

KUIDAS MÕÕTA EESTI TEADUST

Jüri Allik

Mis kasu on avastusest või geniaalsest ideest, mis jääb lebama uurija lauashtlisse? Mitte midagi! Seepärast ongi kolleegide teavitamine saadud tulemustest teadusetegemise lahutamatu osa.

Kolleegid kas kinnitavad või lükavad need tulemused ümber. Tulemustest teavitamiseks on mitmeid vahendeid, kuid kõige tõhusamad neist on teadusajakirjad. Maailma suurim teadusinformatsiooni andmebaas ISI *Web of Science* (WoS) jälgib seda, millised artiklid ilmuvad maailma 9500 juhtivas teadusajakirjas ja millistele allikatele need artiklid omakorda viitavad. Igal aastal lisandub sellesse andmebaasi 1,1 miljonit uut artiklit, milles viidatakse 23 miljoni varem ilmunud tööle. WoS ise koosneb kolmest tsiteerimisindeksist – *Science Citation Index Expanded*, *Social Sciences Citation Index* ja *Arts & Humanities Citation Index*, mis katavad vastavalt loodus- ja täppisteaduste, sotsiaalteaduste ja humanitaaria valdkonda kuuluvaid ajakirju.

BIBLIOMEETRIA

Pole mingi ime, et tänu andmebaasi suurusele ja esinduslikkusele on teadlased hakanud andmebaasi ennast uurima samade meetoditega, millega uuritakse loodust, et välja selgitada teaduse tegemise arvulisi seaduspärasusi. Kuid WoS on teadlastele kasulik ka uurimistöökavandamisel. Samuti teaduse administraatoritele, kes peavad otsustama, kuidas on otstarbekas kasutada teadusele eraldatud raha.

Teadustöö tulemuslikkust ja kvaliteeti saab hinnata mitmete näitajate põhjal. Teadust võib näiteks hinnata teadusliku viljakuse (publikatsioonid), mõjukuse (viited töödele), tunnustuste (Nobeli jt preemiad) või siis praktiliste rakenduste (patendid ja litsentsid) põhjal. Kuigi ükski neist näitajatest ei oma absoluutset prioriteeti, on bibliomeetrilised näitajad vähemalt alusuuringute puhul mitte üksnes kõige lihtsamad kasutada, vaid ka kõige usaldusväärsemad.

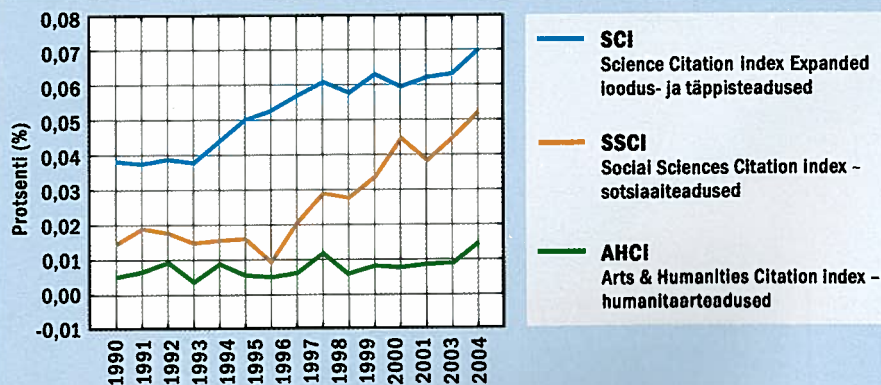
Milline on Eesti panus maailma teadusesse? Kindlalt saab väita, et panus on viimase 15 aastaga pidevalt kasvanud. Näiteks 1990. aastal avaldasid Eestis töötavad teadlased ajakirjades, mida jälgib WoS, natuke alla 300 artikli, mis oli ligikaudu võrdne Lätist ja Leedust pärit publikatsioonide arvuga. 2004. aastal oli pilt aga selline: Leedul 899, Eestil 795 ja Lätil vaid 377 artiklit. Suhtarvudes on järjekord muidugi teine: miljoni elaniku kohta on Eestil 666, Leedul 234 ja Lätil

