

Rami Piispanen

Kuljetusautomaattien optimaalinen käyttö sairaalaympäristössä

Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri

Opinnäytetyö

Kevät 2021

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Rami Piispanen

Työn nimi: Kuljetusautomaattien optimaalinen käyttö sairaalaympäristössä

Ohjaaja: Alpo Anttonen

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 48

Opinnäytetyö tehtiin Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirille. Opinnäytetyön tärkein tavoite oli optimoida hankituille autonomisille mobiiliroboteille (Autonomous Mobile Robot, AMR) mahdollisimman paljon kuljetuksia Seinäjoen keskussairaalan rakennuksiin, rakennuksia muuttamatta. Opinnäytetyössä käytettiin AMR:stä pääosin nimitystä kuljetusautomaatti.

Teoriaosa selvitti optimoinnin kohteena olevan autonomisen mobiilirobotin kehityshistoriaa lähtien vihivaunusta.

Opinnäytetyön tavoitetta lähestyttiin selvittämällä kuljetusautomaatin käytön haasteita ja kuljetusten viiveitä. Viiveiden tarkastelu toi esille useita erityyppisiä viiveitä, jotka liittyivät kuljetusautomaateille muodostettuihin reitteihin, suunnitteluun, tekniikkaan, odottamattomiin ja odotettaviin viiveisiin.

Erityyppisten viiveiden lukumäärä oli suuri. Osa kuljetusautomaattien viiveistä oli ympäristön aiheuttamia ja niitä on vaikeata tai mahdotonta välttää. Isoon osaan viiveistä oli kuitenkin mahdollista vaikuttaa tekemällä muutoksia käyttöympäristöön, reitteihin tai aikatauluun. Viiveiden jälkeen käytiin pääkuljetusmuodot läpi ja niiden käyttöönotto askel askeleelta, antaen näin selkeän rungon uusien kuljetusten suunnittelulle ja olemassa olevien kuljetusten optimointiin.

Opinnäytetyön loppuosassa käytiin läpi optimoinnin eri osa-alueista esimerkit, jotka toimivat opinnäytetyön onnistumisen mittareina. Pääkuljetusmuodosta tehtyjen runkojen toimivuutta ei verrattu aikaisempiin toimintatapoihin.

Pohdinnassa opinnäytetyö todetaan hyväksi kuljetusten optimoinnissa, uusien kuljetusten muodostamisessa ja yleisen tiedon lisäämisessä liittyen kuljetusautomaattien käyttäytymiseen sairaalaympäristöissä. Opinnäytetyötä hyödynnetään Seinäjoen keskussairaalan sisäisten kuljetusten kehittämisessä kuljetusautomaateilla.

Asiasanat: robotit, optimointi, logistiikka

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Rami Piispanen

Title of thesis: Optimal Use of Transport Machines in a Hospital Environment

Supervisor: Alpo Anttonen

Year: 2021

Number of pages: 48

The thesis was implemented for The Hospital District of South Ostrobothnia. The purpose of the thesis was to optimize the use of Autonomous Mobile Robots so that there would be as many AMR deliveries in the hospital area as possible, without making any changes in the buildings. In the thesis, AMR was mainly called a transport machine. The theoretical part of the thesis clarified the development history of the autonomous mobile robots, starting from the Automatically Guided Vehicles, AVGs.

The work began by examining delays in the delivery of autonomous mobile robots. The examination revealed several different types of delays related to the routes of the transport machines, planning, and technology. There were both unexpected and expected delays. The number of different types of delays was large. Some of the delays were caused by the environment and they were difficult or impossible to avoid. It was possible to influence a large part of the delays by changing the operating environment, routes or schedule. After that, the main modes of transport were reviewed and introduced step by step, providing a clear framework for designing new transports and optimizing the existing ones.

The end of the thesis reviewed the examples of the different aspects of optimization, which served as indicators of the success of the thesis. The functionality of the frames made from the main mode of transport was not compared with the previous modes of operation.

The results of the thesis were found to be good in optimizing transports, forming new transports and increasing general knowledge related to the behavior of transport machines in a hospital environment. The thesis is utilized in the development of internal transport implemented with the transport machines at Seinäjoki Central Hospital.

Keywords: robots, optimizing, logistics

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Opinnäytetyön taustaa.....	7
1.2 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaukset.....	7
1.3 Opinnäytetyön rakenne.....	8
1.4 Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri.....	9
2 KULJETUSTEN AUTOMATISOINTI.....	11
2.1 AGV.....	11
2.2 AIV tai AMR.....	12
2.3 IGV.....	13
3 KULJETUSAUTOMAATIN ESITTELY.....	15
4 OPTIMOINTIIN VAIKUTTAVAT SEIKAT	
SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ.....	17
4.1 Turvallisuus.....	17
4.2 Esteettinen ympäristö.....	18
4.3 Reitit.....	19
4.3.1 Telakoiden paikat.....	19
4.3.2 Muuntautumiskyky jonkin reitin poistuessa käytöstä.....	20
4.3.3 Hissit.....	20
4.3.4 Lukot.....	21
4.4 Suunnittelu.....	22
4.5 Tekniset viivästykset.....	23
4.5.1 Kuljetusautomaatit.....	23
4.5.2 Ovet.....	24
4.5.3 Hissit.....	24
4.6 Odottamattomat viivästykset.....	25

4.7	Odotettavat viivästykset	26
4.7.1	Asiakkaat	26
4.7.2	Työntekijät.....	26
4.7.3	Työajat	26
4.7.4	Ruuhkautuminen	27
4.7.5	Hissit	27
4.7.6	Alueet.....	28
4.7.7	Nostot.....	29
5	KULJETUSMUODOT	31
5.1	Välinehuollon kiertokärry	32
5.1.1	Välinehuoltokuljetuksen askeleet suunnittelusta käyttöön.....	33
5.1.2	Välinehuoltokuljetusten optimointi	34
5.2	Varastokuljetus.....	35
5.2.1	Askeleet suunnittelusta käyttöön.....	36
5.2.2	Varastokuljetusten optimointi	37
6	TULOKSET	39
7	POHDINTAA JA YHTEENVETO	43
	LÄHTEET	47

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Autonominen mobiilirobotti, LD-250	13
Kuva 2. Autonominen mobiilirobotti, MIR100	13
Kuva 3. Älyohjattu ajoneuvo, AGILOX IGV	14
Kuva 4. Kuljetusautomaatti TUG T3 saapuu luiskaa pitkin keskusvarastolle. Kuvassa oikealla on kuljetusautomaatin telakka.	15
Kuva 5. Map’N’Zap-ohjelmalla tehty kuljetusautomaattien kohtaamispaikka.	21
Kuva 6. Päiväkirurgian tavarantoimitustila	29
Kuva 7. Kuljetusautomaatti on suorittamassa välinehuollon kiertoa.....	32
Kuva 8. Kuljetusautomaatti on suorittamassa varastokuljetusta.	35
Kuva 9. Osastojen A31 ja A32 välinen tila ennen päivitystä.	40
Kuva 10. Osastojen A31 ja A32 välinen tila päivityksen jälkeen.	41
Kuvio 1. EPSHP:n organisaatio.	10
Kuvio 2. Prosessikuvaus reitin teosta kuljetusautomaateille.	31
Kuvio 3. Prosessin eteneminen välinehuoltokuljetuksen käyttöönotossa.....	33
Kuvio 4. Prosessin eteneminen varastokuljetuksen käyttöönotossa.	36
Taulukko 1. Taulukon jokainen solu kerää aikatauluun merkityt, hissien käyttökerrat kyseiseltä tunnilta.	28

Käytetyt termit ja lyhenteet

AGV	Automated Guided Vehicles tai Automatically Guided Vehicles, vihivaunu tai automaattinen kuljetusvaunu
AIV	Autonomous Intelligent Vehicle, itsenäinen älykäs ajoneuvo
AMR	Autonomous Mobile Robot, autonominen mobiilirobotti
IGV	Intelligent Guided Vehicle, älyohjattu ajoneuvo
Inertiaohjaus	Navigointitekniikka, jossa yhdistetään edistyneet matkamittarit ja gyroskoopit
LGV	Laser Guided Vehicle, laserohjattu ajoneuvo
Lukko	Tarkoittaa kuljetusautomaatin reitillä aluetta, jonne on ohjelmoitu vain yhden kuljetusautomaatin pääsy kerrallaan
Optimointi	On toiminnan tehostamista, ei maksimointia
Reitti	Muodostetaan ohjelmallisesti kuljetusautomaatin määränpäiden välille. Se koostuu useasta polusta, jotka voivat sisältää useita toimintoja
SGV	Self-Guided Vehicle, itseohjautuvat ajoneuvot
Telakka	Kuljetusrobotin latausyksikkö, jossa kuljetusautomaatti on kuljetuksien välisen ajan
ToF-sensor	Time of Flight -sensor, anturi, joka mittaa aikaa valosignaalin lähetyksestä paluuseen

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön taustaa

Opinnäytetyön taustana on neljän uusimman kuljetusautomaatin lisäys Seinäjoen keskussairaalan tiloihin. Nyt kuljetusautomaatteja on yhteensä kymmenen. Useat reitit on suunniteltu vain muutamalle kuljetusautomaatille, joten reiteissä ei ole huomioitu kuljetusautomaattien kohtaamista tai ruuhkautumisen aiheuttamia haasteita. Sairaalan eri osiin on lisätty ovenavaajia ja hissiyksiöitä vuodesta 2016, joten kuljetusautomaatit pystyvät nyt kulkemaan jo hyvin laajalla alueella. Useita trukein vietäviä kuljetuksia halutaan siirtää kuljetusautomaateille ja näin helpottaa logistiikkatyöntekijöiden työpainetta. Myös toistuvien kuljetusten lisääntyessä uudet kuljetukset halutaan ohjata kuljetusautomaateille, jotta välttyään lisätyövoiman hankkimiselta.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaukset

Opinnäytetyön tärkein tavoite on optimoida hankituille kuljetusautomaateille mahdollisimman paljon kuljetuksia Seinäjoen keskussairaalan rakennuksiin, rakennuksia muuttamatta. Tavoitetta lähestytään selvittämällä tämänhetkisiä kuljetusautomaattien käytön haasteita ja kuljetusten viiveitä. Selvityksen aikana kuljetusautomaattien reitit tulevat tutuksi ja on helpompi huomioida muutostarpeet ajatellen tulevaa kuljetusten lisäämistä. Reittejä muokataan soveltuvimmiksi useammalle kuljetusautomaatille ja reittien pullonkauloja poistetaan tai lievennetään. Nämä toimet luovat hyvän pohjan kuljetusten lisäämiselle ja optimoinnin jatkamiselle. Tämän jälkeen opinnäytetyössä käydään läpi pääkuljetusmuodot, niiden työvaiheet askelaskeleelta ja optimointiin liittyvät asiat.

Optimoinnin saavutuksia seurataan erillisillä mittareilla, jotka sopivat parhaiten kunkin tilanteeseen. Reittejä optimoidessa voidaan verrata aiemmin toteutuneita kuljetusaikoja optimoinnin jälkeisiin aikoihin ja todeta kiistatta optimoinnin tulos.

Ajastetun aikataulun optimoinnin tuloksia voidaan mitata esimerkiksi valitun aikaikunan sisällä toteutuneiden kuljetusten määrällä ennen ja jälkeen aikataulun optimoinnin.

Opinnäytetyön tavoitteena ei ole tuloksen tuotto tai laskeminen, mutta on selvää, että eri vaiheiden optimointi lisää kuljetusautomaattien tuloksellisuutta. Opinnäytetyöstä rajataan pois kuljetusautomaattien hyötyjen vertaaminen henkilötyövoimaan. Työstä rajataan pois myös Etelä-Pohjanmaan keskussairaalassa käytettävien kuljetusautomaattien ja kuljetuksissa käytettävien varastokärryjen, lääkekärryjen ja välinehuoltokärryjen teknisten ominaisuuksien tarkastelu ja valmistajien esittely siinä määrin, kuin se on mahdollista.

1.3 Opinnäytetyön rakenne

Johdannossa käsitellään opinnäytetyön taustaa, tavoitteita, rakennetta sekä esitellään opinnäytetyön toimeksiantajan.

Teorian viitekehys muodostetaan selvittämällä mobiilirobotin kehityshistoriaa, navigointia ja lyhenteitä tähän liittyen.

Tutkimusosa aloitetaan esittelemällä optimoinnin kohteena oleva kuljetusautomaatti ja sen hallintaan liittyviä osia. Tämän jälkeen tutustutaan sairaalaympäristöön sekä kuljetusautomaattien nykytilaan kuljetusten viiveiden kautta. Tutustuminen ilmenee opinnäytetyössä selvittämällä viiveiden aiheuttajia. Tutkimusosan lopussa esitellään kohteen pääkuljetusmuodot, käyttöönotto askel askeleelta ja näiden yksilölliset optimoinnin osa-alueet.

