



Vaasan yliopisto  
UNIVERSITY OF VAASA

Elina Sippola

# **TIM-järjestelmän hyödyntäminen Vaasan yliopiston piirianalyysin opetuksessa**

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö  
Sähkötekniikan diplomityö  
Energia- ja informaatiotekniikka, DI

Vaasa 2023

---

**VAASAN YLIOPISTO****Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö**

<b>Tekijä:</b>	Elina Sippola		
<b>Tutkielman nimi:</b>	TIM-järjestelmän hyödyntäminen Vaasan yliopiston piirianalyysin opetuksessa		
<b>Tutkinto:</b>	Diplomi-insinööri		
<b>Oppiaine:</b>	Sähkötekniikka		
<b>Työn valvoja:</b>	Professori Timo Vekara		
<b>Työn ohjaaja:</b>	DI Maarit Vesapuisto		
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2023	<b>Sivumäärä:</b>	91

---

**TIIVISTELMÄ:**

Tämän diplomityön tarkoituksena on tutkia, miten TIM-oppimisympäristöä (The Interactive Material) voi hyödyntää Vaasan yliopiston sähkötekniikan opetuksessa. Tutkimuksessa esitellään uusi oppimisympäristö, kartoitetaan sähkötekniikan kursseilla havaittuja keskeisiä oppimisen haasteita ja pohditaan, kuinka niitä voitaisiin ratkaista interaktiivisen luentomateriaalin avulla.

Verkko-opetuksen suunnittelussa ja toteutuksessa on omaksuttava joitakin uusia ajattelu- ja lähestymistapoja. Diplomityössä verkkomateriaalin suunnittelussa otettiin huomioon hyvän verkkotehtävän piirteet, kuten havainnollistaminen, visuaalisuus, automaattinen arviointi, sekä materiaalin tekninen toimivuus ja helppokäyttöisyys. Tutkimuksen taustalla vaikuttaa konstruktivistinen oppimiskäsitys, jossa aktiivinen tiedon rakentaminen ja vuorovaikutteisuus nähdään keskeisinä oppimista edistävinä tekijöinä.

Tutkimuksen esimerkkikohteena oli Piirianalyysi A -kurssi. TIM-järjestelmään luotiin sen aiheisiin liittyvää aineistoa, joka sisälsi teoriaa, laskuesimerkkejä ja erilaisia tehtävyytpejä, kuten monivalinta- ja laskutehtäviä sekä simulointiin liittyvää grafiikkaa. Tehtävien avulla pyrittiin havainnollistamaan opiskelijoille haasteellisia asioita sekä aktivoimaan opiskelijaa lyhyillä, oppimista testaavilla kysymyksillä. Lisäksi työssä selvitettiin, miten kursseilla käytettyjen STACK-tehtävien (System for Teaching and Assessment using a Computer Algebra Kernel) siirto TIM-järjestelmään onnistuu. Lopuksi kurssin opiskelijoita pyydettiin testaamaan TIM-aineistoa ja vastaamaan palautekyselyyn. Kyselyllä selvitettiin opiskelijoiden mielipidettä TIM-järjestelmästä ja oppimisesta yleisesti.

Tuloksena havaitaan, että palautekyselyn perusteella opiskelijat pitivät TIM-järjestelmästä ja suuri osa vastanneista haluaisi käyttää järjestelmää tulevaisuudessa jollain kursseilla. Erityisesti hyvinä piirteinä pidettiin TIM-järjestelmän visuaalisuutta, selvää ulkoasua ja monipuolisuutta. Opiskelijat toivoivat lisää tehtäviä, esimerkkejä ja muuta aineistoa. Tulevaisuudessa TIM-järjestelmää voi hyödyntää vielä monipuolisemmin esimerkiksi käänteiseen opetukseen sekä muillakin sähkötekniikan kursseilla, kuten Piirianalyysi B-, Kenttäteoria- tai Tehoelektroniikka -kursseilla, joihin voisi triviaalisten lasku- ja monivalintatehtävien ohella kehittää simulointitehtäviä eri matematiikkaohjelmistoja hyödyntäen. Tietokoneen ja ihmisen välisen vuorovaikutuksen lisäksi TIM-järjestelmän avulla voidaan edistää myös sosiaalista vuorovaikutusta ja yhteistoiminnallista oppimista, esimerkiksi interaktiivisten luentokyselyjen, erilaisten ryhmätehtävien tai vertaisarvioinnin avulla.

---

**AVAINSANAT:** TIM-järjestelmä, sähkötekniikan opetus, piirianalyysi, verkko-opetus, interaktiivisuus, visualisointi, havainnollistaminen

## Sisällys

1	Johdanto	8
1.1	Työn tausta	8
1.2	Tutkimuskysymykset ja työn rakenne	10
2	Opetuksen ja oppimisen teoriaa	11
2.1	Oppimiskäsitykset	11
2.2	Virtuaaliset oppimisympäristöt osana opetusta	13
2.2.1	Aktiivinen oppiminen ja interaktiivisuus	13
2.2.2	Hyvän verkkotehtävän piirteitä ja vaatimuksia	14
2.3	Sähkötekniikan opetus	17
2.4	Piirianalyysi A -kurssi Vaasan yliopistossa	18
3	TIM-järjestelmä	21
4	TIM-järjestelmän hyödyntäminen Piirianalyysi A -kurssilla	27
4.1	Yleistä TIM-materiaalin luomisesta	28
4.2	Monivalintatehtävät	31
4.3	Avoimet teksti- ja numerovastaukset	32
4.4	GeoGebra-tehtävät	35
4.5	STACK-tehtävät	37
4.5.1	STACK-tehtävän rakenne	37
4.5.2	STACK-tehtävien siirtäminen TIM-järjestelmään	40
4.5.3	Toteutusvaihtoehtojen väliset erot	41
4.6	Yhteenveto eri tehtävätyyppien toteutuksesta	42
5	Opiskelijoiden käyttökokemuksia TIM-järjestelmästä	44
6	TIM-järjestelmän sovelluskohteita tulevaisuudessa	51
6.1	TIM-järjestelmä sähkötekniikan opetuksessa	51
6.2	Käyttömahdollisuuksia matematiikan opetuksessa	54
6.3	Käänteinen opetus	55
6.4	Itse- ja vertaisarviointi	55

6.5	Opinnäytetöiden kirjoittaminen	56
6.6	Yhteenveto tulevaisuuden käyttömahdollisuuksista	57
7	Johtopäätökset	58
	Lähteet	64
	Liitteet	69
	Liite 1. Piirianalyysi A -kurssin TIM-materiaali.	69
	Liite 2. Palautekyselyn tulokset (2022).	83

## Kuvat

Kuva 1. TIM-järjestelmän ominaisuudet.	22
Kuva 2. Esimerkki luentoseinästä ja luentokyselyistä (TIM, 2023).	25
Kuva 3. TIM-järjestelmän tekstieditori ja tehtävätyypin valitseminen.	28
Kuva 4. Esimerkki monivalintatehtävästä.	32
Kuva 5. Syöttökenttä -tehtävään liittyvä kuva, jonka perusteella opiskelija määrittää vaihtosähköön liittyviä arvoja.	33
Kuva 6. Vastauskenttä ja palaute tehtävään.	33
Kuva 7. Esimerkki GeoGebra-tehtävästä (GeoGebra, 2022).	36
Kuva 8. Esimerkki STACK-tehtävästä.	39
Kuva 9. Esimerkki kuvassa 8 esitetyn STACK-tehtävän automaattisesta palautteesta.	40
Kuva 10. Opiskelijoiden vastaukset väittämään 2.2. TIMin sisältö oli selkeä ja ymmärrettävä (liite 2).	45
Kuva 11. Opiskelijoiden vastaukset väittämään 2.6. Pidän oppimiseni kannalta TIMiä parempana kuin Moodlea (liite 2).	46
Kuva 12. Opiskelijoiden vastaukset väittämään 2.5. STACKin käyttö TIM-ympäristössä on minulle teknisesti vaivattomampaa (liite 2).	48
Kuva 13. Esimerkki simulointitehtävästä, jossa käyttäjä voi muuttaa siirtofunktion arvoja ja piirtää kuvaajan Octavella (TIM, 2017).	52
Kuva 14. TIM-järjestelmässä ajettu siirtofunktion koodi ja sen mukaan piirretty askelvasteen kuvaaja Octavessa (TIM, 2017).	53

## Taulukot

Taulukko 1. Hyvän verkko-opetuksen piirteitä ja vaatimuksia.	17
Taulukko 2. Opiskelijoiden vastaukset väittämään ”Edellä aineistossa olevista opetustavoista minua auttoivat eniten...”	49

## Algoritmit

Algoritmi 1. Esimerkki tehtävästä YAML-kielellä.	30
Algoritmi 2. Syöttökentän luominen ja lyhyt palaute.	34

## Lyhenteet

HTML	Hypertext Markup Language, hypertekstin merkintäkieli
LaTeX	Ladontajärjestelmä
Moodle	Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment, virtuaalinen oppimisympäristö
STACK	System for Teaching and Assessment using a Computer Algebra Kernel, ohjelmisto, jonka avulla voi luoda tehtäviä opetuskäyttöön
TIM	The Interactive Material, interaktiivinen luentomoniste
XML	Extensible Markup Language, merkintäkieli
YAML	YAML Ain't Markup Language, merkintäkieli

**Termit**

Dynaamisuus	Tehtävä, jossa käyttäjä voi muokata tai siirtää objekteja ja jossa tehtävän tulokset mukautuvat käyttäjän toiminnan mukaan.
Interaktiivisuus	Ihmisen ja tietokoneen välillä tapahtuvaa vuorovaikutusta.
Plugin	TIM-järjestelmän upotettu komponentti, kuten interaktiivinen harjoitustehtävä.
Visualisointi	Tiedon havainnollistamista esimerkiksi kuvan avulla.

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Sähkötekniikassa sovelletaan luonnontieteitä ja yliopistotasolla opinnot edellyttävät matematiikan ja fysiikan perusteiden ymmärtämistä. Lähes kaikki sähkötekniikan ilmiöt ja käsitteet ovat abstrakteja, jolloin niitä voi olla vaikeaa hahmottaa. Sähkötekniikan teoreettisen taustan ymmärtäminen on kuitenkin tärkeää, jotta opiskelija voi syvällisesti ymmärtää myös käytännössä sähkölaitteiden ja -järjestelmien toimintaa.

Vaasan yliopiston teoreettisen sähkötekniikan kursseilla on havaittu joitakin haasteita, joihin on pyritty kehittämään erilaisia ratkaisuja. Osalta opiskelijoista puuttuu laskutiini, tai matematiikan ja fysiikan perusteet eivät ole tarpeeksi hyvin hallussa. Lisäksi on huomattu, että tehtäviä tehdessään opiskelijat eivät aina piirrä tarvittavia kuvia, jotka auttaisivat hahmottamaan tehtävän paremmin. Toisinaan opiskelija saattaa vain kopioida laskuesimerkkejä passiivisesti, jolloin hän ei pohdi ratkaisua itse välttämättä ollenkaan eikä syvällistä oppimista tapahdu. Haasteellisiksi koettujen tehtävien ratkaiseminen saatetaan luovuttaa helposti tai niissä turvaututaan ulkoa opetteluun. Lisäksi heikentynyt opiskelumotivaatio voi vaikuttaa negatiivisesti kurssimenestykseen. (Ellonen, Vesapuisto & Vekara, 2022)

Yksi ratkaisu edellä mainittuihin haasteisiin on kehittää erilaisia verkkotehtäviä, jotka haavainnollistavat vaikeasti ymmärrettäviä asioita. Viime vuosina on siirrytty entistä enemmän verkko-opetukseen, joten sähköisillä oppimisympäristöillä on nyt aiempaa merkittävämpi rooli opetuksessa. Vaikka verkko-opetuksen suunnittelu aiheuttaa lisätyötä ja haasteita, erilaiset verkon opetustyökalut voivat toisaalta myös lisätä joustavuutta opiskeluun ja ne mahdollistavat uusien ja monipuolisten tehtävätyyppien luomisen ja käytämisen. Verkkopohjaisten oppimisympäristöjen avulla voidaan muun muassa tukea itseopiskelua ja luoda vuorovaikutteista oppimateriaalia.

Vaasan yliopisto osallistui vuosina 2018–2021 toteutettuun ÄlyOppi-hankkeeseen, jonka tarkoituksena oli esitellä ja kehittää erilaisia sähköisiä oppimisympäristöjä korkeakoulujen yhteiseen käyttöön. Hankkeen aikana kehitettiin Vaasan yliopiston toimesta automaattisesti tarkastettavia verkkotehtäviä Piirianalyysi A -kurssille, joka käsittelee teoreettista sähkötekniikkaa. Tehtävät toteutettiin STACK-järjestelmän avulla (System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel). STACK on ohjelmisto, jonka avulla voidaan toteuttaa tietokoneavusteista, automaattista arviointia sekä luoda matemaattisia tehtäviä ja kysymyksiä Moodle-pohjaisille oppimisalustoille.

STACK-tehtävien tarkoituksena oli havainnollistaa piirianalyysin kurssin asioita ja auttaa sisäistämään edeltävällä luennolla läpi käytyä teoriaa. Tehtävät olivat satunnaistettuja, eli opiskelijalle arvottiin jokaiselle suorituskerralle eri versio samasta tehtävätyypistä. Satunnaistamisen tarkoituksena oli vähentää ulkoa opettelua ja auttaa opiskelijaa ymmärtämään tehtäviä syvällisesti. Tehtävät olivat automaattisesti tarkastettavia ja niistä sai palautteen välittömästi. Lisäksi tehtävissä voitiin hyödyntää visuaalisuutta toteuttamalla erilaisia kuvia, kuten piirikaavioita, erityisen JSXGraph-kirjaston avulla. (Ellonen, 2021)

STACK-tehtävät ovat olleet käytössä Piirianalyysi A -kurssilla vuodesta 2019 alkaen ja ne ovat saaneet opiskelijoilta hyvää palautetta. STACK-tehtäviä on tutkittu Vaasan yliopiston lisäksi myös muun muassa Helsingin yliopistossa ja Tampereen yliopistossa matematiikan ja fysiikan kursseilla (Kulmala, 2019; Mäkelä, 2016). Tutkimukset osoittavat, että opiskelijat ovat suhtautuneet vuorovaikutteisiin, automaattisesti tarkastettaviin verkkotehtäviin positiivisesti ja ne ovat edistäneet oppimista. ÄlyOppi-hankkeen aikana STACK-tehtäviä kehitettiin sähkötekniikan lisäksi myös muun muassa konetekniikkaan Oulun yliopiston toimesta ja fysiikkaan Helsingin yliopiston toimesta. Näitä eri aloihin liittyviä STACK-tehtäviä kerättiin korkeakoulujen yhteiseen Abacus-materiaalipankkiin (ÄlyOppi, 2020).

TIM-järjestelmä (The Interactive Material) puolestaan on eräs toinen ÄlyOppi-hankkeesakin esitellyistä digitaalisista oppimisalustoista. Tämän diplomityön tarkoituksena on tutkia, miten TIM-järjestelmää voisi hyödyntää Vaasan yliopiston sähkötekniikan opetuksessa. TIM-järjestelmässä voidaan luoda erilaisten ohjelmistojen avulla samankaltaisia

tehtäviä kuin STACK-järjestelmässä. Valmiita STACK-tehtäviä on myös mahdollista upottaa TIM-järjestelmään, ja tehtävien integroiminen on yksi osa tätä diplomityötä. Lisäksi kartoitetaan, mitä muita piirteitä TIM-järjestelmässä voidaan hyödyntää STACK-tehtävien lisäksi. Tavoitteena oli luoda monipuolista ja vuorovaikutteista materiaalia, jonka avulla voidaan havainnollistaa vaikeasti ymmärrettäviä asioita ja aktivoida opiskelijaa.

## 1.2 Tutkimuskysymykset ja työn rakenne

Tässä tutkimuksessa pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten TIM-oppimisympäristöä voidaan hyödyntää Vaasan yliopiston sähkötekniikan opetuksessa yleisesti, ja erityisesti Piirianalyysi A -kurssilla?
- Mitkä opetustavat auttavat oppimaan parhaiten?
- Mitä mieltä Piirianalyysi A:n opiskelijat ovat TIM-järjestelmästä ja minkälaisen TIM-sisällön opiskelijat kokevat hyödyllisimmäksi?

Aluksi luvussa 2 tutustutaan oppimiseen liittyviin käsitteisiin ja teorioihin. Lisäksi pohditaan verkko-opetuksen tuomia mahdollisuuksia ja selvitetään, miten teknologiaa voidaan hyödyntää aktiivista ja vuorovaikutteista oppimista tehostavana työkaluna. Luvussa tutustutaan myös sähkötekniikkaan ja Piirianalyysi A -kurssiin, jossa TIM-järjestelmää testattiin.

Luvussa 3 esitellään TIM-järjestelmä ja kerrotaan perusteet sen rakenteesta ja ominaisuuksista. Luvussa 4 esitellään materiaali, joka luotiin Piirianalyysi A -kurssille ja näytetään esimerkkejä tehtävistä. Opiskelijoiden käyttökokemuksia ja suhtautumista TIM-järjestelmään käydään läpi luvussa 5. Luvussa esitetään tuloksia kyselystä, jossa opiskelijoilta pyydettiin palautetta TIM-järjestelmän toimivuudesta sekä materiaalin ja eri opetuskeinojen hyödyllisyydestä. Lopuksi luvussa 6 pohditaan, miten TIM-järjestelmää voisi tulevaisuudessa hyödyntää Vaasan yliopiston sähkötekniikan opetuksessa vieläkin monipuolisemmin. Tutkimuksen johtopäätökset esitetään luvussa 7.

## 2 Opetuksen ja oppimisen teoriaa

Oppimisen kynnykset ja haasteet on tärkeää tunnistaa ja oppia ratkaisemaan jo opintojen alkuvaiheessa, jotta ne eivät toistu myöhemmillä kursseilla tai lopulta työelämässä. Nykyään modernit opetustyyliä pyrkivät aktiiviseen ja syväsuuntautuneeseen oppimiseen. Lisäksi tavoitteena on motivoida opiskelijaa luomalla mielekkäitä, kiinnostavia aktiviteetteja. Digiteknologia ja erilaiset laadukkaat verkkomateriaalit toimivat tähän hyvänä apuvälineenä.

Tässä luvussa käsitellään keskeisiä oppimiseen vaikuttavia tekijöitä ja taustalla vaikuttavia teorioita. Sen jälkeen esitellään, miten tietoverkkoa ja digitaalisia oppimisympäristöjä voidaan hyödyntää osana opetusta. Luvussa pohditaan, mitkä ovat hyvän verkkotehtävän piirteitä ja vaatimuksia sekä mitkä ominaisuudet ja tekijät verkko-opetuksessa edistävät oppimista. Näiden kysymysten perusteella TIM-materiaalia lähdettiin kehittämään, jotta verkkomateriaalista saadaan mahdollisimman motivoiva ja oppimista edistävä. Lisäksi käsitellään sähkötekniikan ja erityisesti piirianalyysin opetusta Vaasan yliopistossa.

### 2.1 Oppimiskäsitykset

Oppiminen on yksilöllinen prosessi ja siihen vaikuttavat muun muassa oppijan aikaisemmat tiedot ja muut taustatekijät, oppimisympäristö, oppijan tekemät havainnot ja tulkinnot, motivaatio, oppimistyyli ja oppimisstrategiat. Kaikki opetustavat perustuvat johonkin oppimiskäsitykseen, joka on käsitys siitä, miten oppiminen tapahtuu. Oppimiskäsitykset toimivat myös lähtökohtana siihen, millä tavalla teknologiaa hyödynnetään opetuksessa ja opiskelussa. Nykyisen käsityksen mukaan oppiminen on aktiivista tiedon rakentamista, jossa uusi tieto sulautetaan oppijan aikaisempiin kokemuksiin ja tietorakenteisiin. (Rikala, 2011)

Tämän tutkimuksen kannalta kolme keskeistä oppimiskäsitystä ovat behaviorismi, kognitivismi ja konstruktivismi. Behaviorismi oli ensimmäinen tieteellinen lähestymistapa, kun alettiin tutkia oppimista. Se perustuu ajatukseen, että tietoa siirretään oppijalle muuttumattomana. Behaviorismissa keskitytään lähinnä ihmisen ulkoiseen käyttäytymiseen,

kuten siihen, pystyykö oppija toistamaan oppimaansa tietoa kokeessa (Rikala, 2011). Kumpulaisen (2000) mukaan behaviorismiin liittyy käyttäytymisen säätely, jossa toivottua käyttäytymistä vahvistetaan ja kielteistä käyttäytymistä heikennetään. Oppijan sisäisiä prosesseja ja mielen toimintaa ei oteta huomioon, vaan oppija nähdään passiivisena tiedon vastaanottajana. Passiivisuus voi kuitenkin joissain tapauksissa johtaa pinnalliseen oppimiseen ja ulkoa opetteluun. Vaikka behaviorismi voi olla joissain tilanteissa tehokas opetustapa, on käyttöön otettu myös muita oppimiskäsityksiä, jotka korostavat opiskelijan omaa aktiivista toimintaa, omatoimisuutta ja itseohjautuvuutta, joiden on tarkoitus johtaa syvällisempään ymmärrykseen (Rikala, 2011).

Kognitiivinen oppimiskäsitys puolestaan huomioi myös oppijan sisäiset tekijät ja mielen toiminnot, kuten havainnoimisen, muistin ja ajattelemisen. Tässä suuntauksessa ihminen nähdään aktiivisena tiedon prosessoijana ja käsittelijänä. Oppiminen tapahtuu kognitiivisten prosessien tuloksena, ja tärkeintä oppimisessa on oppijan oma toiminta ja omat sisäiset prosessit. Suuntauksessa keskeistä on aktiivisuus, tavoitteet ja palaute. (Rikala, 2011)

Konstruktivismi on nykyisin vallalla oleva oppimiskäsitys, ja se perustuu pitkälti kognitiiviseen oppimiskäsitykseen. Konstruktivistisessa suuntauksessa ajatellaan, että oppija rakentaa oman tulkintansa tiedosta aikaisempien kokemustensa ja tietojensa pohjalta. Oppiminen tapahtuu, kun luodaan yhteyksiä uuden ja vanhan tiedon välille. Oppija ei siis vain vastaanota passiivisesti tietoa, vaan oppiminen on aktiivista ja vuorovaikutteista tiedon rakentamista. Tässä suuntauksessa oppijaa kannustetaan ongelmanratkaisuun, kriittiseen pohdiskeluun, keskusteluun ja tutkimiseen. Asioiden ymmärtäminen on tärkeämpää kuin se, kuinka paljon asioita on opittu. (Kumpulainen, 2000)

Lisäksi nykyisin oppijalle annetaan enemmän vastuuta oppimisprosessissa. Opettajan rooli muuttuu tiedon jakajasta oppimisprosessin ohjaajaksi, ja päätavoitteita ovat oppimisprosessin edistäminen ja tukeminen, oppimisen syventäminen sekä ongelmien ja oppimisen haasteiden tunnistaminen. (Kotovaara-Tavasti, 2017)

Perinteisen opetuksen lisäksi myös verkko-opetus perustuu pääosin konstruktivistiseen pedagogiikkaan (Kumpulainen, 2000). Virtuaalisia oppimisympäristöjä ei nähdä pelkättään tiedonsiirtojärjestelminä, joissa ainoastaan jaetaan oppimateriaali ja palautetaan tehtäviä, vaan niitä voidaan myös hyödyntää alustana, jonka avulla opiskelija rakentaa käsityksensä uudesta asiasta jonkin aktiviteetin avulla, kuten simuloimalla, muokkamalla ja kokeilemalla eri ideoita, saaden siitä samalla välitöntä palautetta. (Tanskanen, 2017)

## **2.2 Virtuaaliset oppimisympäristöt osana opetusta**

Nykyään vallalla olevan oppimiskäsityksen mukaan on tärkeää, että opiskelija osallistuu aktiivisesti oppimisprosessiin. Perinteisen eli paikan päällä tapahtuvan opetuksen hyviä puolia ovat vuorovaikutus opettajan ja opiskelijoiden välillä, sosiaalisuus ja keskustelu. Usein kuitenkin pelkällä perinteisellä luento-opetuksella voi olla passivoiva vaikutus opiskelijaan, sillä keskittyminen voi helposti herpaantua, jos opetus ei sisällä mitään vuorovaikutteista toimintaa. Sen vuoksi luentojen rinnalle pyritään lisäämään opetuskeinoja, jossa opiskelijalta vaaditaan aktiivisempaa osallistumista (Kulmala, 2019). Tässä aluvuossa kerrotaan, miten digitaalisia oppimisympäristöjä voidaan hyödyntää aktiivista ja vuorovaikutteista oppimista tehostavana työkaluna.

### **2.2.1 Aktiivinen oppiminen ja interaktiivisuus**

Aktiivista oppimista voidaan toteuttaa monin tavoin. Keskeistä on, että opiskelija itse osallistuu jollain tavalla aktiivisesti oppimisprosessiin. Tavoitteena on, että erilaiset aktiviteetit saavat opiskelijan pohtimaan, jäsentelemään omia tietojaan ja tekemään johtopäätöksiä. Aktiivista oppimista voidaan toteuttaa sekä yksilö- että ryhmätöskentelyn avulla, ja opetuskeinoja ovat muun muassa ongelmanratkaisu, keskustelu, oppimista testaavat kyselyt ja simulaatio. (Rikala, 2011)

Oppimisympäristö voi olla sähköinen eli digitaalinen tai fyysinen ja vuorovaikutteisuutta voidaan toteuttaa molemmissa. Vuorovaikutteisuudella tarkoitetaan kaksisuuntaista kommunikaatiota kahden tai useamman ihmisen välillä. Kasvokkain tapahtuvan vuoro-

vaikutuksen lisäksi vuorovaikutusta voi tapahtua myös teknologian välityksellä, ja esimerkiksi ihmisen ja tietokoneen välillä (So & Brush, 2008). Ihmisen ja tietokoneen välillä tapahtuvaan vuorovaikutukseen viitataan usein termillä *interaktiivisuus*. Tässä työssä keskitytään sähköisiin, interaktiivisiin oppimisympäristöihin, ja tutkitaan miten niiden hyödyntäminen voi tukea oppimista.

