

Opinnäytetyö AMK

Bioanalytikkokoulutus

2019

Janne Arjamaa, Mikael Tuominen

KLIINISEN KEMIAN AUTOMAATIO

– verkkototeutus bioanalytikko-opiskelijoille

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Bioanalytikkokoulutus

2019 | 27 sivua

Janne Arjamaa & Mikael Tuominen

KLIINISEN KEMIAN AUTOMAATIO

– verkkototeutus Bioanalytikko-opiskelijoille

Automaatio on keskeinen osa klinisen laboratorion toimintaa. Kliinisessä kemiassa automaatiolla tarkoitetaan prosessia, missä analyytikko suorittaa useita testejä vain vähäisellä ihmisen osallistumisella. Automaation avulla klininen laboratorio pystyy käsittelemään suurempia näyttemääriä kasvattamatta henkilökunnan tarvetta. Automaatio käsittää nykyään klinisissä laboratorioissa analyytikkojen toiminnan lisäksi näytteiden kuljetuksen, käsittelyn, arkistoinnin, näytteiden syöttämisen ja tulosten arvioinnin.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa oppimateriaali klinisen kemian automaatiosta bioanalytiikan opiskelijoille kansalliseen bioanalytiikan digitaaliseen verkkoportaaliin eli BioDigiin, jonka tehtävä on luoda yhteinen verkko-oppialusta bioanalytikko-opiskelijoille. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuoda kemian automaatio paremmin esille osana bioanalytiikan klinisen kemian opintoja.

Opinnäytetyön tuotoksena syntyi englanninkielinen verkko-oppimateriaali bioanalytiikan opiskelijoille edX-alustalle. Tuotos muodostuu alustuksesta, neljästä luennosta, automaatiolinjaston esittelyvideosta, luentoihin liittyvistä tehtävistä, sekä artikkelitehtävistä. Osana verkko-oppimateriaalia kuvattiin Tykslabin päivystys- ja automaatiolaboratoriossa automaatiolinjastoa ja sen toimintaa esittelevä opetusvideo. Videossa esitellään esikäsittelijän toimintaa, näytteidenkuljetusjärjestelmää ja analyytikkoita.

ASIASANAT:

Automaatio, klininen kemia, verkko-oppimateriaali, opetusvideo, BioDigi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Biomedical laboratory science

2019 | 27 pages

Janne Arjamaa & Mikael Tuominen

CLINICAL CHEMISTRY AUTOMATION

- online implementation for Biomedical laboratory science students

Automation is an essential part of a clinical chemistry laboratory. The definition of automation in clinical chemistry is the process whereby an analytical instrument performs multiple tests with only minimal involvement of an analyst. Automation allows for a clinical laboratory to handle greater sample amounts without the need of increasing laboratory personnel. Today automation includes not only the function of analyzers but in addition sample distribution, processing, archiving, sample loading and evaluation of test results.

The goal of this bachelor's thesis was to produce a learning material about clinical chemistry automation aimed at biomedical laboratory science students for a national biomedical laboratory site digital online portal, BioDigi. The goal of BioDigi is to create a unified online course for biomedical laboratory science students. The objective of this bachelor's thesis is to accentuate clinical chemistry automation as a part of biomedical laboratory science studies.

The product of this bachelor's thesis was an English-language e-learning material on edX platform for biomedical laboratory science students. The material consists of introduction, four lessons, a teaching video about automation system and tasks about the lessons and articles. The teaching video was filmed as a part of the e-learning material in Tykslab's emergency & automation laboratory. The video focuses on the preanalytical system, sample transportation system and analyzers.

KEYWORDS:

Automation, Clinical chemistry, e-learning, teaching video, BioDigi

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 KLIINISEN KEMIAN AUTOMAATIO	2
2.1 Kliininen kemia	2
2.2 Automaatio	2
2.3 Kliinisen kemian automaation historiaa	2
2.4 Automaation tasot	3
2.4.1 Tehtäväkohtainen automaatio	3
2.4.2 Työsolut	3
2.4.3 Täysautomaatio	4
2.4.4 Automaatiojärjestelmän osat	4
3 ANALYTIIKAN AUTOMAATIO	7
3.1 Preanalytiikan automaatio	7
3.1.1 Näytteiden tunnistus	7
3.1.2 Lajittelu	7
3.1.3 Sentrifugointi	8
3.1.4 Alikvointi	8
3.1.5 Jakelu	8
3.2 Analytiikan automaatio	9
3.2.1 Reagenssit	9
3.2.2 Carry-over	10
3.2.3 Analysaattorityypit	10
3.2.4 Näytetyypit ja yleisimmät mittaustavat	10
3.3 Postanalytiikka	11
3.3.1 Autoverifiointi	11
3.3.2 Jatkotutkimukset	11
3.3.3 Näytteiden arkistointi	12
4 OPPIMATERIAALIN LAATUKRITEERIT	13
4.1 Laadukas verkko-oppimateriaali	13
4.1.1 Toimivan oppimateriaalin osat	13
4.1.2 Verkkoalusta ja -työkalut	14
4.2 Laadukas video	14

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET	16
6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	17
6.1 Opinnäytetyön toteutus	17
6.2 Metodologiset lähtökohdat	18
6.3 Opinnäytetyön eettiset lähtökohdat	18
7 TUOTOKSEN TARKASTELO	20
8 POHDINTA	23
LÄHTEET	25

KUVAT

Kuva 1. Esimerkki automaatiolinjastosta	6
Kuva 2. Opinnäytetyön eteneminen	18
Kuva 3. Esimerkki luennon alustuksesta ja luentovideosta	20
Kuva 4. Esimerkki artikkelitehtävän avoimesta kysymyksestä	21
Kuva 5 Linjastovideon editointi	22

1 JOHDANTO

Kliinisissä laboratorioissa automaation kehitys on seurannut pitkälti muun teollisuuden automaation kehitystä, missä yksinkertaisesta automaatiosta on siirrytty korkeatasoisiin ohjelmoitaviin analysaattoreihin, jotka kykenevät suorittamaan useita eri tehtäviä samanaikaisesti. Yksi automaation hyödyistä on tulosten vaihtelun ja analyysivirheiden väheneminen automatisoimalla yksipuoliset ja toistuvat työtehtävät. Automaatio on ajanut pienten laboratorioiden toimintojen yhdistymistä suuremmiksi ja tehokkaammiksi kokonaisuuksiksi keskuslaboratorioihin kulujen vähentämiseksi. (Burtis ym. 2015, 255.) Keskuslaboratoriot ovat mahdollistaneet analysaattorien yhdistämisen kokonaisuuksiksi, jotka ajavat näytteet tunnistuksesta tulosten tarkasteluun. Nykyään täysautomaatio on olennaista laboratorion toiminnalle alati kasvavan näytemäärän takia. (Dolci 2017.)

Verkko-oppimisympäristöt ovat yksi tämänhetkisistä opetus- ja kulttuuriministeriön kärkihankkeista. Hankkeen tarkoitus on tehostaa opetusta, ja mahdollistaa opiskelijoille joustavammat opiskelumahdollisuudet. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2019.) Verkkoalustojen mahdollisuudet ovat laajat ja ne mahdollistavat monipuolisen opiskelun.

Aihe on ajankohtainen bioanalytiikoille, koska lähes jokainen laboratorio toimii tietynlaisen automaation ympärillä, oli kyse sitten linjastosta tai yksittäisestä analysaattorista. Koulutuksessa ei ole juurikaan aikaisemmin käsitelty automaatiota, vaan on keskitytty lähinnä analysaattoreiden toimintaan ja käyttöön yksittäisinä toimijoina.

Opinnäytetyön aiheena on kliinisen kemian automaatio. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa digitaaliseen opintoportaaliin englanninkielinen oppimateriaali bioanalytiikan opiskelijoille kliinisen kemian automaatiosta osana ammattikorkeakoulujen välistä Biodigi-hanketta. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuoda tietoa kemian automaatiosta bioanalytiikan opintoihin.

