

Lukion lämpöopin oppikirjojen kuva-analyysi

Pro Gradu

Turun yliopisto

Fysiikka

2022

Luk Vilma Lintu

Tarkastajat:

TkT Teemu Hynninen

Prof. Petriina Paturi

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck-järjestelmällä

TURUN YLIOPISTO

Fysiikan laitos

Lintu, Vilma Lukion lämpöopin oppikirjojen kuva-analyysi

Pro Gradu, 38 s., 3 liites.

Fysiikka

Toukokuu 2022

Opettajan tärkeimpiä taitoja on analysoida kriittisesti saatavilla olevia oppikirjoja. Oppikirjat ovat tärkeitä työkaluja lukioissa, ja niiden avulla opiskelijat sekä opettajat voivat helpottaa ja tehostaa omaa työskentelyään. Oppikirjoja on tarjolla valtavasti, ja kirja-analyysin tekeminen auttaa juuri sopivan oppikirjan valitsemisessa. Tässä tutkielmassa tehdään oppikirjojen kuva-analyysi, jossa keskitytään oppikirjojen kuvituksen erilaisiin luokittelutapoihin.

Tutkielmassa aihe rajattiin siten, että tutkimuksen kohteena on lukion fysiikan lämpöopin oppikirjat, jotka ovat olleet käytössä 2000-luvulla. Tähän mennessä lukioissa 2000-luvulla on ollut käytössä neljä eri opetussuunnitelmaa, joista kaikista on oppikirjoja mukana tässä tutkimuksessa. Analysoitavia oppikirjoja tutkimuksessa oli mukana 11. Nämä oppikirjat ovat olleet tai ovat tälläkin hetkellä käytössä Suomen lukioissa, ja ne ovat eri kustantajien oppikirjoja. Oppikirjoissa olevat kuvat luokiteltiin kolmella eri tavalla kuvan tyyppin, tarkoituksen sekä tarkasteltavan tason mukaan eli mikro- ja makroskooppisiin kuviin. Yhteensä analysoitavia kuvia oli 3648 ja ne luokiteltiin jokaisessa luokittelussa yhden kategorian alle. Edellä mainittujen luokittelujen sekä kuvien määrän perusteella tutkittiin, miten kuvat ovat lämpöopin oppikirjoissa muuttuneet ajan kuluessa ja ovatko oppikirjat parantuneet tai huonontuneet kuvien suhteen.

Kuvien määrät ovat kasvaneet 2000-luvulla lähes koko ajan. Kuvien laatu oppikirjoissa on pysynyt vakiona, sillä oppimista tukevien kuvien määrä on pysynyt samana. Kuvien kokonaismäärä on kuitenkin kasvanut, sillä ulkonäköä parantavien kuvien määrä on kasvanut, mikä johtuu kaupallisista tarkoituksista. Muutosta on myös tapahtunut mikromaailman kuvien määrässä, sillä niiden osuudet ovat kasvaneet 2000-luvulla. Tämä on hyvä asia, sillä tällöin opiskelijoille tulee käsitys siitä, että lämpöopin ilmiöitä voidaan selittää myös hiukkastasolla.

Asiasanat: fysiikka, oppikirja, lämpöoppi, lukio, kuva-analyysi

Sisällys

Johdanto	1
1 Lämpöoppi	2
1.1 Lämpöopin merkitys	2
1.2 Lämpöoppi opetussuunnitelmissa	3
2 Oppikirjojen kuvitus ja tutkimus	5
2.1 Oppikirja	5
2.2 Kuvien tarkoitus oppikirjoissa	6
2.3 Kuvat oppimisen tukena	7
2.3.1 Mikro- ja makrotason kuvat	8
2.4 Multimediaoppiminen	8
2.5 Oppikirjojen kuva-analyysi	11
2.6 Kuva-analyysi luonnontieteellisissä tutkimuksissa	11
3 Tutkimusmenetelmät	14
3.1 Tutkimusmateriaali	14
3.2 Tutkimuskysymykset	17
3.3 Tutkimusmenetelmät	17
3.3.1 Kuvien luokittelu tyyppin mukaan	19
3.3.2 Kuvien luokittelu tarkoituksen mukaan	21
3.3.3 Kuvien luokittelu mikro- ja makrotason ilmiön mukaan	26
4 Tulokset	28
5 Pohdinta	32
Liite A Tarkempia analyysin tuloksia	

Johdanto

Oppikirjojen rooli nyky-yhteiskunnan koulutusjärjestelmässä on suuri. Niiden avulla moni opettaja rakentaa kurssinsa hyödyntäen oppikirjasta löytyviä tehtäviä sekä kokeellisia töitä. Opiskelijoille oppikirja mahdollistaa valmistautumisen sekä lukion kokeisiin että ylioppilaskokeisiin. Oppikirja on tärkeä työkalu, joka on kirjan tekijöiden näkemys sen hetkisestä opetussuunnitelman sisällöstä [1].

Oppikirjat ovat täynnä erilaisia ja erityyppisiä kuvia. Jokaisella kuvalla on jokin tarkoitus eli syy, miksi se on valittu osaksi oppikirjaa. Kuvien tarkoitus vaihtelee tyhjän tilan täytöstä tärkeää informaatiota sisältävään kuvaan [2]. Tietyn tyyppisillä kuvilla voidaan tehostaa oppimista verrattuna kirjoihin, joissa olisi pelkästään tekstiä [2]. Onkin tärkeää analysoida oppikirjojen kuvia, koska silloin saadaan käsitys, onko kyseinen oppikirja hyvä tukemaan oppimista myös kuvien avulla. Kirjassa kuva ja teksti ovat parhaimmillaan vuorovaikutuksessa keskenään, joten ei pidä unohtaa tekstinkään merkitystä [2]. Toki aikaisempaa tutkimusta on tehty paljon oppikirjojen teksteistä, mutta ei niinkään paljon oppikirjojen kuvista [3].

Kuvia voidaan luokitella hyvin monella eri tavalla. Tässä tutkielmassa on valittu kolme tapaa luokitella kuvia: tyyppin, tarkoituksen ja ilmiön käsiteltävän tason mukaan. Taso tarkoittaa tässä sitä, että kuvat luokitellaan mikro- ja makroskooppisiin kuviin. Tyyppiluokittelu on valittu, sillä tämä on hyvin yleinen tapa luokitella kuvia, jolloin on helppo verrata tämän tutkielman tuloksia muihin tutkimuksiin [4]. Sen sijaan tarkoituksen mukaisen luokituksen perusteella voidaan perustella, onko oppikirjan kuvilla oppimista tukevaa merkitystä [2]. Tämän tutkielman kuvien analyysi kohdistuu lukion lämpöopin kirjoihin, sillä kuvien merkityksissä korostuu mikro- ja makroskooppiset ilmiöt [5].

1 Lämpöoppi

1.1 Lämpöopin merkitys

Termodynamiikka eli lämpöoppi lähti kukoistamaan fysiikan osa-alueena jo 1800-luvun alussa. Tällöin aloitettiin tutkia lämmön, lämpötilan ja energian luonnetta paremmin. Aluksi oltiin erittäin kiinnostuneita teknologian kehitykseen liittyvistä sovelluksista, kuten höyrykoneiden, polttomoottoreiden ja jääkaappien toiminnasta. Tämä mahdollisti monen ihmisen elintason nousun. [6]

Lämpöoppia voidaan soveltaa hyvin arkisiin asioihin, ja sillä voidaan selittää miten maailma toimii. Kylmänä päivänä voit lämmitellä nuotion äärellä ja tuntea lämpösäteilyn lämmittävän ihoasi hyvin nopeasti. Jos jätät kuumaa kahvia sisältävän mukin pöydälle, huomaat hetken päästä sen olevan kylmää. Nämä molemmat ilmiöt voidaan selittää termodynamiikan keinoin. [7]

Arkikielessä lämpöopin termejä ei usein käytetä oikein. Monesti termit lämpö ja lämpötila sekoitetaan keskenään, eivätkä monet edes ymmärrä näiden termien eroja. Lämpötila, lämpö ja energia ovat lämpöopin fundamentaalisia käsitteitä. Lämpötilalla tarkoitetaan suuretta, joka kuvaa lämpötasapainoa. Kaksi kappaletta ovat termodynaamisessa tasapainossa, kun niiden lämpötilat ovat samat. Kappaleen lämpötilaa voidaan mitata lämpömittarien avulla, jolloin lämpömittari sekä mitattava kappale saavuttavat termodynaamisen tasapainon. Lämmöllä tarkoitetaan kahden systeemin välillä tapahtuvaa energian siirtymistä kahden eri lämpötilassa olevan aineen välillä. [7]

Lämpöä ja lämpötilaa voidaan mallintaa ja tutkia makroskooppisesti eli ihmisen silmin nähtävissä tilanteissa, esimerkiksi jääpalan sulaessa. Tämän lisäksi näitä ilmiöitä voidaan tarkastella mikroskooppisesti eli yksittäisten hiukkasten kuten atomien tai molekyylien näkökulmasta. Molemmat lähestymistavat ovat tärkeitä, jotta lämpöopin ilmiöt voi ymmärtää kokonaisvaltaisesti. [7]

Kuten jo 1800-luvun alussa huomattiin, lämpöopin perusideoita voidaan käyttää eri sovelluksissa. Niitä voidaan myös soveltaa muihinkin tieteen osa-alueisiin kuten kemiaan, biologiaan ja tähtitieteeseen. Tämä osoittaa, kuinka tärkeää on ymmärtää termodynamiikkaa, sillä sitä tarvitaan monissa paikoissa. [8]

1.2 Lämpöoppi opetussuunnitelmissa

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan oppikirjoja, jotka ovat neljästä eri lukion opetussuunnitelmasta vuosilta: 1994, 2003, 2015 ja 2019. Tämän opinnäytetyön päätarkastelussa ovat 2000-luvun opetussuunnitelmat eli 2003, 2015 ja 2019. Aikaisemman 1994 opetussuunnitelman oppikirjat ovat tarkastellussa mukana vertailun vuoksi.

Opetussuunnitelmissa 2003 ja 2015 lämpökurssi on toinen fysiikan kurssi ja ensimmäinen valtakunnallinen syventävä kurssi Lämpö FY2. Sen sijaan uusimmassa opetussuunnitelmassa (2019) tätä moduulia kutsutaan Energia ja lämpö FY3 -moduuliksi, joka on fysiikan ensimmäinen valtakunnallinen valinnainen fysiikan moduuli. Lämpöopin kurssi on pysynyt ensimmäisenä vapaavalintaisena fysiikan kursina koko 2000-luvun, mutta sen nimi on vaihtunut FY2:stä FY3:een. Tämä kurssi käydään yleensä ensimmäisenä lukiovuotena. [9–12]

Kaikissa opetussuunnitelmissa keskeisinä tavoitteina lämpöopin kursseissa on osata tutkia lämpöoppiin liittyviä ilmiöitä, ymmärtää ja tuntee lämpöön liittyvät ilmiöt sekä oppia tekemään ympäristöön ja teknologiaan liittyviä päätöksiä ja soveltaa niitä. Koska fysiikka on kokeellinen tiede, ottaa jokainen opetussuunnitelma tämänkin huomioon. Tutkimuksellisuus, kokeellisuus ja mittausdatan analysointi on isossa osassa kaikissa opetussuunnitelmissa. Uudemmat eli 2015 ja 2019 opetussuunnitelmat painottavat tämän lisäksi mallien soveltamista ja oman ymmärryksen syventämistä energiasta. [9–12]

Keskeisissä sisällöissä painoarvot ovat pysyneet melko samana, vaikka sanamuodot ovat hiukan muuttuneet opetussuunnitelmien vaihdoksissa. Kaikista keskeisistä

sisällöistä voidaan löytää aiheet paine, mekaaninen työ, tilanmuutokset, lämpölaajeneminen, sisäenergia, olomuodon muutokset ja kaasujen tilan muutokset. 2003 opetussuunnitelman keskeisissä sisällöissä ei ole mainintaa lämmöstä, lämpötilasta tai energian säilymisestä lämpöopin. Poikkeus 2019 opetussuunnitelmassa on myös, että se ei sisällä mainintaa liittyen energian tuotantoon. [9, 10]

Vanhin eli 1994 opetussuunnitelma on kaikista opetussuunnitelmista lämpöopin osalta avoimin. Se kertoo, että energiaa, lämpöä ja termodynamiikkaa koskevia käsitteitä, periaatteita, lakeja sekä ilmiöitä tulee opettaa. Tämän lisäksi opetussuunnitelmassa on maininta teknologian ymmärtämisestä sekä kokeellisesta työskentelystä opetuksessa. Opetussuunnitelma ei kerro täsmälleen, mitä ilmiöitä ja lakeja tulee opettaa, vaan se antaa hyvin vapaat kädet tulkinnalle. Eikä kyseisessä opetussuunnitelmassa kerrota, kuinka mones kurssi lämpöopin kurssin tulee olla. Valituissa oppikirjoissa lämpöoppi on kurssi FY2 eli toinen kurssi. [11]

Uusimmassa 2019 opetussuunnitelmassa on kerrottu esimerkit siitä, miten keskeisiä sisältöjä voidaan oppitunneilla hyödyntää kokeellisessa työskentelyssä ja teemaattisissa opintokokonaisuuksissa. [9]

Kootusti voidaan sanoa, että lämpöoppiin liittyvä lukion kurssi ei ole paljoa muuttunut opetussuunnitelmaltaan. Perusoppiaineksessa ei ole paljon muutoksia tapahtunut. Eritoten painoarvot ovat kuitenkin muuttuneet ajan kuluessa siten, että energiatalouteen liittyvät kysymykset ja aiheet ovat enemmän pinnalla uusimmissa opetussuunnitelmissa. Energiaan liittyvät aiheet ovat pysyneet opetussuunnitelmissa läpi vuosien ja ne käydään läpi kurssin alkupuoliskolla, jotta ymmärretään energian käsite paremmin. Vasta tämän jälkeen siirrytään lämpöopin puolelle.

