

## Chapter III

### GIS-opetusmateriaalien kehittäminen tiedekasvatuksen käyttöön

Järvinen, M.<sup>1</sup>, Jylhä, M.<sup>2</sup> & Muukkonen, P.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> [matias.jarvinen@helsinki.fi](mailto:matias.jarvinen@helsinki.fi), University of Helsinki

<sup>2</sup> [markus.jylha@helsinki.fi](mailto:markus.jylha@helsinki.fi), University of Helsinki

<sup>3</sup> [petteri.muukkonen@helsinki.fi](mailto:petteri.muukkonen@helsinki.fi), University of Helsinki

#### Tiivistelmä

Uudessa opetussuunnitelmassa geomedia, eli maantieteellisen tiedon erilaiset hankinta- ja esitystavat, kasvatti osuuttaan sekä peruskoulun että lukiotason maantieteen opetuksessa. Erityisesti lukion opetussuunnitelmassa tuodaan esille geomedia-käsitteen mukainen paikkatieto-opetus sekä paikkatietomenetelmien soveltaminen maantieteellisessä tutkimuksessa. Helsingin yliopiston Tiedekasvatuskeskuksen alaisuudessa toimiva maantieteen Geopiste tuottaa avoimesti saatavilla olevia maantieteen opetusmateriaaleja ja järjestää esittelyjä ja oppitunteja vierailuille koululaisryhmille. Geopisteen materiaalipankkiin luotiin keväällä 2019 yhteensä kahdeksan uutta paikkatietoaiheista tehtäväpakettia. Materiaalit luotiin tukemaan opetussuunnitelman mukaista opetusta, ja niitä voidaan käyttää joko vierailuilla Geopisteessä tai opettajat voivat käyttää niitä luokkaopetuksessa. Tarjoamalla laadukkaita materiaaleja ja opetusta voidaan tarjota ratkaisua koulujen paikkatieto-opetukseen liittyviin ongelmiin, jotka johtuvat usein materiaalien, teknisten resurssien tai asiantuntevan ohjauksen puutteeseen.

Avainsanat: avoimet oppimateriaalit; GIS; GIS-opetus; paikkatieto; tiedekasvatus

#### Abstract

The current curriculum of the Finnish senior high school requires skills to use various sources of geomedia. In the Finnish school system, geomedia means all sources of geographical data. Typically this is understood as geoinformatics, GIS, and maps, but it includes also photos, news, text sources, diagrams, statistics, videos etc. This is recognised also by the geography science education and learning centre “Geopiste” at the University of Helsinki. In this article, we are showing and reasoning several open-access GIS exercises that geography teachers can use in their own teaching or those can be used when school groups are visiting in the Geopiste learning centre. Here are totally eight new GIS exercises, which were produced according to the newest Finnish curriculum for the level of upper high school. There is an urgent need for this kind of open access exercises due to technical challenges.

Keywords: geoinformatics; GIS; open-access learning material; science education

## 1. Johdanto

Paikkatietojärjestelmien ja paikkatiedon (GIS, *geographic information system*) avulla voidaan säilyttää ja käsitellä tiettyyn kohteeseen sidottua spatiaalista dataa eli paikkatietoa (Burrough et al. 2015). Yli 40 vuotta kestäneen kehityksen tuloksena paikkatietojärjestelmiä hyödynnetään maailmanlaajuisesti kaikilla julkisilla ja yksityisillä sektoreilla, ja 1990-luvulta lähtien sitä on hyödynnetty myös kouluopetuksessa (Kerski et al. 2013; Burrough et al. 2015). Suomessa paikkatietoa on hyödynnetty perus- ja lukio-opetuksessa 1990-luvun lopulta lähtien; aluksi pioneereina toimineiden opettajien ansiosta, mutta nykyään jo selkeänä osana lukion opetussuunnitelmaa (Johansson 2011; Opetushallitus 2015).