2 KLIINISEN KEMIAN AUTOMAATIO

2.1 Kliininen kemia

Kliininen kemia on yksi laboratoriolääketieteen erikoisaloista. Kliininen kemia voidaan edelleen jakaa omiin erikoisalueisiinsa, joihin kuuluvat mm. verikaasuanalytiikka, lääkeaine- ja myrkytysanalytiikka, proteiini- ja isoentsyymianalytiikka sekä elimistön toiminnan perusanalytiikka (Suomen Bioanalytikkoliitto 2019). Kliinisessä kemiassa tutkitaan pääasiassa seerumia tai plasmaa, mutta myös muita kehon nesteitä. Kliinisen kemian analytiikka tapahtuu pääasiassa analysaattoreilla jatkuvasti suurenevan näytemäärän johdosta (Dolci 2017). Raja kliinisen kemian ja muiden laboratoriolääketieteen erikoisalojen välillä on häilyvä, koska muilla erikoisaloilla käytetään alunperin kliinisen kemian menetelmiä (Burtis ym. 2015, 2-3).

2.2 Automaatio

Automaatiolla tarkoitetaan yhdistelmää laitteita, jotka korvaavat, kehittävät tai täydentävät ihmisen toimintaa sekä toimintakykyä tietyn tehtävän suorittamisessa. Kliinisessä kemiassa automaatiolla tarkoitetaan prosessia, missä analysaattori suorittaa useita testejä vain vähäisellä ihmisen osallistumisella. Automaation avulla kliininen laboratorio pystyy käsittelemään suurempia näytemääriä kasvattamatta henkilökunnan tarvetta. Automaatio käsittää nykyään kliinisissä laboratorioissa analysaattorien toiminnan lisäksi näytteiden kuljetuksen, käsittelyn, arkistoinnin, näytteiden syöttämisen ja tulosten arvioinnin. (Mermet ym. 2004, 987 ;Burtis ym. 2015, 255.)

2.3 Kliinisen kemian automaation historiaa

Ensimmäiset käytännölliset kliinisen kemian automaattiset laitteistot tulivat käyttöön 1950-luvulla. Ensimmäisiä mitattavia analyyttejä olivat glukoosi, kalsium ja urea. (Olsen, K. 2012.) Laitteet olivat yksi- tai monikanavaisia ns. continuous flow – analysaattoreita, missä näytteet ja reagenssit kulkevat analysaattorin läpi ilmapatsaiden erottamina. Analysaattorit kykenivät mittaamaan satoja näytteitä tunnissa, mutta kaikista näytteistä tehtiin samat analyysit. (Armbruster ym. 2014.) Nykyaikaisten analysaattorien kaltaiset

diskreettianalysaattorit tulivat käyttöön 1970-luvulla, ja ne korvasivat pääosin vähitellen aikaisemmat analysaattorityypit. Diskreettianalysaattorin etuna on mahdollisuus valita näytteistä tehtävät analyysit ja näytteet voidaan ajaa missä tahansa järjestyksessä. (Armbruster ym. 2014; Vilpo ym. 2010, 83.)

Automaatiolaboratoriot syntyivät Japanissa 1980-luvun alussa. Automaatiojärjestelmässä näytteet kulkeutuivat kuljetushihnoilla yksinkertaisten robottien kautta analysaattoreille. Automaation käyttö mahdollisti mm. nopeammat läpimenoajat näytteille ja suurempien näytemäärien ajamisen pienemmillä työmäärillä. (Hawker 2007, Felder ym. 2008, 133-134.)

2.4 Automaation tasot

Laboratorion automaatiojärjestelmät voidaan jakaa kolmeen eri tasoon, joita ovat tehtäväkohtainen automaatio, työsolut, ja täysautomaatio (Felder ym. 2008, 135). Sopivan automaatiojärjestelmän valinta riippuu monesta tekijästä, ja laboratorion tulisi määrittää tarkasti tarpeensa järjestelmän valitsemiseksi. Yhtenä perussääntönä pidetään ns. 80% sääntöä, eli jos automaatiolla voidaan kattaa 80% normaalista työmäärästä, voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä ajallisesti ja työmäärässä. (Hawker, 2017; Rifai 2017, 370.e9.)

2.4.1 Tehtäväkohtainen automaatio

Tehtäväkohtaisella automaatiolla voidaan kasvattaa tehokkuutta, parantaa laatua ja nopeuttaa läpimenoaikoja. Tällaista automaatiota voidaan soveltaa eri tavoin pre- ja postanalyttisessä vaiheessa esim. lajittelijoilla, korkinpoistajilla, pipetointiautomaateilla ym. Tehtäväkohtaiset automaatoratkaisut sopivat hyvin pienemmille laboratorioille. (Rifai 2017, 370.e3.)

2.4.2 Työsolut

Työsolulla tarkoitetaan laitetta, tai yhdistelmää laitteita, jotka pystyvät suorittamaan laajemman kirjon työvaiheita verrattuna tehtäväkohtaiseen automaatioon. Työsolussa

voidaan esim. suorittaa preanalyttinen näytteenkäsittely, ja näytteiden varastointi. (Rifai 2017, 370.e4.) Työsoluista voidaan muodostaa laajempia kokonaisuuksia, missä analysaattori on kytketty suoraan esikäsittelijään. Tällaisia kokonaisuuksia kutsutaan modulaarisiksi työsoluiksi. (Felder 1998.)

2.4.3 Täysautomaatio

Täysautomaatiossa preanalytiikan automaatio yhdistetään analysaattoreille näytteenkuljetushihnastojen avulla, tällaiset järjestelmät sisältävät yleensä myös postanalyttisen näytteiden säilytyksen. Täysautomaatiojärjestelmät ovat pääosin modulaarisia, mikä mahdollistaa erilaisten analysaattoreiden ja toimintojen liittämisen järjestelmään. (Rifai 2017, 370.e5.) Kaikki automaatiojärjestelmät eivät kuitenkaan tue toisten valmistajien laitteita.

Laboratoriotietojärjestelmän (LIS) perustehtävänä on tiedon hallinnointi. LIS:n kautta halutut testit tilataan, niiden tilaa seurataan ja lähetetään vastaukset. Laboratoriotietojärjestelmät ovat siis monikäyttöisiä tietokantoja, joita ei ole tarkoitettu varsinaisesti automaatiojärjestelmien hallinnointiin. (Felder 2008, 138.)

Prosessinohjausjärjestelmällä (LAS) ohjataan automaatiojärjestelmän toimintaa. Se vastaa näytteiden reitityksestä, analysoinnista, varastoinnista, uudelleen testauksesta ja analytiikan tilan seurannasta (Felder 2008, 138). Yhden laitetoimittajan prosessinohjausjärjestelmä ei ole yleensä täysin yhteensopiva toisen laitetoimittajan analysaattorien kanssa. Prosessinohjausjärjestelmät vastaavat yleensä myös näytteiden autoverifioinnista. (Hawker 2017.)

2.4.4 Automaatiojärjestelmän osat

Näytteiden syöttöalueella viivakooditetut näytteet syötetään automaatioradalle. Näytteet voidaan syöttää joko manuaalisesti näytetelineisiin, tai moduuli voi olla täysin automaattinen ja järjestellä näytteet itsenäisesti näytetelineisiin. Järjestelmään syötettyjen näytteiden viivakoodit luetaan ja näytteet tunnistetaan viivakoodinlukupisteellä.

Viivakoodinlukupisteitä on useita läpi järjestelmän, jotta näytteen kulkua voidaan seurata. (Rifai 2017, 370.e6.)

Lajittelijassa näytteet lajitellaan ja reititetään näytetyypin vaatimusten mukaan sentrifugoitaviin, tai muuten prosessoitaviin. Näytteitä, joita ei tarvitse käsitellä reititetään eteenpäin kuljetusradalle. (Rifai 2017, 370.e6.)

Automaattinen sentrifugi poistaa sentrifugoitavat näytteet näyteradalta, ja lisää ne sentrifugoitaviksi. Sentrifugoinnin jälkeen näytteet palautetaan näyteradalle. Sentrifugoinnin jälkeen näytemäärä ja laatu tarkastetaan esim. optisesti kameran avulla. Sentrifugoiduista näytteistä tarkastetaan hemolyytisyys, lipeemisyys ja ikteerisyys. (Rifai 2017, 370.e6.)