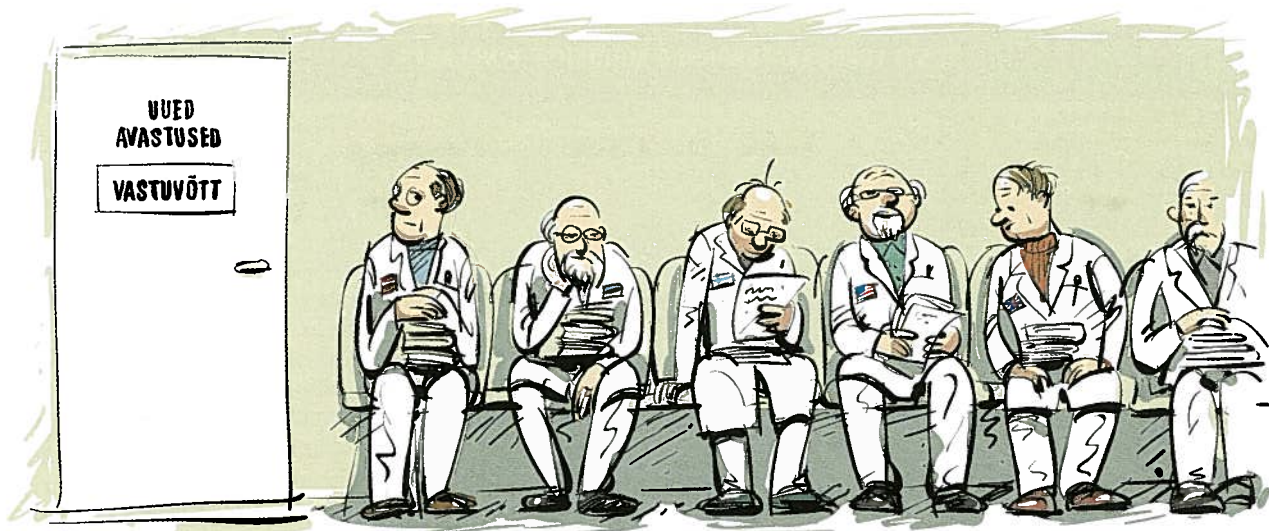
164 publikatsiooni. Eesti ja Leedu enam kui kahekordne kasv on märkimisväärne isegi siis, kui arvestada, et indekseeritavate artiklite maht ise on viimase 15 aasta jooksul umbes 30 protsendi võrra kasvanud. Pildi sellest, kuidas on muutunud Eesti teaduse osakaal WoS-i kolmes indeksis, annab artiklile lisatud joonis.

Eesti teadlaste loodus- ja täppisteaduste ning sotsiaalteaduste alaste publikatsioonide arvu kasv on olnud päris tõhus, jõudes vastavalt 0,07 ja 0,05 protsendini maailmas ilmuvatest artiklitest nendes valdkondades. Humanitaaria väiksemas osakaalus ja paigalseisus on osaliselt süüdi humanitaarindeksi AHCI vildakus, mis ei soosi Euroopat ja väikerahvaste kultuure.

Kuigi artiklite arvu pidev kasv on rõõmustav, jääb Eesti teadus 2004. aastal oma viljakuselt maha Soomest umbes kaks ja pool korda, ning seda isegi siis, kui võtta arvesse rahvaarvu ligi neljakordne erinevus. Näiteks Island on Ees-

EESTI SUHTELINE OSAKAAL MAAILMA TEADUSES





tist rahvaarvu poolest ligi viis korda väiksem, kuid avaldas 2004. aastal 541 kõnealusel tasemel artiklit, mis jääb vaid natuke alla Eesti teadlaste panusele. Põhjamaade tasemele jõudmiseks peaksid Eesti teadlased seega senisest vähemalt kaks-kolm korda rohkem artikleid avaldama.

Üheks Eesti teaduse edukuse põhjuseks on kindlasti koostöö teiste riikide teadlastega. Viimase kümne aastaga (1995–november 2005) on Eestis tegutsenud teadlased avaldanud 6965 WoS-i andmebaasis kajastuvat artiklit, kusjuures enamik neist on kirjutatud koos kolleegidega teistest maadest. Maad, kust kõige sagedamini pärinevad meie teadlaste kaasautorid, on esitatud järgnevas tabelis.

