

Juha-Matti Viitanen

**TUOTANTOKEMIKAALIEN  
VARASTOINNIN  
JA  
HANKINTAPROSESSIN  
PARANTAMINEN**

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Logistiikan koulutus



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Juha-Matti Viitanen
Työn nimi	Tuotantokemikaalien varastoinnin ja hankintaprosessin parantaminen
Toimeksiantaja	Yritys X
Vuosi	2024
Sivut	60 sivua
Työn ohjaaja	Jouni Ropponen

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ratkaisuja toimeksiantajayrityksen tuotantokemikaalien liialliseen varastointimäärään. Tuotantokemikaaleja jouduttiin niiden suuren määrän vuoksi varastoimaan väliaikaisiksi tarkoitettuilla, muuhun tarkoitukseen suunnitelluilla paikoilla. Pysyväksi muodostunut väliaikaisratkaisu kohotti onnettomuuden riskiä ja hankaloitti varaston toimintaa. Tutkimuksen kohteeksi valittiin nykyinen kemikaalien tilaus-toimitusprosessi ja suursäiliöratkaisun mahdollisuus.

Tutkimus toteutettiin laadullisena tapaustutkimuksena, jossa käytettiin kemikaalien käytöstä ja varastoinnista olemassa olevaa dataa, osallistuvaa havainnointia ja teemahaastatteluita. Tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen muodostaa kemikaalien teolliseen käyttöön ja varastointiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjeet ja aiheeseen liittyvä käsitteistö. Lisäksi esiteltiin toimeksiantajayrityksen nykyinen kemikaalien varastointi-, käyttö- ja tilausprosessi.

Tilaus-toimitusprosessista löydettiin parannuskohteita, joihin ryhdyttiin etsimään ratkaisua. Kulutukseltaan ja määriltään suurimpien kemikaalien varastointi- ja käyttömäärät analysoitiin, jonka jälkeen niille luotiin laskemalla varmuusvarasto, tilauspiste ja minimi- ja maksimivarastomäärät. Samalla tutkittiin kemikaalisäiliön hankintaan ja rakentamiseen liittyviä vaatimuksia Tukesin ohjeistuksen ja käytännön vaatimusten kannalta.

Tutkimuksessa ilmeni, että kemikaalien varastomääriä on mahdollista laskea parantamalla nykyistä tilaus-toimitusprosessia soveltamalla tutkimuksessa laskettuja tilauspisteen ja minimi- ja maksimivarastojen arvoja kemikaalien tilauksia suunniteltaessa. Samalla todettiin, että suursäiliön hankkiminen tutkimuksen kohteena oleville kemikaaleille ei ollut nykytilanteessa tarkoituksenmukaista, mutta säiliön hankintaan liittyvät vaatimukset tulee ottaa mahdollisissa tulevilla projekteissa huomioon.

Toimeksiantajayritykselle suositeltiin tutkimuksen tilaus-toimitusprosessiin liittyvien tulosten käyttöönottoa omassa toiminnassaan sekä käytösäiliön hankkimista yhdelle tutkimuksessa käsitellylle, haitalliselle kemikaalille ylimääräisen käsittelyn ja varastoinnin ehkäisemiseksi.

**Asiasanat:** logistiikka, varastointi, hankinta, kemikaalit

Degree title	Bachelor of Engineering
Author	Juha-Matti Viitanen
Thesis title	Improving the warehousing and purchasing process of production chemicals
Commissioned by	Undisclosed
Time	2024
Pages	60 pages
Supervisor	Jouni Ropponen

## ABSTRACT

The purpose of this thesis was to find solutions for managing the excessive quantities of stored production chemicals in the commissioner's facilities. Due to their large quantities, production chemicals had to be stored in temporary locations which were designed originally for completely different use. This solution was intended to be temporary, but had become permanent, which increased accident risk and complicated the warehouse work. The current order-to-delivery process and the possibility of using a chemical silo were selected as the main objects of the study.

This thesis is a qualitative case study in which data about the usage and storing of the chemicals, participant observation and semi-structured interviews were applied. The theoretical framework of the study is based on laws, regulations and essential concepts concerning industrial chemical use. Also, the commissioner's current processes for storing, using and ordering chemicals were examined.

The study of the order-to-delivery process revealed potential for improvement. The usage and stock quantities of the chemicals with the highest consumption rate were analyzed, and safety stock, reorder point and minimum and maximum storage levels were established for them. The requirements for the acquisition and building of a chemical silo were also studied taking into consideration regulations issued by the Finnish Safety and Chemical Agency (Tukes).

The thesis revealed that the storage quantities of the chemicals can be reduced by applying in the existing order-to-delivery process the reorder point and minimum-maximum storage calculations presented in the study. Also, it was found that the acquisition of a chemical silo would be impractical under the current circumstances. However, the requirements regarding the acquisition of such a silo should be taken into consideration in future projects.

A recommendation was presented to the commissioner to apply the study's result in their ordering process and to acquire a daily service tank for one of the harmful chemicals in order to reduce the time spent on warehousing and handling.

**Keywords:** logistics, warehousing, procurement, chemicals

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tutkimuksen tausta.....	6
1.2	Asiakasyritys.....	7
1.3	Ongelma.....	7
2	TUTKIMUS.....	8
2.1	Tutkimusmenetelmät.....	9
2.2	Haastattelut.....	9
2.3	Rajaukset.....	10
3	TERMIT.....	10
3.1	IBC.....	10
3.2	FIFO ja FEFO.....	11
3.3	Käyttöturvallisuustiedote.....	12
3.4	AGV.....	12
3.5	Toiminnanohjausjärjestelmä.....	12
3.6	Varastonhallintajärjestelmä WMS.....	13
3.7	Push-back-hylly.....	13
4	KEMIKAALIEN VARASTOINTI TEOLLISUUDESSA.....	14
4.1	Lainsäädäntö.....	14
4.1.1	Kemikaalilaki.....	14
4.1.2	REACH-asetus.....	15
4.1.3	CLP-asetus.....	15
4.1.4	Työturvallisuuslaki.....	15
4.1.5	Ympäristönsuojelulaki.....	16
4.1.6	Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta.....	16
4.2	Tukes – Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi.....	18
4.3	Turvallisuusnäkökohdat.....	20
4.4	Riskienhallinta.....	20

4.5	Olemassa olevat säiliöratkaisut .....	21
5	LEAN LOGISTIIKASSA .....	23
6	KEMIKAALIT TOIMEKSIANTAJAYRITYKSESSÄ.....	24
6.1	Käsittely ja varastointi .....	24
6.2	Käytettävät kemikaalityypit ja määrät.....	27
7	TOIMEKSIANTAJAYRITYKSEN KEMIKAALISÄILIÖT .....	35
7.1	Säiliöratkaisun tekninen tarkastelu ja vaatimukset.....	36
7.2	Käyttönäkökulma .....	39
8	NYKYINEN TILAUS-TOIMITUSPROSESSI .....	40
8.1	Nykyisen toimintatavan ongelmat .....	43
8.2	Nykytilanteen ongelmat Leanin näkökulmasta.....	43
8.3	Tehostamiskeinot.....	45
9	SÄILIÖRATKAISUN ANALYSOINTI .....	51
10	TILAUS-TOIMITUSPROSESSIN TEHOSTAMINEN.....	52
11	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	54
12	TUTKIMUKSEN ONNISTUMINEN JA LUOTETTAVUUS.....	55
13	JATKOTUTKIMUSKYSYMYKSET.....	56
	LÄHTEET.....	57
	KUVALUETTELO	

# 1 JOHDANTO

Erilaiset kemikaalit ovat tärkeä osa tuotantolaitosten prosesseja. Erilaisia kemikaaleja käytetään yleensä tuotannon laitteistossa, kokoonpanossa ja tuotteiden käsittelyssä tai viimeistelyssä. Käytettävien kemikaalien määrästä riippumatta niiden hankinnan, varastoinnin ja käytön tulee olla johdonmukaista ja ennen kaikkea turvallista. Kemikaalien säilytys ja käyttö tulee toteuttaa siten, ettei siitä aiheudu tarpeetonta riskiä työntekijöille, laitteistolle, rakennuksille ja ympäristölle.

Teollisuuskemikaalien käyttöä ja varastointia valvotaan ja säädellään useiden erilaisten tahojen toimesta. Kemikaalien teolliseen käyttöön suoraan liittyviä tai sitä sivuavia lakeja ovat kemikaalilaki, jossa määritellään kemikaalien terveys- ja turvallisuusvaatimukset yleisesti, ympäristönsuojelulaki, jossa esitetään vaatimukset laitoksen ympäristöturvallisuudelle, laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta, jossa esitetään kemikaalien turvallisen käsittelyn vaatimukset ja laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta (VAK-laki), joka liittyy läheisesti teollisuuteen kuljetusten näkökulmasta esimerkiksi tilapäisen sijoituksen osalta. Kemikaalien ja työvälineiden turvallisuus mainitaan myös työturvallisuuslaissa ja esimerkiksi maaperän pilaantuminen kielletään ympäristönsuojelulaissa. Lisäksi muun muassa Tukes (turvallisuus- ja kemikaalivirasto) on antanut ohjeistukset kemikaalien säilytyksestä ja käytöstä sekä esimerkiksi varastointiin ja torjuntatoimiin liittyvistä toimintatavoista (Tukes 2021).

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Tutkimuksen aiheena on toimeksiantajayrityksen tuotannossaan käyttämien kemikaalien varastoinnin parantaminen. Yritys käyttää erilaisia kemikaaleja muun muassa tuotteiden aihoiden puhdistukseen, ulko- ja sisäpintojen lakkaamiseen ja erilaisten metallintyöstölaitteiden voiteluun tuotannon aikana. Pääosa käytettävistä kemikaaleista toimitetaan IBC-konteissa eri toimittajilta ja ne varastoidaan niille tarkoitettussa kemikaalivarastossa. Nykytilanteessa kemikaalivaraston kapasiteetti on riittämätön ja saapuvia IBC-kontteja joudutaan usein varastoimaan väliaikaisesti muilla alueilla, joita ei ole lähtökohtaisesti suunniteltu tähän tarkoitukseen. Kemikaalikontit voivat odottaa väliaikaisessa varastopaikassa jopa viikkoja, ennen kuin kemikaalivarastosta vapautuu niille

tarpeeksi tilaa tai ne otetaan käyttöön tuotannossa. Väliaikainen varastointi tapahtuu yleensä varastossa alueella, joka on tarkoitettu saapuvien raaka-ainesten ja pakkausmateriaalien purku- ja lajittelualueeksi ja jolla liikkuu sekä trukkeja että työntekijöitä. Lisäksi alueella ei ole kemikaalien varastoinnille oleellisia valuma-altaita.

Tutkimuksen aiheena on tutkia eri ratkaisuja kemikaalien liikavarastoinnin ehkäisemiseksi. Tutkimuksessa tutkitaan voiko kemikaalien hankinta- ja toimitusprosessia kehittää siten, että kerralla varastoitavien kemikaalien määrä pieneneisi. Samalla tutkitaan myös pidemmän aikavälin kannalta mahdollisuutta joidenkin kemikaalien käytön ja toimituksen muuttamista IBC-konteista kemikaalisäiliöihin, jolloin käsiteltävien konttien määrä vähenisi sekä vastaanotossa että varastoinnissa.

## **1.2 Asiakasyritys**

Asiakasyritys valmistaa kevytmetallisia elintarvikepakkauksia Etelä-Suomessa. Yritys kuuluu kansainväliseen konserniin, mutta toimii omana liiketoimintayksikkönään Suomessa. Yritys työllistää noin 150 henkeä ja toimittaa tuotteitaan Suomeen, Pohjoismaihin, Baltian maihin sekä muutamisiin muihin Euroopan maihin. Yrityksen tuotanto toimii ympäri vuorokauden seitsemänä päivänä viikossa. Kemikaalien käyttö on määriteltä vähäiseksi, joten niiden käyttöä yrityksessä valvoo paikallinen pelastusviranomais.

## **1.3 Ongelma**

Toimeksiantajayrityksen tuotantolaitos on rakennettu aikanaan tietylle tuotanto- ja varastokapasiteetille. Toimintavuosien aikana tuotannon tehokkuutta on kyetty nostamaan erilaisilla keinoilla, jonka myötä tuotannossa kuluvien, ja täten myös varastoitavien, kemikaalien määrä on kasvanut. Tämän lisäksi vuosien aikana käyttöön on otettu uusia kemikaaleja joidenkin asiakasvaatimusten täyttämiseksi, ja näitä aineita on oltava varastossa valmiina tuotantolle. Covid-19-pandemian aikana toimitusajat venyivät normaalia pidemmiksi ja tuotannon turvaamiseksi kemikaaleja tilattiin enemmän kattamaan viivytysten vaikutuksia. Myöhemmin kemikaalien puskurivarastoja on jouduttu kasvattamaan esimerkiksi vuoden 2024 kevään satamalakkojen vuoksi. Yrityksessä

on todettu, että puskurivarasto on välttämätön erilaisten ennakoimattomien tapahtumien varalta. Useimmat kemikaaleista toimitetaan Suomeen Keski-Euroopasta, joten niiden toimitusajat ja matkalla mahdolliset viivytykset on otettava huomioon.

Edellä mainitut seikat ovat johtaneet nykyiseen tilanteeseen, jossa kemikaalivaraston kapasiteetti ei enää riitä. Saapuneita kemikaaleja joudutaan varastoi-  
maan muissa tiloissa, jotka eivät ole kemikaalien varastointiin suunniteltuja ja jossa on myös muuta toimintaa ja liikennettä. Tämä kohottaa kemikaalionnettomuuden riskiä ja vaikka suurin osa aineista ei olekaan vaaralliseksi luokiteltuja kemikaaleja, olisi niistä vuototilanteessa haittaa varaston ja tuotannon toiminnalle. Joskus kemikaalivaraston ulkopuolella joudutaan varastoi-  
maan myös vaarallisia aineita, jotka lisäksi reagoivat voimakkaasti sekoittuessaan ja jotka tulisi varastoida erillään. Yhteenvedona ongelman voi kuvailla olevan väliaikainen ratkaisu, josta on tullut pysyvä käytäntö kemikaalien kasvaneen määrän vuoksi.



Kuva 1 Kemikaalikonnteja odottamassa varastointia (Viitanen 2024)

## 2 TUTKIMUS

Tutkimuksen tavoitteena on saavuttaa nykyistä turvallisempi ja sujuvampi kemikaalien varastointi- ja käyttöprosessi ja väliaikaisessa varastoinnissa olevien kemikaalimäärien vähentäminen. Tässä yhteydessä tutustutaan kemikaa-

lien hankintaprosessiin ja tutkitaan, voidaanko sitä parantaa nykyisestä. Suur-säiliöratkaisun tutkiminen ja käyttökelpoisuus tutkitaan siinä määrin, kun se on mahdollista aloittamatta rakennus- tai tutkimushanketta asiakasyrityksen ulkopuolisen tahon kanssa. Päättökysymys on, kuinka varastoitavien IBC-konttien määrää voidaan vähentää siten, ettei väliaikaisvarastointiin tarvitse jatkuvasti turvautua. Alatutkimuskysymyksiä esitetään, millä tavoin kemikaalien hankintaprosessia voi parantaa nykyisestä ja onko kemikaalisäiliön hankkimiselle jonkin tutkimuksessa käsitellyn kemikaalin osalta perusteltua nyt tai tulevaisuudessa.

## **2.1 Tutkimusmenetelmät**

Tutkimus toteutetaan laadullisena toimintatutkimuksena. Opinnäytetyön tekijä työskentelee toimeksiantajayrityksessä, joten tutkimuksen perustana tulee olemaan vahva osallistuva havainnointi. Teoreettisen tiedon pohjana käytetään teemasta olemassa olevia lähteitä, kuten lakeja, asetuksia ja ohjeita. Opinnäytetyön aiheeseen liittyvää termistöä avatessa käytetään kemikaalialan, logistiikan ja hankinta- ja varastointiprosessin tehostamiseen liittyviä kirjallisia ja verkosta löytyviä lähteitä. Tutkimuksessa myös haastatellaan anonyymisti asiakasyrityksen hankinnasta ja kemikaaliasioista vastaavia henkilöitä, joiden haastatteluvastauksista tehdään tutkimukseen yhteenveto. Käsiteltäviin kemikaaleihin liittyviä, toimeksiantajayrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä ja arkistoista löytyviä varastotaso- ja inventaariotietoja käsitellään taulukkomuodossa ja niiden perusteella saadaan tutkimuksen kannalta oleellista tietoa kemikaalien määrästä ja kulutuksesta.

## **2.2 Haastattelut**

Tutkimusta varten haastateltiin kolmea toimeksiantajayrityksen edustajaa, jotka ovat tekemisissä tutkimuksen aiheena olevien kemikaalien kanssa. Kemikaalien tilausprosessiin liittyen haastateltiin kemikaalitalauksista vastaavaa ostajaa ja kemikaaliosaston esihenkilöä. Natriumhydroksidin käyttöön ja käsittelyyn liittyen haastateltiin toimeksiantajayrityksen jätevesilaitoksen työntekijää. Haastattelut suoritettiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina. Teemahaastattelussa käydään keskustelunomaisesti läpi ennalta suunniteltuun teemaan liittyviä asioita, eikä haastattelua varten valmistella tarkkoja kysymyksiä

(Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Haastattelut suoritettiin toimeksiantajayrityksen tiloissa kasvotusten ja niistä tehtiin kirjalliset muistiinpanot. Muistiinpanojen pohjalta tehtiin haastattelukoosteet ja haastatteluista saatuja tietoja käytettiin tutkimuksen apuna. Kaikille haastateltaville toimitettiin ennen haastattelua tutkimustiedote ja eettinen sopimus tutkimukseen osallistumisesta. Haastateltavien nimiä tai muita tietoja ei julkaista tutkimuksen yhteydessä.

