

# Ülikoolis korraldatud kontrolltööde tulemuste kvantitatiivne analüüs.

J. Nuut.

Tartu ülikooli matemaatika-loodusteaduskonna matemaatika osakonna õppekavas esineb 1932. aastast alates sunduslik aine „praktikum matemaatika elementides“. Tehnika osakonna ellukutsumisel 1934. aasta sügisel tehti aine sunduslikuks ka ehitustehnika haru üliõpilastele. Õppekava struktuuri kohaselt tuleb see aine õiendada kohe studiumi alul, esimesel ja teisel semestril. Harukordselt suur praktikumist osavõtjate arv 1934. aasta sügissemestril lubab rakendada statistilisi meetodeid praktikumi tulemuste uurimiseks. Säärase kvantitatiivse analüüsi resultaadiid tohiksid huvi pakkuda pedagoogidele. Esitades siin „kuivi“ arve, piirdun hädavarvillikkude kommentaaridega, püüdes hoiduda subjektiivseist hinnanguist.

**1. Praktikumi eesmärgid.** Praktikumi korraldamisega soovis teaduskond: 1) ühtlustada sisseastunud üliõpilaste matemaatilisi eelteadmisi, eriti nende arvutusoskust, püüdes jõuda reaalkooli hea lõpetaja tasemeni; 2) teostada varakult õiglast selektsiooni. Tehnika osakonna juurdetulekuga suurendati praktikumile määratud tundide hulka ning püstitati lisaks endistele veel kolmas eesmärk: õpetada kasutama moodsaid meetodeid ja arvutusvahendeid sel määral, nagu see vajalik tulevasele insenerile. Viimase eesmärgi saavutamiseks on reserveeritud peamiselt kevadsemester (üliõpilase teine semester). Et allpool on tegemist ainult esimese semestri, s.t. sügissemestri tulemustega, siis mainitud kolmas eesmärk käesolevas uurimuses ei mängi olulist osa.

**2. Praktikumi arvuline koosseis.** Praktikumi koosseisu üksikute üliõpilasliikide järgi näitab tabel I. M tähendab selles matemaatika osakonda,

Tabel I.

Liik	M		ET		K	Kokku
	m	n	m	n	m	
Reaalharude lõpetajad	9	—	53	—	1	63
Tehnikaharude lõpetajad	—	—	20	2	—	22
Teiste harude lõpetajad	11	6	59	—	1	77
Esmakordselt praktikumis	18	4	76	1	2	101
Varem olnud	2	2	56	1	—	61
Vanus alla 18 a.	1	—	—	—	—	1
Vanus 18—20 a.	9	3	46	—	1	59
Vanus 21—23 a.	9	3	51	1	1	65
Vanus üle 23 a.	1	—	35	1	—	37
Kokku	20	6	132	2	2	162

ET — ehitustehnika haru tehnik osakonnast, K — keemia osakonda. Loeteldud on kõik need üliõpilased, kes vähemalt ühe kontrolltöö esitasid, vaatamata sellele, kas nad püsisid nimestikus semestri lõpuni või teatasid enneaegselt oma lahkumisest. m tähendab meesüliõpilasi, n — naisüliõpilasi. „Teistest harudest“ tulnud üliõpilased on rõhuvas enamuses humanitaargümnaasiumide lõpetajad. Reas „varem olnud“ esinevad üliõpilased, kes varemil aastail pole saanud praktikumis rahuldavat lõpphinnangut ja katsusid jõudu teist või ka kolmandat korda. Keemia osakonnas ei ole praktikum matemaatika elementides sunduslik; mõlemad keemikud töötasid volontääradena; üks neist saavutas koosseisu prima lõpptulemuse.

**3. Kontrolltööd.** Praktikumi töötulemusi hinnati kontrolltööde järgi; viimased kirjutati laupäevadel hommikul kella 8—10 ülikooli nn. uue hoone suures auditooriumis. Aeg oli valitud nõnda, et võimalikult kõrvaldada füüsilise väsimuse mõju. Tööde päevad ja teemad ning teemadele vastav kirjandus resp. harjutusmaterjal õpperaamatute lehekülgede järgi olid üliõpilastele juba semestri alul ette teatavaks tehtud. Mingisugusel põhjusel vahelejäädud töö järeletegemine mõnel uuel tähtpäeval ei olnud võimalik. Üks ainus erand sellest reeglist tehti üliõpilase puhul, kelle töö oli kokkukorjamisel kaotsi läinud. Töö nr. 9 oli esialgu kavetatud stereomeetria alalt; et aga töö nr. 8 sisuliselt ebaõnnestus, siis otsustasin töös nr. 9 stereomeetria asemel võtta veel kord käsitlusele teema nr. 8. Muus osas teostati projekteeritud töökava. Tabel II näitab tööde kuupäevad ja teemad lõplikul kujul.

Tabel II.

