

Mika Eriksson

# Nauhavalssaamon kelatuotteiden varastointilogistiikan kehittäminen



Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Kevät 2022



**KAMK • University  
of Applied Sciences**

## Tiivistelmä

**Tekijä:** Eriksson Mika

**Työn nimi:** Nauhalssaamon kelatuotteiden varastointilogistiikan kehittäminen

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), konetekniikka

**Asiasanat:** logistiikka, varastointi, kela, materiaalivirta, terästuotanto

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi SSAB Europe Oy Raahen terästehdas, tarkemmin kuumavalssaamon nauhatuotanto. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää kelatuotteiden varastointilogistiikkaa ulkovalssaamonaluilla. Kelavarastoinnin logistiikka on muuttunut vuosien varrella asiakastarpeiden perusteella. Varastoitavilla teräskeloilla on reittikohtaisia varastopaikkoja, mutta niiden riittävyys eivät aina ole tuotantomääriin perustuvia. Varastoinnin toimintamallia ei ole aiemmin syvällisemmin tutkittu ja kehitetty, vaan vuonna 2016 otettu uusi kelavarastoinninohjausjärjestelmä (kevo) otettiin käyttöön senhetkisen toimintamallin päälle. Varastointi ja varastoinnin toimivuus ovat tärkeä osa toimitusvarmuuden kokonaisuutta ja toimivaa arvoketjua.

Tutkimusstrategiana toteutettiin kehittämistutkimuksen menetelmää. Tutkimusta toteutettiin niin kvalitatiivisin kuin kvantitatiivisin menetelmin. Tutkimuksen aineistonkeruumenetelminä toimivat haastattelut ja keskustelut eri asiantuntijaryhmien kanssa sekä numeerinen keruu. Tutkittavan ilmiön oma asiantuntemus ja havainnointi olivat hyödyksi työn tekemisessä. Haastattelut olivat pikemminkin kehityskeskusteluja eri asiantuntijaryhmien kesken. Keskustelujen aihe-elementit loivat pohjan ilmiön kokonaiskuvulle. Keskustelujen ydin pohjautui tutkimustyön pääkysymyksiin ja ympärille haettiin vahvistavaa perspektiiviä keskustelun aikana syntyneillä aiheilla.

Tutkimuksessa keskityttiin osaston LKT (leikatut kelatuotteet) viiden eri jatkokäsittelylinjan varastointiin ulkona. Ulkovalssaamonaluella hajallaan varastoidut tuotteet aiheuttavat turhaa prosessiajoa alentaen työntehokkuutta sekä työturvallisuutta. Hajallaan ja satunnaisesti sijoittelu johtuu siitä, että kyseisille reiteille ei ole yhtä reittiä lukuun ottamatta valmiiksi ohjelmoituja varastopaikkoja ohjausjärjestelmässä. Kevo-järjestelmä on tällöin pakotettu lainaamaan tarvittavat resurssit muilta reittipisteiltä, käytännössä Hämeenlinnan reitiltä.

Toisaalta tutkimuksessa kartoitettiin lainauksien mahdollista vaikutusta Hämeenlinnan kylmävalssaamon tuotteiden junalastauksien tehokkuuteen. Tavoitteena oli löytää syitä ajoittain pitkiin ajomatkoihin varastojen ja kohdevaunujen välillä. Lastauksista kerätty data toimi mittarina tiedon keruussa.

Kevo-järjestelmän testiversiossa luotiin ensin tavoiteltu, keskitetympi toimintamalli, joka vietiin myöhemmin todelliseen järjestelmään asteittain, jotta varastoissa säilyi reittien kesken riittävä tasapaino varastokapasiteetit huomioon ottaen. Keskitetympi toimintamalli sekä vaadittavien varastointiresurssien luominen mahdollistavat laadukkaamman materiaalivirran hallinnan varastointilogistiikassa. Tämän tutkimustyön muutostoimet edesauttavat osaltaan työn tehokkuuden ja työturvallisuuden kehityksessä saavuttaen samalla tavoiteltuja kustannussäästöjä.

## **Abstract**

**Author:** Eriksson Mika

**Title of the Publication:** Developing Coil Storage Logistics at The Hot Strip Mill of SSAB Raahe Works

**Degree Title:** Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

**Keywords:** logistics, storage, coil, material flow, steel production

The thesis was assigned by SSAB Raahe Works manufacturing plant's Hot Strip Mill. The study focused to develop the operating model on coal storage logistics at the outdoor storage. Because of various customer needs, the storage needs have changed over the years. The operating model of storage has not been developed to this measure before. A new storage control system (kevo) was introduced in 2016. The functionality is of great importance in material reliability and functional value chain.

The approach in the study was design-based research, both qualitative and quantitative research methods were used. Data collection methods were based on interviews, observations and numerical data collection. Interviews were mainly development discussions between groups of experts. The interviews were based around the main questions of the research and sought deeper perspective on other topics surfacing during the conversation.

The study focused on cut coil products including five further processing lines and the coil storage needs at the outdoor storage. Stowing the coil products apart causes unnecessary process driving, which lowers efficiency and safety. To reorganize storage places of cut coil products will improve efficiency. When route specific storage places are occupied, the storage control system is forced to loan needed resources, which are reserved from Hämeenlinna route storage places. In functional storage logistics, it is naturally important to allow the system to loan needed storage places, but it needs to be controlled for efficient operation.

The study examined also borrowing needs at Hämeenlinna storage places and their effects on the efficiency of cold coil products' train loading. The study aimed to find answers to more effective train loading, especially driving distance between planned storage place and target train car. Numerical data was collected to show precise information.

Developmental changes were tested first in simulation environment. Changes to real control system should be done step by step because every storage needs to be emptied before it is possible to make changes. To make changes, it is important to take account the balance between storage. New centralized operating model develops the quality of the material flow. Changes due to this the study enable better work efficiency, safety at work and is cost-effective.

## **Alkusanat**

Opinto-ohjelman sovittaminen perhe-, työ- ja harrastuselämään ei ollut helppoa. Tuntuu, että ilman opiskeluakin elämä on ollut viime vuosina melko hektistä. Monimuoto-opiskelu vaihtoehtona kuitenkin tarjosi itselleni mahdollisuuden opintojen suorittamiseen kaiken muun ohella. Vuoristorataa mentiin ylös ja alas niin ajankäytön kuin henkisen jaksamisen puitteissa. Ilman perheeni antamaa merkittävää tukea, ymmärrystä ja kannustusta olisivat opintovuoteni muodostuneet varmastikin liian haastaviksi. Lämmin kiitos perheelleni.

Haluan kiittää SSAB Europe Raahen terästehtaan kuumanauhavalssaamoja mahdollistaessa mielenkiintoisen ja haastavan aiheen opinnäytetyölleni. Erityisesti kiitän nauhavalssaamon tuotantopäällikköä Markus Holappaa sekä vuorotyönjohtajaa Petteri Tähjää, jotka mahdollistivat tutkimukseni jouhevan työstömahdollisuuden oman työni ohessa. Kiitos asiantuntijaryhmille osallistumisesta. Opinnäytetyöni ohjaajana toiminut Kimmo Kemppainen Kajaanin Ammattikorkeakoulussa ohjasi ja tuki minua työni eri vaiheissa kiitettävästi ja kiitokset tästä.

Raahessa 18.3.2022,

Mika Eriksson

1	Johdanto .....	1
2	SSAB .....	2
2.1	HYBRIT-hanke .....	2
2.2	SSAB Europe .....	3
2.3	Raahen terästehdas.....	5
2.4	Aihion valmistus ja kuumanauhavalssaus .....	7
3	Tutkimusasetelma .....	11
3.1	Tutkimusstrategia.....	11
3.2	Aiheen valinta.....	12
3.3	Tutkimusmenetelmän valinta .....	12
3.4	Tutkimuskysymykset ja työn rajaus.....	13
3.5	Aineistonkeruumenetelmät .....	14
3.6	Havainnointi ja käytetyt mittarit datan keruussa .....	16
4	Varastoinnin ohjaus.....	17
5	Nykytila ja toiminta.....	19
5.1	Tuotannon tarkastelu 2021 .....	21
5.2	Nauhatuotteiden reittipisteet .....	24
5.3	Kelavarastot ja varastokapasiteetit .....	25
5.4	Trukit, lastaukset ja muu prosessiliikenne .....	27
6	Hämeenlinnan kylmävalssaamon kuormaukset.....	29
7	Kelavarastoinninohjausjärjestelmä .....	31
7.1	Varastojen status ja käyttöasteen koodit.....	31
7.2	Varastoinninohjausta määräävät tekijät reittipisteillä.....	32
8	Tutkimuksen kehittämistoimet .....	34
8.1	Haastattelut ja niiden näkökulmat tutkimusaiheeseen .....	35
8.2	Varastopaikkojen keskittäminen .....	38
9	Tutkimustulokset ja niiden analysointi.....	43
9.1	Varastopaikkojen uudelleenjärjestely keskitetysti.....	44
9.2	Hämeenlinnan junanlastaus.....	45
10	Pohdinta .....	48

Lähteet .....52

Litteet

## 1 Johdanto

Toimitusketjun tarkoituksena on muuntaa raaka-aineet asiakkaan haluamaksi lopputuotteeksi. 1990-luvulla toimitusketjulle ja sitä parantaville toimenpiteille annettiin nimi jakeluketjunhallinta, englanniksi Supply Chain Management (SCM), jossa määräävinä tekijöinä olivat muun muassa valmistus, tiedonsiirto, kuljetukset sekä varastointi. Laadukkaasti toimivan toimitusketjulla on tärkeää kattaa ja yhdistää kaikki ne määräävät ja oleelliset toiminnot aina raaka-ainelähteiltä loppuasiakkaaseen. [1, s. 9.] Tilaus-toimitusketjun logistiset toimenpiteet, kuten tuotteiden käsittely, kuljettaminen ja varastointi ovat keskeisiä asioita yrityksen arvoketjun toteutumisessa. Toimivalle arvoketjulle logististen toimintojen toteutumisen tehokkuus ovat avainasemassa. [2, s. 6–10.]

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ja kehittää keskitetympi toimintamalli kuumanauhavalssaamon nauhatuotteiden varastointiin, erityisesti ulkovarastointiin. Kelavarastoinnin logistiikka on muuttunut vuosien varrella asiakastarpeiden perusteella. Varastoitavilla teräskeiloilla on reittikohtaisia varastointipaikkoja, mutta niiden riittävyys eivät aina ole tuotantomääriin perustuvia. Nykyinen toimintamalli ei vastaa toiminnallaan nykytarpeita ja varastojen kapasiteettien ja uudelleenjärjestelyllä haettiin tehokkaampaa materiaalinhallintaa varastojärjestelyissä. Varastopaikkojen loppuessa tietyn kelatuotteen reittipisteen kohdalla, joutuu varastoinninohjauksjärjestelmä lainaamaan toiselta reittipisteeltä tarvittavat varastointiresurssit. Tällainen toiminta aiheuttaa aika ajoin epätasapainoa varastoissa. Kun suunnitelmallisuudesta joudutaan poikkeamaan, on sillä heikentäviä vaikutuksia työntehokkuuteen, työturvallisuuteen sekä kustannustehokkuuteen. Varastopaikkojen uudelleenjärjestelyllä ja keskitetyimmällä toimintamallilla eri reittipisteiden kohdilla pyritään parantamaan edellä mainittuja kohtia.

Tutkimustyön aiheen valintaan vaikuttivat vahvasti henkilökohtainen asiantuntemus, mielenkiinto sekä kiinnostus aiheeseen. Aihe esiintyy jokapäiväisessä työelämässäni, ja tämän vuoksi koin luonnolliseksi alkaa tutkimaan ja syventymään mahdollisiin lisäkehitystarpeisiin ilmiössä. Tutkimus toteutettiin kehittämistutkimuksena, jossa henkilökohtainen osuus ja läsnäolo eri vaiheissa korostui. Avainasemassa olleet haastattelut olivat pikemminkin kehityskeskusteluja asiantuntijaryhmien kesken ja tutkimus kehittyi ja ohjautui työn edetessä.

## 2 SSAB

SSAB aloitti toimintansa jo vuonna 1878. Yritys toimi silloin nimellä Domnarvet Järnverk. Nykyään SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva teräsyhtiö ja johtava erikoislujien terästen ja niihin liittyvien palveluiden toimittaja. Yrityksen visio ilmentää yrityksestä oleellisen eli olla entistä vahvempi, kevyempi ja kestävämpi maailma yhdessä asiakkaiden kanssa [3]. Yrityksellä on joustava ja kustannustehokas tuotantojärjestelmä ja yhtiö onkin saavuttanut tuottajana johtavan aseman maailmanmarkkinoilla erikoisterästuotannossa, levy-, nauha- ja putkituotteissa sekä rakentamisen ratkaisuisissa. [4.]

Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa sijaitsevien tuotantolaitosten tuotantokapasiteetti on noin 8,8 miljoonaa tonnia vuodessa. Yrityksellä on toimintaa yli 50 maassa, joissa työskentelee noin 14 000 työntekijää. Liikevaihto oli vuonna 2020 noin 65 miljardia kruunua. [4.]

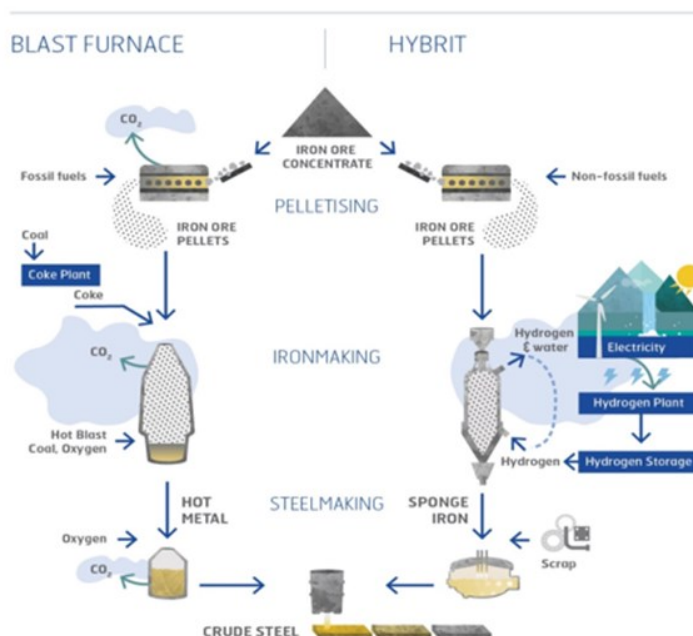
SSAB liiketoiminta jakautuu viiteen divisioonaan:

- SSAB Special Steels
- SSAB Europe
- SSAB Americas
- Tibnor
- Ruukki Construction

### 2.1 HYBRIT-hanke

HYBRIT-hankkeen käynnistäminen edellytti yhteisyrityksen perustamista SSAB:n ja Euroopan suurimman rautamalmintuottajan, LKAB:n sekä yhden Euroopan suurimman sähköntuottajan, Vattenfallin kanssa. Tämä tapahtui vuonna 2017 ja tämän myötä tavoitteena on mullistaa teräksenvalmistus täysin. Käynnistyneen yhteishankkeen tavoitteena on luopua masuuniprosessissa koksi, jota on käytetty rautamalmipohjaisessa teräksenvalmistuksessa. Käytetty koksi tuottaa runsaasti hiilidioksidipäästöjä, kun taas fossiilivapaista energialähteistä tuotetun vedyn käyttö raudanvalmistuksessa synnyttää päästöinä vain vettä, kuten kuvioista 1 voi havaita. [4.]

SSAB pyrkii kehittämään ja tuomaan markkinoille fossiilivapaata terästä vuonna 2026. Vuosina 2019–2021 tehtiin fossiilivapaiden pellettien kokeilut ja ensimmäiset fossiilivapaat koeteräkset tuotettiin. Yrityksen tavoitteena on olla kokonaan fossiilivapaa teräksen tuottaja vuoteen 2045 mennessä. [5.]



Kuvio 1. HYBRIT-tuotannossa päästöinä syntyy vettä. [5.]

HYBRIT-hankkeen myötä jäljelle jäävä hiilijalanjälki on käytännössä olematon. Jotta suurin osa hiilidioksidipäästöistä saadaan poistettua, edellyttää se tuotantolaitoksissa masuunien vaihtamista valokaariuuneiksi. Oxelösundin masuunin vaihto valokaariuuniin tapahtuu ensimmäisenä vuoteen 2025 mennessä. Vuosina 2030–2040 on tarkoitus korvata Luulajan ja Raahen masuunit valokaariuuneilla. Hiilidioksidipäästöjä pystytään laskemaan Suomessa ja Ruotsissa tämän myötä merkittävästi. [5.]

## 2.2 SSAB Europe

SSAB Europe on johtava korkealaatuisten nauha-, levy- ja putkituotteiden valmistaja. SSAB Europe omaa korkealuokkaisen osaamisen erikoislujien terästen valmistuksessa sekä käytössä. Tämän osaamisensa ansiosta yritys luo mahdollisuuden asiakaskohtaiseen palveluun ja räätälöintiin. Tämä osaaminen luo ja mahdollistaa SSAB Europelle kilpailuedun, jolla se pystyy erottumaan edukseen muista teräksenvalmistajista. [5.]

SSAB Europan terästuotanto on pohjoismainen ja tuotantolaitokset sijaitsevat neljässä eri toimipaikassa. Suurimpana niistä on Raahen terästehdas. Raahen lisäksi tuotantolaitoksia on Hämeenlinnassa sekä Ruotsin Luulajassa ja Borlängessä. Ruotsin Oxelösundin terästehdas kuuluu SSAB Special Steels -divisioonaan. Terästehtaiden lisäksi Ruotsissa ja Suomessa sijaitsee muita tuotantopaikkoja, jotka ovat putkitehtaita sekä teräksen pinnoitustuotantoyksiköitä. SSAB Europe -divisioonan terästehtaissa työskentelee yhteensä noin 6300 työntekijää ja tehtaiden yhteenlaskettu vuotuinen tuotantokapasiteetti on noin 8,7 miljoonaa tonnia. [5.]

SSAB Europan terästuotteiden tarjonta on monipuolinen ja jakautuu seuraavasti:

- Kuumavalssatut nauha- ja levytuotteet sekä kylmävalssatut nauhatuotteet
  - Erittäin lujat teräslaadut
  - Standarditeräkset
- Putket, paalut ja profiilit
  - Rakenneputket sekä ohutseinäputket
  - Teräspaalut
  - Kylmämuovatut teräsprofiilit
- Pinnoitetut tuotteet
  - Kuumasinkityt
  - Maalipinnoitetut

SSAB tavoittaa toiminnallaan ja laadukkaiden terästuotteiden tarjonnalla tehokkaasti eri avainsegmenttien loppukäyttäjät, joita ovat autoteollisuus, raskaat ajoneuvot, rakennuskoneet maansiirto- ja nostolaitteineen, rakentaminen, konepajat, energia sekä eri teollisuuden sovellukset. [5.]

### 2.3 Raahen terästehtas

Raahen terästehtaan historia pähkinänkuoressa on: Rautaruukki perustettiin 1960 ja ensimmäisen masuunin valmistuttua raudantuotanto alkoi 1964. Tämän jälkeen terässulatto ja karkealevyvalssaamo valmistuivat 1967. Kuumanauhavalssaamo aloitti toimintansa vuonna 1971. Raudantuotanto kasvoi merkittävästi toisen masuunin valmistuttua 1976 ja uudistuksien myötä työntekijöitäkin oli 1970-luvun lopulla yli 7000. Tehdasalueelle alettiin rakentamaan omaa koksaa, jonka ensimmäinen vaihe valmistui vuonna 1987. Kun toinen vaihe oli valmis 1992, koksen tuotanto kaksikertaistui lähes yhteen miljoonaan tonniin vuodessa ja Rautaruukista tuli omavarainen koksen tarpeen suhteen. Raahen terästehtaan tuotantokapasiteetti nousi 2 700 000 tonniin vuodessa. Vuonna 2004 Rautaruukki nimi vaihtuu nimeksi Ruukki, joka oli yrityksen toiminnalle yhtenäinen markkinointinimi. Syyskuussa 2014 Ruukista tulee osa SSAB:ta, kun integraatio ruotsalaisen Svensk Stål AB:n kanssa toteutuu. Kuvassa 1 on kuvattuna Raahen tehdasalue prosessipisteineen ja toimintoineen. [5.]

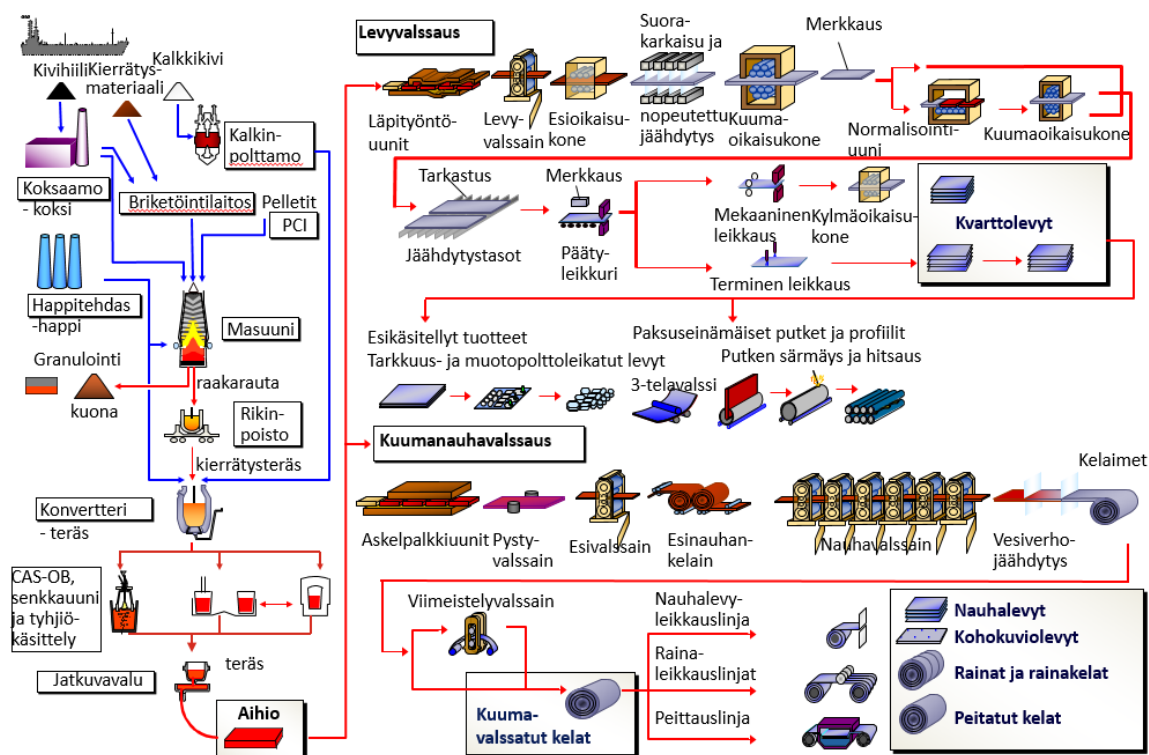
Vuosina 2015 ja 2016 on toteutettu kolme merkittävää investointia, joiden kokonaiskustannukset olivat yli 200 miljoonaa euroa. Masuunien uusi hiili-injektiolaitos paransi kustannustehokkuutta laskien raaka-ainekustannuksia, terässulaton uudet konvertterit olivat turvallisempia ja toimintavarmempia ja antoivat paremman tuotoksen ja kustannustehokkuuden. Raahen Voima Oy:n rakennuttama uusi voimalaitos antoi paremman hyötysuhteen sekä toteutti ympäristöystävällisemmän toiminnan. [5.]



Kuva 1. Raahen terästehtas. [5.]

Raahen terästehtaalla työskentelee noin 2500 työntekijää. Tehdasalue käsittää noin 500 hehtaaria ja alueella on noin 40 kilometriä teitä sekä 30 kilometriä rautateitä sekä oma satama. Tehdasalueella käy vuosittain noin 25 000 ajoneuvoyhdistelmää sekä noin 1 000 junaa. Satamaan saapuu vuodessa yli 500 laivaa. [5.]

Raahen terästehdas on yksi suurimmista integroiduista tuotantolaitoksista Euroopassa, mikä tarkoittaa, että Raahessa toteutuvat kaikki ne prosessivaiheet, mitä tarvitaan teräksenvalmistuksessa aina raaka-aineista valmiisiin nauha- ja levytuotteisiin, jotka on esitetty prosessikaaviossa kuviossa 2. Valssaamon yhteydessä on jatkokäsittelylinjoja, joissa pystytään käsittelemään tuotteita asiakkaan toiveiden mukaisesti. Leikatut kelatuotteet osastolla ovat nauhalevy- ja rainaleikkauslinjat sekä peittauslinja. Esikäsitellyt levytuotteet -osastolla jatkojalostetaan valssattuja kvarttolevyjä asennusvalmiiksi komponenteiksi. Osastolta löytyvät pinnoitusmenetelmät sekä hiekkapuhallus- ja maalauslinjat. [5.]



Kuvio 2. Raahen terästehtaan prosessikaavio. [5.]

## 2.4 Aihion valmistus ja kuumanauhavalssaus

Terässulatolla valmistetaan aihioita asiakkaan tilaustoiveiden mukaisesti. Raakaraudan sekaan lisätään kierrätysterästä ja tarvittavat lisäaineet. Sulattoprosessissa haluttu teräslaatu täsmätään vastaamaan asiakkaan tilaamaa teräslaatu. Ahiot valmistuvat jatkuvavalukoneissa, minkä jälkeen ne ovat siirrettävissä aihiohalliin jäähtymään ja odottamaan tuotantoon siirtymistä. Ahiot panostetaan askelpalkkiuuneihin siinä järjestyksessä kuin tuotannosuunnittelu on ajettavat jaksot suunnitellut. Askelpalkkiuuneissa ahiot kuumennetaan noin 1250-asteisiksi ennen kuin ne lastataan purkauspuolelta ulos tuotantolinjalle. Kuvassa 2 kuvattuna askelpalkkiuuni 5 purkauspuoli ja aihion uloslastausvaihe. Valssausprosessin ja aihion muokkaamisen mahdollistamiseksi punahehkuisiksi kuumennettu aihio matkaa rullaratoja pitkin hilsepesurin kautta kohti pysty- ja esivalssia. Pysty- ja esivalssilla aihio valssataan seitsemällä edestakaisella pistolla esinauhaksi. Esinauhalle on tässä vaiheessa saavutettu haluttu leveys ja esinauhapaksuus. [5.]



Kuva 2. Askelpalkkiuuni 5 ja purkauspuoli. [5.]

Esinauhakelain, englanniksi coilbox, otettiin kuumanauhavalssaukseen tuotantoprosessiin mukaan vuonna 2000, kuva 3. Tämän myötä esinauhan lämpötilanhallinta parani, millä on suora vaikutus valssauksen laatuun. Riippuen valssattavasta teräsladusta, esinauha kelataan coilboxissa tai vaihtoehtoisesti se ajetaan läpiajolla suoraan nauhavalssaimille. Coilboxin käyttöönoton myötä valssattavien kelatuotteiden kokoa pystyttiin merkittävästi kasvattamaan. [5.]



Kuva 3. Esinauha coilboxissa. [5.]

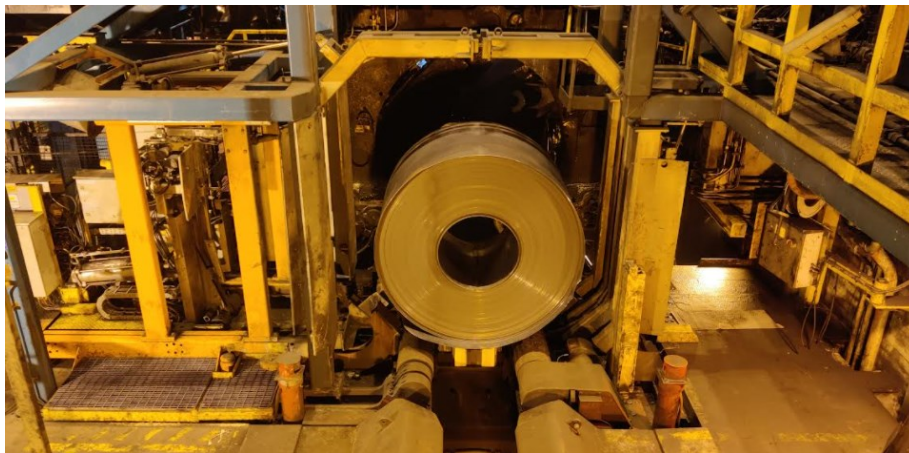
Coilboxilta esinauha ajetaan kohti nauhavalssaimia. Valssituoleja on kuusi paria ja ne on automatisoitu pyörimään eri nopeuksilla, jotta nauha voidaan ajaa valssituolien läpi yhdellä jatkuvalla ajolla valssaten samalla jokaisella valssituolilla nauhaa ohuemmaksi haluttuun loppupaksuuteen. Valssituolien väleissä on pingottimet tarvittavien nauhankireyden saavuttamiseksi. Kuvassa 4 kuvattuna nauhavalssain ja valssituolit F1–F6. Nauha kulkee työvalssien välissä ja valssien pintojen kovien rasituksien ja kulumisien vuoksi työvalssiparit vaihdetaan noin kolme kertaa vuorokaudessa. Työvalssit vaihdetaan jokaisen ajetun jakson jälkeen. Työvalssiparit F5 ja F6 vaihdetaan jokaisen ajetun jakson jälkeen, kun taas työvalssiparit F1–F4 vaihdetaan joka toisen ajetun jakson jälkeen. Yhden jakson koko vaihtelee tuotannosuunnittelun ohjaamana ja on keskimäärin 100–130 valssattavan aihion kokoisia. [5.]



Kuva 4. Nauhavalssain ja valssituolit F1–F6. [5.]

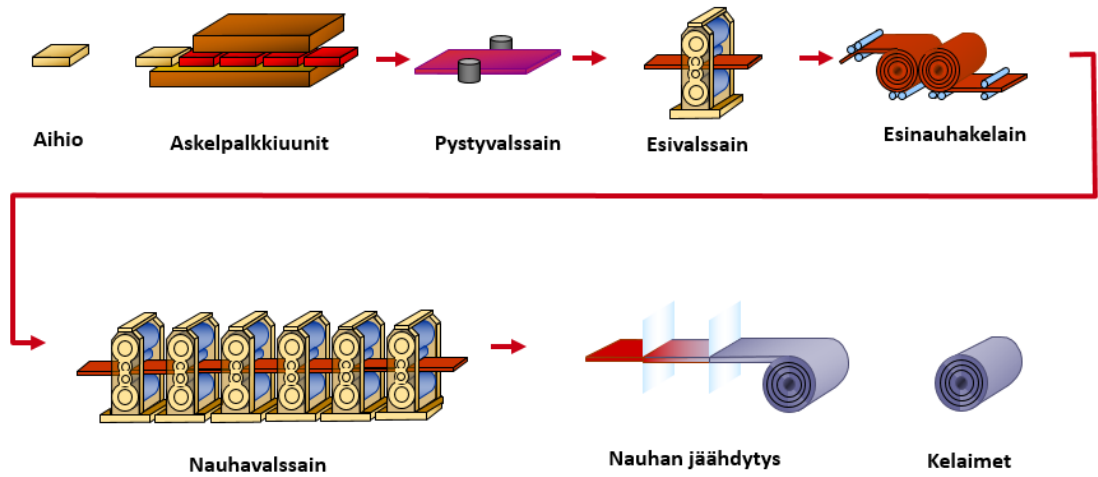
Ennen kelainta nauha tulee jäähdyttää haluttuun loppukelauslämpötilaan jäähdytysvyöhykkeellä. Kelauslämpötila vaihtelee teräksen laadusta riippuen. Kuumilla nauhatuotteilla jäähdytyslämpötila on 580–780 °C. Raahen terästehdas on erikoistunut valmistamaan erikoisteräksiä ja tämä ainutlaatuinen tapa tehdä lujaa terästä vaatii nauhan nopeaa jäähdyttämistä. Nauha suorakarkaistaan, jolloin jäähdytyslämpötilan tähtäys on noin 50 °C. Nopea jäähdytys vaatii nauhan pinnalle jäähdytysvettä jopa 200 m<sup>3</sup> minuutissa. Suorakarkaisumenetelmällä saadaan erikoisteräksiin halutut ominaisuudet, kuten lujuus ja venymä. [5.]

Kuvassa 5 on kela valmis siirrettäväksi kelakuljettimilla kohti tarkastajan toimipistettä, missä kela tarkastetaan, sidotaan ja merkataan varastointia varten. Nauhatuotteiden varastoinninhajaukseen vaikuttavat merkittävästi valssausprosessissa valmistetun kelatuotteen jäähdytyslämpötilat sekä teräksessä olevat ominaisuudet. Jokaiselle nauhatuotteelle on määrätty varastointisäännöt esimerkiksi jatkokäsittelytarpeiden osalta. Sisävarastoinnissa vältetään leikattujen kelatuotteiden osaston (LKT) jatkokäsittelylinjojen kuumien kelojen varastointia, jolloin ne varastoidaan ensin ulos saavuttaakseen muun muassa ohjeistetun jäähtymisasteen. Teräslaadusta riippuen osa tuotteista tulee varastoida vain sisälle, esimerkiksi suorakarkaistut erikoisteräkset ja tuotteet, joille ei sallita ulkona esiintyvien sääolosuhteiden vaikutuksia laadullisessa näkökulmassa eli osalle tuotteisiin on ulko-varastointikielto.



Kuva 5. Nauhakela valmis siirrettäväksi tarkastukseen, sidontaan ja merkkaukseen.

Kuviossa 3 on esitettyä kuumanauhavalssauksen prosessikaavio, missä käy ilmi prosessin eri vaiheet aina aihion panostuksesta askelpalkkiuuneihin valmiiksi nauhakelaksi. Valssausprosessissa voidaan valmistaa jopa 1500 m pituisia nauhakeleja. Paksuudeltaan nauha voi olla 1,4–22 mm ja painoa jopa 30 000 kg. [5.]



Kuvio 3. Kuumanauhavalssaus-prosessikaavio. [5.]

### 3 Tutkimusasetelma

Tutkimukselle määritellään tarkoitus tai tehtävä. Tutkimusstrategisia valintoja ohjaa tutkimustarkoitus. Tutkimuksen tarkoitus saattaa muuttua tutkimuksen edetessä ja saattaa sisältää useamman kuin yhden tarkoituksen. Ensisijaisesti tutkimuksen tarkoitus on olla kuvaileva, selitettävä tai kartoittava. Osaltaan otetaan tutkimuksen ennustettavuus ja toimivuus huomioon, työn lopputuloksia pohtiessa. [6, s. 137–139.]

Tutkimustyölle on olennaisesti tärkeää sen luotettavuus ja se tulee aina varmistaa. Luotettavuutta voidaan tarkastella validiteetin ja reliabiliteetin avulla ja nämä luotettavuusarviointikäsitteet sopivat hyvin kvantitatiiviseen tutkimukseen. Kvalitatiiviseen tutkimukseen käsitteet eivät sellaisenaan sovellu kovinkaan tehokkaasti. Validiteetti toimii, kun tutkimusmenetelmä on valittu oikein ja siihen valitut mittarit sekä mittaamismenetelmät. Reliabiliteetti tarkoittaa mittauksen pysyvyyttä ja tutkimuksen toistettaessa saadaan samat tulokset. [7, s. 125–126.]

#### 3.1 Tutkimusstrategia

Tutkimustyölle valittiin tutkimusmenetelmäksi kehittämistutkimus. Kehittämistutkimus ja toimintatutkimus ovat menetelminä hyvin samankaltaisia. Toimintatutkimuksen ja kehittämistutkimuksen ero on hyvin pieni ja ero onkin käytännössä siinä, onko tutkija itse mukana muutosprosessin toteutuksessa vai ei. [8, s. 43]. Kehittämistutkimuksessa tutkittavan ilmiön kokonaisvaltaista tarkastelua suoritetaan asiantuntijaryhmien kanssa. Molemmissa menetelmissä tutkitaan esiintyviä ongelmia käytännön toiminnassa. Pyritään tiedostamaan ongelmien laatu ja se, miten ongelmat voidaan poistaa tai vähentää vähemmän häiritseviksi. Tutkimus kohdistuu yksittäisiin ongelmiin ja tutkimuksessa saadut tulokset ja niiden luotettavuus ovat valideja vain niissä. Tutkimustyössä tutkittavat ja esille tuodut ongelmat ovat vahvasti nähtävissä päivittäisessä työelämässä. Tämä tutkimustyö toteutetaan tutkimuksessa esille nostettujen tutkimusongelmien parissa työskentelevien toimijoiden ja asiantuntijoiden kanssa. [9.]

Kehittämistutkimus pitää sisällään sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusmenetelmää samanaikaisesti. Kyseessä siis ei ole pelkkä tutkimusmenetelmä vaan sekoitus useita menetelmiä. Voidaan puhua tutkimusstrategiasta. Tällaisen monimenetelmäisen tutkimuksen vahvuutena on yhdistää laadulliset havainnot määrällisten mittauksien kanssa, jolloin saadaan kokonaisvaltaisempi kuva tutkittavasta aiheesta. Tutkimusmuoto on jatkuvaa kehittämistä ja siihen osallistuvat

ne tahot, joita ongelma koskee erityisesti. Yksinkertaisimmillaan etenemisvaiheita ovat suunnittelu, toiminta ja seuranta. [9.]

Kehittämistutkimuksessa luotettavuusarviointi on haastavaa, koska laadullisen tutkimuksen luotettavuusmittarit eivät sellaisenaan sovellu menetelmään. Kehittämistutkimuksessa tavoiteltu muutos on tulos kvantitatiivista ja kvalitatiivista menetelmää ja luotettavuuskysymyksiä voidaan tarkastella erikseen. Laadullista osuutta tutkimuksen laatumittareilla ja määrällistä osuutta sen luotettavuuskriteereillä. Joka tapauksessa toimintatutkimus jättää avoimia kysymyksiä muutoksen luotettavuuden arvioinnissa. [7, s. 126–127.]

### 3.2 Aiheen valinta

Hyvän tutkimuksen tuottaminen edellyttää hyvää tutkimusaihetta. Aiheen valinta ja ideointi tutun alueen pohjalta tuo etuja tutkimuksen eteenpäin viemiseen. Asiantuntemus ja tietämys joltain tietyltä erityisalueelta mahdollistaa sen, että näkemystä lisäkehitystarpeista on valmiiksi tiedossa tai kehitystarpeet pystytään tunnistamaan ja määrittelemään suhteellisen nopeasti. [6, s. 66–74.]

Tutkimustyön aiheen valintaan vaikuttivat vahvasti oma mielenkiinto ja aiheen kiinnostavuus. Tutkimuksen aihe esiintyy jokapäiväisessä työelämässäni, ja tämän vuoksi koin luonnolliselta lähteeltä tutkimaan ja syventymään mahdollisiin lisäkehitystarpeisiin ilmiössä. Varastointilogistiikassa todettu epätasapaino kelojen varastointisijoittelussa antoi mahdollisuuden tutkia ja perehtyä ilmiöön syvällisemmin opinnäytetyön muodossa.

### 3.3 Tutkimusmenetelmän valinta

Kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä luovat tutkimusmenetelmien pääryhmät. Kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimusmenetelmä perustuu lukuihin, kun taas kvalitatiivinen eli laadullinen menetelmä pohjautuu sanoihin. Laadullisessa tutkimuksessa tarkoituksena on ilmiön syvälinen ymmärtäminen. Laadullisesta tutkimuksesta puuttuvat määrällisen tutkimuksen tiukat säännöt. Laadullisessa tutkimuksessa analyysi seuraa tutkimusprosessin eri vaiheissa, joka ohjaa tiedonkeruuta ja itse prosessia. [7, s.24.]

Laadullista tutkimusta tehtäessä tulee ottaa huomioon tutkimukseen osallistuvien henkilöiden eli informanttien valinta niin, että heillä on tutkimuksen kannalta toivottavaa merkitystä ja vaikutusta asiaan. Tutkimuksen kannalta on tärkeää, että tutkittavasta kohteesta tiedetään mahdollisimman paljon sekä tieto on mahdollisimman osuva eri näkökulmista. [7, s. 37.]

Kvalitatiivinen tutkimus sopii tilanteisiin, joissa ilmiöistä ei ole entuudestaan teoreettista tietoa tai tutkimusta. Kyseinen tutkimusmuoto mahdollistaa tutkimuksen etenemisen mahdollisuuksien mukaan, mutta haasteeksi voivat muodostua joustavuuden luomat useat mahdollisuudet toteutukselle. Laadullisessa tutkimuksessa pääasiassa tutkitaan prosesseja, joihin määrällisen tilastolliset analyysit eivät sovi tutkimuskohteen monimutkaisuuden vuoksi. [7, s. 25–26.]

Kvantitatiivista tutkimusta ohjaa ja säätelevät tarkat tulkintasäännöt. Määrällisen tutkimuksen tilastollisen menetelmien tulkinnat ovat varmemmalla pohjalla kuin laadullisessa. Tämä edellyttää määrällisessä tutkimuksessa tutkimusasetelman oikein laadinnan. [7, s. 27.]

#### 3.4 Tutkimuskysymykset ja työn rajaus

Tutkimuksen päätavoitteena oli tutkia ja kehittää varastoinnille nykypäivän tarpeita vastaava toimintamalli. Tutkimuksen aihe tuli rajata huolellisesti, jotta pystyttiin käytettävissä olevilla resursseilla osoittamaan tutkimuksen tarkoitus.

Kvalitatiivinen tutkimus edellyttää joustavuutta, joka on yksi tutkimusmenetelmän tunnusmerkeistä. Työn rajaus ja selkeys on tärkeää, jotta ulkopuolinen lukija ymmärtää aiheen mielekkyyden ja tutkijan kyvykkyyden [6, s. 81–82.]

Tutkimuskysymyksien vastauksilla halutaan ratkaisuja tutkimusongelmaan. Siksi on tärkeää purkaa ongelmaa kysymyksiksi. Tällainen toiminta luo rungon tutkimustyölle. [10, s. 51.]

Opinnäytetyölle asetettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

- Vastaako varastointijärjestelmä nykyhetken odotuksia ja tarpeita?
- Saadaanko varastojen uudelleenjärjestelyllä tehostettua varastointilogistiikkaa?
- Onko uudelleenjärjestelyllä toivottuja vaikutuksia junien lastauksiin?

Tutkimuskysymykset etenevät loogisessa järjestyksessä. Aluksi kartoitettiin eri reittien tarvittavat kapasiteetit, joilla luotiin pohja jatkokysymyksille. Varastoinnin uudelleenjärjestelyä voitiin tutkia ja kehittää, kun tiedossa oli olemassa olevat varastoinnin tarpeet. Viimeisen tutkimuskysymyksen kohdalla oli tarkoitus kartoittaa ehdotettujen toimenpiteiden mahdolliset vaikutukset junien lastauksiin ja niiden tehokkuuteen.

Tutkimus rajattiin niiden tuotereittien osalle, joilla oli merkittävin vaikutus varastoinnin toimivuuteen ulkovarastoissa. Tuotteiden sisävarastointia ja siihen liittyvää materiaalivirtaa ei tässä tutkimuksessa tutkittu, mutta sisävarastoinnin resurssien käyttöaste tuli ottaa huomioon. Kuumanauhavalssauksen tuotantoprosessi sekä tuotannosuunnittelu ja -ohjaus otettiin tutkimuksessa huomioon vain siltä osin, kuin se nähtiin tarpeelliseksi.

### 3.5 Aineistonkeruumenetelmät

Laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmät jaetaan sekundääri- ja primääriaineistoon. Sekundääriaineisto koostuu olemassa olevista dokumenteista, kun taas primääriaineisto koostuu aineistosta tutkittavaa ilmiötä ja tutkimusongelmaa kohtaan. [8, s. 76.]

Tutkimuksessa aineistoa kerättiin kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän primääriaineiston keruumenetelmillä eli haastatteluilla, keskusteluilla sekä havainnoilla, mitkä kohdistuivat tutkittavaan ilmiöön. Tämän lisäksi aineiston ja tutkittavan ilmiön pohjaa loi vahvasti oma asiantuntemus tutkittavaan ilmiöön.

Haastatteluita käytetään selvittäessä tutkimusongelmaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Haastattelumuotoja on erilaisia. Kysymystyyppin mukaan haastattelut luokitellaan lomake-, teema- tai syvähaastattelumuotoihin. Lomakehaastattelu ei varsinaisesti sovi toimintatutkimukseen malliin. Teemahaastattelussa tutkija on etukäteen suunnitellut aiheet, joista keskustellaan ja näin saadaan tarvittavat ennakkonäkemyksen tutkittavasta tapauksesta. Syvähaastattelu käydään avoimena keskusteluna ilman teema-aiheita. Haastattelu on yksi tärkeimmistä tiedonkeruutavoista tutkimuksessa ja onkin tärkeää laatia elementit kysymyksen rungolle harkiten, jotta kysymyksillä saadaan tavoitteellista ja oikeellista tietoa. [7, s. 87–88.]

Haastattelua suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, ketä ja milloin haastatellaan. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa haastateltavat valitaan priorisoiden niin, että tutkittavasta ilmiöstä saadaan mahdollisimman paljon hyödyllistä tietoa ja tämän vuoksi haastateltavat tulisi olla asiantuntijoita tai asianomaisia. [7, s. 93.]

Haastattelut toteutettiin niiden asiantuntijatahojen ja toimijoiden kanssa, joilla oli mahdollisimman suuri merkitys ja näkemys asioista, jotka vaikuttivat tutkimuksen kehitystyössä. Haastateltavia suunniteltaessa tulin siihen johtopäätökseen, että kirjalliset kyselylomakkeet eivät tulisi antaa riittävän kattavaa näkemystä, vaan haastattelut tuli tehdä avoimina keskusteluin ja kysymysten tuli kohdistua ja tarkentua keskustelussa olevien henkilöiden toimenkuvien perusteella. Keskustelujen tarkoituksena oli saada vastauksia nykytilanteeseen ja olevissa oleviin varastologisiin haasteisiin useammasta eri näkökulmasta.

Haastatteluiden toteutusmuotona toimi teemahaastattelumuoto. Haastattelut olivat enemmänkin keskusteluita varastointilogistiikan kehittämisestä eri asiantuntijaryhmien kesken. Keskusteluille oli laadittu yhteiset aihe-elementit, mistä keskusteltiin ja näin saatiin tutkimusongelmaan erilaiset näkökulmat. Tämän lisäksi keskusteltiin aiheista ilman tarkentavia kysymyksiä ja laajennettiin olemassa olevien ongelmien perspektiiviä ja ongelmiin johtavia syitä. Haastatteluiden ydin koostui tutkimuskysymyksistä.

Litterointi on tallenteiden kirjoittamista kirjalliseen muotoon. Teemahaastatteluaineisto tulisi litteroida mahdollisimman sanatarkasti. Tutkijan tulee pohtia, mitä ja kuinka tarkasti hän litteroi materiaalia. Litterointi on hidas työstövaihe ja tallenteisiin voi aina palata myöhemmin tarpeen niin vaatiessa. Litterointia voidaan toteuttaa sanatarkasti, yleiskielisesti tai propositiotasoisesti. Litteroinnin propositiotasolla kirjataan ainoastaan havainnon ja sanoman ydinsisältö ylös. [7, s. 105–106.]

Teemahaastatteluissa toteutettiin propositiotason litterointimenetelmää. Keskusteluita ei tallennettu, koska se mahdollisesti olisi poistanut mahdollisuuden rennolle, aidolle ja rehelliselle ilma-  
piirille avoimessa keskustelussa. Oli tärkeää huomioida ihmisten erilaiset persoonat ja käyttäytymismallit haastattelutilanteissa ja siksi haastatteluiden anti oli laadukkaampaa tämänlaisella toteutuksella.

Haastattelut, keskustelut ja kehityspalaverit pidettiin viiden eri asiantuntijatahon kesken. Nauha-  
valssaamon tuotantopäällikön, LKT-tuotannosuunnittelun, Hämeenlinnan kuormansuunnittelun sekä LKT:n ja nauhan trukinkuljettajien kesken.

### 3.6 Havainnointi ja käytetyt mittarit datan keruussa

Varsinaisia mittareita kvantitatiivisen tutkimuksen tuottamiseen ei ollut valmiina tarjolla, pois lukien varastointijärjestelmästä saadut tiedot. Hämeenlinnan lastauksia varten tuli laatia oma tiedonkeruumittari, mistä saatiin tietoon lastaukseen käytetty ajomatka suhteessa lastattaviin vaunuihin.

Junien kuormamääräykset olivat senhetkisen tilanteen ja tarpeiden mukaisesti suunniteltu ja siksi vaunujen määrät vaihtelivat kuormamääräyksittäin. Vaunujen lukumäärät vaihtelivat 11 vaunusta aina 23 vaunuun. Tietoa kerättiin viitaten käytettyyn ajomatkaan, jolla saatiin tietoon las-kennallinen lastausmatka kelavaunua kohti. Suhdeluku ajettavasta matkasta vaunujen lukumäärään kertoi lastauksen tehokkuudesta. Mikäli suhdeluku oli nolla, jouduttiin ajamaan yksi kilometri yhtä kohdevaunua kohti. Suhdelukua ei ole entuudestaan määritelty eli etukäteen ei voi voinut määrittellä, millä suhdeluvulla lastaus oli tehokkainta ja millä taas ei. Tämä konkretisoitui tutkimuksen ja datan keruun edetessä.

Varastoinninohjausjärjestelmästä voitiin seurata varastopaikkojen lainauksien määrää. Ensisijaisesti järjestelmä lainaa suurimman reittipisteen kapasiteetistä eli Hämeenlinnan paikoista ja tutkimuksen edetessä tätä tietoa voitiin käyttää hyödyksi pohtiessa varastoinnin eri painopisteitä ja tasapainoa kelakentällä.

Havainnointi pohjautui pitkälti käyttäjäkokemuksiin. Tutkimuksen kehitystyön odotukset tulivat konkreettisesti näkymään työntehokkuudessa. Tähän havainnointiin tuli ottaa huomioon pitkälti käyttäjäkokemukset ja niihin kohdistuneet mahdolliset muutokset. Trukkien kuljettajien näkemykset olivat avainasemassa tuloksia pohtiessa. Järjestelmän tietoja analysoitaessa voidaan tulla eri johtopäätöksiin kuin todellisessa käytännön toteutuksessa. Tämän vuoksi oli tärkeää olla aktiivisessa vuorovaikutuksessa varastoliikennettä tekevien henkilöiden kanssa.

Tutkimusprosessin aikana aineistoa kerätään analyysia varten eri menetelmillä. Analyysin määritelmä on vaikeaa, sillä käsite ymmärretään eri tavalla tutkijasta riippuen. Analyysissa käsitelty aineisto pyritään käsitellä ymmärrettävämpään muotoon ja pyritään löytämään selitys ilmiölle. Analyysi voidaan ymmärtää aineiston järjestelyksi, muokkaamiseksi, tiivistämiseksi ja käsittelyksi. [7, s. 105.]

#### 4 Varastoinnin ohjaus

Varastoinninohjauksella hallitaan varastojen materiaalivirtoja ja siihen sitoutunutta pääomaa. Varastonohjauksen perustehtävänä onkin hallita varastonkiertoa. Ohjausjärjestelmät voidaan määriteltyjen kriteerien mukaisesti luokitella tuotanto-, jakelu-, aika- ja määräperusteisiin. Olennaista on se, millä perusteella tuotantoa tehdään eli onko se tilaukseen perustuvaa vai tuotetaanko tuote varastoon odottamaan. Kriteerit määräävät materiaalivirran ohjausta ja sitä toteutetaan työntö- tai imuohjauksella. [1, s. 87.]

Logistisessa toiminnassa esiintyy aina varastoja ja tarve varastointiin voi olla hyvin moninainen. Varastointi ei koskaan lisää tuotteen arvoa. Toimivalla logistiikalla onkin tavoitteena tuottaa lisäarvoa asiakkaalle mahdollisimman alhaisilla kustannuksilla. Tässä edesauttaa varastojen hallinta ja pääoman varastossa pitäminen pienenä eli materiaalin virta varastonkierrossa korostuu. [11, s. 9–14.]

Asiakkaalle tuotetaan lisäarvoa toiminnalla, joka tasapainottaa kustannukset, toimituskyvyn ja laadun. Laadukkaassa varastonohjauksessa nämä seikat kulminoituvat materiaali-ohjauksen olennaisimmiksi osa-alueiksi. Teollisuudessa pyritään pitämään kustannustaso mahdollisimman alhaisena, mutta toimitusvarmuus on pyrittävä pitämään asiakkaan odotusten mukaisella tasolla. Näiden lisäksi toiminnanlaadun on oltava yrityksen laatimalla tasolla. Nämä kolme seikkaa yhdistämällä saadaan se lisäarvo, jota voidaan asiakkaalle tuottaa. [12, s. 215–217.]

Toimitusvarmuus on yksi tärkeimpiä mittareita, jotta yritys saavuttaa toivotun kilpailuedun asiakaskentällä. Tavoitteellisen ja toteutuneen toimitusvarmuuden myötä yrityksen toiminta on laadukasta. Kun toimitusvarmuus ja kustannukset ovat hyväksytyllä tasolla, voidaan todeta varasto- toimintojen olevan riittävän korkealla tasolla, jotta asiakas saa tarvittavan lisäarvon toiminnasta. [12, s. 228.]

Työntöohjauksessa valmistettavilla tuotteilla ei ole valmista tilauspositiota. Tällöin tuotetta valmistetaan varastoon odottamaan asiakkaan tilausta. Asiakkaan toiveita ei näin ollen voida tarkemmin kuunnella ja valmistetuille tuotteille tulee löytää oikea asiakaskohderyhmä. Työntöohjaus aiheuttaa herkästi yli- tai alivarastointia. Imuohjauksessa tuotanto perustuu valmiiseen tilauskantaan eli tuotteita valmistetaan olemassa olevan tilausposition mukaisesti. Näin asiakkaan tarpeet saadaan tuotannossa toteutettu tarpeiden mukaan. Imuohjaus ohjaa materiaalinkiertoa

tasaisemmin ja varastointi on laadukkaammin hallittavissa ilman yli- ja alivarastoinnin riskiä. Toisin sanoen varastoinnin hallitsemattomuus saadaan minimoitua. [1, s. 10–11.]

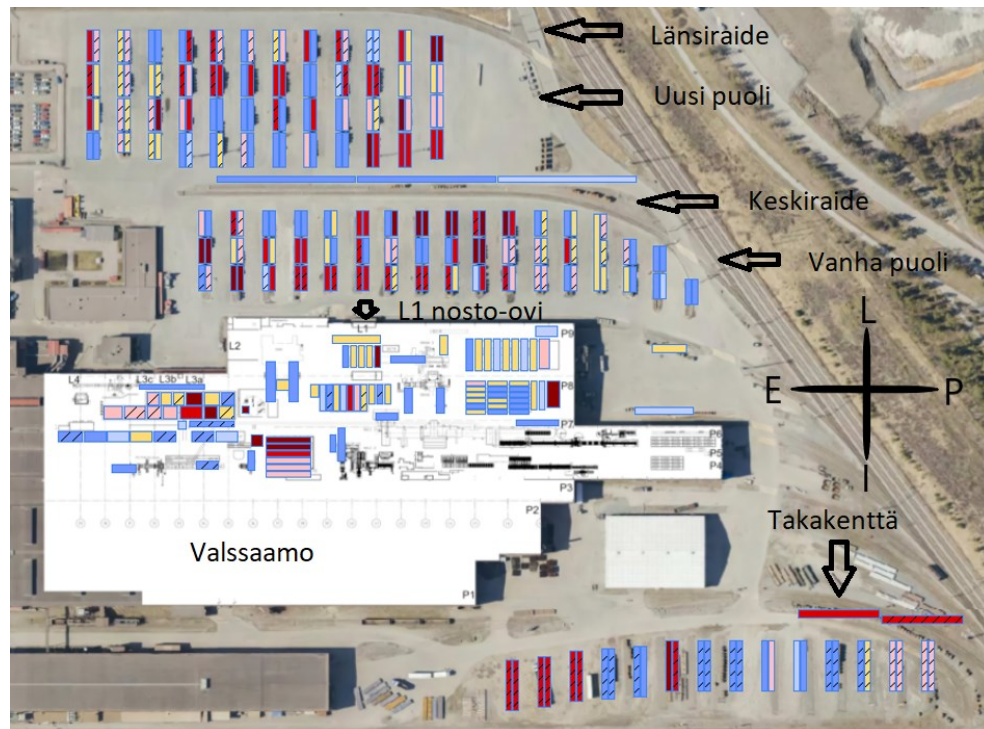
Imuohjaus käsitteenä tarkoittaa pitkälti samaa kuin Just In Time (JIT) ja kyseinen toimintatapa on kiinteä osa Lean-johtamista. JIT-toiminta-ajattelun tarkoituksena ja keskeisenä periaatteena on lyhentää tuotannon läpimenoaikaa kaikissa sen prosessipisteissä samalla laatua parantaen. Imuohjaus asettaa varastoinnille ja varastoinninohjausjärjestelmille omat vaatimustarpeet toimakseen tehokkaasti. [13.]

Prosessituotanto on jatkuvaa tuotantoa ja jatkuvassa tuotantomuodossa, MTO:ssa (make-to-order), tuotannon ja logistiikan kapasiteetti sopeutetaan kysynnän mukaisesti. Tuotannonohjausmuodot määräytyvät ensisijaisesti läpimenoajan mukaan sekä asiakkaan toimitusvaatimuksien perusteella. Imuohjausmenetelmä perustuu tilausohjautuvan tuotannosuunnittelun ja toimitusketjun hallintaan. [1, s. 49.]

## 5 Nykytila ja toiminta

Kelavarastointikapasiteetti lasketaan kappalemääräisesti, ei tonnimääräisesti. Ulkovarastojen varastointikapasiteetti on 2489 kelavarastopaikkaa ja sisävarastointikapasiteetti on 1018 kelavarastopaikkaa. Ulkovarastoalue eli kelakenttä koostuu kolmesta varastointialueesta. Valssaamon länsipuolella sijaitsee kaksi aluetta: uusi ja vanha puoli. Näiden alueiden jakajana toimii junanlaskutuksiin toimiva keskiraide. Näiden varastoalueiden lisäksi valssaamon itäpuolella sijaitsee takakenttä, jossa varastoidaan ilman valmista tilauskantaa olevia kelatuotteita niin sanottuina varastotuotteina. Kuviossa 4 on yleinen varastonäkymä niin sisä- kuin ulkovarastoalueista, jossa on havainnollistettu varastoalueet sekä junaraiteet.

Ulkovarastot eli kelakenttä on avoin tila eli kelakenttää ei ole katettu. Varastoissa oleviin tuotteisiin vaikuttavat vaihtelevat sääolosuhteet eri vuodenaikoina. Kun varastoinnissa on käytössä yhteensä 3507 paikkaa, tarvitaan tehokas ja logistiikaltaan toimiva varastointimalli, jotta materiaalin kiertokyky ja varastoinnin logistiikka pystytään varmistamaan toimivaksi. Vuonna 2016 otettiin käyttöön kelavarastoinninohjausjärjestelmä (kevo), jonka myötä nauhakelatuotteiden varastoinninohjaus automatisoitui ja keloja voitiin hallinnoida käyttäjäystävällisemmin. Ohjausjärjestelmä kehitettiin ja otettiin käyttöön senhetkisen toimintamallin päälle.



Kuvio 4. Kelavarastojen sisä- ja ulkopaikkojen yleinen varastonäkymä kevo-järjestelmästä.

Tuotantoa tehdään tilauspohjaisesti ja asiakastarpeiden ja vaatimuksien mukaisesti. Globaalit markkinat säätelevät tilauskantaa ja se luo tuotannolle omat kuormituspaineeet. Tuotannosuunnittelu suunnittelee ja jaksottaa tilauspositioiden mukaan tuotettavat teräsnauhatuotteet ajettaville jaksoille. Tuotannolliset piikit eri reittipisteillä kuormittavat varastointia epäsäännöllisellä tavalla, eikä varastointi ole aina mahdollista toteuttaa suunnitellulla ja ohjelmoidulla tavalla. Käytössä oleva toimintamalli ei vastaa enää nykyhetken tarpeita ja tämän myötä kelavarastoinninhajausjärjestelmästä saadut hyödyt ovat jääneet haluttua alhaisemmaksi.

Kelat ohjautuvat niille varastoinninhajausjärjestelmän mukaisesti ohjelmoituihin varastopaikkoihin. Mikäli kyseisen reitin keloille ei ole vapaita varastopaikkoja, joutuu järjestelmä lainaamaan paikat toiselta reittipisteeltä tarpeen mukaan. Varastopaikkojen lainaaminen aiheuttaa ajoittain epätasapainoa varastoinnin logistiikassa, ja seuraukset näkyvät esimerkiksi kuormien suunnittelussa Hämeenlinnaan lähtevien junakuormauksien kohdalla. Epätasapainolla tarkoitetaan tilannetta, jossa kelat eivät ole ohjelmoidusti varastoitu tilausposition ja kiireellisyyssasteiden ynnä muiden varastointisääntöjen mukaisesti. Seurauksena tälle on tehokkuuden heikentyminen työssä. Kun keloja joudutaan varastoimaan ei ohjelmoidusti, sijoittuvat ne sattumanvaraisesti kelakentälle ja tämä lisää tarpeettomasti trukkien ajomatkoja heikentäen työntehokkuutta. Hajanaisesti toteutunut varastointi lisää osaltaan risti- ja päällekkäisajolinjojen käytön, heikentäen tavoiteltua työturvallisuutta.

Kelakentällä operoidaan kolmella raskaansarjan haarukkatrukilla. Trukeilla hoidetaan kaikki kelojen siirtämiseen tarvittavat toimenpiteet. Jokaisella on omat linjakohtaiset työohjeensa ja -vastuunsa. Tuotannosta tulevat kuumat nauhatuotteet kuljetetaan varastoihin jäähtymään. Jäähtyneet nauhatuotteet lastataan joko suoraan asiakkaalle kuormausmääräysten mukaisesti tai kelat kuljetetaan jatkokäsittelylinjoille. Kelatuotteiden reittipisteet ilmentävät toimintajärjestyksen. Lastaus suoritetaan kelajuniin, ajoneuvoyhdistelmiin tai kela-alustoihin satamaan siirtoa varten.

Kuumanauhavalssaamon jatkokäsittelylinjoja eli leikatut kelatuotteet (LKT) on viisi. Ainoastaan yhdellä jatkokäsittelylinjalla, reittipisteen 49 kelatuotteilla on ulkovarastoinnissa tällä hetkellä ohjelmoituja varastopaikkoja. Muut neljä LKT:n reittipistettä eivät omaa nykyisessä toimintamallissa ohjelmoituja paikkoja ulkona, vaan niihin käytetään aina lainapaikkoja muilta reittipisteiltä. Hallin sisällä LKT:n puoleisilla sisävarastopaikoilla on rajoitetut paikkamäärät ja niihin kuumien kelojen varastointi on sallittua vain reitti- ja tuotekohtaisilla ehdoilla. Käytännössä tuotannosta suoraan sisälle saa ja pitää varastoida vain karkaistut erikoisteräkset sekä sellaiset teräsladut, mitkä vaativat sisävarastoinnin, jotta ulkona vallitsevat olosuhteet eivät aiheuta laadullisia ongelmia. Kuumien kelojen on saavutettava tietty jäähtymisaste, mikä on noin kaksi vuorokautta, jotta kyseiset

tuotteet voidaan siirtää sisälle LKT:n odotusvarastoihin. Tämän vuoksi varastoinninohjaus on pakotettu ohjaamaan pitkälti kuumat kelatuotteet ulos. LKT:n kelatuotteiden siirtäminen ulkopaikoilta sisälle jatkokäsittelylinjoille tuotantoa varten suoritetaan trukilla kahden hallin lävitse tai trukin ja nosturin yhteistyöllä siirtovaunua hyödyntäen. Ulkovarastoalueelta kelatuotteet kuljetetaan valssaamon länsipuolen L1-ovesta. Optimaalisessa tilanteessa LKT:n kelat varastoidaan tuotantonosturin 221 toimesta suoraan nauhan puoleisille sisäpaikoille, joissa kuumien tuotteiden varastointi on sallittua. Tarvittavan jäähtymisasteen myötä siirto radio-ohjatulla siirtovau- nulla LKT:n odotusvarastoon.

Osa valssatuista nauhatuotteista ohjataan kelakunnostukseen tai viimeistelyvalssaukseen riip- puen asiakkaan asettamista vaatimuksista, joita ovat esimerkiksi tuotteesta näytteenotto tai vii- meistelyvalssaus. Osaltaan huono kelan ulkomuoto ohjaa tuotteita kunnostukseen. Keloilla on määrätty tarkat mittatoleranssit, minkä sisään ulkomuotoon liittyvät mitat tulee mahtua. Kela- kunnostukseen ohjatuille keloille on varattu sisällä 72 paikkaa. Viimeistelyvalssaukseen ohjattuja keloja voidaan varastoida sisälle 90 kappaletta. Tilauskannan vaihtelevuuden vuoksi nämä jatko- käsittelylinjat aika ajoin ylikuormittuvat, jolloin keloja pitää pakosta varastoida ulos, jolloin varas- tointitarpeet edellyttävät kevo-järjestelmää lainaamaan paikkoja ohjelmoiduilta paikoilta, pää- sääntöisesti Hämeenlinnan varastopaikoilta.

## 5.1 Tuotannon tarkastelu 2021

Tarkastelujakson pituudeksi määriteltiin koko vuosi 2021. Lyhyemmän aikavälin tarkastelu ei olisi antanut riittävän selkeää kokonaiskuvaa, koska tuotanto perustuu olemassa oleviin tilauskanto-ihin. Lyhyen aikavälin tarkastelussa nousi esille tuotannollisia piikkejä eri reittipisteillä ja täten se ei kuvasta selkeästi kokonaiskuvaa, mikä tässä tarkastelussa oli oleellista. Mikäli tuotannossa on merkittäviä tuotannollisia piikkejä kohdistuen tiettyyn reittipisteeseen, todennäköisesti se ai- heuttaa varastointiin logistisia haasteita, koska ohjelmoituja varastopaikkoja ei välttämättä ole riittävästi ja järjestelmä on pakotettu lainaamaan tarvittavat paikat toiselta reitiltä. Tässä yksi mahdollinen seikka, mikä aiheuttaa epätasapainoa optimaaliseen varastointiin.

Vuonna 2021 nauhavalssaamon tuotanto oli 2 000 700 tonnia terästä, mikä oli Raahen terästehtaan historian aikana 10. kerta, kun vuosituotanto ylitti 2 000 000 tonnia. Tähän kokonaistuotan- non määrään laskettiin mukaan myös esinauhatuotteet, mitkä jätettiin huomioimatta taulukon 1

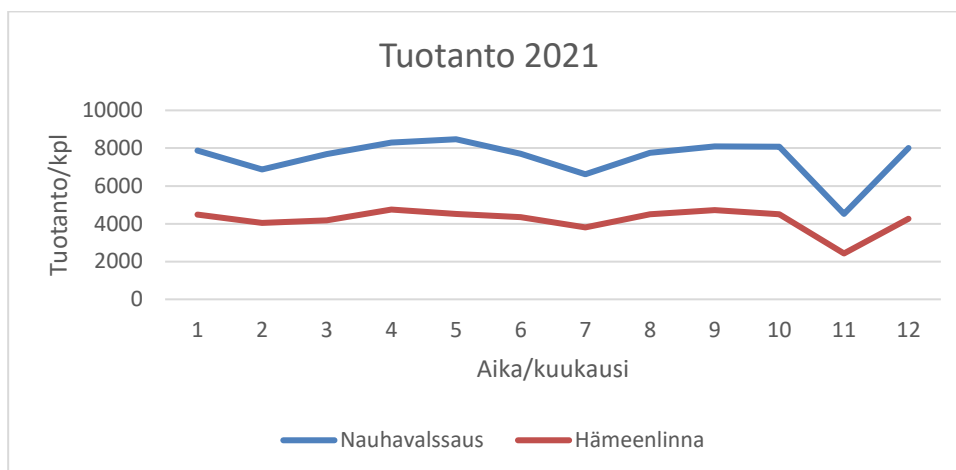
luvuissa. Taulukossa 1 on nähtävissä nauhatuotteiden yhteisen reittipisteen 40 kokonaistuotannon määrä sekä tutkimuksessa tarkasteltavien muiden reittipisteiden osuudet kokonaistuotannosta. Tuotantomäärät laskettiin liitteen tiedoilla. Nauhavalssauksen yhteinen tuotanto oli noin 90000 nauhakelatuotetta. Hämeenlinnan kylmävalssaamon tarpeet muodostavat valtaosan kuumanauhavalssauksen tuotannosta ja näiden tuotteiden osuus oli 55,5 %, mikä vastaa noin 50 500 kappaletta kokonaistuotannosta. Tuotettujen kelojen keskimääräinen paino on noin 21 tonnia.

Taulukko 1. Tarkasteltavien reittipisteiden kokonaistuotanto vuonna 2021.

Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)
<b>Nauhavalssaus</b>	40	89959	1 999 625,40
<b>Hämeenlinna</b>	26	50535	1 111 853,90
<b>Oulainen</b>	30	2250	51 797,80
<b>Arkki 3</b>	41	8921	216 209,50
<b>Raina 1</b>	45	3481	64 979,40
<b>Arkki 2</b>	46	8593	210 137,10
<b>Raina 2</b>	49	7493	167 784,60
<b>Peittaus</b>	52	1439	32 439,00

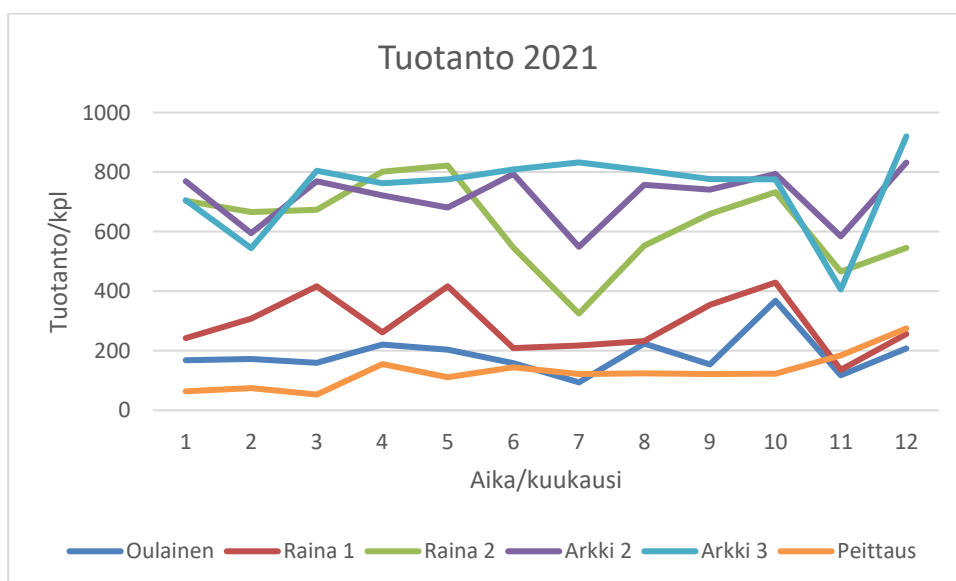
Tarkasteltaessa kuvioita 5 ja 6 voidaan todeta, että heinäkuussa ja marraskuussa tuotanto oli muihin kuukausiin verrattuna alhaisempi. Syytä tähän oli nauhavalssauslinjan suunnitellut vuosihuollot, jotka keskeyttivät tuotannon huoltojen ajaksi.

Kuviosta 5 voitiin todeta Hämeenlinnan tuotannon toteutuneen melko tasaisesti nauhavalssauksen kokonaistuotantoon nähden koko vuoden ajan eli tuotannollisia piikkejä ei ollut. Koska tuotannollinen suhde ei merkittävästi muuttunut tarkastelujakson aikana, se ei aiheuttanut varastointiin lyhyen aikavälin kuormituksia, vaan materiaalin kierto oli kohtuullisen tasainen. Tämä mahdollisti tasaisen käytön varastoinnissa ja kapasiteettien ylityksiä ei optimaalisessa tilanteessa aiheutunut.



Kuvio 5. Nauhavalssauksen ja Hämeenlinnan tuotanto vuonna 2021.

Kuviossa 6 tarkasteltiin LKT:n sekä Oulaisten putkitehtaan tuotantoa vuodelta 2021. Oulainen oli tarkastelussa mukana vain sen kohtalaisen suuren varastokapasiteetin käytön vuoksi kelakentällä. Vaikkakin Oulaisten tuotteiden varastokapasiteetti on peräti 370 kela, tulee sen kapasiteetti toistaiseksi pitää ennallaan, koska tuotteiden materiaalivirta ja kiertonopeus ei ole tasaista ja se vaatii tehokkuudesta huolimatta enemmän varastointitilaa. Tuotannollisia kuormituksia oli havaittavissa LKT:n reittien kohdalla. LKT:n reittipisteet ovat nimeltään Raina 1 ja 2, Arkki 2 ja 3 sekä Peittaus. Tuotantoa tehtiin näille reittipisteille jaksottaisemmin ja kuormituspiikkejä syntyi reittipisteiden välillä. Tuotannolliset piikit luovat herkästi runsaan paikkalainatarpeen varastointiin, mikä aiheutti epätasaista varastointilogistiikan toteutumista.



Kuvio 6. Muut tarkastelussa olevien reittien tuotanto vuonna 2021.

## 5.2 Nauhatuotteiden reittipisteet

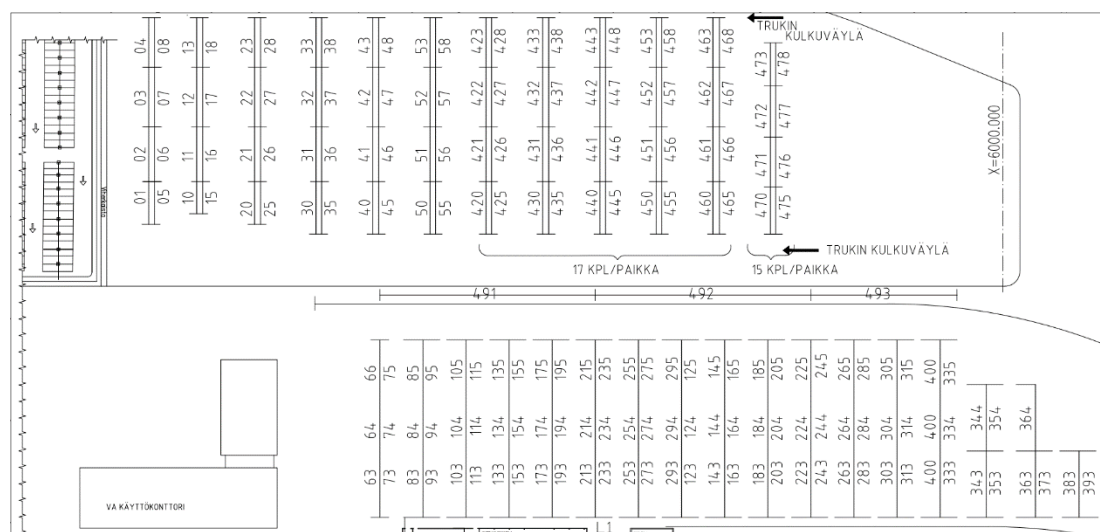
Taulukossa 2 on esiteltyä tuotannon kaikki varastomäärään saatavien tuotteiden reittipisteet selitteineen. Reittipisteiden sijainnit ovat varastoissa oleellisia, koska osa reiteistä ovat suoraan lastattavaksi tarkoitettuja ja osa reiteistä ovat jatkokäsittelyä varten. Reittipiste kertoo oleellisen, mitä kelatuotteelle tullaan tekemään. Kelatuotteet ohjautuvat tuotantolinjalta joko lähetysvarastoihin tai odotusvarastoihin. Lähetysvarastoissa kelat ovat valmiita toimitettavaksi asiakkaalle, kun taas odotusvarastoissa kelat siirtyvät jatkokäsittelylinjoille käsiteltäviksi sen mukaisesti, mitkä ovat asiakkaan asettamat tilausvaatimukset. Ennen lähetysvalmiutta kela saattaa ohjautua useamman reittipisteen läpi. Reititys on valmiiksi suunniteltu ja ohjelmoitu. Poikkeuksia reititykseen aiheuttaa laadulliset poikkeamat, mitkä eivät mahdu annettujen toleranssien sisään. Laadullisia poikkeamia voi syntyä eri syistä nauhavalssauksen aikana, esimerkiksi jäädytyksen jäädessä annettujen raja-arvojen ulkopuolelle.

Taulukko 2. Reittipisteet ja selitteet.

Reittipiste	Selite
<a href="#">23</a>	Rainatuotteiden lähetysvarasto
<a href="#">25</a>	Ulkomaan asiakaskelat
<a href="#">26</a>	Hämeenlinnan kelat
<a href="#">29</a>	Varastokelat
<a href="#">30</a>	Oulaisten putkitehtaan kelat
<a href="#">33</a>	HML ja Toijala putkitehtaiden kelat
<a href="#">36</a>	Peitattujen kelojen tuotevarasto
<a href="#">37</a>	Vuokraleikattavat arkki
<a href="#">41</a>	Arkki 3
<a href="#">42</a>	Leimattavat
<a href="#">44</a>	Viimeistelyvalssaus
<a href="#">45</a>	Raina 1
<a href="#">46</a>	Arkki 2
<a href="#">47</a>	Pidätysvarasto
<a href="#">49</a>	Raina 2
<a href="#">52</a>	Peittäus
<a href="#">54</a>	Kelapaketointi

### 5.3 Kelavarastot ja varastokapasiteetit

Tutkimuksessa tarkasteltava ulkovarastoalue sijoittuu valssaamon länsipuolelle eli uudelle ja vanhalle kelakentälle. Valssaamon itäpuolella olevan takakentän tilannetta ei huomioitu tässä tutkimuksessa. Jokaisella varastopaikalla on oma varastonumero. Kuviossa 7 on esitetty näiden kahden varastoalueen numerollinen pohjakartta. Varastointia on aikanaan toteutettu ulkona ainoastaan vanhalla puolella, ja keskiraiteen länsipuoli eli uusi puoli on tullut myöhemmin käyttöön varastointikapasiteetin suurentamistarpeiden seurauksena. Varastonumerointia on jatkettu senhetkisellä mallilla.



Kuvio 7. Ulkovarastoalueen varastonumerollinen pohjakartta.

Tarkastelussa olevilla varastoalueilla on nykyisessä toimintamallissa yhteensä 2489 kelapaikkaa. Eri reittipisteiden varastojen sijoittelu kelakentällä on otettu huomioon niiden jatkotoimien tarpeiden mukaisesti. Osa reittipisteistä ovat suoraan lähetysvarastoja ja osa ovat odotusvarastoja. Lähetysvarastojen sijainnissa huomioidaan tuotteiden lastausmuoto. Taulukosta 3 selviää eri reittipisteiden nykyiset varastokapasiteetit sekä niiden sijoittuminen keskiraiteesta katsottuna.

Taulukko 3. Ulkovarastopaikkojen nykyisen toimintamallin kapasiteetit.

NYKYINEN VARASTOINTIMALLI			
REITTI	ULKOVARASTO KAPASITEETTI		
	VANHA PUOLI	UUSI PUOLI	YHTEENSÄ
25		147	147
26	840	626	1466
27	35	0	35
30	0	370	370
32	113	0	113
33	33	0	33
41	0	0	0
42	5	10	15
44	0	0	0
45	0	17	17
46	11	0	11
47	30	0	30
49	74	178	252
52	0	0	0
		<b>Yhteensä</b>	<b>2489</b>

LKT:n varastot valssaamon sisällä ovat tarkoitettu pääsääntöisesti karkaistuille ja eri laatuvaatimuksien mukaan sekä tavoitetun jäähtymisasteen saavuttaneille kelatuotteille. Kuumien kelojen varastointia ei suositella sisälle, vaan niiden tulee saavuttaa ensin laskennallisesti noin kahden päivän jäähtymisaste ennen kuin on mahdollista sisävarastointiin LKT:n sisäpaikoille. Nauhan puolella oleviin sisävarastoihin sallitaan kuumien kelojen varastointi. LKT:lle varattuja paikkoja nauhan kuumavarastoissa on rajoitettu määrä ja nämä odotusvarastopaikat kohdistuvat jatkokäsittelylinjoille Peittaus ja Arkki 2 meneville kelatuotteille. Taulukosta 4 selviää varastokapasiteetit kappalemäärittäin LKT:n tuotteille jatkokäsittelylinjojen sisävarastoinnissa.

Taulukko 4. LKT tuotteiden sisävarastointikapasiteetit.

LKT	Reitti	Kapasiteetti (kpl)	Nauhan puoli (kpl)
Arkki 3	41	135	
Raina 1	45	85	
Arkki 2	46	184	75
Raina 2	49	86	
Peittaus	52	230	50

#### 5.4 Trukit, lastaukset ja muu prosessiliikenne

Raskaan kapasiteettiluokan haarukkatrukin nostokapasiteetti on peräti 60–72 tonnia ja sopii erinomaisesti raskaiden teollisuudenalojen käyttöön. Trukin toiminta on tehokasta, toimivaa ja turvallista. Nopeammat lasku- ja nostonopeudet sekä tehokas voimansiirto antavat trukeille mahdollisuuden olla osana tärkeässä ja toimivassa logistiikkaketjussa. Ohjaamon ergonominen suunnittelu sekä älykkäämmät toiminnot tarjoavat kuljettajalle turvallisen työympäristön. [14.]

Nauhavalssaamon kelakentällä operoidaan kahdella raskaan kapasiteettiluokan Kalmarilla sekä yhdellä pienemmällä SMV-haarukkatrukilla. Trukkien ajonopeus on rajoitettu 26 km/h. Pienempi trukki palvelee LKT:n tarpeita ja sen nostokapasiteetti on 40 tonnia.

Trukit ovat suunniteltu mitoituksiltaan, toiminnoiltaan ja käyttötehoiltaan palvelemaan kelakentällä tapahtuvaa kelojen kuljetusta linjakohtaisesti. Riittävän suuri nostokapasiteetti tuo tehokkuutta työhön ja siksi onkin tärkeää, että se riittää kahden maksimipainoisen kelan yhtäaikaiseen kuljettamiseen. Yhden kelan suurin paino on 30 tonnia. Kuvassa 6 on kuvattuna Hämeenlinnan junanlastaustilanne. Eritoten junanlastauksissa ja tuotantolinjaa operoivan linjatrukin toiminnassa on tärkeää pystyä kuljettamaan kahta kela kerrallaan.



Kuva 6. Haarukkatrukki Kalmar DCG 600-700

Trukin käyttäjältä edellytetään voimassa olevaa trukikorttia sekä työhönopastusta, jossa noudatetaan SSAB:N sisäistä menettelyohjetta: 50–75 Trukinkuljettaja, työnopastusjäsentely toimintamallia. Menettelyohje on päivitetty 12.11.2021 ja on voimassa 3 vuotta.

Prosessiliikenne kelakenttäalueella on vilkasta ja säännöllistä. Jokaisella trukilla on omat vakanssit ja työtehtävät, joilla katetaan kaikki ne ajot, joita kelojen siirroissa suoritetaan. Nauhan linjatrukki kuljettaa nauhavalssauksen tuotantolinjalta kuumat kelat ohjattuihin varastoihin jäähtymään ja odottamaan jatkosiirtoja. Nauhan lastaaja lastaa kuormamääräysohjeiden mukaisesti kelatuotteet juniin, ajoneuvoyhdistelmiin sekä kela-alustoihin. LKT-lastaja operoi LKT:n kelatuotteita odotusvarastoista jatkokäsittelylinjoille, lastaa asiakasvaunuja sekä ajoneuvoyhdistelmiä kuormamääräysohjeiden mukaisesti.

Kelakenttäalueella tapahtuu katkeamatonta prosessiliikennettä. Vetomestari operoi kela-alustojen kuljetukset ja kippoauto siirtää täydet ja tyhjennetyt romukipot alueella, joita lastataan ja puretaan Hämeenlinnaan suuntautuvista junista. Näiden lisäksi sisäänajoväylä L1-ovi on yksi vilkkaimmista. Kentällä liikkuminen on luvanvaraista, joten saapuminen on ilmoitettava lastaustoitteille, jotta varmistetaan turvalliset työolosuhteet alueella.

## 6 Hämeenlinnan kylmävalssaamon kuormaukset

Hämeenlinnan kylmävalssaamolle kuormataan päivittäin kelajunia. Kelajunien vaunumäärät riippuvat lastauspäivistä. Neljä kertaa viikossa lastataan 53 vaunun niin sanottu megajuna. Kolme kertaa viikossa lastataan 35 vaunun letka. Näiden lisäksi Hämeenlinnan tarpeiden mukaan lastataan lisäjuna, joka yleensä pitää sisällään 14 vaunua. Lisäjuna lastataan aamuvuorossa niin sanottuna kääntymälastauksena, jolloin se lähtee välittömästi lastauksen jälkeen kohti Hämeenlinnaa. Muut kuormamääräyksen mukaiset lastaukset suoritetaan ilta- ja yövuoron aikana. Junalastaukset tulee silloin olla valmiina yöllä klo 02.00 mennessä, jolloin VR tehdaspalvelu kasaa vaunuletkan valmiiksi lähtöä varten.

Kelakenttäalueella on käytössä kolme junaraidetta lastausta varten. Kahdelle niin sanotusti pitkälle raiteelle, länsiraide 134 ja keskiraide 135 käytetään Hämeenlinnan kylmävalssaamolle menevien kelajunien lastaukseen. Yhdelle raiteelle voidaan ohjata 23 kehtovaunua kerrallaan. Valssaamohallin länsipuolen seinän viereen johtaa lyhyt raide, raide 136, johon lastataan muut asiakasjunat. Tälle raiteelle voidaan ohjata enimmillään 12 vaunua. VR tehdaspalvelu hoitaa tehdasjärjestelmässä suunniteltujen kuormamääräysten mukaisesti tarvittavat vaunut lastattaville raiteille tehdaspalveluaikojen puitteissa sovittuina aikoina. Vaunujen siirroissa on tarkkaan määrätty tehdaspalvelun aikaikkunat, joten lastaukset tulee olla kuormattuna aikamääreiden puitteissa.

VR kuormansuunnittelu laatii seuraavan päivän kuormamääräykset olemassa olevan asiakaslaadun materiaalin perusteella. Tarkennettujen raaka-ainetilauksien mukaisesti tuotanto pyrkii toteuttamaan kelatuotteet tavoiteaikataulujen mukaisesti lähetysvalmiiksi. Hämeenlinnan tarpeita varten valmistetaan useita eri asiakaslaatuja ja tiettyjen niin sanottujen peruslaatuojen kiertonopeus on hyvinkin nopeaa eli 1–2 päivää, kun taas osa asiakaslaaduista odottaa pidempään saadakseen kuormausmääräyksen. Erityisten galvaanisten kampanjapottien määrää lisätään vuodelle 2022 ja tuotannollinen määrä kuukautta kohti yhdelle potille on noin 4000 tonnia, joka tarkoittaa noin 190–200 kela. Tuotannonohjaus sovittaa kampanjatuotteet ajettaviksi sopiviin väleihin eri tuotantojaksoihin. Kampanjoiden ohjauksesta ei vielä ole tehty lopullisia päätöksiä. Tärkeinä on mahdollisuuksien mukaan jarruttaa kampanjakelojen etenemistä tuotantoketjussa niin, että yksittäisen kampanjan kelat saataisiin nauhavalssaukselta läpi mahdollisimman tiiviinä kokonaisuutena.

Kuormansuunnittelu pyrkii suunnittelemaan lastattavat junat niin, että varastot ja kohdevaunut olisivat lyhyen ajomatkan päässä toisistaan, jotta lastaukset voitaisiin suorittaa mahdollisimman



## 7 Kelavarastoinninohjausjärjestelmä

Vuonna 2016 otettiin käyttöön uusi kelavarastoinninohjausjärjestelmä (kevo). Ohjelma korvasi aiemmin käytetyn KELPO-järjestelmän varastoinninohjauksessa. Kevo on SynchronTech:in tekemä, SSAB:n asiantuntijoiden vaatimusmääreiden pohjalta. Kevo-järjestelmällä on rajapinnat muiden tuotannonohjausjärjestelmien kanssa ja se keskustelee reaaliaikaisesti tarvittavien järjestelmien kanssa.

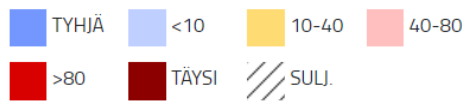
Kevon toiminnan myötä haluttiin muun muassa tavoittaa tilanne, jossa jokaisen kelatuotteen fyysinen sijainti on tiedossa järjestelmässä reaaliaikaisesti. Kelat saavat järjestelmän kautta automaattisesti varastotatuksen ja varastointi määräytyy reittikohtaisten varastointiparametrien mukaisesti. Tämän jälkeen kelojen ohjausta järjestelmässä suoritetaan manuaalisesti jatkotoimien mukaisesti muun muassa nostureissa ja trukeissa olevilla tablettilaitteilla.

### 7.1 Varastojen status ja käyttöasteen koodit

Varastointijärjestelmä hallitsee sille ohjelmoitujen ehtojen mukaisesti varastojen tilaa. Varastoihin ohjautuu siihen kohdennetun kapasiteettimäärään mukaisesti keloja. Kun varasto on täynnä, järjestelmä asettaa kyseisen paikan suljettu-tilaan. Muutoin ilman eri ehtoa paikka pysyy avoimena ja siihen järjestelmä voi ohjata keloja. Esimerkiksi Hämeenlinnan varastopaikkojen kohdalla Hämeenlinnan kuormansuunnittelu sulkee varastopaikan, mikäli kyseinen paikka suunnitellaan kuormattavaksi ennen kuin se on täynnä. Näin estetään kyseiseen paikkaan kuumien kelojen ohjautuminen vääränä ajankohtana. Tämä paikka vapautuu automaattisesti vasta, kun nauhan lastaaja on lastannut kaikki kelat junavaunuihin. Tämän jälkeen järjestelmä voi ohjata taas kuumia keloja tuotannosta tälle paikalle. LKT:n varastopaikkojen kanssa on ilmennyt käytännön ongelma siinä, että paikat ovat avoinna tilassa jatkuvasti, jolloin kuumia keloja ohjautuu jäähtyneiden sekaan, mikä tuo omia ongelmia toiminnassa. Tätä ongelmaa ei voida ratkaista samanlaisilla ehdoilla kuin esimerkiksi Hämeenlinnan kohdalla.

Varastoissa on käytössä värikoodit, jotka kertovat käyttäjälle varastokohtaisen käytettävyyden tilan. Kuvion 8 mukaisesti värikoodit ilmaisevat varastojen reaaliaikaisen käyttöasteen. Käyttöaste ilmaistaan prosentuaalisesti. Mikäli varaston kapasiteetti on kokonaan käytössä, järjestelmä sulkee sen automaattisesti ja suljettu-tila ilmaistaan poikkiviivoin. Tämän lisäksi varastot voidaan

sulkea vaihtoehtoisesti käsin. Suljettu tila vapautuu automaattisesti, kun varasto on tyhjä eli statusksen tila muuttuu avoimeksi.



Kuvio 8. Varastojen tilaa ilmoittavat värikoodit.

## 7.2 Varastoinnin ohjausta määräävät tekijät reittipisteillä

Tuotteille ohjelmoidaan varastointia määräävät tekijät ja eri reittipisteillä on eri määrä ohjaavia ehtoja. Kuvassa 8 on esiteltyä Hämeenlinnan kylmävalssaamolle menevien kelatuotteiden ohjausta määräävät valintasäännöt, joita on määriteltynä kolmetoista. Ehdot ovat prioriteettijärjestyksessä, jonka mukaan järjestelmä hakee sopivan varastopaikan kelalle. Mikäli järjestyksessä oleva ehto ei toteudu, siirtyy järjestelmä seuraavaan ehtoon ja näin varastopaikkojen otanta supistuu ja järjestelmä ohjaa kelan varastointiin ehdon täyttyessä.

Järj. no.	Kommentti	Käytössä
10	Jos edellinen reittipiste on 29, niin varastopaikka ei tarvitse muuttua vaan kela saa olla missä on.	<input checked="" type="checkbox"/>
20	Valitse varastopaikka tilauspositionsäännön avulla.	<input checked="" type="checkbox"/>
30	Jos kela on kaptas kela, etsi kaptas varastopaikat. Jos kela ei ole kaptas kela, etsi ei kaptas varastopaikat	<input checked="" type="checkbox"/>
40	Valitse mahd. lähellä saman kampanjankoodin tilauspostioiden keloja	<input checked="" type="checkbox"/>
50	Jos ei kampanjakoodi => etsi ei kampanjakoodi varastopaikkoja	<input checked="" type="checkbox"/>
60	Jos kela on kiireinen kela, etsi kiire-varastopaikat. Jos kela ei ole kiireinen, etsi ei kiire-varastopaikat	<input checked="" type="checkbox"/>
70	Valitse lastausalue ja etsi sen varastopaikat	<input checked="" type="checkbox"/>
80	Etsi varastopaikat johon mahtuu koko tilauspositio	<input checked="" type="checkbox"/>
90	Etsi paikat jossa on muiden tilauspositioiden kelat jolla on sama toimituspv	<input checked="" type="checkbox"/>
100	Etsi tyhjät varastopaikat. Huom: Jos edellinen sääntö (EtsiSamaToimituspv) on tuottanut tulosta, tyhjiä paikkoja ei ole enää tarjolla.	<input checked="" type="checkbox"/>
110	Valitse mahd. lähellä saman tilausposition muita keloja	<input checked="" type="checkbox"/>
120	Valitse ensimmäinen varastopaikka jos on kaptas kela	<input checked="" type="checkbox"/>
130	Valitse paikka mahdollisemman lähellä lastauspaikka.	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 8. Varastoinnin valintasäännöt reittipisteelle 26.

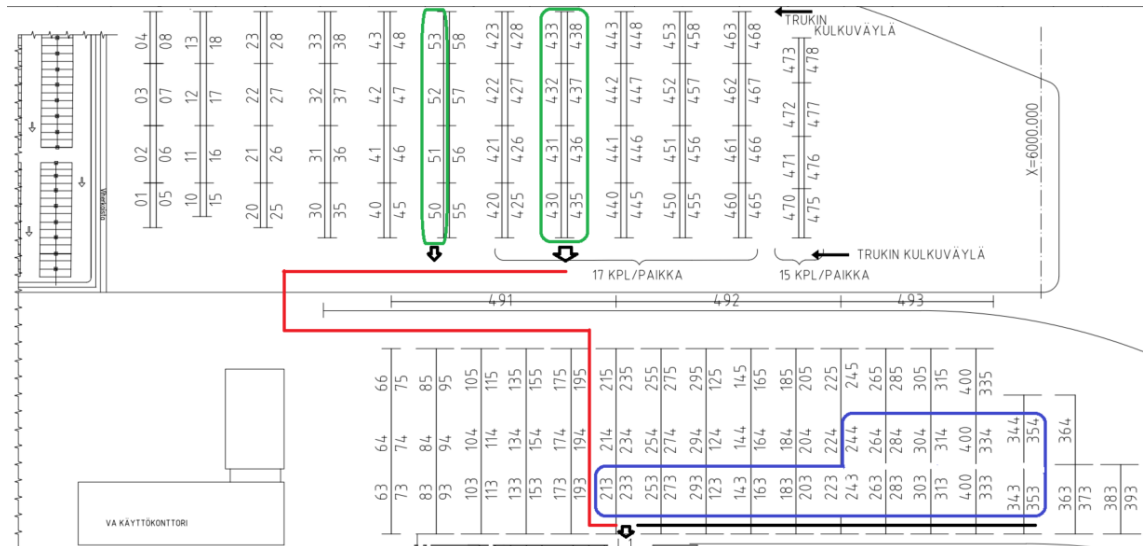
Valintasääntöjä on varastointijärjestelmässä yhteensä 69 erilaista. Eri reittipisteille käytetään tarkoin määritelty määrä eri varastointiehtoja, riippuen reitille kohdistuneista vaatimuksista. Ulko-varastoissa on sekä lähetys- että odotusvarastoja, joten valintasäännöt ja niiden määrät reittipisteillä perustuvat pitkälti varastoinninhajauksenmääreiden mukaisesti. Lähetysvarastoille on ensisijaisen tärkeää saada kelat muun muassa tilausposition ja kiireellisyyden mukaisesti sijoitettua niin, että lastaukset toteutuisivat mahdollisimman tehokkaasti. Odotusvaraston kelat ohjataan seuraaville tuotantoreiteille jatkokäsittelyyn ja niiden sijainti ei esimerkiksi lastauksen näkökulmasta ole kovinkaan oleellista.

## 8 Tutkimuksen kehittämistoimet

Tutkimuksessa keskityttiin toiminnan tehokkuuden parantamiseksi keskittämään varastopaikkoja valikoitujen reittipisteiden kesken logistisesti järkevämmiksi. Yksittäisten varastokapasiteettien nykytilanne vaati ensin päivitystä, sillä varastoissa oli pieniä kappalemääräisiä vajavaisuuksia täyden kapasiteetin käytön mahdollistamiseksi. Päivitykset olivat marginaalisia, mutta kokonaistehokkuuden kehittämisessä ja hyödyntävoittelussa pienetkin muutokset vaikuttavat.

Koska varastot koostuvat sekä odotus- sekä lähetysvarastoista, eri reittipisteiden sijainnit varastoalueella ovat oleellisia tekijöitä näiden kahden varastomuodon tasapainottelussa, jotta sijainnit ovat tarpeiden mukaisesti tehokkaasti keskitetty. Odotusvarastot tulee sijoittaa mahdollisimman tehokkaasti ja keskitetysti ajatellen jatkokäsittelyä. Lähetysvarastojen tulee taas palvella lastausta ja näiden sijainnissa tulee ottaa huomioon lastaustavat eli lastaanko ajoneuvoyhdistelmiin, satamaan meneviin alustoihin vai juniin.

Nykyisen toimintamallin mukaisesti reittipisteen 49 kelat tulee kuljettaa länsipuolen varastoalueelta L1-sisääntulo-ovelle, kuviossa 9 vihreällä merkityistä varastoista. Tämä ajolinja aiheuttaa päällekkäisyyttä muiden kanssa. Ristiajomahdollisuus on merkittävä kuvion 9 punaisella merkityllä ajolinjalla. Uudessa toimintamallissa kaikki LKT:n reittipisteiden kelat on varastoitu kuvion 9 mukaisesti siniselle alueelle keskitetympin ja tämä muutos luo uuden ajolinjan L1-ovelle poistaen ristiajoriskin. Ristiajomahdollisuus on voimassa silloin, kun keskiraiteella on lastaus menossa sekä nauhan linjatrukin ajojen aikana länsipuolen varastoihin. Päällekkäisiä ajolinjoja tulisi ohjatusti välttää haettaessa toiminnalle parempaa tehokkuutta ja työturvallisuutta. Tehokkuuteen vaikuttavat ajomatkojen pituudet, trukin käännösten määrät sekä turvallisemmat ja selkeämmät ajolinjat.



Kuvio 9. LKT:n odotusvarastojen sijainnit ja ristiäjoväylä.

### 8.1 Haastattelut ja niiden näkökulmat tutkimusaiheeseen

Haastatteluissa ja keskusteluissa oli tavoitteena saada näkemyksiä eri asiantuntijaryhmiltä, joiden mielipiteet vaikuttivat eniten tutkittavaan ilmiöön. Keskustelun aihe-elementit loivat pohjan kokonaiskuvalle ja näkemyksille nykyisestä tilanteesta sekä kehittämiseen liittyvistä tarpeista. Keskusteluiden ydin pohjautui tutkimustyön pääkysymyksiin ja näiden ympärille haettiin vahvistavaa perspektiiviä vapaalla keskustelulla sekä keskustelun aikana syntyneillä aiheilla.

Nykyinen toimintamalli todettiin yleisellä tasolla toimivan, mutta työn tehokkuutta ei ole sen tarkemmin tutkittu ja analysoitu ja esille tuodut kehitysajatukset ja -näkemykset nähtiin tarpeellisina ja tervetulleina. Reittipisteiden varastojen uudelleenjärjestelyllä nähtiin varteenotettavat mahdollisuudet myönteiseen kehitykseen, millä olisi positiivista vaikutusta useampaan asiaan, muun muassa työntehokkuuteen, työturvallisuuteen sekä selkeämpään toimintaan varastotoiminnassa, mitä tutkimuksessa haettiin.

LKT:n tuotannonsuunnittelu nosti esille hyvin tärkeän asian eli ulkovarastoinnin aiheuttamat vaihtelevat sääolosuhteiden vaikutukset kelatuotteiden pinnanlaatuun. Tämä asia nousi esille eritoten peittäuslinjalle kohdistuville tuotteille. Peittauksen pintakäsittelylle ei ole suotavaa sääolosuhteista aiheutuvat laadulliset vaikutukset ja siksi olisikin tärkeää pyrkiä varastoimaan ne suoraan sisävarastopaikoille. Keskustelun kohdistuessa sisävarastoinnin kapasiteettien käytön tehok-

kuuteen, todettiin sen jäävän mahdollisuuksien mukaisesti liian alhaiseksi. Erityisesti peittauslinjan omat odotusvarastot sisällä eivät ole riittävän tehokkaassa käytössä, vaan keloja jäähdytetään tarpeettoman kauan nauhan kuumavarastoissa, kunnes ne nostetaan suoraan peittauksen tuotantolinjalle. Jäähtymisasteen saavuttaneet kelat voitaisiin siirtää tehokkaammin peittauksen puolelle odotusvarastoihin odottamaan tuotantolinjalle nostoa. Toiminnassa korostuu vahvasti tuotantonostureiden 206 ja 221 aktiivisuus ja mahdollisuus siirtotoimintaan. Nostureiden toimintamalliin ja toiminnan kehittämiseen emme lähteneet analysoimaan syvällisemmin, vaan todettiin niiden toiminnan vaikutukset varastointiin.

Trukinkuljettajien näkemykset olivat hyvin pitkälti yhteneväiset. Järjestelmän lainattaessa varastopaikkoja muilta reittipisteiltä ei nähty toimivuuden kannalta tehokkaana. Lainaustarpeiden myötä hajanaisesti sijoitetut kelat eri reittipisteillä suurentavat ristiajotilanteita ja luonnollisesti sitä ei nähty hyvänä asiana. Työn tehokkuus nähtiin laskevan pidempien ajomatkojen vuoksi. Nauhanlastaajan näkökulmasta runsas varastopaikkojen lainaaminen Hämeenlinnan tuotteiden ohjatuilta paikoilta saattaa hyvinkin olla yksi osatekijä, mikä aika ajoin sotkee hyvän kuormaus-suunnittelun laatimista ja seurauksena tulee turhan pitkät etäisyydet varastoista lastattaviin kohdevaunuihin. Lainaustarpeiden lisäksi huomio nousi esille varastoinninhajauksesta sekä ohjaukseen asetetuista säännöistä, koska Hämeenlinnan kelojen ohjautuminen varastoihin voisi olla tasaaisempaa varastojen kesken. Lastauksen tehokkuuteen lastaajan näkökulmasta aiheuttaa ristiriidan se, että Hämeenlinnan kuormansuunnittelu pyrkii suunnittelemaan junien täyttöasteen maksimikapasiteettia hyödyntäen eli vajaita junakuormia ei lastata. Tällöin kuormattavia keloja tulee osittain varastoista, mitkä eivät välttämättä ole sijoittuneet hyvin.

Keskiraiteen länsipuolelta haettaessa LKT:n jatkokäsittelyyn meneviä keloja ja keskiraiteella käynnissä oleva junanlastaus tapahtuu ajolinjoilla, joissa on päällekkäisyyttä. Nauhapuolen trukin kuljettajan kanssa nousi esille linjatrakin toiminta. Linjatrakin tulee saada ohjatut ajoväylät mahdollisimman tehokkaasti käyttöönsä, joten senkin puolesta LKT:n reittipisteiden varastopaikkojen uudelleenjärjestelyllä ja ohjelmoinnilla todettiin hyvät mahdollisuudet turvallisempaan työskentelyyn sekä siihen, että työntehokkuus paranee. Keskitetympin sijoitetut LKT:n kelat lyhentävät LKT:n trukinkuljettajan prosessiajoja antaen tehokkuutta muihin työtehtäviin ja lastauksiin.

LKT:n kelojen keskitetympi ja riittävä varastoinninhajaus lähemmäksi L1-oven sijaintia todettiin kolmen trukinkuljettajan sekä LKT:n tuotannonsuunnittelun kanssa mahdolliseksi myönteiseksi tekijäksi, mikä tulisi pienentämään reittipisteiden lainaustarpeita. Asiantuntijaosapuolet, jotka osallistuivat keskusteluihin, olivat samaa mieltä, että LKT:n reittipisteiden tehokkaampi keskitetty sijainti olisi eduksi tehokkaampaan toimintamalliin.

Esille nousi myös LKT:n varastoissa tapahtuva päällekkäistoiminta, mikä todettiin haittaavaksi tekijäksi. Tämä asia nousi korostetusti esille kahden trukinkuljettajan kanssa. Uudelleenjärjestelytoimet kohdentuvat vahvasti LKT:n odotusvarastojen toimivuuteen ja pelkästään uudelleen sijoittelulla ei saavuteta kaikkia haluttuja tuloksia, vaan näiden varastojen samanaikainen päällekkäiskäyttö tuo osaltaan logistisia haasteita. Nauhavalssaustuotannosta tulevien kuumien kelojen ajot saattavat kohdistua samaan varastoon, missä on jo jäähtyneitä jatkokäsittelylinjoille meneviä keloja. Varaston status on avoin-tilassa ja järjestelmä ohjaa kuumia jäähtyneiden sekaan. Päällekkäisyys on haittatekijä, koska jäähtyneeseen kelaan kohdistuu lämmönmuutoksia, mikä ei ole suotavaa. Ongelman aiheuttaja on kahden toiminnon päällekkäisyys eli LKT trukki hakee jatkokäsittelyyn jäähtyneen kelan, niin se vapauttaa yhden paikan varastosta ja silloin sinne ohjautuu tuotannosta kuuma kela tilalle. Päällekkäisyys aiheuttaa ajoittain samanaikaista prosessiajtoa samalle varastolle. Kyseiselle ongelmalle toivottiin kehitystä kevo-järjestelmän ohjauksessa.

VR kuormansuunnittelun kanssa käyty keskustelu keskittyi kehitystoimintojen vaikutuksiin Hämeenlinnan kuormien suunnitteluun sekä lastauksiin. Varastopaikkojen keskittäminen muuttaa hieman kahden suuren varastoalueen varastotasapainoa. Hämeenlinnan reitille kasvatetun kappalemääräisen varastointikapasiteetin suurentaminen nähtiin myönteisenä, mutta tärkeänä huomiona nousi esille se, että on erittäin tärkeää ylläpitää riittävä tasapaino ja suhde molemmilla varastoalueilla, jotta molemmilta raiteilta pystytään suorittamaan täyden kapasiteetin kuormaukset juniin. Muun muassa galvaanisten kampanjapottien kasvattaminen edellyttää riittävää varastointikapasiteettiä molemmilta varastoalueilta. Reittipisteiden keskittäminen LKT:n kohdalla nähtiin myönteisenä asiana työturvallisuuden ja työntehokkuuden näkökulmasta. Keskittämistoimet nähtiin positiivisena asiana ehkäisemään päällekkäisiä ajolinjoja. Keskusteltiin Hämeenlinnan eri asiakaslaatuojen kiertonopeuksista ja siitä, että olisiko mahdollista nopeasti kiertävien tuotteiden varastonohjausta tarkentaa niin, että nopeasti kiertävät tuotteet sijoittuisivat lähemmäksi lastauslinjaa. Kuormiensaunnittelu pyrkii toteuttamaan lastaukset niin, että lastattavat kelat olisivat mahdollisimman hyvin sijoittuneina kohdevaunuihin nähden ja todettiin sen olevan välillä haastavaa, koska varastoinninohjaus ei ole ollut tasaista. Suunnittelu toteutetaan olemassa olevan materiaalin ja asiakaslaatuojen mukaisesti. Mietittiin ohjaukseen vaikuttavia sääntöjä sekä siihen liittyviä kehitystekijöitä, jotta ohjaus olisi tasaisempaa sijoittelussa.

## 8.2 Varastopaikkojen keskittäminen

Varastopaikkojen tarkastelua ja uudelleensijoittelua pystyi suunnittelemaan, testaamaan ja havainnollistamaan varastointijärjestelmän testausohjelmalla, mikä on samanlainen kuin reaaliaikaisesti käytettävä versio. Muutokset eivät päivittyneet käytössä olevaan järjestelmään, joten suunnittelu ja testaus uudesta järjestelystä ja sen toimivuudesta oli mahdollista. Tämä on hyvin tärkeä ominaisuus järjestelmässä, koska todelliset suunnitellut muutokset tulee päivittää reaaliaikaiseen järjestelmään asteittain. Kaikkia muutoksia ei voi tehdä samanaikaisesti, sillä varastoehojen ja järjestyksen muutokset edellyttävät aina kyseisten varastojen oltava tyhjinä. Muutostyö koskee useampia reittipisteitä, joten siirtoja tehtäessä tulee säilyttää reittipisteillä riittävä tasapaino varastointikapasiteeteissa. Seuraavissa kuvioissa, kuviot 10–13 olevat varastointiesitykset on esitetty kevo-järjestelmän pohjalta. Kuviossa 10 on nähtävissä nykyisen toimintamallin mukaisesti ohjelmoidut varastot LKT:n jatkokäsittelylinjoille. Keskiraiteen länsipuolella on varattuna 12 paikkaa, jotka siirretään keskiraiteen vanhalle puolelle ja näin saadaan keskitettyä LKT:n tuotteiden paikat järkevämmiksi.



Kuvio 10. LKT:n tuotteiden odotusvarastojen sijainnit nykyisessä toimintamallissa.

Keskitetympi varastointiratkaisu tuo monessa suhteessa toivottua kehitystä varastointilogistiikkaan. Kuvioista 11 selviää, kuinka jatkokäsittelylinjoille menevät kelatuotteet on uudelleen sijoitettu. Nykyisessä toimintamallissa on vain reittipisteen 49 keloille ohjelmoituja ulkovarastointipaikkoja, mutta uudessa keskitetyssä toimintamallissa suunnitellaan myös muille jatkokäsittelylinjoille ohjelmoituja paikkoja. Tällä pyritään pienentämään turhia lainaustarpeita muilta reittipisteiltä ja tavoitteena on pitää LKT:n jatkokäsittelylinjojen kelat omana kokonaisuutena.

Päällekkäisten ajolinjojen käyttö ja niiden muodostumisen todennäköisyys pienenee oleellisesti tällä järjestelyllä. Päällekkäisajoriskin ja -linjan aiheuttaja on nimenomaan hajallaan oleva varastointimalli. Tehokkuuden ja työturvallisuuden näkökulmista on oleellista pyrkiä välttämään tällaisia ajolinjoja ohjattuina. Toki päällekkäisyyksiä vilkkaassa prosessiliikenteessä syntyy, mutta tämän tutkimuksen muutoksilla niitä voidaan mahdollisimman hyvin ehkäistä.



Kuvio 11. LKT:n tuotteiden odotusvarastojen sijainnit keskitetyssä mallissa.

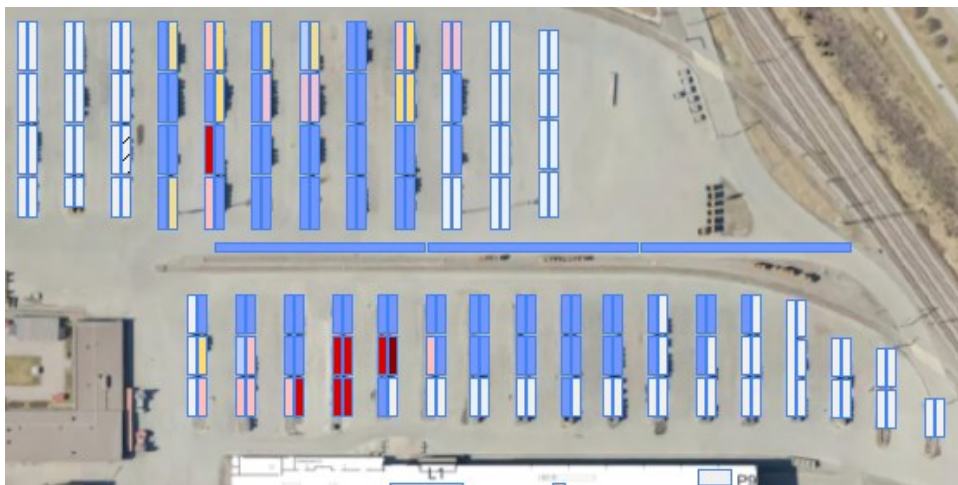
Hämeenlinnan lähetyvarastot vievät valtaosan ulkokentän kapasiteetistä. Varastot on pyritty nykyisessä toimintamallissa jakamaan molemmille käytettävissä oleville varastoalueille mahdollisimman tasaisesti. Varastoja on lukumäärällisesti enemmän keskiraiteen vanhalla puolella, mutta ovat kapasiteeteiltaan pienempiä kuin uudella puolella. Kuvio 12 havainnollistaa ennen muutoksia olevan tilanteen Hämeenlinnan osalta. Keskiraiteen vieressä oleviin pitkiin varastoihin sijoitetaan Hämeenlinnaan menevät tuotteet, joille ei ole tuotantovaiheessa määriteltynä tilauspositiota. Nämä tuotteet eivät kuuluneet tutkimuksen aiheisiin.



Kuvio 12. Hämeenlinnan lähetyksvarastot, nykyinen järjestely.

Kuviossa 13 näkyy Hämeenlinnan osalta tilanne, jota keskitetyllä uudelleensijoittelulla pyritään myös saavuttamaan. LKT:n reittipisteiden keskittäminen vapauttaa keskiraiteen länsipuolelta 12 paikkaa, jotka siirretään Hämeenlinnan käyttöön. Näillä toimenpiteillä maksimikapasiteetti kasvaa Hämeenlinnan varastojen osalta. Kapasiteettia voidaan hyödyntää kyseisen reitin kasvavassa tuotannossa.

Keskiraiteen vanhalta puolelta vapautetaan Hämeenlinnalta muutamia tarpeelliseksi nähtyjä paikkoja LKT:n reittipisteiden käyttöön. Muutoksella haetaan LKT:n kelatuotteille järkevämpää ja yhtenäisempää, keskitetympää kokonaisuutta varastoinnissa. On tärkeää pyrkiä löytämään hyödyttävät ratkaisumallit, jotka palvelevat tehokkaasti sekä Hämeenlinnan että LKT:n tuotteiden sijoittelua.



Kuvio 13. Hämeenlinnan lähetyksvarastot uudelleensijoittelun jälkeen.

Seuraavassa on koottuna eri reittipisteiden tarkat siirrot varastopaikkojen mukaisesti. Reittipiste 32 eli Lappohjan tuotteet eivät ole nykyään tuotannossa mukana, joten ne uudelleen ohjelmoidaan. Reittipisteelle 32 oli ohjelmoituna 124 kelapaikkaa kahdeksalle eri varastopaikalle, jotka tullaan vapauttamaan muille reiteille.

**Hämeenlinna, reitti 26.** Reitiltä 32 vapautetaan Hämeenlinnan käyttöön yksi varastopaikka, paikka 285, johon mahtuu 11 kelaä sekä reitiltä 49 siirretään paikka 305, johon mahtuu 11 kelaä.

**Raina 1, reitti 45.** Keskiraiteen länsipuolella on tällä hetkellä yksi ohjelmoitu varastopaikka, paikka 26. Paikka palautetaan reitille 30 eli Oulaisen reitille ja raina 1 keloille varataan keskiraiteen vanhalla puolelta kaksi paikkaa, varastopaikat 273 ja 293, joihin mahtuu yhteensä 24 kelaä.

**Raina 2, reitti 49.** Keskiraiteen länsipuolella on 12 paikkaa ohjelmoituna reitille 49. Nämä pitävät sisällään 178 kelapaikkaa. Kyseiset varastopaikat vapautetaan Hämeenlinnan käyttöön.

Loput Lappohjalta vapautuvat varastopaikat, seitsemän varastopaikkaa, vapautetaan reitille 49 käyttöön ja saadaan täten 102 kelapaikkaa. Loput tarpeet sijoitetaan Hämeenlinnalta vapautettaviin varastopaikkoihin. Hämeenlinnalta vapautetaan kuusi varastopaikkaa, paikat 123, 163, 183, 203, 223 ja 263, jotka sijoittuvat lähelle haluttua, tehokkaampaa ajolinjaa.

**Arkki 2, reitti 41.** Varataan Hämeenlinnalta varastopaikat 143, 233 ja 253, joihin mahtuu yhteensä 24 kelaä.

**Arkki 3, reitti 46.** Varataan Hämeenlinnalta varastopaikat 193 ja 213, joihin mahtuu yhteensä 24 kelaä. Reitille on varattuna yksi varastopaikka, 173, joka vapautetaan huonon sijainnin vuoksi takaisin Hämeenlinnan käyttöön. Kyseinen varastopaikka sijoittuu ajolinjalle, jossa sallitaan vain linjatrukin ajo.

**Peittaus.** Peittauslinjalle ei ohjelmoida ulkovarastointiin varastopaikkoja, koska kyseisiä kelatuotteita ei suositella ulkovarastointiin.

Uuden varastointimallin mukaiset muutokset vaikuttavat varastokohtaisiin kapasiteetteihin eri reittipisteiden kohdilla. Merkittävimmät muutokset ovat kahden eri varastoalueen, keskiraiteen vanhalla puolella sekä raiteen länsipuolella olevien reittipisteiden varastomäärien ja kapasiteettien muutos. Taulukosta 5 selviää muutokset ja suurimmat kohdistuvat Hämeenlinnan ja LKT:n

reittipisteiden järjestelyihin. Vertailtaessa tutkimuksessa aiemmin esitetyn taulukon 3 eli nykyisen toimintamallin tilanteeseen voi havaita selkeät muutokset varastoinnin maksimikäytön painopisteissä. Hämeenlinnalle saadaan luotua selkeästi enemmän resursseja keskiraiteen länsipuolelle, kun taas LKT:n reittipisteiden tuotteet keskitetään keskiraiteen vanhalle puolelle.

Taulukko 5. Varastokapasiteetit uudelleenjärjestelyn ja paikkakohtaisten päivitysten jälkeen.

<b>UUSI VARASTOINTIMALLI</b>			
<b>REITTI</b>	<b>ULKOVARASTO KAPASITEETTI</b>		
	<b>VANHA PUOLI</b>	<b>UUSI PUOLI</b>	<b>YHTEENSÄ</b>
25	0	147	<b>147</b>
26	750	808	<b>1558</b>
27	35	0	<b>35</b>
30	0	387	<b>387</b>
32	0	0	<b>0</b>
33	35	0	<b>35</b>
41	24	0	<b>24</b>
42	5	10	<b>15</b>
44	0	0	<b>0</b>
45	24	0	<b>24</b>
46	24	0	<b>24</b>
47	32	0	<b>32</b>
49	232	0	<b>232</b>
52	0	0	<b>0</b>
		<b>Yhteensä</b>	<b>2513</b>

Keskiraiteen vanhalla puolella Hämeenlinnan varastointikapasiteetti pieneni hieman mahdollistaen LKT:n tuotteille keskitetyimmän toimintamallin. Pienenemän ei ole tarkoitus vaikuttaa Hämeenlinnan kuormien suunnitteluun heikentävästi. Suhteellinen tasapaino kappalemääräisessä varastoinnissa säilyy edelleen varastoalueiden kesken. Tehdyt muutokset mahdollistavat tehokkaan varastoresurssien käytön Hämeenlinnan eri asiakaslaaduille, kuten esimerkiksi lisääntyville galvaanisille kampanjatuotteille.

## 9 Tutkimustulokset ja niiden analysointi

Tutkimustuloksissa tarkastellaan aluksi vuoden 2021 tuotantoa ja tutkitaan sen mahdollisia vaikutuksia varastoinnin tehokkuuteen. Suurimman reittipisteen eli Hämeenlinnan kylmävalssauksen tuotteiden kohdalla oli havaittavissa tuotannonkulkevan pitkälti samassa suhteessa koko vuoden kokonaistuotannon kanssa, kuten kuviosta 5 on nähtävissä. Merkittäviä eroavaisuuksia ei siis ollut tarkoittaen sitä, että tilauskanta oli vuonna 2021 varsin stabiili ja tuotantoa tehtiin tasaisesti koko vuoden. Tämä ei tällöin aiheuttanut yksittäisiä kuormittavia varastointipaineita vaan olemassa olevalla varastointikapasiteetilla ja -ohjauksella sekä materiaalin kiertonopeudella järjestelmä pystyi pitämään varastoinnin hallinnassa ja tasapainossa. Varastojen hallinta on vaikuttava tekijä Hämeenlinnan junien lastauksessa, jossa tarkastellaan muun muassa sitä, kuinka hyvin lastattavat varastot ovat sijoittuneet kohdevaunuihin nähden. Lastaustehokkuus rakentuu nimenomaan optimaalisista etäisyyksistä sekä niiden tuomista ajomatkoista.

LKT:n jatkokäsittelylinjojen tuotteiden tuotantokäyrät ovat kohtalaisen sahaavia kuvion 6 mukaisesti ja tuovat lyhyenaikavälin kuormituksia varastointiin. Varastoinnin kuormitukseen vaikuttavat muun muassa tuotantolinjojen käyttöaste ja käytettävyys. Tuotannonohjaus suunnittelee tuotannon rytmityksen ja mikäli materiaalivirta ei ole suunnitellun mukaista, luo se aika ajoin ylikuormitusta varastointiin. Suunnitellulla materiaalivirralla nimenomaan tarkoitetaan odotusvarastoissa olevien kelatuotteiden jatkokäsittelyn tehokkuutta. Tätä hetkittäistä ylikuormitustilaa kuvaa suoraan järjestelmän lainatarpeiden määrä. Taulukosta 6 on nähtävissä Hämeenlinnan ohjatuilta paikoilta lainatut varastopaikat vuoden alkupuolella. Varastojen ylikuormitustilaa ja sen aiheuttamia tarpeettomia lainatarpeita pyritään rauhoittamaan suunnittelemalla ohjattuja, kiinteitä varastopaikkoja tarvittaville reittipisteille riittävä määrä sekä keskittämällä paikat tehokkaammin. Hämeenlinnan varastopaikkoja lainataan tuotannon kuormituspiikkien vuoksi tarvittaessa muille reittipisteille, esimerkiksi viimeistelyvalssaukselle sekä kelankunnostukseen, mutta suurimman osan lainatuista paikoista kohdistuvat LKT:n reittipisteille. Toki tarpeiden vaatiessa varastopaikkoja lainataan muiltakin reittipisteiltä, mutta Hämeenlinnan ollessa suurin, siltä lainataan useimmiten ensin. Hämeenlinnan lähetystarastoja on ohjelmoitu yhteensä 103 kappaletta. Varastoinnin epätasapainoa kuvaa erinomaisesti tilanteet, jolloin Hämeenlinnan paikkoja on jouduttu lainaamaan muuhun käyttöön niin paljon, että Hämeenlinnakin joutuu lainaamaan muilta reittipisteiltä. Tällainen tilanne on erittäin ei-toivottua ja varastoinnin palauttaminen normaaliin tasapainoon vie paljon aikaa. Tuotannon toimiessa suunnitellun tehokkaasti materiaalivirran tasapainottaminen varastoinnissa vaatii kaikkien resurssien tehokasta käyttöastetta.

Taulukko 6. Hämeenlinnalta lainattujen varastopaikkojen määrät.

PVM	Lainaus (kpl)
2.1.2022	30
20.1.2022	24
27.1.2022	10
1.2.2022	11
7.2.2022	8
16.2.2022	5
21.2.2022	3

Järjestelmään tulee laatia lainausehdot LKT:n tuotteiden kohdalla odotusvarastoissa niin, että lainatarpeet otetaan ensisijaisesti LKT:n reittipisteiden omista resursseista. Tällä hetkellä tällaisia ehtoja ei ole määritelty. Toimenpiteellä vältetään lainauksien ensisijainen käyttö Hämeenlinnan ohjatuilta paikoilta. Tämän jälkeen, mikäli vielä jää lainatarpeita, niitä voidaan hyödyntää Hämeenlinnan paikoilla tarpeiden mukaisesti. On tärkeää pyrkiä huomioimaan lisälainauksiin käytettävien varastojen sijainti kelakentällä mahdollisimman hyvin, jotta pystytään ylläpitämään kehityksen muutostavoitteita. Kevo-järjestelmä lainaa tavallisesti automaattisesti tarpeellisen varaston ja tässä tuleekin pohtia varastoinninhjauksen sääntöjä, mitkä vaikuttavat lainatun varaston sijaintiin. Varastoja voidaan lainata myös manuaalisesti kelakuljettimen valvomosta, jolloin operaattorilla on päätäntä varastopaikan lainauksesta. Operaattorilta edellytetään tietämystä varastopaikkojen sijaintien tärkeydestä.

### 9.1 Varastopaikkojen uudelleenjärjestely keskitetysti

Varastopaikkojen paikkakohtaiset kapasiteetit tuli ensin tarkastella ja päivittää. Tarkastelussa havaittiin joitakin muutostarpeita siihen, kuinka monta kelatuotetta järjestelmä ohjaa maksimissaan kyseisille paikoille. 18 eri varastopaikan kohdalla tehtiin päivityksiä, joilla saavutettiin maksimaalinen kapasiteetin käyttömahdollisuus. Päivityksen jälkeen yhteenlaskettu paikkamäärä kasvoi hieman ja nämä muutokset koskivat useampia eri reittipisteitä. Ulkovarastoalueen kokonaiskapasiteetti saatiin nostettua 2513 kappaleeseen. Muutos oli marginaalinen, mutta yhtenä tärkeänä osana kehitystyön kokonaisuutta, kun varastojen käytön tehokkuutta pyritään parantamaan.

LKT:n reittipisteiden varastopaikkojen siirrot keskitetympään toimintamalliin radan vanhalle puolelle eivät paranna vain tehokkaampaa varastojen kapasiteettien käyttöä, vaan eräs oleellinen

parannus on myös ajettavan ajomatkan muutos. Trukin ajomatkan muutoksen vaikutuksia tarkastellaan kappalemääräisesti suurimman muutostyön eli reittipisteen 49 siirtojen kohdalla, jolloin keskimääräinen ajomatka yhtä kelaa kohti lyhenee 650 metristä 370 metriin. Tämä tarkoittaa 178 kelan eli koko siirrettävän potin kohdalla sitä, että kokonaisajomatka pienenee 116 kilometristä 66 kilometriin. Laskennassa kelakokona on 25 000 kg, jolloin näitä kelatuotteita ajavan trukin maksimi nostokapasiteetin takia voi kuljettaa vain yhden kerrallaan. Kuvion 9 mukaisesti ristiajoväylä alkuperäisessä toimintamallissa on koko ajettava matka uudelta puolelta L1-ovelle asti eli noin 650 m, kun taas uudessa järjestelyssä tämä poistui kokonaan. Ristiajomahdollisuuksia ja tilanteita tulee luonnollisesti aina, mutta näillä kehitystoimilla saadaan poistumaan ne päällekkäisajolinjat, mitkä eri trukkien ajo-ohjeistuksissa on määritelty.

Taulukossa 7 on laskettuna nykyisen ja uuden toimintamallin mukaan trukin käyttötunnit kohdistuen reittipisteen 49 kelatuotteille. Keskivauhtiin vaikuttavat ajomatkojen pituudet, käänöksien määrät sekä ristiajoväylien mahdolliset hidastavat vaikutukset.

Taulukko 7. Trukin laskennalliset käyttötunnit reittipisteen 49 keloille.

	<b>Ajo yht. (km)</b>	<b>Keskivauhti (km/h)</b>	<b>Käyttötunnit (h)</b>
<b>Nykyinen malli</b>	116	8	14,5
<b>Uusi malli</b>	66	10	6,6

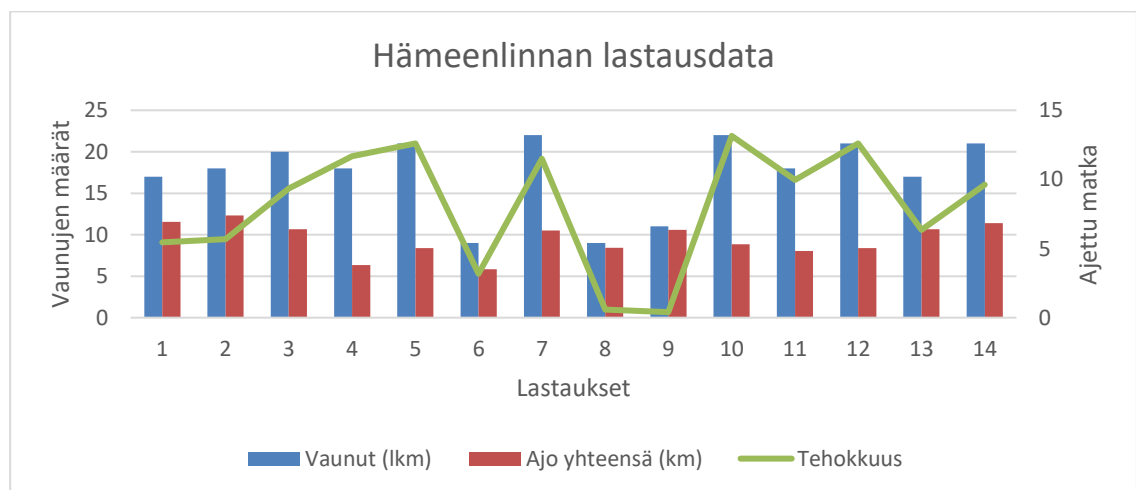
Uusi keskitetty toimintamalli pienentää trukin käyttötunteja peräti 54,5 %. Käyttötunnit ovat suoraan käytettyjä resursseja työntekijän työtunteina ja näin merkittävät erot laskelmissa puoltavat kehitystyön tarpeellisuutta. Trukin alentuvien käyttötuntien perusteella käyttökustannukset pienenevät. Käyttötuntimääräiseen laskelmaan perustuen todellisten käyttökustannusten tuomaa säästöosuutta isossa kuvassa on haasteellista laskea tarkasti, koska tässä tehdyt laskelmat on kohdistettu yhden reittipisteen tuomiin muutoksiin. Pitkällä tähtäimellä tuloksilla on joka tapauksessa myönteisiä vaikutuksia säästetyissä kustannuksissa, mutta tulokset eivät synny yksin tämän tutkimuksen ansiosta.

## 9.2 Hämeenlinnan junanlastaus

Hämeenlinnan kohdistuvien junien lastauksia ei ole aiemmin tutkittu tässä tutkimuksessa käytettyjen mittarien mukaisesti. Kuviossa 14 esitetyllä kuvaajalla pyrittiin saamaan vastauksia junien

lastauksien tehokkuuteen. Kuvaaja tehtiin liitteen 2 mukaisilla lähtötiedoilla. Tutkimusta varten laadittiin laskentamalli, jolla laskettiin käytetyt ajokilometrit aina yhtä lastattavaa vaunua kohden. Lastaukset suoritettiin joulukuun ja helmikuun välisenä aikana. Tehokkuuteen vaikuttivat lastattavien vaunujen lukumäärät sekä niihin kohdistuvien ajettujen kilometrien määrä. Mitä enemmän lastattavia vaunuja oli verrattuna alhaisempiin ajokilometreihin, sitä parempaa tehokkuutta se tarkoitti. Tehokkuuden kuvaaja oli esimerkkilastauksissa varsin sahaava eli tehokkuus vaihteli eri lastauksien kohdilla. Varsinaista raja-arvoa hyvälle tehokkuudelle ei ollut määritelty, mutta aiempien lastauskokemusten perusteella sen pystyi asettamaan varsin lähelle lukuarvoa 10, mikä tarkoitti sitä, että lastaus suoritettiin asetetussa lastausaikaikkunassa. Saavutetun lastaustehokkuuden myötä mahdollistetaan paremmin lastaajalle osoitettujen muiden työtehtävien suorittamisen työvuoron aikana ilman aikapaineistuksen suurempaa tuntua.

Lastauksessa on merkityksellistä siihen kulunut lastausaika. Laskennallinen keskinopeus lastauksissa oli 4–8 km/h. Lastaukset pyrittiin suorittamaan maksimitaakoilla eli tavoitteena oli kuljettaa kahta kelaä kohdevaunuihin. Hyvin suunnitellussa kuormamääräyksessä kelat voidaan noutaa varastoista niin, että saman kohdevaunun kelat ovat vierekkäin. Lastausaikaan vaikuttavat myös vuodenaika sekä ajo-olosuhteet. Vaihtelevien sääolosuhteiden vuoksi ei lastausajalla ole tässä tutkimuksessa suurempaa merkitystä. Lastaukset voidaan suorittaa huonossakin säässä annetussa aikaikkunassa. Suurimpana huomiona on lastattavien kohdevaunujen ja niihin kohdistuvien varastojen sijainnit.



Kuvio 14. Hämeenlinnan junien lastausdata.

Tehokkuudelle määritelty suhdeluvun vaihteluväli oli 0–13. Mitä pienempi suhdeluku oli, sitä heikompa oli lastauksen tehokkuus. Keskiarvo lastauksen tehokkuudessa oli 8, mikä kertoi lastauksien yleisesti ottaen toimivan melko hyvin. Heikoiten toteutuivat ne lastaukset, missä lastattavia vanuja on alle 15. Hämeenlinnan reittipisteen kelat ohjautuvat epätasaisesti varastoalueelle aiheuttaen pitkiä ajomatkoja varsinkin silloin, kun vanuja on vähemmän. Pitkillä 18–22 vaunun letkoilla ajomatkat tasaantuvat lastauksien edetessä. Syitä tulee pohtia, miksi varastoinninhajauksen sääntöjen mukaisesti kelat eivät varastoidu tasaisesti koko varastoalueelle, jonka seurauksena ajomatkat kohdevaunuihin ovat pitkiä.

## 10 Pohdinta

Tutkimuksen aiheena oli kehittää logistisesti optimaalisempi toimintamalli kuumanauhavalssauksen kelavarastointiin ulkovarastoinnissa. Tutkimustyö aiheena oli haastava ja moninainen ja ilman selkeää työn rajausta olisi muodostunut liian laajaksi. Oma työkokemus ja asiantuntemus aiheesta vaikuttivat suuresti työn asetettuihin tavoitteisiin sekä edesauttoi syventymään tutkittavaan ongelmaan perusteellisemmin. Yhtenä tärkeänä tavoitteena olikin saada työn tuloksena konkreettista hyötyä ja kehitystä kelojen ulkovarastoinnin logistiikalle. Kelavarastoinnin kehittäminen ja logistiikan saaminen optimaalisemmaksi vastaamaan nykytilanteen tarpeita vaati paljon työtä, ja tutkimukseen valittu tutkimusstrategia sekä tiedonkeruumenetelmät loivat pohjan työn etenemiselle. Tutkimustyön suunnittelu- ja ideointivaiheessa tulevat haasteet ja kehityskohteet olivat pitkälti hahmoteltuina, mutta työn edetessä oli selkeästi havaittavissa, että tutkimuksessa kohdistettujen tarpeiden kehittäminen toimivammaksi ei pelkästään riitä koko varastoinnin toiminnan kehittämistarpeiksi. Varastointiin vaikuttavat monet tekijät: toiminnot ja ehdot luovat aika ajoin paljon päällekkäisyyttä ja kelatuotteita ei ole mahdollista ohjata niin sanotusti mustavalkoisesti paikasta A paikkaan B, sillä seurauksella, että varastointi olisi täysin optimaalisessa tilassa.

Varastopaikkojen uudelleenjärjestely tutkimuksessa kohdennettujen reittipisteiden kohdalla keskitetympään muotoon oli oleellista, jotta saavutetaan tehokkaampi työympäristö kelavarastokentällä. Varastoinnin tasapainoiseen toimivuuteen vaikuttavat useat eri tekijät esimerkiksi tuotannon käyttöaste sekä tuotannon toteutuminen suunnitellun tilauskannan mukaisesti. LKT:n odotusvarastoissa materiaalin kiertonopeuteen vaikuttavat taas jatkokäsittelylinjojen käyttöaste ja imukyky.

Tutkimus kohdistettiin kelakentällä varastopaikkojen uudelleenjärjestelyyn keskitetympään toimintamalliin painottuen LKT:n odotusvarastoihin. Tutkimuksen rajaukseen vaikutti suuresti se, että LKT:n reittipisteet aiheuttavat nykyisessä toimintamallissa suurimman epätasapainon ulkovarastointilogistiikassa. Leikattujen kelatuotteiden odotusvarastojen tuotteisiin ei ole aiemmin määritelty riittävästi ulkovarastointiresursseja, vaan ulkovarastointiin ohjautuessa nämä tuotteet aiheuttivat ylimääräisen varastointijärjestelyn eli tuotteille tuli lainata muilta reittipisteiltä tarpeen mukaiset varastointipaikat ja resurssit. Aiemmin oli vain reittipisteelle 49 ohjattuja varastoja ja uudessa toimintamallissa luotiin myös muille jatkokäsittelylinjoille ohjattuja varastoja. Tulevilla reittikohtaisella varastointiresurssien kasvattamisella pyritään pienentämään turhia lainaustarpeita.

Tutkimustyössä jätettiin tarkastelun ulkopuolelle kaksi merkittävää reittipistettä, jotka aika ajoin vaikuttavat ulkovarastoinnin tasapainoon kuormittavasti. Viimeistelyvalssaus- sekä kelakunnostusreittien varastointipaineet välillä kuormittavat ulkovarastoa enemmänkin. Näihin kuormituspiikkeihin vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa linjojen toimivuus sekä riittävät henkilöresurssit. Asiakasvaatimuksien mukaisesti tuotannonohjauksen tulee ohjata välillä isompiakin tuotantopotteja esimerkiksi näytteenoton vuoksi näille linjoille. Kyseisten reittien omat ohjatut varastot sisällä ovat rajalliset ja mikäli näiden reittien kelatuotteita ei pystytä tehokkaasti käsittelemään, luo se varastointipaineita ulkoalueille.

Varastopaikkojen lainaaminen reittipisteiden kesken on osa joustavaa ja toimivaa varastointilogistiikkaa. Mikäli reittien kesken lainausmahdollisuus kiellettäisiin, varastojen tulisi olla nykyistä kapasiteettia huomattavasti laajempia ja toiminta muuttuisi varsin jäykäksi eikä resurssien hyödyntäminen olisi enää tehokasta. Muun muassa LKT:n, kelakunnostajan sekä viimeistelyvalssauksen reitit vaativat ajoittain runsaastikin varastointikapasiteettia hetkellisten kuormituspiikkien vuoksi. Tämän vuoksi on tärkeää sallia lainaaminen, mutta lainaamiseen liittyvää käytännön logistiikka tulee pyrkiä kehittämään niin, että tehokkuus kelakentällä säilyy. Yhtenä askeleena toimivuuden parantamiseksi on nimenomaan LKT:n keskitetympi toiminta. Järkevämpi, keskitetympi sijoittelu sekä lainausehdot määriteltynä siten, että reittipisteet käyttävät ensisijaisesti omia kapasiteetteja ja vasta sen jälkeen muilta reiteiltä, ovat osa oikeaan suuntaan haluttua toimintamallia.

Kelavarastoinninohjausjärjestelmään tulee asettaa uusia ehtoja koskien LKT:n odotusvarastoissa olevia kelatuotteita. LKT:n keloille tarvittavat lisälainaukset tulee ottaa ensisijaisesti LKT:lle ohjelmoiduilta reittipisteiden paikoilta, minkä jälkeen vasta järjestelmä lainaa tarpeen mukaan muilta reittipisteiltä esimerkiksi Hämeenlinnan kapasiteetista. Tällä toiminnolla pyritään saavuttamaan toimintamalli, jossa lainaustarpeet eivät ensisijaisesti koskisi Hämeenlinnan ohjattuja paikkoja. Lainaustarpeiden hallittu käyttö mahdollistaa osaltaan Hämeenlinnan tuotteille paremman sijoittelun, mikä taas näkyy omalta osaltaan myönteisesti lastauksissa.

Lastauksesta kerätty tieto ja VR kuormansuunnittelun kanssa käyty kehityskeskustelu antoivat tärkeän pohdinta-aiheen varastoinninohjauksen kehittämiseksi. Kevo-järjestelmän varastoinninohjauksen parametrejä tulee tarkastella ja miettiä voidaanko varastointisääntöjä muokata niin, että ohjaus olisi sijainneiltaan tasaisempaa. Eryteisesti niin sanottujen peruslaatuojen kanssa tulisi varastonohjauksessa kiinnittää kehitystoimena enemmän huomiota. Tämä täsmentyy eritoten Hämeenlinnan tuotteiden lähetysvarastoihin. Hämeenlinna suuntautuvat peruslaadut luovat

määrällisesti valtaosan lastattavista kuormista ja niiden sijainti voisi hyvinkin olla sijoitettuna varastoihin niin, että ne ovat niillä varastoriveillä, jotka ovat lähimpinä lastattavaa raidetta. Tämä muutos tehostaisi lyhyempien kelavaunuletkojen lastauksia. Toiminta ei parane vain keskittämällä ja siirtelemällä varastopaikkoja, vaan ohjauksen tulee toimia halutulla tavalla. Vaikkakin tässä tutkimuksessa ei varsinaisesti keskitytty kevon kehittämiseen, niin kehitystyön myötä haluttu toimintatapamuutos päivitetään nimenomaan varastoinninhjausjärjestelmän parametreihin. Kevo antaa trukinkuljettajille tarvittavat impulssit kelojen siirtoihin ja lastauksiin. Toimintatapamuutoksien ohella oli tarkoituksena löytää ja havaita muita aiheellisia seikkoja, joita kannattaa miettiä tulevana kehitystoimina varastoinninhjausjärjestelmässä.

Varastopaikkojen uudelleenjärjestely keskitetympään muotoon tulee toteuttaa asteittain. Varastojen siirto voidaan käytännössä suorittaa ajallisesti varsin hitaasti, koska siirrettävien kohteiden varastotatuksien tulee olla tyhjinä, kun siirtotoimia tehdään. Siirtotoimenpiteet suoritetaan prosessin normaalissa käyttötilanteessa tarkoittaen sitä, että tuotannosta tulee joka neljäs minuutti kela varastoitavaksi. Aluksi tutkimustyö suunniteltiin niin, että olisi toteutettu erillinen testijakso uudelleenjärjestelyn toimivuuden toteamiseksi, mutta ajatuksesta luovuttiin ja kyseistä testijaksoa ei pidetty. Kevon testiversion puolella voitiin tehdä tarvittavat muutokset ja siirrot sekä testata toimintaa. Varastoinninhjausjärjestelmään varastopaikkojen järjestely- ja muutostyöt aloitettiin ja vietiin käytäntöön, kun tutkimuksen tulokset ja kehitysehdotukset oli esitetty toimeksiantajalle hyväksytysti. Liitteessä 3 on nähtävissä varastojen siirtojen todellinen tilanne tämän tutkimustyön valmistuttua.

Logistiset muutokset tutkimuksessa kohdistetuissa varastointijärjestelyissä pienensivät ope-roivien trukkien ajomatkoja, ja tämän myötä niiden käyttötunnit pienenevät. Merkittävin muutos ajomatkoihin ja pienempiin käyttötunteihin saatiin siirtämällä reittipiste 49 keskitetysti lähemmäs hallin LKT:n jatkokäsittelylinjojen sisäänajoväylää. 54,5 %:n pienenevä käyttötunneissa on niin merkittävä, että tämä kertoo ehdottomasti kehitystarpeista varastoinnin toiminnassa. Sääste-tyissä käyttötunneissa korostuvat nykypäivänä tärkeänä pidetty ympäristöystävällisyys ja siihen tehdyt arvolupaukset. Tutkimuksessa saavutetut kehitystulokset parantavat omalta osaltaan pi-tämään näitä arvolupauksia, mitä yritys on lupautunut toteuttamaan kohti parempaa ympäris-töystävällisyyttä. Trukkeihin kohdistuneiden huoltotoimintojen aleneminen vapauttaa huoltore-surseja muihin toimintoihin. Saadut kustannussäästöt esimerkiksi mahdollistavat jatkossa laite-kannan kehittämisen halutulla tavalla. Muutokset parantavat merkittävästi työturvallisuutta ja työturvallisuuskulttuuria, parantaen kelakuljetuksiin liittyviä toimintatapoja. Tämän ansiosta

työtä voidaan suorittaa jatkossa ilman kiireen tunnetta turvallisemmin ja tehokkaammin. Työntekijää pystytään näin hyödyntämään säästettyjen resurssien vapauduttua tehokkaammin muihin ohjattuihin työtehtäviin. Asioihin toki vaikuttavat merkittävästi työntekijöiden suhtautuminen muutoksiin ja toimintaan myönteisesti. Positiivisella ajattelulla ja toimintatavalla tutkimuksessa tavoitellut hyödyt ovat saavutettavissa.

Haastattelut ja keskustelut asiantuntijaryhmien kanssa vahvistivat tutkittavan ilmiön ongelmia. Selvää on, että tutkimuksessa tavoitellut päämäärät ovat vain osa myönteisiä kehitystoimia. Varastointilogistiikka kelavarastoissa on riippuvainen monesta tekijästä ja sitä on hankala hallita ja kehittää niin, että se olisi täysin optimaalinen. Aina löytyy uusia tilanteita, jotka vaikuttavat kokonaishallintaan. Kelojen ja materiaalivirran hallinta optimaalisesti on kuin pohjaton suo. Siihen voidaan hakea ja tuleekin hakea tehokkaampia ratkaisuja. Jokin hyödyttävä toimenpide saattaa kärsiä myöhemmin esille tulleella tekijällä. Materiaalivirran hallinta optimaalisessa varastointilogistiikassa on monien asioiden summa ja siihen on vaikea löytää yhtä toimivaa ratkaisua. Jatkossa tulee seurata tämän tutkimustyön kehitysmuutoksien vaikutuksia. Muutos on kehitystä ja kehittyminen edellyttää ajoittain toimintamallien tarkastelua ja muutoksia. Pitää kuitenkin tarkastella kehitysideoiden tarpeellisuutta ja sitä tuoko mahdollinen kehitys todellista hyötyä toimintaan. Varastointi ja varastointiin liittyvä materiaalin kiertonopeus on osa toimitusvarmuuden kokonaisuutta. Varastointi on yksi tärkeä osa tuotantoprosessia ja toimivaa arvoketjua, joten sen tulee omalta osaltaan pystyä luomaan mahdollisimman tehokkaat resurssit ja puitteet kilpailukykyiseen toimintaan.

## Lähteet

- 1 Ritvanen, V., Inkiläinen, A., von Bell, A. & Santala, J. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Helsinki: Suomen osto – ja logistiikkayhdistys Logy. 2011. [Viitattu 16.1.2022]. Saatavilla: [https://www.logistiikanmaailma.fi/wp-content/uploads/2018/06/Logistiikan\\_ja\\_toimitusketjun\\_hallinnan\\_perusteet.pdf](https://www.logistiikanmaailma.fi/wp-content/uploads/2018/06/Logistiikan_ja_toimitusketjun_hallinnan_perusteet.pdf)
- 2 Sakki, J. Tilaus-toimitusketjun hallinta: Digitalisoitumisen haasteet. Vantaa: Jouni Sakki. 2014.
- 3 Visio ja arvot 2021. SSAB. [Viitattu 7.1.2022]. Saatavilla: <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti/visio-ja-arvot>
- 4 SSAB lyhyesti 2021. Tietoa yrityksestä SSAB:n verkkosivustolla. [Viitattu 8.1.2022]. Saatavilla: <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>
- 5 Raahen tehtaan esittelymateriaalit. Esittelyaineisto Raahen terästehtaasta. 2021. Viitattu 9.1.2022
- 6 Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. Tutki ja Kirjoita. 15. uudistettu painos. Helsinki: Tammi. 2009.
- 7 Kananen, J. Toimintatutkimus kehittämistutkimuksen muotona: Miten kirjoitan toimintatutkimuksen opinnäytetyönä? Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. 2014.
- 8 Kananen, J. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. 2015.
- 9 Pernaa, J. Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Julkaisussa Pernaa J, toimittaja, Kehittämistutkimus opetuslalla. Jyväskylä: PS-kustannus. 2013. s. 9–26.
- 10 Kananen, J. Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet. Jyväskylä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. 2008.
- 11 Hokkanen, S. & Virtanen, S. Varastonhoitajan käsikirja. 4.painos. Sho Business Development Oy/Julkaisutoiminta. 2021.
- 12 Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. Logistisen ajattelun perusteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu 38. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. 2004.
- 13 Rahko, M. & Jokinen, T. Imuohjaus. Oamk\_kone with passion: vuodesta 1894, 2 (2), 32–34. 2020.
- 14 Kalmar haarukkatrukki DCG 600–700. [Viitattu 13.2.2022]. Saatavilla: <https://www.kalmar.fi/laitteet-palvelut/haarukkatrukit/super-heavy-forklift/>

## Liitteet

## Liite 1. Tuotannon raportit vuodelta 2021.

Tammikuu				Helmikuu			
Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)	Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)
Nauhavalssaus	40	7873	176 639,70	Nauhavalssaus	40	6879	151 247,90
Hämeenlinna	26	4485	99 203,10	Hämeenlinna	26	4042	89 073,90
Oulainen	30	168	4 249,60	Oulainen	30	172	4 278,40
Arkki 3	41	706	16 915,80	Arkki 3	41	544	13 048,10
Raina 1	45	242	4 376,90	Raina 1	45	308	5 514,90
Arkki 2	46	769	19 376,70	Arkki 2	46	595	14 221,30
Raina 2	49	704	15 926,60	Raina 2	49	666	14 276,00
Peittaus	52	64	1 436,40	Peittaus	52	75	1 722,00
Maaliskuu				Huhtikuu			
Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)	Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)
Nauhavalssaus	40	7685	170 420,60	Nauhavalssaus	40	8294	182 472,60
Hämeenlinna	26	4184	92 444,20	Hämeenlinna	26	4750	104 908,00
Oulainen	30	160	3 724,40	Oulainen	30	221	4 504,70
Arkki 3	41	805	19 407,90	Arkki 3	41	763	18 428,60
Raina 1	45	417	7 993,20	Raina 1	45	262	4 566,90
Arkki 2	46	769	18 399,60	Arkki 2	46	722	17 026,20
Raina 2	49	673	14 656,90	Raina 2	49	801	17 606,30
Peittaus	52	53	1 180,80	Peittaus	52	155	2 966,10
Toukokuu				Kesäkuu			
Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)	Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)
Nauhavalssaus	40	8470	186 236,00	Nauhavalssaus	40	7698	172 210,10
Hämeenlinna	26	4522	98 784,90	Hämeenlinna	26	4344	96 174,90
Oulainen	30	204	4 686,20	Oulainen	30	159	3 625,20
Arkki 3	41	776	18 864,50	Arkki 3	41	809	19 646,60
Raina 1	45	417	7 954,80	Raina 1	45	209	4 018,80
Arkki 2	46	681	16 672,90	Arkki 2	46	794	19 607,80
Raina 2	49	822	18 370,00	Raina 2	49	547	12 296,10
Peittaus	52	111	2 542,60	Peittaus	52	145	3 309,10
Heinäkuu				Elokuu			
Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)	Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)
Nauhavalssaus	40	6617	148 174,40	Nauhavalssaus	40	7752	172 799,50
Hämeenlinna	26	3813	83 944,70	Hämeenlinna	26	4493	98 824,40
Oulainen	30	94	2 241,20	Oulainen	30	224	5 114,40
Arkki 3	41	832	20 661,60	Arkki 3	41	806	19 910,90
Raina 1	45	218	4 134,90	Raina 1	45	233	4 409,10
Arkki 2	46	549	13 213,20	Arkki 2	46	757	18 599,90
Raina 2	49	325	7 294,70	Raina 2	49	553	12 703,70
Peittaus	52	122	2 765,50	Peittaus	52	124	2 865,80
Syyskuu				Lokakuu			
Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)	Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)
Nauhavalssaus	40	8089	177 368,80	Nauhavalssaus	40	8075	179 550,00
Hämeenlinna	26	4726	102 388,20	Hämeenlinna	26	4493	98 419,30
Oulainen	30	154	1 240,40	Oulainen	30	368	8 323,30
Arkki 3	41	777	18 481,30	Arkki 3	41	776	18 617,90
Raina 1	45	354	6 551,80	Raina 1	45	429	8 148,10
Arkki 2	46	741	18 078,10	Arkki 2	46	794	19 421,80
Raina 2	49	659	14 795,00	Raina 2	49	732	16 871,60
Peittaus	52	122	2 729,50	Peittaus	52	123	2 786,00
Marraskuu				Joulukuu			
Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)	Tuotteet	Reitit	Tuotanto (kpl)	Tuotanto (tonnia)
Nauhavalssaus	40	4521	102 626,50	Nauhavalssaus	40	8006	179 908,50
Hämeenlinna	26	2427	53 718,60	Hämeenlinna	26	4256	93 969,80
Oulainen	30	118	2 710,10	Oulainen	30	208	4 789,70
Arkki 3	41	406	9 946,30	Arkki 3	41	920	22 254,80
Raina 1	45	136	2 539,20	Raina 1	45	256	4 770,70
Arkki 2	46	584	14 819,50	Arkki 2	46	832	20 586,00
Raina 2	49	466	10 833,20	Raina 2	49	545	12 154,20
Peittaus	52	184	4 096,80	Peittaus	52	275	6 047,90

## Liite 2. Hämeenlinnan lastausdata.

Lastaus pvm	Vaunut (lkm)	Ajo yhteensä (km)	Tehokkuus	Ka. per vaunu (km)	Keskinopeus (km/h)	Varastoalue
15.12.2021	17	11,6	5	0,68	5,9	Vanha
17.12.2021	18	12,3	6	0,68	5,3	Vanha
26.12.2021	20	10,7	9	0,53	4,8	Uusi
27.12.2021	18	6,3	12	0,35	4,1	Vanha
28.12.2021	21	8,4	13	0,40	4,4	Vanha
4.1.2022	9	5,8	3	0,65	6,2	Vanha
4.1.2022	22	10,5	11	0,48	4,3	Uusi
6.1.2022	9	8,4	1	0,94	5,8	Uusi
14.1.2022	11	10,6	0	0,96	7,2	Vanha
14.1.2022	22	8,9	13	0,40	4,2	Uusi
15.1.2022	18	8,0	10	0,45	4,9	Uusi
24.1.2022	21	8,4	13	0,40	4,1	Uusi
1.2.2022	17	10,7	6	0,63	5,9	Vanha
13.2.2022	21	11,4	9,62	0,54	5,0	Vanha
<b>Keskiarvo</b>		<b>9,4</b>	<b>8</b>	<b>0,58</b>	<b>5,2</b>	

## Liite 3. Varastopaikkojen siirrot

Varastopaikkojen siirrot			
Vp	Nykyinen reittipiste	Uusi reittipiste	Tila
26	45	30	kesken
50	49	26	kesken
51	49	26	kesken
52	49	26	OK
53	49	26	OK
430	49	26	kesken
431	49	26	OK
432	49	26	OK
433	49	26	OK
435	49	26	kesken
436	49	26	OK
437	49	26	OK
438	49	26	OK
173	46	26	kesken
193	26	46	OK
213	26	46	kesken
233	26	41	kesken
253	26	41	kesken
273	26	45	kesken
293	26	45	OK
123	26	49	kesken
143	26	41	kesken
163	26	49	kesken
183	26	49	OK
203	26	49	OK
223	26	49	OK
263	26	49	kesken
285	32	26	OK
305	49	26	kesken
283	32	49	OK
284	32	49	OK
343	32	49	OK
344	32	49	OK
353	32	49	kesken
354	32	49	kesken
400	32	49	kesken