### **2.2.2 Hyvän verkkotehtävän piirteitä ja vaatimuksia**

Oppimisen tueksi on kehitetty paljon erilaisia virtuaalisia oppimisalustoja. Verkkopohjaiset oppimisalustat mahdollistavat etäopiskelun ja kurssin itsenäisen suorittamisen, usein ajasta tai paikasta riippumatta. Usein opiskelijat itsekin arvostavat, jos oppimisen voi suorittaa omaan tahtiin. Verkkopohjaiset alustat sopivat hyvin myös suurille opiskelijämäärille, sillä esimerkiksi verkkotehtävien automaattinen tarkastus säästää resursseja (Ellonen, 2021).

Interaktiivisuutta hyödyntämällä voidaan toteuttaa monipuolista ja mielikuvituksellista-kin materiaalia, joka hyvin suunniteltuna voi motivoida ja innostaa oppimaan. Interaktiivinen materiaali huomioi erilaiset oppimistyyliä, ja sen on huomattu sopivan erityisesti visuaalisille oppijoille paremmin kuin pelkkä kirjallinen materiaali (Doering, Mu, 2009). Toisaalta Kotovaara-Tavasti (2017) toteaa, että opetuksessa kannattaa yhdistää eri aistikanaviin perustuvia esitystapoja, kuten kielellistä ja visuaalista materiaalia, jotka kuormittavat muistin eri osa-alueita. Materiaalissa voi esimerkiksi olla kirjoitetun tekstin ohella kuvia, animaatiota, ääntä ja näiden yhdistelmiä.

Opetusta ja oppimateriaalia suunniteltaessa on tärkeää miettiä, miten voidaan saavuttaa asioiden syvä ymmärtäminen pinnallisen ulko-opetteluun sijaan. Erityisesti teoreettisilla kursseilla voidaan helpottaa asioiden ymmärtämistä havainnollistamisen avulla. Havainnollistaminen tarkoittaa jonkin teoreettisen tai abstraktin käsitteen esittämistä käytännönläheisemmässä ja helpommin ymmärrettävässä muodossa. Sähköiset oppimisympäristöt tarjoavat monipuolisia keinoja erityisesti grafiikan hyödyntämiseen. Tähän liittyy käsite *visualisointi*, joka tarkoittaa havainnollistamista esimerkiksi kuvan, videon, kuvaajan, animaation tai simulointiohjelman avulla. Pelkän kuvan ja tekstin lisäksi

voidaan luoda myös dynaamista sisältöä, jossa opiskelija pääsee klikkailemaan ja liikuttelemaan erilaisia komponentteja tehtävässä tai kuvassa. (Tanskanen, 2017) Dynaamisissa tehtävissä ei tarvitse määrittää vastausta kirjoittamalla tai laskemalla, vaan vastaus annetaan yleensä muuttuvan kuvan perusteella.

Välitön, automaattinen palaute on yksi hyvän verkkotehtävän keskeinen ominaisuus. Teoreettisen sähkötekniikan tehtävät sisältävät usein laskemista tai esimerkiksi yhtälönmuodostusta, ja oikeita ratkaisuja on äärellinen määrä. Näin ollen voidaan suunnitella tietokoneohjelma, joka tunnistaa automaattisesti, onko annettu vastaus oikein vai väärin. Lisäksi tehtävään voidaan tulostaa automaattinen palaute, joka ohjaa kohti oikeaa ratkaisua, jos vastaus menee aluksi väärin. Rakentava ja ohjaava palaute voi motivoida opiskelijaa yrittämään ratkaisua uudelleen, ja sen avulla opiskelija voi tunnistaa ja korjata yleisiä virhekäsityksiä. (Mäkelä, 2016) Tietokoneavusteista arviointia voidaan toteuttaa yksinkertaisimmin monivalintatehtävissä, mutta myös monimutkaisemmin dynaamisesti muuttuvissa tehtävissä. *Satunnaistus* on myös yksi verkkotehtävän tärkeä ominaisuus. Kun opiskelijalle arvotaan eri versio samasta tehtävästä, voidaan vähentää ulkoa opetettua ja lisäksi opiskelijan oma laskurutiini kehittyy, kun samankaltaisia tehtäviä toistetaan monta kertaa. (Ellonen, 2021)

Hyvän opetuksen lisäksi oppiminen riippuu pitkälti myös opiskelijan sisäisestä motivaatiosta, joten sitä on syytä tukea erilaisin keinoin. Kun tehtävä ratkaistaan oikein, kannustava palaute ja mahdollisesti lisäpisteillä palkitseminen saavat aikaan onnistumisen kokemuksen ja kyvykkyyden tunteen, ja ne voivat motivoida opiskelijaa ratkaisemaan yhä haastavampia tehtäviä. Verkkotehtävissä on tärkeää edetä portaittaisesti askel kerrallaan kohti vaikeampia tehtäviä, sillä liian nopeasti vaativiin tehtäviin siirtyminen voi heikentää motivaatiota (Mäkelä, 2016). Lisäksi yksi motivoinnin keino on pelillistäminen, jossa tehtäviin tuodaan pelille tyypillisiä elementtejä, jotka elävöittävät materiaalia ja tekevät oppimisesta mieleenpainuvampaa. (Sanjaya, Ferdianto & Titan, 2020)

Verkkopohjaiset oppimisympäristöt voivat tallentaa tietoa opiskelijan toiminnasta, jonka dataa analysoimalla voidaan tunnistaa opiskelijoiden virhekäsityksiä tai mahdollisia

puutteita tiedoissa, jolloin opetuksessa voidaan keskittyä tarkasti korjaamaan niitä. (Isomöttönen, Lakanen & Lappalainen, 2019)

Vaikka verkko-opetuksella ei useinkaan pystytä täysin korvaamaan lähiopetusta, se toimii vähintäänkin hyvänä lisänä luento-opetuksen rinnalla. Verkko-opetuksen suunnitteluun ja toteutukseen liittyy kuitenkin joitakin keskeisiä vaatimuksia ja haasteitakin. Suunnittelu vaatii alussa opettajalta paljon työtä ja resursseja, ja uuden järjestelmän omaksuminen vie aikaa niin opettajalta kuin opiskelijaltakin. Tehtävien luominen voi vaatia uuden ohjelmointikielen tai syntaksin opettelua (Mäkelä, 2016).

Itse teknologia ei automaattisesti paranna opetuksen laatua, vaan sitä pitää osata hyödyntää oikealla tavalla osana oppimisympäristöä. Tekninen toimivuus, tuttuus ja helppokäyttöisyys ovat keskeisiä kriteerejä virtuaalisen oppimisympäristön ja verkkotehtävien suunnittelussa. Järjestelmän käytön keskiössä on ihminen tekniikan käyttäjänä. Käytön opettelu ei saa kuormittaa tarpeettomasti, jotta opiskelijan voimavarat saadaan suunnattua itse asian oppimiseen. Verkkoympäristön ja -tehtävien käytön tulee myös olla pedagogisesti perusteltua, eli niistä täytyy olla selvää hyötyä oppimisen kannalta. (Rikala, 2011)

Verkko-opetuksen tarjoamat mahdollisuudet ja toteutukseen liittyvät vaatimukset on tiivistetty taulukossa 1.

**Taulukko 1.** Hyvän verkko-opetuksen piirteitä ja vaatimuksia.

Verkko-opetuksen mahdollisuuksia ja hyvän verkkotehtävän piirteitä	Verkko-opetuksen suunnittelun ja toteutuksen vaatimuksia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivointi ja vuorovaikutus</li> <li>• Automaattinen pisteytys ja palaute</li> <li>• Oppimisen testaus monipuolisesti</li> <li>• Eri oppimistyylien huomiointi</li> <li>• Havainnollistaminen</li> <li>• Visualisointi</li> <li>• Laskurutiinin kehittäminen esimerkiksi toistojen avulla</li> <li>• Satunnaistus</li> <li>• Oppimisen seuranta analytiikkaa hyödyntäen</li> <li>• Sisäisen motivaation ja mielenkiinnon herättäminen esimerkiksi pelillistämisen avulla</li> <li>• Ajasta ja paikasta riippumattomuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekninen toimivuus</li> <li>• Helppokäyttöisyys</li> <li>• Hyödyllisyys oppimisen kannalta</li> <li>• Ajankäyttö</li> <li>• Materiaalin etukäteissuunnittelu</li> <li>• Uusien ajattelutapojen omaksuminen</li> <li>• Ohjelmointiosaaminen</li> </ul>

### 2.3 Sähkötekniikan opetus

Erilaista verkkopohjaista, interaktiivista materiaalia on kehitetty opiskelun tueksi yliopistoissa sekä Suomessa että maailmanlaajuisesti. Sähkötekniikan osalta löytyi joitakin tutkimuksia, joissa verkkotehtävillä pyrittiin muun muassa vahvistamaan perusteiden ymmärtämistä ja havainnollistamaan teorian ja käytännön välistä yhteyttä.

Esimerkiksi Meegahapola & Thilakarathne (2019) toteuttivat verkkopohjaista materiaalia sähköverkkoihin liittyvälle peruskurssille. Tavoitteena oli lisätä harjoitustehtäviin monipuolisuutta ja vaihtelevuutta hyödyntämällä interaktiivisuutta ja tehtävien satunnaisgenerointia. Opiskelijoille voitiin esittää erilaisia versioita sähköverkkojen malleista, ja lisäksi laskemiseen käytettävät parametrit arvottiin satunnaisesti. Tehtävissä edettiin opiskelijan osaamistason mukaan helpommista tehtävistä haastavampiin, ja samalla tehtävistä annettiin automaattista, sanallista palautetta.

Babenko ym. (2022) puolestaan toteuttivat materiaalia sähkökoneita käsittelevälle kursseille. Kurssin eri aiheet jaettiin omiin moduuleihinsa, joita opiskelijat suorittivat perehtymällä ensin aiheeseen liittyvään teoriaan katsomalla esimerkiksi luentotallenteen tai opetusvideon. Heti tämän jälkeen oppimista testattiin lyhyiden laskutehtävien tai kysymysten avulla.

Samankaltaista lähestymistapaa käytettiin myös Sambamurthyn ym. (2019) tutkimuksessa piirianalyysin opetuksessa. Kurssilla oli käytössä digitaalinen oppikirja, josta opiskelijat lukivat ensin aiheeseen liittyvää teoriaa, ja teorian yhteydessä suoritettiin erilaisia laskutehtäviä sekä harjoituksia muun muassa virtapiirien yhtälöiden muodostamisesta. Kehittyneemmät materiaalit sisältävät myös dynaamisesti muuttuvia tehtäviä ja simulointia. Näiden tutkimusten mukaan verkkopohjainen oppimateriaali muistuttaa siis parhaimmillaan oppikirjaa, johon on lisätty erilaisia interaktioita, kuten laskutehtäviä, monivalintakysymyksiä ja simulointitehtäviä.

Vaasan yliopiston sähkötekniikan opinnoissa keskitytään esimerkiksi sähkökoneisiin, tehoelektroniikkaan ja sähköverkkoihin. Ymmärtääkseen sähkötekniikan sovelluksia opiskelijan on ymmärrettävä perusteet matematiikasta ja fysiikasta, joiden avulla voidaan selittää sähkötekniikan ilmiöitä. Lisäksi pitää ymmärtää sähkötekniikan teoreettinen tausta, joka luo pohjan myöhemmille, soveltaville kursseille. Vaasan yliopistossa teoreettiseen sähkötekniikkaan kuuluvat aluksi peruskurssit Piirianalyysi A ja Piirianalyysi B, sekä myöhemmin kenttäteoriaa.

## **2.4 Piirianalyysi A -kurssi Vaasan yliopistossa**

Tätä diplomityötä varten TIM-järjestelmään luotiin materiaalia, jota testattiin Piirianalyysi A -kurssilla. Piirianalyysi A kuuluu sähkö- ja energiatekniikan opintosuunnan pakollisiin opintoihin. Kurssin alussa opiskelijalla tulisi olla suoritettuna tekniikan perusopintoihin sisältyviä matematiikan ja fysiikan peruskursseja, ja lisäksi tulisi ymmärtää lukiotason matematiikan ja fysiikan perusteet. Myös kurssin aikana on saatavilla kertausmateriaalia kirjallisuuden ja opetusvideoiden muodossa. Piirianalyysi A -kurssilla käsitellään

tasa- ja vaihtovirtapiirejä. Sen aikana tutustutaan muun muassa piirien peruskomponentteihin, Kirchhoffin ja Ohmin lakeihin sekä erilaisiin ratkaisumenetelmiin, joiden avulla voidaan analysoida virtapiirien toimintaa. (Ellonen, Vesapuisto & Vekara, 2022)

Viikoittaisilla luennoilla käydään aluksi läpi kyseisen luentoviikon aiheen teoria. Kurssilla hyödynnetään verkkopohjaisena oppimisalustana Moodlea, josta löytyvät kurssilla käytettävät materiaalit ja tehtävät. Seuraavaksi luentojen jälkeen opiskelijat ratkaisevat viikoittain STACK-tehtäviä, joiden tavoitteena on havainnollistaa luennolla käytyä teoriaa. STACK-tehtäviä on käytetty Piirianalyysi A -kurssilla vuodesta 2019 asti, ja niiden on havaittu vahvistavan perusteiden ymmärtämistä ja parantavan opiskelijoiden laskurutiinia. Tehtävät ovat yksinkertaisempia ja lyhempiä, kuin varsinaiset laskuharjoitustehtävät. Kaikki tehtävät eivät sisällä laskemista, vaan niissä voidaan harjoitella esimerkiksi virtapiirien yhtälöiden muodostamista. STACK-tehtävien jälkeen opiskelijat siirtyvät sitten ratkaisemaan hieman vaativampia laskuharjoitustehtäviä, jotka viikon lopulla käydään yhdessä läpi laskuharjoitustunneilla. Kurssiin on kuulunut myös simulointiharjoitukset sekä välikokeet tai tentti (Ellonen, 2021). Vaikka tässä diplomityössä keskitytään lähinnä ihmisen ja tietokoneen väliseen vuorovaikutukseen, myös ihmisten välinen sosiaalinen vuorovaikutus on eduksi oppimisen kannalta. Piirianalyysi A -kurssilla kannustetaan opiskelijoita pohtimaan ja laskemaan tehtäviä yhdessä sekä esittämään ratkaisuja laskuharjoitustunneilla. Sosiaalista vuorovaikutusta on siis opiskelijoiden kesken sekä opiskelijoiden ja opettajan välillä. Verkkotehtävät ja interaktiivinen materiaali toimivat tässä tukena ja apuvälineenä muun opetuksen rinnalla.

Piirianalyysi A -kurssia pidetään yhtenä haastavimmista ensimmäisen vuoden kursseista (Ellonen, Vesapuisto & Vekara, 2022). Kurssin aikana voi ilmetä oppimisen haasteita, jos matematiikan ja fysiikan perusteet eivät alussa olekaan tarpeeksi hyvin hallussa, tai opiskelijan laskurutiini ei ole muodostunut tavaksi. Tehtävien ratkaisu voi myös epäonnistua, jos piireihin liittyviä lakeja ei ole sisäistetty kunnolla, jolloin yhtälöiden muodostaminen lakien mukaisesti on vaikeaa. Tehtävien ratkaisuja tulisi pohtia kriittisesti ja arvioida tulosten järkevyyttä ja realistisuutta. Lisäksi piirianalyysin kursseilla on erittäin tärkeää piir-

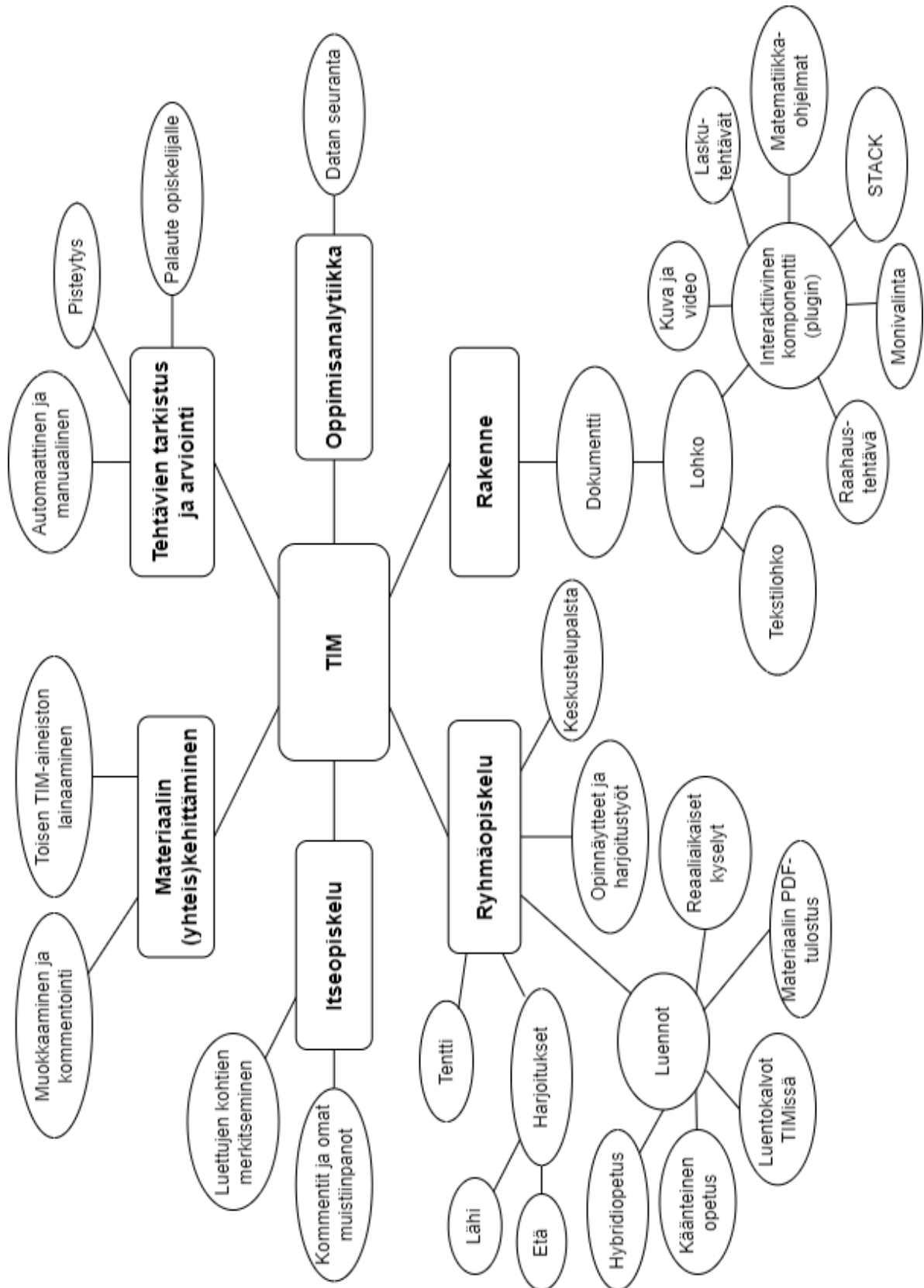
tää kuva piirikaaviosta ja merkitä siihen esimerkiksi virtojen ja jännitteiden referenssi-suuntanuolet, sillä tehtävän ratkaisu on todella vaikeaa, jos kuvaa ei piirretä ollenkaan. (Ellonen, 2021).

Eräs matemaattisesti haastava aihepiiri Piirianalyysi A -kurssilla on ollut kompleksiluvut. Ne eivät kuulu lukion matematiikan pakolliseen oppimäärään, joten ainakin osalle opiskelijoista ne tulevat yliopistossa täysin uutena aiheena ja ajattelutapana. Vaasan yliopistossa opiskelijat käyvät ensin tekniikan perusopintoihin kuuluvan matematiikan kurssin Lineaarialgebra 1, joka käsittelee kompleksilukuja, sillä niitä tarvitaan Piirianalyysi A:n vaihtosähköpiirien osoitinlaskennassa. Kompleksitason hahmottaminen, laskusääntöjen ymmärtäminen ja kompleksiluvuilla laskeminen rutiininomaisesti on erittäin tärkeää, jotta voidaan ratkaista vaihtosähköön liittyviä perustehtäviä. Sen vuoksi ne valittiin tässä diplomityössä kehitetyn TIM-materiaalin aiheeksi. Tavoitteena oli luoda erilaisia interaktiivisia tehtäviä, jotka havainnollistavat eri tavoin kompleksilukuja sekä niihin liittyviä vaihtovirtapiirejä.

### 3 TIM-järjestelmä

TIM (The Interactive Material) on Jyväskylän yliopiston Informaatioteknologian tiedekunnassa kehitetty digitaalinen oppimisympäristö. Tavoitteena oli toteuttaa monipuolista ja interaktiivista oppimateriaalia, ja tuoda kaikki opetuksessa tarvittavat toiminnot kätevästi ja kattavasti yhteen järjestelmään. TIM on kirjamaisesti etenevä interaktiivinen luentomoniste, jossa tekstin sekaan on mahdollista upottaa erilaisia vuorovaikutteisia elementtejä, kuten videoita, kuvia ja harjoitustehtäviä. Järjestelmä on avoimen lähdekoodin pilvipalvelu, joka on käytettävissä monenlaisilla tietoteknisillä laitteilla ja sitä voi hyödyntää minkä tahansa oppiaineen opetuksessa, myös kouluasteesta riippumatta. (TIM, 2020)

Teorian sekaan upotettavat harjoitustehtävät voivat olla esimerkiksi monivalintatehtäviä, simulointia, ajettavaa ohjelmakoodia tai laskutehtäviä. Tehtävien arviointi voidaan toteuttaa automaattisesti tai manuaalisesti, ja pisteytyksen lisäksi voidaan antaa sanallista palautetta, joka ohjaa kohti oikeaa ratkaisua (Isomöttönen, Lakanen & Lappalainen, 2019). Järjestelmä soveltuu hyvin etäopetukseen, paikan päällä tapahtuvaan luento-opetukseen sekä itseopiskelun tueksi. Kuvassa 1 on esitetty keskeisiä TIM-järjestelmän ominaisuuksia, joiden avulla järjestelmää voidaan hyödyntää sekä opettajan että opiskelijan näkökulmasta. Ominaisuudet on luokiteltu eri aihealueisiin, joita ovat ryhmäopiskelu, itseopiskelu, materiaalin kehittäminen, tehtävät ja niiden arviointi sekä oppimisanalytiikka. Tässä luvussa käsitellään tarkemmin näitä eri käsitteitä, ja lisäksi käydään läpi TIM-järjestelmän rakennetta ja yleisimpiä tehtävätyyppejä.



Kuva 1. TIM-järjestelmän ominaisuudet.

## TIM-järjestelmän rakenne ja tehtävätyypit

TIM-järjestelmän rakenne on melko yksinkertainen, ja sisältöä on mahdollista luoda ilman laajaa ohjelmointiosaamista. Dokumentti on pohja, jolle kurssi luodaan, ja se sisältää kaiken materiaalin ja aktiviteetit, jota kurssilla käytetään. Dokumentti koostuu lohkoista, jotka voivat olla tavallista tekstiä tai interaktiivisia komponentteja eli *plugineita*. Lohkoja voi luoda itse tai lainata toisen luomasta dokumentista. Tavallisen tekstin kirjoittamiseen käytetään Markdown-merkkikieltä ja tehtävien määrittelyyn käytetään YAML-merkkikieltä. Järjestelmässä voidaan hyödyntää LaTeX -ladontajärjestelmää, jonka avulla matemaattiset merkinnät saadaan muotoiltua oikein. (TIM, 2023)

TIM-järjestelmän plugineita voidaan hyödyntää monipuolisesti erilaisen grafiikan luomiseen ja käsitteiden visualisointiin. Visualisointia voidaan toteuttaa muun muassa kuvan, videon ja eri matematiikkaohjelmistojen, kuten GeoGebran, Octaven, Maximan tai STACK-järjestelmän avulla. Ohjelmoinnin harjoitteluun on oma plugin, jonka avulla voidaan ajaa pätkiä eri ohjelmointikielillä. Staattisia tai dynaamisia kuvia ja simulaatioita voidaan toteuttaa lähes millä tahansa ajettavalla ja käännettävällä ohjelmointikielellä, mutta helpointa tämä on JavaScript-pohjaisilla ratkaisuilla. Lisäksi TIM-järjestelmään on integroitu piirtotyökalu DrawIO, jolla voi piirtää kaavioita tai muita kuvia ilman ohjelmointia. Muita esimerkkejä plugineista ovat esimerkiksi monivalintatehtävät, avoimet numero- ja tekstivastaukset, ja kuvionraahaustehtävät, joissa yhdistetään komponentteja tai tekstejä oikeille paikoilleen. Dokumenttiin voidaan myös lisätä pelillisyyttä esimerkiksi komponentilla, joka kerää tietoa opiskelijan ratkaisemista tehtävistä ja näyttää ansaitut pisteet pelimäisenä kuvana (TIM, 2023). Tässä työssä toteutettuja tehtäviä ja niiden ohjelmointia käydään tarkemmin läpi työn luvussa 4.

