

Nina Repo

Kastolevytuotteiden visuaalisen tarkastuksen kehittäminen Orion Diagnostica Oy:lle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

14.4.2015

Tekijä Otsikko	Nina Repo Kastolevytestien visuaalisen tarkastuksen kehittäminen Orion Diagnostica Oy:lle
Sivumäärä Aika	36 sivua + 2 liitettä 14.4.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	elintarviketekniikka
Ohjaajat	prosessi-insinööri Suvi Raudaskoski (Orion Diagnostica Oy) bio- ja kemiantekniikan tutkintovastaava Carola Fortelius
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ja parantaa visuaalisen tarkastuksen laatua kastolevytestien valmistuksessa sekä kehittää visuaalinen testisarja, jonka työntekijät suorittavat tietyin väliajoin. Visuaalisen testisarjan tarkoituksena on harjaannuttaa tarkastajien silmät näkemään tarkastusspesifikaation mukaiset virheet.</p> <p>Orion Diagnostica Oy on erikoistunut kliinisen diagnostiikan ja hygienian seurantaan tarkoitettujen testien valmistamiseen. Testit ovat helppoja käyttää, ne ovat edullisia ja testien tuloksien saaminen on nopeaa.</p> <p>Ennen kuin tuotteet pakataan, ne tarkastetaan visuaalisesti valopöydällä. Tuotteet, jotka eivät täytä hyväksymiskriteerejä, hylätään. Hylättyjen tuotteiden lukumäärässä on vaihtelua ja on pohdittu, voisiko syy olla, että tuotteiden tarkastajat tulkitsevat näkemiään hylkäykseen johtavia kriteereitä eri tavoin. Tähän haluttiin saada selvennystä ja yhteneväisyyttä.</p> <p>Tutkimus tapahtui niin, että ensin kerättiin ja tilastoitiin tietoa hävikeistä ja niiden syistä eri tuotteiden välillä kuukauden ajalta. Tilastoidun tiedon pohjalta valittiin kuusi erilaista tuotetta jatkotutkimusta varten. Jatkotutkimukseen valittujen tuotteiden visuaalisen tarkastuksen jälkeen jokainen hylätty yksittäinen tuote tarkastettiin uudestaan ja siitä kirjoitettiin yksityiskohtaisemmat tiedot tarkastuskorttiin tarkempia analyyseja varten.</p> <p>Kun kaikki jatkotutkimukseen valitut tuotteet oli tarkastettu uudelleen, aloitettiin tietojen analysointi. Analyysin johtopäätöksenä todettiin, että visuaalisen testisarjan kehittäminen ja kokeen suorittaminen tarkastajille on tärkeää, koska silloin saataisiin tarkempaa tietoa hylkäykseen johtavista syistä.</p> <p>Jokainen tarkastustyötä työntekijä tekevä suoritti kokeen opinnäytetyössä kehitetyllä testisarjalla. Tulosten perusteella testisarja oli sopiva ja sen säännöllinen suorittaminen tuo yhtenäisyyttä tarkastukseen. Lisäksi tarkastajat saavat sen kautta tukea ja varmuutta omaan työhönsä.</p>	
Avainsanat	visuaalinen tarkastus, uudelleen tarkastus, visuaalinen testisarja

Author(s) Title Number of Pages Date	Nina Repo The Visual inspection of improving the quality of the Orion Diagnostica Oy 36 pages + 2 appendices 14.4.2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Specialisation option	Food Engineering
Instructor(s)	Suvi Raudaskoski, Process Engineer, Production Carola Fortelius, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to improve the quality of visual inspection and to reduce the amount of scrap and to develop a visual test series which production workers would perform at certain intervals. The purpose of the visual test series is to train the inspectors' eyes to perceive the errors listed in the inspection specifications and the test should be performed at regular intervals.</p> <p>Before packaging, the tests are inspected for error conditions visually on the light table. Tests which do not meet the quality requirements will be rejected. A part of tests has often been rejected due to certain reasons, but recently the number of rejected tests has abandoned number of tests have increased although other parameters in production have situation in production has not essentially changed. It is suspected Now have come suspicions, that the test inspectors may reject the tests too readily consequently, tests that qualitatively meet the criteria are unnecessarily classified as waste. Consequently, qualitatively meet the criteria of good tests will go from unnecessarily waste.</p> <p>The thesis project was conducted by collecting data and recording statistical information about waste and its causes during 1 month. Then, on the basis of the documented information, 6 different tests were selected for further research. The tests which were selected for a further research were inspected again. This means that, when inspectors visually inspected the tests, all rejected tests were inspected again and more details about the reasons for rejecting tests were recorded on an inspection card for further analysis.</p> <p>When all the products selected for further research were re-inspected and the information written on the inspection card, the data was tabulated and analysed. The results showed that developing and performing the visual test series would be important to get to know the real causes of rejection.</p> <p>Each employee completed a visual test series. On the basis of the results, it was concluded that performing a visual test series regularly would be very important and useful and increase the consistency of inspections.</p>	
Keywords	Visual inspection, re-inspection, visual tests series

Sisälllys

Määritelmät ja lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön tavoitteet	2
3	Yrityksen esittely lyhyesti	2
3.1	Lääkeyhtiö Orion Oyj	2
3.2	Orion Diagnostica Oy	3
4	Kastolevyt ja niiden käyttö	3
4.1	Kastolevyjen rakenne ja toimintaperiaate	3
4.2	Terveysthuoltoon liittyvät IVD kastolevytestit	4
4.3	Hygienian seurantaan liittyvät pintapainallusmenetelmällä tehtävät testit	5
5	Elatusaineet mikrobien viljelyssä	7
5.1	Elatusaineiden taustaa	7
5.1.1	Agar-agar	7
5.1.2	Liivate	7
5.2	Elatusaineen ravinteet	8
5.3	Elatusaineen käyttötarkoitus	8
5.4	Kastolevyissä käytetään valikoivaa sekä erottelevaa elatusainetta	9
5.4.1	Valikoiva eli selektiivinen kasvualusta (elatusaine)	9
5.4.2	Erotteleva eli differentiaalinen kasvualusta (elatusaine)	9
5.5	Elatusaineen käyttö eri mikrobikannoille	10
6	Mikrobien haitat ja hyödyt	11
6.1	Mikrobit yleisesti	11
6.2	Mikrobien vaarat	11
6.3	Mikrobien viljely	12
6.3.1	Luontaisen mikrobinäytteen viljely	12
6.3.2	Mikrobien viljely laboratorio-olosuhteissa	13
6.4	Mikrobipesäkkeet näkyvät kastolevyjen pinnalla	13
7	Kastolevypakkaamon visuaalinen tarkastus	14

7.1	Visuaalisen tarkastuksen työn kuvaus	14
7.2	Visuaalisen tarkastuksen näköjärjestelmältä vaadittavat ominaisuudet	15
7.2.1	Kontrastiherkkyys	15
7.2.2	Stereonäkö	16
7.3	Muut näköjärjestelmään liittyvät ominaisuudet	16
7.4	Työn näkökuormitus	17
7.4.1	Okulomotorinen järjestelmä	17
7.4.2	Konvergenssi järjestelmä	17
7.5	Työnäöstä huolehtiminen	18
8	Konenäköjärjestelmä	18
8.1	Konenäköjärjestelmästä yleisesti	18
8.2	Konenäön toimintaperiaate	19
8.3	Konenäköjärjestelmän havaitsemat valon eri aallonpituudet	19
8.4	Konenäköjärjestelmän kokeilu	19
8.5	Konenäkökokeilun yhteenveto	20
8.6	Visuaalinen tarkastus vastaan konenäköjärjestelmällä tehtävä tarkastus	21
9	Tuotantoprosessin laadun teoriaa	21
9.1	Tuotantoprosessin laatu sekä virheelliset tuotteet	21
9.2	Virheellisten tuotteiden syyt tuotantoprosessissa	22
9.3	Prosessin parantaminen ja virheiden vähentäminen	22
10	Opinnäytetyöhön liittyvä uudelleen tarkastus	23
10.1	Uudelleen tarkastamisen taustaa	23
10.2	Taustatiedon kerääminen	23
10.3	Tutkimustuotteiden valinta	24
10.4	Tutkimukseen liittyvä uudelleen tarkastus	24
11	Opinnäytetyöhön liittyvä visuaalinen testisarja	25
11.1	Visuaalisen testisarjan taustaa	25
11.2	Visuaalisen testisarjan suunnitelma	25
11.3	Visuaalisen testisarja kokeellinen osuus	26
11.4	Visuaalisen testisarjan ongelmat	27
11.5	Opinnäytetyöhön liittyvän virhekirjaston kehittäminen	27
12	Tulokset	28

12.1	Uudelleen tarkastuksen tuloksista yleisesti	28
12.2	Visuaalisen tarkastuksen ja uudelleen tarkastusten tulosten vertailu	29
12.3	Visuaalinen testisarjan tulokset	30
12.4	Visuaalisen testisarjan tulosten tarkastelu	31
13	Yhteenveto	33
14	Johtopäätökset	33
15	Mahdolliset jatkotutkimukset	35
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1. Tarkastuskortti	
	Liite 2. Visuaalisen testisarjan täytettävä lomake	

Määritelmät ja lyhenteet

IVD	<i>In Vitro</i> Diagnostiikka. <i>In vitro</i> tarkoittaa lasissa, pullossa tai koeputkessa tapahtuvaa tarkoituksellista mikrobien kasvatusta
Elatusaine	Mikrobien kasvatuksessa käytettävä kiinteä tai nestemäinen kasvatusalusta tai ravinneliuos
Inkubointi (mikrobiologia)	Hauduttaminen tai kasvattaminen, esimerkiksi bakteerien tarkoituksen mukaista kasvatusta kasvualustalla tietyssä lämpötilassa.
Selektiivinen	Valikoiva, tarkoin erottava
PMY	”Pesäkkeen muodostava yksikkö” käytetään kuvaamaan bakteeripitoisuutta
PMY/ml	Bakteeripitoisuus = bakteeria/millilitrassa

1 Johdanto

Orion Diagnostica Oy kehittää ja valmistaa erilaisia diagnostisia testejä ja testiratkaisuja kliniseen diagnostiikkaan sekä hygienian seurantaan. Yksi näistä tuoteryhmistä on kastolevyt, jotka ovat kastolevy- tai pintapainallusmenetelmällä tehtäviä testejä. Testien tulokset saadaan nopeasti ja luotettavasti ilman laboratorio-olosuhteita. Kastolevy- tai pintapainallusmenetelmällä tehtäviä testejä käyttävät pääasiassa erilaiset teollisuusympäristöt hygienian seurantaan ja terveydenhuolto, jossa tulokset auttavat potilasta hoitoonohjauksessa.

Kastolevyt tarkastetaan visuaalisesti ennen pakkaamista. Kastolevyt, jotka eivät täytä laatukriteerejä hylätään. Toisinaan tarkastajien kesken oli epävarmuutta kastolevyjen tarkastusspesifikaatioista, mikä aiheutti epävarmuutta kastolevyjen tarkastusprosessissa.

Kastolevyjen tekniset virheet voivat johtua esimerkiksi kastolevyjen annosteluprosessista ja siinä käytettävistä laitteista. Virheet voivat johtua myös tuotteen prosessointiominaisuuksista, kuten elatusaineiden viskositeetin vaikutuksesta annosteluun. Jos elatusaine on paksua, sitä on vaikea saada leviämään muovivilylle.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ja yhtenäistää kastolevyypakkaamon visuaalisen tarkastuksen laatukriteerejä sekä kehittää virhekirjasto tarkastajien avuksi. Virhekirjastossa olisi kuvia erilaisista virheistä sekä toimintaohjeet ongelmatilanteiden varalle.

Lisäksi opinnäytetyössä kehitettiin visuaalinen testisarja. Visuaalisella testisarjalla testattiin kastolevyjä tarkastavien henkilöiden tulkintaa, mikä on hyväksyttyä ja mikä hylättyä. Jos testin tulokset viittasivat epäselviin tilanteisiin, ne tarkennettiin ja yhtenäistettiin. Visuaaliselle testisarjalle havaittiin tarvetta, kun huomattiin, että visuaalisen tarkastuksen kohdalla tiettyjen kastolevyjen hävikkien määrässä oli vaihtelua.

