

Digitaaliset opetusmenetelmät biologian opetuksessa ja oppimisessa

EIJA YLI-PANULA, EILA JERONEN, JASMIN INKINEN JA SAMUEL SOHLMAN

eija.yli-panula@utu.fi

Turun yliopisto, Opettajankoulutuslaitos

Tiivistelmä

Digitaaliset opetusmenetelmät on otettu käyttöön lyhyessä ajassa, vaikka niiden soveltuvuutta biologian opetukseen ja oppimiseen on tutkittu vähän. Kirjallisuuskatsauksen pohjalta selvitetään: a) Mitä digitaalisia opetusmenetelmiä tarkastelluissa artikkeleissa biologian opetuksessa käytetään? b) Mitä biologisia aiheita niiden avulla opiskellaan? c) Mitä tukea ja hyötyä digitaalisista opetusmenetelmistä on biologian oppimiselle? d) Mitä tiedon ja ajattelun tasoja biologian oppimista tukevat menetelmät kehittävät? Kansainvälisissä sarjoissa 2000-luvulla julkaistut 10 biologian oppimista painottavaa artikkelia tutkittiin sisältöanalyysillä. Eniten käytettyjä digitaalisia opetusmenetelmiä olivat virtuaalinen kenttäretki, laboratorio ja oppimishjelma. Aiheet vaihtelivat lajintunnistuksesta biologisiin ilmiöihin. Oppimista tukivat vuorovaikutteisuus, liikuteltavuus ja turvallisuus. Digitaaliset opetusmenetelmät kehittivät oppijoiden yksilöllistä tiedon hallintaa ja ajattelua etenkin asiatietojen ja käsitteiden osalta. Tulokset puoltavat digitaalisten opetusmenetelmien sisällyttämistä biologian opetussuunnitelmiin ja opetukseen.

Avainsanat

Biologia, digitaaliset opetusmenetelmät, tiedon tasot, ajattelun tasot

Johdanto

Julkisessa keskustelussa ja koulutuspolitiikassa suomalaisen koulun tulevaisuuden opetukseen ja oppijoiden yhteiskunnassa pärjäämiseen liitetään toistuvasti digitalisaatio. Digitalisaatioon liittyen perus- ja toisen asteen koulutuksen opetussuunnitelmiin on sisällytetty informaatioyhteiskunnan edellyttämiä tietoja ja taitoja koskevia tavoitteita ja sisältöjä sekä kehitetty opetukseen, harjoitteluun ja tutkimukseen soveltuvia digitaalisia oppimisresursseja (Atjonen & Li 2006; Ministry of Education 2005) kuten digitaalisia opetusmenetelmiä. Digitaalisilla opetusmenetelmillä tarkoitetaan tieto- ja viestintäteknologiaa (TVT) hyödyntäviä, oppimista tukevia sähköisiä työtapoja (Kumpulainen & Mikkola 2015).

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet ja Lukion opetussuunnitelman perusteet edellyttävät TVT:n käyttöä kaikkien oppiaineiden opetuksessa (Opetushallitus 2014, 2015). Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet digitaalisten opetusmenetelmien käytön olevan haasteellista (Meisalo, Sutinen & Tarhio 2003) joskin yleistyvää (Säljö 2010).

Tässä kirjallisuuskatsauksessa artikkelihauulla ja artikkelien sisältöanalyysillä kartoitetaan biologian opetuksessa käytettyjä digitaalisia opetusmenetelmiä ja selvitetään niiden tuomaa tukea yksilön tiedon- ja ajattelutaitojen kehittymiselle. Tutkimuksellamme on merkitystä biologian opetuksen kehittämiseksi, sillä biologisten tietojen, oppimismotivaation ja erityisesti lajintunnistustaitojen on todettu heikentyneen 2000-luvulla (Jacquemart, Lhoir, Binard & Descamps 2016) eikä asiaa ole käyttämästämme näkökulmasta biologian opetuksen osalta aikaisemmin tutkittu.

Teorettinen viitekehys

Digitaaliset opetusmenetelmät ja välineet ja niiden merkitys oppimisessa

TVT:n opetuskäytöllä tarkoitetaan tieto- ja viestintäteknisten laitteiden, verkko-yhteyksien ja ohjelmistojen hyödyntämistä opetuksen ja opiskelun suunnittelussa, toteutuksessa ja arvioinnissa opetukselle ja oppimiselle asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi (Loeding 2002, 231). Fauvillen, Lanz-Anderssonin ja Säljön (2013) mukaan TVT lisää kommunikaatiota opettajan ja oppijan välillä,

parantaa oppijan motivaatiota, laajentaa mahdollisuuksia pedagogisiin resursseihin sekä aktivoi oppijoita tiedon etsintään. Se myös syventää periaatteiden ja käsitteiden ymmärrystä sekä vähentää opettajariippuvuutta.

TVT:a käyttävien opetusmenetelmien on todettu tukevan oppimista. Tietokonesimulaatiot tukivat yliopisto-opiskelijoiden biologisten aineistojen käsittelyä ja tulkintaa (Gibbons, Evans, Payne, Shah & Griffin 2004) sekä fysiikan tietojen oppimista (Martinez, Naranjo, Perez, Suero & Pardo 2011). Mobiili-informaatioteknologia taas helpotti informaaleissa, päivittäisissä tilanteissa tapahtuvaa oppimista (Kukulska-Hulme, Sharples, Milrad, Ardenilla-Sanchez & Vavoula 2009).

