

Luigelaul...

(tagasivaade tööelule – enesekiitus ja -kriitika)

Minu kadunud ülemuse ja sõbra dr. Paul Tamkivi sõnul on enesekiitus nii tähtis ettevõtmine, et seda ei tohi võõraste hooleks jätta. Niisiis alustan.

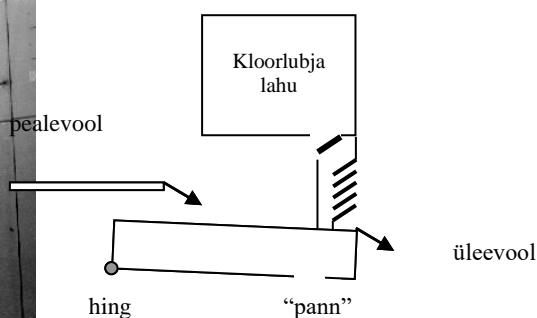
Juttu tuleb minu viimasest tööperioodist, millega tahan näidata, kuidas (küll mitte tipp-) teadust saab teha peaaegu mittemillegi eest. Kaugel sellest, et alljärgnev oleks nutulaul, mis siis, et see ka kriitilisi (vahel ka enesekriitilisi) mõtteid sisaldab. Ma olen elanud huvitavat elu ja suuresti tänu abikaasa Asta Tomsonile, kes minu arvutud komanderingud ja konverentsikülastused on välja kannatanud ja kodu joones hoidnud.

Aga tagasi tööasjade juurde. Üldse loen endal olevat neli tööperioodi.

Esimene tööperiood neist oli aastail 1955–59, mil olin suunatud Püssi elektrijaama tootmistööle, algul elektrilabori ja viimased kolm aastat elektritsehhi juhatajana. Hindan, et see, mis minust järele jäi, oli relekaitse¹ joonistemajandus. Igapäevane ekspluatatsioonitöö oli võitlus vanade amortiseerunud elektriseadmete avariidega. Loovat sädet selles ei olnud.



Joonis 1. Püssi elektrijaama peakilbi ees.



Joonis 2. Reovee automaat-desinfitseerimine-

Loovuse algeid arvan ära tundvat oma kunagisest ratsionaliseerimisettepanekust, mille skeem on kujutatud joonisel 2. Elektrijaama asumi reovesi lasti Püssi (=Purtse) jõkke, aga seda desinfitseeriti kloorlubja lahusega. Kui reovett ainult nirises, oli desinfitseerivat lahu kahju raisata. Kui seda tuli ohtralt, pidi seda lisama. Kogu see “sanitaarsõlm” asus asulast eemal jõe ääres, kuhu elektriliini ei läinud. Minu ettepanek seisnes hingele toetavas anumast, “pannis”, mille põhjas oli väike auk. Pann rippus tasakaalustava vedruga kloorilahuse paagi klapi küljes. Väike vooluhulk nirises läbi augu ja panni raskus ei avanud klappi. Kui vooluhulk suurenes, ei jõudnud väike auk reovett vastu võtta, pann täitus, kaldus ja reovesi voolas üle ääre vabalt jõkke. Aga nüüd oli pann raske ja klapp avanes ning reovesi sai lahuga rikastatud... Ei mingit elektrit, aga täisautomaatika.

Arvan, et selle idee korjasin üles lapseõlvest, mil lugesin Disney (USA) koomikseid, mis olid rikastatud igasuguste lapsele arusaadavate tehniliste nippidega. Olen siiani selle ettepaneku üle uhke, aga tagantjärele kahtlen, kas need seda väikest auku pikapeale mitte umbe ei ajanud. Kahtlemine kulub hilisemas teadustegevuses hädasti ära! Sel tööperioodil polnud muret oma ideede realiseerimisega: elektritsehhis oli kümmekond kõrge

¹ Selgituseks: relekaitset võib pidada (elektrijaama, -võrgu jne) jäigalt programmeeritud ja riistvarana välja ehitatud tarkvaraks, mis peaks vältima või vähemalt minimiseerima kahjustusi avarii või ka ebanormaalse töörežiimi puhul. See on arenenud n.ö nõrkvooluahel.

kvalifikatsiooniga (elektri-)lukkseppa ja kui vaja, sai abi ka mehaanikatsehhist, milles olid nii mõnedki tööpingid.

Teine tööperiood algas alates 1959. a teisest poolest **Pirita Tee** pika nimega Instituudis² (PTI), kuhu mind kutsus tööle minu elektrimasinate eriala õppejõud Aleksandr Voldek³. Algul grupijuhhi, poole aasta pärast automaatikavahendite laboratooriumi juhatajana. Kuna olin tuntud raadioamatöörina, siis suunati mind elektroonika (nn “nõrkvoolu”) ülesannete lahendamisele. Pidime teenindama **RahvaMajandusNõukogu** (RMN) ettevõtteid aktuaalsete probleemide lahendamisega. Teadust oli vähe, aga nuputada tuli. Hiljem, peale rahvamajandusnõukogude likvideerimist sattusime NSVL elektritööstuse ministeeriumi haldusesse, alul tehnikaosakonna, hiljem pooljuhtseadmete osakonna haldusalasse. Tulid ka teaduslikumad ülesanded. Tõstaksin esile oma järgmisi PTI-s tehtud töid, mis vähemasti NSVL tasandil tähelepanu väärisid.

Leningradi ettevõtte p/k 629 (merekäe konstrueerimisbüroo(?)) oli eriti salastatud asutus, milles tohtis liikuda ainult kohaliku saatjaga ja kellele ehitasime majanduslepinguga mikrosekundiliste impulsside analoog-digitaalse muunduri (A/D) maketi⁴. Selle ajaline lahutusvõime oli 10ns (=nanosekundit). Seade mõõtis impulsi amplituudi, impulsi kestuse ja frontide kestusi. Töö tehti aastail 1962–1964, nii, et sellest kandsin suuliselt ette 1965. aastal Novosibirskis üleliidulisel mõõtetehnika konverentsil. Olin ainuke insener kandidaadi- ja doktori teaduskraadiga spetsialistide seltskonnas. Selle muunduri kõrgesageduslik osa tehti ära tunneldioididel, mis toona moes olid, aga millest madala eksploatatsioonikindluse (iseeneslik vananemine) tõttu pikas perspektiivis asja ei saanud. Tiit Kändler oma raamatus (“Mees tundliku ninaga” = Endel Lippmaa) uhkustab 1980-ndail tehtud muunduriga, mille ajaline lahutusvõime oli 100ns ja mis väidetavalt oli “maailmatasemel”. Meie oma oli tehtud 20 aastat varem ja kümme korda suurema lahutusvõimega – mis tasemel see töö oli?