TIM-järjestelmä eroaa muista oppimisympäristöistä, kuten Moodlesta, muun muassa kirjaimaisen rakenteensa perusteella. Moodlen rakenne on moduulimainen ja sinne pystyy

liittämään ainoastaan tiettyjä tiedostotyyppisiä ja linkkejä, kun taas TIM-järjestelmän tavoitteena on, että kaikki materiaali on koottu yhtenäiseksi kokonaisuudeksi samalle sivulle pelkkien linkkien sijaan. Yhtenäinen rakenne voi hieman nopeuttaa opiskelua ja lisäksi helpottaa asioiden jäsentelyä ja ymmärtämistä, kun teoria ja sitä seuraavat tehtävät yhdistyvät sulavasti.

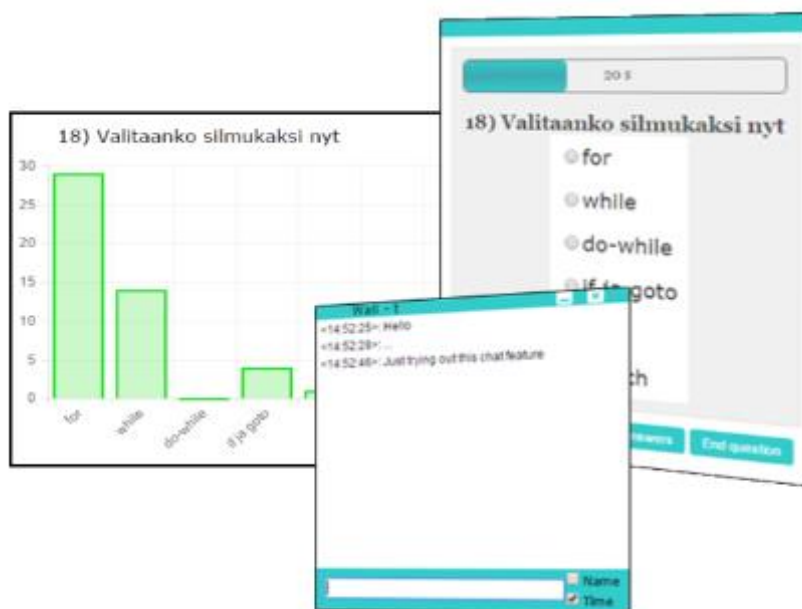
### **Opiskelu ja interaktiiviset luennot**

Ryhmäopiskelussa TIM-järjestelmää voidaan hyödyntää luennoilla, harjoitustunneilla ja kokeiden järjestämisessä. Esimerkiksi ohjattuja simulointiharjoituksia on mahdollista järjestää tarvittaessa myös etäyhteydellä, jolloin opiskelijat jaetaan omiin virtuaalisiin huoneisiin. Opettaja pystyy TIM-järjestelmän kautta seuraamaan opiskelijoiden edistymistä, ja milloin opiskelija tarvitsee henkilökohtaista ohjausta (TIM, 2020). TIM-järjestelmässä voidaan järjestää sähköisiä tenttejä, joista osa voidaan suorittaa ilman valvontaa kotoa käsin, ja osa esimerkiksi EXAM-tenttitilassa valvotusti. Sähköiset tentit sopivat suurillekin opiskelijamäärille ja tulos on selvillä heti tentin päättyessä automaattisen tarkastuksen ansiosta (ÄlyOppi, 2021a).

Suureen osaan TIM-järjestelmän tehtävistä voidaan lisätä automaattinen pisteytys ja sanallinen palaute, mutta arviointi on tarvittaessa mahdollista toteuttaa myös manuaalisesti. Manuaalista arviointia nopeuttaakseen opettaja voi luoda ”virtuaalisia post-it-lappuja”, joihin suunnitellaan valmiita korjaustekstejä erilaisille virheille. Tämän palautteen yhteydessä opettaja voi myös lisätä tarkentavia kommentteja tai käydä keskustelua opiskelijan kanssa. (TIM, 2020)

TIM-avusteisesti on mahdollista kirjoittaa harjoitustöitä tai opinnäytetöitä, joihin opettajan on helppo antaa palautetta ja kirjoittaa kommentteja. Lisäksi TIM-järjestelmään voidaan luoda myös itsenäiseen opiskeluun soveltuvaa materiaalia, jota voi käydä läpi omaan tahtiin ajasta ja paikasta riippumatta. (TIM, 2020)

Luentomateriaali on helppo muuttaa tarvittaessa pdf-muotoon ja materiaalin saa myös muutettua luentokalvoiksi esittämistä varten. TIM-järjestelmää voidaan käyttää apuvälineenä luentojen yhteydessä, jolloin vuorovaikutus tapahtuu reaaliajassa. Eräs TIM-järjestelmän keskeinen ominaisuus on luentojen aikana toteutettavat luentokyselyt, joissa opiskelijat voivat äänestää oikeaa vastausta johonkin luennolla esitettyyn kysymykseen. Luentokyselyjen avulla voidaan lisätä vuorovaikutusta ja kontaktia opettajan ja opiskelijan välillä ja siten lisätä opiskelijoiden aktiivisuutta luennon aikana. Kyselyjen käyttö luennoilla kannustaa opiskelijaa kuuntelemaan, auttaa omaksumaan tietoa ja avaa keskustelua. Lisäksi kyselyjen vastauksien perusteella voidaan antaa välitöntä palautetta, jonka perusteella opettaja näkee, mitä on ymmärretty, ja voidaan löytää mahdollisia virheksityksiä. Luentokyselyt voivat olla monivalinta- tai tekstikenttäkysymyksiä. Lisäksi luennoille voidaan luoda luentoseinä, eli reaaliaikainen keskustelualusta, jossa opiskelija voi esittää kysymyksiä ja kommentteja luennon aikana. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki luentoseinästä ja luentokyselyistä. (TIM, 2020)



**Kuva 2.** Esimerkki luentoseinästä ja luentokyselyistä (TIM, 2023).

Perinteisen opetuksen lisäksi TIM-järjestelmä soveltuu käänteiseen opetukseen. Vaihtoehtoisia menetelmiä opettajan tai tietokoneen suorittamalle arvioinnille ovat itse- ja vertaisarviointi. Näiden hyödyntämismahdollisuuksia TIM-järjestelmässä pohditaan enemmän luvussa 6.

### **Materiaalin kehittäminen**

TIM-sisältöä voi muokata kuka tahansa riippuen dokumentin ylläpitäjän asettamista muokkausoikeuksista. Tavoitteena on, että opettajat pystyvät myös yhdessä kehittämään materiaalia, ja lisäksi opiskelijatkin voivat antaa ideoita ja kommentteja materiaalin kehittämiseksi. Järjestelmä merkitsee näkyvällä tavalla kaikki ne kohdat, joita on muokattu edellisen lukukerran jälkeen. Julkisten kommenttien lisäksi materiaaliin on mahdollista kirjoittaa omia muistiinpanoja. Dokumentista on myös mahdollista lainata sisältöä toiseen dokumenttiin. (TIM, 2020)

### **Oppimisanalytiikka**

Oppimisanalytiikan tavoitteena on kerätä ja analysoida tietoa oppijasta, ja tämän tiedon perusteella pyritään optimoimaan oppimista ja oppimisympäristöjä. Oppimisanalytiikka voi muun muassa auttaa löytämään oppimisen ongelmakohtia, jotta niihin voidaan puuttua (Hartikainen, Koskinen & Aksovaara, 2020). TIM-järjestelmä tallentaa opiskelijan toiminnasta lokitietoja, minkä ansiosta opettaja pystyy helpommin seuraamaan oppimisprosessia ja opiskelijoiden etenemistä ja suoriutumista. Järjestelmään voi luoda dokumentteja, joihin tallennetaan kurssin suoritukseen liittyvää dataa, kuten laskuharjoituspisteitä tai tenttituloksia. Dokumenttiin ohjelmoidaan laskentafunktio, joka tuottaa tallennettujen tietojen pohjalta grafiikkaa ja muodostaa tilastoja, joita sekä opettaja että opiskelija voivat hyödyntää oppimisprosessin etenemisen seurantaan. Datan visualisoinnin on todettu helpottavan oppimisprosessin seuraamista (Hartikainen, Koskinen & Aksovaara, 2020).

## 4 TIM-järjestelmän hyödyntäminen Piirianalyysi A -kurssilla

Tässä diplomityössä luotiin TIM-järjestelmään materiaalia, joka löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 1. Materiaali kehitettiin Piirianalyysi A -kurssin luennoille 7 ja 8, joilla käsitellään kompleksilukumatematiikkaa ja vaihtovirta-analyysin perusteita. Tässä luvussa esitellään esimerkkejä kurssille luoduista tehtävistä.

### Tehtävän luomisen vaiheet

Ennen materiaalin luomista on tärkeää selvittää tarve erilaisille tehtäville. Tarvetta tehtäville kartoitettiin tässä tutkimuksessa erityisesti opettajien avulla, joilla on kokemusta opiskelijoiden tekemistä yleisistä virheistä sekä aihepiireistä, jotka vaativat lisää harjoittelua tai kertaamista. Kun tarve on selvitetty, aloitetaan ideoimaan ja suunnittelemaan tehtävää, huomioiden samalla hyvän verkkotehtävän piirteet ja vaatimukset. Suunnitteluvaiheessa pohditaan esimerkiksi, miten tehtävän on tarkoitus tukea oppimista ja aktivoita opiskelijaa, mitä se opettaa jatkoa ajatellen ja tuleeko tehtävään automaattinen palaute. Lisäksi kartoitetaan TIM-järjestelmän eri ominaisuudet ja mietitään, mitä eri tehtävätyyppejä on mahdollista toteuttaa juuri sähkötekniikkaan ja piirianalyysiin liittyen.

Lopuksi luodaan ohjelmoimalla varsinainen tehtävä. Monissa tehtävissä voidaan käyttää apuna TIM-järjestelmästä löytyviä valmiita koodipohjia. Ennen käyttöönottoa testataan, että tehtävä toimii oikein.

### Kompleksiluvut ja piirianalyysi

Kompleksilukujen ymmärtäminen on erittäin tärkeää, jotta voidaan myöhemmin ratkaista vaihtosähköpiireihin liittyviä tehtäviä. TIM-luentomonisteessa keskityttiin seuraaviin aiheisiin:

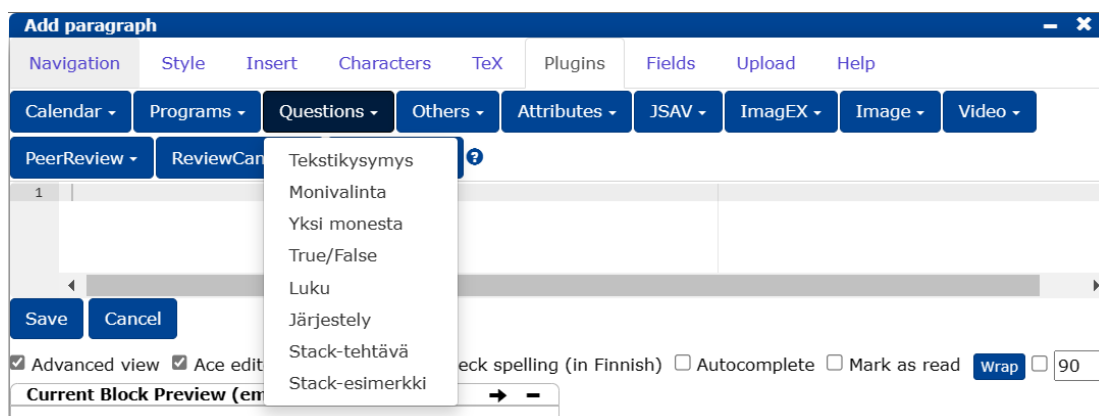
- Eri esitystavat, kuten summa- ja kulmamuoto sekä muunnoskaavat näiden välillä.
- Kompleksilukujen yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskuihin liittyvät laskusäännöt.
- Kompleksilukujen soveltaminen vaihtosähköpiirien osoitinlaskennassa.

- Vaihtosähköön liittyvien suureiden määrittäminen aika- ja taajuustasossa.

Yleisimmät haasteet kompleksiluvuissa liittyvät laskusääntöjen ymmärtämiseen tai kompleksitason hahmottamiseen. Jotta opiskelija oppii laskemaan kompleksiluvuilla ruutiinomaisesti, hänen on sisäistettävä kompleksilukujen yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskuihin liittyvät laskusäännöt. Lisäksi on hallittava muunnokset kulma- ja summa- muodon välillä. Tähän tarpeeseen keskityttiin myös tässä luvussa esiteltävissä TIM-tehtävissä. Lisäksi materiaaliin luotiin vaihtosähkön perusteisiin liittyviä tehtäviä, kuten suureiden määrittämistä aikatasossa ja taajuustasossa. Näissä päästään soveltamaan aiemmin opittua kompleksilukulaskentaa. Materiaaliin kirjoitettiin tehtävien lisäksi myös aiheeseen liittyvää teoriaa sekä laskuesimerkkejä.

#### 4.1 Yleistä TIM-materiaalin luomisesta

TIM-järjestelmän sisällön luominen aloitetaan uuden dokumentin luomisella, ja dokumentin katselu- ja muokkaus-oikeuksien määrittämisellä. Tämän jälkeen voidaan alkaa heti kirjoittamaan tekstiä ja lisäämään tehtävälohkoja. Kuvassa 3 on esitetty TIM-järjestelmän tekstieditori, jolla kaikki tekstit ja ohjelmat kirjoitetaan. Editorissa on valmiina välilehtiä, joista löytyy aputoimintoja tekstin kirjoittamiseen ja valmiita pohjia eri tehtävätyypeille, jolloin omia tehtäviä ei tarvitse koodata alusta asti itse, vaan niitä voi luoda muokkaamalla valmista koodipohjaa.



Kuva 3. TIM-järjestelmän tekstieditori ja tehtävätyypin valitseminen.

TIM-dokumenttiin on mahdollista upottaa sisältöä muilta verkkosivuilta. Yksinkertainen upotettava sisältö voi olla esimerkiksi kuva, video tai kokonainen verkkosivu. Tämän tutkimuksen TIM-materiaalissa käytettiin verkosta löytyvää, yleistä opetusvideota, mutta yhtä hyvin voisi upottaa esimerkiksi kurssin luennoilta tallennetun videopätkän. Upotettavalle sisällölle on tehty valmiiksi oma plugin, jota varten tarvitaan vain verkko-osoite, joten esimerkiksi videon tai kuvan pitää olla ladattuna ensin joko TIM-järjestelmään tai jollekin toiselle sivustolle. Pluginin kautta voidaan säätää esimerkiksi kuvan kokoa. Toinen kätevä ominaisuus on, että upotetun videon aloitus- ja lopetusaikoja voidaan muokata, jos halutaan näyttää videosta vain joku tietty pätkä.

### **Ohjelmointi TIM-järjestelmässä**

TIM-järjestelmässä tavallisen tekstin kirjoittaminen tapahtuu Markdown-merkintäkielillä. Asetusten ja pluginien määrittelyyn käytetään YAML-kieltä. Kieli koostuu erilaisista attribuuteista ja niille asetettavista arvoista. Esimerkki tehtävästä YAML-kielillä on esitetty algoritmissa 1. Jos tehtävään halutaan pelkän pisteytyksen lisäksi lisätä pidempi sanallinen palaute, se voidaan toteuttaa esimerkiksi JavaScript-kielillä.

```

``` {#Jakolasku dquestion="true" plugin="qst"}
answerFieldType: radio
answerLimit: 1
buttonText: Tallenna
open: true
lazy: false
expl:
  '1': Väärin!
  '2': Väärin!
  '3': Oikein! Lukujen itseisarvot jaetaan keskenään ja kul-
mat vähennetään toisistaan.
  '4': Väärin!
headers: []
questionText: 'md:Olkoon kompleksiluvut  $z_1=4\angle 35^\circ$  ja  $z_2=2\angle 50^\circ$ . Laske jakolasku
 $\frac{z_1}{z_2}$  ja valitse oikea ratkaisu alta.'
questionType: radio-vertical
rows:
- 2  $\angle 85^\circ$ 
- 8  $\angle -15^\circ$ 
- 2  $\angle -15^\circ$ 
- 8  $\angle 85^\circ$ 
```

```

### Algoritmi 1. Esimerkki tehtävästä YAML-kielillä.

Pluginin alussa ja lopussa on oltava aina kolme `````-merkkiä. Algoritmin ensimmäinen rivi on Markdown-kieltä ja riville määritellään aina tehtävälle yksilöity nimi, joka tässä on ”Jakolasku”. Lisäksi ensimmäinen rivi kertoo pluginin tyyppin, joka tässä tehtävässä on monivalintakysymyksille tarkoitettu `qst`-tyyppinen plugin.

Seuraavat rivit ovat YAML-kieltä. Koodin alussa on määritelty yleisiä attribuutteja, jotka löytyvät lähes jokaisesta pluginista. Näitä ovat esimerkiksi suorituskertojen määrä, `answerLimit`, jolle on tässä asetetty arvoksi 1, eli tehtävään voi vastata vain kerran. Attribuutti `buttonText` määrittelee tehtävään tallennuspainikkeen. Tehtävään voi myös asettaa attribuutit `open:true` ja `lazy:false`, jolloin tehtävä tulee nähtäville automaattisesti ja välittömästi, kun käyttäjä avaa kyseisen verkkosivun. Lisäksi koodiin on määritelty tehtäväkohtaisia attribuutteja. Tässä tehtävässä niitä ovat esimerkiksi kysymysteksti, monivalintatehtävän eri vaihtoehdot ja niiden selitykset.

Matemaattiset merkinnät lisätään käyttäen LaTeX-ladontajärjestelmää. Esimerkiksi Algoritmossa 1 kompleksiluvut lisättiin tekstin sekaan  $\$$ -merkkien väliin seuraavan koodin mukaisesti.

```
Olkkoon kompleksiluvut  $z_1=4\angle 35^\circ$  ja  $z_2=2\angle 50^\circ$ . Laske jakolasku  $\frac{z_1}{z_2}$  ja valitse oikea ratkaisu alta.
```

LaTeX-järjestelmää hyödyntämällä luvut voitiin esittää oikealla muotoilulla seuraavasti:

**Olkkoon kompleksiluvut  $z_1 = 4\angle 35^\circ$  ja  $z_2 = 2\angle 50^\circ$ . Laske jakolasku  $\frac{z_1}{z_2}$  ja valitse oikea ratkaisu alta.**

TIM-järjestelmä on vahvasti JavaScript-pohjainen, joten interaktiivisuutta sisältävät tehtävät toimivat parhaiten JavaScript-pohjaisten ohjelmien avulla. Järjestelmässä on kuitenkin mahdollista käyttää lähes mitä tahansa käännettävää ja ajettava ohjelmointikieltä.


Seuraavissa alaluvuissa esitellään tarkemmin erilaisia interaktiivisia tehtävätyyppejä, joita toteutettiin diplomityötä varten Piirianalyysi A -kurssille. Alaluvuissa tarkastellaan, mitä on tärkeää tietää tehtävän luomisen kannalta ja pohditaan menettelyn hyviä ja huonoja puolia.

## 4.2 Monivalintatehtävät

Monivalintatehtävien tarkoituksena on testata oppimista lyhyiden teoriakysymysten tai laskutehtävien avulla. Tehtävät voivat sisältää esimerkiksi "Oikein/Väärin"-väittämiä tai "Yksi monesta"-kysymyksiä, joissa monesta vaihtoehdosta valitaan yksi oikea ratkaisu. TIM-järjestelmässä monivalintakysymyksille käytetään "qst"-kysymystyyppiä, ja kysymyksiä on helppointa luoda valmiilla kysymyseditorilla, johon voi kirjoittaa kysymystekstin sekä pisteyttää eri vaihtoehdot ja kirjoittaa niille palautteet. Kuvassa 4 on esitetty esimerkki "qst"-monivalintatehtävästä, jossa opiskelija voi testata lukemaansa teoriaa lyhyiden "Oikein/Väärin"-väittämien avulla.

**Vastaa seuraaviin Oikein/Väärin-väittämiin. Tallenna lopuksi, niin näet oikeat vastaukset.**

|   | Oikein                           | Väärin                           |  |
|---|----------------------------------|----------------------------------|--|
| Kondensaattori vastaa tasavirtapiiriin kytkettynä avointa piiriä. | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/>            | Totta. Kondensaattori vastaa tasavirtapiirissä avointa piiriä ( $I = 0$ ). Kela vastaa oikosulkua ( $U = 0$ ). |
| Kondensaattorissa jännite on $90^\circ$ virtaa edellä.            | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Väärin. Kondensaattorissa jännite on $90^\circ$ virtaa jäljessä.   |
| Kapasitanssi on sähkökentän malli.                                | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/>            | Totta. Kapasitanssissa energiaa varastoituu sähkökenttään ja induktanssissa magneettikenttään.                 |
| Resistanssin virta on jännitettä edellä.                          | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Väärin. Resistanssin jännite ja virta ovat aina samassa vaiheessa eli niiden vaihekulmat ovat samat.           |

Tallenna 

**Kuva 4.** Esimerkki monivalintatehtävästä.

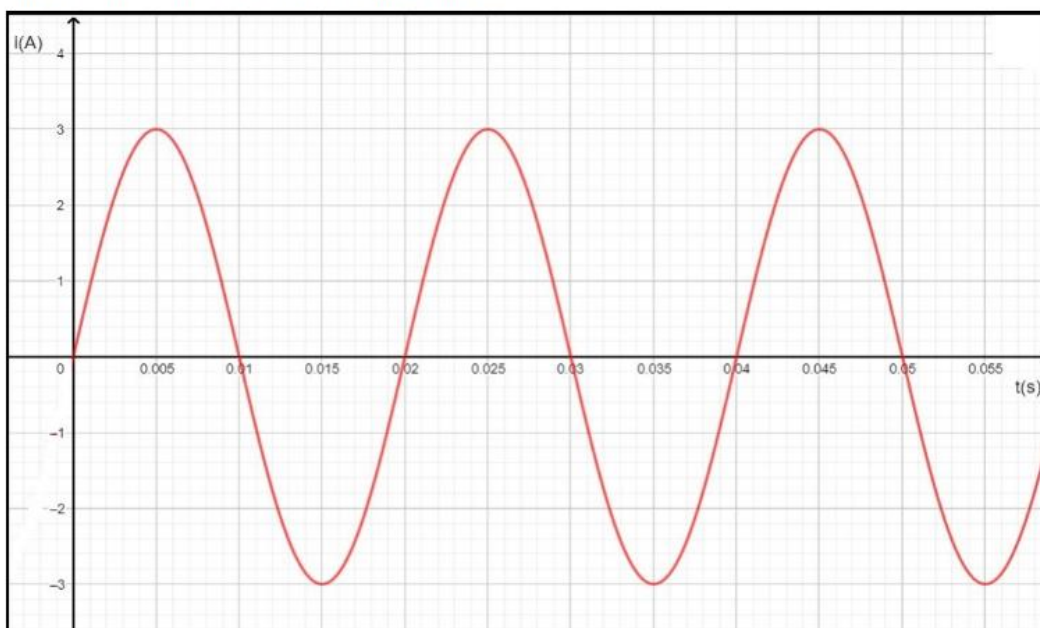
Monivalintakysymysten luominen onnistui helposti valmiin kysymyseditorin avulla. Samaa kysymystyyppiä voitiin hyödyntää myös opiskelijapalautekyselyssä. Vaikka monivalintatehtävät ovat yksinkertaisia ja lyhyitä, on myös niihin mahdollista kirjoittaa palaute, joten jos vastaus menee aluksi väärin, tehtävästä oppii kuitenkin oikean vastauksen jatkoa ajatellen. Monivalintatehtävät sopivat joidenkin osa-alueiden oppimisen testaamiseen hyvin, mutta lisäksi tarvitaan monipuolisempia, esimerkiksi STACK-järjestelmää tai GeoGebraa hyödyntäviä tehtäviä.

### 4.3 Avoimet teksti- ja numerovastaukset

Tarkastellaan seuraavaksi tehtävätyyppiä, jossa opiskelija määrittää kuvan perusteella erilaisia arvoja vaihtovirralla ja kirjoittaa vastauksen tekstinä tai lukuarvona tehtävän syöttökenttään. Tehtävään lisättiin myös pisteytys ja automaattinen palaute, joka näkyy opiskelijalle heti vastauksen tallennuksen jälkeen. Tehtävään liittyvä vaihtovirran kuvaaja on esitetty kuvassa 5.

#### Tehtävä 4. Sinimuotoinen vaihtovirta

Alla olevassa kuvassa on esitetty sinimuotoinen vaihtovirta ajan funktiona. Virran taajuus on 50 Hz. Vastaa kuvan alla oleviin kysymyksiin a-c.



Tehtävä 4. Sinimuotoinen vaihtovirta.

**Kuva 5.** Syöttökenttä -tehtävään liittyvä kuva, jonka perusteella opiskelija määrittää vaihtosähköön liittyviä arvoja.

Tehtävän tarkoituksena oli määrittää vaihtovirran aikatasoon liittyviä suureita, kuten jaksonaika ja virran huippuarvo. Esimerkiksi tehtävän a-kohdassa (kuva 6) opiskelijaa pyydettiin määrittämään jaksonaika sinimuotoiselle vaihtovirralle.

1. 08.12.2022 17:39:16 1/1 | Linkki (only)

Points: 1

a) Määritä jaksonaika T millisekunteina.

