



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tuomo Leppänen

Työkalu automaatiolaboratorion suunnittelemisen avuksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Hyvinvointi- ja terveysteknologia

Insinöörityö

2.11.2020

Tekijä Otsikko	Tuomo Leppänen Työkalu automaatiolaboratorion suunnittelemisen avuksi
Sivumäärä Aika	36 sivua 2.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine	Hyvinvointi- ja terveysteknologia
Ohjaajat	Lehtori Sakari Lukkarinen, Metropolia Ammattikorkeakoulu Sami Merkkiniemi, Roche Diagnostics Oy
Insinöörityön tavoitteena oli kehittää työkalu automaatiolaboratorion suunnittelemisen avuksi. Automaatiolaboratoriot ovat eri tutkimusalojen laboratorioita, joissa näytteelle tehtävät työvaiheet ovat osaksi tai kokonaan automatisoituja. Automatisoituja työvaiheita varten on useita eri laitteita. Insinöörityössä keskityttiin kehittämään työkalu patologian laboratorion laiteasennuksia varten. Laiteasennusta tehdessä on tärkeää varmistaa, että laite pystyy toimimaan tilassa, johon se asennetaan. Asennuksessa tulee ottaa huomioon esimerkiksi laitteen käyttöympäristöön liittyvät ohjearvot. Jotta laite toimii oikein, tulee esimerkiksi käyttöympäristön lämpötila ja ilmankosteus olla laitteen vaatimalla tasolla. Laitteen ohjearvot löytyvät lähtökohtaisesti laitteen käyttöohjeesta. Insinöörityössä kehitetty työkalu keskittää kaikkien laitteiden tiedot yhteen paikkaan, jotta esimerkiksi useampaa erilaista laitetta asennettaessa kaikkien laitteiden tiedot löytyvät samasta paikasta. Insinöörityössä kehitettiin työkalu, jolla hallinnoidaan asiakkaita ja näiden laitekantaa. Työkalun tietokantaan on tallennettu asiakkaiden ja laitteiden tiedot sekä tieto siitä, mitä laitteita asiakkaalla on. Työkalu on web-pohjainen, ja sen ohjelmointiin käytettiin JavaScript-ohjelmointikieltä. Työkalun valmistuttua sille suoritettiin käytettävyystestaus. Käytettävyystestauksen havaintojen perusteella työkalu on suoraviivainen käyttää, ja sillä pystyy tekemään tarkoituksenmukaiset asiat. Insinöörityön lopputuloksena syntynyt työkalu on käyttökelpoinen pohja jatkokehitykselle. Käyttöliittymä ja tietokannan rakenne soveltuvat sellaisenaan käytettäväksi, mutta nykyinen tietokantaratkaisu on korvattava oikealla tietokannalla. Jatkokehityksessä työkalu olisi paras integroida jo käytössä olevaan asiakkuushallintajärjestelmään.	
Avainsanat	Web-sovellus, JavaScript, automaatiolaboratorio, patologia, käytettävyystestaus

Author Title Number of Pages Date	Tuomo Leppänen Web-based tool for the design process of an automation laboratory 36 pages 2.11.2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communications Technology
Professional Major	Health Technology
Instructors	Sakari Lukkarinen, Senior Lecturer, Metropolia UAS Sami Merkkiniemi, Roche Diagnostics Oy
The purpose of the study was to develop a web-based tool to help the design process of an automation laboratory. Automation laboratories are laboratories on different research areas, where the steps performed on the specimen are completely or partially automated. There are many different instruments to perform the automated steps on the specimen, depending on the research area. This study focuses on developing the tool for instrument installations in pathology laboratories. It is important to make sure, that the instrument to be installed can operate in the facility it is installed to. For example, the specification considering the instrument's environment must be considered when installing the instrument. For the instrument to work properly, for example the environment's humidity and temperature must be on a level required in the specification. The instrument specification can be found on the instrument's manual. The purpose of the tool developed in this study is to assemble the specifications of different instruments to the same source. By doing so, it eases the installation process for example if many different instruments are being installed. The tool's database contains the customer laboratories' details, instrument details and which instruments does the customer laboratory have. The developed tool is web-based and was programmed using JavaScript. A usability test was performed to the finished tool. The usability test's results show that the tool is straightforward to use and can be used to carry on the desired tasks. The tool developed in this study is a usable foundation for further development. The user interface and the database's structure can be used as they are but the current test environment database must be replaced with a proper database. In case of further development, it would be best to integrate the tool to a CRM-system that is currently in use.	
Keywords	Web-based, JavaScript, automation laboratory, pathology, usability testing

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tausta	2
2.1	Patologia	6
2.1.1	Patologian historia	6
2.1.2	Patologian laboratorio	7
2.1.3	Värjäysautomaatit	9
3	Toteutus	12
3.1	Kehittämisessä käytetyt välineet	12
3.2	Käyttöliittymä	21
3.2.1	Asiakkaat ja laitteet	21
3.2.2	Asiakaslaitteet	26
3.3	Käytettävyystestaus	29
3.3.1	Käytettävyystestauksen tulokset	30
3.3.2	Käytettävyystestauksen yhteenveto	33
4	Pohdinnat ja yhteenveto	33
	Lähteet	35

Lyhenteet

POC	Point-of-care, vieritestaus.
DNA	Deoxyribonucleic acid, deoksiribonukleiinihappo.
PCR	Polymerase chain reaction, polymeraasiketjureaktio.
ISE	Ioniselektiivinen elektrodi.
HE	Hematoksyliini-eosiini.
IHC	Immunohistochemistry, immunohistokemia.
CRM	Customer Relationship Management, asiakkuudenhallinta.
JavaScript	Ohjelmointikieli.
React	JavaScript-kirjasto web-käyttöliittymien tekoon.
JSX	JavaScript Extensible Markup Language, kuvauskieli React-komponenttien ohjelmointiin.
JSON-server	JavaScript-kirjasto, luo ohjelmiston testaukseen soveltuvan REST-API:n ja tietokannan.
REST-API	Rajapinta käyttöliittymän ja tietokannan välillä.
Axios	JavaScript-kirjasto, tulkkaa käyttöliittymän palvelupyynnöt REST-API:n ymmärtämään muotoon.
CSS	Cascading Style Sheets, tekniikka, jolla määritellään React-komponenttien ulkoasu.
Props	React-komponentilta JavaScript funktiolle välitettäviä tietoja, funktiokutsun parametreja.

BTU/h	British Thermal Unit/hour, brittiläinen terminen yksikkö tuntia kohden, lämmöntuoton yksikkö.
HTML	Hypertext Markup Language, kuvauskieli, jolla kuvataan verkkosivujen rakenne.
Spark	Java-käyttöliittymän Java-toimintoihin yhdistävä rajapinta.
Thymeleaf	Javan kanssa yleisesti käytetty template engine, joka yhdistää Java-toiminnot tietokantaan.
SQL	Structured Query Language, relaatiotietokantojen kyselykieli.

1 Johdanto

Sairaaloissa on tyypillisesti eri tutkimusaloilla toimivia laboratorioita. Useimmissa keskussairaaloissa on laboratoriot esimerkiksi klinisen kemian, hematologian ja patologian tutkimuksille. Eri alan laboratorioissa tutkitaan eri asioita erilaisista potilasnäytteistä. Potilasnäyte on yleensä ruumiinnestettä tai -kudosta. Näyte voi olla elävästä tai edesmenneestä potilaasta. Riippuen laboratorion sijainnista ja koosta laboratoriossa käsitellään muutamista näytteistä jopa tuhansiin näytteisiin päivittäin. Suurien näytemäärien käsittelyn apuna on erilaisia automaattioratkaisuja. Sairaalalaboratorioissa automaatiota käytetään muun muassa potilasnäytteiden esikäsittelyyn, kuljettamiseen ja analysointiin.

Automaatio on merkittävä osa nykyaikaisen sairaalalaboratorion toimintaa. Laboratorioautomaatit ovat kehittyneet vuosien saatossa paljon ja uusia ratkaisuja kehitetään jatkuvasti. Uusissa laitteissa on entistä kehittyneemmät toiminnot ja uusia laboratorioautomaattilaitteita asennetaan jatkuvasti. Laitteet vaativat tietynlaiset tilat ja olosuhteet toimiakseen. Laitteen asennuksessa on oltava tiedossa, täyttääkö laitteen asennukselle varattu tila laitteen vaatimat kriteerit. Useampaa laitetta asennettaessa tulee kaikkien laitteiden vaatimukset ottaa huomioon.

Kunkin laitteen vaatimukset ja ohjearvot löytyvät niiden omista laitemateriaaleista. Jos samaan asiakaslaboratorioon asennetaan esimerkiksi kuusi eri laitetta, tulee asennusta suunnittelevan henkilön hakea ohjearvot kuuden laitteen materiaaleista. Kun laitteiden ohjearvot tiedetään, voidaan niitä verrata laitteille varatun tilan ominaisuuksiin. Kriittisiä tietoja ovat esimerkiksi laitteiden käyttölämpötila, lämmöntuotto ja mitat. Ohjearvot on tärkeää tietää ennen laitteiden asentamista, jotta tiedetään, että laite esimerkiksi mahtuu kulkemaan kaikkien kulkuväylien läpi ja tilan ilmanvaihto on tarpeeksi tehokas pitämään tilan lämmön sopivana laitteen käyttöönoton jälkeen.

Insinööriyön tavoitteena on luoda työkalu automaattilaboratorion suunnittelemisen avuksi. Käyttäjä luo työkalulla asiakkaat ja laitteet sekä syöttää ja tallentaa niiden tiedot tietokantaan. Asiakkaasta tallennetaan asiakkaan nimi. Laitteista tallennetaan erilaisia ohjearvoja, esimerkiksi lämmöntuotto. Asiakkaalle valitaan asennettavat laitteet laitelistasta ja tallennetaan valinnat tietokantaan. Työkalu näyttää yhteenvedon valittujen

laitteiden tiedoista. Valitsemalla luomansa asiakkaan työkalun asiakaslistasta, käyttäjä voi nähdä asiakkaalla olevat laitteet ja niiden ohjeavot. Olemassa olevilta asiakkailta voidaan myös poistaa laitteita. Laite voidaan poistaa kokonaan tietokannasta, jos se ei ole käytössä yhdelläkään asiakkaalla. Asiakas voidaan poistaa, jos sillä ei ole yhtään laitetta. Työkalulla säästetään aikaa tiedonetsinnässä, sillä tiedot asiakkaista, laitteista ja asiakkaalla olevista laitteista saadaan työkalulla tietokannasta helpommin verrattuna aikaisempaan manuaaliseen etsintään asiakas- ja laitemateriaaleista.

Insinööriytyössä kehitetään työkalu ensisijaisesti patologian laboratorion suunnittelua varten. Tuloksena saatavaa työkalua voidaan myöhemmin käyttää myös muiden tutkimusalojen laboratorioden suunnitteluun. Aihe valikoitui, koska työantajallani Roche Diagnosticsilla ei ole Suomessa vastaavaa työkalua käytössä.

