

Palautusvärivaraston optimointi

Ida Pirinen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2025

Biotuotetekniikan tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuotetekniikan tutkinto-ohjelma

PIRINEN, IDA:
Palautusvärivaraston optimointi

Opinnäytetyö 45 sivua
Huhtikuu 2025

Opinnäytetyössä tarkasteltiin palautusvärivaraston optimoinnin keinoja pakkausalan globaalissa yrityksessä. Työn taustalla oli tarve pienentää varaston sitoutuneen pääoman määrää ja parantaa varastonimikkeiden kiertonopeutta. Liiketoiminnallisen merkityksen lisäksi aihe oli ajankohtainen resurssien tehokasta käyttöä sekä ympäristövaikutusten vähentämistä koskevien EU:n pakkaus- ja pakkausjätedirektiivin (PPWR) sekä kiertotalousajattelun vaatimusten kiristymistä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tunnistaa konkreettisia ja toteuttamiskelpoisia kehitysehdotuksia, joilla voidaan parantaa varastonhallintaa ja tehostaa palautusvärien käyttöä. Optimointi nähtiin tässä työssä kaiken toiminnan järkevöittämisinä, joka tukee sekä liiketoiminnan tehokkuutta että kestävä kehityksen periaatteita. Tutkimuksessa hyödynnettiin kirjallisuuskatsausta, haastatteluja, värinsekoitusjärjestelmän raportteja sekä kulutus pohjaista ABC-analyysiä. Työssä otettiin huomioon lainsäädäntö ja Lean-ajattelun periaatteet. Näin varmistettiin, että esitetyt kehitystoimet ovat teoriaperustaisia, käytännönläheisiä sekä tukevat ympäristövastuullisuutta.

Tuloksina tunnistettiin useita kehittämiskohteita, joista keskeisimmäksi nousi ABC-analyysin hyödyntäminen varastopaikkajärjestelmän ja kiertonopeuden parantamiseksi. Lisäksi esiin nousivat varastopaikkajärjestelmän kehittäminen, reseptien ja jäännöskomponenttien yhdenmukaistaminen sekä värilaskurin päivittäminen. Työ tarjoaa toimeksiantajalle selkeän ja toistettavan mallin palautusvärivaraston optimointiin, ja sen hyödyt ovat sovellettavissa myös muissa vastaavissa ympäristöissä.

Asiasanat: painovärit, varasto, optimointi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Bioproduct Engineering

PIRINEN, IDA:
Return Ink Stock Optimization

Bachelor's thesis 45 pages
April 2025

This thesis focused on optimising the return ink stock of a global packaging company. The purpose of this study was to identify practical development proposals that reduce the capital tied up in the stock, improve the turnover rate and support environmentally responsible operations in line with the EU's increasingly demanding circular economy and packaging regulations.

In addition to the literature, the study utilised a range of other research methods, including interviews, reports from the ink dispenser system, and a consumption-based ABC analysis. In this thesis, optimisation was seen as a rationalisation of all operations. The legislation and the principles of lean were taken into consideration. This approach ensured that the solutions were both efficient and sustainable.

The classification and placement of items in the stock based on the ABC analysis represented the most effective method to enhance the rate of stock rotation. Other areas for improvement were identified, such as unifying ink formulas and residual components, updating the ink consumption calculator and improving the storage location system.

The thesis offers a clear and repeatable model for optimising return ink stock. It will help by improving operational efficiency and optimising material consumption. These methods can also be used in other similar industrial environments.

Key words: printing inks, stock, optimization

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	AALTOPAHVIN VALMISTUS JA PAINATUS	7
2.1	Aaltopahvin raaka-aineet	7
2.2	Aaltopahvin valmistus, jalostus ja kierrätys.....	8
2.3	Fleksopainatuksen toimintaperiaate.....	9
2.4	Fleksopainovärit	11
2.5	Painoväriin koostumus	12
2.6	Painoväriin kuivuminen	14
2.7	Painovärien valmistus.....	14
2.8	Painoväriin varastointi	16
2.9	Painoväriin siirtyminen	16
2.10	Väriteoria.....	17
2.11	CIELab ja ΔE	20
2.12	CMYK- ja spottivärit	22
3	PAKKAUSALAA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ.....	23
4	VARASTOINTI	24
4.1	Raaka-aineiden varastointi yleisesti.....	24
4.2	Varastonhallinta ja -ohjaus	24
4.3	ABC-analyysi	25
4.4	Kiertonopeus	25
4.5	Varastopaikkajärjestelmät.....	26
4.6	Lean varastoinnissa	26
5	PALAUTUSVÄRIVARASTON NYKYTILA-ANALYYSI	28
5.1	Nimikkeiden määrä varastossa.....	28
5.2	Varastointimenetelmät.....	28
5.3	Varaston layout ja varastopaikkajärjestelmä	29
5.4	Varastopaikkajärjestelmä.....	30
5.5	Varastoon liittyvät riskit ja kehityskohteet.....	30
6	PALAUTUSVÄRIVARASTON OPTIMOINTIKEINOT	32
6.1	ABC-analyysi	32
6.2	Painoväriin laskurin päivittäminen	33
6.3	Varastopaikkajärjestelmän muutos	34
6.4	Reseptien ja jäännöskomponenttien yhdenmukaistaminen	36
7	KEHITYSTYÖN MENETELMÄT JA VAIHEET	38
7.1	Menetelmät.....	38
7.2	Vaiheet.....	38

8 POHDINTA	40
LÄHTEET	43

1 JOHDANTO

Kiertotalousajattelun ja EU:n pakkaus- ja pakkausjätedirektiivin (PPWR) vaatimusten myötä painoteollisuudelta odotetaan entistä enemmän toimia ympäristö- rasituksen vähentämiseksi ja materiaalien tehokkaammaksi hyödyntämiseksi. Painoteollisuuden toimijat joutuvat vastaamaan entistä tiukempiin ympäristövaatimuksiin, samalla kun kilpailukyky edellyttää jatkuvaa prosessien ja materiaalihallinnan kehittämistä.

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona pakkausalalla toimivalle yritykselle. Palautusvärivaraston optimointi nousi tarpeelliseksi erityisesti sen vuoksi, että varastoon oli sitoutunut huomattava määrä pääomaa ja se liittyy suoraan sekä toiminnan tehokkuuteen että ympäristövastuullisuuteen. Kehitystyö nähtiin keskeisenä keinona lisätä materiaalien kiertoa, pienentää hävikkiä ja parantaa kokonaisprosessin tehokkuutta. Työssä keskityttiin ainoastaan palautusvärivarastoon. Siksi esimerkiksi painovärien hankintaprosessia, tilaustoimitusketjua tai värinsekoitusjärjestelmän tarkempia ominaisuuksia ei huomioitu.

Työssä hyödynnettiin kattavan kirjallisuuskatsauksen lisäksi ABC-analyysiä sekä haastatteluja. Työn suunnitteluvaiheessa ideoiden jäsentämiseen sekä loppuvaiheessa tekstin kommentointiin hyödynnettiin tekoälyä. Sen käytössä noudatettiin asianmukaista kriittisyyttä ja vastuullisuutta. Lisäksi työssä otettiin huomioon painoteollisuutta koskeva lainsäädäntö ja Lean-ajattelun keskeiset periaatteet. Näin varmistettiin, että kehitysehdotukset pohjautuvat ajantasaiseen teoriaan ja ovat paitsi käytännönläheisiä, myös kestäväen kehityksen mukaisia.

2 AALTOPAHVIN VALMISTUS JA PAINATUS

2.1 Aaltopahvin raaka-aineet

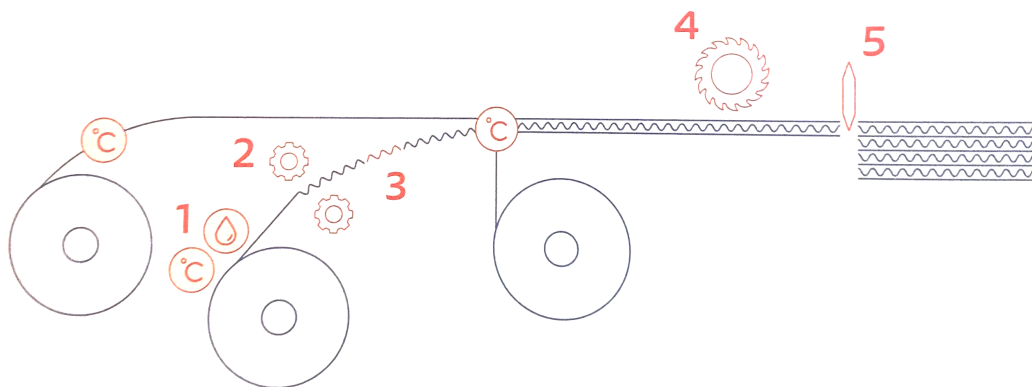
Aaltopahvi koostuu aallotus- ja pintakartongista, jotka liimataan yhteen tärkkelysliimalla. Tärkkelysliima voi olla maissi-, peruna- tai vehnätärkkelystä. Tärkkelysjauheen ohella käytetään liimassa lisäaineita säätämään esimerkiksi kosteudenkestoa. Tärkkelys gelatinoituu, kun liiman lämpötila on noin 65 °C ja muodostaa nopeasti kuivuvan kierrätyskelpoisen liimasauman. (Laakso & Rintamäki 2003, 14, 33.) Aallotuskartonki, eli fluting pitää pintakartongit halutulla etäisyydellä toisistaan ja antaa siten aallonkorkeuden. Se voi olla ensi- tai uusiokuitupohjaista. Aaltopahvin pitää koossa pintakartonki. Pintakartonkina voidaan käyttää tähän tarkoitukseen kehitettyjä erikoiskartonkeja, kraft- tai testlainereita. Laineri voi olla ruskeaa, valkoista, päällystettyä ja päällystämätöntä. (Jokela 2021, 97–98.)

Kraftlaineri on vahvaa, kaksikerroksista kartonkia, joka on valmistettu pääosin sulfaattisellusta. Pintakerroksessa käytetään neitseellistä kuitua hyvien painatusominaisuuksien vuoksi ja pohjakerroksessa usein OCC-massaa. Lisäaineilla parannetaan esimerkiksi kosteuden kestoa ja painatusominaisuuksia. Kraftlainerin neliömassa vaihtelee 70 ja 400 g/m² välillä. Testlaineri valmistetaan pääosin uusiokuidusta. Sen lujuusominaisuudet ovat kraftlaineria huonommat, mutta niitä voidaan parantaa neliömassaa nostamalla. Neliömassa vaihtelee välillä 100 ja 250 g/m². (Laakso & Rintamäki 2003, 29–31.)

Fluting voi olla ensi- tai uusiokuituista. Ensikuituinen fluting valmistetaan puolike-miallisesta massasta ja sillä on hyvät lujuusominaisuudet. Neliömassa vaihtelee tyypillisesti välillä 100 ja 200 g/m². Uusiokuituinen fluting on lujuusominaisuuksiltaan heikompaa, mikä johtuu kuitujen rakenteesta ja koosta. Sen neliömassa vaihtelee välillä 90 ja 170 g/m². (Laakso & Rintamäki 2003, 31–32.) Aaltopahvissa voidaan käyttää esto- eli barrieerikerroksia aineiden siirtymisen vähentämiseksi (Jokela 2021, 98). Muita raaka-aineita ovat vahvike- ja repäisynauhat, uudelleensuljettavuuden mahdollistavat teipit ja liimat sekä painovärit (Suomen Aaltopahviihdistys ry 2024, 20).

2.2 Aaltopahvin valmistus, jalostus ja kierrätys

Aaltopahvin valmistus alkaa sillä, että aallotuskartonki lämmitetään esilämmitys-sylinterillä, kostutetaan höyryllä (1), sekä aallotetaan (2). Aallonharjoille levitetään tärkkelysliima (3). Samaan aikaan pintakartonkia puretaan rullalta, lämmitetään ja puristetaan aallotuskartongin aallonharjoihin. Yksipuolinen aaltopahvirata johdetaan esilämmityksen kautta liimausyksikölle, jossa aallotuskartongin toisen puolen aallonharjoille levitetään liima. Kolmas esilämmitetty kartonkirata liitetään yhteen tämän liiman kanssa arinaosalla. Nuuttaukset ja oikeaan pituussuuntaiseen leveyteen leikkaaminen tapahtuu pituusleikkurilla (4). Tässä vaiheessa tapahtuu myös radan reunojen leikkaus siistiksi. Seuraavaksi rata johdetaan poikileikkurille leikattavaksi määrämittäisiksi arkeiksi (5). Valmiit arkit pinotaan vastaanottolaitteella, josta pinot siirretään välivarastoon. (Laakso & Rintamäki 2003, 34–35; Suomen Aaltopahviyhdistys ry 2024, 22.) Kuviossa 1 on esitettyä aaltopahvin valmistuksen periaate vaiheina 1–5.



