

nagu oli vanal kreeka rahval, on kadestamisväärt. Ma sooviksin, et ka Eestil oleks niisugune kultuur. Eestlastel kui väikerahval ei ole võimalik suurt võimu omandada ega suuri rikkusi kokku ajada ning maailma maade ja varade üle valitseda. Oma kuulsuse aluseks peaksid meil olema oma kultuuritöö väärtused, ja selle poolest peaksime meie püüdma ikka kõrgemale ja kõrgemale jõuda, võttes eeskujuks selle ammukadunud vaimurikka rahva!

Kui meie noorsugu suure vaimustusega teadusliku töö juure asub, kui meil küllalt noori inimesi on, kes kõige kõrgema rõõmu poole püüavad, mis iseseisev ja rahulik teaduslik töö kaasa toob, siis usun, et meie rahvas, kuigi ta muud ei peaks suutma teha, suudab teiste rahvaste kõrval seista kui rahvas, kes oma väikese arvu peale vaatamata on maailma kultuurisalve toonud uusi väärtusi. Ja kui need midagi muud ei ole kui tõeterakesed, mis meie minevikust ja rahvast on kokku korjatud, siis on see ikkagi üks tera selles suures vaimuväärtuste viljasalves.

Mina sooviksin, minu daamid ja härrad, meie Teaduste Akadeemia avamisel sellele teaduslikule asutusele head edenemist, jõudu ja püsivust! Mina sooviksin, et meie Teaduste Akadeemia oleks selleks kõrgeks kohaks, millele meie ülikooli astuvad noormehed ja neiud kui kauge hiilgava päikese peale vaataksid, mille kiirtest nad tingimata üht osa tahaksid ellu kaasa võtta ja elus edasi viia. Ma olen kindel, Eesti riik saab kõigi saatuse hoopide peale vaatamata ikka sellest kinni pidama, et ta tahab oma kultuuris teistega kaasas käia, — siis ei saa oma kätt kumbki, ei riik ega rahvas, seda asutust, mis meie riigi ja rahva poolt kõrgele kohale on seatud, toetamast ära võtta.

Soovin, minu daamid ja härrad, kõige paremat edu teie töös!

KONSTANTIN PÄTS (1874–1956) oli Eesti Vabariigi president.

EESTI TEADUSE TUMMINE TEE

Ain Heinaru

Kuidas on Eesti teadus paaril viimasel aastakümnel arenenud? Milline on meie teaduse tase praegu N Liidu ajaga võrreldes? Millise koondhinnangu saame sellele anda? Neile küsimustele püüabki järgnev artikkel vastata.

TEADUSE HINDAMISEST

Igasugune hindamine on subjektiivne ja hinnatava suhtes teatud määral ka ebaõiglane. Liiatigi saame teadusavastuste tegelikku tähtsust ja väärtust mõista tavaliselt alles aastate pärast, kui on selgunud nende koht teaduses ja rakendused majandustegevuses. Ometi on juba ainuüksi finantseerimisotsuste tegemiseks vaja teadust hinnata ja esitada etteulatuva toimega ekspertarvamusi. Subjektiivsuse vähendamiseks kasutatakse valdavalt rahvusvahelist hindamist. Teadlaskond aktsepteerib sellist olukorda, sest teadus on oma olemuselt rahvusvaheline ning paremat hindamismoodust pole siiani leitud.

Kas eesti keeles saab teha maailmatasemel teadust? Jah, saab. Kuid seda teavad siis ainult eestlased ise ja need, kes oskavad eesti keelt. Kui jutt on eesti keele uurimisest, siis on see mõnedel juhtudel ka mõistlik. Probleemiks jääb aga see, kuidas võetakse eesti keeles kirjandult meie teadlaste ettekandeid vastu rahvusvahelistel konverentsidel, kus töökeeleks on võõrkeel. Samuti pole eestikeelse teaduse puhul võimalik rahvusvaheline hindamine. Kuivõrd Eesti seadused seda siiski nõuavad, siis hinnataksegi nii meil kui mujal teaduse taset ikkagi rahvusvaheliste publikatsioonide järgi.

Hindamisel on mugav kasutada mitmesuguseid mõõdikuid ehk bibliomeetrilisi indikaatoreid, mille rakendamine on seoses vastavate statistiliste andmebaaside leviku ja täiustumisega viimastel aastatel plahvatuslikult kasvanud. Need andmebaasid on avalikud ja teadlastele kättesaadavad. Teoreetiliselt peaksime saama teaduse "mõõtmisel" objektiivsema pildi, kui võtame arvesse mitut erinevat indikaatorit. Igal juhul on aga adekvaatsete esmajäreluste tegemiseks vaja teada nende indikaatorite sisu.

TEADUSE INFOBAASID (ISI)

Levinuim ja kasutatavaim teaduse andmebaas on Thomson Reutersi kompanii Web of Knowledge andmebaas *Web of Science (WoS)*. See sisaldab umbes 11 000 maailma mõjukaima teadusajakirja publikatsioone ja kolme teadusartiklite tsiteerimisindeksit (*Science Citation Index, Social Science Citation Index, Art&Humanities Citation Index*).

Teadlaste eesmärgiks ei peaks olema mitte lihtsalt publitseerimine rahvusvahelises ajakirjas, vaid publitseerimine rahvusvaheliselt hinnatud ajakirjas. Miks? Sest ka rahvusvahelistes andmebaasides (näiteks CC, ISI, Medline jt) on päris palju ajakirju, milles avaldatud artikleid keegi ei tsiteeri, s.t ilmselt neid ei loetagi.