A/D temaatikaga püüdsin lahendada ka Autobussijaama kõrval asetseva Tallinna Mõõteriistade Tehasele arendatavat alalisvoolu (0–5mA) integraatorit (=loendi), rakendades aeg-impulsmuuduri printsiipi. Selles täidetakse lineaarselt kasvava (laotus-)signaaliga ette antud ajaline intervall loendatavate impulssidega. Selle teooria töötas välja NSVL TA korrespondeeriv liige E. F. Temnikov, kelle järgi nimetatakse seda ka dünaamilise tasakaalustamise printsiibiks. Selle töö käigus taipasin, et lineaarne laotussignaal on ainult erijuhtum üldisemast ja kui laotussignaali ja impulsside sageduse vahele on loodud teatud matemaatiline suhe, võib lineaarset aeg-impulssmuundurit teha suvalise (tükati-)monotoonse signaaliga. Sellesisulised artiklid ilmusid üleliidulises ajakirjas⁵ ja seda loen oma teaduslikuks panuseks mõõtetehnikasse. Muid igasuguseid töid oli palju, aga nende teaduslikkuse astet loen madalaks. Teise, niioelda mõõtetehnika, tööperioodi lõpp on hägune ja see segunes kolmanda tööperioodi algusega, tinglikult 1972–1974.

² Originaalnimetus oli (ENSV RMN) Eletrotehnika Teadusliku Uurimise Instituut (ETUI). Seda nimetati korduvalt ümber ja iga kord venis nimi pikemaks. Tekstis kasutan edaspidi PTI lühendit, ehkki jooksva ajahetkel võis see ka midagi muud olla.

³ Venemaa eestlane, üle NSVL tunnustatud el.-masinate spetsialist ja vedelmetalli pumpade esmaarendaja, Eesti NSV TA akadeemik..

⁴ Т.И.Томсон, Э.Я.Шульц. Аналого-дискретный преобразователь временных параметров импульсного сигнала. Передовой научно-технический и производственный опыт. ГОСИНТИБ № 18-67-27/2, Москва, 1967., 21.

⁵ Т.Томсон. Квазилинейный развертывающий аналого-цифровой преобразователь. “Автометрия”, Новосибирск, 1969, 4., 110-115.

Т.Томсон. Квазилинейный преобразователь с экспоненциальным развертывающим напряжением. “Автометрия”, Новосибирск 1969, 6., 94-102.

Kolmas tööperiood kuulub jõuelektroonikale. Selle põhjuseks oli PTI üleandmine NSVL elektritööstuse ministeeriumi pooljuhtseadmete osakonna haldusalasse, kellel oli Tallinnas suur ja üsna hea kuulsusega nn Kalinini-nimeline tehas. See valmistas nii pooljuhtseadiseid (ränidiodid ja –türistorid) kui ka elektrivoolu muundureid nende põhjal. Oli loomulik, et see side sundis profiili muutma. Esiteks keskendus muundurite juhtimisprobleemidele: oli ju see nõrgavoolu-elektroonika üks rakendusvaldkondi. Pidasin silmas nende muundurite digitaalset juhtimist, aga enne, kui see realiseerus, pidin (ka tahtsin) töökohta vahetama. Kommentaariks veel PTI juurde: 1970-ndate lõpuks oli see ilmselt Eesti suurim teadusasutus ~800 töötajaga. Sellel oli oma konstrueerimisbüroo, mehaanikatöökoda, elektritöökoda, galvaanikalabor pinnakatete tegemiseks ja see oli suuteline väljastama katsetoodangut. Teadustegevuse tulemus oli metallis realiseeritav, mida ma ikkagi insenerina väga oluliseks pean.

Töökohta (aga mitte töö sisu) vahetades maandusin ENSV TA Termo- ja Elektrofüüsika Instituudis (TEFI-s⁶) muundusseadmete sektori juhatajana, kusjuures eeltingimuseks oli see, et võtsin omale vastutuse Paul Tamkivi algatatud nn Poola hanke eest. Poolas (Wroclav) asetsevale rahvusvahelisele Madalate Temperatuuride ja Tugevate Magnetväljade Laboratoriumile projekteeriti ja tehti nimetatud Kalinini tehase poolt suurt täppis-toiteallikat võimsusega **20 MW**, mille programmi järgi juhitava voolu stabiilsus (täpsus) oli 10^{-4} , so. 0.01%! Kahtlemata rahvusvahelise kaaluga ülesanne ja tippteaduse heaks, aga iseenesest mitte teadusülesanne. See oli puhas inseneriülesanne tuntud seaduspärasuste alusel. Kui mind TEFI-sse valiti ja ma esitasin oma “troonikõne”, küsis akadeemik Nikolai Alumäe, kas ma kavatsen ka doktoritöö kirjutada? Mitte sellest, oli minu vastus. Aga kavatsus tekkis, kui nägin selleks võimalust. Õigemini näitas selle võimaluse kätte TEFI asedirektor Paul Tamkivi, kes kiusas mind küsimusega: „kas saab ühelt trafolt alalditega toita mitut ühisklemmiga koormust nii, et need oleksid sõltumatult reguleeritud“? Selline koormus on realselt täiesti olemas näiteks mitmepostilise plasmareaktori näol. Võtsin mõtlemiseks päeva aega ja vastasin järgmisel päeval, et „saab küll“. Sellega olin „käe kuradile andnud“. Taipasin, et siin on peidus võimalus doktoritöö ära teha, sest ainevald oli uudne ja nii polnud keegi veel teinud. See juhtus 1980-ndate esimesel poolel, siis kui Poola hankega olid peamised mured murtud. Ühisosaga alaldite grupp oli teadus otseses tähenduses, ilma mingite pehmenavate klausliteta. Teooria tuli kirjutada: kommutatsiooniprotsessid radiaalses ja järjestikuses elektrivõrgus. Tuli uurida plasmatroni, kui ebastabiilset koormust ja ma esitasin viimase aseskeemi⁷. Enamiku teooriast avaldasin ENSV TA toimetistes, füüsika-matemaatika seerias. See on kohalik väljaanne, vähe tuntud N. Liidus ja ammugi mitte laias maailmas. Mis tähendab, et minu tehtud teadus pole kuigi hinnaline. Avaliku teabe mõttes. Praktikas oli see hinnaline, sest metallitööstuses kasutatavad plasmatronid või ka vaakum-plasmakambrid on toiteallikale väga tülikad koormused nende stabiilse töö mõttes. Mina sain nendega hõlpsasti hakkama, sest mul oli eelmistest uurimustest tagataskus häirekindel ühekanaliline faasijuhtimisüsteem⁸. Pooldigitaalne pealegi.

