



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

VILLE-VEIKKO PALVIAINEN

# **Esitystekniikka opetustiloissa**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN  
KOULUTUSOHJELMA  
2021

Tekijä(t) Palviainen, Ville-Veikko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä maaliskuu 2021
	Sivumäärä 36	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Esitystekniikka opetustiloissa</b>		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Tiivistelmä  <p>Uuden opetussuunnitelman mukaisen perusopetuksen järjestäminen on tuonut mukanaan haasteita modernin esitystekniikan käyttöönottoon oppimisen apuvälineenä ja toisaalta myös oppimisen kohteena. Laiterympäristön kehittyessä jatkuvasti on myös infrastruktuurin suunnitteluun ja toteutukseen kiinnitettävä huomiota enenevässä määrin.</p> <p>Työssä käsitellään nykyaikaisten opetusteknologisten laitteistojen rakennetta, sekä käyttöympäristön teknisten ratkaisuiden vaatimuksia. Tutkimus- ja testaustyön tuloksina esitellään esimerkkejä toteutuksista, joilla saneeraus ja uudiskohteiden tieto- ja viestintätekniisiä järjestelmiä voidaan toteuttaa.</p>		
<u>Asiasanat</u> opetusteknologia, esitystekniikka, oppimisympäristö		

Author(s) Palviainen, Ville-Veikko	Type of Publication Bachelor's thesis	Date March 2021
	Number of pages 36	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Presentation technology in classrooms</b>		
Degree program Electrical and Automation Engineering		
Abstract  Basic education under the new curriculum has become an environment of modern presentation technology and educational technology. Technology is evolving constantly and therefore increasing attention must be paid to the design and implementation of the infrastructure.  The work deals with the structure of modern educational technology systems as well as the requirements of technical solutions for the operating environment. As a result of the research and testing the work presents examples of implementations which can be used in renovation and new building projects.		
<u>Key words</u> educational technology, presentation technology, learning environment		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	4
2 TOIMEKSIANTO.....	6
2.1 Tilaaajaorganisaatio .....	6
2.2 Toimeksiantajan tavoitteet .....	6
3 TIETO- JA VIESTINTÄTEKNIikka OPETUSVÄLINEENÄ .....	9
3.1 Opetusteknologia tvT-kasvatuksessa.....	9
3.2 Opetusteknologian kehitys .....	9
4 KÄYTÖSSÄ OLEVA TEKNIikka.....	15
4.1 Opetusteknologia oppimisympäristössä.....	15
4.2 Päätelaite .....	15
4.3 Älynäyttö.....	16
4.4 Projektori.....	17
4.5 Dokumenttikamera .....	18
4.6 Telakka .....	18
4.7 Kuvansiirto .....	19
4.8 Äänentoisto .....	20
4.9 Asennusteline .....	20
5 SIGNAALIT JA SIIRTOTIET .....	21
5.1 Liitännät yleisesti .....	21
5.2 VGA -liitäntä.....	21
5.3 DVI.....	22
5.4 HDMI .....	22
5.5 Displayport.....	24
5.6 HDBaseT.....	24
5.7 Audio.....	27
5.8 USB.....	27
6 TULOKSET JA RATKAISUT .....	29
6.1 Valmiskaapelein toteutettu kaapelointi .....	30
6.2 Asennuskaapelein toteutettu kaapelointi.....	31
7 YHTEENVETO .....	36
7.1 Tutkimuksen tuloksien arviointi .....	36
7.2 Tulevaisuuden järjestelmät.....	37
LÄHDELUETTELO .....	39

## 1 JOHDANTO

Esitystekniikka opetustiloissa käsittelee perusopetuksen nykyaikaisten opetustilojen av-tekniikan suunnitteluohjeistusta ja käytäntöjä joilla tiloista saadaan teknisesti yhteensopivia ja toimivia. Työn tarkoituksena oli selventää nykyaikaisen av-tekniikan asettamia vaatimuksia opetustilojen kiinteälle infrastruktuurille, jotta se palvelisi myös tulevaisuudessa päivittyvien laitteistojen ja kasvavan kaistanleveyden vaatimuksia.

Useimmissa julkaisuissa käsitellään TVT-laitteistojen käyttöä opetuksessa pedagogian näkökulmasta. Työn tavoitteena oli lähestyä aihetta lähtökohtaisesti teknisestä näkökulmasta, toisaalta unohtamatta pedagogisia ohjeistuksia ja arvoja. Tarkoituksena oli kerätä työhön tietoa, jota opetustiloja suunnitteleva henkilöstö, rakennuttaja, sähkö- ja telesuunnittelija sekä opetushenkilöstön av-vastaavat voivat hyödyntää.

Opetustilan infrastruktuurin suunnittelun tulisi pohjautua käyttäjän tarpeeseen, jossa määritelmänä on tilassa käytettävät laitteet ja kokonaisuudet sekä niiden käytettävyys. Käyttäjällä tai tilojen haltijalla harvoin on laajempaa tietoa laitteiden yksityiskohtaisista teknisistä vaatimuksista eikä laitteiden kehittyessä jatkuvasti voida muodostaa pidemmällä aikavälillä toimivaa ohjetta tilojen kaapeloinnin suunnittelusta.

Käytännöt eri organisaatioiden kesken voivat vaihdella käytettävän tekniikan osalta suuresti ja koska esitystekniikkaa ei vielä sääntele standardit, on haasteellista muodostaa aukotonta normitusta esimerkiksi sähkö- ja telesuunnitteluun. Tästä johtuen laitevalmistajia ja laitetyppejä löytyy markkinoilta useita näennäisesti samoilla spesifikaatiolla, vaikka käytännön ominaisuudet poikkeaisivatkin toisistaan merkittävästi.

Miten saadaan muodostettua teknisesti toimiva opetusympäristö, jossa voidaan hyödyntää mahdollisimman monipuolisesti tämän päivän ja tulevaisuuden tv-t-laitteistoja? Mitä eri signaaleja nämä laitteet siirtävät toisiensa välillä, millaisessa muodossa ja mikä toimii siirtotienä? Miten nämä vaikuttavat suunnitteluun?

Työn tuloksena on muodostettu esimerkkejä opetustilojen uudisrakennus ja saneerauskohteissa käytettävästä kaapeloinnista sekä siirtoon tarvittavista aktiivilaitteista. Työtä varten on tutkittu ja testattu erilaisia laitteistokokoonpanoja joiden perusteella on voitu muodostaa ohjeistus sähkösuunnittelijoille oppimisympäristön kaapeloinnin vaatimuksista ja laitteistoista.

## 2 TOIMEKSIANTO

### 2.1 Tilaajaorganisaatio

Työn tilaajana toimii konsulttiyritys Adaptive Audiovisual Solutions-AAS, joka vastaa tällä hetkellä muun muassa Rauman Kaupungin toimeksiannolla uuden Karin Kampuksen ICT-suunnittelusta ja AV-suunnittelun ohjeistuksesta.

Adaptive Audiovisual Solutions-AAS on vuonna 2011 perustettu audiovisuaalisten järjestelmien, sähkö ja tele-järjestelmien sekä järjestelmäintegraation, konsultointi-, suunnittelu-, asennus- ja alihankinta-yritys, Kramer-control asiantuntijayritys, HDBaseT -asiantuntijayritys, Eurolan -valtuutettu asennusyritys, sekä 2 luokan sähköurakoitsija. AAS tarjoaa myös tieto- ja viestintätekniiikan, sekä esitystekniikan koulutusratkaisuja erilaisten henkilöstöryhmien käyttöön.

Asiakkaita ovat yleisesti muun muassa teatterit, tapahtumateollisuus, äänitystudiot, digipainot ja mainostoimistot, merenkulkualan yritykset, matkustaja-autolautat, hotelli- ja ravintola-ala, koulut ja muut julkisen hallinnon laitokset.

Yhteistyö Rauman Kaupungin kanssa on jatkunut vuodesta 2016 lähtien, toimeksiannona erityisesti tieto- ja viestintätekniiikan, esitystekniikan ja av-laitteistojen suunnittelukonsultointi sekä valvonta.

### 2.2 Toimeksiantajan tavoitteet

Rauman kaupungin kouluverkkoa on vuodesta 2007 lähtien uudistettu teknis-taloudellisista syistä. Suurempia kouluyksiköitä muodostetaan luopumalla pienistä ja teknisen käyttöikänsä lopulla olevista koulurakennuksista, joiden saneeraus tulisi tarkoituksettoman kalliiksi. Taloteknisesti vanhentuneet rakennukset ovat osaltaan vaikuttaneet uusien koulurakennuksien rakentamispäätösten puoltamiseen.

Vuonna 2014 valmistunut Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet ja sen myötä ohjeistus yhtenäisen perusopetuksen toimintakulttuuriin, toivat tarpeen uusien oppimisympäristöjen huomioon ottamisen uudisrakennuksia suunniteltaessa. "Oppimisympäristöillä tarkoitetaan tiloja ja paikkoja sekä yhteisöjä ja toimintakäytäntöjä, joissa opiskelu ja oppiminen tapahtuvat. Oppimisympäristöön kuuluvat myös välineet, palvelut ja materiaalit, joita opiskelussa käytetään. Oppimisympäristöjen tulee tukea yksilön ja yhteisön kasvua, oppimista ja vuorovaikutusta." (2. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*)

Raumalla uutta opetussuunnitelmaa toteuttavaa koulua aloitettiin suunnittelemaan opetussuunnitelman voimaan astumisen aikaan. Olikin luonnollista että Pohjoiskehän koulun tiloja lähdettiin rakennuttamaan lähtökohtaisesti muuntojoustavaksi oppimisympäristöksi, jossa uudella opetusteknologialla tulisi olemaan suuri merkitys oppimisen sekä opettamisen työvälineenä.

Vuonna 2016 saneeratun lukiorakennuksen positiivisten kokemusten perusteella, otettiin opetusteknologian suunnittelun lähtökohdaksi älynäyttöjen avulla toteutettu interaktiivinen opetusvälineistö, jolloin haasteeksi koettiin tilojen muuntojoustavuutta tukevan infrastruktuurin rakennuttaminen opetustiloihin. Esitysteknisen välineistön jatkuva kehitys ja formaattiviidakko toivat osaltaan lisähaasteita suunnittelun pohjustamiselle sekä käytettävien teknologioiden valintaan.

Pohjoiskehän koulua käyttöönotettaessa elokuussa 2019 oli suunnitelua aloitettaessa valikoidut aktiivilaitteet poistuneet jo vanhentuneina markkinoilta ja samalla markkinoilla olevien laitteiden kuvan tarkkuus noussut jo korkeammalle tasolle. Koko suunnittelu - ja rakennusprosessin ajan jatkuneen tutkimus- ja testaustyön tuloksena voitiin kuitenkin alkuperäistä tilojen infrastruktuuria hyödyntää uusien laiteratkaisujen osana niin, että laitteistojen kehitys nähtiin pelkästään positiivisena ominaisuutena, mahdollistaen yksinkertaisempien ja monipuolisempien menetelmien hyödyntämisen oppimisen ja opettamisen tukena.



