

## Kohti yhteiskehittelyä: Havaintoja opettajan roolista älyvaateprojektissa

*Henna Lahti ja Sini Davies*

*Kasvatustieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto*



Artikkelissa tarkastellaan peruskoulussa toteutettua keksintöprojektiä, jonka aikana oppilasryhmä suunnitteli ja toteutti älyvaatteen. Tutkimus on osa laajempaa tutkimushanketta, jossa koulua kehitetään keksivänä ja innovatiivisena yhteisönä. Tässä tutkimuksessa selvitetään, miten oppilasryhmän älyvaatteen suunnittelu- ja valmistusprosessi eteni ja mikä rooli opettajilla oli prosessin aikana. Tutkimusaineisto sisältää yhdeksän opetuskerran videoinnit. Videoaineistoon tehdyn makroanalyysin perusteella kartoitettiin kaikki ne opetustilanteet, joissa ilmeni vuorovaikutusta opettajan ja oppilaiden välillä. Teoriaohjaavaan analyysiin pohjautuen erotellaan ja tulkitaan vuorovaikutuksen erilaisia muotoja. Tutkimustuloksissa korostuu opettajan rooli sekä vaatteen yhteiskehittelyssä että oppilaiden toiminnan ohjaamisessa. Yhteiskehittelyn toteutuminen edellyttää riittäviä aika- ja taitoresursseja sekä motivaatiota ratkaista haastavia suunnitteluongelmia.

*Keksintöpedagogiikka, e-tekstiilit, vaatesuunnittelu, älyvaate*

Lähetetty: 13.3.2020

Hyväksytty: 18.2.2021

Vastuukirjoittaja: [henna.lahti@helsinki.fi](mailto:henna.lahti@helsinki.fi)

DOI: 10.23988/ad.90760

## Johdanto

Yhteisöllistä suunnittelua ja tuotteiden yhteiskehittelyä on tutkittu paljon ammattilaisten keskuudessa (esim. Sanders & Stappers, 2008), mutta yhteisöllisen suunnittelun työtavat ovat yleistyneet myös eri koulutusasteilla (esim. Lahti & Nuutinen, 2014; Riikonen, Sormunen, Korhonen, Kangas, Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen, 2018). Käsityössä oppilaiden innovaatioprosesseja voidaan tukea yhteisopettajuuden ja makerspace-tilojen avulla (Härkki, Korhonen & Karne, 2020; Jaatinen & Lindfors, 2019). Makerspace-tila voi mahdollistaa ja edistää eri tapoja opettaa ja oppia käsityöilmäisua, suunnittelua ja teknologiaa (ks. myös Kafai, Fields & Searle, 2014).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkastella haastavaan käsityötehtävään – älyvaatteen suunnitteluun ja valmistukseen – liittyviä opetustilanteita peruskoulussa. Vaatteen suunnittelu- ja valmistusprosessin ohjaamista peruskoulussa on tutkittu vähän (esim. Koskinen, Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen, 2015), joten tämä tutkimus avaa uudella tavalla käsityöopettajan roolia vaatteen suunnittelun ja toteutuksen tukena. Tutkimusaineistona käytetään oppilasryhmän prosessista nauhoitettuja videoita, jotka analysoidaan sekä makro- että mikrotasolla. Sanallisen vuorovaikutuksen lisäksi huomiota kiinnitetään erilaisten suunnittelu- ja käsityömateriaalien merkitykseen vuorovaikutuksessa. Tutkimuksen teoreettisessa osassa tarkastellaan keksintöprosessin luonnetta erityisesti vaatetussuunnittelussa sekä vuorovaikutukseen liittyviä tutkimuksia käsityön ja teknologian opetustilanteissa.

## Innovatiiviset keksintöprosessit eri konteksteissa

Eri suunnittelualoilla innovaatiot ja keksiminen pohjautuvat usein uuteen konseptiin. Konseptisuunnittelulle tyypillisiä piirteitä on useita, kuten ennakkoluulottomuus, avarakatseisuus, kyseenalaistava asenne, tutkiva ote suunnitteluun sekä tulevaisuusorientoituneisuus (Lahti & Nuutinen, 2014). Konseptisuunnittelussa korostuu usein yhteiskehittelyn eri muodot perinteisestä ryhmätyöstä aina monialaiseen tai monitieteiseen lähestymistapaan saakka (Sanders & Stappers, 2008).

Älyvaatteisiin liittyvä tuotekehitys on esimerkki innovoinnista, jossa konseptisuunnittelu yhdistyy eri alojen jaettuun asiantuntijuuteen (ks. esim. Sormunen, Seitamaa-Hakkarainen, Kangas & Korhonen, 2020). Älyvaatteissa hyödynnetään teknologioita, jotka mittaavat käyttäjän ja ympäristön tietoja sekä mahdollistavat esimerkiksi automaattisen hälytyksen, paikannuksen, vaatteen lämmityksen ja jäähdytyksen tai liikeratojen analysoinnin. Perryn (2018) tutkimuksen mukaan älyvaatteen suunnittelijat kohtaavat paljon haasteita, sillä kukaan ei yksinään hallitse kaikkea älyvaatteen suunnittelussa tarvittavaa tietoa. Hänen mukaansa alan koulutuksessa kannattaisi kehittää monitieteistä lähestymistapaa yhdistämällä eri tieteenaloja, kuten materiaalteknologiaa, elektroniikkaa, tietojenkäsittelyä, vaatetussuunnittelua ja ekosuunnittelua. Monitieteisyyteen liittyen

tiedon jakaminen, itseopiskelu ja toimiva ryhmätyöskentely ovat älyvaate-suunnittelun onnistumisen ehtoja (Perry, 2018).

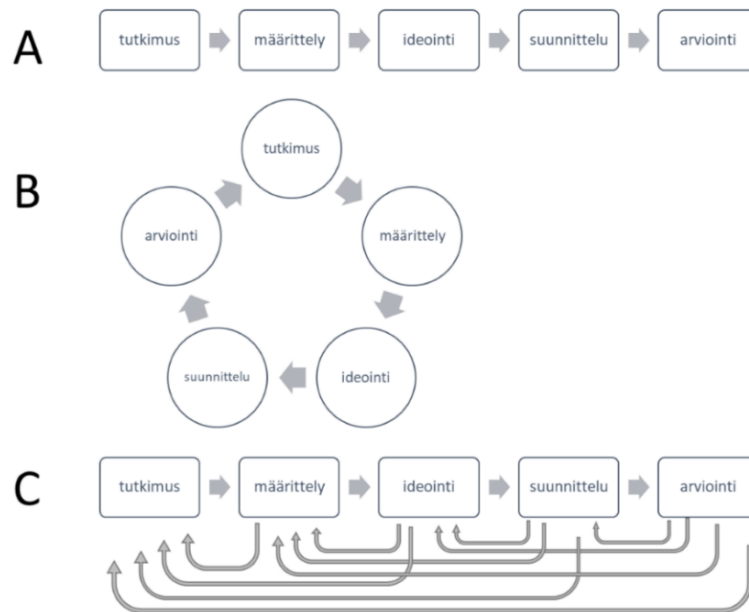
Älyvaatteita ja älytuotteita on ryhdytty suunnittelemaan ja valmistamaan jo peruskoulussa (Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen, 2019; Vartiainen, Tedre, Salonen & Valtonen, 2020). Digitaalisen teknologian välineet ja menetelmät tarjoavat peruskoululaisille uusia mahdollisuuksia tuotteiden ideointiin ja keksintöjen luomiseen. Keksimisen pedagogiikka linkittyykin luontevasti käsityön ja tiedeopetuksen piiriin, jossa voidaan hyödyntää monipuolisesti sekä suunnittelun ja valmistuksen välineitä että tutkivan oppimisen käytäntöjä. Keksintöprosessi edellyttää usein eri oppiaineiden integrointia ja yhteisopettajuutta. Näin kouluopiskelu lähestyy asiantuntijamaista tiimityöskentelyä innovatiivisia tiedon luomisen ja keksimisen käytäntöjä hyödyntäen. (ks. Hakkarainen & Seitamaa-Hakkarainen, 2020.)