EESTI TEADLASTE KAASAUORITE SAGEDASEMAD PÄRITOLUMAAD

	Artiklite arv	Osakaal (%)
Rootsi	900	12,9
Soome	828	11,9
Saksamaa	621	8,9
Ameerika Ühendriigid	581	8,3
Inglismaa	304	4,4
Venemaa	300	4,3
Prantsusmaa	287	4,1
Itaalia	207	3,0
Holland	171	2,5
Norra	158	2,3
Taani	155	2,2

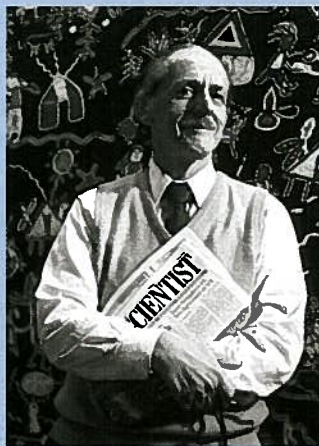
Eesti autorlusega artiklitest 64,8 protsenti on kirjutatud koostöös 11 olulisema partneriga. Lisaks on veel 690 kirjutist ehk ligikaudu kümnendik artiklitest,

mille kaasautorid pärinevad Kanadast, Poolast, Lätist, Leedust, Šveitsist, Belgiast, Ungarist ja Austriast. See näitab üsna ilmekalt, et teadus on rahvusvaheline ettevõtmine ja Eesti on ennast rahvusvahelises koostöövõrgustikus üsna kindlalt sisse seadnud.

Kuid ühe riigi teadust hinnates ei saa piirduda vaid artiklite koguarvuga. Tuleb hinnata ka kvaliteeti, mille päris heaks, kuid mitte ainsaks, näitajaks on

tsiteeringud. Tsiteeringud iseloomustavad seda, kuidas teaduslikud ideed on teiste uurijate poolt vastu võetud. Näiteks Venemaa on tänu oma suurusele WoS-is avaldatud artiklite üldarvu ja neile tehtud viidete poolest maailma 145 tippriigi seas vastavalt 8. ja 14. kohal. Ent artiklite mõjukuse poolest – viidete arv ühe artikli kohta – alles 120-s!

Teadustöö kvaliteedi hindamiseks sobib kõige paremini ISI *Essential Science*



Eugene Garfield

BIBLIOMEETRIA

Bibliomeetria on teadusharu, mis uurib teaduslike publikatsioonide arvu või ehk kvantitatiivseid seaduspärasusi. Selle suhteliselt noore teadusvaldkonna pioneeriks on Eugene Garfield, kes veidi rohkem kui 50 aastat tagasi rajas 500-dollarilise laenu abiga asutuse, millele pani nimeks *Institute for Scientific Information* ehk Teadusliku Informatsiooni Instituut. Instituut asus esialgu Garfieldi kodus garaazis, kus ta hakkas koopiomasina abiga paljundama äsja trükist ilmunud keemiaajakirjade sisukordasid ning saatma neid asutustele ja teadlastele. Selgus, et üha suurenevas informatsioonilvas oli tekkinud vajadus selle järele, et keegi hakkaks pidama arvet, mis üldse ilmub teadusajakirjades.

16. septembril 2005 sai Eugene Garfield 80-aastaseks. Kuid täpselt 50 aastat tagasi, 1955, avaldas Garfield artikli, mis kandis pealkirja "Tsitereimisindeks teaduse jaoks: uus dokumenteerimise mõõde ideede assotsiatsioonide kaudu". See pani aluse tema poolt loodud tsitereimisindeksitele, mis ilmusid turule 1963. aastal. Praeguseks hetkeks sisaldab ISI *Web of Science* ligikaudu 36 miljoni teadusliku artikli kirjeldust koos kõigi neis sisalduvate viidetega. 1992. aastal müüs Garfield oma instituudi esialgsest investeeringust tuhandeid kordi suurema summa eest Thomsoni korporatsioonile, mille aastakäive 2004. aastal oli 8,4 miljardit USA dollarit ja kus töötas 38 000 inimest, pakkudes teenuseid umbes 20 miljonile inimesele. •

EESTI TEADUSVALDKONNAD MÕJUKUSE PINGEREAS

TEADUSVALDKOND

	Artiklid	Viited	Mõjukus	Koht mõjukuse pingereas	Mõjukuse juurdekasvu protsent
Materjaliteadus	180	1 055	5,86	5	60
Farmakoloogia-toksikoloogia	86	901	10,48	14	16
Keemia	689	5 139	7,46	27	21
Taime- ja loomateadus	553	3 171	5,73	27	28
Keskkonnateadus ja ökoloogia	342	2 592	7,58	27	43
Bioloogia ja biokeemia	341	3 288	9,64	31	24
Astronoomia	182	1 615	8,87	32	8
Neuro- ja käitumisteadused	193	1 933	10,02	38	11
Multidistsiplinaarsed teadused	10	58	5,8	39	50
Matemaatika	141	257	1,82	45	24
Tehnikateadused	301	715	2,38	47	34
Psühhiaatria ja psühholoogia	122	535	4,39	47	28
Füüsika	794	3 844	4,84	48	22
Molekulaarbioloogia ja geneetika	173	2 315	13,38	50	44
Mikrobioloogia	124	1 086	8,76	53	26
Kliiniline meditsiin	737	5 199	7,05	61	23
Arvutiteadus	50	53	1,06	63	25
Üldine sotsiaalteadus	164	322	1,96	64	39
Immunoloogia	80	742	9,28	67	46
Geoloogia	559	2 014	3,6	77	40