Käesolevas artiklis on kasutatud loodusteaduste indikaatorite (*Essential Science Indicators* — ESI) andmebaasi (vt <http://esi.isiknowledge.com/home.cgi>), mida täiendatakse *WoS*is kahekuulise intervalliga, kusjuures analüüsiperioodi andmed on koondatud 10–11-aastastesse ajavahemikesse. Aasta lõpus on andmeid 11 aasta kohta, aasta alguses aga 10 aasta ja kahe kuu kohta, sest eelnevast on välja langenud varaseim aasta ja juurde tulnud uue aasta kaks esimest kuud. Seepärast on sõltuvalt valitud hetkest andmete hulk andmebaasis mõneti erinev ja seda seika tuleb andmebaasiga töötades ja andmete võrdlemisel teada. ESI andmebaas võimaldab võrrelda teadlasi, teadusasutusi, riike ja ajakirju. Ta sisaldab umbes 10 miljonit artiklit 22 teadusvaldkonnast (v.a humanitaarteadused).

Järgnevas analüüsis võrdleme perioode 1992–2002, 1995–2005 ja 1998–2008, tähistades need vastavalt aastaarvuga 2002, 2005 ja 2008. Seejuures on 2002. a andmed kirjanduses varem ilmunud (Allik 2003), 2005. a andmed (Kukk 2005) ja töös kasutatud 2007. a andmed (Liivak 2007) on kättesaadavad TÜ teadus- ja arendusosakonnas. Viimase aasta andmed on läbi töötanud siinkirjutaja ise. Lisaks on kasutatud trükis seni veel avaldamata analüüsiandmeid (Allik 2008).

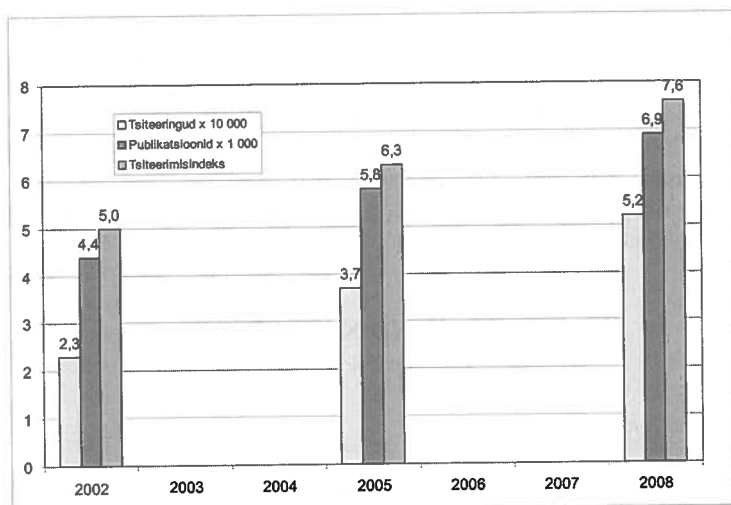
TEADUSINDIKAATORID

Ajakirja mõjutegur

Üheks tähtsamaks teadusindikaatoriks on see, millises ajakirjas või kogumikus teadlane oma töö tulemused avaldab. Kui teadusväljaandes publitseeritud artiklit teised teadlased tsiteerivad, siis on sellel artiklil laiem ja suurem teaduslik väärtus — see on nii selge ja ilmne, et ei vaja nähtavasti tõestamistki. Igal hetkel saab igale ajakirjale leida tema mõjuteguri (*impact factor* — IF) ehk tsiteerimisindeksi, mis näitab, kui palju vastavas ajakirjas avaldatud artiklit teatud perioodil keskmiselt tsiteeritakse. Mida suurem IF, seda parem on ajakiri. Eri distsipliinidel on aga erinev hulk ajakirju, mistõttu neil erialadel, kus ajakirju ja teadlasi on maailmas rohkem, on ka ajakirjade IF suurem. Lihtsustatult öeldes on publitseerijaid rohkem, ja kuna ajakirjade arvu pole mõtet lõpmatult suurendada, siis karmistatakse selle asemel artiklitele esitatavaid nõudeid ja tihendatakse retsensentide sõela.

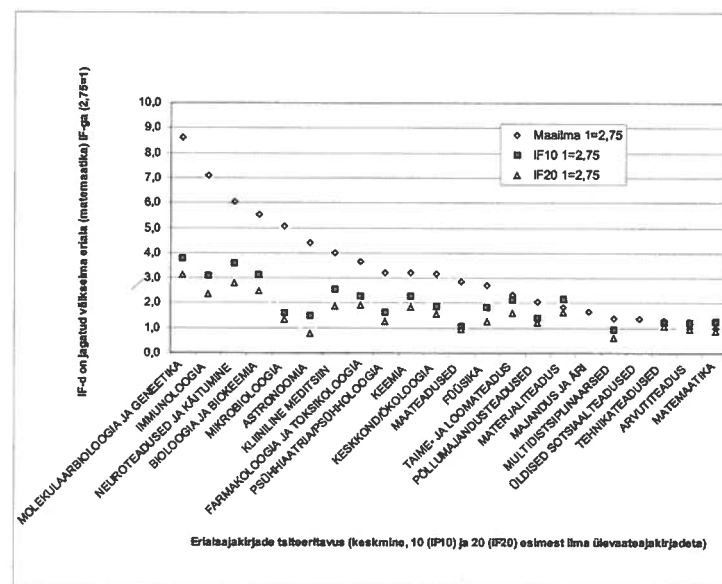
Tsiteeringud artikli kohta (viidatavus)

Kui teadlase töid tsiteerivad teised teadlased, siis on ta neile "tuntud" ja tema teadustöö tulemused väärt tsiteerimist. Mida rohkem mingit artiklit tsiteeritakse, seda parem see on. Vastav teadusindikaator on üks paremaid iseloomustamiseks nii iga üksiku teadlase, teadusasutuse kui ka riigi teaduse taset. Selle indikaatori puuduseks on teadusartiklite arvu (teadlase produktiivsuse) arvestamata jätmine ja raskused erialade omavahelisel võrdlemisel.



Joonis 1. Artiklite ja tsiteeringute arv ning artiklite keskmise tsiteerimisindeksi muutus.