2 Tausta

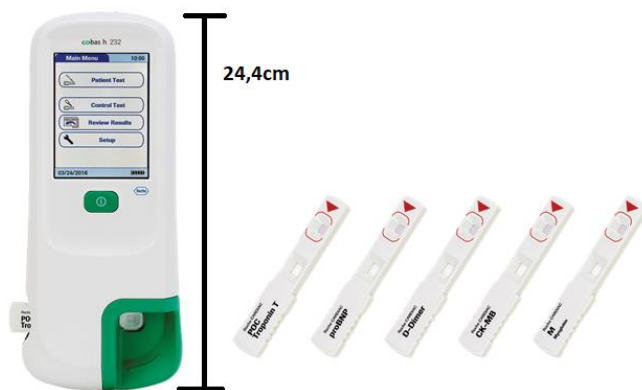
Hoffman-la Roche on sveitsiläinen yritys, joka tuottaa lääkkeitä ja diagnostiikkaa Roche Pharmaceuticals ja Roche Diagnostics -yhtiöiden alla. Roche toimii maailmanlaajuisesti ja on maailman suurimpien lääkealan yritysten joukossa, yrityksellä on maailmanlaajuisesti noin satatuhatta työntekijää. Rochen lääkeosaston päämaja sijaitsee Sveitsissä, Baselissa ja diagnostiikkaosasto Sveitsin Rotkreuzissa. Roche Pharma on tunnettu erityisesti erilaisten syöpien hoitoon käytettävistä lääkkeistä, mutta lääkkeitä löytyy iso kirjo eri sairauksien ja vaivojen hoitoon. [1.]

Rochen perusti vuonna 1896 sveitsiläinen Fritz Hoffman-La Roche, jonka saman sukunimen omaavia jälkeläisiä istuu edelleen yhtiön johdossa. Jälkeläiset ovat myös yhtiön suurimpia osakkeenomistajia. Yritys aloitti toimintansa lääkeyhtiönä, ja diagnostiikkaosasto perustettiin 1960-luvulla. [1.]

Suomessa Roche toimii lääke- ja diagnostiikka-alalla. Yrityksellä on Suomessa noin kaksisataa työntekijää, joista puolet toimii lääke- ja puolet diagnostiikka-alalla. Yrityksen Suomen päämaja sijaitsee Espoon Tapiolassa, Rochen muut Suomen toimistot löytyvät Turusta, Kuopiosta ja Oulusta.

Roche Diagnostics tuottaa diagnostiikkalaitteita sekä niiden tarvitsemia oheistuotteita, esimerkiksi liuskoja ja reagensseja. Reagenssilla tarkoitetaan ainetta, joka näytteeseen annosteltaessa aiheuttaa kemiallisen reaktion luoden halutun lopputuloksen. Eri tutkimusaloilla käytetään tuhansia erilaisia reagensseja erilaisiin tarkoituksiin, joten eri reagenssit tekevät erilaisia asioita. Laitteita on useita erilaisia ja kokoisia, useisiin eri käyttötarkoituksiin ja erilaisille käyttäjille, sairaalalaboratorioista kotisohville. Tuotevalikoiman pienimmästä päästä löytyvät verensokerimittarit sekä niiden käyttämät liuskat, joiden pääsääntöisiä käyttäjiä ovat tavalliset ihmiset, diabeetikot.

Point-of-care (POC), eli vieritestauslaitteet ovat kannettavia, liuskoilla toimivia mittareita, joilla pystytään tekemään joitakin samoja analyyseja kuin sairaalalaboratorion laitteilla. Kuvassa 1 on Rochen h 232 -vieritestausmittari ja eri testeissä käytettäviä mittaliuskoja. Laitetta käytetään niin, että potilaalta otetaan näyte, kiinnitetään näyte liuskaan, joka sisältää analyysiin tarvittavat reagenssit, ja asetetaan liuska mittariin. Eri testeille on omat liuskansa. POC-laitteita käytetään esimerkiksi ambulansseissa ja sairaalapäivystyksessä, joissa potilaan laboratoriotulokset tarvitaan nopeasti. Näytteenä POC-mittareissa käytetään muun muassa verta tai virtsaa, riippuen mittarista. Esimerkiksi verinäytteestä pystytään noin kymmenessä minuutissa mittaamaan troponiinitaso, joka on korkea sydäninfarktipotilaalla ja antamaan nopeasti hoitoa tulosten perusteella. POC-mittareita käytetään myös vähemmän hektisiin analyyseihin ja tarpeisiin, kuten terveysasemilla ja kotihoidossa. [2.]



Kuva 1. cobas h 232 -poc mittari ja mittaliuskoja.

Ihmisillä tulee perinteisesti puhekielen sanasta ”labra” mieleen verinäytteen ottaminen ja tulosten saaminen, joissa kerrotaan esimerkiksi hemoglobiini- ja kolesterolitaso. Verestä ja virtsasta otettavat ”peruslabrat” tutkitaan yleisesti klinisen kemian analyyseillä. Erilaisia klinisen kemian testejä on satoja erilaisia, joten reagenssejakin on satoja. Laitteita samojen analyysien tekemiseen löytyy iso katras riippuen laboratorion koosta ja näytemäärästä, pöytämalleista niin sanottuihin juniin, joissa on useita toisiinsa kytkettyjä analysaattoreita peräkkäin, joilla pystytään tekemään suuri määrä erilaisia testejä. Kuvassa 2 on cobas c8000 -juna, joka koostuu moduuleista. Moduulien asettelu ja määrä voivat olla erilaisia laboratorion tarpeiden mukaan. Kuvassa olevassa c8000:ssa on vasemmalta lähtien input-yksikkö, josta näytteet laitetaan sisään, ISE-yksikkö (ioniselektiivinen elektrodi), jolla tehdään esimerkiksi kalsiumin ja natriumin määrytykset näytteestä, kaksi kemian moduulia sekä kaksi immunologian moduulia. [3.]



Kuva 2. cobas c8000 kokonaisuus, kuvassa vasemmalla näytteen syöttömoduuli (core-moduuli), ISE-moduuli sekä kaksi kemian ja kaksi immunologian moduulia.

Näytemäärältään pieni laboratorio, kuten pienen paikkakunnan terveysaseman laboratorio, tarvitsee kapasiteetiltaan pienemmän laitteen kuin suuret, keskussairaala-laboratoriot. Pienet laboratoriot eivät yleensä tee itse kaikkia analyysejä, vaan lähettävät näytteet, joille pitää tehdä harvinaisempi testi suurempiin laboratorioihin tutkittavaksi. Suuret klinisen kemian laboratoriot ovat nykyään hyvin pitkälle automatisoituja sanalla automaatiolaboratorio tarkoitetaan yleensä juurikin klinisen kemian laboratoriota. Pisimmälle automatisoituja laboratorioita ovat keskussairaaloiden, kuten Turun, Tampereen ja Kuopion klinisen kemian laboratoriot. Laitteisiin kuuluvat muun muassa näytteen esikäsittelijät, jotka järjestelivät näyteputket räkkeihin, joissa ne kulkevat analysaattoreille, radat, joita pitkin näytteet kulkevat, analysaattorit, jotka analysoivat näytteet sekä jääkaapit, joihin näytteet voidaan analyysin jälkeen varastoida. Jos kaikki sujuu niin kuin on tarkoitus, laboratoriohoitaja asettaa viivakoodillisen putken

esikäsitteilyautomaattiin, automaatio hoitaa asiansa ja tulokset ovat tietojärjestelmässä hetken kuluttua.

Näytteenä kliinisen kemian testeissä käytetään muun muassa kokoverta, seerumia, plasmaa ja virtsaa. Kliinisen kemian laboratorion yhteydessä toimivat yleisesti immunologian ja hematologian laboratoriot. Hematologian ja immunologian testeille on omat laitteensa. Hematologian tieteenala tutkii verisairauksia, joten hematologian laitteissa näytteenä toimii kokoveri tai jokin sen komponenteista. Kliininen immunologia tutkii autoimmuunisairauksia, joihin kuuluvat esimerkiksi nivelreuma ja tyypin 1 diabetes. Kemian, hematologian ja immunologian laitteet toimivat eri periaatteilla. Menemättä asiaan syvällisemmin, suuri osa lueteltujen laboratorioden analysaattoreista toimii fotometrialla. [4; 5.]

Kliinisen kemian, immunologian ja hematologian laboratorioden lisäksi terveydenhuollon yksiköissä voi olla muun muassa mikrobiologian ja virologian laboratoriot. Molemmissa laboratorioissa tutkitaan taudinaiheuttajien DNA:ta, joten laboratorioissa on käytössä samanlaiset laitteet. Mikrobiologialla keskitytään tutkimaan esimerkiksi sukupuolitauteja kuten kuppaa ja tippuria. Virologia tutkii nimensä mukaisesti viruksia, kuten vuonna 2020 ajankohtaista COVID-19-koronavirusta. Näytteinä tutkimuksissa käytetään esimerkiksi limakalvolta otettuja pyyhkäisynäytteitä, veren osia tai virtsaa. Tutkimuksissa näytteestä eristetään eristyslaitteella taudinaiheuttajan DNA, jolloin jäljelle jää vain taudinaiheuttajan DNA, eikä potilaan omaa DNA:ta. Eristykseen käytetään omia reagensseja. Tämän jälkeen jäljelle jäänyt hyvin pieni määrä DNA:ta asetetaan polymeerasiketjureaktio, eli PCR-laitteeseen. [6.]

PCR-laite monistaa taudinaiheuttajan DNA:n monimiljoona-, jopa monimiljardikertaiseksi, jonka jälkeen näytettä on tarpeeksi analyysin tekemiseen. Kuvan 3 cobas 8800 -laitteessa on DNA:n eristys sekä PCR yhdistettynä ja automatisoituna. Laitteen käyttäjä syöttää putket laitteeseen, ja laite tekee automaattisesti eristys- ja PCR-prosessit. [6.]



Kuva 3. cobas 8800, vasemmalla näytteiden syöttömoduuli, keskellä siirto- ja käsittelymoduuli ja oikealla PCR-analyysimoduuli.

Aikaisemmissa luvuissa lueteltujen laboratorioiden lisäksi Roche Diagnostics valmistaa laitteita patologian laboratorioihin. Patologiaa ja sen laitteita käsitellään tulevissa luvuissa tarkemmin.

2.1 Patologia

”Patologia on oppi sairauksiin solu-, kudosis- ja elimistötasolla liittyvistä rakenteellisista ja toiminnallisista muutoksista.” Termi patologia tulee kreikan sanoista pathos (kärsimys) ja logos (oppi). Suomeksi nimi tarkoittaa tautioppia. Patologia on tieteenala, johon kuuluvat sairauksien tutkiminen ja diagnosointi tutkimalla ihmisistä poistettuja sisäelimiä, kudosisnäytteitä, kehonnesteitä tai koko ihmiskehoa. Kudosis- ja solunäytteiden pataloginen diagnostiikka on esimerkiksi syövän hoitamisen kulmakivi. [7, s. 9-13.]

