



CLT tilaelementtitehtaan sijoittuminen ja toimitukset asiakkaalle

Case Saarijärvi

Elmo Nenonen

Opinnäytetyö, AMK

Marraskuu, 2021

Tekniikan ja liikenteen ala

Logistiikka, Insinööri AMK

Nenonen, Elmo

CLT tilaelementtitehtaan sijoittuminen ja toimitukset asiakkaalle. Saarijärvi.

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Marraskuu, 2021, 116 sivua.

Tekniikan ala. Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Puurakentamisen lisääntyminen viimeisen vuosikymmenen aikana on ollut vakaata. Suunnitteilla olevien puukerrostalojen tilastoitu määrä Suomessa on kasvanut vuoteen 2019 mennessä yli 85 % verrattaessa vuoden 2014 lukuihin. Tulevaisuudessa puun merkitys rakennusmateriaalina korostuu entisestään sen käytön monipuolisuuden, pitkäikäisyyden sekä vähäpäästöisyyden vuoksi. Opinnäytetyössä tutkittiin CLT tilaelementtitehtaan sijoittumista sekä sieltä tapahtuvien asiakastoimitusten järjestämistä.

Tämä työ toteutettiin tilaustyönä Saarijärven kaupungin elinkeinojohtajan toimeksiannosta. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mahdollisen CLT tilaelementtitehtaan sijoittuminen Saarijärven alueelta sekä arvioida kuljetuskustannuksia tehtaalta asiakkaille logistisesta näkökulmasta.

Rakenteellisesti työ koostuu kahdesta osiosta: CLT tilaelementtitehtaan sijainnin optimointi ja asiakastoimitukset. Aihealueista kummastakin on määritetty kaksi tutkimuskysymystä. Kirjallisuuskatsauksessa perehdyttiin CLT tilaelementtitehtaan lopputuotteeseen CLT tilaelementtiin, optimointiin ja paikkatietojärjestelmien hyödyntämismahdollisuuksiin sekä CLT tilaelementtien toimituksiin liittyviin erikoiskuljetuksiin.

Tutkimuksessa tehtaan sijainnin optimointiin tuotettiin kaksi erillistä optimointia. Ensimmäinen on asian tuntijoille kohdistuva merkittävyystekijäselvitys, taustatietotutkimus ja maastotutkimus. Niistä tehtiin kooste lopullisen optimoidun sijainnin selvittämiseksi. Toinen optimointi tehtiin myös paikkatietojärjestelmällä hyödyntäen asiakkaiden, raaka-ainetuottajien sekä mahdollisten teollisuusalueiden sijainteja karttapisteinä. Asiakastoimituksiin liittyvien kustannuksien hahmottelua varten haastateltiin erikoiskuljetuksiin erikoistuneen yrityksen edustajia.

Tutkimustuloksista havaittiin, että tehtaan sijainnin optimointiin on syytä hyödyntää useita optimointimalleja, jotta pystytään ottamaan huomioon useita muuttujia. Paikkatietojärjestelmän hyödyntäminen tehtaan sijoittumisen osalta näin pienessä mittakaavassa optimointiajojen tuloksia pidettävä suuntaa antavina. Asiakastoimituksiin liittyen havaittiin, että toimituksien suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota toimitusten aikataulutuksiin kustannushallinnan näkökulmasta, sillä erikoiskuljetusten kustannusten minimoimiseksi on kannattavinta ajaa ne kolmen CLT tilaelementin letkatoimituksina.

Tutkimustulosten perusteella muodostettiin ehdotus optimaalisesta CLT tilaelementtitehtaan sijoittumisesta Saarijärven alueella sekä hahmoteltiin asiakastoimituksista aiheutuvia kustannuksia ja CLT tilaelementtien erikoiskuljetuksien erityispiirteiden aiheuttamia rajoitteita.

Avainsanat (asiasanat)

CLT raakalevy, CLT tilaelementti, optimointi, kuljetukset, työaikalainsäädäntö, paikkatietojärjestelmä, tieliikenne, erikoiskuljetukset.

Tutkimuksessa ei salassa pidettäviä liitteitä.

Nenonen, Elmo

The location of CLT space element factory and deliveries to the customers. Saarijärvi.

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, November 2021, 116 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Growth of timber construction over the last decade has been straightforward. The number of ongoing planning of wooden apartment buildings in Finland has increased by more than 85 % by 2019 compared to 2014 figures. In future, the importance of wood as a building material will be further emphasized due to its versatility, longevity and low emissions. In this thesis, the location of the CLT modular factory and the organization of customer deliveries from there was studied.

The thesis was commissioned by the City of Saarijärvi. The aim of the thesis was to find out the location of a possible CLT space element factory at Saarijärvi area and to study transportation costs from the factory to possible new customers.

The thesis is divided into two separate sections, namely CLT modular factory location optimization and customer deliveries. Two research questions were identified for both topics. In the literature review, the final product of the CLT modular factory, optimization and the possibilities of utilizing spatial information systems were studied, as well as special transport related to CLT modules customer deliveries.

Two separate optimizations related to plant location optimization were generated. Firstly, a significance factor study for experts, a background study, a field study, and the aggregation of studies to produce the final optimized location were completed. Secondly, the optimization was done utilizing a spatial information system. There locations of customers, raw material producers and potential industrial areas were included in the model.

The results of the study showed that several optimization models are recommended to be utilized in order to optimize the location of the plant. Thus, one can consider those previously named several variables. With regard to customer deliveries, it was found out that great attention must be paid to delivery schedules when planning deliveries as transport costs are rather significant when transporting CLT products. To minimize the cost of a special transport, it is most profitable to run special transport for three CLT modules at a time.

Based on the results, a suggestion was given for the optimal location of the CLT modular factory at Saarijärvi area, as well as the costs of customer deliveries and the constraints caused by the special transport of CLT modules.

Keywords/tags (subjects)

Cross-laminated timber, CLT module, optimization, transportation, working time legislation, geographical information system, road traffic, special transportation operations.

Miscellaneous (Confidential information)

Thesis does not include any confidential material.

Sisältö

1	Siirtyminen ympäristöystävällisempään rakentamiseen	5
2	Katsaus tutkimusmenetelmiin.....	6
2.1	Tutkimusstrategia.....	6
2.1.1	Kvalitatiivinen tutkimus	7
2.1.2	Kvantitatiivinen tutkimus.....	9
2.2	Normit ja etiikka	10
2.3	Tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset.....	11
2.4	Tutkimuksen rajaukset	11
3	CLT tilaelementtitehdas	12
3.1	CLT tilaelementti	12
3.1.1	CLT tilaelementtirakentaminen	15
3.1.2	CLT tilaelementtien kuljetusvaatimukset	16
3.1.3	CLT levyjen- ja tilaelementtien varastointi	17
3.1.4	CLT tilaelementtirakentamisen kustannukset	17
3.1.5	CLT tilaelementtien tulevaisuus.....	18
3.2	CLT-levy	20
3.2.1	CLT-levyjen koostumus	20
3.2.2	CLT-levyjen valmistus.....	21
3.2.3	CLT-levyjen laatu ja testaus	23
3.2.4	CLT-levyjen paloturvallisuus	24
3.2.5	CLT-levyjen käyttötarkoituksia	25
3.3	CLT-levyn ja tilaelementtien edut ja haitat	25
4	Optimoinnin taustaa ja menetelmiä.....	27
4.1	Paikkatietojärjestelmä.....	30
4.2	Datan soveltaminen	31
5	Toimitukset asiakkaalle.....	32
5.1	Kuljetukset.....	32
5.2	Kuljettajien työaikalain määräämät rajoitteet.....	36
5.3	Tieliikenteessä sallitut mitat ja massat	38
5.4	Erikoiskuljetukset	38
5.5	Incoterms 2020	42
6	Tutkimuksen toteuttaminen	43
6.1	Tausta aihealueiden analysointiin ja pohdintaan	43
6.2	CLT tilaelementtitehtaan sijainnin optimointi	44

6.2.1	Mahdollisten teollisuustonttien sijainnit.....	46
6.2.2	Mahdollisten teollisuusalueiden pisteytys	50
6.2.3	Raakaelementtitehtaiden sijainnit	60
6.2.4	Asiakkaiden sijainnit	61
6.2.5	Käytettävä sovellus	62
6.2.6	Sovelluksen antamat tulokset	63
6.2.7	Tulosten analysointi ja johtopäätökset	74
6.3	Toimitukset asiakkaalle	78
6.3.1	CLT tilaelementin mitat	78
6.3.2	Mahdolliset kuljetusmuodot	79
6.3.3	Käytettävät toimituslausekkeet.....	79
6.3.4	CLT tilaelementtien kuljetuskustannukset ja kuljetusten kokonaiskuva	80
6.3.5	Tulosten analysointi ja johtopäätökset	89
7	Pohdinta.....	91
	Lähteet	94
	Liitteet	98
	Liite 1. Kolkanlahden teollisuustontit	98
	Liite 2. Linnan teollisuustontit.....	99
	Liite 3. Linnan lisäykset.....	100
	Liite 4. Linnan lisämääreet	100
	Liite 5. Tarvaalan teollisuustontit.....	100
	Liite 6. Tarvaalan lisämääreet	101
	Liite 7. Saarijärvi, Kolkanlahti karsitut teollisuustontit	101
	Liite 8. Saarijärvi, Linnan pysäkki karsitut teollisuustontit.....	102
	Liite 9. Saarijärvi, Tarvaala karsitut teollisuustontit.....	102
	Liite 10. Haastattelu Erikoiskuljetusyritys	103
	Liite 11. Kuljetustarjous erikoiskuljetusyritykseltä	110
	Kuviot	
	Kuvio 1. CLT tilaelementin rakenne. (Sorri, 2017, 15)	13
	Kuvio 2. CLT tilaelementin rakenteen ja esivalmisteluiden havainnekuva. (Sorri, 2017, 16).....	14
	Kuvio 3. puukerrostalohankekanta 2012...2019	19
	Kuvio 4. elementin rakenne (Dong, Cui, Yin, Yang & Guo, 2019, 4)	20
	Kuvio 5. sormiliitokset (Brandner, 2013, 9)	23
	Kuvio 6. operations reseach process (Brent, 2005, 9)	28

Kuvio 7. paikkatietojärjestelmä, datarakenne. (Kayondo, Bax & Togboa, 2011, 5)	31
Kuvio 8. erikoiskuljetukset. (ELY-keskus, 2010)	39
Kuvio 9. erikoiskuljetusten lupamaksut ja -lupien voimassaoloajat (ELY-keskus, 2017).....	40
Kuvio 10. erikoiskuljetuksen varoitusajoneuvojen lukumäärä (Finlex, 786/2012, 27 §).....	41
Kuvio 11. incoterms (Tiba Group, 2020)	42
Kuvio 12. Saarijärvi, Kolkanlahti.....	47
Kuvio 13. Saarijärvi, Linnan pysäkki sekä Linnan lisäykset.....	48
Kuvio 14. Saarijärvi, Linnan lisäyksien hahmotelmakuva.	49
Kuvio 15. Saarijärvi, Tarvaala.	50
Kuvio 16. Saarijärvi, Kolkanlahti, Sorvaajantie 3 ja Laiturinvaihteentie 20 maasto.	52
Kuvio 17. Saarijärvi, Kolkanlahti, Veistämönkuja 4 maastoa.....	53
Kuvio 18. Saarijärvi, Linnan pysäkki, Teräsmiehentie 4 maastoa.	54
Kuvio 19. Saarijärvi, Tarvaala, Tuumalantie 1,2,3,4 ja 5 maastoa.	55
Kuvio 20. Saarijärvi, Kolkanlahti, Laiturinvaihteentie 20 edusta.	56
Kuvio 21. Saarijärvi, Teräsmiehentie 4 ja 5 edusta.	57
Kuvio 22. Saarijärvi, Tuumalantie 1,2,3,4 ja 5 edusta.....	58
Kuvio 23. Saarijärven sijainti raaka-ainetoimittajiin nähden.....	60
Kuvio 24. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, tehdasalueet.	64
Kuvio 25. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, raaka-ainetoimittajat.	65
Kuvio 26. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, asiakkaat.....	66
Kuvio 27. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, kokonaisnäkymä.....	67
Kuvio 28. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, tehdasaluedatan määrittäminen.	68
Kuvio 29. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, tehdasalueet määritetty.	69
Kuvio 30. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, asiakkaat määritetty.....	70
Kuvio 31. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, rajoitteiden määrittäminen.	71
Kuvio 32. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, optimointiajo 1.....	72
Kuvio 33. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, optimointiajo 2.....	73
Kuvio 34. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, optimointiajo 2 datatarkastelu.	73
Kuvio 35. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, optimointiajo 3.....	74
Kuvio 36. Optimointiajo tulkinta.....	77
Kuvio 37. kuljetuskaluston kustannusten kasvu aikaan suhteutettuna.	81
Kuvio 38. kuljetuskaluston kustannukset per tilaelementti.	82
Kuvio 39. kustannusrakenne.....	84
Kuvio 40. kuljetuksen aikarakenne.	85

Kuvio 41. kuljetusetäisyydet.	86
Kuvio 42. kuljetuksien kokonaiskuva.	87
Kuvio 43. kuljetuskaluston lastauksen aikaiset kustannukset.	88

Taulukot

Taulukko 1 puukerrostalorakentaminen 2012...2019 k-m ²	18
Taulukko 2 merkittävyystekijäkysely	51
Taulukko 3 merkittävyystekijäkysely tulokset	51
Taulukko 4 merkittävien tekijöiden pisteet	59
Taulukko 5 lopulliset teollisuusalueiden pisteytykset	59
Taulukko 6 asiakkaiden sijainnit hankekannasta.	61
Taulukko 7 asiakkaiden lopullinen sijoittaminen tutkimukseen.....	62
Taulukko 8 merkittävyystekijä pisteytys tulkinta.....	75
Taulukko 9 tehdasaluepisteytys tulkinta.	75
Taulukko 10 kilpailijoiden tilaelementtikoot.	78
Taulukko 11 saattoautojen lukumäärä suhteessa leveyteen.	79
Taulukko 12 kuljetuskaluston kustannukset tuntia kohden.	80
Taulukko 13 kuljetuskaluston kuljetuskustannukset tunnissa per CLT tilaelementti.....	82
Taulukko 14 kuljetusetäisyydet tunneissa.	85
Taulukko 15 kuljetuskaluston lastauksen aikaiset kustannukset.	88

1 Siirtyminen ympäristöystävällisempään rakentamiseen

Globaalissa mittakaavassa käynnissä oleva ajattelutavan muutos ilmastopäästöjen vaikutuksiin tulee vaikuttamaan konkreettisesti tulevaisuudessa myös rakennusalaan. Mineraalirakentaminen aiheuttaa huomattavasti suuremman hiilijalanjäljen kuin kilpailevana rakennusmateriaalina toimiva puu, mutta puun käyttämisen yleistyminen rakennusmateriaalina vaatii rakennusteollisuudelta suoraviivaisempaa ajattelutavan muutosta. Tutkimuksessa tullaan keskittymään puuhun rakennusmateriaalina CLT tilaelementtirakentamisen kautta ja aihetta tutkitaan tehtaan sijoittumisen sekä asiakastoimitusten järjestämisen näkökulmasta. Tutkija haki tilaustyönä tehtyyn tutkimukseen työhakemuksen kautta oman henkilökohtaisen kiinnostuksen innoittamana aihetta kohtaan sekä jo valmiiksi opitun osaamisen osalta liittyen optimointiin paikkatietojärjestelmiä hyödyntäen.

Massiivisten CLT tilaelementtien mittasuhteet ylittävät normaalissa tieliikenteessä sallitut mitat, jonka seurauksena niiden liikutteluun vaaditaan erikoiskuljetuksia. Erikoiskuljetukset sisältävät omia rajoitteitaan, joiden huomioiminen kuljetusten suunnittelussa on olennaista. Tutkimustyön tilaajana toimineen Saarijärven kaupungin yhtenä tavoitteena on tutkimustyön kautta nostaa esille uusia yritysmahdollisuuksia kaupungin alueelta tavoitteena luoda uusia työpaikkoja ja tätä kautta parantaa kaupungin veto- ja pitovoimaa. Saarijärven alueella sijaitsevat Jyväskylän ammattikorkeakoulun bioinstituutti sekä CLT rakentamista opettava Pohjoisen Keski-Suomen ammattiopisto luovat hyvät edellytykset positiivisille tulevaisuudennäkymille puurakentamisen saralla Saarijärvellä koulutetun ammattikunnan löytämiseksi.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää CLT tilaelementtitehtaaseen liittyviä ongelmia kahdesta eri näkökulmasta; mihin tehdas tulisi sijoittaa Saarijärven kaupungin alueella ja mitä erityispiirteitä CLT tilaelementtien asiakastoimituksista muodostuu. Asiakastoimituksissa keskitytään myös selvittämään kustannusrakenteen muodostuminen CLT tilaelementtien erikoiskuljetusten osalta. Erikoiskuljetuksien aiheuttamat kuljetuskustannukset tulevat olemaan merkittävässä asemassa tehtaan sijoittumisen kannalta ja siksi kulurakennetta sekä suuntaa antavia laskelmia on toteutettava mahdollisten yrittäjien kiinnostuksen herättämiseksi.

Tutkimuksen pohja-aineistona toimii Jyväskylän ammattikorkeakoulun kirjaston tarjoama kirjallisuus tutkimusmenetelmiin, logistiikkaan, rakentamiseen ja matematiikkaan liittyen sekä aiheeseen liittyvä verkosta löytyvä korkealaatuinen ja kattava materiaali. Materiaalikatsaus tullaan suorittamaan CLT tilaelementtitehdasta, optimointia ja kuljetuksia koskeviin aihealueisiin.

CLT tilaelementtirakentaminen on jatkuvassa kehityksessä ja ajankohtaisen tutkimusmateriaalin löytäminen vaikeutuu tästä johtuen. Sorrin selvitys ”CLT-tilaelementtikerrostalon rakennussuunnitteluohjeistus” antaa kattavan katsauksen aiheeseen, jota on käytetty yhtenä tutkimuksen pohjamateriaalina. Muista tutkimuksessa hyödynnetyistä pohjamateriaaleista mainittakoon Brandnerin artikkelit usean eri tutkimuksen näkökulmista, jotka selvittävät CLT tilaelementtien erityispiirteitä yksityiskohtaisesti. Lähdetietojen luotettavuuden kannalta pohjatietoa on etsitty myös muista suomen- sekä englanninkielisistä lähteistä ja verrattu tietoja tietojen luotettavuuden lisäämiseksi.

Tutkimuksessa tullaan toteuttamaan tehtaan sijaintiin liittyen merkittävyystekijäselvitys, teollisuusalueiden taustatietotutkimus, maastotutkimus, sovellusoptimointi sekä tutkimuksen osien liittäminen yhteen analysoinnin kautta optimaalisen sijainnin määrittämiseksi. Asiakastoimituksia tutkittaessa toteutetaan haastattelututkimus erikoiskuljetusyrityksen johtohenkilölle sekä saadaan toiselta yrityksen johtohenkilöltä tarjous CLT tilaelementtien kuljetuksista. Tutkimuksen ulkopuolelle on jätetty markkinatutkimus CLT tilaelementtitehtaan tuotantoa varten jo valmiiksi suuren tutkimusaiheen takia, ettei tutkimuksen koko paisuisi liikaa.

2 Katsaus tutkimusmenetelmiin

2.1 Tutkimusstrategia

Tutkimuksen aihe määrittelee tutkimussuuntauksen valintaa. Kvalitatiivinen (laadullinen) ja kvantitatiivinen (määrällinen) tutkimusmuoto eroavat toisistaan, mutta eivät sulje toisiaan pois vaan täydentävät toisiaan. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2009, 135...137) Karkeasti ajateltuna kvalitatiivinen tutkimus on ei-numeraalista tutkimista ja kvantitatiivinen on numeraalista tutkimista. Rajapinnan löytäminen voi kuitenkin olla hankalaa, koska kvalitatiiviseen tutkimus voi sisältää myös numeraalista eli kvantitatiivista tutkimista. (Suoranta, Eskola, 2015, Kappale 1)

Kvalitatiivinen tutkimus voidaan nähdä vähemmän tieteellisenä tutkimusmenetelmänä kuin kvantitatiivinen tutkimus kun taas toisaalta kvalitatiivinen tutkimus voidaan nähdä laadukkaampana tutkimusmenetelmänä (Suoranta, Eskola, 2015, Kappale 1). Kvalitatiivisen- sekä kvantitatiivisen tutkimuksen vastakkainasettelu on kuitenkin harhaanjohtavaa hyvän tutkimustuloksen tavoittelussa. Painoarvona tutkimusmenetelmälle kuuluisikin olla oikean menetelmän valitseminen asiaan-kuuluvaan tarkoitukseen (Suoranta, Eskola, 2015, Tutkittavien näkökulma). Tutkimuksen edetessä molempia suuntauksia tullaan hyödyntämään, mutta suurin painoarvo on kvalitatiivisella tutkimusmuodolla (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2009, 138). Tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa optimoitu tehtaan sijainti ja toimitukset asiakkaille ja kyseiseen tarkoitukseen kvantitatiivisen- sekä kvalitatiivisen tutkimusstrategia yhdistäminen antaa suurimmat työkalut saatavilla olevan datan hyödyntämiseksi.

2.1.1 Kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimusmuodossa on kiinnitettävä huomioita aineistonkeruun menetelmiin. Kenttätyönä toteutettavassa tutkimustyössä on otettava huomioon tutkijan asema tutkimustilanteessa, jolloin pyrkimys on olla manipuloimatta tutkimustilanteessa kohdehenkilöitä. Tällä tavoin tutkija pystyy kirjaamaan havainnot tutkittavien omasta näkökulmasta (Suoranta, Eskola, 2015, Aineistolähteinen analyysi- tutkijan asema). Tärkeä osa objektiivisuuden säilyttämistä tutkimuksen sisällä onkin tunnistaa omat subjektiivisuudet (Suoranta, Eskola, 2015, Monet juuret).

Laadullisessa tutkimuksessa korostuvat aineistonkeruun lisäksi aineiston analysointi, tulkinta ja raportointi (Suoranta, Eskola, 2015, Aineistolähteinen analyysi- tutkijan asema). Laadullisessa tutkimuksessa keskitytään pääosin tekstisisältöön sekä pieneen otantaan tapauksia ja näitä pyritään analysoimaan perusteellisesti ja ilman tutkijan omia ennakko-oletuksia. Aineiston valinnan yhteydessä korostuukin tutkijan harkinnanvaraisuus ja kyky luoda tutkimukselle vahva teoreettinen perusta ilman omien kokemuspohjien tutkimukseen tahatonta tai tahallista liittämistä. Ongelma laadullisessa tutkimuksessa on, ettei aineisto lopu, joten valinnanvaraa on (Suoranta, Eskola, 2015, Monet juuret-paradigman muutos).

Laadullisessa tutkimuksessa tutkijalla on paljon vapauksia ja mahdollisuus joustavaan tutkimukseen. Päätökset tutkimuksen etenemisestä sekä valinnoista on pystyttävä tuomaan esille myös raportoidessa tutkittavaa aihetta, jotta lukija pystyy arvioimaan tutkijan aikaansaannosta. (Suoranta,

Eskola, 2015, Kasvatustiede) Laadullisen tutkimuksen toteuttamisessa voi kuitenkin ilmetä ongelmia; analyysi tutkimukseen osallistujien vastausten osalta jää liian pinnalliseksi, vaatimustaso kvalitatiivisen tutkimuksen toteutukseen on alhaisempi verrattaessa kvantitatiiviseen ja opetus kvalitatiivisiin menetelmiin vähäisempää (Suoranta, Eskola, 2015, Linjoja).