Innovaatioiden syntyä tutkineet Nonaka ja Takeuchi (1995) ovat luoneet teoreettisen mallin, jonka mukaan luovasta yhteisöllisestä toiminnasta voidaan erottaa neljä tiedon luomisen vaihetta: sosialisatio (hiljainen hiljaiseksi tiedoksi), ulkoistaminen (hiljainen eksplisiittiseksi tiedoksi), yhdistäminen (eksplisiittinen eksplisiittiseksi tiedoksi) ja sisäistäminen (eksplisiittinen hiljaiseksi tiedoksi). Mallin mukaan yritysmaailman keksinnöt syntyvät hiljaisen ja eksplisiittisen tiedon rajapinnassa. Esimerkiksi metaforien kautta ihmisten on helpompi yhdistellä hiljaista tietoa uudella tavalla. Metafora on tapa oivaltaa tai intuitiivisesti ymmärtää, kuinka jokin asia kuvaa jotain toista symbolisesti. Metaforilla voidaan myös kuvata tuotteen teknisiä ja visuaalisia ominaisuuksia. Tiedon luomisessa pelkät mielikuvat ja keskustelu eivät yksinään riitä, vaan tarvitaan jaettu toiminnan kohde ja sen yhteisöllinen kehittäminen (Paavola & Hakkarainen, 2014).

Keksintöprosessit ovat usein pitkäkestoisia, jotta ne tarjoavat tarpeeksi mahdollisuuksia ideoiden kehittelyyn ja kokeiluun useiden työskentelykierrosten välityksellä. Seitamaa-Hakkarainen ja Hakkarainen (2019, s. 84) esittelevät peruskouluun sopivan projektirakenteen, joka koostuu yhdeksästä vaiheesta: 1) orientaatio, 2) suunnittelu- tai keksintöhaaste, 3) yhteistutkimus, 4) ideointi, 5) yhteisesittely, 6) tiedonhankinta, 7) yhteistutkimus, 8) tuotteen valmistaminen ja 9) yhteisnäyttelyn järjestäminen. Tyypillistä keksintöprosesseille on ideoiden tuottaminen sekä niiden testaaminen ja jatkokehittäminen. Prosessin aikana jotkin ideat tulevat hyläytyiksi, useita ideoita saatetaan yhdistää keskenään tai ideoiden kautta keksitään uusia ideoita. Keksintöprosessien toteuttamisen ja kuvailun tueksi on kehitetty useita erilaisia prosessimalleja, kuten esimerkiksi yhteisöllisen tutkivan suunnittelun malli, innovaatioprosessi ja koulujen muotoilupolku (Sormunen ym., 2020).

Myös vaatetussuunnittelua on kuvattu sekä lineaaristen että syklisten prosessimallien avulla (esim. Lamb & Kallal, 1992; Risikko & Marttila-Vesalainen, 2005; Watkins & Dunne, 2015). Risikon ja Marttila-Vesalaisen (2005) mukaan tarvelähtöiseen vaatetussuunnitteluun liittyvät kuusi vaihetta ovat 1) käyttäjälähtöinen tarveanalyysi, 2) vaateen tavoiteominaisuuksien määrittäminen, 3) materiaalien valinta ja testaus, 4) mallin suunnittelu ja arviointi, 5) prototyyppien testaus ja 6) koekäyttö todellisissa olosuhteissa. Watkins ja Dunne (2015) puolestaan korostavat

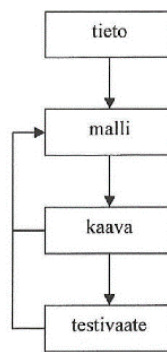
käyttäjäkeskeisessä vaatetussuunnittelussa tutkimusvaihetta, jonka tavoitteena on oppia mahdollisimman paljon käyttäjästä, suunnittelutehtävästä ja ympäristöstä. Siihen liittyviä menetelmiä on paljon, kuten kirjallisuuskatsaus, markkinatutkimus, suora havainnointi, osallistuva havainnointi, epäsuora havainnointi, kommunikointi (haastattelut, kyselylomakkeet) sekä simulaatiot ja koeasetelmat. Kuvio 1 osoittaa erilaisia vaihtoehtoja, miten eri vaiheet (tutkimus, määrittely, ideointi, suunnittelu ja arviointi) voivat vuorotella prosessin aikana.



Kuvio 1. Käyttäjäkeskeinen suunnittelu (Watkins & Dunne, 2015, s. 3).

Funktionaalisessa vaatesuunnittelussa tarkastellaan erityisesti kohde-ryhmän tarpeita ja vaatetuksen toiminnallisia lähtökohtia, jolloin käyttötarkoitus määrää vaatteen mitoituksen, mallin ja yksityiskohdat. Myös vaatetusfysiologialla on tärkeä merkitys esimerkiksi ulkoilu- ja urheiluvaatteiden suunnittelussa (Watkins & Dunne, 2015). Lamb ja Kallal (1992) ovat kehittäneet vaatetussuunnitteluun FEA-mallin (suomeksi TIE-mallin), jonka lähtökohtana on vaatteen toimivuus (engl. *functional*) eli istuvuus, liikkuvuus, mukavuus, suoja, puettavuus ja riisuttavuus. Tämän osion tärkeys korostuu erityisolosuhteissa, kuten urheiluvaatteissa ja työvaatteissa. Vaatteen ilmaisevuus (engl. *expressive*) puolestaan linkittyy käyttäjän arvoihin, rooleihin, statukseen ja itsetuntoon. Ilmaisulliset ominaisuudet ovat myös yhteydessä vaatteen vuorovaikutuksellisiin ja symbolisiin näkökohtiin. Kolmantena osiona on esteettisyys (engl. *aesthetic*) eli vaatteeseen liittyvät sommitteluelementit ja suunnitteluperiaatteet. FEA-mallia on pidetty vaatetussuunnittelun lähtökohtana erilaisissa tutkimus- ja kehitysprojekteissa (esim. Bye & Hakala, 2005; Chae & Evenson, 2014; Orzada & Kallal, 2019). Vaikka FEA-malli on kehitetty alun perin erityisvaatetuksen suunnitteluun, se sopii muunkin vaatetuksen analysointiin ja suunnitteluun.

Vaatteen kaavasuunnittelulla voidaan vaikuttaa FEA-mallin eri näkökulmiin. Salo-Mattila (2009) käsittelee kirjassaan kaavoituksen kehitystä ja tasossa tuotetun kaavan eroja muotoiltuun kaavaan verrattuna. Peruskaava on kaavan yksinkertaisin muoto, jossa on kaavajärjestelmän mukaiset väljyydet, kun taas kuositeltu kaava on peruskaavasta tietyn mallin mukaiseksi muutettu kaava (vrt. valmiskaava). Muotoillussa kaavassa ei oteta vartalolta tarkkoja mittoja, vaan muotoilupaperi tai kangas muotoillaan henkilön tai nukan päälle. Muotoilutekniikka vaatii harjoittelua, mutta vartalon mittasuhteet voidaan ottaa välittömästi huomioon. Vaate- ja kaavasuunnittelu voidaan kuvata konseptimuotoilun kaltaisena prosessina (ks. Kuvio 2). Salo-Mattilan (2014) tutkimuksen mukaan yliopisto-opiskelijoilla 2/3 syventävän vaatetuskurssin kaavasuunnittelun prosesseista oli iteratiivisia. Iteratiivisuus auttoi opiskelijoita saavuttamaan suunnitellun mallin mukaiset ideat.



Kuvio 2. Kaavasuunnittelu konseptimuotoiluna (Salo-Mattila, 2009, s. 15).