Opinnäytetyön kannalta on hyvä, että opetussuunnitelmat eivät ole paljoakaan muuttuneet. Tällöin kuvat eri opetussuunnitelmien kirjoissa ovat vertailukelpoisia.

2 Oppikirjojen kuvitus ja tutkimus

2.1 Oppikirja

Oppikirja on teos, joka on tehty käytettäväksi varta vasten opetustarkoitukseen. Se avaa ikkunan suoraan koulutuksen historiaan, ja oppikirjan avulla voidaan tehdä aikamatka oppikirjan kirjoittamisen aikana vallitseviin keskeisiin sisältöihin [13]. Se on kirjoittajan tulkinta sillä hetkellä vallitsevasta opetussuunnitelmasta tai opetussuunnitelman perusteista. Oppikirja sisältää harjoituksia, tehtäviä ja teoriaa opetetavasta asiasta, tietysti opetussuunnitelma huomioiden. Oppikirjasta löytyvä informaatio tulisi olla objektiivista ja tietoa-antavaa sekä perustua tieteen faktatietoon. Oppikirjalle on myös tärkeää, että se tehdään kohderyhmälle sopivaksi ja ymmärrettäväksi, jolloin kirjaa tehtäessä ikäryhmä tulee huomioida. [1, 14]

Oppikirjalle on ominaista ohjata ja auttaa sekä oppilasta että opettajaa siitä, miten tulisi opettaa ja oppia [15]. Oppikirjan on tarkoitus olla kokonaisuus, joka sisältää tekstiä, kuvia ja tehtäviä. Sähköisten oppikirjojen tapauksessa kirja voi käyttää multimediaa. Kokonaisuus on hyvin tärkeä oppimisen edistämisen kannalta. Oppikirjan tarkoitus on olla innostava, motivoiva ja ennen kaikkea opetuksessa hyödyllinen apuväline. Aiheiden selkeän jaottelun sekä järjestyksen tulee edistää oppimista ja innostaa opiskelijaa etsimään lisää tietoa aiheista, jota ei oppikirjoissa ole. Tästä syystä oppikirjan ei tulisi sisältää ylimääräistä informaatiota, joka kuormittaa opiskelijoita, vaan niiden tulisi innostaa ja olla oppimisen tukena. [3, 14]

Eri kustantajien oppikirjasarjojen tulisi antaa opiskelijoille samanlaiset valmiudet oppimiseen [15]. Tietyn asian oppimisen ei tulisi olla oppikirjasarjasidonnaista, eli yhden kirjan ei tulisi olla parempi kuin toinen. Opettajalla on pedagoginen vapaus opettaa miten hän haluaa ja se pätee myös oppikirjan ja muiden oppimateriaalien valintaan. Nykyään uuden opetussuunnitelman johdosta on oppilaille tarjottava

myös lukiossa maksuton koulutus eli koulut tai kunnat kustantavat oppikirjat, mikä tekee lukio-opetuksesta saavutettavampaa [9].

Oppikirjoille asetetaan monia vaatimuksia. Niiden tulisi olla apuvälineenä hyvin eritasoisille opiskelijoille, ja niiden tulisi tukea opettajaa ja opiskelijoita opetuksen eriyttämisessä, tehtävissä sekä teoriassa. Tämän lisäksi kirjojen tulisi pysyä ajan-kohtaisina, vaikka ne olisivat käytössä vuosia [1]. Onneksi klassisen fysiikan osalta tämä ei ole ongelma, sillä fysiikan ilmiöt ja mallit ovat pysyneet samoina satoja vuosia.

2.2 Kuvien tarkoitus oppikirjoissa

Kuvilla on monta eri tehtävää nykypäivän oppikirjoissa. Niiden tarkoitukset voivat vaihdella uuden tiedon antamisesta kirjan visuaalisen ilmeen parantamiseen. Kuvat myös rikastuttavat ja havainnollistavat oppikirjoja sekä tekevät oppikirjoista väri-
lisiä, jolloin näköaisti on mukana oppimisessa isommassa roolissa. Kuvat tekstin ohella muodostavatkin kokonaisuuden, joka edistää oppimista [13]. Hyvin pitkään opetus tapahtui pelkästään kirjallisuuden sekä sanallisen viestinnän avulla, liitau-
lun ja opettajan kertomuksen kautta. Viime aikana tietotekniikan räjähdysmäinen kehitys on lisännyt erilaisten kuvien saavutettavuutta, jolloin kuvallista ja sanallis-
ta yhdistävää materiaalia on voitu luoda helpommin [16]. Nykyään on esimerkiksi monia kuvapankkeja, kuten pixabay, adobe stock ja shutterstock, joista voi ostaa halvalla kuvan lisenssin.

Oppikirjoissa olevasta tilasta noin 55% on osoitettu oppikirjan kuvallisille esityk-
sille [17]. Oppikirjojen kuvat ovat jopa suurimmaksi osaksi koristeellisia kuvia tai esittävät saman asian kuin teksti. Saman asian esittävät kuvat voivat tukea tekstin sisältöä. Koska kuvat vievät paljon kirjan tilasta, tulisi niihin panostaa ja keskittyä siihen, mikä vaikutus niillä on opiskelijoiden oppimiseen [18].

Valitettavasti oppikirjoissa kuvien eräs merkittävä tarkoitus on lisätä kirjan myyntiä visuaalisesti houkuttelevien isojen ja värikkäiden valokuvien avulla. Kuitenkin diagrammit, taulukot ja kaaviot, joiden tarkoitus on esittää teorian kannalta perustavanlaatuisia asioita, ovat oppimisen kannalta tärkeämpiä. Myymiseen tarkoitettuilta kuvilla ei ole niin suurta vaikutusta kognitiiviseen prosessointiin, mutta diagrammeilla, taulukoilla ja kaavioilla tutkitusti on. Tämän lisäksi kuvat selittävät ja lisäävät ymmärrystä vaikeistakin tieteellisistä konsepteista, joten niiden oikeaoppista lukemista tulisi harjoitella kouluissa opettajan johdolla. [17, 18]

2.3 Kuvat oppimisen tukena

Kuvat ovat tärkeitä oppikirjoissa, sillä ne voivat joissain tilanteissa selittää ilmiön tai asian paremmin kuin miten se voitaisiin tekstin yhteydessä selittää. Joissain tapauksissa kuvat voidaan katsoa olevan keskeisessä asemassa asian oikein ymmärtämisessä ja muistamisessa. Kuitenkaan kaikilla kuvilla ei ole samanlainen vaikutus muistamiseen ja oppimiseen, vaan tämä on hyvin yksilöllistä. [16, 18, 19]

Kuvia, puhuttua tai kirjoitettua kieltä, tai näiden yhdistelmää kutsutaan representaatioksi. Representaatiossa kuvattua asiaa havaitaan, nähdään ja ymmärretään vain sillä, mitä lukijalle esitetään. Kun representaatiossa on sekä kuvia että tekstiä, voidaan analysoida representaatioiden yhteisvaikutusta, ja tällaisia kokonaisuuksia oppikirjatkin ovat. Se, minkä tulkinnan lukija tuottaa itselleen, riippuu pitkälti kulttuurista. Lukija tekee lopullisen tulkintansa aiemmin opittujen kuvien tulkintojen ja käsitysten perusteella. Tämä tulkinta voi poiketa hyvinkin paljon kirjan kirjoittajan tulkinnasta ja luoda jopa virheellisiä käsityksiä representaatiosta. Tästä syystä oppikirjan kohderyhmää tulee ymmärtää, jotta lukijan tulkinta on sama kuin kirjan tekijän. [19]

Jotta kuvista voidaan oppia, ne on hyvä sijoittaa oikein ja selkeästi tekstin viereen, joka käsittelee samaa asiaa. Jos esimerkiksi aiheeseen liittyvä kuva on sijoitet-

tu toiselle sivulle kuin teksti tulee opiskelijan siirtyä edes takaisin sivujen välissä. Tämä saattaa olla opiskelijasta turhauttavaa ja se haaskaa turhaan kognitiivista prosessointikykyä. Kuvien sijoittelu voi siis joko edistää tai heikentää opiskelijan oppimista ja tulisi aina miettiä harkiten, miten kuvat tekstin oheen sijoittaa. Kirjan tekijöiden tehtävänä on miettiä harkiten kuvien sijoittelua ja pohtia, mitä viestiä kuvilla halutaan välittää. Kuvien perustavanlaatuinen tarkoitus on auttaa oppijaa ymmärtämään vaikeimmatkin tieteelliset konseptit. [18–20]

2.3.1 Mikro- ja makrotason kuvat

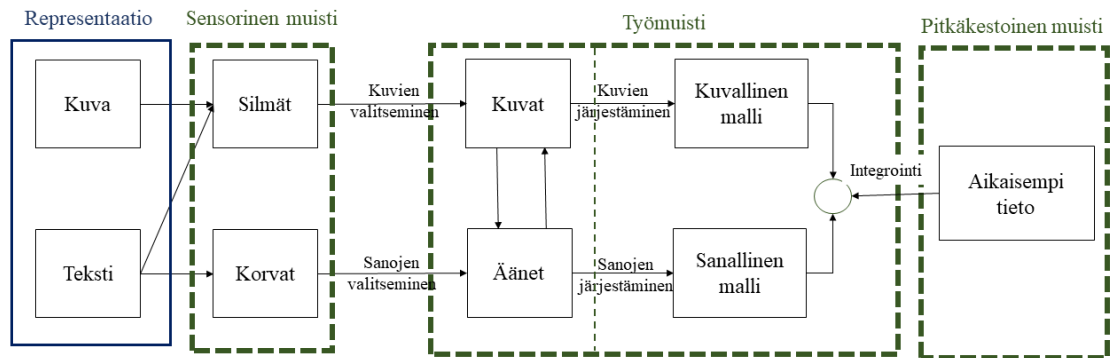
On hyvin tärkeää oppimisen kannalta esittää ilmiöt sekä mikro- että makrotasolla. Yleensä oppikirjojen kuvat ovat ainoastaan makrotasolla esitetyjä kuvia, sillä kirjan tekijät ovat tehneet valinnan olla ottamatta mukaan mikroskooppisia ilmiöitä. Ilmiöt voidaan selittää tarpeeksi hyvin makrotasolla eikä siihen välttämättä tarvita mikrotason ymmärrystä. On siis ymmärrettävää, että kaikissa kirjoissa ei ole haluttu ottaa mikrotason tarkastelua käyttöön. [5]

Mikäli mikrotason selityksiä ja havainnollistuksia ei ole tarpeeksi, saattaa opiskelijalle syntyä virhekäsityksiä ilmiöiden mikrotason ilmiöistä. Mitä aikaisemmin opetuksessa esiintyy myös mikrotason ilmiöitä, sen vähemmän virhekäsityksiä syntyy. On tärkeää esittää, miten makrotason ilmiöitä voidaan kuvata mikrotasolla, sillä tämä on opiskelijoista vaikeaa. Oppikirjoissa tämän asian selittämiseen on käytettävä aikaa, jotta mikromaailman ilmiöt olisi mahdollisimman selkeitä opiskelijoille. Tällöin vältetään virhekäsityksiltä. [21]

2.4 Multimediaoppiminen

Multimedialla tarkoitetaan asioiden esittämistä sekä kuvallisessa että sanallisessa muodossa. Sanalliseksi esittämismuodoiksi voidaan luokitella asia tekstimuodossa sekä verbaalisti sanottuna. Kuvalliset esittämismuodot eli kuvat voidaan jakaa staat-

tisiin valokuviin ja piirustuksiin sekä dynaamisiin animaatioihin ja videoihin. Multimediaoppimisessa ihminen rakentaa oman konstruktivisen käsityksensä asiasta sanojen ja kuvien avulla. Tämän tulkinnan muodostuminen perustuu Mayerin kognitiivisen multimediaoppimisen malliin, joka on esitetty kuvassa 1. [22]



Kuva 1: Multimediaoppimisen kognitiivinen malli kuville ja tekstile. Kuvaa muokattu. [20]