KUVIO 1. Aaltopahviarkkien valmistus (Jokela 2021, 100).

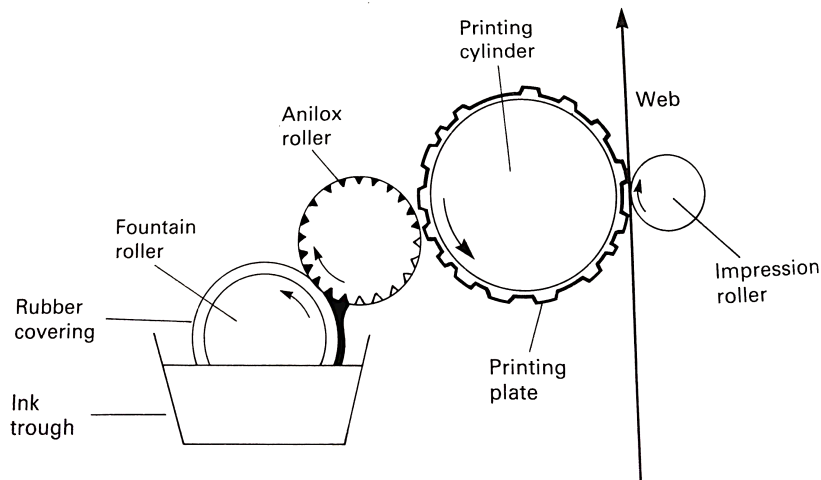
Aaltopahvista valmistetaan muun muassa kuljetus- ja kuluttajapakkauksia, kontteja sekä myyntitelineitä. Pakkaukset ovat hygieenisinä, kevyitä, lujia ja kierrätettäviä. Pakkaus voidaan suunnitella pakattavan tuotteen mittojen ja sen tarvitsemien suojausominaisuuksien perusteella. Materiaalia voidaan painaa useilla painatusmenetelmillä, kuten flekso-, offset-, digi-, ja silkkipainolla ja se soveltuu automaattisille pakkaus- ja täyttökoneille. Tarkoituksenmukaisin painomenetelmä valikoituu pakkauksen vaatimusten perusteella ja haluttu rakenne saavutetaan laaka- tai rotaatiostanssauksella. (Jokela 2021, 95, 101–103.)

Lähes 100 % Suomessa markkinoille saatetuista aaltopahvipakkauksista kierrätetään. Materiaalia voidaan käyttää muun muassa hylsykartongin materiaalina. Kuitupakkausten tuottajavastuuvaatimusten täyttymisestä Suomessa vastaa Suomen Kuitukierrätys oy. (Jokela 2021, 105.) Puukuitua voidaan kierrättää 5–7 kertaa ja elinkaarensa lopussa se voidaan hyödyntää energian tuottamiseen (Keräyspaperi on arvokas raaka-aine 2021).

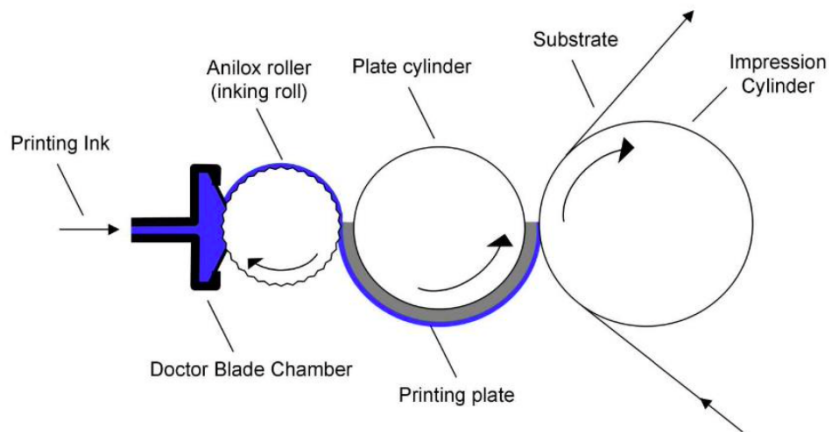
2.3 Fleksopainatuksen toimintaperiaate

Fleksopainatus on erityisesti pakkausteollisuudessa käytettävä kohopainomenetelmä, jossa matalaviskootin painoväri siirtyy aniloksi- eli rasteritelalta kohokuvioiselle ja joustavalle painolevyille ja painonipissä arkille. Rasteritelan pinnalla on rasterikuppeja, joilta painoväri siirtyy painolevyille, josta edelleen painettavalle materiaalille paino- ja vastasynterin muodostamassa nipissä. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2007, 75–76.) Rasteritelan pyöriessä kaavausterä pyyhkii ylimääräisen painovärin. (Assaifan ym. 2020).

Perinteinen värilaitte koostuu värialtaasta ja siinä pyörivästä allas- eli nostotelasta sekä painovärin painotelalle siirtävästä rasteritelasta. Käyttämällä ylimääräisen painovärin pyyhkivää kaavausterää, saadaan värimäärän tasaisuutta parannettua. Uudemmat fleksopainokoneet perustuvat kammiokaavainjärjestelmään, jossa rasteritelan sivulla on värialtaan korvaava umpinainen kammio. Kammion ylä- ja alapuolen muodostaa kaavausterät (Laakso & Rintamäki 2003, 70–71; Viluksela ym. 2007, 79–80.) Alla olevissa kuvioissa 2 ja 3 on esitettyä sekä perinteinen nostotelallinen että kammiokaavainjärjestelmään perustuva painoyksikkö.



KUVIO 2. Nostotelallisen painoyksikön rakenne (Leach & Pierce 1993, 34).

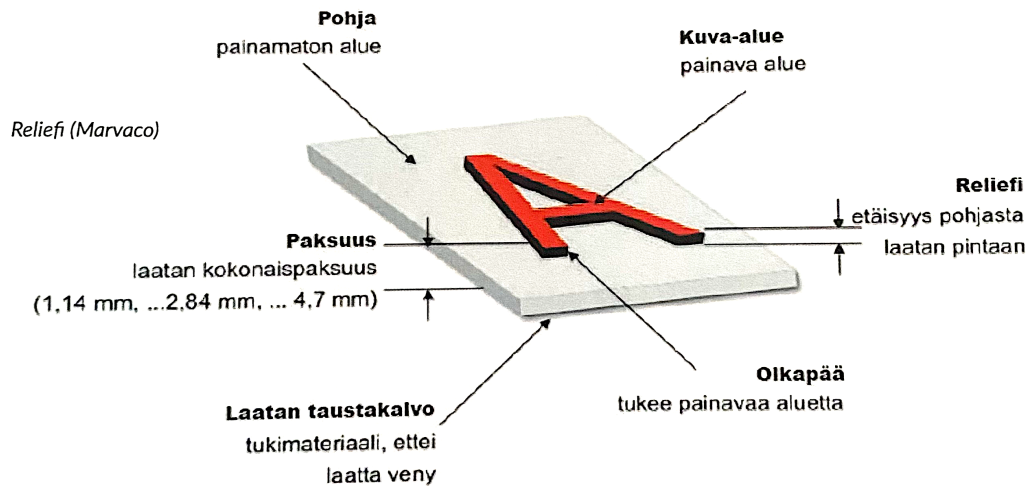


KUVIO 3. Kammiokaavainjärjestelmä (Lankinen 2021, 57).

Fleksopainossa käytettävät painolevyt valmistetaan tyypillisesti fotopolymeeristä. Materiaali on mahdollistanut suuremmat rasteritiheydet, parantanut painolevyjen mittapysyvyyttä sekä nopeuttanut niiden valmistusprosessia. Fotopolymeerilevy voidaan valmistaa CTP-tekniikalla laservalotuksella tai valottamalla negatiivifilmin läpi UV-valolla. (Viluksela ym. 2007, 77–78.)

Käytettävät painovärit sekä painettava materiaali vaikuttavat painolevyn valintaan. Vääränlainen valinta huonontaa painatuksen laatua. Fleksopainolevyjen kovuus vaihtelee välillä 32–82 Shore A -asteikolla. Aaltopahvin painatuksessa käytetään pehmeitä levyjä materiaalin epätasaisuuden vuoksi. Fleksopainolevyn paksuus vaihtelee välillä 0,76–6,35 mm, mutta tyypillisesti se on välillä 1,14–2,84

mm. (Izdebska 2016.) Alla olevassa kuviossa 4 on esitettyä painolevyn painava pinta, reliefi, joka on koholla levyn pohjakerrokseen nähden.



KUVIO 4. Painolevyn rakenne (Suomen Aaltopahviihdistys ry 2024, 49).

2.4 Fleksopainovärit

Toimeksiantajalla on käytössä vesipohjaiset, kuparittomat värit. Fleksopainatusessa käytetään vesipohjaisten painovärien lisäksi liuotinpohjaisia ja energiakovertuvia painovärejä (Assaifan ym. 2020). Fleksopainovärit ovat matalaviskoottisia ja nopeasti kuivuvia (Narakornpijit 2018, 16). Viskositeetti on virtausvastuksen mittari ja sitä voidaan mitata manuaalisesti esimerkiksi DIN-kupilla sekä automaattisesti ajon aikana viskosimetrillä (FIRST 2017, 262). Fleksopainoväri muodostaa 0,8–1 μm värikerroksen ja sen viskositeetti vaihtelee välillä 0,05–0,5 Pas (Kipphan 2001, 135, 139).

Tyypillisesti ammoniakki- tai amiiniliukoisiin hartseihin perustuvat vesipohjaiset fleksopainovärit ovat paloturvallisia ja myrkyttömiä (Frimova 2003). Vesipohjaisten painovärien käyttö imemättömillä materiaaleilla on kuitenkin rajattua tarttumis- ja haihtumisongelmien vuoksi (Aydemir & Özsoy 2020).

Liuotinpohjaisessa painovärissä kantaja-aineena on veden sijaan orgaaninen liuotin. Liuottimen ansiosta painoväri kuivuu nopeasti. (Koivumäki 2024, 9.) Liuotinpohjainen painoväri sisältää VOC-yhdisteitä (Volatile Organic Compound), kuten alkoholeja ja estereitä vaihtelevina pitoisuuksina. Fleksopainettuun tuotteeseen

voi jäädä käytetyn painoväriin liuottimen kokonaismäärästä 3–4 % liuotinta. (Aydemir & Özsoy 2020.)

Energiakovettuvat painovärit jakautuvat elektronisuihku-, eli EB-painoväreihin (Electron Beam Inks) ja UV-kovettuviin painoväreihin (Savastano, 2023). Näistä jälkimmäiset ovat nopean kuivumisen ja korkean värikylläisyyden takia suosittuimpia. EB-painovärien hinta on korkea, mutta niillä on korkea kulutuksenkestävyys ja kiinnostus niitä kohtaan on lisääntynyt lähivuosina fleksopainatuksessa. (Koumaki 2024, 10–11.)

2.5 Painoväriin koostumus

Painoväri koostuu side-, väri-, liuotin- ja lisäaineista. Tärkeimpiä värien ominaisuuksia ovat densiteetti, fyysiset ominaisuudet, kuten kitkaisuus, kiilto, kuivumisnopeus, painettavuus, peseytyvyys painolaatalta ja telalta, sävy sekä ympäristöystävällisyys. (Suomen Aaltopahviihdistys ry 2024, 54–55.) Painoväriin valitessa tulee huomioida väriä vaadittavat ominaisuudet. Väriä on sovittava yhteen käytettävän paino- ja kuivausmenetelmän sekä painettavan materiaalin kanssa. (Leach & Pierce 1993, 7–9.) Komponenttien osuudet fleksopainoväriin ovat tyypillisesti alla olevan Taulukon 1 mukaiset. Taulukossa on esitettyä pigmentin, sideaineen, liuottimen ja lisäaineiden prosenttiosuudet.

TAULUKKO 1. Tyypillinen fleksopainoväriin koostumus (Flexography 2013, 79).

Fleksopainoväriin koostumus	
Pigmentti	4–20 %
Sideaine	10–30 %
Liuotin	40–60 %
Lisäaineet	10–25 %

Väriaineet (colorants) jaotellaan kahteen tyyppiin, pigmentteihin ja liukoisiin väriaineisiin (dyes). Painovärit sisältävät yleensä pigmenttejä niiden paremman valonkeston vuoksi. Pigmentit sirottavat ja absorboivat tiettyä valon aallonpituuksia.

