



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tämä on alkuperäisen artikkelin rinnakkaistallenne (kustantajan versio).

Viite:

Paananen, J. 2020. Opettajuuteni harha-askeleita ja kehityspolkuja - luokan edessä luennoinnista kohti etäohjausta ja opiskelijoiden itseopiskelua. Teoksessa: S. Päälyysaho, P. Junell, J. Latvanen, S. Saarikoski & S. Uusimäki (toim.) Seinäjoen ammattikorkeakoulu 2020: Osaamista strategian vahvuusaloilla. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja A. Tutkimuksia 33, 366 - 377.



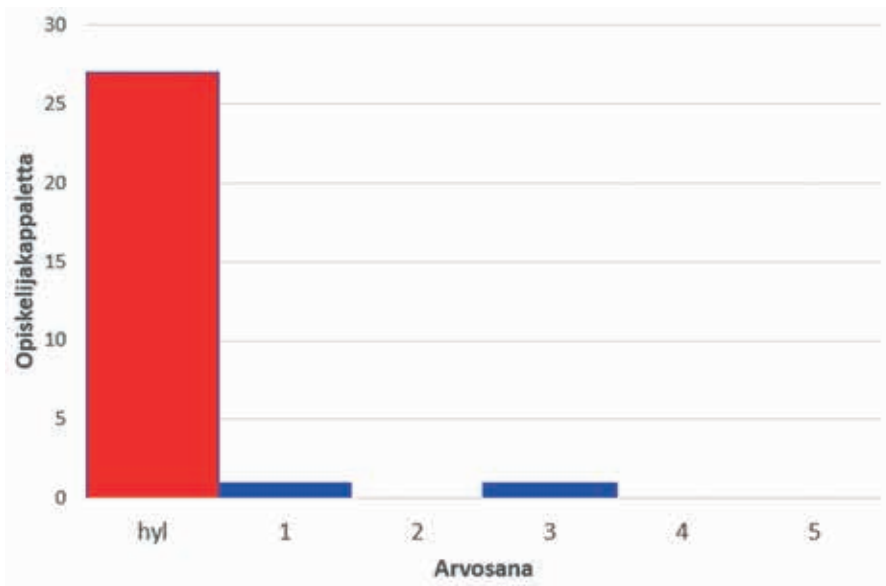
OPETTAJUUTENI HARHA- ASKELEITA JA KEHITYSPOLKUJA - LUOKAN EDESSÄ LUENNOINNISTA KOHTI ETÄOHJAUSTA JA OPISKELIJOIDEN ITSEOPISKELUA

Juhani Paananen, DI, FM, lehtori
SeAMK Tekniikka

1 TAUSTAA

*"29 osallistujaa, joista kaksi läpäisi opintojakson.
Paras sai kolmosen ja toiseksi paras rimaa hipomalla ykkösen.
Lopuista kahdestakymmenestä seitsemästä
opiskelijasta ei yksikään ollut lähelläkään ykkösen arvosanaa!"¹*

Tämä eräänä 2010-luvun Valpurin päivän jälkeisenä päivänä yksittäisen kolmosen arvosanan saavuttanut tilastoharhaopiskelija pilasi tietämättään jokaisen matematiikan lehtorin ikaikaisen haaveen binääriarvostelusta eli arvosanajoukosta, joka koostuisi pelkästään nolista ja ykkösistä².



Kuvio 1. Erään opintojakson arvosanajakauma. Huomio kiinnittyy yksittäiseen kolmosen arvosanaan. Vai kiinnittyykö sittenkään?

¹ Siteeratun tekstinpätjän lähteenä ovat kirjoittamattomat muistelmani.

² Kaukana ei toki ollut myöskään ns. unaariarvostelu eli arvosanajoukko, joka olisi koostunut pelkästään nolista.

Opintojakson koemenestyshän oli suorastaan surkea. Herää toki kysymys: Miksi loppukoe pidettiin Vapun jälkeisenä päivänä? Jos odotat vastausta, niin sitä ei tule. Artikkelin tätä lausetta kirjoittaessani loppukokeen alkuhetkestä on vierähtänyt aikaa tuhansia vuorokausia ja vieläpä sen päälle useita tunteja enkä vieläkään asiaan selitystä ole löytänyt³. En asiaa ole juurikaan edes miettinyt siksi, että surkean koemenestyksen taustalla kyse oli ilmiselvästi aivan muun tason ongelmista kuin vapun jälkeisestä krapulasta⁴.