## **2.3 Rajaukset**

Opinnäytetyössä tutkitaan eri vaihtoehtoja tuotantokemikaalien väliaikaissäilytyksessä olevan määrän vähentämiseen. Tutkimuksen painopiste on suursäiliöratkaisun ja kemikaalien hankintaprosessin tehostamisen vertailussa. Tutkimuksen ulkopuolelle rajataan mahdollisen säiliön rakennusprojektin käytännön toteutuksen taloudellinen tutkiminen ja kilpailutus ja keskitytään säädöksiin, lakeihin, edellytyksiin ja vaatimuksiin. Työssä ei käsitellä suursäiliöprojektin vaatimien laitteiden ja asennustöiden hintoja, koska tämä vaatisi käytännössä projektin kilpailuttamisen, joka taas ei ole tämän tutkimuksen ydinkysymys.

## **3 TERMIT**

Tässä kappaleessa selvennetään opinnäytetyössä käytettävää kemikaalien varastointiin liittyvää termistöä, jota käytetään tutkimuksen myöhemmissä osissa.

### **3.1 IBC**

Lyhenne IBC tulee sanoista Intermediate Bulk Container. Puhekielessä puhutaan IBC-konteista tai IBC-säiliöistä. IBC:t ovat teollisuudessa käytettyjä nesteiden varastointiin ja kuljetukseen käytettyjä pakkauksia. IBC-säiliöitä on saatavilla eri kokoisina ja eri käyttötarkoituksiin. Yleisimmät koot ovat tilavuudeltaan 600, 800 ja tuhat litraa. IBC-kontti on yleensä kuution muotoinen, metalliverkolla tai putkikehikolla suojattu säiliö, jota voidaan käsitellä trukilla tai pumppukärryllä. Kontin alustana toimiva lava voi olla puuta, muovia tai metallia. (Muovitankit ja -säiliöt s.a.)



Kuva 2 IBC-kontti (Viitanen 2023)

IBC-säiliöitä voidaan pinota päällekkäin täytenä ja tyhjänä riippuen siitä soveltuuko kontin jalka pinottavaksi ja onko kontti ehjä. Konteissa saa säilyttää myös vaarallisia aineita, kunhan kontti on VAK-määräysten mukainen. (Muovitankit ja -säiliöt., s.a.) Kontit tulee määräaikaistarkastaa 2,5 vuoden välein ja muovisten säiliöiden käyttöikä on enintään 5 vuotta (Tukes 2021, luku 7.3).

### 3.2 FIFO ja FEFO

Teollisuudessa varastonhallinnan tehokkuus on tärkeää. Inventaarionhallinnassa käytetään laajasti kahta käyttöperiaatetta FIFO (first in, first out) ja FEFO (first expired, first out). FIFO-periaatteella toimittaessa käyttöön tai myyntiin otetaan inventaariosta ensimmäisenä varastoon saapunut materiaali tai tuote. Näin vältetään tuotteiden vanhenemiselta varastoon ja ylläpidetään varaston kiertoa. FEFO-periaatteessa taas ensimmäisenä käytetään se materiaali, jonka parasta ennen - tai viimeinen käyttöpäivä on ensimmäisenä. FEFO periaatetta noudattamalla vältetään tuotteiden pilaantuminen varastossa ja niiden ominaisuuksien huonontuminen. FIFO:n ja FEFO:n lisäksi voi-

daan joskus käyttää myös LIFO (last in, first out) -periaatetta, jossa ensimmäisenä varastoon saapunut tuote otetaan käyttöön ensimmäisenä. Tätä tapaa voidaan käyttää, kun halutaan pitää varaston arvo alhaisena ja käyttöön otetaan uusimmat tuotteet, jotka eivät ole menettäneet arvoaan varastoinnissa. (Sarwar 2023.)

### **3.3 Käyttöturvallisuustiedote**

Käyttöturvallisuustiedote on dokumentti, josta kemikaalin käyttäjä saa tietoa aineen turvallisesta käsittelystä, varastoinnista ja sen vaaroista. Kemikaalin toimittaja on velvollinen toimittamaan käyttöturvallisuustiedotteen asiakkaalleen viimeistään kemikaalin toimituksen yhteydessä. Käyttöturvallisuustiedotteen laatimisesta määrätään REACH-asetuksessa. (Tukes s.a.) Käyttöturvallisuustiedotteessa kerrotaan kemikaalin sisältämät terveydelle ja ympäristölle vaaralliset aineet sekä kemikaalin käyttötarkoitus. Lisäksi siitä löytyy myös toimintaohjeet kemikaalionnettomuuden, -tulipalon tai -altistumisen tapahtuessa. Käyttöturvallisuustiedotetta voidaan myös käyttää apuna riskien kartoituksessa. Työpaikalla käyttöturvallisuustiedotteet on oltava työntekijöiden saatavilla ja työnantaja on vastuussa siitä, että työntekijät tuntevat käyttöturvallisuustiedotteet oleellisilta osin. (Hämäläinen ym. 2022 23-24.)

### **3.4 AGV**

AGV on lyhenne englannin sanoista Automated Guided Vehicle, suomessa käytetään termiä automaattitrucki. AGV:t suorittavat trukkien tavoin tavaroidenkäsittelyä, mutta itsenäisesti ilman ohjaajaa navigoimalla esimerkiksi tilaan asennettujen heijastimien ja lattiaan asennetun induktiokaapelin avulla. AGV:t soveltuvat parhaiten vakiokokoisten kuormien siirtämiseen. (Toyota material handling s.a.) Puhkielessä AGV:sta käytetään usein myös nimitystä ”vihivaunu”. AGV:ita on olemassa useisiin eri käyttötarkoituksiin ja ne voivat rakenteesta ja tarkoituksesta riippuen liikutella taakkoja, joiden paino vaihtelee muutamien satojen kilojen ja satojen tonnien välillä. (Solving s.a.)

### **3.5 Toiminnanohjausjärjestelmä**

Toiminnanohjausjärjestelmä, englanniksi ERP (Enterprise Resource Planning) on tietojärjestelmä, joka yhdistää yrityksen toiminnalle oleelliset osa-alueet,

kuten talous- ja henkilöstöhallinnon, tuotannon, toimitusketjut, hankinnan ja varaston yhden käyttöjärjestelmän alle. Toiminnanohjausjärjestelmää käytetään muun muassa myyntitilausten hallintaan, maksujen käsittelyyn, lähetysten ja varaston hallintaan sekä ajantasaisen kuvan saamiseen yrityksen toiminnasta. ERP-järjestelmä voi koostua erilaisista moduuleista, joita käyttäjä voi hankkia ja yhdistellä tarpeensa mukaan. Moduulit kattavat eri liiketoiminta-alueita, kuten edellä mainitut taloushallinnon, henkilöstöhallinnon tai hankinnan moduulit. Toiminnanohjausjärjestelmä voi toimia joko yrityksen omilla laitteilla tai nykyään suositumpana vaihtoehtona pilvipalvelussa. Hankinnan ja logistiikan kannalta toiminnanohjausjärjestelmät tarjoavat tilausten- ja toimittajienhallintaa, reaaliaikaista varastojenhallintaa sekä toimitusten ja kuormaus-ten hallintaa. (SAP s.a.) Toiminnanohjausjärjestelmään on mahdollista asettaa erilaisille tuotteille ja raaka-aineille hälytysraja ja tilauspiste, jolloin järjestelmä ilmoittaa automaattisesti käyttäjälle, kun tietyn artikkelin varastotaso alittaa määritellyn rajan (SAP Community 2023).

### **3.6 Varastohallintajärjestelmä WMS**

Lyhenne WMS tulee sanoista Warehouse Management System ja tarkoittaa varastohallintajärjestelmää. WMS on ohjelmisto, jolla hallitaan ja seurataan varaston toimintoja, kuten vastaanottoja, lähetyksiä ja varastoitavien materiaalien saldoja ja varastopaikkoja. Varastohallintajärjestelmän kautta voidaan määritellä varastohenkilökunnalle tai varastoautomaatiolle käskyjä tavaroiden sisäisestä liikuttelusta ja kuormien vastaanotto-, keräily- ja toimitustehtäviä. WMS-järjestelmä on usein yhdistetty viivakoodinlukujärjestelmään, jolloin tieto käsiteltävistä esineistä liikkuu reaaliajassa käsittelijän ja varastojärjestelmän välillä. Toiminnanohjausjärjestelmien tapaan varastohallintajärjestelmä voi toimia käyttäjäyrityksen omilla koneilla tai pilvessä. WMS voidaan myös yhdistää toiminnanohjausjärjestelmään, jolloin tieto tilauksista ja varastotapahtumista siirtyy järjestelmien välillä automaattisesti. (SAP s.a.)

### **3.7 Push-back-hylly**

Push-back-hylly on varastohylly, jonka jokainen hyllypaikka muodostuu ylöspäin viettävästä radasta, johon mahtuu useita lavoja peräkkäin. Lava työnnetään hyllyyn ja se työntää edellistä lavaa radalla eteenpäin. Push-back-hyllyä

käytetään aina yhdestä suunnasta, eli se toimii LIFO-periaatteella. Kun hyllystä noudetaan lava, seuraava lava liukuu painovoiman avulla hyllyn etureunaan odottamaan noutoa.

## **4 KEMIKAALIEN VARASTOINTI TEOLLISUUDESSA**

Tässä luvussa käydään läpi kemikaalien käyttöön ja varastointiin liittyvää lainsäädäntöä ja ohjeistuksia niiltä osin, kun ne liittyvät tutkimukseen. Lisäksi tutustutaan turvallisuus- ja ympäristövaikutuksiin sekä kemikaalien varastoinnissa ja käsittelyssä kohdattaviin riskeihin ja niiden hallintaan.

### **4.1 Lainsäädäntö**

Vaarallisten kemikaalien maahantuontia, jälleenmyyntiä, käsittelyä, käyttöä, varastointia, testausta ja jalostamista säädellään useiden lakien ja asetusten avulla. Tässä osiossa esitellään tutkimuksen kannalta oleellimmat lait ja asetukset niiltä osin, kuin ne soveltuvat opinnäytetyön tutkimusaiheeseen. Erityisesti opinnäytetyön aiheeseen liittyvät kohdat on tekstissä kursivoitu.

#### **4.1.1 Kemikaalilaki**

Kemikaalilaki perustuu EU:n kemikaalilainsäädäntöön ja säätää sen täytäntöönpanosta kansallisella tasolla. Kemikaalilaissa määritellään yleisellä tasolla vastuut kemikaalien valvonnasta, rekisteröinnistä, lupamenettelyistä sekä rikkomuksista määrättävät rangaistukset. Vaikka kemikaalilaki ei annakaan yksityiskohtaisia määräyksiä esimerkiksi varastoinnin ja käsittelyn osalta, määritellään pykälässä 19 toimintaa yleisesti ohjaavat periaatteet. Sen mukaan kemikaalien kanssa toimittaessa tulee toimijalla olla riittävä selvyys niiden terveys- ja ympäristövaikutuksista ja näiden haittojen ehkäisemiseksi noudatettava riittävää huolellisuutta ja varovaisuutta. Lisäksi haittojen ehkäisemiseksi ohjataan mahdollisuuden mukaan valitsemaan käytettävistä kemikaaleista ja menetelmistä vähiten vaaraa aiheuttava. (Kemikaalilaki 19. §.)

#### 4.1.2 REACH-asetus

REACH asetusta eli Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta 1907/2006 sovelletaan kaikkiin EU:n alueella käytettäviin kemikaaleihin. REACH on akronyymi sanoista Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals. REACH-asetuksessa määrätään, että kaikkien kemikaaleja valmistavien, maahantuovien tai jakelevien henkilöiden tai yritysten pitää rekisteröidä kemikaalit Euroopan kemikaalivirastolle. (Your Europe 2024.)

#### 4.1.3 CLP-asetus

CLP-asetus eli Euroopan parlamentin ja neuvoston kemikaalien luokitusta, merkintöjä ja pakkaamista koskeva asetusta 1272/2008 määrittää kemikaalien yhdenmukaisen luokitus- ja merkintäjärjestelmän (European Chemical Agency s.a.). CLP tulee sanoista Classification, Labelling and Packaging ja perustuu YK:n kemikaalien maailmanlaajuisesti yhdenmukaistettuun luokitus- ja merkintäjärjestelmään GHS. CLP-asetus määrää, että kemikaalin maahantuojan tai valmistajan on luokiteltava kemikaali asetuksen mukaisella vaaraluokituksella ja merkinnöillä. (Liljeström 2022.)

CLP-asetus määrittää yhdenmukaiset varoitusmerkinnät, huomiosanat ja vaaralausekkeet. Yhtenäisellä merkintätavalla pyritään parantamaan kemikaalien käsittelyn turvallisuutta ja ehkäisemään haittoja käyttäjille ja ympäristölle. (Liljeström 2022.) Asetus myös määrää pakkausten vaatimukset. *Pakkausten tulee olla suunniteltu ja valmistettu tukeviksi, vahvoiksi ja vuotamattomiksi, niiden sulkimien tulee olla vahvoja ja tukevia eikä pakkauksen sisältö saa päästä vuotamaan, jos suljin on vaihdettavaa mallia.* (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta 1272/2008, 35. artikla.)

#### 4.1.4 Työturvallisuuslaki

Työturvallisuuslain tarkoitus on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita, ennaltaehkäistä tapaturmia, ammattitautteja ja muita työperäisiä haittoja (Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738, 1. §). Työnantaja on velvollinen ottamaan huomioon työolosuhteisiin ja työympäristöön liittyvät seikat ja suunniteltava, mitoitettava ja toteutettava näiden parantamiseksi tarvittavat toimenpiteet. *Vaara- ja haittatekijöiden syntyminen on pyrittävä poistamaan tai vähentämään mikäli*

*niiden estäminen ei ole mahdollista.* Työnantajan tulee edellä mainittuja toimia toteuttaessaan ottaa huomioon tekniikan kehittyminen ja otettava huomioon myös korvaavat keinot. (Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738, 8. §.)

Työpaikalla tapahtuva jalankulkijoiden ja ajoneuvojen liikenne tulee järjestää turvallisella tavalla ja tarpeen tullen tulee luoda liikenneohjeet. *Tavaroiden käsittelyalueet ja varastointialueet pitää suunnitella siten, ettei työntekijöille aiheudu haittaa tai vaaraa tavaroiden siirrosta tai nostosta.* (Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738, 35. §.)

#### **4.1.5 Ympäristönsuojelulaki**

Ympäristönsuojelulain tavoitteena on estää ympäristön pilaantuminen, vähentää päästöjä ja torjua ympäristövahinkoja. Tarkoituksena on myös tukea kestävä kehitystä ja edistää luonnonvarojen kestävä käyttöä sekä vähentää jätteen määrää ja niistä aiheutuvia haittavaikutuksia. (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527, 1. §.)

Maaperän pilaamiskielto määrää, että maahan ei saa päästää jätettä, pieneliöitä tai muuta ainetta siten, että maaperän laatu heikkenee tai siitä aiheutuu terveydelle tai ympäristölle vaaraa tai ympäristön viihtyvyys vähenee (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527, 16. §.). *Toimijan tulee näiden päästöjen ehkäisemiseksi huolehtia rakenteiden ylläpidosta ja huollosta sekä muista ehkäisevistä toimista* (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527, 66. §.).

#### **4.1.6 Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta**

Laissa vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta säädetään teollisuudessa käytettävien kemikaalien käsittelystä, varastoinnista ja siirrosta (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390, 2. §.). Laissa edellytetään toiminnanharjoittajalta selvilläolo- ja valintavelvollisuutta, joiden mukaan kemikaaleja toiminnassaan käyttävän toimijan tulee hankkia aineista riittävät tiedot ja valita toiminnassaan käytettäväksi vähiten vaaraa aiheuttava kemikaali (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390, 7. §.; Laki vaarallisten

kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390, 8. §.). Toiminnassa on käytettävä aineiden määrä ja vaarallisuus huomioon ottaen riittävä huolellisuutta, jotta henkilö-, ympäristö- ja omaisuusvahinkoja ei tapahtuisi (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390, 9. §.).

Tuotantoalueen suunnittelu tulee toteuttaa siten, että onnettomuudet eivät pääse leviämään laitoksesta tai rakennuksesta toiseen ja että onnettomuus voidaan rajata mahdollisimman pienelle alueelle. Onnettomuustilanteessa tiloista tai alueelta on päästävä poistumaan turvallisesti ja torjuntatoimiin osallistuvilla tulee olla niihin pääsy. *Vaarallisten kemikaalien teolliseen käsittelyyn ja varastointiin tarkoitetut tilat ja alueet tulee sijoittaa erilleen sellaisista tiloista tai alueista, joissa ihmisiä työskentelee muissa kuin suoraan kemikaalien teolliseen käsittelyyn ja varastointiin liittyvissä tehtävissä.* (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390, 13. §.)

Vaarallisten kemikaalien varastoinnissa tulee noudattaa huolellisuutta ja varovaisuutta ja ne tulee säilyttää niille varatuissa paikoissa vaatimusten mukaisissa päällyksissä. Säilytystilan tulee olla asianmukaisessa järjestyksessä, siellä tulee olla riittävä ilmanvaihto ja vahinkotilanteessa kemikaali tulee olla mahdollinen kerätä talteen tai tehdä vaarattomaksi. *Keskenään reagoivat kemikaalit tulee säilyttää toisistaan erillään, jos niiden reaktiosta toistensa kanssa voi olla seurauksena palaminen, huomattava lämmön kehittyminen, vaarallisten kaasujen kehittyminen taikka epästabiliin aineiden muodostuminen.* (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390, 35. §.) *Vaarallisten kemikaalien säilytysmäärien ja -paikkojen tulee olla sellaiset, ettei vaarallisista kemikaaleista aiheudu vaara* (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390, 36. §.).

*Jos vaarallisia kemikaaleja varastoidaan silloissa, tulee ne suunnitella, mitoittaa ja valmistaa tiiviiksi ja kestäviksi. Niiden tulee kestää niissä säilytettävien kemikaalien vaikutukset ja ennakoitavissa olevista häiriötilanteista johtuvat rasitukset. Varastoitavat kemikaalit eivät saa päästä hallitsemattomasti säiliön*

ulkopuolelle ja säiliön suunnittelussa tulee ottaa huomioon mahdollisesta sytyemisestä syntyvät paineen nousun vaikutukset. (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390, 49. §.)

## **4.2 Tukes – Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi**

Lainsäädäntö ei suoraan määrittele kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin liittyviä käytännön ohjeita vaan määrittelee rajat, joiden sisällä toimijoiden tulee toimia. Tätä varten on kehitetty oppaita ja standardeja ohjaamaan parhaissa toimintatavoissa. Standardit ovat tuotteille, valmistustavoille, järjestelmille tai palveluille yhteisesti sovittuja vaatimuksia, suosituksia tai ominaisuuksia (SFS s.a.).