1980-ndate teine pool kulus plasmaseadmete toiteallikate juurutamisele Venemaal, Ukrainas, Kasahstanis ja Bulgaarias. Üheksakümnendatel kutsuti mind selle-alast projekti

⁶ Ka see teadusasutus muutis ajapikku oma nime, aga ma jään allpool selle nimekuju juurde.

⁷ Т.Томсон, П.Тамкиви. Об аналитической вольт-амперной характеристике плазматрона постоянного тока с самоустановившейся длинной дуги. Изв. СО АН СССР. Серия техн.наук 13, 1983, вып. 3, 77-82.

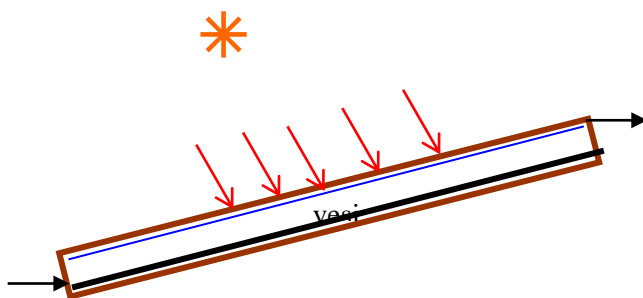
⁸ Т.Томсон, А.Тубалкайн. Устройство одоканального асинхронного фазового управления вентиляльным преобразователем. А/с СССР N°529538, 1976.

konsulteerima Brasiiliasse, Campinase ülikooli. Seda Brasiilia töötaja rahvusvaheliseks tunnustuseks veel pidada ei saa.

Ka TEFI-s oli võimalik realiseerida väljatöötatud seadmete näidiseid: oli kahemeheline konstruktorite grupp, sama suured mehaanikatöökoda ja elektritöökoda. Mahukamatel ja keerukamatel juhtudel sai abi TA erikonstrueerimisbüroost, mis asus praktiliselt üle õue. Esinesin teoreetiliste ettekannetega nii elektrikute, kui ka plasmatehnoloogide üleliidulistel teaduskonverentsidel ja tegin ennast N. Liidu auditooriumis enamvähem tuttavaks, ehkki ma esimese suuruse (teaduse-)täht ei olnud. Aga doktorikraadi kaitsmiseks (Kiiev, 1990.) sellest piisas. Eks muidugi, Moskvast välja antud raamatuke⁹ aitas sellele kaasa.

Aga ka kolmas tööperiood sai otsa. Algas see koos perestroikaga, kui Gorbatšov kuulutas välja konversioonipoliitika ja riigikaitsele kulutusi hakati kärpima. Tellijaid jäi vähemaks. Kui Eesti (taas-)iseseisvus, oli selgemast selgem, et senisel leival on lõpp: rahvusvahelised suurkorporatsioonid (Siemens, General Electric, Westinghouse, ABB jt) haaravad turu ja neile pole Eestis tehtud teadusuuringuid ega arendustööd vaja. Teadusuuringuid ja arendustööd hoitakse oma peakorterites, kus need ka ei asuks.

Neljandaks tööperioodiks said taastuveneergetika alased uurimused: energiat on alati vaja, sõltumata riigikorrast, majandusmudelist või moevoolust. Vaatasin uue energeetikavaldkonna järgi ja liisk langes päikeseenergeetikale – selle arengulugu oli alles pooleli ja see peitis lootusi midagi uut leida. Tuuleenergeetika alased uurimistööd selle kõrval oli näpuharjutus, sest ka see ainevald omas perspektiivi ja mõned tööd tuule-alalt said ka kirjutatud. Oma olulisemaks tuule-alaseks uurimiseks pean artiklit¹⁰, milles korrelatsioonianalüüsi abil tõestan perioodilise komponendi olemasolu risti rannajoonega. Tuntud briis on selle erijuhus tuulevaikse ilmaga, aga see komponent eksisteerib ka suvalise tsüklonaalse tuule puhul.



Joonis 3. katsepaneel “porilomp”



Joonis 4. Esko Janhunen ja mina paneeliga

Päikesesoojusest. Valisin soojuse tootmise uurimise peasuunaks, sest jällegi – fotoelekter tundus mulle liiga kallina ja uurimis- ja arendustöö valdavalt suurfirmade (Siemens, General

⁹ Т.Томсон. Управляемые выпрямители для групповой нагрузки. М. Энергоатомиздат, 1989, 95.

¹⁰ Teolan Tomson. Periodical Component of the West Estonian Wind. Proc. Estonian Acad. Sci. Engin., 2001, 7, 1, 50-57

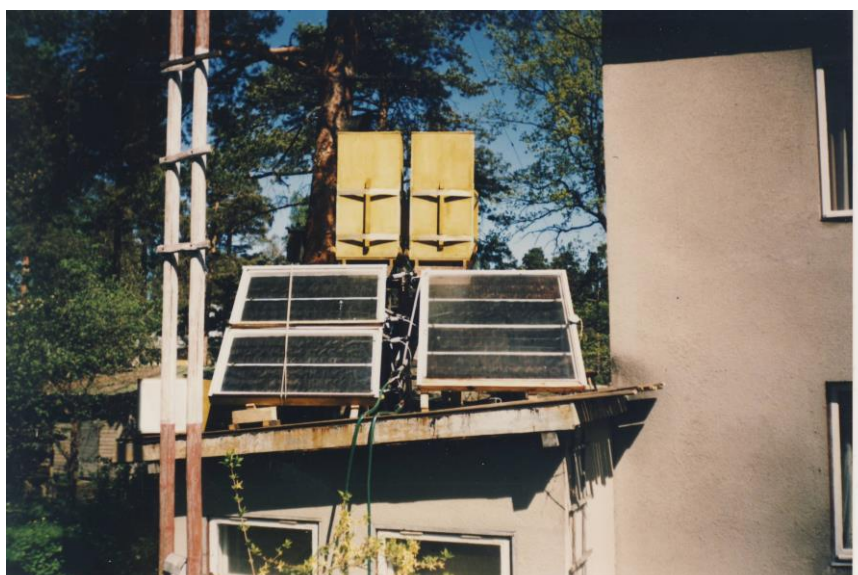
Luigelaul

Electric, Sharp jt) poolt hõivatuna. Võib-olla pean tuhka peapeale riputama, sest tänapäevaks on fotoelektri kasutus märksa enam arenenud kui soojustootmine.