GIS-ohjelmistoja ja -tekniikoita hyödyntävien harjoitusten ja projektien on havaittu olevan toimiva pohja monialaiselle ja ongelmanratkaisupohjaiselle opetukselle peruskoulu- ja lukio-opetuksessa (Rød et al. 2010; Demirci et al. 2013; Kerski et al. 2013). GIS-pohjaisen työskentely auttaa kehittämään spatiaalista ajattelutapaa ja ymmärrystä nostamalla esiin kysymyksiä ilmiöiden sijoittumisesta ja sijoittumisen syystä (Fitzpatrick 2001; Oldakowski 2001). GIS-harjoitusten avulla voidaan yhdistää oppiaineiden sisältöä monialaisiksi kokonaisuuksiksi, ja tarkastella todellisen maailman ilmiöitä oppilaskeskeisen opetuksen avulla (Kerski et al. 2013).

Suomen uusimmassa opetussuunnitelmassa sekä peruskoulun että lukion maantieteen opetukseen on vahvasti integroitu tuore käsite geomedia, jolla viitataan erilaisiin maantieteellisiin tiedon hankinta- ja esitystapoihin, kuten karttoihin, tilastoihin, videoihin, uutisiin ja kuviin, ja niiden käyttöön (Opetushallitus 2015). Paikkatieto mainitaan terminä ainoastaan lukion opetussuunnitelmassa, mutta myös peruskoulun opetussuunnitelmaan kuuluvat geomedia-teeman alla karttojen tulkinta- ja laadintataidot. Opetussuunnitelmissa tuodaan esille, että geomedia tulee opetuksessa yhdistää maantieteellisen tiedon käsittelyyn, analyysiin ja visualisointiin, eikä paikkatieto-opetus ole vain GIS:stä oppimista, vaan sen avulla oppimista. Onkin havaittu, että paikkatietomenetelmien ja -projektien käyttö opetuksessa tukee ymmärrystä maantieteellisestä ongelmanratkaisusta, kun taas opettajakeskeinen, paikkatiedosta luennoiva opetus keskittyy lähinnä GIS:n tekniseen puoleen – ja tästä syystä monissa tutkimuksissa on päädytty yhtenevään tulokseen siitä, että paikkatieto-opetus kannattaa

toteuttaa kouluissa oppilaskeskeisellä tavalla, GIS:n avulla oppien (Baker 2005; Rød et al. 2010).

Peruskoulu- ja lukioasteen paikkatieto-opetuksen järjestämisen ongelmakohtiksi osoittautuvat usein samat tekijät, joista eniten nousee esille opettajien puutteelliset GIS-taidot. Peruskoulu- ja lukioasteen paikkatieto-opetuksen organisointiin liittyvät ongelmat linkittyvät usein juuri opettajien puutteelliseen paikkatietoalan harjautuneisuuteen, mutta myös käytettävissä olevan ajan vähäisyyteen sekä opetusresursseihin (Bernardz 2004; Rød et al. 2010; Milson & Kerski 2012). Tämä voi rajoittaa mahdollisuuksia monipuolisen opetuksen järjestämiseen, koska se luo ongelmia opetusaineistojen kehittämisessä ja tarpeeksi asiantuntevan ohjauksen antamisessa. Yhteistyö yliopistojen kanssa onkin yksi mahdollinen ratkaisu ongelmaan, niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Yliopistojen asiantuntijoiden tarjoamat materiaalit, koulutukset ja oppituntien ohjaus mahdollistavat syvällisemmän GIS-opetuksen, vaikka koulun omat resurssit eivät riittäisikään syvällisemmän paikkatieto-opetuksen järjestämiseen (Kerski 2003; Bernarz 2004; Rød et al. 2010).

Helsingin yliopiston Tiedekasvatuskeskuksen alainen, Kumpulan kampuksella toimiva Geopiste on maantieteen alan oppimiskeskus, joka tarjoaa opettajien käyttöön maantieteen opetusmateriaaleja ja järjestää kampuksella vieraileville ryhmille paikkatietoaiheisia oppitunteja. Oppitunneilla vierailevat ryhmät saavat käyttöönsä yliopiston tietokoneet ja kaikki tarpeelliset ohjelmistot, ja harjoitusten ohjaajina toimivat yliopiston opettajat ja opiskelijat, joten oppilasryhmien omien opettajien paikkatietoosaamisen tasolla ei ole oppituntien onnistumisen kannalta väliä.