Traxlerin (2007) mukaan mobiililaitteet lisäävät oppijakeskeistä oppimista mahdollistamalla uusien opetusmenetelmien käytön ja uudenlaisen ohjeistuksen. Mobiililaitteilla tietokonevälitteistä oppimista voidaan linkittää suoraan ympäristökokemuksiin (Ruchter, Klar & Geiger 2010) sekä tukea yhteisöllistä oppimista (Rogers, Connelly, Hazlewood & Tedesco 2010). Niiden avulla ulkona oppimisen ja kenttätutkimuksen kokemukset sekä paikkaoppiminen muuttuvat (Veletsianos ym. 2015) aikaisempaa persoonallisemmiksi, yhteisöllisemmiksi ja informaalisemmiksi oppijoiden omissa fyysisissä ja virtuaalisissa ympäristöissä (Caballé, Xhafa & Barolli 2010). Kärjen ym. (2018) mukaan mobiilisovelluksella (ActionTrack) voidaan tuottaa merkityksellisiä ja mielekkäitä, myönteisiä arvoja sisältäviä oppimiskokemuksia, kun oppiminen suunnitellaan yhteisölliseksi, aktiiviseksi ja kontekstuaaliseksi. Martinez ym. (2011) puolestaan toteavat virtuaalilaboratorioiden simulaatioiden olevan hyödyllisiä vain, jos ne ovat todellisia ja pohjaavat reaali maailman kokeisiin.

Biologia oppiaineena ja digitaaliset menetelmät

Koulussa biologia kuuluu luonnontieteellisiin oppiaineisiin. Keskeistä luonnontieteellisten oppiaineiden opettamisessa on yhteistoiminnallisen oppimisen tukeminen, oppijoiden rohkaiseminen osallistumaan aktiivisesti opetukseen ja soveltamaan uusia käsitteitä ja taitoja erilaisissa konteksteissa sekä rohkaiseminen jatkuvaan itsensä arviointiin ja tutkimuksellisuuteen (Cimer 2006).

Biologisen tiedon ja oppiaineelle tyypillisen ajattelun oppiminen vaatii eritasoisten käsitteiden, prosessien, ilmiöiden ja (hierarkkisten) rakenteiden kuten solu- ja geenitason tai taksonomian ymmärtämistä sekä ongelmanratkaisukykyä. Biologisille asioille ja ilmiöille tyypillinen ongelmanratkaisu perustuu merkitykselliseen ja käsitteelliseen oppiaineen keskeisten asioiden ymmärtämiseen (Sigler & Saam 2007). Tätä voidaan tukea asioiden ja ilmiöiden vahvalla havain-

nollistamisella, aktiivisella tiedon rakentelulla ja riittävällä tiedon saannilla mieluiten autenttiossa ympäristössä (esimerkiksi kalalajien biodiversiteetin opiskelu yhdistettynä kalojen omaan elinympäristöön).

Teknologian avulla opettajat voivat tukea oppijoiden tiedon ja taidon eri yhteyksiin soveltamista yhdistelemällä eri mediatyyppejä biologisten ilmiöiden havainnollistamiseksi, selittämiseksi ja tutkimiseksi. Tietokone- ja internetpohjainen oppiminen tarjoaa mahdollisuuksia ei-interaktiivisiin interaktiivisiin (vuorovaikutteisiin) oppijakeskeisiin oppimiskokemuksiin (Peat & Fernandez 2000). Simulaatioiden ja mallintamistyökalujen avulla oppijat voivat tutkia luokkahuoneen ulkopuolisia ilmiöitä (Kumpulainen & Mikkola 2015, 25) kuten biodiversiteettiä tai vuodenaikoja. Vuorovaikutteisten työkalujen esimerkiksi vuorovaikutteisten käsittekarttojen, tietoesitysten ja aikajanojen avulla oppijat voivat muodostaa visuaalisia yhteyksiä jo opitun tiedon ja uusien ajatusten välille (Coutinho & Bottentuit 2008). Digitaalisilla sisällön tuotantotyökaluilla he voivat luoda sosiaalisia ja emotionaalisia yhteyksiä opettajien, vertaisten, yhteisön ja muun maailman kanssa (Kumpulainen & Mikkola 2015, 28). Yhteistyöhön perustuvaa oppimista voidaan tehostaa myös sosiaalisen median sisällöillä kuten blogeilla, podcasteilla, YouTube-videoilla tai virtuaalisilla esityksillä (Jenkins 2009).

Opetussuunnitelmien biologian TVT-opetus ja -oppiminen

Suomalaiset valtakunnalliset perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmat ovat linjassa Cimerin (2006) tutkimusten kanssa. Alakoulussa biologia on osa ympäristöoppia. Sitä opiskellaan monenlaisissa oppimisympäristöissä. Luonnon ja rakennetun ympäristön lisäksi oppilaat käyttävät tieto- ja viestintäteknologisia ympäristöjä tutkimalla esimerkiksi TVT:n vaikutusta arkeen. Käytännön taidot ja oma tuottaminen, vastuullinen ja turvallinen toiminta, tiedonhallinta sekä tutkiva ja luova työskentely sekä vuorovaikutus ja verkostoituminen muodostavat opiskelun ytimen. (Opetushallitus 2014, 131–239.)

Yläkoulussa syvennetään biologian oppimista alakoulun tavoitteiden ja sisältöjen pohjalta. TVT:a hyödynnetään monipuolisesti ohjaamalla oppilaita käyttämään biologialle tyypillisen maasto- ja laboratoriotyöskentelyn lisäksi sähköisiä oppimisympäristöjä biologisen tiedon hankintaan, käsittelyyn, tulkintaan ja esittämiseen (Opetushallitus 2014, 379–381).

