti, pa su svi analizirani radovi toga polja bili objavljeni u međunarodnim časopisima. Za očekivati je da su takvi radovi pokrivali teme koje su mogle zainteresirati širu znanstvenu zajednicu, odnosno da se radilo o istraživanjima za koja su znanstvenici bili u mogućnosti pronaći suradnike izvan granica Hrvatske. I druga istraživanja govore u prilog razvijenoj međunarodnoj suradnji na području geoznanosti, koja je uz fiziku u SCI-u i SSCI-u, odnosno u WoS-u bilježila najveći udio međunarodnih radova.<sup>29</sup>

Pokazalo se da se radovi izrađeni u međunarodnom koautorstvu većom učestalošću objavljuju u vodećim časopisima. Od ukupno 983 rada objavljena u najprestižnijim časopisima njih su 623 (63,4%) bila izrađena u sklopu međunarodne suradnje. Za razdoblje od 1980. do 2000. Bencetić Klaić i Klaić dobili su podatak o 46% međunarodnih radova objavljenih u najprestižnijim časopisima.<sup>30</sup> Može se primijetiti da je udio međunarodnih radova u najprestižnijim časopisima veći od udjela međunarodnih radova u ukupnom promatranom korpusu časopisa. To upućuje na moguću zaključak da je hrvatskim znanstvenicima s područja prirodnih znanosti potrebija međunarodna suradnja da bi rad objavili u najprestižnijim časopisima, nego da bi ga objavili u prosječnom časopisu indeksiranom u WoS-u,<sup>31</sup> odnosno da su radovi nastali kao rezultat međunarodne suradnje u većoj mjeri zadovoljavali kriterije objavljivanja u najprestižnijim časopisima.

## 2. Znanstveni odjek

Znanstveni odjek utvrđen je analizom citiranosti 8436 radova koje su hrvatski znanstvenici objavili u bazi WoS-SCI Expanded od 1991. do 2005. u časopisima s područja prirodnih znanosti. Navedeni su radovi zaključno sa siječnjem 2008. dobili ukupno 65 908 citata, što iznosi prosječno 7,8 citata po radu (medijan citata bio je 3, raspon citata od 0 do 378). Najveću su prosječnu citiranost ostvarili radovi iz polja fizike, a najmanju iz polja matematike, koje zamjetno odstupa od prosjeka citiranosti za područje prirodnih znanosti (tablica 4.). Medijan test pokazao je da postoji statistički značajna razlika u citiranosti radova između različitih polja prirodnih znanosti ( $p < 0,000$ ;  $df = 5$ ).

<sup>28</sup> Jokić, Šuljok 2008.

<sup>29</sup> Abt 2007; Jappe 2007.

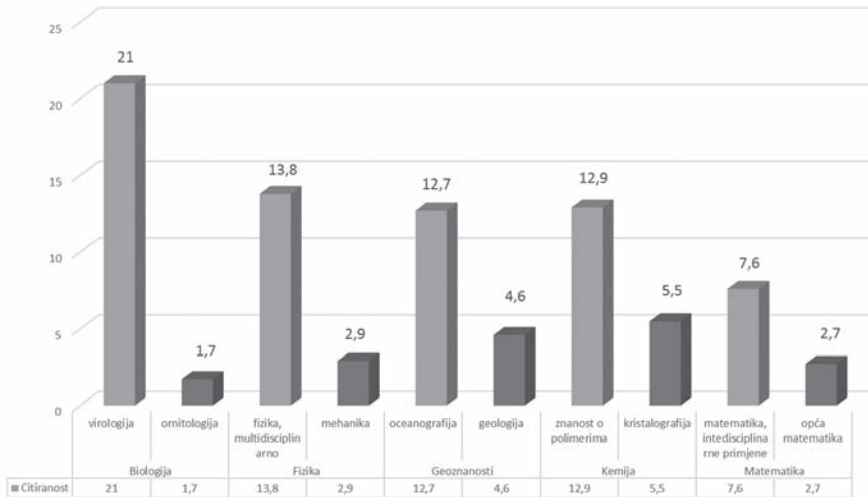
<sup>30</sup> Bencetić Klaić, Klaić 2004.

<sup>31</sup> Glänzel 2001.

Tablica 4. Citiranost radova

Polje	Broj citata	Prosječan broj citata po radu	Medijan citata
biologija	15 235	7,3	2
fizika	24 571	10,7	5
geoznanosti	2359	8,1	4
kemija	20 059	7	4
matematika	1783	2,8	1
interdisciplinarno	1901	7,5	5
ukupno	65 908	7,8	3

Pokazalo se da se citiranost radova u različitim predmetnim kategorijama prirodnih znanosti zamjetno razlikuje. Slika 7. prikazuje predmetne kategorije pojedina polja u kojima je zabilježen najmanji, odnosno najveći prosječan broj citata po radu. Kao što se može vidjeti iz grafikona, biologija je polje s najvećom razlikom u prosječnoj citiranosti radova između pojedinih predmetnih kategorija.