2 Opinnäytetyön tavoitteet

Tutkimuksessa haluttiin selvittää teknisten virheiden määriä ja syitä sekä tutkia tuotekohtaisia eroja visuaalisen tarkastuksen näkökulmasta. Samalla haluttiin tarkentaa visuaalisen tarkastuksen käytäntöjä sekä yhtenäistää hyväksymiskriteerejä.

Tutkimuksen yksi keskeisimmistä asioista tavoitteiden saavuttamiseksi oli perehtyminen visuaaliseen tarkastukseen sekä virhelajittelun hyväksyty- ja hylättykriteereihin. Visuaaliseen tarkastukseen perehtyminen oli ainoa keino päästä ongelman ytimeen sekä sitä kautta vaikuttamaan ja uudistamaan tarkastusspesifikaatiot.

Tavoitteisiin kuului myös kehittää visuaalinen testisarja tarkastajien silmien harjaanttamiseksi. Myös tässä perehtyminen visuaaliseen tarkastukseen auttoi ymmärtämään minkälaiset virheet kastolevyissä ovat vaikeampia havaita.

3 Yrityksen esittely lyhyesti

3.1 Lääkeyhtiö Orion Oyj

Orion on perustettu vuonna 1917. Kohta satavuotisen historiansa aikana Orionilla on ollut monenlaista liiketoimintaa aina konepajateollisuudesta makeisten valmistukseen, mutta yhtiön pääpaino on aina ollut kuitenkin lääkeliiketoiminnassa.

Ensimmäiset markkinoille tulleet lääkkeet valmistuivat 1920-luvun alussa ja 1930-luvun lopussa Orion oli noussut jo Suomessa suurimmaksi lääkeyhtiöksi. Vuodesta 2003 alkaen Orion on keskittynyt vain terveydenhuollon tuotteisiin ja vuonna 2006 syntyi Orionin nykyinen rakenne, jolloin Orion jakautui lääke- ja diagnostiikkayhtiö Orion Oyj:ksi ja lääketukkuyhtiö Oriola - KD Oyj:ksi. [1;3.]

Orionin ensimmäinen diagnostinen testi oli virtsatieinfektioiden toteamiseen tarkoitettu Uricult[®] kastolevymenetelmällä tehtävä testi, joka ilmestyi markkinoille 1968. Myyntimenestys johti erillisen, diagnostisia testejä valmistavan Orion Diagnostica Oy:n perustamiseen Espoon Mankkaalle vuonna 1974. [2;3.]

3.2 Orion Diagnostica Oy

Orion Diagnostica Oy kehittää ja valmistaa erilaisia diagnostisia testejä ja testijärjestelmiä pääasiassa sairaaloiden, terveyskeskusten ja lääkäriasemien laboratorioiden sekä lääkäreiden yksityisvastaanottojen käyttöön. Testit tukevat terveydenhuollon ammattilaisia sekä diagnoosin että hoitopäätöksen teossa. Tuotevalikoimaan kuuluvat myös teollisuuden ja elintarvikealan käyttämiä puhtauden ja desinfektioiden seurannassa tarvittavia hygieniatestejä.

Tuotteita myydään maailmanlaajuisesti pohjoismaisten tytäryhtiöiden kautta. Ulkomaantoiminnan osuus liikevaihdosta on yli 80 %. [2.]

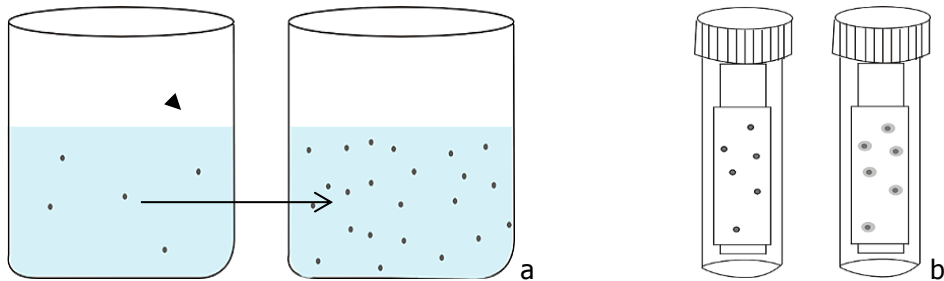
4 Kastolevyt ja niiden käyttö

4.1 Kastolevyjen rakenne ja toimintaperiaate

Kastolevyt ovat kaksi- tai kolmiosaisia testejä, jotka ovat läpinäkyvän muoviputken sisällä. Kastolevyt toimivat kastolevy- tai pintapainallusmenetelmällä. Kastolevymenetelmällä tehtävät testit kastetaan haluttuun näyteliuokseen, esimerkiksi virtsaan, jonka jälkeen testi laitetaan inkuboitumaan. Pintapainallusmenetelmällä tehtävien testien pinta painetaan kevyesti haluttuun näytekohteeseen, esimerkiksi pakkaamattomien elintarvikkeiden kanssa suorassa kosketuksessa oleviin pintoihin tai laitteisiin ja laitetaan inkuboitumaan. Inkuboinin tarkoitus on saada mahdolliset mikrobit kasvamaan tietyssä lämpötilassa näkyviksi. Näytteenoton yhteydessä on tärkeää huolehtia hygieniasta sekä siitä, ettei elatusaine joudu kosketuksiin muun kuin varsinaisen näytekohteen kanssa. Inkuboinin jälkeen mikrobimäärä määritetään vertaamalla kastolevyn kasvutiheyttä käyttöohjeen mallitauluun. [4.]

Kastolevytestejä on erilaisia eri tarkoituksiin. Kastolevyissä on eri elatusaineita erilaisia mikrobeja varten. Kastolevyissä hyödynnetään tietoa siitä, mikä elatusaine on millekin mikrobille kaikkein optimaalisin. [4.]

Kastolevyt toimivat "On – site" – periaatteella, eli ne siirrostetaan paikan päällä, eivätkä ne edellytä laboratorio-olosuhteita. On – site – testin perusajatus on, että mikrobit tarttuvat elatusaineen pinnalle samassa suhteessa kuin niitä on näytteessä (kuva 1.)



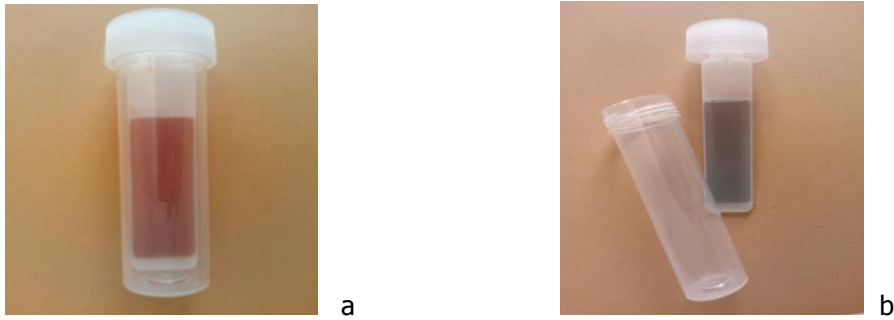
Kuva 1. Mikrobien määrä muuttuu (a) nesteessä mutta kastolevy (b), joka toimii "On – site" periaatteella, mikrobien määrä on muuttumaton

Kastolevyille otetut näytteet eivät muutu, vaikka ne toimitettaisiin halutessaan eteenpäin esimerkiksi laboratorioon jatkotutkimuksia varten. [11.]

4.2 Terveydenhuoltoon liittyvät IVD kastolevytestit

In vitro tarkoittaa elimistön ulkopuolella, lasissa, pullossa tai koeputkessa tapahtuvaa tarkoituksenmukaista mikrobien kasvatusta. In vitro – menetelmällä voidaan kasvattaa esimerkiksi soluja tai kudosta maljoilla, pulloissa tai koeputkissa. In vitro – termin vastakohta on In vivo, joka tarkoittaa kasvattamista elävässä organismissa. [5; 6, s. 11.]

Terveydenhuollossa käytetään IVD kastolevytestejä esimerkiksi virtsatieninfektioiden diagnosointiin. Testit tehdään kastolevy menetelmällä, jossa levyn annetaan inkuboitua 1 – 2 vuorokautta + 36 ± 2 °C:ssa. Kuvassa 2a ja 2b on virtsatieninfektioiden diagnosointiin tarkoitettu Uricult[®] kastolevy kuvattuna molemmilta puolilta. Uricult[®] kastolevyn molemmilla puolilla on eri elatusainetta. Punertava elatusaine (kuva 2a.) on MacConkeyelatusainetta, joka on tarkoitettu gram-negatiivisten mikrobien toteamiseen ja vihertävä elatusaine (kuva 2b.) on Cled-elatusainetta, jolla todetaan mikrobien kokonaismäärä. [4.]



Kuva 2. Kastolevy on suojassa muoviputken sisällä (a). Kun kastolevyä käytetään, se otetaan muoviputken sisältä pois (b) ja sen jälkeen se on käyttövalmiina

Kastolevy on päällystetty molemmin puolin selektiivisellä elatusaineella. Selektiivinen elatusaine tarkoittaa valikoivaa, vain tietyille mikrobeille tarkoitettua elatusainetta.

4.3 Hygienen seurantaan liittyvät pintapainallusmenetelmällä tehtävät testit

Teollisuusympäristössä pintapainallusmenetelmällä tehtäviä testejä käytetään mikrobiologisen puhtauden tarkkailuun. Testeillä tutkitaan erilaisten pintojen ja nesteiden mikrobipitoisuutta. Hygienen seurantaan tarkoitettua pintapainallusmenetelmällä tehtävät testit auttavat yrityksiä ja laitoksia havaitsemaan mikrobien ja tuotejäämien aiheuttamia kontaminaatioita sekä seuraamaan siivouksen ja desinfioidin tehokkuutta.

Testit perustuvat pintapainallusmenetelmällä tehtäviin testeihin. Pintapainallusmenetelmällä tehtävän testin molempien puolien pinta painetaan (kuva 3a) muutaman sekunnin ajan haluttuun kohteeseen, jonka jälkeen testin annetaan inkuboitua käyttöohjeen mukaisen ajan. Mikrobipesäkkeiden määrää verrataan mukana tulleeseen mallitauluun ja selvitetään tulokset.

Pintapainallusmenetelmällä tehtävää testiä voi käyttää myös kastolevymenetelmällä tai vanutuppomenetelmällä. Vanutuppomenetelmää käytetään, jos kohde, josta näyte halutaan ottaa, on puolikiinteä tai vaikeasti saavutettava. Silloin steriiliä vanupuikkoa pyöritetään huolellisesti tutkittavalla alueella. Näytteenoton jälkeen vanupuikkoa pyöritellään yhtenäisin vedoin elatusaineen pinnoilla vasemmalta oikealle ja alhaalta ylös. [4.]



Kuva 3a. Pintapainallusmenetelmällä tehtävissä testeissä muovilevyssä on nivel, joka helpottaa testin pinnan painamista haluttuun kohteeseen

Yhtenä esimerkkinä monista hygienian seurantaan liittyvistä testeistä on Hygicult® TPC testi (kuva 3b), joka on tarkoitettu mikrobiologisen puhtauden seurantaan erilaisista materiaaleista. Testilevy on päällystetty molemmin puolin samalla kokonaisbakteerielatusaineella, jolla useimmat yleisistä bakteereista kasvavat. [4.]



Kuva 3b. Hygicult® TPC testi ilman suojaavaa muoviputkea

Kun näytekohteen normaali perustaso on määritetty, voidaan testin säännöllisellä käytöllä saada tärkeää tietoa kokonaismikrobimäärien poikkeamista. [4.]