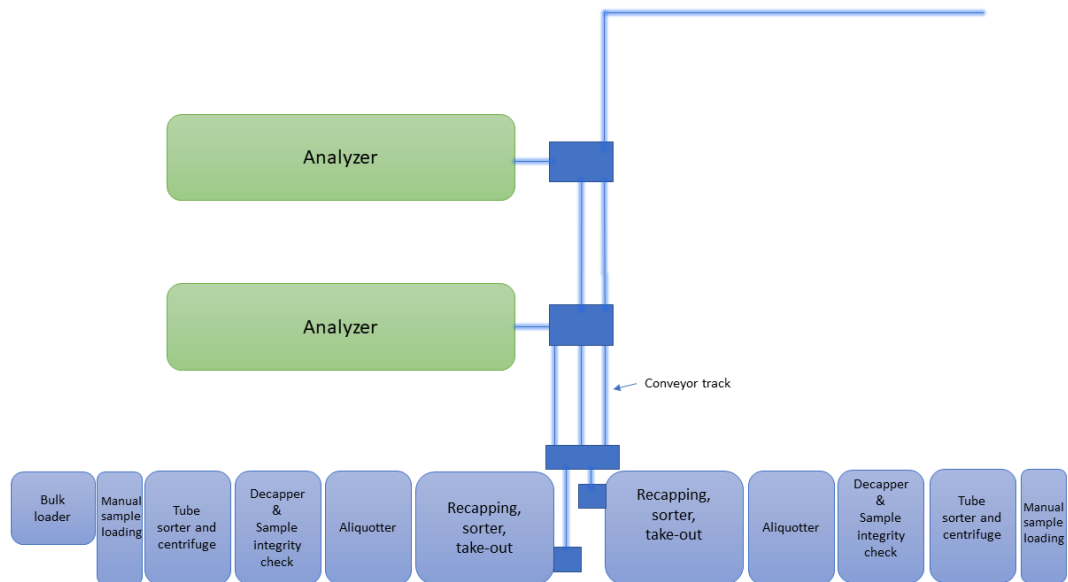
Korkinpoistaja irrottaa erityyppiset korkit näyteputkista tarpeen mukaan. Irrotetut korkit lajitellaan jätteisiin. Korkinlisääjässä avonaiset näyteputket suljetaan ilmatiiviiksi korkin, tai esim. folion avulla. (Rifai 2017, 370.e6.)

Näyteannostelija aspiroi oikean määrän näytettä ja lisää sen viivakooditettuun tytäruptkeen kuljetettavaksi analysaattorille tai varastointiin. Prosessinohjausjärjestelmä määrää alkuperäisestä putkesta tehtävien tytäruptkien määrän ja vaadittavan näyteannoksen. (Rifai 2017, 370.e6.)

Kuljetusradalla näytteet kulkevat telineissään järjestelmän läpi analysaattorille. Erilaiset näytetelineet mahdollistavat useiden putkityyppien kuljetuksen samalla radalla, koska telineet noudattavat sovittuja standardeja. Analysaattorin ja kuljetusradan välisessä laiteliitännässä näyteputkesta voidaan aspiroida tarvittava näyte suoraan kuljetusradalla sijaitsevasta näytetelineestä. Laiteliitäntä voi tarvittaessa siirtää näyteputket automaattisesti analysaattoriin. Tulevaisuudessa kuljetusradat voivat perustua magneettisiin näytetelineisiin, joka mahdollistaa suuremmat nopeudet radalla. (Rifai 2017, 370.e6-e7.)

Näytteiden poistoalueella näytteet varastoidaan väliaikaisesti ennen analyysiä, tai analyysin jälkeen. Käsitellyt näytteet voidaan siirtää manuaalisesti toiselle analysaattorille poistoalueelta. Varasto- ja arkistointijärjestelmässä näytteet varastoidaan analyysin jälkeen uudelleen testauksen varalle. Arkistointimoduulit ovat tyypillisesti jäädytettyjä ja sisältävät enemmän näytteitä kuin poistoalueet. Näytteet voidaan noutaa arkistosta joko manuaalisesti, tai viedä uudelleen testattavaksi robotiikan avulla. (Rifai 2017, 370.e6.)

Kuvassa 1 on esitetty mahdollinen automaatiojärjestelmän kokoonpano. Kokoonpanossa esiintyy kaikki edellä mainitut automaatiojärjestelmän osat lukuunottamatta näytteen arkistointia.



Kuva 1. Esimerkki automaatiolinjastosta

3 ANALYTIIKAN AUTOMAATIO

3.1 Preanalytiikan automaatio

Preanalytiikan automaatio alkaa näytteenkäsittelyllä, joka voidaan jakaa edelleen vaiheisiin 1) näytteen tunnistus, 2) lajittelu, 3) sentrifugointi 4) alikvointi, ja 5) jakelu eteenpäin (Rifai 2017, 370.e1). Näytteenkäsittelyä pidetään yhtenä hankalimmista automatisoivista osa-alueista (Hawker 2017), mutta samalla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä automatisoimalla yksi eniten manuaalista työtä vaativista laboratorion osa-alueista. Preanalyttisen vaiheen automatisointi säästää myös paljon aikaa, sillä esikäsittelyvaiheen osuus on n. 30% koko läpimenoajasta (Vilpo ym. 2010, 80).

3.1.1 Näytteiden tunnistus

Näytteen tunnistus on olennainen osa laboratoriosessia, ja tunnistettavuus tulee säilyä koko laboratoriosessin läpi. Tunnisteena toimii yleensä laboratorion tietojärjestelmän (LIS) antama tunnistenumero, joka tulostetaan pyyntöä tilattaessa viivakooditarana. Viivakooditunnistuksen etuja ovat mm. manuaalisten työlistojen karsinta, ja tunnistusvirheiden väheneminen. (Rifai 2017, 370e1-370e2.) Viivakooditunnisteen avulla näytteen etenemistä laboratoriosessin lävitse voidaan seurata tunnistusasemien avulla automaattisesti.

3.1.2 Lajittelu

Näytteiden lajittelu on yksi työläimmistä preanalyttisen vaiheen osista, suurentuneet näytemäärät lisäävät virheiden määrää ja työntekijöiden raskuutta. Automaattinen lajittelu perustuu näytteen tunnistenumeron lisäksi putken korkin väriin tai esim. näyteputken koon. (Da Rin 2009.) Lajittelussa sentrifugoitavat näytteet erotellaan muista näytteistä, ja erotellaan erikoiskäsittelyä vaativat näytteet muista näytteistä (Rifai 2017).

3.1.3 Sentrifugointi

Plasman tai seerumin erottaminen kokoverestä on aikaa vievä prosessi, ja manuaalisesti suoritettuna voi aiheuttaa turhaa viivettä analyysiprosessissa (Rifai 2017). Kokoveren käyttäminen mahdollisuuksien mukaan kliinisen kemian tutkimuksissa nopeuttaisi näytteen läpimenoaikaa. Uudet näyteputkityypit mahdollistavat myös lyhyemmän sentrifugointiajan (Badiou, S. 2019). Toistaiseksi pääosa kliinisen kemian tutkimuksista vaatii näytteen sentrifugointia (Vilpo ym. 2010, 79). Automaattisissa sentrifugeissa näytteet nostetaan suoraan linjastolta, lastataan ja sentrifugoidaan ja lastataan takaisin näytetelineisiin, tämä mahdollistaa tasaisemman näytevirran (Felder ym. 2008, 140).

3.1.4 Alikvointi

Osa kliinisen kemian analysaattoreista vaatii plasman tai seerumin alikvointia ennen analysaattoriin lastaamista. Syntyneisiin tytärputkiin tulee luoda tunnistustiedot sisältävä tarra. (Rifai 2017, 370.e2.) Automaattista alikvointia voidaan käyttää analysaattorille tehtävien tytärputkien valmistamisen lisäksi ulos lähtevien näytteen jakamiseen automaattisesti (Felder ym. 2008, 140).