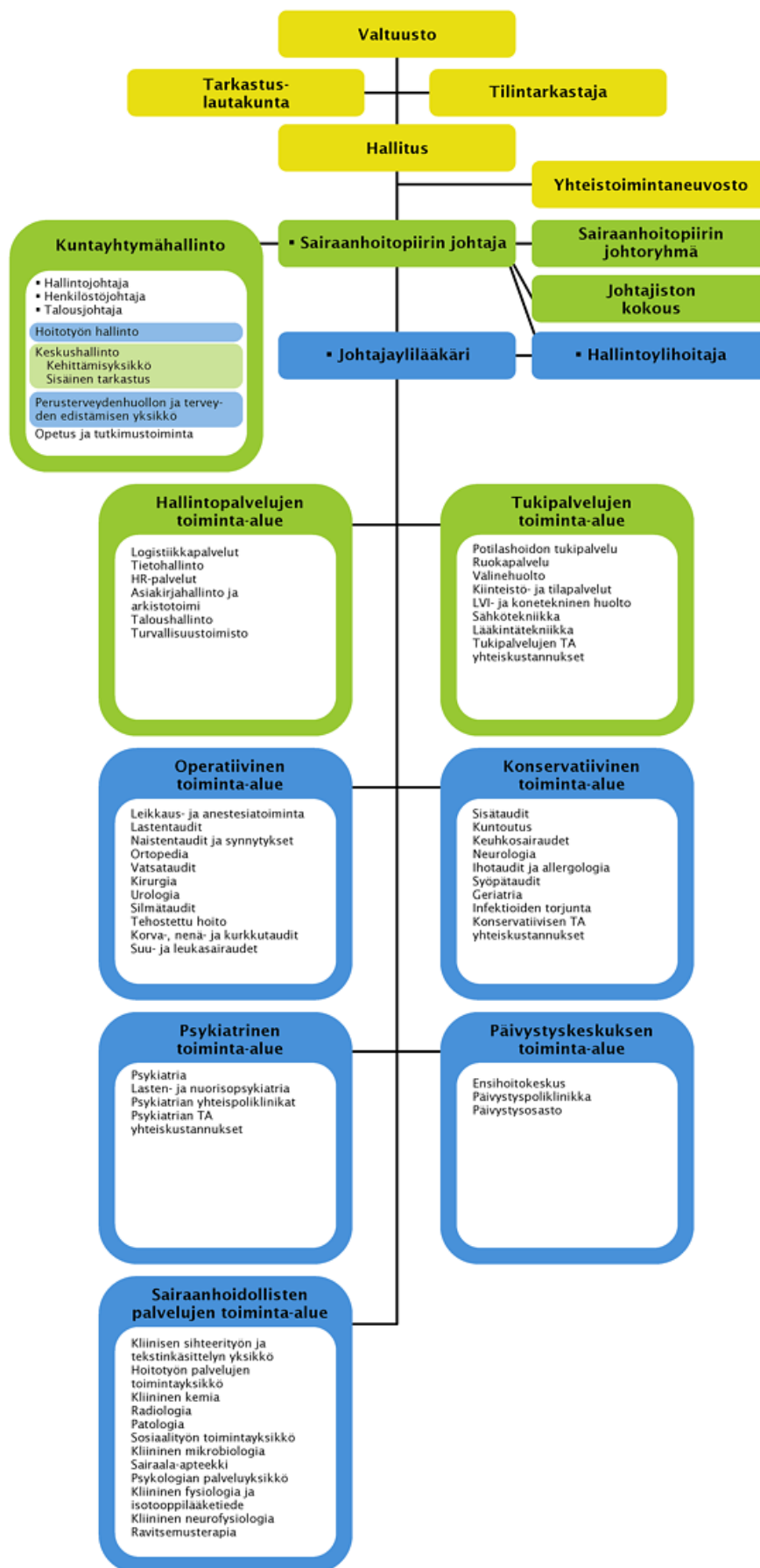
Kuudennessa luvussa tarkastellaan opinnäytetyön tuloksia ja verrataan niitä tavoitteisiin. Viimeisenä ennen lähteitä on pohdintaa ja yhteenveto opinnäytetyön kulusta ja mahdollisista lisätutkimustarpeista.

1.4 Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri

Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri työllisti vuoden 2019 lopussa 3536 henkilöä (EPSHP,2019). Työtehtävät jakautuvat keskussairaalan lisäksi muihin yksiköihin, jotka palvelevat 18 kunnan aluetta edistään alueen ihmisten terveyttä (EPSHP, [viitattu 28.8.2020]).

Opinnäytetyön toimeksiantajana on logistiikkapalvelut, jotka kuuluvat hallintopalveluiden toiminta alueelle Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin organisaatiossa (kuvio 1).

Logistiikkapalvelut jakautuvat kolmeen sektoriin, jotka ovat hankintakeskus 10 henkilöä, keskusvarasto 12 henkilöä ja tavarakuljetus 16 henkilöä. Tavarakuljetus vastaa keskussairaalan ja Y-talon kuljetuksista sekä Törnävän ja Seinäjoen kaupungin alueen kuljetuksista. Kuljetussuoritteita on sekä vakio- että tilauskuljetuksina. Vakiokuljetuksia ovat ruoka-, posti-, näyte- ja lääkekuljetukset ja pyykki-, keskusvarasto-, välinehuoltotoimitukset sekä jätehuolto. Vakiokuljetuksissa käyntejä pudotus- tai noutopaikoissa on yhteensä noin 4000 kpl/vk. Tilauskuljetuksia on keskimäärin 80 kpl/vk ja niitä ovat mm. keskusvarastokuljetukset, laitekuljetukset, näytekuljetukset ja vainajien noudot. Vakio- ja tilauskuljetuksia suoritetaan sekä jalkaisin että vetotrukkeja käyttäen. Vakiokuljetuksissa käytetään myös kuljetusautomaatteja. Henkilöstöä perehdytetään tilanteen mukaan useampaan eri työvuoroon. (Valo 2020.)



Kuvio 1. EPSHP:n organisaatio (EPSHP, [viitattu 30.8.2020]).

2 KULJETUSTEN AUTOMATISOINTI

Sisälogistiikan automatisointi ei ole uutta, sillä ensimmäinen AGV-vaunu (automatically guided vehicle) otettiin käyttöön Yhdysvalloissa jo 1900-luvun puolivälissä. Ensimmäiset AGV-vaunut kehitettiin siten, että ne pystyisivät toimimaan varastoissa ja tuotantolaitoksissa. Seuraava kehitysaskel näissä oli, että upotettujen ja jännitteisten kaapeleiden sijaan navigointi toteutettiin lattiaan laitettujen teippien avulla. Tämän jälkeen tulivat konenäkö ja laserpohjainen navigointi. Konenäön ja laserpohjaisen navigoinnin myötä fyysisiä ohjausjärjestelmiä ei juuri tarvita. Mikäli AGV-vaunussa on riittävä tekniikka ja ohjelmisto tekemään itsenäisesti päätöksiä reitistä ja mahdollisten esteiden väliaikaisuudesta, voidaan tätä kutsua AMR:ksi (Autonomous mobile robot). AGV, eli perinteisesti vihivaunu, on yleisin nimi sisäkuljetuksiin käytettävälle automaattivaunuille. Tekniikan ja ominaisuuksien myötä vaihdetaan vihivaunun nimeä, jotta nimestä saisi selville käytettävän teknologian, jotka pääsääntöisesti liittyvät navigointiin. Muita käytettyjä nimiä ovat AIV (Autonomous Intelligent Vehicle, SGV (Self-Guided Vehicle) ja LGV (Laser Guided Vehicle). Nykyisin sisälogistiikan automatisointi liittyy ensisijaisesti teollisuuden neljänteen vallankumoukseen. (VersaBox 2020.)

2.1 AGV

Vihivaunujen nimi on tullut lattian alla olevasta kaapelista, joita ne ovat seuranneet. Tämän tyyppisiä liikkuvia robotteja on ollut tehtaissa ja varastoissa 1970-luvulta saakka. (Aalto ym. 1999, 134.)

Tietyissä olosuhteissa lattiaan asennetut kaapelit ovat edelleenkin tarkin navigointitekniikka, mutta käyttöönotto on kalliimpaa kuin muilla ratkaisuilla. Muita ratkaisuja navigointiin ovat optisesti ohjattavat, laserohjattavat ja usean eri navigointitekniikan yhdistelmät, joita kutsutaan inertiaohjatuiksi. Yhdistelmässä on mukana gyroskooppi ja matkamittari. (Inser Robótica 2020.)

Optisesti ohjattavat vihivaunut kulkevat esimerkiksi maalattua linjaa pitkin, joten reitien uudelleen määrittäminen on helppoa ja edullista. Optinen navigointijärjestelmä on epätarkin vihivaunujen navigointijärjestelmä. (Inser Robótica 2020.)

Laserohjatut vihivaunut ovat suosituin ratkaisu isoissa tiloissa, joissa tulee muutoksia ympäristöön useasti. Laserohjatut vihivaunut ovat joustavia reittien muutoksissa, mutta maksavat muita järjestelmiä enemmän. (Inser Robótica 2020.)

Magnetismiin perustuvaa ohjausta käytetään asentamalla lattiaan magneettilevyjä, joiden avulla pystyy muodostamaan monimutkaisiakin polkuja sekä laajentamaan polkujen verkostoa. Tämä magneettinen navigointijärjestelmä on edullisempi kuin lasernavigointijärjestelmä, ja tällä järjestelmällä päästään parhaimmillaan jopa 2 mm tarkkuuksiin. (Inser Robótica 2020.)

Vihivaunut eivät yleisesti sovellu työskentelemään samoissa tiloissa ihmisten kanssa, mutta tekniikan lisääntyessä turvallisuus kasvaa huomattavasti, kuten Mitsubishi Logisnext Europe Oy:n valmistamissa modulaarisissa automaattitrukeissa. (Rocla 2020).

Vihivaunut hoitavat pääsääntöisesti suurten materiaalmäärien siirtoja trukkien, kuljettimien ja manuaalisten siirtojen sijasta (6 River Systems 2020).

2.2 AIV tai AMR

Itsenäinen älykäs ajoneuvo AIV tai autonominen mobiilirobotti AMR jakavat työskentelytilaa ihmisten kanssa, tämän mahdollistaa niiden hyvät turvaominaisuudet ja edistynyt tekniikka. Kyky määrittää itsenäisesti reitti esteen ohi muodostaa tärkeän eron tämän tyyppisten robottien ja perinteisen vihivaunun välille. (Inser Robótica 2020.) LD-250 Mobiilirobotit, kuva 1, eivät tarvitse muutoksia laitokseen, vaan kulkevat laitoksen sen hetkisten ominaisuuksien mukaan (Omron 2020).



Kuva 1. Autonominen mobiilirobotti, LD-250 (Omron 2020).

Rakennuksen CAD-piirustukset ladataan robotille tai ohjelmoidaan kartat web-pohjaisella käyttöliittymällä. MiR100-autonominen mobiilirobotti, kuva 2 kulkee turvallisesti ihmisten ympärillä ja käyttää hissiä. (MiR 2020.)



Kuva 2. Autonominen mobiilirobotti, MIR100 (MiR, [viitattu 21.11.2020]).

2.3 IGV

Älyohjattu ajoneuvo, eli IGV (Intelligent Guided Vehicle), on AGILOX Systems GmbH:n kehittämä tuoteryhmä. AGILOX IGV on autonominen robotti, jossa ei ole ohjausjärjestelmää. Agilox-laitteet käyttävät parviälyä keskinäiseen viestimiseen.

IGV eroaa isomman kokonsa puolesta ja viestintään liittyvällä teknologialla muista autonomisista ryhmistä. AGILOX IGV:n navigointitarkkuus on 2 mm:n sisällä ja se pystyy pyörähtämään paikoillaan. Nostokyky on 1000 kg. (AGILOX 2020.)



Kuva 3. Älyohjattu ajoneuvo, AGILOX IGV (AGILOX 2020).

3 KULJETUSAUTOMAATIN ESITTELY



Kuva 4. Kuljetusautomaatti TUG T3 saapuu luiskaa pitkin keskusvarastolle. Kuvassa oikealla on kuljetusautomaatin telakka.

Seinäjoen keskussairaalassa toimivat kuljetusautomaatit, TUG T3 -automaatit ovat Amerikkalaisen ST Engineering Aethon -nimisen yrityksen tuotteita. Maahantuojana TUG-roboteille toimii Eagle Data Ky. (Eagle Data Ky 2016.)

TUG T3 -automaatit ovat enemmän kuin kuljetusautomaatteja, sillä ne kuuluvat autonomisiin mobiilirobotteihin, jotka muokkaavat reittiä itsenäisesti. Kuljetusautomaatti toteuttaa ohjelmoidun reitin, joka voi sisältää nostoja, laskuja ja pysähdyksiä. Turvaetäisyydet vaihtelevat riippuen ohjelmoidusta reitistä. (Hannunen 2020.)

TUG T3 on valmistettu turvalliseksi sairaalaloihin ja liikkeessaan ultraääni-, laser- ja infrapuna-anturit antavatkin kattavaa informaatiota ympäristöstä. TUG T3 -mallin sivuilla olevat ultraäänianturit on vaihdettu vuosien myötä ToF-antureihin lisäten näin edelleen nopeutta ja tarkkuutta välimatkojen mittaukseen ja sitä kautta turvallisuuteen. Sensoriarvojen avulla kuljetusautomaatti paikantaa itsensä uudelleen esimerkiksi, jos hetkellinen lähiverkon heikkous on tehnyt virheen liikkuvan kuljetusautomaatin sijaintiin. Kuljetusautomaatti tarvitsee toimiakseen lähiverkon kaikille reiteilleen. Seinäjoen keskussairaalalla kuljetusautomaattien reittien varrella sijaitsevat

porrasaukot on merkitty heijastelevyihin, jotka ovat katossa. Kuljetusautomaatti lukitsee turvallisuussyistä renkaansa saapuessa heijastelevyn alle. Tämä toiminto on tärkeä osa turvallisuutta. (Hannunen 2020.)

