

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Karmen STOPAR

**BIBLIOMETRIČNA ANALIZA ZNANSTVENIH  
OBJAV S PODROČJA NANOZNANOSTI**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Karmen STOPAR

**BIBLIOMETRIČNA ANALIZA ZNANSTVENIH OBJAV S  
PODROČJA NANOZNANOSTI**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS IN  
NANOSCIENCE**

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2014

Delo posvečam mami in očetu.

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete in sklepa 3. seje Komisije za doktorski študij (po pooblastilu 30. seje Senata Univerze z dne 20.1.2009) z dne 11.3.2010 je bila izdana odločba, da kandidatka izpolnjuje pogoje za opravljanje doktorata znanosti na doktorskem Podiplomskem študiju bioloških in biotehniških znanosti, znanstveno področje agronomija.

Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Tomaž Bartol in za somentorico prof. dr. Damjana Drobne.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Bojana BOH  
Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za kemijsko  
izobraževanje in informatiko

Član: prof. dr. Tomaž BARTOL  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Damjana DROBNE  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Dragan MIHAILOVIĆ  
Institut Jožef Stefan

Datum zagovora: 16. 6. 2014

Doktorska disertacija je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega dela na spletni strani Digitalne knjižnice. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Karmen Stopar



## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dd  
DK UDK 002:659.2:001.8:016:620.3(043.3)  
KG bibliometrične analize/bibliometrija/scientometrija/bibliografske zbirke/nanoznanost/nanotehnologija/interdisciplinarnost/multidisciplinarnost/kmetijstvo  
KK AGRIS A50/C30  
AV STOPAR, Karmen, dipl. inž. agr., mag. znanosti  
SA BARTOL, Tomaž (mentor) / DROBNE, Damjana (somentorica)  
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje agronomije  
LI 2014  
IN BIBLIOMETRIČNA ANALIZA ZNANSTVENIH OBJAV S PODROČJA NANOZNANOSTI  
TD Doktorska disertacija  
OP XVIII, 200, [9] str., 59 pregl., 60 sl., 8 pril., 239 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI Pričakuje se, da se bo področje nanoznanosti in nanotehnologije v prihodnosti razvijalo zelo hitro. Zaradi obetavnih znanstvenih odkritij in naglega razvoja na vseh področjih je področje nanoznanosti in nanotehnologije tudi predmet in model proučevanja informacijske znanosti, še zlasti bibliometrije. V okviru tega dela smo bibliometrično proučevali, ali so raziskave s področja nanoznanosti res tako razpršene, da to otežuje preglednost, odkrivali vsebinska področja, na katera sega nanoznanost, z različnimi seti podatkov in metodologijami raziskovali interdisciplinarnost (multidisciplinarnost) nanopodročja, proučevali ustanove, v katerih nastajajo nano raziskave, bibliometrično ovrednotili prepletanje nanotehnologije s področjem kmetijstva in ocenjevali načine uporabe različnih informacijskih sistemov za iskanje vsebin z nanopodročja. Za naše delo smo razvili lastne pristope za ocenjevanje različnih segmentov naše raziskave in jih kombinirali z nekaterimi že uveljavljenimi. Analize pokažejo, da so podatki sicer razkropljeni po različnih zbirkah, vendar pa že ena sama splošna citatna zbirka zajame pretežni del vseh objav. Vsebinsko razkropljenost smo temeljiteje proučevali na osnovi klasifikacije revij WOS. Izkazalo se je, da se ob številnih kategorijah (več kot 200) razvoj nanopodročja v zadnjem obdobju dogaja v okviru obstoječih področij tehnike in naravoslovja (večinoma fizike, kemije in vede o materialih). Proučevali smo tudi, kako se na področju nanoraziskav odraža interdisciplinarnost. To smo proučevali na osnovi analize citiranja, zaradi kompleksnosti podatkov pa tudi v lastnih klasifikacijskih strukturah. Iz naših analiz ni razvidno, da bi imelo nano področje svoj specifični znanstveni problem, metode in zakonitosti. Bolj kaže na to, da le nanodelec povezuje in nadgrajuje že obstoječa področja. V naši raziskavi smo še posebej ovrednotili povezavo nano tematike s kmetijstvom, pri tem pa uporabili zbirki CAB in WOS. Informacijski sistem Google Scholar se za iskanje vsebin s področja nanoznanosti in nanotehnologije zaradi številnih iskalnih omejitev in posebnosti pokaže kot pomanjkljivo orodje, kar velja še zlasti za neizkušene uporabnike.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd  
DC UDC 002:659.2:001.8:016:620.3(043.3)  
CX bibliometrical analysis/bibliometry/scientometry/bibliographic databases/  
nanoscience/nanotechnology/interdisciplinarity/multidisciplinarity/agriculture  
CC AGRIS A50/C30  
AU STOPAR, Karmen  
AA BARTOL, Tomaž (supervisor) / DROBNE, Damjana (co-supervisor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and  
Biotechnical Sciences, Field: Agronomy  
PY 2014  
TI BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS IN  
NANOSCIENCE  
DT Doctoral dissertation  
NO XVIII, 200, [9] p., 59 tab., 60 fig., 8 ann., 239 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB The research field of nanoscience and nanotechnology is expected to progress rapidly in the future. Promising scientific discoveries and fast development all contribute to the employment of this field as an object and model of research also in information sciences, in particular bibliometrics. We investigated whether the studies in this field are really so dispersed that such a scatter prevents a comprehensive evaluation. We examined the many subject areas spanning the field of nanoscience. Using numerous different data sets and methodologies, we studied the concept of interdisciplinarity (multidisciplinary) on the example of this field. We also examined institutions of the affiliated researches. We bibliometrically assessed interactions between nanotechnology and the field of agriculture. We evaluated different information systems and their functionalities in the retrieval of nano topics. We devised our own approaches for assesment of different segments of the retrieved materials and combined our methodology with some established bibliometric practices. Analyses show that data are scattered across different information systems - databases. We can, however, obtain the greater part of relevant information in one general citation database. Based on the WOS classification, we investigated, in detail, the scatter of content across different subject areas. The articles (journals) under study are classified with more than 200 different categories. Despite the extensive scatter, we can roughly summarize that the most significant development in this field, in recent period, takes place in the fields of physics, chemistry, and materials science. We also investigated how the nanofield reflects interdisciplinary. This was explored on the basis of citation analysis, and also in new clasification structures due to the complexity of data. The analysis does not reveal any very particular specifics of the so called field of nanoscience and nanotechnology: no characteristic problem statement, specific methods and principles can be ascertained. It seems that the nanoparticle is the only element which connects and complements the existing standard fields of research. We also evaluated the links between nanotopics and agriculture, using databases CAB and WOS. Google Scholar turns out to be an inadequate tool for the retrieval of nanoinformation, because it is lacking some important functionalities provided by other database, what may affect the searches conducted by inexperienced users.

## KAZALO VSEBINE

	Ključna dokumentacijska informacija	III
	Key words documentation	IV
	Kazalo vsebine	V
	Kazalo preglednic	VIII
	Kazalo slik	XII
	Kazalo prilog	XVI
	Okrajšave in simboli	XVII
	Simboli	XVIII
<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PREGLED OBJAV</b>	<b>5</b>
2.1	NANOZNANOST IN NANOTEHNOLOGIJA	5
<b>2.1.1</b>	<b>Definicije in opis pojmov</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Lastnosti nanomaterialov</b>	<b>8</b>
2.2	INTERDISCIPLINARNOST IN SORODNI POJMI	11
<b>2.2.1</b>	<b>Opredelitev pojmov</b>	<b>11</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Konvergentnost nanoznanosti in nanotehnologije</b>	<b>13</b>
2.2.2.1	Viziji NBIC in CTEKS	14
2.2.2.2	Dileme o interdisciplinarnosti (konvergentnosti) nanopodročja	15
<b>2.2.3</b>	<b>Analitični pristopi k študijam interdisciplinarnosti</b>	<b>16</b>
2.3	RAZISKOVANJE ZNANOSTI	18
<b>2.3.1</b>	<b>Znanstvene in strokovne informacije</b>	<b>18</b>
2.3.1.1	Bibliografske podatkovne zbirke in informacijski sistemi	18
2.3.1.2	Iskalne strategije in relevantnost podatkov	20
<b>2.3.2</b>	<b>Bibliometrične analize - kvantitativni vidik informacij in informacijskega procesa</b>	<b>20</b>
2.3.2.1	Splošno o analizah za vrednotenje raziskovalne dejavnosti	20
2.3.2.2	Bibliometrične raziskave področja nanoznanosti in nanotehnologije	22
2.3.2.3	Proces bibliometričnega kartiranja – analiza omrežij	23
2.3.2.3.1	Iskanje podatkov - oris analiziranega področja	25
2.3.2.3.2	Določanje relacij med bibliografskimi elementi - analize sopojavljanja	27
2.3.2.3.3	Razvrščanje v skupine in analiza podatkov	30
2.3.2.3.4	Grafična predstavitev podatkov (vizualizacija)	31
2.4	NANOTEHNOLOGIJA V KMETIJSTVU	32
<b>2.4.1</b>	<b>Uporaba nanotehnologije v pridelavi kmetijskih rastlin</b>	<b>33</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Nanotehnologija v prehrambeni industriji</b>	<b>34</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL IN METODE DE LA</b>	<b>35</b>
3.1	POTEK RAZISKAVE	35
3.2	PODATKOVNE ZBIRKE	35
3.3	UPORABLJENA PROGRAMSKA OPREMA	38
3.4	METODE DE LA	38
<b>3.4.1</b>	<b>Izbor iskalne sintakse</b>	<b>39</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Metode iskanja po različnih podatkovnih zbirkah</b>	<b>40</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Metoda priprave delovnih zbirk</b>	<b>44</b>

<b>3.4.4</b>	<b>Analize podatkov</b>	48
3.4.4.1	Analiza prekrivanja zbirk	48
3.4.4.2	Analiza ustanov avtorjev	49
3.4.4.3	Analize citiranja	49
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b>	54
4.1	ORIS PODROČJA	54
4.2	RAZKROPLJENOST BIBLIOGRAFSKIH ZAPISOV OBJAV O RAZISKAVAH Z NANOPODROČJA PO RAZLIČNIH PODATKOVNIH ZBIRKAH	59
4.3	VSEBINSKA RAZPRŠENOST GLEDE NA KLASIFIKACIJSKA SISTEMA PODATKOVNIH ZBIRK WOS IN SCOPUS	65
4.4	USTANOVE, V OKVIRU KATERIH POTEKAJO NANO RAZISKAVE	70
4.5	PROUČEVANJE INTERDISCIPLINARNOSTI NANOPODROČJA	73
<b>4.5.1</b>	<b>Analize celotnega nanopodročja po izbrani iskalni metodologiji</b>	73
4.5.1.1	Klasifikacija ESI (Essential Science Indicators)	74
4.5.1.2	Klasifikacija WOS - kategorije WCat	77
<b>4.5.2</b>	<b>Razvrščanje kategorij (vsebinskih področij) v skupine</b>	86
4.5.2.1	Perssonova metoda za razvrščanje v skupine	86
4.5.2.2	Hierarhične (klasifikacijske) metode razvrščanja v skupine	89
4.5.2.3	Ordinacijske (gradientne) metode razvrščanja v skupine	90
4.5.2.4	Hierarhično združevanje v skupine v Pajku in prikaz v preurejeni matriki	98
<b>4.5.3</b>	<b>Indeksi interdisciplinarnosti</b>	106
4.5.3.1	Shannonov indeks pestrosti	107
4.5.3.2	Rao-Stirlingov indeks diverzitete	108
4.5.3.3	Analiza indeksov po skupinah	110
<b>4.5.4</b>	<b>Multidisciplinarnost revij</b>	112
4.5.4.1	Multidisciplinarnost revij iz kategorije Nanoscience & nanotechnology	112
4.5.4.2	Klasifikacija revij z več kategorijami – enostaven pokazatelj multidisciplinarnosti	112
4.5.4.3	Razlike v citiranju – revije, klasificirane z enim ali več raziskovalnimi področji SC	113
<b>4.5.5</b>	<b>Analiza citiranosti najbolj citiranih člankov iz izbranih nano revij</b>	116
<b>4.5.6</b>	<b>Nano letters kot citirajoča in citirana revija</b>	120
<b>4.5.7</b>	<b>Najpomembnejše revije za področje nanoznanosti</b>	124
4.6	NANO VSEBINE V POVEZAVI S KMETIJSKO TEMATIKO	127
<b>4.6.1</b>	<b>Analiza zbirke CAB</b>	127
4.6.1.1	Revije, v katerih so objavljeni nano članki	128
4.6.1.2	Analiza predmetnih oznak	129
<b>4.6.2</b>	<b>Analiza citiranja člankov iz revij, ki so v zbirki WOS v setu celotnega orisa nanopodročja klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture</b>	132
4.6.2.1	Citirajoči članki iz revij, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture	133

4.6.2.2	Analiza citiranih člankov iz revij, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture	134
<b>4.6.3</b>	<b>Analiza seta podatkov nano_pesticidi</b>	138
4.6.3.1	Citirajoči članki iz seta podatkov nano_pesticidi	139
4.6.3.2	Analiza citiranja seta podatkov nano_pesticidi	140
4.6.3.3	Sobesedna analiza vzorca nano_pesticidi	143
4.7	GOOGLE SCHOLAR	145
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	153
5.1	RAZPRAVA	153
<b>5.1.1</b>	<b>Proučevanje različnih orisov nanopodročja</b>	154
<b>5.1.2</b>	<b>Proučevanje razkropljenosti nano vsebin po različnih podatkovnih zbirkah</b>	156
<b>5.1.3</b>	<b>Proučevanje vsebinske razpršenosti na osnovi klasifikacije zbirk WOS in Scopus</b>	158
<b>5.1.4</b>	<b>Analiza ustanov, v katerih nastajajo nano raziskave</b>	160
<b>5.1.5</b>	<b>Razprava k proučevanju interdisciplinarnosti nanopodročja</b>	161
<b>5.1.6</b>	<b>Nanotehnologija in kmetijstvo</b>	169
<b>5.1.7</b>	<b>Proučevanje uporabnosti spletnega iskalnika Google Scholar za iskanje vsebin s področja nanoznanosti in nanotehnologije</b>	173
5.2	SKLEPI	175
<b>6</b>	<b>POVZETEK (SUMMARY)</b>	179
6.1	POVZETEK	179
6.2	SUMMARY	181
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	185
	<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Definicije pojma nanotehnologija (Igami in Okazaki, 2007; The impacts ..., 2010) .....	8
Preglednica 2: Polja, ki jih različne zbirke vključujejo v 'združeno' iskanje vsebine .....	42
Preglednica 3: Razlike v frekvenci, če upoštevamo vse navedbe ali pa posamezno kategorijo le enkrat .....	52
Preglednica 4: Število člankov v zbirki WOS po letih glede na različno iskalno metodologijo .....	54
Preglednica 5: Primerjava med različnimi iskalnimi metodologijami za leto 2010 .....	56
Preglednica 6: Delež člankov, ki jih najdemo z besedo nano* glede na iskalno metodologijo .....	56
Preglednica 7: Revije, v katerih se pojavi največji delež člankov z letom izida 2010, glede na posamezno metodologijo; številke označujejo vrstni red glede na delež pojavljanja člankov iz posamezne reviji .....	58
Preglednica 8: Število vključenih dokumentov (vsi tipi dokumentov) po zbirkah za leto 2010 glede na iskanje posameznih iskalnih pojmov ali fraz in različne kombinacije iskalnih polj .....	59
Preglednica 9: Število dokumentov (vsi tipi) z letom izida 2010 po zbirkah glede na posamezne iskane pojme/fraze v polju naslov članka .....	60
Preglednica 10: Prekrivanje posameznih zbirk z WOS za primer nano titanovega dioksida. Iskalna poizvedba po polju naslov dokumenta, vsi tipi dokumentov, leto 2010 ..	62
Preglednica 11: Tipologija za dokumente, pridobljene z izbrano iskalno metodologijo za leto 2010 po polju Topic v zbirki WOS in po združenem polju TITLE-ABS-KEY v zbirki Scopus .....	64
Preglednica 12: WOS kategorije - WCat, s katerimi so opisani članki, najdeni z izbrano iskalno metodologijo glede na analizirana obdobja .....	67
Preglednica 13: Primerjava med zbirkama WOS in Scopus glede na revije člankov z največjo pojavnostjo v iskalni poizvedbi Maghrebi za leto 2010 .....	68
Preglednica 14: Klasifikacija izbranih revij v WOS in Scopus .....	69
Preglednica 15: Pojavnost glede na vključenost besede nano v naslovu ustanove za leto 2011 po državah .....	72
Preglednica 16: Število dokumentov (odstotki) za ESI kategorije citirajočih člankov .....	75
Preglednica 17: Indeks Salton kosinus za pare kategorij citirajočih člankov po ESI klasifikaciji > 0,75 .....	75

Preglednica 18: Pojavnost in odstotki za reference na osnovi ESI klasifikacije .....	76
Preglednica 19: Najpogostejše kategorije WCat, s katerimi so klasificirani citirajoči članki .....	79
Preglednica 20: Pari kategorij citirajočih člankov iz matrike podobnosti citiranja z najvišjim indeksom .....	80
Preglednica 21: Razlike v frekvenci, upoštevajoč vse navedbe posamezne kategorije referenc na članek (levo) in, če se posamezna kategorija upošteva le enkrat (desno) .....	83
Preglednica 22: Indeksi podobnosti Salton kosinus za pare z najvišjimi vrednostmi iz analize socitiranja .....	84
Preglednica 23: Skupine kategorij WCat po Perssonovi metodi za razvrščanje v skupine .....	88
Preglednica 24: Sestava skupin po razdalji Salton kosinus in Wardovi metodi združevanja .....	93
Preglednica 25: Sestava skupin, v kateri je kategorija Nanoscience & nanotechnology, glede na različna obravnavanja .....	94
Preglednica 26: Razlike v razporeditvi nekaterih kategorij, ki se nanašajo na kmetijstvo, živilstvo in biotehnologijo .....	94
Preglednica 27: Kategorije WCat po skupinah iz preurejene matrike po Wardovi metodi .....	100
Preglednica 28: Kategorije WCat po skupinah iz preurejene matrike po maksimalni metodi .....	103
Preglednica 29: Število člankov, pri katerih se posamezna kategorija reference pojavi vsaj enkrat .....	104
Preglednica 30: Indeksi podobnosti Salton kosinus za pare z vrednostmi $> 0,7$ in nekatere izbrane pare kategorij iz normalizirane matrike sopojavljanja .....	106
Preglednica 31: Shannonov indeks za kategorije z najnižjimi vrednostmi (levo) in izbrane 'bio-eko' kategorije po naraščajočih vrednostih (desno).....	108
Preglednica 32: Rao-Stirlingov indeks diverzitete za kategorije z najnižjimi vrednostmi (levo) in izbrane 'bio-eko' kategorije po naraščajočih vrednostih (desno) .....	109
Preglednica 33: Kategorije, s katerimi so klasificirane revije skupaj s kategorijo Nanoscience & nanotechnology .....	112
Preglednica 34: Pojavnost člankov glede na število klasifikacijskih enot, s katerimi so hkrati klasificirane revije .....	113
Preglednica 35: Frekvenca kategorij z največjo pojavnostjo, s katerimi so predstavljene reference za članke iz obdobja 2007-2012 .....	117

Preglednica 36: Salton kosinus indeks za pare posameznih kategorij WCat s kategorijo Nanoscience & nanotechnology za obdobje 2007-2012 v primeru, ko upoštevamo vse navedbe .....	117
Preglednica 37: Salton kosinus indeks za pare s kategorijo WCat Nanoscience & nanotechnology za primer, ko posamezno kategorijo v referencah upoštevamo samo enkrat .....	120
Preglednica 38: Obravnavane revije z najvišjo pojavnostjo v letu 2011 glede na WOS klasifikacijo WCat .....	123
Preglednica 39: Število vseh člankov, člankov, pri katerih se v naslovu pojavi beseda nano* in število različnih nano izrazov glede na posamezno revijo za leto 2012 .....	124
Preglednica 40: Prikaz pojavnosti posameznih nano izrazov glede na različne revije .....	125
Preglednica 41: Število člankov glede na deskriptorje v zbirki CAB (ti=nano*).....	130
Preglednica 42: Število člankov glede na klasifikacijo s CABI kodami (ti=nano*).....	131
Preglednica 43: Pari CABI kod z najvišjo frekvenco iz analize sopojavljanja .....	131
Preglednica 44: Klasifikacijske enote, s katerimi so so-klasificirani članki (165) iz revij skupaj z raziskovalnim področjem SC Agriculture .....	133
Preglednica 45: Najbolj frekventni pari iz analize sopojavljanja klasifikacijskih enot, s katerimi so klasificirane revije citirajočih člankov skupaj z raziskovalnim področjem SC Agriculture .....	133
Preglednica 46: Razlike v frekvenci, ko upoštevamo vse navedbe ali pa posamezno kategorijo le enkrat, za reference iz revij, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture .....	135
Preglednica 47: Salton kosinus indeks za pare raziskovalnih področij SC za dve izbrani področji SC .....	136
Preglednica 48: Najpogostejši naslovi revij (levo) in vsebinskih kategorij (desno) citirajočih člankov v vzorcu s področja nano_pesticidi .....	140
Preglednica 49: Število člankov, pri katerih se posamezna kategorija WCat reference pojavi vsaj enkrat .....	141
Preglednica 50: Salton kosinus indeks za pare s kategorijo WCat Nanoscience & nanotechnology za primer, ko posamezno kategorijo v referencah upoštevamo samo enkrat .....	141
Preglednica 51: Število zapisov za revijo Nano letters v zbirkah WOS, Scopus in Google Scholar .....	145
Preglednica 52: Število zapisov v posameznih zbirkah za članke iz revije Nano letters, ki vključujejo v naslovu besedo graphen .....	145



Preglednica 53: Iskanje s formulami za titanov dioksid po naslovu dokumentov v WOS, Scopus in Google Scholar za leto 2012 .....	146
Preglednica 54: Posebnosti iskanja s formulami za titanov dioksid in frazo "titanium dioxide" v naslovu dokumentov v Google Scholar za leto 2012.....	147
Preglednica 55: Število zapisov za dokumente, ki vključujejo v naslovu besedo graphene v posameznih zbirki .....	147
Preglednica 56: Število zapisov v posameznih zbirkah za dokumente, ki vključujejo v naslovu besedo nano in frazo "titanium dioxide" .....	148
Preglednica 57: Pojavnost različnih pojmov, ki vsebujejo izraz nano* v polju Title v Google Scholar (brez citatov ali patentov) in WOS za leto 2012 .....	149
Preglednica 58: Pojavnost glede na to ali so pojmi zapisani z eno besedo skupaj ali dvema besedama narazen .....	151
Preglednica 59: Pojavnost za WOS, Google Scholar in revijo Nano letters za unije različnih pojmov .....	152

## KAZALO SLIK

Slika 1: Velikost na nanoskali (Novel ..., 2008) .....	5
Slika 2: Število dokumentov, v katerih se omenjata pojma interdisciplinarnost in multidisciplinarnost glede na iskanje po celotnem bibliografskem zapisu (ts=topic) ali naslovu (ti=title) (WOS, 6.11.2013) .....	12
Slika 3: Zakonitosti, ki veljajo v primeru analize socitiranja (slika levo) in bibliografskega združevanja (slika desno) (Garfield, 1988) .....	29
Slika 4: Predstavitev podatkov v modelu vektorskega prostora (Salton in sod., 1975) .....	50
Slika 5: Število člankov v zbirki WOS po letu objave glede na različno iskalno metodologijo .....	55
Slika 6: Delež člankov za leto 2010 in razporeditev v nekaj najbolj zastopanih WOS znanstvenih področjih glede na posamezno iskalno metodologijo .....	57
Slika 7: Delež člankov posamezne iskalne poizvedbe z letom izida 2010 glede na državo avtorjev člankov .....	58
Slika 8: Število dokumentov (vsi tipi) z letom izida 2010 po zbirkah glede na posamezne iskane pojme/fraze v polju naslov članka .....	61
Slika 9: Delež bibliografskih zapisov v posamezni zbirki, ki se prekriva z WOS .....	62
Slika 10: Primerjava prekrivanja z zbirkami glede na vse priklicane zapise, ki se nanašajo na nano titanov dioksid v WOS .....	63
Slika 11: Znanstvena področja (Subject areas), s katerimi so najpogosteje vsebinsko opredeljene revije (bibliografski zapisi), najdeni z izbrano iskalno metodologijo v zbirki WOS .....	66
Slika 12: Širša znanstvena področja (Subject areas), s katerimi so najpogosteje vsebinsko opredeljene revije (bibliografski zapisi), najdeni z izbrano iskalno metodologijo v zbirki Scopus (>5 %) .....	66
Slika 13: Razkropljenost raziskav glede na državo, od koder prihajajo avtorji člankov .....	70
Slika 14: Število ustanov z besedo nano v naslovu glede na državo, od koder prihajajo avtorji člankov za leto 2012 .....	71
Slika 15: Ustanove z besedo nano v naslovu glede na državo, od koder prihajajo avtorji najbolj citiranih člankov izbranih revij .....	73
Slika 16: Omrežje kategorij ESI za citirajoče članke (Pajek, algoritem Kamada-Kawai) .....	74
Slika 17: Prikaz kategorij, ki delijo s kategorijo Nanoscience & nanotechnology največ skupnih referenc iz analize bibliografskega združevanja .....	78

Slika 18: Mreža citirajočih člankov iz normalizirane matrike navzkrižnega citiranja (Pajek, Kamada-Kawai) .....	79
Slika 19: Kategorije citirajočih člankov z indeksom podobnosti citiranja s kategorijo Nanoscience & nanotechnology > 0,8 .....	81
Slika 20: Kategorije citirajočih člankov z indeksom podobnosti citiranja s kategorijo Chemistry, physical > 0,8 .....	81
Slika 21: Kategorije citirajočih člankov z indeksom podobnosti citiranja s kategorijo Biotechnology & applied microbiology > 0,7 .....	82
Slika 22: 20 kategorij citirajočih člankovi, ki s kategorijo Agronomy pokažejo največjo podobnost v matriki Salton kosinus in dodatno prikaz kategorije Nanoscience & nanotechnology z indeksom podobnosti 0,2.....	82
Slika 23: Mreža 60 kategorij referenc z največjo pojavnostjo in relacije na osnovi analiza socitiranja iz normalizirane matrike z indeksom Salton kosinus .....	85
Slika 24: Mreža podatkov, združenih v 22 skupin s Perssonovo metodo za razvrščanje v skupine .....	87
Slika 25: Dendrogrami na osnovi različnih razdalj in Wardove metode združevanje skupin .....	89
Slika 26: DCA ordinacija 174 kategorij citirajočih člankov (1. os pojasni 39,9 %, 2. pa 26,9 % variabilnosti) .....	89
Slika 27: Ordinacijski diagram podobnosti enot na prvih dveh oseh DCA glede na različne mere podobnost .....	92
Slika 28: Dendrogram za kategorije referenc na osnovi indeksa Salton kosinus in Wardove metode združevanja. ....	96
Slika 29: Ordinacijski diagram podobnosti enot na prvih dveh oseh.....	96
Slika 30: DCA ordinacija za reference .....	97
Slika 31: Hierarhično združevanje po Wardovi metodi razvrščanja (levo) ter maksimalni metodi (desno) .....	97
Slika 32: Preurejena matrika po Wardovi metodi razvrščanja .....	99
Slika 33: Preurejena matrika po maksimalni metodi razvrščanja v skupine in izseček dela matrike (spodaj desno) .....	102
Slika 34: Analiza citiranja najbolj frekventnih kategorij WCat referenc iz skupin BIO-TEHNOL + AGR .....	105
Slika 35: Shannonov indeks pestrosti za kategorije WCat z največjimi vrednosti.....	107
Slika 36: Rao-Stirling indeks diverzitete za kategorije z največjimi vrednosti.....	110

Slika 37: Shannonov indeks pestrosti za skupine (indeks podobnosti Salton kosinus) ....	111
Slika 38: Rao-Stirlingov indeks pestrosti za skupine (indeks podobnosti Salton kosinus)	111
Slika 39: Kategorije referenc, ki so citirane v skupini člankov iz revij, ki so (zgornja slika) klasificirane samo z znanstvenim področjem SC Chemistry in mreža klasifikacijskih enot referenc v primeru, ko so revije dodatno klasificirane poleg SC Chemistry tudi z drugimi klasifikacijskimi enotami (slika spodaj) .....	114
Slika 40: Kategorije referenc, ki so citirane v skupini člankov iz revij, ki so (zgornja slika) klasificirane samo z znanstvenim področjem SC Physics in mreža klasifikacijskih enot referenc v primeru, ko so revije dodatno klasificirane poleg SC Physics tudi z drugimi klasifikacijskimi enotami (slika spodaj) .....	115
Slika 41: Mreža kategorij referenc iz analize socitiranja za članke izbranih revij, klasificirane s kategorijo Nanoscience & nanotechnology v primeru, ko upoštevamo vse navedbe .....	118
Slika 42: Mreža kategorij referenc iz analize socitiranja za članke izbranih revij, klasificirane s kategorijo Nanoscience & nanotechnology za primer, ko posamezno kategorijo v referencah upoštevamo samo enkrat .....	119
Slika 43: Revije iz referenc, ki so citirane v člankih, objavljenih v reviji Nano letters za 2003 (levo) in 2011 (desno) .....	121
Slika 44: Analiza socitiranja referenc iz člankov revije Nano letters za leto 2003 .....	121
Slika 45: Analiza socitiranja referenc iz člankov revije Nano letters za leto 2011 .....	122
Slika 46: Revije, ki citirajo Nano letters - levo za leto 2003, desno za leto 2011 .....	123
Slika 47: Pojavnost najbolj pogostih nano pojmov za izbrane revije .....	126
Slika 48: Pojavnost člankov v zbirki CAB po letih glede na iskanje s korenomo nano* po naslovu oz. po besedah iz naslova, izvlečka, originalnega naslova in deskriptorjev .....	128
Slika 49: Pojavnost člankov iz posameznih revij v zbirki CAB (ti=nano*) .....	129
Slika 50: Mreža predmetnih oznak z najvišjo pojavnostjo v zbirki CAB (ti=nano*) .....	130
Slika 51: Mreža CABI kod z najvišjo pojavnostjo v zbirki CAB .....	132
Slika 52: Mreža raziskovalnih področij SC, s katerimi so poleg SC Agriculture, klasificirane revije citirajočih člankov .....	134
Slika 53: Mreža raziskovalnih področij SC (reference) z največjo pojavnostjo (35), objavljenih v revijah, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture v primeru, ko upoštevamo vse navedbe .....	137
Slika 54: Mreža raziskovalnih področij SC (reference) z največjo pojavnostjo, objavljenih v revijah, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture v primeru, ko posamezno kategorijo v referencah upoštevamo samo enkrat .....	138

Slika 55: Mreža kategorij WCat referenc z največjo pojavnostjo (40) iz analize citiranja vzorca nano_pesticidi .....	142
Slika 56: Mreža 100 najbolj frekvenčnih besed iz naslovov člankov v vzorcu nano_pesticidi .....	143
Slika 56: Mreža 100 najbolj frekvenčnih besed iz naslovov člankov v vzorcu nano_pesticidi .....	143
Slika 57: Mreža 70 najbolj frekvenčnih deskriptorjev KW+ .....	144
Slika 58: Primerjava med najbolj pogostimi pojmi v WOS (vsaj 1000) in Google Scholar .....	150
Slika 59: Razmerje v uporabi med pojmi, ki jih pišemo z eno oz. dvema besedama po posameznih letih .....	151
Slika 60: Pojavnost za unije pojmov v WOS in Google Scholar .....	152

## KAZALO PRILOG

- Priloga A: Iskalna sintaksa za članke s področja nano po metodologiji Porter in sod. (2008)
- Priloga B: Iskalna sintaksa za članke s področja nano po metodologiji Warris (2004)
- Priloga C: Mreža podatkov – 22 skupin po Perssonovi metodi združevanja v skupine
- Priloga D: Dendrogram: Euclidova razdalja, Wardova metoda združevanja
- Priloga E: Dendrogram: Manhattan razdalja, Wardova metoda združevanja
- Priloga F: Dendrogram: indeks različnosti iz enačbe Salton cosinus, Wardova metoda združevanja
- Priloga G: Grupiranje referenc – indeks Salton kosinus in Wardova metoda združevanja
- Priloga H: Razvrščanje z bločnimi modeli (popravljen Evklidska razdalja na normaliziranih podatkih in Wardova metoda (levo) ter maksimalna metoda (desno) za razvrščanja v skupine

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

WOS	Web of Science
CA	Chemical Abstracts
ESI	klasifikacija revij v okviru 'Essential Science Indicators' - orodje, dosegljivo s platforme Web of Knowledge
SC	raziskovalna področja (angl. Research areas) - klasifikacijske enote revij v zbirki WOS
WCat	WOS kategorije (angl. Categories) - klasifikacijske enote revij v zbirki WOS
NBIC	Ameriški koncept konvergence različnih disciplin 'Nano-Bio-Info-Cogno' (Nanotechnology, Biotechnology, Information technology and Cognitive science)
CTEKS	Evropski koncept konvergence različnih disciplin 'Nano-Bio-Cogno-Socio-Anthro-Philo-Geo-Eco-Urbo-Orbo-Macro-Micro'
CA	korespondenčna analiza
DCA	korespondenčna analiza z odstranjenim trendom
EPS	format slike (angl. Encapsulated PostScript)
KW+	ključne besede+ (posebno deskriptorsko polje v zbirki WOS)
KW	ključne besede
TI	naslov
AB	izvleček

## SLOVARČEK

Izpostavljeni so le nekateri ključni pojmi za naše delo, ki jih pojasnjujemo v kontekstu našega besedila.

**Multidisciplinarnost (angl. multidisciplinary)** se nanaša na situacijo, ko se z določenim problemom ukvarjajo različne znanosti, raziskujejo pa ločeno. Pojem opisuje ohlapno ali predhodno razmerje med vključenimi disciplinami. Raziskave se približujejo k rešitvi nekega problema z različnih zornih kotov, z vidika različnih disciplin, vendar pa integracija še ni dokončna.

**Interdisciplinarnost (angl. interdisciplinarity)** je interakcija različnih disciplin oziroma prehajanje spoznanj iz ene znanosti (discipline) v drugo s ciljem reševanja določenih problemov. Interdisciplinarnost potrebuje za razliko od multidisciplinarnosti močnejše vezi, prekrivanja in integracije. Skupaj prihajajo značilne komponente dveh ali več področij, kar vodi do novega znanja.

**Konvergentnost (angl. convergence)** - pojem opisuje zблиževanje oziroma zmanjševanje razlik. Konvergenten je tisti, ki je ali postaja vedno bolj podoben (SSKJ, 1991).

**Analiza socitiranja (angl. co-citation analysis):** bistvo te metode je iskanje bližine, sorodnosti oz. povezanosti tistih, ki 'ponujajo' znanje ali informacije; to je citiranih člankov, v smislu vzorca njihovih 'uporabnikov' - citirajočih člankov. Dva dokumenta sta socitirana, če se pojavita skupaj v referencah nekega tretjega članka.

**Bibliografsko združevanje (angl. bibliographic coupling)** – metoda temelji na predpostavki, da sta dva članka, ki ju avtorji velikokrat citirajo skupaj, vsebinsko povezana. Bistvo te metode je iskanje bližine oz. sorodnosti, vsebinske povezanosti med uporabniki znanja – to je med citirajočimi dokumenti. Jakost bibliografskega spajanja je torej odvisna od števila skupnih referenc.

**Navzkrižno citiranje (angl. cross-citation)** je najenostavnejša med tehnikami, ki temeljijo na proučevanju citiranja, ko nek novejši članek citira starejšega (direktno citiranje). Ta pristop zahteva združevanje dokumentov na nivo revij, klasifikacijskih enot ali predmetnih kategorij na osnovi povezav navzkrižnega citiranja (Janssens in sod. 2009).

**Kartiranje znanosti / bibliometrično kartiranje (angl. science mapping, bibliometric mapping)** je prostorski prikaz, ki pokaže, kako so posamezne discipline, področja, dokumenti ali avtorji med seboj povezani (Small, 1999). Cilj bibliometričnega kartiranja znanosti je torej vizualizacija - priprava bibliometričnih kart (zemljevidov), ki odsevajo strukturo znanosti in prikazujejo, kako so specifične discipline, znanstvene domene ali raziskovalna področja konceptualno, intelektualno ali družbeno strukturirane. Proces poteka v več fazah: pridobivanje in obdelava surovih podatkov, normalizacija, izbor primerne metode za razkrivanje povezav med podatki, vizualizacija, analiza ter končna interpretacija rezultatov.

**Korespondenčna analiza (angl. correspondence analysis)** je multivariatna statistična analiza, ki se uporablja za redukcijo podatkov.



## 1 UVOD

Pomembno značilnost 21. stoletja predstavlja prehod v učečo se družbo, temelječo na znanju, kar ima močan vpliv tudi na gospodarstvo. To se kaže v sklopu drugačnih gospodarskih dejavnosti, struktur in odnosov<sup>1</sup>. V skrbi za zdravje in varno hrano ob spreminjajočih se pogojih pridelovanja hrane, ki so posledica klimatskih sprememb, vedno glasneje izstopa tudi vizija o 'bio-ekonomiji', v okviru katere se v kompleksnih procesih povezujejo različna znanstvena področja. V ospredje pospešeno prihajajo nove prodrone tehnologije, kot so biotehnologija, nanotehnologija in še zlasti informacijske tehnologije, zaradi katerih se vsi sektorji znanja razvijajo še intenzivneje.

Predvsem nanotehnologiji pripisujejo danes potenciale neslutnih razsežnosti. Napoveduje se, da bo povzročila celo novo tehnološko revolucijo in razreševala probleme, ki bi jim sedaj še najbolj ustrezala rubrika znanstvena fantastika. Zgodnja diagnostika, usmerjeno zdravljenje do sedaj neozdravljivih bolezni, materiali s posebnimi lastnostmi in računalniki na osnovi enega samega atoma so le nekateri izzivi za to novo tehnologijo.

Nanomaterial je prisoten praktično na vseh podočjih človekovega življenja in delovanja, tudi v kmetijski in prehranski panogi, nanotehnologija in nanoizdelki pa vstopajo v naše vsakdanje življenje. Na trgu je že mogoče kupiti veliko izdelkov za splošno rabo, ki vsebujejo nanodelce, katerih lastnosti - pozitivne ali negativne - šele odkrivamo. Če so potencialne koristi nanotehnologije v literaturi dobro opisane, pa so, kot med drugimi ugotavljajo tudi Bouwmeester in sod. (2009) ali Ostrowski in sod. (2009), (eko)toksikološki učinki in vplivi bili do sedaj deležni manjše pozornosti. Hitro uvajanje potrošnih izdelkov, ki vsebujejo nanodelce na tržišča in nekatere novejšje študije, ki mečejo sum na nanodelce in nanomateriale in njihov možni toksikološki učinek na biološke sisteme, pa spodbujajo tudi raziskave in analize, ki bodo pomagale k boljšemu razumevanje potencialno negativnih učinkov (Nel in sod., 2006).

Pojma nanoznanost in nanotehnologija opisujeta raziskave in razvoj tehnologij na ravni atomov, molekul in makromolekul na t.i. nanoskali. Zaradi obetavnih znanstvenih odkritij in izjemnih obetov na področju medicine in varovanja zdravja, biotehnologije, informatike in zagotavljanja varnosti nanotehnologija že ima, pričakuje pa se njen še močnejši vpliv na bodoči ekonomski in družbeni razvoj (Roco in Bainbridge, 2002; Wood in sod., 2008). Vedno več je namreč predvidevanj, da se bodo v prihodnosti pojavile povsem drugačne rešitve v nanoelektroniki, shranjevanju informacij, pridobivanju energije na osnovi bioloških procesov in še marsičem. Vlade zato investirajo velika finančna sredstva v bodoče raziskave in razvoj in za prenose raziskovalnih rezultatov v komercialne aplikacije. Nastajajoče nove tehnologije postajajo zato velik izziv tudi za odgovorne pri usmerjanju znanstvene politike (Melkers in Xiao, 2012). Novo nastajajoče tehnologije se pojavljajo s številnimi inovacijami, ki imajo močan vpliv na industrijo in gospodarstvo tudi širše. Poleg usmerjenosti v industrijo pa je finančna podpora v veliki meri odvisna tudi od interdisciplinarne dejavnosti raziskovalcev. Vedno pomembnejše namreč postaja

---

<sup>1</sup> Spremembe so vidne zlasti v premikih iz proizvodnega v storitveni sektor, izpopolnjevanju delovne sile, povečanju izvoza izdelkov visoke tehnologije, naložbah v raziskave in razvoj, inovacijah in razvoju informacijsko komunikacijske tehnologije (OECD, cit. po Marinova in McAleer, 2003)

razumevanje odnosov med raziskovalnimi področji, tako kognitivnih, kot tudi socialnih (Melkers in Xiao, 2012).

Zaradi vpliva informacij na družbeni in gospodarski razvoj je postala splošna dostopnost informacij kar nekakšna zahteva današnjih družb. Razvita informacijska in komunikacijska tehnologija ter globalni dostop do množice elektronskih virov to zahtevo v veliki meri podpirajo. Vendar pa se v preobilju informacij, ki smo mu priča na vseh ravneh človekovega delovanja, upravičeno sprašujemo, kako slediti temu naglemu razvoju in poplavi podatkov in informacij vseh vrst, oblik in vrednosti. Informacije so namreč lahko koristne, če jih znamo dobro izkoristiti. V nepregledni množici informacij pa je že samo izobilje lahko ovira za izkoristek. Zato ne preseneča, da se že nekaj časa omenja nov sindrom - 'informacijska tesnoba' (Wurman, 1989) ali 'sindrom informacijske utrujenosti' (Oman, 2001). Sledenje in spremljanje informacij postaja vedno bolj zapletena naloga. Iskanje učinkovitega opazovanja, spremljanja, beleženja in razvrščanja podatkov je eden največjih izzivov znanstvene informatike.

Kot novo področje, ki se izjemno hitro razvija, je področje nanoznanosti in nanotehnologije zanimivo tudi za bibliometrične raziskave. Raznovrstne analize raziskovalnih in razvojnih aktivnosti so se začele pojavljati skupaj z naraščanjem količine znanja oziroma znanstvenih publikacij in skušajo (za različne namene) ustrezno kvantificirati znanstveno raziskovalno dejavnost in njen razvoj. Kvantitativne metode, skupaj z ocenami ekspertov, postajajo pomembna pomoč pri strategijah in odločanju v okviru raziskav in razvoja v znanosti. Investitorji in odločevalci v vladah in industriji potrebujejo za kreiranje politike, načrtovanje in učinkovito odločanje ter za spremljanje trendov neke merljive indikatorje. Bibliometrične analize člankov ali patentov so pomembno orodje za monitoring znanstvenih in tehnoloških trendov (Maghrebi in sod., 2011). Čeprav Mogoutov in Kahane (2007) o dinamiki in vsebini razvijajočih se področij, kar nanotehnologija je, napišeta, da jim je težko slediti, saj med znanstveniki še vedno ni dokončnega soglasja o tem, kje postaviti meje področja.

Bibliometrične analize z rudarjenjem - ekstrakcijo relevantnih in koristnih informacij iz velikega volumna podatkov prikazujejo koristne informacije, ki pomagajo spremljati prioriteta raziskovalna področja, odkriti globalne trende, primerjati pozicije raziskovalcev in drugo. Kumulativna rast znanstvene literature je danes nedvomno zelo visoka. Govorimo o poplavi raznovrstnih informacij oziroma publikacij, še posebej intenzivna pa postaja njihova razkropljenost, saj se množijo tudi informacijski sistemi, ki te podatke (človeško znanje) sistematično, a vsak na svoj specifičen način, obdelujejo, hranijo in ponujajo v uporabo. Številne informacije so postale z razvojem komunikacijske tehnologije in razmahom komunikacijskih omrežij uporabniku tudi neposredno dostopne. Ob ogromnem številu različnih informacij in informacijskih virov in nepravilni uporabi možnosti, ki jih nudijo obstoječi sistemi, se lahko zgodi, da uporabnik ne dobi tistega, kar potrebuje, čeprav so informacije na voljo. Najbolj relevantnih podatkov sploh ne uporabi, pridobi pa množico balasta, pa se tega morda sploh ne zaveda.

Znanstvene discipline se po eni strani vedno bolj specializirajo in drobijo, hkrati pa vedno bolj prehajajo druga v drugo, pri čemer se povezujejo strokovnjaki z zelo različnih področij. Pri tem prehajanju in medsebojnem oplajanju ved ter sodelovanju raziskovalcev je slišati pojme kot so interdisciplinarnost, multidisciplinarnost, transdisciplinarnost. To še

zlasti velja za področje nanoznanosti in nanotehnologije. O interdisciplinarnosti raziskav in razvoja na tem področju, ki naj bi presegala tradicionalne koncepte, piše na primer tudi Komisija Evropskih skupnosti v enem od svojih akcijskih načrtov (Nanoznanosti ..., 2005). V razpravah o znanstvenih politikah je interdisciplinarnost pogosto predstavljena kot oznaka za dobro raziskavo. Te raziskave so videti kot bolj uspešne in rezultati bolj relevantni, najsi bo v smislu ekonomske rasti ali pa družbenih potreb. To je tudi razlog, ki nekako sili politiko v vzpodbujanje intrerdisciplinarnosti, še zlasti na področjih biotehnologije in nanotehnologije.

Ustvarjanje znanja je, kar poudari tudi Schmidt (2007), osrednji element razvoja in prihodnosti modernih družb. Pri prenosu znanja na druga področja pa se raziskovalci pogosto srečujejo z različnimi ovirami. Med ostalim so to težave pri iskanju in razumevanju relevantnih raziskav oz. dokumentov, ki izhajajo iz drugih disciplin. Zaradi različnih vidikov raziskav nanotehnologije, nanobiotehnologije, bionanointerakcij in drugih podpodročij, ki segajo na različna področja, kot so medicina, farmacija, biologija, kemija, živilstvo, kozmetika, fizika idr., so informacije razpršene tako v različnih bibliografskih zbirkah (npr. Web of Science, Medline, Chemical Abstracts, Biological Abstracts), kot tudi akademskih spletnih informacijskih sistemih, kot je na primer Google Scholar. Raziskovalci, pa tudi potrošniki, se znajdejo pred vrsto različno organiziranih virov podatkov na širokih in prepletenih področjih.

Za izhodišče naše raziskave torej izpostavimo nekaj dejstev:

- hitra rast objav na področju nanoznanosti,
- preobilje zadetkov se pojavi že v splošnih zbirkah, kot je WOS, komunikacija med strokami pa je še nadalje otežena zaradi razpršenosti po specializiranih zbirkah,
- predviden je vpliv proizvodov nanotehnologij na vsa področja človekovega življenja, ki ga mnogi opisujejo kot novo tehnološko revolucijo, ki bo imela celo večji vpliv na družbo kot industrijska revolucija,
- potreba po dobro organiziranem načinu iskanja informacij za znanstvenike in vse druge uporabnike informacij s tega področja.

### **Namen raziskave in delovne hipoteze**

1. Ob različnih definicijah nanopodročja bomo najprej poskušali postaviti okvir za naše eksperimentalno delo. Proučili bomo razlike v različnih dostopnih (objavljenih) orisih nanopodročja. Predvidevamo, da se različne iskalne metodologije ne bodo bistveno razlikovale pri iskalnem odzivu<sup>2</sup>. Pomembni delež relevantnih dokumentov bomo priklicali že z enostavnim iskanjem s korenomo nano\*, vendar pa je potrebno delež natančneje ovrednotiti.
2. Proučevali bomo, ali so raziskave s področja nanoznanosti res tako razkropljene po različnih področjih in podatkovnih zbirkah, da to otežuje preglednost in iskanje ustreznih informacij. Poskušali bomo ugotoviti, koliko relevantnih informacij lahko pričakujemo od posamezne zbirke in v koliki meri se zapisi podvajajo. Proučevali

---

<sup>2</sup> V delu pojem odziv uporabljamo tudi v širšem smislu (npr. odziv glede iskanega leta predstavlja število priklicanih relevantnih dokumentov) in ne strogo bibliometrično po Cleverdonu (Cleverdon, 1972; glej poglavje 2.3.1.2).

bomo odziv in razlike med specializiranimi bibliografskimi zbirkami in splošnima (citatnima) zbirkama WOS in Scopus. Predvidevamo, da bomo določen del iskanega gradiva našli v vseh zbirkah, veliko boljši odziv pa pričakujemo v splošnih zbirkah. Pričakujemo tudi veliko prekrivanje med zbirkami. Predvidevamo, da lahko dovolj relevantnih informacij uporabnik pridobi že v eni sami splošni zbirki.

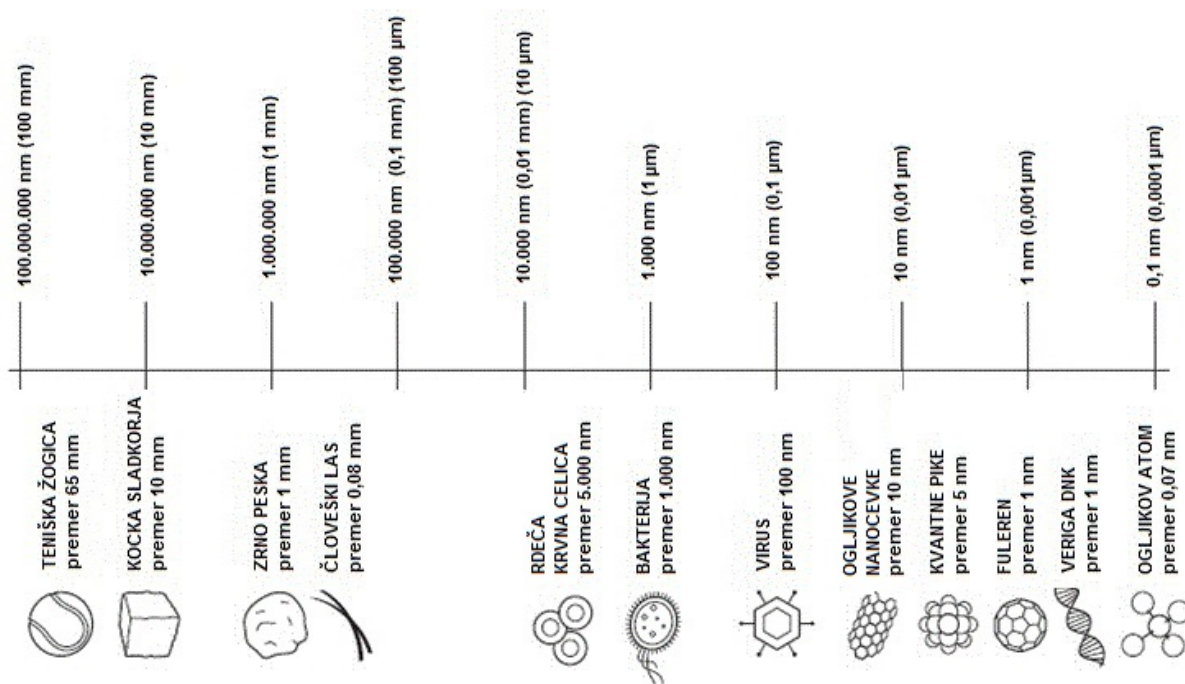
3. Glede na uveljavljena vsebinska klasifikacijska sistema revij pri splošnih zbirkah WOS in Scopus bomo proučevali razkropljenost vsebinskih tematik pri analiziranem področju. Analizirali bomo ustreznost klasifikacije glede na opise vsebinskega pokrivanja pri posameznih revijah. Predvidevamo, da bodo analizirane vsebine razpršene predvsem med področji kemije, fizike, fizikalne kemije in materialov. Med klasifikacijskima sistemoma omenjenih zbirk ne pričakujemo večjih razlik.
4. S pomočjo analize ustanov (afiliacij), s katerih prihajajo avtorji najbolj odmevnih objav v zadnjih letih, bomo ugotavljali, ali dognanja na področju nanoznanosti nastajajo v okviru obstoječih laboratorijev, ki se ukvarjajo s tradicionalnimi naravoslovnimi disciplinami ali pa gre morda za novo nastale laboratorije in skupine. Predvidevamo, da delež takšnih ustanov ne bo prav velik.
5. Zaradi dejstva, da področje nanoznanosti povezuje obstoječa tradicionalna naravoslovna, tehnična in medicinska področja na eni strani ter na drugi strani družboslovna področja na drugačen način, kot je to v veljavi, se področje nanoznanosti mnogokrat, morda neustrezno, opredeljuje kot interdisciplinarno oz. multidisciplinarno. Interdisciplinarno naravnost nanopodročja bomo eksperimentalno proučevali z različnih vidikov, pri tem pa bomo preverili obstoječe ter oblikovali lastne pristope. Pričakujemo, da bomo ugotovili, ali je področje nanoznanosti interdisciplinarno področje, ali gre za povsem novo področje raziskav v naravoslovju, tehniki in družboslovju, ali pa gre morda le za raziskave proizvodov novih tehnologij v okviru tradicionalnih znanstvenih področij.
6. Bibliometrično bomo proučili, koliko se nanoznanost in nanotehnologija že prepleta s področjem kmetijstva in v katero smer gredo raziskave. Predvidevamo, da bo potrebno vsebine s tega področja iskati v revijah, ki vsebinsko niso neposredno osredotočene na področje kmetijstva.
7. Za pojme, ki se nanašajo na področje nanoznanosti in nanotehnologije, s katerimi bodo mogoče nadaljnje povezave tudi s področji, ki se nanašajo na različne biološke sisteme, nameravamo ovrednotiti uporabnost spletnega iskalnika Google Scholar. Pričakujemo, da bodo analize iskanja po spletnem iskalniku pokazale velik odziv pri iskanju s posameznimi specializiranimi nano pojmi. Hkrati predvidevamo, da je sistem manj primeren za splošna iskanja nano vsebin, predvsem v primerih, kadar iskanje izvajajo uporabniki, ki ne poznajo precejšnjih specifik v iskanju.

## 2 PREGLED OBJAV

Področja, na katera se nanaša naše delo, so zelo kompleksna. Kratek oris v tem poglavju ne bo zajel celote. Da uvedemo bralca v tematiko, bomo pregledali le nekatera izbrana dela, ki se vsebinsko nanašajo na našo nadaljnjo raziskavo. Najprej bomo predstavili pomembnejše koncepte s področja nanoznanosti in nanotehnologije, nadaljevali z opredelitvijo interdisciplinarnosti in sorodnih pojmov, nato bomo področje raziskovanja znanosti podrobneje razčlenili z vidika značilnosti znanstvenih informacij in analize oz. merjenja teh informacij, sklenili pa s pregledom področij, kjer se nanotehnologija že prepleta s procesi rastlinske pridelave in prehranske industrije.

### 2.1 NANOZNANOST IN NANOTEHNOLOGIJA

Beseda nano je grškega izvora (*vávoç, nános*) in pomeni v prevodu pritlikav, pritlikavec. S količino nanometer (nm) opisujemo milijardinko (0,000.000.001) oziroma  $10^{-9}$  metra. Za lažjo predstavo prikaže slika v nadaljevanju nekatere količine in velikost na nanoskali (Nanoscience ..., 2004).



Slika 1: Velikost na nanoskali (Novel ..., 2008)

Pojem nanotehnologija je prvi uporabil Norio Taniguchi (1974, cit. po Ramsden, 2005) iz Tokijske univerze, da bi opozoril na delo, ki poteka na objektih, ki merijo manj kot desetmilijoninko metra. Teoretične osnove pa je področje dobilo že leta 1958 s priznanim fizikom in nobelovcem Richardom Feynmanom, ki je v svojem nagovoru "*There's plenty of room at the bottom*" sporočil svojo vizijo o milijonih nekakšnih miniaturnih sočasno delujočih tovarn na molekularnem nivoju. Celotno enciklopedijo Encyclopaedia Britannica v 24 zvezkih bo s pomočjo nove tehnologije mogoče shraniti tako, da "ne bo zasedla večjega prostora kot je bučikina glavica" (Encyclopaedia Britannica, 2013). Področje se je

močno razmahnilo z razvojem inštrumentov, ki omogočajo delovanje na atomski lestvici (Bassecoulard in sod., 2007). Velik znanstveni in tehnološki preboj na tem področju predstavlja predvsem razvoj tunelske in atomske mikroskopije (angl. scanning tunnelling microscopy, atomic force microscopy; Binning in sod. 1982, cit. po Igami in Okazaky, 2007).

Nanotehnologijo najdemo danes praktično povsod. Z lastnostmi, kot so manjši, lažji, hitrejši, kmalu pa verjetno tudi cenejši, postajajo nanomateriali vedno bolj zanimivi. Na podlagi številne literature lahko sklepamo, kako močan vpliv nanoznanost in nanotehnologija že ima na prav vsa obstoječa področja znanosti in tehnologije. Wood in sod. (2008) jo opišejo kot "ključno tehnološko področje prihodnosti z velikim potencialom ekonomske rasti". To je tudi razlog, da vlade posameznih držav namenjajo velika finančna sredstva v razvoj nanoraziskav in za prenose raziskovalnih rezultatov v komercialne aplikacije. Zavedajo se namreč pomena, ki ga nanotehnologija že ima za življenje ljudi.

Nekakšen obrat v znanstveno tehnološki politiki se je zgodil z Nacionalno nanotehnološko iniciativo (National Nanotechnology Initiative - NNI)<sup>3</sup> leta 2000, saj so ZDA sledile tudi druge države in začele intenzivno vzpodbujati raziskave na tem področju (Roco, 2003a; Igami in Saka, 2007). Financiranje se je povečalo nekako po letu 1999 in po dokumentih, na katere se sklicuje Schummer (2004a) (NRC, 2002; Khosla, 2002; BMBF, 2002), naj bi se sredstva za nano raziskave v ZDA, na Japonskem in v Evropi takrat podvojila celo v manj kot dveh letih. Tudi ocene iz leta 2008 kažejo, da so vlade Evropske unije v nanotehnološke raziskave in razvoj investirale velike vsote denarja (National ..., 2011). Roco (2003b) navaja, da je bilo že med leti 1976 do 2002 v ZDA prijavljenih 56.828, na Japonskem 7.574, v zahodni Evropi pa 4.460 patentov z nanopodročja.

Nanoznanosti in nanotehnologiji torej pripisujejo velike potenciale. S koristmi, ki jih nova tehnologija nakazuje, pa se odpirajo nova vprašanja, ki se nanašajo na zakonodajo, etiko in varnost pri uporabi nanomaterialov. Tveganja in možnosti, ki naj bi jih prinesel razvoj nanotehnologije in jih navaja poročilo Meridian Institute (2005), Wood in sod. (2008) strnejo v pet kategorij:

- vplivi na zdravje ljudi in okolje,
- lastništvo tehnologije in odgovornosti,
- zasebnost, varnost, nadzor in izboljšave za človeštvo,
- pravica do enakega dostopa in vplivi na nacionalno gospodarstvo in industrijo,
- vključevanje javnosti pri razvoju tehnologije.

---

<sup>3</sup> NNI je program raziskav in razvoja nanoznanosti in nanotehnologije, ki ga finančno podpira ameriška vlada in upravlja skupaj z Nacionalnim znanstvenim in tehnološkim svetom (National Science and Technology Council (NSTC)). Sodeluje pri financiranju razvojno-raziskovalnih programov, promoviranju partnerstev, komunikaciji med združbami, vladnimi in izobraževalnimi ustanovami.

## 2.1.1 Definicije in opis pojmov

### Razlikovanje med pojmom nanoznanost in nanotehnologija

Beseda nanotehnologija se pogosto uporablja za sklicevanje tako na področje znanosti kot tudi tehnologije. Ožja definicija pojma nanoznanost se nanaša na osnovno razumevanje fizikalnih, kemijskih in bioloških lastnosti na atomski skali in skali, ki se temu približuje. Pojem nanotehnologija pa se v ožjem smislu nanaša na kontrolirano upravljanje s temi lastnostmi ter razvoj materialov in funkcionalnih sistemov z edinstvenimi zmogljivostmi, za planiranje, karakterizacijo, proizvodnjo in uporabo objektov, naprav in sistemov z nadzorovanjem oblike in velikosti na nanometrski skali (Verbeek in sod., 2003; Nanoscience ..., 2004; Ramsden, 2005; Encyclopaedia Britannica, 2013). Znanost je torej usmerjena v razumevanje in vključuje procese kreiranja in razširjanja znanja, medtem ko je tehnologija bolj usmerjena v uporabo.

Naslednje poglavje naslovimo kar z izrazom nanopodročje<sup>4</sup>, s katerim želimo zajeti oba pojma. Na podlagi pregleda literature namreč ugotavljamo, da nanopodročja in raziskave s tega področja nekateri opisujejo z obema pojmom skupaj, drugje spet samo z enim ali drugim.

### Definicije nanopodročja

Kot za večino novih, nastajajočih področij, velja tudi za nanopodročje, da ni samo ene splošno sprejete definicije o tem, kaj vse naj bi področje obsegalo. Avstralski raziskovalec Warris (2004) nanotehnologijo opiše kot zmožnost za delo na molekularnem nivoju atoma, da bi lahko ustvarili velike strukture z bistveno novimi lastnostmi in funkcijami. Podobno objekte na nanoskali v definiciji navede tudi Remškar (2012), zaključí pa, da imajo produkti "uporabnost v realnem makroskopskem svetu". To delo poteka bodisi s samourejanjem atomov, molekul ali večjih skupkov, ali pa se za pridobitev različnih nanoobjektov uporabijo različni fizikalni in kemijski procesi.

Najbolj formalna definicija se vrti okrog študija in nadzora pojavov in materialov na dolžinski skali pod 100 nm. Vendar pa si pojem nanotehnologija različni ljudje različno razlagajo. Revija Nature Nanotechnology je v svoji prvi številki vprašanje "kaj si predstavljajo pod pojmom nanotehnologija" zastavila trinajstim priznanim raziskovalcem in strokovnjakom iz industrije in vsak ga je opisal s svoje perspektive (Theis in sod., 2006). Podobno tudi Glänzel in sod. (2003) povzamejo, da se štiriindvajset evropskih ekspertov z različnih področij znanosti in tehnologije ni moglo docela sporazumeti in poenotiti o vseh vprašanjih. Poenotili pa so se pri delovni definiciji, ki pravi nekako takole: "nanoznanost in nanotehnologija je upravljanje, natančna namestitvev, merjenje, modeliranje ali izdelava stvari (snovi), ki so po velikosti manjše od 100 nm."

Nanotehnologije in nanoobjekte (nanodelce, nanovlakna in nanoplošče) terminološko opredeljuje in definira tudi standard ISO/TS 27687 (2008), ki ga za osnovo svojega orisa področja uporabijo Maghrebi in sod. (2011). Materiale na nanometrski skali in učinke, ki iz

---

<sup>4</sup> Besede nanopodročje, nanomateriali in ostale izpeljanke pišemo skupaj po zgledu npr. publikacije Zbornik 2. stopenj. študijskega programa Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo UL (2013) ali članku Lobnik in sod. (2013).

tega izhajajo, v svoji klasifikaciji upošteva tudi Evropski patentni urad (EPO, 2013) pod geslom nanotechnology. Pojem pa zajame tako opremo kot tudi metode za nadzorovano analizo, upravljanje, procesiranje, izdelavo ali merjenje z nantančnostjo pod 100 nm.

Večina definicij namenja torej večjo ali manjšo pozornost velikosti delca na nanoskali, v nekaterih primerih pa se velikost povezuje tudi s konceptom novih funkcionalnosti, ki jih velikost delca prinaša.

Preglednica 1: Definicije pojma nanotehnologija (Igami in Okazaki, 2007; The impacts ..., 2010)

Vir	Definicija
US: National Nanotechnology Initiative (2001-)	Nanotechnology is the understanding and control of matter at dimensions of roughly 1 to 100 nanometres, where unique phenomena enable novel applications. Encompassing nanoscale science, engineering and technology, nanotechnology involves imaging, measuring, modelling, and manipulating matter at this length scale.
EU: 7th Framework Programme (2007-2013)	Generating new knowledge on interface and size-dependent phenomena; nano-scale control of material properties for new applications; integration of technologies at the nano-scale; self-assembling properties; nano-motors; machines and systems; methods and tools for characterisation and manipulation at nano dimensions; nano precision technologies in chemistry for the manufacture of basic materials and components; impact on human safety, health and the environment; metrology, monitoring and sensing, nomenclature and standards; exploration of new concepts and approaches for sectoral applications, including the integration and convergence of emerging technologies.
Japan: Second Science and Technology Basic Plan (2001-05)	Nanotechnology is an interdisciplinary S&T that encompasses IT technology, the environmental sciences, life sciences, materials science, etc. It is for controlling and handling atoms and molecules in the order of nano (1/1 000 000 000) meter enabling discovery of new functions by taking advantage of its material characteristics unique to nano size, so that it can bring technological innovation in various fields.
Working definition of ISO in 2007	Understanding and control of matter and processes at the nanoscale, typically, but not exclusively, below 100 nanometres in one or more dimensions where the onset of size-dependent phenomena usually enables novel applications. Utilising the properties of nanoscale materials that differ from the properties of individual atoms, molecules, and bulk matter, to create improved materials, devices, and systems that exploit these new properties.
European Patent Office (EPO) in 2009	The term nanotechnology covers entities with a geometrical size of at least one functional component below 100 nanometres in one or more dimensions susceptible of making physical, chemical or biological effects available which are intrinsic to that size. It covers equipment and methods for controlled analysis, manipulation, processing, fabrication or measurement with a precision below 100 nanometres.

## 2.1.2 Lastnosti nanomaterialov

### Nanodelec in nanomaterial

Ko govorimo o nanotehnologiji, ne moremo mimo pojma nanodelec, ki je gradnik nanomaterialov in katerega posebne lastnosti ta veda pravzaprav izrablja. Evropska komisija v priporočeni definiciji 2011/696/EU (Commission ..., 2011) pod pojmom nanomaterial zajame materiale, ki vsebujejo nanodelce naravnega izvora, narejene po



naključju ali namenoma. Med seboj so lahko nevezani, ali pa tvorijo agregate<sup>5</sup> in aglomerate. Vsaj 50 % ali več pa jih v eni ali več dimenzijah meri med 1 in 100 nm.

Nanodelci, torej tisti majhni delčki materiala, pri katerih je vsaj ena dimenzija manjša od 100 nm, dobijo namreč povsem nove fizikalne, kemijske in biološke lastnosti. Manjši kot je delec, večjo površino ima glede na volumen in večji del atomov na površini, zato je bolj kemijsko aktiven glede na delce večjih dimenzij. To je lahko pozitivno, če si neke kemijske reakcije želimo ali negativno, če ni zaželena. Na kemijske in fizikalne lastnosti močno vpliva oblika delca, ki je pomembna vsaj toliko, kot kemijska sestava (cit. po Remškar, 2009). Oblika določa površino delca, na tej površini pa proste kemijske vezi ali električni naboj. Okrogli delci se zato hitreje gibljejo v plinu in tekočinah, prehajajo skozi luknjice filtrov, v pljučih pa se lažje izognejo celicam makrofagov in zato ne povzročajo toliko vnetnih procesov ipd. Ustvarijo lahko t.i. lotos efekt, ko voda ne omoči več delca in ostane kot kapljica na površini, ki je prekrita s takimi nanodelci ipd.

Namensko proizvedene nanomaterialne (angl. engineered nanomaterials) ameriška agencija Environmental Protection Agency (Nanotechnology white ..., 2005) razdeli na štiri tipe:

- materiali na osnovi ogljika (fuleren, enoslojne in večslojne ogljikove cevke),
- kovinski materiali (kvantne pike, nanozlato, nanocink, nanoaluminij in metalni oksidi na nanoskali kot so titanov, cinkov, aluminijev idr.),
- dendrimeri, ki so polimeri nano velikosti, zgrajeni iz razvejanih enot, ki jih je mogoče prilagoditi za opravljanje specifično kemičnih funkcij,
- kompoziti, ki združujejo nanodelce z drugimi nanodelci ali z večjimi delci.

Glede števila dimenzij imajo nanomateriali eno plast (tanki filmi, površinske prevleke), dve (nanožice, nanocevice) ali tri plasti (koloidi, kvantne pike) (Miyazaki in Islam, 2007).

### Uporaba nanomaterialov

Uporaba nanomaterialov je danes vsestranska. Zgodnja diagnostika in ciljno zdravljenje do sedaj neozdravljivih bolezni, razvoj 'čudežnih' računalnikov na osnovi enega samega atoma in materialov s posebnimi lastnostmi je le nakaj večjih izzivov, ki jih nanotehnologija uresničuje. Proizvode, narejene iz nanomaterialov, že srečujemo na vsakem koraku: v kozmetiki, kremah za sončenje, čistilih, detergentih, raznih impregnacijah (npr. samočistilna okna), v tekstilu, elektroniki, v sončnih celicah, v medicini kot nosilce zdravilnih učinkovin in označevalce bolezenskih stanj, uporabljajo se za zaščito rastlin v pesticidih in herbicidih, za čiščenje vode, v prehrani itd. Področje je preveč kompleksno, da bi se lahko dotaknili vseh vidikov.

Remškar (2009) povzame nekaj primerov pomembnejših orodij nanotehnologije in nekatere možnosti njihove uporabe:

- nanopore - nosilci zdravil oziroma aktivnih snovi v reverzibilnih baterijah,
- nanocevice - nova generacija maziv, ojačitvena vlakna,
- nanodelci - samočistilni premazi (npr. fasadni premazi), zaščitni premazi, barve, materiali odporni na abrazijo,

---

<sup>5</sup> agregat je sestavljen iz močno povezanih ali zlitih delcev, aglomerat pa iz slabo vezanih delcev ali agregatov.

- nanokristali - keramika,
- nanovlakna - tekstil, neprebojne tkanine,
- nanovrste - senzorika, sončne celice,
- nanoelektronika - tranzistor na tunelski efekt,
- nanotipala - mikroskopija, biosenzorika,
- nanoročice - detekcija razstreliv,
- nanolupine - prenos zdravilnih učinkovin,
- nanotrakovi - električni prevodniki,
- nanokompoziti - samomazalne prevleke, sončne celice, umetne mišice itd.

### Nanodelci in potencialna tveganja

Ljudje smo bili nanodelcem, ki obstajajo prosto v naravi, vedno izpostavljeni. Nanodelci nastajajo pri kurjenju ognja in gorenju sveč, v gospodinstvu pa pri rezanju z nožem in vrsti drugih vsakodnevnih gospodinjskih del, kjer prihaja do mehanske obrabe materiala. Vendar pa so se naravnim oblikam nanodelcev naša telesa očitno prilagodila. Polega tega so nanodelci tudi precej neobstojni in se združujejo v agregate ali pa se raztapljajo v vodi. Umetno ustvarjanje nanodelcev (inženirski nanodelci) pa, kot ugotavljajo nekateri, vendarle predstavlja potencialno tveganje za živa bitja, saj so ti delci pogosto takšni, da se izognejo naravni telesni obrambi (Rai in Ingle, 2012). V človeško telo lahko pridejo skozi kožo, prebavila ali dihala. Še najbolj so izpostavljena dihala, ker lahko ti delci zaradi svoje majhnosti letijo po zraku. Skozi kožo, še posebej poškodovano, lahko prehajajo takrat, kadar vanjo vtiramo kreme. Po krvem obtoku pa pridejo praktično v vse organe in tkiva, tudi v možgane (Nel in sod., 2006). O prisotnosti nanodelcev v različnih delih rastline, tudi v reproduktivnih organih, poročajo Khodakovskaya in sod. (2011).

Med najbolj vsestransko uporabnimi nanomateriali se omenja titanov dioksid ( $\text{TiO}_2$ ), kar je tudi razlog, da so ga v analizah toksičnosti najprej vzeli pod drobnogled (Remškar, 2009). Je belilno sredstvo (pigment E171), zaradi antimikrobne aktivnosti, fotokatalitične sposobnosti in zaščite pred UV-sevanjem ga uporabljajo za podaljševanje obstojnosti živil in proizvodov za osebno nego, z njim loščijo sadje, vsebujejo ga premazi za bombone, dodajajo ga v fermentirano mleko, moko, z njim zgoščujejo zdravila, uporablja pa se tudi v sončnih celicah, za čiščenje vode in drugje. Čeprav v velikosti mikrodela titanov dioksid ni biološko aktiven in ga uvrščajo med varne materiale za prehrano ljudi (Opinion ..., 2004), je vedno več raziskav, ki ugotavljajo, da v nano obliki vendarle lahko povzroča določene zdravstvene težave<sup>6</sup>. Največ toksikoloških študij v povezavi z nano titanovim dioksidom navaja tveganja, ki so povezana z vdihavanjem in posledično vnetjem, poškodbami celic in tkiva ter astmo. Preko uživanja pa titan povezujejo tudi s kronovo boleznijo in rakom (Weir in sod., 2012).

Čeprav so nanomateriali že v veliki meri vključeni v naše vsakdanje življenje, še vedno skoraj ni predpisov, ki bi urejali možna tveganja za zdravje in varnost potrošnikov ter varstvo okolja pri uporabi nanomaterialov (Chau in sod., 2007; Cushen in sod., 2012), prav tako je še v povojih razumevanje potencialne toksičnosti (Tarver, 2006; Novel ..., 2008; The potential ..., 2009).

---

<sup>6</sup> Znanstvene objave s področja nanotoksikologije bibliometrično analizirajo Ostrowski in sod. (2008).

## 2.2 INTERDISCIPLINARNOST IN SORODNI POJMI

S pojmi, kot so interdisciplinarnost ali tudi multidisciplinarnost in transdisciplinarnost, ki se pogosto uporabljajo sopomensko, se opisuje povečana stopnja interakcij med disciplinami in prehajanje tradicionalnih disciplinarnih meja (Morillo in sod., 2001, 2003; Bordons in sod., 2004). Kot "izrazito interdisciplinarno področje, ki vključuje fiziko, kemijo, biologijo, vedo o materialih in celotno paleto inženirskih strok" mnogokrat opisujejo tudi nanotehnologijo (Encyclopaedia Britannica, 2013).

Pomembne znanstvene in tehnološke preboje pogosto pripisujejo ravno interdisciplinarnemu sodelovanju. To še zlasti velja za področji, kot sta biotehnologija in nanotehnologija, saj je ideja o interdisciplinarnosti, kot viru ustvarjalnosti in inovativnosti, postala še posebej pomembna na tistih področjih znanosti in tehnologije, ki so se pojavila kot rezultat tehnološke konvergence (NBIC tehnologij - Roco in Bainbridge (2002). Schummer (2004a) celo poudari, da praktično ni poročila, ki ne bi opozarjalo na potrebo po interdisciplinarnosti. Porter in Youtie (2009a) kot primer vzpodbujanja interdisciplinarnih povezav na področju raziskav nanoznanosti in nanotehnologije omenjata National Science Foundation's Nanoscale Interdisciplinary Research Team Program, ustanovljen leta 2001. Le-ta vzpodbuja interdisciplinarne raziskave na nano področju z zahtevo, da morajo imeti financirani projekti vsaj tri so-nosilce raziskav.

### 2.2.1 Opredelitev pojmov

Delitev znanosti na discipline je stara kot sama znanost. Pojem interdisciplinaren je v Slovarju slovenskega jezika (SSKJ, 1991) opredeljen kot "nanašajoč se na več znanstvenih disciplin, ved." Gibbson in sod. (1994) napišejo, da se pojavlja drugačen način proizvodnje znanja - interdisciplinarno - ki sobiva s tradicionalnim. Na skupnih projektih delujejo interdisciplinarne skupine strokovnjakov. Te se oblikujejo takrat, ko reševanje bistvenih problemov presega znanje določene discipline.

V današnjem času so znanstvene discipline<sup>7</sup> podvržene velikim spremembam. Znanja se po eni strani vedno bolj specializirajo in drobijo v poddiscipline, po drugi strani pa disciplinarna znanja vedno bolj prehajajo druga v drugo, kar povezuje strokovnjake z različnih področij. Discipline postajajo vedno bolj razpršene, pri tem pa nastajajo nova področja in specialnosti (Sanz Mendez in sod., 2001).

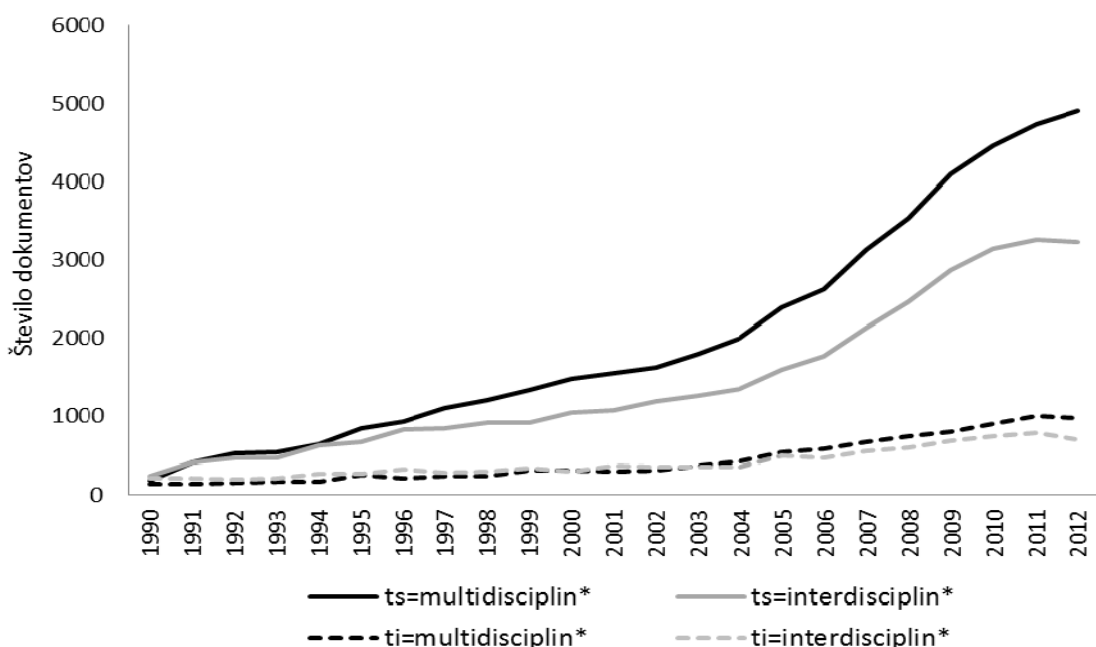
Za opisovanje interakcij med disciplinami se poleg pojma interdisciplinarnost (angl. interdisciplinarity) v literaturi uporabljajo še multidisciplinarnost (angl. multidisciplinary), transdisciplinarnost (angl. transdisciplinarity), pa tudi izraz 'crossdisciplinarity'. Čeprav se izrazi pogosto uporabljajo z enakim pomenom, pa nekateri avtorji opozarjajo na razlike (Klein Thompson, 1990; Besselaar in Heimeriks, 2001). Multidisciplinarne raziskave se približujejo k rešitvi nekega problema z različnih zornih kotov, z vidika različnih disciplin, vendar pa integracija še ni dokončna. Izraz opisuje precej ohlapno ali predhodno razmerje med vključenimi disciplinami. Lahko pa je tudi prvi korak k interdisciplinarnosti. Interdisciplinarnost potrebuje močnejše vezi, prekrivanja ali

---

<sup>7</sup> Bordons in sod. (2004) jih opišejo kot "intelektualne in družbene strukture, skozi katere je organizirana moderna znanost".

integracije. Skupaj prihajajo značilne komponente dveh ali več raziskav, kar vodi do novega znanja, kar ne bi bilo mogoče brez povezovanja oziroma integracije. Če povzamemo (Morillo in sod. 2001), je multidisciplinarnost osnovno stanje, kjer so prisotni elementi iz različnih disciplin, interdisciplinarnost pa napredna stopnja povezav med disciplinami, pri kateri že nastopi integracija znanj. Transdisciplinarnost sega še stopnjo višje in se nanaša na procese, pri katerih nastajajo koncepti, ki ne sodijo v okvire zgolj posameznih disciplin. Pri tem torej pride do zblíževanja in združevanja dognanj iz več disciplin.

Pojem interdisciplinarnost postane popularen po letu 1970, ko Erich Jantsh (cit. po Schmidt, 2008) prvič izpostavi problem interdisciplinarnosti (in transdisciplinarnosti<sup>8</sup>) v izobraževanju in inovacijah. V zgodnjih devetdesetih pojem privzamejo tako znanstveniki, kot tudi tisti, ki usmerjajo znanstveno politiko. Na vedno večjo aktualnost omenjenega pojma (pojmov) kažejo tudi rezultati analize, prikazane na sliki 2, ki smo jo pripravili s podatki iz zbirke WOS<sup>9</sup>.



Iskanje pojmov: (multidisciplin \* OR "multi disciplin\*") / (interdisciplin \* OR "inter disciplin\*")

Slika 2: Število dokumentov, v katerih se omenjata pojma interdisciplinarnost in multidisciplinarnost glede na iskanje po celotnem bibliografskem zapisu (ts=topic) ali naslovu (ti=title) (WOS, 6.11.2013)

Figure 2: Number of documents which contain the truncated terms interdisciplinar\* or multidisciplinar\*, searching in the full bibliographic record (topic) or title only

Tradicionalna delitev na ustaljene akademske discipline pa se dejansko v praksi le slabo ujema s tekočimi raziskavami (Weingart, 2000; Schummer, 2004b; Porter in Youtie,

<sup>8</sup> Pojem trans ... je v SSKJ (1991) obrazložen kot predpona v sestavljenkah (a) za izražanje gibanja na drugo stran; b) premikanja ali usmerjenosti z ene strani na drugo; c) preseganja; nad ..., čez ...

<sup>9</sup> Število zapisov se v bibliografskih zbirkah dnevno nekoliko spreminja. Ker vseh analiz ni bilo mogoče narediti naenkrat, se podatki med posameznimi analizami nekoliko razlikujejo, dodana pa je informacija o datumu analize.

2009a). Ko se je znanje začelo proizvajati tudi zunaj univerz, je namreč v ospredje za vrednotenje raziskav namesto discipline stopil kontekst problema in aplikacije (uporabe). Discipline so izgubile dotedanji pomen, znanje pa se je začelo organizirati v okviru fleksibilnih in začasnih oblik organizacij, ki so nastale iz potrebe.

Tijssen (1992), Qin in sod. (1997) definirajo interdisciplinarnost kot direktno ali nedirektno uporabo znanja, metod, tehnik, opreme, ki je rezultat znanstveno tehnoloških aktivnosti na drugih področjih. Poročilo Odbora za vzpodbujanje interdisciplinarnih raziskav (Committee on Facilitating Interdisciplinary Research Report) (Facilitating ..., 2004) v okviru programa fundacije UK National Academies KECK Futures Initiative (NAKFI) interdisciplinarne raziskave opredeli kot "obliko raziskave, v kateri sodeluje skupina ali posamezniki, ki integrirajo:

- perspektive/koncepte/teorije in/ali
- orodja/tehnike in/ali
- informacije/podatke

in sicer iz dveh ali več teles specializiranega znanja ali raziskovalnih praks z namenom, da se pospešuje osnovno razumevanje ali rešujejo problemi, katerih rešitve so več kot cilji posameznih disciplin oz. področij raziskovalnih praks." Porter in sod. (2006) poudarijo integracijo znanja kot ključni koncept.

Schmidt (2008) meni, da ni enega tipa interdisciplinarnosti, pač pa različni tipi sobivajo. Glede na pogonsko silo, ki motivira raziskovalce za sodelovanje v interdisciplinarnih raziskavah, predlaga delitev na 4 različne tipe interdisciplinarnosti:

- **objektna interdisciplinarnost** (ontološki tip) se nanaša na objekte in entitete – skupni imenovalac je na primer nek objekt v nano dimenzijah.
- **teoretična interdisciplinarnost** (epistemološki<sup>10</sup> tip) cilja na delitev znanja, teorij in konceptov v raznih kompleksnih študijah,
- **metodološka interdisciplinarnost** se nanaša na proizvodnjo znanja, na raziskovalni proces, na metode, postopke in prakse (npr. uporaba atomskega mikroskopa),
- **problemska interdisciplinarnost** - temelji na reflektivnosti in kritičnem razmišljanju pri zaznavanju in reševanju problemov; problemi so proučevani kot zunanji glede na disciplino ali znanost (npr. raziskovanje podnebnih sprememb).

## 2.2.2 Konvergentnost<sup>11</sup> nanoznanosti in nanotehnologije

Nejasnost definicije, kaj pravzaprav nano raziskava je (Schummer, 2007), "odpira nov prostor raziskovalnih možnosti, ki privablja k sodelovanju različne discipline v velikem obsegu in s hitrostjo brez primere. Takšna dinamika bi lahko samo v nekaj letih privedla do čudne situacije, saj bi lahko skoraj celotno znanost in tehniko imenovali nanotehnologija in nanoznanost". Ob velikih pričakovanjih, ki jih vzbuja interdisciplinarnost, danes mnoge znanstvene in tehnične discipline pospešeno vstopajo na področje nanoraziskav. Te

---

<sup>10</sup> epistemologija – "filozofska disciplina, ki obravnava izvor, strukturo, metodo spoznavanja in veljavnost spoznanja; gnoseologija" (SSKJ, 1991)

<sup>11</sup> konvergenca - zmanjševanje razlik, ki delijo kaj enotnega, zbliževanje, konvergenten pa je tisti, ki je ali postaja vedno bolj podoben (SSKJ, 1991)

discipline najpogosteje zajemajo znanost o materialih, fiziko, kemijo, raziskave pa se širijo tudi na področje biologije in medicine.

### 2.2.2.1 Viziji NBIC in CTEKS

Ključna značilnost, ki jo pogosto omenjajo v povezavi s področjem nanoznanosti in nanotehnologije, je konvergentnost, in sicer v smislu, da se različne znanosti in tehnologije združujejo v eno polje, kar naj bi pripeljalo do povečanja interdisciplinarnosti raziskav na nano področju (Porter in Youtie, 2009a). Koncept konvergence različnih disciplin in polj v povezavi s področjem nanoznanosti so vpeljali Mihail Roco (2002, 2003a, 2004, 2006, 2008), Roco in Bainbridge (2002, 2003) in Bainbridge (2003). Pojem pa se v tem primeru nanaša predvsem na sinergijsko kombinacijo in napredek v kombinaciji štirih večjih t.i. NBIC področij - nanotehnologije, biotehnologije, informacijske tehnologije in nove tehnologije, temelječe na kognitivni znanosti. Roco in Bainbridge (2002, 2003) predpostavita, da bi v prvih desetletjih 21. stoletja tovrstna prizadevanja lahko vodila k združevanju znanstvenih disciplin. Konvergenčne tehnologije, združene na nanoskali, bi lahko pripeljale do izboljšanja človeških sposobnosti in družbenih rezultatov, večje produktivnosti in kakovosti življenja. Pri pripravi vizije na podlagi konvergence štirih tehnologij, ki naj bi pripomogla k izboljšanju človekove telesne, duševne in socialne sposobnosti, so sodelovali številni vodilni znanstveniki, strokovnjaki s področja industrije in oblikovalci politike. Izpostavili so šest glavnih tem: širok potencial konvergenčne tehnologije, širjenje človekovega razumevanja in komunikacije, izboljšanje človekovega zdravja in telesne zmogljivosti, povečanje skupnih in družbenih rezultatov, izboljšanje državne varnosti ter poenotenje znanosti in izobraževanja (Roco in Bainbridge, 2002, 2003; Bainbridge, 2003).

Poleg omenjene vizije, ki jo povzame tudi ameriška vladna agencija - National Science Foundation (NSF, 2008) in ki poudarja konvergenco že omenjenih štirih večjih področij ('nano-bio-info-cogno' oz. NBIC), Schmidt (2007) predstavi še evropski pristop, ki ga je objavila v letu 2004 ekspertna skupina Evropske komisije (Nordmann in sod. 2004, cit. po Schmidt, 2007). Skupno poročilo CTEKS (Converging Technologies for the European Knowledge Society) se nekoliko razlikuje od ameriškega. Evropska skupina govori o konvergenci v nekoliko širšem smislu in sicer 'Nano-Bio-Cogno-Socio-Anthro-Philo-Geo-Eco-Urbo-Orbo-Macro-Micro'. Skupina Evropske skupnosti spodbuja združevanje z namenom doseganja skupnega cilja. Ne cilja toliko na izboljšanje človeštva, pač pa na širši aspekt družbenih inovacij in tako širi krog konvergence (Schmidt, 2008). Koncept je problemsko in ne tehnološko-objektno orientiran. Pristop CTEKS izgleda veliko širši, in ne načrtuje le konvergence tehnologij, pač pa se 'konvergentne tehnologije' združujejo proti skupnemu cilju oz. skupni viziji. Tudi laiki so vabljeni k sodelovanju v procesu združevanja. Evropski CTEKS pristop tudi ne zmanjšuje pomena družboslovnih in humanističnih ved glede na narovoslovne in tehnične znanosti (Schmidt, 2008). Mesto, kjer se stika konvergenca štirih NBIC tehnologij, so torej materiali na nanoskali in tehnološka integracija; raba enakih merilnih inštrumentov in tehnologije (npr. atomska mikroskopija, simulacijska orodja). V nasprotju s tem pa raziskovalni program EU v konvergentnih tehnologijah CTEKS širi krog konvergence in cilje za promocijo problemsko orientiranega tipa interdisciplinarnosti (Roco in Bainbridge, 2002).

### 2.2.2.2 Dileme o interdisciplinarnosti (konvergentnosti) nanopodročja

Čeprav za področje nanoznanosti in nanotehnologije velja, da svoje teoretične in metodološke pristope jemlje iz različnih disciplin, kar lahko preberemo tudi na spletni strani National Nanotechnology Infrastructure Network (SEI, 2001), obstajajo še vedno dileme, ali gre res za interdisciplinarno področje. Mnenja o tem, kako in če sploh se dogaja integracija znanj, so različna. Nekateri področje opišejo kot interdisciplinarno, nekateri pa kot multidisciplinarno ali transdisciplinarno. Rafols in Meyer (2010) zapišeta, da trenutni politični pristopi k analizam interdisciplinarnosti temeljijo bolj na arbitrarni presoji kot na empiričnih dokazih iz raziskav.

Nekatere bolj grobe študije (Meyer in Persson, 1998) se nagibaju k poudarjanju interdisciplinarnih narave področja nanotehnologije, torej, da je nanotehnologija bolj interdisciplinarna kot druge 'normalne' znanosti. Rafols in sod. (2009b) napišejo, da je disciplinarna raznolikost področja o hibridnih nanomaterialih, ki ga analizirajo, nekoliko višja, kot je praviloma področje kemije, kamor je vključeno. Porter in Rafols (2009), ki se v svoji raziskavi sprašujeta, če postaja znanost bolj interdisciplinarna, kot je bila nekoč, spremljata spremembe stopnje interdisciplinarnosti v obdobju med 1975 in 2005. Za primer vzameta šest WOS raziskovalnih področij SC<sup>12</sup> in pri tem uporabita različne, že uporabljene indikatorje interdisciplinarnosti (število citiranih disciplin, delež citatov znotraj polja, integracijski indeks (Porter in sod., 2007) in vizualizacijski model. Zaključita, da znanost postaja bolj interdisciplinarna, vendar z majhnimi koraki. Interdisciplinarnost (v analizi citiranja) se zgodi predvsem med sosednjimi raziskovalnimi področji SC in pokaže le okrog 5 % povečanje. Rafols in Meyer (2007b) analizirata pet nano-tehnoloških projektov, pri tem pa proučujeta tako kognitivni (reference) kot tudi družbeni vidik (afiliacija, izobrazba raziskovalcev). Poročata o visoki stopnji interdisciplinarnosti v primeru kognitivnega vidika in zelo majhni v primeru afilicije in predizobrazbe sodelujočih raziskovalcev v projektu.

Nekatere druge študije razkrivajo, da je nanoznanost in nanotehnologija bolj "prosta zmes tradicionalnih ved, kot so kemija, fizika in drugih, ki se le šibko stikajo" (Schumer, 2004a). Tudi Porter in Youtie (2009a) ne potrdira, da bi bile komponente nano raziskav konvergentne. V nadaljnjih analizah bi se bilo zato smiselno v raziskavah omejiti na posamezna specializirana nanopodročja. Porter in Youtie (2009b) računata integracijski indeks za nano in druge članke, ki naj bi bili ravno tako primerljivo interdisciplinarni. Večina raziskav z nanopodročja je skoncentriranih v makrodisciplini 'znanost o materialih' in 'kemija' in tudi citiranje poteka v okviru sosednjih polj in ne oddaljenih. Meyer (2006b) analizira patentne podatke in zaključi, da je nanoznanost in nanotehnologija set medsebojno povezanih in prekrivajočih, ne pa nujno tudi združenih tehnologij. Meni, da se povezava zgodi na nivoju merilnih inštrumentov. Na osnovi analize evropskih patentov Igami in Okazaki (2007) zaključita, da je: "nanotehnologija set tehnologij na nanometrski skali in ne posamezno tehnološko polje." Grodal in Thoma (2008) pa sta analizirala ključne besede, povezane z nanotehnologijo, biotehnologijo in novo nastalim področjem –

---

<sup>12</sup> Klasifikacijske enote - angl. 'Research areas' se v zbirki WOS uporabljajo za klasifikacijo revij. V zadnjem obdobju se za iskanje namesto kratice SC uporablja SU. Posamezna raziskovalna področja lahko zajemajo več kategorij WCat (raziskovalno področje SC *Chemistry* vključuje na primer kategorije WCat *Chemistry, analytical, Chemistry, organic, Chemistry, multidisciplinary* idr.).

nanobiotehnologijo. Ker naraščajo ključne besede za novo področje hitreje kot pri matičnih področjih, sklepata na medsebojna križanja znanj med področjema.

Schummer (2004b) kritično zaključi, da "zahteva vizija NBIC konvergentnih tehnologij zelo temeljit premislek in filozofsko analizo, da bi lahko razumeli priložnosti in ovire za interdisciplinarnost, ki izhajajo iz podobnosti in raznolikosti med disciplinami". Tudi on meni, da je nanotehnologija napačno interpretirana kot homogeno polje. S soavtorsko analizo (600 člankov iz nano revij) Schummer (2004a) primerja vzorce sodelovanja v okviru nanotehnoloških raziskav s tistimi iz tradicionalnih raziskav. V primerjavi s klasičnimi disciplinarnimi raziskavami kaže področje nanoznanosti le povprečno stopnjo interdisciplinarnosti in visoko stopnjo multidisciplinarnosti. Vendar pa je nanotehnologija, bolj kot multidisciplinarna konvergenca, agregat nepovezanih monodisciplinarnih področij. Ni enega področja nano raziskav, pač pa več različnih področij nano-fizike, nano-kemije, nano-elektrotehnike, itd., ki so precej nepovezane med seboj. Schummer (2004a, 2004b) še meni, da so raziskave na nanoskali toliko multidisciplinarne, kot so multidisciplinarne vse ostale znanosti in tehnologije.

### **2.2.3 Analitični pristopi k študijam interdisciplinarnosti**

Na splošno Morillo in sod. (2003) pristop k študijam interdisciplinarnosti na grobo razdelijo na dva tipa: na intervjuje in na bibliometrične analize, ki temeljijo na odkrivanju povezav in sopojavljanja med posameznimi elementi (karte znanja). Rafols in sod. (2009a) ob dejstvu, da je potrebno interdisciplinarnost vedno razumeti kot kombinirani pojav (kognitiven in družbeni), med mehanizmi in procesi, ki naj bi poleg kognitivnih določali prakso interdisciplinarnosti, omenjajo zaposlovanje, okrepitev raziskovalnih skupin, sodelovanje v skupnih priložnostih, izmenjavo raziskovalnega materiala, podatkov, inštrumentov ipd.

Rafols in sod. (2009b) povzemajo, da so raziskovalci vedno bolj enotni, da je ključna karakteristika interdisciplinarnosti vendarle integracija znanja; to je "kombinacija in/ali zlitje konceptov ali teorij, orodij ali tehnik in informacij ali podatkov iz različnih teles specializiranega znanja." Prenos znanja med disciplinami se lahko dogaja bodisi na podlagi migracije ljudi iz ene v drugo disciplino, kar je povezano s tokom njihovih idej, zamisli, znanja ali pa na podlagi študija literature (citatov oz. referenc), kjer razporeditev po disciplinah omogoča identifikacijo glavnih disciplin, na katerih sloni novo znanje. Podobno prenos (transfer) informacij razčleni že Pierce (1999), ko napiše, da lahko poteka na enega od treh načinov:

- 'izposoja' teorij in metod iz drugih disciplin – citiranja literature, ki pripada drugim disciplinam,
- sodelovanje – raziskovalci publicirajo delo v literaturi s svojega področja, v soavtorstvu pa imajo člane iz drugih disciplin. Eden od prostopov je tudi sodelovanje med avtorji z različnim osnovnim znanjem ali različno afiliacijo,
- prečkanje mej – raziskovalci objavijo delo v revijah, ki pokrivajo področje drugih disciplin in s tem direktno 'izvozijo' lastne teorije in metode v druge disciplinarne združbe (druge, kot je tista ki opisuje afiliacijo avtorja). Pierce (1999) sicer meni, da je publiciranje v revijah iz druge discipline zelo težko, če ne celo nemogoče.



Tudi Zitt (2005) izpostavi več kriterijev: institucionalni okvir, skupne vsebine, skupne revije, skupna terminologija, povezave glede na sodelovanje in prenos (tok) znanja. Ob tem poudari, da se običajno kvantitativna analiza multidisciplinarnosti oz. interdisciplinarnosti začne s predhodno določitvijo discipline, polja oziroma teme, šele potem je omenjene študije prekrivanja, bližin in povezav med njimi sploh mogoče analizirati.

Bordons in sod. (2004) poleg različnih nivojev - mikro, mezo ali makro (pri slednji se na primer analizirajo povezave med vsemi področji znanosti) različne bibliometrične pristope analiziranja interdisciplinarnosti pregledno strnejo v sledeče skupine: sodelovanje med avtorji iz različnih disciplin, sopojavljanje klasifikacijskih kod ali ključnih besed, ki pripadajo različnim disciplinam, vključenost v t.i. 'interdisciplinarne' revije, ki pokrivajo različna vsebinska področja in uporaba znanja oziroma referenc različnih kategorij oziroma analize citiranja. Spremljanje objav v interdisciplinarnih revijah uvedeta Katz in Hicks (1995). Omenjene revije so v zbirkah (WOS, Scopus) opredeljene z več klasifikacijskimi enotami, kar nakazuje prisotnost določenih kognitivnih povezav med vključenimi disciplinami. Takšne revije so zanimive za znanstvenike z različnih področij, saj vključujejo znanja, uporabna pri različnih disciplinah – interdisciplinarna znanja (Morillo in sod., 2003). Najbolj običajna bibliometrična tehnika za merjenje interdisciplinarnosti raziskav pa je analiza citiranja, v okviru katere je uveljavljen bibliometrični indikator COC ('citation outside category') – citiranje drugih (ne-matičnih) kategorij (Wagner in sod., 2011).

Za merjenje interdisciplinarnosti se v zadnjem obdobju uporabljajo tudi indeksi diverzitete. S koncepti raznovrstnosti (pestrosti, diverzitete, različnosti) v posameznih sistemih se na različnih področjih ukvarjajo že zelo dolgo. Stirling (2007) jih nekaj izpostavi (Shannon in Weaver, 1962; Gini, 1912; Weitzman, 1992; Simpson, 1949), nobeden od naštetih pa ne zajame vseh lastnosti na način, kot jih predstavi sam Stirling (1994, cit. po Stirling, 2007) z enačbo za splošno mero diverzitete sistema. Njegov koncept temelji na treh različnih temeljnih lastnostih, ki jih imenuje 'variety', 'balance' in 'disparity', to je:

- raznolikosti, ki se kaže v številu različnih enot v sistemu,
- izenačenosti (uravnoveženost, pestrost), ki spremlja koliko imamo posameznih tipov in
- raznolikosti med enotami v sistemu.