2.1.1 Patologian historia

Todisteita ensimmäisten ruumiinavauksien suorittamisesta löytyy yli 2000 vuotta vanhoista egyptiläisistä kirjoituksista. Tieteellisen lääketieteen alkuna voidaan pitää

ihmiskehon rakenteen tutkimiseksi suoritettuja ruumiinavauksia Lähi-idässä 700-1400-luvuilla ja renessanssin aikana Länsi-Euroopassa. Ennen tätä lääketiede oli perustunut pitkälti uskomuksiin ja uskonnollisiin dogmeihin. Perustan patologiselle anatomialle loi italialainen Giovanni Morgagni vasta 1700-luvulla tehdessään ruumiinavauksia havaitakseen korrelaatiota sairauksien ja niissä ilmenevien elinmuutoksien välillä. [7, s. 9-13.]

1700-luvulle asti havainnointi tapahtui pääasiassa paljaalla silmällä tutkittavaa asiaa tarkastellen. Sairauksien silmälle näkymättömien muutoksien tarkastelu vaati teknologian kehittymistä. Ensimmäisen monilinjaismikroskoopin kehitti vuonna 1588 hollantilainen Zacharias Jansen. Mikroskoopin kehittäminen mahdollisti kudosten yksityiskohtaisemman tarkastelun. Seuraavien vuosikymmenten ja -satojen aikana tehtiin lääketieteessä mullistavia löytöjä kudoksiin liittyen. Esimerkiksi elinten osoitettiin muodostuvan kudoksista ja kudosten muodostuvan soluista. Vuonna 1859 saksalainen Rudolf Virchow esitti, että sairauksien syitä on haettava solutasolta, sillä solut ovat elämän perusyksikkö. [7, s. 9-13.]

Eri oppialojen ja tieteiden, esimerkiksi fysiologian, kemian ja fysiikan yhdistäminen patologian kanssa mahdollisti sairauksien syiden ja niiden kehittymiseen liittyvien mekanismien ja dynamiikan ymmärtämisen. Biokemian, biofysiikan, immunologian sekä genetiikan kehittyminen on laajentanut patologian näkökulmaa silmin ja mikroskoopilla nähtävästä täysin näkymättömään. Tutkimus on siirtynyt sairauksia kuvailevasta tutkimuksesta analyttiseen ja sairauksien mekanismeja selvittävään tutkimukseen. [7, s. 9-13.]

2.1.2 Patologian laboratorio

Patologian laboratorio sijaitsee usein sairaalan yhteydessä. Laboratoriossa työskentelee esimerkiksi solubiologeja, patologeja ja bioanalyttikkoja. Työ laboratoriossa jakaantuu kahteen osa-alueeseen, histologiaan ja sytologiaan. [7, s. 1123-1195.]

Sytologian laboratoriossa tutkitaan kehon nesteitä. Tutkittavia asioita ovat esimerkiksi virtsa, selkäydinneste ja yskökset. Näytteistä valmistetaan laboratoriossa erilaisilla menetelmillä preparaatteja, joista etsitään syöpäsoluja mikroskoopilla.

Histologian laboratoriossa tutkitaan sairauksien aiheuttamia muutoksia kudoksissa. Tutkittaviin näytteisiin kuuluvat esimerkiksi poistetut kasvaimet, luomet ja tähystyksessä otetut koepalat. Näyte voi olla myös ruumiinavauksessa poistettu elin. Laboratoriossa näyte käsitellään analysointia varten, värjätään ja tutkitaan. [8.]

Histologisen näytteen työvaiheet

Näytteen saapuessa patologian laboratorioon yksilöidään se antamalla näytteelle laboratoriolle ominainen koodi, josta käy selville esimerkiksi, mikä laboratorio on kyseessä ja näytteen tyyppi. Koodin perusteella pystytään laboratorion tietojärjestelmästä seuraamaan, mitä näytteelle on tehty ja mikä seuraava työvaihe on. [7, s. 1123-1195.]

Näytteiden kiinnittämällä eli fiksauksella tarkoitetaan näytteelle tehtäviä toimenpiteitä sen kiinteyttämiseen ja säilömiseen. Fiksaatio voidaan suorittaa esimerkiksi kemiallisesti upottamalla näyte formaldehydiliuokseen. Fiksatiivi tappaa solut säilyttäen ne ja kudoksen mahdollisimman elävän näköisinä. [9.] Näytettä saatetaan esikäsitellä fiksaation jälkeen riippuen näytteen tyypistä. Esimerkiksi suuremmista näytteistä, kuten kokonaisista kasvaimista, otetaan sopivia viipaleita ja asetetaan kuduskasetteihin, kun pienemmät näytteet voidaan asettaa suoraan kasetille. [7, s. 1123-1195.] Kuduskasetti on kasetti, jossa näytettä säilytetään sille tehtävän kudosprosessoinnin ajan. Kuvassa 4 on kudospala kuduskasetilla.



Kuva 4. Kuduskasetti, jossa on kudosta. [10]

Kun näyte on kudoskasetilla, suoritetaan sille kudoskuljetus, joka alkaa dehydroinnilla eli veden poistolla. Toimenpide suoritetaan nousevalla alkoholisarjalla, alkaen noin 50-prosenttisesta ja päättyen absoluuttiseen, 100-prosenttiseen alkoholiin. Dehydraatiossa käytetty alkoholi taas poistetaan näytteestä ksyleenillä, joka on vahva liuotinaine. Näytteestä poistetaan vesi ja alkoholi, sillä seuraavassa vaiheessa käytettävä parafiini ei ole kummankaan kanssa liukenevaa. Kudoskuljetus voidaan suorittaa käsityönä tai siihen tarkoitettulla kudoskuljetin-laitteella. [7, s. 1123-1195, 9.]

Kudoskuljetuksen jälkeen näytekudokseen imeytetään parafiinia. Parafiini on noin 55 celsiusasteessa sulaa vahamaista ainetta, joka kovettuu viiletessään. Parafiinin kovettuttua näytteen ympärille upotetaan se kokonaan parafiiniin, jolloin tuloksena syntyy kudoskasetin kokoinen kova parafiiniblokki, joka ympäröi kovettunutta näytettä. Parafiiniblokista valmistetaan mikrotomilla 2-5 mikrometrin paksuisia leikkeitä. Ohuet leikkeet asetetaan ensin kylmään ja sitten lämpimään vesihauteeseen kellumaan, joissa ne oikenevat. Oienneet näytteet ”ongitaan” hauteen pinnalta objektilasin päälle, jonka jälkeen näyte on valmis värjättäväksi. [7, s. 1123-1195.]

2.1.3 Värjäysautomaatit

Histologisessa värjäyksessä näytekudoksen solujen eri osat värjätään eri väreillä, jolloin ne erottuvat toisistaan mikroskoopilla näytettä tutkaillessa. Solun osat halutaan nähdä, jotta niissä mahdollisesti olevat poikkeamat pystytään havaitsemaan. Värjäyksiä on kymmeniä erilaisia, koska eri kudostyypeille ja erilaisten sairauksien löytämiseen käytetään eri värjäyksiä. Ero värjäyksien välillä on esimerkiksi värjäyksessä käytettävät reaktioaineet eli reagenssit ja värjäyksen vaiheet. Värjäykset on aikaisemmin tehty käsin, mutta nykyään värjääminen suoritetaan useimmissa laboratorioissa automaateilla.

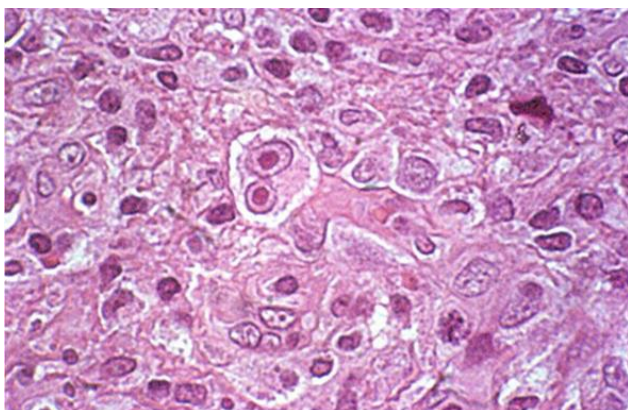
Käsinvärjäyksessä ja värjäysautomaateissa käytetään värjäysprotokollia. Protokollalla eli ohjeella tarkoitetaan, mitä ihminen tai laite tekee värjäyksen aikana näytteelle ja missä järjestyksessä. Esimerkiksi värjäyksen alussa näytteelle annostellaan tietty määrä valittua nestettä ja annetaan sen vaikuttaa tietty aika valitussa lämpötilassa. Kun protokolla on käyty kokonaan läpi, on värjäys valmis. Protokollat ovat erilaisia riippuen värjäyksestä. Jotkin protokollat ovat lyhyitä, ja värjäys kestää alle tunnin, kun taas toiset ovat pitkiä ja värjäys kestää useita tunteja.

Useiden laitevalmistajien laitteilla pystyy tekemään samoja värjäyksiä. Värjäyksen toteutustapa kuitenkin vaihtelee laitevalmistajittain. Värjäyksen yksityiskohtainen kulku, ja laitteiden yksityiskohtainen toiminta ovat liikesalaisuuksia, mutta yhteistä lähes kaikille värjäysautomaateille on, että ne kaikki käyttävät jonkilaista menetelmää näytelasin lämpötilan säätelyyn sekä samantapaisia liuoksia ja reagensseja.

Värjäysautomaatit perustuvat yleensä dippaukseen tai annosteluun. Dippiautomaateissa värjäyksessä käytettäviä nesteitä on annosteltu purkkeihin. Laite upottaa, eli dippaa näytelasin purkkiin protokollan määrämässä kohdassa ja antaa nesteen vaikuttaa protokollan määrämän ajan. Annostelevat automaattit annostelevat nesteitä lasin päälle protokollan mukaisesti. Roche Diagnosticin automaattit toimivat lasin päälle annostelu -periaatteella.

HE-värjäys

Hematoksyliini-eosiini-värjäys eli HE-värjäys on yleisin värjäystyyppi Suomen histologian laboratorioissa. HE-värjäyksissä pääreagensseina käytetään värjäyksen nimen mukaisia hematoksyliinia ja eosiinia. Hematoksyliini on tumman violetin väristä ja värjää pääasiassa tumia. Eosiini värjää solun omat ja sitä ympäröivät proteiinit pinkiksi. Selkeä tumen värjäytyminen on HE-värjäyksen etu, koska selkeästi erottuvasta tumasta on apua tumen poikkavuuksien havaitsemiseksi. [7, s. 1123-1195.] Kuvassa 5 on esimerkki HE-värjätystä kudoksesta.