Praegu on WoS-andmebaasi kõigi ajakirjade artiklite keskmine tsiteeritavus 9,05. Eesti teaduse tsiteerimisindeks on 7,55, seega 83% maailmateaduse tasemest, mis on väga hea tulemus (tabel 1, joonis 1). 2005. aastal oli meie keskmine tsiteerimisindeks 6,33, maailma keskmine aga 8,54. Eesti näitaja tõus sel perioodil (1,22) on olnud peagu kaks ja pool korda suurem maailma indeksi tõusust (0,51). 2002. aastal oli Eesti tsiteerimisindeks 5,03. Nende näitajate põhjal võib prognoosida Eesti teaduse keskmise taseme tõusu maailma keskmisega võrdseks paari aasta jooksul. Põhjanaanabritest (näiteks Soomest – 11,43) oleme veel kaugel maas, kuid edestame teisi naabreid. Venemaa (3,88), Leedu (4,79) ja Läti (5,76) on jäänud oma näitajatega peaaegu samale tasemele, kus oli Eesti nõukogude aja lõpus. Eesti teaduse viimaste aastate väga kiire edu põhjused vajavad veel selgitamist. Kuid meeldib on see igal juhul.



Joonis 2. Erialajakirjade suhteline tsiteeritavus maailmas: koos ja ilma ülevaate- ja "kultusajakirjadeta".

Tsiteerimisindeksite võrdlus erialati

Erialati on keskmine tsiteeringute arv artikli kohta väga erinev, vahemikus 2,75 (matemaatika) kuni 23,6 (molekulaarbioloogia ja geneetika; tabel 1). Kui võrdsustame matemaatika keskmise tsiteeritavuse ühega, siis näiteks molekulaarbioloogia vastav näitaja oleks ligi 9 (joonis 2). Seega peaksime matemaatika ja molekulaarbioloogia omavahelise võrreldavuse saavutamiseks matemaatika tsiteeringute arvu justkui üheksaga korrutama. Tegelikult ei väljenda see suhe aga objektiivset reaalsust, sest liialt suur osa tsiteeringutest langeb ülevaateartiklitele ja laiale auditooriumile suunatud väljaannete artiklitele. Seepärast soovitatakse tsiteeringutest kõrvaldada aastaväljaanded (*Ann. Rev...*), ülevaateartikleid avaldavad väljaanded (*Curr. Opin., Trends...*) ja laia auditooriumiga nn kultusajakirjad (*Nature, Science, Cell* jt). Publikatsioonid

TABEL 1. Eesti ja Eesti naabrite võrdlus teadusartiklite tsiteeringute alusel.

	Maailma keskmine	Riikide arv	Eesti	Eesti koht	Soome
Molekulaarbioloogia ja geneetika	23,60	88	22,38	25	24,26
Immunoloogia	19,47	90	10,51	64	16,72
Neuroteadused ja käitumine	16,67	80	11,02	39	16,13
Bioloogia ja biokeemia	15,20	99	12,67	28	16,22
Mikrobioloogia	13,94	87	9,70	51	14,58
Astronoomia	12,10	66	7,08	48	9,29
Kliiniline meditsiin	10,98	106	9,28	52	16,26
Farmakoloogia ja toksikoloogia	10,01	88	9,74	28	10,28
Psühhiaatria/psühholoogia	8,82	82	5,32	49	9,13
Keemia	8,79	93	8,39	27	8,62
Keskkonnateadus/ökoloogia	8,72	100	9,27	27	10,99
Maateadused	7,83	101	4,88	75	9,49
Füüsika	7,41	87	4,98	57	9,79
Taime- ja loomateadus	6,39	106	6,52	32	7,03
Põllumajandusteadused	5,61	98	4,38	45	10,21
Materjaliteadus	5,04	78	7,36	6	5,17
Majandus ja äri	4,50	81	0	0	3,62
Multidistsiplinaarsed uuringud	3,76	72	6,11	34	2,89
Üldised sotsiaalteadused	3,72	101	2,75	57	4,45
Tehnikateadused	3,51	96	2,93	52	4,57
Arvutiteadus	2,76	78	1,37	61	2,47
Matemaatika	2,75	83	1,92	52	3,37
Kõik valdkonnad	9,05	147	7,55	50	11,43

nendes ülikõrge IFiga ajakirjades on omaette käsitletav teadustulemuslikkuse näitaja.

Kui me kõrvaldame nimetatud väljaanded ja võtame aluseks

Soome koht	Läti	Läti koht	Leedu	Leedu koht	Vene-maa	Vene-maa koht	Eesti % maailmast	Soome % maailmast
20	13,94	50	12,19	56	6,41	86	95	103
26	12,02	54	10,70	63	9,34	75	54	86
18	9,40	47	7,37	60	6,83	62	66	97
16	8,31	50	9,89	36	6,84	62	83	107
25	11,76	42	9,07	56	5,36	82	70	105
35	0	0	4,76	61	6,14	55	59	77
5	10,96	36	8,97	55	3,03	103	85	148
22	14,54	3	8,02	35	8,64	32	97	103
14	34,00	2	6,20	36	1,90	81	60	104
25	4,03	72	4,05	68	2,92	86	95	98
17	4,95	71	2,79	97	5,06	69	106	126
22	6,51	4	5,86	63	3,19	96	62	121
13	5,75	47	4,70	60	5,55	49	67	132
28	7,24	27	3,87	72	3,18	88	102	110
2	0	0	4,49	43	1,68	97	78	182
27	3,15	57	2,56	67	2,18	73	146	103
30	0	0	0,77	79	2,39	54	0	80
55	3,60	51	0	0	0,46	68	163	77
14	0	0	1,25	97	0,96	100	74	120
11	2,76	55	2,75	58	2,22	80	83	130
24	2,50	23	1,13	68	1,14	67	50	89
16	0	0	1,56	66	1,41	70	70	123
14	5,76	80	4,79	105	3,88	120	83	126

näiteks ülejäänud 10 või 20 parima erialaajakirja keskmised artiklite tsiteeringud, siis saame erialati juba palju ühtlasemad ja võrreldavamad tulemused. Kahekümne ajakirja puhul on erine-