Pohjoiskehän koulu rakennettiin Raumalle kaikkiaan 550 oppilaan tarpeisiin, henkilökunnan määrän ollessa alkuvaiheessa noin 120. Kukin ikäluokka opiskelee omassa korttelissaan, jossa keskustori yhdistää luokkatiloja. Raumalla yli 400 koululaista pääsi aloittamaan vuoden 2019 syyslukukauden uusissa tiloissa. Elokuussa 2019 valmistunut Pohjoiskehän koulu on ensimmäinen Rauman Kaupungin rakennuttama täysin uusi koulurakennus lähes 30 vuoteen. (21. *Uudenlainen oppimisympäristö Rauman malliin.*)

Raumalle valmistui vuonna 1997 Turun Yliopiston rakennuttama ja sen alaisuudessa harjoittelukouluna toimiva Normaalikoulun uudisrakennus, joka toimi opetusministeriön asettamana informaatioteknologian kokeilukouluna. Työn kirjoittaja toimi rakennuksen käyttöönottokesänä ICT-asentaja-apulaisena kohteessa, osallistuen muutamia vuosia myöhemmin myös päivitettävien ja uusien laitteistojen asennuksiin sekä käyttöönottoon. Opetusteknologian kehityskaarta onkin ollut mielenkiintoista seurata, sen kehittyessä toisaalta hurjaa vauhtia, perusasioiden pysyessä kuitenkin samanlaisina vuosikymmenien ajan.

## 3 TIETO- JA VIESTINTÄTEKNIikka OPETUSVÄLINEENÄ

### 3.1 Opetusteknologia tv-t-kasvatuksessa

"Opetusteknologia on nykyisin olennainen osa suomalaisten koulujen arkea, samalla kun sen käyttö on mahdollistanut ympäröivän maailman tuomisen osaksi luokkahuonetta. Parhaimmillaan tieto- ja viestintäteknikka voi kehittää luovuutta ja uudenlaisten oppimiskokemusten syntymistä, vaikka haasteita toki edelleenkin esiintyy" (1. *Opetusteknologia koulun arjessa 2011*)

Tieto- ja viestintäteknikka on ollut mukana oppimisessa jo 1980-luvulta alkaen. Ensimmäisessä vaiheessa opetettiin koulun usein ainoalla tietokoneella ohjelmoinnin alkeita. Internetin laajentumisen myötä 1990-luvulla opetuksessa alkoi yleistyä varsinainen tietotekniikan käyttö, ja seuraava vuosikymmen toi mukanaan sosiaalisen median mahdollisuudet. (15. *Tieto- ja viestintäteknikka opetuskäytössä –Välineet, vaikuttavuus ja hyödyt 2011*)

Tieto ja viestintäteknologian merkitys oppimateriaalina on kasvanut viime vuosina. Samalla vaatimus laitteistojen käytettävyydelle ja luotettavuudelle on noussut merkityksellisempään rooliin, kun laitteiden on oltava toimintakunnossa jokaisella oppitunnilla, jokaisena koulupäivänä. "Tieto- ja viestintäteknologinen (tv-t) osaaminen on tärkeä kansalaistaito sekä itsessään että osana monilukutaitoa. Se on oppimisen kohde ja väline". (2. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*)

### 3.2 Opetusteknologian kehitys

Varhaisimpana kuvanheijastuslaitteena opetustiloissa käytettiin episkooppia eli pinta-kuvanheitintä jolla voitiin heijastaa läpinäkymättömiä objekteja seinälle, kuten kirjoja, kortteja ja valokuvia. Episkooppi oli valoteholtaan hyvin vaatimaton, eikä läheskään jokaisessa paikassa saatavilla. (10. *Audiovisuaalinen vallankumous koulussa 2019*)

Piirtoheittimet yleistyivät Suomen oppilaitoksissa 1970-luvulla ja 90-luvulle mennessä piirtoheitin olikin pitkään yleisin opetuksen tukena käytettävä teknologia. Lisäksi käytettiin muun muassa rainakoneita ja diaprojektoreita, joiden avulla voitiin heijastaa kuvia valkokankaalle. Yksinkertainen tietokoneeton teknologia palveli 2000-luvulle saakka, siihen asti kunnes videoprojektori-dokumenttikamera yhdistelmä alkoi sivuuttaa jo kymmeniä vuosia palvelutta tekniikkaa. (11. *Vihattu ja rakastettu dokumenttikamera* 2020)



Kuva 1. Piirtoheitin

Liikkuvan videokuvan esittämiseen luokissa käytettiin aikaisemmin pääsääntöisesti VHS-videonauhuria sekä kuvaputki-televisiota. Kuvaputkilaitteiden matalan resoluution ja toisaalta käytettävien liitäntöjen yhteensopivuusongelmien vuoksi, ei siihen ollut mahdollista liittää esimerkiksi tietokonetta käytännöllisesti.

Äänentoistoon käytössä oli perinteisesti joko kelanauha tai c-kasettisoitin, sekä myöhemmin myös CD-soitin. Levysoittimen käyttö on pääsääntöisesti ollut ainoastaan musiikin aineopetuksen tiloissa tarpeellinen.

Piirtoheittimien ja projektorien välivaiheessa, 90-luvun puolivälissä esiteltiin siirtoheittimenä tunnettu laite, jossa piirtoheittimen tason kokoinen LCD-kenno asetettiin

piirtoheittimen lasin päälle ja tietokoneelta voitiin heijastaa kuvaa valkokankaalle. Tämä teknologia ei koskaan vakiintunut yleisesti käyttöön, mutta periaatteena toimi viitoittajana projektorien kehitykselle. (16. *TIVI* 2018.)

Ensimmäiset dokumenttikamerat tulivat käyttöön 90-luvun loppupuolella ja käytännössä niiden pääominaisuudet ovat pysyneet näistä ajoista lähtien samanlaisina. Sitä voidaan pitää piirtoheittimen nykyaikaisena versiona eli kyseessä on kamera jonka avulla voidaan näyttää tekstiä, kuvia tai esittää esimerkiksi piirros reaaliajassa ja lisäksi se mahdollistaa muun muassa esineiden sekä työvaiheiden esittelyn. Perinteisimmän dokumenttikamera on ollut liitettynä suoraan kuvaa toistavaan laitteistoon, kuten projektoriin tai nykyään älynäyttöön. Nykyisin on myös saatavilla tietokoneeseen tai siihen verrattavissa olevaan laitteistoon liitettäviä USB-liitäntäisiä dokumenttikameralaitteita. (11. *Vihattu ja rakastettu dokumenttikamera*)

Toisin kuin piirtoheitin, dokumenttikamera ei sisällä kuvaa tuottavaa tekniikkaa, joten lähtökohtaisesti jokaista dokumenttikameraa varten tuli hankkia kuvan esitysväline, joka aikasemmin oli poikkeuksetta dataprojektori. Projektoreihin voitiin myös kytkeä tietokone, jolloin saatiin myös tietokoneen kuva esitettyä ja sen käyttö alkoi yleistyään digitaalisen tiedon esitysvälineenä.



Kuva 2. HD-Dokumenttikamera

Kuvaa tuottavaan laitteistoon liitettyä dokumenttikameraa käytetään edelleen sen sisältämien liitännöiden ja ominaisuuksien vuoksi usein opetustilan kuvanvalitsimena. Käytännössä dokumenttikameraan liitetään kaikki laitteet, joilta kuva halutaan esittää ja dokumenttikameran painikkeilla voidaan valita milloin kukin lähde halutaan esitettävän.

2000-luvun puolivälin jälkeen projektorien kehitys niin teknisesti, kuin kustannustehokkuudenkin osalta mahdollisti projektorien käyttöönoton lähestulkoon kaikissa opetustiloissa, joskin niiden käyttö kuitekin vaati järjestelmällistä huoltoa lampujen ja suodattimien osalta sekä oikeita käyttötapoja käyttäjiltä. Valotehon ollessa edelleen varsin maltillinen, oli luokkatiloista sammutettava valot ainakin luokan etuosasta. Päälle ja poiskytkentä veivät aikaa lampun syttymisen ja jäähtymisen vuoksi sekä lampun ikääntyessä valoteho heikkeni entisestään. Projektorin tuulettimet tuottivat myös jonkin verran ääntä ja nykyisin jo uuden teknologian myötä tuulettimet ovat huomattavasti hiljaisempia kuin ensimmäiset versiot.

2010-luvulla tulivat ST (Short Throw) ja UST (UltraShortThrow) -lähiprojektorit sekä interaktiiviset SmartBoardit osaksi oppimisympäristöjä. SmartBoard toimi kuten kosketusnäyttö, sen ollessa liitettynä USB-kaapelilla tietokoneeseen ja kuvan ollessa heijastettuna SmartBoardin heijastusalueeseen. SmartBoardia käytettiin tähän tarkoitettuilla kynillä ja kosketus siirtyi infrapunamatriisin välityksellä PC-tietokoneelle, johon laitteiston ajurit olivat asennettuna. Sen ongelmia kuitenkin olivat muun muassa jatkuva kalibroinnin tarve esimerkiksi projektorin tahattoman liikkumisen vuoksi asennustelineessä. (17. *Smart Board*)

Lähiprojektori asennetaan valkokankaan tai heijastettavan pinnan ala- tai yläpuolelle seinälle ja se pystyy laitteesta riippuen tuottamaan 80-120 tuumaisen kuvan 10-50 senttimetrin etäisyydeltä heijastuspinnasta. UST Lähiprojektorissa ei käytännössä ole kuvan säätöominaisuuksia kiinteän optiikan vuoksi, joten säädöt piti suorittaa asemoimalla projektori fyysisesti asennustelineessä olevilla säätöruuveilla. (18. *UST Buying guide*)



Kuva 3. Lähiprojektori varustettuna interaktiivisella vastaanottimella (<http://www.epson.eu>)

2010-luvulla markkinoille tulivat ensimmäiset uuden teknologian projektorit, joissa lamppu oli korvattu suurtehoisella led-valonlähteellä markkinointinimeltään "Laser-projektorit". Valoteholtaan, kontrastisuhteeltaan ja käytettävyydeltään nämä projektorit ovat hinta-hyötysuhteeltaan vanhoja lamppumalleja huomattavasti kustannustehokkaampia, kun lamppuhuoltoa ei enää tarvitse suorittaa esimerkiksi 2000 tunnin välein, vaan valonlähteelle luvataan valmistajasta riippuen jopa kymmenien tuhansien tuntien paloaika. Laser-projektorit ovat tänäpäivänä hyvin varteenotettava vaihtoehto tiloissa, joissa projektorien käyttö on edelleen tarpeellista.