Töö nr.	Kuupäev	T e e m a
1	22. IX	Algkooli aritmeetika
2	29. IX	Ratsionaalsed tähtavaldised
3	6. X	Lineaarsed võrrandsüsteemid
4	13. X	Logaritmid
5	27. X	Kolmnurkade lahendamine
6	3. XI	Juuravaldised
7	10. XI	Ruutvõrrandid
8	24. XI	Trigonomeetriliste funktsioonide rakendus
9	8. XII	Trigonomeetriliste funktsioonide rakendus

Kontrolltöödele ettevalmistamise otstarbeks said üliõpilased minu poolt sisulisi juhatusi iga üksiku eelseisva töö puhul; samuti diskuteeriti möödunud kontrolltöös esiletulnud raskusi. Assistent hra R. Aavakivi korraldas lisaks sellele kollektiivsete eelharjutustena mõeldud „nõuandetu“.

Tööd nr.nr. 1—7 ei ületanud sisuliselt millegi poolest reaalkooli taset. Tööd nr.nr. 8 ja 9 käsitlesid osaliselt uut materjali, nimelt trigonomeetrilisi võrrandeid ja ruutvõrrandite lahendamist trigonomeetrilisel teel. Vastavad palad selgitati üksikasjaliselt minu poolt üliõpilastele teoreetiliselt ja praktiliselt loenguil; ühtlasi varustasin üliõpilasi küllaldase harjutusmaterjaliga.

Kontrolltöödel tuli tarvitada ainult neljakohalisi tabelleid; igasuguste teiste abinõude, nagu raamatute või järelekirjutuste kasutamine oli keelatud. Töö tuli teha omaette, ilma kontaktita naabritega. Vaba ruumi iga kahe kirjutaja vahel oli umbes 1 meeter. Ülesandeid andsin kontrolltöödel alati rööbiti nelja rühma jaoks. Iga kirjutaja sai tembeldatud paberi ja mimeograferitud ülesannete-lehe. Töödistsipliin oli täiesti rahuldav. Keeldudest üleastumise tagajärjel annulleeriti süüdlaste tööd 9 juhul. Semestri lõpupoole tuli tõkkeabinõud väärnähtuste ärahoidmiseks kõvendada, silmas pidades paljude üliõpilaste meeleheitlikku olukorda. Üksiku kontrolltöö faktiline kestus kõikus 90 ja 100 minuti vahel.

**4. Ülesanded.** Kontrolltöö koosnes omavahel sõltumatuist ülesannetest, erineva kaaluga. Ülesannete lahendamise järjekord oli vaba. Ülesannete hulga määramisel lähtusin põhimõttest, et kõigi ülesannete õige lahendamine oleks kontrolltööks määratud aja jooksul küll füüsiliselt võimalik, aga ainult kõige paremale üliõpilastele; keskmised jõudsid lahendada ainult osa. Üksikküsimuste arvu iga kontrolltöö puhul eraldi näitab tabel III.

Tabel III.

Töö nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ülesannete arv	20	12	6	22	14	9	6	10	9

**5. Hindamine.** Tööde sisulise läbivaatamise ja õigete vastuste äärmärkimise vastutusrikas vaev lasus assistent R. Aavakivi õlgadel. Hindamist toimetasin mina tema korrekturemärguste põhjal. Hindamise aluseks oli 100 punktiline süsteem, kusjuures arvestamisele tuli õigete vastuste hulk. Esiletulnud vigade iseloom hindamisele mõju ei avaldanud; nii näiteks ei tehtud vahet, kas viga on põhimõtteline või aga tingitud tähelepanematusesest. Nõuded vastuste suhtes olid äärmiselt pedantsed. Valesti ümmardamine, mitte täiesti eksaktne interpolatsioon, vale ülearune koht loeti vigadeks; õige ülearune koht tunnustati aga vastusena õigeks. Et ergutada korralikule kirjutamisele, selleks tõsteti mõningail harukordseil juhtumeil hinnangut 5, 10 või 20 protsendi võrra. Selle tagajärjel esines üks kord hinnang 120, üks kord 110, üks kord 108. Kõigil teistel juhtumeil oli maksimaalseks hinnanguks 100. Tõstmata hinnang oli proportsionaalne õigete vastuste kaalutud arvule. Koeffitsiendi valisin alati nõnda, et igakord esineksid ka hinnangud 100 läheduses. Üksikasju selles suhtes näitab tabel IV.

Tabel IV.

Töö nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Saavutatud maksimaalne hinnang	96	100	120	99	108	92	88	95	100
Saavutatud minimaalne hinnang	2	0	0	7	3	0	0	0	0

Üliõpilasel oli tähtis saavutada võimalikult kõrge punktide üldsumma. Maksimaalne saavutus semestri lõpul oli 797 punkti, minimaalne — 0 punkti. Et omandada õigust töö jätkamiseks kevadsemestril, pidi üliõpilane sügissemestri lõpuks saavutama punktide summana vähemalt teatava miinimumi. Selle miinimumi arvutamine toimus järgmiselt: iga üksiku kontrolltöö puhul määrati tulemus, mille saavutasid või ületasid 75% osavõtjast (alumine kvar-

tiil). Nõutav semestri miinimum oli 9 kontrolltöö alumiste kvartiilide summa. Miinimumi arvutamise viis oli üliõpilastele ette teada. Detsembri miinimumiks osutus 230 punkti.