Mallissa representaation käsittely aivoissa tapahtuu kahden eri kanavan kautta: sanallisen kanavan (kuvan 1 alempi rivi) sekä kuvallisen kanavan (eli ylempi rivi) tavalla. Representaatioita käsitellään aivoissa kolmen eri muistin avulla: sensorisen muistin, työmuistin ja pitkäkestoisen muistin avulla ja nämä kuvataan kuvassa 1 katkoviivoilla piirretyillä laatikoilla. Sensorisen muistin tehtävä on lyhytkestoisesti säilyttää valtava määrä aistiärsykeitä. Havaintoja voidaan varastoida joko korvassa tai silmissä tai molemmissa. Jos lukija lukee tekstin ääneen, auditiivinen aistitieto säilyy sekä korvassa että silmissä. Työmuistissa harkiten valittua aistitietoa muokataan ja säilytetään lyhytkestoisesti. Pitkäkestoisessa muistissa aisteista tuleva tie-

to säilötään pysyvästi. Kuvassa 1 esitetystä mallissa nuolet kuvaavat kognitiivista prosessia, jonka avulla tapahtuu syväoppiminen. Se edellyttää aisteista tulevan tärkeän informaation valitsemista ja siirtämistä työmuistiin, aistitiedon järjestämistä uudelleen ja informaation yhdistämistä sekä integrointia jo opittuihin asioihin. Jotta informaatio päätyy pitkäkestoiseen muistiin, tulee tiedon olla hyvin suunniteltua ja kohderyhmälle huomioitua, sillä tällöin kuvallisen ja sanallisen representaation avulla voidaan saavuttaa syväoppimista. [20]

Sen sijaan jos informaatio on ainoastaan kirjallisessa muodossa, noviisioppijat eivät pysty muodostamaan itse tarvittavia kuvallisia representaatioita tai integroida kuvallista ja sanallista informaatiota keskenään. Tällöin tätä kirjallista informaatiota ei työestetä niin paljon työmuistissa, jolloin syväoppimista ei niin helposti tapahdu. Tällöin käsitys opitusta asiasta ei ole yhtä kehittynyt verrattuna multimediarepresentaation saaneeseen oppijaan. [20]

Multimediamallin mukaan sanallisen ja kuvallisen esityksen kombinaatiosta voidaan oppia paremmin kuin pelkästään tekstiä lukemalla. Tekstiin pohjautuvasta informaatiosta on helppo vastata suoraan tekstiin liittyviin kysymyksiin kysymyksiin, mutta tämän asian soveltaminen ongelmanratkaisua vaativiin tilanteisiin on hankalaa. Pelkästä kuvasta on puolestaan vaikea tulkita asiat oikein, jos kuvan konteksti ei ole tiedossa, ja tämä selitetään yleensä sanallisesti. Opiskelijat, joille näytettiin vain sanallinen esitys, eivät pärjää kysymyksiin vastaamisessa tai ongelmanratkaisua vaativissa testeissä, sillä he eivät pysty luomaan ilmiöstä kokonaisvaltaista käsitystä. Mutta jos asia esitetään opiskelijalle tekstin sekä kuvien avulla, opiskelija muodostaa ajatuksiinsa oman tarinan tapahtuneesta ilmiöstä. Nämä kyseiset opiskelijat pärjäävät parhaiten testeissä, joissa on kysymyksiä aiheesta sekä ongelmanratkaisua vaativia tehtäviä. Pelkän tekstin tai kuvien näkeminen ei johtanut samaan oppimistulokseen, vaan yhdessä ne toimivat parhaiten [20]. Tämä perustuu siihen, miten ihmisen aivot toimivat. Kuvallista ja sanallista informaatiota käsitellään aivoissa eri

tavoin, joten jos informaatiota käsitellään vain yhdellä tavalla, osa aivojen mahdollisesta informaation prosessoivasta kapasiteetista ei ole käytössä. Sen sijaan, jos aivot saisivat informaatiota sekä kuvallisessa että sanallisessa muodossa, voitaisiin maksimoida informaation käsittely ja saada parhaimmat mahdolliset oppimistulokset. [20, 22]

2.5 Oppikirjojen kuva-analyysi

Oppikirjojen kuvia voidaan tarkastella ja analysoida kuva-analyysillä. Kuvat voidaan luokitella monella tavalla, kuten tarkoituksen, tyyppin, paikan, sijoittelun tai kuvatekstin perusteella. Kuva-analyysiä tehdään, sillä se indikoi sitä, kuinka hyvä oppikirja on opetuskäytössä. Mitä enemmän tutkimusta tehdään, sen tarkemmin voidaan ymmärtää kuvien merkitys osana oppimiskokonaisuutta sekä parantaa oppikirjoissa esiintyviä kuvia. [3]

Kuva-analyysi on subjektiivista analysoijan tulkintaa kuvista, mihin vaikuttaa tulkitsijan kulttuuri ja tulkinta tutkittavasta aineistosta. Täten kuva-analyysin tulokset voivat erota paljonkin eri tekijöiden välillä. Kuvien analysointi yleensä perustuukin valmiisiin luokitteluihin, joita monet tutkijat käyttävät. Tällöin kuva-analyysejä voidaan vertailla keskenään. [19]

2.6 Kuva-analyysi luonnontieteellisissä tutkimuksissa

Oppikirja-analyysejä on tehty aikaisemmin sekä Suomessa että ulkomailla [4, 21, 23–25]. Kuva-analyysien määrä 2010-luvulla on kasvanut [21, 24, 25]. Syynä tähän voi olla, että halutaan tutkia, mikä on kuvien merkitys oppimisessa eikä pelkästään tekstin, jota on tutkittu paljon enemmän [3]. Luonnontieteiden parissa on tehty paljon kuva-analyysejä 2010-luvulla ainakin biologian, fysiikan ja matematiikan oppikirjoista. Tämän lisäksi myös kasvatustieteiden parissa on tehty luonnontieteellisten alojen oppikirjojen oppikirja-analyysia [23, 26, 27].

Fysiikan osa-alueelta on tehty oppikirjojen kuva-analyysejä 2010-luvulla; Koskisen "Sukupuoliroolit fysiikan oppikirjojen kuvituksessa" [24] sekä Kurjen "Liikkeen ja voiman kuvitus yläkoulun ja lukion fysiikan oppikirjoissa" [25]. Nämä molemmat kuva-analyysit ovat pro gradu -tutkielmia. Ne ovat hyvin erilaisia, sillä Kurjen pro gradu -tutkielma keskittyy yhden fysiikan osa-alueen tarkasteluun, ja Koskisen tutkielma keskittyy yleisesti siihen, miten erilaiset sukupuoliroolit on kuvattu oppikirjojen kuvituksessa. [24, 25]

Erityisesti Kurjen opinnäytetyö on samankaltainen kuin tämä työ, joten voimme verrata lopullisia tuloksia tähän työhön. Kyseisessä tutkimuksessa on analysoitu kuvia lukion ja yläasteen liikkeeseen ja voimaan liittyvistä oppikirjojen kappaleista. Tutkimuksen mukaan lukion oppikirjoissa yli puolet kuvista on tosielämää kuvaavia kuvia, ja niitä on jopa enemmän yläasteen kirjoissa. Tämän lisäksi Kurjen mukaan lukiossa kuvat painottuvat erityisesti tiedon erilaisiin esittämistapoihin, sillä tällaisia kuvia on lukion oppikirjoissa enemmän kuin yläasteen. Tämä rooli tiedon esittämisestä kuvissa kasvaa, kun siirrytään syventävien kurssien kuviin, sillä vanhemmat lukiolaiset osaavat tulkita kuvia paremmin. Sen sijaan yläkoulun oppikirjojen kuvissa painotus on enemmän asioiden havainnollistaminen ja somistaminen, jolloin tekstin rooli on tärkeämpi kuin kuvien. [25]

Kautto ja Peltoniemi tutkivat aihetta oppikirjojen kuvallistuminen gradussaan "Selvää Kärpännahkaa - oppikirjan kuvituksen muutos ja käyttö opetuksessa" [23]. Sisällöllisesti tässä tutkielmassa tutkittiin kuvien lukumääriä, tyypejä sekä tehtäviä neljännen sekä kahdeksannen luokan matematiikan ja biologian oppikirjoissa. Tuloksena saatiin, että oppikirjat ovat kuvallistuneet ja muun muassa oppikirjojen kuvien määrät ovat lisääntyneet. Erityisesti kuvat olivat muuttuneet biologian oppikirjoissa, kun taas matematiikan kirjoissa muutosta ei ollut havaittavissa. Tämän lisäksi tutkimuksessa tehtiin kyselytutkimus opettajille siitä, miten heidän mielestään kuvat ovat muuttuneet ja miten he toivoisivat, että ne muuttuisivat. Tästä saa-

tiin tulokseksi, että opettajat ovat tyytyväisiä kuvien, sen hetkiseen laatuun, mutta toivottiin, että niiden määrät eivät lisääntyisi, vaan että kuvien laatuun panostettaisiin. Tämä siksi, että kuvia tulisi osata tulkita oikein ja sitä pitäisi harjoitella enemmän. [23]

Myös ulkomailla on tehty tutkimusta oppikirjojen kuvista. Dimopoulou et al. tekivät tutkimusta kuudesta Kreikassa käytetystä ensimmäisen sekä toisen asteen oppikirjasta, joita on käytetty opetuksessa vuosina 1997–1999. Tutkimuksessa tutkittiin, kuinka paljon erityyppisiä kuvia on oppikirjoissa. Tutkituissa oppikirjoissa oli selvästi eniten reaalia maailmaa kuvaavia kuvia molemmilla oppiasteilla. Toisella asteella oli toki hieman vähemmän näitä kuvia. Tämä tarkoittaa, että perusasteella kuvilla halutaan painottaa tosielämän sovelluksia, jotka auttavat oppilaita ymmärtämään abstraktit tieteeseen liittyvät asiat paremmin. [4]

Devetak et al. ovat tehneet kuva-analyysin ensimmäisen ja toisen asteen slovenialaisista oppikirjoista. Kuva-analyysissä tutkittiin olomuotojen muutoksiin liittyvää oppimateriaalia. Tässä tutkittiin kuvien luokitusta sekä tyyppin että makro- ja mikromaailman mukaan sekä pohdittiin, noudattaavatko nämä kuvat opetussuunnitelmaa. Kuten muissakin tutkimuksissa, tässäkin tutkimuksessa todettiin, että reaalia maailman kuvia oli selvästi eniten. Tutkimuksessa myös todettiin, että graafeja oli enemmän vanhempien oppilaiden oppikirjoissa. Tämän lisäksi tulokseksi saatiin, että kuvat koostuivat lähes pelkästään makromaailman ilmiöiden kuvista. Vanhempien oppilaiden oppikirjoissa oli myös mikromaailmaan liittyviä kuvia olomuotojen muuttumisen yhteydessä. Tutkimuksessa tuotiinkin esiin, että mikrotason kuvia tulisi löytyä oppikirjoista, jotta ei syntyisi virhekäsityksiä. Oppikirjoissa esitetyt kuvat noudattivat Slovenian opetussuunnitelmaa ja niissä vaadittavaa sisältöä tarpeeksi kattavasti. [21]

3 Tutkimusmenetelmät

3.1 Tutkimusmateriaali

Tutkimuksen aiheeksi valittiin lämpöopin kirjat siitä syystä, että tutkimusaineistoa haluttiin rajata johonkin tiettyyn fysiikan aihealueeseen. Tutkimuksessa tarkasteltiin 11 lukion lämpöopin oppikirjaa, jotka ovat olleet opetuskäytössä 2000-luvulla. 2000-luvulla on ollut käytössä neljä eri opetussuunnitelmaa, ja jokaisesta opetussuunnitelmasta pyrittiin ottamaan mukaan 2–3 oppikirjaa. Poikkeuksena vuoden 2015 opetussuunnitelma, jolloin vain yksi kustantaja teki lämpöopin oppikirjan. Näin tapahtui todennäköisesti siksi, että kyseinen opetussuunnitelma otettiin käyttöön lukioissa vain vuosiksi 2018–2021. Sen sijaan vuonna 2003 tehty opetussuunnitelma oli käytössä lukiossa vuosien 2006–2017 alkavina syksyinä, eli tämä opetussuunnitelma oli käytössä hyvin pitkään. Tästä syystä moni kustantaja julkaisi kaksi oppikirjaa vuoden 2003 opetussuunnitelman aikana. Ensimmäiset kirjat tulivat vuonna 2005 ja toiset vuosina 2009–2013. Nämä olivat päivitettyjä versioita vanhoista kirjoista ja kirjojen tekijät pysyivät melko samoina.

Tämän tutkimuksen oppikirjat esitetään taulukossa 1. Taulukossa 1 on esitelty kyseisten oppikirjojen perusinformaatiot kuten oppikirjan nimi, kustantaja, painos, vuosi, opetussuunnitelma sekä sivujen määrä. Lisää informaatiota oppikirjoista löytyy liitteestä A. Jotta kirjojen analysoinnin yhteydessä ei tarvitsisi esittää oppikirjaa koko sen pitkällä nimellä, annoin jokaiselle analysoitavalle kirjalle oman tunnuksensa A-L. Tunnukset on annettu kirjoille siten, että vanhin oppikirja on tunnuksella A ja uusin on tunnuksella L. Tarkastelussa mukana olleet oppikirjat olivat kaikki painettuja kirjoja. Uusimman opetussuunnitelman oppikirjoissa J ja L esiintyy tekstin ohella myös viittauksia digilisämateriaaleihin kuten videoita ja simulaatioita. Näihin lisämateriaaleihin on mahdollista päästä käsiksi, vaikka olisi ostanut pelkästään painetun oppikirjan. Ne vaativat kirjautumista kustantajan digimateriaalien oppi-

misympäristöön. Oppikirja J on Sanoma Pro:n oppikirja, joten tämän kirjan digitaalimateriaalit löytyvät Arttu-sovelluksesta. Oppikirja L on Otavan oppikirja, joten tämän kirjan digimateriaalit löytyvät Otavan Oppilaan maailmasta. Oppikirjat A ja C sisältävät kahden kurssin asiat. Näiden kirjojen tarkasteluun otettiin mukaan vain ne osuudet, jotka kuuluvat lämpökurssiin.