Teorija Stirlingovega modela različnosti, ki se uporablja na različnih področjih, tudi na primer na kulturnem, za primerjavo filmske produkcije (Measuring ..., 2011), prehaja v zadnjem obdobju tudi na področje analiz interdisciplinarnosti. Med vodilnimi avtorji, ki raziskujejo to področje, so Porter, Rafols in Laydesdorff (Rafols in Meyer, 2007a, 2010; Porter in sod., 2007, 2008b; Porter in Youtie, 2009a; Rafols in sod., 2010; Leydesdorf in Rafols, 2011). Rafols in Meyer (2010) analizo integracije znanja razširita na raziskovanje dveh vidikov, ki ju imenujeta 'diversity' in 'coherence'. Vidik diverzitete smo že opisali in zajame spremljanje števila, izenačenosti in stopnje razlik med telesi znanja. Pojem koherence<sup>13</sup>, ki ga omenjena avtorja povežeta v raziskovanje interdisciplinarnosti, pa se uvršča na področje kartiranja in je povezan z metodami združevanja in multivariatnih analiz.

---

<sup>13</sup> koherenca - medsebojno povezanost, odvisnost (SSKJ, 1991)

## 2.3 RAZISKOVANJE ZNANOSTI

### 2.3.1 Znanstvene in strokovne informacije

Spremljanje znanstvenih dosežkov drugih in poročanje o rezultatih lastnih raziskav je pomemben del vsakega raziskovalnega dela. Znanstveniki tako s svojimi deli nenehno vplivajo drug na drugega. Ta medsebojen vpliv opisujemo s pojmom znanstveno komuniciranje, ki praviloma, ali pa vsaj v največji meri, poteka prek objavljanja znanstvenih rezultatov v obliki prispevkov. Čeprav je med raziskovalci veliko tudi neformalne (verbalne) komunikacije in objav v ostalem gradivu in ne samo v znanstvenih revijah, so nekateri mnenja (Verbeek in sod., 2003), da se pravzaprav vse relevantne raziskave in vsa pomembnejša odkritja objavijo v serijskih publikacijah.

Formalno znanstveno komuniciranje je torej proces, kjer so potrjena znanstvena odkritja in raziskovalni rezultati zapisani na trajnem komunikacijskem mediju. Pomembno vlogo v znanstvenem komuniciranju in pri posredovanju informacij<sup>14</sup> imajo že od druge polovice sedemnajstega stoletja znanstvene revije (Encyclopaedia Britannica, 2013). V tem obdobju se omenja nastanek prvih znanstvenih revij v sodobnem smislu *Journal des Savants* (1665), *Philosophical Transactions* (1665) pod okriljem Royal Society iz Anglije ali *Giornale de'letterati* (1668), če omenimo le najstarejše. Za profesionalni standard znanstvenih revij skrbijo uredniki, ki posamezno revijo tudi vsebinsko opredelijo. V povezavi z nanotehnološkimi revijami Braun in sod. (2007a, 2007b) poudarijo, da imajo uredniki s svojimi aktivnostmi vrednotenja in selekcije znanstvenih del strateško vlogo tudi za celo področje nanoznanosti.

#### 2.3.1.1 Bibliografske podatkovne zbirke in informacijski sistemi

Kumulativna rast publikacij je danes nedvomno zelo velika. Pojav pogosto opisujejo kar s poplavno razsežnostjo. Noyons in sod. (2003) in van Raan (2005) navedejo, da vsako leto nastane še okrog milijon novih publikacij. Zaradi uvajanja novih revij, ki nastajajo na stičišču med področji uporabne fizike, kemije in znanosti o živi naravi, se vsako leto večja tudi nabor revij, ki so specializirane za področje nanoznanosti in nanotehnologije. Če je bilo v letu 2005 s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* klasificiranih le 27 revij, jih je v letu 2012 že 69.

---

<sup>14</sup> Izraz informacija ima lahko različne pomene (Brier, 1996): informacija kot znanje, kot podatek, dokument, zapis, kot proces (postati informiran) in procesiranje informacij (obdelava - oplemenitenje podatkov, procesiranje dokumentov). Tudi pojma podatek in informacija se pogosto pojavljata brez razlike, čeprav med izrazoma obstaja pomenska razlika. Podatki, ki so predstavljeni v obliki besed, števil ali simbolov, so le členi v verigi informacija-znanje. Šele njihovo razumevanje, ki zahteva kognitivne sposobnosti in priklic predhodno osvojenih znanj, daje tem podatkom nov pomen. Preobrazba podatkov v informacijo je proces sprejemanja, prepoznavanja in konverzije, ki ga omogoča naše prej pridobljeno znanje, izkušnje, kognitivna struktura. Do spremembe pride lahko le, če smo jim sposobni dodati vrednost iz zaloge informacij, do katerih imamo dostop (lasten spomin, knjige ali drugi viri informacij).

Eksponentno rast literature je v svoji knjigi 'Little Science, Big Science' med prvimi že leta 1963 izpostavil Derek de Solla Price, ki ga Merton in Garfield (1987) označita za očeta scientometrije. Kot odziv na ta pojav so se z razvojem novih digitalnih tehnologij začele pospešeno množiti bibliografske podatkovne zbirke in informacijski sistemi, ki so preoblikovali naš dostop do znanstvenih informacij. Omogočajo shranjevanje velike količine podatkov, hkrati pa tudi standardiziran dostop do teh informacij. V bibliografskih zbirkah so tako zajeti, obdelani in na sistematičen način povezani relevantni deli informacij, pridobljeni iz znanstvenih publikacij.

Zbirke torej množice podatkov, ki dejansko predstavljajo človeško znanje, sistematično, a vsaka na svoj način dokumentirajo, hranijo ter omogočajo širok dostop do teh podatkov prek različnih licenčnih modelov. Vsaka zbirka ima specifične lastnosti, strukturo, vsebinsko pokritje, zanesljivost, večinoma pa tudi svoj klasifikacijski sistem. Zanesljivost se nanaša predvsem na popolnost bibliometričnih podatkov (Verbeek in sod., 2003), česar se najpogosteje zavemo šele takrat, ko podatke uporabimo za različne bibliometrične analize. O selekciji pri vključevanju podatkov se odločajo uredništva. Zbirka WOS, v bibliometriji največkrat uporabljena zbirka, na primer zajema revije po načelu citiranosti. Ima lasten klasifikacijski sistem, ki je do sedaj v bibliometriji gotovo najpogosteje uporabljena klasifikacija. Predmetne kategorije 'WOS Categories' (v nadaljevanju WCat) predstavljajo predmetna področja, s katerimi so vsebinsko opredeljene revije, ki jih ta zbirka zajema. V zadnjem obdobju zbirka vključuje tudi raziskovalna področja 'Subject areas' (v nadaljevanju SC), v okviru katerih so združene posamezne kategorije WCat (npr. vse kemijske). Glede na ustno informacijo McVeigh (2006, cit. po Leydesdorff, 2007), kategorije določajo dokumentalisti zbirke WOS na podlagi vrste kriterijev, med katerimi so naslov revije, vzorec citiranja revije ipd.

Svetovni splet (angl. World Wide Web) opišeta bibliometrika Zitt in Bassecouard (2008) kot fantastično obliko kroženja znanja, ki prav tako ponuja možnosti različnih kvantitativnih informativnih in statističnih metod, rudarjenja podatkov in raziskovanja omrežij. Tudi aplikacija, ki integrira podatke iz znanstvenega in strokovnega gradiva - Google Scholar, ki jo vzdržuje spletni velikan Google, in ki je nastala l. 2004, vzbuja vedno večje zanimanje. Njegovo uporabnost so proučevali Schultz (2007), Freeman in sod. (2009), Meier in Conkling (2008), Walters (2009, 2011), Aguillo (2012) in številni drugi. V primerjavah z različnimi splošnimi in specializiranimi zbirkami skušajo torej prikazati njegovo uporabno vrednost, primerjati odziv in natančnost posameznih iskalnih poizved. Nekateri tudi menijo, da bo nadomestil uporabo številnih plačljivih bibliografskih zbirk. Raziskava, ki je zajela več kot 3.000 fakultet pokaže, da sta Google in Google Scholar skupaj izbrana kot tretja najpogostejša platforma za pridobivanje informacij iz znanstvenih revij; poleg spremljanja referenc iz drugih člankov in iskanja po podatkovnih zbirkah s polnimi besedili (Schonfeld in Housewright, 2010). Boeker in sod. (2013) pa ob vseh prednostih in slabostih, ki jih izpostavijo, zaključijo, da trenutno Google Scholar vendarle ne zagotavlja vseh potrebnih elementov za sistematično iskanje znanstvene literature. Po njihovi oceni zato še ni primerno iskalno orodje za iskanja, ki zahtevajo strukturirane iskalne metodologije.

### 2.3.1.2 Iskalne strategije in relevantnost podatkov

Kljub sistematični urejenosti podatkov v podatkovnih zbirkah pa zbrani podatki niso vedno učinkovito uporabljeni. V zbirkah z več milijoni ali celo več deset milijoni zapisov dokumentov, kot jih ima večina bibliografskih zbirk, sicer ne bo težko dobiti nekaj dokumentov, ki bodo vsaj približno relevantni. Vprašanje je, če uporabnika to zadovolji. Kaj hitro se namreč zgodi, da ob nepravilni uporabi možnosti, ki jih ponuja sistem, pridobi množico balasta, ne da bi se tega zavedal. Glavni problemi, s katerimi se soočamo pri iskanju po obsežnih podatkovnih zbirkah, so: neobvladljivo število najdenih dokumentov, visoko število nerelevantnih dokumentov - šum (angl. noise) ter nizka natančnost iskanja (angl. precision).

Pojem odziv oziroma tudi priklic (angl. recall) je verjetnost, da so najdeni vsi relevantni dokumenti, pri čemer pa vedno najdemo tudi nekaj nerelevantnih. Odziv, ki ga je zelo težko oceniti, je torej kvocient med številom najdenih relevantnih dokumentov in skupnim številom relevantnih dokumentov, ki bi jih dobili z vsemi možnimi iskanji za določeno vprašanje. Pojem preciznost oziroma natančnost iskanja (angl. precision) je definiran kot verjetnost, da so najdeni dokumenti relevantni, pri čemer je poudarek na relevantni (Cleverdon, 1972).

Tako odziv kot tudi natančnost iskanja sta torej meri, ki sta v osnovi močno odvisni od predhodne presoje o relevantnosti podatkov. Relevanca namreč pomeni, da je bodisi vsebina, nivo, tip ali katera druga lastnost informacije bolj ali manj pomembna za nekega določenega bralca s stališča njegovega raziskovalnega dela. Pri določitvi relevance je torej zelo prisoten subjektiven element (Saracevic, 1995). O relevanci (lat. *relevantia* - pomemben, bistven, primeren), kot o ključnem pojmu v informacijski znanosti in o vrednosti informacij podrobneje razpravljajo tudi Saracevic in sod. (1988). Relevantni so vsi tisti dokumenti, ki po vsebini oziroma informacijah, ki jih sporočajo, ustrezajo postavljenemu vprašanju v iskanju po zbirki.

Pri razvijanju iskalnih strategij je torej potrebno vzpostaviti neko razmerje med natančnostjo iskanja in odzivom, ob tem pa se je treba zavedati, da je nemogoče doseči oboje - hkrati vse relevantne zadetke in nič šuma. Generalno pravilo v zvezi s tem postavi že Cleverdon (1972), ko napiše, da je povezava v obratnem sorazmerju. V veliko primerih izboljšave v smislu odziva privedejo do izgube natančnosti, čeprav to nikakor ne sme biti izgovor za izboljšave v iskanju po informacijskih sistemih.

## 2.3.2 Bibliometrične analize – kvantitativni vidik informacij in informacijskega procesa

### 2.3.2.1 Splošno o analizah za vrednotenje raziskovalne dejavnosti

Skupaj z rastjo znanstvenih in tehnoloških dejavnosti narašča tudi zanimanje za merjenje teh dejavnosti, toka znanja, znanstvenega sodelovanja oz. za analiziranje režima rasti znanja. Razvijati se je začelo področje, iz literature poznano kot bibliometrija, scientometrija ali infometrija, v novejšem času tudi spletometrija, kibermetrija, webometrija, ki s pomočjo matematičnih in statističnih metod proučujejo kvantitativne vidike informacij in informacijskega procesa in razvijajo matematične modele in merila za

te procese. Bookstein (1995, cit. po Osareh, 1996) jih definira kot znanost, ki vrednoti in ocenjuje znanost. Da je kvantifikacija in matematična analiza koristna, ker prinese red v svet opazovanj, so ugotovili že prvi bibliometriki v šestdesetih letih prejšnjega stoletja. Med ustanovitelji področja, ki jih navedeta Zitt in Bassecouard (2008) so Garfield (1955), de Solla Price (1963) in Narin (1976) v ZDA, Nalimov in Mulchenkov (1969) v Rusiji in Braun in Bujdoso (1975) na Madžarskem. Pri tem je potrebno omeniti tudi starejše 'informacijske klasike', kot so npr. Lotka (1926), Bradford (1934) in Zipf (1949), ki so se s problemi distribucije in razkropljenosti podatkov ukvarjali že pred drugo svetovno vojno, njihove ugotovitve pa so v praksi testirali številni raziskovalci v naslednjih desetletjih, česar pa v tem kratkem pregledu ne moremo zajeti.

Razvoj novejših analiz za vrednotenje raziskovalne in razvojne uspešnosti je na eni strani vzpodbudil in pospešil razvoj interneta, spletnih orodij in vrsta relativno lahko dosegljivih virov publikacij - bibliografskih podatkovnih zbirk. Te so sicer primarno namenjene pospeševanju pretoka znanja med znanstveniki, lahek dostop do velike količine urejenih podatkov pa omogoča tudi vrsto različnih kvantitativnih analiz. S pojmom bibliometrija sprva na splošno opisujejo celo vrsto meritev in indikatorjev, šele kasneje se področje razvije v različne poddiscipline z različnimi raziskovalnimi profili in ustrezno komunikacijsko strukturo (Glänzel in Schoepflin, 1994) - bibliometrija, scientometrija, informetrija. Zmedo pri uporabi pojmov, ki opisujejo tri tesno povezane metrike in se pogosto uporabljajo brez razlike, navajajo različni avtorji (npr. Tijssen in Leeuwen, 1988; Oluić-Vuković, 2007), drugi npr. Hood in Wilson (2001) med izrazi vendarle iščejo pomenske razlike.

Izraz bibliometrija (angl. bibliometrics) je prvi uporabil Pritchard leta 1969 za zamenjavo za malo uporabljen pojem 'statistična bibliografija'. Je izpeljanka iz latinske ali grške besede za knjigo 'biblion', 'biblos', saj so bile prvotno analizirane samo tiskane objave in besede 'metricus' ali 'metrikos', oznake za merjenje (Osareh, 1996). Posebna veja bibliometrije je patentna bibliometrija (angl. patent bibliometrics ali patentometrics), ki temelji na patentih oz. registriranih inovacijah. Scientometrija se zaradi pomembne vloge publikacij v znanstveni komunikaciji v veliki meri prekriva z bibliometrijo. Izraz (angl. scientometrics; lat. *scientia* znanost) oziroma ekvivalentni izraz v ruščini 'naukometrija' sta v šestdesetih letih skovala ruska znanstvenika Nalimov in Mulchenko (1969, cit. po Egghe in Rouseau, 1990). Pojem vzbudi pozornost, ko začne izhajati na Madžarskem revija z istim imenom (Scientometrics). Za razliko od infometrije in bibliometrije proučuje tudi ekonomski in sociološki vidik znanosti, pa tudi znanstveno politiko (Zitt in Bassecouard, 2008). Izraz informetrija (angl. informetrics) je verjetno najsplošnejši od vseh treh pojmov in konceptualno najširši. Informetrija upravlja z informacijami v širšem smislu, tudi tistimi zunaj okvirjev bibliometrije in scientometrije (Tague-Sutcliffe, 1992). Je študij kvantitativnih vidikov informacij v kakršnikoli obliki (tudi neformalnih - ustnih) in ne samo zapisov ali bibliografij, uporablja pa se tudi drugod in ne le med znanstveniki. Izraz 'Informetrie' izhaja iz nemškega prostora, prvi pa ga je uvedel leta 1979 Nacke (cit. po Hood in Wilson, 2001), med informatiki zahodne Evrope in severne Amerike pa se je uveljavil po letu 1987 (Tague-Sutcliffe, 1994). Konferenca v Indiji leta 1991 se je že imenovala International Conference of Informetrics, z izrazom informetrija pa začno opisovati tudi študije, ki so jih prej poimenovali bibliometrija ali scientometrija. Omenjenim trem metrikam se v zadnjem času pridružijo novi pojmi: webometrija (spletometrija) ter kibermetrija, katerih osnova je analiza publikacij na elektronskem mediju.

### 2.3.2.2 Bibliometrične raziskave področja nanoznanosti

Nanoznanost in nanotehnologija je novo področje, ki se izjemno hitro razvija, in je zato zanimivo tudi za bibliometrične raziskave. Ocenjuje se, da se letno objavi več kot 50.000 nanotehnoloških člankov in več kot 2.500 patentov (Logothetidis, 2012). Bibliometrične analize so postale priljubljeno orodje za študije nanoznanosti in nanotehnologije že v letih, ko se je področje začelo razvijati. Med prvimi, ki so bibliometrično analizirali zgodnjo rast nanoznanosti in nanotehnologije, so bili Braun in sod. (1997). V svojo analizo so zajeli članke z letom izvida med 1986 in 1995. Članke so iskali po zbirki WOS, zajeli pa so tiste, pri katerih so bile v naslovu besede s korenomo nano. Poročajo, da se število relevantnih znanstvenih člankov podvoji v 1,6 letih in da je rast eksponentna. Leto kasneje sta Meyer in Persson (1998) analizirala to področje in ugotavljala stopnjo interdisciplinarnosti in vzorce sodelovanja v raziskavah. Na podlagi analize soavtorstva sta zaključila, da države sledijo različnim vzorcem sodelovanja, nekatere le bilateralno, druge pa širše. Prav tako so med državami tudi razlike pri objavljanju patentov in razmerju med številom člankov in patentov. Huang in sod. (2011) v svojem delu povzamejo zaključke preko 120 študij, ki nanoznanost in nanotehnologijo obravnavajo z družboslovnega vidika. Pri tem uporabijo vrsto raziskovalnih metod, vključno z intervjuji, raziskavami socialnih omrežij, bibliometričnimi in ekonomskimi analizami. Večji del omenjene literature je usmerjen v primerjalne študije držav, ustanov ali posameznih raziskovalcev na tem področju. Preučuje se tudi tok znanja, ekonomski razvoj, tehnološke spremembe povezave med znanostjo in tehnologijo, kreativnost, soavtorstvo, razvoj nanoznanosti in tehnologije, ocene in napovedi in pravice intelektualne lastnine v zvezi z nanotehnologijo in drugo. Od omenjenih v nadaljevanju izpostavljam le nekatere raziskave. Terekhov (2009) uporabi bibliometrični pristop za analizo področja nanotehnologije in nanomaterialov in pri tem analizira tako članke kot patente, in sicer glede na prispevek Rusije. Tudi Hullmann in Meyer (2003), Meyer (2000, 2006a, 2006b) in Hullmann (2007) in nekateri drugi so v kvantitativno ovrednotenje področja nanotehnologije vključili patente. Marinova in McAleer (2003) sta na osnovi patentnih podatkov za obdobje 1975-2000 analizirala inovacije v nanotehnologiji v ZDA. Hu in sod. (2007) so analizirali citiranje člankov v patentih, s čimer so želeli ovrednotiti vpliv znanstvene literature na tehnološke inovacije na področju nanoznanosti in tehnologije v obdobju 1976 do 2004. Noyons in sod. (2003) so za to področje ovrednotili centre odličnosti v Evropi. Warris (2004) je detajlno analiziral aktivnosti v Avstraliji: nanotehnološki raziskovalci objavljajo v revijah z visokim faktorjem vpliva, kar lahko rabi kot indikator za merjenje rezultatov aplikativnih raziskav. Subramanian in sod. (2010) so prikazali trende rasti publikacij s področja aktivnih nanostruktur od leta 1995 do 2008. Zhou in Leydesdorff (2006) primerjata hitro naraščajoči, skoraj eksponentni 'input in output' (citirajoče in citirane članke) Kitajske v primerjavi z drugimi državami. Heinz (2004) je primerjal razvoj nanotehnologije v Evropi in ZDA in rangiral petnajst najbolj produktivnih raziskovalnih inštitutov. Igami in Okazaki (2007) sta analizirala področje na osnovi analize evropskih patentov (EPO), ki naraščajo po letu 1980, nekako stagnirajo v začetku 1990, nato pa proti koncu desetletja spet narastejo. Garfield in Pudovkin (2003) sta analizirala več kot 10.000 člankov iz zbirke WOS s področja nanokristalov in nanokeramike. Calero in sod. (2006) so uporabili tehnike bibliometričnega kartiranja za identifikacijo španskih raziskovalnih skupin in potencialnih raziskovalnih partnerjev. Strukturo nanoznanosti na splošno so z bibliometričnimi metodami opisovali tudi Kostoff in sod. (2007a, 2007b, 2008), Schummer (2007), Youtie in sod. (2008).

Nanobiotehnoški aspekt so raziskovali Takeda in sod. (2009), Rafols (2007), Rafols in Meyer (2007a, 2007b, 2010) in drugi. Literaturo s področja nanotoksikologije so za obdobje 2000 in 2007 analizirali Ostrowski in sod. (2009). Ugotovili so, da je literatura razpršena čez vrsto disciplin in podpodročij, raziskave pa so osredotočene na *in vitro* testiranja. Članki praviloma ne specificirajo vrste izpostavljenosti nanodelcu, osredotočajo se na akutno toksičnost, manj raziskav pa proučuje kronično izpostavljenost nanodelcem.

Interdisciplinarni vidik nanoznanosti in nanotehnologije so z bibliometričnimi analizami raziskovali Meyer in Persson (1998), Schummer (2004a, 2004b), Rafols (2007), Rafols in Meyer (2007b), Grodal in Thoma (2008), Rafols in sod. (2009), Porter in Rafols (2009), Porter in Youtie (2009) in drugi. Podrobneje tematiko povzamemo že v poglavju 2.2.3. Bibliometrični pristopi, ki se uporabljajo za analize interdisciplinarnosti nanopodročja, dobivajo v posameznih primerih tudi že aplikativni značaj. Eto (2003) navaja primer, ko je japonska vlada kot kriterij za vrednotenje nacionalnih nano-tehnoških projektov poleg ekonomskih in tehnoloških kriterijev upoštevala tudi rezultate bibliometrične analize. Najpogosteje zastavljena vprašanja, na katera se iščejo odgovori v okviru bibliometričnih raziskav interdisciplinarnosti Bordons in sod. (2004) strnejo v štiri skupine: trendi naraščanja interdisciplinarnosti, razlike v interdisciplinarni naravi med raziskovalnimi področji, analize pozitivnih učinkov interdisciplinarnosti na raziskave, analize strukture in dinamike znanosti.

### 2.3.2.3 Proces bibliometričnega kartiranja – analiza omrežij

Bibliografske podatkovne zbirke sicer ponujajo urejene podatke, kljub temu pa bomo iz 'surovih' bibliografskih podatkov težko potegnili kakšne pomebnejše zaključke o pretoku znanja in različnih povezavah, ki iz tega izhajajo. Šele predstavitev na način, ki je bližja razumevanju človeka, pokaže tudi stvari, ki bi si jih sicer težko predstavljali. Transformacija abstraktnih, več dimezionalnih podatkov omogoča namreč prikaze v obliki, ki jih naš um in oči lažje dojemajo.

Proces se začne z iskanjem podatkov, obdelavo le-teh, normalizacijo, analizo in končno vizualizacijo. Različni avtorji uporabljajo za opisovanje tega procesa (delno ali v celoti) različne pojme. Dokaj pogosto naletimo na izraz kartiranje znanosti - 'science mapping', 'science maps', 'mapping of science' tudi bibliometrično kartiranje - 'bibliometric mapping' (Boyack in sod., 2005; Ahlgren in Colliander, 2009; Rafols in sod. 2010; van Eck in Waltman, 2010; Cobo in sod., 2011), 'mapping the structure of science' (Bollen in van de Sompel, 2006), podatkovno rudarjenje - 'data mining' (Keim, 2002; Mogoutov in Kahane, 2007), ki praviloma bolj opisuje računalniški proces ali tudi 'text mining' (npr. Mohammadi, 2011), 'knowledge discovery in databases' in podobne pojme.

Kognitivno kartiranje sega tako daleč v zgodovino, kot je dolga zgodovina računalniško podprte scientometrije. Tudi danes pa ima pomembno vlogo pri tvorbi in analizi strukture znanosti (Janssens in sod., 2009; Zhang in sod., 2010). Med glavne akterje v zgodnji zgodovini se uvršča avtor Doyle, ki naj bi že leta 1961 pisal o kartah, ki bi jih pripravil s pomočjo računalnikov in ki bi delovale podobno kot možgani. Po avtorjih Moya Anegon in sod. (2004) in Janssens in sod. (2009) povzemamo tudi ostale pionirje na tem področju. Garfield (1963) in de Solla Price (1965) sta raziskovala kako vzorec citatov po avtorjih znanstvenih člankov definira raziskovalne smeri in s tem pokaže na intelektualno strukturo

znanstvenih domen. Small (1973) in Marshakova (1973) sta neodvisno predstavila analizo socitiranja. Fano (1956) in Kessler (1963) pa sta predstavila bibliografsko združevanje (angl. bibliographic coupling).

Pojem kartiranje znanosti oziroma tudi bibliometrično kartiranje Small (1999) opredeli kot prostorski prikaz medsebojnih povezav bodisi disciplin, področij, specialnosti, posameznih dokumentov ali avtorjev. Še zlasti se za določanje kognitivne strukture in njenega razvoja proces osredotoča na spremljanje raziskovalnih področij (Noyons in sod., 1999), kar velja tudi še danes. Cobo in sod. (2011) analizirajo v svojem preglednem članku vrsto dostopnih programskih orodij za kartiranje znanosti. Med analiziranimi, ki jih vključijo v analizo (Bibexcel, CiteSpace, IN\_SPIRE, VOSViewe, VantagePoint, SCI<sup>2</sup>Tool idr.) podpirajo posamezni programi več, drugi manj operacij v procesu bibliometričnega kartiranja. Nekateri na primer indekse za normalizacijo predvidijo, drugi dopuščajo, da jih raziskovalci sami definirajo ipd. Med omenjenimi programi pa ni nobenega, ki bi ga označili za najboljšega.

Predmet proučevanja - elementi, na katerih temeljijo bibliometrične analize, so različne vrste bibliografskih informacij: deskriptorji in vsebinske klasifikacije oz. predmetne oznake, besede iz naslova dokumentov, vir publikacije (revija), reference in drugo. Od izbire enote, ki je predmet analize, je odvisen rezultat bibliometričnih analiz. Če želimo, da cilja študija na vplive posameznikov, vključimo v analizo avtorje, kadar pa želimo slediti idejam (tematiki) raziskovanja v nekem časovnem obdobju, uporabimo ključne besede ipd.

Po namenu bi tako bibliometrične analize lahko razdelili na:

- merjenje raziskovalne aktivnosti: s pomočjo štetja publikacij in patentov dobimo sliko o raziskovalni in razvojni aktivnosti na nekem specifičnem področju ali instituciji, ki jim pripadajo ti članki in patenti,
- merjenje vpliva: s sledenjem citatov v patentih in člankih,
- merjenje povezovanja: citiranje člankov in patentov kaže na t.i. intelektualne povezave med organizacijami in avtorji, ki producirajo članke in patente ter tako povezuje znanja področij raziskovanja.

Persson (2011) povzame, da se relacije med posameznimi elementi v bibliometriji določajo:

- med enotami analize, ki so lahko posamezni dokumenti ali pa združene enote (avtorji, države, revije ipd.),
- s povezavami, ki temeljijo na citiranju (neposredno citiranje, skupne reference, socitiranje),
- s povezavami, ki imajo osnovo v hkratnem pojavljanju drugih bibliografskih elementov (npr. soavtorska, sobesedna analiza ipd.).

Janssens in sod. (2009) razdelijo tehnike kartiranja znanosti na tri načine, in sicer kot analizo citatov (navzkrižno citiranje, bibliografsko združevanje in analizo socitiranja), leksikalne analize ('text mining') in kombinacije obeh metod. Boyack in Klavans (2010) sta jih primerjala in proučevala natančnost in vse ocenila kot primerne za potrebe kartiranja.



### 2.3.2.3.1 Iskanje podatkov - oris analiziranega področja

Oris področja (angl. field delineation) je poseben primer iskanja informacij, kjer je objekt poizvedbe izbor relevantnih dokumentov za področja izbranih znanstvenih aktivnosti. Bistvo vsakega orisa področja je iskalna sintaksa, ki jo lahko opišemo kot set ključnih besed oz. pojmov, ki jih med seboj povežemo s primernimi Boolovimi operatorji. Cilj je pripraviti takšno iskalno sintakso, ki pridobi čim več relevantne literature za iskano področje. Kot pri vseh bibliometričnih analizah nam iskanje ravnovesja med natančnostjo iskanja in priklicem pomaga razviti našo iskalno sintakso. To pa ni lahko pri tako širokem in novem področju kot je nanoznanost in nanotehnologija. Vrsta avtorjev (Meyer in sod., 2001; Zitt in Bassecouard, 2006; Huang in sod., 2008; Maghrebi in sod., 2011 in nekateri drugi) zato poudarja, da je oblikovanje primerne iskalne strategije z namenom orisa znanstvenega področja vedno najprej in v največji meri odvisno od natančne definicije področja, ki ga analiziramo. Standardne in splošno uveljavljene definicije nanopodročja pa nimamo, kar zaključijo vsi že omenjeni avtorji, ki so ga skušali bibliometrično analizirati.

Mogoutov in Kahane (2007) povzameta, da se za pripravo iskalne poizvedbe za oris nanopodročja v literaturi uporabljajo trije različni pristopi. Huang in sod. (2011) prvo od naštetih - leksikalno<sup>15</sup> analizo (angl. lexical analysis) dodatno razdelijo na enostavnejšo in takšno, kjer so relevantne ključne besede za oris področja pridobljene na bolj avtomatiziran način in skozi vrsto ponavljanj posameznih postopkov. Priprava nekaterih iskalnih poizvedb vključuje dodatno še analizo citiranja, nekatere pa zajamejo članke iz ključnih nanotehnoloških revij.

#### Leksikalne poizvedbe za oris nanopodročja

Prve bibliometrične študije nanoznanosti in nanotehnologije so uporabljale enostavne iskalne sintakse. Braun in sod. (1997) ali Meyer in Persson (1998) so članke za oris nano področja iskali kar s korenem oziroma predpono nano\* v besedah iz naslova. V kasnejših analizah je mogoče zaslediti določena nestrinjanja s tovrstnimi orisi področja. Različni avtorji namreč menijo, da je velikost na nanoskali sicer primeren kriterij, da pa je preveč poenostavljen za prikaz kompleksnega nanopodročja. Grieneisen in Zhang (2011) napišeta, da so semantične spremembe realnost in da se danes besede s predpono nano uporabljajo bolj za označevanje materialov na nanoskali in za revije, ki so omejene na študije, ki so opredeljene kot nanoznanost in nanotehnologija.

Osnova leksikalne iskalne poizvedbe je izrazoslovje, ki ga različni avtorji črpajo iz zbirke specializiranih revij, liste raziskovalcev, ustanov, analize ključnih besed ali besed iz naslova člankov (Grieneisen in Zhang, 2011). Osnova vseh orisov nano področja so besede s korenem nano\*, orisi pa se med seboj razlikujejo glede na vključenost ključnih besed in fraz, s katerimi skušajo posamezni raziskovalci pridobiti iz zbirk še ostale relevantne dokumente za področje nanoznanosti in nanotehnologije. Calero in sod. (2006), Porter in sod. (2008) pa tudi drugi navajajo, da je pri kompleksnejših poizvedbah za določitev tistih iskalnih terminov, ki ne vključujejo besed s korenem nano, neobhodno potrebno sodelovanje z eksperti s področja. Glänzel in sod. (2003) ter Noyons in sod. (2003) so eksperte, ki so določili, katere ključne besede naj bodo vključene v iskalno sintakso, vključili že takoj na začetku poizvedbe. Huang in sod. (2011) pa tudi drugi ob tem očitajo

---

<sup>15</sup> Leksika - besedni zaklad ; leksikalen je nanašajoč se na leksiko (SSKJ, 1991)

subjektivnost pri vključevanju ekspertov, ki naj bi pomagali pri določitvi ključnih besed. To lahko namreč prikaže le delno pokritje področja, saj je odvisno od specializacije vključenih ekspertov, oz. od njihovega interesa.

V preteklem desetletju se je z bibliometričnim analiziranjem in orisom področja nanoznanosti in nanotehnologije intenzivneje ukvarjalo kar nekaj znanstvenih centrov in ustanov širom po svetu. Calero in sod. (2006) iz Center for Science and Technology Studies, (CWTS) Leiden University (Nizozemska) so razvili podrobno leksikalno poizvedbo, da bi pripravili zbirko nanotehnoloških člankov in patentov evropskih držav. Kasneje Maghrebi in sod. (2011) njihovo poizvedbo pokritizirajo, saj kljub obsežnosti in kompleksnosti zanemarija nekatere za nanotehnologijo značilne ključne besede, kot je na primer 'dendrimer'. Heinze in sod. (2007) so uporabili kar iskalno strategijo predhodnikov (Noyons in sod., 2003; Heinze, 2004). Med pogosteje omenjenimi je skupina Porter in sod. (2008a), ki v svoji raziskavi 'Refining search terms for nanotechnology' pripravijo iskalno sintakso, za namene analiziranja in kartiranja raziskovalne dejavnosti na področju nano raziskav in inovacij v ZDA in širše. S svojo sintakso nadgrajujejo delo evropsko-ameriškega projekta 'Creative capabilities and the promotion of highly innovative research in Europe and the United states (CREA)', v katerega so bili vključeni sodelavci različnih ustanov. Svojo metodologijo so nadgradili še z rezultati podobnih analiz (Noyons<sup>16</sup> in sod., 2003; Huang in sod., 2004; Kostoff in sod., 2006; Zitt in Bassecouard, 2006; Basecouard in sod., 2007; Kostoff in sod., 2007). S testiranjem in oceno rezultatov v bibliografskih in patentnih zbirkah so nato ovrednotili kandidatne ključne besede. V postopek razvoja iskalne metode so vključili 19 ekspertov z različnih področij nanoznanosti in nanotehnologije. Iskalni algoritem je sestavljen iz osmih večjih vsebinskih sekcij (modulov) s serijo pripadajočih ključnih besed, smiselno povezanih z iskalni operatorji. Prvi iskalni modul vključuje izraze s korenem nano\*, drugi modul članke v nano revijah, naslednji vključuje termine, ki iščejo članke, ki se nanašajo na meritve itd. Pomemben je njihov komentar, da so dali večji poudarek priklicu kot natančnosti poizvedbe. Metodologija Porter in sod. (2008a) je osnova metodologiji avtorjev Grieneisen in Zhang (2011). Zanju je tradicionalna definicija področja, ki temelji na velikosti delca (material dimenzije med 1 in 100 nm), preveč poenostavljena, saj se lastnosti, značilne za materiale na nanoskali, lahko pri določenih materialih kažejo tudi izven teh velikostnih okvirjev. Koren nano se tako lahko uporablja tudi za materiale, ki so veliko večji kot 100 nm. Več člankov v pomembnih revijah namreč kot nanodelce delce šteje tudi take s premerom nekaj 100 nm.

Iskalni algoritem, ki ga je pripravil Warris (2004), je po navedbah Maghrebi in sod. (2011) najbolj zrela leksikalna poizvedba za oris tega področja. Iskalna sintaksa, kjer so prav tako sodelovali eksperti, je pripravljena v devetih modulih.

Najenostavnejša med vsemi omenjenimi je metodologija orisa nanopodročja prej omenjenih raziskovalcev (Maghrebi in sod., 2011), ki z relativno enostavnim algoritmom pridobijo velik delež relevantnih publikacij ob hkratni zadovoljivi natančnosti in še razumnim odzivom iskanja. Za osnovo so vzeli že uporabljeno iskalno sintakso (Warris, 2004), ki so jo poenostavili z ekskluzivnim iskanjem in vrednotenjem posameznih ključnih besed in analiziranjem natančnosti in odziva. Odstranili so tiste pojme, ki so imeli majhen

---

<sup>16</sup> Centre for Science and Technology Studies, Leiden University, Nizozemska

odziv (priklic). Njihova metodologija temelji na jasni definiciji nanotehnologije in dveh prilagojenih numeričnih pragovih. Preden pa so se lotili poenostavljanja metode, so najprej določili, katero od definicij za nanoznanost in nanotehnologijo bodo upoštevali. Uporabijo definicijo NSET (National Science, Engineering and Technology (ZDA)), ki pravi: "nanotehnologija je usmerjena in nadzorovana sinteza/upravljanje z materiali, strukturami, opremo in sistemi z natančnostjo/značilnostmi (lastnostmi) velikosti približno 1-100 nm – po možnosti pa 2-50 nm". Glede na to definicijo izključijo vsebine, ki tej definiciji niso zadostile. Študijo napravijo torej s ključnimi besedami iz iskalnih sintaks predhodnikov in dodajo nekaj svojih. Izločajo na osnovi manjše natančnosti iskanja in nizke frekvence ključnih besed, natančnost in odziv pa preverijo z metodologijo Warris.

Huang in sod. (2011) med zahtevnejšo (angl. evolutionary lexical query) metodo priprave sintakse za oris področja razvrstijo metodo Mogoutov in Kahane (2007), kar pojasnijo z bolj avtomatiziranim načinom pridobivanja ključnih besed skozi vrsto ponavljajočih postopkov preizkušanj. Potreba po sodelovanju ekspertov je v tem primeru nekoliko manjša, čeprav je določitev relevance ključnih besed še vedno v domeni ekspertov.

#### Priprava iskalne sintakse, v katero je vključena tudi analiza citiranja

Podlaga hibridne metode, ki jo pripravita Zitt in Bassecouard (2006), je kombinacija leksikalne analize (ključnih besed in fraz), ki jih pomagajo določiti eksperti področja in analize citiranja. V iskalno poizvedbo so vključene še ključne besede iz vsebine specializiranih revij. V drugem delu bibliografijo obogatita s članki, ki jih prvi set člankov citira, v tretjem koraku pa identificirata finalni set nanotehnološke literature, ki citira literaturo, pridobljeno v drugem koraku. S tako pridobljenimi ključnimi izrazi naj bi se izognili tišini (izločenosti relevantnih) in šumu (nerelevantnim dokumentom). Bassecouard in sod. (2007) uporabijo iskalno poizvedbo za oris nanopodročja, pripravljeno po tej metodi, za analize področja nanotehnologije v obdobju 1999-2003.

#### Iskalne sintakse na podlagi publikacij iz nanotehnoloških revij

Pri tej metodi se za razliko od leksikalnih analiz ali analiz citiranja za enoto analize uporabijo publikacije iz ključnih nanotehnoloških revij. Metodo uporabita Zhou in Leydesdorff (2006), Leydesdorff in Zhou (2007) ali pa Leydesdorff (2008), ki napiše, da je v letu 2005 dvanajst takšnih revij, ki imajo v naslovu besedo s korenem nano, v 2004 jih je bilo šest in tri v 2003. Te revije so temeljne revije (seed journals) za nano področje – kot relevantne dokumente pa upošteva še vse revije, ki le-te citirajo oz. jih citirajo članki iz teh revij. Navede 142 takšnih revij, ki so relevantne za nano področje. Metoda se bistveno loči od ostalih, saj priključuje bistveno nižje število zadetkov glede na ostale iskalne poizvedbe za oris področja (Huang in sod., 2011).

#### 2.3.2.3.2 Določanje relacij med bibliografskimi elementi - analize sopojavljanja

Sočasno pojavljanje določenih bibliografskih elementov kaže na določeno relacijo (povezanost) med dokumenti oziroma med posameznimi elementi bibliografskih zapisov - disciplinami, področji, avtorji, vsebinskimi oznakami idr. Posamezno hkratno pojavljanje enakih elementov ni omembe vreden podatek. Zanimivo postane, ko je teh povezav veliko in se dve enoti pojavita skupaj v vrsti zapisov. Glede na elemente, ki se sopojavljajo,

ločimo sobesedno, soavtorsko analizo, analizo socitiranja in analizo bibliografskega združevanja. Povezave pa lahko spremljamo na nivoju posameznih člankov ali združenih enot (revij, ustanov, klasifikacijskih enot).

Izvedbo tovrstnih analiz omogočajo bibliografske zbirke, kjer so podatki strukturirani po metapodatkovnih poljih. Sočasno pojavljanje oz. sopojavljanje v bibliografskem zapisu pomeni skupno pojavljanje dveh enot v istem metapodatkovnem polju. Kostoff (2005) kot najpogosteje uporabljeno analizo sopojavljanja navede soklasifikacijsko analizo<sup>17</sup> (angl. co-classification ali tudi co-heading). Omenjena metoda temelji na sopojavljanju klasifikacijskih enot, ki se uporabljajo za klasifikacijo publikacij ali patentov v podatkovnih zbirkah. Najpogosteje je v literaturi omenjena klasifikacija zbirke WOS, ki jo za analizo nanopodročja večinoma uporabijo tudi bibliometriki, omenjeni v našem delu. V najbolj osnovnem pomenu bi lahko kartiranje znanosti predstavili kar kot kombinacijo klasifikacije in vizualizacije.

Sobesedna analiza (angl. co-word analysis) se ukvarja s problemi aktualnih vsebin in raziskovalnih tem. Pojem zajame bodisi sopojavljanje kontroliranih in nekontroliranih ključnih besed, besed iz naslova, izvlečka ali celotnega besedila. Ker pa imajo besede vedno pomen, ki je odvisen od konteksta, se tovrstne analize ukvarjajo s semantičnimi problemi, to je s pozicioniranjem besed v povezavi ene z drugo. Temelje tem analizam so postavljali Callon in sod. (1983); Courtial in Michelet (1990), de Looze (1994), Grivel in sod. (1995). Metoda je koristno orodje za lociranje tistih besed, ki zasedajo strateške pozicije v sobesednem omrežju. Metoda ima tudi kritike; Leydesdorff (1997) tako meni, da so najmanjše pomenske enote besedila v znanstvenih člankih lahko le stavki. Neko znanje (védenje o nečem) se lahko organizira šele na višjih nivojih organizacije besedila, to je v odstavkih in sekcijah. Zagovorniki metode menijo, da je neobhodna pomoč strokovnjaka, ki lahko s svojim znanjem dodaja vrednost rezultatom in s tem poveča zanesljivost in veljavnost analize. V novejšem obdobju metodologijo uporabijo tudi za kartiranje nanopodročja, na primer Zitt in sod. (2010) ali Mohammadi (2012).

Tudi soavtorsko analizo (angl. co-author analysis) uporabijo številni bibliometriki; Peters in Van Raan (1991) na primer za identifikacijo raziskovalnih skupin na univerzah. Schummer (2004a) analizira članke iz nano revij, objavljene v letih 2002 in 2003. Metodo soavtorstva, ki jo oceni kot najprimernejšo, uporabi za odkrivanje sodelovanja v raziskovalnih aktivnostih. Hkrati analizira tudi interdisciplinarno strukturo področja in zaključi, da vključujejo članki iz nano revij "komaj kaj več interdisciplinarnih raziskav kot tipične mono-disciplinarne revije". Prav tako tudi Onel in sod. (2011) raziskujejo vzorce sodelovanja za publikacije s področja nanoznanosti in nanotehnologije. Analizirajo jih z vidika socialnih (so-avtorskih) omrežij in informacijskih omrežij na osnovi citiranosti.

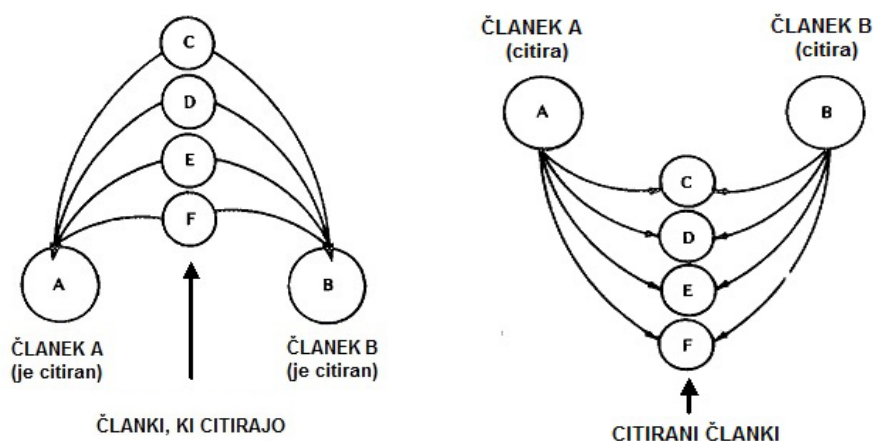
Osnova analiz citiranja in socitiranja (angl. citation / co-citation analysis) so citati (reference). Izvajati jih je torej mogoče le pri zbirkah, ki vključujejo tudi podatke o citiranosti. Takšni sta zbirki WOS in Scopus. O tem, da lahko pokaže vzorec referenc (citiranje) vpogled v naravo (lastnosti) znanstvenega raziskovanja, je pisal že de Solla Price (1965). Pri uporabi citatov kot informacij in iskanju povezav, ki temeljijo na referencah, zasledimo v literaturi različne tehnike: metodo navzkrižnega citiranja, analizo socitiranja in analizo bibliografskega združevanja. Najenostavnejša od omenjenih je

---

<sup>17</sup> Metodo je prvi opisal Todorov (1989).

metoda navzkrižnega citiranja (angl. cross-citation), ko nek novejši članek citira starejšega. Matrike navzkrižnega citiranja pripravijo za analize področja nanoznanosti in nanotehnologije na primer Leydesdorff (2006) ter Leydesdorff in Rafols (2009).

Slika 3 prikazuje zakonitosti, ki veljajo v primeru analize bibliografskega združevanja in analize socitiranja. Članka A in B sta socitirana (slika levo), če se pojavita na listi referenc v tretjem članku (C, D, E, F); bibliografsko povezana sta članka A in B (slika desno), ko oba citirata članke C, D, E in F. Analiza bibliografskega združevanja se izrazi kot podobnost med citirajočimi dokumenti. Bistvo te metode je iskanje bližine (sorodnosti, vsebinske povezanosti) uporabnikov znanja, podobnost pa se išče v vsebinski podobnosti citiranih člankov. Metoda temelji na predpostavki, da sta dva članka, ki ju avtorji velikokrat citirajo skupaj, vsebinsko povezana. Jakost bibliografskega spajanja je odvisna od števila skupnih referenc. Metodo je prvi opisal Kessler (1963), kasneje pa so jo uporabili tudi v analizah nanopodročja (Bassecoulard in sod., 2007; Jarnevig, 2007; Rafols in sod., 2009; Rafols in Meyer, 2010). Verbeek in sod. (2003) pa v metodo podvomijo. Menijo, da to, da imata dva članka skupne reference, še ni kazalec sorodnosti oz. povezanosti med dvema člankoma, saj bi lahko citirala različne dele člankov.



Slika 3: Zakonitosti, ki veljajo v primeru analize socitiranja (slika levo) in bibliografskega združevanja (slika desno) (Garfield, 1988)

Analizo socitiranja je prvi predstavil Small (1973) in jo opisal kot "frekvenco, s katero sta dva dokumenta citirana skupaj". Bistvo te metode je iskanje bližine (sorodnosti, povezanosti) tistih, ki 'ponujajo' znanje ali informacije, se pravi citiranih člankov, v smislu vzorca njihovih 'uporabnikov' (citirajočih člankov). Dva dokumenta sta socitirana, če se pojavita skupaj v referencah nekega tretjega članka. Po navedbah Moya-Anegon in sod. (2004), ki uporabijo metodo za vizualizacijo strukture znanosti in njene dinamike, je analiza socitiranja najboljši način za pridobivanje informacij o relacijah med dokumenti, s katerimi so sistematično predstavljene posamezne domene oziroma znanstvena področja. Pogosto je uporabljena tudi v bibliometričnih analizah nanopodročja.

### 2.3.2.3.3 Razvrščanje v skupine in analiza podatkov

Številčni in kompleksni podatki zahtevajo za ustrežnejše prikaze rezultatov drugačne pristope, zato jih razvrščamo v skupine (razrede). Pojem razvrščanje v skupine Ferligoj (1989) v najširšem smislu opiše kot "proces abstrakcije poimenovanja skupin objektov, za katere menimo, da so na nek način med seboj podobni." Za razkrivanje povezav med podatki se torej poleg neposrednega štetja citatov, skupnih referenc in števila sopojavljanj referenc, uporabljajo tudi različne metode razvrščanja v skupine z merami podobnosti oziroma različnosti. Prvi način merjenja podobnosti cilja na direktno podobnost med dvema objektoma, drugi pa na način, kako so ti objekti povezani glede na cel obravnavani set podatkov.

Proces razvrščanja v skupine se začne z izborom množice objektov in njihovih značilnosti in pripravo matrike s surovimi podatki. Po potrebi nato sledi standardizacija spremenljivk (normalizacija podatkov) s standardnim odklonom, maksimalno vrednostjo, aritmetično sredino ipd.), kjer surove podatke nadomestimo z novimi vrednostmi. V bibliometriji pa se za namene normalizacije pogosto uporabljajo tudi kar mere podobnosti (Van Eck in Waltman, 2009). Pomembna je izbira primerne razdalje med enotami, izbor pa je odvisen od vrste podatkov in kriterija podobnosti (Ferligoj, 1989; McCain, 1990). Proces se zaključi z analizo rezultatov.

Metode, ki se uporabljajo za potrebe razvrščanja v skupine, razdeli Ferligoj (1989) v tri večje skupine: hierarhične, nehierarhične in geometrijske (tudi t.i. ordinacijske). Podobno tudi na področju raziskav okoljske problematike multivariatne statistične metode na grobo razdelijo na klasifikacijske in ordinacijske (tudi gradientne) (cit. po Chahouki, 2012; Palmer, 2013). Hierarhične klasifikacijske metode so predstavljene kot najprimernejše takrat, ko iščemo optimalno število skupin. V kartiranju znanosti je ta tehnika najbolj popularna (Janssens in sod., 2004). Združevanje na podlagi podobnosti poteka tako, da je v začetku vsaka enota že kar skupina, v vsakem naslednjem koraku združevanja pa se na podlagi izbrane razdalje iščejo med seboj najbližje skupine, ki se nato združujejo v nove skupine. Grafična predstavitev - drevesasta struktura dendrograma - omogoča vizualno določitev optimalnega števila skupin. Kakšne bodo skupine, je odvisno od izbire primerne metrike - razdalje, s katerim bomo ugotavljali podobnost med merjenimi elementi. Posamezni elementi bodo tako lahko bližje skupaj, če bomo izbrali eno razdaljo in bolj oddaljeni, če izberemo drugo.

Čeprav še vedno ni neke enotno sprejete najprimernejše mere podobnosti, so med bolj popularnimi po mnenju Van Eck in Waltman (2009) Salton kosinusov indeks, inkluzijski indeks in Jaccardov indeks. Cozzen in sod. (2008) zaključijo, da starejše analize uporabljajo večinoma Jaccardov indeks, novejše pa kosinusovo ali modificirano kosinusovo mero z uporabo Saltonovega vektorskega prostorskega modela. Saltonov kosinus indeks uporabijo bibliometriki tudi pri analizah nanopodročja (Leydesdorff, 2004, 2007; Leydesdorff in Rafols, 2009; Porter in Youtie, 2009; Rafols in Mayer, 2010). Boyack in sod. (2005) v članku 'Mapping the backbone of science' med seboj primerjajo osem različnih alternativnih mer podobnosti in ugotavljajo razlike med njimi. Braimoh in Craswell (2008) v svojem članku kvantitativno ocenjujeta interdisciplinarnost v znanstvenih programih, ki se nanašajo na raziskave o vodah, podobnost pa analizirata s pomočjo Evklidove razdalje med raziskovanimi aktivnostmi. Noyons in sod. (2003) in Leydesdorff (2009) analizirajo izbiro mere podobnosti za normalizacijo na primeru

analize socitiranja. Uporabo kosinusove korelacijske matrike primerjajo s Pearsonovo korelacijo in Jaccardovim indeksom, za katerega menijo, da je za določene primere bolj ustrezen. Zaključijo, da je za namene vizualizacije kosinusova matrika najprimernejša, saj pokaže le pozitivne vrednosti, kar je pomembno pri grafičnem prikazu.

Med različnimi algoritmi združevanja v skupine se najpogosteje omenjajo minimalna (angl. single linkage), maksimalna (angl. complete linkage) in Wardova metoda. Pri minimalni metodi se v posameznih korakih združujejo tiste skupine, med katerimi obstaja najmanj razlike (povezave med bližnjimi elementi). Primerna je za odkrivanje klobasastih (nepovezanih) struktur. Za razliko od te, ki išče izrazito ločene skupine in zanemari povezanost znotraj skupin, je maksimalna metoda primerna predvsem za odkrivanje povezanosti (kohezivnosti) znotraj njih. Primerna je za odkrivanje okroglih struktur. Posebna metoda v skupini hierarhičnih metod združevanja je Wardova. Primerna je za odkrivanje eliptično strukturiranih podatkov. Pri tem dobimo skupine s primerljivo variabilnostjo (Ferligoj, 1989). Pri Wardovi metodi se razdalja med skupinami "vrednoti z izgubo informacije, ki jo povzroča združevanje dveh skupin v novo skupino" (Košmelj in Žaucer, 2006), pri čemer se poveča vsota kvadriranih odklonov znotraj skupine. Za neko skupino se torej ta količina izračuna kot vsota kvadriranih odklonov od povprečja te skupine.

S klasifikacijsko metodo torej združujemo v skupine enote po podobnosti glede na pojavljanje spremenljivk, s katerimi so enote predstavljene. Z ordinacijsko metodo, ki je komplementarna s klasifikacijsko, pa skušamo dobljene skupine utemeljiti. Bistvena značilnost korespondenčne analize (in drugih ordinacijski metod) je geometrijska predstavitev, saj omogoči lažjo interpretacijo podatkov (Rovan, 2006).

Ordinacijske tehnike se delijo na dve skupini (cit. po Chahouki, 2012): direktne, pri kateri z eno metodo povežemo gradient<sup>18</sup> dveh primerjanih množic podatkov in poiščemo sestavljeni gradient in indirektne, kjer gradiente povežemo v dveh korakih, pri tem pa uporabimo različne metode. Med direktne metode štejejo redundantno in kanonično korespondenčno analizo, med indirektne pa metodo glavnih komponent (PCA), korespondenčno analizo (CA) in varianto te analize z odstranjenim trendom (DCA), faktorsko analizo (FA) in multidimenzionalno lestvičenje (NMDS). S pomočjo ordinacijskih metod prikažemo podatke v manj dimenzionalnem prostoru, v katerem se enote, ki so si bolj podobne, postavijo bližje skupaj (Peet, 1980, cit. po Palmer, 2013). V analizah interdisciplinarnosti nanopodročja so faktorsko analizo in metodo glavnih komponent (PCA) na matrikah citiranja uporabili Leydesdorff in Rafols (2009), Rafols in Meyer (2010) ali pa Porter in Youtie (2009). Boyack in sod. (2005) pa omenjajo uporabo večrazsežnostnega lestvičenja (MDS).

#### 2.3.2.3.4 Grafična predstavitev podatkov (vizualizacija)

Bibliometrične karte omogočajo predstavitev znanosti v vizualni obliki (Duplenko in Burchinsky, 1995). Posredovanje informacij na razumljiv in učinkovit način s pomočjo računalniške grafike je glavni namen in cilj vizualizacije podatkov. Različne vizualizacijske tehnike zato za boljše razumevanje in lažjo interpretacijo podatkov omogočajo različne prikaze. Cobo in sod. (2011) med ostalimi omenjajo npr.

---

<sup>18</sup> Gradient pokaže v katere smeri se polje (skalarno/vektorsko) najbolj spreminja.

heliocentrične karte, geometrijske modele in tematska omrežja. Pri slednjih lahko povezava med dvema enotama odseva jakost relacije med njima; krajša razdalja kaže običajno na močnejšo relacijo. Različne tehnike se uporabljajo tudi za prikaze skupin povezanih podatkov. Zaradi fizičnih omejitev in ker bi radi domene predstavili na zaslonu na način, da bo slika razumljiva in pregledna, je včasih združevanje domen nujno. Pomemben je tudi izbor primerne metode, ki bo najbolje predstavila relacije med vsemi elementi, pa tudi izbor matematičnega formalizma - indeksa podobnosti in metode združevanja, o čemer pišemo že v prejšnjih poglavjih.

Med programi za analize velikih omrežij se v literaturi pogosto omenja Pajek, ki ga slovenska avtorja Mrvar in Batagelj razvijata od leta 1996 (Pajek, 2012). V družboslovju pa tudi širše postaja vedno pogostejše uporabljena metoda raziskovanja analiza socialnih in drugih velikih omrežij, pri katerih želimo opazovati relacije med enotami. Program Pajek je najpogostejše omenjen tudi v primerih različnih bibliometričnih in citatnih omrežij. Omrežja, ki jih predstavljajo množice enot in različne relacije med njimi, lahko predstavimo z matriko, s sezname sosedov, s katerimi so posamezne enote povezane ali pa grafično; s kartami. V grafične prikazu so enote v omrežju nazorno predstavljene s točkami (krožci), povezave - usmerjene ali neusmerjene - med njimi pa s puščicami ali daljicami. Pri povezavah, kjer je začetna točka enaka končni, govorimo o zankah.

V zadnjem času se v bibliometričnih analizah (Cobo in sod., 2011; Leydesdorff in sod., 2012) omenja tudi (prav tako prosto dostopno) podobno programsko orodje za vizualizacijo, ki so ga razvili raziskovalci nizozemske univerze Leiden University - VOSviewer (van Eck in Waltman, 2010).

## 2.4 NANOTEHNOLOGIJA V KMETIJSTVU

Z zmožnostjo odkrivanja struktur in funkcij biosistemov na nanoskali so bile stimulirane tudi raziskave, ki vodijo v izboljšanja v biologiji, biotehnologiji, medicini. S pojmom nanobiotehnologija je tako definirano polje, ki uporablja principe in tehnike nanoskale za razumevanje in transformacijo biosistemov. Biosistemske raziskave, ki se dogajajo na nanoskali, se povezujejo z informacijsko tehnologijo in kognitivnimi znanostmi, o čemer pišemo že v poglavju 2.2.2.

Nanotehnologija ponuja nove rešitve za transformacijo biosistemov in zagotavlja široko tehnološko platformo za aplikacije na različnih področjih (Roco, 2003), kot so:

- bioprocesi v industriji,
- molekularna medicina (odkrivanje in zdravljenje bolezni, regenerativna medicina, kirurgija na nanoskali, sinteza in usmerjena dostava zdravil v telesu),
- raziskovanje nanostruktur v okolju (vplivi na zdravje, čiščenje onesnaženega okolja),
- izboljšanje kmetijskih in prehranskih sistemov (povečevanje kmetijske proizvodnje, novi živilski proizvodi, ohranjanje živil),
- izboljševanje človeških zmogljivosti itd.

Nanotehnologija torej z novimi inovativnimi pristopi obeta tudi možnosti reševanja aktualnih problemov, ki so povezani s povpraševanjem po zdravi in varni hrani, strategijami za zaščito pred različnimi boleznimi ter spreminjajočimi pogoji pridelovanja



hrane zaradi klimatskih sprememb in varovanja okolja. Na onesnaževanje okolja ima poleg industrije močan vpliv tudi intenzivna proizvodnja hrane. Tudi na tem področju se omenjajo različni nanomateriali, in sicer za čiščenje (remediacijo) in strukturiranje tal ter različni nanofiltrirni, ki se uporabljajo za čiščenje voda (Khot in sod., 2012). Pričakuje se, da bo nanotehnologija v prihodnosti popolnoma transformirala tudi celotno prehrabeno industrijo ter spremenila načine proizvodnje, procesiranja, pakiranja in konzumiranja hrane (Tiju in Morrison, 2006; Rai in Ingle, 2012).

V nadaljevanju naštevamo nekaj glavnih področij možnosti uporabe nanotehnologije na področju pridelave kmetijskih rastlin in uporabe nanomaterialov na področju živil.

#### **2.4.1 Uporaba nanotehnologije v pridelavi kmetijskih rastlin**

Na področju pridelovanje hrane, ki spada med pomembne človekove dejavnosti, se nanotehnologija še ni tako močno uveljavila. Preliminarne študije kažejo potencialne pri izboljšanju vznika in rasti rastlin, zaščiti pred škodljivci, detekciji škodljivcev in boleznih ter detekciji ostankov pesticidov (Khot in sod., 2012). Glavna področja uporabe nanotehnologije v kmetijstvu, poleg že omenjenih, bolj ali manj natančno razdelijo tudi nekateri drugi raziskovalci (Nanoscale ..., 2003; Opara, 2004; Tiju in Morrison, 2006; Scrinis in Lyons, 2007; Ruffini Castiglione in Cremonini, 2009; Ghormade in sod., 2011; Misra in sod., 2013):

- zatiranje škodljivcev z nanopesticidi, ki so s kontroliranim sproščanje učinkovin v določenih pogojih (kislost, vlaga, hitrost sproščanja) učinkovitejši, hkrati pa predstavljajo manjšo obremenitev za okolje. Z uporabo nanokapsul s kontroliranim sproščanjem herbicidov se izognemo fitotoksičnosti (Perez-de-Luque in Rubiale, 2009).
- uporaba enkapsuliranih agro-kemikalij (gnojil), ki omogoča počasnejše in učinkovitejše sproščanje hranil in vode, kar posledično omogoča boljšo proizvodnjo. Razlog je povečanje zmožnosti absorbiranja vode, hranil in kisika. Skozi pore celične stene lahko vstopajo samo dovolj majhni nanodelci, ali pa se slednji uporabijo za povečanje por ali indukcijo novih.
- področje molekularne obravnave boleznih rastlin in razvoj odpornosti pri rastlinah na stres, škodljivce in boleznih, pri čemer so nanodelci uporabljeni za prenos genov ali DNA v rastline. V okviru ukrepov za izogibanje različnim stresom pri rastlinah je aplikacija nanodelcev v rastlinske celice ali mlade rastline lahko alternativa klasičnim tehnikam genetskega inženiringa (Khodakovskaya in sod., 2011).
- uporaba nanomaterialov za razvoj različnih biosenzorjev, ki se uporabljajo v t.i. preciznem kmetovanju (angl. precise farming), uporabljeni pa so v različnih napravah za daljinsko zaznavanje (monitoring, pametni senzorji, GPS). Nanosenzorje bi lahko klasificirali v dve skupini: takšne za merjenje lastnosti na nanoskali ali pa takšne, ki so sami po sebi v velikosti nanoskale ali pa imajo komponente na nanoskali. Rezultat uporabe je večji pridelek ob manjšem vnosu gnojil in škropiv. Nair in sod. (2010) tovrstne naprave – t. i. 'smart delivery systems' – opišejo kot kombinacijo časovno kontroliranih, osredotočenih, zelo nadzorovanih in daljinsko reguliranih lastnosti.

Naprave se uporabljajo za:

- detekcije škodljivcev in bolezni - občutljivi nanočipi zaznavajo posamezne nukleotidne spremembe bakterij in virusov,
  - detekcije ostankov pesticidov s t. i. nanosenzorji, ki so visoko občutljivi z nizkimi mejami zaznavanja, super selektivni, hitro odzivni in majhnih dimenzij.
- rastline kot vir sinteze nanodelcev (angl. particle farming). Tu gre za pridelovanje nanodelcev (nanozlata, nanosrebra ali zlitine obeh z bakrom) iz rastlin, ki rastejo na tleh, bogatih s kovino, ki je sicer v zemlji v človeku nedostopnih količinah. Nair in sod. (2010) povzamejo različne avtorje, ki ugotavljajo, da velja metoda za ekološko prijaznejše pridobivanje nanodelcev v primerjavi z različnimi kemijskimi in fizikalnimi metodami. Prednost je tudi v tem, da je morfologija nanodelcev bolj kontrolirana.

#### 2.4.2 Nanotehnologija v prehrambeni industriji

S pojmom nanohrana označujemo živila, pridelana, predelana ali pakirana s pomočjo nanotehnologije (Tiju in Morrison, 2006) ali taka, v katera so primešani nanomateriali (Remškar, 2009). Po tej definiciji povzemamo tudi nekaj zbranih primerov uporabe nanomaterialov na področju živil oz. prehrabene industrije:

- pakiranje živil, embalaža:
  - antibakterijsko učinkovanje nanosrebra v embalaži za hrano, hladilnikih, posodi itd.,
  - izboljšanje mehanskih lastnosti materialov za pakiranje živil - nanodelci silicijevega oksida se npr. uporabljajo za zmanjšanje propustnosti plastike za kisik, kar podaljša obstojnost hrane,
  - dodajanje nanokroglic škroba lepilu za embalažo, da se skrajša čas sušenja. Imajo namreč 400-krat večjo površino od običajnega škroba, zato je za pripravo potrebno manj vode.
- olje za cvrtje z nanokeramičnimi delci, ki preprečujejo toplotno zgoščevanje v olju in zmanjšujejo nastajanje neprijetnih vonjav. Olje ostane sveže in uporabno dlje časa.
- nanodelci železa, ki se dodajajo v pijače za povečanje biološke vrednosti.
- nanoprevleke (cca 5 nm), ki jih nanašajo na meso, sire, sadje, zelenjavo (npr. voskanje jabolk) za preprečevanje izgubljanja vlage in zmanjšanja vpliva atmosfere. Te prevleke so tudi nosilke barve, okusa, lahko vsebujejo antioksidante, vitamine, minerale, encime, maščobne kisline in koencim Q10. Podaljšujejo svežost tudi še potem, ko je embalaža že odprta (nanoprevleke za živila iz silicijevega in titanovega oksida).
- ultra majhni nanosenzorji, ki se uporabljajo za hitro odkrivanje toksinov (strupov), virusov, bakterij in drugih mikroorganizmov v vseh fazah proizvodnje živil in pri pakiranju živil. Predvideni so tudi za hladilnike, v katerih bi nas opozarjali na pokvarjena živila.

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 POTEK RAZISKAVE

Našo raziskavo smo razdelili na več segmentov. Analize v posameznih segmentih smo izvajali na različnih vzorcih podatkov. Pri pripravi delovnih setov podatkov smo upoštevali časovni zamik zajemanja podatkov v podatkovne zbirke. Kljub upoštevanemu dvoletnemu zamiku se je v zbirkah dnevno nekoliko spreminjalo tudi tisto število zapisov, ki je ustrezalo zahtevam izbrane iskalne metodologije. Pri rezultatih analiz smo zato dodajali tudi informacije o analizirani zbirki (zbirkah) in datumu, ko smo posamezno analizo izvedli.

Raziskavo smo razdelili na sledeče segmente:

- oris področja, pri čemer smo uporabili splošno zbirko WOS,
- razkropljenost bibliografskih zapisov o objavah z nanopodročja smo proučevali z analizo vsebinsko primernih splošnih in specializiranih podatkovnih zbirk,
- vsebinsko razpršenost smo proučevali na setu podatkov, ki smo ga pridobili z izbrano metodologijo za oris področja glede na obstoječi klasifikacijski sistem, ki ga uporablja za vsebinsko klasifikacijo revij zbirka WOS,
- interdisciplinarno (multidisciplinarno) naravnost nanopodročja smo analizirali na setu podatkov, ki smo ga pridobili z izbrano metodologijo za oris področja. Posebej smo pripravili set podatkov najbolj citiranih člankov iz skupine izbranih nano revij. Ločeno pa smo proučevali še izbrano nano revijo z vidika citiranega in citirajočega vira,
- nano vsebine v povezavi s kmetijsko tematiko smo proučevali iz seta podatkov celotnega orisa in glede na poizvedbo po specializirani kmetijski podatkovni zbirki CAB,
- odziv v iskanju nano vsebin smo proučevali pri spletnem iskalniku Google Scholar in ugotovitve primerjali s podatkovnimi zbirkami, predvsem WOS in Scopus.

#### 3.2 PODATKOVNE ZBIRKE

##### **Kriteriji za izbor**

Kriteriji, na podlagi katerih se za namene bibliometričnih analiz odločamo o izbiri primernih zbirk, so različni. Eden od najpomembnejših je bil za nas primernost vsebine. V analizo smo vključili različne bibliografske podatkovne zbirke. V vseh zbirkah po tipu dokumenta prevladujejo članki. Ker za področje nanoznanosti in nanotehnologije velja, da pokriva različna področja, smo kot osrednjo zbirko, iz katere smo pridobili agregat podatkov za večino naših analiz, izbrali citatno zbirko WOS (Web of Science) založbe Thomson Reuters. Zbirka vsebinsko pokriva vsa področja, poleg osnovnih bibliografskih podatkov pa vključuje tudi reference člankov in ustanove avtorjev, kar omogoča dodatne analize. Drugo splošno zbirko - Scopus, ki prav tako vsebinsko pokriva vsa področja, smo uporabili za primerjave in analize prekrivanja. Ker nas je zanimalo, kako so vsebine razpršene po različnih zbirkah, smo v analizo vključili tudi druge dostopne bibliografske podatkovne zbirke s področja medicine, kemije, fizike, tehnike, kmetijstva in živilske tehnologije.

Za primerjave, to je analize uporabne vrednosti, odziva in natančnosti iskanja, smo analizirali tudi spletni iskalnik Google Scholar. Sistem ponuja izbor znanstvenih in

strokovnih vsebin za vsa znanstvena področja. Kot bibliografsko iskalno orodje vzbuja v zadnjem času namreč precejšnje zanimanje kljub številnim pomankljivostim, zaradi katerih je ta zbirka sicer manj primerna za natančnejše analize.

### **Predstavitev**

Podatkovne zbirke smo torej izbirali glede na pokritost področja in tip zbirke, v pomoč pa nam je bila tudi poizvedba po zbirki Dialindex (2011). Kratke opise večinoma povzemamo po Portalu informacijskih virov (Mrežnik, 2012) in po spletnih straneh posameznih zbirk.

Web of Science (WOS) je splošna (multidisciplinarna) bibliografska podatkovna zbirka. Z imenom Web of Science oziroma kratico WOS označujejo pravzaprav šest zbirk, ki nastajajo pri založbi Thomson Reuters (prej Institut of Scientific Information, Philadelphia, Pennsylvania, ZDA). Poleg treh citatnih zbirk, ki vključujejo članke iz revij - Science Citation Index Expanded (SCI), Social Sciences Citation Index (SSCI) in Arts & Humanities Citation Index (A&HCI), so to še Conference Proceedings Citation Index – Science, Conference Proceedings Citation Index – Social Science & Humanities ter Index Chemicus, Current Chemical Reactions, ki zajemajo druge tipe dokumentov.

Analize v našem delu temeljijo večinoma na podatkih iz treh citatnih zbirk, ki vključujejo članke iz revij. Po navedbah založbe Thomson Reuters so le-te že v letu 2012 zajamale več kot 12.000 najvplivnejših oziroma najbolj svetovno odmevnih nacionalnih in mednarodnih revij za obdobje od leta 1970 dalje (ISI ..., 2011). V nadaljevanju zaradi enostavnejšega navajanja omenjene tri uporabljene zbirke iz servisa WOS poimenujemo kar zbirka WOS. Science Citation Index - SCI vsebinsko pokriva znanstvene discipline s širših področij naravoslovja (ved o živi naravi) in tehnike (vključujoč biotehniko, medicino ipd.). Social Sciences Citation Index – SSCI je prav tako multidisciplinarna zbirka, pokriva pa družboslovno področje. Podobno zbirka Arts & Humanities Citation Index - AHCI vključuje svetovno vodilne znanstvene revije s področja umetnosti in humanistike (Web ..., 2012). Pomemben vidik zbirke WOS je klasifikacijski sistem revij, posamezne revije pa so lahko opisane z več kot eno kategorijo. Revije so v zbirki WOS klasificirane (podatki iz novembra 2013) z 251 različnimi vsebinskimi kategorijami WOS WCat in 156 raziskovalnimi področji SC.

Scopus je prav tako kot WOS splošna zbirka. Vključuje okrog 18.500 naslovov revij od več kot 5.000 založnikov. Zbirko vzdržuje založba Elsevier. V celoti agregira tudi nekatere druge mednarodne zbirke, npr. Medline. Revije so v Scopusu indeksirane s 313 tematskimi kategorijami, te pa dodatno še s 27<sup>19</sup> širšimi znanstvenimi področji (SJR, 2012; SciVerse, 2011). Prav tako kot zbirka WOS je tudi Scopus multidisciplinarna zbirka, poleg revij pa zajema tudi druge tipe gradiva – predvsem prispevke nekaterih izbranih konferenčnih zbornikov. Zbirka sistematično zajema objave od 1995 dalje, postopoma pa dodajajo tudi starejše publikacije.

---

<sup>19</sup> Agricultural and Biological Sciences, Arts and Humanities, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Business, Management and Accounting, Chemical Engineering, Chemistry, Computer Science, Decision Sciences, Dentistry, Earth and Planetary Science, Economics, Econometrics and Finance, Energy, Engineering, Environmental Science, Health Professions, Immunology and Microbiology, Materials Science, Mathematics, Medicine, Multidisciplinary, Neuroscience, Nursing, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics, Physics and Astronomy, Psychology, Social Sciences, Veterinary.

Compendex zajema podatke o znanstveni in strokovni literaturi s področja tehnike (gradbeništvo, strojništvo, kemijska tehnologija, elektrotehnika, elektronika, računalništvo, energetika, metalurgija, letalska in vesoljska tehnika, agronomija, živilska tehnologija). Vključuje bibliografske podatke iz 5.000 znanstvenih in strokovnih časopisov in drugega gradiva. Založnik je Elsevier Engineering Information. Zbirka ima svoj tezaver ('Ei Thesaurus').

Inspec pokriva področja fizike, elektrotehnike, elektronike in računalništva. Vključuje bibliografske podatke za članke iz 3.500 znanstvenih in strokovnih časopisov, poleg tega pa še drugo gradivo (prispevke konferenčnih zbornikov, knjig, tehničnih poročil, disertacij). Tako kot zbirka Compendex se gradi v okviru informacijskega sistema Ei Engineering in uporablja 'Ei Thesaurus'.

Medline zajema širše področje medicine, poleg medicinskih informacij pa agregira tudi dokumente o veterini in nekaterih drugih področjih v povezavi z zdravstvom. Kreira jo National Library of Medicine. Zajema okrog 5.400 revij, vključuje pa tudi 'MeSH' tezaver.

Chemical Abstracts (SciFinder) vsebinsko pokriva širok spekter znanstvenih informacij s področja kemije, biokemije, kemijske tehnologije in sorodnih področij. Zbirka se deli na dva dela – v okviru 'Registry' najdemo faktografske informacije o različnih organskih in anorganskih spojinah, 'CAplus' pa zajema bibliografske informacije. Vključene so revije, patenti, konferenčni zborniki, disertacije, knjige itd. Arhivski podatki segajo vse do leta 1907. Zbirka tezavra ne vključuje. Ima specifičen način iskanja, po katerem se bistveno razlikuje od ostalih bibliografskih podatkovnih zbirk (CAplus, 2011).

CAB velja za najboljši razpoložljivi vir informacij o rastlinski in živalski pridelavi, veterini, okoljskih vedah. Proizvajalec zbirke je organizacija CABI (nekoč poznana kot Commonwealth Agricultural Bureau International, vendar pa ta izpeljava okrajšave ni več v rabi; na novejših spletnih straneh je najti tudi poimenovanje 'Centre for Agriculture and Biosciences International') iz Velike Britanije z izpostavami v različnih državah. Pokriva področja kmetijstva (živalske in rastlinske proizvodnje), gozdarstva in lesne industrije, živilske tehnologije, človeške prehrane, bolezni povzročene s hrano, ekologije, varstva okolja, biotehnologije, ekonomike, veterine, razvoja podeželja, sociologije, genetike, biomedicine, ipd). Zbirko so začeli graditi leta 1973, poleg člankov pa zajema še knjige, tehnična in letna poročila, konferenčne zbornike, referate, disertacije, recenzije, patente, standarde, prevode in ostalo gradivo. Za indeksiranje uporabljajo svoj tezaver.

FSTA (Food Science and Technology Abstracts) je specializirana podatkovna zbirka, ki od l. 1969 vsebinsko zajema področje živilstva in prehrane. Obsega bibliografske podatke z abstrakti člankov iz 1.800 znanstvenih in strokovnih časopisov, prispevkov s konferenc, zapise o poročilih in patentih. Vključuje tudi arhivski del in ima lasten tezaver.

Google Scholar (Google učenjak) je aplikacija, ki je od leta 2004 prosto dostopna v okviru sistema Google. Združuje podatke o znanstvenem in strokovnem gradivu. Služi za iskanje različne vrste gradiva - člankov, disertacij, knjig, poročil itd. različnih založnikov, arhivov odprtega dostopa in spletnih mest akademskih institucij. Omogoča tudi iskanje po citirani literaturi.

### 3.3 UPORABLJENA PROGRAMSKA OPREMA

Za pripravo delovnih zbirk, obdelavo podatkov in različne analize smo uporabili programsko opremo MS Office, poleg tega pa še prosto dostopni statistični paket R (The R ..., 2012), Bibexcel in program Pajek, namenjen za vizualizacijo velikih omrežij. Slike, pripravljene v vektorski obliki - EPS (Encapsulated PostScript) formatu, smo prikazovali s prosto dostopnim programom GSview (2012).

Bibexcel je bibliometrično orodje, ki so ga za namene analiz in kartiranja znanosti razvili na University of Umea, Švedska (Persson in sod., 2009; Persson, 2010, 2011). Program omogoča pretvarjanje podatkov iz različnih formatov (iz formatov podatkovnih zbirk WOS, Scopus in ostalih, formatov npr. Procite, RIS, EI in nekaterih drugih), poenotenje podatkov, kot je na primer krčenje inicialk imen, združevanja, razdruževanja podatkov, sortiranje večjega števila vrstic, kot to omogoča MS Excel in podobne operacije, ki so uporabne za pripravo podatkov za bibliometrične analize. V bibliometričnih analizah je uporaben predvsem zaradi svoje zmogljivosti za obdelavo velikega števila podatkov in zaradi kompatibilnosti s številnimi statističnimi programi. Omogoča tudi pripravo datotek, ki so osnova za delo z nekaterimi programi za vizualizacijo (Pajek, VOSviewer, NetDraw, Ucinet idr.). Kot ga opiše Jarneving (2001), je bistvo tega programa prav generiranje oz. priprava datotek podatkov, ki jih je mogoče izvoziti in nadalje obdelovati v drugih statističnih programih.

Pajek je program, ki deluje v okolju Windows in se uporablja za analizo in vizualizacijo velikih omrežij z več deset milijonov točk in povezav. Za nekomercialne namene je prosto dostopen. Čeprav ga slovenska avtorja Andrej Mrvar in Vladimir Batagelj razvijata že od leta 1996, velja še vedno za edini splošno-namenski program za analize velikih omrežij. Dobro je sprejet tudi na področju bibliometričnih citatnih omrežij. Velik poudarek je na slikovnih prikazih omrežij. Omogoča različne prikaze celotnega omrežja, skupin, izpostavi pomembnejša vozlišča, posamezne točke (vektorje). Prikaže povezave med posameznimi točkami. Postavitev na sliki in jakost povezav kaže na relacije med njimi (Batagelj in Mrvar, 2002, 2012; Mrvar in Batagelj, 2012; Pajek, 2012; de Nooy in sod., 2011).

### 3.4 METODE DELA

Proces bibliometričnega kartiranja bi na grobo lahko razdelili na:

- pripravo podatkov,
- analizo podatkov,
- grafično predstavitev rezultatov.

Bistvena zahteva vseh bibliometričnih analiz, ki pomembno vpliva na nadaljnje obdelave podatkov, rezultate in zaključke, je natančna priprava delovnih zbirk v začetni fazi postopka. Ključnega pomena je izbira primerne iskalne strategije, ki bo dala optimalen odziv ob čim manjšem šumu. Sledi nadaljnja priprava delovne zbirke, za katero izberemo iz izbranih bibliografskih zapisov polja, ki vključujejo potrebne podatke za analize ter ureditev in poenotenje le-teh.

V bibliometriji je priprava primernege seta podatkov za nadaljnje analize sama po sebi že rezultat intenzivnega in zelo natančnega dela, vendar pa ta sklop v izogib ponavljanju obravnavamo samo v tem poglavju, čeprav predstavlja bistven segment naše analize.

Zaradi številnih analiz, ki temeljijo na različnih setih podatkov, z istimi klasifikacijskimi enotami pa na različne načine in z različnimi postopki obdelujemo citirajoče in citirane članke, v rezultatih pri posameznih poglavjih na hitro povzamemo tudi obseg podatkov in metodiko dela.

### 3.4.1 Izbor iskalne sintakse

#### Oris nano področja

Pri pripravi iskalnih strategij je splošno vodilo, da je smiselno zajeti čim več relevantnih dokumentov za analizirano področje (oz. zapisov, ki v neki zbirki predstavljajo dokumente) in čim bolj zmanjšati šum oziroma število nerelevantnih dokumentov. Ob dejstvu, da še vedno ni enotne definicije, oziroma so meje med področji slabo definirane, smo se na podlagi študija literature odločili, da med obstoječimi iskalnimi sintaksami za oris celotnega nanopodročja, za našo analizo povzamemo po naši oceni najprimernejše. Metoda izbora je torej temeljila na študiju literature, analizi uporabe, kompleksnosti metodologije ter medsebojnih primerjavah in prekrivanju med njimi.

V preteklem desetletju se je z bibliometričnim analiziranjem in orisom področja nanoznanosti in nanotehnologije intenzivneje ukvarjalo več znanstvenih centrov in ustanov širom po svetu, kar natančneje povzamemo že v prejšnjem poglavju. V analizo medsebojnih primerjav smo vključili iskalne strategije objavljene v delih Noyons in sod. (2003), Warris (2004), Zitt in Bassecouard (2006), Kostoff in sod. (2006), Mogoutov in Kahane (2007), Porter in sod. (2008a) ter Maghrebi in sod. (2011). V orisu po metodologiji Zitt smo uporabili samo besedni del, brez dodatkov iz analize citiranja. Originalna metodologija je po navedbah vključevala tudi reference dobljenega seta člankov in set člankov, ki te reference citira.

Za nekoliko podrobnejšo primerjavo smo med omenjenimi izbrali metodologije Warris, Mogoutov, Porter in Maghrebi. Iskalno sintakso Porter in sod. (2008b) smo vključili, ker po navedbah zajema in nadgrajuje predhodne metodologije. Za spremljanje nano literature jo privzame Euro Nano Observatory, ki ga omenjajo v povezavi s sedmim okvirnim raziskovalnim programom (Porter in Youtie, 2008). V svojih raziskavah jo uporabijo tudi raziskovalci iz nekaterih drugih ustanov npr. Grieneisen in Zhang (2011). Metodologijo Mogoutov in Kahane (2007) smo vključili zaradi odstopanja v številu priklicanih dokumentov v primerjavi z nekaterimi ostalimi podobnimi metodologijami, o čemer pišeta tudi Noyons in Zitt (WOS za leto 2005). V času, ko smo naredili poizvedbo, sistem iskanja po zbirki WOS ni dopuščal načina iskanja, ki ga v prvem setu ključnih besed v iskalni sintaksi uporabita Mogoutov in Kahane (2007) – 'a\*nano\*', 'b\*nano\*' itd. Pred zvezdico bi morali namreč napisati vsaj dva znaka. V prvem setu ključnih besed smo zato omenjeni niz

izpustili in upoštevali samo ključne besede 'nano'<sup>20</sup>. Iskalno sintakso Warris Maghrebi in sod. (2011) opišejo kot najbolj popolno za oris celotnega nano področja.

Za izbor glavnega agregata podatkov (za analize citiranja) izberemo iskalno sintakso avtorjev Maghrebi in sod. (2011). Pri odločitvi o izboru je prevladalo, da je dovolj kratka, vendar pa doseže razumen iskalni odziv. Omogoča torej učinkovito iskanje po različnih zbirkah in zmanjšuje možnost morebitnih napak pri iskanju.

Izpis iskalne poizvedbe Maghrebi za leto objave člankov 2011:

```
(TS=((nano* not nano2 not nano3 not nanog not nanosecond* not nanomol* not nanogram* not nanoplankton*) or "atom* scale" or "atomic layer deposition*" or "giant magnetoresist*" or graphene* or dendrimer* or fulleren* or c-60 or "langmuir-blodgett*" or mesopor* or "molecul* assemb*" or "molecul* wire*" or "porous silicon*" or "quantum dot*" or "quantum well*" or "quantum comput*" or "quantum wire*" or qubit* or "self assemb*" or supramolecul* or "ultrathin film*" or GMR)) AND Document Types=(Article)
Refined by: Publication Years=( 2011 ) AND Document Types=( ARTICLE )
```

### Izbor vzorca nano\_pesticidi

Ker se večina agro-nano aplikacij vrti okrog pesticidov, smo želeli to področje bibliometrično analizirati podrobneje. Poleg splošnega izraza – *pesticide* smo uporabili še ostale pojme za fitofarmacevtska sredstva, s katerimi opisujemo sredstva za zatiranje insektov in pršic – *insecticide* in *acaricide* in sredstva za zatiranje glivičnih bolezni – *fungicide* in *herbicide*, s katerim zatiramo plevela. Pri izbiri iskalne sintakse za oris celotnega nano področja smo bili v dilemi katero izbrati. Presek med tistimi metodami, ki so se nam zdele po opisu in številu zadetkov najbolj popolne (Porter, Maghrebi in Warris), je namreč pokazal, da vsaka metodologija vključuje določen delež člankov, ki jih druga ne zajame. Oris nano področja smo v primeru te analize pripravili kot unijo omenjenih iskalnih poizvedb. S to iskalno poizvedbo smo pripravili še presek z unijo izrazov za fitofarmacevtska sredstva.

Izpis iskalne poizvedbe za set podatkov nano\_pesticidi:

```
TS=(*pesticid* or *insecticid* or *herbicid* or *fungicid* or acaricid*) and #29
Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI Timespan=All Years
```

Opomba: # 29 predstavlja unijo iskalnih poizvedb Porter, Maghrebi in Warris

### **3.4.2 Metode iskanja po različnih podatkovnih zbirkah**

Različni proizvajalci podatkovnih zbirk ponujajo različne uporabniške vmesnike. Vsako zbirko smo zato s preprostimi primeri predhodno testirali, da smo ugotovili, kako je potrebno iskati, da bi dobili primerljive rezultate. Pomembne razlike, ki jih je bilo potrebno za korekten oris področja upoštevati, so bila različna pravila za frazno iskanje, način krnjenja, različna iskalna polja, ki jih zbirke ponujajo za iskanje po vsebini, razlike v klasifikaciji po tipa dokumenta, poleg tega pa še vrsta drugih malenkosti, ki bi jih pri običajnih poizvedbah zanemarili.

---

<sup>20</sup> V kasnejši analizi (jan. 2013) je iskanje v zbirki WOS s samo enim znakom pred zvezdico bilo sicer spet mogoče, vendar pa ugotavljamo, da je tovrstno iskanje nesmiselno, saj dobimo veliko nerelevantnih zapisov.



Možnost krnjenja oziroma lematizacije (angl. lemmatization pri WOS in (auto)stemming pri Compendex) so začele zbirke ponujati v zadnjem obdobju, z namenom, da bi povečali odziv iskanj. Funkcija temelji na uporabi algoritmov, ki besedam, po katerih iščemo, določajo dodatne pripone. V ozadju poizvedbe z neko postavljeno iskalno sintakso se tako v iskalni poizvedbi uporabljenim ključnim besedam, avtomatično dodajajo različne izpeljanke iz teh besed oziroma drugačne oblike.

Rezultat poizvedbe v zbirki WOS glede na vključeno oz. izključeno možnost krnjenja<sup>21</sup>:

<b>13,093</b>	ts=nanotechnology Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI Timespan=All Years Lemmatization=Off
<b>13,757</b>	ts=nanotechnology Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI Timespan=All Years Lemmatization=On

Da bi iskanje po različnih zbirkah čim bolj poenotili, smo pri posameznih zbirkah, ki so to možnost punudile, krnenje izklopili. Načini in obseg krnjenja namreč niso natančno pojasnjeni, prav tako pa zbirka Scopus te opcije ne omogoča.

Poleg tega smo pri iskanju predvideli še omejitve glede na tip dokumenta. Posamezne analize, ki smo jih opravili s podatki iz zbirke WOS, vključujejo le članke. Ocenjujemo namreč, da objave v znanstvenih revijah omogočajo najbolj sistematično spremljanje razvoja nekega področja, sicer pa članki v WOS predstavljajo veliko večino vseh zapisov. V analizah primerjav med zbirkami pa smo zaradi primerljivosti morali zajeti vse tipe dokumentov. Zbirke namreč neenotno indeksirajo dokumente glede na tip dokumenta. Nekatere npr. Iconda, Compendex in CAB omogočijo le splošno iskanje po člankih iz revij - 'Journal article', druge ločeno 'Article' in 'Review', Scopus ponudi tudi možnost združenega iskanja po tipologijah 'Article or Review'. Neenotnost se pojavi tudi v različni klasifikaciji člankov, objavljenih v posebnih ali rednih številkah, ki zajamejo prispevke iz konferenc. V zbirki WOS so tovrstni članki klasificirani z dvema tipologijama hkrati. Prikličemo jih tako med članki, kot tudi, če iščemo prispevke s posvetovanj. V zbirki Scopus so takšni članki indeksirani samo s tipologijo 'conference paper', 'conference review' ali 'article'. Zaradi opisane neenotnosti med zbirkami smo v analize primerjav med zbirkami vključili vse tipe dokumentov.

Različne zbirke ponujajo za iskanje po vsebini različna združena polja, npr. takšna, ki omogočijo hkratno iskanje po različnih poljih - naslov, izvleček, ključne besede idr. Preglednica 2 prikazuje razlike v možnostih iskanja po vsebini (tematiki) glede na posamezno zbirko. Zbirki Scopus in WOS na primer ponudita podobno polje za hkratno iskanje po različnih poljih, ki pa vsebine ne išče na identični način. WOS namreč med ključnimi besedami zajame tudi posebno polje KW+, ki zajema tudi besede iz referenc, kar je posebnost te zbirke.

---

<sup>21</sup> Z januarjem 2013 je način iskanja nekoliko spremenjen in ne ponuja več možnosti izbire krnjenja

Preglednica 2: Polja, ki jih različne zbirke vključujejo v 'združeno' iskanje vsebine  
Table 2: Fields included in different databases in a combined content searching

Zbirka	Uporabniški vmesnik/ založnik	Ime iskalnega polja	Polja, zajeta v iskanje vsebine (tematike)
WOS	Thomson Reuters	Topic	Naslov, izvleček, ključne besede, KeyWords+
Scopus	SciVerse Elsevier	TITLE-ABS-KEY	Naslov, izvleček, ključne besede
Medline	Ebsco	All text	vsa indeksirana besedilna polja (tudi transliterirani naslovi, afilicija, naslovi revij, okrajšani nasl. revij, komentarji...) + polna besedila
CAB	Ovid/Wolters Kluwer	Keywords	naslov, izvleček, originalni naslov, širši pojmi, 'heading words'
FSTA	Ovid/Wolters Kluwer	Keywords	naslov, izvleček, 'heading words'
Inspec	Eng.Village	Subject/Title/Abstract All fields	izvleček, naslov, kontrolirani & nekontr. izrazi vsa polja
Compendex	Eng.Village	Subject/Title/Abstract All fields	izvleček, naslov, kontrolirani in nekontr. izrazi vsa polja

Zaradi razlik v iskalnih možnostih po vsebini oz. tematiki, ki jih ponujajo posamezne zbirke in v želji, da bi dobili čim primerljivejše rezultate, smo se odločili, da bomo v analize primerjav vključili le iskanje po tistih poljih bibliografskega zapisa, ki so prisotna pri vseh zbirkah. Izogniti smo se želeli tudi nepredvidljivemu različnemu odzivu zaradi različnih deskriptorskih polj, ki jih posamezne zbirke vključujejo. Pri primerjavah vsebinske pokritosti zbirk smo se zato omejili na iskanje bodisi le po naslovu dokumenta, ki je edini skupni imenovalec pri prav vseh zbirkah, bodisi po poljih 'naslov dokumenta' in hkrati 'izvleček', pri čemer pa sta bili izključeni zbirki WOS in Chemical Abstracts. WOS ne ponudi posebej možnosti iskanja po polju izvleček, pač pa je to polje vključeno v skupno iskanje po tematiki (Topic Search). Chemical abstracts ima, kot smo že omenili, zelo specifičen način iskanja in ne ponudi možnosti iskanja po posameznih poljih bibliografskega zapisa. Omogoči pa iskanje po revijah, v okviru česar je tudi iskalno polje 'Title words'. Ker je kemija v nanoznanosti močno zastopana, smo za približno oceno rezultat iskaja iz zbirke Chemical abstracts vseeno želeli prikazati. Predstavlja ga seštevek zadetkov, ki smo jih priklicali, če smo vpisali edninsko oz. množinsko obliko ključnih besed npr. graphene ali graphenes oziroma različne oblike fraz, ki so se pojavile npr. "self assembling", "self assembled", "self assemble" ali "self assembles". Iskalni sistem zbirke Chemical abstracts namreč ne omogoča uveljavljenega krlenja besed z zvezdico za korenem besede ali splošno uveljavljenega iskanja fraz, ko so ključne besede postavljene med narekovaja ozirom oklepaja.

### Specifika iskanja po Google Scholar

Da bi bili rezultati z zbirkama WOS in Scopus primerljivi, smo se pri iskanju po Google Scholar omejili na polje 'naslov dela'. Iskanja samo po bibliografskem opisu namreč Google Scholar ne mogoča. Sistem išče hkrati tudi po polnem besedilu in vrsti metapodatkovnih polj.

### Frazno iskanje

Različni iskalni vmesniki se torej razlikujejo v načinu iskanja fraz (iz več besed sestavljen pojem) in množinskih oziroma edninskih oblik ključnih besed. Pri zbirkah Compendex in Inspec (platforma založnika Engineering Village) prikličemo ključne besede z istim korenem in različnimi priponami praviloma z znakom \$ pred besedo. Nekoliko drugače se v teh zbirkah iščejo tudi fraze. Iskanje z narekovaji nam namreč ne da zadetkov, iskati je potrebno z operatorjem NEAR. Operator ONEAR za razliko od NEAR specificira natančen vrstni red terminov.

*self-assembl\** → 0 zadetkov; iskanje z operatorjem *NEAR* → *selfNEAR assembl\$*

Iskanje fraze *self assembl\** v polju naslov zapišemo sledeče:  
*\$self ONEAR/0 \$assembl wn ti*

### Iskalne poizvedbe, ki vključujejo formule

Za priklic dokumentov, ki se nanašajo na nano titanov dioksid, smo na splošno iskalno poizvedbo zapisali na navedeni način:

*nano\* and (TiO2 or "TiO 2" or "titanium\* dioxide\*")*

Posebnost, ki jo je bilo potrebno pri zbirki WOS upoštevati pri iskanju formul je, da se posebni znaki, kot so npr. oklepaji v formuli, ne upoštevajo. Oblike zapisa, kot je TiO(2), smo tako priklicali z iskalno frazo "TiO 2". Sistem namreč namesto oklepaja zazna presledek. Iskalne izraze za formule je potrebno zato pisati s presledki in med narekovaji npr. "*K x Fe 2-y Se 2*" in ne "*KxFe2-ySe2*") oziroma v našem primeru "*TiO 2*".

Iskanje z zapisom: *TiO2* poišče zapis kot besedo, pri čemer najde večino (99%) zadetkov formule.

Na podlagi preizkušanj z uporabo različnih oblik ključnih besed smo se odločili, da leve okrajšave ne bomo upoštevali, ker ni standardizirana, zadetkov pa je zanemarljivo malo (*\*nano\** bi priklicala na primer tudi *bionanocomposite*, *\*TiO2* pa npr. *AlTiO2*). Zanemarili smo tudi eventualne tipkarske napake.

Titanov dioksid smo priklicali kot:

*titanium near/2 dioxide\**, zato da smo za razliko od iskanja "*titanium dioxide\**" priklicali še 4 zapise, ki vsebujejo titanium(IV)dioxide in titanium subgroups dioxides.

Končna oblika iskalne poizvedbe po zbirki WOS:

*nano\* and (tio2 or "tio 2" or titanium near/2 dioxide\*)*

Na podoben način smo pri zbirki Scopus uporabili operator bližine PRE in oblikovali zapis:

*nano\* AND titan\* PRE/1 dioxide\**.

Tudi pri iskalnih poizvedbah v primeru zbirk Compendex in Iconda je bilo potrebno upoštevati, da ločila, kot so oklepaj, pomišljaj ali dvopičje, sistem ignorira, oziroma jih upošteva kot presledek. Operatorji *?*, *\**, *#*, *( )* or *{ }* imajo pri iskanju po teh zbirkah

namreč poseben pomen in ne smejo biti del iskanja. Avtomatizem jih ignorira tudi, če jih postavimo med narekovaje.

Zapise za formulo  $TiO_2$  smo v zbirkah Compendex in Inspec poiskali sledeče:  
( $TiO_2$  or \$ $TiO$  ONEAR \$2)

Iskanje na način:  $TiO$  2 (s presledkom) nam da enak rezultat, kot zapis za poizvedbo \$ $TiO$  NEAR \$2. Pri operatorju NEAR vrstni red pojava besede  $TiO$  in 2 ni pomemben in sistem najde številko 2 lahko tudi nekje drugje v naslovu in ne nujno zraven besede  $TiO$ . Uporabimo operator ONEAR, ki določa vrstni red zapisa.

Iskalna poizvedba zapisana sledeče:  $TiO_2$  nam najde nekaj zadetkov, ki se ne prekrijejo z zadetki, ki jih dobimo s poizvedbo, zapisano kot frazo - \$ $TiO$  ONEAR \$2, čeprav je v zbirki Compendex na videz v naslovih v obeh primerih beseda  $TiO_2$  zapisana na enak način.

Pri zbirki Inspec prikličemo s tem iskalnim zapisom obliko kemijske formule  $TiO_2$ , kjer se 2 zapiše podpisano. Končna poizvedba za nano titanov dioksid je bila sledeča:  
*nano\* and (TiO2 or \$TiO ONEAR \$2 or \$titanium ONEAR \$dioxide)*

V zbirki Medline prikliče iskanje s  $TiO_2$  ali " $TiO$  2" enako število zadetkov. Iskalno poizvedbo zapišemo sledeče:  
*nano\* and ("TiO 2" or titan\* N1 dioxide\*)*

V zbirkah CAB in FSTA zapisa za formulo  $TiO$  2 ali zapisano kot fraza – v narekovajih " $TiO$  2" ne prikličeta zadetkov. Zadetke prikličemo z iskanjem z besedo  $TiO_2$  (pisano brez presledka), pri tem pa najde tudi fomule, ko je številka 2 podpisana -  $TiO_2$ .

Zbirka Chemical Abstracts, v nasprotju s klasičnim načinom iskanja in povezovanjem ključnih besed in fraz z operatorji Boolove algebre v unije in preseke, ponuja unikatni način iskanja na podlagi postavljenih vprašanj. Odgovori, ki jih ponudi sistem, pa so različne opcije – presek ali unija, pojav besed ali pa širšega koncepta, kot jih sistem zazna v postavljenemu vprašanju. Sistem poleg iskanja po raziskovalni tematiki omogoča tudi iskanje po besedah iz naslova člankov.

V Google Scholar je potrebno upoštevati obe obliki -  $TiO_2$  in " $TiO$  2". Če pojma  $TiO$  2 ne zapišemo med narekovaje, to je kot frazo, dobimo nekoliko višji rezultat, saj stoji številka 2 lahko tudi kje drugje v zapisu.

### 3.4.3 Metoda priprave delovnih zbirk

Za potrebe analiz smo pripravili različne sete podatkov. Uporabili smo torej različne kriterije izbora. Za analize prekrivanja smo zajeli različne podatkovne zbirke in uporabili tista polja bibliografskih zapisov, ki so bila skupna posameznim oziroma vsem zbirkam (npr. naslov članka). Drugje smo naredili selekcijo še po tipu dokumenta. Agregati podatkov so bili različni tudi glede vsebinskih zahtev, ki smo jih postavili v posameznih iskalnih poizvedbah. Posebej smo poiskali 100 najbolj citiranih člankov za vsako od izbranih šestih revij, ki nosijo v naslovu koren nano, članki iz teh revij pa se med nano

članki (metodologija Maghrebi) pojavijo (poleg tistih, ki so fizikalni ali kemijski) v velikem številu. Omenjene revije naj bi po opisu zajemale vsa področja znanosti. Za analize na osnovi citatov smo uporabili zbirko WOS. Z iskalno poizvedbo Magrebi (2011) smo za leto 2011 zajeli članke za področje nanoznanosti in nanotehnologije.