Nii või naa, esimese katse soojust toota tegin jällegi lapse-, õigemini karjapoisipõlve mälestuse järgi. Kui paljad jalad hommikusel rohus külmetasid, said need alati porilombis soojaks. Musta põhjaga porilomp oli päikese käes alati soe. Nii ma siis tegin kunstporilombi: tükk musta plasti klaasi taha vette ja kaldu päikese kätte. Lihtne ja odav, joonis 3.

See koosnes viniplastist kastist mille sügavus oli ~10cm, selle pleksiklaasist esiküljest (kõik veekindlalt ühendatud) ja ~10mm õhuvahest aknaklaasi taga. Kastis põhjas “ujus” vabalt must gofroplastist leht (pakkematerjal), mida Tartus valmistati. Kastil olid torujupid siseneva ja väljuva veevärgi ühendamiseks. Tootis ~70°C vett. Kõrgemat temperatuuri ma ei julgenud kasutada, sest nii pleksiklaas kui ka viniplast olid ju termoplastid, so materjalid, mis kuumas käes pehmeks läksid. Joonisel 4 on see paneel näha, kui ma seda Soome sõbrale Eskole näitan. Naaber, majandusdoktor Ülo Ennuste imestas, mis mulle sisse on läinud, et niimoodi mängin. Mängin küll, aga see oli sissejuhatus teemasse. Selle paneeli kohta ma andsin sisse leiutustaotluse ja positiivse vastuse ma Moskvast ka sain, aga kui see tuli, olin juba (Venemaa suhtes) välismaalane, kelle käest küsiti edasiseks menetluseks dollareid. Mõistagi, neid mul polnud ja sinna see asi jäi. Sellel paneelil oli ka see viga, et vee staatiline rõhk tekitaks suurel pinnal (päikeseenergia on hõre, parimal juhul ~1 kW/m²) suure jõu, sest jõud tehniliseks kasutamiseks vajalike pindade puhul ulatuksid tonnidesse! Meie kliimas koduste basseinide põhi peaks must, mitte helesinine olema! Need katsetused “porilombiga” olid kodused ja mitteametlikud.

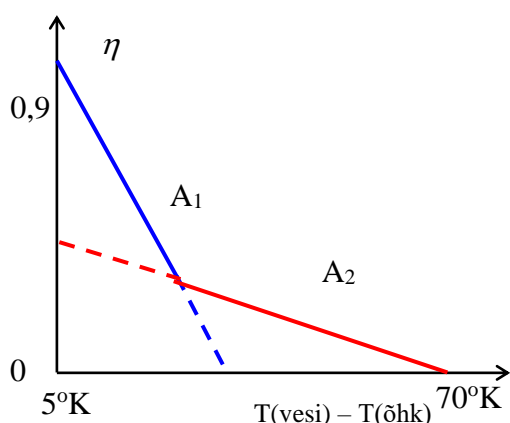
Töö juures tekkis taastuvenergeetika idee ka mu abilisel, tehnikakandidaat Jüri Hundil, kes lisaks tööle TEFI-s alustas MTÜ “TAASEN” organiseerimisega ja augustis 1991 kutsus Laelatu looduskaitsealale kokku rahvusvahelise “roheliste” seminari. Osalesid peamiselt Taani, aga ka Inglise, Hollandi, Venemaa jt esindajad. See langes kokku 19. augusti 1991 riigipöördega Moskvast ja seminar sai väga häiritud. Taanlased töid kaasa ja jätsid “seemneks” arvestatavalt heade parameetritega tööstusliku päikesepaneeli. See lisas indu teemaga sügavuti minna.



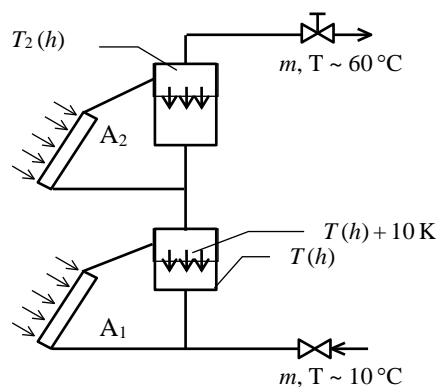
Joonis 5 “Lõhestatud” soojaveesüsteemi katsetamine aadressil Kadaka pst 45

Esimene ametlik töö majanduslepinguga (Majandusministeerium?) taastuenergeetika vallas tehti 1991. aastal¹¹, esimese granti aruanne¹² 1993. aastal ja esimene selleteemaline "teadusartikkel"¹³ samuti 1993. aastal. Kasutan jutumärke, sest tänaste teadmiste pagasiga pean seda parajaks jamaks hindama. Aga kuna Eestis selle eriala spetsialistid puudusid ja retsenseerimise tase oli seetõttu ebapiisav, siis pääses see trükki.

Kuni 2005. aastani avaldati minu TEFI taastuenergeetika alaseid uurimistöid Eestis (peamiselt Proc. Est. Acad.Sci. Eng., TEUK¹⁴ konverentsitööde kogumikkudes) ja mitmesugustes rahvusvaheliste konverentside tööde kogumikkudes. Selleks, et uues ainevallas järje peale saada, läksin 1994. a kevadel Kopenhaagenisse Taani Tehnikaülikooli ametit õppima. Tutvusin nende tööde aruannetega, uurimissuundade ja laboratooriumisustusega. Tookord oli nende oluline uurimissuund sesoonsed vesi-soojus-salvestid ja küllap selle instituudi valik oli mõjutatud mu eelnevast huvist selle suuna vastu (¹²). Teine õppeüritus oli osalemine 1996. aastal Riias ühe EU-projekti raamides korraldatud päikeseenergeetika seminaril, kus Austria ja Soome spetsialistid õpetasid soojaveehelikollektoreid valmistama. Ka see mõjutas minu uurimissuuna valikut. Tutvusin seal Aalto Ülikooli Prof. Peter Lundiga, kelle juures eraldi külas käisin ja kes meid aitas soovitude ja kirjandusega. Temalt sain äratust digitaalsete andmelogerite kasutamiseks ja nendest kujunes hiljem oluline uurimisvahend.