Taulukko I: Kuva-analyysissä käytetyt oppikirjat

Tunnus	Oppikirjat	Kustantaja	Vuosi	OPS	Ryhmä	Painos	Sivut
A	Fysiikka 3 Lämpö ja energia mekaniikka	Tammi	2000	1994	1	5-8	123
B	Fotoni 2 Lämpö ja energia	Otava	2000	1994	1	1	262
C	Fysiikka 2-3 Lämpö aallot	Tammi	2005	2003	2i	1-5	154
D	Fotoni 2 Lämpö (FY2)	Otava	2005	2003	2i	1	170
E	Physica 2 Lämpö	WSOY	2005	2003	2i	1-4	187
F	Fysiikka 2 Lämpö	Tammi	2009	2003	2ii	1-3	168
G	Empiria 2 Lämpö	Otava	2010	2003	2ii	1	166
H	Physica 2 Lämpö	Sanoma Pro	2013	2003	2ii	5-6	147
I	Fysiikka, FY2 Lämpö	Sanoma Pro	2018	2015	3	12-17	157
J	Lukion fysiikka FY3 Energia ja lämpö	Sanoma Pro	2021	2019	4	1	192
K	Kvarkki 3, FY3 Energia ja lämpö	Edita	2021	2019	4	1	238
L	Vipu 3, FY3 Energia ja lämpö	Otava	2021	2019	4	1	210

Oppikirjat jaettiin eri opetussuunnitelmien mukaisiin ryhmiin 1–4. 1) Oppikirjat A ja B, jotka ovat vuoden 1994 opetussuunnitelman ajalta 2) Oppikirjat C-H, jotka olivat vuoden 2003 opetussuunnitelman ajalta i) Oppikirjat C-E tehtiin heti opetussuunnitelman alussa ii) Oppikirjat F-H tehtiin opetussuunnitelman käytön puolen välin jälkeen 3) Oppikirja I, joka oli vuoden 2015 opetussuunnitelman ajalta 4) Oppikirjat J-L, jotka olivat vuoden 2019 opetussuunnitelman ajalta. Ryhmä 2 on jaettu kahteen osaan i ja ii, sillä noin puolessa välissä opetussuunnitelmaa kaikki oppikirjakustantajat julkaisivat uuden version oppikirjastaan. Tämä ei tarkoita, että opetussuunnitelman alussa tulleet kirjat olisivat sisällöltään huonompia, mutta nämä uudet versiot oppikirjoista ovat selkeästi päivitettyjä muun muassa kuvien osalta.

Tämän lisäksi tähän aikaan sijoittui myös kustantajien vaihdoksia, jotka saattoivat vaikuttaa uusien oppikirjojen tekoon. Eri fysiikan kirjasarjoja on 2000-luvulla tullut ja mennyt. Kustantajat ovat myyneet oikeuksia toisilleen, mikä sekoittaa samojen kirjasarjojen tarkastelua. Vuonna 2011 Sanoma-konserni osti Suomessa Tammen-oppimateriaaliliiketoiminnan itselleen myyden heille WSOY:n, eli oikeudet yleisen kirjallisuuden kustantamiseen. Tämän jälkeen Sanoma-konsernin oppimisiikennetoimintaa on kutsuttu Sanoma Pro:ksi. Tämän lisäksi kustantajat Otava sekä Edita ovat tehneet lämpöopin oppikirjoja 2000-luvun aikana. Tästä syystä on parempi seurata kirjasarjojen nimiä kuin saman kustantajan kirjoja.

Tutkimusaineistossa oli kolme selkeästi jatkuvaa kirjasarjaa: Fotoni, Physica ja Fysiikka. Fotoni-kirjasarja oli käytössä opetussuunnitelmissa 1 ja 2i sisältäen tutkimuksen kirjat B ja D. Physica-kirjasarja oli käytössä opetussuunnitelmien 2i ja 2ii aikoina. Pisimpään käytössä ollut yhtenäinen kirjasarja on Fysiikka-kirjasarja. Fysiikka-kirjoja löytyy kaikista viidestä eri opetussuunnitelmakategoriasta ja ne oppikirjat ovat: A, C, F, I ja J.

3.2 Tutkimuskysymykset

Tässä työssä tutkittiin lukion lämpöoppikurssin oppikirjoja ja niiden sisältämiä kuvia. Tutkimuskysymykset on jaettu neljään pääkysymykseen:

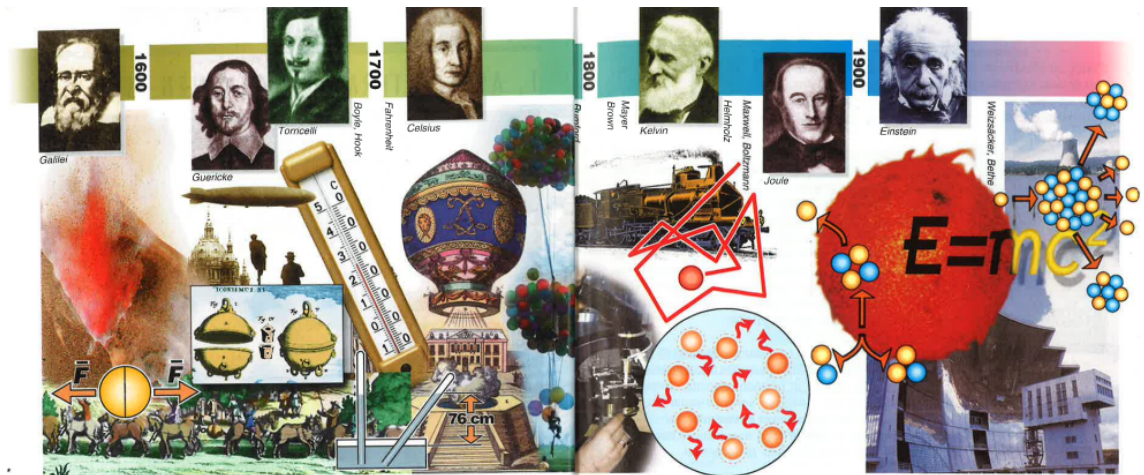
1. Onko lämpöopin oppikirjojen kuvitus muuttunut eri opetussuunnitelmissa?
2. Minkälaisia ja kuinka paljon erilaisia kuvia käytetään lämpöopin oppikirjojen kuvituksessa?
3. Kuinka paljon mikro- ja makromaailman kuvia on eri oppikirjoissa?
4. Onko eri oppikirjasarjojen kuvituksessa eroja?

Näiden tutkimuskysymyksiä avulla voidaan pohtia ja päätellä, miten kirjat ovat muuttuneet 2000-luvulla ja mitä muutosta on tapahtunut opetussuunnitelmien välissä. Kuva-analyysin tekeminen eri luokitteluilla (esitellään myöhemmin) mahdollistavat kysymyksiin 2–4 vastaamisen. Kaikkiin tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan kvantitatiivisen kuva-analyysin perusteella.

3.3 Tutkimusmenetelmät

Kaikki oppikirjoissa olevat kuvat käytiin läpi, ja analysoitiin järjestyksessä kuva kerrallaan. Kuvien läpikäynnin yhteydessä laskettiin kuvien lukumäärä jokaisella kirjan sivuilla. Kirja-analyysiin otettiin mukaan kappaleiden tiivistelmät, joissa jo varsinaisissa kirjan kappaleissa esiintyneet kuvat saattoivat esiintyä uudelleen. Tämän lisäksi analyysiin otettiin mukaan tehtäväosuuksien kuvat, jotka antavat lisäinformaatiota tehtävän ratkaisuun. Myös kirjan sisällysluetteloiden ja kansien yhteydessä oli kuvia, ja nämäkin otettiin mukaan analyysiin, sillä kirja on yksi koherentti oppimiskokonaisuuksien joukko, jossa on tärkeää ottaa kaikki asiat huomioon.

Kuvien tarkastelussa käytettiin hyväksi Kauton ja Peltonimen käyttämää luokitusmenetelmää [23]. Yhdeksi kuvaksi laskettiin kuvat, jotka on tehty samalla tek-



Kuva 2: Kuvasarja, jossa on sama tausta, minkä takia kuva luokitellaan yhdeksi kuvaksi [28]. Kuva: Tapani Romppainen Kirjan sivu: 6-7

niikalla sekä kuvakokonaisuudet, joiden tausta on sama, kuten kuvassa 2. Tämän perusteella kuvasarjat, joilla on sama tausta, voidaan luokitella yhdeksi kuvaksi, ja kokonaisuudet, jossa kuva-alue on yhtenäinen, voidaan nämäkin laskea yhdeksi kuvaksi. [23]

Aina ei kuitenkaan ole yksiselitteistä, onko kyseessä yksi kuva, jolla on kaksi elementtiä vai täysin kaksi erillistä kuvaa. Kuvateksti auttaa tässä tehtävässä, mutta jos se puuttuu, on jako paljon vaikeampi ja eri luokittelijoiden tulkinnoilla voi olla suuriakin eroja.

Jokainen kuva-analyysiin mukaan otettu kuva luokiteltiin tyyppin, tarkoituksen sekä sen mukaan, kuvaako se mikro- vai makroskooppista maailmaa. Kukin kuva luokiteltiin yhdessä luokituksessa mukaan vain yhteen kategoriaan. Jokaisen luokittelun kategoriat esitellään seuraavissa alakappaleissa. Monesti kuvan olisi voinut luokitella moneen eri kategoriaan, mutta tässä kuva-analyysissä valittiin jokaiselle kuvalle yksi kategoria, johon se laskettiin mukaan. Kuvien sijoittaminen yhteen kategoriaan voi olla hyvin hankalaa ja eri tutkijoiden analyyseissä on eroja, sillä kuvia voi ai-

na tulkita eri tavoilla ja eri näkökulmista. Tästä syystä laadun ja yhdenmukaisen analyysin varmistamiseksi aineisto käytiin kahdesti läpi.

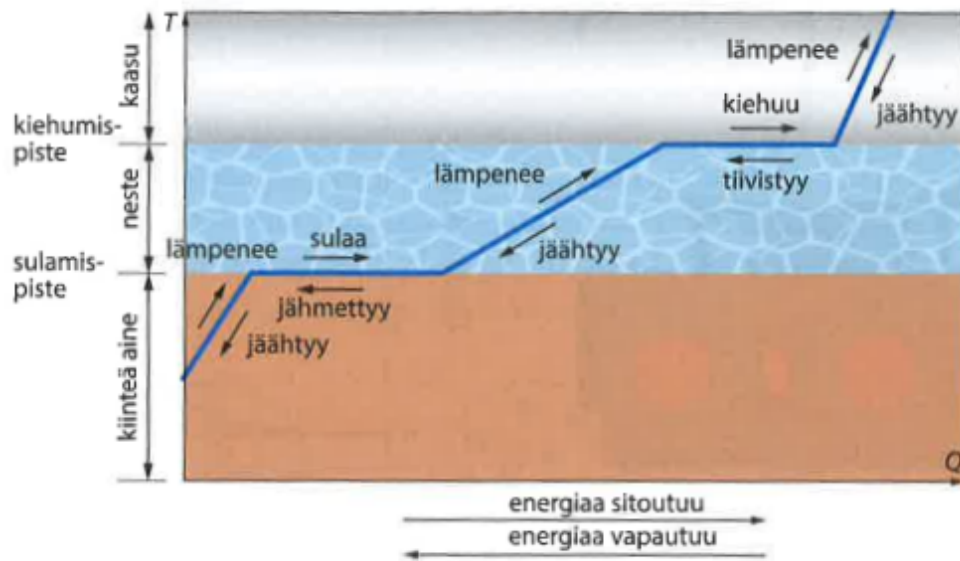
3.3.1 Kuvien luokittelu tyypin mukaan

Oppikirjan kuvat voidaan luokitella tyypin mukaan käyttäen Dimopoulos et al. mu-
kaista luokittelua [4], joissa kuvat voidaan luokitella realistisiin, konventionaalisiin
sekä hybridikuviiin:

1. *Realistiset kuvat*, ovat kuvia, jotka esittävät todellisuutta siten kuin se voi-
daan nähdä ihmissilmällä. Tähän kategoriaan kuuluvat sekä valokuvat että
piirrookset. Kuvassa 3 on esimerkki realistisesta kuvasta.
2. *Konventionaaliset kuvat*, ovat kuvia, jotka esittävät todellisuutta koodatussa
muodossa. Näitä ovat esimerkiksi graafit, kartat, molekyyliarakenteet, diagram-
mit sekä taulukot. kuvassa 4 on esimerkki konventionaalisesta kuvasta.
3. *Hybridikuvat*, ovat kuvia, joita ei voi asettaa kumpaankaan yllä mainittuun
kategoriaan siitä syystä, että kuvat ovat näiden yhdistelmiä. Tällöin kuvassa
on sekä konventionaalisia että realistisia elementtejä. kuvassa 5 on esimerkki
hybridikuvasta.