**6. Kontrolltööde tulemused.** Osavõtt tödest oli väga intensiivne; osavõtjad tegid äärmisi pingutusi, et saavutada punkte, — olenes ju sellest edasiõppimise võimalus valitud erialal. Tabel V näitab osavõtjate arvu üksikute tööde puhul. Seejuures on loeteldud ainult faktiliselt läbi-

Tabel V.

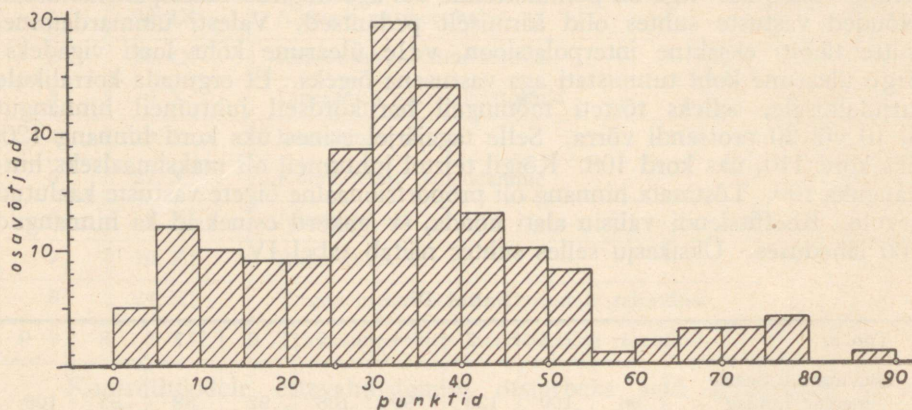
Töö nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kokku
Osavõtjaid	140	143	147	142	142	137	138	114	118	1221

vaadatud, mitte aga annulleeritud või üliõpilaste poolt kätte andmata jäänud tööd. Üksikute üliõpilaste poolt esitatud kontrolltööde arvu selgitab tabel VI.

Tabel VI.

Esitatud tööde arv	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Kokku
Üliõpilasi	79	37	15	7	3	3	8	6	4	162
%	49	23	9	4	2	2	5	4	2	100

Kokku on esitatud 1221 tööd ning saavutatud nendega kokku 48751 punkti. 162 praktikumist osavõtja puhul annab see keskmise summa 301 punkti üliõpilase kohta ehk 33,4 punkti töö kohta, kui kirjutamata tööd hinnata nulliga. Loendades üliõpilasi, kelle keskmine saavutis ühe töö puhul selle arvutusviisi juures asub vastavalt vahemikus 0—5 punkti, 5—10 punkti, 10—15 punkti jne., saame 1. joonisel näidatud sagedusjaotuse. Jooniselt selgub näiteks, et 35—40 punkti on saavutanud 24 üliõpilast, 85—90 punkti 1 üliõpilane.



1. joonis.

Kõige tihedam jaotus valitseb, nagu sellekohane arvutus näitab, 33,3 punkti kohal, mis peaaegu täpsalt ühte langeb ülalmainitud keskmise saavutusega 33,4. Statistika terminoloogias tähendab see, et sagedusdiagrammil pole nimetamiseväärne „kallet“ (täpne arvutus annab „kaldena“  $+0,006$ , järelikult praktiliselt null).

Praktikumi arvestamine ülikoolis ei saa muidugi baseeruda puht-relatiivsel hinnangul, vaid peab olude sunnil toetuma teatavaile absoluutseile

saavutustele. Kõnealusel praktikumis olid algusest peale püstitatud ja üliõpilastele teatavaks tehtud järgmised absoluutsed nõudmised:

Hinnangu „hea“ saamiseks — võrdseil alustel aastatöö keskmisest ja eksamitöö tulemustest arvatud üldine keskmine saavutus vähemalt 75 punkti;

hinnangu „rahuldav“ saamiseks — samal viisil arvatud üldine keskmine saavutus vähemalt 50 punkti.

Eksamitööle pääsevad seejuures kevadsemestri lõpul ainult need praktikandid, kes on saavutanud detsembris ja mais nõutava punktide summa miinimumi. Ülalloeteldud nõuete kohaselt on võimalik, arvestades ka endisi kogemusi, kaunis suure tõenäolisusega juba detsembris ennustada praktikumi hinnanguid kevadel. „Hea“ saamiseks on lootusi üliõpilasel, kelle aastatöö tulemus ei lange alla 70, — ta võib eksamitööl saada hinnangu 80; üliõpilane, kelle aastatöö tulemus on 40, peab eksamitööl saavutama 60, et jõuda hinnangu „rahuldav“, — see on juba üsna raske. Madalamate aastatöö tulemustega üliõpilastel on väga vähe lootust praktikumi õiendamiseks, nende tase „jätab

Tabel VII.