Indicators, mis riigi panuse hindamisel võtab aluseks 50 protsenti selle riigi mõjukamatest publikatsioonidest viimase kümne aasta jooksul (1. jaanuar 1994 – 31. detsember 2004). Hea uudis on see, et Eesti suudab ületada olulisuse künnise 20-s valdkonnas 22-st, milleks kogu teadus selles andmebaasis (välja arvatud humanitaaria) on jagatud. Halb uudis on aga, et kahes valdkonnas – põllumajandus- ja majandusteaduses – ei küüni Eestis tehtud uurimistöö veel olulisuse künniseni. Ka teadusvaldkondade pingerida, mis lähtub Eesti kohast maailma riikide mõjukuse pingereas (eelviimane tulp), on esitatud artiklile lisatud tabelis.

Mõjukuselt, mida mõeldakse artiklite ja viidete omavahelise suhtearvuga, on Eesti teadustest kõige kõrgemal kohal materjaliteadus, mis on maailma riikide seas oma valdkonnas mõjukuselt viies. Eesti farmakoloogia-toksikoloogia on maailmas mõjukuselt 14. kohal. Selle valdkonna mõjukuselt esimene riik maailmas on aga hoopis ... Läti! Lätlased on avaldanud üsna vähe artikleid, kuid enamik neist on osutunud selles valdkonnas hästi tsiteerituks.

Positiivne on kindlasti see, et võrreldes näiteks kolme aasta taguse olukorraga, on Eesti teadus kõigis 20 valdkonnas kasvanud nii mahus kui kvaliteedis. Selle muutuse tagajärjel on Eesti teaduse summaarne mõjukustegur tõusnud 5,0-lt 6,3-ni, mis on oluliselt kõrgem Venemaa näitajast (3,2), kuigi jääb alla Soomele (10,5) ja Rootsile (11,1). Viimane tulp vastavas tabelis näitab seda, milline on olnud valdkonna mõjukuse kasvutegur. Selle järgi on mõjukus kasvanud kõige rohkem materjaliteaduses (60 protsenti) ja kõige vähem astronoomias (8 protsenti), kus tase oli juba varasemalt piisavalt kõrge. Geoloogia pole kogu pingereas muidugi viimane, kuna 145 teadusriigi seas on 77. koht tubli saavutus.

Vaadates kõnealust tabelit, torkab kohe silma see, et artiklite ja viidete arv on valdkonniti väga erinev. Nii see tõepoolest ka on. Näiteks selleks, et 2000. aastal ilmunud artikkel jõuaks 2005. aasta augustis WoS-is ühe protsendi kõige tsiteeritumate artiklite tippu, oli mateemaatikas vaja, et seda artiklit oleks tsiteeritud 23 korda, tehnikateadustes aga 31 korda. Molekulaarbioloogias ja ge-

neetikas jõudis tsiteeritavuse tippu vaid selline artikkel, millele oli viidatud vähemalt 217 korda. Immunoloogias oli selleks vaja koguda 155 ja neuroteadustes 129 viidet. Seega tuleb valdkondade võrdlemisel arvestada publikatsioonide ja tsiteeringute üldarvu valdkondlikke erinevusi.

Eesti autorite osalusel kirjutatud kümne enam tsiteeritud artikli loetelu on samuti käesolevale kirjutisele lisatud, ja nagu võib viitamise üldise intensiivsuse erinevustest järeldada, on suurem osa esikümne artiklist molekulaarbioloogilise, meditsiinilise või neuroteadusliku sisuga. Kuid absoluutsete tsiteerimisklassikutega neid töid muidugi võrrelda ei saa. Näiteks on maailmas viimase paarikümne aasta kõige sagedamini tsiteeritud P. Chomsky ja N. Sacchi artikkel aastast 1987 "Single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate phenol chloroform extraction. Analytical Biochemistry", mis kirjeldab meetodit, kuidas välja eraldada RNA-d. Toda tööd oli 2005. aasta 4. novembri seisuga tsiteeritud 54 510 korda.