Kuva 5. HE-värjätty imukudos, jossa tumat näkyvät tummanviolettina ja proteiinit pinkkinä. [11]

Roche Diagnosticsilla on HE-värjäyksiä varten HE 600 -järjestelmä. Laite sijoitetaan yleensä suuren volyymin laboratorioon, HE 600 pystyy värjäämään noin 200 lasia tunnissa riippuen protokollasta. HE 600 -järjestelmä on täysin automaattinen, se hoitaa näytteiden kuivaamisen, värjäämisen sekä suojaamisen. Laitteen käyttäjän tehtäväksi jää syöttää näytelasitarjotin automaattiin ja ottaa se pois värjäyksen valmistuttua. Tarjottimia laitteeseen mahtuu kymmenen ja tarjottimelle mahtuu 20 näytelasia. Laite käyttää värjäykseen yhdeksää eri reagenssia, joita ovat hematoksyliini ja eosiniin lisäksi esimerkiksi erilaiset pesuliuokset ja aktivaattorit. HE 600:n käyttöliittymästä voi seurata värjäysprosessin etenemistä järjestelmässä tarjotinkohtaisesti.

Immunohistokemia

Immunohistokemian (IHC) pääasiallinen käyttökohde on kasvaindiagnoosi. Immunohistokemian värjäyksillä pystytään diagnosoimaan sellaisiakin kasvaimia, joita ei esimerkiksi HE-värjäyksen perusteella pystytä tarkemmin spesifioimaan. Immunohistokemian värjäyksen erikoisuus on vasta-aineiden käyttäminen. Vasta-aineita on olemassa sadoille eri antigeeneille diagnostisessa käytössä. Antigeeneja ovat esimerkiksi syöpäsolujen rakenneproteiinit. Vasta-aine on perinteisesti liitetty johonkin entsyymiin, joka muuttuu värilliseksi vasta-aineen kiinnittyessä antigeeniin. Näytteelle annosteltu vasta-aine kiinnittyy näytteessä olevaan antigeeniin, jolloin entsyymi värjäytyy ja antigeeni on mahdollista havaita mikroskooppilla. Jos vasta-aineen antigeeniä ei ole näytteessä, ei vasta-aine kiinnity mihinkään ja näyte ei värjäydy. [7, s. 1123-1195.]

IHC-värjäysautomaatit

Roche Diagnosticsin immunohistokemian värjäysautomaatit eli värjärit ovat HE 600 -järjestelmän tavoin täysin automaattisia. HE-värjäyksestä poiketen IHC-värjäyksessä käytetään vaihtelevia reagensseja. Laitteissa käytetään seitsemää niin sanottua bulkkiliuosta, joista vähintään kolmea käytetään jokaisessa värjäyksessä ja loppuja värjäyksestä riippuen. Tutkimuskäyttöön voidaan käyttää suurempaa valikoimaa liuoksia. Bulkki-liuosten lisäksi värjäyksissä käytetään värjäyksen mukaan vaihdettavia reagensseja, esimerkiksi aiemmin mainittuja vasta-aineita. Koska bulkkiliuoksia käytetään laitteissa jatkuvasti, on niille laitteissa omat noin 5 litran säiliöt sekä omat nestelinjansa ja suuttimensa laitteen sisällä. Vaihdeettavat reagenssit lastataan

laitteeseen ennen värjäystä omista annostelijoissaan. Laite annostelee reagenssia näytteelle sopivan määrän protokollan määräämässä kohdassa.

3 Toteutus

Insinööriyössä kehitettiin web-pohjainen ohjelmisto, jota käytetään laboratorion suunnittelemisen avuksi. Työkalulla hallinnoidaan Rochen asiakkaita ja näiden laitekantaa. Tässä osiossa esitellään työkalun kehittämisessä käytetyt välineet ja kuinka niitä on käytetty. Lisäksi osiossa käydään läpi työkalun käyttöliittymän toiminnallisuus eli käyttöliittymän rakenne ja toiminnot. Osion lopussa käydään läpi työkalulle suoritettu käytettävyytestaus.

3.1 Kehittämisessä käytetyt välineet

Insinööriyössä valmistuneen työkalun ohjelmointiin käytettiin web-sovellusten kehitykseen yleisesti käytettyjä välineitä. Välineitä olivat JSX-ohjelmointikieli, JavaScript-ohjelmointikieli, React, Axios rajapinta, JSON-server ja CSS.

Käyttöliittymän komponenttien toteutus

Insinööriyössä valmistuneen työkalun React-käyttöliittymä koostuu komponenteista. Työkalun käyttöliittymän komponentit, joita ovat esimerkiksi otsikot, taulukot, painikkeet, tekstinsyöttökentät ja alasvetovalikot ohjelmoitiin JSX-kuvauskielellä, käyttäen React-JavaScript-kirjastoa. React on Facebookin luoma, avoimen lähdekoodin kirjasto, jota käytetään käyttöliittymien luontiin. React valikoitui ohjelmointikieleksi, sillä sen toiminnoilla käyttöliittymä ja sen päivitys, esimerkiksi taulukkojen päivitys muutosten jälkeen, saatiin toteutettua yksinkertaisemmin kuin muilla vaihtoehdoilla. Käyttöliittymän komponenteilla on määrättyjä komponenttityyppikohtaisia tapahtumia (engl. event). Esimerkiksi kaikille painikkeille on määritelty yhteinen onClick-tapahtuma. Jokaiselle käyttöliittymän painikkeelle on määritelty oma erillinen funktio, jota painonapin onClick-tapahtuma kutsuu. Komponenteilla on tila (engl. state), joka on alustettu tyhjäksi. Komponentille määriteltävillä funktioilla voidaan vaihtaa komponentin tilaa. Esimerkiksi

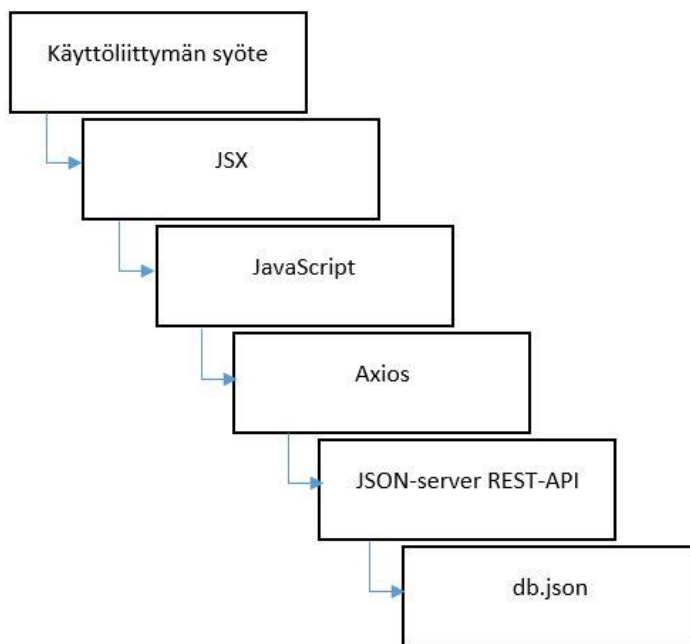
setAsiakkaat tuo asiakkaat-alasvetovalikkoon listan asiakkaista, jolloin komponentin tila muuttuu. [12.]

Tapahtumankäsittelijät

Työkalun komponentteihin liittyy tapahtumankäsittelijöitä, eli funktioita, joita kutsutaan tiettyjen tapahtumien yhteydessä. Funktiot ohjelmoitiin käyttäen JavaScript-ohjelmointikieltä. Esimerkiksi käyttöliittymän painonapin painaminen tai alasvetovalikosta arvon valitseminen laukaisee funktion kutsumisen. Funktiolle voidaan välittää tietoa komponentilta propsien avulla. Propsit ovat funktiokutsun parametreja, jotka voivat sisältää esimerkiksi komponentin arvon. Komponentilla voi olla propseja kuinka paljon tahansa ja propsien sisältö voi olla kovakoodattua tai Javascript lausekkeilla tuotettua. Halutut propsit määritetään jokaiselle komponentille erikseen komponenttia luotaessa. Esimerkiksi taulukosta, joka listaa asiakkaan laitteet, valitaan rivi painamalla, jolloin propseissa välitetään funktiolle taulukosta valitun laitteen tiedot. Funktioilla voidaan hakea, päivittää, luoda tai poistaa käyttöliittymässä olevia tietoja.

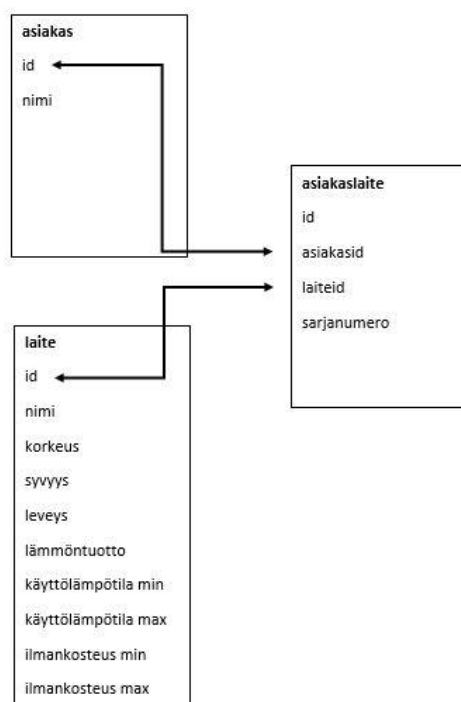
Tietojen tallennus

Työkalussa tietokannan korvaajana käytettiin JSON-server JavaScript-kirjastoa. JSON-server luo työkalun kehitykseen ja testaukseen soveltuvan vale REST-API:n ja tiedoston, joka sisältää tietokannan sisällön. Axios-JavaScript-kirjasto tulkaa käyttöliittymästä tulevat palvelupyyntöjä API:n ymmärtämään muotoon. Palvelupyyntöjä ovat esimerkiksi get, post ja delete. REST-API tekee palvelupyyntöjen mukaiset muutokset tiedostoon nimeltä db.json. Kuvassa 6 näkyy käyttöliittymästä tulevan syötteen matka db.json-tiedostoon.



Kuva 6. Käyttöliittymäsyötteen matka käyttöliittymältä tietokantaan.

Kuvassa 7 näkyy ohjelmiston tietokannan rakenne ja relaatiot. Tietokanta koostuu kolmesta taulusta, asiakas, laite ja asiakaslaite. Db.json-tiedostoon tallennetaan kaikkien tietokannan taulujen tiedot.



Kuva 7. Tietokannan rakenne ja relaatiot.

Asiakas-taulussa on kaksi attribuuttia, automaattisesti luotu yksilöllinen id ja käyttäjän syöttämä nimi. Laite-taulussa on automaattisesti luotu uniikki id, käyttäjän syöttämä nimi ja käyttäjän syöttämät laitteen ohjearvot. Ohjearvoja ovat senttimetreinä syötettävät laitteen korkeus, syvyys ja leveys, brittiläisenä termisenä yksikkönä tuntia kohden (BTU/h) syötettävä lämmöntuotto, celsiusasteina syötettävät käyttölämpötilan minimi- ja maksimiarvot sekä prosentteina syötettävät suhteellisen ilmankosteuden minimi- ja maksimiarvot.

Asiakaslaite-taulun sisältö koostuu id, asiakasid, laiteid ja sarjanumero -attribuuteista. Id luodaan asiakaslaitteelle automaattisesti asiakaslaitteen luonnin yhteydessä. Asiakasid on asiakas-taulun id. Näin ollen asiakas-taulussa id on pääavain (primary key) ja

asiakaslaitetaulussa asiakasId on viiteavain (foreign key), ja nämä attribuutit ovat relaatiossa keskenään. Laiteld on laite-aulun id. Laite-aulun id on relaatiossa asiakaslaite-aulun laitelid:n kanssa, kuten asiakasId-tapauksessa. Sarjanumero on käyttäjän syöttämä, fyysisen laitteen uniikki arvo.