vused erialati vaid vahemikus ühest kolmeni (joonis 2). Enamik erialasid on suhteliselt võrdselt tsiteeritavad. Erandiks on madalama tsiteeringuga arvutiteadused, matemaatika, tehnikateadused ja maateadused. Kõrgema tsiteeritavusega on seevastu biomeditsiiniga seotud erialad: molekulaarbioloogia ja geneetika, neuroteadused ja immunoloogia ning bioloogia ja biokeemia. Neile järgnevad kliiniline meditsiin ja farmakoloogia ning toksikoloogia. Kuid ka siin on vaja teada näitajate sisu, sest geneetika eraldivõetuna (ja ka koos genoomikaga) on tegelikult keskmise tsiteeritavuse rühmas, rakubioloogia aga tipus. See tähendab, et erialasiseselt on kitsamatel erialadel veelgi suuremad omavahelised erinevused kui erialade vahel, kuid siiski üldjuhul vaid paarikordsed.

Tsiteeringute koguarv (teadusnähtavus)

Üksikteadlase tsiteeringute koguarv sõltub paraku väga suurel määral tema artikli kaasautorite labori "mainest", kaasautorite arvust ja sellest, kus teadustöö on tehtud (meil või välismaal), samuti sellest, kas tegemist on üksikprojekti või väga suure kollektiivi tööga. Teadlase tsiteeringute koguarv ei näita sageli tema individuaalse osaluse määra artiklites. Tsiteeringute koguarv sõltub suurel määral ka sellest, mitu aastat on teadlane teadusega tegele- nud. Seepärast tuleks teadlase viidatavust normeerida tema "akadeemilise vanuse" järgi. Lihtsaks ja heaks näitajaks on teadlase tsiteeringute iga-aastane juurdekasv.

Tsiteeringute koguarv teadusasutuste ja riikide tasemel on aga juba suhteliselt objektiivne näitaja ning sisuliselt on siin tegu rahvusvahelise teadusnähtavusega. Eesti teadlaste artiklite tsiteeritavus tõusis ajavahemikul 2002–2008 üle 2,3 korra (2002. a — 22 274, 2005. a — 36 834 ja 2008. a — 52 027), kui võrrelda omavahel sama pikki, umbes 10-aastasi perioode (joonis 1).

Artiklite koguarv (teadusmahukus)

Publitseerida on vaja üha enam, kuid samal ajal on vaja tõsta või vähemalt säilitada teadusartiklite kvaliteeti. Vaid nii saab suurendada riigi rahvusvahelist teadusmahukust. Ajavahemikul 2002–

2008 suurenes Eesti autorite (täpsemalt nende, kes on töö tegemise kohaks märkinud artiklis Eesti) publikatsioonide koguarv 1,55 korda (2002. a — 4429, 2005. a — 5821 ja 2008. a — 6887) ja tsiteeringute arv artikli kohta 1,51 korda (2002. a — 5,03, 2005. a — 6,33 ja 2008. a — 7,55). Seega on teadusmahukuse kasvuga teaduskvaliteet säilinud. Arvestades aga tsiteeringute koguarvu 2,33-kordset suurenemist samal perioodil, võime järeldada, et meie teadlased on avaldanud oluliselt rohkem väga kõrge teadusliku väärtusega artikleid (tsiteeringuid palju) ja samas ka artikleid, mida pole veel tsiteeritud. Viimasel juhul on põhjuseks ilmselt see, et uutele artiklitele viidatakse aastate vältel ja nende praegune tsiteeritavus ei kajasta viitamise tegelikku taset. Sellest loogikast lähtudes võime tõdeda, et Eesti teaduse tase on 6–7 aastaga tõusnud vähemalt kaks korda.

Hirschi indeks

Ka Hirschi indeks ehk h-indeks (vt Hirsch 2005) põhineb tsiteeringutel, kuid iseloomustab vaid palju tsiteeritavate artiklite arvu. Kui h-indeks on 10, siis on autori kümnele artiklile viidatud vähemalt kümme korda, kui 20, siis on autoril 20 artiklit, millest igatüüpi on viidatud vähemalt 20 korda jne. H-indeks iseloomustab eelkõige konkreetset teadlast ja teatud määral ka teaduskollektiivi (teaduskollektiivi h-indeks ei võrdu teadlaste h-indeksite summaga). Paraku ei näita h-indeks teadlase individuaalset osa rohkelt tsiteeritavates teadusartiklites. Seepärast peavad eksperdid jälgima, kas hinnatav teadlane oli artiklis esimene (töö põhitagija) või viimane autor (kollektiivi juht) või üks paljudest keskmistest autoritest (vaid mingi osalus artiklis). Samuti on tähtis teada, kus vaadeldavat teadustööd tegelikult tehti (kus töötas esimene autor). Üldjuhul on väga headel teadlastel h-indeks vähemalt 10 ning suurepärasel teadlastel üle 20. Nobeli preemia laureaatidest on h-indeks 84%-l vähemalt 30 (Hirsch 2005). Teadlaste h-indeks on kättesaadav WoS-andmebaasidest.¹

¹Vt http://apps.isiknowledge.com/WOS.GeneralSearch.input.do?highlighted_tab=WOS&product=WOS&last.prod=WOS&SID=S2oIDLhncBFIFffHMBM&search.mode=GeneralSearch.