Lukiossa biologian opetus tukee perusopetuksessa alkanutta opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun kehittymistä. Havainnointiin ja kokeellisuuteen perustuva tiedonhankinta, tutkimuksellisuus sekä aktivoivat ja vuorovaikutteiset

työ- ja toimintatavat painottuvat. Myös TVT:a käytetään monipuolisesti biologian opiskelussa (Opetushallitus 2015, 140.) Kaikkien vuosiluokkien opetussuunnitelmissa (Opetushallitus 2014, 2015) painotetaan yhteisöllistä oppimista yksilöllisen oppimisen rinnalla, joskin arviointi kuvataan paljolti yksilötasolla tapahtuvaksi.

Tutkimuskysymykset

Kirjallisuuskatsauksen artikkeleihin kohdentuviksi tutkimuskysymyksiksi muodostuivat:

1. Mitä digitaalisia opetusmenetelmiä tarkastelluissa artikkeleissa biologian opetuksessa käytetään?
2. Mitä biologisia aiheita niiden avulla opiskellaan?
3. Mitä tukea ja hyötyä digitaalisista opetusmenetelmistä on biologian oppimiselle?
4. Mitä tiedon ja ajattelun tasoja biologian oppimista tukevat digitaaliset opetusmenetelmät kehittävät?

Aineisto ja menetelmät

Aineisto hankittiin talvella 2016–2017. Artikkelihaku tehtiin aluksi netissä käyttäen hakukoneina Finnaa, Web of Sciencea, Scopusta ja Google Scholaria sekä AND ja OR hakuyhdistelmiä. Hakua täydennettiin manuaalisesti hyödyntämällä artikkelien lähdeluetteloja ja käymällä läpi systemaattisesti julkaisusarjat Journal of Biological Education ja Computers and Education. Hakusanat olivat seuraavat: digital learning / teaching, virtual learning / teaching, computer-based / mobile learning / teaching, ICT, biology ja science. Valintakriteereinä olivat 1) artikkelin julkaiseminen kansainvälisissä julkaisusarjoissa 2000-luvulla, 2) biologiaan painottunut aihe ja sen soveltuvuus eri-ikäisille ja 3) digitaalisen opetusmenetelmän tai oppimisympäristön tai molempien kuvaus. Kymmenestä eri julkaisusarjasta löytyi 25 artikkelia (ks. lähteet).

Tämän jälkeen Fauvillen ym. (2013) mittaripohjaa biologian sisältöihin soveltaen selvitettiin, mitä digitaalisia opetusmenetelmiä löydetyissä 25 artikkelissa

oli käytetty (tutkimuskysymys 1). Sen jälkeen näistä 25 artikkelista etsittiin perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmien biologian sisältöjä (Opetushallitus 2014, 2015) vastaavia artikkeleita, joissa oli kuvattu digitaalinen opetusmenetelmä sekä se, mitä menetelmällä testattiin, mitä menetelmällä haluttiin oppia ja mikä oli saavutettu tulos. Löydetyistä 10 artikkelista kaksi tutkijaa selvitti aluksi itsenäisesti, ja sitten yhdessä neuvotellen, mitä biologisia aiheita digitaalisten opetusmenetelmien avulla opiskellaan (tutkimuskysymys 2) ja miten käytetyt digitaaliset opetusmenetelmät tukevat ja hyödyttävät biologian oppimista (tutkimuskysymys 3). Selvitettäessä mitä tiedon ja ajattelun tasoja biologian oppimista tukevat digitaaliset opetusmenetelmät kehittävät (tutkimuskysymys 4) sisältö-analyyseissä sovellettiin Bloomin uudistettua taksonomiaa (Anderson ym. 2001; Krathwohl 2002) Akselaa, Tikkasta ja Kärnä (2012) mukailleen.

Bloomin uudistettuun taksonomiaan nojaavassa mittarissa biologian opetus rakentuu niin, että tiedon määrä ja oppijan kognitiivinen kuormitus kasvavat sopivasti luokka-asteelta toiselle siirryttäessä (Taulukko 1). Edelliset tiedon ja ajattelun tasot tukevat seuraavia tasoja. Esimerkiksi kun oppija muistaa, että koralliriutat koostuvat korallieläimestä ja yhteyttävästä levästä, hän osaa analysoida koralliriutan toimintaa ekosysteeminä ja kun oppijalla on käsitys biologisista tutkimusmenetelmistä, hän pystyy kriittisesti vertaisarvioimaan toisen oppijan tekemän tutkimuksen.

Taulukko 1. Bloomin uudistettu taksonomiataulukko sovellettuna biologian opetuksen (Akselaa ym. 2012 mukaillen)

Tiedon tasot		Ajattelun tasot	
Taso	Kriteeri	Taso	Kriteeri
Faktatieto	Biologinen terminologia, yksityiskohdat, peruselementit	Muistaa	Tunnistaa ja palauttaa mieleen biologisia aiheita
Käsitieto	Biologiset luokittelut, kategoriat, yleistyksset, teorit, mallit, rakenteet	Ymmärtää	Tulkitsee, vertailee, päättelee, luokittelee biologista tietoa, osaa antaa esimerkkejä
Menetelmätieto	Biologinen ongelmanratkaisu, tutkimusmenetelmät, tekniikat, metodit	Soveltaa	Biologisen menetelmän toteuttaminen ja käyttäminen
Metakognitiivinen tieto	Itsetuntemus, biologisen tiedon järjestäminen (yhteenveto, alleviivaukset, kaaviot)	Analysoi	Osaa löytää oleellisen tiedon biologisesta lähdemateriaalista
		Arvioi	Biologisen tiedon kriittinen tarkastelu, vertaisarviointi
		Luo	Biologisen tutkimuksen ja tieteellisen raportin suunnitteleminen ja toteuttaminen