Toiminnallisuus

JSX on HTML:n tapainen kuvauskieli, jolla pystytään yhdistämään käyttöliittymän React-komponentit Javascript-toimintoihin. Käytännössä JSX vastaanottaa käyttäjän syötteen, esimerkiksi tekstikenttään kirjoitetun tekstin. Komponentille on määritelty syötteestä riippuvia tapahtumia (engl. event). Käyttäjän antama syöte laukaisee tapahtuman, jolloin komponentti välittää tapahtumaan liitetyn funktiokutsun JavaScriptille. Esimerkkinä JSX-komponentista on esimerkkikoodissa 1 näkyvä tekstinsyöttökentän JSX-koodi.

```
<input
    //sarjanumeron syöttökenttä
    name="sarjanumero"
    placeholder="Anna lisättävän laitteen sarjanumero..."
    value={uusiAsiakaslaite.sarjanumero}
    onChange={handleSarjanumeroChange}
/>
```

Esimerkkikoodi 1. Tekstikentän JSX-koodi.

Kentän välityksellä käyttäjä syöttää asiakkaalle lisättävän laitteen sarjanumeron. Kentällä on ominaisuuksia, joita tässä tapauksessa ovat name, placeholder, value ja onChange. Placeholder-ominaisuudella kentälle on annettu kentässä oletuksena näytettävä teksti, joka tämän kentän tapauksessa on "Anna lisättävän laitteen sarjanumero...". onChange-ominaisuus hallinnoi kentän tapahtumia ja määrittelee kutsuttavan JavaScript-funktion. Jokaisesta käyttäjän tekemästä syöttökentän arvon muutoksesta onChange laukaisee handleSarjanumeroChange-funktiokutsun. handleSarjanumeroChange-funktiokutsussa funktiolle välitetään name- ja value-arvot. Name on syöttökentän nimi ja value on kentässä oleva arvo. Näitä arvoja käytetään kutsuttavan JavaScript-funktion sisällä. Lisäksi name-arvon avulla päästään esimerkissä olevaan syöttökenttään käsiksi myös muista JavaScript-funktioista.

Syöttökenttä-komponentissa kutsutaan esimerkikoodissa 2 olevaa `handleSarjanumeroChange`-funktia. Funktio ottaa vastaan komponentilta `name`- ja `value`-arvot. `handleSarjanumeroChange`-funktion sisällä kutsutaan toista funktiota, `setUusiAsiakasLaite`-funktia, joka tallentaa arvot globaaliin `uusiAsiakasLaite`-tietorakenteeseen. `Event.target.name`:n sisältö on kentän nimi eli tässä tapauksessa `sarjanumero`. `Event.target.value`:n sisältö on käyttäjän kenttään syöttämä arvo.

```
const handleSarjanumeroChange = (event) => {
  // tallennetaan sarjanumero laitteen lisäämiseksi asiakkaalle
  setUusiAsiakasLaite({
    ...uusiAsiakasLaite,
    [event.target.name]: event.target.value,
  })
}
```

Esimerkkikoodi 2. `handleSarjanumeroChange` -Javascript-funktio.

Koska esimerkissä on kyseessä uuden asiakaslaitteen lisääminen, tarvitaan sarjanumeron lisäksi myös pakolliset asiakkaan ja laitteen identifikaatiotiedot. Käyttäjä on valinnut asiakkaan ja laitteen alavetovalikoista. Valinnat ovat laukaisseet omat JavaScript-funktiot, joissa tiedot on tallennettu `uusiAsiakasLaite`-tietorakenteeseen. Sarjanumero-syöttökentästä saadut sarjanumeron nimi (`event.target.name`) ja arvo (`event.target.value`) tallennetaan samaan `uusiAsiakasLaite`-tietorakenteeseen. Tietorakenteessa tallessa olevat arvot lähetetään seuraavaksi tietokantaan. Lähetys tapahtuu painamalla käyttöliittymässä olevaa, esimerkikoodissa 3 näkyvää, "Lisää asiakaslaite" -painiketta. Käyttäjän painaessa painiketta `onClick`-ominaisuus laukaisee `asiakasLaiteUpdate`-funktiokutsun.

```
<button class = "button" onClick={asiakasLaiteUpdate}>
  Lisää asiakaslaite
</button>
```

Esimerkkikoodi 3. "Lisää asiakaslaite" -painike.

`asiakasLaiteUpdate`-funktiossa tarkastetaan, että kaikilla `uusiAsiakasLaite`-tietorakenteen muuttujilla on arvo. Funktion sisällä kutsutaan seuraavassa luvussa tarkemmin avattavaa `asiakasLaiteAdd`-funktia, joka lisää tietorakenteen arvot tietokantaan. Lisätyn asiakaslaitteen tietojen käyttöliittymän taulukossa näyttämistä

varten haetaan esimerkkikoodissa 4 näkyvällä for-lauseella laitteet-tietorakenteesta lisätyn laitteen ohjearvot. Tiedot lisätään asiakkaanlaitteet_-tietorakenteeseen. Lopuksi käyttöliittymän taulukko päivitetään asiakkaanlaitteet_-tietorakenteen tiedoilla setAsiakkaanLaitteet_-funktiolla.

```
const asiakasLaiteUpdate = (event) => {
    console.log("asiakasLaiteUpdate")
    //tarkistetaan, että kaikki tiedot on annettu
    if (
        uusiAsiakasLaite.asiakasId.length > 0 &&
        uusiAsiakasLaite.laiteId.length > 0 &&
        uusiAsiakasLaite.sarjanumero.length > 0
    ) {
        asiakasLaiteAdd()

        for (var j = 0; j < laitteet.length; j++) {
            if (uusiAsiakasLaite.laiteId == laitteet[j].id) {
                laitteet[j].asiakaslaiteId = globalLisattyId
                laitteet[j].asiakasId = uusiAsiakasLaite.asiakasId
                laitteet[j].sarjanumero = uusiAsiakasLaite.sarjanumero
                asiakkaanlaitteet_.push(laitteet[j])
            }
        }
        //päivitetään asiakaslaitteet-taulukko
        setAsiakkaanLaitteet_(asiakkaanlaitteet_)
    } else {
        alert (Valitse asiakas ja laite sekä anna sarjanumero
            ennen lisäystä")
    }
}
```

Esimerkkikoodi 4. asiakasLaiteUpdate-funktio.

Esimerkkikoodi 5 esittää asiakasLaiteAdd-funktion, joka luo paikallisen tietorakenteen asiakasLaiteObject ja täyttää sen globaalissa uusiAsiakasLaite-tietorakenteessa olevilla arvoilla asiakasId, laiteId ja sarjanumero. Arvojen tietokantaan vientiä varten kutsutaan asiakasLaiteServicen create-funktiota.

```
const asiakasLaiteAdd = () => {
  console.log("asiakasLaiteAdd")
  const asiakasLaiteObject = {
    asiakasId: uusiAsiakasLaite.asiakasId,
    laiteId: uusiAsiakasLaite.laiteId,
    sarjanumero:    uusiAsiakasLaite.sarjanumero,
  }

  asiakasLaiteService.create(asiakasLaiteObject).then((returnedLaite)=>{
    setAsiakasLaitteet(asiakaslaitteet.concat(returnedLaite))
    asiakaslaitteet.push(returnedLaite)
    globalLisattyId = returnedLaite.id
    setUusiAsiakasLaite("")
  })
}
```

Esimerkkikoodi 5. asiakasLaiteAdd-funktio.

asiakasLaiteService.create-funktio vie tietorakenteen tallettavaksi tietokantaan. Esimerkkikoodissa 6 oleva axios JavaScript-kirjaston axios.post-funktio luo uuden elementin tietokantaan uusiAsiakasLaite-tietorakenteen arvoilla.

```
const create = (newObject) => {  
    const request = axios.post(baseUrl, newObject)  
    return request.then((response) => response.data)  
  
}
```

Esimerkkikoodi 6. axios.post-funktio.

Axios vie uuden asiakaslaitteen db.json-tiedostoon, joka toimii tietokantana. Kuvassa 14 käyttäjä on luonut asiakaslaitteen asiakkaalle, jonka asiakasId on 11. Asiakkaalle lisätyn laitteen id on 4. Asiakaslaitteen id on 63 ja sarjanumero 123456.

```
"asiakaslaitteet": [  
  {  
    "asiakasId": "11",  
    "laiteId": "4",  
    "sarjanumero": "123456",  
    "id": 63  
  }  
]
```

Esimerkkikoodi 7. Asiakaslaitteen tiedot kannassa.

Virheenjäljitys

Kehityksessä käytettiin apuna selaimen kehittäjän työkaluja, joihin kuuluu konsoli-ikkuna. Konsoli-ikkunaan tulostettiin relevantteja arvoja virheenjäljityksen eli debuggauksen helpottamiseksi sijoittamalla koodiin console.log()-komentoja. Console.log("Tulostettava teksti") -komento tulostaa kehittäjän työkalujen konsoli-ikkunaan suluissa olevan muuttujan arvon tai tekstin.

Ulkoasu

Käyttöliittymän muotoilu ja tyyli on hoidettu toiminnallisuuden sisältävään JavaScript-tiedostoon liitettyä CSS-tiedostolla. React-komponenteille voi antaa omat tyykinsä. Kuvassa 8 on käyttöliittymäpainikkeen CSS-tyyli. Tyylitiedostossa on määritelty esimerkiksi painikkeen taustaväri, tekstin väri ja fontin tyyli.

```
button {  
  border: 2px solid black;  
  background-color: #00deff;  
  color: white;  
  padding: 6px;  
  border-radius: 8px;  
  font-weight: bolder;  
}
```

Kuva 8. Painikkeen CSS-tyyli.

3.2 Käyttöliittymä

Insinööriyössä valmistuneen työkalun käyttöliittymä koostuu kahdesta sivusta, "Asiakkaat ja laitteet"- ja "Laitteen lisäys asiakkaalle"-sivuista. Sivujen välillä navigointi tapahtuu molempien sivujen yläreunassa olevilla painikkeilla, jotka ovat nimetty sivujen mukaan.

3.2.1 Asiakkaat ja laitteet

Kuvassa 9 näkyvällä Asiakkaat ja laitteet -sivulla listataan työkaluun tallennetut asiakkaat ja laitteet. Tällä sivulla voidaan lisätä ja poistaa asiakkaita ja laitteita. Sivulla on tekstisyöttökenttä ja painike asiakkaan lisäämistä varten sekä alasvetovalikko, joka listaa kaikki tallennetut asiakkaat. Asiakkaan poistoa varten on painike, joka poistaa alasvetovalikosta valitun asiakkaan. Alasvetovalikosta asiakkaan valitsemalla tulee asiakkaan laitteiden nimet ja sarjanumerot näkyviin oikealla puolella olevaan taulukkoon. Sivulta löytyvät myös taulukko, joka listaa kaikki työkaluun tallennetut laitteet ja

taulukkuun liittyvä laitteiden poistopainike. Sivulla on syöttökentät uuden laitteen ohjearvojen syöttämistä varten ja painike laitteen tallentamiseksi.