(Narakornpijit 2018, 17–18.) Pigmentin tarkoitus on antaa painovärille väri. Ne lisäävät värin kiiltoa sekä muun muassa lämmönkestoa (Wansbrough n.d). Pigmentin lähde luokitellaan sen orgaanisuuden mukaan. Epäorgaaninen pigmentti valmistetaan mineraaleista ja orgaanisen pigmentti voi olla eläin- tai kasvipohjainen tai esimerkiksi öljystä valmistettu. (Koivumäki 2024, 6.)

Painoväri kiinnittyy painopinnalle sideaineen avulla. Sideaineet antavat värille kalvon painovärin kuivuttua, mutta eivät vaikuta värin sävyyn. Sideaineet vaikuttavat kiiltoon, tarttuvuuteen ja kuivumisnopeuteen. Niitä ovat esimerkiksi alkydit, luonnolliset hartsit, kuten kolofoni tai synteettiset hartsit, kuten fenolihartsit. (Viluksela ym. 2007, 131–133.) Yleisimmin käytetty sideaine fleksopainatuksessa liuotinpohjaisissa väreissä on nitroselluloosa (Flexography 2013, 88). Yleisesti vesipohjaisissa painoväreissä ja lakoissa taas akryylihartsit. Valinta tehdään painomenetelmän mukaan ja sen tulee sopia käytettäväksi liuottimen ja pigmentin kanssa. (Viluksela ym. 2007, 131–133.)

Fleksopainoväreissä käytetään yleensä liuottimena vettä, alkoholeja, aromaattisia ja alifaattisia hiilivetyjä, estereitä ja ketoneita (Aydemir & Özsoy 2020). Liuottimet toimivat sideaineen ja pigmentin kantajana ja vaikuttavat värin levittyvyyteen sekä kuivumisnopeuteen (Viluksela ym. 2007, 133). Flexopainatuksessa liuottimen kiehumispisteen tulee olla alle 120 °C. Tästä esimerkkinä estereihin kuuluva n-propyyliasettaatti. (Wansbrough n.d.) Niiden valintaan vaikuttavat muun muassa haihtuvuus ja liuotuskyky. Liuottimen valinnassa on huomioitava painettava materiaali, painomenetelmä, koneen painatusnopeus sekä valittu sideaine. Elintarvikepakkauksissa tulee käyttää terveydelle vaaratonta liuotinta. Vesiohenteisia värejä käytetään alhaisen haihtuvuuden takia huokoisille, hyvin absorboiville materiaaleille, kuten kartongille (Viluksela ym. 2007, 133.)

Lisäaineilla parannetaan värin ominaisuuksia. Sakeuttamisaineilla vähennetään pintajännitystä ja parannetaan värin levittymistä, UV-stabilisaattorit suojaavat väriä ultravioletivalosta johtuvalta hajoamiselta ja biosidit estävät mikro-organismien kasvua parantamalla näin värin säilyvyyttä. (Koivumäki 2024, 7.) Muita lisäaineita ovat esimerkiksi vaahdonestoaineet, pinta-aktiiviaineet, silikonit ja vahat (Flexography 2013, 94–95).

2.6 Painovärin kuivuminen

Painovärin kuivuminen riippuu värityypistä, painatustavasta, värin reologisista ominaisuuksista, koneen ajonopeudesta sekä painettavasta materiaalista. Kuivastapoja ovat muun muassa haihtuminen, absorptio, hapettuminen ja polymerisaatio. Absorptiossa painovärin nestemäiset komponentit imeytyvät painettavaan materiaaliin. Tähän menetelmään vaikuttaa esimerkiksi painovärin viskositeetti, sideaine sekä painettava materiaali. Kartongin kapillaarirakenne vaikuttaa merkittävästi värin imeytymiseen ja kuivumiseen. (El-Rahman ym. 2021.)

UV-värin kohdalla puhutaan kuivumisen sijaan kovettumisesta. UV-värin sideaineen sisältämä fotoinitiaattori käynnistää polymeraation UV-valon vaikutuksesta. Vesiohenteisissa väreissä veteen dispergoitunut sideaine muodostaa polymeroitua yhtenäisen kalvon veden imeytyessä painettavaan materiaaliin. Tätä kutsutaan emulsioperiaatteeksi. (Viluksela ym. 2007, 137–138.) Liuottimen erotuessa painoväristä sideaine ja pigmentti yhdistyvät muodostaen kovan värikerroksen. Haihtumiseen kuluva aika vesipohjaisten värien kohdalla on tyypillisesti 4,5 kertaa hitaampi verrattuna liuotinpohjaisiin väreihin. Alkoholia voidaan käyttää kuivumisominaisuuksien parantamiseen. (El-Rahman 2021.) Vesipohjaisten painovärien kuivumisaika aiheuttaa oletettua suuremman hiilijalanjäljen (Kliopova-Galickaja & Kliaugaitė 2020).

Liuotinpohjaisista painoväreistä kuivauksen aikana vapautuvat VOC-yhdisteet ovat terveydelle ja ympäristölle haitallisia. Ympäristöhaittoja voidaan vähentää oikeilla suodatus- ja polttomenetelmillä. (Aydemir & Özsoy 2020.) Kliopova-Galickajan ja Kliaugaitėn (2020) mukaan hankittua vesipohjaista painovärikiloa kohti vapautuu keskimäärin noin 0,17 kg VOC-yhdisteitä. Se on 89 % vähemmän liuotinpohjaiseen verrattuna.

2.7 Painovärien valmistus

Painovärit voidaan hankkia halutun sävyisinä painoväritehtaalta tai valmistaa itse värikeittiöllä sekoituslaitteella komponenteista. Fleksopainovärin valmistus alkaa raaka-aineiden sekoittamisella tasaiseksi seokseksi, jonka jälkeen pigmenttipar-

tikkelikasaumien, eli agglomeraattien hajottaminen viimeistellään dispergointivaiheessa myllyjen avulla. Viimeisenä vaiheena ennen värin pumppausta säilytystai kuljetusastiaan on suodatus. Siinä saadaan poistettua jäljelle jääneet suuremmat partikkelit, jotka aiheuttaisivat painatuksessa ongelmia. (Flexography 2013, 104–107.)

Sekoitusjärjestelmä koostuu tyypillisesti komponenttitynnyreistä ja sekoituslaitteistosta. Väri sekoittuu järjestelmään tallennetun reseptin mukaisesti ja se pumpataan asianmukaisesti merkittyihin astioihin. Sekoituksessa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan painokoneilta palautuneita värejä, eli palautusvärejä. Tällöin palautuneen värin päälle valmistetaan tuoretta väriä. (Suomen Aaltopahviyhdistys ry 2024, 55.)

Oikean värimäärän valmistaminen on tärkeää materiaalinkäytön kannalta. Tehokkaalla materiaalinkäytöllä yritys parantaa kestävyyttä. Tarvittavan painovärin määrän voi laskea alla olevan kaavan 1 avulla,

$$Q_i = C_a \cdot A_{cf} \cdot P_w \cdot WO_q \quad (1)$$

missä Q_i on tarvittava painovärin määrä (g), C_a tietyn värin peittämä pinta (%), A_{cf} valitun rasteritelan siirtokerroin (g/m^2), P_w painetun pinnan leveys (m) ja WO_q tilauksen määrä metreinä. Optimoitu painovärin käyttö vaikuttaa valmistusprosessin ympäristöystävällisyyteen merkittävästi. Alla olevan kaavan 2 avulla voidaan laskea valmiin tuotteen valmistukseen kuluneen painovärien (kg), materiaalin (m) ja energian (kWh) suhde käytettyihin kokonaismääriin.

$$ES = \frac{\textit{Finished product consumption (inks \cdot substrate \cdot energy)}}{\textit{Total materials used (inks \cdot substrate \cdot energy)}} \quad (2)$$

Parametrin ES (Environmental Sustainability) suuri luku tarkoittaa materiaalinkäyttöään kestäväää ja tehokasta prosessia. (Krystosiak, Kluczek & Werpachowski 2024.)

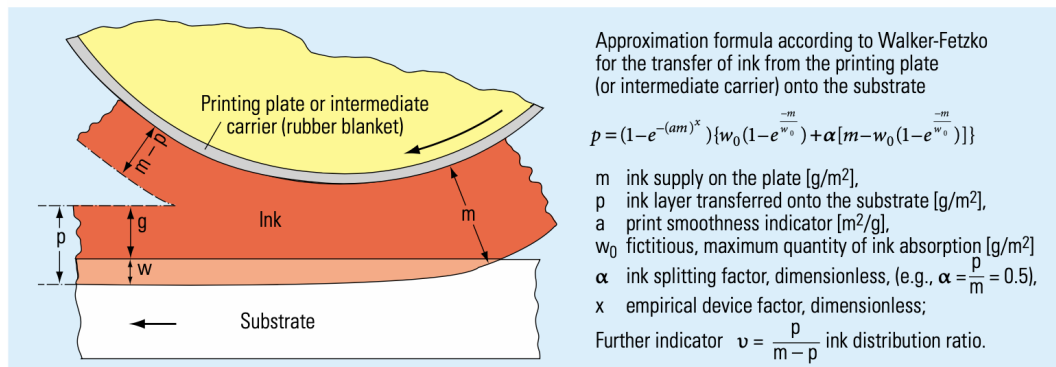
2.8 Painoväriin varastointi

Painovärien varastointi tulee tapahtua niin, että ne eivät vahingoita ympäristöä eikä terveyttä. Väriin vuotaminen ja leviäminen tulee estää varastoinnin ja kuljetuksen aikana ja astian tulee olla tiivis. VOC-päästöjä esiintyy myös varastointiprosessissa. (Aydemir & Özsoy 2020.) Painovärejä sisältävien varastojen tulee olla suojattuja siten, että vuodot maaperään tai vesiin voidaan estää. (Eupia 2013).

2.9 Painoväriin siirtyminen

Laserkaiverruksella valmistettava väriinannotela, eli rasteritela (Anilox) on tyypillisesti keraamisesti pinnoitettu. Telan tehtävä on siirtää sopiva määrä painoväriä painotelan pinnalle. Väriinannotelan rasteritiheys, eli rasterikuppien lukumäärä senttimetriä tai tuumaa kohden, sekä rasterikupin syvyys määrittävät värinsiirtotilavuuden V . Aaltopahvin kohdalla siirtotilavuus on tyypillisesti välillä 3,5–13 cm^3/m^2 . Rasteritiheys (l/cm) vaikuttaa yksityiskohtien toistoon. Mitä suurempi luku, sen tarkempi ja luonnollisempi kuva on. Postprint-fleksopainatuksessa painetun kuvan rasteritiheys on tyypillisesti luokkaa 20–32 l/cm . Tiheyden lisäksi rasteroinnin olennaisia muuttujia ovat rasterikulma, rasterirakenne sekä rasteripisteen muoto. Rasterikulma on vaakatason ja rasterilinjan välinen kulma. (Viluksela ym. 2007, 20, 22–23, 80.) 60° heksagonaalinen kaiverrus on siirron kannalta hyvä ja yleiskäyttöinen valinta (Abbott, 2018, 107).

Värinsiirtoon ja painojäljen muodostumiseen vaikuttavat muun muassa värin pintakemialliset ominaisuudet, kuten värin pintajännitys ja sen suhde kiinteiden pintojen pintaenergiaan. (Viluksela ym. 2007, 135.) Painoväriin siirtyessä painettavalle materiaalille, värikerros halkeutuu. Siihen vaikuttaa muun muassa painolevyllä olevan värikerroksen paksuus, värin reologiset ominaisuudet, puristus, lämpötila, ajonopeus sekä painettavan materiaalin ja painolevyn pintaominaisuudet. (Kipphan 2001, 45.) Alla olevassa kuviossa 5 on esitettyä painoväriin siirtymisen periaate Walker-Fetzkon mukaan.



KUVIO 5. Painovärin siirtyminen (Kipphan 2001, 45).