ERINEVUSED ÜKSIKTEADLASE, TEADUSASUTUSE JA RIIGI TASANDIL

Teadlase hindamine vaid üksikindikaatori põhjal on tegelikult äärmiselt ebaobjektiivne ega pruugi kirjeldada tegelikkust. See tõttu tuleb järelduste tegemisel ettevaatlik olla. Üksikteadlase teadusindikaatorite arvestamisel on mõistlik kasutada analoogia spordis rakendatavat normi täitmise põhimõtet. Sellist hindamist meil Eestis ka teatud määral juurutatakse. Neid, kes ületavad teatud normi, riik finantseerib (nn pearaha) või toetab nende teadusprojekte (grandid). Raha hulk määrab normi taseme ehk selle, missugune nivoo tuleb toetuse saamiseks ületada. Teadlaste valimisel ametikohtadele võetakse arvesse veel paljusid teisi teadusindikaatoreid: doktori- ja üliõpilastööde edukas juhendamine, teadusgrantide arv ja maht, teadusprojektide juhtimise kogemus, rahvusvaheline koostöö, esinemine teaduskonverentsidel, teadusteemade finantseerimistase, rahvusvahelised grandid jmt.

Teadusasutusi ei saa hinnata vaid üksikute teadlaste töö tulemuslikkuse summa järgi ning asutuste finantseerimisel ei tohiks esineda suuri kõikumisi, sest muidu ei saa asutus normaalselt funktsioneerida. Siin tuleb eriti arvestada Eesti teadusmahukust ja teaduskontsentratsiooni. Näiteks sotsiaalteadustes annab Tartu 82% ja Tartu ülikool 78% kõigist Eesti sotsiaalteaduslikest artiklitest *WoS*-andmebaasis (Allik 2008). Eestis on teadusasutuste finantseerimise aluseks asutuse positiivne rahvusvaheline teadushinnang ning teadusteemade ja nende täitjate vastavus minimaalsetele kvaliteedinõuetele. Raha eraldatakse teadusteemade alusel ja sellele lisanduvad summad asutuste infrastruktuurikulude katteks ning teaduse baasfinantseerimiseks. Eesti süsteemi eripärad, nagu teaduskvaliteedi miinimumnõuded, konkurentsipõhisus, ametikohtade perioodiline valitavus ja teadusteemade rahvusvaheline hindamine, on ebamugavad ja pakuvad vähe sotsiaalset kindlustunnet, kuid need on olnud Eesti teadusedu tagavateks teguriteks. On moodne koostada teadusindikaatorite põhjal teadusasutuste rahvusvahelise edukuse "edetabeleid". Teravast kriitikast hoolimata näitavad need siiski teadusasutuse mainet ja neid ka arvestatakse, eriti noorte õppimaasumisel ja töökoha valikul.

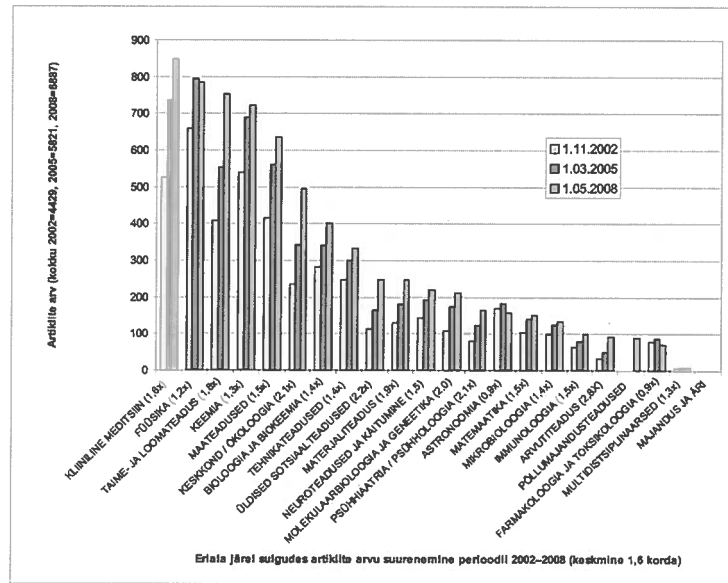
Riikide tasemel ei näita teadusindikaatorid mitte niivõrd vastava riigi teaduse mainet, vaid eelkõige suutlikkust arendada teadmis põhist majandust ja potentsiaalset edukust tulevikus. Riik ei saa teadust hästi juhtida, küll aga saab ta luua tingimused teaduse arenguks. Riigi tasandil on teadusindikaatorid selgelt palju objektiivsemad ja kajastavad tegelikkust märksa adekvaatsemalt kui üksikteadlase ja asutuse tasandil. Juhuslike kõikumiste kõrvaldamiseks on andmebaasides ka kvantitatiivsed piirangud, s.t kui riik ei ületa miinimumnõudeid, siis teda vastava indikaatori rubriiki ei lisata. Näiteks *WoS*-andmebaasis olevast 22 erialast pole Eestit veel ainult majandusteaduse rubriigis.

VANAD KROONIJUVEELID

Publikatsioonide arvu järgi on ajalooliselt meie teadusmahukaimaks erialaks olnud füüsika, millele on järgnenud keemia, kliiniline meditsiin ja maateadused (joonis 3). Praeguseks ajaks on esikohale tõusnud kliiniline meditsiin ning füüsika järel kolmandaks taime- ja loomateadused. Eesti keskmise artiklite arvu tõusuga (1,6 korda) sarnane on olnud kliinilise meditsiini areng, sellest veidi rohkem on suurenenud artiklite arv taime- ja loomateadustes (1,8 korda).

Kliiniline meditsiin areneb Eesti keskmisest kiiremini. Tsiteeringute arv (joonis 4) on vaadeldavates ajavahemikes suurenenud 2,6 (Eesti keskmine 2,3) ja valdkonna artiklite tsiteerimisindeks (joonis 5) 1,6 korda (Eesti keskmine 1,5). Vaatamata sellele ei kannata meie näitajad mingit võrdlust Soome omadega, kes on sellel alal maailmas üks juhtivaid riike (tabel 1). Prekliiniliste distsipliinide (neuroteadused, mikrobioloogia, immunoloogia jt) kasvunäitajad jäävad meie teaduse arengu keskmisele tasemele alla. Kõik see teeb veidi murelikuks ja näitab meie praegusi vajakajäämisi.

Kõige silmatorkavam arengu aeglustumine on täheldatav füüsikas. Keemia arengunäitajad on vaid veidi paremad, maateaduste areng ületab aga kergelt Eesti keskmist.