Slika 7. Citiranost radova u WoS-SCI predmetnim kategorijama

Garfield upozorava kako se »citatni potencijal« zamjetno razlikuje među znanstvenim disciplinama. Naime potencijalna mogućnost za citiranje rada u disciplini u kojoj radovi u pravilu donose više referenci, tj. koja je obilježena većom gustoćom citiranja, veća je nego u disciplini u kojoj radovi donosi manje referenci. Primjerice prosječan broj referenci po radu iz biokemije dvostruko je veći od onoga iz matematike pa je »citatni potencijal« u biokemiji dvostruko veći. Osim toga postoje i

razlike u obrascima citiranja u različitim disciplinama (npr. koliko će brzo rad biti citiran nakon objavljivanja, koliko vremena treba proći da dosegne maksimalnu citiranost te koliko će se dugo nastaviti citirati).<sup>32</sup> Moed i sur. također upozoravaju da rangiranje radova iz različitih područja prema broju dobivenih citata ne upućuje na pravu razliku između njihova odjeka, nego je pod utjecajem obilježja citiranja u pojedinom području. Naime dvije godine nakon objavljivanja rada može se očekivati velik broj citata u području biokemije, stanične biologije i biofizike, srednji broj citata u području eksperimentalne i molekularne fizike, fizikalne i organske kemije te biljne fiziologije, a mali broj citata u matematici, taksonomiji i anorganskoj kemiji čvrstoga stanja.<sup>33</sup> U citatnim analizama upravo je primjenljivost vremenskoga okvira od tri godine (godina objavljivanja plus dvije godine) uobičajena za istraživanje odjeka nekoga rada. Prirodne su znanosti u načelu obilježene bržim zastarijevanjem literature pa se primjerice smatra kako postoji mala mogućnost da će se radovi iz molekularne biologije uopće citirati ako nisu citirani unutar dvije godine od objavljivanja. Međutim treba uzeti u obzir da unutar prirodnih znanosti postoje polja i grane u kojima se citati sporije akumuliraju pa su stoga obilježene sporijim zastarijevanjem literature. Tako polje matematike i geoznanosti, ili neke grane unutar biologije (npr. botanika, zoologija), u pravilu imaju drugačiju dinamiku citiranja od spomenute molekularne biologije.

Unatoč razlikama u obrascima citiranja u različitim znanstvenim disciplinama broj citata nerijetko se rabi kao mjera kvalitete rada, odnosno uspješnosti znanstvenika, iako se objektivnijim smatra promatrati ga kao mjeru vidljivosti, utjecaja ili važnosti rada.<sup>34</sup>

## 2.1. Distribucija radova prema broju citata

U scientometrijskim analizama prosječan broj citata po radu (omjer zbroja citata i broja radova) u raširenoj je uporabi kao pokazatelj prosječnoga odjeka promatranoga skupa radova, iako je distribucija citata obično krajnje asimetrična, tj. manji broj radova ostvari broj citata približan prosječnoj vrijednosti. Općepoznatom postala je činjenica da otprilike 30% radova ne dobije niti jedan citat te da 20% radova ostvari 80% citata.

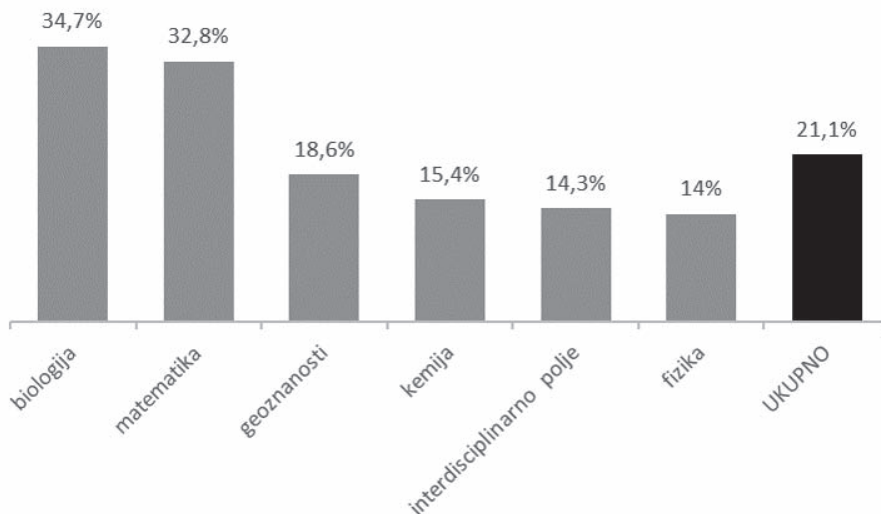
U cjelokupnom je području prirodnih znanosti bilo 1779 (21,1%) radova koji nisu dobili niti jedan citat. Najveći udio necitiranih radova zabilježen je u polju biologije i potom matematike, a najmanji u polju fizike (slika 8.). Vrijednost  $\chi^2(df=5)=428,551$

<sup>32</sup> Garfield 1979.

<sup>33</sup> Moed, Burger, Frankfort, van Raan 1985.

<sup>34</sup> Goldfinch, Dale, DeRouen 2003.

pokazuje da je riječ o statistički značajno različitim opaženim frekvencijama u odnosu na očekivane s obzirom na (ne)citiranost ( $p=0,000$ ).