Pri zasnovi delovnega seta podatkov (delovne zbirke), ki ga namenimo nadaljnji obdelavi in analizam, je v začetni fazi bistveno natančno pretakanje podatkov in naknadno združevanje datotek. To še zlasti velja za podatke iz zbirke WOS, na katerih večinoma temeljijo naše analize. Zaradi systemske omejitve je namreč hkrati možno pretočiti le 500 bibliografskih zapisov. Analize, pri katerih operiramo z velimi številom zapisov, sami smo jih imeli blizu 100.000, zahtevajo veliko zbranega in natančnega dela. Operiramo namreč z velikim številom manjših datotek, ki jih je potrebno ponovno združiti v skupno datoteko. Pri nadaljnjem urejanju podatkov je zato potrebno skrbno preveriti, če so se pravilno prenesli vsi pretočeni podatki in eventualne napake odstraniti.

Za potrebe različnih analiz (avtorjev, afiliacij, referenc in drugih enot) je pomembno, da preverimo, če so podatki poenoteni. Podatke torej pridobimo skozi vrsto postopkov, ki jih je potrebno tudi večkrat ponavljati, veliko je tudi ročnih obdelav, preverjanja in dodajanja še morebitnih drugih informacij.

Priprava delovnih zbirk je za vse agregate podatkov, ki smo jih pripravili za naše analize, potekala po enaki metodologiji. Posamezne korake v postopku je bilo potrebno tudi ponavljati, da smo lahko pripravili (po naši oceni) čim bolj popolne sete podatkov za analize. Če povzamemo, je postopek potekal sledeče:

- določitev primerne iskalne sintakse,
- izbor zapisov za relevantne dokumente iz izbranih podatkovnih zbirk oziroma sistemov (dodaten izbor po informacijah iz posameznih izbranih polj),
- pretakanje izbranih bibliografskih zapisov iz podatkovnih zbirk in izbor ustreznih polj za pripravo lastne delovne zbirke,
- ureditev in poenotenje seta podatkov v delovni zbirki s pomočjo naštetih programskih orodij.

#### Priprava podatkov iz referenc za analize citiranja

Natančno preverjanje in primerjanje podatkov zahteva tudi priprava podatkov za analize citiranja. Za potrebe nadaljnjih analiz citiranja smo najprej iz bibliografskih zapisov odbrali vse reference. Za osnovo smo vzeli revije, v katerih so bili objavljeni priklicani članki (oziroma okrajšave za revije), ki so predstavljale skupni imenovalec za citirajoče in citirane članke. Same reference, pa tudi okrajšave naslovov revij znotraj posameznih zapisov referenc, pa so zapisane precej neenotno. Podatke smo zato morali pred analizami pregledati in uskladiti oblike. Program Bibexcel sicer omogoča, da se veliko od naštetega lahko avtomatizira, kljub temu pa priprava delovne zbirke zahteva veliko dodatnih ponavljajočih, časovno precej zamudnih postopkov in ročnega preverjanja.

S pomočjo Bibexcela smo iz celotnega zapisa za članek najprej odbrali metapodatkovno polje referenc. Bibexcel nadalje omogoča, da se iz zapisa reference odbere posamezne elemente - bodisi avtorja, citirano revijo (angl. cited journal), citirano delo, ki ni revija

(angl. cited non-journal), citirano delo, ki vključuje vse tipe dokumentov (angl. cited work) ali različne kombinacije le-teh. Na podlagi testiranja smo se odločili, da je pravilna izbira odbira podatkov z opcijo 'cited work'. Razlog za to odločitev so nedosledno zapisani podatki. Če v referenci manjka podatek za volumen, ga namreč sistem v omenjeni operaciji ne izbere. Zapise za članke najdemo tako tudi v setu podatkov, ki jih odberemo z opcijo 'cited non-journal'. Z opcijo odbire 'cited work' smo tako iz celotnega zapisa reference poleg naslovov citiranih revij izluščili še podatke naslovov knjig, patentov, konferenčnih zbornikov itd. Naslove revij je bilo torej potrebno še naknadno odbrati.

Primer nepopolnega zapisa, ker ne vsebuje podatka za letnik (volume); najdemo ga s programom Bibexcel z opcijo odbire elementov 'cited non-journal', kljub temu, da je očitno, da gre za članek iz revije:

De Loos M, 2005, P3615, EUR J ORG CHEM  
Inagaki S, 1993, P680, J CHEM SOC CHEM COMM

Primer popolnega zapisa reference članka, ki ga prikličemo z opcijo iskanja 'cited journal':

Birse MC, 2005, V605, P287, PHYS LETT B  
Gies H, 2004, V93, PHYS REV LETT

#### Metoda priprave šifrantov in zamenjave okrajšav naslovov revij s kategorijami WOS (WCat) in kategorijami Essential Science Indicators (ESI)

V nadaljevanju smo s pripadajočimi vsebinskimi kategorijami (klasifikaciji revij WCat in ESI) nadomestili informacije o citirajočih in citiranih revijah v delovnih zbirkah podatkov. Klasifikacija ESI vključuje le 22 kategorij, vsaka revija pa je enolično opisana le z eno vsebinsko kategorijo. Po novejših podatkih (konec leta 2013) so revije v WOS klasificirane z 251 WCat kategorijami in 156 raziskovalnimi področji SC. Posamezna revija je lahko opisana z eno, dvema ali celo do šestimi WCat kategorijami. Posamezni članki pa so bili po konverziji vsebinsko klasificirani s toliko kategorijami WCat, kolikor jih je pripadalo posamezni reviji.

Seznane revij s pripadajočimi vsebinskimi klasifikacijami smo za kategorije WCat osebno pridobili od založnika zbirke WOS Thomson Reuters po elektronski pošti, za kategorije ESI pa na spletnem naslovu ScienceWatch (2012). Na seznamu, ki so nam ga posredovali, je bilo 12.285 različnih revij, seznam pa je zajemal tri zbirke WOS, ki vključujejo članke iz serijskih publikacij - SCI, SSCI, A&HCI.

Za vsako klasifikacijo smo pripravili po dva prevajalnika<sup>22</sup>. Za zamenjavo vseh drugače zapisanih okrajšav revij iz naše delovne zbirke, kot jih je (skupaj s klasifikacijo) za neko revijo ponujal seznam, ki smo ga pridobili od založnika, je bilo torej potrebno najprej pripraviti šifrant, ki smo ga poimenovali REVIJA-REVIJA. S tem šifrantom smo morebitne različne oblike zapisa za revije, ki smo jih izpisali iz polja referenc, poenotili in pretvorili v oblike, ki so bile enake tistim, v drugem šifrantu, ki smo ga poimenovali REVIJA-KLASIFIKACIJA. Za ponazoritev predstavljamo eno od revij, za katero v referencah obstaja kar nekaj različnih oblik zapisa.

---

<sup>22</sup> Šifrant konceptov - datoteka v dveh stolpcih - z dvema različnima oblikama zapisa za isto enoto.

Ruska revija *Uspekhi Fizicheskikh Nauk* (v prevodu *Advances in Physical Sciences*) se na primer pojavi v sledečih oblikah zapisa (morda pa še v kakšni drugi), ki je ni bilo moč prepoznati:

Uspekhi Fizicheskikh Nauk,  
PHYSICS-USPEKHI,  
PHYS-USP,  
PHYS-USP+,  
Usp Fiz Nauk,  
Usp. Fiz. Nauk,  
Usp Fiz Nau.,  
Adv Phys Sci.

Pri referencah, kjer gre vedno za pogled nazaj, smo našli tudi WOS revije, ki jih novejši seznam, ki smo ga pridobili od založnika zbirke, ni vključeval. Informacije za tovrstne naslove revij smo dodatno iskali in preverjali v zbirki JCR (Journal Citation Reports), ki vključuje tudi retrospektivo. Gre za revije, ki so spremenile naslov zaradi različnih vzrokov (združevanje, razdruževanje ali ukinitvev revij) ali pa so izpadle iz sistema vrednotenja JCR. Pri nekaterih revijah, ki so se preimenovali, v našem delovnem setu podatkov pa so se pojavile z veliko frekvenco, smo za klasifikacijo uporabili nov naslov revije. Kot primer naj navedemo revijo *International Journal of Peptide and Protein Research*, ki se je skupaj z revijo *Peptide Research* pojavila z novim naslovom *The Journal of Peptide Research* ali pa revija *Journal of the Less Common Metals*, ki se nadaljuje z naslovom *Journal of Alloys and Compounds*. Podobnih primerov je še nekaj.

S pomočjo programa Bibexcel smo torej z uporabo prvega šifrantu naslove revij najprej spravili na skupni imenovalec oz. v tisto obliko, ki je bila predvidena v šifrantu REVIJA-KLASIFIKACIJA. Šifrant smo dopolnili z manjšim številom tistih WOS revij (iz zbirke JCR), ki so se v referencah pojavile, na seznamu REVIJA-KLASIFIKACIJA, ki je vključeval novejši revije, pa jih ni bilo.

Priprava obeh šifrantov je bilo časovno dokaj zamudno opravilo. V pomoč nam je bil program Bibexcel, ki omogoča pripravo frekvenc velikih setov podatkov, ki smo jih nato sortirali in nadalje urejali. Že 95.017 člankov, kolikor jih je vključevala analiza podatkov na osnovi poizvedbe po metodologiji Magrebi (2011) za leto 2011, je namreč velika številka. Vključene reference, ki jih le-ti vključujejo, pa številko podatkov, ki jih je bilo potrebno analizirati, znatno povečajo. Da bi čim bolj natančno pripravili podatke za zamenjavo s šifrantom REVIJA-KLASIFIKACIJA, smo morali opisani postopek priprave šifrantov večkrat ponoviti. Šifrant je zajel večino revij z visoko frekvenco pojavnosti, ne pa čisto vseh. Vseh različnih variant zapisov namreč nismo mogli uskladiti s šifrantoma. Odločili smo se, da zamenjavo opravimo do pojavnosti enot s frekvenco višjo od 20. Zanimarili smo neprepoznane oblike zapisov za revije WOS, revije, ki jih WOS ne vključuje ter reference, kot so patenti, doktorati, monografije, konferenčni zborniki ipd., ker jih WOS ne zajame v svojo metriko.

Večinoma nam je uspelo zamenjati vse tiste oblike, ki so se pojavile z visokimi frekvencami. Obliko *Z Phys* omenjamo posebej, ker se pojavi v referencah naše zbirke z večjo frekvenco, pogosto pa je brez dodatka serije. V šifrant smo jo dodali s klasifikacijo *Physics, multidisciplinary*. Revija *Zeitschrift fur Physik* je izhajala v različnih serijah (A, B, C in D; klasificirane pa so bile bodisi kot *Physics, condensed matter, Physics, atomic,*

*molecular & chemical, Physics, particles & fields* ali *Physics, nuclear*. V devetdesetih letih se združi z nekaterimi ostalimi evropskimi fizikalnimi revijami<sup>23</sup> v *European Physical Journal (EPJ)*. Podobno smo se odločili tudi pri zapisu *Phys Rev*, ki se prav tako pojavi v referencah z visokim deležem. Samo predvidevali smo lahko, da je prišlo do pomankljivega zapisa v referencah za bodisi serije *Phys Rev A (B, C, D ali E)* ali *Phys Rev Lett* – oblike zapisa za naslove revij, ki jih vključuje tudi zbirka JCR. Ker so serije prav tako klasificirane z enotami, ki opisujejo različna področja fizike, smo se odločili, da omenjeno obliko dodatno klasificiramo s kategorijo *Physics, multidisciplinary*.

Oblika zapisa *Communication* bi dala celo paleto klasifikacijskih kategorij, zato smo ta zapis zanemarili. Zanemarili pa smo tudi vse oblike, ko podserija revije, od katere je bila odvisna klasifikacija, ni bila zabeležena. Tak primer je okrajšava za revijo *J Photochem Photobio*, ki izhaja v treh serijah, ki so v zbirki WOS različno klasificirane:

J Photochem Photobio A-Chemistry (WCat: *Chemistry, physical*)

J Photochem Photobio B -Biology (WCat: *Biochemistry & molecular biology, Biophysics*)

J Photochem Photobio C-Photochemistry reviews (WCat: *Chemistry, physical*)

Iz zamenjave smo izključili vse tiste oblike naslovov revij, kjer bi morali ugibati; pri zapisu naslova *Nanobiotechnology*, kjer je bilo iz reference razvidno, da gre za članek iz revije, bi lahko bil pomanjkljiv zapis za revijo *Journal of nanobiotechnology* oz. *J nanobiotechnol* (WCat: *Biotechnology & applied microbiology*), ali pa revijo *Nanomedicine and nanobiotechnology* (WCat: *Medicine, research & experimental*) ali pa *IET nanobiotechnology* (WCat: *Biochemical research methods*).

Ker so se poimenovanja posameznih kategorij čez čas nekoliko spreminjala, se nam je zdelo smiselno enako pomenske združiti. Za matematiko smo tako dobili sledeča poimenovanja: *Mathematics, multidisciplinary, Mathematics interdisciplinary* in *Mathematics, interdisciplinary applications*. Pri tem smo si pomagali z izpisi iz zbirke JCR (2013). Na podoben način smo združili tudi *Psychology* in *Psychology, multidisciplinary*.

### 3.4.4 Analize podatkov

#### 3.4.4.1 Analiza prekrivanja zbirk

V to analizo smo zajeli vse že omenje bibliografske podatkovne zbirke; tako splošni dve – WOS in Scopus, kot tudi ostale specializirane. Iz zbirke pretočenih in v Bibexcelu obdelanih podatkov smo najprej odstranili duplikate, t.j. tiste zapise, ki so se znotraj ene zbirke morebiti podvajali. Z Bibexcelom smo postopek lahko delno avtomatizirali. Ročno smo odpravili še duplikate, ki so se izmuznili pri avtomatskem združevanju v Bibexcelu. Nekaj primerov nepoenotnih oblik zapisov za isti članek, ki so motili avtomatično odkrivanje zapisov za iste članke, je prikazanih v nadaljevanju. V nekaterih primerih je avtomatsko odkrivanje dvojnikov motila že pika na koncu naslovov člankov pri posameznih zbirkah.

---

<sup>23</sup> *European Physical Journal (EPJ)* je nastal z združitvijo revij *Acta Physica Hungarica, Anales de Fisica, Czechoslovak Journal of Physics, Fizika A, Il Nuovo Cimento, Journal de Physique, Portugaliae Physica* and *Zeitschrift für Physik* ([www.epj.org](http://www.epj.org))



WOS: **A beta-Diketonato** Ruthenium(II) Complex with High Molar Extinction Coefficient for Panchromatic Sensitization of Nanocrystalline TiO<sub>2</sub> Film

Scopus: **A ?-diketonato** ruthenium(II) complex with high molar extinction coefficient for panchromatic sensitization of nanocrystalline TiO<sub>2</sub> film

Inspec: **A -diketonato** ruthenium(II) complex with high molar extinction coefficient for panchromatic sensitization of nanocrystalline TiO<sub>2</sub> film

WOS: The application of rutile **nano-crystalline** titanium dioxide as uv absorber

Scopus: The application of rutile **nano - Crystalline** titanium dioxide as UV absorber

Inspec: The application of rutile **nano crystalline** titanium dioxide as UV absorber

S tako pripravljenimi podatki smo nato lahko izvedli analizo prekrivanja med zbirkami avtomatsko, s pomočjo funkcije, ki jo omogoča Bibexcel.

#### 3.4.4.2 Analiza ustanov avtorjev

S pomočjo programa Bibexcel smo iz polja 'naslovi avtorjev' izluščili podatke, ki smo jih potrebovali za to analizo. Odpravili smo imena avtorjev, nepotrebne oznake in oklepaje in razdružili afiliacije (ustanove) avtorjev pri posameznem članku. Naslove smo razdrobili na posamezne besede in tako izluščili še ustanove, ki v nazivu vključujejo besedo ali koren nano.

Posamezno državo smo na članek (raziskavo) upoštevali samo enkrat. V primeru, da je članek nastal v sodelovanju avtorjev iz različnih držav, pa smo ga upoštevali pri obeh državah. Pri 'novonastalih laboratorijih' smo upoštevali vse tiste članke, kjer se pojavi vsaj ena ustanova, kjer se v imenu pojavi 'nano'.

#### 3.4.4.3 Analize citiranja

V analize citiranja smo zajeli podatke, ki smo jih pridobili iz zbirke WOS z izbrano metodologijo za oris področja za leto 2011. Po že opisani pripravi podatkov je bil postopek analize v nadaljevanju v grobem sledeč:

- izračun frekvence spremenljivk,
- priprava matrike s frekvencami,
- izbira indeksa podobnosti in priprava matrike podobnosti (normalizacija podatkov),
- grupiranje podatkov,
- grafičen prikaz rezultatov.

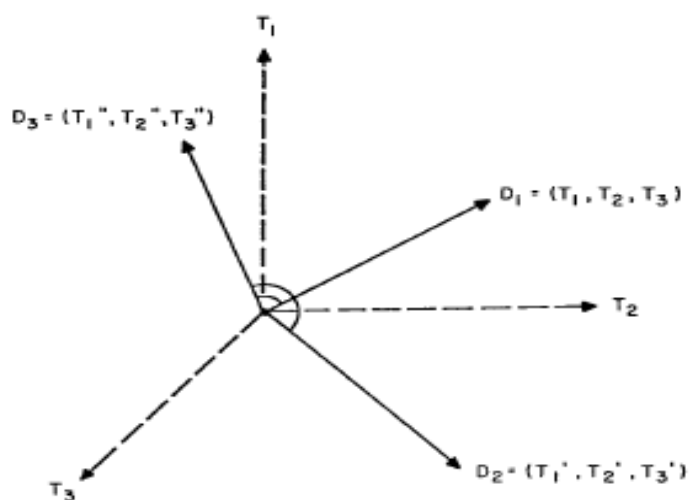
Za ugotavljanje povezav (podobnosti) med kategorijami WCat (vsebinskimi področji) smo v analizah upoštevali različne relacije, ki so bodisi:

- direktne, ko ena publikacija (revija, klasifikacijska enota) citira drugo v matrikah navzkrižnega citiranja ali pa
- nedirektne, ko iščemo hkratno pojavljanje določenih elementov v istem metapodatkovnem polju. Takšni analizi sta socitiranje in bibliografsko združevanje.

Iz dobljenih podatkov smo torej iz tabele citirajočih člankov, ki so jih predstavljale odgovarjajoče kategorije WCat in tabele citiranih člankov, prav tako pretvorjene v obliko kategorij WCat, pripravili matriko. Vrstice so predstavljale kategorije člankov, stolpci pa

kategorije referenc. Na osnovi matrike frekvenc smo nato pripravili še matriko podobnosti, ki je bila v večini primerov tudi osnova za nadaljnje obravnave. Ko surove podatke v prvotni matriki normaliziramo, podobnost nove matrike ne temelji več na direktni podobnosti (bližini) nekega para, pač pa na kognitivni orientaciji dveh spremenljivk v povezavi do vseh ostalih spremenljivk. Pri tem je pomembno prepoznati, kako meriti podobnost med enotama, oziroma v čem je pravzaprav neka izbrana enota podobna eni ali drugi enoti. Ferligoj (1989) obrazloži, da "podobnost količinsko popišemo s preslikavo - mero podobnosti, ki vsakemu paru enot (X, Y) priredi neko realno število".

Za lažjo predstavbo prikažemo preslikavo večdimenzionalnih podatkov v vektorskem prostoru. Salton in sod. (1975; slika 4) prikažejo za primer tridimenzionalni prostor, ki ga predstavljajo dokumenti  $D_i$ , ti pa so identificirani z enim ali več ključnih pojmov  $T_i$ . Dokumenti so torej predstavljeni z vektorji v  $n$ -dimenzionalnem vektorskem prostoru,  $n$  pa je število spremenljivk (npr. različnih ključnih pojmov), ki dokumente v zbirki predstavljajo.



Slika 4: Predstavitev podatkov v modelu vektorskega prostora (Salton in sod., 1975)

S podanimi vrednostmi za vektorje je mogoče izračunati koeficiente podobnosti med posameznimi dokumenti ( $D_1$ ,  $D_2$ ), ki odražajo stopnjo podobnosti ustreznih ključnih pojmov (in njihovih uteži). Na povezanost med proučevanimi spremenljivkami kaže položaj točk. Razdalja (oddaljenost) med točkami je vrednost, ki številčno odraža oddaljenost dveh vektorjev točk. Razdalje med objekti lahko merimo z različnimi indeksi. Sami smo v delu uporabili Evklidsko, Manhattan razdaljo in razdaljo, ki smo jo izračunali s pomočjo Salton-kosinus indeksa podobnosti.

Evklidsko (3) in Manhattan (4) razdaljo smo računali po sledečih enačbah:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - y_i)^2} \quad \dots (3)$$

$$\sum_{i=1}^k |x_i - y_i| \quad \dots (4)$$

V bibliometriji se podobnost med dvema dokumentoma pogosto ugotavlja s kosinusom prostorskega kota med dvema vektorjema **a** in **b**, s katerima sta ta dva dokumenta predstavljena. Če vzamemo za primer, da sta dva dokumenta opisana z enakimi spremenljivkami npr. enakimi ključnimi besedami, bo kot med takima vektorjema 0, podobnost med njima bo v tem primeru velika. Takšna dva dokumenta sta v vektorskem prostoru točki, ki sta postavljeni blizu skupaj. Kosinusovo podobnost za vektorja **a** in **b** prikažemo s pomočjo skalarnega produkta ( $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos \alpha$ ). V primeru, ko je kot  $90^\circ$  je kosinus kota enaka 0, kar kaže na to, da sta enoti popolnoma različni. Bolj kot se kot zmanjšuje, bolj sta si enoti podobni.

S kotom oziroma kosinusom kota med posameznima vektorjema merimo torej podobnost dokumentov, meritve pa so v intervalu med 0 in 1. Več kot si vektorja delita skupnih indeksnih izrazov (metoda sopojavljanja kategorij, gesel), bolj blizu sta si in bolj sta si podobna, kot med njima se zmanjšuje, kosinus pa se približuje vrednosti 1.

Salton-kosinusov indeks podobnosti smo iz matrike navzkrižnega citiranja računali za posamezne pare enot x, y - za kategorije WCat citirajočih člankov - glede na spremenljivke - pripadajoče kategorije WCat citiranih člankov. Uporabili smo sledečo enačbo (Salton in McGill, 1983; Noyons in sod., 2003):

$$\frac{\sum_i (x_i y_i)}{\sqrt{(\sum_i x_i^2)(\sum_i y_i^2)}} \quad \dots (5)$$

v analizah sopojavljanja pa sledečo:

$$\frac{C_{xy}}{\sqrt{C_x C_y}}$$

pri čemer je:

$C_{xy}$  - število sopojavljanj x in y,

$C_x$  - število pojavljanj x,

$C_y$  - število pojavljanj y.

... (6)

Izmed metod hierarhičnega združevana smo uporabili Wardovo in maksimalno metodo.

Maksimalna metoda (Mc-Quitty, 1960, cit. po Ferligoj, 1989)

$$d(C_i \cup C_j, C_k) = \max(d(C_i, C_k), d(C_j, C_k)) \quad \dots (7)$$

Wardova metoda (Ward, 1963, cit. po Ferligoj, 1989)

$$d(C_i \cup C_j, C_k) = \frac{(n_i + n_j)n_k}{(n_i + n_j + n_k)} d^2(T_{i,j}, T_k) \quad \dots (8)$$

kjer je s  $T_{ij}$  označeno težišče združene skupine  $C_i$  u  $C_j$  in s  $T_k$  težišče skupine  $C_k$ . Oznaka  $n_i$  pomeni število enot v skupini  $C_i$ .

Za upravljanje s podatki in statistične analize smo uporabili Bibexcel in R. Slednjega smo uporabili tudi za pripravo metode hierarhičnega združevanja in korespondenčne analize. Podobnost med obravnavanji, ki smo jih izračunali z različnimi indeksi različnosti (podobnosti), smo namreč ugotavljali s korespondenčno analizo oziroma njeno različico z odstranjenim trendom – DCA<sup>24</sup> (angl. detrended correspondence analysis).

S programom Pajek smo analizirali omrežje z metodo preurejanja matrik, rezultate pa prikazali z matriko z osenčenimi polji (bločno matriko), ki je bila razdeljena na vsebinsko povezane sekcije.

### Različni pristopi pri analizi citiranih člankov

Če smo se hoteli pri prikazih izogniti zankam, to je povezavam, kjer je začetna točka enaka končni, smo pri določenih analizah sopojavljanja morali zanemariti večkratno pojavljanje istovrstnih klasifikacijskih enot v referencah posameznih citirajočih člankov.

Preglednica 3: Razlike v frekveni, če upoštevamo vse navedbe ali pa posamezno kategorijo le enkrat  
Table 3: Differences in frequency if considering all instances of each category, or only a single instance

WCat kategorija referenc	Frekvenca vseh navedb kategorije referenc	Kategorija referenc se na članek upošteva le enkrat
Chemistry, physical	703.695	77.240
Materials science, multidisciplinary	693.290	80.445
Chemistry, multidisciplinary	618.695	71.614
Physics, applied	484.179	72.932
Physics, condensed matter	414.449	73.604
Nanoscience & nanotechnology	330.096	66.538

V preglednici 3 je za primer prikazanih nekaj najbolj frekventnih kategorij WCat, s katerimi so opisane reference člankov, ki smo jih priklicali iz zbirke WOS z izbrano metodologijo. Kot je razvidno iz levega stolpca, je v primeru, ko upoštevamo vse navedbe, frekvenca pojavljanja enot precej višja. V drugem primeru (desno) upoštevamo pri referencah posameznega članka enako enoto (v našem primeru posamezno WCat kategorijo) le enkrat. Informacija, ki jo upoštevamo pri tej analizi, je le dejstvo, da se posamezna WCat kategorija v referencah posameznega članka pojavi. Pri tej analizi nas ne zanima kolikokrat.

### Indeksi diverzitete

V okviru proučevanja interdisciplinarnosti smo uporabili tudi Shannonov diverzitetni indeks, imenovan tudi indeks pestrosti in Rao-Stirlingov diverzitetni indeks. Analizirali smo vključene reference, ki smo jih predhodno pretvorili v vsebinske kategorije WCat.

---

<sup>24</sup>Korespondenčna analiza z odstranjenim trendom - DCA vključuje serijo dodatnih navodil za preoblikovanje podatkov. S tem se izognemo učinku konjske podkve, ki je značilen za CA, prikaz pa je preglednejši.

Izračun smo pripravili iz matriko navzkrižnega citiranja, za računanje pa uporabili program R.

Shannonov indeks (pestrosti, izenačenosti) izračunamo kot vsoto za vse kategorije za deleže citiranih referenc v določeni kategoriji, ki jo pomnožimo z naravnim logaritmom deleža citiranih referenc v tej kategoriji:

$$H' = - \sum_i p_i \ln p_i \quad \dots (9)$$

Koncept raznolikosti zajema različne postavke, ki jih je potrebno upoštevati skupaj, saj posamično raznolikosti ne opišejo dovolj (Stirling, 1994, cit. po Stirling, 2007):

- število kategorij, v katere so porazdeljeni elementi sistema, ki ga analiziramo - 'variety' - (koliko različnih tipov kategorij imamo?)
- vzorec porazdelitve elementov po kategorijah - 'balance' - (koliko vsakega tipa kategorij imamo?)
- stopnja po katerih se elementi lahko razlikujejo - 'disparity' - (koliko se med seboj razlikujejo analizirane kategorije?).

Rao-Stirlingov indeks diverzitete smo računali po enačbi (Stirling, 2007):

$$D = \sum_{i,j} p_i p_j d_{ij} \quad \dots (10)$$

Razdaljo smo izračunali iz indeksa podobnosti Salton-kosinus:

$$d_{ij} = 1 - s_{ij} \quad \dots (11)$$

pri čemer je:

$p_i$  – delež referenc, ki citirajo  $WCat_i$  v nekem članku (iz matrike)

$d_{ij}$  – razdalja med kategorijama  $WCat_i$  in  $WCat_j$

$s_{ij}$  – indeks podobnosti Salton kosinus (mera podobnosti med  $WCat_i$  in  $WCat_j$ ).

### Metoda priprave slik

Vizualizacija podatkov – predstavitev v obliki slik - je končni cilj analize in nam omogoči dejanski prikaz omrežja. Za risanje omrežij (bibliometričnih kart) smo uporabili program Pajek in algoritme, ki jih ta vključuje. Datoteke, ki smo jih potrebovali za prikaz omrežja v programu Pajek, smo pripravili v programu Bibexcel. Pomembno vlogo pri grafični predstavitvi imajo algoritmi za vizualizacije, ki so vključeni v programe za risanje grafov. Med algoritmi za določanje prikazov omrežij, ki jih vključuje Pajek, smo izbirali predvsem med algoritmoma Fruchterman-Reingold in Kamada-Kawai. Pripravljena in izrisana omrežja v programu je bilo potrebno pretvoriti v končne izhodne oblike. Tudi to delo je zahtevalo precej potrpežljivega in natančnega nastavljanja velikosti fontov, krožcev (vektorjev) in povezav. V nekaterih primerih smo se sicer poslužili oblike Bitmap (BMP), ki je dejansko posnetek slike na ekranu in ni najboljše kakovosti. V večini primerov pa smo sliko zaradi boljše kakovosti shranili v vektorski obliki – v formatu EPS (Encapsulated PostScript), jo nato prikazali v programu GSview, kjer smo jo lahko pretvorili v format pdf in kot takšno izvozili v Word dokument.

## 4 REZULTATI

### 4.1 ORIS PODROČJA

Izvedba oziroma oblikovanje eksperimentalne baze je prav tako del naših rezultatov, zaradi boljšega razumevanja in v izogib ponavljanju, pa določen del predstavljamo tudi v prejšnjem metodološkem poglavju. V bibliometriji je namreč priprava primerne seta podatkov ključnega pomena, saj je osnova analiz in vpliva na končne rezultate. Na podlagi študija literature smo ugotovili, da obstaja več orisov nanopodročja, nobena metodologija pa do sedaj ni prepoznana kot najboljša in splošno sprejeta. Strokovnjaki namreč še vedno niso enotni v definiciji kaj vse naj bi področje nanoznanosti in nanotehnologije obsegalo.

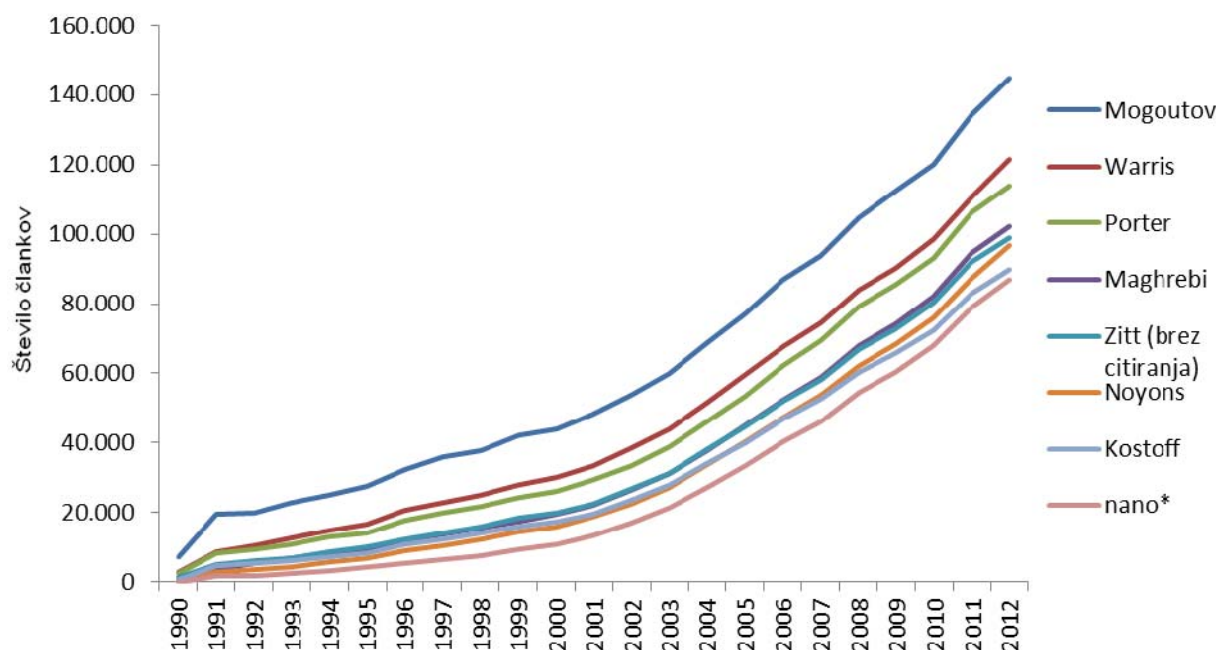
Obstoječe orise nanopodročja smo analizirali in za nadaljnje analize izbrali po naši oceni najprimernejšo metodo. Posamezne iskalne poizvedbe so objavljene v delih Mogoutov in Kahane (2007), Warris (2004), Porter in sod. (2008a), Maghrebi in sod. (2011), Zitt in Bassecouard (2006), Noyons in sod. (2003) ter Kostoff in sod. (2006), poimenovali pa smo jih kar po vodilnem raziskovalcu iz članka. Z različnimi iskalnimi metodologijami smo opravili poizvedbe po polju Topic za obdobje 1990-2012.

Preglednica 4: Število člankov v zbirki WOS po letu objave in glede na različno iskalno metodologijo (2.4.2012)  
Table 4: Number of articles per publication year in database WOS, according to a respective search query

Leto	Mogoutov <sup>1</sup>	Warris	Porter	Maghrebi	Zitt <sup>2</sup>	Noyons	Kostoff	nano*
1990	7.177	2.815	2.429	1.500	1.531	784	645	405
1991	19.533	8.784	8.357	3.723	4.920	2.686	4.582	1.570
1992	19.857	10.613	9.343	5.262	5.937	3.418	5.322	1.898
1993	22.793	12.756	10.703	6.655	6.975	4.306	6.237	2.441
1994	25.078	15.019	12.881	8.139	8.583	5.713	7.281	3.187
1995	27.748	16.768	14.151	9.424	10.053	7.010	8.309	4.174
1996	32.378	20.817	17.684	12.027	12.406	9.143	10.690	5.333
1997	36.001	22.832	19.934	13.822	14.158	10.461	12.229	6.580
1998	37.856	25.118	21.937	15.449	16.084	12.179	13.937	7.693
1999	42.228	27.874	24.285	17.546	18.451	14.391	15.853	9.528
2000	43.852	30.012	26.142	19.663	19.915	15.967	17.389	10.831
2001	48.528	33.286	29.391	22.181	22.588	18.733	19.735	13.511
2002	53.747	38.359	33.319	26.523	26.800	22.630	23.463	17.009
2003	59.924	43.796	38.938	31.220	31.327	27.197	27.996	21.291
2004	68.720	51.739	46.322	37.702	37.992	33.671	34.105	27.286
2005	77.157	59.709	53.360	44.965	44.625	40.173	39.887	33.511
2006	87.097	67.805	62.139	52.355	52.109	47.414	46.838	40.256
2007	93.763	74.557	69.406	58.781	58.181	53.758	52.654	46.338
2008	104.954	84.106	79.470	67.940	66.857	62.360	60.238	54.663
2009	112.544	90.375	85.394	74.029	72.850	68.516	65.696	60.464
2010	120.154	98.514	93.203	82.275	80.341	75.953	72.414	67.941
2011	134.260	110.581	106.196	94.697	91.925	87.458	83.100	79.067
2012	144.693	121.406	113.814	102.392	98.780	96.662	89.912	86.966

<sup>1</sup> v osnovnem iskalnem setu je izpuščen del iskalne sintakse: 'a\*nano\*', 'b\*nano\*' itd., ker v času, ko smo poizvedbo prvič naredili (opomba 2.4.2012) tovrstno iskanje ni bilo mogoče – sistem je zahteval vsaj 2 znaka pred zvezdico/ opomba 26.1.2013: iskanje na takšen način je zdaj mogoče, vendar dobimo npr. z iskanjem a\*nano\* tudi besede, ki ne predstavljajo nano, kot so **allopregnanolone**, **phthalimidonanoic**, priimek **Abbagnano** ali pa **Ananoff** ipd.

<sup>2</sup> samo besedni del, brez analize citiranja.



Slika 5: Število člankov v zbirki WOS po letu objave glede na različno iskalno metodologijo (2.4.2012)  
Figure 5: Number of articles per publication year in database WOS, according to a respective search query

Tako iz preglednice 5 kot slike 5 je razvidno, da z leti število člankov narašča, iskalne poizvedbe pa se po priklicu števila člankov nekoliko razlikujejo. Največ zadetkov prikliče algoritmi Mogoutov, najmanj pa iskanje besed (v naslovu, izvlečku in ključnih besedah), ki vsebujejo predpono nano. Slika pokaže dokaj skladno in relativno naglo rast člankov pri vseh vključenih iskalnih poizvedbah. Članki se pri večini metodologij podvajajo nekako v 4 do 6 letih.

#### Primerjava med različnimi iskalnimi metodologijami za oris področja

Vsem iskalnim sintaksam za oris nano področja je skupno iskanje člankov, natančneje bibliografskih podatkov za le-te, na podlagi besed (iz naslova, abstrakta, ključnih besed ali naslova revij), ki vključujejo okrajšani koren nano. Iskalne sintakse se razlikujejo pri dodajanju ostalih pojmov – več ali manj dodatnih ključnih besed in fraz, ki naj bi bile povezane s področjem in ki prikličejo iz zbirk še ostalo relevantno vsebino, v skladu s tem, kot jo razumejo avtorji posameznih sintaks. Preglednica 5 prikazuje število priklicanih člankov z letom izida 2010 za posamezno iskalno poizvedbo. Rezultati unij in presekov različnih obravnavanj (izbranih iskalnih poizvedb) kažejo, da dosegajo različne metodologije relativno visok delež medsebojnega prekrivanja. Razlog za to je v tem, kar smo omenili že na začetku, in sicer da je vsem v analizo vključenim poizvedbam v začetni fazi skupno iskanje besed (v naslovu, izvlečku, ključnih besedah), ki vključujejo koren nano. Pri iskalni poizvedbi Maghrebi najdemo nekaj čez 80 % vseh člankov z iskanjem po besedah s korenem nano, pri iskalni poizvedbi Porter predstavljajo ti dokumenti okrog 75 %, pri Warris pa okrog 70 % vseh zadetkov (preglednica 6).

Nekoliko večja je razlika pri iskalni poizvedbi Mogoutov (54,6 %), ki po številu najdenih dokumentov najbolj odstopa od vseh ostalih. Presek med iskalnima poizvedbama Porter in Maghrebi pokaže, da je skupnih 78 % dokumentov od tistih, ki jih najdemo s poizvedbo

Porter in 88 % od vseh, ki jih najdemo z metodologijo Maghrebi. Presek med Warris in Maghrebi kaže visok odstotek (95 %) dokumentov poizvedbe Maghrebi, kar je pričakovano, saj je poizvedba izpeljana iz metodologije Warris.

Preglednica 5: Primerjava med različnimi iskalnimi metodologijami za leto 2010 (WOS, 7.5.2012)  
Table 5: Comparison of different search queries in 2010

Metoda	Št. zadetkov	Opis
Porter	93.203	
Maghrebi	82.275	
Warris	98.514	rezultat iskanja z izbrano iskalno metodologijo
Mogoutov	120.154	
nano*	67.941	
nano* <sup>1</sup>	65.626	izločene so vsebine, ki se ne nanašajo na nanoznanost
Porter OR Maghrebi	103.112	unija
Porter AND Maghrebi	72.245	presek (78 % vseh Porter, 88 % vseh Maghrebi, 70 % unije)
Porter NOT Maghrebi	20.895	zapisi, ki se pojavijo samo pri Porter (22 %)
Maghrebi NOT Porter	9.972	zapisi, ki se pojavijo samo pri Maghrebi (12 %)
Warris OR Maghrebi	102.490	unija
Warris AND Maghrebi	78.209	presek (79 % vseh Warris, 95 % vseh Maghrebi, 73 % unije)
Warris NOT Maghrebi	20.273	zapisi, ki se pojavijo samo pri Warris
Maghrebi NOT Warris	4.008	zapisi, ki se pojavijo samo pri Maghrebi
Mogoutov OR Maghrebi	128.919	unija
Mogoutov AND Maghrebi	73.443	presek (61 % vseh Mogoutov, 89 % vseh Maghrebi, 57% unije)
Mogoutov NOT Maghrebi	46.702	zapisi, ki se pojavijo samo pri Mogoutov
Maghrebi NOT Mogoutov	8.744	zapisi, ki se pojavijo samo pri Maghrebi
Warris OR Porter	114.049	unija
Warris AND Porter	77.573	presek (79 % vseh Warris, 88 % vseh Porter, 68 % unije)
Warris NOT Porter	20.909	zapisi, ki se pojavijo samo pri Warris
Porter NOT Warris	15.567	zapisi, ki se pojavijo samo pri Porter

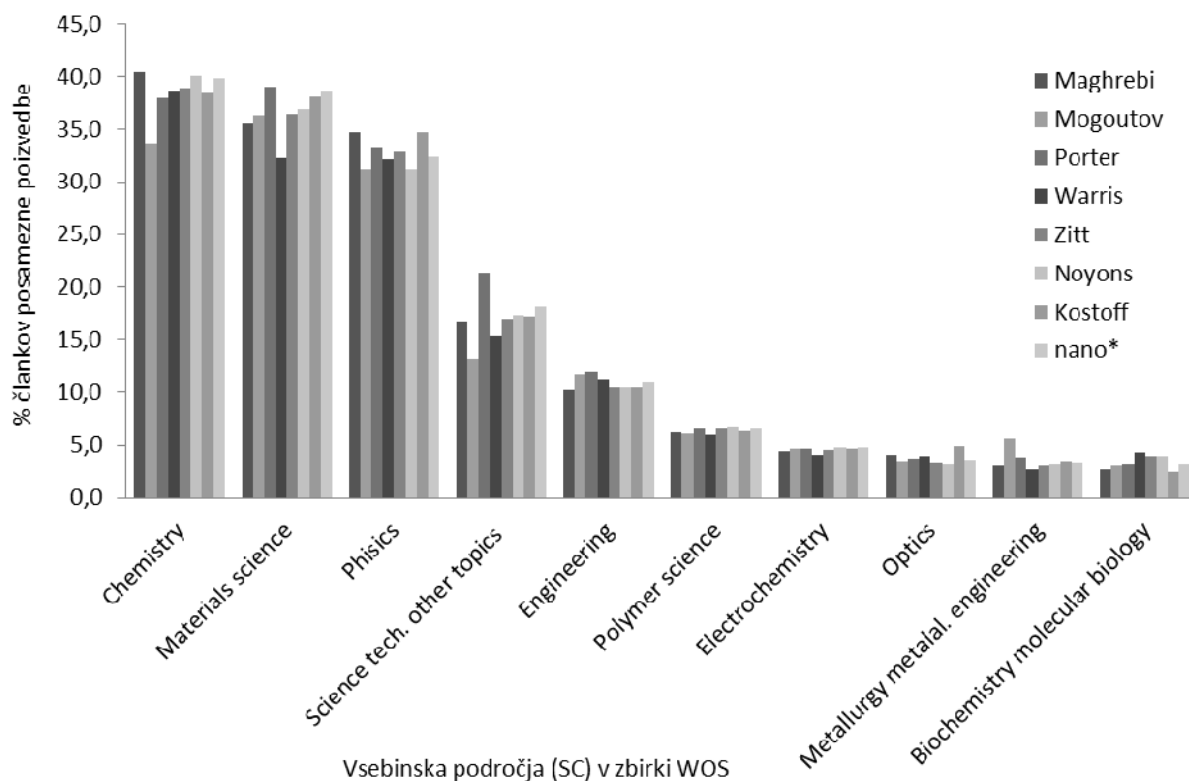
<sup>1</sup> nano\* NOT izločeni (nano2 NOT nano3 NOT nanog NOT nanosecond\* NOT nanomol\* NOT nanogram\* NOT nanoplankton\*) (cit. po iskalni poizvedbi Maghrebi (2011))

Preglednica 6: Delež člankov, ki jih najdemo z besedo nano\* glede na iskalno metodologijo (WOS, 7.5.2012)  
Table 6: Share of articles retrieved by nano\*

Leto	Mogoutov	Warris	Porter	Maghrebi	Zitt	Noyons	Kostoff
2010	57	69	73	83	85	89	94
2011	59	72	74	83	86	90	95
2012	60	72	76	85	88	90	97



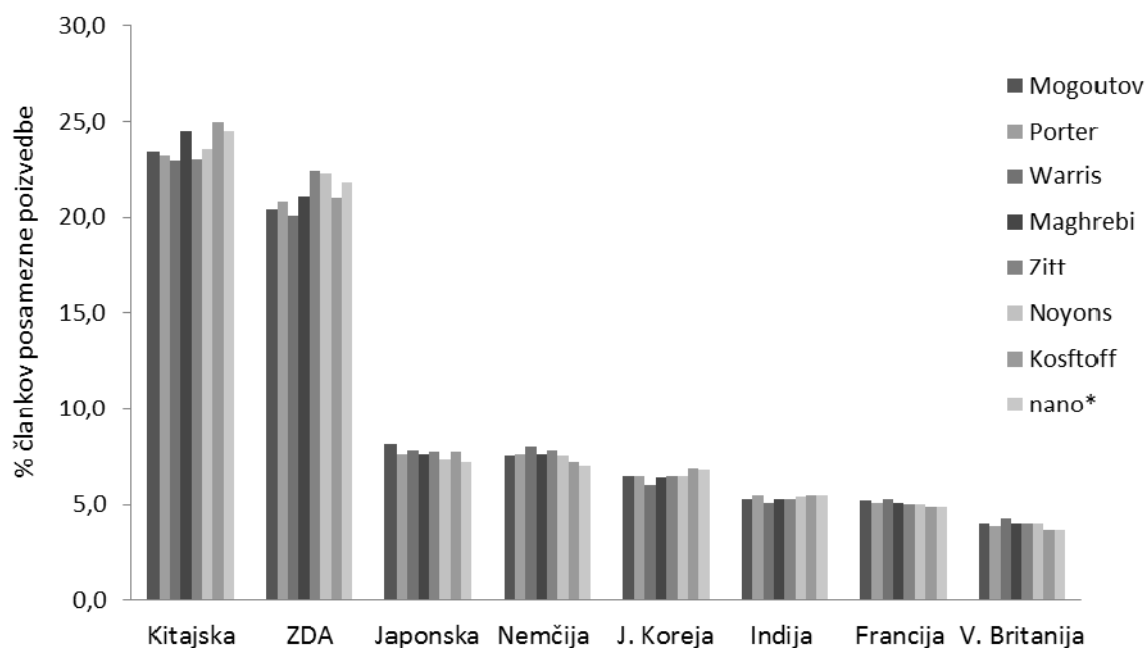
Iz primerjav rezultatov različnih iskalnih poizvedb, prikazanih na slikah 6, 7 in v preglednici 7, lahko razberemo, da kljub večjim oz. manjšim razlikam v številu zadetkov pri posameznih iskalnih poizvedbah ni bistvenih razlik v razporeditvi člankov glede na nekaj vodilnih držav, od koder so avtorji člankov. Prav tako dajo različne poizvedbe zelo podobno sliko glede razporejena po nekaterih vodilnih vsebinskih kategorijah - SC (Slika 6).



Slika 6: Delež člankov za 2010 in razporeditev v nekaj najbolj zastopanih WOS znanstvenih področjih glede na posamezno iskalno metodologijo (2.4.2012)

Figure 6: Percentage of articles in 2010 according to some of the most represented WOS research areas and different search queries

Nekoliko višja pojavnost področja *Science technology - other topics* pri metodologiji Porter, ki nekoliko izstopi, je verjetno posledica iskalne poizvedbe. V enem od modulov namreč omenjena iskalna metodologija sistematično zajame naslove vseh nano revij. Te so namreč razvrščene v kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* in v širše področje, ki ga omenjamo.



Slika 7: Delež člankov posamezne iskalne poizvedbe z letom izida 2010 glede na državo avtorjev člankov  
Figure 7: Comparison between different queries by the country of author in 2010

Prav tako so tudi največji deleži najdenih člankov glede na različno iskalno poizvedbo dokaj enotno razporejeni v nekaj vodilnih revijah. Rezultat te analize je prikazan v preglednici 7. Vrstni red označujejo številke.

Preglednica 7: Revije, v katerih se pojavi največji delež člankov z letom izida 2010, glede na posamezno metodologijo; številke označujejo vrstni red glede na delež pojavljanja člankov iz posamezne reviji (2.4.2012)  
Table 7: Scientific journals with the highest percentage of articles published in 2010 retrieved by the respective query; numbers indicate the order by the share of the occurrence of articles from the each journal

	Maghrebi	Mogoutov	Porter	Warris	Zitt	Noyons	Kostoff	nano*
Physical review B	1	4	2	1	2	4	3	4
J. of physical chemistry	2	3	1	2	1	1	1	1
Applied physics letters	3	1	3	3	4	3	2	2
Langmuir	4	5	4	4	3	2	5	3
J. of applied physics	5	2	5	5	5	5	4	5
J. of nanosc. nanotechn.	6	8	6	6	6	6	6	6
Nanotechnology	7	10	8	8	7	7	7	7

### Izbor iskalne poizvedbe Maghrebi za nadaljnje analize

Zaradi preproste iskalne sintakse in na podlagi rezultatov primerjav, po katerih zaključujemo, da se iskalne strategije različnih avtorjev v veliki meri vsebinsko prekrivajo, za analizo celotnega nano področja izberemo iskalno strategijo Maghrebi. Maghrebi in sod. (2011) za osnovo vzamejo že obstoječe iskalne sintakse drugih avtorjev. Kot razlog za poenostavitev iskalne sintakse in izločitev nekaterih manj frekventnih ključnih besed in fraz navedejo optimiziranje šuma in priklic optimalnega števila relevantnih dokumentov. Slednje je bilo razlog, da smo tudi mi v svoji raziskavi za izbor dokumentov celotnega

nanopodročja uporabili iskalno metodologijo Maghrebi. Nadaljnje analize kartiranja znanstvenih področij in analize referenc torej temeljijo na setu podatkov, ki smo jih pridobili s to metodologijo.

#### 4.2 RAZKROPLJENOST BIBLIOGRAFSKIH ZAPISOV OBJAV O RAZISKAVAH Z NANOPODROČJA PO RAZLIČNIH PODATKOVNIH ZBIRKAH

Z analizo bibliografskih zbirk smo želeli ugotoviti, kako so vsebine s področja nanoznanosti in nanotehnologije razkropljene po različnih bibliografskih podatkovnih zbirkah. V analizo smo vključili tako splošne zbirke, kot sta WOS in Scopus, kot tudi specializirane za posamezna področja, kot so Chemical abstracts, Medline, Inspec za področje fizike, elektrotehnike in računalništva, Compendex, ki pokriva širše področje tehnike ter zbirki CAB in FSTA. Slednji vsebinsko pokrivata področje kmetijstva in živilske tehnologije.

Vsebinsko pokritost za področje nanoznanosti in nanotehnologije smo v posameznih zbirkah torej iskali z izbrano iskalno metodologijo (Maghrebi) in z nekaterimi izrazi iz sintakse, predstavljenimi v preglednici 8.

Preglednica 8: Število vključenih dokumentov (vsi tipi dokumentov) po zbirkah za leto 2010 glede na iskanje posameznih iskalnih pojmov ali fraz in različne kombinacije iskalnih polj (23.5.2012)

Table 8: Number of included papers (all types of documents) published in 2010 and retrieved with individual search terms or phrases, and various combinations of search fields

Poizvedba	<sup>3</sup> TI / AB						TI / AB / KW(scopus) <sup>4</sup>	TI / AB / auKW / KW <sup>+</sup>
	Scopus	Medline	Compendex	Inspec	CAB	FSTA	Scopus	WOS
nano*	79.721	21.399	60.785	43.972	2.257	533	88.348	74.206
nano* izključeni <sup>1</sup>	76.977	19.813	59.577	43.028	1.988	510	85.193	71.787
Magrebi <sup>2</sup>	95.383	24.741	71.756	53.233	2.397	583	106.921	89.557
self assembl*	7.043	3.004	5.099	2.974	106	37		
quantum dot*	4.380	1.120	3.259	3.209	44	8		
graphene*	3.624	970	2.656	2.490	13	0		
quantum well*	1.873	121	1.517	1.761	0	0		
fulleren*	1.590	465	975	681	25	1		
dendrimer*	922	461	493	203	15	4		
quantum wire*	228	24	150	196	0	0		

<sup>1</sup> izločeni so pojmi, ki ne predstavljajo nano področja (cit. po Maghrebi in sod., 2011; nano2, nano3, nanog, nanosecond\*, nanomol\*, nanogram\*, nanoplankton\*) .

<sup>2</sup> iskalna poizvedba po izbrani metodologiji

<sup>3</sup> iskalna polja: TI– naslov, AB – izvleček, KW(scopus)<sup>4</sup>, auKW– ključne besede avtorjev, KW+ – posebno polje ključnih besed v WOS.

<sup>4</sup> kombinirano polje ključnih besed, ki išče po poljih: ključne besede avtorjev, indeksirani pojmi (tezaver), trgovsko ime, kemijsko ime).

Preglednici 8 in 9 prikazujeta število zadetkov, ki jih dobimo z iskanjem s posameznimi ključnimi besedami, frazami ali kombinacijo le-teh in so (poleg korena nano), vsebinsko povezani s področjem nanoznanosti. Za primerjavo med zbirkami smo zaradi primerljivosti zajeli vse tipe dokumentov. Na podlagi analize posameznih dokumentov, ki so se pojavili v obeh zbirkah hkrati, smo namreč ugotovili, da so nekateri dokumenti, ki so na primer

v zbirki WOS klasificirani z dvema tipologijama hkrati – 'article' in 'proceeding paper', v zbirki Scopus razvrščeni bodisi med dokumente, ki so označeni s tipologijo 'article', bodisi med 'conference paper'. Iskanje z omejitvijo po tipu dokumenta ne bi bilo smiselno zaradi različne klasifikacije istih dokumentov v različnih zbirkah.

Primerjave smo izvedli tako, da smo najprej poiskali skupna polja. Iskanje smo v zbirkah, kjer je bilo to mogoče, posebej pripravili po poljih naslov in izvleček. Da bi zajeli vsebino čim bolj celovito, pa smo za Scopus in WOS hkrati iskali še po omenjenih dveh poljih in ključnih besedah, ki jih zbirki vključujeta. Vse zbirke namreč ne omogočajo iskanja po vseh poljih; zbirka WOS tako ne omogoča ločenega iskanja po polju izvleček, Chemical abstracts pa ne klasičnega iskanja s ključnimi besedami.

Da bi dosegli primerljivost med vsemi analiziranimi zbirkami smo za skupni imenovalec določili iskanje po polju naslov članka. Za naslov se tudi predpostavlja, da je informativen in je običajno pokazatelj vsebine članka. Besede iz naslova so pokazatelj pomembnih konceptov v članku in s tem tematike članka. Preglednica v nadaljevanju zato prikazuje še število najdenih dokumentov (vsi tipi) v posamezni zbirki glede na iskanje s posameznimi izrazi ali frazami po polju naslov članka.

Preglednica 9: Število dokumentov (vsi tipi) z letom izida 2010 po zbirkah glede na posamezne iskane pojme/fraze v polju naslov članka (23.5.2012)

Table 9: Number of documents (all types) published in 2010, according to the databases of the individual search terms / phrases in the title field of the article

Poizvedba	WOS	Scopus	Medline	CA <sup>4</sup>	Compendex	Inspec	CAB	FSTA
nano*	44.503	54.489	14.338	6.121	42.637	30.650	1.337	323
nano* izključeni <sup>1</sup>	44.173	54.034	14.208	-	42.330	30.376	1.329	322
Magrebi <sup>2</sup>	55.635	66.850	17.723	-	51.354	37.843	1.478	351
graphene*	2.703	3.622	844	3.908	2.184	2.071	9	0
self assembl*	2.681	2.856	1.228	1.670	2.131	1.230	27	11
quantum dot*	2.472	3139	747	3.417	2.362	2.383	33	7
fulleren*	831	862	302	252	523	338	16	1
quantum well*	679	944	50	974	765	892	0	0
dendrimer*	598	589	290	727	317	121	9	3
quantum wire*	105	115	14	169	75	103	0	0
Nano* and titanov dioksid <sup>3</sup>	<b>1.635</b>	<b>1.954</b>	<b>414</b>	<b>385</b>	<b>1.558</b>	<b>979</b>	<b>97</b>	<b>1</b>

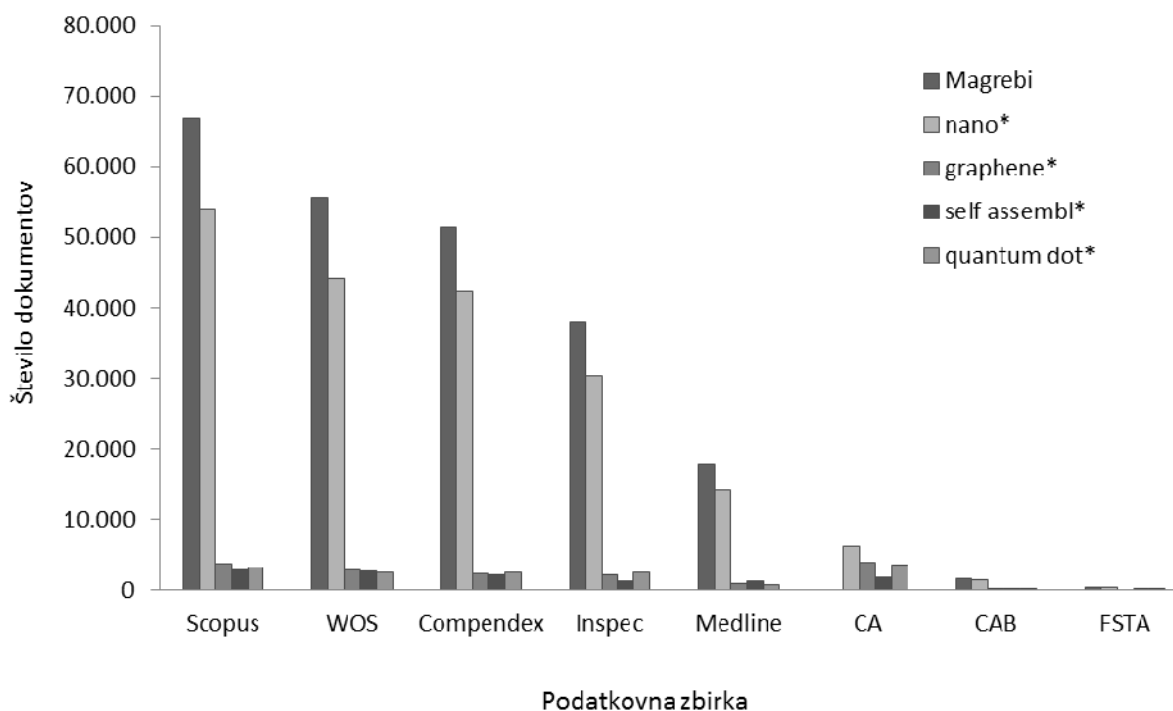
<sup>1</sup> izločeni so pojmi, ki ne predstavljajo nano področja (cit. po Maghrebi in sod., 2011): (nano2, nano3, nanog, nanosecond\*, nanomol\*, nanogram\*, nanoplankton\*)

<sup>2</sup> iskalna poizvedba po izbrani metodologiji

<sup>3</sup> kombinacija ključnih besed (unija različne oblike zapisa formule in pojmov), s katerimi smo iskali nano titanov dioksid

<sup>4</sup> zbirka ne omogoča krčenja in desne okrajšave. Predstavljeni so le rezultati iskanja z edninsko in množinsko obliko samostalnika (npr. graphene, graphenes), ne pa tudi z vsemi ostalimi eventualnimi oblikami besed iz posameznega korena besede. Beseda nano priključuje izključno to besedo, ne pa tudi izpeljank iz tega izraza.

Zbirka Chemical abstracts (CA) je specifična glede iskanja. Rezultati v preglednici so pri izrazih, kjer je koren besede zaključen z zvezdico, ki v drugih zbirkah najde vse izpeljanke iskanega korena besede, dejansko seštevek rezultatov iskanj posameznih izrazov (npr. graphene, graphenes ipd.).



Legenda: nano\* - izločeni so pojmi, ki ne predstavljajo nano področja (cit. po Maghrebi in sod., 2011)  
Maghrebi - iskalna poizvedba po izbrani metodologiji  
CA – rezultati niso popolnoma primerljivi (sistem ne omogoča iskanja, ki je običajen pri drugih zbirkah)

Slika 8: Število dokumentov (vsi tipi) z letom izida 2010 po zbirkah glede na posamezne iskane pojme/fraze v polju naslov članka (23.5.2012)

Figure 8: Number of documents (all types) published in 2010, by databases and individual search terms / phrases in the title field of the article

Posebej smo za natančnejšo analizo zbirk analizirali še pojavnost dokumentov (vsi tipi) z letom objave 2010, ki v naslovu zajemajo besedo, ki se začne s korenem nano\* in hkrati eno od oblik zapisa za titanov dioksid, ki smo jih določili na podlagi predhodnih preizkušanj z različnimi oblikami zapisa izpeljank fraze "titanium dioxide\*" (npr. titania dioxide ali titan dioxide) in formule TiO<sub>2</sub>. Delež teh zapisov je glede na vse, ki jih dobimo z izbrano iskalno metodologijo, pri zbirka Scopus, WOS, Compendex in Inspec, okrog 3%. Nekoliko nižji okrog 2 % je v zbirki Medline, okrog 7 % pa v zbirki CAB.

#### Zajemanje istih dokumentov - prekrivanje zbirk

Samo po številu priklicanih dokumentov na osnovi neke iskalne poizvedbe (preglednica 8 in 9) težko sklepamo o tem, ali se zbirke dejansko prekrivajo in katere zapise dobimo v eni in katere v drugi zbirki. Da bi si lahko odgovorili na to vprašanje, smo napravili analizo prekrivanja med zbirkami na manjšem primeru. Zaradi različnih verzij zapisov istega naslova v različnih zbirkah v okviru avtomatskega združevanja ni bilo mogoče najti vseh podvojenih zapisov, pomagali smo si lahko le v toliko, da smo seznam, ki ga je bilo potrebno ročno preveriti, zmanjšali za tiste podvojene zapise, ki nam jih je uspeli odkriti avtomatsko s pomočjo Bibexcela. Vse ostale je bilo potrebno poiskati ročno. Četudi smo

imeli namen analizirati le članke, objavljene v enem letu, je bilo zapisov, ki bi zajeli celotno nano področje preveč, natančno analizo pa smo zato pripravili na vzorcu.

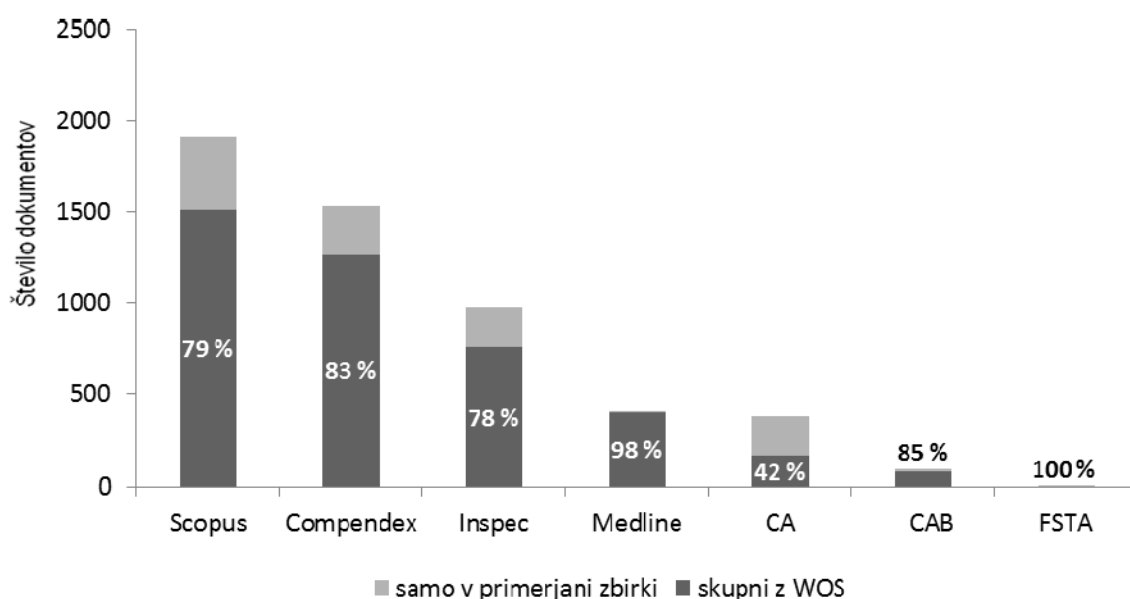
V zbirkah smo poiskali dokumente, ki imajo v naslovu besedo, ki se začne s predpono nano, hkrati pa je v naslovu prisotna tudi ena od oblik zapisa za titanov dioksid. Prekrivanje zbirk smo analizirali glede na hkratno pojavljanje dokumentov z zbirko WOS.

Preglednica 10 prikazuje število priklicanih dokumentov brez duplikatov. Vsaka od zbirk je namreč vključevala določen delež podvojenih zapisov za iste dokumente. Slednje smo odkrili z naknadno analizo s pomočjo programa Bibexcel in ročno.

Preglednica 10: Prekrivanje posameznih zbirk z WOS za primer nano titanovega dioksida. Iskalna poizvedba po polju naslov dokumenta, vsi tipi dokumentov, leto 2010 (23.5.2012)

Table 10: Overlapping of respective databases with WOS for search query “nano titanium dioxide”. Search query conducted in the article title, in all types of documents, published in 2010

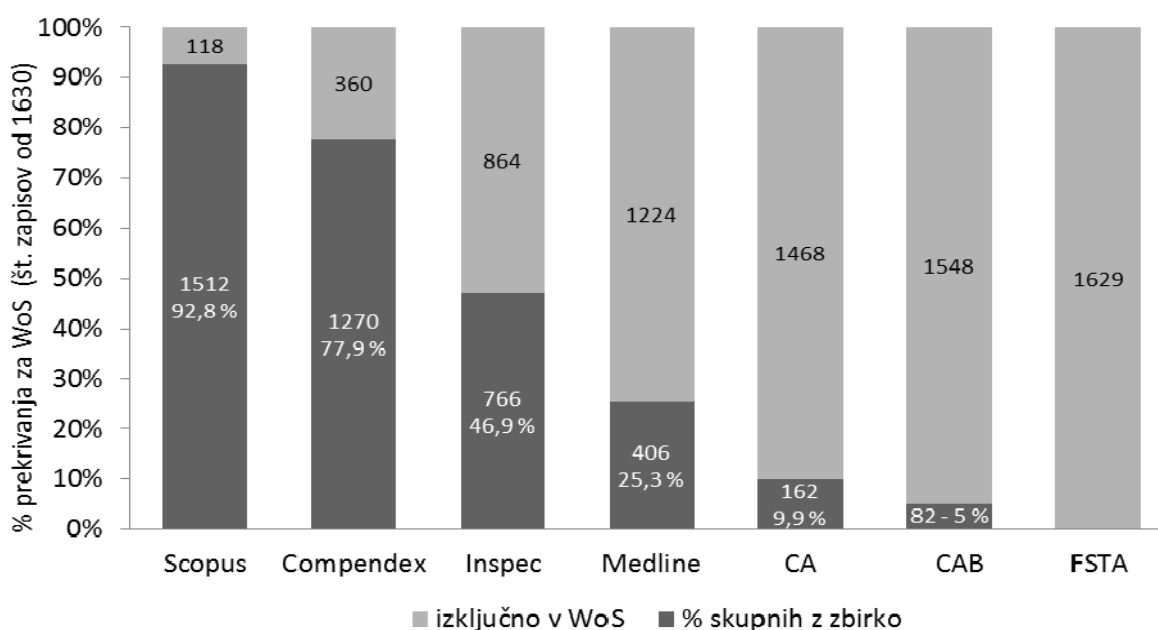
Zbirka	Scopus	Compendex	Inspec	Medline	CA	CAB	FSTA
Št. vseh zapisov (brez duplikatov)	1.914	1.534	979	413	385	96	1
Št. skupnih zapisov z zbirko WOS	1.512	1.270	766	406	162	82	1
% skupnih zapisov za posamezno zbirko	79,0	82,8	78,2	98,3	42,1	85,4	100,0
Število (%) zapisov, ki jih najdemo izključno v posamezni zbirki	402 (21,0)	264 (17,2)	213 (22,0)	7 (1,7)	223 (57,9)	14 (14,6)	0
% skupnih zapisov za WOS (od 1630)	92,8	77,9	46,9	25,3	9,9	5,0	0,1



Slika 9: Delež bibliografskih zapisov v posamezni zbirki, ki se prekriva z WOS (WOS, 2010; 23.5.2012)  
Figure 9: Share of bibliographic records that overlap with WOS, in a respective database

Iz rezultatov analize je razvidno, da se v primeru nano titanovega dioksida praktično vse zbirke (nekoliko izstopa le Chemical abstracts) prekrivajo z WOS v relativno visokem odstotku (okrog 80 in več). Če torej za primerjavo vzamemo zapise, ki jih najdemo v zbirki WOS – teh je 1.630, je kar 1.512 takšnih, ki jih najdemo lahko tudi v Scopusu. Kar 93 % zapisov iz WOS najdemo tudi v Scopus. 7 % (od 1.630) jih najdemo izključno v WOS. Med temi najdemo večji delež dokumentov člankov, sicer objavljenih v serijski publikaciji, vendar hkrati pod tipologijo Meeting abstracts. Teh, kot je razvidno iz preglednice 11, Scopus ne zajema.

Tudi zbirka Compendex vključuje v primeru nano titanovega dioksida veliko bibliografskih zapisov, ki jih najdemo že v zbirki WOS. Skoraj 78 % vseh zapisov iz WOS je takšnih, ki jih najdemo tudi v zbirki Compendex.



Slika 10: Primerjava prekrivanja z zbirkami glede na vse priklicane zapise, ki se nanašajo na nano titanov dioksid v WOS (WOS, 2010; 23.5.2012)

Figure 10: Overlapping with databases with regard to all retrieved records of nano titanium dioxide in WOS

V nadaljevanju smo nekoliko podrobneje analizirali prekrivanje zbirk Scopus in Chemical Abstracts z WOS. Scopus je prav tako kot WOS - splošna zbirka, Chemical Abstracts, ki je specializirana bibliografska zbirka za kemijo, pa z zbirko WOS doseže najmanjši delež prekrivanja.

#### Analiza razlik v prekrivanju med splošnima zbirkama WOS in Scopus

Primerjava prekrivanja med omenjenima zbirkama je pokazala, da je v analiziranem primeru od 402 dokumentov, ki jih najdemo izključno v zbirki Scopus, kar predstavlja okrog 21 % vseh iz zbirke Scopus (Preglednica 10), 188 zapisov označenih s tipologijo 'conference proceeding', 9 s tipologijo INPR, kar predstavlja dokumente v tisku, 52 pa z oznako SER za 'serial publication' oz. sestavke iz knjig. Ostali zapisi pa so članki iz pretežno kitajskih ali korejskih revij kot so: Chinese Journal of Pharmacology and

Toxicology, Chinese Journal of Preventive Medicine (Zhonghua yu fang yi xue za zhi), Journal of Biomedical Engineering (Sheng wu yi xue gong cheng xue za zhi), Korean Journal of Materials Research, Journal of Liaoning Technical University (Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao, Ziran Kexue Ban), Journal of Materials Engineering (Cailiao Gongcheng), Nanotechnologies in Russia, Journal of Solid Rocket Technology (Guti Huojian Jishu), China Environmental Science (Zhongguo Huanjing Kexue) in nekatere druge, ki so zastopane v manjšem številu.

Iz preglednice 11 je razvidno, da zajema WOS visok delež znanstvenih člankov. Tipologija 'proceeding papers' se pojavlja hkrati s tipologijo 'article' ali 'review' v primerih, ko posamezna revija v posebni številki objavi prispevke s posvetovanja. V zbirki Scopus so tovrstni prispevki klasificirani samo s tipologijo 'conference paper' ali 'conference review'. Scopus za razliko od WOS torej v isto zbirko zajema tudi prispevke iz konferenčnih zbornikov, kar je delno razlog, da je zbirka po številu podatkov obsežnejša. Drugi razlog pa je dejstvo, ki ga ugotavljamo tudi v naši analizi, da namreč vključuje več nacionalnih revij kot WOS.

Preglednica 11: Tipologija za dokumente, pridobljene z izbrano iskalno metodologijo za leto 2010 po polju Topic v zbirki WOS in po združenem polju TITLE-ABS-KEY v zbirki Scopus (5.7.2012)

Table 11: Document types of documents retrieved by the selected search methodology in 2010 in the Topic fields in database WOS and the combined field TITLE-ABS-KEY in database Scopus

Tip dokumenta Scopus	Št. dok.	%	Tip dokumenta WOS	Št. dok.	%
Article	76.178	71,8	Article	82.230	91,8
Conference paper	22.951	21,6	Proceeding. papers	5.459	6,1
Review	3.177	3,0	Review	3.229	3,6
Conference review	560	0,5	Meeting abstracts	2.315	2,6
Short survey	461	0,4	Editorial	711	0,8
Editorial	434	0,4	News	556	0,6
Erratum	391	0,4	Correction	378	0,4
Note	308	0,3	Book chapter	235	0,3
Article in press	283	0,3	Letter	120	0,1
Letter	150	0,1	Book review	11	0,0
Book	42	0,0	Software review	4	0,0
Abstract report	8	0,0			
Business article	8	0,0			

Direktna primerjava med omenjenima splošnima zbirkama torej ni docela mogoča. Takšna poizvedba je relevantna le za uporabniško iskanje (kar maksimalno najde uporabnik), ne pa kot primerjava dejanskega števila zadetkov. Pristopi pri zajemanju podatkov so namreč različni.

### Razlike v prekrivanju zbirke Chemical abstracts in WOS

Razlog za relativno majhen delež prekrivanja z WOS pripisujemo omejitvam pri iskanju, velika pa je tudi pojavnost člankov iz različnih (predvsem) kitajskih revij, ki jih zbirka WOS ne zajema. V analiziranih bibliografskih podatkih se v polju naslov revije, razen tistih, ki jih najdemo tudi v WOS, pojavijo sledeči naslovi: Cailiao Baohu, Cailiao Daobao, Cailiao Gongcheng, Cailiao Yanjiu Xuebao, Fangzhi Xuebao, Fenxi Ceshi Xuebao, Fenzi Cuihua, Gongneng Cailiao, Gongye Shuichulim, Gongye Yongshui Yu Feishui, Guangdong Huagong, Guangpuxue Yu Guangpu Fenxi, Guangzhou Huagong, Guisuanyan



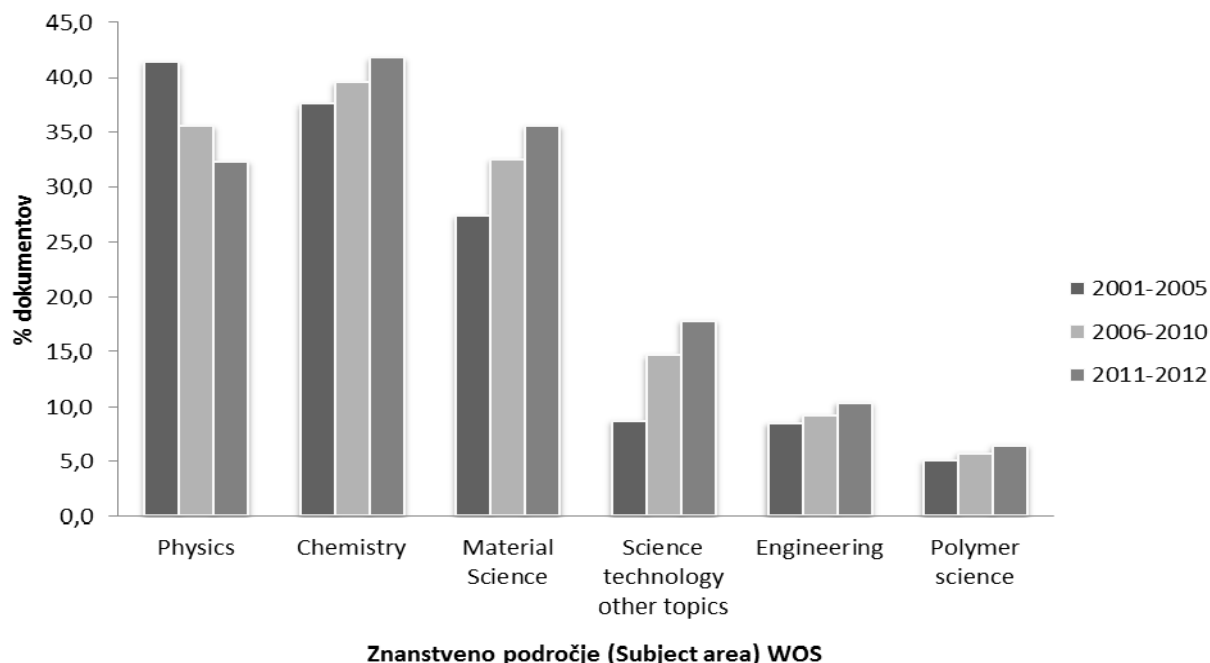
Tongbao, Guisuanyan Xuebao, Guti Huojian Jishu, Harbin Gongye Daxue Xuebao, Hebei Shifan Daxue Xuebao, Ziran, Heilongjiang Daxue Ziran Kexue Xuebao, Qiangjiguang Yu Lizishu, Qingdao Keji Daxue Xuebao, Ziran Kexueban, Qufu Shifan Daxue Xuebao, Ziran Kexueban, Rengong Jingti Xuebao, Shanghai Huagong, Shengtai Duli Xuebao, Shipin Keji, Shipin Yu Fajiao Gongye, Shuichuli Jishu in vrsta drugih, ki so zastopani med priklicanimi dokumenti le z enim člankom.

#### 4.3 VSEBINSKA RAZPRŠENOST GLEDE NA KLASIFIKACIJSKA SISTEMA PODATKOVNIH ZBIRK WOS IN SCOPUS

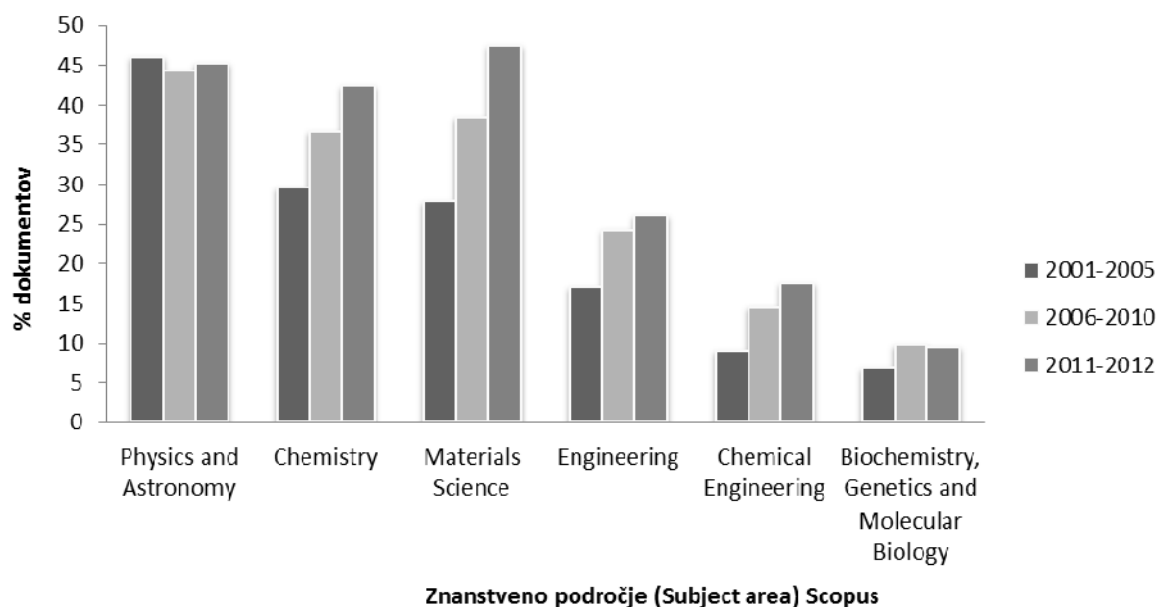
Vsebinsko razpršenost smo analizirali glede na klasifikacijska sistema, ki ju za indeksiranje revij vključujeta WOS in Scopus. Za iskanje podatkov smo uporabili izbrano metodologijo, za primerjavo pa smo analizirali dve petletni obdobji 2001-2005 in 2006-2010, posebej pa še leti 2011 in 2012. Ker je najbolj običajno iskanje vsebine po zbirki WOS iskanje po polju Topic, v zbirki Scopus pa po polju združenih polj naslov članka, izvleček in ključne besede, smo se odločili, da za to analizo uporabimo ta polja, čeprav tovrstno iskanje ni docela primerljivo zaradi različnih deskriptorskih polj. Scopus vključuje kombinirano polje ključnih besed, ki išče po poljih: ključne besede avtorjev, indeksirani pojmi (tezaver), trgovsko ime, kemijsko ime. Zbirka WOS pa je posebna v tem, da vključuje poleg avtorskih ključnih besed še polje ključni besed KeyWord+, ki se oblikujejo na podlagi pojmov v referencah indeksiranega članka. V zbirki WOS samostojno iskanje po polju Abstract ni mogoče, iz primerjave rezultatov (preglednica 8, 9) pa je razvidno, da dobimo pri iskanju z izbrano metodologijo po polju naslov članka le okrog 62 % zapisov. Obe zbirki poleg ključnih besed, ki jih prispevajo avtorji in kontroliranih izrazov iz različnih deskriptorskih polj, ki se uporabljajo za indeksiranje posameznih člankov, uporabljata vsebinsko klasifikacijo, ki se nanaša na revije. Ta je vključena pri vseh bibliografskih zapisih, kar je tudi razlog, da naša analiza temelji na tej klasifikaciji. Indeksiranje posameznih člankov s ključnimi besedami bodisi ni enotno ali pa je prisotno le pri določenem deležu le-teh. Kontrolirana deskriptorska polja naj bi po navedbi SciVerse (2012) v zbirki Scopus vključevalo okrog 85 % bibliografskih zapisov. Temeljijo pa na različnih tezavrih. Tudi v zbirki WOS ne najdemo ključnih besed pri vseh, pač pa le pri določenem deležu bibliografskih zapisov. V zbirki Scopus je vsaka revija klasificirana z enim ali več od 27 znanstvenimi področji, poleg tega pa še z eno ali več od skupaj 313 vsebinskih kategorij (angl. Subject Categories). Eno ali več klasifikacijskih kategorij WCat od skupaj 251 pa uporabi za klasifikacijo tudi revij zbirka WOS. Širšo klasifikacijo - raziskovalna področja (Subject areas), v okviru katerih se združujejo sorodne kategorije WCat dodajajo v opise revij šele z letom 2012. Po podatkih iz novembra 2013 naj bi jih bilo skupaj 156. Raziskovalno področje *Chemistry* na primer združujejo kategorije WCat *Chemistry multidisciplinary*, *Chemistry inorganic nuclear*, *Chemistry organic* in druge.

Slika 11 prikaže, kako so s širšimi znanstvenimi področji (SC) klasificirane revije, v katerih so objavljeni članki, ki jih najdemo z opisano metodologijo. Dokumenti so v obdobju 2001-2005 razporejeni v 214 različnih WOS kategorij oziroma 139 širših področij (Subject areas), v obdobju 2006-2010 pa v 224 WOS kategorij in 143 širših področij. Analiza širšega področja *Science technology - other topics*, ki v obdobju 2006-2010 obsega 14,7 % vseh dokumentov (54.469 od skupaj 371.343) je pokazala, da to širše področje v velikem deležu zajema predvsem WOS kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology* –

93,8 % (51.069 od skupaj 54.469). V obdobju 2001-2005 predstavlja področje *Science technology - other topics* 8,7 % (15.737 od skupaj 181.354), znotraj tega pa predstavlja omenjena kategorija večino - 84,8 % vseh dokumentov (13.343 od skupaj 15.737).



Slika 11: Znanstvena področja (Subject areas), s katerimi so najpogosteje vsebinsko opredeljene revije (bibliografski zapisi), najdeni iz izbrano iskalno metodologijo v zbirki WOS (5.7.2012 in 5.8.2013)  
 Figure 11: The most frequent subject areas of journals (bibliographic records) retrieved by search query Maghrebi in database WOS



Slika 12: Širša znanstvena področja (Subject areas), s katerimi so najpogosteje vsebinsko opredeljene revije (bibliografski zapisi), najdeni iz izbrano iskalno metodologijo v zbirki Scopus (> 5 %) (5.8.2013)  
 Figure 12: The most frequent subject areas of journals (bibliographic records) retrieved by search query Maghrebi in database Scopus (> 5 %)

Slika 12 prikazuje raziskovalna področja (6 od 27), s katerimi so revije, v katerih so objavljeni analizirani članki, najpogosteje klasificirane v zbirki Scopus. Druga področja se pojavijo v manjšem odstotku (<5 % - *Energy, Medicine, Environmental science, Pharmacology, Mathematics, Computer science, Earth and planetary science*). *Agriculture and biological sciences* se v vseh obdobjih pojavi z manj kot enim odstotkom. S področjem *Multidisciplinary* je klasificiranih le okrog 1 % člankov. Zbirka Scopus ne vključuje nobene kategorije ali raziskovalnega področja, ki bi po imenu kazalo na področje nanoznanosti in nanotehnologije.

### WOS kategorija - Nanoscience & nanotechnology

Preglednica 12 v nadaljevanju prikaže, kako so s kategorijami WCat klasificirani ti isti članki, natančneje revije, v katerih so le-ti objavljeni. Omenili smo že, da WOS vključuje kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Vključili so jo z letom 2005 (JCR, 2013), odstotek nano člankov, klasificiranih s to kategorijo pa, kot je razvidno iz preglednice, nekoliko narašča. 7,4 %, 13,8 % oz. 16,5 % priklicanih dokumentov naše poizvedbe pade v to kategorijo. Večji odstotki člankov se pojavijo pri kategorijah, ki se nanašajo na materiale, fiziko, kemijo.

Preglednica 12: WOS kategorije - WCat, s katerimi so opisani članki, najdeni z izbrano iskalno metodologijo glede na analizirana obdobja (11.5.2012)

Table 12: Some WOS categories (WCat) which describe the articles retrieved by search query Maghrebi for the period under analysis

WOS kategorija	2001-2005	2006-2010	2011-2012
Materials science multidisciplinary	23,2	27,3	29,5
Physics applied	20,0	20,3	19,4
Chemistry physical	18,2	19,4	20,8
Chemistry multidisciplinary	17,2	17,8	17,9
Physics condensed matter	17,3	13,9	11,8
<b>Nanoscience nanotechnology</b>	<b>7,4</b>	<b>13,8</b>	<b>16,5</b>
Polymer science	5,1	5,8	6,5
Physics multidisciplinary	4,8	4,0	3,9
Optics	3,4	3,7	3,8
Electrochemistry	2,3	3,6	4,3
Chemistry analytical	2,5	3,4	4,0
Physics atomic molecular chemical	4,4	3,3	3,2
Engineering electrical electronic	3,8	3,3	3,1
Engineering chemical	2,9	3,1	4,0
Metallurgy metallurgical engineering	2,6	2,8	2,7
Materials science coatings films	2,7	2,6	2,5
Chemistry inorganic nuclear	2,5	2,5	2,3
Crystallography	2,2	2,1	2,0
Biochemistry molecular biology	1,8	2,0	1,9
Chemistry organic	1,9	1,7	1,7
Instruments instrumentation	1,5	1,6	1,6
Pharmacology pharmacy	1,0	1,6	2,1
Materials science ceramics	2,0	1,6	1,4

Preglednica 12 prikazuje razporeditev za tiste kategorije WCat, ki so v iskalni poizvedbi 2006-2010 zastopane z več kot 1,5 %. Vrsta kategorij, tudi tiste o živi naravi (angl. life sciences) ali okoljskih vedah je prisotnih le z manjšim deležem člankov; *Biotechnology*,

*applied microbiology* 1,2 %, *Cell biology* 0,5 %, *Microbiology* 0,2 %, *Food science and technology* 0,3, *Biology* 0,2 %, *Agriculture multidisciplinary* 0,05%, *Agronomy* 0,02%.

### Primerjava med WOS in Scopus – posamezne revije

V sledeči analizi smo se osredotočili na primerjavo revij, iz katerih smo zajeli največ nano člankov. Na podlagi izkušenj iz predhodnih analiz nismo pričakovali bistvenih razlik. Nekoliko natančneje smo nato analizirali klasifikacijo štirih revij, ki so po številu priklicanih dokumentov med vodilnimi, na podlagi njihovih naslovov pa nedvomno vemo, da vključujejo vsebine s področja nanoznanosti in nanotehnologije. To so *Nanotechnology*, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, *ACS nano* in *Nano Letters*, dodatno pa smo vključili še revijo *Small*.

Preglednica 13: Primerjava med zbirkama WOS in Scopus glede na revije člankov z največjo pojavnostjo v iskalni poizvedbi Maghrebi za leto 2010 (5.7.2012)

Table 13: Comparison between databases WOS and Scopus for the most frequent publication titles in search query Maghrebi in 2010

Naslov vira (Source title)	WOS (vsi 89.561)		Scopus (vsi 106.042)	
	število	zaporedje	število	zaporedje
Proceedings of SPIE the Int. Soc. for Optical Engineer.	-	-	1.985	1
Physical review B	2.238	1	1.909	2
Journal of physical chemistry C	2.076	2	1.814	4
Applied physics letters	1.952	3	1.826	3
Langmuir	1.719	4	1.395	5
Abstracts of papers of the American Chemical Society	1.635	5	-	-
Journal of applied physics	1.501	6	1.309	6
<b>Journal of nanoscience and nanotechnology</b>	1.252	7	1.225	7
<b>Nanotechnology</b>	1.092	8	1.048	8
Chemical communications	1.016	9	929	9
Journal of materials chemistry	990	10	875	12
Journal of the American Chemical Society	987	11	904	10
Journal of alloys and compounds	920	12	825	14
<b>ACS nano</b>	906	13	885	11
<b>Nano letters</b>	832	14	816	15
<b>Small</b>	364	43	349	46

Iz vsebinskega opisa posameznih revij, ki ga prikažemo v preglednici 14, lahko vidimo, da se interdisciplinarna ali multidisciplinarna naravnost revije omenja bodisi neposredno ali posredno. V opisih, katera področja naj bi revije zajemale, se omenjata tudi področji biologije in biotehnologije, kar pa se ne ujema s klasifikacijskimi kategorijami, s katerimi so revije vsebinsko opredeljene.

Preglednica 14: Klasifikacija izbranih revij v WOS in Scopus (8.8.2013; SJR, 2012; Web ..., 2012)  
Table 14: Classification of the selected journals in WOS and Scopus (SJR, 2012; Web ..., 2012)

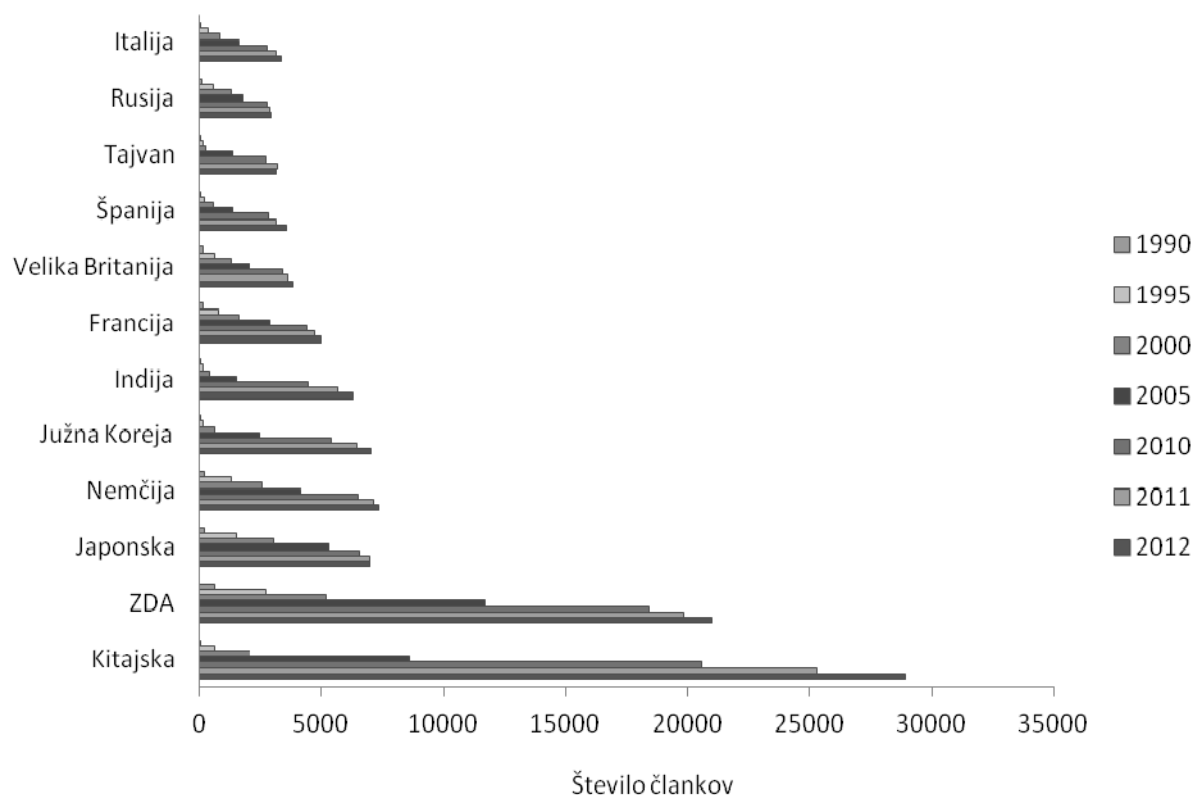
Naslov revije /država/založnik	Izveček opisa vsebinskega pokrivanja revije v originalni obliki (cit. po SJR, 2012)	Scopus	WOS
		klasifikacija revij	klasifikacija revij
		Subject area	Research area
		Subject category	WOS category
<b>Nanotechnology</b>  Država: V. Britanija Izdaja: Institute of Physics Publishing	The journal aims to publish papers at the forefront of nanoscale science and technology and especially those of an interdisciplinary nature. It encompasses the understanding of the fundamental physics, chemistry, biology and technology of nanometre-scale objects and how such objects can be used in the areas of computation, sensors, nanostructured materials and nanobiotechnology.	- Chemical engineering - Engineering - Chemistry - Materials Science  - Mechanical engineering - Engineering (misc.) - Mechanics of materials - Materials science (misc.) - <b>Chemistry (misc.)</b> - Electrical and electronic engineering - Bioengineering	- Materials science - Physics - Science techn. other topics  - Materials science (mult.) - Nanoscience nanotechn. - <b>Physics applied</b>
<b>Journal of Nanoscience and Nanotechnology</b>  Država: ZDA Izdaja: American Scientific Publisher	JNN is a multidisciplinary peer-reviewed journal with a wide-ranging coverage, consolidating research activities in all areas of nanoscience and nanotechnology ... encompassing the fundamental and applied research in all disciplines of science, engineering and medicine.	- Chemistry - Engineering - Materials science  - Chemistry (misc.) - Engineering (misc.) - Materials science (misc.)	- Chemistry - Materials science - Physics - Science techn. other topics - Chemistry (mult.) - Materials science (mult.) - Nanoscience nanotechn. - Physics applied - Physics condens. matter
<b>ACS nano</b>  Država: ZDA Izdaja: American Chemical Society	ACS Nano is an international forum for the communication of comprehensive articles on nanoscience and nanotechnology research at the interfaces of chemistry, biology, materials science, physics, and engineering.	- Materials science - Physics and astronomy  - Materials science (misc.) - <b>Physics and astronomy (misc.)</b>	- Chemistry - Materials science - Science techn. other topics  - <b>Chemistry (mult.)</b> - Chemistry physical - Materials science (mult.) - Nanoscience nanotechn
<b>Nano Letters</b>  Država: ZDA Izdaja: American Chemical Society	Nano Letters reports on fundamental research in all branches of the theory and practice of nanoscience and nanotechnology, providing rapid disclosure of the key elements of a study, publishing preliminary, experimental, and theoretical results on the physical, chemical, and biological phenomena.	- Chemistry - Materials science  - Chemistry (misc.) - Electronic, optical and magnetic mater. (misc.) - Materials science (misc.)	- Chemistry - Materials science - Physics - Science techn. other topics - Chemistry (mult.) - Chemistry physical - Materials science (mult.) - Nanoscience nanotechn. - Physics condens. matter
<b>Small</b>  Država: Nemčija Izdaja: Wiley	Small continues to be among the top multidisciplinary journals covering a broad spectrum of topics at the nano- and microscale at the interface of materials science, chemistry, physics, engineering, medicine, and biology.	- Materials Science - Physics and Astronomy - Engineering - Chemistry - Biochemistry, Genetics and Molecular Biology - Chemistry (misc.) - Biomaterials - Engineering (misc.) - Biotechnology - Condensed Matter Physics	- Chemistry - Materials science - Physics - Science techn. other topics  - Chemistry (mult.) - Chemistry physical - Materials science (mult.) - Nanoscience nanotechn. - Physics applied - Physics condens. matter

Iz preglednice je tudi razvidno, da zbirki dve od izbranih revij različno opredelita. Revija Nanotechnology na primer vključuje po opisu (SJR, 2012) članke s področja temeljne fizike, kemije, biologije, tehnologije objektov na nanometrski skali, njihovo uporabo na področjih računalništva, sensorike, nano materialov in nano-biotehnologije. Zbirka WOS jo razvrsti v področje fizike, znanosti o materialih in kategorijo nanoznanost, nanotehnologija, za razliko od WOS pa jo Scopus ne razvrsti v področje fizike, pač pa kemije, kemijske tehnologije in tehnike, čeprav bi po izdajatelju bilo moč sklepati, da se nanaša bolj na fiziko (Institute of Physics Publishing). Podobno je revija ACS nano, ki po opisu prav tako objavlja članke s področja kemije, biologije, materialov, fizike, tehnike, biotehnologije ipd. v zbirki Scopus klasificirana v področje fizike in astronomije, v zbirki WOS pa v področje kemije, kar se zdi bolj verjetno, saj jo izdaja American Chemical Society.

#### 4.4 USTANOVE, V KATERIH NASTAJAJO NANO RAZISKAVE

##### Razkropljenost raziskav glede na državo avtorja

Analizo zastopanosti držav od koder prihajajo avtorji raziskav smo pripravili na podlagi bibliografskih zapisov člankov, pridobljenih z izbrano iskalno metodologijo v splošni zbirki WOS za posamezna leta. Posamezna država je upoštevana na članek samo enkrat. V primeru, da je članek nastal v sodelovanju avtorjev iz različnih držav, pa se upošteva pri obeh državah.



