Ep. 6.7
590, 1984

TALLINNA
POLÜTEHNILISE INSTITUUDI
TOIMETISED
590

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

# TPI '84

## KÕRGEMA TEHNILISE HARIDUSE JA TEHNILISE MÕTTE ARENG EESTIS

Ep.6.

590

TPI '84

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 378.662(474.2)

# KÕRGEMA TEHNILISE HARIDUSE JA TEHNILISE MÕTTE ARENG EESTIS

Tallinn 1984

Koostanud Vahur M ä g i

Kaane ümbrise kujundanud Maie R u l j a n d

© Tallinna Polütehniline Instituut, 1984

S i s u k o r d

V. Kikas. Põlevkivituhk-portlandtsemendi saamislugu . . . . . 5

M. Krikk. Tallinna Polütehnilise Instituudi materiaalse baasi arengu piirjooni 1960-ndate aastate alguseni . . . . . 27

J. Laas. TPI teadlaskonna osa Eesti NSV teadusorganisatsioonis . . . . . 33

A. Lavi, J. Peets. Uusi andmeid Eesti muistsest rauametallurgiast . . . . . 43

M. Loitve. Üliõpilaste teadustöö arendamisest TPI-s. . . . . 49

A. Lõhmus. Tehnikaüliõpilase uurimisest ja portreteerimisest Eestis . . . . . 59

V. Mägi. Tehnilise mõtte arenguid seoses Narva kose energia kasutamisega . . . . . 69

V. Rajangu. Kaadrivajaduse-alased uurimistööd ja nendest tulenevad seisukohad kõrgkooli vastuvõtukontingentide osas Eesti NSV-s . . . . . 87

J. Tanner. Tallinna Polütehnilise Instituudi teaduspotentsiaalist ja selle arengust . . . . . 95

G. Targo. Mõningatest probleemidest tööstustsiviilehitusinseneride töölesuunamisel Eesti NSV rahvamajandusse . . . . . 105

Ü. Tartu. Tehnikahariduse arengu nüüdistendentse Eesti NSV-s . . . . . 111

M. Toimet. Tehnikakõrghariduse vastavusest nüüdisteaduse ja -tootmise nõuetele . . . . . 119

A. Vaimel. TPI ja tehnilise mõtte areng Eesti teedeehituses . . . . . 127

Isikuregister . . . . . 140

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 666.944.2(474.2)(091)

V. Kikas

# PÕLEVKIVITUHK-PORTLANDTSEMENDI SAAMISLUGU

Kõik on mürk ja kõik on
ravim: vaid doos teeb
ainest mürgi või ravimi.

Paracelsus

Meie suurtööstuse jäägi, põlevkivituha alusel on pea veerand sajandit väldanud uuringute ja rakenduste arengu tulemusena välja töötatud kõrgemargiline universaalsete omadustega põlevkivituhk-portlandtsement*. See tsement on oluliselt mõjutanud betoonitööstuse arengut meie vabariigis ning saavutanud üldise tunnustuse.

Põlevkivituhk-portlandtsemendi saamise tee pole olnud sirge ega eesmärk pikka aega terendamas. Ta on mitme uurijate ja tehnoloogide põlvkonna töövili. Ka tema tööstuslik evitamine läks visalt, kestes 16 aastat, enne kui sai kätte täishoo.

Põlevkivituhk-portlandtsemendist on seni valmistatud ligikaudu 7 milj. $m^3$ monteeritavaid raud- ja pingbetoontooteid ning -konstruktsioone. Praegu on see tsement Eesti NSV-s ainuvalitsev ning tema alusel valmistatakse ligi 90 % nimetatud tarindite kogutoodangust, eelkõige suuremõõtmelisi ja vastutusrikkaid pingbetoonkonstruktsioone, samuti detaile, kus on eriti oluline tsemendi plastifitseeritus, vä-

* Põlevkivituhk-portlandtsement saadakse tsemendiklinkri (70–80 %) ja kukersiitpõlevkivituha ühe osa, nn. peenima fraktsiooni (20–30 %) koos jahvatamisel. Kõrgemargiline põlevkivituhk-portlandtsement rahuldab ühtlasi plastifitseeritud, aurutusefektiivsele ja mittekahanevale portlandtsemendile esitatavad nõuded.

hene veevajadus, suur püsivus või ilmastikukindlus. Nendest toodetest on püstitatud paljud tööstuskompleksid, elamurajoonid, nagu Õismäe ja Lasnamäe Tallinnas, mere kaldakindlustused, Tallinna teletorn, jõujaamade korstnad, viaduktid jpm.

Eeldustest

Põlevkivituhk-sideainete arengus kujunes pöördeliseks 1956. aasta, mil Tallinna Polütehniline Instituut sai vabariigi valitsuselt ülesande välja töötada põlevkivilendtuha fraktsioonide selektiivse kasutamise menetluse, eelkõige ehitusmaterjalide tööstuse ja põllumajanduse tarbeks. Silmas peeti eelkõige põlevkivituhktsementi margiga 300, keegi ei osanud siis veel mõelda praegusest põlevkivituhkportlandtsemendist. Tol ajal tundus isegi margi 300 saavutamine küllalt komplitseeritud. Põhiraskuseks oli põlevkivituha omaduste liigne muutlikkus, mille kõrvaldamise menetlus oli esialgu ebaselge.

Kõigepealt tuli laboratoorselt välja töötada põlevkivilendtuha õhkseparatsiooni alused ja tehnoloogia ning evitada see tööstuses. Põhiülesande, margiga 300 põlevkivituhktsemendi väljatöötamisel lähtuti tema ehituslike omaduste lähedusest portlandtsemendile.

Oli küllaltki tõenäoline, et uus tsement peab koosnema vähemalt kahest komponendist - põlevkivituhast ja portlandtsemendi klinkrist. Tavalisel portlandtsemendil on põhiliselt kolm kuni neli koostisosa, seepärast võis arvata, et vajalikud on veel teisedki komponendid, kuid missugused ja millisel hulgal, pidi selguma alles uurimise käigus.

Kuna kukersiit-põlevkivituhk on tsemendina tugevalt tasakaalustamatu faasilise koostisega, siis tuli eelnevates uuringutes olla ülimalt ettevaatlik, et uues põlevkivituhktsemendis ei jääks märkamatuks mingi oluline puudus. Veel liialt selgelt olid meeles varasemad ebaõnnestumised. Seega tuli üheksa korda mõõta, et kord lõigata. Ajavaru ei olnud aga suur, tagant tõukamas ja kontrollimas oli karm sund, mis nõudis edukat tööstuslikku evitamist hüvitamaks laialdaste uurimuste kulutusi.

Uurimuste laadi ja ulatuse valik

Esmajoones ootas lahendamist uurimuste laadi ja ulatuse küsimus. Tuli otsustada, kas uue tsemendi väljatöötlus võib tugineda puht portlandtsemendialastele uuringutele, kus vaatluse all on tsement, tema hüdratatsiooniproduktid ja tsemendikivi, muidugi kooskõlas riiklike standardite nõuetega. Või peab tungima ka betooni valmistamise tehnoloogilistesse iseärasustesse, uurima betooni ehituslikke omadusi ja püsivust, et saada küllaldaselt ammendav kujutlus uuest tsemendist? Kahtlemata paisutanuks see katsete mahtu kümneid kordi. Piirdudes ainuüksi tsemendialaste uuringutega oleks võidetud suuresti aega ja vahendeid. Selle variandi kasuks rääkisid veel muudki kaalukad argumendid.

Tsementbetooni, praegusaja ühe keskseima ehitusmaterjali rakendusvõimalused sõltuvad suuresti portlandtsemendist, selle mitmekesistest ehituslikest omadustest. Viimaste arendamisele on suunatud laialdased teaduslik-tehnoloogilised uuringud ja rakendused. Saavutatud tulemused on talletatud ülemaailmselt tunnustatud publikatsioonides ja vaagitud rahvusvahelistel tsemendikeemia kongressidel. Välja on kujunenud betooni kasutustingimustele vastavad eritsemendid. Maailma suurim portlandtsemendi tootja Nõukogude Liit toodab üle 40 eriomadustega tsemendi (seejuures moodustab tavalise portlandtsemendi, šlakk- ja putsolaanportlandtsemendi toodang 97% kogutoodangust). Niisiis oleks tsemendi koostise ja omaduste järgi määratav ka tema otstarbekohaseim kasutusala. Selline arutluskäik on küllalt veenev, et piirduda vaid tsemendialaste uuringutega. Ometi häirisid asjaosalisi mõningad kahtlused.

Esiteks on portlandtsemendi standardis peale kvantitatiivselt määratavate $SO_3$-sisalduse, peenuse, veevajaduse ja tardumisaegade veel nõutav kvalitatiivse "ebaühtlase mahumuutuse" hinnang. Viimane peab andma märku tsemendikivi sisekorrosiooni võimalusest tingituna kas ülemäärase vabalubja ja vaba MgO hüdratatsioonist või etringiidi hilinenud tekkest. Peab kohe ütlema, et standardis nõutav ebaühtlase mahumuutuse kontrollkatse, mis algab alles 24 tundi pärast proovikehade valmistamist, pole usaldusväärselt võrreldav hüdrotermiliselt kivistatavate betoonide puhul saadava tulemusega, kuna siin algab temperatuuri tõus palju varem,

2–4 tundi pärast betooni vormimist. Tsemendikivi sisekorrosiooni esilekutsuvate protsesside kineetika muutudes olenevalt temperatuurirežiimist võib tsemendistandardi kohastel katsetel saada desorienteerivaid tulemusi tsemendi hindamisel betoonis.

Teiseks on portlandtsemendi ajaloo vältel esinenud ettenähtamatuid "betooniepideemiaid", mille tagajärjeks oli ehitiste purunemine. Olgu mainitud kas või "tsemendi batsilliks" nimetatud etringiidikahjustused ning reaktsioonivõimeliste täitematerjalide tsemendileelistega ühinemisel asetleidnud betooni lagunemised. Iga kord pärast uut "epideemiat" on välja selgitatud selle põhjused ning korrigeeritud kas tsemendi ja täitematerjali koostist, kivistumistingimusi või piiratud tsemendi kasutusala. Mis siis tingib sellise teadmatuse?

Nimelt võivad portlandtsemendi kivistumisel aset leida protsessid, mille ajalist kulgu ja ulatust ei suudeta täpselt ette näha. Seejuures võivad tekkida ohtlikud sisepinged, mis suuresti mõjutavad betooni tugevust ja püsivust. Kaaluva tähtsusega on portlandtsemendi hüdratatsiooni-kivistumise protsesside laad ja kineetika, tahkefaasi struktuur ja selle deformatsiooniomadused. Portlandtsement lahustub vees halvasti, seepärast hüdrateerub ta põhiliselt topokeemiliselt, läbi lahuse aga vaid äärmiselt piiratud ulatuses. Portlandtsemendi kui heterogeense süsteemi hüdratatsiooni-kivistumise kulg oleneb põhiliselt reaktsioonist osavõtvate komponentide difusioonist, seega võimalusest üksteisega ühinemiseks. Algul tekivad ebapüsivad uusmoodustised, mis ajapikku omandavad püsivama vormi. Nende protsesside kineetika ja ulatus sõltub suuresti tsemendikivi vedelfaasi hulgast ja koostisest. Vesilahuse ja tahkefaasi piirpinnal tekib uusmoodustiste tihe võõ, mis kogu aeg paksenedes järjest enam takistab vedeliku difusiooni reageerimata tsemendi juurde.

Peale selle ületab hüdratatsiooni käigus tekkinud uusmoodustiste tahkefaasi maht keskmiselt 2,2 korda esialgse tahkefaasi mahu. Selle tulemusena võivad topokeemilise reaktsiooni käigus tekkida ohtlikult suured sisepinged, kuna reaktsiooniproduktide paiknemine uusmoodustiste võõs toimub suures ruumikitsikuses. Ohtlik selles osas on kristalliliste kaltsiumhüdroaluminaatide ja kaltsiumhüdrosulfoaluminaatide

teke, sest need võivad uusmoodustiste vöö purustada. Vaid amorfsed kaltsiumhüdrosilikaadid, mis on hästi plastilised, suudavad sellises ruumikitsikuses paigutuda ümbritsevasse vabasse ruumi ilma kahjustusi tekitamata. Hilisemas hüdratatsioonikäigus uusmoodustiste vöö kahjustused armistuvad. Vöö purunemine ja paranemine toimub korduvalt, kuid mitte kindlaperioodiliselt.

Ülemääraste sisepingete tekke tõttu kahjustub uusmoodustiste vöö monoliitus ja kivistumise kulgu iseloomustav tugevuse-aja vahelise sõltuvuse joon pole mitte ladusalt kulgev, vaid fluktueeriv. Võimalikult stabiilse materjali saamiseks piiratakse aluminaatide, sulfaatide ja leeliste hulka tsemendis ning välditakse forsseeritud kivistamisrežiimi. Ühtlasi on laialt levinud nn. puhverkomponentide, nagu hüdrauliliste lisandite, kõrgahjušlakkide jm. kasutamine portlandtsemendi omaduste stabiliseerimiseks. Kuna lisandite hulka (5–8 %) piirab nende negatiivne mõju tsemendi tugevusomaduste keskmisele nivoole, siis on see võte vaid üheks elemendiks vältimaks tsemendi omaduste muutlikkust.

Oluliselt mõjustab tsemendikivisisese paisumise loomust veel materjali pooride hulk ja laad, seega nn. reservruumi olemasolu. See tegur on tsemendikivil ja betoonil suuresti erinev, tingides vajaduse uurida uut tsementi betoonides.

Kolmandaks tuli arvestada industriaalse monteeritava raudbetooni laialdast kasutamist, kus juba üle poole raudbetoonitoodangust kivistatakse hüdrotermiliselt 60–95 °C juures. Tsemendistandard aga hindab tsementi vanade tavade kohaselt ainuüksi kasutamisel tavalise temperatuuri, +20 °C juures.

Loetletud kaalutlused viisid järelduseni, et ainult tsemendi katsetamise najal ei saa loota usaldusväärset informatsiooni uue põlevkivituhktsemendi ehituslike omaduste kohta monteeritavas raudbetoonis, uuringutega tuli haarata ka betoonide valdkonda. Nagu hiljem, 1966. – 1968. aastal selgus, oleks selle valdkonna eiramine võinud tuua meile küllalt ebameeldivusi. Uurides betoonide tugevuse ja deformatsioonide kineetikat mitmesugustes ekspluatatsioonitingimustes, avastasime nimelt hüdrotermiliselt kivistatud portlandtsementbetoonide uue "epideemia", põhjuseks etringiidi

hilinenud teke. Nagu teada, tekib etringiit iga portlandtsemendi kivistumisel. Ta on vajalik ja kasulik reguleerimaks tsemendi tardumist ja parendamaks tugevusomadusi. Seejuures peab ta hulk ja tekkekiirus olema aga nõuetekohane, vastasel juhul on ta juba kahjulik. Nimelt reglementeerib standard normaaltingimustes (+20 °C) kivistumisel $SO_3$ hulgaks 1,5 - 3,5 %. Standardiväliselt, kuid üldtunnustatult peetakse silmas, et põhiline osa $SO_3$-st peab olema seotud, s.t. etringiit peab olema tekkinud ühe ööpäeva jooksul. Siis ei ole veel ületatud 1/4 margilisest tugevusest ja betoon talub hästi deformatsioone.

Hüdrotermilisel kivistamisel pole aga standardi nõuded kohased. Meie uurimustest selgus, et kui tsemendis sisaldub $SO_3$ rohkem kui 2,5 % ja $Na_2O_{red}$ enam kui 1,2 %, hüdrotermilise kivistamise temperatuur on aga 80 °C ja kõrgem, siis hilisemal ekspluatatsioonil niiskes keskkonnas võib betoon paisuda kuni 25 mm/m ja kahjustused on juba ohtlikud. Olgu märgitud, et ohutu-ohtliku olukorra piiriks loetakse seisundit, kus veel ei ole tekkinud nähtavaid pragusid ning paisumine on kuni 2 mm/m. Selle piiri määr sõltub aga suuresti paisumise tüübist ning keskkonnast ja on eritsementide puhul kuni 50 mm/m. Soovimatud nähted seletuvad sellega, et betooni eelhoideaja vältel tekkinud etringiit laguneb kõrgema kivistumistemperatuuri juures tänu tsemendikivi vedela faasi koostise muutusele, hiljem ekspluatatsioonil tavalise temperatuuri juures aga tekib etringiit kui stabiilne faas (nn. sekundaarne etringiit) uuesti, tingides seejuures ohtlikke sisepingeid betoonis.

Uurimuste käigus sai selgeks ka sageli esinenud seletamatult madal betoonide külmutuskindlus. Siingi tingis negatiivsed ilmingud sekundaarse etringiidi teke. Uurimistulemuste alusel loodi teooria ja tehnoloogia hüdrotermiliselt kivistatud kõrgemargiliste ja püsikindlate betoonide saamiseks portlandtsementide baasil. Hüdrotermiliselt kivistatud betoonide "epideemia" on kahetsusväärseks näiteks tsemendistandardi küündimatusest hindamaks portlandtsemendi kõlblikkust hüdrotermilise kivistamise tingimustes. Ühtlasi oli see tõsiseks hoiatuseks põlevkivituhk-portlandtsemendi väljatöötamise menetluse planeerimisel ning näitas ilmekalt, millised ohud veel võivad tsementbetooni varitseda.

Põlevkivituha kui sideaine hinnang

Põlevkivituhktsementide üks komponent - kukersiit-põlevkivilendtuhk - on sideainena, võrreldes teiste tahkete kütuste (näiteks kivisõe) tuhkadega, küllaltki isepäine. Koos portlandtsemendi klinkriga võib põlevkivituhk pakkuda palju ettenägematut.

Põlevkivituhka kui sideainet iseloomustame tema faasi-de funktsioonide järgi. Põhifaasid (klaasifaas, klinkermineraalid jm.), kokku ligikaudu 3/4 kogumassist, hüdrateeruvad aeglaselt ning tagavad üldise keskmise kvaliteedinivoo. Lisand- ehk klaasifaasi ergastavad faasid (vaba lubi ja $CaSO_4$), kokku ligikaudu 1/4 massist, hüdrateeruvad ja annavad osalt kompleks-uusmoodustisi suhteliselt kiiremini. Ergastavaid faase on põlevkivituhas ülemäära palju, kahjulikus hulgas. Selle tulemusena ei rahulda põlevkivituhk-sideaine portlandtsemendi standardi nõuet ebaühtlase mahumuutuse suhtes kivistumise esimese nädala vältel.

Põlevkivituhk-ehitusmaterjalide tehnoloogia põhimõtteks on aktiveerida tuha põhifaase ja neutraliseerida ergastavate lisandfaaside ülemäärasest hulgast tulenevat kahjulikku mõju. Siin on kaks põhilist menetlust sõltuvalt kivistamise viisist.

Esiteks kivistamine autoklaavides rõhu all temperatuuril $\geq 175\ ^{o}C$ kestusega 10-17 tundi. Antud juhul tuleb tuhk eelnevalt põhjalikult veeauruga kustutada, et vältida ergastavate faaside, eelkõige vaba lubja kahjulikku mõju. Sellega kaasneb ka soovimatu - põhifaaside hüdratatsioon, mis oluliselt alandab sideaine kivistumisenergiat. Niisiis kõrvaldatakse tuha ergastavate faaside rühma kahjulik mõju tuha üldise aktiivsuse alandamise hinnaga. Sellest aga mingit kahju ei teki, kuna põlevkivituhk-sideaine kivistumine kiireneb ümbrustemperatuuri tõusul iga 10 $^{o}C$ kohta ligi 1,3 korda enam kui tavalisel portlandtsemendil ja autoklaavis kivistatud põlevkivituhktoode saavutab vajaliku tugevuse sama kiiresti kui portlandtsementki. Autoklaavimenetlusel toodetakse põhiliselt väiksegabariidilisi tooteid. Ahtme ja Narva põlevkivituhk-ehitusmaterjalide kombinaadid on alates 1961. aastast siiani tootnud mitmesuguseid autoklaavitud plokke ja suurpaneele ligi 6 milj. $m^3$. Autoklaavbetoone valmistatakse Nõukogude Liidus betoonide kogutoodangust umbes 3 %.

Teiseks mooduseks on kivistamine rõhuvabalt, kas normaaltingimustel (20 °C) või aurutamisel (60-96 °C). Kummalgi viisil toodetakse betoone peaaegu võrdselt ja üldse kokku umbes 97 % betoonidest. Rõhuta kivistamisel, eriti 20 °C juures, kivistub kukermiit äärmiselt aeglaselt. See on tingitud põhifaaside madalast aktiivsusest ja ergastavate faaside hüdratatsioonil tekkivate ning paisumist tingivate uusmoodustiste rohkusest. Siin ei suuda olukorda oluliselt parandada ei peenemaks jahvatamine ega ka tuha täiendav kustutamine enne jahvatust. Ainsaks väljapääsuks on klinkri manustamine tuhale. Nagu juba eespool nimetatud, ei ole see alati soodsa mõjuga. TPI tuhauurimisrühm jõudis järeldusele, et stabiilsete omadustega sideaine saab juhul, kui tuhakomponendina kasutada lendtuha keskmise jämedusega fraktsiooni, nn. peenfraktsiooni, mille terasuurus on valdavalt 10 - 30 µm.

Uurimisrühma töötulemused

1956. aastal alustatud uurimistsükli lõpuks oli R. Otsmani, E. Kogermanni, A. Haini, E. Piksarve, H. Reispere, T. Lauri, V. Kikase jt. osavõtul ja juhtimisel välja töötatud põlevkivilendtuha õhkseparatsiooni teoreetilised alused, õhkseparatsioonisüsteemid, -seadmed ja õhkseparatsioonil saadavate fraktsioonide optimaalsed liigid, nende koostis, omadused ja kasutusalad. Uued õhkseparatsiooniseadmed pandi tööle Ahtme SEJ kõikides katelseadmetes ja Ahtme Ehitusmaterjalide Kombinaadis. Hiljem juurutati lendtuha separatsiooni veel Balti SEJ viiel katelseadmel.

Ehitusmaterjalitööstuses on kõige otstarbekohasem kasutada lendtuhka kolme erineva terastikulise koostisega fraktsioonina. Neid nimetatakse kokkuleppeliselt jäme-, peen- ja peenimaks fraktsiooniks.

Jämefraktsiooni terasuurus on põhiliselt 30 - 150 µm piirides. Sellest on kõige otstarbekohasem valmistada autoklaavis kivistatavaid mull- ja raskbetoone.

Peenfraktsiooni terasuurus on valdavalt 10 - 30 µm ning sellest valmistatakse kukermiiti ja kukermiittsementi.

Peenimasse fraktsiooni kuuluvad terad on enamasti alla 15 µm. Seda fraktsiooni kasutatakse lisandina kiiresti kivistuva ja kõrgemargilise põlevkivituhk-portlandtsemendi saamiseks.

Töötati välja kaks põlevkivituhk-sideainet: hüdrauliline kukermiit margiga 100 ja 150 ning kukermiittsement margiga 300 ja 400. Peenfraktsiooni jahvatamisel saadavat kukermiiti toodeti Ahtme Ehitusmaterjalide Kombinaadis aastail 1961 - 1983 0,65 milj. tonni. Kukermiittsemendi (peenfraktsiooni 65 - 75 %, tsemendiklinkrit 25 - 35 %) õnnestunud katsepartii valmistati Ahtme Ehitusmaterjalide Kombinaadis 1960. a., kuid juurutamine takerdus juriidilise asjaajamise taha klinkri üleandmisel Ahtmesse tehasest "Punane Kunda". Tõenäoliselt oleks see küsimus lõpuks siiski positiivselt lahenenud, kui poleks avanenud ootamatud väljavaated põlevkivituhk-portlandtsemendi näol.

Kas klinker on lisandiks tuhale või tuhk klinkrile?

Kuni 1959. aastani oli põhiliselt taotletud võimalikult suure hulga põlevkivituha kasutamist sideainetes. Tsemendiklinkrit manustati vaid nii palju, kuivõrd see oli vajalik kukermiittsemendi nõuetekohaste ehituslike omaduste tagamiseks. Nagu juba eelnevalt mainitud, selgus, et 25 - 35 %-lise klinkrisisaldusega kukermiittsemendi saamiseks sobib kõige paremini lendtuha peenfraktsioon.

Eelduste vastaselt oli aga peenima fraktsiooni puhul klinkrilisandi efektiivsus väiksem kui peenfraktsiooni korral ning kukermiittsemendi aktiivsus oli madalam kui seda võinuks eeldada tema komponentide aktiivsuse ja nende suhtelise hulga põhjal. Klinkri ja peenima fraktsiooni sobivus on eriti halb kivistumistemperatuuridel alla +10 °C. Need negatiivsed nähud taanduvad, kui klinkrimanus on suurem - 70 - 80 %. Aga see on juba tuhalisandiga klinker! Katsetest selgus, et põlevkivilendtuha peenima fraktsiooni mõju klinkrile kivistumisprotsessis on keskmiselt 1,4 korda tugevam kui klinkri mõju tuhale.

Portlandtsemendi tehnoloogias on üldtuntud, et klinkrile obligatoorselt lisatava väikese hulga kipsi kõrval manustatakse sageli veel 15 - 50 % mitmesuguseid mineraalseid lisandeid, nagu hüdraulilised lisandid (vulkaanilised tuhad, treepel, opooka, diatomiit jt.), kõrgahjurãbu, kivisõe- ja pruunsõetuhk. Reeglina alandavad need lisandid seda enam portlandtsemendi aktiivsust (kuni 30 %), mida madalam on nende aktiivsus ja mida suurem on nende hulk. Parimal

juhul jääb aktiivsus samale tasemele kui lisandita tsemendil.

20 - 30 % põlevkivilendtuha peenima fraktsiooni manustamisel klinkrile saadi aga portlandtsement, mille aktiivsus ületas kuni 50 % lisandita portlandtsemendi oma. See oli esmakordne juhus, kus mingi mineraalne tööstusjääk nii tõhusalt tsemendi aktiivsust tõstis.

Pärast tsemendi korduvaid laboratoorseid standardikohaseid kontrollkatseid tundusid tulemused sedavõrd usaldusväärsed, et TPI tollane rektor prof. A. Aarna, ehituskonstruktsioonide kateedri juhataja prof. H. Laul ja autor esinesid 1960. a. 13. juuli "Rahva Hääles" artikliga "Erakordse tähtsusega ülesanne". Tehti ettepanek pärast täpsustavaid laboratoorseid uurimusi teha ulatuslikud tööstuslikud katsed alustamaks uue tsemendiliigi tootmist ja kasutamist vabariigis.

Kuna TPI-s tegutsev põlevkivilendtuha uurimisrühm oli täitnud 1956. a. püstitatud ülesanded, kusjuures oli välja kujunenud põlevkivituhktsementide-alane aktuaalne uurimistemaatika ning tekkinud paljulubav võimalus uue kõrgemargilise portlandtsemendi evitamiseks, moodustati 1960. a. TPI juurde ehitusmaterjalide probleemlaboratoorium. Laboratooriumi koosseisus, mille tuumikuks sai eelnimetatud uurimisrühm, on viimastel aastatel olnud 15 - 20 töötajat.

Uute paljufaasiliste mineraalsete sideainete tee ehituspraktikasse on pahatihti lõppenud kuulsusetult, näiteks kas või omaaegne ülitugev sulfaatne räbutsement, kus hiljem ilmnes olulisi puudusi. Uue tsemendi saatuse pidid otsustama järgnevate aastate kompleksete uuringute ja tööstusliku rakenduse tulemused. Üheks tähtsamaks kriteeriumiks pidasime tsemendi omaduste püsivust mitmesugustes kasutustingimustes. Ühtlasi tuli selgusele jõuda, kui kõrget tehnilist ja tööalast kultuuri uue tsemendi tootmine nõuab ning kas see kõik on meile jõukohane.

Uue portlandtsemendi nime valikul püüti esialgu paaniliselt vältida sõna "tuhk", et mitte esile kutsuda kõhklevaid mälestusi varasemast. Omal ajal püüti ju "kukermiidi" nimetuse taha varjata põlevkivituhk-sideainet koos kõigi puudustega. Sõna "tuhk" vältimine tundus lõpuks siiski olevat narrilt tühine, jäädi lootma, et materjali omadused määravad

ka suhtumise temasse. Niisiis pandigi uuele portlandtsemendile pikk nimetus "põlevkivituhk-portlandtsement".

Tööstusliku evitamise probleemid

Kogu ürituse tulemuslikkus sõltus nelja ametkonna jõupingutuste kooskõlastatusest. Nii pidid tuhka produtseeriv elektrijõujaam, tsemendi tootja, selle tarbija, s.o. betooni tootja, ja tsemendi uurijad asuma ühe mütsi alla. Nende nelja ametkonna huvitatuse tase on aja jooksul suuresti muutunud.

Algperioodil oli kõige raskem nõuetekohase tuha saamine. Sageli oli see katkemiseni pingeline. Vabariigi Ministrite Nõukogul tuli rea aastate jooksul anda korraldusi uue tsemendi tootmiseks ja selleks vajaliku tuha saamiseks. Lendtuha peenimat fraktsiooni* pidi tsementitehas saama Balti soojuselektrijõujaama katelagregaatide elektrifiltritest, mille ees on tsüklonid kasuteguriga vähemalt 0,60. Peenima fraktsiooni saamine oli põlevkivituhk-portlandtsemendi tootmise alul kõige keerukam ja konfliktsem probleem, mis nõudis arvukaid koosolekuid ja ägedaid vaidlusi. Energeetikud ei tahtnud alul võtta endale kohustust anda konditsioonilist tuhka, pidades seda lihtsalt kasutuks tootmisjäägiks. Väidetavalt kulusid tolleaegsed tsüklonid liialt kiiresti, 3 - 4 kuuga, mistõttu pidi langema järsult ka nende kasutegur. Kuna tsüklonite sagedane remontimine oli kulukas, siis kavatseti isegi üle minna uutele töökindlamatele tsüklonitele kasuteguriga kuni 0,40. Oli selge, et siis ei saanuks elektrifiltritest enam nõuetekohast tuhka. Muidugi oli siin tegemist tüüpilise ametkondadevahelise mõõdaräägimisega, vahekordade selgusetus oli aga põlevkivituhk-portlandtsemendi tootmise esimese 12 aasta vältel äärmiselt segavaks asjaoluks.

Tsemendi tootja oli uue tsemendi headest tugevusomadustest küll huvitatud, kuid ilmselt kartis põlevkivituha suurt vabalubja sisaldust ja omaduste liigset muutlikkust. Kaheldi tuhalisandi võimes anda stabiilsete omadustega portlandtsementi. Samuti peljati tuha liigset tolmavust laadimisel ja doseerimisel. Nii kestis hoovõtt uue tsemendi tootmiseks pea-

* Peenust iseloomustav eripind pidi olema vähemalt 2800 $cm^2/g$ ja vaba lubja sisaldus ülimalt 9,0 %.

aegu neli aastat. 1960. aastal katsetati tootmist alul tsementitehases "Punane Kunda", siis Ahtme Ehitusmaterjalide Kombinaadis, üldse jahvatati 140 t tsementi. Järgmisel aastal toodeti seda Tallinna tehases "Kukermiit" 850 tonni. Seega prooviti vabariigis kõiki kohti, kus oli võimalik tsementi jahvatada, ehkki oli küllalt selge, et sellega oleks pidanud tegelema vaid Kunda tsementitehas. Küllap hirmutas siin veel kahe tsementiliigi tootmise keerukus. 1963. aastal saadi siiski üle vahepealsest soikumusest - Kundas toodeti 3000 tonni põlevkivituhk-portlandtsementi. Järgmise aasta plaan nägi ette juba 35 000 tonni, kuid vajaliku kvaliteediga tuha saamine katkes tihtilugu, mistõttu suudeti anda vaid ca 18 000 tonni. Vabariigi Ministrite Nõukogu meetmed uue tsemendi tootmise laiendamiseks muutsid olukorra stabiilsemaks. Toodang tõusis 35 - 40 tuhande tonnini aastas ja jäi sellele piirile järgneva 12 aasta vältel.

Järk-järgult tugevnes tsemendi tootja veendumus uue põlevkivituhk-portlandtsemendi elujõulisuses. Selle tarbija märkas aga kohe uuest tsemendist saadava betooni erakordselt kiiret kivistumist ja aurutamisel saavutatavat suurt tugevust ning sai kohe selle innustatud pooldajaks. Tolleaegne Tallinna Raudbetoonitehase peainsener Lenini preemia laureaat Paul Veigel ja trusti "Ehitustööstus" peainsener Mihhail Železnjakov olid pärast paariaastast uue tsemendi katselist kasutamist peamised initsiaatorid, kes taotlesid vabariigi ehitusministeeriumi kaudu üleminekut selle massilisele tootmisele. Uus kõrgemargiline (500-600) portlandtsement võimaldas betoonides suuresti tsementi säästa, oluliselt lühendada kivistamiskestust ning toota senisest kõrgema margiga tooteid. Uut tsementi hakati kasutama kõige vastutusrikkamates konstruktsioonides.

Tööstusepoolse kontrolli korraldas Tallinna Raudbetoonitehase tehnikaosakonna juhataja Vadim Grigorjev. Tema algatusel tegid lisauuringuid veel Moskva ja Riia teadlasedki. Valiti välja katseobjektid, millel jälgiti koormustest tingitud deformatsioonide arenemist ja üldseisukorda. Tarbijate abi uue tsemendi igakülgsel tundmaõppimisel ja edendamisel oli tõhus.

Ajapikku muutus olukord tuha peenima fraktsiooni saamisel soodsamaks. Palju aitas kaasa sanitaartehnika eeskir-

jade karmistumine, mis märgatavalt piiras õhku paisatava tuha lubatavat hulka. 1972. aastal anti põlevkivituhk-portlandtsemendi väljatöötajaile ja juurutajaile, nende seas ka energeetikuile, Nõukogude Eesti preemia, mis oli äärmiselt tugevaks stiimuliks edaspidises töös. Nii jäid ka vanad hea püüdevõimega tsüklonid paigale - parandati mõningad koostevead, millega nende kasutusaeg pikenes 4 - 5 aastani.

Nüüd on juba enam kui 10 aasta vältel Balti soojuselektrijaamast ilma häireteta saadud nõuetekohast lendtuha peenimat fraktsiooni ning selles osas võib põlevkivituhk-portlandtsemendi tootmine kulgeda takistusteta.

Tsemendi teaduslik-tehniline väljaarendus

Alustasime põlevkivi koostisest, selle põletusrežiimist ja lendtuha fraktsioonimisest tuhapüüdmise käigus. Oluliseks detailiks osutus mehaaniline tuhapüüdur ning selle kasutegur, mis suuresti sõltub püüduri kujust ja montaaži täpsusest. Viimased mõjutavad ka tsükloni eluiga (kuni 10 korda) ja ülisuurelt elektrifiltrites saadava tuha omadusi. Kõige selle selgitamiseks tuli paluda katelagregaat seisata, pärast gaasikäikude jahtumist uurijail ise sinna sisse ronida, vead ja kahjustused fikseerida ning taotleda nende kõrvaldamist. Loomulikult sai seda teha vaid jaama koormuse langedes, s.o. pärast südaööd.

Lõpuks tuli jälgida põlevkivituhk-portlandtsementbetoonide tehnoloogilisi omadusi raudbetoontoodete tehases. Uurida segu vormitavust, betooni paisumist kivistumisel ja selle mõju vormide töökindlusele. Peale selle jälgiti konstruktsioone töös, mõõdeti nende deformatsioone ning määrati roomavus. Alg- ja lõppetapi vahele mahtusid tsemendi ja betooni omaduste uuringud ning tsementitootmine kogu nüansirikkuses.

Tsemendi väljatöötaja pidi olema alati õigel ajal õigel kohal, eriti siis, kui kuskil midagi olulist oli katkemas. Nii tuli alul isegi mittekonditsioonilise tuhaga täidetud paarisajakuupmeetriste punkrite ja vagunite tühjendamist korraldada ja endalgi käed külge lüüa.

Uue tsemendi looja, seistes silmitsi oma soovunelma - tulemuse juurutamisega - oli samaaegselt sattunud sundkäikudega ning peatumisele mittealluvasse voolu, mis karmilt kontrollis väljapakutu ehedust.

Erilise tähelepanu all oli tuha* omaduste sõltuvus põlevkivist, põletusrežiimist ja peenusest. Uue tsemendi komponendina oli tuha tugevaiks külgedeks tema plastifitseeriv toime, mis võimaldas tsemendi veevajadust alandada kuni 20 %, ning suhteliselt suur hulk soodsa koosseisuga põhifaase, mis toimisid viivitusega reageeriva hüdraulilise lisandina ning pidanuksid stabiliseerima tsemendi omadusi.

Tuha negatiivseks faasiks tundus olevat vaba lubi, mille hulka piirati algul 9,0, hiljem 10,0 %-ni. Edasised uurimused tõendasid, et peale vaba lubja sisalduse on väga oluline veel tema dispergeeritus, mida iseloomustati algul tuha eripinna piiranguga $S \geq 2800$ cm$^2$/g, hiljem eripinna ja vaba lubja suhte ehk nn. kvaliteedimooduli abil:

$$K = \frac{S}{CaO_v} \geq 3{,}10 \text{ m}^2/\text{g}$$

(üht grammi vaba lupja sisaldav tuhahulga pind ruutmeetrites).

Selgus, et kui vaba lubja terasuurus on alla 15 µm, siis on paisumiskeskmed tsemendikivis sedavõrd ühtlaselt jaotunud, et tsemendikivi talub kahjustusteta paisumist 5 mm/m. Hilisemad uurimused näitasid, et vaba lubja sisaldus tuhas võib ulatuda isegi 11,5 %-ni, kui vaid kvaliteedimoodul ei ole väiksem kui 3,10 m$^2$/g.

Tuha teise miinusena nägid mõned uurijad $CaSO_4$ 16–19 %-list sisaldust. Kuna lisatav tuhadoos ei tõstnud üldist $SO_3$-kogust tsemendis üle standardis lubatu (kuni 3,5 %), siis oli juriidiliselt kõik korras. Et aga $CaSO_4$ hüdrateerub ning lahustub tunduvalt aeglasemalt kui tavaliselt portlandtsemendile manustatav kips, s.o. $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, siis nõudis vastavaid uuringuid ka $CaSO_4$ mõju tsemendikivi paisumise kineetikale ja tugevuse püsivusele.

Vaba lubja ja $CaSO_4$ toimel on põlevkivituhk-portlandtsement vastandina tavalisele portlandtsemendile paisuv, rahuldades mittekahaneva tsemendi nõudeid (joonpaisumine ≤2 mm/m).

---

* "Tuha" all mõistetakse siin ja edaspidi lendtuha peenimat fraktsiooni.