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) on valvontaviranomainen, joka suojelee ympäristöä turvallisuusriskeiltä, valvoo tuotantojärjestelmien lakisääteisiä vaatimuksia ja toimeenpanee lainsäädäntöä (Tukes s.a.). Kun kemikaalien käsittely ja varastointi on laajamittaista, sitä valvoo Tukes, vähäisessä käsittelyssä ja varastoinnissa valvonnan hoitaa pelastusviranomainen. Tukes on julkaissut vuonna 2021 vaarallisia kemikaaleja käsitteleville ja varastoiville teollisuuslaitoksille oppaan, jossa kerrotaan muun muassa kemikaalien varastointipaikkojen sijoittamisesta, laitteiden rakenteesta ja turvallisuusjärjestelyistä. Ohje pohjautuu kemikaalilainsäädäntöön, mutta antaa lainsäädäntöön verrattuna kouriintuntuvampia ohjeita kemikaalien varastoinnin ja turvallisen käsittelyn toteutuksesta.

Kemikaalien varastoinnissa tulee ottaa huomioon erilaisten kemikaalien yhteensopimattomuus. Yhteensopimattomat kemikaalit reagoivat sekoittuessaan esimerkiksi synnyttämällä lämpöä tai vaarallisia kaasuja. Reaktioiden välttämiseksi tällaiset kemikaalit on säilytettävä erillään. Esimerkiksi myrkylliset kemikaalit tulee pitää erossa palavista ja itsestään syttyivistä materiaaleista myrkyllisten kaasujen muodostumisen ehkäisemiseksi. Hapettavia kemikaaleja taas ei saa varastoida palavasta materiaalista tehdyissä pakkauksissa tai puulavoilla. *Hapot ja emäkset tulee erottaa toisistaan, sillä ne reagoivat usein eksotermisesti*, eli vapauttavat lämpöä ympäristöön. (Tukes 2021, luku 2.2.)

Sisätiloissa kemikaalien käsittely- ja varastointitilat tulee varustaa erillisillä ilmanvaihdolla siten, etteivät tiloista mahdollisesti vapautuvat kaasut ja höyryt pääse leviämään tilasta toiseen tai ulkopuolelle. Tiloissa tulisi olla alipaine ympäriin tiloihin nähden. Ilmanvaihdon tulisi toimia läpivirtausperiaatteella, jolloin tilojen eri päädyissä olisi ilmanvaihdolle riittävät tulo- ja poistoaukot. (Tukes 2021, luku 2.3.)

Sisätiloissa sijaitsevien tuotantotilat tulisi suunnitella ja järjestää siten, että tila voidaan jakaa lattia-alaa pienempiin allastuksiin, jolloin vahinkotilanteessa vuotanut kemikaali ei leviä laajalle alueelle. Sähköjohdot ja letkut tulisi sijoittaa turvalliselle korkeudelle, jotta ne eivät vahingoitu kemikaalivuodon sattuessa. Vaarallisia kemikaaleja tulisi säilyttää tuotantotiloissa vain yhden työvuoron tai vuorokauden tarpeiksi. (Tukes 2021, luku 3.)

Säiliöautojen täyttö- ja tyhjennyspaikat tulee sijoittaa tasaiselle maalle siten, että esimerkiksi vaarallisten kemikaalien säiliöihin tai muihin herkkiin kohtiin jää vähintään viiden metrin etäisyys. Liian pitkiä putkilinjoja tulee välttää, sillä pitkissä linjoissa mahdollisten vuotojen havaitseminen hankaloituu. Täyttö- ja tyhjennyspaikan tulee olla hyvin valaistu ja sen talvikunnossapidosta tulee pitää huolta ja laatan on kestävä mahdollisessa vuototilanteessa kemikaalien vaikutuksia. (Tukes 2021, luku 4.)

Ohjeessa opastetaan kemikaalisäiliöiden suunnittelussa huomioon otettavia asioita. Tärkeimpiä huomioitavia näkökohtia ovat säiliön sijoitus (sisä- vai ulkotiloihin), säilytettävä aine ja säiliön materiaali. Esimerkiksi jotkin metallilaa- dut eivät sovellu happojen tai emäksien säilyttämiseen, jolloin paras vaihtoehto on lujitemuovi. (Tukes 2021, luku 6.1.)

Varastoitaessa kemikaaleja astioissa, tulee varastointialue tai -rakennukset suunnitella siten, että niissä työskentely on mahdollisimman turvallista. Astiavaraston suunnittelussa pitää ottaa huomioon muun muassa varastoitavien kemikaalien määrät, tyypit ja keskinäiset reagoinnit. Varastopaikan on oltava kooltaan riittävä ja sieltä tulee johtaa turvalliset poistumistiet ja tulipalon sattuessa sammutus tulee pystyä hoitamaan esteettä. (Tukes 2021, luku 7.) Sisätiloissa sijaitseva astiavaraston tulee olla oma palo-osastonsa. Tilan tulee olla rakennettu siten, että mahdollisesti tapahtuva kemikaalivuoto ei valu viereisiin

tiloihin. Tällöin tila tulee eristää muusta alueesta kynnyksellä, lattian tasoa alentamalla tai lattiaan tulee rakentaa vuotokaukalo. (Tukes 2021, luku 7.1.)

### **4.3 Turvallisuusnäkökohdat**

Kemikaaleja käsiteltäessä ja varastoidessa tulee ottaa huomioon useita turvallisuusnäkökohtia. Tärkeimpinä näistä voidaan pitää ihmisille ja ympäristölle aiheutuvien vaarojen ja haittojen eliminointi. Toiminta tulee suunnitella ja järjestää siten, että henkilö- ja ympäristövahinkojen riski on mahdollisimman matala. Turvallisuuden kannalta on oleellista, että käytössä olevat kemikaalit ja niiden ominaisuudet tunnetaan tarpeeksi hyvin ja esimerkiksi keskenään yhteensopimattomien aineiden sekoittumisesta aiheutuvat reaktiot tunnetaan. Kemikaalien määrä tulee suhteuttaa toimintaan ja tarpeeseen ja ylivarastointia tulee välttää. Lait, ohjeet ja standardit on luotu turvallisuusnäkökohtia painottaen, joten niiden noudattaminen on edellytys kemikaalien turvalliselle käsittelylle.

### **4.4 Riskienhallinta**

Kemikaalien käsittelyyn sisältyy huomattavasti riskejä. Kemikaalit voivat olla itsessään vahingollisia ihmisille, ympäristölle tai laitteille. Virheellinen varastointi tai käsittely, violliset tai kuluneet laitteet tai inhimillinen virhe voi johtaa pahimmillaan suuronnettomuuteen. Vaarojen välttämiseksi työpaikalla tulisi käynnistää riskienarviointiprosessi, jossa mahdolliset vaaratilanteet kartoitetaan ja niiden estämiseksi ryhdytään tarvittaviin toimenpiteisiin. Arviointi aloitetaan selvittämällä työpaikalla käytettävät kemikaalit ja niihin liittyvät työtehtävät ja kemikaaleista laaditaan kemikaaliluettelo. Näiden tietojen perusteella arvioidaan kuinka merkittäviä vaaroja kemikaaleista voi aiheutua. Arviointi tulee toteuttaa PAT-periaatteella, jossa arviointiryhmä koostuu päättäjistä, asiantuntijoista ja työntekijöistä. Tällöin tutkimukseen saadaan mahdollisimman kattava näkemys toiminnasta. Arvioinnissa tulisi erityisesti keskittyä työntekijöiden kuulemiseen, jotta työtehtävistä saadaan mahdollisimman totuudenmukainen kuva. (Hämäläinen ym. 2022, 20–22.)

Kemikaalien varastointi tulee järjestää siten, että varastot ovat järjestyksessä, siistejä, eikä keskenään voimakkaasti reagoivia aineita säilytetä samassa paikassa. Ylimääräisten kemikaalien välivarastointia tulisi välttää. (Hämäläinen

ym. 2022, 60–61.) Kemikaalien kanssa toimivien henkilöiden tulee tuntea kemikaalien ominaisuudet ja olla tutustuneita niiden käyttöturvatiedoiteisiin.

Toimenpiteiden jälkeen tulee jatkaa työtapojen systemaattista seuranta ja riskiarviointeja tehdään säännöllisen seurantaohjelman mukaisesti. Kun työtapoihin tai toimintaan tulee muutoksia tai kun otetaan käyttöön uusia kemikaaleja, tulee riskiarvio tehdä erityisen tarkasti. Asettamalla turvallisuudelle tavoitteet ja ottamalla käyttöön jatkuvan parantamisen periaate, kemikaaleja käyttävä yritys voi ylläpitää turvallista työympäristöä ja aikaansaada työpaikalla kokonaisvaltaisen turvallisuuskulttuurin. (Hämäläinen ym. 2022, 66–69.)

#### **4.5 Olemassa olevat säiliöratkaisut**

Kemikaalien varastointiin tarkoitettujen säiliöiden tarjonta on laaja, ja kotimaisia valmistajia on useita, muun muassa SKM Stainless Oy, Kuopion Rakennusasennus Oy ja Imatex Finland Oy. Erialaisten säiliöiden tarjonta vaihtelee joidenkin satojen litrojen vetoisista, valmiina myytävistä säiliöistä kymmenien tuhansien litrojen vetoisiin, muualla valmistettuihin, mutta paikan päällä asennettaviin säiliöihin (Muovitankit ja -säiliöt. s.a.; Imatex Finland Oy s.a.). Säiliöt voivat olla maan pinnalle asennettuja tai maahan kaivettuja ja niitä voidaan asentaa sekä sisä- että ulkotiloihin. Kemikaalisäiliöiden materiaaleja ovat erilaiset teräkset ja komposiittimuovit. Säiliön materiaali riippuu varastoitavasta aineesta, ja esimerkiksi hapot ja emäkset kuluttavat joitain teräksiä, jolloin säiliön materiaalin on oltava muovia. Yli viiden kuutiometrin vetoisille säiliöille tulee tehdä Tukesin hyväksymän tarkastuslaitoksen toimesta rakennesuunnitelman tarkastus ja rakennetarkastus. Ulos sijoitettavien säiliöiden osalta on otettava huomioon ympäristön olosuhteet. Suomessa on oleellista huomioida lämpötilan vaihtelu, joka saattaa jäädyttää säiliössä olevan kemikaalin tai vaurioittaa säiliötä talvella tai aiheuttaa räjähdysvaaran helteellä. Säiliö voi altistua UV-säteilylle, joka saattaa haurastuttaa muovisia säiliöitä. (Tukes 2021.)



Kuva 3 Muovinen kemikaalisäiliö (Ironclad Environmental, 2023)

Pienemmät, sadoista litroista muutamiin tuhansiin litroiin vetävät säiliöt on yleensä valmistettu polyeteenistä, koska se sietää hyvin aggressiivisiakin kemikaaleja. Muovisissa säiliöissä voi olla tuplavaipparakenne vuotojen estämiseksi. Mikäli rakennetta ei ole, tulee säiliö asentaa valuma-altaan päälle. (Yleisimmät kysymykset IBC-kontteihin liittyen s.a.; Chemstore s.a.)



Kuva 4 5000 litran HDPE-muovisäiliö (Denios, s.a.)

## 5 LEAN LOGISTIIKASSA

Lean-ajattelu kehitettiin Japanissa Toyotan tehtailla 1950 -luvulla karsimaan tehtäviä, jotka eivät tuottaneet lisäarvoa, laskivat kannattavuutta ja nostivat valmiiden tuotteiden hintoja (Ferrer s.a.). Nykyään Lean on yritystoiminnassa käytettävä kehittämisfilosofia, joka perustuu arvon käsitteeseen ja hukkien poistamiseen. Leanin mukaan yrityksen tehtävä on tuottaa asiakkaalleen arvoa ja kaikki toiminta tulisi suunnitella siten, että ne tukevat arvon lisäämistä. Hukat ovat arvoa lisäämätöntä toimintaa, joista tulisi päästä eroon toimintaa kehittämällä. Leanissa määritellyt kahdeksan hukkaa ovat:

- ylituotanto
- liian suuri tai pieni varastotaso
- odottaminen
- kuljetukset
- siirtymiset
- ylimääräinen työ
- viat
- työvoiman kapasiteetin käyttämättä jättäminen

(Lean-ajattelu s.a.)

Logistiikan ja hankinnan näkökulmasta lean-ajattelu tarkoittaa erityisesti ylisuurien varastojen, odottelun, turhien kuljetusten ja ylituotannon välttämistä. Ferrerin (s.a.) mukaan toimitusketjun kustannukset muodostavat yksinään 50-60 % yrityksen kuluista, joten hankintaprosessin hukkia poistamalla yritys voi saavuttaa huomattavia säästöjä ja etua kilpailijoihinsa nähden. Lean-ajatteluun perustuva hankintatoimi voidaan saavuttaa määrittelemällä arvot, joita asiakkaat haluavat. Tämä tarkoittaa käytännössä asiakkaan haluamaa tuotetta tai palvelua. Seuraavaksi tulee määrittellä arvoketju, eli prosessi ja tehtävät, jotka johtavat halutun arvon saavuttamiseen. Arvoketjun määrittelyn yhteydessä on mahdollista tunnistaa prosessissa esiintyvät hukat. (Ferrer s.a.)

Käytännössä logistiikassa ja tuotantoprosessissa Lean-ajattelu lähtee toiminnan imuohjautuvuudesta. Imuohjaus tarkoittaa, että esimerkiksi tuotantoprosessi aloitetaan vasta asiakkaalta saadun tilauksen jälkeen eikä tuotteita valmisteta varastoon odottamaan tilausta. Varastoissa olevat tuotteet tulisi tuntea, ja tarpeettomista materiaaleista ja tuotteista tulisi hankkiutua eroon. (3PL Links Inc. 2024.)

Leanista ja asiakkaista puhuttaessa tulee ottaa huomioon, että asiakkaaksi katsotaan organisaation sisäinen toimija (Anttila s.a.). Näin ollen esimerkiksi tuotantoteollisuudessa raaka-aineiden, osien tai materiaalien virran tuotantoprosessin läpi valmiina tuotteena loppuasiakkaalle tulee olla tasainen ja vailla hukkia.

## **6 KEMIKAALIT TOIMEKSIANTAJAYRITYKSESSÄ**

Tässä osiossa käydään läpi toimeksiantajayrityksessä käytössä olevia kemikaaleja, niiden käsittelyä ja ominaisuuksia sekä tutustutaan yrityksessä jo käytössä oleviin säiliöihin. Tämän jälkeen käsitellään säiliöratkaisuja teknisten vaatimusten ja käytön näkökulmasta ja tutustutaan tarjolla oleviin ratkaisuihin. Kolmannessa osiossa esitellään kemikaalien nykyistä hankintaprosessia tutkimuksen aiheena olevien kemikaalien osalta ja käydään läpi siinä esiintyviä ongelmia Lean -ajattelun näkökulmasta. Ongelmien tunnistamisen jälkeen kemikaalien tilaus-, toimitus- ja käsittelymääriin sovelletaan logistiseen prosessiin tarkoitettuja laskukaavoja, joilla nykytilannetta pyritään parantamaan. Viimeisenä säiliöratkaisun ja tilaus-toimitusprosessin parantamisen tuloksia analysoidaan ja esitellään tutkimuksen johtopäätökset.

### **6.1 Käsittely ja varastointi**

Valtaosa yrityksen käyttämistä kemikaaleista toimitetaan IBC-konteissa. Kontit toimitetaan yrityksen alueelle kuorma-autoilla, joista ne puretaan vastapainotrukkia käyttäen. Purun jälkeen kontteihin kiinnitetään toiminnanohjausjärjestelmästä tulostettu yksilöllinen viivakooditarra, joka kiinnitetään kontin kylkeen. Tämän jälkeen kontti nostetaan trukkia käyttäen rullakuljettimelle. Varastotyöntekijä käyttää tablettipäätettä skannatakseen viivakoodin toiminnanohjausjärjestelmään, joka lähettää tiedon kontista varastonhallintajärjestelmälle. Tämän jälkeen AGV noutaa kontin kuljettimelta ja vie sen kemikaalivarastoon. Automaattitrukkien varastonhallintajärjestelmä päättää kemikaalin ominaisuuksien mukaan sille sopivan paikan kemikaalivarastosta ottaen huomioon eri kemikaaliartikkeleiden tyypit ja yhteensopimattomuussäännöt. Kun AGV on toimittanut kontin järjestelmän valitsemaalle paikalle, siirtyy se myös toiminnanohjausjärjestelmässä automaattivaraston saldolle ja automaattitrukkien varastonhallintajärjestelmässä omalle varastopaikalleen. Näin varaston

henkilökunta voi tarkastaa tietojärjestelmistä reaaliaikaisen tilanteen kemikaalien osalta.

Kemikaaleille on asetettu toiminnanohjausjärjestelmässä tyyppi, jonka mukaan AGV:t ja varastohallintajärjestelmä voivat käsitellä niitä turvallisesti. Tyypit ovat "Lacquer" (lakka), "Acid" (happo), "Alkaline" (emäs), "Oil" (öljy) ja "Neutral" (neutraali). Näiden luokitusten perusteella kemikaaleille on määritelty kemikaalivarastossa varastopaikat, joissa niitä voidaan säilyttää. Tärkeimpänä sääntönä on, että hapot ja emäkset tulee säilyttää eri puolella varastoa olevissa hyllyissä, jotta mahdollisessa vuototilanteessa ne eivät reagoi toistensa kanssa.



Kuva 5 Toimeksiantajayrityksen kemikaalivarasto (Viitanen 2024)

Kun kemikaali halutaan ottaa käyttöön kemikaalivarastosta, tuotannon tai varaston työntekijä tekee kemikaalista tilauksen käyttäen varastohallintajärjestelmää. Järjestelmä valitsee sopivan kontin käyttäen FEFO ja FIFO-periaatteita riippuen onko kemikaalille merkitty viimeistä käyttöpäivää vastaanoton yhteydessä toiminnanohjausjärjestelmään. Tämän jälkeen AGV toimittaa tilatun materiaalin haluttuun paikkaan tuotantoalueella. Toimituksesta lähtee viesti varastohallintajärjestelmästä toiminnanohjausjärjestelmään, jolloin materiaali siirtyy varaston varastosaldolta tuotannon käyttösaldolle.