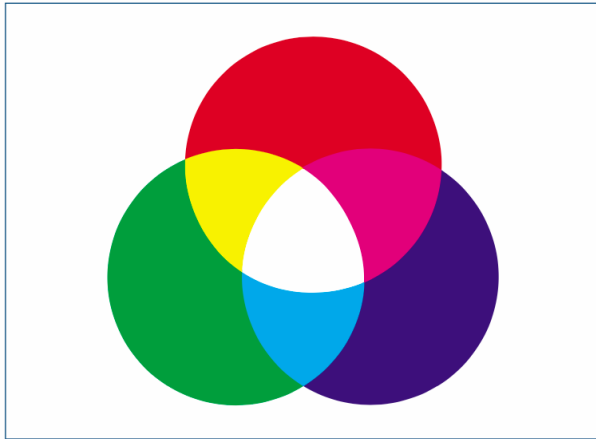
2.10 Väriteoria

Additiivisen mallin perusvärejä ovat punainen, vihreä ja sininen. Niitä käytetään esimerkiksi tietokoneiden näytöissä. (Laakso & Rintamäki 2003, 68). Ne ovat subtraktiivisten värien vastavärejä. CMYK-värimalli on subtraktiivinen, eli vähentävä värimalli, jota käytetään painatuksessa. (Flexography 2013, 159.) Syaani, magenta ja keltainen ovat subtraktiivisia värejä. Ne eivät additiivisten värien tapaan lisää aallonpituuksia mustaan, vaan vähentävät aallonpituuksia valkoisesta valonlähteestä. (Fraser ym. 2004, 20–21.) Syaani, magenta ja keltainen painoväri absorboivat kolmanneksen näkyvän värin aallonpituudesta. Syaani heijastaa sinistä ja vihreää valoa, mutta absorboi punaisen valon. Magenta heijastaa sinistä ja punaista valoa, mutta absorboi vihreää. Keltainen heijastaa punaista ja vihreää valoa ja absorboi sinistä. (Flexography 2013, 161.)

Värisynteesillä tarkoitetaan sekundääristen värien muodostamista primääriväreistä joko additiivisesti tai subtraktiivisesti (Color Synthesis n.d.). Additiivisessa värisynteesissä, kun spektrin kaikki värit ovat päällekkäin, saadaan aikaan valkoinen väri. Additiivisia päävärejä ovat punainen, vihreä ja sininen. Nämä päävärit edustavat kolmannesta näkyvästä spektristä. (Heidelberg 2019.) Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty additiivisesti sekoitetut värit. Kuviossa 6 on havainnollistettu additiivinen värin muodostuminen.

TAULUKKO 2. Additiivisesti sekoitetut värit (Field 1999, 17; Heidelberg 2019).

vihreä + punainen	= keltainen
vihreä + sininen	= syaani
sininen + punainen	= magenta
sininen + punainen + vihreä	= valkoinen
ei valoa	= musta



KUVIO 6. Additiivinen värin muodostuminen (Kipphan 2001, 69).

Subtraktiivinen värisynteesi vähentää valkoisesta valosta eri värikomponentit. Subtraktiivisia päävärejä ovat syaani, magenta ja keltainen. Kun syaani, magenta ja keltainen painetaan päällekkäin, havaitaan musta. Näin tuotettu musta ei kuitenkaan ole kovin syvää mustaa ja siksi painatuksessa hyödynnetään kontrastin parantamiseen mustaa painoväriä. (Heidelberg 2019.) Alla olevassa taulukossa 3 ja kuviossa 7 on esitettyä subtraktiivisesti sekoitetut värit sekä subtraktiivinen värin muodostuminen.

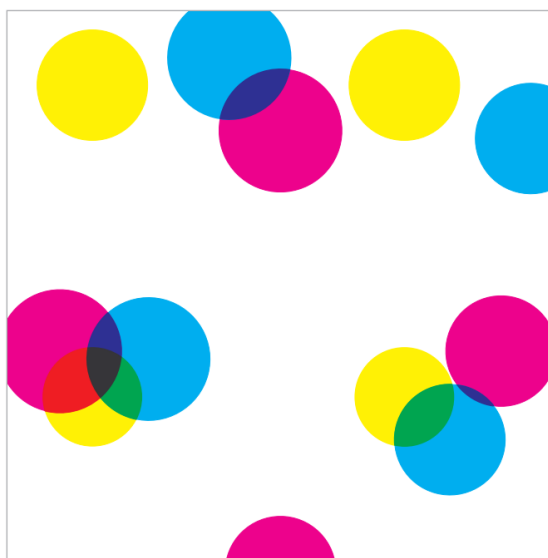
TAULUKKO 3. Subtraktiivisesti sekoitetut värit (Heidelberg 2019).

syaani + keltainen	= vihreä
keltainen + magenta	= punainen
magenta + syaani	= sininen
syaani + magenta + keltainen	= musta
ei väriä	= valkoinen



KUVIO 7. Subtraktiivinen värin muodostuminen (Kipphan 2001, 69).

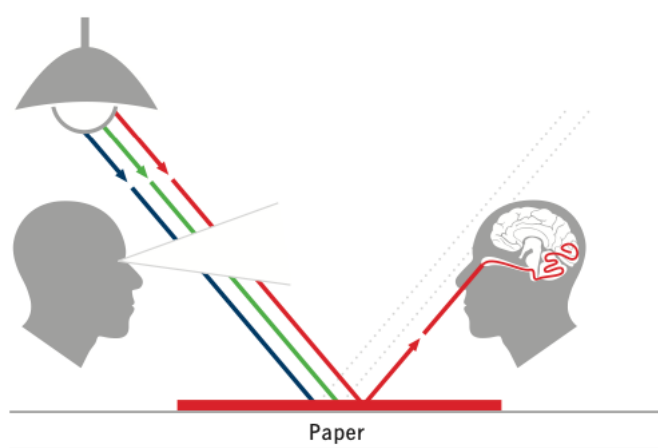
Puhtaasti additiivisia tai puhtaasti vähentäviä värintoistoprosesseja löytyy harvoin värintoistotekniikassa. (Kipphan 2001, 70) Moniväripainatuksessa painetulla pinnalla tapahtuu sekä subtraktiivista ja additiivista värinmuodostumista. (Kipphan 2001, 81) Tällöin osa värien rasteripisteistä ovat vierekkäin, ja osa osittain tai kokonaan päällekkäin. Läheltä katsottuna ihmissilmä havaitsee subtraktiivisen värisynteesin tuloksena olevat värit. Normaailta katseluetäisyydeltä havaitsija ei erota yksittäisiä pisteitä ja painetut värit havaitaan additiivisesti. Additiivisen ja subtraktiivisen värisynteesin yhdistelmää kutsutaan autotyypiseksi värisynteesiksi. (Heidelberg 2019) Alla olevassa kuviossa 8 on esitettyä autotyypinen periaate.



KUVIO 8. Autotyypinen värinsekoitus (Heidelberg 2019).

2.11 CIELab ja ΔE

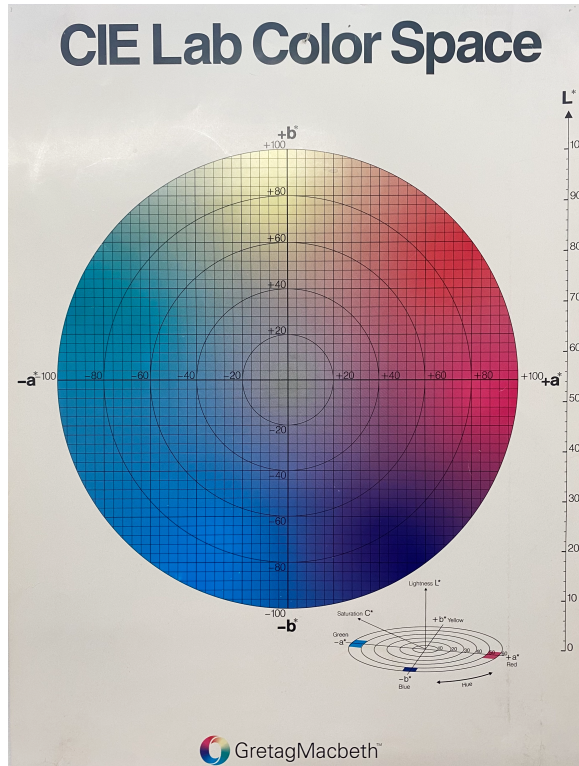
Väri on silmien ja aivojen välittämä aistihavainto. Värivaikutelma syntyy valon säteilyn seurauksena. (Kipphan 2001, 68.) Alla oleva kuvio 9 kuvastaa värin havaitsemista.



KUVIO 9. Värin havaitseminen (Heidelberg 2019).

CIELab-väriavaruus perustuu siihen, miten ihmissilmä havaitsee värin. Jokainen havaitsijan näkemä väri voidaan esittää sijaintina tässä väriavaruudessa. Sijainti

esitetään L^* a^* b^* -arvoilla. (Flexography 2013, 153.) CIELab-värimallissa käytetään kolmea parametria L^* , eli vaaleus, a^* punaisuus tai vihreys sekä b^* , eli värin keltaisuus tai sinisyys. Muutos koordinaatissa aiheuttaa samansuuruisen muutoksen havainnossa, eli malli on havainnollisesti tasavälinen. (Fraser, Murphy & Bunting 2004, 70.) Alla olevassa kuvassa 1 on esitettyä CIELab-väriavaruus.



KUVA 1. CIELab-väriavaruus (Pirinen 2025).

Euklidinen etäisyys väriavaruudessa kuvastaa kahden värin eroa. Sitä kutsutaan ΔE -arvoksi. Matemaattisesti esitettynä värieron on alla olevan kaavan 3 mukainen. (Flexography 2013, 155.)

$$\Delta E = \sqrt{|(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2|} \quad (3)$$

Mitä suurempi lukuarvo tulokseksi saadaan, sitä suurempi värieron kahden näytteen välillä on. Värieron arvoa 2,3 pidetään juuri havaittavissa olevana erona, JND (Just Noticeable Difference). (Lankinen 2021, 19.)

2.12 CMYK- ja spottivärit

CMYK kuvaa neljää värisävyä, eli syaania, magentaa, keltaista ja mustaa (Flexography 2013, 159). Näitä kutsutaan prosessiväreiksi, joita päällekkäin painamalla saadaan luotua monivärisiä painatuskuvia. Prosessiväreillä on kuitenkin joitakin rajoitteita tiettyjen sävyjen muodostamisessa. Spottivärit ovat valmiiksi sekoitettuja värejä, joiden luokittelu perustuu johonkin värijärjestelmään, kuten Pantonen kehittämään standardoituun Pantone Matching System (PMS). Järjestelmässä jokainen väri on numeroitu. Spottiväreillä saadaan aikaan tasainen, peittävä painopinta ja niitä voidaan käyttää CMYK-painatuksen rinnalla lisäväreinä. (Konttila 2015, 12.)

3 PAKKAUSALAA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Materiaalien vaatimustenmukaisuutta, käyttötarkoitusta ja kierrätystä säätelee lainsäädäntö (Kiviranta 2021, 405). Kiertotalouteen liittyen lainsäädäntö perustuu ympäristön kannalta kestäväan pakkauksen suunnitteluun, käyttöön ja jätehuoltoon liittyviin säädöksiin ja standardeihin. Uusi EU:n Pakkaus- ja pakkausjätedirektiivi PPWR (Packaging and Packaging Waste Regulation) tuli voimaan helmikuussa 2025. Se velvoittaa vähentämään pakkausjätettä henkeä kohti vaiheittain vuosina 2030, 2035 ja 2040 sekä edistämään kierrätystä ja pakkausten uudelleenkäyttöä. Direktiivin mukaan kaikkien pakkausten tulee olla kierrätettäviä vuoteen 2030 mennessä. (Ympäristöministeriö 2025.) Valtioneuvoston asetus 1029/2021 pakkauksista ja pakkausjätteistä sisältää vaatimukset pakkausten uudelleenkäytöstä, erilliskeräyksestä, kierrätyksestä sekä raskasmetallipitoisuuksista. (Valtioneuvoston asetus 2021/1029.)

Pakkauksen valmistuksessa käytettäviin kemikaaleihin sekä pakkausmateriaaleihin liittyvä REACH-asetus (EY) No: 1907/2006 koskee kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyjä sekä rajoituksia (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals). EU:n kehysasetus (EY) No: 1935/2004 koskee elintarvikekontaktimateriaaleja ja sisältää suoraan ja välillisesti elintarvikkeiden kanssa kosketuksissa olevat tarvikkeet ja materiaalit. Komission asetuksella (EY) 2023/2006, eli GMP-asetuksella (Good Manufacturing Practice) varmistetaan kontaktimateriaalitoimijan riittävät laadunvalvonta- ja laadunvarmistusjärjestelmät. Suuret kansainväliset elintarvikealan toimijat edellyttävät kontaktimateriaalitoimittajilta jotain GFSI:n (the Global Food Safety Initiative) tunnustaman elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmän noudattamista. Tällaisesta esimerkkinä ovat BRCGS Global Standard for Packaging Materials sekä SQF Food Safety Code for Manufacture of Food Packaging. (Kiviranta 2021, 406-407, 412-413.)