Kyse oli Statiikan opintojaksosta, jota artikkelin kirjoittaja⁵ piti aikanaan eräälle rakennustekniikan alan opiskelijaryhmälle. Opintojakso kesti koko kevään, tammi-kuusta toukokuuhun. Opettaja oli opettavanaan ja opiskelijat oppivinaan. Ryhmä nyökytteli päätään rytmikkään innostuneesti opettajan nauttiessa saamastaan huomiosta. Kaikki hymyilivät. Silmät tuikkivat. Homma toimi ja jokaisella oli niin kovin mukavaa. Opettaja suorastaan säteili oman erinomaisuutensa keskellä ja ihaili komeasti kaikuvaa ääntään suuresti.

Loppukoetta edeltävällä viikolla tapahtui jotakin outoa. Eräs ryhmän opiskelija nimittäin esitti kysymyksen. Tätä ei juurikaan ollut tapahtunut kevään aikana. Kysymys kuului: *"mitä tuo resultantti tarkoittaa?"* Kysymys oli suorastaan hämmentävä. Olimmehan koko kevään enemmän tai vähemmän olleet resultanttien kanssa tekemisissä. Kuinka oli mahdollista, että ryhmässä oli vielä huhtikuun lopussa yksi henkilö, joka ei tiennyt mikä se on⁶? Selitin asian hänelle mahdollisimman kärsivällisesti. Näin hänen ja koko muun ryhmän nyökyttelevän innokkaasti päätään. Tämä tapahtui suorastaan hyttävän pahaenteisesti samalla tavoin kuin koko kevään ajan. Kaikki myös hymyilivät. Sillä hetkellä pelko kouraisi vatsanpohjaani. En muistaakseni kuitenkaan oksentanut.

Pidimme seuraavalla viikolla loppukokeen. Olen kirjannut muistiin kellonajat, jolloin opiskelijat ovat kokeen palauttaneet. Lähes kaikki käyttivät kokeen tekemiseen koko sen kolme tuntia, joka siihen oli lukujärjestykseen varattu. Koepapereissa oli näkyvissä myös ahkeraa laskemista. Mutta tarkempi tarkastelu osoitti karun tosiasian. Osaamista ei ollut ensinkään. Koetulos tuskin olisi olennaisesti huonompi ollut, vaikka loppukoe olisi pidetty vain kylmiltään ilman minkäänlaista opetusosuutta. Jotakin oli mennyt pahasti pieleen.

³ Ehkä alaviittauksessa uskaltaa tunnustaa, että kyse oli ehkä eräänlaisesta kostosta. Opiskelin aikanaan Teknillisessä Korkeakoulussa. Istuin huhtikuun 30. päivä viime vuosituuhannen viimeisellä vuosikymmenellä luentosalissa Otaniemessä aloittamassa virkamiesruotsin koetta. Erehdyin kysymään koepapereita jakavalta ruotsin opettajalta kokeen päivämäärää. Hän pysähtyi, otti silmälasit päästään, tuijotti minua ihmeissään, pyöritti päätään ja kailotti kaikuvalla äänellä koko luentosalin kuuluville: "Kuinka täällä voi olla teekkari, joka ei tiedä, että on Vapun aatto?" Hän jäi henkiin ja antoi minulle myöhemmin koearvosanaksi muistaakseni 4/5.

⁴ Itse en alkoholia käytä, enkä myöskään väitä opiskelijoideni sitä käyttäneen.

⁵ eli minä, mutta vaatimattomana luonteena en toki halua tässä itseäni korostaa. Eikä totisesti siihen aiheita ollutkaan.

⁶ Tapio Salmi muotoilee resultantin määritelmän klassikko-oppikirjassaan Statiikka seuraavasti: "Voimavektoria, jolla on sama ulkoinen vaikutus kappaleeseen kuin kahdella samaan pisteeseen vaikuttavalla voimalla ja yhdessä, sanotaan näiden voimien resultantiksi."

Tämä kokemus kuuluu nykyisin jo rakkaisiin, raskaisiin muistoihini opetusurani ajalta. Se on eräs ns. herättelyhetkiäni, joissa olen havahtunut heräämään usvasta karuun todellisuuteen. Kuplasta poispääsy on vaatinut tietynlaisen romahtamisen ja romahtamisen myötä uuden alun. Tuhkasta on usein noussut, ei ehkä sentään Feeniks-lintu, mutta ainakin jonkun verran entistä nöyrempi ja peiliin ahkerammin tuijotteleva matematiikan lehtori⁷.

2 OPETTAJUUTENI KEHITYSPOLKUJA

2.1 Henkilökohtaiset harjoitustyöt

Ammattikorkeakoulun statiikan opintojaksojen asiasisältö ei kokeneen opettajan näkökulmasta tarkastellen ole mitenkään valtaisan laaja eikä myöskään omaksettavaksi ylivoimainen, mutta siitä huolimatta oppimistulokset ovat valitettavan usein, ammattikielellä hienovaraisesti todeten, ns. kehoja.