Asiakkaat ja laitteet

Laitteen lisäys asiakkaalle

Anna lisättävän asiakkaan nimi...

Lisää asiakas

Testilabrador

Poista asiakas

Testilabrador

Nimi	Sarjanumero
BMK Ultra	312120

Laitteet

Valittu	Nimi	Korkeus (cm)	Syvyys (cm)	Leveys (cm)	Lämmöntuotto ajossa (BTU/h)	Lämpötila min °C	Lämpötila max °C	Ilmankosteus min %	Ilmankosteus max %
☐	BMK Ultra	158,5	84,07	111,76	1000	20	32	10	90
☐	BMK Special Stains	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80
☐	BMK XT	153	66	88,9	1000	20	32	10	90
☐	BMK GX	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80

Poista laite

Uuden laitteen lisäys

Laitteen nimi:

Laitteen korkeus:

Laitteen syvyys:

Laitteen leveys:

Laitteen lämmöntuotto:

Lämpötila min:

Lämpötila max:

Ilmankosteus min:

Ilmankosteus max:

Tallenna laite

Kuva 9. Web-sovelluksen Asiakkaat ja laitteet -sivu.

Kuvassa 10 näkyvät tarkemmin työkalun asiakkaiden lisäys- ja poistotoiminnot. ”Anna lisättävän asiakkaan nimi” -tekstikenttään syötetään tallennettavan asiakkaan nimi. Painamalla ”Lisää asiakas” -painiketta työkalu lisää asiakkaan tietokantaan. Kahta samannimistä asiakasta ei voi luoda. Jos käyttäjä yrittää luoda jo olemassa olevan nimisen asiakkaan, antaa työkalu käyttäjälle virheilmoituksen: ”Asiakas on jo tietokannassa!”.

Anna lisättävän asiakkaan nimi...

Lisää asiakas

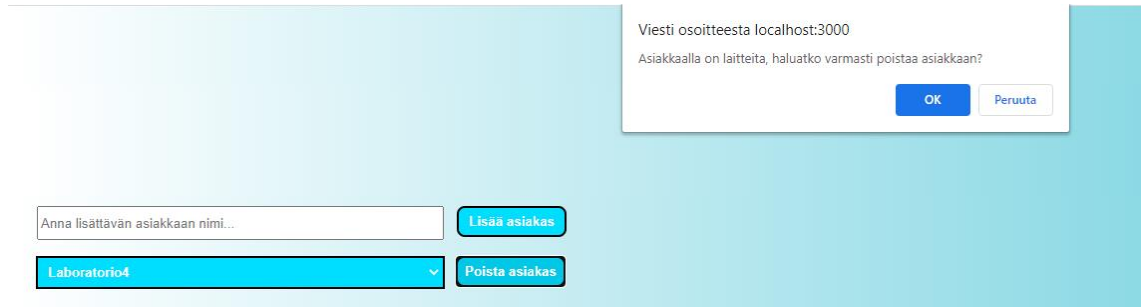
Valitse poistettava asiakas

Poista asiakas

Kuva 10. Asiakkaan lisäys- ja poistotoiminnot.

”Valitse poistettava asiakas” -alasvetovalikko listaa kaikki työkaluun tallennetut asiakkaat. Tallennettu asiakas voidaan poistaa tietokannasta valitsemalla

alasvetovalikosta poistettava asiakas ja painamalla ”Poista asiakas” -painiketta. Jos poistettavaan asiakkaaseen on liitetty yksi tai useampi laite, antaa työkalu kuvan 11 mukaisen ilmoituksen. Painamalla ”Ok” työkalu poistaa asiakkaan ja tämän laitteet.



Kuva 11. Asiakkaan poistaminen.

Käyttäjä saa kuvan 12 mukaisen ilmoituksen asiakkaan onnistuneesta poistosta. Toiminto poistaa asiakkaan ja asiakkaaseen liitetyt asiakaslaitteet tietokannasta.



Kuva 12. Onnistunut asiakkaan poisto.

Käyttäjä voi perua poiston painamalla "Peruuta"-painiketta. Peruuta-painiketta painamalla työkalu peruu poiston ja antaa käyttäjälle kuvan 13 mukaisen ilmoituksen.



Kuva 13. Asiakkaan poiston peruminen.

Laitteen lisääminen tietokantaan tapahtuu syöttämällä laitteen nimi ja ohjearvot syöttökenttiin ja painamalla "Tallenna laite" -painiketta. Tietokantaan syötettäviä ohjearvoja ovat senttimetreinä syötettävät laitteen korkeus, syvyys ja leveys, brittiläisenä termisenä yksikkönä tuntia kohden (BTU/h) syötettävä lämmöntuotto, celsiusasteina syötettävät käyttölämpötilan minimi- ja maksimiarvot sekä prosentteina syötettävät suhteellisen ilmankosteuden minimi- ja maksimiarvot. Kuvassa 14 on ohjearvojen syöttökentät ja "Tallenna laite" -painike. Kahta samannimistä laitetta ei voi luoda. Käyttäjän yrittäessä luoda jo olemassa olevan nimisen laitteen antaa työkalu virheilmoituksen: "Laite on jo tietokannassa".

Laitteet										Uuden laitteen lisäys
Valittu	Nimi	Korkeus (cm)	Syvyys (cm)	Leveys (cm)	Lämmöntuotto ajossa (BTU/h)	Lämpötila min °C	Lämpötila max °C	Ilmankosteus min %	Ilmankosteus max %	
☐	BMK Ultra	158,5	84,07	111,76	1000	20	32	10	90	
☐	BMK Special Stains	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80	
☐	BMK XT	153	66	88,9	1000	20	32	10	90	
☐	BMK GX	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80	

Uuden laitteen lisäys

Laitteen nimi:

Laitteen korkeus:

Laitteen syvyys:

Laitteen leveys:

Laitteen lämmöntuotto:

Lämpötila min:

Lämpötila max:

Ilmankosteus min:

Ilmankosteus max:

Kuva 14. Laitteen lisääminen työkaluun.

"Tallenna laite" -painikkeen painamisen jälkeen uuden laitteen tiedot tulevat näkyviin kuvassa 15 olevaan "Laitteet"-taulukko, johon työkalu listaa kaikkien työkaluun tallennettujen laitteiden tiedot tietokannasta. Insinööriyössä laitekanta rajattiin patologian automaatteihin, jotka on syötetty tietokantaan valmiiksi. Jos tietokantaan syöttää useita uusia laitteita, pysyy "Laitteet"-taulukko vakiokokoisena ja taulukkoa voi vierittää.

Laitteet										Uuden laitteen lisäys
Valittu	Nimi	Korkeus (cm)	Syvyys (cm)	Leveys (cm)	Lämmöntuotto ajossa (BTU/h)	Lämpötila min °C	Lämpötila max °C	Ilmankosteus min %	Ilmankosteus max %	
☐	BMK Ultra	158,5	84,07	111,76	1000	20	32	10	90	Laitteen nimi:
☐	BMK Special Stains	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80	Laitteen korkeus:
☐	BMK XT	153	66	88,9	1000	20	32	10	90	Laitteen syvyys:
☐	BMK GX	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80	Laitteen leveys:
☐	Testilaitte	120	70	80	800	10	30	10	80	Laitteen lämmöntuotto:

Poista laite Tallenna laite

Kuva 15. Laitteet-taulukko.

Laitteen poisto tietokannasta aloitetaan valitsemalla poistettava laite "Laitteet"-taulukosta painamalla taulukon ensimmäisessä sarakkeessa olevaa valintanappia. Kun valintanappia painetaan, rivi aktivoituu ja rivin teksti muuttuu punaiseksi kuvassa 16 näkyvällä tavalla. Laitteen poisto viimeistellään painamalla "Poista laite" -painiketta. Jos poistettava laite on liitetty asiakkaaseen, työkalu ilmoittaa, että laite on liitetty asiakkaaseen eikä laitetta pysty poistamaan.

Laitteet										Uuden laitteen lisäys
Valittu	Nimi	Korkeus (cm)	Syvyys (cm)	Leveys (cm)	Lämmöntuotto ajossa (BTU/h)	Lämpötila min °C	Lämpötila max °C	Ilmankosteus min %	Ilmankosteus max %	
☐	BMK Ultra	158,5	84,07	111,76	1000	20	32	10	90	Laitteen nimi:
☐	BMK Special Stains	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80	Laitteen korkeus:
☐	BMK XT	153	66	88,9	1000	20	32	10	90	Laitteen syvyys:
☐	BMK GX	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80	Laitteen leveys:
☒	Testilaitte	120	70	80	800	10	30	10	80	Laitteen lämmöntuotto:

Poista laite Tallenna laite

Kuva 16. Laitteen poistaminen työkalusta.

Onnistuneen poiston jälkeen valittu laite poistuu tietokannasta ja taulukosta. Taulukko päivittyy automaattisesti ja ”Valittu”-nappien arvot nollantuvat kuvan 17 mukaisesti.

Laitteet

Valittu	Nimi	Korkeus (cm)	Syvyys (cm)	Leveys (cm)	Lämmöntuotto ajossa (BTU/h)	Lämpötila min °C	Lämpötila max °C	Ilmankosteus min %	Ilmankosteus max %
☐	BMK Ultra	158,5	84,07	111,76	1000	20	32	10	90
☐	BMK Special Stains	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80
☐	BMK XT	153	66	88,9	1000	20	32	10	90
☐	BMK GX	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80

Poista laite

Uuden laitteen lisäys

Laitteen nimi:

Laitteen korkeus:

Laitteen syvyys:

Laitteen leveys:

Laitteen lämmöntuotto:

Lämpötila min:

Lämpötila max:

Ilmankosteus min:

Ilmankosteus max:

Tallenna laite

Kuva 17. Laitteen onnistunut poisto.

3.2.2 Asiakslaitteet

Kuvassa 18 olevalla asiakslaitteet-sivulla hallinnoidaan asiakkalla olevia laitteita. Asiakkaalla olevasta laitteesta käytetään työkalussa nimitystä asiakaslaite. Asiakslaitteet sivulla on mahdollista lisätä asiakkaalle laitteita ja poistaa niitä asiakkaalta. Sivun komponentteja ovat ”Valitse asiakas”- ja ”Valitse laite” -alasvetovalikot, ”Anna laitteen sarjanumero” -syöttökenttä, ”Lisää asiakaslaite” -painike, ”Asiakkaan laitteet” -taulukko ja ”Poista asiakaslaite” -painike.