Älyvaatteen suunnitteluun liittyvät FEA-ominaisuuksien ja kaavoituksen lisäksi elektronisten tekstiilien (e-tekstiilien) suunnittelun ulottuvuudet, kuten virtapiirit, johtavat materiaalit, mikrokontrollerit ja ohjelmointi (Litts, Kafai, Lui, Walker & Widman, 2017). E-tekstiilien suunnittelun ja valmistamisen on todettu innostavan erityisesti tyttöjä ohjelmoinnin ja uusien teknologioiden pariin sekä toisaalta poikia pehmeiden materiaalien kanssa työskentelyyn. Lisäksi e-tekstiilien suunnittelun kautta osallistujien on todettu oppivan ymmärtämään erilaisten ohjelmoitavia teknologioita sisältävien tuotteiden toimintaperiaatteita (Kafai ym., 2014).

## Tutkivaa ja keksivää oppimista käsityössä ja teknologiassa

Teknologiapainotteisen keksintöprojektin toteuttaminen on haaste sekä opettajille että oppilaille, sillä tällaisessa epälineaarissa pedagogiikassa tavoitteet, toimintatavat, tarvittava tieto ja tuotokset määräytyvät vasta prosessin aikana (Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen, 2019). Tästä syystä avoin oppimishaaste edellyttää osallistujilta epävarmuuden sietokykyä, motivaation ja sitoutumisen ylläpitämistä sekä aika-, tila- ja materiaaliressurssien huomioimista. Opettajan täytyy hallita useita erilaisia rooleja vaihtuvien tilanteiden mukaan. Opettajan rooli voi projektin aikana

vaihdella pedagogista organisoijaan ja toisinaan taas keksijäkumppanista tekniseen tukeen.

Yhteisopettajuus mahdollistaa keksintöprojektiin liittyvän pedagogisen ja sisällöllisen osaamisen jakamisen projektin aikana. Yhteisopettajuus voi perustua eri oppiaineiden opettajien väliseen yhteistyöhön, tutoroppilastoimintaan tai opettajan ja ulkopuolisen asiantuntijan väliseen yhteistyöhön koulun resurssien puitteissa (ks. Härkki ym., 2020). Kangas, Seitamaa-Hakkarainen ja Hakkarainen (2013) ovat esittäneet kolme keskeistä näkökulmaa asiantuntijan roolista peruskoululaisten suunnittelu-prosessin tukena. Ensinnäkin asiantuntija, kuten muotoilija, voi oman kokemuksensa kautta luoda lähtökohdat suunnittelutehtävälle ja suunnittelukontekstille. Toiseksi hän voi tarjota ammattimaisia käytäntöjä ideoinnin tueksi. Kolmanneksi hän voi edesauttaa ideoiden monipuolista reflektointia ja arviointia prosessin aikana.

Ammatillisessa koulutuksessa tai korkeakoulussa opettajalla itsellään voi olla suunnittelualan koulutus. Esimerkiksi Lahti ja Seitamaa-Hakkarainen (2014) tutkivat teollisen muotoilun kurssilla muotoilija-opettajan ohjausta, joka rakentui kolmesta eri lähestymistavasta. Noin puolet opettajan ja opiskelijoiden vuorovaikutuksesta keskittyi ratkaisukeskeiseen ohjaukseen ja loput jakautui ongelmakeskeiseen ohjaukseen ja prosessin organisointiin.

Opettajan ja oppilaan vuorovaikutuksesta peruskoulun käsityössä ja teknologiassa on useita tutkimuksia (mm. Svensson & Johansen, 2019; Viilo, Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen, 2018). Viilon ja muiden (2018) tutkimuksen mukaan opettajan rooli ja tutkivan oppimisen orkestrointi liittyivät pikemmin yhteisöllisesti kehittyvään prosessiin kuin etukäteen asetettujen vaiheiden toteuttamiseen. Opetuksessa korostui meneillään olevan prosessin reflektointi sekä tutkimuskysymysten ja -suunnitelmien laatiminen ja tarkentaminen prosessin edetessä. Orkestrointi kytkeytyi vahvasti Knowledge Forum -verkko-oppimisympäristöön, joka tarjosi monipuolisia mahdollisuuksia yhteisöllisen prosessin tallentamiseen ja reflektointiin.

Svensson ja Johansen (2019) lähestyvät opettajan ja oppilaan vuorovaikutusta didaktisten toimenpiteiden kautta. Heidän mukaansa opettajan ohjaus perustuu oppilaiden huomion suuntaamiseen keskeisiin käsitteisiin sekä tarjolla olevaan tietoon, resursseihin ja tarjoumiin. Ohjaus jakautuu käsitteellisen ja proseduraalisen tiedon käsittelyyn. Käsitteellinen tieto liittyy ratkaisuihin, joita on mahdollista resurssien puitteissa toteuttaa, kun taas proseduraalinen tieto on ”know-how-to-do-it -tietoa”. Tarjoumat liittyvät erilaisten mahdollisuuksien ja vaihtoehtojen tunnistamiseen ja hyödyntämiseen oppimisessa ja opetuksessa.

Gero ja Kannengiesser (2012) ovat tutkineet suunnitteluun liittyviä tarjoumia ja erottavat toisistaan kolme erilaista representaatioihin liittyvää tarjoumaa: 1) refleksiiviset tarjoumat liittyvät olemassaoleviin resursseihin, jotka eivät vaadi prosessointia, 2) reaktiiviset tarjoumat ovat vaihtoehtoja, jotka valitaan eri mahdollisuuksien joukosta ja 3) reflektiiviset tarjoumat edellyttävät toimintaa, joka muokkaa representaatiota uudelleenlaiseksi. Käsiyönopetukseen liittyvät tutkimukset (Lahti, 2012; Kangas

ym., 2013) korostavat, että suunnittelun representaatioiden, kuten luonnosten ja materiaalikokeilujen, hyöty suunnittelun välineinä ja ideoiden kehittämisessä on tiedostettava ja niiden rooli on opetettava oppilaille.

Käsityönopetus on monipuolisesti välittyntä toimintaa, jossa ilmenee materiaalisia, sosiaalisia ja kehollisia piirteitä (Ekström, 2012; Illum & Johansson, 2012; Koskinen ym., 2015). Koskinen ja muut (2015) ovat tutkineet vaatetuksen opetusta peruskoulussa ja todenneet oppilailla vaikeuksia ymmärtää kaksiulotteisen kaavan ja kolmiulotteisen vaateen yhteyksiä. Haastavissa tilanteissa sekä opettaja että oppilaat käyttivät kehollisia ilmauksia vuorovaikutuksen tukena. Esimerkiksi vaikeat käsitteet, kuten kädentie, vaativat sanallisen vuorovaikutuksen lisäksi osoittavia ja kuvailevia eleitä, jotta oppilaat ymmärsivät vaateen rakenteen ja valmistustavan. Toisaalta käsityönopettajat tuovat myös sanallisesti esille käsityön kehollista luonnetta (Illum & Johansson, 2012). Myös Ekström (2012) korostaa opetuksessa sekä kehollisia kokemuksia että tarkoituksellisuuden mukaisia materiaaleja, joiden avulla opetus saavuttaa sisällön ja merkityksen.