L i i k	Head			Rahulda- vad			Peaaegu rahuld.			Jätavad soovida			Nõrgad				K o k k u
	M	ET	K	M	ET	K	M	ET	K	M	ET		M	ET			
	m	m	m	m	n	m	m	m	m	m	n	m	m	n	m	n	
Reaalharudest	5	1	—	2	—	7	—	6	1	—	—	29	2	—	10	—	63
Tehnikaharudest	—	1	—	—	—	—	—	5	—	—	—	11	—	—	3	2	22
Teistest harudest	—	—	1	1	1	3	3	8	—	5	3	23	2	2	25	—	77
Esmakordsed	5	1	1	1	1	7	3	13	1	5	2	28	4	1	27	1	101
Varem olnud	—	1	—	2	—	3	—	6	—	—	1	35	—	1	11	1	61
Alla 18 a.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1
18—20 a.	2	1	1	1	—	4	2	8	—	2	2	15	1	2	18	—	59
21—23 a.	3	—	—	2	1	3	1	6	1	1	1	27	3	—	15	1	65
Üle 23 a.	—	1	—	—	—	3	—	5	—	1	—	21	—	—	5	1	37
Kokku	5	2	1	3	1	10	3	19	1	5	3	63	4	2	38	2	162

soovida“, kui nad ei kuulu lihtsalt miinimumi mitte saavutanud „nõrkade“ hulka. Rakendades neid kaalutlusi üliõpilaste liigitamiseks juba sügissemestri tulemuste põhjal üksi saame järgmise pildi: „häädeks“ tagajärgedeks võib tunnustada tulemuse 70 ületamist, „rahuldavaiks“ tagajärgedeks keskmise tulemuse 50—70, „peaaegu rahuldavaiks“ tagajärgedeks keskmise tulemuse 40—50. „Nõrkadena“ on juba semestri lõpul sunnitud lahkuma need, kelle summa ei küüni 230 punktini, mis vastab keskmisele tulemusele 25,6. Ülejäänud kategooria, keskmise tulemusega 25,6—40 koosneb neist, kelle võimed „jätavad soovida“. 1. joonisel on kategooriate jaotuskohad punktide teljel

lääkete ringikeste abil ära tähendatud. Pilk joonisele näitab, et nõrkade ja soovida jätvate protsent on kohutavalt suur, hääde ja rahuldavate protsent on väike. Tuleb silmas pidada, et šansse praktikumi õiendamiseks kevadel on häädel, rahuldavail ja ühel osal peaaegu rahuldavaist. Teistel läheb stuumiaaasta tegelikult kaotsi.

Kontrolltööde põhjal kirjeldatud viisil hinnatud praktikantide edukust üliõpilaste liikide järgi näitab tabel VII. Läbipaistvama pildi saame, võttes absoluutarvude asemel protsentvahekorrad. Tabelist VIII on näha, mitu % igast liigist on häid, rahuldavaid jne., kusjuures pole enam vahet tehtud sugude ning teaduskonna osakondade vahel. Arvud selles tabelis on nõnda tasanud, et ridades esineks summana alati 100.

Tabel VIII.

L i i k	Head	Rahulda- vad	Peaaegu rahuld.	Jätavad soovida	Nõrgad	Kokku
Reaalharudest	10	14	11	46	19	100
Tehnikharudest	4	—	23	50	23	100
Teistest harudest	1	7	14	40	38	100
Esmakordsed	7	9	17	34	33	100
Varem olnud	2	8	10	59	21	100
Alla 18 a.	—	—	—	100	—	100
18—20 a.	7	8	17	32	36	100
21—23 a.	5	9	12	45	29	100
Üle 23 a.	3	8	14	59	16	100
Kokku	5	9	14	44	28	100

Silmitsedes tabelit VIII veendume reaalharudest tulijate paremas edukuses. Lahtiseks jääb küsimus, kas see on tingitud koolist kaasatoodud suuremast teadmiste ja oskuste hulgast, või aga reaalharudes kasvatatud mentaliteedist. Silmas pidades praktikumis kasutatud õpetuseandmise viisi kaldun viimase arvamise poole.

Tabel VIII näitab veel, et „varem olnud“ üliõpilaste edukus on üldiselt umbes 2 korda väiksem esmakordselt tulnud üliõpilaste edukusest. Ligi  $\frac{3}{5}$  varem olnuist kuulub kategooriasse „jätavad soovida“. Nähtavasti on rõhulval enamusel võimatu ülikoolis ära õppida neid oskusi, mis oleks pidanud omandama juba keskkoolis, kuid mis seal millegi pärast on jäänud omandamata.

Oletades, et kõik „peaaegu rahuldavad“ suudavad kevadel praktikumi rahuldavalt õiendada, saame üldjoontes järgmise proportsiooni:

Esmakordselt sisseastunuist näitab küllaldasi võimeid 1 üliõpilane kolmest.