Samoihin aikoihin Laser-projektorien kanssa markkinoille ilmeistyivät ensimmäiset suuret kosketusnäytöt, joista tässä yhteydessä käytetään nimitystä älynäyttö. Toisin kuin pienemmissä kosketusnäytöissä, joissa kosketus ruutuun havaitaan kapasitiivisesti, 45-86 tuumaiseen näyttölaitteeseen on integroituna kosketuksen tunnistava infrapunamatriisiin perustuva lukijalaite. Älynäyttö voidaan liittää projektorien tapaan dokumenttikameraan, tietokoneeseen sekä muihin kuvanlähteisiin. Useimpiin älynäyttöihin on myös integroitu myös sisäinen tietokone, joten laite voi toimia itsenäisenä opetusvälineenä sen sisältämien ohjelmien ja selaimen avulla tai vaihtoehtoisesti laitetta voidaan käyttää edelleen liitetyn tietokoneen kosketusnäyttönä.

Uudenlainen älynäyttö on vakiinnuttanut perusopetuksessa paikkansa sen monipuolisuuden, interaktiivisuuden ja toisaalta myös valotehon ja kontrastisuhteen vuoksi. Näytöltä pystytään seuraamaan esitettävää kuvaa, vaikka tilan verhot olisivat avoinna ja kattovalaisimet päällä. Viimeisten viiden vuoden aikana laitteiden hintakehitys on myös mahdollistanut hankintojen suorittamisen uudiskohteisiin ja vanhojen projektorien asteittaisen uusimisen lähes kokonaan huoltovapaalla laitteistolla, jonka tekninen elinikä odotetaan olevan 5-10 vuotta.



Kuva 4. Älynäyttö mootoroidulla seinäjalustalla jalustalla varustettuna.  
(<https://www.projectors.co.uk>)

## 4 KÄYTÖSSÄ OLEVA TEKNIikka

### 4.1 Opetusteknologia oppimisympäristössä

Modernin opetusteknologian avulla sekä opettaja että oppija pystyvät monipuolistamaan ja helpottamaan merkittävästi päivittäistä työtään. Muun muassa internetissä oleva interaktiivinen opetusmateriaali tukee sisällöllään uusien opetusteknologian välineiden käyttöä ja tekee oppimisesta mielekästä kaikille. Jotta tätä interaktiivista sisältöä voitaisiin täysipainoisesti käyttää, tulee ympäristön ja laitteiston toimia teknisten ja toiminnallisten resurssien kanssa yhdessä niin, että opettaja voi keskittyä oppitunnin pitämiseen ja sisällön käyttämiseen, eikä sen käyttöönottoon tarvitse käyttää ylimääräistä aikaa joka olisi pois oppitunnista.

Modernin oppimisympäristön laitteisto saattaa usein poiketa perusopetuksen ja toisen asteen sekä muiden oppilaitosten kesken, riippuen toteutettavasta strategiasta sekä hankintojen koordinoinnista. Kuitenkin pääperiaatteeltaan opetusympäristö sisältää samanlaiset laitteisto-osat vaikka laitetyyppi tai ympäristö olisikin tässä esitellyistä ratkaisuista poikkeava.

Perusopetuksen opetustilassa käytettävä laitteisto koostuu käytettävänä esimerkkinä päätelaitteesta, älynäytöstä, dokumenttikamerasta, dockista eli porttitoistimesta, extenderistä eli kuvanjakelulaitteistosta ja tarvittaessa äänentoistolaitteistosta sekä nämä laitteet toisiinsa liittävästä kaapeloinneista.

### 4.2 Päätelaite

Tietokoneina eli päätelaitteina käytetään eri valmistajien Windows ja Android -pohjaisia laitteita sekä Applen iOS ja OSX käyttöjärjestelmin varustettuja laitteistoja.



Mobiilialustaiset, ChromeOS -käyttöjärjestelmällä varustetut ChromeBookit yleistyvät perusopetuksen tietokoneina niin opettajan kuin oppijankin varustuksessa. ChromeBookin monipuolisuus ja kustannustehokkuus onkin sen etuna tehtäessä uusia hankintoja, tosin kokonaan se ei syrjäytä PC-tietokonetta hallinnollisten tarpeiden sekä joidenkin erikoisohjelmistojen osalta.

Applen valmistamia iOS pohjaisia iPad-laitteita käytetään esimerkiksi taito- ja taideaineiden opetuksessa, niiden sisältämien erikoisohjelmien vuoksi. Kuvankäsittely-, video- ja äänityöasemat ovat myös yleisesti varustettu Mac OSX järjestelmäisillä tietokoneilla.

Liitännöiltään päätelaitteet ovat nykyään melko yhteneväisiä uusien kannettavien päätelaitteiden sisältäessä pääsääntöisesti pelkästään USB-C liitännän tai vaihtoehtoisesti HDMI-liitännän kuvan siirtoon sekä USB-A liitännät muiden lisälaitteiden kytkemiseksi. Applen iPad-laitteita kaapelilla kytkettäessä, tarvitaan tarkoitukseen soveltuva sovitinkaapeli Lightning -liitäntää varten.

### 4.3 Älynäyttö

Yksinkertaisin ratkaisu interaktiivisen oppimisympäristön toteuttamiseksi on älynäyttö. Laittevalmistajasta riippuen sisäänrakennetulla järjestelmällä voidaan käyttää suoraan internetistä oppimateriaalia sekä suoratoistovideoita ja musiikkia. Esimerkiksi Sahara Presentation Systemsin valmistamat CleverTouch -näytöt ovat Android -käyttöjärjestelmällä varustettuja älynäyttöjä joihin voidaan tarvittaessa valmistajan sovelluskaupasta ladata lisäohjelmia ja pelejä.

Älynäyttöä voidaan käyttää lisäksi esimerkiksi valkotauluna eli piirtotauluna, tietokoneen näyttölaitteena, tietokoneen kosketusnäyttönä, infonäyttönä sekä muissa soveltuvissa käyttötarkoituksissa.

Liitännöiltään älynäytöt ovat miltei samanlaisia merkeistä riippumatta. Perinteisesti näyttölaitteesta löytyvät 2-3kpl HDMI -sisääntuloja, 1kpl HDMI -ulostulo, joissain laitteissa myös VGA -sisääntulo, digitaalinen äänilähtö, kuulokelähtö, USB-A portti

massamuistilaitetta varten, RS232-liitäntä laitteen mahdollista ohjausta varten sekä RJ45 ethernet-liitäntä laitteen liittämiseksi lähiverkkoon.

HID (Human Interface Device) eli osoittimen tiedonsiirtoa varten on laitteessa USB-B portti jonka yhteydessä usein esiintyy teksti "*TOUCH*". Uusimmissa näytöissä jokaista HDMI-tuloa varten on erikseen lisätty oma kosketuksen USB-B portti HDMI tulon lähelle, numeroituna kunkin sisääntulon mukaisesti.

Uusimpiin älynäyttöihin on myös lisätty USB-C liitäntä joka toimii liitäntänä pääte-laitteeseen sisältäen kuvan, osoitindatan ja massamuistin datansiirron sekä mahdollisen päätelaitteen latauksen.

#### 4.4 Projektori

Joissain tilanteissa tilan suuren koon tai poikkeuksellisen muodon vuoksi joudutaan käyttämään projektoria joko ainoana esityslaitteena tai älynäytön lisälaitteena. Esimerkkinä mainittakoon auditoriot joissa halutaan hyödyntää älynäytön valkotaulu-ominaisuutta, mutta mahdollistaa esityksen seuraaminen myös auditorion takariveiltä, jossa älynäytön kuvakoko ei riitä näkyvyyden saavuttamiseksi.

Jos tarvittavan kuva-alan koko on yli 95 tuumaa, on projektori miltei ainoita yksinkertaisia vaihtoehtoja kuvan esittämiseksi tilassa, mutta interaktiivisuudesta tällaisella kuvakoolla joudutaan tinkimään sopivien kosketuksen tunnistuslaitteiden puuttuessa markkinoilta. Liitännöiltään projektorit ovat älynäytön kanssa melko yhteneviä, mutta huomioon otettavaa on projektorin tarkkuus ja valon lähteen tyyppi joka vaihtelee eri hintaluokan laitteissa huomattavasti.

Markkinoilla on olemassa myös infrapuna- ja laserteknologian perustuvia interaktiivisia lähiprojektoreita joilla voidaan heijastuspintaa käyttää kuin kosketusnäyttöä, mutta laitteet eivät kuitenkaan ole yleistyneet käytössä esimerkiksi kosketusnäytön tavoin. Kuvassa 3 on esitetty lähiprojektoriin liitetty interaktiivivastaanotin.

#### 4.5 Dokumenttikamera

Dokumenttikameroiden tyyppi vaihtelee vaadittujen ominaisuuksien mukaan ja yksinkertaisimmillaan dokumenttikamera ei sisällä taustavalolevyä pöytätason pinnalla, vaan kamerassa on ylävalo kiinnitettynä kameran varteen. Perusominaisuuksiltaan tämä dokumenttikameratyyppi on muutoin samanlainen taustavalolliseen verrattuna, mutta esimerkiksi kalvojen tai muiden taustavalaistavien materiaalien kuvaaminen ei onnistu yhtä hyvin.

Dokumenttikamerasta yleisesti löytyy kuvan zoomaus sekä automaattinen ja käsintarkennus, peilikuvan valinta sekä värin ja valoisuuden säätö.

Liitännöiltään monet dokumenttikamerat ovat miltei yhteneväisiä. Resoluution kasvaessa VGA-liitännästä on luovuttu ja tilalle on tullut HDMI-liitännät joita löytyy yleensä 1-2kpl HDMI ulos sekä 1-2kpl HDMI sisään. Sisääntuloja voidaan käyttää valitsemaan näyttölaitteelle menevä kuvasignaali jotta vaihdettaessa dokumenttikamerakäytöstä tietokoneen kuvan näyttämiseen, ei kaapeleita tarvitse turhaan irroitella.

Uusimmissa dokumenttikameroissa on myös USB-A liitäntä sekä esimerkiksi muistikorttipaikka kuvan tallentamista varten ja USB-B liitäntä kameran liittämiseksi tietokoneeseen. Useimmat kamerat toimivat ilman erillisiä ajureita WEB-kamerana, jolloin esimerkiksi haluttaessa streamata dokumenttikameralla kuvattavaa kohdetta, riittää laitteen liittäminen tietokoneeseen ja kuvalähteen valitseminen asetuksista tämän toteuttamiseksi.

Pelkästään USB-liitännällä varustettu dokumenttikamera tulee kytkeä tietokoneeseen tai muuhun kyseistä laitetta tukevaan päätelaitteeseen jonka kautta kuva saadaan näkyviin.