5 Elatusaineet mikrobien viljelyssä

5.1 Elatusaineiden taustaa

Historian ensimmäisissä kiinteissä elatusalustoissa käytettiin ravintoliuoksen kiinteyttämiseen liivatetta tai tärkkelystä. Näiden huono puoli oli, että liivatetta ja tärkkelystä tarvittiin paljon ja mikrobit käyttivät alustoja ravinnokseen. Liivatealustan huonona puolena oli myös se, että se menetti jähmeytensä huoneenlämmön yläpuolella yli 25 °C:ssa. Nykyään mikrobien viljelyyn käytetään enimmäkseen Agar-agarilla kiinteytettyjä elatusalustoja. [6, s.19; 7, s.57.]

5.1.1 Agar-agar

Agar, oikealta nimeltään Agar – agar (*Gelidium amansii*) on punalevästä eristetty polysakkaridiseos (70 % agarosia, 30 % agaropektiiniä) jota vain harvat mikrobit pystyvät hyödyntämään ravintonaan. Mikrobit eivät siis käytä itse kasvatusalustaa ravintonaan ja hajota sitä, vaan käyttävät kasvualustassa olevia muita, vain tietyille mikrobikannoille tarkoitettuja ravinteita, riippuen siitä, mitä mikrobikantaa halutaan viljellä ja tutkia. [7, s.57.]

Agarjauhetta ei tarvita paljon. Jo 1 – 2 % pitoisuus agarია kiinteyttää ravintoliuoksen, kun liivatetta tarvitaan ravintoliuoksen kiinteyttämiseen 12 – 15 % pitoisuus. Agar liukenee veteen vasta kun lämpötila ylittää + 95 °C. Siksi siitä tehtävät elatusaineet pitää aina keittää ja steriloida. Valmis elatusaine säilyy liukoisena noin + 45 °C:ssa. Tässä lämpötilassa se sopii esimerkiksi maljoille valamiseen ja sitä on helppo annostella. Agar kiinteytyy tämän jälkeen melko nopeasti. [6, s. 19–20.]

5.1.2 Liivate

Liivate, toiselta nimeltään gelatiini, on eläinperäinen hyytelöivä proteiini jota saadaan teurastuksen sivutuotteena luista, vuodasta, nahasta ja jänteistä valmistetun kollageenin osittaisella hydrolyysillä. Liivatetta käytetään muun muassa elintarviketeollisuudessa, lääkkeissä, viinin kirkastamisessa, valokuvien valmistuksessa sekä bakteerien kas-

vualustoissa. Liivate on huonompi vaihtoehto mikrobien kasvualustana kuin Agar-agar koska mikrobit käyttävät liivateessa olevaa proteiinia ravinnokseen. [8.]

5.2 Elatusaineen ravinteet

Osa sekä tauteja aiheuttavista, että normaalimikrobisten bakteereista ovat ravinnon suhteen vaatia. Elatusaineessa pitää olla aminohappoja, nukleotideja ja vitamiineja. Elatusalustasta on myös löydyttävä hiilen ja typen lähde sekä epäorgaanisia suoloja. Hiilen, typen ja energian lähteistä tyypillisimpiä ovat sokerit ja proteiinien pilkkomistuotteet. [6, s. 108.]

5.3 Elatusaineen käyttötarkoitus

Kun laboratorio-olosuhteissa halutaan tietää mitä mikrobia näytteessä on, näytteestä siirrostetaan pieni osa petrimaljalle jossa on elatusainetta.

Elatusaineelle viljelyn heikkoutena on se, että olisi hyvä tietää mitä mahdollisia mikrobeja näytteessä on ja elatusalustat pitäisi valita sen mukaan. Useimmat elatusaineet on tehty niin, että niissä tietyt mikrobit kasvavat näkyviksi ja toisia estetään kasvamasta. Elatusaineet voidaan jakaa ryhmiin toimintaperiaatteen tai käyttötarkoituksen mukaan ja ne voivat olla kiinteitä tai nestemäisiä.

Toimintaperiaatteen mukainen jako on:

- yleiselatusaineet
- selektiiviset eli valikoivat elatusaineet
- differentioivat eli erottelevat elatusaineet
- erityisiä kasvu- tai suojatekijöitä sisältävät rikkaat elatusaineet
- edellisten yhdistelmät.

Käyttötarkoituksen mukainen jako on:

- primääriviljely yleiselatusaineilla (kasvatetaan kaikkia mikrobeja)

- primääriviljely selektiivisillä elatusaineilla (etsitään tiettyä mikrobisukua/lajia)
- jatkoviljely (esimerkiksi puhdasviljelyt)
- muu viljely (esimerkiksi tunnistustestit) [9.]

Elatusalustat voidaan jakaa myös koostumuksensa perusteella kemiallisesti määriteltyihin, eli synteettisiin alustoihin jotka ovat usein kirkkaita ja joiden tarkka koostumus tiedetään ja kompleksisiin alustoihin jotka ovat osittain määrittelemättömiä. Aina ei ole välttämätöntä tuntea tarkkaa kemiallista koostumusta vaan on helpompi ja halvempi käyttää vain osittain pilkottuja ainesosia. [6, s. 107.]

5.4 Kastolevyissä käytetään valikoivaa sekä erottelevaa elatusainetta

5.4.1 Valikoiva eli selektiivinen kasvualusta (elatusaine)

Kastolevy- ja pintapainallusmenetelmällä tehtävät testit perustuvat selektiiviseen eli valikoivaan ja erottelevaan elatusaineeseen. Elatusaineessa on kemiallisia yhdisteitä tai pitoisuuksia jotka sallivat vain tiettyjen ja estävät muiden mikrobien kasvua. Selektiivisenä tekijänä voi olla jokin lääkeaine, korkea suolapitoisuus, väriaine tai sappisuola. Esimerkiksi McConkey nimisessä elatusaineessa kristallivioletti väriaine estää gram-positiivisten bakteerien kasvun ja suolistoperäiset gram-negatiiviset bakteerit kestävät sappisuolan, koska niitä esiintyy myös niiden luontaisessa kasvuympäristössä. [6, s. 133.]

5.4.2 Erotteleva eli differentiaalinen kasvualusta (elatusaine)

Samalta kasvualustalta voidaan erottaa eri mikrobilajeja käyttämällä erottelevaa kasvualustaa. Tällöin elatusaine sisältää jotain indikaattoria tietylle mikrobin ominaisuudelle. Erottelevaan elatusaineeseen on lisätty esimerkiksi väriaineita, bakteereissa esiintyvien entsyymien kohteita tai tiettyjä energialähteitä. Bakteerit jotka reagoivat indikaattoriin tunnistetaan pesäkkeen värin, muodon tai ympäristön perusteella. McConkey elatusaine esimerkiksi sisältää hiilen lähteenä laktoosia ja pH-indikaattorina neutraalipunaista. Tällaista suolistobakteeria erottelevaa alustaa käytetään esimerkiksi elintarvike-, vesi- ja meijeribakteriologiassa. E. coli pystyy laktoosin käymisreaktiona tuottamaan McConkeyllä punertavia pesäkkeitä, kun Salmonella käyttää hiilen lähteenä glukoosia eikä se

osaa käyttää hyväkseen laktoosia eikä fruktoosia joten pesäkkeet ovat värittömiä. [6, s. 133.]

5.5 Elatusaineen käyttö eri mikrobikannoille

Eri elatusaineita käytetään, kun halutaan selvittää mikrobipitoisuus ja kasvaako jokin tietty mikrobi. Taulukossa 1 on esimerkkejä elatusaineista joita käytetään sekä kastolevy-, että pintapainallusmenetelmällä tehtävissä testeissä.

Taulukko 1. Esimerkkejä elatusaineiden väreistä sekä mitä mikrobeja alustalla mahdollisesti kasvaa

Elatusaine	Elatusaineen väri	Mitä alustalla kasvaa
CLED	vihertävä	Todetaan mikrobien kokonaismäärä Bromtymolisinen ja laktoosi edesauttavat bakteerin laktoosin käytön toteamisen. Laktoosi-positiiviset kannat kasvavat keltaisina pesäkkeinä ja muuttavat elatusaineen värin keltaiseksi. Laktoosi-negatiiviset pesäkkeet kasvavat värittöminä elatusaineen värin pysyessä muuttumattomana
MacConkey	punertava	Gram-negatiivisten mikrobien toteamiseen
E. coli	väritön	Gram-negatiivisten β -glukuronidaasia tuottavien mikrobien toteamiseen, jotka kasvavat ruskean-harmaan eri sävyisinä pesäkkeinä

(Lähde: Orion OY, Uricult® Trio käyttöohje)

CLED – elatusaineen tarkoitus on todeta mikrobien kokonaismäärä. McConkey – elatusaine on tarkoitettu gram-negatiivisten mikrobien toteamiseen. Elatusaineeseen lisätty sappisuola estää gram-positiivisten mikrobien kasvua, lukuun ottamatta Enterokokkeja, jotka saattavat kasvaa pieninä pesäkkeinä. *E. coli* – elatusaine on tarkoitettu erityisesti gram-negatiivisten β -glukuronidaasia tuottavien mikrobien toteamiseen. [10.]

6 Mikrobien haitat ja hyödyt

6.1 Mikrobit yleisesti

Mikro-organismit eli mikrobit ovat yksinkertaisia, erilaistumattomia eliöitä, yleensä yksisoluisia eivätkä näy paljain silmin. Mikrobeja löytyy kaikkialta. Niitä on ilmassa, maassa, vedessä ja ihmisessä itsessään. Mikrobit ovat osa meitä sekä ympäristöä. Ne ovat hyödyllisiä ja jossain määrin jopa elintärkeitä, mutta voivat olla myös vaarallisia. Mikrobeja löytyy ihmisen iholta, suusta sekä suolistosta jossa on runsas mikrobista. [5.]

Mikrobit voivat olla ihmiselle haitallisia, tai jopa vaarallisia kuten erilaiset ruokamyrkytystä aiheuttavat mikrobit jotka usein johtuvat huonosta hygieniasta tai vääristä säilytyslämpötiloista. Osa mikrobeista on myös erittäin hyödyllisiä. Hyödyllisiä mikrobeja, kuten probiootteja, käytetään esimerkiksi lääke- ja elintarviketeollisuudessa. Probiotit ovat eläviä mikrobeja ja niillä on terveyttä edistäviä vaikutuksia.

6.2 Mikrobien vaarat

Kaikkiin tunnettuihin ja tuntemattomiin mikrobeihin tulee suhtautua varauksella koska osa mikrobeista on patogeenisiä eli tauteja aiheuttavia. Ihmiselle patogeenisiä mikrobeja on pieni joukko tuhansista muista tunnetuista mikrobeista.

Vaaraa aiheuttavat mikrobit jaetaan kansainvälisesti eri vaaraluokkiin. Jopa saman suvun mikrobeissa voi esiintyä eri vaaraluokkiin kuuluvia lajeja ja mikrobikantoja. Kaikki mikrobit luokitellaan erilaisiin vaaraluokkiin niin, että ykköstaso on vähiten vaara aiheuttava ja nelostaso eniten vaaraa aiheuttava luokka. Taulukossa 2, on esimerkkejä luokitelluista mikrobeista ja missä niitä Suomessa esiintyy. [6, s. 12.]

Taulukko 2. Bakteerien eri vaaraluokat sekä esiintymisympäristöt Suomessa

Bakteeri	Luokka	Esiintymisympäristö Suomessa
<i>Bacillus subtilis</i>	1	Ympäristössä yleinen, maaperä, maito
<i>Escherichia coli</i> , EHEC-kanta	3	Naudat, lanta
<i>Escherichia coli</i> , muut kannat	2	Ulosteet, viemärivesi, jäteveden puhdistamo, lanta
<i>Proteus vulgaris</i>	2	Lämminveristen suolisto, multa
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	Lämminveristen iho
<i>Salmonella</i> , muut kuin <i>typhi</i>	2	Elintarvikkeet, linnunlanta, jätevedet
<i>Salmonella typhi</i>	3	Suomessa harvinaisia

Vaaraluokkaan yksi luetaan kaikki tunnistetut lajit ja sellaiset mikrobit jotka todennäköisesti eivät aiheuta epidemioita ihmiselle. Vaaraluokka kahteen kuuluvat mikrobit voivat aiheuttaa ihmisille epidemioita, mutta eivät leviä helposti ympäristöön. Vakavampia vaaraluokkia ovat luokka kolme ja neljä. Kolmanteen luokkaan kuuluvat mikrobit aiheuttavat vakavan sairauden, mutta siihen löytyy hoito- tai ehkäisykeino. Vaaraluokkaan neljään kuuluu ainoastaan viruksia jotka aiheuttavat vakavan taudin johon ei ole olemassa hoitokeinoa. [6, s. 13.]