Kuva 3: Realistinen kuva - Kuva on valokuva, joka esittää todellisuutta eli miten
olomuodot voivat muuttua tosielämässä [29]. Kuva: Bachkova Natalia/Shutterstock,
Science Photo Library/MVphotos; Kirjan sivu: 55



Aineen lämpötila ja olomuoto riippuvat siirtyneen energian määrästä. Olomuodon muuttuessa aineen lämpötila ei muutu.

Kuva 4: Konventionaalinen kuva - Graafi, joka esittää miten aineen lämpötila ja olomuoto riippuvat siirtyneen energian määrästä [29]. Kirjan sivu: 54

Erityisesti molekyyliarakenteiden kuvat voidaan luokitella konventionaaliksi kuviksi, sillä niitä ei voida kuvata ihmisen aisteilla vaan ne ovat ihmisen kuvauksia molekyyleistä. Tämä tarkoittaa, että kaikki mikrotason ilmiöiden kuvat luokitellaan konventionaaliksi kuviksi. Ainoastaan mikrotason ilmiön kuvat, joissa on myös makrotason ilmiöitä, eli todellisuutta kuvaavia osia, voidaan luokitella hybridikuviksi.

Hybridikuvissa yhdistyvät eri kuvatyypin elementit, kuten kuvassa 5. Realistiset komponentit ovat kuvien makrotason ilmiötä kuvaavia elementtejä, jotka voidaan nähdä paljaalla silmällä kuten realistiset kuvat. Tähän realistiseen kuvaan voidaan lisätä jokin konventionaalinen osa esimerkiksi vektorinuoli, kaava tai lämmön siirtymistä kuvaava nuoli, mikä tekee kuvasta hybridikuvan. Konventionaalinen elementti tuo siis kuvaan lisää jotain, jota ei voida nähdä. Sen tarkoitus on yleensä auttaa



Kuva 5: Hybridikuva - Kuva, jossa realistisena elementtinä on erilaiset juoma-astiat ja konventionaalisisena elementtinä nuolia kuvaamaan energiaa ja ainetta [30] Kirjan sivu: 9

lukijaa ymmärtämään paremmin ilmiö, jota ei voisi tehdä pelkän realistisen kuvan avulla.

Kun luokitellaan kuvasarjoja, tyyppiluokittelussa pätee samat ehdot kuin yksittäisien kuvien tapauksessa. Jos kuvalla on sekä konventionaalisia että realistisia elementtejä, lasketaan kyseinen kuva hybridikuvaksi.

3.3.2 Kuvien luokittelu tarkoituksen mukaan

Tässä työssä käytetyn tarkoituksen mukaisen eli tehtävän mukaisen luokittelun on alun perin luonut Carney ja Levin. Tässä luokittelussa kuvat luokitellaan viiteen eri

kategoriaan: somistaviin, soveltaviin, esittäviin, selittäviin sekä täydentäviin kuviin.

[2]

1. *Somistavat kuvat* ovat kuvia, jotka koristavat sivuja sekä niillä on vain vähän tai ei yhtään yhteyttä tekstin sisältöön. Kuvassa 6 on esimerkki somistavasta kuvasta.
2. *Soveltavat kuvat* ovat kuvia, jotka havainnollistavat ja soveltavat tekstissä esitettyä asiaa. Kuvassa 7 on esimerkki soveltavasta kuvasta.
3. *Esittävät kuvat* ovat kuvia, jotka kuvaavat tekstissä esitettyä asiaa kuvamuodossa. Kuitenkaan tämän tyyppiset kuvat eivät esitä uutta tai ymmärtämisen kannalta mitään olennaista tietoa. Kuvassa 8 on esimerkki esittävästä kuvasta.
4. *Selittävät* ovat kuvia, jotka selventävät tekstissä esitettyä asiaa. Näissä kuvissa saattaa olla asioita, joita ei tekstissä kuvata. Kuvassa 9 on esimerkki selittävästä kuvasta.
5. *Täydentävät kuvat* ovat kuvia, joissa esitetään täysin uusia asioita, jota ei ole esitetty tekstissä. Kuvassa 10 on esimerkki täydentävästä kuvasta.

Somistavilla kuvilla on kaikista vähiten merkitystä oppimiselle ja täydentävillä kuvilla selkeästi merkittävin asema [2]. Kuvien tarkoituksen mukaisen luokittelun avulla voi pohtia, miten tärkeitä oppikirjassa esiintyvät kuvat ovat ja parantavatko vai huonontavatko ne oppimista. Parasta oppimisen tukemisen kannalta olisi, että täydentäviä kuvia olisi eniten, sitten selittäviä kuvia ja vähiten somistavia kuvia [2].


Somistavat kuvat ovat kuvia, joilla voidaan yleensä täyttää oppikirjassa oleva tyhjä osa. Ne myös motivoivat lukijan, ja usein niistä puuttuu kuvateksti. Somistavilla kuvilla on yleensä hyvin pieni tai ei lainkaan yhteyttä päätekstissä käytyyn asiaan. Tästä syystä somistavat kuvat eivät tue tekstiä ja tarvitsevat tekstin, jotta ne voidaan yhdistää kontekstiin.

Soveltavat kuvat antavat kuvamuodossa esimerkkejä tekstissä olevista asioista. Ne yleensä liittyvät tosielämän sovelluksiin, kuten soveltavan kuvan esimerkkinä oleva kuva 7. Soveltavilla kuvilla on siis yhteys oppikirjan tekstiin, mutta ilman tekstin lukemista voi soveltavaa kuvaa olla vaikea ymmärtää. Niitä on kuitenkin tärkeä olla, jotta opiskelijat voivat ymmärtää, mihin eri fysiikan ilmiöitä voidaan soveltaa.



Kuva 6: Somistava kuva - Kuva jäätyvästä saippuakuplasta. Somistavalla kuvalla ei ole lähtökohtaisesti mitään yhteyttä päätekstiin ja sen tarkoituksena on motivoida lukijaa lukemaan kyseinen kappale [30]. Kuva: Getty Images/Matkovci; Kirjan sivu: 8

E Esimerkki 1



Betonista valmistetun sillan pituus on 35 m. Jos sillan lämpötila vaihtelee vuoden aikana 75 °C:lla, arvioi kuinka suuri on sillan pituuden vaihtelu. Pohdi, onko pituuden vaihtelu merkittävä.

Ratkaisu
 $l_0 = 35 \text{ m}$, $\Delta t = 75 \text{ °C}$, $\Delta T = 75 \text{ K}$, $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$

Pituuden eroksi lämpimimmän ja kylmimmän ajankohdan välillä saadaan
 $\Delta l = \alpha l_0 \Delta T = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \cdot 35 \text{ m} \cdot 75 \text{ K} \approx 3,2 \text{ cm}$.

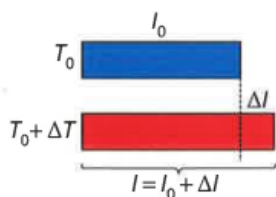
Vastaus
 Sillan pituuden vaihtelu on 3,2 cm. Se pitää ottaa huomioon sillan rakenteissa jo rakentamisvaiheessa.

Mikä tarkoitus sillan alla olevilla rullilla on?

Kuva 7: Soveltava kuva - Kuvassa havainnollistetaan oheisessa tehtävässä olevaa sovellusta eli miten lämpölaajenemista voidaan soveltaa sillan valmistuksen yhteydessä [31]. Kuva: Tapani Romppainen; Kirjan sivu: 73

Esittävän ja selittävän kuvan ero on hyvin pieni. Niiden erottaminen toisistaan ei ole jokaisessa tapauksessa helppoa. Jos halutaan erottaa esittävät kuvat ja somistavat kuvat toisistaan, analyysin tekijän tulee lukea myös oppikirjan tekstiä. Molemmilla kuvatyypeillä on selkeä yhteys oppikirjojen päätekstiin, mutta erona näillä kahdella kategorialla on se, että esittävä kuva ei tuo mitään uutta tekstissä olevaa informaatiota vaan pyrkii havainnollistamaan tekstissä olevan informaation kuvamuodossa kuten kuvassa 8. Sen sijaan selittävien kuvien on tarkoitus tuoda esiin tekstissä olevaa informaatiota, mutta myös jotain uutta informaatiota, jota ei löydy tekstistä kuten kuvassa 9. Molemmat kategoriat edistävät tekstin ymmärtämistä, mutta koska soveltavat kuvat tuovat lisäinformaatiota, nämä kuvat ovat merkittävämpiä asian ymmärrettävyyden kannalta. Kummankaan kuvakategorian tapauksessa ymmärtämistä ei välttämättä vaadita, että olisi lukenut varsinaisen päätekstin, vaan käsityksen opitusta aiheesta pystyy muodostamaan pelkän kuvan avulla.

Täydentävillä kuvilla ei ole yhteyttä päätekstiin. Ne esittävät kuitenkin jotain uutta aiheeseen liittyvää kuvamuodossa kuten kuvassa 10. Tästä syystä niiden merkitys asian oppimisen kannalta on suuri. Täydentäviä kuvia löytyy tekstien yhtey-



Kaavakuva kappaleen lämpölaajenemisesta sen lämmitessä. Pituuden lisääystä on kuvassa ylikorostettu.

Pituuden lämpölaajeneminen

- Lämpötilan muutoksen aiheuttamaa pituuden muutosta kuvaa yhtälö $\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$, jossa α on pituuden lämpötilakerroin, l_0 alkuperäinen pituus ja ΔT lämpötilan muutos.
- Kappaleen uusi pituus on $l = l_0 + \Delta l$.

Kuva 8: Esittävä kuva - Kuvassa esitetään kuvamuodossa päätekstistä löytyvä lämpölaajenemisen ilmiö. Kuvassa ei tuoda lisäinformaatiota, joten tästä syystä kuva on esittävä kuva [29]. Kirjan sivu: 28

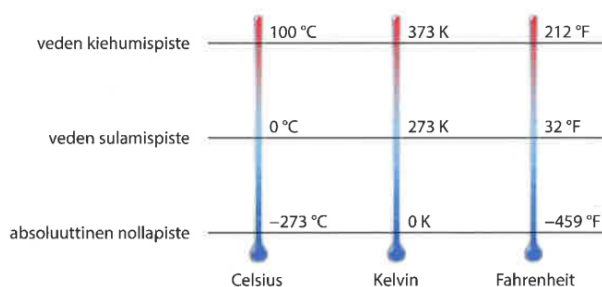
destä, tiivistelmistä sekä tehtäväosuuksista. Erityisesti tehtäväosuuksissa täydentävien kuvien funktio on antaa tehtävälle olennaista tietoa esimerkiksi graafimuodossa. Tätä informaatiota ei ole tällöin annettu tekstin muodossa, ja ilman kuvaa tehtävän ratkaisu olisi mahdoton.

Lämpötila kelvineinä saadaan lisäämällä celsiusasteisiin 273,15:

$$\frac{T}{\text{K}} = \frac{t}{\text{°C}} + 273,15.$$

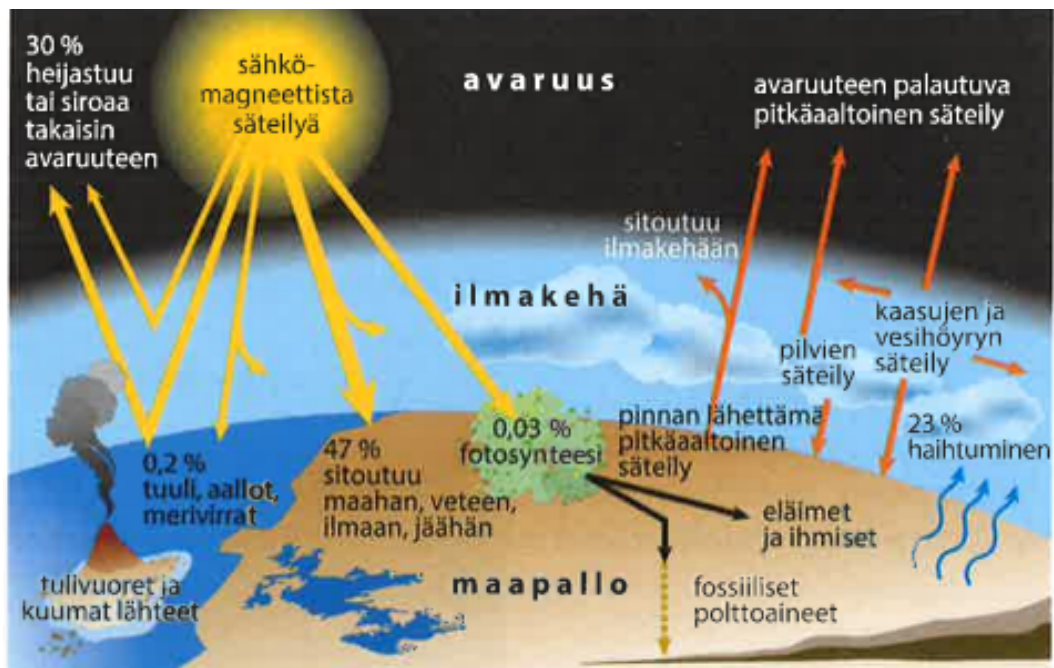
Lämpötila celsiusasteina saadaan vähentämällä kelvineistä 273,15:

$$\frac{t}{\text{°C}} = \frac{T}{\text{K}} - 273,15.$$



Lämpötila-asteikkojen välinen yhteys.