Kemikaalivarastossa on kahdenlaisia hyllyjä kemikaalien varastointia varten: normaaleja teollisuushyllyjä ja push-back-hyllyt. Kummassakin hyllyssä voidaan varastoida sekä IBC-kontteja että kuormalavoilla säilytettäviä kemikaaleja ja niitä käsitellään normaalitilanteessa ainoastaan AGV:illa. Ainoastaan joitakin kuormalavoilla toimitettavia, käyttömääriltään pieniä, kanistereissa tai säkeissä toimitettavia kemikaaleja käsitellään trukilla tai käsin. Kemikaalivaraston teoreettinen kapasiteetti on 129 lavaa ja konttia. Varasto on jaettu kahteen osaan, joista toisella puolella voidaan varastoida happopohjaisia kemikaaleja ja toisella puolella emäspohjaisia kemikaaleja. Lakoille on varattu yhteensä 60 paikkaa. Lisäksi kemikaalivarastossa varastoidaan vähäisiä määriä muiden osastojen käyttämiä kemikaaleja. Kemikaalivaraston varastopaikat varastohallintajärjestelmän kartasta kuvassa 6.

The diagram shows a grid of storage locations. The top section (rows 5085-5081) is a green area with 45 locations. The middle section (rows 5014-5011B) is an orange area with 12 locations. The bottom section (rows 5012-5011B) is a blue area with 60 locations. Red circles with 'X' indicate specific locations within the green and orange areas.

5085	5095	5105	5115	5125	5135	5145	5155	5165
5084	5094	5104	5114	5124	5134	5144	5154	5164
5083	5093	5103	5113	5123	5133	5143	5153	5163
5082	5092	5102	5112	5122	5132	5142	5152	5162
5081	5091	5101	5111	5121	5131	5141	5151	5161
C508	C509	C510	C511	C512	C513	C514	C515	C516

C5014	C5024	C5034	C5044	C5054	C5064	C5074
5014A	5024A	5034A	5044A	5054A	064A	5074A
5014B	5024B	5034B	5044B	5054B	064B	5074B
C5013	C5023	C5033	C5043	C5053	C5063	C5073
5013A	5023A	5033A	5043A	5053A	063A	5073A
5013B	5023B	5033B	5043B	5053B	063B	5073B
C5012	C5022	C5032	C5042	C5052	C5062	C5072
5012A	5022A	5032A	5042A	5052A	062A	5072A
5012B	5022B	5032B	5042B	5052B	062B	5072B
C5011	C5021	C5031	C5041	C5051	C5061	C5071
5011A	5021A	5031A	5041A	5051A	061A	5071A
5011B	5021B	5031B	5041B	5051B	061B	5071B

**SELITE:**

**Vihreä alue:**  
happopohjaiset ja neutraalit kemikaalit, yhteensä 45 paikkaa

**Oranssi alue:**  
emäspohjaiset ja neutraalit kemikaalit, yhteensä 12 paikkaa

**Sininen alue:**  
lakat, yhteensä 60 paikkaa

Kuva 6 Kemikaalivaraston kartta säilytyspaikkoineen WMS-järjestelmässä (Viitanen 2024)

Kaikista kemikaaleista on olemassa käyttöturvatieodotteet ja ne ovat saatavilla kemikaalivaraston välittömässä läheisyydessä sijaitsevasta kaapista mapeissa ja elektronisessa muodossa yrityksen sisäisessä tietojärjestelmässä.

Yrityksen valmistamien kevytmetallituotteiden sisäpintaan tuotannon yhteydessä suihkutettava lakka on käyttömäärältään suurin, ja samalla myös ainoa, joka toimitetaan tehtaalte säiliöautossa ja varastoidaan kemikaalisiloissa. Kemikaalisiloja on kaksi kappaletta ja niiden vetoisuus on 27 kuutiometriä. Silot sijaitsevat kemikaalivaraston sisällä ulkoseinän vieressä, jolloin ne pysyvät

lämpiminä ympäri vuoden. Siilojen täyttö tapahtuu ulkona säiliöauton purkupaikalla kemikaalivaraston seinän toisella puolella.

Kemikaaleille tehdään kiertoinventaario vähintään kaksi kertaa viikossa, jolloin pysytään perillä aineiden oikeista määristä. Kaikki kemikaalit ovat myös toiminnanohjausjärjestelmän varastosaldoilla ja kun kemikaaleja otetaan käyttöön kemikaalivarastosta, varastohenkilökunta tekee niille siirron toiminnanohjausjärjestelmässä varaston varastopaikalta tuotannon varastopaikalle. Kiertoinventaariolla varmistutaan, että kemikaalien todellinen määrä vastaa toiminnanohjausjärjestelmän määriä.

## **6.2 Käytettävät kemikaalityypit ja määrät**

Toimeksiantajayrityksen käyttämät kemikaalit voidaan jakaa karkeasti kolmeen luokkaan: valmistettavien tuotteiden sisä- ja ulkopinnoille ruiskutettavat lakat, tuotteiden valmistusprosessiin käytettävät kemikaalit ja tuotantoa tukevat materiaalit, esimerkiksi erilaiset tuotantolaitteiden voitelussa käytettävät öljyt. Suurin kulutus on lakalla, jota käytetään tuotteiden sisäpinnan lakkaamiseen ja se varastoidaan ja käytetään 27 kuutiometrin säiliöistä. Loput lakat ja tuotannon kemikaalit toimitetaan pääsääntöisesti IBC-konteissa. Tässä luvussa esitellään suurivolyymisimmät kemikaalit ja tarkastellaan niiden käyttö- ja varastointimääriä. Määrät on laskettu toimeksiantajayrityksen toiminnanohjausjärjestelmän raporteista, joista nähdään kemikaalien vastaanottomäärät, varastopaikkojen väliset siirrot ja kulustransaktiot. Kemikaalien kauppanimiä tai tunnistetietoja ei mainita salassapitosyistä. Kemikaalien käyttömäärät ajettiin toiminnanohjausjärjestelmästä aikaväliltä 31.8.2023–31.8.2024, jolloin saatiin kattava otanta kemikaalien kulutuksista vuoden aikana. Pidemmän aikavälin otanta ei ollut perusteltua, koska suurivolyymisimpien kemikaalien käyttömäärät eivät oleellisesti muutu. Lisäksi käytettiin varaston inventaariotiedostoja, joihin on merkitty kemikaalien todelliset varastomäärät kunakin inventaariopäivämääränä.

### **Ulkolakat**

Ulkolakat ovat valmistettujen kevytmetallituotteiden ulkopinnalle ruiskutettavia aineita, jotka suojaavat tuotteiden pintaa ja niissä olevaa painatusta. Kaikki

valmistetut tuotteet saavat pintaansa lakan, mutta tilauksesta riippuen lakka-pinnoitus voi olla joko kirkas tai matta. Tästä syystä varastossa on aina valmiina kumpaakin lakkaa tuotannon tarpeisiin. Ulkolakat tulevat keskenään samalta toimittajalta, mutta eri toimittajalta kuin silloissa varastoitu sisälakka. Ulkolakkoja ei määritellä vaarallisiksi aineiksi, eikä niillä esimerkiksi ole kuljetukselle määriteltyjä VAK-määräyksiä. Aineet on merkitty varoituksella silmien ja ihon ärsytyksestä, mutta muita vaaroja tai reaktiivisuutta muiden aineiden kanssa ei ole, eikä niitä ole luokiteltu ympäristölle tai vesistöille haitallisiksi. Ulkolakat ovat sisälakan ohella kulutukseltaan suurimmat kemikaalit, ja niiden yhteiskulutus vuodessa on liki 300 tonnia. Taulukossa 1 on esitelty ulkolakkojen kulutusmäärät vuoden aikana.

Taulukko 1 Ulkolakkojen kulutusmäärät vuorokaudessa ja vuodessa.

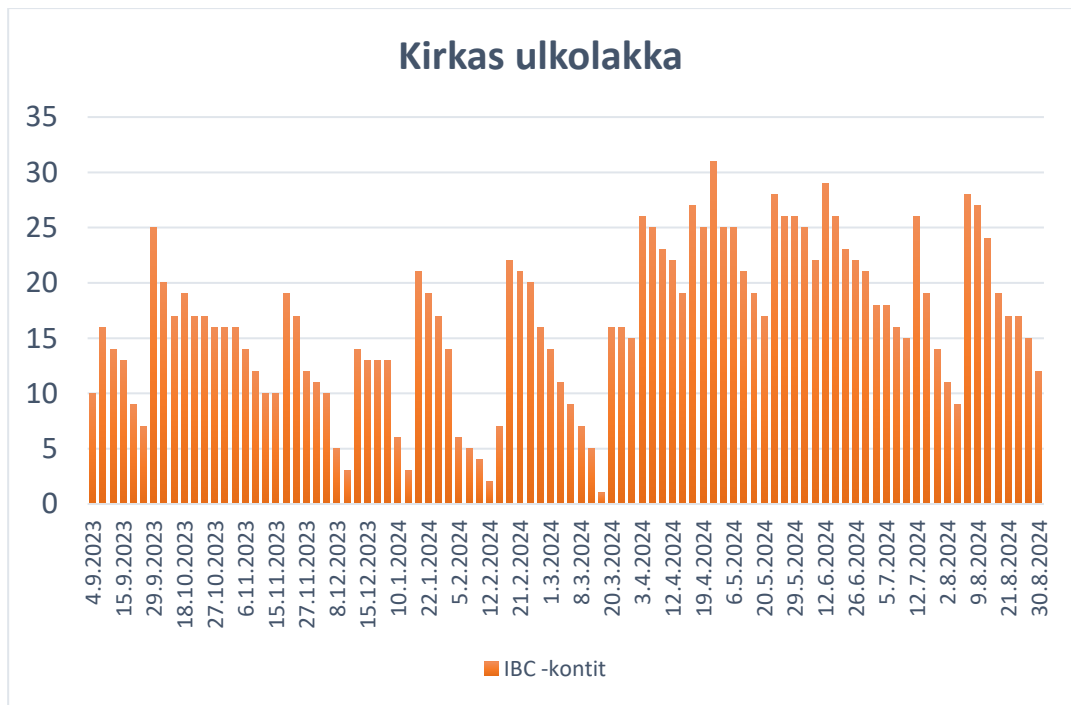
<b>Lakkatyyppi</b>	<b>Kulutus vuorokaudessa KG</b>	<b>Kulutus vuodessa KG</b>	<b>Kulutus vuodessa IBC-konteina</b>
<b>Kirkas ulkolakka</b>	624	197231	198
<b>Matta ulkolakka</b>	338	91423	92

Ulkolakat toimitetaan IBC-konteissa, jotka kukin sisältävät tuhat kiloa lakkaa. Lakka -IBC:t puretaan kuorma-autosta vastapainotrukeilla ja vastaanotetaan eräntunnisteiden ja materiaalinimikkeen mukaisesti toiminnanohjausjärjestelmän kirjoille. Tämän jälkeen kontit skannataan automaattivarastoon, jolloin AGV toimittaa ne kemikaalivarastoon. Kontit, jotka eivät mahdu kemikaalivarastoon, varastoidaan väliaikaisella varastointipaikalla pakkausvarastossa. Taulukoissa kaksi ja kolme nähdään viikkoinventaarioiden varastomäärät kirkkaalle ja matalle ulkolakalle. Määrät eivät sisällä jo tuotannon käyttöön siirrettyjä, käytössä olevia määriä, ainoastaan kemikaalivarastossa ja tilapäisellä varastopaikalla olevat IBC-konttien määrät.

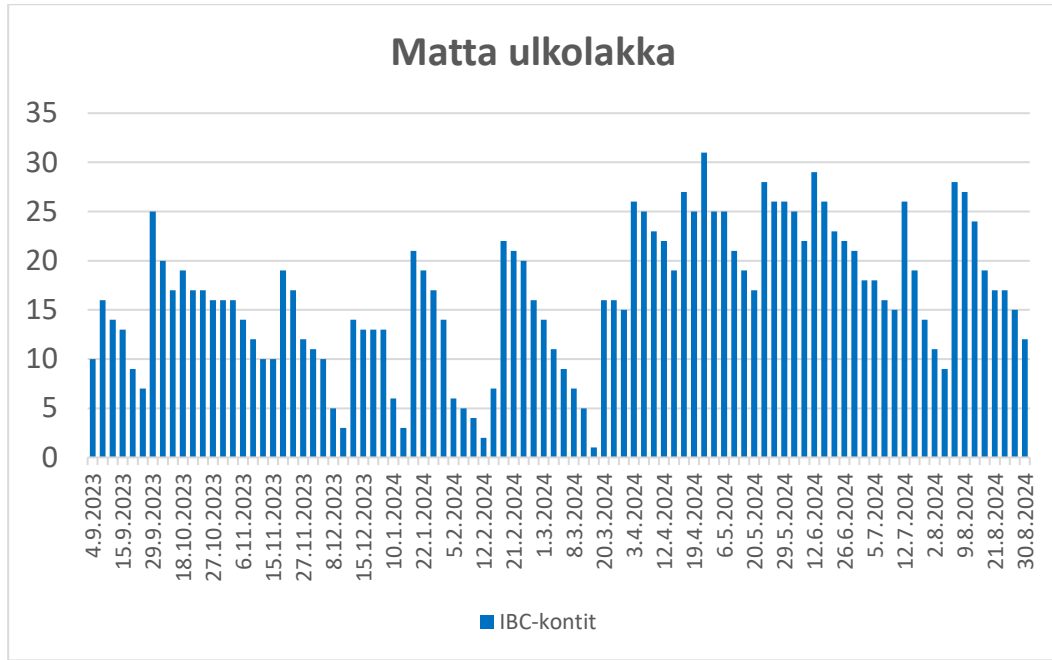


Kuva 7 Ulkolakkakontit käytössä (Viitanen 2024)

Taulukko 2 Kirkkaan ulkolakan varastomäärät viikkoinventaarioiden perusteella



Taulukko 3 Matan ulkolakan varastomäärät viikkoinventaarioiden perusteella



Inventaariomäärien perusteella voidaan todeta, että kummankin ulkolakan keskimääräinen varastomäärä on 16 IBC-konttia, eli keskimäärin ulkolakkaa varastoidaan jatkuvasti yhteensä 32 tonnia.

Ulkolakkojen täydennystoimitukset saapuvat keskimäärin 22 päivän välein ja keskimääräiset toimitusmäärät ovat kirkaalle ulkolakalle 14 tonnia ja mattalalle 7 tonnia. Kulutusta, keskimääräistä varastotasoa, täydennysväliä ja -määriä tarkastelemalla voidaan todeta, että kummankin lakan keskimääräinen varastomäärä kattaisi lähes kokonaan yhden täydennystoimituksen välin (taulukko 4).

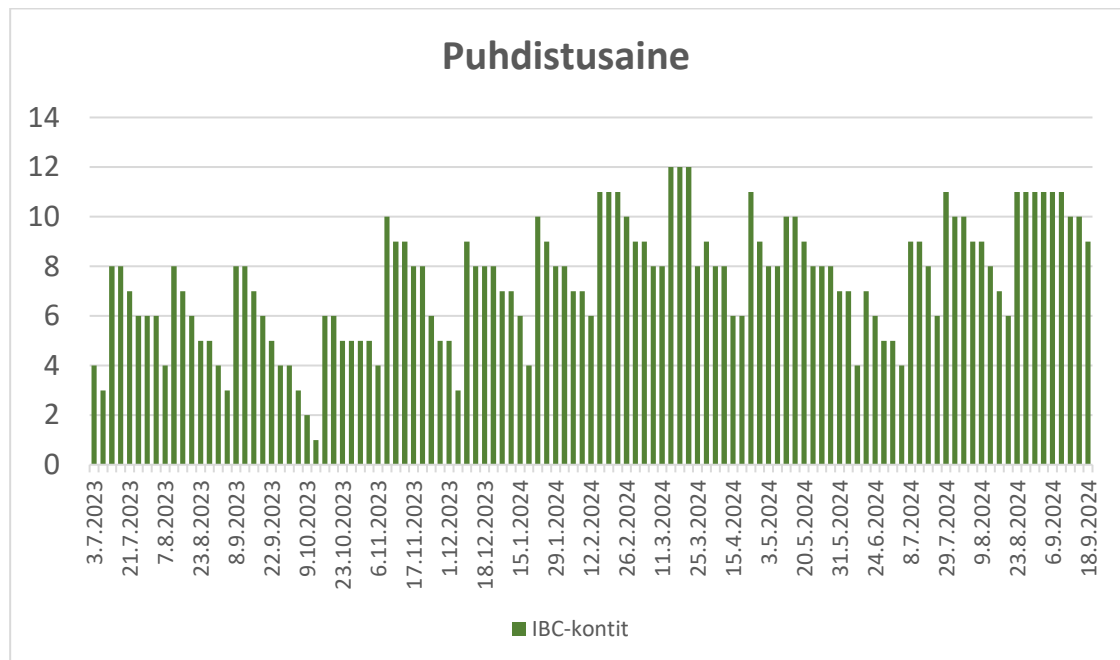
Taulukko 4 Ulkolakkojen kulutus-, toimitus- ja varastomäärien yhteenveto.

	Aineen tiheys kg/m <sup>3</sup>	Määrä IBC-kontissa (tonnia)	Kulutus vuorokaudessa (tonnia)	Yhden IBC-kontin riitto yhtäjaksoisessa tuotannossa (päivää)	Keskimääräinen varastomäärä (tonnia)	Täydennysväli päivissä	Täydennysmäärä (tonnia)	Keskimääräisen varaston riitto päivissä
Kirkas ulkolakka	1,06	1	0,624	1,6	16	22	14	26
Matta ulkolakka	1,06	1	0,338	3	16	22	7	21

## Puhdistusaine

Kevytmetallituotteiden tuotannon yksi työvaihe on aihoiden pesu, jolloin puoli-valmiit tuotteet kulkevat pesulinjaston läpi. Normaalin veden ja deionisoidun veden lisäksi pesussa käytetään erinäisiä rikkihappopohjaisia kemikaaleja. Kulutukseltaan suurimmasta pesulinjaston kemikaalista käytetään tässä tutkimuksessa termiä Puhdistusaine. Puhdistusaineen kulutus on 220 kiloa vuorokaudessa. Aine toimitetaan tuhannen litran IBC kontissa, joka on 1240 kiloa puhdistusainetta. Yksi kontti riittää siis noin viideksi ja puoleksi vuorokauksi. Täydennyserä kemikaalia toimitetaan keskimäärin 28 päivän välein ja täydennysmäärä on pääsääntöisesti kuusi konttia. Taulukosta 3 nähdään, että kiertoinventaarion perusteella varastossa säilytetään koko ajan keskimäärin seitsemää konttia puhdistusainetta, joka on jopa enemmän kuin yhden täydennysmäärän määrä.