Yleisin tapa kerätä kvalitatiivista tutkimusaineistoa Suomessa on haastattelut. Haastatteluita ei voida pitää ainoastaan osana kvalitatiivista tutkimusta vaan ne kuuluvat myös osaksi kvantitatiivista tutkimusta. Ongelmana haastattelun käyttämistä tutkimusmuotona on tutkijan objektiivisuuden säilyttäminen tutkimuksen sisällä. Haastattelu on tutkijan johdattelemaa vuoropuhelua, mutta vanhemmasta kysymys-vastaus-haastattelumallista on siirrytty enemmän keskustelemaan haastattelumalliin. Haastattelut voidaan jakaa moneen eri haastattelumalliin, mutta usein puhutaan syvähaastattelusta. Kyseisessä mallissa samaa kohdehenkilöä haastatellaan useaan otteeseen alussa ohjaten haastateltavaa aiheen suuntaan ja haastattelukertojen lisääntyessä syvennyttään itse aiheeseen. (Suoranta, Eskola, 2015, Aineiston hankinta- haastattelu)

Haastatteluiden yhteydessä voidaan selvittää esimerkiksi kyseisiä aihealueita; (1) mikä tai mitä, (2) haastateltavan arvioihin perustuvat tosiasiat, (3) miksi näin tapahtuu, (4) asenteet ja arvot aiheeseen liittyen ja (5) haastateltavan sosiaaliset suhteet. Haastattelu kannattaa nauhoittaa, koska laianatessa haastateltavan puheita, ei niitä saisi muuttaa, jolloin käsin tehtävät muistiinpanot voivat osoittautua tässä tapauksessa vaillinaisiksi. Haastattelua suunnitellessa on hyvä kiinnittää huomiota haastattelun sijaintiin, koska se vaikuttaa suoraan haastateltavan avoimuuteen asiassa; haastateltava ei välttämättä avaudu yhtä paljon omissa kotiolosuhteissaan, kun esimerkiksi muussa neutraalissa ympäristössä. Haastateltava saattaa kokea tilanteen painostavaksi, jos haastattelu tapahtuu esimerkiksi työttömälle sosiaaliviraston tiloissa. (Suoranta, Eskola, 2015, haastattelu)

Haastattelujen rinnalla laadullisessa tutkimuksessa voidaan hyödyntää jo valmiiksi koottua materiaalia. Tällä tavoin tutkija voi säästää aikaa ja vaivaa hyödyntämällänsä sekundääriaineistoa. Onkin tärkeää tunnistaa tilanteet, jolloin uuden materiaalin kerääminen on välttämätöntä ja milloin voidaan hyödyntää jo olemassa olevaa dataa. Sekundääriaineisto voi olla; aiempien tutkimusten tutkimusaineisto, tilastot, dokumentit, organisaatioiden asiakirjat sekä tiedotteet ja kulttuurilliset tuotokset. (Suoranta, Eskola, 2015, Valmiit aineistot ja dokumentit)

Laadullisessa tutkimuksessa analysointiosiossa pyritään tiivistämään koottu aineisto hävittämättä sen sisältämää kerättyä informaatiota. Yksi analysoinnin tavoitteista on luoda selkeä ja helposti luettava yhtenäinen materiaali, joka vastaa todellisuutta. Analysointiin on kiinnitettävä suuri huomio tutkimusta tehdessä, sillä tutkimuksen mukaan (Suoranta 1995b) yksi ongelmallisimmista kohdista laadullisessa tutkimuksessa on aineiston analyysi. (Suoranta, Eskola, 2015, Analyysitavat)

Lähestymistapoja analysointiin laadullisessa tutkimuksessa on kaksi; aineistossa pysyminen ja tulkintojen tekeminen omien aineistojen pohjalta sekä toisena vaihtoehtona aineiston pitäminen apuvälineenä tutkijan omalle teoreettiselle ajattelulle ja tulkintametoodeille.

Tutkijan analyysit eivät ole kiveen hakattua totuutta. Ongelmia analyysien varmistamisessa ilmenee, jos tutkimuksen suorittamisesta on kulunut pitkä aika ja jos tutkittavat lähtevät myötäilemään tutkimustuloksia ilman kriittistä ajattelua tai kokevat tulokset loukkaaviksi. Muina ongelmoina voidaan nähdä tekstien tulkinnallisuus ja siitä pohjautuvat erilaiset johtopäätökset, aineistojen laajuus sekä kielimuuri tutkijan ja tutkittavan välillä. Siksi tutkimustulokset tulisi ilmaista termistöä käyttäen, joka on ymmärrettävää suurimmalle osalla tutkimukseen osallistuneista sekä vastaanotavista osapuolista. (Suoranta, Eskola, 2015, Tulkinnasta ja sen vaikeudesta)

Tulkintojen tekeminen laadullisessa tutkimuksessa on haasteellinen vaihe tutkimuksen tekijälle. Muodollisten ohjeiden puuttuessa tulkintojen osuvuus on riippuvainen ”tutkijan tieteellisestä mielikuvituksesta”. Tulkintoja tehdessä täytyisi pystyä pitäytymään aineistolähtöisessä lähestymistavassa, joka rajoittaa tutkimuksen pysymään oikealla kurssilla eikä oma mielikuvitus tule häiritsemään tutkimuksen tavoitteita. (Suoranta, Eskola, 2015, Tulkinnasta ja sen vaikeudesta)

2.1.2 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivinen tutkimus pyrkii vastaamaan kysymyksiin mikä, missä, paljonko ja kuinka usein ja tutkimusmuodolle on yleistä, että se perustuu suureen numeroarvoiseen otokseen, jonka pohjalta pystytään luomaan kuvaus tutkittavasta aiheesta. Tyypillisimpiä aineistonkeruumenetelmiä kvantitatiiviselle tutkimukselle ovat erilaiset kyselyt, valmiiksi jäsennellyt haastattelut, kokeelliset tutkimukset sekä järjestelmällisten havainnointien teko. Kvantitatiivisen tutkimuksen luotettavuuden kannalta on olennaista keskittyä mittaamaan tutkimuksen kannalta olennaisia asioita, pyrkiä mini-

moimaan systemaattisia virheitä sekä antamaan todennäköisiä luotettavia tuloksia. Luotettavuuden kannalta on myös olennaista, että tutkija itse käsittelee tuloksia kriittisesti ja tuo tutkimuksen luotettavuutta alentavat seikat selkeästi esille. (Heikkilä, 2014, 6...15)

Yleisimmin käytettäviä tieteellisen päättelyn tapoja määrällisessä tutkimuksessa ovat induktiivinen- sekä deduktiivinen päättely. Induktiivisessa päättelyssä pyritään löytämään yhteisiä tekijöitä empiirisen tutkimusmateriaalin taustalta ja luomaan yleistyksiä niiden pohjalta. Deduktiivisen päättelyn tarkoituksena on pistää nämä teoriat testaukseen, joita induktiivinen päättely on luonut ja pyrkiä todistamaan niiden totuudenmukaisuutta. (Tietoarkisto, 2021, Teorian rakentaminen ja teorian testaus) Käytännön tutkimustyössä nämä tutkimustavat lomittuvat usein toisiinsa. (Tietoarkisto, 2021, Käytännön tutkimusprosessi)

Tilastollinen selittäminen on yksi yleinen määrällisen tutkimuksen päättelymuoto, jossa teorioiden pätevyyttä pyritään tarkastelemaan empiirisen- eli kokemusperäisen tutkimusaineiston viitekehyksessä. Sen tuloksena on todennäköisyyteen perustuva johtopäätös, joka ei tule loogisesti perusteista vaan sille on määritettävissä todennäköisyys. (Tietoarkisto, 2021, Probabilistinen selittäminen)

Määrällisen tutkimuksen menetelmiä hyödynnettäessä on otettava myös huomioon tutkijan oma asema. Esimerkkinä voidaan pitää faktorianalyysin tuottamista, joka voidaan erotella kahteen erillaiseen analyysityyppiin; eksploraatiiviseen- sekä konfirmatoristiseen faktorianalyysiin. Eksploraatiivisessa faktorianalyysissä pyritään tutkimaan esillä olevaa ongelmaa rajaamatta ulottuvuuksia pois, kun taas konfirmatoristisessa faktorianalyysissä tutkijalla on jo valmiita oletuksia millaisia ulottuvuuksia hän olettaa tutkimuksesta löytävänsä ja tämän pohjalta rajaa tutkimustaan. Yksi konfirmatorisen analyysin muodoista on regressioanalyysi, jossa tutkija päättää etukäteen, mitä muuttujia tutkimukseen sisällytetään. (Tietoarkisto, 2021, Käytännön tutkimusprosessi)

2.2 Normit ja etiikka

Tutkimuksessa tullaan huomioimaan tieteellisen tutkimuksen yleiset normit. Normit ohjaavat tutkijan omaa toimintaa parempaan sekä selkeämpään lopputulokseen. Normien mukaan tutkimuksessa välitettävien tietojen täytyy olla universaaleja, yhteisöllisiä, puolueettomia ja niissä täytyy

osata hyödyntää kriittistä ajattelumallia. Nämä säännöt ohjaavat tutkijaa punnitsemaan tutkimustuloksia yleispätevin kriteerein, välitettävän informaation täytyy olla kansainvälisesti tavoitettavissa ja selkeästi merkittyä, tutkijan on pystyttävä toimimaan puolueettomana osapuolena hänen aiempia kokemuksiansa ja tahtotiloja huomioimatta sekä tutkimuksen tulee käydä läpi tiedeyhteisön kriittisen tarkastelun seula. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2009, 21)

Tutkimusmenetelmien sekä -tapojen valinnassa otetaan huomioon eettiset menettelytavat ja periaatteet. Näiden periaatteiden taustalla on ihmisarvon kunnioittaminen. Tutkimukseen osallistuvalla henkilöltä on pystyttävä saamaan selkeä suostumus heidän osallistumisestaan osaksi tutkimusta, joka on vapaa pakotuksesta. Tutkimusmenetelmästä huolimatta heidät täytyy informoida selvästi, mihin tietoja tullaan käyttämään, mitä tutkimuksen aikana tulee tapahtumaan ja millaisia riskejä tutkimukseen osallistuminen tuo mukanaan. (Mts. 21...25)

2.3 Tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymysten selvittämistä alustettiin ensimmäisessä etäpalaverissa ohjausryhmän kanssa. Palaverissa suurimmiksi muodostuneet ongelmat olivat:

- Mitkä ovat määräävät tekijät CLT tilaelementtitehtaan sijoittumiselle?
- Mikä on optimaalinen CLT tilaelementtitehtaan sijainti käytössä olevista vaihtoehdoista?
- Mitä seikkoja CLT tilaelementtien valmistuksessa on otettava huomioon kuljetuksien varalta?
- Kuinka suuret kuljetuskustannukset CLT tilaelementtien asiakastoimituksista muodostuu?

2.4 Tutkimuksen rajaukset

Tehtaan tuotannoksi on rajattu 10 CLT tilaelementtiä viikossa. Tehtaan toiminnalle asetettiin rajaehdoksi, että tuotantomäärien kasvuun on varauduttava suunnittelussa ja se täytyy huomioida laajennusmahdollisuuksina tehtaan lähiympäristöön sekä kuljetusmäärien ja tiheyksien suunnittelussa.

Tutkimuksessa tehtaan sijainniksi on määritetty Saarijärven alue. Saarijärven ulkopuolisia alueita ei tulla huomioimaan sijoittumisen suunnittelussa lukuun ottamatta sidostoimintoja, jotka liittyvät tehtaan toimintaan ja asiakastoimituksiin.

Tutkimuksen ulkopuolelle on jätetty markkinaselvitys ja oletuksena on pidetty, että kysyntää riittää tuotannolle, jonka suuruus on 10 CLT tilaelementtiä viikossa.

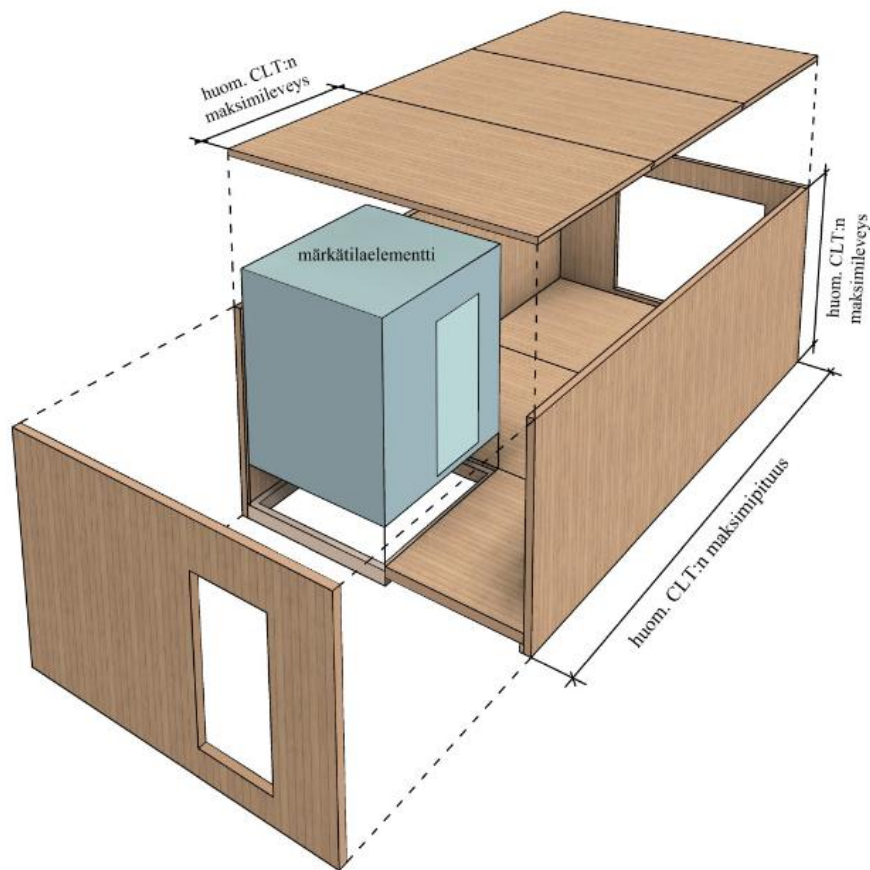
3 CLT tilaelementtitehdas

Tässä kappaleessa taustoitetaan tutkittavan tuotantoyksikön eli CLT tilaelementin peruspiirteet, kuljetusvaatimukset, varastointivaatimukset ja rajoitteet, tilaelementtirakentamisen kustannusten koostumista sekä sen vaikutusta rakentamiseen ja CLT tilaelementtirakentamisen tulevaisuuden näkymiä. Lisäksi CLT tilaelementtien tutkimisen jälkeen on lisätty osuus CLT-levystä, joka toimii CLT tilaelementtien raaka-aineena. CLT-levyn tutkiminen auttaa havainnoimaan CLT tilaelementtien rajoitteita ja sitä, mistä rajoitteet johtuvat.

3.1 CLT tilaelementti

CLT tilaelementillä tarkoitetaan CLT-levyistä valmiiksi koottua moduulikokonaisuutta, jossa seinä-, katto- ja lattialevyt sekä erillinen märkätilaelementti (katso kuva) on tehtaalla yhdistetty joko valmiiksi asunnoiksi tai huoneistokokonaisuuksiksi. CLT tilaelementtirakentaminen perustuu tilayksiköiden korkeaan esivalmistusasteeseen, toistuvuuteen sekä vähäiseen työmaarakentamiseen, parantaen valmistus- ja kustannustehokkuutta sekä työnlaatua siirrettäessä työ työmaaolosuhteista tehdasolosuhteisiin. (Sorri, 2017, 10...82)

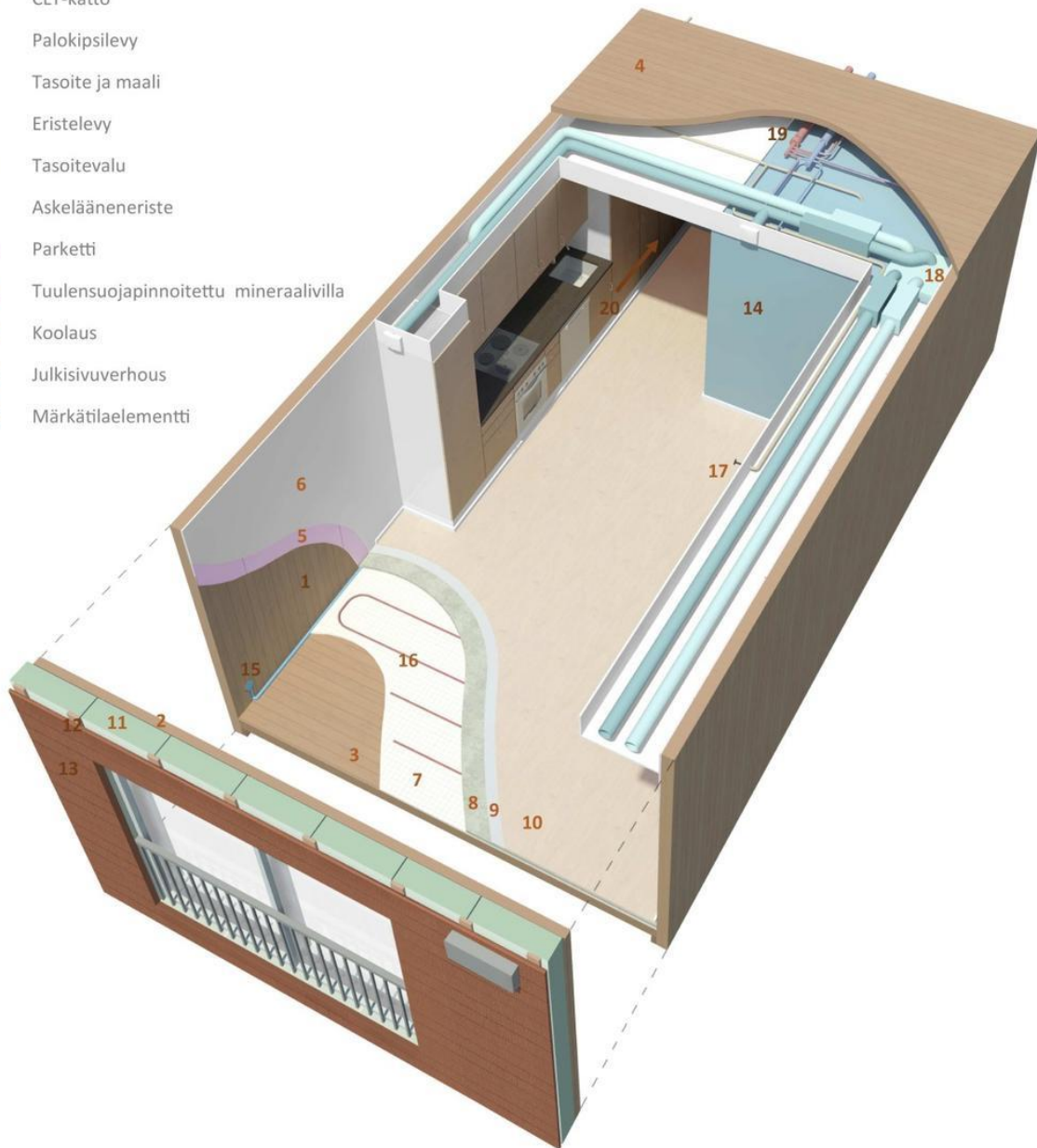
Tilaelementtihuoneisto koostuu yleensä yhdestä tai kahdesta tilaelementistä. Tehtaalla voidaan suoraan viedä asennustyöt loppuun pintamateriaalien, talotekniikan sekä kiintokalusteiden asennuksen osalta, joka poistaa työkuormaa rakennustyömaalta. (Mts. 10) Lopputuote pystytään toimittamaan asiakkaalle valmiina ilman suurta jatkojalostustarvetta (Brandner, 2016, 1).



Kuvio 1. CLT tilaelementin rakenne. (Sorri, 2017, 15)

Seinä-, lattia- ja kattoelementit varustellaan mahdollisimman pitkälle ennen tilaelementiksi yhdistämistä. Tilaelementin yhdistämisen jälkeen mahdollinen märkätilaelementti viedään CLT tilaelementin sisään. Yhdistämisen jälkeen esivalmiusastetta parannetaan mahdollisimman pitkälle. Näistä valmistelutöistä voidaan nostaa esimerkiksi kelluva lattiavalu, joka valetaan tilaelementin lattian päälle askeläänieristyksen parantamiseksi. Lattiavalun sisään voidaan asentaa myös lattialämmitys. Esivalmiusasteen parantamiseksi voidaan parveke rakentaa tilaelementtiin ”sisäänvedettynä” rakentamisen ollessa halvempaa tehdasolosuhteissa. (Sorri, 2017, 16...73)

- | | | | | | |
|----|---------------------------------------|----|----------------|----|--|
| 1 | Kantava CLT-seinä (pitkä sivu) | 15 | Sähkö | 18 | Ilmanvaihto (huoneistokohtainen) |
| 2 | Ei-kantava CLT-seinä (lyhyt sivu) | 16 | Lattialämmitys | 19 | Käyttövesi |
| 3 | CLT-lattia | 17 | Sprinkleri | 20 | Viemäri (kiintokalusteiden sokkelissa) |
| 4 | CLT-katto | | | | |
| 5 | Palokipsilevy | | | | |
| 6 | Tasoite ja maali | | | | |
| 7 | Eristelevy | | | | |
| 8 | Tasoitevalu | | | | |
| 9 | Askelääneneriste | | | | |
| 10 | Parketti | | | | |
| 11 | Tuulensuojapinnoitettu mineraalivilla | | | | |
| 12 | Koolaus | | | | |
| 13 | Julkisivuverhous | | | | |
| 14 | Märkätilaelementti | | | | |



Kuvio 2. CLT tilaelementin rakenteen ja esivalmisteluiden havainnekuva. (Sorri, 2017, 16)

Tilaelementissä kantavia rakenteita ovat pitkien sivujen seinät. Pitkien sivujen seinät pyritään rakentamaan yhtenäisestä CLT-levystä. Lattia- ja kattorakenteiden muodostaminen yhtenäisestä CLT-levystä riippuu pitkälti CLT-levyn valmistusmittojen riittävydestä. Yleisimmät paksuudet CLT-seinille ovat 100...120 mm, CLT-lattialevyille 100...180 mm sekä CLT-kattolevyille 80...100 mm. Kat-

tolevyn rasitukseen ei lasketa pystysuuntaista rasitusta oman painon ja rakennusaikaisen hyötykuorman lisäksi, koska ylemmän tilaelementin lattialevy kantaa välipohjan hyötykuorman. (Mts. 14...15)

3.1.1 CLT tilaelementtirakentaminen

CLT tilaelementtejä käytetään mm. kerrostalo-, omakotitalo-, toimistotila-, sekä koulurakennusten rakentamiseen. CLT tilaelementeissä käytettävää CLT levyä voidaan myös hyödyntää esimerkiksi siltojen rakentamisessa.