#### 4.6 Telakka

Päätelaitteiden sisältämien vähäisten porttien vuoksi, lisälaitteiden liitännään on markkinoilla useita dockeja eli telakoita ja adaptereita. Laitteiden käyttämä protokolla vaihtelee eri tuotteiden kesken, kuten yksinkertaisimmillaan USB-C - HDMI adapteri

käyttää Display Port Alternative Modea (DP Alt Mode) tai Mobile High-Definition Linkiä (MHL) siirtääkseen signaalin suoraan USB-C portista näyttölaitteeseen, jolloin signaali tulee suoraan laitteen näytönohjaimelta kulkien ainoastaan USB-C liitännän läpi.

Toisessa vaihtoehdossa telakka käyttää DisplayLink protokollaa jolloin saman USB-liitännän yli voidaan siirtää datana useamman näytön signaali samanaikaisesti. Telakka itsessään ei toimi grafiikkakiihdyttimenä, vaan vastaanottaa ainoastaan näytönohjaimelta tulevan datan ja muuttaa sen liitettävään muotoon, kuten esimerkiksi HDMI tai DisplayPort liitännään.

Dockin käyttö on varsin perusteltua, kun halutaan minimoida suoraan päätelaitteeseen liitettävien johtojen määrä erityisesti luokkahuoneissa joissa opettaja käyttää henkilökohtaista päätelaitettaan, jonka vie oppituntien jälkeen tilasta pois. Dockista löytyy pääsääntöisesti yksi tai useampi HDMI-liitäntä, RJ45 ethernet-liitäntä, USB-3 A portteja lisälaitteiden kytkentään ja esimerkiksi kosketusnäytön HID-liitäntää varten, sekä analoginen ääni sisään ja ulos liitännät.

Käytettäessä dockia voidaan kaikkien laitteiden kytkentä suorittaa pysyväksi ja ainoa päätelaitteeseen liitettävä kaapeli on pelkästään USB-kaapeli. Jotkut telakat tukevat myös latausta USB-C liitännän kautta, jolloin myös päätelaitteen lataus onnistuu samalla kaapelilla ilman erillisen laturin tarvetta.

#### 4.7 Kuvansiirto

Koska HDMI-kaapelin siirtomatka suuremmilla resoluutioilla on rajallinen, tulee kyseeseen HDMI-signaalin muuntaminen aktiivilaitteella muotoon, jossa se pystyy kulkemaan pidemmän matkan

HDMI-kaapelin pituuden kasvattamiseksi on olemassa vaihtoehtoina kaapeliin asennettavat vahvistimet, laitevalmistajien omat extenderit joiden protokollat useimmiten vain lähettimessä ekvaloivat signaalin kaapelihäviöt lähettimen ja vastaanottimen välillä, niin sanotut aktiivikaapelit joissa on sisäänrakennettu vahvistin saa käyttäjännitteensä HDMI-liitännän 5V jännitteensyötöstä sekä HDBaseT -pohjaiset

extenderilaitteet, joiden avulla samassa kaapelissa voidaan syöttää myös erilaisia ohjaussignaaleja ja käyttöjännitettä.

#### 4.8 Äänentoisto

Älynäytön sisäänrakennettujen kaiuttimien tehon jäädessä riittämättömäksi tulee luokkatilaan järjestää lisä-äänentoistolaitteisto. Jos olemassa olevaa järjestelmää ei ole käytettävissä voidaan joko luokkatilan seinälle asentaa kiinteät aktiivikaiuttimet tai vaihtoehtoisesti älynäytön telineeseen integroida joko soundbar -kaiutin tai pienet aktiivikaiuttimet.

Lisäkaiuttimien liittämässä tulee varmistaa yhteensopivuus älynäytön liitäntöjen kanssa ja tarvittaessa käyttää muunnattimia näyttölaitteen ja kaiuttimien liittämiseksi yhteen. Soundbar voidaan tosin liittää yleensä yksinkertaisesti älynäyttöön HDMI-liitännän avulla.

#### 4.9 Asennusteline

Älynäytön telineelle on myös monia vaihtoehtoja, yksinkertaisimmillaan laite voidaan sijoittaa kiinteästi seinälle, jos seinän kantavuus sallii siihen kiinnitettävän yli 100kg kuorman turvallisesti.

Lattiaan tuettu moottoroitu jalusta mahdollistaa näytön korkeuden säädön helposti, jolloin näyttö tarvittaessa voidaan siirtää esimerkiksi lyhyemmän käyttäjän saataville ja toisaalta jos kosketusominaisuuksia ei ole tarpeen käyttää, voidaan näyttö nostaa sellaiselle korkeudelle ettei ensimmäisen oppilasrivin päät ole näkemäesteenä opetustilan takaosista näyttöä seurattaessa.

Renkailla varustettu sähkösäätöinen jalusta mahdollistaa korkeussäädön lisäksi näytön siirtämisen opetustilassa, kun halutaan vaihtaa opetussuuntaa tai esimerkiksi toimitaan oppimisympäristössä jossa varsinaista frontaalioppeusta ei haluta järjestää.

## 5 SIGNAALIT JA SIIRTOTIET

### 5.1 Liitännät yleisesti

Tietokoneiden yleistyessä 90-luvulla käytössä oli poikkeuksetta aina kuvaputkinäyttö. Kuvaputkinäyttö perustui liitännöiltään analogiseen VGA-liitäntään, joka oli vielä 2000-luvulla käytetyin liitäntä tietokoneiden ja näyttölaitteiden välillä.

Digitaaliseen kuvan ja äänensiirtoon alettiin siirtymään asteittain 2010-luvulla ja liitännät alkoivat vakiintumaan kuluttajaelektroniikan mukaisesti HDMI-liitäntään, joka kehitettiin alunperin tietokoneissa käytössä olleen digitaalisen DVI:n seuraajaksi. Vuoden 2002 lopulla esitelty ensimmäinen HDMI-versio 1.0 käytti samaa videon siirtoformaattia kuin DVI-tekniikka, mutta siirsi kuvan lisäksi myös ääntä sekä sisälsi mm. Consumer Electronic Control eli CEC-ominaisuuden, joka mahdollistaa kuluttajalaitteiden keskinäisen ohjaussignaalien siirron.

Aikaisemmin käytössä olleita analogisia liitäntöjä löytyy edelleen käyttöympäristöistä, mutta ne ovat vähitellen poistumassa niiden nykynormeihin heikon kapasiteetin ja huonon häiriönkestoisuuden vuoksi.

### 5.2 VGA -liitäntä

VGA (*Video Graphics Array*) on tietokoneissa yleisin aikaisemmin käytössä ollut analoginen liitäntä tietokoneiden ja näyttölaitteiden välillä. Se perustuu 15-pinniseen sub-D -liittimen, josta käytetään yleisesti nimeä VGA-liitin. Sen signaali on RGBHV-komponenttivideota vaaka- ja pystytahdistuspulsseilla sisältäen lisäksi DDC2-data ja kellosignaalin. Liitäntä ei sisällä tukea äänen kuljetukselle, vaan joidenkin valmistajien kaapeleissa ääntä varten on lisätty omat johtimet samaan vaippaan ja DP15 liittimen juuresta eroaa erillinen äänensiirtoon tarkoitettu 3,5mm liitin kaapelin molemmissa päissä. VGA-liitäntä on väistymässä digitaalisten liitäntöjen korvatesa sen. (6. *VGA*)

### 5.3 DVI

DVI-liitäntä (*Digital Visual Interface*) on Digital Display Group -yhteenliittymän kehittämä standardi digitaalisen videon siirtoon. Liitäntää käytetään pääasiassa tietokoneen ja näyttölaitteen välillä ja se kehitettiin siirtämään digitaalinen signaali pakkaamattomana TMDS- signaalitekniikan avulla.

DVI liitännästä löytyy muunnoksia jotka siirtävät digitaalisen videon lisäksi analogista signaalia kuten DVI-A (vain analoginen), DVI-D (vain digitaalinen) tai DVI-I (digitaalinen ja analoginen). Analogisia yhteyksiä tukeva DVI-liitäntä on alaspäin yhteensopiva VGA-liitännän kanssa. (7. DVI)

### 5.4 HDMI

Ensimmäinen HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*) -versio esiteltiin vuonna 2002. Tarkoituksena oli luoda uusi digitaalinen tiedonsiirtostandardi ja sitä kautta aiempaa kompaktimpi ja monipuolisempi tapa siirtää ääntä sekä kuvaa ja joka olisi taaksepäin yhteensopiva digitaalisen DVI-liitännän kanssa. Tähän kuului myös uudenlainen kaapeli ja liitin. Mukana kehitystyössä oli useita laitevalmistajia kuten Panasonic, Philips, Sony, Toshiba, Thomson, Hitachi sekä Silicon Image ja RCA.

HDMI-versio 1.0 käytti samaa TMDS (*Traditional Minimized Differential Signaling*) siirtoformaattia kuin DVI-tekniikka, mutta siirsi kuvan lisäksi myös ääntä ja oheisdataa sekä niin sanotun Consumer Electronic Control eli CEC-ominaisuuden. HDMI:stä on julkaistu useita kehitysversioita niiden tuodessa mukanaan uusia ominaisuuksia sekä suuremman tiedonsiirtokapasiteetin, jota tarvitaan ennen kaikkea yhä tarkemmalle kuvalle ja useammalle häviöttömän audiosignaalin äänikanavalle.

Resoluutioiden kasvaessa FHD:stä 4K tai jopa 8K saakka, HDMI:n siirtokapasiteetti-vaatimus nousee jatkuvasti, niin ettei kaapelin tarjoama kapasiteetti riitä enää pidempien matkojen kattamiseen. HDMI -liitännän ja kaapelin korvaajaa ei suoranaisesti ole, sen yleistyttyä markkinoilla olevissa laitteissa mutta siirtomatkan pidentämiseksi on jo olemassa vaihtoehtoisia protokollia kuten HDBaseT ja erilaiset laitevalmistajakohdittaiset ratkaisut.

HDMI-kaapelia voidaan käytännössä verrata parikierrettyyn data-kaapeliin ja sen teoreettisia ominaisuuksia voidaan mitata lähes samoilla määreillä. Ominaisuuksiin vaikuttaa osaltaan parikierteen eheys koko kaapelin matkalta, ylikuuluminen, liitosten ylimenovaimennus, sekä eri laitteiden liitännöiden impedanssi ja laitekohtainen virhekorjaus. (20. *Pushing the 4K/UHD Digital Envelope 18Gbps and Beyond*)

HDMI-kaapelin päättäminen liittimeen tai rasiaan on teknisesti hyvin haastavaa, koska parikierteen ja parisuojausten tulisi jatkua liitokseen saakka. Käytännössä HDMI-kaapeliin ei voida järkevästi enää kenttäolosuhteissa esimerkiksi juottaa liittintä, kuten vga-kaapelointia käytettäessä oli mahdollista, vaan liitosten tulee olla lähtökohtaisesti tehdasvalmisteisia.