## Tutkimuskohde

Tutkimuksen kohteena oleva keksintöprojekti toteutettiin teknologia-painotteisen yläkoulun 7. luokalla keväällä 2017. Tätä projektia on kuvattu ja analysoitu myös muissa tutkimuksissa (Riikonen ym., 2018; Riikonen, Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen, 2020). Tässä tutkimuksessa keskitytään vain yhden ryhmän työskentelyyn eli älyvaateen yhteisölliseen suunnittelu- ja valmistusprosessiin, jossa oli mukana kuusi oppilasta. Projektin aikana oppilaat työskentelivät useissa eri tiloissa ja huolehtivat itse, että videokamera kuvasi prosessin kaikki vaiheet. Tutkimusaineistona olevat videot analysoitiin kolmitasoisen analyysin avulla. Tutkimuskysymys kohdistui opettajan toiminnan sisältöihin ja tapoihin: *Millainen rooli opettajilla oli älyvaateen suunnittelussa ja valmistuksessa?*

### Videoaineiston kerääminen

Projektin kaksi ensimmäistä kertaa toteutettiin yhdessä Suomen muotoilukasvatusseuran asiantuntijan kanssa. Näitä kertoja ei videoitu, koska näiden työskentelykertojen aikana ryhmät eivät olleet vielä vakiintuneet. Videoitavat ryhmät valittiin vasta aloituskertojen jälkeen. Aloituskerroilla oppilaat kartoittivat kiinnostuksen kohteitaan sekä tuottivat alkuideoita mahdollisiksi keksinnöiksi. Videoituja opetuskertoja oli yhdeksän. Tulosten raportoinnissa opetuskerrat on otsikoitu seuraavasti: 1) konseptisuunnittelu, 2) materiaali- ja kaavasuunnittelu, 3) malli- ja kaavasuunnittelu, 4) kankaan leikkaaminen, 5) messuesityksen laatiminen, 6) kytKentä-kaavio ja elektroniikkakomponentit, 7) ohjelmointi ja ompelun valmistelu, 8) komponenttien kiinnitystä ommellen ja 9) ompelua käsin ja koneella. Opetuskerroilla oli mukana pääasiassa kaksi opettajaa (käsityönopettaja ja tutkija-opettaja). Vuorovaikutustilanteissa saattoi siten olla mukana useampikin opettaja. Muutamissa kohdissa myös toinen käsityönopettaja tai kuvataiteen opettaja oli vuorovaikutuksessa oppilaiden kanssa.

## **Videoaineiston analyysi**

Videoaineiston analyysi perustuu yleensä videonauhoitusten systemaattiselle luokittelulle (Derry, 2007). Sovelsimme tässä tutkimuksessa Ashin (2007) kolmen analyysitason metodologiaa yhteisölliseen työskentelyyn liittyviin havaintoihin. Makrotasolla keksintöprojektin koko videoaineisto jaettiin kolmen minuutin segmentteihin, jotta viiden eri oppilasryhmän työskentelyä voitiin analysoida ja verrata keskenään (ks. Riikonen, Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen, 2020). Seuraavalla analyysitasolla älyvaatteen suunnitteluryhmä valittiin opettajan ja oppilaiden välisen vuorovaikutuksen tarkempaan analyysiin. Makrotason analyysin avulla aineistosta oli helppo paikantaa kaikki tällaiset opetukselliset vuorovaikutustilanteet.

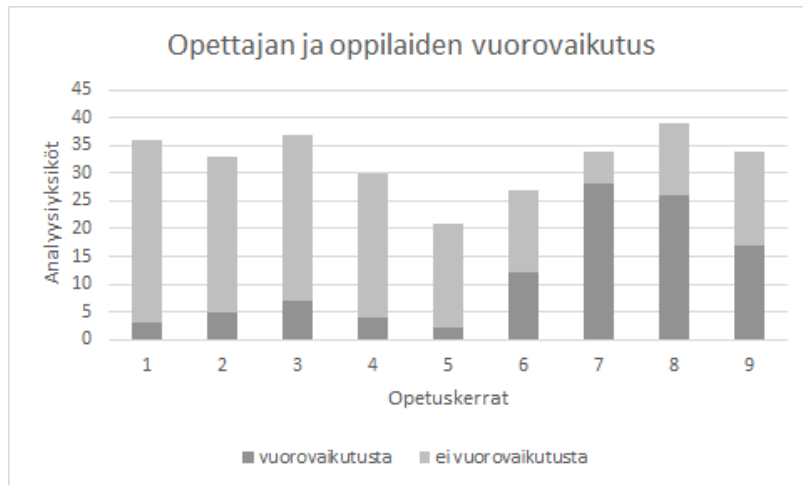
Tämän jälkeen mikroanalyysin avulla luotiin kunkin opetuskerran kaaviot CORDTRA (engl. *Chronologically-Oriented Representations of Discourse and Tool-Related Activity*) -diagrammien avulla (ks. Hmelo-Silver, Chernobilsky & Jordan, 2008). CORDTRA-diagrammissa jokainen vuorovaikutustapahtuma luokiteltiin teoriaohjaavasti erityisesti kolmea aikaisempaa tutkimusta (Gero & Kannengiesser, 2012; Svensson & Johansen, 2019; Viilo ym., 2018) hyödyntäen. Luokittelurunko koostui kolmesta pääluokasta: 1) yhteinen huomion kohde (FEA-suunnittelukriteerit, älyvaatteen suunnittelu tai vaatteen valmistus), 2) ohjauksen luonne (episteeminen, reflektiivinen tai käytännön toiminnan ohjaus) sekä 3) vuorovaikutuksen tukena olevat tarjoumat (refleksiiviset, reaktiiviset tai reflektiiviset tarjoumat).

## **Tutkimustulokset**

Videoaineistossa analyysiyksiköitä eli kolmen minuutin segmenttejä oli yhteensä 291. Analyysiyksiköistä 36 % (N = 104) sisälsi opettajan ja oppilaiden välisiä vuorovaikutustilanteita. Kuvio 3 osoittaa, että projektin alkupuolella oli vähemmän vuorovaikutusta kuin sen loppupuolella. Eniten vuorovaikutusta esiintyi seitsemännellä opetuskerralla, jolloin ohjelmoinnissa ja ompelun valmistelussa vuorovaikutus oli lähes jatkuvaa. Opetustilanteessa saattoi olla mukana yhtäaikaaisesti kaksi opettajaa, joista toinen ohjasi ohjelmointiin keskittyneitä oppilaita. Toinen opettaja puolestaan neuvoi merkintöjen tekemistä kankaalle ja ledien kiinnityskohtien tukemista silitettävällä tukikankaalla.

Mikroanalyysin tulokset raportoidaan CORDTRA-diagrammien avulla siten, että ensiksi käsitellään oppilaiden ja opettajien välisen vuorovaikutuksen kohteet eli mistä asioista yhdessä keskusteltiin. Tämän jälkeen kuvataan vuorovaikutuksen luonnetta prosessin eri vaiheissa, ja viimeisenä näkökulmana ovat vuorovaikutukseen liittyvät tarjoumat.





Kuvio 3. Opettajan ja oppilaiden vuorovaikutus eri opetuskerroilla.

### Moon-älyvaatteen uniikit ratkaisut

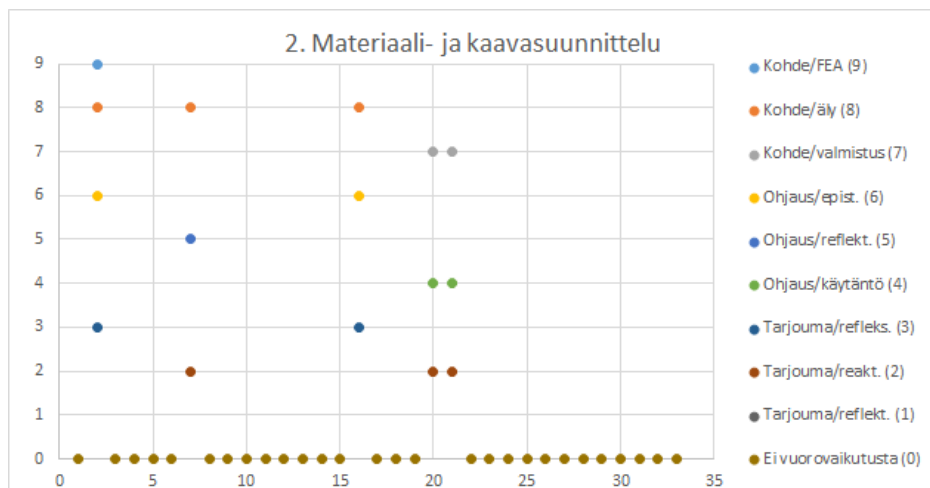
Opettajien ja oppilaiden välisen vuorovaikutuksen kohde luokiteltiin kolmeen luokkaan: 1) FEA-mallin mukaiset suunnittelukriteerit, 2) älyvaatteen suunnittelu sekä 3) kaavan ja vaatteen valmistus. FEA-malliin painottuvaa vuorovaikutusta oli selkeästi vähiten, jos älyvaatetta tarkasteltiin omna luokkana. Teknologiset ratkaisut olisi toki voinut luokitella osaksi vaatteiden toimivuutta, mutta tällä luokittelulla saatiin hyvin selville vuorovaikutuksen painottuminen vaatteen valmistuksen ohella teknologisten ratkaisujen suunnitteluun eikä perinteiseen vaatetus suunnitteluun.