6.3 Mikrobien viljely

6.3.1 Luontaisen mikrobinäytteen viljely

Luontaisissa näytteissä mikrobit ovat sekaviljelmänä ja niitä on vaikea erottaa toisistaan. Toisaalta kaikkien mikrobipesäkkeiden pitäisi olla identtisiä, koska ne ovat periaatteessa saaneet alkunsa samasta tai muutamasta yksilöstä jotka ovat alkaneet jakautumaan. Jos pesäkkeet ja saostumat ovat liian pieniä tai epämääräisiä, ja niitä on vaikea erottaa, niin hyvä keino on jatkaa viljelyä vielä jolloin saostuma ei kasva kooltaan, mutta mikrobien jakaantumisen takia pesäke on suurempi ja helpommin laskettavissa. [6, s. 131.]

6.3.2 Mikrobin viljely laboratorio-olosuhteissa

Mikrobeja voidaan viljellä nesteessä, puolikiinteällä sekä kiinteällä kasvatusalustalla. Kasvatusalustoista käytetään eri nimiä kuten elatusaine, elatusalusta, agar, ravinnealusta tai viljelyalusta. [6, s. 19.]

Mikrobit tarttuvat elatusaineen pinnalle samassa suhteessa kuin niitä on näytteessä. Mikrobin kasvun kannalta optimiolosuhteet, kuten ravinnoltaan tarkoitukseen sopiva elatusalusta, sekä sopiva lämpötila saavat mikrobin jakautumaan ja kasvamaan. Tuloksena ovat elatusalustassa näkyvät mikrobipesäkkeet jotka lasketaan. Tietty määrä mikrobipesäkkeitä kertoo mikrobipitoisuuden määrän tutkittavasta kohteesta.

6.4 Mikrobipesäkkeet näkyvät kastolevyjen pinnalla

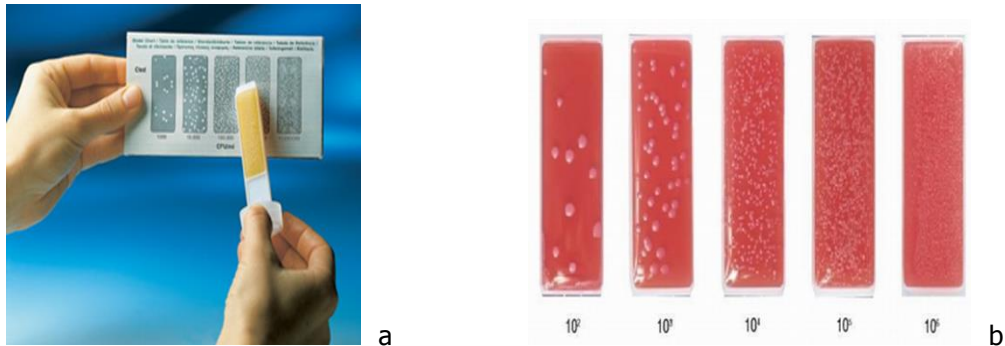
Avaamaton ja käyttämätön kastolevy (kuva 4a) on muoviputken sisällä suojassa mikrobeilta ja muilta epäpuhtauksilta. Kun kastolevyjä käytetään tarkoituksenmukaisesti, alkaa elatusaineen pinnalla kasvaa mikrobipesäkkeitä, jos kohde, josta näyte on otettu, on kontaminoitunut.

Mikrobipesäkkeiden tiheyttä kuvaavat ilmaisut kuten 10^3 , 10^4 tai 10^5 PMY/ml. Se ilmoittaa näytteessä olevan mikrobitiheyden kpl/ml. Riippuen kastolevyistä, elatusaineen pinnalla voi kasvaa tiheydeltään erilaisia ja erikokoisia (kuva 4b) mikrobipesäkkeitä joiden tuloksien tulkinta voi olla haastavaa.



Kuva 4. Muoviputken sisällä oleva kastolevy (a) on vielä puhdas ja käyttämätön. Seuraavassa kuvassa (b), kastolevyille on otettu näyte ja pinnalla kasvaa erilaisia mikrobipesäkkeitä

Mikrobipesäkkeitä ei tarvitse laskea vaan kastolevynpintaa verrataan kastolevytestin mukana tulleeseen mallitauluun ja tulokset tulkitaan mallitaulun ohjeiden mukaisesti. [11.]



Kuva 5. kastolevyllä kasvavia mikrobipesäkkeitä verrataan mallitauluun (a) ja selvitetään tulokset PMY/ml. Seuraavassa kuvassa (b), on kastolevyjen pinnalla kasvavia eri pesäketiheyksiä

Jos pesäketiheys on suuri ($\geq 10^7$ PMY/ml), elatusaineen pinta voi olla kauttaaltaan yhtenäistä kasvustoa ja silloin pinta voidaan tulkita virheellisesti negatiiviseksi tulokseksi. Tällaisessa tapauksessa kastolevyn pinta pitäisi tarkastaa vielä kirkkaan valon alla. Heijastuksen puute viittaa yhtenäiseen kasvuun. Kirkkaan valon alla myös pienten pesäkkeiden havaitseminen on helpompaa. [4.]

7 Kastolevypakkaamon visuaalinen tarkastus

7.1 Visuaalisen tarkastuksen työn kuvaus

Kastolevyt tarkastetaan visuaalisesti valopöydällä. Tarkastustyö tehdään istuen tarkastuspisteessä katsomalla edessä olevan suurentavan tarkastusikkunan läpi liukuhihnalla pyöriviä kastolevyjä. Visuaalinen tarkastus on vaativaa työtä. Työ on staattisesti kuormittavaa ja vaatii näköjärjestelmältä erityistä tarkkaavaisuutta.

7.2 Visuaalisen tarkastuksen näköjärjestelmältä vaadittavat ominaisuudet

Näköaistin kannalta työ on erittäin haastavaa. Työ vaatii näköaistilta monimutkaisia näköprosesseja kuten:

- tarkkaavaisuuden jatkuvaa ylläpitoa tarkastuksen ajan
- pienten tuotevirheiden suurta erotuskykytarkkuutta, johon tarvitaan hyvää näöntarkkuutta sekä kontrastiherkkyttä
- liikkuvalla ja pyörivällä alustalla nopeilla silmänliikkeillä tapahtuvaa jatkuvaa visuaalista etsintää, johon tarvitaan edellä mainittujen lisäksi myös stereonäkökykyä sekä näköhavaintonopeutta. [12.]

7.2.1 Kontrastiherkkyys

Silmien kykyä erottaa eri tummuusasteita toisistaan sanotaan kontrastiherkkydeksi. Iän myötä kontrastiherkkyys madaltuu ja madaltunut kontrastiherkkyys merkitsee hämäränäön heikkenemistä. Hämäränäön heikkeneminen on riskitekijä varsinkin liikenteessä. Kontrastiherkkyys voi alentua myös terveydellisistä syistä johtuen. Kontrastiherkkyttä voidaan mitata erilaisilla testeillä. [20.]

Kontrastiherkkyystestillä (kuva 6) mitataan näköjärjestelmän kykyä erottaa vähäisiä valaistuseroja.



Kuva 6 Kontrastiherkkyystesti

Vaalean ja sitä tummemman pinnan välillä on kontrasti, joka määritellään seuraavasti:

$$K = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$$

Jossa L_{max} = vaalea, L_{min} = tumma ja K = kontrasti

Kontrasti ilmoitetaan useimmiten prosentteina, jolloin suhdeluku kerrotaan sadalla.

Kontrastiherkkyys on matalimman havaitun kontrastin käänteisluku, eli mitä haaleamman varjon pystyy havaitsemaan, sen parempi ja korkeampi kontrastiherkkyys. Kontrastiherkkyyttä voidaan mitata kuvio- tai juovastotestillä. [14.]

7.2.2 Stereonäkö

Stereonäöllä tarkoitetaan silmien yhteisnäön seurauksena muodostunutta syvyyshavaintoa. Hyvä stereonäkö eli syvyysnäkö on edellytyksenä etäisyyksien oikealle arvioinnille ja siten tärkeä edellytys monissa ammateissa kuten ilmailualalla, visuaalisen tarkkailun tehtävissä, etäoperointitehtävissä, ammattiliikenteessä ja mastotyössä. Sen lisäksi siitä on hyötyä erilaisissa maila- ja pallopeleissä. [15.]

Stereonäön mittauksessa käytetään esimerkiksi punavihersuotimia joiden avulla selvitetään silmien yhteistoimintaa. Työterveyslaitos kertoo verkkosivuillaan, että testissä esitetään kohdeärsykeinä puna-viher-satunnaiskuvioisia stereokuvia. Kohdeärsyke näyttää testissä olevan kohteen aina taustaa lähempänä. Testissä mitataan syvyyshavainnon herkkyyttä – kuinka pieni syvyysmuutos testikuvassa pystytään havaitsemaan. [15.]

7.3 Muut näköjärjestelmään liittyvät ominaisuudet

Tarkastustyö edellyttää näköjärjestelmän hyvää erotustarkkuutta, häiriötöntä liikkuvien pintojen seurantakykyä sekä näköä haittaavien kiiltoheijasteiden sietokykyä. Näistä johtuen näköjärjestelmässä korostuvat eritoten seuraavat ominaisuudet:

- molempien silmien mahdollisimman samanlainen näöntarkkuus lyhyelle katsetäisyydelle

- hyvä kontrastiherkkyys
- hyvä värisävyjen erotuskyky (keltainen, punainen ja vihreä)
- hyvä stereonäkö (kolmiulotteisen pinnan tasaisuuden arviointi)
- hyvä liikehavaintokyky. [12.]

7.4 Työn näkökuormitus

Kolmiulotteisella, liikkuvalla ja pyörivällä kuvapinnalla tapahtuva katseen jatkuva tarkentuminen sekä kuvapinnalla tehtävä tarkka visuaalinen haku kuormittavat silmiä liikkuttavia lihaksia ja vaativat niiltä suurta hienomotoristista koordinaatiokykyä. Tällöin silmäparin mahdolliset pienet asentovirheet kuten piilokarsastus voi tuoda esille hetkellisiä stereonäön häiriöitä kuten näöntarkkuuden hämärtymistä, syväterävyyden piene-
nemistä, kaksoiskuvia tai tasapainottomuuden tunnetta. Silmissä voi esiintyä myös toistuvia kuivansilmänoireita erityisesti yli 40 – vuotta täyttäneillä työntekijöillä. [13.]

Vaikka visuaalisessa tarkastustilanteessa katsotaan suurentavan linssin läpi, voi se tuoda silmäparin konvergenssi- ja okulomotorisissa järjestelmissä ongelmia, kun katse suunta on jatkuvasti jyrkästi alaviistoon. [13.]

7.4.1 Okulomotorinen järjestelmä

Näköaistin okulomotorinen järjestelmä liittyy kehon tasapainon ylläpitämiseen. Kun silmät ovat kiinni, tasapainon ylläpitäminen on vaikeampaa kuin jos silmät ovat auki. Näkökyky viestittää tietoa kehon asennosta suhteessa ympäristöön. Okulomotorinen järjestelmä antaa tietoa ympäristöstä, yksilön sijainnista, liikkeen suunnasta sekä nopeudesta. [18, s. 10.]

7.4.2 Konvergenssi järjestelmä

Silmien kohdistuminen havaintokohteeseen vaatii molempien silmien yhteistoimintaa niin, että havaintokohteesta muodostuva kuva osuu silmien verkkokalvon keskukseen. Kun silmien katse on kohdistettuna kaukana olevaan kohteeseen, silmien näköakselit ovat lähes yhdensuuntaiset. Kun taas silmien katse on kohdistettuna lähelle, näköakse-

lien on konvergoitava eli käännättävä sisäänpäin, että kuva molemmissa silmissä muodostuisi verkkokalvon keskialueeseen.