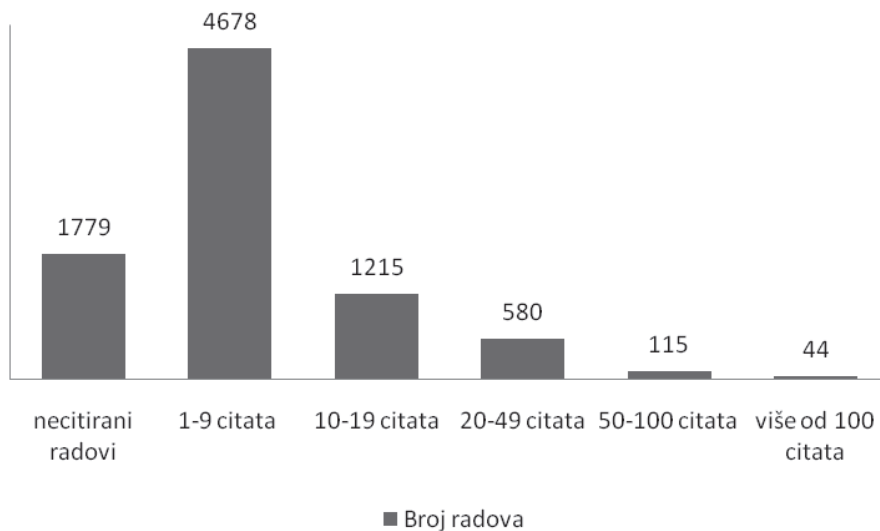
Slika 8. Udio necitiranih radova

Budući da na citiranost utječe velik broj čimbenika, često se naglašava kako je pogrešno smatrati da radovi koji nisu citirani nemaju znanstvenu vrijednost. Kao uzrok necitiranju nekoga rada navode se različiti razlozi, od onih da je rad napisan na jeziku koji nije razumljiv većini znanstvene zajednice, do onih da su ga ostali znanstvenici previdjeli ili im nije bio dostupan.<sup>35</sup>

Necitiranost radova pokazatelj je koji je u korelaciji s IF-om časopisa. Mnoga su istraživanja naime utvrdila da se u časopisima s višim IF-om bilježi manji udio necitiranih radova.<sup>36</sup> Potvrdilo se to i u ovom istraživanju. Udio necitiranih radova u najprestižnijim časopisima bio je zamjetno manji od onoga u cjelokupnom uzorku radova; od 983 rada objavljena u najprestižnijim časopisima njih 85 (8,7%) nije dobilo niti jedan citat.

<sup>35</sup> Petrak 2001.

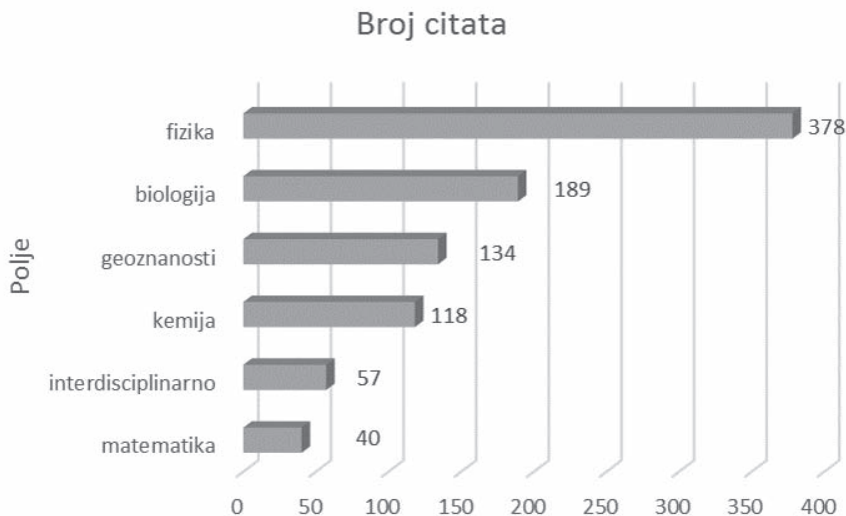
<sup>36</sup> Garfield 1998; Weale, Baily, Lear 2004; van Leeuwen, Moed 2005.



Slika 9. Distribucija radova prema broju citata

Kad je o citiranim radovima riječ, iz slike 9. vidljivo je da je većina navedenih radova dobila manje od 10 citata (70,3% iz korpusa citiranih radova). U svim poljima prirodnih znanosti najvećim su udjelom bili zastupljeni radovi koji su dobili do 10 citata. Najveći je udio takvih radova zabilježen u polju matematike (90,3% iz korpusa citiranih radova polja). Radova s 50 i više citata u cjelokupnom području prirodnih znanosti bilo je 159 (2,4% iz korpusa citiranih radova), a najviše je navedenih radova objavljeno u polju fizike (56,8%).

Općeprihvaćenim je postalo mišljenje da su radovi koji su dobili velik broj citata važni radovi jer postoje naznake da visok odjek često prati iznimno kvalitetne radove. Početkom XXI. stoljeća pojačalo se zanimanje za korištenjem visokocitiranih radova pri vrednovanju znanstvenoga istraživanja. Jedan je od razloga povećani fokus znanstvene politike na izvrsnost u znanosti, pa se u tom smislu visokocitirani radovi promatraju kao potencijalni pokazatelji za identificiranje i praćenje znanstvene izvrsnosti. Takve radove nije moguće jednoznačno odrediti jer se obrasci citiranja u različitim znanstvenim disciplinama zamjetno razlikuju, što najbolje potkrepljuju podatci prikazani grafikonom na slici 10.



Slika 10. Najveći broj citata po radu

Visokocitirani radovi u pravilu su radovi s velikim brojem autora, često izrađeni u međunarodnoj suradnji i uglavnom objavljeni u časopisima s visokim IF-om.<sup>37</sup> U ovom se istraživanju pokazalo da IF časopisa nije bio presudan kako bi rad privukao pažnju znanstvene zajednice i dobio velik broj citata, jer više od polovice radova (54,7%) koji su dobili 50 i više citata nije bilo objavljeno u najprestižnijim časopisima. S druge strane međunarodna suradnja pridonijela je većoj vidljivosti radova jer je čak 80% promatranih visokocitiranih radova objavljeno u suradnji s inozemnom institucijom.