Maantieteen maisteriohjelman kurssilla *GEOG-G303 GIS Project Work* kehitettiin kevään 2019 aikana uusia paikkatietoharjoituksia Geopisteen materiaalipankkiin. Tämä artikkeli käsittelee näiden uusien harjoitusten luomista sekä niitä opetuksellisia ja oppimisen perusteita ja tietämystä, joita alan tutkijat ovat tutkimuksissaan havainneet. Lisäksi artikkelissa esitetään nyt luotujen uusien harjoitustehtävien yhteyttä uusimpiin peruskoulun ja lukion maantieteen opetusohjelmiin.

## 2. Paikkatietoharjoitukset

### 2.1 Tausta

Uusia GIS-harjoituksia kehitettiin kurssin aikana yhteensä kahdeksan kappaletta. Kuhunkin harjoituspakettiin kuuluu pdf-muotoinen harjoitusohje sekä kaikki harjoituksessa tarvittavat aineistot GIS-aineistojen käsittelyyn tarvittavia ohjelmia lukuun ottamatta. Harjoituspaketit kehitettiin Geopisteen nettisivuilla avoimesti jaettaviksi, ja niitä suunniteltaessa noudatettiin seuraavia ohjesääntöjä:

**(1) Yhteys opetussuunnitelmaan:**

GIS-ohjelmia käyttävät harjoitukset linkittyvät luonnollisesti opetussuunnitelmien geomedia- ja paikkatieto-osuuksiin. Jokaisella harjoituksella on myös oma teemansa, maantieteen osa-alue, joka voi tukea harjoituksen tekvän opiskelijan maantieteellisen ymmärryksen jäsentymistä aiheesta.

**(2) Selkeys:**

Monet Geopiste-vierailijat ovat kokemattomia paikkatieto-ohjelmien käyttämisessä. Jokainen harjoitus alkaa perusasioista ja soveltuu kaiken tasoisille oppijoille. Vaikka erityisesti QGIS-paikkatieto-ohjelmalla suoritettavat harjoitukset on kehitetty Geopiste-vierailuja varten, niiden ohjeista on pyritty tekemään mahdollisimman selkeät, jotta niitä voitaisiin käyttää myös tavallisessa luokkaopetuksessa kouluissa.

**(3) Avoimuus:**

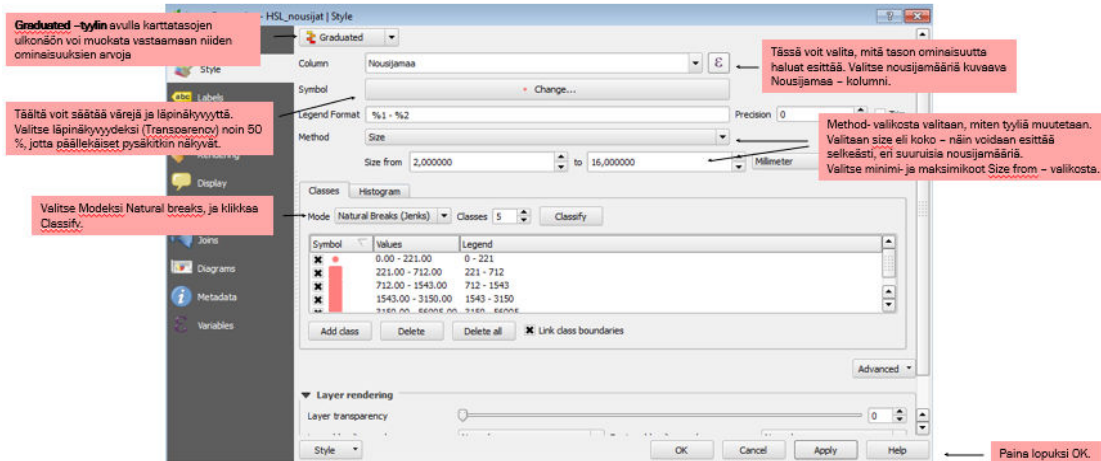
Kaikki harjoituksissa käytetyt tietoaineistot ovat avoimia, ja aineistojen alkuperäiset lataussivustot on linkitetty harjoitusohjeisiin. Varsinaisilla GIS-ohjelmilla suoritettavat harjoitukset on kehitetty QGIS-paikkatieto-ohjelmalle, joka on ilmainen avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelma ja kaikkien vapaasti ladattavissa. Selaimella tehtävät harjoitukset suoritetaan Paikkatietoikkuna-palvelussa, joka on Maanmittauslaitoksen vapaasti käytettävissä oleva internetin karttapalvelu.