Taulukko 5 Puhdistusaineen varastomäärät viikkoinventaarioiden perusteella



Ainetta varastoidaan ja käytetään IBC-konteissa, joissa se toimitetaan. IBC-kontit puretaan vastapainotrukilla ja toimitetaan AGV:den hoitamaan kemikaalivarastoon. Kontti toimitetaan tuotanto-osaston lattialle AGV:lla, jossa se nostetaan käyttöpaikalle valuma-altaan päälle trukilla, jonka jälkeen pesulinjaston pumppu liitetään IBC-kontin kanteen.

Puhdistusaine on rikkihappopohjainen seos, joka on määritelty voimakkaasti ihoa syövyttäväksi ja silmiä vaurioittavaksi aineeksi. Aine ei sovi yhteen alkalien (emäkset) kanssa ja syövyttää useita metallilaitteita synnyttäen helposti syttyvää kaasua.

Kun tarkastellaan puhdistusaineen kulutusta, keskimääräistä varastotasoa ja toimitusväliä ja -määriä, voidaan päätellä, että keskimääräinen varastotaso kattaa vaikeuksitta yhden toimitusvälin määrän (taulukko 6). Tässä ei oteta huomioon puskurivarastointia.

Taulukko 6 Puhdistusaineen kulutus-, toimitus- ja varastomäärien yhteenveto

	Aineen tiheys kg/m <sup>3</sup>	Määrä IBC-kontissa (tonnia)	Kulutus vuorokaudessa (tonnia)	Yhden IBC-kontin riitto yhtäjaksoisessa tuotannossa (päivää)	Keskimääräinen varastomäärä (tonnia)	Täydennysväli päivissä	Täydennysmäärä (tonnia)	Keskimääräisen varaston riitto päivissä
Puhdistusaine	1,3	1,24	0,22	5,6	8,68	28	7,44	39

## Natriumhydroksidi

Pesulinjastolta tuleva jätevesi käsitellään rakennuksessa olevassa jätevesilaitoksessa. Jätevesilaitoksella käytetään useita erilaisia kemikaaleja käsiteltävän jäteveden happamuuden ja emäksisyyden tasaamiseen puhdistuksen eri vaiheissa sekä epäpuhtauksien erotteluun prosessin aikana. Jätevesilaitoksen toiminnassa käytetyistä kemikaaleista kuluu eniten 30 %:sta natriumhydroksidiliuosta, puhekielessä lipeää. Natriumhydroksidia käytetään pääasiassa pesulinjastolta saapuvan, happaman jäteveden neutralisointiin sekä noin kolmen päivän välein ionivaihtimen elvytyksessä.

Aineen kulutus jätevesilaitoksella on noin 380 kiloa vuorokaudessa. Lisäksi ionivaihtimen elvytykseen käytetään noin 300 kiloa natriumhydroksidia viikossa, joten keskimääräinen vuorokausikulutus on noin 420 kiloa. Kulutus vaihtelee hieman riippuen tuotannossa valmistettavasta tuotteesta, koska tuotteen mukaan myös jäteveden määrä ja koostumus vaihtelee. Kemikaali toimitetaan tuhannen litran IBC-kontissa, jossa on 1250 kilogrammaa natriumhyd-

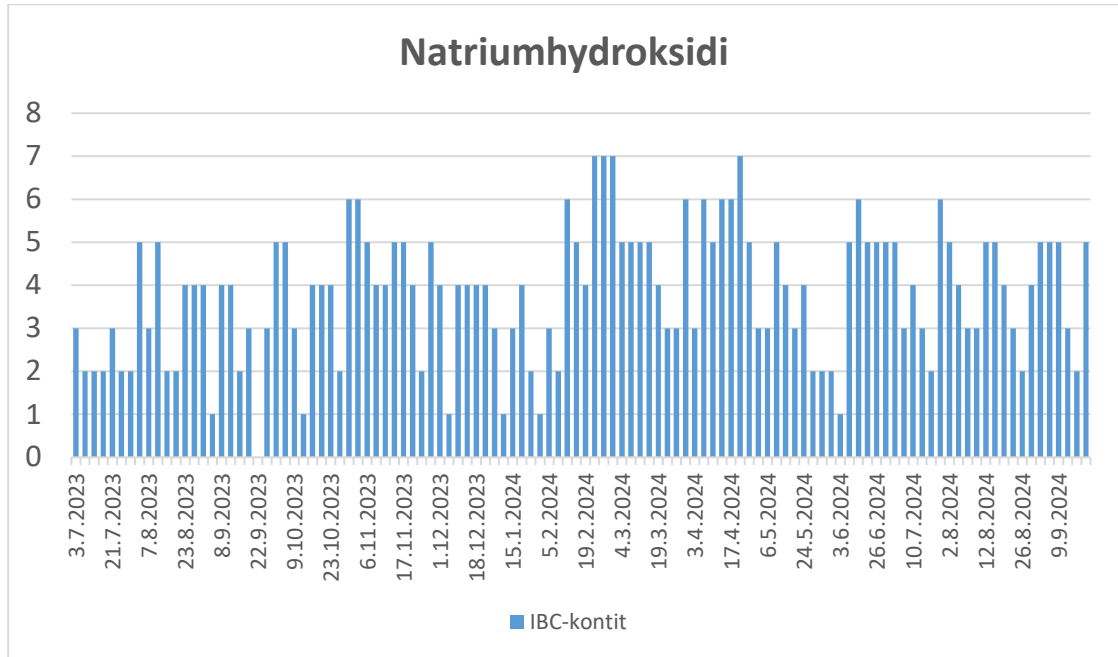
roksidia. Ainetta ei käytetä suoraan toimittajan IBC-konteista, vaan se pumpataan jätevesilaitoksella olevaan 1200 litraiseen IBC-konttiin, josta se pumpataan edelleen puhdistusprosessiin. Valuma-altaan päälle sijoitettua, pysyvää konttia täytetään kaksi-kolme kertaa viikossa IBC-konteista.



Kuva 8 1200 litran natriumhydroksidikontti jätevesilaitoksella (Viitanen 2024)

Natriumhydroksidin täydennystoimitukset tapahtuvat keskimäärin 12 päivän välein, jolloin sitä toimitetaan pääsääntöisesti neljä konttia. Mikäli aineen varastotaso on valmiiksi korkea, toimitusmäärä on kaksi konttia. Taulukosta 5 nähdään natriumhydroksidin varastomäärät kiertoinventaarioissa ja voidaan todeta, että varastossa on keskimäärin neljä konttia ainetta ja aineen varastotaso tippuu harvoin alle kahden kontin.

Taulukko 7 Natriumhydroksidin varastomäärät viikkoinventaarioiden perusteella



30 %:nen natriumhydroksidiliuos määritellään käyttöturvatieotteessa voimakkaasti ihoa syövyttäväksi ja silmiä vaurioittavaksi aineeksi, joka voi syövyttää metalleja. Lisäksi aine on erittäin myrkyllinen vesiliöille ja voi veden, metallin ja ilman yhteisvaikutuksesta muodostaa räjähtävän yhdisteen. Natriumhydroksidi reagoi voimakkaasti veden ja vahvojen happojen kanssa.

Natriumhydroksidin kulutusta, varastomääriä ja toimitustiheyttä ja -määriä tarkastelemalla nähdään, että keskimääräinen varastotaso kattaa juuri yhden täydennystoimituksen määrän (taulukko 8). Puskurivarastointia ei tässä oteta huomioon.

Taulukko 8 Natriumhydroksidin kulutus-, toimitus- ja varastomäärien yhteenveto

	Aineen tiheys kg/m <sup>3</sup>	Määrä IBC-kontissa (tonnia)	Kulutus vuorokaudessa (tonnia)	Yhden IBC-kontin riitto yhtäjaksoisessa tuotannossa (päivää)	Keskimääräinen varastomäärä (tonnia)	Täydennysväli päivissä	Täydennysmäärä (tonnia)	Keskimääräisen varaston riitto päivissä
Natriumhydroksidi	1,35	1,25	0,42	3	5	12	5	12

## 7 TOIMEKSIANTAJAYRITYKSEN KEMIKAALISÄILIÖT

Toimeksiantajayrityksellä on käytössään kaksi 27 kuutiometrin vetoista kemikaalisäiliötä. Säiliöissä varastoidaan lakkaa, jota käytetään valmistettavan tuotteen sisäpinnan lakkaamiseen tuotantoprosessin aikana. Lakka ei ole vaaralliseksi aineeksi määritelty kemikaali, eikä reagoi aggressiivisesti muiden kemikaalien kanssa. Pohjansa varassa seisovat seitsemän metriä korkeat säiliöt on valmistettu teräksestä. Kemikaalin kulutus on noin 2200 kiloa vuorokaudessa riippuen valmistettavasta tuotteesta. Säiliöt sijaitsevat sisätiloissa kemikaalivarastossa ja niiden täyttö tapahtuu ulkopuolella sijaitsevalta täyttöpaikalta. Kemikaalit käytetään säiliö kerrallaan, eli yksi säiliö ajetaan tyhjäksi, jonka jälkeen siirrytään käyttämään toista säiliötä. Säiliöiden täyttö tapahtuu vajaan kahden viikon välein siten, että tyhjänä oleva säiliö täytetään toisen ollessa käytössä. Koska käytössä on yhden säiliön sisältö kerrallaan, turvataan tuotteen valmistuksessa käytettävän lakan jäljitettävyyttä tuotantoeräkohtaisesti. Säiliöiden täyttöastetta ja kulutusta pystytään seuraamaan tuotanto-ohjelmiston grafiikan ja taulukon kautta.

Säiliöistä käytettävä lakka on toimeksiantajayrityksessä määritelty strategiseksi materiaaliksi, jolloin sen hankinnasta huolehtii emokonsernin hankintaosasto. Paikallinen hankintaosasto huolehtii materiaalin riittävydestä suunnitteleamalla toimitusajat siten, että materiaali ei pääse loppumaan, mutta myös siten, ettei toimitus saavu liian aikaisin, jolloin säiliö ei olisi vielä tyhjä. Säiliöiden täyttö suoritetaan pumpaamalla materiaali säiliöautosta letkulla säiliöön. Säiliöauton kuljettaja ajaa ajoneuvon täyttöpaikalle, mutta letkujen liitännät ja täyttöprosessin hoitaa yrityksen kunnossapito-osaston työntekijä.

Kemikaali pumpataan säiliöistä putkia pitkin tuotantotilassa olevaan käyttökonttiin, josta se siirtyy letkua pitkin tuotteen lakkauksen suorittavalle koneelle. Käyttökontissa on nesteen korkeuteen reagoiva anturi, joka käynnistää tietyssä nestemäärässä pumpun, joka pumppaa lisää lakkaa käyttösäiliöön. Lisäksi toinen anturi pysäyttää lakkauskoneen, mikäli nesteen määrä käyttötankissa alittaa raja-arvon. Tällä suojellaan lakkauskonetta imemästä ilmaa järjestelmään.

## 7.1 Säiliöratkaisun tekninen tarkastelu ja vaatimukset

Tutkimuksessa käsitellyistä kemikaaleista ulkolakkoja ja puhdistusainetta käytetään suoraan IBC-kontista. Ulkolakkoja käytettäessä pumppujen käyttöletku liitetään kontin hanaan, kun taas puhdistusaineen osalta pumppu asetetaan kontin kanteen. Natriumhydroksidi pumpataan 1200 litran käyttösäiliöön käyttämällä pumppua kontin kannessa olevasta kansireiästä. Kaikissa tapauksissa itse aineen käyttö perustuu ulkoisen pumpun käyttöön, joka siirtää kemikaalin käyttökohteeseen. Näin ollen käytön kannalta ei ole merkityksellistä minkälaisessa pakkauksessa kemikaali toimitetaan. Olemassa olevassa sisälakkaratkaisussa kemikaali pumpataan siilolta erilliseen välisäiliöön ennen käyttöä, jolloin esimerkiksi syöttö siilolta voidaan katkaista ilman negatiivista vaikutusta tuotantoon. Mikäli tutkimuksessa käsitellyistä materiaaleista jokin hallowitettiin muuttaa suursäiliöstä käytettäväksi, voisi nykyisellä paikalla sijaitseva IBC-kontti toimia käyttösäiliönä, jolloin varsinaisella käyttöpaikalla ei tarvittaisi muutoksia suursäiliöltä tulevan syötön lisäksi.

Käytännön toteutuksen kannalta huomionarvoisin seikka kemikaalisäiliötä suunniteltaessa on sen sopivuus säilytettävälle aineelle ja sijoituspaikka. Toimeksiantajayrityksen olemassa olevat siilot on sijoitettu sisälle kemikaalivarastoon, mutta nykyisessä tilanteessa rakennuksen sisällä ei ole sijoituspaikkaa suurille säiliöille. Kemikaalisäiliö voidaan sijoittaa myös ulos, mutta tällöin tulee ottaa huomioon sään ja lämpötilan vaihtelut ja säiliön täyttöön liittyvät näkökohdat. Säiliön itsensä tulee kestää kylmiä lämpötiloja sekä tuuli- ja lumi-kuorma. Kemikaalin jäätymispiste, alhainen höyrystymislämpötila ja kondenssiveden aiheuttamia ongelmia voidaan estää eristämällä säiliö. Säiliö tulee myös sijoittaa siten, että sen ympärillä on tarpeeksi tilaa täyttöä ja huoltotoimia silmällä pitäen. Säiliön sijoituspaikalla tulee olla imeytyskenttä tai valuma-allas vuototilanteen varalta. (Tukes 2021, luku 5.)

Säiliön perustukset tulee suunnitella siten, että se kestää sekä säiliön että kemikaalin painon ja siitä on mahdollisuus havaita säiliön pohjavuoto. Tasapohjainen säiliö ankkuroidaan betonilaatalle korroosiota estävän, öljytyn pohjahiekan päälle. Säiliön alle tulee tehdä pohjakaivo, josta johdettavalla tarkkailuputkella voidaan havaita mahdolliset vuodot. Alle tuhannen kuution säiliöiden

perustukset tarkastaa rakennetarkastaja. (Tukes 2021, luku 5.1.) Perustusten, valuma-altaan ja täyttöpaikan rakentaminen voi vaatia mittavia maatöitä.

Täyttöpaikka tulee rakentaa siten, että täyttöpaikan laatta kestää mahdolliset kemikaalivuodot. Alustan tulee olla tasainen, mutta siinä tulee olla vuodon varalta tarvittava kaato. Paikan tulee olla sellainen, että sen talvikunnossapidosta on helppo huolehtia ja se on riittävästi valaistu. Säiliöltä ulkotiloissa kulkevat putkistot tulisi pitää mahdollisimman lyhyinä jäätyminen estämiseksi ja mahdollisten vuotojen paikantamisen helpottamiseksi. (Tukes 2021, luku 4.)

Täyttöpaikka tulee ottaa myös huomioon laitoksen alueen liikennejärjestelyissä vaaratilanteiden välttämiseksi (Tukes 2021, luku 4.1.). Toimeksiantajayrityksen laitosalueella on yksisuuntainen liikenne, jossa ajoneuvot kiertävät rakennuksen myötäpäivään. Nykyisten säiliöiden täyttöpaikka sijaitsee laitoksen takapihalla, jossa ei säiliöautojen purun lisäksi ole muuta toimintaa. Täyttöpaikan liitännät ovat rakennuksen seinän vieressä, josta putket kulkevat seinän läpi sisätiloihin ja edelleen säiliöihin. Täyttöpaikka on nykyisellään ahtaahko ja sijaitsee tuotantotiloihin nähden täysin rakennuksen vastakkaisessa kulmassa. Jos ulkolakoille tai puhdistusaineelle suunnitellaan säiliö, eikä laitoksen sisätiloissa ole niille tilaa, tulisi säiliöt asentaa muualle kuin nykyisen täyttöpaikan yhteyteen pitkien putkilinjojen ehkäisemiseksi. Tällöin niille tulisi myös rakentaa uusi täyttöpaikka.

Säiliö voidaan hankkia valmiista mallistosta tai se voidaan suunnitella tiettyyn käyttöpaikkaan ja -tarkoitukseen. Toimeksiantajayrityksen tapauksessa mahdollisten säiliöiden koot liikkuvat enimmillään joissakin kymmenissä kuutioissa, suurimennekkisimmän kemikaalin kaksi olemassa olevaa säiliötä ovat 27 m<sup>3</sup> kappaleelta. Säiliöiden koon sanelee niiden täyttöön käytettyjen säiliökuormien koko, joka on noin 24 000 kiloa. Toimeksiantajayrityksen tuotteilta vaaditaan niiden valmistuksessa käytetyille raaka-aineille täydellistä jäljitettävyyttä, jonka vuoksi kahta tai useampaa sisä- tai ulkolakkaerää ei voida sekoittaa keskenään. Koska materiaali ei kuitenkaan saa loppua kokonaan missään vaiheessa, vaaditaan joko kaksi säiliötä tai kookas käyttösäiliö. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa lakka käytetään nykyiseen tapaan IBC-konteista käyttösäiliön odottaessa täyttöä.

## **Ulkolakat**

Kemikaalien kulutus on korkea, joten säiliöiden olisi oltava riittävän kookkaat käyttöä ajatellen. Suurten säiliöiden rakentaminen laitoksen sisätiloihin ei ole nykyisellään mahdollista, joten säiliöt eristyksineen tulisi sijoittaa ulos. Lakan lämpötila ei saa painua alle viiden celsiusasteen, joten säiliöiden tulisi olla riittävästi eristettyjä. Ulkona sijaitseville säiliöille tulisi rakentaa ohjeistuksen mukainen täyttöpaikka. Lakkoja ei ole määritelty vaarallisiksi kemikaaleiksi eivätkä ne reagoi muiden aineiden kanssa aggressiivisesti, joten säiliön materiaali voi olla joko metallia tai muovia. Kahden lakkaerän sekoittumista tulee välttää.