4 VARASTOINTI

4.1 Raaka-aineiden varastointi yleisesti

Varastoiden luokittelu voi perustua niiden toimintoihin, varastoitaviin materiaaleihin sekä esimerkiksi olosuhteisiin. Työssä käsitellään palautusvärivarastoa, joka luokitellaan raaka-ainevarastoksi. Sen tarkoitus on palvella tuotannon tarpeita. Tämän tyyppiselle varastolle on tyypillistä, että nimikkeitä on lopputuotteisiin nähden suhteessa vähemmän. Tyypillisesti raaka-ainevarastoon toimitetaan tuotetta tuotannon tarpeiden mukaan. Raaka-ainevarastossa tulee kiinnittää erityistä huomiota tuotteen säilyvyyteen, sekä tilausten ja toimitusten oikea-aikaisuuteen ja laatuun. (Hokkanen & Virtanen 2012, 16–19.)

4.2 Varastonhallinta ja -ohjaus

Varastonhallintajärjestelmällä hallitaan materiaalien vastaanotto, keräily, hyllytys, hyllypaikka, pakkaus sekä toimitus. Varastonhallinta on varastotasojen hallintaa. Siinä otetaan huomioon varastointikustannukset sekä palvelutasovaatimukset. (Ritvanen 2011, 62.) Varastotasojen luotettavuus perustuu säännölliseen inventaarion. Sen tarkoitus on tunnistaa ja laskea varastossa olevat tuotteet. Inventaarion yhteydessä korjataan saldovirheet. (Hokkanen & Virtanen 2012, 67.)

Varastonohjauksella tarkoitetaan sitoutuneen pääoman hallintaa sekä materiaa-
livojen ohjausta. Onnistuneessa varastonohjauksessa saatavuus, varastotaso ja työmäärä ovat tasapainossa. (Hokkanen & Virtanen 2012, 73.) Varastonohjauksen peruseriaatteita ovat FIFO- ja LIFO-periaatteet. FIFO, eli First-In-First-Out tarkoittaa sitä, että vanhimmat tuotteet käytetään ensin. Tämä sopii käytettäväksi pilaantuvien tuotteiden kohdalla. Vastaavasti LIFO-periaatteen, Last-In-First-Out, mukaisesti viimeiseksi varastoon tullut tuote käytetään ensin, jolloin tuote ei saa olla pilaantuva. (Varastonohjaus 2024.)

4.3 ABC-analyysi

Nimikkeiden saldojen sekä kierron hallintaan voi hyödyntää ABC-analyysiä. Analyysin avulla voidaan tunnistaa liikkumattomimmat nimikkeet ja siten saada käsitys siitä, mihin varaston ohjauksessa tulee keskittyä. (Hokkanen & Virtanen 2012, 74.) Siinä varastonimikkeet luokitellaan valitun tekijän, kuten kulutuksen tai vuosimyyntin perusteella eri valvontaluokkiin (Miettinen 1993, 79).

Luokittelussa käytetään usein jaottelua, jossa A-ryhmä on ensimmäiset 50 % kokonaismyynnistä, B-ryhmä seuraavat 30 %, C-ryhmä seuraavat 18 % ja D-ryhmä viimeiset 2 % (Varastonohjaus 2024). Toinen yleinen luokittelutapa on hyödyntää myös laajennettua Pareton periaatetta luokitellen A-, B- ja C-luokat osuuksin 80–15–5 (Kärkkäinen 2013, 32). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että A-ryhmän tuotteen kierto on nopea ja pienempien ryhmien tuotteet kiertävät hitaammin, mutta niidenkin kohdalla sitoutuneen pääoman suuruutta tarkkaillaan (Varastonohjaus 2024).

4.4 Kiertonopeus

Varastonohjaus vaatii erityistä huomiointia, kun halutaan optimoida varastomäärät ilman varaston kasvatusta turhan suureksi. Ohjauksessa hyödynnetään tunnuslukuja, kuten kiertonopeus. Kiertonopeudella ilmoitetaan, kuinka monta kertaa aikayksikköä kohden varasto kiertää. (Miettinen 1993, 76.) Sitä voi parantaa esimerkiksi tekemällä nimikkeistä ABC-analyysin. Mitä korkeampi kiertoluku, sitä vähemmän pääomaa on sitoutuneena varastoitavaan materiaaliin. (Logistiikan mittaaminen 2024.) Se lasketaan suhteuttamalla varaston arvo materiaalien käyttöön vuoden aikana. Tämän avulla voidaan seurata varaston tuotteisiin sitoutunutta pääomaa. (Hokkanen & Virtanen 2012, 167.) Kiertonopeus voidaan laskea alla olevan kaavan 4 avulla,

$$Kiertonopeus = \frac{\text{Varaston käyttö tai myynti}}{\text{Varaston määrä tai arvo}} \quad (4)$$

missä käyttö on varastosta otetun tuotteen arvo rahana tai käyttö esimerkiksi metreinä tai kiloina. Varaston arvona voidaan käyttää tarkasteluhetken arvoa. (Miettinen 1993, 76–77.)

4.5 Varastopaikkajärjestelmät

Varastoitavien nimikkeiden sijoittelu perustuu yleensä johonkin varastopaikkajärjestelmään. Yleisesti käytössä ovat aktiivi- ja reservipaikat, jolloin keräily tapahtuu aktiivipaikoilta ja reservipaikat toimivat täydennysvarastoina. Aktiivipaikat ovat helpommin saavutettavissa, kuten matalammalla ja lähimpänä olevat hyllyt. Siten reservipaikat sijaitsevat usein ylähyllyillä tai kauempana varastossa. (Varastopaikkajärjestelmä 2024.)

Kiinteäpaikkajärjestelmässä nimikkeillä on omat vakiopaikkansa, mikä helpottaa niiden löytämistä. Jos volyyymi vaihtelee paljon, kyseinen järjestelmä ei ole tilankäytön kannalta tehokas. Tällöin tyhjää tilaa voi ajoittain olla huomattavasti. Monipaikkajärjestelmässä varastoitavat nimikkeet sijoitellaan vapaana oleville paikoille. Tilankäytön kannalta monipaikkajärjestelmä on tehokas, mutta samaa nimikettä saattaa olla varastoituna useissa eri paikoissa. Monipaikkajärjestelmä on järkevä silloin, kun volyyymi vaihtelee paljon. (Varastopaikkajärjestelmä 2024.)

4.6 Lean varastoinnissa

Leanin avulla varaston läpimenoaika lyhenee ja turhat työvaiheet karsitaan, jätteen syntyminen minimoidaan ja varaston tehokkuus paranee. Varasto on siisti, nimike on sille tarkoitettulla paikalla, eikä tavaraa ole työntekijöiden tiellä. Varaston toimivuuden kannalta on huomioitava sen layout ja nimikkeiden tulee olla helposti saavutettavissa. Tällaisessa varastossa hävikki sekä tavaran siirtely on minimoitu. (Laine 2023, 11–12.)

Lean-periaatetta noudattava JIT, eli Just-in-Time-periaate tarkoittaa sitä, että raaka-aineita valmistetaan, kuljetetaan ja siirretään vain todellisessa tarpeessa. JIT nopeuttaa läpimenoa, parantaa laatua sekä pienentää eräkokoja ja varastoa.

(JIT ja imuohjaus 2019.) Yksi Lean-ajattelun keskeisistä työkaluista on 5S-menetelmä. Se parantaa työympäristön ja työskentelyn tehokkuutta, järjestystä sekä työturvallisuutta. 5S-menetelmässä tavarat lajitellaan käyttöasteen mukaan, tarpeettomat poistetaan. Tavarat sijoitetaan loogisesti helposti saataville ja työpisteet pidetään puhtaana. Toimintatavoista luodaan selkeät ohjeet ja standardoituja toimintatapoja noudatetaan. (Viertola 2016, 13.)

5 PALAUTUSVÄRIVARASTON NYKYTILA-ANALYYSI

5.1 Nimikkeiden määrä varastossa

Palautusvärivarastossa nimike tarkoittaa väriastiaa, joka on reseptin mukaisesti valmistettu ja nimetty. Jokaisella reseptillä on oma kulutuksensa ja se voi olla hyvinkin kausittaista riippuen painettavasta pakkauksesta. Palautusvärivarastoon palautuu jokaista jalostuksessa käytettyä painoväriä vähintään jalostuskoneen vaatiman värikierron verran. Palautuva määrä on tällä hetkellä tyypillisesti värikiertoa suurempi.

Varaston luonteen takia sen sisältämien nimikkeiden määrä vaihtelee päivittäin. Kehitystyön alkuvaiheessa varaston koko oli noin 7000 kiloa. Väriastioita oli noin 600 kappaletta ja yli kuusi kuukautta varastossa olleita painovärejä oli kokonaismäärästä alle 18 %. Painovärien kilomäärä pyritään pitämään kohtuullisena, eikä nimikkeiden lukumäärä varastossa itsessään ole ongelma. Tarkoituksena on, että varastossa oleva nimikemäärä kiertää eikä hukkaa pääse syntymään.

5.2 Varastointimenetelmät

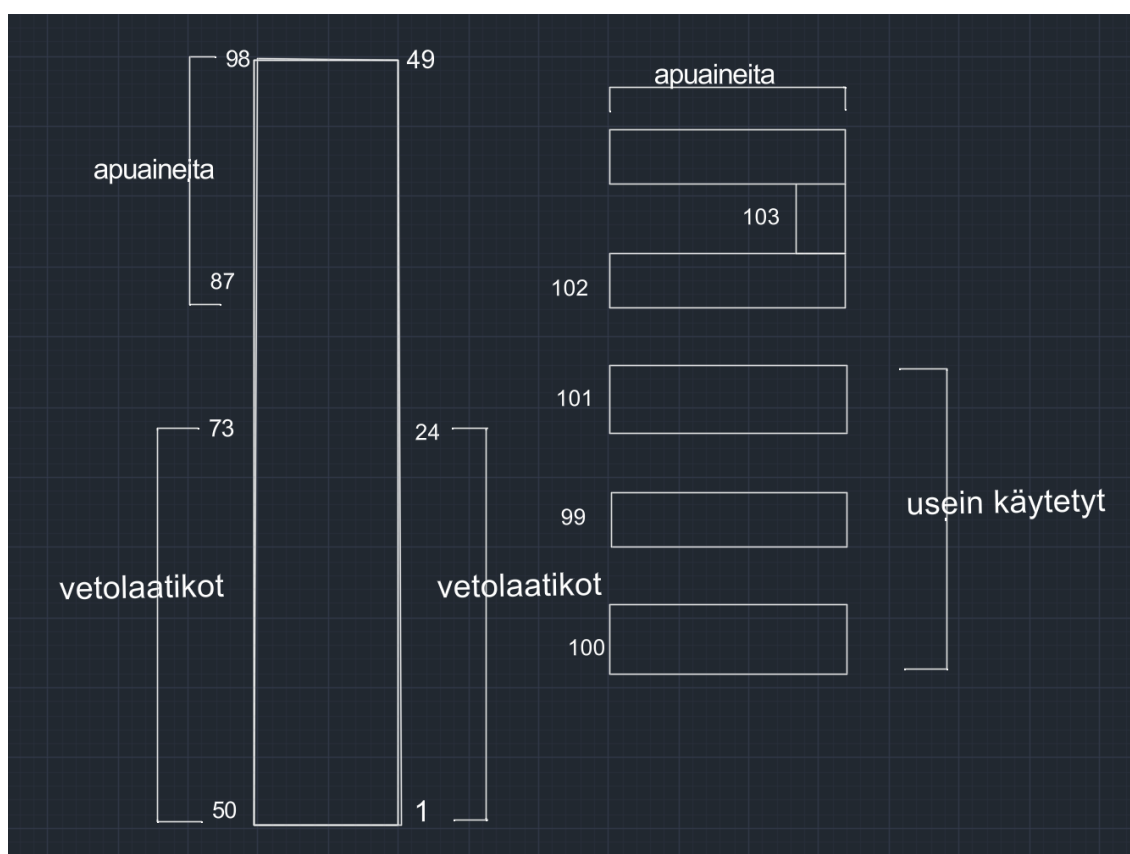
Fleksopainovärien varastointilämpötila vastaa käyttöturvallisuustiedotteissa esitettyä lämpötilaa. Väritoimittajalta tilatut komponentit säilytetään värikeitin alapuolella, josta ne saadaan liitettävä sekoituslaitteistoon helposti. Komponentit toimitetaan ja säilytetään 200 litran tiiviisti suljetuissa tynnyreissä. Käyttöön otettaessa komponentti liitetään sekoituslaitteistoon, joka pumppaa tarvittavan määrän väriä sekoituslaitteelle. Järjestelmä sekoittaa komponentteja tietyin väliajoin, jotta ne eivät sakkaannu.