3.1.5 Jakelu

Näytteen jakaminen analysaattoreille voidaan toteuttaa automaattisesti kuljetushihnan avulla. Kuljetushihnalla näytteet kulkeutuvat analysaattorille näytetelineissä suoraan esikäsittelypisteestä. Esikäsitellyt näytteet voidaan siirtää myös manuaalisesti toiselle analysaattorille. (Vilpo ym. 2010, 80.) Kuljetushihnat mahdollistavat useiden eri analysaattorityyppien linkittämisen, sillä näytetelineet noudattavat usein samoja standardeja (Rifai 2017, 370.e7). Näytteen kuljettaminen laboratorion sisällä voidaan toteuttaa myös ohjelmoitujen kuljetusrobottien avulla, jotka pystyvät noutamaan ja purkamaan näytteet työpisteille (Rifai 2017, 370.e3).

3.2 Analytiikan automaatio

Analytiikan automaatiassa tulee ottaa huomioon eri analysaattorityypit, tutkimuksiin vaadittavat reagenssit ja miten prosessi yleisesti toimii vaiheessa, jossa näyte on päässyt analysaattorille asti. Esimerkiksi, jos laboratoriossa työstetään tuhansia näytteitä päivässä, tulisi analysaattorin reagenssien käsittelyn ja mittausmenetelmän tukea suuria näytemääriä.

Eri analysaattorit tekevät eri tutkimuksia ja näin vaativat eri reagensseja, ottavat vastaan eri näytemääriä ja toimivat joko itsenäisesti tai osana linjastoa.

3.2.1 Reagenssit

Reagensseilla tarkoitetaan liuoksia, jotka tavalla tai toisella muuttavat näytettä eri menetelmin mitattavaksi reaktioseokseksi. Reagensseihin kuuluvat myös kontrolliliuokset ja kalibraattorit.

Analysaattorit voivat olla ns. "suljettuja" systeemejä, joihin käyvät vain valmistajan tuottamat reagenssit ja kalibraattorit. Ne voivat olla myös ns. "avoimia" systeemejä, joihin bioanalytiikko voi itse määrittää mitä reagensseja ja kalibraattoreita analysaattorissa käytetään. Useimmiten analysaattorit ovat puolisoljettuja systeemejä, joihin valmistaja on määrittänyt omien reagenssiensa lisäksi tiettyjä kolmannen osapuolen reagensseja, joita analysaattorissa voi käyttää. Tästä johtuen laitevalmistajalla on suuri vaikutus analysaattorin valinnassa. (Rifai 2017, 370.e13.)

Automaation kannalta on tärkeää, että reagenssit ovat helposti käsiteltäviä ja siksi valmistajat nykyään tuottavatkin ne useimmiten valmiina käytettäviksi. Jotkin analysaattorit myös pystyvät sekoittamaan kuivat reagenssit itsenäisesti. Olennaista kuitenkin on, että reagenssien käsittelyn taso vastaa näytemääriä eli esimerkiksi peruskemian analysoinnissa reagenssien käsittely on nopeaa ja helppoa. (Rifai 2017, 370.e13.)

Reagenssien viivakoodaus on nopeuttanut niiden käsittelyä huomattavasti, koska käsin syöttämisen sijaan nykyään useimmiten analysaattori lukee suoraan viivakoodista reagenssia koskevat tiedot lot-numerosta viimeiseen käyttöpäivään asti. (Rifai 2017, 370.e13.)

3.2.2 Carry-over

Carry-overilla tarkoitetaan tilannetta, jossa edellisen näytteen analyytti tai reagenssi päätyy seuraavaan näytteeseen ja näin aiheuttaa vääriä tuloksia. Tämä tulisi minimoida ja minimointiin onkin kehitetty monia eri tapoja, kuten kertakäyttökyvetit ja -pipetinkärjet. Joissakin analysaattorissa on käytössä näytekoetin, joissa pesuilla pyritään poistamaan carry-over.

Useimmiten carry-over johtuu pipetointijärjestelmän puutteista ja edellä mainituin tavoin pyritään se poistamaan. Koettimissa on huomioitava käytetty materiaali, pintojen muodot ja näytteeseen koskevan pinnan ala. Joissakin testeissä paras tapa poistaa carry-over on käyttää koettimessa kertakäyttökärkiä (mm. serologiset testit). (Rifai 2017, 370.e12.)

3.2.3 Analysaattorityypit

Yleisesti puhutaan kahdesta eri tyypistä:

1. Continuous-flow systeemissä analyytit virtaavat samaa jatkuvaa virtaa pitkin analyysialueelle, jossa jokaiselle näytteelle tehdään samat analyysit. Continuous-flow systeemiä käytetään lähinnä teollisuuden kemiassa nykypäivänä. (Rifai 2017, 370.e12.)
2. Diskreetti-systeemissä jokainen analyytti aspiroidaan omaan astiaansa, yleensä kyvetiin tai kammioon, jossa siihen lisätään tarvittavat reagenssit ja mistä mittaus myös tapahtuu. Etuna on, että jokainen näyte analysoidaan erikseen ja jokaiselle näytteelle voidaan asettaa omat tehtävät tutkimukset ja ne voidaan tehdä missä järjestyksessä vain. Diskreetit systeemit ovat pääasiallisesti korvanneet muut menetelmät automaatioissa. (Rifai 2017, 370.e12.)

3.2.4 Näytetyypit ja yleisimmät mittaustavat

Yleisesti automaatioissa käytetään seerumia, plasmaa ja harvemmin kokoverta. Seerumi ja plasma ovat yleisimpiä kliinisen kemian näytemateriaaleja, koska nimenomaan plasmaa kulkevat kaikki ionit, proteiinit, vasta-aineet, antigeenit jne. Näiden pitoisuuksien mittaamiseen on useita menetelmiä, joista yleisimpiä ovat spektrofotometriset ja fotometriset menetelmät, sekä elektrometriset menetelmät ja ioniselektiiviset elektrodit.

Kokoveri on lähinnä käytössä immunoematologian ja hematologian analyyseissä. (Rifai 2017, 370.e14.)

3.3 Postanalytiikka

Postanalyttinen näytteiden käsittely on lähes yhtä tärkeä analytiikan osa-alue kuin pre-analyttinen käsittely laboratorion tehokkuuden kannalta, koska lähes 20% laboratorion työvoimasta voi kulua postanalyttiseen käsittelyyn (Felder ym. 2008, 140).

3.3.1 Autoverifiointi

Autoverifikaatiossa laite itse tarkistaa tulokset laboratorion asettamiin hyväksymiskriteereihin. Jos tulokset osuvat näihin rajoihin, voi laite vapauttaa ne itse. Kaikki rajojen ulkopuoliset tulokset tarkistetaan manuaalisesti bioanalyttikon toimesta. Rajat ja säännöt asetetaan ja testataan useaan kertaan tarkasti toimien ennen laitteen käyttöönottoa. Autoverifikaation ohjesäännöt ovat myös sisällytetty laboratorion akkreditointiohjelmaan. (Rifai 2017, 370.e16.)

3.3.2 Jatkotutkimukset

Jatkotutkimuksilla tarkoitetaan tilannetta, jossa näyte syystä tai toisesta tarvitsee tiettyjä suoritettujen testien jälkeisiä toimenpiteitä, jotta näytteelle saataisiin lopullinen tulos. Yleisesti tällä tarkoitetaan kahta toimenpidettä:

1. Laimentaminen. Laimentamisen tarve yleensä johtuu siitä, että näytteestä saatu tulos on mitattavien rajojen ulkopuolella. Laimentamalla tuodaan tulos mitattavien rajojen sisäpuolelle, jotta saataisiin numeerinen arvo. Jotkin analysaattorit pystyvät tekemään laimennokset itse. Usein myös analysaattorit, jotka eivät pysty suorittamaan laimennoksia, silti huomattavat, jos näytteen laimentaminen on tarpeellista. (Rifai 2017, 370.e16.)
2. Uudelleen ajo. Monilla laboratorioilla on protokollat tiettyihin tutkimuksiin, jotka vaativat uudelleen ajon. Näissä tilanteissa kyseisten tutkimusten uudelleenajon automaatio nopeuttaa ja helpottaa laboratorion taakkaa. (Rifai 2017, 370.e16.)