## **Puhdistusaine**

Metalleja syövyttävänä kemikaalina puhdistusainetta ei voida säilyttää metallisäiliössä, joten säiliön materiaalin olisi oltava muovia. Aineen jäätymispiste on nolla celsiusastetta, joten ulkotiloissa oleva säiliö tulisi eristää. Ulkosäiliö vaatii myös täyttöpaikan rakentamisen. Aine ei kuulu jäljitettäviin materiaaleihin, joten kahden täyttöerän sekoittuminen ei aiheuta toimenpiteitä.

## **Natriumhydroksidi**

Aineen toimitusaika on muihin kemikaaleihin verrattuna lyhyempi, joten säiliön koko voi olla pienempi. Pienelle säiliölle mahdollista suunnitella paikka sisätiloissa käyttöpaikalla jätevesilaitoksella. Aine kehittää vetyä metallien kanssa tekemisiin joutuessaan, joten säiliön on oltava muovia. Aine ei kuulu jäljitettäviin materiaaleihin, joten kahden täyttöerän sekoittuminen ei aiheuta toimenpiteitä.

Tutkimuksen aiheena olevat kemikaalit asettavat erilaisia vaatimuksia suursäiliöille, vaatimusten yhteenveto on esitelty taulukossa 9.

Taulukko 9 Kemikaalien vaatimuksia säiliölle

	Säiliön materiaali	Jäljitettävyys säilytettävä?	Minimilämpötila
Kirkas ulkolakka	Muovi tai metalli	Kyllä	+ 5°C
Matta ulkolakka	Muovi tai metalli	Kyllä	+ 5°C
Puhdistusaine	Muovi	Ei	< 0°C
Natriumhydroksidi	Muovi	Ei	Ei tiedossa

Kemikaalitoimittajien mahdollisuuksia säiliötoimituksiin ei ole tähän tutkimukseen käyty läpi. Kemikaalien täydennysväli vaikuttaa oleellisesti säiliön koon valintaan. Lakat ja puhdistusaine toimitetaan Keski-Euroopasta, joten kuljetuksen kannalta ne on taloudellisinta toimittaa mahdollisimman suurissa erissä.

## 7.2 Käyttönäkökulma

Ulkolakkojen kulutus tulee toimeksiantajayrityksen laatustandardien vaatimusten johdosta olla jäljitettävissä. Tuotannon aikana käytössä olevien lakkojen erätiedot merkitään toiminnanohjausjärjestelmään, jotta tuotteissa käytetyt kemikaalit voidaan tarvittaessa jäljittää myöhemmin. Jäljitettävyyden takaamiseksi eri lakkaeria ei tule sekoittaa keskenään. Nykyään IBC-konteista käytettäessä pienin yhdellä kertaa käytössä oleva erä ulkolakkaa on yksi tonni, joka kestää yhtäjaksoisessa käytössä 1,6 vuorokautta (kirkas ulkolakka) tai kolme vuorokautta (matta ulkolakka). Toimittaja voi täydennyseriä lähettäessään sisällyttää lähetykseen useita eriä lakkoja, joten myös varastossa on usein montaa erää lakkoja, jolla on eri tuotantopäivämäärät ja viimeiset käyttöpäivät. Tuotannossa tulisi käyttää ensisijaisesti FEFO-periaatetta, jolloin ensimmäisenä vanheneva erä tulisi käyttää ensimmäisenä. Kemikaalien ylivarastoinnin aikana FEFO- ja FIFO-periaatteet eivät aina toteudu, koska aiemmin tilapäiselle varastointipaikalle purettujen materiaalien eteen joudutaan purkamaan lisää materiaaleja. Jos kaikki varastoitavat kemikaalit mahtuisivat kemikaalivarastoon, kemikaalien käyttö toteutuisi FIFO-periaatteella, koska automaattivaraston järjestelmä valitsee käyttöön ensimmäisenä varastoon toimitetun erän. Kun kemikaalien kierto on normaali, käytetään ensimmäisenä toimitetut, ensin vanhenevat erät ensin. Jos ulkolakat käytettäisiin säiliöstä, olisi käytössä aina kerrallaan vain yksi erä lakkaa kerrallaan, kunnes säiliö on

tyhjä. Myös lakan viimeisestä käyttöpäivästä ei aiheutuisi ongelmia, koska koko erä käytetään kerralla loppuun.

Puhdistusaine ja natriumhydroksidi eivät kuulu jäljitysvaatimusten piiriin, koska näitä kemikaaleja käytetään valmistusprosessin tukiaineina, eivätkä ne ole kosketuksissa valmiiseen tuotteeseen. Nämä kemikaalit sisältävät haitallisia aineita, joten niiden varastoinnissa tulisi pyrkiä pitämään mahdollisimman alhaiset varastotasot ja niiden käsittelyn määrä tulisi pyrkiä pitämään mahdollisimman vähäisenä. Yksi IBC-kontti puhdistusainetta kestää yhtäjaksoisessa tuotantokäytössä noin 5,5 vuorokautta ja täydet IBC-kontit toimitetaan varastosta tuotantoon AGV:lla. Nykytilanteessa tarpeettoman suuri varastomäärä puhdistusainetta vie kapasiteettia muilta kemikaaleilta ja osaltaan lisää kemikaalivahingon riskiä. Säiliöstä käytettäessä pystyttäisiin vapauttamaan huomattavasi tilaa muille kemikaaleille ja käsittely- tai varastointivirheestä johtuvan onnettomuuden riski pienenesi.

Natriumhydroksidin osalta yksi IBC-kontti kestää käytössä noin kolme vuorokautta. Käytön kannalta ongelmallista on, että kemikaalia pitää pumpata IBC-kontista käytösäiliöön päivittäin. Natriumhydroksidin toimitusväli on muihin kemikaaleihin nähden lyhyt (keskimäärin 12 vuorokautta), joten IBC-kontteja joudutaan purkamaan, varastoimaan ja toimittamaan jätevesilaitokselle verrattain paljon. Kemikaali on haitallinen, mutta myös ainoa, jonka käyttö vaatii jatkuvia toimenpiteitä työntekijältä. Kemikaalin käsittelymääriä ja käytösäiliöön pumpaustiheyttä tulisi pyrkiä pienentämään, jotta käsittelyvirheistä johtuvien kemikaalionnettomuuksien riskiä voitaisiin vähentää ja työntekijöiden altistuminen kemikaalin käsittelyssä syntyville höyryille voitaisiin pienentää.

## **8 NYKYINEN TILAUS-TOIMITUSPROSESSI**

Tutkimuksessa käsiteltyjen kemikaalien tilaus-toimitusprosessit eroavat toisistaan. Ulkolakkojen ja puhdistusaineen toimitussopimukset on tehty toimeksiantajayrityksen emokonsernin toimesta, natriumhydroksidin hankinta on kokonaan paikallisen hankintaosaston vastuulla. Lakat ja puhdistusaine toimitetaan yritykseen kaupintavarastoon, jolloin niiden kulutus laskutetaan vasta käytön mukaan, natriumhydroksidi tilataan perinteisesti laskulla. Kemikaalien tilaus-

toimitusprosessiin liittyen haastateltiin toimeksiantajayrityksen kemikaalihan-  
kinnoista vastaavaa ostajaa ja kemikaaliosaston esihenkilöä puhdistusaineen  
tilausprosessista. Tässä kappaleessa esitellään nykyisen prosessin kulku ja  
siihen liittyviä haasteita.

### **Ulkolakat**

Konsernin keskushankintaosasto tekee kemikaalin toimittajan kanssa hankin-  
tasopimuksen koko vuoden arvioidusta käytöstä, jota kotiutetaan paikallisen  
hankintaosaston toimesta tarpeen mukaan. Kun kemikaaleja halutaan tilata li-  
sää, paikallinen hankintaosasto luo kotiutuspyynnön ostotilauksen muodossa  
keskushankinnalle, jonka perusteella toimittaja lähettää tilatut tuotteet yrityk-  
selle. Tilauksen saapuessa ne vastaanotetaan toiminnanohjausjärjestelmään  
käyttäen ostotilauksen tietoja. Vastaanottaessa kemikaalit otetaan kaupinta-  
varastopaikan saldolle, joten toimittaja ei vielä laskuta toimitusta. Kun kemi-  
kaalikontteja otetaan varastosta käyttöön, ne kirjataan kaupintavaraston sal-  
dolta käyttöön käyttäen paikallisen hankintaosaston luomaa ostonumeroa. Tä-  
män ostonumeron perusteella toimittaja lähettää yritykselle laskun käytetyistä  
materiaaleista.

Koska lakkojen kulutus on jatkuvaa, pitää paikallisen hankintaosaston pitää  
silmällä varastomääriä ja tilata tarvittava määrä täydennystä hyvissä ajoin,  
jotta täydennys ehtii perille ennen varaston ehtymistä. Täydennys tilataan aina  
erikseen, eikä määrävälein tapahtuvaa tilausprosessia käytetä. Varastomäärät  
tarkastetaan kerran viikossa ja kulutusta arvioidaan historiallista kulutusdataa  
ja kokemusta hyväksi käyttäen. Lakkojen kulutus ei todellisuudessa ole ta-  
saista, vaan kirkkaan ja matan lakan kulutus riippuu valmistettavasta tuot-  
teesta, koska tuotteessa käytetään aina ainoastaan jompaakumpaa kemikaa-  
lia ja tuotantosuunnitelma saattaa vaihdella hyvin lyhyellä aikavälillä. Tämä  
hankaloittaa tilattavien määrien suunnittelua. Yrityksen toiminnanohjausjärjes-  
telmässä ei ole käytössä hälytysrajoitusta, joka ilmoittaisi koska kemi-  
kaalien määrä saavuttaa tilausrajan. Mitään kiinteää tilauspistettä ei myös-  
kään ole määritelty, vaan tilaus tehdään omaa harkintaa käyttäen. Perusperi-  
aatteena on se, että materiaalia tilataan tarpeeksi, mutta ei liikaa. Toisaalta  
varaston konkreettista kapasiteettia ei ole otettu määriä suunniteltaessa huo-  
mioon mitenkään. Lakkojen toimitusaika tilauksesta saapumiseen on keski-  
määrin kahdeksan vuorokautta.

## **Puhdistusaine**

Lakoista poiketen puhdistusaineen hankintaa hoitaa kemikaalilaboratorion esihenkilö, joka tarkastaa puhdistusaineen (ja muiden samalta toimittajalta tulevien kemikaalien) varastomäärät kerran kuussa. Raportti lähetetään toimittajalle, joka antaa ehdotuksen toimitusmäärästä ja -päivämäärästä. Kemikaaliosaston esihenkilö voi vaikuttaa toimituksen määriin ja pyytää vaihtamaan toimituspäivämäärää tarpeen mukaan. Yleensä toimitus saapuu noin 20 vuorokauden kuluttua tilauksesta, mutta tämä perustuu sovittuun päivämäärään, ei kuljetusaikaan. Usein toimitus saattaa saapua kaksi päivää etuajassa. Puhdistusaineen toimittaja on vaihtunut vuoden 2024 alussa, ja prosessi uuden toimittajan kanssa ei ole vielä hioutunut täydelliseksi. Puhdistusaineesta on myös testattu eri versioita, joita on tilattu koekäyttöön. Toimittaja lähettää kemikaalit keski-Euroopasta, joten heillä olisi periaatteessa mahdollisuus toimittaa materiaaleja useammin, esimerkiksi kerran viikossa, mutta tällaisesta vaihtoehdosta ei ole käyty lisäkeskusteluja. Tarvittaessa toimittaja voisi myös toimittaa puhdistusnestettä tai muita kemikaaleja säiliötoimituksina. Kuljetusaika toimittajalta toimeksiantajayritykselle on toimitusasiakirjojen perusteella viisi päivää ja toimitusaikojen keskihajonta kaksi päivää.

## **Natriumhydroksidi**

Natriumhydroksidin hankintaprosessi toimii perinteisellä tavalla, jossa paikallinen hankintaosasto tilaa täydennyksiä suoraan toimittajalta, joka laskuttaa aiheet toimitusten perusteella. Natriumhydroksidia toimittava valmistaja toimittaa asiakasyritykselle myös muita kemikaaleja kuten rikkihappoa ja suolahappoa. Näiden kemikaalien kulutus on huomattavasti natriumhydroksidia matalampaa, mutta nekin toimitetaan IBC-konteissa. Rikkihappoa ja suolahappoa pyritään varastoimaan tehtaalla enimmillään kaksi konttia kumpaakin materiaalia turvallisuussyistä. Toisaalta toimittajan kanssa on sovittu, että pienin, eri kemikaaleja sisältävä toimitusmäärä on neljä IBC-konttia kuljetuskustannuksista johtuen, joten luonnollisin tapa täyttää kuljetus on lisätä natriumhydroksidin määrää. Natriumhydroksidin tilauspisteeksi on määritelty kaksi konttia eli kun varastossa on jäljellä 2,5 tonnia kemikaalia. Toimittaja ei kuitenkaan voi varastoida kemikaalia kuljetuksessa, joten jos viikonlopun kulutuksen uskotaan oleva korkea, tulee tilaus tehdä hyvissä ajoin, jolloin kemikaalia toimitetaan suurempi määrä ennen kuin minimiraja on saavutettu. Keskimääräinen toimitusaika tilauksesta kemikaalin saapumiseen on neljä vuorokautta.

## 8.1 Nykyisen toimintatavan ongelmat

Suurimmaksi ongelmaksi nykyisessä tilaus-toimitusprosessissa nousee kemikaalien kulutuksen ennustamisen vaikeus. Toimeksiantajayrityksen tuotantoprosessille on ominaista, että tuotantosuunnitelma tehdään noin viikoksi eteenpäin, mutta suunnitelmaa voidaan muuttaa hyvin matalalla kynnyksellä jopa päivittäin. Tämä vaikuttaa varsinkin ulkolakkojen käyttömääriin päivittäisellä ja viikoittaisella tasolla. Varastohenkilökunta tekee kemikaalien kiertoinventaariota lähes päivittäin, mutta hankintaosasto seuraa vain toiminnanohjausjärjestelmän tietoja. Usein tuotantosuunnitelman muuttuessa tieto jää myyntiosaston ja tuotannon henkilöstön väliseksi, eikä hankintaa ja varastoa välttämättä oteta muutoksissa huomioon. Tällaista ilmiötä, jossa organisaation osastojen välinen tiedonkulku tyrehtyy niiden keskittyessä omiin tehtäviinsä, kutsutaan siiloutumiseksi (Timonen 2023, 6.). Puhdistusnesteen osalta päättävältä on vahvasti toimittajalla, joka kyllä tuntee toimeksiantajayrityksen toimialan kemikaalit ja niiden kulutuksen, mutta ei ota toimituksissa huomioon asiakkaansa varastokapasiteettia.

Tuotannon pysähtyminen jonkin raaka-aineen loppumisen takia olisi kallista ja aiheuttaisi toimeksiantajayrityksen asiakkailleen antaman palvelulupauksen pettämiseen, jolloin haitat olisivat sekä taloudellisia että maineellisia. Näin olen on katsottu, että joidenkin materiaalien ylivarastointi on pienempi paha. Tarkkojen kulutusennusteiden puutteen lisäksi yhteisiä työkaluja ei ole olemassa, vaan niin keskushankinta kuin paikallinen hankintaosasto, kuten myös tuotanto- ja varasto-osastot turvautuvat kaikki omiin keinoihinsa käytön ja kulutuksen mittaamisessa.

## 8.2 Nykytilanteen ongelmat Leanin näkökulmasta

Nykyisestä prosessista voidaan löytää useimmat Lean-ajattelun tunnistamista hukista. Tässä osiossa esitellään kemikaalien ylivarastoinnin aiheuttamia hukkia ja pohditaan miten tilanteen parantaminen vaikuttaisi niihin.

### Ylituotanto

Ylituotanto voidaan tämän tutkimuksen yhteydessä käsittää myös ylihankintana, jolloin raaka-aineita hankitaan tarpeeseen nähden liikaa. Tämä lisää työkuormaa koko prosessissa, koska käsiteltävät määrät ovat tarvetta suurempia,

jolloin niiden käsittely ja varastointi hankaloituu. Toimitusmäärät ja tilaustiheys tulisi saattaa tasolle, jossa varastointi ja tavaran sisäinen käsittely olisi sujuvaa.

### **Liian suuri tai pieni varastotaso**

Selkein ja näkyvin tutkimuksen kohteena olevan prosessin hukka ja samalla koko tutkimuksen aihe on ylisuuri varastotaso joidenkin kemikaalien osalta. Liian suuri varasto sitoo pääomaa (niiltä osin, kun varastoitavat tuotteet on jo laskutettu), vie varastokapasiteettia sille ensisijaisesti tarkoitetuilta tuotteilta ja lisää kemikaalionnettomuuden riskiä. Varastoitavien kemikaalien määrä tulisi saattaa sellaiselle tasolle, jossa kaikki materiaali mahtuu sille tarkoitettuun paikkaan, eli kemikaalivarastoon.

### **Kuljetukset**

Liian suuret toimitus- ja varastointimäärät kielivät myös siitä, että jossain vaiheessa prosessia on tapahtunut ylimääräistä kuljetusta toimittajalta asiakkaalle. Toimitusvälin pidentäminen vähentää toimitusten määrää ja tilausmäärät oikein suunniteltuina pienentää varastoitavien tuotteiden määrää.

### **Siirtymiset**

Koska toimeksiantajayrityksen kemikaalien varastointiprosessi perustuu automaattivarastoon, tulee prosessin oikeellisen toiminnan varmistamiseksi IBC-kontit skannata ensin AGV-järjestelmään, joka toimittaa sen kemikaalivarastoon, josta se toimitetaan tuotannolle AGV:lla. Kun varastotaso ylittää automaattivaraston kapasiteetin, pitää IBC-kontteja siirrellä ylimääräisiä kertoja väliaikaiselle varastointipaikalle ja sieltä pois.