Taulukko1. Digitaalisen kuvan resoluution ja värisyvyyden vaikutusta siirtonopeusvaatimukselle.

Kuvaformaatin vaatimukset kaapelille				
Resoluutio/fps	Chroma	Värisyvyys (Bit)	Siirtonopeus	Nopeusluokka
SD 480/60i	4:2:0	8	0,81 Gt/s	Standard
SD 576/50i	4:2:0	8	0,81 Gt/s	Standard
HD 720/50-60p	4:2:0/4:2:2	8	2,23 Gt/s	Standard
HD 1080/50-60i	4:2:0/4:2:2	8	2,23 Gt/s	Standard
FHD 1080/24-30p	4:2:0/4:2:2	8/10/12	2,23 Gt/s	Standard
FHD 1080/50-60p	4:2:0/4:2:2	8/10/12	4,455 Gt/s	High Speed
	4:4:4/RGB	8	4,455 Gt/s	High Speed
UHD 4K/25-30p	4:2:0/4:2:2	8/10/12	8,91 Gt/s	High Speed
	4:4:4/RGB	8	8,91 Gt/s	High Speed
	4:4:4/RGB	10	11,14 Gt/s	Premium
	4:4:4/RGB	12	13,37 Gt/s	Premium
UHD 4K/48-60p	4:2:0 (*)	8	8,91 Gt/s	Premium
	4:2:0 (*)	10	11,14 Gt/s	Premium
	4:2:0 (*)	12	13,37 Gt/s	Premium
	4:2:0/4:2:2	8/10/12	17,82 Gt/s	Premium
	4:4:4/RGB	8	17,82 Gt/s	Premium
	4:4:4/RGB	10	20,05 Gt/s	Ultra
UHD 4K/100-120p	4:4:4/RGB	12	24,06 Gt/s	Ultra
	4:2:0/4:2:2	8/10/12	32,08 Gt/s	Ultra
	4:4:4/RGB	8	32,08 Gt/s	Ultra
	4:4:4/RGB	10 HDR	40,01 Gt/s	Ultra
	4:4:4/RGB	12	48,11 Gt/s	Ultra



## 5.5 Displayport

DisplayPort (DP) on tietokone ja mikropiirivalmistajien yhteenliittymän kehittämä ja Video Electronics Standards Association:in (VESA) standardoima digitaalinen näyttörajapinta. Liitäntää käytetään ensisijaisesti videolähteen liittämiseen näyttölaitteeseen, kuten tietokoneen näyttöön, se voi myös kuljettaa ääntä USB-signaalia sekä muuta dataa. DisplayPort suunniteltiin korvaamaan VGA, FPD-Link ja DVI tietokoneissa. Liitäntä on taaksepäin yhteensopiva muiden liitäntöjen, kuten HDMI ja DVI, kanssa joko aktiivisten tai passiivisten sovittimien avulla.

Displayport liitännästä on olemassa versiona myös mini-Displayport liitäntä, joka ulkoisesti on yhtenevä Applen Thunderbolt-liitännän kanssa. Liitäntä on soveltuvan adapterin kanssa taaksepäin yhteensopiva samojen liitäntöjen kanssa kuin DP. (8. *Displayport*)

## 5.6 HDBaseT

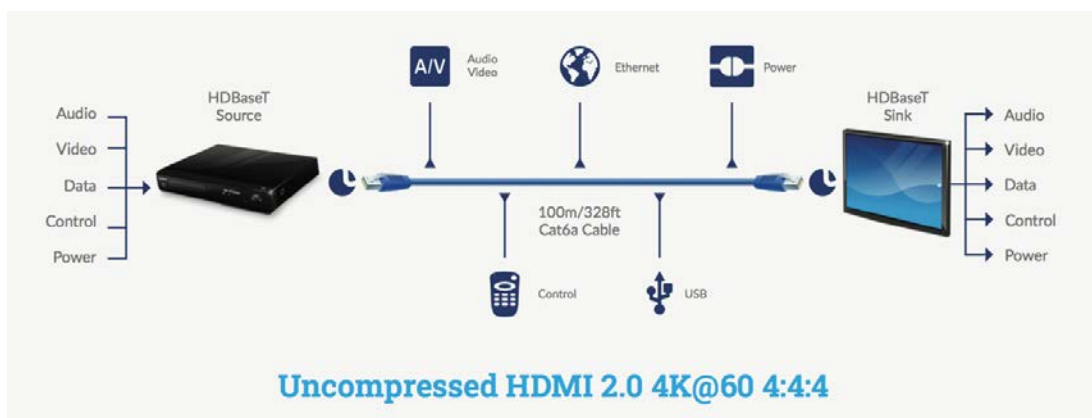
Vuonna 2010 LG Electronics, Samsung Electronics, Sony Pictures Entertainment ja Valens Semiconductor muodostivat HDBaseT Alliance -yhteenliittymän edistämään HDBaseT -tekniikan kehittämistä ja markkinointia. HDBaseT mahdollistaa pakkaamattoman korkearesoluutioisen kuvan sekä monikanavaisen ääni-signaalin, käyttöjännitteen ja oheisdatan siirron 100BaseT -ethernetkaapelissa. ( 3. *HDBaseT -alliance*)

HDBaseT on liikkuvalla kuvalla optimoitu pakkaamaton signaalin siirtotie, joka perustuu samoihin fyysisiin ominaisuuksiin kuin ethernet-pohjainen 100BaseT -liitäntä, mahdollistaen eri päätelaitteiden kommunikoinnin keskenään. HDBaseT käyttää samaa koodausteknologiaa ja fyysistä siirtomediaa kuin ethernet, mutta se ei kuitenkaan ole pakettipohjainen siirtoratkaisu, joten se toimii ainoastaan Point-to-Point ratkaisuna. HDBaseT käyttää omaa versiota pulssi-amplitudimodulaatiosta (*PAM*), jossa digitaaliset tiedot esitetään koodeina käyttäen tasavirtajännitteen eri tasoja.

Versiosta 3.0 lähtien HDBaseT tukee USB 2.0 datan siirtoa ja CAT6A kaapelilla UHD resoluutioista kuvasignaalia sekä oheisdataa voidaan siirtää jopa 100 metriä

päätelaitteiden välillä. Kaapelissa voidaan samalla syöttää maksimissaan 100W teho käyttämällä PoH (*Power Over HDBaseT*) yhteensopivia muuntimia. (14. *HDBaseT FAQs*)

Toisin kuin laitevalmistajakohtaiset HDMI-extenderit, HDBaseT -liitännällä varustetut laitteet toimivat pääsääntöisesti toistensa kanssa valmistajasta riippumatta ja esimerkiksi kuvamatriiseissa ja eräissä projektoreissa käytetään natiivina HDBaseT -liitäntää, jolloin erillisiä muuntimia ei lisäksi enää tarvita. Koska HDBaseT -protokolla toimii Point-to-Point tekniikalla, tulee ottaa huomioon portista kulkeva datan suunta, joka yleensä on merkitty portin yhteyteen IN tai OUT merkinnällä.



Kuva 4. HDBaseT esimerkkikaavio.

## Taulukko 2.

HDBaseT luokat joissa määritellään kaapelivaatimukset eri luokkien maksimisiirtopi-  
tuuksiin nähden.

<b>HDBaseT -luokat</b>	
Luokka A	4K, 70 metriin saakka Cat5e kaapelilla
	1080p, 100 metriin saakka Cat5e kaapelilla
Luokka B	4K, 40 metriin saakka Cat6a kaapelilla
	1080p, 70 metriin saakka Cat6a kaapelilla
Luokka C	4K, 100 metriin Cat6a kaapelilla
	4K, 90 metriin Cat5e kaapelilla
	1080p,100 metriin Cat5e kaapelilla
Luokka D	1080p, 30 metriin Cat6a kaapelilla
Luokka E	4K, 1 kilometriin monimuoto valokuidulla
	4K, 10 kilometriin yksimuoto valokuidulla

## 5.7 Audio

Analogista äänisignaalia käytetään joko balansoituna eli symmetrisenä tai balansoimattomana signaalina. Symmetrinen signaali on käytetympi ammattitason laitteissa, sen paremman häiriönkestoisuuden ja signaalin korkeamman jännitetason johdosta. Balansoitu liitäntä on yleisimmin toteutettu 3-napaisin XLR-liittimin, kun taas balansoimaton liitäntä käyttää kuluttajalaitteista tuttuja 3,5mm plugi-liitäntää tai RCA-liittimiä. (12. *Audiokirja.*)

Digitaalinen äänisignaali voidaan tässä yhteydessä siirtää joko optisen valokuitukaapelin tai koaksiaalikaapelin välityksellä S/PDIF (*Sony/Philips Digital Interface*) muodossa. Ammattitason laitteistoissa XLR-liitäntää käyttävä AES/EBU on yleinen esimerkiksi digitaalista signaalia käsittelevissä aktiivikaiuttimissa, esimerkkinä Genelec'in valmistamat kaiuttimet. Toimiakseen ristiin S/PDIF ja AES/EBU -liitäntöjen välille tarvitaan impedanssisovitin jossa muunnetaan S/PDIF käyttämä  $75\Omega$ , AES/EBU:n  $110\Omega$  liitäntään. (19. *S/PDIF, AES/EBU*)

Soundbar-kaiuttimissa sekä viritinvahvistimissa nykyisin voidaan käyttää myös HDMI-kaapelia äänensyöttöön. HDMI 1.4 versiosta lähtien, standardi on sisältänyt ARC (*Audio Return Channel*) ominaisuuden äänen siirtämiseksi HDMI-kaapelissa näyttölaitteelta takaisinpäin oheislaitteelle. ARC -ominaisuus on merkitty HDMI tulon yhteyteen erikseen, koska kaikki portit eivät sitä tue automaattisesti. (8. *What Is HDMI ARC?*)

## 5.8 USB

USB (*Universal Serial Bus*) on väylästandardi, joka esiteltiin vuonna 1996 ja se määrittelee vaatimukset kaapeleille, liittimille sekä protokollille tietokoneiden ja niiden oheislaitteiden kytkentään ja virransyöttöön. USB-väylän tiedonsiirtonopeudet ovat vuosien saatossa kasvaneet merkittävästi, käytettävien liittimien pysyessä pääosin samanlaisena. Viime vuosina uusien USB-liittimien fyysinen koko on tosin pienentynyt, johtuen käyttöympäristöjen kokovaatimuksista, esimerkkinä mobiililaitteet ja muut