Hiljuti tuli Jorge Hirsch California Üli-

koolist välja teravmeelse ettepanekuga mõõta teadlase mõjukust lihtsa H-indeksi abil. H-indeks näitab seda, milline on mingi teadlase suurim arv artikleid N, mida on tsiteeritud vähemalt n korda. Näiteks kui teadlasel on ilmunud 10 artiklit, mida igaühte on viidatud 10 või enam arv korda, siis on selle teadlase H-indeks 10. Füüsikute seas on kõige suurem H-indeks superstringide ja M-teooria loojal Edward Wittenil, kes on avaldanud 110 artiklit, mida on üle 110 korra viidatud. Teadaolevalt kõige kõrgem H-indeks – 191 – on aga neurofarmakoloogil Solomon Snyderil John Hopkinsi Ülikoolist. Arvatakse, et korralikus ülikoolis professoriks saamiseks piisab reeglina, kui H-indeks on üle kümne.

Ent põhimõtteliselt saab H-indeksit kasutada ka riigi teaduse edukuse hindamiseks. Näiteks viimase kümne aasta jooksul WoS-is indekseeritud artiklite põhjal on Eesti teaduse H-indeks 62: on ilmunud 62 tööd, mida on viidatud 62 või enam korda. Läti H-indeks on 46 ja Leedul 54. Samas on meist neli korda väiksema Islandi H-indeks 79, mis näitab, et kuigi nad avaldavad meist vähem artikleid, on need kaalukamad. Selleks, et võrdlusest Läti ja Leeduga mitte liiga hoogu sattuda, tasub vaadata pigem põhja poole. Näiteks Soome viimase kümne aasta H-indeks on kogunisti 201.

Niisiis on Eesti teadusel veel üsna suur kasvuruum, kuigi viimasel 15 aastal on areng olnud kiire. Kindlasti on kiires kasvus oma osa Eesti Teadusfondil, kes on soosinud sellist teadust, mis üritab avastada midagi uut ja kasulikku ning lubaks kaasa rääkida maailma teaduses.

KÜMME ENAM TSITEERITUD EESTI AUTORLUSEGA ARTIKLIT AJAVAHEMIKUST 1991– NOVEMBER 2005

Arv näitab viidete arvu seisuga 4. november 2005.

Eestiga seotud autorid on toodud poolpak-sus kirjas.

- 350 – Forette, F.; Seux, M. L.; Staessen, J. A.; Thijs, L.; Birkenhager, W. H.; Babarskiene, M. R.; Babeanu, S.; Bossini, A.; Gil-Extremera, B.; Girerd, X.; Laks, T.; Lilov, E.; Moiseyev, V.; Tuomilehto, J.; Vanhanen, H.; Webster, J.; Yodfat, Y., & Fagard, R. (1998). Prevention of Dementia in Randomised Double-Blind Placebo-Controlled Systolic Hypertension in Europe (Syst-Eur) Trial. *Lancet*, 352(9137): 1347–1351.

- 301 – Rigler, R.; Mets, U.; Widengren, J., & Kask, P. (1993). Fluorescence Correlation Spectroscopy With High Count Rate and Low-Background – Analysis of Translational Diffusion. *European Biophysics Journal With Biophysics Letters*, 22(3): 169–175.

- 287 – Näätänen, R.; Lehtokoski, A.; Lennes, M.; Cheour, M.; Huotilainen, M.; Iivonen, A.; Vainio, M.; Alku, P.; Ilmoniemi, R. J.; Luuk, A.; Allik, J.; Sinkkonen, J., & Alho, K. (1997). Language-Specific Phoneme Representations Revealed by Electric and Magnetic Brain Responses. *Nature*, 385(6615): 432–434.

- 281 – Timmusk, T.; Palm, K.; Metsis, M.; Reintam, T.; Paalme, V.; Saarma, M., & Persson, H. (1993). Multiple Promoters Direct Tissue-Specific Expression of the Rat Bdnf Gene. *Neuron*, 10(3): 475–489.

- 272 – Pooga, M.; Soomets, U.; Hallbrink, M.; Valkna, A.; Saar, K.; Rezaei, K.; Kahl, U.; Hao, J. X.; Xu, X. J.; Wiesenfeld-Hallin, Z.; Hokfelt, T.; Bartfai, A., & Langel, Ü. (1998). Cell Penetrating Pna Constructs Regulate Galanin Receptor Levels and Modify Pain Transmission in Vivo. *Nature Biotechnology*, 16(9): 857–861.