Da bi se dobio uvid u najcitiranije radove iz matematike analizirala se kategorija radova s najviše dobivenih citata u tom polju (kategorija od 20 do 49 citata). Ustanovljeno je da je od 8 radova koji su se našli u toj kategoriji (1,9% iz korpusa citiranih radova) njih 62,5% bilo objavljeno u suradnji s inozemnim institucijama te da niti jedan rad nije bio objavljen u najprestižnijim časopisima.

## 2.2. Znanstveni odjek i časopisi

Radovi objavljeni u najprestižnijim časopisima (983 rada) dobili su ukupno 15 529 citata, što u prosjeku iznosi 15,8 citata po radu (medijan citata iznosi 8, raspon citata od 0 do 207). Može se zaključiti da su radovi objavljeni u najprestižnijim časopisima s područja prirodnih znanosti otprilike dvostruko citiraniji od radova iz cje-

<sup>37</sup> Glänzel, Rinia, Brocken 1995; Asknes 2003.

lokupnoga promatranog korpusa (7,8 citata po radu, medijan citata 3). Mann-Whitneyjev test potvrdio je da su radovi u najprestižnijim časopisima statistički značajno citiraniji od radova iz ostaloga dijela istraživanoga korpusa radova ( $Z=-4,312$ ,  $p=0,000$ ). Bencetić Klaić i Klaić utvrdili su primjerice da su radovi hrvatskih znanstvenika objavljeni u najprestižnijim časopisima u SCI-u od 1980. do 2000. u prosjeku dobili 11,42 citata.<sup>38</sup>

Najveći je prosječan broj citata po radu u najprestižnijim časopisima ostvaren u polju fizike (tablica 5). I u uzorku koji je obuhvaćao najprestižnije časopise matematika je polje koje je zabilježilo najmanju prosječnu citiranost radova. Usporedivši prosječan broj citata po radu cjelokupnoga korpusa radova pojedinoga polja i prosječan broj citata po radu u najprestižnijim časopisima istoga polja (tablica 4. i tablica 5.) utvrdilo se da je u svim poljima prosječna citiranost radova objavljenih u najprestižnijim časopisima veća. Najizraženije povećanje prosječne citiranosti radova u najprestižnijim časopisima u odnosu na radove iz cjelokupnoga korpusa časopisa (oko 2,5 puta) zabilježeno je u polju matematike, a najmanje izraženo povećanje (oko 1,5 puta) u polju kemije i u interdisciplinarnom polju.

Tablica 5. Citiranost radova u najprestižnijim časopisima

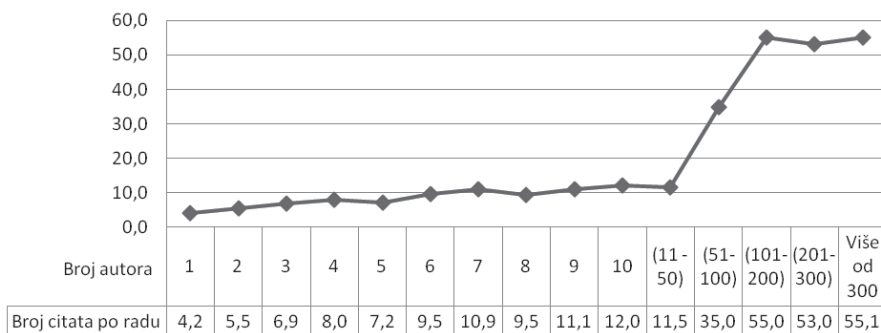
Polje	Broj citata	Prosječan broj citata po radu	Medijan citata
biologija	2424	15,1	7
fizika	10 539	17,5	8
geoznanosti	587	15,4	8,5
kemija	1509	11,1	6
matematika	68	6,8	6
interdisciplinarno	402	11,2	8
ukupno	15 529	15,8	8

Iako je objavljivanje u najprestižnijim časopisima ukupno gledano pridonijelo većoj prosječnoj citiranosti radova, treba još jednom istaknuti kako to u pravilu nije utjecalo na visoku citiranost pojedinoga rada niti je bilo jamstvo da će se rad citirati (vidi poglavlje 2.1. Distribucija radova prema broju citata). Status časopisa određen njegovim IF-om ne bi se smio uzimati kao pokazatelj pri procjeni kvalitete pojedinoga rada, budući da je IF časopisa određen zbrojem citata koje su dobili svi u njemu objavljeni radovi, a ne kazuje nam ništa o odjeku pojedinoga rada.

<sup>38</sup> Bencetić Klaić, Klaić 2004.

### 2.3. Znanstveni odjek i suautorstvo

Dosadašnja su istraživanja pokazala da su radovi nastali u suautorstvu citiraniji, odnosno da broj dobivenih citata raste s brojem autora na radu.<sup>39</sup> U ispitivanom se uzorku analizirala korelacija između broja autora na radu i odjeka radova. Potvrdilo se da je veći broj autora na radu povezan s većom citiranošću radova. (Spearmanov koeficijent povezanosti između broja autora i broja citata po radu,  $\rho=0,193$ ,  $p<0,01$ ), što je vidljivo i iz slike 11. Radovi koje je objavilo do deset autora u prosjeku su zabilježili 6,9 citata (medijan citata 3), a radovi s više od deset autora 24,3 citata (medijan citata 10) (Mann-Whitneyjev test pokazao je statistički značajnu razliku;  $Z=-15,133$ ,  $p=0,000$ ).