Tulokset

Biologian opetuksessa käytetyt digitaaliset opetusmenetelmät

Kaikkiaan TVT:a ja biologian opetusmenetelmiä yhdistäviä kansainvälisiä artikkeleita löytyi 25. Niissä biologian opetuksessa kuvattuja digitaalisia opetusmenetelmiä (taulukko 2) olivat muun muassa virtuaalinen kenttäretki, laboratorio ja oppimisohjelma. Niiden avulla opiskeltiin esimerkiksi silmän rakennetta tai huumeiden vaikutusta aivoihin. Virtuaalista ympäristöä, interaktiivista internet-sivua, liikuteltavaa mobiilisivua, internetvideota ja virtuaalista oppimisohjelmaa käytettiin esimerkiksi lajintunnistuksessa. Viimeksi mainituilla havainnollistettiin myös uhanalaisia lajeja ja kolmiulotteisia rakenteita. Lisäksi hyödynnettiin

pelejä, animaatioita, simulaatioita, sähköistä valkotaulua, etäläsnäoloa (telepresence) ja tietokoneavusteista oppimista.

Taulukko 2. Digitaalisten opetusmenetelmien lukumäärä tutkimus-artikkeleissa 1 – 25, harmaalla yksityiskohtaiseen sisällönanalyysiin valitut 10

Digitaalinen menetelmä	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Virtuaalinen ympäristö, malli, laboratorio		x	x		x		x				x	x	x		x	x						x				
Interaktiivinen internetsivu										x	x						x	x	x						x	
Video	x			x	x																x					
Peli												x		x		x										
Animaatio							x					x									x					
Simulaatio																					x	x				
Mobiilisovellus lajintunnistukseen									x																x	
Sähköinen valkotaulu							x																			
Etäläsnäolo (telepresence)																									x	
Tietokoneavusteinen oppiminen (CAI)																										x

Oppimiseen oli yhdistetty myös todellista ympäristöä esimerkiksi mobiililaitteiden avulla ja online-tyyppisesti (kasvit ja niiden kasvupaikka). Lisäksi mobiililaitteisiin oli liitetty sopivia välineitä (kuten snorkkeli), jolloin kalalajien biodiversiteettiä koskeneet oppimistulokset paranivat. Opiskelu toteutettiin yksilö- tai ryhmätyöskentelynä. Tuotokset olivat pääasiassa yksilötuotoksia ja oppimistulokset mitattiin yksilöittäin.

Biologiset aiheet ja kohderyhmät

Tarkkaan sisältöanalyysiin valituissa 10 artikkelissa opiskeltavat biologiset aiheet vaihtelivat eläin- ja kasvibiologiasta (5, 8, 21, ks. lähteet), kasvien ja kalojen tunnistuksesta (1, 9, 10, 17) ja kalojen biodiversiteetistä (4) sekä endeemisten lajien suojelusta (15) aina vuodenaikoihin (20) asti. Kohderyhmät vaihtelivat alakoululaisista yliopisto-opiskelijoihin.

Digitaalisuuden tuoma tuki ja hyöty biologian oppimiselle

Digitaaliset opetusmenetelmät sekä kasvattivat motivaatiota että herättivät innostusta opittavaan asiaan (8, 9, 17, 20, 21). Oppimista tukivat sekä digitaalisten menetelmien mahdollistama yhdessä tekeminen ja oppiminen (4, 5, 8) että interaktiivisuus ohjelman kanssa (esimerkiksi ohjelma ei päästä eteenpäin tunnistamaan lajeja, ennen kuin taustateoria on opittu) (9, 17, 21). Digitaalinen oppimateriaali tuki tiedollista oppimista paperista enemmän (1, 9, 17, 21). Teknologian mobiiliutta eli liikuteltavuutta pidettiin hyötynä (4, 8, 17). Hyödyllisenä pidettiin myös mahdollisuutta esimerkiksi lajintunnistuksessa tallentaa paikkatieto (4) ja tarkastella hankittua materiaalia luokassa esimerkiksi kasvien kasvupaikkojen osalta (8, 17). Virtuaaliset laboratoriot ja ympäristöt tarjosivat oppijoille turvallisen tavan olla vuorovaikutuksessa opittavan asian kanssa (4, 8). Hyötynä mainittiin myös kustannustehokkuus (5, 9). Digitaalisten opetusmenetelmien haittoina pidettiin huonoja sovelluksia, heikkoja ohjeistuksia ja harjoittelun ongelmallisuutta. Ne eivät olleet tämän tutkimuksen varsinaisena kohteena, joten niitä ei käsitellä tarkemmin.

Digitaaliset opetusmenetelmät oppijoiden tiedon ja ajattelun kehittäjinä

Oppijoiden tiedon ja ajattelun tasoja analysoitiin mukailulla Bloomin uudistetulla taksonomialla (Anderson ym. 2001; Aksela ym. 2012; Krathwohl 2002). Tulosten mukaan digitaaliset opetusmenetelmät kehittävät oppijoiden yksilöllistä tiedon hallintaa ja ajattelun taitoa. Kaikissa 10 artikkelissa digitaaliset opetusmenetelmät vahvistivat oppijoiden asia- ja käsitetietoa (Taulukko 3). Esimerkiksi palapelien ja testien avulla opiskeltiin kasvien evoluutiota ja elinkiertoa. Virtuaalivideon, virtuaalisen laboratorion, interaktiivisen internetsivun sekä digitaalisen oppimisympäristön avulla opittiin menetelmätietoa. Esimerkiksi interaktiivinen internetsivu sisälsi dikotomisen avaimen kasvilajien tunnistukseen heimo-, laji- ja sukutasolla ja virtuaalivideon avulla harjoiteltiin kalalajien tunnistusta. Interaktiivisen internetsivun ja digitaalisen oppimisympäristön avulla opittiin myös metakognitiivista tietoa. Esimerkiksi digitaalisen oppimisympäristön (technology-enhanced learning environment, including contextualisation, sense making, exploration, modeling, application) avulla perehdyttiin vuodenaikojen syihin.