Kuljetusautomaatilla voidaan viedä maksimissaan 453 kg:n kuormaa ja sen vääntökyky on 156 in-lbs, eli 17,6 Nm. Kuljetusautomaatti toimii 10 tuntia satunnaisilla latauksilla. (Aethon 2016.)

Radiosignaalin avulla kuljetusautomaatista lähetetään signaalit ovenavausyksikölle ja äänihälytysyksikölle. Ovenavaus saadaan parhaimmillaan toimimaan niin, että kuljetusautomaatin ei tarvitse pysähtyä ovella ollenkaan. Äänimerkillä on kätevä ilmoittaa osaston henkilökunnalle esimerkiksi tieto kulman taakse saapuneesta kuljetusautomaatista. (Hannunen 2020.)

Fleet management on verkkosovellus, josta seurataan ja hallinnoidaan kuljetusautomaatteja. Sovelluksen kautta näkee liikkeessä olevat kuljetusautomaatit, mitä ne ovat reitistään suorittaneet ja mikä on tämän hetken tila. Tila voi olla esimerkiksi, että kuljetusautomaatti navigoi kerroksessa kaksi. Sovelluksesta saa myös monenlaisia raportteja liittyen kuljetuksiin. Fleet management -sovelluksen kautta muodostetaan kuljetukseen kuuluvat nostot, laskut ja pysähdykset sekä määritellään aikataulu ja toistettavuus. (Hannunen 2020.)

Oleellinen osa kuljetusautomaatin kulkuun liittyvistä seikoista määritellään Map'N'Zap-karttaohjelmalla. Karttaohjelmaan ensin skannataan reittiin kuuluvat alueet. Tämän jälkeen siistitään skannauksen jälki. Karttaan lisätään lukuisat asiat, kuten ovet, porrasaukot, hissit jne. Sitten karttaan voidaan määritellä tarvittava määrä reittejä, joissa on nosto-, lasku- ja pysähdyspaikkoja. (Hannunen 2020.)

4 OPTIMOINTIIN VAIKUTTAVAT SEIKAT SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ

Sairaalaympäristössä on paljon erityyppisiä asioita, jotka täytyy ottaa huomioon kuljetusautomaattien käytössä. Kuljetusautomaattien käyttöä optimoidessa korostuvat pienet yksityiskohdat, jotka vaikuttavat tavalla tai toisella sujuvaan ja turvalliseen kuljetusautomaatin kulkuun. Lyhyt viive kertaantuu kuljetusten lisääntyessä ja muodostaa pian jo tärkeän kehityskohteen. Yhteistyö sairaalassa toimivien työntekijöiden kesken on keskeistä kehitettäessä uusia kuljetuksia tai selvitettäessä teknisiä viiveitä.

4.1 Turvallisuus

Turvallisuuden takaaminen on perusta sille, että kuljetusautomaatit ylipäätään voivat kulkea sairaalaympäristössä. Turvallisuuden huomioiminen reittejä tehdessä on tärkeää ja haasteellista. Helpolta tuntuva reitin muutosta ei välttämättä voidaan tehdä nopeasti ja huolettomasti. On hyväksyttävä viiveet, joita tulee turvallisuuden takaamisesta.

Uutta reittiä suunnitellessa on huomioitava alueen ominaisuudet, liikutaanko käytävillä rollaattoreilla tai muilla apuvälineillä. On mietittävä, paljonko alueella on liikennettä. Mikä on siis sopiva nopeus kyseisellä alueella, mistä kulku tapahtuu ajatellen odotustiloja ja käytävän käyttöä. Joutuuko kuljetusautomaatti vaihtamaan käytävällä puolta ja kuinka se tapahtuu. On myös huomioitava kuljetusautomaatin mahdollinen pysähtyminen pisteelle, jossa vaihtuu lukko, ja siitä johtuvan muutaman kuljetusautomaatin jonoutuminen. Lukko on toiminto jolla hallitaan, että valitulle alueelle pääsee vain yksi kuljetusautomaatti kerrallaan.

Kuljetusautomaatti tai kuljetusautomaatit voivat tukkia käytävän, oviaukon tai hissini aiheuttaen esimerkiksi potilaan siirtoon liittyvän esteen. Tämän vuoksi olisi tärkeää, että jokaisella osastolla olisi osaavaa henkilökuntaa kuljetusautomaatin siirtoon. Pysähtyneen kuljetusautomaatin siirto on kuitenkin yksinkertaista, mutta väärin siirrettäessä kuljetusautomaatin pyörät lukkiutuvat turvallisuussyistä ja tämän jälkeen

siirto on huomattavasti vaikeampaa. Seinäjoen keskussairaalan kuljetusautomaateissa on käytössä tarrat, joissa on opastus kuljetusautomaatin siirtoon. Myös hissien käyttöönotossa kuljetusautomaateille on huomioitu, että kiireellisiin potilaskuljetuksiin varattuja hissejä ei oteta kuljetusautomaattien käyttöön.

Kun kuljetusautomaatin otetaan käyttöön uusi kärrykoko, on huomioitava mahdolliset mitat, jotka lisäävät kuljetusautomaatin omia mittoja. Mittojen perusteella muodostetaan uudet turvaetäisyydet ja näin estetään mahdolliset törmäykset esimerkiksi käänöksissä.

4.2 Esteettinen ympäristö

Sairaalaympäristön esteettisyys luo haasteita kuljetusautomaatin tehokkaalle tilojen käytölle, kulkemiseen ja navigointitarkkuuksiin muodostaen viiveitä, joista osaan voidaan vaikuttaa ohjelmallisesta.

Esteettisistä syistä ei voi teipillä merkitä kuljetusautomaatin reiteistä kertovista opasteista kuin välttämättömimmät, joita ovat nosto- ja laskupaikkojen merkinnät. Vähäisten teippien puutteen vuoksi monia esteitä jätetään tahattomasti kuljetusautomaatin reitille estäen sen kulun tai muodostaen hidasteen. Esteettisyys on myös este ikkunapintojen peittämiselle. Ikkunoiden peittäminen muodostaisi kuljetusautomaatille hyvää navigointiin tarvittava pintaa ja estäisi auringon aiheuttamaa häiritsevää anturitietoa. Myös kiiltävät metallipintojen aiheuttamat heijastukset aiheuttavat monin paikoin viiveitä esimerkiksi hissien läheisyydessä. Kiiltävien metallipintojen maalaus olisi hyvä vaihtoehto, mutta sitä ei voida käyttää sairaalanympäristön esteettisyyden vuoksi. Edellä mainittujen tapauksien aiheuttamia viiveitä on mahdollista joissain määrin vähentää ohjelmoinnilla, mutta yleensä nämä huomataan vasta käyttöönoton jälkeen kuljetuksia seuraamalla. Esimerkiksi heijastus voi tulla ilmi vasta, kun kuljetusautomaatti on poikennut reitiltään estettä väistäessään.

4.3 Reitit

Sairaalaympäristössä reittien muodostaminen vaatii suurta yhteistyötä eri ihmisten kanssa. Reitille kuuluvien osastojen ja muun sisäkuljetuksen kanssa on sovittava useita käytäntöjä: Esimerkiksi minne voi jättää kuljetusautomaatin varastokärryt tai minne osastolla jatkossa voidaan jättää liikunta-apuvälineitä ja pyykkikärryjä, etteivät ne olisi kuljetusautomaatin tiellä. On selvitettävä vaihtoehtoisia reittejä, joissa olisi esteitä vähemmän, tai kartoittaa voidaanko kuljetusautomaatille lisätä nopeutta joillakin alueilla, leveämpien käytävien tai pienemmän liikenteen myötä. Alaluvuissa on tarkemmin muutamia tärkeimpiä yksityiskohtia reittien viiveistä ja niiden optimoinnista, joissa otetaan huomioon reittien pituuksia, muutoksiin sopeutumista ja alueiden hallintaa hissien ja lukkojen avulla.

4.3.1 Telakoiden paikat

Telakka on aina yksilöity kuljetusautomaatille. Tämän vuoksi telakan paikka määrittelee kuljetukseen sopivimman kuljetusautomaatin. Tätä ei aina voida ottaa huomioon, mutta tässä on yksi helpoimmista yksittäisistä keinoista säästää kuljetukseen menevää aikaa. Telakan ollessa lähellä kyseiseen kuljetukseen sisältyviä määränpäitä kuljetusten pituus on mahdollisimman lyhyt. Telakat pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle useasti toistuvia reittejä.

Yksi hyvä esimerkki hyvin sijoitetusta telakasta on keskusvarasto, koska sieltä lähtevät kaikki varastokuljetukset ja sinne palautuvat tyhjät varastokärryt. Turhia ajoja ei tule juuri ollenkaan kuljetusautomaatin aloitus- tai lopetusmääränpään ollessa aina varastolla.

Telakat vaativat kuitenkin oman tilansa ja voi olla haastava löytää optimaalista telakan paikkaa ajatellen useasti toistuvia kuljetuksia.

4.3.2 Muuntautumiskyky jonkin reitin poistuessa käytöstä

On hyvä mahdollisuuksien mukaan tehdä vaihtoehtoisia reittejä, joita voisi käyttää ympäristön muuttuessa. Esimerkiksi remontin sulkiessa käytävän tai hissien vikaantumisen vuoksi olisi tällöin valittavissa toinen reitti määränpäähän. Nyrkkisääntönä olisi hyvä pyrkiä mahdollisuuksien mukaan siihen, että jokaisessa kerroksessa olisi reitit kaikille mahdollisille hisseille. Näin kuljetusautomaatti pääsee tarvitsemiinsa määränpäihin käyttäen toista hissiä optimaalisimman hissien vikaantuessa. Tämä mahdollistaisi usein vaihtoehtoisen reitin myös jonkin käytävän ollessa remontoinnin kohteena.

4.3.3 Hissit

Hissit ovat haasteita ja mahdollisuuksia. Hissit keräävät monesta kerroksesta kuljetusautomaatit samaan paikkaan, mutta niillä on myös mahdollisuus jakaa kuljetusautomaatteja eri kerroksiin.

Hissien avulla saadaan kuljetusautomaatti suunnitellusti vaihtamaan kerrosta. Kerroksen vaihdon myötä päästään käytäville, joilla on vähemmän esimerkiksi muuta liikennettä. Esimerkiksi kuljetusautomaatit voidaan laittaa kulkemaan vastakkaisiin suuntiin eri kerroksissa ja näin kuljetus pääsee etenemään nopeasti kapeidenkin käytävien läpi kohtaamatta toista kuljetusautomaattia.

4.3.4 Lukot



Kuva 5. Map'n'Zap-ohjelmalla tehty kuljetusautomaattien kohtaamispaikka.

Kuvassa 5 kohtaamispaikalla vaihtuu lukot pisteissä HPT_13 (oikealla reitillä) ja Hpt_14 (vasemmalla reitillä). Näitä lukkoja muodostetaan, ettei alueelle mene yhtä kuljetusautomaattia enempää kerrallaan. Mikäli alueella on jo kuljetusautomaatti, seuraava odottaa vuoroon aina paikassa, josta kyseinen lukkoalue alkaa.

Käytävälle täytyy muodostaa kuvan 5 kaltaisia lukkoja, jotta vältetään useiden kuljetusautomaattien ongelmallinen kohtaaminen ahtaissa paikoissa. On mietittävä tarkkaan, minne lukon voi asettaa, että kuljetusautomaattien kohtaamiseen on riittävästi tilaa. Väärin sijoitettu lukko voi aiheuttaa muita ongelmia yhden tai useamman kuljetusautomaatin odottaessa vuoroaan lukitulle alueelle. Vuoroaan odottavat kuljetusautomaatit herättävätkin monenlaisia tunteita ollessaan käytävän tukkeena tai muuten vain kokoontuessa yhteen paikkaan. Lukot on sijoitettava niin etteivät ne ruuhkauta käytävää ja näin estä muuta kulkua. Myös hissien käyttö voi estyä lukon takia.

Kuljetuksen viivästymisen myötä huomataan usein myös aiemmin tehdyn lukon puutteet. Viivästynyt kuljetus on kyettävä ajattamaan toisella kuljetusautomaatilla, joka on mahdollisesti sillä hetkellä vapaana. Monesti nämä nopeat kuljetusten paikkaamiset tuottavatkin ylimääräistä työtä. Tämä työ sisältää aktiivista kuljetusautomaatin seuranta ja sen kulkuun puuttumista. Tarve syntyy esimerkiksi siitä, että kuljetukset sijoittuvat poikkeuksellisella tavalla samaan aikaan samalle alueelle tuottaen viiveitä. Alueelle ei ole aiemmin ollut tarkoitus laittaa yhtäaikaaisesti kahta kuljetusautomaattia, joten kohtaamispaikkaan, jossa lukko vaihtuu, ei ole varattu riittävästi tilaa. Tässä paljastuukin samalla oleellinen osa uusien kuljetusten käyttöönotossa. On suunniteltava kuljetusautomaattien uudet reitit niin, että ne toimivat myös normaalia isommassa käytössä.