Asiakkaat ja laitteet **Laitteen lisäys asiakkaalle**

Valitse asiakas **Valitse laite**

Anna lisättävän laitteen sarja:

Lisää asiakaslaite

Asiakkaan laitteet

Valittu	Nimi	Sarjanumero	Korkeus (cm)	Syvyys (cm)	Leveys (cm)	Lämmöntuotto ajossa (BTU/h)	Lämpötila min °C	Lämpötila max °C	Ilmankosteus min %	Ilmankosteus max %
---------	------	-------------	--------------	-------------	-------------	-----------------------------	------------------	------------------	--------------------	--------------------

Poista asiakaslaite

Kuva 18. Asiakslaitteet-sivu.

Valitsemalla asiakas ”Valitse asiakas” -alasvetovalikosta tulevat asiakkaan laitteet ja niiden ohjearvot näkyviin ”Asiakkaan laitteet” -taulukko. Taulukko on tyhjä, jos valitulla asiakkaalla ei ole laitteita. Kuvassa 19 ”Valitse asiakas” -alasvetovalikosta on valittu asiakas ”Laboratorio7”. Asiakkaan ainoan laitteen, Benchmark GX:n nimi, sarjanumero

ja ohjearvot näkyvät viereisessä taulukossa. Jos valitulla asiakkaalla on useampia laitteita näkyvät ne kaikki taulukossa.

Valittu	Nimi	Sarjanumero	Korkeus (cm)	Syvyys (cm)	Leveys (cm)	Lämmöntuotto ajossa (BTU/h)	Lämpötila min °C	Lämpötila max °C	Ilmankosteus min %	Ilmankosteus max %
☐	BMK GX	123456	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80

Kuva 19. Asiakaslaite-taulukko.

Laitteen lisääminen asiakkaalle tapahtuu valitsemalla asiakas "Valitse asiakas" -alasvetovalikosta, lisättävä laite "Valitse laite" -alasvetovalikosta ja syöttämällä laitteen sarjanumero "Anna lisättävän laitteen sarjanumero" -tekstikenttään. Kuvassa 20 käyttäjä valitsee lisättävää laitetta "Valitse laite" -alasvetovalikosta. Lisäys vahvistetaan painamalla "Lisää asiakaslaite" -painiketta.

Valittu	Nimi	Sarjanumero	Korkeus (cm)	Syvyys (cm)	Leveys (cm)	Lämmöntuotto ajossa (BTU/h)	Lämpötila min °C	Lämpötila max °C	Ilmankosteus min %	Ilmankosteus max %
☐	BMK GX	123456	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80

Kuva 20. Laitteen valinta.

Edellä lisätty asiakaslaite ja sen ohjearvot tulevat näkyviin ”Asiakkaan laitteet” -taulukkaan. Kuvassa 21 käyttäjä on liittänyt BMK Ultra -laitteen asiakaseen Laboratorio7 ja uusi laite, laitteen sarjanumero ja sen ohjearvot ovat tulleet näkyviin ”Asiakkaan laitteet” -taulukkaan.

Asiakkaat ja laitteet Laitteen lisäys asiakkaalle

Laboratorio7

BMK Ultra

360170

Lisää asiakaslaite

Poista asiakaslaite

Valittu	Nimi	Sarjanumero	Korkeus (cm)	Syvyys (cm)	Leveys (cm)	Lämmöntuotto ajossa (BTU/h)	Lämpötila min °C	Lämpötila max °C	Ilmankosteus min %	Ilmankosteus max %
☐	BMK GX	123456	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80
☒	BMK Ultra	360170	158,5	84,07	111,76	1000	20	32	10	90

Kuva 21. Asiakaslaite lisätty.

Asiakaslaitteen poistaminen aloitetaan valitsemalla poistettava asiakaslaite ”Asiakkaan laitteet” -taulukosta painamalla taulukon ensimmäisessä sarakkeessa olevaa valintapainiketta kuvan 22 mukaisesti. Kun valintapainiketta painetaan poistettavan laitteen kohdalla, rivi aktivoituu ja rivin teksti muuttuu punaiseksi. Asiakaslaitteen poisto viimeistellään painamalla ”Poista asiakaslaite” -painiketta.

Asiakkaat ja laitteet Laitteen lisäys asiakkaalle

Laboratorio7

BMK Ultra

360170

Lisää asiakaslaite

Poista asiakaslaite

Valittu	Nimi	Sarjanumero	Korkeus (cm)	Syvyys (cm)	Leveys (cm)	Lämmöntuotto ajossa (BTU/h)	Lämpötila min °C	Lämpötila max °C	Ilmankosteus min %	Ilmankosteus max %
☐	BMK GX	123456	128,6	66	50,8	1200	15	30	10	80
☒	BMK Ultra	360170	158,5	84,07	111,76	1000	20	32	10	90

Kuva 22. Asiakaslaitteen poistaminen.

3.3 Käytettävyytestaus

Käytettävyytestauksella oli tarkoitus selvittää, miten hyvin ohjelmiston käyttäjä pystyy suorittamaan määritellyn tehtävän ohjelmistolla. Testitehtävillä haettiin tietoa siitä, miten testikäyttäjä hahmottaa työkalun toiminnan. Haluttiin selvittää, johtavatko jotkin sen ominaisuudet käyttäjän suorittamiin virheisiin tai ymmärtääkö käyttäjä ominaisuudet ja toiminnot toisin kuin työkalun kehittäjä on tarkoittanut. Testauksella pyrittiin siis selvittämään käyttäjän toiminnan pohjalta työkalun kehitystarpeita. [13, s. 164-166.]

Insinööriyössä valmistuvaa työkalua oli tarkoitus testauttaa työn tekijän kollegoilla. Kun työkalu oli valmis testaukseen, koronavirus esti kollegojen tapaamisen. Testaus suoritettiin lopulta yhdellä henkilöllä. Henkilö on tietojenkäsittelytieteen opiskelija Helsingin yliopistosta. Testaajalla on pitkä kokemus sovelluskehityksestä ja testauksesta sekä laboratoriolaitteista ja -ohjelmistoista.

Työkalua testaava henkilö sai tehtävän, joka hänen tuli suorittaa työkalulla. Testi suoritettiin ääneen ajattelu -testinä, jossa testikäyttäjä suoritti annetun tehtävän samalla kertoen ajatusprosessinsa ääneen, esimerkiksi mitä teki ja minkä takia sen teki. Testin valvoja taltioi testikäyttäjän puheet muistiinpanoihinsa. Käytettävyytestauksella haettiin vastauksia seuraaviin kysymyksiin, jotka valittiin, koska ne olivat oleellisia ohjelmiston käytettävyyden testauksen kannalta:

- Millä mielellä testikäyttäjä käytti työkalua?
- Saiko testikäyttäjä kaikki tehtävät suoritettua?
- Suorittiko testikäyttäjä tehtävät odotetulla tavalla?
- Oliko testikäyttäjällä ongelmia työkalun käytössä? Jos oli, millaisia?
- Tekikö käyttäjä virheitä? Jos teki, niin millaisia?

Tässä käytettävyytestauksessa testikäyttäjä sai yhteensä kuusi tehtävää. Tehtävät olivat työkalulla suoritettavia perustehtäviä. Testikäyttäjän suoritettavaksi annetut tehtävät olivat:

- asiakkaan lisääminen
- asiakkaan poistaminen
- laitteen lisääminen
- laitteen poistaminen
- asiakaslaitteen lisääminen
- asiakaslaitteen poistaminen.

3.3.1 Käytettävyytestauksen tulokset

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi käytettävyytestauksen tulokset. Tulokset esitetään tehtävä kerrallaan.

Asiakkaan lisääminen

Testihenkilön tehtävänä oli lisätä työkalulla Testilaboratorio-niminen asiakas tietokantaan ja tarkistaa, että se tallentui. Koska asiakkaan lisääminen tapahtuu sivulla, joka avautuu työkalun käynnistäessä, löytyi asiakkaan lisäämiseen käytetty kenttä vaivattomasti. Testaajan tallennettua asiakkaan työkalu ei ilmoittanut asiakkaan tallentumisesta. Asiakkaan nimen syöttökenttä tyhjäntyi, mutta testaaja toivoi, että työkalu myös ilmoittaisi asiakkaan tallentamisen tapahtuneen, vaikka pop-up -ikkunalla. Lisätty asiakas löytyi asiakkaat-alasvetovalikosta. Alasvetovalikon oletusarvo ”Valitse poistettava asiakas” hämmensi testaajaa, kun ei ollut tarkoitus poistaa asiakasta. Testaaja kokeili tallennuksen toimintaa muutenkin, erikoismerkit ja numerot kelpasivat asiakkaan nimeksi, ja uuden asiakkaan pystyi luomaan jo käytössä olevalla nimellä.

Asiakkaan poistaminen

Testaajaa pyydettiin poistamaan EiLaitetta-niminen asiakas, jolla ei ole laitteita. Poistaminen onnistui, mutta testaaja ei ollut varma, poistuiko laite tietokannasta, koska työkalu ei antanut ilmoitusta onnistuneesta poistamisesta.

Testihenkilön seuraava tehtävä oli poistaa OnLaitteita-niminen asiakas, jolla oli laitteita. Palautetta tuli varoitusilmoituksesta, joka ponnahti näytölle, kun yritti poistaa asiakkaan, jolla oli laitteita. Ponnahdusikkuna varoitti poistettavalla asiakkaalla olevan laitteita ja kysyi haluatko varmasti jatkaa. Oletusvastausvaihtoehto ponnahdusikkunassa oli OK, testaajan mielestä olisi ollut parempi, jos oletus olisi peruuta.

Käyttäjän vastattua OK kysymykseen poistosta ja kuitattua ilmoituksen poiston onnistumisesta työkalun tietokantayhteys meni poikki. Asiakas kuitenkin poistui tietokannasta, eikä sama tilanne toistunut seuraavalla yrityksellä.

Laitteen lisääminen

Testihenkilöä pyydettiin lisäämään tietokantaan Testilaitte-niminen laite valitsemillaan ohjearvoilla. Testaaja onnistui tehtävässä ilman vaikeuksia. Välitön palaute tuli siitä, että ohjearvojen yksiköt puuttuivat syöttökenttien otsikoista. Testihenkilö testasi uuden laitteen lisäämistä annetun tehtävän lisäksi myös lisäämällä laitteen ilman mitään syötteitä, vain "Tallenna laite" -painiketta painamalla. Tietokantaan tallentui tällöin uusi laite, jolla oli vain automaattisesti luotu id. Testaaja myös havaitsi, että kenttiin voi syöttää mitä vain näppäimistön merkkejä, vaikka ohjearvojen olisi kuulunut olla pelkkiä numeerisia arvoja. Testaaja oli tyytyväinen saadessaan palautteen tallentamisen onnistumisesta, kun syöttökentät tyhjenivät ja "Laitteet"-taulukko päivittyi "Tallenna Laite" -painikkeen painamisen jälkeen. Testihenkilön mielestä työkalun syöttökenttien ulkonäkö parantuisi, jos ne tasattaisiin oikeaan reunaan.