20

Tallenna Saved Alusta Highlight Copy Wrap 70

Oikein!  $T = 1/f = 1/50 \text{ Hz} = 20 \text{ ms}$

**Kuva 6.** Vastauskenttä ja palaute tehtävään.

Jaksonajan pystyi määrittämään joko suoraan kuvan 5 perusteella tai laskemalla taajuuden perusteella, joka oli mainittu tehtävänannossa. Syöttökentän luomiseen tarvittava esimerkkikoodi on esitetty algoritmissa 2.

```

``` {#Jaksonaika plugin="csPlugin"}
type: text
open: true
lazy: false
placeholder: "Kirjoita vastaus lukuarvona tähän."
stem: "a) Määritä jaksonaika T millisekunteina."
postprogram: |!!
  // print(JSON.stringify(data)+"\n");
  let lines = data.save_object.usercode;
  // print(lines);
  let pisteet = 0;
  let palaute = "";
  if (lines.match(/.*20.*/)) {
    pisteet = 1;
    palaute = "Oikein! T = 1/f = 1/50 Hz = 20 ms"
  } else if (lines.match(/.*20 ms.*/)) {
    pisteet = 1;
    palaute = "Oikein! T = 1/f = 1/50 Hz = 20 ms";
  } else if (lines.match(/.*0.02.*/)) {
    pisteet = 0.5;
    palaute = "Anna vastaus millisekunteina";
  } else {
    palaute = "Väärin! Käytä kaavaa T = 1/f.";
  }
  data.points = pisteet;
  print(palaute);
  return data;
!!
```

```

### Algoritmi 2. Syöttökentän luominen ja lyhyt palaute.

Syöttökentän määrittämiseen tarvittavaa koodia varten saatiin valmis pohja TIM-järjestelmän tekstieditorista. Syöttökenttä on toteutettu YAML-kielellä, ja lisäksi arviointia ja palautteenantoa varten koodin loppuun kirjoitettiin JavaScript -koodi. *If-else* -rakenteen avulla voitiin päätellä, onko tehtävä oikein vai väärin ja annettiin sen mukaan pisteet ja palaute.

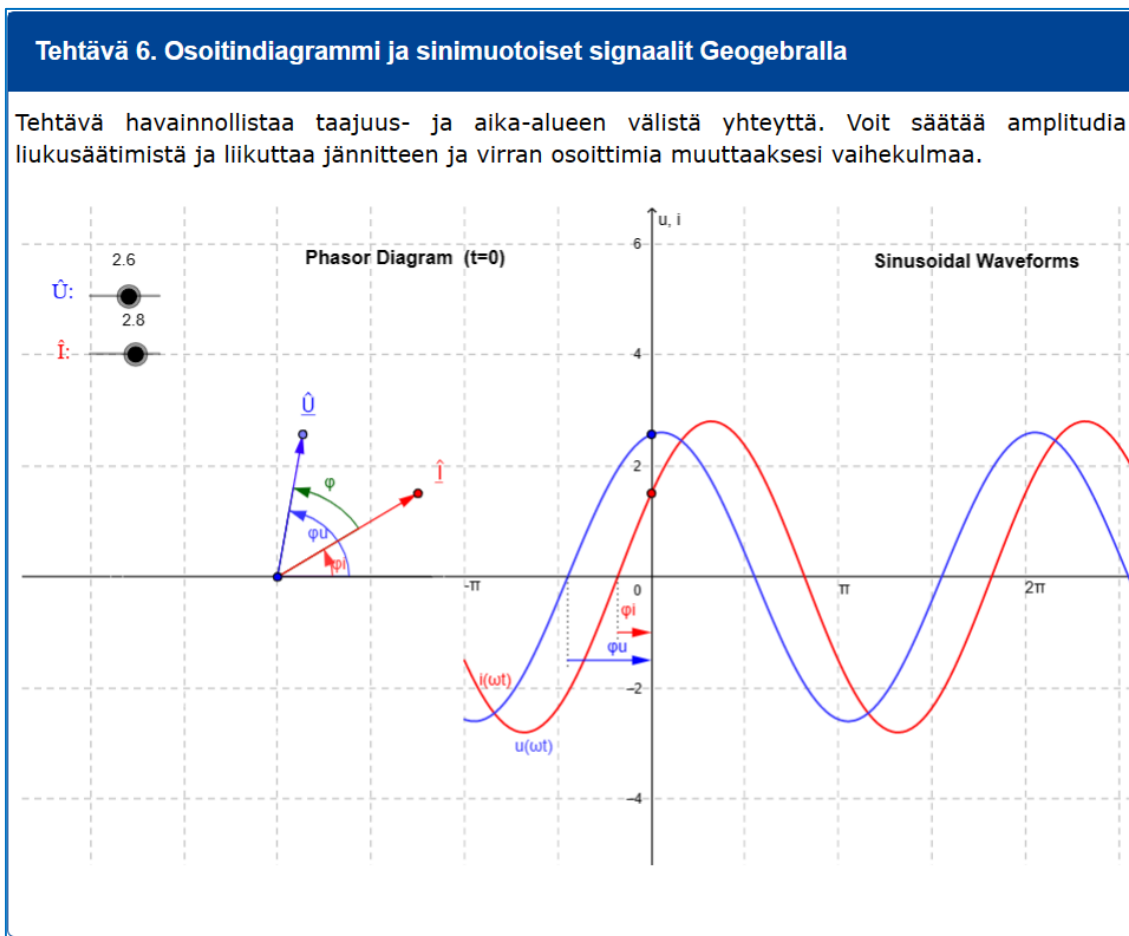
Tässä tehtävässä syöttökenttään kirjoitettiin pelkkä numerovastaus, mutta on mahdollista kirjoittaa myös tekstivastauksia tai esimerkiksi yhtälöitä. Syöttökenttätehtävät toimivat tilanteissa, joissa annettava palaute on yksinkertainen ja lyhyt. Monimutkaisempaa arviointia ja palautetta varten on suositeltavaa käyttää esimerkiksi STACK-järjestelmää.

#### 4.4 GeoGebra-tehtävät

GeoGebra on matematiikkaohjelmisto, johon voi luoda dynaamisesti muuttuvia, interaktiivisia tehtäviä opetuskäyttöä varten. Tehtävien avulla voidaan muun muassa havainnollistaa geometrisiä kuvioita, piirtää kuvaajia tai vektoreita koordinaatistoon ja tutkia niiden toimintaa (GeoGebra, 2023). Tarkoituksena on, että ohjelman käyttäjä pääsee muuttamaan kuvaa esimerkiksi liikuttamalla hiiren avulla jotakin kuvan pistettä tai liikusäädintä. Samalla tehtävän tulokset muuttuvat heti käyttäjän syötteen mukaisesti.

GeoGebra-tehtäville löytyy TIM-järjestelmän tekstieditorista valmis komponentti. Yksinkertaisimmillaan voidaan lainata suoraan GeoGebra-palvelimelta valmis tehtävä, ja tuoda se TIM-järjestelmään. Tällöin tarvitaan vain GeoGebra-palvelimelta tehtävän tunnus, joka lisätään valmiiseen koodipohjaan. Valmista tehtävää ei voida kuitenkaan muokata TIM-järjestelmän puolella, vaan ainoastaan GeoGebra-palvelimella tehtävän omistajan toimesta. Jos tehtäviin halutaan lisätä esimerkiksi automaattinen pisteytys, valmiiseen koodipohjaan voidaan lisätä komentoja JavaScript-kielillä. Mikäli tehtävän kuvaus on saatavilla XML-datana, voidaan koodipohjaan liittää myös XML-muotoinen koodi.

GeoGebra soveltuu matematiikan harjoittelun lisäksi hyvin myös sähkötekniikan opetukseen. Tässä diplomityössä käytettiin GeoGebrasta löytyvää valmista tehtävää, joka on esitetty kuvassa 7. Tehtävän tavoitteena oli havainnollistaa vaihtosähkön taajuustason ja aikataason välistä yhteyttä. Opiskelijan tehtävänä oli säätää vasemmalla olevien liikusäätimen avulla sähköisten suureiden arvoja sekä liikuttaa osoittimia, jolloin tehtävän oikeanpuoleisessa kuvaajassa tapahtui muutoksia.



**Kuva 7.** Esimerkki GeoGebra-tehtävästä (GeoGebra, 2022).

GeoGebra tarjoaa mahdollisuuden oppia tutkimalla ja kokeilemalla. Ohjelmisto toimii hyvänä apuvälineenä, kun halutaan visualisoida abstrakteja asioita ja ilmiöitä. Tämän tutkimuksen perusteella valmiiden GeoGebra-tehtävien tuominen TIM-järjestelmään onnistuu vaivattomasti, mutta mikäli opetusta varten haluaa luoda omia tehtäviä, on opeltava ensin GeoGebran käyttöä. Jos halutaan lisätä syvällisempiä ominaisuuksia, kuten tehtävien automaattinen pisteytys, tarvitaan GeoGebran käytön osaamisen lisäksi myös JavaScript-ohjelmointitaitoa.

GeoGebran lisäksi TIM-järjestelmässä voidaan käyttää monia muitakin käyttäjälle ilmaisia matematiikkaohjelmia, kuten Octave-ohjelmistoa tai aluvuossa 4.5 esiteltävää

STACK-järjestelmää. Koska sähkötekniikan opintoihin kuuluu laskenta- ja simulointiohjelmien käyttöä, erilaisten ohjelmien käytön harjoittelu esimerkiksi TIM-järjestelmän kautta voisi olla hyödyllistä.

## 4.5 STACK-tehtävät

STACK-järjestelmä toimii monipuolisuutensa ansiosta hyvänä apuvälineenä muun opetuksen rinnalla. Piirianalyysi A -kurssilla on käytetty laajasti erilaisia STACK-tehtävätyyppejä yksinkertaisista lukujen yhteenlaskutehtävistä monimutkaisempiin, dynaamisesti muuttuviin tehtäviin. Kurssille luoduissa tehtävissä hyödynnetään satunnaistamista, ja lisäksi ne sisältävät automaattisen tarkastuksen ja palautteen.

Yksi osa diplomityötä oli siirtää muutamia Piirianalyysi A -kurssilla jo aikaisemmin käytettyjä STACK-tehtäviä TIM-järjestelmään. Tätä varten hyödynnettiin Otto Ellosen luomia tehtäviä, joiden kehittämistä käsitellään enemmän hänen diplomityössään ”*STACK-järjestelmän hyödyntäminen Vaasan yliopiston piirianalyysin opetuksessa*” (Ellonen, 2021). Seuraavissa alaluvuissa esitellään lyhyesti STACK-tehtävien rakennetta sekä pohditaan, kuinka niiden siirto TIM-järjestelmään onnistui ja mitä siirrossa tulee ottaa huomioon.

### 4.5.1 STACK-tehtävän rakenne

Tarkastellaan aluksi lyhyesti STACK-tehtävän rakennetta. Tehtävän ohjelmointi koostuu useasta eri vaiheesta. Aluksi määritellään muuttujat Maxima-ohjelmiston avulla, ja usein tässä vaiheessa määritellään myös tehtävän oikea ratkaisu. Muuttujien määrittelyn jälkeen luodaan varsinainen kysymysteksti, joka näytetään opiskelijalle. Siinä esitetään esimerkiksi tehtävänanto ja mahdollinen kuva, sekä luodaan syöttökenttä vastausta varten. Tehtävien visualisointiin käytetään JSXGraph-JavaScript -kirjastoa. Kirjastoa hyödyntämällä voidaan esittää tehtävien ratkaisun kannalta oleellisia asioita, kuten piirikaavioita, niihin liittyviä komponentteja sekä referenssisuuntanuolia. Tehtävät generoidaan HTML-merkintäkielellä (engl. *Hypertext Markup Language*).

Tehtävän ohjelmoinnin kolmannessa vaiheessa luodaan vastauspuu, jossa analysoidaan opiskelijan antama vastaus ja annetaan palautetta. Vastauspuu koostuu solmuista, joissa

verrataan opiskelijan antamaa vastausta johonkin ennalta määriteltyyn tilanteeseen. Tehtävää luotaessa tulee ennustaa erilaisia tyypillisiä virheitä ja ohjelmoida vastauspuu niiden mukaisesti. Näin menetellen virheellisen vastauksen kohdalla järjestelmä antaa automaattisesti palautteen, joka ohjaa opiskelijaa kohti oikeaa ratkaisua.

Satunnaistusta voidaan toteuttaa STACK-tehtävän muuttujien määrittelyssä, jolloin tehtävänantoon arvotaan jokaiselle suorituskerralle esimerkiksi eri lukuarvot, joilla tehtävä on tarkoitus laskea. Lisäksi satunnaisgenerointia voidaan hyödyntää tehtävän JSXGraph-osuudessa. Esimerkiksi piirikaavion komponenttien referenssisuuntanuolet voidaan arpoa uudestaan, jolloin myös tehtävän vastaus muuttuu hieman jokaisella suorituskerralla. (Ellonen, 2021)

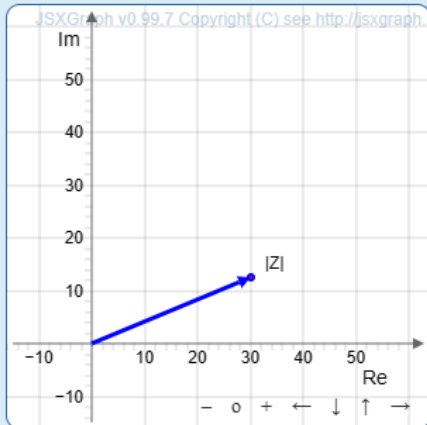
Tarkastellaan seuraavaksi esimerkkiä STACK-tehtävästä ja tehtävän automaattisesta palautteesta. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki tehtävästä, joka on siirretty STACK-palvelimelta TIM-järjestelmään. Tehtävässä opiskelijaa pyydetään määrittämään suuruus ja kulma impedanssille kompleksilukulaskentaa hyödyntäen. Tehtävän vastaus kirjoitetaan lukuarvona. Lisäksi tehtävään sisältyy JSXGraph-kirjaston avulla piirretty kuva impedanssin osoittimesta kompleksilukukoordinaatistossa. Kuvan avulla pyritään helpottamaan kompleksitason hahmottamista.

### Tehtävä 7. Impedanssin laskenta taajuusalueessa STACKilla

Laske impedanssin  $Z = R + j\omega L$  suuruus ja kulma, kun  $R = 30.0 \text{ k}\Omega$  ,  $f = 50 \text{ kHz}$  , ja  $L = 40 \text{ mH}$  .

Anna vastaus desimaalilukuna kolmella merkitsevällä numerolla. (Anna suuruus kilo-ohmeina ja kulma radiaaneina. Muista:  $\omega = 2\pi f$  )

$|Z| =$    $\text{k}\Omega$      $\angle\varphi =$   rad



Lähetä

**Kuva 8.** Esimerkki STACK-tehtävästä.

Satunnaistus toimii tässä tehtävässä siten, että tehtävä arpoo laskemiseen tarvittavat suureet jokaiselle käyttäjälle. Osoitin piirtyy koordinaatistoon näiden satunnaisten arvojen mukaisesti.

Tehtävästä saatava palaute on esitetty kuvassa 9. Tämä palaute saadaan, kun suuruus on laskettu oikein, mutta kulman merkki on väärin. Tehtävän palautteen osalta vastauspuussa on huomioitu useita erilaisia yleisiä virheitä, kuten väärän kulman tai yksikön käyttäminen sekä pyöristysvirheet.

$|Z| =$    $k\Omega$      $\angle\varphi =$    $\text{rad}$

Your last answer was interpreted as follows:  
32.5

Your last answer was interpreted as follows:  
22.7

Suuruus oikein!  
Annoit kulman asteissa, kun sitä kysyttiin radiaaneissa.  
Your mark for this part is 0.75.

**Kuva 9.** Esimerkki kuvassa 8 esitetyn STACK-tehtävän automaattisesta palautteesta.

#### 4.5.2 STACK-tehtävien siirtäminen TIM-järjestelmään

TIM-järjestelmässä uuden STACK-tehtävän voi ohjelmoida suoraan TIM-palvelimella muokkaamalla valmista pohjaa, tai valmiita tehtäviä voi tuoda Moodlen tai STACK-palvelimen kautta XML-muotoisena tiedostona. Tässä työssä hyödynnettiin jo olemassa olevia, valmiita tehtäviä, jotka tuotiin STACK-palvelimen kautta TIM-järjestelmään.

STACK-alustalla tehtävät generoidaan HTML-koodina, mutta TIM-järjestelmään tuotaessa tehtävät on ensin muunnettava YAML-kielelle, joka on pluginien ohjelmointikieli. Tähän voidaan käyttää YAML-muunninta, joka löytyy TIM-järjestelmän STACK-ohjesivulta. Valmiit tehtävät ladataan STACK-alustalta XML-muotoisena tiedostona. Lataamisen jälkeen kopioidaan tiedoston XML-muotoinen koodi ja liitetään se muuntimeen, joka muuntaa XML-muotoisen koodin YAML-kielelle. YAML-muotoinen koodi on yksinkertaisempi verrattuna XML-muotoon, sillä esimerkiksi suurin osa HTML-tageista on poistettu koodista.

Seuraavaksi muuntimen tuloksen voi kopioida TIM-lohkoon. STACK-tehtävälle löytyy tekstieditorista valmis pohja. Tähän koodipohjaan määritellään STACK-tehtävän nimi ja otsikko sekä liitetään valmis YAML-koodi. Lopuksi tallennetaan TIM-lohko, ja testataan

että tehtävä toimii oikein. Tehtäviä siirrettäessä huomattiin, että XML-koodia on mahdollista käyttää myös suoraan ilman muuntamista YAML-kielelle. Muuntimen avulla koodin saa kuitenkin helpommin luettavaan muotoon, jolloin esimerkiksi koodin muokkaus myöhemmin on helpompaa. Sen vuoksi tässä diplomityössä käytettiin pääasiassa YAML-kielelle muunnettuja STACK-tehtäviä.

Tehtävien tuominen STACK-alustalta TIM-järjestelmään onnistui helposti YAML-muuntimen avulla. Ongelmia ilmeni ainoastaan, kun aluksi käytettiin STACK-järjestelmän vanhempaa versiota, jolloin tehtävää joutui muuntimen jälkeenkin muokkaamaan melko paljon itse. Kun Vaasan yliopiston käyttämä STACK-alusta päivitettiin uuteen versioon, koodit kääntyivät muuntimessa ongelmitta YAML-kielelle. Joidenkin tehtävien JSXGraph-koodia piti muokata manuaalisesti, koska joitakin puolipisteitä oli jäänyt pois muuttujien perästä, kun koodi tuotiin STACK-palvelimelta XML-tiedostoon. Manuaalisesti tehtävät muokkaukset olivat kuitenkin pieniä, eikä niihin kulunut paljoa aikaa.

Lisäksi huomattiin, että monimutkaisimmat STACK-tehtävät, joiden koodit olivat pitkiä, saatiin toimimaan ainoastaan käyttämällä suoraan XML-koodia, koska YAML-muuntimen rivit loppuivat kesken eikä kokonaista koodia saanut muunnettua. Tämän vuoksi pitkiä tehtäviä siirrettäessä kannattaa käyttää siis suoraan XML-koodia, ilman muuntamista YAML-kielelle. Monimutkaisilla tehtävillä tarkoitetaan tässä tehtäviä, jotka sisältävät esimerkiksi dynaamisesti muuttuvan kuvan, monia syöttökenttiä, mahdollisesti myös liukusäätimiä tai tehtävien palautetta varten suunnitellut vastauspuut ovat pitkiä.

### **4.5.3 Toteutusvaihtoehtojen väliset erot**

#### **Vastauksen esikatselu**

Kun STACK-tehtäviä ratkaistaan TIM-järjestelmän kautta, käyttäjän kirjoittaman vastauksen esikatselu ei tule näkyviin reaaliajassa, eli käyttäjä ei pysty heti varmistamaan, missä muodossa järjestelmä tulkitsee kirjoitetun vastauksen. Vastauksen tulkintatiedot tulevat näkyviin vasta, kun käyttäjä on tallentanut vastauksen. Toisaalta vastausta pystyy muokkaamaan tallennuksen jälkeen helposti, eikä sitä tarvitse kirjoittaa alusta asti uudestaan.

### Satunnaistus TIM-järjestelmässä

TIM-järjestelmässä ei tällä hetkellä ole mahdollista, että samalle käyttäjälle arvotaan samaan tehtävään uusi versio eri suorituskertoja varten. Eli vaikka käyttäjä päivittäisi verkkosivun, tehtävä on sama kuin ensimmäisellä kerralla, toisin kuin STACK-palvelimella, jossa samalle käyttäjälle arvotaan joka kerta uusi tehtävä. Toisaalta kuitenkin myös TIM-järjestelmässä eri käyttäjät saavat eri versiot samasta tehtävästä. Jos TIM-järjestelmässä halutaan, että opiskelija toistaa samaa tehtävää monta kertaa eri muuttujien arvoilla, yksi ratkaisu on vain kopioida monta tehtävälohkoa allekkain, ja määrittämään koodiin ai-noastaan tehtävän nimi uudelleen. Tällöin saadaan myös samalle opiskelijalle samasta tehtävästä eri versioita uusia yrityksiä varten.

STACK-tehtävien satunnaistus toteutetaan määrittämällä koodin attribuutteihin siemenluku *"seed"*, jolloin tehtävän muuttujat arvotaan käyttäjäkohtaisesti. Ilman siemenlukua satunnaistus ei toimi, vaan kaikki käyttäjät saavat saman version tehtävästä. Satunnaisgenerointia on mahdollista toteuttaa TIM-järjestelmässä STACK-tehtävien lisäksi myös muissa tehtävätyypeissä. Esimerkiksi monivalintakysymykset voidaan luoda niin, että tehtävässä arvotaan eri vastausvaihtoehtoja eri opiskelijoille. (TIM, 2023)

TIM-järjestelmään siirrettyjen STACK-tehtävien etuna on, että kaikki toiminta tapahtuu samalla sivulla, eikä opiskelijan tarvitse avata erikseen esimerkiksi Moodlea ja STACK-palvelinta. Haittapuolena on, että satunnaistusta ja vastauksen esikatselua ei toistaiseksi saatu toimimaan yhtä suoraviivaisesti kuin STACK-palvelimella. Käyttäjän havaitsemisissa palautteen vasteajoissa ei ollut eroja eri toteutusvaihtoehdoissa.

### 4.6 Yhteenveto eri tehtävätyyppien toteutuksesta

Tiivistettynä voidaan todeta, että monivalintatehtävät ja avoimet syöttökenttävastaukset sopivat hyvin esimerkiksi teoriakysymyksiin tai yksinkertaisiin laskutehtäviin, joissa myös automaattinen palaute on melko lyhyttä ja yksinkertaista. Nämä tehtävätyypit ovat erittäin helposti toteutettavissa TIM-järjestelmässä.

Muun muassa GeoGebran ja STACK-tehtävien avulla voidaan havainnollistaa käsitteitä monipuolisemmin esimerkiksi visualisoinnin avulla, ja tehtäviin voidaan liittää myös dynaamisuutta ja yksityiskohtaista palautetta. Tehtävien luominen kuitenkin edellyttää vähän enemmän perehtymistä ohjelmointiin, riippuen siitä kuinka haastavan tehtävän halua toteuttaa.

## 5 Opiskelijoiden käyttökokemuksia TIM-järjestelmästä

Piirianalyysi A -kurssin opiskelijoita pyydettiin ensin testaamaan kurssiin liittyvää materiaalia TIM-järjestelmässä, ja sitten vastaamaan palautekyselyyn, jossa kysyttiin mielipiteitä materiaalista sekä yleisesti TIM-järjestelmästä. Lisäksi kysyttiin, mitkä eri opetuksen keinot opiskelijat kokevat hyödyllisimmiksi oppimisensa kannalta. Osallistuminen tutkimukseen oli vapaaehtoista. Palautekysely laadittiin TIM-järjestelmään kurssimateriaalin yhteyteen, ja se sisälsi erilaisia väittämiä, joihin opiskelija saattoi valita omaa mielipidettään kuvaavan vaihtoehdon sekä antaa vapaamuotoisesti kommenttejaan.

Tutkimus toteutettiin keväällä 2022 ja siihen osallistui 14 opiskelijaa. Tässä luvussa esitellään ja analysoidaan kyselyn keskeisimpiä tuloksia. Tulokset löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 2. Palautekyselyn avulla haluttiin kerätä tietoa seuraavista asioista:

- Opiskelijoiden mielipide TIM-järjestelmän toimivuudesta ja hyödyllisyydestä.
- Kokemuksia TIM-järjestelmän käytöstä verrattuna Moodleen.
- Kokemuksia STACK-tehtävien ratkaisusta TIM-järjestelmän kautta.
- Avoimia kommentteja TIM-järjestelmän hyvistä puolista ja kehitystarpeista.
- Mitkä eri keinot auttavat oppimaan parhaiten sähkötekniikan opiskelussa yleisesti, ja minkälaiset interaktiiviset tehtävätyypit verkko-opetuksessa koetaan hyödyllisimmiksi.

Kyselyn alussa kartoitettiin erilaisten väittämien avulla opiskelijoiden mielipidettä TIM-järjestelmän käytettävyydestä ja materiaalin hyödyllisyydestä. Lisäksi selvitettiin kokemuksia TIM-järjestelmän käytöstä verrattuna Moodleen ja STACK-palvelimeen. Kysymyksiin vastattiin valitsemalla vaihtoehto asteikolta 1-6, jossa 1 tarkoitti täysin eri mieltä ja 6 täysin samaa mieltä. Kuvassa 10 on esitetty opiskelijoiden vastaukset väittämään ”TIM-järjestelmän sisältö oli selkeä ja ymmärrettävä”.