Komponenteista valmistetut painovärit varastoidaan palautusvärivarastossa. Ne säilytetään astioissa, jotka ovat materiaaliltaan polypropeenaa. Väritoimittaja takaa avaamattomalle painovärielle vuoden säilymisajan. Avatulle, ja painatuksesta palautuneelle väriä toimeksiantajan värilaboratorion operaattori ja väritoimittaja kertovat säilymisajaksi noin kuusi kuukautta. Pitkään hyllyssä olleesta väristä haihtuvat amiinit ja värin pH putoaa. Värin käyttökelpoisuuden varmistaminen tapahtuu värikeitillä silmämääräisesti. Palautuessa jalostuskoneelta väriastia

punnitaan, etiketöidään ja varastoidaan vapaana olevalle järjestelmän osoittamalle paikalle. Yli kuusi kuukautta hyllyssä olleita värejä saadaan käytettyä jäänös-komponentteihin tehokkaasti.

5.3 Varaston layout ja varastopaikkajärjestelmä

Hyvin suunniteltuna varaston layout voi vähentää keräilyaikoja ja siten parantaa toiminnan tehokkuutta. Palautusvärivarasto on layoutiltaan yksinkertainen. Layout on esitetty kuviossa 10, jonka mukaisesti hyllypaikat on numeroitu juoksevasti ja apuaineiden paikat on nimetty asianmukaisesti.



KUVIO 6. Karkea Layout palautusvärivarastosta.

Varasto koostuu yhdestä pitkästä kaksipuolisesta, kaksikerroksisesta hyllystä sekä lyhyemmistä hyllyistä 99–103. Paikkojen 1–24 ja 50–73 alahyllyt on korvattu vetolaatikoilla. Vetolaatikoihin mahtuu yhteensä 240 väriastiaa. Yhteensä koko varastoon mahtuu noin 700 astiaa. Paikat 87–98 on varattu apuaineille. Tällä hetkellä usein käytössä olevat painovärit ovat sijoitettuna paikoille 99–101. Ylähyllyt

ovat suhteellisen korkealla ja painavien väriastioiden nostaminen sinne on haastavaa. Painavimmat astiat pyritään sijoittamaan alahyllyille mahdollisuuksien mukaan.

5.4 Varastopaikkajärjestelmä

Varastopaikkajärjestelmä on monipaikkajärjestelmä, jossa nimike sijoitetaan vapaana olevalle, mahdollisimman pieninumeroiselle hyllypaikalle. Varastopaikan määrää osittaisena varastonhallintajärjestelmänä toimiva värinsekoitusjärjestelmä. Monipaikkajärjestelmä on toimiva, sillä palautusvärivaraston nimikkeet ja niiden lukumäärä vaihtelee voimakkaasti lukuun ottamatta apuaineita, joita säilytetään sovitulla paikoilla. Kiinteäpaikkajärjestelmä aiheuttaisi tämän tyyppisessä varastossa turhaa tyhjää tilaa. Numerointiin perustuva hyllypaikan valinta on järkevä.

5.5 Varastoon liittyvät riskit ja kehityskohteet

Tässä osiossa arvioidaan palautusvärivaraston nykytilaan liittyviä riskejä. Varaston nimikkeisiin, eli painoväreihin liittyviä riskejä ovat tuotannon keskeytyminen painovärivirheen tai värin saatavuuden takia, sekä värin vanhentuminen ja siitä aiheutuva hukan syntyminen. Saatavuuden häiriöt voivat johtua väriä valmistettaessa esimerkiksi sekoitusjärjestelmän komponentin pumppuviasta ja siten estyneestä värinsekoituksesta. Painovärivirheellä tarkoitetaan esimerkiksi tapausta, jossa haluttuun sävyyn ei jalostuskoneella päästä. Painovärin vanhentuminen johtuu tyypillisesti kyseisen reseptin pienestä kiertonopeudesta. Huomioitavaa on, että väristä johtuvia reklamaatioita toimeksiantajalla ei ole juuri ollenkaan.

Työturvallisuus värivarastossa vastaa toimeksiantajan korkeita standardeja ja se on huomioitu toiminnassa asianmukaisesti. Asian tutkimisen tuloksena voidaan kuitenkin todeta, että vetolaatikoiden määrä on alimitoitettu suhteessa nimikkeiden määrään tällä hetkellä. Väriastian nostaminen ylähyllyille sekä myös alahyllyille on työturvallisuusriski. Mikäli kaikki hyllypaikat sijaitisivat vetolaatikoissa, korkealle ja vastaavasti hankalille alahyllyille nostamiselta vältyttäisiin.

Varaston kilomääräistä kasvua aiheuttavana tekijänä voidaan pitää matemaattisen hyödyntämisen tehottomuutta. Se aiheuttaa palautusvärivaraston kilomäärän kasvua jo hyvin pienellä aikavälillä. Hyödyntäminen toimisi paremmin, mikäli reseptien runko olisi yhdenmukaisempi. Matemaattisella hyödyntämisellä tarkoitetaan palautusvärin käyttöä uutta väriä tehdessä sen sijaan, että tekisi täysin uuden värin.

Palautusvärivaraston kehityskohteiksi tunnistettiin vetolaatikoiden määrän ja matemaattisen hyödyntämisen tehostamisen lisäksi hyllypaikkojen numerointi, varastopaikkajärjestelmän toiminta, sekä värinkulutuksen tarkistamiseen käytettävä laskuri. Tällä hetkellä numerointi alkaa juoksevasti oikealta puolelta pitkää hyllyä, josta se palaa toiselle puolelle, kuten kuviossa 10 on esitetty. Varastopaikkajärjestelmän on tehoton ilman aktiivi- ja reservipaikkoja aiheuttaen keräilyajan kasvamista. Värinkulutuksen tarkistamiseen käytettävä laskuri on edellytys oikean värimäärän valmistamiseen.

6 PALAUTUSVÄRIVARASTON OPTIMOINTIKEINOT

6.1 ABC-analyysi

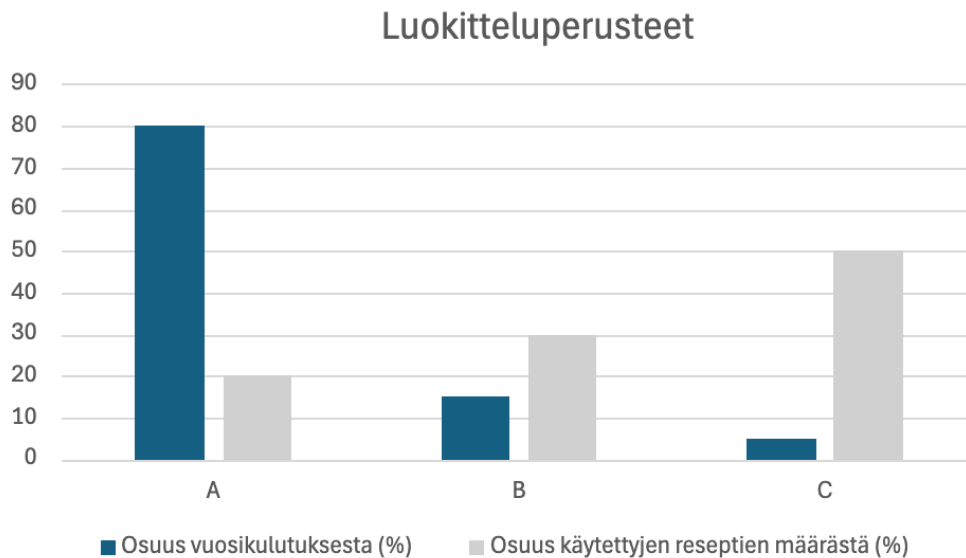
Palautusvärivarastossa olevien varastonimikkeiden kulutuksen vaihdellessa voimakkaasti, päädyttiin kulutusperusteisen ABC-analyysin tekemiseen. Nimikkeen, eli tietyn painovärin palvellessa tuotannon tarpeita, ei nimikkeen vuosimyyntiin perustuvaa analyysia kannattanut tehdä. Kulutus pohjaista ABC-analyysia voidaan merkittävimpana keinona varastonohjauksen parantamiseen kyseessä olevan varaston tapauksessa.

Nimikekohtaisen vuosikulutuksen saaminen värinsekoitusjärjestelmästä onnistui yksityiskohtaisten raporttien muodossa. Jotta dataan saatiin sisällytettyä kausittaiset nimikkeiden sekä nimikkeiden kulutuksen vaihtelut, käytettiin rajausta valitsemalla ajanjaksoksi 1.1.-31.12.2024. Aineiston kerääminen oli ripeää järjestelmän ketteryyden ansiosta. Raporttien siirtäminen Exceliin helpotti niiden vaatimaa käsittelyä ja järjestelyä käyttökelpoisemmaksi dataksi. Exceliä käytettiin laskentatyökaluna ja värikoodausta hyödynnettiin selkeän datan saamiseksi.

Varaston nimikkeet jaoteltiin taulukon 4 ja kuvion 11 mukaisesti A-, B- ja C-luokkiin siten, että vuosikulutuksesta 80 % muodostavat reseptit määriteltiin A-luokkaisiksi, seuraavat 15 % B-luokkaisiksi ja loput 5 % C-luokkaisiksi. A-luokkaisten reseptien määräksi saatiin 20 % vuonna 2024 käytetyistä resepteistä, kun B-luokkaiset edustivat 30 % ja C-luokkaiset loppuja 50 %.

TAULUKKO 4. Luokitteluperusteet ABC-analyysissa.

Luokka	Osuus vuosikulutuksesta (%)	Osuus käytettyjen reseptien määrästä (%)
A	80	20
B	15	30
C	5	50



KUVIO 7. Luokitteluperusteet pylväsdiagrammilla esitettynä.

Yllä esitetyn taulukon 4 ja kuvion 11 avulla huomataan A-luokkaisten nimikkeiden noudattavan Pareton periaatetta, jossa 20 % nimikkeistä muodostaa 80 % kokonaiskulutuksesta. ABC-analyysiin perustuva luokittelu auttaa jatkossa tunnistamaan huonommin kiertävät nimikkeet ja tehostamaan niiden käyttöä jäännöskomponentteihin sekä siten minimoimaan hukkaa entisestään. Näistä nimikkeistä huonosti jäännöskomponentteihin sopivat painovärit joutuvat suurennuslasin alle. Tällaisissa tapauksissa voisi olla aiheellista muokata reseptiä yksinkertaisemmaksi ja siten jäännöskomponentteihin paremmin kelpaavaksi.

C-luokkaiset nimikkeet lisäävät varastoon sitoutunutta pääomaa, siksi niiden tunnistaminen lisää ABC-analyysin taloudellista merkittävyyttä. Tässä kehitystyössä oli tarkoituksenmukaista hyödyntää koko edellisen vuoden kulutusta riittävän ajantasaisen ja kulutuksen vaihtelut huomioon ottavan datan saamiseksi. Ajantasaisen ja oikein kohdennetun luokittelun ylläpitämiseksi tulisi analyysi toistaa vuosittain. ABC-analyysin valinta käytettäväksi analyysimenetelmäksi perustui sen yleisyyteen sekä sen sovellettavuuteen kulutukseen perustuvaksi. Analyysi oli helposti toteutettavissa ja Excelin hyödyntämisen vuoksi virheiden määrä saatiin minimoitua.

6.2 Painoväri-laskurin päivittäminen

Värikeitissä on käytössä Exceliin tehty laskuri värimäärän selvittämiseen. Se huomioi olennaisimmat asiat, kuten arkkien koon ja määrän, peittoprosentin, rasteritelan sekä painokoneen vaatiman värikierron. Laskurin käyttämässä kaavassa on huomioituna kerroin, joka korjaa telan siirtämän värin tilavuuden noin kolmannekseen. Jotta laskurin luotettavuus saataisiin tarkistettua ja siten palautuvan painovärin määrä minimoitua, olisi painokoneiden värikierron tarkistus tarpeen. Kannattavaa olisi myös huomioida CMYK- ja spottivärien kulutuksen ero. Lisäksi hyödyllistä voisi olla selvittää, onko päällystämättömän ja päällystetyn materiaalin värinkulutuksen ero taloudellisesti merkittävä. Mikäli on, voisi kustannustehokkuutta parantaa käyttämällä omia kertoimia värimäärää laskiessa. Toimeksiantajan laboratorioinsinöörin kanssa asiaa pohdittaessa, tullaan päätökseen, että eron selvittäminen voisi onnistua värin absorptioarvoa tutkimalla laboratoriossa.