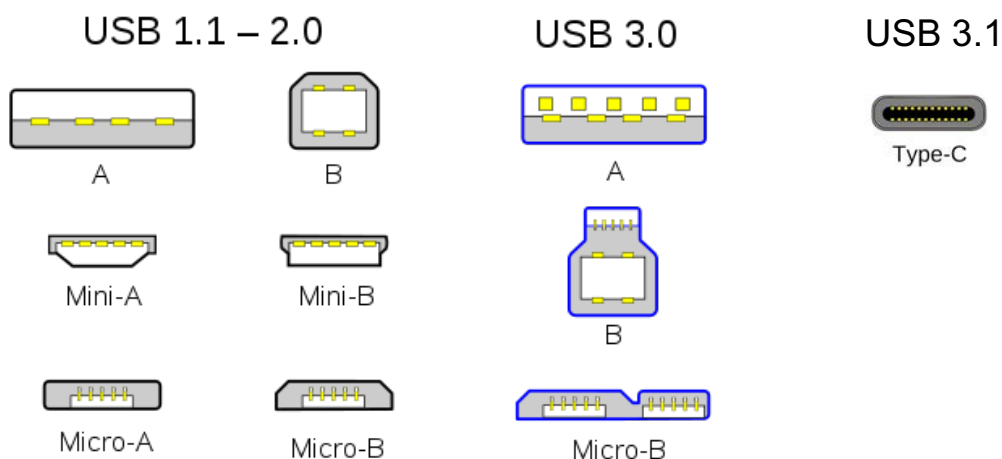
kannettavat laitteet joihin on tarvittu pienikokoinen, mutta suuren tiedonsiirtokapasiteetin omaava liitäntä. (5. *Universal Serial Bus*)

Tavallisen USB-kaapelin maksimipituus USB:n määritelmän mukaisesti 5 metriä. Rajoite syntyy kaapeloin ominaisuuksista, jossa pidempien matkojen vaimennus ja dataparin ylikuuluminen sekä laitteistojen impedanssisovitus vaikuttavat signaalin laatuun heikentävästi, jolloin kaapelin pituus on varsin rajallinen ilman erillisiä lisälaitteita. USB-C kaapelin suuren tiedonsiirtokapasiteetin vuoksi, sen maksimipituus on 0.8 metriä 40Gbps nopeudella ja 2 metriä 20Gbps nopeudella. (5. *Universal Serial Bus*)

Markkinoilta löytyy kuitenkin USB 2.0 yhteensopivia aktiivi-elektronikalla varustettuja jatkokaapeleita, sekä USB-extender -laitteita joilla voidaan jatkaa kaapelia kymmeneen metriin. (<https://www.aten.com/eu/en/products/usb-&-thunderbolt/usb-extenders/uce260/>) USB 3.0 ja USB-C liitännän suuren tiedonsiirtokapasiteetin vuoksi ei näiden protokollien mukaista aktiivijatko-laitetta vielä ole saatavilla.

USB-liitäntää käytetään myös laitteiden virransyöttöön ja lataukseen. USB 1.1 - 2.0 liitännän tavallisimmin käytetty virransyöttökapasiteetti on 500mA 5V jännitteellä, joka riittää useimmiten lisälaitteiden kytkentään, mutta esimerkiksi mobiililaitteiden lataukseen on liian alhainen virtamäärä. Koska tietokoneiden USB-portit eivät välttämättä tue suurempaa virtamäärää kuin 500mA, on mobiili- ja lisälaitteiden lataus suositeltavinta suorittaa käyttämällä USB-virtalähdettä. USB-C liitännän kautta voidaan syöttää 5V jännitettä laitteesta riippuen 1,5A - 3A. USB-C latauslaite voi tuottaa jopa 5A virran ja 20V jännitteen mobiililaitteiden nopeaa latausta varten.

Kuva 5. Yleisimmät USB-liittimet



## 6 TULOKSET JA RATKAISUT

Kuten kappaleessa 2.2 todetaan; Perusopetuksen uudessa 2014 vuoden opetussuunnitelmassa määritellään uusi oppimisympäristö, joka tarkoittaa opetuksen ja oppimisen tiloja, paikkoja sekä toimintakäytäntöjä ja sisältää ohjeistuksen opiskelussa käytettävien materiaalien, palveluiden ja välineiden osalta. Oppimisympäristö eroaa perinteisestä luokkahuoneesta muodostaen vuorovaikutuksellimman ja yhteistoiminnallisemmän ympäristön oppijoille.

Opetusteknologian sijoittaminen perinteiseen, frontaaliopetukseen tarkoitettuun luokkatilaan on ollut melko poikkeuksetta yksinkertaista, opettajan työpöydän sijaitessa luokkatilan etuosassa kuvapinnan tai näyttölaiteen läheisyydessä. Työpöydälle sijoitetulta tietokoneelta ja dokumenttikameralta on tarvittava signaalikaapelointi johdettu kuvan esityslaitteistolle ja seinäkaiuttimille. Oppimisympäristössä varsinaista opetussuuntaa ei välttämättä ole määriteltynä, jolloin haasteena onkin laitteiden ja kaapeloinnin sijoittelu näissä tiloissa.

Oppimisympäristössä kiinteän projektorin tai näyttölaitteen käyttäminen sitoo kuvan sijainnin yhteen kohtaan ja siirrettävä projektori tulee aina siirtämisen jälkeen kohdistaa ja säätää uudelleen. Kiinteiden kaiuttimien sijainti seinällä, muutoin siirrettävien laitteiden kanssa aiheuttaa äänen lokalisaation vääristymisen, kun ääni voikin olla kuultavissa kuvaan nähden päinvastaisesta suunnasta.

Perinteisessä luokassakin nykyisten korkearesoluutioisten kuvalaitteiden kaapelointi voi koitua ongelmalliseksi johtuen tilan rakenteellisista ominaisuuksista. Jos kaapelointia esimerkiksi joudutaan siirtämään kantavien rakenteiden tai rakennusteknisten ja arkkitehtuurillisten seikkojen vuoksi optimaalisimmalta asennusreitiltä, voi kaapelien maksimipituudet ylittyä nopeasti.

## 6.1 Valmiskaapelein toteutettu kaapelointi

HDMI, USB -valmiskaapeleiden ja sitä varten tarkoitettujen rasioiden käyttö on varsin toimiva ratkaisu jos kaapeloinnin pituus on hyvin lyhyt. Lyhyellä liitoskaapelilla eli "*häntäkaapelilla*" varustettuja rasiakalusteita on markkinoilla useiden eri valmistajien valikoimissa. Balansoimaton analoginen äänisignaali voidaan myös siirtää lyhyitä matkoja valmiilla 3,5mm plugi tai RCA kaapeleilla sekä vaihtoehtoisesti digitaalisena optisella tai koaksiaalisella kaapelilla.

Valmiskaapeloinnin etuna on hyvin yksinkertainen asennus valmiiden liitosten kytkenästä johtuen sekä kustannustehokkuus, koska lisälaitteita ei asennukseen yleensä tarvitse kaapelointisyistä käyttää. Kaapelit voidaan helposti asentaa jälkiasennuksena kaapelikouruihin ja asennustyö voidaan pääsääntöisesti suorittaa laiteasennusten yhteydessä.

Valmiskaapeloinnin heikkoutena on kaapeleiden rajallinen kapasiteetti, jolloin maksimipituudet esimerkiksi HDMI:n osalta korkeammilla resoluutioilla rajoittavat laitteiden etäisyyttä toisiinsa merkittävästi. Rasiakalusteista johtuva liitosten ylimenovaimennus ja parikierteen avautuminen liittimissä vaikuttaa osaltaan myös signaalin heikkenemiseen. Käytettäessä siirrettävää älynäyttöä tulee maksimipituuteen laskea myös mukaan mahdollisesti älynäytön ja seinärasian välillä oleva liitoskaapeli joka yleisimminkin on vähintään 5 metriä pitkä. Tällöin kokonaiskaapelipituus helposti ylittää 10 metriä ja kaapelien yhteenlaskettu vaimennus on FHD (*FullHD*)-kuvan siirtoonkin liian suuri, eikä kuvaa voida halutulla tavalla esittää.

Balansoimattoman äänikaapelin häiriönkestoisuus etenkin asennettuna vahvavirtakaapeleiden kanssa samaan asennuskanavaan voi aiheuttaa indusoituvaa häiriötä kaapeleihin, joka esiintyy kuultavissa olevana häiriöäänänenä kaiuttimissa. Jos kaapelit ovat asennettu rakenteeseen ilman asennuskavanaa, ongelmaksi koituu kaapelin vaihto mahdollisen rikkoontumisen yhteydessä. Myöskään HDMI ja USB-kaapelin liittimen koon vuoksi ei tavallista 20mm asennusputkea voida käyttää kaapelin suojaputkena.

Käytettäessä valmiskaapeleita ja rasioita on varmistuttava laitteissa olevien liitosten yhteensopivuus. Esimerkkinä USB-liittimien liittintyyppin ja liitosjohdon soveltuvuus

näyttölaitteen ja rasian välille. USB 3.0 saakka isäntälaitte, esimerkiksi tietokone on varustettu A-tyyppin USB-portilla ja lisälaitte B-tyyppin portilla. Käytännössä suoraan kytkeytyä USB-A - USB-A kaapelilla ei useimmissa tapauksissa voida isäntälaitteita kytkeä yhteen, vaan toimivan yhteyden saamiseksi laitteiden välille, toisen pään laitteessa on oltava B-tyyppin liitin johon kytkeydytään.

Vanhempiin rakennuksiin valmiskaapeleita asennettaessa ongelmaksi voi koitua myös potentiaalierot sähköverkkoon kytkettyjen laitteistojen välillä. Yleisimmin ongelma johtuu pistorasioiden eri ryhmitsestä tai eri sähkökeskuksesta kahdelle eri laitteelle tulevista ryhmäjohdosta jotka kytkeytyvät galvaanisesti toisiinsa signaalikaapeloinnin välityksellä. Maapotentiaaliero on havaittavissa yleisimmin äänentoistolaitteista kuul-tavissa olevasta 50Hz tai sen monikerrananisista koostuvasta häiriöäänestä. Kuvan osalta tahdistus voi katkeilla tai satunnaisesti esiintyä muita häiriöitä jotka haittaavat merkittävästi laitteiston käyttöä.

Projektorin tai näyttölaitteen sekä tietokoneen signaalimaan välille muodostuu yhteys HDMI-kaapelin suojavaipan välityksellä laitteesta toiseen. Markkinoilla ei tällä hetkellä ole HDMI-liitännälle tarkoitettua galvaanista erotinta, joten ongelma on ratkais-tava sähkötekniisesti liittämällä kaikki esitystekninen laitteisto mahdollisuuksien mu-kaan samaan sähkösyötön ryhmään. Jos häiriö esiintyy vain äänilaitteistossa kytkettä-essä laitteistoon balansoidulla liitännällä varustetut kaiuttimet, eikä kuvajärjestelmässä todeta merkittäviä ongelmia, voidaan tällöin käyttää kauttimien signaalikaapelin maan erotuskytkentää tai erotukseen tarkoitettua laitteita. Potentiaalierosta johtuva häiriö voi johtua myös rakennuksessa käytössä olevasta muista viestintäjärjestelmistä, kuten kaa-pelitelevisiosta jonka signaalimaa saattaa olla eri potentiaalissa muuhun käytettävään maadoitukseen nähden.