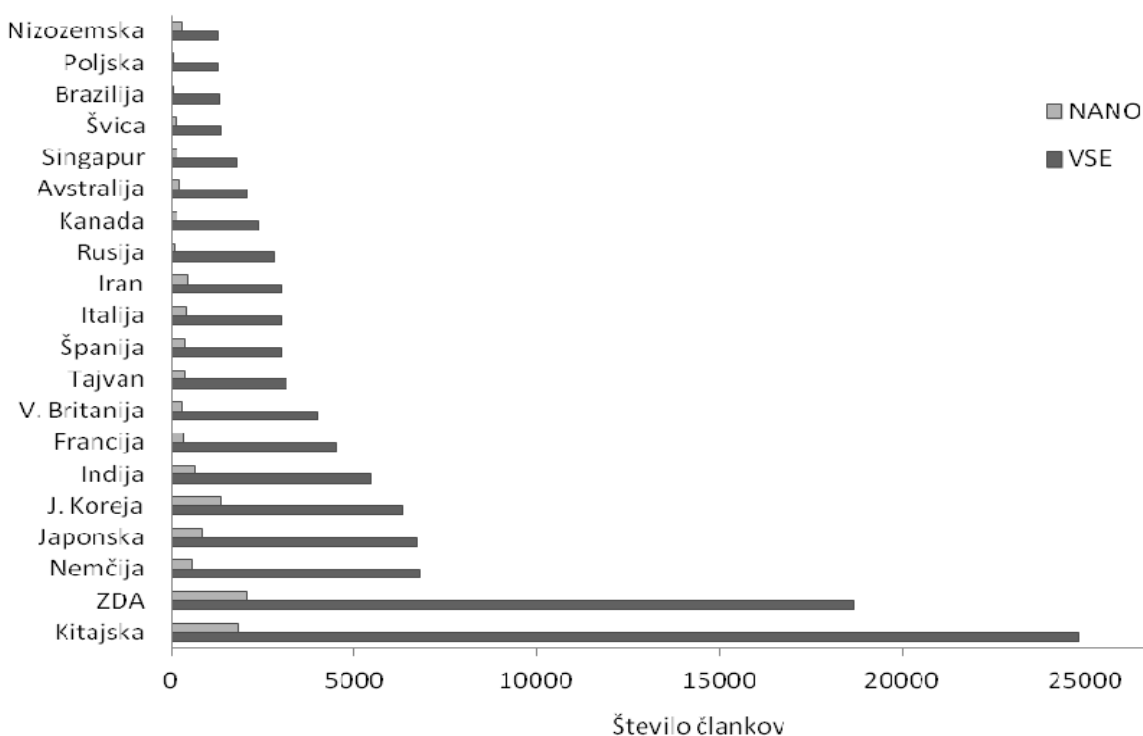
Slika 13: Razkropljenost raziskav glede na državo, od koder prihajajo avtorji člankov (6.8.2013)  
Figure 13: The scatter of research accros the country of origin of the articles' authors

Rezultati kažejo na vedno večjo aktivnost kitajskih raziskovalcev. V zadnjih nekaj letih zasedajo glede na vključenost v različne raziskave z nanopodročja prvo mesto in so pred ZDA, ki so bile vodilne na tem področju v preteklem obdobju. Slovenija je za leto 2011 prisotna z 227 članki, 18 pa jih vključuje koren nano v imenu vsaj ene ustanove.

#### Podrobnejša analiza ustanov avtorjev

Pri iskanju informacij o tem, ali so raziskave nastajale v t.i. novo nastalih laboratorijih ali v okviru obstoječih laboratorijev, ki se ukvarjajo s tradicionalnimi naravoslovnimi disciplinami, smo se omejili na tiste, pri katerih se v naslovu ustanove pojavi beseda nano ali izpeljanka, ki vključuje koren te besede. Ker posamezni raziskovalci navedejo več ustanov, na drugi strani pa je lahko več raziskovalcev iz iste ustanove, smo se odločili, da bomo prešteli članke, kjer se pojavi vsaj en takšen laboratorij oziroma skupina, ki vsebuje ime nano. Analiza (30.10.2012) z izbrano iskalno metodologijo za leto 2011 je pokazala, da je bilo od vseh 95.017 člankov 12.633 (nekaj čez 13 %) takšnih, kjer se je pojavila vsaj ena ustanova, kjer je že iz naslova (npr. laboratorija) razvidno, da je v povezavi z nanopodročjem.

Slika 14 prikaže države, od koder prihajajo avtorji člankov. Če je članek nastal v sodelovanju avtorjev iz različnih držav, se upošteva pri obeh državah. Država ustanove oz. avtorja se pri posameznem članku upošteva le enkrat, tudi če je v soavtorstvu več avtorjev iz iste države.



Slika 14: Število ustanov z besedo nano v naslovu glede na državo, od koder prihajajo avtorji člankov leto 2011  
Figure 14: Institutions containing the word nano in the name of an institution, by the country of origin of the articles' authors for 2011

Preglednica 15: Pojavnost glede na vključenost besede nano v naslovu ustanove za leto 2011 po državah (30.10.2012)

Table 15: Articles with regard to inclusion of the word nano in the name of an institution in 2011

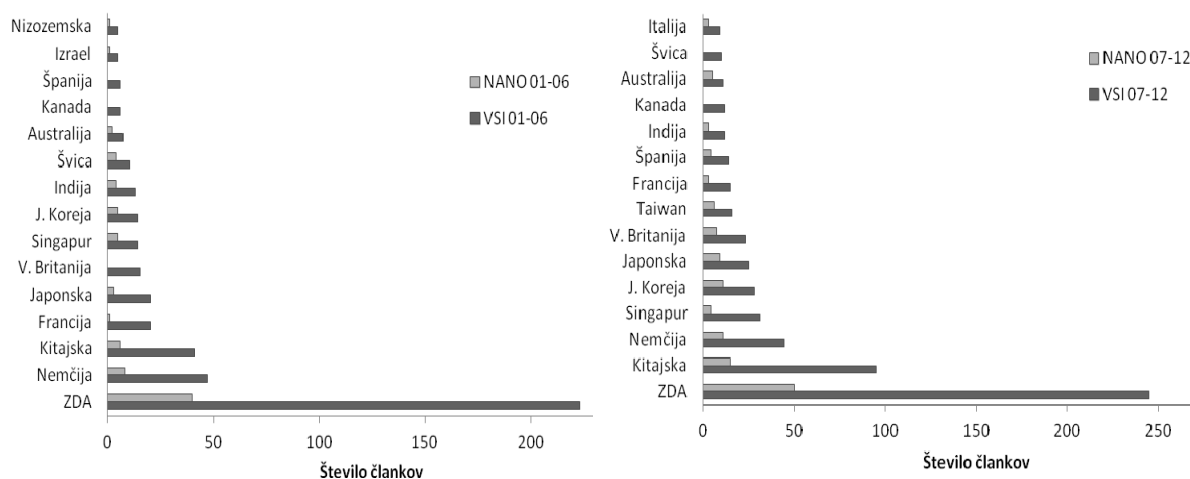
Država	Vse	Nano	% nano	Država	Vse	Nano	% nano
Kitajska	24.820	1.859	7,5	Belgija	1.018	127	12,5
ZDA	18.658	2.058	11,0	Turčija	906	96	10,6
Nemčija	6.791	588	8,7	Romunija	792	45	5,7
Japonska	6.726	844	12,5	Malezija	776	101	13,0
J. Koreja	6.329	1.364	21,6	Izrael	741	159	21,5
Indija	5.496	640	11,6	Avstrija	694	69	9,9
Francija	4.528	347	7,7	Ukrajina	678	1	0,1
V. Britanija	4.007	317	7,9	Finska	642	80	12,5
Tajvan	3.159	400	12,7	Portugalska	637	45	7,1
Španija	3.024	383	12,7	Češka	627	14	2,2
Italija	3.001	441	14,7	Danska	623	265	42,5
Iran	2.999	472	15,7	S. Arabija	601	77	12,8
Rusija	2.834	88	3,1	Mehika	600	77	12,8
Kanada	2.360	168	7,1	Grčija	522	7	1,3
Avstralija	2.092	255	12,2	Irska	489	37	7,6
Singapur	1.802	157	8,7	Egipt	472	26	5,5
Švica	1.378	112	8,1	Tajska	442	94	21,3
Brazilija	1.323	53	4,0	Argentina	368	9	2,4
Poljska	1.289	33	2,6	Madžarska	327	39	11,9
Nizozemska	1.271	300	23,6	J.Afrika	313	34	10,9
Švedska	1.139	94	8,3	Norveška	240	25	10,4

Preglednica 15 prikaže dodatno še odstotke nano ustanov glede na vse zajete ustanove avtorjev člankov. Iz rezultatov lahko zaključimo, da je kumulativno največ raziskav, ki so nastale v ZDA. Večji odstotek nano laboratorijev je še v primeru Južne Koreje, Irana, Nizozemske ali Tajske, če omenimo le nekatere z najvišjimi odstotki. Kar 42,5 % pa je člankov danskih avtorjev, pri katerih je v afiliciji vsaj ena ustanova, ki v besedah iz naslova nosi koren nano.

#### Podrobnejša analiza ustanov avtorjev na vzorcu najbolj citiranih člankov izbranih nano revij

Podobno analizo smo pripravili še za članke iz revij, ki so klasificirane s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. V analizo smo zajeli po 100 najbolj citiranih člankov iz revij Journal of Nanoscience & Nanotechnology, Nano letters, Nanotechnology, Small in ACS nano. Analiza naslovov ustanov avtorjev je pokazala, da imamo v setu podatkov 2007-2012 od 500 člankov pri 107 člankih (21 %) v imenu ustanove ali oddelka zapisan koren nano (bionano, nanoeng, nanomat, nanophoton ipd). V primeru seta podatkov 2001-2006 (brez revije ACS nano, ki začne izhajati šele z letom 2007) pa je pri 400 člankih takšnih 84, kar prav tako predstavlja 21 %. Pri približno petini najbolj citiranih člankov iz izbranih 'nano revij' se torej pojavi vsaj ena ustanova, kjer se v imenu pojavi nano.





Slika 15: Ustanove z besedo nano v naslovu glede na državo, od koder prihajajo avtorji najbolj citiranih člankov izbranih revij (30.10.2012)

Figure 15: Institutions with the word nano in the institution name, by the country of origin of the authors of the most cited papers in selected journals

#### 4.5 PROUČEVANJE INTERDISCIPLINARNOSTI NANOPODROČJA

Analitični pristop, ki smo ga izbrali za proučevanje interdisciplinarnosti, temelji na analizi citiranja. Predpostavili smo, da znanstvena komunikacija, ki poteka na način, da novejši članek citira starejšega, kaže na pretok znanja. Reference (citirane članke) smo tako uporabili za indikatorje prenosa in uporabe obstoječega znanja. Za analizo smo pripravili več setov podatkov, ki smo jih za leto 2011 priklicali iz zbirke WOS, bodisi z izbrano iskalno metodologijo za oris celotnega nanopodročja ali pa smo odbiro podatkov naredili po drugih kriterijih, ki jih opišemo pri posamezni analizi. Zaradi številnih podrobnosti, ki so pomembne za rezultate, pri vsaki analizi na kratko popišemo obseg podatkov in metodologijo.

Interdisciplinarnost področja smo torej proučevali na različnih setih podatkov. Pri tem smo uporabili različne nivoje združevanja podatkov (naslovi revij, klasifikacijske enote). V okviru slednjih smo uporabili različne obstoječe klasifikacijske enote, ki vsebinsko opredeljujejo revije (WOS raziskovalna področja SC, WOS kategorije WCat, klasifikacijo ESI). Večji del analiz proučevanja interdisciplinarnosti je temeljil na nivoju WOS kategorij WCat (metodologijo smo natančno opisali že v okviru priprave podatkov). Relacije med enotami smo iskali z uporabo različnih metod (bibliografsko združevanje, analiza navzkrižnega citiranja, socitiranje). Proučevali smo razlike pri uporabi različnih indeksov podobnosti med enotami. Uporabili smo različne metode združevanja podatkov in jih poskušali utemeljiti še z različnimi multivariatnimi analizami. Mulidisciplinarno naravo področja pa smo analizirali tudi z indeksi diverzitete.

##### 4.5.1 Analize celotnega nanopodročja po izbrani iskalni metodologiji

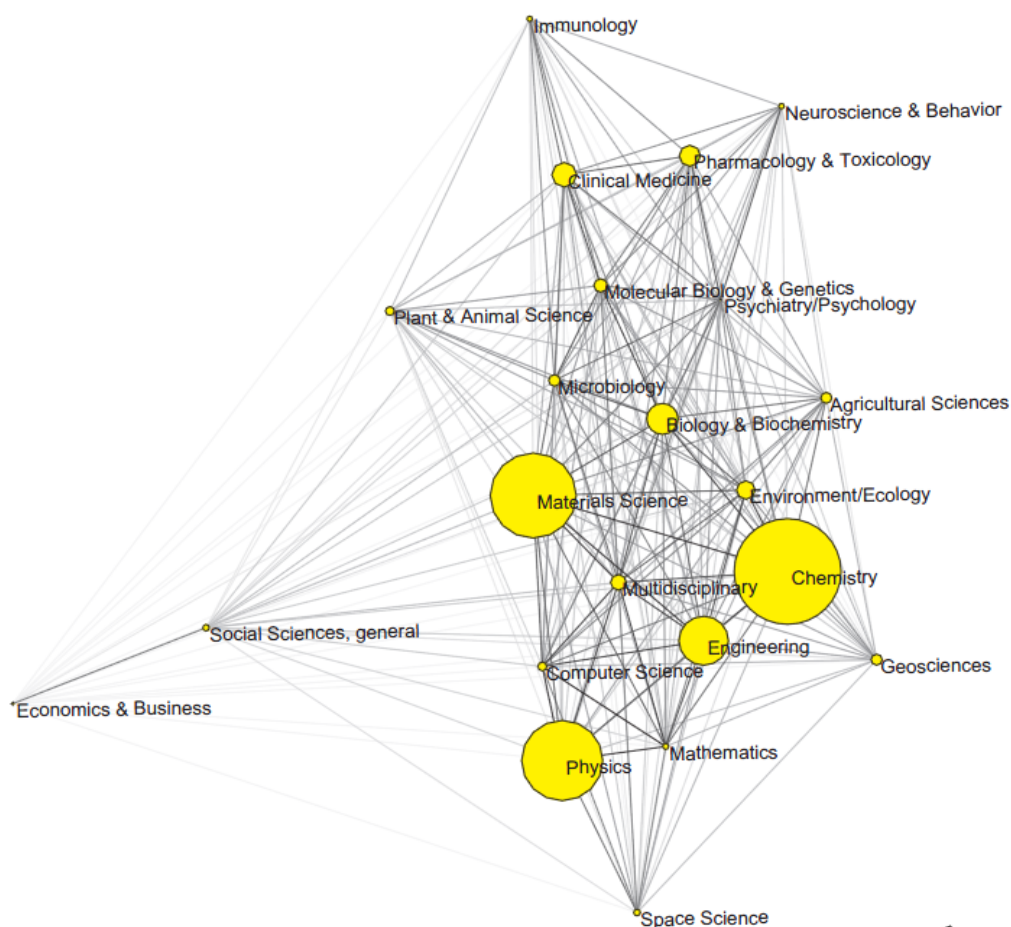
Podatke za leto 2011 smo z izbrano iskalno metodologijo za oris nanopodročja (Maghrebi) pridobili iz zbirke WOS. V okviru analize celotnega področja smo analizirali 95.017 člankov. Področja, na katera segajo nano raziskave, smo proučevali na osnovi dveh klasifikacijskih sistemov zbirke WOS – kategorije WOS WCat in ESI klasifikacija. Slednja

je manj znana, podrobneje jo opišemo že v poglavju 3.4.3. Po že opisani metodologiji smo pripravili normalizirani matriki, na podlagi katerih smo ugotavljali glede na izbrani klasifikacijski sistem, s katerim so opredeljene revije:

- vsebinska področja, na katera segajo nano raziskave,
- povezave med citirajočimi področji glede na podobnost v citiranju,
- vsebinska področja, s katerimi so opredeljeni citirani članki in relacije med njimi.

#### 4.5.1.1 Klasifikacija ESI (Essential Science Indicators)

Najprej smo področja citirajočih člankov prikazali na osnovi klasifikacije ESI. Posamezna revija je klasificirana z eno od dvaindvajsetih ESI kategorij. Standardizirana matrika navzkrižnega citiranja na osnovi ESI kategorij, preračunana z mero podobnosti Salton kosinus, je bila osnova za prikaz relacij. Slika 16 prikazuje mrežo 95.017 člankov na osnovi ESI klasifikacije in povezave med enotami. Velikost vozlišč (krogcev) odraža frekvenco citirajočih člankov, klasificiranih s posamezno kategorijo. Sliko smo pripravili s programom Pajek in izrisali z algoritmom Kamada-Kawai. Bližina in jakost povezav med posameznimi kategorijami kaže na večjo ali manjšo podobnost v citiranju. Najbolj izstopita kategoriji *Economics & Business in Social Sciences*. Med seboj sta nekoliko bolj povezani, od ostalih sta oddaljeni, med njimi so šibkejše relacije.



Slika 16: Omrežje kategorij ESI za citirajoče članke (Pajek, algoritem Kamada-Kawai)  
Figure 16: Network for ESI categories of citing articles (Pajek, algorithm Kamada-Kawai)

Preglednica 16: Število dokumentov (odstotki) za ESI kategorije citirajočih člankov  
Table 16: Number of documents (shares) for ESI categories of citing articles

ESI kategorija	Št. dok.	%
Chemistry	34.555	35,6
Materials science	22.379	23,1
Physics	19.920	20,5
Engineering	7.416	7,6
Biology & biochemistry	2.962	3,0
Clinical medicine	1.877	1,9
Pharmacology & toxicology	1.364	1,4
Environment/ecology	1.051	1,1
Multidisciplinary	751	< 1
Molecular Biology & Genetics	554	< 1
Microbiology	407	< 1
Geosciences	373	< 1
Agricultural Sciences	360	< 1
Computer Science	241	< 1
Plant & Animal Science	239	< 1
Space Science	130	< 1
Social Sciences, general	126	< 1
Mathematics	105	< 1
Neuroscience & Behavior	90	< 1
Immunology	85	< 1
Economics & Business	20	< 1
Psychiatry/Psychology	4	< 1

Preglednica 17: Indeks Salton kosinus za pare kategorij citirajočih člankov po ESI klasifikaciji > 0,75  
Table 17: Salton cosine similarity index for pairs of categories of citing articles by ESI classification (> 0.75)

Indeks	1. kategorija	2. kategorija
0,89	Computer Science	Mathematics
0,87	Mathematics	Physics
0,86	Engineering	Materials Science
0,86	Materials Science	Multidisciplinary
0,85	Chemistry	Materials Science
0,84	Computer Science	Physics
0,84	Chemistry	Engineering
0,84	Computer Science	Multidisciplinary
0,84	Computer Science	Engineering
0,82	Engineering	Multidisciplinary
0,82	Mathematics	Multidisciplinary
0,82	Chemistry	Environment/Ecology
0,82	Multidisciplinary	Physics
0,80	Biology & Biochemistry	Chemistry
0,80	Biology & Biochemistry	Molecular Biology & Genetics
0,80	Engineering	Mathematics
0,79	Chemistry	Multidisciplinary
0,78	Clinical Medicine	Molecular Biology & Genetics
0,78	Biology & Biochemistry	Multidisciplinary
0,77	Engineering	Environment/Ecology
0,77	Microbiology	Molecular Biology & Genetics
0,76	Biology & Biochemistry	Microbiology
0,75	Pharmacology & Toxicology	Psychiatry/Psychology

Iz preglednice 16 in velikosti vozlišč na sliki 16 je razvidno, da je največ člankov klasificiranih s kategorijo *Chemistry*, sledita *Materials science* in *Physics* ter *Engineering*. Prve tri omenjene kategorije opredelijo skoraj 80 % vseh analiziranih člankov, *Biology & biochemistry* se pojavi pri 3 % analiziranih citirajočih člankov. V preglednici 17 so prikazani indeksi podobnosti iz matrike navzkrižnega citiranja za pare kategorij, ki dosežejo podobnosti v citiranju > 0,75.

Delovna zbirka referenc je v primeru klasifikacije ESI zajela 3.071.661 enot (vrstic). V preglednici 18 so prikazani zbirni podatki po posameznih kategorijah ESI za citirane članke (reference). Prav tako kot pri citirajočih člankih prevladuje delež kategorije *Chemistry*. Kar 86 % člankov vključuje vsaj eno reference, ki je klasificirana s to kategorijo. Velik delež člankov pa citira tudi članke, objavljene v revijah, ki so klasificirane z ESI klasifikacijama *Physics* in *Materials science*. Približno polovica citirajočih člankov vključuje reference s področja *Engineering* in *Multidisciplinary sciences*, ostala področja pa so v člankih zastopana z nižjimi deleži (razvidno iz preglednice 18).

Preglednica 18: Pojavnost in odstotki za reference na osnovi ESI klasifikacije  
Table 18: Number and shares for ESI categories of cited articles

WCat kategorija referenc	Frekvenca vseh navedb kategorije v referencah	Kategorija reference se na članek upošteva le enkrat	
Chemistry	1.222.928	81.609	85,9 %
Physics	620.748	68.984	72,6 %
Materials Science	513.736	75.195	79,1 %
Engineering	149.766	44.770	47,1 %
Multidisciplinary	148.399	51.795	54,5 %
Biology & Biochemistry	122.197	27.788	29,2 %
Clinical Medicine	79.062	14.900	15,7 %
Pharmacology & Toxicology	65.593	12.653	13,3 %
Environment/Ecology	35.765	9.642	10,1 %
Molecular Biology & Genetics	33.020	9.634	10,1 %
Geosciences	16.809	5.292	5,5 %
Microbiology	14.857	5.579	5,8 %
Agricultural Sciences	10.410	3.663	3,8 %
Plant & Animal Science	9.851	2.804	2,9 %
Neuroscience & Behavior	7.825	2.248	2,4 %
Immunology	7.353	2.493	2,5 %
Computer Science	4.318	2.826	2,9 %
Mathematics	2.755	1.746	1,8 %
Space Science	2.600	556	0,6 %
Social Sciences, general	2.472	652	0,6 %
Economics & Business	934	158	0,2 %
Psychiatry/Psychology	263	139	0,2 %

#### 4.5.1.2 Klasifikacija WOS - kategorije WCat

V setu 95.017 citirajočih člankov, pridobljenih z izbrano iskalno metodologijo za leto 2011, so revije klasificirane s 138 raziskovalnimi področji SC in 205 različnimi kategorijami WCat. Slednje so tudi osnova za večji del analiz v nadaljevanju naše raziskave.

Vseh kategorij WCat, s katerimi so opisane revije referenc – citiranih člankov – pa je 227. Dejansko se jih je pojavilo nekoliko več – 235, pa smo jih nekaj združili, ker so se poimenovanja posameznih kategorij WCat čez čas nekoliko spreminjala. Pri tem smo si pomagali z zbirko JCR, kjer smo lahko pregledovali poimenovanja tudi za pretekla leta. Za matematiko smo na primer dobili sledeča poimenovanja: *Mathematics, multidisciplinary, Mathematics, interdisciplinary* in *Mathematics, interdisciplinary applications*. Matrika, ki smo jo pripravili na osnovi kategorij WCat, je v tej fazi obsegala 205 različnih WCat kategorij citirajočih člankov in 227 spremenljivk oziroma pripadajočih WCat kategorij citiranih člankov (referenc).

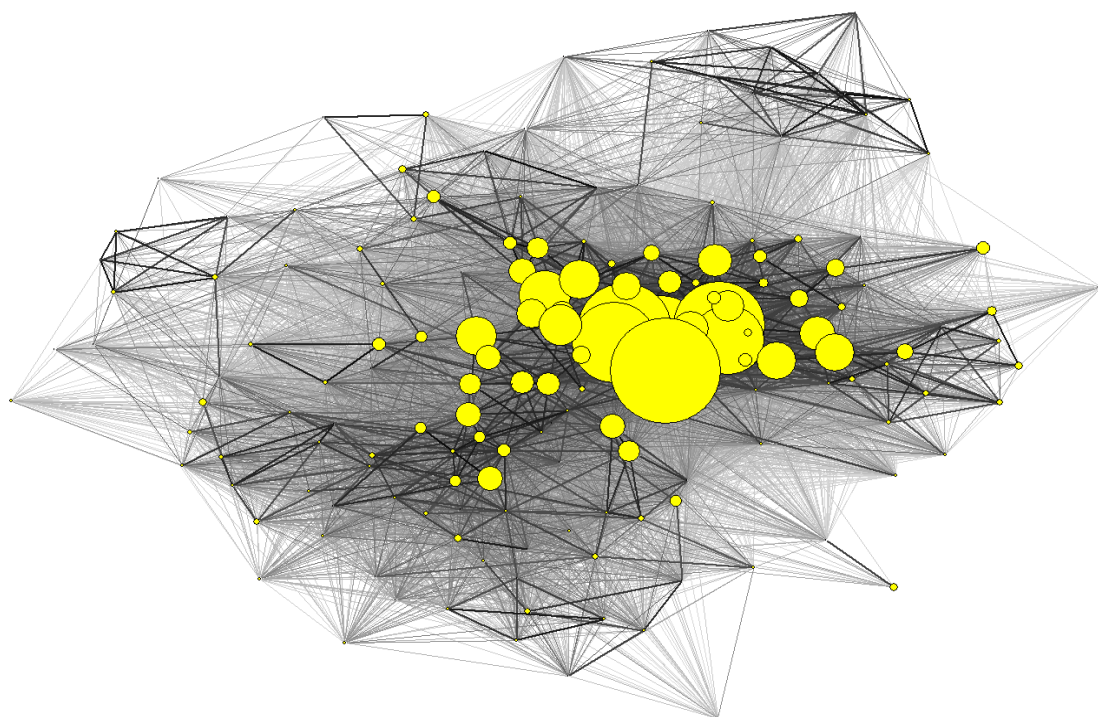
V nadaljevanju analize smo relacije med enotami (kategorijami WCat) v omrežju proučevali z različnimi analizami citiranja in socitiranja - z metodo bibliografskega združevanja, navzkrižnega citiranja in socitiranja.

#### Analiza vsebinske povezanosti citirajočih člankov z metodo bibliografskega združevanja

Ker smo nadaljnje analize opravili iz matrike navzkrižnega citiranja, se tej analizi v celoti posvetimo kasneje. Najprej prikažemo delne rezultate analize z metodo bibliografskega združevanja, ki se praviloma uporablja za iskanje vsebinske povezanosti - sorodnosti citirajočih člankov (uporabnikov znanja). Predpostavlja se, da sta dva članka, ki ju avtorji pogosto citirajo skupaj, vsebinsko povezana. Več kot imata članka skupnih referenc, bolj sta torej bibliografsko povezana. Zaradi obsežne datoteke citiranih člankov (referenc), v obliki WCat kategorij je datoteka obsegala 5.685.379 enot (vrstic), smo analizo lahko opravili le na vzorcu podatkov. Čeprav smo zahtevne procese bibliografskega združevanja, ki so bili zelo potratni, tako časovno, kot tudi v smislu potrebnega računalniškega spomina, vzporedno poskušali pripraviti s programoma Matlab in R.

Prikazani delni rezultat (slika 17) je torej dobljen na osnovi vzorca podatkov in na združenih podatkih na nivoju kategorij WCat in ne na originalnih zapisih referenc. V analizi smo upoštevali posamezno kategorijo WCat v referencah posameznega članka samo enkrat. Slika 18 prikaže citirajoče članke, klasificirane s tistimi kategorijami WCat, ki delijo s članki, klasificiranimi z WCat *Nanoscience & nanotechnology*, največ skupnih referenc (referenc enake WCat). Več kot jih je, debelejša je povezava. Najdebeleje so označene tiste kategorije, ki tudi sicer skupaj z *Nanoscience & nanotechnology* klasificirajo posamezne 'nano revije'. Med kategorijami citirajočih člankov, ki so sorodne z *Nanoscience & nanotechnology* v smislu, da delijo veliko skupnih referenc, so tudi kategorije WCat, ki imajo predpono 'bio' (biotechnology, biochemistry, biomedical, biophysics, biochemistry, biomaterials).





Slika 18: Mreža citirajočih člankov iz normalizirane matrike navzkrižnega citiranja (Pajek, Kamada-Kawai)  
Figure 18: Network of citing articles in the normalized matrix of cross-citing (Pajek, Kamada-Kawai)

V tej analizi namenoma prikažemo samo velikost področij in mrežo povezav. Celotno sliko z imeni področij prikažemo v nadaljevanju.

Preglednica 19: Najpogostejše kategorije WCat, s katerimi so klasificirani citirajoči članki  
Table 19: The most frequent WOS categories which classify the citing articles

WOS kategorija	Št. dok.	%
Materials Science, Multidisciplinary	28.644	30,1
Chemistry, Physical	20.554	21,6
Physics, Applied	19.096	20,1
Chemistry, Multidisciplinary	16.651	17,5
Nanoscience & Nanotechnology	16.113	16,9
Physics, Condensed Matter	11.954	12,6
Polymer Science	6.112	6,4
Electrochemistry	4.294	4,5
Engineering, Chemical	3.928	4,1
Chemistry, Analytical	3.851	4,1
Optics	3.780	3,9
Physics, Multidisciplinary	3.728	3,9
Physics, Atomic, Molecular & Chemical	3.166	3,3
Engineering, Electrical & Electronic	3.111	3,2
Metallurgy & Metallurgical Engineering	2.843	2,9

Iz preglednice 20 so razvidni pari kategorij iz normalizirane matrike navzkrižnega citiranja Salton kosinus z najvišjimi indeksi podobnosti.



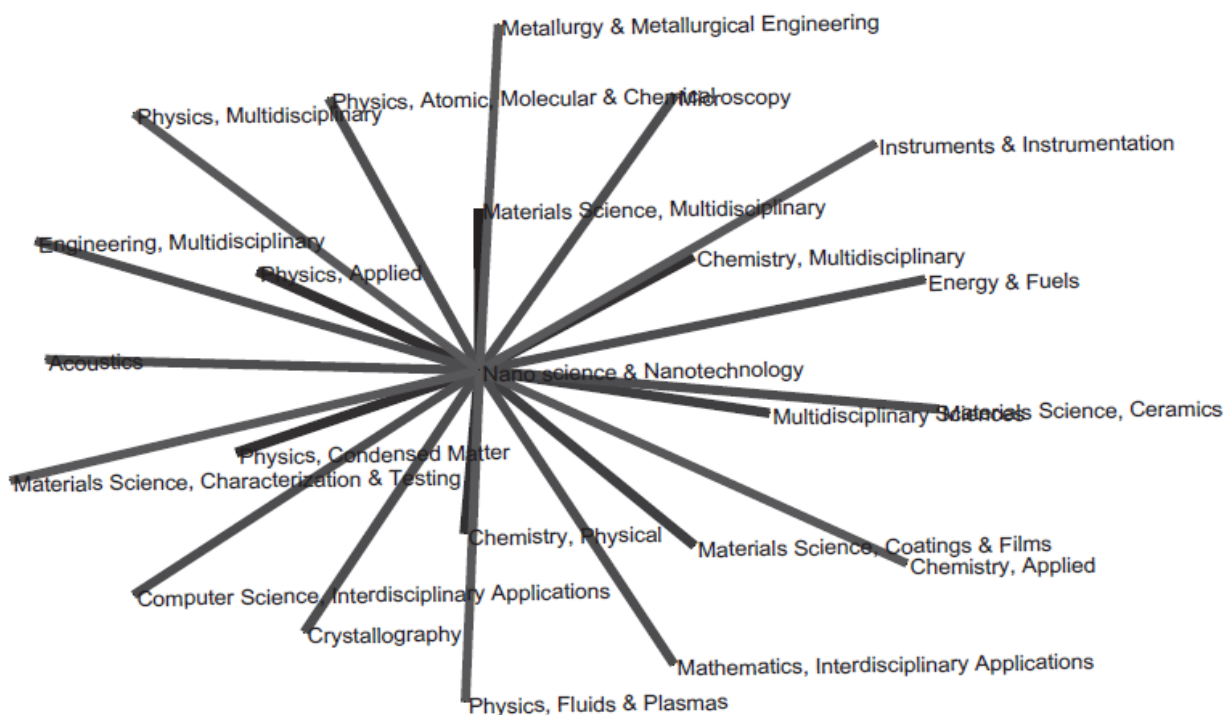
Preglednica 20: Pari kategorij citirajočih člankov iz matrike podobnosti citiranja z najvišjim indeksom  
Table 20: Some pairs of categories of citing articles with the highest similarity in the matrix of Salton cosine index

Indeks	1. kategorija	2. kategorija
0,995	Materials Science, Multidisciplinary	Nanoscience & Nanotechnology
0,986	Engineering, Biomedical	Materials Science, Biomaterials
0,981	Engineering, Environmental	Environmental Sciences
0,977	Chemistry, Physical	Materials Science, Multidisciplinary
0,976	Engineering, Civil	Engineering, Environmental
0,975	Physics, Applied	Physics, Condensed Matter
0,972	Chemistry, Physical	Nanoscience & Nanotechnology
0,971	Chemistry, Medicinal	Pharmacology & Pharmacy
0,970	Engineering, Civil	Environmental Sciences
0,969	Chemistry, Multidisciplinary	Chemistry, Physical
0,968	Biodiversity Conservation	Ecology
0,962	Chemistry, Multidisciplinary	Nanoscience & Nanotechnology
0,962	Nanoscience & Nanotechnology	Physics, Applied
0,961	Materials Science, Textiles	Polymer Science
0,959	Biophysics	Biotechnology & Applied Microbiology
0,958	Chemistry, Multidisciplinary	Materials Science, Multidisciplinary
0,957	Materials Science, Multidisciplinary	Physics, Applied
0,956	Materials Science, Coatings & Films	Physics, Applied
0,949	Business	Management
0,948	Nanoscience & Nanotechnology	Physics, Condensed Matter
0,945	Computer Science, Theory & Methods	Physics, Particles & Fields
0,943	Materials Science, Multidisciplinary	Physics, Condensed Matter
0,942	Food Science & Technology	Nutrition & Dietetics

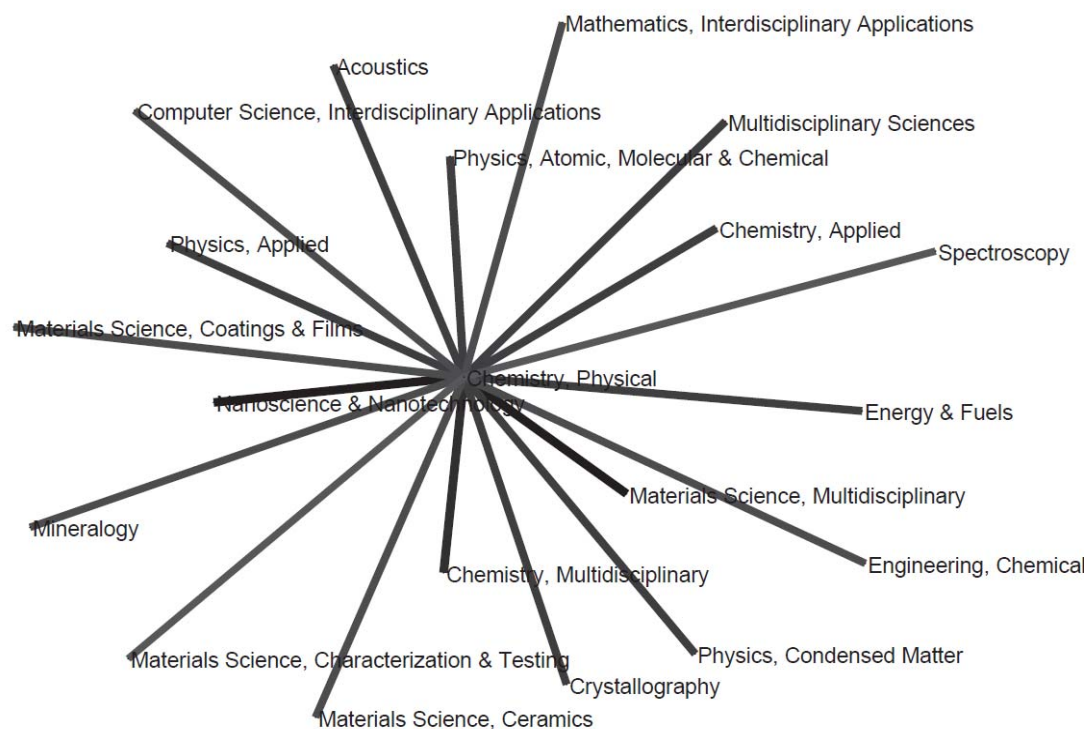
Na slikah 19 do 22 je nazorneje prikazana podobnost v citiranju za nekatere izbrane kategorije, ki so izpisane v središču in s katerimi so ostale primerjane. Za primer smo predstavili dve kategoriji, s katerimi so revije s področja nanoznanosti pogosto klasificirane (*Nanoscience & nanotechnology*, *Chemistry, physical*) in dve z 'bio področja' (*Biotechnology & applied microbiology*, *Agronomy*). Dolžina - oddaljenost od središča in debelina črtice kaže na podobnost v citiranju. Krajša in debelejša kot je črtica, bolj sta si dve kategoriji podobni v smislu citiranja.

Kosinusov indeks para *WCat Agronomy* in *Nanoscience & nanotechnology* je 0,23, para *Biotechnology & applied microbiology* in *Nanoscience & nanotechnology* pa 0,71.

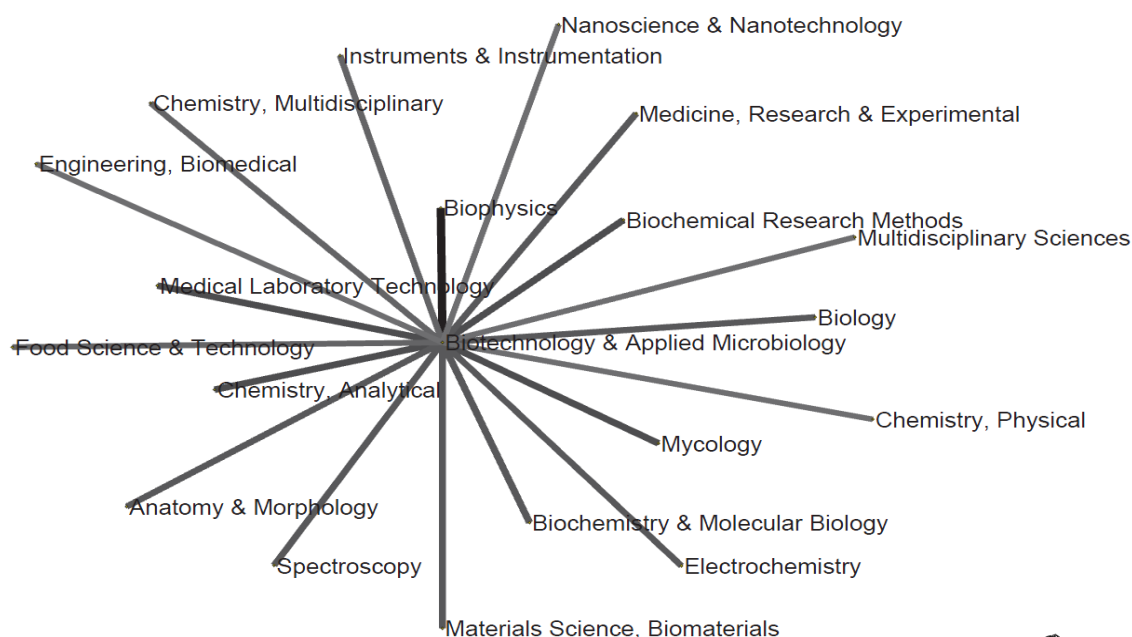




Slika 19: Kategorije citirajočih člankov z indeksom podobnosti citiranja s kategorijo Nanoscience & nanotechnology  $> 0,8$   
 Figure 19: Categories of citing articles with the Salton cosine index with the category Nanoscience & nanotechnology higher than 0.8

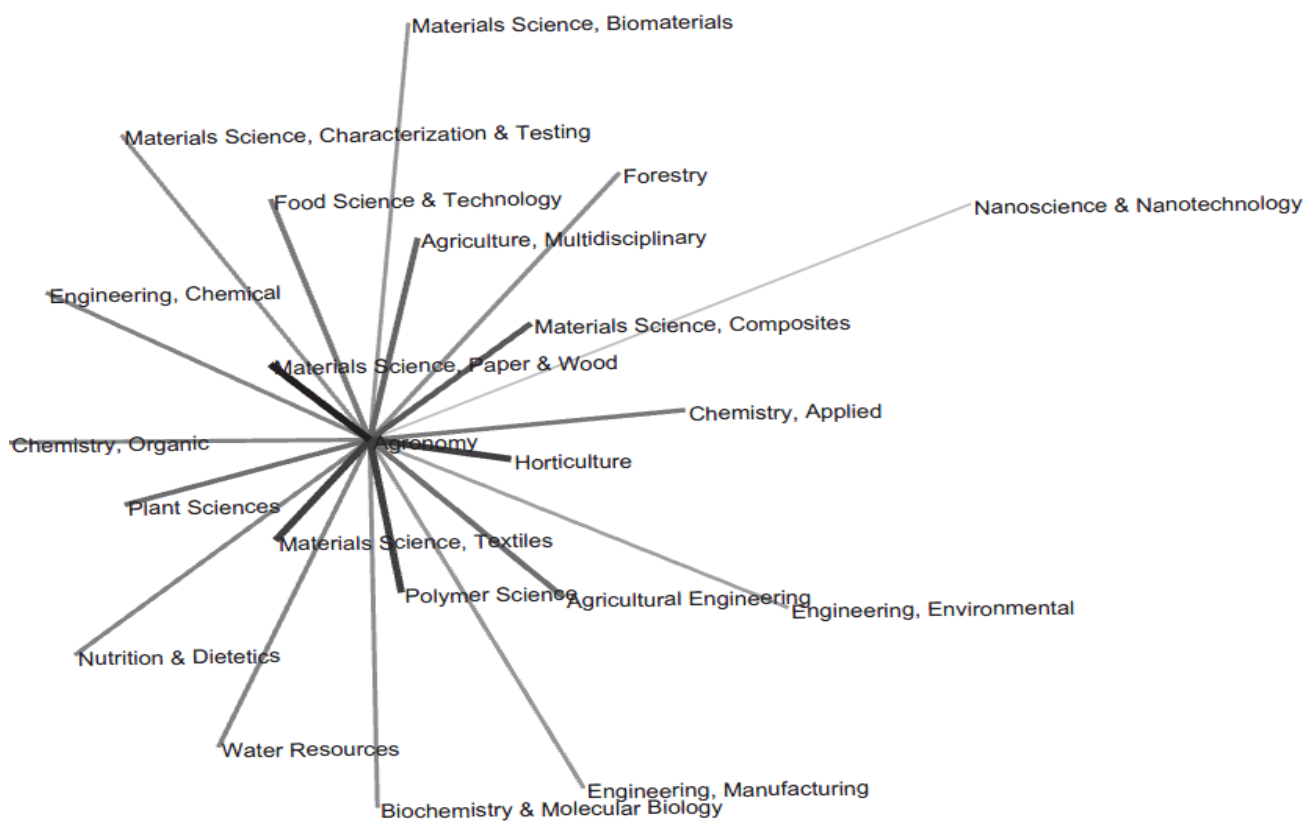


Slika 20: Kategorije citirajočih člankov z indeksom podobnosti citiranja s kategorijo Chemistry, physical  $> 0,8$   
 Figure 20: Categories of citing articles with the Salton cosine index with the category Chemistry, physical higher than 0.8



Slika 21: Kategorije citirajočih člankov z indeksom podobnosti citiranja s kategorijo Biotechnology & applied microbiology > 0,7

Figure 21: Categories of citing articles with the Salton cosine index with the category Biotechnology & applied microbiology than 0.7



Slika 22: 20 kategorij citirajočih člankovi, ki s kategorijo Agronomy pokažejo največjo podobnost v matriki Salton kosinus in dodatno prikaz kategorije Nanoscience & nanotechnology z indeksom podobnosti 0,2

Figure 22: 20 categories of citing articles with highest similarity index with category Agronomy. In addition, Nanoscience & Nanotechnology is represented by the similarity index of 0.2

### Analiza relacij med kategorijami citiranih člankov (referenc) z metodo socitiranja

Originalna datoteka analiziranega seta podatkov je na nivoju članka oz. revije (in ne klasifikacijske enote) obsegala v datoteki citirajočih člankov 95.017 enot, kolikor je bilo analiziranih člankov. Od skupno 3.311.442 referenc iz omenjenih člankov smo uspeli zamenjati s kategorijami WCat 3.073.165, kar predstavlja 92,8 %. Ostalih 238.276 zapisov (7,2 %) predstavljajo drugi viri – monografije, konferenčni zborniki, patenti, revije, ki niso vključene v WOS, zapisi za WOS revije, ki jih nismo mogli z gotovostjo določiti ipd. Članek v naši delovni zbirki v povprečju vključuje 34,8 referenc.

Ko datoteko citirajočih člankov iz oblike naslova revij pretvorimo v klasifikacijske enote – kategorije WCat, se datoteka poveča, saj je vsaka revija opisana z eno ali več – tudi do šestimi kategorijami WCat. V tej fazi smo operirali z datoteko, ki je obsegala 5.685.380 enot (vrstic). Preglednica 21 prikaže 30 kategorij WCat, s katerimi so najpogosteje klasificirane revije citiranih člankov. V levem stolpcu so številke višje, saj upoštevamo vse navedbe, tudi če se v referencah istega članka posamezna kategorija večkrat ponovi. V desnem stolpcu so številke nižje. Posamezna kategorija je za posamezen članek šteta le enkrat. Te podatke uporabimo za izračun relacij med posameznimi kategorijami WCat.

Preglednica 21: Razlike v frekvenci, upoštevajoč vse navedbe posamezne kategorije referenc na članek (levo) in, če se posamezna kategorija upošteva le enkrat (desno)

Table 21: Differences in frequency, considering all instances (left) or each category only once (right)

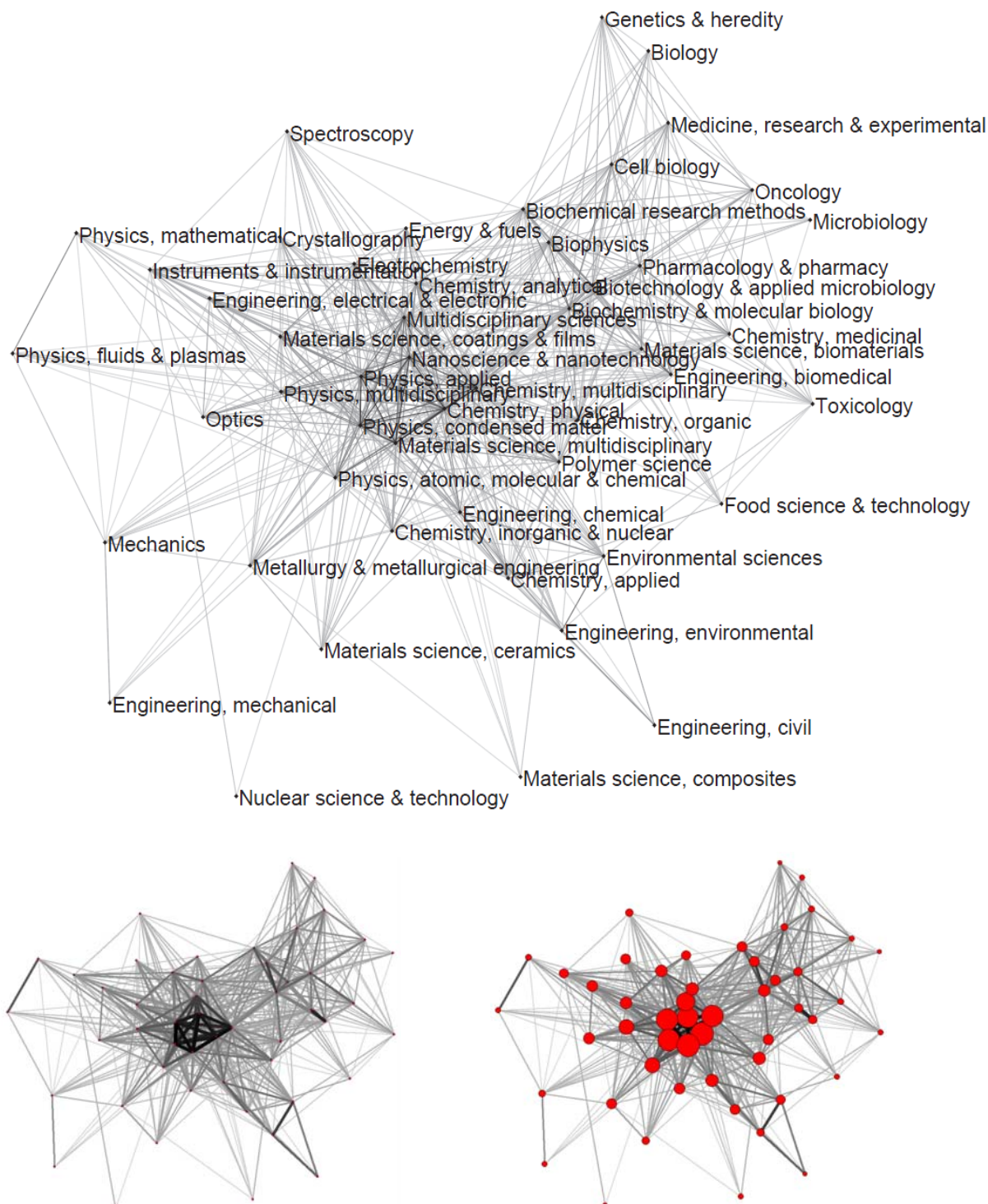
WCat kategorija referenc	Frekvenca vseh navedb kategorije v referencah	Kategorija reference se na članek upošteva le enkrat
Chemistry, physical	703.695	77.240 (81,3 %)
Materials science, multidisciplinary	693.290	80.445 (84,7 %)
Chemistry, multidisciplinary	618.695	71.614 (75,4 %)
Physics, applied	484.179	72.932 (76,8 %)
Physics, condensed matter	414.449	73.604 (77,5 %)
Nanoscience & nanotechnology	330.096	66.538 (70,0 %)
Polymer science	169.695	25.586 (26,9 %)
Multidisciplinary sciences	152.212	52.995 (55,8 %)
Physics, multidisciplinary	143.631	35.508 (37,4 %)
Chemistry, analytical	119.767	24.926 (26,2 %)
Electrochemistry	118.631	22.884 (24,8 %)
Biochemistry & molecular biology	98.335	22.507 (23,7 %)
Engineering, chemical	91.775	24.226 (25,5 %)
Optics	68.980	19.285 (20,3 %)
Pharmacology & pharmacy	65.551	12.984 (13,7 %)
Chemistry, inorganic & nuclear	65.456	18.934 (19,9 %)
Materials science, coatings & films	60.830	22.881 (24,1 %)
Chemistry, organic	60.592	15.960 (16,8 %)
Environmental sciences	56.102	13.914 (14,6 %)
Metallurgy & metallurgical engineering	55.131	15.986 (16,8 %)
Engineering, electrical & electronic	50.515	18.629 (19,6 %)
Materials science, biomaterials	47.457	13.219 (13,9 %)
Biophysics	46.274	16.630 (17,5 %)
Biotechnology & applied microbiology	45.616	16.581 (17,4 %)
Energy & fuels	45.016	14.010 (14,7 %)
Biochemical research methods	44.320	16.501 (17,3 %)
Engineering, biomedical	42.958	11.234 (11,8 %)
Crystallography	42.619	16.023 (16,9 %)
Chemistry, applied	38.867	15.862 (16,7 %)
Engineering, environmental	38.466	10.186 (10,7 %)

Z metodo socitiranja se določa sorodnost – relacija med posameznimi kategorijami glede na hkratno pojavljanje (sopojavljanje) posameznih enot v polju referenc. Iz frekvenčne matrike izračunamo indekse podobnosti za celo matriko (posamezna kategorija je na članek upoštevana le enkrat). Preglednica 22 prikazuje prvih trideset parov z najvišjimi vrednostmi indeksa Salton kosinus.

Preglednica 22: Indeksi podobnosti Salton kosinus za pare z najvišjimi vrednostmi iz analize socitiranja  
Table 22: Salton cosine similarity indices for the couples with the highest values in the co-citation analysis

Indeks	1. kategorija	2. kategorija
0.924	Physics, applied	Physics, condensed matter
0.917	Materials science, multidisciplinary	Chemistry, physical
0.900	Materials science, multidisciplinary	Physics, applied
0.898	Chemistry, physical	Chemistry, multidisciplinary
0.886	Materials science, multidisciplinary	Physics, condensed matter
0.883	Materials science, multidisciplinary	Nanoscience & nanotechnology
0.866	Materials science, multidisciplinary	Chemistry, multidisciplinary
0.861	Physics, applied	Nanoscience & nanotechnology
0.852	Chemistry, physical	Physics, condensed matter
0.848	Chemistry, physical	Nanoscience & nanotechnology
0.847	Chemistry, physical	Physics, applied
0.846	Physics, condensed matter	Nanoscience & nanotechnology
0.839	Chemistry, multidisciplinary	Nanoscience & nanotechnology
0.823	Materials science, biomaterials	Engineering, biomedical
0.803	Chemistry, multidisciplinary	Physics, condensed matter
0.795	Physics, applied	Chemistry, multidisciplinary
0.714	Chemistry, multidisciplinary	Multidisciplinary sciences
0.713	Chemistry, physical	Multidisciplinary sciences
0.708	Materials science, multidisciplinary	Multidisciplinary sciences
0.706	Physics, condensed matter	Multidisciplinary sciences
0.704	Biochemistry & molecular biology	Biophysics
0.703	Environmental sciences	Engineering, environmental
0.699	Physics, applied	Multidisciplinary sciences
0.690	Nanoscience & nanotechnology	Multidisciplinary sciences
0.635	Chemistry, physical	Physics, atomic, molecular & chemical
0.632	Physics, condensed matter	Physics, multidisciplinary
0.615	Biochemistry & molecular biology	Biochemical research methods
0.614	Physics, applied	Physics, multidisciplinary
0.614	Physics, mathematical	Physics, fluids & plasmas
0.603	Chemistry, multidisciplinary	Physics, atomic, molecular & chemical

Slika 23 prikaže mrežo 60 kategorij WCat, ki so najštevilčnejše zastopane in relacije med njimi, pridobljene na osnovi analize socitiranja. Izpisali smo jih iz normalizirane matrike, preračunane pa so v indekse podobnosti Salton kosinus. Nekatere z najvišjimi vrednostmi, ki predstavljajo največjo sorodnost v smislu pogostega sopojavljanja, predstavljamo v preglednici 22. Z velikostjo krogcev je na sliki 23 (spodaj desno) prikazano število člankov, v katerih se posamezna kategorija WCat pojavi vsaj enkrat (preglednica 21). Slika 23 (spodaj levo) pokaže poudarjene povezave, iz katerih sklepamo na večjo sorodnost med posameznima paroma kategorij WCat.



Slika 23: Mreža 60 kategorij referenc z največjo pojavnostjo in relacije na osnovi analiza socitiranja iz normalizirane matrice z indeksom Salton kosinus.  
Figure 23: Network of 60 categories of cited articles with the highest incidence and relationships based on co-citation analysis and normalized with the index Salton cosine

#### 4.5.2 Razvrščanje kategorij (vsebinskih področij) v skupine

Zaradi kompleksnosti seta podatkov se je v primeru klasifikacije WCat pokazala potreba po razvrščanju podatkov v skupine. Poiskati smo želeli primerno klasifikacijsko strukturo za raziskave z nanopodročja. Podobnost med kategorijami citirajočih člankov smo iskali v podobnosti citiranja. Pri tem smo se poslužili metode navzkrižnega citiranja, ki jo opišemo že v prejšnjem podpoglavju. Pred razvrščanjem v skupine smo iz datotek, ki jih predstavimo v poglavju 4.5.1.2, odstranili tiste kategorije WCat, ki so se pojavile z zanemarljivo majhnimi frekvencami (večinoma 1 ali 2, manjši del tudi 3 ali 4) in se nikakor ne nanašajo na analizirano področje. Nekatere od teh smo opredelili za šum, pri nekaterih je bil 'nano' samo omenjen. Filtrirana matrika, ki smo jo uporabili za nadaljnje analize, je obsegala 174 x 207 polj. Pri čemer prva številka predstavlja kategorije, s katerimi so opisani citirajoči članki, druga pa kategorije citiranih člankov (referenc). S to redukcijo podatkov smo ohranili 94.764 bibliografskih zapisov oziroma 99,8 % vseh podatkov.

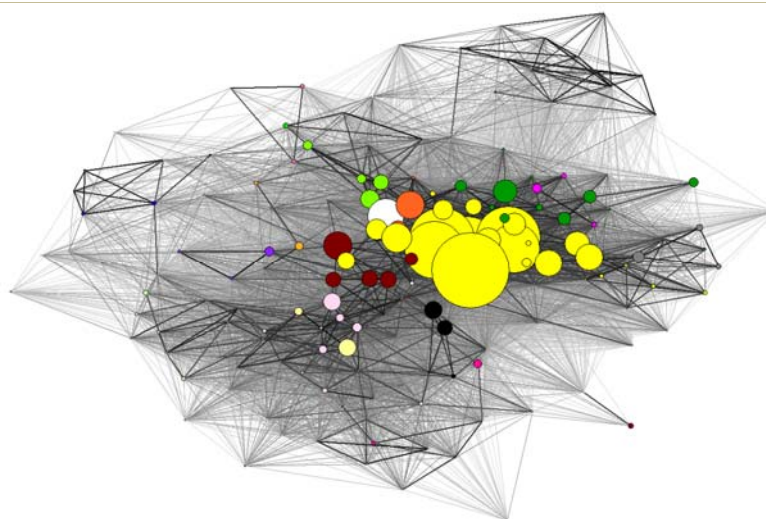
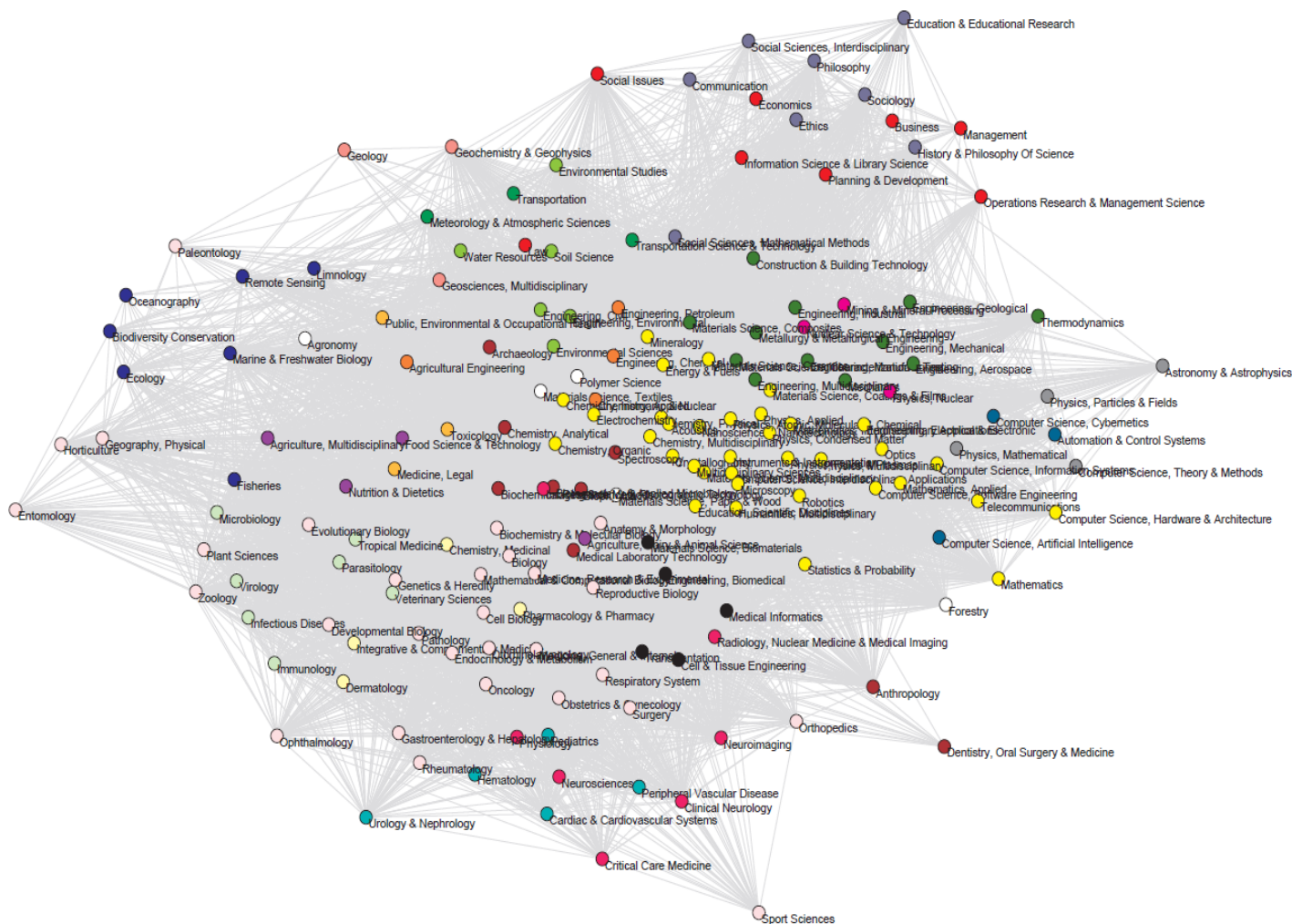
Pri razvrščanju v skupine smo uporabili metode iz dveh različnih skupin multivariatnih analiz: klasifikacijo in ordinacijo. Enote – kategorije WCat citirajočih člankov - smo razvrstili v skupine na podlagi podobnosti pripadajočih spremenljivk – kategorij citiranih člankov (referenc). Namen razvrščanja je bil oblikovanje skupin, ki bodo sestavljene iz enot, ki so si glede na opazovane spremenljivke čim bolj podobne. V našem primeru so, kot smo že večkrat omenili, torej tako enote kot tudi spremenljivke predstavljene s kategorijami WCat. Cilj razvrščanja je pridobiti čim bolj homogene skupine. Za oceno in primerjavo združevanja smo zato uporabili različne mere podobnosti med enotami (Evklidovo in Manhattan razdaljo, razdaljo iz Saltonovega indeksa podobnosti) in različne metode združevanja posameznih enot v skupine (Wardovo in maksimalno metodo združevanja, Perssonova metoda za razvrščanje v skupine) in različne načine prikaza podatkov in skupin.

##### 4.5.2.1 Perssonova metoda za razvrščanje v skupine

Najprej smo uporabili možnost združevanja v skupine, ki ga ponudi programsko orodje Bibexcel (Persson, 2008). Perssonova metoda za razvrščanje v skupine (orig. Persson's party clustering) je opisana kot preprost algoritem za združevanje podobnih parov. Za osnovo smo uporabili normalizirano matriko z indeksi podobnosti Salton kosinus. S pomočjo datotek, ki smo jih pripravili v Bibexcelu, nam je program podatke po podobnosti združil v 22 skupin. S pripravljenimi datotekami v Bibexcelu smo nato rezultate prikazovali in izrisovali v programu Pajek.

Slika 24 (zgoraj) prikazuje šibkejše oz. močnejše relacije med kategorijami (slednje so prikazane s temnejšimi črtami) in velikosti posameznih kategorij WCat, ki se ločijo po barvi glede na pripadnost skupini. Slika 24 (spodaj) pa prikaže razporeditev skupin ne glede na velikost pripadajočih kategorij. Izrisali smo jih s pomočjo algoritma Kamada-Kawai, ki je del programa Pajek (v večjem merilu prikazano v Prilogi C).





- 1 KEM-FIZ-MATER-MAT-RAČ
- 2 OKOLJ\_STUD
- 3 EKON-POLIT-ZAKON
- 4 EKOLOG
- 5 MEDICINA-BIOL
- 6 KMET-GOZD-LES-TEKSTIL
- 7 KEM\_TEHN
- 8 KMET-ŽIVIL-PREHR
- 9 ETIKA-SOC-FILOZ
- 10 MEDICINA
- 11 MATER-IND\_TEHN
- 12 ASTRON-MAT\_FIZ
- 13 BIOMED\_MATER-BIOMED\_TEHN
- 14 BIOTEHŃ\_BIOKEM\_BIOFIZ
- 15 MIKROB\_VIROL\_IMUNOL
- 16 MEDIC\_KEM-FARMACIJA
- 17 NUKL\_FIZ
- 18 UMETNA\_INTELIG-AVTOMATIZ
- 19 JAVNO\_ZDR-TOKSIKOL
- 20 NEUROLOGIJA-NUKL\_MEDIC
- 21 METEOROL-TRANSPORT
- 22 GEOZNAN

Slika 24: Mreža podatkov, združenih v 22 skupin s Perssonovo metodo za razvrščanje v skupine (glej preglednica 23)

Figure 24: Data network of 22 groups based on Persson's party clustering (see table 23)

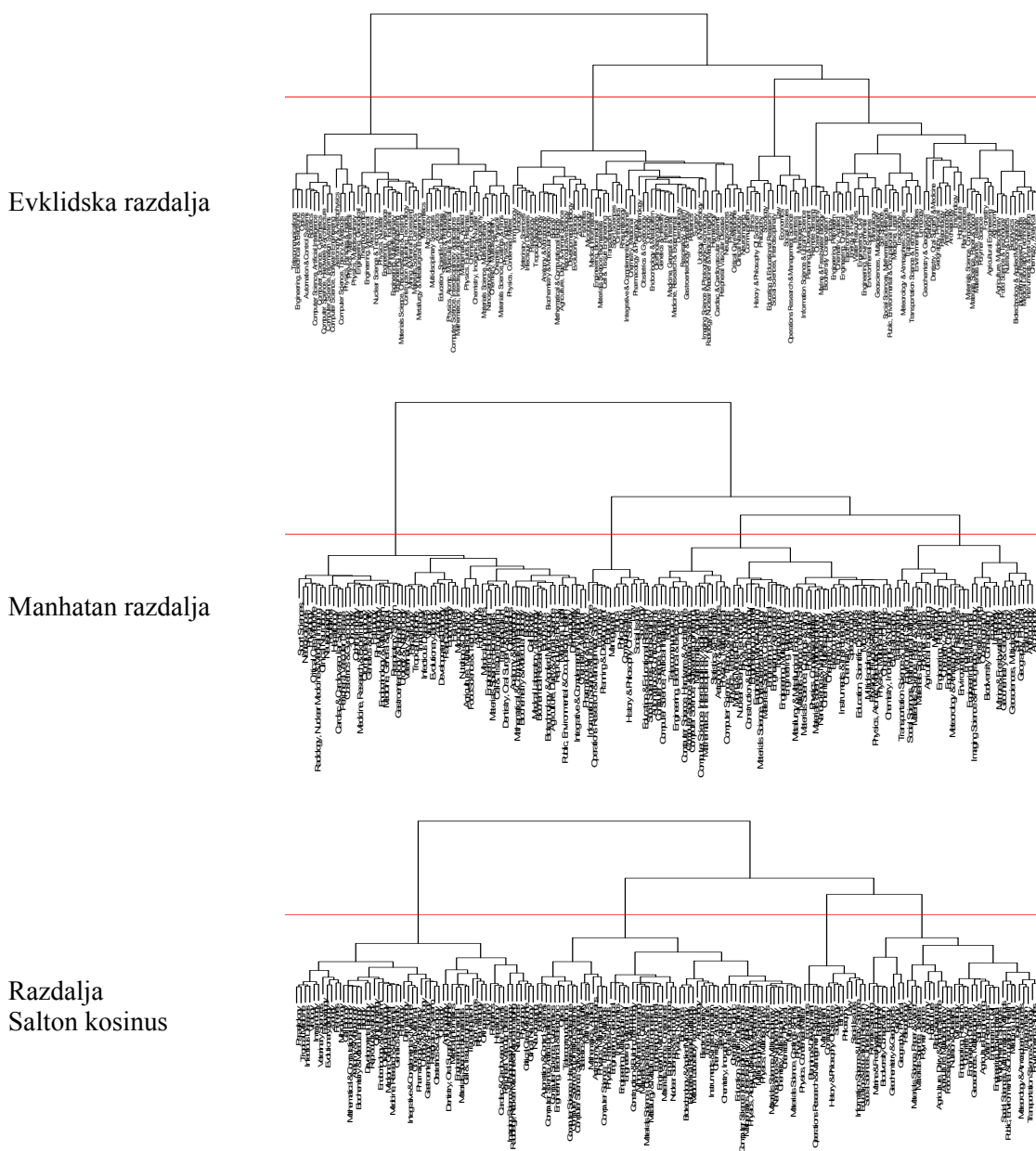
Preglednica 23: Skupine kategorij WCat po Perssonovi metodi za razvrščanje v skupine (glej slika 24)  
 Table 23: Clusters based on Persson's party clustering (see figure 24)

Skupina	Kategorije po skupinah
1	Acoustics, Chemistry, Inorganic & Nuclear, Chemistry, Multidisciplinary, Chemistry, Organic, Chemistry, Physical, Computer Science, Hardware & Architecture, Computer Science, Information Systems, Computer Science, Interdisciplinary Applications, Computer Science, Software Engineering, Crystallography, Education, Scientific Disciplines, Electrochemistry, Energy & Fuels, Engineering, Electrical & Electronic, Humanities, Multidisciplinary, Instruments & Instrumentation, Materials Science, Ceramics, Materials Science, Coatings & Films, Materials Science, Multidisciplinary, Mathematics, Mathematics, Applied, Mathematics, Interdisciplinary Applications, Microscopy, Mineralogy, Multidisciplinary Sciences, Nanoscience & Nanotechnology, Optics, Physics, Applied Physics, Atomic, Molecular & Chemical, Physics, Condensed Matter, Physics, Fluids & Plasmas, Physics, Multidisciplinary, Robotics, Statistics & Probability, Telecommunications
2	Engineering, Environmental, Environmental Sciences, Engineering, Civil, Water Resources, Soil Science, Environmental Studies
3	Business, Management, Operations Research & Management Science, Planning & Development, Economics, Information Science & Library Science, Social Issues, Law
4	Biodiversity Conservation, Ecology, Oceanography, Marine & Freshwater Biology, Remote Sensing, Limnology, Fisheries
5	Biochemistry & Molecular Biology, Biology, Mathematical & Computational Biology, Anatomy & Morphology, Cell Biology, Obstetrics & Gynecology, Oncology, Medicine, Research & Experimental, Medicine, General & Internal, Genetics & Heredity, Pathology, Evolutionary Biology, Zoology, Otorhinolaryngology, Developmental Biology, Surgery, Endocrinology & Metabolism, Reproductive Biology, Orthopedics, Plant Sciences, Gastroenterology & Hepatology, Respiratory System, Geography, Physical, Horticulture, Paleontology, Rheumatology, Ophthalmology, Sport Sciences, Entomology
6	Materials Science, Textiles, Polymer Science, Materials Science, Paper & Wood, Forestry, Agronomy
7	Chemistry, Applied, Engineering, Chemical, Engineering, Petroleum, Agricultural Engineering
8	Food Science & Technology, Nutrition & Dietetics, Agriculture, Multidisciplinary, Agriculture, Dairy & Animal Science
9	History & Philosophy Of Science, Sociology, Communication, Philosophy, Ethics, Education & Educational Research, Social Sciences, Interdisciplinary, Social Sciences, Mathematical Methods
10	Cardiac & Cardiovascular Systems, Peripheral Vascular Disease, Hematology, Pediatrics, Urology & Nephrology
11	Engineering, Mechanical, Mechanics, Materials Science, Characterization & Testing, Metallurgy & Metallurgical Engineering, Engineering, Manufacturing, Engineering, Multidisciplinary, Materials Science, Composites, Thermodynamics, Engineering, Industrial, Engineering, Geological, Engineering, Aerospace, Construction & Building Technology
12	Computer Science, Theory & Methods, Physics, Particles & Fields, Physics, Mathematical, Astronomy & Astrophysics
13	Engineering, Biomedical, Materials Science, Biomaterials, Transplantation, Cell & Tissue Engineering, Medical Informatics
14	Biophysics, Biotechnology & Applied Microbiology, Biochemical Research Methods, Medical Laboratory Technology, Chemistry, Analytical, Spectroscopy, Anthropology, Dentistry, Oral Surg.& Medicine, Archaeology
15	Parasitology, Tropical Medicine, Infectious Diseases, Virology, Veterinary Science, Immunology, Microbiology
16	Chemistry, Medicinal, Pharmacology & Pharmacy, Integrative & Complementary Medicine, Dermatology
17	Nuclear Science & Technology, Physics, Nuclear, Mining & Mineral Processing
18	Computer Science, Artificial Intelligence, Computer Science, Cybernet., Automation & Control Systems
19	Medicine, Legal, Toxicology, Public, Environmental & Occupational Health
20	Clinical Neurology, Neuroimaging, Neurosciences, Critical Care Medicine, Physiology, Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging, Imaging Science & Photographic Technology
21	Transportation, Transportation Science & Technology, Meteorology & Atmospheric Sciences
22	Geochemistry & Geophysics, Geology, Geosciences, Multidisciplinary



#### 4.5.2.2 Hierarhične (klasifikacijske) metode razvrščanja v skupine

Klasifikacijske metode so najprimernejše za določanje optimalnega števila skupin. Analizo smo izvedli s programom R. Iz datotek citirajočih in citiranih člankov smo najprej pripravili frekvenčne matrike, iz teh pa matrike razdalj. Za primerjavo smo uporabili različne mere podobnosti med enotami – Evklidsko, Manhattan in razdaljo, izračunano iz indeksa podobnosti Salton kosinus. V vseh treh primerih smo za združevanje enot v skupine uporabili Wardovo metodo. Slika 25 prikaže posamezne diagrame glede na uporabljeno mero podobnosti.



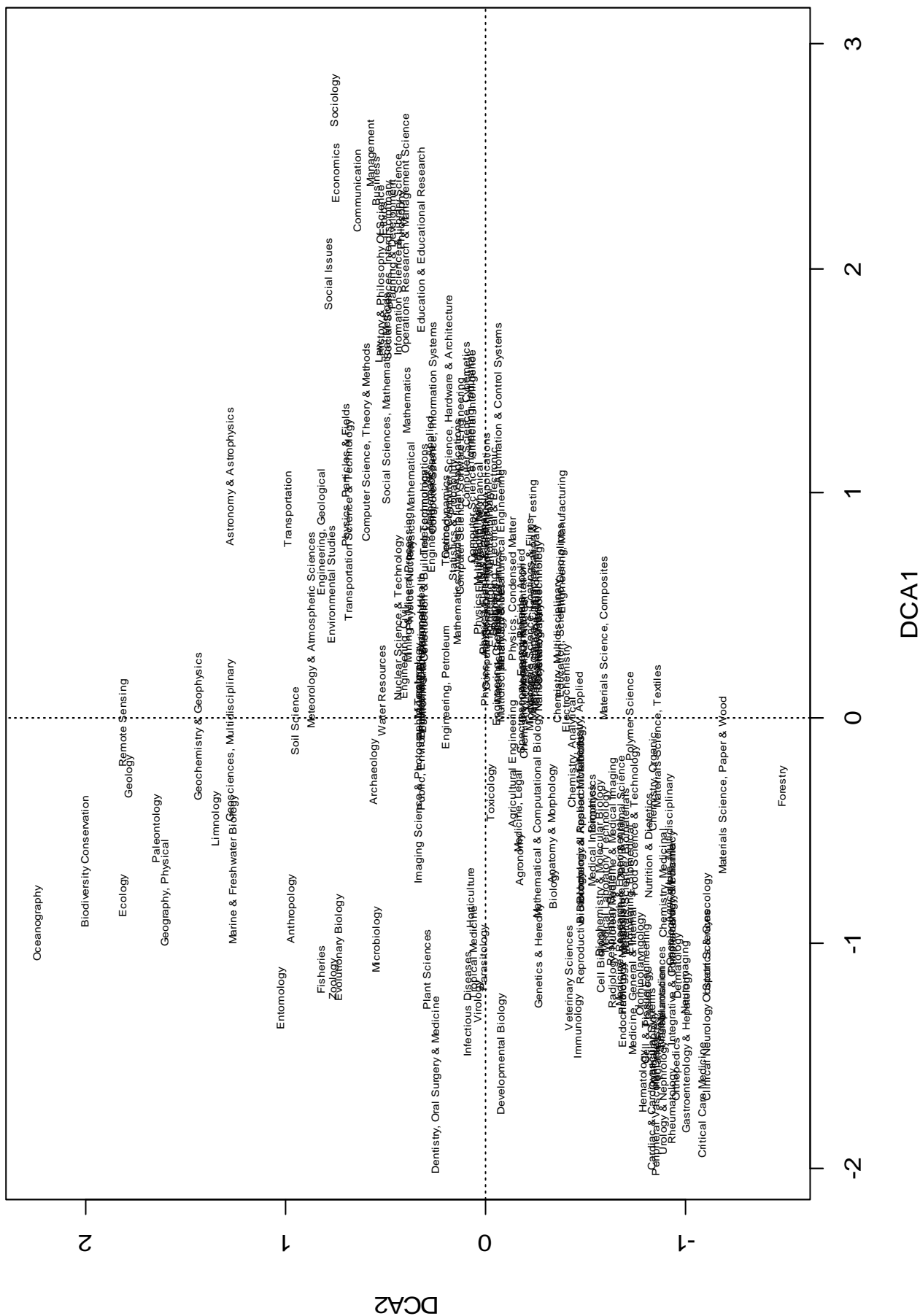
Slika 25: Dendrogrami na osnovi različnih razdalj in Wardove metode združevanje skupin (glej pril. D,E,F)  
Figure 25: Dendrograms based on different similarity measures and Ward's method for aggregation groups (see ann. D,E,F)

Pri hierarhičnem načinu poteka postopek združevanja tako, da je najprej vsaka enota skupina, v vsakem naslednjem koraku združevanja pa se poišče med seboj najbližji skupini in se ju združi v novo skupino (nova matrika razdalj nadomesti staro). Postopek se ponavlja, dokler niso vse enote združene v eno skupino. V našem primeru smo se odločili za 4 skupine, saj kaže členitev na nižjem nivoju veliko razdrobljenost. Natančnejši pregled skupin po kategorijah pokaže, da so pri razvrščanju v skupine med metodami manjša odstopanja, na grobo pa bi lahko zaključili, da se glavnina enot vendarle razporedi v vseh primerih podobno. Bolj pregledno so dendrogrami prikazani v prilogah D, E in F.

#### 4.5.2.3 Ordinacijske (gradientne) metode razvrščanja v skupine

Podatke smo v nadaljevanju analizirali še s korespondenčno analizo oz. njeno različico z odstranjenim trendom (angl. DCA – detrended correspondence analysis). Metoda spada med ordinacijske multivariatne statistične metode, ki se uporabljajo za analize podatkov, za katere je značilna velika variabilnost in veliko število proučevanih enot oziroma spremenljivk. Kompleksne povezave in medsebojni vplivi zahtevajo namreč hkratno upoštevanje in čim bolj celostno obravnavanje številnih parametrov. Ordinacijske metode omogočijo poenostavitev in razvrstitev multidimenzionalnih objektov v manj dimenzionalen prostor, ki si ga lažje predstavljamo. Pri ordinaciji odkrivamo skupine enot (lahko pa tudi spremenljivk; v nadaljevanju pripravimo še ordinacijo za reference glede na vključevanje v posamezne kategorije citirajočih člankov), med katerimi obstajajo določene povezave oziroma podobnost.

Vhodni datoteki za omenjeno analizo sta prav tako kot pri hierarhičnih metodah dve tabeli (datoteki). V prvo smo zajeli kategorije WCat, s katerimi so opisani citirajoči članki, v drugo pa kategorije WCat citiranih člankov, ki jih vključujejo posamezne kategorije citirajočih člankov. Ordinacijski diagram (slika 26) prikazuje množico kategorij citirajočih člankov, ki odraža položaj profilov člankov glede na kategorije citiranih člankov (referenc). Položaj točk kaže na stopnjo podobnosti med skupinami člankov v skladu z razdaljo med točkami. Lastne vrednosti prvih štirih osi izračunane korespondenčne analize znašajo 0,19, 0,25, 0,16, in 0,11 in pojasnijo po vrsti 39,9 %, 26,9 %, 15,6 % in 10,2 % variabilnosti v matriki.

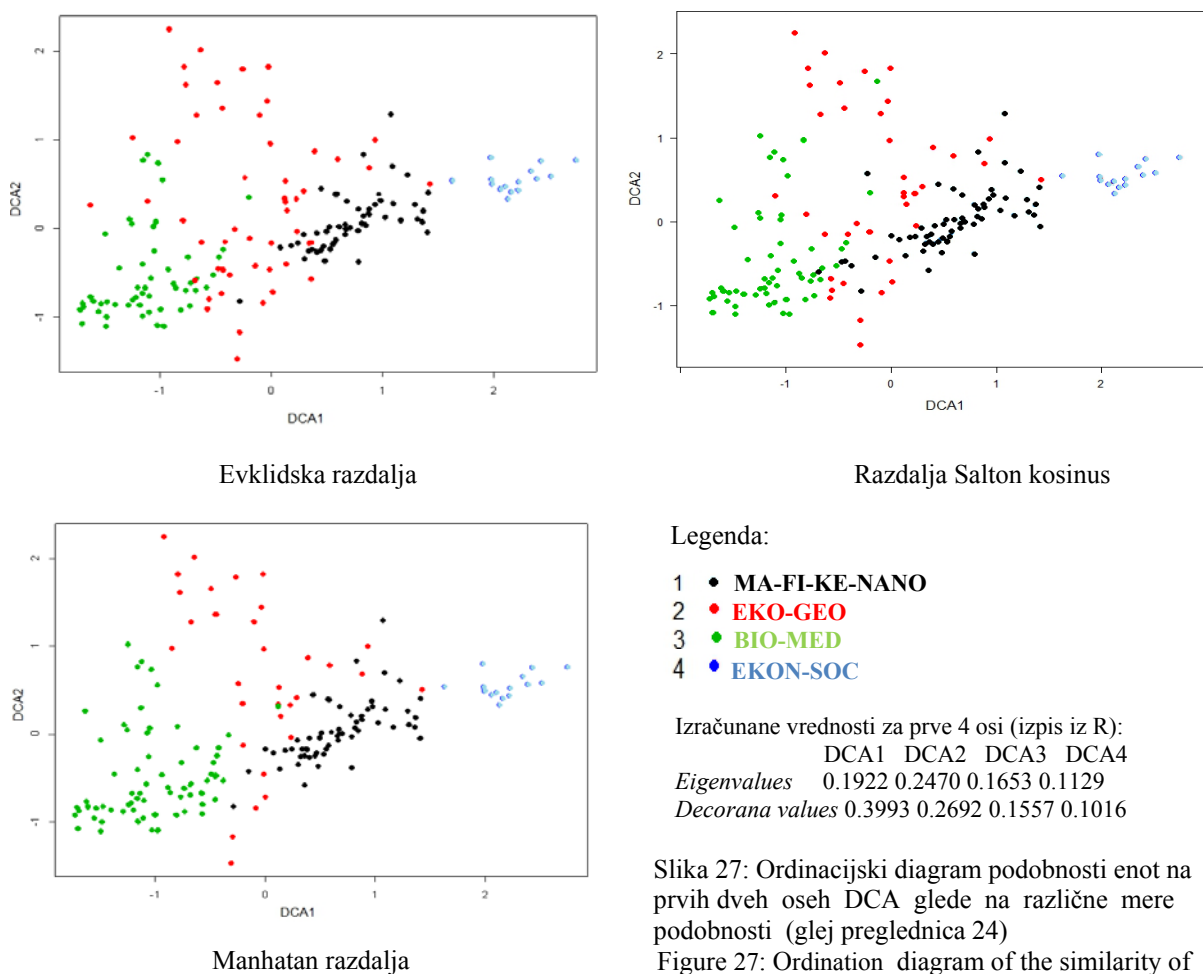


Slika 26: DCA ordinacija 174 citirajočih člankov (1. os pojasni 39,9 %, 2. pa 26,9 % variabilnosti)  
 Figure 26: DCA ordination of 174 citing articles categories; 1<sup>st</sup> axis explains 39.9 % and 2<sup>nd</sup> axis 26.9 % of variability

### Analiza skupin (ordinacija za citirajoče članke)

V tem poglavju prikazujemo ordinacijo za citirajoče članke po skupinah, ki smo jih pripravili na osnovi klasifikacijske metode razvrščanja. Relativno podobne slike različnih obravnavanj (različne mere podobnosti) kažejo na dokaj stabilno situacijo v statističnem smislu. Na prvi osi, ki pojasni največ variabilnosti (v našem primeru je to blizu 40 %), se izrišejo vse štiri skupine. Druga os je pravokotna na prvo in dodatno pojasni še 27 % izvorne informacije. Iz primerjav posameznih prikazov na sliki 27 je razvidno, da so kategorije po skupinah vendarle nekoliko različno razporejene. Ordinacijski diagrami pokažejo pri različnih obravnavanjih nekaj razlik predvsem v sestavi 2: EKO-GEO in 3: BIO-MED skupine. Ti dve skupini kažeta nasploh na večjo variabilnost v smislu citiranja (po prvi, še bolj pa po drugi osi). Na določeno variabilnost po 2. osi kaže tudi skupina 1: MA-FI-KE-NANO. Skupino 4: EKON-SOC v vseh primerih sestavljajo iste kategorije in je edina, ki je ločena od ostalih. Le kategorija WCat *Law* je tista, ki nekoliko izstopa iz skupine. ●

Skupine smo po prevladujočih kategorijah poimenovali s kraticami, ki označujejo vsebinska področja (MA: materiali, FI: fizika, KE: kemija, EKO-GEO: ekološke in geoznanosti, BIO-MED: biološko-medicinsko področje, EKON-SOC: ekonomske in sociološke vede).



Slika 27: Ordinacijski diagram podobnosti enot na prvih dveh oseh DCA glede na različne mere podobnosti (glej preglednica 24)

Figure 27: Ordination diagram of the similarity of units for the first two axes of DCA for different similarity measures (see table 24)

Preglednica 24: Sestava skupin po razdalji Salton kosinus in Wardovi metodi združevanja (glej slika 27)  
Table 24: Cluster based on Salton cosine similarity measure and Ward's method for aggregation groups (see figure 27)

Skupine Salton kosinus	Kategorija WCat
MA-FI-KE-NANO	Acoustics; Archaeology; Astronomy & Astrophysics; Automation & Control Systems; Biochemical Research Methods; Biophysics; Biotechnology & Applied Microbiology; Chemistry, Analytical; Chemistry, Inorganic & Nuclear; Chemistry, Multidisciplinary; Chemistry, Organic; Chemistry, Physical; Computer Science, Artificial Intelligence; Computer Science, Cybernetics; Computer Science, Hardware & Architecture; Computer Science, Information Systems; Computer Science, Interdisciplinary Applications; Computer Science, Software Engineering; Computer Science, Theory & Methods; Construction & Building Technology; Crystallography; Education, Scientific Disciplines; Electrochemistry; Energy & Fuels; Engineering, Aerospace; Engineering, Electrical & Electronic; Engineering, Geological; Engineering, Industrial; Engineering, Manufacturing; Engineering, Mechanical; Engineering, Multidisciplinary; Instruments & Instrumentation; Materials Science, Ceramics; Materials Science, Characterization & Testing; Materials Science, Coatings & Films; Materials Science, Composites; Materials Science, Multidisciplinary; Mathematics; Mathematics, Applied; Mathematics, Interdisciplinary Applications; Mechanics; Medical Laboratory Technology; Metallurgy & Metallurgical Engineering; Microscopy; Mining & Mineral Processing; Multidisciplinary Sciences; Nanoscience & Nanotechnology; Nuclear Science & Technology; Optics; Physics, Applied; Physics, Atomic, Molecular & Chemical; Physics, Condensed Matter; Physics, Fluids & Plasmas; Physics, Mathematical; Physics, Multidisciplinary; Physics, Nuclear; Physics, Particles & Fields; Robotics; Spectroscopy; Statistics & Probability; Telecommunications; Thermodynamics
GEO-EKO	Agricultural Engineering; Agriculture, Dairy & Animal Science; Agriculture, Multidisciplinary; Agronomy; Biodiversity Conservation; Chemistry, Applied; Ecology; Engineering, Chemical; Engineering, Civil; Engineering, Environmental; Engineering, Petroleum; Environmental Sciences; Environmental Studies; Food Science & Technology; Forestry; Geochemistry & Geophysics; Geography, Physical; Geology; Geosciences, Multidisciplinary; Horticulture; Limnology; Marine & Freshwater Biology; Materials Science, Paper & Wood; Materials Science, Textiles; Medicine, Legal; Meteorology & Atmospheric Sciences; Mineralogy; Nutrition & Dietetics; Oceanography; Paleontology; Plant Sciences; Polymer Science; Public, Environmental & Occupational Health; Remote Sensing; Social Sciences, Mathematical Methods; Soil Science; Toxicology; Transportation; Transportation Science & Technology; Water Resources
BIO-MED	Anatomy & Morphology; Anthropology; Biochemistry & Molecular Biology; Biology; Cardiac & Cardiovascular Systems; Cell & Tissue Engineering; Cell Biology; Chemistry, Medicinal; Clinical Neurology; Critical Care Medicine; Dentistry, Oral Surgery & Medicine; Dermatology; Developmental Biology; Endocrinology & Metabolism; Engineering, Biomedical; Entomology; Evolutionary Biology; Fisheries; Gastroenterology & Hepatology; Genetics & Heredity; Hematology; Imaging Science & Photographic Technology; Immunology; Infectious Diseases; Integrative & Complementary Medicine; Materials Science, Biomaterials; Mathematical & Computational Biology; Medical Informatics; Medicine, General & Internal; Medicine, Research & Experimental; Microbiology; Neuroimaging; Neurosciences; Obstetrics & Gynecology; Oncology; Ophthalmology; Orthopedics; Otorhinolaryngology; Parasitology; Pathology; Pediatrics; Peripheral Vascular Disease; Pharmacology & Pharmacy; Physiology; Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging; Reproductive Biology; Respiratory System; Rheumatology; Sport Sciences; Surgery; Transplantation; Tropical Medicine; Urology & Nephrology; Veterinary Sciences; Virology; Zoology
EKON-SOC	Business; Communication; Economics; Education & Educational Research; Ethics; History & Philosophy of Science; Information Science & Library Science; Law; Management; Operations Research & Management Science; Philosophy; Planning & Development; Social Issues; Social Sciences, Interdisciplinary; Sociology

Preglednica 25 prikazuje sestavo skupine kategorij, ki se pojavijo skupaj s kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology* glede na različna obravnavanja (različne razdalje, različne metode združevanja v skupine in različno število skupin). Osenčena polja v preglednici 25 predstavljajo prisotnost kategorije v analizirani skupini glede na posamezno obravnavanje. V primerjavo smo zajeli sledeča obravnavanja: 4 skupine, dobljene z Evklidsko razdaljo in Wardovo metodo združevanja, 4 oz. 7 skupin, dobljene z Manhattan razdaljo in Wardovo metodo združevanja, 4 oz. 8 skupin, dobljene z razdaljo Salton kosinus in Wardovo metodo združevanja, 'nano' skupino po Perssonovi metodi razvrščanja v skupine ter skupini 6A iz preglednice 27 in 8A iz preglednice 28 iz preurejene matrike (evklidska razdalja na normalizirani matriki, Wardova oz. maksimalna metoda).

Preglednica 25: Sestava skupin, v kateri je kategorija Nanoscience & nanotechnology, glede na različna obravnavanja

Table 25: Clusters with the category Nanoscience & Nanotechnology according to various procedures

Kategorija WCat	Evklidska 4 + Ward	Manhattan 4 + Ward	Salton 4 + Ward	Manhattan 7 + Ward	Salton 8 + Ward	Persson (1. skup. od 22.)	Preurejena matrika <sup>1</sup>
<b>Acoustics</b>							
Archaeology							
Astronomy & Astrophysics							
Automation Control Syst.							
Biochemical Res. Methods							
Biophysics							
Biotechnology & Microb.							
Chemistry, Analytical							
Chemistry, Inorg. Nuclear							
<b>Chemistry, Multidisc.</b>							
Chemistry, Organic							
<b>Chemistry, Physical</b>							
Computer Sci. Artif.Intellig							
Computer Sci. Cybernetics							
Computer Sci. Hardw.Arch							
Computer Sci., Inf. Syst.							
<b>Computer Sci. Interd. Appl.</b>							
Computer Sci, Soft. Eng.							
Computer Sci. Theory Met.							
Construct. Building Techn.							
Crystallography							
Education, Sci. Disciplines							
Electrochemistry							
Energy & Fuels							
Engineering, Aerospace							
Engineering, Electr. Electr.							
Engineering, Geological							
Engineering, Industrial							
Engineering, Manufactur.							
Engineering, Mechanical							
<b>Engineering, Multidisc.</b>							
Instruments & Instrum.							
Materials Sci., Ceramics							
<b>Materials Sci. Char. Test.</b>							
<b>Materials Sci. Coat. Films</b>							
<b>Materials Sci., Composites</b>							
<b>Materials Sci., Multidisc.</b>							
Mathematics							

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Kategorija WCat	Evklidska 4 skupine + Ward	Manhattan 4 skupine + Ward	Salton 4 skupine + Ward	Manhattan 7 skupin + Ward	Salton 8 skupin + Ward	Persson 'nano' skup. od 22 skupin	Preurejena matrika <sup>1</sup>
Mathematics, Applied							
<b>Mathematics, Interd. Appl.</b>							
Mechanics							
Medical Lab. Technology							
Metal.& Metallurgical Eng.							
<b>Microscopy</b>							
Mineralogy							
Mining & Min. Processing							
<b>Multidisciplinary Sciences</b>							
<b>Nanoscience &amp; Nanotechn.</b>							
Nuclear Sci. & Technology							
Optics							
<b>Physics, Applied</b>							
<b>Physics, Atom. Mol. Chem.</b>							
<b>Physics, Condensed Matter</b>							
<b>Physics, Fluids &amp; Plasmas</b>							
Physics, Mathematical							
<b>Physics, Multidisciplinary</b>							
Physics, Nuclear							
Physics, Particles & Fields							
<b>Robotics</b>							
Spectroscopy							
Statistics & Probability							
Telecommunications							
Thermodynamics							

<sup>1</sup> iz preurejene matrike so upoštevane samo kategorije iz skupine 6A (preglednica 28) in 8A (preglednica 29), ki so tudi krepko označene

Analiza je pokazala, da so v primeru razporejanja v štiri skupine kategorije relativno enotno razporejene v skupino, ki vključuje tudi kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Nekoliko večje so razlike v sestavi skupin EKO-GEO in BIO-MED. 'Mejne' so tudi nekatere kategorije s področja kmetijstva npr. *Agriculture, multidisciplinary, Agriculture, dairy & animal science* ali *Agronomy*, ki jih prikazuje preglednica 26. Kategorija *Biotechnology & applied microbiology* je v vsakem obravnavanju v drugi skupini. Kot smo že napisali, poteka združevanje v skupine na osnovi podobnosti v citiranju.

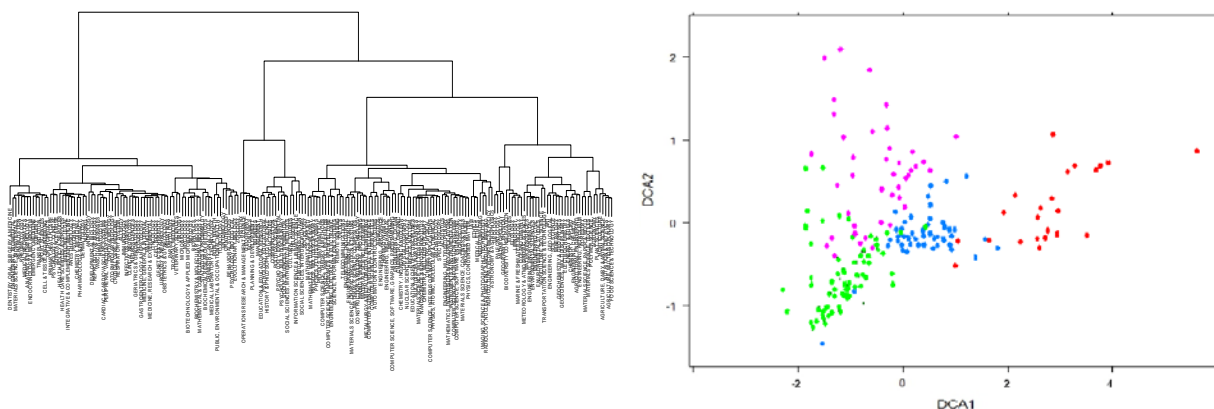
Preglednica 26: Razlike v razporeditvi nekaterih kategorij, ki se nanašajo na kmetijstvo, živilstvo in biotehnologijo  
Table 26: Differences in the distribution of some categories related to agriculture, food science and biotechnology

Kategorija	Razvrstitev v skupino		
	Evklidska razdalja	Manhattan razdalja	Razdalja Salton kosinus
Agricultural engineering	2	2	2
Agriculture, multidisciplinary	2	3	2
Agriculture, dairy & animal science	3	3	2
Agronomy	2	3	2
Biotechnology & app. microbiology	2	3	1
Biochemistry & molecular biology	3	3	3
Food science & technology	2	3	2
Nutrition & dietetics	2	3	2

1 : MA-FI-KE-NANO / 2 : EKO-GEO / 3 : BIO-MED / 4 : EKON-SOC

## DCA ordinacija za reference

Na matriki člankov in pripadajočih referenc (prav tako v obliki WCat kategorij), ki smo jih pridobili z izbrano iskalno metodologijo za leto 2011, smo poleg že opisane, izvedli ordinacijo še v obratni smeri. V tem primeru smo analizirali združevanja referenc in vsebinsko povezanost referenc glede na vsebinsko sorodnost člankov, ki te reference vključujejo. Podobnost (relacije) med kategorijami referenc smo torej proučevali glede na kategorije WCat člankov, ki jih citirajo (kategorije citirajočih člankov).



Slika 28 (levo): Dendrogram za kategorije referenc na osnovi indeksa Salton kosinus in Wardove metode združevanja

Figure 28 (left): Dendrogram for the categories of references based on the index Salton cosine and Ward's method of grouping

Legenda:

- 1 ● MA-FI-KE-NANO
- 2 ● EKO-GEO
- 3 ● BIO-MED
- 4 ● EKON-SOC

Slika 29 (desno): Ordinacijski diagram podobnosti enot na prvih dveh oseh

Figure 29 (right): Ordination diagram of units similarity for the first two axes.

Izračunane vrednosti za prve 4 osi (izpis iz R):

	DCA1	DCA2	DCA3	DCA4
Eigenvalues	0.1959	0.2356	0.1767	0.09691
Decorana values	0.3993	0.2705	0.1599	0.08882

Izkazalo se je, da dobimo tudi v primeru ordinacije citiranih člankov dokaj podobno sliko kot v primeru ordinacije citirajočih. Tudi v tem primeru smo na podlagi hierarhične metode združevanja določili 4 večje skupine. Zaradi podobne sestave smo jih poimenovali z enakimi imeni. Prva os pojasni 40 %, druga pa dodatno nekaj čez 27 % izvorne informacije. Večdimenzionalne podatke (ti se nanašajo se na število spremenljivk) v multivariatnih analizah prikažemo v dveh dimenzijah (na dveh oseh, ordinatah). Pri tem se določen del izvorne informacije izgubi. V našem primeru so citirajoči članki opisani s 174 različnimi spremenljivkami - WCat kategorijami. Skupina (referenc) MA-FI-KE-NANO ne kaže velike variabilnosti (v kategorijah WCat citirajočih člankov, ki le-te citirajo). Ostale tri skupine kažejo večjo ali manjšo variabilnost tako po prvi kot tudi po drugi osi. Na sliki 30 je prikazan DCA ordinacijski diagram za reference s kategorijami WCat v večjem merilu.

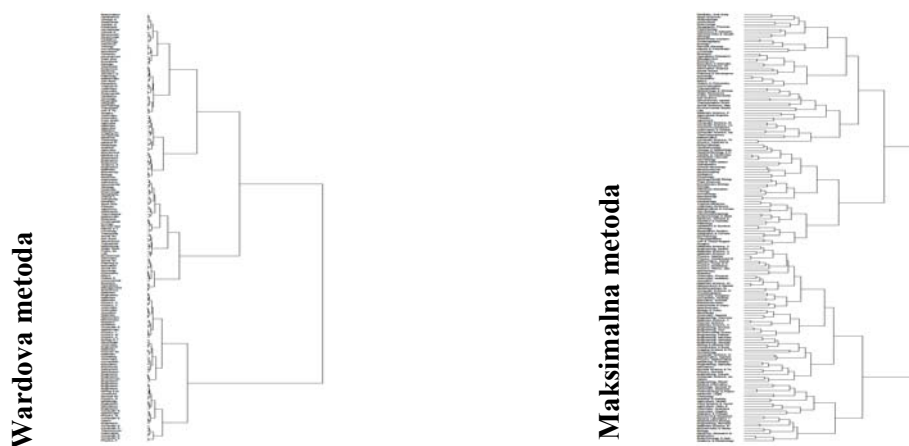
Po pričakovanju ordinacija za reference ne pokaže bistveno drugačne razporeditve skupin kot ordinacija za citirajoče članke.