3.3.3 Näytteiden arkistointi

Postanalyttinen vaihe päättyy näytteiden arkistointiin, johon näytteet kulkeutuvat hihnoja pitkin, kun järjestelmä on todennut, että kaikki näytteestä tehtävä on tullut valmiiksi. Yleensä automaatiolinjassa on arkistointimoduuli, johon järjestelmä ohjaa näytteet ja antaa niille paikka- ja telinumeron. Arkistoinnin idea on, että tietty näyte on helposti löydettävissä, jos tulee jokin tilanne, jossa sitä tarvittaisiin uudelleen. (Felder ym. 2008, 140.)

4 OPPIMATERIAALIN LAATUKRITEERIT

4.1 Laadukas verkko-oppimateriaali

Laadukkaan verkko-oppimateriaalin suunnittelu lähtee tarpeesta. Suunnittelussa on tärkeää rajata aihe niin, että siitä saa selkeän ja asianmukaisen kokonaisuuden ja vasta tämän jälkeen lähdetään suunnittelemaan mihin alustaan ja miten verkkomateriaalia lähtee tuottamaan. On myös hyvä aloittaa kysymällä, miten opiskelija saa materiaalista eniten irti. (Suominen & Nurmela 2011, 16-17.)

4.1.1 Toimivan oppimateriaalin osat

Kun lähdetään suunnittelemaan oppimateriaalia, on löydettävä jonkinlainen polku, joka ohjaa opiskelua niin, ettei opiskelija huku yksittäisiin tehtäviin eikä näin hahmota kokonaisuutta. Materiaali pirstoutuu helposti, kun se keskittyy pelkkään tehtävien suorittamiseen. Materiaali tulee suunnitella niin, että se aktivoi opiskelijaa, oli aktivoivana tekijänä sitten ryhmäprojekti tai ongelman ratkontaa vaativat tehtävät. (Suominen & Nurmela 2011, 17-18.) Kirjassaan Suominen ja Nurmela toteavat, että ”Tehtävien määrä on yllättäen osoittautunut todelliseksi ongelmaksi verkko-opetuksessa”.

Vuorovaikutuksella on yllättävän suuri merkitys oppimiseen. Se aktivoi opiskelijoita omalla tavallaan ja helpottaa opiskelun etenemistä. Monissa verkkoalustoissa on mahdollisuus käyttää keskustelupalstoja ja tietokoneella on nykyään helppo järjestää tapauksia internetin välityksellä. Ryhmätyöskentely on hyvä pyrkiä saamaan osaksi opiskelua. (Suominen & Nurmela 2011, 17-19.) Olennaista on myös, että opettaja pyrkii aktiivisesti ohjaamaan opiskelijoita (Keränen & Penttinen 2007, 4).

Oppimisaihiot ovat tärkeä osa laadukasta oppimateriaalia. Nämä pienet sisältökokonaisuudet voivat selkeyttää oppimateriaalia esimerkiksi videon välityksellä. Youtubesta löytyy runsaasti erilaista materiaalia, jolla voi tukea omaa materiaaliaan. Oppimateriaaliin voi kehittää pelin tai simulaation tukevaksi osaksi oppimateriaalia. Aihoiden hyvänä puoleena on mahdollisuus niiden uusiokäyttöön. (Suominen & Nurmela 2011, 19.) Oppimateriaali itsessään on myös oppimisaihio, joka on osana suurempaa kokonaisuutta (Keränen & Penttinen 2007, 5-6).

Tehtävät ovat verkko-opintojakson ydin. Laadukkaan tehtävän tulee olla muotoiltu niin, että siitä käy ilmi tarkoitus, tavoite, mitä opiskelijan tulee tehdä, mitä materiaalia hän voi tai hänen pitää käyttää, miten hän saa tehtävästä palautetta ja millä aikataululla hän työskentelee. (Jasu-Kuusisto & Mattila 2007, 8.)

4.1.2 Verkkoalusta ja -työkalut

Verkkomateriaalin suunnittelussa tulee huomioida alustan tarjoamat mahdollisuudet ja alustan rajoitteet. Oppimateriaalin kannalta alustalle olennaisia ominaisuuksia ovat mm. tehtävät, niiden arvioinnin ja palautteen antamisen mahdollisuus, videoiden ja muun materiaalin liittäminen osaksi oppimateriaalia. (Keränen & Penttinen 2007, 29.)

4.2 Laadukas video

Videoiden käyttö opetuksessa on jatkuvasti kehittyvä ja tärkeä osa nykyaikaista opetusta (Ailio 2015, 4). Videoiden avulla opiskelijat voivat tutustua kuvattavan kohteen toimintaan laajemmin kuin pelkkien kuvien kautta, videon tulisi myös herättää kiinnostus käsiteltävään aiheeseen. Opetusvideossa tulisi tarpeen mukaan liittää selostus näytettävään videokuvaan, opetusvideon tarkoituksena voi esimerkiksi olla käsiteltävien asioiden kertominen. (Hakkarainen & Kumpulainen 2011, 12-14.)

Opetuksellisen videon tulee olla aiheellinen ja mukaansa tempaava. Se ei saa olla liian pitkä, keskiverto opiskelija katsoo n. 6 minuuttia videon pituudesta riippumatta. Olisi hyvä, jos tekijä toisi omaa persoonaansa esiin videossa, esimerkiksi omia kokemuksia kertomalla. Pelkän tekstimuotoisen powerpointin katsominen voi käydä pitkäksi. (Guo ym. 2014.)

Videon laatiminen alkaa hyvin suunnitellusta ja toteutetusta käsikirjoituksesta. Käsikirjoituksessa tulee olla kirjattuna videolla näkyvä ja kuuluva materiaali ja sen perusteella laaditun kohtausluettelon avulla materiaalin lopullista järjestystä on helppo pohtia. Käsikirjoituksen avulla kaikki työhön osallistuvat henkilöt tietävät missä mennään. (Ailio 2015, 8-10.)

Kuvaamalla kerätään kaikki varsinainen videolla näkyvä materiaali. Kuvaaminen on aika viera prosessi, jonka haastavuus riippuu paljolti siitä, kuinka hyvin kohtaukset on suunniteltu ja kirjattu käsikirjoitukseen. (Ailio 2015, 6.)

Klassinen kuvankerronta tähtää yhtäjaksoiseen videoon eli kuvauksessa pyritään minimoimaan leikkauksesta syntyvä katkonaisuus. Kuvauksessa pyritään pitämään katsojan huomio halutuksi nähtävässä kohteessa niin, ettei sen paikka kuvassa kauheasti muutu. (Ailio 2015, 31-34.)

Leikkaamalla luodaan kuvatusta materiaalista mahdollisimman käsikirjoituksen mukainen kokonaisuus. Rytmitys on hyvin tärkeä osa videon käsittelyä ja sillä pyritään saamaan katsoja videon luomaan rytmiin niin, että videota on mukava katsoa. (Ailio 2015, 57.)

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa oppimateriaali kliinisen kemian automaatiosta bioanalytiikan opiskelijoille kansalliseen bioanalytiikan digitaaliseen verkkoportaalini eli BioDigiin. Verkkoppimateriaali muodostuu englanninkielisistä luennoista, erilaisista tehtävistä sekä automaatiota esittelevästä videomateriaalista. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuoda kemian automaatio paremmin esille osana bioanalytiikan kliinisen kemian opintoja. Tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää miten automaatio tapahtuu kliinisen kemian laboratoriossa, ja miten automaatio on osana preanalytiikassa, analytiikassa ja postanalytiikassa.