Varsin yleinen tilanne on se, että opiskelija ryhtyy statiikan opintojen alussa ahkerasti mutta innokkaasti laskemaan laskuja tavoitteenaan oikeaan lopputulokseen päätyminen. Tämä kuitenkin kokemuksen mukaan hyvin harvoin onnistuu ja se lannistaa suuresti sekä laskijaa että opettajaa. Moni opiskelija onkin oppinut välttämään pettymyksiä jättämällä rasittavan ja lopulta väärään lopputulokseen huipentuvan laskuvaiheen kokonaan välistä. Sen sijaan hän tyytyy lukemaan vain valmiin malliratkaisun opetusmateriaaleista. Tällainen lähestymistapa on tuottanut vähemmän katkeroitumisen sekä nujertumisen kokemuksia. Opettaja on luonnollisesti mielissään, kun kukaan ei kysele mitään ja hän voi keskittyä myhäilemään tyytyväisenä opetustyönsä saavutuksista. Opiskelija puolestaan on hyvillään, kun kykenee luomaan osaamisilluusion ja tätä kautta säilyttämään kasvonsa sekä opettajan että myös kanssaopiskelijoiden silmissä. Tämä hartaudella vaalittu opiskelumetodi onkin historian saatossa kerryttänyt suorastaan riemastuttavan määrän nollija opintorekisteriin.

Järkyttävä kyseisen kevään epäonnistumisen kokemus siivitti itseäni kehittelemään vaihtoehtoisia tapoja toteuttaa statiikan opetusta ja opiskelua ja miettimään keinoja siihen, kuinka tämä vaikeaksi koettu opintojakso saataisiin paremmin omaksettavaan muotoon ja kuinka saataisiin opiskelijat tekemään sitä työtä, joka on välttämätöntä näiden asioiden oppimiseksi. Statiikan perusteiden hallinta on rakennustekniikan opiskelijoille, sekä insinööri- että rakennusmestariopiskelijoille,

⁷ Peiliin katsominen on kohdallani usein narsismia, mutta toisinaan se voi myös auttaa pääsemään edes hetkellisesti eroon tästä itseni liiallisesta rakastamisesta.

joka tapauksessa välttämätöntä, jotta olisi mahdollista omaksua myöhemmin tulevien puu-, betoni- ja teräsrakenteiden opintojaksojen vaatimat ja vaativat asiasisällöt.

Mitä keksin ratkaisuksi? Otin statiikan opintojaksoilla käytännön, jossa opintojaksojen suoritus perustuu loppukokeen ohella myös henkilökohtaisten harjoitustöiden tekemiseen. Vähensin luennointiosuutta radikaalisti ja siirsin oppituntien painopistettä enemmän opiskelijoiden omaan laskemiseen ja suurimman osan opintojakson työaikaresurseistani kulutin ohjaukseen ja neuvontaan.

Harjoitustöissä idea oli se, että tehtävänanto oli kaikille sama, mutta laskennan lähtöarvot vaihtelivat. Jokainen joutui siis itse ratkomaan omat laskunsa. Yhteistyötä toki oli mahdollista tehdä ja sitä tehtiinkin runsaasti. Kyse ei kumminkaan päässyt olemaan mistään "yksi tekee - muut kopioivat" -formaatista. Jokaisen oli käytännössä osattava laskea edes jotakin. Pelkkä aivoton leikkaa-liimaa-systeemi ei auttanut.

Tämä keino toimi aika hyvin. Opiskelijat laskivat ahkerasti tavoitteenaan napsia irtopisteitä tehtävä kerrallaan opintojakson loppupisteisiin. Suurin osa lukujärjestykseen merkityistä oppitunneista kului siihen, että istuin luokassa opettajan pöydän ääressä ja tarkistin "vastaanotolleni" jonottavien opiskelijoiden laskemia laskutehtäviä.

Tulokset olivat parempia. Opintojaksojen läpäisevyys kohosi ja hylättyjä tuli selvästi vähemmän kuin aiemmin. Vastaavaa kyseisen kevään tyylistä romahdusta ei enää tullut. Harjoitustöiden tekemisestä tuli opiskelijoiden näkökulmasta selvästi normaalia laskuharjoitustehtävien puurtamista mielenkiintoisempaa. Luokassa oli usein hauska tunnelma. Tehdyille virheille naurettiin, sekä omille että erityisesti muiden tekemille virheille. Jonkinlaista leikkimielistä kilpailuasetelmaakin muodostui.