Põlevkivituhk-portlandtsemendi arengut saatsid rohked arutelud oma instituudis, vabariigi ehituskomitees, ehitusmaterjalide tööstuse ministeeriumis, ehitusministeeriumis, Kunda tsementitehases, raudbetoonitehastes, Balti soojuselektrijaamas jm. Kaalukaim ülevaatus ja hinnanguandmine toimus 1964. a. Moskvas keskses tsementiuurimise instituudis НИИЦемент tolleaegse direktori prof. I. Kravtšenko ja prof. S. Rojaki juhtimisel. Selles arutelus osalejad - paljude uurimisinstituutide eriteadlased - leidsid põlevkivituhk-portlandtsemendi olevat vägagi perspektiivse. Edaspidi peeti vajalikuks uurida üksikasjalikumalt tuhakomponendi omaduste stabiilsust sõltuvalt tema tekke tehnoloogilistest teguritest ja betooni ehituslike omaduste kompleksi ning püsivust. Selliste uurimustega oli valdavalt juba alustatud, kuid paljugi oli veel algstaadiumis või alles kavas.

Eelolevate tööde käigus tuli niisiis varieerida tuha jämedust, vaba lubja ja $CaSO_4$ sisaldust, põletustugevust, klinkri koostist, jahvatuspeenust, betoonisegu koostist ja kivistamisrežiimi. Senisest põhjalikumalt tuli uurida hüdratatsiooni- ja kivistumisnähtuste eripära, tsemendi saamise tehnoloogiat, betooni füüsikalis-mehaanilisi omadusi ning püsivust. Uurida tuli betoonide deformatsiooniomadusi ja roomavust konstruktsioonides ning sarruse korrosiooni. Ühtlasi tuli valmis olla evitamise käigus esilekerkivate uudsete nähtuste uurimiseks ja probleemide lahendamiseks.

Kõige selle teostamiseks jäid TPI ehitusmaterjalide probleemlaboratooriumi senised jõud napiks, nõudis ju kavandatu sadu tuhandeid katsetusi. Ehitusmaterjalide tööstuse ministeeriumiga sõlmitud leping võimaldas rakendada põlevkivituhk-portlandtsemendi evitamisel veel 15-25 töötajat. Seoses uurimistemaatika hilisema laienemisega eriomadustega põlevkivituhk-portlandtsementidele ja nende evitamisele kestab nimetatud lepinguline vahekord tänaseni.

Uue tsemendi tööstuslik evitamine ja teaduslik-tehniline edasiarendus pidid iseenesest mõistetavalt kulgema käsikäes. Uurimiskaader komplekteeriti põhiliselt TPI kasvandikest, kellest paljud olid juba üliõpilaspõlves laborantide ja inseneridena laboratooriumis töötanud. Praktiliselt kõik, kes on põlevkivituhk-portlandtsementide väljatöötamisse olulise panuse andnud, omandasid teadmised ja valdavalt ka teadusliku kraadi uurimistöö käigus.

Raskeimat ning vastutusrikkamat koormat vedasid ning töid juhtisid E. Kogermann (tuha saamisel soojuselektrijaamast), E. Piksarv (tsemendi tootmisel) ja A. Hain (betoonide valmistamisel).

Edgar Kogermanni teadlasetee algas uuringutega põlevkivilendtuha õhkseparatsiooni alal, kus ta töötas välja teoreetilised alused ning tsementitööstusele vajalike tuhafraktsioonide koostise ja saamise tehnoloogia. Lendtuhafraktsioonide proovide laboratoorsel analüüsil tuli olla äärmiselt täpne, samas aga vajaliku koostisega fraktsioonide saamisel vähem täpse tööstuse suurtes mastaapides leida kõige olulisem, mis mõjutab nende kvaliteeti. Kõige muu kõrval oli töö elektrijõujaamas algperioodil küllaltki konfliktne, visadust ja füüsilist vastupidavustki nõudev. E. Kogermann kaitses kandidaadiväitekirja 1962. aastal.

Evald Piksarve juhitavas tsementide tehnoloogia valdkonnas uuriti põlevkivituhktsementide keemilis-faasilise koostise ja omaduste vahelisi seoseid ning töötati välja hüdratatsiooni- ja kivistumisprotsesside seaduspärasused. Kuna tegemist oli paisuva ning mittekahaneva tsemendi piirimail paikneva sideainega, siis oli tarvis erilist hoolt kivistumise käigus kulgevate deformatsioonide kineetika laadi ning sõltuvuste uurimiseks.

Pärast E. Kogermanni siirdumist õppetööle 1970. aastal tuli E. Piksarvel tegelda tootmis- ja tehnoloogiaküsimustega Balti soojuselektrijaamas vajalike omadustega tuha saamiseks. Selle probleemi lahenemine tegi võimalikuks põlevkivituhk-portlandtsemendi toodangu suurenemise 40 tuhandelt tonnilt ligi 315 tuhandele tonnile aastail 1974 - 1979. Juba 1975. aastal omistati uuele tsemendile kvaliteedimärk, mida tollal kandis vaid 5,3 % kogu Nõukogude Liidu tsementitoodangust. E. Piksarv kaitses 1965. a. kandidaadiväitekirja põlevkivituhk-portlandtsementide kivistumisprotsesside ja väljatöötluse alal.

Artur Haini õlul lasusid uue tsemendi füüsikalis-mehaaniliste omaduste ja betooni tehnoloogiliste ning püsivusalaste uuringute juhtimine ja teostus. Selles valdkonnas on töötanud kõige arvukamalt üliõpilasi ja insener-tehnilist personali ning on kõige enam tehtud selektsioonääritööd. Kes

arvab, et tsemendi tugevusomaduste hinnang proovikehade surve- ja paindetugevuse põhjal on primitiivne eksperimenteerimine, eksib suuresti. Lihtne on küll toime tulla näiteks ühest tsemendist 3-6 standardse proovikeha valmistamise ja tugevuse katsetamisega. Sadade tsementide, kümnete tuhandete proovikehade, rohkete füüsikalis-mehaaniliste uuringute korral läheb aga vaja väga ladusat töökorraldust ja täpsust katsete läbiviimiseks võrdsetel tingimustel. Laboratoorse töö kultuur ja töötajate suutlikkus peab olema seda kõrgem, mida suurem on erilaadiliste katsetuste hulk. Eriti nõudlikud selles osas olid algperioodi põlevkivituhktsemendid, kus tsemendi laagerduse kestus, aurutuse eelhoideaeg, kivistamiskeskkonna temperatuuri ja niiskuse vähenegi kõikumine tingis tulemuste suurt varieeruvust.

Vaid kõikvõimalike vigade ja juhuslikkuse vältimise tulemusena saadi üle 1,5 miljoni katse põhjal terad aganatest eraldada ning leida üldised seaduspärasused, mis on olnud edasise edu aluseks uut liiki põlevkivituhk-portlandtsementide väljatöötamisel. A. Hain kaitses 1965. a. kandidaadiväitekirja põlevkivituhktsementide omaduste uurimise alal.

Dots. Raimond Otsmani õlul on paljude aastate jooksul lasunud põlevkivituhk-portlandtsementbetoonide kasutamise alased ja teaduslik-organisatoorsed küsimused.

Põlevkivituhk-portlandtsementbetooni kui konstruktsioonimaterjali tugevus- ja deformatsiooniomadusi uuris 1964. aastast alates prof. H. Lauli juhtimisel dots. Valter Raidna. Need uurimused võimaldasid uut tsementi ratsionaalselt kasutada vastutusrikastes pingbetoonkonstruktsioonides.

Põlevkivituhk-portlandtsemendi saamise ja kasutamise ökonoomika küsimusi on uurinud dots. Sergei Dokelin.

Peale eeltoodu tuleb (kronoloogilises järjekorras) veel mainida järgmiste töö käigus teaduskandidaatideks saanute panust põlevkivituhktsementide alal.

Raivo Soidra poolt 1965. a. kaitstud kandidaaditöö plastifikaatorite mõju kohta põlevkivituhk-tsementbetoonides oli tollel ajal tõhusaks aluseks nende tsementide kasutusala laiendamiseks.

Toomas Laur on töötanud põlevkivituhk-portlandtsementbetoonide ehituslike omaduste parandamise valdkonnas. Väitekirjas (kaitses 1967) käsitles põlevkivilendtuha fraktsioonide kasutamist autoklaavsete sideainete saamiseks.

Ilmar Laul on uurinud põlevkivituhk-portlandtsemendi niiskusdeformatsioone ja rakendusvõimalusi teedeehituses, kus saavutas märkimisväärset edu. Eriti head on tulemused kahe- ja kolmekomponendiliste keskmargiliste põlevkivituhk-tsementide väljatöötamise osas. Väitekirja kaitses 1969. a.

Kalju Ojaste uurimisobjektiks oli põlevkivituhk-tsementbetoonide püsivuse probleem reaktsioonivõimeliste täitematerjalide puhul. Uuringute tulemusena selgus, et põlevkivituhk-portlandtsement on vähem tundlik seda laadi kahjulike mõjude suhtes kui portlandtsement. Dissertatsiooni kaitses 1969. a.

Väino Soonike töötas välja põlevkivilendtuha peenima fraktsiooni hindamise uued alused kvaliteedimooduli põhjal, mistõttu stabiliseerusid tsemendi omadused ja lihtsustus tootmisprotsess. Väitekirja kaitses 1969. a.

Gunnar Kiivet, uurides pioneerina raske põlevkivituhk-portlandtsementbetooni valmistamise tehnoloogia ja ehituslike omaduste vahelisi seaduspärasusi, töötas välja alused optimaalse koostisega monteeritavate betoonide saamiseks. Kaitses väitekirja 1971. a.

Viive Nurm uuris erinevail põletusviisidel saadud kukersiitpõlevkivituhkade faasilise koostise ja sideaineliste omaduste vahelisi seoseid, mis võimaldas seletada põlevkivituha ja põlevkivituhk-portlandtsemendi sideainelist loomust ning prognoosida uue tsemendi optimaalsed kasutusalad. Kaitses väitekirja 1972. a.

Enn Uustalu uurimistemaatikaks oli tsementide terastikulise koostise ja omaduste vaheliste seaduspärasuste väljatöötamine. Nende tundmine võimaldab saada uusi kõrgemargilisi põlevkivituhk-portlandtsemente. Kandidaaditöö kaitses 1975. a.

Stellina Grabko on uurinud põlevkivituha ja põlevkivituhk-portlandtsemendi ning nende hüdratatsiooniproduktide faasilise koostise muutusi sõltuvalt toote kivistamistingimustest ning koostise mõju betooni ehituslikele omadustele. Kaitses väitekirja 1975. a.

Lembi Raado uurimused mitmesuguste agressiivsete vete mõjust põlevkivituhk-portlandtsementbetoonidele on võimaldanud välja töötada uue sulfaadikindla portlandtsemendi. Kaitses väitekirja 1975. a.

Raivo Vihvelini kompleksuuringud põlevkivituhk-portlandtsemendi ja täitematerjalide terastikulise koostise alal võimaldasid välja töötada seaduspärasused eriti kõrgemargiliste betoonide saamiseks. Väitekirja kaitses 1983. a.

Hillar Joone uurimistemaatikaks oli mitmesuguste tahkete kütuste lendtuhkade alusel saadud tuhkportlandtsementbetoonide külmutuskindluse teoreetilised alused, mis võimaldab prognoosida põlevkivituhk-portlandtsementbetoonide külmutuskindlust ning saada eriti külmutuskindlaid betoone. Kaitses väitekirja 1983. a.

Põlevkivituhk-portlandtsementide teooria ja saamise tehnoloogia aluste väljatöötamise ning juurutamise alal kaitses käesolevate ridade autor 1974. a. doktoritöö. Pikaaegsete kompleksete uuringute ja tööstuslike rakenduste tulemusena on loodud uue tehismineraalse lisandi - kukersiit-põlevkivilendtuhk - peenima fraktsiooni alusel kõrgemargiliste portlandtsementide ning betoonide saamise teooria ja tehnoloogia. Uue tehismineraalse lisandi toimel kiireneb tsemendi põhikomponendi - klinkri - hüdratatsioon ning tänu klinkri ja lisandi faaside soodsale hüdratatsioonikineetikale on uusmoodustiste paigutus ühtlasem ja tsemendikivi struktuur parem kui tavalise portlandtsemendi puhul. Selle tulemusel tõuseb suuresti tsemendi aktiivsus ning betooni tugevus ja püsivus.

Käsitletud alal autoritunnistuse omandanuid on kümme: V. Kikas, R. Otsman, E. Kogermann, A. Hain, E. Piksarv, I. Laul, T. Laur, E. Uustalu, S. Grabko, L. Raado. TPI kollektiivist on Nõukogude Eesti preemia laureaate seitse: R. Otsman, E. Kogermann, A. Hain, E. Piksarv, T. Laur, I. Laul ja V. Kikas. Põlevkivituhk-portlandtsemendi evitajatest energeetika-, tsemendi- ja raudbetoonitööstuses on saanud Nõukogude Eesti preemia L. Ingar, L. Vihvelin, H. Ivand, N. Vavilov, H. Noormets, P. Veigel ja M. Železnjakov.

Põlevkivituhk-portlandtsement vabariigi tippehitises, Tallinna teletorni betoonis

Tallinna uue 314 m kõrguse teletorni raudbetoonvundament rajati 1975. a. lõpul. Betooni tugevusmark oli 350, külmutuskindluse osas 200.

Teletorni 190 m kõrgune raudbetoonsammas tuli, nagu Vilniuse teletornilgi, valmistada eliittsemendina tunnustatud sulfaadikindla portlandtsemendi (mark 400) alusel. Nõuded olid aga Tallinna teletorni kui mereäärse ning raskemates ilmastikutingimustes asuva rajatise betooni suhtes margi võrra kõrgemad kui Vilniuses. Nii pidi meie teletorni betooni tugevusmark olema 400, külmutuskindluse puhul 300.

Tallinna teletorni jaoks pidi nõuetekohase betoonisegu andma Tallinna Raudbetoonitehas. Segu koostise väljatöötamise käigus aga selgus, et sulfaadikindla portlandtsemendiga pole võimalik saada nõuetekohast kõrgema margi betooni.

Vabariigi ehituskomitee, tuginedes trusti "Ehitustööstus" ja raudbetoontoodete tehase spetsialistide kogemustele ning TPI kompleksete uuringute tulemustele, taotles loa põlevkivituhk-portlandtsemendi kasutamiseks Tallinna teletorni samba betoonis.

Plastilises betoonisegus kasutati Männiku karjääri liiva ja graniitkillustikku tera suurusega 5–20 mm, tsementi oli 450 kg/m$^3$, w = 0,39. Kasutati õhku sisseviivat lisandit CHB 0,005 % tsemendimassist. Telemasti sammas betoneeriti 1976.a. maist kuni 1977. a. märtsikuuni. Betooni tegelik tugevus rahuldas marginõuet ning oli aasta pärast juba 57 MPa ehk 570 kG/cm$^2$. Külmutuskindlus oli aga 675 tsüklit.

Põlevkivituhk-portlandtsemendi kasutamine niisuguse unikaalse ehitise rajamisel oli talle ehitustehnilises mõttes hindamatuks tunnustuseks. Nii vastutusrikast kõrgrajatist polnud veel kunagi mineraalsete lisanditega portlandtsementbetoonist püstitatud. Veelgi kaalukamaks tuleb lugeda selle rajatise positiivset mõju tehnikaüldsuse mentaliteedile põlevkivituha kasutamise võimaluste osas.

## Pilguheit tagasi, kus oleme ja kuhu püüame

Kõnesolnud uuringute tulemusel töötati Tallinna Polütehnilise Instituudi ehitusmaterjalide TU laboratooriumis välja kukersiitpõlevkivituha fraktsioonidena kasutamise menetlus. See võimaldab saada varasemast suuresti tulusamaid põlevkivituha liike, mis on kõrgeväärtuslikuks tooraineks või

isegi valmistooteks ehitusmaterjalitööstuses, põllumajanduses, teedeehituses ja keemiatööstuses ning säästavad suuresti energiat ja tööjõudu. Nimetatud menetlus on oluliseks saavutuseks põlevkivi kompleksel kasutamisel, seda ka ökoloogia seisukohalt. Tsementitööstuse tarbeks on loodud uus põlvkond perspektiivikaid mineraalseid lisandeid, millest efektiivseim on põlevkivilendtuha peenim fraktsioon. Varem põlatud surrogaat, põlevkivituhk, on nüüd esmajärguline tooraine tsementitööstuses.

Põlevkivituhk-portlandtsement võitis meie vabariigi ehitustööstuses üldise tunnustuse. Tema tootmise areng oli aga küllaltki pikaldane.

Esimene, hoovõtu ajajärk 1960 - 1963 oli kõige kriitilisem, nelja aasta jooksul toodeti kokku vaid 4 tuhat tonni põlevkivituhk-portlandtsementi.

Teine, väiketootmise stabiilne periood 1964 - 1975, kus 12 aasta jooksul toodeti 436 tuhat tonni tsementi, seega aastas keskmiselt 36 tuhat tonni.

Kolmas, suurtootmise periood algas 1976. aastast. 9 aasta jooksul on toodetud 2,50 miljonit tonni, seega aastas 278 tuhat tonni tsementi.

Esimese miljoni tonni põlevkivituhk-portlandtsemendi tootmiseks kulus peaaegu 19 aastat, teise tootmiseks vaid pisut üle 3 aasta. Kunda tsemenditehase algaastaist kulus esimese miljoni tonni tsemendi tootmisele 44 aastat (1870-1914), järgmisele 24 aastat (1938), kolmandale 15 aastat (1953), neljandale 8 aastat (1961) ja viiendale miljonile tonnile 2 aastat (1963). Praegu moodustab põlevkivituhk-portlandtsement üle veerandi tsemendi kogutoodangust Kundas.

Põlevkivituhk-portlandtsemendi mark on olnud 500 kuni 600. Pea kogu tsement kasutatakse monteeritava ping- ja raudbetooni valmistamiseks, kus ta on eriti efektiivne ning kulu 1,6 korda väiksem kui tavalisel portlandtsemendil margiga 400. See tsement on praktiliselt ainuvalitsev meie vabariigi raudbetoonitööstuses. Temast saadav kasum on olnud ligi 20 milj. rubla ja tsementi on säästetud üle 1,7 milj. tonni.

Praeguseks on põlevkivituhk-portlandtsemendile lisaks töötatud välja veel eriti kõrgemargilise (700) ja sulfaadikindla tsemendi variandid. Ka on tehtud ettepanek puht-portlandtsemendis seni kasutatud traditsioonilised mineraalsed

lisandid, nagu treepel, diatomiit, kvartsliiv jt. asendada lendtuha ühe fraktsiooniga, mille tulemusena tsemendi aktiivsus tõuseks kuni 7,5 MPa võrra. Terendamas on ka pingpõlevkivituhk-portlandtsemendid, mille alusel saab valmistada isepingestuvat pingbetooni.

Eelnimetatud uute tsementide jaoks vajaliku koostise ja omadustega lendtuha fraktsioone tekib meie vabariigi soojuselektrijõujaamades sedavõrd rohkesti, et nende alusel võiks toota aastas 12 milj. t kõrgemargilisi portlandtsemente, mis asendaksid üle 18 milj. t tavalist portlandtsementi. Seega oleks säästa enam kui 6 milj. t tsementi ehk teisiti väljendatuna - 1 tonni põlevkivituha kasutamisel tsementitööstuses säästetakse ligi 2,5 tonni portlandtsementi.

Põlevkivituha ratsionaalne kasutamine ehitusmaterjalitööstuses, põllumajanduses, teedeehituses ja keemiatööstuses võimaldab rahvamajandusel saada kaks korda suuremat tulu kui seda annab põlevkivi orgaanilise osa põletamine soojuselektrijõujaamades.

V. Kikas

## On the Working-out of Oil-shale Fly-ash Portland Cements


### Summary

This is a survey of the procedure of working out of a practical method for getting separate fractions of oil-shale fly-ash and of their use as mineral additive in producing high-grade Portland cements. The process of working out, developing and putting to practical use of these cements in the cement and reinforced concrete industry of the Estonian SSR is described more in detail. Also the perspectives of getting oil-shale fly-ash cements with special properties are observed.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 378.662:378.16(474.2)

M. Krikk

# TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI MATERIAALSE BAASI ARENGU PIIRJOONI 1960-NDATE AASTATE ALGUSENI

Ettevalmistusi TPI tegevuse jätkamiseks alustati tagalas juba enne Eesti NSV vabastamist fašistlikest vägedest. 11. augustil 1944 võttis Eesti NSV Rahvakomissaride Nõukogu vastu määruse Tallinna Polütehnilise Instituudi ja Tartu Riikliku Ülikooli taastamise kohta. TPI direktoriks määrati professor Albrecht Altma. Mitmed tagalas viibivad õppejõud, kaasa arvatud direktor, käisid tutvumas Moskva kõrgkoolide ja Kõrgemate Koolide Komitee tööga. Septembri algul koostati Võrus Tallinna Polütehnilise Instituudi 1944. aasta viimase kvartali eelarve.

Põgenemiseks valmistuvad okupatsioonivõimud andsid 19. septembril 1944 käsu evakueerida kõik TPI spetsialistid ja varad Danzigisse. Korraldus leidis instituudis otsustavat vastuseisu. Päästmaks õppeasutuse vara, korraldati instituudi töötajate valve. Okupantidel õnnestus kaasa viia ainult instituudi veoauto, keemiaõpikud, ajakirjad, kogu eesti- ja venekeelne nõukogude kirjandus. Tõsi, varasemate aktsioonidega oli okupatsioonivõimude saagiks langenud suurem osa plaatinaesemeist (tiiglid, spiraalid jms.) kogukaaluga peaaegu kaks kilogrammi. TPI-le tekitatud materiaalne kahju moodustas tolleaegses vääringus 146 679 rubla [1].

Viis päeva pärast Tallinna vabastamist, 27. septembril 1944, toimus instituudi õppejõudude esimene koosolek, kus osalesid professorid A. Altma, L. Jürgenson, J. Kark, O. Maddison, dotsent J. Ivand ja magister H. Raudsepp. Sellele kuueliikmelisele tuumikule langes instituudi töössetakendamise koguraskus.

TPI taastamise probleemide hulgas oli keskse kohal materiaalse baasi tugevdamine. Juba 28. septembril lasti

käiku osa rahast, mis direktor A. Altma oli Võrus rahvahariduse komissarilt J. Nuudilt saanud. Esialgseteks, kõige hädapärasemateks kulutusteks oli eraldatud kolm tuhat rubla. Oktoober ja novembri esimene pool möödusid pingsa ettevalmistustöö tähe all. Avaaktus toimus 15. novembril.

Direktor prof. A. Altma on hiljem meenutanud okupantide poolt laostatud instituudi taasavamise keerukust. Puudusid nii abistavad ühiskondlikud organisatsioonid kui ka vastavad kogemused. Okupatsiooni ajal oli osa õppejõude ja teenistujaid Eestist lahkunud, ülejäänud ja üliõpilasedki mööda maad laiali [2].

Teravat puudust tunti õpikutest ja õppevahenditest, eriti eestikeelsest õppe- ja teaduskirjandusest. Instituudi peahoones asunud keskraamatukogus oli 1944. aasta 27. septembri seisuga 19 137 raamatut [3], millest õppe- ja teaduskirjandus moodustas vaid väikese osa, seegi suuremalt jaolt vananenud. Raamatukogu vajas tublit täiendamist. Eesti NSV Rahvakomissaride Nõukogu otsustas anda Tallinna Polütehnilisele Instituudile ja Tartu Riiklikule Ülikoolile nende õppejõudude raamatud ja teaduslikud kogud, kes olid lahkunud koos okupantidega [4]. Teatud määral saabus õpikuid ja muud kirjandust Moskva, Leningradi ja teiste linnade kõrgkoolidelt.

Instituudi raamatukogu asus kolmes erinevas kohas: peahoones, keemia- ja majandusteaduskonna hoones. 1945. aasta kevadel oli keskraamatukogus 28 000 köidet, neist umbes kolm neljandikku saksakeelseid, venekeelset kirjandust oli vähem kui üks viiendik, ülejäänud olid eestikeelsed. Keemiateaduskonna raamatukogus oli 10 000 köidet, majandusteaduskonna omas 20 000 [5]. Järgnevate aastate jooksul täienes raamatukogu üleliidulistest fondidest 12 000–15 000 köite võrra aastas, mis paraku olukorda palju ei leevendanud, sest tegemist oli suuremas osas ennesõjaaegsete väljaannetega. Erilist puudust tundis TPI raamatukogu pärast 1941. aastat ilmunud kirjandusest. Ühiskondlik-poliitilist kirjandust leidus esialgu väga vähe: 1946. aastal vaid 197 nimetust venekeelset ja 144 nimetust eestikeelset [6].

1950. aasta septembris toodi majandusteaduskonna raamatukogu Kopli peahoonesse. Raamatukogu fondid kasvasid jõudsalt, ruumid osutusid varsti kitsaks. 1951/52. õppeaastal

oli raamatukogus 157 523 köidet, neist moodustasid õpikud ja õppevahendid kolmandiku. Uue kirjanduse paigutamine muutus päev-päevalt raskemaks. Üle kahe tuhande üliõpilaslugeja jaoks oli lugemissaalis ainult 55 kohta [7]. 1954. aasta lõpul avanes võimalus raamatukogu Kopli peahoonest üle viia Laiale tänavale. Sealsed ruumid olid küll avaramad, kuid fondide kiire kasvu tõttu kujunes kirjanduse paigutamine taas tõsiseks probleemiks.

Õppe- ja teadustööd tuli alustada kitsastes oludes. Instituudi üldpind oli sõjaeelse olukorraga võrreldes isegi vähenenud. Nimelt kasutas TPI 1940/41. õppeaastal endist Kopli rahvamaja, kus paiknesid instituudi söökla, võimla ja veel mõned ruumid. 1944/45. õppeaastal läks nimetatud hoone TPI valdusest ära. Peale selle suurenes auditooriumidevajadus seoses üleminekuga kursuste süsteemile.

1944/45. õppeaastat alustanud ehitus-mehaanika-, keemia-mäe- ja majandusteaduskond paiknesid erinevates majades: peahoones Kalinini 101, soojustehnika hoones Kalinini 116, tehnoloogiahoones Kaevuri 1, keemiahoones Marati 4; majandusteaduskond majutus Toompeal Kohtu 4. Kõikide õppehoonete üldpind oli 13 000 $m^2$, neis asusid 18 kateedrit, 16 auditooriumi, 4 joonestussaali, keemialadu, raamatukogud. Mööda linna laiali paiknesid samuti laod, söökla, garaaž - enamasti instituudi poolt üüritud hoonetes.

Õppetöö normaalset kulgu raskendasid mitmed asjaolud: kütusenappuse tõttu oli talvel mõnes ruumis vaid 3-4 kraadi sooja, 1944. aasta aprillis katkestati valgustusgaasi andmine. Häiritud oli vee ja elektriga varustamine. Linnatransport oli üle koormatud, TPI õppehoonete vaheline kaugus süvendas veelgi liiklemisraskusi.

Instituudi õppe- ja teadustöö baas oli nõrk ja suures osas vananenud. Hädasti oli tarvis kõikvõimalikke aparaate, seadmeid, tööpinke, reaktiive. Metallide tehnoloogia, ehitustööstuse ja nii mõnegi teise uue erialakateedri laboratoorset baasi hakati alles looma.

Instituudis avati rida uusi erialasid ja suurendati üliõpilaste vastuvõttu, kuid materiaalne alus ei olnud selleks oluliseks põõrdeks küllaldane. 1946. aasta kevadel tehti arvutusi, millest selgus, et instituut vajas juurde pinda 500 $m^2$ auditooriumideks, 1160 $m^2$ elektrotehnika, energee-

tika, materjalide tugevusõpetuse ja teiste laboratooriumide jaoks, 300 $m^2$ viie joonestussaali, teist samapalju sõjalise kateedri tarbeks [8]. 5. juulil 1946 esitas TPI NSV Liidu Kõrghariduse Ministeeriumile taotluse IV viisaastakul 100 miljoni rublase hoonekompleksi ehitamiseks. Kavandati 700-kohalise ühiselamu rajamine [9]. Selline plaan ei vastanud aga tolle aja võimalustele.

1950/51. õppeaastal avati TPI-s kaks uut teaduskonda: laevaehitus- ja põllumajanduse mehhaniseerimise teaduskond. Toompealt toodi Kopli peahoonesse üle majandusteaduskond. Kasuliku pinna suurus ühe üliõpilase kohta vähenes: 1948/49. õppeaastal oli see 6,2 $m^2$, 1950/51. õppeaastal aga ainult 4,6 $m^2$ [10]. Õppetööd tuli korraldada kahes vahetuses. 1951/52. õppeaastal oli 95 päevast õpperühma, kelle käsutuses oli ainult 32 auditooriumi. Kuna auditooriumid olid väikesed, tekkis raskusi vooruloengute läbiviimisega.

Mõned äsja loodud kateedrid, sh. ohutustehnika, arhitektuuri, masinaehituse tehnoloogia, ettevõtete organiseerimise ja planeerimise kateeder olid ilma laboratooriumideta, teiste sisseseade vajas uuendamist. Laboratooriumidest kõrvaldati vananenud seadmeid, kuid ruumipuudust see ei leevendanud. 1958. aastal asutatud energeetikateaduskonna väljaarendamine toimus suures ruumikitsikuses. Viiekümnendatel aastatel mitmekordistusid TPI-le antavad rahalised vahendid, rohkem oli võimalik täiendada ja uuendada seadmeparki, lahendamata jäi aga küsimus, kuhu see paigutada.

Kujunes märgatav vastuolu üliõpilaste vastuvõtu suurendamise ja instituudi sellekohase materiaalse baasi võimaluste vahel. Üliõpilaste praktilise ettevalmistuse tase profileerivate kateedrite poolt kippus maha jääma nende teoreetilisest ettevalmistusest. Tunda hakkas andma spetsialiseeritud auditooriumide puudumine. Kümne aastaga, s.o. 1949/50-1959/60, oli päevaste üliõpilaste arv kasvanud enam kui viiesaja võrra ja ulatus kahe tuhandeni. Üliõpilaste käsutuses oli 1959/60. õppeaastal 25 auditooriumi, 13 kabinetti, 7 laboratooriumi [11].

Vastuvõtu suurendamisega kasvas ka vajadus ühiselamute järele. Juba 1945. aasta aprillis taotles TPI ühiselamukohti kaheksasajale üliõpilasele. Linna täitevkomiteel oli

välja pakkuda vaid kaks korterit üldpinnaga 160 $m^2$ [12]. Ka ei täitunud instituudi lootused saada ühiselamupinda endise Kopli rahvamaja arvel.

Esimesed 90 ühiselamukohta sai instituut 1946. aasta novembris [13]. 1947/48. õppeaastal majutati 128 üliõpilast, kuid see oli vaid 7,6 % ühiselamut vajavate üliõpilaste koguarvust [14] (kaks kolmandikku üliõpilastest olid pärit väljastpoolt Tallinna). Ühiselamukohtade arv kasvas aegamööda, selleks tuli kohandada koguni õpperuume. 1952/53. õppeaastal elas ühiselamuis 645 üliõpilast. Ühiselamutoad paiknesid Lai t. 5, Lenini pst. 5 ja 7, Toompuiestee 17a, Pärnu mnt. 6, Kohtu t. 4 ja Rahvakohtu t. 3 hoonetes. Saja viiekümne üliõpilase üüri tasus TPI. Ühiselamuprobleem jäi paljudeks aastateks kimbutama. Seda ei suutnud lahendada ka viiekümnendate aastate teisel poolel Sõpruse puiestee ja Koskla tänava vahelisele alale ehitatud kahekorruselised ühiselamud.

Aeg oli küps otsustavaks pöördeks TPI elus. Instituut oli oma senisest rüüst välja kasvanud. 1960. aastal algasid TPI uue hoonetekompleksi ehitustööd Mustamäel. Eelnenud oli sellele pikk ettevalmistusperiood, mille käigus instituudil tuli oma arenguperspektiivide eest järjekindlalt võidelda.

## Allikad


1. ENSV ORKA f. R-1834, n. 3, s. 20, l. 48, 60.
2. Tallinna Polütehnik, 1965, 7. mai.
3. ENSV ORKA f. R-1834, n. 3, s. 6, l. 1.
4. ENSV ORKA f. R-14, n. 3, s. 23, l. 66.
5. ENSV ORKA f. R-1834, n. 3, s. 1, l. 61.
6. EKPA f. 910, n. 1, s. 6, l. 85.
7. ENSV ORKA f. R-1834, n. 3, s. 184, l. 10.
8. ENSV ORKA f. R-1834, n. 3, s. 27, l. 28.
9. ENSV ORKA f. R-1834, n. 3, s. 24, l. 3.
10. ENSV ORKA f. R-1834, n. 3, s. 128, l. 7.
11. EKPA f. 910, n. 7, s. 6, l. 19.
12. ENSV ORKA f. R-1834, n. 3, s. 10, l. 123-124.
13. EKPA f. 910, n. 2, s. 2, l. 1.
14. ENSV ORKA f. R-1834, n. 3, s. 40, l. 60.

M. Krikk

## Umrisse der Entwicklung der materiellen Basis der Polytechnischen Hochschule Tallinn bis Anfang der 60er Jahre

Zusammenfassung

In den Nachkriegsjahren begann sich die Lehr- und wissenschaftliche Tätigkeit an der Polytechnischen Hochschule Tallinn zu entwickeln. Infolgedessen vertiefte sich der Raummangel. Anfang der 50er Jahre wurde der Unterricht in zwei Schichten durchgeführt. Es mangelte an Studentenheimplätzen. Zur Verstärkung der materiellen Basis der Hochschule wurde der Hochschule das Lehrgebäude Kalinin-Strasse 82 zur Verfügung gestellt. Auch wurden zweistöckige Studentenheime auf der Koskla-Strasse gebaut. Ebenso wurden Problemlaboratorien eingerichtet.

Der Bau des neuen Gebäudekomplexes in Mustamäe begann am Anfang der 60er Jahre.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 378.662:378.12+061.22:378.662:378.12](474.2)

J. Laas

# TPI TEADLASKONNA OSA EESTI NSV TEADUSORGANISATSIOONIS

Tallinna Polütehnilisel Instituudil on olnud asutamisest alates keskne ja kuni 1970.-1975. aastani ka kvantitatiivselt kasvav osatähtsus vabariigi teadusorganisatsioonis (tabel 1). Instituudi ulatuslike ja rahvamajanduslikult oluliste funktsioonide toimel suurenes päevase õppe üliõpilaste arv (viimastel aastatel on üliõpilaste koguarv suhteliselt kõrgel, stabiilsel tasemel püsinud) ning on paranenud instituudi teaduslik-pedagoogilise kaadri kvalifikatsioonistruktuur. Hoogsalt on kasvanud instituudis uurimistööde täitmine.

Vabariigi teadusorganisatsioonis on Tallinna Polütehnilisel Instituudil kolm põhiülesannet.

1. Majandus- ja tootmisjuhtide ning inseneride-tehnoloogide ettevalmistamine Eesti rahvamajanduse tarvis.

2. Oluliste tehnikateaduslike ja majanduslike probleemide aktuaalne ja perspektiivne uurimine vabariigi rahvamajanduse vajadusi silmas pidades ning noorte tehnika- ja majandusteadlaste ettevalmistamine.

3. Lepinguliste uurimistööde kaudu vabariigi ja ka väljaspool asuvate ettevõtete tehnilis-majanduslikule arengule kaasaaitamine.

Mõistagi jagub TPI teadlaskonnale veel rohkesti muidki ülesandeid, kohustusi ja rakendusvõimalusi, kuid järgnevas peatume põhiliselt vaid eelloetletud ülesannetel.

Majandus- ja tootmisjuhtide ning inseneride-tehnoloogide ettevalmistamise osas on TPI mitmeti ainuvalitseja. Kõigepealt on ta Eesti NSV suurim kõrgkool, kus õpib 38,6 protsenti üliõpilasi kogu vabariigi üliõpilaskontingendist (TRÜ - 30,1 %). Päevast õpet eraldi arvestades on TPI osa-

kaal 34,1 protsenti, sest suur hulk TPI üliõpilasi õpib õhtuti päärast tööd (selle õppevormi üliõpilasi on instituudis ümmarguselt 2200, mis teeb 94,8 % kogu vabariigi vastavast kontingendist) ning kaugõppes (ümmarguselt 2250, mis on 30,8 % vabariigi vastavast kontingendist). Aastail 1945–1981 on TPI lõpetanud 22 595 spetsialisti, mis moodustab 29,7 protsenti kõigist Eesti kõrgkoolide lõpetanuist nimetatud ajavahemikul (kokku 76 082 inimest). Viimasel viieteistkümnel aastal on TPI osakaal noorte spetsialistide väljalaskmisel olnud veelgi suurem, see on kõikunud 34,4 ja 37,8 protsendi vahel [1, lk. 309–311; 2, lk. 252–254]. Tehniliste erialarühmade järgi on TPI-s kõige enam ette valmistatud masina- ja aparaadiehituse (kaasa arvatud elektrotehnika, elektriaparaatide ehitus ja automaatika) valdkonna spetsialiste. Neid on aastail 1945–1981 koolitatud 7016 [1, lk. 311; 2, lk. 254]. Rohkesti on ette valmistatud ehituseriala spetsialiste – 4078; toiduainete tehnoloogia asjatundjaid – 1321; keemiatehnolooge – 1756, jne.

Viimaste kümnendite vältel on toimunud olulisi nihkeid kõrgkooli õppeprotsessi iseloomustavas näitajas – õppejõudude-teadurite arvus iga 1000 statsionaarselt õppiva üliõpilase kohta. 1951. aastal oli see Eesti NSV-s 95,58, 1967 – 158,7, 1970 – 175,9, 1977 – 187,0 ja 1981 – 192,2. TPI-s on see suhe viimase 15 aasta jooksul oluliselt muutunud. 1971. aastal oli instituudis iga 1000 statsionaarse üliõpilase kohta 167,3 õppejõudu-teadurit, 1975. aastal 171,6 ning 1981. aastal juba 172,1. Märkigem siinkohal võrdluseks, et Vene NFSV 95 tehnikakõrgkoolis kõikus see arv seitsmekümnendate aastate teisel poolel 115,8 ja 126,8 vahel [3, lk. 8]. Kui aga arvestada kõiki instituudi töötajaid, siis tuleb iga 1000 statsionaarse üliõpilase kohta 400,0 töötajat, s.o. 2,5 üliõpilase kohta 1 õppejõud-ametnik. Suhe muutub, kui arvestame ka õhtuse ja kaugõppe üliõpilasi. Siis on see 1000 üliõpilase kohta 244,9.

Eesti NSV Kõrg- ja Keskerihariduse Ministeeriumi kõrgkoolides kokku on kõnesolev suhe veelgi suurem, iga 1000 statsionaarselt õppiva üliõpilase kohta (siinkohal pole arvestatud EPA-t) tuleb 483,9 kõrgkoolides põhitöökohaga töötavat inimest.*

* Arvutatud Eesti kõrgkoolide vastavate aastate algaruannete põhjal.