Slika 11. Citiranost jednoautorskih i suautorskih radova

### 2.4. Znanstveni odjek i međunarodna suradnja

Međunarodno suautorstvo u pravilu rezultira radovima koji ostvaruju veći citatni odjek,<sup>40</sup> što se potvrdilo i u ovom istraživanju. Radovi izrađeni u sklopu suradnje s inozemnim institucijama (3418 radova) dobili su ukupno 39 590 citata, što iznosi prosječno 11,6 citata po radu. Može se zaključiti da su međunarodni radovi ostvarili otprilike 1,5 puta veću citiranost od radova iz cjelokupnoga promatranoga korpusa (7,8 citata po radu).

Najveći je prosječan broj citata po radu nastalom u okviru međunarodne suradnje zabilježen u polju biologije, a najmanji u polju matematike (tablica 6.). Usporedivši prosječan broj citata po radu za cjelokupni korpus radova pojedinoga polja s prosječnim brojem citata po međunarodnom radu istoga polja (tablica 4. i tablica 6.)

<sup>39</sup> Glänzel 2002; Goldfinch, Dale, DeRouen 2003.

<sup>40</sup> Glänzel 2000.



zaključilo se da je u svim poljima prosječna citiranost međunarodnih radova veća. Najveća razlika u prosječnoj citiranosti spomenute dvije kategorije radova zabilježena je u polju biologije (u kojem je prosječna citiranost međunarodnih radova dvostruko veća), a najmanja u interdisciplinarnom polju (u kojem su međunarodni radovi bili neznatno citiraniji). S druge strane Glänzel je analizirajući međunarodne radove različitih svjetskih zemalja indeksiranih u SCI-u 1995. i 1996. ustanovio da u polju matematike i kemije prosječan broj citata koji su ostvarili radovi izrađeni u međunarodnoj suradnji nije u pravilu bio veći od prosječnoga broja citata koji su ostvarili domaći radovi. To se posebice odnosilo na zemlje u razvoju i zemlje istočne Europe koje nisu dobivale očekivani broj citata na međunarodne radove.<sup>41</sup>

Tablica 6. Citiranost međunarodnih radova

Polje	Broj citata (ukupno)	Prosječan broj citata po radu	Broj citata (najprestižniji časopisi)	Prosječan broj citata po radu
biologija	10 226	15,1	1764	16,8
fizika	19 309	13,7	9186	21,1
geoznanosti	1272	11,7	415	23,1
kemija	7224	8,1	611	11,3
matematika	725	3,1	22	11
interdisciplinarno	834	7,9	113	8,1
ukupno	39 590	11,6	12 282	19,7

Međunarodni radovi u najprestižnijim časopisima (623 rada) dobili su 12 282 citata. U prosjeku je to 19,7 citata po radu, što je 1,2 puta veća prosječna citiranost od one koju su ostvarili svi radovi objavljeni u najprestižnijim časopisima (15,8 citata po radu). Najveći je prosječan broj citata po radu izrađenom u međunarodnoj suradnji te objavljenom u najprestižnijim časopisima zabilježen u polju geoznanosti, a najmanji u interdisciplinarnom polju (tablica 6). Usporedbom podataka koji su prikazani u tablicama 4., 5. i 6. primjećuje se kako su u svim poljima prirodnih znanosti (osim u interdisciplinarnom polju) najveću prosječnu citiranost zabilježili međunarodni radovi objavljeni u najprestižnijim časopisima. Može se zaključiti da znanstvenom odjeku hrvatskih radova iz prirodnih znanosti najviše pridonosi njihova izrada u suradnji sa znanstvenicima iz inozemstva te objavljivanje u najprestižnijim časopisima.

<sup>41</sup> Glänzel 2001.

## Zaključak

Znanstvena aktivnost na području prirodnih znanosti u Hrvatskoj za razdoblje 1991–2005. utvrđena je scientometrijskom analizom 8436 znanstvenih radova s hrvatskim adresama objavljenih u 1209 časopisa iz prirodnih znanosti, koji su indeksirani u bazi WoS-SCI Expanded u navedenom razdoblju.

Dobiveni rezultati pokazuju linearan i stabilan porast broja objavljenih radova tijekom godina; broj se radova u zadnjoj godini u odnosu na početnu godinu promatranoga razdoblja povećao više nego dvostruko. Povećanje znanstvene aktivnosti na području prirodnih znanosti u ispitivanom razdoblju moglo bi upućivati na trend razvoja prirodnih znanosti u Hrvatskoj od 1990-ih. S druge strane jedan od razloga zašto su se prirodne znanosti pokazale najproduktivnijima u Hrvatskoj, barem kad je riječ o objavljivanju radova u časopisima koje indeksiraju WoS-ove citatne baze, zasigurno leži i u činjenici da su uvjeti za izbore u znanstvena zvanja poticali hrvatske prirodoslovce na objavljivanje radova u prestižnim međunarodnim časopisima.