### **Ylimääräinen työ**

Ylivarastointi aiheuttaa ylimääräistä työtä varastohenkilökunnalle, koska väliaikainen varastointipaikka pitää tyhjentää siellä olevista esineistä, etsiä ja järjestää niille tilaa muualta, kemikaalikontit pitää purun jälkeen siirtää väliaikaiseen varastopaikkaan ja myöhemmin sieltä pois. Lisäksi joissakin tilanteissa joudutaan etsimään oikeaa kemikaalia väliaikaisessa varastopaikassa olevien konttien seasta, joka aiheuttaa lisää ylimääräistä siirtelyä. Kiertoinventaarion tekeminen hankaloituu, pitkittyy ja sen luotettavuus kärsii, kun kaikkia varastoitavia materiaaleja ei voida tunnistaa varastosta normaaliin tapaan.

## **Työvoiman kapasiteetin käyttämättä jättäminen**

Työvoiman kapasiteetin käyttämättä jättäminen voidaan myös käsittää työvoiman kapasiteetin ohjautumisella tarpeettomaan työhön. Aiemmissa kohdissa mainituista syistä työntekijöiden aika kuluu ylimääräisten siirtojen ja järjestelyn tekemiseen sen sijaan, että he voisivat keskittyä muihin työtehtäviinsä. Liian suuren kemikaalimäärän käsittelyyn ja inventointiin käytetty aika on suoraan pois muusta työajasta.

Kun nykytilanteen ongelmia tarkastellaan, voidaan todeta, että ainoastaan lean-ajattelun "odotus" ja "viat" -hukkia ei voida suoraan osoittaa. On kuitenkin mahdollista, että prosessin ongelmat voivat johtaa epäsuorasti myös näihin tunnistamattomiin hukkiin, esimerkiksi henkilöstön ollessa on sidottuna kemikaalien käsittelyyn, voi jokin toinen työtehtävä odottaa tekemistään.

### **8.3 Tehostamiskeinot**

Kemikaalien hankintaprosessissa on havaittu haasteita, yhtenä tärkeimmistä ennustettavuuden hankaluus. Vaikka kemikaalien kulutusta seurataan, ei niiden käytöstä, toimituksista ja varastotasoista ole tehty analyysiä. Kemikaalien tilaukset tehdään tarpeen mukaan kuljetuskapasiteetti maksimoiden eikä varastotasoja oteta juuri huomioon. Tutkimuksessa ehdotetaan, että toimeksiantajayritys ottaisi todella käyttöön varmuusvaraston käsitteen ja kemikaalien tilaukset perustuisivat kulutuksen keskihajonta huomioon ottavaan tilausprosessiin.

Ensimmäisenä materiaaleille tulee määritellä varmuusvarastot. Varmuusvarastolla pyritään valmistautumaan kysynnän ja toimitusten vaihteluihin. Varmuusvarastoa kutsutaan myös passiivivarastoksi. (Sakki 2001, 82.) Kuten aiemmin on mainittu, aineiden kulutus toimeksiantajayrityksessä ei ole tasaista eivätkä täydennystoimitukset saavu tasaisin väliajoin. Näin ollen varmuusvarastoa laskiessa on otettava huomioon kulutuksen ja toimitusaikojen hajonta. Varmuusvaraston laskemiseen on olemassa useita erilaisia kaavoja, mutta tässä tutkimuksessa päädyttiin käyttämään Jesse Uiton (2016) esittelemää kaavaa (1), joka huomioi sekä kysynnän että toimitusaikojen vaihtelun.

$$SS = K \sqrt{L\sigma_D^2 + \sigma_L^2 D^2} \quad (1)$$

jossa	SS	varmuusvaraston määrä	[kg]
	K	varmuuskerroin	[-]
	L	toimitusaika	[d]
	$\sigma_D$	kysynnän keskihajonta	[kg]
	$\sigma_L$	toimitusajan keskihajonta	[d]
	D	keskimääräinen kulutus	[kg]

Varmuuskerroin K merkitsee halutun palvelutason perusteella laskettua kerrointa, joka määrittelee kuinka monen keskihajonnan suuruinen varmuusvaraston tulisi olla, jotta palvelutaso saadaan toteutettua. Varmuuskerroin voidaan määrittellä käyttämällä Excelin funktiota **=NORM\_JAKAUMA.KÄÄNT(%)** (Taanila 2015, 27). Koska laskennan kohteena olevat materiaalit eivät saa loppua kesken, käytetään niiden laskemiseen korkeinta mahdollista arvoa 99,99 %. Tällöin varmuuskertoimeksi saadaan luku 3,72. Varmuuskerroin ja laskelmissa käytettävät luvut näkyvät taulukossa 10. Arvot on saatu käyttämällä kemikaalien kulutus- ja toimitusraportteja toimeksiantajayrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä.

Taulukko 10 Kemikaalien laskelmissa käytetyt arvot.

Symboli	Selite	Kirkas ulkolakka	Matta ulkolakka	Puhdistusaine	Natriumhydroksidi
$D_{avg}$	Keskikäyttö päivässä KG	616	337	220	382
$\sigma_D$	Käytön keskihajonta KG	341	293	134	252
$\sigma_L$	Toimitusaikojen keskihajonta	1	1	2	1
K	Varmuuskerroin	3,72	3,72	3,72	3,72
L	Toimitusaika päivää	8	8	5	4

Kaavaa käyttäen päästään alla esitettyihin tuloksiin:

Kirkas ulkolakka:

$$SS = 3,72 \sqrt{8 * 341 \text{ kg}^2 + 1^2 * 616 \text{ kg}^2} = 4257,25 \text{ kg}$$

Matta ulkolakka:

$$SS = 3,72 \sqrt{8 * 293 \text{ kg}^2 + 1^2 * 337 \text{ kg}^2} = 3328,01 \text{ kg}$$

Puhdistusaine:

$$SS = 3,72 \sqrt{4 * 134 \text{ kg}^2 + 2^2 * 220 \text{ kg}^2} = 1980,28 \text{ kg}$$

Natriumhydroksidi:

$$SS = 3,72 \sqrt{4 * 252 \text{ kg}^2 + 1^2 * 382 \text{ kg}^2} = 2352,56 \text{ kg}$$

Kun taulukossa 11 verrataan saatuja varmuusvarastolaskelmien tuloksia aiemmin todettuihin kemikaalien keskimääräisiin varastomääriin, voidaan todeta myös, että ylivarastoinnin määrä on selkeä kaikkien aineiden kohdalla.

Taulukko 11 Keskimääräisen varastomäärän ja varmuusvarastolaskelman tuloksien vertailu

	Kirkas ulkolakka	Matta ulkolakka	Puhdistusaine	Natriumhydroksidi
Keskimääräinen varastointimäärä (kg)	16000	16000	8680	5000
Varmuusvarastolaskelman tulos (kg)	4257	3328	1980	2353
Varmuusvarasto pyöristettynä seuraaviin täysiin kontteihin (kg)	5000	4000	2480	2500

Kun kemikaaleille on laskettu varmuusvarasto, voidaan niille laskea tilauspiste. Kemikaalien tilaukset tehdään toimeksiantajayrityksessä manuaalisesti, koska aineiden kulutukset vaihtelevat tuotantotarpeen mukaan ja näin ollen kiinteän tilausvälin menetelmää ei ole mielekästä käyttää. Tilauspiste lasketaan tässä Jouni Sakin (2001, 113) esittelemällä kaavalla (2):

$$T = DL + B \quad (2)$$

jossa	T	tilauspiste	[kg]
	D	keskimääräinen menekki	[kg]
	L	hankinta aika	[vk]
	B	varmuusvaraston määrä	[kg]

Kaavaa käyttämällä päästään alla esitettyihin tuloksiin:

Kirkas ulkolakka:

$$T = 616 \text{ kg} * 8 + 5000 \text{ kg} = \mathbf{9928 \text{ kg}}$$

Matta ulkolakka:

$$T = 337 \text{ kg} * 8 + 4000 \text{ kg} = \mathbf{6696 \text{ kg}}$$

Puhdistusaine:

$$T = 220 \text{ kg} * 5 + 2480 \text{ kg} = \mathbf{3580 \text{ kg}}$$

Natriumhydroksidi:

$$T = 382 \text{ kg} * 4 + 2500 \text{ kg} = \mathbf{4028 \text{ kg}}$$

Tilauspistelaskelmien yhteenveto nähdään taulukossa 12:

Taulukko 12 Tilauspistelaskelman tulokset

	Kirkas ulko- lakka	Matta ulko- lakka	Puhdistus- aine	Natriumhyd- roksidi
Tilauspistelaskelman tulos (kg)	9928	6696	3580	4028
Tulos pyöristettynä seuraaviin täysiin kontteihin (kg)	10000	7000	3720	5000

Ulkolakkojen osalta tilausmääriin ja varastotasoon vaikuttaa se, että ne tilataan samalta toimittajalta ja ne toimitetaan samassa kuormassa. Tätä varten ulkolakoille lasketaan käyttöön perustuvat toimitusmäärät. Toimitusmäärää suunnitellessa tulee myös huomioida, että ulkolakkojen toimituksen mukana

tulee usein myös joitakin yksittäisiä kontteja muita lakkoja, jotka vaikuttavat kokonaistoimitusmäärään. Laskelmien kohteena olevien ulkolakkojen yhteenlaskettu toimitusmäärä täydennyskuormissa on keskimäärin 20 tonnia. Kirkkaan ja matan ulkolakan käyttöihin perustuva toimitusmäärä voidaan laskea käyttämällä hyväksi lakkojen käytösuhdetta; kirkas ulkolakka 0,616 tonnia vuorokaudessa ja matta ulkolakka 0,337 tonnia vuorokaudessa. Suhde saadaan jakolaskulla:

$$0,337 T \div 0,616 T = 0,547$$

Jonka perusteella voidaan luoda yksinkertainen yhtälö (3):

$$x = 0,547 y \quad (3)$$

jossa        x                    Kirkkaan ulkolakan käyttömäärä                    [T]  
                   y                    Matan lakan käyttömäärä samassa suhteessa        [T]

Yhtälön tuloksia voidaan tarkastella taulukossa 13, josta voidaan päätellä, että mikäli keskimääräinen yhteenlaskettu toimitusmäärä kirkkaalle ja matalle lakkalle on 20 tonnia, toteutuu käyttöön perustuva toimitusmäärä silloin, kun kirkasta ulkolakkaa toimitetaan kuormassa 12 tonnia ja mattaa ulkolakkaa seitsemän tonnia.

Taulukko 13 Kulutussuhdeyhtälön tuloksia:

X = Kirkas ulkolakka	0,616	1	5	9	12	13
Y = Matta ulkolakka	0,337	0,547	2,735	4,923	6,564	7,111
Kokonaismäärä pyöristettynä seuraaviin täysiin tonneihin		2	8	14	19	21

Kun tiedetään toimitettavat määrät, voidaan laskea täydennyskuormassa toimitettavien määrien riitto, eli aika päivissä, jonka täydennyserä riittää.

Kirkas ulkolakka:  $12 T \div 0,616 T = 19,48 \approx 19$  päivää

Matta ulkolakka:  $7 T \div 0,337 T = 20,77 \approx 21$  päivää

Kemikaalien tilauspisteen määrittämisen jälkeen määritellään maksimivarastomäärät, jotta vältetään liian suurien määrien tilaamiselta ja varastokapasiteetin ylittämiseltä. Maksimivaraston laskemiseen käytetään alla esiteltyä kaavaa. Tässä tulee huomioida, että hankinta-aika ei ole sama kuin toimitusaika. Toimitusaika on aika, joka kuluu tilauksesta täydennyserän saapumiseen ja hankinta-aika on täydennyserien välinen aika.

Maksimivarasto = varmuusvarasto + menekki tilausvälin ja hankinta-ajan aikana.

(Sakki 2021, 116.)

Kemikaalien maksimivarastolaskelmien tuloksia esitellään taulukossa 14.

Taulukko 14 Maksimivarastomäärät:

	Kirkas ulkolakka	Matta ulkolakka	Puhdistusaine	Natriumhydroksidi
Varmuusvarasto (kg)	5000	4000	2480	2500
Hankinta-aika (päivää)	19	21	20	4
Menekki hankinta-ajan aikana (kg)	11704	7077	4400	1680
Maksimivarasto (kg)	16704	11077	6880	4180
Tulos pyöristettynä seuraaviin täysiin kontteihin (kg)	17000	12000	7440	5000

Näiden laskelmien jälkeen voidaan tarkastella tuloksien yhteenvetoa taulukosta 15:

Taulukko 15 Yhteenveto varmuusvarasto-, tilauspiste- ja maksimivarastolaskelmista.

	Kirkas ulko- lakka	Matta ulko- lakka	Puhdistusaine	Natriumhyd- roksidi
Varmuusva- rasto KG	5000	4000	2480	2500
Tilauspiste KG	10000	7000	3720	5000
Maksimiva- rasto KG	17000	12000	7440	5000

## 9 SÄILIÖRATKAISUN ANALYSOINTI

Säiliöratkaisua tutkittaessa on saatu selville, että säiliön valintaan vaikuttavat monet seikat, kuten käytettävän kemikaalin ominaisuudet, käyttömäärät ja suunniteltu säiliön sijoituspaikka. Ulos sijoitettavalle säiliölle on rakennettava perustukset ja valuma-allas ympäristövahinkojen estämiseksi. Myös säiliön käyttöön liittyvä tekniikka ja käyttöputkistot ja -laitteet tulee ottaa huomioon suunnitelmaa tehdessä. Maanrakennustyöt ja tekniikan rakennus ovat kuluja, joihin tulee varautua säiliön hankintaa suunniteltaessa. Monet yritykset, esimerkiksi Kutepa Group ja Atolli Oy, tarjoavat säiliöiden suunnittelu- ja rakennuspalvelua säiliölle avaimet käteen -periaatteella. Jos säiliö suunnitellaan sijoitettavaksi sisätiloihin, tulee ottaa huomioon, että sitä koskevat samat säännökset kuin ulos sijoitettaessa muun muassa valuma-altaiden osalta. Joka tapauksessa kyseessä on huomattava investointi, jonka hyödyllisyys tulee punnita huolellisesti ennen hankintapäätöksen tekemistä. Kemikaalisäiliön edut tulevat esille, kun siinä varastoitavan kemikaalin kulutus on suuri ja se voidaan toimittaa säiliöön suurissa erissä. Tämä on myös seikka, joka tulee säiliötä suunniteltaessa, sillä on mahdollista, että kemikaalin toimittaja ei kykene tai suostu säiliötoimituksiin. Jos tuotantolaitos käyttää suuria määriä kemikaaleja, kannattaa suursäiliöratkaisu ottaa varteenotettavaksi vaihtoehdoksi jo laitoksen suunnitteluvaiheessa, koska myöhemmin sellaisen hankkiminen voi olla hankalaa tilanpuutteen, muuttuneiden säädösten, kustannusten, investointihallittomuuden tai muiden syiden takia.

Suursäiliö ratkaisee monia tutkimuksen aiheena olevia ongelmia. Leanin näkökulmasta nähtynä se ehkäisee ylihankinnan ongelman, koska säiliö on vaikiokokoinen, eikä sitä voi täyttää yli kapasiteetin kun täydennyserät on suunniteltu säiliön ehdoilla. Tämä ratkaisee myös ylivarastoinnin ongelman, koska kemikaali sijaitsee yhdessä, sille suunnitellussa paikassa ja olemassa oleva varastokapasiteetti voidaan käyttää sille suunniteltuun tarkoitukseen. Kuljetukset ja siirtymät poistuvat, kun kemikaalia ei enää käsitellä manuaalisesti ja varastoida pakkauksissa vaan se toimitetaan, varastoidaan ja käytetään sille tarkoitetun laitteiston avulla. Tällöin myös ylimääräinen työ kemikaalin käsittelyn osalta jää pois ja vapauttaa henkilöstön muihin tehtäviin.

Erityisen tärkeä kemikaalisäiliön etu on työ- ja ympäristöturvallisuuden kohoaminen. Kun kemikaali varastoidaan sille tarkoitettussa säiliössä, jonka turvalaitteet ja vuotojen varalle rakennetut valuma-altaat ovat asianmukaiset, riskit käsittelyn tai käytön yhteydessä tapahtuville onnettomuuksille pienenee.

## **10 TILAUS-TOIMITUSPROSESSIN TEHOSTAMINEN**

Tilaus-toimitusprosessin avaaminen ja kemikaalien varmuusvarastojen, tilauspisteen ja maksimivarastojen laskeminen antoi mielenkiintoisia, joskin odotettuja tuloksia. Eniten käytettyjen kemikaalien osalta nykyiset varastomäärät ovat liian suuria, eikä tilausprosessissa käytetä hyödyksi työkaluja, jotka parantaisivat nykytilannetta. Laskelmia ja niiden tuloksia tarkastellessa tulee kuitenkin muistaa, että niissä käytetyt arvot, vaikka perustuvatkin käyttödataan, ovat silti vain laskennallisia arvoja. Todellisuudessa varsinkin ulkolakkojen käyttö voi vaihdella huomattavasti, eikä niiden tilauksessa voida sokeasti luottaa laskukaavoihin.

Ulkolakkojen osalta varmuusvarastolaskelma voi antaa todellisuuteen verrattuna liian alhaisen tuloksen. Jos toimeksiantajayrityksen tilausprosessissa ryhdytään soveltamaan tutkimuksessa käytettyjä laskelmia, tulee se tehdä asteittain siten, että laskelmien ja todellisen kulutuksen ero voidaan todeta käytännössä. Jos laskujen tuloksena saadut varmuusvarastomäärät todetaan käytännössä riittäviksi, voidaan ne ottaa käyttöön sellaisenaan. Samaa periaatetta voidaan käyttää tilauspisteen osalta, eli tilauksia ryhdytään alussa tekemään asteittain lähempänä tilauspistettä ja jos todetaan ne riittäviksi, voidaan

niitä ryhtyä soveltamaan hankintatoimessa. Maksimivarastolaskelma sen sijaan tulee ottaa huomioon, koska se osoittaa selkeästi nykyisen toimintatavan ongelman. Keskimääräinen varastomäärä kummallekin ulkolakalle on ollut pitkään 16 tonnia, mutta kirkkaan ulkolakan maksimivarastolaskelman tulos on vain yhden tonnin suurempi 17 tonnia. Tämä merkitsee sitä, että huomattavan osan ajasta kemikaalin varastomäärä on ollut liian suuri. Kirkkaan ja matan ulkolakan käyttösuhteeseen perustuva toimitusmäärien laskelma osuu lähelle todellisia toimitusmääriä, joten voidaan päätellä, että laskelma on totuudenmukainen. Edelleen todellisen kulutuksen vaihteluitten takia ostajan tulee tilausta tehdessään säätää kemikaalien toimitusmäärän suhdetta tarpeen mukaan.