Tabel 1

TPI teaduslik-pedagoogiliste töötajate osakaal Eesti NSV teadusasutuste* ja kõrgkoolide** teaduslik-pedagoogiliste töötajate hulgas

| | 1951 | 1963 | 1970 | 1975 | 1980 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ENSV teadusasutustes teaduslik-pedagoogilisi töötajaid | 1263 | 3093 | 3964 | 4878 | 5339 | 5579 |
| sh. doktoreid | 54 | 71 | 130 | 202 | 278 | 285 |
| kandidaate | 185 | 779 | 1468 | 1970 | 2226 | 2330 |
| TPI-s teaduslik-pedagoogilisi töötajaid | 163 | 350 | 722 | 861 | 932 | 944 |
| sh. doktoreid | 4 | 6 | 15 | 22 | 31 | 33 |
| kandidaate | 31 | 102 | 261 | 370 | 435 | 439 |
| TPI teaduslik-pedagoogiliste töötajate osakaal vabariigi teadusasutuste hulgas, % | 12,90 | 11,32 | 18,21 | 17,65 | 17,46 | 16,92 |
| sh. doktorid | 7,41 | 8,45 | 11,54 | 10,89 | 11,15 | 11,58 |
| kandidaadid | 16,76 | 13,09 | 17,78 | 18,78 | 19,54 | 18,84 |
| ENSV kõrgkoolides teaduslik-pedagoogilisi töötajaid | 649 | 1148 | 2148 | 2603 | 2896 | 3051 |
| sh. doktoreid | 33 | 36 | 76 | 114 | 159 | 160 |
| kandidaate | 91 | 340 | 766 | 1003 | 1153 | 1215 |
| TPI teaduslik-pedagoogiliste töötajate osakaal vabariigi kõrgkoolide allsüsteemis, % | 25,12 | 30,49 | 33,61 | 33,08 | 32,2 | 30,94 |
| sh. doktorid | 12,12 | 16,67 | 19,74 | 19,30 | 19,5 | 20,63 |
| kandidaadid | 34,07 | 30,00 | 34,07 | 36,89 | 37,7 | 36,13 |

* Andmed on võetud Eesti NSV rahvamajanduse kohta avaldatud statistilistest aastaraamatutest (1969–1981).

** Kõrgkoolide algaruannete alusel.

Nähtavasti võime nende suhtarvude taustal nentida õppetöö teadusseotuse tõusu, kvaliteedi paranemist ning kõrgkoolile omaste muude funktsioonide arenemist. Mõistagi on neis seostes-põhjustes esikohal teadustegevuse hoogne arenemine meie suuremates kõrgkoolides viimastel kümnenditel, mil nende juurde loodi ulatuslik probleem- ja harulaboratooriumide võrk ning kujundati lepinguliste uurimistööde täitmise süsteemid.

Esimene probleemlaboratoorium TPI-s - põlevkivikeemia ja sünteesi laboratoorium - asutati 1957. aastal. 1969. aastal toimis TPI juures 6 probleemlaboratooriumi ja 3 tootmisharulaboratooriumi; 10 aastat hiljem, 1979. aastal oli TPI-s 7 probleemlaboratooriumi ja 5 harulaboratooriumi [4]. 1980. aastal tegutses 7 probleemlaboratooriumi ja 6 harulaboratooriumi. Neis oli põhikohaga rakendatud 238 töötajat (162 inimest probleemlaboratooriumides ja 76 harulaboratooriumides) [5, lk. 14; 15].

TPI probleemlaboratooriumid moodustavad Eesti NSV Kõrg- ja Keskerihariduse Ministeeriumi vastavatest teadusallüksustest arvuliselt 46,6 protsenti ning neis on hõivatud 51 protsenti nimetatud allüksuste töötajatest. TPI harulaboratooriumid moodustavad 60 protsenti ministeeriumi vastava kategooria allüksustest ning neis on hõivatud 65,5 protsenti allüksuste töötajaist. Kokku oli 1983. aasta alguseks TPI kõigis kateedrites ja muudes eriilmelistes struktuursetes allüksustes rakendatud 944 teaduslik-pedagoogilist töötajat. Eesti kõrgkoolide vastava kategooria töötajatest on see 30,9 protsenti (tabel 1), teadusasutustes töötavate teadurite koguarvust aga 16,9 protsenti. Vabariigi teadusasutustes hõivatud kandidaatidest töötab TPI-s 18,8 protsenti ja doktoritest 11,6 protsenti. TPI teaduslik-pedagoogiliste töötajate osakaal oli 1951. aastal Eesti kõrgkoolide hulgas 25,1, 1963. aastal 30,5, 1975. aastal 33,0 protsenti. Kandidaate oli vastavalt 34,0; 30,0 ja 36,9, doktoreid 12,1; 16,7 ja 19,3 protsenti. Toodud arvud näitavad TPI kui kõrgkvalifikatsiooniga teadlaskaadri koondamiskeskuse üldise osatähtsuse pidevat kasvu, kusjuures on terve rida teaduserialasid, mida vabariigis ja vabariigi jaoks viljeldakse ainult TPI-s.

1983. aasta algul töötas TPI-s õppejõude-teadureid

Tabel 2

TPI teaduslik-pedagoogiliste töötajate jaotumine teadusalati ning viljeldavate teaduserialade hulk ja osatähtsus 1983. aastal

| Teadusala | Viljeldavaid erialasid | Teadusalal hõivatuid | | Doktoreid | | Kandidaate | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kokku | % | kokku | % | kokku | % |
| Kokku | 141 | 944 | 100 | 33 | 100 | 439 | 100 |
| Füüsika-matemaatika | 21 | 96 | 10,17 | 5 | 15,15 | 47 | 10,71 |
| Keemia | 6 | 55 | 5,83 | - | | 26 | 5,92 |
| Bioloogia | 3 | 8 | 0,85 | 1 | 3,03 | 2 | 0,46 |
| Geoloogia ja mineraloogia | 1 | 1 | 0,11 | - | | 1 | 0,23 |
| Tehnikateadused | 73 | 470 | 49,79 | 15 | 45,45 | 240 | 54,67 |
| Ajalugu | 4 | 20 | 2,12 | 3 | 9,09 | 13 | 2,96 |
| Majandusteadus | 13 | 127 | 13,45 | 6 | 18,18 | 69 | 15,72 |
| Filosoofia | 4 | 29 | 3,07 | 2 | 6,06 | 18 | 4,10 |
| Filoloogia | 4 | 45 | 4,77 | - | | 5 | 1,14 |
| Geograafia | 3 | 4 | 0,42 | - | | 1 | 0,23 |
| Õigusteadus | 3 | 3 | 0,32 | - | | 3 | 0,68 |
| Pedagoogika | 2 | 53 | 5,61 | - | | 12 | 2,73 |
| Arhitektuur | 3 | 4 | 0,42 | 1 | 3,03 | 2 | 0,46 |
| Psühholoogia | 1 | 2 | 0,21 | - | | - | |
| Muud | - | 27 | 2,86 | - | | - | |

141 teaduserialal (tabel 2). See viljeldavate erialade hulk on viimastel aastatel olnud stabiilne - 1978. aastal oli TPI teadlaskonnas 143 eriala esindajaid, kusjuures erialarühmade suurused olid valdavalt tagasihoidlikud. Ühe kuni kolme teaduslik-pedagoogilise töötajaga erialasid oli 70 (42 erialal oli vaid üks inimene); nelja kuni kaheksa esindajaga erialasid oli 39; üheksa-kümne esindajaga erialasid 7 ning rohkemate töötajatega erialasid kokku 27. 1983. aasta alguseks olid erialarühmades toimunud teatud nihked. Ühe kuni kolme teaduslik-pedagoogilise töötajaga erialasid oli 75 (40 erialal oli vaid üks inimene), nelja kuni kaheksa esindajaga erialasid oli vaid 31; üheksa-kümne esindajaga erialasid 4 ning rohkemate töötajatega erialasid 31. Toodu annab tunnistust erialarühmade teatud suurenemiskalduvusest, kuid osutab ka teadlaskonna hajutatusele (ühe või kahe-kolme esindajaga erialade suur hulk teadlaskonna erialases struktuuris). Tabelist 3 näeme, et TPI-s viljeldavast 73 tehnikaerialast on ainult 16-l üle kümne teaduslik-pedagoogilise töötaja ning et 7-l sellesse kategooriasse kuuluval erialal ei ole ühtegi teadusdoktorit. Instituudi profiili arvestades võib nähtavasti just nendel erialadel oodata doktorite juurdekasvu ning sellega ka kvalifikatsioonistruktuuri täiustumist.

Tabeli 3 andmetest näeme samuti, et paljudel tehnika- ja mitmetel majanduserialadel on vabariigi selle ala kõrgkvalifikatsiooniga teaduslik-pedagoogilised töötajad koondunud TPI juurde. Eesti NSV 25 tehnikadoktorist on 15 rakendatud TPI-s, 7 erialal on kõik doktorid, 8 erialal praktiliselt kõik teaduslik-pedagoogilised töötajad TPI juures (tabel 3). Vabariigi rahvamajanduse aspektist on need kõik olulised, rakendussuunitlusega erialad.

Tingituna ulatuslikust erialasest diapasoonist ja teadlaskonna kõrgest kvalifikatsioonitasemest on TPI-l tihedad koostöösidemed Eesti NSV Teaduste Akadeemia teadusasutuste, vabariigi harukondlike instituutidega ning paljude teadusasutuste ja ettevõtetega väljastpoolt. Selle koostöö üheks näitajaks on lepinguliste tööde suuremahuline täitmine. Lepinguliste tööde maht on instituudis viimase kümnendi vältel kahekordistunud. Eesti teadusasutuste hulgas on TPI lepinguliste tööde osas esikohal (kui arvestada

Tabel 3

Teaduslik-pedagoogiliste töötajate jaotumine TPI hõivekamail (üle 10 töötaja) teaduserialadel 1983. aastal (teaduserialade nomenklatuuris toodud järjekorras)

| Teadus- ja eriala | Erialasid kokku nomenklatuuri järgi | TPI-s viljeldavaid erialasid | TPI-s teaduslik-pedagoogilisi töötajaid | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | kokku | D | K |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Füüsika-matemaatika | 39 | 21 | 96 | 5 | 47 |
| Matemaatiline analüüs | | | 13 | 1 | 5 |
| Arvutusmatemaatika | | | 12 | - | 5 |
| Keemia | 15 | 6 | 55 | - | 26 |
| Analüütiline keemia | | | 13 | - | 5 |
| Orgaaniline keemia | | | 13 | - | 7 |
| Füüsikaline keemia | | | 22 | - | 11 |
| Tehnikateadused | 232 | 73 | 470 | 15 | 240 |
| Hõõrdumine ja kulumine masinates | | | 14 | 1 | 6 |
| Masinaehituse tehnoloogia | | | 27 | - | 13 |
| Elektrimasinad | | | 23 | - | 12 |
| Elektriseadmed | | | 24 | 1 | 10 |
| Magnetiliste ja elektriliste suuruste mõõteaparaadid ning meetodid | | | 11 | - | 4 |
| Raadiotehnika teoreetilised alused | | | 16 | - | 5 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Tehniline küberneetika ja informatsiooniteooria | | | 36 | 1 | 14 |
| Arvutustehnika ning juhtimissüsteemide elemendid ja ehitus | | | 11 | - | 6 |
| Elektrijaamad ja -võrgud ning nende juhtimissüsteemid | | | 12 | - | 12 |
| Tööstuslik soojusenergeetika | | | 32 | 2 | 13 |
| Pulbermetallurgia ja kompositsioonimaterjalid | | | 12 | - | 8 |
| Anorgaaniliste ainete tehnoloogia | | | 12 | 1 | 5 |
| Keemilise tehnoloogia protsessid ja aparaadid | | | 15 | 1 | 11 |
| Ehituskonstruktsioonid | | | 17 | 3 | 13 |
| Veevarustus ja kanalisatsioon | | | 11 | 2 | 8 |
| Ehitusmaterjalid ja -detailid | | | 18 | 2 | 6 |
| Ajalugu | 10 | 4 | 20 | 3 | 13 |
| NLKP ajalugu | | | 13 | 1 | 8 |
| Majandusteadus | 20 | 13 | 127 | 6 | 69 |
| Poliitiline ökonoomia | | | 20 | 1 | 17 |
| Majandus, rahvamajanduse juhtimise organiseerimine ja planeerimine | | | 68 | 2 | 31 |
| Raamatupidamine ja majandustegevuse analüüs | | | 12 | 1 | 7 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Filosoofia | 9 | 4 | 29 | 2 | 18 |
| Dialektiline ja ajalooline materialism | | | 12 | 1 | 8 |
| Filoloogia | 32 | 4 | 45 | - | 5 |
| Vene keel | | | 11 | - | 1 |
| Germaani keeled | | | 29 | - | 4 |
| Pedagoogika | 5 | 2 | 53 | - | 12 |
| Õpetamise metoodika | | | 24 | - | 5 |
| Kehalise kasvatuse ja sportliku treeningu teooria ja metoodika | | | 29 | - | 7 |

Eesti NSV Teaduste Akadeemiat ühtse teadusasutusena, siis teisel kohal). Instituudi osaks langeb 17,2 % kõigist vabariigis tehtavatest lepingulistest uurimistöödest, mis on instituudi põhitegevust ning ka probleemlaboratooriumides tehtavat, riigieelarvest finantseeritavat uurimistööd arvestades mahukas ning rahvamajanduslikust aspektist hinnatav töödekompleks.

TPI teadlaskonna osakaalu ja osatähtsuse iseloomustamiseks vabariigi teadusorganisatsioonis saaksime tuua veel rohkesti kvantitatiivseid näitajaid. Kuid mõistagi on TPI teadlaskonnal ka neid valdkondi, neid mõjusid ning rolle vabariigi tehnilises kultuuris, meie rahvuskultuuris ja majanduselus, mida me ei pääse kvantitatiivsete näitajatega mõõtma, võrdlema ning esitama. Võime aga kindlad olla, et nendegi osatähtsus ja osakaal Eestimaal on TPI-näoline ning mõjus.

Kirjandus

1. Eesti NSV rahvamajandus 1980. aastal. Statistika aastaraamat. Tln., 1981. 376 lk.
2. Eesti NSV rahvamajandus 1981. aastal. Statistika aastaraamat. Tln., 1982. 304 lk.
3. Управление, экономика и прогнозирование развития высшей и средней специальной школы. Обзорная информация. Выпуск 3. М., 1979. 44 с.
4. M ä g i, V. Teadustöö korraldamine tehnikakõrgkoolides teaduslik-tehnilise revolutsiooni tingimustes. - Rmt.: Teaduslugu ja nüüdisaeg. Esimese vabariikliku teadusloo-konverentsi materjale. Tln., 1979, lk. 179-189.
5. Отчет о научно-исследовательской работе за 1980 г. (Отчет утвержден Советом ТПИ 17 февраля 1981 г.)

J. Laas

On the Manpower Potentials of Tallinn Technical University in the Framework of the Estonian Science Organizations

Summary

The paper analyzes the share of the manpower of Tallinn Technical University in the Estonian science organizations. Added to the article are tabulated data on the professional and qualification structure of scientific-pedagogical personnel of TTU.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 669.11(474.2)(091)

A. Lavi, J. Peets

# UUSI ANDMEID EESTI MUISTSEST RAUAMETALLURGIAST

Tänapäevase mustmetallurgia arenguks kohaliku tooraine alusel puuduvad Eestis looduslikud eeldused - kättesaadavad rauamaagilademed ja kivisüsi. See on tekitanud laialt levinud arvamuse, et rauda ja raudesemeid on Eestisse alati mujalt sisse veetud. Ometi on kohalik rauatootmine Eestis ja naaberaladel olnud esiajal ja varasel keskajalgi üldlevinud nähtus.

Esimesed raudesemed jõudsid Läänemere piirkonda juba IX - VIII sajandil e.m.a. Vanimad sellest materjalist leiud Eestis dateeritakse I aastatuhande keskpaika e.m.a.

Kui varasemad raudesemed on pärit tõenäoliselt Kesk-Euroopast või Skandinaaviast, siis I aastatuhande lõpul e.m.a. suutis kohalik rauatootmine juba rahuldada areneva viljelusmajanduse vajadusi rauast tööriistade järele. Ka vanimad rauatootmise jäljed Tallinna lähedal on dateeritud ajaarvamisvahetusse. Algelise rauametallurgia toorainena tarbiti laialt levinud soomaaki. Võimalik, et selleks otstarbeks leidis kasutamist ka järvemaak.

Rauamaakide ja raua tootmise ulatuslikule levikule ning tähtsusele viitavad Eesti toponüümikas tihti esinevad raua või rauamaagiga seostatavad kohanimed.

Raua taandamiseks soomaagist kasutati puusütt. Arheoloogilistel kaevamistel on leitud kuni 1,5 m läbimõõduga, söestunud puuhalgudega täidetud söepõletuslohke (miiliauke). Olustverest avastatud miiliaugu vanuseks andis $C^{14}$-analüüs 900 ± 50 aastat.

Puusöe põletamine (peamiselt sepatöö vajadusteks) püsis Eestis eelmise sajandi lõpuni ja hääbus seoses kivisöe ja kivisöekoksi laiema levikuga.

Raua tootmisel algelistes taandamisahjudes jäi metalli sulatamiseks vajalik temperatuur (üle 1500 °C) kättesaamatuks. Ahju süsinikurikkas keskkonnas tekkinud vingugaas taandas maagist väikesed rauaosakesed, mis allapoole vajudes liitusid ahju koldeosas ja moodustasid rohkete räbulisanditega rauakämbu. Selliseid toorrauatükke on Eestis seni leitud Raatverest, Punikverest ja Olustverest. Järgnev töö seisnes saadud toorraua korduvas kuumutamises ja tagumises, millega kõrvaldusid räbuosad ja raud muutus sepistamiskõlblikuks.

Eestist on teada üle paarikümne väljaspool asulaid paikneva rauatootmiskoha. Tavaliselt on need asunud mineraalmaal, suuremate või väiksemate soostunud lohkude läheduses, kust hangiti tõenäoliselt maaki.

Ida-Eestis, Raatvere rauataandamiskoha uurimisel avastati paar umbes 0,5 meetrit liivapinnasse süvendatud rauaräbuga kaetud taandamisahju põhja. Ahjude ees oli kuni 20 cm sügavune saviga täidetud lohk kuni 1,1 m pikkuste õhutuskanalitega. Ühel juhul oli kanali põhi ja küljed vooderdatud väikeste lapikute raudkividega. Radiosüsinikanalüüs andis ahjupõhjade vanuseks 1040 ± 40 aastat.

Meie rauaaegsete asulakohtade kultuurkihtides esineb rohkesti kohaliku rauatootmise jälgi, mis praeguste andmete põhjal pärinevad enamasti II aastatuhande algusest. Raua tootmiseks kasutati nähtavasti väikeseid maapealseid saviahje, kuhu õhk juhiti läbi savist õhutustorude - düüside (ava läbimõõt 15 - 22 mm). Eriti ohtrasti on õhutusdüüside katkeid leitud Punikvere (end. Kodavere khk.) muinasasula kultuurkihist, kuhu 1983. a. rajatud kahest, kokku 20-$m^2$ pindalaga proovikaevandist leiti neid üle tuhande. Tõenäoliselt toodeti Punikveres rauda mitte ainult kohalikuks tarbeks.

Viimasel ajal oleme uurinud ka kohalike maakide ja rauatootmisjäätmete keemilist koostist. Kokku on analüüsitud 16 maagiproovi, enamikus Põhja-Eestist. Uuritud räbuproove on 22 (Raatverest, Punikverest, Sepametsast, Tindimurust, Kuiaverest ja Lõhaverest). Analüüsideks valiti proovid, mida võis rühmitada välistunnuste järgi (voolamisjäljed pinnal, ahju põhjas moodustunud räbukamakad, erinev tihedus jms.).

Tabelis on esitatud andmed Eestis enam levinud räbudest. Need on urbsed, sageli puusõe jäänuste-jäljenditega. Tekkinud

Tabel 1

Eestis enam levinud maagid ja räbud

| Leiukoht ja number kataloogis | Sisaldus % | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $P_2O_5$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$* | FeO | CaO | MgO | Ni | Co | Cr | Mn | Pb | Cu | Cd |
| **Maagid** | | | | | | | | | | | | | | |
| Loo asula (1) | 7,17 | 8,14 | 1,09 | 53,75 | 1,15 | 1,41 | 0,55 | $1\cdot10^{-3}$ | $5\cdot10^{-3}$ | $8\cdot10^{-2}$ | $8\cdot10^{-1}$ | $3\cdot10^{-1}$ | $2\cdot10^{-2}$ | $5\cdot10^{-2}$ |
| Loo asula (2) | 3,24 | 16,56 | 2,38 | 59,67 | 0,29 | 3,11 | 0,25 | $1\cdot10^{-3}$ | $6\cdot10^{-3}$ | $7\cdot10^{-2}$ | $7\cdot10^{-1}$ | $1\cdot10^{-1}$ | $2\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-2}$ |
| Kuusalu (8) | 5,7 | 2,75 | 6,37 | 63,22 | 1,15 | 2,42 | 0,71 | $1\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $2\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-3}$ |
| Kuusalu (16) | 2,2 | 10,95 | 4,01 | 64,9 | 1,44 | 1,72 | 0,52 | $1\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-2}$ | $2\cdot10^{-2}$ | $8\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-2}$ |
| Muuga (4) | 2,04 | 26,92 | 5,6 | 48,26 | 1,72 | 1,43 | 0,96 | $1\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $6\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-3}$ | $5\cdot10^{-3}$ |
| Pala (9) | 3,02 | 72,95 | 2,46 | 17,94 | - | 2,0 | 1,56 | $5\cdot10^{-3}$ | $2\cdot10^{-3}$ | $5\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $2\cdot10^{-2}$ |
| Sääritsa "maage" ** | | 3,06 | 10,88 | 46,68 | 7,15 | 6,94 | 0,62 | - | - | - | - | - | - | - |
| **Räbud** | | | | | | | | | | | | | | |
| Raatvere (17) | | 23,7 | 8,02 | 61,88 | 50,24 | 3,12 | 1,25 | $3\cdot10^{-3}$ | $2\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $2\cdot10^{-2}$ | $2\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $2\cdot10^{-2}$ |
| Raatvere (16) | | 32,4 | 1,27 | 57,88 | 44,22 | 2,64 | 1,22 | $5\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-2}$ |
| Punikvere (11) | | 18,7 | - | 74,75 | 51,15 | 1,74 | 2,79 | $1\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-2}$ |
| Punikvere (12) | | 18,3 | - | 75,84 | 53,45 | 2,36 | 2,37 | $1\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $5\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-2}$ |
| Tindimuru (1) | | 15,25 | 3,82 | 76,43 | 53,16 | 1,8 | 0,5 | $1\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-2}$ |
| Kuiavere (10) | | 17,55 | - | 72,5 | 39,37 | 3,97 | 1,7 | $3\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-3}$ | $2\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $2\cdot10^{-2}$ |
| Sepametsa (13) | | 40,6 | 12,32 | 35,93 | 30,17 | 4,21 | 1,41 | $3\cdot10^{-3}$ | $2\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-2}$ | $2\cdot10^{-2}$ | $2\cdot10^{-2}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $2\cdot10^{-2}$ |

* Koos Fe(II) & Fe(III)

** Siin väljasadenenud ookri tähenduses

on nad tõenäoliselt taandamisprotsessi lõppjärgus. Tihti on sellistel räbukamakatel segmentjas kuju. Tabelis toodu annab nii maakide kui ka räbude keemilisest koostisest üksnes üldpildi, mis arvestades uuritava materjali mittehomogeenset koostist, lubab teha vaid kõige üldisemaid järeldusi. Edaspidine uurimistöö nõuab spektraal- ja täissilikaatanalüüside kõrval tingimata ka teiste võtete rakendamist.

Meie maakide rauasisaldus on küllaltki suur. Tuleb arvestada sedagi, et rikastamine taandamisprotsessi eel seda veelgi tõstis. Põhiliseks aheraineks on maakides liiva- ja saviosakesed, s.o. räni- ja alumiiniumiühendid. Märkimisväärsetes kogustes sisaldavad kõik uuritud maagid fosforit. Milliste ühenditena ta meie maakides esineb, pole veel selgitatud. On avaldatud arvamust, et suur fosforisisaldus muistsetes raudesemetes on tingitud taandamisprotsessil kasutatud fosforirikkast puusöest. Kas ja millises ulatuses fosfori lahustumine räbust pooltahkesse rauda toimuda saab, jääb veel ähmaseks. Tõenäoliselt pärineb sepistes tuvastatav fosfor enamikus siiski maagist. Räbude fosforisisaldust ei ole määratud.

Oluliseks lisandiks maakides on veel kaltsium, mis esineb põhiliselt kaltsiumkarbonaadina ($CaCO_3$). Nagu tabelist näha, sisaldub teda umbes samal määral ka metallurgilistes räbudes. Järeldus võib olla ainult üks - algelisel rauatootmisel aluselist räbustit, s.o. lubjakivi, ei kasutatud.

Kõrgahjuprotsessil lisatakse räbusti teatavasti maagis sisalduvate ja protsessi käigus eralduvate aherainete sidumiseks. Samal ajal väldib sulamalmi kattev räbukiht selle uuestioksüdeerumist. Otsesel taandamisel algelistes ahjudes valgus sularäbu ahju põhja, pooltahke raud aga jäi selle peale. Seega teisena nimetatu kõrgahjuprotsessil nii olulist ülesannet ei täida. Räbusti otstarvet täidavad edukalt aga raudoksiidid, eriti kui arvestada, et rauakaod on olnud niikuinii suured.

Ligikaudsedki arvutused näitavad, et silikaatidena saab räbus olla seotud vähem kui pool selles olevast rauast. Sidumata jäänud raudoksiidide suur kogus räbus (üle poole üldisest rauasisaldusest) lubab tõdeda, et omaaegsel rauatootmisel jäi osa maagist kas täielikult (tõenäoliselt ena-

mik $Fe_2O_3$-st) või osaliselt taandamata. See teeb mõistetavaks teated muistsete räbude teistkordsest kasutamisest rauatootmisel uuemal ajal, näiteks Gory Swiętokrzyskies Poola RV-s.

Vaevalt saab räbude rauasisalduse põhjal hinnata protsessi primitiivsust ja otsustada räbude ajalise kuuluvuse üle. Pigem on suur rauasisaldus räbudes tehnoloogiliseks paratamatuseks raua otsesel taandamisel kolde-tüüpi ahjudes.

Silmatorkavalt vähe sisaldavad kohalikud maagid legeerivaid lisandeid (Ni, Co, Cr, Mn). Siiski ei saa väita, et need maakides täielikult puuduvad. Võimalik, et just mikrolisandite sisalduse võrdlemine meie ja naaberalade maakides, samuti nende tuvastamine ja võrdlemine esemetes võimaldab tulevikus põhjendatult eristada kohalikust metallist sepise kaugemalt toodust.

Sise- ja väliskaubanduse arengu tõttu hakkas sisseveetav raud kohalikku rauatootmist keskajal tagaplaanile suruma (Loode- ja Kesk-Vene aladel püsis see kohati XIX sajandini).

Raua tootmine otsese taandamisega ei paku tänapäeval probleemi mitte üksnes ajaloolastele-arheoloogidele. Seoses kvaliteetse kivisõe ja rauamaagivarude vähenemisega on kogu maailmas taas tõusnud huvi raua tootmise vastu kõrgahjuprotsessi vahele jättes. Otsetaandamisel saadud raud on sageli paremate omadustega - plastilisem ja ka korrosioonikindlam, mida kinnitab sajandeid mullapõues olnud raudesemete mõnikord lausa üllatavalt hea säilivus.

Kirjandus


1. J a a n i t s, L., L a u l, S., L õ u g a s, V., T õ n i s s o n, E. Eesti esiajalugu. Tln., 1982. 462 lk.

2. I l o m e t s, M. Raba arengu ja kliima seosed läbi aastatuhandete. - Eesti Loodus, 1982, nr. 11, lk. 707-711.

3. A n t e i n s, A. Senās Latvijas damascēta tērauda šķēpu gali. Arheoloģija un etnografija. Rīga, 1962.

4. Г у р и н М. Древнее железо Белорусского Поднепровья (I тысячелетие н. э.). Минск, 1982. 126 с.

A. Lavi, J. Peets

## Neue Berichte über die ältere Eisenmetallurgie in Estland


### Zusammenfassung

Aus Estland stammen die ältesten Eisengegenstände aus der Mitte des I. Jahrtausends v.u.Z. In der Zeitrechnungswende könnte die örtliche dörfliche Eisenmetallurgie schon die Bedürfnisse der entstehenden Bodenbaukultur befriedigt haben. Aus Estland sind mehr als 20 Eisenverhüttungsplätze abseits von Siedlungen bekannt, zu Anfang des II. Jahrtausends u.Z. kam die dörfliche Eisenverhüttung innerhalb der Siedlungen auf. Die Reste der frühesten Reduzierungsöfen sind bei den Ausgrabungen in Rae, Raatvere und Olustvere entdeckt worden. Die Resultate der Analysen der Schlacken und Sumpfeisenerze sind in der Tabelle gezeigt. Im Mittelalter begann das importierte Eisen die örtliche Dorfmetallurgie zu verdrängen.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 378.662:001.891(474.2)

M. Loitve

# ÜLIÕPILASTE TEADUSTÖÖ ARENDAMISEST TPI-s

Üliõpilaste iseseisva uurimistöö arendamise alged TPI-s ulatuvad instituudi algaastatesse - Tallinna Tehnikaülikooli perioodi. Kord aastas kuulutati välja võistlustööde teemad ja parematele laekunud töödest määrati rahalised preemiad. Esimeste auhinnatud tööde autorite hulgas olid aastatel 1938–1939 üliõpilased Heinrich Laul, Vladimir Polonski, Isak Tuch, Jaan Teppandi, Albert Tiro [1; 2; 3]. Pärast Suurt Isamaasõda, aastatel 1945–1947 jätkati auhinnatööde koostamise traditsioone.

Vahetult sõjajärgsesse aega langeb esimeste üliõpilaste teaduslike ringide loomine (keemiaring, arhitektuuriring, majandusteaduste ring). TPI nõukogu otsusega 1. oktoobrist 1947 tehti kateedrijuhatajatele ülesandeks moodustada koostöös üliõpilaste ametiühinguorganisatsiooniga ja otsselt huvitatud üliõpilastega teaduslikud ringid veel ehitusmehaanika ja konstruktsioonide kateedri, masinaehituse kateedri, elektroenergeetika kateedri, soojusenergeetika kateedri ning geoloogia ja mäeasjanduse kateedri juurde [4].

Üliõpilaste teaduslike ringide tegevuse koordineerimiseks loodi 1947. a. lõpul NSV Liidu juhtivate kõrgkoolide eeskujul TPI Üliõpilaste Teaduslik Ühing (ÜTÜ) [5].

Üliõpilaste teaduslike ringide ja Üliõpilaste Teadusliku Ühingu moodustamisega pandi alus sihipärasele üliõpilaste teadustöö arendamisele TPI-s. Juba 1948. a. aprillis TPI teaduslikul sessioonil esinesid õppejõudude kõrval kuue ettekandega ka üliõpilased [6]. Ettekanded toimusid samuti üliõpilaste teaduslikes ringides. Oktoobrirevolutsiooni 31. aastapäeva puhul premeeriti aasta edukamaid uurimistööst osavõtjaid - üliõpilasi Erich Riivest, Paul Kaasikut, Endel Ristheina, Georg Pobulit, Jaak Simmi, Helmut Oruveed, Ilmar Klesmenti ja Edgar Arumeelt [5].

12. - 15. aprillini 1949. a. toimus esimene TPI üliõpilaste teaduslik konverents neljas erialasektsioonis (arhitektuuri ja ehituse, elektrotehnika ja soojustehnika, keemia ja mäeasjanduse ning majandusteaduste sektsioon)*. Konverentsi programmi kuulus 29 ettekannet 30 üliõpilaselt. Veel sama aasta oktoobris viidi läbi ka teine, üliõpilaste tööstuspraktika ajal tehtud uurimistööde teaduslik konverents 57 ettekandega kuues sektsioonis. 1949. aasta novembris pälvisid preemia eduka uurimistöö eest juba 15 üliõpilast (R. Hagelberg, E. Silver, P. Kaasik, A. Nemvalts, H. Velner, E. Fominõh, E. Petuhov, I. Mikk, P. Härmson, E. Kuuskman, A. Kullison, E. Uus, I. Eiskop, V. Kark ja H. Härmson) [7].

7. juunil 1949 kinnitati NSV Liidu Kõrghariduse Ministeeriumis TPI Üliõpilaste Teadusliku Ühingu põhikiri, kus sõnastati ühingu eesmärgid, ülesanded, struktuur, liikmete õigused ning kohustused. Ühingu sihiks oli suunata üliõpilasi teaduse ja tehnika saavutuste tundmaõppimisele ja levitamisele, iseseisva teadusliku uurimistöö kogemuste omandamisele, teaduse arendamisele.

Töökogemuste vahetamiseks sõlmiti sõprussidemed teiste kõrgkoolidega. Juba esimestel TPI üliõpilastê teaduslikel konverentsidel osalesid oma üliõpilaste kõrval Moskva Energeetikainstituudi, Moskva Keemilise Tehnoloogia Instituudi, Leningradi Polütehnilise Instituudi, Kaunase Polütehnilise Instituudi ja teiste kõrgkoolide üliõpilaskonna esindajad. 1950. a. toimus Moskvas NSV Liidu üliõpilaste teaduslike ühingute konverents, mille tööst võttis osa ka TPI ÜTÜ nõukogu esimees üliõpilane H. Reissar [8].

TPI Üliõpilaste Teadusliku Ühingu struktuur püsis esialgsel kujul 1960. aastani. TPI ÜTÜ nõukogu esimeesteks olid üliõpilased Heino Reissar (1947–1949), Olaf Terno (1949–1952), Herki Karik (1952–1953), Ülo Haldna (1953–1954), Ilmar Tergem (1954–1955), Leo Türn (1955–1956), Milvi Haldna (1956–1957), Kalev Õun (1957–1958), Jüri Kann (1958–1959) ja Ülo Pärnits (1959–1960). ÜTÜ nõukogu teaduslikeks juhendajateks neil aastail olid prof. A. Humal ning dotsendid H. Riikoja, L. Allikas ja E. Uus.

---

* Andmed TPI üliõpilaste teaduslike konverentside kohta on võetud konverentside programmidest.

ÜTÜ põhiline töösuund oli üliõpilaste teaduslike ringide laiendamine. Kui 1948. a. tegutses 8 ringi 60 liikmega [9], siis 1959. aastaks oli ringe juba 24, kus osales kokku 338 üliõpilast.*

Regulaarsete üliõpilaskonverentside kõrval pandi neil aastail alus ka teadustööde konkurssidele. 1954. a. viidi läbi esimene ülelinnaline üliõpilaste teaduslike tööde ülevaatus, kuhu TPI esitas 25 uurimistööd [10]. Neist suurem osa suunati autasustamiseks NSV Liidu Kõrghariduse Ministeeriumile. Ministeeriumi aukirja said 15 uurimistöö autorid. Ülelinnalisi üliõpilaste uurimistööde ülevaatusi viidi läbi kuni 1959. aastani. Nii 1958. kui ka 1959. a. eraldas Tallinna Linna TSN Täitevkomitee ülelinnalisel ülevaatusel parimateks tunnistatud tööde autorite auhindamiseks 10 tuhat rubla.

TPI ÜTÜ töös aastatel 1948-1960 osalenud üliõpilastest on võrsunud üle paarikümne teadusdoktori (H. Velner, H. Oruvee, V. Reiman, V. Kulbach, U. Nigul, A. Aitsam, L. Paal, Ü. Tärno, I. Mikk, O. Terno, H. Tiismus, A. Ots, B. Tamm, K. Jõudu, I. Kleis, M. Veiderma, E. Lippmaa, Ü. Haldna, R. Hagelberg, U. Mereste, R. Üksvärav, Ü. Ennuste, R. Otsasson) ja ligi 100 teaduskandidaati.

Aktiivsemateks üliõpilaste teadustöö juhendajateks olid ÜTÜ algusaastatel õppejõud A. Aarna, H. Raudsepp, L. Tepaks, R. Hollmann, I. Õpik, A. Rannes, S. Dokelin, H. Otloot, J. Toomaspoeg, H. Remma, A. Nikolski, I. Mikk, H. Laul, S. Buatšidze jpt.

Üliõpilaste uurimistöö laienemisega 1950-ndate aastate lõpuks kasvas ka üliõpilaste teadusliku uurimistöö korraldamisega seotud ülesannete maht, mis tingis teiste kõrgkoolide eeskujul instituudis ÜTÜ nõukogu esimehe ametikoha üleandmise õppejõududele. Aastatel 1960-1965 täitis neid ülesandeid Arvo Ots, alates 1965. aastast tänaseni Milvi Loitve. Viimaseks ÜTÜ nõukogu teaduslikuks juhendajaks oli dots. U. Raukas. 1963. a. ÜTÜ teadusliku juhendaja ametikoht kaotati ja TPI ÜTÜ nõukogu töö allutati vahetult teadusprorektorile prof. H. Lepiksonile.

---

* Siin ja edaspidi toodud andmed alates 1955. aastast on võetud TPI teadusliku töö aastaaruannetest.

1960-ndatest aastatest alates pöörati üliõpilaste teadustöö vormide arendamisele ja täiustamisele senisest tõsisemat tähelepanu nii üleliidulises kui ka vabariigi ulatuses. 8. juunist 1961 kinnitati NSV Liidu kõrg- ja keskeriõppe ministri käskkirjaga nr. 186 juhend üliõpilaste teadustöö organiseerimiseks kõrgkoolides, milles rõhutati vajadust tuua uurimistöö elemendid õppeprotsessi - kursuse- ja diplomiprojektidesse, laboratoorsetesse töödesse, tööstuspraktika ülesannetesse. Antud juhendi uues redaktsioonis, mis kinnitati 1974. a. (NSVL KHM käskkiri nr. 124 7. veebruarist 1974) antakse üliõpilaste teadustöö arendamisele kaks võrdväärset suunda - üliõpilaste teaduslik uurimistöö õppeprotsessis ja väljaspool seda.

1961. a. jaanuaris moodustati Eesti NSV MN Riikliku Kõrgema ja Kesk-eriõppe Komitee käskkirjaga ÜTÜ Vabariiklik Nõukogu (esimeheks siiani TRÜ prof. J. Tammeorg). ÜTÜ Vabariikliku Nõukogu moodustamisega tihenesid sidemed meie vabariigi kõrgkoolide ÜTÜ nõukogude vahel. Vabariikliku nõukogu korraldusel toimuvad 1961. aastast alates igaaastased tehniliste, humanitaar- ja loodusteaduslike tööde vabariiklikud konkursid ning 1967. aastast vabariiklikud konkursid ühiskonnateaduste, ÜLKNÜ ajaloo ja rahvusvahelise noorsooliikumise alastele teaduslikele ja referatiivsetele töödele. Alates 1966. aastast on kevadsemestril toimunud ÜTÜ aktivistide vabariiklikud seminarlaagrid.

1968. a. moodustati Üleliiduline Üliõpilaste Teadusliku Uurimistöö Nõukogu NSV Liidu Kõrg- ja Keskeriõppe Ministeeriumi teaduslik-tehnilise nõukogu sektsiooni õigustes (esimeheks N.E. Baumani nim. Moskva Kõrgema Tehnikakooli rektor prof. G.A. Nikolajev). Nõukogu eestvõttel on korraldatud kogemuste levitamiseks üleliidulisi metoodilisi seminare ja nõukogu laiendatud istungeid. On koostatud metoodilisi ja juhendmaterjale üliõpilaste teadustöö korraldamiseks.