Ymmärtämättä kuljetusautomaattien perusasioita henkilökunnan harmiton pienikin kuljetusautomaatin siirto liian lähelle seinää voi harmillisesti keskeyttää sen alueen kuljetusautomaattien kulun. Keskeytynyt kuljetusautomaattien kulku on niin laajalla alueella, kuin alueen lukko pitää sisällään. Sairaalan haastavassa ympäristössä lukkoja täytyy käyttää todella paljon. Suuri lukkojen määrä pienentää yhdelle lukolle kuuluvaa aluetta ja näin mahdollistaa kuljetusautomaattien sujuvamman kulkemisen.

4.4 Suunnittelu

Määränpäiden välinen reitti saattaa sisältää satoja lyhyitä polkuja, joissa on useita toimintoja valittavana. Nämä toiminnot vaikuttavat esimerkiksi nopeuteen ja liikkumiseen ahtaissa oloissa. On paljon asioita, joita täytyy muokata ja ottaa huomioon jotta saadaan toimiva ja toistuvasti optimaalinen kuljetus. Jo pieni virhe reittejä tehdessä aiheuttaa nopeasti sen, että kuljetusautomaatti ei pääse toteuttamaan kuljetustaan.

Suunnitellessa reittiä on tarkistettava yhdessä osaston kanssa paikka, jossa robotti käy tai tuo kärryn. Alueelle on teipattava merkinnät, joiden mukaan esimerkiksi kärry jätetään kuljetusautomaatille. On myös huomioitava, että usein kuljetusautomaatilla täytyy olla myös tila kääntyä ja palata samaa reittiä pois. Myös ovet ja hissit on lisättävä kuljetusautomaattien käyttöön, jos ne eivät jo ole. Täytyy myös tarkastella

reittiä ajatellen, onko siellä muuttuvia isoja pintoja, esim. sohvia tai sermejä. Nämä täytyy merkitä kuljetusautomaattien käyttämässä kartassa pinnoiksi, joita kuljetusautomaatti ei saa hyödyntää navigoidessaan. Usein karttaan merkitään myös alueita, joita kuljetusautomaatti ei saa hyödyntää laskeutessaan uutta reittiä kiertääkseen esteen.

Kuljetusautomaattien reittien suunnittelijan onkin asennoiduttava jatkuvien sairaalassa tapahtumien muutosten myötä jatkuviin reittien muutoksiin. Monesti suunnittelija joutuu jälkeempään korjailemaan talvella tehtyä reittiä, joka on toiminut moitteetta. Kevään tullessa ja auringon enemmän näyttäytyessä kuljetusautomaatin reitin varrelle syntyy auringonvalon tuottamia heijastuksia. Heijastukset häiritsevät kuljetusautomaatin kulkua ja niiltä osin täytyykin reitteihin tehdä päivityksiä, etteivät kuljetusautomaatit tulkitsisi niitä jatkossakin esteiksi.

Reittejä suunnitellessa olisikin tärkeää olla rauhallinen ja ergonominen ympäristö, jotta saataisiin paras mahdollinen lopputulos. Työ on kuitenkin välillä hyvin tiivistä yhteistyötä useiden osapuolien kanssa, joten työpisteen on hyvä olla lähellä suunniteltavia reittejä.

4.5 Tekniset viivästykset

Tekniset viivästykset perustuvat osien vikaantumiseen tai kulumiseen koneissa ja laitteissa. Myös laitteiden väärinkäytöt tai vahingot aiheuttavat teknisiä viivästyksiä. Näiden viiveiden selvittäminen vaatii välillä paljon aikaa ja yhteistyötä eri alojen ihmisten välillä. Viiveiden syyn selvittäessä onkin välillä hyvä pysähtyä miettimään, missä kaikkialla kyseinen viive voi tapahtua ja kuinka sen voi välttää.

4.5.1 Kuljetusautomaatit

Kuljetusautomaatit kulkevat monenlaisilla alustoilla, jotka aiheuttavat tärinää ja sitä kautta rakenteiden kulumista ja väsymistä. Toisinaan tärinä tuo vikaa elektroniikka- puolelle, mutta myös muualle materiaalien hankautuessa toisiinsa. Käytön myötä

esimerkiksi akselit, renkaat, akut ja kuljetusalustan nostoon liittyvät osat vaativat vaihtoa. Vian esiintymisen ja varsinaisen vikaantumisen välillä voi kulua aikaa, jolloin on mahdollista ennakoida varaosa tarpeet ja huolto, mutta välillä vikaantumiset tulevat odottamatta.

4.5.2 Ovet

Seinäjoen keskussairaalassa on hyvin monenlaisia ovia. Ovien ikä, koko, valmistaja ja käyttömekanismit vaihtelevat. Paikoittain ovet ovat todella aktiivisessa käytössä. On odotettavaa, että oviin tulee ongelmia ja näistä muodostuukin melko yleisiä viiveitä kuljetusautomaateille. Viat johtuvat useista eri syistä, eikä niiden tarvitse olla sen kummempia, kuin löystynyt ja auki kiertynyt ruuvi, joka kiillaa ovet jumiin.

Tutkittaessa opinnäytetyön aikana erään oven epäsäännöllistä viivettä, selvisi että, vetonarulla käytettävä oven avauskytkin oli jäänyt jumiin. Kytkin oli aiemmin satunnaisesti jäänyt jumiin avausasentoon vain tietynlaisen käytön myötä ja näin esti kuljetusautomaattia avaamasta ovea silloin tällöin. Samainen vetonaru jäi myöhemmin huonolla onnella sähkötrukilla vedettävän varastokärryyn kiinni ja aiheutti uuden vikaantumisen, joka kävi ilmi vasta vuorokauden kuluttua kuljetusautomaattien viiveenä. Vuorokauden viive ongelman ilmenemiseen johtui siitä, että avauskytkin jäi jumiin vasta hyvin varovaisesta vetonarun käytöstä.

4.5.3 Hissit

Hissien ovissa ilmenee samantyyllisiä ongelmia kuin muissakin ovissa. Esimerkiksi ruuvi kiillaa ja estää hissin ovia menemästä kiinni. Tekniset viat monesti liittyvät myös yhteysongelmiin kuljetusautomaatin ja hissiyksikön välillä. Myös määräaikaiset huollot aiheuttavat viiveitä, koska kuljetusautomaatit käyttävät hissejä ympäri vuorokauden ja hyvinkin tehokkaasti aamu kahdeksan ja iltapäivä neljän välillä.

Kuljetusautomaatin käyttöön soveltuvan hissin vikaantuessa tai siirtyessä huoltotilaan tulee kuljetusautomaatille tieto hissin käyttökiellosta. Mikäli on valittavissa toinen reitti, joka kiertää käyttökiellossa olevan hissin, ajastettu kuljetus menee sieltä.

Jos taas vaihtoehtoista reittiä ei ole, niin kuljetusautomaatti ei lähde suorittamaan kuljetusta ollenkaan. Mikäli tieto käyttökiellosta tulee sen jälkeen, kun kuljetusautomaatti on jo lähtenyt suorittamaan kuljetusta, kuljetusautomaatti pyrkii menemään alkuperäistä reittiä jääden käyttökiellossa olevan hissien luokse pysähdyksiin. Hissien huoltotoimenpiteistä olisi tärkeää saada tietoa ennakkoon, jotta kuljetukset saadaan hoidettua mahdollisimman sujuvasti.

4.6 Odottamattomat viivästykset

Odottamattomiin viivästyksiin voidaan lukea myös osa teknisistä viivästyksistä, joita käytiin aiemmin läpi. Näiden lisäksi kuljetuksiin liittyviä haasteita tulee ohjelmallisista tai lähiverkkoon liittyvistä ongelmista. Seuraavaksi selvitetään huonon kommunikation tuottamia viivästyksiä.

Jos kommunikaatio on syystä tai toisesta jäänyt vajaaksi, ovat sairaalan saneeraustyöt ovat yksi akuutein odottamaton epäsäännöllinen viive, joka liittyy kommunikointiin. Käytävä voidaan tukkia tai kaventaa. Tästä seuraa, että käytävää ei voida käyttää kuljetusautomaatin reittinä tai kavennetun käytävän alueelle täytyy muodostaa lukkoalue, jotta alueelle ei pääse kahta kuljetusautomaattia. Kuljetusautomaattien kohtaaminen johtaisi välittömästi viivästyksiin, käytävän ruuhkautumiseen ja tukkiutumiseen kuljetusautomaattien toimesta.

Reittien muuttaminen ei kaikissa tilanteissa onnistu päivässä, vaikka asiaan perehtynyt henkilö olisikin töissä ja voisi paneutua vain siihen. Tilanne voi vaatia uuden määränpään luomiseen kuljetusautomaatille ja se vaatii aina reittien ohjelmallisen tarkastuksen, joka vie perustietokoneelta lähes työpäivän verran aikaa. Kun tähän lisätään reittien suunnitteluun ja luomiseen vievä aika sekä mahdollisten haasteiden selvitys, niin aikaa kuluu huomattavan paljon. Hyvä kommunikaatio eri tahojen välillä onkin todella merkittävässä roolissa, kun halutaan olemassa olevien tietojen avulla tehdä kuljetuksista sujuvia.

4.7 Odotettavat viivästykset

Odotettavat viivästykset perustuvat toistuviin samantyyliisiin tapahtumiin ympäri sairaalaa. Nämä viivästykset johtuvat suurelta osin käyttöympäristöstä ja kuljetusautomaatin ominaisuuksista.

4.7.1 Asiakkaat

Sairaalan asiakkaat jäävät esimerkiksi mielenkiinnosta kuljetusautomaatin eteen nähdäkseen kuinka kuljetusautomaatti käyttäytyy esteen huomattessaan. Tuoli, pyörätuoli tai muu apuväline jää helposti kuljetusautomaatin reitille, kun reitteihin totuttuun asiakas asioi sairaalassa.

4.7.2 Työntekijät

Seinäjoen keskussairaala on opiskelijasairaala, joten vakiohenkilökunnan lisäksi harjoittelijoita on paljon. Tämä aiheuttaa sen, että sairaalassa työskentelevien henkilöiden vaihtuvuus on suurta. Henkilökunta, joka ei ole tottunut tekemään töitä yhdessä kuljetusautomaatin kanssa, ei huomaa jättää sille riittävästi tilaa. Saattaa olla, että uusi työntekijä ei laita varastokärryä oikeinpäin tai oikeaan paikkaan. Välinehuoltokärryn ovi saattaa myös jäädä syystä tai toisesta auki. Auki jäänyt ovi pysäyttää kuljetusautomaatin kulun ja matkaa jatkaakseen tilanne vaatii oven sulkemisen paikan päällä. Muita välineitä tai kärryjä, kuten pyykki- ja tiskikärryjä, jää satunnaisesti kuljetusautomaattien reittien varrelle. Vastaavanlaisia unohduksia ja huolimattomuutta sattuu myös vakituiselle henkilökunnalle. Näistä summautuukin useita odotettavia viivästyksiä kuljetusautomaateille vuodesta toiseen.

4.7.3 Työajat

Seinäjoen keskussairaalassa työskentelee tuhansia ihmisiä eri tehtävissä. Työntekijöiden saapuminen ja lähteminen ruuhkauttaa henkilöliikenteellä käytäviä ja erityi-

sesti hissejä osastojen, pukuhuoneiden ja ulko-ovien välillä. Myös ruokailu tuo henkilöliikennettä. Tämä henkilöliikenteen paine ei ole tuottanut suuria haasteita tai viivästyksiä kuljetusautomaattien reiteillä, mutta näkyy kuljetusautomaattien useina, pieninä viivästyksinä.

Työajat sen sijaan sitovat suurimman osan kuljetuksista kulkemaan klo 8:00 ja 16:00 välille, jolloin tapahtuu suurin osa kirurgisista toimenpiteistä.

4.7.4 Ruuhkautuminen

Monilla osastoilla ruuhkaa aiheuttaa eniten kuljetusautomaatin reitille sattuneet esteet. Esteet liittyvät ruokahuoltoon, lääkärien kiertoon, lääkkeiden jakoon, siivoukseen, pyykkihuoltoon ja huolimattomasti jätettyihin apuvälineisiin, joita ovat esimerkiksi pyörätuolit ja potkupyörät. Jos osastolla on varastokärryjä kolme, muutama pyykkikärry ja sinne tulee kuljetusautomaatin lääkekuljetus tai välinehuollon kierto, osasto on vaarassa ruuhkautua helpostikin. Näissä tilanteissa ihmiset ja kuljetusautomaatit ovat enemmän tai vähemmän toistensa edessä. On mahdollisuuksien mukaan aikataulutettava kuljetusautomaattien kulut niin, että esimerkiksi varastokärryt olisivat noudettu ennen muita kuljetuksia.