6 OPINÄYTETYÖN TOTEUTUS

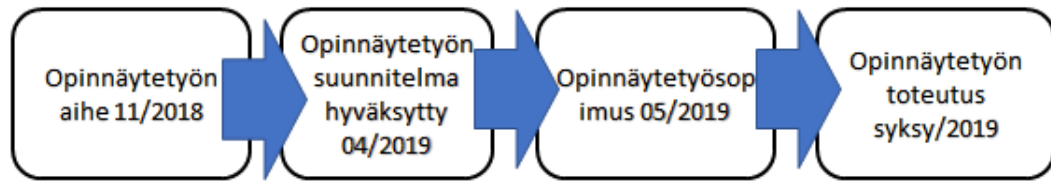
6.1 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyön aihe saatiin marraskuussa 2018 ja työn suunnittelu aloitettiin keväällä 2019. Suunnittelutyön tuotoksena syntyi opinnäytetyösuunnitelma, joka hyväksyttiin huhtikuussa 2019. Opinnäytetyösuunnitelmaan sisältyi mm. alustavien lähteiden hankinta, oppimateriaalin osioiden hahmottelua ym. Opinnäytetyö on osa Työelämäyhteistyön ja opetuksen kehittäminen -hanketta (TurkuCRC T163/2017), ja on osana valtakunnallista bioanalytiikan digitaalisen verkkoportaalin kehittämishanketta, BioDigiä. Opinnäytetyösopimus allekirjoitettiin keväällä 2019. Kuvassa 2 on esitettyä opinnäytetyön toteutuksen edistyminen.

Opinnäytetyön suunnittelua jatkettiin kesän 2019 aikana hankkimalla lähteitä, ja laatimalla oppimateriaalin sisällölle alustavan suunnitelman. Lähteiden hankinnassa pyrittiin suosimaan mahdollisimman tuoreita lähteitä, jotta käytettävä tieto olisi ajantasaista. Lähteitä pyrittiin valitsemaan mahdollisimman monipuolisesti alan kirjallisuudesta ja tutkimuksista. Suunnitelmaa tarkennettiin alkusyksystä jakamalla tuotettava oppimateriaali osiin, jotka muodostavat selkeät kokonaisuudet.

Oppimateriaalin tuottaminen aloitettiin kirjoittamalla oppimateriaalin teoriapohja. Teoriapohjaa työstettiin syksyn aikana lisää, ja sitä käytettiin oppimateriaalina toimivien luentojen pohjana. Luennot toteutettiin powerpoint-esityksinä, jotka äänitettiin erikseen ja editoitiin kokonaisuuksiksi DaVinci Resolve 16 -editointiohjelman avulla. Luennot toteutettiin englannin kielellä. Valmis oppimateriaali lisättiin edX-alustalle 17.11.

Oppimateriaalin tueksi kuvattiin Tykslabin päivystys- ja automaatiolaboratoriossa kemian automaatiota esittelevä video. Videon työstäminen aloitettiin laatimalla käsikirjoitus, ja suunnittelemalla siihen tarvittavat kohtaukset. Tarvittava videomateriaali kuvattiin päivystys- ja automaatiolaboratoriossa 18.10.2019, ja editoitiin DaVinci Resolve 16 -editointiohjelmistolla kuvausten jälkeen. Editoinnin aikana havaittiin, että tarvittiin vielä lisää kuvamateriaalia, joka kuvattiin 21.10. Videon kuvamateriaalin lisäksi laadittiin englanninkielinen selostus videolla näytettävälle materiaalille. Videon lopullinen versio näytettiin päivystys- ja automaatiolaboratorion kemisteille, ja hyväksyttiin näytettäväksi osana oppimateriaalia.



Kuva 2. Opinnäytetyön eteneminen

6.2 Metodologiset lähtökohdat

Toiminnallinen opinnäytetyö on yksi ammattikorkeakoulun tarjoamista opinnäytetyömuodoista, jossa tarkoituksena on tuottaa jokin tuote tai tuotos, joka jollakin tavalla edistää tai tukee sitä hyödyntäviä ihmisiä. Hyvä esimerkki tästä on esimerkiksi oppimateriaali, joka auttaa opiskelijoita ymmärtämään aihetta, jota materiaali käsittelee. (Vilkkä & Airaksinen 2003, 9-10)

Tämä opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä, koska työn tarkoituksena oli tuottaa verkkoalustalle julkaistava oppimateriaali, jonka tehtävä on ohjeistaa ja opastaa opiskelijoita klinisen kemian automaatiosta. (Vilkkä & Airaksinen 2003, 9-10)

6.3 Opinnäytetyön eettiset lähtökohdat

Verkkomateriaaleja käytetään yhä useammin opetuksen välineinä, mikä tuo oppimiselle uusia mahdollisuuksia (Jasu-Kuusisto & Mattila 2007, 5). Oppimateriaaliin osana tuotettiin video, joka täydentää muuta oppimateriaalia, videon tarkoitus ei kuitenkaan ole toimia esittelyvideona laitevalmistajalle. Videossa ei näy potilastietoja, vaan videolla esiintyvät näyteputket sisältävät testinäytteiden tietoja. Videolla esiintyviltä ihmisiltä kysyttiin lupa kuvaukseen. Videon kuvaus ajoitettiin siten, että videolla esiintyvillä esikäsitteilylaitteilla ei ollut potilasnäytteitä käsiteltävinä samanaikaisesti testinäytteiden kanssa.

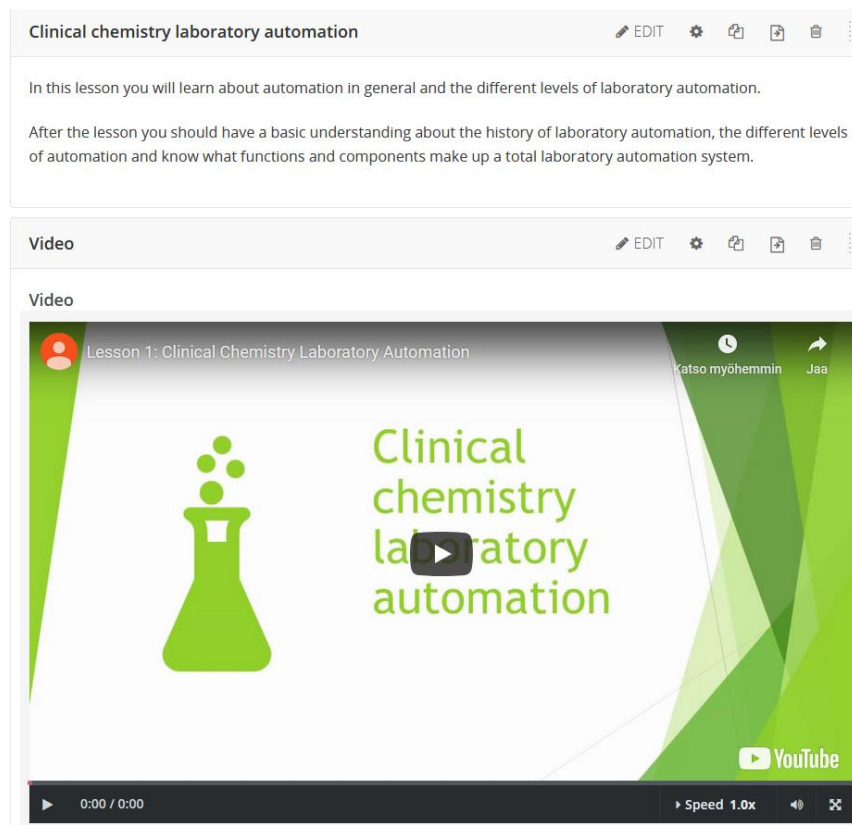
Opinnäytetyön oppimateriaali pohjautuu artikkeleihin ja muuhun teosmateriaaliin. Teosmateriaali otetaan asianmukaisesti huomioon merkitsemällä ne työhön asiaan kuuluvalla tavalla ja arvostamalla materiaalia ja sen tekijää/tekijöitä.

Opinnäytetyön tuottamisessa tulee noudattaa hyviä tieteellisiä käytäntöjä, eli työn tulee olla tuotettu rehellisesti, huolellisesti ja tarkasti sen jokaisessa vaiheessa. (Helin ym. 2012.) Opinnäytetyö noudattaa edellä mainittuja hyvän tieteellisen käytännön vaatimuksia.