## 2.2 Harjoitusten aineistot

Harjoituksia varten on koottu aineistoa monesta eri lähteestä, ja jokainen harjoitusohje sisältää linkit aineistojen lataussivustoihin. Kaikki harjoituksissa käytettävä data on avointa, mikä mahdollistaa alkuperäisten aineistojen helpon hankinnan ja tarkastelun. Tämä voi myös auttaa opiskelijoita ymmärtämään avoimen datan potentiaalin ja sen, ettei paikkatiedon käsittelyyn missään tapauksessa tarvitse aina käyttää kalliita ohjelmia ja maksullisia aineistoja. Käytettävät aineistot on hankittu monista eri lähteistä, ja tuottajia ovat muun muassa Tilastokeskus ja Maanmittauslaitos, mutta monissa tapauksissa myös jokin vapaaehtoisjärjestö tai muu epävirallisempi taho. Epävirallisten tahojen tuottamat aineistot saattavat olla joskus puutteellisia tai epätarkkoja, eivätkä niistä saadut tulokset ole vertailukelpoisia. Esimerkiksi uudessa harjoituksessa *Konflikteja Afrikassa* käytetty pisteaineisto sisältää duplikaatteja, ja aineiston luokittelu on tehty paikoittain epäjohdonmukaisesti. Kehitettyjen harjoitusten idea on kuitenkin toimia opetusmateriaaleina eikä korkealaatuisen tutkimuksen pohjana, joten tarkoilla lopputuloksilla ei ole tässä tapauksessa merkitystä. Jokainen aineisto on käyty läpi ja arvioitu, ja sen takia ne soveltuvat epätarkkuuksista huolimatta erinomaisesti eri ilmiöiden havainnollistamiseen.

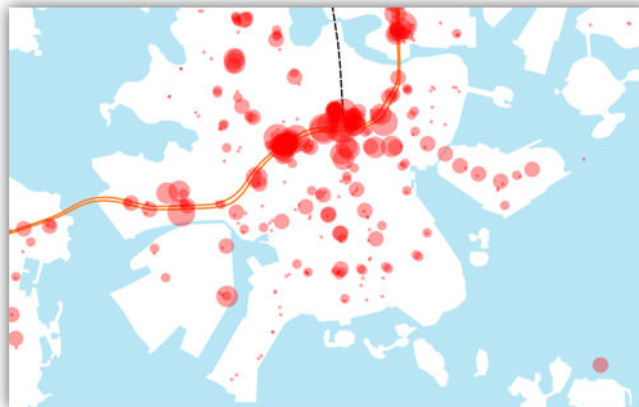
## Pysäkkien nousijamäärien visualisointi

- Pysäkkipisteiden ulkonäköä voi muokata visualisoimaan niiden nousijamääriä – näin tietoa voi saada vain karttaa vilkaisemalla!
- Toplaklikkaa HSL\_nousijat -tasoa ja valitse Style -välilehti, ja säädä asetukset vastaamaan tätä kuvaa:



## Tasojen ulkoasujen muokkaaminen

- Lopputuloksen pitäisi näyttää jotakuinkin tältä:



### Tarkastele karttaasi:

Missä sijaitsevat nousijamääriltään suurimmat pysäkit?  
Miksi juuri nämä paikat ovat niin vilkkaita?

Kuva 1. Sivuja harjoituksen Joukkoliikenteen nousijat pääkaupunkiseudulla ohjeista. Ohjeet sisältävät työntekoa helpottavia selitteitä ja ohjeita muokkausten tekoon, sekä pohdiskelua helpottavia kysymyksiä.