Laadin harjoitustyöt Excelillä. Kirjoitin sinne laskukaavat, jotka ratkoivat harjoitustyötehtävien välivaiheita. Tulostin isoja A3-"lakanoita", joihin merkitsin kuulakärkikynällä oikein menneet välivaiheet. Näin pysyin itse selvillä siitä, missä vaiheessa kunkin opiskelijan harjoitustyöt olivat.

Tämä menetelmä toimi jonkun aikansa. Otin vastaavan käyttöön kaikissa opintojaksoissani. Jossakin vaiheessa eri opintojaksojen harjoitustöitä oli kertynyt jo niin paljon, että tulostamieni "tarkistuslakanoiden" määrä alkoi olla sitä luokkaa, etten enää jaksanut ylläpitää niitä. Jouduin käsin kirjaamaan tehdyt harjoitustyöt Exceliin voidakseni laskea opintojaksojen hyvityspisteet.

Luovuin paperisista tarkistuslakanoista ja siirryin kokonaan tietokoneen käyttöön. Kuljetin oppitunneilla mukani kannettavaa tietokonetta, johon kirjasin Excel-taulukoihin jatkossa alleviivaten oikein tehdyt välivaiheet (Kuvio 2). Excel-taulukko myös laski automaattisesti opiskelijoiden pisteet ja ilmoitti niiden avulla värikoodilla opiskelijat, jotka harrastivat opintojaksolla lähinnä aktiivista passiivisuutta (Kuvio 3).

nro	Huhtikuu	Mai	Joukuu	Toukokuu	Syyskuu	Elokuu	Heinäkuu	Kokonaispisteet	Osaamispisteet
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11.12.2017	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3.6.2017	0	0	0	0	0	0	0	0
12	30.10.2017	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	27.4.2017	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Kuvio 2. Esimerkki harjoitustöiden Excel-tarkistustaulukosta.

nro	%	Arvosana	Winkautus?	Yht	HT1	HT2	HT3	HT4	HT5	HT6	HT7	HT8	HT9	HT10	HT11	HT12	HT13	HT14	HT15	HT16	HT17
7	0%	0	ok	0																	
8	53%	1	ok	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
9	0%	0	ok	0																	
10	94%	5	ok	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	100%	5	ok	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Kuvio 3. Esimerkki opintojakson kokonaispisteistä.

Ikää karttui vuosi vuodelta aina vähintään vuosi lisää. Näkökykyni heikkeni entisestään. Eräänä syksynä sain häpeäkseni ensimmäiset moniteholasini, joita käyttävät vain ns. ikähaasteellisemmat opettajat. Opintojaksojen harjoitustyöt olivat niin kovin laajoja ja pieneltä kannettavan tietokoneen ruudulta minun alkoi olla niin valtavan vaikea erottaa lukuja, että ryhdyin pohtimaan vaihtoehtoisia keinoja toteuttaa harjoitustöiden tarkistamista. Kokeilin hyödyntää luokkien opettajan pöydän isompaa näyttöä, mutta se aiheutti ongelman. Ovelat opiskelijat kun näkivät supernäöllään jo kaukaa tehtävien oikeat vastaukset jo paljon ennen kuin itse olin edes löytänyt heidän nimeään taulukosta. Näin ei tietenkään voinut jatkaa!

2.2 Etäohjaus

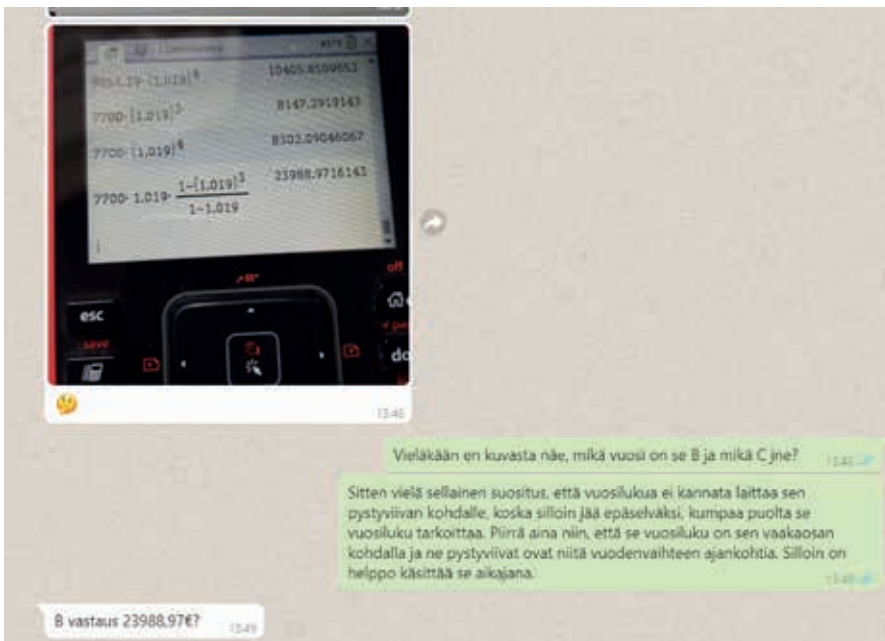
Mitä järkeä minun oli istua oppitunnilla? Suurin osa ajastani kului siihen, että vieressäni oli ehkä 5 - 10 opiskelijan jono. Yksi kerrallaan jokainen heistä leväytti vihkonsa eteeni ja aloin kuumeisesti etsiä (heikolla lähinäölläni) sieltä enemmän tai vähemmän epäselvien ja suttuisten raapustusten joukosta tehtävien (vääriä) vastauksia. Sitten siirsin katseeni tietokoneen ruudulle ja yritin (heikolla lähinäölläni) etsiä Excel-taulukostani tehtävien (oikeita) vastauksia. Sen jälkeen kerroin opiskelijalle, oliko hänen tehtävänsä oikein vai väärin ja ehkä annoin lisäohjeita.