Konvergenssi järjestelmä tarkoittaa silmien kääntymistä nenän suuntaan katseltaessa lähellä sijaitsevaa kohdetta esimerkiksi luettaessa kirjaa. [20.]

7.5 Työnäöstä huolehtiminen

Jos silmien yhteisnäkemisessä tapahtuu heikentymistä, voi heikkous aiheuttaa erilaisia oireita, kuten silmien väsymistä, silmänsärkyä, valonarkuutta, punoitusta, kirvelyä, kutinaa ja päänsärkyä sekä kahtena näkemistä. Näiden mahdollisten ongelmien välttämiseksi ja työn näköjärjestelmää rasittavien tarkastustehtävää tekevien työntekijöiden näönhuoltoon tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Säännölliset näöntarkastukset auttavat huomaamaan silmien näkökyvyssä mahdollisesti tapahtuneita muutoksia ja auttavat reagoimaan ongelmiin ennen kuin ne alkavat aiheuttamaan ongelmia työn tekemisessä. [20.]

8 Konenäköjärjestelmä

8.1 Konenäköjärjestelmästä yleisesti

Ihmisen näköaistia jäljittelevä konenäkö on teollisessa tuotannossa väsymätön ja tuottaa varmempaa tulosta kuin ihmisen silmä. Konenäköä hyödynnetään erilaisten kohteiden tunnistamisessa, ohjauksessa, tarkastuksessa sekä laaduntarkkailussa.

Konenäkö on kokonaisuus johon kuuluvat kuvan hankinta ja käsittely sekä analysointi ja näiden tietojen pohjalta tehtävät päätökset jotka suoritetaan tietokoneella tai muulla digitaalisen laskennan järjestelmällä. [15, s.3.]

8.2 Konenäön toimintaperiaate

Konenäköjärjestelmä perustuu kykyyn havaita valon eri aallonpituuksia. Konenäön toimintaperiaate on kuvata kameralla parametreja parhaassa mahdollisessa valaistuksessa ja valita kuvatuista parametreista tarvittavat piirteet, jotka halutaan referenssikuvaan. Kun tarkastettavaa kohdetta verrataan referenssikuvaan, se joko hyväksytään tai hylätään. [15, s.3, s.21.]

Konenäköjärjestelmään tarvitaan yksi tai useampi kamera, valaisujärjestelmä, laskentayksikkö sekä kuvankäsittely- ja analysointiohjelma.

Konenäkö on kokonaisuus jossa kameras kuvasta kohteesta heijastuva valo ohjautuu optiikan kautta kameras valoherkkiin kennoihin. Kennon ja valon reagoiessa syntyy varaus joka tallennetaan. Varaus siirtyy analysointia ja lukemista varten sähköpiirillä eteenpäin. Kuvan muuttaminen digitaaliseksi tarvitaan digitoija, joka muuttaa varauksen sähkösignaalin analogisesta digitaaliseksi. Tätä muunnosta kutsutaan AD – muunnokseksi. [15, s.4.]

8.3 Konenäköjärjestelmän havaitsemat valon eri aallonpituudet

Ihmisen silmä ei havaitse ultraviolettisäteilyä eikä infrapunasäteilyä, koska ne ovat ihmisen silmän havaitsemien aallonpituuksien ulkopuolella. Silmän havaitsemat aallonpituudet ovat välillä 400 - 780 nanometriä ja näkyvät sinisinä, vihreinä, keltaisina tai punaisina väreinä. Eri aineet absorboivat, eli sitovat itseensä, eri aallonpituuksia ja heijastavat loput pois. Näin aineet saavat eri värejä.

8.4 Konenäköjärjestelmän kokeilu

Orion Diagnosticalla tutkittiin vuonna 2008 kuinka kastolevytuotteiden laadunvalvontaa voitaisiin toteuttaa konenäköjärjestelmällä.

Konenäköjärjestelmässä käytetyt komponentit olivat:

- UV – konenäkökamera, joka on UV – alueelle herkkä konenäkökamera
- UV – valolähde, joka on ultraviolettialueen loisteputki ja jonka suurin intensiteetti eli voimakkuus oli 450 nm
- tasopolarisaatiokalvot, joita käytetään erityisesti yläpuolisessa valaistuksessa heijastuksen minimoimisessa
- konenäkövalot, joita käytetään yleisvalaisussa
- HD – kamera ja HD – näyttö, joita testattiin visuaalisen tarkastuksen tehostamiseksi. [16, s.2.]

Mittausmenetelmät olivat:

- Yleisvalon käyttö, jossa tuotteita kuvattiin sekä edestä - että takaapäin (vastavaloon) valaistuna. Eri suunnista tuleva valo paljastaa erilaisia virheitä sekä luo eriasteisia kontrasteja taustan sekä kuvattavan kappaleen välille
- UV – kuvaus, jossa kuvaustuotteita kuvattiin UV – herkällä kameralla UV – valolla valaistuna. Siitä on apua kastolevyputken vikojen havaitsemisessa kuten halkeamien ja naarmujen
- Kamera-avusteinen visuaalinen tarkastus, jossa tuotteet kuvattiin HD – kameralla ja kuva esitettiin suurella HD – näytöllä. Tällä menetelmällä saatiin hyvä suurennos kohteesta jolloin tarkastaminen helpottui. [16, s. 3.]

8.5 Konenäkökokeilun yhteenveto

Loppupäätelmänä oli, että kastolevyjen laadunvalvonta koenäköjärjestelmää hyödyntäen olisi mahdollista tiettyjen vikojen suhteen. Suurin osa virhetyypeistä on niin vaikeasti mitattavissa, että virheiden etsiminen koenäköjärjestelmän avulla tulisi erittäin kalliiksi ja olisi hidasta.

Suurimman riskin koenäköjärjestelmän toimivuudelle asettaa varsinaisten kastolevyvirheiden peittyminen vähäpätöisimpien virheiden alle, kuten putkessa itsessään mahdollisesti pienet naarmut ja kolhut sekä kondenssivesi. Lisäksi putken pinta heijasti valoa joka vaikeutti koenäön toimivuutta.

Usean vikatyypin yhteydessä oli todettu, että kastolevyjen reuna-alueiden viat, lähes virhetyypistä riippumatta, kuuluivat erittäin epäluotettavasti löydettävien vikojen joukkoon.[16, s.10.]

8.6 Visuaalinen tarkastus vastaan konenäköjärjestelmällä tehtävä tarkastus

Johtuen prosessivaihteluista sekä kastolevyjen virhetyyppien moninaisista esiintymismuodoista, konenäköjärjestelmä ei tässä kohdassa ole ihmissilmää parempi, tehokkaampi ja luotettavampi. Tämän tyyppisessä tuotannossa visuaalinen tarkastus hyvä ja tehokas keino tarkastaa, että tuotteen laatu on kunnossa.

Visuaalinen tarkastus sitoo aina tietyn määrän ihmisiä minkä konenäköjärjestelmä toimissaan olisi voinut hoitaa yksin. Toisaalta konenäköjärjestelmän käyttöönottoon ja hankintaan liittyvät kustannukset ja järjestelmän luotettavuus virheiden havaitsemiseen eivät puolla konenäköjärjestelmään siirtymistä tällä hetkellä.

9 Tuotantoprosessin laadun teoriaa

9.1 Tuotantoprosessin laatu sekä virheelliset tuotteet

Laadun vaihteluun on lukemattomia syitä, mutta kaikki syyt eivät vaikuta laatuun samassa mittasuhteessa. Jotkut syistä vaikuttavat laatuun paljon ja toiset, teoriassa tärkeinä pidetyt, vaikuttavat laatuun vähän jos ne ovat kunnolla hallinnassa. [17, s. 9.]

Tyypillisessä tilanteessa tuotteita tehdään eri tuotannonprosessien osissa ja ne siirtyvät kuljettimelta toiselle kohti pakkauslinjaa. Ennen pakkaamista pakkauslinjan työntekijä tutkii ja tarkastaa tuotteet ja siirtää virheelliset tuotteet hylätyihin tuotteisiin. Tarkastuksessa hylätyt tuotteet kertovat olemassa olevasta ongelmasta. [17, s. 7.]

Kun näin on tehty kauan, aletaan käytäntöä pitää hyväksyttynä prosessiin kuuluvana "luontaisena" hävikkinä. Tottuminen luontaiseen hävikkiin ei ratkaise tuotannon ongelmaa vaan vie ongelman aina vaan kauemmaksi ratkaisusta. [17, s. 7.]

Kun virheellisiä tuotteita syntyy, pitäisi miettiä, miksi, miten ja missä osassa tuotantoprosessia virheellisiä tuotteita syntyy. Jos virheiden määrään halutaan puuttua, on uskottava, että virheiden vähentäminen on mahdollista. Tämä tarkoittaa, että tuotantoprosessin eri vaiheissa minkä tahansa virheellisen tuotteen syntymiseen on olemassa jokin syy joka voidaan poistaa, kun syyt löydetään. [17, s. 8.]

9.2 Virheellisten tuotteiden syyt tuotantoprosessissa

Usein virheellisiin tuotteisiin suhtaudutaan niin, että kun tuotteet täyttävät hyvin tarkat kriteerit ja laatustandardit, virheellisten tuotteiden syntymistä ei voida välttää. Kuitenkin, riippumatta tuotteista tai käytetyistä tuotantomenetelmistä, virheiden syyt ovat aina yleispäteviä. [17, s. 8.]

Syyt voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluu harvat syyt joilla on kaikkein eniten vaikutusta. Toisen ryhmän muodostavat virheet joissa on useita syitä, mutta joiden vaikutus on vähäinen. On ehdottoman tärkeää löytää ratkaisevat harvat virheiden aiheuttajat ja poistaa ne. [17, s. 10.]

On mahdotonta olettaa, että jokainen valmistettu tuote olisi täysin virheetön. Jos kaikki materiaalit, koneet, työ- tai tarkastusmenetelmät olisivat laadultaan aina samanlaisia ja kaikki toimisivat täysin yhteneväisesti, tulisivat kaikki tuotteet olemaan identtisiä joko virheettömiä tai virheellisiä. Jos siis edellä mainitut neljä ehtoa eivät toteudu, tuotteista voi tulla myös viallisia. Toisin sanoen virheelliset ja virheettömät tuotteet seuraavat toisiaan satunnaisesti. [17, s. 8.]

9.3 Prosessin parantaminen ja virheiden vähentäminen

Työntekijöitä jotka ovat virheiden vaivaaman prosessin kanssa tekemisissä voivat väittää, että prosessissa on niin paljon virheiden aiheuttajia, että niitä ei voi hallita, mutta missään niitä ei kuitenkaan ole epätavallisen suurta määrää. On ero sillä onko prosessissa monia epäiltyjä virheiden aiheuttajia kuin, että on useita syyllisiä jotka todella aiheuttavat virheitä. [17, s. 10.]

Virheiden aiheuttajan etsintään on olemassa eri menetelmiä. Toiset perustuvat intuitioon, toiset kokemukseen. Toisiin liittyy tietojen analysointia ja toisiin kokeilevaa tutkimusta. Intuitioon ja kokemukseen perustuvaa menetelmää käytetään usein, koska se on nopeampaa ja tieto sekä taito yleensä tavallisen ihmisen yläpuolella. Erikoisasiantuntijoiden neuvoja ja intuitioita kannattaakin kunnioittaa suuresti. Vaikeus virheiden vähentämisen ongelman ratkaisussa on, että aina ei ole selvillä kuka on todellinen asiantuntija. Monesti viallisten tuotteiden ongelmat löytyvät alueilta joilta kokemus puuttuu. [17, s. 10.]