Üleliidulise Üliõpilaste Teadusliku Uurimistöö Nõukogu ja NSV Liidu Kõrg- ja Keskeriõppe Ministeeriumi 1971. a. otsusest lähtudes töötati TPI-s välja õppeuurimistöö programmid. Vastav kursus kehtestati 1973. a. sügissemestrist kohustusliku õppeainena kõigile päevase õppe üliõpilastele. Selle raames üliõpilane kuulab loenguid tea-

Tabel 1

Osavôtt instituudisisestest üliôpilastööde konkurssidest ja konverentsidest

| Aasta | Ettekandeid ÜTÜ konverentsidel | ÜTÜ konkurssidele esitatud | | |
|---|---|---|---|---|
| | | teaduslik-tehnilisi töid | referatiivseid täppisteadustöid | ühiskonnateadustealaseid teaduslikke ja referatiivseid töid |
| 1961 | 54 | - | - | - |
| 1962 | 63 | 69 | - | - |
| 1963 | 79 | 63 | - | - |
| 1964 | - | 67 | - | - |
| 1965 | 101 | 63 | - | - |
| 1966 | 109 | 84 | - | - |
| 1967 | 130 | 115 | 13 | 51 |
| 1968 | 186 | 152 | 24 | 113 |
| 1969 | 184 | 203 | 15 | 72 |
| 1970 | - | 340 | 16 | 147 |
| 1971 | 293 | 384 | 25 | 283 |
| 1972 | 320 | 419 | 32 | 2037 |
| 1973 | 349 | 632 | 75 | 2755 |
| 1974 | - | 679 | 211 | 2933 |
| 1975 | 388 | 726 | 230 | 1548 |
| 1976 | 354 | 689 | 241 | 2377 |
| 1977 | 409 | 750 | 320 | 2697 |
| 1978 | 430 | 832 | 354 | 1888 |
| 1979 | 441 | 900 | 397 | 2320 |
| 1980 | 455 | 949 | 202 | 2073 |
| 1981 | - | 968 | 285 | 2132 |
| 1982 | 438 | 1040 | 291 | 2114 |
| 1983 | 414 | 1040 | 306 | 2137 |

dusliku uurimistöö alustest ning täidab individuaalseid uurimuslikke ülesandeid.

Peale kohustusliku õppeuurimistöö - teaduslike referaatide koostamise kateedrite poolt väljapakutud teemadel - tegeldakse veel individuaalse uurimistööga kateedri, teadusliku laboratooriumi või uurimisinstituudi juures õppejõudude ning teaduslike töötajate juhendamisel, osaletakse kateedri riigieelarvelise või lepingulise uurimistöö teemade täitmises, Üliõpilaste Konstrueerimisbüroo töös, täidetakse kursus- ja diplomiprojektidega seotud uurimuslikke ülesandeid.

Eesmärgil süvendada üliõpilaste teadmisi ühiskonnateaduste alal viiakse TPI-s igal aastal läbi parima ainetundja konkursid NLKP ajaloo, poliitilise ökonoomia, teadusliku kommunismi, filosoofia ja ateismi alal. 1972. aastast alates koostavad TPI üliõpilased vähemalt kaks kirjalikku referaati stuudiumi vältel ühiskonnateaduste, ÜLKNÜ ajaloo ja rahvusvahelise noorsooliikumise alalt.

Teadustöö mitmekesiste vormidega tegeleb 1975. a. alates üle 90 % päevase õppe üliõpilastest (võrdluseks: 1961. a. - 14 %, 1966. a. - 18 %, 1971. a. - 53 %).

Uurimistööde hindamiseks korraldatakse TPI-s igal aastal (alates 1962. aastast) teaduslik-tehniliste tööde konkurss, alates 1967. aastast üliõpilaste referatiivsete täppisteadustööde konkurss ning samast aastast ka ühiskonnateadusi käsitlevate teaduslike ja referatiivsete tööde konkurss. Instituudi üliõpilaste teaduslike tööde konkurssidele on viimasel ajal esitatud ligi 3500 tööd aastas (tabel 1). Neist paremik, üle 300 töö, osaleb vabariiklikel konkurssidel (tabel 2).

Iga-aastased üleliidulised tehnika-, humanitaar- ja loodusteaduslike üliõpilastööde konkursid kuulutati välja 1957. a. lõpus. Kõrgeimaks autasuks konkursil on medal "Parima üliõpilas-uurimistöö eest". 1966. aastani jagati välja kuni 50, alates 1967. aastast aga kuni 300 medalit aastas. 1983. aastani on TPI esitatud 585 tööst hinnatud medali väärilisteks 38, diplomid on saanud 75 tööd. Kahel korral on pälvinud üleliidulisel konkursil kõrgeima autasu - medali - mehaanikateaduskonnast Priit Kulu ja Andres Laansoo, energeetikateaduskonnast Harri Mere ja ehitusteadus-

Tabel 2

TPI üliõpilaste osavõtt vabariiklikest konkurssidest

| Aasta | Tehnika-, humanitaar- ja loodusteadusalased konkursid | | Ühiskonnateaduste, ÜLKNÜ ajaloo ja rahvusvahelise noorsooliikumise alased konkursid | |
|---|---|---|---|---|
| | Esitatud töid | neist autasustatud | Esitatud töid | neist autasustatud |
| 1961 | 17 | 9 | - | - |
| 1962 | 43 | 21 | - | - |
| 1963 | 53 | 25 | - | - |
| 1964 | 57 | 38 | - | - |
| 1965 | 41 | 30 | - | - |
| 1966 | 51 | 31 | - | - |
| 1967 | 67 | 45 | 16 | 2 |
| 1968 | 86 | 46 | 10 | 3 |
| 1969 | 83 | 70 | 7 | 6 |
| 1970 | 137 | 75 | 11 | 10 |
| 1971 | 149 | 74 | 30 | 19 |
| 1972 | 180 | 92 | 35 | 31 |
| 1973 | 196 | 96 | 45 | 25 |
| 1974 | 203 | 68 | 11 | 10 |
| 1975 | 212 | 63 | 23 | 17 |
| 1976 | 220 | 66 | 37 | 37 |
| 1977 | 225 | 69 | 42 | 32 |
| 1978 | 241 | 68 | 34 | 32 |
| 1979 | 254 | 64 | 43 | 37 |
| 1980 | 262 | 67 | 49 | 33 |
| 1981 | 258 | 66 | 36 | 30 |
| 1982 | 248 | 69 | 59 | 52 |
| 1983 | 255 | 76 | 58 | 43 |

konnast Peep Sürje. Edukamate üleliidulistele konkurssidele esitatud tööde juhendajad on olnud ehitusteaduskonnast prof. V. Kulbach, dotsendid A. Putk, U. Mänd ja V. Otsmaa; keemiateaduskonnast prof. A. Köstner, dotsendid E. Piiroja ja E. Siimer, v-õp. M. Mandel; energeetikateaduskonnast dotsendid J. Järvik ja J. Tomson, v-õp. J. Lcotus, v-ins. T. Tiikma; mehaanikateaduskonnast dotsendid A. Ritso, O.Bussel ja T. Nirk; automaatikateaduskonnast dotsendid E. Velmre ja R. Ubar, v-ins. H. Tammet.

Ühiskonnateadusi, ÜLKNÜ ajalugu ja rahvusvahelist noorsooliikumist uurivate tööde konkursside üleliidulised etapid toimuvad alates 1972. aastast iga kahe aasta järel. Kuuele seni toimunule on TPI-st esitatud 34 tööd, neist 16 on tunnistatud autasude väärilisteks. Auhinnatud töid on juhendanud dotsendid K. Allik, K. Vimmsaare, E. Loov, K. Kulli, L. Brutus, V. Garina, A. Schmidt, J. Madis ja v-õp. U. Rukki.

Uurimistöö ergutamiseks on Eesti NSV Teaduste Akadeemia määranud preemiaid (aastatel 1976–1982 üks, alates 1983. a. kaks preemiat aastas) parimatele üliõpilastöödele. TPI-st on saanud preemia Peep Sürje (1976) ja Väino Liiman (1982).

Igakevadistel TPI üliõpilaste teaduslik-tehnilistel konverentsidel on viimastel aastatel esitatud üle 400 töö (tabel 1). Arvukalt on kutsutud osalema külalisesinejaid teistest NSV Liidu kõrgkoolidest. Ka TPI üliõpilased võtavad osa teiste kõrgkoolide üliõpilaskonverentsidest.

1954. a. detsembris toimus Riias Eesti, Läti, Leedu ja Valgevene NSV kõrgkoolide üliõpilaste teaduslike ühingute esindajate nõupidamine, kus otsustati 1955. a. aprillis Kaunases korraldada esimene ühine teaduslik-tehniline konverents [11]. Kaunases esitati kokku 83 ettekannet, neist 13 TPI-st (Mihkel Leibur, Allan Sumbak, Endel Jõgioja, Ülo Haldna, Arvo Ots jt). Nimetatud konverentsid on kujunenud traditsiooniliseks. Konverentsi organiseerivate õppeasutuste põhituumiku moodustavad Tallinna, Riia, Kaunase ja Minski polütehnilised instituudid. Aastatel 1963–1973 kuulus siia veel Kaliningradi Tehniline Kalatööstuse ja -majanduse Instituut, keda 1974. aastast asendab Kišinjovi Polütehniline Instituut. TPI korraldada oli II konverents (1957) 118 ettekandega, VI konverents (1960) 196 ettekandega, X kon-

verents (1964) 368 ettekandega, XVI konverents (1970) 477 ettekandega, XX konverents (1974) 540 ettekandega ja XXV konverents (1981) 465 ettekandega (antud aastatel TPI ÜTÜ konverentsi ei peetud, vt. tabel 1).

Alates 1969. aastast on TPI üliõpilased osalenud üleliidulistel üliõpilaste ja aspirantide teaduslik-tehnilise loomingu näitustel. Automaatikateaduskonna üliõpilase J. Lapimaa lasersidesüsteemi ning üliõpilaste A. Mutso, M. Talu ja A. Torimi lineaarsete integraalskeemide madalsagedusmüra mõõturit eksponeeriti aastatel 1976–1979 paljudes välisriikides.

Lepinguliste tööde täitmisest osavõtvate üliõpilaste arv on viimastel aastatel kiiresti kasvanud: 1961 – 84, 1980 – 1009, 1983 – 1344 üliõpilast. Üliõpilaste konstrueerimisbüroo (ÜKB) tööga oli 1983. a. haaratud 445 üliõpilast.

Üliõpilaste teadustöö arendamisse TPI-s on andnud suure panuse staažikad teaduskondade ÜTÜ juhendajad dots. L. Pets, v-õp. L. Saks, dotsendid J. Järvik, A. Laansoo, U. Raukas, T. Laur, T. Nirk, K. Kenk, K. Kerem ning ÜTÜ ringide juhendajad dotsendid K. Vimmsaare, A. Sunila, L. Allikas, S. Dokelin, H. Hinrikus, M. Meldorf, P. Kulu, M. Ajaots ja paljud teised.

## Kirjandus ja allikad


1. Rahva Leht, 1938, 16. sept.
2. Postimees, 1938, 16. sept.
3. Uus Eesti, 1939, 16. sept.
4. TPI direktori käskkiri nr. 270 13. okt. 1947.
5. TPI direktori käskkiri nr. 325, 4. nov. 1948.
6. Noorte Hääl, 1948, 17. märts.
7. Eeskujuliku töö eest (väljavõte TPI direktori käskkirjast nr. 272/k). – Tallinna Polütehnik, 1949, 18. nov.
8. R e i s s a r, H. Õppides vennasvabariikide üliõpilaste teaduslikust tööst. – Noorte Hääl, 1950, 16. märts.
9. T r e i a l, H. Üliõpilaste iseseisva teadusliku uurimistöö organiseerija. – Õhtuleht, 1955, 5. apr.
10. H a l l i k, I. Tõsta ÜTÜ töö taset. – Tallinna Polütehnik, 1954, 31. dets.
11. N i g u l, U. Teaduslik konverents Kaunases. – Tallinna Polütehnik, 1955, 10. märts.

M. Loitve

## Development of Students' Research Work at Tallinn Technical University

Summary

In the paper a short outline of the students' research work at Tallinn Technical University since the foundation of the Students' Scientific Society in 1947 has been given. Forms of the research work as well as the participation of students in scientific conferences, competitions and exhibitions are dealt with.

The dynamics of the development of students' research work is treated of.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 378.180.6.001.5(474.2)

A. Lôhmus

# TEHNIKAÜLIÔPILASE UURIMISEST JA PORTRETEERIMISEST EESTIS

Küllap on tehnikaüliôpilast uuritud sama kaua, kui ta olemas on. Massilised uuringud algasid 1968. aastal [2, lk. 180]. Käesolevas piirdutakse andmetega 1977. aastast kuni käesoleva ajani.

Vaadeldakse tehnikaüliôpilaste geograafilist päritolu ja ettevalmistustaset 1981., 1982. ja 1983. aasta vastuvôtu ulatuses. Tehnikatudengi ajajaotuse kirjeldamisel tuginetakse 1977. aasta oktoobris TRÜ poolt vabariigi kôrgkoolides läbiviidud küsitlusele [2, lk. 70]. Küsitluse tulemusi täiendavad 1978. aasta mais TPI esimeselt kursuselt saadud andmed. Tehnikaüliôpilase tervise kohta tehtavad pôgusad märkused pärinevad TPedI uurijatelt.

TPI üliôpilaskontingendi üldandmed on esitatud tabelis 1.

T a b e l 1

TPI üliôpilaskontingendi üldstruktuur

| Tunnus | Tunnuse väärtused | Osa protsentides |
|---|---|---|
| Sugu | Mehi | 64,5 |
| | Naisi | 35,5 |
| Rahvus | Eestlasi | 64,3 |
| | Muid rahvusi | 35,7 |
| Sotsiaalne päritolu | Töölisi | 47,3 |
| | Kolhoosnikuid | 5,0 |
| | Teenistujaid | 47,7 |

| Tunnus | Tunnuse väärtused | Osa protsentides |
|---|---|---|
| Keskhariduse vorm | Keskkool | 91,5 |
| | Kutsekesk- või tehnikakool | 3,8 |
| | Tehnikum või muu keskeriõppeasutus | 3,6 |
| | Kaugõppe- või õhtukeskkool | 1,1 |

Olgu märgitud, et 1983. aastal päevasesse õppevormi immatrikuleeritutest oli naisi 38,6 protsenti. Kuigi sotsiaalselt päritolult on kolhoosnikuid vaid 5 protsenti, on maalt pärit 17,2 protsenti TPI üliõpilastest.

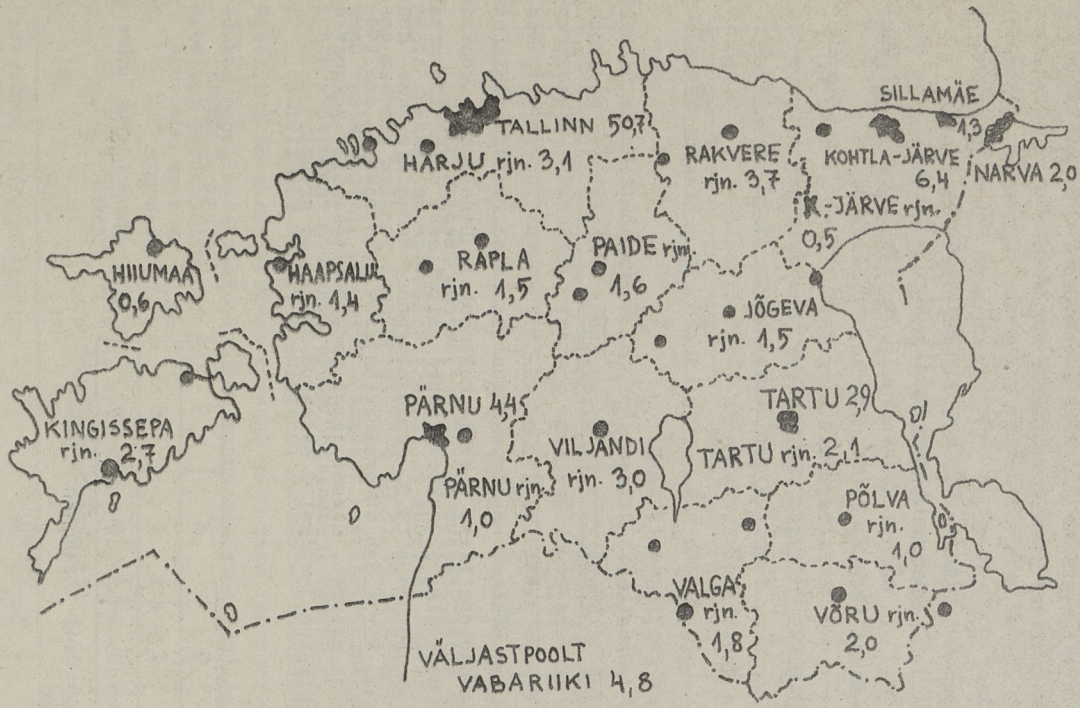
Keskhariduse omandamise vormide järgi on sisseastujate eksamiläbivus väga erinev. Sisseastumiseksamid sooritanute protsendi alusel reastuvad koolitüübid järgmiselt: eesti keskkoolid 72, tehnikumid ja muud keskeriõppeasutused 71, kutsekesk- ja tehnikakoolid 69 (Narvast 20, Kohtla-Järvelt 62), vene keskkoolid, kaugõppe- ja õhtukeskkoolid 63 ning väljastpoolt vabariiki tulijad 58 protsenti vastava keskharidusega sisseastujatest.

Määrav osa kontingendi kujunemisel on sisseastujate geograafilisel päritolul. Tehnikaülikõpilaste geograafiline päritolu on toodud joonisel 1.

Tallinn annab 50,7 protsenti TPI päevastest üliõpilastest, kuigi Tallinnas elab ligikaudu kolmandik vabariigi elanikkonnast. Seejuures on tehnikumidest ning kutsekesk- ja tehnikakoolidest sisseastujaist koguni 77,3-77,5 protsenti lõpetanud vastava kooli Tallinnas. Suuruselt teine linn vabariigis - Tartu - annab vähem tehnikaülikõpilasi kui Kohtla-Järve linn, Pärnu linn, Rakvere rajoon, Harju rajoon ja Viljandi rajoon. Eks Tartu linn komplekteerib valdavas osas Tartu Riikliku Ülikooli.

Vene õppekeelega tehnikaülikõpilaskonnast annavad neli linna: Tallinn, Kohtla-Järve, Narva ja Sillamäe 77 protsenti, 14 protsenti tuleb väljastpoolt vabariiki ning ainult 9 protsenti tuleb vabariigi teistest linnadest ja rajoonidest.

Kui tõmmata mõtteline joon läbi Kingissepa, Paide ja Narva, siis lõuna poolt seda piiri tuleb vaid üks viiendik



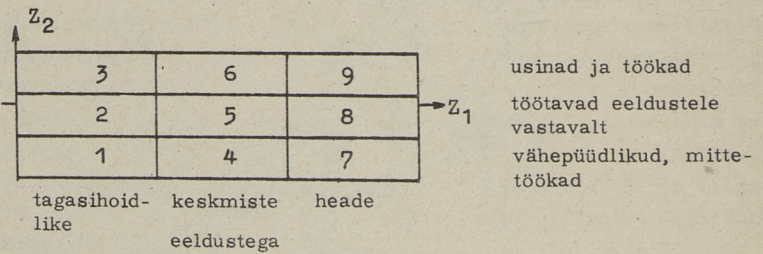

Joon. 1. TPI üliõpilaskontingendi geograafiline päritolu

(19,7 protsenti) TPI üliõpilastest. Vabariigi detailsemal jaotamisel saaksime järgmise üksikute piirkondade panuse (protsentides) tehnikatudengite koguarvu:

| | |
|---|---|
| Tallinn | 50,7 |
| Põhja-Eesti (Harju, Rakvere ja Kohtla-Järve rajoonid ning Kohtla-Järve, Sillamäe ja Narva linn) | 17,0 |
| Kesk-Eesti (Rapla, Paide, Jõgeva, Viljandi ja Tartu rajoonid ning Tartu linn) | 12,6 |
| Lääne-Eesti (Hiiumaa, Kingissepa, Haapsalu ja Pärnu rajoonid ning Pärnu linn) | 10,1 |
| Lõuna-Eesti (Põlva, Valga ja Võru rajoonid) | 4,8 |

Väljastpoolt vabariiki tuleb 4,8 protsenti TPI päevasest kontingendist.

Tehnikaüliõpilase uurimise üheks põhiteemaks on tema sobivus ja <u>suutlikkus vaimseks tööks</u> – õppimiseks kõrgkoolis. Aluseks on üliõpilaste jaotamine üheksasse edukusgruppi. Vastav metoodika [1] on välja töötatud TPI-s 1971. aastal ning põhineb keskõppeasutuse hinnetel, sessioonihinnetel ja psühholoogiliste testide tulemustel. Lineaarsete kontrastide meetodiga projekteeritakse üliõpilased nelja integraalse tunnuse põhjal $Z_1Z_2$-edukusprognoosi tasandile, kus kontrast $Z_1$ kirjeldab ettevalmistustaset, kontrast $Z_2$ aga töökust ja usinust. Asendi järgi prognoositasandil jagunevad üliõpilased joonisel 2 esitatud üheksasse gruppi.




Joon. 2. Üheksa edukusgruppi $Z_1Z_2$-prognoositasandil

Grupid 1 – 4 moodustavad kriitilise tsooni, kuna neis paiknevad tagasihoidlike eeldustega (1 – 3) või siis keskmiste eeldustega, kuid vaimse töö harjumusi mitteomavad noored.

Tsooni iseloomustamiseks olgu vaid öeldud, et selles paikneb 80 protsenti nõrga õppeedukuse tõttu eksmatrikuleeritutest, keda on kõikidest eksmatrikuleeritutest rohkem kui 70 protsenti. Esimeselt kursuselt eksmatrikuleeritutest paikneb selles tsoonis üle 85 protsendi [2, lk. 142].

Järgnevas neljas maatriksis on toodud TPI esimese kursuse jaotumine (protsentides) üheksasse edukusgruppi 1980.-1983. aasta vastuvõtu põhjal:

1980

| | | |
|---|---|---|
| 6 | 23 | 20 |
| 11 | 10 | 6 |
| 19 | 4 | 1 |

1981

| | | |
|---|---|---|
| 5,5 | 20 | 20,5 |
| 8 | 12 | 6 |
| 22 | 5 | 1 |

1982

| | | |
|---|---|---|
| 6 | 19 | 22 |
| 12,5 | 11 | 4 |
| 21 | 4 | 0,5 |

1983

| | | |
|---|---|---|
| 8 | 17 | 20 |
| 14 | 10 | 5 |
| 21 | 4 | 1 |

Maatriksitest nähtub, et hea ettevalmistusega kontingendi osakaal on stabiilne (26–27,5), suureneb aga kriitilises tsoonis paiknev kontingent (40; 40,5; 43,5; 47 protsenti kogu vastuvõtust). Seega on viimastel aastatel tehnikaülikõpilaste kontingent nihkunud prognoositasandil vasakule.

Oluliselt erineb kontingendi jaotumine teaduskonniti. Tabelis 2 on antud esimese kursuse jaotumine (protsentides) edukusgruppidesse teaduskondade kaupa aastatel 1982 ja 1983. Tabelist puudub viies grupp.

T a b e l 2

TPI 1982. ja 1983. a. vastuvõtu jaotumine edukusgruppidesse teaduskonniti

| Vastuvõtu aasta | Prognoosigrupp | Teaduskond | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | M | E | K | L | T |
| 1982 | 1 – 4 (kriitiline) | 55 | 50 | 52 | 32 | 30 | 33 |
| | 6 | 20 | 17 | 22 | 23 | 16 | 19 |
| | 7 – 9 | 12 | 18 | 17 | 37 | 45 | 36 |

Tabeli 2 järg

| Vastuvõtu aasta | Prognoosigrupp | Teaduskond | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | M | E | K | L | T |
| 1983 | 1 - 4 (kriitiline) | 68 | 58 | 57 | 50 | 34 | 19 |
| | 6 | 13 | 16 | 14 | 21 | 22 | 20 |
| | 7 - 9 | 11,5 | 17 | 21 | 19 | 34 | 49 |

Ainsana on tugevnenud majandusteaduskonna (T) kontingent, oluliselt on nõrgenenud keemiateaduskonna (K) kontingent. Kõige nõrgem on see energeetikateaduskonnas (A). Õpperühmade kaupa on erinevused veelgi suuremad.

Oluline osa tehnikaülikõpilaste ettevalmistamisel on matemaatika-füüsika süvendatud õpetamisega klassidel (järgnevas lihtsalt eriklassid). Esitame mõned võrdlevad andmed 1982. ja 1983. aasta kohta.

T a b e l 3

**Keskkoolide ja matemaatika-füüsika eriklasside lõpetajate võrdlevad andmed TPI kontingendi kujundamisel**

| Vaadeldav kontingent | 1982. a. | 1983. a. |
|---|---|---|
| 1. Lõpetas keskkooli | 10032 | 9628 |
| 2. Lõpetas eriklassi | 530 | 595 |
| 3. Eriklassi lõpetanute protsent lõpetanute üldarvust (rida 1) | 5,5 | 6,2 |
| 4. Astus keskkoolist TPI-sse | | |
| a) arvuliselt | 1527 | 1404 |
| b) protsentuaalselt | 15,2 | 14,6 |
| 5. Võeti vastu | 1043 | 1065 |
| 6. Sisseastujatest (rida 4a) vastuvõetute protsent | 68,3 | 75,9 |
| 7. Eriklassi lõpetanuid | | |
| a) astus instituuti | 224 | 174 |
| b) protsent eriklassi lõpetanutest | 42,3 | 29,2 |
| 8. Võeti vastu | 194 | 161 |
| 9. Protsent eriklassist sisseastunutest | 86,6 | 92,5 |
| 10. Eriklassi lõpetanute protsent esimesel kursusel | 15,5 | 12,9 |

Eriklassi lõpetanuid on tehnikaüliõpilaste kontingendis 13–15 protsenti, 30–40 protsenti (vt. rida 7b tabelis 3) kõikidest eriklassi lõpetanutest soovivad jätkata õpinguid TPI-s. Märkimist väärib eriklasside efektiivsus. Võrrelgem. Keskkooli lõpetanud kandidaatidest sai 1983. a. instituuti vaid 75,9 protsenti, 18 keskkoolist, kus on eriklassid, sai kandideerijatest sisse 81,9 protsenti ja nende koolide eriklasside lõpetajatest 92,5 protsenti. 1982. aastal vastuvõetud eriklassi lõpetanutest eksmatrikuleeriti esimesel kursusel vaid 2 ja said puudulikke hindeid 7 üliõpilast, mis annab eriklassi lõpetanute edukuseks 95,4 protsenti. See on üle 5 protsendi kõrgem edukus kui teistel üliõpilastel.

Eriklasside kõrval on pidevat kõneainet pakkunud eksperimendi õigustatus kõrgkooli vastuvõtul. Mida võib selle kohta öelda kõrgemasse tehnikakooli pürgijate põhjal? Tabelis 4 on toodud eksperimendiga sisseastujate jaotus edukusprognoosi alusel aastatel 1980, 1981 ja 1982.

T a b e l 4

Eksperimendiga sisseastujate protsentuaalne jaotus prognoosigruppidesse kolmel aastal

| Prognoosigrupp | Sisseastumisaasta | | |
|---|---|---|---|
| | 1980 | 1981 | 1982 |
| 1. – 4. | 7 | 8 | 14 |
| 5. | 3 | 3 | 3 |
| 6. | 30 | 25 | 27 |
| 7. | 1 | 0,5 | 1 |
| 8. | 11 | 12 | 8 |
| 9. | 48 | 51,5 | 47 |

Tabelist 4 nähtub, et eksperimendiga sisseastujate põhiline osa (umbes kolmveerand) paikneb kuuendas ja üheksandas grupis. Need on prognoosihüpoteesi järgi keskmiste või väga heade eeldustega püüdlikud (töökad) noored inimesed. Niinimetatud "laiskade või kohusetundetute nivool", s.t. gruppides 1, 4 ja 7, paikneb alla 10 protsendi eksperimendiga sisseastujatest.

Kuidas läbivad eksperimendiga sisseastujad vastuvõtusõela? 1982. aastal sai 374-st eksperimendiga kandideerijast

57 protsenti eksperimendi alusel sisse, 34 protsenti pidid sissesaamiseks tegema kõik eksamid ja 9 protsenti jäi instituudi ukse taha. Kui jälgida aastatel 1978–1930 TPI-sse eksperimendiga konkureerinute ja vastuvõetute õpingute käiku, siis eksperimendiga sissesaanutest alustas 78 protsenti õpinguid hästi või väga hästi, 63 protsenti õpib stabiilselt ja 9 protsenti tõusva edukusega. Eksperimendiga kandideerinutest, kuid üldkonkursiga sissesaanutest peaaegu pooled (46 %) alustasid õpinguid rahuldavalt, stabiilselt õpib 51 protsenti ja tõusva õppeedukusega 13 protsenti.

Tabeli 4 andmetel paikneb ka kriitilises tsoonis (prognoosigrupid 1 - 4) eksperimendiga sisseastunud üliõpilasi. See on teoreetiliselt võimatu, kuna nende keskkoolihinded peavad olema neljad ja viied. Kui vaadata 1980. aastal eksperimendiga sisseastunud ja hiljem eksmatrikuleeritud kaheksat üliõpilast, kellest 2 paiknesid neljandas ning 6 esimeses prognoosigrupis, selgub, et neil on küpsustunnistusel põhiainetes 2 kuni 8 rahuldavat hinnet ja eksperimendiõiguse on andnud tehnikakooli lõpetamine kiitusega. See näitab, et tehnikakooli "kiitusel" on tunduvalt madalam kaal kui keskkooli eksperimendil.

Tehnikaüliõpilase ajajaotust võrdleme TRÜ, TPedI ja EPA üliõpilaste ajajaotusega. Esimese viie ajakulukama tegevuse (uni, õppetöö, õppetööks valmistumine, toitumine, puhkus ilma erilise tegevuseta) järjestuselt ei erine tehnikaüliõpilane teistest Eesti üliõpilastest. Nendele tegevustele kulub ligikaudu 2/3 ööpäevast ja sellest pool unele. Toitumisele kulutab TPI üliõpilane oluliselt vähem aega ja õppetööle ümmarguselt pool tundi rohkem kui teiste kõrgkoolide tudengid.

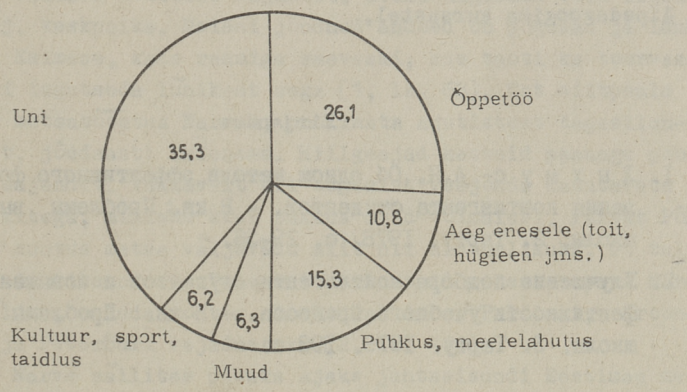
Õppetööga seotud sõitudele kulutab tehnikaüliõpilane tunduvalt rohkem aega (esimese kursuse tudeng peaaegu kaks korda) kui teised. Auditoorsele ja iseseisvale õppetööle kulub seitsme päeva keskmisena kokku veerand ööpäevast. Õppetööks valmistumisele kulub rohkem aega vaid TRÜ üliõpilastel ja seda filoloogide arvel. Samas olgu märgitud, et ilukirjanduse lugemiseks kasutavad tehnikaüliõpilased sama palju aega kui TRÜ üliõpilased ja oluliselt rohkem kui teiste kõrgkoolide omad.

Ajaviitele kulutab tehnikatudeng rohkem aega igat

masti koosviibimistest osavõtmise tõttu. Kultuurilise meelelahutuse osakaal on samuti TPI tudengitel suurem, kusjuures keskmiselt 1,5 korda rohkem vaatavad tehnikaülikõpilased telerit ja kuulavad lindi- ning plaadimuusikat. Teatris, kontsertidel ja näitustel käivad nad aga teistest vähem.

Sporti teeb tehnikatudeng teistest natuke rohkem, isetegevust aga natuke vähem. Ajalehti ja ajakirju loevad kõik Eesti ülikõpilased võrdselt. Sama peab paika ka tantsupidudel käimise kohta. Ühiskondlike ülesannete täitmiseks kulutab tehnikaülikõpilane päevas aga peaaegu kaks korda vähem aega kui vabariigi tudeng keskmiselt.

Tehnikaülikõpilase ööpäevase ajajaotuse diagramm on joonisel 3.




Joon. 3. Tehnikaülikõpilase suhteline ööpäevane ajajaotus

Kui võrrelda TPI esimese kursuse ülikõpilase ajajaotust erineva ettevalmistustasemega gruppides, siis hea ettevalmistusega tudeng käib nädalas 1,5 t vähem õppetööl, magab 3 t rohkem ning kulutab õppetööks valmistumisele 4 t vähem aega kui nõrga ettevalmistusega tudeng.

Füsioloogilisest aspektist on tehnikaülikõpilast uurinud TPedI teadlased. Et TPI-s ei ole selliseid näitajaid kogutud ega uuritud, piirdume vaid mõningate kommentaaridega.

Tänane meessoost tehnikaülikõpilane on 3,3 cm pikem kui kümme aastat tagasi. Muidu on ta aga õrnemast soost,

sest närvisüsteemi häireid on tal rohkem kui neidudel. 8 protsenti tehnikatudengitest põeb jala peal kroonilisi haigusi, ületades selle näitajaga 5 korda tulevasi pedagooge.

Kui lisada, et tehnikaülikõpilane käib õppeaasta jooksul 3–4 korda arsti juures ning iga 100 üliõpilase kohta tuleb 60–70 haigusjuhtu, paneb imestama, et tal arsti juures käimiseks ja raviprotseduurideks kulub ööpäevas keskmiselt vaid 0,05 tundi ehk 3 minutit.

Tehnikaülikõpilane kui isiksus avaldub oma õpperühma kollektiivis, kus selguvad tema hoiakud, väärtushinnangud, iseloom jms. Kerkivad esile liidrid, tuleb tunnistada tõrjutust. Ühed rühmad lähivad üksmeelselt ilma oluliste kaotusteta kogu stuudiumi instituudis, teised lakkavad olemast juba mõne semestri järel. Miks on see nii? Mida otsib noor inimene tehnilisest kõrgkoolist? Seda uuritakse TPI kõrgkoolipedagoogika kursustel.

Kirjandus


I. Лыхмус А.Я. Об одном методе эффективного формирования контингента студентов. – В кн.: Проблемы высшей школы, 2. Тарту, 1978, с. 29–36.

2. Улучшение подбора контингента студентов и повышение эффективности учебного процесса. – В кн.: Проблемы высшей школы, 3. Тарту, 1979. 193 с.



A. Lõhmus


On the Investigation and Description of the Student of Technical Higher School in the Estonian SSR

Summary


The article is devoted to the analysis of the peculiarities of the students' contingent of technical specialties on the basis of scientific research in 1981, 1982, 1983. The students' proficiency forecast achieved by the method of linear contrasts is employed.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 621.221(474.2)

V. Mägi

# TEHNILISE MÕTTE ARENGUID SEOSES NARVA KOSE ENERGIA KASUTAMISEGA

Varasemad teated Narva kose veejõu tööndusliku rakendamise kohta ulatuvad kaugesse minevikku. Ümbruskonna metsarikkused lubasid siin arendada metsakaubandust, mis omakorda nõudis vastava tööstuse rajamist. Selle alguseks võib lugeda 17. saj. keskpaika. Meieni jõudnud andmed on põgusad ja lünklikud. Esimene, kahe raamiga saeveski, kus taoti ka toorvaske, sai tegutseda lühikest aega [1, lk. 68]. Ent siitpeale hakkas metsatööstus Narvas, hoolimata ajutistest tagasilangustest, jõudsasti laienema. Hiilgeajad kestsid peaaegu poolteist sajandit. Valdavalt oli tegemist veejõudu kasutavate saeveskitega, milleks kosk pakkus häid võimalusi. Pärast Põhjasõda muutus metsa väljavedu siit nii ulatuslikuks, et tuli rakendada kitsendusi. Vahepeal keelustati metsa eksport Narvast üldse, raiuda tohtis ainult Tallinna, Paldiski, Kroonlinna ja Peterburi vajadusteks [2, lk. 469].

Narva säilitas pikaks ajaks juhtseisundi Eestimaa metsa töötlemisel. Joala mõisas tegutsenud saeveski (12 raami, igaüks võimsusega ligikaudu 10 tuhat palki aastas) oli tolle aja kohta tõeline hiigelettevõte. Suured saeveskid asusid Kreenholmi saarel ja jõe paremkaldal. Olukorda tuli murrang 19. saj. esimesel veerandil. Narva tagamaad olid sedavõrd hõrenenud, et jõe ülemjooksult saabuvad parved ei suutnud enam siinset võimsat metsatööstust toita ja mõõn oli mõõdapäasmatu. Endised saeveskid taganesid, andes ruumi uutele ettevõtetele.

Nendeks said kalevivabrikud, mille ilmumine tähistas ühtlasi tööstusliku murrangu algust meie mail. Üleminekul manufaktuurilt vabrikutootmisele kujunes määravaks 1822. a.

tollistatuut, mis märgatavalt kergendas kohaliku tööstuse väljaarendamist. Narva jõe paremkaldal asunud saeveski kohandati esialgu vanutuskojaks, hiljem asutati siia kose jõul töötav kalevivabrik [3, lk. 432]. Omanikku vahetasid Joala mõis koos veskitega ja Georgi saar. Seal tegutsenud saekoda ja sepipada suleti. Nende asemel avati teine kalevivabrik, kus töösse jäi vana vesiratas. Kolmas kalevivabrik kerkis jõe vasakkaldale. Seegi hakkas kasutama varem arvatavasti saeveskitele kuulunud vesirattaid.

Sajandi keskpaiku hakkas Narvas kuju võtma suurtööstus. Kõigepealt läks käiku lina ketramise ja kudumise vabrik. Lisaks mitmele muule asjaolule (riiklikud soodustused linatööstuse arendamisel, viljahindade languse tõttu hoogustunud linakasvatamine ümberkaudsetes kubermangudes) mõjutas linavabriku asutamist Narva vaieldamatult koses kätketud energia.