Ensimmäinen videoitu opetuskerta kului konseptisuunnittelun viimeistelyyn, jonka aikana opettajan ja oppilaiden välillä oli vain vähän vuorovaikutusta koskien sensoreita ja niiden mahdollisia paikkoja vaatteissa. Toisella opetuskerralla edettiin materiaali- ja kaavasunnitteluun ja vuorovaikutuksen kohteena olivat kaikki luokitellut osa-alueet. Opetuskerran alussa luonnoksen äärellä (ks. Kuvio 4) käytiin keskustelu vaatteen materiaalista ja ledien sijainnista. CORDTRA-diagrammissa (ks. Kuvio 5) vaakasuoran numeroasteikko viittaa kolmen minuutin segmentteihin, jotka toimivat analyysiyksikköinä. Aineistositaatit on merkitty CORDTRA-diagrammin numeroasteikon mukaisesti.



Kuvio 4. Opettajan ja oppilaiden keskustelutuokio luonnoksen äärellä.

*Opettaja: Minä menen materiaalia hakemaan tänään eli mikä on se teidän materiaali, josta te teette.*  
*Oppilas: Me ei tiedetä ...joku pehmee.*  
*Opettaja: Pehmee ei riitä sanaksi.*  
*Oppilas: Eiks se pidä olla sellainen urheilukangas? Semmonen kun meidän housut.*  
*Opettaja: Nyt kun me tehdään prototyyppiä, värin ei ole väliä. Minä ostan sellaista kun saadaan.*  
*Oppilas: Okei.*  
*/.../*  
*Opettaja: Pitkät housut ja toppi. Niinkö?*  
*Oppilas: Joo.*  
*Opettaja: Tuleeko molempiin niitä valojuttuja?*  
*Oppilas: Ne tulee vain näihin. Eiks nääkin? [oppilaat osoittavat luonnoksesta topin ja housujen raitoja].*  
*Opettaja: Eli ne tulee noin. Otan sitä kangasta prototyyppiin siten, että jollekulle teistä sen täytyy mennä päälle. Sen mukaan suunnittele. Eli se on noin 60 senttimetriä ja 120 [osoittaa mittoja vartaloltaan]. Teillä on sitten seuraavaa kertaa varten kangas.*  
 (CORDTRA 2:02)



Kuvio 5. Materiaali- ja kaavasuunnittelu CORDTRA-diagrammina.

Toisen opetuskerran aikana keskusteltiin myös mahdollisuudesta liittää sykemittari asuun ja puhelintaskun tarpeellisuudesta, jotta sykemittaussovellusta olisi mahdollista seurata. Myös valoanturin sijainnista ja kaavojen valmistamisesta käytiin keskusteluja. Seuraavilla opetuskerroilla suunnittelukohteena olivat erityisesti topin malli ja komponenttien pesunkesto-ominaisuuksien huomioiminen. Kuudes opetuskerta kului kytkentäkaavion laatimiseen ja siitä keskusteluun. Kahdella viimeisellä opetuskerralla keskustelun kohteena oli lähes pelkästään vaatteiden valmistaminen.

Yhteenvetona voidaan todeta, että FEA-mallin mukainen toimivuus tuli keskusteluissa esille asun istuvuudessa (joustavat vs. joustamattomat materiaalit) ja mukavuudessa (ei hankaavia tai hiertäviä yksityiskohtia).

Turvallisuus huomioitiin ledien sijoittamisella juoksijan tien puoleiseen sivuun. Kestävyys ja huollettavuus ilmenivät vaateen teknisessä suunnittelussa ja irrotettaviin komponentteihin liittyvissä taskuratkaisuissa. Ilmasevuutena yksilöllisyys ja omaperäisyys korostuivat topin takakappaleen nauharatkaisun kehittäessä käsityölehden valmiskaavan ohjeesta poiketen. Esteettisiin valintoihin liittyivät suunnitteluelementtien, kuten vaateen raitojen, sommittelu suhteessa käyttäjän ominaispiirteisiin ja liikkeeseen. Moon-älyvaate sisälsi sekä urheilullisen topin että leggingsit, joihin oli integroitu Adafruit Flora ja Gemma, valosensorit sekä RGB ledit.

### **Yhteiskehittelyä vai toiminnan ohjausta?**

Keskustelun kohteen lisäksi tutkimusaineistosta tarkasteltiin vuorovaikutuksen luonnetta eli sitä, millaisena opettajan orkestrointi vuorovaikutustilanteessa näyttäytyi. Episteeminen ulottuvuus toi esille yhteisen näkemysluomiseen liittyviä keskusteluita, joissa hyödynnettiin aikaisempia kokemuksia ja saatavilla olevaa tietoa. CORDTRA-analyysin perusteella episteemistä ohjausta ilmeni erityisesti älyvaateen yksityiskohdista keskusteltaessa. Esimerkiksi 6. opetuskerran *KytKentäkaavio ja materiaalit* lopuksi oppilas varmistaa opettajalta, että kytkentäkaavio on piirretty oikein.

*Oppilas: Eli täältä VBATTista lähtee nyt kaksi kummallekin puolelle.*

*Opettaja: Joo.*

*Oppilas: Sit tää risuaita hashtag kaksitoista GND.*

*Opettaja: Joo.*

*Oppilas: Ja sit täällä on GND ja VBATT ja se oli DX.*

*Opettaja: Nyt teidän ei tarvitse viedä mitään johtoja toistensa yli eli tolleen se toimii.*

*Oppilas: Ja tässä on nää neljä, jotka menee tänne.*

*Opettaja: Joo ja sehän voi tulla hyvin lähelle sitä levyä.*

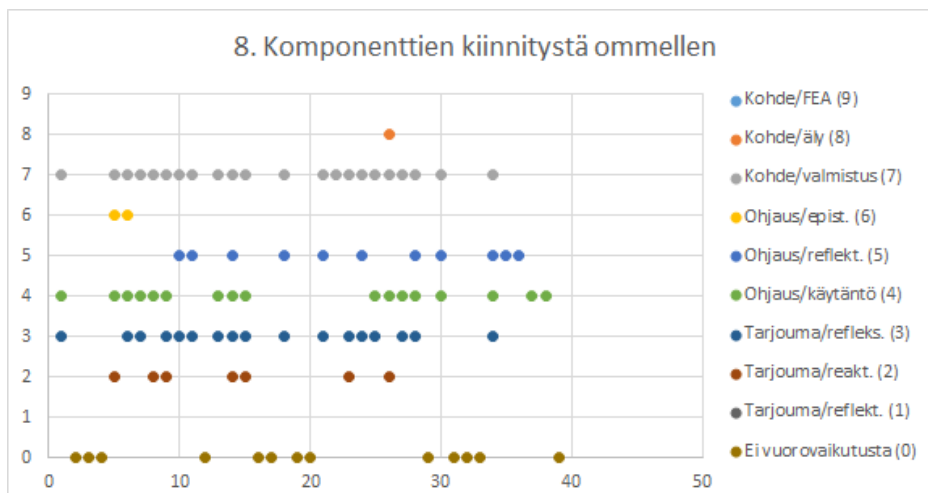
*Oppilas: Yläfemman.*

*Opettaja: Hyvä.*

(CORDTRA 6:27)

Älyvaateen ideointi esiintyi jatkuvana prosessina ja refleктоivan vuorovaikutuksen avulla ideoita arvioitiin ja vertailtiin. Reflektion avulla myös luotiin pohjaa seuraaville suunnittelu- ja valmistusprosessin vaiheille. Refleктоivaa vuorovaikutusta esiintyi eniten kahdella viimeisellä opetuskerralla, jolloin reflektion kohteena olivat konkreettiset käsityöt ja niiden laatuvaatimukset.