Kuva 9: Selittävä kuva - Kuvassa selitetään tekstissä olevaa informaatiota kuvamuodossa eli miten eri lämpötila-asteikot ovat yhteydessä toisiinsa. Kuva antaa lisää informaatiota tekstiin nähden, kuten mikä on absoluuttinen nollapiste kussakin lämpötila-asteikossa. [30] Kirjan sivu: 11



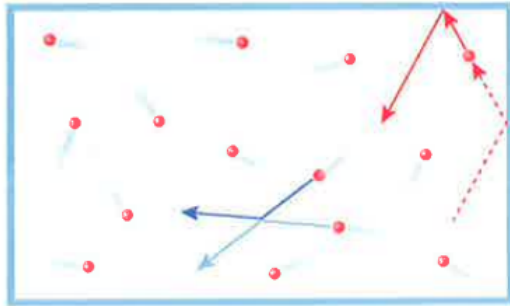
Auringon energia tulee maapallolle säteilynä. Veden ja hiilen kiertokulku Maapallolla perustuu Auringon säteilyenergiiaan.

Kuva 10: Täydentävä kuva - Kyseisessä kuvassa annetaan täysin uutta informaatiota siitä miten Auringon energia jakautuu maapallolle. Tästä asiasta ei puhuta ollenkaan päätekstissä, joten tästä syystä kuva on täydentävä. [31] Kirjan sivu: 133

3.3.3 Kuvien luokittelu mikro- ja makrotason ilmiön mukaan

Kuvat voidaan myös jakaa mikro- ja makrotason ilmiöihin, mikä perustuu Johnstoneen luomaan luokitteluun [5, 21].

1. *Mikrotason ilmiöitä kuvaavat kuvat*, jotka kuvaavat atomaarista tasoa, kuten erilaisia hiukkasia (molekyylejä, ioneja ja elektroneja). Kuva 10 a on esimerkki mikrotason kuvasta, jossa kuvataan painetta hiukkastasolla.
2. *Makrotason ilmiöitä kuvaavat kuvat*, jotka esittävät luonnonilmiötä ihmisen havaitsemassa mitakaavassa eli kuvassa oleva ilmiö voidaan nähdä tai kokea ihmisen aisteilla. Kuva 10 b on esimerkki makrotason kuvasta, jossa kuvataan painetta ihmisen tuntoaistilla.



(a) Mikrotaso [31]. Kirjan sivu: 85



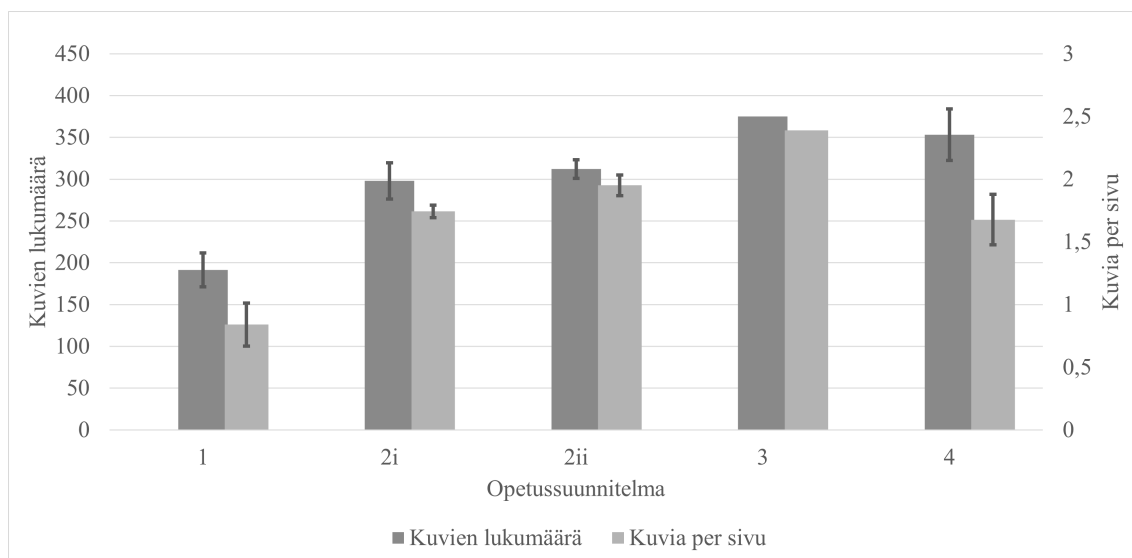
(b) Makrotaso [30]. Kuva:
Sampsu Kaijaluoto; Kirjan sivu:

16

Kuva 11: Paineen kuvaus mikro- ja makromailman avulla

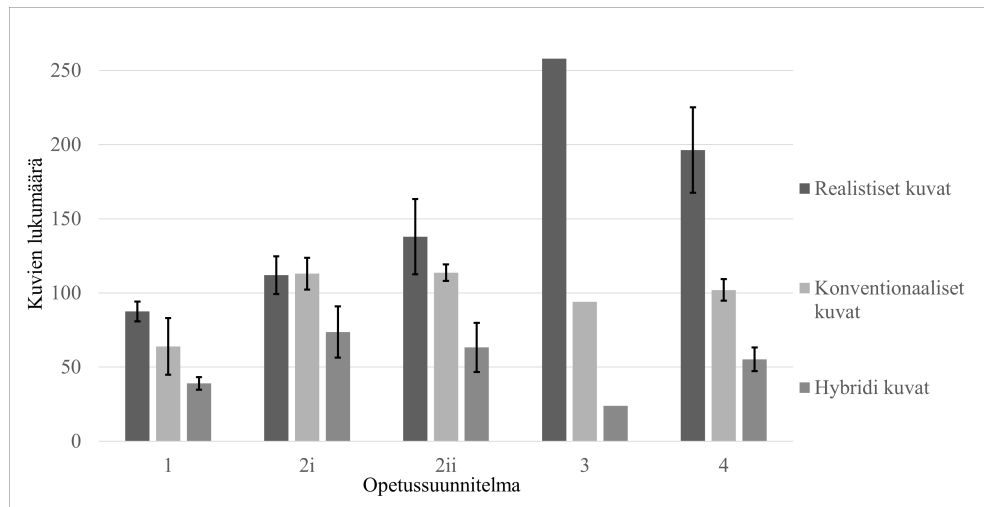
4 Tulokset

Tarkastellaan oppikirjojen kuvien absoluuttisia lukumääriä opetussuunnitelmittain. Kuvassa 12 on esitetty kuvien lukumäärien keskiarvot ja kuvia per sivu opetussuunnitelmittain. Tämän lisäksi on laskettu keskiarvojen keskivirheet molemmille suureille ja nämä näkee palkkien virherajoina. Kuvasta nähdään, että oppikirjojen kuvien absoluuttiset määrät ovat olleet kasvussa 2000-luvulla. Tämän lisäksi opetussuunnitelman 4 kirjojen kuvien lukumäärät sekä kuvien lukumäärän keskiarvo per sivu ovat pienessä laskussa verrattuna aikaisempien vuosien kasvuun ja erityisesti laskua on tapahtunut opetussuunnitelmaan 3 verraten.



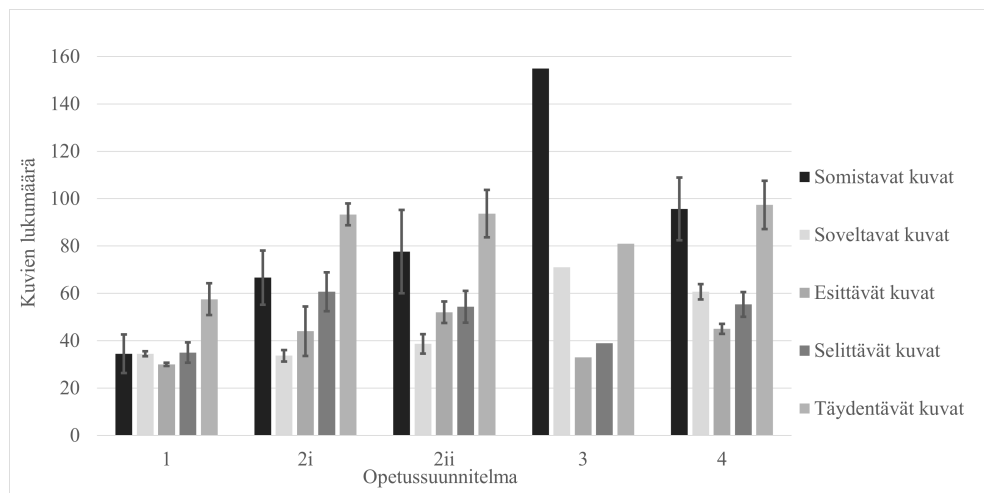
Kuva 12: Tutkittujen oppikirjojen kuvien lukumäärät sekä kuvia per sivu opetussuunnitelmittain

Tulokset tyyppiluokittelusta on nähtävissä kuvassa 13. Kuvassa kuvien lukumäärät on esitetty samalla tavalla kuin kuvassa 12. Vaikka kuvien lukumäärien tarkastelusta havaittiin, että kuvien määrät on ollut kasvussa, kaikki tyyppiluokittelun luokat eivät kuitenkaan ole kasvaneet samaa tahtia. Hybridikuvien ja konventionaalisten kuvien lukumäärä on pysynyt keskimäärin vakiona 2000-luvun opetussuun-



Kuva 13: Tutkittujen oppikirjojen tyyppiluokittelun tulokset opetussuunnitelmittain

nitelmissä. Sen sijaan realististen kuvien lukumäärä on ollut kasvussa 2000-luvulla kuten kuvien lukumäärä yleisestikin. Realistiset kuvat ovat lisääntyneet opetussuunnitelmaan 3 asti, mutta vähentyneet opetussuunnitelman 4 oppikirjoissa. Silti opetussuunnitelman 4 kirjojen realistisissa kuvissa on reilusti enemmän kuvia kuin opetussuunnitelmassa 2, eli siinä mielessä määrä on kasvanut.

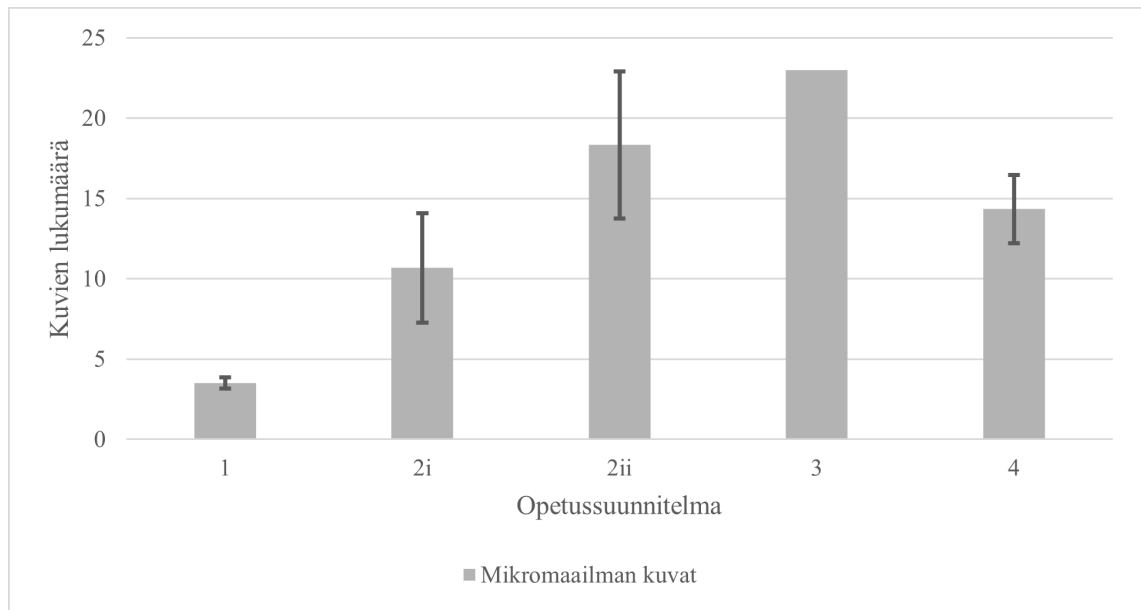


Kuva 14: Tutkittujen oppikirjojen tarkoituksen mukaan tehdyn luokittelun tulokset opetussuunnitelmittain

Tarkoituksen mukaisen luokittelun esitys ja analyysi on tehty samalla tavalla kuin kuvassa 12. Kuvasta 14 nähdään, että esittävien, selittävien sekä täydentävien kuvien lukumäärä on pysynyt vakiona opetussuunnitelmasta 2i:stä alkaen. Opetussuunnitelmassa 1 on vähemmän esittäviä, selittäviä ja täydentäviä kuvia kuin muissa opetussuunnitelmissa. Kuitenkin kokonaisuudessaan kuvien lukumäärät ovat kasvaneet. Sen voi havaita somistavien sekä soveltavien kuvien lukumäärissä. Soveltavien kuvien määrä on opetussuunnitelmissa 1, 2i ja 2ii pysynyt lähes samana ja lähtenyt pieneen nousuun 3 opetussuunnitelmassa ja pysynyt 4 opetussuunnitelmassa lähes samana 3 opetussuunnitelmaan verrattuna. Somistavien kuvien lukumäärissä voidaan nähdä kasvua 1, 2i, 2ii ja 3 aikana, minkä jälkeen opetussuunnitelmassa 4 voidaan nähdä taas pientä laskua.