### 2.3 Harjoitusten sisältö ja rakenne

Jokainen uusi harjoitus on suunniteltu toimimaan mahdollisena ensikosketuksena paikkatietoon, muttei toimia teoriaoppituntina. Harjoitusohjeessa aloitetaan käytännöllisistä perusasioista, ja siirrytään sen jälkeen käyttämään paikkatieto-ohjelmien toimintoja selkeiden ja visuaalisten ohjeiden avulla (Kuva 1). Visuaalisten ohjeiden on havaittu toimivan hyvin GIS-harjoituksissa, sillä niiden avulla tutkittavan ongelman voi

ymmärtää helposti, ja tekniset ohjeet ovat helpommin lähestyttäviä (Hall-Wallace & McAuliffe 2002). GIS:n tekniseen puoleen saadaan harjoituksissa pintaraapaisu, mutta tämä osa-alue toimii lähinnä aiemman tai tulevan teoriaopetuksen tukena, ja harjoitusten varsinainen tehtävä on tutustuttaa opiskelijoita paikkatieto-ohjelmien käyttöön aitojen tutkimusaiheiden tarkastelussa.

Harjoitukset on suunniteltu suoritettaviksi yhden oppitunnin aikana, ja niiden suorittamisen kesto vaihtelee 45 ja 90 minuutin välillä. Suoritusajkaan vaikuttavat myös muun muassa opetusryhmän koko ja luokka-aste. Uusista harjoituksista kuusi on suunniteltu QGIS-paikkatieto-ohjelmalle ja kaksi internetselaimessa toimivaan Maanmittaus-laitoksen Paikkatietoikkunaan.

#### ***2.4 Harjoitukset suhteessa opetussuunnitelmaan***

Lukion opetussuunnitelmassa paikkatieto on yksi kokonaisuuksista, ja siihen paneudutaan neljännessä maantieteen kurssissa, jonka aihe on geomedia (Opetushallitus 2015). Peruskoulun opetussuunnitelmassa sanaa paikkatieto ei mainita, mutta kartanluku-, kartantuottamis- ja geomediataidot kuuluvat myös yläkoulun opetukseen (Opetushallitus 2014).

Kehitetyt GIS-harjoitukset luonnollisesti tukevat opetusta ja oppilaiden ymmärrystä paikkatiedosta. Paikkatiedon lisäksi jokainen uusi harjoitus on suunniteltu tukemaan muutakin maantieteen opetusta – uusia harjoituksia tehtiin muun muassa riskeihin, luonnonmaantieteeseen ja ihmismaantieteeseen liittyen. Aineistoja käsitellään harjoituksissa siihen muotoon, että niiden pohjalta voi tehdä johtopäätöksiä. Harjoituksissa päästään yhdessä harjoituksessa muun muassa visualisoimaan biodiversiteetin Hot Spot -alueita ja toisessa harjoituksessa tekemään reittilaskelmia oppilaalle tutuilla alueilla. Harjoitukset ja niiden yhteys opetussuunnitelmaan esitellään tarkemmin taulukossa 1. Koska lukion opetussuunnitelmassa aiheet käsitellään ja eritellään yksityiskohtaisemmin, harjoitusten aiheet on merkitty Taulukkoon 1 vähintään kurssin tarkkuudella. Peruskoulun opetussuunnitelma ei syvenny maantieteellisiin aiheisiin samalla tavalla kuin lukion opetussuunnitelma, vaan se auttaa oppilaita luomaan maailmankuvaansa, ja samoja teemoja käsitellään useiden usealla kurssilla. Tästä syystä peruskoulun opetuksen ja uusien Geopiste-harjoitusten välinen yhteys määritellään vain yleisemmällä tasolla.

Taulukko 1. Uusien GIS-harjoitusten teemat ja niiden yhteys opetussuunnitelmiin (L = lukion opetussuunnitelma, Y = peruskoulun yläluokkien 7–9 opetussuunnitelma).