Opinnäytetyölle laadittiin asianmukainen opinnäytetyösopimus osana Työelämäyhteistyön ja opetuksen kehittäminen bioanalytikkokoulutuksessa -hanketta (TurkuCRC T163/2017). Opinnäytetyö ei vaadi erillistä tutkimuslupaa, sillä se on osatutkimus em. hanketta.

7 TUOTOKSEN TARKASTELO

Opinnäytetyön tuotoksena syntyi englanninkielinen verkko-oppimateriaali bioanalytiikan opiskelijoille edX-alustalle. Oppimateriaali nimettiin ”Clinical chemistry automation”. Tuotos muodostuu alustuksesta, neljästä luennosta, automaatiolinjaston esittelyvideosta, luentoihin liittyvistä tehtävistä, sekä artikkelitehtävistä. Ensimmäisessä käsiteltiin automaatiota yleisellä tasolla, eli käsiteltiin automaation termiä, historiaa ja automaation eri tasoja. Toinen luento käsitteli tarkemmin preanalyttisen vaiheen automaatiota. Kolmas luento keskittyi analyttisen vaiheen automaatioon. Neljännessä luennossa käsiteltiin postanalytiikkaa. Luentovideoiden pituudet vaihtelivat viiden ja reilun kahdeksan minuutin välillä, joten luentojen pituus osuu melko lähelle Guon ym. (2019) suosittelemaa opetusvideon pituutta. Oppimateriaalin rajaus käsiteltäviin aiheisiin meni suunnitelman mukaisesti, tehtäviä laadittaessa huomioitiin edX-alustan rajoitteet ja mahdollisuudet. Kuussa kolme on esimerkki luentovideosta ja luennon alustuksesta.



Kuva 3. Esimerkki luennon alustuksesta ja luentovideosta

Tehtäviksi valittiin avoimet kysymykset, monivalintatehtävät ja artikkelitehtävät. Tehtävissä pyrittiin keskittymään luentojen olennaisiin osiin. Monivalintatehtäviä oli kuusi kappaletta ensimmäisessä ja toisessa luennossa. Avoimia kysymyksiä oli kolmannessa ja neljännessä luennossa yhteensä neljä. Artikkelitehtävissä pyrittiin täydentämään luentojen sisältöä, lyhyitä vastauksia sisältäviä tehtäviä oli yhdeksän. Artikkelitehtävien tarkoitus oli myös saada opiskelijat tutustumaan alan tutkimusartikkeleihin. Tehtäville laadittiin tehtäväkohtaiset vastausohjeet, jotta opiskelijan olisi helppo vastata halutulla tavalla. Kuvassa neljä on esimerkkinä artikkelitehtävän avoin kysymys, opiskelijalla on halutessaan mahdollisuus vastata tehtävä kokonaan valmiiksi tai tallentaa alustava vastaus.

The prompt for this section

Explain what a laboratory automation system (LAS) is?

Your response (required)

Enter your response to the prompt above.

Save your progress THIS RESPONSE HAS NOT BEEN SAVED.

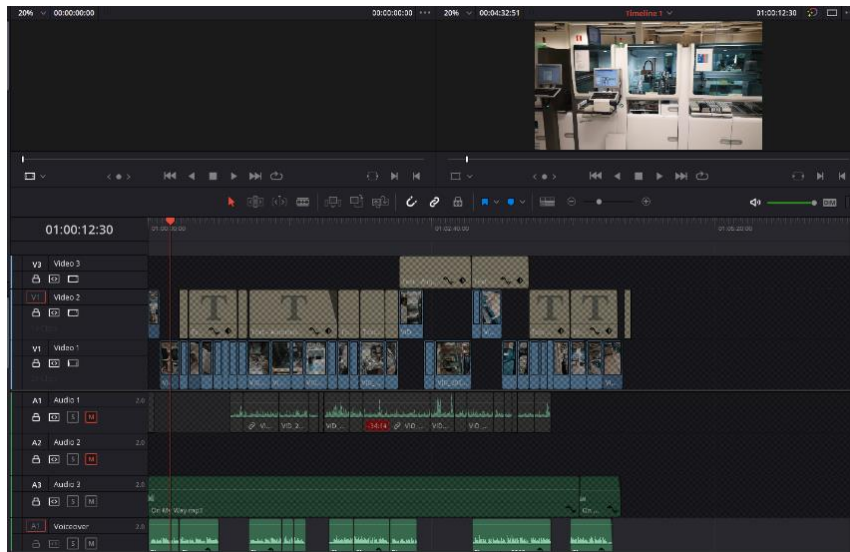
You may continue to work on your response until you submit it.

Kuva 4. Esimerkki artikkelitehtävän avoimesta kysymyksestä

Verkkotehtävien tarkastajille laadittiin mallivastaukset tehtäviin, joissa vastaukset olivat avoimia. Jasu-Kuusiston ja Mattilan (2007, 8) mukaan tehtävistä tulee käydä ilmi mitä opiskelijan tulee tehdä, mitä materiaalia on käytettävissä ja miten opiskelija saa palautteen. Verkkotehtävät täyttävät pitkälti edellä mainitut vaatimukset. Verkkotehtävät eivät kuitenkaan sisällytä Suomisen ja Nurmelan (2011, 17-19) mainitsemia ryhmätyön elementtejä.

Osana verkko-oppimateriaalia kuvattiin Tykslabin päivystys- ja automaatiolaboratoriossa automaatiolinjastoa ja sen toimintaa esittelevä opetusvideo. Opetusvideossa huomioitiin Hakkaraisen ja Kumpulaisen (2011, 12-14) edellyttämiä vaatimuksia, keskeisenä ideana

videossa oli tuoda esiin luentovideoissa käsitellyjä laitteita ja automaatiolinjaston osia. Videossa esitellään esikäsittelijän toimintaa, näyttöidenkuljetusjärjestelmää ja analysointilaitteita. Videon kuvaus toteutui laaditun käsikirjoituksen mukaisesti. Videon editointi ja videon ääniraita muodosti haastavimman osion koko videon toteutuksesta. Videon kesto säilyi riittävän lyhyenä, noin viisi minuuttia, jolloin opiskelija jaksaa keskittyä videossa käsiteltävään aiheeseen. Videon toteutus seurasi kokonaisuudessaan Ailion (2015) kuvaamaa prosessia, missä kaikki lähtee hyvin laaditusta käsikirjoituksesta.



Kuva 5. Linjastovideon editointi

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa englanninkielinen oppimateriaali klinisen kemian automaatiosta BioDigi -hankkeeseen. Oppimateriaaliin tuli sisältyä luentojen ja tehtävien lisäksi automaatiolinjastoa esittelevä video. Verkko-oppimateriaali muodostaa loogisen kokonaisuuden, missä klinisen kemian automaation oleelliset osa-alueet käydään läpi niin, että opiskelija saavuttaa opintojaksolle asetetut tavoitteet. Opinnäytetyö oli tarkoituksenmukainen, koska automaatiota ei oltu aiemmin käsitelty laajasti osana bioanalytiikan opintoja. Aikaisemmin opiskelijoilla ei ole ollut välttämättä mahdollisuutta tutustua automaatiolaboratorion toimintaan laajemmin. Oppimateriaalin osana kuvattu automaatiolinjastoa esittelevä video havainnollistaa miten automaatiolinjasto käytännössä toimii. Opinnäytetyön tekijöiden perehtyneisyys klinisen kemian automaatioon kasvoi merkittävästi opinnäytetyön laatimisen aikana.