Tämä ei ollut tehokasta. Olin ajoittain sidottu pitkiksi yhtäjaksoisiksi ajoiksi siihen opettajan pöydän ääreen niin, että usein tauotkin jäivät pitämättä ja osa opiskelijoista käytti tilanteen hyväksi yrittämällä "pilkkiiä" tehtävien ratkaisumenetelmää minulta tarvitsematta käyttää itse aivojaan. Ajoittain taas oli tyhjäkäyntiä. Kukaan ei ollut vielä ehtinyt saada mitään valmiiksi ja jouduin taistelemaan Pasianssi-sovelluksen pelaamisen kiusausta vastaan vain ani harvoin siinä onnistuen. Pasianssi meni nimittäin vain valitettavan harvoin läpi.

Jossakin vaiheessa, noin vuoden 2010 - 2020 tienoilla päädyin siihen, että siirryn etäohjaukseen. Otin vastaan harjoitustöiden vastauksia sähköpostilla periaatteena se, että opiskelijat lähettävät minulle ainoastaan harjoitustöiden numerovastaukset sähköpostiviestinä ja minä kommentoin vastauksia ja ehkä annan lisäohjeita. Mikäli tehtävän ratkaisu vaati, niin pyysin heitä lähettämään valokuvia laskuistaan. Itsekin annoin ohjeita usein kirjoittamalla laskun paperille ja lähettämällä valokuvan laskustani opiskelijalle.

Myöhemmin olen ottanut myös puhelimen WhatsApp-sovelluksen käyttöön etäohjauksessa ja hyödynnän työpöytäsovellusta niin, että voin viestiä näppäimistöä apuna käyttäen. Opiskelijat ovat voineet lähettää kuvia tai videoita laskuistaan minulle kätevästi tämän sovelluksen avulla. Kuvassa 1 on esimerkki eräästä viestiketjusta.

Erään opiskelijan kanssa päädyimme kerran yhdessä johtopäätökseen, että WhatsApp-etäohjauksessa tunteet nousevat pintaan molemmilla osapuolilla joskus valtaisan kiihkeästi. Nämä tuntemukset eivät kuitenkaan valitettavasti läheskään aina kumpua rakkaudellisesta motivaatiolähteestä. Mukana on aimo annos inhimillistä kireyttä, antipatiaa ja suoranaista aggressiota. Joskus jopa niin paljon, että olimme kyseisen opiskelijan kanssa rakastettavassa määrin yhtä mieltä siitä, että etäohjaus oli siinä tilanteessa molempien kannalta jopa se ainoa oikea ratkaisu.



Kuva 1. Esimerkki WhatsApp-viestittelystä opiskelijan kanssa. Oikean laidan vihreäpohjainen teksti on opettajan kommentointia. Aiheena ovat talousmatematiikan laskut.