10 Opinnäytetyöhön liittyvä uudelleen tarkastus

10.1 Uudelleen tarkastamisen taustaa

Pakkaamon visuaalisessa tarkastuksessa tarkastajat hylkäävät kastolevyn teknisen virheen vuoksi. Teknisellä virheellä tarkoitetaan virhettä, jolla on vaikutusta tuotteen ulkonäköön tai käytettävyyteen. Erilaisia virhetyyppejä on useita. Teknisiä virheitä ovat esimerkiksi:

- erilaiset pintanaarmut ja kolhiintumat kastolevyjen muoviosissa
- elatusainetta on kastolevyllä liian paljon tai liian vähän levyllä tai sitä ei ole ollenkaan

Uudelleen tarkastuksen tehtävänä oli analysoida hylättyjen kastolevyjen teknisiä virheitä syvällisemmin. Jos esimerkiksi tarkastaja oli hylännyt kastolevyn putkessa olevan halkeaman vuoksi, niin uudelleen tarkastuksessa halkeaman paikka ja koko kirjattiin tarkastuskorttiin (liite 1), että saadaan kokonaiskuva kastolevyjen hylkäyssyistä ja määristä.

10.2 Taustatiedon kerääminen

Tutkimus aloitettiin selvittämällä yhden kuukauden ajalta, kastolevyjen tuotanto- ja hävikkimäärät. Datan analysoinnissa selvitettiin, millä tuotteilla oli eniten laadun vaihteiluita visuaalisen tarkastuksen näkökulmasta. Taustatiedon keräämisen yhteydessä teh-

tiin myös pienimuotoinen haastattelu kastolevyannostelijoille sekä kastolevyjen tarkastajille. Haastattelulla haluttiin selvittää, mikä kastolevytuote on heidän mielestään haastavin tarkastaa. Vastaukset huomioitiin datan käsittelyvaiheessa ja jatkotutkimustuotteiden valinnassa. Näin saatiin eri näkökulmia tutkimusta varten.

10.3 Tutkimustuotteiden valinta

Ensimmäiseksi tutkimustuotteiden valintaan vaikutti datan analysoinnin perusteella tehty selvitys tuotannon hävikkien määristä sekä eri teknisten virheiden määrät visuaalisessa tarkastuksessa. Toiseksi valintaan vaikutti, että tutkimukseen valittujen tuotteiden piti edustaa kastolevyissä käytettäviä eri muoviosia mahdollisimman laajasti. Eri muoviosien esiintyvyydellä saataisiin selville, vaikuttaako hylkäyksien määriin jokin tietty muoviosa. Tutkimustuotteiden valintaan vaikutti myös se, että valittua kastolevytuotetta annosteltaisiin seurantakuukauden aikana. Viimeisenä valinnassa huomioitiin kastolevyannostelijoiden ja – tarkastajien näkemykset. Kokonaisdatan perusteella tutkimukseen valittiin kuusi eri kastolevytuotetta jotka täyttivät halutut valintaperusteet.

10.4 Tutkimukseen liittyvä uudelleen tarkastus

Kun tutkimukseen valitut tuotteet tulivat pakattavaksi, ne tarkastettiin normaalisti visuaalisessa tarkastuksessa. Visuaalisessa tarkastuksessa hylätyt kastolevyt tarkastettiin uudestaan. Tarkemmin analysoinnissa käytettiin tarkastuskorttia jossa jokaiselle virheyydelle oli omat hylkäyskategoriansa sekä tarkemmat hylkäyksien syyt.

Tarkastuskortti on työväline, kun halutaan paikantaa kastolevyissä olevia virheitä ja selvittää tarkemmin mistä mikäkin virhe mahdollisesti johtuu. Tarkastuskorttiin kirjataan kastolevyssä olevan virheen paikka, virheen koko ja jos virhe esiintyy usein, niin virheiden lukumäärä. Tämä tieto on tärkeää, jos halutaan tietää, toistuuko jokin tietty virhe usein ja toistuuko virhe aina samassa kohdassa. Tällöin virheen olemassa oleva paikka voidaan yhdistää tarkemmin aiempiin valmistusvaiheisiin juurisyyn ja korjaavien toimenpiteiden toteuttamiseksi.

11 Opinnäytetyöhön liittyvä visuaalinen testisarja

11.1 Visuaalisen testisarjan taustaa

Opinnäytetyöhön yhtenä osana kuului kehittää visuaalinen testisarja. Testisarjalla haluttiin varmistaa, että kaikki visuaalista tarkastustyötä tekevät tarkastaisivat samoilla tarkastusspesifikaatioilla ja kriteereillä. Tulevaisuudessa testiä voisi käyttää esimerkiksi visuaaliseen tarkastukseen työntekijöiden kelpoisuuden varmistamiseen sekä uusien tarkastajien perehdyttämiseen.

11.2 Visuaalisen testisarjan suunnitelma

Visuaalista testisarjaa suunniteltaessa selvitettiin seuraavia asioita:

- minkälainen testi olisi hyvä visuaalinen testi
- mitä testissä pitäisi ottaa huomioon
- kuinka monta kastolevyputkea testisarjassa pitäisi olla, että saataisiin riittävä otos tiedon analysointiin
- voisiko visuaalisessa testisarjassa olla eri kastolevytuotteita, jolloin testitapahuma poikkeaa normaalista tuotantoerän tarkastuksesta
- pitäisikö testissä olla aikaraja jonka aikana testi tehtäisiin
- Kun testi toimisi käytännössä, niin miten testin tulosta analysoitaisiin, kun aikaisempaa vertailupohjaa tuloksista ei ole

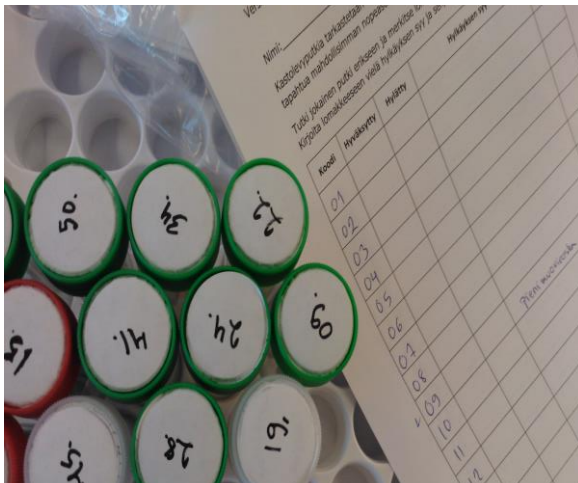
Testin lopullinen hahmottaminen ja suunnittelu tapahtuivat yhteistyössä tarkastajien kanssa tiedustellen testin eri vaihtoehtoja. Lähtökohta visuaalisessa testissä oli, että testin pitäisi simuloida mahdollisimman lähelle normaalia visuaalista tarkastustilannetta.

11.3 Visuaalisen testisarja kokeellinen osuus

Testisarja koostui virheettömistä ja virheellisistä tuotteista. Testisarjaan valittiin 50 kastolevyputkea, joista osa oli kerätty uudelleen tarkastuksen yhteydessä. Testisarjaa varten ei valittu tyypillisiä helposti havaittavia virheitä sisältäviä tuotteita, vaan niin sanottuja rajatapauksia. Rajatapausvirheet tarkoittavat virheitä joita ilmenee harvoin, tai joiden kohdalla tarkastaja joutuu miettimään hylätäänkö vai hyväksytäänkö kastolevy. Testisarjaan haluttiin valita rajatapausvirheitä siksi, että juuri näiden kohdalla hävikkien määrät visuaalisessa tarkastuksessa vaihtelevat ja todennäköisesti myös näiden kohdalla tuloksissa tulee olemaan hajontaa.

Testisarjaan valitut kastolevyputket koodattiin numeroilla 01 – 50 ja jokainen numero vastasi jotain virhettä tai virheettömyyttä. Virheelliset ja virheettömät kastolevyputket olivat sattumanvaraisesti. Virheettömiä kastolevyputkia oli otettu testisarjaa varten pakkauslinjan hyväksyty kohdasta ennen pakkaamista.

Kastolevyputket numeroitiin (kuva 7.) kirjoittamalla putken päähän numero ja taulukon samaa numeroa vastaava virhe tai virheettömyys. Testaajat eivät tieneet mikä virhe tai virheettömyys oli numeron takana.



Kuva 7. Visuaalista testisarjaa varten numeroituja kastolevyjä sekä testiä varten suunniteltu täytettävä lomake. Sulkimien erivärit tarkoittavat, että kyseessä on eri kastolevytuotteita

Jokainen tarkastaja suoritti visuaalisen testisarjan. Testitilanteessa tarkastaja otti yhden putken kerrallaan käteen ja merkitsi siinä olevan numeron tätä tilannetta varten tehtyyn lomakkeeseen (liite 2), tarkasti putken ja päätti hyväksyykö hän putken vai hylkääkö sen. Jos putki meni hylättäviin, tarkastajan piti vielä kirjata hylkäyksen syy. Näin jatkettiin kunnes kaikki 50 putkea oli tarkastettu.

11.4 Visuaalisen testisarjan ongelmat

Testisarjan suunnitelma oli hyvä ja toimivan tuntuinen, mutta käytännössä siinä ilmeni joitain ongelmia. Yksi ongelma oli kastolevyputkien sisäpuolelle muodostunut höyry ja kosteus. Lämpötilaeroista johtuvaa höyrystymistä tapahtuu ajoittain kastolevyputkissa, kun ne tuodaan Inkubointihuoneesta pakkaamon puolelle. Höyrystymisestä ei ole haittaa kastolevytestille, mutta visuaalisessa testisarjassa höyrystyminen häiritsi jonkin verran näkyvyyttä. Putkea ei avata tarkastuksen aikana.

Toisena ongelmana oli testisarjan suorittamisen hitaus. Alkuperäisenä ajatuksena oli, että 50 putkea yksitellen tarkastettuna veisi aikaa noin 15 minuuttia, eli 18 sekuntia per putki, mutta käytäntö osoitti muuta. Testin keskimääräiseksi tarkastusajaksi tekijää kohden saatiin 40 minuuttia, eli 48 sekuntia per putki joka oli kaukana tavoitellusta alkuperäisestä ajasta. Yhtenä hidastavana tekijänä olivat höyrystyneet putket jonka myötä putkien määrä pitkitti tarkastusaikaa.

Kolmantena ongelmana oli, että putket olivat eri kastolevytuotteita. Tämä tarkoitti, että testisarjassa olleet kastolevyt olivat visuaalisesti toisiinsa nähden erinäköisiä ja se aiheutti testintekijöiden mielestä haastavuutta. Tämän vuoksi kuljetuslinjaa ei voitu käyttää.

11.5 Opinnäytetyöhön liittyvän virhekirjaston kehittäminen

Opinnäytetyöhön kuului myös kehittää virhekirjasto johon kuvattiin ja kerättiin valokuvia kastolevyjen erilaisista teknisistä virheistä. Valokuvia kuvattiin esimerkiksi uudelleen tarkastuksen yhteydessä jossa erilaisia teknisiä virheitä käsiteltiin analyttisemmin. Virhekirjaston tarkoitus on olla tukena tarkastajien työssä. Virhekirjastosta tarkastajat

voisivat epäselvissä tilanteissa käydä tarkastamassa hylätyt ja hyväksytyt kriteerit. Virhekirjastossa olisi omina kansioinaan valokuvia erilaisista hyväksytyistä ja hylätyistä kastolevyistä. Virhekirjastoa voisi käyttää myös perehdyttämisessä, kun halutaan opettaa uudelle työntekijälle tarkastusspesifikaatiot.

12 Tulokset

12.1 Uudelleen tarkastuksen tuloksista yleisesti

Taulukossa 4 on tuotteiden kohdalla kirjain lyhenteet A, B, C, D, E ja F jotka tarkoittavat kuutta eri kastolevytuotetta. Annostelukerta tarkoittaa kuinka monta kertaa kyseistä kastolevytuotetta oli valmistettu kyseisen kuukauden aikana. Koneet 1, 2, 3 ja 4 tarkoittavat käytössä olleita annostelulinjoja. L1, L2 ja L3 tarkoittavat kolmea eri muovilevyymallia joille elatusainetta annostellaan. p1 ja p2 tarkoittavat kahta eri putkimateriaalivaihtoehtoa jonka sisällä kastolevytestiä säilytetään.