Tilaelementtien asennusjärjestykseen on kiinnitettävä suunnittelussa ja tuotannossa suuri painoarvo. Tilaelementtien asennusjärjestys vaikuttaa suoraan siihen, mikä on tuotannon rytmitys ja kuinka pitkälle esivalmiusastetta tilaelementin osalta voidaan viedä. Tilaelementtitalon asennusjärjestykseen vaikuttavia tekijöitä ovat LVIS-reititys, liitoksien asentaminen, teräsosien sijoittelu sekä sääsuojauksen järjestäminen. (Sorri, 2017, 67...70)

Peruseriaatteena CLT tilaelementtirakentamisessa on, että kahdesta erillisestä tilaelementistä koostuva huoneisto jaetaan kahteen erilliseen moduuliin, tekniikka- sekä huonemoduuleihin. Tekniikkamoduuli sisältää märkätilat, talotekniset laitteet sekä kytkennät, kun taas huonemoduuli ai-noastaan kuivia huonetiloja. (Mts. 70)

Asennus etenee tilaelementti kerrallaan ja asennuksen jälkeen toteutetaan saumakohtien viimeistely sekä taloteknisten ratkaisuiden kytkeminen. Esimerkiksi liitoksien tekeminen on mahdotonta kahden tilaelementin väliin muiden tilaelementtien asennuksen jälkeen, jonka takia liitokset on tehtävä ennen seuraavan tilaelementin asentamista. (Mts. 68...90)

Tilaelementtikerrostalon rakentamisessa täytyy huomioida suunnittelusta lähtien suuri osa vaikuttavia tekijöitä. Näihin tekijöihin kuuluvat mm. kaavamääräyksien kautta tulevat mittasuhteet mahdolliselle rakennukselle, ilmansuunnat sekä näkymät rakennuksen eri seinustoilta. Muita huomioitavia asioita ovat yksittäisen asuinrakennuksen minimoitu tilaelementtien kappalemäärä sekä tilaelementtimallien toistuvuus tuotannollisen tehokkuuden lisäämiseksi. (Mts. 76...78)

P2- luokkaan kuuluvien tilaelementtikerrostalojen julkisivuverhoilussa suunnittelijalla on paljon valinnanvaraa. Suomalaisessa kulttuurissa on todettu luontevaksi verhoilla puurakenteiset rakennukset luonnonläheisellä puuverhoilulla, kuten lautaverhouksella, mutta julkisivuverhoilun voi suorittaa myös kuitusementti- tai rappauslevyverhoilulla. Julkisivuverhoilun toteuttaminen voi olla silti haastavaa, koska verhoilu pyritään mahdollisimman pitkälle tekemään jo tehtaalla, joka vaatii suunnittelulta ja toteutukselta täsmällisyyttä. Julkisivuverhoilun toteuttaminen paikan päällä voi olla myös perusteltua tietyn tyyllisen arkkitehtuurin saavuttamiseksi. Verhoilun valinnassa täytyy huomioida sääolosuhteiden vaikutus esimerkiksi lautamateriaalien halkeiluun ja käyristymiseen, johon voidaan vaikuttaa verhouksen laudan paksuudella. (Mts. 84...88)

CLT tilaelementtirakentaminen on huomattavasti nopeampaa kuin verrattavissa oleva betonirakentaminen. Tilaelementtejä hyödyntämällä rakentamisvaiheen kestoksi arvioidaan noin 2...6 kuukautta, kun samaan työhön betonirakennusvaiheiden kanssa kuluu noin 11...14 kuukautta. Tilaelementeillä päästään hyvin pieniin rakentamisaikoihin, jos hyödynnetään jo valmiiksi olemassa olevia tilaelementtikonsepteja, joka vähentää suunnitteluvaiheen kestoa huomattavasti. (Korhonen, R. & Nuutinen, H., 2017, 26)

Asennustöiden aikana sääolosuhteiden täytyy olla kuivat, joka asettaa suunnittelutyöhön lisähaasteita. Elementtien paikalleen asennuksen jälkeen on tehtävä pikainen sääsuojaus, jotta sääolosuhteiden muutokset eivät pääse vaikuttamaan elementtiin. Suojaus voidaan tehdä esimerkiksi vesikatolla tai erillisellä sääsuojaelementillä. Tilaelementtien asennustyötä ei voida myöskään suorittaa tuulisissa olosuhteissa, joten nämä kaksi rajoittavaa tekijää voivat vaikeuttaa urakoitsijan aikataulussa pysymistä. (Mts. 25...26)

3.1.2 CLT tilaelementtien kuljetusvaatimukset

Tilaelementtien suunniteltua kokoa rajoittavat sen kuljetettavuus ja käsiteltävyys. Näistä suurimpana rajoittavana tekijänä on tilaelementin kuljettaminen tehtaalta asiakkaalle. Tilaelementtien kuljetukset lukeutuvat erikoiskuljetuksiin, koska tilaelementin leveys ylittää normaalin kuljetuksen sallitut rajat lähes aina. Ennen rakentamisen aloittamista, on selvitettävä, onko tilaelementin kuljettaminen mahdollista käyttökohteeseen vai rajoittaako infra lopputuotteen toimittamista. Tilaelementtien suunnittelussa ja rakentamisen toteuttamisessa on huomioitava myös, onko lopputuotteen kuljettaminen taloudellisesti kannattavaa. (Sorri, 2017, 61...62)

Tilaelementtien kuljettaminen vaatii nostokaluston sekä tehtaalle että työmaalle. Molemmissa päissä täytyy huolehtia nostokaluston nostokapasiteetista nostojen ja siirtojen mahdollistamiseksi. Tilaelementin suunnittelussa täytyy huomioida myös nostopisteiden sijainti (Mts. 64...67) sekä si-dontapisteiden sijainnit kuljetusta varten (Riipinen 2021.). Tilaelementtien painot vaihtelevat 10 000...20 000 kilogramman välillä (Tuomisto, 2018, 32) (Törmänen, 2020).

Tilaelementtiin sijoitettava märkätila on painoltaan huomattavasti suurempi kuin itse ympärillä oleva tilaelementti, joten useasta osasta koottavat huoneistot tulisi optimoida painon sekä mitto-jen kautta kuljetusmahdollisuuksien mukaisesti. Märkätilan sijoittaminen täytyy huomioida myös kuljetuksessa epätasaisesti jakautuvan painon takia. (Sorri, 2017, 64)

3.1.3 CLT levyjen- ja tilaelementtien varastointi

Elementtien varastointia ohjaa CLT-levyn kosteusprosentin hallinta. Kansallisen SFS 5978 standar-din mukaan kosteusprosentin ollessa alle 15 %, täytyy suojauksen vastata tasoa ST3, joka tarkoit-taa sisäolosuhteita tai lämmitettyä telttasuojasta. Tämä täytyy huomioida työmaa-alueella, jossa elementeille on järjestettävä vaadittava suojaus. (Korhonen, R. & Nuutinen, H., 2017, 25)

3.1.4 CLT tilaelementtirakentamisen kustannukset

CLT tilaelementtirakentamisessa suureksi kustannuseräksi syntyy suunnittelukustannukset, jotka ovat huomattavasti korkeammat kuin betonirakentamisessa ilman valmista konseptia. Liitoksien lukumäärä ja akustiikan suunnittelu sekä palomitoituksen ja automaattisen vesisammutusjärjestel-män (vaaditaan yli 2-kerroksisiin puukerrostaloihin) suunnittelu kuormittavat suunnittelutyötä ja lisäävät kustannuksia. Materiaalikustannukset CLT tilaelementtirakentamisessa ovat myös suurem-pia kuin betonirakentamisessa. CLT on materiaalina kalliimpaa kuin teräsbetoni. (Korhonen, R. & Nuutinen, H., 2017, 27)

Huomattavia säästöjä tilaelementtirakentamisessa syntyy työ kustannuksista. Suunnittelutyö ja val-mistelu rakentamista varten on siirretty työmaalta tehtaaseen, joka vähentää työmaalla tapahtu-vaa toimintaa useilla kuukausilla. Näin ollen henkilökunnan palkkoihin kuluu vähemmän rahaa. (Mts. 27)

Tilaelementtien suunnittelussa tulisi kiinnittää huomioita yksittäisen työmaan tilaelementtien painoon ja sen määrittämiseen. Nosturikaluston hinta määräytyy hyvin paljon sen nostokapasiteetin kautta ja on hyvä välttää työmaalla turhaa ylimitoitusta nostotarpeiden suhteen. (Sorri, 2017, 64)

3.1.5 CLT tilaelementtien tulevaisuus

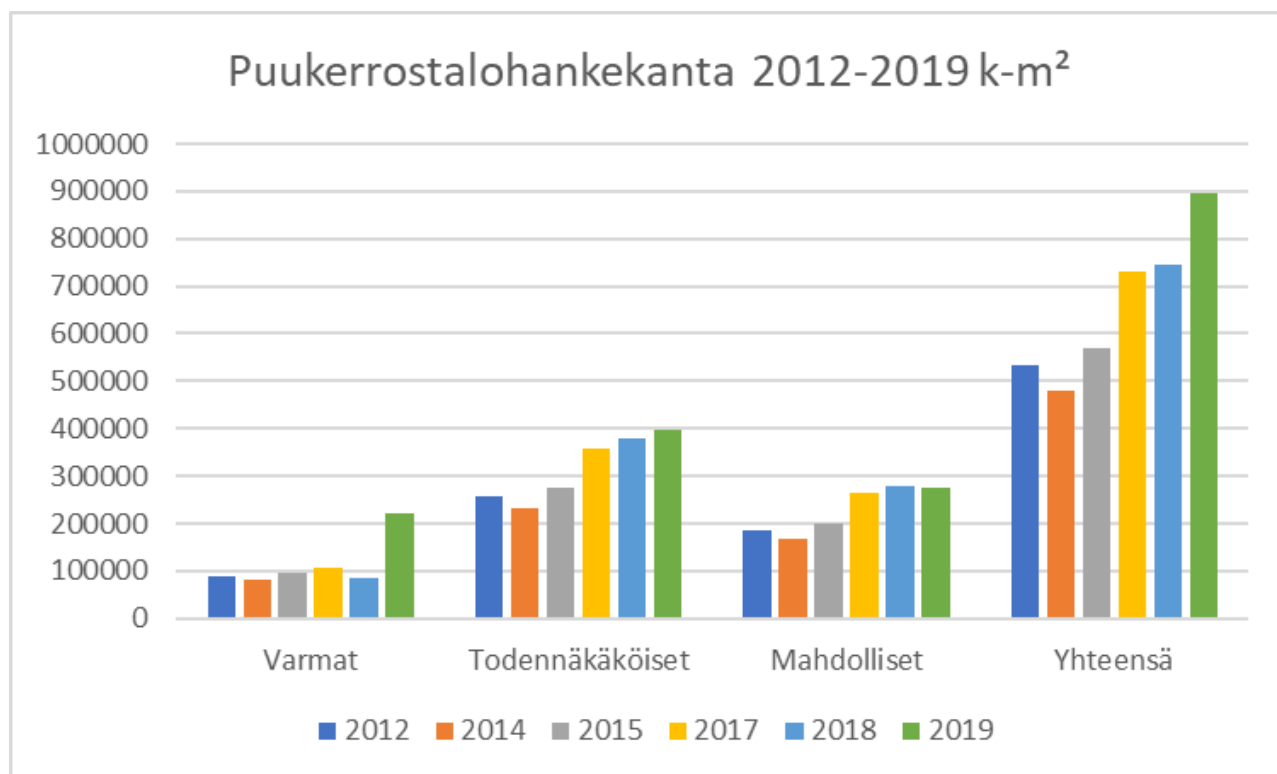
CLT:n tulevaisuus näyttää ennusteissa vahvalta. Tuotantomäärien viimeaikainen suoraviivainen kasvu ei näytä hidastumisen merkkejä ja yhä useammat projektit ovat käynnistymispisteessä CLT tilaelementtejä hyödyntäen. CLT tilaelementtien avulla on pystytty murtamaan aiempia käsityksiä puurakentamisen rajoitteista ja hyväksi esimerkiksi voidaan nostaa 14-kerroksinen puukerrostalo nimeltään ”The Tree”, joka sijaitsee Norjan Bergenissä. (Brandner, Flatscher, Ringhofer, Schickhofer & Thiel, 2016, 4)

Elementtien käytön luotettavuus tulevaisuuden rakentamisessa vaatii selkeiden pelisääntöjen määrittämistä alalle. Brandner nostaa esille viisi erilaista aluetta; (1) tuotanto sekä laatuvaatimukset, (2) testaus ja arviointi, (3) suunnittelu ja varmistus, (4) rakenne ja kasaus sekä (5) liittämistekniikat. Tarkkojen säännöksiä avulla voidaan luoda CLT elementeille kestävä tulevaisuus maailmanlaajuisissa toimituksissa. (Brandner, 2016, 3)

Suomen Työ- ja elinkeinoministeriön (2012, 2014 & 2015) sekä Ympäristöministeriön (2017, 2018 & 2019) toimeksiannoista tehdyistä puukerrostalohankekannan selvityksistä on havaittavissa trendi, joka puurakentamiseen on kohdistumassa vuosien 2012...2019 välillä. Hankkeet on jaoteltu varmoihin, todennäköisiin ja mahdollisiin hankkeisiin. Kiinnostus puukerrostalorakentamista kohtaan on kasvamassa, joka on havaittavissa alla olevista taulukoista. Vuosien 2012...2015 luvut varmoihin, todennäköisiin ja mahdollisiin projekteihin on johdettu prosentuaalisesti verrattuna vuosien 2017...2019 lukuihin rakennushankkeiden kokonaismäärästä. Alkuperäisissä raporteissa vuosien 2012...2015 välillä on ilmoitettu ainoastaan kokonaismäärä;

Taulukko 1 puukerrostalorakentaminen 2012...2019 k-m²

	2012	2014	2015	2017	2018	2019
Varmat	90598	81689	96939	108 062	85362	221213
Todennäkäköiset	256728	231484	274697	358 002	380298	397130
Mahdolliset	185575	167327	198564	264 349	278503	275912
Yhteensä	532900	480 500	570 200	730413	744163	894255

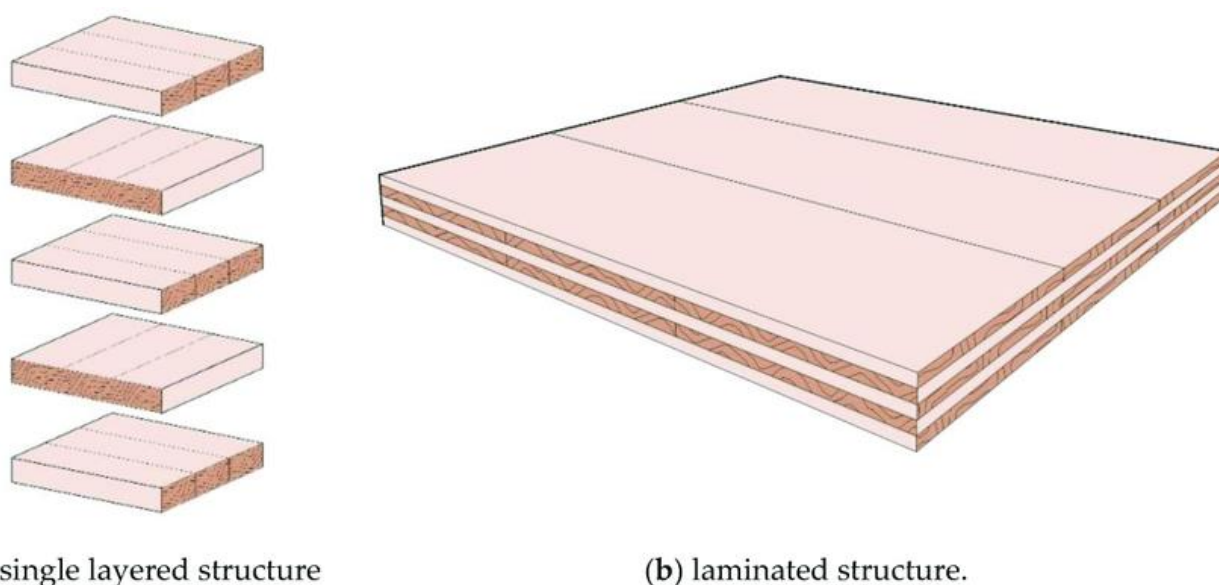


Kuvio 3. puukerrostalohankekanta 2012...2019

Suomen Valtiovarainministeri Matti Vanhanen odottaa, että tulevaisuudessa puurakentaminen tulee tekemään läpimurron. Paperintuotannon vähentyessä Suomen metsien tarjoama raaka-aine etsii uutta käyttötarkoitusta ja se voisi olla korkean jalostusasteen ja -arvon tarjoamat tuotteet, kuten CLT tilaelementti. Suomen paperiteollisuus on luonut maahamme valmiin infran ja logistiikkaketjun hyödyntääksemme tehokkaasti metsiemme tarjoamaa raaka-ainetta, samalla suojellen sen monimuotoisuutta. Ongelmaksi Vanhanen nostaa EU:n lainsäädännön ja tulevaisuuden ilmastotavoitteet, joita käsiteltäessä Suomen metsistä voi lähitulevaisuudessa tulla Euroopan keuhkot ja näin ollen rajoittaa oman uusiutuvan raaka-aineemme käyttöä. (Laukkanen, 2021)

3.2 CLT-levy

CLT (cross laminated timber) -levy on puutuote, joka on valmistettu parittomasta määrästä lamellikerroksia. Kerrokset koostuvat puusta ja ne asetetaan valmistusvaiheessa 90° kulmaan toisiinsa nähden (puun syyt, ks. Kuva 1: Elementin rakenne). (Brandner ym. 2016, 1...2) Levyn lamellikerrokset on kiinnitetty toisiinsa vahvalla liimasidoksella, joka tekee siitä lähes joustamattoman. Johtuen levyn rakenteesta, siihen pystytään sijoittamaan ovien ja ikkunoiden sijainnit tuotannossa ongelmitta. (Brandner, 2016, 1)



Kuvio 4. elementin rakenne (Dong, Cui, Yin, Yang & Guo, 2019, 4)

CLT-levyn koot vaihtelevat asiakkaan tilausten mukaisesti. Yleisinä mittarajoina toimivat 12...22 metrin pituus, 3 metrin leveys (Sorri, 2017, 11) ja 300...400 mm paksuus. Levyt voidaan rakentaa jopa 30 metrin pituisiksi tai 4,8 metriä korkeiksi, mutta tämän tyyppisten elementtien toimituksissa ja valmistuksessa täytyy huomioida kuljetusten- ja valmistusprosessin asettamat rajoitteet. (Brandner ym. 2016, 4)

3.2.1 CLT-levyjen koostumus

Suurin osa CLT-levyistä koostuu metsäkuusesta. Metsäkuusi on mekaanisesti työstettäväksi puulajikkeeksi loistava sen ominaisuuksien ja pehmeiden puolesta. Maailmanlaajuisessa käytössä on

myös muita puulajikkeita, jotka ovat vaikeammin mekaanisesti työstettäviä kuin metsäkuusi. Suomessa CLT-levyt tehdään pääasiallisesti kuusi- tai mäntylautoista (Sorri, 2017, 19). Tämän mahdollistaa levyn kiinteä rakenne ja lamellilevyjen homogenointi. (Brandner ym. 2016, 5) Tietyissä tapauksissa CLT:n pintakerroksen lamellilevy korvataan eri puumateriaalilla, jos asiakas toivoo erilaista ulkonäköä CLT-levylle. (Brandner, 2016, 5)

Lamellikerroksien paksuus vaihtelee yleisesti 12 ja 45 mm välillä, mutta tyyppihyväksynnot ovat saaneet lamellit, joiden paksuus on 4...80 mm. Alle neljän millin paksuisia lamellilevyjä ei suositella käytettäväksi CLT-levyn kerrosten välisen rasituksen takia. CLT-levyjen valmistuksessa on myös varmistuttava, että puumateriaali, joka on käytetty yhtenäiseen kerrokseen, on tasapaksuista. Tämän avulla pystytään varmistumaan siitä, että CLT-levy saadaan painettua kasaan tasalaatuisesti ja että se läpäisee vaadittavat testit (liitoksen paksuus 0.1...0.3 mm). (Mts. 4...5)

CLT-levyille on asetettu standardeja lainsäädännössä, jotta valvonta ja tuotteiden tasalaatuisuus voidaan varmistaa erityyppisten testausmenetelmien avulla. Nämä lujuusominaisuudet on määritetty EN 338:2016 asiakirjassa, missä erityyppisille valmistusmuodoille on määritetty omat lujuusvaatimuksensa. (Brandner ym. 2016, 5)

3.2.2 CLT-levyjen valmistus

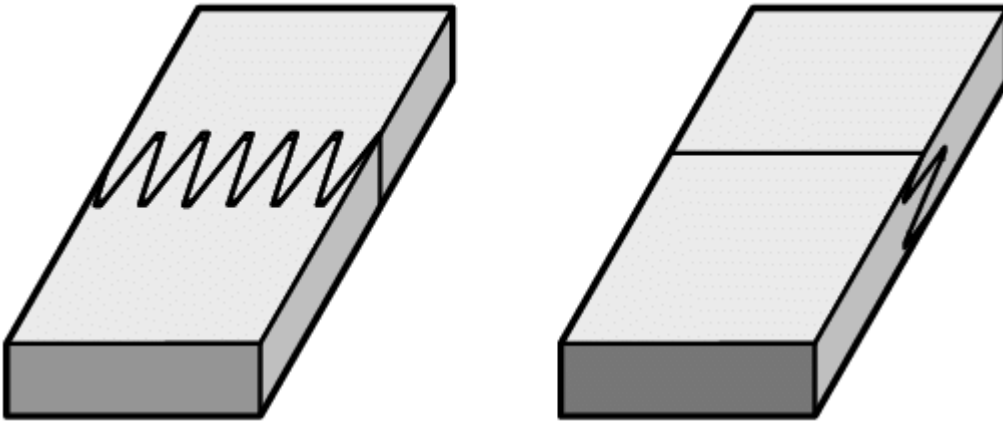
Brandnerin mukaan CLT-levyjen valmistus koostuu viidestä erilaisesta työvaiheesta; (1) Valmiiksi kuivattujen lamellilevyjen arviointi ja ominaisuuksien testaus, (2) alueiden poistaminen raaka-ainepuusta, jotka eivät läpäisseet laatuvaatimuksia (EN 14081-1, DIN 4074-1), (3) lamellilevyjen jakaminen ja leikkaus, (4) lamellien ja paneelien kasaaminen ja liimaliittäminen CLT levyksi ja (5) CLT-levyn lopullinen kustomointi asiakkaan tarpeisiin. (Brandner, 2016, 4)

CLT-levyn kerroksia on myös mahdollista korvata yksittäisillä kerroksilla laminoitua vanerilevyä (LVL), lastulevyä (OSB), jalopuuvaneria tai monikerroksista puulevyä. Valmistuksessa tulee kuitenkin ottaa huomioon erilaisten materiaalien vaikutusta CLT-levyn ominaisuuksiin ja tarkastella, onko tuote tulossa esimerkiksi kantavaksi rakenteeksi. (Brandner ym. 2016, 5) Esimerkiksi CLT:n pintakerros voidaan korvata jalopuuvanerilla, jotta saadaan huolitellumpi ulkonäkö. Näiden ratkaisuiden toteuttaminen on kalliimpaa kuin tavallinen CLT-levyn rakentaminen. (Sorri, 2017, 14)

CLT-levyn kerroksien lamellilevyt tulee kuivattaa niin, että niiden kosteusprosentti on 12 ± 2 %. (Brandner ym. 2016, 5) Levyjen sallittu kosteusprosentti on välillä 6...15 %. Tuotannossa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, ettei kahden vastakkain asettuvan lamellilevyn kosteusprosentti saa erota yli 5 %. (Brandner, 2016, 19) Prosentin muutos kosteuspitoisuudessa aiheuttaa 0,25 % pituudenmuutoksen levyn paksuussuunnassa ja pituussuunnassa 0,02 % pituudenmuutoksen jokaista prosentin kosteuspitoisuuden muutosta kohden. Tästä syystä täytyy huomioida, että kuljetuksen, varastoinnin sekä asennuksen aikana levyt pystytään suojaamaan. (Sorri, 2017, 59)

Tuotantokapasiteetti CLT-levytehtaalta ulospäin määräytyy käytettävän kaluston mukaan. Puulevyjen liittäminen toisiinsa CLT-levyiksi on pullonkaula tuotannossa. Yksittäisen lamellilevyjen toisiinsa liittämiseen tarkoitetun pressikoneen vuosikapasiteetti on $25\,000\text{ m}^3$ yhdessä vuorossa työkennellessä. Vakuumikonetta käytettäessä vuosituotanto vuoroa kohden on $5\,000\text{ m}^3$. Lamellilevyt voidaan myös yhdistää naula, ruuvi ja pulttiliitoksilla toisiinsa, joka on investointeja ajatellen kaikista halvin tuotantomalli, mutta tämän tuotantomallin käyttäminen vaatii paljon tietotaitoa. (Brandner, 2016, 16...17)