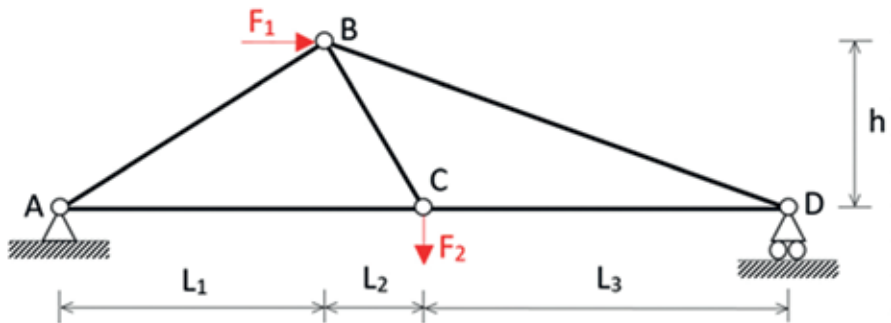
2.3 Itseopiskelua Excelin avulla

Muutama vuosi sitten aloin kyseenalaistaa omia opetusmenetelmiäni jälleen. Kannattaako minun laatia esimerkki toisensa perään rutiininomaisia laskutehtäviä? Excelhän on erinomainen taulukkolaskentaohjelma. Sen olin ymmärtänyt itsekini jo.⁸ Miksi en voisi tehdä valmiita laskentapohjia, joissa opettaja tai opiskelija voi halutessaan vaihtaa lähtöarvoja ja seurata sen jälkeen laskennan välivaiheet laskun loppuun saakka Excel-taulukosta? Lähdin kokeilemaan.

Tekniikan alan statiikan opintojaksoilla käsitellään palkki-, pilari-, kehä- ja ristikkorakenteita. Omassa opetuksessani keskityn erityisesti palkki- ja ristikkorakenteisiin. Olen omaa tuskaani helpottaakseni laatinut viime aikoina Excel-taulukoita, joiden laatiminen on aiheuttanut itselleni entistäkin enemmän tuskaa, mutta uskon opiskelijoiden kykenevän jatkossa vähän paremmin edes joitakin statiikan perusasioita omaksumaan.

⁸ Vuonna 1989 aloitin opiskeluni Teknisessä korkeakoulussa. En silloin ollut lainkaan motivoitunut Excel 2.0-ohjelman opiskeluun. Pidin sitä hyödyttömänä ja tylsänä ohjelmana ja teetinkin – pesunkestävänä teekkarina - opintojaksoon liittyneen harjoitustyöni opiskelukaverillani. Olen siis käytännössä vale-diplomi-insinööri. Myöhemmin vuonna 1993 diplomityöni ohjaaja, suuresti arvostamani johtava tutkija Olavi Keski-Rahkonen VTT:ltä, edellytti tutkimustyöni mittausdatan käsittelemisen Excelillä. Arvostukseni häntä kohtaan laski luonnollisesti tämän johdosta siinä vaiheessa, mutta kasvoi myöhemmin valtaisiin mittasuhteisiin täsmälleen saman asian johdosta.

Esimerkkinä on kuvion 4 mukainen kaksitukinen ristikko, jossa on neljä niveltä. Ristikon kuormituksenä on kaksi ulkoista pistekuormaa ja sen mittatiedot käsittelevät kolme vaakasuuntaista mitta ja yhden pystysuuntaisen mitan.



Kuvio 4. Ristikko

Excel-taulukko toimii siten, että käyttäjä voi aluksi itse muuttaa kuormitusten ja mittojen suuruutta esimerkiksi kuvion 5 mukaisella tavalla. Excel-taulukoissani on värilogiikka sellainen, että vaaleansinisellä pohjalla oleviin soluihin voi käyttäjä vaihtaa laskennan lähtöarvoja ja keltaisella pohjalla oleviin soluihin ilmestyvät laskennan lopputulokset. Näin taulukoiden käyttäjä oppii nopeasti löytämään ne paikat, joihin vaaditaan lähtöarvoja ja ne paikat, mistä lopullista vastausta kannattaa lähteä etsiskelemään.

Tehtävä: Ratkaise kuvan ristikon sauvavoimat	
Lähtöarvot	
L ₁	2,5 m
L ₂	0,8 m
L ₃	3,5 m
h	1,8 m
F ₁	5,5 kN
F ₂	8,9 kN

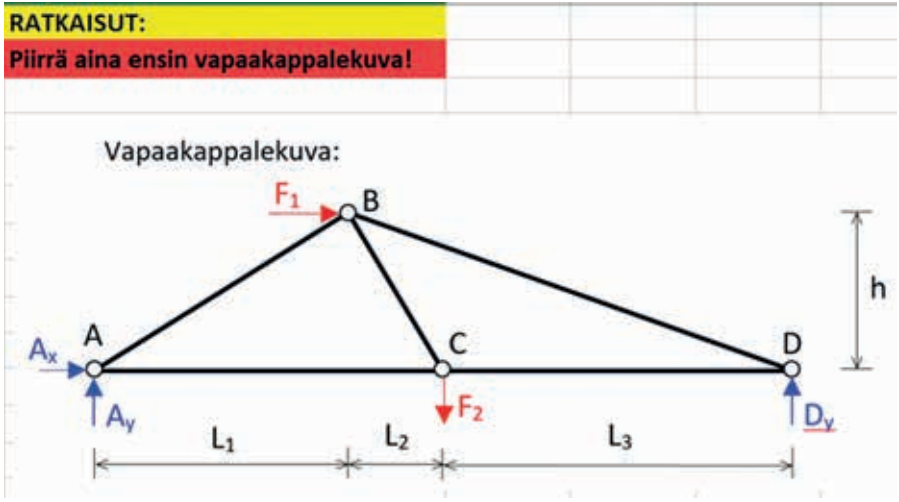
HUOM! Voit muuttaa itse sinisellä pohjalla olevia lähtöarvoja ja laatia näin uuden tehtävän. Laske lasku ensin itse ja tarkista laskusi. Tästä taulukosta löydät laskun välivaiheet!