Osa vuorovaikutuksesta oli hyvin opettajajohtoista ohjeiden antamista oppilaille. Tällöin oppilaat lähinnä kuuntelivat toimintaohjeita ja ryhtyivät sen jälkeen itsenäiseen työskentelyyn. Tällaista vuorovaikutusta oli jonkin verran kaikilla opetuskerroilla, mutta erityisesti vaatteiden valmistusvaiheeseen siirryttäessä käytännön ohjeiden määrä lisääntyi. Ohjaus ei kuitenkaan ollut yksipuolisesti toimintaohjeisiin painottuvaa, vaan tällainen ohjaus asettui usein reflektiivisen vuorovaikutuksen lomaan, kuten CORDTRA-diagrammi (kuvio 6) osoittaa.



Kuvio 6. CORDTRA-diagrammi komponenttien kiinnitysompelusta.

Komponenttien kiinnitysompeluun liittyen opettaja ja oppilaat keskustelivat sähköjohtavan ompelulangan joustamattomuudesta ja siksakin tärkeydestä.

*Oppilas: Ope. Miten siksakkia ommeltiin? Niinku käsin?*

*Opettaja: Ihan samalla tavalla, kun sä teet siitä kuvioista siksakin.*

*Oppilas: Miten se toimii? Teenkö mä langalla näin?*

*Opettaja: /.../ se tarkoittaa, että sitten kun sä ompelet seuraavaa, niin siitä tulee joustava, kun siihen tulee se siksak-kuvio. Ettei vedetä suoraan lankaa seuraavaan, vaan voidaan tehdä vähän poikkeama siinä. Sitä se tarkoittaa.*

(CORDTRA 8:22–8.23)

Tämänkaltaisilla oppilaiden esittämällä kysymyksillä oli tärkeä rooli prosessin etenemisen ja tiedon rakentamisen kannalta. Niiden avulla voitiin yhteiskehitellä sekä käsitteellistä että proseduraalista tietoa, johon Svensson ja Johansen (2019) viittaavat didaktisten toimenpiteiden yhteydessä. Opettajien oli myös helpompi suunnata ohjausta kriittisiin kohtiin, jos oppilaat itse esittivät aiheeseen liittyviä kysymyksiä.

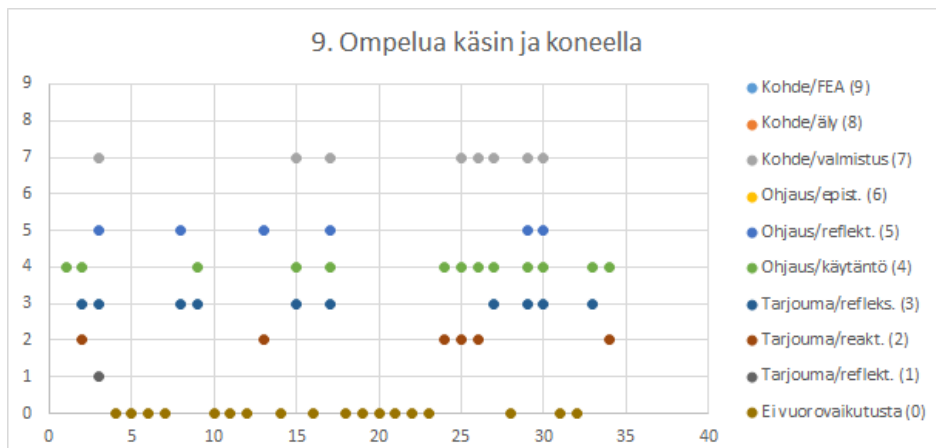
### Tarjoumat opetuksen ja oppimisen tukena

Vuorovaikutuksen kohteen ja luonteen lisäksi videoaineistolla esiintyvät tarjoumat luokiteltiin kolmeen ryhmään. Esimerkiksi kaavasunnittelussa tulivat esille kaavan erilaiset roolit joko refleksiivisenä, reaktiivisena tai reflektiivisenä tarjoumana. Esimerkiksi refleksiivinen tarjouma liittyi puhujan osoittaviin eleisiin, joissa hän käytti pöydällä tai kädessään ollutta kaavaa keskustelun tukena (vrt. kuvio 4). Reaktiivinen tarjouma ilmeni valintoina, jolloin esimerkiksi kaava-arkilta valittiin oikea puoli, kaavan osat ja vaatekoko kaavan jäljentämistä varten. Reflektiivinen tarjouma puolestaan edellytti tarjouman muokkaamista eli esimerkiksi jäljennettyä kaavaa jalostettiin muotoilemalla sitä suunnitelman mukaiseksi oppilaan päällä.

Älyvaatteen suunnitteluun liittyvistä opetustuokioista löytyivät myös tarjoumien eri muodot. Refleksiivisyys liittyi vastaavasti osoittaviin eleisiin, kun puhuja joko osoitti tai esitteli erilaisia elektroniikka-komponentteja. Sen sijaan elektroniikan testaustilanteet olivat reaktiivisia

tarjoumia, joissa ratkaisun toimivuutta testattiin ja sen jälkeen idea joko hyväksyttiin tai hylättiin. Esimerkiksi tilanne, jossa ledin sijaintia kankaan alla kokeiltiin, mutta valo ei läpäissyt kangasta, oli reaktiivinen tarjouma. Reflektiivinen tarjouma syntyi muun muassa kytkentäkaaviota piirrettäessä, kun ratkaisu kehittyi representaation välityksellä.

Tarjoumat olivat monipuolisesti opettajan ja oppilaan välisen vuorovaikutuksen tukena lähes kaikissa opetustilanteissa. Esimerkiksi viimeisellä opetuskerralla tarjoumia esiintyi kaikissa opetustilanteissa ensimmäistä vuorovaikutustilannetta lukuun ottamatta. Tarjoumat olivat enimmäkseen joko refleksiivisiä tai reaktiivisia. Reflektiivisiä tarjoumia oli kaiken kaikkiaan aineistossa muita tarjoumia vähemmän. On kuitenkin mielenkiintoista huomata, että reflektiiviseen vuorovaikutukseen saattoivat liittyä myös refleksiiviset ja reaktiiviset tarjoumat eli reflektointi oli sanallista vuorovaikutusta, jonka aikana representaatioita ei muokattu. Esimerkiksi viimeisen opetuskerran alussa (ks. kuvio 7) oppilas tarkastelee aikaisemmin ommeltua kohtaa ja pohtii, onko ommel tehty oikein (reaktiivinen tarjouma). Tämän jälkeen oppilas osoittaa kyseistä ommelkohtaa opettajalle (refleksiivinen tarjouma).



Kuvio 7. CORDTRA-diagrammi viimeiseltä opetuskerralla.