Utvrđilo se da različita uža područja prirodnih znanosti imaju specifične obrasce znanstvenoga komuniciranja. Broj radova zamjetno se razlikovao u pojedinim poljima prirodnih znanosti, kao i u pojedinim WoS/JCR predmetnim kategorijama. Najproduktivnijima su se pokazala polja kemije (33,9% radova) i fizike (27,3% radova), a najmanja je produktivnost zabilježena u polju geoznanosti (3,4% radova) i interdisciplinarnom polju (3% radova). Najveći je udio radova bio objavljen unutar predmetne kategorije fizikalna kemija (10,4%) te kemija, multidisciplinarno (10,2%), a najmanji unutar predmetnih kategorija ornitologija te akustika (0,04%) i termodinamika (0,02%). Dobiveni rezultati mogu poslužiti kao koristan pokazatelj za znanstvenu politiku jer upućuju na zaključak kako nije realno očekivati podjednaku produktivnost u različitim poljima i granama područja prirodnih znanosti. Naime pri izborima u znanstvena zvanja, kako u promatranom razdoblju tako i danas, od biologa, fizičara i kemičara (te oceanografa u polju geoznanosti) zahtijeva se jednak broj znanstvenih radova. Osim što se u različitim granama pojedinoga polja primjenjuju isti kriteriji, još je veći problem to što nije načinjena diferencijacija kriterija između različitih polja prirodnih znanosti. U znanstvenoj je zajednici stoga oduvijek bilo prisutno nezadovoljstvo sustavom vrednovanja znanstvenoga rada jer se smatralo da bi se pri procjeni znanstvene produktivnosti trebalo voditi računa o objektivno dostižnom broju objavljenih znanstvenih radova za pojedinu znanstvenu disciplinu.<sup>42</sup>

Od svih se znanstvenika s područja prirodnih znanosti ne može očekivati niti podjednak odjek radova (mjerem brojem dobivenih citata), budući da se pokazalo

<sup>42</sup> Vidi Pravilnik o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja (2005), Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja (2006) i Pravilnik o dopunama Pravilnika o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja (2010).

kako se on zamjetno razlikovao u pojedinim poljima prirodnih znanosti te u pojedinim WoS/JCR predmetnim kategorijama. Tako su primjerice radovi iz predmetne kategorije s najvećom prosječnom citiranošću radova (virologija) u prosjeku približno čak dvanaest puta citiraniji od radova iz predmetne kategorije s najmanjom prosječnom citiranošću radova (ornitologija). Kad je o poljima prirodnih znanosti riječ, najveću su prosječnu citiranost ostvarili radovi iz fizike (u prosjeku više od deset citata po radu), a najmanju iz matematike (u prosjeku manje od tri citata po radu)

Zastupljenost određenoga broja radova u časopisima kojima je IF iznad medijana IF-a predmetne kategorije (iznadprosječni časopisi) od 2005. propisuje se pri izborima u znanstvena zvanja u znanstvenim poljima biologije, fizike i kemije te matematike.<sup>43</sup> U uzorku časopisa u kojima je objavljen najveći broj radova pojedinoga polja utvrđen je udio radova u iznadprosječnim časopisima, koji se kretao od samo 25% u polju biologije do približno čak 90% u polju fizike. Uobičajeni je pokazatelj uspješnosti znanstvene produktivnosti u svijetu broj radova objavljenih u časopisima koji imaju najviši IF za određeno područje (najprestižniji časopisi) jer se smatra da će takvi radovi biti čitaniji, a time potencijalno i citiraniji. U ovom se istraživanju najuspješnijim pokazalo polje fizike, u kojem je više od četvrtine radova objavljeno u najprestižnijim časopisima. Nasuprot tome u najprestižnijim časopisima iz matematike objavljeno je manje od 2% radova. Stimuliranje objavljivanja radova u časopisima s visokim IF-om u hrvatskom sustavu vrednovanja znanstvenoga rada u načelu je pozitivno jer se uvidjelo da su radovi u najprestižnijim časopisima u prosjeku otprilike dvostruko citiraniji od radova iz ukupnoga korpusa, što bi trebao biti pokazatelj prepoznatljivosti u relevantnoj svjetskoj znanstvenoj zajednici. Treba međutim voditi računa o tome da je IF pomagalo u određivanju kvalitete časopisa, a ne u određivanju kvalitete pojedinoga rada. Naime objavljivanje rada u časopisu s visokim IF-om ne znači nužno da će on naići na odjek u znanstvenoj zajednici, tj. da će biti citiran. Primjerice i u najprestižnijim časopisima bilo je 9% radova koji nisu dobili niti jedan citat (u cjelokupnom uzorku bilo ih je oko 20%). S druge strane više od polovice visokocitiranih radova nije bilo objavljeno u najprestižnijim časopisima.

U tri je hrvatska časopisa iz prirodnih znanosti, indeksirana u WoS-u (*Croatia Chemica Acta*, *Periodicum biologorum* i *Mathematical Inequalities and Applications*), u promatranom razdoblju objavljen najveći udio radova pojedinoga polja pa se može smatrati da i u području prirodnih znanosti domaći časopisi imaju važnu ulogu u znanstvenom komuniciranju.

Trend porasta prosječnoga broja autora po radu, koji se u promatranom petnaestogodišnjem razdoblju povećao gotovo trostruko, upućuje na porast suradnje i timskoga rada na području prirodnih znanosti u Hrvatskoj. Oko 90% analiziranih

<sup>43</sup> Ibid.

radova izrađeno je u suautorstvu. Uočene su zamjetne razlike u prosječnom broju autora po radu u različitim poljima prirodnih znanosti (u fizici je u prosjeku bilo više od petnaest autora po radu, a u matematici dva autora po radu). Veći je broj autora na radu u pravilu bio povezan s većom citiranošću radova. Tako su radovi nastali u suradnji više od deset autora zabilježili otprilike četverostruko veću citiranost od radova nastalih u suradnji do deset autora. Kad je o kriterijima za vrednovanje autorstva riječ, pri izborima u znanstvena zvanja trebalo bi voditi računa i o ukupnom broju autora na radu, odnosno vrednovati prinos pojedinoga autora na višeautorским radovima, što dosad nije bio slučaj, budući da su u prednosti znanstvenici koji se bave onim disciplinama prirodnih znanosti u kojima se visoka produktivnost postiže zahvaljujući velikom broju suautora na radu.<sup>44</sup>