Kuvio 5. Lähtöarvojen syöttäminen.

Lähtöarvojen syöttämisen jälkeen ajatus on se, että opiskelija tyyli hylkää ikävän Excel-taulukon ja ryhtyy laskemaan laskua. Kun hän on saanut laskun laskettua, hän voi katsoa Excelistä tehtävän malliratkaisun.

Aluksi Excel muistuttaa kuvion 6 mukaisesti räikeän punapohjaisella tekstillä vapaakappalekuvan piirtämisestä. Tämä on tärkeä välivaihe, sillä suuri osa

laskuvirheistä johtuu siitä, ettei laskija vaivaudu piirtämään kuvaa tehtävästä ja voimista. On hyvin vaikea muodostaa laskennassa vaadittavia tasapainoyhtälöitä ilman kunnollista kuvaa. Tätä asiaa jatkuvasti korostan ja yhtä jatkuvasti totean korostamisen hyödyttömyyden.



Kuvio 6. Muistutus vapaakappalekuvan merkityksestä.

Vapaakappalekuvan jälkeen ristikkotehtävä alkaa ristikkorakenteen geometrian selvittämisellä. Vinosauvojen asento on selvitettävä ja Excel tekee sen kuvion 7 mukaisesti. Aluksi Excel ilmoittaa vihreällä pohjalla yleisen kirjainmuotoisen laskentakaavan, johon laskenta perustuu. Oranssilla pohjalla olevassa solussa nähdään kaavaan sijoitetut tunnetut lukuarvot ja lopuksi keltaisella pohjalla ilmoitetaan laskennan lopputulos.

Seuraavaksi ratkaistaan tukireaktiot. Laskentakaavoissa käytetään nuolisymboleita taulukon 1 mukaisella logiikalla. Esimerkki tukireaktion laskemisesta nähdään kuviossa 8.

Kulman ACB laskeminen:
$\tan(\text{ACB}) = h / L_2$
johon lähtöarvot sijoittamalla saadaan:
$\tan(\text{ACB}) = 1,8 / 0,8$
$\text{ACB} = \arctan(1,8 / 0,8) = 66,0375 \text{ astetta}$

Kuvio 7. Laskentataulukko, joka ratkaisee ristikon kulman

Taulukko 1. Excel-laskentataulukon nuolisymbolien tulkinta.

Nuolisymboli	Tulkinta
→	Vaakavoimien tasapainoyhtälö, positiivinen suunta oikealle
↑	Pystyvoimien tasapainoyhtälö, positiivinen suunta ylöspäin
↻ _A	Momenttitasapainoyhtälö pisteen A suhteen, positiivinen kiertosuunta myötäpäivään
↻ _A	Momenttitasapainoyhtälö pisteen A suhteen, positiivinen kiertosuunta vastapäivään

Tukivoiman A_y ratkaiseminen:
$\sum D : A_y \cdot (L_1 + L_2 + L_3) + F_1 \cdot h - F_2 \cdot L_3 = 0$
johon lähtöarvot sijoittamalla saadaan:
$\sum D : A_y \cdot 6,8\text{m} + 5,5\text{kN} \cdot 1,8\text{m} - 8,9\text{kN} \cdot 3,5\text{m} = 0$
Yhtälön ratkaisu on:
$A_y = 21,25 \text{ kN} \cdot \text{m} / 6,8\text{m} = 3,125 \text{ kN}$ (eli ylös 3,125 kN)

Kuvio 8. Tukivoiman laskeminen.

Seuraavaksi lähdetään ratkaisemaan nivelpistemenetelmällä niveliin liittyvien sauvojen sauvavoimia. Tässä Excel muodostaa tarvittavat, tarkastelun kohteena olevaan niveleen liittyvien vaaka- ja pystysuuntaisten voimien tasapainoyhtälöt. Lisäksi Excel ratkaisee tämän yhtälöparin matriisilaskentaa hyödyntäen. Esimerkkiristikon nivelen A tasapainoyhtälöt ja niiden ratkaisu on esitetty kuviossa 9.