Luotettava ja selkeä laskuri vähentäisi liian pienten ja suurten värimäärien lähettämistä jalostuskoneille. Optimoiduilla määrillä välttyttäisiin varaston turhalta kilomääräiseltä kasvulta. Laskurin päivittäminen nykyistä versiota tarkemmaksi on perusteltua, sillä se laskisi varastoon sitoutuneen pääoman määrää. Optimaalisen värimäärän valmistaminen jalostuskoneelle parantaa prosessin materiaalinkäytön tehokkuutta kaavan 2 mukaisesti. Kun oletetaan, että nimittäjän "Total materials used" muuttujat pysyvät painoväriä "inks" lukuun ottamatta samana. Painovärimäärää optimoimalla osoittajan "Finished product consumption" ero nimittäjään kapenee ja tuloksena on materiaalinkäytöltään tehokkaampi prosessi. Huomioitavaa kuitenkin on, että painoväriä on valmistettava joka tapauksessa jalostuskoneen vaatiman värikierron verran enemmän, eli täydelliseen vastavuuteen vaaditun ja valmistetun värimäärän suhteen ei todellisuudessa päästä.

6.3 Varastopaikkajärjestelmän muutos

Työssä toteutettu ABC-analyysi toimii pohjana varastopaikkajärjestelmän muutokselle. Varastopaikkajärjestelmän säilyttäminen monipaikkajärjestelmänä painovärien osalta on kannattavaa. Apuaineiden suhteen on kannattavaa pysyä kiinteäpaikkajärjestelmässä. Monipaikkajärjestelmä yhdistettynä aktiivi- ja reservi-

paikkajärjestelmään tehostaisi työskentelyä varastossa. Jotta aktiivipaikat saataisiin rajattua lähellä oleviin vetolaatikoihin, olisi hyllypaikkojen numeroinnin muutos tarpeen, sillä järjestelmä tarjoaa aina pienintä mahdollista numeroa. Nykyisen tilanteen (kuvio 12) sijaan kannattaisi numerointi olla kuvion 13 mukainen.

16	8
15	7
14	6
13	5
12	4
11	3
10	2
9	1

KUVIO 8. Nykyinen hyllypaikkojen numerointitapa.

16	15
14	13
12	11
10	9
8	7
6	5
4	3
2	1

KUVIO 9. Toimivampi hyllypaikkojen numerointitapa.

Varastopaikan määräytyminen kulutus pohjaisesti tekisi varastosta tehokkaamman. Selvityksen mukaan käytössä olevat A-luokan värit mahtuisivat uudelleennumeroitaville vetolaatikkopaikoille. Siten eniten kiertävät värit olisivat sijoitettuna turvallisille ja lähellä oleville hyllypaikoille. B-luokan värit sijoitettaisiin A-luokkaisen perään ja siten C-luokkaiset kauimmaiseksi niin sanotuille reservipaikoille. Apuaineiden sijoittaminen nimetyille, kiinteille paikoille 99–101 olisi kannattavaa, sillä värikeittiössä työskentelevien henkilöiden mukaan paikkojen sijainti on järkevä ja astioiden nostaminen niihin helppoa.

Tämän kaltainen järjestys varastossa lyhentäisi keräilyaikoja ja siten tehostaisi toimintaa värikeittiössä. A-luokkaisten nimikkeiden sijoittaminen uudelleen numeroituihin vetolaatikoihin olisi merkittävää värikeittiössä työskentelevien henkilöiden näkökulmasta, sillä se parantaisi nostamiseen liittyvää työergonomiaa ja lyhentäisi käveltyä matkaa. Reservipaikoilla sijaitsevia C-luokkaisia värejä olisi helppompaa hallita ja käyttää jäännöskomponentteihin verrattuna nykytilanteeseen, jossa kaikki värit kulutuksesta riippumatta ovat sekaisin varastossa.

Varastopaikkajärjestelmän muutos olisi erityisesti keräilynopeuden ja riskien minimoimisen kannalta merkittävä. Vaikka tämän tyyppisessä varastossa kävelty matka ei sinällään ole pitkä, eikä siten keräilyajan lyhentyminen yhden tuotantotyön kohdalla vaikuta merkittävältä, voi se olla päivä-, viikko- tai kuukausitasolla merkittävämpi. Värikeittiön henkilöstö arvioi painoväriin toimitusajaksi jalostuskoneelle noin 10–15 minuuttia. Tämä aika sisältää painoväriin sekoitusajan, palautusväri-varastosta hyödynnettävän palautusväriin hakemisen, eli keräilyajan, sekä toimitusajan jalostuskoneelle. Mikäli jalostuskone ei painoväristä johtuen ole käynnissä, voidaan keräilyajan optimoinnin merkitys osoittaa jalostuskoneen seisomien hinnalla.

Väri-sekoitusjärjestelmän tehostaminen varastopaikkajärjestelmän muutoksen suhteen edellyttää todennäköisesti laitevalmistajan asiantuntemusta. Ehdotetun varastopaikkajärjestelmän muutoksen voidaan todeta olevan linjassa myös Lean-menetelmän, 5S:n, periaatteiden kanssa, sillä sen avulla voidaan vähentää tuottamattomia vaiheita työskentelyssä sekä tukea turvallista ja ergonomista työskentelyä.

6.4 Reseptien ja jäännöskomponenttien yhdenmukaistaminen

Painovärireseptien yhdenmukaistaminen tehostaisi nimikkeiden kiertonopeutta, sillä väri-sekoitusjärjestelmä tarjoaa hyödynnettäväksi painovärejä niiden sisältämien komponenttien perusteella. Näin ollen perusrunkoinen resepti on monikäyttöisempi hyödyntämisen suhteen. Uusien reseptien kohdalla tulisi huomioida

helposti kiertäväksi todetut komponentit. Vastaavasti jäännöskomponentin rungon pitäminen mahdollisimman monikäyttöisenä kasvattaisi niiden käyttömäärää.

Lisäksi jäännöskomponenttien tekoa varten olisi hyvä saada värinsekoitusjärjestelmästä ilmoitus yli kuusi kuukautta varastossa säilytetyistä nimikkeistä esimerkiksi kuukausittain. Manuaalisena vaihtoehtona voisi olla raportin tulostaminen järjestelmästä ja sen läpikäyminen vanhimpien värien tunnistamiseksi. Reseptien ja jäännöskomponenttien yhdenmukaistamisella parannetaan varaston kiertonopeutta, vähennetään sitoutunutta pääomaa ja hukkaa sekä tehostetaan varastohallintaa.

7 KEHITYSTYÖN MENETELMÄT JA VAIHEET

7.1 Menetelmät

Tutkimukselliselle opinnäytetyölle ominaisesti, työssä etsitään uutta tietoa rajattuun aiheeseen sekä ehdotetaan kartoitettuja kehittämistapoja. Kyseessä on kehittämistehtävä, jonka tavoitteena on käytännön toiminnan parantaminen, johon liittyy systemaattinen kirjallisuuskatsaus, nykytila-analyysi, kehityskohteiden tunnistaminen sekä parannusehdotusten laatiminen. Työssä esitettävä teorian tieto pyrittiin valitsemaan mahdollisimman kohdennetusti tukemaan kehitystehtävää kattavan kokonaiskuvan rakentamiseksi. Työssä hyödynnettiin myös haastateltuja, värinsekoitusjärjestelmästä saatuja raportteja sekä järjestelmän toimintojen testaamista käytännössä.

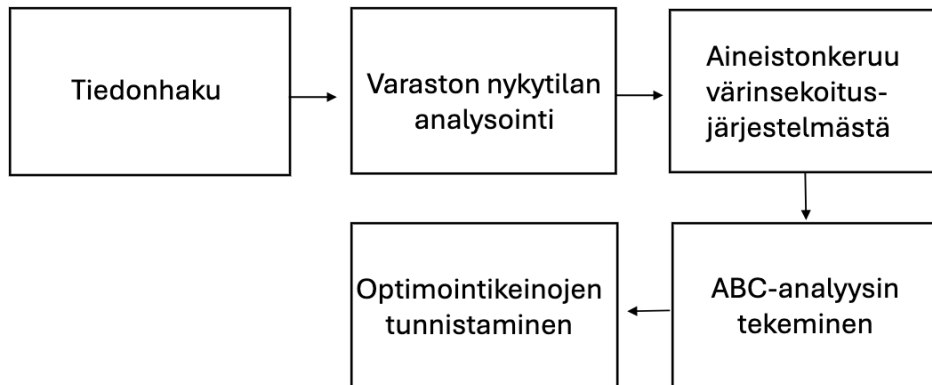
Menetelmien valinta perustui siihen, että kehittämistehtävässä oli tärkeää saada tarkkaa ja kohdennettua tietoa palautusvärivaraston tilasta sekä siellä työskenteilyn erityispiirteistä. Koska tavoitteena oli konkreettisten kehitysehdotusten laatiminen, käytännönläheinen lähestymistapa oli perusteltua.

Kyselyiden käyttö ei olisi palvellut tämän opinnäytetyön tavoitteita yhtä hyvin kuin haastattelut. Kyselyt olisivat todennäköisesti jääneet pintapuolisiksi ja vastausprosentti olisi saattanut jäädä alhaiseksi. Nämä seikat olisivat heikentäneet saadun tiedon luotettavuutta. Haastattelut sen sijaan mahdollistivat lähestymistavan, jossa haastateltavat pystyivät tarkentamaan näkemyksiään ja antamaan yksityiskohtaisia vastauksia. Näin varmistettiin aineiston laadukkuus, mikä oli olennaista optimointikeinojen tunnistamiseksi ja kehitysehdotusten perustelemiseksi.

7.2 Vaiheet

Laadukkaan kehitystyön toteuttamiseksi, tuli teoriaosassa esitettäviin asioihin tutustua syvällisesti. Työn tekeminen alkoi systemaattisella tiedonhaulla. Koska toimeksiantaja toimii pakkausalalla ja opinnäytetyön aihe liittyy raaka-ainevarastoon, perehdyttiin teoriaosassa muun muassa aaltopahvin valmistuksen, fleksopainatuksen, fleksopainovärien, varastoinnin ja esimerkiksi alaa koskevan lain-

säädännön periaatteisiin. Teoriaosan sisältö suuntasi kehitystyön tekemistä olennaisesti varmistuen palautusvärivaraston monipuolisen analysoinnin. Alla olevassa kuviossa 14 on esitettyä kuvaus kehitystyön vaiheista.



KUVIO 10. Kehitystyön vaiheet.

Teoreettisen viitekehyksen valmistuessa siirryttiin palautusvärivaraston nykytilan analysointiin. Nykytila-analyysin tarkoituksena oli selvittää palautusvärivaraston nimikkeiden ja varastopaikkojen määrä, varastointimenetelmät, varastopaikkajärjestelmän tyyppi ja layout sekä tunnistaa varaston riskit ja kehityskohteet. Analysoinnissa hyödynnettiin värinsekoitusjärjestelmää toimintojen, kuten varastopaikkajärjestelmän testaamiseen. Muita käytettyjä menetelmiä olivat havainnointi sekä värikeittiön henkilöstön haastattelu tunnistettujen kehityskohteiden vahvistamiseksi.

Nykytila-analyysin jälkeen siirryttiin keräämään aineistoa värinsekoitusjärjestelmästä, jotta ABC-analyysin tekeminen oli mahdollista. ABC-analyysin toteuttaminen on kuvattu tarkasti sitä esittelevässä osiossa 5.1. Teoreettisen viitekehyksen, nykytila-analyysin ja abc-analyysin perusteella tunnistettiin merkittävimmät optimointikeinot. Esitettyjen keinojen merkityksellisyyttä on perusteltu niitä esittelevässä osiossa 5.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää palautusvärivaraston optimoinnin keinoja huomioiden muun muassa kustannustehokkuuden, kestävän kehityksen sekä fleksopainatuksen erityispiirteet. Tarkoituksena oli, että kehitystyössä ehdotettavien keinojen avulla toimeksiantaja pystyy vähentämään varastoon sitoutunutta pääomaa tukien samalla toimintansa ympäristövastuullisuutta.

Työssä ehdotettavat keinot tuovat parannuksia varastohallinnan ja toiminnan tehokkuuteen. Työn merkityksellisyyttä lisää värikeittiön, ja värilaboratorion henkilöstön myönteinen palaute. Keskeinen opinnäytetyön saavutus oli osoittaa, miten ABC-analyysin avulla saadaan sekä vähennettyä varastoon sitoutunutta pääomaa keskittymällä huonosti kiertäviin nimikkeisiin että järkevöitettyä varastopaikkajärjestelmää. Vähemmän varastoitua materiaalia tarkoittaa pienempää riskiä hukan syntymiselle.