*Oppilas: Haittaako, jos tämä osuu tuossa kohtaa yhteen?*

*Opettaja: Noi pistot ja toi levy?*

*Oppilas: Niin.*

*Opettaja: Pistot ja Flora.*

*Oppilas: Tuossa reunassa se vähän silleen niinku.*

*Opettaja: Todennäköisesti haittaa, koska tämä on virtajohto ja se osuu tuohon maadoituskohtaan. Niin tämä tuottaa oikosulun, kun tästä tulee virta, joka sitten osuu tänne maadoitukseen suoraan.*

*/.../*

*Opettajat (yhdessä): Tämä on liian lähellä. Eli seuraavaksi kun noita ledejä lähtee ompelemaan, niin voisiko tuon ommella kuitenkin tuohon. Ja sitten purkaisi tuon. Tai sitten peittää sen jollakin. Joo mullahan on sitä teippiä. Pitää vain estää, ettei se pääse otta-  
maan kiinni. Joo, tehdään esto siihen sillä teipillä, jolla mä ajatte-  
lin, että olisi muutenkin nuo suojattu.*

*(CORDTRA 9:02–9.03)*

Edellä mainitun vuoropuhelun lopussa esiintyy reflektiivinen tarjouma, kun ongelmakohtaa tarkastellaan ja siihen etsitään ratkaisua joko purkamalla sähköäjohtavalla langalla tehty ommel tai ehkäisemällä mahdollinen oikosulku teipin avulla. Teippiratkaisuun päädyttiin kahden opettajan keskustelun tuloksena oppilaiden kuunnellessa vieressä ratkaisun kehittelyä. Oppilaalla oli kuitenkin keskeinen rooli ongelmakohtaan havaitsemisessa ja ratkaisuprosessin käynnistämisessä.

## Pohdinta

Tämä tutkimus tarjosi ainutlaatuisen tilaisuuden tarkastella peruskoulussa toteutettua älyvaateprojektia ja siihen liittyvää opetusta. Vastaavaa tutkimusta ei ole aikaisemmin tehty, joten tutkimustuloksilla on uutuusarvoa käsityön opetuksen kehittämisessä. Tässä tutkimuksessa opettajan roolia tarkasteltiin sekä sosiaalisesti että materiaalisesti välittyneenä toimintana. Vuorovaikutus oli intensiivisintä projektin loppuvaiheessa, ja vuorovaikutuksen kohteena korostuivat teknologisten ratkaisujen kehittäminen ja vaateen valmistus. CORDTRA-diagrammien perusteella voitiin tarkastella älyvaateen yhteiskehittelyä eri opetuskerroilla. Tutkimustulosten mukaan opettajat hyödynsivät erilaisia ohjaustapoja, jotka tukivat tiedon rakentamisen käytäntöjä. Älyvaate ei täysin valmistunut projektille varattujen tuntien aikana, vaan se ommeltiin valmiiksi vasta seuraavana lukuvuonna. Tutkimusaineisto kattoi kuitenkin hyvin suunnittelu- ja valmistusprosessin erilaiset vaiheet ja toi esille, missä vaiheissa opettajien apua eniten tarvittiin. Tämä kouluprojekti perustui vahvasti yhteisopettajuuteen, ja tutkijan läsnäolo mahdollisti lisäresursseja opetukseen ja erityisesti juuri teknologisten ratkaisujen kehittelyyn.

Moon-älyvaateen toteuttajat suunnittelivat ja valmistivat vaateen itselleen, joten ulkopuolisen käyttäjän tarpeita ja toiveita ei huomioitu samaan tapaan kuin joissakin vaatetusalan opiskelijoiden projekteissa (vrt. Chae & Evenson, 2014). Myöskään FEA-mallia ei tässä tapauksessa esitelty suunnittelun lähtökohtana, kuten käsityönopettajan koulutuksen kursseilla (Lahti & Nuutinen, 2014; Riikonen, 2020) on tehty. Peruskoulun oppilaiden vaatetussuunnittelusta on kuitenkin löydettävissä samoja iteratiivisia piirteitä kuin kokeneempien suunnittelijoiden prosesseissa. Tutkimuksemme perusteella käyttäjäkeskeiselle vaatesuunnittelulle tyypillinen iteratiivinen prosessi syveni opetuskertojen kuluessa. Iteratiivisuus näkyi myös kaavas suunnittelun osuudessa, vaikka erillisiä testivaatteita ei prosessin aikana tehty (vrt. Salo-Mattila, 2009; 2014).

Eri opetuskertoihin liittyvät materiaaliset artefaktit (esim. luonnokset, vaatekaavat, kytkennät, ompelut) toimivat perustana opettajien ja oppilaiden vuorovaikutukselle, sillä niiden välityksellä suunnitteluongelmat ja -ratkaisut oli helpompi tuoda esille ja niistä voitiin keskustella. Prosessin varrelle mahtui sekä suunnittelurajoitteiden pohdintaa että uusista ideoista inspiroitumista. Älyvaateen yhteiskehittäminen perustui erilaisiin tarjoumiin, joita tutkimustuloksissa on nostettu esille. Tarjoumat vaikuttivat sekä prosessin kulkuun että suunniteltuun lopputulokseen, sillä erilaisten representaatioiden avulla suunnitelma kehittyi konseptista konkreettiseksi vaatteeksi. Myös peruskoulussa on syytä tiedostaa konseptisuunnittelun mahdollisuudet, sille se tarjoaa yhteisöllisen tavan viipyä

suunnitteluprosessin ”sumeassa” alkupäässä, jolloin vältytään liian aikaisin jäädyttämästä suunnitelmia tavanomaisiin ratkaisuihin pohjautuviksi (Lahti & Nuutinen, 2014). Vaatetus suunnittelussa konseptien visualisointia tehdään tyypillisesti taulutyöskentelynä. Taulut toteutetaan kollaaseina, ja ne voivat olla joko konkreettisia tai sähköisiä (esim. Lahti & Nuutinen, 2014; Riikonen, 2020).

Teknologiapainotteisia- sekä keksintöprojekteja varten on luotu yleisiä malleja. Esimerkiksi Vartiainen ja muut (2020, s. 62) esittävät design-suuntautuneen pedagogiikan (alkup. *Design-oriented pedagogy*, DOP) mukaisen prosessimallin teknologisia oppimisprojekteja varten. Koulukontekstissa toteutettavia keksintöprojekteja tukemaan ja kuvaamaan on puolestaan kehitetty useita erilaisia malleja (ks. Sormunen ym., 2020). Sen sijaan yksityiskohtaisempia älyvaatteen suunnittelu- ja valmistusprosessiin keskittyviä malleja opetuksen tueksi ei ole vielä tehty. Tällainen malli auttaisi opettajia ja oppilaita hahmottamaan, miten digitaalisten elementtien suunnittelu voisi kietoutua osaksi vaatetus suunnittelua. Erilaisia suunnittelu elementtejä olisivat vaihtoehtoiset virtalähteet, vaatetus suunnitteluun soveltuvat sensorit (esim. valo-, lämpötila- ja liiketunnistimet) sekä vaatteeseen kiinnitettävät komponentit, kuten ledvalot, viiennys tai lämmitys. Elektroniikan yhteys FEA-mallin suunnittelukriteereihin on mielenkiintoinen, sillä elektroniikka avaa aivan uusia mahdollisuuksia vaatteen toimivuudelle, ilmaisevuudelle ja esteettisyydelle. Toivomme, että tämä pilottitutkimus rohkaisee opettajia eri koulutusasteilla toteuttamaan uudenlaisia vaate- ja kaavasunnitteluun liittyviä keksintöprojekteja digitaalista teknologiaa hyödyntäen.