Lopuksi Excel ilmoittaa koosteena tehtävän lopullisen ratkaisun, eli viiden sauvavoiman arvot. Tämä näkyy kuviossa 10. Pidän tärkeänä sitä, että ristikkotehtävässä opiskelija oppii tunnistamaan veto- ja puristussauvat ja tämä toivon mukaan välittyy siitä, että Excel-taulukkokin tämän asian automaatiotasolla ilmoittaa.

Nivel A, tasapainoyhtälöt:
→ : $S_{ab} \cdot \cos(\text{BAC}) + S_{ac} + A_x = 0$
↑ : $S_{ab} \cdot \sin(\text{BAC}) + A_y = 0$
johon lähtöarvot sijoittamalla saadaan:
→ : $S_{ab} \cdot \cos(35,7539) + S_{ac} + (-5,5 \text{ kN}) = 0$
↑ : $S_{ab} \cdot \sin(35,7539) + 3,125 \text{ kN} = 0$
Yhtälöparin ratkaisu on
$S_{ab} = -5,3482 \text{ kN}$ (eli puristussauva)
$S_{ac} = 9,8403 \text{ kN}$ (eli vetosauva)

Kuvio 9. Ristikon niveleen A liittyvien tasapainoyhtälöiden ratkaisu.

Lopulliset vastaukset:**Sab = -5,3482 kN (eli puristussauva)****Sac = 9,8403 kN (eli vetosauva)****Sbc = 9,7394 kN (eli vetosauva)****Sbd = -14,9558 kN (eli puristussauva)****Scd = 13,7958 kN (eli vetosauva)**

Kuvio 10. Ristikkotehtävän lopullinen ratkaisu.

3 POHDINTAA

Olen viime aikoina nauttinut suuresti Polyteknikkojen kuoron upeasta teekkariryhmiin "lkuisen teekkarin laulun"⁹ tulkinnasta: *"Talvi-iltain tummentuessa Polin suojiin me saavumme taas. Meidät tekniikka jälkeen on jättänyt, sen me tahdomme unhoittaa."*

Ei maailma valmiiksi tule. Vielä vähemmän valmiiksi tulee matematiikan lehtori. Eikä synny mitään uutta auringon alle. Periaatteessa samojen ongelmien kanssa opetuslalla on painiskeltu niin kauan kuin opetustyötä on tehty. Ja tullaan painiskelemaan.

Tekniikan alan opettajana voin todeta, ettei tekniikka suinkaan mitään ratkaise. Hyvä jos se edes mitään auttaa. Mutta sen avulla voidaan joskus ainakin hetkelisesti luoda illuusio jostakin muusta. Sen illuusion varassa jaksaa opettajakin taas hetkisen matkan eteenpäin. Toivottavasti myös opiskelijakin. Ainakin edes joku heistä.

Pidän edelleen, koronatilanteen sen salliessa, paljon lähitunteja. Luennoin. Kierrän luokassa neuvomassa ja ohjaamassa. Istun opettajapöydän ääressä tekemässä sitä samaa. Vastailen sähköposti- ja WhatsApp-viesteihin. Laadin Excel-itseopiskelutaulukoita omaksi ja ehkä myös opiskelijoiden iloksi. Kehitän etäopetusta ja etäohjausta.

Viime aikoina olen harjoitellut Excelin makrojen käyttöä itseopiskelutaulukoissa. Opiskelija voi nappia painamalla arpoa itselleen uudet laskennan lähtöarvot ja sen jälkeen laskea laskun ja tarkistaa välivaiheet taulukosta. Jonkinlaista oppimateriaalin pelillistämistäkin opettelen. Samalla kun uudet lähtöarvot arvotaan makrojen avulla, voidaan kello käynnistää ja Excel voi tulostaa näkyviin ajan, joka kului tehtävän ratkaisemiseen. Tällä opiskelija voi treenata laskunopeuttaan, laskentatarkkuuttaan ja huolellisuuttaan.

⁹ Polyteknikkojen kuoron esittämän lkuisen teekkarin laulun voi halutessaan kuunnella YouTube-sivulta <https://www.youtube.com/watch?v=iQiUiHiAuT4> [viitattu 22.8.2020].

Monenlaisia ajatuksia muhii pääkopassa. Onneksi niitä kaikkia ei ole pakko toteuttaa. Eikä edes kokeilla.

LÄHTEET

Salmi, T. 2005. Statiikka. 3. p. Tampere: Pressus.