Joonis 6. Süsteemi muunduskarakteristika



Joonis 7. Süsteemi struktuur

Pisut lisa palgafondile ja raha esmavajalike mõõteseadmete ostmiseks sain Eesti Teadusfondi grantidest. TEFI teadusnõukogu seisukoht oli kõhklevalt toetav, ehkki energeetikute (Arvi Hamburg, Arvo Ots) arvamus oli pigem skeptiline. Nii kaua kui TEFI toimis, oli võimalik

¹¹ T.Tomson, E.Kenk. Eesti Alternatiivenergeetika seisundi ja arenguvõimaluste hinnang. Lep. Töö 27-91 aruanne. TEFI, Tallinn, 1991 (käsikirjaline).

¹² T.Tomson., E.Pajumets. Salvestiga ühildatud heliokasvuhoone eeluuringud. Grant Nr16/77, aruanne, EI, Tallinn, 1993 (käsikirjaline).

¹³ T.Tomson. A Method for Efficiency Improvement in Solar Heating Systems with Seasonal Storage. Proc. Est. Acad.Sci. Phys Math, **42**, 1993, 2, 195-202.

¹⁴ Maaülikooli korraldatud Taastuvate Energiaallikate Uurimise ja Kasutamise konverentsitööde kogumikkudes.

saada abi ka töökodadelt. Joonisel 5 on kujutatud nn “lõhestatud” (“splitted”) soojaveesüsteemi katsetamine koduse garaaži katusel, mille kastikujulised soojusmahutid on projekteeritud ja valmistatud TEFI-s, kuid paneelid kodus. Pean selgitama.

Esiteks: miks kodusel aadressil? Päikesepaisteta ei saa katseid teha. Päikesepaiste ei hooli tööajast, see avaneb suvalisel ajal ja seda aega tuleb kohe kasutada. Päikesepaistet ei saa töö juures passida.

Teiseks: Paneelid on oma tehtud Austria kogemuse järgi, mida ma 1996. aastal Riias peetud (praktikaga!) seminaril õppimas käisin.

Kolmandaks: katsed on võrdluskatsed. Vasakpoolne on uus, “lõhestatud” soojaveesüsteem millel alumine paneel A_1 on nõrga (ühekordse) optilise kattega, ülemine A_2 tugevdatud (kahekordse) optilise kattega. Parempoolne võrdse aktiivse pinnaga paneel on kogu ulatuses kahekordse optilise kattega. Joonised 6 ja 7 selgitavad “lõhestatud” soojaveesüsteemi tööpõhimõtet. Muundustegur (päikeseenergiast soojuseks) sõltub soojendatava vee (või ka antifriisi) ja välisõhu temperatuuri vahest. Ühekordse kattega paneel A_1 on kasutusel siseneva madalatemperatuurilise ($T_{(vesi)} \sim 10^\circ\text{C}$) vee eelsoojendamiseks; kahekordse kattega paneel A_2 vee soojendamiseks soovitud lõpptemperatuurini ($\sim 50\text{--}70^\circ\text{C}$). Hästisoojustatud paneel töötab madalal sisendvee temperatuuril halvasti ja selle kallid soojustus on mõttetu. Kahjuks (ka ebaõnnestunud terminoloogia tõttu – sõna “splitted” tekitas mõistmatust) ma sellega rahvusvahelises žurnalis (Solar Energy) trükki ei pääsenud: kolmest retsensioonist kaks olid negatiivsed. Statistiline kasu sellise harilikku, võrdpindse süsteemiga võrreldes on 15%, so täiesti arvestatav. Aga ma ei osanud seda “maha müüa”. Päikesekiirguse mõõtmiseks kasutasime vene päritolu Janiševski termoelektrilisi püranomeetreid, joonis 8, mida Tõravere Observatooriumis (TO) tareeriti. Sealt algas minu koostöö TO-ga (Ain Kallis, Viivi Russak). Termoelektrilise püranomeetri ajakonstant on kümneid sekundeid ja see on sobiv ainult aeglaste protsesside mõõtmiseks. Sesonsete mõõtmiste (joonis 9) korraldamisel need niiskused, must värv koorus (osaliselt) ja need ei näidanud enam õigesti. Ka oli nende puuduseks väike väljundsignaal mõne mV piirides.



Joonis 8 Janiševski püranomeeter



Joonis 9. Päikesekiirguse sesoonne mõõtmine TEFI Mustamäe korpuse katusel

Soojavee tootmise teooria ja kogemus sai kokku võetud 2000. aastal ilmunud raamatus¹⁵, mis pole päris teaduskirjandus, aga ka mitte populaarteaduslik. On leidnud kasutust õpperaamatuna, TTÜ raamatukogu tellis neid kümnekond.

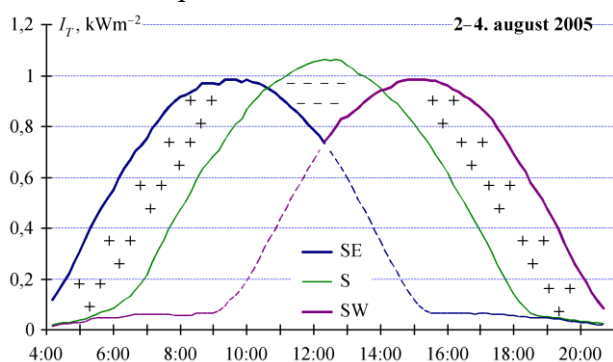
¹⁵ T. Tomson. Helioenergeetika. Päikeseenergia tehniline kasutamine. Tallinn, O/Ü Humare, 2000, 136lk

TEFI (1993. ümber nimetatud Eesti TA Energeetika Instituudiks) saatus kõikus mitu aastat TA, Majandusministeeriumi ja TTÜ vahel ning likvideeriti 2003. aasta lõpul, kui kaks viimast suutsid ära jagada TEFI Paldiski maantee 1 (hea strateegiline asukoht!) asuva peamaja omandisuhted. Mõistagi sai kogu väike Alternatiivenergeetika Laboratoorium likvideeritud. Seda enam, et vanuse tõttu (>65) mind juhtival ametikohal pidada ei saanud ja töövahekord paaril viimasel aastal põhines aastakaupa tehtud töölepingutel.