Verkko-oppimateriaalin tuottaminen sujui hyvin, sillä teoriapohjaa oli työstetty pitkään. Teoriapohjan kirjoittaminen ennen oppimateriaalin laadintaa muutti alkuperäistä oppimateriaalin suunniteltua sisältöä. Teoriapohjalta hahmottui oleelliset automaatiota käsittelevät osiot, jotka haluttiin sisällyttää oppimateriaaliin. Näistä osioista laadittiin luennot, ja niiden lisäksi valittiin artikkelit, jotka käsitelivät aiheita, jotka jätettiin pois luennoista. Luentovideoita olisi voitu parantaa ottamalla enemmän kuvia käsiteltävänä olevista automaation osa-alueista, sillä siihen oli mahdollisuus samalla, kun kuvattiin automaatiolinjasto-videota. Luentoihin sisältyi hyvin teoriapohjalta nousseet oleelliset asiat. Luentovideoiden ongelmaksi muodostui niiden pituus, koska järkevän kokonaisuuden muodostaminen sopivan pituiseksi luennoksi oli vaikeaa. Luentovideoiden lisäksi oppimateriaaliin olisi voinut sisällyttää erityyppisiä opetusratkaisuja.

Teoriapohjan lähdemateriaalissa toistui useasti yksi lähde, Rifai 2017. Yhden lähteen runsas käyttö on kuitenkin aiheellista, koska kyseessä on yksi klinisen kemian perusteoksista. Muiden lähteiden valinnassa pyrittiin valitsemaan mahdollisimman tuoreita lähteitä luotettavista julkaisuista. Lähteiksi valikoitui monipuolisesti sekä suomen- että englanninkielisiä lähteitä.

Verkko-oppimateriaalin tehtäviksi valittiin monivalintatehtävät ja avoimet tehtävät. Tehtäviin poimittiin kysymyksiksi aiheen olennaiset asiat. Tehtävätyyppejä olisi voinut olla enemmän erilaisia, erityisesti ryhmätyöskentelyä sisältäviä tehtäviä olisi voitu sisällyttää verkko-oppimateriaaliin. Lisäksi olisi voitu lisätä tehtäviä, joissa opiskelijat arvioivat

toisiaan tai itseään. Palautteen saaminen tehdyistä tehtävistä jää osittain tehtävien arvioijan vastuulle avoimien tehtävien kohdalla, toisaalta monivalitastehtävistä opiskelija saa välittömän palautteen oikeiden tai väärin vastausten perusteella

Automaatiolinjastoa esittelevä video oli parhaiten toteutunut osa opinnäytetyön laadintaa. Video toteutui laaditun käsikirjoituksen mukaisesti ja videon kuvaaminen sujui lähes ongelmitta. Videon kuvanlaatu oli riittävän hyvä ja videolle laadittu ääniraita onnistui hyvin. Videon työstäminen opetti paljon uusia asioita opinnäytetyön tekijöille mm. videoeditoinnista.

Opinnäytetyön työstäminen sujui alkukankeuden jälkeen hyvin, kun työ oli saatu aloitettua. Aikataulu ei toteutunut alkuperäisen suunnitelman mukaisesti, vaan työn viimeistely venyi loppusyksyyn saakka. Työn toteutus jakautui melko tasaisesti opinnäytetyön tekijöiden kesken. Lopputuloksena valmistunut oppimateriaali oli kokonaisuutena hyvä.

Tulevaisuudessa laadittua oppimateriaalia voisi laajentaa koskemaan muidenkin erikoisalojen automaatiota. Oppimateriaalia voisi kehittää monipuolisemmaksi, erityisesti luennotta voisi parantaa tekemällä niistä interaktiivisempia.

LÄHTEET

- Ailio, J. K. 2015. Vähän parempi video: Opas laadukkaaseen videon suunnitteluun ja toteutukseen. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
- Armbruster, D. A., Overcash, D. R., Reyes, J. 2014. Clinical Chemistry Laboratory Automation in the 21st Century - Amat Victoria curam (Victory loves careful preparation). *The Clinical biochemist. Reviews*, 35(3), p. 143.
- Badiou, S. 2019. Improved quality of samples and laboratory turnaround time using 3.5 mL low vacuum BD Vacutainer® Barricor tubes in the emergency department. *Practical Laboratory Medicine*, 16. doi:10.1016/j.plabm.2019.e00128.
- Burtis, C. A., Brunis, D. E. & Sawyer, B. G. 2015. *Tietz fundamentals of clinical chemistry and molecular diagnostics*. 7th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier /Saunders.
- Da Rin, G. 2009. Pre-analytical workstations: A tool for reducing laboratory errors. *Clinica Chimica Acta*, 404(1), pp. 68-74. doi:10.1016/j.cca.2009.03.024.
- Dolci, A. 2017. Total laboratory automation: Do stat tests still matter? *Clinical Biochemistry*, 50(10-11), pp. 605-611.
- Felder, R. A. 1998. Modular workcells: Modern methods for laboratory automation. *Clinica Chimica Acta*, 278(2), pp. 257-267. doi:10.1016/S0009-8981(98)00151-X.
- Felder, R. A., Alwan, M., Felder, R. & Zhang, M. 2008. *Systems Engineering Approach to Medical Automation*.
- Guo, P., Kim, J. & Rubin, R. 2014. *How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos*.
- Hakkarainen, P. & Kumpulainen, K. 2011. *Liikkuva kuva: Muuttuva opetus ja oppiminen*. [Rovaniemi] : Kokkola: Lapin yliopisto, kasvatustieteiden tiedekunta, mediapedagogiikkakeskus ; Jyväskylän yliopisto, Kokkolan yliopistokeskus Chydenius.
- Hawker, C. 2007. Laboratory Automation: Total and Subtotal. *Clinics in laboratory medicine*. 2007 Dec;27(4):749-70, vi.
- Hawker, C. D. 2017. Nonanalytic Laboratory Automation: A Quarter Century of Progress. *Clinical chemistry*, 63(6), pp. 1074-1082. doi:10.1373/clinchem.2017.272047.

Helin, M., Jäppinen, S., Launis, V., Spoo, S. K. & Varantola, K. 2013. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa: Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012.

Jasu-Kuusisto, K. & Mattila, H. 2007. *Oppimistehtävä verkko-opetuksessa*. Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Kalliala, E. 2002. *Verkko-opettamisen käsikirja*. Helsinki: Finn Lectura.

Keränen, V. & Penttinen, J. 2007. *Verkko-oppimateriaalin tuottajan opas*. Jyväskylä: WSOYpro: Docendo.

Lou, A. H. 2016. Evaluation of the impact of a total automation system in a large core laboratory on turnaround time. *Clinical Biochemistry*, 49(16-17), pp. 1254-1258.

Mermet, J., Valcarcel, M., Otto, M., Kellner, R. A., Widmer, H. M., Kellner, R., . . . Valcaarcel Cases, M. 2004. *Analytical Chemistry: A modern approach to analytical science*. 2nd ed. Weinheim: Wiley-VCH.

Metropolia 2017. BioDigi-Bioanalytiikan digitaalinen verkkoportaali. Viitattu 21.1.2019.

<http://www.metropolia.fi/tutkimus-kehittaminen-ja-innovaatiot/hankkeet/biodigi/>

Mäkitalo, E. & Wallinheimo, K. 2012. Virtuaaliset ympäristöt: Innostava oppiminen, tehokas koulutus. Helsinki: Talentum.

Olsen, K. 2012. The First 110 Years of Laboratory Automation: Technologies, Applications, and the Creative Scientist. *Journal of Laboratory Automation*, 17(6), pp. 469-480. doi:10.1177/2211068212455631.

Opetus- ja kulttuuriministeriö 2019. Korkeakoulujen digitaaliset oppimisympäristöt. Viitattu 19.3.2019.

<https://minedu.fi/digitaaliset-oppimisymparistot>

Rifai, N. 2017. *Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics*. 6th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier/ Saunders.

Suomen Bioanalyttikoliitto ry 2017. Kliininen Kemia Viitattu 21.1.2019.

Suominen, R. & Nurmela, S. 2011. *Verkko-opettaja*. 1. p. Helsinki: WSOYpro.

<https://www.bioanalyttikoliitto.fi/mika-ihmeen-bioanalyttikko/bioanalyttikon-koulutus/erikoisalajat/kliininen-kemia/>

Vilpo, J., Niemelä, O. & Pulkki, K. 2010. *Laboratoriolääketiede: Kliininen kemia ja hematologia*. 3. uud. p. Helsinki: Kandidaattikustannus.