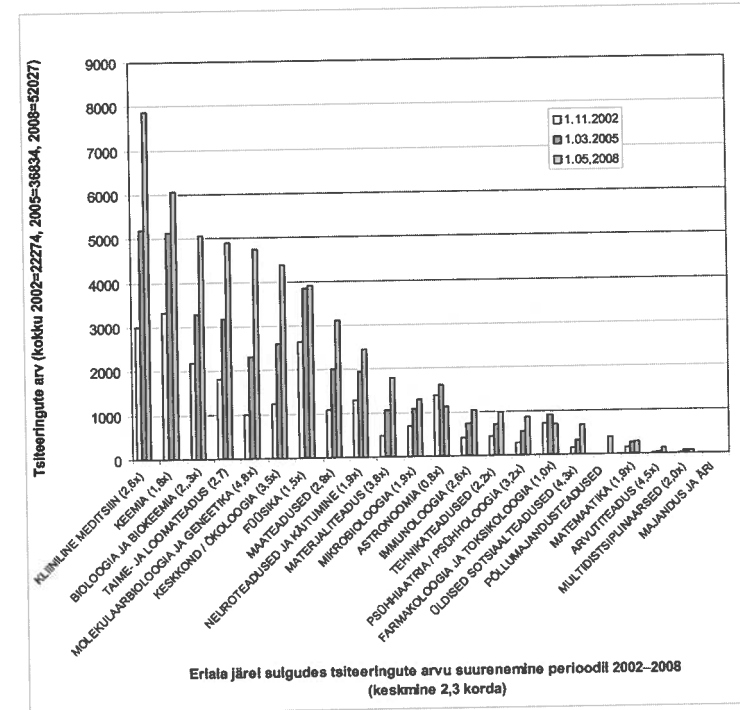
Joonis 3. Eesti teadusmahukus: ISI publikatsioonide arvu muutus.

UUED VÄIKESED TIIGRID

Viimastel aastatel on Eestis kõige kiiremat, isegi ülikiireset arengut näidanud molekulaarbioloogia ja geneetika, kus artiklite arv on suurenenud 2,0, tsiteeringute arv 4,8 ja tsiteeritavus artikli kohta 2,4 korda (joonised 3, 4, 5). Peaaegu sama kiire areng on toimunud arvutiteadustes (vastavalt 2,8, 4,5 ja 1,6 korda). Äärmiselt kiire areng on toimunud ka üldistes sotsiaalteadustes (vastavalt 2,2, 4,3 ja 2,0 korda) ning psühhiaatrias/psühholoogias (vastavalt 2,1, 3,2 ja 1,6 korda). Kiiresti arenevateks valdkondadeks on olnud ka keskkonnateadus/ökoloogia (2,1, 3,5 ja 1,8 korda) ning materjaliteadus (1,9, 3,8 ja 2,0 korda).

HÄÄBUVAD KUULSAD TEADUSVALDKONNAD

Eestis eristub selgelt kaks teaduseriala, mille näitajates toimub selge tagasimineku. Nendeks on astronoomia ja farmakoloogia/tok-

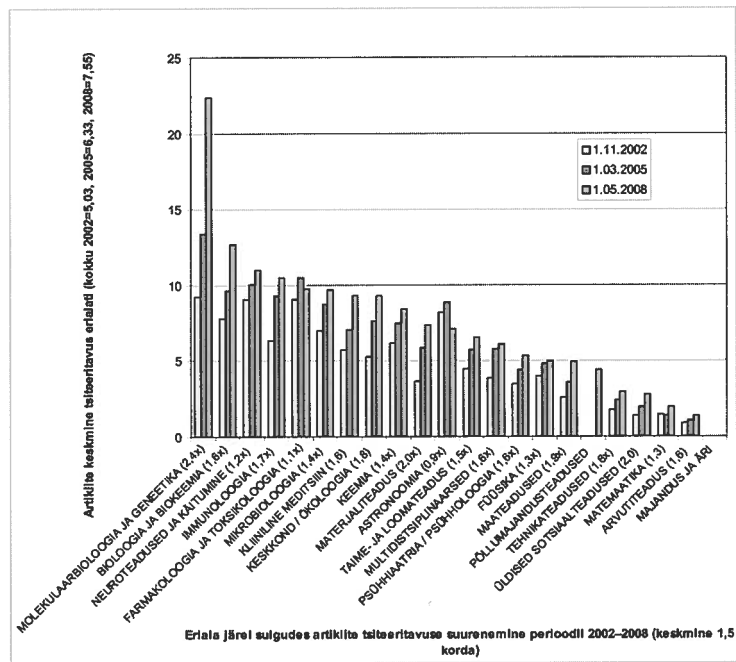


Joonis 4. Eesti teadusnähtavus: Eesti autorite tsiteeritavuse muutus.

sikoloogia (joonised 3, 4, 5). Mõlemad erialad on meil ajalooliselt tugevad olnud, eriti N Liidu perioodil, ja Eesti teadusele iseloomulikud. Astronoomia seostub eelkõige Tartu observatooriumiga, farmakoloogia Tartu ülikooli farmaatsia ja farmakoloogia laboritega, toksikoloogia Tallinna tehnikülikooli ning keemilise ja bioloogilise füüsika instituudiga.