1. Vesirattad Narva kosel

Tööstusrevolutsioon nihutas kõikjal maailmas esikohale puuvillatööstuse. Rühm Peterburi ja Moskva rahamagnaate tuli mõttele asutada seesugune käitis ka Narva. Ajendiks sai jällegi kose olemasolu, pealegi lihtsustas mere lähedus Egiptusest ja Ameerikast ostetava toorpuuvilla kohaletoimetamist. 1856. a. omandatigi koske kahestav Kreenholmi saar koos seal paiknenud lagunevate saeveskitega ja maatükk Joala mõisast jõe vasakkaldal. Ehitamisega kiirustati: juba järgmisel varakevadel hakati hiigelvabriku müüre laduma ja aasta möödumisel lasti esimesed värtnad tööse. Aluskapitaliks määratud 2 milj. rubla [4, lk. 387] lubas ettevõtte sisustada tehnika tipptasemel. Jõuseadmetena olid algselt ette nähtud kuus suurt vesiratast, millest valmis ehitati küll ainult neli. "Vana" vabriku ketrussaal pandi liikuma kahe vesiratta à 360 hj ning kumbki kudumisosakond ühe vesiratta à 180 hj abil [5, lk. 43]. Kanalid, mille kaudu vesi jõumasinateni juhiti, paiknesid ligikaudu 600 m ulatuses saare mõlemal küljel. Need 18 - 30 m laiused veejuhtmed olid suhteliselt madalad - suurim sügavus 3,3 m, mis sai võimalikuks tänu püsivale veetasemele jões. Kose piirkonnas oli jõesäng tõkestamata. Ainult erandjuhtumeil, väga madala vee puhul, kasutati ajutisi lahtivõetavaid paise selle suunamiseks kanaleisse.

Lähem kirjeldus Kreenholmi jõuseadmete kohta pärineb 1874. a. suvest, mil nendega käis tutvumas Peterburi Mäeinstituudi rakendus- ja mäemehaanika professor I. Time [6]. Metallist vesiratas töötas surukõrgusega 5,2 m, sooritades 4,2 pööret minutis. Ratta läbimõõdu annab Time 30 ja laiuse 25 jalga (vastavalt 9,15 ja 7,6 m)*. Kandekonstruktsiooni moodustasid kaks kodarsüsteemi, mõlemasse kuulus 12 radiaal- ja sama palju diagonaalkodaraid. Põial paiknes 48 koppa. Vältimaks läbipaindumist kasutati liikumise ülekandmiseks töömehhanismile hammasvõõsid mm (joon. 1) ratta külgedel.

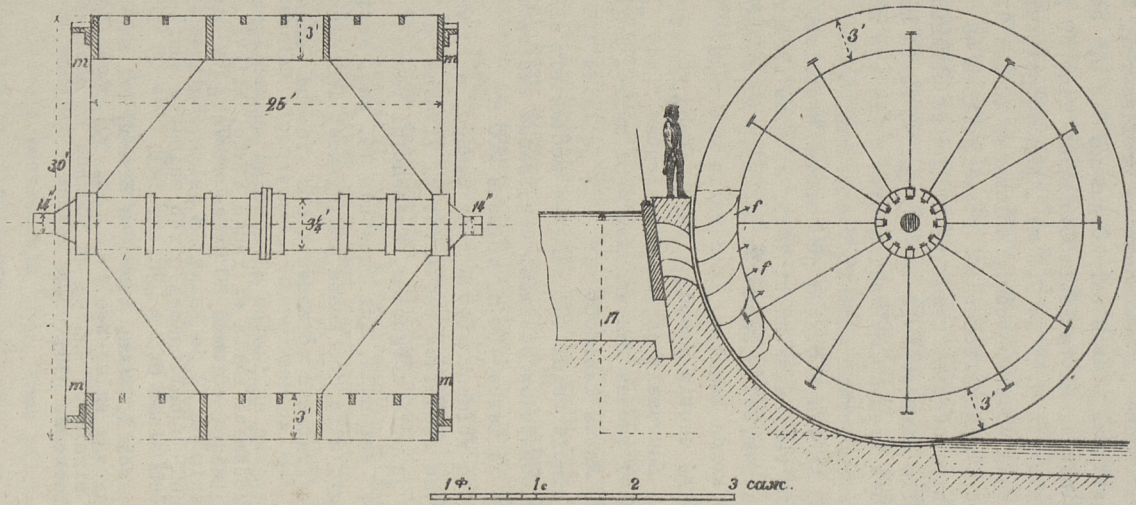
Võrreldes Kreenholmi vesirattaid tolle aja suurematega, peame olemasolevail andmeil tunnistama, et oma läbimõõdult kuulusid Narvas töötanud jõumasinad keskmiste hulka. Maailma suurim vesiratas seati 1843. a. üles ühes viltkangavabrikus Firenzes. Selle läbimõõt oli 23,3 m, seega Kreenholmi omast 2,5 korda kogukam. Kuid ratas oli väga kitsas - 0,6 m, mistõttu suutis arendada vaevu 30-hj võimsust [10, lk. 312-313]. Suuruselt järgmine vesiratas "Lady Isabella" (ehitatud 1854) töötas kaevanduses Mani saarel Inglismaa ranniku lähedal. Ratta läbimõõt oli 22,1 ja laius 1,8 m, võimsus 230 hj. Ainult veidi jäi sellele mõõtmetelt alla Greenocki puuvillatööstuses Šotimaal tegutsenud vesiratas (1830): läbimõõt 21,4 ja laius 4,0 m, võimsus 200 hj.

Vesiratta võimsus sõltub tema mahust, s.t. veehulgast, mille vesiratas ajaühikus vastu võtab. Viimane on määratud ratta laiuse ja põia kõrgusega. Kreenholmi ratta veekulu moodustas 9 $m^3$ sekundis. Kui reastada 19. saj. vesirattad võimsuse järgi, siis hoolimata mõningasest lahknevusest Kreenholmi vesirataste võimsuse kohta toodud andmetes**,

---

* Erinevates allikates sisalduvad andmed Kreenholmi vesirataste mõõtmete kohta ei lange kokku. Nii väidab [7] läbimõõdu ja laiuse mõlemad 30 jalga olevat, [8] aga toob ära arvud: läbimõõt 32 ja laius 28 jalga. Kaitise 75. aastapäevaks ilmunud juubeliraamat ütleb esimeste suurte vesirataste läbimõõdu olnud 8,5 m [9, lk. 34].

** Professor I. Time, toetudes Kreenholmi manufaktuuri tehnilise juhataja seletustele [6, lk. 50], toob võimsuse 500 hj, kust nimetatud suurus on jõudnud ka mõningatesse uuema aja käsitlustesse [11; 12].




Joon. 1. Kreenholmi suur 360-hj vesiratas prof. I. Time [6] järgi (mõõtmed jalgades)

näeme, et läinud sajandil Narva kosel tegutsenud vesirattad olid kahtlemata maailma kõige võimsamad vesirattad üldse, jättes kaugele seljataha kõik ülejäänud. Võimsuselt järgmine, 280-hj vesiratas (ehitatud 1851) töötas tollal New Yorgi ühes metallitöötlemise ettevõttes (ratta läbimõõt 18,9 m, laius 6,7 m). Halifaxis (tekstiilitööstuse keskus Yorkshire's) asus 240-hj vesiratas (1864), juba mainitud "Lady Isabella" võimsus oli 230 hj. Olgu lisatud, et võimsate hiigelvesirataste rajamise kõrgaeg langes 19. saj. keskele. Hiljem, eriti seoses veeturbiiniehituse arenguga, püstitati neid üha harvem. Uute vesirataste keskmine võimsus nivelleerus 50 - 70 hj-le.

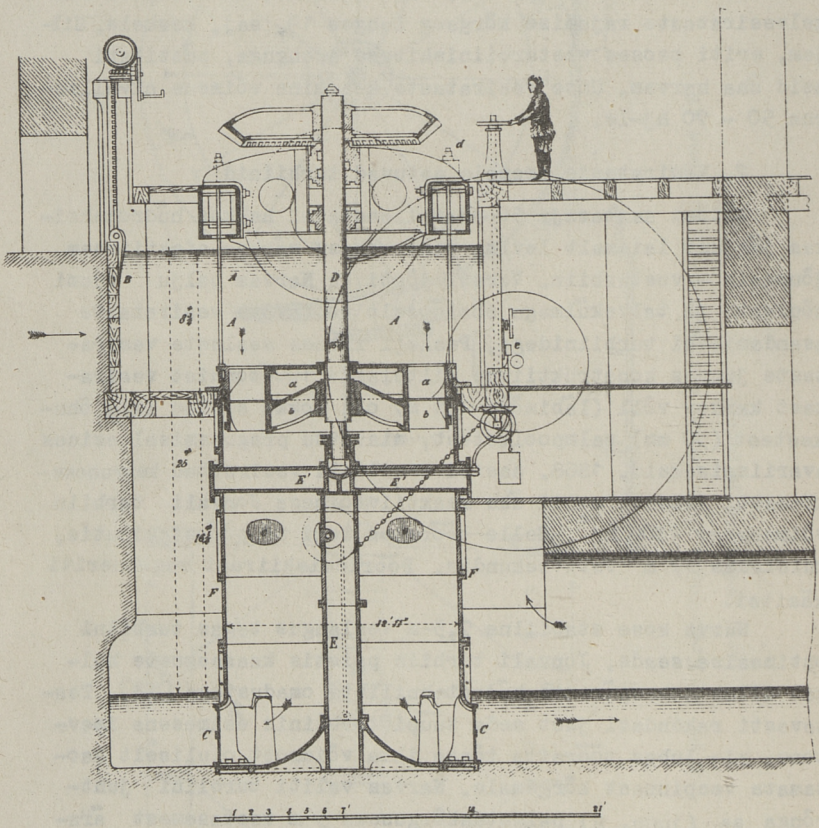
2. Vesirataste asemele astuvad turbiinid

Läinud aastasaja 50-ndatel aastatel hakkas hüdrotehnikas järjest laiemalt levima vesirattast märksa efektiivsem jõumasin - veeturbiin. Varsti jõuti ka Narvas palju ruumi nõudvate ja talvekülmaga ebatäpselt töötavate vesirataste asendamiseni turbiinidega. Pealegi ilmnes sealsete vesirataste juures konstruktiivne viltulask: 100-tonnist vesiratast kandev võll (läbimõõt 1,1 m) oli kokku seatud liig õhukestest (50 mm) malmpoolmetest, mistõttu pragunemisel esines avariiseisakuid. 1868. aastal eemaldati vesirattad ketrusosakonnast. Asemele seati üks reaktiivtoimega Jonvali turbiin võimsusega 1300 hj*. Selle tööratas tegi 60 pööret minutis, kulutades 17 $m^3$ vett sekundis. Pöörlemiskiirust reguleeriti käsitsi.

Narva kose stabiilne 7,5-m veelangus tagas turbiini optimaalse seade. Jonvali turbiin paistis kaasaegsete hulgas silma suurepäraste hüdrotehniliste omadustega [13]. Teatavasti rakendati just seda tüüpi turbiinis esimesena imevtoru, mis lubas tööratta tõsta ilma võimsust oluliselt kaotamata veepinnast kõrgemale. Narvas valiti turbiini juhtrõnga aa (joon. 2) paigutuskõrguseks 5 m veetasemest äravoolukanalis. See lihtsustas turbiini hooldamist, mis oli eriti tähtis arvestades siinsele kosele talviti iseloomulikku põhjajää tekkimist. Turbiini vabastamiseks veest piisas juurdevoolu sulgemisest ülemisse paaki.

---

* I. Time annab selle võimsuseks 1200 hj.



Joon. 2. Kreenholmi 1300-hj hüdroturbiin, 1895. aastani maailma võimsaim hüdrojõumasin (I. Time järgi)

Enam kui veerandsajandi vältel oli selle näol tegemist maailma võimsama hüdromasinaga (Kreenholmi turbiini mudelit eksponeeriti 1873. a. maailmanäitusel Viinis). Võimsuselt järgmisel kohal olnud Bellegarde'i ja Schaffenhauseni hüdrojõusõlmede turbiinid (samuti Jonval-tüüpi) Reinil arendasid vastavalt 630 ja 250 hj. Veel 19. sajandi lõpul seadmestatud Rheinfeldeni hüdrojaama turbiinide võimsus oli vaid 850 hj. Ameerikas ei tegutsenud läinud aastasaja keskel ühtki märkimisväärse võimsusega hüdrosõlme. Pööre toimus alles sajandi lõpukümnendil, mil rajati Niagara ülemine jõujaam (1895), kus seati üles 15 turbiini võimsusega 1600 - 3500 hj.

Lasknud käiku esimese turbiini "vana" vabriku ketrusosakonnas, jätkati Narvas vesirataste väljavahetamist. 1869. aastal seati uue vabriku ketrusosakonnas üles kaks 450-hj turbiini. Järgmisena monteeriti maha uue vabriku kudumisosakonna vesiratas. Viimasena sai uue jõuallika vana kangrusaal (1884). Kõik Narva turbiinid valmistas firma "Maschinenfabrik Augsburg". Nagu hiljem selgus, töötasid need nõuetekohase hoolduse korral laitmatult ka küllalt suure (125 %) ülekoormuse tingimustes. Vee juhtimiseks turbiinidesse tuli lisaks kahele olemasolevale kanalile rajada veel üks Georgi ja Joala vabriku tarvis. Raske pinnase tõttu kujunes see ennenägematult aeganõudvaks, mistõttu suudeti lõpule viia alles 1884. aastal. Toitekanalite üldpikkus oli nüüd 2,5 km.

1907. aastal kuulus Kreenholmi manufaktuuri jõumasinaparki 10 turbiini (Kreenholmi saarel 6, Georgi saarel 1 ja Joalas 3) koguvõimsusega 8445 hj [5, lk. 44]. 1912. aastal võeti ekspluatatsiooni esimene kahepoolse sissevooluga Francis-turbiin (525 hj).

3. Kose veejõu utiliseerimise ja Tartu-Pihkva-Narva laevatee kava

Hoolimata edusammudest hüdromasinaehituses leidis veeenergia tööstuses 80-ndate aastateni suhteliselt tagasihoidlikku kasutamist. Peamiseks takistuseks olid raskused energia ülekandmisel tarbijateni. Pikka aega valitses energia jaotamise põhilise moodusena mehaaniline ülekanne trosside, kõite või rihmade abil*. Mõnekümnemeetriliste kauguste

*Kreenholmi vabrikutes olid energia edastamiseks kasutusel massiivsed võllid, mida käitati koonushammasratastelt. Joala ja Georgi vabrikus toimus energia ülekandmine rihmtransmissiooni teel.

ületamisel andis see üsna häid tulemusi. Sageli rajati pikemaidki, sadadesse meetritesse küündivaid ülekandeliine. Ent turbiini ja töömasina vahemaa suurenedes kasvasid ehituskulud kiiresti, ka muutus kalliks ekspluatatsioon. Üle kilomeetrise ulatusega mehaanilisi ülekandesüsteeme leidus mõni üksik, põhjuseks nende äärmiselt madal (alla 20 %) kasutegur. Samuti ei andnud soovitud tagajärgi suruõhu kasutamine energia ülekandmisel. Tuli leida otstarbekam viis energia edastamiseks. Selleks sai elekter.

Võimalus kanda energiat suurte kauguste taha meelitas rajama õkonoomseid veejõuseadmeid neis paigus, kus hüdroenergia kontsentreerus. Seetõttu pole imestada, et esiotsa jäid hüdroelektrijaamade projektid alati seotuks koskede või kärestikega. Meie teema seisukohalt pakub huvi asjaolu, et juba 1877. aastal tegi staabikaptenist sõjaväeinsener F. Pirotski oma vähetuntud töös [14, lk. 444] juttu langeva vee kasutamisest elektrivoolu saamiseks, osutades oma idee ühe võimaliku realiseerimiskohana Narva joale. Tema arvutuste kohaselt kujunenuks elektrimasin tööpinkide käitajana aurumasinast märksa odavamaks. Mõte oli küll huvitav, kuid tollal esialgu praktilise väärtuseta, sest ei osatud veel elektrienergiat õkonoomselt edasi toimetada. Teoreetiliselt tõestas asja võimalikkuse pinge tõstmise teel M. Deprez alles mõni aeg hiljem. 1880 - 1890-ndail aastail ehitati põhiliselt kõrgepingelisi alalisvooluliine, mis arusaadavail põhjusil tugevasti piiras elektrienergia laiemat kasutuselevõttu.

Esimesena kavandas hüdroelektrijaama rajamise Narva jõele insener V. Dobrotvorski. Oma projekti põhiseisukohad kandis ta ette Vene Tehnika Seltsi istungil 1894. a. kevadel. 28 000 hj võimsusega jõujaam oli mõeldud Peterburi varustamiseks elektriga. Tööde maksumuseks kalkuleeris autor 7 milj. rubla. Hoopiski mitte teisejärguliseks loeti asjaolu, et üheaegselt veejõu utiliseerimisega soodustanuks jõe ülespaisutamine laevaliiklust.

Kohalik ajakirjandus reageeris kiiresti arutelule Narva kose tuleviku ümber [15], kusjuures projekti elluviimist takistavate teguritena märgiti, et "raske on tarwilist maad sisseseadeks saada ja et 128 wersta pääle meie waheldawas kliimas ka raske on elektriwäge juhtida", samuti avaldati

kartust, et elektril on odava kivisõe ja naftaga raske võistelda. "Linda" kommenteeris: "Läheb nõuu täide, siis kerkiwad muidugi Narowa kaldale toredad ehituswärgid ja - kus kunningad ehitawad, kukkub kärutajale ka ikka midagi osaks" [16]. Mõni aasta hiljem valmisid V. Dobrotvorskil hüdroelektrijaama projektid Imatra kose ja Volhovi kärestike veejõu kasutamiseks. Need ja Narva jõujaama ehituskava olid kõne all I ülevenemaalisel elektrotehnika kongressil [17]. Hüdroenergeetika arendamisele mõjusid pidurdavalt ebakohad seadusandluses. Raskeks pähkliks oli veejõu omanduse küsimus. Kehtivate seaduste järgi kuulus Narva kui laevatatav jõgi ühiskondlikult kasutatavate veeteede hulka. Jões kätketud hüdroenergia omandusõigust sätestav paragrahv aga puudus. Seisti dilemma ees: kas riik kui veetee valdaja on ühtlasi ka veejõu kasutaja või on selleks kaldaveere omanik. Asja muutis veelgi segasemaks Senati seisukoht, et jõe valdamise õigust ei tohi käsitleda õigusena veele, viimase omamiseks peab evima omandiõigust kaldale. Jõujaama rajamiseks tarviliku ehitusplatsi hankimine tõotas kujuneda ettenägematult tülikaks, kuna maade sundvõõrandamist tõkestas 1830. aastal ilmunud keisri ukaas, millega Narva kosel tegutsevaile tööstureile loodi erisoodustused.

Kõttevahetuses asja tehnilise külje ümber jäi peale seisukoht võtta energia ülekandel kasutusele 3-faasiline vahelduvvool [18], ehkki projekti esialgne variant oli välja töötatud alalisvoolu silmas pidades. Jaotusvõrkude ulatuses vahelduvvoolul erilisi eeliseid ei nähtud. Tegelikult oli juba esimene, 1891. aastal Laufeni ja Maini-Frankfurdi vahel tööse rakendatud 175 km pikkune katseline 25-kV kõrgepingeliin näidanud 3-faasilise voolusüsteemi perspektiivikust energia õkonoomsel edastamisel, juhatades sisse uue ajastu hüdroenergeetikas: ülemineku kohmakatelt hüdromehaanilistelt jõujaamadelt kompaktsetele hüdroelektrijaamadele. Seega avanes võimalus asuda hõlvama tarbijatest eemal paiknevaid looduslikke jõuallikaid.

1902. aastal alustas insener E. Kõnig teedeministeeriumi ülesandel uuringuid Tartu-Pihkva-Narva laevatee projekteerimiseks [19]. Esinedes kahe aasta pärast ülevaatega tööde käigust pakkus ta välja probleemi komplekse lahendamise idee, mis põhimõtteliselt heaks kiideti. Uurimistööd kestsid

1909. aastani. E. Kõnigi lõppjäreldus kõlas: laevaühendus Tartu ja Pihkva ning Soome lahe vahel üle Narva on kuni 3-meetrise süvisega rannasõidulaevadega tehniliselt teostatav. Kose ja sellest allapoole jäävate kärestike ületamiseks soovitas ta ehitada lüüsidega kanali, Peipsi madalate rannamaade kaitsmiseks üleujutuste eest (ohustatuks loeti kuni 870 tuhat hektarit maad) aga rakendada järvepinna reguleerimist, mis lubanuks ühtlasi võtta täies ulatuses kasutusele Narva jõe hüdroenergia varud. Seejuures arvestati Narva tekstiilitööstuse elektrile üleviimise kõrval peamiste tarbijatena pealinna suuri masina- ja laevatehaseid ning tänavaraudteed. Koos kõrgepingeliini rajamisega Narvast Peterburini oleks kava realiseerimine nõudnud ligikaudu 33 milj. rubla. Kuid ei kaubavedu kavandatavat laevateed pidi ega Peipsi rannaalade maaparandus tõotanud vajalikku kasumit sedavõrd suurte ehituskulude katteks. Koske oma pärusomandiks pidavate Narva tekstiilivabrikantide vastuseisu tõttu langes ära ka riiklik toetus ning asi soikus, kui mitte arvestada Esimese maailmasõja päevil (1916) jõel korraldatud fragmentaarseid lisamõõtmisi. E. Kõnigi seisukohad tegeliku projektini ei jõudnud.

4. Hüdroelektrijaama rajamise katsed

1920-ndate aastate alguses, mil Eestis valitses terav energiapuudus, pandi Narva jõe jõuvarudele suuri lootusi. Üldine vaade oli, et kavandatav hüdroelektrijaam tuleb püstitada ülemaalisena, s.t. mitte ainult Narva käitiste ja linna tarvis, kasutades jõe energiavarud ära täies ulatuses. Samal ajal suurenes järsult huvi turba kui energeetilise ressursi vastu. Lisaks Narva hüdroelektrijaamale soovitati rajada Jõõpre rappa teine võimas, turbaküttel töötav elektrijaam.

Eeltöödega hüdrojõujaama projekteerimiseks Narvas tehti algust 1920. a. juulis. Selleks loodi nn. Narva kose uurimise ja hüdroelektrijaama ehituse komisjon [20], mille juhatajaks sai professor N. Erassi. Kõigepealt võeti ette geoloogilised ja topograafilised uuringud. 1921. aastast läks komisjoni juhtimine A. Velneri kätte. Tugevdati komisjoni koosseisu. Asjade kulgu soodustas ka mõningate E. Kõnigi uurimismaterjalide (Tartu-Pihkva-Narva veetee projekti seletus-

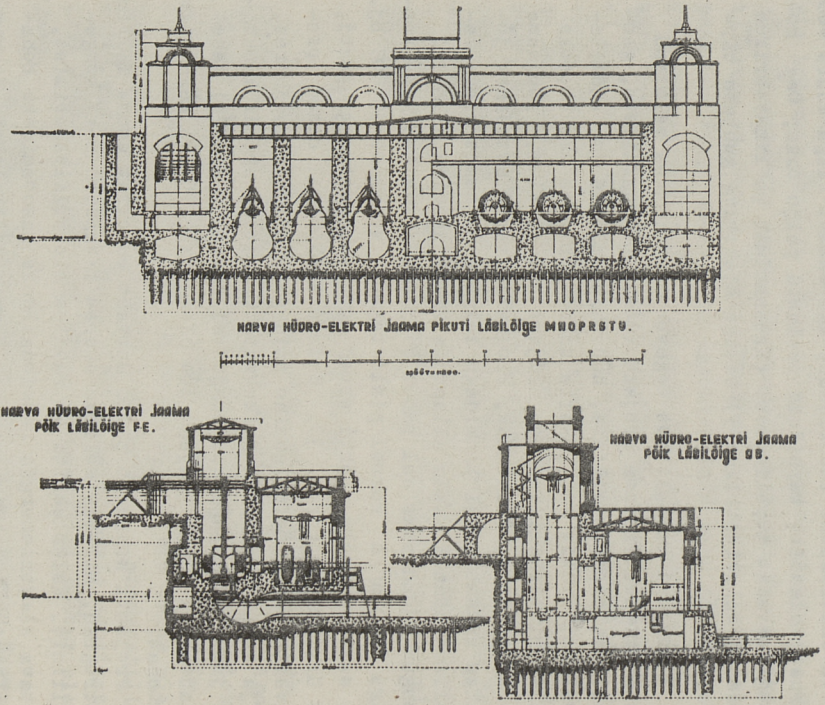
kiri, veehulga ja -taseme mõõtmistulemused, jõe kaardid) jõudmine komisjoni käsutusse.

1920. aastal said Narva koselt toidet 25 turbiini koguvõimsusega 13 000 hj. Tuleb märkida, et turbiinid töötasid madala kasuteguriga, millisele asjaolule juba 1902. a. oli tähelepanu juhtinud linavabriku palvel kosel mõõtmisi sooritanud professor J.G. Richert. Selle peamiseks põhjuseks luges ta ehituslikke iseärasusi, aga samuti liiga suurt vooluki irust, mistõttu turbiinid neelasid palju õhku. Osa kosel tegutsevaist turbiinidest (Kreenholmis ja linavabrikus mõlemas 1, kalevivabrikus 3) töötas elektrivalgustuse tarvis.*

Komisjoni kaheaastase tegevuse tulemusena valminud Narva hüdroelektrijaama projekt koos topograafiliste, geoloogiliste, hüdroloogiliste, hüdromeetriliste jm. andmetega avaldati trükis [21]. Selle hüdrotehnilise osa koostas E. Tiltsen, elektrilise osa üldjuht oli A. Kink, jõujaama hoone kavandas A. Poleštšuk. Projektis tehti ettepanek jõgi Kulgu sadama kohal tammidega sulgeda ja sealt mööda vasakkallast kanali kaudu allapoole koske juhtida. Kasulik veelangus küündinuks sel puhul 21,5 m-ni, mis keskmise vooluhulga 300 $m^3/s$ korral pidid tagama võimsuse 60 000 hj. Selle saavutamiseks nähti ette kuus generaatoragregaati, neist üks varus (joon. 3). Teised kaalumisel olnud projektivariandid (jõe sulgemine paisuga raudteesillal juures, kose ja sellest allpool paiknevate kärestike eraldi kasutamine) jäeti mitmesugustel põhjustel kõrvale. Eskiisi tasemel lahendati teine jõujaam jõe ülemjooksul Omuti kärestike piirkonnas.

Projekti kohaselt pidid Narvast energiat saama Tallinn ja Petrograd, milleks mõlemas suunas kavandati 6-kV kõrgepingeliinid. Kalkuleeriti ka raudtee elektrifitseerimist. Toodetava elektrienergia ratsionaalseks kasutamiseks kohapeal pakuti välja idee arendada Narvas tselluloosi- ja keemiatööstust. Eriti otstarbekaks peeti lämmastikväetiste te-

* Kuni 1915. a. kasutati Kreenholmis gaasivalgustust, milleks vajalik gaas valmistati kivisöest kohapeal. Esimest korda katsetati elektrivalgustust seal aastal 1885, ent algeline hõõglamp ei suutnud Aueri gaasilampi tollal veel kõrvale tõrjuda. Aastail 1898–1900 rajati Kreenholmi saarele soojuselektrijaam, kus tööse seati 2 aurumasinat, kumbki võimsusega 35 hj.




Joon. 3. Narva kose uurimise ja hüdroelektrijaama ehituse komisjoni poolt 1921. aastal kavandatud Narva jõujaama hoone

hase rajamist (vastavad arvutused tegi Tartu ülikooli professor M. Wittlich). Kogu ehituskava teostamine koos Peipsi järve veetaseme reguleerimisega läinuks maksma 2 miljardit marka. See oli maksimumprogramm 10 - 15 aasta peale. Lihtsustatud variant, mille puhul Peipsi reguleerimist poleks ette võetud ning jaam läinuks käiku ainult 24 000 hj võimsusega, nõudis koos Narva-Tallinn kõrgepingeliini rajamisega umbes 1 miljard marka. Säärasteks väljaminekuteks vahendeid kodanlikus Eestis ei leidunud, tulemusteta jäi ka väliskontsessiooni pakkumine.

Uuesti tõusis Narva kose hüdroenergia kasutamine päevakorda 1920-ndate aastate lõpul. Ehkki Ajutise Valitsuse poolt 5. mail 1917. a. vastuvõetud seaduse järgi kuulus kosk riigile, ei teinud tekstiilitööstурid kuulmagi õigusest maade võõrandamisele, mida tulnuks teha jõujaama rajamisel. Lahendamist ootas ka energia mahutamise probleem. Tselluloosi tootmiseks puudus vajalikus koguses tooraine, väetiste puhul oli karta realiseerimisraskusi [22]. Suhteliselt püsivaks tarbijaks peeti põllumajandust, kuigi elekter alles hakkas sinna jõudma. Mõningaid tulevikuväljavaateid seostati kasvava põlevkivitööstusega. Välisfirmad, kellele kontsessiooni pakuti, kas loobusid või taotlesid vastuvõetamatuid soodustusi. Näiteks esitas "Siemens-Schukert Werke" kokkuleppe, millega võttis endale kohustuse Narva tööstust varustada ülliodavalt energiaga, mis oli aga puhtakujuline pettekäik. Tegelikult kavatses pakkuja asja lahendada kahes järgus, piirdudes esialgu vaid olemasolevate turbiinide ärakasutamisega käitiste toiteks elektriga ülikõrge 12 % tasuvusmääraga tingimusel, millega oleks kogu kontsessiooniajaks omandanud status quo Narva alumistele kärestikele. Kostis ka hääli kontsessioneerimise vastu üldse [23]. Narva hüdrojaama rajamises nähti õigusega Eesti olude kohta tavatult suuremahulist ehitust. Jõujaama püstitamine riikliku ettevõttena taganuks kohalikule tööstusele rohkeid tellimusi, mida kontsessionäärilt oodata ei maksnud. Ses suhtes mõjus hoiatava näitena kurikuulus puitpostide tollivaba sissevedu Narva ja Kiviõli vahelise kõrgepingeliini tarvis. Kaks optsiooni omandanud (1925 ja 1929) Inglise kapitali esindaja A. Dickinson asus tema poolt Narva kose kontsessiooni saamiseks peetud läbirääkimiste eest hiljem majandusministeeriumilt summasid välja pressima [24].

Suvel 1936 tegevust alustanud Eesti Rahvusliku Jõukomitee üks eesmärke oli hüdroenergia laialdasem kasutuselevõtt. Maa energeetika arendamise üldkava koostati kolmes variandis. Neist esimese järgi (kiideti heaks Jõukomitee üldkogul 16. jaanuaril 1939) pidi kandvat osa elektrienergia tootmisel täitma jällegi Narva hüdroelektrijaam. Selle esialgseks võimsuseks valiti 35 MW, nähes ette võimaluse suurendada võimsust uute masinate installeerimisega kuni 52,5 MW. Jõujaam projekteeriti vee läbivoolule 340 $m^3$ sekundis. Jaama paisud asunuksid ülalpool koske. Nende kõrguseks määrati 3 m, pikkuseks 200 m [25]. Jõujaam ise taheti püstitada Juhkentali linnaossa. Vee juhtimiseks turbiinideni tuli rajada derivatsioonikanal umbes 2,3 km ulatuses. Narva hüdroelektrijaam pidi kõrgepingeliinide kaudu ühendatama olemasolevate soojuselektrijaamadega, luues sellega aluse jõujaamade koostööks. Kohtlasse kui tööstuskeskusesse oli ette nähtud ehitada uus, 3. sordi põlevkivil töötav soojuselektrijaam võimsusega 15 MW (esialgse väljaehitamisega 7,5 MW).

Selgitamaks olukorda kose energia rahvamajanduslikul rakendamisel moodustati 1938. a. suvel järjekordne tehniline komisjon, mille koosseisu Tallinna Tehnikaülikooli esindajaina kuulusid professorid E. Maltenek ja O. Reinvald. Majandusministeeriumi ülesandel pidi see kindlaks tegema Narva tekstiilivabrikute energiatarbe, selle omahinna ning vabrikute elektrifitseerimise võimalikud kulud.

Nagu nähtub komisjoni tööaruandest [26], keeldusid ettevõtted küsitluslehtedele vastamast, põhjendades seda nõutavate andmete puudumisega (Kreenholmi omad öeldi asuvat koguni Berliinis), ka polevat väidetavalt kohapeal võimalik leida inimesi, kes oskaksid esitatud küsimustele kosta. Komisjon pidi omal jõul asuma andmeid koguma. On arusaadav, et säärastes tingimustes ei suudetud kõigesse vajalikku selgust tuua. Võidi üksnes sedastada, et Kreenholmi puuvillamanufaktuuris oli töös 8 turbiini (koguvõimsusega 6472 hj), linavabrikus 5 (2100 hj) ja kalevivabrikus 6 turbiini (1535 hj) ning kose elektrifitseerimise järel pidanuks neis ettevõtteis installeeritud võimsus ulatuma 7350 kW-ni. Veel samal aastal tehti kavatsetava jõujaama ja kanali piirkonnas professor J. Karki juhtimisel algust geoloogiliste uurimistöödega,

mis jätkusid järgmisel suvel. Uuringute tulemusena koostati tegelikuks projekteerimiseks vajalikud lähteandmed.

5. Lõpetuseks

Mõte kasutada Narva kose veejõudu elektrienergia tootmiseks realiseerus 1950-ndail aastail, mil siia rajati 125-MW hüdroelektrijaam. Üldideelt järgis nüüdne lahendus varem pakutut, ainsa vahega, et jõujaam püstitati jõe paremkaldale. Jõgi tõkestati koskedest ülalpool suhteliselt madala ülevoolupaisuga, kust vesi toodi turbiinideni derivatsioonikanali kaudu, saavutades sel kombel paarikümnemeetrise survekõrguse. Paisu taha moodustus avar veehoidla.

Kuid aeg oli edasi läinud ja Narva koses kätketud veejõud, energia tööstusliku tarbimise kiiret kasvu silmas pidades, tähtsust minetamas. Hüdrojaamal tuligi varsti loovutada juhtseisund siinse piirkonna energiamajanduses. Narva lähistel kerkinud uued põlevkivikütttel tegutsevad Balti ja Eesti soojuselektrijaamad ületasid oma võimsuselt (mõlemad 1,6 GW) hüdrojaama paljukordselt, tõustes madalakalorsusega kütuste kasutamise alal tehniliselt seadmestuselt suundanäitavateks jõujaamadeks kaasaegses suurenergeetikas.

Kirjandus ja allikad


1. S o o m, A. Narva metsakaubandus ja metsatööstus XVII sajandi lõpul. - Ajalooline Ajakiri, 1940, nr.2, lk. 57-72.

2. Eesti majandusajalugu I. Trt., 1937. 547 lk.

3. П е т р о в А.В. Город Нарва. С.-Петербург, 1901. 520 с.

4. H a n s e n, H. Geschichte der Stadt Narva. Dorpat, 1858. 396 S.

5. Кренгольмская мануфактура. Историческое описание, составленное по случаю 50-ти летия ее существования, исполнившегося 30 апреля 1907 года. С.-Петербург, 1907. 216 с.

6. Т и м е И. О некоторых горнозаводских машинах. С.-Петербург, 1875. 159 с.

7. Das Inland, 1859, nr. 19, 11. mai.

8. Revalsche Zeitung, 1860, 13. okt.

9. Kreenholmi Puuvillasaaduste Manufaktuuri Osaühisus 1857 - 1932. Tln., 1933. 132 lk.

10. R e y n o l d s, T.S. Stronger than a Hundred Men. A History of the Vertical Water Wheel. Baltimore, London, 1983. 454 p.

11. Н е с т е р у к Ф. Я. Первая гидросиловая установка с мощными водяными двигателями. - Гидротехническое строительство, 1948, № 10, с. 29-32.

12. Н е с т е р у к Ф. Я. Кренгольмская (Нарвская) гидросиловая установка. - Труды Института истории естествознания и техники АН СССР, т. 44, 1962, с. 275-291.

13. Т и м е И. Современное состояние турбин. - Горный журнал, 1873, том первый, февраль, с. 145-192.

14. П и р о ц к и й Ф. А. О передаче работы воды, как движителя, на всякое разстояние, посредством гальванического тока. - Инженерный журнал, 1877, т. 4, с. 436-445.

15. Olevik, 1894, nr. 21, 23. mai, lk. 472.

16. Linda, 1896, nr. 1, lk. 14.

17. Д о б р о т в о р с к и й В.Ф. Электропередачи силы порогов Волхова, Наровы, Вуокси в С.-Петербург. - В кн.: Труды Первого всероссийского электротехнического съезда (1899-1900). Том третий. С.-Петербург, 1901, с. 266-352.

18. Журналы собраний III отдела. (Производство и распределение электрической энергии.) - В кн.: Труды Первого всероссийского электротехнического съезда (1899-1900). Том первый. С.-Петербург, 1901, с. 234-237.

19. К е н и г Е.Л., Ж и в и л о в И.А. О проекте непрерывного Псково-Юрьево-Нарвского водного пути (Чудско-Балтийского водного сообщения) в связи с вопросом о рациональном водном хозяйстве в Чудском бассейне. С.-Петербург, 1909. 52 с. (Труды XI съезда Русских деятелей по водном путям.)

20. ENSV ORKA f. 1011, n. 1, s. 185, l. 113.

21. Naroowajõe uurimise andmed ja weejõu kasutamise kava/ Toim. A. Wellner. Tln., 1923. 172 lk. + XLVIII tahvlit. (Sisewete uurimise andmed II.)

22. ENSV ORKA f. 1011, n. 1, s. 185, l. 26-27.

23. T i l t s e n, E. Narva kose väljaehitus kontsessiooni alusel ehk riiklise laenukapitaliga. - Tehnika Ajakiri, 1931, nr. 6, lk. 97-101.

24. ENSV ORKA f. 1011, n. 1, s. 185, l. 31.

25. ENSV ORKA f. 1011, n. 1, s. 12, l. 122.

26. ENSV ORKA f. 1011, n. 1, s. 187, l. 1.

V. Mägi

## Development of Technical Thought regarding the Narva Waterfall Power Utilization

Summary

The formation of large-scale industry in Estonia is closely associated with employing water power. In the middle of the 19th century the water wheels of the Kreenholm Cotton Manufactory were among the most powerful in the world (360 HP). The water turbines relieving them later were also of record power - 1300 HP. The first project of a hydroelectric power station for the Narva waterfall was drawn up within 90s of the last century.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 378+331.024.2-057.4](474.2)

V. Rajangu

# KAADRIVAJADUSE-ALASED UURIMISTÖÖD JA NENDEST TULENEVAD SEISUKOHAD KÕRGKOOLI VASTUVÕTUKONTINGENTIDE OSAS EESTI NSV-s

NLKP ja EKP kongressidel on korduvalt rõhutatud vajadust täiustada kaadri ettevalmistamise kavandamist. Inseneride ettevalmistamine kõrgkoolis nõuab viis aastat õppimisaega. Seega peab ettevalmistuskontingentide arvuline planeerimine toimuma perspektiivsest kaadrivajadusest lähtudes, arvestusega, et rahuldataks kaadritellimused ja et värske kaader leiaks haridusjärgse, erialase rakenduse.