CLT-levyihin lisätään usein tehtaalla valmiit sormiliitokset, joiden avulla asennustyö ja tuotteen laatu sekä helppokäyttöisyys lisääntyvät. Sormiliitoksille löytyy valmiiksi optimoidut ja hyväksytyt sormipituudet (EN385, prEN 15497, DIN 1052). Sormipituuksien kasvaessa täytyy ottaa huomioon liitokseen kohdistuva taitevoima, koska liitoksen pituuden kasvaessa riski murtumiin lisääntyy. (Brandner ym. 6) Sormiliitoksia on käytössä kolmea eri mallia, joista kaksi on yleisimmin käytössä; vaakasuorat- ja vertikaaliset sormiliitokset. (Brandner, 2016, 7)



Kuvio 5. sormiliitokset (Brandner, 2013, 9)

3.2.3 CLT-levyjen laatu ja testaus

CLT-levyjen testausta ja laadunvalvontaa ohjaa asetus prEN 16351. Dokumentissa asetetaan vaatimukset erilaisilla levymuodoille ja niiden ominaisuuksille. Dokumentissa asetetaan myös vaatimukset CLT-levyjen merkinnöistä ja arviointikriteereistä, joiden mukaan ne merkitään. (European Committee for Standardization, 2018, CEN - PREN 16351)

Sahatavara määrittää lujuusluokituksen CLT-levylle, joka on yleensä C24. Valmistajien välillä ilmenee kuitenkin eroja materiaaliominaisuuksien sekä suunnitteluperiaatteiden puolesta. Erot voivat johtua esimerkiksi liimaustavasta, valitusta sahamateriaalista sekä erilaisista materiaalien kestävyiden määrittäytavoista. (Sorri, 2017, 13)

Tuotantotilojen lämpötilat ja kosteusprosentit on säädettävä levyjen käsittelylle sopiviksi (liittämisen aikana lämpötila $T \geq 15^{\circ}\text{C}$ ja ilman suhteellinen kosteus 40-75 %, kovettamisen aikana $T \geq 18^{\circ}\text{C}$ ja ilman suhteellinen kosteus $\geq 30\%$). Jokaiselle lamellikerroksille täytyy määrittää tuotannossa oma kosteusprosenttinsa ja liittämisvaiheessa huomioitava, ettei vastakkain asettuvilla lamelleilla ole yli 5 % ero kosteusprosentissa. (Brandner, 2016, 19)

3.2.4 CLT-levyjen paloturvallisuus

CLT-levyllä on puutuotteeksi paloturvallisia ominaisuuksia. Tulipalon syttyessä massiivipuisen CLT-levyn pintakerros hiiltyy, eikä syty palamaan. Tällä tavoin se suojaa CLT-levyn sisäkerroksia palamiselta ja säilyttää tukivoimansa esimerkiksi vähentäen kerrostalopalossa romahtamisriskiä. Tästä huolimatta massiivipuiset kerrostalot on varustettava OH-luokan sprinklereillä. Puujulkisivuja käytettävissä kerrostalorakennuksissa on myös säädetty erillisiä palon kulkua hankaloittavia paloturvallisuustoimia kuten tuuletusrakojen palonleviämisen estämistoimia. (Lahti, 2017, 26)

Lahden mukaan (2017) CLT levyjen palomitoituksen periaatteita on kolme; (1) CLT voidaan suojata levytyksellä, jotta palotilanteessa CLT-levyn pintakerros ei pääse hiiltymään ja säilyttää tukikapasiteettinsa, (2) suojalevytykset suojaa CLT-levyn pintakerrosta vain palon alkuvaiheilla, jonka jälkeen levyn pintakerros pääsee hiiltymään ja hiiltymättömän CLT-levyn poikkileikkaus kantaa palotilanteen kuorman sekä (3) CLT-levyn pintaa altistuu palolle ja pintakerros hiiltyy, jonka jälkeen hiiltymättömän osan poikkileikkaus kantaa palotilanteen kuorman.

Eurokoodin EN 1995-1-2 (2015) mukaan CLT levyn pintaosan hiiltymisnopeus on $\beta_0 = 0,65$ mm/min. Hiiltymisnopeus koskee CLT levyn ensimmäistä lamellikerrosta, jonka liimapinnan pettämisen ja lamellikerroksen pois putoamisen jälkeen hiiltymisnopeus kaksinkertaistuu seuraavassa lamellikerroksessa aina 25 mm:n syvyyteen asti. Tämän jälkeen hiiltymisnopeus palaa alkuperäiseen arvoonsa.

Palotilanteessa CLT-levyjen kantokykyä voi parantaa kolmella tavalla; (1) käyttämällä paksumpaa CLT:tä, (2) lamellikerrosten lukumäärällinen lisääminen, jotta kantavia lamellikerroksia on enemmän ja (3) suojaverhouksen lisääminen. Yleisin suojaverhoilu, mitä käytetään, on palokipsilevy. (Sorri, 2017, 43...46)

Vuoden 2021 alusta muuttuneet paloturvallisuusmääräykset mahdollistavat CLT-levyjä hyödyntäessä helpomman suunnittelun, koska sisäseinäpinnan suojaverhousta ei enää määrätä asennettavaksi. Tästä johtuen rakennusten sisälle on mahdollista jättää puupinnat CLT-levyjä käytettäessä. (Puuinfo, 2021)

3.2.5 CLT-levyjen käyttötarkoituksia

CLT-levyjen käyttökohteita ovat rakenteelliset ja tukevat rakenteet sekä suuret seinä- ja lattiakäyttötarkoitukset. Levyn valmistustekniikan puolesta se avaa uusia mahdollisuuksia arkkitehtuurin ja rakennussuunnittelun puolella. Levyjen keveyden sekä kohtisuorien tukiominaisuuksiensa puolesta se vastaa rakennusalan vaatimuksiin ja tarpeisiin. (Brandner, 2016, 1...2)

CLT-levyjen helppokäyttöisyys lisää mahdollisia käyttökohteita rakennusalalla, joka on hyvin yksipuoleisesti keskittynyt mineraalirakentamiseen. (Brandner ym. 2016, 2) Levyn ominaisuuksien puolesta se sopii kerrostalo- sekä toimistotilarakentamiseen, omakotitalojen seinä- ja lattiaelementeiksi sekä esimerkiksi koulurakennuksien ja siltojen rakentamiseen. (Brandner, 2016, 2)

3.3 CLT-levyn ja tilaelementtien edut ja haitat

Tilaelementtirakentamisen suuri etu tulee pitkälle viedystä esivalmisteluasteesta. Tilaelementtiin voidaan tehdä asennustyöt loppuun pintamateriaalien, talotekniikan sekä kiintokalusteiden asennuksen osalta, joka poistaa työkuormaa rakennustyömaalta. (Sorri, 2017, 10) Tämän mahdollisuuden käyttöetuihin voidaan lukea valmiiden porrastettujen asennusohjeiden luonti, korjaustöiden ja muutostöiden helpottaminen sekä eristystöiden ja ilmastoinnin yksinkertaistaminen (Brandner ym. 3...4). Valmistelutyöt tehdasolosuhteissa ovat myös huomattavasti tehokkaampia, laadukkaampia ja turvallisempia kuin työmaaolosuhteissa ja CLT-levyjen kosteusongelmien välttäminen helppoa (Sorri, 2017, 23...24). Esivalmisteluiden etuihin lukeutuu myös rakennusmateriaalien tehokas käyttö, jonka seurauksena materiaalihukka pienenee (Miettinen, 2020).

Tilaelementin esivalmisteluiden ja pohjatöiden huomiointi vähentää painetta työmaa-alueelta, missä pystytysaika on pieni verrattuna mineraalipohjaisiin elementteihin (Brandner ym. 2016, 3...4). Varastoinnin tarvetta työmaa-alueella tilaelementeille ei ole, koska ne on suunniteltu asennettavaksi suoraan paikalleen. Työmaalla oleva kaluston tarve on myös vähäisempi, joka tuottaa säästöjä nosturin kustannuksissa. Tilaelementtitekniikalla rakennetut ulokkeet ja sisäänvedetyt parvekkeet ovat myös kilpailukykyisempiä kuin betonirakentamisen vastikkeet. Sisäänvedetyillä parvekkeilla voidaan myös luoda omaa rauhaa tiiviisti rakennetussa kaupunkiympäristössä. (Sorri, 2017, 23...73)

Fysikaalisten ominaisuuksiensa puolesta CLT-levyllä on muihin seinärakenteisiin verrattuna erityisen suuri kosteuden -ja lämpöenergian varastointikapasiteetti (Brandner ym. 2016, 3...4). Se toimii myös loistavana ilmansulkuna sekä lämmöneristeenä (Sorri, 2017, 14). Näiden ominaisuuksien lisäksi se on kevyt verrattuna muihin käytössä oleviin elementteihin, jonka takia sitä voidaan hyödyntää erityisen hyvin rakentamisessa maaperälle, jolla on heikot kantavuusominaisuudet (Brandner ym. 2016, 3...4). Rakenteelliset ominaisuudet mahdollistavat ovien ja ikkunoiden suunnittelun ja sijoittamisen sekä valmiiden tukitoimintojen rakentamisen erilaisiin asiakkaan toivomiin käyttötarkoituksiin (Brandner, 2016, 2).

CLT-asuntomoduulien käyttäminen nopeuttaa rakennustyömaiden toimintaa huomattavasti ja asuntomoduulit ovat uudelleenkäytettäviä. Ne voidaan asentamisen jälkeen purkaa ja asentaa uudelleen seuraavalla sijoituspaikalla, joka mahdollistaa rakenteiden kierrätyksen sekä laskee uuden rakennuksen rakennuskustannukset 20 %:in alustavasta hinnasta. (Miettinen, 2020)

Massiivipuurakentamisen suureksi eduksi nousee lämmityskustannusten laskeminen. Massiivipuuelementeistä rakennetun kerrostalon lämmityskustannukset ovat 30 % pienemmät kuin mineraalipohjaisen kerrostalon. Tämä johtuu siitä, että mineraalipohjaiset rakenteet ovat lämpöä johtavia, kun taas puurakenteiset ovat eristäviä. (Mts. 2020)

Haittavaikutuksiin voidaan lukea puumateriaalin turpoaminen ja kutistuminen kosteudesta riippuen. Erilaisissa ilmastoissa käytettäessä täytyy laskelmoida turpoaminen ja kutistuminen kiinteän puun ominaisuuksien mukaisesti. (Brandner ym. 2016, 3...4) Kosteusmuutoksien lisäksi täytyy huomioida kuormituksen aiheuttamat muodonmuutokset. Puurakenteiden muodonmuutokset ajan kuluessa voivat häiritä asumismukavuutta värähtelyiden sekä välittyvien äänien takia. (Sorri, 2017, 53...59)

Sijoituspaikkojen asettamat yksilölliset vaatimukset rajoittavat valmiiden kerrostalopakettien käyttöä, joka lisää suunnittelukustannuksia. Tilaelementtikerrostalon porraskäytävään muodostuu turhia neliöitä, joka on pois myytävästä asuinhuoneistopinta-alasta. (Mts. 76...80)

CLT tilaelementtien käytössä ilmenevät ongelmat kohdistuvat suurimmaksi osaksi tietotaidon puutteeseen. Tilaelementtitalojen suunnittelussa täytyy pystyä huomioimaan tehdastuotannon

luomat rajoitteet. Tuotantomenetelmät ovat vuosikymmeniä jäljessä normaaliin mineraalirakentamiseen verrattuna ja vakiintuneiden ohjeistuksien puuttuminen vaikeuttaa tilannetta. Myös koulutuksen-, kokemuksen- ja toimijoiden puute tilaelementtien parissa jarruttaa kehitystä. Urakkakilpailutuksiin on vaikea osallistua korkean suunnitteluasteen CLT tilaelementtitalolla, koska valmiita kustannusarvioita ja rakenneratkaisuita ei välttämättä ole vielä tarjolla. Ratkaisuiden täytyy myös olla valmiita ennen rakentamisen aloittamista. Yhdeksi suureksi ongelmaksi voidaan myös katsoa rakennuttajien muutosvastarinta uuden rakennustekniikan vallatessa tilaa mineraalirakentamiselta. (Sorri, 2017, 24...74)

Negatiiviseksi tekijäksi tilaelementtien käytössä voivat nousta kuljetuksen hinta ja sen mahdollistaminen. Valmiiden tilaelementtien kuljetus tehtaalta määränpäähän voi osoittautua kalliiksi sekä matkalla olevat kulkuyhteydet käyttötarkoitukseen huonoiksi. Tässä opinnäytetyössä keskitytään selvittämään, mistä nämä kustannukset johtuvat ja miten suuriksi kuljetuskustannukset voivat kasvaa. (Mts. 24...74)

4 Optimoinnin taustaa ja menetelmiä

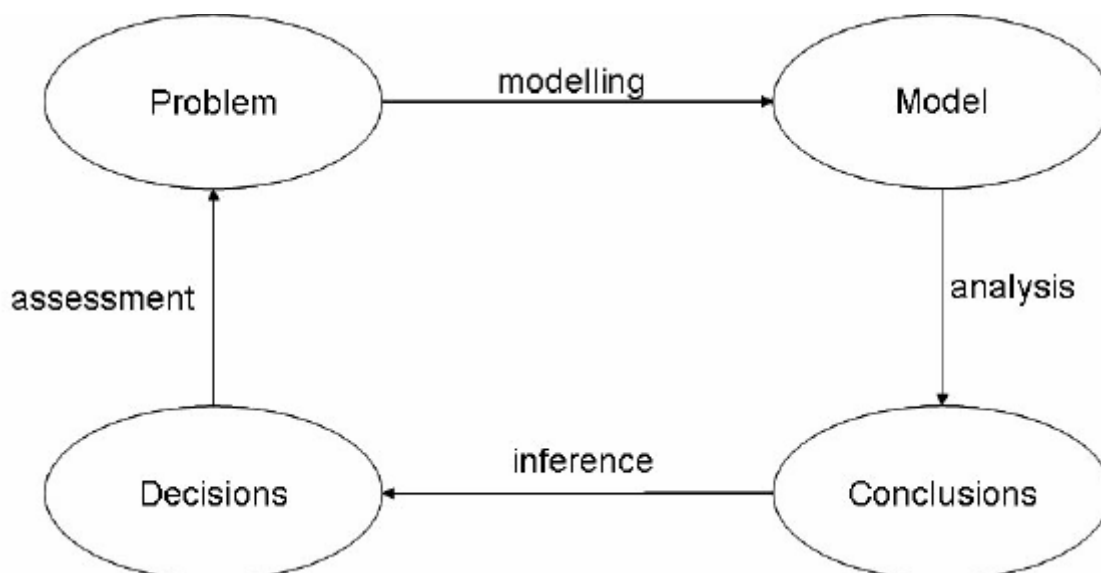
Optimointi on matemaattista ja analyyttistä ongelmanratkaisua. Optimoinnissa käytettävät funktiot pyrkivät joko maksimoimaan tai minimoimaan halutut muuttuja-arvot toimintaympäristöön sidottujen rajoitusten ja mahdollisuuksien mukaisesti. Optimoidut ratkaisut saadaan funktioita hyödyntämällä erotettua mahdollisten ratkaisuiden joukosta ja helpottamaan päätöksentekoa. (Rardin, 2017, 7)

Optimoinnilla pystytään ratkaisemaan ongelmia esimerkiksi tuotantotilojen tai toimipaikkojen sijainnin suhteen, kuljetusongelmien ratkaisemiseksi, organisaatioiden työvuororytmitysten järjestämisessä sekä investointipäätösten tekemisessä. Optimoinnin hyödyntämismahdollisuuksia on vaikea rajata tiettyyn aihepiiriin, koska sen soveltamisalueita löytyy kaikkialta. (Mts. 1)

Erilaisten ongelmien tai tavoitteiden ilmetessä pystytään rakentamaan matemaattinen malli tai funktio, joka koostuu ongelmaan kytköksissä olevista muuttujista ja niiden suhteista toisiinsa. Muuttujille voidaan luoda haluttu tärkeysaste (herkkyysarvo) funktion sisään sen painoarvon perusteella haluttuun lopputulokseen verraten. (Mts. 3)

Optimointi on syytä aloittaa ongelman tarkastelusta. Ongelma pystytään pilkkomaan osiin, jotka ovat (1) mahdolliset päätökset, (2) päätöksiä rajoittavat tekijät ja (3) haluttujen lopputulosten tärkeysjärjestys (min/max). Näiden osatekijöiden selvittäminen auttaa optimoinnissa ymmärtämään ongelmaa paremmin. Edellä mainittujen kolmen tekijän määrittämisen jälkeen pystytään luomaan ns. standardi malli optimoinnille. (Mts. 4...26)

Optimointi ja toiminnan tutkimusprosessi ovat liitännäisiä toisiinsa. Toiminnan tutkimuksessa ollaan tekemisissä päätöksenteko-ongelmien parissa, jotka johtavat optimoinnista saataviin funktioihin ja matemaattisten mallien tarjoamiin vastauksiin. Toiminnan tutkimuksessa käytettävä malli muodostaa kehän, joka pyrkii kriittisen ajattelun kautta aina parantamaan lopputulosta. (ks. Kuva x Operations Reseach Process) (Mts. 3...4)



Kuvio 6. operations reseach process (Brent, 2005, 9)

Optimoinnin ongelmaksi voi koostua funktion tarjoamat tulokset. Tästä syystä tulosten arviointi ja vertaaminen on tärkeä osa optimointia. Tuloksia on tarkasteltava kriittisesti ongelmaa ja huomioitavien muuttujien tärkeysarvoja verraten, koska tehdyssä mallinnuksessa voi ilmetä virheitä. Virheiden ilmetessä pystytään hyödyntämään toiminnan tutkimuksessa käytettävää mallia ja optimoinnin sykli alkaa alusta. Alustavien tulosten jälkeen on optimointiin lisättävä vaihtoehtoisia lukuarvoja, joiden avulla pystytään tarkistamaan tulosten täsmällisyys. Optimoinnissa käytettävää

funktiota muuttamalla pystytään vaikuttamaan muuttujien herkkyyssarvoihin ja tällä tavoin on mahdollisuus päästä parempaan lopputulokseen. (Mts. 10...15)

Optimoinnin tulokset eivät yleensä ole tarkkoja vaan suuntaa antavia. Muuttujien vaihtelevien arvojen ja arvoasteikoiden aiheuttamana tulokset pystytään antamaan ainoastaan heuristisesti eli mahdollisimman lähelle optimia arvioituina. (Mts. 16)

Optimointimalleja on useita ja niistä on tunnistettava käyttötarkoitukseen oikea vaihtoehto. (1) Graafinen ratkaisu taulukkoalueelle tarjoaa näkymän mahdollisista vaihtoehdoista ja selkeyttää näkemystä toiminta-alueesta. Rajaamalla toiminta-alue rajoittavilla muuttujilla pystytään selvittämään graafisesti toteutettavissa oleva sarja. (2) Laajamittaisten optimointimallien ja indeksoinnin avulla pystytään optimointi pitämään hallinnassa ja ilman ylimääristä työkuormaa suuremmissa muuttujasarjoissa. (3) Lineaaristen optimointien tunnistaminen epälineaarisista optimoinneista auttaa optimoinnin yksinkertaistamisessa. Lineaaristen optimointimallien muuttujat ovat kaikki suhteessa toisiinsa lineaarisia, epälineaarisessa mallissa yksi tai useampi muuttuja on epälineaarinen. (4) Erillis- tai kokonaislukumallit auttavat optimoinnissa, joiden päätöksentekoon vaaditaan loogista ajattelua. (5) Monitavoitteelliset optimointimallit auttavat ongelmissa, joissa on tavoite maksimoida tai minimoida useampi kuin yksi muuttujista. (6) Valmiit tietokonemallit ja ohjelmistot pystyvät optimoimaan laajamittaisesti ongelmat oikean sovelluksen valitsemalla. (Mts. 23...66)

Optimointi joudutaan tietyissä tilanteissa toteuttamaan porrastetusti, eikä kaikkia muuttujia pystytä tulkitsemaan saman yhtälön tai optimointisovelluksen alla. Tällaisista ongelmista esimerkkinä voidaan pitää postilaatikoita. Suuri määrä postilaatikoita lisää asiakastytyvääsyyttä, koska kävelymatka postilaatikolle on pienempi. Toisaalta se tuottaa yritykselle lisäkuluja toimittaa postia suurempaan määrään postilaatikoita. Näiden kahden muuttujan lisääminen samaan yhtälöön omilla herkkyyssarvoillaan voi vääristää tulosta tai olla mahdotonta toteuttaa. (Ghiani, Laporte & Musmanno, 2013, 413)

Optimointi vaatii tuekseen ennustamista, jotta logistinen koneisto pystyy vastaamaan tulevaisuuden tarpeisiin vaadittavalla tasolla. Logistinen koneisto ei pysty vastaamaan muutoksiin nopeasti ja siksi ennustaminen on oleellinen osa optimointia, tuotannonsuunnittelua, varaston hallintaa sekä

kuljetusten järjestelyä. Ennustaminen on tulevaisuuden tarpeiden määrittämistä ennalta esimerkiksi valmiiksi tiedossa olevan datan perusteella. Valmiiksi hyödynnettävän datan täytyy osoittaa johdonmukaisuutta, jotta sitä pystytään hyödyntämään. (Ghani ym. 2013, 44...45)

Ennustamista logistiikassa on kolmea eri tasoa; lyhyen-, keskipitkän- ja pitkän aikavälin ennustamista. Logistiikan parissa työskentelevän työntekijän tehtäviin kuuluu keskittyä lyhyen aikavälin ennustukseen ja vastaamaan lähitulevaisuuden kysyntään. (Mts. 45)

Ennustamiseen on luotu valmiita tietokoneohjelmistoja, joiden hyödyntäminen on käyttötarkoitukseen edullista. Ohjelmistojen avulla pystytään luomaan ennustusketjuja, joiden avulla pystytään tulkitsemaan organisaation toimintaan vaikuttavat tekijät eri portailla yhden prosessin ennustuksen mukaisesti esimerkiksi myynnin muuttuessa suuremmaksi myös kuljetusmäärät kasvavat. (Mts. 97...98)

4.1 Paikkatietojärjestelmä

Paikkatietojärjestelmät koostuvat tietopankin, datan, ohjelmiston, ihmisten, organisaatioiden sekä institutionaalisia järjestelyitä yhdistävästä järjestelmästä. Järjestelmä kerää, säilyttää, analysoi ja hyödyntää erilaisia datapaketteja sidottuna paikkatietoon maapallolla. Paikkatietojärjestelmien hyödyntäminen on yleisintä logistisissa ongelmissa. (Miller & Shaw, 2001, 3...16) Paikkatietojen ilmoittamisen apukeinoina voidaan käyttää maapallon pituus- ja leveyskoordinaatteja (yleinen) tai esimerkiksi osoitetta (National Geographic, n.d.).