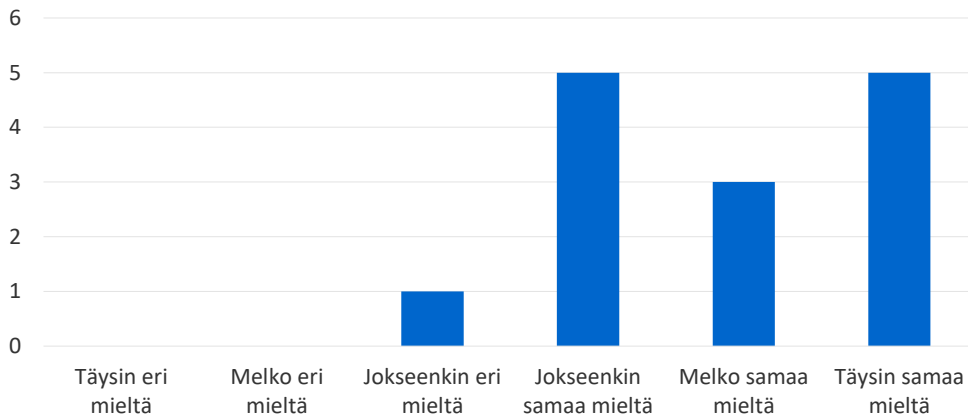


**Kuva 10.** Opiskelijoiden vastaukset väittämään 2.2. TIMin sisältö oli selkeä ja ymmärrettävä (liite 2).

Vastausten perusteella opiskelijoiden suhtautuminen TIM-järjestelmään ja siihen luotun materiaaliin oli positiivista. Opiskelijat kokivat, että TIM-tehtävät auttoivat ymmärtämään perusteet kompleksilukulaskennasta ja vaihtosähköstä. Erityisesti tehtävien automaattisesta arvioinnista annettiin positiivista palautetta. Sanallisissa vastauksissa TIM-järjestelmä sai positiivista palautetta helppokäyttöisyydestään ja selvästä rakenteestaan. Erilaiset tehtävätyypit, visuaalisuus ja interaktiot koettiin hyvänä lisänä. Järjestelmän toimivuutta ja ulkoasua kommentoitiin sanallisissa vastauksissa seuraavasti:

- ”Suhteellisen selkeä ja yksikertainen käyttöä. Monipuolinen sisältö.”
- ”Visuaalisesti sivu oli todella toimiva.”
- ”Tykkäsin ehdottomasti käyttöliittymän vaivattomuudesta (ja oranssista palkista reunassa).”
- ”Havainnollistavat grafiikat sekä helposti katsottavat videot helpottavat oppimista.”
- ”Tehtävät olivat helposti tehtävissä ja ne jaksoi tehdä, kun oli samalla alustalla.”

Kuvassa 11 esitetyn tilaston mukaan suurin osa opiskelijoista piti oppimisensa kannalta TIM-järjestelmää parempana kuin Moodlea.



**Kuva 11.** Opiskelijoiden vastaukset väittämään 2.6. Pidän oppimiseni kannalta TIMiä parempana kuin Moodlea (liite 2).

Tämä positiivinen suhtautuminen voisi opiskelijoiden kommenttien perusteella johtua TIM-järjestelmän kirjamaisesta ja hyvin jäsenellystä rakenteesta sekä siitä, että kaikki tehtävät ja muu materiaali löytyvät samalta alustalta.

Sanallisessa palautteessa nousi esiin muun muassa seuraavia kehitysehdotuksia TIM-järjestelmän käytettävyyteen ja ulkoasuun liittyen:

- "Ulkoasua voisi vielä vähän parantaa."
- "Sivun luonnetta voisi jollain tavalla vielä kehittää modernimmaksi."
- "Musta/tummataustainen versio jatkokäyttöä ajatellen olisi opiskelijalle silmäy-  
tävämmämpi."
- "Itse en pidä oranssia palkkia tarpeellisena."

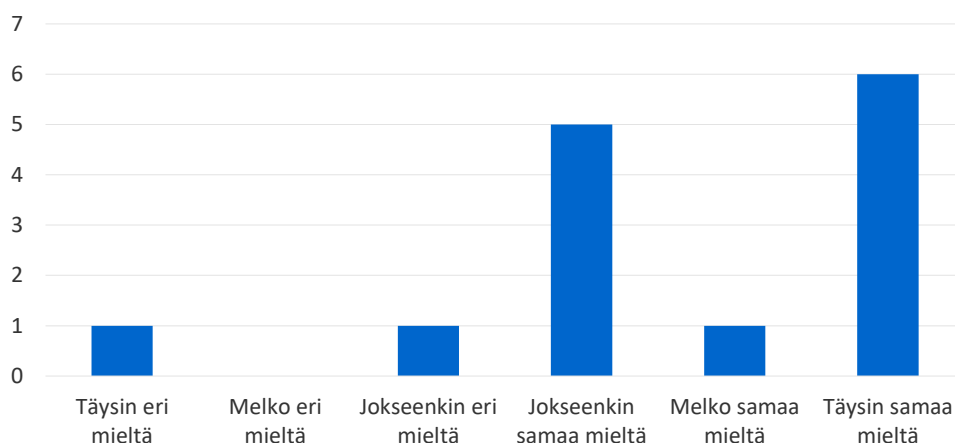
Osa kehitysehdotuksista koski TIM-järjestelmän sivujen asettelua ja ulkoasua. Käyttäjän on toisaalta mahdollista vaikuttaa asetteluun jonkin verran itsekin. Palautteessa mainittiin lohkojen reunaan ilmestyvät oranssit palkit, joiden tarkoituksena on pitää kirjaa lue-  
tusta materiaalista. Tässä kokeilussa opiskelijoille ei mainittu, että palkit saa halutessaan kokonaan pois käytöstä järjestelmän asetuksista, jos tätä ominaisuutta ei koe itselleen

hyödyllisenä. Käyttäjän on myös mahdollista muokata TIM-järjestelmän värimaailmaa ainakin jossain määrin. Tummataustainen versio voisi hyvin olla toteutettavissa tulevaisuudessa, vaikka se ei kyselyn aikana ollutkaan saatavilla.

Tutkimuksessa ei tullut esiin suuria teknisiä ongelmia. Opiskelijapalautteen yhteydessä löytyi ainoastaan yhden tehtävän syntaksin kirjoittamiseen liittyviä epäselvyyksiä. Tämän palautteen myötä tehtävän koodiin voitiin tehdä korjauksia ja tehtävänantoon lisättiin tarkentavia ohjeita siitä, missä muodossa vastaus pitää kirjoittaa. Materiaaliin liittyen opiskelijat toivoivat enemmän tehtäviä ja muuta sisältöä. Lisäksi tehtäviin toivottiin enemmän välivaiheita sekä mallivastauksia. Materiaaliin ja tehtäviin liittyen annettiin muun muassa seuraavia parannusehdotuksia:

- ”Kysymyksissä voisi pyytää myös välivaiheita. Esim. kohdassa 7 reaaliosan ja imaginääriosan suuruudet voisi syöttää ennen kuin lasketaan impedanssin suuruus. Jos jossakin menee pieleen niin näkee mihin kohtaan saakka mennyt oikein ja löytyy vika nopeammin.”
- ”Perustehtävien lisäksi olisi hyvä olla myös soveltavia tehtäviä sekä käydä läpi myös vaikeampia asioita esimerkiksi eri osiossa.”

Kyselyssä selvitettiin myös, mitä mieltä opiskelijat olivat STACK-tehtävien ratkaisemisesta TIM-ympäristössä. Kuvassa 12 on esitetty opiskelijoiden vastaukset väittämään ”STACKin käyttö TIM-ympäristössä on minulle teknisesti vaivattomampaa”.



**Kuva 12.** Opiskelijoiden vastaukset väittämään 2.5. STACKin käyttö TIM-ympäristössä on minulle teknisesti vaivattomampaa (liite 2).

Palautteen perusteella suurin osa opiskelijoista oli sitä mieltä, että STACK-tehtävien integrointi TIM-järjestelmään teki tehtävien ratkaisemisesta teknisesti vaivattomampaa. Tällöin etuna on, että STACK-palvelinta ei tarvitse avata erikseen, vaan kaikki tehtävät löytyvät samalta sivulta kuin kurssin muu materiaali. Lisäksi noin 70 prosenttia opiskelijoista koki, että STACK-tehtävien teko TIM-ympäristössä oli ainakin jossain määrin opetettäväisempää kuin STACK-ympäristössä (liite 2, kysymys 2.4.). Palautekyselyssä kommentoitiin asiaa seuraavasti:

- ”Voi edetä pienissä pätkissä. Perinteisessä stackissa täytyy yleensä tehdä monta tehtävää putkeen, jos aloittaa.”
- ”Tehtäviä on parempi tehdä, kuin stackissa, sillä tieto on hyvin saatavilla tehtävien lomassa, ja täten jos ei muista jotain, pääsee todella helposti kertaamaan.”

Toisaalta joidenkin opiskelijoiden mielestä oli toimivampaa, että STACK-tehtävät löytyvät omalta palvelimeltaan. Kysymykseen 5 annettiin runsaasti lähes neutraaleja vastauksia, josta voi päätellä, ettei osalle opiskelijoista ole suurta merkitystä kummalla alustalla tehtäviä ratkaistaan. Sanallisessa palautteessa osa opiskelijoista toivoi, että STACK-tehtäviä olisi monta peräkkäin ja niitä voisi suorittaa useita kertoja. Tämä edistäisi laskurutiinin kehittämistä, kun saman tehtävätyypin eri versioita on mahdollista toistaa monta kertaa.

STACK-palvelimella tämä onnistuu hieman luontevammin kuin TIM-ympäristössä, kuten tässä tutkimuksessa jo edellä todetaankin.

Palautekyselyssä tutkittiin myös, mitkä keinot yleisesti sähkötekniikan kursseilla auttavat oppimaan parhaiten (liite 2, kysymys 1). Vastausten perusteella yli 90 % opiskelijoista koki, että oppimista edesauttaa merkittävästi visualisointi, kuten kuvan, videon tai animaation hyödyntäminen opetuksessa. Visuaalisuuden jälkeen muita tärkeitä keinoja olivat konkreettinen tekeminen esimerkiksi simuloinnin tai laboratoriotöiden avulla, luennot kuuntelu, ja tehtävien laskeminen sekä itsenäisesti että ryhmässä. Yli 80 % opiskelijoista koki, että nämä keinot auttavat oppimisessa joko melko paljon tai erittäin paljon. Teorian oppiminen kirjallisuutta lukemalla jakoi eniten mielipiteitä. Vaikka 40 % opiskelijoista koki, että lukemisesta on paljon hyötyä oppimisessa, yli puolet (60 %) kuitenkin vastasi, että siitä on vain jonkin verran tai ei ollenkaan hyötyä.

Lisäksi opiskelijoita pyydettiin arvioimaan, minkälaiset interaktiiviset tehtävätyypit TIM-materiaalissa auttoivat eniten. Taulukossa 2 on esitetty tulokset kysymyksen.

**Taulukko 2.** Opiskelijoiden vastaukset väittämään ”Edellä aineistossa olevista opetustavoista minua auttoivat eniten...”

| Tehtävätyyppi                       | Auttaa vähän tai ei ollenkaan | Auttaa jonkin verran | Auttaa melko paljon | Auttaa erittäin paljon |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| Video-opetus (videot 1 ja 2)        | 7,7 %                         | 30,8 %               | 30,8 %              | 30,8 %                 |
| STACK-tehtävät (tehtävät 1 ja 7)    | 0,0 %                         | 14,3 %               | 14,3 %              | 71,4 %                 |
| Monivalintakysymys (tehtävä 2 ja 3) | 0,0 %                         | 21,4 %               | 21,4 %              | 57,1 %                 |
| Avoimet kysymykset (tehtävä 4)      | 0,0 %                         | 21,4 %               | 28,6 %              | 50,0 %                 |
| Oikein/väärin-valinta (tehtävä 5)   | 0,0 %                         | 21,4 %               | 28,6 %              | 50,0 %                 |
| Grafiikka (GeoGebra, tehtävä 6)     | 7,7 %                         | 0,0 %                | 23,1 %              | 69,2 %                 |

Tulosten perusteella opiskelijat pitivät STACK-tehtäviä hyödyllisimpänä oppimisensa kannalta, sillä yli 70 % opiskelijoista koki, että tehtävät auttoivat erittäin paljon asioiden oppimisessa. Myös GeoGebra-tehtävää pidettiin erityisen tärkeänä. Sanallisen palautteen perusteella nämä tehtävät koettiin hyödylliseksi niiden visuaalisuuden, käytännölläisyyden ja automaattisen eli välittömästi tulevan palautteen vuoksi. Muihin tehtäviin liittyen vain muutama opiskelija oli valinnut vastauksen ”Auttaa vähän tai ei ollenkaan”, joten tuloksista voi päätellä, että yleisesti ottaen kaikista tehtävätyypeistä koettiin olevan ainakin jonkin verran hyötyä.

TIM-järjestelmää voisi käyttää vielä laajemminkin tulevaisuudessa, sillä siinä on paljon muitakin ominaisuuksia, joita ei hyödynnetty tässä tutkimuksessa. Kyselyn perusteella suurin osa opiskelijoista (yli 80 %) oli halukas käyttämään TIM-järjestelmää myös tulevaisuudessa (liite 2, kysymys 2.7.).

## 6 TIM-järjestelmän sovelluskohteita tulevaisuudessa

Piirianalyysin käsittelyn lisäksi TIM-järjestelmä vaikuttaa sopivan hyvin minkä tahansa oppiaineen ja kurssin opetukseen. Tässä luvussa pohditaan, miten Piirianalyysi A -kurssin lisäksi TIM-järjestelmää voisi soveltaa myös muilla sähkötekniikan kursseilla tai matematiikan ja fysiikan kertauksessa. Palautekyselyn mukaan opiskelijat toivoivat lisää monipuolisia tehtäviä, laskuesimerkkejä ja välivaiheita tehtäviin. Luvussa esitellään tutkimuksessa toteutettujen tehtävien lisäksi joitakin uusia tehtäväideoita ja opetustapoja, joita voisi tulevaisuudessa kehittää tekniikan alan kursseille.

### 6.1 TIM-järjestelmä sähkötekniikan opetuksessa

Tämän diplomityön tuloksena havaitaan, että TIM-järjestelmää voi käyttää monipuolisesti erityisesti kursseilla, joiden tehtävissä voidaan hyödyntää interaktiivisuutta ja visualisointia. Opetuksessa TIM-järjestelmää voi käyttää sekä itsenäisen opiskelun tukena, että ryhmäopiskelussa esimerkiksi luentojen yhteydessä. Lyhyet luentojen aikana esitettävät luentokyselyt voisivat olla hyvä ja innostava tapa lisätä vuorovaikutteisuutta reaaliajassa luennoilla. Lisäksi pelillistäminen on yksi huomionarvoinen mahdollisuus ylläpitää mielenkiintoa oppimisessa. Sähkötekniikan kursseilla TIM-järjestelmän harjoitustehtäviä voisi STACK-tehtävien tapaan ratkaista jo ennen varsinaisia paikan päällä järjestettäviä laskuharjoituksia tai jopa ennen luentoja. Lisäksi voidaan harjoitella simulointia erilaisilla matemaattisilla laskenta- ja simulointiohjelmilla.

Palautekyselyn tulosten perusteella opiskelijat kokivat STACK-tehtävät hyödylliseksi oppimisensa kannalta, joten niitä kannattaa hyödyntää jatkossakin joko omalla palvelimellaan tai TIM-järjestelmän kautta. STACK-tehtävät soveltuvat Piirianalyysi A:n lisäksi myös muun muassa matematiikan, fysiikan, Piirianalyysi B:n ja kenttäteorian kursseille. JSXGraphin avulla voisi toteuttaa tehtäviä, jotka helpottavat esimerkiksi vektorien hahmottamista kolmiulotteisessa avaruudessa (Ellonen, 2021). STACK-tehtävien ohella myös muita tässä työssä hyödynnettyjä tehtävätyyppejä voi soveltaa muillakin kursseilla. Mahdollisuus upottaa TIM-järjestelmään erilaisia laskenta-, simulointi ja piirto-ohjelmia on sähkötekniikan opetuksen kannalta erittäin hyödyllinen ominaisuus.

Eräs hyvä esimerkki on Octave-ohjelmisto, joka on tarkoitettu numeeriseen laskentaan ja simulointiin. Octave on pitkälti yhteensopiva maksullisen Matlab-ohjelmiston kanssa, jota käytetään useilla Vaasan yliopiston sähkötekniikan kursseilla ohjelmallisen laskemisen ja simuloinnin harjoitteluun. Jyväskylän yliopiston säätötekniikan kursseilla on käytetty Octave-ohjelmistoa Laplace-muunnoksen ja siirtofunktioiden opetuksessa (TIM, 2017). Kuvassa 13 on esitetty eräs kurssin tehtävä. Tehtävän tarkoituksena on ohjelmoida sähköistä järjestelmää kuvaava siirtofunktio, jonka avulla tarkastellaan järjestelmän askelvastetta. Käyttäjä voi muokata siirtofunktion arvoja kuvan 13 syöttökentässä. Koodi ajetaan suoraan TIM-järjestelmässä, jolloin ohjelma suorittaa laskemisen ja piirtää kuvan 14 mukaisen kuvaajan askelvasteelle. Tätä tehtäväideaa kehittämällä voisi toteuttaa simulointitehtäviä myös esimerkiksi Piirianalyysi B -kurssille, joka käsittelee muutosilmiöitä ja siirtojohtoja. Tehtävät voisivat liittyä esimerkiksi muutosilmiöiden analysointiin ja ne tarjoaisivat mahdollisuuden harjoitella niiden simulointia jo ennen varsinaista simulointiharjoitusopetusta.

**Esimerkki. MATLABin/Octaven käyttö aika-alueanalyyssä**

```
% Siirtofunktion osoittaja
num = [0 0 25]

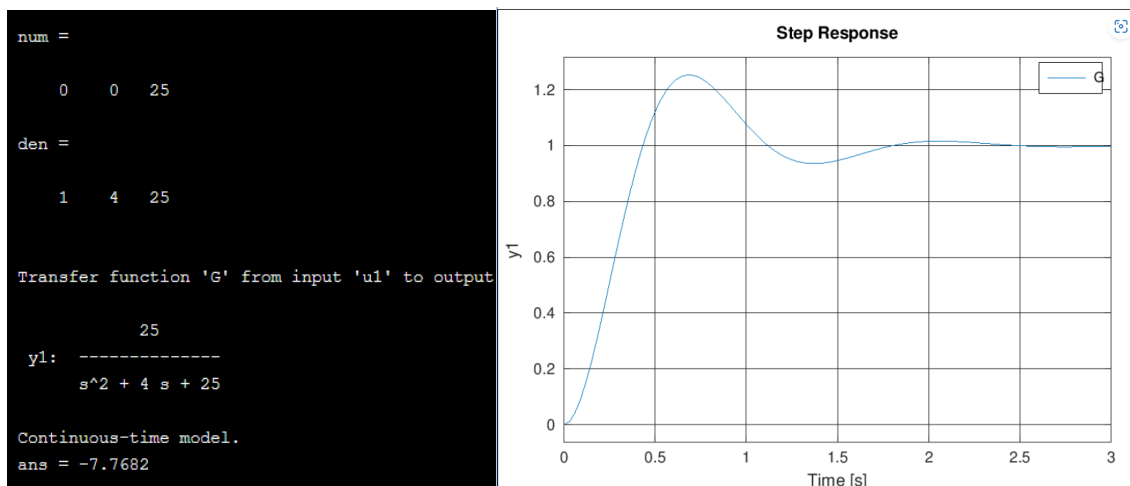
% Siirtofunktion nimittäjä
den = [1 4 25]

% järjestelmän siirtofunktio
G = tf(num,den)

% Komento askelvasteen piirtämiseksi
step(G);
```

Aja Alusta Highlight Copy

**Kuva 13.** Esimerkki simulointitehtävästä, jossa käyttäjä voi muuttaa siirtofunktion arvoja ja piirtää kuvaajan Octavella (TIM, 2017).



**Kuva 14.** TIM-järjestelmässä ajettu siirtofunktion koodi ja sen mukaan piirretty askelvas- teen kuvaaja Octavessa (TIM, 2017).

Teoreettisen sähkötekniikan lisäksi TIM-järjestelmää voisi hyödyntää myös soveltavamilla kursseilla. Eräs toinen diplomityön aikana esiin noussut idea on tehoelektronikan opetus TIM-avusteisesti. TIM-järjestelmään voisi luoda esimerkiksi simulointitehtäviä, joissa tutkitaan puolijohdekomponenttien toimintaa kytkimenä. Yksinkertainen tehtävä voi sisältää piirikaavion jostakin puolijohdekomponentista, kuten transistorista. Käyttäjä itse pystyy muuttamaan transistorin arvoja, kuten liittimien välistä jännitettä. Käyttäjän toiminnan perusteella tehtävään piirretty virta- ja jännitekuvaajat, joiden avulla tutkitaan transistorin toimintaa kytkinkäytössä. Tehtävissä voidaan käyttää TIM-järjestelmään jo valmiiksi integroituja ohjelmia, tai vaihtoehtoisesti voidaan upottaa jokin verkosta löytyvä, selainpohjainen piirisimulointiohjelma.

Tässä työssä toteutettujen tehtävien lisäksi myös esimerkiksi seuraavat TIM-järjestelmän tehtävätyypit soveltuvat hyvin myös sähkötekniikan opetukseen:

- Draw.io -kuvanpiirto-ohjelma, joka mahdollistaa piirtämisen ilman ohjelmointia.
- Vis.js -visualisaatiokirjasto, jonka avulla voidaan piirtää kuvia myös kolmiulotteisessa tilassa.
- ImageX -kuvionraahaustehtävä, jossa yhdistetään eri komponentteja tai tekstejä.
- Muut matemaattiset ohjelmistot, kuten Octave, Maxima tai Sage.

## 6.2 Käyttömahdollisuuksia matematiikan opetuksessa

Koska matematiikan perusteiden ymmärtäminen on tärkeää sähkötekniikan opiskelussa, tarvitaan lisää ratkaisuja myös matemaattisen ajattelun ja osaamisen kehittämiseen. Yksi ratkaisu on kertaustehtävät, joihin voisi lisätä interaktiivisuutta opiskelijan motivaation ja mielenkiinnon ylläpitämiseksi. TIM-järjestelmään on jo luotu paljon monipuolista matematiikan oppimateriaalia ja tehtäviä, joissa on hyödynnetty esimerkiksi GeoGebraa. Näihin tehtäviin oikeudet pyytämällä tai vastaavia omia tehtäviä kehittämällä voisi koota tehtäväkokoelman, jossa opiskelija pääsisi harjoittelemaan ja kertaamaan matemaattisia aihepiirejä, joita myöhemmin sovelletaan sähkötekniikan kursseilla.

Opiskelijapalautteessa toivottiin enemmän välivaiheita tehtäviin. Eräs ratkaisu tähän voisi olla MathCheck -kaavantarkastin, joka on sähköinen työkalu matemaattisen ajattelun kehittämiseksi. MathCheck eroaa muista matematiikkaohjelmistoista siten, että siihen on mahdollista syöttää tehtävän ratkaisu välivaiheineen, ja näin ollen opiskelijan koko päättelyketju tulee näkyville. MathCheck ei siis tarkista pelkästään lopullisen vastauksen oikeellisuutta, vaan myös ratkaisun välivaiheet, ja antaa niistä välitöntä palautetta. Lisäksi etuna on, että sähköisissäkin tehtävissä vaaditaan kirjoittamaan välivaiheet ylös, jolloin tehtävän valmista ratkaisua ei saa suoraan laskimesta ja näin ollen matemaattinen ajattelu kehittyy. (Myllykoski ym. 2018)

Tampereen yliopistossa toteutettiin vuonna 2017 MathCheck-ohjelmistoa hyödyntäviä matematiikan kertaustehtäviä ensimmäisen vuoden opiskelijoille. Tehtävät ratkaistiin TIM-järjestelmässä. TIM soveltuu hyvin MathCheckin käyttöön, koska se tallentaa opiskelijoiden vastauksista lokitietoja, joita voidaan myöhemmin analysoida ja luokitella vastusten perusteella erilaisia tyypillisiä virhepäätelmiä (Myllykoski et al. 2018). Mattilan (2019) diplomityössä todettiin, että MathCheck sopii erityisesti matematiikan perustehtävien harjoitteluun ja opiskelijat suhtautuivat ohjelmistoon positiivisesti. MathCheck-kaavantarkastin on hyvä apuväline esimerkiksi yhtälönmuodostuksen ja -ratkaisun harjoitteluun, joita olisi hyvä kerrata jo ennen sähkötekniikan kursseja.

### 6.3 Käänteinen opetus

Perinteisen opetuksen lisäksi TIM-järjestelmä on toimiva alusta myös käänteiseen opetukseen (engl. flipped classroom). Käänteisessä opetuksessa opiskelijat perehtyvät itseinäisesti jo etukäteen kurssin aiheisiin, esimerkiksi tekemällä ennakkotehtäviä tai katsomalla lyhyitä opetusvideoita tai luentotalenteita. Tämän jälkeen luennolla tai harjoitustunnilla jatketaan asian käsittelyä ja keskitytään syventämään asian oppimista vuorovai- kutteisesti, kuten esimerkiksi keskustellaan ratkaisuvaihtoehdoista ja käydään läpi en- nakkotehtävistä epäselväksi jääneitä asioita (Vaasan yliopisto, 2022).