## 6.2 Asennuskaapelein toteutettu kaapelointi

Varsinkin suurempia uudis- ja saneerauskohteita suunniteltaessa voidaan lähtökohtai-sesti käyttää asennuskaapeleita osana toimivan esitystekniikan kaapelointiratkaisuja. Ratkaisulla voidaan saavuttaa huomattavia etuja, kun kohteen tietoverkko sekä AV-



verkko voidaan toteuttaa samoilla kaapeli- ja liitintyypeillä jolloin todennäköisimmin saavutetaan merkittävä kustannussäästö hankinnoissa.

Käytettäessä HDBaseT -protokollaan perustuvia muuntimia, voidaan tilojen kaapelointi lähtökohtaisesti rakentaa kategoria 6A parikierrettyyn kaapeliin perustuen. HDBaseT -määrytykset mahdollistavat UTP(*Unshielded Twisted Pair*) -kaapelien käyttämisen, mutta paremman häiriösuojauksen ja mahdollisimman pienen ylikuulumisen saavuttamiseksi, varsinkin kriittisemmissä kohteissa suositellaan käytettäväksi FTP (*Foiled Twisted Pair*) -kaapelia. FTP-kaapelien osalta tulee ottaa huomioon aikaisemmin mainittu maapotentiaaliero, koska kaapelin vaippa yhdistää myös muuntimiin kytkettävien HDMI- ja äänilaitteiden signaalimaat kaapelin osana olevan foliosuojajohdinten kautta, jolloin maalenkki on sähköverkosta riippuen mahdollinen.

HDBaseT -muuntimia käyttämällä päästään myös pienempään kaapeleiden kokonaismäärään, siirtotien ollessa kykenevä kuljettamaan myös älynäyttöjen kosketusnäytönä toimimiseen tarvittavan osoitintiedon USB-signaalin sekä tietokoneen ja näyttölaitteen välisen äänisignaalin. Joidenkin valmistajien muuntimet sisältävät myös 100BaseT-ethernet-liitännän, jolloin lähiverkkoyhteys voidaan siirtää samalla kaapelilla lähettimeltä vastaanottimelle ja kytkeä vastaanottimesta HDMI-, USB- ja ethernet-kaapelit edelleen näyttölaitteeseen.

KVM (*Keyboard, Video and Mouse switch*) -pohjaista HDBaseT-extenderiä käytettäessä ongelmaksi voi muodostua extenderin USB-liitännän liikenteen suodatus, joka sallii ainoastaan näppäimistön ja hiiren kytkemisen extenderiin liitettyyn laitteistoon. Älynäyttö ei tunnista tietokoneessa välttämättä perinteisenä HID (*Human Interface Devices*) -laitteena, vaan tarvitsee toimiakseen USB 2.0 tunnelin. KVM laitteet eivät yksiselitteisesti välttämättä sovellu tähän toimintaan, ilman laitetestausta muiden opeustiloissa käytettäviin laitteiden kanssa. Puhtaasti USB 2.0 tunnelointi-liitännän sisältävät extenderit toimivat todennäköisimmin yhteen älynäyttöjen käyttämän osoitinväylän kanssa.

Jos tilassa halutaan käyttää kiinteitä seinäasennettavia aktiivikaiuttimia on niiden kaapelointi suositeltavinta rakentaa balansoidun signaalin kuljettamiseen soveltuvalla kaapelityypillä, esimerkiksi JAMAK-kaapelilla, päätettynä 3-pin XLR rasioihin.

Varauduttaessa käyttämään AES/EBU -liitännällä varustettuja digitaalisia aktiivikaiuttimia, tulisi johdotus suunnitella 110ohm impedanssilla, kiinteän asennustavan kaapelilla toteutettavaksi.

Opetusteknologiaa suunniteltaessa tulee erityisesti ottaa huomioon myös laitteistojen vaatimat lähiverkkoyhteydet, jotka tulee toteuttaa joko langattomasti tai RJ45 kaapelein. Laitteiden vaatima sähkösyöttö tulisi myös olla asennettuna lähelle tietoverkko, kuva- ja äänikaapeloinnin rasioita.

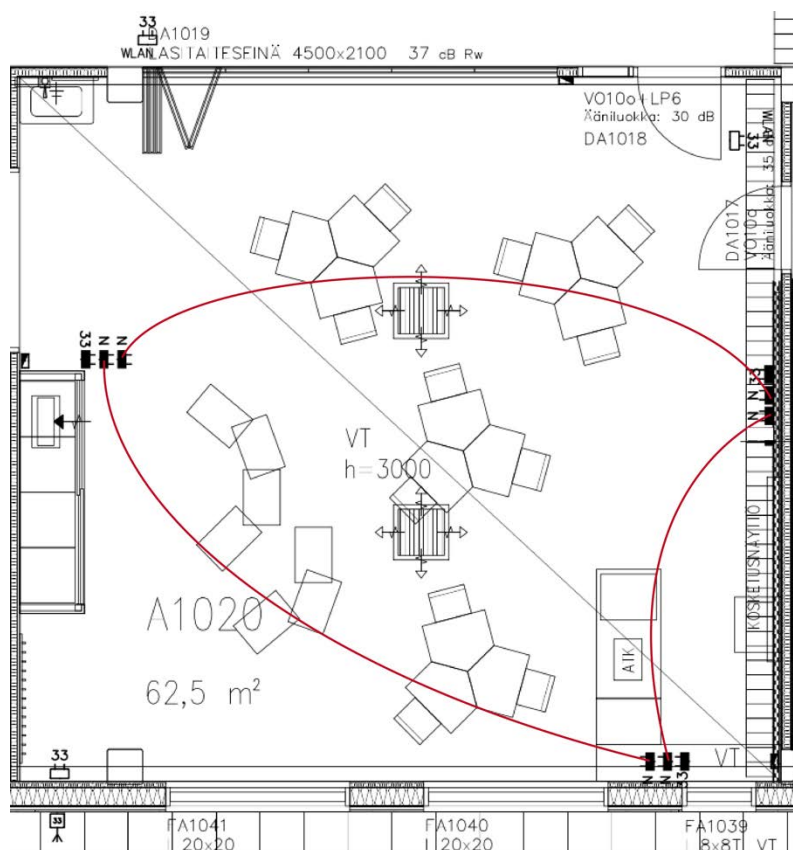
Esimerkkikohteessa opettajan käytössä olevat laitteet ovat sijoitettu sähköisesti korkeussäädettävän pöydän yhteyteen. Tason päällä olevat dokumenttikamera sekä opettajan päätelaite ja tason alle johtohyllylle sijoitettuna USB-3 telakka, sekä HDBaseT -lähetin. Työtason alla olevat laitteet ovat pysyvästi johdotettuja HDMI- ja USB-laitekaapelein, joten ainoa päivittäisessä käytössä tarvittava liitäntä on henkilökohtaiseen päätelaitteeseen liitettävä yksittäinen USB-kaapeli. Esimerkkikohteessa päätelaitteena käytetään ChromeBookia.

Esimerkkikohteessa opetustilan kuva ja ääni voidaan siirtää myös tilan ulkopuolelle, lasitaiteseinän takana sijaitsevalle toritilan projektorille ja aktiivikaiuttimille, käyttäen siirtomediana lisättävää HDBaseT-muuninta, joita kohteen tiloissa käytetään jo näyttölaitteiden yhteydessä. Näin oppimisympäristöä voidaan laajentaa vieressä olevaan toritilaan ja mahdollistaa muuntojoustavuus tiloja yhdistämällä myös opetusteknologian osalta.

Älynäytön jalustaan on sijoitettuna PoH(*Power over HDBaseT*) -syötöllä varustettu HDBaseT -vastaotin, josta HDMI- ja USB-laitekaapelit ovat liitettynä älynäyttöön. Älynäytön, työpöydän sekä seinärasioiden väliin on mittatilaustyönä valmistetut, kaapelisukalla suojatut 5 metriä pitkät liitoskaapeliniiput sisältäen 2kpl CAT6A laitekaapelin sekä lähiverkkoliitintä, että HDBaseT -signaalin liittämistä varten ja laitteiden sekä telineen sähkösyöttöä varten MSK 3x1,5 kaapelin.

Kuvassa 6 on esitetty oppimisympäristö johon on piirretty kaapelointi siirrettävää älynäyttöä varten. Kuvassa 33-merkinnällä varustettu rasia lähiverkkoliitännän käyttöön tarkoitettu ristikytkennälle kaapeloitu CAT6A rasia. N -merkinnällä varustettu

rasiointi "Point-to-Point" HDBaseT kaapelointia varten, mahdollistaen näyttölaitteen tai tietokonepöydän siirtämisen tilassa vapaasti pisteiden välillä, muuntojoustavuuden toteutumiseksi. Esimerkkitalassa näyttölaitteen yhteyteen on myöhemmin sijoitettu vielä soundbar -kaiutin, jolloin ääni lokalisoituu aina samaan suuntaan esitetyn kuvan kanssa.



Kuva 6. Esimerkkitalan Point-to-Point kaapelointi oppimisympäristössä.

Esimerkkitalan seinärasiointi on merkitty värikoodein ja määritellyin numerosarjoin niin, että henkilöstö kykenee opastetusti itse muuttamaan opetustilan järjestystä hyvin yksinkertaisin toimin oppimisympäristöä muunneltaessa. Näin seinärasiointijärjestelmän avulla on päästy eroon laitteiden kiinteistä sijoituspaikoista. Tarvittaessa voidaan liitiskaapeliniiput liittää suoraan toisiinsa tarkoitukseen soveltuvilla jatko-adaptoreilla, jolloin näyttöline on mahdollista sijoittaa suoraan opettajan pöydän viereen.



Kuva 7. Esimerkkityötilä käytännössä.



Kuva 8. Esimerkkityötilän rasiointi

Vasemmalla lähiverkkorasiat, oikealla AV-kaapelointi

## 7 YHTEENVETO

### 7.1 Tutkimuksen tuloksien arviointi

Tutkittaessa erilaisia ratkaisuja opetustilojen kaapelointimahdollisuuksiin, havaittiin joitain ongelmakohtia kaapeloinnin ja laitteiston yhteensovittamisessa jos arviointi perustuu pelkästään data-lehtien ja esitteiden pohjalta hankittuun tietoon. Laitteiden yhteensoveltuvuutta arvioidessa on tärkeää ottaa huomioon laitteiston kaikkien komponenttien testaaminen yhdessä, ennen varsinaisten laitehankintojen tai suunnitelmien toteuttamista.