4.7.5 Hissit

Opinnäytetyön aikana tuli ilmi, että hissien käyttöä on seurattava, jotta voidaan ennakoida aktiivisen seurannan tarve tai aikataulujen hajauttaminen. On myös helpompaa lisätä uusia kuljetuksia, kun tietää hissien käytön nopealla vilkaisulla. On tarpeetonta käyttää hissiä maksimaalisesti ja näin lisätä riskiä, että jonkin yksittäisen kuljetusautomaatin viivästys viivästyttäisi useita muita kuljetusautomaatteja. Yksittäisellä, pienelläkin viivästyksellä on suuri vaikutus, kun se kertaantuu hissillä, jolla on suuri käyttöaste. Hissi ja sen edusta jokaisessa kerroksessa kuuluvat samaan lukkoalueeseen. Kun kuljetusautomaatille sattuu viive tällä lukon alueella, estää se joka kerroksessa muiden kuljetusautomaattien hissien käytön ja näin se myöhästyttää useita kuljetuksia. Tämän vuoksi tehtiin kuljetusautomaattien aikataulutiedos-

toon taulukko, joka kerää hissien käyttökerrat tunneittain. Taulukko 1 on kuvakaappaus hissien käyttökerroista opinnäytetyön alussa. Taulukko 1 näyttää koko taulukosta vain torstain osalta hissien käytön. Vasemmassa reunassa on kuluva tunti ja ylhäällä on sekä hissien numero että rakennusosa, jossa kyseinen hissi on.

Taulukko 1. Taulukon jokainen solu kerää aikatauluun merkityt, hissien käyttökerat kyseiseltä tunnilta.

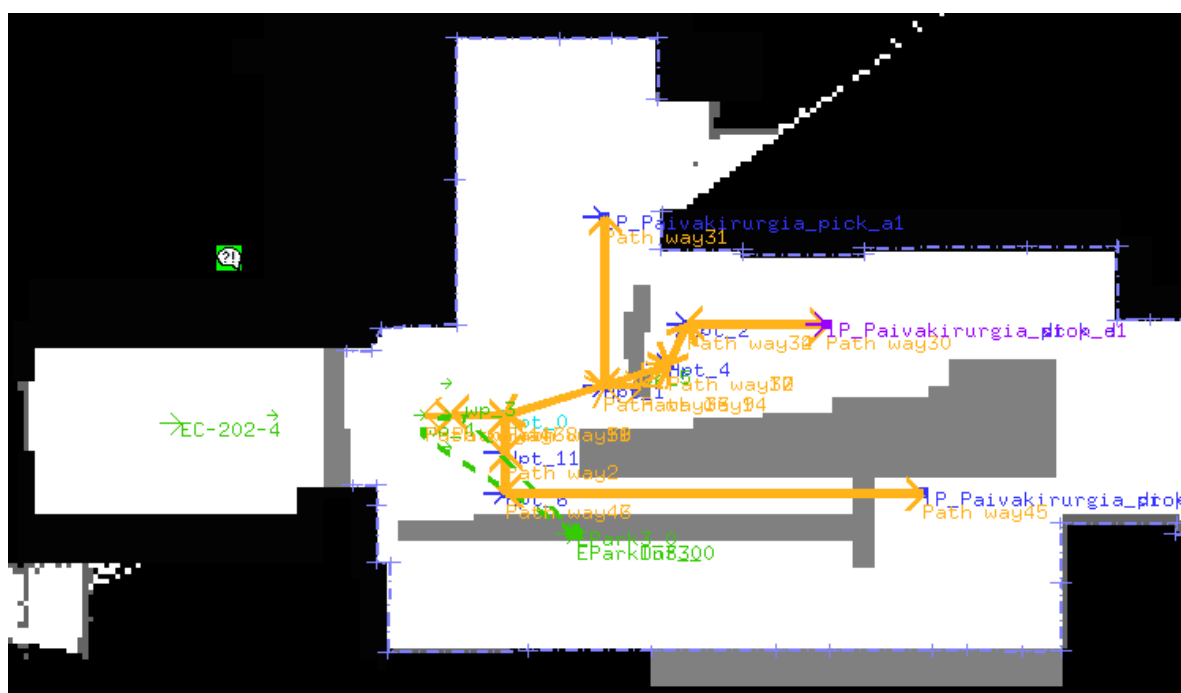
	HISSIT							
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
TO	A			P	H	Y	Y	F
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	1	0	0	0	0
4:00	0	0	0	5	0	0	0	0
5:00	0	0	0	2	0	0	0	3
6:00	0	0	0	2	4	0	0	9
7:00	2	0	0	5	7	0	0	3
8:00	0	0	0	0	10	0	0	4
9:00	4	0	0	0	12	0	0	1
10:00	2	0	0	0	8	0	0	6
11:00	0	0	0	12	4	0	0	8
12:00	4	0	0	0	6	0	2	6
13:00	3	0	0	0	7	2	1	6
14:00	3	0	0	6	4	0	0	6
15:00	1	0	0	3	5	0	0	10
16:00	0	0	0	2	12	0	0	8
17:00	0	0	0	0	4	0	0	4
18:00	0	0	0	7	0	0	0	2
19:00	0	0	0	3	0	0	0	5
20:00	0	0	0	0	0	0	0	3
21:00	0	0	0	0	2	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0

4.7.6 Alueet

On käytäviä ja osastoja, jotka ovat toisia ahtaampia ja näistä muodostuu alueita, joissa kuljetusautomaatit eivät mahdu toisiensa ohi. Mikäli alueella on jo kuljetusautomaatti, on seuraavan alueelle pyrkivän kuljetusautomaatin odotettava pääsyään alueelle. Tämä odottaminen on tyypillinen viive ja näitä viiveitä havaitessa on mieltävä, voiko alueella olla paikkaa, jossa kuljetusautomaatit voisivat kohdata ja näin

saadaan pienennettyä lukkoaluetta ja odotusaikaa. Samat alueet ovat myös herkempiä ruuhkautumaan esteiden takia, koska näissä, ahtaammissa tiloissa ei ole tilaa kiertää esteitä. Alue voi olla pienikin, mutta jos se on aktiivisessa käytössä ja kuljetusautomaatin kulku estyy alueella, on se aina tilanne, joka pitää nopeasti selvittää. Monien alueiden viiveet voisivat olla harvinaisempia ja lyhytaikaisempia, mikäli teippauksia lattioissa ja seinillä noudatettaisiin. Mikäli on henkilökuntavajausta tai uusia työntekijöitä, on inhimillistä, että tavaroita jää tahtomatta välillä kuljetusautomaattien eteen hyvistä merkinnöistä huolimatta.

Erittäin hyvänä esimerkkinä ruuhkautumisvaarassa olevasta alueesta on päiväkirurgian tavarantoimitustila (kuva 6), jonne kuljetusautomaatti tuo varastokärryt sekä välinehuoltokärryn ja logistiikka työntekijä tuo pyykkikärryt. Tilaa käytetään myös varastona kaikkien toimituksien lisäksi.



Kuva 6. Päiväkirurgian tavarantoimitustila

4.7.7 Nostot

Usein kärryn nostaminen kyytiin on haastava tilanne kuljetusautomaatille. Kärry voi olla liian lähellä seinää tai toista varastokärryä, jolloin kuljetusautomaatin turvaetäisyydet eivät toteudu ja nostoa ei saada suoritettua. Välillä kärry on väärin päin, jonka

myötä nosto jää tekemättä. Lattian epätasaisuus aiheuttaa välillä haasteita, koska kuljetusautomaatin hipaistessa tyhjää tai kevyttä varastokärryä kärry, alkaakin valumaan pois oikealta paikaltaan. Tällöin kuljetusautomaatti pyrkii hakemaan kärryn peruuttaen lähemmäksi, mutta usein turvaetäisyydet ympäristöön nähden ovat pienentyneet liikaa. Nostoalueella on myös usein sinne kuulumatonta tavaraa, mikä estää noston. Sairaalan tiloissa on paljon ahtaita paikkoja, joten osa nosto- ja las- kupaikoista on jouduttu sijoittamaan lähemmäksi seinää tai muita esteitä mitä valmistaja on antanut ohjeeksi. Näistä paikoista kuljetusautomaatin nostot saattavat toimia paremminkin kuin viidesti kuudesta, vaikka ohjeen mukaista etäisyyttä esteisiin ei ole voitu noudattaa.

Tekniset häiriöt saattavat haitata nostoja, esimerkiksi sensorin toimintahäiriöt tai akselin kuluminen voivat olla esteenä onnistuneelle nostolle. Edellä mainituissa tapauksissa kuljetusautomaatti ei onnistu tunnistamaan kärryä tai ei pääsee kärryn alle osumatta siihen.

Jotta nosto-ongelmat havaittaisiin nopeammin, nostopaikoissa on käytetty asetusta, jossa kuljetusautomaatti voi yrittää nostoa kolme kertaa. Tämän jälkeen nosto-ongelma näkyy jo Fleet Management -sovelluksessa.

5 KULJETUSMUODOT

Käytetyin osastojen välinen kuljetusmuoto Seinäjoen keskussairaalassa on välinehuollon ja leikkausosaston välillä tapahtuva instrumenttien kuljetus. Kuljetusmuoto poikkeaa muista sillä, että kuljetusautomaateilla ei ole tälle välille aikataulutettua kulkua, vaan kuljetus tapahtuu kyseisten osastojen tilatessa ne tarpeen mukaan päätteeltä. Tämän lisäksi on sairaalassa kaksi laajaa ja jatkuvassa kehityksessä olevaa kuljetusmuotoa, jotka ovat varastokuljetukset ja välinehuollon kiertokärry. Nämä käydään läpi tarkemmin, jotta selviää niiden optimointiin liittyvät erityispiirteet.

Eri kuljetusmuodoissa reitti muodostaa keskenään samanlaisen prosessin, vaikka kuljetusmuodot ovat muilta osin yksilöllisiä prosesseja. Reitin teko etenee vaihevaiheelta ja välillä seuraavan vaiheen ylittäen alkaen kohdasta, jota uuden kuljetuksen reitistä ei aiemmin ole tehty. Reitin tekoon liittyvä prosessi esitellään kuviossa 2 alkaen skannauksesta valmiiseen reittiin.



Kuvio 2. Prosessikuvaus reitin teosta kuljetusautomaateille.

5.1 Välinehuollon kiertokärry



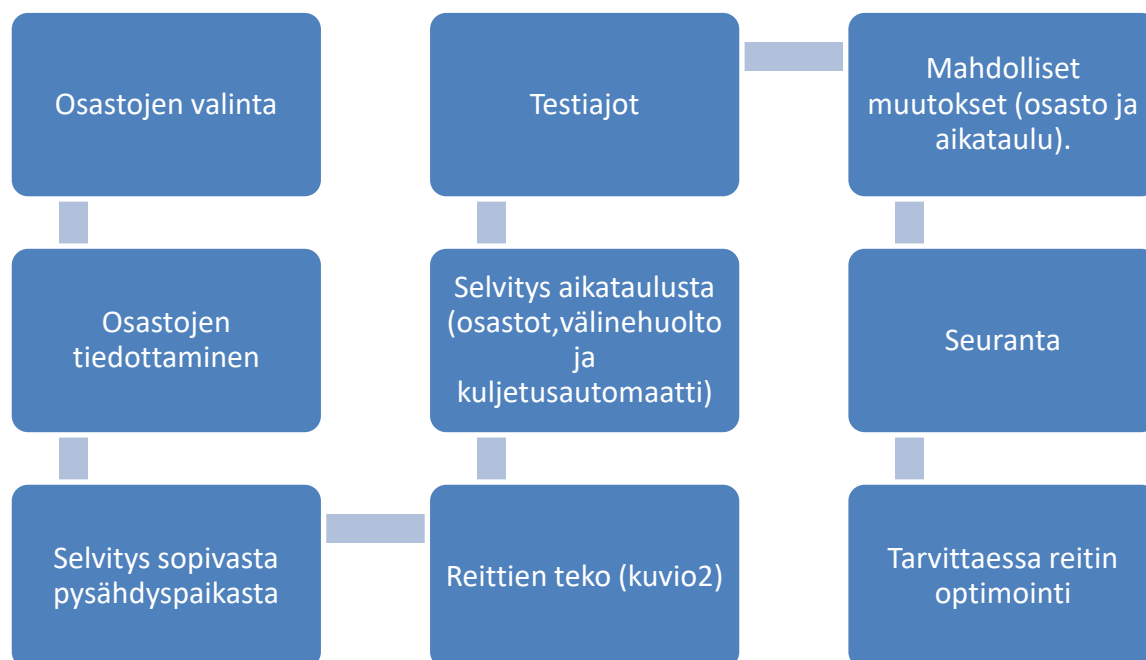
Kuva 7. Kuljetusautomaatti on suorittamassa välinehuollon kiertoa.

Välinehuollon kiertokärryn perusideana on käydä usealla osastolla samalla kierrolla, ettei jokainen osasto tarvitsisi omaa kiertoansa vajaalla kärryllä. Samalle kierrolle yhdistettyjen osastojen avulla saadaan merkittävästi optimoitua näitä aikatauluja.

Kuljetusautomaatti kuljettaa näissä kuljetuksissa välinehuollon kärryä, jossa on pestyjä instrumentteja usealle osastolle. Palatessaan pestyjen vienniltä kuljetusautomaatti kiertää samat osastot uusiksi ja osastoilla laitetaan likaiset instrumentit välinehuoltokärryyn, joista aiemmin on otettu puhtaat pois. Hygienian vuoksi jokaisen reitille kuuluvan osaston täytyy aina ottaa puhtaat instrumentit ensin pois, ennen kuin kärryyn voidaan laittaa likaisia instrumentteja miltään osastolta.

Jos jollakin osastolla ei tarvita puhtaita instrumentteja tai ei ole likaisia instrumentteja, niin silloin osastolla voidaan kuljetusautomaatti laittaa heti sinne saapuessaan liikkeelle ja näin kierto tapahtuu hieman suunniteltua nopeammin.