Uuden työskentelytavan omaksuminen voi olla erityisesti ensimmäisenä toteutusvuonna haastavaa opiskelijalle, kun vastuu omasta oppimisesta kasvaa. Opettajalta uusi opetus- tapa vaatii suunnittelua sekä uudenlaisia pedagogisia valmiuksia. Toisaalta onnistuneesti toteutettu käänteinen opetus voi lisätä opiskelijan kyvykkyyden ja omaehtoisuuden tun- netta, joka puolestaan kasvattaa opiskelumotivaatiota (TIM, n.d.). Käänteinen opetus ko- rostaa opiskelijan aktiivista roolia sekä vahvistaa itseohjautuvuutta, ja sen on todettu pa- rantavan oppimistuloksia (Vaasan yliopisto, 2022).

### 6.4 Itse- ja vertaisarviointi

Itsearvioinnissa opiskelija voi arvioida oman työnsä hyviä ja heikkoja puolia esimerkiksi mallivastausten pohjalta, ja pohtia miten on työskentelyssään onnistunut täyttämään tietyt kriteerit (TIM, n.d.). Yksi esimerkki itsearvioinnin toteutuksesta on TIM-järjestel- män osaamistavoitetaulukko, jossa opettaja ensin määrittelee osaamistavoitteet kurssin eri aiheisiin liittyen. Opiskelija arvioi osaamistaan ja täydentää edistymisensä mukaisesti taulukkoa siihen määritetyllä asteikolla. Asteikolla ensimmäinen tavoite on kyseisen asian muistaminen, seuraava tavoite on asian syvällisempi ymmärtäminen ja tämän jäl- keen tavoitteena on kyky soveltaa tietoja käytännössä. Itsearviointi kasvattaa opiskelijan tietoisuutta omasta oppimisestaan ja voi auttaa hahmottamaan oppimistavoitteita.

Yksi huomionarvoinen tapa lisätä opetukseen vuorovaikutteisuutta on vertaisarviointi. Vertaisarviointi on oppimismetodi, jossa opiskelijat arvioivat toistensa suorituksia tai antavat toisilleen palautetta opettajan ohjeistuksen mukaisesti. TIM-järjestelmässä on vertaisarviointiin tarkoitettu ominaisuus, joka arpoo kaikille kurssin suorittajille arvioitavaksi yhden tai useita toisen opiskelijan tekemiä tehtäviä. Myös arvioinnin seuranta onnistuu järjestelmässä sujuvasti (Älyoppi, 2021b).

Onnistuneen vertaisarvioinnin tärkeänä edellytyksenä on, että opiskelija saa tarvittavat ohjeet ja arviointikriteerit arviointia varten. Vertaisarviointi kehittää kriittistä ajattelua, ja arvioidessaan toisen suoritusta opiskelija pääsee itsekin kertaamaan aihetta ja oppii mahdollisesti samalla jotakin uutta. Lisäksi vertaisarviointi on hyvä tapa harjoitella palautteen antamista ja vastaanottamista, jotka ovat tärkeitä taitoja työelämässäkin.

## 6.5 Opinnäytetöiden kirjoittaminen

Eräs aihe jatkotoimenpiteeksi voisi olla Vaasan yliopiston opinnäytetyöpohjan luominen TIM-järjestelmään. Tällä hetkellä TIM-järjestelmässä on toimiva kirjoituspohja Jyväskylän yliopiston tietotekniikan opinnäytetöitä varten. Työt kirjoitetaan suoraan TIM-järjestelmässä ja tulostetaan lopuksi pdf-muodossa. TIM-järjestelmässä kirjoittamisen etuna on, että opettajan on helppo kirjoittaa käsikirjoitukseen kommentteja ja jokainen opiskelijan työhön tekemä muutos tulee myös opettajalle selvästi näkyviin edellisen lukukerran jälkeen, toisin kuin esimerkiksi Wordilla kirjoittaessa.

Vaasan yliopistolle on mahdollista luoda oma tulostuspohja TIM-järjestelmään, joka mahdollistaisi harjoitustyöraporttien ja opinnäytteiden kirjoittamisen suoraan TIM-alustalla. Tämä on helpointa toteuttaa muokkaamalla olemassa olevaa Jyväskylän yliopiston tulostuspohjaa. Tulostuspohja kirjoitetaan LaTeX-kielellä, ja siihen määritellään erilaisia komentoja, jotka vaikuttavat siihen, miltä varsinainen pdf-dokumentti tulostettuna näyttää. Pohjaan tulisi siis määritellä muun muassa kansilehti, kirjoitustyyli ja fontit vastaamaan Vaasan yliopiston mallipohjaa. Toteutus edellyttää jonkin verran perehtymistä LaTeX-kieleen ja TIM-järjestelmän tulostuksen toimintaan, jotta Vaasan yliopiston pohja saadaan yhteensopivaksi TIM:n tulostuksen kanssa.

## 6.6 Yhteenveto tulevaisuuden käyttömahdollisuuksista

Tässä luvussa esiteltiin ehdotuksia ja havaintoja siitä, miten TIM-järjestelmää voisi tulevaisuudessa hyödyntää tekniikan opetuksessa, erityisesti sähkötekniikan kursseilla. Keskeisimmät TIM-järjestelmän tulevaisuuden käyttömahdollisuudet voidaan tiivistää seuraavanlaisesti:

- Matematiikan ja fysiikan kertausmateriaalin luominen.
- MathCheck -kaavantarkastimen hyödyntäminen matematiikan opiskelun tukena.
- Simulointitehtävien kehittäminen esimerkiksi GeoGebra- tai Octave-ohjelmistoilla.
- Selainpohjaisten simulointiohjelmien upottaminen TIM-järjestelmään.
- Kuvanpiirto-ohjelmien hyödyntäminen, kuten Draw.io ja Vis.js.
- Opiskelijoille jo entuudestaan tutun STACK-järjestelmän hyödyntäminen ja STACK-tehtävien kehittäminen myös muille sähkötekniikan kursseille.
- TIM-järjestelmän hyödyntäminen käänteisessä opetuksessa sekä itse- ja vertaisarvioinnissa.
- Opinnäytetyön kirjoittaminen TIM-järjestelmässä.

## 7 Johtopäätökset

Diplomityön tavoitteena on selvittää, miten TIM-oppimisympäristöä voidaan hyödyntää Vaasan yliopiston piirianalyysin opetuksessa. Työssä esitellään uusi virtuaalinen oppimisympäristö, TIM-järjestelmä, johon luotiin oppimateriaalia Piirianalyysi A -kurssia varten. Lopuksi kurssin opiskelijoita pyydettiin testaamaan järjestelmään luotua materiaalia ja antamaan siitä palautetta.

Työn alussa perehdytään aktivoivaan ja vuorovaikutteiseen opetukseen sekä verkko-opetuksen tuomiin uusiin mahdollisuuksiin. Tutkimuksen taustalla vaikuttaa konstruktivistinen oppimiskäsitys, jossa aktiivinen tiedon rakentaminen ja vuorovaikutteisuus nähdään keskeisinä oppimista edistävinä tekijöinä. Vuorovaikutteisuus ja opiskelijoiden aktiivointi toteutuivat tässä diplomityössä interaktiivisten tehtävien avulla, joissa opiskelijat pääsivät tutkimaan, kokeilemaan ja testaamaan omaa oppimistaan. Tällä tavoin pyrittiin lisäämään opiskelijan omaa pohdiskelua ja kriittistä ajattelua. Materiaalin päätarkoitus on vahvistaa perusteiden ymmärtämistä.

Materiaalia suunniteltaessa pyrittiin huomiomaan hyvän verkkotehtävän piirteet, kuten välitön palaute, havainnollistaminen erityisesti visualisoinnin keinoin, tekninen toimivuus ja helppokäyttöisyys. Lisäksi ennen tehtävien luomista kartoitettiin kurssin keskeisimmät haasteet, jotka liittyivät muun muassa matematiikan ja fysiikan perusteiden ymmärtämiseen. TIM-järjestelmään kehitetyn materiaalin aiheeksi valittiin kompleksilukulaskenta ja vaihtosähkön perusteet. Tehtävät olivat monivalintakysymyksiä, avoimia vastauksia ja simulointia GeoGebra-tehtävän avulla, jonka toiminta perustui erilaisten komponenttien liikuttamiseen kuvassa. TIM-järjestelmään saatiin onnistuneesti siirrettyä STACK-tehtäviä, joita oli jo aikaisemminkin hyödynnetty osana kurssin opetusta. Lisäksi materiaaliin kirjoitettiin teoriaa, toteutettiin laskuesimerkkejä ja upotettiin aiheeseen liittyviä kuvia ja opetusvideoita. Tehtävien luomiseen käytettiin pääasiassa Markdown- ja YAML-merkintäkieliä ja JavaScript-ohjelmointikieltä.

Tuloksena voidaan todeta, että materiaalin luominen TIM-järjestelmään onnistui sujuvasti ja voisikin sanoa, että vain mielikuvitus on rajana sisällön luomisessa. On kuitenkin huomioitava, että uuden, käyttökelpoisen ja laadukkaan luentomateriaalikonaisuuden kehittäminen vie aikaa, vaikkakin tehtävien luomista helpottaa TIM-järjestelmän tekstieditori ja valmiit koodipohjat. Näiden avulla voidaan luoda perustehtäviä ilman laajaa ohjelmointiosaamista. Jos perustehtävien lisäksi halutaan kehittää monimutkaisempia, soveltavia tehtäviä, vaaditaan enemmän tuntemusta matematiikkaohjelmistoista sekä eri ohjelmointikielistä, kuten JavaScriptistä.

Lopuksi Piirianalyysi A -kurssin opiskelijoita pyydettiin testaamaan TIM-järjestelmää ja vastamaan palautekyselyyn, jossa kartoitettiin mielipidettä järjestelmästä yleisesti sekä sinne luodusta kurssimateriaalista. Lisäksi kysyttiin, mitkä eri opetuksen keinot opiskelijat kokevat hyödyllisimmiksi oppimisensa kannalta, ja minkä tyyppinen TIM-sisältö edesauttoi oppimista eniten. Opiskelijapalautteessa esiin nousseet TIM-järjestelmän hyödyt voidaan tiivistää seuraavasti:

- ”Selkeä, yksinkertainen rakenne ja vaivaton käyttöliittymä.”
- ”Visuaalisesti toimiva sivu.”
- ”Monipuolisuus STACK-järjestelmään verrattuna – halutessaan voi lukea teoriaa tehtävien ohella, ja lisäksi voi edetä pienissä pätkissä kerrallaan.”
- ”Automaattinen, välitön ja kannustava palaute – palautteessa neuvotaan miten edetä, esimerkiksi mitä kaavaa tulisi käyttää. Palaute auttaa uuden oppimisessa ja tarjoaa mahdollisuuden oppia myös vääristä vastauksista.”
- ”Videot ja GeoGebra ovat hyviä lisiä. Erityisesti GeoGebra -tehtävä liukusäädöillä opettaa paljon, kun näkee heti konkreettisesti, mikä vaikuttaa mihinkin.”
- ”Materiaalissa on tiivistetty tärkeimmät asiat. ”
- ”Dokumentissa oli monipuolisesti erilaisia tehtävämuotoja.”
- ”Sopivan haastavat tehtävät esimerkkeineen ja mallivastauksineen.”
- ”Perustehtävistä aloittaminen oli hyvä, tällöin saadaan hyvin perustukset rakennettua soveltavammalle työskentelylle.”

- "TIM-järjestelmää voi käyttää itselle sopivana aikana ja myös etänä, paikasta riippumatta."

Keskeisimmät opiskelijoiden kehitysehdotukset voidaan tiivistää seuraavasti:

- "Sivun luonnetta voisi kehittää modernimmaksi."
- "Mahdollisuus valita musta- tai tummataustainen versio."
- "Pieni muistiinpanotila, jonka voisi tulostaa."
- "Sivun reunaan ilmestyvät oranssit palkit tulisi saada tarvittaessa pois."
- "Koko kurssin sisällöstä vastaava kokonaisuus."
- "Enemmän tehtäviä, joilla voi testata osaamista ja lisää graafisia esityksiä, kuten kuvia tai GeoGebra -tehtäviä."
- "Perustehtävien lisäksi soveltavampia tehtäviä ja vaikeampien aiheiden läpikäyntiä."
- "Kaikkiin tehtäviin voisi lisätä mallivastaukset. Myös teoriaa voisi olla paikoittain lisää ja ehkä enemmän rautalangasta väännettynä."
- "Osa tehtävistä voisi olla useasti suoritettavissa, esimerkiksi monta samankaltaista tehtävää peräkkäin."
- "Kysymyksissä voisi pyytää myös välivaiheita."
- "Tehtävät ja esimerkit ovat ehkä hieman tiiviisti yhdessä."

Tämän tutkimuksen perusteella opiskelijat kokivat, että TIM-järjestelmästä ja siihen luodusta materiaalista voisi olla hyötyä oppimisen kannalta, ja suurin osa oli halukas käyttämään TIM-järjestelmää tulevaisuudessa jollakin kurssilla. Eri tehtävätyypeistä opiskelijat kokivat hyödyllisimmiksi STACK- ja GeoGebra -tehtävät. Sanallisen palautteen perusteella nämä tehtävät koettiin hyödylliseksi niiden dynaamisuuden, visuaalisuuden, käytännönläheisyyden ja välittömän palautteen ansiosta. Myös opetusvideot ja muut tehtävätyypit, kuten monivalinta ja avoimet syöttökenttäkysymykset koettiin hyödyllisiksi. TIM-järjestelmää pidettiin helppokäyttöisenä ja järjestelmän selkeä ulkoasu ja yhtenäinen rakenne saivat positiivista palautetta. Kehitysehdotuksissa toivottiin pieniä muutoksia esimerkiksi

ulkoasuun liittyen, ja opiskelijat toivoivat, että tehtäviä olisi ollut enemmän ja kattavammin kaikista kurssin aihepiireistä.

Palautekyselyn perusteella suurin osa opiskelijoista oli sitä mieltä, että parhaiten oppimista edesauttaa käsitteiden visualisointi, konkreettinen tekeminen (kuten laboratorio, simulointi, tehtävien laskeminen joko itsenäisesti tai ryhmässä), sekä luennoille osallistuminen. Eniten mielipiteitä jakoi kirjallisuuden lukeminen – hieman yli puolet opiskelijoista arvioi, että siitä on vain jonkin verran tai ei ollenkaan hyötyä oppimisessa. Tämä saattaa yleisesti kuvastaa osaltaan perinteisen kirjan lukemisen merkityksen heikentymistä.

Diplomityössä käsitellään lähinnä ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta, jota pystyttiin TIM-järjestelmässä hyödyntämään monipuolisesti. On kuitenkin huomioitava, että myös sosiaalisella vuorovaikutuksella, kuten ryhmässä eri tavoin oppimisella ja keskustelulla, on tärkeä rooli oppimisessa ja uuden tiedon omaksumisessa. TIM-järjestelmässä yhteistoiminnallista oppimista voi toteuttaa esimerkiksi interaktiivisten luentokyselyjen, keskustelupalstan, erilaisten ryhmätehtävien tai vertaisarvioinnin avulla.

### **Työn keskeiset tulokset**

Työn tavoitteena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten TIM-oppimisympäristöä voidaan hyödyntää Vaasan yliopiston sähkötekniikan opetuksessa yleisesti, ja erityisesti Piirianalyysi A -kurssilla?
- Mitkä opetustavat auttavat oppimaan parhaiten?
- Mitä mieltä Piirianalyysi A:n opiskelijat ovat TIM-järjestelmästä ja minkälaisen TIM-sisällön opiskelijat kokevat hyödyllisimmäksi?

Työn tuloksena todetaan, että TIM-oppimisympäristöön voidaan luoda monipuolinen luentomateriaalikokonaisuus, joka sisältää teorian lisäksi opetusvideoita, laskuesimerkkejä ja erilaisia interaktiivisia tehtäviä, kuten monivalintaa, lasku- ja simulointitehtäviä

sekä erilaisia syöttökenttätehtäviä, joihin vastataan joko lukuarvoilla tai sanallisesti. Piirianalyysi A -kurssilla järjestelmä sopii erityisesti abstraktien käsitteiden ja matemaattisesti haastavien aiheiden havainnollistamiseen esimerkiksi visualisoinnin keinoin. Lisäksi järjestelmä sopii oppimisen testaamiseen lyhyiden tehtävien avulla sekä erilaisten laskenta- ja simulointiohjelmien käytön harjoitteluun.

Suurin osa opiskelijoista oli sitä mieltä, että oppimista edesauttaa merkittävästi visualisointi, kuten kuvan, videon tai animaation hyödyntäminen opetuksessa. Muita tärkeitä keinoja ovat käytännönläheinen tekeminen, laskeminen sekä luennoilla kuuntelu. Opiskelijat arvostivat TIM-järjestelmän konkreettista lähestymistapaa, visuaalisuutta sekä välitöntä ja kannustavaa palautetta. Palautteen perusteella materiaalin avulla pystyttiin vahvistamaan kompleksilukulaskennan perusteiden ymmärtämistä. Järjestelmää pidettiin helppokäyttöisenä ja oppimisen kannalta hyödyllisenä, vaikka osa opiskelijoista toivoi kehitystä käyttöliittymään ja ulkoasuun liittyen. Opiskelijat pitivät GeoGebra- ja STACK-tehtäviä hyödyllisimpänä sisältönä.

Työn loppuksi pohditaan, miten TIM-järjestelmää voisi tulevaisuudessa hyödyntää sähkötekniikan opetuksessa Piirianalyysi A -kurssin lisäksi. Sovelluskohteita voisivat olla esimerkiksi Piirianalyysi B, Kenttäteoria ja Tehoelektroniikka, joihin voisi triviaalisten lasku- ja monivalintatehtävien ohella kehittää simulointitehtäviä eri matematiikkaohjelmistoja hyödyntäen. Lisäksi järjestelmä voisi toimia hyvänä apuvälineenä ja myös matematiikan ja fysiikan harjoittelussa ja kertaamisessa.

Materiaalissa onnistuttiin täyttämään hyvän verkkotehtävän kriteerit esimerkiksi automaattisen palautteen, vuorovaikutteisuuden, havainnollistamisen ja visualisoinnin osalta. Opiskelijat pitivät järjestelmää helppokäyttöisenä, oppimisen kannalta hyödyllisenä ja teknisesti toimivana. Toisaalta tutkimuksessa kehitetyt verkkotehtävät eivät olleet satunnaistettuja STACK-tehtäviä lukuun ottamatta, joten tehtävien satunnaistamista

TIM-järjestelmässä voisi tutkia enemmän esimerkiksi jatkotoimenpiteenä tälle tutkimukselle. Lisäksi oppimateriaalin pelillistäminen sekä oppimisanalytiikan hyödyntäminen voisivat olla aiheita jatkotutkimukselle.

## Lähteet

- Doering, E., Xiaoyan & Mu. (2009). *Circuits Learned by Example Online (CLEO): A video-based resource to support engineering circuit analysis courses*. 39th Frontiers in Education Conference, San Antonio, TX, USA, 18–21 October 2009, IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2009.5350605>
- Babenko, D., Dotsenko, N. & Gorbenko, O. (2022). *System of Blended Learning in the Studying of Electrical Engineers*. 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES) Kremenchuk, Ukraine, 20–23 October 2022, IEEE. <https://doi.org/10.1109/MEES58014.2022.10005714>
- Ellonen, O. (2021). *STACK-järjestelmän hyödyntäminen Vaasan yliopiston piirianalyysin opetuksessa*. Diplomityö, Vaasan yliopisto. Sähkötekniikka. 118 s. Noudettu 15.10.2022 osoitteesta: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021051930643>
- Ellonen, O., Vesapuisto, M. & Vekara, T. (2020). *Experiences on Development and Design of STACK Problems for Circuit Analysis*. Athens Journal of Technology & Engineering, Vol 7, Issue 3, p. 185–204, 2020. Noudettu 12.9.2022 osoitteesta: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20201215100732>
- Ellonen, O., Vesapuisto, M. & Vekara, T. (2022). *Improving the Learning Process of Circuit Analysis at University of Vaasa*. 31st Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE). Coimbra, Portugal, 29 June 2022 – 01 July 2022. <https://doi.org/10.1109/EAEEIE54893.2022.9820546>
- GeoGebra (2022). *Phasor Diagram and Sinusoidal Waveforms*. [Verkkosivu]. Saatavissa: <https://www.geogebra.org/m/mFgcewZk#material/UPughP3s>

GeoGebra (2023). *Mikä Geogebra on?* [Verkkosivu]. Noudettu 15.1.2023 osoitteesta: <https://www.geogebra.org/about>

Hartikainen, S., Koskinen, M., Aksovaara, S. (2020). *Kohti oppimista tukevaa oppimisanalytiikkaa ammattikorkeakouluissa*. [Verkkajulkaisu]. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Noudettu 24.1.2023 osoitteesta: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-830-547-0>

Kotovaara-Tavasti, R. (2017). *Verkko-opetuksen menetelmät ja mahdollisuudet johdon laskentatoimessa*. Pro gradu -tutkielma, Tampereen yliopisto. Johtamiskorkeakoulu; yrityksen laskentatoimi. 143 s. Noudettu 13.3.2023 osoitteesta: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:uta-201705171602>

Kulmala, K. (2019). *Verkkotehtävät luentoon valmistavina aktiviteetteina – Tapaustutkimus fysiikan peruskurssilta*. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto. Fysiikka. 54 s. Noudettu 28.4.2022 osoitteesta: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201904171681>

Kumpulainen, L. (2000). *Hypermediasovellukset sähköjakelutekniikan oppimisen tukena*. Lisensiaatintutkimus, Sähkötekniikka, 118 s. Tampereen teknillinen yliopisto.

Isomöttönen, V., Lakanen, A. & Lappalainen, V. (2019). *Less is More! Preliminary Evaluation of Multi-Functional Document-Based Online Learning Environment*. Faculty of Information Technology, University of Jyväskylä. Frontiers in Education Conference (FIE). Covington, KY, USA, 16–19 October 2019, IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028353>

- Mattila, P. (2019). *Tyypillisten virheellisten ratkaisujen tunnistaminen matematiikan sähköisissä tehtävissä*. Diplomityö, Tampereen yliopisto. Sähkötekniikka. 80 s. Noudettu 17.2.2023 osoitteesta: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-201906111937>
- Meegahapola, L. & Thilakarathne, C. (2019). *Dynamic Learner-Assisted Interactive Learning Tools for Power Systems Engineering Courses*. IEEE Transactions on Education. Volume 62, Issue 2, 2019. <https://doi.org/10.1109/TE.2018.2889621>
- Myllykoski, T. J., Mattila, P., Ali-Löytty, S., Kaarakka, T., & Viro, E. (2018). *Yliopistomatematiikan sähköisten tehtävien virheluokittelun ja matemaattisen ajattelun kehittäminen*. Tampereen teknillinen yliopisto. FMSEJA Journal, Volume 2, Issue 1, 2018. Noudettu 17.2.2023 osoitteesta: <https://journal.fi/fmsera/article/view/69887/38422>
- Mäkelä, A. (2016). *Verkkotyökalut yliopistomatematiikan peruskursseilla*. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. Matematiikka. 112 s. Noudettu 29.4.2022 osoitteesta: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201602243564>
- Rikala, J. (2011). *InSitu ja aktiivinen oppiminen*. Pro gradu -tutkielma, Jyväskylän yliopisto. Tietotekniikka. 138 s. Noudettu 29.4.2022 osoitteesta: <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/36695>
- Sambamurthy, N., Edgcomb, A. & Rajasekhar, Y. (2019). *Student Usage of Interactive Learning Tools in an Online Linear Circuit Analysis Textbook*. Frontiers in Education Conference (FIE). Covington, KY, USA, 16–19 October 2019, IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028487>

- Sanjaya, L., Ferdianto & Titan. (2020). *Development of Gamification Mobile Application for Students*. International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech). Bandung, Indonesia, 13–14 August 2020. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech50083.2020.9211283>
- So, H.-J., & Brush, T. A. (2008). Student perceptions of collaborative learning, social presence and satisfaction in a blended learning environment: Relationships and critical factors. *Computers & Education*. Volume 51, Issue 1, August 2008, sivut 318–336. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.009>
- Tanskanen, H. (2017). *Dynaamista geometriaa Moodle-ympäristöön - STACK- ja JSXGraph-järjestelmien testaamista monimuotoisten kysymysten laatimiseksi*. Pro gradu -tutkielma, Itä-Suomen yliopisto. Fysiikan ja matematiikan laitos. 76 s. Noudettu 20.10.2022 osoitteesta: <http://urn.fi/urn:nbn:fi:uef-20170942>
- TIM (2017). *Säätötekniikan perusteet -kurssimateriaali*. Jyväskylän yliopisto. [Verkkosivu]. Noudettu 3.3.2023 osoitteesta <https://tim.jyu.fi/view/kurssit/fysiikka/fyss311/kl2017/materiaali#matlabinoctaven-k%C3%A4ytt%C3%B6-aika-analyysiss%C3%A4>
- TIM (2020). *Älyoppi 4.12.2020*. Jyväskylän yliopisto. [Verkkosivu]. Noudettu 14.1.2023 osoitteesta: <https://tim.jyu.fi/view/tim/esityksia/alyoppi201204#lrrvNYejw83X>
- TIM (2023). *TIM-ohjeet*. Jyväskylän yliopisto. [Verkkosivu] Noudettu 25.1.2023 osoitteesta: <https://tim.jyu.fi/velp/tim/TIM-ohjeet#nGk1h4Yl1SNy>
- TIM (n.d.). *Käänteisen oppimisen pedagogiikkaa*. [Verkkosivut]. Noudettu 23.2.2023 osoitteesta: <https://tim.jyu.fi/velp/tau/toisen-asteen-materiaalit/pedagogiikka/pedagoginen-materiaali#kZRXSkaWLVmZ>

Vaasan yliopisto (2022). Käänteinen opetus aktivoi opiskelijoita parempiin tuloksiin – flippausta kokeillut jo 10 prosenttia Vaasan yliopiston opettajista omilla kursseillaan. [Verkkajulkaisu]. Noudettu 23.2.2023 osoitteesta: <https://www.uwasa.fi/fi/uutishuone/artikkelit/kaanteinen-opetus-aktivoi-opiskelijoita-parempiin-tuloksiin-flippausta>

ÄlyOppi (2020). *STACK-järjestelmä ja Abacus-projekti*. [Webinaaritallenne]. Noudettu 29.3.2023 osoitteesta: <https://www.aalto.fi/fi/aalto-yliopisto/alyoppi-menneet-webinaarit>

ÄlyOppi (2021a). *Ohjelmointikurssien sähköinen arvioiminen*. [Webinaaritallenne]. Noudettu 10.2.2023 osoitteesta: <https://www.aalto.fi/fi/aalto-yliopisto/alyoppi-menneet-webinaarit>

ÄlyOppi (2021b). *Vertaisarviointi eri järjestelmissä*. [Webinaaritallenne]. Noudettu 22.2.2023 osoitteesta: <https://www.aalto.fi/fi/aalto-yliopisto/alyoppi-menneet-webinaarit>

## Liitteet

### Liite 1. Piirianalyysi A -kurssin TIM-materiaali.

---

# Piirianalyysi A 2022: TIM-dokumentti

---

## 1. Esittely

Arvoisa Piirianalyysi A:n opiskelija,

Tämä sivu on osa diplomityötä, jonka tarkoituksena on testata, mitä kaikkea TIMillä voi tehdä Vaasan yliopiston sähkötekniikan opetuksessa ja voisiko TIMin avulla edesauttaa oppimista.