Esitettyjen optimointikeinojen lisäksi tunnistettiin myös pienempiä kehityskohteita sekä kiinnostava testi värisävyyn liittyen. Näiden keinojen vaikutus voi yksittäisenä olla vähäinen. Tällaisesta esimerkkinä olisi rasteritelojen syväpesujen lisääminen. Se vakioisi värinsiirtoa, mutta edellyttäisi kuitenkin kustannustehokkuuden tarkempaa arviointia. Lisäksi tiedetään, että neliväripainatuksen lisäämisellä vähennetään tilausten välisiä pesuja sekä lyhennetään aseteaikaa. Neliväripainatuksen lisäämistä tulee kuitenkin arvioida tapauskohtaisesti eikä tämä opinnäytetyö sisällä aiheen tarkempaa tutkimista.

Vaalean värisävyyn ΔE -arvon mittaus painatuksen jälkeen olisi kiinnostava testi. Mikäli varastoon palautuvan värin ero olisi merkittävä alkuperäiseen, suuntaisi se kiinnittämään huomiota vaaleiden sävyjen hyödyntämiseen liittyviin riskeihin. Huomioitavaa on, että vaikka painoväri ei olisi enää jalostukseen kelpaava, ei se poissulje sen käyttöä jäännöskomponentteihin.

Opinnäytetyö vastaa asetettuihin tavoitteisiin optimointikeinojen tunnistamisesta. ABC-analyysin käyttö analyysimenetelmänä on perusteltua ja toteutus on laadittu huolellisesti. Analyysissa käytettyä aineistoa voidaan pitää ajantasaisena sekä

luotettavana. Kehitystyössä on otettu huomioon myös toimialaa koskeva lainsäädäntö. Edellä mainittujen seikkojen perusteella työn validiteettia voidaan pitää korkeana.

Työn reliabiliteettia lisää huolellinen ajantasaisen aineiston käsittely, asianmukainen menetelmien esittely sekä tietolähteiden monipuolinen hyödyntäminen. Haastateltavat henkilöt valikoitiin silmällä pitäen heidän erityisosaamistaan. Haastatteluiden subjektiivista tuloksista huolimatta olivat ne keskenään yhdenmukaisia.

Eettisyyttä arvioitaessa otetaan huomioon aineiston kerääminen ja käyttö, vastuullisuus ja tutkimuseettiset periaatteet. Opinnäytetyön tekeminen edellytti luotamuksellisten tietojen käsittelyä. Toimeksiantajan pyynnöstä ei opinnäytetyöraportissa esitetä tarkkoja lukuja, reseptien tai järjestelmien nimiä. Raportointi on toteutettu tämän pyynnön mukaisesti.

Tietolähteinä on käytetty luotettavia lähteitä ja niihin on viitattu asianmukaisella tavalla noudattaen hyvää tieteellistä käytäntöä. Käytetty analyysimenetelmä, ABC-analyysi, on kuvattu selkeästi ja sen valinta on perusteltu. Opinnäytetyötä tehdessä on huomioitu optimointikeinojen vaikutus värikeittiön henkilöstöön sekä työympäristöön. Kehitysehdotusten käyttöönotto voi kuormittaa henkilöstöä hetkellisesti toteuttamisesta johtuen. Muutoksella saadaan kuitenkin tehostettua toimintaa ja sen negatiivisten vaikutusten voidaan olettaa jäävän pieniksi kokonaiskuvaa tarkastellessa.

Tekoälyä on hyödynnetty opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa palautusvärivarastoon vaikuttavien tekijöiden pohtimiseen. Sen antamia ehdotuksia käsiteltäessä on noudatettu asianmukaista kriittisyyttä. Tekoälyä ei ole käytetty tekstin kirjoittamiseen tai sen kääntämiseen. Työn loppuvaiheessa tekoälyä on hyödynnetty asiantuntevan ohjaajan roolissa kommentoimaan ja arvioimaan kirjoitettua tekstiä.

Opinnäytetyön toteutuksessa hyödynnettiin tekijän työkokemusta toimeksiantajalla. Prosessien ja järjestelmien tunteminen mahdollisti aiheen syvällisen hahmottamisen sekä kehityskohteiden realistisen tunnistamisen. Opinnäytetyön te-

keminen tarjosi tekijälle mahdollisuuden tarkastella prosesseja erilaisesta, kehittävästä näkökulmasta. Tämä syvensi ymmärrystä kokonaisprosessien vaikutuksista sekä kestävään kehitykseen että liiketoimintaan.

Tulevaisuudessa tekoälyn hyödyntäminen voisi avata uusia mahdollisuuksia varastonhallinnan tehostamiseen. Tekoälyn käyttö esimerkiksi painovärien hankalammin kiertävien komponenttien tunnistamiseen voisi olla kokeilun arvoista. Myös ABC-analyysin automatisointi tekoälyratkaisun avulla vähentäisi manuaalista aineiston keräämisen ja käsittelyn työtä.

Toimialakohtainen lainsäädäntö asettaa yhä tiukempia vaatimuksia ympäristövastuulle ja kemikaaliturvallisuudelle. Aaltopahvista valmistettua, vesipohjaisilla ja kuparittomilla fleksopainoväreillä painettua pakkausta voidaan pitää kiertotalouden periaatteita noudattavana ratkaisuna. Ympäristövastuullisuus edellyttää jatkuvaa kehitystä ja biopohjaisiin painoväreihin siirtyminen olisi askel kohti entistä puhtaampaa painoteollisuutta. Tulevaisuudessa kilpailukyky syntyy taidosta yhdistää ympäristövastuu ja taloudellinen tehokkuus kestäväksi kokonaisuudeksi.

LÄHTEET

Abbott, S. 2018. Printing science. Principles & Practice. E-kirja. Vaatii käyttöoikeuden.

Assaifan, A., Al habis, N., Ahmad, I., Alshehri, N. & Alharbi, H. 2020. Scaling-up medical technologies using flexographic printing. Pdf-dokumentti. Vaatii käyttöoikeuden.

Aydemir C. & Özsoy, S. 2020. Environmental impact of printing inks and printing process. Journal of Graphic Engineering and Design, Volume 11 (2). University of Novi Sad, Serbia. Pdf-dokumentti. Vaatii käyttöoikeuden.

Fraser, B., Bunting, F. & Murphy, C. 2004. Värinhallinta. Helsinki: IT Press.

Frimova, A. 2003. Particle Size Analysis of Commercial Printing Inks and Their Press Stability and Printability. Paper and Printing Science and Engineering. Western Michigan University. Pdf-dokumentti. Viitattu 24.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden.

Heidelberg. 2019. Color & quality expert guide. Pdf-dokumentti. Viitattu 2.2.2025. https://onlinehelp.prinect-lounge.com/App/App_pdfs/pdfs/Color_and_Quality_Expert_Guide_en.pdf

Color Synthesis n.d. PrintWiki. Verkkosivu. Viitattu 5.2.2025. https://print-wiki.org/Color_Synthesis

El-Rahman, A., Saad, E., Aydemir, C., Özsoy, S., Yenidoğan, S. 2021. Drying methods of the printing inks. Journal of Graphic Engineering and Design, Volume 12 (2). University of Novi Sad, Serbia. Pdf-dokumentti. Vaatii käyttöoikeuden.

European printing ink Association. 2013. Environmental impact of printing inks. Pdf-dokumentti. Vaatii käyttöoikeuden.

Field, G. Color and Its Reproduction. Versio 2. 1999.

FIRST. Flexographic Image Reproduction Specifications & Tolerances. Versio 6.0. 2017. USA: Flexographic Technical Association.

Flexography. Principles & Practices. versio 6.0. 2013. USA: Flexographic Technical Association.

Hokkanen, S. & Virtanen, S. 2012. Varastonhoitajan käsikirja. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.

Izdebska, J. 2016. Flexographic Printing. Department of Printing Technology, Faculty of Production Engineering, Mechanics and Printing Institute, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland. Pdf-dokumentti. Vaatii käyttöoikeuden.

JIT (Just-in-time) ja imuohjaus. 2019. Logistiikan maailma. Verkkosivu. Viitattu 18.1.2025. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>

Keräyspaperi on arvokas raaka-aine. 2021. Metsäteollisuus ry. Viitattu 6.3.2025. <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/kierratyskuitu-arvokas-raaka-aine>

Kipphan, H. 2001. Handbook of Print Media. Heidelberg: Springer

Kiviranta, M. 2021. Pakkauksia koskeva lainsäädäntö. Teoksessa Lehtinen, L. (päätoim.) 2021. Kestävä pakkaus. Forssa: Suomen Pakkausyhdistys ry.

Kliopova-Galickaja, I. & Kliaugaitė, D. 2018. VOC emission reduction and energy efficiency in the flexible packaging printing processes: analysis and implementation. Kaunas University of Technology, Lithuania. Pdf-dokumentti. Vaatii käyttöoikeuden.

Krystosiak, K., Kluczek, A. & Werpachowski, W. 2024. Analysis of proper ink management impact on overall environmental equipment efficiency for sustainability. Pdf-dokumentti. Vaatii käyttöoikeuden.

Koivumäki, R. 2024. Esiselvitys pakkausten painamisesta bioväreillä. Biotuotekniikan tutkinto-ohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 25.1.2025. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2024120432658>

Konttila, I. 2015. Värihallinnan kehittäminen ja dokumentointi. Mediatekniikan koulutusohjelma. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 5.2.2025. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201505137934>

Kärkkäinen, J. 2013. Varastohallinnan kehittäminen ohjaamalla tehokkuutta hankintaan. Hankintatoimen koulutusohjelma. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 30.1.2025. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015120218841>

Lankinen, K. 2021. Evaluation of Expanded Gamut Printing in Flexography. Faculty of Engineering and Natural Sciences. Tampere University. Väitöskirja. Viitattu 14.1.2025. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2027-0>

Laakso, O. & Rintamäki T. 2003. Production and converting of corrugated board. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Laine, R. 2023. Lean-menetelmien hyödyntäminen varastossa. Liiketoiminnan logistiikan tutkinto-ohjelma. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 26.1.2025.

Leach, R., & Pierce, R. 1993. The printing ink manual. Viides painos.

Jokela, E. 2021. Aaltopahvi. Teoksessa Lehtinen, L. (päätoim.) 2021. Kestävä pakkaus. Forssa: Suomen Pakkausyhdistys ry.

Logistiikan mittaaminen. 2024. Logistiikan maailma. Verkkosivu. Viitattu 18.1.2025. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikan-mittaaminen/>

Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus

Narakornpijit, N. 2018. A Study of the Lightfastness of High-Chroma Water-Based Flexographic Printing Inks. Degree of Master of Science in Print Media. College of Imaging Arts and Sciences of the Rochester Institute of Technology. Opinnäytetyö. Pdf-dokumentti. Vaatii käyttöoikeuden.

Ritvanen, V. 2011. Ohjausjärjestelmät. Teoksessa Ritvanen, V., Inkiläinen, A., Von Bell, A & Santala, J. (toim.) Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi.

Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta. 7. uud. painos. Helsinki: Haka-paino Oy.

Savastano, D. 2023. Energy-Curable Ink Market Continues to Grow. Viitattu 25.1.2025. https://www.inkworldmagazine.com/issues/2023-04-01/view_features/energy-curable-ink-market-continues-to-grow/

Suomen Aaltopahviihdistys ry. 2024. Aaltopahvi. Helsinki: BoP-Books On Demand.

Valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteistä. 29.11.2021/1029. Viitattu 7.3.2025. <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2021/1029>

Varastonohjaus. 2024. Logistiikan maailma. Verkkosivu. Viitattu 18.1.2025. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/varastonohjaus/>

Varastopaikkajärjestelmä. 2024. Logistiikan maailma. Verkkosivu. Viitattu 18.1.2025. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/varastotilojen-suunnittelu/varastopaikkajarjestelma/>

Viertola, H. 2016. 5S-menetelmän käyttöönotto. Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma. Vaasan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 26.1. 2025. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023090925545>

Viluksela, P., Ristimäki, S. & Spännäri, T. 2007. Painoviestinnän tekniikka. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Wansbrough n.d. Printing ink technology and manufacture. Pdf-dokumentti. Viitattu 24.1.2025. https://www.ucl.ac.uk/slade/know/wp-content/uploads/painting_printing_inks_technology.pdf

Ympäristöministeriö. 2025. EU:n pakkaus- ja pakkausjäteasetus pian voimaan. Viitattu 7.3.2025. <https://ym.fi/-/eu-n-pakkaus-ja-pakkausjateasetus-pian-voimaan>