Varem olnud üliõpilastest omandab praktikumi kordamisel küllaldasi võimeid 1 üliõpilane viiest.

7. **Kontrolltööde tulemuste hajumine.** Mõne katse, näiteks kontrolltööde, puhul saadud arvuliste tulemuste hajumist mõõdetakse statistikas otstarbekohaselt nn. standard-hälbe abil, mille tähiseks on inglise kirjan-duses enamasti sümbol  $\sigma$ . Määrame iga tulemuse puhul tema erinevuse (hälbe) keskmisest tulemusest, tõstame selle hälbe ruutu, liidame kõik sel viisil saadud ruudud, jagame tulemuste arvuga, et saada hälbe ruudu kesk-mist väärtust, ning võtame viimsena saadud arvust ruutjuure; resultaat ongi siis tulemuste standard-hälve  $\sigma$ . Mida väiksemaks osutub  $\sigma$ , seda enam on katse tulemused kuhjatud keskmise tulemuse lähedusse; mida suurem on  $\sigma$ , seda rohkem laiali pillatud on üksikud tulemused. Kontrolltööde puhul näitaks väike  $\sigma$  väärtus osavõtjate enam-vähem ühtlast taset, suur  $\sigma$  väärtus aga taseme kõikumise suurt amplituudi. Teatavail eeldustel (kui nimelt sagedusjaotus on statistika terminoloogia järgi „normaalne“) peab 68% tule-mustest asuma vahemikus, mille piirid asetsevad tulemuste keskmisest vää-rtusest  $\sigma$  võrra ühele ja teisele poole. Kõne all olevate kontrolltööde puhul erineb jaotus üsna märgatavalt normaaljaotusest, nagu 1. joonis näitab; selle tõttu ei saa siin praegu mainitud väidet täie täpsusega rakendada. Esimeses lähenduses võib siiski oodata umbes 70% tulemustest ülalkirjeldatud vahe-mikus.

Praktikumis kirjutatud kontrolltööde keskmise saavutise standard-hälbeks  $\sigma$  osutub 17,5. Vahemik, mille piirid asetsevad  $\sigma$  võrra alla- ja ülespoole keskmise saavutise keskmisest 33,4, on järelikult vahemik 16—51; 1. joonisest võib ära lugeda, et sellesse vahemikku langeb umbes 75% üli-õpilastest (teoreetilise 68% asemel). Lähendus on järelikult vastuvõetav.

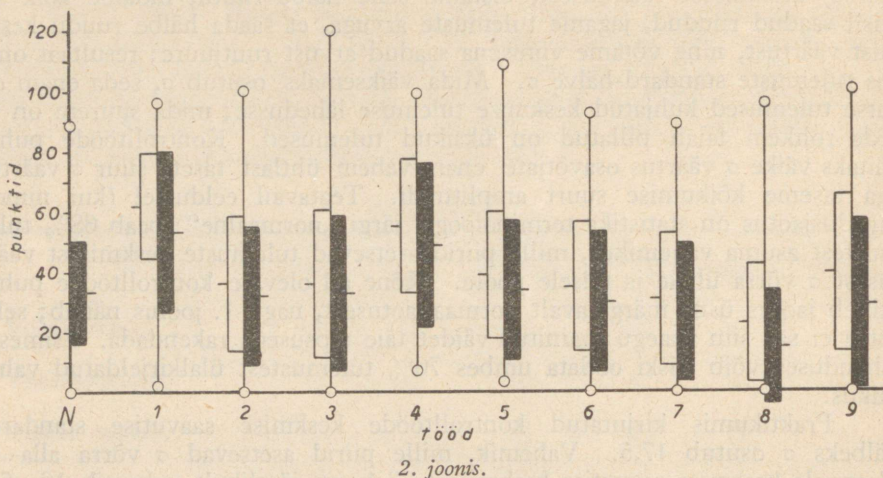
Arvutades tegelikult üksikute kontrolltööde puhul ilmsiks tulnud ha-jumisi, saame standard-hälvete jaoks suuremaid väärtusi. See on arusaadav, sest teooria järgi on oodata  $\sigma$  vähenemist, kui opereerida tulemustega, mis ise on keskmised suured. Üksikute kontrolltööde standard-hälbeid saab arvutada kahel erineval põhimõttel: võib arvestada ainult tegelikult esitatud tööde arvu, — see annab „tegeliku“  $\sigma$ ; võib aga ka arvestada igakord 162 osa-võtjat, lugedes puuduvate tööde hinnanguiks nullid, nagu see ju ka punktide summa määramisel on tehtud, — siis saame „kollektiivse“  $\sigma$ . Samasugustel alustel võib määrata nii „tegeliku“ keskmise tulemuse, kui ka „kollektiivse“ keskmise tulemuse iga kontrolltöö puhul. Arvutuse resultaate näitab tabel IX. Keskmise saavutise puhul langevad „tegelikud“ ja „kollektiivsed“ arvud ühte, sest seal tuleb igal juhtumil opereerida 162 osavõtjaga.