Taulukko 3. Oppijoiden tiedon ja ajattelun tasojen kehittymistä tukevat digitaaliset menetelmät 10 analysoidussa artikkelissa

	artikkelinumero	Tiedon tasot				Ajattelun tasot					
		Fakta	Käsite	Menetelmä	Metakognitiivinen	Muistaa	Ymmärtää	Soveltaa	Analysoi	Arvioi	Luo
digitaalinen opetusmenetelmä											
video	1.	x	x		x	x	x	x			
video	4.	x	x	x		x	x	x	x	x	x
virtuaalinen laboratorio	5.	x	x	x		x	x	x	x	x	x
mobiili lajitunnistussovellus	8.	x	x			x	x	x			
interaktiivinen internetsivu	9.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
interaktiivinen internetsivu	10.	x	x	x		x	x	x	x		
interaktiivinen internetsivu	17.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
digitaalinen oppimisympäristö	15.	x	x			x	x				
digitaalinen oppimisympäristö	20.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
virtuaalinen ympäristö	21.	x	x			x	x	x	x		

Alimpia ajattelutasoja, muistamista ja ymmärtämistä, tukivat kaikki 10 artikkelissa kuvatut digitaaliset opetusmenetelmät. Tätä ylempiä ajattelutasoja digitaaliset opetusmenetelmät tukivat käytetystä opetusmenetelmästä riippuen vaihtelevasti. Artikkelissa 20 käytetty digitaalinen opetusmenetelmä tuki soveltamista ja sitä ylempien ajattelutasojen kehittymistä, kun taas artikkelissa 15 käytetty digitaalinen oppimisympäristö ei niitä tukenut. Artikkelissa 4 käytetty video tuki luomistason ajattelua toisin kuin artikkelin 1 video. Luomistason ajattelua tukivat myös virtuaalinen laboratorio artikkelissa 5, interaktiivinen internetsivu artikkeleissa 9 ja 17 sekä digitaalinen oppimisympäristö artikkelissa 20. Oppijoiden yhdessä tapahtuvaa tiedon prosessointia, ajattelua ja ajattelun kehittymistä ja ryhmän työskentelyilmapiiriä ei artikkeleissa kuvattu.

Pohdinta

Tämän kirjallisuuskatsaustutkimuksen luotettavuutta varmistettiin tutkija-triangulaatiolla ja aineiston huolellisella tarkastelulla. Tutkimuksessa selvitettiin ensiksi, mitä digitaalisia opetusmenetelmiä biologian opetuksessa käytetään ja mitä aiheita käytettyjen opetusmenetelmien avulla opiskellaan. Eniten käytettyjä digitaalisia opetusmenetelmiä olivat virtuaalinen kenttäretki, laboratorio ja oppimishjelma. Yleisimmin digitaalisin opetusmenetelmin opiskeltiin lajin-

tunnistusta, elimistön rakennetta ja biodiversiteettiä. Digitaalisilla opetusmenetelmillä opetetut aiheet ja sisällöt ovat hyvin linjassa perusopetuksen (Opetushallitus 2014) ja lukion biologian opetussuunnitelman (Opetushallitus 2015) kanssa. Kaikki kuvatut digitaaliset opetusmenetelmät tukevat sekä perus- että lukio-opetukselle asetettujen tavoitteiden saavuttamista.

Toiseksi selvitettiin digitaalisten opetusmenetelmien soveltuvuutta biologisten tietojen ja taitojen oppimisen tukemiseen sekä sitä, millaisia hyötyjä digitaalisten opetusmenetelmien avulla biologian oppimisessa voidaan saavuttaa. Useat digitaaliset opetusmenetelmät lisäsivät oppijoiden motivaatiota biologian opiskelua kohtaan. Tulos tukee Thisgaardin ja Makranskyn (2017) tulosta, jonka mukaan virtuaalinen simulaatio motivoi oppilaita perinteisiä opetustapoja paremmin. Digitaaliset opetusmenetelmät tukivat sekä yksilöllistä että ryhmässä oppimista. Se näkyi yksilöiden motivaation ja toisinaan myös sisällön oppimisen lisääntymisenä. Paikkatiedon käyttäminen ja tallennetun aineiston myöhempi tarkastelu luokassa tukivat lajituntemuksen sekä ekosysteemin rakenteen ja toiminnan oppimista. Virtuaalisessa laboratorioissa työskentely tuki esimerkiksi elimistön rakenteen ja toiminnan oppimista. Myönteiset oppimistulokset pohjautuivat opiskelijoiden kokemaan turvallisuuden tunteeseen. Lisäksi niihin vaikuttivat digitaalisten opetusmenetelmien alhaisten kustannusten mahdollistamat monipuoliset työskentelytavat.

Digitaalinen teknologia tukee yksilöllisen oppimisen lisäksi yhteisöllistä oppimista (Kumpulainen & Mikkola 2015, 24–25). Tällöin opettajan rooli työhönsä korostuu sekä ryhmäkeskusteluissa, työskenneltäessä että arviointivaiheessa (Hudson, Hudson, Jeronen, Owen & Schürz 2000). Tässä tutkimuksessa digitaalisessa ympäristössä tapahtuvia yhteisöllisen oppimisen myönteisiä vaikutuksia kuten oppijaryhmän yhteistä tiedon prosessointia ja ajattelun tason tai ajatusten kehittymistä (Williams 2009; Bowerman 2011) ei voitu todentaa, koska artikkeleissa ei kuvattu ajattelun ja tiedon tason prosessointia oppijaryhmissä. Oppimistulosten arviointikin tapahtui yksilöllisesti.