Taulukko 4. Tutkimukseen valittujen tuotteiden hylkäykseen vaikuttaneita syitä ja hylkäysprosentteja

Tuote	Annosteltu x krt.	Muovi-osat	Annostelukone 1, 2, 3, 4	Tuote	Muovio-siin liit-tyvät hylkäyk-set %	Agarin annoste-luun liittyvät hylkäyk-set %	Muut hylkäyk-set %	Visuaalisen tarkastuk-sen hyl-käämät kastolevyt yhteensä %	Hylättyjen kastolevyjen uudelleen tarkastuksen tulokset %
Tuote A	2	L2 P1	kaikilla koneilla	Tuote A	1,35	1,88	2,23	5,46	4,87
Tuote B	2	L1 P2	1, 2 ja 3	Tuote B	0,17	0,53	1,30	2	1,98
Tuote C	2	L3 P1	1, 2 ja 3	Tuote C	1,54	2,92	0,66	5,12	3,35
Tuote D	2	L3 P1	kaikilla koneilla	Tuote D	1,35	3,07	1,52	5,93	5,72
Tuote E	1	L2 P1	1 ja 3	Tuote E	0,14	0,53	0,67	1,34	1,34
Tuote F	1	L2 P1	1 ja 2	Tuote F	1,12	1,32	0,51	2,96	2,71

Taulukossa 4 on visuaalisessa tarkastuksessa hylättyjen kastolevyjen hylkäysprosentteja sekä hylättyjen kastolevyjen uudelleen tarkastuksen hylkäysprosentteja. Suurin yk-

sittäinen virheen aiheuttaja taulukossa on agarin annosteluun liittyvät hylkäykset tuotteiden C ja D kohdalla. Tuotteen A kohdalla on eniten hylkäyksiä sarakkeessa muut hylkäykset.

Tuotteiden A, C, D ja F kohdalla muoviosien L2 ja L3 vaikutus on ollut hieman yli prosentin tasolla, mutta tuotteen E kohdalla, levyyn L2 liittyvä virheprosentti on vain 0,14 prosenttia. Näin ollen yksittäisellä muovilevyllä ei näyttäisi olevan vaikutusta hylkäysprosentin määriin tässä tarkastelussa.

Putkia p1 ja p2 ei ole mielekästä vertailla, koska putkea p2 on käytetty vain kaksi kertaa uudelleen tarkastettavissa tuotteissa verrattuna p1 putkimateriaaliaan jota on annosteltu kahdeksan kertaa.

Tuotteita A, C ja D on annosteltu kaksi kertaa ja annostelu on tapahtunut kaikilla koneilla lukuun ottamatta tuotetta C, joten yksittäisellä annostelukoneella ei näyttäisi olevan vaikutusta tuloksiin tässä tarkastelussa.

12.2 Visuaalisen tarkastuksen ja uudelleen tarkastusten tulosten vertailu

Taulukossa kohdassa visuaalisen tarkastuksen hylkäämät kastolevyt tuotteiden A ja D kohdalla ylittävät hylkäysprosentit viisi prosenttia ja tuotteen D kohdalla hylkäysprosentti on tasan kuusi prosenttia. Uudelleen tarkastuksessa visuaalisen tarkastuksen hylkäämät kastolevyt tarkastettiin uudestaan ja tuloksissa ilmeni pieniä muutoksia.

Suurin muutos tapahtui tuotteen C kohdalla, jossa muutos oli 1,77 prosenttiyksikköä. Tuotteen A tulos muuttui 0,59 prosenttiyksikköä ja tuotteiden D ja F tulokset muuttuivat yli 0,20 prosenttiyksikköä. Tuotteen B tulos muuttui vain 0,02 prosenttiyksikköä. Tulos on liian pieni huomioitavaksi, koska sen verran tarkastusvirheitä voi tulla jo normaalitilanteessakin.

Uudelleentarkastuksessa havaittiin tuotteen C kohdalla merkittävää eroa verrattuna visuaaliseen tarkastuksen hylkäämiin putkiin. Tuotteiden A, D ja F havaittiin kohtalainen ero ja joidenkin tuotteiden kohdalla ei havaittu kovin merkittäviä eroja, tai eroa ei ollut lainkaan.

Tämän tutkimuksen perusteella ei voida todeta, miten suuri määrällinen vaikutus muoviosalla (levy/putki) tai koneella on virhetilanteissa ja virheiden syntymisessä annosteluprosessissa. Kokemusperäisesti on havaittu, että esimerkiksi eri levyt aiheuttavat ongelmia valmistuksessa eri koneilla. Tämän työn ensisijaisena tavoitteena oli kuitenkin tarkastella virhemääriä visuaalisen tarkastuksen tasalaatuisuuden ja luotettavuuden näkökulmasta, joten virheprosenttien syiden analysointia ei tehty tarkemmin.

12.3 Visuaalinen testisarjan tulokset

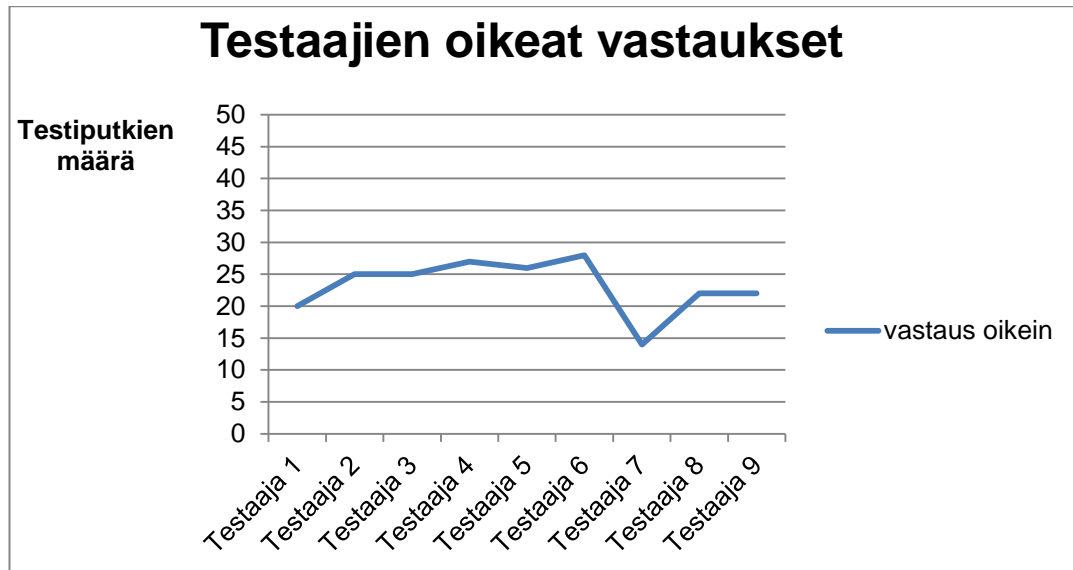
Visuaalisessa testisarjassa oli valittu 25 hyväksyttävää testiputkea ja 25 hylättävää testiputkea. Hyväksyttävistä testiputkista 10 oli virheettömiä testiputkia. Visuaalisen testisarjan tuloksien arvosteluun ja pisteiden laskuun päätettiin käyttää työohjeessa olevia hyväksymisspesifikaatioita. Jos hyväksytty kategoria oli oikein, sai pisteen. Jos hylätty kategoria sekä hylätty kategorian syy oli oikein, sai pisteen. Ei siis riittänyt, että lomakkeen hylättyruudun kohdalla oli rasti, jos hylkäyksen syy oli väärä.

Visuaalisen testisarjan tulokset näkyvät taulukossa (taulukko 5) josta samalla näkyy myös työntekijöiden testiin käyttämä aika. Tummennetut numerot ovat testin huonoin ja parhain tulos.

Taulukko 5. Visuaalisen testisarjan tulokset sekä testiin käytetty aika

Nimi	Yht.	aika n. (min.)
Testaaja 1	20	35
Testaaja 2	25	50
Testaaja 3	25	40
Testaaja 4	27	40
Testaaja 5	26	30
Testaaja 6	28	45
Testaaja 7	14	50
Testaaja 8	22	30
Testaaja 9	22	35
KESKIARVO	23,2	39,44

Testisarjan suoritti yhdeksän henkilöä. Työntekijät saivat keskimäärin 23,2 pistettä oikeista vastauksista, kun 50 pistettä olisi ollut paras pistemäärä. Testin tekemiseen kului keskimäärin 40 minuuttia.



Kuvio 1. Testaajien oikeat vastaukset käyränä

Kuvio 1 kuvaa sitä, kuinka testaajat ovat vastanneet testissä oikein. Vastaavasti väärät vastaukset tarkoittivat testissä sitä, että kastolevy oli hylätty työohjeen vastaisesti tai hylkäyksen syy oli ollut eri kuin testiputkeen identifioitu syy.

12.4 Visuaalisen testisarjan tulosten tarkastelu

Yhtä testaaja lukuun ottamatta (kuvio 1) havaitaan miten tasaisesti kaikki ovat tarkastaneet. Toisin sanoen, kaikki tarkastajat tarkastavat kastolevyjä lähes samoilla hyväksymis- tai hylkäämiskriteereillä, vaikka kriteerit joidenkin kastolevyjen kohdalla on aika tulkinnanvaraisia.

Testin tulokset, toisin sanoen, oikeiden vastauksien määrä, jäi odotettua alhaisemmaksi. Oletuksena oli, että oikeiden vastauksien määrä olisi ollut korkeampi, joka olisi ker-tonut tarkastajien tarkastavan työohjeen mukaisesti.

Jos oikeat vastaukset olisivat vaihdelleet kuvion ylä- ja ala-akselin välillä, tilanne olisi ollut huolestuttavampi, koska silloin tarkastajien väliset tarkastuskriteerit olisivat olleet jokaisella tarkastajalla erilaiset ja hylkäysten syyt olisivat saattaneet olla vaikeampia selvittää.

Seuraavassa taulukossa (taulukko 6) haluttiin selvittää yksityiskohtaisemmin miksi testiputki oli hylätty. Määrät eroteltiin hylätty oikea syy ja hylätty väärä syy. Testin tekijöiden suurin yksittäinen hylkäyksen syy (taulukko 6) oli virhetyyppi 1. Testissä oli tarkoituksella mukana sellaisia testiputkia, joiden seassa oli virhetyyppi 1 virheitä. Koska työohjeen mukaan tämä virhe ei haittaa kastolevyn toimintaa, niin virheen olisi voinut hyväksyä.

Taulukko 6. Testaajien vastaamien väärin ja oikeiden syiden lukumäärät suuremmasta pienempää.

50:n testiputken visuaaliset virheet	hylätty väärä syy kpl	hylätty oikea syy kpl
virhetyyppi 1	58	0
virhetyyppi 2	23	23
virhetyyppi 3	17	0
virhetyyppi 4	17	5
virhetyyppi 5	17	0
virhetyyppi 6	14	0
virhetyyppi 7	7	25
virhetyyppi 8	5	15
virhetyyppi 9	4	2
	162	70

Taulukossa 6 on, montako kertaa testaajat olivat yhteensä vastanneet hylätty oikea tai hylätty väärä syy. Taulukon tulosten lisäksi testaajat olivat yhteensä hyväksyneet 218 testiputkea eli kastolevyjä joissa ei ollut virheitä.

Tulosten kirjalliset vastaukset olivat ristiriitaisia. Osa testaajista oli vastannut aivan päinvastaisesti hyväksytty tai hylätty syitä kuin toiset testaajat. Osasta vastauksia pys-

tyi päättämään, että testi oli aiheuttanut ristiriitaisia tilanteita ja joissa tarkastajat olivat joutuneet miettimään hyväksytäänkö vai hylätäänkö kastolevy.

13 Yhteenveto

Uudelleen tarkastuksen tehtävänä oli selvittää hylätäänkö kastolevyjä väärin perustein. Uudelleen tarkastuksella selvitettiin hylättyjen kastolevyjen määrät sekä arvioitiin mahdollisia juurisyitä hylättyjen kastolevyjen korkeaan määrään. Oli tärkeää saada selville väärin perustein hylättyjen kastolevyjen syitä, koska siten voitiin puuttua ongelmakohtiin, kuten epätarkkaan työohjeeseen ja tulkinnanvaraisiin spesifikaatioihin.