Tabel IX.

Töö nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskmine saavutis
Tegelik keskmine	61,6	36,5	36,3	55,5	38,9	35,2	30,8	21,4	39,4	33,4
Tegelik $\sigma$	17,8	21,4	25,0	22,1	21,1	21,4	22,0	19,6	26,1	17,5
Kollektiivne keskmine	53,3	32,2	32,9	48,6	34,1	29,8	26,3	15,1	28,7	33,4
Kollektiivne $\sigma$	26,8	23,3	26,0	27,6	23,5	23,4	23,0	19,1	28,4	17,5

Parema võrdluse kui tabel annab selles asjas 2. joonis, kus iga kontroll-töö puhul on näidatud väikese rõhtkriipsuga vasemalt „tegelik“, paremal „kollektiivne“ keskmine; ringikesed näitavad maksimaal- ja minimaaltule-

musi; vasempoolsete (valgete) ristkülikute pikkused ulatuvad tegeliku  $\sigma$  võrra keskmisest alla- ja ülespoole; parempoolseil (mustadel) ristkülikuil on sama tähendus kollektiivse  $\sigma$  puhul.  $N$  kohal esinevad võrdluseks andmed keskmise saavutise kohta.



2. joonis.

2. joonis näitab selgesti töö nr. 8 iseärasust. Tegelikult tuligi seda tööd juba enne arvulist analüüsi ebaõnnestunuks lugeda, sest tulemused olid üldises massis liiga puudulikud.

Suurim ühtlus üliõpilaste tasemes (kõige väiksem tegelik  $\sigma$ ) tuleb ilmsiks töö nr. 1 puhul, mille teemaks oli algkooli aritmeetika. Tunduvalt suurema hajumise näitavad aga töö nr. 9 (trigonomeetriliste funktsioonide rakendused) ja töö nr. 3 (lineaarsed võrrandsüsteemid). Ülejäänud tööde hajumised on omavahel enam-vähem võrdsed. Ebasoovitavalt suures võimete erinevuses lineaarsete võrrandsüsteemide alal on vististi süüdi kool.

**8. Korrelatsioone.** Mitmekülgsest huvitav on küsimus, missugusel määral üksiku kontrolltöö tulemused on kooskõlas punktide summa näol saavutatud lõpptulemusega, või, mis sisuliselt sama, mil määral üksik kontrolltöö on kooskõlas keskmise saavutisega. Seda liiki küsimust saab kvantitatiivselt uurida nn. korrelatsioonikordajate abil. Korrelatsioonikordaja  $r$  arvutamine toimub erilise matemaatilise eeskirja järgi, mille juures ma siin ei peatu; arvutamiseprotseduur on üsna tülikas. On kordaja  $r = 1$ , siis ütleb see, et võrreldavad tulemuste read on täielikus kooskõlas selles mõttes, et see, kes ühe rea järgi osutub järjekorras paremaks, osutub ka teise reajärjekorras alati paremaks. On  $r = -1$ , siis on korrelatsioon samuti täieline, kuid suuna poolest vastupidine, nii, et ühes reas parem osutub alati teises reas halvemaks. On  $r = 0$ , siis pole üldse võimalik mingit kooskõla konstateerida: mõlemad järjestused on siis teineteisest täiesti sõltumatud. Asub  $r$  väärtus 0 ja  $+1$  vahel, siis on samasuunaline kooskõla üldiselt olemas, kuigi mitte täieline; mida suurem on seejuures  $r$ , seda parem on üldine kooskõla, tervet kollektiivi silmas pidades. Analooiline on pilt, kui  $r$  asub  $-1$  ja 0 vahel, kuid kooskõla on siis vastassuunaline. On näiteks  $r = 0,73$ , siis võib kõnelda 73%-lisest kooskõlast ehk 73%-lisest korrelatsioonist.

Üksikute kontrolltööde tulemuste korrelatsioone keskmise saavutisega näitab tabel X, kus on jälle vahet tehtud „tegeliku“ ja „kollektiivse“ osavõtu vahel.