Kolmanneksi tutkimuksessa selvitettiin, mitä tiedon ja ajattelun tasoja biologian oppimista tukevat digitaaliset opetusmenetelmät kehittävät. Tulosten mukaan digitaaliset opetusmenetelmät tukivat oppijoiden yksilöllistä asia- ja käsitetiedon sekä tiedonhallinta- ja ajattelutaitojen kehittymistä. Thisgaard ja Makransky (2017) suosittelevatkin virtuaalisen simulaation käyttämistä perinteisen opettamisen ohella. Korkeampien ajattelutaidon tasojen painottaminen oppimistehtävissä tukee Krathwohlin (2002) ajatuksia koulutuksen tavoitteista sekä siirtää oppimista behavioristisesta ulkoa opettelusta kohti konstruktivistista mielekästä oppimista (Säljö 2010).

Erilaisia digitaalisia opetusmenetelmiä on runsaasti, samoin aiheita, joiden opettamiseen niitä voidaan käyttää. Säljön (2010) mukaan digitaalisten opetusmenetelmien toimivuus riippuu opiskeltavan aiheen lisäksi monista muista tekijöistä. Opettajan tulee perehtyä valitsemaansa digitaaliseen opetusmenetelmään huolellisesti pohtimalla sen sopivuutta opiskeltavaan aiheeseen sekä sitä, mitä biologian oppimista tukevia piirteitä hän haluaa digitaalisen opetusmenetelmän sisältävän. Samoillakin laitteilla voidaan opiskella erilaisia asioita, kunhan ohjeistus on riittävä. Esimerkiksi iPadi soveltuvat muun muassa virtuaaliseen laboratoriotyöskentelyyn, lajintunnistukseen ja muistiinpanojen tekemiseen.

Opetusmenetelmien digitalisoitumisen ohella myös yhteiskunta digitalisoi- tuu. Opettamalla työelämässä tarvittavia taitoja oppijoiden kyky arvioida asi- oita kriittisesti, luoda uutta kulttuuria sekä uudistaa ajattelu- ja toimintatapoja kehittyä (Norrena 2013). Oppimisen yhteisöllisyys, ongelmalähtöisyys, ilmiö- keskeisyys ja oppijan oma aktiivisuus ovat avainasioita niin digitaalisten oppi- materiaalien kuin opetuksen kehittämisessä. Perusopetuksen ja lukion opetus- suunnitelmissa (Opetushallitus 2014, 2015) tämä on otettu huomioon. Niissä kuvattujen oppimistavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan yhteistyötä koulun ulkopuolisten toimijoiden kuten vanhempien, tutkijoiden ja eri ammattiryhmi- en edustajien kanssa. Tämä mahdollistuu kehittämällä koulutuksen digitaalisia palveluja kokonaisvaltaisesti esimerkiksi pilvipalvelun avulla sekä syventämäl- lä opettajankoulutuksessa digitaalisen opettamisen osaamista (Kumpulainen & Mikkola 2015, 29–37).

Lähteet

- Aksela, M., Tikkanen, G. & Kärnä, P. (2012). Mielekäs luonnontieteiden opetus: Miten tukea oppilaiden ajattelua ja ymmärtämistä. Teoksessa P. Kärnä, L. Houtsonen & T. Tähkä (Toim.). *Luonnontieteiden opetuksen kehittämis- haasteita 2012* (9–28). Helsinki: Opetushallitus.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., Wittrock, M. C. (Toim.) (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing. A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Abridged Edition. New York: Addison Wesley Longman.
- Atjonen, P. & Li, S. C. (2006). ICT in Education in Finland and Hong Kong. An Overview of the Present State of the Educational System at Various Lev- els. *Informatics in Education*, 5(2), 183–194.

- Bowerman, T. (2011). What are some advantages & disadvantages of collaboration in the classroom? http://www.ehow.com/info_7900311_advantagesdisadvantages-collaboration-classroom.html #ixzz11DKGPQFQ [Luettu 2.1.2012.]
- Caballé, S., Xhafa, F. & Barolli, L. (2010). Using mobile devices to support online collaborative learning. *Mobile Information Systems*, 6, 27–47.
- Cimer, A. (2006). Effective Teaching in Science: A review of Literature. *Journal of Turkish science education*, 4(1) 20–44.
- Coutinho, C. P. & Bottentuit, Junior, J. B. (2008). Using concept maps with post-graduate teachers in web-based environment: an exploratory study. In *Proceedings of the Workshop on Cognition and the Web: Information Processing, Comprehension and Learning* (ss. 139–145). Granada (Spain). 24–26 April 2008, 139–145.
- Fauville, G., Lanz-Andersson A. & Säljö, R. (2013). ICT tools in environmental education: reviewing two newcomers to schools. *Environmental Education Research*, 20(2), 248–283. <http://dx.doi.org/10.1080/13504622.2013.775220>
- Gibbons, N. J., Evans, C., Payne, A., Shah, K. & Griffin, D. K. (2004). Computer simulations improve university instructional laboratories. *Cell Biology Education*, 3, 263–269.
- Hudson, B., Hudson, A., Jeronen, E., Owen, D. & Schürz, P. (2000). Promoting Collaboration in a European Context using Multimedia and the World Wide Web. In D. Willis, J. Price & J. Willis (Toim.), *Proceedings of SITE 2000--Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (ss. 883–888). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learntechlib.org/p/15677/>. [Luettu 15.2.2018.]
- Jacquemart, A-L., Lhoir, P., Binard, F. & Descamps, C. (2016). An Interactive Multimedia Dichotomous Key for Teaching Plant Identification. *Journal of Biological Education*, 50(4), 442–451.
- Jenkins, H. (2009). *Confronting the challenges of participatory culture: Media education for the 21st century*. Cambridge: MIT Press.

- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, 41 (4), 212–264.
- Kukulskaa-Hulme, A., Sharples, M., Milrad, M., Arnedillo-Sánchez, I. & Vavoula, G. (2009). Innovation in mobile learning: A European perspective. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 1, 13–35.
- Kumpulainen, K. & Mikkola, A. (2015). Oppiminen ja koulutus digitaalisella aikakaudella. In M. Kuusikorpi (Toim.). *Digitaalinen oppiminen ja oppimisympäristöt* (ss. 9–45). Tampere: Suomen yliopistopaino. http://digi-ope.com/tablet/wp-content/uploads/2015/03/Digit_oppiminen_netti.pdf. [Luettu 25.3.2018.]
- Kärki, T., Keinänen, H., Tuominen, A., Hoikkala, M., Matikainen, E. & Maijala, H. (2018). Meaningful learning with mobile devices: pre-service class teachers' experiences of mobile learning in the outdoors. *Technology, Pedagogy and Education*, 1–12. DOI 10.1080/1475939X.2018.1430061
- Loeding, B. L. (2002). The use of educational technology and assistive devices in special education. In J. L. Paul (Toim.) *Rethinking professional issues in special education* (231–240). Westport, CT: Greenwood Publishing Group.
- Martinez, G., Naranjo, F. L., Perez, A. L., Suero, M. I. & Pardo, P. J. (2011). Comparative study of the effectiveness of three learning environments: Hyper-realistic virtual simulations, traditional schematic simulations and traditional laboratory. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 7(2), 020111. DOI 10.1103/PhysRevSTPER.7.020111
- Meisalo, V., Sutinen, E. & Tarhio, J. (2003). *Modernit oppimisympäristöt. 2. uudistettu laitos*. Pieksämäki: RT-Print.
- Ministry of Education (2005). *Tietoyhteiskunnan rakenteet oppilaitoksissa – vuoden 2004 kartoitusten tulokset ja vuosien 2000–2004 yhteenveto* (in Finnish, *Information Society Structures in Educational Institutions – Results of the Surveys 2004 and Summary of the Years 2000–2004*). http://www.minedu.fi/opm/koulutus/pdf/Tietoyhtkunnan_rakenteet.pdf [Luettu 1.4.2018.]

- Norrena, J. (2013). Opettaja tulevaisuuden taitojen edistäjänä. ”Jos haluat opettaa noita taitoja, sinun on ensin hallittava ne itse”. *Jyväskylä Studies in Computing*, 169. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Opetushallitus (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Helsinki: Opetushallitus. http://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf. [Luettu 15.3.2017.]
- Opetushallitus (2015). Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015. Helsinki: Opetushallitus. http://www.oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf. [Luettu 15.2.2018.]
- Peat, M. & Fernandez, A. (2000). The Role Of Information Technology In Biology Education: An Australian Perspective. *Journal of Biological Education*, 34(2), 69–73. <https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655688>
- Rogers, Y., Connelly, K., Hazlewood, W. & Tedesco, L. (2010). Enhancing learning: A study of how mobile devices can facilitate sensemaking. *Personal and Ubiquitous Computing*, 14(2), 1–14.
- Ruchter, M., Klar, B. & Geiger, W. (2010). Comparing the effects of mobile computers and traditional approaches in environmental education. *Computers & Education*, 54, 1054–1067.
- Sigler, E. A. & Saam, J. (2007). Constructivist or expository instructional approaches: Does instruction have an effect on the accuracy of Judgment of Learning (JOL)? *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 7(2), 22–31.
- Säljö, R. (2010). Digital tools and challenges to institutional traditions of learning: technologies, social memory and the performative nature of learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26, 53–64.
- Thisgaard, M. & Makransky, G. (2017) Virtual Learning Simulations in High School: effects on cognitive and non-cognitive outcomes and implications on the development of STEM academic and career choice. *Frontiers Psychology*, 8, article 805, 1–13. doi:10.3389/psyg.2017.00805

Traxler, J. (2007). Defining, Discussing and Evaluating Mobile Learning: The moving finger writes and having writ....*International Review of Open and Distance Learning*, 8(2), 1–12.

Veletsianos, G., Miller, B. G., Eitel, K. B., Eitel, J. U. H., Hougham, R. J. & Hansen, D. (2015). Lessons learned from the design and development of technology-enhanced outdoor learning experiences. *TechTrends: Linking Research & Practice to Improve Learning*, 59(4), 78–86.

Williams, S. M. (2009). Benefits and disadvantages of collaboration. The Metiri Group Commissioned by Cisco Systems. www.cisco.com [Luettu 10.2.2012.]

Analysoidut 25 artikkelia ja julkaisusarjat, * sisällönanalyyysiin valitut 10

1*. Pfeiffer, V. D. I., Scheiter, K. & Gemballa, S. (2012). Comparing and combining traditional teaching approaches and the use of video clips for learning how to identify species in an aquarium. *Journal of Biological Education*, 46(3), 140–148.

2. Haris, N. & Osman, K. (2015). The effectiveness of a virtual field trip (vft) module in learning biology. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 16(3), 102–117.

3. de Jong, T., Linn, M.C. & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science*, 340(6130), 305–308.

4*. Pfeiffer, V. D.I., Gemballa, S., Jarodzka, H., Scheiter, K. & Gerjets, P. (2009). Situated learning in the mobile age: mobile devices on a field trip to the sea. *Research in Learning Technology*, 17(3), 187–199.

5*. Beltz, D., Desharnais, R., Narguizian, P. & Son, J. (2016). Comparing Physical, Virtual, and Hybrid Flipped Labs for General Education Biology. *Online Learning*, 20(3), 228–243.