Kuvien tarkoitusta, voidaan tarkastella myös oppimisen tukemisen kannalta. Kuvasta 14 nähdään, että täydentäviä kuvia on enemmän kuin selittäviä kuvia ja selittäviä kuvia enemmän kuin esittäviä kuvia jokaisessa opetussuunnitelmassa. Soveltavat ja somistavat kuvat eivät kuitenkaan noudata hyvää mahdollista trendiä kaikkien opetussuunnitelmien kohdalla. Soveltavia kuvia on vähemmän kuin esittäviä kuvia opetussuunnitelmissa 2i ja 2ii sekä vain hieman enemmän 1 opetussuunnitelmassa. 3 ja 4 opetussuunnitelmissa soveltavia kuvia on selkeästi enemmän kuin esittäviä kuvia, ja jopa enemmän kuin selittäviä kuvia. Somistavia kuvia on sen sijaan kaikissa opetussuunnitelmissa paitsi 1 opetussuunnitelmassa enemmän kuin selittäviä kuvia.

Kaikissa oppikirjoissa yli 90 prosenttia kaikista oppikirjan kuvista oli makromaailman ilmiön kuvia, joten makromaailman kuvien määrä noudattaa samaa trendiä kuin kaikkien kuvien lukumäärä kuvassa 12. Niinpä tärkeämpää analyysin kannalta on tarkastella, miten mikromaailman kuvien määrä muuttuu opetussuunnitelmitain ja tämä on esitetty kuvassa 15. Tulokset on analysoitu samalla tavalla kuin kuvien lukumääriä edellä. Kuvasta nähdään, että mikromaailman kuvien määrä on



Kuva 15: Mikromaailman luokittelun tulokset

kasvanut tasaisesti 2000-luvulla opetussuunnitelmaan 3 asti, mutta opetussuunnitelman 4 oppikirjoissa mikromaailman kuvien osuus on laskenut opetussuunnitelmaan 3 ja 2ii nähden.

Valituissa oppikirjoissa oli mukana kolme oppikirjasarjaa: Fysiikka, Fotoni ja Physica. Tutkimuksessa analysoitiin myös kukin kirjasarja erikseen, mutta näiden oppikirjasarjojen osalta analyysin tulokset olivat pääpiirteittäin samat kuin yllä olevat yleisen analyysin tulokset.

5 Pohdinta

Oppikirjojen kuvien lukumäärä on kasvanut 2000-luvulla. Pientä laskua on tapahtunut vasta nyt uusimmissa vuoden 2019 opetussuunnitelman oppikirjoissa. Kuvien ylenpalttinen määrä ei kuitenkaan ole aina hyvä asia, sillä ne eivät aina tue oppimista. Kuvat saattavat häiritä oppimista, jos ne on laitettu kirjaan pelkästään oppikirjan kuvittamisen vuoksi [17, 18]. Tämä saattaa jopa vaikeuttaa kuvien tulkintaa, sillä jos kuvia on liikaa, on opiskelijan vaikea tunnistaa kuvista olennainen informaatio, mikä on uuden asian oppimisen kannalta tärkeää [14]. Kuvien määrää oppikirjoissa on myös tutkittu muissakin tutkielmissa ja tämän tutkielman tulokset ovat samankaltaisia kuin Peltoniemen ja Kauton tutkielmassa eli kuvien määrät ovat kasvaneet ajan kuluessa [23].

Hyvänä asiana kuvien määrien kasvussa on, että on monenlaisia kuvia, jotka auttavat opiskelijaa ymmärtämään asian. Jos yksi kuva ei auta asian ymmärtämisessä niin jokin toinen kuva voi avata asian paremmin. Tämä on kuitenkin yksilöllistä, joten on tärkeä, että oppikirjoissa on erilaisia ja erityyppisiä kuvia [19]. Tämän lisäksi kuvan ja tekstin avulla voi ymmärtää opitun asian paremmin kuin pelkän tekstin avulla ja erityisesti siinä tapauksessa, jos lukeminen on aina ollut hankalaa esimerkiksi lukihäiriöiselle. Kuvat auttavat myös asioiden muistamisessa. Näissä tutkituissa oppikirjoissa teksti ja kuvat ovat selkeästi vuorovaikutuksessa keskenään. Tämä tukee hyviä oppimistuloksia Mayerin teorian mukaan [20]. Erityisesti soveltavat, esittävät ja selittävät kuvat ovat selkeästi yhteydessä kirjan päätekstiin, joten näillä kuvilla on eniten Mayerin teorian mukaan merkitystä oppimistuloksiin. Kuvien ja tekstin yhdistelmä onkin usein paras hyvien oppimistuloksien näkökulmasta.

Konventionaalisten kuvien ja hybridikuvien määrä on pysynyt vakiona. Tämä on tärkeää, sillä erityisesti konventionaaliset kuvat antavat lisäinformaatiota ja ne esittävät informaation eri tavalla kuin tekstissä. Niillä pystyy esittämään asioiden yhteyksiä toisiin, esittämään paljon dataa säästämällä tilaa sekä ne vahvistavat tieteen

ontologista vakautta maailman prosesseissa ja helpottavat isojen kokonaisuuksien ymmärtämistä [4]. Esimerkiksi tehtäväosuuksissa konventionaalisten kuvien määrä oli todella korkea, sillä ne antavat tehtävän ratkaisun kannalta tärkeää informaatiota. Hybridikuvat sen sijaan olivat yleensä tekstin ohella ja ne selittivät yleensä tekstiä kuvan muodossa ja lisäsivät informaatiota, joka ei ole silmillä havaittavissa. Realistisia kuvia oli kirjojen kaikissa osioissa: kansikuvina, tekstiosuuksissa sekä tehtäväosuuksissa. Realististen kuvien määrä oppikirjoissa on selkeästi kasvanut koko 2000-luvun ajan. Näiden kuvien lisääntymisellä voi olla sekä hyviä että huonoja seurauksia. Hyvä seuraus on muun muassa motivaation lisääntyminen. Opiskelijan motivaatio kirjan lukemiseen nousee, jos kirjassa on paljon kauniita realistisia kuvia, jolloin kirja on esteettisempi. Sen sijaan realististen kuvien kasvava määrä saattaa hankaloittaa oppijan ymmärtämistä siitä, mitkä kuvat ovat oikeasti tärkeitä oppimisen kannalta, kun tärkeimmät kuvat katoavat esteettisten kuvien joukkoon. Aina ei ole selvää, miten piirros tai valokuva edes liittyy asiaan. Realistiset kuvat saattavat jopa hämmentää ja aiheuttaa väärinymmärryksiä, jos kuvan yhdistäminen tekstiin on vaikeaa. Tulos on sama kuin mitä aikaisemmin on havaittu tutkimuksissa eri maissa sekä Suomessakin eli realististen kuvien määrä on yleisesti oppikirjoissa suurin [4, 21, 25].

Esittävien, selittävien sekä täydentävien kuvien määrä on pysynyt vakiona. Näiden kuva tyyppien määrä pysyminen samana viittaa siihen, että kirjoissa on yhä paljon tietoon liittyviä kuvia kuin ennen, mitkä voivat tehostaa oppimistuloksia. Kuitenkin jo realististen kuvien määrästä huomattiin, että piirroksien ja valokuvien määrä on ollut kasvussa. Tämä selittyy soveltavien ja somistavien kuvien lisääntymisellä, sillä suurin osa soveltavista ja somistavista kuvista on realistisia kuvia. Nämä tukevat usein heikosti oppimista. Ne tarvitsevat asian selittämisen tekstissä, jotta niitä voi ymmärtää, ja somistavissa kuvissa tätä yhteyttä ei välttämättä edes ollenkaan ole. Näiden havaintojen perusteella, kaikki nämä oppikirjat ovat siis liki-

main yhtä hyviä oppimisen tukemisen näkökulmasta. Somistavia ja soveltavia kuvia käytetään oppikirjoissa täyttämään tyhjää tilaa, tuomaan lisää värejä kirjaan, sekä liittämään todellisen elämän ilmiöitä ja sovelluksia lähemmäs kirjan teoriaa. Niillä on siis tärkeä funktio, mikäli oppilas pystyy ymmärtämään niiden tarkoituksen. Esimerkiksi monella fysiikan ilmiöllä on lukuisia eri sovelluksia ja käyttökohteita, joita on helpompi havainnollistaa kuvan avulla kuin tekstissä selitettynä. Toki, jos kuvan kontekstia on tarkemmin selitetty myös päätekstissä, aukeaa myös sovelluksen käyttötarkoitus lukijalle paremmin.

Aiemmin tehdyn Kurjen tutkielman tulokset ovat melko samanlaiset kuin mitä tässä analyysissä todettiin. Kyseisessä tutkielmassa aiheena oli tutkia liikkeen ja voiman kuvitusta niitä käsiteltävissä kappaleissa. Samankaltaisia tuloksia saatiin muun muassa tyyppiluokittelusta. Kurjen mukaan lähes 50 % oppikirjan kuvituksesta on realistisia kuvia. Tässä tutkimuksessa niitä on noin 48 % kaikista kuvista, mikä on käytännössä sama kuin Kurjen tulos. Eroja kuitenkin löytyy tarkoituksen mukaisessa luokittelussa. Lukion liikettä ja voimaa käsiteltävissä kappaleissa ei ollut paljon somistavia kuvia, kun taas suurin osa lämpöopin kuvista oli somistavia. Sen sijaan esittävien kuvien määrä oli suurin liikkeen ja voiman kappaleiden kuvituksessa, mikä ei toteutunut lämpöopin kohdalla. Liikkeen ja voiman kuvituksissa käytetään tarkoitukseltaan hyvin erilaisia kuvia verrattuna lämpöoppiin. Lukion oppikirjojen kappaleissa, jotka käsittelevät liikettä ja voimaa painotetaankin vielä enemmän kuvia, jotka auttavat lukijaa oppimaan, ja vähemmän kirjojen ulkonäköä parantavia tai sovelluksia kuvaavia kuvia. [25]

Suurin osa oppikirjojen kuvista on makromaailman kuvia, mikä on ymmärrettävää. Kirjantekijöiden on helpompi kuvata makrotason ilmiöitä kuin mikromaailman ilmiöitä sekä liittää ja yhdistää makromaailman ilmiöt kirjoissa käsiteltäviin aiheisiin. On hyvin tärkeää, että mikromaailman kuvia on oppikirjoissa, jotta opiskelijoille ei synny virhekäsityksiä mikromaailman ilmiöistä [21]. Tästä syystä on hy-

vä, että oppikirjoissa mikrotason kuvien määrät ovat kasvaneet 2000-luvulla sekä eri opetussuunnitelmissa. Tällöin opiskelijat pystyvät oppimaan ilmiöt paremmin ja kokonaisvaltaisemmin. Oppikirjojen maailmassa ollaan siirtymässä painettujen kirjojen sijasta digikirjoihin, jotka mahdollistavat mikromaailman ilmiöiden esittämiseen myös simulaatioiden avulla. Uusimmissa kirjoissa olikin viitteitä juuri tämän kaltaisiin simulaatioihin, joita voisi käyttää digioppimateriaalista ja syventää ymmärrystä mikromaailman ilmiöistä. Tämä on hyvä siksi, että simulaatioissa voidaan nähdä hiukkasten liikettä. Mikromaailman ilmiöissä hiukkaset ovat koko ajan jonkinlaisessa liikkeessä, mikä ei välity staattisen kuvan kautta vaan paremmin dynaamisesta simulaatiosta.

Uudenkaltaisten digioppikirjojen myötä tulee uusia mahdollisuuksia multimediaoppimiselle, jolloin kirjoihin voidaan ottaa myös dynaamisia animaatioita sekä videoita mukaan opetusvälineeksi. Jo nyt on olemassa digitaalista lisämateriaalia eri oppikirjoihin. Digikirjoissa dynaamiset esittämismuodot on upotettu oppikirjan tekstiin, joten ne on helppokäyttöisiä. Erityisesti tämä on merkittävää mikromaailman ilmiöiden selittämisen parantamista, minkä takia mikromaailman representatiot todennäköisesti jatkossa painottuvat videoihin ja simulaatioihin. Jatkossa voisi tutkia, onko tällä merkitystä opiskelijoiden oppimistuloksiin.