Mulle tegi ettepaneku tulla (esialgu kolmveerand-koormusega) vanemteaduri ametikohale TTÜ Keemiateaduskonnas toimiva Materjaliteaduse Instituudi juhataja Prof. Enn Mellikov, pärastine akadeemik, kes andeka PR-mehena oli loonud suhted EU teadusstruktuuridega ja kes elas EU-grantide toel suhteliselt jõukalt. See tähendab, ta sai endale lubada (noorte!) teadurite ja seadmete soetamist. Tema oli suur fotoelektriliste muundurite entusiast ja arendas, juhatahes küllalt suurt töökollektiivi (~30-40 persooni), ka vastavaid materjale. Minule andis ta uurimiseks vabad käed, mis oli ideaalolukord! Tingimuseks oli, et uurimised toimuvad päikeseenergeetika vallas (lõpp tuule-uurimistele!) ja ma avaldan igal aastal vähemalt ühe artikli kõrgema kategooria rahvusvahelises ajakirjas. Suutsin teda veenda, et ta palkaks poolekohalise koormusega ka Maire Hanseni, kes oli osutunud väärtuslikuks kaastööliseks. Muuseas, ma olin sellel ajahetkel 72 aastane.

Seega olime küll palgal, teema valikuks olid vabad käed, aga mingit muud materiaalet toetust me instituudilt ei saanud. Tänu Eesti seadusandlusele on teadlaste käed bürokraatiaga seotud. Mingit töökoda (tootmisüksust) kõrgkoolidele ette nähtud ei ole. Kui midagi (katseseadet, aparati jms) oleks vaja teha, tuleb teenus sisse osta. Riigihankega, pidulikult ja kallilt. Kõigepealt projekteerimine, siis valmistamine. Mingisugusest operatiivsusest sellise elukorralduse juures juttu olla ei saa, aga teadustegevusel on kõrge korrelatiivne seos spordiga – mõlemad on võidujooks esikoha (esmaavaldaja) nimel. Meil jäi üle töötada minu enda tehtud vahendite ja aparatuuridega.

Uueks töösuunaks kuulutasin päikesepaneelide kahepositsioonilise eksponeerimise (uurimise). Milline see paneel on – soojuslik või elektriline, pole oluline. Teoreetiliselt. Praktikas sobis see eeskätt elektrilistele, sest elektrijuhtmeid on hõlpsam painutada, kui seda teha voolikutega, mis vedelat soojuskandjat juhivad. Asi on selles, et paneel töötab paremini ristiasendis – päikesekiirte suhtes.



Joonis 10. Kahepositsiooniliselt eksponeeritava päikesekollektori toodang

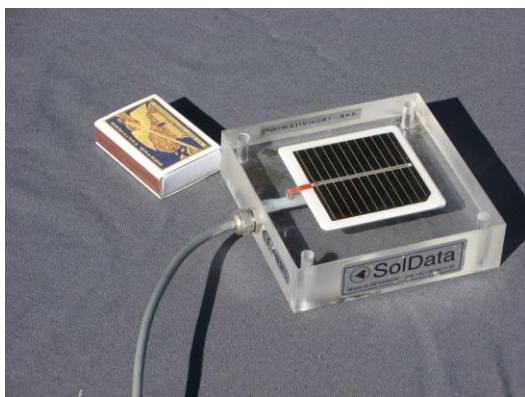


Joonis 11, Kahepositsiooniliselt eksponeeritava heliofarmi mudel

Kui päike ära pöörab, muundustegur väheneb. Kontsentreerivate (soojuslike) paneelide (Fresneli läätsed või parabool-peeglid) puhul tehakse need päikest pidevalt jälgivatena, mis aga omakorda nõuab keerukaid ja kalleid konstruktsioone ja energiat asendi pidevaks muutmiseks. Levinud taaspinnaliste paneelide puhul see ennast ära ei tasu. Uurisin, mida annaks kahepositsiooniline eksponeerimine, sest kahepositsioonilised ajamid on lihtsad ja

odavad ning laialt kasutuses aiavärvate ja garaažiuste avamiseks. Seda ideed selgitab graafik joonisel 10.

Energiaressurssi kujutab joonte alune pind. Hariliku lõuna “S” suunas orienteeritud 45° kaldega paneeli toodang on keskmise joone “S” all. Kui sama paneel hoiaime ~30° võrra ümber telje pööratuna hommikul “SE” ja õhtupoolikul “SW” suunas, võidame “+” tähistatud pinna võrra, kaotame aga keskpäeval “-“ märgitud pinna võrra. Sombustel päevadel on kahepositsiooniline eksponeerimine kahjulik. Keskmise statistiline võit Eesti oludes on ~15%. Selle teemaga pääsesin juba soovitud rahvusvahelise tasemega ajakirja veergudele¹⁶. Tuli uurida, kuidas kahepositsiooniline režiim mõjutab heliofarme, milles teljel pööratud paneelid üksteist varjutada võivad ja kui suur peaks nende soovitatav vahemaa olema¹⁷.



Joonis 12 Fotoelektiline püranomeeter

Rääkides minu elukäiku mõjutanud persoonidest, on sobiv meenutada oma kolleegi dr. Frank Basonit Taanist, tänu kellele mu teaduslik karjäär tegi kiirenduse ülespoole. Nimelt olime stendi-naabrid Freiburgis (Saksamaa) 2004. a korraldatud konverentsil Eurosun-2004. Saime jutule. Tema oli ühemehe-firma *Soldata Instruments* omanik, kes muude aparaatide hulgas valmistas fotoelektrilisi püranomeetreid (joonis 12), mille ajakonstanti pole keegi püüdnud määrata, aga mis on mikrosekundilises (või vähem?) suurusjärgus.

Pealegi on nende väljundsignaal paarisaja mV piirides. See on instrument, mis lubab mõõta päikesekiirguse kiireid muutusi ja mida ma ka tegin. Nähtavasti esimesena maailmas, sest see temaatika “läks peale”¹⁸. Minu kaasautor dr. Gunnar Tamm on Ameerika eestlane, algul “Solar Energy” tookordse (pea)toimetaja dr. Yogy Goswami assistent, hiljem (tõenäoliselt) abiprofessor USA sõjaväeakadeemia ehitusteaduskonnas. Ta on minu kaasautor ka mitmes muus vähema kaaluga teadusväljaandes ja kandis ette ka meie suulise ettekande Orlandos (USA) helioenergeetika maailmakongressil SWC-2005¹⁹. See oli ainuke kord, kus me isiklikult lühidalt kohtusime.

Otsin järjekordse granti rahade eest kolm fotoelektrilist püranomeetrit ja hiljem kolm veel juurde ning need kõik jäid mu põhivarustuseks kuni karjääri lõpuni aastaid hiljem. Artikkel (¹⁸) jäi avalikkusele silma ja seetõttu sain ettepaneku kirjutada peatükk päikesekiirguse

¹⁶ Tomson, T. Discrete two-positional tracking of solar collectors. (2008) *Renewable Energy*, 33 (3), 400–405 (Elsevier).