5.1.1 Välinehuoltokuljetuksen askeleet suunnittelusta käyttöön



Kuvio 3. Prosessin eteneminen välinehuoltokuljetuksen käyttöönotossa.

Kun uutta välinehuollon kuljetusta aletaan toteuttamaan, niin ensimmäisenä halutaan ottaa mukaan osastoja, joissa instrumenttien käyttöä tapahtuu eniten. Samalta suunnalta katsotaan myös muut mahdolliset osastot, jotka voisivat soveltua saman kuljetuksen kierrolle. Mikäli ennalta osataan päätellä sopiva paikka, jossa kuljetusautomaatti voi odottaa instrumenttien vaihtoa, edetään kuvion 2 mukaisesti. Tämän jälkeen osastolle on hyvä lähteä käymään kuljetusautomaatin kanssa ja käydä läpi, soveltuuko aiemmin suunniteltu paikka, vai muutetaanko sitä hiukan.

Osastojen on helpompi asennoitua uuteen reittiin ja toimintatapaan, jos he näkevät kuljetusautomaatin tulevan mahdolliselle instrumenttien vaihtopaikalle. Samalla kun paikan soveltuvuus varmistetaan, on hyvä keskustella myös tarvittavasta hälytysyksikön asentamisesta osastolle. Hälytysyksikkö antaa äänimerkin kuljetusautomaatin saapuessa pysähdyspaikalle. Kun kaikki kyseiselle kuljetukselle suunnitellut osastot on käyty läpi, sovitaan aikataulusta. Milloin ja kuinka usein tämän kierron on hyvä tapahtua. On myös selvítettävä välinehuollon kanssa, milloin instrumentit kyseisille osastoille ovat lähtövalmiina. On myös huomioitava, että kyseiseen aikaan on kuljetusautomaatin oltava vapaana. Mikäli kuljetusautomaatteja ei ole vapaana kyseiseen aikaan, on muutettava joustavamman aikataulun kuljetuksia.

Ennen käyttöönottoa on kuljetusautomaatin hyvä kiertää reitti muutamaan kertaan ja varmistettava toimintavarmuus vähintäänkin uusien reittien osalta. Kun toimintavarmuus on saavutettu, on hyvä seurata kuljetukseen kulunutta aikaa. Mikäli kulu-neessa ajassa on isoja poikkeamia, on selvitettävä poikkeamien syyt ja tehtävä tarvittavat muutokset reittiin, jotta saavutetaan optimaalisin kuljetus.

5.1.2 Välinehuoltokuljetusten optimointi

Kun käyttöönoton eri askeleiden viiveet on opittu, on hyvä ottaa kehityskohteeksi useampi kuljetus päällekkäin ja tehdä toimenpiteitä niin, että muista johtuvien viiveiden ajan voidaan jatkaa toisen kuljetusten kehittämistä.

Välinehuoltokuljetusten kasvattamisen haasteita ja optimoinnin kohteita ovat monien osastojen satunnainen ja pieni instrumenttien tarve. Minkälaisia kiertoja on järkevää suorittaa ja kuinka usein, ettei kuljetettaisi vain yhtä instrumenttia useiden osastojen kautta oikeaan paikkaan. On optimaalisempaa suorittaa satunnaisia välinehuollon kuljetuksia henkilötyövoimalla, kuin laittaa kuljetusautomaatti kulkemaan lukuisia turhia kertoja. Osastolle tullessaan kuljetusautomaatti pääsääntöisesti ilmoittaa tulostaan äänimerkillä, joten tyhjään kuljetus aiheuttaa osastolla turhan tarkastuksen välinehuoltokärryyn.

Osastot voivat vaihtaa paikkaa, jolloin voi olla järkevämpää kulkea osastoille eri järjestyksessä tai vaihtaa kokonaan jokin muu osasto aiemman tilalle. Tällöin optimointi tehdään Fleet Managementin -sovelluksen kautta muuttaen kuljetukseen kuuluvia kohteita.

On pohdittava, että löytyykö jatkossa jonkinlainen rytmi useiden osastojen satunnaiseen kiertoon, jonka lähettäjänä olisikin välinehuollon henkilökunta, eikä niinkään aikataulutettu kierto.

5.2 Varastokuljetus



Kuva 8. Kuljetusautomaatti on suorittamassa varastokuljetusta.

Varastokuljetuksia tapahtuu joka osastolle, mikä tarkoittaa, että varastolla on oltava useita paikkoja lähteville ja saapuville varastokärryille. Itse kuljetus vaatii oikein päin ja oikealle paikalle jätetyn varastokärryn, toimivan reitin varastolta osastolle ja yhteensopivat aikataulut varaston, osaston, hyllytyspalvelun ja kuljetusautomaattien osalta.

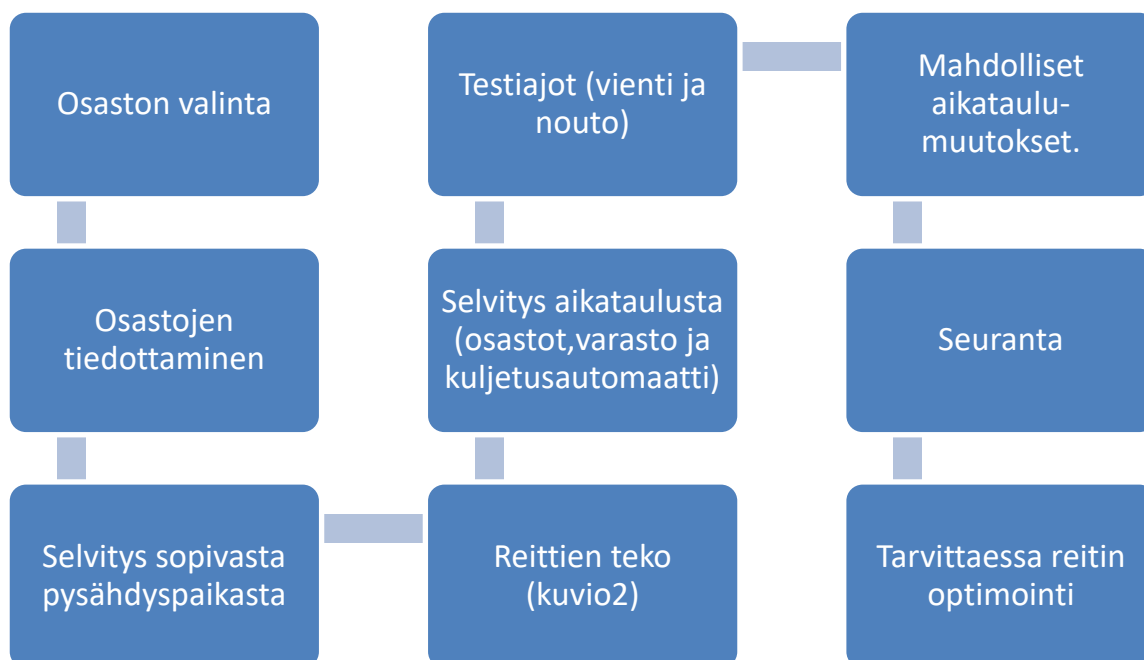
Varastotavaroita menee osastoille kulutuksen mukaan, tämä on yleensä yhdestä kolmeen rullakkoa viikossa. Poikkeuksena on leikkausosasto, jonne menee varastotavaraa huomattavasti enemmän.

Varastotavarat voidaan usein viedä melko vapaasti vuorokauden jokaisena aikana, mutta tässä on huomioitava kuitenkin, että varastokärryt eivät jäisi osastoille esteiksi turhan pitkäksi aikaa. Monien osastojen käytävät ovat kapeita, ja potilassänkyjä siirrettäessä varastokärryt eivät ole toivottuja esteitä.

Seinäjoen keskussairaalassa varastokuljetukset tehdään pääasiassa kahdella kuljetusautomaatilla, joiden telakat ovat keskusvarastolla. Telakasta lähtiessään kuljetusautomaatti suuntaa varastossa aikataulun mukaisesti oikean varastokärry jonon eteen, pyörähtää ja peruuttaa, kunnes saavuttaa varastokärryn ja nostaa sen kyytiin. Tämän jälkeen kuljetusautomaatti lähtee osastolle, jossa se laskee varastokärryn, teipein merkitylle alueelle. Laskun jälkeen kuljetusautomaatti hakee toiselta osastolta tyhjätyt varastokärryn varastolle tai hakee suoraan varastolta seuraavan kärryn kyseiselle osastolle. Kuljetuksen tehtyään kuljetusautomaatti menee telakkaansa lataukseen.

Teipit ovat osastolla lattiassa merkinä, että kyseinen alue jätetään vapaaksi kuljetusautomaatin käytettäväksi laskupaikkana. Samalla alueella on myös teippimerkinät mihin tyhjätyt varastokärryt jätetään, että kuljetusautomaatilla on tilaa nostaa kärry kyytiin.

5.2.1 Askeleet suunnittelusta käyttöön



Kuvio 4. Prosessin eteneminen varastokuljetuksen käyttöönotossa.

Kun uutta varastokuljetusta aletaan toteuttamaan, valitaan ensimmäisenä kuljetukset, joiden siirto kuljetusautomaateille vapauttaa eniten logistiikkatyöntekijöiden aikaa. Tämän jälkeen reittiin lisätään tarvittavat määränpäättäjät, eli nosto- ja laskupaikat. Nosto- ja laskupaikat täytyy sopia aina osaston kanssa, koska on mahdoton tietää osastojen kaikkia aikatauluja ja toimintatapoja. Jokin kuljetusautomaatille hyvä nostopaikka saattaa osaston näkökulmasta olla erittäin huono. Varastokärryille katsotaan nostopaikka sekä osaston että toteutuksen luotettavuuden näkökulmasta. Paikkaa miettiessä on tiedettävä myös varastorullakoiden määrä.

Varastolta selvitetään, milloin varastokärryt ovat noutovalmiina ja samalla ilmoitetaan mistä varastokärryjen jonosta kuljetusautomaatti tulee kärryt noutamaan.

Kuljetukset pyritään tekemään illalla ja aamuyöllä aina kun se on mahdollista. Jos varastokärryt täytyy hakea osastolta mahdollisimman pian, on hyvä kysyä varastolta, että onko osastolle hyllytyspalvelu käytössä. Hyllytyspalvelun avulla on mahdollista tietää tarkka ajankohta, milloin varastokärryt ovat noudettavissa. Osastojen hyllyttäessä aikataulu ei ole niin tarkka, koska osasto elää aina sen hetken tarpeen mukaan ja monesti varastokärryjen purun arvioidaankin olevan suoritettu seuraavaan aamuun mennessä. Tyhjät varastorullakot noudetaan osastolta mahdollisimman pian purkamisen jälkeen, mutta mielellään illan ja yön aikana, että saadaan sijoitettua kuljetuksia aikataulun ruuhkaisimman ajan ulkopuolelle.

5.2.2 Varastokuljetusten optimointi

Varastokuljetusten optimointikohteita ovat reitit, aikataulut, kuljetusautomaatin tyhjänä kulkemisen välttäminen ja vaihteleva varastokärryjen määrä. Kuljetusautomaatin tyhjänä kulkeminen ja vaihteleva varastokärryjen määrä pakottaa tekemään kompromisseja. Kuljetuksen jatkuva muokkaaminen sopivaksi vaihtelevan varastokärrymäärien suhteen vie kohtuuttomasti aikaa robottiohjaajalta verrattuna hyötyyn. Tällöin valitaan useampi vienti, minkä vuoksi kuljetusautomaatti kulkee toisinaan tyhjänä varastolta osastolle. Tämän tyhjänä kulkemisen ajan kuljetusautomaatti voisi lataantua telakassa tai kuljettaa muita kuljetuksia. Jos taas tämä ylimääräinen kuljetus viedään logistiikkatyöntekijän työpanoksella, niin samalla kuljetuksella hän olisi voinut viedä myös kuljetusautomaatin viemät varastokärryt kyseiselle osastolle.

On ratkaisevan tärkeää seurata kuljetuksien aikatauluja ja verrata niitä välillä pitkäl-
täkin aikaväliltä. Välillä on hyvä myös seurata sen hetkistä kuljetusta ja näin huo-
mata viive, jota ei huomata aikaisempiin aikoihin verratessa. Yksi tärkeä muutos
tehtiin opinnäytetyön aikana varastolle johtavaan reittiin. Muutos säästää aikaa ai-
kaisempaan reittiin nähden sitä enemmän, mitä kuljetuksia menee samanaikaisesti.
Muutoksesta kerrotaan tuloksissa vielä lisää.

Aikataulujen optimointi varaston, osaston ja muiden kuljetusten suhteen on myös
tärkeä optimoinnin kohde. Kuljetusautomaattien on optimaalisinta toimia kaikkien
näkökulmasta mahdollisimman sujuvasti, koska se auttaa tulevien kuljetusten käyt-
tönotossa ja yleisessä suhtautumisessa näihin väsymättömiin työkavereihin.

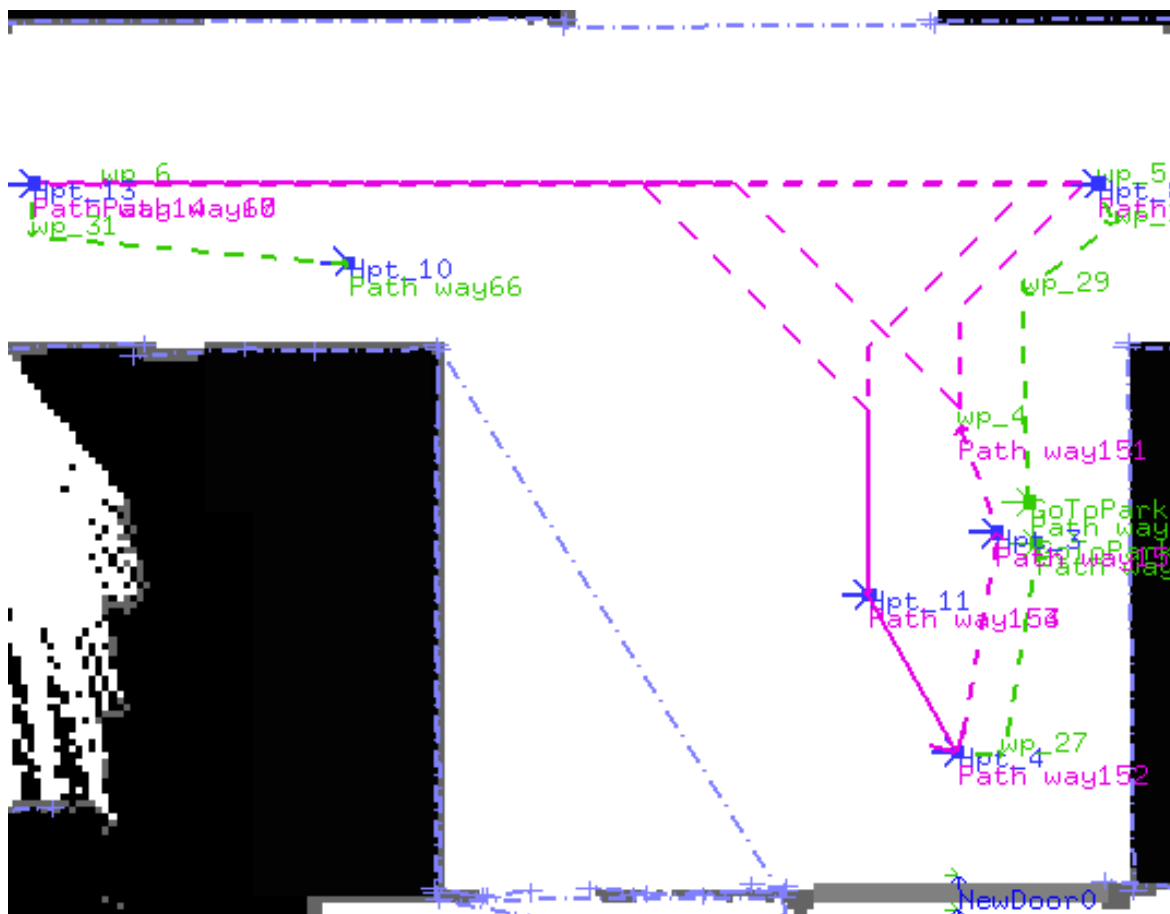
Vietäessä varastokuljetuksia osastoille on optimaalista tuoda toiselta osastolta va-
rastokärryjä takaisin varastolle. Haasteena on sairaalaympäristö, jossa on kesäsul-
kuja joillain osastoilla. Kesäsulun aikana osastolle ei kulje varastotavaraa, joten näi-
hin kuljetuksiin liitetyt tyhjien varastorullakoiden noudotkaan eivät toimi, ellei niitä
erikseen muokata kesäsulkujen ajaksi. Varastotavarat puretaan osastoilla eri aikaan
ja eri päivinä, joten täytyy tarkkaan miettiä, miltä osastolta kärryjä voidaan tuoda
varastolle samalla kun toiselle osastolle vie varastolta.

6 TULOKSET

Viiveet toivat selkeästi esille optimoinnin haasteet sairaalaympäristössä. Näiden haasteiden ymmärtäminen on välttämätöntä, jotta voidaan toteuttaa optimaalisesti uusia kuljetuksia kuljetusautomaattien toimesta. Viiveisiin tutustuminen antoi myös selkeitä näyttöjä, kuinka riskialttiita hissien läheisyydet ovat useamman kuljetusautomaatin ruuhkautumiselle. Näiden näyttöjen vuoksi muodostettiin hissien käyttökertoja seuraava taulukko kuljetusautomaattien aikataulutiedostoon. Hissien käyttökertoja, jotka perustuivat kuljetusautomaattien käyttöihin, voi nyt tilanteen mukaan hyödyntää: Esimerkiksi hajauttamalla kuljetusten aikatauluja tai kierrättämällä kuljetusautomaatin toisen hissien kautta saadaan pienennettyä ruuhkautumisen riskiä, jossa olisi useita kuljetusautomaatteja. Taulukko koettiin hyväksi lisätiedoksi, mutta sen hyödyntäminen jäi opinnäytetyön aikana pieneksi.

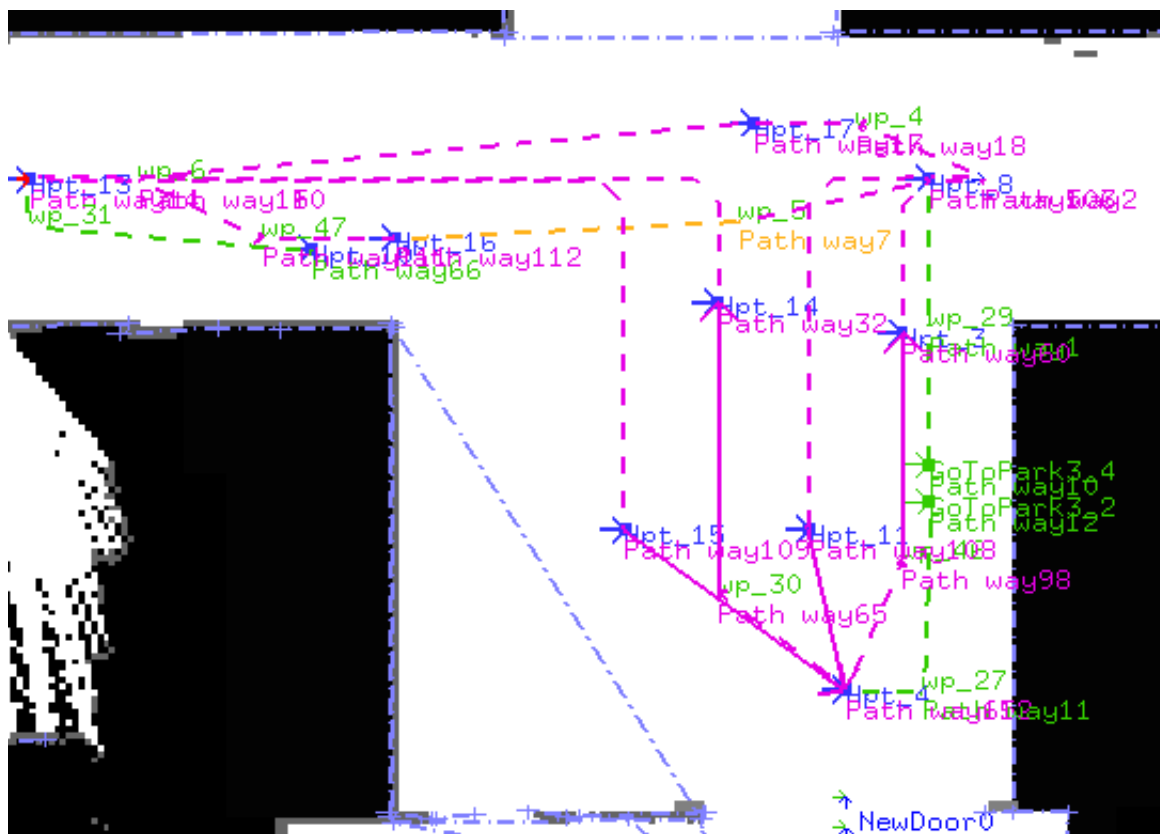
Opinnäytetyötä tehdessä päivitettiin useita reittejä ympärisairaalaan ja opittiin lisää reittien muokkaamisesta ympäristön aiheuttamien viiveiden välttämiseksi.

Ensimmäiseksi esimerkiksi otetaan A31- ja A32-osastot ja niiden väliin jäävä tila (kuva 9). Ennen päivitystä molemmat osastot kuuluivat samaan lukkoalueeseen, eli yksi kuljetusautomaatti pääsi osastoille Hpt_3:n kautta ja vasta kun kuljetusautomaatti tuli osastoilta pois Hpt_11:n kautta, niin seuraava kuljetusautomaatti pääsi osastoille. Ongelmaksi ennakoitiin se, että jossain tilanteissa osastoille olisi voinut pyrkiä kolme kuljetusautomaattia samaan aikaan. Tämä olisi aiheuttanut tilanteen, jossa kuvan 9 alareunassa olevilla ovilla olisi odottanut kaksi kuljetusautomaattia pääsyä osastoille yhden jo siellä ollessa. Osastoilla kuljetusta viemässä oleva kuljetusautomaatti olisi voinut olla matkojen lisäksi 10 min/osasto. Tästä olisi tullut ovella oleville kuljetusautomaateille vähintään 20 minuutin viive ja samalla jälkimmäinen näistä olisi sijoittunut osittain oven eteen (NewDoor0).



Kuva 9. Osastojen A31 ja A32 välinen tila ennen päivitystä.

Päivityksessä molemmille osastoille luotiin omat lukot varastokuljetusten nouto- ja jättöpaikoille, sekä erilliset lukot molempien osastojen perällä kulkeville reiteille. Molemmilla osastoilla osastokohtainen lukko alkaa osastojen välisestä tilasta ja jatkuu osaston varastokuljetusten nouto- ja jättöpaikalle. Jakamalla lukkoalueen pienempiin osiin saatiin kuljetuksia sujuvimmiksi ja tuomalla lukkoja Hpt_14 ja Hpt_3 ylemmäksi vältetään oven ruuhkautuminen.



Kuva 10. Osastojen A31 ja A32 välinen tila päivityksen jälkeen.

Toiseksi esimerkiksi tuloksista otetaan keskussairaalan varastoon menevä luiska. Ennen päivitystä luiska kuului samaan lukkoalueeseen keskusvaraston kanssa. Tämän vuoksi koko alueelle pääsi vain yksi kuljetusautomaatti kerrallaan. Luiskassa oli vain yksi kaista, jota kuljetusautomaatit menivät vuoroin ylös ja vuoroin alas. Lukkoalue todettiin kohtuuttoman isoksi, sillä se aiheutti jatkuvasti viiveitä seuraaville kuljetusautomaateille, jotka pyrkivät alueelle yhden kuljetusautomaatin ollessa varastossa tai luiskassa. Koska luiskassa ei ollut muita lukkoja, keskusvarastolla sattuneen viivästyksen takia luiskan jälkeinen käytävä meni myös lukkoon pitkältä matkalta jo kahden kuljetusautomaatin tullessa luiskan alaosaan odottamaan pääsyään varastolle. Edellä mainitut syyt muodostivat tarpeen päivitykselle.

Luiska tehtiin kaksisuuntaiseksi, jossa kuljetusautomaateilla on tilaa kohdata toisensa. Useita lukkoalueita muodostettiin siten, että ne sijoittuvat ylöspäin menevällä reitillä luiskan yläosaan ja alaspäin menevällä reitillä luiskan alaosaan. Lukkoalueiden muodostamiset lisäävät joustavuutta paljon, sillä muutoksen jälkeen vaaditaan

viides kuljetusautomaatti pyrkimään varastolle ennen kuin varastoa lähin käytävä menisi lukkoon. Tämän lisäksi keskusvarastolta tuleva kuljetusautomaatti päästää huomattavasti aiemmin seuraavan kuljetusautomaatin keskusvarastolle säästäen paljon aikaa. Luiskan toimivuudesta tehtiin mittausta, jossa näkee kartan päivityksestä johtuvan ajansäästön. Mittaus tehtiin kahdella kuljetusautomaatilla, jotka lähtivät rampin alaosaan ja tekivät saman tehtävän rampin päällä olevassa keskusvarastossa. Ajan mittaaminen aloitettiin ensimmäisen kuljetusvaunun lähdöstä rampin alaosaan ja päätettiin, kun molemmat olivat tulleet varastolta ramppia pitkin lähtöpisteeseen. Ajansäästö oli lähes kaksi ja puoli minuuttia. On kuitenkin huomattava, että tämä ajan säästö vaikuttaa vain silloin, kun alueelle pyrkii useampia kuljetusautomaatteja samanaikaisesti. Päivityksen tulos koettiin hyödylliseksi, koska kuljetukset lisääntyvät päivä päivältä.

Kolmannen esimerkin oli tarkoitus olla aikataulun muokkaus. Tässä välinehuollon kiertokärryn ajojärjestystä muokattiin niin, että kuljetuksen kaukaisimmalla osastolla käydään vain kerran aikaisemman kahden kerran sijasta. Ajojärjestys oli tehty optimaaliseksi vanhemmilla osasto järjestyksillä, mutta se oli jäänyt päivittämättä osastojen muuttaessa sijaintiaan. Laskennallisesti ajansäästö olisi ollut 10—20 minuuttia näissä kuljetuksissa. Lopulliset tulokset tästä esimerkistä jäivät saamatta, koska välillä usean osaston välisiä asioita on hidasta viedä eteenpäin. Tämä kolmas esimerkki kuitenkin tuo esille sen, että sairaalaympäristössä ei voi muuttaa kuljetusjärjestelyitä mielivaltaisesti ennen kuin kaikki kuljetukseen liittyvät osapuolet ovat saaneet hoidettua oman osansa järjestelyistä.