6. Van Rooy, W. S. (2012). Using information and communication technology (ICT) to the maximum: learning and teaching biology with limited digital technologies. *Research in Science & Technological Education*, 30(1), 65–80.

7. Mikropoulos, T., Katsikis, A., Nikolou, E. & Tsakalis, P. (2003). Virtual environments in biology teaching. *Journal of Biological Education*, 37(4), 176–181.
- 8*. Huang, Y-M., Lin, Y-T. & Cheng, S-C. (2010). Effectiveness of a Mobile Plant Learning System in a science curriculum in Taiwanese elementary education. *Computers & Education*, 54, 47–58.
- 9*. Jacquemart, A-L., Lhoir, P., Binard, F. & Descamps, C. (2016). An Interactive Multimedia Dichotomous Key for Teaching Plant Identification. *Journal of Biological Education*, 50(4), 442–451.
- 10*. Stagg, B. C., Donkin, M. E. & Smith, A. M. (2015). Bryophytes for Beginners: The usability of a printed dichotomous key versus a multi-access computer-based key for bryophyte identification. *Journal of Biological Education*, 49(3), 274–287.
11. Bonser, S. P., de Permentier, P., Green, J., Velan, G. M., Adam, P. & Kumar, R. K. (2013). Engaging students by emphasising botanical concepts over techniques: innovative practical exercises using virtual microscopy. *Journal of Biological Education*, 47(2), 123–127.
12. de Oliveira, M. L. & Galembeck, E. (2016). Mobile Applications in Cell Biology Present New Approaches for Cell Modelling. *Journal of Biological Education*, 50(3), 290–303.
13. Whittle, S. R. & Bickerdike, S. R. (2015). Online Preparation Resources Help First Year Students to Benefit from Practical Classes. *Journal of Biological Education*, 49(2), 139–149.
14. Cheng, M-T. & Annetta, L. (2012). Students' learning outcomes and learning experiences through playing a Serious Educational Game. *Journal of Biological Education*, 46(4), 203–213.
- 15*. Petrou, S. & Korfiatis, K. (2013). The effect of a digital learning environment on children's conceptions about the protection of endemic plants. *Journal of Biological Education*, 47(3), 150–156.
16. Cheng, M-T., Annetta, L, Folta, E. & Holmes, S. Y. (2011). Drugs and the Brain: Learning the impact of methamphetamine abuse on the brain through a virtual brain exhibit in the museum. *International Journal of Science Education*, 33(2), 299–319.

- 17*. Silva, H., Pinho, R., Lopes, L., Nogueira A. J. A. & Silveira, P. (2011). Illustrated plant identification keys: An interactive tool to learn botany. *Computers & Education*, 56, 969–973.
18. Yang, W-T., Lin, Y-R., She, H-C. & Huang, K-Y. (2015). The Effects of Prior-knowledge and Online Learning Approaches on Students' Inquiry and Argumentation Abilities. *International Journal of Science Education*, 37(10), 1564–1589.
19. Dantas, A. M. & Kemm, R. E. (2008). A blended approach to active learning in a physiology laboratory-based subject facilitated by an e-learning component. *Advances in Physiology Education*, 32, 65–75.
- 20*. Hsu, Y-S., Wu, H-K. & Hwang, F-K. (2008). Fostering High School Students' Conceptual Understandings About Seasons: The Design of a Technology-enhanced Learning Environment. *Research in Science Education*, 38, 127–147.
- 21*. Shim, K-C., Park, J-S., Kim, H-S., Kim, J-H., Park, Y-C. & Ryu, H-I. (2003). Application of virtual reality technology in biology education. *Journal of Biological Education*, 37 (2), 71–74.
22. Stephens, A. L., Pallant, A. & McIntyre, C. (2016). Telepresence-enabled remote fieldwork: undergraduate research in the deep sea. *International Journal of Science Education*, 38(13), 2096–2113.
23. Riffel, S. & Sibley, D. (2005). Using web-based instruction to improve large undergraduate biology courses: An evaluation of a hybrid course format. *Computers & Education*, 44, 217–235.
24. Jenö, L. M., Grytnes, J-A. & Vandvik, V. (2017). The effect of a mobile-application tool on biology students' motivation and achievement in species identification: A Self-Determination Theory perspective. *Computers & Education*, 107, 1–12.
25. Owusu, K. A., Monney, K.A., Appiah, J. Y. & Wilmot, E. M. (2010). Effects of computer-assisted instruction on performance of senior high school biology students in Ghana. *Computers & Education*, 55, 904–910.

Abstract

Digital teaching methods promoting biology learning

Digital teaching methods have been under development in a short period of time and there is only little research on their suitability for learning and teaching biological knowledge and skills. This study is based on literature review, and the research questions were: a) Which digital teaching methods have been used in biology in the studied articles? b) What are the biological contents studied? c) What are the advantages and how does the digital teaching support biology learning? and d) What levels of knowledge and thinking skills do the digital teaching methods promote in biology? In the literature search of articles focusing on the use of ICT-technology based digital learning methods, promoting biology education, 25 international articles were found in the 21st century. Of these, 10 articles were chosen for a content analysis. The digital teaching methods used in biology education were, e.g. interactive Internet page, virtual field trip, virtual laboratory and a virtual learning program. The biological topics varied from species identification to biological phenomena. Learning was supported via motivation and interaction of the digital methods. The found advantages were movability, safety and low cost. The digital teaching methods promoted the development of the individuals' thinking skills and perceptions of various levels of knowledge, especially fact and concept. The results support for having the digital teaching methods included in core curriculum of biology and its teaching.

Keywords

Biology, digital teaching methods, level of biological knowledge, thinking skills.