¹⁷ Teolan Tomson. Bi-positional solar collectors, performing in a row. (2010) *Renewable Energy* 35, Issue 3, 721-726 (Elsevier).

¹⁸ Teolan Tomson, Gunnar Tamm. Short-term variability of solar radiation. 2006, *Solar Energy*, 80, 600–606 (Elsevier). G.T. teadustööde loetelus leidub väide, et sellele artiklile on viidatud 52 korral....

¹⁹ SWC: Solar World Congress

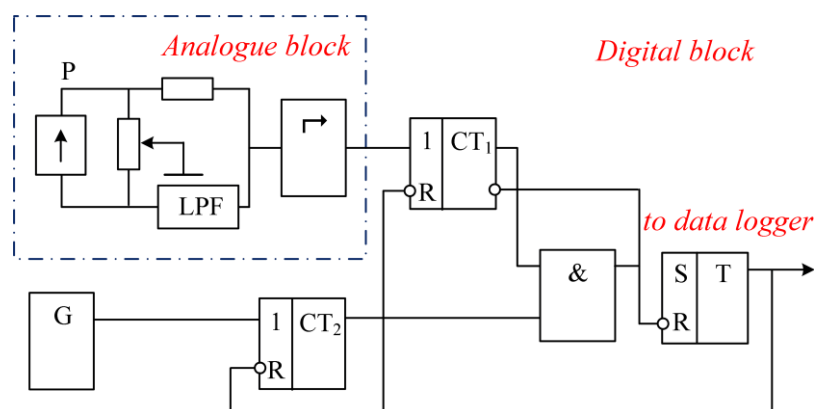
dünaamikast Viorel Badescu (Rumeenia autor) toimetatud kogumikku²⁰. Kuna tundsin ennast ikkagi veel pisut ebakindlalt, kutsusin kampa Tõravere teadurid, kes üht-komateist juurde lisasid ja peaasi – pidasid silma peal, et midagi aktinomeetrias mitteaktsepteeritavast teksti ei satuks.



Joonis 13. Pilvekiiruste mõõtmine Pääsküla prügimäel; pildile mahtus datalogger ja ühenduskaabli algus.

Päikesekiirguse kiireid muutusi põhjustavad pilved, eeskätt *Cumulus humilis* ja *Cumulus fractus*. Niisiis said pilved uurimisobjektiks ja Pääsküla renoveeritud prügimägi meie polügooniks. Joonis 13 näitab seda mõõtepaika, mis oma pinnase (rohukatte) poolest on üsna sarnane Tõravere Observatooriumi mõõteväljakule. See on avar paik, hea nähtavusega igas suunas ja see lubas 100m võrra laiali paigutatud andurite abil mõõta pilvede (so nende varjude) liikumiskiirusi, millega sattusin juba meteoroloogia²¹ valdkonda....

Pilvede liikumise uurimine oli episoodiline välitöö, siis kui sobivad pilved esinesid. Et (kiirete) pilvede esinemissageduse kohta statistikat saada, installeerisin TTÜ 5. korpuse katusele statsionaarse mõõtepunkti, isehitatud automaadiga, mis kiired pilved ära tundis ja datalogeri käivitas (pidev 1s samplimisintervalliga salvestamine on datalogeri mälu kuritarvitav režiim) joonis 14.



Joonis 14 Automaat kiirelt vahelduva päikesekiirguse detekteerimiseks ja datalogeri juhtimiseks

²⁰ T. Tomson, V. Russak, A. Kallis. Dynamic Behavior of Solar Radiation. Chapter 10. in the book: V. Badescu, Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface Springer Verlag, Berlin- Heidelberg, 2008, 257 –281.

²¹ T. Tomson and M. Hansen. Dynamic properties of *clouds Cumulus humilis* and *Cumulus fractus* extracted by solar radiation measurements. Theoreticl and Aplied Climatology vol.106, n#1-2, 171-172 (Springer)

Luigelaul

See mõõteseade oli Johannesburgis 2009. aastal SWC-2009-1 peetud suulise ettekande ja artikli²² “aluseks”.

Kuna Eesti oludes hajuskiirguse osakaal on suur, uurisin selle omadusi, kasutades jällegi omatehtud seadmeid (joonisl 15). Parempoolsel püranomeetril on muudetava asendiga kohtvarje (mis varjestab otsekiirguse), vasakpoolne mõõdab kogukiirgust horisontaalpinnale. Mõõtmised sooritati jällegi peamiselt väliolukorras.



Joonis 15 Hajuskiirguse mõõtmine (parem andur)



Joonis 16 “Mõõteratas” kogukiirguse mõõtmiseks kaldpindadel

Ka peegeldunud kiirgus väärus uurimist ja seda mitmesugustel aluspindadel: rohi, asfalt, lumi, hele kruusakarjääri pind jne). Selleks kohandasin (jalgratta põlast tehtud) “mõõteratta” (joonis 16), mis kandis viit püranomeetrit ja mis vastavalt mõõtmise iseloomule olid pööratud taeva või maa poole. See lubas teha võrdlevaid mõõtmisi erinevate (positiivsete ja negatiivsete) kallete juures. Joonisel 17 ja 18 on illustratsioonid peegeldunud kiirguse mõõtmistest kruusakarjääris ja lumel, mis mõlemad on kõrge albedoga pinnased.



Joonis 17. Peegeldunud kiirguse mõõtmine kruusakarjääris



Joonis.18. Peegeldunud kiirguse mõõtmine lumel Pääsküla prügimäel

²² Teolan Tomson. Fast dynamic processes of solar radiation (2010) *Solar Energy*, vol **84**, Issue 2, 318 – 323 (Elsevier).