Suradnja na međunarodnoj razini važan je čimbenik u vrednovanju znanstvenoga statusa neke zemlje. Udio međunarodnih radova u istraživanom je uzorku radova iz prirodnih znanosti iznosio čak 40%. Najintenzivnija znanstvena komunikacija na međunarodnoj razini ostvarena je u polju fizike, gdje je gotovo dvije trećine radova izrađeno u okviru međunarodne suradnje, dok je u ostalim poljima prirodnih znanosti riječ je o približno trećini radova. Pokazalo se kako postoji veća vjerojatnost da se radovi hrvatskih znanstvenika s područja prirodnih znanosti objave u najprestižnijim časopisima ako su izrađeni u suradnji s inozemnim institucijama te da su najveći odjek ostvarili međunarodni radovi objavljeni u najprestižnijim časopisima. Nadalje visokocitirani radovi, kao potencijalni pokazatelji znanstvene izvrsnosti, u pravilu su bili izrađeni u sklopu međunarodne suradnje. Poticanje međunarodne suradnje strateškim dokumentima, koji su trebali dati smjernice razvoja znanstvene politike u Hrvatskoj, a koji se donose od početka XXI. stoljeća, ali i današnjim pravnim okvirom pri vrednovanju znanstvenih ustanova, može se stoga smatrati pozitivnim.

Premda je sustav vrednovanja znanstvenoga rada u Hrvatskoj u prvom redu utemeljen na recenzijskom postupku, recenzenti se u postupku evaluacije oslanjaju i na scientometrijske pokazatelje. Na temelju zakonitosti znanstvenoga publiciranja utvrđenih načinjenom scientometrijskom analizom zaključuje se da dosadašnji sustavi vrednovanja znanstvenoga rada s pomoću scientometrijskih pokazatelja nisu bili prilagođeni specifičnostima znanstvenoga komuniciranja užih znanstvenih disciplina područja prirodnih znanosti te da bi ih u tom smislu valjalo redefinirati.

Scientometrijskom analizom znanstvenih publikacija dobiva se uvid u stanje i trendove znanstvene aktivnosti zemalja, znanstvenih ustanova ili znanstvenika.

<sup>44</sup> Trenutačno se autorstvo u polju biologije, fizike i kemije pri izborima u pojedina znanstvena zvanja vrednuje određivanjem glavnoga autorstva u određenom udjelu radova. U polju matematike pri bodovanju radova uzimaju se u obzir jednoautorski radovi te broj suatora na radu (vidi Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja, 2006).

Osim za upoznavanje razvoja znanosti i istraživanja znanosti kao procesa, važnost je takvih istraživanja u prinosu znanstvenoj politici. Stoga se skreće pozornost na potrebu uvođenja sustavnih longitudinalnih scientometrijskih istraživanja kao korisnoga i objektivnoga instrumentarija u vrednovanju objavljenih rezultata znanstvenog rada, ali i u planiranju nacionalne znanstvene politike i razvoja znanosti.

## LITERATURA

- Abt**, Helmut A.: The publication rate of scientific papers depends only on the number of scientists. *Scientometrics* 73(2007) 3, str. 281–288.
- Andreis**, Mladen, **Jokić**, Maja: An impact of Croatian journals measured by citation analysis from SCI-Expanded database in time span 1975–2001. *Scientometrics* 75(2008) 2, str. 263–288.
- Asknes**, Dag W.: Characteristics of highly cited papers. *Research Evaluation* 12(2003) 13, str. 159–170.
- Bayers**, Nancy K.: Using ISI dana in the analysis of German national and institutional research output. *Scientometrics* 62(2005) 1, str. 155–163.
- Behrens**, Heinrich, **Luksch**, Peter: Mathematics 1868–2008: a bibliometric analysis. *Scientometrics* 86(2011) 1, str. 179–194.
- Bekavac**, Anamarija, **Petrak**, Jelka, **Buneta**, Zoran: Citation behaviour and place of publication in the authors from scientific periphery: A matter of quality. *Information Processing Management* 30(1994) 1, str. 33–42.
- Bencetić Klaić**, Zvezdana, **Klaić** Branimir: Croatian scientific publications in top journals according to the Science Citation Index for the 1980–2000 period. *Scientometrics* 61(2004) 2, str. 221–251.
- Bordons**, Maria, **Fernández**, M. T., **Gómez**, Isabel: Advantages and limitations in the use of impact factor measures for assessment of research performance in a peripheral country. *Scientometrics* 53(2002) 2, str. 195–206.
- Bradford**, Samuel Clement: Sources of information on specific subjects. *Engineering* 137(1934), str. 85–86.
- Braun**, Tibor, **Glänzel**, Wolfgang, **Schubert**, András: *Scientometric Indicators: A 32 Country Comparative Evaluation of Publishing Performance and Citation Impact*. World Scientific, Singapore–Philadelphia 1985.
- Cronin**, Blaise: Hyperauthorship: a postmodern perversion or evidence of a structural shift in scholarly communication practises? *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 57(2001) 2, str. 558–569.
- Garfield**, Eugene: *Citation indexing. Its Theory and Application in Science, Technology and Humanities*. ISI Press, New York 1979.
- Garfield**, Eugene: Long-term vs. short-term journal impact, II: cumulative impact factors? *Scientist* 12(1998), str. 12–13.
- Glänzel**, Wolfgang: Coauthorship Patterns and Trends in the Sciences (1980–1998): A Bibliometric Study with the Implications for Database Indexing and Search Strategies. *Library Trends* 50(2002) 3, str. 461–473.
- Glänzel**, Wolfgang: National characteristics in international scientific co-authorship relations. *Scientometrics* 51(2001) 1, str. 69–115.
- Glänzel**, Wolfgang, **Rinia**, Ed J., **Brocken**, M. G. M.: A bibliometric study of highly cited European physics papers in the 80's. *Research Evaluation* 5(1995) 2, str. 113–122.