TIM on digitaalinen oppimisympäristö, jonka tavoite on aktivoida opiskelijaa erilaisten vuorovaikutteisten tehtävien avulla. Vuorovaikutteinen materiaali voi olla yksinkertaisesti kuvia tai videoita, mutta myös erilaisia lyhyitä tehtäviä, kuten monivalintaa, Stack-tehtäviä sekä lasku- ja piirrostehtäviä. Ideana on, että opiskelija pääsee havainnollistamaan ja testaamaan luennolla oppimiaan tietoja lyhyiden tehtävien ja esimerkkien avulla.

Tälle sivulle on koottu teoriaa ja muutamia erityyppisiä tehtäviä kompleksilukuihin ja vaihtovirtapiireihin liittyen. Tehtäviä voi vapaasti testaila niin paljon kun haluaa. Sivun lopussa kurssin opiskelijoilta pyydetään käyttökokemuksia ja palautetta TIMistä.

**Muutama vinkki TIMin käyttöön:** Dokumentin oikeaan reunaan ilmestyvien oranssien palkkien avulla voi pitää kirjaa luetusta materiaalista. Ne lähtevät pois klikkaamalla.

Osa teoriakappaleista on pienennetty sulkeutuviksi alueiksi. Jos haluat lukea teoriaa jostakin aiheesta, voit halutessasi klikata ne auki + merkistä.

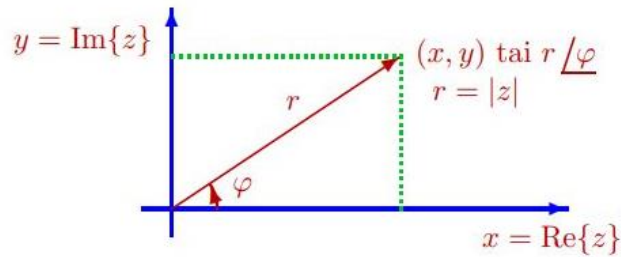
---

# Kompleksilukulaskentaa

---

## 1. Kompleksilukujen esitystavat

Kompleksiluvut voidaan esittää kompleksitasossa eli koordinaatistossa, jonka vaaka-akselilla ovat reaalityyppiset ja pystyakselilla puhtaasti imaginaariluvut (Kuva 1). Kompleksilukua  $z = x + jy$  kuvaa se tason piste, jonka koodinaatit ovat  $(x,y)$ .



Kuva 1. Kompleksiluku  $z = x + jy = r\angle\varphi$  kompleksitasossa. (Valtonen 2012)

Kompleksiluku esitetään summamuodossa  $z = x + jy$ , jossa  $x$  on reaaliosa ja  $y$  on imaginaariosa. Kompleksiluvun kulmamuodossa luku esitetään itseisarvon  $r = |z|$  (luvun etäisyys origosta) ja vaihekulman  $\varphi$  avulla. Halutessasi voit katsoa videot 1 ja 2 kompleksilukujen laskemisesta.



Video 1. Matikkamatskut: Kompleksiluvut osa 1.



Video 2. Matikkamatskut: Kompleksiluvut osa 2.

Huomasithan videoista, että matematiikassa imaginaariyksikkönä käytetään symbolia  $i$  ja sähkötekniikassa käytetään yleensä symbolia  $j$ .

## - 2. Muunnoskaavat

Kun tunnetaan kompleksiluvun itseisarvo ja vaihekulma, voidaan tehdä muunnos summamuotoon trigonometristen funktioiden avulla.

$$x = r\cos\varphi$$

$$y = r\sin\varphi$$

Kun halutaan siirtyä summamuodosta kulmamuotoon, hyödynnetään Pythagoraan lausetta:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$$

### Laskuesimerkki

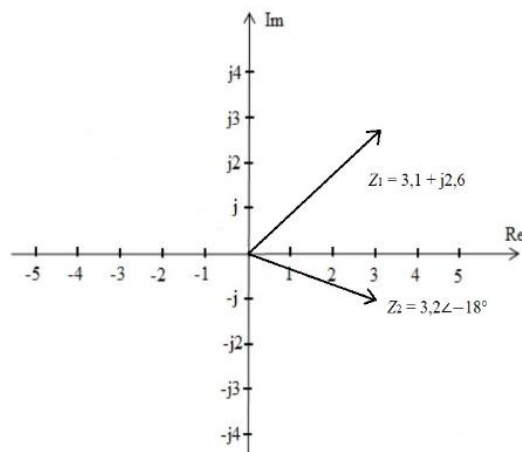
- Määritä summamuodossa kompleksiluku  $Z_1 = 4\angle 40^\circ$
- Määritä kulmamuodossa kompleksiluku  $Z_2 = 3 - j$

**Ratkaisu:**

a.  $Z_1 = 4\angle 40^\circ = 4 \cdot \cos(40^\circ) + 4 \cdot j\sin(40^\circ) = 3,1 + j2,6$

b.  $Z_2 = 3 - j = \sqrt{3^2 + (-1)^2} \cdot \arctan\left(\frac{-1}{3}\right) = 3,2\angle -18^\circ$

Esimerkin kompleksiluvut Re - Im -tasossa:



### 3. Laskeminen kompleksiluvuilla

#### - 3.1 Yhteen- ja vähennyslasku

Kompleksilukujen yhteen- ja vähennyslasku kannattaa suorittaa summamuodossa. Yhteen- ja vähennyslaskussa reaalisosat ja imaginaariosat lasketaan erikseen:

$$z_1 \pm z_2 = (x_1 \pm x_2) + j(y_1 \pm y_2)$$

← 4. 09.02.2023 17:21:18 → 4/4 | [Linkki \(only\)](#)

Points: 1

#### Tehtävä 1. Kompleksilukujen yhteen- ja vähennyslasku STACKilla

Kompleksiluvut  $z_1$  ja  $z_2$  määritellään seuraavasti:

$$z_1 = 9 - j7$$

$$z_2 = -10 + j6.$$

Laske  $z_1 + z_2$ . Huomaa, että imaginaariosassa  $j$ :n ja lukuarvon väliin pitää laittaa kertomerkki (\*), jotta STACK tulkitsee vastauksen oikein.

$z_1 + z_2 =$

Your last answer was interpreted as follows:

$$-j - 1$$

The variables found in your answer were: [ $j$ ]

Lähetä

### – 3.2 Kertolasku

Kompleksilukujen kertolasku ja jakolasku on helpointa laskea kulmamuodossa. Kertolaskussa kompleksiluvun itseisarvot kerrotaan keskenään ja kulmat lasketaan yhteen.

$$z_1 \cdot z_2 = r_1 \angle \varphi_1 \cdot r_2 \angle \varphi_2 = r_1 \cdot r_2 \angle (\varphi_1 + \varphi_2)$$

Esim. Jos  $z_1 = 2 \angle 30^\circ$  ja  $z_2 = 5 \angle -45^\circ$ ,  
niin  $z_1 \cdot z_2 = 2 \angle 30^\circ \cdot 5 \angle -45^\circ = 2 \cdot 5 \angle (30 + (-45^\circ)) = 10 \angle -15^\circ$ .

### Tehtävä 2. Kompleksilukujen kertolasku

← 1. 17.03.2022 10:24:09 → 1/1 | Linkki (only)

Tries left: 0

**Olkoon kompleksiluvut  $z_1 = 2 \angle 30^\circ$  ja  $z_2 = 3 \angle -40^\circ$ . Laske kertolasku  $z_1 \cdot z_2$  ja valitse oikea ratkaisu alta.**

- $5 \angle 70^\circ$  Väärin!
- $6 \angle -10^\circ$  Oikein! Lukujen itseisarvot kerrotaan keskenään ja kulmat lasketaan yhteen.
- $6 \angle 70^\circ$  Väärin!
- $5 \angle -10^\circ$  Väärin!

Tallenna



### – 3.3 Jakolasku

Kompleksilukujen jakolaskussa kulmamuotoisten lukujen itseisarvot jaetaan keskenään ja kulmat vähennetään toisistaan.

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1 \angle \varphi_1}{r_2 \angle \varphi_2} = \frac{r_1}{r_2} \angle (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Esim. Jos  $z_1 = 8 \angle -30^\circ$  ja  $z_2 = 2 \angle -60^\circ$ ,  
niin  $\frac{z_1}{z_2} = \frac{8 \angle -30^\circ}{2 \angle -60^\circ} = \frac{8}{2} \angle -30^\circ - (-60^\circ) = 4 \angle 30^\circ$ .

### Laskuesimerkki kerto- ja jakolaskusta

Kompleksiluvut määritellään seuraavasti:  $Z_1 = 1 - j5$ ,  $Z_2 = 4 + j2$  ja  $Z_3 = -3 + j3$ .

Laske  $\frac{Z_1}{Z_2} \cdot Z_3$ .

– Klikkaa tästä ratkaisuun:

#### Ratkaisu:

Määritetään kompleksiluvut kulmamuodossa, jolloin kerto- ja jakolaskut on helpompi suorittaa.

$$Z_1 = \sqrt{1^2 + (-5)^2} \cdot \arctan\left(\frac{-5}{1}\right) = 5,1 \angle -78,7^\circ$$

$$Z_2 = \sqrt{4^2 + 2^2} \cdot \arctan\left(\frac{2}{4}\right) = 4,5 \angle 26,6^\circ$$

$$Z_3 = \sqrt{(-3)^2 + 3^2} \cdot \arctan\left(\frac{3}{-3}\right) = 4,2 \angle -45^\circ$$

Huom!  $Z_3$ :n reaaliosa on negatiivinen, joten kulma ei voi olla  $-45^\circ$ . Oikea kulma on  $-45^\circ + 180^\circ = 135^\circ$ , eli  $Z_3 = 4,2 \angle 135^\circ$ .

Suoritetaan lasku:

$$\frac{Z_1}{Z_2} \cdot Z_3 = \frac{5,1 \angle -78,7^\circ}{4,5 \angle 26,6^\circ} \cdot 4,2 \angle 135^\circ = \left(\frac{5,1}{4,5} \cdot 4,2\right) (-78,7^\circ - 26,6^\circ + 135^\circ) = 4,8 \angle 29,7^\circ$$

### Tehtävä 3. Kompleksilukujen jakolasku

1. 17.03.2022 10:27:32 | 1/1 | Linkki (only)

Tries left: 0

Olkoon kompleksiluvut  $z_1 = 4 \angle 35^\circ$  ja  $z_2 = 2 \angle 50^\circ$ . Laske jakolasku  $\frac{z_1}{z_2}$  ja valitse oikea ratkaisu alta.

- $2 \angle 85^\circ$  Väärin!
- $8 \angle -15^\circ$  Väärin!
- $2 \angle -15^\circ$  Oikein! Lukujen itseisarvot jaetaan keskenään ja kulmat vähennetään toisistaan.
- $8 \angle 85^\circ$  Väärin!

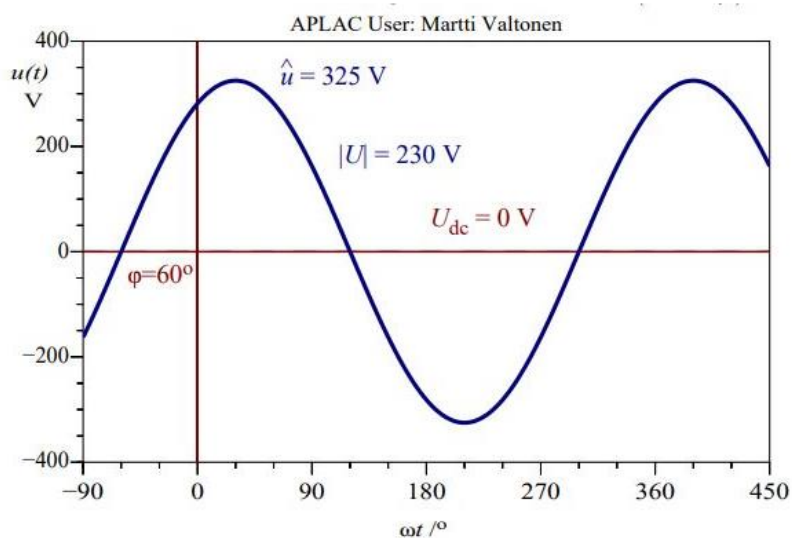
Tallenna



## Vaihtovirta-analyysin perusteet

### - 1. Sinimuotoinen vaihtovirta ja -jännite

Kuvassa 2 on esitetty sinimuotoinen vaihtojännite.



Kuva 2. Sinimuotoinen vaihtojännite kulman funktiona. (Valtonen 2012)

Sinimuotoista vaihtojännitettä kuvaa lauseke

$$u(t) = \hat{u} \sin(\omega t + \varphi_u),$$

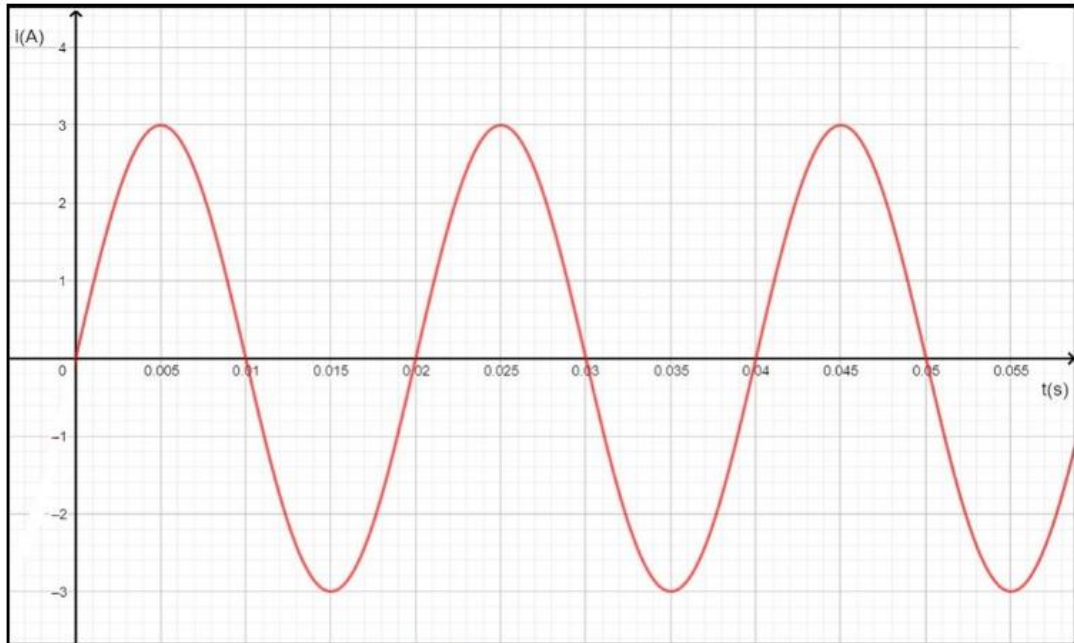
missä  $\hat{u}$  on jännitteen huippuarvo,  $\omega$  on kulmataajuus ja  $\varphi_u$  on nollavaihekulma.

Sinimuotoisen vaihtovirran lauseke on

$$i(t) = \hat{i} \sin(\omega t + \varphi_i).$$

#### Tehtävä 4. Sinimuotoinen vaihtovirta

Alla olevassa kuvassa on esitetty sinimuotoinen vaihtovirta ajan funktiona. Virran taajuus on 50 Hz. Vastaa kuvan alla oleviin kysymyksiin a-c.



Tehtävä 4. Sinimuotoinen vaihtovirta.

← 1. 07.03.2023 17:17:33 → 1/1 | Linkki (only)

Points: 0

#

a) Määritä jaksonaika T millisekunteina.

Kirjoita vastaus lukuarvona tähän.

Tallenna

Highlight Copy

Wrap



70

b) Mikä on virran huippuarvo  $\hat{i}$  kuvan perusteella?

Kirjoita vastaus lukuarvona tähän.

Tallenna

Highlight Copy

Wrap



70

← 6. 18.03.2022 17:54:01 → 6/6 | Linkki (only)

Points: 1

c) Laske virran tehollisarvo  $|I|$  kahden desimaalin tarkkuudella.

Kirjoita vastaus lukuarvona tähän.

Tallenna Highlight Copy Wrap  70

## 2. Passiiviset peruselementit

Resistanssi ( $R$ ), kapasitanssi ( $C$ ) ja induktanssi ( $L$ ) ovat passiivisia peruselementtejä. Klikkaa alla olevia otsikoita, jos haluat lukea enemmän niiden ominaisuuksista.

### + 2.1 Resistanssi

### + 2.2 Kapasitanssi

### + 2.3 Induktanssi

## Tehtävä 5. Vastus, kela ja kondensaattori

← 1. 18.03.2022 10:21:06 → 1/1 | Linkki (only)

Points: 4 (näkyvissä vain opettajille)

### Testaa taitosi:

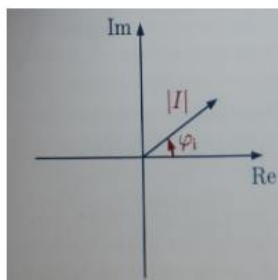
Vastaa seuraaviin Oikein/Väärin-väittämiin. Tallenna lopuksi, niin näet oikeat vastaukset.

|   | True                                | False                               |          |   |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|---|
| Kondensaattori vastaa tasavirtapiiriin kytkettynä avointa piiriä. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Correct! | Kondensaattori vastaa tasavirtapiirissä avointa piiriä ( $I = 0$ ). Kela vastaa oikosulkua ( $U = 0$ ). |
| Kondensaattorissa jännite on $90^\circ$ virtaa edellä.            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Correct! | Kondensaattorissa jännite on $90^\circ$ virtaa jäljessä.  |
| Kapasitanssi on sähkökentän malli.                                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Correct! | Kapasitanssissa energiaa varastoituu sähkökenttään ja induktanssissa magneettikenttään.                 |
| Resistanssin virta on jännitettä edellä.                          | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Correct! | Resistanssin jännite ja virta ovat aina samassa vaiheessa eli niiden vaihekulmat ovat samat.            |

Tallenna

### - 3. Laskenta taajuusalueessa

Kuvassa 6 on esitetty virran tehollisarvon osoitin  $|I| \angle \varphi_i$ .



Kuva 6. Kiinteä tehollisarvon osoitin. (Valtonen 2011)

Vaihtovirtapiirejä on helpointa laskea taajuusalueessa, jossa laskenta perustuu vain aritmeettisiin operaatioihin eli yhteen- vähennys-, kerto- ja jakolaskuihin. Taajuusalueessa laskettavat suureet esitetään osoittimina yhdellä kompleksiluvulla, jolla on suuruus ja vaihekulma.

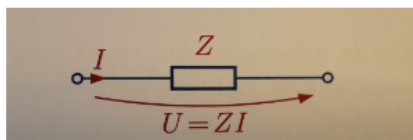
$$U = |U| \angle \varphi_u$$

$$I = |I| \angle \varphi_i$$

Taajuusalueessa tehollisarvon osoitin  $U = |U| \angle \varphi_u$  vastaa aika-alueessa signaalia  $u(t) = |U| \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_u)$ . Osoitin  $I = |I| \angle \varphi_i$  vastaa aika-alueessa signaalia  $i(t) = |I| \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_i)$ .

### - 4. Impedanssi ja admittanssi

Vaihtosähkössä otetaan käyttöön käsite, **impedanssi**  $Z$ , jonka piirrosmerkki on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Impedanssin piirrosmerkki. (Valtonen 2011)

Impedanssin kaava:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{|U| \angle \varphi_u}{|I| \angle \varphi_i} = \frac{|U|}{|I|} \angle \varphi_u - \varphi_i.$$

Kaava summamuodossa:

$$Z = \frac{U}{I} = R + jX,$$

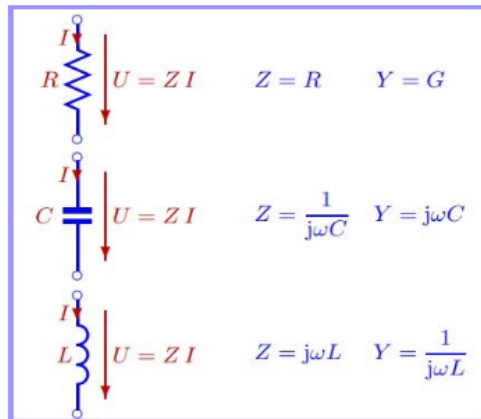
missä reaaliosa  $R$  on resistanssi ja imaginaariosa  $X$  on reaktanssi. Reaktanssi voi olla induktiivinen tai kapasitiivinen riippuen siitä, onko siinä enemmän induktanssia vai kapasitanssia.

**Admittanssi** on impedanssin käänteisluku:

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{I}{U} = \frac{|I|}{|U|} \angle \varphi_i - \varphi_u = G + jB,$$

missä reaaliosa  $G$  on konduktanssi ja imaginaariosa  $B$  on susceptanssi.

Kuvassa 8 on esitetty kaavat passiivisten peruselementtien impedansseille ja admittansseille.



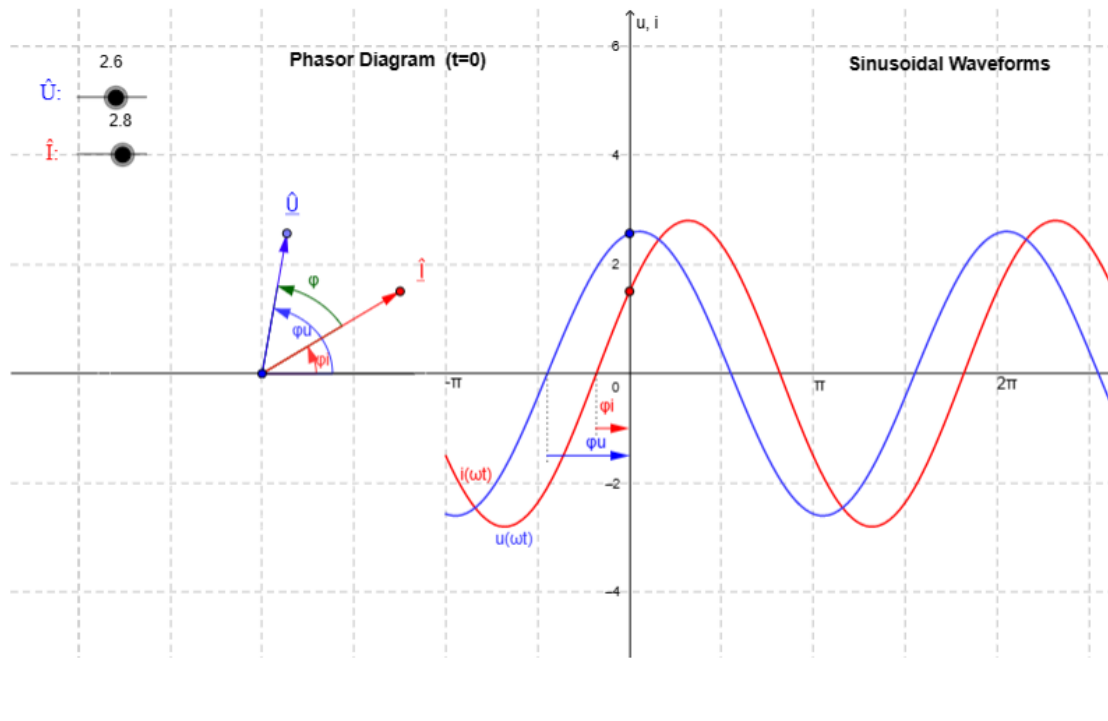
Kuva 8. Passiiviset peruselementit taajuusalueessa. (Valtonen 2012)

## -5. Yleistetty Ohmin laki

**Yleistetty Ohmin laki** esitetään muodossa  $U = ZI$  tai  $I = YU$ , missä kaikki suureet ovat kompleksilukuja. Kun reaaliaritmetiikan sijasta käytetään kompleksiaritmetiikkaa, vaihtovirtapiirien analyysi on samanlaista kuin tasavirtapiirien analyysi ja samat piirimuunnokset ja menetelmät pätevät molemmissa.