#### 4.5.2.4 Hierarhično združevanje v skupine v Pajku in prikaz v preurejeni matriki

V tem poglavju podamo rezultate analize omrežja, ki smo jo pripravili v programu Pajek in prikaz rezultatov v preurejeni matriki z osenčenimi celicami. Za osnovo smo uporabili matriko Saltonove podobnosti, ki smo jo v tej analizi uporabili za normalizacijo podatkov (in ne za računanje razdalj oz različnosti, kot v prejšnjih analizah). Iz te matrike smo nato v programu Pajek računali matriko različnosti, pri čemer smo upoštevali popravljeno Evklidsko razdaljo. Za hierarhično razvrščanje v skupine smo v enem primeru izbrali Wardovo, v drugem pa maksimalno metodo. Slika 31 prikaže dendrogram (drevo združevanja) – levo po Wardovi metodi, desno po maksimalni, v večjem merilu pa je nazorneje prikazana še v prilogi H.



Slika 31: Hierarhično združevanje po Wardovi metodi razvrščanja (levo) ter maksimalni metodi (desno) (glej prilogo H)

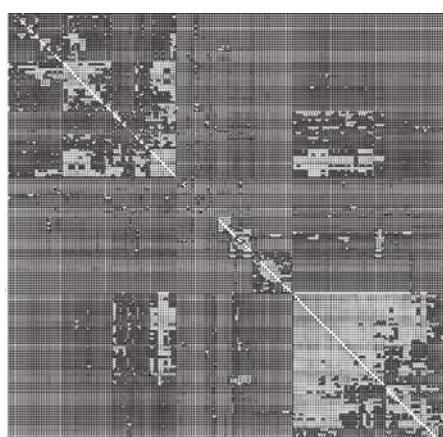
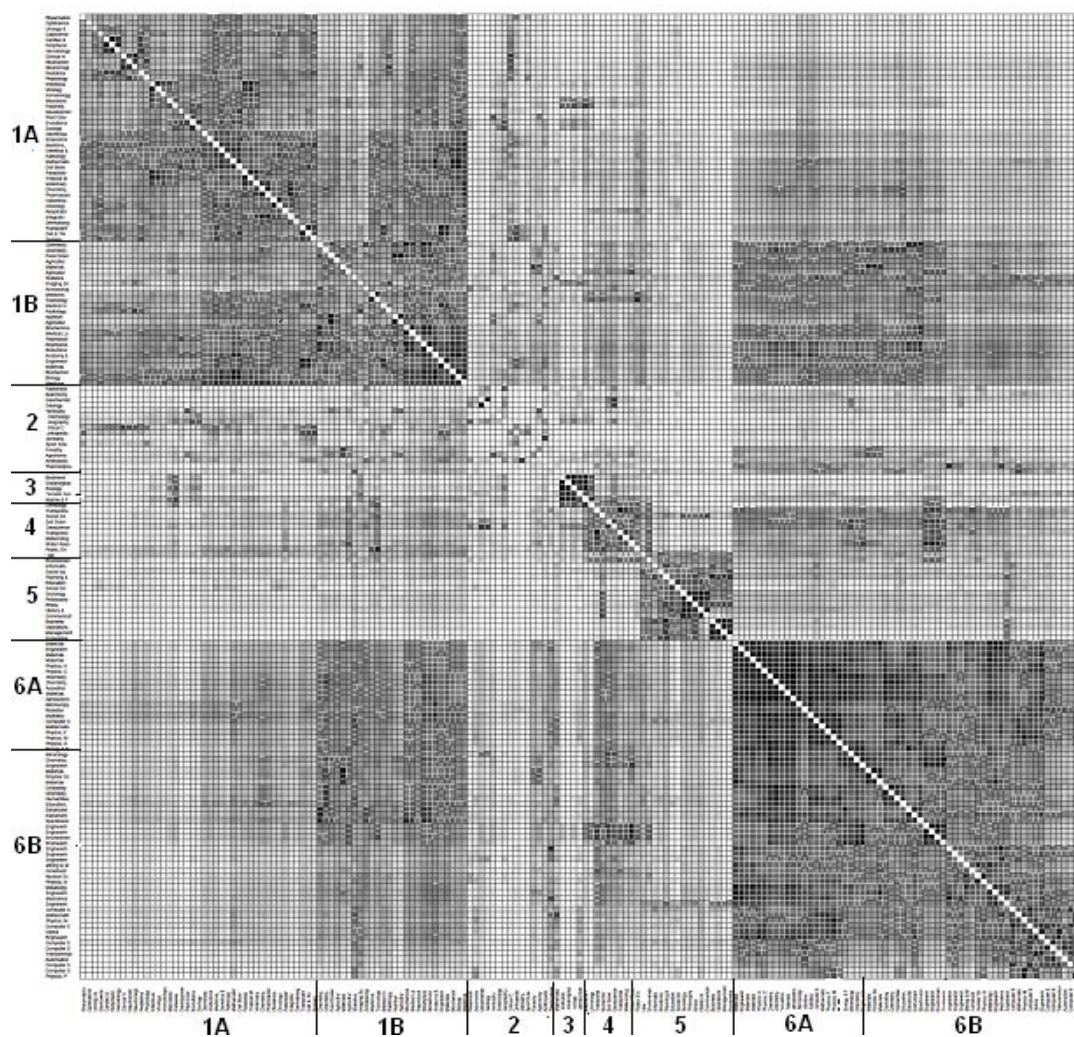
Figure 31: Hierarchical clustering according to Ward's method (left) and clustering method complete linkage (right) (see annex H)

#### Preurejena matrika po Wardovi metodi

Dendrogram, predstavljen na sliki 32, predstavimo še v obliki matrike (slika 32, 33). Pri gostih omrežjih se izkažejo grafične predstavitve v obliki matrik primernejše za prikaze, saj omogočijo lažje proučevanje odnosov in povezav (de Nooy in sod., 2011). Kot je razvidno iz slik, so podatki prikazani po skupinah. Matrika je kvadratna in simetrična, spodnji in zgornji del matrike sta identična. Temneje osenčene celice predstavljajo večjo podobnost v smislu podobnega citiranja in so vidne predvsem ob diagonali matrike.

Skupine smo v matriki ločili arbitrarno glede na razporejenost in osenčenost celic. Poimenovali smo jih glede na večinsko zastopanost kategorij WCat v skupini. Na sliki 32 se pokažejo močnejše relacije (nekoliko večja sorodnost, podobnost v citiranju) med kategorijami iz skupine 6A, ki zajema najbolj reprezentativne kategorije za področje nanoznanosti in del 6B (kategorije, ki jih označimo s krepko pisavo) ter skupine 1B - predvsem kategorije *Biophysics, Biotechnology & applied microbiology, Anatomy & morphology; Engineering, biomedical; Materials science, biomaterials; Biochemistry & molecular biology*. Med bolj poudarjenimi je še povezava med kategorijami iz skupine 4: *OKOLJ-INFRASTR - Transportation; Social sciences, Mathematical methods; Soil science; Geoscience; Meteorology; Water resources; Public, environmental &*

*occupational health; Law, Environmental studies* in kategorijami (iz skupine 6B): *Engineering, environmental; Engineering, civil* ter *Environmental sciences* na drugi strani.



Legenda:

- 1A: BIO-MED
- 1B: AGR-BIO-TEHNOL
- 2: RAZNO
- 3: EKOL
- 4: OKOLJ-INFRASTR
- 5: EKON-SOC
- 6A: MULTIDISC\_MA-FI-KE
- 6B: TEHNOL-RAČ

**Razporejanje kategorij po skupinah predstavljamo v preglednici 27.**

Slika 32: Preurejena matrika po Wardovi metodi razvrščanja v skupine (glej preglednica 27)  
Figure 32: Rearranged matrix according to Ward's clustering method (see table 27)

Če torej povzamemo bistveno, kaže naša analiza na določeno podobnost v citiranju med

kategorijami iz skupine 1B: AGR-BIO-TEHNOL in skupino 6A: MULTIDISC\_MA-FI-KE ter delom skupine 6B: TEHNOL-RAČ (označene v preglednici 27).

Preglednica 27: Kategorije WCat po skupinah iz preurejene matrike po Wardovi metodi<sup>1</sup> (glej slika 32)  
Table 27: WOS Categories by groups from the rearranged matrix according to Ward metod (see figure 32)

Skupina	Kategorije po skupinah
1A BIO-MED	Rheumatology; Ophthalmology; Urology & Nephrology; Gastroenterology & Hepatology; Cardiac & Cardiovascular Systems; Peripheral Vascular Disease; Hematology; Clinical Neurology; Neurosciences; Neuroimaging; Pediatrics; Physiology; Infectious Diseases; Virology; Immunology; Microbiology; Fisheries; Developmental Biology; Plant Sciences; Evolutionary Biology; Zoology; Otorhinolaryngology; Endocrinology; Medicine, General & Internal; Genetics & Heredity; Pathology; Mathematical & Computational Biology; Cell Biology; Parasitology; Tropical Medicine; Veterinary; Chemistry, Medicinal; Pharmacology; Obstetrics & Gynecology; Oncology; Respiratory System; Integrative & Complementary Medicine; Dermatology; Transplantation; Cell & Tissue Engineering; Surgery
1B AGR-BIO-TEHNOL	Chemistry, Analytical; Chemistry, Organic; Food Science & Technology; Agricultural Engineering; Materials Science, Paper & Wood; Agriculture, Multidisciplinary; Statistics & Probability; Imaging Science & Photographic Technology; Archaeology; Medicine, Legal; Toxicology; Medical Informatics; Radiology; Nutrition & Dietetics; Agriculture, Dairy & Animal Science; Biochemical Research Methods; Medical Laboratory Technology; Reproductive Biology; Biophysics; Biotechnology & Applied Microbiology; Anatomy & Morphology; Engineering, Biomedical; Materials Science, Biomaterials; Biochemistry & Molecular Biology; Biology; Medicine, Research & Experimental
2 RAZNO	Paleontology; Astronomy & Astrophysics; Geochemistry & Geophysics; Geology; Horticulture; Entomology; Geography, Physical; Critical Care Medicine; Orthopedics; Dentistry, Oral Surgery & Medicine; Sport Sciences; Forestry; Agronomy; Anthropology; Thermodynamics; Mathematics.
3 EKOL	Biodiversity Conservation; Oceanography; Ecology; Remote Sensing; Marine & Freshwater Biology; Limnology
4 OKOLJ-INFRASTR	Transportation; Social Sciences, Mathematical Methods; Soil Sciences; Geosciences, Multidisciplinary; Transportation Science & Technology; Meteorology & Atmospheric Sciences; Water Resources; Public, Environmental & Occupational Health; Law; Environmental Studies
5 EKON-SOC	Information Science & Library Science; Social Issues; Planning & Development Education; Social Sciences, Interdisciplinary; Sociology; Philosophy; Ethics; History & Philosophy of Science; Communication; Business; Operations Research & Management Science; Management; Economics
6A MULTIDISC_MA-FI-KE	<b>Materials Science, Characterization &amp; Testing; Engineering, Multidisciplinary; Materials Science, Coatings &amp; Films; Materials Science, Composites; Physics, Applied; Physics, Condensed Matter; Chemistry, Physical; Chemistry, Multidisciplinary; Acoustics; Materials Science, Multidisciplinary; Nanoscience &amp; Nanotechnology; Microscopy; Robotics; Multidisciplinary Sciences; Computer Science, Interdisciplinary Applications; Mathematics, Interdisciplinary; Physics, Fluids &amp; Plasmas; Physics, Multidisciplinary; Physics, Atomic, Molecular &amp; Chemical</b>
6B TEHNOL-RAČ	<b>Energy &amp; Fuels; Mineralogy; Chemistry, Inorganic &amp; Nuclear; Engineering, Chemical; Materials Science, Ceramics; Polymer Science; Materials Science, Textiles; Crystallography; Chemistry, Applied; Education, Scientific Disciplines; Electrochemistry; Instruments &amp; Instrumentation, Spectroscopy; Engineering, Petroleum; Engineering, Civil; Environmental Sciences; Engineering, Environmental;</b> Engineering, Chemical; Engineering, Mechanical; Engineering, Geological; Mining & Mineral Processing; Construction & Building Technology; Nuclear Science & Technology; Physics, Nuclear; Metallurgy & Metallurgical Engineering; Engineering, Industrial; Mechanics; Engineering, Aerospace; Engineering, Manufacturing; Computer Science, Information Systems; Mathematics, Applied; Physics, Mathematical; Computer Science, Software Engineering; Optics; Engineering, Electrical & Electronic; Computer Science, Artificial Intelligence; Computer Science, Cybernetics; Telecommunications; Automation & Control Systems; Computer Science, Hardware & Architecture; Computer Science, Theory & Methods; Physics, Particles & Fields

<sup>1</sup> krepko so označene kategorije, ki so v skupini 6A skupaj s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* in delno v 6B; 6A se v hierarhičnem združevanju pojavijo skupaj v najnižji podskupini, ta pa je povezana s podskupino kategorij, ki so označene krepko v 6B. V obeh primerih (Wardova in maksimalne metoda) se v MULTIDISC\_MA-FI-KE pojavijo skupaj iste kategorije. Označene kategorije v 6B se ujemajo s skupino v 8B iz preglednice 28.



### Preurejena matrika po maksimalni metodi združevanja v skupine

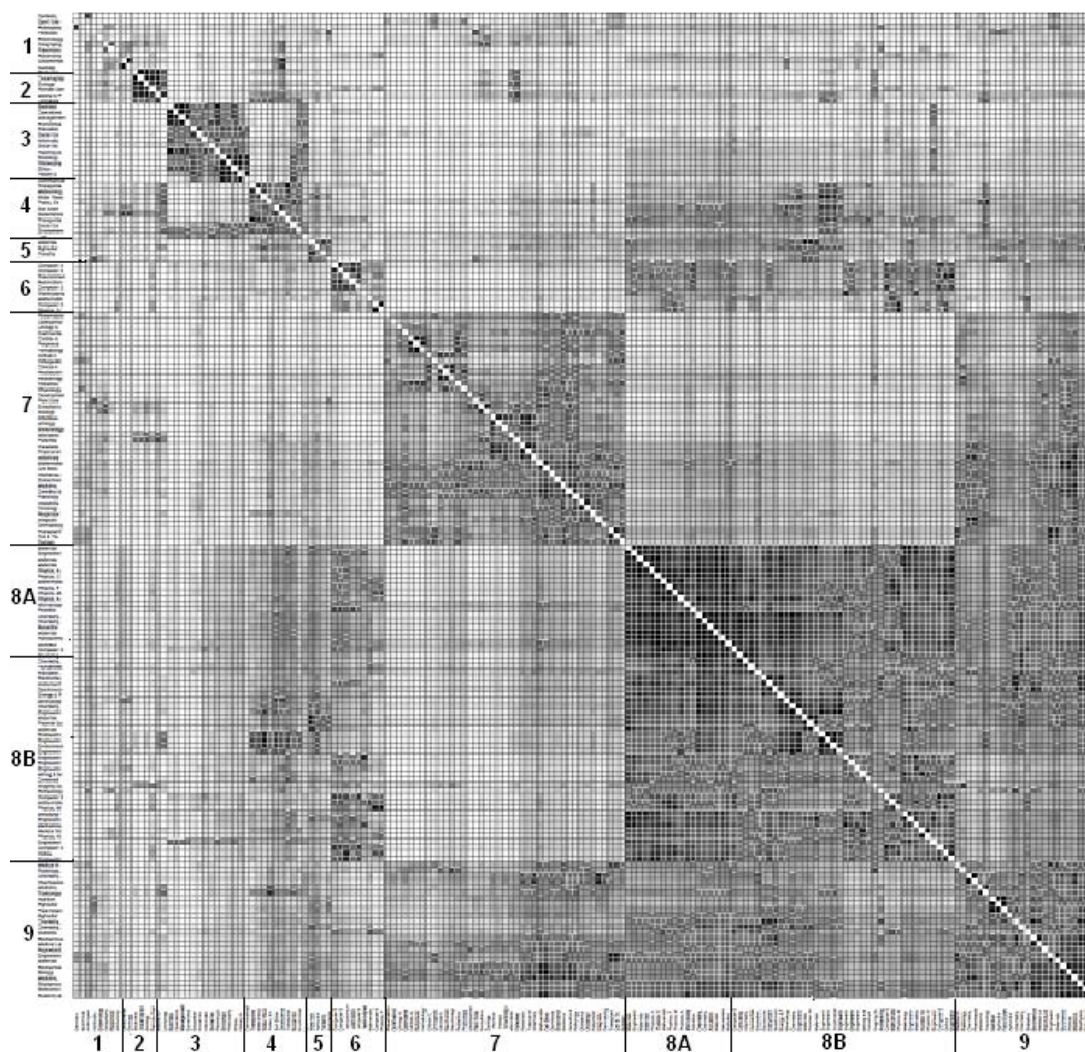
V drugem primeru so kategorije v skupine razvrščene z maksimalno metodo. Čeprav bi iz prikaza (dendrograma in matrike) lahko sklepali, da je razvrstitev v tem primeru precej drugačna, saj so skupine postavljene na drugih mestih, podrobnejši pregled v matriki osenčenosti pokaže dokaj primerljive povezave med praktično istimi skupinami kategorij.

Po sestavi kategorij sta tako primerljivi skupini 1A (BIO-MED) in 1B (AGR-BIO-TEHNOL) iz primera Wardovega razvrščanja kategorij in skupini 7 (BIO-MED) in 9 (BIO-TEHNOL) v primeru razvrščanja z maksimalno metodo. Iz diagrama osenčenja lahko vidimo, da obstaja, kljub drugačni poziciji, med kategorijami iz skupine 7 in 9 določena podobnost v citiranju. Razen v primerih, ko se podobnost v citiranju izraža v kombinaciji s predstavnicami kategorij iz istih skupin, kar vidimo v temnejši osenčenosti celic ob diagonali matrike, kaže osenčenost celic tudi na večjo podobnost v citiranju med kategorijami iz skupin 9 (BIO-TEHNOL) in 8A (MULTIDISC\_MA-FI-KE) oziroma 8B (TEHNOL). Čeprav kaže veliko podobnost, smo to skupino (podobno, kot v primeru Wardove metode) razdelili na dva dela. Skupina 8A je enake sestave kot 6A v primeru Wardove metode (preglednici 27, 28).

Skupina kategorij, ki smo jo označili s 6 (RAČ), je nekoliko bolj sorodna kategorijam iz skupine 8B (TEHNOL) zlasti z delom skupine, kjer najdemo kategorije kot so *Computer science, Interdisciplinary applications; Mathematics, applied; Physics, mathematical; Metallurgy & metallurgical engineering; Engineering, manufacturing; Mechanics; Nuclear science & technology; Physics, nuclear; Engineering, industrial; Computer science, Software engineering; Optics; Engineering, electrical & electronic*.

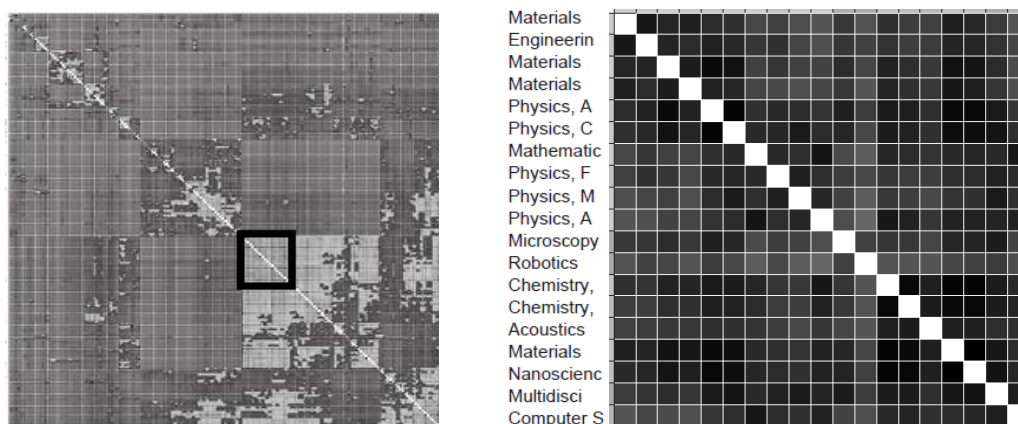
V zgornjem delu matrike so močnejše obarvane kategorije npr. *Agronomy* v povezavi s kategorijo *Horticulture*. Kategoriji *Law in Environmental Studies* iz skupine 4: OKOLJ-INFRASTR) sta nekoliko bolj povezani s kategorijami iz skupine 3 (EKON-SOC). Kategorije *Engineering, environmental; Engineering, civil in Environmental sciences* iz 8B skupine pa so v citiranju blizu kategorijami *Transportation; Meteorology & atmospheric sciences; Water resources; Public, environmental & occupational health; Soil science; Geosciences, multidisciplinary; Environmental studies; Law* (skupina 4 OKOLJ\_INFRASTR).

Če povzamemo bistvene ugotovitve v tem segmentu, bi izpostavili predvsem dvoje. V primeru obeh obravnavanj (maksimalna in wardova metoda združevanja) se pokažejo podobne relacije, čeprav bi iz različne razporeditve skupin lahko na hitro sklepali drugače. Sestava skupin 7: BIO-MED in 9: BIO-TEHNOL je v primeru maksimalne metode razvrščanja primerljiva sestavi skupin 1A (BIO-MED) in 1B (AGR-BIO-TEHNOL) iz Wardove metode razvrščanja. Čeprav sta v tej obravnavi omenjeni skupini postavljeni ločeno, se kaže določena podobnost med njima (osenčena polja). Podobno je tudi v primeru skupine, ki združuje kategorije, ki se nanašajo na računalništvo. V primeru maksimalne metode se razporedijo te kategorije ločeno v skupino, ki smo jo poimenovali 6: RAČ, vendar kaže na relacije s skupino 8; predvsem delom 8B: TEHNOL, kar je primerljivo s skupino 6B iz Wardovega združevanja. Prav tako, kot v primeru Wardove metode, se tudi v primeru maksimalne metode kaže določena podobnost v citiranju kategorij iz skupin 9: BIO-TEHNOL (predvsem kategorij *Biophysics, Biotechnology & applied microbiology in Anatomy & morphology*) in 8A: MULTIDISC\_MA-FI-KE. V obeh obravnavanjih se kaže večja sorodnost v citiranju tudi v primerih skupin, ki vključujejo tehnološke kategorije in tistih, ki se nanašajo na računalništvo (glej preglednici 27, 28 in sliki 32, 33).



Legenda: 1: RAZNO - 2: EKOL - 3: EKON-SOC - 4: OKOLJ\_INFRASTR - 5: AGR - 6: RAČ  
 7: BIO-MED - 8A: MULTIDISC\_MA-FI-KE - 8B: TEHNOL - 9: BIO-TEHNOL

**Razporejanje kategorij WCat po skupinah je predstavljeno v preglednici 28.**



Slika 33: Preurejena matrika po maksimalni metodi za razvrščanja v skupine in izseček dela matrike (spodaj desno)  
 Figure 33: Rearranged matrix according to complete linkage for clustering and a part of the matrix (bottom right)

Preglednica 28: Kategorije WCat po skupinah iz preurejene matrike po maksimalni metodi (glej slika 33)  
Table 28: WOS Categories by groups from the rearranged matrix according to complete linkage (see figure 33)

Skupina	Kategorije po skupinah
1 RAZNO	Dentistry, Oral Surgery & Medicine; Sport Sciences; Anthropology; Horticulture; Entomology; Geography, Physical; Paleontology; Astronomy & Astrophysics; Geochemistry & Geophysics; Geology
2 EKOL	Biodiversity Conservation; Oceanography; Ecology; Remote Sensing; Marine & Freshwater Biology; Limnology
3 EKON-SOC	Business; Operations Research & Management Science; Management; Economics; Social Sciences, Interd; Information Science & Library Science; Social Issues; Planning & Development Education; Sociology; Philosophy; Ethics; History & Philosophy of Science; Communication
4 OKOLJ- INFRASTR	Transportation; Meteorology & Atmospheric Sciences; Water Resources; Public, Environmental & Occupational Health; Soil Sciences; Geosciences, Multidisciplinary; Transportation Science & Technology; Social Sciences, Mathematical Methods; Environmental Studies; Law
5 AGR	Materials Science, Paper & Wood; Agricultural Engineering; Forestry; Agronomy
6 RAČ	Computer Science, Artificial Intelligence; Computer Science, Cybernetics; Telecommunications; Automation & Control Systems; Computer Science, Hardware & Architecture; Thermodynamics; Mathematics; Computer Science, Theory & Methods; Physics, Particles & Fields
7 BIO-MED	Rheumatology; Ophthalmology; Urology & Nephrology; Gastroenterology & Hepatology; Cardiac & Cardiovascular Systems; Peripheral Vascular Disease; Hematology; Critical Care Medicine; Orthopedics; Clinical Neurology; Neurosciences; Neuroimaging; Pediatrics; Physiology; Developmental Biology; Plant Sciences; Evolutionary Biology; Zoology; Infectious Diseases; Virology; Immunology; Microbiology; Fisheries; Parasitology; Tropical Medicine; Veterinary Sciences; Mathematical & Computational Biology; Cell Biology; Otorhinolaryngology; Endocrinology & Metabolism; Medicine, General & Internal; Genetics & Heredity; Pathology; Obstetrics & Gynecology; Oncology; Respiratory System; Integrative & Complementary Medicine; Dermatology; Transplantation; Cell & Tissue Engineering; Surgery.
8A MULTIDISC _MA-FI-KE	<b>Materials Science, Characterization &amp; Test.; Engineering, Multidisciplinary; Materials Science, Coatings &amp; Films; Materials Science, Composites; Physics, Applied; Physics, Condensed Matter; Mathematics, Interdisciplinary; Physics, Fluids &amp; Plasmas; Physics, Multidisciplinary, Physics, Atomic, Molecular &amp; Chemical; Microscopy; Robotics; Chemistry, Physical; Chemistry, Multidisciplinary; Acoustics; Materials Science, Multidisciplinary; Nanoscience &amp; Nanotechnology; Multidisciplinary Sciences; Computer Science, Interdisciplinary Applications.</b>
8B TEHNOL	<b>Crystallography; Chemistry, Inorganic &amp; Nuclear; Education, Scientific Disciplines; Electrochemistry; Instruments &amp; Instrumentation; Spectroscopy; Energy &amp; Fuels; Mineralogy; Chemistry, Applied; Engineering, Chemical; Materials Science, Textiles; Polymer Science; Materials Science, Ceramics; Engineering, Environmental; Engineering, Civil; Environmental Sciences; Engineering, Petroleum;</b> Engineering, Mechanical; Engineering, Aerospace; Engineering, Geological; Mining & Mineral Processing; Construction & Building; Imaging Science & Photographic Technology, Archaeology; Computer Science, Information Systems; Mathematics, Applied; Physics, Mathematical; Metallurgy & Metall. Engineering; Engineering, Industrial; Mechanics; Nuclear Science & Technology; Physics, Nuclear; Engineering, Manufacturing; Computer Science, Software; Optics; Engineering, Electrical & Electronic.
9 BIO- TEHNOL	Medical Informatics; Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging; Chemistry, Medicinal; Pharmacology & Pharmacy; Medicine, legal; Toxicology; Nutrition & Dietetics; Agriculture, Multidisciplinary; Food Science & Technology; Agriculture, Dairy & Animal Science; Chemistry, Analytical; Chemistry, Organic; Statistics & Probability; Biochemical Research Methods; Medical Laboratory Technology; Reproductive Biology; Engineering, Biomedical; Materials Science, Biomaterials; Biochemistry & Molecular Biology; Biology; Medicine, Research & Experimental; Biophysics; Biotechnology & Applied Microbiology; Anatomy & Morphology.

<sup>1</sup> krepko so označene kategorije, ki so v skupini 8A skupaj s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* in delno v 8B; Kategorije iz 8A se v hierarhičnem združevanju pojavijo skupaj v najožji podskupini, ta pa je povezana s podskupino kategorij, ki so označene krepko v 8B. V obeh primerih (Wardova in maksimalne metoda) se v MULTIDISC\_MA-FI-KE pojavijo skupaj iste kategorije. Označene kategorije v 8B se ujemajo s skupino v 6B iz preglednice 27.

V skupinah 6A (preglednica 27) in 8A (preglednica 28); v obeh primerih smo ju poimenovali MULTIDISC\_MA-FI-KE, so s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* združene iste kategorije. Prav tako pa so v obeh obravnavanjih iste tudi kategorije, označene odebeljeno v skupinah 6B (preglednica 27) oz. 8B (preglednica 28). V hierarhičnih diagramih (slika 31) so te kategorije povezane v podskupino, ki je najbližja podskupini 6A oz. 8A (povezava je glede na podobnost v citiranju).

### Analiza citiranosti skupin BIO-TEHNOL in AGR

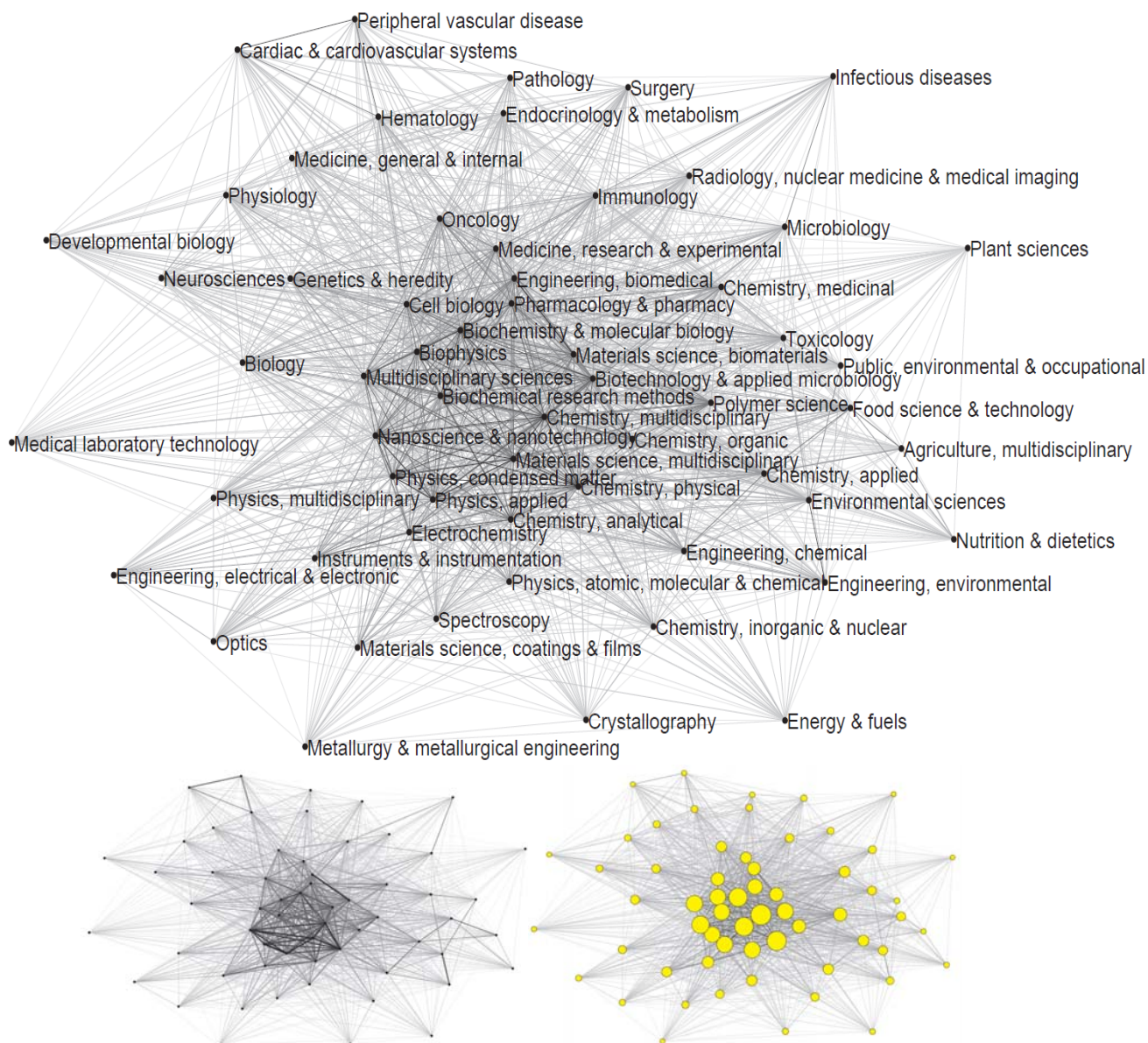
V podrobnejšo obravnavo smo v nadaljevanju vzeli kategorije WCat citirajočih člankov, ki so v preurejeni matriki po maksimalni metodi razvrščene v kategoriji BIO-TEHNOL in AGR. Iz seta podatkov, ki zajame celotno nanopodročje, smo najprej naredili izbor podatkov. Kategorije WCat, ki pripadajo skupinama BIO-TEHNOL in AGR, so predstavljene v preglednici 28. Set podatkov je zajel reference 13.016 člankov. Zanimalo nas je kaj citirajo ti članki oziroma od kod črpajo znanje. Odločimo se za metodo enkrat ponovljene klasifikacijske enote po članku, velikost prikazanih krogcev pa predstavlja število člankov, v katerih se pojavijo posamezne klasifikacijske enote. Povezave (podobnost med kategorijami) smo računali iz frekvenc hkratnega pojavljanja, ki smo jih preračunali v matriko podobnosti s kosinusovim indeksom.

Reference tega analiziranega vzorca podatkov so opisane z 209 različnimi kategorijami WCat. Nekaj se jih pojavi v zelo majhnem številu. Zaradi preglednosti na sliki 35 prikažemo samo 60 najbolj frekventnih. Posebej prikažemo omenjene kategorije WCat še v preglednici 30 skupaj s frekvencami. Slednje ne predstavljajo celotne pojavnosti posameznih kategorij (posamezna kategorija se v referencah članka pojavi lahko večkrat), pač pa pojavnost člankov, v katerih se pojavi posamezna kategorija vsaj enkrat.

Preglednica 29: Število člankov, pri katerih se posamezna kategorija reference pojavi vsaj enkrat  
 Table 29: The number of articles, in which a particular category of references occurs at least once

Št. člankov	Kategorija	Št. člankov	Kategorija
10.702	Chemistry, multidisciplinary	2.908	Engineering, chemical
9.651	Chemistry, physical	2.868	Physics, atomic, mol. & chemical
9.018	Materials science, multidisciplinary	2.665	Instruments & instrumentation
8.872	Biochemistry & molecular biology	2.218	Environmental sciences
8.056	Nanoscience & nanotechnology	2.205	Biology
7.137	Multidisciplinary sciences	2.159	Food science & technology
7.028	Biotechnology & applied microb.	2.093	Toxicology
6.974	Physics, applied	1.966	Immunology
6.864	Biochemical research methods	1.953	Genetics & heredity
6.841	Chemistry, analytical	1.874	Chemistry, inorganic & nuclear
6.770	Biophysics	1.870	Spectroscopy
6.439	Physics, condensed matter	1.740	Physics, multidisciplinary
6.044	Pharmacology & pharmacy	1.655	Microbiology
4.891	Materials science, biomaterials	1.516	Engineering, environmental
4.652	Chemistry, organic	1.372	Materials sci., coatings & films
4.638	Polymer science	1.350	Medicine, general & internal
4.592	Cell biology	1.292	Neurosciences
4.447	Engineering, biomedical	1.290	Radiology, n. m. & med. imaging
3.576	Electrochemistry	1.272	Hematology
3.210	Medicine, research & experimental	1.232	Endocrinology & metabolism
3.168	Chemistry, applied	1.201	Physiology
3.134	Chemistry, medicinal	1.124	Surgery
2.961	Oncology	1.066	Crystallography





Slika 34: Analiza citiranja najbolj frekventnih kategorij WCat referenc iz skupin BIO-TEHNOL + AGR  
Figure 34: Citation analysis of the most frequent categories WCat from the clusters BIO-TEHNOL + AGR

Naša analiza pokaže (preglednica 29, slika 34), da sta med kategorijami z visoko pojavnostjo, s katerimi je najpogosteje opisan set analiziranih referenc, poleg kategorij *Chemistry, multidisciplinary*, *Chemistry, physical*, *Materials science, multidisciplinary*, *Biochemistry & molecular biology*, tudi kategoriji *Nanoscience & nanotechnology* in *Multidisciplinary sciences* ter še nekatere ostale kategorije, ki se pojavljajo skupaj pri klasifikaciji nano revij. Kategorije *Biochemistry & molecular biology* in *Biotechnology & applied microbiology* pa se z relativno visokim indeksom podobnosti (nad 5,5) povezujejo s kategorijami, ki kažejo na multidisciplinarne raziskave, s kategorijami s področji fizike, fizikalne in analitične kemije ter kategorijami, ki se nanašajo na vedo o materialih.

Iz slike 34 je razvidna zgostitev kategorij z največjo pojavnostjo v centralnem delu, med katerimi so tudi najmočnejše povezave v smislu podobnosti v citiranju.

Preglednica 30: Indeksi podobnosti Salton kosinus za pare z vrednostmi  $> 0,7$  in nekatere izbrane pare kategorij iz normalizirane matrike sopojavljanja  
Table 30: Salton cosine similarity indices for the pairs with values  $> 0.7$  and some selected pairs of categories from the normalized matrix of co-occurrences

Indeks	1. kategorija	2. kategorija
0.896	Physics, applied	Physics, condensed matter
0.886	Chemistry, physical	Materials science, multidisciplinary
0.872	Chemistry, multidisciplinary	Chemistry, physical
0.860	Materials science, multidisciplinary	Nanoscience & nanotechnology
0.858	Engineering, biomedical	Materials science, biomaterials
0.855	Materials science, multidisciplinary	Physics, applied
0.842	Chemistry, multidisciplinary	Materials science, multidisciplinary
0.825	Materials science, multidisciplinary	Physics, condensed matter
0.825	Nanoscience & nanotechnology	Physics, applied
0.809	Chemistry, multidisciplinary	Nanoscience & nanotechnology
0.804	Chemistry, physical	Nanoscience & nanotechnology
0.797	Nanoscience & nanotechnology	Physics, condensed matter
0.783	Chemistry, physical	Physics, applied
0.780	Chemistry, physical	Physics, condensed matter
0.763	Biochemistry & molecular biology	Biophysics
0.763	Biochemistry & molecular biology	Chemistry, multidisciplinary
0.740	Chemistry, multidisciplinary	Physics, applied
0.732	Chemistry, multidisciplinary	Physics, condensed matter
0.730	Biochemistry & molecular biology	Biotechnology & applied microbiology
0.729	Biochemical research methods	Biochemistry & molecular biology
0.729	Engineering, environmental	Environmental sciences
0.702	Biochemistry & molecular biology	Chemistry, physical
<b>Izbrani pari kategorij</b>		
0.692	Biochemistry & molecular biology	Multidisciplinary sciences
0.688	Biotechnology & applied microbiology	Chemistry, multidisciplinary
0.670	Biochemistry & molecular biology	Materials science, multidisciplinary
0.665	Biotechnology & applied microbiology	Nanoscience & nanotechnology
0.652	Biochemistry & molecular biology	Nanoscience & nanotechnology
0.647	Biotechnology & applied microbiology	Chemistry, physical
0.641	Biotechnology & applied microbiology	Materials science, multidisciplinary
0.609	Biotechnology & applied microbiology	Multidisciplinary sciences
0.595	Biochemistry & molecular biology	Chemistry, analytical
0.588	Biotechnology & applied microbiology	Chemistry, analytical
0.587	Biochemistry & molecular biology	Physics, applied
0.569	Biotechnology & applied microbiology	Physics, applied
0.562	Biochemistry & molecular biology	Physics, condensed matter
0.546	Biotechnology & applied microbiology	Physics, condensed matter
0.545	Biochemistry & molecular biology	Polymer science

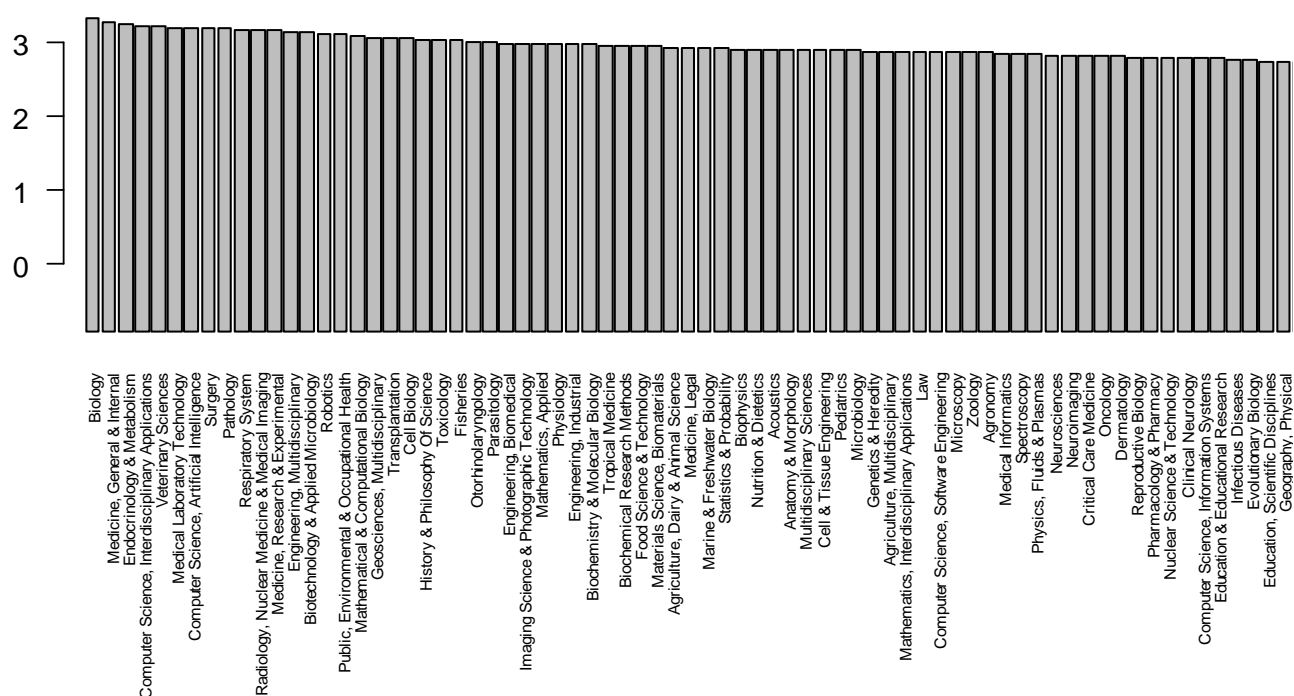
### 4.5.3 Indeksi interdisciplinarnosti

V tem poglavju smo interdisciplinarnost področja proučevali z indeksi diverzitete. V ta namen smo na naših podatkih testirali uporabo Shannonovega in Rao-Stirlingovega indeksa, ki se za različne namene tudi na drugih področjih znanosti uporabljata za analize diverzitete, različnosti ali pestrosti proučevanih enot. Kot pri večini že omenjenih analiz

smo za osnovo uporabili citiranje. Izračun smo pripravili iz matrike navzkrižnega citiranja, s podatki, ki smo jih predhodno spravili na nivo vsebinskih kategorij (citirajoči in citirani članki). Matrika prikaže, kako so v posameznih kategorijah člankov citirane posamezne kategorije referenc, naša analiza pa temelji na vsebinski različnosti vključenih referenc v posamezne kategorije citirajočih člankov.

#### 4.5.3.1 Shannonov indeks pestrosti

Shannonov indeks (tudi Shannon-Wiener ali Shannon-Weaver ali Shannonova entropija<sup>25</sup>) je pogosto omenjeni indeks v literaturi s področja okoljskih ved. Uporablja se v okviru analiz biodiverzitete oziroma biološke pestrosti, zato ga imenujejo tudi indeks pestrosti, v bibliometrični analizi pa ga uporabijo tudi Rafols in sod. (2009b). Indeks bolj podrobno predstavljamo v metodah. V naši analizi smo koncept pestrosti uporabili za analizo vsebinskih področij citirajočih člankov in pripadajočih citiranih člankov. S sliko 35 prikazujemo najprej vrednosti Shannonovega indeksa pestrosti za posamezne kategorije in sicer za tisti del seznama, kjer so najvišje vrednosti. Najvišji indeks pestrosti ima kategorija *Biology*. Poleg omenjene pa najdemo med tistimi z najvišjimi vrednostmi kar nekaj kategorij z bio-medicinskega področja, dokaj visok indeks ima *Biotechnology & applied microbiology*, pa tudi posamezne kategorije s področja računalništva.



Slika 35: Shannonov indeks pestrosti za kategorije WCat z največjimi vrednosti  
 Figure 35: Shannon diversity index for the WOS categories with the highest value

V preglednici 31 so v levem stolpcu dodatno prikazane še kategorije z drugega konca spiska; to je tiste z najnižjimi vrednostmi Shannonovega indeksa (najnižja pestrost vključenih kategorij WCat v smislu citiranja), v desnem stolpcu pa so prikazane še

<sup>25</sup> V informatiki količina, ki meri negotovost izida poskusa, povezanega s slučajno spremenljivko oz. merilo za količino informacije, ki jo dobimo s poznavanje vrednosti slučajne spremenljivke.

izbrane 'bio-eko' kategorije. Vrednosti indeksov se v analiziranem primeru nahajajo med vrednostmi 2,27 in 3,86. Dokaj visoko pestrost kažejo tudi kategorije *Agronomy*, *Agriculture*, *multidisciplinary* ali pa na primer *Biotechnology & applied microbiology* (3,67).

Preglednica 31: Shannonov indeks za kategorije z najnižjimi vrednostmi (levo) in izbrane 'bio-eko' kategorije po naraščajočih vrednostih (desno)

Table 31: Shannon diversity index for the categories with the lowest value and selected 'bio-eco' categories

NAJNIŽJE VREDNOSTI PO VRSTI		IZBRANE 'BIO-EKO' KATEGORIJE <sup>1</sup>	
Kategorija	Indeks	Kategorija	Indeks
Dentistry, oral surg. & medicine	2,27	Entomology	2,96
Sociology	2,35	Forestry	3,02
Oceanography	2,48	Plant sciences	3,02
Geology	2,49	Engineering, environmental	3,08
Telecommunications	2,60	Information sci. & library science	3,12
Crystallography	2,68	Environmental studies	3,13
Astronomy & astrophysics	2,68	Ecology	3,17
Metallurgy & metal. engineering	2,69	Environmental sciences	3,28
Chemistry, inorganic & nuclear	2,74	Agricultural engineering	3,29
Computer sci., theory & methods	2,76	Evolutionary biology	3,32
Computer sci., hardware & archit.	2,77	Pharmacology & pharmacy	3,37
Management	2,79	Agronomy	3,42
Mathematics	2,79	Zoology	3,43
Developmental biology	2,80	Agriculture, multidisciplinary	3,44
Social issues	2,83	Microbiology	3,45
Physics, condensed matter	2,84	Cell & tissue engineering	3,46
Engineering, electrical & electronic	2,84	Nutrition & dietetics	3,47
Physics, particles & fields	2,84	Biophysics	3,47
Biodiversity conservation	2,85	Agriculture, dairy & animal sci.	3,49
Horticulture	2,85	Materials science, biomaterials	3,50
Communication	2,85	Food science & technology	3,50
Physics, applied	2,86	Biochemical research methods	3,51
Materials science, coatings & films	2,87	Biochemistry & molecular biology	3,52
Economics	2,88	Fisheries	3,57
Energy & fuels	2,88	Cell biology	3,61
Optics	2,89	Biotechnology & app. microbiology	3,67
Chemistry, physical	2,90	Veterinary sciences	3,74
Mining & mineral processing	2,92	Biology	3,86

<sup>1</sup>razvrščene naraščajoče

#### 4.5.3.2 Rao-Stirlingov indeks diverzitete

V našem primeru proučujemo torej heterogenost kategorij, s katerimi so vsebinsko opredeljene reference glede na citirajoče članke. Koncept različnosti (diverzitete) Stirling (1994, cit. po Stirling, 2007) opiše s tremi temeljnimi lastnostmi, ki jih angleško opiše z 'variety, balance, disparity'. Lastnosti, s katerimi ugotavlja različnost elementov, so torej: število različnih tipov spremenljivk, koliko vsakega tipa le-teh vključuje posamezen element in kakšna je podobnost med spremenljivkami. V primerjavi s Shannonovim indeksom je tukaj enačba nekoliko kompleksnejša, saj upošteva tudi podobnost med posameznimi primerjanimi enotami. V našem primeru smo uporabili razdaljo indeksa Salton kosinus. Modifikacijo tega indeksa ('integration score') za področje nanoznanosti uporabijo Porter in sod. (2007).

V levem stolpcu preglednice 32 prikažemo najprej vrednosti indeksa Rao-Stirling za kategorije, ki imajo v setu podatkov najnižje vrednosti – najmanjšo diverziteto (majhno

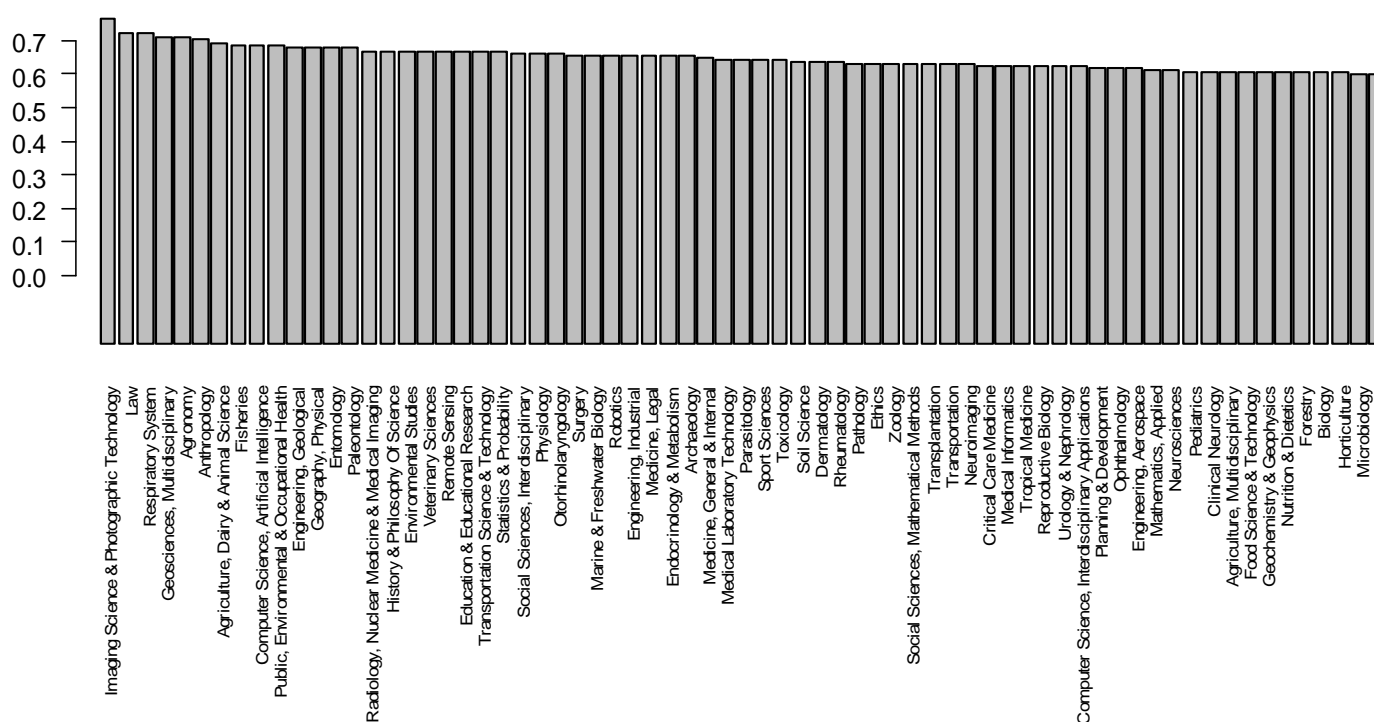
število različnih tipov spremenljivk in podobnost med spremenljivkami je velika). V naših rezultatih se izkaže, da se z nizkim indeksom diverzitete pojavijo tiste kategorije, ki tudi v drugi analizah 'spremljajo' kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. V desnem stolpcu preglednice 33 pa so spet predstavljene posamezne izbrane 'bio-eko' kategorije. Kategorija *Agronomy* kaže (glede na vključene reference) visoko diverzitetu. Glede na razpon diverzitetnih indeksov v našem setu, ki sega od 0,77 za kategorijo *Imaging science & photographic technology* in 0,38 za kategorijo *Physics, condensed matter*, ugotavljamo dokaj visoko diverzitetu tudi za ostale kategorije s področja kmetijstva, živilstva, prehrane in nekatere biomedicinske kategorije (desni stolpec preglednice 33).

Preglednica 32: Rao-Stirlingov indeks diverzitete za kategorije z najnižjimi vrednostmi (levo) in izbrane 'bio-eko' kategorije po naraščajočih vrednostih (desno)

Table 32: Rao-Stirling diversity index for the categories with the lowest value and selected 'bio-eko' categories (right)

NAJNIŽJE VREDNOSTI PO VRSTI		IZBRANE 'BIO-EKO' KATEGORIJE	
Kategorija	Indeks	Kategorija	Indeks
Physics, condensed matter	0.38	Biodiversity conservation	0.56
Physics, applied	0.38	Environmental sciences	0.57
Metallurgy & metallurg.engineering	0.39	Biophysics	0.57
Materials science, multidisciplinary	0.40	Biochemistry & molecular biology	0.58
Materials science, coatings & films	0.40	Pharmacology & pharmacy	0.59
Chemistry, physical	0.40	Biochemical research methods	0.59
Crystallography	0.40	Cell biology	0.59
Chemistry, multidisciplinary	0.41	Plant sciences	0.60
Nanoscience & nanotechnology	0.42	Ecology	0.61
Engineering, electrical & electronic	0.43	Cell & tissue engineering	0.61
Oceanography	0.44	Biotechnology & appl. microbiology	0.61
Energy & fuels	0.45	Materials science, biomaterials	0.62
Chemistry, inorganic & nuclear	0.45	Evolutionary biology	0.62
Physics, atom., mol. & chemical	0.46	Information sci. & library science	0.63
Physics, multidisciplinary	0.47	Agricultural engineering	0.63
Sociology	0.47	Microbiology	0.64
Materials science, ceramics	0.47	Horticulture	0.64
Optics	0.47	Biology	0.64
Telecommunications	0.47	Forestry	0.64
Computer sci., theory & methods	0.48	Nutrition & dietetics	0.64
Electrochemistry	0.48	Food science & technology	0.64
Management	0.48	Agriculture, multidisciplinary	0.64
Geology	0.49	Marine & freshwater biology	0.68
Physics, mathematical	0.49	Veterinary sciences	0.69
Physics, particles & fields	0.50	Environmental studies	0.69
Developmental biology	0.51	Entomology	0.70
Dentistry, oral surgery & medicine	0.51	Fisheries	0.70
Polymer science	0.51	Agriculture, dairy & animal sci.	0.71
Materials science, composites	0.52	Agronomy	0.72

Slika 36 prikaže še vrednosti indeksa Rao-Stirling za set, ki je sortiran po višini indeksa padajoče; to je za tiste kategorije z najvišjimi vrednostmi.



Slika 36: Rao-Stirling indeks diverzitete za kategorije z največjimi vrednosti  
Figure 36: Rao-Stirling diversity index for the categories with the highest value

#### 4.5.3.3 Analiza indeksov po skupinah

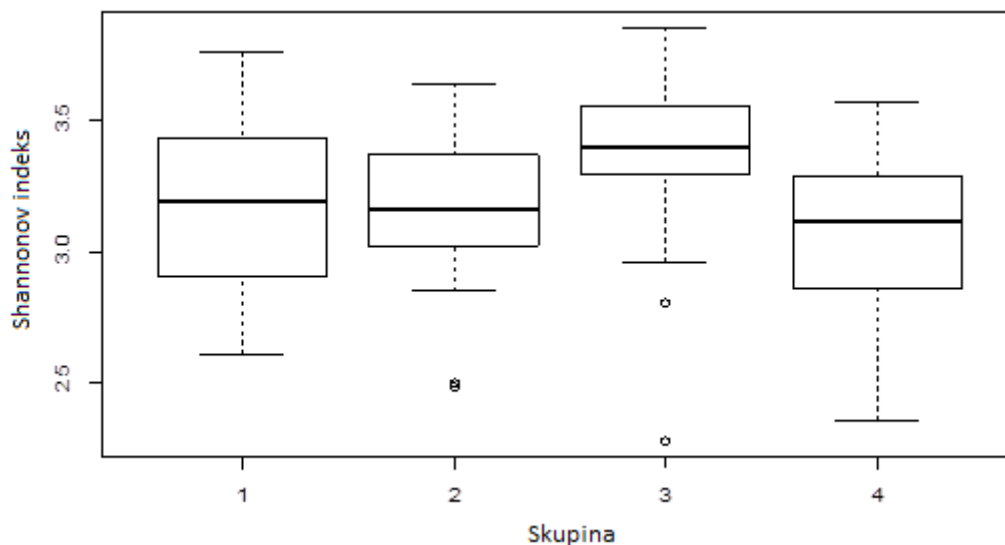
Zaradi številnih kategorij in s tem povezane nepreglednosti smo indekse diverzitete izračunali še za skupine. Skupine smo pripravili na osnovi indeksa podobnosti Salton kosinus, kar predstavljamo že v poglavjih 4.5.2.2 in 4.5.2.3 (glej sliki 25, 27). Set podatkov smo po podobnosti torej razdelili v 4 skupine, ki smo jih glede na zastopanost kategorij v skupini poimenovali 1: MA-FI-KE-NANO (materiali, fizika, kemija, nanoznanost), 2: EKO-GEO (okolje in geoznanosti), 3: BIO-MED (biološko-medicinsko področje) in 4: EKON-SOC (ekonomske in sociološke vede). Z okvirji z ročaji nazorno prikažemo obliko porazdelitve, kvartile, variacijski in kvartilni razmik, ki ga odčitamo v dolžini okvira. Na sliki 37 je predstavljena porazdelitev skupin glede na Shannonov indeks, na sliki 38 pa za indeks Rao-Stirling.

Rezultati pokažejo, da v primeru Shannonovega indeksa nekoliko izstopi 3. skupina (BIO-MED), ki ima mediano najvišje (pestrost referenc je večja), v primeru 4. skupine (EKON-SOC) pa je variabilnost večja kot pri ostalih skupinah, porazdelitev pa je zaradi prvega kvartila nekoliko asimetrična. Kljub temu na grobo zaključimo, da med skupinami ni bistvenih razlik v pestrosti.

V primeru indeksa Rao-Stirling, pri katerem je upoštevana še dodatna komponenta – podobnost primerjanih enot, je slika drugačna. Izkaže se, da v tem primeru bolj izrazito izstopi 1. skupina MA-FI-KE-NANO, ki ima mediano pri 5,7 ostale tri okrog 6,4 oziroma 6,3. 75 % enot prve skupine ima diverziteto manj od 0,62, ostale tri pa pri 0,68 oziroma 0,67. Minimalna vrednost je pri prvem razredu 0,43, pri 2. razredu pri 0,45. Pri tretjem

0,57 in 4. pri 0,45. 3. skupina kaže najmanjšo variabilnost, ima pa spodaj in zgoraj osamelca.

1. skupina MA-FI-KE-NANO torej pokaže največjo variabilnost v indeksih diverzitete, se pa njena mediana pojavi v višini, kjer se pri ostalih šele začne prvi oziroma drugi kvartil.

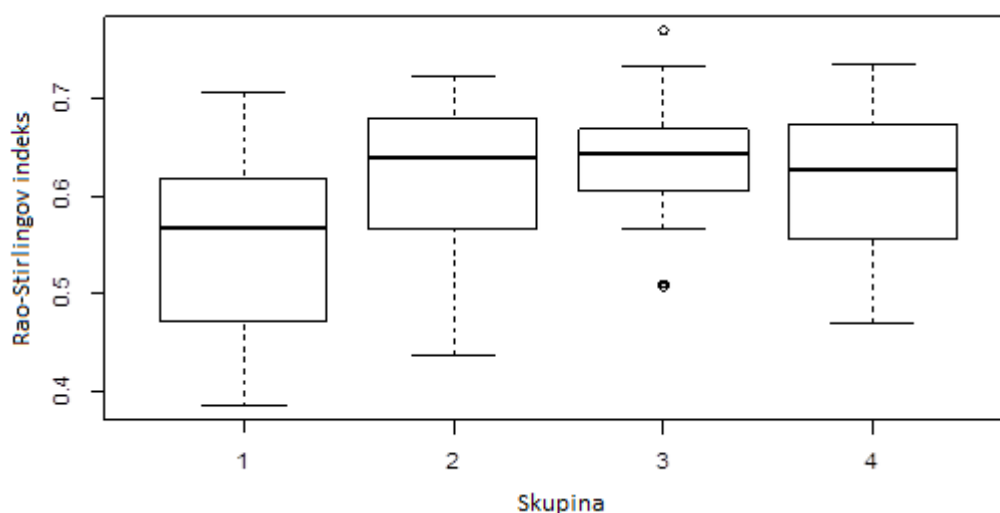


Legenda:

1 - MA-FI-KE-NANO / 2 - EKO-GEO / 3 - BIO-MED / 4 - EKON-SOC

Slika 37: Shannonov indeks pestrosti za skupine (indeks podobnosti Salton kosinus)

Figure 37: Shannon diversity index for clusters (Salton cosine similarity index)



Legenda:

1 - MA-FI-KE-NANO / 2 - EKO-GEO / 3 - BIO-MED / 4 - EKON-SOC

Slika 38: Rao-Stirlingov indeks diverzitete za skupine ( indeks podobnosti Salton kosinus)

Figure 38: Rao-Stirling diversity index for clusters (Salton cosine similarity index)

#### 4.5.4 Multidisciplinarnost revij

##### 4.5.4.1 Multidisciplinarnost revij iz kategorije Nanoscience & nanotechnology

V tem segmentu smo proučili kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology*, ki jo zbirka WOS uporablja za vsebinsko klasifikacijo revij šele od leta 2005. Leta 2012 je s to kategorijo klasificiranih 69 (JCR, 2013) revij in izkaže se, da se omenjena kategorija vedno pojavi v kombinaciji še z nekaterimi drugimi kategorijami WCat. Preglednica 33 prikazuje deleže člankov iz naše analize po kategorijah WCat, ki se pojavijo hkrati s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Revije, ki so klasificirane s to kategorijo, so torej najpogosteje skupaj še s kategorijami *Materials science, multidisciplinary*, *Physics, applied*, *Chemistry, physical*, *Chemistry, multidisciplinary*, *Physics, condensed matter* in *Engineering, electrical electronic* vse ostale kategorije WCat so prisotne z manjšim deležem. Z vsemi naštetimi kategorijami je na primer klasificirana tudi revija *Nano letters*, ki jo analiziramo v nadaljevanju.

Preglednica 33: Kategorije, s katerimi so klasificirane revije skupaj s kategorijo Nanoscience & nanotechnology

Table 33: Categories which are assigned to journals along with the category Nanoscience & Nanotechnology

WOS kategorija WCat	2001-2005 <sup>d</sup>	2006-2010	2011-2012
<b>Nanoscience &amp; nanotechnology</b>	<sup>a</sup> <b>100,0</b>	<sup>b</sup> <b>100,0</b>	<sup>c</sup> <b>100,0</b>
Materials science, multidisciplinary	68,7	81,9	84,1
Physics, applied	58,9	50,8	47,4
Chemistry, physical	34,4	41,6	37,9
Chemistry, multidisciplinary	36,0	35,9	39,7
Physics, condensed matter	46,2	32,1	25,0
Engineering, electrical electronic	17,6	8,3	5,6
Biotechnology & applied microbiology	1,8	3,8	3,9
Chemistry, applied	4,8	2,9	1,8
Optics	4,9	2,8	2,4
Biophysics	1,7	2,3	2,4
Chemistry, analytical	1,7	2,2	2,2
Electrochemistry	1,7	2,2	2,2
Metallurgy, metallurgical engineering	4,7	1,7	2,5
Physics, atomic molecular chemical	1,9	1,2	2,1
Instruments instrumentation	1,0	1,2	1,0
Medicine research experimental	0,4	1,2	1,8
Biochemical research methods	0,8	1,0	1,1
Mechanics	0,7	0,8	0,6
Chemistry, inorganic nuclear	0,1	0,5	0,5

<sup>a</sup> 13.343 od skupaj 181.354 (7,4 %); <sup>b</sup> 51.069 od skupaj 371.343 (13,8 %) in (poizvedba: WOS, <sup>c</sup> 5.7.2012); 33.919 od skupaj 205.074 (16,5 %) (poizvedba: WOS, 5.8.2013); <sup>d</sup> kategorijo dodajo z letom 2005

##### 4.5.4.2 Klasifikacija revij z več kategorijami – enostaven pokazatelj multidisciplinarnosti

Med enostavnejšimi pokazatelji multidisciplinarnosti področja se v literaturi v omenja tudi multidisciplinarnost revij. Govorimo o revijah, ki so klasificirane z več kot eno klasifikacijsko enoto. Analizirali smo torej set podatkov, ki smo ga priklicali z izbrano iskalno metodologijo za oris celotnega nano področja. Izkazalo se je, da je manj kot



polovica člankov (45,8 %) objavljenih v takšnih revijah, ki so klasificirane s samo eno kategorijo; torej takih, ki so objavljeni v 'monodisciplinarnih revijah'. V preglednici 34 so prikazani tudi deleži člankov glede na to, v kakšnih revijah so objavljeni. Ločeno so prikazani deleži za kategorije WCat in raziskovalna področja SC, ki vsebino zajamejo nekoliko širše (več kategorij WCat pripada enemu raziskovalnemu področju SC).

Preglednica 34: Pojavnost člankov glede na število klasifikacijskih enot, s katerimi so hkrati klasificirane revije  
Table 34: Number of concurrent classification units which describe respective articles

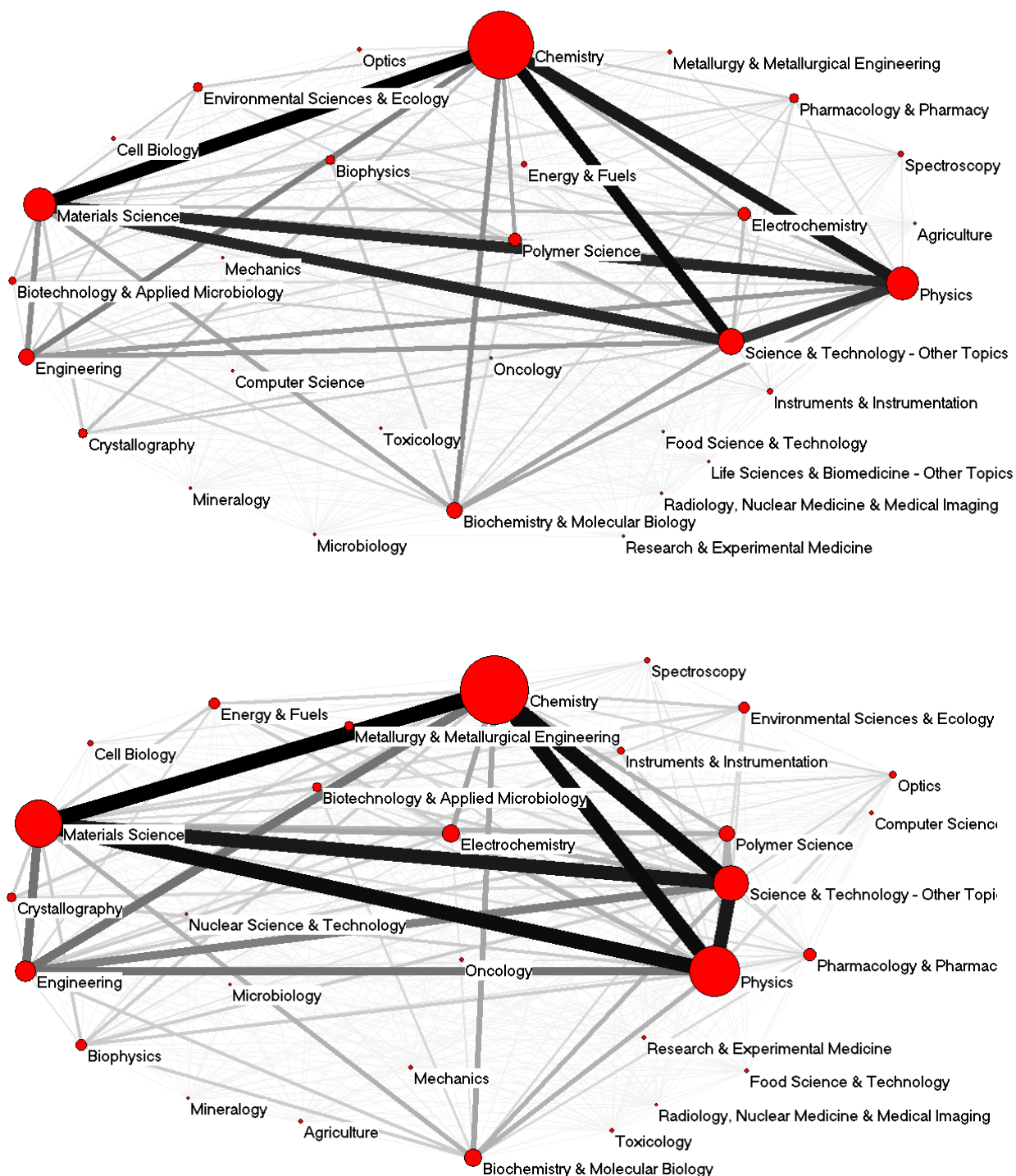
Število kategorij, s katerimi so hkrati klasificirane revije	Število člankov (odstotek)	
	Širša znanstvena področja (SC)*	WOS kategorije (WCat)**
1	45.620 (48,0 %)	43.497 (45,8 %)
2	26.535 (27,9 %)	23.730 (25,0 %)
3	15.074 (15,9 %)	16.344 (17,2 %)
4	7.189 (7,6 %)	6.703 (7,1 %)
5	597 (0,6 %)	2.608 (2,7 %)
6	2 (0,002)	2.135 (2,2 %)

95.017 dokumentov, \*175.665 - skupna pojavnost SC ; \*\* 192.651 skupna pojavnost WCat (analiza: 23.10.2012)

#### 4.5.4.3 Razlike v citiranju- revije, klasificirane z enim ali več raziskovalnimi področji SC

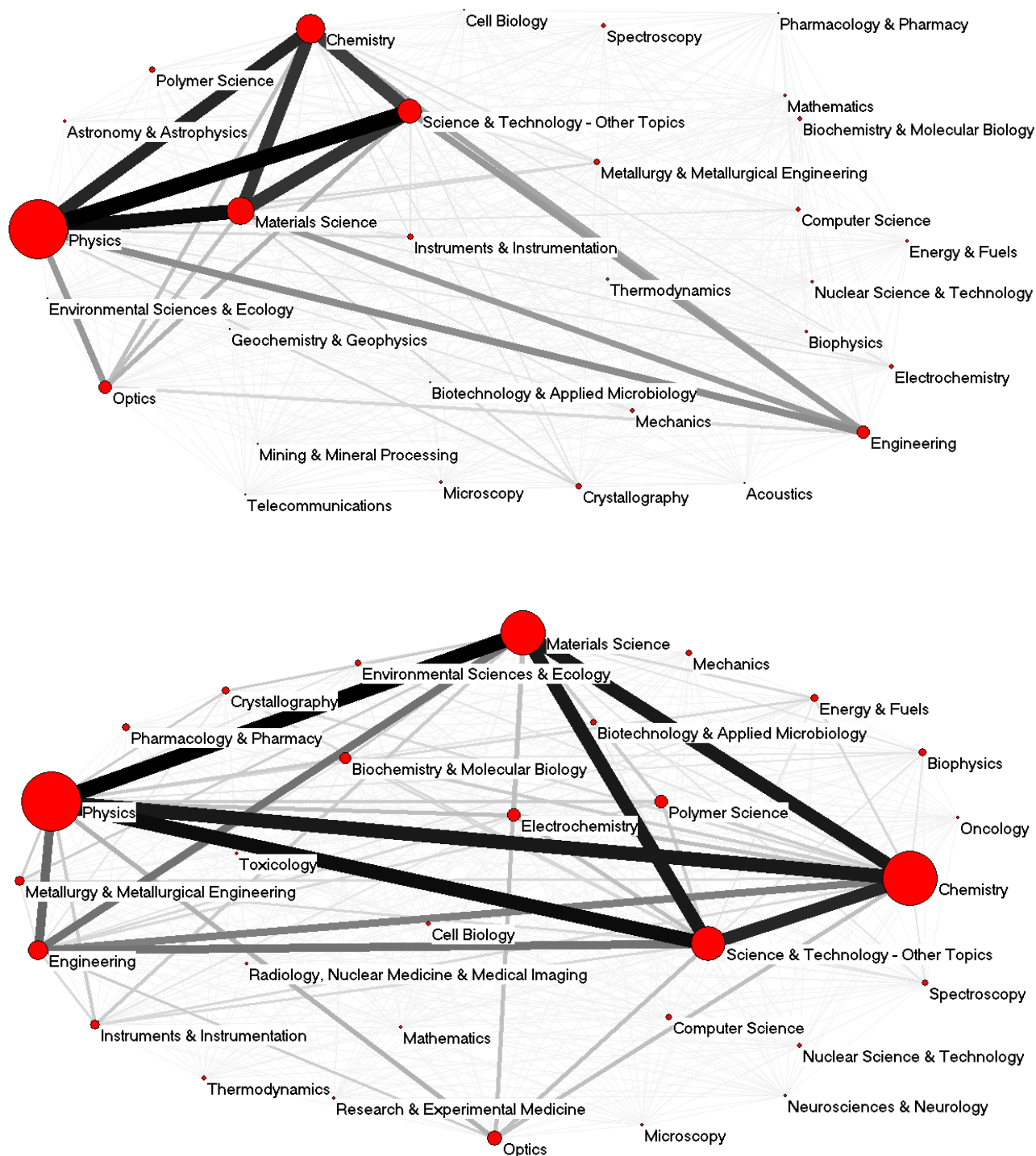
Z enostavno analizo citiranja, ki jo predstavimo v nadaljevanju, smo želeli prikazati razmerja v citiranju različnih raziskovalnih področij SC in povezave med njimi. Iz osnovnega seta podatkov smo pripravili dve skupini revij. Ena je zajela članke, ki so bile vsebinsko opredeljeni z enim raziskovalnim področjem SC, druga pa z dvema oziroma več. Uporabili smo metodo, ko posamezno klasifikacijsko enoto v referencah posameznega članka upoštevamo le enkrat, kar se odraža tako v relacijah, kot tudi v zastopanosti posameznega področja (natančneje pojasnjeno v metodah).

Od skupno 117 različnih znanstvenih področij SC, s katerimi so klasificirane revije, v katerih so objavljeni analizirani članki v naši delovni zbirki, smo na tem mestu analizo citiranja prikazali na primeru področij SC *Chemistry* in *Physics*, ki se pojavita med področji z najvišjo pojavnostjo. Kategorije WCat znotraj raziskovalnega področja SC *Chemistry* so: *Chemistry, analytical, Chemistry, applied, Chemistry, inorganic & nuclear, Chemistry, multidisciplinary, Chemistry, organic, Chemistry, physical*. Kategorije WCat znotraj raziskovalnega področja *Physics* so: *Physics, applied, Physics, atomic molecular & chemical, Physics, condensed matter, Physics, multidisciplinary, Physics, nuclear, Physics, particles & fields*. Področje *Agronomy* prikažemo v poglavju, ki sledi. Slika 39 torej prikaže analizo citiranja za citirajoče članke, katerih revije so klasificirane z raziskovalnim področjem *Chemistry* (13.832 člankov). Prikaz zgoraj je za set člankov (revij), ki so klasificirane izključno s področjem *Chemistry*, prikaz spodaj pa za set, kjer so revije citirajočih člankov klasificirane s področjem *Chemistry* in še z eno ali več drugimi področji. Z raziskovalnimi področji SC je prikazana tudi mreža referenc. Slika je pripravljena v Pajku z algorimov Fruchterman Reingold. Različne velikosti krogecev na sliki ponazarjajo večjo ali manjšo frekvenco določenega področja SC, s katerimi so opredeljene reference posameznih člankov. S črtami so prikazane povezave med njimi, ki predstavljajo število hkratnih pojavljanj klasifikacijskih enot (analiza socitiranja) v obravnavanih člankih.



Slika 39: Kategorije referenc, ki so citrane v skupini člankov iz revij, ki so (zgornja slika) klasificirane samo z znanstvenim področjem SC Chemistry in mreža klasifikacijskih enot referenc v primeru, ko so revije klasificirane poleg SC Chemistry tudi z drugimi klasifikacijskimi enotami (slika spodaj)

Figure 39: Categories of references that are cited in the group of journal articles which are (upper figure) classified only by the WOS scientific area SC Chemistry, and network of classification units of references when journals are classified with other classification units, in combination with SC Chemistry (lower figure)



Slika 40: Kategorije referenc, ki so citirane v skupini člankov iz revij, ki so (zgornja slika) klasificirane samo z znanstvenim področjem SC Physics in mreža klasifikacijskih enot referenc v primeru, ko so revije klasificirane poleg SC Physics tudi z drugimi klasifikacijskimi enotami (slika spodaj)  
Figure 40: Categories of references that are cited in the group of journal articles which are (upper figure) classified only by the WOS scientific area SC Physics and network of classification units of references when journals are classified with other classification units, in combination with SC Physics (lower figure)

Iz primerjave med pari slik lahko ugotovimo nekoliko povečane frekvence področja *Science & Technology – Other Topics* (spodaj); področja, ki večinoma vključuje kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology* in ostalih kategorij, ki se pri nano revijah uporabljajo za klasifikacijo skupaj s kategorijo *Nanoscience & Nanotechnology – Physics, Materials science, Engineering*. Na zgornji sliki vidimo, da je področje *Chemistry*, v primerjavi z ostalimi omenjenimi najbolj frekventnimi področji nekoliko bolj zastopano, kar pomeni, da se v primeru revij, klasificiranih samo s področjem *Chemistry*, pri citirajočih člankih tudi v referencah pogosteje pojavijo članki iz revij, ki se uvrščajo na področje *Chemistry*. Glede na to, da je pri področju *Science & technology – other topics* najbolj zastopana kategorija WCat *Nanoscience & nanotechnology*, bi lahko sklepali, da je v primeru, ko imamo citirajoče članke iz revij, ki so opisani z več kategorijami, v referencah več člankov iz revij, ki padejo v to kategorijo. Podobno bi lahko zaključili tudi za primer kategorije *Physics*.

#### 4.5.5 Analiza citiranosti najbolj citiranih člankov iz izbranih nano revij

Z naslednjo analizo smo želeli proučiti, kaj citirajo najbolj citirani članki izbranih nano revij. Zajeli smo 5 revij, ki nedvomno zajemajo vsebine, ki se nanašajo na nano področje, saj na to kaže že njihovo ime. V naših predhodnih analizah so se te revije izkazale kot tiste, ki so po številu člankov z nano vsebino med vodilnimi (poleg nekaterih fizikalnih). Vse analizirane revije v svojih opisih omenjajo, da vsebinsko pokrivajo vsa področja, tudi biološka. Dejansko pa nobena od teh ni klasificirana s kakšno 'bio' kategorijo. Kategorije, s katerimi so revije klasificirane, so prikazane v preglednici 14.

Set podatkov za analizo smo pripravili tako, da smo poiskali po 100 najbolj citiranih člankov iz vsake od izbranih nano revij. Za primerjavo smo vzeli dve obdobji – 2001 do 2006 in 2007 do 2012. Za obdobje 2001-2006 smo lahko analizirali le 4 revije (*Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, *Nanotechnology*, *Nano Letters in Small*). Revija *ACS Nano* je namreč začela izhajati šele leta 2007. Primerjava med analiziranima obdobjema pa ni pokazala večjih razlik, zato v nadaljevanju prikažemo le rezultate za obdobje 2007-2012. Članke smo priredili klasifikaciji kategorij WCat. 400 člankov iz štirih revij, izbranih po metodologiji 100 najbolj citiranih v obdobju 2001 do 2006, je citiralo skupaj 21.995 referenc. Od teh jih 7,5 % (1.655) nismo mogli zamenjati s klasifikacijo WCat, ker bodisi referenca ni bila revija, vključena v WOS, ali pa oblike zapisa nismo prepoznali. 500 člankov (2007-2012) petih revij (dodatno še *ACS nano*), ki so od skupno 36.910 referenc vključevali 1.735 referenc, ki jih nismo uspeli zamenjati s klasifikacijo WOS, je torej predstavljalo 4,7 %.

Povezave med citiranimi članki smo proučevali z metodo socitiranja klasifikacijskih enot, ki so predstavljale reference v posameznih člankih. Primerjalno smo pripravili dve analizi. V prvi smo upoštevali celotno pojavnost (vse kategorije, s katerimi smo priredili reference), v drugi pa smo posamezno kategorijo na članek upoštevali le enkrat. Različno velike točke na slikah prikazujejo v prvem primeru celotno pojavnost posamezne kategorije WCat, v drugem primeru pa število člankov, v katerih se posamezna kategorija pojavi vsaj enkrat. Zaradi boljše preglednosti smo analizi socitiranja pripravili za 60 najbolj frekventnih kategorij WCat. Pri najbolj citiranih nano člankih iz obdobja 2007-2012 najdemo reference iz revij, ki so klasificirane s 149 različnimi kategorijami.

Preglednica 35 prikazuje nekaj najbolj frekventnih kategorij, s katerimi smo priredili reference iz tega seta podatkov. Večja številka prikazuje celotno pojavnost kategorij, druga pa prikaže vrednosti, ko posamezno kategorijo referenc na članek upoštevamo le enkrat. Iz prikazanega je razvidno, da se največja pojavnost v obeh primerih pokaže v primeru kategorij, ki so že v vseh analizah do sedaj najbolj tipične za nanopodročje. Pri približno tretjini člankov najdemo vsaj eno referenco, ki je klasificirana s kategorijo *Biotechnology & applied microbiology* ali *Biochemical research methods*.

Preglednica 35: Frekvenca kategorij z največjo pojavnostjo, s katerimi so predstavljene reference za članke iz obdobja 2007-2012

Table 35: Frequency of the respective categories with the highest occurrence, representing references in the articles between 2007-2012

Število <sup>1</sup>	Kategorija WCat	Število <sup>1</sup>	Kategorija WCat		
8239	491	Materials science, multidisciplinary	726	159	Electrochemistry
7908	481	Chemistry, physical	709	171	Biochemistry & molecular biology
7417	478	Chemistry, multidisciplinary	574	155	Chemistry, analytical
6794	489	Physics, applied	474	101	Pharmacology & pharmacy
5395	490	Physics, condensed matter	465	156	Biotechnology & app. microbiology
5058	474	Nanoscience & nanotechnology	384	118	Engineering, electrical & electronic
2210	423	Multidisciplinary sciences	365	99	Materials science, biomaterials
878	233	Physics, multidisciplinary	349	94	Engineering, biomedical
875	125	Polymer science	326	128	Biochemical research methods
875	250	Physics, atomic, mol. & chemical	322	133	Materials science, coatings & films

<sup>1</sup> prva številka predstavlja celotno pojavnost, pri drugi pa je posamezna kategorija upoštevana na članek le enkrat

Preglednica 36: Salton kosinus indeks za pare posameznih kategorij WCat s kategorijo Nanoscience & nanotechnology za obdobje 2007-2012 v primeru, ko upoštevamo vse navedbe

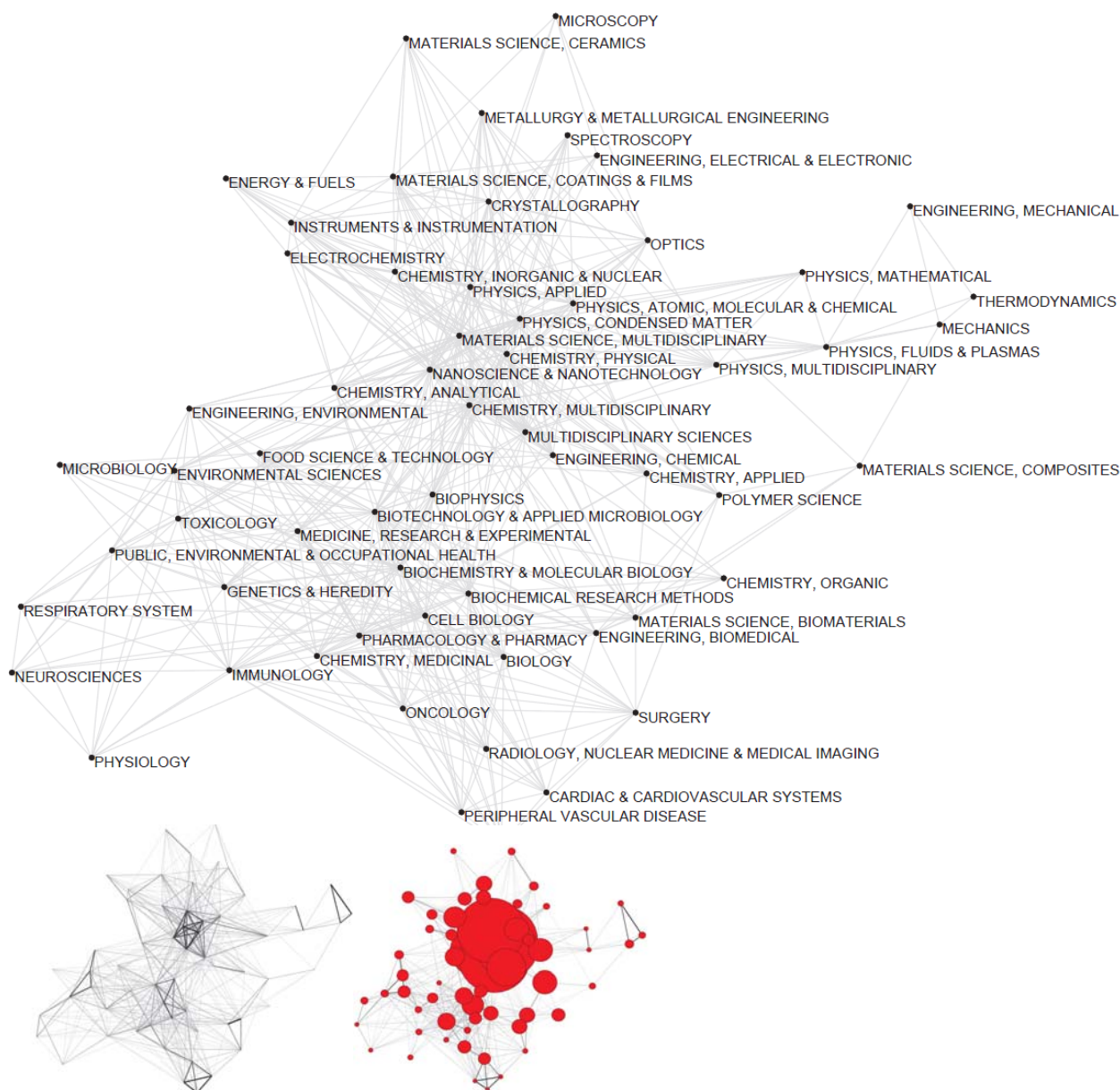
Table 36: Salton cosine index for pairs of individual WOS categories (WCat) with the category of Nanoscience & nanotechnology for 2007-2012, where all citations are considered

Indeks	Kategorija WCat	Indeks	Kategorija WCat
0.93	Materials science, multidisciplinary	0.30	Engineering, electrical & electronic
0.87	Chemistry, physical	0.29	Environmental sciences
0.86	Chemistry, multidisciplinary	0.28	Toxicology
0.86	Physics, applied	0.28	Engineering, environmental
0.83	Physics, condensed matter	0.27	Instruments & instrumentation
0.59	Multidisciplinary sciences	0.26	Genetics & heredity
0.47	Physics, atomic, molecular & chemical	0.24	Microscopy
0.40	Chemistry, analytical	0.23	Metallurgy & metallurgical engineering
0.40	Biotechnology & applied microbiology	0.23	Materials science, biomaterials
0.38	Chemistry, inorganic & nuclear	0.22	Pharmacology & pharmacy
0.37	Electrochemistry	0.22	Engineering, biomedical
0.34	Materials science, coatings & films	0.22	Public, env. & occupational health
0.32	Optics	0.20	Chemistry, applied
0.31	Spectroscopy	0.20	Engineering, chemical
0.31	Crystallography	0.19	Polymer science
0.31	Medicine, research & experimental	0.19	Food science & technology
0.31	Physics, multidisciplinary	0.19	Physics, fluids & plasmas

Preglednica 36 prikazuje pare posameznih kategorij WCat (iz analize sopojavljanja oz. socitiranja) s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* za primer, ko so upoštevane vse navedbe kategorij referenc. Višji kot je indeks, večkrat se posamezna kategorija pojavi v



referenca skupaj s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Analiza referenc najbolj citiranih nano člankov pokaže, da citirajo tudi 'bio-kategorije'.

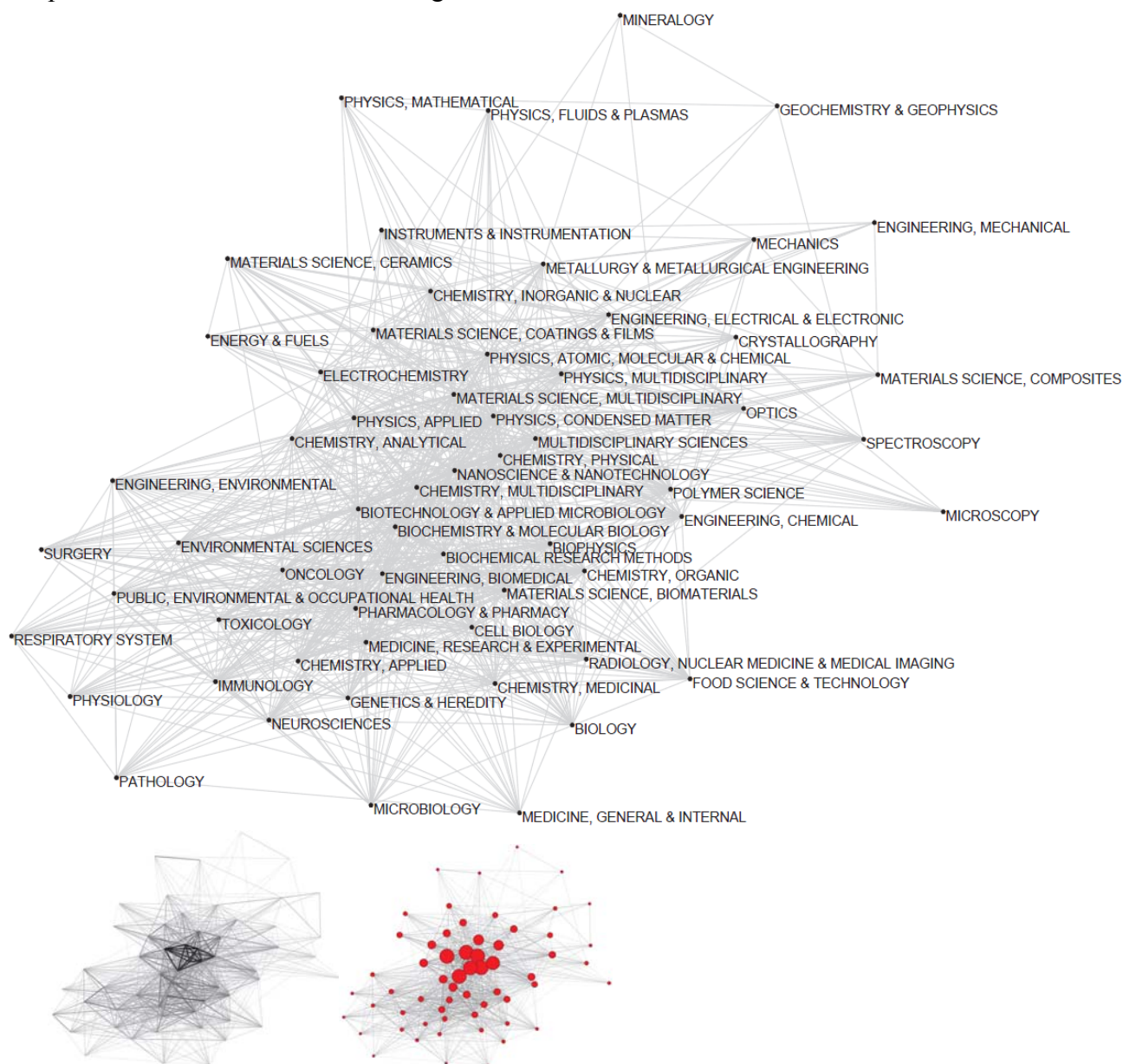


Slika 41: Mreža kategorij referenc iz analize socitiranja za članke izbranih revij, klasificirane s kategorijo Nanoscience & nanotechnology v primeru, ko upoštevamo vse navedbe

Figure 41: Network of categories (references) from co-citation analysis for articles from selected journals classified with category of Nanoscience & Nanotechnology, where all citations are considered

Sliki 41 in 42 prikazujeta različne izrise povezav med posameznimi citiranimi kategorijami za analizirani obdobji. Večja slika zgoraj prikaže mrežo povezav med citiranimi kategorijami iz analiziranega seta podatkov, prikazanega v Pajku. Poudarek je predvsem na postavitvi posameznih kategorij. Slika levo spodaj prikaže pojavnost posamezne kategorije, ki je ponazorjena z velikostjo kroga. Desno spodaj so bolj pregledno prikazane

posamezne močnejše povezave – podobnost v smislu hkratnega pojavljanja v referencah posameznih člankov iz analiziranega seta.



Slika 42: Mreža kategorij referenc iz analize socitiranja za članke izbranih revij, klasificirane s kategorijo Nanoscience & nanotechnology za primer, ko posamezno kategorijo v referencah upoštevamo samo enkrat  
Figure 42: Network of categories (references) from co-citation analysis for articles of selected journals classified with category of Nanoscience & Nanotechnology, where each category is considered only once

Na sliki 42 in preglednici 37 so prikazani rezultati analize, ko smo posamezno kategorijo reference na članek upoštevali le enkrat. Kategorije, pri katerih je indeks podobnosti skoraj ena, so po pričakovanju spet tiste, ki se tudi v drugih analizah pojavljajo skupaj s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Izkaže se, da se omenjena kategorija pogosto sopojava tudi s kategorijo *Multidisciplinary sciences* (0,90). Relativno visok indeks podobnosti v smislu sopojavljanja pa kažejo tudi kategorije *Biochemistry & molecular*

*biology* (0,56), *Biotechnology & applied microbiology* (0,55), *Biochemical research methods* (0,50), *Biophysics* (0,45). Rezultati torej kažejo na določene povezave med omenjenimi kategorijami in kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* tudi v primeru iskanja relacij z metodo socitiranja. Podobne rezultate omenjamo že v primeru preurejenih matrik in matrike navzkrižnega citiranja.

Preglednica 37: Salton kosinus indeks za pare s kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology* za primer, ko posamezno kategorijo v referencah upoštevamo samo enkrat

Table 37: Salton cosine index for pairs of categories with WOS category *Nanoscience & nanotechnology*, where each category is considered only once

Indeks	Kategorija WCat	Indeks	Kategorija WCat
0.98	Physics, applied	0.48	Chemistry, inorganic & nuclear
0.98	Materials science, multidisciplinary	0.48	Optics
0.97	Chemistry, multidisciplinary	0.47	Engineering, electrical & electronic
0.97	Physics, condensed matter	0.45	Biophysics
0.97	Chemistry, physical	0.43	Pharmacology & pharmacy
0.90	Multidisciplinary sciences	0.43	Chemistry, organic
0.70	Physics, atomic, molecular & chemical	0.43	Materials science, biomaterials
0.67	Physics, multidisciplinary	0.42	Engineering, biomedical
0.56	Electrochemistry	0.41	Cell biology
0.56	Biochemistry & molecular biology	0.40	Energy & fuels
0.55	Chemistry, analytical	0.39	Engineering, chemical
0.55	Biotechnology & applied microbiology	0.37	Metallurgy & metallurgical engineering
0.53	Materials science, coatings & films	0.37	Crystallography
0.50	Biochemical research methods	0.37	Oncology
0.49	Polymer science	0.35	Environmental sciences

#### 4.5.6 Nano letters kot citirajoča in citirana revija

Naslednja analiza proučuje citiranost še na nivoju naslova posamezne revije. Med tistimi, ki so klasificirane s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*, smo izbrali revijo *Nano letters*. Je namreč ena izmed tistih, iz katere dobimo po iskanju z izbrano iskalno metodologijo za leto 2011 največ člankov, hkrati pa je med najbolj citiranimi v kategoriji *Nanoscience & nanotechnology* v letu 2011.

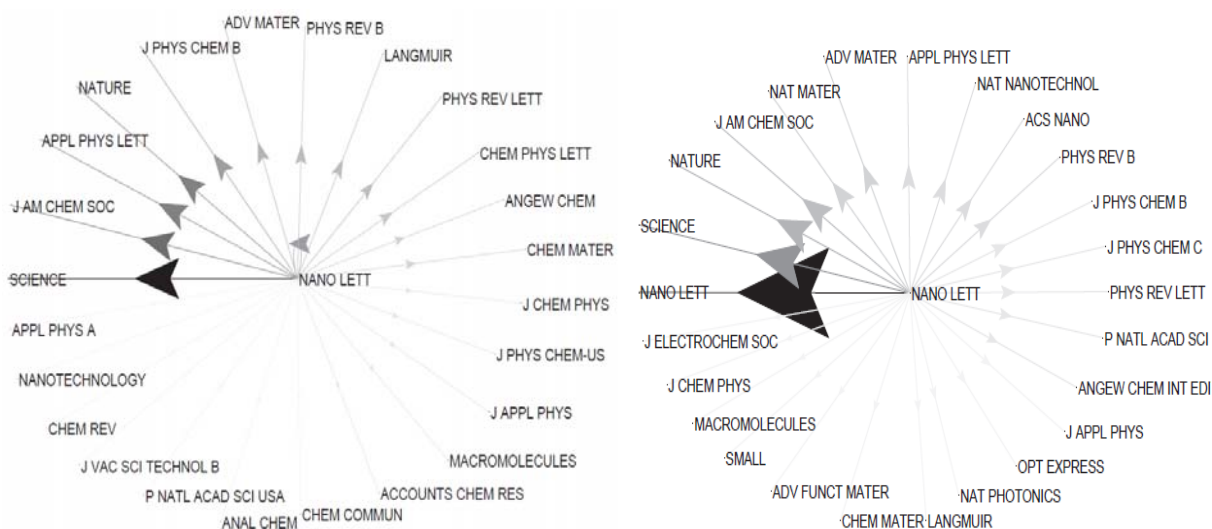
Iz zbirke WOS smo pretočili podatke za leti 2003 in 2011 in pripravili matrike v smeri citirajočih in citiranih člankov. S pomočjo ukaza 'cited article search' smo poiskali članke, ki citirajo vsaj eno referenco iz omenjene revije. Ugotoviti smo želeli, katere revije najpogosteje citirajo članki iz revije *Nano letters* in kakšne so povezave med citiranimi viri, na drugi strani pa tudi, v katerih revijah je moč najti vsaj eno referenco iz *Nano letters*.