- Glänzel**, Wolfgang: Science in Scandinavia: A bibliometric approach. *Scientometrics* 48(2000), str. 121–150.
- Goldfinch**, Shaun, **Dale**, Tony, **DeRouen**, Karl Jr.: Science from periphery: collaboration, networks and »periphery effects« in the citation of New Zealand Crown Research Institute articles, 1995–2000. *Scientometrics* 57(2003) 3, str. 321–337.
- Jappe**, Arlette: Explaining international collaboration in global environmental change research. *Scientometrics* 71(2007) 3, str. 367–390.
- Jokić**, Maja, **Šuljok**, Adrijana: Produktivnost i njezin odjek prema citatnim bazama ISI i Scopus za razdoblje 1996–2005. U: K. Prpić (ur.): *Onkraj mitova o prirodnim i društvenim znanostima*. Institut za društvena istraživanja u Zagrebu, Zagreb 2008., str. 133–159.
- Jokić**, Maja, **Zauder**, Krešimir, **Letina** Srebrenka: Croatian scholarly productivity 1995–2005 measured by journals indexed in Web of Science. *Scientometrics* 83(2010) 2, str. 375–395.
- Klaić**, Branimir: Analysis of Scientific Productivity in Croatia According to the Science Citation, Social Science Citation Index and Arts and Humanities Citation Index for the 1980-1995 Period. *Croatian Medical Journal* 38(1997) 2, str. 88–98.
- Liu**, Ziming: Trends in transforming scholarly communication and their implications. *Information Processing and Management* 39(2003) 6, str. 889–898.
- Moed**, Henk F, **Burger**, W. J. M., **Frankfort**, J. G., **van Raan**, Anthony F. J.: The application of bibliometric indicators: Important field and time-dependent factors to be considered. *Scientometrics* 8(1985), str. 177–203.
- Morillo**, F., **Bordons**, Maria, **Gómez** Isabel: An approach to interdisciplinarity through bibliometric indicators. *Scientometrics* 51(2001) 1, str. 201–222.
- Must**, Ülle: New countries in Europe-Research, development and innovation strategies vs bibliometric data. *Scientometrics* 66(2006) 2, str. 241–248.
- Petrak**, Jelka: Bibliometrijski pokazatelji u ocjenjivanju znanstvenoga rada: 2. Citati i njihova analiza. *Liječnički vjesnik* 123(2001) 5–6, str. 129–134.
- Pravilnik o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja. *Narodne novine* 2005, 84.
- Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja. *Narodne novine* 2006, 138.
- Pravilnik o dopunama Pravilnika o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja. *Narodne novine* 2010, 116.
- Pravilnik o znanstvenim i umjetničkim poljima i granama. *Narodne novine* 2005, 76.
- Price**, Derek John de Sola: *Little Science, Big Science*. Columbia University Press, New York 1963.
- Sampson**, Zora J.: Authorship counts – Forty years of the Physical Review and Physical Review Letters. *Scientometrics* 32(1995) 2, str. 219–226.
- van Leeuwen**, Thed N., **Moed**, Henk F.: Characteristics of factors: The effects of uncitedness and citation distribution on the understanding of journal impact factors. *Scientometrics* 63(2005), str. 357–371.
- van Leeuwen**, Thed N.: Strength and weakness of national science systems: a bibliometric analysis through cooperation patterns. *Scientometrics* 79(2009) 2, str. 389–408.
- Wagner-Döbler**, Ronald: Continuity and discontinuity of collaboration behaviour since 1800 – from bibliometric point of view. *Scientometrics* 52(2001) 3, str. 503–517.
- Weale**, Andy R., **Baily**, Mick, **Lear**, Paul A.: The level of non-citation of articles within a journal as a measure of quality: a comparison to the impact factor. *BMC Biomedical Research Methodology* 4(2004), str. 14.
- Zmaić**, Ljerka, **Maričić**, Siniša, **Simeon**, Vladimir: Visibility of peripheral journals through the Science Citation Index. *Information Processing Management* 25(1989) 6, str. 713–719.

**SCIENTOMETRIC ASPECT OF EVALUATING SCIENTIFIC PERFORMANCE IN THE FIELD OF NATURAL SCIENCES FROM 1991 TO 2005**

**Nataša Jermen**

The Miroslav Krleža Institute of Lexicography

**ABSTRACT:** The state of scientific activity in the field of natural sciences in Croatia from 1991 to 2005 was established using scientometric analysis of 8436 scientific papers published in natural sciences journals indexed in WoS-SCI Expanded database in the observed period. The characteristics of scientific productivity and scientific impact were analysed and interpreted, as well as the trends in co-authorship and international collaboration. Based on the specificities of scientific publishing in various natural sciences disciplines determined by this research, a need to redefine the use of scientometric indicators in the system of evaluating scientific performance in the field of natural sciences is pointed out.

**Keywords:** *natural sciences; scientometric analysis; scientific productivity; scientific impact; WoS-SCI Expanded; science policy*