Plaaniorganid on spetsialistide, sealhulgas ka inseneride vajaduse väljaselgitamisel lähtunud ministeeriumide ja ametkondade nõudmistest. Need ei kajasta aga kaadriga varustatuse ja tema haridusjärgse kasutamise taset ning on reeglina ülepaisutatud. Näiteks esitas üks liidulis-vabariiklikke ministeeriume ENSV Plaanikomiteele tellimuse 16 ehitusinsenerile. Kuna vaadeldavas süsteemis on ehitusega vähe tegemist, siis tundus see arv ebareaalselt suurena. Lähemal uurimisel selguski, et terves süsteemis oli 5 ehitusinseneri ametikohta, kusjuures kohtade arvu suurenemist eeloleval ajajärgul ei olnud ette näha. Ühtlasi selgus, et nimetatud 5 kohast 4 olid juba komplekteeritud ehitusinseneridega. Seega ühe ametikoha täitmiseks oli tellitud 16 inseneri ehk 16 korda vajadusest rohkem. Muidugi on see äärmuslik näide. Praktika näitab, et kui mingil erialal lõpetajaid ei jätku, siis ületab nõudlus mitmekordselt tegeliku vajaduse. Kui aga nõudlus sajaprotsendiliselt rahuldada, siis järgmistel aastatel näidatakse enam-vähem reaalsed vajadused ja õeldakse ära varem esitatud nõudmistest.

Niisuguses olukorras nõudluse alusel kaadri ettevalmistamist planeerida ei ole võimalik. Esiteks, kui planeerida vastuvõttu varem esitatud nõudluse järgi, siis hilisemate äraütlemiste tõttu ei ole võimalik kõiki lõpetajaid kindlustada erialase tööga. Teiseks, kui minna välja esi-

tatud nõudluse täielikule rahuldamisele, tuleks enamik noortest suunata pärast keskharidust andva õppeasutuse lõpetamist kõrgkooli. Kuid rahvamajandus vajab lisaks kõrgharidusega spetsialistidele veel keskeri-, kutse- ja üldharidusega kaadrit.

Esitatust tulenebki vajadus läbi viia spetsiaalseid kaadrivajaduse uuringuid. Need probleemid muutusid eriti aktuaalseks kuuekümnendate aastate teisel poolel seoses tootmise ekstensiivse arendamisega. Nii tehti Tallinna Polütehnilises Instituudis ajavahemikus 1968–1974 E. Kulli, E. Schmidti, J. Toomaspoja ja H. Lepiksoni juhtimisel mitmeid suuremahulisi uurimusi inseneride ja kõrgharidusega õkonomistide perspektiivse vajaduse väljaselgitamiseks Eesti NSV rahvamajanduse erinevates harudes [1; 2; 3]. Need uurimused olid vaadeldaval alal ühed esimesed kogu Nõukogude Liidus ja leidsid seetõttu positiivset hindamist nii vabariigi plaaniorganites kui ka teadlaskollektiivides väljaspool vabariiki. Uuringutulemuste igakülgsele läbiarutamisele aitasid kaasa TPI-s 1970. ja 1971. aastal läbiviidud teaduskonverentsid [4; 5].

Hiljem on kaadrivajadust uuritud ka väljaspool kõrgkooli ning kaitstud esimesed kandidaadiväitekirjadki. Nii uuris M. Meel (Ü. Ennuste juhendamisel) Eesti NSV TA Majanduse Instituudis spetsialistide rahvamajandusliku vajaduse prognoosimist. Kutseharidussüsteemis väljaõpetatud oskustööliste vastavust rahvamajanduse vajadustele uuris TPI mittestatsionaarne aspirant A. Teearu prof. U. Mereste juhendamisel. M. Meel ja A. Teearu kaitsesid oma uurimuste põhjal vastavalt 1977. ja 1978. aastal majandusteaduse kandidaadi kraadi. Keemikute vajadust uuris H. Martinson Eesti NSV TA Keemia Instituudist [6].

Uurimusi õpetatavate erialade lõpetajate vajaduse osas on teinud ka kõrgkoolide kateedrid ja teaduskonnad ning tehnikumid. Nii uuris T. Saksakulm psühholoogide, S. Otsmaa ehitus- ja majandusinseneride vajadust jne. [7]. Kaadrivajadusalaste uuringute arvu märgatav kasv tõi kaasa ka probleeme, nimelt saadi eri uurimustes vasturääkivaid tulemusi. Näiteks leiti TPI majandusteaduskonnas teistest uurijatest sõltumatult kaadrivajadus kõigi õpetatavate erialade osas (tööstuse planeerimine – 1702, masinaehituse õkonoomika ja

organiseerimine - 1709, ehituse õkonoomika ja organiseerimine - 1721, raamatupidamine - 1737, majandusliku informatsiooni töötlemise organiseerimine - 1738 ning teeninduse õkonoomika ja organiseerimine - 1741). Võrreldes eriala 1721 lõpetajate vajadust S. Otsmaa uurimuse tulemusega selgus, et teaduskonna poolt esitatud kaadrivajadus oli mitu korda väiksem kui vastava eriala kateedri esitatu. Niisugused vasturääkivused olid tingitud uurimismetoodika erinevusest ja mitmetest teistest asjaoludest.

Oli jälle tekkinud olukord, kus hariduselu juhtivad ametkonnad ei teadnud, missuguseid uurimistulemusi edasises planeerimises aluseks võtta. Selleks et saada erapooletud igakülgselt põhjendatud soovitused kõrgkoolide vastuvõtukontingentide kohta, moodustati 1977. aasta algul Eesti NSV Kõrg- ja Keskerihariduse Ministeeriumi initsiatiivil Tallinna Polütehnilise Instituudi majandusteaduskonda kõrgkooli õkonoomika uurimisgrupp. Nimetatud uurimisgrupile kinnitati teemaks "Kõrgharidusega spetsialistide perspektiivne vajadus ja ettevalmistamine Eesti NSV-s". Uurimisteemaga oli ette nähtud välja selgitada kõrgharidusega kaadri, sealhulgas ka inseneride perspektiivne vajadus vabariigi rahvamajanduses ja sellest tulenevalt ka kõrgkoolide vastuvõtukontingendid.

Varasemate uurimuste põhalikul tundmaõppimisel omandatud kogemused viisid järeldusele, et kõrgharidusega spetsialistide vajadust ja ettevalmistamist ei saa vaadelda lahus keskeri-, kutse- ja üldharidusega kaadrist. Edasised uurimused saidki teoks just erineva haridustasemega kaadri kompleksse uurimise pinnal. Sealjuures moodustavad kaadri haridusjärgse kasutamise, vajaduse ja ettevalmistamise probleemid kolmiksüsteemi.

TPI kõrgkooli õkonoomika uurimisgrupi elus sai oluliseks 1979. aasta, mil arvukate artiklite kõrval ilmusid ka uurimistöö metoodilisi aluseid [8] ja esialgseid tulemusi käsitlevad tööd. Need kaks koondmaterjali võimaldasid viia ülevaate tehtust kõikide asjahuvilisteni, mis omakorda andis uusi mõtteid ja toetust noortele uurijatele. Abist uurimisgrupile ei ole ära ütelnud Eesti NSV Plaanikomitee hariduse, kultuuri ja tervishoiu osakond, töö ja töötasu osakond, Kõrg- ja Keskerihariduse Ministeerium, Haridusministeerium, Kutsehariduse Komitee ja Töökomitee. Uurimistöö tulemusi kasutati ka XI viisaastaku riikliku plaani koostamisel.

Esimene avalik tunnustus kaadrivajaduse-uuringute sisulise külje kohta öeldi 1979. aastal toimunud tööjõu kasutamise alasel vabariiklikul teaduslik-praktilisel konverentsil [9].

Uurimistulemuste avaldamine vene keeles lõi eeldused nende levikuks teistes liiduvabariikides ja ka Euroopa sotsialismimaades. 1980. aasta veebruaris viidi läbi vabariikidevaheline nõupidamine-seminar uurimismetoodika ja tulemuste arutamiseks. Seal osalesid vastava ala teadlased ja praktikud Moskvast, Leningradist, Kiievist, Novosibirskist, Voronežist, Kaunasest, Riiast, Tartust ja Tallinnast. Nõupidamisel jäi kõlama positiivne hinnang tehtud tööle. Ka kõigile hilisematele sellealastele teaduslikele foorumitele Nõukogude Liidus ja mitmele rahvusvahelisele seminarile on uurimisgrupi esindajaid kutsutud. Rahvusvahelise koostöö kinnituseks on ka arvukad sotsialismimaades ilmunud artiklid ja Saksa DV-s väljaantud monograafia [11].

Kõrg-, keskeri-, kutse- ja üldharidusega kaadri vajaduse ja ettevalmistamise kompleksne uurimine sai 1983. aastal ENSV Ministrite Nõukogu korraldatud vabariikliku teaduslik-praktilise konverentsi teemaks [12]. See oli esmakordne üritus Nõukogude Liidus, kus kõigi hariduselu juhtivate ministeeriumide ja ametkondade juhid koos teadlaste ja kaadrit tarbivate ametkondade esindajatega arutasid kaadri ettevalmistamise planeerimise ja kutsesuunitluse küsimusi. Sisult haridusküsimusi kompleksselt käsitleva ürituse peaorganiseerijaks oli ENSV Haridusministeerium, kuid kahjuks käsitleti ETA teadaandes [13] küsimust ühekülgselt, rõhuasetusega tööliskaadri ettevalmistamisele.

Aastatel 1977-1983 kaitsti TPI-s kaadrivajaduse küsimustes 39 diplomitööd. Mitmed selle ala diplomitööd on valminud ka EPA-s. TPI kõrgkooli ökonoomika uurimisgrupi praeguste töötajate Ü. Tartu ja R. Kaarepere 1977. aastal kaitstud diplomitööd said üleliidulisel konkursil Üleliiduliste Teaduslik-Tehniliste Ühingute diplomi kui parimad üliõpilastööd.

Kaadri vajaduse ja ettevalmistamise kompleksete uurimuste vallas on kaitstud ka mitmeid väitekirju. 1982. aastal kaitses Ü. Tartu väitekirja majanduskandidaadi kraa-

di taotlemiseks. See töö sai noorte teadlaste konkursil ühiskonnateaduste-alaste tööde osas I koha ja hinnati ka ELKNÜ KK 1983. aasta preemia väärilisteks. 1983. aastal kaitses V. Rajangu majandusdoktori ja 1984. aastal A. Kamratov majanduskandidaadi väitekirja.

Läbiviidud uurimuste baasil sai teoks teaduslik-tehnilise progressi üleliidulise kompleksprogrammi Eesti NSV-d käsitlev alalõik "Kaadrite ettevalmistamine ja haridus" (TPI kõrgkooli õkonoomika uurimisrühm oli vastutav täitja). Selle töö informatsiooniliseks lähtealuseks oli 1981. aasta 20. aprilli seisuga läbiviidud ülevabariigiline infokogumine kaadri haridusjärgse kasutamise ja vajaduse kohta. Sellel infokogumisel aitasid kaasa ENSV Plaanikomitee ja ENSV Statistika Keskvalitsus. Infokogumise tabelite ülesehituse põhimõtted, läbiviimise ja töötlemise metoodika on esitatud V. Rajangu monograafias [14]. Läbiviidud uuringud näitavad, et kõrgkooli vastuvõtukontingente tuleb mõnevõrra korrigeerida. Vastavad struktuurinihked selguvad tabeli 1 andmetest. Kõige kergem on vastuvõtukontingentide suurust erialati muuta õhtuse ja kaugõppe vormis. Päevases õppevormis võib muudatuste sisseviimine vastuvõtukontingentide osas esile kutsuda mõnede uute kateedrite loomise ja olemasolevate sulgemise.

Tabel 1

ENSV kõrgkoolide vastuvõtukontingendi struktuur erialagruppide lõikes [15]

| Grupi nr. | Erialagrupi nimetus | Tegelik vastuvõtt 1982. a. | Arvutuslik vastuvõtt lähtudes vajadusest |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Kokku sealhulgas | 100 | 100 |
| 01 | Geoloogia ja maapõuevarade uurimine | 0,3 | 0,5 |
| 02 | Maapõuevarade töötlemine | 1,0 | 1,2 |
| 03 | Energeetika | 2,4 | 3,2 |
| 04 | Metallurgia | 0,0 | 0,2 |
| 05 | Masina- ja aparaadiehitus | 4,4 | 6,0 |
| 06 | Elektrontehnika, aparaadiehitus ja automaatika | 8,1 | 4,0 |
| 07 | Raadiotehnika ja side | 1,5 | 1,4 |
| 08 | Keemiatehnoloogia | 1,0 | 2,2 |
| 09 | Metsainseneri eriala: puidu-, paberi- ja tselluloositehnoloogia | 0,9 | 1,6 |
| 10 | Toiduainete tehnoloogia | 2,1 | 2,2 |
| 11 | Laiatarbekaupade tehnoloogia | 1,0 | 1,5 |
| 12 | Ehitus | 6,4 | 7,4 |
| 13 | Geodeesia ja kartograafia | 0,0 | 0,4 |
| 14 | Hüdroloogia ja meteoroloogia | 0,0 | 0,2 |
| 15 | Põllu- ja metsamajandus | 12,2 | 9,8 |
| 16 | Transport | 1,7 | 3,8 |
| 17 | Majandus | 16,6 | 16,7 |
| 18 | Õigusteadus | 2,9 | 2,4 |
| 19 | Tervishoid ja kehaline kasvatus | 7,3 | 10,0 |
| 20 | Ülikooli erialad (peale teistes gruppides märgitud erialade) | 12,6 | 10,2 |
| 21 | Pedagoogiliste instituutide erialad | 14,0 | 11,0 |
| 22 | Kunst | 3,8 | 2,5 |

## Kirjandus


1. Kõrgema haridusega inseneride ja õkonomistide kaadri perspektiivse vajaduse määramine liidulise alluvusega tööstuses kuni 1980. aastani. Lepingulise teadusliku töö nr. 817 aruanne. (TPI raamatukogus).
2. Kõrgema haridusega inseneride ja õkonomistide perspektiivse vajaduse määramine Eesti NSV rahvamajanduses kuni 1980. aastani. Eelarvelise teadusliku töö nr. OT-8191 aruanne (TPI raamatukogus).
3. Teadusliku ja pedagoogilise kaadri perspektiivne vajadus Eesti NSV kõrgemates õppeasutustes. Eelarvelise teadusliku töö nr. OT-1200/1 aruanne (TPI raamatukogus).
4. Kõrgema haridusega inseneride ja õkonomistide vajaduse planeerimise teoreetilised ja praktilised probleemid. Vabariikliku teadusliku konverentsi teesid. Tln., 1970. 55 lk.
5. Вопросы планирования и использования специалистов в народном хозяйстве. Материалы научной конференции. Таллин, 1971. 164 с.
6. M a r t i n s o n, H. Keemiainseneride rakendamisest Eesti NSV rahvamajanduses. – Rmt.: Teaduskonverentsi "100 aastat tehnikaharidust Eestis" materjalid. Tln., 1980, lk. 161–173.
7. О т с м а а С., Р ы б а ч е н к о Д. Определение потребности в специалистах-строителях с высшим образованием (специальности 1201 и 1721) в Эстонской ССР до 1990 года. – Труды Таллинского политехнического института, 1978, № 440, с. 39–43.
8. Р а я н г у В.А. Методические основы комплексного определения перспективной потребности и контингентов подготовки кадров с высшим, средним специальным, профессионально-техническим и общим образованием. Таллин, 1979. 52 с. (Минвуз ЭССР, ТПИ).
9. Республиканская научно-практическая конференция "Основные направления повышения эффективности использования трудовых ресурсов в Эстонской ССР". Тезисы выступлений. Таллин, 1979. 243 с.
10. Потребность в квалифицированных кадрах для республики и развитие системы образования. Тезисы докладов совещания-семинара. Таллин, 1980. 106 с.

11. R a j a n g u, V. Ausbildung, Einsatz und Bedarf an qualifizierten Kadern. Berlin, Zentralinstitut für Hochschulbildung, 1982. 98 S.
12. Vabariiklik teaduslik-praktiline konverents "Hariduse arengu kompleksseist planeerimisest, kvalifitseeritud kaadri ettevalmistamisest ja ühtse kutsesuunitlussüsteemi loomisest" (24. märts 1983. a.). Ettekannete ja sõnavõttude teesid. Tln., 1983. 136 lk.
13. Parandada töölisvahetuse ettevalmistamist. - Noorte Hääl, 1983, 25. märts.
14. Р а я н г у В.А. Контингенты подготовки, использование и потребность в кадрах по видам образования. Таллин, 1983. 144 с.
15. Р а я н г у В.А. Совершенствование структуры подготавливаемых в высшей школе контингентов кадров - важный шаг на пути к повышению эффективности производства. - Тезисы докладов всесоюзного научно-координационного совещания "Пути и методы повышения эффективности использования трудовых ресурсов в народном хозяйстве СССР". Таллин, 1983, с. 100-107.

V. Rajangu

## Untersuchungen des Kaderbedarfes mit Hochschulbildung in der Estnischen SSR und die daraus gefolgerte Annahmezahl neuer Studenten

Zusammenfassung

Im Artikel werden Fragen des volkswirtschaftlichen Planens des Kaderbedarfes und die Erhöhung seines wissenschaftlichen Niveaus erörtert. Zu diesem Zweck wurde in der Polytechnischen Hochschule Tallinn eine Forschungsgruppe für Hochschulökonomie geschaffen, welche die Perspektiven der Entwicklung der Hochschulbildung in der Estnischen SSR erforscht.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 378.662:001.891(474.2)

J. Tanner

# TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TEADUSPOTENTSIAALIST JA SELLE ARENGUST

Kõrgkooli teaduspotentsiaal – see on õppeasutusse koondunud kollektiivi võime edukalt ja efektiivselt lahendada teaduse ja rahvamajanduse ees seisvaid probleeme.

Teadusloolaste hulgas enamlevinud seisukohalt käsitletakse organisatsiooni teaduspotentsiaali kolmest põhikomponendist koosnevana [1]:

- kaadrid,
- rahaline tagatus,
- materiaal-tehniline baas.

Kõrgkooli teaduspotentsiaali kaadrikomponendi moodustavad õppejõud, teadusliku uurimistöö sektori ja teaduslaboratooriumide töötajad, aspirandid, teadustöös osalevad üliõpilased ja õppe-abipersonal.

Rahaline tagatus saadakse riigieelarvelise ja lepingulise finantseerimise korras.

Materiaal-tehnilise baasi hulka loetakse teadustöötajate käsutuses olevad ruumid, aparatuur, tehnoloogilised seadmed, materjalid, töövahendid jm.

Missugune on TPI kui teadusasutuse kaadripotentsiaal ja kuidas see on kujunenud?

Käesoleval ajal (1984) on TPI-s plaanilise teadustööga hõivatud 604 õppejõudu, 594 teadusliku uurimistöö sektori ja teaduslaborite töötajat, 96 aspiranti, 387 inimest õppe-abipersonali hulgast ja 1344 üliõpilast. Seega on TPI kui teadusasutuse kollektiivi üldsuurus üle 3 tuhande inimese. Selle näitaja poolest kuulub instituut kindlalt vabariigi suurimate teadusasutuste hulka. Ent muidugi ei saa teaduspotentsiaali kaadrikomponenti hinnata ükskõnes selle arvukuse järgi. Olulisem kollektiivi suurusest on kaadri kvalifikatsioon, selle sisestruktuur ja proportsioonid.

Praegu on instituudi õppejõududest 73,4 %-l teaduslik kraad. Selle näitaja poolest on TPI juhtival kohal NSV Liidu kõrgkoolide hulgas. Kõrgeima teadusliku kvalifikatsiooniga töötajaid - professoreid ja doktoreid - oli aasta alguses 45. Lähemal ajal on siin oodata märgatavat juurdekasvu: mullu ja tänavu I poolaastal kaitses doktoriväitekirja 8 TPI õppejõudu. Eesti NSV Teaduste Akadeemia tegevliikmeks on valitud 4 ja korrespondentliikmeks 3 instituudis töötavat teadlast. Laita pole olukord ka instituudi teadusüksustes töötavate teadurite kvalifikatsiooni osas. Teadusliku kraadiga on neist 43 %, vanemteaduri ametikohal töötavaist koguni 80 %.

Niisiis on TPI kui teadusasutuse käsutuses arvukas ja kõrgesti kvalifitseeritud kaader. Selle otstarbekas rakendamine eeldab läbimõeldud ja põhjendatud organisatsiooni olemasolu. Teadustöö üldjuhtimine kõrgkoolis on allutatud teadusprorektorile, kelle käsutuses on selleks otstarbeks vastav aparaat teadusliku uurimistöö sektori (edaspidi TU sektor) näol. TU sektor realiseerib teadustöö juhtimisalast tegevust instituudi põhistruktuuri üksuste - teaduskondade ja kateedrite - kaudu. Vahemärkusena olgu öeldud, et vastavalt kõrgkooli põhimäärusele kuuluvad kõik TU sektoris moodustatud probleem- ja tootmisharulaborid vastava kateedri koosseisu.

TPI-s töötab 6 probleem- ja 7 tootmisharulaboratooriumi, lisaks neile TU sektori koosseisu arvel moodustatud uurimisrühmad praktiliselt kõikides erialakateedrites.

Kuidas on selleni jõutud? Siinkohal heitkem pilk minevikku.

7. augustil 1946 väljaantud TPI tolleaegse direktori prof. A. Altma käskkirjas on öeldud: "2. augustil 1946.a. kinnitas Kõrgema Hariduse Ministeeriumi Polütehniliste Instituutide Peavalitsuse juhataja TPI Teadusliku uurimistöö sektori koosseisud. Seoses sellega määran Tallinna Polütehnilise Instituudi Teadusliku uurimistöö sektori juhatajaks prof. H. Oengo*, arvates 2. augustist 1946. a., palgaga

---

* Tegelikult Kõrgem Atestatsioonikomisjon ei kinnitanud H. Oengole professori kutset.

2000.- rbl. kuus. Prof. H. Oengo'l asuda sektori organiseerimisele ja koosseisude komplekteerimisele. 1946/47. õ. a. tööplaan esitada minule 15. septembriks s.a."

Seega võime instituudi TU sektori asutamise kuupäevaks lugeda 2. augusti 1946. Siiski oli TU sektoril ka eelkäija - 1923. aastal Tallinna Tehnikumi kaasasutusena loodud Riiklik Katsekoda [2].

Teadustöö ja vastava organisatsioonilise tegevuse intensiivarengu algust TPI-s märgib aasta 1957, mil moodustati uuesti instituudis vahepeal kaotatud teadusprorektori ametikoht. Teadusprorektoriks määratud dotsent Heino Lepikson (professor aastast 1962) juhtis TPI teaduse arengut kindlakäeliselt ja tulemuslikult kuni pensionile siirdumiseni 1984. a. suvel.

NSV Liidu kõrghariduse ministri 31. juuli 1957. a. käskkirjaga nr. 800 omistati Tallinna Polütehnilise Instituudi TU sektorile II kategooria teadusasutuse staatus alates 1. juulist s.a. Veidi varem oli aset leidnud teine tähelepanuväärne sündmus: 5. märtsil 1957 sündis TPI esimene probleemlabor: põlevkivikeemia ja -tehnoloogia uurimise teaduslik labor. Selle teaduslikuks juhendajaks määrati prof. A. Aarna.

Aasta lõpuks oli TU sektoris juba 30 koosseisulist töötajat, järge olid ootamas uued laborid. Polümeeride sünteesi labor (teaduslik juhendaja prof. H. Raudsepp) avati 1959. aastal. Järgmisest aastast alustasid tegevust tööstusliku soojusenergeetika (dots. I. Õpik) ja ehitusmaterjalide uurimise probleemlabor (dots. V. Kikas). 1962. aastal rajati koguni kolm probleemlaborit: tootmisprotsesside automatiseerimise (dots. H. Sillamaa), masinaehituse tehnoloogia (dots. N. Štšeglov) ja sanitaartehnika (dots. L. Tepaks).

Kahjuks pole mitte kõiki neid laboreid mitmesugustel põhjustel õnnestunud säilitada. Probleemlaborite rida lõpeb mineraalväetiste ja -söötade labori (dots. M. Veiderma) loomisega 1965. aastal.

1966. aasta lõpul moodustas probleemlaborite poolt tehtavate uurimistööde maht umbes poole lepinguliste uurimistööde mahust (558 tuhat rubla). Edaspidi on see vahe-

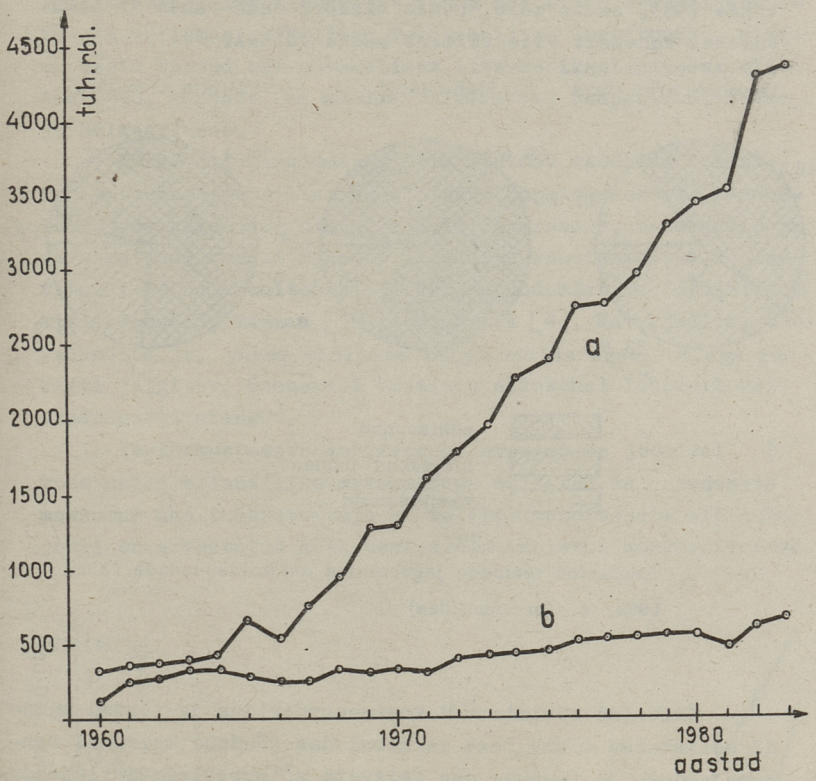
kord järjekindlalt muutunud lepinguliste uurimistööde kasuks. Kuni käesoleva ajani on õnnestunud juurde saada vaid üks riigieelarveliselt finantseeritav kollektiiv - inseneriensümoloogia uurimisrühm 1975. aastal (dots. A. Köstner).

Seoses teaduse finantseerimise poliitika muutumisega kõrgkoolides 1960-ndate aastate teisel poolel tekkis seal probleemlaborite kõrvale teadusliku organisatsiooni uus vorm - tootmisharuministeeriumide poolt rahaliste vahenditega varustatavad uurimislaborid. Esimeseks tootmisharulaboriks TPI-s sai 1965. aastal ellukutsutud loomapidamishoonete ehitusfüüsika labor prof. L. Jürgensoni teaduslikul juhendamisel. See lõpetas oma tegevuse 1980. aastal probleemi ammendatuse tõttu. 1967. aastal loodi toiduainete tehnoloogia (dots. K. Kask, alates 1980. aastast dots. J. Kann) ja pulbermetallurgia (dots. R. Mosberg, alates 1974. aastast dots. L. Valdma) tootmisharulabor, 1968. aastal töö ja juhtimise teadusliku organiseerimise labor (dots. J. Fominõh), 1973. aastal turbiinidetailide tehnoloogia automaatprojekteerimise (dots. N. Štšeglov), 1975. aastal linna ja töökollektiivi sotsiaalse arengu uurimise labor (dots. M. Pavelson). Selle rea lõpetavad elektriajamite automatiseeritud juhtimise labor (prof. H. Tiismus) - loodud 1980. aastal - ning autoteede ja liikluse uurimise labor (dots. V. Segerkrantz) - asutatud 1981. aastal.

Põgusalt oli uurimistööde rahalisest tagatusest juttu juba eespool. Vaatleme seda küsimust veidi lähemalt.

Nagu öeldud, võib alates 1966. aastast märgata lepinguliste uurimistööde mahu tunduvalt kiiremat kasvu riigieelarvelise finantseerimisega võrreldes. Hästi on see protsess jälgitav joonise 1 vahendusel. Käesolevaks ajaks oleme välja jõudnud 5 miljoni rublase eelarvega teadusasutuseni.

Missugune on nende küllaltki suurte riiklike vahendite kulutamise tõhusus? On selge, et tänapäeval võib arvestatavaid, rahvamajanduse seisukohalt küpseid teaduslikke tulemusi saavutada üksnes siis, kui rakendatud on piisavalt suured jõud ja vahendid tagamaks lõpptulemuseni jõudmise minimaalse aja jooksul. See tees eeldab jõudude ja vahendite maksimaalset kontsentratsiooni. Kõrgkoolis, polütehnilises instituudis aga eriti, pole see kuigi lihtne, sest uurimistöö toetust vajavad tegelikult kõik õppeained (neid on TPI-s



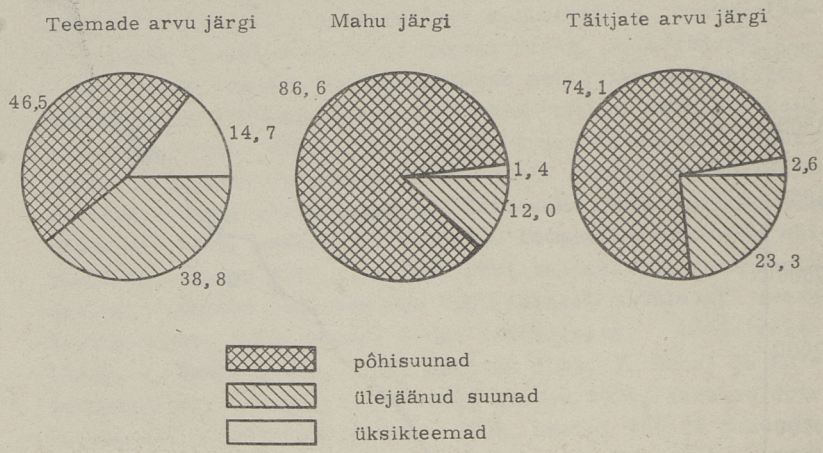

Joon. 1. Teadustöö mahu kasv aastail 1960-1983: lepinguline (a) ja riigieelarveline (b)

ca 400). Neid kahte vastandlikku tingimust jälgides on TPI uurimistöö korraldamisel püütud jõuda optimaalse kontsentratsiooniastmeni. Seejuures on uurimistöö lepingu keskmine maksumus viimase 10 aasta jooksul tõusnud praktiliselt 4-kordseks.

1976. aastal kinnitas TPI nõukogu 60 instituudis arendatavat uurimissuunda, millest 26 arvati põhisuundade hulka. Praeguseks on neid vähesel määral korrigeeritud.

Jõudude ja vahendite jaotumine põhisuundade, ülejäänud suundade ja väljaspool uurimissuundi lahendatavate nn. üksikteemade vahel selgub jooniselt 2. Ehkki sellel esita-

takse 1983. aasta seis, püsib olukord enam-vähem samal tasemel vähemalt viie viimase aasta vältel.




Joon. 2. Teadustöö teemade jagunemine uurimissuundade vahel 1983. a. (protsentides)

Niiviisi uurimistööd kontsentreerides ja teatud suundi eelistades oleme reas valdkondades jõudnud meie maa rahvamajanduse ja teaduse ees seisvate sõlmprobleemide lahendamiseni. Äraseletatult tähendab see instituudi teadlaste osalemist NSVL Teadus- ja Tehnikakomitee 19 kompleksprogrammi 31 ülesande lahendamisel.

Uurimistöö koordineerituse tase on TPI-s jõudnud NSV Liidu kõrgkoolide keskmisest tunduvalt kõrgemale tasemele: 35 TPI uurimisteemat on lülitatud NSVL TA koordinatsiooniplaanidesse, 14 rahvusvahelistesse koostööplaanidesse ja 36 teemat Eesti NSV sotsiaalse ja majandusliku arengu plaani. Võetakse osa 8 vabariikliku kompleksprogrammi täitmisest.*

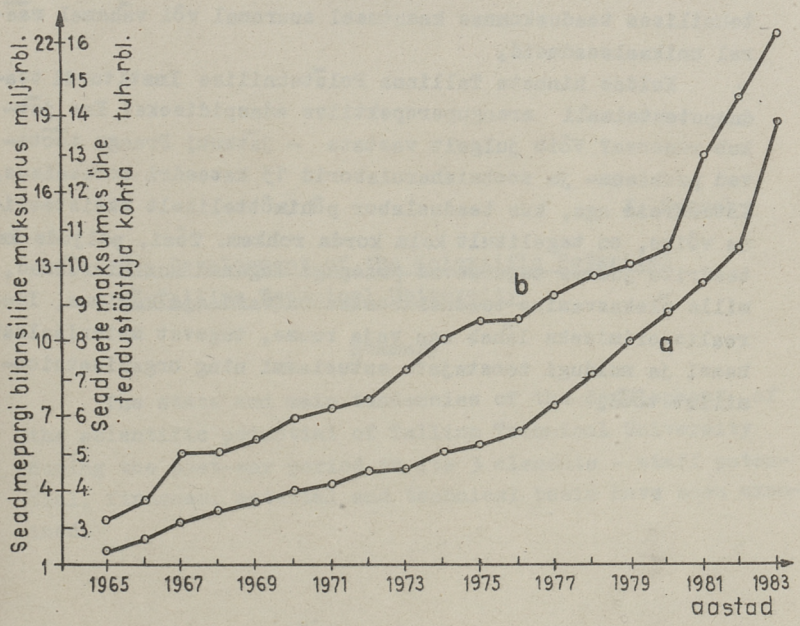
Rea aastate jooksul on instituudis uurimistööle kulutatud iga rubla andnud keskmiselt kolm rubla säästu rahvamajanduses. Meie teadlaste hea maine on kõlapinda leidnud üleliidulises ja rahvusvahelises ulatuses - ligi pool nende tea-

* Kõik koordinatsiooninäitajad on toodud 1984. aasta teadusliku uurimistöö plaani järgi.

duslikest publikatsioonidest ilmub NSV Liidu keskväljaannetes ja välismaal. Tallinna Polütehnilise Instituudi nimi on hästi tuntud rahvusvahelises litsentsikaubanduses: alates 1976. aastast on müüdud litsentse Jaapanisse, Soome ja Bulgaariasse.

Kõrgkooli tingimustes pole mõeldav vaadelda teadustöö materiaal-tehnilist baasi lahus õppetegevusest. Teadustöötajate käsutuses olevad ruumid, aparatuur, materjalid jm. on kasutusel samuti õppetöö vajaduste rahuldamiseks. Instituudi hoonete ehitamist ja väljaarendamist on põhjalikult kirjeldanud H. Eesmaa [3] ja M. Krikk [4]. Materjalide, töövahendite jt. vähem oluliste komponentide areng on aga raskesti jälgitav. Seepärast vaatleme siinkohal lähemalt vaid seadmepargi arengut.

Iseloomustamaks seadmepargi arengut on joonisel 3 koos selle bilansilise maksumusega esitatud ka seadmete maksumus ühe teadustöötaja kohta (teadustöötajate all antud juhul on arvestatud kõik teadustöös osalevad kõrgharidusega




Joon. 3. Seadmepargi bilansiline maksumus (a) ja maksumus ühe teadustöötaja kohta (b)

töötajad). Viimane näitaja ületab NSV Liidu kõrgkoolide keskmise taseme, kuid jääb alla üksikute juhtivate kõrgkoolide ja teadusasutuste omale. Samale järeldusele jõudsid teaduskonniti seadmepargi seisu hinnanud instituudi seadmekomisjoni eksperdid.

Seadmepargi intensiivareng viimaste aastate jooksul on seletatav eeskätt arvutustehnika suhteliselt laialdase rakendamisega instituudi allüksustes, aga ka mitmete hinnaliste unikaalseadmete hankimisega. Prognooside kohaselt seisab siin kvalitatiivne muutus veel ees. Selle tulemusena peaks personaalarvuti jõudma iga üliõpilase ja instituudi töötaja töölauale. Neile aga, kes seda vajavad, võimaldatakse vaba juurdepääs teaduskonna või arvutuskeskuse mini- ja suurtele arvutitele.

Üldiselt on seadmepargi areng kulgenud kooskõlas teaduslike koolkondade tekkimise ja väljakujunemisega teaduskondades. Kuigi seadmetega varustatuse tase teaduskondade lõikes on kaunis ebaühtlane (paremini teistest on varustatud keemia- ja automaatikateaduskond), on siiski igas tehnilises teaduskonnas kasutusel suuremal või vähemal määral unikaalseadmeid.

Kuidas hinnata Tallinna Polütehnilise Instituudi teaduspotentsiaali arenguperspektiive edaspidiseks? Kas jätkub reserve? Võib julgelt vastata - jätkub! Praegu töötavad probleem- ja tootmisharulaborid 13 kateedri koosseisus. Kateedreid aga, kus teaduslabor põhimõtteliselt eksisteerida võiks, on tegelikult kolm korda rohkem. Tõsi, paljude kateedrite juures tegutsevad praegugi tugevad uurimisrühmad, mille ülekasvamine teaduslaboriks on vaid aja küsimus. Idee realiseerimiseks läheb aga vaja ruume, tugevat materiaalset baasi ja muidugi teostajate entusiasmi ning organisatsioonilist tööd.

Kirjandus

1. Герасин Ф.В. Научно-технический прогресс и проблемы совершенствования деятельности высшей школы. - В кн.: Проблемы формирования личности специалиста широкого профиля. Л., 1976, с. 9-11.
2. Mägi, V. Riiklik Katsekoda ja selle eelkäijad. - Rmt.: Teaduskonverentsi "Tehnilise mõtte ja tehnikahariduse ajaloo probleeme Eestis" materjalid, II kd., lk. 49-61 (kirjastamisel).
3. Eesmaa, H. Tallinna Polütehnilise Instituudi hooned. Rmt.: Teaduskonverentsi "Tehnilise mõtte ja tehnikahariduse ajaloo probleeme Eestis" materjalid. I kd., lk. 6-17 (kirjastamisel).
4. Krikk, M. Tallinna Polütehnilise Instituudi materiaalse baasi arengu piirjooni 1960-ndate aastate alguseni. - Käesolev kogumik, lk. 27-31.

J. Tanner

## The Development of the Scientific Potential of Tallinn Technical University

Summary

The state and main tendencies of the development of the scientific potential of Tallinn Technical University during the post-war period in its 3 elements - staff potential, finances, material and technical basis have been examined.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 331.024.2-057.4:69(474.2)

G. Targo

# MÕNINGATEST PROBLEEMIDEST TÖÖSTUS-TSIVIIL-EHITUSINSENERIDE TÖÖLESUUNAMISEL EESTI NSV RAHVAMAJANDUSSE

Aastatel 1937-1981 on Tallinna Polütehnilises Instituudis ja tema vahetus eelkäijas - Tallinna Tehnikaülikoolis - omandanud ehitusinseneri diplomi tööstus- ja tsiviilehituse erialal 2168 inimest. Neist 75 % lõpetas kõrgkooli päevases, ligi 16 % õhtuses ja 8 % kaugõppes, kuna veidi üle 1 % kaitses diplomiprojekti eksternina.