##### Revija *Nano letters* kot citirajoči vir

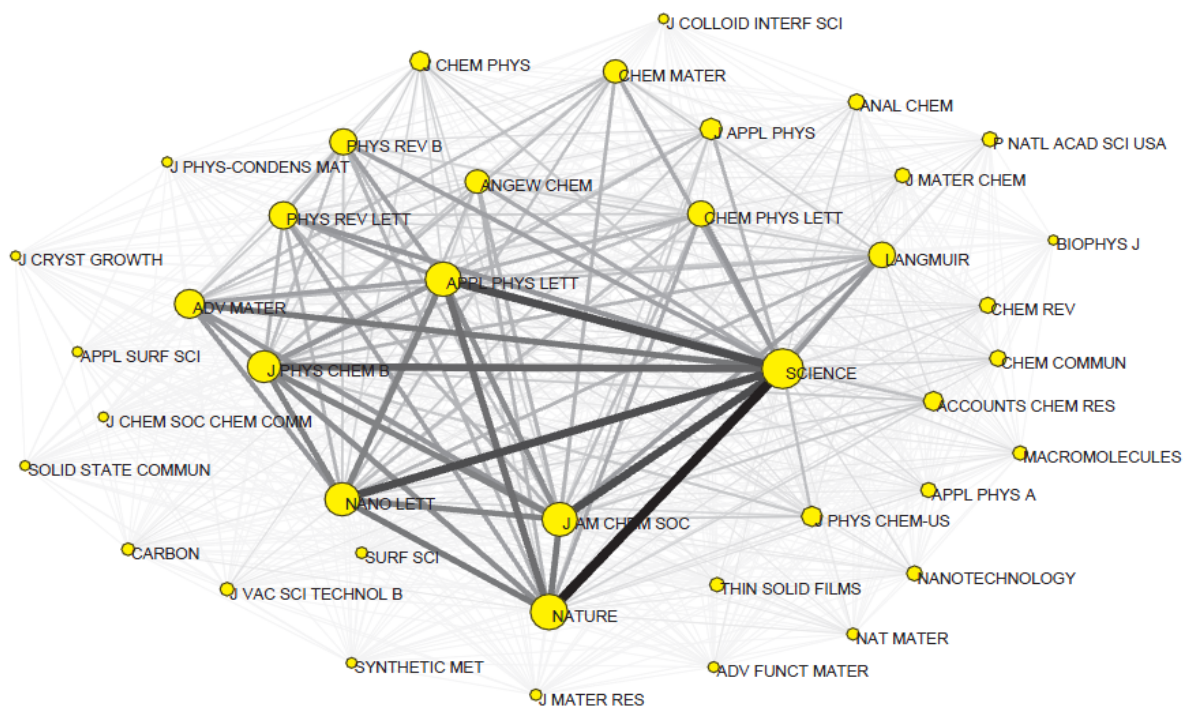
S to analizo smo želeli ugotoviti, iz katerih revij so citirani članki, objavljeni v reviji *Nano letters* oz. katere so tiste revije, iz katerih črpajo znanje. Levi del slike 43 prikazuje reference, objavljene v letu 2003, desni pa reference, objavljene v letu 2011. Za izris smo uporabili program Pajek in algoritem Fruchterman Reingold.



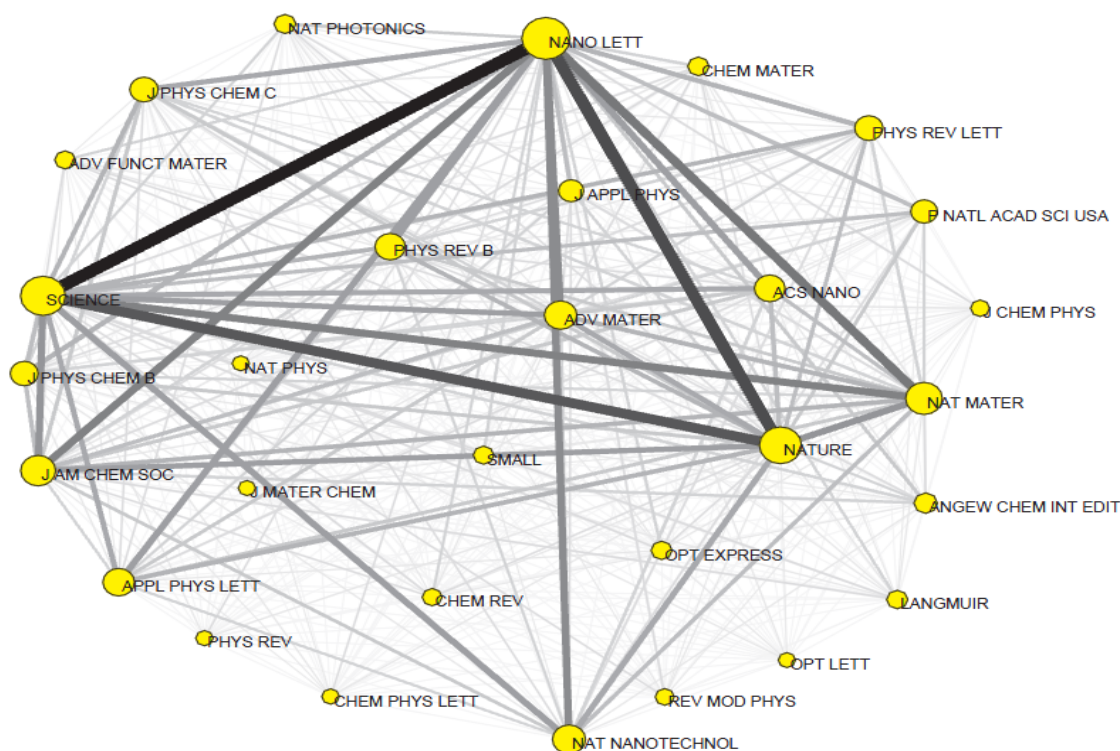
V člankih iz leta 2003 se v referencah pogosto pojavijo članki iz splošnih revij, kot sta Science in Nature, ostale najpogosteje citirane revije pa so s področja fizike, kemije, fizikalne kemije in področja materialov. V letu 2011 najdemo v referencah člankov iz revije Nano letters največ citatov iz te iste revije, sledijo spet splošne revije Science in Nature in revije, ki pokrivajo že omenjena področja. Med bolj citiranimi referencami pa so tudi članki iz revij, kot so Nature nanotechnology in ACS nano.



Slika 43: Revije iz referenc, ki so citirane v člankih, objavljenih v reviji Nano letters za 2003 (levo) in 2011 (desno)  
Figure 43: Journals (references), which are cited in the articles published in the journal Nano Letters in 2003 (left) or 2011 (right)



Slika 44: Analiza socitiranja referenc iz člankov revije Nano letters za leto 2003  
Figure 44: Cocitation analysis for references from Nano letters journal articles for 2003



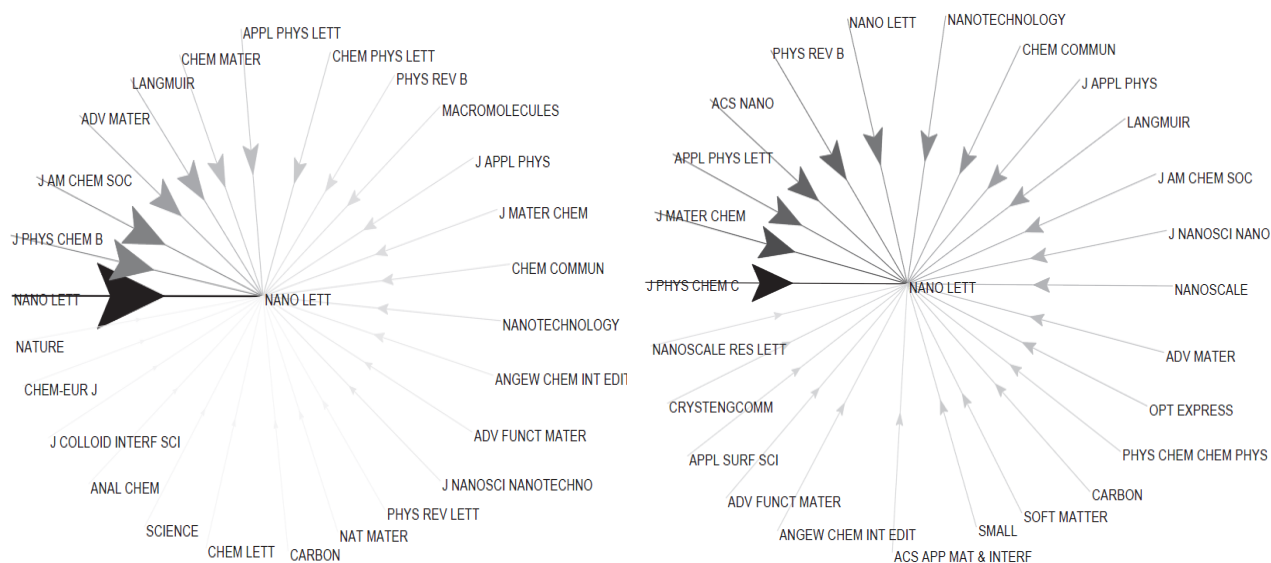
Slika 45: Analiza socitiranja referenc iz člankov revije Nano letters za leto 2011  
Figure 45: Cocitation analysis for references from Nano letters journal articles for 2011

Z referencami iz člankov revije Nano letters smo ločeno za različni leti (slika 44 za 2003 in 45 za 2011) pripravili še analizo socitiranja. Proučevali smo, katere revije se v referencah pojavijo skupaj. Da smo se izognili pentljam, smo za mrežo povezav uporabili metodologijo socitiranja, ko se posamezna enota v referencah enega članka pojavi le enkrat. Velikost krogca na slikah kaže na število člankov, pri katerih se skupaj pojavi posamezen par revij vsaj enkrat. Višja kot je frekvenca sopojavljanja dveh kategorij referenc v posameznih člankih, bolj je poudarjena povezava med njima. Analiza je torej pokazala (slika 44, 45), da se v referencah člankov iz revije Nano letters v obeh analiziranih letih najpogosteje skupaj pojavita splošni reviji Science in Nature. Omenjeni reviji sta tudi številčno dobro zastopani, kar je razvidno iz slike 43. Poleg splošnih se v referencah revije Nano letters pojavijo še ostale revije s področja fizike, kemije in materialov.

### Revija Nano letters kot referenca

Vprašanje, na katerega smo iskali odgovor v tem segmentu, je, katere revije citirajo revijo Nano letters. Iskali smo torej revije citirajočih člankov. Revije, ki v člankih z letom objave 2003 (levo) in 2011 (desno) citirajo reference iz revije Nano letters, so prikazane na sliki 46. Debelejša kot je 'puščica' večja je pojavnost člankov, objavljenih v navedenih revijah.

Izkazalo se je, da v letu 2003 med revijami, ki citirajo Nano letters, prevladujejo članki iz te iste revije, sledijo pa druge kemijske, fizikalne in revije s področja o materialih. V letu 2011 je med revijami citirajočih člankov že nekoliko več nano revij.



Slika 46: Revije, ki citirajo Nano letters - levo za leto 2003, desno za leto 2011  
Figure 46: Journals citing Nano letters – left for 2003, right for 2011

Preglednica 38: Obravnavane revije z najvišjo pojavnostjo v letu 2011 glede na WOS klasifikacijo WCat  
Table 38: Journals with the highest occurrence in 2011 according to WOS classification WCat

Klasifikacija WCat		Revije CITIRAJOČIH ČLANKOV
Nano letters = REFERENCA	WCat = Nanosc. & nanotechn.	Journal of physical chemistry C, ACS nano, Nano letters, Nanotechnology, Journal of nanoscience and nanotechnology, Nanoscale, Adv. materials, Small, ACS appl. materials & interfaces
	WCat = ostale kategorije	Journal of materials chemistry, Applied physics letters, Physical review B, Chemical communications, Journal of applied physics, Langmuir, Journal of the american chemical society, Optics express, Physical chemistry chemical physics, Carbon, Soft matter
		Revije CITIRANIH ČLANKOV
Nano letters = CITIRAJOČA REVIJA	WCat = Nanosc. & nanotechn.	Nano letters, Advanced materials, Nature nanotechnology, ACS nano, Journal of physical chemistry C
	WCat= Multidisc. sciences	Science, Nature, Proc. of the National Acad. Sci. of the USA
	WCat = ostale kategorije	Journal of the American Chemical Society, Nature materials, Applied physics letters, Physical review B, Journal of physical chemistry B, Physical review letters, Angewandte Chemie, Journal of applied physics, Optics express, Nature Photonics, Langmuir, Chemistry of materials

Če povzamemo, so bistveni zaključki te analize, da se članki iz revije Nano letters v obeh smereh (citirajoča ali citirana revija), pojavljajo v letu 2011 v veliki meri tudi v revijah s področij fizike, kemije, fizikalne kemije in materialov (preglednica 38). Pomemben vir informacij v člankih iz Nano letters predstavljajo splošne revije; predvsem Science in Nature, ki sta v JCR (2013) klasificirani s kategorjo WCat *Multidisciplinary sciences*.

#### 4.5.7 Najpomembnejše revije za področje nanoznanosti

V predhodnih analizah že ugotovljamo, da vsebin, ki se nanašajo na nanopodročje, ni smiselno iskati samo po revijah, ki so klasificirane s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Velik del vsebin za to področje je namreč mogoče najti tudi v revijah, ki so klasificirane s kategorijami WCat s področij fizike, kemije, fizikalne kemije in materialov, če naštejemo le tiste z največjo pojavnostjo. V tem segmentu smo dodatno naredili še analizo izbranih 'nano revij' glede na pojavljanje besed s korenem nano. V ta namen smo glede na pojavnost čankov, ki smo jih pridobili z izbrano iskalno metodologijo, najprej izbrali revije. Izhajali smo iz preglednice 13, dejansko pa smo poizvedbo ponovili za leto 2012 in tudi pri novejših podatkih prišli do podobnega razporeda revij. Dodali smo le revijo Nanoscale, pri kateri je prišlo v zadnjih letih do znantnega porasta člankov. Pri člankih iz izbranih revij smo nato proučevali pojavnost različnih nano izrazov v naslovih teh člankov. Zanimala nas je torej pojavnost teh izrazov v naslovih člankov glede na posamezno revijo.

V preglednici 39 prikazujemo rezultate te analize. Prikazano je število vseh člankov, kolikor jih je v 2012 objavljenih v posamezni reviji, število člankov, kjer se v naslovu beseda nano\* pojavi vsaj enkrat in pojavnost različnih nano izrazov po posamezni reviji. V okviru različnih izrazov smo upoštevali vse različne oblike, ker jih kot takšne uporabnik tudi išče (primer je v opombi preglednice 39).

Preglednica 39: Število vseh člankov, člankov, pri katerih se v naslovu pojavi beseda nano\* in število različnih nano izrazov glede na posamezno revijo za leto 2012

Table 39: Number of all articles, and articles with the word nano in the title, and number of different nano terms according to respective journals in 2012

Revija	Vsi članki	Ti=nano*	Delež nano	Različni nano izrazi <sup>1</sup>
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY	3322	1355	40,8	181
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	3342	1151	34,4	178
APPLIED PHYSICS LETTERS	5102	1072	21,0	182
JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	4447	870	19,6	145
JOURNAL OF NANOSC. NANOTECHN.	1529	886	57,9	123
ACS NANO	1247	765	61,3	176
NANO LETTERS	1099	701	63,8	136
NANOTECHNOLOGY	1049	748	71,3	164
NANOSCALE	1032	737	71,4	140
MATERIALS LETTERS	1634	695	42,5	104

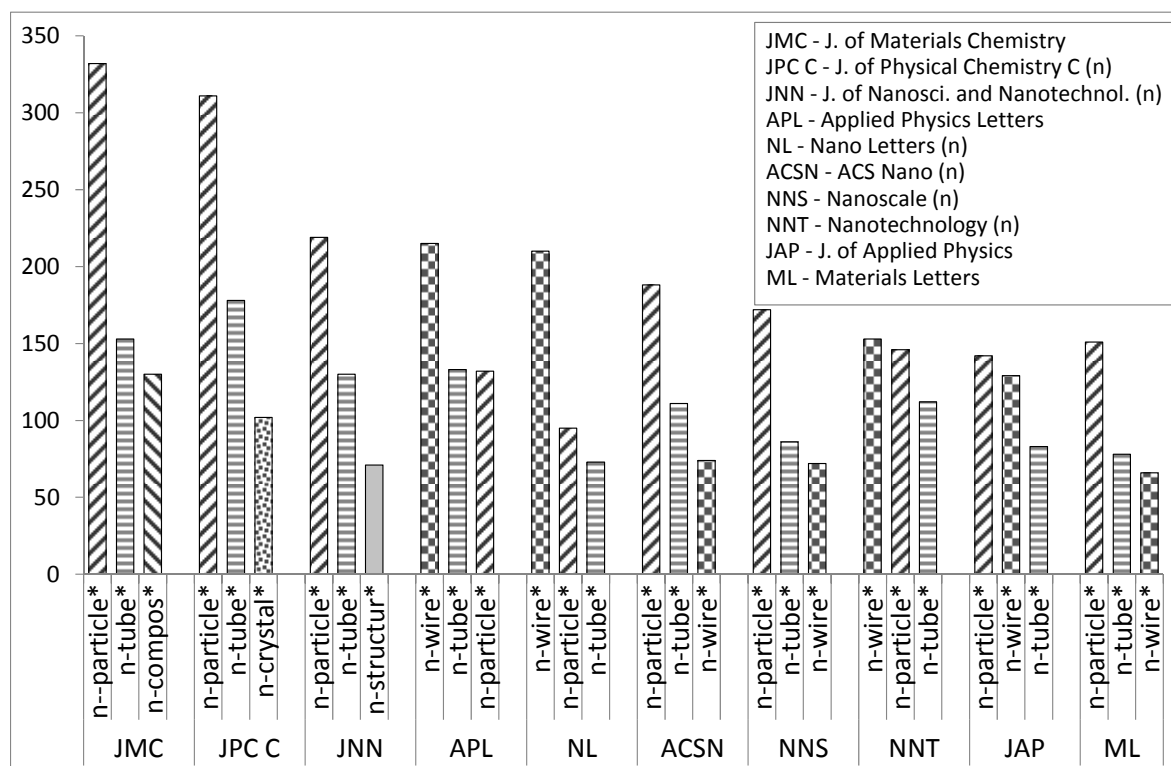
<sup>1</sup> Opomba: upoštewane so vse oblike: samostalniška edninska in množinska, pridevniška npr. nanostructure, nanostructures, nanostructured itd. – v tem primeru so to različne oblike

Izkazalo se je, da je moč najti veliko člankov, ki vključujejo koren nano v besedah iz naslova tudi pri revijah, ki v zbirki WOS niso klasificirane s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Iz preglednice 40 je razvidno, da so te revije Journal of materials chemistry, Applied physics letters, Journal of applied physics in Materials letters. V preglednici 40 so pri posamezni reviji po pojavnosti prikazani tudi posamezni najpogostejši nano pojmi. Za ta natančnejši del analize smo lematizirali oz. krnili izraze, tako da smo vse izpeljanke iz nekega korena (npr. nanostructur\*) šteli skupaj, ker gre za enotni koncept.

Preglednica 40: Prikaz pojavnosti posameznih nano izrazov glede na različne revije  
Table 40: Occurrence of individual nano terms in different journals

Revija	Klasifikacija WCat	Nano pojem	Število
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY	Chemistry, physical Materials science, multidisc	nanoparticle*	332
		nanotube*	153
		nanocomposite*	130
		nanocrystal*	111
		nanowire*	100
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	Chemistry, physical <b>Nanoscience &amp; nanotechnology</b> Materials science, multidisc.	nanoparticle*	311
		nanotube*	178
		nanocrystal*	102
		nanowire*	78
		nanocrystal*	74
APPLIED PHYSICS LETTERS	Physics, applied	nanowire*	215
		nanotube	133
		nanoparticle*	132
		nanocrystal*	76
		nanowire*	56
JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	Physics, applied	nanoparticle*	142
		nanowire*	129
		nanotube*	83
		Nanocrystal*	83
		nanowire*	75
JOURNAL OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY	Chemistry, multidisciplinary <b>Nanoscience &amp; nanotechnology</b> Materials science, multidisc. Physics, applied Physics, condensed matter	nanoparticle*	219
		nanotube*	130
		nanowire*	71
		nanocomposit*	69
		nanowire*	62
ACS NANO	Chemistry, multidisciplinary <b>Nanoscience &amp; nanotechnology</b> Materials science, multidisc. Chemistry, physical	nanoparticle*	188
		nanotube	111
		nanowire*	74
		nanowire*	58
		nanocrystal*	44
NANO LETTERS	Chemistry, multidisciplinary Chemistry, physical <b>Nanoscience &amp; nanotechnology</b> Materials science, multidisc. Physics, applied Physics, condensed matter	nanowire*	210
		nanoparticle*	95
		nanotube*	73
		nanocrystal*	49
		nanowire*	37
NANOTECHNOLOGY	<b>Nanoscience &amp; nanotechnology</b> Materials science, multidisc. Physics, applied	nanowire*	153
		nanoparticle*	146
		nanotube*	112
		nanowire*	46
		nanocrystal*	32
NANOSCALE	Chemistry, multidisciplinary Physics, applied <b>Nanoscience &amp; nanotechnology</b> Materials science, multidisc	nanoparticle*	172
		nanotube	86
		nanowire*	72
		nanowire*	51
		nanocrystal*	43
MATERIALS LETTERS	Physics, applied Materials science, multidisc.	nanoparticle*	151
		nanotube	78
		nanowire*	66
		nanocrystal*	54
		nanowire*	53

S sliko 47 še dodatno prikažemo primerjavo med revijami in razmerja med tremi pojmi, ki se v posamezni izbrani reviji najpogosteje pojavijo. Največja pojavnost se v večini primerov nanaša na izpeljanke izrazov nanoparticle\* in nanowire\*.



Slika 47: Pojavnost najbolj pogostih nano pojmov za izbrane revije  
 Figure 47: Occurrence of the most frequent nano terms in selected journals

#### 4.6 NANO VSEBINE V POVEZAVI S KMETIJSKO TEMATIKO

V predhodnih analizah smo na posameznih mestih že izpostavili, da se področje nanoznanosti in nanotehnologije prepleta tudi s področjem kmetijstva. V analizi o razkropljenosti objav s tega področja po različnih podatkovnih zbirkah smo proučevali zbirko CAB, ki je specializirana za področje kmetijstva (preglednica 8, 9). V preglednici 26 prikažemo rezultate za posamezne kategorije WCat s področja kmetijstva, živilstva in biotehnologije, ki jih dobimo iz matrike navkrižnega citiranja z različnimi indeksi razdalj. Izkaže se, da so glede na uporabljeni indeks nekatere od izpostavljenih kategorij razvrščene v različne skupine. Pri segmentu proučevanja interdisciplinarnosti področja posebej analiziramo skupini, ki vključujeta 'bio-tehnološke' in kmetijske kategorije. Analizo citiranosti oziroma omrežje referenc za ti dve skupini prikažemo že na sliki 34. V preglednicah 31 in 32 prikažemo izračunane indekse diverzitete posebej za t.i. 'bio-eko' kategorije WCat, med katerimi so tudi *Agricultural engineering*, *Agriculture*, *multidisciplinary*, *Agronomy* ipd.

Zavedamo se, da je lahko pojem kmetijstvo na različnih mestih različno opredeljen. Po širši klasifikaciji lahko zajame področje gozdarstva, lesarstva, živilstva, prehrane, pa tudi veterine, ki se po nekaterih drugih klasifikacijah uvršča tudi v medicino. Zbirka WOS uporabi za splošno klasifikacijo kmetijskih revij raziskovalno področje SC *Agriculture*, ki se nadalje deli v sledeče kategorije WCat: *Agricultural engineering*, *Agriculture*, *dairy & animal science*, *Agriculture*, *multidisciplinary*, *Agronomy*, *Horticulture* in *Soil science*. Vemo pa, da raziskovalci s kmetijskega področja delujejo in objavljajo še v okviru vrste različnih drugih področij oziroma podpodročij revij, ki presegajo omenjene okvirje. Za primer izpostavimo biotehnologijo, ki jo najpogosteje omenjajo skupaj s področjem nanoznanosti in nanotehnologije.

V tem segmentu torej še nekoliko podrobneje proučujemo povezave med področji nanoznanosti in nanotehnologije ter kmetijstva; to je vsebine, ki se nanaša na rastlinsko proizvodnjo in WOS raziskovalno področje SC *Agriculture* in izpostavljamo vodilne smeri raziskav. Analize smo izvajali na različnih setih podatkov:

- analiza zbirke CAB,
- raziskovalno področje SC *Agriculture* iz seta podatkov za celotno nanopodročje, pridobljenega z izbrano iskalno metodologijo,
- set podatkov iz zbirke WOS na temo nano pesticidov.

Z različnimi bibliografskimi podaki (reference, naslovi revij, deskriptorji) smo pripravili različne analize pojavnosti in omrežij.

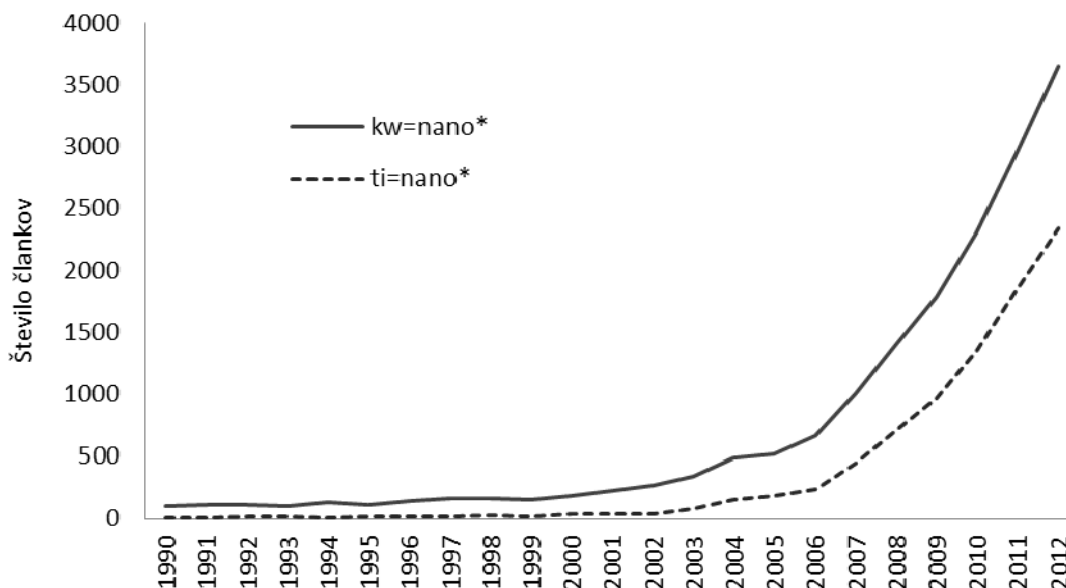
##### 4.6.1 Analiza zbirke CAB

Najprej smo analizirali CAB, ki je specializirana zbirka za področje kmetijstva. Kot smo že omenili, predstavljamo delno analizo te zbirke že v poglavju 4.2 v okviru proučevanja razkropljenosti področja po različnih podatkovnih zbirkah.

V tej analizi smo za daljše časovno obdobje (1990-2012) proučili pojavnost dokumentov, ki vključujejo besede s korenem nano. V prvem primeru smo besede s korenem nano iskali samo po naslovu člankov, v drugem primeru pa po poljih izvleček, originalni naslov in



predmetne oznake (cabicodes, broad terms ter heading words). Slika 48 prikaže priraščanje dokumentov v zbirki po letih. Če pogledamo vsako peto leto, priraščajo dokumenti sledeče: 102 v letu 1990, 109 v letu 1995, 180 v letu 2000, 516 v letu 2005, precej hitreje pa prirašča letno število dokumentov v zbirki v zadnjih treh analiziranih letih - 2.301, 2.944 in 3.643.



Slika 48: Pojavnost člankov v zbirki CAB po letih glede na iskanje s korenem nano\* po naslovu oz. po besedah iz naslova, izvlečka, originalnega naslova in deskriptorjev (CAB, 13.12.2013)

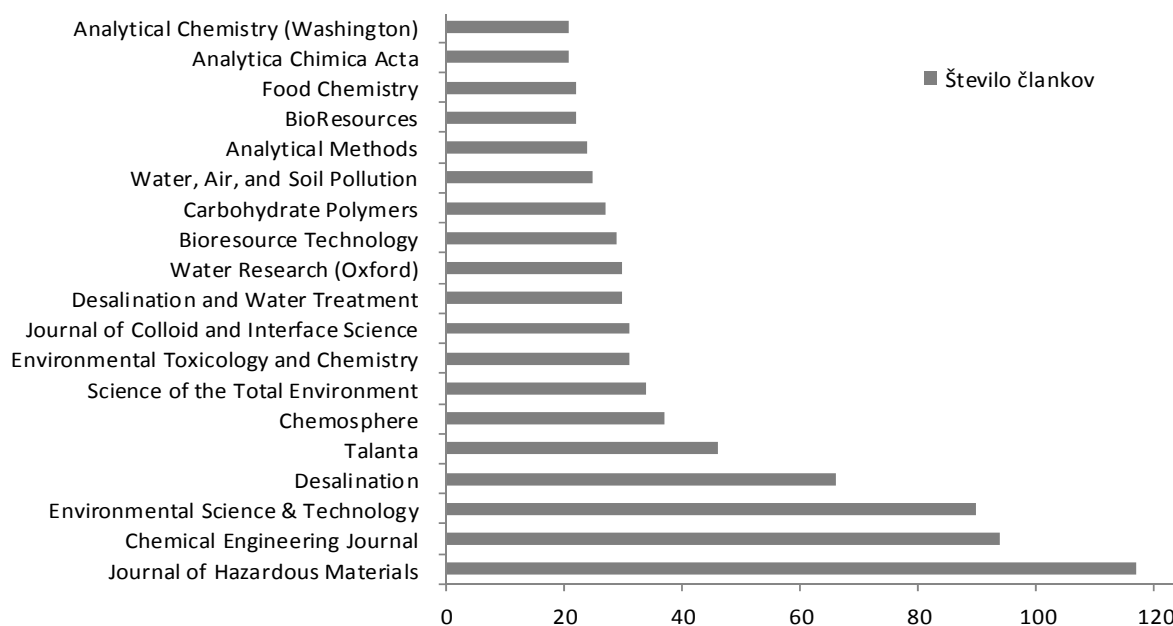
Figure 48: Number of documents in CAB with regard to the search root nano\* in an article title (ti), and documents retrieved by nano\* in abstracts, titles, original titles or descriptors (kw)

#### 4.6.1.1 Revije, v katerih so objavljeni nano članki

V tej analizi smo proučevali, v katerih revijah so objavljeni nano članki v zbirki CAB. Iz izkušenj vemo, da naslovi revij v zbirko CAB vključenih člankov ne kažejo nujno na 'kmetijstvo' v strogem smislu besede. Predpostavljamo pa, da so pri organizaciji CABI ocenili, da gre za revije, ki zajemajo precejšen delež vsebine, ki so aktualne za širše področje kmetijstva in sorodnih tehnologij ter znanosti o okolju.

S korenem nano smo iskali v tem primeru samo po naslovu, analizirali pa smo podatke za leto 2012. Iskalna poizvedba je izgledala sledeče: (nano\*.ti and 2012.yr). Izmed 2.341 priklicanih bibliografskih zapisov za dokumente izluščimo 74 različnih revij. Da smo lahko ugotavljali pojavnost člankov v posamezni reviji in izbrali tiste, ki so najbolj zastopale (slika 48), smo morali vsako revijo poiskati posebej. Če omenimo le nekatere, so z največjo pojavnostjo zastopani članki iz revije Journal of Hazardous Materials, Chemical Engineering Journal, Desalination in ostali iz slike 49.





Slika 49: Pojavnost člankov iz posameznih revij v zbirki CAB (ti=nano\*; poizvedba:13.12.2013)  
Figure 49: Occurrence of articles in the respective journals in CAB database (ti=nano\*)

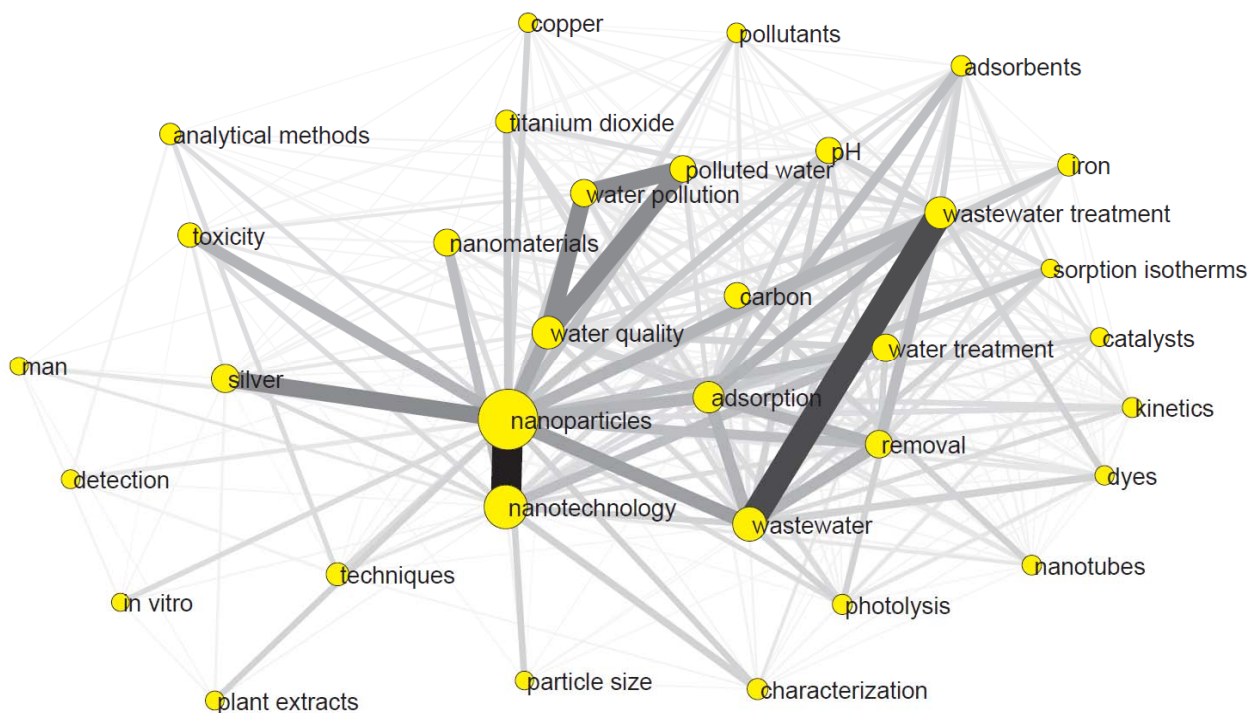
#### 4.6.1.2 Analiza predmetnih oznak

Na istem setu podatkov smo pripravili tudi analizo ključnih besed s t. i. sobesedno analizo. Po opisani metodologiji smo podatke pretočili iz zbirke CAB, jih prilagodili za delo v programu Bibexcel ter iz nabora vseh polj posameznega bibliografskega zapisa izluščili ključne besede, na katerih smo nato izvedli analizo. Med ključnimi besedami smo za to analizo izbrali kontrolirane ključne besede (deskriptorje, angl. 'subject headings'), ki jih v zbirki določajo na osnovi lastnega tezavra. Druge uporabljene predmetne oznake so predmetne kode CABIcodes (vseh je okrog 270), ki so prav tako dodeljene vsem zapisom in vsebinsko področje opišejo nekoliko širše. Sestavljene so iz dveh črk in treh števil, vsak zapis pa ima vsaj eno kodo. V naši analizi smo uporabili opise CABIcodes. Omenjene predmetne oznake smo našli pri vseh zapisih, nekontrolirane ključne besede (identifikatorje, angl. identifiers) pa v 2121 od 2341 bibliografskih zapisih.

Na sliki 50 prikazujemo omrežje predmetnih oznak. Povezave med njimi izhajajo iz analize sopojavljanja; to je hkratnega pojavljanja posameznih predmetnih oznak v istih zapisih. Za lažjo preglednost smo omrežje pripravili le za predmetne oznake z najvišjo pojavnostjo (preglednica 41). Iz omrežja lahko preberemo, da se okrog deskriptorjev, kot so *nanoparticles*, *carbon*, *nanomaterials*, *titanium dioxide* vrtita nekako dve večji smeri raziskovanja. Ena skupina predmetnih oznak opisuje področje čiščenja voda, odpadne vode, kakovost voda ter barvila, druga pa se vrti okrog analitičnih metod, detekcije, različnih tehnik in toksičnosti.

Preglednica 41: Število člankov glede na deskriptorje v zbirki CAB (ti=nano\*; poizvedba:13.12.2013)  
Table 41: Number of articles according to subject headings in CAB database (ti=nano\*)

Št. člankov	Deskriptor	Št. člankov	Deskriptor
1081	nanoparticles	153	titanium dioxide
566	nanotechnology	145	iron
346	wastewater	135	analytical methods
315	water quality	132	characterization
301	wastewater treatment	124	adsorbents
291	adsorption	120	photolysis
235	silver	119	kinetics
232	water treatment	115	nanotubes
223	removal	113	pollutants
220	water pollution	111	dyes
214	nanomaterials	110	copper
207	polluted water	106	plant extracts
201	pH	106	catalysts
198	carbon	105	detection
175	toxicity	102	particle size
157	techniques	101	sorption isotherms



Slika 50: Mreža predmetnih oznak z najvišjo pojavnostjo v zbirki CAB (ti=nano\*; poizvedba:13.12.2013)  
Figure 50: Network of subject headings with the highest occurrence in CAB database

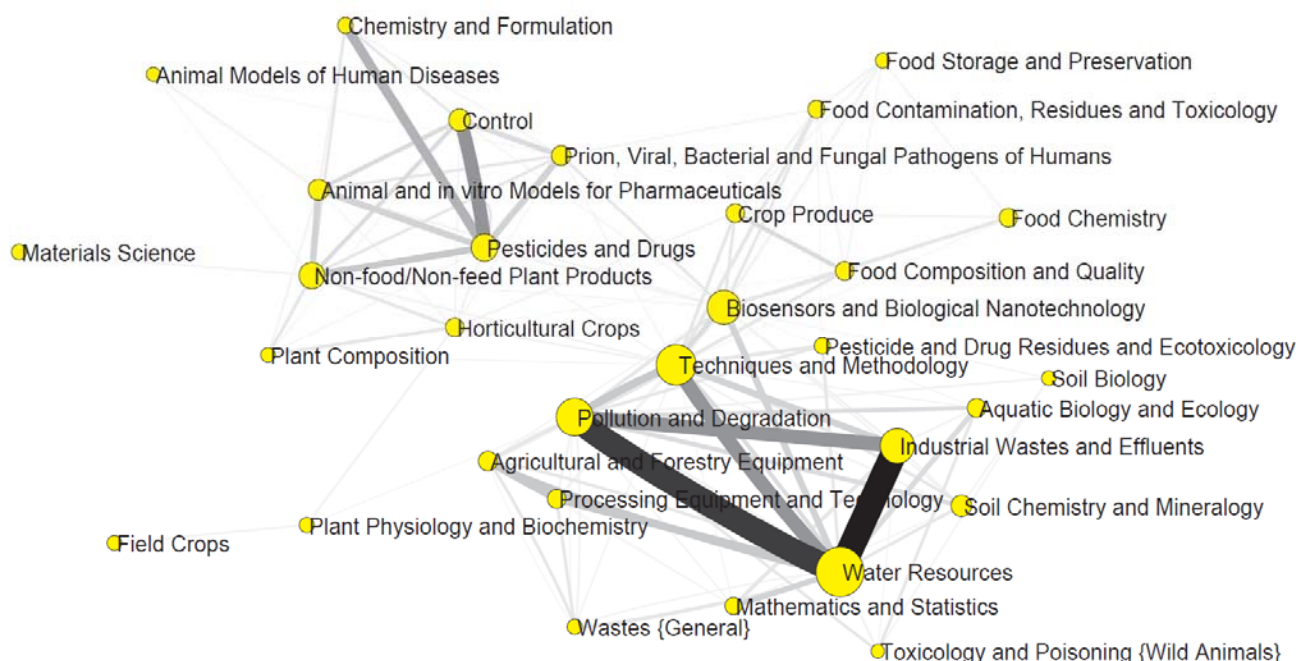
V preglednicah 42 in 43 so predstavljeni podatki, iz katerih smo pripravili omrežje za klasifikacijske kode - CABIcodes.

Preglednica 42: Število člankov glede na klasifikacijo s CABI kodami (ti=nano\*; poizvedba:13.12.2013)  
Table 42: Number of articles according to the classification with CABI codes

Št. člankov	CABI koda	Št. člankov	CABI koda
805	Water Resources	117	Horticultural Crops
552	Techniques and Methodology	116	Food Composition and Quality
474	Pollution and Degradation	114	Food Chemistry
403	Industrial Wastes and Effluents	101	Food Contamin., Residues and Toxicology
385	Biosensors and Biological Nanotechnology	100	Mathematics and Statistics
246	Pesticides and Drugs	90	Pesticide and Drug Resid. Ecotoxicology
228	Non-food/Non-feed Plant Products	83	Chemistry and Formulation
163	Control	79	Wastes (General)
148	Soil Chemistry and Mineralogy	78	Materials Science
144	Animal and in vitro Models for Pharmaceuticals	77	Plant Physiology and Biochemistry
130	Prion, Viral, Bact. and Fung. Path. of Humans	75	Field Crops
128	Agricultural and Forestry Equipment (General)	72	Soil Biology
120	Aquatic Biology and Ecology	72	Food Storage and Preservation
117	Crop Produce	72	Plant Composition
117	Processing Equipment and Technology	67	Animal Models of Human Diseases

Preglednica 43: Pari CABI kod z najvišjo frekvenco iz analize sopojavljanja  
Table 43: Pairs of CABI codes with the highest frequency, in the co-occurrence analysis

Indeks	1. kategorija	2. kategorija
320	Water Resources	Industrial Wastes and Effluents
294	Water Resources	Pollution and Degradation
168	Water Resources	Techniques and Methodology
166	Pollution and Degradation	Industrial Wastes and Effluents
164	Pesticides and Drugs	Control
114	Pesticides and Drugs	Chemistry and Formulation
92	Pollution and Degradation	Techniques and Methodology
91	Agricultural and Forestry Equipment	Processing Equipment and Technology
87	Water Resources	Processing Equipment and Technology
80	Water Resources	Agricultural and Forestry Equipment
79	Pesticides and Drugs	Non-food/Non-feed Plant Products
78	Water Resources	Biosensors and Biological Nanotechnology
76	Industrial Wastes and Effluents	Techniques and Methodology
76	Non-food/Non-feed Plant Products	Animal and in vitro Models for Pharmaceuticals
76	Pesticides and Drugs	Prion, Viral, Bact. and Fung Path. of Humans
76	Pesticides and Drugs	Animal and in vitro Models for Pharmaceuticals
65	Water Resources	Mathematics and Statistics
62	Aquatic Biology and Ecology	Water Resources
59	Control	Prion, Viral, Bact. and Fung Path. of Humans
57	Biosensors and Biological Nanotechnology	Techniques and Methodology
52	Soil Chemistry and Mineralogy	Pollution and Degradation
50	Control	Animal and in vitro Models for Pharmaceuticals
50	Crop Produce	Food Composition and Quality
49	Aquatic Biology and Ecology	Pollution and Degradation
47	Techniques and Methodology	Water Resources
47	Control	Non-food/Non-feed Plant Products
45	Industrial Wastes and Effluents	Mathematics and Statistics
44	Food Contam., Residues and Toxicology	Techniques and Methodology
44	Pesticide and Drug Residues and Ecotox.	Techniques and Methodology
43	Food Composition and Quality	Biosensors and Biological Nanotechnology



Slika 51: Mreža CABI kod z najvišjo pojavnostjo v zbirki CAB  
Figure 51: Network of CABICODES with the highest occurrence in CAB database

Na sliki 51 je prikazana še mreža imen klasifikacijskih kod - CABIcodes, ki se v setu podatkov najpogosteje pojavijo. Vsebinsko zajemajo nekoliko širše. Povezave med njimi predstavlja frekvenca hkratnega pojavljanja kod v posameznih člankih.

Izkaže se, da najmočnejše izstopita povezavi med kodami *Water resources* in *Pollution and degradation* in *Industrial Wastes and Effluents*. Iz mreže izstopi nekaj skupin:

- voda, vodni viri, odpadki, onesnaženost,
- biosenzorika, ostanki pesticidov (povezano z vodnimi viri, kakovostjo hrane, patogeni
- prehrana (kakovost, kemija, kontaminacija, toksikologija, skladiščenje in ohranjanje
- pesticidi, bolezni, varstvo.

CABI koda *Biosensors and biological nanotechnology* je povezana s *Food composition and quality*; *Water resources*; *Techniques and methodology*; *Prion, viral, bacterial and fungal pathogens of humans* in drugimi.

#### 4.6.2 Analiza citiranja člankov iz revij, ki so v zbirki WOS v setu celotnega orisa nanopodročja klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture

V nadaljevanju smo analizirali še set podatkov za področje kmetijstva, ki smo ga pridobili iz zbirke WOS z izbrano metodologijo za oris celotnega področja, pri čemer smo odbrali članke iz tistih revij, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC *Agriculture*. Kot smo že omenili, gre pri tej klasifikaciji za odločitev WOS, vemo pa, da znanstveniki s tega področja objavljajo tudi v številnih drugih revijah, kjer se področja po drugih klasifikacijah morda tudi dotikajo kmetijstva (npr. biotehnologija, veterina, živilstvo).

#### 4.6.2.1 Citirajoči članki iz revij, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture

Podrobnejša analiza je pokazala, da je 64 člankov objavljenih v revijah, ki so klasificirane izključno z raziskovalnim področjem SC *Agriculture*, 165 pa v revijah, ki so hkrati klasificirane z več raziskovalnimi področji SC; poleg *Agriculture* še z 19 drugimi, ki so prikazane v preglednici 44.

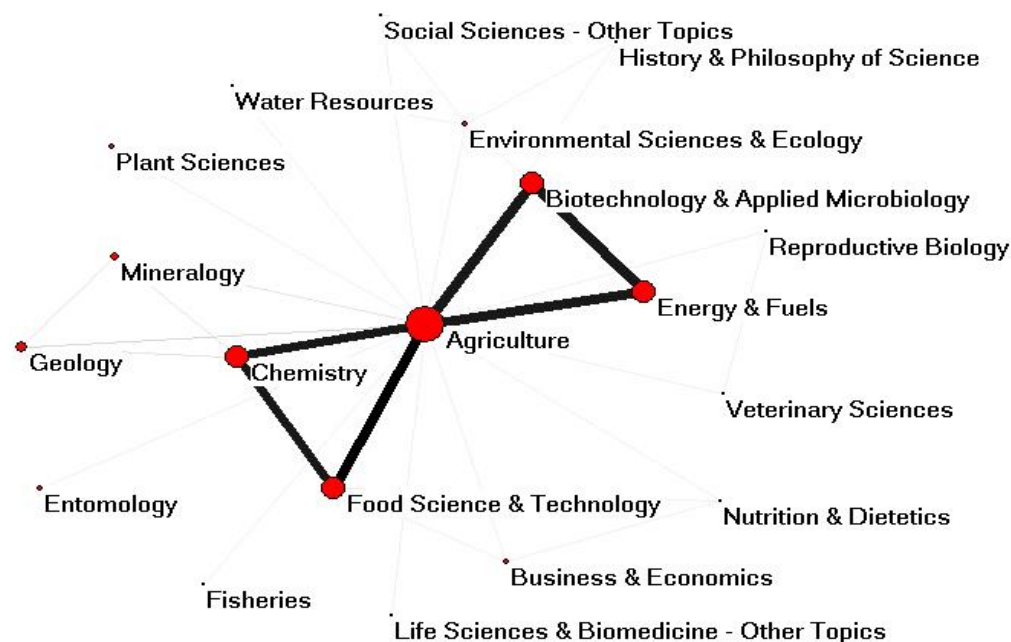
Preglednica 44: Klasifikacijske enote, s katerimi so so-klasificirani članki (165) iz revij skupaj z raziskovalnim področjem SC Agriculture  
 Table 44: Classification units which co-classify articles (165) together with the SC field Agriculture

Št. člankov	Raziskovalno področje SC citirajočih člankov
165	Agriculture
73	Chemistry
70	Food science & technology
66	Biotechnology & applied microbiology
65	Energy & fuels
13	Geology
9	Mineralogy
4	Environmental sciences & ecology
3	Plant sciences
3	Business & economics
3	Entomology
2	Veterinary sciences
2	Water resources
2	Life sciences & biomedicine – other topics
1	Social sciences - other topics
1	Reproductive biology
1	History & philosophy of science
1	Fisheries
1	Nutrition & dietetics

165 člankov znotraj raziskovalnega področja *Agriculture* je hkrati klasificiranih še z naslednjimi ožjimi klasifikacijskimi enotami - kategorijami WC - *Agriculture, multidisciplinary* (67), *Agricultural engineering* (66), *Soil science* (15), *Agronomy* (9), *Agriculture, dairy & animal science* (7), *Agricultural economics & policy* (3), *Horticulture* (3).

Preglednica 45: Najbolj frekventni pari iz analize sopoljavljanja klasifikacijskih enot, s katerimi so klasificirane revije citirajočih člankov skupaj z raziskovalnim področjem SC Agriculture  
 Table 45: The most frequent pairs from the analysis of co-occurrence of the classification units, with which the journals of citing article are classified along with research area SC Agriculture

Sopoljavljanje	1.kategorija	2.kategorija
73	Agriculture	Chemistry
70	Agriculture	Food science & technology
66	Agriculture	Biotechnology & app. microbiology
65	Agriculture	Energy & fuels



Slika 52: Mreža raziskovalnih področij SC, s katerimi so poleg SC Agriculture, klasificirane revije citirajočih člankov

Figure 52: Network of classification units where the citing articles are co-classified (165) together with the research areas for SC Agriculture

Iz slike 52 in preglednice 45 je razvidna multidisciplinarna vsebinska naravnost citirajočih revij. Najpogosteje se revije s področja kmetijstva v setu analiziranih podatkov vsebinsko klasificirajo še s kemijo, živilsko tehnologijo, energetiko in biotehnologijo. Tukaj moramo ponovno spomniti, da gre za specifično klasificiranje, ki temelji na pravilih WOS (pri nas se biotehnologija razvršča v področje biotehnike).

#### 4.6.2.2 Analiza citiranih člankov iz revij, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture

Z analizo citiranja smo želeli proučiti, kaj citirajo članki iz tega seta podatkov in iz katerih vsebinskih področij je citirana literatura. Tudi reference smo analizirali na nivoju raziskovalnih področij SC, s katerimi so klasificirane revije v zbirki WOS. Metodologijo priprave podatkov in pretvarjanje zapisov referenc v obliko klasifikacijskih enot WOS smo v prejšnjih poglavjih že opisali. Za proučevanje citiranosti smo v tem segmentu uporabili dva pristopa. V enem smo upoštevali pojavnost vseh klasifikacijskih enot referenc, v drugem primeru pa smo posamezno različno klasifikacijsko enoto na članek upoštevali le enkrat (primer za različne pristope pri analizi citiranih člankov prikažemo v preglednici 3).

V prvem primeru, ko so bili upoštewane vse pojavnosti raziskovalnih področij SC referenc, smo s pomočjo algoritma, ki ga vključuje Bibexcel, pripravili kosinusovo matriko podobnosti za izračun relacij med posameznimi področji. Nekaj področij SC (tistih z najvišjo pojavnostjo) prikažemo v preglednici 45. V levem stolpcu je prikazana celotna pojavnost, v desnem pa so vrednosti, ko je posamezno raziskovalno področje SC na članek

upoštevano le enkrat. V preglednici 46 je torej prikazanih 30 od vseh 104 raziskovalnih področij SC iz seta podatkov.

Preglednica 46: Razlike v frekvenci, ko upoštevamo vse navedbe ali pa posamezno kategorijo le enkrat za reference iz revij, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture  
Table 46: Differences in frequency when considering either all instances, or each category only once, for the references from journals with research areas for SC Agriculture

Frekvenca vseh navedb klasifikacijske enote referenc		Klasifikacijska enota reference se na članek upošteva le enkrat	
2452	Chemistry	205	Agriculture
1325	Agriculture	197	Chemistry
901	Engineering	157	Engineering
799	Food science & technology	143	Biotechnology & applied microbiology
742	Materials science	139	Biochemistry & molecular biology
691	Biotechnology & appl. microbiology	137	Materials science
650	Environmental sciences & ecology	118	Science & technology - other topics
590	Biochemistry & molecular biology	118	Food science & technology
473	Polymer science	112	Environmental sciences & ecology
398	Energy & fuels	103	Physics
354	Science & technology - other topics	92	Polymer science
342	Physics	85	Energy & fuels
275	Pharmacology & pharmacy	62	Pharmacology & pharmacy
203	Plant sciences	58	Microbiology
168	Microbiology	56	Biophysics
133	Mineralogy	49	Plant sciences
130	Biophysics	49	Nutrition & dietetics
126	Electrochemistry	42	Toxicology
124	Geology	33	Cell biology
119	Nutrition & dietetics	32	Geology
107	Geochemistry & geophysics	27	Mineralogy
82	Toxicology	26	Electrochemistry
67	Business & economics	25	Marine & freshwater biology
60	Cell biology	23	Spectroscopy
48	Entomology	23	Geochemistry & geophysics
48	Marine & freshwater biology	22	Research & experimental medicine
40	Spectroscopy	20	Public, env. & occupational health
35	Oncology	16	Genetics & heredity
33	Research & experimental medicine	16	Life sciences & biomed. – other topic
32	Veterinary sciences	16	Oncology

Izkaže se, da so v primeru, ko upoštevamo vso pojavnost, v analiziranem setu podatkov najpogostejše reference s področja kemije, sledi področje kmetijstva, tehnike, živilstva, materialov, biotehnologije itd. (levi stolpec preglednice 46). Pojavnost raziskovalnega področja SC *Agriculture* v referencah je kar za polovico nižja, kar pa ni tako zelo presenetljivo, če vemo, da je kar 73 od 165 citirajočih člankov hkrati klasificiranih z obema področjema (SC *Agriculture* in *Chemistry*; preglednica 45).

Desna stran preglednice 45 prikaže frekvence za reference iz analiziranega seta podatkov, ko se klasifikacijska enota na članek pojavi le enkrat. Vidimo, da so enote nekoliko drugače razporejene, razlike v številu (frekvenci) med njimi pa niso tako velike. 205 od skupno 229 analiziranih člankov vključuje vsaj eno referenco, klasificirano s področjem SC *Agriculture*, 197 takšnih s *Chemistry*, 118 s področjem SC *Science & technology - other topics* (to področje zajema vsebinsko ožjo klasifikacijsko enoto - kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology*). 'Nano-agro' raziskave torej v določeni meri pridobivajo

znanje tudi iz 'nano revij', to je tistih, ki so klasificirane s kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology*.

Najmočnejše povezave (iz analize socitiranja) med posameznimi področji SC so na slikah 53 in 54 prikazane poudarjeno. V primeru, ko je obravnavana celotna pojavnost, je Saltonov indeks npr. najvišji v primeru parov SC *Science & technology - other topics* in *Physics* (0,75), *Biotechnology & applied microbiology* in *Energy & fuels* (0,75), *Biochemistry & molecular biology* in *Biophysics* (0,74), *Mineralogy* in *Geology* (0,73), *Pharmacology & pharmacy* in *Oncology* (0,72), *Chemistry* in *Materials science* (0,71), *Food science & technology* in *Nutrition & dietetics* (0,71) itd.

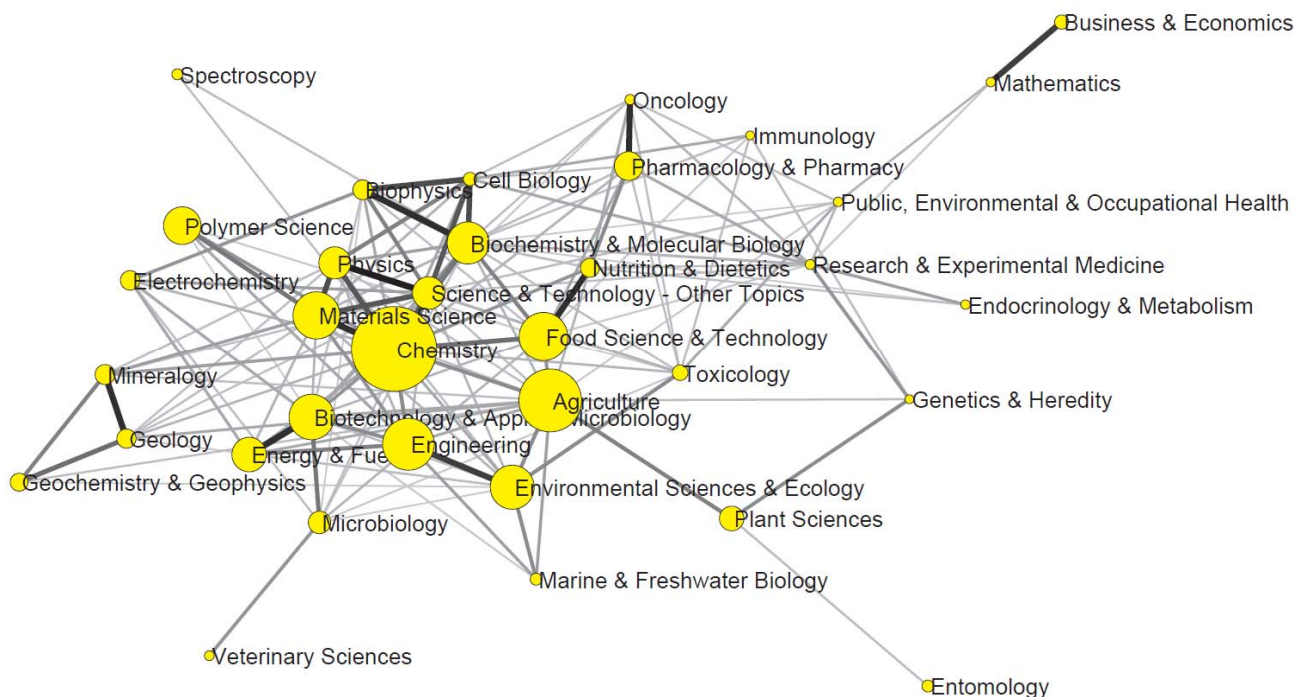
Indekse z najvišjimi vrednostmi za pare raziskovalnih področij SC s področjema *Science & Technology - other topics* in *Agriculture* prikažemo še posebej v preglednici 47 ločeno za primer analize celotne pojavnosti klasifikacijskih enot in analize, ko smo posamezno kalsifikacijsko enoto na članek upoštevali le enkrat.

Preglednica 47: Salton kosinus indeks za pare raziskovalnih področij SC za dve izbrani področji SC  
Table 47: Salton cosine index for pairs of WOS research areas SC with two selected research areas SC

Indeksi podobnosti področij SC s področjem <b>Science &amp; technology - other topics</b>		Indeksi podobnosti področij SC s področjem <b>Agriculture</b>	
CELOTNA POJAVNOST KLASIFIKACIJSKIH ENOT REFERENC			
0.75	Physics	0.46	Plant sciences
0.61	Chemistry	0.43	Environmental sciences & ecology
0.61	Materials science	0.42	Chemistry
0.59	Cell biology	0.39	Food science & technology
0.46	Biochemistry & molecular biology	0.34	Marine & freshwater biology
0.45	Biophysics	0.33	Biotechnology & applied microbiology
0.34	Electrochemistry	0.32	Engineering
0.30	Biotechnology & applied microbiology	0.31	Geology
0.29	Toxicology	0.30	Energy & fuels
0.26	Engineering	0.27	Nutrition & dietetics
0.26	Environmental Sciences & Ecology	0.27	Biochemistry & molecular biology
0.26	Public, env. & occupational health	0.26	Materials science
0.24	Agriculture	0.24	Geochemistry & geophysics
0.24	Research & experimental medicine	0.24	Mineralogy
0.23	Microbiology	0.24	Genetics & heredity
0.22	Geology	0.24	Science & technology - other topics
ENOTA REFERENCE SE NA ČLANEK UPOŠTEVA LE ENKRAT			
0.73	Chemistry	0.90	Chemistry
0.72	Materials science	0.77	Biotechnology & applied microbiology
0.69	Agriculture	0.77	Engineering
0.65	Physics	0.75	Biochemistry & molecular biology
0.64	Engineering	0.75	Materials science
0.61	Biotechnology & applied microbiology	0.70	Food science & technology
0.57	Environmental sciences & ecology	0.69	Science & technology - other topics
0.55	Biochemistry & molecular biology	0.68	Environmental sciences & ecology
0.46	Food science & technology	0.65	Physics
0.45	Microbiology	0.59	Polymer science
0.44	Toxicology	0.58	Energy & fuels
0.43	Energy & fuels	0.51	Pharmacology & pharmacy
0.42	Biophysics	0.48	Nutrition & dietetics
0.42	Polymer science	0.47	Microbiology
0.41	Mineralogy	0.47	Plant sciences
0.41	Pharmacology & pharmacy	0.46	Biophysics



Mrežo 35 raziskovalnih področij SC (referenc) iz seta 229 člankov, objavljenih v revijah, klasificiranih z raziskovalnim področjem *Agriculture*, prikaže slika 54 (v tem primeru je upoštevana celotna pojavnost). Slika prikaže mrežo, ki smo jo pripravili z drugim pristopom. Posamezno klasifikacijsko enoto smo torej v tem primeru v referencah enega članka upoštevali le enkrat. Relacije so izračunane v matriki podobnosti s kosinusovim indeksom. Relacije med klasifikacijskimi enotami pa se bistveno ne razlikujejo od teh, tudi če namesto indeksov upoštevamo kar dejanske frekvence sopojavljanja klasifikacijskih enot.



Slika 53: Mreža raziskovalnih področij SC (reference) z največjo pojavnostjo (35), objavljenih v revijah, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC Agriculture v primeru, ko upoštevamo vse navedbe  
Figure 53: Network of research areas (references) from articles published in journals classified by research area SC Agriculture if all instances are considered

Izkaže se, da le polovica 'agro-nano' člankov iz analiziranega seta podatkov citira članke, objavljene v revijah, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC *Science & technology - other topics* (enota v podrobnejši klasifikaciji zajema kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*). To pomeni, da je velik delež relevantnih člankov razkropljen tudi drugod in ne samo v revijah, ki so v WOS klasificirane z 'nano kategorijo'. Indeks med paroma raziskovalnih področij SC *Science & technology - other topics* in *Agriculture* iz matrike podobnosti je 0,69. Če izhajamo iz slike 54, uporabljajo za 'agro-nano' raziskave znanje v veliki meri iz področij kemije, biotehnologije, tehnike, biokemije, vede o materialih, živilske tehnologije in drugih področij, če naštejemo le tiste z največjo pojavnostjo v analiziranem vzorcu.



Za predstavo o številu zadetkov prikazujemo v nadaljevanju iskalne poizvedbe za izbrane kmetijske vsebine, ki segajo na nano področje (WOS, maj 2013; # 29 - unija iskalnih poizvedb Porter, Maghrebi in Warris za leto 2013):

<b>485</b>	TS=(apple or apples or "malus domestica") and #29 <i>Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&amp;HCI Timespan=All Years</i>
<b>2,265</b>	TS=(wheat or "triticum aestivum") and #29 <i>Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&amp;HCI Timespan=All Years</i>
<b>2,381</b>	TS=("zea mays" or maize or corn) and #29 <i>Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&amp;HCI Timespan=All Years</i>
<b>3,994</b>	TS>(*pesticid* or *insecticid* or *herbicid* or *fungicid* or acaricid*) and #29 <i>Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&amp;HCI Timespan=All Years</i>

Ker se velik del 'agro-nano' raziskav vrti okrog pesticidov, smo pripravili bibliometrično analizo s podatki, ki se nanašajo na to področje. Z opisanim setom podatkov smo proučevali vsebinska področja citirajočih in citiranih člankov glede na predvideno WOS klasifikacijo revij WCat. S sobesedno analizo (besed iz naslova in ključnih besed KW+) pa smo ugotavljali v katero smer gredo raziskave.

#### 4.6.3.1 Citirajoči članki iz seta podatkov nano\_pesticidi

Da bi priklicali čim več relevantnih podatkov smo torej nano področje orisali z unijo iskalnih poizvedb Porter, Maghrebi in Warris. S ključnimi izrazi za fitofarmacevtska sredstva smo nato pripravili še presek iskanja z nano vsebinami in priklicali v zbirki WOS 3.994 zapisov, v nadaljnji analizi pa smo jih lahko uporabili nekaj manj, saj dokumentov, ki niso vključevali referenc, nismo upoštevali.

Od vseh 152.469 referenc, kolikor smo jih našli pri 3.936 člankih, smo jih lahko v nadaljnji analizi uporabili nekaj manj. 20.536 oz. 13,5 % jih je bilo obavljenih bodisi v revijah, ki jih WOS ne vključuje, knjigah, zbornikih ali pa iz danega zapisa okrajšave reference nismo mogli določiti klasifikacije. Natančneje postopek priprave podatkov in delovnih zbirk opisujemo v metodah. Zajeli smo torej 3.936 člankov, v okviru teh pa 131.933 referenc, kar predstavlja povprečno 33,5 reference na članke (upoštevajoč vse in ne le WOS, je povprečno na članek 38,7 reference).

Podrobnejša analiza citirajočih člankov je prikazana v preglednici 48. V levem stolpcu so prikazani naslovi revij, ki se najpogosteje pojavijo v setu podatkov nano\_pesticidi, v desnem pa najpogostejše kategorije WCat, s katerimi so revije citirajočih člankov vsebinsko opredeljene. Vseh kategorij citirajočih člankov je 207, od katerih pa je kar nekaj takšnih, ki se pojavijo le z nizko frekvenco. 171 kategorij ima frekvenco več kot 5, 146 pa je takšnih, ki se pojavijo s frekvenco višjo od 10.

Če omenimo le nekatere, je okrog 36 % (1441) citirajočih člankov iz analiziranega seta podatkov klasificiranih s kategorijo WCat *Chemistry, analytical*, nekaj manj kot 8 % (305) pa s kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology*. Področje, ki ga analiziramo, sega torej na področje analitske kemije, elektrokemije, biokemije, biofizike, biotehnologije, področij, ki se nanašajo na okoljske znanosti, živilsko tehnologijo itd.

Preglednica 48: Najpogostejši naslovi revij (levo) in vsebinskih kategorij (desno) citirajočih člankov v vzorcu s področja nano\_pesticidi

Table 48: The most frequent journal titles (left) and WOS categories (right) of the citing articles in the sample nano\_pesticides

Število	Najpogostejši naslovi revije	Število	Najpogostejše kategorija WCat
209	Biosensors & bioelectronics	1441	Chemistry, Analytical
200	Analytica chimica acta	504	Electrochemistry
102	Talanta	435	Environmental Sciences
100	Analytical chemistry	406	Biotechnology & App. Microbiology
99	Sensors and actuators b-chemical	314	Chemistry, Multidisciplinary
76	J. of agricultural and food chemistry	305	Nanoscience & Nanotechnology
74	Journal of chromatography a	273	Biophysics
73	Analytical and bioanalytical chemistry	255	Biochemical Research Methods
72	Analytical letters	240	Biochemistry & Molecular Biology
67	Electroanalysis	237	Chemistry, Physical
51	Environmental science & technology	209	Engineering, Chemical
49	Journal of hazardous materials	189	Engineering, Environmental
48	Analyst	180	Food Science & Technology
47	Desalination	175	Materials Sci., Multidisciplinary
39	Chemosphere	170	Instruments & Instrumentation
35	Journal of separation science	152	Chemistry, Applied
34	Journal of applied polymer science	139	Water Resources
34	Microchimica acta	129	Polymer Science
31	Journal of membrane science	119	Toxicology
30	Int. j. of environmental anal. chemistry	114	Entomology
29	Sensors	111	Pharmacology & Pharmacy

V preglednici 48 med kategorijami WCat ne prikažemo tistih, z nižjimi frekvencami, kot so npr. *Agriculture*, *multidisciplinary* (102), *Agronomy* (67), *Soil science* (30) ali *Agricultural engineering* (11).

#### 4.6.3.2 Analiza citiranja seta podatkov nano\_pesticidi

Za set podatkov nano\_pesticidi smo proučili še reference oziroma področja, od koder črpajo ti članki znanje. Metodologijo priprave delovne zbirke je enaka tisti, ki smo jo predstavili že v prejšnjem segmentu. Uporabili smo metodo, pri kateri se posamezna kategorija po članku upošteva le enkrat. Če bi upoštevali celotno pojavnost klasifikacijskih enot referenc, bi bil rezultat precej drugačen. V primerjavi z rezultati iz preglednice 49 bi bile frekvence precej višje. Celotna pojavnost kategorije *Chemistry, analytical* je v tem primeru 41.688, precej manj je kategorij WCat *Environmental sciences* (14.289), *Electrochemistry* (12.063), *Biochemistry & molecular biology* (11.391), *Biotechnology & applied microbiology* (11.232), *Biochemical research methods* (10.828), *Chemistry, multidisciplinary* (10.727), *Chemistry, physical* (10.400), *Biophysics* (8.220), *Nanoscience & nanotechnology* (7.722) in tako naprej. *Agriculture, multidisciplinary* se pojavi le v 3.061 primerih. Preglednica 49 torej prikaže nižje vrednosti od omenjenih, saj posamezno kategorijo WCat referenc v posameznem članku upoštevamo le enkrat. Prikazane so le kategorije WCat s katerimi so najpogosteje klasificirane revije člankov, ki jih citirajo članki v setu podatkov nano\_pesticidi. Relacije med posameznimi kategorijami WCat citiranih člankov smo tudi v tem primeru izračunali v matriki podobnosti. V preglednici 50 predstavljamo indekse podobnosti za pare posameznih kategorij s kategorijo WCat

*Nanoscience & nanotechnology*, sicer pa so v celotnem omrežju najmočnejše relacije med kategorijami *Nanoscience & nanotechnology* in *Electrochemistry* (0,83), *Chemistry, analytical* in *Biochemical research methods* (0,82), *Chemistry physical* in *Materials science, multidisciplinary* (0,80), *Chemistry, applied* in *Food science & technology* (0,80), *Biotechnology & applied microbiology* in *Biophysics* (0,80), *Biophysics* in *Nanoscience & nanotechnology* (0,78), *Food science & technology* in *Agriculture, multidisciplinary* (0,77) itd.

Preglednica 49: Število člankov, pri katerih se posamezna kategorija WCat reference pojavi vsaj enkrat  
Table 49: Number of articles, in which a single category WCat of a reference occurs at least once

Št. člankov	Kategorija WCat	Št. člankov	Kategorija WCat
2.793	Chemistry, analytical	1.267	Multidisciplinary sciences
2.283	Chemistry, multidisciplinary	1.192	Instruments & instrumentation
2.280	Biochemical research methods	1.015	Engineering, chemical
2.236	Biotechnology & appl. microbiology	909	Physics, applied
2.209	Environmental sciences	808	Physics, condensed matter
2.161	Biochemistry & molecular biology	768	Polymer science
1.940	Biophysics	757	Chemistry, organic
1.807	Nanoscience & nanotechnology	671	Microbiology
1.750	Chemistry, physical	647	Plant sciences
1.720	Electrochemistry	636	Entomology
1.664	Chemistry, applied	613	Public, env. & occupational health
1.636	Food science & technology	599	Chemistry, medicinal
1.406	Toxicology	568	Cell biology
1.395	Pharmacology & pharmacy	561	Physics, atomic, mol. & chemical
1.378	Engineering, environmental	522	Spectroscopy
1.368	Materials science, multidisciplinary	518	Biology
1.285	Agriculture, multidisciplinary	463	Agronomy

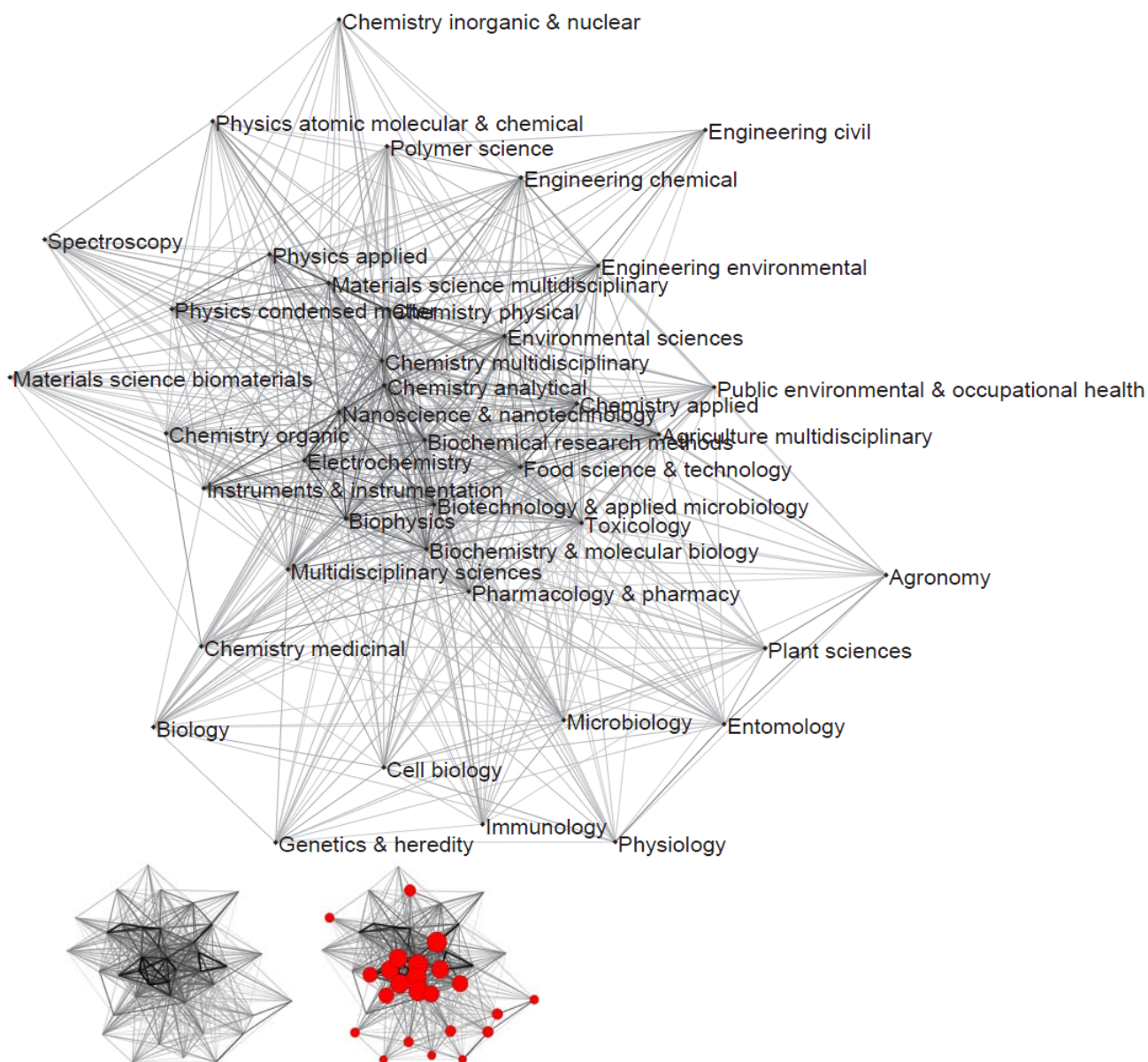
Preglednica 50: Salton kosinus indeks za pare s kategorijo WCat Nanoscience & nanotechnology za primer, ko posamezno kategorijo v referencah upoštevamo samo enkrat

Table 50: Salton cosine index for the pairs with WOS category Nanoscience & nanotechnology if each category is considered only once

Indeks	Kategorija WCat	Indeks	Kategorija WCat
0,83	Electrochemistry	0,35	Materials science, biomaterials
0,78	Biophysics	0,33	Engineering, chemical
0,75	Biotechnology & applied microbiology	0,30	Biology
0,72	Chemistry, analytical	0,30	Polymer science
0,68	Instruments & instrumentation	0,29	Physics, atomic, molecular & chemical
0,61	Materials science, multidisciplinary	0,27	Chemistry, organic
0,61	Biochemical research methods	0,27	Public, env. & occupational health
0,61	Chemistry, multidisciplinary	0,25	Microbiology
0,58	Physics, applied	0,24	Immunology
0,58	Biochemistry & molecular biology	0,24	Spectroscopy
0,57	Chemistry, physical	0,23	Chemistry, inorganic & nuclear
0,54	Physics, condensed matter	0,21	Cell biology
0,53	Environmental sciences	0,20	Chemistry, medicinal
0,50	Food science & technology	0,19	Engineering, civil
0,49	Chemistry, applied	0,17	Genetics & heredity
0,43	Toxicology	0,15	Entomology
0,41	Multidisciplinary sciences	0,14	Plant sciences
0,40	Engineering, environmental	0,13	Physiology
0,40	Pharmacology & pharmacy	0,12	Agronomy
0,38	Agriculture, multidisciplinary		



Na sliki 55 lahko vidimo različne prikaze omrežja referenc seta podatkov nano\_pesticidi; v spodnjem levem prikazu so vidne poudarjene povezave v središču slike.



Slika 55: Mreža kategorij WCat referenc z največjo pojavnostjo (40) iz analize citiranja vzorca nano\_pesticidi

Figure 55: Network of categories WCat of cited articles in the sample nano\_pesticides

Iz prikazanega lahko povzamemo, da sega uporabljeno znanje (predstavljeno je v obliki referenc) na ista področja, ki smo jih omenjali že pri citirajočih člankih, to so: področje kemije, elektrokemije, biokemije, biofizike, biotehnologije, področja, ki se nanašajo na okoljske znanosti, živilsko tehnologijo, nanoznanost in druga. V okviru 3.936 citirajočih člankov se v 1.807 referencah pojavijo tudi članki iz revij, ki so klasificirane z WCat kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*, kar predstavlja nekaj manj kot polovico vseh člankov.









## 4.7 GOOGLE SCHOLAR

Google Scholar - bibliografska zbirka, ki jo prosto ponuja spletni velikan Google, postaja alternativa za iskanje znanstvenih informacij in WOS in Scopus. V nadaljevanju proučujemo učinkovitost iskanja in prekrivanje z omenjenima splošnima zbirkama za znanstvene informacije z nanopodročja.

### Vključenost člankov iz nano revije

Za primer vključevanja člankov v Google Scholar smo najprej izbrali revijo Nano letters, ki je med vodilnimi revijami za nanopodročje. Google Scholar jo razvrsti na 15 mesto v rangiranju po citiranosti člankov. Iskanje po Google Scholar izvedemo v aplikaciji naprednega iskanja, izključimo iskanje po patentih in navedbah in poiščemo vse članke, objavljene v tej reviji in v izbranem letu. Naslovu revije smo dodali besedo ACS (založba ACS Publications). Besedi nano in letters sta namreč tudi del imena dveh drugih revij - *International nano letters* založbe Springer ali *Micro & Nano Letters* založbe IET. Ker sistemska omejitev ne omogoča vpogleda v vse zapise, pač pa le v prvih 1.000, smo jih toliko tudi preverili.

Preglednica 51: Število zapisov za revijo Nano letters v zbirkah WOS, Scopus in Google Scholar (15.12. 2013)

Table 51: Number of records for the journal Nano Letters in databases WOS, Scopus, and Google Scholar

Leto	WOS	Scopus	Google Scholar
2010	867**	868	889
2011	973	973	944
2012	1099*	1099	1.060

\*Založnik navaja, da je v letu 2012 objavljenih 1.078 člankov, v WOS so dodatno vključeni še - Corrections (19) in Editorial materials (2).

\*\* vsi tipi dokumentov (člankov je 855, correction 11, editorial materials 1)

Same številke nam ne povedo veliko o prekrivanju. Da bi lažje proučili prekrivanje med zbirkami in zajemanje posameznih člankov, smo naš vzorec zmanjšali. V že opisani iskalni strategiji za članke iz revije Nano letters smo naredili še dodaten izbor. Izbrali smo samo tiste, ki imajo v naslovu besedo *graphene*. Iskali smo natančno takšno obliko pojma. Množinska oblika se sicer pojavi, vendar je pojavnost zelo nizka. Število vključenih člankov za leto 2012 je prikazano v preglednici 52.

Preglednica 52: Število zapisov v posameznih zbirkah za članke iz revije Nano letters, ki vključujejo v naslovu besedo graphene

Table 52: Number of records in different databases for articles from the journal Nano Letters which include the word graphene in the title

Leto	WOS	Scopus	Google Scholar (odprti dostop)
2012	157	157	152

\*v nobenem primeru se ne pojavi beseda graphenes

Natančnejša analiza zadetkov v Google Scholar pokaže, da izbor člankov na podlagi leta ne priključuje vseh zadetkov oziroma ne dobimo istih člankov, kot jih najdemo z isto iskalno sintakso v zbirkah WOS in Scopus. V Google Scholar so namreč bibliografski zapisi za

članke opremljeni z dvema letnica – letom izida in letom, poleg katerega piše 'copyright', ki se ne ujemata v vseh primerih. V našem primeru je iskalna poizvedba priklicala od 152 člankov 8 takšnih, ki so bili označeni z datumom, ki ga označijo kot 'copyright' 2012, sicer pa so članki izšli 2013. 13 člankov je bilo po drugi strani označenih z letnico 'copyright' 2011, ob dejanskem letu izida 2012. Te smo našli ločeno; posebej smo jih poiskali po naslovih. Iskanje z letnico pri tem iskalniku torej ni preveč natančno, ker je prepoznavanje datuma prepuščeno računalniškim algoritmom.

Da bi ocenili pojavnost na bolj razpršenem vzorcu, smo podobno analizo, kot prej na vzorcu ene same revije (Nano letters), naredili še na celi zbirki. Testno poizvedbo za leto 2012 smo v WOS in Google Scholar naredili še z iskalno poizvedbo:

*graphene and (tio OR "tio 2")*

V zbirki WOS smo našli 101 dokumentov, v Google Scholar pa (brez citatov in patentov) 132. Razkropitev 101 zapisov v WOS po revijah je dokaj visoka (55 različnih naslovov revij) in lahko rabi za dokaj dobro naključno oceno. Podobno kot pri testu prekrivanja Scholar/WOS na reviji Nano letters, je splošna ugotovitev, da je prekrivnost dokaj velika. Google Scholar pokriva dejansko vse, kar najdemo v zbirki WOS. Tudi v tem primeru pa pride do neskladja zaradi napačne letnice. Z dodatnim iskanjem - samo z naslovom - pa te zapise v zbirki najdemo. Iz obeh primerov zaključimo, da se v Google Scholar dejansko pojavijo vsi članki, ki jih najdemo v WOS ali Scopus, vendar priklic po izbranem letu ni natančen.

### Iskanje s formulami in frazami

Specifike iskanja s formulami v drugih zbirkah natančno pojasnimo v enem od prejšnjih poglavij (3.4.2). Število priklicanih dokumentov v posamezni zbirki je, kot vidimo iz prikazanih primerov, najbolj odvisno prav od tega. Iskanje natanko s TIO2 priključuje pri Scopusu malo relevantnih dokumentov. Pri Scholarju je rezultat iskanja sicer boljši, vendar pa tudi ni tak, kot bi dejansko moral biti. Do tega prihaja zaradi načina zapisa formule TIO2, ki se v WOS skoraj dosledno piše skupaj (TIO2), pri Scopusu pa trikrat bolj pogosto narazen (TIO 2). Pri Google Scholar je obratno: TIO2 se bolj pogosto piše skupaj (4.920) kot narazen (2.990).

Preglednica 53: Iskanje s formulami za titanov dioksid po naslovu dokumentov v WoS, Scopus in Google Scholar za leto 2012 (4.11.2013)

Table 53: Search with the formulas for titanium dioxide in the title of documents in WOS, Scopus, and Google Scholar in 2012

WOS		Scopus		Google Scholar*	
sintaksa	pojavnost	sintaksa	pojavnost	sintaksa	pojavnost
<b>ti=tio2</b>	<b>4.639</b>	<b>TITLE(tio2)</b>	<b>1.224</b>	<b>allintitle:tio2</b>	<b>4.930</b>
ti="tio 2"	5	TITLE("tio 2")	4.359	allintitle:"tio 2"	2.990
ti=(tio2 OR "tio 2")	4.644	TITLE(tio2 OR "tio 2")	5.580	allintitle:(tio2 OR "tio 2")	7.910

\*izklopili smo citate in patente

Natančnejša analiza pokaže, da je potrebno pri formulah, če jih iščemo v Google Scholar, upoštevati, da je potrebno za priklic vseh dokumentov iskati ločeno tiste dokumente, kjer je v seznamu zapis za številko iz formule zapisan navadno - TiO2 in posebej za primere, ko je v seznamu Google Scholar podpisana številka zapisana z oznako <sub>2</sub>.

Kot je razvidno iz našega primera (preglednica 53), je enih približno 60 %, drugih pa 40 %. Razlika v številu zadetkov, če bi upoštevali le ene ali druge, bi bila velika. Sestavljene ključne besede je nujno iskati skupaj - kot frazo. Zapišemo jih v narekovaje. V nasprotnem primeru sistem sicer poišče iskane besede, kjer pa medsebojna razdalja ni določena.

Preglednica 54: Posebnosti iskanja s formulami za titanov dioksid in frazo "titanium dioxide" v naslovu dokumentov v Google Scholar za leto 2012 (4.11.2013)

Table 54: Search with either the formula or the phrase for titanium dioxide, in the title of documents in Google Scholar in 2012

Iskana fraza	Pojavnost	Opombe
TiO <sub>2</sub>	4.930	oblika zapisa formule v naslovu članka na spletni strani založnika = <b>TiO<sub>2</sub></b> (številka je podpisana) oblika zapisa formule v seznamu Google Scholar = <b>TiO<sub>2</sub></b> (številka ni podpisana) Primer uporabe – formula je sestavni del ali samostojno: Au-TiO <sub>2</sub> /graphene@TiO <sub>2</sub> /TiO <sub>2</sub>
"TiO 2"	2.990	oblika zapisa formule v naslovu članka na spletni strani založnika = <b>TiO<sub>2</sub></b> (številka je podpisana) oblika zapisa formule v seznamu Google Scholar = <b>TiO&lt; sub&gt; 2&lt;/sub&gt;</b> Primer uporabe – formula je sestavni del ali samostojno: TiO <sub>2</sub> /UV / Pt-TiO <sub>2</sub> / TiO <sub>2</sub>
TiO 2	3.260	najde iste dokumente kot oblika "TiO 2", le nekaj več, ker številka ni nujno zraven TiO
"titanium dioxide"	764	zapis v narekovajih najde frazo
titanium dioxide	772	zapis poišče besedi, ki pa ne stojita nujno skupaj. Najde večinoma iste dokumente, le nekaj več kot pri fraznem iskanju
"TiO 2" OR TiO <sub>2</sub>	7.910	unija zapisov samo za formuli
"titanium dioxide" OR "TiO 2" OR TiO <sub>2</sub>	8.630	unija izpisane fraze in zapisov za formulo za iskanje dokumentov o titanovem dioksidu

### Krnenje iskalnih pojmov - razlike v iskanju

Tudi pri vseh nadaljnjih analizah smo zaradi primerljivosti med zbirkami iskanje omejili na polje Title (naslov dokumenta). Preglednica 55 prikaže rezultate iskanja v analiziranih zbirkah s ključno besedo graphene\*.

Preglednica 55: Število zapisov za dokumente, ki vključujejo v naslovu besedo graphene v posameznih zbirki (30.10.2013)

Table 55: Number of records in different databases for documents that include the word graphene in the title

Leto	WOS	Scopus	Google Scholar		
	ti=graphene*	TITLE(graphene*)	allintitle:graphene	allintitle:graphenes	allintitle: (graphene OR graphenes)
2010	2.665	2.968	4.040	49	4.090
2011	4.271	4.851	6.470	68	6.530
2012	6.178	6.977	9.600	69	9.680

Iz predstavljenih rezultatov (preglednica 55) lahko vidimo, da vključuje WOS najmanj, Google Scholar pa največ zadetkov. Tako Scopus kot Google Scholar vključujeta namreč

širši nabor tipov dokumentov in ne samo člankov. V primeru Google Scholar raba standardne desne okrajšave, ki jo poznano iz iskanja po drugih zbirkah, ni možna. Iskanje lahko ustrezno izvedemo le z unijo izrazov – *graphene* in *graphenes*. Ob tem ugotavljamo, da je očitno bolj v rabi edninska oblika.

Za prikaz razlik v iskanju dokumentov, ki je povezano s krnjenjem iskalnih pojmov, v nadaljevanju prikažemo še en primer. Ponovno smo iskali vsebine, ki se nanašajo na nano titanov dioksid. Tokrat nas je zanimalo predvsem iskanje v Google Scholar in primerjave v številu priklicanih dokumentov glede na ostali zbirki.

Preglednica 56: Število zapisov v posameznih zbirkah za dokumente, ki vključujejo v naslovu besedo nano in frazo "titanium dioxide" (30.10.2013)

Table 56: Number of records in different databases for documents that include both the word nano and the phrase "titanium dioxide" in the title

Leto	WOS	Scopus	Google Scholar
2010	168	196	68
2011	209	257	58
2012	219	277	57

Po naslovih dokumentov smo iskali izpeljanke iz besede nano\*, ki se pojavijo skupaj s frazo *titanium dioksida*. Iz preglednice 56 je razvidno število priklicanih dokumentov. Nizka pojavnost, ki jo ugotovimo v primeru Google Scholar, je posledica iskanja izključno in natanko z izrazom nano. Kot je bilo že omenjeno, Google Scholar desne okrajšave ne omogoča.

#### Iskanje združenih pojmov<sup>26</sup> - sestavljenke, ki vključujejo koren nano

Za namene analize pojavnosti izraza nano\* smo morali najprej identificirati nekaj pojmov, ki se pojavljajo pogosteje. V ta namen smo izbrali kar revijo Nano letters in članke za leto 2012, ki v naslovu vsebujejo izraz nano\*. Od skupno 1.099 je bilo takšnih 701 člankov (pojavnosti izraza je sicer 715, ker se v nekaterih člankih nano\* pojavi dvakrat).

8 od teh 701 člankov vsebuje natanko besedo nano, ostali izrazi pa so izpeljanke tega korena. Različnih pojmov, ki vsebujejo koren nano je 136 (od nanowires – 126 pojavnosti) do nanowell (1 pojavnost). 83 pojmov (61 %) se pojavi samo enkrat, 53 pojmov (39 %) se pojavi od 2 krat do 126 krat. S temi pojmi smo nato iskali v zbirki WOS in Google Scholar.

Osnova za testiranje prekrivanja zapisov iz zbirk WOS in Google Scholar je torej 53 pojmov iz analize pojavnosti izrazov nano\* iz Nano letters (2012 WOS), ki se pojavljajo vsaj dvakrat. Preglednica 57 pa poleg pojavnosti nano pojmov v WOS in Google Scholar, kaže tudi na razmerje med temi pojmi glede na omenjeni zbirki. V polju title smo iskali dokumente v WOS in Google Scholar ne glede na vir (revijo). Podatki v preglednici so sortirani glede na pojavnost izraza v naslovih člankov iz revije Nano letters za leto 2012.

---

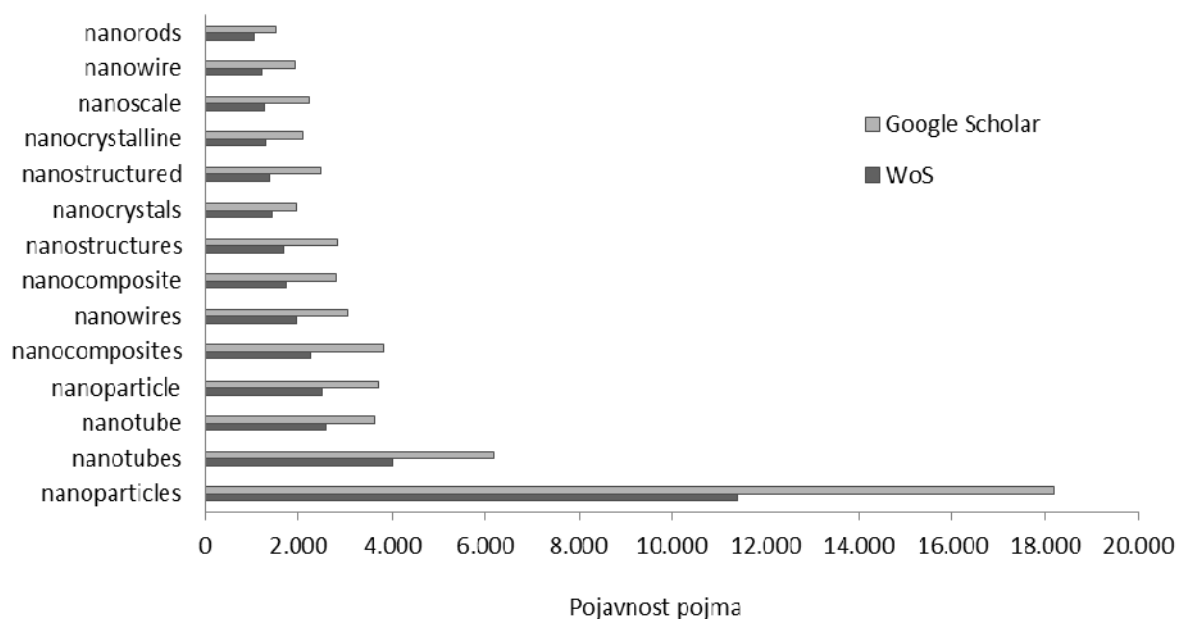
<sup>26</sup> 'združeni pojem' uporabljamo kadar se zloženske/sestavljenske/(dvozožne besede) pišejo skupaj npr. nanoparticles

Preglednica 57: Pojavnost različnih pojmov, ki vsebujejo izraz nano\* v polju Title v Google Scholar (brez citatov ali patentov) in WOS za leto 2012 (2.11.2013)

Table 57: Occurrence of various terms containing the word nano\* in the Title field in Google Scholar (with citations and patents excluded) and WOS in 2012

Ključni izraz	Nano Letters	WoS	Google Scholar	Google Scholar / WoS
nanowires	126	1.958	3.040	1,6
nanowire	86	1.207	1.900	1,6
nanoparticles	64	11.381	18.200	1,6
nanotubes	38	4.006	6.190	1,5
nanotube	36	2.588	3.640	1,4
nanoscale	35	1.248	2.220	1,8
nanocrystals	34	1.429	1.970	1,4
nanoparticle	31	2.526	3.710	1,5
nanostructures	21	1.685	2.830	1,7
nanostructured	12	1.367	2.470	1,8
nanocrystal	11	320	467	1,5
nanoribbons	11	376	531	1,4
nanoantennas	10	56	89	1,6
nanorod	9	449	633	1,4
<b>nano</b>	<b>8</b>	<b>3.997</b>	<b>9.170</b>	<b>2,3</b>
nanocomposites	8	2.240	3.820	1,7
nanorods	8	1.057	1.510	1,4
nanoclusters	6	385	531	1,4
nanocubes	6	112	144	1,3
nanopore	6	166	251	1,5
nanopores	6	192	288	1,5
nanogenerators	5	22	29	1,3
nanometer	5	266	569	2,1
nanoplates	5	145	170	1,2
nanocomposite	4	1.726	2.800	1,6
nanocrystalline	4	1.279	2.100	1,6
nanoelectronic	4	14	60	4,3
nanofibers	4	933	1.380	1,5
nanomechanical	4	161	270	1,7
nanoplasmonic	4	32	67	2,1
nanoporous	4	686	1.030	1,5
nanostructure	4	495	821	1,7
nanoantenna	3	36	59	1,6
nanocatalyst	3	57	86	1,5
nanoelectromechanical	3	38	65	1,7
nanorings	3	59	82	1,4
nanosheets	3	486	591	1,2
nanospheres	3	384	501	1,3
nanocatalysts	2	93	140	1,5
nanocavity	2	46	73	1,6
nanocone	2	21	31	1,5
nanodots	2	99	140	1,4
nanofilms	2	72	104	1,4
nanoglasses	2	4	4	1,0
nanojunction	2	8	11	1,4
nanomaterials	2	532	1140	2,1
nanopatterned	2	43	64	1,5
nanophotonics	2	23	75	3,3
nanopillars	2	58	103	1,8
nanoplasmonics	2	7	30	4,3
nanoplatelet	2	30	41	1,4
nanoplatelets	2	76	120	1,6
nanoribbon	2	137	205	1,5
Skupaj	667	46.813	76.565	1,7

Na sliki 58 je prikazana primerjava v pojavnosti najbolj pogostih 'nano pojmov' v WOS glede na Google Scholar. Iz dobljenih rezultatov lahko zaključimo, da bi z iskanjem samo z besedo nano izgubili kar nekaj dokumentov, ki se nanašajo na problematiko s tega področja. Če torej pri zbirki Google Scholar od 136 različnih pojmov iz Nano Letters upoštevamo tistih 53 pojmov, ki se pojavljajo vsaj dvakrat, prikličemo z rabo pojma natanko nano le nekaj več kot 10 % (9.170 od 76.565). Če bi upoštevali vseh 136 pojmov, bi bil delež še nižji. Iz tega sledi, da je iskalni odziv (v smislu števila priklicanih dokumentov) pri Google zelo različen glede na pojem. Pri nano v smislu sestavljenega pojma, je odziv slab, pri bolj specifičnih izrazih pa seveda relativno dober.



Slika 58: Primerjava med najbolj pogostimi pojmi v WOS (vsaj 1000) in Google Scholar  
Figure 58: Comparison between the most frequent terms in WOS (at least 1000), and Google Scholar

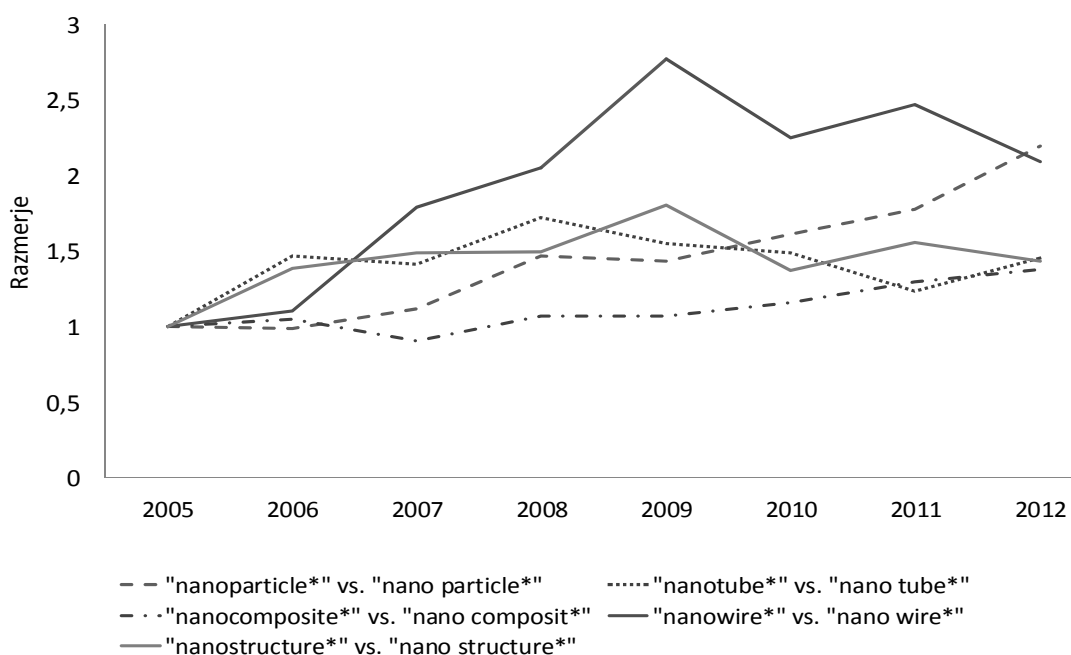
### Uporaba oblike sestavljenega<sup>27</sup> ali združenega pojma v Google Scholar

Posamezne najbolj pogoste pojme iz preglednice 58 smo analizirali še v smislu uporabe sestavljenega pojma (iz dveh besed) oziroma združenega pojma (ena beseda). V preglednici 58 in sliki 59 je predstavljeno razmerje uporabe izbranih sestavljenih in združenih pojmov. Iz slike je razvidno, da glede na izhodiščno leto 2005, nekoliko narašča raba združenih pojmov. Enakomeren naraščajoč trend je najbolj očiten pri pojmih nanoparticle\* ali nanocomposite\*.

<sup>27</sup> 'sestavljeni pojem' uporabljamo kadar se zloženske/sestavljenske/(dvozložne besede) pišejo narazen npr. nano particle  
Za 'združeni pojem' glej sprotno opombo 53.