Puhdistusaineen kulutus on kaikista kemikaaleista tasaisinta, mutta sen ongelma on käyttöön suhteutettuna liian suuret toimitusmäärät. Koska toimituksissa täydennetään myös muita, samalta toimittajalta saapuvia kemikaaleja, tulee puhdistusaineen tilausprosessissa ottaa huomioon myös niiden kulutus ja varastointimäärät. Täydennystoimitusten ajoituksessa ja toimitusmäärissä toimittajalla on liian suuri rooli, kun taas toimeksiantajayrityksen puolelta kontrolli ei ole riittävän vahva. Puhdistusaineen (ja muiden saman toimittajan kemikaalien) varastomäärien seuranta tulee tihentää oleellisesti nykyisestä kerran kuukaudessa tapahtuvasta raportoinnista. Lisäksi toimittajan kanssa tulee keskustella toimitusmäärien pienentämisestä ja mahdollisesta toimitusvälien lyhentämisestä. Toimittajalta tulevien kemikaalien kulutus on hyvin erilaista, joten sen sijaan, että nykyisellä tavalla toimitetaan suuri määrä kaikkia materiaaleja keskimäärin kahdenkymmenen päivän välein, tulee toimituksia järjestyttää siten, että lyhyemmillä toimitusväleillä toimitetaan vain materiaaleja, joiden varastomäärä on alhainen. Puhdistusaineen lisäksi kaikille tämän toimittajan kemikaaleille tulisi tehdä tässä tutkimuksessa käytetyt laskelmat varmuusvaraston, tilauspisteen ja maksimivaraston osalta ja ryhtyä soveltamaan niitä kemikaalien tilauksessa. Nämä tulokset tulee myös antaa toimittajan käyttöön, jotta se voi suunnitella lähetyksiä omalla tahollaan niiden avulla.

Käsitellyistä kemikaaleista natriumhydroksidin osalta voidaan todeta, että laskukaavat eivät varsinaisesti muuta tilannetta nykyisestä, jonka voidaan katsoa johtuvan siitä, että aineen kulutus on suurta, mutta myös täydennyksiä saapuu lyhyin väliajoin. Näin ollen voidaan todeta, että natriumhydroksidin tilaus-toimi-

tusprosessia ei kannata lähteä oleellisesti muuttamaan, vaan sen osalta kannattaa keskittyä käsittelyn tehostamiseen. Natriumhydroksidi pumpataan nykyäänkin IBC-kontista käyttösäiliöön, mutta säiliö on vain 200 litraa suurempi kuin kontti, jossa kemikaali toimitetaan. Natriumhydroksidin osalta siis paras vaihtoehto olisi nykyistä suurempi käyttösäiliö, kapasiteetiltaan esimerkiksi 2500 litraa, johon voidaan pumpata kerralla vähintään kaksi kontillista kemikaalia. Tällöin varastoitavien konttien määrää saadaan vähennettyä ja käyttösäiliön tarkoituksenmukaisuus paranee. Markkinoilla on valmiita, tuplavaijalla varustettuja, natriumhydroksidin kestäviä muovisäiliöitä, joiden kokoa, ominaisuuksia ja käyttösopivuutta voidaan vertailla ennen hankintapäätöksen tekemistä.

## 11 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön päätutkimuskysymyksenä esitettiin, kuinka varastoitavien IBC-konttien määrää kyetään vähentämään siten, ettei väliaikaisvarastointiin tarvitse jatkuvasti turvautua. Tutkimuksessa saatiin selville, että väliaikaisvarastointiin johtavat syyt löytyvät ensisijaisesti nykyisen hankintaprosessin ongelmista. Alatutkimuskysymyksenä esitetty kysymys hankintaprosessin parantamiseen liittyy tähän oleellisesti, ja tutkimuksen aikana siitä löydettiin useita parannuskohteita, joiden korjaamiseksi tulee ryhtyä toimenpiteisiin ehdotettujen tehostamiskeinojen avulla. Näiden tehostamiskeinojen avulla varastoitavien kemikaalien määriä pystytään vähentämään ja väliaikaisvarastoinnista voidaan luopua. Tehostamiskeinot tulee kuitenkin tehdä suunnitellusti ja asteittain, jotta vältytään ennakoimattomilta ongelmilta. Erilaisten poikkeustilanteiden varalta tulee edelleen kyetä varautumaan, joten esitellyt keinot tulee arvioida kemikaalikohtaisesti.

Toisena alatutkimuskysymyksenä oli tutkia kemikaalisiilon tarpeellisuutta tai perusteita jonkin tutkimuksessa käsitellyn kemikaalin osalta. Voidaan todeta, että koska nykytilanne kemikaalien ylivarastoinnin osalta on pääosin ratkaistavissa tilausprosessia parantamalla, ei kemikaalisiiloille ole akuuttia tarvetta. Kuitenkin esitetään, että natriumhydroksidin osalta lähdetään viemään eteenpäin suuremman käyttösäiliön hankkimista, koska sillä pystytään vähentämään yhden haitallisimman käytössä olevan kemikaalin ylimääräistä siirtelyä

ja käsittelyä. Natriumhydroksidin käytösäiliö ei muuttaisi nykyistä käyttö- ja tilausprosessia oleellisesti, mutta vähentäisi varastoitavien konttien määrää ja parantaisi turvallisuutta. Muiden tutkimuksessa käsiteltyjen kemikaalien osalta siiloratkaisu voi olla tulevaisuudessa varteenotettava vaihtoehto vähentämään kemikaalikonttien käsittelyä ja varastointiin liittyviä ongelmia. Toimeksiantajayrityksellä on jo olemassa siilot kaikista suurimennekkisimmälle kemikaalille, joten saman toimintamallin toisintaminen pienemmässä mittakaavassa ei olisi ongelma. Siilon rakentamiseen liittyvien kulujen vuoksi siilojen rakentaminen kannattaa ajoittaa ajankohtaan, jolloin tehdään muitakin infrastruktuuria kehittäviä parannuksia tai laajennuksia.

## **12 TUTKIMUKSEN ONNISTUMINEN JA LUOTETTAVUUS**

Tutkimuksen tavoitteena oli löytää keinoja varastossa säilytettävien kemikaalien määrän vähentämiseen. Tutkimuksessa löydettiin hankintaprosessiin ratkaisu, jota noudattamalla kemikaalien määrä pystytään laskemaan tasolle, jossa se on riittävä mutta ei liian suuri. Kun toimeksiantajayrityksen sisällä laaditaan tutkimuksen tuloksiin perustuvat periaatteet kemikaalien tilausprosesseille, tullaan saavuttamaan näkyvä parannus nykytilanteeseen. Tämä vaatii kuitenkin myös omistautumista ja valvontaa, sekä kommunikaatiota eri osastojen välillä. Ongelma oli tunnistettu toimeksiantajayrityksessä ennen tutkimusta, mutta sen ratkaisemiseksi ei ollut ryhdytty toimenpiteisiin. Koska tutkimuksen tekijä on osa prosessiin kuuluvaa henkilöstöä, tullaan tulosten realisoimiseksi tekemään töitä. Tutkimuksessa käytetyt menetelmät perustuvat toimeksiantajayrityksen keräämään, toiminnanohjausjärjestelmästä löytyvään dataan ja laskutoimituksissa käytetyt kaavat ovat logistiikan ja hankinnan alalla tunnettuja menetelmiä, joita alalla käytetään ja opetetaan yleisesti. Tulokset ovat toistettavissa ja samaa menetelmää tullaan käyttämään myös myöhemmin, kun muille kemikaaleille tehdään samanlaista tarkastelua. Tutkimukseen haastatellut henkilöt ovat oman toimenkuvansa ammattilaisia ja asiantuntijoita yrityksessä, joten heiltä saatua tietoa voidaan pitää luotettavana.

Kemikaalisiilojen osalta tutkimuksen tarkoitus ei ollut antaa valmista ratkaisua vaan tutkia siilojen rakentamisen tarpeellisuutta yleisellä tasolla sekä vaatimuksia, joita niiden rakentamiseen liittyy. Tutkimuksessa saatiin selville, mitä

asioita tulee ottaa huomioon, jos siiloratkaisua tullaan tulevaisuudessa harkitsemaan. Näiden tuloksia voidaan käyttää pohjana, kun ryhdytään keräämään vaadittavia tietoja kemikaalisäiliön hankintaa varten, jolloin esimerkiksi toimittajien kilpailutusta varten voidaan laatia valmis lista vaadituista perustoimenpiteistä ja ominaisuuksista. Kemikaalisäiliöt ovat usein asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöityjä tuotteita, joiden ominaisuudet, rakenne ja sijoituspaikka määräytyy monien muuttujien kautta. Näin ollen tämän tutkimuksen rajausten sisällä tavoite saavutettiin tältäkin osin.

### **13 JATKOTUTKIMUSKYSYMYKSET**

Selkeänä jatkotutkimuskysymyksenä ehdotetaan säiliöratkaisun yksityiskohtaisempaa tutkimista. Kemikaalisäiliön hankintaan ja sitä edeltäviin toimenpiteisiin liittyy paljon seikkoja, joista olisi aiheutta useampaankin tutkimukseen taloudellisen, logistisen ja teknisen näkökannan kautta. Kemikaalien hankintaan liittyen tässä työssä keskityttiin aineisiin, joiden kulutus- ja varastointimäärät olivat kaikista käytetyistä aineista suurimmat. Toimeksiantajayrityksessä on kuitenkin käytössä useita muitakin kemikaaleja, joihin voidaan soveltaa tämän tutkimuksen kaltaisia tehostamistoimia. Tarkemman kemikaalihallinnan prosessin rakentaminen kaikkien kemikaalien osalta edesauttaisi varastonhallinnan lisäksi myös kulujenhallintaa ja turvallisuutta.

## LÄHTEET

Anttila, H. s.a. Mitä on lean – lyhyesti mutta syvällisesti. WWW-blogi. Saatavissa: <https://blogistiikka.wordpress.com/2023/09/27/mita-on-lean-lyhyesti-mutta-syvallisesti/> [viitattu 10.9.2024].

Automatic Reorder Point. 2023. (MRP Type: V2 or VM) Planning - Part 2. SAP Community. WWW-dokumentti. Päivitetty 15.2.2023. Saatavissa: <https://community.sap.com/t5/enterprise-resource-planning-blogs-by-members/automatic-reorder-point-mrp-type-v2-or-vm-planning-part-2/ba-p/13548175> [viitattu 11.9.2024].

ChemStore-kemikaalisäiliöt 200-9000 L. s.a. Infraline. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.infraline.fi/tuotteet/tuote/chemstore-kemikaalisaeiliot-200-9000/category\\_pathway-62](https://www.infraline.fi/tuotteet/tuote/chemstore-kemikaalisaeiliot-200-9000/category_pathway-62) [viitattu 17.9.2024].

CLP-asetus tutuksi. s.a. European Chemical Agency. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://echa.europa.eu/fi/regulations/clp/understanding-clp> [viitattu 19.8.2024].

Ferrer, J. s.a. Everything you need to know about the concept of lean applied to procurement. BME. WWW-blogi. Saatavissa: <https://www.buymadeeasy.com/en/blog/lean> [viitattu 10.9.2024].

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 1272/2008.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 1907/2006.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/75/EU.

Hämäläinen, M., Irpola, E., Kallio, N., Pakkanen P., Taxell P., Uljas J. 2022. Kemikaaliturvallisuus työpaikalla. Työturvallisuuskeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://ttk.fi/wp-content/uploads/2023/02/Kemikaaliturvallisuus-tyo%CC%88paikalla.pdf> [viitattu 8.9.2024].

Imatex-säiliöt. s.a. Imatex Finland Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://imatex.fi/tuotteet/imatex-sailiot/> [viitattu 17.9.2024].

Kemikaalien rekisteröinti EU:ssa – REACH-asetus. 2024. Your Europe. WWW-dokumentti. Päivitetty 29.7.2024. Saatavissa: [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/chemicals/registering-chemicals-reach/index\\_fi.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/chemicals/registering-chemicals-reach/index_fi.htm) [viitattu 19.8.2024].

Kemikaalilaitokset. s.a. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tukes.fi/teollisuus/kemikaalilaitokset> [viitattu 3.9.2024].

Kemikaalilaki. 9.8.2013/599.

Käyttöturvallisuustiedote. s.a. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tukes.fi/kemikaalit/reach/kayttoturvallisuustiedote> [viitattu 9.9.2024].

Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta 23.3.2023/541.

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta.  
3.6.2005/390.

Lean-ajattelu. s.a. Logistiikan maailma. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/> [viitattu 10.9.2024].

Liljeström, M. 2022. CLP-asetus pähkinänkuoressa. WWW-blogi. Päivitetty 15.9.2022. Saatavissa: <https://www.econline.com/fi/blogi/clp-asetus> [viitattu 20.8.2024].

Mikä on automaattitrukki (AGV)? s.a. Toyota material handling. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://blog.toyota-forklifts.fi/mika-on-automattitrukki-agv> [viitattu 12.9.2024].

Mikä on ERP? s.a. SAP. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sap.com/uk/products/erp/what-is-erp.html> [viitattu 11.9.2024].

Mikä on standardi? s.a. SFS Suomen Standardit ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/> [viitattu 2.9.2024].

Muovitankit ja -säiliöt. s.a. Denios. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.denios.fi/shop/sailiot-astiat-ja-tankkausasemat/muovitankit-ja-sailiot/?page=2&sort%5Bfield%5D=sortRank&sort%5Border%5D=desc&scroll-target=sku-314510> [viitattu 17.9.2024].

Saaranen-Kauppinen, A.& Puusniekka, A. 2006. Teemahaastattelu. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6\\_3\\_2.html](https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_2.html) [viitattu 14.10.2024].

Sakki, J. 2001. Tilaus-toimitusketjun hallinta: Logistinen b to b -prosessi. 5. painos. Espoo: Jouni Sakki Oy.

Sarwar, H. 2023. Understanding the Difference: FIFO, FEFO and LIFO in the Logistics Industry. LinkedIn. WWW-blogi. Saatavissa: <https://www.linkedin.com/pulse/understanding-difference-fifo-fefo-lifo-logistics-industry-sarwar> [viitattu 9.9.2024].

Sosiaali- ja terveysministeriö Kemikaalivaltuutuskunta. 2000. Ohje kemikaalien kappalevarastosta. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201504226620> [viitattu 2.7.2024].

Taanila, A. 2015. Toimitusketjun hallinnan työkaluja. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://taanila.fi/toimitusketju.pdf> [viitattu 5.10.2024].

Timonen, E. 2023. Siiloutuminen osana valtionhallinnon kehityshankkeita. 2023. Tampereen yliopisto. Johtamisen ja talouden tiedekunta. Pro gradu -tutkielma. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202304193912> [viitattu 1.10.2024].

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738.

Tämä on Tukes. s.a. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/tama-on-tukes> [viitattu 3.9.2024].

Uitto, J. 2016. Varmuusvaraston laskeminen. WWW-blogi. Päivitetty 19.3.2016. Saatavissa: <https://jesseuitto.fi/varmuusvaraston-laskeminen/> [viitattu 3.10.2024].

Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi. 2021. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. WWW-dokumentti. Päivitetty 31.8.2021. Saatavissa: <https://tukes.fi/vaarallisten-kemikaalien-kasittely-ja-varastointi> [viitattu 3.9.2024].

Vihivaunut. s.a. Solving. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.solving.com/fi/tuotteet/vihivaunut-agv/> [viitattu 12.9.2024].

What is Lean Logistics? 2024. 5 Ways to Manage Lean Logistics Effectively. 3PL Links Inc. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://3pllinks.com/what-is-lean-logistics/> [viitattu 10.9.2024].

What is a warehouse management system (WMS)? s.a. SAP. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sap.com/uk/products/scm/extended-warehouse-management/what-is-a-wms.html> [viitattu 12.9.2024].

Yleisimmät kysymykset IBC-kontteihin liittyen. s.a. Denios. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.denios.fi/palvelut/denios-asiantuntemus/yleisimmat-kysymykset-ibc-konteista?srsId=AfmBOopEAx8WtVmfmkjIW7058lyID87-ROwPre6P7I42hgj3TfgL7kKv> [viitattu 9.9.2024].

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Kemikaalikontteja odottamassa varastointia. Juha-Matti Viitanen. 19.2.2024.

Kuva 2. IBC-kontti. Juha-Matti Viitanen. 27.11.2023.

Kuva 3. Chemical Storage Tanks: A Complete Guide. 2023. Ironclad Environmental. WWW-dokumentti. Muokattu: 10.7.2023. Saatavissa: <https://ironcladenvironmental.com/2023/07/10/chemical-storage-tanks-a-complete-guide/#:~:text=Industrial%20chemical%20tanks%20are%20heavy,chemical%20that%20they%20are%20handling> [viitattu 17.9.2024].

Kuva 4. Teollisuussäiliö, 5000 litraa, musta, aineille, joiden tiheys max 1,55. s.a. Denios. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.denios.fi/teollisuus-sailio-5000-littraa-musta-aineille-joiden-tiheys-max-1-55-314510/314510> [viitattu 17.9.2024].

Kuva 5. Toimeksiantajayrityksen kemikaalivarasto. Juha-Matti Viitanen. 12.9.2024.

Kuva 6. Kemikaalivaraston kartta säilytyspaikkoineen WMS-järjestelmässä. Juha-Matti Viitanen. 25.9.2024.

Kuva 7. Ulkolakkakontit käytössä. Juha-Matti Viitanen. 20.9.2024.

Kuva 8. 1200 litran natriumhydroksidikontti jätevesilaitoksella. Juha-Matti Viitanen. 19.9.2024.