Kuni 1981. aastani puudus tagasiside lõpetanutega, mis oleks võimaldanud teha üldistavaid järeldusi nende tööalasest karjäärist. Selle lünga kaotamiseks koostati ehitusteaduskonnas ulatuslik küsitlusankeet ja saadeti see 1909 lõpetanule (88 % üldarvust), kelle koordinaate õnnestus kindlaks teha. Täidetud ankeedi tagastasid 1085 lõpetanut, s.o. 50 % nende üldarvust ehk 57 % ankeedi saanuist.

Anketeeritute kogumi analüüs näitas, et selle protsentuaalne koostis vastas küllalt täpselt lõpetanute üldkogumi protsentuaalsele koostisele õppevormide, soolise kuuluvuse, TPI lõpetamise aja, vanuse ja tööstaaži osas. Kuigi vastavus ankeedi täitnute ja üldkogumi vahel rahvuses ja eeldatavalt ka elukohas jäi suhteliselt nõrgemaks, võib lugeda anketeeritute kogumit nii arvuliselt kui ka koosseisult küllalt esinduslikuks, andmaks objektiivset pilti lõpetanute üldkogumist. Käesolev ülevaade probleemidest tööstus-tsiviilehitusinseneride töölesuunamisel Eesti NSV rahvamajandusse tuginebki osale ankeedivastuste töötlemise tulemustest.

Rahvamajanduse vajaduste esmaseks rahuldamiseks kehtib meil teatavasti kord, mille kohaselt päevases õppes kõrghariduse omandanud noored spetsialistid suunatakse tööle vähemalt kolmeks aastaks riiklike jaotuskavadega kindlaksmääratud töökohtadele.

Nagu selgub ankeedi tulemustest, on aga ajavahemikus 1945-1981 TPI päevases õppes lõpetanud ehitusinseneridest asunud oma esimesele töökohale suunamise kohaselt vaid 75 %. 5 % jääb tervislikel või perekondlikel põhjustel suunamata, 20 % aga lihtsalt ignoreerib suunamist. Kuigi viimastel viisaastakutel on suunamisdistsipliin tunduvalt tõusnud, jääb mulje, et paljud noori spetsialiste taotlenud asutused suhtuvad küllaltki liberaalselt nende ilmumata jäämisse.

Analüüsides suunatute töötamiskestust esimesel töökohal selgub, et kui maha arvata töökohalt ennetähtaegselt, kuid mitte omal soovil - edutamise, koosseisude koondamise või asutuse sulgemise tagajärjel - lahkunud, siis jätab töökoha enne kolme sundaasta möödumist veel ca 25 % suunatuist. Seega võime nentida, et kuni poolte lõpetanute suhtes ei anna kehtiv töölesuunamiskord oodatud tulemust.

Töölesuunamisel tekkivad suured kaod viivad järeldusele, et suunamisel pole alati suudetud vajaliku paindlikkusega jälgida rahvamajanduse pidevalt muutuvaid vajadusi. Teiselt poolt aga põhjustab noorte spetsialistide pidev defitsiit olukorra, kus kaadrite kvantitatiivsel, eelkõige aga kvalitatiivsel jaotamisel hakkavad otsustavat rolli mängima spetsialiste taotlevate asutuste materiaalsed pakkumised.

Nii ühest kui teisest põhjusest tulenevad möödalaskmised taanduvad hiljem küll stiihiliselt, viivad aga lõppkokkuvõttes töölesuunamiskorra rahvamajandusliku tähtsuse alanemisele.

Pöördume esitatud väidete põhjendamiseks ankeedi tulemuste poole.

Kokku 3/4 päevase õppe lõpetanuist asub oma esimesele töökohale ehitus- või projekteerimisorganisatsioonidesse, sh. 56 % ehitusse ja 19 % projekteerimisalale. Seega on töökohtade vahekord suunamisel nende kahe põhilise ehitusinseneride tarbija vahel 3:1 esimese kasuks. Samal ajal töötas 1980. a. ENSV Statistika Keskvalitsuse andmetel vabariigi ehitusorganisatsioonides vaid 1,3 korda rohkem insenere kui projekteerimisasutustes.

Lähtudes reaalsest eeldusest, et töötajate arvu täiendamisvajadus on võrdeline olemasolevate töötajate arvuga, on selge, et noorel töötajal, kes kohe oma esimesel töökohal satub rinnutsi ehitusplatsiinseneri rohkete ja vastutusri-

kaste ülesannetega, on alati võimalik leida endale rahulikum ning piiratuma vastutusega töökoht projekteerimisasutuses. Seejuures tekivad aga ehitusorganisatsioonis uued vakantsid, mille täitmiseks esitatakse plaanikomiteele järjekordsed taotlused.

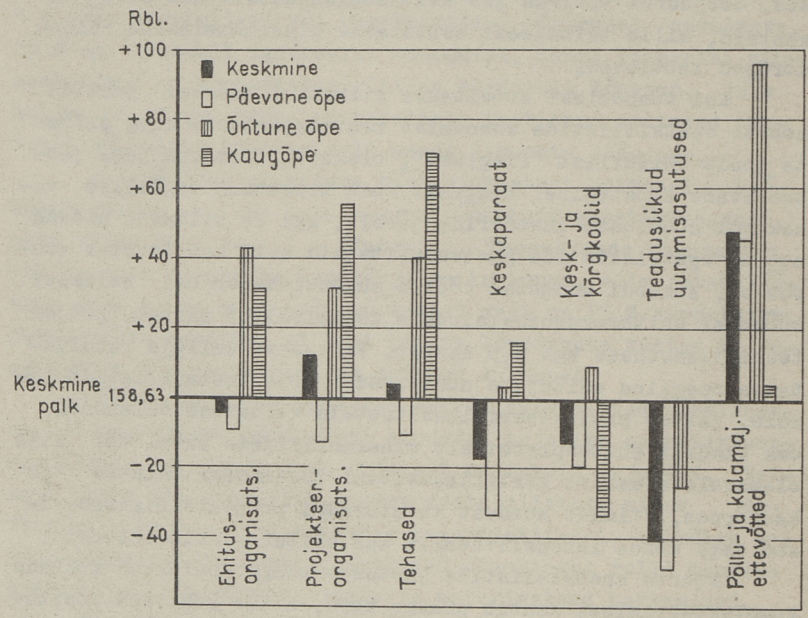
Kui tõepoolest soovitakse riiklikul tasemel juhtida noorte spetsialistide suunamist rahvamajandusse ning piirata nende stiihilist "ringlust", oleks otstarbekas juba jaotuskavade koostamisel senisest enam arvestada tegelikke vahekordi nõudluses inseneride järele, aga ka silmas pidada noorte spetsialistide püsivusnäitajaid neid taotlevates asutustes. Ankeedi andmetel töötab ehitusinsener oma esimesel töökohal ehitusorganisatsioonis keskmiselt 3 aastat, projekteerimisasutuses aga 6,5 aastat. Vaatamata sellele rahuldatakse reeglina ehitajate nõudmised noorte spetsialistide järele, jättes projekteerimisasutustele võimaluse täiendada oma kaadrit ehitusplatsidelt minemahiilijate arvel või siis olemasoleva kaadri kvalifikatsiooni tõstmisega õhtuses ja kaugõppes. Viimast moodust kasutavadki projekteerimisasutused kaks korda intensiivsemalt kui ehitusorganisatsioonid.

Noorte spetsialistide jaotuskavadega eraldatud kohtade komplekteerimisel kehtib praegu kord, mille kohaselt lõpetajate valikuõigus sõltub nende õppe- ja ühiskondliku töö edukusest. Seega omandavad parimad lõpetajad esmase valikuõiguse, mis nende seisukohalt on väljateenitud tunnustus hea töö eest õppeajal. Raskesse olukorda satuvad aga asutused, kellel puuduvad materiaalsed võimalused edukaks konkureerimiseks spetsialistide taotlejate hulgas.

Ankeedi andmetel on kogu vaadeldava ajavahemiku vältel esimesele töökohale asunute keskmine palk 120 rbl. Alles aastail 1975–1980 tõusis see 140 rublani. Keskmine kuusissetulek koos preemiate, kohakaaslustasu ning palga tõusuga on esimesel töökohal kogu perioodi keskmisena 158 rbl. 63 kop., mis omakorda perioodi viimasel viisaastakul tõusis 180 rublani. Seejuures on aga keskmine kuusissetulek üksikutes asutusetüüpides, aga ka sõltuvalt õppevormist, suurtes piirides erinev.

Reeglina ületab õhtuses ja kaugõppes lõpetanute kuusissetulek 40–50 rbl. võrra päeval õppinute oma, mis on seletatav nende suuremate praktiliste kogemustega ning sellest

tuleneva võimega kohe pärast kooli lõpetamist töötada vastutusrikkamal kohal.




Joon. 1. Keskmise kuusissetuleku erinevus üldkeskmisest asutusetüüpide ja õppevormide kaupa

Nagu jooniselt 1 näha, ületab keskmine kuusissetulek üldkeskmise vaid projekteerimisasutustes, mõnevõrra tehastes ja eriti silmapaistvalt põllu- ja kalamajandusettevõtetes. Ehitusorganisatsioonides jääb see üldkeskmisest isegi veidi madalamaks.

Ehitusorganisatsioonide suureks trumbiks on aga võimalus pakkuda noorele spetsialistile elamispinda. Vaadeldava perioodi jooksul on esimesel töökohal saanud elamispinna veidi üle poolte ehitusinseneridest, sh. 30 % omaette korteri (aastail 1975–1980 koguni 35 %), 14 % koha ühiselamus ja 8 % ühiskorteris. Valdaval enamusel juhtudest on elamispinna pakkujateks ehitusorganisatsioonid või põllumajandusettevõtted. Elamispinna saamise võimalus on aga noorele spetsia-

listile sageli otsustavama tähtsusega kui palga suurus.

Järelikult valivad parimad lõpetajad oma töökohaks põllumajandusettevõtted, kus lisaks suhteliselt kõrgele palgale pakutakse ka korterit. Järgmised asuvad korterisaamise lootuses tööle ehitusorganisatsioonidesse ning järelejäänud nõrgimad suunatakse tööle projekteerimisasutustesse. Mitte asjatult ei laeku just projekteerijailt põhjendatud pretensioone noorte ehitusinseneride väljaõppe osas.

Et mitte 100 % lõpetajaist ei järgi eespool visandatud materialistlikku skeemi töökoha valikul, tõestab kõige paremini asjaolu, et 2,5 % neist on asunud tööle teaduslikesse uurimisasutustesse ning 5,3 % kesk- ja kõrgkoolidesse. Üheski neist ei pakuta ei kõrget palka ega ka korterit, töötanud on lõpetanud seal aga esimesel töökohal keskmiselt 9 aastat. Ilmselt on siin tegemist kutsumusega, mis paraku keskmise lõpetaja puhul lohutab vähe.

Reaalseid tulemusi olukorra parandamiseks võib oodata praegu TPI ehitusteaduskonnas juurutatavast tööstus-tsiviilehitusinseneride spetsialiseerimisest projekteerijateks, maaehituse juhtideks ja ehitusplatsiinsenerideks. Kui kujunevad välja asjalikud õppeplaanid, kui üliõpilaskontingenti õnnestub jagada hiljemalt alates III kursusest spetsialiseeritud õpperühmadeks vastavalt võimetele ja kalduvustele (kõne alla võiks tulla isegi kvalifitseeritud psühholoogi-kutsesuunistaja abi kasutamine) ning kui töölesuunamisel lähtutakse edaspidi kitsamast spetsiaalsusest, võib loota, et noored ehitusinsenerid satuvad suunamisel neile sobivamatele töökohtadele, kinnistuvad seal paremini ning nende võimed leiavad täielikumat kasutamist.

G. Targo

## Some Problems Concerning the Assignment to Work of Civil Engineers in the National Economy of Estonia


### Summary

The effectiveness of the existing procedure of providing the jobs for graduates of civil engineering specialty has been analysed in accordance with the results of filled-in questionnaires. In order to completely meet the demands of the national economy while drawing up the draft of organized distribution of jobs, the requirements for engineers in construction as well as in designing organizations should be taken into account and the particular specialty acquired during the studies must strictly be observed while assigning the engineers to work.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 62:378+378.662](474.2)

Ü. Tartu

# TEHNIKAHARIDUSE ARENGU NÜÜDISTENDENTSE EESTI NSV-s

Rahvamajanduse arendamise üheks iseärasuseks praegusajal on ekstensiivsete arenguteede ammendatus materiaalse tootmise harudes ja nende paratamatu üleviimine intensiivarengu teele, mis nõuab aga teaduse ja tehnika saavutuste maksimaalset kasutamist tootmises.

Tootmise intensiivsele arengule on iseloomulik tehniliselt täiuslikumate töövahendite ning progressiivse tehnoloogia ulatuslik rakendamine, aga samuti kvalifitseerituma tööjõu kasutamine, kes on võimeline kohanema uute tehnoloogiliste tingimustega ja kelle ettevalmistus vastab uuele, keerukamale tööle. Vajadus kiirendada teaduse ja tehnika progressi tootmises ning tõhusamalt kasutada tootmise esemelisi tegureid põhjustab seega töötaja kui tootmise isikulise teguri osa suurenemise tootmisprotsessis. See kõik nõuab töötajalt kui tootlike jõudude peamiselt ja otsustavalt komponendilt kõrget üld- ja erialast ettevalmistust, kvalifikatsiooni ning selle pidevat tõstmist. Siinjuures osutub määravaks tehnilist ettevalmistust (tehnikaharidust) omavate töötajate osa. Sõltub ju nende arvukusest ja kvalitatiivsest koosseisust teadussaavutuste tehnilise külje rakendamine, töövahendite ja tööesemete ning tööjõu paigutamine ja ühendamine, ühiskondliku tööviljakuse tase. Sellest tuleneb, et teaduse ja tehnika progressi üks võimalik käsitlusaspekt on tehnikaharidust omavate töötajate arv, nende osa ja selle muutumine. Rahvastikuaspektist vaadatuna väljendub meie ajastule iseloomulik teaduse ja tehnika tähtsuse erakordselt kiire kasv eelkõige tehnikaharidust omavate töötajate kasvavas osas ühiskondlikus tööjaotuses.

Tänapäeva tootmise tehnilisele ja organisatsioonilisele tasemele kohast tehnikaharidust ei saa omandada prak-

tilise töö käigus, vaid vastavates (kõrg-, keskeri- ja kutsehariduse) õppeasutustes. Sõltuvalt teadmiste ulatusest ja sügavusest täidab tehnikahariduse omandanu igapäevases tootmistegevuses erinevaid funktsioone. Insener on esmajärjekorras teaduse saavutuste tehnilise külje rakendaja, töövahendite ja -esemete ning nende ühendamise (tehnoloogia) ja kasutamise suunaja, kõrge ühiskondliku tööviljakuse tagaja. Seevastu oskustööline on töövahendite ja tööesemete kasutaja, uute väärtuste looja.

Eesti NSV-s on viimase viieteistkümne aasta jooksul jõudsalt kasvanud tehnikaharidusega töötajate arv, seda eriti oskustööliste ja kõrgema tehnilise hariduse osas (tabelid 1-3). Ajavahemikul 1966–1970 väljaõpetatud tehniliste alade oskustööliste keskmine arv aastas - 2942 - on praeguseks kasvanud 5223 inimeseni ehk 1,8 korda. Selline kiire areng eriti viimastel aastatel on seotud eelkõige mahajäämusega oskustööliste ettevalmistamises. Mõnevõrra tagasihoidlikum on olnud kõrgema tehnilise haridusega isikute juurdekasv vaadeldaval perioodil (827 inimeselt 1171 inimeseni 1982. aastal, seega 1,4 korda).

On tähelepanuväärne, et nii kvalifitseeritud tööliste kui ka keskeri- ja kõrgkoolide lõpetajate üldarv kasvab kiiremini kui tehnikaerialade lõpetajate arv. Ajavahemikul 1966–1982 on kasvutempo olnud vastavalt 1,9; 1,2 ja 1,6 korda. Siit johtub käesoleva aja üks iseärasusi kaadri ettevalmistamisel meie vabariigis - tehnikaerialade lõpetajate osatähtsuse vähenemine. Vaadeldaval perioodil on vähenenud tehnikahariduse osa oskustööliste tasandil 69 %-lt 63 %-ni, keskerihariduse tasandil 61 %-lt 56 %-ni ja kõrghariduse tasandil 35 %-lt 31 %-ni. See näitab kaadri ettevalmistussüsteemi orienteeritust humanitaarsele kallakule. Eriti ilmneb see kõrghariduse puhul, kus ainult 1/3 kõrgkooli lõpetanutest on tehnikaspetsialistid. Sellele vastavalt on meie vabariigis kujunenud välja ka teadlaskaadri potentsiaal, mis on suunatud valdavalt elavale loodusele [2, lk. 32]. Pidades silmas, kui teravalt on päevakorral ökoloogilised probleemid, mis nõuavad majanduslikel ja tehnilistel otsingutel senisest hoopis tõsisemat tähelepanu loodusliku keskkonna tasakaalu säilitamisele, võib lugeda sellist orientatsiooni teatud määral õigustatuks. Siinjuures

Tabel 1

Kutsekoolides väljaõppe saanud kvalifitseeritud töölised kutsealade järgi *

| | 1966–1970 | 1971–1975 | 1976–1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|
| Kokku | 21 489 | 29 120 | 43 905 | 7 846 | 8 303 |
| sealhulgas kutsealade järgi: | | | | | |
| - müürsepad, konstruktsioonide monteerijad, krohvijad, maalrid | 2 244 | 2 397 | 2 020 | 449 | 508 |
| - kinomehaanikud | 359 | 270 | 233 | 27 | 24 |
| - masinistid ja nende abid, motoristid, traktoristid, traktoristid-masinistid | 3 518 | 5 646 | 6 065 | 1 168 | 1 645 |
| - maaparandustööde mehhanisaatorid | 1 327 | 1 894 | 861 | 145 | 117 |
| - montöörid, elektrimontöörid, elektrimehaanikud | 1 154 | 2 082 | 2 754 | 601 | 588 |
| - lukksepad | 3 475 | 4 092 | 5 117 | 1 087 | 1 165 |
| - puidutööpinkide töölised (puusepad, tislerid) | 1 021 | 1 552 | 2 009 | 510 | 450 |
| - metallilõikepinkide töölised (treialid, freesijad) | 758 | 988 | 1 232 | 232 | 234 |
| - autojuhid | 857 | 1 007 | 2 439 | 546 | 492 |

* Koostatud statistilise aastaraamatu "Eesti NSV rahvamajandus" 1966.–1982. a. andmetel.

Tabel 2

Keskeriõppeasutuse lõpetanud tehnikaspetsialistid erialarühmiti [1, lk. 228]

| | 1966–1970 | 1971–1975 | 1976–1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|
| Kokku | 23 868 | 24 772 | 27 892 | 5 715 | 5 582 |
| sealhulgas erialarühmade järgi: | | | | | |
| - geoloogia, maapõuevarade uurimine ja töötlemine | 250 | 165 | 275 | 60 | 59 |
| - energeetika | 1 469 | 1 202 | 906 | 179 | 203 |
| - masina- ja aparaadiehitus | 2 071 | 1 287 | 1 474 | 243 | 250 |
| - keemiatehnoloogia | 393 | 285 | 310 | 83 | 60 |
| - metsainseneri eriala, puidu-, tselluloosi- ja paberitehnoloogia | 339 | 283 | 319 | 103 | 114 |
| - toiduainete tehnoloogia | 952 | 1 194 | 1 761 | 344 | 345 |
| - laiatarbekaupade tehnoloogia | 1 300 | 687 | 870 | 153 | 144 |
| - ehitus | 887 | 1 851 | 1 977 | 320 | 297 |
| - geodeesia ja kartograafia | - | 82 | 63 | 31 | 22 |
| - põllumajandus | 4 078 | 4 232 | 4 883 | 1 168 | 1 086 |
| - transport | 2 729 | 2 669 | 2 860 | 574 | 541 |

Tabel 3

Kõrgkooli lõpetanud tehnikaspetsialistid erialarühmiti [1, lk. 231]

| | 1966-1970 | 1971-1975 | 1976-1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|
| Kokku | 12 004 | 14 847 | 17 031 | 3 709 | 3 770 |
| sealhulgas erialarühmade järgi: | | | | | |
| - geoloogia, maapõuevarade uurimine ja töötlemine | 89 | 73 | 102 | 28 | 31 |
| - energeetika | 351 | 344 | 442 | 94 | 92 |
| - masina- ja aparaadiehitus | 761 | 694 | 788 | 158 | 155 |
| - keemiatehnoloogia | 373 | 273 | 216 | 45 | 40 |
| - metsainseneri eriala, puidu-, paberi- ja tselluloositehnoloogia | - | - | - | - | 43 |
| - toiduainete tehnoloogia | 351 | 353 | 386 | 80 | 86 |
| - ehitus | 653 | 713 | 1 044 | 224 | 232 |
| - põllu- ja metsamajandus | 1 452 | 2 034 | 2 089 | 426 | 439 |
| - transport | 106 | 144 | 189 | 42 | 53 |

tuleb aga arvestada põhilist majandusseadust, s.o. tootmissuhete ja tootlike jõudude dialektilise vastavuse seadust, mille kohaselt tootmissuhted peavad vastama tootlike jõudude iseloomule ja arengutasemele. Sellest tulenevalt peavad tootmise esemelised ja isikulised komponendid olema vastavuses, õiges suurussuhtes, olles seejuures dünaamilised, pidevas liikumises. Peamine, aktiivne osa nendes vastavustes kuulub isikulisele komponendile - töötajale. See aga eeldab töötaja haridustaseme ja kvalifikatsiooni ennakarengut, võrreldes esemelise komponendiga. Selle nõude eiramine viib disproportsioonide tekkimisele.

Kuuekümnendate aastate algul hoiatasid tuleviku-uurijad, et 10-15 aasta pärast tabab Lääne-Euroopat ja Põhja-Ameerikat kvalifitseeritud tööjõu terav puudus. Nõnda sündiski. Seejuures on paradoksaalne, et suure tööpuuduse tingimustes leidub küllaltki palju vakantseid töökohti, mida ei saa aga täita vastava kvalifikatsiooniga töötajate nappuse tõttu. Nii jäi USA firmades mõõdunud aastakümne keskel sel põhjusel täitmata enam kui 2 miljonit töökohta [3, lk. 124].

NSV Liidus läbiviidud uurimused näitavad, et kaadri ettevalmistamise probleemide lahendamine kitsalt ametkondlikest huvidest lähtudes ning hariduse ja töötaja kvalifikatsiooni kui tööviljakuse tõstmise teguri alahindamine on viinud tootmise isikulise ja esemelise teguri vastavuse proportsioonide rikkumisele. Sellest annab tunnistust asjaolu, et viimase 20 aasta jooksul on töö tehnilise varustatuse kulud kasvanud märksa kiiremini kaadri potentsiaali arengust meie maal. Kui 1960. aastal moodustas keskmine haridusega varustatuse tase* 66,2 % materiaalses tootmises rakendatud fondivarustatusest, siis 1970. aastal oli see 43,1 %, 1975. aastal 33,0 % ja 1977. aastal 29,6 % [4, lk. 153].

Tehnikaspetsialistide arvulise kasvutempo mõningane aeglustumine viimastel aastatel on seotud eelkõige kujunenud demograafilise olukorraga. Tehnikaharidusega koolilõpetajate arv ei saa kasvada lõpmatuseni nii kiiresti, nagu see siiani toimus. Nagu muudel tootmisaladel, nii ka kaadri et-

---

*Keskmine haridusega varustatuse tase määratakse hariduskulude (ühiskonna poolt tehtud summaarsed hariduskulud tööjõu õpetamiseks) ja rakendatud töötajate arvu jagatisena.

tevalmistamisel asendub esialgne ekstensiivne arengujärk intensiivsega, kus tehnikaharidusega lõpetajate tähtsuse tõus peab toimuma peaasjalikult nende töö tõhustumise, mitte enam nende arvu kasvu arvel. Reservide olemasolust annavad tunnistust mitmed sellealased uurimused.

Tööviljakuse kasvu peamised tegurid (töö fondivarustatus, töö energiavarustatus, töötajate kvalifikatsioon) on kasvanud kiiremini tööviljakusest endast. Spetsialistide panus tootmise efektiivsuse tõstmiseks on jäänud maha nende arvulisest kasvust [5, lk. 29].

Oluline on nii käesoleva aja kui ka tuleviku seisukohalt kaadri kvalitatiivne koostis. Tabelist 1 nähtub, et tehniliste kutsealade lõpetajate arvus võib täheldada suurenemise tendentsi (välja arvatud maaparandustööde mehhanisaatorid). Ennaktempos arenevad elektrimontööri ja elektrimehaaniku, lukksepa, puidu- ja metallilõikepinkidel töötaja ning autojuhi kutsealad. See kajastab eelkõige neid muutusi, mis on toimunud tootmise tehnilise baasi osas, aga samuti nihkeid rahvamajanduse harustruktuuris.

Uurimused näitavad, et teaduse ja tehnika progressi kiirendamiseks tuleb edaspidi leida võimalusi keskeri- ja kõrgharidusega energeetikute ning masina- ja aparaadiehituse spetsialistide arvu suurendamiseks [6, lk. 106].

Kui aastatel 1966–1970 lõpetas masinaehituse eriala tehnikumides 2071 inimest ehk 414 inimest aastas, siis 1981. aastal oli lõpetajaid 243 ja 1982. aastal 250. Vastupidine tendents on täheldatav nimetatud erialade kõrghariduse osas - lõpetajate arv aastas suureneb (mõningate kõikumistega üksikutel aastatel).

Tehnikahariduse viimine rahvamajanduse arenguvajaduste tasemele, seda eelkõige tehnikahariduse üksikute lülide teaduslikult põhjendatud kooskõla tagamise ning iga üksiku lüli sisestruktuuri täiustamise kaudu, on tagatis, et Eesti NSV rahvamajanduse areng võiks tulevikus üha mõjukamalt kaasa rääkida üleliidulises töötajaotuses, tõstes selle osa ja tähendust.

Kirjandus

1. Eesti NSV rahvamajandus 1982. aastal. Tln., 1983. 280 lk.
2. M e r e s t e, U. Nõukogude Eesti teadlaskond teadusere-volutsiooni ajastul. Tln., 1976. 66 lk.
3. V a l t, L., S a v i s a a r, E. Globaalprobleemid ja tulevikustsenaariumid. Tln., 1983. 160 lk.
4. С и д о р о в С.А. Эффективность труда и качество подготовки рабочих кадров. - ЭКО, 1981, № 1, с. 149-165.
5. H a g e l b e r g, R. Kõrgkool, ühiskond, progress. Tln., 1979. 112 lk.
6. Р а я н г у В. Контингенты подготовки, использование и потребность в кадрах по видам образования. Таллин, 1983. 144 с.

Ü. Tartu

## Heutige Richtungen der Entwicklung der technischen Ausbildung in der Estnischen SSR

Zusammenfassung

Im Artikel werden die Probleme der technischen Ausbildung unter den Bedingungen der Intensiventwicklung der Volkswirtschaft behandelt. Es wird gezeigt, dass die Zahl der Leute mit Berufs-, Fach- und Hochschulbildung allgemein schneller wächst als die Zahl der Leute mit jederartiger technischen Ausbildung. So sind die sachlichen und menschlichen Komponente der Produktionsprozesses nicht im Einklang, was in der Zukunft zu vermeiden wäre.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 62:378+378.662](474.2)

M. Toimet

# TEHNIKAKÕRGHARIDUSE VASTAVUSEST NÜÜDIS-TEADUSE JA -TOOTMISE NÕUETELE

Teaduslik-tehniline progress esitab kõrgeid nõudmisi spetsialistide ettevalmistusele. Kõrgkoolist tulevatelt spetsialistidelt oodatakse täiuslikku eriala valdamist, laia teaduslikku ja praktilist ettevalmistust, oskust töötada kollektiivis ja kollektiiviga, oskust kasutada tõõ teadusliku korraldamise põhimõtteid ja lõpuks kõrget kultuuritaset ning eruditsiooni.

Siit tulenevad ülesanded spetsialistide ettevalmistusele kõrgkoolis, kus pannakse alus nende töövõjõu kvaliteedile ja selle kaudu tulevase tõõ efektiivsusele.

Kuivõrd teaduslik-tehnilise progressi tingimustes muutub tootmises keskseks kujuks insener, siis esitab nüüdistootmine nende ettevalmistusele erilised nõuded. Tänastelt inseneridelt nõutakse, et nad oskaksid mõelda ja töötada mitte kui praktikud, kes viivad ellu teiste pakutud ideid, vaid kui teadlaste täisväärtuslikud kaasautorid.

Noorte inseneride valmisolekut praktiliseks tööks uuriti ENSV TA Majanduse Instituudis Tallinna Polütehnilise Instituudi päevaste osakondade lõpetanute näitel, kes suundusid tööle tootmisse. Noortele spetsialistidele esitati kolmel esimesel iseseisva tõõ aastal küsimused selle kohta, kuidas nad hindavad oma kõrgkooli-ettevalmistust ja kuivõrd see vastab praktilise tõõ nõuetele. Samaaegselt koguti nende kohta eksperthinnanguid vahetutelt ülemustelt, kolleegidelt ja ka alluvatelt, juhul kui noor spetsialist töötas juhina.

Iseseisva tõõ algul (pärast 2-3-kuulist töötamist) hindasid noored spetsialistid kõrgkoolis omandatud teadmisi järgmiselt:

| | |
|---|---|
| teadmisi on piisavalt | 42,7 % vastanuist |
| vahel tuleb teadmistest puudu | 38,3 % vastanuist |
| teadmisi on ebapiisavalt | 14,0 % vastanuist. |

Hinnangut andes kõrvutavad noored oma teadmiste taset konkreetse ametikoha nõuetega. Töö alguses võis täheldada suurt erinevust teadmiste **hinnangule** eri ametikohtadel.

Kõige kõrgemalt hindasid oma teadmisi **meistrid**, s.o. ametikoha esindajad, kus noorte endi arvates tuleks tööga edukalt toime ka kesk- või keskeriharidusega töötaja, kuna töö iseloom nõuab rohkem praktilisi kogemusi ja organiseerimisvõimet kui kõrgkooli teoreetilisi teadmisi. **Teenistujate** ametikohtade kvalifikatsiooniteatmiku kohaselt on meistri ametikohal nõutav keskharidus või keskharidus ja kolmeaastane tööstaaž [1, lk. 99]. Loomulikult on sellise ametikoha jaoks kõrgkooli-ettevalmistus rohkem kui küllaldane, mistõttu viimasele antav hinnang on vastavalt kõrge.

Madalaima hinnangu kõrgkooli-ettevalmistusele andsid iseseisva töö algperioodil **vaneminsenerid**. 66,7 % neist tunnistasid, et juba esimestel töökuudel tuli iseseisvalt teadmisi täiendada.

Ettevalmistuse taset ja selle vastavust nüüdistootmise nõuetele saab õigesti hinnata vaid siis, kui spetsialiste kasutatakse kvalifikatsioonile vastavalt, s.t. ametikohtadel, mille ülesanded nõuavad teadmisi ja oskusi kõrgkooli programmi ulatuses. Spetsialistide kasutamine kõrgharidust mittevajavatel ametikohtadel takistab selle orienteerimist nüüdistootmise nõuetele.

Niisiis sõltub inseneride ettevalmistuse vastavus tootmise nõuetele ühelt poolt nende kõrgkooli-ettevalmistusest, teiselt poolt - nende tööjõu kasutamisest. Mis puutub ettevalmistusse, siis juba eespool märkisime, et osa noori insenere hindas oma ettevalmistust ebapiisavaks selleks, et edukalt praktilise tööga toime tulla. Aastase iseseisva inseneritöö järel oli võimalik täpsustada, millises valdkonnas noored tunnetavad ettevalmistuse lünklikkust. Küsitletuist 28,3 % vastas, et neil tuleb vahel teadmistest puudu, 7,1 % möönis, et teadmised on edukaks tööks ebapiisavad. Seejuures tunnetas vaid 9,5 % nendest puudust teoreetilistest teadmistest. 29,9 % viitas lünkadele nii teoreetilistes teadmistes

kui ka praktilistes oskustes. Suurem osa - 54,4 % - nentis praktiliste oskuste vähesust. Tähendab, noorte spetsialistide teoreetiliste teadmiste ja praktiliste oskuste tase ei ole ühtlane. Seda arvesse võttes uurisime eraldi noorte spetsialistide teoreetiliste teadmiste ja praktiliste oskuste vastavust tootmise nõuetele. Lisaks noorte endi hinnangutele kasutasime mitmetasemelisi eksperthinnanguid.

Esmalt noorte inseneride teoreetilisest ettevalmistusest.

Tabel 1

Noorte inseneride teoreetiliste teadmiste vastavus praktilise töö nõuetele (%)

| Vastavuse aste | Noorte spetsialistide hinnang | Vahetute ülemuste hinnang | Kolleegide hinnang |
|---|---|---|---|
| Teadmisi on rohkem, kui töö nõuab | 13,0 | 29,6 | 18,8 |
| Teadmised ja töö on vastavuses | 60,0 | 63,0 | 75,0 |
| Teadmisi on vähem, kui töö nõuab | 27,0 | 7,4 | 6,2 |

Toodud andmetest nähtub, et noored spetsialistid ise hindavad oma teadmisi üsna kriitiliselt. Eksperthinnangud nende teadmistele on tunduvalt kõrgemad ning nende alusel võib teha järelduse, et noorte spetsialistide teadmiste tase vastab neile tootmises esitatavatele nõuetele.

Seevastu praktiliste oskuste osas jättis ettevalmistus ekspertide arvates soovida.

Tabel 2

Noorte inseneride praktiliste oskuste vastavus töö nõuetele (%)

| Vastavuse aste | Vahetute ülemuste hinnang | Kolleegide hinnang |
|---|---|---|
| Oskusi on rohkem, kui töö nõuab | 5,6 | - |

Tabel 2 (järg)

| Vastavuse aste | Vahetute ülemuste hinnang | Kolleegide hinnang |
|---|---|---|
| Oskused ja töö on vastavuses | 53,7 | 68,8 |
| Oskusi on vähem, kui töö nõuab | 40,7 | 31,2 |

On selge, et kõrgkooli-ettevalmistus on ja jääb valdavalt teoreetiliseks, kuid seejuures ei tohi unustada, et tööjõu kvaliteeti ei kujunda ainuüksi teoreetilised teadmised, vaid ka praktilised oskused ja tööalased kogemused, mis teatud astmeni tingivad üksteist. Viimaseid antakse tulevastele inseneridele tootmispraktika ja staažeerimise kaudu. Paraku ei ole praktika läbiviimise kohaks kaugeltki alati tulevane töökoht.

Nüüdisaegses tootmises on tähelepanuväärne osa diplomeeritud inseneridest rakendatud tootmisjuhtidena. Noored spetsialistid on potentsiaalsed, paljudel juhtudel aga ka reaalsed tootmiskollektiivide juhid. Kõrvuti sügavate erialaste teadmiste, praktiliste oskuste ning kogemustega vajavad nad ka majandusalaseid teadmisi, teadmisi juhtimisteooriast, oskust töötada inimestega. Noorte inseneride juhitööks ettevalmistatuse valdkonnas võib täheldada märgatavaid puudusi.

Ekspertide (vahetute ülemuste) hinnangute kohaselt ei ole märkimisväärne osa noortest spetsialistidest sobivad tööks kollektiivi juhina. Esitame siinkohal ekspertide vastuste jaotumise küsimusele, kas noortele inseneridele võiks usaldada kollektiivi juhtimise ning millise suurusega võiks see kollektiiv olla:*

võib usaldada suure kollektiivi juhtimise 3,7 %
võib usaldada keskmise kollektiivi juhtimise 31,5 %
võib usaldada väikese kollektiivi juhtimise 48,1 %
ei või usaldada kollektiivi juhtimist 16,7%.

* Eksperthinnangud koguti kolmandal iseseisva töö aastal, seega oli noortel spetsialistidel juba teatud praktilise töö kogemus ja neil oli olnud aega oma võimeid näidata.

Juhitööks sobimatuse põhjusi tuleb otsida noorte isiklikest ja tööalastest omadustest, eelkõige organiseerimisvõimest. Viiepallisel hinnete skaalal sai noorte organiseerimisvõime keskmiseks hindeks 3,6. Keskpärased olid hinded ka sellistele juhitööks vajalikele omadustele nagu nõudlikkus (keskmine hinne 3,6) ja oskus põhjendatult veenda (hinne 3,5).

Noored spetsialistid tunnetavad enda sobimatust juhitööks ja hindavad madalalt kõrgkooli-ettevalmistust tööks inimestega (keskmine hinne viiepallisel skaalal 3,2). Siit siis huvi puudumine vastavas valdkonnas töötamise vastu.

Vastavasisulised uuringud on näidanud, et kõrgkool ei kujunda tootmisjuhi tööks vajalikke omadusi, orienteerib tehnikakõrgkoolide lõpetajaid uurimis- või konstrueerimistööle ja kujundab neis soovi tegutseda siin, mitte inseneritööl tootmises.

Kuivõrd hästi on aga noored ette valmistatud selleks, et teaduses edukalt töötada? Uurisime 1981. aastal Eesti NSV Teaduste Akadeemia allasutustes töötavate kõrghariduse-ga kuni 35-aastaste spetsialistide näitel kõrghariduse vastavust nüüdisteaduse nõuetele.

Võrreldes tootmises töötavate inseneridega jäi hinnang kõrgkooli teoreetilisele ettevalmistusele madalamaks. Väga heaks hindas oma ettevalmistust erialaste teadmiste osas 9,3 % vastanuist, heaks 49,5 %, rahuldavaks 35,8 %, halvaks 4,9 % ja puudulikuks 0,5 %. Ilmselt jätab tulevaste spetsialistide erialase ettevalmistuse tase kõrgkoolis praegu veel soovida. On üldtuntud tõde, et teaduse areng on kõrghariduse omast dünaamilisem, kuid vahe ei tohi liiga suureks paisuda. Vastasel juhul ei jõua noored spetsialistid oma erialaste teadmistega teadusele järele ja võivad tema arengut hakata pidurdama.

Kõrgkooli-ettevalmistust praktiliste tööoskuste osas hindas väga heaks 1,5 %, heaks 26,2 %, rahuldavaks 50,5 %, halvaks 18,4 % ja puudulikuks 3,4 % kogumist. Näeme, et ka teaduses töötavatel noortel jääb vajaka eelnevatest praktilise töö kogemustest, mis viitab veel kord vajadusele seostada õppimisaegne praktika tulevase töökohaga.