HARJOITUS	TEEMA	OPETUS-SUUNNITELMA
JOUKKOLIIKENTEEEN NOUSIJAT PÄÄKAUPUNKISEUDULLA	TARKASTEELLAAN HSL:N NOUSIJADATAA, ESITÄÄN HOTSPOTEJA JA VISUALISOIDAAN MATKUSTAJAMÄÄRIÄ	L GE3: JULKINEN LIIKENNE JA IHMIEN LIIKKUMINEN Y: IHMIS/KAUPUNKIMAANTIEDE
OPTIMAALISTEN REITTIEEN LASKENTA	LASKETAAN OPTIMAALISIA REITTEJÄ QGIS:N JA SEN LISÄOSIEN AVULLA	L GE3: LIIKENNE JA TIEVERKOSTOT Y: IHMIS/KAUPUNKIMAANTIEDE
MERTEN LAJIRUNSAUS JA BIODIVERSITEETTI	VISUALISOIDAAN MERTEN LAJIRUNSAUTTA JA KORALLIRIUTTOJA JA NIIHIN KOHDISTUVAA VAHINKOA	GE1: ILMASTONMUUTOS JA LAJIEEN HÄVIÄMINEN, BIODIVERSITEETTI Y: ILMASTONMUUTOS JA BIODIVERSITEETTI
KORKEUSMALLIT JA 3D-KARTTAESITYKSET	HARJOITELLAAN KORKEUSMALLIEN KÄSITTELYÄ JA VISUALISOINTIA JA LUODAAN 3D-KARTTA	L GE2: GEOMORFOLOGIA JA MAISEMANTULKINTA Y: GEOMORFOLOGIA
KONFLIKIT AFRIKASSA	VISUALISOIDAAN KONFLIKTIPISTEITÄ JA HARJOITELLAAN ANIMOITUJEN KARTTOJEN TEKOA	L GE1: TERRORISMI JA ALUEELLISET RISKIT Y: IHMIS/RISKIMAANTIEDE
VÄESTÖKARTTOJA PAIKKATIETOIKKUNASSA	PAIKKATIETOIKKUNAN PERUSKÄYTTÖ JA TEEMAKARTTOJEN LUOMINEN	L GE3: VÄESTÖN SIIJOITTUMINEN MAANTIEDELLISESTI Y: SUOMEN MAANTIEDE, VÄESTÖ
GIS-ANALYYSI PAIKKATIETOIKKUNASSA	GIS-ANALYYSIT PAIKKATIETOIKKUNAN AVULLA	L GE4: PAIKKATIETOANALYYSI Y: GEOMEDIA & KARTAT

### 3. Keskustelu

Tämän projektin aikana luotiin Geopisteelle uusia harjoituksia vanhojen, osittain materiaaleiltaan vanhentuneiden harjoitusten tilalle ja rinnalle. Kaikki uudet harjoitusohjeet noudattavat samaa muotoilua ja etenemistrakennetta. Koska kaikki harjoitukset ovat uusia, niitä kaikkia ei ole ehditty vielä testaamaan vierailevien koululaisten kanssa. Harjoitus *Joukkoliikenteen nousijamäärät pääkaupunkiseudulla* on jo kokeiltu keväällä 2019 kahden luokan kanssa. Harjoitus sai hyvää palautetta, ja sen ohjeisiin tehtiin pieniä korjauksia tulevan opetuksen avuksi. Kun harjoituksia aloitetaan käyttää enemmän, niiden sisältöä ja ohjeita voidaan muokata entisestään ohjaajilta ja oppilailta kerätyn palautteen perusteella. Yleisimpiä ongelmakohtia GIS-opetuksessa on useimmiten varsinkin ohjauksessa (joka tässä tapauksessa linkittyy voimakkaasti ohjeiden selkeyteen) ja aineistojen ja ohjelmien käsittelyssä (Demirci et al. 2013; Kerski 2003).



Yksi tärkeä tekijä, joka tuli ottaa huomioon uusia harjoituksia luodessa oli niiden yhteys opetussuunnitelmaan. Koska resurssien puutteellisuuden tai muiden tekijöiden takia kaikissa oppilaitoksissa ei ole realistisia mahdollisuuksia järjestää käytännön paikkatieto-opetusta, nyt luodut uudet harjoitukset haluttiin liittää opetussuunnitelmien teemoihin mahdollisimman toimivasti. Tämä edesauttaa mahdollisuuksia paikkatietoaiheiden syvempään ymmärtämiseen, kun luodaan yhteyksiä ja näkökulmia tuttuihin aiheisiin liittyvien ongelmien ratkaisemiseen, ja tällöin GIS-opetus voi tuntua asiaan perehtymättömällekin luontevalta eikä suinkaan aiemmin opittuun verrattuna erilliseltä (Rød et al. 2010). Tämäkin on aihe, josta voisi olla aiheellista kerätä palautetta ja mielipiteitä oppilailta, koska oppimateriaaleja kehittämällä voidaan näin pyrkiä luomaan mahdollisimman hyvin oppimista tukeva kokonaisuus. Tarjoamalla akateemisten maantieteen asiantuntijoiden ohjaamaa ja hyvin muuhun opetukseen linkitettyä opetusta voidaan erityisesti tukea niitä opettajia, joiden tekninen osaaminen paikkatiedossa rajoittaa aiheen laadukasta opetusta (Bernarz 2004; Kerski 2003; Rød et al. 2010).