Laitteen poistaminen

Testaajan seuraava tehtävä oli poistaa edellisessä tehtävässä luotu Testilaitte-niminen laite. Positiivisena testaaja piti, että laitteet taulukosta valittu rivi muuttui punaiseksi. Riviä valitessa testihenkilö huomasi, että "Valittu"-radiopainikkeesta rivi tuli valituksi aina,

muista sarakkeista klikkaamalla vaihtelevasti. Testilaitte, jota ei oltu liitetty yhteenkään asiakkaaseen poistui ja taulukko päivittyi. Testaaja yritti poistaa asiakkaaseen liitetyn laitteen, joka ei poistunut. Testaaja ihmetteli, miksi laite ei poistunut, koska ei saanut minkäänlaista ilmoitusta työkalulta.

Asiakaslaitteen lisääminen asiakkaalle

Seuraavaksi testihenkilöä pyydettiin lisäämään Testilaboratorio-nimiselle asiakkaalle Testilaitte-niminen laite sarjanumerolla 123456. Tehtävä oli ensimmäinen, joka suoritetaan työkalun toisella sivulla, "Laitteen lisäys asiakkaalle" -sivulla. Navigointi toiselle sivulle onnistui hetken harkinnan jälkeen, kun testaaja sisäisti tehtävänannon. Testaaja toivoi, että työkalusta kävisi selvästi ilmi, kummalla sivulla ollaan. Testihenkilö ymmärsi asiakaslaitteen lisäämisen logiikan nopeasti, valitsi ensiksi asiakkaan, valitsi laitteen, syötti sarjanumeron ja painoi "Lisää asiakaslaite" -painiketta. Testaaja piti hyvänä sitä, että sarjanumero-syöttökentässä luki mitä syöttökentällä tehdään, eikä sillä ollut erillistä otsikkoa. Asiakaslaitteen lisäämisen jälkeen alasvetovalikkojen valinnat jäivät ennalleen ja sarjanumero-syöttökenttä tyhjeni. Testaaja ei osannut sanoa, onko asiakas ja laite -valintojen ennallaanpysyminen hyvä vai huono ominaisuus.

Asiakaslaitteen poistaminen

Testihenkilön viimeinen tehtävä oli poistaa aiemmassa tehtävässä Testilaboratorio-nimiselle asiakkaalle lisätty Testilaitte-niminen laite sarjanumerolla 123456. Testaaja oli tyytyväinen, että molemmilla sivuilla olevilla taulukoilla oli samanlaiset toiminnallisuudet. Asiakaslaitteen poistaminen taulukosta sujui testaajalta ongelmitta. Taulukko päivittyi ja siten testaaja varmistui, että asiakaslaitteen poistaminen tietokannasta oli onnistunut. Testihenkilön mielestä tässä yhteydessä ei tarvittu erillistä ilmoitusta poistamisen onnistumisesta. Poistotilanteessa testaajaa hämmensi taulukon vieressä olleet asiakas ja laite -alasvetovalikot, joissa oli asiakaslaitteen lisäämisen yhteydessä valitut arvot. Onko valinnoilla merkitystä poistotilanteessa?

3.3.2 Käytettävyytestauksen yhteenveto

Testikäyttäjä käytti työkalua rauhallisesti ja johdonmukaisesti. Testauksesta saatiin odotettua enemmän irti johtuen testaajan mielenkiinnosta työkalua kohtaan ja hänen halukkuudesta testata työkalua monipuolisesti annettujen tehtävien lisäksi. Testikäyttäjä onnistui suorittamaan kaikki hänelle annetut tehtävät, pääsääntöisesti odotetulla tavalla. Testaajaa hämmensi työkalun antaman palautteen puuttuminen tietyissä kohdissa, jolloin testihenkilö oli epävarma, kuinka jatkaa tehtävää. Työkalun yksinkertaisuudesta johtuen käyttäjällä ei ollut ongelmia, eikä hän tehnyt virheitä tehtäviä suorittaessaan.

4 Pohdinnat ja yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli kehittää ja kuvata työkalu laboratorion suunnittelemisen avuksi. Työkalulla tallennetaan tietokantaan asiakkaita ja laitteita sekä liitetään laitteet asiakkaisiin. Laitteiden ohjearvot tallennetaan työkalulla, ohjearvoja käytetään laitteen asentamisen suunniteluun. Työkalun ohjelmointiin käytettiin JavaScript-ohjelmointikieltä.

Työkalun kehittäminen oli työn tekijälle uutta ja ohjelmointikokemus oli vuosien takaa ja vähäistä. Kehittäminen ja ohjelmointi kuitenkin onnistuivat useiden suunnitelmamuutosten jälkeen. Työkalua alettiin alunperin kehittämään Java-ohjelmointikielellä, koska työn tekijällä oli kielestä aiempaa kokemusta. Javan rajoitukset kuitenkin rupesivat näkymään työkalun käyttöliittymää ohjelmoitaessa, joten Java ja Javan käyttöliittymän toimintoihin yhdistävä Spark Web Application Framework ja käyttöliittymän päivityksen hoitava Thymeleaf-template engine vaihdettiin nykyaikaisemmat ominaisuudet omaavaan JavaScriptiin. Muun muassa alasvetovalikoiden toteuttaminen Javalla ei ollut mahdollista. Esimerkiksi alasvetovalikosta tietokannasta haettua riviä valitessa rivillä olevaa arvoa ei ainakaan työn tekijän kyvyillä saatu muuttuun. Uusien kehitystyökalujen opiskelu oli aikaa vievin prosessi insinööriyön aikana, koska niiden oppiminen tapahtui insinööriyötä tehdessä Internetin avulla.

Alkuperäisen suunnitelman mukaisessa työkalussa oli SQL-tietokanta ja käyttöliittymä ohjelmoitiin HTML-kuvauskielellä. Insinööriyön tuloksena syntynyt työkalun versio vaatii

jatkokehitystä soveltuakseen varsinaiseen käyttöön. Työkalun tietokanta on insinööriyön valmistuessa yhteen json-tiedostoon perustuva "valetietokanta". Yksinkertainen, yhteen tiedostoon pohjautuva tietokanta mahdollisti työkalun suoraviivaisemman kehityksen verrattuna alkuperäiseen SQL-tietokantaan. Jos työkalu otetaan käyttöön, tulee "valetietokanta" korvata varsinaisella tietokannalla. Työkalun nykyisessä versiossa käyttöliittymä on toteutettu React-JavaScript-kirjastolla.

Suoritettu käytettävyytestaus ei toteutunut alkuperäisen suunnitelman mukaisena. Käytettävyytestauksella ei saatu varsinaisten käyttäjien näkökulmaa työkalusta, koska koronaviruksen vuoksi kollegoiden tapaaminen ei ollut mahdollista tartuntavaaran vuoksi. Kollegat eivät voineet suorittaa testausta etänä, sillä ohjelmisto toimi käytettävyytestausta tehtäessä ainoastaan insinööriyön tekijän tietokoneella. Testausympäristön pystyttäminen testaajan koneelle olisi vaatinut useiden kehitystyökalujen asentamisen. Käytettävyytestaajan ulosannin tarkkailu onnistuu myös paremmin lähikontaktissa. Testaus saatiin kuitenkin suoritettua ja siitä saatiin arvokasta palautetta ja näkökulmia.

Käytettävyytestauksessa tehtyjen havaintojen perusteella työkalun käyttäminen on yksinkertaista ja helppoa. Käytettävyytestauksesta saadun palautteen perusteella työkaluun tulisi lisätä syötettävien tietojen oikeellisuustarkastuksia ja lisätä työkalun antamia ilmoituksia. Oikeellisuustarkastuksia tarvitaan esimerkiksi, jotta numeerisia arvoja vaativiin kenttiin ei voi syöttää kirjaimia tai erikoismerkkejä. Lisäksi olisi hyvä lisätä tarkastukset min- ja max-arvojen syöttökenttiin, jotta käyttäjä ei voi syöttää minimiarvoa pienempää maksimiarvoa tai toisin päin. Testauksessa kaivattiin lisää palautetta työkalulta. Esimerkiksi onnistuneesta asiakkaan tallennuksesta tulisi saada ilmoitus.

Insinööriyössä valmistunut työkalu on käyttökelpoinen pohja jatkokehitykselle. Käyttöliittymän ja tietokantataulujen rakenteet soveltuvat sellaisenaan käytettäväksi. Insinööriyön tekijän mielestä paras ympäristö työkalun jatkokehitykseen ja sen hyödyntämiseen Rochella on Salesforce. Salesforce on pilvipohjainen asiakkuudenhallinta-järjestelmä, johon myös Rochen CRM-järjestelmä pohjautuu. Työkalu kannattaa integroida Rochen Salesforce-järjestelmään, koska järjestelmässä on tallennettuna esimerkiksi kaikki asiakastiedot. Salesforce-järjestelmään on tallennettuna myös laitteet, joiden tietoihin tulisi lisätä ohjearvot insinööriyössä valmistuneen työkalun mallin mukaisesti.

Lähteet

1. Home. Roche. Verkkoaineisto. <<https://www.roche.com/>> Luettu 12.9.2020.
2. Vierianalytiikka. Roche. Verkkoaineisto.
<https://www.roche.fi/fi/diagnostiikka/laboratoriot_terv_ammattilaiset/Vierianalytiikka.html> Luettu 21.10.2020.
3. Different Types of Lab Tests. Stanford Health Care. Verkkoaineisto.
<<https://stanfordhealthcare.org/medical-tests//lab-tests/types.html>> Luettu 20.10.2020.
4. Hematology. HUS. Verkkoaineisto. <<https://www.hus.fi/en/treatments-and-examinations/hematology>> Luettu 20.10.2020.
5. An Introduction to Immunology and Immunopathology. Biomedcentral. Verkkoaineisto.
<<https://aacijournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1710-1492-7-S1-S1>> Luettu 21.10.2020.
6. Polymerase Chain Reaction Fact Sheet. National Human Genome Research institute. Verkkoaineisto. <<https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Polymerase-Chain-Reaction-Fact-Sheet>> Luettu 21.10.2020.
7. Mäkinen, Carpén, Kosma, Lehto, Paavonen & Stenbäck. 2012. Patologia. Helsinki: Duodecim.
8. Kliininen histologia ja sytologia. Suomen bioanalytikkoliitto. Verkkoaineisto.
<<https://www.bioanalytikkoliitto.fi/mika-ihmeen-bioanalytikko/bioanalytikon-koulutus/erikoisalut/kliininen-histologia-ja-sytologi/>> Luettu 30.12.2019.
9. Parafiinileikkeet. Solunetti. Verkkoaineisto.
<<http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/parafiinileikkeet/2/>> Luettu 30.12.2019.

10. Tissue Cassette. ScienceDirect. Verkkoaineisto.
<<https://www.sciencedirect.com/topics/nursing-and-health-professions/tissue-cassette>> Luettu 5.10.2020.
11. A Role for the Measles Virus in Oncology. IntechOpen. Verkkoaineisto.
<<https://www.intechopen.com/books/viruses-and-viral-infections-in-developing-countries/a-role-for-the-measles-virus-in-oncology>> Luettu 5.10.2020.
12. What is React? w3schools. Verkkoaineisto.
<https://www.w3schools.com/whatis/whatis_react.asp> Luettu 20.10.2020.
13. Hyysalo, S. 2009. Käyttäjä tuotekehityksessä: tieto, tutkimus, menetelmät. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu.