

## **ÖLJYJEN VARASTOINNIN KEHITTÄMINEN**

Kemijoki Oy:n Kemijoen alueen vesivoimalaitokset

Elisa Romppainen  
Opinnäytetyö AMK  
Kevät 2025  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka  
Tuotantotekniikka

Tekijä: Elisa Romppainen

Opinnäytetyön otsikko: Öljyjen varastoinnin kehittäminen – Kemijoki Oy:n Kemijoen alueen vesivoimalaitokset

Työn ohjaaja: Anu Tammela

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2025

Sivumäärä: 31 + 1

Opinnäytetyö tehtiin Caverion Suomi Oy Rovaniemen toimipisteelle. Työssä tarkasteltiin Kemijoki Oy:n Kemijoen alueella sijaitsevien vesivoimalaitoksien öljyjen varastointia. Työssä selvitettiin eri öljylaatujen varastoinnin vaatimukset ja voimalaitoskohtaisten erillisten öljysäiliöiden käyttöönottomahdollisuuksia. Tässä työssä keskityttiin vain öljyjen varastoinnin kehittämis ehdotuksien laatimiseen ja erillisten öljysäiliöiden käyttöönottovaatimusten selvittämiseen. Öljyjen varastoinnin kehittämisideat toteuttavat ja erillisten öljysäiliöiden käyttöönoton suorittavat Caverionin henkilöstö.

Opinnäytetyössä käsitellään vesivoiman tuotantoa Suomessa sekä voiteluöljyjen ja öljyvoitelun eri osa-alueita. Lisäksi tarkastellaan vesivoimalaitosten öljykäyttöisiä laitteita ja osia sekä öljyjen varastointiin liittyvää lainsäädäntöä ja viranomaisvaatimuksia. Työssä tarkastellaan myös öljysäiliöiden käyttöönottotarkastuksia ja -vaatimuksia.

Työ toteutettiin keräämällä tietoa vesivoimasta, voiteluöljyistä, öljyvoitelusta, öljyjen varastointiin vaikuttavista viranomaismääräyksistä sekä vesivoimalaitosten öljykäyttöisistä laitteista ja osista.

Öljyjen varastointitilan tulee olla puhdas ja järjestelmällinen. Öljyvaraston lämpötila ei saisi vaihdella merkittävästi, koska lämpötilavaihtelut voivat heikentää öljyastioiden saumoja ja vaikuttaa öljyn ominaisuuksiin pysyvästi. Öljyjen säilytyspakkauksien alla tulee olla valuma-altaat mahdollisten vuotojen varalta. Kemijoki Oy:n vesivoimalaitoksien yhteisessä öljyvarastossa varastoitavat öljyt eivät aiheuta keskenään vaarallisia reaktioita ja niistä ei synny vaarallisia hajoamistuotteita normaaleissa varastointi- ja käyttöoloissa.

Vesivoimalaitoksien erillisille öljysäiliöille täytyy suorittaa rakenne ja rakennesuunnitelman tarkastus Turvallisuus- ja kemikaaliviraston hyväksymän tarkastuslaitoksen toimesta käyttöönoton mahdollistamiseksi. Öljysäiliöille täytyy koota säiliökirja, jonka avulla voidaan osoittaa säiliön vaatimusten täyttyminen. Säiliökirjan tulee sisältää valmistus- ja kunnossapitodokumentit. Opinnäytetyötä voi hyödyntää tukena myös muilla toimialueilla öljyjen varastoinnin kehittämisessä järjestelmällisemmäksi ja ympäristövahinkojen ennaltaehkäisemiseksi.

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Program in Mechanical Engineering  
Option of Production Engineering

Author: Elisa Romppainen

Title of thesis: Development of oil storage – hydropower plants located in the Kemijoki area owned by Kemijoki Oy

Supervisors: Anu Tammela

Term and year when the thesis was submitted: spring 2025

Number of pages: 31 + 1

The thesis was written for Caverion Suomi Oy's Rovaniemi site. The study examined the storage of oils at hydropower plants located in the Kemijoki area, owned by Kemijoki Oy. The thesis examined the requirements for storage of different types of oil and the possibilities for the commissioning of separate oil tanks per power plant. This thesis focused only on formulating proposals for the development of oil storage and identifying requirements for the introduction of separate oil tanks. The implementation of oil storage development ideas and the commissioning of separate oil tanks will be carried out by Caverion personnel.

The thesis dealt with hydropower production in Finland and various aspects of lubrication oils and oil lubrication. In addition, oil-fired equipment and components for hydroelectric power plants, as well as legislation and regulatory requirements related to oil storage, were examined. The thesis also looked at oil tank commissioning inspections and requirements. The thesis was executed by collecting information on hydropower, lubricating oils, oil lubrication, regulatory requirements affecting oil storage, and oil-powered equipment used in hydropower plants.

The oil storage must be clean and organized. The temperature of the oil storage should not vary significantly. Temperature variations can weaken the seams of the oil vessels and have a lasting effect on the properties of the oil. The drip trays should be located under the oil storage containers in case of possible leaks. The oils stored in the common oil storage facility of Kemijoki Oy's hydropower plants do not cause dangerous reactions among themselves and do not produce dangerous breakdown products under normal storage and operating conditions.

The hydropower plant-specific separate oil tanks must undergo structural and design inspections by an inspection body approved by the Finnish Safety and Chemicals Agency (Tukes) to enable commissioning. An oil tank logbook must be compiled to demonstrate compliance with the requirements. The logbook should include manufacturing and maintenance documents. This thesis can also be used as a reference for improving oil storage systems in other operational areas, making storage more systematic and helping to prevent environmental damage.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
SISÄLLYS .....	4
1 JOHDANTO .....	5
2 VESIVOIMAN TUOTANTO SUOMESSA JA VESIVOIMALAITOKSET .....	6
2.1 Vesivoimalaitoksen öljykäyttöiset laitteet ja osat .....	6
2.2 Vesivoimalaitoksilla käytössä olevat öljyt ja niiden ominaisuudet .....	11
3 ÖLJYVOITELU JA ÖLJYJEN TURVALLINEN VARASTOINTI .....	13
3.1 Öljyvoitelu .....	15
3.1.1 Raja- ja sekavoitelu .....	16
3.1.2 Nestevoitelu .....	16
3.2 Öljyjen turvallinen varastointi .....	17
3.3 Öljysäiliöt .....	20
4 KEMIJOEN ALUEEN VESIVOIMALAITOSTEN ÖLJYJEN VARASTOINTI .....	23
4.1 Alkukartoitus .....	23
4.2 Öljyjen varastoinnin kehitysehdotukset .....	23
4.3 Erillisten öljysäiliöiden käyttöönottomahdollisuudet .....	25
5 YHTEENVETO .....	27
LÄHTEET .....	29

# 1 JOHDANTO

Öljyjen varastoinnissa on tärkeää kiinnittää huomiota varastointitilan järjestykseen ja puhtauteen, sillä öljyjen järjestelmällinen ja puhdas varastointi ylläpitää öljyjen puhtaustasoa. Epäsiistissä varastointiympäristössä on suurempi todennäköisyys, että öljyjen sekaan pääsee epäpuhtauksia, mikä heikentää öljyjen kuntoa, ja huonontunut öljyn kunto puolestaan heikentää voitelua ja lisää kulumista.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään Kemijoki Oy:n Kemijoen alueella sijaitsevilla vesivoimalaitoksilla käytettävien eri öljylaatujen varastoinnin vaatimukset ja vesivoimalaitoskohtaisten erillisten öljysäiliöiden käyttöönottomahdollisuudet. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää öljyjen varastointia ja löytää uusia ratkaisuja varastointiin liittyen. Kemijoki Oy:n vesivoimalaitoksien huolto ja kunnossapito on ulkoistettu Caverion Suomi Oy:lle. Kemijoki Oy on Suomen merkittävin vesi- ja säätövoiman tuottaja ja omistaa 20 vesivoimalaitosta, joista 16 sijaitsee Kemijoen alueella, kaksi Liekasanjoessa ja kaksi Kymijoessa. Caverion Suomi Oy tarjoaa teknisiä asiantuntijapalveluita sekä ratkaisuja teollisuuden, kiinteistöjen ja infrastruktuurin koko elinkaarelle. (Kemijoki Oy 2024a; Caverion Corporation 2024.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään Kemijoki Oy:n Kemijoen alueella sijaitsevien vesivoimalaitoksien öljyjen varastointiin. Tällä hetkellä vesivoimalaitoksien öljyjen varastointia halutaan kehittää järjestelmällisemmäksi ja tehokkaammaksi. Vesivoimalaitoskohtaiset erilliset öljysäiliöt on poistettu käytöstä, mutta ne halutaan ottaa uudelleen käyttöön öljyjen varastointitarkoituksiin.

Opinnäytetyössä käsitellään vesivoiman tuotantoa Suomessa sekä voiteluöljyjen käyttöä ja öljyvoitelun merkitystä. Lisäksi tarkastellaan vesivoimalaitosten öljykäyttöisiä laitteita ja osia sekä öljyjen varastointia lainsäädännön ja viranomaismääräysten näkökulmasta.

## **2 VESIVOIMAN TUOTANTO SUOMESSA JA VESIVOIMALAITOKSET**

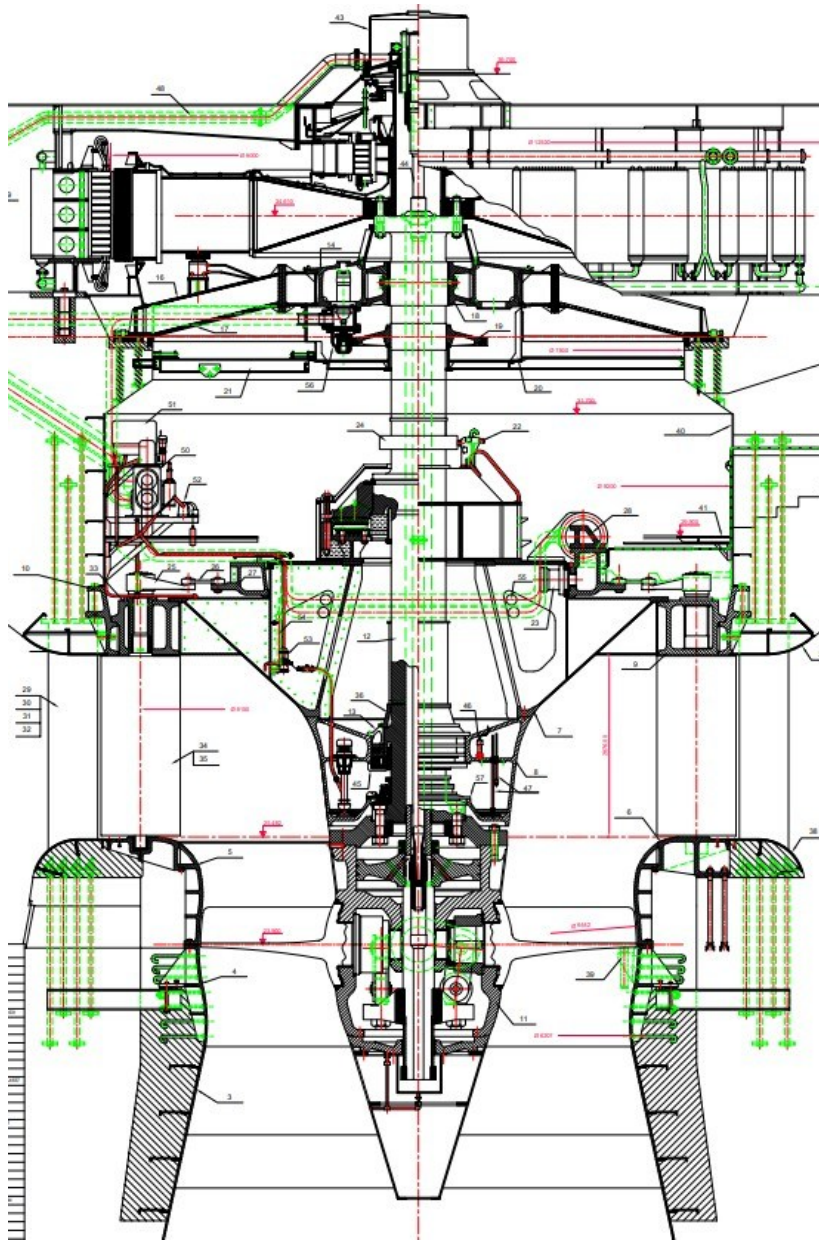
Vesivoima on yksi tärkein uusiutuvista sähköntuotannon muodoista Suomessa ja se on päästötön ja kotimainen energianlähde. Sillä pystytään turvaamaan sähköjärjestelmän toimivuus sekä normaaliolosuhteissa että häiriötilanteissa. Vesivoima on alueellisesti hajautettu tuotantomuoto, mikä parantaa sen toimintavarmuutta. Suomessa vesivoimalla tuotetaan sähköä noin 13 000 gigawattituntia vuodessa. (Kemijoki Oy 2024b.)

Vesivoimalla pystytään nopeasti vastaamaan sähkön kulutuksen vaihteluihin säätämällä tehokkaasti ja nopeasti voimalaitoksen läpi virtaavaa vettä. Sähkön tuotantoa pystytään säätämään sekunti-, minuutti- ja tuntitasolla. Vettä varastoidaan voimalaitoksien yläpuolella oleviin järviin ja varastoaltaisiin, mikä antaa säätövaraa silloin, kun sähkönkulutus on suurta. Säätövoiman tarve riippuu myös uusiutuvien tuuli- ja aurinkoenergian tuotannon vaihteluista. (Kemijoki Oy 2024b.)

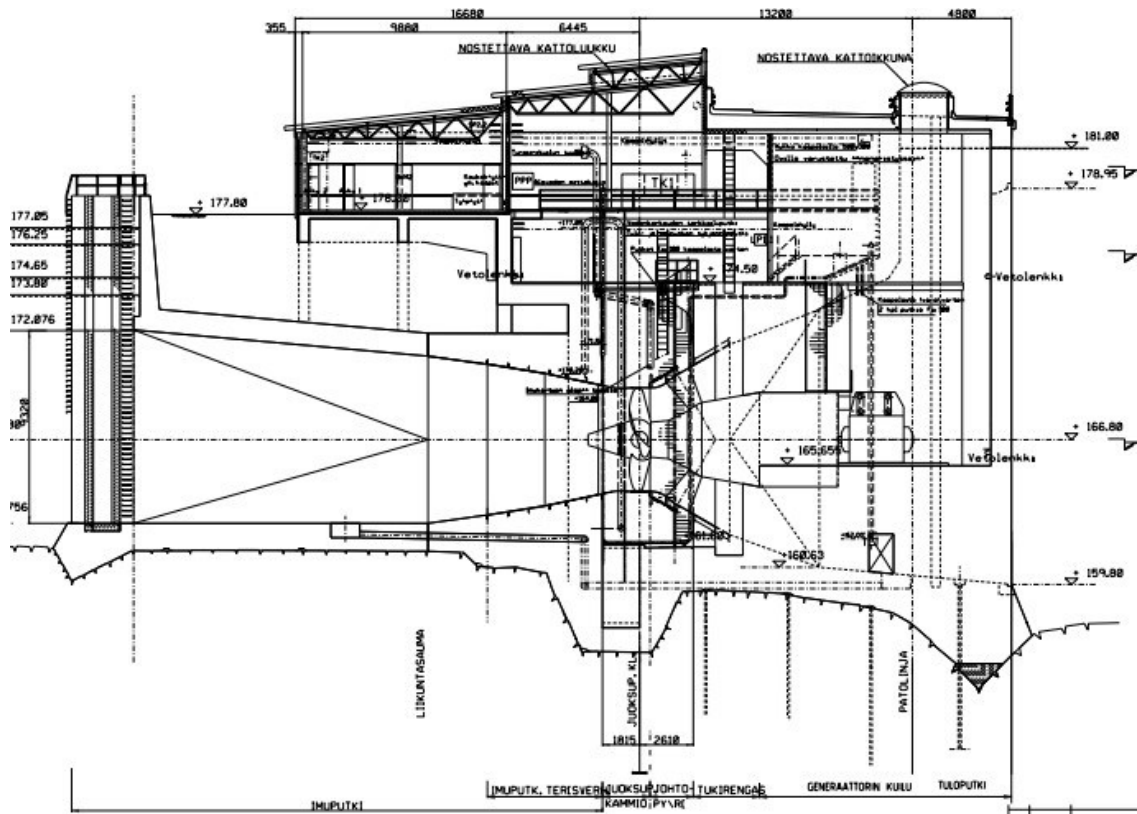
Vesivoimalaitoksen toimintaperiaate perustuu kahden eri vesitason väliseen korkeuseroon eli putoamiskorkeuteen. Vesi padotaan voimalaitoksen yläpuolelle ja veden pudotessa voimalaitoksen läpi padon alapuolelle, veden putoamisvoima pyörittää laitoksen sisällä olevaa turbiinia, joka puolestaan pyörittää generaattoria. Generaattori muuttaa virtaavan veden liike-energian sähköenergiaksi. (Kemijoki Oy 2024b.)

### **2.1 Vesivoimalaitoksen öljykäyttöiset laitteet ja osat**

Vesivoimalaitoksessa käytetään säätö-, hydraulikka- ja voiteluöljyjä. Vesivoimalaitos muodostuu kahdesta isommasta komponentista: turbiinista ja generaattorista. Turbiinit jakautuvat Kaplan-turbiineihin ja Francis-turbiineihin, jotka voivat olla pysty- tai vaaka-akselisia (kuva 1 ja kuva 2). Generaattorit voivat myös olla joko vaaka- tai pystyakselisia, riippuen turbiinin asennosta. Vesivoimakoneistossa on useita erilaisia laakereita ja liikkuvia osia, jotka tarvitsevat öljyvoitelua. (Salovaara 1978, 135; Jussila 1978, 167, 174.)



KUVA 1. Pysty akselinen Kaplan-turbiini (Kemijoki Oy 2005)



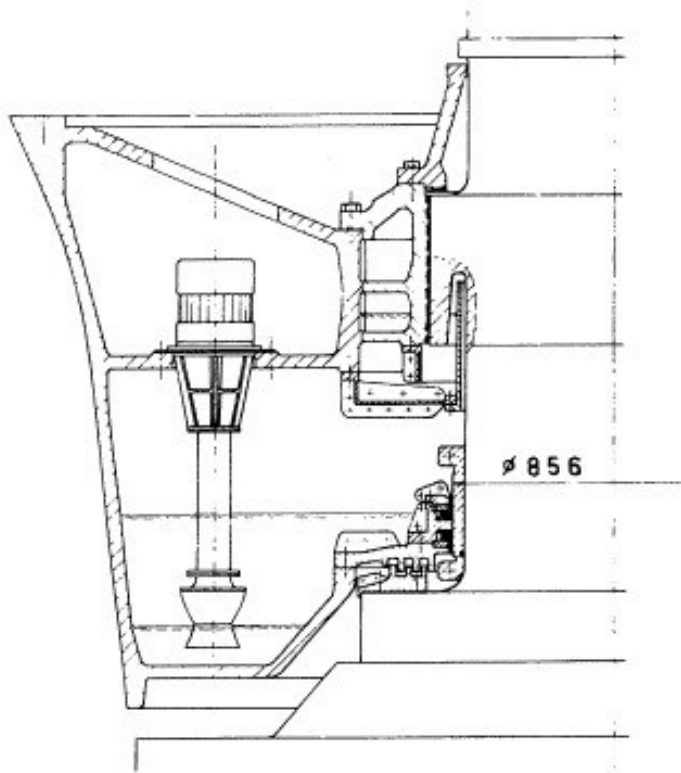
KUVA 2. Vaaka-akselinen Kaplan-turbiini (Kemijoki Oy 2000)

Vesivoimalaitoksen turbiini on kokonaisuus, joka koostuu useasta päärakennosasta:

- juoksupyörä
- juoksupyörän kammio
- radiaalilaakeri
- aksiaalilaakeri
- akselitiiviste
- johtopyörä
- turbiinin vesitiet. (Salovaara 1978, 140–149.)

Juoksupyöriä on kahdenlaisia: Kaplan- tai Francis-mallisia. Kaplan-juoksupyörä on neljä- tai viisisiipinen ja siipien asentoa voidaan säätää, toisin kuin Francis-juoksupyörässä, jossa siivet on kiinnitetty valurautaiseen napaan ja kehärenkaaseen. Juoksupyörä pyörii virtaavan veden voimasta akselinsa ympäri juoksupyörän kammiossa. (Salovaara 1978, 140–149.)

Turbiineissa on radiaalilaakerit (kuva 3) ja aksiaalilaakerit, jotka vaativat öljyvoitelua toimiakseen optimaalisesti. Laakerit ovat yleensä itsevoitelevia eli öljy kiertää ilman ulkopuolisia pumppuja. (Salovaara 1978, 142, 144.)

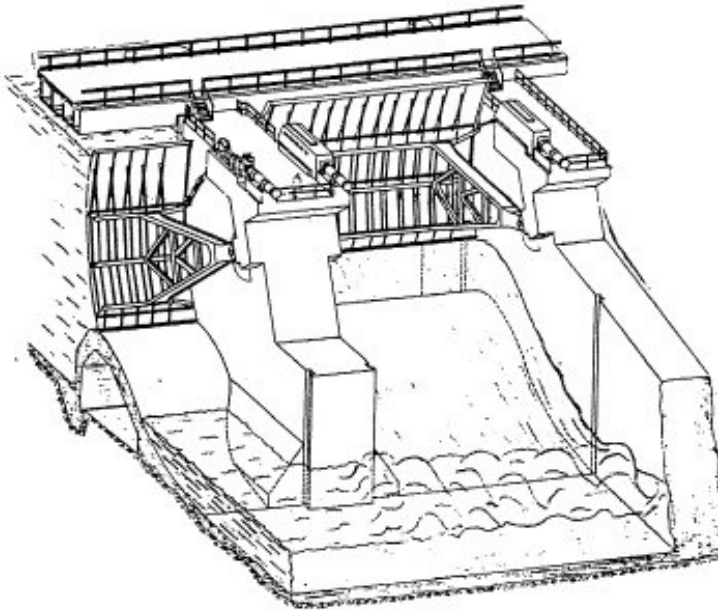


*KUVA 3. Kaplan-turbiinin öljyllä voideltava radiaalilaakeri ja akselitiiviste (Salovaara 1978, 143)*

Vesivoimakoneistossa on säätöjärjestelmä, jossa on useita säätölaitteita. Säätölaitteet ovat joko sähkö- tai mekaanishydraulisia säätäjiä. Säätäjillä pystytään säätämään vesiturbiinin pyörimisnopeutta ja tehoa. Säätöjärjestelmä toimii paineöljyllä ja se saadaan erillisestä öljypumppukoneistosta. Vesivoimakoneistossa on valvonta- ja varolaitteita koneiston eri osille, esimerkiksi öljyjen lämpötiloja ja pinnankorkeuksia seurataan tarkasti. (Salovaara 1978, 150.)

Vesivoimalaitoksessa on sulkuluukkuja, joilla pystytään estämään veden virtaaminen laitoksen läpi ja säännöstelemään virtaavan veden määrää. Yksi luukku-tyypeistä on segmenttiluukku, jota käytetään yleisimmin tulva- ja säännöstelyluukkuna (kuva 4). Segmenttiluukuissa käytetään hydraulista nostokoneistoa, joka tarvitsee hydrauliöljyä toimiakseen optimaalisesti. Nostosylinterit on kytketty

luukkuun taittopyörän yli kulkevan ketjun välityksellä, tai nostosylinterin männänvarsi on kiinnitetty suoraan luukkuun. (Salovaara 1978, 161.)



*KUVA 4. Segmenttiluukku, valmistaja Tampella (Salovaara 1978, 159)*

### **Generaattori**

Generaattori on hitaasti pyörivä suuren tehon koneisto, joka muuttaa virtaavan veden liike-energian sähköenergiaksi. Pysty akselisessa vesivoimageraattorissa käytetään kannatuslaakeria, jonka kuormitus muodostuu turbiinin ja generaattorin pyörivien osien painosta sekä veden vaikuttavasta aksiaalisesta voimasta turbiiniin. Kannatuslaakeri on akselille asennettu tuki, joka mahdollistaa akselin pyörimisen vakaasti, ja toisen liukupinnan muodostavat lukuisat jousien päällä lepäävät laakerisegmentit. Jousitus jakaa kuorman tasaisesti eri segmenteille, mutta segmentit voivat lievästi kallistua, jolloin öljykerros pääsee muodostumaan laakeripintojen väliin. (Jussila 1978, 170.)

Vesivoimageraattorin jarruttamiseen pysäytyksen yhteydessä tarvitaan jarrujärjestelmää, joka voi olla paineöljy- tai paineilmatoiminen. Neljästä kahdeksaan jarrusylinteriä on asennettu generaattorin perustalle roottorin alaosaan sijaitsevan jarrurenkaan alapuolelle. Jarrutusaine otetaan turbiinin paineöljyjärjestelmästä ja jarrituksen jälkeen öljy palautuu säiliöön, mistä se pumpataan takaisin turbiinin paineöljyjärjestelmään. (Jussila 1978, 173.)

## 2.2 Vesivoimalaitoksilla käytössä olevat öljyt ja niiden ominaisuudet

Vesivoimalaitoksilla eniten käytössä olevat öljyalaadut ovat Mobil DTE Heavy Medium, Mobil DTE Extra Heavy, Mobil DTE 10 Excel 15 ja Unavis HVI 26. Mobil DTE Heavy Medium on kiertovoiteluöljy, joka on tarkoitettu öljyltä pitkää käyttöikää vaativiin järjestelmiin. Öljy on valmistettu korkean jalostusasteen perusöljystä ja se on lisääineistettu hapettumisestoaineilla, korroosionestoaineilla, kulumisenestoaineilla. Ilmakuplien muodostumisen ehkäisyyn on lisätty defoamereita ja vesierottumisen parantajia. Mobil DTE Heavy Medium -voiteluöljy on vesivoimalaitoksissa yleisimmin käytetty öljy, joka toimii sekä säätö-öljynä että erilaisten laakereiden voiteluaineena. Öljyn leimahduspiste on 223 °C. Leimahduspiste tarkoittaa lämpötilaa, jossa öljystä höyrystyneet kaasut leimahtavat pienen liekin vaikutuksesta jatkamatta kuitenkaan palamista. Öljyn jähmepiste on -15 °C, joka on ylin lämpötila, jossa öljy lakkaa virtaamasta omalla painollaan laboratorio-olosuhteissa. (ExxonMobil Corporation 2025a; Luukkainen & Vihersalo 2006, 53; Kivioja, Kivivuori & Salonen 2007, 176.)

Mobil DTE Extra Heavy -voiteluöljy on hieman paksumpi voiteluöljy kuin Mobil DTE Heavy Medium -voiteluöljy. Extra Heavyn viskositeetti on korkeampi ja sillä on parempi suoja ja kestävyys korkeissa kuormitusolosuhteissa. Öljyn leimahduspiste on 272 °C ja jähmepiste on -21 °C. Mobil DTE Extra Heavy -voiteluöljyä käytetään yhden vesivoimalaitoksen kahdessa koneessa sekä kannatuslaakerin voiteluun että säätö-öljynä. (ExxonMobil Corporation 2025b.)

Mobil DTE 10 Excel -sarjan öljyt ovat erittäin suorituskykyisiä kulumisenestolisäaineistettuja hydraulikkaöljyjä, jotka on tarkoitettu täyttämään nykyaikaisten teollisuuden ja liikkuvan kaluston korkeapainehydraulikkajärjestelmien asettamat vaatimukset. Vesivoimalaitoksilla käytettävän Mobil DTE 10 Excel 15 -öljyn leimahduspiste on 210 °C ja jähmepiste -57 °C. Sitä käytetään säätö-öljynä vesivoimalaitoksissa. (ExxonMobil Corporation 2025c.)

Unavis HVI 26 on hydraulikkaöljy, joka toimii laajalla käyttölämpötila-alueella erittäin kylmästä lämpimään. Öljyllä on korkea viskositeetti-indeksi eli lämpötilan vaikutus öljyn viskositeettiin on pieni. Hydraulikkaöljy on tarkoitettu liikkuvan kaluston hydraulikkajärjestelmiin niin sisä- kuin ulkotiloissa. Öljy antaa erinomaisen

suojan kulumista, korroosiota ja ruostumista vastaan. Lisäksi öljyllä on hyvät veden- ja ilmanerottumisominaisuudet, alhainen vaahtoamistaipumus sekä erinomainen hapettumiskestävyys. Univis HVI 26 hydraulikkaöljyn leimahduspiste on >100°C ja jäähmepiste -60°C, ja sitä käytetään vesivoimalaitoksien säännöstelypatojen hydraulikkajärjestelmissä. (ExxonMobil Corporation 2025d.)

Edellä mainitut öljyt eivät aiheuta keskenään vaarallisia reaktioita ja niistä ei synny vaarallisia hajoamistuotteita normaaleissa varastointi- ja käyttöoloissa. Öljyjen turvallisen varastoinnin edellyttämät olosuhteet ovat varastointi alkuperäis-säiliössä suojattuna suoralta auringonvalolta kuivassa, viileässä ja hyvin ilmastoidussa tilassa. Öljyjen säilytyspakkaukset on pidettävä tiiviisti suljettuna, kunnes sisältöä käytetään. Avatut öljyjen säilytyspakkaukset on suljettava huolellisesti uudelleen ja pidettävä pystysuorassa vuotojen estämiseksi. Lisäksi öljyjen säilyttäminen merkitsemättömissä pakkauksissa on kielletty. Varastoinnissa on käytettävä sopivaa säilytystapaa ympäristön likaantumisen ehkäisemiseksi. (ExxonMobil Corporation 2025a; ExxonMobil Corporation 2025b; ExxonMobil Corporation 2025c; ExxonMobil Corporation 2025d.)

### 3 ÖLJYVOITELU JA ÖLJYJEN TURVALLINEN VARASTOINTI

Voiteluöljyt jaotellaan mineraaliöljyihin ja synteettisiin öljyihin, ja ne voivat olla lisääineistettuja tai lisääineistamattomia. Voiteluöljyn lisääineistaminen parantaa perusöljyn heikompia ominaisuuksia. Lisäaineilla tavoitellaan viskositeetti-indeksin parantamista, jähmepisteen alentamista, hapettumisen estämistä, vaahtoamisen estoa, korroosionestoa ja kulumisen vähentämistä, palamisjätteiden liukemista voiteluaineeseen ja parempaa viskositeetti-painesuhdetta. (Kivioja, Kivi vuori & Salonen 2007, 171, 177.)

Mineraaliöljyt on jalostettu raakaöljystä tyhjiötilauksen ja puhdistuksen avulla. Perusöljyn jalostukseen sopivimpien raakaöljyjen kemialliset ominaisuudet ovat alhainen aromaattipitoisuus, alhainen rikkipitoisuus ja hyvä kemiallinen kestävyys hapettumista vastaan. Mineraaliöljyt ovat monimutkaisia hiilivetyjä. Hiilivetykoostumus vaikuttaa öljyn fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin. Tärkeimmät hiilivetytyypit ovat parafiiniset ( $C_p$ ) eli tyydyttyneet ketjumaiset, nafteeniset ( $C_N$ ) eli tyydytetyneet rengasrakenteiset ja aromaattiset ( $C_A$ ) eli tyydyttämättömät rengasrakenteiset. Voiteluöljyn halutut fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet ja käyttökohde vaikuttavat perusöljytyypin valintaan, ja lopputuotteen ominaisuuksiin vaikuttavat hiilivetyjen eroavaisuudet. Suurin osa mineraaliöljyistä on jalostettu parafiinisista perusöljyistä. (Kivioja ym. 2007, 176; Luukkainen & Vihersalo 2006, 55–56.)

Taulukossa 1 verrataan parafiini- ja nafteenipohjaisten mineraaliöljyjen ominaisuuksia. Parafiinipohjaisissa mineraaliöljyissä on parempi viskositeetti-indeksi ja kumitiivistemateriaalien kestävyys, kun taas nafteenipohjaisissa mineraaliöljyissä on parempi lisäaineiden liotuskyky, ja ne toimivat paremmin alhaisissa lämpötiloissa.

TAULUKKO 1. Parafiini- ja nafteenipohjaisten mineraaliöljyjen ominaisuuksia (Luukkainen & Vihersalo 2006, 56)

Ominaisuus	Parafiiniset	Nafteeniset
Viskositeetti-indeksi	Kohtalainen	Huono
Käyttäytyminen kylmässä	Kohtalainen	Hyvä
Lisäaineiden liotuskyky	Kohtalainen	Voimakas
Kumitiivistemateriaalien kestävyys	Neutraali	Huono

Synteettiset öljyt valmistetaan raakaöljystä kemiallisen prosessin avulla ja ne on kehitetty käyttöalueille, joissa mineraaliöljyt eivät täytä voitelun asetettuja vaatimuksia riittävän tehokkaasti. Synteettiset öljyt sopivat käytettäväksi erittäin korkeissa tai matalissa lämpötiloissa, raskaissa kuormituksissa ja voitelukohteissa, joissa on tiukat ympäristövaatimukset. (Kivioja ym. 2007, 181.)

Synteettisten öljyjen ominaisuudet perustuvat perusöljyn fysikaalisiin ja kemikaalisiin ominaisuuksiin sekä niissä käytettyihin lisäaineisiin. Lisäaineilla voidaan vaikuttaa öljyn hapettumiskestävyyteen, kuormankantokykyyn, korroosionestoon ja haihtuvuuteen. Perusöljyn ominaisuudet määrittelevät suurelta osin valmiin voiteluöljyn viskositeetin, juoksevuuden alhaisissa lämpötiloissa, jähmepisteen, kiehumispisteen, vaikutuksen maaleihin ja tiivisteisiin, sekoitettavuuden mineraaliöljyihin sekä lisäaineiden liuotettavuuden. (Kivioja ym. 2007, 182.)

Synteettiset öljyt luokitellaan seuraavasti:

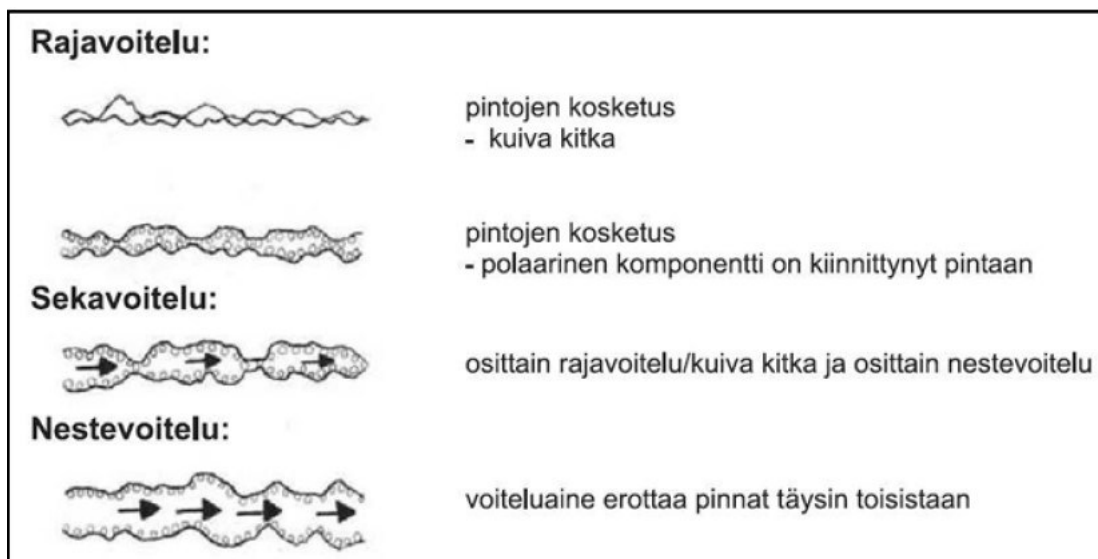
- orgaaniset esterit, joita ovat diesterit ja polyesterit
- syntetisoidut hiilivedyt, joita ovat dialkyylibentseenit, polyalfaolefiinit ja polybuteenit
- muut, joita ovat kloorifluoriyhdisteet, fosfaattiesterit, polyglykolieetterit, polyalkyleeniglykolit, polyfenyylieetterit, silikaattiesterit ja silikonit. (Kivioja ym. 2007, 177.)

### 3.1 Öljyvoitelu

Voitelun tehtävänä on vähentää kitkaa ja kulumista liikkuvien koneenosien tai muiden kappaleiden välillä. Voiteluainekalvo erottaa suhteessa toisiinsa liikkuvien osien kosketuspinnat. Voiteluaine voi olla nestemäistä, kiinteää tai kaasumaista, ja se estää osittain tai kokonaan osien väliset kosketukset joko itsessään tai muodostaen suojaavan kalvon kosketuspintoihin. (Miettinen & Lehtovaara 2006, 12; Kivioja ym. 2007, 129.)

Kosketustilanteet pintojen välillä jaetaan kolmeen ryhmään: vierintäkosketus, liukukosketus tai näiden kahden yhdistelmä. Perusedellytys konejärjestelmien hyväälle käyttövarmuudelle on oikeaoppinen voitelu. Oikeaoppisella voitelulla säästetään energiaa ja parannetaan suoritustehokkuutta. (Miettinen & Lehtovaara 2006, 12.)

Voitelualueet erotetaan toisistaan kosketuspintojen karheuksiin suhteutetun pintojen etäisyyden mukaan. Voitelualueet on erotettu kolmeen alueeseen: rajavoitelu, sekavoitelu ja nestevoitelu (kuva 5). (Kivioja ym. 2007, 129.)



KUVA 5. Voitelumekanismit (Miettinen & Lehtovaara 2006, 20)

Voitelumekanismia ja osittain voitelun toimivuutta voidaan arvioida voitelukalvon ominaispaksuudella. Voitelukalvon ominaispaksuus  $\lambda$  voidaan laskea seuraavalla kaavalla

$$\lambda = \frac{h_{min}}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$$

KAAVA 1

jossa  $h_{min}$  on voiteluainekalvon minimipaksuus ja  $\sigma_1$  ja  $\sigma_2$  ovat pintojen karheuksien rms-arvot eli pinnanprofiilin neliöllinen keskipoikkeama. Pinnoista on usein saatavilla vain profiilin aritmeettinen keskipoikkeama  $R_a$ , jolloin  $\sigma \approx 1,3R_a$ . Voitelukalvon ominaispaksuus on lähinnä suuntaa antava parametri, koska se ei määrittele voitelun toimivuutta, varsinkaan sen pienillä arvoilla ( $\lambda < 1$ ). Rajavoitelussa voitelukalvon ominaispaksuus on  $\lambda \approx 1$  ja nestevoitelussa  $\lambda > 4 \dots 5$ . Näiden arvojen väliin jäävä alue on sekavoitelualue. (Miettinen & Lehtovaara 2006, 20.)

### 3.1.1 Raja- ja sekavoitelu

Rajavoitelussa voitelukalvon ominaispaksuus on  $\lambda = 1 \dots 10$  nm ( $\lambda < 1$ ), mikä tarkoittaa, että vastinpintoja erottavaa voitelukalvoa ei ole. Voitelukalvon puutos aiheuttaa selvää vastinpintojen pinnankarheushuippujen kosketusta. Rajavoitelussa voitelun toimivuus kosketuskohdassa perustuu pintakalvojen tarttuvuuteen, stabiilisuuteen ja muodostumisnopeuteen. Vastinpintoihin muodostuu suojaavat ja liukastavat kalvot voiteluaineiden lisäaineiden, erityisesti paineenkesto- ja kulumisenestolisäaineiden, reagoidessa kosketuspinnan kanssa. (Miettinen & Lehtovaara 2006, 20–21.)

Sekavoitelu on neste- ja rajavoitelun välissä oleva voitelualue, jossa voitelukalvon ominaispaksuus on  $1 < \lambda < 4 \dots 5$ . Kuormitus on jakautunut pienikitkaisen voiteluainekalvon ja pinnankarheushuippujen välillä. Voitelukalvonpaksuuden kasvaessa kokonaiskitkakerroin ja pinnankarheushuippujen kantama kuormitus alenevät. Kitkakerroin voi vaihdella pienenkin olosuhdemuutoksen takia. Sekavoitelu voi muuttua rajavoiteluksi lämmönkehityksen kasvaessa. (Miettinen & Lehtovaara 2006, 21.)

### 3.1.2 Nestevoitelu

Nestevoitelussa voitelukalvon ominaispaksuus on  $\lambda = 4$ , joka erottaa pinnat täysin toisistaan, jolloin kitka on alhainen ja materiaalin kulumista tai väsymistä ei

esiinny. Materiaaliparin valintaan vaikuttaa niiden paineensietokyky, koska materiaaleihin kohdistuu painetta nestevoitelussa. Nestevoitelumekanismit on jaoteltu hydrodynaamiseen, elastohydrodynaamiseen ja hydrostaattiseen voiteluun (Miettinen & Lehtovaara 2006, 21.)

Hydrodynaamisessa voitelussa pintojen välissä olevaan nesteeseen syntyy kuormaa kantava hydrodynaaminen paine. Hydrodynaaminen paine voi syntyä kahdella eri tavalla: neste siirtyy kapenevaan, kiilamaiseen rakoon, jossa vastakkaiset pinnat liikkuvat toistensa suhteen sivusuunnassa, tai pintojen lähestyessä toisiaan tapahtuu puserrusvaikutus, missä neste pusertuu ulos pintojen välisestä kapeasta raosta. Voitelutilanteen edellytyksinä ovat vastakkain liukuvien pintojen nopeusero ja niiden kiilaamaisen rakenteen aikaansaama suppeneva voiteluainekalvo. Hydrodynaamisessa voitelussa ei tapahdu elastista muodonmuutosta ja siitä aiheutuvaa materiaalin väsymistä. (Miettinen & Lehtovaara 2006, 22; Kivioja ym. 2007, 131.)

Elastohydrodynaamisessa voitelussa suuret kuormitukset välittyvät pienen kosketuspinta-alan kautta, joita ovat viivamainen ja pistemäinen kosketus. Kappaleita ei voida pitää jäykkinä, kun kosketuskohtaan kohdistuu suuri kuormitus. Korkeissa paineissa voiteluaineen viskositeetti kasvaa merkittävästi, joten voiteluaine ei puristu niin helposti pois kosketuskohdasta. (Miettinen & Lehtovaara 2006, 25; Kivioja ym. 2007, 147.)

Hydrostaattisessa voitelussa voiteluaine tuodaan pumpun avulla voiteluainetaskuun, joka sijaitsee liukupintojen välissä. Voiteluaineen paineen avulla liukupinnat erotetaan toisistaan, vaikka suhteellista liikettä pintojen välillä ei ole. Pumpun tehotarpeesta huolimatta kitkateho on pieni. Laakerointijärjestelmän etuna on suuri jäykkyys, johon voidaan vaikuttaa käyttämällä kapillaariputkia tuloputkissa. (Miettinen & Lehtovaara 2006, 29; Kivioja ym. 2007, 157.)

### **3.2 Öljyjen turvallinen varastointi**

Öljyt luokitellaan vaarallisiksi kemikaaleiksi ja lainsäädännön mukaan vaarallisia kemikaaleja saa varastoida vain sellaisia määriä, jotka ovat toiminnan ja turvallisuuden kannalta perusteltuja. Varastointitilassa varastoitavan öljyn määrä täytyy

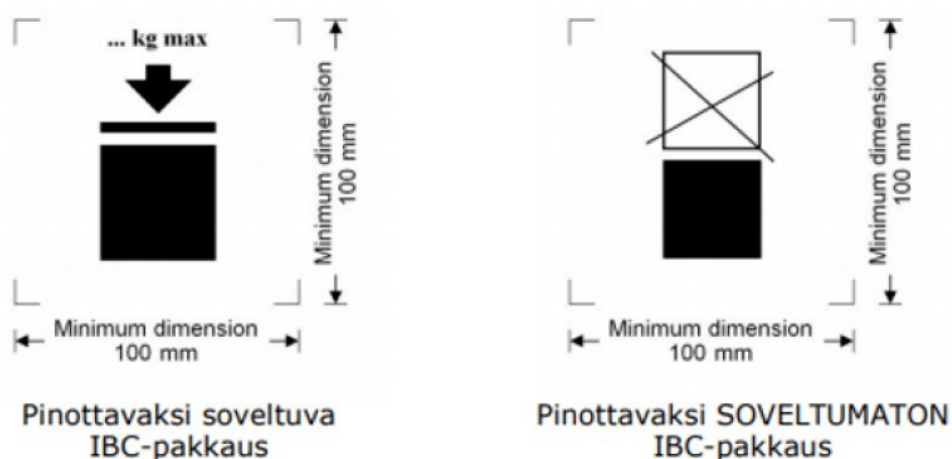
suhteuttaa tilan kokoon. Toiminnanharjoittajan velvollisuus on noudattaa riittävää huolellisuutta ja varovaisuutta, ottaen huomioon vaarallisen kemikaalin määrä ja vaarallisuus, jotta henkilö-, ympäristö- ja omaisuusvahingot voidaan ennaltaehkäistä. Ympäristön pilaantuminen on rajoitettava mahdollisimman vähäiseksi, jos sitä ei voida kokonaan ehkäistä. Vaarallisten kemikaalien varastointitiloihin ja -paikkoihin on lisättävä merkinnät, jotka tukevat turvallista käyttöä ja auttavat toimimaan oikein mahdollisissa onnettomuustilanteissa. (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005, 9 §, 12 § 15 §; Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 7 §.)

Öljyjen varastoalueet ja -rakennukset täytyy suunnitella siten, että varastotoiminnot pystytään hoitamaan mahdollisimman sujuvasti ja turvallisesti. Öljyjen varastointiin tarkoitetut tilat ja alueet tulee sijoittaa erilleen muista tiloista tai alueista, joissa työskentelee muita ihmisiä kuin suoraan kemikaalien teolliseen käsittelyyn ja varastointiin liittyvissä tehtävissä. Öljyvarasto sijoitetaan rakennuksessa omaan palo-osastoonsa, joissa on riittävä rakenteellinen palosuojaus, vähintään luokkaa EI60, mikä tarkoittaa, että palonkestävyysaika on 60 minuuttia. Öljyvaraston sijoittaminen omaan palo-osastoonsa estää tulipalon ja lämpösäteilyn leviämisen tilasta toiseen ja mahdollistaa erillisen ilmanvaihdon ja mahdollisen vuodon hallinnan. (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005, 12 §, 14 §; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)

Öljyjä tulee säilyttää kuivassa, viileässä, puhtaassa ja pölyttömässä erillisessä varastossa, joka on suojattu suoralta auringonvalolta. Öljyjen järjestelmällinen ja siisti varastointi ylläpitää öljyjen puhtaustasoa ja helpottaa tuotteiden asianmukaista käyttöä. Öljyn varastoinnin järjestyksen ja puhtauden laiminlyönti voi lisätä epäpuhtauksia öljyyn ja epäpuhtaudet lisäävät kulumista ja huonontavat öljyn kuntoa. Huonontunut öljyn kunto heikentää voitelua, minkä seurauksena kulumisen lisääntyy. Öljyn säilytysastiat täytyy varastoida siten, että niiden merkinnät näkyvät ja mahdolliset vuodot havaitaan nopeasti. Lisäksi mahdollisten vuotojen valuminen viereiseen tilaan täytyy estää. Öljyvarastoon tulee johtaa esteetön kulureitti ja varastossa tulisi olla riittävän korkea kynnyks öljyvuotojen varalta. Varaston lattiapinnoitteen tulee olla öljyä imemätön ja varastossa ei saa olla viemärintä, jota kautta mahdollisesti vuotanut öljy voisi päästä ympäristöön.

Varastossa tulee olla riittävä valaistus ja ilmavaihto. Öljyvaraston lämpötila ei saisi vaihdella merkittävästi, koska kylmän ja kuuman vaihtelut voivat heikentää öljyastioiden saumoja. Öljyjen varastointi liian kylmässä lämpötilassa pääsääntöisesti heikentää öljyn ominaisuuksia pysyvästi. Öljyn paras säilytyspakkaus on sen alkuperäispakkaus. (Korpi, Manninen, Rinkinen & Suontama 2006, 171; Kunnossapitoyhdistys Promaint ry 2013, 192–196; Malinen ym. 2006, 114; Mikkola 2006, 200; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)

Öljyvaraston siisteyttä ja järjestystä ylläpidetään merkitsemällä selkeästi tuotteiden ja eri jätelajien paikat varastossa. Öljyn säilytysastiat järjestetään joko riveihin tai ryhmiksi, mutta niiden väliin on jätettävä siirtämistä varten vähintään työkonelle määritetyn työskentelysäteen verran kulkutilaa. Astiat voidaan sijoittaa maahan, hyllyihin tai päällekkäin. Varastoidessa öljyn säilytysastioita päällekkäisillä hyllyillä tulee ottaa huomioon astioiden mahdollisista vuodoista aiheutuvat vaarat. Hyllyt ja niiden liitokset tulee tarkastaa säännöllisesti, jotta hyllyjen kantavuus pystytään varmistamaan. Astioita tai niiden kuljetuspakkauksia päällekkäin varastoitaessa on varmistettava, että ne ovat suunniteltu ja hyväksytty pinottaviksi (kuva 6). Muut mahdolliset voitelutyössä tarvittavat välineet, esimerkiksi kannut ja suppilot, ovat tuotekohtaisia ja niitä tulisi säilyttää ilmatiiviissä kaapissa pölyntymisen ja likaantumisen estämiseksi. (Mikkola 2006, 201; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)



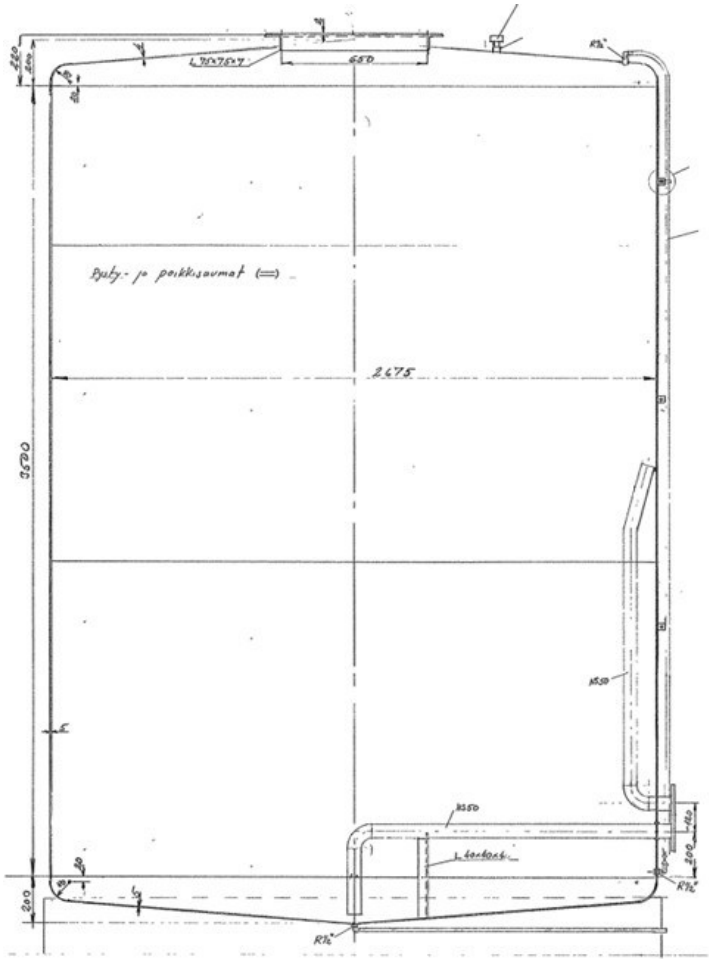
KUVA 6. IBC-pakkausten pinoamismerkintä (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021)

Varastointitilassa tulee huolehtia siitä, että mahdollisissa vahinkotapauksissa öljy voidaan kerätä talteen johtamalla vuotanut öljy vuotovahdilla varustettuun keräilyssäiliöön tai -altaaseen. Vuotovahdilla välitetään tieto öljyn pääsystä keräilyssäiliöön. Varastossa tulisi olla öljyvahingon torjuntavälineet, esimerkiksi imeytysturvettä ja -mattoja, mahdollisten öljyvuotojen varalta sekä roska-astiat eri jätelajeille. Öljyvahingon torjuntavälineiden tulisi olla helposti saatavilla ja öljyvahinkojen torjuntaa tulisi harjoitella säännöllisesti. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry 2013, 183, 192, 197; Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005, 35 §; Mikkola 2006, 201; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)

Ulkovarastoinnissa on perehdyttävä huolellisesti varastointiolosuhteisiin ja niiden vaikutuksiin öljyille ja säilytysastioihin. Jos astioiden sijoitusta suunnitellaan ulos, täytyy varmistaa tuotantolaitoksen turvallinen liikenne, pelastusteiden käytettävyys sekä riittävät vaara- ja suojaetäisyydet tontin rajasta, vaarallisten kemikaalien säiliöistä, tuotantotiloista sekä konttori- ja sosiaalituloista. Ulkovarastoinnissa on varattava tilaa lumen ja jään poistamiselle ja valaistuksen täytyy olla hyvä. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry ym. 2013, 192; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)

### **3.3 Öljysäiliöt**

Säiliöiden on oltava tiiviitä ja lujia sekä kestävä varastoitavan kemikaalin vaikutusta (kuva 7). Säiliöiden on kestävä myös mahdollisista häiriötilanteista aiheutuvia rasituksia niin, ettei kemikaali pääse vuotamaan säiliön ulkopuolelle. Säiliörakenteessa täytyy ottaa huomioon varastoitavan kemikaalin ominaisuudet. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)



KUVA 7. Öljysäiliö (Kemijoki Oy 1961)

Kaikille yli viiden kuutiolitrان kokoisille säiliöille tulee tehdä rakennetarkastus ja rakennesuunnitelman tarkastus Turvallisuus- ja kemikaaliviraston hyväksymän tarkastuslaitoksen toimesta. Kaikista tarkastuksista tulee tehdä pöytäkirjat ja säiliöön tulee määrittää mittauspisteet tulevaa kunnossapitoa varten. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)

Säiliöstä täytyy laatia joko tarkastuslaitoksen tai valmistajan nimeämän vastuuhenkilön allekirjoittama todistus, joka osoittaa, että säiliö on rakennettu ja tarkastettu säännösten mukaisesti. Suurille lieriömäisille pystysäiliöille ( $\geq 1000 \text{ m}^3$ ) tehdään 24 tunnin kestävä vesitäyttö tiiveyden ja sisäpohjan tasaisuuden varmistamiseksi ja samassa yhteydessä mitataan pohjalevyn korkotaso eri kohdista. Pienille lieriömäisille makaaville säiliöille tehdään 24 tunnin vesitäyttö tai vesipainekoe. Vesitäyttökokeen voi korvata kaikkien saumojen kuvauksilla esimerkiksi röntgenillä. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)

Säiliöille tehdään rikkomaton aineenkoetus (NDT) varmistamalla liitosten tiiveys. Säiliöille on omat säiliöstandardit, jossa on esitetty tarkastusten vähimmäislaajuus ja hyväksymisrajat. Rikkomaton aineenkoetus ja vesitäyttö tulee tehdä ennen säiliön pinnoittamista tai maalaamista. Säiliön ja perustuksien vaatimusten mukaisuuden tarkastaa tarkastuslaitos dokumenttien perusteella. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)

Vanhan säiliön käyttöönotto uudessa paikassa tai käyttötarkoituksen muuttaminen on mahdollista, mutta säiliön tulee täyttää voimassa olevat vaatimukset. Säiliökirjan avulla voidaan osoittaa säiliön vaatimusten täytyminen. Säiliökirjan tulee sisältää valmistus- ja kunnossapitodokumentit. Vanhoille isoille säiliöille ( $\geq 1000 \text{ m}^3$ ) tehdään sisä- ja ulkopuolinen tarkastus ja riittävät saumojen kuvaukset säiliökirjan tarkastelun lisäksi. Pienten säiliöiden saumojen kuvaukset eivät ole välttämättömiä. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)

## **4 KEMIJOEN ALUEEN VESIVOIMALAITOSTEN ÖLJYJEN VAARASTOINTI**

### **4.1 Alkukartoitus**

Työ aloitettiin tarkastelemalla vesivoimalaitoksilla käytössä olevia öljyjä hyödyntäen yritykseltä saatua Excel-taulukkoa sekä selvittämällä erillisen öljyvaraston sisältöä. Ennen varsinaista kartoitusta perehdyttiin öljyvarastoinnin määräyksiin ja ohjeisiin hyödyntäen Turvallisuus- ja kemikaaliviraston Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi -opasta.

Öljyvarastossa havaittiin olevan vanhentuneita ja tarpeettomia öljyjä ja tavaroita. Lisäksi varastorakennuksessa ei ole lämmitystä, mikä saattaa vaikuttaa öljyjen laatuun ja vaikeuttaa niiden käyttöönottoa riippuen öljyلاadusta ja sen ominaisuuksista. Myös varaston käyttö on haasteellista korkean kynnyksen vuoksi.

Alkukartoituksessa käytiin tarkastelemassa erillisiä öljysäiliöitä eräällä vesivoimalaitoksella. Erillisiä öljysäiliöitä on seitsemällä eri vesivoimalaitoksella. Öljysäiliöt on rakennettu vesivoimalaitoksen sisälle sen rakentamisen yhteydessä. Erillisiä öljysäiliöitä on useita ja niiden yhteistilavuudet vaihtelevat 25 000 litran ja 68 000 litran välillä. Öljysäiliöt on rakennettu varastointitarkoitukseen ja niissä on varastoitu turbiiniöljyjä ja muuntajaöljyjä. Vesivoimalaitoskohtaisesti varastoidaan pieniä määriä erityyppisiä huoltotehtävissä tarvittavia öljyjä erillisissä varastoissa, joissa on myös jäteöljylle tarkoitetut keräyssäiliöt. Selkeää yhteistä jäteöljyn keräilyjärjestelmää vesivoimalaitosten välillä ei kuitenkaan ole.

### **4.2 Öljyjen varastoinnin kehitysehdotukset**

Öljyjen siisti ja järjestelmällinen varastointi on erittäin tärkeää turvallisuuden ja ympäristönsuojelun kannalta. Ensisijainen kehitysehdotus on nykyisen öljyvaraston siistiminen ja uudelleenjärjestäminen. Nykyisen öljyvaraston siistiminen ja järjestäminen voidaan toteuttaa hyödyntämällä 5S-menetelmää, joka on viisivaiheinen työn tuottavuuden parantamiseen kehitetty menetelmä. 5S-menetelmän

avulla voidaan parantaa laatua, turvallisuutta ja minimoida hukkaa. 5S:n etuina ovat siisteyden ja järjestyksen paraneminen, työnteon helpottuminen ja nopeutuminen, työtyytyväisyyden kasvu ja työturvallisuustason nousu. (LIS Group Oy 2016.)

5S-menetelmän ensimmäinen vaihe on lajittelu eli tarpeettomien tavaroiden poistaminen työympäristöstä. Koko öljyvarasto tulee tarkastaa huolellisesti ja tunnistaa öljyt, joita voi vielä hyödyntää. Muut tarpeettomat tavarat, öljyt ja niiden säilytyspakkaukset tulee poistaa varastosta.

Toinen vaihe on systematisointi, joka tarkoittaa toimivimpien säilytysmenetelmien ja -ratkaisujen etsimistä. Öljyvarastoon jäljelle jääneet öljyt järjestetään ja niille merkitään selkeät säilytyspaikat, esimerkiksi öljyjen laadun mukaan. Varastoon sijoitetaan IBC-pakkaus jäteöljylle ja sille merkitään selkeä säilytyspaikka. Säilytyspaikkojen merkitseminen nopeuttaa ja helpottaa tarvittavan öljyn löytämistä varastosta ja samalla ylläpitää siisteyttä ja järjestystä.

Kolmas vaihe on siivous eli säännöllinen siivous ja järjestyksen ylläpito. Siisteyttä ja järjestystä ylläpidettäessä öljyjen laatu ei kärsi ja öljyvarastoon ei jää mitään sinne kuulumatonta. Siivouksen voisi toteuttaa jokaisella kerralla, kun öljyvarastossa käydään. Järjestyksen ja siisteyden ylläpito onnistuu siten, että varastossa laitetaan öljyt ja muut tavarat niiden merkityille säilytyspaikoille. Varastossa käytessä sinne ei jätetä mitään ylimääräistä, ja tyhjät öljynsäilytysastiat hävitetään välittömästi. Varastoon sijoitetaan tarvittaessa jäteastiat eri jätelajeille. Öljyjen säilytyspakkauksien alle sijoitetaan valuma-altaat, joihin olisi hyvä asentaa vuotovahdit mahdollisten vuotojen varalta. Lisäksi varastoon tulee sijoittaa lisää öljyvahingontorjuntavälineitä, esimerkiksi imeytysmattoja. Organisaatio voisi määrittellä vastuuhenkilön ylläpitämään öljyvaraston järjestystä ja siisteyttä.

Neljäs vaihe on standardisointi eli yhteisten noudatettavien toimintatapojen laatiminen. Laaditaan selkeät ohjeet siitä, mitä öljyvarastoon saa tuoda ja mitä sinne ei saa jättää. Öljyvarastoinnissa suositeltavaa ottaa käyttöön FIFO-järjestelmä (First In, First Out), jossa uudet öljyt sijoitetaan vanhempien taakse varmistuen niiden oikea käyttöjärjestys. Öljyvaraston kierto on järjestettävä siten, että vanhimmat öljyt käytetään ensiksi. Lisäksi on tärkeää varmistaa, että varaston

käyttäjät tuntevat oikeat menetelmät öljyjen säilyttämiseen, käsittelyyn ja hävittämiseen.

Viides vaihe on sitoutuminen eli koko organisaatio sitoutuu noudattamaan neljää ensimmäistä vaihetta, jotka on laadittu. 5S-menetelmää öljyvarastossa ylläpidetään säännöllisillä tarkastuksilla ja inventaarioilla. Jatkuvan parantamisen periaatteen käyttöönotto olisi suositeltavaa, jotta öljyvarastoa kehitettäisiin säännöllisesti ja sen toimivuudesta kerättäisiin palautetta käyttäjiltä.

Toissijainen kehitysehdotus on öljyvaraston siirtäminen suurempaan hallirakennukseen, jossa on käytössä sähkötrukki, mutta ei ole lämmitystä. Trukin avulla öljypakkauksien siirtely olisi helpompaa ja turvallisempaa. Lisäksi öljyvarastoon olisi esteettömämpi kulkuyhteys kuin nykyiseen öljyvarastoon, jossa on korkea kynnys. Varastoitaville öljyille tarkoitettu tila hallissa voitaisiin järjestää siten, että tavarat, joita ei tarvita usein, siirretään nykyiseen öljyvarastoon säilytykseen. Öljyjen varastointi isompaan halliin voidaan toteuttaa hyödyntäen 5S-menetelmää. Suuremman hallin haittana on lämmityksen puuttuminen, joten vaihtoehtoisesti öljyt voidaan varastoida erilliseen lämpöeristettyyn varastokonttiin, jossa on lämmitys. Tällöin öljyt pysyvät käyttökuntoisina pidempään ja ovat helpommin käytönotettavissa.

#### **4.3 Erillisten öljysäiliöiden käyttöönottomahdollisuudet**

Vesivoimalaitoskohtaisille erillisille öljysäiliöille on tehtävä rakennetarkastus Turvallisuus- ja kemikaaliviraston hyväksymän tarkastuslaitoksen toimesta. Mikäli rakennetarkastuksen tulos olisi negatiivinen, säiliöt tulisi tyhjentää. Säiliöistä tyhjennetyt öljyt voitaisiin sijoittaa vesivoimalaitoksen omaan öljyvarastoon tai vesivoimalaitoksien yhteiseen öljyvarastoon. Säiliöistä poistetuille öljyille tulee suorittaa öljyanalyysi, jolla selvitetään öljyn kunto.

Vesivoimalaitoskohtaisten erillisten öljysäiliöiden käyttöönoton mahdollistamiseksi, niille on tehtävä tarvittavat tarkastukset ja on laadittava säiliökirja. Säiliökirjassa tulee olla seuraavat asiat esitelty:

- valmistajan vakuutus siitä, että säiliö on rakennettu ja tarkastettu säädösten mukaisesti (liite 1)
- säiliön rakennesuunnitelma piirustuksineen
- säiliön rakentamisasiakirjat:
  - ainestodistukset
  - reuna- ja pohjalevyjen sulatusnumerokartta
  - hitsausohjeet ja hitsauskartta
  - luettelo hitsaajista ja heidän pätevyksistään
  - hitsauslisäaineselvitykset
  - selvitykset lämpökäsittelyistä
  - selvitykset korroosiosuojauksesta
- säiliön tarkastusasiakirjat:
  - tarkastustodistus
  - pöytäkirjat ainetta rikkomattomista tarkastuksista kaavioineen
  - pohjan ja katon tiiviystarkastuspöytäkirjat
  - vesitäytön pöytäkirja
  - vaipan yhteiden vahvistuslevyjen tiiviystarkastuspöytäkirjat
  - sisäpuolisen paineenalaisen putkiston painekoepöytäkirja
- perustusasiakirjat:
  - piirustukset
  - asiantuntijan lausunnot
- säiliön huolto- sekä sisä- ja ulkopuolinen tarkastussuunnitelma sekä pöytäkirjat tehdyistä tarkastuksista havaintoineen.
- tehdyt korjaustoimet ja mahdolliset rakenteen muutokset (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021).

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli Kemijoki Oy:n Kemijoen alueella sijaitsevien vesivoimalaitosten öljyjen varastoinnin kehittäminen ja vesivoimalaitoskohtaisten erillisten öljysäiliöiden käyttöönottomahdollisuuksien selvittäminen. Tällä hetkellä öljyjä varastoidaan vesivoimalaitoksien yhteisessä öljyvarastossa sekä vesivoimalaitoksien omissa öljyvarastoissa. Varastoitavat öljyt on tarkoitettu vesivoimalaitoksien eri osien voiteluun, säätölaitteisiin ja hydraulikkajärjestelmiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää vesivoimalaitoksien yhteistä öljyjen varastointia, jotta öljyjen varastointi täyttää nykyiset vaatimukset ja varastointi on tehokasta. Toisena tavoitteena oli selvittää vesivoimalaitoskohtaisten erillisten öljysäiliöiden käyttöönottomahdollisuuksia, jotta niitä voitaisiin hyödyntää öljyjen varastoinnissa.

Opinnäytetyö aloitettiin tarkastelemalla nykyistä öljyjen varastointia ja vesivoimalaitoksilla eniten käytössä olevia öljyjä ja niiden ominaisuuksia. Työn aikana käytiin tarkastelemassa yhden vesivoimalaitoksen erillisiä öljysäiliöitä. Tämän jälkeen tarkasteltiin öljysäiliöiden teknisiä piirustuksia ja niiden sijainteja vesivoimalaitoksilla. Työssä tarkasteltiin erillisten säiliöiden uudelleenkäyttöönottovaatimuksia Turvallisuus- ja kemikaaliviraston Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi -opasta hyödyntäen.

Vesivoimalaitoskohtaisille erillisille öljysäiliöille täytyy suorittaa rakenteen ja rakennesuunnitelman tarkastus Turvallisuus- ja kemikaaliviraston hyväksymän tarkastuslaitoksen toimesta. Säiliön ja perustuksien vaatimustenmukaisuuden tarkastaa tarkastuslaitos dokumenttien perusteella. Lisäksi öljysäiliöille täytyy koota säiliökirja, jonka avulla voidaan osoittaa säiliön vaatimusten täyttyminen. Säiliökirjan tulee sisältää valmistus- ja kunnossapitodokumentit.

Opinnäytetyön seuraava vaihe oli öljyjen varastoinnin kehittäminen tehokkaammaksi ja järjestelmällisemmäksi. Työssä tarkasteltiin varastointilämpötilan ja siisteyden merkitystä öljyjen varastoinnissa, koska tällä hetkellä kaikkia öljyjä ei varastoida lämpimässä ja siistissä paikassa. Optimaalisimman öljyjen varastointitilan tulisi olla kuiva, viileä, puhdas ja pölytön sekä varustettu hyvällä

ilmanvaihdolla. Lisäksi öljyvarastoon tulee johtaa esteetön kulkureitti ja varastossa tulee olla riittävän korkea kynnyks öljyvuotojen varalta. Öljyvaraston lämpötila ei saisi vaihdella merkittävästi, koska lämpötilavaihtelut voivat heikentää öljyastioiden saumoja ja vaikuttaa öljyn ominaisuuksiin pysyvästi. Öljyvarastoon tulee sijoittaa roska-astiat eri jätelajeille, jäteöljyn keräyspiste ja öljyntorjuntavälineitä.

Nykyisen öljyvaraston puhdistaminen ja järjestäminen voidaan toteuttaa 5S-menetelmää hyödyntäen, koska se parantaa varastointia ja tuo järjestelmällisyyttä. Öljyvaraston sisältö täytyy tarkistaa huolellisesti ja tunnistaa öljyt, joita voidaan vielä käyttää. Kaikki muut tarpeettomat tavarat ja välineet poistetaan varastossa, jotta saadaan lisää varastointitilaa öljyille.

Öljyvarastoon tulee merkitä kullekin öljyalaadulle oma säilytyspaikka, jotta öljyt on helpompi löytää ja varaston järjestys säilyy. Öljypakkauksien alle tulee sijoittaa valuma-altaat mahdollisten vuotojen varalta. Valuma-altaisiin on suositeltavaa asentaa vuotovahtianturit, jotka havaitsevat mahdolliset vuodot ja lähettävät niistä heti ilmoituksen. Vuotovahti on hyvä ratkaisu, koska se ehkäisee suurempien vahinkojen syntymisen.

Toinen kehitysidea on öljyvaraston siirtäminen suurempaan varastohalliin. Etuina olisivat käytössä oleva sähkötrukki öljypakkausten siirtelyyn sekä esteettömämpi kulkureitti. Varastointitilaa öljyille saataisiin suurempaan halliin siirtämällä harvoin tarvittavia tavaroita ja välineitä nykyiseen öljyvarastoon säilytykseen. Vaihtoehtoisesti öljyt voidaan varastoida erilliseen lämpöeristettyyn varastokonttiin, jossa on lämmitys. Tällöin öljyt pysyvät käyttökuntoisina pidempään ja ovat helpommin käyttöönotettavissa.

## LÄHTEET

Caverion Corporation 2024. Tietoa meistä. Luettavissa: <https://www.caverion.fi/tietoa-meista/>. Luettu 28.1.2025.

ExxonMobil Corporation 2025a. Mobil DTE Oil Heavy Medium. Luettavissa: <https://www.mobil.fi/fi-fi/products/mobil-dte-oil-heavy-medium>. Luettu: 29.1.2025.

ExxonMobil Corporation 2025b. Mobil DTE Oil Extra Heavy. Luettavissa: <https://www.mobil.com/en/lubricants/for-businesses/industrial/lubricants/products/products/mobil-dte-oil-extra-heavy>. Luettu: 29.1.2025.

ExxonMobil Corporation 2025c. Mobil DTE 10 Excel 15. Luettavissa: <https://www.mobil.fi/fi-fi/products/mobil-dte-10-excel-15>. Luettu: 29.1.2025.

ExxonMobil Corporation 2025d. Unavis HVI 26. Luettavissa: <https://www.mobil.fi/fi-fi/products/unavis-hvi-26>. Luettu: 5.2.2025.

Jussila, P. 1978. Vesivoimageneraattorit. Teoksessa Vesivoimalaitokset. Julkaisu 45–78, s. 164–193. Insinööritieto Oy. Helsinki.

Kemijoki Oy 1961. Öljysäiliö. Tekninen piirustus. Sisäinen lähde.

Kemijoki Oy 2000. Vaaka-akselinen Kaplan-turbiini, koneasema, poikkileikkaus. Tekninen piirustus. Sisäinen lähde.

Kemijoki Oy 2005. Pystyakselinen Kaplan-turbiinin kokoonpano, leikkaus. Tekninen piirustus. Sisäinen lähde.

Kemijoki Oy 2024a. Kemijoki Oy. Luettavissa: <https://www.kemijoki.fi/kemijoki-oy/>. Luettu: 29.11.2024.

Kemijoki Oy 2024b. Vesivoima. Luettavissa: <https://www.kemijoki.fi/toimintamme/vesivoima/>. Luettu: 20.11.2024.

Kivioja, S., Kivivuori, S. & Salonen, P. 2007. Tribologia – kitka, kuluminen ja voitelu. 6.painos. Otatieto. Helsinki.

Korpi, A., Manninen, A., Rinkinen, A. & Suontama, K. 2006. Öljyjen kunnonvalvonta. Teoksessa Kunnossapitoyhdistys ry. (toim.). Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 8, teollisuusvoitelu, s. 164–181.

Kunnossapitoyhdistys Promaint ry, voitelutekninen toimikunta, Aarnio, M. 2013. Teollisuusvoitelu. Käsikirja. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 8. 5. uudistettu painos. KP-Media Oy. Helsinki.

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005. Luettavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050390>. Luettu: 27.11.2024.

LIS Group Oy 2016. Lean Management ja 5S-menetelmä. Luettavissa: <https://lis.fi/turvallisuuskehitys/lean-management-5s/>. Luettu 5.2.2025.

Luukkainen, T. & Vihersalo, J. 2006. Voiteluaineet. Teoksessa Kunnossapitoyhdistys ry. (toim.). Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 8, teollisuusvoitelu, s. 48–87.

Malinen, R., Pulkkinen, P., Rätty, K., Suontama, K. & Vuolle, P. 2006. Voiteluaineiden puhtaus. Teoksessa Kunnossapitoyhdistys ry. (toim.). Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 8, teollisuusvoitelu, s. 114–161.

Miettinen, J. & Lehtovaara, A. 2006. Voitelun perusteet. Teoksessa Kunnossapitoyhdistys ry. (toim.). Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 8, teollisuusvoitelu, s. 12–44. KP-media Oy. Helsinki.

Mikkola, K. 2006. Voiteluaineiden käsittely ja hävittäminen. Teoksessa Kunnossapitoyhdistys ry. (toim.). Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 8, teollisuusvoitelu, s. 183–205. KP-media Oy. Helsinki.

Salovaara, T. 1978. Turpiinit, luukut, patolaitteet. Teoksessa Vesivoimalaitokset. Julkaisu 45–78, s. 135–163. Insinööritieto Oy. Helsinki.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021. Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi. Opas. Luettavissa: <https://tukes.fi/vaarallisten-kemikaalien-kasittely-ja-varastointi>. Luettu: 30.11.2024.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Luettavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>. Luettu: 27.11.2024.

**Vaatimustenmukaisuusvakuutus**

**Säiliön valmistaja:** Säiliönvalmistaja Oy (Y-tunnus)

**Säiliön tiedot:** Kemikaalisäiliö xxx

Valmistusnumero xxx

Tilavuus xxx

Sisältö xxx

**Noudatetut standardit**

**tai tekniset eritelvät:** xxxx

Säiliön valmistaja vakuuttaa, että säiliö on suunniteltu ja valmistettu vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta annetun lain (390/2005) 49 § mukaisesti ja että säiliön suunnittelu, valmistus ja tarkastukset täyttävät asetetut vaatimukset.

Tämä vaatimustenmukaisuusvakuutus ei kata säiliön perustusta, ellei se sisälly noudatettuihin standardeihin (SFS-EN 14015).

Tehdasmaalla \_\_ . \_\_ . \_\_\_\_

Allekirjoitus

Allekirjoitusvaltuutusasema