Preglednica 58: Pojavnost glede na to ali so pojmi zapisani z eno besedo skupaj ali dvema besedama narazen  
Table 58: Occurrence of compound terms written in a closed or open form

Iskani pojmi	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
nanoparticles OR nanoparticle	5960	7160	9040	10500	12300	14500	19400	24400
nanotubes OR nanotube	5150	5980	6960	7420	8370	8910	9910	10100
nanocomposites OR nanocomposite	2560	2870	3230	3630	3950	4580	5540	6620
nanowires OR nanowire	1890	2310	2930	3350	3680	4030	4670	4920
nanostructures OR nanostructure OR nanostructured	2600	3140	3520	4090	4780	4910	5610	6080
"nano particles" OR "nano particle"	325	394	440	389	468	491	596	606
"nano tubes" OR "nano tube"	43	34	41	36	45	50	67	58
"nano composites" OR "nano composite"	236	252	328	313	340	363	394	443
"nano wires" OR "nano wire"	37	41	32	32	26	35	37	46
"nano structures" OR "nano structure" OR "nano structured"	306	267	278	322	312	420	424	498
"nanoparticle*" vs. "nano particle*"	0,055	0,055	0,049	0,037	0,038	0,034	0,031	0,025
"nanotube*" vs. "nano tube*"	0,008	0,006	0,006	0,005	0,005	0,006	0,007	0,006
"nanocomposite*" OR "nano composit*"	0,092	0,088	0,102	0,086	0,086	0,079	0,071	0,067
"nanowire*" OR "nano wire*"	0,020	0,018	0,011	0,010	0,007	0,009	0,008	0,009
"nanostructure*" vs. "nano structure*"	0,118	0,085	0,079	0,079	0,065	0,086	0,076	0,082



Slika 59: Razmerje v uporabi med pojmi, ki jih pišemo z eno oz. dvema besedama po posameznih letih  
Figure 59: Proportion of compound terms written in a closed or open form, by individual years

### Najpogosteje uporabljeni pojmi in Zipfov zakon<sup>28</sup>

Kot zanimivost pokažemo še ujemanje najpogosteje rabljenih besed v naslovih člankov (WOS 2012) z Zipfovim zakonom. Po idealnem Zipfovem zakonu se namreč v naravnih

<sup>28</sup> Zipfov zakon (*Zipf-law*) proučuje lastnosti jezika, uporablja pa se za opisovanje frekvence uporabljenih besed v dokumentu (Zipf, 1935).

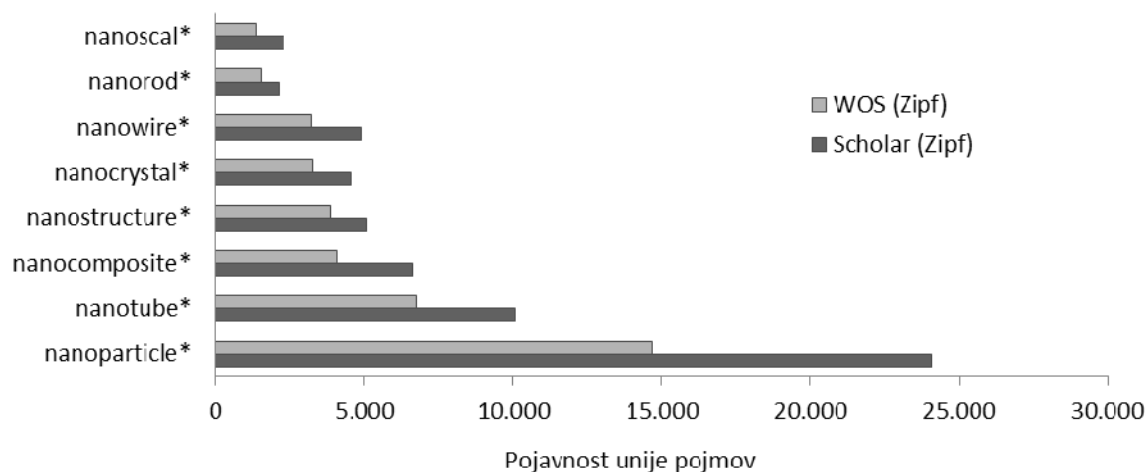
jezikih najbolj pogosto rabljena beseda pojavi približno dvakrat tako pogosto kot druga najbolj pogosto rabljena, druga najbolj pogosto rabljena dvakrat bolj pogosto kot tretja najbolj pogosto rabljena, itd. Za potrebe te analize smo istokorenske pojme v primeru Google Scholar združili v unijo. Izrazi se pojavljajo v ednini, množini ali celo kot pridevnik:

nanostuctures OR nanostructure OR nanostructured OR nanostructuring ...  
nanoparticles OR nanoparticle  
nanocomposite OR nanocomposites

Številke v preglednici 59 predstavljajo primerjavo pojavnosti za izbrane vsebinske koncepte v WOS, Google Scholar in reviji Nano Letters, s tem, da smo pri WOS oz. Nano Letters lahko iskali z desno okrajšanimi pojmi, pri Google Scholar pa smo morali uporabiti boolovo unijo, saj Google desnega krajšanja ne omogoča. Za boljšo preglednost podatke za WOS in Google Scholar še posebej prikažemo na sliki 60.

Preglednica 59: Pojavnost za WOS, Google Scholar in revijo Nano letters za različne koncepte  
Table 59: Occurrence of different concepts in WOS, Google Scholar and journal Nano Letters

Ključni izraz	G. Scholar (Zipf)	WOS (Zipf)	Nano Letters (Zipf)
nanoparticle*	24.100	14.673	95
nanotube*	10.100	6.723	73
nanocomposite*	6.610	4.072	8
nanostructure*	5.080	3.846	37
nanocrystal*	4.520	3.264	49
nanowire*	4.920	3.210	210
nanorod*	2.140	1.547	17
nanoscal*	2.300	1.363	35



Slika 60: Pojavnost za koncepte iz preglednice 59 v WOS in Google Scholar  
Figure 60: Occurrence of concepts from Table 59 in WOS and Google Scholar

Pri našem primeru se tri najbolj pogosto rabljene besede v naslovih člankov (2012) v WOS in Google Scholar relativno dobro skladajo z Zipfovimi zakonom. Od tretje besede naprej Zipf sicer ni več tako idealen, je pa število priklicanih dokumentov med primerjanima zbirkama dokaj korelirano (slika 60). Pri Nano letters je nekoliko drugače, predvidoma zato, ker je revija bolj specializirana; tu npr. prevladuje pojem nanowire\*.



## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

V naši raziskavi smo bibliometrično analizirali področje nanoznanosti in nanotehnologije. Področje se v zadnjih letih naglo razvija in prodira v vse gospodarske panoge, tudi najstarejšo – kmetijsko. Bibliometrične metode, ki so ključne za našo analizo, uporabljajo znanost in raziskave za raziskovalni objekt. Z različnimi kvantitativnimi študijami in prikazi omrežij omogočajo odkrivanje intelektualnih povezav v dinamičnem in nenehno spreminjajočem se sistemu znanstvenih spoznanj. V slovenskem prostoru so to raziskovalno metodologijo že uporabili, tako na splošno (Južnič, 1998), kot tudi na primeru žive narave (Bartol, 1998, 2012; Stopar, 2001) in vrednotenja raziskovalnih poročij (Bartol in sod, 2014), podobno pa tudi v nekaterih specializiranih informetričnih kontekstih, npr. pri patentni informatiki (Boh in sod., 2004; Starešinič in Boh, 2008) ali širše v smislu bibliometričnega ovrednotenja svetovnega spleta kot webometrija (Mur in Južnič, 2006). Huang in sod. (2011) pa v svojem preglednem delu navajajo tudi preko 120 študij, ki večinoma temeljijo na analizah nanotehnoloških publikacij in patentov in s tega vidika obravnavajo tudi področje nanoznanosti in nanotehnologije.

### 5.1 RAZPRAVA

Poleg primerne iskalne strategije, ki pomembno vpliva na sklepe, je v bibliometričnih analizah bistvenega pomena priprava delovnega seta podatkov v začetni fazi postopka. V primeru bibliometričnih analiz zato standardna delitev na metodiko in rezultate morda ni najprimernejša. Številne naše analize v okviru priprave delovnega seta podatkov so namreč že tudi delni rezultat našega raziskovalnega dela. Za pripravo delovnih setov je bilo potrebno odbrati zelena metapodatkovna polja, t.j. tista, ki so vsebovala podatke, ki smo jih potrebovali za posamezne analize. Revije citirajočih in citiranih člankov smo postavili na skupni imenovalac tako, da smo poenotili vsebinske kategorije s pomočjo lastne konverzije. Delo je bilo sicer v določeni meri avtomatizirano, kljub temu pa je bilo potrebno vložiti veliko dodatnega napora za ročna preverjanja in usklajevanja podatkov.

Pri iskanju po zbirkah smo morali upoštevati specifične posameznih zbirk, in sicer tako pri strukturi in različnih funkcijah samih zbirk kot tudi pri načinu iskanja. Če smo hoteli narediti primerljive analize, smo se morali omejevati na specifična metapodatkovna polja, kjer pri zbirkah zopet obstajajo razlike, ki jih je bilo potrebno sprotno sistematično ovrednotiti. Google Scholar na primer iskanja zgolj po bibliografskem zapisu sploh ne omogoča, saj išče sistem hkrati še po polnem besedilu in različnih metapodatkovnih poljih, ki pa so zopet odvisna od tega, od kod Googlovi algoritmi zajemajo podatke. Primerljive podatke za primerjave med zbirkami smo tako lahko oblikovali le na podlagi iskanja po naslovih dokumentov, čeprav se celo predstavitev podatkov v naslovu dokumenta lahko razlikuje med različnimi sistemi, ki indeksirajo isti naslov, saj so za področje, ki smo ga analizirali, značilne tudi formule. Med zbirkami so velike razlike v iskalnih funkcijah, različni so na primer tudi operatorji bližine ('near' pri WOS, 'pre' pri Scopus, 'near' oz. 'onear' pri Compendex in Inspec, 'N' pri Medline). Rezultat v primeru iskanja s formulo za titanov dioksid je bil pri vseh zbirkah seštevek priklicanih zapisov z različnima oblikama zapisa formule. Nekaj smo jih priklicali z obliko  $\text{TiO}_2$ , nekaj pa s frazo "TiO 2". Iskanje samo z enim ali samo z drugim torej ni priklicalo vseh relevantnih dokumentov. Vse to lahko močno vpliva na iskalni odziv in iskalno natančnost.

Koristno je torej, da uporabnik zbirko vnaprej pozna in upošteva, kako je sestavljena, strukturirana in indeksirana. Jezik indeksiranja je pogosto preveč kompleksen, da bi se sami končni uporabniki lahko izognili omenjenim problemom pri iskanju relevantnih virov. Pomoč informacijskega specialista, ki lahko s poznavanjem zbirk in načinov iskanja pripomore h kvalitetnejšemu pridobivanju relevantnih informacij, bi zagotovo posredno prispevala tudi k uspešnejšemu raziskovalnemu delu. To (poleg ostalih) poudari že Smith (1996). Porter in Youtie (2009) pa bi s skupinskim delom med raziskovalci in informacijskimi specialisti reševala tudi morebitne ovire pri skupni rabi ustreznih raziskav v okviru različnih disciplin. Pri raziskovalcih, ki se vključijo v hibridna raziskovalna področja, se povečajo potrebe po informacijah izven njihovih osnovnih specializacij. Informacijska znanost lahko v tem smislu vpliva tudi na izboljšanje interdisciplinarne izmenjave informacij.

Ker še vedno ni enotno sprejete definicije za oris nanopodročja, smo v začetni fazi dela najprej proučevali razlike med različnimi pristopi pri postavljanju meja področja. Vsebinsko smo nato delo na grobo razdelili na proučevanje razkropljenosti in obravnavo interdisciplinarne oziroma multidisciplinarne naravnosti nanopodročja, bibliometrično obravnavo primera s področja kmetijstva ter analizo učinkovitosti uporabe specializiranega spletnega iskalnika Google Scholar tudi za vsebine z nanopodročja. Za slednjega v zadnjem času ugotavljamo, da morda že zamenjuje uporabo nekaterih klasičnih bibliografskih zbirk. Razkropljenost smo obravnavali v vsebinskem smislu, pri čemer smo se opirali na obstoječe klasifikacijske sisteme podatkovnih zbirk. Poleg tega nas je zanimala tudi fizična razkropljenost relevantnih podatkov s tega področja po različnih bibliografskih specializiranih sistemih. Pri obravnavi interdisciplinarnosti smo se osredotočili predvsem na analizo citiranosti. Na podlagi analize naslovov matičnih ustanov avtorjev člankov smo ugotavljali, v kolikšni meri se raziskave odvijajo v okviru novo nastalih (nano) ustanov.

Posamezne ugotovitve smo ob rezultatih na kratko že komentirali, v nadaljevanju pa po posameznih sklopih podajamo še nekoliko podrobnejši komentar.

### **5.1.1 Proučevanje različnih orisov nanopodročja**

V bibliometriji je primerna iskalna strategija in priprava podatkov za analizo ključnega pomena, saj vpliva na rezultate in končne zaključke. Metoda priprave iskalne metodologije za oris nanopodročja, s katero smo pridobili podatke za našo analizo, je temeljila na študiju literature in obstoječih orisov področja. Glavni razlog, da je metodologij za oris več, je predvsem v pomanjkanju standardne definicije nanopodročja. Razlog za to pa Grieneisen in Zhang (2011) vidita predvsem v tem, da raziskovalci različno razumejo uporabo pojma nano. Pri nastajajočih, razvijajočih področjih pa terminologija tudi še ni takoj poenotena in standardizirana.

Odbira primerne seta podakov, še zlasti v primeru orisa celotnega področja, je vedno problematična. Ob velikem odzivu lahko zajamemo veliko šuma ali pa iskalno sintakso preveč omejimo in ne zajamemo vseh relevantnih podatkov. Posamezni bibliometriki so se tako orisa področja lotevali na različne načine, z različno metodologijo in ob večjem ali manjšem sodelovanju ekspertov. Pri tam pa se dogaja (Hullmann, 2007), da se iskalna

metodologija bolj nagne k področjem, ki jih vključijo sodelujoči znanstveniki s posameznih specializiranih področij.

Za analizo smo uporabili zbirko WOS, ki je pri nas dostopna že dolgo. Rezultati poizvedb z različnimi iskalnimi strategijami (Mogoutov in Kahane, 2007; Warris, 2004; Porter in sod., 2008a; Maghrebi in sod., 2011; Zitt in Bassecouard, 2006; Noyons in sod., 2003; Kostoff in sod., 2006), ki smo jih dodatno primerjali še z rezultati, dobljenimi s posplošenim iskanjem s tipičnim korenem nano\*, so pokazali medsebojna odstopanja. V primeru uporabe vseh iskalnih metodologij je v analiziranem obdobju med leti 1990 in 2012 opazen dokaj skladen naraščajoč trend letnega prirasta člankov. V večini primerov se članki podvajajo nekako v 4 do 6 letih, kar je hitreje kot pri zrelih področjih. Za te velja po navedbah Braun in Schubert (2003) nekako 15-20 let. Podobno priraščanje člankov (nano raziskav) – približno 5,4 % med letoma 2009 in 2010 navedeta tudi Grieneisen in Zhang (2011).

Rast informacij smo spremljali za obdobje od 1990 dalje, pred tem letom je podatkov malo. Primerjavo med različnimi metodologijami smo proučevali še na osnovi zastopanosti držav, od koder prihajajo avtorji člankov, po razporejanju člankov v nekaj najbolj zastopanih znanstvenih področij (SC) po klasifikaciji WOS in glede na revije, v katerih se pojavi največji odstotek priklicanih člankov. Med posameznimi metodologijami sicer ugotovimo manjše razlike, vendar bi na splošno lahko zaključili, da so rezultati dokaj skladni. To pripisujemo tudi relativno velikemu odstotku dokumentov, ki jih prikličemo s korenem 'nano'. Ta predstavlja najmanjši odstotek - okrog 55 % zadetkov v primeru poizvedbe Mogoutov, 67 % pri Warris, 70 % pri Porter in 80 % zadetkov poizvedbe Maghrebi, če omenimo le prve štiri z največjim priklicem zadetkov. Še najbolj odstopa prva, saj Mogoutov in Kahane (2007) področje opredelita najširše. Njuna poizvedba prikliče kar dvakrat toliko zapisov, kot na primer iskalna poizvedba Noyons in sod. (2003).

Vsem iskalnim sintaksam je torej skupno iskanje besed, ki so izpeljanke korena 'nano'. Med seboj se razlikujejo po večjem ali manjšem številu ostalih iskalnih pojmov, ki prikličejo iz podatkovnih zbirk, po mnenju avtorjev in sodelujočih ekspertov posameznih orisov, še dodatno relevantno gradivo za nanopodročje. Presek med iskalnimi sintaksami, ki smo jih glede na opis in število zadetkov izbrali za podrobnejšo analizo, je pokazal, da vsaka metodologija sicer vključuje določen odstotek člankov, ki jih druga ne zajame, kar pa na oceno splošnih trendov bistveno ne vpliva. V primeru uporabe metodologije Porter prikličemo tako 22 % zapisov, ki se ne prekrijejo s poizvedbo Maghrebi. Glede na vse priklicane zapise po metodologiji Maghrebi pa je takšnih zapisov, ki jih z metodologijo Porter ne prikličemo, 12 %. Presek obeh iskalnih sintaks (Porter AND Maghrebi) prikliče v vzorčnem letu 2010 70 % vseh člankov, ki jih dobimo z unijo obeh metod (Porter OR Maghrebi). Omenjeni presek obeh metod predstavlja hkrati 78 % vseh priklicanih z metodologijo Porter in 88 % vseh priklicanih z metodologijo Maghrebi.

Pri izboru iskalne metodologije za našo raziskavo smo se v ožjem izboru tako odločali med metodologijama Porter in Maghrebi. Pred očmi smo imeli, da je priprava iskalne sintakse vedno iskanje ravnovesja med odzivom in natančnostjo, to je med obširnostjo in učinkovitostjo iskanja. To je med prvimi scientometrično ovrednotil že Cleverdon (1972), pravilo pa ob naglem naraščanju različnih virov, podatkov in informacij v današnjem času le še pridobiva na aktualnosti. Metodologijo Porter uporabijo že v posameznih objavljenih raziskavah (npr. Porter in Youtie, 2009a), pri pripravi svoje metodologije jo uporabita

Grieneisen in Zhang (2011). Vendar Porter in sod. (2008a) dajejo v svojih prizadevanjih, da bi čim bolj celovito orisali nanopodročje, večjo težo priključitvi in manj natančnosti. To je razlog, da se odločimo, da delovni set podatkov pripravimo po metodologiji Maghrebi. Maghrebi in sod. (2011) povzamejo metodologijo Warris (2004) in jo nekoliko poenostavijo. Metodologijo Warris sicer označijo za najbolj popoln oris nanopodročja, ki povzame vse ostale obstoječe metodologije. Izločitev nekaterih manj frekventnih ključnih pojmov in fraz obrazložijo z optimiziranjem zmanjševanja šuma in izboljšanja odziva relevantnih dokumentov. Glavni razlog za izbor te metode je bila predpostavka, da bo vzorec, ki ga bomo zajeli s to metodo, ki da manj zadetkov kot metodologija Porter ali Warris, res zajel nano vsebine. Analize, ki jih opisujemo v tem delu, smo torej naredili s setom podatkov, ki smo jih pridobili z metodologijo Maghrebi. Uporaba že obstoječih metodologij je standardni način scientometričnih raziskav, saj omogoča preverljivost pri izboru nabora osnovnih podatkov, hkrati pa nudi možnosti za nadgradnjo in izboljšavo kot nov prispevek k poznavanju področja.

### 5.1.2 Proučevanje razkropljenosti nano vsebin po različnih podatkovnih zbirkah

Področje nanoznanosti in nanotehnologije sega na različna področja, zato smo pričakovali, da bomo tudi informacije o člankih in ostalem objavljenem gradivu našli tako v splošnih (WOS, Scopus), kot tudi v različnih specializiranih zbirkah (CAB, FSTA, Medline, Compendex, Iconda, Cplus). Razkropljenost objav o raziskavah z nanopodročja smo analizirali z izbrano iskalno metodologijo in posameznimi naključno izbranimi pojmi, značilnimi za analizirano področje (graphene\*, "self assembl\*", "quantum dot\*", fullerene\*, "quantum well\*", "quantum wire\*", dendrimer\*). Pri hkratnih analizah različnih zbirk in primerjavah se je spet pokazalo, da je ključno, da uporabnik zbirko vnaprej pozna, predvsem kako je sestavljena, strukturirana in indeksirana.

Za primerljivo analizo odziva (števila priklicanih relevantnih dokumentov) pri posameznih zbirkah smo za skupni imenovalac lahko izbrali le naslov dokumentov (title), saj se načini zajemanja drugih vsebinskih elementov med zbirkami preveč razlikujejo. Zbirke, tako obe splošni citatni, kot tudi specializirane, namreč polja nekontroliranih ključnih besed ne izpolnjujejo dosledno ali pa teh podatkov sploh ne vključujejo. Kontrolirani izrazi iz deskriptorskih polj pa temeljijo na različnih tezavrih. Posamezne zbirke sicer vključujejo polja za 'združena' iskanja vsebine, a se ta razlikujejo. Docela primerljivo ni niti iskanje po obeh splošnih zbirkah, saj vključuje zbirka WOS v polje združenega iskanja Topic poleg naslova in izvlečka še polje KW+ (KeyWords+). Polje je specifično za to zbirko, generirajo pa ga na podlagi besed iz referenc indeksiranih člankov. Iskalni vmesniki posameznih zbirk se razlikujejo tudi v načinu iskanja fraz in formul. Slednje pa se v analizah področja nanoznanosti pojavijo dokaj pogosto. Pozorni smo bili tudi na tipologijo dokumentov, saj zajemajo zbirke različne tipe dokumentov in bi bili rezultati analize prekrivanja neprimerljivi. S pojmom zbirka WOS v našem delu označujemo (oziroma zajemamo) le citatne zbirke Science Citation Index, ki vključujejo revije, ne pa tudi konferenčnih zbornikov. Če analiziramo tipologijo podrobneje, ugotovimo, da se tipologija 'proceeding papers' ali 'meeting abstracts' v zbirki WOS sicer pojavi, praviloma pa gre za tiste konferenčne prispevke, ki so objavljeni v platnicah iz nabora revij, ki jih zbirka vključuje. Za razliko od zbirke WOS pa zbirka Scopus vključuje vse tipe dokumentov v eni sami iskalni aplikaciji. Večja pojavnost dokumentov v zbirki Scopus je torej posledica

politike zajemanja širšega nabora tipov dokumentov, zlasti monografskih konferenčnih serij, predvsem pa tudi dejstva, da vključuje več nacionalnih revij kot WOS.

Največ dokumentov torej dobimo v zbirkah Scopus in WOS, nato pa sledijo Compendex, Inspec, Medline, CAB, najmanj dokumentov pa najdemo v zbirki FSTA, ki je sicer precej manjša specializirana zbirka. Vrstni red je nekoliko drugačen pri pojmi "quantum dot\*" in "quantum wire\*", kjer je število priklicanih relevantnih dokumentov pri zbirkah Inspec in Compendex podobno tistemu v WOS, v primeru izraza "quantum well" (prev. kvantna jama) pa pri Inspec celo višji kot v primeru iskanja po WOS. Večjo pojavnost specializiranih pojmov, ki se uvrščajo v okvir kvantne mehanike, pojasnujemo s specializiranostjo omenjenih zbirk za področja fizike, elektrotehnike, elektronike oziroma kemije. V načinu iskanja in po tem, koliko dokumentom prikličemo z iskalno poizvedbo, med analiziranimi zbirkami najbolj izstopa Chemical Abstracts. Predvsem zaradi načina iskanja, ki je značilno samo za to zbirko in ne omogoča kompleksnejših iskalnih poizvedb. To je tudi razlog, da pojavnost, ki smo jo zapisali v rezultate pri posameznih iskalnih pojmi, ne odraža nujno dejanske slike. Posamezen izraz smo namreč iskali le z edninsko in množinsko obliko samostalnika, ne pa tudi z vsemi ostalimi eventualnimi izrazi, ki še vključujejo koren te besede. Zbirka namreč krnenja in desne okrajšave ne omogoča. Število priklicanih dokumentov pri iskanju s pojmi graphene\*, "quantum dot\*", "quantum wire\*", "quantum well\*"<sup>29</sup> ali dendrimer\* je kljub predpostavki, da bi moralo biti zaradi omejitev pri iskanju manjše, dejansko celo večje, kot pri splošni zbirki Scopus.

Natančno analizo prekrivanja zbirk smo pripravili za manjši vzorec. Pojavnost pri posameznih zbirkah smo primerjali z zbirko WOS. Kot v delu večkrat omenimo, v primeru zbirke WOS zajamemo le tri citatne zbirke SCI (Science Citation Index), ki praviloma vključujejo prispevke iz revij. Za analizo primerjav med zbirkami kljub temu zajamemo vse tipe dokumentov, saj menimo, da bi tako iskal tudi uporabnik. V zbirkah smo iskali dokumente, pri katerih se v naslovu pojavijo besede, ki se nanašajo na nano titanov dioksid, pri tem pa smo upoštevali tudi zapise formul. Vzorec predstavlja glede na vse, ki jih dobimo z izbrano iskalno metodologijo za oris področja pri zbirkah Scopus, WOS, Compendex in Inspec, okrog 3 %, za Medline predstavlja set podatkov 2 %, 7 % pa za zbirko CAB.

Na podlagi rezultatov lahko zaključimo, da se v analiziranem primeru podatki iz posameznih zbirk v veliki meri prekrivajo s tistimi, ki jih je moč najti v zbirki WOS. 1630 dokumentov (bibliografskih zapisov) iz zbirke WOS je namreč enakih kot 79 % od vseh relevantnih zapisov, ki jih najdemo v zbirki Scopus, enaki dokumenti predstavljajo skoraj 83 % vseh iz zbirke Compendex, 78 % je skupnih z zbirko Inspec, enakih je nekaj čez 98 % relevantnih zapisov iz zbirke Medline. Od 96 zapisov, kolikor jih najdemo v CAB, jih je 82 (85,4 %) skupnih z WOS. FSTA ima le en zapis, ki je hkrati tudi v WOS. To nekoliko preseneti, saj je zbirka specializirana za živilsko tehnologijo in prehrano, viri (Remškar, 2009; Weir in sod., 2012) pa poročajo o uporabi titanovega dioksida v prehrani.

---

<sup>29</sup> pojmi kvantne mehanike (kvantne pike, žice, jame); v okviru fizikalne teorije opisujejo obnašanje snovi na majhnih razdaljah. Kvantna mehanika opisuje trenutno stanje sistema z valovno funkcijo. Pri določenih pogojih se mikroskopski delci obnašajo kot valovanje. Beseda dendrimer opisuje molekulo drevesaste strukture. Kvantne pike so zelo majhni kristali običajno polprevodnega materiala.

Na splošno bi lahko zaključili, da je mogoče najti informacije za nanopodročje v vseh analiziranih zbirkah, vendar pa specializirane zbirke zajemajo le izbrane vsebine. Pri splošnih zbirkah je mogoče najti več dokumentov pri splošnem iskanju vsebin z nanopodročja, pri zbirki Chemical abstracts pa je primerjalno rezultat iskanja najboljši pri nekaterih posameznih pojmi. Menimo, da tudi zaradi vključevanja specializiranih vsebin iz nacionalnih revij, ki jih druge zbirke ne vključujejo. Glede na to, da prikličemo z izbrano iskalno metodologijo v posamezni splošni zbirki več kot 100.000 relevantnih dokumentov na leto, število dokumentov pa vsako leto narašča, lahko zaključimo, da razpršenost tolikšne količine podatkov po različnih zbirkah iskanje relevantnih podatkov seveda otežuje. V okviru razpršenosti bi morala uporabnika begati predvsem negotovost ob izidu iskanja relevantne vsebine pri posamezni zbirki. Opisani primer prekrivanja zbirk je zagotovo premalo, da bi postavljali neke trdnejše zaključke o tem, v kolikšni meri se zbirke dejansko prekrivajo. Je pa zagotovo znak, da se številne vsebine med zbirkami precej podvajajo. V veliki meri najdemo torej v različnih zbirkah enake informacije.

Glede na veliko število relevantnih dokumentov pri splošnih citatnih zbirkah bi se kot dovolj učinkovita pokazala uporaba že zgolj ene same od teh splošnih zbirk. Uporabi splošnih zbirk za iskanje informacij govori v prid tudi to, da postajajo sinonim za napredek na nekem področju medpodročna povezovanja, multidisciplinarno delo in interdisciplinarne raziskave. Glede na majhno število najdenih dokumentov v zbirki FSTA se namreč postavljajo tudi vprašanja o kriterijih za zajemanje vsebin v posamezne specializirane zbirke. Te uporabljajo načela bodisi izbora revije v celoti bodisi izbora le posameznih prispevkov po vsebini, kjer pa kriteriji uredniške politike zbirk niso vedno dovolj transparentni.

### **5.1.3 Proučevanje vsebinske razpršenosti na osnovi klasifikacije zbirk WOS in Scopus**

Bibliometrične ocene raziskovalne aktivnosti temeljijo na predpostavki, da objavijo znanstveniki rezultate svojih raziskav praviloma v priznanih mednarodnih revijah (Noyons in sod., 2003). Za revije se torej predpostavlja, da so glavni nosilci znanj, hkrati pa tudi neke vrste institucionalizirana oblika predstavitve specializiranosti (znanstvenih področij). Posamezne revije imajo namreč vsebinske okvirje in uredniki skrbijo, da se v njih objavljajo le članki v okviru postavljenih vsebinskih omejitev. Splošni zbirki WOS in Scopus uporabljata za omenjeno vsebinsko opredeljevanje revij vsaka svoj klasifikacijski sistem. Ker je klasifikacija vezana na revije, lahko s temi predmetnimi oznakami opredelimo vse članke (nekatera druga deskriptorska polja, ki so vezana na posamezne članke, pogosto niso izpolnjena pri vseh zapisih), posredno pa tovrstna klasifikacija omogoča tudi pripravo analiz citiranja. Zaradi tega dejstva uporabljajo bibliometriki omenjeni klasifikaciji, predvsem klasifikacijo zbirke WOS, ki je starejša, v bibliometričnih analizah za različna vrednotenja in strateška planiranja raziskovalne aktivnosti že vrsto let. Bibliometriki se zavedajo, da model ni popoln, saj objave v revijah niso edini način znanstvenega komuniciranja. So pa zagotovo eden najpomembnejših načinov za preverjanje in merjenje raziskovalnih rezultatov, zato ostajajo publikacije osnova in vir podatkov za vrsto bibliometričnih analiz, tudi našo.

V zbirki Scopus je vsaka revija klasificirana z eno ali več od skupaj 27 znanstvenih področij, ki se delijo še na 313 ožjih vsebinskih kategorij. Zbirka WOS pa je (podatki za november 2013) za klasifikacijo revij predvidela nekoliko več - 156 raziskovalnih področij (SC), ki se nadalje delijo na 251 kategorij WOS (WCat). Z večino teh klasifikacijskih oznak so opisani tudi dokumenti, ki smo jih zajeli v naši analizi, zato smo na teh standardnih in preverljivih vsebinskih razvrščanjih utemeljili tudi naš nabor podatkov. Najprej smo med klasifikacijskima sistemoma zbirk naredili grobo primerjavo na osnovi analize raziskovalnih področij. Izkazalo se je, da je pri obeh zbirkah največji delež člankov iz naše raziskave (okvirno okrog 40 %) opisan s tremi področji – fiziko, kemijo in vedo o materialih. Sledijo tehnika, kemijska tehnologija in področje biokemije, genetike in molekularne biologije v primeru Scopus, v primeru zbirke WOS pa sledi trem z najvišjimi deleži področje *Science technology - other topics* (v okviru te je najmočnejše zastopana kategorija WCat *Nanoscience & nanotechnology*), tehnika in področje polimerov. Glede na analizirana obdobja pojavnost področja fizike z leti upada, narašča pa pri vseh ostalih omenjenih znanstvenih področjih. Samo predpostavljamo lahko, da gre za razvoj področja in prehajanja skozi različne stopnje in eventualno naraščanja drugih področij.

Analiza vsebinske razpršenosti glede na kategorije (WCat), ki revije v zbirki WOS opredelijo še nekoliko podrobneje, pokaže, da se razvoj nanopodročja v zadnjem obdobju dogaja med področji vede o materialih, uporabne fizike, fizikalne kemije, multidisciplinarne kemije in fizike trdnih delcev, če omenimo le nekaj prvih, s katerimi so revije analiziranih člankov najpogosteje opredeljene. Po deležu sledi nato kategorija WCat *Nanoscience & nanotechnology*, s katero je v analiziranem setu podatkov za obdobje 2001-2005 opredeljenih 7 % člankov, 14 % v obdobju 2006-2010 in 16 % v letih 2011-2012. Omenjeno kategorijo je zbirka WOS vpeljala v opisovanje vključenih revij z letom 2005, k že obstoječim kategorijam za klasifikacijo posameznih revij pa je bila samo dodana.

Relativno nizek delež člankov iz revij, ki so klasificirane s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*, je zanimiva iztočnica za razmišljanje o tem, kaj pravzaprav posebna kategorija pomeni, ko pa obenem ugotavljamo, da se nanoznanost dogaja pretežno na področjih, ki so v omenjenih klasifikacijskih sistemih večinoma opredeljena s tradicionalnimi naravoslovnimi disciplinami. Čeprav delež narašča, oris področja samo na podlagi nano revij, ki so klasificirane z omenjeno kategorijo, še zdaleč ne zajame vseh vsebin z nanopodročja. Sprašujemo se, če ni morda kategorija le plod nekega 'zgodovinskega' razvoja klasifikacije in predstavlja sedaj oviro pri kartiranju znanosti in bibliometričnih raziskavah. Zanimivo je tudi spoznanje, da druga splošna zbirka Scopus zaenkrat ne predvideva nobene podobne vsebinske kategorije, ki bi se nanašala na nanopodročje.

Primerjalno smo zato analizirali nekaj revij, pri katerih smo ugotovili (pri obeh splošnih zbirkah) največjo pojavnost člankov, priklicanih z izbrano poizvedbo za oris področja. Izbrali smo pet revij, pri katerih je že iz naslova revije nedvoumno razvidno, da gre za 'nano revijo'. Klasifikaciji zbirk se pri vsebinski opredelitvi analiziranih revij še najbolj skladata v primeru klasifikacije s kategorijo *Materials science (mult.)*, sicer pa je določena revija opisana z več in različnimi klasifikacijskimi enotami glede na drugo zbirko, pri drugi reviji pa je situacija ravno obratna. Zanimivo je, da smo pri dveh od petih revij ugotovili morebitno napako v zbirki Scopus (in razliko glede na WOS). Revija, ki jo sicer izdaja Institute of Physics Publishing, je v zbirki Scopus klasificirana s področjem *Chemistry*,

druga revija, ki jo izdaja American Chemical Society, pa ravno obratno, s *Physics and astronomy*. Vse analizirane revije naj bi po opisu vsebinskega pokrivanja revij vključevale tudi članke, ki se nanašajo na 'bio' področja. To pa ni v primeru analiziranih revij razvidno prav iz nobene klasifikacijske enote WOS, prav tako pa se opisi docela ne ujemajo tudi s klasifikacijo revij v zbirki Scopus. S kategorijo *Bioengineering* je klasificirana le revija *Nanotechnology*, s kategorijama *Biomaterials* in *Biotechnology* pa revija *Small*. Na splošno bi lahko zaključili, da je klasifikacija na nivoju revije preširoko nastavljena in vsebine številnih člankov ne opiše zadovoljivo.

Zanesljivost in točnost WOS klasifikacije, ki je osnova vsebinskih analiz v številnih bibliometričnih analizah, so proučevali že tudi nekateri drugi avtorji. Boyack in sod. (2005) so ocenili, da WCat kategorije ustrezajo le v približno polovici primerov. Ker napake niso sistematične, pa pri redukciji podatkov v primeru multivariatnih (faktorskih) analiz v okviru agregatov ostalih 50 % ustreznih primerov prevlada. Da so WOS kategorije za velike sete podatkov dovolj zanesljive v primeru uporabe multivariatnih analiz, saj napake niso sistematične in se izgubijo v agregatih, pa na podlagi svojih proučevanj zaključijo tudi Leydesdorff in Rafols (2009) ter Rafols in sod. (2010).

#### **5.1.4 Analiza ustanov, v katerih nastajajo nano raziskave**

V naši analizi smo se v okviru analize ustanov (afiliacij), iz katerih prihajajo avtorji najbolj odmevnih objav v zadnjih letih, omejili na vodilne države na področju nanoraziskav, proučevali pa smo tudi, ali dognanja na področju nanoznanosti nastajajo v okviru obstoječih laboratorijev, ki se ukvarjajo s tradicionalnimi naravoslovnimi disciplinami ali gre morda za novo nastale laboratorije in skupine. Metoda naše analize je temeljila na odbiri tistih naslovov, ki vključujejo besedo s korenem nano. Iz okrajšav ustanov, ki jih je ponujal posamezen bibliografski zapis, namreč ni bilo mogoče presojati o vsebinskem področju neke ustanove oziroma avtorja. V vseh letih sta vodilni Kitajska in ZDA. Slednja še leta 2005 vodi po številu člankov, v letih 2010-2012 pa se že kaže močan vpliv Kitajske (kitajske oz. azijske priimke najdemo pogosto tudi v soavtorstvu pod okriljem ameriških ustanov). Sledijo ZDA, Nemčija, Južna Koreja, Indija, Francija, V. Britanija, Španija, Tajvan in druge. Tajvan, ki je sicer tudi kitajska država, je tudi med vodilnimi po številu člankov glede na število raziskovalcev (ima le nekaj čez 20 milijonov prebivalcev).

Po številu člankov, ki se nanašajo na raziskave, ki so nastale v 'nano laboratorijih', v letu 2011 vodijo ZDA, sledi Kitajska, J. Koreja, Japonska in druge države. V deležih (ne pa tudi kumulativno, po številu člankov oz. raziskav) so vodilne Danska, J. Koreja, Iran, Nizozemska, če omenimo le nekatere z najvišjimi deleži. Ne glede na državo je bilo člankov, pri katerih se je pojavila vsaj ena ustanova, ki je nosila ime nano, nekaj čez 13 %. Podrobnejšo analizo ustanov, iz katerih prihajajo avtorji, smo naredili še za najbolj odmevne objave v zadnjih letih. Analizirali smo po 100 najbolj citiranih člankov iz revij *Journal of Nanoscience & Nanotechnology*, *Nano letters*, *Nanotechnology*, *Small* in *ACS nano*. Analiza je pokazala, da vodilno mesto pripada avtorjem iz ZDA. V setih podatkov za obdobji 2001-2006 in 2007-2012 pa je okvirno petina člankov takšnih, kjer najdemo v naslovu vsaj ene ustanove koren nano. Iz navedenega sklepamo, da je toliko tudi raziskav, ki so nastale v 'nano laboratorijih'. Velik delež člankov z avtorji iz ZDA pri setu



podatkov najbolj citiranih nano revij lahko morda pripišemo tudi dejstvu, da kar tri od analiziranih revij izhajajo v ZDA.

Naša analiza torej pokaže, da raziskave s področja nanoznanosti vendarle v večji meri nastajajo v okviru ustanov, pri katerih v imenu ni besede nano. Pravzaprav pa 'nano' v naslovu ustanove ne pove veliko. V ZDA ugotovimo na primer več takšnih primerov, ustanov, na splošno pa je ustanov manj kot pri Kitajski. Poleg tega je nemogoče sistematično spremljati zgodovino ustanov (združevanje, razdruževanje ipd.) in morebitne spremembe pri naslovih.

### **5.1.5 Razprava k proučevanju interdisciplinarnosti nanopodročja**

V literaturi se pojavljajo za opisovanje interakcij med disciplinami različni izrazi; predvsem interdisciplinarnost in multidisciplinarnost. Pojma se pogosto pojavljata brez razlike, čeprav nekateri menijo, da je med njima bistvena razlika, ki je v integraciji znanja (konceptov, tehnik, informacij ipd. iz dveh ali več teles specializiranega znanja).

V zbirki WOS se z leti povečuje razlika v prid multidisciplinarnosti, saj število zapisov ki vsebujejo ta pojem, narašča nekoliko hitreje, kot število zapisov, ki zajemajo pojem interdisciplinarnost. Glede na komentar Morillo in sod. (2001), da je multidisciplinarnost 'osnovno stanje', interdisciplinarnost pa 'napredna stopnja', se to v praksi očitno kaže drugače. To lahko pomeni le to, da avtorji, ki o tem pišejo, razlike ne vidijo, ali pa se pojem multidisciplinarnost morda začenja uveljavljati kot bolj standarden izraz in se morda nanaša tudi na interdisciplinarnost. Ta in še druge neenotnosti (npr. klasifikacijske sheme) otežujejo analize in interpretacijo ugotovitev.

Pojem interdisciplinarna raziskava ima v razpravah o znanstvenih politikah predznak dobre raziskave. Na splošno velja, da so takšne raziskave uspešnejše, rezultati pa odmevnejši. Ker pa se kakovost praviloma ocenjuje s tradicionalnimi metodami, ki so za interdisciplinarno področje pogosto neprimerne, nekateri ugotavljajo (Adams in sod. (2007), da so interdisciplinarne raziskave v primerjavi s tradicionalnimi disciplinarnimi pogosto podvrednotene.

Nanoznanost in nanotehnologijo opisujejo po eni stani kot "izrazito interdisciplinarno področje" (Encyclopedia ..., 2013), po drugi strani pa se še vedno iščejo odgovori na dvome o tem, ali ne gre morda le za znanstveno skupnost, ki je nastala v okviru reševanja problemov in opazovanja narave na nanoskali in kjer si raziskovalci morda le izmenjujejo inštrumente ali teoretične osnove, vendar brez prave integracije čez področja in discipline. Odgovor na vprašanje, ali je nanoznanost nastajajoča znanstvena skupnost z intenzivno izmenjavo idej, ki prehajajo meje področij in kakšna je stopnja integracije različnih področij v okviru področja nanoznanosti, smo poskušali v tem segmentu raziskati tudi sami.

Da se s "konceptom interdisciplinarnosti moderne bibliometrične analize danes ukvarjajo brez splošno sprejetih opredelitev in sprejetih statističnih analiz", ugotavljata že Van Leeuwen in Tijssen (2000), s to problematiko pa se ukvarjajo tudi novejši članki. Glavni problem ni razumeti specifične stopnje interdisciplinarne aktivnosti, pač pa splošno naravo medsebojnih interakcij in povezav med enotami, povezanimi z ustvarjanjem znanja in

uporabniki znanja. Da bo potrebno še veliko dela za splošno sprejeto metodo za merjenje interdisciplinarnosti se strinjajo tudi Porter in sod. (2007). Proučevanje interdisciplinarnosti sproža veliko ugibanj in dvomov tudi zato, ker ni splošno sprejete definicije o tem, kaj naj bi pravzaprav pojem disciplina zajemal in kako naj bi dejansko analizirali prehajanja t.i. disciplinarnih meja. Glaser (2006, cit. po Rafols in Meyer, 2007a) zato kot bolj primerno oznako predlaga pojem kognitivna različnost (angl. cognitive diversity), ki jo poveže bodisi z disciplino, specialnostjo, tehnologijo, raziskovalno temo ipd. Rafols in sod. (2009) izpostavijo, da so raziskovalci vendarle vedno bolj enotnega mnenja, da je ključna značilnost interdisciplinarnosti integracija znanja. Prenos znanja med disciplinami se lahko dogaja bodisi na podlagi migracije ljudi iz ene v drugo disciplino, kar je povezano s tokom njihovih idej, zamisli, znanja ali pa na podlagi študija literature (citativ oz. referenc), kjer razporeditev po disciplinah omogoča identificirati glavne povezane discipline, na katerih sloni novo znanje. Različni avtorji (širše in ne samo na področju nanoznanosti) so poskušali interdisciplinarno naravo posameznih področij torej analizirati na različne načine. V ospredje so v analizah prihajali zdaj eni, zdaj drugi elementi bibliografskih zapisov. Mi smo za proučevanje interdisciplinarnosti uporabili obstoječe in nekaj lastnih pristopov. Naša analiza sloni predvsem na analizi citiranja, omenjena metoda pa na predpostavki, da predstavljajo reference dokumentirano znanje, ki kaže na ustreznost predhodnega dela glede na sedanjo raziskavo. Na osnovi splošnega mnenja, da je potrebno interdisciplinarnost razumeti kot kognitivno in socialno kategorijo, bi bilo smiselno izvesti tudi analizo sodelovanja med avtorji. Vendar pa dokumenti in bibliografski zapisi ne zajemajo podatkov o disciplini ali raziskovalnem področju avtorjev, globalno nanoznanost pa bi težko analizirali z intervjuji ali s pregledovanji življenjepisov. Interdisciplinarnost pa tudi ni vedno vezana na avtorstvo, saj ustanova ne predstavlja vedno avtorjeve stroke oziroma specializiranosti. Dva avtorja lahko delujeta na istem oddelku, a imata različno osnovno predizobrazbo ali pa sta se izobraževala v okviru različnih disciplin. Lahko pa dva avtorja z enakim osnovnim predznanjem pripadata različnim ustanovama (Bordons in sod., 2004; Wagner in sod. 2011). V različnih zbirkah je na to temo mogoče najti desetisoče člankov, zato je tako področje možno oceniti le z nekimi obstoječimi analitičnimi orodji in in ugotovitve posplošiti, saj natančnejša analiza zaradi silne količine podatkov ni več mogoča.

Omejili smo se torej na analizo citiranja. Glavnino naše analize smo opravili z vsebinskimi kategorijami zbirke WOS - WCat, ki jih uporabljajo tudi bibliometrične analize v podobnih raziskavah, saj je edino tako možna primerljivost. Posamezne analize so temeljile na raziskovalnih področjih WOS SC, ki zajamejo vsebino nekoliko širše in na klasifikaciji ESI (Essential Science Identifier). Slednja je manj znana, uporablja pa se za vsebinsko klasifikacijo revij, ki jih vključuje zbirka WOS. Relacije med enotami smo v okviru analiz citiranja proučevali z različnimi metodami (bibliografsko združevanje, analiza navzkrižnega citiranja in socitiranja).

#### Analiza celotnega nanopodročja (po izbrani iskalni metodologiji)

Da bi proučili, na katera področja segajo nano raziskave, katera so vodilna področja in kakšne so relacije med njimi, smo set 95.017 člankov, ki smo jih pridobili z izbrano metodologijo za oris področja za leto 2011, najprej prilagodili klasifikacijama WCat in ESI. Relacije med klasifikacijskimi enotami citirajočih člankov smo izračunali iz matrike navzkrižnega citiranja z indeksom Salton kosinus.

Klasifikacija ESI (za razliko od WCat) vsako revijo opredeli le z eno od skupaj 22 klasifikacijskih enot. Izkaže se, da so revije, v katerih so bili objavljeni analizirani citirajoči članki, razpršene znotraj vseh kategorij. Analiza citirajočih člankov (revij) pokaže najvišjo pojavnost za klasifikacijsko enoto ESI *Chemistry* (35,6 %), sledijo *Materials science* (23,1 %), *Physics* (20,5 %), *Engineering* (7,6 %), *Biology & biochemistry* (3 %), *Clinical medicine* (1,9 %), *Pharmacology & toxicology* (1,4 %), *Environmental/ecology* (1,1 %) in nekatere z manjšim odstotkom. Nanopodročje se torej dogaja med področji kemije, vede o materialih in fizike, v manjšem obsegu pa tudi tehnike, biologije in drugih kategorij (pri nekaterih se pojavljajo le posamezni članki). Podobnost med klasifikacijskimi enotami citirajočih člankov smo proučevali na osnovi podobnosti v citiranju. Izkaže se, da iz mreže klasifikacijskih enot ESI, ki jo izrišemo s programom Pajek, najbolj izstopita klasifikacijski enoti *Economics & business* in *Social science-general*. Na karti sta odmaknjeni od ostalih, kar kaže na manjšo podobnost v citiranju v primeru člankov, ki so klasificirani s tema dvema enotama. Tudi analiza referenc pokaže največjo pojavnost klasifikacijskih enot, ki jih omenjamo že v primeru citirajočih člankov, le deleži med enotami so nekoliko drugačni.

Razpršenost nano raziskav smo na enak način analizirali in ovrednotili še s podatki, ki smo jih po lastni metodologiji prilagodili klasifikaciji WCat. Revije so v tem primeru lahko klasificirane tudi z več kategorijami hkrati. Matrika, ki smo jo pripravili na osnovi kategorij WCat, je v tej fazi obsegala 205 (od skupno 251) različnih WCat kategorij citirajočih člankov in 227 spremenljivk oziroma pripadajočih WCat kategorij citiranih člankov (referenc). V tem primeru so rezultati pokazali, da je največji delež revij citirajočih člankov - 29,5 % vsebinsko opredeljen s kategorijo *Materials science multidisciplinary*, 21,2 % s *Chemistry physical*, 19,7 % s kategorijo *Physics applied*, 17,1 % s *Chemistry multidisciplinary*, 16,6 % z WCat *Nanoscience & nanotechnology*, 12,3 % s kategorijo *Physics condensed matter*, ostale kategorije pa se pojavijo z manjšim deležem. Na splošno bi lahko zaključili, da segajo nano raziskave tudi v tem primeru v večjem deležu na področje vede o materialih, fizike in kemije. Indeksi podobnosti (iz matrike podobnosti navzkrižnega citiranja) med pari kategorij s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* kažejo na močnejše relacije med tistimi kategorijami, ki se skupaj pojavijo tudi pri klasifikaciji nano revij, to so: *Materials science multidisciplinary*, *Physics applied*, *Physics condensed matters*, *Chemistry physical*, *Multidisciplinary sciences* ipd. Glede na to, da pa je s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* klasificiranih le okrog 16 % vseh analiziranih člankov (oz. revij, v katerih so objavljeni), predpostavljamo, da se tudi sicer članki s področja nanoznanosti (tudi tisti, ki niso klasificirani s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*) objavljajo v revijah, ki pripadajo področjem, s katerimi se sicer v opisu nano revij skupaj pojavlja kategorija WCat *Nanoscience & nanotechnology*. Izkaže se, da je dokaj velika tudi podobnost v citiranju v primeru parov *Biotechnology & applied microbiology* z *Nanoscience & nanotechnology* oziroma *Multidisciplinary sciences*. V obeh primerih je indeks Salton kosinus 0,71. Kategoriji WCat *Agronomy* in *Nanoscience & nanotechnology* sta šibko povezani – z indeksom 0,2; relacije med tema dvema kategorijama v smislu podobnega citiranja so torej precej šibke. Podobnost v referencah kaže torej na določeno relacijo (kognitivno povezanost) med citirajočimi članki iz različnih vsebinskih področij.

Analiza referenc po kategorijah WCat pokaže podobno sestavo vendar nekoliko nižje deleže vodilnih kategorij, s katerimi so bili opisani citirajoči članki. Povezanost med

kategorijami citiranih člankov smo ugotavljali na osnovi analize socitiranja. Med bolj povezanimi so tudi v tem primeru tiste kategorije, ki se pojavljajo tudi v opisih nano revij skupaj s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*.

### Razvrščanje kategorij (vsebinskih področij) v skupine

Zaradi kompleksnih podatkov pri analizi citiranja na osnovi kategorij WCat se je za ustrežnejše prikaze rezultatov pokazala potreba po združevanju podatkov v skupine. Z drugačno klasifikacijsko strukturo smo želeli razkriti relacije, ki jih sicer morda ne bi odkrili. Ker pa, kot med ostalimi ugotavljajo tudi Porter in Rafols (2009), ni enega samega načina za najboljše grupiranje, smo naše podatke analizirali na različne načine in preizkusili različne možnosti združevanja v skupine in jih med seboj primerjali ter ovrednotili. Za podobnost med enotami smo v večini naših analiz uporabili indeks podobnosti Salton kosinus, ki je v tovrstnih analizah najpogosteje uporabljen, v primerjavah z nekaterimi drugimi indeksi pa se izkaže kot najbolj primeren. V naši analizi smo razporajanje kategorij in skladnost med rezultati vzporedno s Saltonovim indeksom proučevali še z Evklidovo in Manhattan razdaljo. Iz matrike s frekvencami, ki je merila direktno podobnost med dvema objektoma, smo torej izračunali matrike podobnosti na osnovi različnih indeksov. Te pokažejo povezave med enotami glede na celoten obravnavani set podatkov. Tudi za razvrščanje v skupine smo v tej analizi uporabili različni metodi - Wardovo in Perssonovo metodo združevanja v skupine. Perssonov enostaven 'party clustering', ki je sestavni del programa Bibexcel, je podatke po podobnosti citirajočih člankov združil v 22 skupin. Iz slike, ki smo jo pripravili s programom Pajek, je vidna zgostitev velike skupine v osrednjem delu omrežja, ki vključujejo najmočnejše kategorije WCat po pojavnosti. V to skupino so vključene kategorije s področja kemije, fizike, vede o materialih in računalništva, v okvir te osrednje skupine pa se uvršča tudi kategorija WCat *Nanoscience & nanotechnology*. Kategorije z nižjo pojavnostjo so razporejene zunaj osrednjega dela. Posamezne skupine teh kategorij z nizko pojavnostjo so večinoma majhne in se prepletajo med seboj. V nadaljevanju smo zato set podatkov razvrščali v skupine z različnimi merami podobnosti v okviru klasifikacijskih (hierarhičnih) metod združevanja, ki so namenjene določevanju optimalnega števila skupin. Dendrogrami so pokazali, da bi bila z vidika teoretičnega (metodološkega) pristopa najbolj primerna razdelitev enot v dve ali morda tri večje skupine, vsebinsko bolj zanimiva pa se nam je zdela razdelitev na štiri skupine. Z ordinacijsko metodo smo hierarhično razdelitev kategorij v skupine dodatno utemeljevali. Ordinacija za citirajoče članke pokaže, da se skupine v ordinacijskih diagramih, ki smo jih dobili z različnimi merami podobnosti, nekoliko razlikujejo predvsem v razporejanju posameznih kategorij iz dveh skupin- (EKO-GEO: ekološke in geoznanosti ter BIO-MED: biološko-medicinsko področje). Znotraj teh dveh skupin se pokaže tudi večja variabilnost med posameznimi kategorijami v smislu podobnega citiranja. Omenili smo že, da se predpostavlja, da to kaže na določeno kognitivno povezanost med posameznimi vsebinskimi kategorijami. Skupina, ki vključuje kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology* in kategorije s področja fizike, kemije, materialov (MA-FI-KE-NANO), ne kaže velike variabilnosti. Najbolj ločena od vseh ostalih pa je skupina, ki pokriva ekonomske in sociološke vede (EKON-SOC).

Ker je stopnja interdisciplinarnosti v veliki meri odvisna od tega, kako podrobna je klasifikacija oz. od stopnje združevanja kategorij, o čemer pišejo že tudi nekateri drugi

avtorji (Adams in sod., 2007), smo torej v tem delu analize skušali poiskati optimalno število skupin. Poleg prikazanega v delu smo razporejanje kategorij proučevali tudi za primere združevanja z izbranimi indeksi v večje število skupin (od 7 do 22). Izkazalo se je, da bi bila smiselna razdelitev le na tri skupine, če bi želeli dobiti dovolj stabilno situacijo v primerjavah med različnimi metodami, saj tudi v primeru štirih skupin prihaja do določene neenotnosti v razporejanju kategorij v skupine glede na obravnavanja. Rezultati torej pokažejo, da sta najbolj stabilni glede različnih obravnavanj skupini EKON-SOC in MA-FI-KE-NANO. Med tistimi kategorijami iz skupin EKO-GEO in BIO-MED, ki so se razporedile različno glede na obravnavanje, pa so tudi nekatere kategorije s področja kmetijstva: *Agriculture, multidisciplinary, Agriculture, dairy & animal science* in *Agronomy*. Kategorija *Biotechnology & applied microbiology* se je razporedila glede na različna obravnavanja celo v tri različne skupine, kar kaže na veliko podobnost v citiranju z vsemi obravnavanimi področji.

V okviru nadaljnje analize našega omežja smo za nazornejši prikaz skupin uporabili še prikaz v preurejeni matriki z osenčenimi polji, ki ga omogoča program Pajek. Preko različno osenčenih celic smo ugotavljali večjo ali manjšo podobnost v citiranju med posameznimi kategorijami WCat. Primerjalno smo izrisali dve preurejeni matriki (na osnovi maksimalne in Wardove metode združevanja v skupine), pri čemer smo za osnovo uporabili frekvenčno matriko, ki smo jo najprej s Saltonovim indeksom normalizirali, na teh podatkih pa smo izračunali Evklidovo razdaljo. Izrisani matriki sta kazali na prvi pogled popolnoma neprimerljivo sliko. Šele naša podrobnejša analiza je pokazala, da se v smislu relacij med posameznimi skupinami kategorij WCat obravnavanji bistveno ne razlikujeta. V tej analizi so se pokazale določene reakcije med skupinama kategorij BIO-MED (biološko-medicinske) in BIO-TEHNOL (bio-tehnološke). V obeh obravnavanjih se pokaže večja sorodnost v citiranju tudi v primerih skupin, ki vključujejo tehnološke kategorije (TEHNOL) in tistih, ki se nanašajo na računalništvo (RAČ), skupina TEHNOL\_RAČ pa je v relaciji z MULTIDISC\_MA-FI-KE oz. 'nano' skupino (kategorije, označene kot multidisciplinarne, fizikalne, kemijske, materiali, nano). Izkaže se, da obstajajo povezave tudi med kategorijami iz skupine BIO-TEHNOL, predvsem WCat *Biophysics, Biotechnology & applied microbiology* in *Anatomy & morphology* in s skupino kategorij MULTIDISC\_MA-FI-KE.

Če je predstavljena analiza temeljila na podobnosti (v citiranju) citirajočih člankov, smo v nadaljevanju relacije proučevali še z analizo socitiranja. Hkratno pojavljanje klasifikacijskih enot referenc naj bi prav tako kazalo na kognitivne relacije med področji (v tem primeru na osnovi referenc). V okviru te analize smo proučevali reference iz člankov, ki so se v preurejeni matriki po maksimalni metodi razvrstile v skupni BIO-TEHNOL in AGR. Zanimalo nas je, kaj citirajo oziroma od kod pridobivajo znanje za raziskave. Povezave smo ugotavljali iz normalizirane matrike socitiranja. Izkaže se, da se v največ člankih pojavi vsaj ena referenca, opisana s kategorijo *Chemistry multidisciplinary*. Po pojavnosti nato sledijo *Chemistry physical, Materials science multidisciplinary, Biochemistry & molecular biology, Multidisciplinary sciences, Nanoscience & nanotechnology, Biotechnology & applied microbiology*, nato pa sledijo druge z nižjini odstotki. Analiza pokaže, da kar 69 % člankov vključuje vsaj eno referenco, ki je klasificirana s kategorijama *Nanoscience & nanotechnology* ali *Multidisciplinary sciences*. Presenetljivo je, da kar polovica vseh analiziranih člankov vključuje vsaj eno referenco, ki je klasificirana s kategorijo WCat *Biotechnology & applied microbiology*. Najvišje indekse

podobnosti (v smislu hkratnega pojavljanja v referencah) predstavljajo kategorije, ki se tudi sicer skupaj pojavljajo za opisovanje 'nano revij'. Dokaj visoke indekse podobnosti pa kažejo tudi pari kategorij *Biochemistry & molecular biology* in *Biotechnology & applied microbiology* s kategorijami *Multidisciplinary sciences*, *Chemistry multidisciplinary*, *Materials science multidisciplinary*, *Nanoscience & nanotechnology*, *Physics applied*, *Physics condensed matter*, *Polymer science* (od 0,7 do 0,5). Tudi ta analiza torej pokaže močno povezanost 'nano kategorij' z 'bio kategorijami'.

Rezultati obeh analiz (podobnost citirajočih člankov na osnovi citiranja in analiza socitiranja) se nekako skladajo s konceptom konvergence posameznih disciplin s področjem nanoznanosti, ki ga je vpeljal Mihail Roco (2002). Pojem se nanaša na interdisciplinarnost raziskovanja in povezovanje štirih večjih t.i. 'NBIC' oz. 'nano-bio-info-cogno' področij, to je nanotehnologije, biotehnologije, informacijske tehnologije in tehnologije, ki temelji na kognitivni znanosti. V primeru naše analize se torej pokaže določena povezanost med kategorijami, ki bi jih lahko označili s kratico 'nano' in kategorijami iz skupin, ki bi jih na kratko označili z 'bio' in 'info'.

### Indeksi diverzitete

S koncepti raznovrstnosti (pestrosti, diverzitete, različnosti) v posameznih sistemih se ukvarjajo na različnih področjih. Naša analiza je temeljila na proučevanju heterogenosti kategorij, s katerimi so vsebinsko opredeljene reference glede na citirajoče članke, pri tem pa smo uporabili Shannonovo entropijo (v botaniki poznano kot indeks pestrosti) in Rao-Stirlingov indeks diverzitete. Za razliko od Shannonovega indeksa, ki upošteva število različnih tipov spremenljivk in koliko vsakega tipa spremenljivk vključuje posamezen element, Rao-Stirlingov indeks upošteva še podobnost med posameznimi primerjanimi enotami. Vrednosti indeksa so v razponu med 0 in 1, pri čemer 0 pomeni (če povemo poenostavljeno), da članek citira samo eno področje, 1 pa največjo možno različnost – veliko različnih referenc.

Na področju nanoznanosti so to metodologijo za proučevanje interdisciplinarnosti že uporabljali. Porter in Youtie (2009a) sta izračunala povprečni indeks integracije (to je modifikacija Rao-Stirlingovega indeksa) za nanopodročje, analizo po posameznih letih pa sta naredila na vzorcih člankov. Povprečni indeks, ki ga navajata za leto 2005 je 0,56, za 2005 0,61, za 2008 pa 0,64, za področje biotehnologije pa je za leto 1995 0,59, za 2005 pa 0,65. Zanimivo je, da so rezultati naše analize za 2011 zelo podobni tem, ki jih navajajo omenjeni avtorji. Povprečni indeks (v našem primeru diverzitete) je 0,60, za kategorijo *Biotechnology & Applied Microbiology* pa 0,61.

S setom podatkov, s katerim smo zajeli celotno nanopodročje, smo uporabo obeh indeksov testirali najprej na nivoju posameznih kategorij WCat. Analiza pokaže v primeru obeh indeksov, predvsem pa pri Rao-Stirlingovem, dokaj visoko diverzitetu oz. pestrost (na osnovi citiranja) pri kategorijah s področja biotehnologije, kmetijstva, živilstva, prehrane in nekaterih biomedicinskih kategorijah. Rao-Stirlingov indeks za področje *Agronomy* je 0,72, za *Agriculture multidisciplinary* 0,64, za *Biotechnology & applied microbiology* 0,62. Seveda pa se je potrebno pri teh izračunih zavedati, da je končni rezultat zelo odvisen od tega, kako podrobno oz. široko so definirane kategorije. Več kategorij prečka meje discipline, če so vsebinske kategorije določne široko, kot bi bilo v primeru, če bi bile

kategorije ožje. Rao-Stirlingov indeks sicer to pomankljivost nekoliko popravi, saj upošteva dodatno komponento – podobnost med proučevanimi enotami.

Za lažjo predstavo o razmerjih smo analizo posebej pripravili še za 4 skupine na osnovi indeksa podobnosti Salton kosinus. Primerjava v kvartilnih grafikonih je v primeru Shannonovega indeksa pestrosti pokazala, da med skupinami na splošno ni večjih razlik. V primeru Rao-Stirlingovega indeksa diverzite, kjer je torej dodatno upoštevana tudi podobnost primerjanih enot, nekoliko izstopi skupina MA-FI-KE-NANO, ki ima mediano v primerjavi z ostalimi skupinami najnižje - 0,57, med tem, ko je pri ostalih treh skupinah okvirno pri 0,65 (kar predstavlja za skupino MA-FI-KE-NANO že začetek četrtega kvartila). Ta rezultat še posebej izpostavljamo, saj naši rezultati pokažejo, da je v tej skupini največ kategorij z najnižjimi indeksi diverzite (pri teh je heterogenost v citiranju najmanjša), po drugi strani pa je variabilnost v skupini velika, saj segajo vrednosti indeksa med 0,38 in 0,77. Iz tega bi se dalo sklepati, da del raziskav sodi bodisi v skupino raziskav nanodelcev in nanotehnologij, ki uporabljajo svoje metode za reševanje povsem novih vprašanj in sodijo v novo znanstveno področje nanoznanosti ali pa glede na problematiko in izbrane metode sodijo v obstoječa področja tehnike in naravoslovja, ki svojega znanja ne širijo na druga področja. Zanimivo je, da je po drugi strani variabilnost skupine MA-FI-KE-NANO velika, kar kaže na to, da se v posameznih revijah iz te skupine kategorij pojavljajo reference z zelo heterogenih področij; višina indeksa diverzite je torej pri nekaterih primerljiva tudi z drugimi skupinami. Na diverzitetu v citiranju, ki kaže na interdisciplinarnost, najbolj kaže skupina BIO-MED, ki jo prav tako posebej izpostavljamo. Variabilnost znotraj skupine je tukaj najmanjša, kar pomeni, da razen izjem (dva osamelca; eden spodaj, drugi zgoraj), kategorije dosegajo visoko diverzitetu v citiranju (indeks diverzite se giblje med 0,57 in 0,72).

### Multidisciplinarnost revij

V literaturi se med enostavnejšimi indikatorji za spremljanje interdisciplinarnosti uporablja tudi delež objavljanja v revijah, ki so klasificirane z več kot eno kategorijo, kar naj bi kazalo na prisotnost kognitivnih povezav med disciplinami. Analiza našega seta podatkov, ki z izbrano iskalno metodologijo zajame celotno nanopodročje, pokaže dokaj visok odstotek člankov, objavljen v t.i. 'monodisciplinarnih' revijah. Proti našim pričakovanjem je člankov, ki so objavljeni v revijah, ki so klasificirane z več kot le eno kategorijo WCat, v analiziranem setu podatkov le 52 % oz. 54 %, če upoštevamo raziskovalna področja SC. Glede na predpostavko, da proučujemo multidisciplinarno področje, smo pričakovali večji delež.

Z več klasifikacijskimi enotami so hkrati klasificirane tudi revije, opredeljene s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. To je morda tudi zato, ker nekatere od teh revij obstajajo že od prej, in so že bile uvršče v klasifikacijo WOS. Nanokategorije so potem le dodali. Najpogosteje se s to kategorijo WCat pojavijo v vsebinskem opisu revije še kategorije *Materials science multidisciplinary*, *Physics applied*, *Chemistry physical*, *Chemistry multidisciplinary*, *Physics condensed matter* in *Engineering electrical electronic*. To so pravzaprav tiste kategorije, ki se pojavljajo skupaj s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* in v okviru katerih oziroma med katerimi se očitno dogaja razvoj nanopodročja. Deleži omenjenih kategorij s področja fizike (*Physics applied* in *Physics condensed matter*) in kategorija *Engineering electrical electronic* z leti nekoliko upadajo,

povečuje pa se delež kategorij, ki se nanaša na vedo o materialih. Delež člankov iz revij, ki so klasificirane s kategorijo *Biotechnology applied microbiology* in hkrati s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* v deležu glede na celoten oris področja z leti nekoliko narašča in znaša v analiziranem setu podatkov 3,9 % za leti 2011-2012, kar nakazuje, da v okviru nano raziskav nekoliko narašča delež 'bio-vsebin' oz. natančneje objav v revijah, ki so klasificirane tudi s to kategorijo.

#### Analiza citiranosti najbolj citiranih člankov iz izbranih nano revij

V nadaljevanju smo proučevali, od kod črpajo informacije in znanje najbolj citirani članki iz nekaterih nano revij, ki se v setu, pridobljenem z izbrano iskalno metodologijo za oris celotnega nanopodročja, najpogosteje pojavijo. Relacije med enotami smo proučevali z analizo socitiranja iz Saltonove matrike podobnosti. Analizo smo naredili na dva načina. V prvem primeru smo upoštevali celotno pojavnost kategorij, s katerimi smo priredili reference, v drugem pa smo upoštevali posamezno kategorijo reference na članek samo enkrat. Zanimivo je, da se rezultati bistveno ne razlikujejo. V rezultatih smo iskali predvsem relacije (v smislu hkratnega pojavljanja) med kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* in ostalim kategorijami. Kot ugotavljamo že tudi v ostalih analizah, se pokažejo kot najmočnejše povezave (kategorije so pogosto socitirane) med kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* in kategorijami, s katerimi se le-ta tudi sicer pojavlja skupaj v klasifikaciji 'nano revij'. Pri enkratnem upoštevanju posamezne kategorije reference na članek je Saltonov indeks iz matrike socitiranja za pare kategorij s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* relativno visok. S kategorije *Biochemistry & molecular biology* je 0,56, z *Biotechnology & applied microbiology* 0,55. Manjša je podobnost s kategorijami *Food science & technology* (0,20), *Agricultural engineering* (0,07), *Agricultural multidisciplinary* (0,05) in *Agronomy* (0,05), kar kaže na to, da se revije, klasificirane z omenjenimi in kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* v referencah ne pojavijo pogosto skupaj. Proti pričakovanju se tudi izkaže, da se pri okrog tretjini analiziranih člankov pojavijo tudi reference s klasifikacijo *Biochemistry & molecular biology* in *Biotechnology & applied microbiology*, pri četrtini pa tiste s klasifikacijo *Biochemical research methods*. Tak izid nas je nekoliko presenetil. Rezultat očitno kaže, da gredo raziskave na nanopodročju v veliki meri tudi v te smeri, saj analiziramo najbolj citirane članke iz izbranih 'nano revij'. Hkrati se je ponovno potrdilo, da so obstoječe WOS klasifikacije pregrobo za podrobnejše vsebinske opredelitve in da iskanje informacij samo na tej osnovi ni najprimernejše.

#### Revija Nano letters kot citirajoča in citirana revija

V nadaljevanju smo na nivoju naslovov revij proučevali revijo Nano letters. Revija je med pomembnejšimi 'nano revijami', po opisu zajema tudi 'bio' področja, izhajati pa je začela leta 2001. Proučevali smo, iz katerih revij črpajo znanje članki, ki so objavljeni v tej reviji in katerim revijam članki iz te revije predstavljajo vir informacij. Analizo smo ponovili za dve leti – leto 2003, ko je bila revija šele na začetku izhajanja in za leto 2011. Revija nas je zanimala z vidika citirajoče in citirane revije. Leydesdorff (2007) jo v obsežnejši analizi revij (na osnovi analize citiranja) za leto 2004 razvrsti v "skupino revij z interdisciplinarno pozicijo", saj je po podobnosti (citiranja) umeščena med kemijske in fizikalne revije.



Rezultati naše analize pokažejo, da so v obeh proučevanih letih člankom iz revije Nano letters pomemben vir informacij članki iz splošnih revij Science in Nature, kjer se praviloma objavljajo najbolj odmevne raziskave. V referencah člankov iz Nano letters pa najdemo v obeh letih med tistimi z največjo pojavnostjo, članke iz revij, ki pokrivajo področja fizikalne kemije, kemije, vede o materialih in fizike. Pogosto citiranje člankov iz same revije Nano letters nas ni presenetilo, saj nam je podobno - oportunistično ravnanje poznano tudi iz drugih primerov; na primer takrat, ko je bila revija na začetku izhajanja manj znana in ni bilo dovolj podatkov v zbirkah, avtorji, ki so objavljali v tej reviji, pa so revijo poznali.

Podobno, kot smo opisali za primer, ko so članki iz Nano letters citirajoči vir, velja tudi v obratno smer – Nano letters kot referenca. Članki iz revije Nano letters so prav tako vir informacij člankom iz revij s področja kemije, fizike, fizikalne kemije, vede o materialih, pa tudi iz same revije Nano letters. Predvsem v letu 2011 pa poleg revij iz omenjenih področij članke iz Nano letters citira tudi že nekaj več novo nastalih 'nano revij'.

Na primeru člankov iz Nano letters (ene od pomembnejših 'nano revij') se je torej pokazalo, da predstavljajo pomemben vir podatkov člankom iz revij s področja kemije, fizike, fizikalne kemije, vede o materialih. Prav tako pa tudi obratno – tudi članki iz omenjenih področij predstavljajo pomemben vir informacij člankom iz revije Nano letters. To spet kaže na to, da je klasifikacija *Nanoscience & nanotechnology* na nivoju člankov pregroba in nedosledno klasificira interdisciplinarne raziskave. Morda pa so interdisciplinarni pristopi splošna značilnost znanosti v današnjem času. Sklepajoč po revijah, kjer se objavljajo rezultati raziskav, se namreč raziskave nanodelcev in nanotehnologij očitno dogajajo v okviru že obstoječih področij tehnike in naravoslovja.

#### Najpomembnejše revije (na splošno) za področje nanoznanosti

Dosedanje analize so torej pokazale, da vseh vsebin, ki se nanašajo na nanopodročje, še zdaleč ne bomo našli samo z iskanjem po kategoriji WCat *Nanoscience & nanotechnology*. V tem segmentu smo zato iz celotnega seta nanopodročja analizirali 10 revij, ki so v letu 2012 objavile največ člankov s področja nanoznanosti in nanotehnologije. V okviru teh člankov smo nato proučevali pojavnost različnih nano izrazov (med 104 in 181). Besede smo iskali v naslovu, pod pojmom različen izraz pa smo upoštevali vse oblike (edninske, množinske, pridevniške), saj jih kot takšne išče tudi uporabnik.

Zanimivo je, da rezultati pokažejo, da revije, ki sicer niso klasificirane z WCat kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*, vključujejo primerljivo visoko število člankov, ki v naslovu vključujejo vsaj eno besedo s korenomo nano. Najpogosteje se pojavijo izrazi nanoparticles, nanowires in nanotubes.

#### **5.1.6 Nanotehnologija in kmetijstvo**

Na področju kmetijstva nanotehnologija še nima tako množičnih aplikacij, vsaj v primerjavi z nekaterimi drugimi področji. Tako bi lahko povzeli nekatere pregledne članke (Ghormade in sod., 2011; Khot in sod., 2012; Rai in Ingle, 2012). Preliminarne študije kažejo potencialne v izboljšanju vznika in rasti rastlin, zaščite pred škodljivci, detekcijo škodljivcev in bolezni ter ostankov pesticidov. Cilj je precizno kmetovati, minimizirati

onesnaževanje in maksimizirati pridelke. Vsesplošna raba pesticidov in gnojil povzroča onesnaženje okolja, pojav kmetijskih škodljivcev (zaradi naraščajoče odpornosti) in izgubo biodiverzitete. Potencial je v lastnostih nanomaterialov, pri katerih se zaradi večje površine doseže boljša topnost, zaradi majhnosti delca so izboljšane systemske aktivnosti, boljša je mobilnost. S kontroliranim sproščanjem agrokemikalij za prehrano in zaščito rastlin pred škodljivci in boleznimi lahko zmanjšamo toksičnost. Majhnost delcev omogoča dostavo genetskega materiala, npr. nano zlato dostavlja DNA do rastlinskih celic. Z občutljivimi senzorji, ki temeljijo na nanooksidih, je mogoče hitro zaznavanje pesticidov in raznih potreb rastlin po hranilih. Omenjena tehnologija pa sega tudi na področje varstva in remediacije (čiščenja) tal.

Koliko se nanoznanost prepleta s področjem kmetijstva in smeri, v katere gredo raziskave, smo v tem segmentu skušali bibliometrično ovrednotiti tudi sami. Pri tem smo se zavedali, da bo področje za analizo težko omejiti, saj lahko pojem razumemo v ožjem ali pa širšem pomenu. Če vzamemo najprej za primer zbirko CAB, ki je specializirana za področje kmetijstva, tudi iz lastnih izkušenj vemo, da naslovi revij v zbirko vključenih člankov ne kažejo nujno na kmetijstvo v strogem smislu besede. Predpostavljamo pa, da so pri organizaciji CABI ocenili, da gre za revije, ki zajemajo precejšen delež vsebine, aktualne za širše področje kmetijstva in sorodnih tehnologij. Predmetna koda (CABIcodes) [WW900] *Biosensors and Biological Nanotechnology* (uvedena je bila leta 2002) kaže na to, da so pri zbirki CAB, ki velja za najbolj referenčno globalno kmetijsko/biotehniško zbirko, prepoznali nano vidike kot raziskovalno področje in jim priredili samostojno širšo klasifikacijsko kategorijo. Poizvedba konec januarja 2014 prikliče 3.222 zadetkov, za razliko od zbirke WOS, pa je pri CAB članek tisti, ki dobi oznako nano in ne revija. Tak način indeksiranja je za uporabnika bolj ustrezen, saj dejansko prikliče konkretne članke, vendar se izkaže, da je v velikih sistemih, kot je WOS, tak sistem predmetnega označevanja praktično nemogoč, saj ti vedno bolj temeljijo na avtomatskem zajemanju in obdelavi podatkov. Zdi se, da klasične bibliografske zbirke tudi zaradi stroškov vzdrževanja takih klasičnih sistemov izgubljajo bitko s širšimi citatnimi sistemi, kar pa je z uporabniškega vidika precejšnja škoda, saj to ne omogoča več tako usmerjenega iskanja, kar vse vpliva na natančnost in odziv. Uporabniki bodo torej vedno težje našli ustrezne vsebine.

WOS uporabi za splošno klasifikacijo kmetijskih revij raziskovalno področje SC *Agriculture*, v okviru katerega so kategorije WCat *Agricultural engineering, Agriculture dairy & animal science, Agriculture multidisciplinary, Agronomy, Horticulture* in *Soil science*. Zavedamo se, da bi našli vsebine s kmetijsko tematiko tudi v okviru drugih kategorij, zaradi primerljivosti raziskav pa smo se odločili, da te ustaljene agregate uporabimo za osnovo naše raziskave, saj jih kot take uporabijo tudi drugi bibliometriki (in uporabniki nasploh) in so lahko edino tako primerljive (vendar pa tak način zajemanja konfrontiramo s svojimi komentarji).

V tem segmentu smo torej analizirali tri sete podatkov: dokumente z letom izida 2012 iz zbirke CAB, ki so vključevali besedo nano v naslovu, set člankov iz revij, ki so klasificirane s področjem SC *Agriculture*, ki smo ga pridobili iz celotnega orisa nanopodročja v zbirki WOS, posebej pa smo v zbirki WOS brez časovne omejitve poiskali še članke za set 'nano\_pesticidi'.

### Analiza zbirke CAB

Iskanje po zbirki CAB s korenomo nano (po naslovu in ključnih besedah) kaže pospešeno rast vsebin s tega področja v zadnjih nekaj letih; predvsem po letu 2006. Primerjava s citatnima zbirkama sicer pokaže, da najdemo v CAB relativno malo dokumentov, le npr. 3 % vseh, ki jih priključimo v WOS. Manjše število pa smo pričakovali, saj je zbirka specializirana predvsem za širše področje kmetijstva. Prav tako tudi analiza prekrivanja za primer nano titanovega dioksida pokaže, da je kar 85 % zapisov (82 od 1630) iz CAB enakih, kot jih najdemo tudi v WOS, vendar pa je 15 % takih (kar sicer predstavlja le 14 zapisov), ki jih WOS ne zajame.

Izkaže se, da so med najbolj zastopanimi revijami iz seta podatkov za leto 2012, ki smo ga pridobili z iskanjem besede nano v naslovu, predvsem revije z okoljsko tematiko: *Journal of hazardous materials*, *Chemical engineering journal*, *Environmental science & technology*, *Desalination*, *Talanta* ipd. Z istim setom podatkov (čeprav smo se zavedali, da vseh vsebin z nanopodročja ne bomo zajeli) smo v nadaljevanju pripravili še analizo kontroliranih predmetnih oznak 'subject headings' na podlagi tezavra CAB in analizo opisov 'CABICodes', ki jih člankom dodeljujejo informacijski strokovnjaki. Relacije med izrazi smo ugotavljali na osnovi sopojavljanja (hkratnega pojavljanja) izrazov v posameznih dokumentih.

Rezultati analize predmetnih oznak so pokazali visoko pojavnost zlasti pri pojmih nanoparticles (1081), nanotechnology (566), ostali, ki so sledili po pojavnosti, pa so bili povezani z onesnaženjem voda. Z analizo mreže predmetnih oznak smo ugotovili nekako dve smeri raziskovanja, ki se vrtita okrog ključnih pojmov, kot sta nanoparticles in nanomaterials. Ena skupina deskriptorjev opisuje vsebine, kot so čiščenje odpadnih in onesnaženih voda, kakovost voda (na te vsebine pokažejo že revije, v katerih smo našli največ relevantnih člankov), druga smer (oz. nekaj ožjih smeri) pa se vrti okrog toksičnosti nanodelcev, analitičnih metod, detekcije in tehnik.

Podobno mrežo smo pripravili še na primeru imen predmetnih kod 'CABICodes', ki zajamejo vsebino nekoliko širše kot deskriptorji, prav tako pa jih člankom na podlagi subjektivne presoje določajo dokumentalisti. V mreži izstopijo povezave med pojmi, ki opisujejo odplake/industrijske odpadke in vodne vire, ti pa so močno povezani z onesnaževanjem in degradacijo, vsi skupaj pa s 'CABICode' *Techniques and methodology*. Sklope, ki smo jih identificirali pri svoji analizi z rabo metodike mrež, bi na grobo razdelili v štiri skupine. Prva skupina kaže na tematike o vodnih virih, odpadkih in onesnaženosti, druga skupina se osredotoča na biosenzoriko, ostanke pesticidov v povezavi z vodnimi viri, kakovost hrane in patogene; tretja skupina se nanaša na prehrano (kakovost hrane, kemijo, kontaminacijo, toksikologijo, skladiščenje in ohranjanje); četrta skupina pa obravnava pesticide (bolezni in varstvo). CABI koda *Biosensors and biological nanotechnology* je povezana s *Food composition and quality*, *Water resources*, *Techniques and methodology*, *Prion, viral, bacterial and fungal pathogens of humans* in še nekaterimi drugimi.

Izkaže se torej, da CAB v okviru nano vsebin, ki smo jih iskali s korenomo nano v besedah iz naslova člankov, vključuje v največji meri vsebine, ki se nanašajo na vodne vire, onesnaženost/degradacijo, industrijske odpadke, tehnike in metodologijo. Proti pričakovanju se pojavi relativno malo - le nekaj čez 16 % (385 od 2341) - člankov, ki so

klasificirani s kodo *Biosensors and biological nanotechnology*, kar bi kazalo na raziskave, ki se nanašajo na precizno kmetijstvo, uporabo senzorjev in nanotehnologije nasploh.

### Analiza zbirke WOS

V okviru proučevanja nano vsebin za področje kmetijstva iz zbirke WOS smo v prvem delu analizirali članke (229), objavljene v revijah, ki so klasificirane z raziskovalnim področjem SC *Agriculture*. Izkazalo se je, da je nekaj več kot dve tretjini citirajočih člankov iz takšnih revij, ki so poleg SC *Agriculture* klasificirane še s kategorijami *Chemistry*, *Food Science & technology*, *Biotechnology & applied microbiology*, *Energy & fuels*, če omenimo le najbolj zastopane. Le tretjina citirajočih člankov je torej klasificirana samo s področjem *Agriculture*. Za pripravo tega seta podatkov smo prav tako kot že v predhodnih analizah citiranja uporabili svoj lasten način harmonizacije – revije smo tokrat priredili WOS raziskovalnim področjem SC, ki vsebino zajamejo nekoliko širše kot kategorija WCat.

Reference smo z analizo socitiranja proučevali na dva načina. Izkaže se, da v primeru, ko upoštevamo vse klasifikacijske enote, s katerimi so opredeljene reference iz analiziranega seta podatkov, močno prevladujejo reference s področja SC *Chemistry*; teh je celo dvakrat toliko kot referenc, ki so klasificirane s področjem SC *Agriculture*. V primeru, ko upoštevamo posamezno klasifikacijsko enoto reference na članek samo enkrat, je večja pojavnost za SC *Agriculture*. Izkaže se, da se pri 90 % člankov pojavi vsaj ena referenca, ki je klasificirana s področjem SC *Agriculture*, nekaj manj je tistih, kjer najdemo SC *Chemistry*, okrog 70 % člankov vključuje reference s področja *Engineering*, okrog 60 % člankov vključuje reference s področij *SC Biotechnology & applied microbiology*, *Biochemistry & molecular biology*, *Materials science*, pri približno polovici člankov pa se pojavi vsaj ena referenca, ki je klasificirana tudi s področjem SC *Science & technology - other topics*, ki v največji meri vključuje kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology*.

Če torej povzamemo, pridobivajo kmetijske raziskave v povezavi z nanopodročjem v določeni meri, to je v našem primeru pri polovici člankov, znanje tudi iz revij, ki so klasificirane s kategorijo WCat *Nanoscience & nanotechnology*. Sicer pa ga v največji meri pridobivajo iz revij s področij kemije, biotehnologije, tehnike, biokemije, vede o materialih, živilske tehnologije in še nekaterih drugih.

Ker se večina agro-nano aplikacij vrti okrog pesticidov, kar poročajo tudi nekateri pregledni članki (Ghormade in sod., 2011; Khot in sod., 2012), smo s podrobnejšo analizo raziskali in ovrednotili še to podpodročje. Vsebinska analiza 3.936 citirajočih člankov iz zbirke WOS je pokazala, da so revije, v katerih so objavljeni citirajoči članki iz tega seta podatkov, največkrat klasificirani s kategorijami WCat *Chemistry, analytical*; takšnih je 36 %. Okrog 8 % člankov (in manj) pa je iz revij, ki so klasificirane s kategorijami *Electrochemistry*, *Environmental sciences*, *Biotechnology & applied microbiology*, *Chemistry multidisciplinary*, *Nanoscience & nanotechnology*, *Biophysics*, *Biochemical research methods* in nekaterih drugih. Če pogledamo z nivoja revij, najdemo na prvem mestu revijo *Biosensors & bioelectronics*, nato pa sledijo večinoma kemijske revije.

Tudi analiza referenc pokaže, da prevladuje kategorija WCat *Chemistr, analytical*; v največjem številu člankov v analiziranem setu podatkov se pojavi vsaj ena referenca s to

klasifikacijo. Med tistimi z največjo pojavnostjo pa najdemo iste kategorije kot pri citirajočih člankih. Približno polovica člankov vključuje vsaj eno referenco, ki je klasificirana s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Približno tretjina člankov pa vključuje tudi referenco s klasifikacijo *Agriculture multidisciplinary*.

Področje, ki ga analiziramo, sega torej na področje analitske kemije, elektrokemije, biokemije, biofizike, biotehnologije in področij, ki se nanašajo na okoljske znanosti, živilsko tehnologijo, če omenimo le tiste z največjo pojavnostjo. Ti članki pa (v grobem) tudi citirajo članke iz omenjenih področij.

Poleg vsebinskih področij citirajočih in citiranih člankov glede na WOS klasifikacijo revij WCat smo vzorec analizirali še na nivoju besed iz naslova in ključnih besed KW+. V obeh primerih smo proučevali vsebinsko usmerjenost – pri rabi vsebin v naravnem – originalnem jeziku, ki ga uporabljajo avtorji, v drugem primeru smo uporabili 'ključne besede+' (KW+), ki so posebnost zbirke WOS, generirajo pa se na podlagi besed, ki se pogosto pojavijo v naslovih referenc. Analiza besed iz naslovov člankov pokaže, da se najpogosteje pojavijo besede 'detect\*', 'pesticide\*', 'biosensor\*' in 'determin\*', poleg tega se pojavijo pogosto tudi skupaj, na kar kaže debelina povezave med omenjenimi vozlišči. Ostale besede in povezave kažejo še na druge smeri raziskav – poleg senzorike še na kontrolirano sproščanje, degradacijo, monitoring, detekcijo ostankov, študije na molekularnem nivoju itd. Tudi analiza deskriptorjev KW+ pokaže največjo pojavnost in najmočnejše povezave med deskriptorji 'pesticide\*' in 'biosensor\*', 'water' in 'electrod'.

S to analizo smo torej proučevali smeri raziskovanja. Kljub krnenju besed, pri čemer smo pri istopomenskih (podobnih) besedah ohranili samo korene besed, se je izkazalo, da postane pri besedah iz naravnega jezika vsebinska mreža zelo razdrobljena. Poleg tega je tudi vsebina že precej specializirana, povezave med besedami bi zato morda potrebovale tudi interpretacijo strokovnjaka s tega področja.

### **5.1.7 Proučevanje uporabnosti spletnega iskalnika Google Scholar za iskanje vsebin s področja nanoznanosti in nanotehnologije**

S prostim dostopom do bibliografskih podatkov prek spletnih iskalnikov so podatki o raziskavah in informacije o lastnostih nanoizdelkov in njihovi potencialni škodljivosti za zdravje in okolje lažje dostopni za javnost, vendar pa rezultati niso tako vsebinsko osredotočeni kot pri specializiranih zbirkah. V tem segmentu smo torej proučevali primernost iskalnika Google Scholar za dostop do relevantnih dokumentov za področje nano raziskav. Odziv in natančnost iskanja smo v analizi primerjali s splošnima zbirkama WOS in Scopus. Pomen teh dveh bibliometričnih izrazov smo uporabljali v širšem smislu in v več različnih kontekstih, ne le v ožjem smislu (Cleverdon, 1972) standardnih raziskav. Pojem 'natančnost' je pri opisu zakonitosti iskanja za področje nano (v smislu 'retrieval') verjetno manj uporaben. Slaba natančnost pomeni, da se dokumenti, ki smo jih priklicali, sploh ne nanašajo na nano in so torej šum. V našem primeru tega ni, torej je natančnost dobra. Pri spremljanju odziva je vedno pomembno, kaj vzamemo za kriterij (odziv glede iskanega leta, odziv glede na vse članke iz neke revije, odziv glede natančne besede, npr. nanoscience, odziv glede pojma, zapisanega v neki čisto določeni obliki, npr. nanostructure/nanostructures/nanostructured). Iskanje smo izvajali samo po polju naslov dokumenta (title of the article). Rezultati iskanja po celotnem besedilu namreč ne bi bili

primerljivi z omenjenima zbirkama, saj Google scholar ne išče samo po bibliografskem opisu, kot je to primer pri zbirkah WOS in Scopus, pač pa tudi po polnem besedilu in vrsti metapodatkovnih polj, kjer je kontekst praktično nemogoče natančneje ovrednotiti. Analiza pokritosti člankov iz revije Nano Letters pokaže, da so preko Google scholar dostopni vsi članki iz te revije, torej je odziv z vidika zajemanja člankov osrednjih revij zelo dober. Po drugi strani pa ugotavljamo, da pa odziv glede iskanega leta v Google scholar ni najboljši. Zaradi površnosti v sistemu vseh člankov namreč ne najdemo v prvem koraku, prikličemo jih šele z naknadnim podrobnejšim iskanjem (nekaj člankov je namreč napačno označenih s starejšo, nekaj pa z novejšo letnico).

Primerjava števila priklicanih dokumentov s splošnima zbirkama pri iskanju vseh oblik izraza *graphene* pokaže dokaj stabilno razmerje glede na leta. Skoraj dvakrat več dokumentov je v Google Scholar, pri čemer je potrebno upoštevati specifično slabše natančnosti za leto ter morebitnih dvojnikov. Najmanj dokumentov prikličemo v primeru zbirke WOS, kjer je seveda treba upoštevati, da Scopus predvsem pa Google scholar vključujeta širši nabor tipov dokumentov in ne samo člankov. Pri Google Scholar je treba bolj poudariti, da zbiranje podatkov temelji na avtomatskem zajemanju dokumentov (harvesting), zato prihaja tudi do dvojnikov, ko se dokumenti napajajo iz različnih virov. Številke pa se spreminjajo v času, saj Google Scholar naknadno združuje dvojnike v en sam zapis. Naši rezultati torej kažejo neko okvirno sliko, vendar pa bi bilo za natančno interpretacijo potrebno izvesti naknadno temeljito analizo, kar pa bi bilo zelo zamudno, za večjo količino podatkov pa tudi neizvedljivo, saj Google Scholar v zadnjem času vedno bolj omejuje in celo blokira prenašanje/pretakanje večjega števila podatkov na osebne računalnike.

Iskanje s formulami npr.  $TiO_2$  pokaže na velike razlike med sistemi, če izvajajo iskanje uporabnik, ki se ne zaveda, da so možne tako velike specifikacije. Iskanje natanko s  $TiO_2$  ima pri Scopusu zelo slab odziv. Pri Google Scholarju so rezultati sicer boljši, vendar pa tudi ne takšni, kot bi dejansko morali biti. Do slabega odziva prihaja zaradi načina zapisa formule  $TiO_2$ , ki se v WOS skoraj dosledno piše skupaj ( $TiO_2$ ), pri Scopusu pa trikrat bolj pogosto narazen ( $TiO\ 2$ ). Pri Google Scholar je obratno:  $TiO_2$  se bolj pogosto piše skupaj kot narazen.

Po pričakovanju pa je odziv, v kumulativnem smislu vseh izpeljank iz izraza, nizek pri združenih izrazih, ki vključujejo koren nano (npr. nanoparticles), saj Google scholar (za razliko od drugih zbirk) iskanja z desno okrajšavo ne omogoča. Dejstvo, da smo v eni od analiz ugotovili, da je moč najti velik delež (okvirno 70 do 85 %, če upoštevamo metodologije orisa področja Maghrebi, Warris in Porter v letih 2010-2012) vseh člankov z iskanjem po besedah s korenem nano, je zato zelo relevantno in je še kako povezano z odzivom v iskanju nano vsebin v primeru Google Scholar. V tej analizi smo zato najprej poiskali različne oblike izrazov, ki vključujejo koren nano, iskali pa smo jih v naslovih člankov revije Nano letters za leto 2012. Našli smo 136 različnih združenih izrazov, od teh pa se jih je 83 pojavilo samo enkrat, 53 pa smo jih predstavili v rezultatih. Analiza odziva (števila priklicanih dokumentov) pokaže, da je sicer pojavnost različnih pojmov npr. nanowires, nanowire, nanoparticles, nanoparticle itd. v Google scholar v primerjavi z zbirko WOS višja. Ta trditev velja v primeru, ko iščemo z vsakim združenim pojmom posebej, razmerje v odzivu med WOS in Google scholar je povprečno na naš vzorec 1,7 v korist Google Scholar. Seveda pa moramo za takšno iskanje po delih, ki ga sicer v drugih

zbirkah izvedemo z iskanjem s korenem nano\*, poznati vse pojme, ki se eventualno lahko v člankih pojavijo, teh pa je več sto, kar pomeni, da je tako iskanje v praksi nemogoče.

Pojavnost besede natanko nano, ki se sicer lahko pojavi v sestavljenih pojmi (nano particles) je v primerjavi z WOS pri Google Scholar višja. Zanimivo pa je, da je raba natanko besede nano v reviji Nano Letters relativno redka (1,2 %). To dejstvo (verjetno) kaže na to, da je ta revija specializirana in avtorji uporabljajo bolj specifične izraze. Pri WOS na splošno, in še bolj pri Google Scholar, pa je raba tega izraza sicer precej bolj pogosta (8,5 % in 12 %). Vendar pa glede na vse predstavlja le manjši del vseh potencialno relevantnih pojmov.

Na razvoj terminologije morda kažejo tudi rezultati primerjave uporabe sestavljenega pojma iz dveh besed oziroma združenega pojma (npr. "nano particle\*" / nanoparticle\*). Za izraze nanoparticle\*, nanotube\*, nanocomposite\*, nanowire\* in nanostructure\* ugotavljamo, da glede na izhodiščno leto 2005, narašča raba združenih pojmov. Najbolj je to razvidno pri pojmi nanoparticle\* in nanocomposite\*. To si razlagamo z zorenjem področja, v okviru česar se razvija in oblikuje tudi specifična terminologija. Če torej povzamemo, je mogoče najti pri iskanju posameznih združenih pojmov, kot so npr. nanowires, nanowire, nanoparticles, nanoparticle itd., v primerjavi s splošnim zbirka, pri Google scholar več dokumentov. Vendar pa se po drugi strani pokaže, da je za splošna iskanja nano vsebin Google scholar dokaj pomanjkljivo orodje, ki ima resne slabosti. Še zlasti to velja, če iskanje izvajajo uporabniki, ki sistema in specifične iskanja ne poznajo in tudi sicer niso večji tvorjenja kompleksnih iskalnih sintaks. Različnih nano izrazov (vključno z vsemi oblikami: edninska, množinska, pridevniška ipd.) je namreč veliko, kar je razvidno tudi iz naše analize. Velik delež člankov (do 80 %), ki oriše nanopodročje, prikličemo prav z besedami s korenem nano\*, le malo dokumentov (lahko bi tudi rekli, da vedno manj) pa prikličemo natanko z besedo nano, saj se sestavljenke iz nano vedno pogosteje pišejo skupaj.

## 5.2 SKLEPI

Zaradi različnih definicij področja nanoznanosti in nanotehnologije obstaja več različnih iskalnih strategij, od katerih pa vsaka zajame nekoliko različne informacije. Vsem iskalnim metodologijam je skupno iskanje besed, ki vključujejo koren nano, med seboj pa se razlikujejo v ostalih iskalnih pojmi in nekaterih drugih pristopih. Visok delež relevantnih dokumentov prikličemo že z enostavnim iskanjem besed s korenem nano\*, kar pri izbranih iskalnih metodologijah predstavlja med 70 in 85 % vseh zadetkov, seveda le pri tistih sistemih, ki omogočajo desno krajsanje.

Rezultati pokažejo, da je mogoče najti informacije za nanopodročje v vseh analiziranih zbirkah. Pri splošnem iskanju (npr. s korenem nano) najdemo največ dokumentov v splošnih citatnih zbirkah, pri nekaterih posameznih pojmi pa zaradi vključevanja specializiranih vsebin iz nacionalnih revij najdemo nekatere potencialno relevantne dokumente, ki jih WOS npr. ne zajame.

Primer iz analize prekrivanja zbirk kaže na to, da iščemo po različnih zbirkah v veliki meri iste informacije. Okrog 80 % in več relevantnih dokumentov iz posameznih analiziranih zbirk (splošne Scopus in ostalih specializiranih), ki se nanašajo na nano titanov dioksid,

najdemo tudi v splošni zbirki WOS. Glede na sicer zelo veliko število dokumentov na tem področju in vedno večjo potrebo po meddisciplinarnem povezovanju pa ocenjujemo, da veliko število relevantnih podatkov pridobimo že z rabo ene same splošne citatne zbirke.

Klasifikacijska sistema revij zbirk WOS in SCOPUS se med seboj nekoliko razlikujeta in pogosto iste revije klasificirata različno. SCOPUS za razliko od zbirke WOS za klasifikacijo revij tudi ne uporablja specifične kategorije za nanopodročje, kot je to primer pri WOS, ki predvideva kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Pri obeh klasifikacijskih sistemih pa nanoznanost sega na znanstvena področja, ki so opredeljena s tradicionalnimi naravoslovnimi disciplinami; to so najpogosteje področja fizike, kemije in vede o materialih. Velika vsebinska razpršenost področja, ki smo jo podrobneje proučevali na osnovi klasifikacije WOS (205 različnih kategorij citirajočih in 227 v primeru citiranih člankov) nakazuje sodelovanje med različnimi področji. Taka razpršenost naj bi bila značilna za področja, ki se še razvijajo.

Klasifikacija pri WOS je pregroba in pogosto neustrezna, ker vsebine ne določa na nivoju člankov ampak le na nivoju revije. Tako neskladje med dejanskim vsebinskim pokrivanjem analiziranih revij in klasifikacijskimi enotami WOS se pokaže tudi v primeru revij, ki so klasificirane s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Nekaterim relevantnim revijam ta kategorija ni prirejena, čeprav bi bilo to potrebno glede na visoko število relevantnih člankov v tistih revijah. Po drugi strani pa se v klasifikaciji analiziranih 'nano revij' ne pojavi nobena od t.i. 'bio kategorij', čeprav bi glede na vsebino člankov to ustrezalo.

Raziskave s področja nanoznanosti nastajajo v večini primerov v okviru obstoječih ustanov, ki se ukvarjajo s tradicionalnimi naravoslovnimi disciplinami. Le manjši del raziskav iz analiziranega vzorca (13 %) je nastal v okviru ustanov, pri katerih se v naslovu pojavi koren nano. Novo nastale ustanove, ki vsebujejo nano v naslovu, pravzaprav ne povedo veliko, saj ima lahko neka država več 'novo nastalih laboratorijev' kot druga, raziskav (objav) pa je precej manj. Poleg tega bi bilo brez natančne analize za prav vsako ustanovo posebej nemogoče ugotavljati, kakšna je bila zgodovina morebitnega združevanja/razdruževanja ter spreminjanja imen ustanov skozi čas.