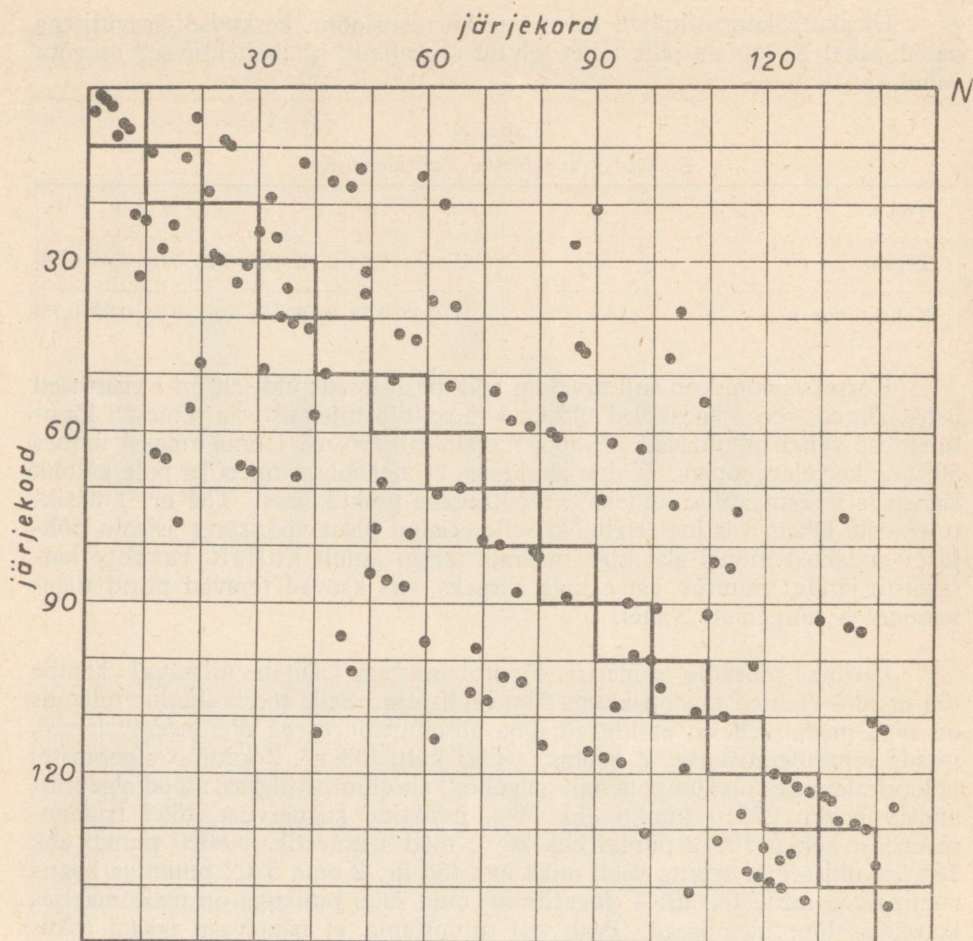
Tabel X.  
Korrelatsioon semestri lõpptulemusega.

Töö nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tegelik $r$	0,55	0,81	0,68	0,72	0,68	0,72	0,64	0,66	0,68
Kollektiivne $r$	0,47	0,77	0,72	0,78	0,76	0,78	0,71	0,69	0,75

Korrelatsioonid on siin muidugi kõik positiivsed; üldiselt on  $r$  väärtused üsna kõrged, seega kooskõlad üksiku kontrolltöö tulemuste ja semestri lõpptulemuse vahel rahuldavad. Erandi moodustab töö nr. 1 oma kõigest umbes 50%-se korrelatsiooniga. Tuleb järeldada, et algkooli aritmeetika pole kõlblik katsepala matemaatilise andekuse mõõtmiseks praktikumis. Töö nr. 1 üksikutulemuste lähem vaatlus selgitabki selle esialgu pisut võõristava asjaolu põhjuse: andekust mõnel alal saab määrata ikkagi ainult küllalt raskete katsumiste järele; muutub katse liiga kergeks, siis kaovad teravad piirid tugevamate ja nõrgemate vahel.

Parima kooskõla semestri lõpptulemustega näitab üllataval kombe töö nr. 2 — tehted ratsionaalsete tähtavaldistega. Selle töö keskmine tulemus on liiga madal selleks, et lihtsalt oma absoluutsuurusega domineerivalt mõjutada lõpptulemust (vt. 2. joonis). Tõsi küll, töö nr. 2 kuulub algebrasse ja lõpptulemuses on komponendil „algebra“ absoluutne ülekaal: tööd algebrast andsid kokku 27510 punkti ehk 56% punktide koguarvust, tööd trigonomeetriast kokku 12612 punkti ehk 26%, tööd aritmeetikast 8629 punkti ehk 18%. Kuid see ei selgita veel, miks just töö nr. 2 oma 5302 punktiga kogusummas, ja mitte töö nr. 4 (logaritmid) oma 7926 punktiga on maksimaalses kooskõlas lõpptulemusega. Peab vist tunnistama, et nähtavasti ikkagi oskus opereerida ratsionaalsete tähtavaldistega on sisuliselt arvutamisevõimete tundeliseks näitajaks; see mõte on ju ka psühholoogiliste kaalutluste põhjal vastu võetav. Igatahes peab siin ilmsiks tulnud tõsiasja väärikalt hindama tulevikus, näiteks võistluskatsete korraldamisel.