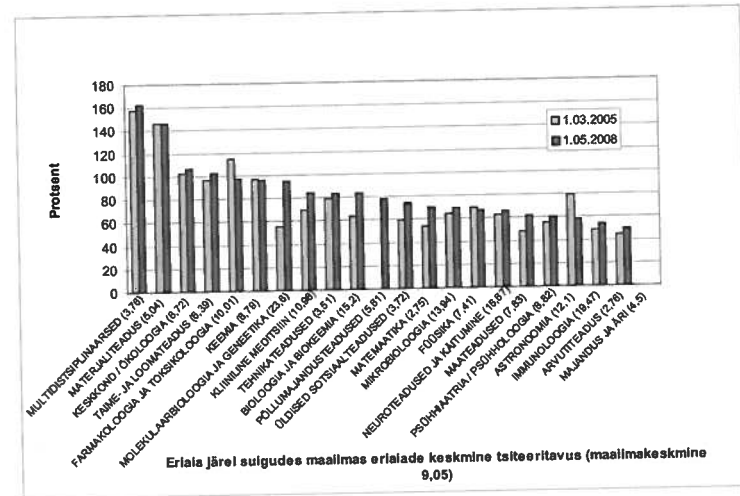
TEADUSTUBLIDUSE "EDETABELID"

Andmebaasid võimaldavad võrrelda Eesti kõigi teadusvaldkondade indikaatoreid maailma vastavate näitajatega. Kuna Eesti on suhteliselt väike riik, siis pole mõtet võrrelda meie teadusartiklite ja tsiteeringute koguarvu teiste riikide omaga. Küllaltki objek-



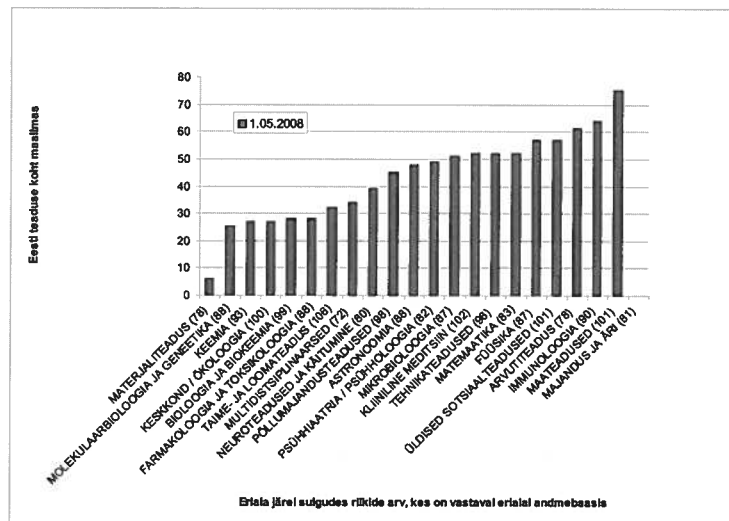
Joonis 5. Eesti autorite artiklite tsiteeritavustaseme muutus.

tiivse pildi annab aga artiklite väärtus, mida antud juhul näitab tsiteeringute arv artikli kohta. Me ületame maailma keskmist taset neljas valdkonnas: multidistsiplinaarsed uuringud (163%), materjaliteadus (146%), keskkonnateadus/ökoloogia (106%) ning taime- ja loomateadus (102%; joonis 6). Multidistsiplinaarsete uuringute edukus pole siiski eriti veenev, sest siin on artiklite arv üliväike (joonis 3). Maailma keskmisele taseme lähedal oleme ikka veel farmakoloogias/toksikoloogias (97%) ja keemias (95%) ning sinna jõudnud molekulaarbioloogias ja geneetikas (95%). Vaatamata arvutiteaduste kiirele arengule on Eesti tase sel alal vaid 50% maailma keskmisest ja seepärast on see eriala ka Eesti teadusvaldkondade edetabeli lõpus. Kliinilise meditsiini (85%) ja bioloogia/biokeemia (83%) ning — mis eriti tähtis — ka tehnika-teaduste areng (83%) on olnud kiire ja kõnealune näitaja lähedane Eesti keskmisele (83%).



Joonis 6. Eesti teadusvaldkondade tase võrreldes maailma teadusvaldkondade keskmise tasemega (protsentides).

Teiseks edetabeli koostamise aluseks on Eest riigi koht (50.) teiste riikide hulgas (kokku 147) teadusvaldkondade kaupa. Kõige vähem riike on tegev astronoomias (66), kõige rohkem taime- ja loomateaduses (106). Materjaliteadustes on Eesti ülikõrgel, 5. kohal (joonis 7). Väga heal kohal, esimese 30 hulgas oleme molekulaarbioloogias ja geneetikas (25. koht), keskkonnateaduses/ökoloogias (27), keemias (27) ja bioloogias/biokeemias (28). Need ongi meie kõige kõrgema tasemega teadusvaldkonnad. Tabeli lõpus, seega teadustasemelt kõige kehvas olukorras oleme füüsikas (57. koht), üldistes sotsiaalteadustes (57), arvutiteadustes (61), immunoloogias (64) ja viimasel kohal maateadustes (75.) Majandusteadustes me edetabelisse veel ei küüni. Tabel näitab kahjuks ka seda, et 52. koht nii kliinilises meditsiinis, tehnikateadustes kui ka matemaatikas pole midagi sellist, mille üle võiksime uhkust tunda.



Joonis 7. Eesti teaduse koht maailmas erialati.

LÕPPJÄRELDUSED

Lähtudes mingist ühest “sobivast” teadusindikaatorist, saab iga eriala näidata end paremana, kui ta tegelikult on. Näiteks veel 2005. aastal oli Eestis kõige rohkem artikleid füüsika valdkonnas, kuid maailmas oleme füüsikaartiklite keskmise tsiteeritavuse järgi riikide hulgas alles 57. kohal. Maateadusartiklite summaarne tsiteeritavus on tõusnud 6–7 aastaga 2,9 korda, mis on palju parem näitaja kui Eesti keskmine (2,3), kuid riikide arvestuses oleme maateadustes tsiteeringutega artikli kohta tegelikult viimasel kohal (75). Arvutiteadustes oli tsiteeringute arvu kasv üks suuremaid Eestis (4,5 korda, Eesti keskmine 2,3), kuid meie tase sellel erialal on vaid 50% maailma tasemest ja meie teadusvaldkonnadest on ta kõige kehvemal kohal. Veel võiksime esile tõsta multidistsiplinaarseid uuringuid (163% maailma keskmisest), kui jätkaksime mainimata, et selle ala artikleid mahub meil andmebaasi alla kümne.