Paikkatietojärjestelmän monimutkaisuus johtuu erilaisten muuttujien suhteista, -eriarvoisuuksista sekä niiden sisältämän datan monipuolisuudesta. Paikkatietojärjestelmät voivat sisältää kaksitasoista dataa; ensimmäinen määrittää fyysisen- sekä loogisen datan. Toisessa kerroksessa muuttujat voidaan havainnoida myös ”oikean”- tai ”virtuaalisen” maailman mukaisesti. Fyysisen- ja loogisen datan sekä oikean- ja virtuaalisen maailman yhteen tuonnista saadaan luotua neljää erilaista ulottuvuutta hyödyntävä taulukko. (Ks taulukko) (Miller & Shaw, 2001, 14...15)

	Logical	Physical
Real	<i>Legal definitions</i> - Route - State trunk network - County trunk network - Street network - Political boundary	<i>Actual facilities</i> - Highways - Roads - Interchanges - Intersections
Virtual	<i>Data structures</i> - Networks - Chains - Links - Nodes - Lattices	<i>Data values</i> - Lines - Points - Polylines - Polygons - Attributes

Kuvio 7. paikkatietojärjestelmä, datarakenne. (Kayondo, Bax & Togboa, 2011, 5)

Ulottuvuuksien välille syntyy yhteyksiä, joiden suhde on yleensä enemmän kuin yksi yhteen. Esimerkiksi kaksi toisistaan eroavaa reittiä saattavat jakaa osan samasta moottoritiestä, mutta käyttävät muilta osin erilaisia tiestövalintoja urbaanissa ympäristössä. (Mts. 16)

Paikkatietojärjestelmän tarjoama data on pystyttävä tuomaan esille käyttäjäystävällisesti. Järjestelmien sisältä löytyy useita erilaisia vaihtoehtoja datan mallintamiseen ja niiden seasta on pystyttävä löytämään helpoiten tulkittavissa oleva esitysmalli. Vaihtoehtoja on runsaasti, mutta yksinkertaisuus lisää myös käyttäjäystävällisyyttä. Näin tulkitseminen helpottuu informaatiota jaettaessa eteenpäin. Esimerkkinä voidaan käyttää karttapohjan valintaa, missä kannattaa kasvillisuuden väriksi valita vihreä, koska ihmismieli yhdistää vihreän kartalla kasvustoon. (Joyce, 2019)

4.2 Datan soveltaminen

Datan hyödyntämistasoja on kolme; (1) konseptitaso, (2) looginen taso sekä (3) fyysinen taso. Yleisin datan mallinnuksessa käytettävä hyödyntämistekniikka sisältää kaikki kolme porrasta ja ne käydään numerojärjestyksessä läpi. Konseptitasolla tieto pyritään tuomaan käyttäjäystävällisesti ja ymmärrettävästi esille usein ”minimaailman” turvin ja helposti luettavissa muodoissa. Loogisen tason mallinnuksessa käyttäjälle tuodaan esille tarkemmin muuttujien ja data-arvojen suhdetta sekä vaikutusta toisiinsa. Fyysisellä tasolla pyritään tuomaan esiin mihin data on tallennettu ja

mitä kautta sitä hyödynnetään, mutta tämän portaan käyttö on harvinaisempaa tavalliselle järjestelmänkäyttäjälle. (Miller & Shaw, 2001, 17)

Maailmalla jatkuvassa kehityksessä olevan teknologian ja digitalisaation edetessä paikkatietojen hyödyntämismahdollisuudet lisääntyvät. Paikkatietojen hyödyntäminen yritysten- ja julkisen hallinnon tehtävissä on nyt ja tulevaisuudessa tärkeää. Paikkatietojen hyödyntämisen kautta pystytään rikastuttamaan liiketoimintamallia ulkoisella datalla ja löytämään piilossa olevia kytköksiä. (Esri, n.d.)

5 Toimitukset asiakkaalle

Tässä kappaleessa tarkastellaan kuljetusten yleiskuvaa, sen toimijoita sekä haasteita. Kappale keskittyy tutkimaan aiheita CLT tilaelementtien toimituksiin liittyen. Tästä syystä aineisto koostuu tieliikenteen rajoitteisiin, erikoiskuljetuksiin sekä kuljettajille määritettyihin ajorajoitteisiin lainsäädännön puitteissa. Lisäksi lopuksi käydään läpi toimituslausekkeiden perusteella jakautuvat kustannukset toimitusten osalta.

5.1 Kuljetukset

Logistiikkakustannuksista noin puolet koostuu rahdin kuljetuksista tuotantolaitokselta asiakkaalle. Tästä syystä se on olennainen osa logistiikkapalveluiden suunnitteluprosessia. Tuotteiden saatavuus asiakkaalle määrittää omalta osaltaan palveluntason yritykselle ja luo lisäarvoa tuotteelle. Suunnittelemalla toimivan ja kustannustehokkaan logistiikkapalveluiden ketjun yritykselle pystytään sen avulla hyödyntämään pidempiä toimitusmatkoja, nopeaa toimitusaikaa ja aina lisääntyvää kilpailua kilpailevien yritysten kanssa globaalissa mittakaavassa. Toimivilla logistiikkapalveluilla pystytään luomaan kilpailuetu, joka hyödyttää kuluttajaa ja tuottajaa. (Ghiani ym. 2013, 318)

Kuljetusten järjestelyssä pyritään löytämään usein vastaus samaan kysymykseen; kuinka järjestää halvin mahdollinen kuljetus tuotteille käytettävissä olevilla kuljetuspalveluilla ja -verkostoilla tehotaalta määränpäähän? (Mts. 326)

Tavaraliikenteessä toimii yleisesti kolme erilaista toimijaa; tuotteiden valmistajat, kuljetuspalvelut sekä hallitukselliset toimijat. Tuotteiden valmistajat luovat tarpeen tavararahdille ja joissain tapauksissa hoitavat itse myös tuotteiden toimitukset. Kuljetuspalvelut, jotka tarjoavat palvelua tuotteiden toimituksiin sekä hallitukselliset toimijat ylläpitävät, kunnostavat ja säätävät kotimaisen-, ulkomaisen- ja globaalin tavarantoimitukset lakipykälää sekä infrastruktuuria. (Mts. 318)

Globaalit tavarantoimitusmahdollisuudet avaavat laajan määrän erilaisia rahdintoimitusmuotoja; putkitoimitus, laiva-, lento- ja junarahti sekä kumipyöräkuljetus. Joissakin tapauksissa useiden erilaisten rahtipalveluiden takia joudutaan tuotetta siirtämään kuljetusyksiköstä toiseen ja tuotetta saatetaan säilöä tietyn aikaa välivarastossa, jossa tuotteen siirtäminen tapahtuu. Tällöin rahtipalvelun nimestä puhutaan intermodaalisena kuljetuksena. (Mts. 318...319)

Kuljetusmuotojen kahtena merkittävänä tekijä on kaksi muuttujaa; kuljetusaika sekä hinta. Kuljetuskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa henkilöstö-, polttoaine-, tull-, lastaus-, huolto- sekä satamakustannukset. Kuljetusmuodon valinta vaikuttaa tätä kautta toimituksen kokonaiskustannuksiin. Kuljetuskustannusten määrään vaikuttaa myös, onko tuotteen toimittaja itse valmistaja vai toimittaja, koska edeltävässä tapauksessa ei heidän tarvitse maksaa kuljetusyrityksen ottamaa voittomarginaalia kuljetuksissaan. Toimittajaa käytettäessä pystytään hyödyntämään kuljetuskustannuksia laskettaessa heidän julkaisemiaan toimituskustannuksia, jotka vaihtelevat luokituksen ja painolastien mukaisesti. Kuljetusmuodoista kallein on lentorahti ja halvin on laivarahti. (Mts. 319...320)

Kuljetusaikaan sisältyy itse liikkumisen lisäksi lastausasemilla, välivarastoissa sekä tavarankäsittelyyn kuluva aika. Kuljetusaika on muuttujana vaihteleva, koska siihen vaikuttavat sääolosuhteet, ruuhkautumisongelmat ja muiden sidostoimintojen sujuvuus. Luotettavin kuljetusmuoto aikataulussa pysymisen suhteen on putkikuljetus ja epäluotettavin laivarahti. (Mts. 320...321)

Rahdintarjoajan valinnassa on otettava huomioon kuljetuksen etäisyydet ja tarvittavat välipysähdykset. Pitkän matkan kuljetukset suorilla yhteyksillä ilman kuljetusmuodon vaihtamista voidaan järjestää kuljetuspalvelun kautta, mutta usein tapauksissa, missä välipysähdyksiä ja tuotteiden siirtelyitä vaaditaan, joutuu tuotteen valmistaja olemaan vastuussa tuotteiden siirrosta määränpäähän itse. Tapauksissa, missä tuotteen tarjoaja huomaa kuljetusinfrastruktuurin olevan kelvoton tai

olematon, täytyy tämä ongelma pystyä ratkaisemaan olemassa olevien kuljetusmahdollisuuksien välityksellä turvautuen kuljetusmäärien suhteen valmiisiin ennusteisiin tai valmiiseen sopimukseen asiakkaan kanssa. (Mts. 323)

Lyhyen matkan toimituksissa tuotteen valmistaja joutuu kamppailemaan erityyppisten ongelmien kanssa. Ongelmaksi koostuu tuotteen toimitus asiakkaalle maantieteellisesti pienellä toiminta-alueella käyttäen hyväksi omaa toimitusverkostoaan, paikallisesti-, kansainvälisesti- ja globaalisti toimivia kuriiripalveluita sekä rahdintoimittajia. Tuotteet siirretään tehtaalta pienempiin varastoyksiköihin, joista ne jaetaan alueella toimiville asiakkaille. Tuotteet voidaan siirtää myös suoraan tehtaalta asiakkaalle. Lyhyen matkan toimituksissa täytyy ottaa huomioon reititysten optimointi, ajoneuvojen koko ja -määrä sekä kuljetustiheys asiakastytyvyyden ylläpitämiseksi. Kuljetusliikkeet voivat joutua päivittämään ajoreittejään tiheästi jatkuvasti laskevien toimitusnopeuksien takia. Edulliset paikannus- ja kommunikointilaitteistot edesauttavat jatkuvaa kehittämistä logistisissa verkostoissa. (Mts. 324...326)

Suureksi haasteeksi kuljetusyrityksille muodostuu reaaliaikaisen optimoinnin järjestäminen. Dataa kerääntyy toimituksista jatkuvasti lisää ja ne on pystyttävä käsittelemään saapumisjärjestyksessä nopeasti. Uusien toimituksien lisäksi data voi sisältää esimerkiksi muutoksia toimitusaikatauluihin, ohjeita ajoneuvojen saapumisesta alueelle tai muita asiakkaan pyyntöjä toimitukseen liittyen. Paikannus- ja kommunikaatioteknologian harppausten ansiosta ajoneuvojen toimituksiin voidaan vaikuttaa reaaliaikaisesti, jos se on taloudellisesti kannattavaa tai parantaa palvelutasoa. (Mts. 410...411)

Rahdinkuljetuspalveluille tärkeä osa heidän palveluaan on logistisen ketjun rakentaminen. Tavoitteena on rakentaa varastojen, tuotteiden valmistajien ja loppuasiakkaiden välille verkosto, jonka avulla pystytään minimoimaan logistiikkapalveluista aiheutuvat kustannukset samalla asiakastytyvyydestä huolta pitäen. (Mts. 342)

Yksi rahdinkuljetuksissa kohdattavista ongelmista on tuotteiden toimituksen jälkeinen aika. Kun rekkakuorma on toimitettu määränpäähän, jää ajoneuvo ilman kuormaa ja joudutaan se ajamaan

alustavaan pisteeseen noutamaan uusi kuorma, reitittämään auto poimimaan toinen kuorma toimitusta varten lähialueelta tai ennakoimaan tulevaisuuden kuljetuskysynnän mukaisesti se tietylle alueelle. (Mts. 350)

Muihin ongelmiin kuuluvat muun muassa rahdinkuljetukseen liittyvissä ongelmissa kuljettajien ajoajat. Siirtäessään täysiä kuormia esimerkiksi valtiorajojen yli, joudutaan kuljettaja määrittämään koko kuljetuksen aikaiseksi kuljettajaksi. Myös kuljetusmäärien vaihtelut kausittaisesti aiheuttavat toimenpiteitä kuljetuksissa. Omilla palkkalistoilla olevat ajoneuvot eivät välttämättä pysty kattamaan vaadittavia kuljetusmääriä ja tämä pyritään korvaamaan alihankkimalla kuljetusapua toisilta kuljetusyrityksiltä. (Mts. 342...352)

Suomen sisäisiä sekä Suomen ja vieraan valtion välisiä maantiekuljetuksia sitoo tiekuljetussopimuslaki (345/1979). Kansainvälisten kuljetusten erottaminen kotimaisista kuljetuksista on välttämätöntä, koska maantiekuljetuksia koskevat lainsäädännöt eivät ole identtisiä Suomessa ja muissa maissa. Suomen sisäisiksi maantiekuljetuksiksi määritetään kaikki Suomen rajojen sisäpuolella tapahtuvat kuljetukset, vaikka kuljetus poikkeaisikin vieraan valtion alueella. Suomen ja vieraan valtion välinen kauppa taas koskee Suomesta muihin maihin tai päinvastoin kohdistuvaa tavaraliikennettä. (SKAL, 2019, 8)

Tiekuljetussopimuslaki perustuu CMR-yleissopimukseen (SopS 50/1973), johon useimmat Euroopan maat ovat liittyneet. Muita tiekuljetuksissa yleisesti käytössä olevia yleissopimuksia ovat TIR- (tullitakuuasiakirja), ADR- (vaarallisten aineiden tiekuljetus) sekä ATP- (helposti pilaantuvien elintarvikkeiden maantiekuljetukset) yleissopimukset. Multimodaalisia kuljetuksia hyödynnettäessä tiekuljetussopimuslaki tai CMR-yleissopimus ovat sitovia sopimusmuotoja myös esimerkiksi rautatiekuljetuksia yhteensovittaessa, jos kuljetusyksiköstä ei pureta mitään kuljetuksen aikana. (Mts. 9)

Tiekuljetussopimuksen sopivat useimmiten lähettäjä ja rahdinkuljettaja. Kuljetussopimus on kuitenkin tyypillisimmin kolmikantasopimus, koska vastaanottaja tulee huomioida rahdinkuljettajan kuljetusasiakkaana. Vaikka vastaanottaja ei olekaan yksi sopimuksen pääosapuolista, on hänellä silti sopimukseen sisältyviä oikeuksia.

Kansainvälisessä kaupassa tavarasta luodaan rahtikirja (kolme kappaletta), jonka lähettäjä ja rahdinkuljettaja allekirjoittavat. Ensimmäisen rahtikirja on lähettäjän kappale, toinen vastaanottajan ja kolmannen säilyttää rahdinkuljettaja. Samoja periaatteita sovelletaan myös kotimaankuljetuksissa. Rahtikirjan täytyy sisältää kotimaisissa kuljetuksissa lähettäjän, rahdintoimittajan ja vastaanottajan nimet ja osoitteet, tavarán lähtöpaikka, päivämäärä, määräpaikka, kollien lukumäärä ja niiden selosteet ja erityismerkinnät, kokonaispaino sekä vaarallisten tavaroiden yleisesti hyväksytty nimike. Kansainvälisessä kaupassa rahtikirjaan täytyy edellä mainittujen lisäksi sisällyttää rahtikirjan tekopaikka ja -aika, tavaralajin nimike, pakkaustapa, rahti-, lisä- ja tullimaksut, muut tavarán kuljettamiseen liittyvät kustannukset sekä rahtikirjassa on merkittävä, että rahdinkuljetuksessa sovelletaan yleistä kansainvälistä yleissopimusta. (Mts. 10...11)

Lähettäjän vastuu asiakirjojen luovuttamisen jälkeen on rajoittamaton ja hän on vastuussa puutteellisten tai virheellisten asiakirjojen aiheuttamista vahingoista ja kustannuksista rahdinkuljettajalle. Kansainvälisissä kuljetuksissa rahdinkuljettajan on pystyttävä tarkastamaan, vastaako kuljetettava tuote asiakirjoja. Jos ei vastaa tai tuote on silminnähden vaurioitunut, täytyy siitä merkitä varauma. Kuljetettavan tavarán tarkastukseen on kehitetty IRU:n (International Road Transportation Union) hyväksymä CMR-tarkastuslista, jota kuljettava voi käyttää apuna. Kotimaisissa kuljetuksissa kuljettajan ei tarvitse itse tarkistaa lähettäjän itse pakkaamaa yksikköä. Lähettäjä voi vaatia rahdinkuljettajaa tarkistamaan toimitettavan tuotteen kokonaismäärän. Tarkistuksesta aiheutuvat lisäkustannukset maksaa lähettäjä. (Mts. 11...12)

Tiekuljetussopimuslaki sitoo kaikkia moottoriajoneuvoilla tapahtuvia vastikkeelliseen sopimukseen sitovia tavarán maantiekuljetuksia. Moottoriajoneuvolla tarkoitetaan kaikkia omalla voimakoneella eteenpäin liikkuvaa ajoneuvoa tai laitetta (pois lukien kontit). Tavarán käsite määrittää kaikki esineet, jotka ovat sopimuksen kohteena, pois lukien kuljetukset, joilla ei ole varsinaista markkina-arvoa. (Mts. 8)

5.2 Kuljettajien työaikalain määräämät rajoitteet

Kuljetusalan työntekijöiden työaika sääntelevät yleinen työaikalaki (604/1996), kuorma-autoalan työehtosopimus sekä ajo- ja lepoaika-asetus (EY 561/2006). Yrittäjäkuljettajat ovat kyseisten asetusten ulkopuolella (pois lukien EU:n asetukset ulkomaankuljetuksissa) ja heidän työaikaansa säätelee laki yrittäjäkuljettajien työajasta (349/2013).

Työajaksi luetaan työskentelyaika sekä työntekijälle veloitettu paikallaoloaika, jolloin hänen tulee olla työnantajan käytettävissä. Työajaksi kuljetusalalla luetaan myös lastaus- ja purkutyö, huolto-työt sekä asiakirjojen käsittelyyn kuluva aika. Työajaksi ei pääsääntöisesti lueta taukoja, lepoaikaa, matkustusaikoja, varallaoloaikaa tai odotusaikaa. (Hörkkö, 2020, 74)

Vuorokautista työaika rajoittaviksi tekijöiksi kuljetuksissa muodostavat lepoaikaa ja taukoja koskevat määräykset. Yhden kalenteriviikon aikana tapahtuvien ajojen enimmäistuntimäärä saa olla 56 tuntia ja kahden peräkkäisen kalenteriviikon ajoaika yhteensä enintään 90 tuntia. Ajoajaksi luetaan aika, joka näkyy ajopiirturin merkinnöistä mukaan luettuna ruuhka- ja liikennevalopysähdykset. (Mts. 74)

Työntekijä saa (1) yhtäjaksoisesti työskennellä enintään 5 tuntia 30 minuuttia ja jokaista sen mitaista työjaksoa kohden työntekijälle on annettava vähintään 30 minuutin tauko. Tauko voidaan jakaa myös kahteen osaan, jolloin yksittäisen tauon on oltava vähintään 15 minuutin mittainen. Sellaisessa liikenteessä, missä sovelletaan EU:n ajo- ja lepoaikamääräyksiä, saa (2) yhtäjaksoinen ajoaika olla enintään 4 tuntia 30 minuuttia ja ajojaksojen väliin jätettävä 45 minuutin tauko. Tauko voidaan pitää kahdessa osassa, jolloin ensimmäisen tauon pituus on 15 minuuttia ja toisen 30 minuuttia. Ajo- ja lepoaika-asetusten alaisissa kuljetuksissa täytyy siis soveltaa kahta erillistä asetusta. (Mts. 76...78)

Kuorma-autoalan työehtosopimuksessa määrätään, että työpäivän pituuden saavuttaessa 8 tuntia, täytyy työntekijälle mahdollistaa kaksi palkallista virkistystaukoa. Virkistystauot luetaan myös työaikaan, mutta ei ajoaikaan. (Mts. 78...79)

Lepoaika ja ajoaikasäännökset määrittävät työaikojen soveltamismahdollisuudet. Näiden säännösten noudattamista valvotaan ajopiirturin avulla, joka on osa ajo- ja lepoaika-asetusta ja tarkemmat määräykset löytyvät asetuksista ETY 3821, EY 2135/98 ja EY 561/2006. Lepoaikaa ja ajoaikaa voidaan soveltaa näillä rajaehdoilla (Mts. 79...80);

1. Työtä ja taukoja 13 tuntia, lepoa yhtäjaksoisesti 11 tuntia.
2. Työtä ja taukoja 15 tuntia, lepoa yhtäjaksoisesti 9 tuntia. Voidaan käyttää enintään kolme kertaa viikon aikana.
3. Työtä ja taukoja x määrä, lepoa yhtäjaksoisesti 3 tuntia, työtä ja taukoja x määrä, lepoa yhtäjaksoisesti 9 tuntia.

Työntekijälle on myös mahdollistettava yhtäjaksoinen 45 tunnin mittainen viikoittainen lepoaika, joka voidaan kerran kahden peräkkäisen kalenteriviikon aikana lyhentää vähintään yhtäjaksoiseen 24 tunnin vapaaseen. Lepoajan lyhennys on korvattava työntekijälle viimeistään kolmen viikon kuluessa muiden vähintään 9 tunnin yhtäjaksoisten lepoaikojen yhteyteen. Viikoittaisten lepoaikojen välillä ei saa olla yli 6 vuorokauden väliä. Viikoittaiset lepoajat on myös mahdollistettava pidettäväksi työntekijän asemapaikkakunnalla, jos muista järjestelyistä ei ole sovittu. Työehtosopimuksen mukaan työntekijälle on mahdollistettava kaksi vuorokausivapaata työviikkoa kohden, jotka voidaan jakaa työntekijän suostumuksesta kahden viikon aikajaksolle. (Mts. 80)

Työnantaja voi olla velvollinen maksamaan palkkaa työntekijälle myös odotusajasta, jolloin vuorokauden ajalta maksettava tuntimäärä voi olla suurempi kuin työaika. (Mts. 80)

5.3 Tieliikenteessä sallitut mitat ja massat

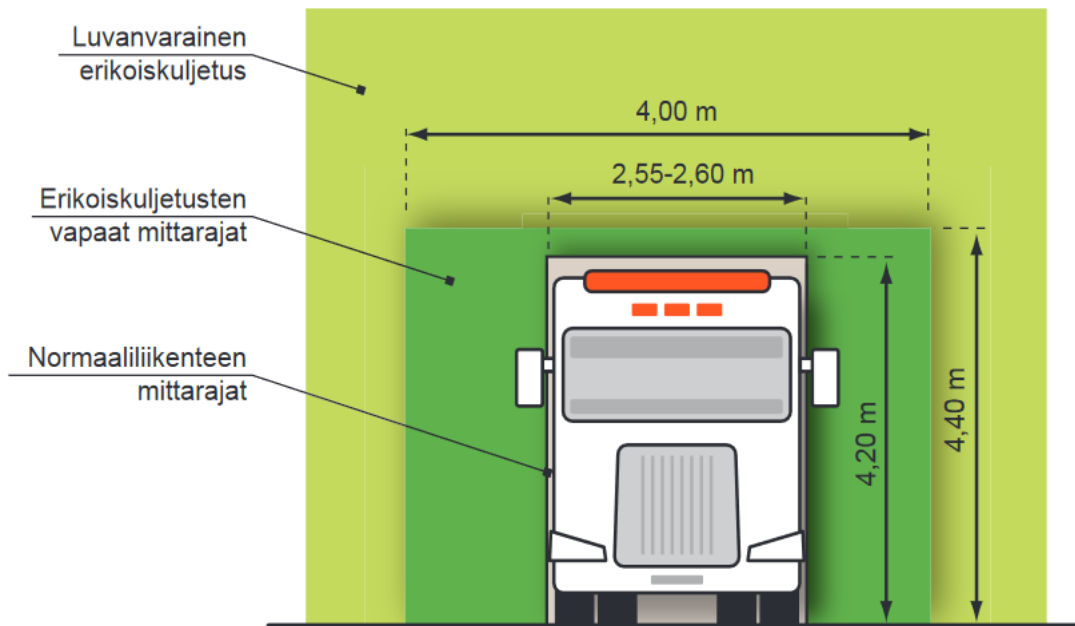
Tieliikennelaissa ja sen liitteissä on määritetty suurimmat sallitut mitat ja massat, jotka on johdettu EU-lainsäädännöstä. Ajoneuvojen leveys ja korkeus ovat kiinteitä määreitä, mutta enimmäismassat vaihtelevat ajoneuvon akselimäärän, niiden keskinäisen etäisyyden, jousituksen sekä yhdistelmän koostumuksen perusteella ja ajoneuvoyhdistelmän enimmäispituus valitun ajoneuvoyhdistelmän mallin mukaisesti. (Logistiikan maailma, Mitat, painot ja yhdistelmätyypit)

Suurimmaksi sallituksi korkeudeksi ajoneuvoille on laissa määritetty 4,40 metriä. Tämä mitta ei saa ylittyä akselinnostolaitteen ollessa yläasennossa. Suurimmaksi sallituksi leveydeksi on määritetty 2,60 metriä, mutta yli 22,00 metrin pituisissa yhdistelmissä suurin sallittu leveys on 2,55 metriä, pois lukien lämpöeristetyt ajoneuvot (2,60 metriä). (Mts. Mitat, painot ja yhdistelmätyypit)

5.4 Erikoiskuljetukset

Erikoiskuljetuksesta puhutaan silloin, kun kuljetuksen mitat- tai massarajat ylittävät normaalit tieliikenteessä sallitut lukemat. Yleisimmin erikoiskuljetuksia tapahtuu jakamattomien esineiden kuljetuksissa, missä lopputuotetta ei voida kuljettaa osissa tai sitä ei voida kohtuullisin kustannuksin jakaa osiin. (ELY-keskus, 2021, Erikoiskuljetukset) Kuljetuksen mitta- tai massarajojen ylitys ei saa

johtua siitä, että kuljetettavia kappaleita olisi sijoitettu rinnakkain, peräkkäin tai päällekkäin. (ELY-keskus, 2010, 4)



Kuvio 8. erikoiskuljetukset. (ELY-keskus, 2010)

Erikoiskuljetuksen kuormausta suunnitellessa on ensisijaisesti pyrittävä välttämään normaalin tie liikenteen sallimien raja-arvojen ylittäminen leveyssuunnassa (Finlex, 786/2012, 17 §). Suunnittelussa täytyy myös varmistua, ettei matkalla ole tien yläpuolella tai sivuilla kulkevia rakenteita, joita kuljetus voisi vahingoittaa. Myös infran kantavuus kuorman painon osalta on tarkistettava. Muita erityispiirteitä erikoiskuljetuksille ovat erikoiskuljetuksen merkitseminen sekä varoitustoimenpiteet, joista on annettu määräykset. Lisäksi yli 4 metriä leveät ja/tai yli 4,4 metriä korkeat kuljetukset vaativat erillisen erikoiskuljetusluvan. (ELY-keskus, 2010, 4...8)

Erikoiskuljetuslupia myöntää Suomessa Pirkanmaan ELY-keskus ja Ahvenanmaalla Ahvenanmaan maakuntaliitto. Lupia myönnetään valmiiksi määritetyille reiteille ja/tai reitistöille ja lupahakemukset on tehtävä joko sähköisen asiointipalvelun kautta, sähköpostitse tai kirjehakemuksena. (ELY-keskus, 2021, Erikoiskuljetukset) Lupamaksuista ja lupien voimassaoloajoista löytyy tiedot alla olevasta tiedotteesta;

Lupamaksut ja lupien voimassaoloajat

Lupamaksut 1.1.2017 alkaen

Erikoiskuljetusluvut ajoneuvoille tiellä yleisesti sallittujen massa-arvojen rajoissa

- Kuljetuksen korkeus on enintään 7 metriä tai leveys on enintään 6 metriä: 60 €
- Kuljetuksen korkeus on yli 7 metriä tai leveys on yli 6 metriä: 100 €

Erikoiskuljetusluvut, kun ylitetään vähintään yksi Tieliikennelain pykälissä 115 - 123 ja 133 - 137 sekä liitteissä 6.1 - 6.7 ja 8.1 -8.4 annettu massa-arvo

- Kuljetuksen kokonaismassa on enintään 120 tonnia: 120 €
- Kuljetuksen kokonaismassa on yli 120 tonnia, mutta enintään 200 tonnia: 180 €
- Kuljetuksen kokonaismassa on yli 200 tonnia: 510 €
- Ennakkopäätös kuljetusmahdollisuudesta: puolet lupamaksusta
- Lupamaksun lisäksi sillan ylittäminen valvottuna kuljetuksena: 375 €
- Peruutettu tai käyttämättä jäänyt sillan ylittäminen valvottuna kuljetuksena: 188 €
- Kielteisestä lupapäätöksestä veloitetaan käsittelykustannukset: 50 €

Erikoiskuljetuslupahakemusten käsittelystä perittävä maksu perustuu Valtion maksuperustelakiin ja Valtioneuvoston asetukseen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten sekä työ- ja elinkeinotoimistojen maksullisista suoritteista vuonna 2017. Hinta on reitti / reitistö kohtainen.

Lupien voimassaoloajat 12.1.2021 alkaen

- Kuljetusajoneuvo tai -yhdistelmä on rekisteröity tai käyttöön otettu EU- tai ETA-valtioiden ulkopuolella: 1 vko
- Kuljetusajoneuvo tai -yhdistelmä on varustettu siirtoluvalla tai koenumeroilvin: 1 vko
- Luvassa on erikoisehto (muu erikoisehto kuin sillanvalvonta): 3 kk
- Luvassa on erikoisehto sillanvalvonta: 6 kk
- Kuljetuksen kokonaismassa on yli 120 tonnia: 3kk
- Kuljetuksen kokonaismassa on enintään 120 tonnia: 6 kk
- Kuljetuksen akseli-, teli- ja kokonaismassat ovat ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen mukaiset ja leveys on enintään 7 metriä, tai yhdessä lupapäätöksessä on vähintään kolme kuljetuslupaa: 12 kk
- Ennakkopäätös: 3kk

Kuvio 9. erikoiskuljetusten lupamaksut ja -lupien voimassaoloajat (ELY-keskus, 2017)

Erikoiskuljetuksen varoitustoimenpiteet riippuvat kuljetuksen leveydestä, korkeudesta sekä pituudesta. Liikenne- ja viestintäministeriön asetus erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista määrää lukumäärällisesti varoitusautojen määrästä;

Korkeus/m					>5
Leveys/m	>3	>3	>3,5		
Pituus/m	<25,25	>25,25		>30	
Varoitussajoneuvojen määrä/kpl	0	1	1	1	1
Leveys/m	>3	>4			
Pituus/m	>30		>40		
Varoitussajoneuvojen määrä/kpl	2	2	2		
Leveys/m	>3	>3,5	>4	>5	
Pituus/m	>45	>40	>35		
Varoitussajoneuvojen määrä/kpl	3	3	3	3	

Kuvio 10. erikoiskuljetuksen varoitussajoneuvojen lukumäärä (Finlex, 786/2012, 27 §)

Lisäksi erikoiskuljetuksissa, jonka leveys ylittää 7 metriä, täytyy käyttää vähintään 4 varoitussautoa ja näistä neljästä yksi tai useampi voi olla hälytysvarustein poliisiauto. (Finlex, 786/2012, 27 §)

Erikoiskuljetuksiin kohdistuu nopeusrajoituksia, jos tietyt reunaehdot ylittyvät. Erikoiskuljetuksen suurin sallittu nopeus on 60 km/h, jos jokin reunaehdoista täyttyy; (1) ”Kuljetuksen leveys on yli 3,5 metriä”, (2) ”neljällä renkaalla varustettuun akseliin kohdistuva massa on yli 13 tonnia”, (3) ”kahdeksalla renkaalla varustettuun akseliin kohdistuva massa on yli 20 tonnia” tai (4) ”vähintään neljällä renkaalla varustettuun vähintään kahdesta pendeliakselista muodostuvaan akselilinjaan kohdistuva massa on yli 14 tonnia”. (Finlex, 786/2012, 30 §)


Erikoiskuljetuksen nopeusrajoitus on 40 km/h, jos nämä reunaehdot ylittyvät; (1) ”ajoneuvon neljällä renkaalla varustettuun akseliin kohdistuva massa on yli 15 tonnia”, (2) ”kahdeksalla renkaalla varustettuun akseliin kohdistuva massa on yli 23 tonnia” tai (3) ”vähintään neljällä renkaalla varustettuun vähintään kahdesta pendeliakselista muodostuvaan akselilinjaan kohdistuva massa on yli 16 tonnia”. (Mts. 30 §)

Erikoiskuljetusten suunnittelussa on huomioitava myös palveluiden mahdollinen ruuhkautuminen. Nopeat reagoinnit työmaan tilauksiin voivat osoittautua vaikeiksi toteuttaa viikon mittaisen lupahakemusjonon seurauksena. Esimerkki ” Hakemustilanne 9.8.2021; Hakemusjonossa on tällä hetkellä 143 hakemusta, joista 81 on sähköisiä hakemuksia. Hakemusten käsittelyyn ottoaika on hakemusruuhkasta johtuen noin viidestä kuuteen työpäivää.”. (ELY-keskus, 2021, Ajankohtaista)

5.5 Incoterms 2020

Incoterms on kansainvälisesti tunnustettava toimituslausekekokoelma. Toimituslausekkeet määrittävät sopimuksessa syntyvät velvoitteet myyjän ja ostajan välille tavaran toimittamisesta. Näihin velvoitteisiin kuuluvat muun muassa kuljetuskustannusten jakautuminen, riskit, vienti- ja tuontiselvitysten järjestäminen, tavaran toimittaminen ja vastaanotto, kuljetussopimus ja muut asiakirjavelvollisuudet. (Logistiikan maailma, Incoterms 2020)

Alla olevasta taulukosta selviää ostajan ja myyjän kustannusten ja riskien jakautuminen toimituslausekkeesta riippuen. Neljää viimeisintä toimituslauseketta ei voida käyttää muussa, kuin vesitiekuljetuksissa:



Packaging and verification

Loading

Transport

Customs export

Handling

Freight

Handling

Customs import

Transportation to destination

Unloading

		COUNTRY, CITY, PLACE OF ORIGIN					TRANSPORTATION	COUNTRY, CITY, PLACE OF DESTINATION			
Incoterms® 2020 ICC Rules for any mode or modes of transport											
EXW	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
FCA	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
CPT	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
CIP	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	INSURANCE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
DAP	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
DPU	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
DDP	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Incoterms® 2020 ICC Rules for maritime transport and inland waterways											
CFR	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
FOB	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
FAS	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
CIF	COST	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	RISK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	INSURANCE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

SELLER ■
BUYER ■

Kuvio 11. incoterms (Tiba Group, 2020)

6 Tutkimuksen toteuttaminen

Tavoitteena tutkimuksen alkuvaiheessa oli kerätä mahdollisimman laajasti tietoa tutkittavasta aiheesta ohjausryhmän avustuksella ja päästä tutkittavan ongelman sisään mahdollisimman laadukkailla lähtötiedoilla. Pohjatiedon ja materiaalin keräämistä oli myös vaikeuttamassa maailmanlaajuinen koronaepidemia, joka esti tehdasvierailut jo olemassa olevissa CLT tilaelementtitehtaissa laajemman kuvan saamiseksi.

CLT tilaelementtien käytössä on käynnissä murrosvaihe ja usean eri lähteen mukaan niiden käyttö tulee yleistymään lähitulevaisuudessa. Murrosvaihe vaikuttaa myös lähtökohtaisten tietojen luotettavuuteen alan suurien muutoksien takia sekä paikkansapitävyyteen, koska päivitettyä materiaalia alan toiminnasta on rajallisesti ja jo parin vuoden aikaikkuna voi tehdä materiaalista vanhentunutta. Saatavilla olevan materiaalin perusteella tutkimus painottuikin CLT tilaelementtien erityispiirteisiin vuosien 2017...2020 välimaastoon.

6.1 Tausta aihealueiden analysointiin ja pohdintaan

Tutkimuksen aiheeksi on määritetty CLT tilaelementtitehtaan sijoittuminen ja toimitukset asiakkaalle. Tutkimuksen tilaajana on toiminut Saarijärven kaupunki ja projektin johtohahmona toimi Saarijärven kaupungin elinkeinojohtaja. Projektia varten luotiin ohjausryhmä, jonka tarkoituksena oli luoda vahva perusta kattavan opinnäytetyön luomiseksi. Ohjausryhmään kuuluivat Saarijärven kaupungin elinkeinojohtaja, kaksi asiantuntijaa Saarijärven kaupungilta, jotka olivat tehneet pohjatyötutkimusta tilaelementtien ympärillä, Jyväskylän ammattikorkeakoululta kaksi opinnäytetyön ohjaajaa, joista toinen on erikoistunut rakennusalan tarpeisiin sekä kuljetuksiin erikoistunut asiantuntija.

Tutkimuksen oletuksiksi on asetettu, että tilaelementtitehtaan viikoittainen tuotantomäärä on 10 tilaelementtiä. Markkinatutkimus on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle ja oletuksena on, että 10 tilaelementin viikkotuotannolle löytyy kysyntää. Tilaelementtitehtaan sijainniksi on määritetty Saarijärvi ja kaupungin ulkopuolisia alueita ei oteta huomioon optimointia suoritettaessa.

Tutkimuksen lähtökohtaisista tutkimuskysymyksistä voidaan erotella kaksi erillistä ongelmaa, joihin tutkimuksen tavoitteena on löytää vastauksia.

1. Mikä on optimaalinen sijainti CLT tilaelementtitehtaalte Saarijärvellä?
2. Mitä CLT tilaelementtien kuljettaminen vaatii ja kuinka paljon se maksaa?

Tutkimuksen toteutuksessa on käytetty kvalitatiivisia sekä kvantitatiivisia menetelmiä. Tehtaan sijainnin optimoinnin suhteen on käytetty eniten luokittelu-, keskustelu- sekä fenomenologista analysointia ja asiakastoimituksien osalta menetelmät ovat yhteisvaihtelu-, aikasarja- sekä keskusteluanalyysi. Lisäksi tutkimuksen eri vaiheissa on käytetty tilastollista analyysia esimerkiksi mahdollisten tulevaisuuden asiakkaiden sijainnin määrittämiseksi.

Tutkimuksen alkupuolella on keskitytty CLT tilaelementtien sekä sen raaka-aineen, CLT levyn, luomaan viitekehykseen, jotta tutkittavan kohteen erityispiirteet ja vaatimukset voidaan ottaa tutkimuksen edetessä huomioon. Perustan luonnin jälkeen keskitytään omina aihealueinaan kysymykseen 1. ja 2., joita tutkitaan teemoina optimointi sekä toimitukset asiakkaalle.

6.2 CLT tilaelementtitehtaan sijainnin optimointi

Kuten aiemmin todettu tutkimuksen tarkoituksena on optimoida CLT tilaelementtitehtaan sijainti Saarijärven alueelle. Optimointi toteutetaan erilaisia optimointimenetelmiä hyödyntäen, tuloksia vertaillen ja analysoiden. Tutkimuksen perusteella esitetään optimoitui vaihtoehto tehtaan sijainniksi.

Optimointi tehdään porrastetusti, jotta päästään heuristiseen lopputulokseen. Tehtaan sijainnin optimoinnin kannalta on oleellista ottaa huomioon useita oleellisia muuttujia ja siksi porrastettu optimointi on tarkoituksenmukaisin. Porrastuksen avulla päästään myös analysoimaan ja vertailemaan tuloksia, joiden pohjalta saadaan tulkintoja, jotka auttavat sijainnin valinnassa.

Optimointiin vaikuttavia tekijöitä CLT tilaelementtitehtaan sijoittamisen osalta ovat kulkuyhteydet, raaka-aineiden sijainnit, asiakkaiden sijainnit sekä tonttien luomat viitekehykset, rajoitteet ja taustatiedot. Vaikuttavat tekijät ovat tulleet taustatutkimuksen, paikkatietojärjestelmän rajoitteiden ja konfirmatoristisen faktorianalyysin yhteisvaikutuksesta.

Optimoinnin ensimmäisellä portaalla selvitetään Saarijärven alueella sijaitsevat mahdolliset teollisuustontit, joita voidaan pitää mahdollisina tehtaansijaituskohteina. Seuraavaksi teollisuustonttien joukosta karsitaan pois tontit, joita ei voida hyödyntää CLT tilaelementtitehtaan pohjana rajoittavien tekijöiden puolesta. Karsinnan suorittamiseksi selvitetään, kuinka suuren tehdasalueen ja toimitilat kyseinen CLT tilaelementtitehdas vaatii ja minkälaisia rajoittavia tekijöitä teollisuustontit pitävät sisällään.

Mahdollisten teollisuustonttien karsinnan jälkeen toteutetaan optimoinnin ensimmäisen portaan teollisuusalueiden pisteytys, jossa arvioidaan alueiden luomia suhteita erilaisiin muuttujiin kuten esimerkiksi kulkuyhteyksiin ja asiakkaiden tavoittamiseen. Pisteytyksen jälkeen tuloksia analysoidaan ja tulkitaan niiden paikkansapitävyyttä pohjatietoihin nojaten.

Optimoinnin ensimmäisen osuuden jälkeen siirrytään paikkatietojärjestelmän hyödyntämiseen optimoinnissa. Järjestelmään syötetään saatavilla olevat tarvittavat paikkatiedot ja toteutetaan erilaisia optimointimallien ajoja. Mallinnuksien ajoissa hyödynnetään sovelluksen sisään valmiiksi rakennettuja algoritmeja, jotka auttavat halutun lopputuloksen saavuttamisessa (kustannusten minimointi). Sovelluksen optimointiajoja toteutetaan tarvittava määrä, jotta tuloksia pystytään analysoimaan tehokkaasti ja erilaisten muuttujien vaikutuksia lopputulokseen tarkkailemaan. Sovelluksen antamia tuloksia verrataan sen jälkeen optimoinnin ensimmäisessä vaiheessa saataviin pisteytyksiin optimaalisen ja johdonmukaisen lopputuloksen varmistamiseksi.

Optimoinnin kahden osuuden jälkeen optimointia jatketaan pilkkomalla ongelma osiin. (1) mahdolliset päätökset, (2) päätöksiä rajoittavat tekijät ja (3) haluttujen lopputulosten tärkeysjärjestys. Näin pystytään ymmärtämään lopullista ongelmaa paremmin ja ohjaamaan ajatusmallia oikeaan suuntaan. Pilkkomisen jälkeen siirrytään tulosten syvempään analysointiin ja tulkintaan. Tällä tavoin on mahdollista havaita yhteyksiä muuttujien välillä, jotka saattaisivat normaaleilla tulkintamethodilla jäädä huomioimatta. Kun on selvitetty optimaalisin tehdasalue, siirrytään vertailemaan alueella sijaitsevia tontteja yksilöinä ja vertailemaan niiden luomia edellytyksiä toiminnalle. Tonttien lopullisen vertailun päätteeksi saadaan optimoitu lopputulos ja mahdollinen CLT tilaelementtitehtaan sijainti selville.

6.2.1 Mahdollisten teollisuustonttien sijainnit

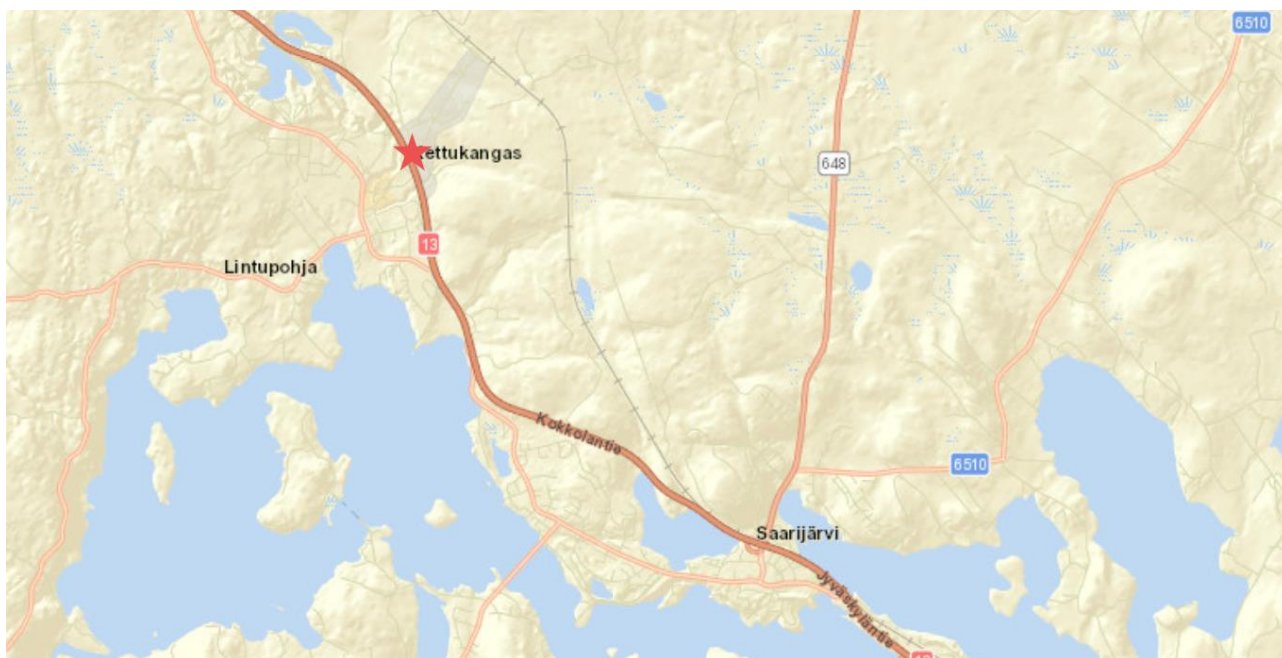
Mahdolliset tontit sijaitsevat alueittain keskittyminä. Saarijärven elinkeinojohtaja Jyrki Rahkonen on lähettänyt kartta-aineiston, mistä selviää Saarijärven alueelta kolme potentiaalista vapaiden teollisuustonttien keskittymää, joille CLT tilaelementtitehtaan sijainnin suunnittelu on kannustettavaa; Kolkanlahden-, Linnan- sekä Tarvaalan vapaat teollisuustontit. Teollisuustontit löytyvät myös Saarijärven kaupungin sivuilta selkeinä kartoituksina. Teollisuustontit näillä alueilla sijaitsevat hyvin lähellä toisiaan. Muuttujien arvot määritetään kullekin teollisuuskeskittymälle erikseen, mutta yksittäisten tonttien vertailu suoritetaan vasta tutkimuksen loppupuolella. Tutkimuksen alkuvaiheessa löydetty rajoittavat tekijät tullaan kuitenkin ottamaan huomioon.

Rajoittaviksi tekijöiksi CLT tilaelementtitehtaan sijoittumiselle muodostuvat kulkuyhteyksien kautta tulevat rajoitteet teollisuustonttien saavutettavuudelle, tontin muotooperäiset rajoitteet rakentamiselle ja suunnittelulle, tuotantotilojen ja tehdasalueen luomat kokovaatimukset sekä yksittäisten teollisuustonttien ympärille luotu viitekehys (rajoitteet, kuten melurajat), joka rajoittaa alueen toimintaa.

CLT tilaelementtien massiivisen koon puolesta myös tuotantotilat vaativat suuren pinta-alan valmistukseen sekä raaka-aineiden ja lopputuotteiden siirtelyyn ja varastointiin. Vertailukohteeksi tarvittavan tuotantotilojen koon ja tonttipinta-alan puolesta otetaan Elementti Sampo, joka tuottaa massiivipuisia CLT tilaelementtejä. Heidän tonttipinta-alansa on noin 6000 m² ja toimitilojen koko noin 1600 m² (mitattu Maanmittauslaitoksen karttapalvelusta). Muiden CLT tilaelementtejä valmistavien yritysten tehdasalueilla on CLT tilaelementtien valmistuksen lisäksi muutakin toimintaa, kuten CLT raakaelementtien valmistusta ja tästä syystä kyseiset tehdasalueet kasvavat huomattavasti suuremmiksi. Tähän tietoon nojaten karsitaan teollisuustonteista pois liian pieneksi osoittautuneet tontit (Liitteet 7, 8 ja 9).

Kolkanlahden teollisuustontit (punainen tähti) sijaitsevat Saarijärven keskustasta luoteeseen noin 7 kilometrin päässä (62.748250491082906, 25.187092456641988). Kolkanlahdella sijaitsevista tarjolla olevista tonteista soveltuu lähtötietojen perusteella käyttöön kaikki paitsi yksi (eteläisin tontti, Liite 1.), koska se on liike- tai toimistorakennustontti. Muut kahdeksantoista tonttia ovat teollisuustontteja. Tonttien keskimääräinen pinta-ala on n. 5500 m² ja rakennusoikeutta on e=0,3.

(Liite 7.) Alueella on jo valmiiksi puurakentamiseen keskittynyt Syöte-Huvilat Oy, joka keskittyy laadukkaiden hirsirakennusten rakentamiseen.



Kuvio 12. Saarijärvi, Kolkaniemi

Kolkaniemen teollisuustonttien alueelta karsitaan pois kaikkein pienimmät teollisuustontit (<5500 m²) (liite 7.). Pienet teollisuustontit voidaan ottaa huomioon laajennusmahdollisuuksina, mutta niitä ei oteta huomioon optimoinnin pääkohteena. Kolkaniemen teollisuusalueella sorvaajantien perällä sijaitsevat tontit 14 ja 16 eivät sovellu käyttötarkoitukseen meluhaittojen seurauksena. Tontti numero 14 sijaitsee juuri hiljaisen rajalla, mutta alueella toimivan yrittäjän kanssa keskustellessa selvisi, että asutus on liian lähellä eikä meluhaittojen tontilla saisi läheisen asutuksen takia tapahtua. Tästä syystä tontit karsitaan pois mahdollisista vaihtoehdoista varotoimenpiteenä.

Linnan pysäkin teollisuustontit (punainen tähti, oikea) sijaitsevat Saarijärven keskustasta kaakkoon noin 8 kilometrin etäisyydellä ja ovat rautatien välittömässä läheisyydessä Teräsmiehentien varrella (62.67683980753213, 25.38449948572202). Mahdollisia teollisuustontteja alueella on viisi (Liite 2.), joista neljä on huomattavasti kookkaampia kuin Kolkaniemellä sijaitsevat teollisuustontit. Keskimääräinen teollisuustontin koko alueella on noin 29 000 m² ja rakennusoikeutta e=0,2.

(Liite 8.)



Kuvio 13. Saarijärvi, Linnan pysäkki sekä Linnan lisäykset.

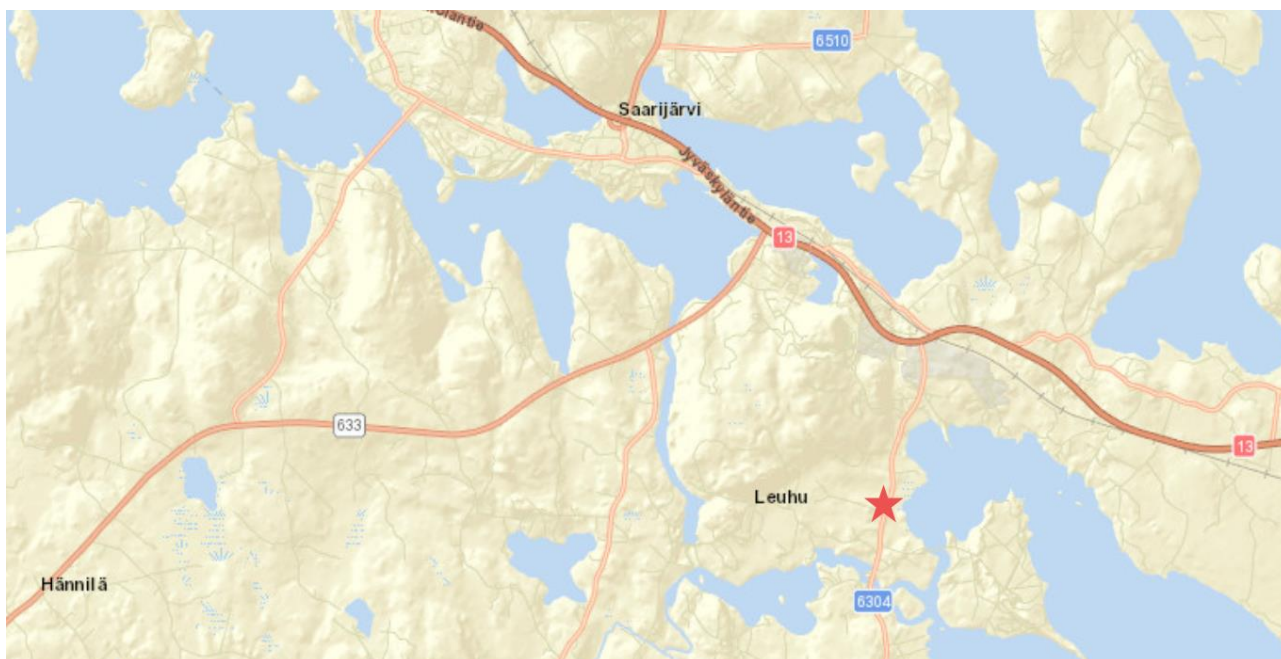
Saarijärven elinkeinojohtaja lähetti kartta-aineiston (Liite 3.), josta selviää Linnan teollisuuskeskittymien läheisyydessä keskustan suuntaan (62.678802788074954, 25.362077131837626) sijaitseva jyvittämätön teollisuustontti (punainen tähti, vasen). Tontti sijaitsee Teboil Saarijärven vieressä ja on kooltaan noin 5 hehtaaria. Alueen myyntihinta ja rakennusoikeus on sama kuin Linnan muilla teollisuustonteilla.



Kuvio 14. Saarijärvi, Linnan lysäyksien hahmotelmakuva.

Linnan pysäkin teollisuusalueen teollisuustonteilla on useita rajoittavia tekijöitä CLT tilaelementti-tehtaan sijoittamiselle. Rajavartijankujan varressa sijaitseva teollisuustontti on tarkoitukseen liian pieni (verraten Elementti Sammon toimitila ja tonttikokoon), ja tästä syystä se karsitaan pois. Teräsmiehentien varressa sijaitsevat tontit 7 ja 9 ovat vaikeasti tavoitettavissa huonon tiekunnan ja mutkittelevan tieosuuden puolesta (aiheuttaisi huomattavia kustannuksia kunnostaa tieosuus tonteille metsäalueen läpi). Alueella on myös määritetty luokitus TY-5 (kts. liite 4.), jonka alueeseen luetaan mukaan teräsmiehentie 5 tontti. Alueelle on turvattava liito-oravien mahdollisuudet elämälle ja säilytettävä riittävästi puustoa teollisuustonteille niitä hyödynnettäessä. Rakentaminen sekä meluhaitat teollisuustontilta rajaavat käyttötarkoitusta. Tästä syystä Linnan alueen mahdollisiksi teollisuustonteiksi voidaan lukea ainoastaan teräsmiehentie 4 teollisuustontti, joka sijaitsee TY-5 alueen ulkopuolella ja on peltotontti, jolloin puuston säilyttämistä ei tarvitse miettiä. CLT levyjen työstö tapahtuu pääosin sisätiloissa, aiheuttaen vähäisen määrän ympäristömelua (keskustelu yksittäisen puurakentamisyrityksen kanssa sähköpostitse).

Tarvaalan teollisuustontit (punainen tähti) sijaitsevat Saarijärven keskustan eteläpuolella noin 7 kilometrin etäisyydellä Tuumalantien varressa (62.669252277452344, 25.308317789799144). Tuumalantiella sijaitseville tonteille ei ole määritetty numeroa, joten tutkimuksessa käytämme tonteista termejä Tuumalantie 1,2,3,4 ja 5 (Liite 3.). Tuumalantien varressa sijaitsevat tontit ovat kooltaan keskikokoisia muihin nähden, mutta kaikista kalleimpia arvoltaan. Keskimääräisesti tontit ovat pinta-alaltaan noin 7500 m² ja rakennusoikeutta on $e=0,3$. (Liite 9.) Tarvaalan teollisuustontit ovat loistava vaihtoehto melua aiheuttamattomien teollisuusrakennusten (KTY, kts. liite x Tarvaalan lisämääreet) pystyttämiseen alueelle. Tarvaalan teollisuustonttikeskittymän välittömässä läheisyydessä sijaitsee myös JAMK:n Biotalouskampus, jonka mahdollinen yhteistoiminta ja näkyvyyden lisäys tehtaan toiminnalle on huomioitava. Lisäksi teollisuustonttien eteläpuolella sijaitsee Pohjoisen Keski-Suomen ammattiopisto, jonka opiskelijat ovat osallistuneet ja harjaannuttaneet kokemustaan CLT elementtirakentamisen osalta Laukaassa.



Kuvio 15. Saarijärvi, Tarvaala.

6.2.2 Mahdollisten teollisuusalueiden pisteytys

Optimoinnin ensimmäisellä portaalla selvitetään lähtötietojen perusteella olevat pisteytykset teollisuuskeskittymille. Pisteytykset toteutetaan, jotta tuloksia pystytään vertailemaan optimoinnin sovellusajojen pohjalta sekä saadaan selvitettyä jo suuntaa antavia toivottuja lopputuloksia.

Suoritin Excel-taulukkoon tehtävän kyselyn ohjausryhmän sisällä, missä selvitettiin tonttivalintoihin vaikuttavia tekijöitä. Ohjausryhmän jäsenet pisteyttivät muuttujat heidän oman tietämyksensä mukaan pisteillä 1...6, missä 1 on vähiten merkittävä ja 6 erittäin merkittävä.

Taulukko 2 merkittävyystekijäkysely

	1...6
Kulkuyhteydet tehtaalle	
Asiakastoimitusten kulkuyhteysmahdollisuudet	
Tehtaan tontin maasto/muoto	
Tehtaan tontin hinta	
Alueen muut toimijat/sidosryhmän	
Asiakkaiden sijainnit	

Vastausten pisteytykset tuotiin yhteen ja kullekin muuttujalle laskettiin ensin keskiarvollinen pisteytys ja sen jälkeen kertoja lopulliselle muuttujalle, joka määrittää alueen lopullisen pisteytyksen. Kertoja on määritetty (keskiarvo/yksittäisen vastauksen tädet pisteet).

Taulukko 3 merkittävyystekijäkysely tulokset

Nimi	Asiantuntija 1	Asiantuntija 2	Asiantuntija 3	Asiantuntija 4	Asiantuntija 5	Asiantuntija 6	Ka	Kerroin
Kulkuyhteydet tehtaalle	6	4	6	4	6	4	5	0,83
Asiakastoimitusten kulkuyhteydet	5	4	6	5	4	5	5	0,81
Asiakkaiden sijainnit	4	3	6	5	3	6	5	0,75
Alueen muut toimijat/sidosryhmän	3	4	4	4	5	3	4	0,64
Tehtaan tontin maasto/muoto	3	1	1	3	2	2	2	0,33
Tehtaan tontin hinta	2	2	2	2	1	1	2	0,28

Lopullisen kertoimen mukaan suodatettuna tulokset osoittavat kulkuyhteyksien olevan tärkeimmässä roolissa ja tonttien hintaan ja maasto/muotoperusteet kaikkein pienimmässä.

Seuraavaksi on suoritettu tutkimus tonttien yhteyksistä muuttujiin ja luotu omat pisteytykset maastotutkimuksen pohjalta muuttujille. Pisteet muuttujille on jaettu 1...3, missä 3 on paras vaihtoehto. Sama lukuarvo on voitu antaa usealle eri alueelle.

Maastotutkimuksen perusteella on pyritty luomaan pisteytykset tehtaan tontin maasto/muoto muuttujalle sekä kulkuyhteyksiin tehtaalle silmämääräisesti arvioiden. Vierailin kaikilla kolmella teollisuusaluekeskittymällä tutkimassa maastoa ja kulkuyhteyksiä sekä kuvaamassa alueet.

Kolkanlahdella sijaitsevat teollisuustontit vaativat vaihtelevan määrän pohjatyötä. Osa tonteista sijaitsee sivummalla ja ovat hyvinkin umpeen kasvaneita, kun taas osa tonteista sijaitsee pääväylien läheisyydessä ja ovat hyvin hoidettua metsää.



Kuvio 16. Saarijärvi, Kolkanlahti, Sorvaajantie 3 ja Laiturinvaihteentie 20 maasto.



Kuvio 17. Saarijärvi, Kolkanlahti, Veistämönkuja 4 maastoa.

Linnan mahdollinen tarkoitukseen soveltuva teollisuustontti (teräsmiehentie 4) tarjoaa mahdollisuuden yksinkertaiseen pohjatyöhön ja rakentamiseen. Alueen muut tontit on luettu pois mahdollisista vaihtoehdoista niiden pienen koon, tavoitettavuuden tai ympäristön asettamien rajoitusten seurauksena.



Kuvio 18. Saarijärvi, Linnan pysäkki, Teräsmiehentie 4 maastoa.

Tarvaalan teollisuustontit ovat peltopohjaisia ja erittäin helposti saavutettavia ja pohjatöiltään yksinkertaisia. Tältä osin Tarvaala erottuu muista mahdollisuuksista edukseen.



Kuvio 19. Saarijärvi, Tarvaala, Tuumalantie 1,2,3,4 ja 5 maastoa.

Maastotutkimuksen tuloksina tontin maastoon liittyvät pisteytykset ovat seuraavat: Tarvaala 3, Kolkanlahti 2 ja Linna 2.

Kulkuyhteydet teollisuustonteille keskittymien sisällä olivat vaihtelevia, joten tässä tapauksessa käytetään pisteytyksessä parhaiten saavutettavissa olevia tontteja alueella. Kolkanlahdella Laituri-vaihteentien varressa oleville teollisuustonteille on hyvä saavutettavuus. Tie on päällystetty eikä saavutettavuuteen ole rajoittavia tekijöitä paitsi tien ylittävä sähkölinja (korkeus noin 5 metriä). Pisteitä alueen kulkuyhteyksille annetaan 2.



Kuvio 20. Saarijärvi, Kolkanlahti, Laiturinvaihteentie 20 edusta.

Linnan teollisuusalueella on leveä päällystetty tie teräsmiehentien tonteille. Tontti sijaitsee rautatien välittömässä läheisyydessä suoraan tie numero 13 vieressä ja se lisää mahdollisuuksia toimituksille. Tästä syystä pisteitä kulkuyhteyksistä annetaan 3.



Kuvio 21. Saarijärvi, Teräsmiehentie 4 ja 5 edusta.

Tarvaalan teollisuustontit sijaitsevat väylän 6304 välittömässä läheisyydessä, lyhyen siirtymän päässä pääväylästä 13. Tie on hyväkuntoista ja selkeästi tavoitettavaa. Teollisuustonttien ja väylän 13 välisellä alueella sijaitsee liikenteenjakaja, joka vaikeuttaa erikoiskuljetuksia. Alueelle annetaan kulkuyhteyksistä pisteitä 2.



Kuvio 22. Saarijärvi, Tuumalantie 1,2,3,4 ja 5 edusta.

Saarijärven kaupungin sivuilla olevasta kartta-aineistosta selviää teollisuustonttien neliöhinta, josta pystytään johtamaan tehtaan tontin hintaa koskevat pisteytykset. Kolkanlahden tontit ovat hinnaltaan halvimpia noin 0,9 € neliö hinnalla (3 pistettä), Linnan tontit keskihintaisia noin 2 € neliö hinnalla (2 pistettä) ja Tarvaalan teollisuustontit kalleimpia 3,5 € neliö hinnalla (1 piste).

Tulkittaessa sidosryhmien vaikutusta alueelle on huomioitava, että Saarijärven pienien etäisyyksien johdosta niiden vaikutus ulottuu kaikille teollisuusaluekeskittymille. Suurina vaikuttavina tekijöinä voidaan kuitenkin pitää Kolkanlahden alueella toimiva Syöte-Huvilat sekä Tarvaalan alueella vaikuttava Biotalouskampus. Biotalouskampuksen välitön läheisyys CLT tilaelementtitehtaalle toisi näkyvyyttä yrittäjien sekä investoijien suhteen. Tämän takia pisteytykset sidosryhmistä jakautuvat Tarvaala 3, Kolkanlahti 2 ja Linna 2.

Tutkimuksen edetessä on käynyt selväksi, ettei alustavien pisteytyksien tulkinnassa tarvitse huomioida asiakkaiden sijaintia teollisuuskeskittymien läheisen etäisyyden takia sekä kulkuyhteydet pisteytetään samaan viitekehykseen. Kulkuyhteydet ovat tärkeässä roolissa erikoiskuljetuksissa, joten

alustavien asiantuntijoiden pisteytyksien perusteella käytämme kulkuyhteyksiin viittaavista kertomista suurinta (0,83).

Alustavasti tutkittavien vaikuttavien tekijöiden perusteella muodostui taulukko, jossa on neljä erilaista tekijää, jotka on huomioitava valintoja tehdessä. Taulukon pisteytykset jakautuvat;

Taulukko 4 merkittävien tekijöiden pisteet

	Tarvaala	Linna	Kolkanlahti
Kulkuyhteydet tehtaalle	2	3	2
Alueen muut toimijat/sidosryhmän	3	2	2
Tehtaan tontin maasto/muoto	3	2	2
Tehtaan tontin hinta	1	2	3

Asiantuntijakyselyiden perusteella luotujen kertomien perusteella voimme luoda kokonaisarvosanan kullekin teollisuuskeskittymälle, joita voidaan verrata keskenään. Luodaan taulukko, jossa annetut pisteytykset kerrotaan asiantuntijoiden vastausten perusteella saatujen kertomien kanssa;

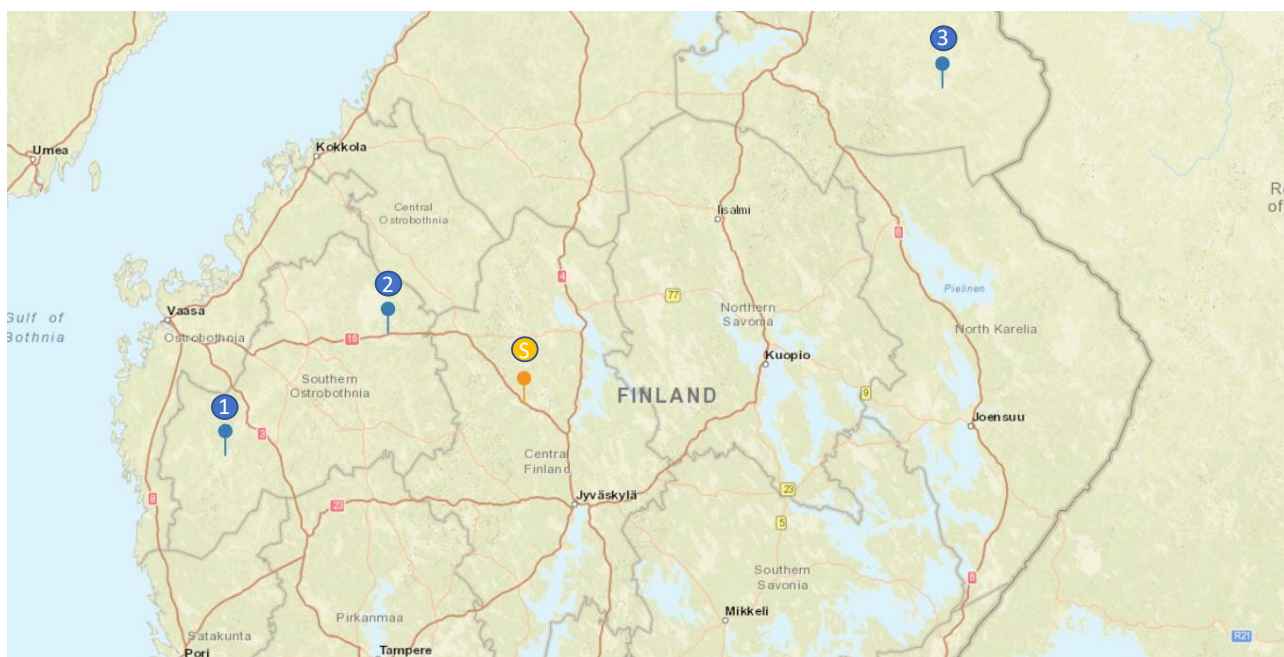
Taulukko 5 lopulliset teollisuusalueiden pisteytykset

	Tarvaala	Linna	Kolkanlahti
Kulkuyhteydet tehtaalle	1,67	2,50	1,67
Alueen muut toimijat/sidosryhmät	1,92	1,28	1,28
Tehtaan tontin maasto/muoto	1,00	0,67	0,67
Tehtaan tontin hinta	0,28	0,56	0,83
Yhteensä	4,86	5,00	4,44

Alustavan maastotutkimuksen ja tonttien viitekehyksen tutkimisen jälkeen suotuisimmaksi paikaksi tilaelementtitehtaan sijoittumiselle toimii Linnan teollisuusalue. Lopullisesta pisteytystaulukosta voidaan kuitenkin tulkita, että suurimpana vaikuttavana tekijänä Linnan alueen suosioon ovat sen kulkuyhteydet, luoden muihin kilpailijoihin 0,83 pistettä eroa pelkästään tässä kategoriassa. Muiden vaikuttavien tekijöiden kertomien ollessa pienempi erottuu se selkeästi alueista edukseen.

6.2.3 Raakaelementtitehtaiden sijainnit

Suomessa on toiminnassa kolme tehdasta, missä valmistetaan CLT raakaelementtejä (Puuinfo, <https://puuinfo.fi/puutieto/insinööri tuotteet/monikerroslevy-clt/>), joita voidaan hyödyntää CLT tilaelementtien valmistuksessa; (1) CLT Plant Oy, joka sijaitsee Kauhajoella (etäisyys CLT Plant Oy-Saarijärvi 175 km, tehtaan tonttipinta-ala on noin 50 000 m² ja tuotantotilojen koko noin 6000 m²), (2) CLT Finland Oy, joka sijaitsee Alajärvellä (etäisyys CLT Finland Oy-Saarijärvi 90 km, tehtaan tontin pinta-ala noin 15 000 m² ja toimitilojen pinta-ala noin 3000 m²) sekä (3) Oy CrossLam Kuhmo Ltd, joka sijaitsee Kuhmossa (etäisyys Oy CrossLam Kuhmo Ltd.-Saarijärvi 365 km, tehtaan tontin pinta-ala noin 17 000 m² ja tuotantotilojen pinta-ala noin 3300 m²). Tehtaiden pinta-alat ja toimitilojen suuruudet on mitattu maanmittauslaitoksen sivujen karttapalvelusta. Saarijärven sijainti tehtaisiin nähden on keskeinen; Kauhajoen ja Alajärven tehtaot sijaitsevat Saarijärven länsipuolella ja Kuhmon tehdas itäpuolella. Saarijärven sijainti karttaan merkitty merkillä S;



Kuvio 23. Saarijärven sijainti raaka-ainetoimittajiin nähden.

Optimoinnissa käytettävät tehtaiden koordinaatit ovat; (1) CLT Plant Oy= (62.46288098009477, 22.21174313558229), (2) CLT Finland Oy = (63.02912938310449, 23.857880691374064) ja (3) Oy CrossLam Kuhmo Ltd. = (64.1345997252321, 29.471302369497412)

Saarijärven keskeisellä sijainti raaka-ainetoimittajiin nähden voi tulevaisuudessa vaikuttaa positiivisesti tehtaan toimintaan raaka-aineiden tilauksen hajautuksen kautta sekä vaikutuksia voi syntyä myös raaka-aineiden hintojen suhteen kilpailutuksen kautta.