7 POHDINTAA JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli optimoida hankituille kuljetusautomaateilla mahdollisimman paljon kuljetuksia tekemättä tiloihin rakenteellisia muutoksia. Optimoidessa reittejä Seinäjoen keskussairaalassa on hyväksyttävä, että on alueita, jotka eivät ole optimaalisia usealle kuljetusautomaatille.

Kuljetuksiin tutustuminen alkoi vastaantulevien viiveiden selvittämisestä, joista osa saatiin pois, ja osa hyväksyttiin kohteen ominaisuuksina. Oli ikävä huomata, että vaikka käytettävät kuljetusautomaatit ovat maailman huippuluokkaa, niin tilojen ahtaus sekä reittien suunnittelussa tehdyt ominaisuudet turvallisuuden takaamiseksi eivät antaneet mahdollisuuksia määrättömästi kuljetusautomaattien keskinäiseen ohitukseen. Viiveitä tutkittaessa tuli selkeästi myös ilmi, että kuljetusautomaateilla saavutetaan optimaalisin tulos silloin, kun ne ajavat mahdollisimman paljon kuljetuksia häiritsemättä sairaalan muiden työntekijöiden ja asiakkaiden toimintaa. Kuljetusautomaattien ollessa mahdollisimman vähän muiden työntekijöiden edessä ne koetaan positiivisina työkavereina. Tällöin henkilökunta ottaa herkemmin huomioon myös kuljetusautomaatin saapumisen ja poistaa etukäteen esteitä, jotka ahtaissa tiloissa estäisivät kuljetusautomaatin kulun.

Miten rauhallisesti kulkevien kuljetusautomaattien ajot voidaan suunnitella niin, että ajoja on paljon ja ne eivät häiritse muiden toimintaa? Tämä oli opinnäytetyön mielenkiintoisin ja haastavin osuus, eli huomioida kaikki kuljetusautomaatin optimointiin liittyvät asiat. Hyvin nopeasti huomattiin, että kaikkien asioiden huomioiminen on mahdotonta ilman simulaatiomahdollisuutta. Oli jaettava optimoinnit osa-alueisiin, että voidaan hallita suunnittelua. Tämän jälkeen osa-alueet priorisoimalla saatiin kuljetuksen tärkeimmät optimoinnit suoritettua. Yleisimmät kuljetusmuodot eroteltiin toisistaan ja selvitettiin yksilölliset optimointiin vaikuttavat piirteet. Reittien suunnittelu ja aikataulutus otettiin myös omiksi optimoinnin alueiksi.

Reittien suunnittelussa pystytään keskittymään kuljetuksien yksityiskohtiin ja näin säästetään sekunteja tai jopa useita minutteja yksittäisistä kuljetuksista. Huomioiden logistiikkatyöntekijät reittien suunnittelussa saadaan varmistettua, että logistiikka pelaa muidenkin kuin kuljetusautomaattien suhteen. Myös tarkkaan harkitut

lukkopaikat, jotka lukitsevat mahdollisimman pieniä alueita, luovat kuljetusautomaateille mahdollisimman sujuvan kulun. On huomattava, että esimerkiksi, jos lukkoalue on suuri ja se sisältää useita nosto- ja laskupaikkoja, niin koko alueella ei pääse kuin yksi kuljetusautomaatti. Tai jos esimerkiksi hissien käyttöön liittyvä lukko on iso, niin kuljetusautomaatit saattavat joutua jonottamaan useassa kerroksessa pääsemättä käyttämään hissiä. Suunnittelulla on tässäkin asiassa suuri merkitys optimointiin.

Varastonkuljetukset ovat joustavin kuljetusmuoto, koska ison osan näistä kuljetuksista voi tehdä illan ja yön aikaan. Hyvän suunnitelman ja aikataulutuksen avulla lähtevä tavara saadaan kerättyä oikealle paikalle odottamaan kuljetustaan, vaikka se tapahtuisikin tunteja myöhemmin. Keskusvaraston noutopaikoille on mahdollisuus viedä kolme varastokärryä jonoon. Mikäli kuljetusautomaatti hakee samasta jonosta useaan paikkaan varastokärryjä, on valmiiksi kerättyjen varastorullakoiden määrien oltava vakiot. Mikäli määrät eivät ole vakiot, kuljetusautomaatti vie suurella todennäköisyydellä vääriä varastokärryjä väärin paikkoihin. Varastolta lähtevät tavarat eivät vaadi myöskään kylmäsäilytystä, eikä varastokärryä tarvitse purkaa välittömästi. Näin ollen varastokärryn purkaminen eli hyllytys voi tapahtua edelleen päiväsaikaan. Samaten hyllytettyjen varastokärryjen noudon voi tehdä hyvin ruuhkaisimman ajan jälkeen, kunhan osastolla on tilaa säilyttää kärryjä.

Aikataulun muodostaminen on yksi osa optimointia ja siinä on omat haasteensa. On nopeita ja aikaa vieviä kuljetuksia, on tarkkoja aikatauluja ja isompiakin aikaikkunoita, jolloin kuljetukset voi suorittaa. On käytäviä, kerroksia ja osastoja, joissa saattaa toistua useastikin saman reitin kulkeminen ja saman hissien käyttäminen. Kuten aiemmin on käyty läpi, ovat hissit todella merkittävä tekijä samalla alueella kulkevien kuljetusautomaattien ruuhkautumisessa. Tämän vuoksi jo opinnäytetyön alkuvaiheessa on lisätty Seinäjoen keskussairaalan kuljetusautomaattien aikatauluun taulukko, jossa on hissien käyttöjä laskevat kaavat. Taulukon avulla voidaan seurata hissien käyttöä ja saadun tiedon myötä tarvittaessa hajauttaa jotkin reitit kulkemaan muiden hissien kautta tai kokonaan eri ajankohtaan.

Onnistuneen aikatauluun liittyvä optimointi edellyttää kuljetusten priorisointia ja kuljetukseen vaikuttavat viiveet on laitettava toistuvuuden ja keston kannalta tärkeys-

järjestykseen. Priorisointi kannattaa aloittaa keskittymällä yhden pääkuljetusmuodon ajoihin kerrallaan. Tämän lisäksi on hyvä aloittaa kuljetusmuodoista, jotka ovat aikataulullisesti kriittisimpiä ja kankeimpia. Seinäjoen keskussairaalassa priorisoitiin välinehuollon kuljetukset tärkeimmiksi vaativan aikataulun myötä.

Optimoinnin näkökulmasta tulevissa korjaustöissä olisi hyvä ottaa huomioon lattia- materiaali, koska kuljetusautomaatti kuluttaa enemmän keskenään erilaisia lattia- materiaaleja. Lattiamateriaalin vaihto ennenaikaisen kulumisen takia ei ole optimaalista kuljetusautomaattien näkökulmasta, koska välttämättä ei ole vaihtoehtoista reittejä kuljetuksille. Myös ovien vetonaruista olisi syytä luopua, koska vetonarut ovat kiertyneet varastokärryyn ja näin lähteneet irti jopa kattopaneelien kanssa.

Sairaalaympäristössä, jossa tulee kiireellisiä potilaskuljetuksia, olisi hyvä tehdä tämän kannalta keskeisimmille osastoille säännöllinen vierailu, jossa opetettaisiin kuljetusautomaatin siirtoon liittyvät asiat.

Kuljetusautomaattien optimointi herätti myös ajatuksen, että mikä on optimaalisinta kuljetusautomaattien käyttöä ja kenen näkökulmasta. Tuotannonohjaukseen sopiva ajatus, että maksimaalisuus ei ole optimaalisinta, pätee myös kuljetusautomaattien suhteen. Täytyy ennalta määrittää, mikä optimoinnin näkökulma on kyseiseen ympäristöön sopivin.

Tässä opinnäytetyössä saatiin onnistuneesti tuotua optimointiin liittyviä asioita esille ja rakennettiin hyvä runko tulevien ajojen optimaaliseen suunnitteluun. Myös useat karttojen muokkaukset tulevat helpottamaan tulevien kuljetusten käyttöönotossa. Osa karttojen muokkauksista kattaa tulevaisuuden suuremmatkin kuljetusmäärät. Uskon, että tästä opinnäytetyöstä on hyötyä, jos haluaa ymmärtää sairaalaympäristössä toimivien autonomisten mobiilirobottien haasteet, mahdollisuudet ja jatkuvan optimoinnin tarpeen.

Jatkotutkimuksena olisi hyvä selvittää, onko sairaalassa kuljetusautomaateille sopivia ja toistuvia kuljetuksia, joita ei suorita logistiikkapalvelut. On selkeää, että logistiikkapalveluilta kyseiset kuljetukset osattaisiin ohjata kuljetusautomaateille, mutta sairaalan muut sopivat kuljetukset voivat jäädä huomaamatta. Hyvä tutkimus olisi myös operoinnin tarve yö- ja ilta-aikaan, jonne kuljetuksia on mahdollista lisätä. Toi-

nen tutkimuskohde olisi kartoittaa poikkeustilanteiden sujuvuus. Kuinka kuljetusautomaatit toimivat vaikkapa palohälytyksen aikaan? Kuinka sujuvasti kuljetusautomaattien on tarkoitus toimia varavirran ollessa päällä?

LÄHTEET

- 6 River Systems. 2020. What are automated guided vehicles?. [Verkkosivu]. 6 River Systems, Inc. [Viitattu 3.12.2020]. Saatavana: <https://6river.com/what-are-automated-guided-vehicles/>
- Aalto, H., Heilala, J., Hirvelä, T., Kuivanen, R., Laitinen, M., Lehtinen, H., Lempiäinen, J., Lylynoja, A., Renfors, J., Selin, K., Siintoharju, T., Temmes, J., Tuovila, T., Veikkolainen, M., Vihinen, J. & Virtanen, A. 1999. Robotiikka. Teoksessa: R. Kuivanen (toim.) Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/Metallitekniikka.
- Agilox. 2020. AGILOX IGV – Intelligent Guided Vehicle. [Verkkosivu]. AGILOX Systems GmbH. [Viitattu 20.11.2020]. Saatavana: <https://www.agilox.net/en/agilox-igv#intelligentes-fahrerloses-transportsystem>
- Aethon. 2016. TUG T3 Autonomous Mobile Robot. [Verkkosivu]. ST Engineering Aethon, Inc. [Viitattu 31.8.2020]. Saatavana: https://aethon.com/PDF/T3_Datasheet.pdf
- Eagle Data. 2016. TIETOA MEISTÄ. [Verkkosivu]. Eagle Data Ky. [Viitattu 21.11.2020]. Saatavana: <https://eagledata.fi/tietoa-meista.html>
- EPSHP. 2019. Vuosikertomus 2019. [Verkkosivu]. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin kuntayhtymä. [Viitattu 17.8.2020]. Saatavana: <https://en.calameo.com/read/004074116e443f3949748>
- EPSHP. Ei päiväystä. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. [Verkkosivu]. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin kuntayhtymä. [Viitattu 28.8.2020]. Saatavana: <http://www.epshp.fi/sairaanhoitopiiri>
- EPSHP. Ei päiväystä. Organisaatio. [Verkkosivu]. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin kuntayhtymä. [Viitattu 30.8.2020]. Saatavana: <http://www.epshp.fi/sairaanhoitopiiri/organisaatio>
- Hannunen, T.2020. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Logistiikka-asiantuntija. Haastattelu Seinäjoella 22.9.2020.
- Inser Robótica. 2020. Integration of Automated Guided Vehicles. AGV – AIV – LGV. [Verkkosivu]. Inser Robótica S.A. [Viitattu 21.11.2020]. Saatavana: <https://www.inser-robotica.com/en/news-autonomous-vehicles/>
- MiR. Ei päiväystä. MiR100. [Verkkosivu]. Mobile Industrial Robots A/S. [Viitattu 21.11.2020]. Saatavana: <https://www.mobile-industrial-robots.com/en/solutions/robots/mir100/>

Omron. 2020. LD-250 Fully Autonomous Mobile Robots. [Verkkosivu]. Omron Corporation. [Viitattu 21.11.2020]. Saatavana: <https://industrial.omron.fi/fi/products/ld-250>

Rocla. 2020. Roclan automaattitrukit ovat puurtaneet tauotta jo 30 vuoden ajan. [Verkkosivu]. MITSUBISHI LOGISNEXT EUROPE OY. [Viitattu 21.11.2020]. Saatavana: <http://www.rocla.com/fi/lehdisto/uutiset/roclan-automattitrukit-ovat-puurtaneet-tauotta-jo-30-vuoden-ajan>

Valo, N. 2020. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin, logistiikka-asiantuntija. Haastattelu Seinäjoella 31.8.2020.

VersaBox. 2020. AGV, AIV, AMR SGV, LGV -what are these?. [Verkkosivu]. VERSABOX SP.Z O.O. [Viitattu 21.11.2020]. Saatavana: <https://versabox.eu/general/agv-aiv-amr-sgv-lgv-what-are-these/>