Yhteensopivuusongelmia ei voida aina ratkaista yksiselitteisesti, johtuen esimerkiksi eri piirisarjojen tai ohjelmistoversioiden yhteensopimattomuuksista. Käytössä olevassa laitteistossa ongelmia voi koitua myös firmware tai järjestelmäpäivitysten yhteydessä, jolloin toimimattomuuden syytä ei käyttäjävetoisesti ilman laite tai järjestelmävalmistajan apua voida ratkaista. Toisaalta edellämainittujen tahojen tarjoamat päivitykset tulisi yleisesti ottaen asentaa kaikkiin laitteisiin, pääsääntöisesti niiden parantamassa laitteiden toiminnan luotettavuutta ja ominaisuuksia, tavoin jolla laitevalmistajat ovat tarkoittaneet. Ongelmatilanteissa vianhaku voi olla haasteellista ilman järjestelmällistä etenemistä, poissulkien vikamahdollisuuksia yksi kerrallaan ja tarvittaessa tuleekin konsultoida eri alojen erityisasiantuntijoita, jotta esimerkiksi monitahoiset viat voidaan purkaa ja tunnistaa.

Kaapelointia oppimisympäristöön suunnitellessa voidaan tietyin varauksin muodostaa kaapelointi-järjestelmä, jota voidaan hyödyntää laitemerkeistä ja malleista riippumatta. Kuitenkin opetustilassa vallitseva pohjaratkaisu määrittää kaapelointia merkittävästi ja esimerkiksi projektorin korvaaminen älytaululla voi myöhemmin olla haasteellista toteuttaa, ellei tätä erikseen ole huomioitu suunnitteluvaiheessa. Kiinteän kaapeloinnin tyyppiin ja varauksiin tulee kiinnittää myös erityisesti huomiota kasvavan datansiirtokapasiteetin vuoksi, jotta kaapelointi palvelisi mahdollisimman pitkään käyttäjäkuntaa ilman tarpeettoman lyhyen aikavälin uusimistarpeita.

Opetustiloissa nykyisin käytettävä esitystekniikka on viime vuosina kehittynyt niin luotettavuudeltaan, käytettävyydeltään kuin kustannustehokkuudeltaankin. Kehityksen myötä laitteiden vaatima kaapelointi ja ympäristö on toisaalta yksinkertaistunut, samalla kun vaatimustaso siirtoteiden kapasiteetille on noussut ja nousee tulevaisuudessa edelleen. Tämänhetkiseen tietoon perustuen kaapelointi tulisikin aina suunnitella parhaan mahdollisen tyyppin mukaisesti, kuitenkin niin että se on vielä kustannukset ja asennustekniset ominaisuudet huomioon ottaen järkevää toteuttaa. Yleispätevää ohjeistusta joka soveltuisi yksiselitteisesti kaikkien opetustilojen toteuttamiseen on miltei mahdotonta luoda erilaisten järjestelmä- ja laitteistokokoonpanojen vuoksi.

Toimivan kokonaisuuden luominen ei kuitenkaan ole mahdotonta, mutta se vaatii tarkkuuttajotta liitännät, lisälaitteet sekä niitä hyödyntävä infrastruktuuri saadaan sovitettua yhteen ja pystytään rakentamaan opetusteknologisesti mahdollisimman pitkään rakennuksen elinkaarta palveleva oppimisympäristö.

## 7.2 Tulevaisuuden järjestelmät

Kuten aikaisemmin todettiin, on 2020-luvulla niin opetusteknologinen kuin esitystekninenkin laitteisto edelleen kiihtyvässä kehitysvaiheessa. Laitevalmistajat kehittävät jatkuvasti muun muassa laitteiden välistä langatonta kuvansiirtoa, joka tällähetkellä on jo tietyin osin saatavilla, mutta ei luotettavuudeltaan ja käytettävyydeltään vielä täysin pysty korvaamaan kaapelein toteutettua ratkaisua.

Langattoman kuvansiirron merkitys tulee korostumaan tulevaisuudessa, päätelaitteiden kehityksen ajaessa eteenpäin entistä pienempien mobiilialustaisten laitteiden käyttöä, jolloin laitteiden käyttö siirtyy pöydällä pidettävistä laitteista opetustilanteessa mukana kulkeviin laitteisiin. Tämänhetkinen teknologia mahdollistaa jo esimerkiksi dokumenttikameran osittaisen korvaamisen matkapuhelimen kameralla, joka mahdollistaa esimerkiksi opetustilassa oppilastöiden näyttämisen reaaliaikaisesti koko ryhmälle, kuitenkin oppilaan voidessa jatkaa työskentelyään samanaikaisesti.

Tulevaisuudessa haasteina ovat kuitenkin langattomien verkkojen ja muiden radioliikennettä käyttävien laitteistojen jatkuvasti kasvava radiotaajuuksinen bittivirta sekä sitä kautta radioliikenteen ruuhkautuminen. Yleistyessään 5G ja sen kehitysversiot tuovat varmasti osaltaan ratkaisuja IoT- (*Internet of Things*) kehityksen kautta ja siten tukevat myös opetusteknologisten järjestelmien sulautumista entistä huomaamattomammin oppijan sekä opettajan arkeen.

Kaapeleista tuskin päästään eroon vielä vuosikausiin, vaikka puhekielessä ethernet-kaapelina tunnettu 4-parinen kierretty parikaapeli onkin teknologiana jo ehtinyt 30 vuoden ikään. Ethernet-kaapelin yleisyys, luotettavuus ja kustannustehokkuus ovat edesauttaneet sen säilymistä edelleen yhtenä kilpailukykyisimmistä kaapelointistandardeista rakennuksien tietoverkkoja ja nykyisin myös esitysteknisiä verkkoja rakennettaessa. Kehittyvä kuparikaapeliteknologia ja uudet päätelaitteet mahdollistavat tiedostonsiirron jo kymmenien gigatavujen sekuntivauhdilla, joka ennen oli mahdollista ainostaan valokuitukaapeleille. Valokuitua ei todennäköisesti tulla käyttämään sisäjohtoverkoissa nykyistä enempää, muutoin kuin runkojohtona jakamoiden välillä, sen liitosten ja käsittelyn korkeiden kustannusten vuoksi.

Tulevaisuudessa tärkeää onkin tiedonsiirtoverkon kapasiteetin varmistaminen kaikin mahdollisin osin, niin sisäjohtoverkon, kuin ulkoisten internet-yhteyksienkin osalta. Sähköisen oppimateriaalin ja suoratoistovideoiden käyttäminen kuormittavat jatkossa entistä enemmän sisä ja ulkoverkkoja. Tiedonsiirtokapasiteetti onkin noussut yhteen suurimmista rooleista arvioidessa opetusteknologisen laitteiston toimintaa ja eritoten sen toimimattomuutta.

Markkinoilla olevien laitteiden ja välineistön kehityksen seuraaminen sekä yhteensopivuuden testaaminen ennen laitehankintapäätösten tekoa on tulevaisuudessakin tärkeässä roolissa. Laitteiston toimivuus tulee varmistaa ennen varsinaista asennusta, jolloin mahdollisiin ongelmiin ja puutteisiin voidaan puuttua ilman keskeytyksiä tai viivästyksiä opetuksessa. Samalla tarvittavat tiedot esimerkiksi käytönopastusta varten voidaan kirjata jo etukäteen tiedoksi laitteistojen käyttäjille.

## LÄHDELUETTELO

1. *Opetusteknologia koulun arjessa*. Kankaanranta, Marja Vahtivuori-Hänninen, Sanna Koskinen, Jyrki, Jyväskylän Yliopisto 2011.
2. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Opetushallitus 2014
3. *HDBaseT -alliance* (<https://hdbaset.org/>) viitattu 12.12.2020
4. *HDMI Licensing Administrator, Inc.* (<https://www.hdmi.org>) viitattu 11.12.2020
5. *Universal Serial Bus* (<https://en.wikipedia.org/wiki/USB>) viitattu 8.12.2020
6. *VGA* (<https://fi.wikipedia.org/wiki/VGA>) viitattu 11.12.2020
7. *DVI* ([https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Visual\\_Interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Visual_Interface)) viitattu 11.12.2020
8. *Displayport* (<https://www.displayport.org>) viitattu 12.12.2020
9. *Opas: HDMI – Kaikki tarpeellinen*. Joni Nikkola 2019 (<https://avplus.fi/opas-hdmi-kaikki-tarpeellinen>) viitattu 8.12.2020
10. *Audiovisuaalinen vallankumous koulussa*. Jaakko Ylikangas 2019. (<http://jultika oulu.fi/files/nbnfioulu-201905031572.pdf>)
11. *Vihattu ja rakastettu dokumenttikamera*. Edutaito 2020. <https://edutaito.fi/vihattu-ja-rakastettu-dokumenttikamera/> (viitattu 14.12.2020)
12. *Audiokirja*. Esa Blomberg, Ari Lepoluoto: 1992-2005
13. *What is HDMI ARC* <https://www.tomsguide.com/us/hdmi-arc-faq,news-26262.html> viitattu 14.12.2020
14. *HDBaseT FAQs*. <https://installers.hdbaset.org/faqs-our-frequently-asked-questions-for-the-whats-wheres-and-whys-of-hdbaset-installations-coming-soon/> viitattu 30.12.2020
15. *Tieto- ja viestintäteknikka opetuskäytössä –Välineet, vaikuttavuus ja hyödyt*. Tilannekatsaus toukokuu 2011.
16. *Tivi 25 vuotta sitten: kuvan sai seinälle, jos maksoi 40 000 markkaa* <https://www.tivi.fi/uutiset/tivi-25-vuotta-sitten-kuvan-sai-seinalle-jos-maksoi-40-000-markkaa/21673b66-079d-360b-925d-36ef3bb3ec2f> (viitattu 8.1.2021)
17. *Smart Board* <http://www.videotykki.fi/tuotteet/Smart%20Board%20680.htm> (viitattu 8.1.2021)
18. *Ultra Short Throw projector buying guide* <https://www.projectorscreen.com/blog/ultra-short-throw-UST-projector-buying-guide> (viitattu 8.1.2021)



19. S/PDIF, AES/EBU <https://pulustudio.com/kirjasto/musiikkiteknologia/aes-ebuspdif-muunnin-miten/> (viitattu 8.1.2021)
20. *Pushing the 4K/UHD Digital Envelope 18Gbps and Beyond* <https://www.nordost.com/downloads/Pushing%20the%204K.pdf> (viitattu 15.1.2021)
21. *Uudenlainen oppimisympäristö Rauman malliin* <https://www.projektuutiset.fi/uudenlainen-oppimisymparisto-rauman-malliin/> (viitattu 15.2.2021)