### Tehtävä 6. Osoitindiagrammi ja sinimuotoiset signaalit Geogebra

Tehtävä havainnollistaa taajuus- ja aika-alueen välistä yhteyttä. Voit säätää amplitudia liukusäätimistä ja liikuttaa jännitteen ja virran osoittimia muuttaaksesi vaihekulmaa.



### Tehtävä 7. Impedanssin laskenta taajuusalueessa STACKilla

Laske impedanssin  $Z = R + j\omega L$  suuruus ja kulma, kun  $R = 15.0 \text{ k}\Omega$  ,  $f = 20 \text{ kHz}$  , ja  $L = 20 \text{ mH}$  .

Anna vastaus desimaalilukuna kolmella merkitsevällä numerolla. (Anna suuruus kilo-ohmeina ja kulma radiaaneina. Muista:  $\omega = 2\pi f$  )

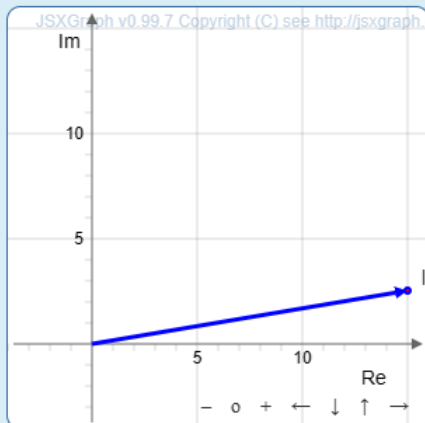
$|Z| =$    $\text{k}\Omega$      $\angle\varphi =$   rad

Your last answer was interpreted as follows:

15.5

Your last answer was interpreted as follows:

0.2462



Lähetä

---

## Palautekysely

---

Palautekyselyn tarkoituksena on selvittää Piirianalyysi A:n opiskelijoiden mielipiteitä ja kokemuksia TIMin käytöstä ja oppimisesta. Tuloksia tullaan analysoimaan anonyymisti diplomityössä. Muista klikata "Tallenna vastaus"-painiketta joka kohdassa!

**Saako palautettasi käyttää diplomityön tutkimuksessa anonyymisti?**

- Kyllä
- Ei

Tallenna vastaus



**Mikä on koulutusohjelmäsi?**

- EE
- ICAT
- ISA
- SATE (DI)
- Muu koulutusohjelma

Tallenna vastaus



**Milloin olet aloittanut Vaasan yliopistossa opintosi tekniikan kandidaatiksi?**

- Vuonna 2021
- Vuonna 2020
- Vuonna 2019
- Vuonna 2018
- Vuonna 2017
- Vuonna 2016
- Aloitin opiskelun maisterivalinnassa 2021 syksyllä
- Muu aloitusajankohta


Tallenna vastaus



## Kokemukset oppimisesta ja TIMin käytöstä


**Mitkä keinot auttavat sinua oppimaan parhaiten?**

|  | Auttaa vähän tai ei ollenkaan | Auttaa jonkin verran  | Auttaa melko paljon   | Auttaa erittäin paljon | Ei kokemusta          |
|--|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Luennoilla kuuntelu                            | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| Ryhmätyöskentely                               | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| Itsenäinen työskentely                         | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| Laskeminen ja tehtävien tekeminen ryhmässä     | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| Laskeminen ja tehtävien tekeminen itsenäisesti | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| Kirjallisuuden lukeminen                       | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| Visuaalisuus - kuva, video, animaatio...       | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| Käytäntö, esim. simulointi ja laboratoriotyö   | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |

Tallenna vastaus 


**Edellä aineistossa olevista opetustavoista minua auttoivat eniten**

|                                     | Auttaa vähän tai ei ollenkaan | Auttaa jonkin verran  | Auttaa melko paljon   | Auttaa erittäin paljon |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Video-opetus (videot 1 ja 2)        | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |
| STACK-tehtävät (tehtävät 1 ja 7)    | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |
| Monivalintakysymys (tehtävä 2 ja 3) | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |
| Avoimet kysymykset (tehtävä 4)      | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |
| Oikein/väärin-valinta (tehtävä 5)   | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |
| Grafiikka (tehtävä 6)               | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |

Tallenna vastaus 


**Mielipiteet TIMistä**

|  | Täysin eri mieltä     | Melko eri mieltä      | Jokseenkin eri mieltä | Jokseenkin samaa mieltä | Melko samaa mieltä    | Täysin samaa mieltä   |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| TIM-tehtävät olivat liian vaikeita.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| TIMin sisältö oli selkeä ja ymmärrettävä.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| TIM-tehtävät auttoivat asioiden oppimisessa.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| STACKin käyttö oli opettavaisempaa TIM-ympäristössä kuin STACK-ympäristössä. (Jos et ole käyttänyt STACKia, jätä vastaamatta.) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| STACKin käyttö TIM-ympäristössä on minulle teknisesti vaivattomampaa. (Jos et ole käyttänyt STACKia, jätä vastaamatta.)        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Pidän oppimiseni kannalta TIMiä parempana kuin Moodlea.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Haluaisin käyttää TIM-oppimisympäristöä jollakin kurssilla tulevaisuudessa.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Tallenna vastaus 

Mitä hyvää TIMissä oli (3 asiaa)?

Täytä tähän



Tallenna vastaus Copy Wrap  70

Mitä kehitettävää TIM-materiaalissa on (mielellään 3 asiaa)?

Täytä tähän

Tallenna vastaus

Copy

Wrap  70

---

## Lähteet

---

GeoGebra: *Phasor Diagram and Sinusoidal Waveforms*. Saatavissa: <https://www.geogebra.org/m/mFgcewZk#material/UPughP3s>

Lappalainen, V. (2022). *TIM-esittely*. Saatavissa: <https://tim.jyu.fi/view/tim/TIM-esittely#3MgeoxmaOVIg>

Valtonen M., Lehtovuori A. (2011). *Piirianalyysi, osa 1 - Tasa- ja vaihtovirtapiirien analyysi*. Unigrafia Oy, Helsinki 2011. ISBN: 978-952-92-8720-8.

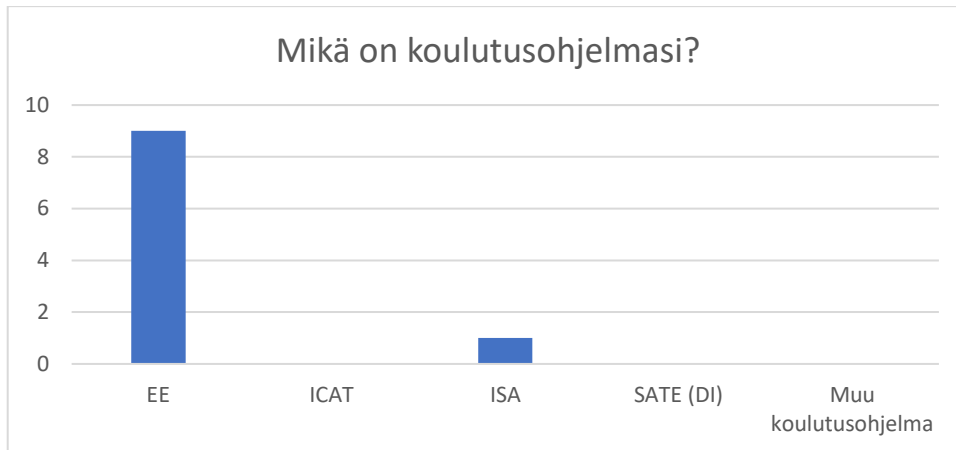
Valtonen, M. (2012). *Piirianalyysi 1 Luentomoniste*. Saatavissa: [http://www.elisanet.fi/mva/index\\_files/PA1.pdf](http://www.elisanet.fi/mva/index_files/PA1.pdf)

---

**Liite 2. Palautekyselyn tulokset (2022).**

N=14

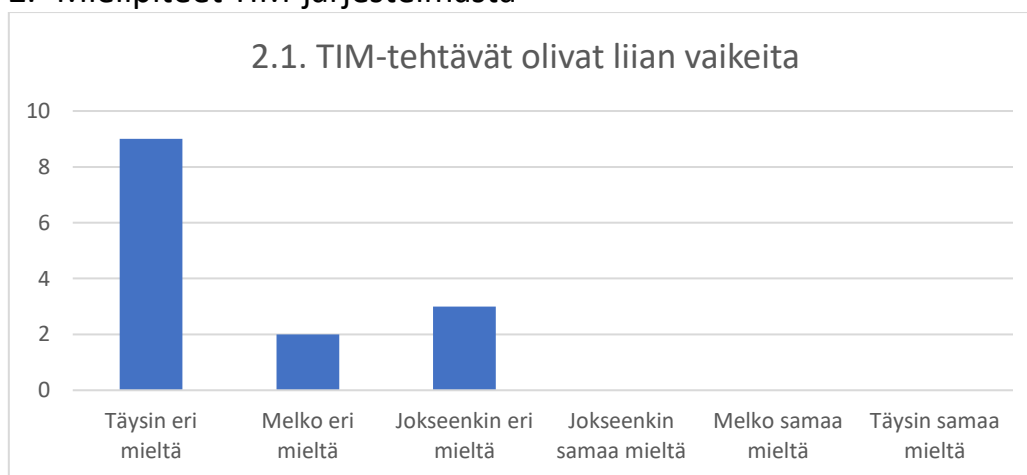
Esitiedot:



## 1. Mitkä keinot auttavat sinua oppimaan parhaiten?

|  | <b>Auttaa vähän tai ei ollenkaan</b> | <b>Auttaa jonkin verran</b> | <b>Auttaa melko paljon</b> | <b>Auttaa erittäin paljon</b> | <b>Ei kokemusta</b> |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Luennoilla kuuntelu                            | 6,7 %                                | 6,7 %                       | 46,7 %                     | 40,0 %                        | 0,0 %               |
| Ryhmätyöskentely                               | 6,7 %                                | 33,3 %                      | 33,3 %                     | 20,0 %                        | 0,0 %               |
| Itsenäinen työskentely                         | 0,0 %                                | 6,7 %                       | 40,0 %                     | 53,3 %                        | 0,0 %               |
| Laskeminen ja tehtävien tekeminen ryhmässä     | 0,0 %                                | 13,3 %                      | 46,7 %                     | 40,0 %                        | 0,0 %               |
| Laskeminen ja tehtävien tekeminen itsenäisesti | 0,0 %                                | 6,7 %                       | 46,7 %                     | 46,7 %                        | 0,0 %               |
| Kirjallisuuden lukeminen                       | 20,0 %                               | 40,0 %                      | 20,0 %                     | 20,0 %                        | 0,0 %               |
| Visuaalisuus - kuva, video, animaatio...       | 0,0 %                                | 6,7 %                       | 20,0 %                     | 73,3 %                        | 0,0 %               |
| Käytäntö, esim. simulointi ja laboratoriotyö   | 0,0 %                                | 13,3 %                      | 20,0 %                     | 60,0 %                        | 6,7 %               |

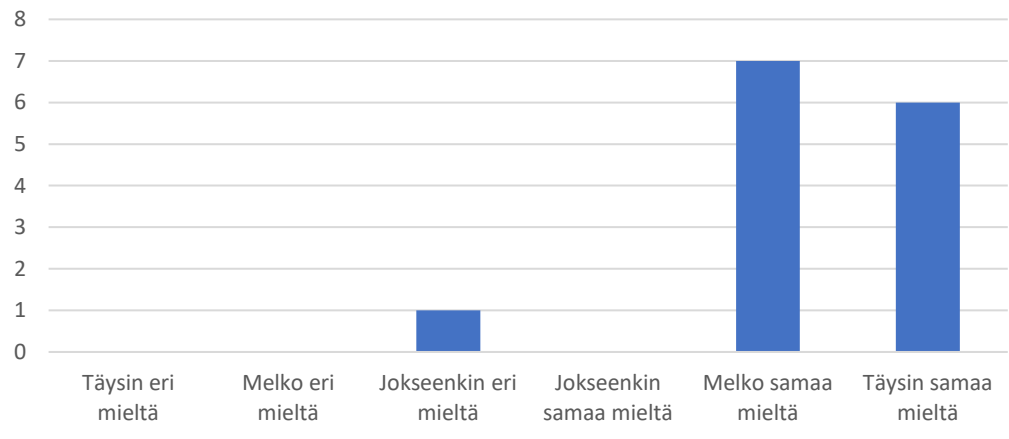
## 2. Mielenpitoet TIM-järjestelmästä



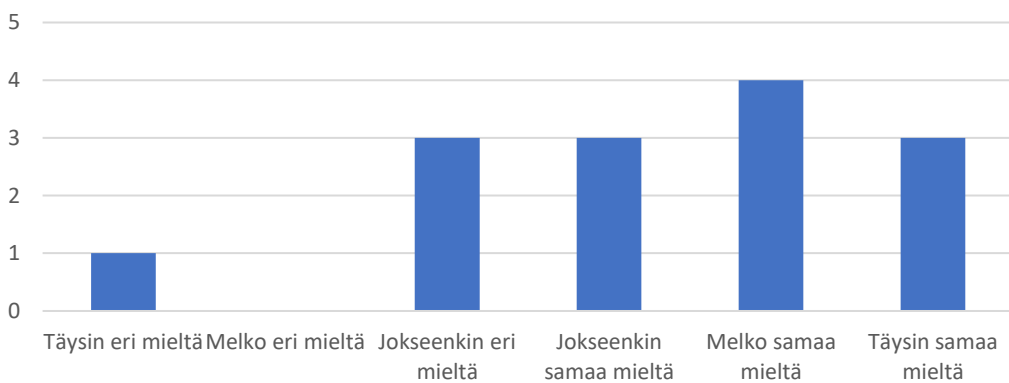
## 2.2. TIMin sisältö oli selkeä ja ymmärrettävä

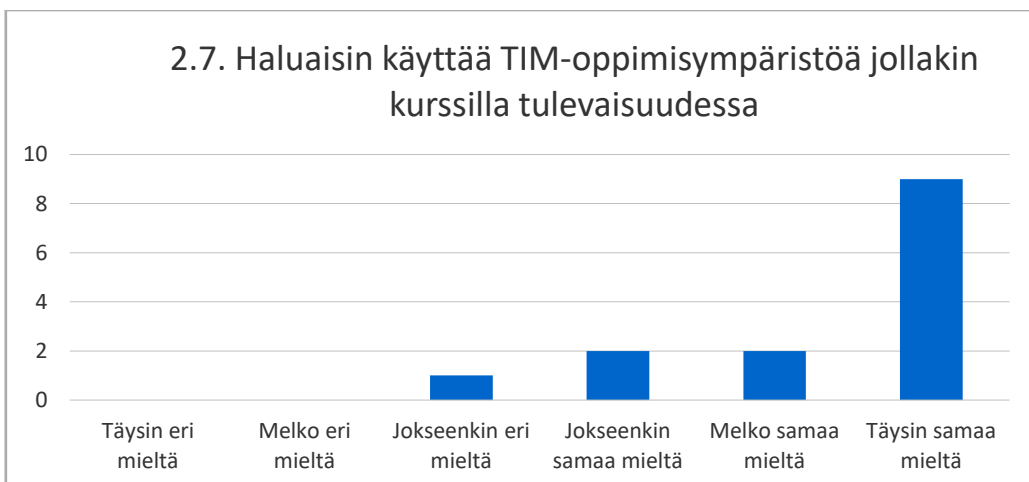
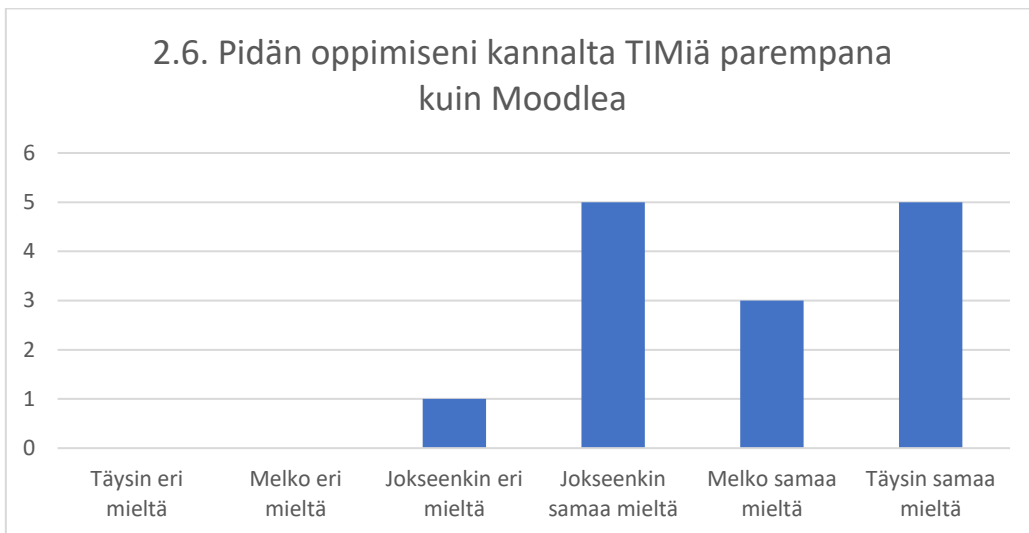


## 2.3. TIM-tehtävät autoivat asioiden oppimisessa



## 2.4. STACKin käyttö oli opettavaisempaa TIM-ympäristössä kuin STACK-ympäristössä





## 3. Edellä aineistossa olevista opetustavoista minua auttoivat eniten...

|                                     | <b>Auttaa vähän tai ei ollenkaan</b> | <b>Auttaa jonkin verran</b> | <b>Auttaa melko paljon</b> | <b>Auttaa erittäin paljon</b> |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Video-opetus (videot 1 ja 2)        | 7,7 %                                | 30,8 %                      | 30,8 %                     | 30,8 %                        |
| STACK-tehtävät (tehtävät 1 ja 7)    | 0,0 %                                | 14,3 %                      | 14,3 %                     | 71,4 %                        |
| Monivalintakysymys (tehtävä 2 ja 3) | 0,0 %                                | 21,4 %                      | 21,4 %                     | 57,1 %                        |
| Avoimet kysymykset (tehtävä 4)      | 0,0 %                                | 21,4 %                      | 28,6 %                     | 50,0 %                        |
| Oikein/väärin-valinta (tehtävä 5)   | 0,0 %                                | 21,4 %                      | 28,6 %                     | 50,0 %                        |
| Grafiikka (tehtävä 6)               | 7,7 %                                | 0,0 %                       | 23,1 %                     | 69,2 %                        |

## 4. Mitä hyvää TIMissä oli (3 asiaa)?

---

Suhteellisen selkeä ja yksikertainen käyttöä. Monipuolinen sisältö.

---

Selkeys, tehtävät ja oppimateriaali

---

Selkeä ympäristö jossa perusjuttuihin apu löytyy läheltä  
Visuaalisesti sivu oli todella toimiva.  
Antoi positiivista palautetta, samalla sai vihjeitä miksi on mahdollisesti mennyt pieleen.

---

Oli tosi selkeä ja yksinkertainen rakenteeltaan pystyi hyvin keskittymään tekemiseen.  
Tehtävät olivat helposti tehtävissä ja ne jaksoi tehdä, kun oli samalla alustalla.  
Tim oli paljon monipuolisempi, kuin stack. Myös se, että tehtävien lopuksi näkyi vielä oikeat vastaukset auttoivat tehtävän ymmärtämiseen paremmin.

---

Helppo käyttää  
Voi edetä pienissä pätkissä. Perinteisessä stackissa täytyy yleensä tehdä monta tehtävää putkeen, jos aloittaa.  
Demot liukusäädöillä opettaa paljon, kun näkee heti mikä vaikuttaa mitenkään.

---

tiivistetty tärkeimmät asiat  
sopivan haastavat tehtävät esimerkkeineen ja mallivastauksineen  
selkeät ja käytännönläheiset selitykset asioihin

---

Asiat olivat hyvin tehty,  
Halutessaan sai opettavaa materiaalia esille,  
Monipuolisia tehtäviä.

---

Hyvät selkeät eri osiot, joissa käydään tietty aihe läpi.  
Havainnollistavat grafiikat sekä helposti katsottavat videot helpottavat oppimista.  
Perustehtävistä aloittaminen oli hyvä, tällöin saadaan hyvin perustukset rakennettua  
soveltavammalle työskentelylle.

---

-Tehtävästä saa välittömästi palautteen (oikein/väärin).  
-Jos, vastaus menee väärin, TIM neuvoo mitä kaavaa tulisi käyttää oikean vastauksen  
saamiseksi. Se edesauttaa huomattavasti oppimista vrt. jos ilmoitus oli ainoastaan  
"väärin".  
-Melko selkeä ulkomuoto ja toiminnot.

---

Tykkäsin ehdottomasti käyttöliittymän vaivattomuudesta (ja oranssista palkista reu-  
nassa).  
Palaute tehtävien oikeellisuudesta ja oikeasta vastauksesta heti oli plussia, tällöin pa-  
laute auttaa uuden oppimisessa.  
TIM:n käyttö itselle sopivana aikana / ns. etänä on suuri plussa.  
Videoit olivat todella hyvät.  
Tehtävän 6 siirreltävät komponentit, jolloin näki konkreettisesti komponentin muutok-  
sen käyrällä.

---

Sivusto toimii hyvin, käyttöliittymä.  
Tehtäviä on parempi tehdä, kuin stackissa, sillä tieto on hyvin saatavilla tehtävien lo-  
massa, ja täten jos ei muista jotain, pääsee todella helposti kertaamaan.

animaatio-upotus on todella hyvä!

---

Selkeä, helppokäyttöinen ja informatiivinen.

- 
- Yleisesti ottaen hyvä ulkoasu, tehtävät ja esimerkit selkeästi
  - Videot sekä geogebra ovat hyviä lisiä
  - Oikeat vastaukset ja niiden selitykset
- 

Tosi selkeä. Hyvin jäsennelty. Helppo käyttöinen.

---

1. Konkreettinen tekeminen
  2. Erilaisia tehtävä muotoja
  3. Mahdollisuus oppia vääristä vastauksista
- 

## 5. Mitä kehitettävää TIM-materiaalissa on (mielellään 3 asiaa)?

---

Ulkoasu.

---

monivalinnoissa oikeaan laitaa mulla tulee aina tuo oranssi palkki eteen, ja kun kerran painaa niin se lähtee pois

---

Enemmän tehtäviä. Koen että sain varmuuden osaamisestani joka oli epävarmaa ennen tämän käyttämistä. Palaute tulee välittömästi tim tarjoaa enemmän porkkanaa kuin keppiä. Tällaista lisää!

---

Ehkä enemmän tehtäviä niillä oppii kaikista parhaiten omasta mielestä. En oikeastaan keksi mitään muuta sivusto toimi loistavasti.

---

Kysymyksissä voisi pyytää myös välivaiheita. Esim. kohdassa 7 reaaliosan ja imaginääriosan suuruudet voisi syöttää ennen kuin lasketaan Z suuruus. Jos jossakin menee pieleen niin näkee mihin kohtaan saakka mennyt oikein ja löytyy vika nopeammin.

---

kaikkiin tehtäviin mallivastaukset lisää tehtäviä  
lisää graafisia esityksiä esim kuvia tai geogebraa yms jos mahdollista

---

Ulkoasua voisi vielä vähän parantaa.

---

Layout ja käyttöliittymä.

Perustehtävien lisäksi olisi hyvä olla myös soveltavia tehtäviä sekä käydä läpi myös vaikeampia asioita esimerkiksi eri osiossa.

---

-Itse en pidä oranssia palkkia tarpeellisena.

-Sivun luonnetta voisi jollain tavalla vielä kehittää modernimmaksi.

-Oikeassa alakulmassa (Wrap, 70??) turhaa vai miten liittyy.

---

Materiaalin rajallisuus, toivoisin koko kurssin sisällöstä samallaista TIM -pakettia.

Joidenkin tehtävien vastaus oli kummallinen; 15\*j -18, sain väärän vastauksen koska reaali-osa ja imaginääri-osa olivat toisinpäin eli -18 + 15j, joka mielestäni ei ole väärin, kun tulokinnassa käytetään j komponenttia osoittamassa imaginääriosaa. Voin toki olla väärässä?

Tulokset pystyi muuttamaan oikeaksi väärän vastauksen jälkeen, toivottavasti tämä ei ole mahdollista, mikäli näitä käytetään arvioinnissa numeroon vaikuttavana elementtinä.

---

Tuo oranssi tossa sivulla on melko ärsyttävä, sillä pitää joka välissä klikkailla.

Myös sisällysluettelo olisi hyvä saada piilotettua.

Ehkä pieni muistiinpano-tila, minkä voi esim tulostaa olisi hyvä.

---

Lyhyen kokeilun aikana en törmännyt kehitystä vaativiin asioihin.

---

- 1. tehtävä meni väärin koska vastaus oli eri järjestyksessä, mutta oikein

- Tehtävät ja esimerkit ovat ehkä hieman tiiviisti yhdessä

---

Tehtäviä olisi mukava olla useita ja useasti suoritettavissa, noin niinkuin opetuskäyttöä ajatellen (kuten tällä hetkellä on stäkissä).

Teoriaa voisi paikoitellen olla jopa enemmän ja ehkä enemmän rautalangasta väännettynä.

Musta/tummataustainen versio jatkokäyttöä ajatellen olisi opiskelijalle silmäystävällisempi.

---

1. Lisää tehtäviä

2. Monivalintatehtävissä punainen laatikko ilmestyy vastausten päälle

3. Lisää esimerkkejä

Muuten toimiva ja yksinkertainen oppimisympäristö! Kannatan kokeilua Vaasan yliopistossa!!

---