Tämän projektin myötä Geopisteen GIS-harjoitusten materiaalipankki moninkertaistui. Tulevaisuudessa nyt luotuja materiaaleja voidaan kehittää entisestään, ja uusia harjoituksia voidaan luoda lisää, esimerkiksi muidenkin maantieteen yliopistokurssien lopputyönä. Luomalla aineistoja ja tarjoamalla opetusta ja koulutusta voidaan syventää yliopistojen ja muiden oppilaitosten välistä yhteistyötä, mikä mahdollistaa useammassa oppilaitoksessa laadukkaan ja heidän omista resursseistaan riippumattoman GIS-opetuksen.

## Lähteet

- Artvinli, E. (2010). The contribution of geographic information systems (GIS) to geography education and secondary school students' attitudes related to GIS. *Kuram Ve Uygulamada Egitim Bilimleri* 10(3), 1277–1292.
- Baker, T. R. (2005). Internet-based GIS mapping in support of K-12 education. *Professional Geographer* 57(1), 44–50.
- Bednarz, S. W. (2004). Geographic information systems: A tool to support geography and environmental education? *GeoJournal* 60(2), 191–199.
- Burrough, P. A., McDonnell, R., McDonnell, R. A., & Lloyd, C. D. (2015). *Principles of geographical information systems*. Oxford university press.
- Demirci, A., Karaburun, A., & Ünlü, M. (2013). Implementation and effectiveness of

- GIS-based projects in secondary schools. *Journal of Geography* 112(5), 214  
<http://www.doi.org/10.1080/00221341.2013.770545>
- Fitzpatrick, C. (2001). A trainer's view of GIS in schools. *International Research in Geographical and Environmental Education* 10(1), 85–87.
- Hall-Wallace, M. K., & McAuliffe, C. M. (2002). Design, implementation, and evaluation of GIS-based learning materials in an introductory geoscience course. *Journal of Geoscience Education* 50(1), 5–14.
- Johansson, T. (2011). Finland: Diffusion of GIS in schools from local innovations to the implementation of a national curriculum. In Milson, A.J., Demirci, A. & Kerski, J.J. (Eds.) *International perspectives on teaching and learning with GIS in secondary schools*, 89–96. Springer.
- Kerski, J. J. (2003). The implementation and effectiveness of geographic information systems technology and methods in secondary education. *Journal of Geography* 102(3), 128–137. <http://www.doi.org/10.1080/00221340308978534>
- Kerski, J. J., Demirci, A., & Milson, A. J. (2013). The global landscape of GIS in secondary education. *Journal of Geography* 112(6), 232–247.  
<http://www.doi.org/10.1080/00221341.2013.801506>
- Marsh, M., Golledge, R., & Battersby, S. E. (2007). Geospatial concept understanding and recognition in G6-college students: A preliminary argument for minimal GIS. *Annals of the Association of American Geographers* 97(4), 696–712.  
<http://www.doi.org/10.1111/j.1467-8306.2007.00578.x>
- Oldakowski, R. K. (2001). Activities to develop a spatial perspective among students in introductory geography courses. *Journal of Geography* 100(6), 243  
<http://www.doi.org/10.1080/00221340108978451>
- Rød, J., Larsen, W., & Nilsen, E. (2010). Learning geography with GIS: Integrating GIS into upper secondary school geography curricula. *Norwegian Journal of Geography* 64(1), 21–35. <http://www.doi.org/10.1080/00291950903561250>
- Stonier, F., & Hong, J. E. (2016). Bridging GIS success. *The Geography Teacher* 13(2), 52–60. <http://www.doi.org/10.1080/19338341.2015.1102157>