## Lähteet

- Ash, D. (2007). Using video data to capture discontinuous science meaning making in non-school settings. Teoksessa R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. J. Derry (toim.), *Video research in the learning sciences* (s. 207–226). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Bye, E. & Hakala, L. (2005). Sailing apparel for women: A design development case study. *Clothing & Textiles Research Journal*, 23(1), 45–55.  
<https://doi.org/10.1177/0887302X0502300104>
- Chae, M. & Evenson, S. (2014). Prototype development of golf wear for mature women. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 7(1), 2–9.  
<https://doi.org/10.1080/17543266.2013.837966>
- Derry, S. J. (toim.) (2007). *Guidelines for video research in education. Recommendations from an expert panel*. Chicago: Data Research and Development Center, University of Chicago.  
<https://drdc.uchicago.edu/what/video-research-guidelines.pdf>
- Ekström, A. (2012). *Instructional work in textile craft: studies of interaction, embodiment and the making of objects*. (Väitöskirja). Stockholm: Stockholm University.  
<urn:nbn:se:su:diva-69529>
- Gero, J. & Kannengiesser, U. (2012). Representational affordances in design, with examples from analogy making and optimization. *Research in Engineering Design*, 23(3), 235–249. <https://doi.org/10.1007/s00163-012-0128-y>
- Hakkarainen, K. & Seitamaa-Hakkarainen, P. (2020). Uutta luova oppiminen ja sen ohjaaminen. Teoksessa T. Korhonen & K. Kangas (toim.), *Keksimisen pedagogiikka* (s. 332–351). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Hmelo-Silver, C., Chernobilsky, E. & Jordan, R. (2008). Understanding collaborative learning processes in new learning environments. *Instructional Science*, 36(5–6), 409–430. <https://doi.org/10.1007/s11251-008-9063-8>



- Härkki, T., Korhonen, T. & Karne, S. (2020). Tiimiopettajuus keksintöprojekteissa. Teoksessa T. Korhonen & K. Kangas (toim.), *Keksimisen pedagogiikka* (s. 270–286). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Illum, B. & Johansson, M. (2012). Transforming physical materials into artefacts – learning in the school’s practice of Sloyd. *Techne Series - Research in Sloyd Education and Craft Science A*, 19(1), 2–16.  
<https://journals.oslomet.no/index.php/techneA/article/view/393>
- Jaatinen J. & Lindfors E. (2019). Makerspace for innovation learning: How Finnish comprehensive schools create space for makers. *Design and Technology Education: an International Journal*, 24(2), 42–66.  
<https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/2623>
- Kafai, Y. B., Fields, D. A. & Searle, K. A. (2014). Electronic textiles as disruptive designs: Supporting and challenging maker activities in schools. *Harvard Educational Review*, 84(4), 532–556.  
<https://doi.org/10.17763/haer.84.4.46m7372370214783>
- Kangas, K., Seitamaa-Hakkarainen, P. & Hakkarainen, K. (2013). Figuring the world of designing: Expert participation in elementary classroom. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2), 425–442.  
<https://doi.org/10.1007/s10798-011-9187-z>
- Koskinen, A., Seitamaa-Hakkarainen, P. & Hakkarainen, K. (2015). Interaction and Embodiment in Craft Teaching. *Techne Series - Research in Sloyd Education and Craft Science A*, 22(1), 59–72.  
<https://journals.oslomet.no/index.php/techneA/article/view/1253>
- Lahti, H. (2012). Learning sewing techniques through an inquiry. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 45, 178–188. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.554>
- Lahti, H. & Nuutinen, A. (2014). Yhteisöllinen konseptisuunnittelu vaatetussuunnittelun lähtökohtana. Teoksessa A. Nuutinen, P. Fernström, S. Kokko & H. Lahti (toim.), *Suunnittelusta käsin: käsityön tutkimuksen ja opetuksen vuoropuhelua* (s. 134–151). Helsinki: Helsingin yliopisto. <http://hdl.handle.net/10138/153027>
- Lahti, H. & Seitamaa-Hakkarainen, P. (2014). Designing teaching—teaching designing: Teacher’s guidance in a virtual design studio. *Journal of Learning Design*, 7(1), 10–26. <https://doi.org/10.5204/jld.v7i1.140>
- Lamb, J. M. & Kallal, M. J. (1992). A conceptual framework for apparel design. *Clothing and Textiles Research Journal*, 10(2), 42–47.  
<https://doi.org/10.1177/0887302X9201000207>
- Litts, B. K., Kafai, Y. B., Lui, D. A., Walker, J. T. & Widman, S. A. (2017). Stitching codeable circuits: High school students’ learning about circuitry and coding with electronic textiles. *Journal of Science Education and Technology*, 26(5), 494–507.  
<https://doi.org/10.1007/s10956-017-9694-0>
- Nonaka, I. & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York; Oxford: Oxford University Press.
- Orzada, B. T. & Kallal, M. J. (2019). FEA Consumer Needs Model: 25 years later. *Clothing and Textiles Research Journal*, 39(1), 24–38.  
<https://doi.org/10.1177/0887302X19881211>
- Paavola, S. & Hakkarainen, K. (2014). Triological approach for knowledge creation. Teoksessa S. Tan, H. So & J. Yeo (toim.), *Knowledge creation in education* (s. 53–73). Singapore: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-287-047-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-287-047-6_4)
- Perry, A. (2018). Exploring from creators’ perspectives issues and solutions about knowledge, difficulties, and disposal in making smart clothing designs. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 11(1), 129–137. <https://doi.org/10.1080/17543266.2017.1332246>
- Riikonen, S. (2020). Creating sources of inspiration through eCollage, the FEA model, and a future visioning concept design project. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(4), 755–775.  
<https://doi.org/10.1007/s10798-019-09526-4>
- Riikonen, S., Seitamaa-Hakkarainen, P. & Hakkarainen, K. (2020). Bringing maker practices to school: tracing discursive and materially mediated aspects of student teams’ collaborative making processes. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 15(3), 319–349.  
<https://orcid.org/0000-0003-3689-7967>



- Riikonen, S., Sormunen, K., Korhonen, T., Kangas, K., Seitamaa-Hakkarainen, P. & Hakkarainen, K. (2018). Ryhmän oppimismotivaatio ja sitoutuminen yhteisöllisessä keksintöprojektissa. Teoksessa K. Salmela-Aro (toim.), *Motivaatio ja oppiminen* (ss 161–180). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Risikko, T. & Marttila-Vesalainen, R. (2005). *Vaatteet ja haasteet*. Porvoo: WSOY.
- Salo-Mattila, K. (2009). *Ruumiin ja muodin välissä: tutkimus vaatteen kaavoituksen kehityksestä*. Helsingin yliopiston kotitalous- ja käsityötieteiden laitoksen julkaisuja 22. Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Salo-Mattila, K. (2014). Plane and space in pattern design. *Techne Series - Research in Sloyd Education and Craft Science A*, 21(1), 1–21.  
<https://journals.oslomet.no/index.php/techneA/article/view/695>
- Sanders, E. B.-N. & Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *Co-Design*, 4(1), 5–18. <https://doi.org/10.1080/15710880701875068>
- Seitamaa-Hakkarainen, P. & Hakkarainen, K. (2019). Koulu keksivänä yhteisönä. Teoksessa T. Tossavainen & M. Löytönen (toim.), *Sähköistyvä koulu: Oppiminen ja oppimateriaalit muuttuvassa tietoympäristössä* (s. 79–97). Helsinki: Suomen tietokirjailijat.  
[https://www.suomentietokirjailijat.fi/media/julkaisut/verkkoon\\_sahkoistyva\\_koulu\\_2019\\_final.pdf](https://www.suomentietokirjailijat.fi/media/julkaisut/verkkoon_sahkoistyva_koulu_2019_final.pdf)
- Sormunen, K., Seitamaa-Hakkarainen, P., Kangas, K. & Korhonen, T. (2020). Keksintöprojektien jäsentäminen ja suunnittelun lähtökohdat. Teoksessa T. Korhonen & K. Kangas (toim.), *Keksimisen pedagogiikka* (s. 26–47). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Svensson, M. & Johansen, G. (2019). Teacher’s didactical moves in the technology classroom. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(1), 161–176. <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9432-1>
- Vartiainen, H., Tedre, M., Salonen, A. & Valtonen, T. (2020). Rematerialization of the virtual and its challenges for design and technology education. *Techne Series - Research in Sloyd Education and Craft Science A*, 27(1), 52–69.  
<https://journals.oslomet.no/index.php/techneA/article/view/3558>
- Viilo, M., Seitamaa-Hakkarainen P. & Hakkarainen, K. (2018). Long-term teacher orchestration of technology-mediated collaborative inquiry. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62(3), 407–432.  
<https://doi.org/10.1080/00313831.2016.1258665>
- Watkins, S. M. & Dunne L. E. (2015). *Functional clothing design. From sportswear to spacesuits*. New York: Fairchild Books.