Če sklepamo po revijah, kjer se objavljajo rezultati raziskav, ki smo jih priklicali z izbrano metodologijo za oris nanopodročja, bi lahko zaključili, da se raziskave nanodelcev in nanotehnologij dogajajo v okviru obstoječih področij tehnike in naravoslovja. Posebna kategorija *Nanoscience & nanotechnology* se v naši analizi ne pokaže kot relevantna pomoč za iskanje nano raziskav, saj je s to klasifikacijo opisan dokaj nizek odstotek relevantnih člankov (16 %), kar torej pomeni, da še zdaleč ne zajame vseh vsebin z nanopodročja. Podrobnejša analiza revije Nano letters, ki je klasificirana s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* pokaže, da so članki iz te revije najpogosteje vir informacij (citatov) člankom iz revij s področja kemije, fizike, fizikalne kemije ter vede o materialih. Prav tako je tudi obratno - revije s teh področij so vir informacij za izbrano nano revijo. K istim zaključkom so pripeljali tudi rezultati analize pojavnosti nano pojmov v revijah, ki se izkažejo kot najbolj relevantne za nanopodročje. Med omenjenimi revijami so štiri od desetih takšne, ki niso klasificirane s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*, vključujejo pa primerljivo visoko število člankov z različnimi nano pojmi v naslovu, kot tiste revije, ki so klasificirane s področji kemije, fizike ali vede o materialih.



Kljub nekaterim ugotovljenim neustreznostim obstoječe vsebinske klasifikacije sistema WOS smo za del naših nadaljnjih analiz uporabili tudi to klasifikacijo. Številne podobne bibliometrične oz. informetrične raziskave, ki analizirajo zbirko WOS, uporabljajo namreč prav to klasifikacijo, ki edina omogoča medsebojno primerljivost rezultatov z raziskavami različnih avtorjev. Prav tako pa nekatere analize, ki proučujejo to problematiko ugotavljajo, da je klasifikacija WOS vendarle dovolj zanesljiva v primeru velikih setov podatkov, saj pomankljivosti v sistemu niso sistematične in se izgubijo v agregatih statističnih analiz. Rezultati naših analiz (podobnost citirajočih člankov na osnovi citiranja in analize socitiranja) kažejo na določene relacije med kategorijami 'nano', 'bio' in 'info', ki jih v svojem konceptu konvergence posameznih disciplin s področjem nanoznanosti (NBIC) omenja literatura, ki proučuje področje interdisciplinarnosti. Na to med ostalimi analizami v našem delu kaže tudi analiza citiranosti najbolj citiranih člankov iz izbranih nano revij. Tretjina visoko citiranih člankov iz nano revij citira v referencah vsaj en članek iz revije, ki je klasificirana z WOS kategorijo *Biochemistry & molecular biology* ali *Biotechnology & applied microbiology*.

V okviru analiz interdisciplinarnosti smo zaradi kompleksnosti podatke dodatno združevali v nove klasifikacijske strukture. Nano raziskave se na podlagi uporabljenih metod na grobo delijo v naslednja področja: EKO-GEO-nano, BIO-MED-nano, EKON-SOC-nano in MA-FI-KE-NANO. Primerjava med različnimi metodološkimi pristopi pokaže, da se v sestavi skupin razlikujeta predvsem EKO-GEO (ekološke in geoznanosti) in BIO-MED (biološko-medicinsko področje), znotraj teh dveh skupin pa se pokaže tudi večja variabilnost med posameznimi kategorijami v smislu podobnosti v citiranju. Skupina, ki vključuje kategorijo *Nanoscience & nanotechnology* in kategorije s področij fizike, kemije, materialov (MA-FI-KE-NANO), ne kaže velike variabilnosti. Najbolj ločena od vseh ostalih in enake sestave v vseh obravnavanih je skupina, ki pokriva ekonomske in sociološke vede (EKON-SOC), ki pa je tudi najmanjša.

Interdisciplinarnost, o kateri sklepamo na podlagi Rao-Stirlingovega indeka diverzitete, se kaže na področju GEO-EKO, BIO-MED, EKON-SOC. Oboje - interdisciplinarnost in hkrati zaprtost v okviru področij fizike, kemije in materialov - pa se kaže pri skupini MA-FI-KE-NANO. Variabilnost skupine MA-FI-KE-NANO je namreč velika, kar kaže na to, da se v posameznih revijah iz te skupine kategorij pojavljajo reference z zelo heterogenih področij; višina indeksa diverzitete iz te skupine je torej pri nekaterih kategorijah primerljiva tudi z drugimi skupinami. Iz tega bi se dalo sklepati, da del raziskav sodi bodisi v skupino raziskav nanodelcev in nanotehnologij, ki uporabljajo svoje metode za reševanje povsem novih vprašanj in sodijo morda v novo znanstveno področje nanoznanosti ali pa glede na problematiko in izbrane metode sodijo v obstoječa področja tehnike in naravoslovja, ki svojega znanja ne širijo na druga področja. Na diverzitetu v citiranju, ki kaže na interdisciplinarnost, najbolj kaže skupina BIO-MED, ki jo prav tako posebej izpostavljamo. Variabilnost znotraj skupine je tukaj najmanjša, kar pomeni, da v indeksih diverzete med posameznimi kategorijami iz skupine ni velikih razlik. Naše analize torej nakazujejo, da interdisciplinarnost obstaja. Iz teh analiz pa ni razvidno, da bi imelo nanopodročje svoj specifični znanstveni problem ter specifične metode in zakonitosti. Menimo, da je predvsem nanodelec tisto, kar povezuje in nadgrajuje že obstoječa področja.

V raziskavi smo še posebej ovrednotili povezavo nano tematike s kmetijstvom oz. biotehniko. Iskanje besed nano v naslovih člankov, vključenih v zbirko CAB, priključuje

gradivo, ki po vsebini ni docela kmetijsko v ožjem smislu besede, vendar pa je s kmetijstvom močno povezano. Vsebina priklicanega gradiva se tako nanaša na onesnaženost vodnih virov, odpadke, tehniko in metodologijo, biosenzoriko in ostanke pesticidov, prehrano, kakovost hrane, toksikologijo, skladiščenje in pesticide v povezavi z boleznimi in varstvom. Analiza citiranja člankov, ki so v WOS klasificirani s področjem *Agriculture* pokaže, da polovica člankov v referencah citira tudi članke iz revij, ki so klasificirane s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Sicer pa analizirani članki v največji meri pridobivajo znanje iz revij s področij kemije, biotehnologije, tehnike, biokemije, vede o materialih, živilske tehnologije in še nekaterih drugih.

Za konec smo ovrednotili še specifične funkcionalnosti spletnega iskalnika Google Scholar pri odkrivanju nano vsebin. V primerjavi z zbirkama WOS in Scopus je pri iskanju čisto specifičnih pojmov (tudi združenih, vendar natančno določene oblike – edninske, množinske ali pridevniške) v iskalniku Google Scholar možno najti več dokumentov. Kljub temu ocenjujemo, da je za splošna iskanja nano vsebin (in nadaljnje povezave z biološkimi sistemi) Google Scholar manj primeren. Še zlasti to velja, če iskanje izvajajo uporabniki, ki specifične sistema in iskanja ne poznajo najbolje. Google Scholar namreč iskanja z desno okrajšavo ne omogoča, vemo pa, da lahko dejansko količino nano vsebin ocenimo le z okrajšanim korenem nano. Pojavnosti natančno s pojmom nano je malo, saj se sestavljenke z nano vedno pogosteje pišejo skupaj, kar vodi do zelo velikih razlik pri iskalnih rezultatih pri specializiranih zbirkah na eni strani in bolj splošnih spletnih sistemih na drugi.

Uporabniki morajo torej informacijske sisteme dobro poznati. Iskanje pa je pogosto zelo kompleksno, funkcije informacijskih sistemov pa se pomembno razlikujejo, zato manj večji končni uporabniki težko razrešijo nekatere bistvene probleme, ki jih opisujemo tudi v našem delu. Prav verjetno jih sploh ne zaznajo, kar lahko močno vpliva na kvaliteto pridobljenih informacij. Pomoč informacijskega specialista, ki lahko s poznavanjem pomembnih specifik pri zbirkah in načinih iskanja pripomore h kvalitetnejšemu pridobivanju relevantnih informacij, bi zagotovo posredno prispevala tudi k uspešnejšemu raziskovalnemu delu.

## 6 POVZETEK (SUMMARY)

### 6.1 POVZETEK

Področje nanoznanosti in nanotehnologije se zelo hitro razvija, na kar kaže naraščajoče število znanstvenih objav. Sočasno se v našem vsakodnevnem življenju že pojavljajo tudi številni nano proizvodi, močan vpliv nanotehnologije pa se v prihodnosti obeta prav na vseh področjih človekovega delovanja – tudi v kmetijstvu. Nanotehnologijo omenjajo v povezavi s tehnološko revolucijo, ki bo morda imela večji vpliv na družbo kot industrijska revolucija. Zaradi tega področje nanoznanosti in nanotehnologije kot svoj predmet in model proučevanja pogosto obravnava tudi informacijska znanost, še posebej na svojih ožjih področjih, kot je npr. bibliometrija (oz. scientometrija ali informetrija). Bibliometrija - znanost, ki vrednoti in ocenjuje znanost - pomaga s pomočjo statističnih analiz, kvantitativnih študij in grafičnih prikazov odkriti in na razumljiv način prikazati intelektualne povezave v dinamičnem nenehno spreminjajočem se sistemu znanstvenih odkritij. V svoji raziskavi smo področje nanoznanosti in nanotehnologije bibliometrično ovrednotili z različnih vidikov. Proučevali smo, ali so raziskave s področja nanoznanosti res tako razpršene, da to otežuje preglednost, odkrivali vsebinska področja, na katera sega nanoznanost, z različnimi seti podatkov in metodologijami raziskovali interdisciplinarnost (multidisciplinarnost) nanopodročja, proučevali ustanove, v katerih nastajajo nano raziskave, bibliometrično ovrednotili prepletanje nanotehnologije s področjem kmetijstva in ocenjevali primernost uporabe odprtega specializiranega spletnega iskalnika Google Scholar tudi za vsebine z nanopodročja.

Ker še vedno ni splošno sprejete in standardizirane definicije, kaj naj bi področje nanoznanosti in nanotehnologije obsegalo, smo najprej proučili obstoječe orise področja in za potrebe nadaljnjih analiz izbrali najprimernejšo iskalno metodologijo. Na osnovi podatkov, ki smo jih iz zbirke WOS priklicali z omenjeno metodologijo, smo proučevali razkropljenost informacij o nano raziskavah po različnih informacijskih sistemih. Ugotovili smo, da pri specializiranih zbirkah pri splošnem iskanju praviloma najdemo precej manj podatkov kot pri splošnih citatnih zbirkah, primerljivo ali celo večje število podatkov pa najdemo z nekaterimi specializiranimi nano pojmi. Analiza prekrivanja vzorca podatkov za področje nano titanovega dioksida kaže na veliko prekrivanje ostalih analiziranih zbirk z zbirko WOS. Na osnovi klasifikacije WOS smo nadalje podrobneje proučevali še vsebinsko razpršenost. Izkazalo se je, da so analizirani članki (revije) klasificirani z 205 različnimi kategorijami v primeru citirajočih in z 227 kategorijami v primeru citiranih člankov. Kljub veliki vsebinski razdrobjenosti pa bi na grobo lahko strnili, da se razvoj nanopodročja v zadnjem obdobju dogaja na področjih vede o materialih, fizike in kemije. Kategorije, kot so *Agricultural engineering*, *Agricultural multidisciplinary* ali *Agronomy*, se pojavijo v majhnem deležu. WOS za klasifikacijo revij uporablja tudi kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*, vendar pa je po naših ocenah s to kategorijo klasificiranih le okrog 16 % relevantnih člankov, ki smo jih prodobili z našo analizo. V okviru proučevanja te problematike smo kot citirajoči in citirani vir najprej analizirali eno od vodilnih nano revij, ki je klasificirana s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Pokaže se, da so članki iz omenjene revije v citirajoči in citirani smeri močno povezani s članki iz revij s področij kemije, fizike, fizikalne kemije in vede o materialih. Da je klasifikacija na nivoju revij premalo natančna in da omenjena kategorija še zdaleč ne zajame celotnega nanopodročja, pokažejo tudi rezultati analize pojavnosti specifičnih nano pojmov. Med

revijami, iz katerih so članki, ki se najpogosteje pojavijo v setu podatkov, ki oriše celotno nanopodročje, štiri (od desetih) niso klasificirane s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*, pač pa s kategorijami s področij kemije, fizike ali vede o materialih. Omenjene revije kljub temu vključujejo visoko število člankov z različnimi nano pojmi v naslovu, ki je primerljivo tistim v tistih revijah, ki pa so klasificirane s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*. Da nastajajo raziskave na področju nanoznanosti v večini primerov v okviru obstoječih laboratorijev, ki se ukvarjajo s tradicionalnimi naravoslovnimi disciplinami, pa potrdi tudi naša analiza ustanov, iz katerih prihajajo avtorji najbolj odmevnih objav z nanopodročja v zadnjih letih.

Pojem interdisciplinarna raziskava ima v teoretičnih razpravah predznak dobre raziskave, saj velja, da so takšne raziskave uspešnejše in rezultati odmevnejši. S konceptom interdisciplinarnosti pa se današnje bibliometrične analize ukvarjajo brez splošno sprejete metode za merjenje interdisciplinarnosti. V tem segmentu smo interdisciplinarno (multidisciplinarno) naravnost področja nanoznanosti zato proučevali na različnih setih podatkov. Uporabili smo različne nivoje združevanja podatkov, različne klasifikacije, relacije med enotami smo iskali z uporabo različnih metod, uporabili smo različne metode združevanja podatkov, ki smo jih dodatno utemeljevali z multivariatnimi analizami, primerjalno smo uporabili dva indeksa diverzitete. Kljub nekaterim ugotovljenim neustreznostim obstoječe vsebinske klasifikacije na področju nano, smo jo pri svojem delu upoštevali, saj je bila uporabljena v številnih bibliometričnih raziskavah (zlasti v tistih z velikimi seti podatkov) in je le tako možna primerljivost naših rezultatov z drugimi raziskavami. Kategorija *Nanoscience & nanotechnology* je novejša in je v začetni fazi (v klasifikaciji WOS je od 2005), za klasifikacijo nano vsebin pa se uporabljajo tudi druga področja. Po nekaterih analizah, ki proučujejo to problematiko, je obstoječa klasifikacija WOS v primeru velikih setov podatkov vendarle dovolj zanesljiva. Pomankljivosti v klasifikacijskem sistemu namreč niso sistematične in se izgubijo v agregatih statističnih analiz, ki ustrezno korigirajo velik delež morebitnih nepravilnosti. Eden od ciljev naše metodologije je bil namreč tudi ta, da bi presegli nekatere nedoslednosti pri obstoječih sistemih. Relacije smo večinoma proučevali z analizo citiranja, katere koncept temelji na stopnji, po kateri neka raziskava izhaja iz različnih 'delov' znanja, kar se konkretno vidi iz vsebinskih kategorij, ki jih neka raziskava (članek) citira. Ker zaradi kompleksnosti podatkov določenih relacij ne bi ugotovili, smo z združevanjem podatkov v skupine proučevali nove strukture. Na osnovi uporabljenih metod smo raziskave na nanopodročju razdelili na 4 skupine. Prva skupina, ki smo jo poimenovali MA-FI-KE-NANO (kategorije s področja materiali, fizika, kemija, ki se pojavljajo skupaj s kategorijo *Nanoscience & nanotechnology*) je zavzela centralno pozicijo v ordinacijskem diagramu. Skupina je dokaj kompaktna in ne kaže velike variabilnosti v citiranju. Skupini EKO-GEO (ekološke in geoznanosti) in BIO-MED (biološko-medicinske znanosti) kažeta večjo variabilnost v citiranju. Skupina EKON-SOC (ekonomske in sociološke vede) je najbolj oddaljena od vseh ostalih skupin. Primerjava med različnimi metodološkimi pristopi pokaže, da se v sestavi skupin razlikujeta predvsem EKO-GEO in BIO-MED. Interdisciplinarnost (v našem primeru heterogenost v citiranju) smo proučevali na osnovi Rao-Stirlingovega indeksa diverzitete. Rezultati kažejo, da interdisciplinarnost obstaja, v merljivem smislu pa se najbolj pokaže na področjih EKO-GEO, BIO-MED, EKON-SOC, delno pa tudi pri skupini MA-FI-KE-NANO. Variabilnost skupine MA-FI-KE-NANO je namreč velika, kar kaže na to, da se v posameznih revijah iz te skupine kategorij pojavljajo reference z zelo

heterogenih področij, hkrati pa se v drugih kategorijah kaže zaprtost v okvir področij fizike, kemije in vede o materialih. Iz naših analiz pa ni razvidno, da bi imelo nano področje svoj specifični znanstveni problem, metode in zakonitosti. Bolj kaže na to, da je predvsem nano delec tisto, kar povezuje in nadgrajuje že obstoječa področja.

Koliko se nanoznanost prepleta s področjem kmetijstva in smeri, v katere gredo raziskave, smo bibliometrično ovrednotili na podlagi podatkov iz zbirke WOS ter CAB, slednje kot najbolj avtoritativne globalne zbirke s področja kmetijstva. Analiza zbirke CAB pokaže, da so med najbolj zastopanimi revijami predvsem tiste z okoljsko tematiko. Smeri raziskovanja pa bi na podlagi analize predmetnih oznak lahko razdelili v naslednje skupine: onesnaženost (odpadki, vodni viri), biosenzorika (ostanki pesticidov), prehrana (toksikologija, ohranjanje) in pesticidi (bolezni, varstvo). Ker se večina agro-nano aplikacij navezuje na pesticide, smo ločeno analizirali tudi to specifično področje in pri tem uporabili zbirko WOS. Če pogledamo z nivoja citiranih člankov, najdemo na prvem mestu kategorijo WCat *Biosensors & bioelectronics*, nato pa večinoma sledijo kemijske revije. Največ (tretjina) citirajočih člankov (revij) je klasificiranih s kategorijo *Chemistry analytical*, približno deset odstotkov je tistih člankov, ki so klasificirani s kategorijami s področja elektrokemije, biotehnologije ali okoljskih znanosti, ostale kategorije pa se pojavijo z manjšimi deleži. Na omenjena področja pa segajo tudi citirani članki. S sobesedno analizo smo dodatno analizirali še besede iz naslova člankov iz tega vzorca in ključne besede KW+ (KeyWords+). Glede na frekvenco pojavljanja in povezave najbolj izstopijo besede, ki se nanašajo na detekcijo pesticidov in biosenzorje. Sicer pa lahko iz predstavljenih besed sklepamo še na ostale smeri raziskav – poleg senzorike še na kontrolirano sproščanje, degradacijo, monitoring, detekcijo ostankov, študije na molekularnem nivoju, zaznati pa je tudi še nekaj drugih smeri.

Proučevali smo tudi primernost uporabe spletnega iskalnika Google Scholar za iskanje vsebin s področja nanoznanosti in nanotehnologije. V primerjavi s splošnimi zbirkama WOS in Scopus najdemo na Google Scholar pri iskanju z nano pojmi natančno določene oblike (edninska, množinska, pridevniška) precej več dokumentov. Za bolj splošna iskanja nano vsebin pa se Google Scholar pokaže kot dokaj pomanjkljivo orodje, saj pri iskanju ne moremo uporabiti nekaterih pomembnih funkcionalnosti, ki jih ponujajo bolj standardizirane zbirke, kot je npr. desno krajšanje, zaradi česar pri Googlu ni moč natančneje identificirati širšega nabora informacij za nano področje. To velja še zlasti v primerih, če iskanje izvajajo uporabniki, ki niso večji tvorjenja kompleksnih iskalnih sintaks in se ne zavedajo velikih razlik in specifik pri različnih sistemih.

## 6.2 SUMMARY

Nanoscience and nanotechnology is a quickly developing research area, which is evidenced by incremental growth of scientific publications. At the same time, in our daily life, an increasing number of nano products can be noticed. Consequently, an ever stronger impact of nanotechnology is expected in the future in all areas of human activity, including agriculture. Nanotechnology is frequently equated to a new technological revolution, which may produce greater impact on society than the industrial revolution of the past centuries. For this reason, the field of nanoscience and nanotechnology has become a model subject in many studies conducted in the field of information science, especially in

some more particular areas, for example bibliometrics (scientometrics or informetrics). Bibliometrics - a scientific field that evaluates and assesses sciences - ascertains intellectual connections in a dynamic ever-changing system of scientific discoveries in a comprehensible way, by means of quantitative studies, statistical analysis and graphical visualisation. In our study, we assessed by such methods the field of nanoscience and nanotechnology - from different perspectives. We investigated whether the studies in this field are really so dispersed that such a scatter prevents a comprehensive evaluation. We examined the many subject areas spanning the field of nanoscience. Using numerous different data sets and methodologies, we studied the concept of interdisciplinarity (multidisciplinary) on the example of this field. We also examined institutions of the affiliated researches. We bibliometrically assessed interactions between nanotechnology and the field of agriculture. Finally, we also assessed the suitability of Google Scholar as a search engine for the retrieval of subject matter in this field.

There is still no universally accepted and standardized definition of the field of nanoscience and nanotechnology. Thus, we first examined the existing scientometric outlines of the field and selected the most appropriate search methodology for further analysis. We used this methodology in the WOS database and investigated the scatter of nanofield-related information across different information systems - databases. In specialized databases, generally, much less information can be found than in the general citation databases, however, an equivalent or even greater number of data can be found in specialized databases in relation to certain specific nano concepts. Analysis of the overlap, on the model of nano titanium dioxide, shows a strong coverage of data from other databases also in WOS. Based on the WOS classification, we studied in detail the scatter of content across different subject areas. The results show that the articles (journals) under study are classified with 205 different categories - in the case of citing articles, and 227 categories - in the case of cited articles. Despite the extensive scatter of documents, we can roughly summarize that the most significant development in this field, in recent period, takes place in the fields of materials science, physics and chemistry. WOS categories such as *Agricultural Engineering*, *Agricultural multidisciplinary* and *Agronomy* only come about in a smaller share of documents. For the classification of journals, WOS employs a designated category of *Nanoscience & Nanotechnology*. This category, however, which is more recent, has been assigned only to some 16 % of applicable nano articles, according to our estimates. In this context, we first thoroughly analyzed (in both directions: as citing and as cited) one of the leading nano journals which is classified with the category *Nanoscience & Nanotechnology*. It turns out that in both directions the articles from this journal are strongly connected with journal articles in the fields of chemistry, physics, physical chemistry and materials science. WOS classification on the level of journals, however, is unsatisfactory and vague. Category *Nanoscience & Nanotechnology* does not represent this field very comprehensively as is also shown in the results of our analysis of occurrence of specific nano concepts. Among the journals whence articles most commonly come about in our dataset which outlines the entire field of nanoscience and nanotechnology, four (out of ten) journals are not classified with category *Nanoscience & Nanotechnology*, but rather with the categories from the fields of chemistry, physics or materials science. These journals nevertheless include a high number of articles with the various nano concepts in the title. This is comparable to those journals, which are classified by the category of *Nanoscience & Nanotechnology*. The analysis of institutions (author

affiliations) in the field of nanoscience shows that research activities take place most frequently within the existing laboratories (institutions) affiliated to the more general and established fields of science.

Interdisciplinary research is in its concept, in many theoretical discussions, considered as a research of excellence. Such research is supposed to bring better outcomes with a wider feedback. However, the concept of interdisciplinarity has not as yet offered any universally accepted method of measurement, for the purposes of bibliometric investigation. Therefore, we examined interdisciplinary (multidisciplinary) predispositions of nanosciences on several different sets of data obtained for this purpose. We used different levels of data aggregation and different classifications. Relationships between the units were investigated by several different methods. Aggregation of data was validated with multivariate analysis. Applicability of two different diversity indexes was assessed. In spite of the identified shortages of the existing WOS classifications categories we nevertheless retained this classification in our analysis. Namely, it is invariably used in bibliometric studies, especially in very large sets of data such as ours, and is thus the only method which permits comparability of results on an international scale. Also, the category of *Nanoscience & Nanotechnology* is more recent so we believe the other categories to be more uniform in regard to the classification of scientific fields. According to bibliometric literature, the existing WOS classification can offer some reliable information in large data sets. The classification deficiencies are offset in statistical aggregates which correct a large part of possible anomalies. Thus, the aim of our method was also to compensate for some possible inconsistencies.

We investigated the relationships between the units by employing the analysis of citation. This method is based on an assumption that studies derive their own knowledge from the different 'parts' of other knowledge. This can be perceived in the classification categories of the cited articles. Due to the complexity of the data, certain relations cannot be established *per se*. Thus, we unified the data into specific groups - precisely in order to establish some possible new structures. Based on the methods which we used for this purpose, we classified nanostudies into 4 groups. The first group, which we labelled MA-FI-KE-NANO (categories in the field of materials physics, chemistry, occurring along with the category *Nanoscience & Nanotechnology*) occupies the central position in the ordination diagram. The group is quite compact and shows very little variability in terms of citing other articles. Groups EKO-GEO (ecological and geosciences) and BIO-MED (biological and medical sciences) show higher variability in citations. The group EKON-SOC (economic and sociological sciences) is the most distant from all other groups. The comparison of different methodological approaches shows that the EKO-GEO and BIO-MED exhibit the highest difference in the composition of groups. Our investigation of interdisciplinarity (in our case, measured as heterogeneity in citations) was based on the Rao-Stirling diversity index. The results show that some measurable levels of interdisciplinarity exist in the areas of ECO-GEO, BIO-MED EKON-SOC, and also partly in the group of MA-FI-KE-NANO. Variability in the group MA-FI-KE-NANO is strong, which indicates that individual journals of this group of categories reference citations from many different disciplines; at the same time; however, some other categories seem to remain confined within the more narrow framework of physics, chemistry and materials. Our analysis, however, does not reveal any very particular specifics of the so called field of nanoscience and nanotechnology: no characteristic problem statement, specific methods

and principles can be ascertained. It does point to the nano-particle, however, as the chief element which connects and complements the existing standard fields of research.

In order to evaluate the extent of relations between the nanosciences and agriculture, and possible future trends in research, we used bibliometric data derived from both databases WOS and CAB, the latter being the most authoritative global database for the field of agriculture. Analysis of CAB database shows the environmental issues to be the most frequently represented among the articles and respective journals. Based on the analysis of CAB Subject headings, we established the following most important directions of research: pollution (waste, water, resources), biosensors (pesticide, residues), nutrition (toxicology, conservation) and pesticides (disease, protection). The most important part of agro-nano applications is related to pesticides, so we more specifically analysed this specific area. For this additional analysis, we employed the WOS database. The most frequently cited articles belong to WCat *Biosensors & bioelectronics*, followed mostly by chemical journals. Most (one third) of the citing articles (journals) are classified with the category *Chemistry analytical*. About ten percent of articles are classified with the categories from the field of electrochemistry, biotechnology and environmental sciences. Other categories occur in smaller shares. These categories or disciplines are also represented in the cited articles. This sample of data was also assessed with the co-word analysis, by analysing both the words from the titles of articles and WOS KeyWords+ (KW+). The words related to the detection of pesticides and biosensors figure most prominently, taking into consideration the frequency of occurrence of individual words and links between them. Based on other words on the map, we can also deduce some other directions of research: for example, controlled release of pesticides, degradation, monitoring, detection of residues, and studies on the molecular level. Some other research tracks can also be perceived.

We also explored the suitability of Google Scholar for the purposes of searching the subject matter from the field of nanoscience and nanotechnology. In comparison with the general citation databases WOS and Scopus, Google Scholar finds many more such nanoconcepts that are very precisely defined (however, only in the exact singular, plural, adjective, or some other grammatical form), especially if we disregard the possible duplicates, which, however, cannot be systematically separated for such a large corpus of records - on account of program limitations imposed by Google. For more general discovery of nano-concepts, however, Google appears to be an inadequate tool. It does not offer some important functionalities provided by other database, especially the right hand truncation which is essential in searching for nano-related information. This applies particularly in the case when searching is carried out by end-users who are not skilled in the construction of complex search syntax and are not aware of some major distinctive characteristics and differences among information systems.



## 7 VIRI

- Adams J., Jackson L., Marshal S. 2007. Bibliometric analysis of interdisciplinary research. Report to the higher education funding council for England. Leeds, Evidence Ltd: 31 str. [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20060829143900/hefce.ac.uk/pubs/rdreports/2007/rd19\\_07/](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20060829143900/hefce.ac.uk/pubs/rdreports/2007/rd19_07/) (5.5.2012)
- Aguillo I. F. 2012. Is Google Scholar useful for bibliometrics? A webometric analysis. *Scientometrics*, 92, 2: 343-351
- Ahlgren P., Colliander C. 2009. Document–document similarity approaches and science mapping: Experimental comparison of five approaches. *Journal of Informetrics*, 3, 1: 49-63
- Bartol T. 1998. Vrednotenje biotehniških informacij o rastlinskih drogah v dostopnih virih v Sloveniji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 202 str.
- Bartol T. 2012. Assessment of indexing trends with specific and general terms for herbal medicine. *Health Information and Libraries Journal*, 29, 4: 285-295
- Bartol T., Budimir G., Dekleva-Smrekar D., Pusnik M., Juznic P. Assessment of research fields in Scopus and Web of Science in the view of national research evaluation in Slovenia. *Scientometrics*, 98, 2: 1491-1504
- Batagelj V., Mrvar A. 2002. Pajek. Analysis and visualization of large networks. *Lecture Notes in Computer Science*, 2265: 477-478
- Batagelj V., Mrvar A. 2012. Pajek. Programs for analysis and visualization of very large networks. Reference manual. List of commands with short explanation - version 2.05 <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/doc/pajekman.pdf> (10.9.2012)
- Bainbridge W. S. 2003. Converging technologies (NBIC). V: *Nanotech 2003: Technical Proceedings of the 2003 Nanotechnology Conference and Trade Show, February 23-27, San Francisco, California*: 389-391
- Bassecouard E., Lelu A. Zitt M., 2007. Mapping nanosciences by citation flows: a preliminary study. *Scientometrics*, 70, 3: 859-880
- Besselaar P., Heimeriks G. 2001. Disciplinary, multidisciplinary, interdisciplinary – concepts and indicators. V: *Papers of the 8th Conference on Scientometrics and Informetrics, Sydney, July 16-20, 2001*: 1-9 <http://hcs.science.uva.nl/usr/peter/publications/2002issi.pdf> (29.1.2012)
- Boeker M., Vach W., Motschall E. 2013. Google Scholar as replacement for systematic literature searches: good relative recall and precision are not enough. *BMC Medical Research Methodology*, 13, 1: e131, doi:10.1186/1471-2288-13-131: 12 str.
- Boh B., Kardoš D., Starešinič M. 2004. The importance of patent informatics in education of students of chemistry and related fields. V: *Proceedings of the 7th ECRICE, European Conference on Research in Chemical Education [and] 3rd ECCE, European Conference on Chemical Education, Ljubljana, 24th August - 28th August 2004*. Ljubljana, Faculty of Education: 76-82

- Bollen J., van de Sompel H. 2006. Mapping the structure of science through usage. *Scientometrics*, 69, 2: 227-258
- Bordons M., Morillo F., Gómez I. 2004. Analysis of cross-disciplinary research through bibliometric tools. V: *Handbook of quantitative science and technology research*. Moed H.F., Glänzel W., Schmoch U. (eds). Dordrecht, Kluwer: 437–456
- Bouwmeester H., Dekkers S., Noordam M.Y. 2009. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 53, 1: 52-62
- Boyack K.W., Klavans R. 2010. Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: which citation approach represents the research front most accurately? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61, 12: 2389–2404
- Boyack K.W., Klavans R., Börner K. 2005. Mapping the backbone of science. *Scientometrics*, 64, 3: 351-374
- Bradfor S.C. 1934. Sources of information specific subject. *Engineering*, 137: 85
- Braimoh A.K., Craswell E.T. 2008. Quantitative assessment of interdisciplinarity in water science program. *Water Resource Management*, 22: 473-484
- Braun T., Schubert A. 2003. A quantitative view on the coming age of interdisciplinarity in the sciences 1980-1999. *Scientometrics*, 58, 1: 183-189
- Braun T., Schubert A., Zsindely S. 1997. Nanoscience and nanotechnology on the balance. *Scientometrics*, 38, 2: 321-325
- Braun T., Zsindely S., Diospatonyi I., Zador E. 2007a. Gatekeeping patterns in nano-titled journals. *Scientometrics*, 70, 3: 651-667
- Braun T., Diospatonyi I., Zador E., Zsindely S. 2007b. Journal gatekeepers indicator - based top universities of the world, of Europe and 29 countries – a pilot study. *Scientometrics*, 71, 2: 155-178
- Brier S. 1996. Cybermiotics: a new interdisciplinary development applied to the problems of knowledge organisation and document retrieval in information science. *Journal of Documentation*, 52, 3: 296-344
- CAPLUS. SciFinder scholar. CAS. American Chemical Society.  
<https://scifinder.cas.org> (1.2.2011)
- Calero C., Buter R., Valdes C.C, Noyons E. 2006. How to identify research groups using publication analysis: an example in the field of nanotechnology. *Scientometrics*, 66, 2:365-376
- Callon M., Courtial J.P, Turner W.A., Bauin S. 1983. From translations to problematic networks: An introduction to co-word analysis. *Social Science Information*, 22, 2:191-235
- Chahouki M.A. Z. 2012. Classification and ordination methods as a tool for analyzing of plant communities. V: *Multivariate analysis in management, engineering and the sciences*. Rijeka, InTech: 221-254  
[http://cdn.intechopen.com/pdfs/41758/InTech-classification\\_and\\_ordination\\_methods\\_as\\_a\\_tool\\_for\\_analyzing\\_of\\_plant\\_communities.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/41758/InTech-classification_and_ordination_methods_as_a_tool_for_analyzing_of_plant_communities.pdf) (22.9.2013)

- Chau C.F., Wu S.H., Yen G.C. 2007. The development of regulations for food nanotechnology. *Trends in Food Science and Technology*, 18: 269-280
- Cleverdon C.W. 1972. On the inverse relationship of recall and precision. *Journal of Documentation*, 28, 3: 195-198
- Cobo M.J., Lopez-Herrera A.G., Herre-Viedma E., Herrea F. 2011. Science mapping software tools: review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62, 7: 1382-14912  
<http://sci2s.ugr.es/publications/ficheros/mjcobo-softwareReview-2011.pdf> (5.5.2013)
- Commission recommendation (696/EU/2011) of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial (text with EEA relevance). 2011. *Official Journal of the European Union*, L275/38  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF> (3.3.2013)
- Courtial J.P., Michelet B. 1990. A mathematical model of development in a research field. *Scientometrics*, 19, 1-2: 127-141
- Cozzens S., Catalan P., Gatchair S. 2008. Visualization of scientific discovery: conceptual and methodological background. V: Workshop at the National Science Foundation, 11-12 September 2008: A deeper look at the visualization of scientific discovery in the federal context: 1-20  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.150.5230&rep=rep1&type=pdf> (25.2.2012)
- Cushen M., Kerry J., Morris M., Cruz-Romero M., Cummins E. 2012. Nanotechnologies in the food industry – recent developments, risk and regulations. *Trends in Food Science and Technology*, 24: 30-46
- de Looze M.A. 1994. The application of scientometric tools to the analysis of a sector in plant biotechnologies: nitrogen fixation. *Scientometrics*, 30, 1: 23-24
- de Nooy W., Mrvar A., Batagelj V. 2011. *Exploratory social network analysis with Pajek*. 2. ed. Cambridge, University Press: 420 str.
- DIALINDEX. Dialog. Proquest  
<http://library.dialog.com/bluesheets/html/bl0411.html> (2.2.2011)
- Ding Y., Foo S., Chowdhury G. 1998. A bibliometric analysis of collaboration in the field of information retrieval. *International Information & Library Review*, 30, 4: 367-376
- Duplenko Y.K., Burchinsky S.G. 1995. Computer-aided clustering of citation networks as a tool of mapping of research trends in biomedicine. *Scientometrics*, 32, 3: 247-258
- Egghe L., Rousseau R. 1990. *Introduction to informetrics: quantitative methods in library, documentation and information science*. Amsterdam, Elsevier: 442 str.  
[https://uhdspace.uhasselt.be/dspace/handle/1942/587?mode=full&submit\\_simple>Show+full+item+record](https://uhdspace.uhasselt.be/dspace/handle/1942/587?mode=full&submit_simple>Show+full+item+record) (3.1.2012)
- Egghe L., Rousseau R. 2003. A measure for the cohesion of weighted networks. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54 3: 193–202  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.10155/pdf> (4.3.2012)

- Encyclopedia Britannica Online. Academic Edition. Nanotechnology.  
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/962484/nanotechnology> (13.10.2013)
- EPO – European patent office. Nanotechnology. 2013  
<http://www.epo.org/news-issues/issues/classification/nanotechnology.html>  
(13.10.2013)
- Eto H. 2003. Interdisciplinary information input and output of a nano-technology project. *Scientometrics*, 58, 1: 5-33
- Facilitating interdisciplinary research. 2004. Washington, National Academies Press: 332 str.  
[http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=11153#toc](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11153#toc) (2.8.2013)
- Ferligoj A. 1989. Razvrščanje v skupine: teorija in uporaba v družboslovju (Metodološki zvezki, 4). Ljubljana, Fakulteta za sociologijo, politične vede in novinarstvo, Raziskovalni inštitut: 182 str.  
<http://vlado.fmf.uni-lj.si/vlado/podstat/mva/MZ4.pdf> (20.1.2012)
- Freeman M.K., Lauderdale S.A., Kendrach M.G., Woolley T.W. 2009. Google Scholar versus PubMed in locating primary literature to answer drug-related questions. *Annals of Pharmacotherapy*, 43, 3: 478-484
- Garfield E. 1988. Announcing the SCI compact disc edition: CD-ROM gigabyte storage technology, novel software, and bibliographic coupling make. *Current Contents*, 22: 3-13  
<http://www.garfield.library.upenn.edu/essays/v11p160y1988.pdf> (16.1.2012)
- Garfield E., Pudovkin A.I. 2003. From materials science to nano-ceramics: Citation analysis identifies the key journals and players. *Journal of Ceramic Processing Research*, 4, 4: 155-167
- Ghormade V., Deshpande M.V., Paknikar K. M. 2011. Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnology Advances*, 29: 792-803
- Gibbons M., Limoges C, Nowotny H., Schwartzman S., Scott P., Trow M. 1994. The new production of knowledge. London, Sage: 179 str.  
<http://www.schwartzman.org.br/simon/gibbons.pdf> (13.12.2013)
- Glänzel W., Schoepflin U. 1994. Little scientometrics, big scientometrics... and beyond? *Scientometrics*, 30, 2-3: 375-384
- Glänzel W., Meyer M., Plessis M., Thijs B., Magerman T., Schlemmer B., Debackere K., Veugelers R. 2003. Nanotechnology: Analysis of an emerging domain of scientific and technological endeavour. Report. Leuven, Steunpunt O&O Statistieken: 85 str.  
[http://www.ecoom.be/fileadmin/user\\_upload/domain\\_studies/nanotech\\_domain\\_study.pdf](http://www.ecoom.be/fileadmin/user_upload/domain_studies/nanotech_domain_study.pdf) (21.11.2011)
- Grieneisen M.L., Zhang M. 2011. Nanoscience and nanotechnology: evolving definitions and growing footprint on the scientific landscape. *Small*, 7, 20: 2836-2839
- Grivel L., Mutschke P., Polanco P. 1995. Thematic mapping of bibliographic databases by cluster analysis: a description of the SDOC environment with SOLIS. *Knowledge Organization*, 22, 2: 71-77

- Grodal S., Thoma G. 2008. Cross-pollination in science and technology: concept mobility in the nanobiotechnology field. V: NBER conference on emerging industries: nanotechnology and nanoindicators, Cambridge, USA, 1-2 May 2008.  
[http://www.nber.org/public\\_html/confer/2008/Nanos08/grodal.pdf](http://www.nber.org/public_html/confer/2008/Nanos08/grodal.pdf) (2.3.2012)
- GSview. 2012. Artifex Software, Inc.  
<http://pages.cs.wisc.edu/~ghost/index.htm/> (2.12.2012)
- Heinze T. 2004. Nanoscience and nanotechnology in Europe: analysis of publications and patent applications including comparisons with the United States. *Nanotechnology Law & Business*, 1, 4: 427-447
- Heinze T., Shapira P., Senker J. Kuhlmann S. 2007. Identifying creative research accomplishments: Methodology and results for nanotechnology and human genetics. *Scientometrics*, 70, 1:125-152
- Hood W.W., Wilson C. 2003. Informetric studies using databases: opportunities and challenges. *Scientometrics*, 58, 3: 587-608
- Hu D., Chen H., Huang Z., Roco M.C. 2007. Longitudinal study on patent citations to academic research articles in nanotechnology (1976–2004). *Journal of Nanoparticle Research*, 9: 529-542
- Huang C., Notten A., Rasters N. 2011. Nanoscience and technology publications and patents: a review of social science. studies and search strategies. *Journal of Technological Transfer*, 36: 145-172
- Hullmann A. 2007. Measuring a assessing the development of nanotechnology. *Scientometrics*, 70, 3: 739-758
- Hullmann A., Meyer M. 2003. Publications and patents in nanotechnology - An overview of previous studies and the state of the art. *Scientometrics*, 58, 3: 507-527
- Igami M., Okazaki T. 2007. Capturing nanotechnology's current state of development via analysis of patents. STI Working paper 2007/4. OECD: 52 str.  
<http://www.oecd.org/dataoecd/6/9/38780655.pdf> (4.5.2013)
- Igami M., Saka A. 2007. Capturing the evolving nature of science, the development of new scientific indicators and the mapping of science. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 1: 1-53  
<http://www.oecd-library.org/docserver/download/fulltext/514mcwg1hqwg.pdf?expires=1322576848&id=id&accname=guest&checksum=DAF80E5DE2EE91F8CC0E75A862C6AB67> (28.11.2011)
- ISI Web of Knowledge. Web of Science. Thomson Reuters. 2012.  
<http://isiknowledge.com> (1.2.2012)
- ISO/TS 27687. Nanotechnologies - terminology and definitions for nano-objects - nanoparticle, nanofibre and nanoplate. 2008: 7 str.
- Janssens F., Zhang L., De Moor B., Glänzel W. 2009. Hybrid clustering for validation and improvement of subject-classification schemes. *Information Processing & Management*, 45, 6: 683-702

- Jarneving B. 2001. The cognitive structure of current cardiovascular research. *Scientometrics*, 50, 3: 365-389
- Jarneving B. 2007. Bibliographic coupling and its application to research-front and other core documents. *Journals of Informetrics*, 4: 287-307
- JCR. Faktor vpliva revij iz baz podatkov Journal Citation reports. Thomson Reuters. <http://cobiss6.izum.si/scripts/cobiss?ukaz=DIRE&id=1122277439258377&dfr=51&ppg=50&sid=1> (4.4.2013)
- Južnič P. 1998. Metodološka osnova analize citiranosti in njena uporaba v Sloveniji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Filozofska fakulteta: 153 str.
- Katz J. S., Hicks D. 1995. The classification of interdisciplinary journals: a new approach. V: *Proceedings of the fifth biennial conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*. Medford, Learned information: 245-254  
<http://www.sussex.ac.uk/Users/sylvank/pubs/ClassInterdiscJournals.pdf> (22.2.2012)
- Keim D.A 2002. Information visualization and visual data mining. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 8, 1: 1-8
- Kessler M.M. 1963. Bibliographic coupling between scientific papers. *American Documentation*, 14, 1: 10-25
- Khot L.R., Sankaran S., Maja J.M., Ehsani R., Schuster E.W. 2012. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: a review. *Crop Protection*, 35: 64-70
- Khodakovskaya M., de Silva K., Nedosekin D. A., Dervishi E., Biris A-S., Shashkov E V., Galanzha E. I., Zharov V.P. 2011. Complex genetic, photothermal, and photoacoustic analysis of nanoparticle-plant interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 4: 1028-1033
- Klein Thompson J. 1990. *Interdisciplinarity: history, theory, and practice*. Detroit, Wayne State University Press: 329 str.
- Kostoff R.N. 2005. Science and technology metrics. Report. Arlington, Office of Naval Research: 499 str.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.98.9283.pdf> (21.1.2012)
- Kostoff R.N., Murday J.S., Lau C.G.Y., Tolles W.M. 2006. The seminal literature of nanotechnology research. *Journal of Nanoparticle Research*, 8: 193-213
- Kostoff R.N., Koytcheff R.G., Lau C.G.Y. 2007a. Global nanotechnology research metrics. *Scientometrics*, 70, 3: 565-601
- Kostoff R.N., Koytcheff R.G., Lau C.G.Y. 2007b. Technical structure of the global nanoscience and nanotechnology literature. *Journal of Nanoparticle Research*, 9, 5: 701-724
- Kostoff R.N., Koytcheff R.G., Lau C.G.Y. 2008. Structure of the nanoscience and nanotechnology applications literature. *Journal of Technology Transfer*, 33, 5: 472-484
- Košmelj K., Breskvar Žaucer L. 2006. Metode razvrščanja enot v skupine; osnove in primer. *Acta agriculturae Slovenica*, 87, 2: 299-310

- Leydesdorff L. 1997. Why words and co-words cannot map the development of the sciences. *Journal of the American Society for Information Science*, 48, 5: 418-427
- Leydesdorff L. 2004. Clusters and maps of science journals based on bi connected graphs in the journal citation reports. *Journal of Documentation*, 60, 4: 371-427
- Leydesdorff L. 2006. Visualization of the citation impact environments of scientific journals: an online mapping exercise . *Journal of the American Society For Information Science and Technology*, 58, 1: 25-38
- Leydesdorff L. 2007. Betweenness centrality as an indicator of the interdisciplinarity of scientific journals. *Journal of the American Society For Information Science and Technology*, 58, 9:1303-1319
- Leydesdorff L. 2008. The delineation of nanoscience and nanotechnology in terms of journals and patents: a most recent update. *Scientometrics*, 76,1: 159-167
- Leydesdorff L. 2009. On the normalization and visualization of author co-citation data salton's cosine versus the jaccard index. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59, 1: 77-85
- Leydesdorff L., Zhou P. 2007. Nanotechnology as a field of science: Its delineation in terms of journals and patents. *Scientometrics*, 70, 3: 693-713
- Leydesdorff L., Rafols I. 2009. A global map of science based on the ISI subject categories. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60, 2: 348-362
- Leydesdorff L., Rafols I. 2011. Indicators of the interdisciplinarity of journals: diversity, centrality, and citations. *Journal of Informetrics*, 5, 1: 87-100
- Lobnik A., Lakić M., Košak A., Turel M., Korent Urek Š., Gutmaher A. 2013. Uvod v nanomateriale za uporabo v tekstilijah. *Tekstilec*, 56, 2: 137-144
- Logothetidis S. 2012. Nanotechnology: principles and applications. V: *Nanostructures materials and their applications*. Logothetidis S. (ed.). Heidelberg, Springer: 1-22
- Lotka A.J. 1926. The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of Washington Academy of Science*, 16, 12: 317-322
- Maghrebi M., Abbasi A., Amiri S., Monsefi R., Harati A. 2011. A collective and abridged lexical query for delineation of nanotechnology publications. *Scientometrics*, 86:15-25
- Marinova D., McAleer M. 2003. Nanotechnology strength indicators: international rankings based on US patents. *Nanotechnology*, 14: R1-R7  
<http://dx.doi.org/10.1088/0957-4484/14/1/201> (5.12.2011)
- McCain K. 1990. Mapping authors in intellectual space: a technical overview. *Journal of the American Society for Information Science*, 41, 6: 433-443
- Measuring the diversity of cultural expressions: applying the Stirling model of diversity in culture. 2011. Montreal, UNESCO Institute for statistics: 138 str.  
<http://www.uis.unesco.org/culture/Documents/tp6-2011-stirling-culture-en2.pdf> (2.5. 2012)
- Meier J.J., Conkling T. W. 2008. Google Scholar's coverage of the engineering literature: an empirical study. *Journal of Academic Librarianship*, 34, 3: 196-201

- Melkers J., Xiao F. 2012. Boundary-spanning in emerging technology research: determinants of funding success for academic scientists. *The Journal of Technology Transfer*, 37, 3: 251-270
- Merton R.K., Garfield E. 1987. Little science, big science ... and beyond. *Essays of Information Scientists*, 10: 73-75  
<http://garfield.library.upenn.edu/essays/v10p072y1987.pdf> (13.12.2011)
- Meyer M. 2000. Patent citation analysis in a novel field of technology: An exploration of nano-science and nano-technology. *Scientometrics*, 48, 2: 151-178
- Meyer M. 2006a. Are patenting scientists the better scholars? An exploratory comparison of inventor-authors with their non-inventing peers in nano-science and technology. *Research Policy*, 35, 10: 1646-1662
- Meyer M. 2006b. What do we know about innovation in nanotechnology? Some propositions about an emerging field between hype and path-dependency. Working paper No 2006/1. Espoo, Helsinki University of Technology: 49 str.  
[http://tuta.aalto.fi/fi/tutkimus/strateginen\\_johtaminen/julkaisut/tyopaperit/meyer\\_wp\\_2006\\_1.pdf](http://tuta.aalto.fi/fi/tutkimus/strateginen_johtaminen/julkaisut/tyopaperit/meyer_wp_2006_1.pdf) (5.2.2012)
- Meyer M., Persson O. 1998. Nanotechnology - Interdisciplinarity, patterns of collaboration and differences in application. *Scientometrics*, 42, 2: 195-205
- Meyer M., Persson O., Power Y. 2001. Mapping excellence in nanotechnologies: preparatory study. ERA- Mapping of excellence. Nanotechnology expert group and Eurotech data. European Commission: 78 str.  
<http://ec.europa.eu/research/era/pdf/nanoexpertgroupreport.pdf> (1.12.2010)
- Misra A.N., Misra M., Singh R. 2013. Nanotechnology in agriculture and food industry. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, 16, 2: 1-9
- Miyazaki K., Islam N. 2007. Nanotechnology systems of innovation – an analysis of industry and academia research activities. *Technovation*, 27: 661-675
- Mogoutov A., Kahane B. 2007. Data search strategy for science and technology emergence: A scalable and evolutionary query for nanotechnology tracking. *Research*, 36: 893-903
- Mohammadi E. 2012. Knowledge mapping of the Iranian nanoscience and technology: a text mining approach. *Scientometrics*, 92: 593-608
- Morillo F., Bordons M., Gómez I. 2001. An approach to interdisciplinarity through bibliometric indicators. *Scientometrics*, 51, 1: 203-222
- Morillo F., Bordons M., Gómez I. 2003. Interdisciplinarity in science: A tentative typology of disciplines and research areas. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54, 13: 1237-1249
- Moya-Anegón F., Vargas-Quesada B., Herrero-Solana V., Chinchilla-Rodríguez Z., Corera-Álvarez E., Muñoz-Fernández F.J. 2004. A new technique for building maps of large scientific domains based on the cocitation of classes and categories. *Scientometrics*, 61, 1: 129-145



- Mrežnik. Portal informacijskih virov. Ljubljana, NUK. 2012.  
<http://www.nuk.uni-lj.si/nuk/mreznik.asp> (26.4.2012)
- Mrvar A., Batagelj V. 2012. Pajek and Pajek-XXL. Programs for analysis and visualization of very large networks. Reference manual - version 3.05: 102 str.  
<http://pajek.imfm.si/lib/exe/fetch.php?media=dl:pajekman305.pdf> (10.9.2012)
- Mur B., Južnič P. 2006. Webometrija, kaj je v tem pomembnega za našo stroke? Knjižnica, 50, 1-2: 123-143
- Nair R., Varghese S.H., Nair B.G., Maekawa T., Yoshida Y., Sakthi Kumar D. 2010. Nanoparticle material delivery to plants. *Plant Science*, 179: 154-163
- Nanoznanosti in nanotehnologije: Akcijski načrt za Evropo 2005-2009. 2005. Sporočilo Komisije Svetu, Evropskemu parlamentu in Ekonomsko-socialnemu odboru. Bruselj, Komisija Evropskih skupnosti: 13 str.  
[ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano\\_action\\_plan2005\\_sl.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_action_plan2005_sl.pdf) (3.9.2009)
- Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems. A report submitted to United States Department of Agriculture. 2003. Cornell University: 63 str.  
<http://www.nseafs.cornell.edu/web.roadmap.pdf> (13.9.2013)
- Nanotechnology White Paper: EXTERNAL REVIEW DRAFT. 2005. Washington, U.S. Environmental Protection Agency: 123 str.  
[http://www.epa.gov/osa/pdfs/EPA\\_nanotechnology\\_white\\_paper\\_external\\_review\\_draft\\_12-02-2005.pdf](http://www.epa.gov/osa/pdfs/EPA_nanotechnology_white_paper_external_review_draft_12-02-2005.pdf) (14.11.2013)
- Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. 2004. London, The Royal Society & The Royal Academy of Engineering: 116 str.  
<http://www.nanotec.org.uk/report/Nano%20report%202004%20fin.pdf> (7.11.2011)
- National nanotechnology Initiative. Official website of the United States National Nanotechnology Initiative.  
<http://www.nano.gov/search?keys=definition> (11.11.2011)
- Nel A., Xia T., Madler L. 2006. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science*, 311: 622-627
- Novel materials in the environment: the case of nanotechnology. 27th report to the Queen's Most Excellent Majesty. 2008. London, Royal Commission on Environmental Pollution, Crown: 147 str.  
<http://www.official-documents.gov.uk/document/cm74/7468/7468.pdf> (5.12.2011)
- Noyons E.C.M., Moed H.F., van Raan, A.F.J. 1999. Integrating research performance analysis and science mapping. *Scientometrics*, 46, 3: 591-604
- Noyons E.C.M., Buter R.K., van Raan A.F.J., Schmoch U., Heinze T., Hinze S., Rangnow R. 2003. Mapping excellence in science and technology across Europe: Nanoscience and Nanotechnology. Final report of project EC-PPN CT-2002-0001 to the European Commission. Leiden, Leiden University: 113 str.  
[ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/indicators/docs/mapex\\_nano.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/indicators/docs/mapex_nano.pdf) (11.11.2011)
- NSF – National Science Foundation. Nanotechnology definition. 2008. Arlington, NSF.  
[http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb\\_nifty50.jsp](http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb_nifty50.jsp) (11.11.2011)

- Oluić-Vuković V. 2007. Kvantitativna istraživanja procesa stvaranja, prijenosa i korištenja informacija– nužnost jedinstvenog pristupa. *Vjesnik bibliotekara Hrvatske*, 50, 1/2: 27-42
- Oman J. N. 2001. Information literacy in the workplace. *Information Outlook*, 5, 6: 35  
<http://www.sla.org/content/Shop/Information/infoonline/2001/jun01/oman.cfm>  
(12.11.2011)
- Onel S., Zeid A., Kamarthi S. 2011. The structure and analysis of nanotechnology co-author and citation networks. *Scientometrics*, 89: 119–138
- Opara L.U. 2004. Emerging technological innovation triad for smart agriculture in the 21st century. Part 1: Prospects and impacts of nanotechnology in agriculture. *Agricultural Engineering International: the CIGR e-journal*, 6.  
<http://ecommons.library.cornell.edu/bitstream/1813/10397/1/Invited%20Overview%20Opara%20final%2017August2004.pdf> (13.9.2013)
- Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food on a request from the Commission related to the safety in use of rutile titanium dioxide as an alternative to the presently permitted anatase form. 2004. *EFSA Journal*, 163: 1-12  
<http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/doc/163.pdf> (13.8.2013)
- Osareh F. 1996. Bibliometrics, citation analysis and co-citation analysis. *Libri*, 46: 149-158
- Ostrowski A. D., Martin T., Conti J. 2009. Nanotoxicology: characterizing the scientific literature, 2000-2007. *Journal of Nanoparticle Research*, 11, 2: 251-257
- Pajek. Program for large network analysis. UL Fakulteta za matematiko in fiziko.  
<http://pajek.imfm.si/doku.php?id=download> (12.1.2012)
- Palmer C.L.1999. Structures and strategies of interdisciplinary science. *Journal of the American Society for Information Science*, 50, 3: 243-253
- Palmer M.W. 2013 Ordination methods for ecologists. Botany Department, Oklahoma State University.  
<http://ordination.okstate.edu/> (22.9.2013)
- Perez-de-Luque A., Rubiales D. 2009. Nanotechnology for parasitic plant control. *Pest Management Science*, 65: 540-545
- Persson O. D., Danell R., Wiborg Schneider J. 2009. How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis. V: *Celebrating scholarly communication studies: A Festschrift for Olle Persson at his 60th Birthday*. Åström F., Danell R., Larsen B., Schneider J. (eds.). Leuven, Belgium, International Society for Scientometrics and Informetrics: 9-24
- Persson O. 2010. Bibexcel – a toolbox for bibliometricians. Inforsk, Umeå university.  
<http://www8.umu.se/inforsk/Bibexcel/> (2.2.2011)
- Persson O. 2011. Mapping science using Bibexcel and Pajek. Inforsk, Umeå university.  
<http://www8.umu.se/inforsk/esss/mapping%20science.ppt> (5.9.2012)
- Peters H.P.F., van Raan A.F.J. 1991. Structuring scientific activities by co-author analysis. *Scientometrics*, 20, 1: 235-255

- Pierce S. J. 1999. Boundary crossing in research literatures as a means of interdisciplinary information transfer. *Journal of the American Society for Information Science*, 50, 3: 271-279
- Porter A.L., Rafols I. 2009. Is science becoming more interdisciplinary? Measuring and mapping six research fields over time. *Scientometrics*, 81, 3: 719-745
- Porter A.L., Youtie J. 2009a. How interdisciplinary is nanotechnology? *Journal of Nanoparticle Research*, 11, 5: 1023-1041
- Porter A.L., Youtie J. 2009b. Where does nanotechnology belong in the map of science? *Nature Nanotechnology*, 4: 534-536
- Porter A.L., Roessner J.D., Cohen A.S., Perreault M. 2006. Interdisciplinary research: meaning, metrics and nurture. *Research Evaluation*, 15, 3:187-195
- Porter A.L., Cohen A.S., Roessner J.D., Perreault M. 2007. Measuring researcher interdisciplinarity. *Scientometrics*, 72, 1: 117-147
- Porter A.L., Youtie J., Shapira P. Schoeneck D. J. 2008a. Refining search terms for nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 5: 715-728
- Porter A.L., Roessner J.D., Heberger A.E. 2008b. How interdisciplinary is a given body of research? *Research Evaluation*, 17, 4: 273-282
- Price D. J. S. 1965. Networks of scientific papers. *Science*, 149: 510-515
- Qin J., Lancaster F.W., Allen B. 1997. Types and levels of collaboration in interdisciplinary research in the sciences. *Journal of the American Society for Information Science*, 48, 10: 893-916
- Rafols I. 2007. Strategies for knowledge acquisition in bionanotechnology Why are interdisciplinary practices less widespread than expected? *Innovations*, 20, 4: 395-412
- Rafols I., Leydesdorff L. 2009. Content based and algorithmic classification of journals: perspectives on the dynamics of scientific communication and indexer effect. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60, 9: 1823-1835
- Rafols I., Meyer M. 2007a. Diversity measures and network centralities as indicators of interdisciplinarity: case studies in bionanoscience. V: *Proceedings of ISSI 2007*, Volume 2. Torres-Salinas D., Moed H.F. (eds.). Madrid, ISSI: 631-637  
[http://dimetic.dime-eu.org/dimetic\\_files/phd\\_2007-1\\_RAFOLS.pdf](http://dimetic.dime-eu.org/dimetic_files/phd_2007-1_RAFOLS.pdf) (maj, 2011)
- Rafols I., Meyer M. 2007b. How cross-disciplinary is bionanotechnology? Explorations in the specialty of molecular motors. *Scientometrics*, 70, 3: 633-650
- Rafols I., Meyer M. 2010. Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinarity: case studies in bionanoscience. *Scientometrics*, 82, 2: 263-287
- Rafols I., Porter A. L., Leydesdorff L. 2009a. Using global maps of science in policy and management. V: *Atlanta Conference on science and innovation policy, methods, measures, and data theme: 2 str.*  
<http://smartech.gatech.edu/jspui/bitstream/1853/32314/2/45-756-1-PB.pdf> (20.3.2012)

- Rafols I., Meyer M., Park J.-H. 2009b. Hybrid nanomaterials research—is it *really* interdisciplinary? The Supramolecular Chemistry of Organic- Inorganic Hybrid Materials. Rurack, K., Martínez- Máñez, R.(eds.). Hoboken, Wiley & Sons: 673-687
- Rafols I., Porter A. L., Leydesdorff L. 2010. Science overlay maps: A new tool for research policy and library management. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 61, 9: 1871-1887
- Rai M., Ingle A. 2012. Role of nanotechnology in agriculture with special reference to management of insect pests. Applications in Microbial Biotechnology, 94: 287-293
- Ramsden J.J. 2005. What is nanotechnology? Nanotechnology Perceptions, 1: 3-17  
<http://pages.unibas.ch/colbas/ntp/N03RA05.pdf> (22.11.2011)
- Remškar M. 2009. Nanodelci in nanovarnost. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje, Urad Republike Slovenije za kemikalije: 103 str.
- Remškar M. 2012. Nanodelci – lastnosti in uporabnost. V: 27. Bitenčevi živilski dnevi: Nanotehnologije in nanoživila, Ljubljana, 26. sep. 2012. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za živilsko tehnologijo: 1-10
- Roco M.C. 2002. Coherence and divergence of megatrends in science and engineering. Journal of Nanoparticle Research, 4, 1-2: 9-19
- Roco M.C. 2003a. Nanotechnology: convergence with modern biology in medicine. Current Opinion on Biotechnology, 14, 3, 337-346
- Roco M.C. 2003b. Broader societal issues of nanotechnology. Journal of Nanoparticle Research, 5: 181-189
- Roco M.C. 2004. Nanoscale science and engineering: unifying and transforming tools. AIChE Journal, 50, 5: 890-897
- Roco M.C. 2006. Progress in governance of converging of technologies integrated from the nanoscale. Annual New York Academy of Science, 1093: 1-23
- Roco M.C. 2008. Possibilities for global governance of converging technologies. Journal of Nanoparticle Research, 10, 1: 11-29
- Roco M.C., Bainbridge W.S. 2002. Converging technologies for improving human performance: Integrating from the nanoscale. Journal of Nanoparticle Research, 4: 281-295
- Roco M., Bainbridge W. S. 2003. Overview. V: Converging technologies for improving human performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science. NSF/DOC sponsored report. 2003. Roco M., Bainbridge W. S. (eds.). Dordrecht, Springer: 1-27  
[http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC\\_report.pdf](http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf) (2.2.2012)
- Rovan J. 2006. Korespondenčna analiza: zapiski predavanj. Ljubljana, IBMI: 29 str.  
<http://ibmi3.mf.uni-lj.si/ibmi/biostat-center/gradiva/RovanKorespAna1.pdf> (22.9.2013)
- Ruffini Castiglione M., Cremonini R. 2009. Nanoparticles in higher plants. Caryologia, 62, 2: 161-165

- Salton G., Wong A, Yang C.S. 1975. A vector space model for automatic indexing. *Communications of the ACM*, 18, 11: 613-620  
[http://www.cs.uiuc.edu/class/fa05/cs511/Spring05/other\\_papers/p613-salton.pdf](http://www.cs.uiuc.edu/class/fa05/cs511/Spring05/other_papers/p613-salton.pdf) (14.3.2012)
- Salton G., McGill M.J. 1983. *Introduction to modern information retrieval*. New York, McGraw-Hill: 448 str.  
<http://lyle.smu.edu/~mhd/8337sp07/salton.pdf> (10.1.2014)
- Sanz-Mendez L., Bordons M., Zulueta, M.A. 2001. Interdisciplinarity as a multidimensional concept: Its measure in three different research areas. *Research Evaluation*, 10: 47–58
- Saracevic T. 1995. Evaluation of evaluation in information retrieval. V: *Proceedings of the 18<sup>th</sup> Annual International ACM SIGIR'95 conference*: 138-146  
[http://comminfo.rutgers.edu/~tefko/SIGIR\\_Forum\\_95.pdf](http://comminfo.rutgers.edu/~tefko/SIGIR_Forum_95.pdf) (19.12.2011)
- Saracevic T., Kantor P., Chamis A.Y., Trivision 1988. D. A study of information seeking and retrieving. I. Background and methodology. *Journal of the American Society for Information Science*, 39, 3: 161-176
- Schmidt J.C. 2007. Knowledge politics of interdisciplinarity: specifying the type of interdisciplinarity in the NSF's NBIC scenario. *Innovation*, 20, 4: 312-328
- Schmidt J.C. 2008. Tracing interdisciplinarity of converging technologies at the nanoscale: a critical analysis of recent nanotechnosciences. *Technology Analysis & Strategic Management*, 20, 1: 45-63
- Schonfeld R. C., Housewright R. 2010. *Faculty Survey 2009: key strategic insights for libraries, publishers, and societies*. ITHAKA: 35 str.  
[http://lgdata.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/docs/923/721692/Faculty\\_Study\\_2009.pdf](http://lgdata.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/docs/923/721692/Faculty_Study_2009.pdf) (16.12.2013)
- Schultz M. 2007. Comparing test searches in PubMed and Google Scholar. *Journal of the Medical Library Association*, 95, 4: 442-445
- Schummer J. 2004a. Multidisciplinarity, inetrdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanoscience and nanotechnology. *Scientometrics*, 59, 3: 425-465
- Schummer J. 2004b. Interdisciplinary issues in nanoscale research. V: *Discovering the nanoscale*. Baird D., Nordmann A., Schummer J. (eds.). Amsterdam, IOS Press: 425-465
- Schummer J. 2007. The global institutionalization of nanotechnology research: A bibliometric approach to the assessment of science policy. *Scientometrics*, 70, 3: 669-692
- ScienceWatch. *Essential Science Indicators*. Thomson Reuters.  
<http://sciencewatch.com/> (2.5.2011)
- SciVerse. *Scopus. Content coverage guide*. 2011. Elsevier: 27 str.  
[http://www.info.sciverse.com/UserFiles/sciverse\\_scopus\\_content\\_coverage\\_0.pdf](http://www.info.sciverse.com/UserFiles/sciverse_scopus_content_coverage_0.pdf) (16.8.2012)
- SciVerse. *FAQs*. Elsevier. 2012  
<http://www.info.sciverse.com/scopus/scopus-training/faqs> (22.5.2012)

- Scrinis G., Lyons K. 2007. The emerging nano-corporate paradigm: nanotechnology and the transformation of nature, food and agri-food systems. *International Journal of Food and Agriculture*, 15, 2: 22-44
- SEI Societal and ethical issues in nanotechnology. National Nanotechnology Infrastructure Network.  
[http://sei.nnin.org/sei\\_interdisciplinary.html](http://sei.nnin.org/sei_interdisciplinary.html) (1.6.2010)
- SJR SCImago journal & country rank. Elsevier.  
<http://www.scimagojr.com/help.php#embeddings> (22.5. 2012)
- Small H.G. 1973. Cocitation in scientific literature - New measure of relationship between 2 documents. *Journal of the American Society for Information Science*, 24, 4: 265-269
- Small H.G. 1999. Visualizing science by citation mapping. *Journal of the American Society for Information Science*, 50, 9: 799-813
- Smith J.T. 1996. Meta-analysis: the librarian as a member of an interdisciplinary research team. *Library trends*, 45, 2: 265-279
- Solla Price D. 1965. Networks of scientific papers. *Science*, 149, 3683 : 510-515
- SSKJ. Asp32. Slovarji. 1991-1995. 1991. Kamnik, Amebis: CD-rom (2.8.2010)
- Starešinič M., Boh B. 2009. Patent informatics: the issue of relevance in full-text patent document searches. *Online Information Review*, 33, 1: 157-172
- Stirling A. 2007. A general framework for analysing diversity in science, technology and society. *Journal of the Royal Society Interface*, 4: 707-719
- Stopar K. 2001. Bibliometrično vrednotenje literature na področju jablanovega škrlupa. Magistrsko delo. Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za kemijsko izobraževanje in informatiko: 86 str.
- Subramanian V., Youtie J., Porter A., Shapira P. 2010. Is there a shift to "active nanostructures". *Journal of Nanoparticles Research*, 12: 1-10
- Tague-Sutcliffe, J. 1992. An introduction to informetrics. *Information Processing & Management*, 28, 1: 1-3
- Takeda Y., Mae S., Kajikawa Y., Matsushima K. 2009. Nanobiotechnology as an emerging research domain from nanotechnology: A bibliometric approach. *Scientometrics*, 80, 1: 23-38
- Tarver T. 2006. Food nanotechnology. *Food Technology*, 11, 6: 23-25
- Terekhov A.I. 2009. Nanotechnologies and nanomaterials in the modern world. *Organization in Research*, 79, 9: 781-788
- Theis T., Parr D., Binks P., Ying, J., Drexler K.E., Mullis K., Bai C., Boland J.J., langer R., Dobson P., Rao C.N.R., Ferrari M. 2006. nan'o•tech•nol'o•gy *n*. *Nature Nanotechnology*, 1: 8-10
- The impacts of nanotechnology on companies: policy insights from case studies. 2010. Amazon, OECD: 107 str.

- The R project for statistical computing. 2012. Vienna, R Foundation for Statistical Computing.  
<http://www.r-project.org/> (1.12.2012)
- The potential risks arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety. EFSA Journal, 958: 1-39  
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/958.pdf> (13.8.2013)
- Thomson Reuters. Science. (2.5.2012).  
[http://thomsonreuters.com/products\\_services/science/free/essays/journal\\_selection\\_process/](http://thomsonreuters.com/products_services/science/free/essays/journal_selection_process/)(13.11.2012)
- Tijssen R.J.W. 1992. A quantitative assessment of interdisciplinary structures in science and technology: co-classification analysis of energy research. *Research Policy*, 22, 27–44
- Tijssen R.J.W., van Leeuwen J. 1988. Multivariate data-analysis methods in bibliometric studies of science and technology. V: *Handbook of quantitative studies of science and technology*. Van Raan A.F.J. (ed.). Amsterdam, Elsevier: 705-739
- Tiju J., Morrison M. 2006. Nanotechnology in agriculture and food: nanoforum report. Institute of Nanotechnology: 13 str.  
[ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanotechnology\\_in\\_agriculture\\_and\\_food.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanotechnology_in_agriculture_and_food.pdf) (13.9.2013)
- van Eck N.J., Waltman L. 2009. How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60, 8: 1635-1651  
<http://repub.eur.nl/res/pub/14528/ERS-2009-001-LIS.pdf> (2.8.2013)
- van Eck N.J., Waltman L. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84, 2: 523–538
- van Leeuwen T., Tijssen R.2000. Interdisciplinary dynamics of modern science: Analysis of cross-disciplinary citation flows. *Research Evaluation*, 9: 183–187
- van Raan A.F.J. 2005. Measurement of central aspects of scientific research: performance, interdisciplinarity, structure. *Measurement*, 3, 1:1-19
- Verbeek A., Zimmerman E., Andries P. 2003. Linking science to technology - bibliographic references in patents. Improving human research potential and the socio-economic knowledge base. EUR 20492. European Commission: 130 str.  
[ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/indicators/docs/ind\\_report\\_kul3.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/indicators/docs/ind_report_kul3.pdf) (28.11.2011)
- Wagner C.S., Roessner J.D., Bobb K., Thompson Klein J., Boyack K W., Keyton J., Rafols I., Börner K. 2011. Approaches to understanding and measuring interdisciplinary scientific research (IDR): A review of the literature. *Journal of Informetrics*, 165: 14-26
- Warris C. 2004. Nanotechnology benchmarking project. Australian Academy of Science: 45 str.  
<http://www.science.org.au/policy/nano-report.pdf> (21.11.2011)
- Walters W.H. 2009. Google Scholar search performance: comparative recall and precision. *Libraries and the Academy*, 9, 1: 5-24

- Walters W.H. 2011. Comparative recall and precision of simple and expert searches in Google Scholar and eight databases. *Libraries and the Academy*, 11, 4: 971-1006
- Web of Science Databases. Thomson Reuters.  
[http://images.webofknowledge.com/WOK45/help/WOS/h\\_database.html](http://images.webofknowledge.com/WOK45/help/WOS/h_database.html) (10.8.2012)
- Weingart P. 2000. Interdisciplinarity: the paradoxical discourse. V: *Practicing interdisciplinarity*. Weingart P., Stehr N. (eds.). Toronto. University of Toronto Press: 25-45
- Weir A., Wasterhoff P., Fabricius L., Hristovski K., Goetz N. 2012. Titanium dioxide nanoparticles in food and personal care products. *Environmental Science & Technology*, 46: 2242-2250
- Wood S., Geldart A., Jones R. 2008. Crystallizing the nanotechnology debate. *Technology Analysis & Strategic Management*, 20, 1:13-27
- Wurman R. S. 1989. *Information anxiety*. Indianapolis, Que: 308 str.
- Youtie J., Shapira P., Porter A.L.. 2008. Nanotechnology publications and citations by leading countries and blocs. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 6: 981-986
- Zbornik 2. stopenjskega študijskega programa UN Kemijsko kemijsko inženirstvo, UL, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. Ljubljana, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 9 str.  
[http://www.fkkt.uni-lj.si/attachments/2987/kiz\\_2\\_stopnja.pdf](http://www.fkkt.uni-lj.si/attachments/2987/kiz_2_stopnja.pdf) (14.9.2013)
- Zhang L., Liu X., Janssens F., Liang L., Glänzel W. 2010. Subject clustering analysis base on ISI category classification. *Journal of Informetrics*, 4: 185-193
- Zhou P., Leydesdorff L. 2006. The emergence of China as a leading nation in science. *Research Policy*, 35, 1: 83-104
- Zipf G. 1949. *Human behavior and the principle of last effort*. Cambridge, MA: Addison-Wesley: 573 str.
- Zitt M. 2005. Facing diversity of science: a challenge for bibliometric indicators. *Measurement*, 3, 1: 38-49
- Zitt M., Bassecouard E. 2006. Delineating complex scientific fields by an hybrid lexical-citation method: An application to nanosciences. *Information Processing & Management*, 42, 6: 1513-1531
- Zitt M., Bassecouard E. 2008. Challenges for scientometric indicators: data demining, knowledge-flow measurements and diversity issues. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 8: 49-60
- Zitt M., Lelu A., Bassecouard E. 2010. Hybrid citation-word representations in science mapping: portolan charts of research fields? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62, 1: 19-39



## ZAHVALA

Zahvaljujem se članom komisije, še posebej mentorju prof. dr. Tomažu Bartolu in somentorici prof. dr. Damjani Drobne.

Posebna zahvala gre delovnemu mentorju doc. dr. Klemnu Elerju.

Hvala tudi vsem drugim, ki ste mi stali ob strani!

Družini sem hvaležna za razumevanje in potrpežljivost.

## PRILOGA A

### Iskalna sintaksa za članke s področja nano po metodologiji Porter in sod. (2008)

- #1 TS=(monolayer\* OR "mono-layer\*" OR film\* OR quantum\* OR multilayer\* OR "multi-layer\*" OR array\* OR molecu\* OR polymer\* OR "co-polymer\*" OR copolymer\* OR mater\* OR biolog\* OR supramolecu\*)
- #2 TS=(monolayer\* OR "mono-layer\*" OR film\* OR quantum\* OR multilayer\* OR "multi-layer\*" OR array\*)
- #3 TS=nano\*
- #4 TS=("quantum dot\*" OR "quantum well\*" OR "quantum wire\*") NOT nano\*)
- #5 TS=((("self assembl\*" OR "self organiz\*" OR "directed assembl\*") AND #1) NOT nano\*)
- #6 TS=((("molecu\* motor\*" OR "molecu\* ruler\*" OR "molecu\* wir\*" OR "molecu\* devic\*" OR "molecular engineering" OR "molecular electronic\*" OR "single molecu\*" OR fullerene\* OR "coulomb blockad\*" OR "bionano\*" OR "langmuir-blodgett" OR "coulomb-staircase\*" OR "PDMS stamp\*") NOT nano\*)
- #7 TS((((TEM OR STM OR EDX OR AFM OR HRTEM OR SEM OR EELS) OR "atom\* force microscop\*" OR "tunnel\* microscop\*" OR "scanning probe microscop\*" OR "transmission electron microscop\*" OR "scanning electron microscop\*" OR "energy dispersive X-ray" OR "X-ray photoelectron\*" OR "electron energy loss spectroscop\*") AND #1) NOT nano\*)
- #8 TS((((pebbles OR NEMS OR quasicrystal\* OR "quasi-crystal\*") AND #1) NOT nano\*)
- #9 TS((((biosensor\* OR "sol gel\*" OR solgel\*) OR dendrimer\* OR "soft lithograph\*" OR "molecular simul\*" OR "quantum effect\*" OR "molecular sieve\*" OR "mesoporous material\*") AND #2) NOT nano\*)
- #10 SO=("Advanced Materials" OR "ACS Nano" OR "Advanced Functional Materials" OR "Lab on a Chip" OR Small OR Nanomedicine OR Nanotoxicology OR "Nanomedicine-Nanotechnology Biology and Medicine" OR "2Biosensors & Bioelectronics" OR "Nano Research" OR "Journal of Physical Chemistry C" OR Plasmonics OR "Biomedical Microdevices" OR "Microfluidics and Nanofluidics" OR "Nanotechnology" OR "Scripta Materialia" OR "Biomicrofluidics" OR "Nanoscale Research Letters" OR "Microporous and Mesoporous Materials" OR "International Journal of Nanomedicine" OR "Journal of Nanoparticle Research" OR "Photonics and Nanostructures-Fundamentals and Applications" OR "IET Nanobiotechnology" OR "Journal of Micromechanics and Microengineering" OR "Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing" OR "Nanoscale and Microscale Thermophysical Engineering" OR "Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures" OR "IEEE Transactions on Nanobioscience" OR "IEEE Transactions on Nanotechnology" OR "Journal of Biomedical Nanotechnology" OR "Microelectronic Engineering" OR "Current Nanoscience" OR "Journal of Vacuum Science & Technology B" OR "Journal of Nanoscience and Nanotechnology" OR "Journal of Nanophotonics" OR "International Journal of Nanotechnology" OR "Precision Engineering-Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology" OR "Physica E-Low-Dimensional Systems & Nanostructures" OR "Micro & Nano Letters" OR "Microelectronics Reliability" OR "Microsystem Technologies-Micro-and Nanosystems-Information Storage and Processing Systems" OR "Journal of Nanomaterials" OR Nano OR "Journal of Computational and Theoretical Nanoscience" OR "Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics" OR "Microelectronics Journal") NOT TS=nano\*
- #11 SO=("ACM Journal on Emerging Technologies in Computing Systems" OR "Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures" OR "Journal of Experimental Nanoscience" OR "Journal of Nano Research" OR "Synthesis and Reactivity in Inorganic Metal-Organic and Nano-Metal Chemistry" OR "Reviews On Advanced Materials Science" OR "Journal of Micro-Nanolithography Mems and Moems" OR "Journal of Laser Micro Nanoengineering" OR "Journal of Surface Investigation-X-Ray Synchrotron and Neutron Techniques" OR "ACS Applied Materials & Interfaces" OR "Nature Nanotechnology" OR "Nano Today" OR "Nano Letters") not TS=nano\*
- #12 TS=("NaNO2" OR "NaNO3" OR "NaNO4" OR "NaNO5" OR nanoliter\* OR "nano-s" OR "nano-secon\*" OR nanosecon\* OR "nano-gram\*" OR nanogram\* OR nanomol\* OR nanomeli\* OR nanoheterotroph\* OR nanoplankton\* OR nanokelvin\* or "nano-curie" OR nanocurie OR nanosatellite\* OR nanos OR nanos1 OR nanos2 OR nanos3 OR nanos4 OR nanoproto\* OR nanophyto\* OR "nano-phyto\*" OR nanoflagellate\* OR "nano-flagellate\*" or nanoalga\* OR nano-alga\* OR nanobacteri\* OR "nano-bacteri\*" OR "nano-fauna\*" OR nanofauna\* OR nanophthalm\* OR subnanomolar OR subnanosecond OR nanophthalm\* OR nanometer OR "nano-meter" OR "nano-molar\*" OR "nano-liter")

(#3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10 OR #11) NOT #12

## PRILOGA B

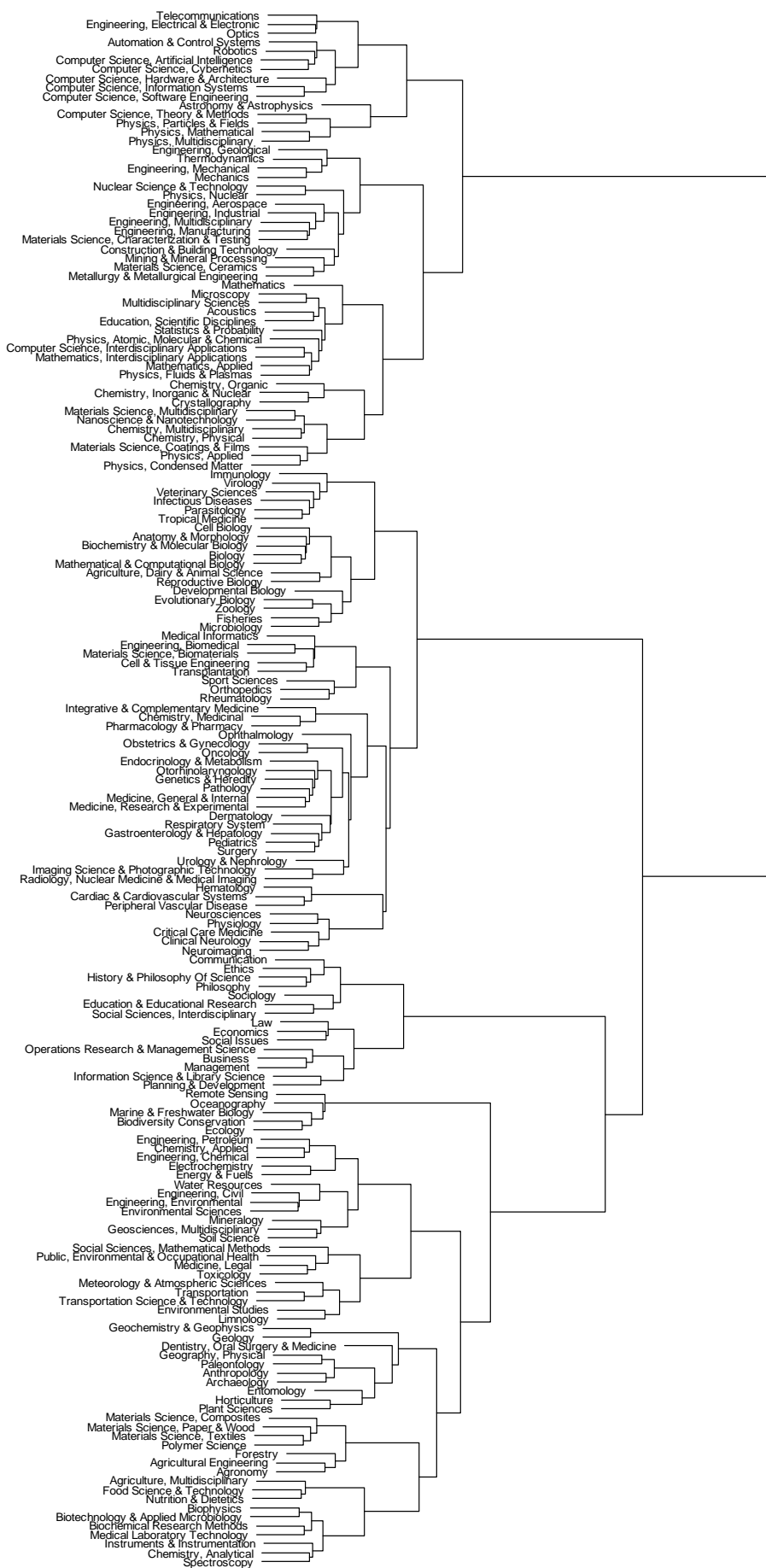
### Iskalna sintaksa za članke s področja nano po metodologiji Warris (2004)

- # 1 Ts=(nanoa\* OR nanob\* OR nanoc\* OR nanod\* OR nanoe\* OR nanof\* OR nanog\* OR nanoh\* OR nanoi\* OR nanoj\* OR nanok\* OR nanol\* OR (nanom\* not nanomol\*) OR nanon\* OR nanoo\* OR nanop\* OR nanoq\* OR nanor\* OR (nanos\* not nanosec\*) OR nanot\* OR nanou\* OR nanov\* OR nanow\* OR nanox\* OR nanoy\* OR nanoz\* OR nano)
- # 2 Ts=("atom\* force microscop\*" OR "tunnel\* microscop\*" OR "scanning probe microscop\*" OR "scanning force microscop\*")
- # 3 Ts=("self assembl\*" OR "self organized growth" OR "self organised growth" OR "molecul\* assembl\*" OR "positional assembl\*" OR "molecular wire\*" OR "molecular switch\*" OR "single molecule\*" OR "single atom\*" OR "molecular manipulation" OR "molecular engineering" OR "molecular motor\*" OR "molecular beacon\*")
- # 4 Ts=("quantum dot\*" OR "quantum array\*" OR "quantum device\*" OR "quantum wire\*" OR "quantum computer\*" OR "quantum well\*" OR "coulomb blockade\*" OR "langmuir Blodgett" OR "atom\* manipulat\*" OR "atom\* scale" OR "single electron\* tunnel\*" OR "electron beam lithography" OR "quantum cellular automat\*" OR "ultraviolet lithograph\*" OR "PDMS stamp" OR "soft lithography" OR "surface acoustic wave\*" OR "focused ion beam\*" OR "focussed ion beam\*" OR "quantum ratchet\*" OR "DNA comput\*" OR NEMS OR MEMS OR "molecular electronics" OR "resonant tunnel\*" OR "single electron logic" OR "single electron transistor\*" OR (photonic AND bandgap AND crystal\*) OR "quantum size effect\*" OR spintronic\* OR "molecular comput\*" OR "ballistic transport\*" OR "low dimensional structure\*" OR qubit\*)
- # 5 Ts=("porous silicon" OR "supramolecular chemistry" OR fulleren\* OR "colloid\* particle\*" OR "organometallic catalysis" OR "molecular catalys\*" OR "organic catalys\*")
- # 6 Ts=(biomim\* OR "molecular membrane\*" OR "synthetic membrane\*" OR "modified virus\*" OR (encapsulat\* AND virus\*) OR "molecular template\*" OR "molecular recognition" OR "synthetic receptor\*" OR "biocompatible membrane\*" OR "biocompatible surface modification\*" OR "S-layer\*" OR biosensor\* OR "lab on a chip" OR biochip\* OR "molecul\* channel\*" OR "drug carrier\*" OR "rational drug design" OR ("ion\* channel\*" AND (synthetic OR device\* OR screen\* OR HTS OR diagnostic\* OR sensor OR sensors OR implant\* OR switch\*)))
- # 7 Ts(("drug delivery" OR "drug action" OR "drug targeting" OR "gene therapy" OR "gene delivery" AND (polymer OR polymers OR particle\* OR encapsul\* OR conjugate OR molecular cage\* OR fulleren\* OR clath\*))
- TS=("site-specific" AND ("gene therapy" OR "drug delivery" or "drug action" OR "gene delivery"))
- Ts=((immobiliz\* OR immobilis\*) AND (DNA OR template\* OR primer\* OR oligonucleotide\* OR polynucleotide\*))
- TS=("surface modification" AND ("molecular layer\*" OR multilayer\* OR "layer-by-layer"))
- TS=((patterns OR patterning) AND ("organized assembl\*" OR "organised assembl\*" OR biocompatib\* OR bloodcompatib\* OR "blood compatib\*" OR cellseeding OR "cell seeding" OR "cell therapy" OR "tissue repair" OR "extracellular matrix" OR "tissue engineering" OR immunosensor\* OR "cell adhesion"))
- # 8 Ts=((polymer OR polymers) AND (protein\* OR antibod\* OR enzyme\* OR DNA OR RNA OR polynucleotide\* OR virus\*))
- # 9 Ts=("molecular sieve\*" OR mesopor\* OR "ultrathin film\*" OR "ultra thin film\*" OR "thin solid films" OR ("thin film\*" and micropor\*) OR "artificial muscle\*" OR ("one dimensional" OR "1D" OR "two dimensional" OR 2D) and (structure or semiconductor))



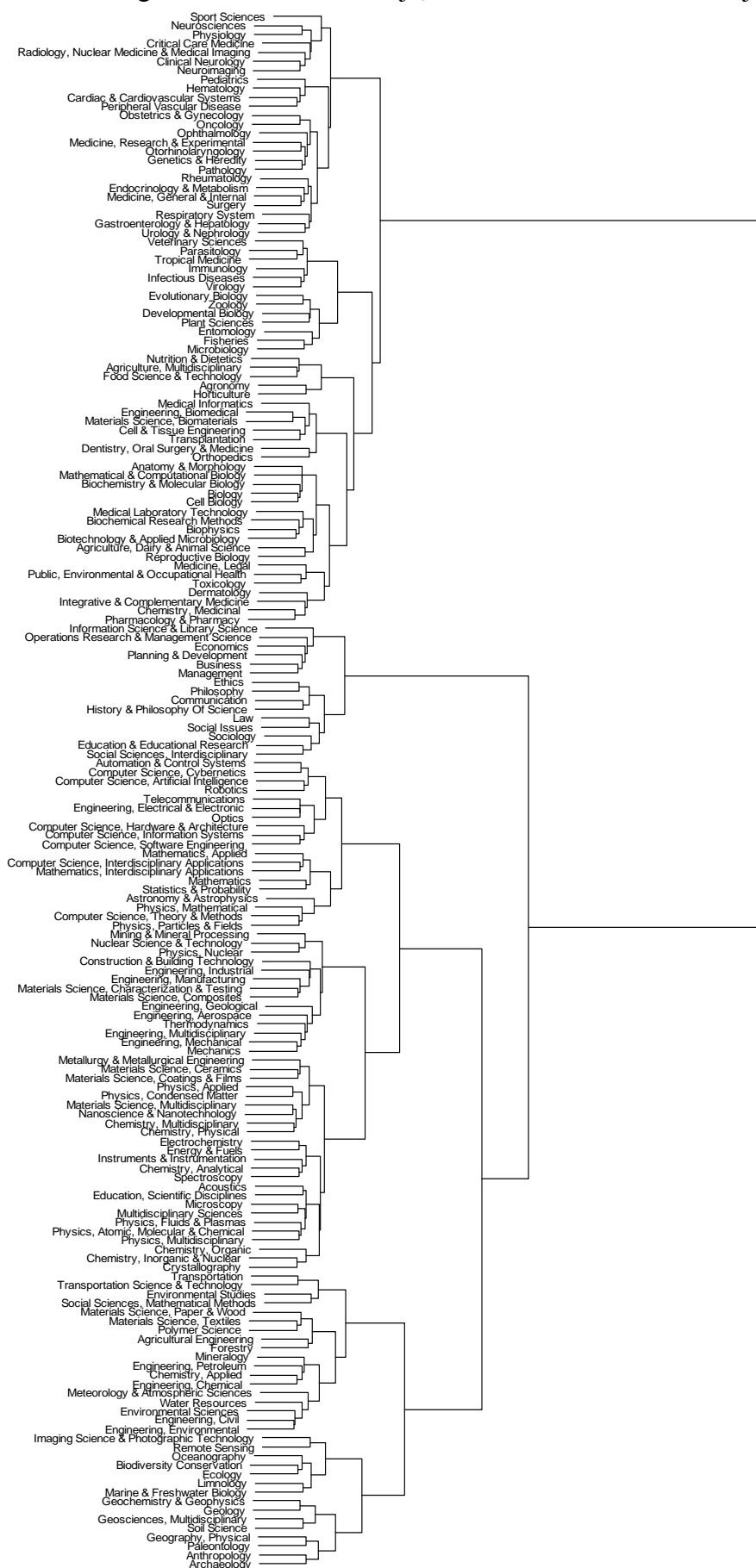
## PRILOGA D

### Dendrogram: Euclidova razdalja, Wardova metoda združevanja



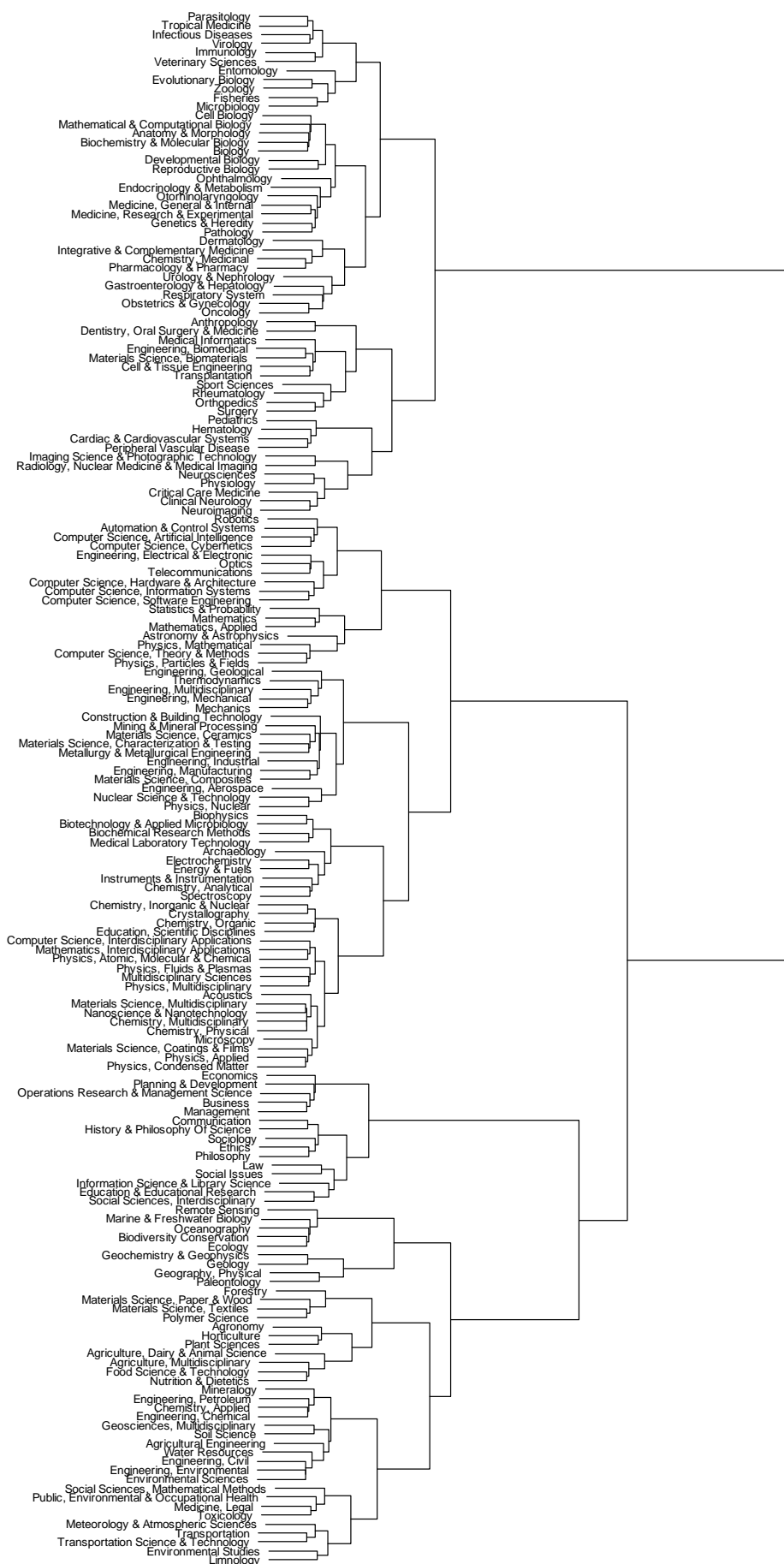
## PRILOGA E

### Dendrogram: Manhattan razdalja, Wardova metoda združevanja



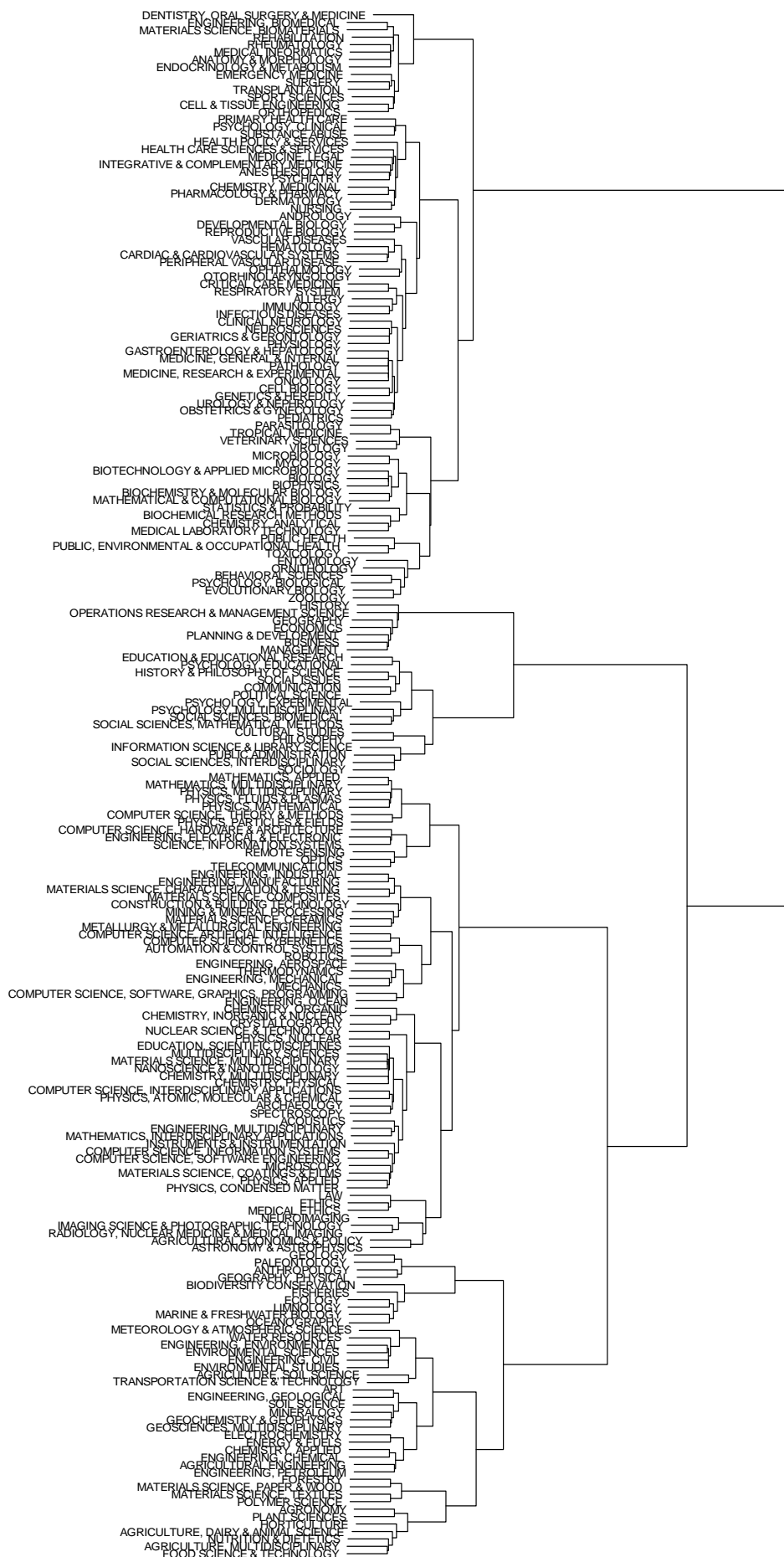
## PRILOGA F

Dendrogram: indeks različnosti iz enačbe Salton cosinus, Wardova metoda združevanja



## PRILOGA G

### Grupiranje referenc – indeks Salton kosinus in Wardova metoda združevanja





## PRILOGA H

Razvrščanje z bločnimi modeli (popravljen Evklidska razdalja na normaliziranih podatkih in Wardova metoda (levo) ter maksimalna metoda (desno) za razvrščanja v skupine