Tuleb aga hoiatada illusoorsete kujutelmade eest „kõrgete“ korrelatsioonikordajate puhul. Korrelatsioon 81% näib arvuliselt õige suur olevat; kuid moodustades töö nr. 2 ja keskmise saavutise kooskõla diagrammi, saame 3. joonisel kujutatud pildi. Seal esitab iga must täpp ühe kindla üliõpilase asukoha järjestuses, nimelt keskmise saavutise järgi, kui lugeda täppe vasemalt paremale poole (märgi „N“ suunas), ja töö nr. 2 tulemuste järgi, kui lugeda täppe ülalt allapoole (märgi „2“ suunas). Nii näiteks on 3. joonisel näha, et üliõpilane, kes keskmise saavutise (s.t. lõpptulemuste) järgi omandab järjekorra numbrina 30, osutub töö nr. 2 tulemuste põhjal järjekorras 25-ks. Täieliku kooskõla puhul ( $r=1$ ) oleksid kõigi üliõpilaste puhul mõlemad järjekorra numbrid pidanud alati ühtuma; joonisel oleksid siis kõik täpid asetsenud ühel sirgel joonel, nimelt diagonaalil, mis vasempoolsest ülemisest nurgast viib parempoolsesse alumisse nurka. 3. joonisel on aga



2

3. joonis.

võimalikult ainult konstateerida üldist täppide tendentsi asetseda diagonaali läheduses; mida suurem oleks  $r$ , seda selgemini tuleks see tendents nähtavale. Käesoleval juhtumil, kus  $r$  on 81%, esineb ikkagi veel küllalt suur arv diagonaalist kaugele jäänud täppe. Kui töö nr. 2 oleks olnud vastuvõtmiseks korraldatud võistluseksam, siis nende kaugele täppidega kujutatud üliõpilaste kohta tehtud otsused oleksid olnud individuaalselt valusasti ebaõiglasel, kuigi kollektiivi kohta tervikuna korrelatsioonikordaja on niivõrd kõrge, et vaevalt on loota tema ületamist. See näitab, et võistluseksamid sissepääsmiseks on ikkagi ainult hädaabinõud; neist hoiduda saab siis, kui koolis aset leidnud selektsioon on olnud küllalt õiglane ning järjekindel.

Kõrget korrelatsiooni lõpptulemustega näitavad veel tööd nr. nr. 4 ja 6; seda oli oodata.

Palju lõdvemad on korrelatsioonid üksikute kontrolltööde tulemuste puhul omavahel, nagu näha tabelist XI tööde paaride 1—2, 2—3 jne. kohta. Ühtluse mõttes on siin igal pool määratud ainuüksi „kollektiivne“  $r$ .

Tabel XI.

Korrelatsioon kahe teine teisele järgneva töö tulemuste vahel.

Tööd nr.nr.	1 / 2	2 / 3	3 / 4	4 / 5	5 / 6	6 / 7	7 / 8	8 / 9
Kollektiivne $r$	0,49	0,56	0,48	0,61	0,54	0,56	0,40	0,59

Tabel XI näitab, kui võrd riskantne on näiteks tulemuste järgi lineaarvõrrandite alal ennustada tulemusi logaritmidel alal; korrelatsioon tööde nr.nr. 3 ja 4 vahel moodustab kõigest 48%!

Kui võtta mitte üksiku töö, vaid tööde seeria tulemuste summa ning võrrelda seda semestri lõpptulemusega, siis on muidugi korrelatsioon õige suur, niipea kui seeria tulemus oma absoluutsuurusega hakkab tunduvalt mõjutama lõpptulemust. Tabelis XII on toodud kollektiivse  $r$  väärtused semestri lõpptulemuse ja üksikul momentidel saavutatud punktide summa vahel. Võrdlus tabeliga X näitab, et kahe esimese töö summa on lõpptulemusega halvemas korrelatsioonis kui teine töö üksinda. See asjaolu kinnitab veel kord, et töö nr. 1 mõjustas selektsiooni segavalt, olles liiga kerge ja sellega nõrkadele kasulik.

Tabel XII.

Korrelatsioon seeria ja semestri lõpptulemuste vahel.

Summa kuni töö nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kollektiivne $r$	0,47	0,70	0,82	0,90	0,94	0,97	0,98	0,99	1,00

Tabelist XII võib veel välja lugeda, et selektsiooni teostamisel pole mõtet tööde arvu väga suureks tõsta. Seitsme esimese töö summa on juba niivõrd häas kooskõlas 9 töö tulemusega, et võib rahulikult asuda otsuse tegemisele. Iseasi on muidugi kontrolltöö tähtsus harjutusena üliõpilasele.

Tulevane tehnika-teaduskond ei pääse lähemas tulevikus vist võistluskatsete korraldamisest üliõpilaste vastuvõtmisel. Käesolevast uurimusest järgneb, et võistluskatsete tulemused võivad osutada vägagi puudulikeks, kui katsete palad ei ole õnnelikult valitud. Ka kohaselt valitud palade juures on, nagu 3. joonis näitas, eksiotsuste tegemine individuaalseil juhtumeil möödapääsmatu, kui katsete arv on väike. Mõlema poole huvides oleks seepärast siin suurem katsete arv (umbes 5—6), kuid seda on vist tehnilistel põhjustel raske teostada. Jääb loota, et gümnaasiumi enda piirides toimuv kohane selektsioon aitab raskuste võitmisele kaasa.

Tartus, detsember 1934.