Professionaalse ettevalmistuse ülesanne kõrgkoolis ei seisne ainult üliõpilastele erialaste teadmiste ja prakti-

liste tööoskuste andmises, vaid kätkeb endas ka tulevase elukutse moraali ja eetika, metodoloogia ja loogika, tema spetsiifika tutvustamist. Kõrgkooli probleemide uurijad on korduvalt juhtinud tähelepanu sellele, et praegune ettevalmistus ei anna adekvaatset pilti teaduri elukutsest, ei kujunda üliõpilastes teadustööks vajalikke omadusi [2, lk. 147-148; 3; 4].

Meie kogumi puhul oli hinnang ettevalmistusele teadustöö metoodika ja metodoloogia valdkonnast järgmine: 4,7 % hindas ettevalmistust selles valdkonnas väga heaks, 17,4 % heaks, 45,0 % rahuldavaks, 24,9 % halvaks ja 8,0 % puudulikuks. Need tulemused kinnitasid veel kord töühüpoteesi, et kõrgkooli-ettevalmistus ei vasta nüüdisteaduse nõuetele ja vajab tulevaste spetsialistide töövaldkondi silmas pidades tõsist diferentseerimist.

Teadustööks ettevalmistuse taset aitaks tõsta teadurite kasutamine õppejõududena, millega soodustataks teaduse saavutuste kiiremat jõudmist õppekavadesse ja kasutataks paremini ära teaduskaadri potentsiaal. Nüüdisaegne teadustöö on suures osas kollektiivse iseloomuga. Tänased noored spetsialistid teaduses on nagu inseneridki tootmises potentsiaalsed teadusjuhid, kes peavad oskama töötada inimestega, omama teatud hulka organisatoorse töö oskusi. Nimetatud valdkondades on kõrgkooli-ettevalmistusele antud hinnangud madalad. Vaid 2,0 % kogumist andis inimestega töötamise oskusele väga hea hinnangu, samal ajal kui 12,0 % hindasid selle puudulikuks. Organisatoorse töö oskustele andis väga hea hinnangu 1,0 % kogumist ja puuduliku 5,5 %.

Eeldasime, et inimestega töötamise oskust mõjutavad positiivselt ühiskondliku töö kogemused, mistõttu palusime ka hinnangut kõrgkoolis omandatud ühiskondliku töö oskustele. Ka see hinnang osutus madalaks. Seega ei loo praegune kõrgkooli-ettevalmistus küllaldast alust tegutsemaks teadusjuhina.

Kõrvuti professionaalse funktsiooniga täidab kõrgkool veel ideoloogilist funktsiooni, kujundades ühiskonna eesmärkidele vastavaid spetsialiste. Kõrgkoolide kõikidel erialadel antakse üliõpilastele üldisi ühiskondlik-poliitilisi teadmisi. Selles valdkonnas saime oma kogumilt kõrgkooli-ettevalmistusele kõrgeima hinnangu. 27 % hindasid oma

ühiskondlik-poliitilisi teadmisi väga heaks, 38,5 % heaks, 30,5 % rahuldavaks, 2,0 % halvaks ja 2,0 % puudulikuks.

Kõrgkooli-ettevalmistuse erinevatele valdkondadele antud hinnangud skaalal +1 kuni -1 oleksid teaduses töötavate spetsialistide puhul järgmised:

| | |
|---|---|
| - erialased teadmised | + 0,31 |
| - üldised ühiskondlik-poliitilised teadmised | + 0,43 |
| - teadustöö metoodika ja metodoloogia valdamine | - 0,07 |
| - praktilised tööoskused | + 0,02 |
| - organisatoorse töö oskused | - 0,12 |
| - ühiskondliku töö oskused | + 0,03 |
| - oskus töötada inimestega | - 0,11 |

Kokkuvõttes võime tõdeda, et praegune ettevalmistus kõrgkoolis vajab täiustamist, ennekõike tulevastele spetsialistidele antava organisatoorse töö ja inimestega töötamise oskuse tõhustamise suunas. Sõltuvalt tulevase töö spetsiifikast - tootmine või teadus - vajaks ettevalmistust diferentseerimist ja vastava valdkonnaga koostöö tihendamist.

Kirjandus


1. Teenistujate ametikohtade kvalifikatsiooniteatmik. Tln., 1975. 107 lk.
2. Лазар Н.Г., Лейман И.И. НТР и нравственные факторы научной деятельности. Л., 1978. 160 с.
3. Бельская Л.В., Кореняко В.К. Совершенствование подготовки специалистов для научной деятельности в условиях НТР. - В кн.: Научно-технический потенциал и эффективность его использования. Ч. II. Минск, 1982, с. 128-130.
4. Подготовка специалистов в университетах и других учебных заведениях. - Мир науки, 1980, № 4, с. 7-8.

M. Toimet

## On the Adequacy of Higher Technical Education

Summary

With reference to the graduates from Tallinn Technical University the paper discusses whether the standards of specialists meet the requirements set by modern science and production.

The drawbacks characteristic of the training at a present-day higher school are elucidated, and some suggestions are made to improve higher education.

Nr. 590

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

UDK 378.662:625.7/.8(474.2)

A. Vaimel

# TPI JA TEHNILISE MÕTTE ARENG EESTI TEEDEEHITUSES

## 1. Aastad 1944–1952

Kui Tallinna Tehnikainstituudi loomise ajajärgu teedeasjandust iseloomustas peamiselt Vene- ja välismaal kõrghariduse omandanud ja üksikutest Tallinna Tehnikumi lõputunnistusega eestlastest koosnev juhtiv kaader, siis fašistlikule okupatsioonile järgnenud aastaid iseloomustas paljurahvuseline juhtiv kaader, kes pärines valdavalt Nõukogude armeest ja NSVL Siseasjade Rahvakomissariaadi süsteemist. Märkigem, et tollal allusid maanteed just viimasele. Ennesõjaaegne aktiivne kaader oli lakanud peaaegu olemast. Natukene paremad olid lood kesktehnilise personaliga – teemeistritega.

1944. aastal määrati ENSV Maanteede Valitsuse ülemaks alampolkovnik M. Asnin ja peamehaanikuks V. Klauson. Maanteede Valitsusele allusid maakondade teedevalitsused. Ka teedevalitsuste eesotsas olid ülemate ja vähemal määral ka peainseneridena ametis peamiselt ülalnimetatud asutustest tööle määratud vennasvabariikide teedespetsialistid.

Tollase teedeorganisatsiooni esmaülesandeks oli liikluse taastamine Eesti NSV teedel. Alustada tuli sildadest: oli ju täielikult purustatud 360 silda.

Maanteede Valitsuses töötas tollal sillaspetsialistina praegune professor H. Laul, kelle põhialaks oli sildade projekteerimine, ehitamine ja ekspluatatsioon. Lühikese ajaga (oktoobrist 1944 kuni aprillini 1945) tuli tal projekteerida ca 20 silda. Eesti sillaehituse ajaloos projekteeris ta esmakordselt naelkanduritega avaehitisi. Neist väärib märkimist Puurmani sild Tallinn - Tartu teel. H. Laulu projekteeritud naelkandureid kasutas hiljem (1957) käesoleva artikli autor sama silla monoliitsest raudbetoonist avaehitise raketise toestamiseks, s. o. uus raudbetoonsild ehitati va-

nadele naelkanduritele. Ka Pirita silla taastamisprojekti autoriks oli H. Laul. Taastamisprojekt nägi ette teatavas mõttes riskantse lahendusena puidust avaehitise toetamise jõkke varisenud raudbetoonist kaareosadele.

Üldse iseloomustab sõjajärgset (teede)inseneriasjandust suur riskitegur. Tuli ju projekteerida sageli ilma geoloogiliste uurimistöödeta, teadmata suurvee ning jäämineku tasemeid. Pealegi polnud võimalik nii suurt hulka sildu lühikese ajaga projekteerida, mistõttu paljud neist ehitati ilma igasuguse projektita ja juhusliku töõjõuga, sest aastail 1944–1946 suunati teetöödele töökohustuse korras massiliselt maainimesi. Nende asjaolude tõttu, n-õ. igaks juhuks, demonteeriti jäämineku ajaks 1945. aasta kevadel mitmed sillad. Ometi viis jää kaasa kümmekond silda, nende hulgas ka silla Põltsamaa linnas. Tulemusena katkes mõneks ajaks maanteeliiklus Tallinna ja Tartu vahel.

Kui üld- ja vabariikliku tähtsusega teedel ehitati ajutised sillad mõne aastaga, siis kohalikel teedel jätkus sildade ehitamist viiekümnendate aastate keskpaigani.

Hilissügisel 1944 taasalustas Tallinna Polütehniline Instituut õppetööd ja juba järgmisel aastal võeti ehitusteaduskonda vastu üliõpilasi, kes said (esmakordselt Eesti teedeasjanduse ajaloo jooksul) kõrghariduse autoteede alal.

Alates sellest on Eesti teedeasjanduse areng tihedalt seotud TPI üliõpilaste ja lõpetajatega. Esmalt olid vabariigi maanteed ning sillad üliõpilaste praktikaobjektideks. Sedamööda, kuidas suurenes instituudi lõpetanud teedeinseneride arv, paigutusid nad Maanteede Valitsuses ja sellele alluvais teedemajandeis juhtivatele ametikohtadele, hakates kujundama tehnilise mõtte arengut meie teedeasjanduses. Aga kulus veel aastakümneid, kuni kujunes välja organisatsiooniline tervik kõigi tehniliseks arenguks vajalike institutsioonidega.

Kuna esimesi TPI lõpetajaid autoteede erialal oli oodata alles 1951. aastal, teedemajandus aga tundis suurt puudust asjatundjaist, siis loodi käsitletaval perioodil TPI juures teemeistrite kvalifikatsiooni tõstmise kursused. Kuni 1948. aastani lõpetas need kursused ligi 100 inimest. See oli tõhus täiendus väheseks jäänud maanteelaste perele. Kursuslasi õpetasid sellised tuntud õppejõud nagu professor

O. Maddison, professor A. Velner, noorematest praegune dotsent L. Poverus, professor V. Kikas jt. Seoses kursustega laienes ehitusteaduskonna õppejõudude pere insener R. Ambrosega.

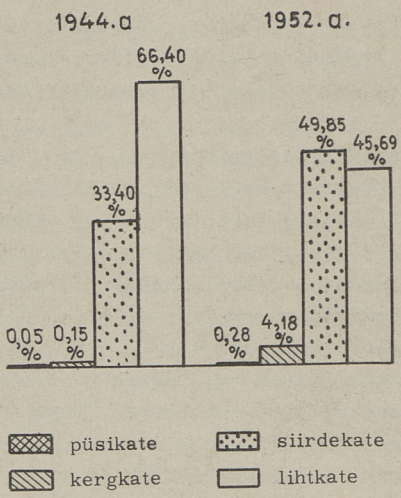
Eesti maanteed olid kruuskattega ja kui sõjaeelseil aastail oli tõusnud päevakorda kruusateede tolmutõrje, siis sõjajärgseil aastail tuli tolmutõrje küsimus mitte ainult päevakorda võtta, vaid ka lahendada, sest autoliiklus oli kahekordistunud. Liiati suudis suurenenud liiklusintensiivsus mõtlema üleminekule kõrgemat tüüpi teekattele.

1945. aastal ehitati esmakordselt 8,2 km nn. mustkatet. Koos mustkatete rajamisega tekkis ka omalaadne bituumenitöötstus. Põlevkiviõlist valmistati õhuga läbipuhumise teel peaaegu igas teedevalitsuses vedelbituumeneid, mis segati olemasolevast teekattest teehöövlite jõul ülesküntud kruusaga. Tõsi küll, sageli veeti juurde ka uut kruusa. Viis aastat hiljem, s.o. 1950. aastal, ehitati taolisel viisil juba 159,4 km katteid. Näis, et on leitud lihtne viis kõrgemale teekattetüübile siirdumiseks. Kuid nagu kümnekonna aasta pärast selgus, polnud mustkatte ehitamine praktiliselt muldkehata teedele, vähese tugevusega alustele ja sageli külmaohtlikele pinnastele õige lahendus. Liiga lihtsalt ja väheste vahenditega sooviti saada kruuskattest märksa paremat katet.

Mustkatete ehitamine tähendas ka aasta-aastalt suuremat pindamistööde mahtu. Esialgu laotati killustikku käsitsi, kuni Pärnu Teedevalitsuses kohandati A. Spiegelbergi juhendamisel (1951) kodanlikust ajast säilinud laotaja kallurile. Esimene pindamine sel viisil toimus Pärnu ja Are vahel. Praegu kasutatakse seda erakordselt lihtsat ja kiiresti valmistatavat, balalaikaks kutsutud seadet kõikides meie teedemajandites.

Käsitletava perioodi tähelepanuväärseimaks saavutuseks teede ja sildade taastamise ning mustkatete rajamise kõrval oli tsementbetoonkatte ehitamine Tallinn-Narva maanteel 35-km lõigul Tallinnast Kuusaluni. Algas ka üksikute sildade ja truupide ümberehitamine alalisteks *. Raudbetoonsild püstitati ka Luunjas, kus seni pääses üle Emajõe ainult parvega.

* Ajutisteks nimetatakse puit-, alalisteks raudbetoon-, kivi- ja terassildu.




Joon. 1. Muutused Eesti NSV teedevõrgu katete struktuuris aastail 1944-1952

1952. aastaks oli TPI andnud vana universaalprogrammi järgi õppinud 6 üksiklõpetajat ja kahe esimese lennu süstemaatilise autoteede-õpetuse läbinud 15 teedeinseneri. Kahjuks ei asunud kõik nimetatud spetsialistid tööle teedemajandusse, ometi just nende lõpetajate hulgast kasvasid välja esimesed teedevalitsuste peainsenerid (H. Haggi, G. Laev, A. Meschin, A. Vaimel), samuti Maanteede Valitsuse (praegu Teede Remondi ja Ehituse Trust, TRET) peainsener A. Lass. Sellega oli pandud alus juhusliku tehnilise haridusega, sageli praktikuist koosneva eelmise põlvkonna väljavahetamiseks ja tehnilise mõtte edasiseks arenguks.

Madala muldkehaga või hoopis muldkehata, olid Eestimaa teed tuisuohtlikud. Tormiliselt arenev rahvamajandus vajas aga ka talvel katkematu liiklusega põhiteede võrku. Seepärast pandi noil aastail suurt rõhku passiivsetele lumetõrjevahenditele. Jättes kõrvale sillad, oli mustkatte ehitamine probleemiks nr. 1, tähtsuselt järgmine oli lumetõrje. Nimetatud valdkondadest pärinevad R. Ambrose tolleaegsed teaduslikud tööd. Põlevkivibituumenite uurimise alalt on sisukaid tulemusi avaldanud põlevkivikeemik J. Usk [1], kes mõnda aega töötas TPI-s.

1948. aastal katkestati üliõpilaste vastuvõtt Tallinna Polütehnilisse Instituuti teedeerialale. TPI panust käsitletaval perioodil kõrgharidusega teedeala spetsialistide ettevalmistamisel iseloomustab tabel 1.

Tabel 1

Teedeeriala lõpetajate arv TPI-s 1944–1952

| | 1944 | 1945 | 1946 | 1947 | 1948 | 1949 | 1950 | 1951 | 1952 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | - | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6+9* | 1 |
| Kokku | - | Avati vastuvõtt teedeerialale | - | - | 1 Katkestati vastuvõtt teedeerialale | 2 | 5 | 20 | 21 |

* 1945. a. vastuvõtust lõpetas 6, 1946. a. vastuvõtust 9 teedeinseneri.

2. Aastad 1953–1959

Kui eelmisel perioodil ehitatud mustkatted pidasid vastu üldiselt rahuldavalt (kuigi tuli ette ka koormuse piiramist ja mõnegi tee ajutist sulgemist autoliiklusele), siis oli see mõneti juhus. Piisas vaid kahest teekonstruktsioonidele erakordselt halvast kevadest kahjustava niiskus- ja temperatuurirežiimiga, kui mustkatte lagunedes teed muutusid läbipääsmatuks ja autoliiklus mitme suurema keskuse vahel häirus.

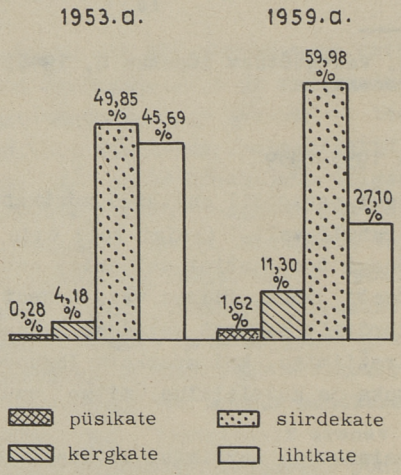
Sellise seisukorra tekkimist ei saa muidugi põhjendada ainult kahe erakordselt halva kevadega, ehkki taolisi ei mäletatud varasematest aegadest. Teede massilise lagunemise peapõhjus seisnes siiski muus. Lisaks eespool juba mainitud mustkatte rajamisega seotud asjaoludele, märkigem veel, et teedele tehtavad kulutused jäid suuresti maha (kuni 2,5 korda) veokäibe kasvust [2].

Olukorra parandamiseks alustati teedevõrgu laiaulatuslikku rekonstrueerimist, kusjuures tähelepanu keskendati Tallinnast väljuvale kolmele peateele.

Teetööde forsseerimiseks ja autoveonduse paremaks korraldamiseks rakendati mitmeid organisatsioonilisi abinõusid. Nii moodustati 1953. aastal ENSV Autotranspordi Ministeeriumi ning ENSV Siseministeeriumi Maanteede Peavalitsuse asemele ENSV Autotranspordi ja Maanteede Ministeerium, kelle juhtimisel töötatakse praegugi.

Kuna senised teedevalitsused, kes teede ekspluatatsiooni kõrval tegelesid ka nende ehitamisega, polnud üksi suutelised suurenenud ehitusprogrammi täitma, loodi perioodi lõpuaastail kolm spetsiaalset teedeorganisatsiooni, praegused teede remondi ja ehituse valitsused - TREV-1 (Tartus), TREV-2 (Tallinnas) ja TREV-3 (Pärnus)

Liikluse kasv nõudis üleminekut kergkatetelt (mustkatted) püsikatetele (asfaltbetoonile). Seetõttu rajati ka esimesed asfaltbetoonitehased - Rakvere lähedal Pahnimäel (1957) ja Toilas (1958). Viimane paigutati hiljem ümber Ahtmesse.




Joon. 2. Muutused Eesti NSV teedevõrgu katete struktuuris aastail 1953-1959

Suuremad ehitustööd tähendasid ühtlasi suuremat projekteerimismahtu. Et sellega toime tulla, loodi 1956. aastal Maanteede Projekteerimise-Uurimise Kontor.

Nimetatud abinõude tulemusena suudeti perioodi lõpuks teede põhivõrgu osas vältida kevadist teede lagunemist ning vaatamata sellele, et palju vaeva nõudis varasema mustkatte ümberehitamine, suurenes must- ja asfaltbetoonkattega teede kogupikkus 1952. aasta 714 km-lt 1563 km-ni 1959. aastal. Perioodi lõpus suudeti ehitada üle 200 km must- ja ca 50 km asfaltbetoonkatteid aastas.

Kuna pärast sõda taastatud puitsillad hakkasid vähehaaval rivist välja langema, siis tuli ikka enam tegelda puitsildade ümberehitamisega raudbetoonsildadeks. Massilise iseloomu omandas see tegevus 1956. aastast alates.

Käsitletaval perioodil anti ekspluatatsiooni Luunja (1953), Kärevere (1955), Sindi-Lodja (1955) ja Jõesuu (1958) suured monoliitsed raudbetoonsillad. Nimetatud sillad väärivad erilist tähelepanu seepärast, et olles enne sõda rajatud välisfirmade poolt, ehitati need uuesti üles täielikult oma jõududega. Seejuures betoneeriti Kärevere sild talvel, ainukesena Eesti sillaehituse ajaloos, seni kõige kiiremini (ainult 4 kuuga) on aga valminud Jõesuu monoliitne raudbetoonsild. Töödest võttis osa prof. H. Laul konsultandina (Luunja sild) ja TPI lõpetanud teedeinsenerid A. Vaimel (Kärevere sild) Teede Ekspluatatsiooni Jaoskonna nr. 48 ning A. Meschin (Jõesuu sild) Viljandi Teedevalitsuse peainsenerina. Luunjas sai tudengina oma sillaehituse praktika praegune TRET-i peainsener A. Lass.

Ühteaegu sai selgeks, et laiaulatuslik sildade ümberehitamine pole mõeldav ilma ehitustegevuse industrialiseerimiseta, s.t. ilma üleminekuta monteeritavatele raudbetoonsildadele. Eelnimetatud monoliitsete raudbetoonsildade ehitamisel tehtigi selles suunas mõningaid ettevalmistusi: võeti kasutusele keevitatud karkassarmatuur ja üksikvarraste jätkamine otskeevitusega. Ka väiksemate sildade ehitamisel mindi üle ajakohastele vähema töömahukusega konstruktsioonidele - kergsammastega sildadele. Esimeseks taoliseks Eestis oli Suitsumatsi sild Tartu-Pärnu maanteel (Viljandi rajoonis) 1953. aastal. Ülaltoodu loogilise jätkuna valmisidki esimesed monteeritavad raudbetoonsillad: Tori (1956-1957), Jõgisoo (1957) ja Pikasilla (1959). Jõgisoo silla ehitas Tallinna Teedevalitsus, mille peainseneriks oli TPI 1952.a. lõpetanud teedeinsener G. Laev. Tunnustatud töödejuhatajaks

monteeritavate sildade ehitamisel kujunes insener J. Õim.

Kuni 1952. aastani hooldati Eestis kohalikke teid tasuta töökohustuse korras. 1959. a. veebruaris loodi teedefond. Sellesse eraldatud summad on praeguseks võimaldanud meil kogu kohaliku teedevõrgu välja ehitada tänapäeva nõuete kohaselt.

Käsitletaval perioodil on kohalikele teedele projekteerinud puitsildu käesoleva artikli autor. Pidades end puitsildade osas prof. H. Laulu õpilaseks, olen projekteerinud mitmeid naelkanduritega sildu, millest suurim oli Rohe kolmeavaline sild üle Pedja jõe. Puitsildade projekteerimisega kohalikele teedele on tegelnud ka praegune TPI professor V. Kulbach.

1957. aastal alustati TPI-s teedeinseneride ettevalmistamist kaugõppeteaduskonnas, kuid see õppevorm ei täitnud talle pandud lootusi: kuni 1982. aastani lõpetas teedeinsenerina kaugõppeteaduskonna ainult 19 inimest.

Perioodi lõpuaastaid tuleb pidada tähelepanuväärseiks seetõttu, et 1. septembril 1958 loodi TPI ehitusteaduskonnas autoteede ja geodeesia (praegu autoteede) kateeder. Esimeseks kateedrijuhatajaks sai dots. R. Ambros. Järgmisel aastal lõpetas TPI pärast kuueaastast vaheaega 20 teedeinseneri, kes olid saanud peamise osa õpetusest ehitusteaduskonna teiste kateedrite juures. Seega oli teedeinseneride sõjaeelse arvu ületamiseks kulunud tervelt 15 aastat.

Kõneldes TPI osatähtsusest Eesti teedeasjanduses, siis antud perioodi iseloomustab kaadri ettevalmistamise kõrval ka suuremate valminud sildade proovikoormamine (läbiviijaks ehituskonstruktsioonide kateeder) ning sellega kaasnev uurimistöö. Eesti NSV-s puudub seniajani teine taoline organisatsioon, kes niisuguse tööga hakkama saaks. Jätkus ka põlevkivibituumenite uurimine (K. Kask, H. Tamvelius) [3; 4].

Käsitletava perioodi viimasel (1959) aastal anti ekspluatatsiooni esimene maanteeviadukt üle raudtee, milleks oli Aseri viadukt Tallinn-Narva maanteel.

TPI panust käsitletaval perioodil kõrgharidusega spetsialistide ettevalmistamisel iseloomustab tabel 2.

Tabel 2

Teedeeriala lõpetajate arv TPI-s 1953-1959

| | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 8 | - | - | - | - | - | 20 |
| Kokku | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 49 |
| alates 1948. a. | | Alustati uuesti vastuvõttu teede-erialale | | | Vastuvõtt kaugõppesse | | Ületati teedeinseneride sõjaeelne arv |

3. Aastast 1960 käesoleva ajani

Töö vabariigi teedel jätkus nüüd intensiivsemalt ja märksa kõrgemal kvalitatiivsel tasemel.

Hoogustus viaduktide ehitamine üle raudtee. Käsitletava perioodi jooksul on neid ekspluatatsiooni antud kolmteist.

Transiitliikluse parema korraldamise, aga ka linnade-asulate tänavate liikluskoormuse vähendamise eesmärgil alustati teede möödaviimist linnadest-asulatest, s.o. ringteede ehitamist. Tehti algust ka Tallinnast väljuvate peateede I kategooria autoteeks* ümberehitamisega.

Ringteede ja I kategooria teede ehitamist jätkub aastakümneteks. Kogu Tallinn-Narva tee, teised osaliselt, on ette nähtud ehitada ümber I kategooria autoteeks. Kuidas ka poleks, lähemail aastail saab sõita mööda I kategooria autoteed Tallinnast Narva suunas Valgejõeni ja Pärnu suunas Ääsmäeni. Teelõik Tartu suunas on praegu projekteerimisel. Ehitustõid sel lõigul alustatakse Sommerlingi ja Ringtee ristmiku eritasandiliseks ehitamisest.

Alustasid tegevust uued asfaltbetoonitehased (Lagedi, Jänesselja, Paide, Umbsaare, Riisipere, Tiitsu, Kärkna, Kuusalu), moderniseeriti varem ehitatud. Praegu töötab Eesti NSV-s kokku 10 asfaltbetoonitehast.

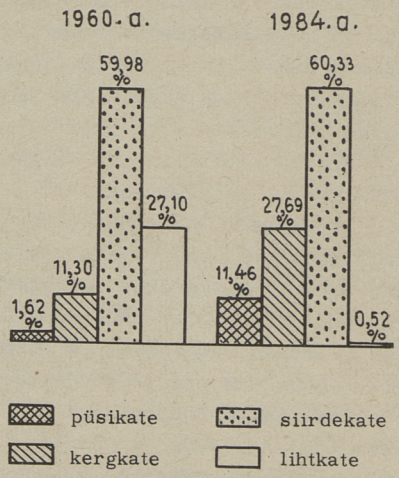
Teetööde kvaliteedi kontrollimise, juhtimise ning tootmisalase uurimistegevuse tõhustamiseks loodi 1964. aastal TRET-i alluvuses Teedeehituse Kesklaboratoorium (TKL),

* I kategooria autoteel on kummagi sõidusuuna jaoks vähemalt kaks sõidurada, sõidusuundade vahel paikneb eraldusriba, kõik ristmikud on eri tasandeis.

mille tuumiku moodustavad TPI lõpetanud insenerid ja mis käesolevaks ajaks on kujunenud Eesti teedeasjanduse loomingguliseks keskuseks.

Ka TPI-s toimus teedealal märkimisväärseid sündmusi. Nimelt avati 1961. aastal teedeala aspirantuur ning 1981. aastal loodi sellealase teadustöö tõhustamiseks autoteede kateedri juurde autoteede ja liikluse ratsionaalse projekteerimise laboratoorium.

Eelmisel perioodil loodud teede projekteerimise-uurimise kontorist arenes välja projekteerimisinstituut "Eesti Maanteeprojekt" (1977), mille koosseisust valdava osa moodustavad jällegi TPI-s koolitatud teedeinsenerid. See on kujunenud kolmandaks teede ala loomingguliseks keskuseks TPI autoteede kateedri ja TKL kõrval.




Joon. 3. Eesti NSV teedevõrgu katete struktuuri muutused aastail 1960-1984

Tabel 3

Teedeeriala lõpetajate arv TPI-s 1960–1984

| | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Päevases õppevormis | 12 | 20 | 17 | 9 | 18 | 11 | 7 | 14 | 9 | 12 | 17 | 12 | 11 |
| Kaugõppes | - | - | - | 1 | - | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Kokku alates 1948.a. | 61 | 81 | 98 | 108 | 126 | 139 | 148 | 163 | 174 | 189 | 208 | 221 | 233 |

| | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Päevases õppevormis | 12 | 18 | 10 | 11 | 18 | 23 | 9 | 27 | 37 | 31 | 39 | 34 |
| Kaugõppes | 1 | - | 1 | - | - | 1 | - | - | - | 1 | - | - |
| Kokku alates 1948.a. | 246 | 264 | 275 | 286 | 304 | 328 | 337 | 364 | 401 | 433 | 472 | 506 |

Eesti teedeehituse kvalitatiivset taset iseloomustab:

- uute progressiivsete tehnoloogiliste suundade tekkimine ja rakendamine; tähtsaimaks tuleb lugeda töödd pinnaste ja mineraalsete materjalide stabiliseerimiseks kohalike ehitusmaterjalide, tööstusjäätmete (TPI) ja põlevkivituhaga (TRET), neist materjalidest tee-ehituskonstruktsioonide projekteerimist ja ehitamist (TRET);

- teede kiirusrežiimide prognoosimine ja projekteerimine (TPI) kui täiesti uus valdkond, mille rakendused on võimaldanud vähendada liiklusõnnetuste arvu;

- koostöö üleliiduliste teedeehitus- jt. teaduslike asutustega;

- asfaltbetoonkatete tehnoloogia ajakohasus (alates asfaltbetoonitehasest kuni paigaldamise-tihendamiseni); seoses sellega väärib märkimist aktiveeritud fillerite (TKL) ja pindaktiivsete lisandite kasutuselevõtmine (TREV-2) ning asjaolu, et tänavu läheb käiku moodsaim asfaltbetoonimasinate komplekt Nõukogude Liidus;

- sidemed ja koostöö välismaa teadusasutustega (Prantsusmaa, Soome, VMN-i liikmesmaad);

- Eesti teedeehitajate edukas töö Lääne-Siberi rasketes tingimustes. Aastas antakse ekspluatatsiooni 30 km monteeritavast pingbetoonist plaatteid; suveti töötab Lääne-Siberi teedeehituses ca 30 teedeeriala tudengit ja õppejõudu, andes oma panuse Lääne-Siberi naftamaardlate hõivamisse;

- Eesti NSV riikliku preemia omistamine põhiliselt TPI lõpetanud TRET-i teedeinseneride kollektiivile põlevkivituha kasutamise eest teedeehituses.

Uus kvalitatiivne tase teedeehituses on kasvanud välja kõrgharidusega teedeinseneride arvukusest (praeguseks ca 500), nende paigutumisest juhtivatele ametikohtadele teedemajanduse kesk- ja allasutustes ning projekteerimisinstituutides, teadusliku kvalifikatsiooniga kaadri tekkimisest, mistõttu on saanud võimalikuks mitmete institutsioonide kujunemine loomingulisteks üksusteks.

4. Kokkuvõte

Eesti NSV teedevõrgu tihedus on suurim Nõukogude Liidus, ületades selles ka mitmeid Põhja-Euroopa riike. Väärib märkimist, et kattega teede osakaalu poolest oleme samuti Nõukogude Liidus esikohal ja ainult vähesed arenenud

veondusega Lääne-Euroopa riigid asuvad selle näitaja poolest meist eespool.

Ometi tuleb tunnistada, et peateede vastavuses liiklusele, eriti liiklussõlmede väljaehituses esineb mahajäämust. See näitaja on meie lähematel naabritel, eriti Leedu NSV-l, märgatavalt parem. Kuid ka siin võib loota lähemail aastail olukorra muutumist, on ju mitmed objektid juba töös või kavandamisel.

Tähtis on saavutatud arengutempo säilitamine, kruuskatete osatähtsuse vähendamine, kerg- ning püsikatete korrashoidmine kvaliteetsete looduslike mineraalsete ehitusmaterjalide ja sideainete defitsiidi tingimusis.

## Kirjandus


1. Уск И. А. Сланцевый битум. Таллин, 1959. 249 с.
2. E i n e r, V. Kahevõitlusest koostööni. - Edasi, 1983, 17. märts.
3. K a s k, K. Põlevkivibituumenite analüüsi metoodikast. - Труды ТПИ, 1958, № 153. Сборник статей по химии и технологии горючего сланца. Вып. 5, с. 78-96.
4. K a s k, K., T a m v e l i u s, H. Põlevkivibituumeni vananemisprotsessi uurimine. - Труды ТПИ, 1959, № 165. Сборник статей по химии и технологии горючего сланца. Вып. 6, с. 199-207.



A. Vaimel


Tallinn Technical University and Development of Technical Thought in Estonian Road Construction


Summary

The article deals with the progress in road organization, the training of road construction specialists and research work in the years of 1944-1984.

# ISIKUREGISTER


A

Aarna, A. 14, 51, 97
Aitsam, A. 51
Ajaots, M. 57
Allik, K. 56
Allikas, L. 50, 57
Altma, A. 27, 28, 96
Ambros, R. 129, 130, 134
Arumeel, E. 49
Asnin, M. 127

B

Brutus, L. 56
Buatšidze, S. 51
Bussel, O. 56

D

Deprez, M. 76
Dickinson, A. 81
Dobrotvorski, V. 76, 77
Dokelin, S. 21, 51, 57

E

Eesmaa, H. 101
Eiskop, I. 50
Ennuste, Ü. 51, 88
Erassi, N. 78

F

Fominõh, E. (J.) 50, 98

G

Garina, V. 56
Grabko, S. 22, 23
Grigorjev, V. 16

H

Hagelberg, R. 50, 51
Haggi, H. 130
Hain, A. 12, 20, 21, 23
Haldna, M. 50
Haldna, Ü. 50, 51, 56
Hinrikus, H. 57
Hollmann, R. 51
Humal, A. 50
Härmson, H. 50
Härmson, P. 50

I

Ingar, L. 23
Ivand, H. 23
Ivand, J. 27

Joon, H. 23
Jõgioja, E. 56
Jõudu, K. 51

Kaarepere, R. 90
Kaasik, P. 49, 50
Kamratov, A. 91
Kann, J. 50, 98
Karik, H. 50
Kark, J. 27
Kark, V. 50
Kask, K. 98, 134
Kenk, K. 57
Kerem, K. 57
Kiivet, G. 22
Kikas, V. 12, 23, 97, 129
Kink, A. 79

Laansoo, A. 54, 57
Laev, G. 130, 133
Lapimaa, J. 57
Laul, H. 14, 21, 49, 51, 127, 128, 133, 134
Laul, I. 22, 23
Lass, A. 130, 133
Laur, T. 12, 21, 23, 57

Maddison, O. 27, 129
Madis, J. 56
Maltenek, E. 82
Mandel, M. 56
Martinson, H. 88
Meel, M. 88
Meldorf, M. 57

J
Järvik, J. 56, 57
Jürgenson, L. 27, 98

K
Klauson, V. 127
Klesment, I. 49
Kogermann, E. 12, 20, 23
Kravtšenko, I. 19
Krikk, M. 101
Kulbach, V. 51, 56, 134
Kull, E. 88
Kulli, K. 56
Kullison, A. 50
Kulu, P. 54, 57
Kuuskman, E. 50
König, E. 77, 78
Köstner, A. 56, 98

L
Leibur, M. 56
Lepikson, H. 51, 88, 97
Liiman, V. 56
Lippmaa, E. 51
Loitve, M. 51
Lootus, J. 56
Loov, E. 56

M
Mere, H. 54
Mereste, U. 51, 88
Meschin, A. 130, 133
Mikk, I. 50, 51
Mosberg, R. 98
Mutso, A. 57
Mänd, U. 56

Nemvalts, A. 50
Nigul, U. 51
Nikolajev, G. 52
Nikolski, A. 51

Oengo, H. 96, 97
Ojaste, K. 22
Oruvee, H. 49, 51
Otloot, H. 51
Ots, A. 51, 56

Paal, L. 51
Paracelsus 5
Pavelson, M. 98
Pets, L. 57
Petuhov, E. 50
Piiroja, E. 56
Piksarv, E. 12, 20, 23

Raado, L. 22, 23
Raidna, V. 21
Rajangu, V. 91
Rannes, A. 51
Raudsepp, H. 27, 51, 97
Raukas, U. 51, 57
Reiman, V. 51
Reinvald, O. 82
Reispere, H. 12

Saks, L. 57
Saksakulm, T. 88
Schmidt, A. 56
Schmidt, E. 88
Segerkrantz, V. 98

N

Nirk, T. 56, 57
Noormets, H. 23
Nurm, V. 22
Nuut, J. 28

O

Otsasson, R. 51
Otsmaa, S. 88, 89
Otsmaa, V. 56
Otsman, R. 12, 21, 23

P

Pirotski, F. 76
Pobul, G. 49
Poleštšuk, A. 79
Polonski, V. 49
Poverus, L. 129
Putk, A. 56
Pärnits, Ü. 50

R

Reissar, H. 50
Remma, H. 51
Richert, J.G. 79
Riikoja, H. 50
Riives, E. 49
Risthein, E. 49
Ritso, A. 56
Rojak, S. 19
Rukki, U. 56

S

Siimer, E. 56
Sillamaa, H. 97
Silver, E. 50
Soidra, R. 21
Soonike, V. 22

Spiegelberg, A. 129
Sumbak, A. 56

Štšeglov, N. 97, 98

Železnjakov, M. 16, 23

Talu, M. 57
Tamm, B. 51
Tammeorg, J. 52
Tammet, H. 56
Tamvelius, H. 134
Tartu, Ü. 90
Teearu, A. 88
Tepaks, L. 51, 97
Teppandi, J. 49
Tergem, I. 50
Terno, O. 50, 51

Ubar, R. 56
Usk, J. 130

Vaimel, A. 130, 133
Valdma, L. 98
Vavilov, N. 23
Veiderma, M. 51, 97
Veigel, P. 16, 23
Velmre, E. 56

Wittlich, M. 81

Õim, J. 134

Õpik, I. 51, 97

Üksvärav, R. 51

Sunila, A. 57
Sürje, P. 56

Š

Ž

T
Tiikma, T. 56
Tiismus, H. 51, 98
Tiltsen, E. 79
Time, I. 71-74
Tiro, A. 49
Tomson, J. 56
Toomaspoeg, J. 51, 88
Torim, A. 57
Tuch, I. 49
Tärno, Ü. 51
Türn, L. 50

U
Uus, E. 50
Uustalu, E. 22, 23

V
Velner, A. 78, 129
Velner, H. 50, 51
Vihvelin, L. 23
Vihvelin, R. 23
Vimmsaare, K. 56, 57

W

Õ
Õun, K. 50

Ö

Ü

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Труды ТПИ № 590

Развитие высшего технического образования и технической мысли в Эстонии

Составитель В. М я г и

Оформление обложки М. Р у л ь я н д

На эстонском языке

Vastutav toimetaja V. Kulbach
Tehniline toimetaja A. Hall
Kinnitanud TPI toimetiste kolleegium 01.11.84
Trükkida antud 31.01.1985
MB-01316
Formaat 60x90/16
Trükipg. 9,0+0,5 (lisa). Arvestuspg. 7,8. Trükiarv 400
Tellimuse nr. 62
Hind rbl. 1,20
Tallinna Polütehniline Instituut, 200026 Tallinn, Ehitajate tee 5
TPI rotaprint, 200006 Tallinn, Koskla 2/9

EESTI AKADEEMILINE RAAMATUKOGU
1 0200 00083132 5

Hind rbl.1.20