- 243 – Karelson, M.; Lobanov, V. S., & Kartzky, A. R. (1996). Quantum-Chemical Descriptors in Qsar/Qspr Studies. *Chemical Reviews*, 96(3): 1027–1043.

- 222 – Sturzbecher, H. W.; Brain, R.; Addison, C.; Rudge, K.; Remm, M.; Grimaldi, M.; Keenan, E., & Jenkins, J. R. (1992). A C-Terminal Alpha-Helix Plus Basic Region Motif Is the Major Structural Determinant of P53 Tetramerization. *Oncogene*, 7(8): 1513–1523.

- 220 – Adami, H. O.; Bergstrom, R.; Mohner, M.; Zatonski, W.; Storm, H.; Ekbohm, A.; Tretli, S.; Teppo, L.; Ziegler, H.; Rahu, M.; Gurevicius, R., & Stengrevics, A. (1994). Testicular Cancer in 9 Northern European Countries. *International Journal of Cancer*, 59(1): 33–38.

- 200 – Richards, M.; Macaulay, V.; Hickey, E.; Vega, E.; Sykes, B.; Guida, V.; Rengo, C.; Sellitto, D.; Cruciani, F.; Kivisild, T.; Villemers, R.; Thomas, M.; Rychkov, S.; Rychkov, O.; Rychkov, Y.; Golge, M.; Dimitrov, D.; Hill, E.; Bradley, D.; Romano, V.; Cali, F.; Vona, G.; Demaine, A.; Papiha, S.; Triantaphyllidis, C.; Stefanescu, G.; Hatina, J.; Belledi, M.; Di Rienzo, A.; Novelletto, A.; Oppenheim, A.; Norby, S.; Al-Zaheri, N.; Santachiara-Benerecetti, S.; Scozzari, R.; Torroni, A., & Bandelt, H. J. (2000). Tracing European Founder Lineages in the Near Eastern MtDNA Pool. *American Journal of Human Genetics*, 67(5): 1251–1276.

- 190 – Harro, J.; Vasar, E., & Bradwejn, J. (1993). CCK in Animal and Human Research on Anxiety. *Trends in Pharmacological Sciences*, 14(6): 244–249. ■

JÜRI ALLIK (1949) on lõpetanud Tartu Ülikooli psühholoogia erialal 1973. Psühholoogiakandidaat 1976. PhD (psühholoogia, Tampere Ülikool) 1991. Soome Teaduste Akadeemia välisliige 1997. Alates 1973 Tartu Ülikooli teadur, vanemteadur, juhtivteadur, dotsent, professor (1992), osakonnajuhataja, dekaan. 1993–1996 Eesti Teadusfondi sotsiaalteaduste ekspertkomisjoni esimees. Alates 2003 Eesti Teadusfondi sotsiaalteaduste ekspertkomisjoni ja teadusfondi nõukogu esimees. Eesti Vabariigi teaduspreemia sotsiaalteaduste alal 1998 ja 2005. juri.allik@ut.ee

LOE VEEL

Jüri Allik. The quality of science in Estonia, Latvia, and Lithuania after the first decade of independence. *Trames*, 2003, 7 (57/52), 40–52.



Alfred Lotka

■ LOTKA SEADUS

Alfred Lotka (1880–1949) on bibliomeetria kõige tuntuma, Lotka seaduse autor. Lotka sündis Ukrainas, kuid emigreerus 1902. aastal Ameerikasse ning tegutses seal edukalt keemiku, demograafi ja matemaatikuna. 1926. aastal avaldas ta töö "The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences*", milles sõnastas Lotka seaduse: autorite arv, kes avaldavad mingis teadusvaldkonnas N teaduslikku artiklit, on ligikaudu $1/n^2$ nendest, kes avaldavad ainult ühe teadusliku artikli. Selle seose põhjal on lihtne tuletada, et 60 protsenti kõigist autoritest avaldab vaid ühe artikli, 15 protsenti avaldab kaks artiklit ja ainult 6,7 protsenti avaldab kolm artiklit. Kui mingi vaadeldav teaduslike artiklite kogum koosneb 1000 publikatsioonist, siis võib Lotka seaduse põhjal oodata, et nende seas on kuus autorit, kes on avaldanud 10 tööd, ja ainult üks autor, kes on avaldanud 24 artiklit. Seega ütleb Lotka seadus, et viljakaid autoreid on vähe ning suurem osa teaduslike artikleid kirjutatakse väheviljakate autorite poolt. •