Visuaalisen testisarjan tulokset käsiteltiin yhdessä tarkastajien kanssa. Yhteenvetona visuaalisesta testisarjasta voidaan todeta, että testi ei ollut täysin onnistunut, koska osa kastolevyputkista oli liian höyrystyneitä ja haittasi kastolevyn tutkimista. Seuraavaa testisarjaa varten kastolevyputkia pitää tarkkailla lämpötilaerojen varalta ja säilyttää testiputkia tasaisessa lämpötilassa.

Visuaalinen testisarja oli joidenkin tarkastajien mielestä työläs, koska kastolevyputket olivat eri kastolevytuotteita. Eri kastolevytuotteet tuovat haastetta, koska niissä esimerkiksi sulkimien värit vaihtelevat tuotteen mukaan, samoin elatusaineen väri. Toisaalta testisarja ei saa olla liian helppo, koska silloin testin tehtävä eli silmien harjaanuttaminen sekä tarkastajien hylkäyskriteerien eroista ei toteudu parhaalla mahdollisella tavalla.

14 Johtopäätökset

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja haastava. Mielenkiintoa tutkimukseen lisäsi se, että tutkimuksella ja sitä seuranneilla jatkotoimenpiteillä pyrittiin vaikuttamaan työntekijöiden työtapoihin ja työoloihin. Työtapojen muuttamista ja uudistamista selvitettiin hylättyjen kastolevyjen uudelleen tarkastuksella sekä visuaalisen testisarjan kehittämällä. Työoloja haluttiin lisäksi tukea visuaalisen virhekirjaston luomisella sekä työohjeita uudistamalla. Haastavuutta tutkimukseen lisäsi visuaalisen testisarjan järjestäminen, koska aiempia malleja ei ollut käytössä.

Kastolevyjen uudelleen tarkastuksessa todettiin, että osassa kastolevyjen visuaalista tarkastusta, hylkäysprosentit olivat korkeat. Jatkotoimenpiteenä visuaalisen tarkastuksen tarkastusspesifikaatiot täsmennettiin ja yhtenäistettiin.

Visuaalisen tarkastuksen laatua kehitettiin päivittämällä uudet hylkäyskriteerit ja valokuvaamalla virheelliset kastolevyt. Visuaalista tarkastustyötä varten kehitettiin virhekirjasto jossa jokaisesta hylkäykseen johtavasta kastolevystä on valokuva ja selite hylkäyksen syystä.

Visuaalisen testisarjan haastavuuteen ja tulosten pistemääriin saattoivat vaikuttaa se, että testi tehtiin nyt ensimmäistä kertaa. Tilanne oli tarkastajille uusi ja se saattoi aiheuttaa epävarmuutta testin tekemiseen, jonka johdosta testin tuloksiin yhden kerran testauksella, ei voida täysin luottaa. Jotta visuaalisesta testisarjasta saataisiin pidemmän aikavälin tietoa testisarjan vaikutuksista, testi olisi hyvä tehdä esimerkiksi kaksi kertaa vuodessa ja samalla määrittää hyväksymisrajat testisarjan läpäisevyyteen. Samalla olisi hyvä päättää vastuuhenkilöistä, jotka järjestäisivät visuaalisen testisarjaan liittyvät testiputket, testauspaikan ja tarvittavat lomakkeet.

Visuaalisen testisarjan tulokset antoivat selvän signaalin sille, että yksi juurisyy on ollut liian tulkinnanvaraiset tarkastusspesifikaatiot. Työohjeet päivitettiin ja laadittiin selkeät sanalliset virheiden kuvaukset sekä esimerkki valokuvia virheistä. Valokuvissa oli erityisesti hylätty/hyväksytyt valokuvia rajatapauksista. Päivitetyt tarkastusspesifikaatiot käytiin yhdessä läpi henkilökunnan kanssa, samalla näyttäen esimerkkikastolevyjä sekä valokuvia virheellisistä tuotteista.

Uusien ja päivitettyjen tarkastusspesifikaatioiden uudelleen opettelu voi olla haastavaa varsinkin vanhempien työntekijöiden kohdalla, jotka ovat jo pitkään tarkastaneet tietyillä kriteereillä. Juuri sitä varten oli tärkeää saada eri virheistä valokuvia ja syitä, että saataisiin tukea työntekijöiden työn tekemiseen.

Positiivisina asioina voidaan todeta, että työohjeen hyväksytyt/hylkäysrajoista kiinnostuttiin ja syntyi keskustelua ja pohdintaa aiheesta. Keskustelujen tuloksena tuli esimerkiksi ajatus siitä, että virheiden, joiden hylkäyskriteerit liittyvät esimerkiksi virheen kokoon, voisi kehittää mallikortin, jota voisi verrata virheen kokoon. Mallikortissa olisi erilaisia kokoluokkia hylättyjen ja hyväksytyjen spesifikaatioiden tunnistamiseen.

15 Mahdolliset jatkotutkimukset

Olisi kiinnostavaa tietää opinnäytetyöhön kuuluvien tehtävien vaikutus pidemmällä aikavälillä. Paranko visuaalisen tarkastuksen laatu? Näkykö visuaalisen tarkastuksen paraneminen laskevana trendinä hylättyjen määrissä pitkällä aikavälillä?

Visuaalisen testisarjan suorittaminen oli liian hidasta. Seuraavassa testisarjassa voisi kokeilla pienempää testiputkimäärää esimerkiksi 30 putkea ja sitten taas 50 testiputkea ja vertailla lyheneekö aika putkimäärän takia vai sen takia, että testaajat tietävät mikä testin tarkoitus on ja osataan ottaa testisarja työn kannalta hyvänä ja opastavana asiana.

Kun uudet tarkastusspesifikaatiot on opeteltu ja niitä on käytännössä kokeiltu, niin olisi hyvä tehdä uudestaan kastolevyjen uudelleen tarkastus, jolloin nähtäisiin päivitettyjen tarkastusspesifikaatioiden vaikutus hylättyjen määriin.

Lähteet

1. Orion Oyj, Suomi. 25.6.2014. Verkkodokumentti.
<<http://www.orion.fi/fi/konserni/orion-yrityksena/historia/>>. Luettu 16.10.2014.
2. Orion Diagnostica Oy, Suomi. 2013 – 2014. Verkkodokumentti.
< <http://www.oriondiagnostica.fi/Yritys/>>. Luettu 21.9.2014.
3. Mikstura, henkilöstölehti. Koskenlaakso Leena. 2014. Onnea vetreä nelikymppinen. Mikstura Orion Oy:n henkilöstölehti. 22.10.2014, s.14 – 15.
4. Orion Diagnostica Oy. 13.2.2015. Uricult[®] ja Hygicult[®] TPC käyttöohjeet.
5. Solunetti. Suomen virtuaaliyliopisto. 2006. Verkkodokumentti.
<<http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/mikrobit/>>. Luettu 22.9.2014
6. Sojakka, Kirsi & Välimäki, Maija-Liisa. 2011. Ammatillinen Mikrobiologia. Juvenes Print. Tampere: Opetushallitus.
7. Salkinoja – Salonen & kumppanit. Mikrobiologian perusteita. 2002. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. Mikrobiologian osasto, Soveltavan kemian ja mikrobiologianlaitos, Helsingin Yliopisto.
8. Evira. Elintarviketurvallisuusvirasto. 20.2.2014. Verkkodokumentti.
<<http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/elaimista+saa-ta-vat+sivutuotteet/tekninen+kaytto/vuotien+ja+nahkojen+toimittaminen+gelatiini+ja+kollageenin+raaka-aineksi+>>> Luettu 17.10.2014.
9. MIKES. Mikrobiologian laboratorion elatusaineiden sisäinen laadunvarmistus. 2006. Verkkodokumentti.
<http://www.finns.fi/documents/upload/j6_2006_ehder.pdf> Luettu 23.9.2014.
10. Tallgren, Marja & Vöö, Tuulikki. Gramvärjäyksen tulkinnan verkkokurssi. 2011. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Bioanalytiikan koulutusohjelma. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34998/Tallgren_Marja_Voo_Tuulikki.pdf?sequence=2>. Luettu 23.10.2014.
11. Orion Diagnostica Oy, 15.8.2007. Sisäinen koulutus. Yleistä kastolevyistä.
12. Juha Päällysaho, Näköfysiologi. Työterveyslaitos (TTL), Aivotyölaboratorio. 2004. Työnäköohjeet Työterveyslaitos. TTL:n tekemä sisäinen työnäköohje Orion Diagnostica Oy:lle.

13. Lea-Test Ltd. 2001. Työnäkeminen ja sen tutkiminen. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/su/tyonako/tutkimin/index.html>>. Luettu 24.10.2014.
14. TTL. Työterveyslaitos. 10.6.2010. Stereonäkötesti. Verkkodokumentti. http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/kognitiivinen_ergonomia/sivut/stereotesti.aspx> Luettu 24.11.2014.
15. Peltoniemi Tommi. Konenäön hyödyntäminen huonekalutehtaalla. 2011. Opinnäytetyö. Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulu. Puutekniikan koulutusohjelma. Verkkodokumentti. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34034/Peltoniemi_Tommi.pdf?sequence=1>. Luettu 12.12.2014.
16. Orion Diagnostica Oy. Kastolevyjen tarkastusmenetelmät/konenäköraportti. 27.8.2008.
17. Kume Hitoshi. Statistical Methods for Quality Improvement. 3A Corporation. 1. Painos 1985. Tokio. Japani. Suomennos Metalliliitto. Toinen, korjattu painos. 1998. Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. Vammalan Kirjapaino Oy.
18. Hanna Kääriäinen, Tiina Tuomela. ACL – rekonstruktion jälkeisen kuntoutuksen tarkastelua propriaseptiikan näkökulmasta. 2011. Opinnäytetyö. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. Fysioterapian koulutusohjelma. Verkkodokumentti. <<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28132/OppariVALMIS.pdf?sequence=1>>. Luettu 19.12.2014.
19. Tiina Jurvelin, Maija Oikarinen. Ortooptisten menetelmien tuloksia erilaisten astenooppisten oireiden hoidossa. 2012. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Optometrian koulutusohjelma. Verkkodokumentti. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/48095/Jurvelin_Oikarinen.pdf?sequence=1>. Luettu 28.1.2015
20. Näköasiantuntija. Hyvä näkö terveissä silmissä. Verkkodokumentti. <<http://nakoasiantuntija.fi/fi-fi/palvelut/sanasto.aspx>>. Luettu 19.12.201

Tarkastuskortti

Tarkastuskortissa on erilliset sivut eri virhetyypeille

TARKASTUSKORTTI

Tuote:

Hylätyt kategoria: **X virheet**

Materiaali nro:

Erä nro:

Kone:

Suunniteltu määrä:

Valmistunut määrä:

Kone:

Virhetyyppi	Tarkastettu määrä	Yht.
Virhe se ja se...		
1)		
2		
3)		
4)		
5)		
6)		
7)		
8)		
9)		
Virhe se ja se...		
10)		
11)		
12)		
joku muu virhe		
13)		

TARKASTUSKORTTI

Hylätyt kategoria: **X virheet**

Tuote:

Materiaali nro:

Erä nro:

Kone:

Suunniteltu määrä:

Valmistunut määrä:

Kone:

Laatutaulun kommentit:

Virhetyyppi	Tarkastettu määrä	Yht.
virhe se ja se...		
14)		
15)		
16)		
17)		
virhe se ja se...		
18)		
virhe se ja se....		
19)		
20)		
muu virhe...		
21)		
22)		

virhe se ja se...

23)		
24)		
25)		
26		

27) joku muu virhe

--	--	--

TARKASTUSKORTTI

Tuote: Hylätyt kategoria: **X virheet**
Materiaali nro:
Erä nro:
Kone:
Suunniteltu määrä:
Valmistunut määrä:
Kone:
Laatutaulun kommentit:

Virhetyyppi	Tarkastettu määrä	Yht.
28)		
29)		
30)		
31)		
32)		
33)		
34)		
35)		

Koodi	Hyväksytty	Hylätty	Hylkäyksen syy	Kategoria?
Yht.				