Teadusvaldkondlikke andmeid ei saa üks-ühele kõrvutada ka konkreetse teadlase erialaga, sest valdavalt publitseerib iga tead-

lane artikleid, mis mahuvad 4–5 eri distsipliini alla. Näiteks professorite puhul pole enim artikleid tavaliselt üldse seotud nende ametinimetuses sisalduva teaduserialaga. Siit järeldus: üksikute näitajate põhjal pole võimalik anda adekvaatset hinnangut üksik-teadlase edukusele, veel vähem hinnata tema juhitavat teaduskollektiivi.

Teadusindikaatorite koondanalüüs näitab aga selgelt Eesti teaduse silmapaistvalt kiiret arengut ja edu. Võib vaid tõdeda, et Eesti teaduspoliitilised otsustused on olnud riiklikul tasandil õiged, sest teadustulemuste paranemine on olnud pidev. Publikatsioonide arvu suurenemises on olnud oluline roll teadlaste arvu suurenemisel. Meeldiv on järeldada ka seda, et uued teadlased on varasematest paremate näitajatega. Protsessi jätkamiseks on meil vaja üheaegselt suurendada teadlaste arvu, tõsta nende finantseerimistaset ja parandada teaduse infrastruktuuri. Kui need ülesanded on täidetud, siis oleme varsti maailma esimese tosina teadusriigi hulgas.

Eesti teadusvaldkondi hinnates võime tõdeda, et muu maailmaga võrreldes on meil kõige kõrgemal tasemel materjaliteadus, molekulaarbioloogia ja geneetika, keemia, keskkonnateadus ja ökoloogia ning bioloogia ja biokeemia. Need teadussuunad on muuhulgas olnud Eestis kaetud ka teaduse tippkeskustega. Uued Eesti teaduse tippkeskused on selgelt orienteeritud biomeditsiiniga seotud erialadele, mis on ka maailma tipptrend. Kas nad Eestis ennast õigustavad, see selgub tulevikus. Edaspidised täpsemad analüüsid peaksid seda selgitama.

Kirjandus

- A l i k , J. 2003. The quality of science in Estonia, Latvia, and Lithuania after the first decade of independence. — *Trames*, Vol. 7 (57/52), No. 1, pp. 40–52
- A l i k , J. 2008. Quality of Estonian science estimated through bibliometric indicators (1997–2007). — *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*. [Ilmumas]
- K u k k , Kristi 2005. Teadusindikaatorite andmed 2005. a märtsi seisuga. [Käsikiri]
- L i i v a k , Eva 2007. Teadusindikaatorite andmed 2007. a märtsi seisuga. [Käsikiri]

Hirsch, J. E. 2005. An index to qualify an individual's scientific research output. — *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 102, No. 46, pp. 16569–16572

AIN HEINARU (sünd. 1943) on lõpetanud Tartu ülikooli bioloogia-geograafiateaduskonna (1967), PhD (1971, TÜ), praegu TÜ loodus- ja tehnoloogiateaduskonna geneetikaprofessor. Töötanud varem muu hulgas TÜ molekulaar- ja rakubioloogia instituudi direktorina (1990–1995), haridusministeeriumi teaduse ja kõrghariduse osakonna juhatajana (1995–1998), TÜ bioloogia-geograafiateaduskonna dekaanina (1998–2002) ning TÜ teadusprorektorina (2002–2007).

VALIK ARVAMUSI LÄBI AASTATE

Ain-Elmar Kaasik

Eesti Teaduste Akadeemia aastaraamatu esimene köide ilmus pisut enne akadeemia likvideerimist 17. juulil 1940. a. Ajavahe-
mikus 1969–1988 andis 1946. a taastatud ning vastavalt tolle-
aegsete juhtorganite määrusele Eesti NSV Teaduste Akadeemiaks
kujundatu regulaarselt välja venekeelseid aruandeid, milles kajas-
tus akadeemia ja selle asutuste teaduslik ja teaduslik-organisat-
siooniline tegevus. 1989. a ülevaade ilmus eesti- ja venekeelse
väljaandena, oli senistest ulatuslikum ja see anti esmakordselt
eraldi välja ka inglise keeles. Aastatel 1990–1995 kandsid an-
naalid nimetusi *Eesti Teaduste Akadeemia aastaaruanne*, *Eesti
Teaduste Akadeemia teaduslikud publikatsioonid* ja *Annual Re-
port of the Estonian Academy of Sciences*.

1996. aastal otsustati taastada 1940. a regulaarse väljaandena
kavandatud *Eesti Teaduste Akadeemia Aastaraamat*. 1997. a al-
guskuudel koostatud raamatus on ülevaade akadeemia 1996. a te-
gevuse, liikmeskonna, assotsieerunud seltside jms kohta. Aasta-
raamat sai järjekorranumbriks II (29), kusjuures sulgudes märgi-
tud arv kajastab eelmainitud annaale. 23. aprillil 2008. a toimunud
üldkogu aastakoosolekuks ilmunud aastaraamat kannab numbrit
XIII (40), mis näitab, et väljaanne on muutunud regulaarseks. Pa-
ralleelselt inglise keeles ilmuv aastaraamat (*Estonian Academy of
Sciences Year Book*) on aidanud tutvustada Eestis tehtavat tea-
dustööd ja sellega seonduvat ka mujal. Alates aastaraamatust II
(29) on toonase presidendi akadeemik Jüri Engelbrechti ettepa-
nekul avatud täiendav rubriik “Arvamusi akadeemikutelt”. Selles
on akadeemikud üsna vabas vormis käsitlenud mitmesuguseid ak-
tuaalseid küsimusi, eelkõige hariduse, teadustöö ning ühiskonna
suhteid. Rubriigis on avaldatud ligi kaks ja poolsada kirjutist,
millest osa piirdub mõne reaga ning teised on see-eest üsna ula-
tuslikud esseed.