Oppikirjasarjojen kohdalla kuvitus on noudattanut samoja trendejä kuin yleiset päälinjat oppikirjojen kuvissa. Tämä on hyvä, sillä tämä tarkoittaa, että eri oppikirja sarjat ovat yhtä hyviä ainakin kuvallisen materiaalin osalta. Toki on huomioitava, että tässä tutkimuksessa oli vain kolme oppikirjasarjaa mukana, joten väitettä ei voi yleistää muihin sarjoihin. On kuitenkin opettajan tehtävä tarkastella eri oppikirjasarjojen oppikirjoja ja valita itsellensä niistä paras omaan opetuksensa käyttöön.

On tutkittu, että oppijat eivät osaa analysoida kuvia lukiessaan oppikirjoja [18, 32]. Syy tähän voi olla, että oppijat ovat yleensä noviiseja kuvien lukijoita ja he eivät ymmärrä tai tunnista kuvien olennaisia asioita kuten asiantuntijat, jotka osaa-

vat tämän taidon. Kuvanlukutaitoa tulee harjoitella, jos haluaa oppia kuvista olennaisia asioita [18, 32]. Tämä ei tarkoita pelkästään kuvan katsomista vaan sen tarkempaa analysointia. Yleensä vanhemmat opiskelijat eli lukiolaiset osaavat tämän jo kohtuullisen hyvin verrattuna yläkoululaisiin. Tämä on kuitenkin opiskelijakohtaista ja riippuu paljon opettajasta. Jos opettajan kanssa ei yhteisesti tätä harjoitella, tämä taito ei kehity, vaikka oppikirja antaisi kaikki mahdollisuudet oppimistulosten paranemiseen kuvien osalta. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset viittaavat siihen, että lukiolaisten oletetaan jo osaavan lukea kuvia. Konventionaalisten kuvien määrä on melko korkea, koska kirjojen tekijät olettavat, että lukiolainen osaa tulkita esimerkiksi kuvaajia jo melko hyvin. Uusin lukion opetussuunnitelma myös fysiikan osalta ohjaa opettajaa kehittämään opiskelijoiden monilukutaitoa, mikä tulee todennäköisesti parantamaan myös opiskelijoiden kuvanlukutaitoakin tulevaisuudessa [9].

Opettajalla on suuri etu työelämässä, jos hän osaa arvioida kriittisesti tarjolla olevia oppikirjoja ja valita kirjan, joka sopii parhaiten omaan opetukseen. Tästä syystä uskon, että tästä tutkimuksesta tulee olemaan itselleni tulevaisuudessa paljon hyötyä. Toki kuvien lisäksi oppikirjoista voi myös tutkia oppikirjan tekstiä, tehtäviä ja kokeellisuutta, mikä on tärkeää erityisesti luonnontieteissä, ja tulee ottaa huomioon oppikirjaa valittaessa.

Viitteet

- [1] J.-P. Heinonen, Opetussuunnitelmat vaj oppimateriaalit : Peruskoulun opettajien käsityksiä opetussuunnitelmien ja oppimateriaalien merkityksestä opetuksessa, Helsingin yliopisto, Soveltavan kasvatustieteen laitos, 2005.
- [2] R. N. Carney ja J. R. Levin, *Educational psychology review* **14**, 5 (2002).
- [3] M. S. Khine, kirjassa *Critical analysis of science textbooks : evaluating instructional effectiveness*, toimittanut M. S. Khine (Springer, 2013).
- [4] K. Dimopoulos, V. Koulaidis ja S. Sklaveniti, *Research in science education (Australasian Science Education Research Association)* **33**, 189 (2003).
- [5] A. H. Johnstone, *Journal of computer assisted learning* **7**, 75 (1991).
- [6] I. Müller, *A history of thermodynamics: The doctrine of energy and entropy* (Springer Berlin Heidelberg, 2007), pp. 1–7.
- [7] R. A. F. H. D. Young, *University Physics with Modern Physics, 14th edition, Global Edition* (Pearson Education Limited, 2016), pp. 569–571.
- [8] D. V. Schroeder, *An introduction to thermal physics* (Addison-Wesley Longman, 2000).
- [9] Opetushallitus, Lukion opetussuunnitelman perusteet, 2019.
- [10] Opetushallitus, Lukion opetussuunnitelman perusteet, 2003.
- [11] Opetushallitus, Lukion opetussuunnitelman perusteet, 1994.
- [12] Opetushallitus, Lukion opetussuunnitelman perusteet, 2015.
- [13] A. Lappalainen, *Oppikirjan historia : kehitys sumerilaisista suomalaisiin* (WSOY, 1992).
- [14] J. Väisänen, *Murros oppikirjojen teksteissä vai niiden taustalla? : 1960- ja 1990-luvun historian oppikirjat kriittisen diskurssianalyysin silmin*, 2005.
- [15] P. Perkkilä, *Opettajien matematiikkauskomukset ja matematiikan oppikirjan merkitys alkuopetuksessa*, 2002.
- [16] S. Weber, *Handbook of the Arts in Qualitative Research: Perspectives, Methodologies, Examples, and Issues* **42** (2012).
- [17] R. Mayer, *Illustrations that instruction* **4**, 253 (1993).
- [18] M. Cook, *The electronic journal of science education* **12**, 14, 297 KB (2008).
- [19] M. Mäkiranta, M. Laitinen, K. Uljas-Rautio ja J. Hurtig, *Ajattele itse! : tutkimuksellisen lukutaidon perusteet* **97** (2010).

- [20] R. E. Mayer ja P. A. Alexander, Handbook of research on learning and instruction, 2011.
- [21] I. Devetak, J. Vogrinc ja S. A. Glazar, International journal of environmental and science education **5**, 217 (2010).
- [22] R. E. Mayer, kirjassa *The Cambridge handbook of multimedia learning*, toimittanut R. E. Mayer (Cambridge University Press, 2005).
- [23] A. Peltoniemi ja J. Kautto, SELVÄÄ KÄRPÄNNAHKAA - Oppikirjan kuvituksen muutos ja käyttö opetuksessa, Tampereen yliopisto, Kasvatustieteiden laitos, 2006.
- [24] T. Koskinen, Sukupuoliroolit fysiikan oppikirjojen kuvituksessa, Turun yliopisto, Fysiikan ja tähtitieteen laitos, 2019.
- [25] P. Kurki, Liikkeen ja voiman kuvitus yläkoulun ja lukion fysiikan oppikirjoissa, Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos, 2014.
- [26] O. Porvari, "Oppikirja on opettajan lapio- Tutkielma peruskoulun alaluokkien 1-6 matematiikan oppikirjojen yksinkertaisimmista monikulmioista, Tampereen yliopisto, Kasvatustieteiden tiedekunta, 2007.
- [27] H. Honkanen, Visuaalisen materiaalin tehtävät osaamisen tukemisessa ja arvioinnissa Tarkastelussa lukion oppikirjat ja ylioppilaskokeet - Helsingin yliopisto, Kasvatustieteellinen tiedekunta, 2020.
- [28] H. Lehto ja T. Luoma, *Fysiikka 3, Lämpö ja energia, Mekaniikka*, 5-8 ed. (Tammi, 1995).
- [29] J. Andersin, P. Frondelius, J. Latva-Teikari ja H. Lehto, *Lukion fysiikka, FY3, Energia ja lämpö*, 1 ed. (Sanoma Pro Oy, 2021).
- [30] M. Kiuru, J. Kohtamäki, M. Korhonen, P. Laukkanen, E. Nurmi ja K. Vähä-Heikkilä, *Vipu 3 (LOPS21), FY3 Energia ja lämpö*, 1 ed. (Otava, 2021).
- [31] H. Lehto, J. Maalampi, R. Havukainen ja J. Leskinen, *FY2, Lämpö*, 12-17 ed. (Sanoma Pro Oy, 2018).
- [32] H. Eshach ja J. L. Schwartz, Journal of science education and technology **11**, 333 (2002).

Liite A Tarkempia analyysin tuloksia

Taulukko A1: Oppikirjojen informaatiota

Tunnus	Kirjat:	Kustantaja	Vuosi	Kuvia	Sivut	Kuvia per sivu
A	Fysiikka 3 Lämpö ja energia mekaniikka	Tammi	2000	163	123	1,33
B	Fotoni 2 Lämpö ja energia	Otava	2000	220	262	0,84
C	Fysiikka 2-3 Lämpö aallot	Tammi	2005	251	154	1,63
D	Fotoni 2 Lämpö (FY2)	Otava	2005	300	170	1,76
E	Physica 2 Lämpö	WSOY	2005	343	187	1,83
F	Fysiikka 2 Lämpö	Tammi	2009	294	168	1,75
G	Empiria 2 Lämpö	Otava	2010	339	166	2,04
H	Physica 2 Lämpö	Sanoma Pro	2013	303	147	2,06
I	Fysiikka, FY2 Lämpö	Sanoma Pro	2018	375	157	2,39
J	Lukion fysiikka FY3 Energia ja lämpö	Sanoma Pro	2021	415	192	2,16
K	Kvarkki 3, FY3 Energia ja lämpö	Edita	2021	360	238	1,51
L	Vipu 3, FY3 Energia ja lämpö	Otava	2021	285	210	1,36
Yhteensä:				3648	2174	

Taulukko A2: Analyysin tulokset oppikirjoittain

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Yhteensä
Tyypiluokittelu													
Realistiset kuvat	78	97	120	82	134	168	170	76	258	246	215	128	1772
Konventionaaliset kuvat	37	91	94	138	107	100	120	121	94	115	106	85	1208
Hybridikuvat	45	33	39	70	112	36	51	103	24	54	39	73	679
Tarkoituksen mukaan													
Somistavat kuvat	23	46	77	39	84	108	89	36	155	127	87	73	944
Soveltavat kuvat	33	36	28	38	35	37	48	31	71	66	63	53	539
Esittävät kuvat	31	29	20	48	64	42	53	61	33	50	41	44	516
Selittävät kuvat	29	41	43	61	78	39	67	57	39	67	54	45	620
Täydentävät kuvat	48	67	85	104	91	79	84	118	81	105	114	73	1049
Mikro ja makromaailma													
Mikromaailma	4	3	6	7	19	10	29	16	23	19	10	14	160
Makromaailma	159	217	245	293	324	284	310	287	352	396	350	271	3488

Taulukko A3: Makromaailman kuvien määrät kaikista kuvista

Tunnus	Kuvia	Makromaailman kuvia [%]
A	163	97,5
B	220	98,6
C	251	97,6
D	300	97,7
E	343	94,5
F	294	96,6
G	339	91,4
H	303	94,7
I	375	93,9
J	415	95,4
K	360	97,2
L	285	95,1
Yhteensä	3648	95,6

Taulukko A4: Tyypiluokittelun prosentuaaliset määrät

Kirjan tunnus	Realistisia kuvia [%]	Konventionaalisia kuvia [%]	Hybridikuvia [%]
A	47,9	22,7	27,6
B	44,1	41,4	41,4
C	47,8	37,5	15,5
D	27,3	46,0	23,3
E	39,1	31,2	32,7
F	57,1	57,8	12,2
G	50,1	35,4	15,0
H	25,1	39,9	34,0
I	68,8	25,1	6,4
J	59,3	27,7	13,0
K	59,7	29,4	10,8
L	44,9	29,8	25,6
Yhteensä	48,6	33,1	18,6

Fysiikka-sarjan tuloksia:

Taulukko A5: Fysiikka-sarjan tulokset kuva-analyysissä

	A	C	F	I	J
Tyypiluokittelu					
Realistiset kuvat	78	120	168	258	246
Konventionaaliset kuvat	37	94	100	94	115
Hybridikuvat	45	39	36	24	54
Tarkoituksen mukaan					
affektiivinen	19	48	90	85	88
attentionaalinen	28	48	53	149	107
kognitiivinen	58	89	79	73	104
komparatiivinen	58	68	83	71	116
Tarkoituksen mukaan					
Somistavat kuvat	23	77	108	155	127
Soveltavat kuvat	33	28	37	71	66
Esittävät kuvat	31	20	42	33	50
Selittävät kuvat	29	43	39	39	67
täydentävät kuvat	48	85	79	81	105
Mikro ja makromaailma					
mikromaailma	4	6	10	23	19
makromaailma	159	245	284	352	396
Yhteenässä kuvia:	160	253	304	376	415

Fotoni-sarjan tuloksia:

Taulukko A6: Fotoni-sarjan tulokset kuva-analyysissä

	B	D
Tyypiluokittelu		
Realistiset kuvat	97	82
Konventionaaliset kuvat	91	138
Hybridikuvat	33	70
Tarkoituksen mukaan		
Somistavat kuvat	46	39
Soveltavat kuvat	36	38
Esittävät kuvat	29	48
Selittävät kuvat	41	61
Täydentävät kuvat	67	104
Mikro ja makromaailma		
Mikromaailma	3	7
Makromaailma	217	293
Yhteensä kuvia:	221	290

Physica-sarjan tuloksia:

Taulukko A7: Physica-sarjan tulokset kuva-analyysissä

	E	H
Tyypiluokittelu		
Realistiset kuvat	134	76
Konventionaaliset kuvat	107	121
Hybridikuvat	112	103
Tarkoituksen mukaan		
Somistavat kuvat	84	36
Soveltavat kuvat	35	31
Esittävät kuvat	64	61
Selittävät kuvat	78	57
Täydentävät kuvat	91	118
Mikro ja makromaailma		
Mikromaailma	19	16
Makromaailma	324	287
Kuvia yhteensä:	353	300