Talvised mõõtmised lumel olid üpris pingutavad: jäisest ja lumisest mäest autoga üles ei pääse ja kogu kraam tuli kelgul üles vedada. Siis tundsin vanaduse mõju: olin juba 81-aastane. Vahepeal olid ka Prof. Mellikovi head ajad otsa saanud, EU rahaline tugi märgatavalt kahanenud ja vastavalt tuli minu koormust vähendada. Järk-järgult kõdus koormus 0.5, 0.25 ja viimaseks aastaks 0.1 peale (~100€ kuus). See viimane number lepiti kokku minu palve peale, sest tahtsin lõpetada, kui minu tööstaaž küünib 60 aastani. Ka Maire Hansen oli ~2011 aastast alates koondatud, mis muuseas vastas tema huvidele. Seega on viimased mõõtmised ja uurimused tehtud ihuüksi. Loobusin Prantsusmaale EuroSun-2013 konverentsile minekust ja minu Eesti Teadusfondi viimase grandiraha jäägi eest ostsin pilvituse fotografeerimiseks “kalasilmaga” fotoaparaadi. Tegelikult vajanuks ma hoopis panoraam-fotoaparaati, aga see oli liiga kallis. Küsisin nõu USA-s töötavalt dr. Hartmut Graßl-ilt – Lõuna-California Ülikooli abiprofessorilt, kes oli ühtlasi “Solar Energy” toimetaja ja samuti tegeles pilvevarjude mõju uurimisega helioelektri-farmidele. Küsimuse sisu oli see, kas ta oskab juhatada odavat, hinnaga kuni 1000 \$ panoraam-fotoaparaati? Oh ei, selliste hinnad on viis ja rohkem korda kõrgemad... Loomulikult puudus mul raha pilve-radari ostmiseks, mis lubanuks minu uurimisi täiendada, viies sisse seosed pilvede kõrgusega. Isetehtud varustusega jääd paratamatult kaotajaks, kui võistlus käib esmauurija aukoha nimel.

Uurides kiirgusi kaldpindadel märkasin, et kiiritustiheduse jaotus muutub nii, et kiiritustiheduse maksimum muutub nii kõrguselt kui ka suunalt. Selgus, et otsekiirgus, mis kaldpinnale pääseb (ja varju heidab), ei tulegi vahetult päikeselt vaid pilvkatte hõredamast “august” päikese asendi suuna ligidalt. Seda saab formaalselt arvesse võtta virtuaalse (või fiktiivse) kiirgusallikana päikese suuna ümbruses. Pilvede liikudes liigub ka “auk” ehk virtuaalallikas. See uurimus²³ lubas ehitada päikesekiirguse dünaamilise 1D arvutusmudeli nii päikese suunal, kui ka sellest kõrvale kaldudes. Nimetatud töö (2016) avaldati pärast TTÜ teenistusest lahkumist 1.sept. 2015 ja jääb minu viimaseks avaldatud teadustööks.

Aga oma tööelu viimasel kümnendil olin omale kogunud teatud pagasi rahvusvahelist tuntuust või tunnustust²⁴, mis kestab tänaseni. See avaldub selles, et saan iga paari nädala tagant kutseid osalemiseks rahvusvahelistel konverentsidel, keskmiselt korra kuus küsitakse artikleid teadusartiklite (peamiselt võrgu-)väljaannetesse, mille eest ma peaksin maksma ja mida ma ei tee. Samuti ei maksa ma selle eest, et <Academia.edu> sööda mulle ette neid autoreid, kes mind tsiteerivad. Kui ma tahaks teada, kes ja kus, peaksin maksma, Ei, aitäh! Tõsisemad on ettepanekud retsensioonide kirjutamiseks (Solar Energy, Theoretical and Applied Climatology). Kuni olin töö ja palgal, viimase suurusest sõltumata, ma teingi seda, andes nii toetavaid kui ka negatiivseid hinnanguid. See moraalne kohus kuulus ju ameti juurde. Aga moraal sai koos ametiga otsa ja viimasel aastal olen retsensioonidest kõrvale põigelnud. Kõige austavamad on ettepanekud raamatu kirjutamiseks või toimetuskolleegiumis osalisemiseks. Ma ei võta omale neid kohustusi, sest kui ma aktiivselt teadusega ei tegele, kustub minu kvalifikatsioon kiiresti.



Lugu on sellega lõppenud ja kirja pandud. Selgusetu – miks ma seda kirjutasin. Edevusest? Nostalgiast? Ehk natuke seda ja natuke teist. Ka ei tea ma, mis kirjutatuga peale hakata, aga

²³ T. Tomson (2016). Distribution of solar irradiance on inclined surfaces caused by moving clouds. *Theoretical and Applied Climatology*, 124, issue 3, 1023–1031 (Springer).

²⁴ Mõistagi (kitsa) eriala piirides!

Luigelaul

teisest küljest on see ikkagi tükk ajastut peegeldavat lektüüri, mis võiks kellelegi või kunagi huvi pakkuda. Teha põlve otsas tõsist aktsepteeritavat teadust on erijuhul võimalik, aga võidujooksu uute teadmiste saamiseks ilma piisava finantstoeta ei voideta. Ühelt poolt nõuavad Eesti teaduspoliitika juhid rahvusvaheliselt aktsepteeritavat tulemust, aga teiselt poolt ei ole nad (ja kogu Eesti majandus) suutelised selleks vajalikke tingimusi kindlustama. See, millega ma olen hakkama saanud, on erand, mitte reegel.

Tallinnas, veebruaris 2018.

Teolan Tomson, DSc.

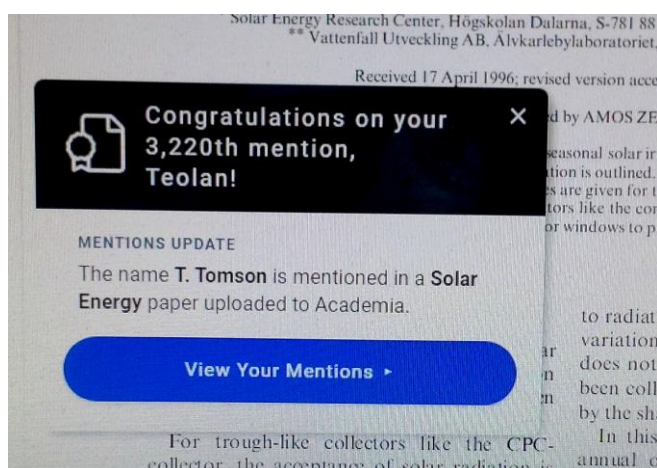
P.S. Mõneti on see kirjatöö järg minu memuaaridele²⁵. Pean ennast eestkätt elektriinseneriks ja teadlaseks niivõrd-kuivõrd.

Täiendatud augustis 2020.

Augustis 2020 ehmatas

„Academia.edu“ mind

kõrvalnäidatud teatega...



Teolan (Teo) Tomson

²⁵ Teolan Tomson. Ühe inseneri tööelu. Memuaarid. Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat 2008. TTÜ kirjastus, 2009, 425–461, mis on nimetatud memuaaride tubliski lühendatud versioon.