6.2.4 Asiakkaiden sijainnit

Asiakkaiden sijainnin suunnittelussa on hyödynnetty Puuinfon sivuilla julkaistua ”Puukerrostalohankekanta 2019” julkaisua, jonka on tilannut Ympäristöministeriö. Julkaisussa tutkitaan suunnitteilla ja rakenteilla olevia puukerrostalohankkeita. Hankkeet on jaoteltu varmoihin-, todennäköisiin- sekä mahdollisiin kerrostalohankkeisiin. Kyseisen hankekannan on kasannut kokonaisuudeksi arkkitehti Janne Tolppanen. (Ympäristöministeriö, 4)

Hankekantaa tutkittaessa on tiedostettava, ettei kyseisiin hankkeisiin ole mahdollisuutta päästä asiakkaaksi. Hankekannan tutkiminen toimiikin tukirankana tulevaisuuden kysynnän ennustamiselle ja sille, missä kysyntää CLT tilaelementeille tulevaisuudessa on.

Hankekantaa tutkiessa nousee kolme maakuntaa huomattavasti korkeammalle suunnitteilla ja rakenteilla olevien puukerrostalojen sijoittumisessa ympäri Suomea; Uusimaa (44,3 %), Pirkanmaa (21,9 %) sekä Kymenlaakso (10,2 %), joiden yhteenlaskettu osuus koko Suomen suunnitteilla ja rakenteilla olevasta puukerrostalorakentamisesta on 76,4 %. (Ympäristöministeriö, 140)

Viedään hankekannasta saadut lukuarvot taulukkoon ja lasketaan niiden pohjalta osuus kyseisestä kolmesta maakunnasta, joihin asiakkaat luodaan. Kun laskenta osuuksista maakuntien kesken on suoritettu, kerrotaan osuus kymmenellä (10) ja pyöristetään täysluvuiksi, jolloin saamme ohjelmaa varten käytännöllisen määrän asiakkaita kullekin maakunta-alueelle;

Taulukko 6 asiakkaiden sijainnit hankekannasta.

Maakunta	Määrä	Osuus	Asiakkaita
Uusimaa	44,3	58 %	6
Pirkanmaa	21,9	29 %	3
Kymenlaakso	10,2	13 %	1
yht	76,4	100 %	10

Palaverissa Saarijärven asiantuntijoiden kanssa päätettiin, että huomioidaan Jyväskylän mahdolliset asiakasinvestoinnit laskelmissa ja tästä syystä lisätään yksi asiakas Keski-Suomeen. Lisäksi yksi asiakas lisätään Varsinais-Suomeen, koska Turun jättäminen pois laskelmista voisi vääristää tulevaisuudennäkymiä rakentamisen saralta suurissa kaupungeissa.

Taulukko 7 asiakkaiden lopullinen sijoittaminen tutkimukseen.

Maakunta	Asiakkaita
Uusimaa	6
Pirkanmaa	3
Kymenlaakso	1
Keski-Suomi	1
Varsinais-Suomi	1
Yht	12

Saarijärven kaupunki sijaitsee Suomen kartalla keskeisellä paikalla, mikä mahdollistaa myös toimitukset maan pohjoisempaan osaan. Kyseinen tulkinta voidaan huomioida isommassa mittakavassa, mutta yksittäisiä tehdastontteja tutkimuksen sisällä tutkittaessa jätetään huomioimatta, koska mahdolliset sijainnit ovat niin lähellä toisiaan.

6.2.5 Käytettävä sovellus

Tutkimuksessa käytetään ArcGIS- paikkatietojärjestelmää. Sovelluksella pystytään annettujen paikkatietojen perusteella analysoimaan ja optimoimaan haluttuja paikkatiedollisia lopputuloksia sovelluksen sisäisiä algoritmeja hyödyntäen, löytämään piilossa olevia sidoksia erilaisten paikkatietojen välillä ja visualisoimaan data kartalle sekä taulukkoihin. Sen avulla pystytään myös

yhdistämään paikkatiedollisia datapaketteja yhdelle alustalle ja luomaan erilaisia valmiita alustoja sovelluksen avulla tulevaisuuden käyttötarkoituksia varten (esim. jatkuva yrityksen käyttötarkoitus). Kattava valikoima erilaisia analyysityökaluja helpottaa työntekoa tilallisen tulkinnan osalta. Sovelluksen tarjoama laskennallinen data on myös helposti luettavissa. (Esri, N.d.)

Tutkimuksen tarkoituksenmukaisuuden perusteella hyödynnettäviä datapaketteja ovat raakaelementtien toimittajien sijainnit, hankinnan kohteena olevat tontit, niiden koot sekä hinta ja loppuasiakkaiden sijainnit sekä kulkuyhteydet tehtaalta eteenpäin.

ArcGIS- sovellusta hyödynnetään kyseisessä tutkimuksessa tehtaan sijainnin optimoimiseen, joten tässä vaiheessa hyödynnettäviä datapaketteja ovat raakaelementtien toimittajien sijainnit, teollisuustonttien sijainnit (keskittyminä), loppuasiakkaiden sijainnit sekä kulkuyhteydet.

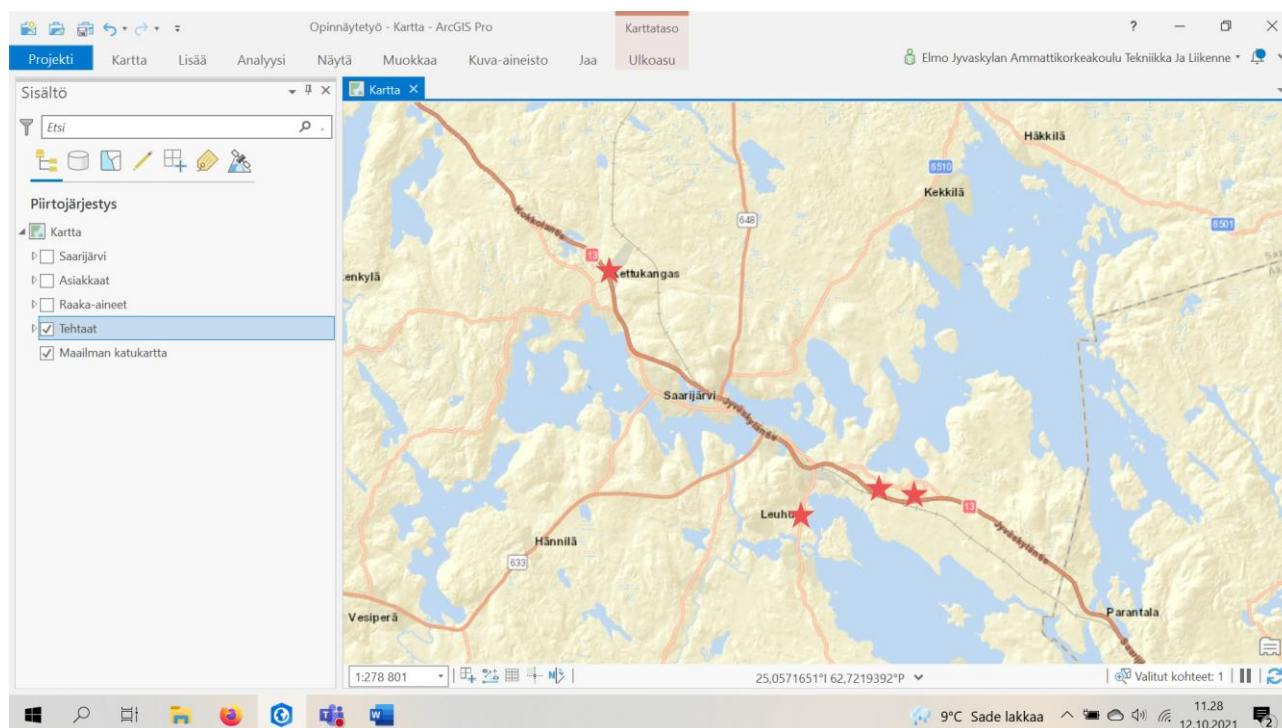
6.2.6 Sovelluksen antamat tulokset

Sovelluksen käyttö aloitetaan lisäämällä jo tiedettävät paikkatiedot sovellukseen. Tulosten ja erilaisten pisteiden hahmottamisen helpottamiseksi käytämme kullekin eri datapaketillemme erilaista merkkiä. Merkit tutkimuksessa tulevat olemaan; Tehtaan mahdolliset sijainnit = punainen tähti, raaka-ainetoimittajien sijainnit = sininen nuppineula ja asiakkaiden sijainnit = punainen ympyrä. Lisäksi kartan tulkittamisen helpottamiseksi lisäämme Saarijärven keskustan merkin oranssilla nuppineulalla. Käytän ArcGIS Pro- sovellusversiota, jonka olen ladannut tietokoneelle Esrin sivuilta. ArcGIS- paikkatietojärjestelmää pystytään hyödyntämään myös verkon välityksellä.

Pisteiden lisääminen karttatasoon toimii joko valmiin tiedoston lataamalla itse ohjelmaan tai lisäämällä pisteet manuaalisesti. Tutkimuksen tapauksessa tarkasti määritettyjä pisteitä ei ole, joten päädyin lisäämään pisteet manuaalisesti. Pisteiden lisääminen manuaalisesti tapahtuu seuraavasti;

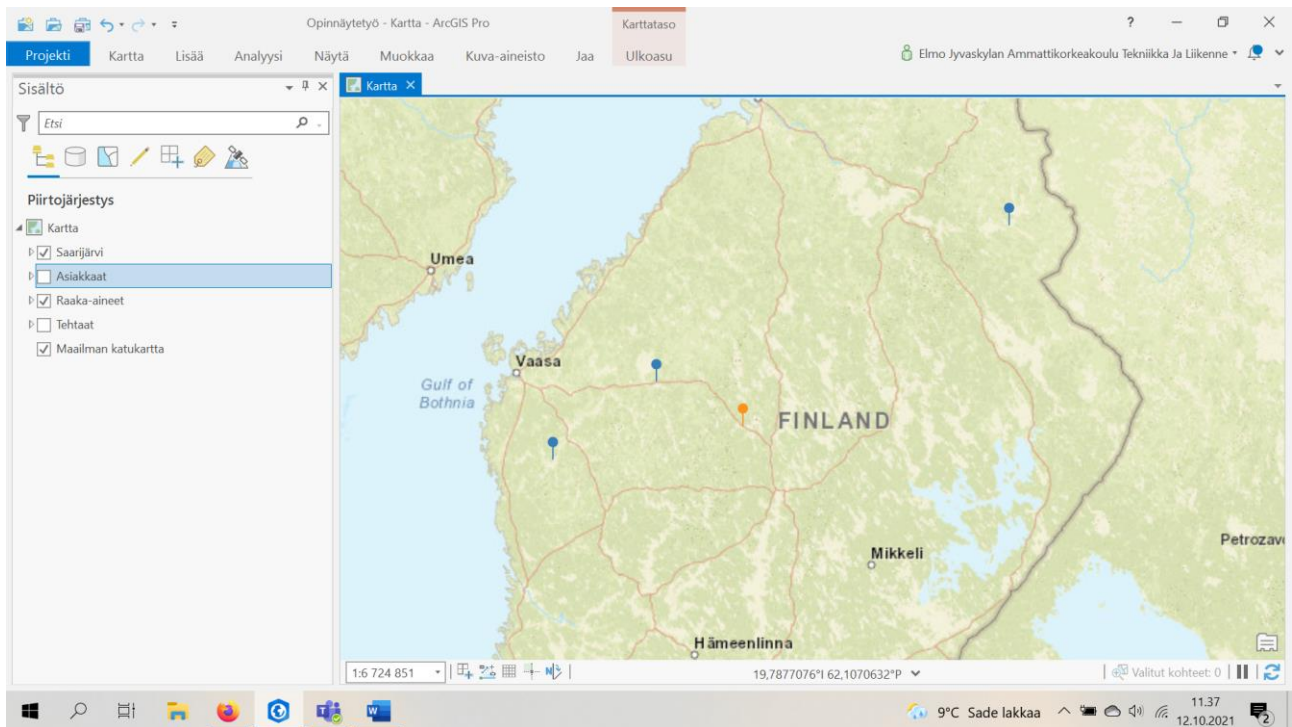
1. Siirrytään ArcGIS Pro- sovelluksessa välilehdelle "Lisää".
2. "Karttatasomallit"- otsikon alta valitaan haluttu malli oman pisteen havainnointiin. Tuplapainalluksella saadaan lisättyä pohja omiin lisättyihin tiedostoihin.
3. Oma tietue valittuna siirrytään välilehdelle "Muokkaa".
4. "Kohteet"- otsikon alapuolella valitaan "Luo".
5. Valitaan aukeavasta välilehdestä "Luo kohteet" haluttu pisteen merkintämalli.
6. Lisätään pisteet karttatasolle painamalla hiiren vasenta näppäintä.

Ensimmäisenä lisättävänä paikkatietona on tehtaan mahdolliset sijainnit. Tehtaan mahdolliset tonttisijainnit sijaitsevat ryhmittäin, joten lisätään kiintopisteet kunkin teollisuustonttikeskittymän risteykseen, joka on yhteydessä pääväylään. Karttakuva lisätyistä kiintopisteistä Saarijärven mahdollisista tehtaan sijoituspaikoista on alla;



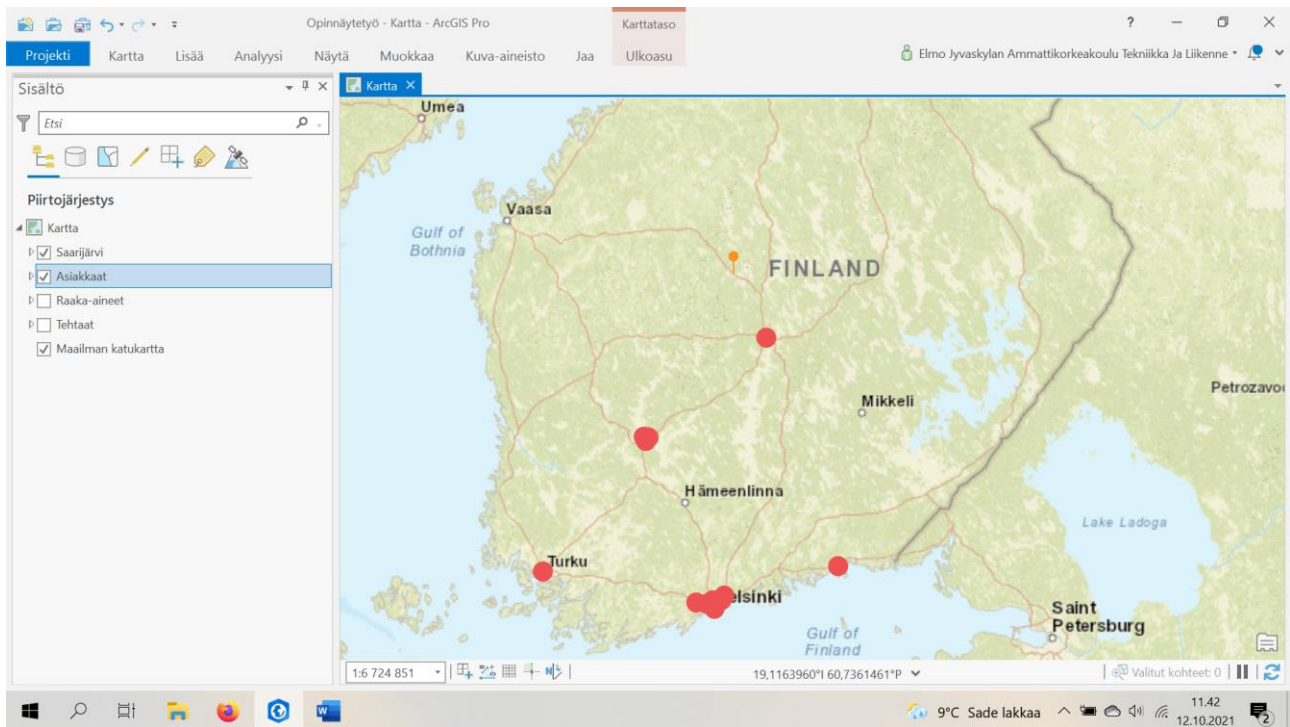
Kuvio 24. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, tehdasalueet.

Toisena lisättävänä paikkatietona ovat raaka-ainemateriaalitoimittajat, joina tässä tapauksessa toimivat CLT raakalevyjen valmistajat. CLT tilaelementtien valmistukseen tarvittavia raaka-aineita on hyvin paljon, mutta tutkimus keskittyy lähinnä pääraaka-ainetoimittajien sijainnin tutkimiseen. Jotta raaka-ainetoimittajien sijaintia voidaan tulkita silmämääräisesti kartalta, lisätään näkymään karttakuvaan myös Saarijärven sijainti;



Kuvio 25. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, raaka-ainetoimittajat.

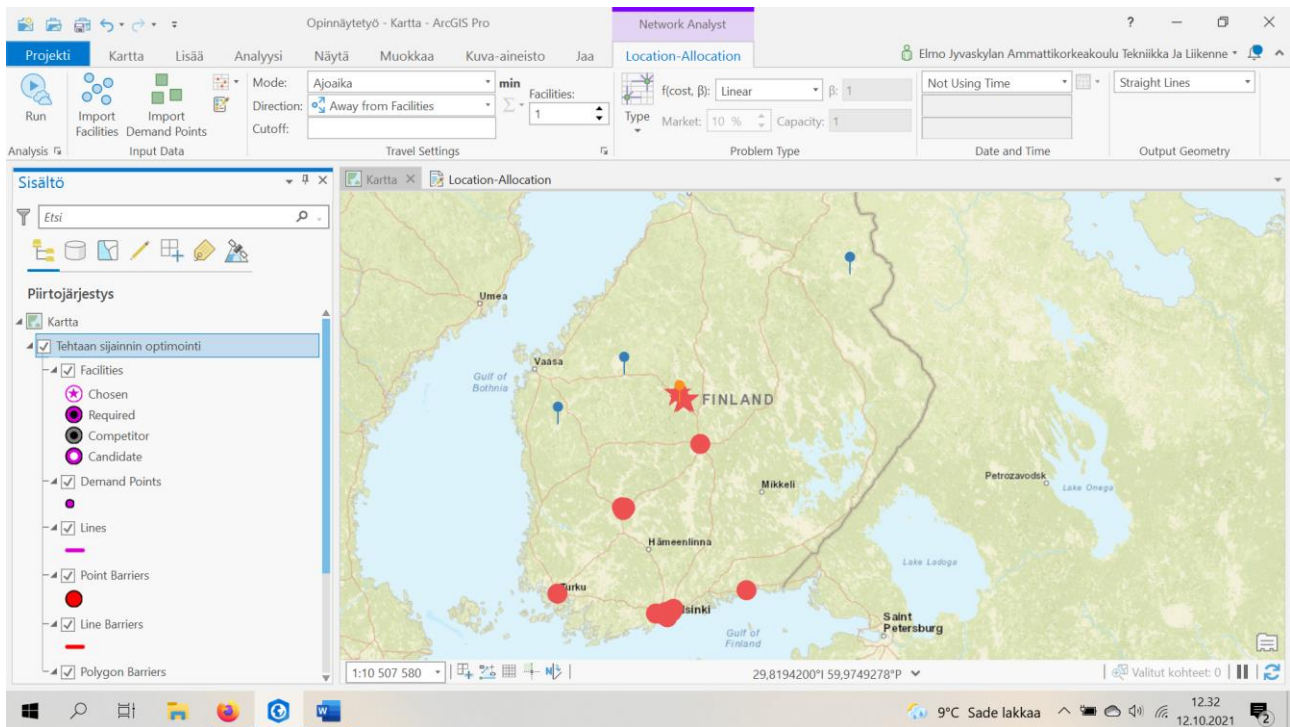
Viimeisenä lisättävä paikkatieto on määritettyjen asiakkaiden sijainnit. Sijoitettuja pisteitä on kaksitoista, joista yksi sijaitsee Jyväskylässä, kolme Tampereella, kuusi pääkaupunkiseudulla, yksi Turussa sekä yksi Kotkassa. Tässäkin tapauksessa jätämme näkyviin Saarijärven sijainnin tulkinnan helpottamista varten;



Kuvio 26. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, asiakkaat.

Kun tarpeelliset tietueet on lisätty sovellukseen, voidaan aloittaa itse tehtaan sijainnin optimointi. Ongelmana projektissa on parhaan sijainnin määrittäminen tehtaalle. Seuraavassa vaiheessa valmistellaan sovelluksen optimointiohjelma;

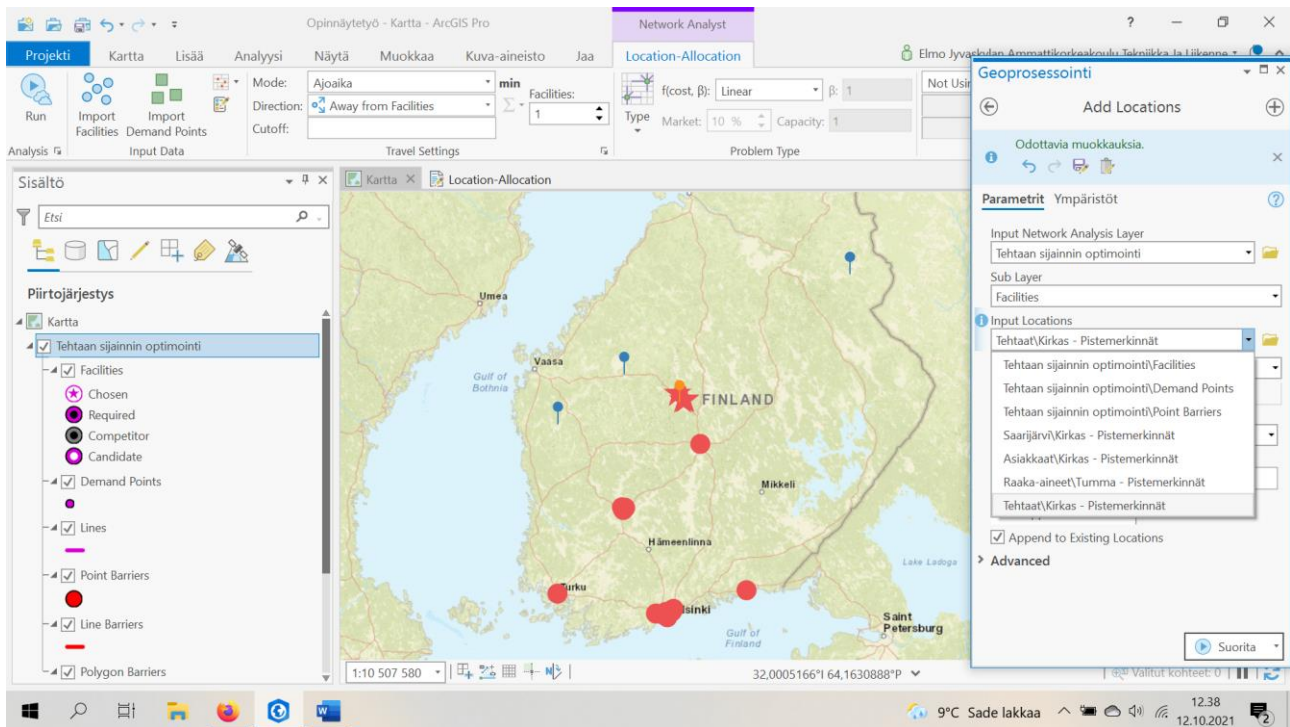
1. Avataan välilehti "Analyysi".
2. Otsikon "Työkalut" yläpuolella löytyy "Network analysis".
3. Valitaan "Location-allocation", jolla pystytään määrittämään paras sijainti.
4. Sovellus luo "Location-allocation"- tietueen omien lisättyjen tietueiden joukkoon.



Kuvio 27. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, kokonaisnäkymä.

Seuraavaksi määritetään optimointiparametrien viitaukset aiemmin lisättyihin tietueisiin;

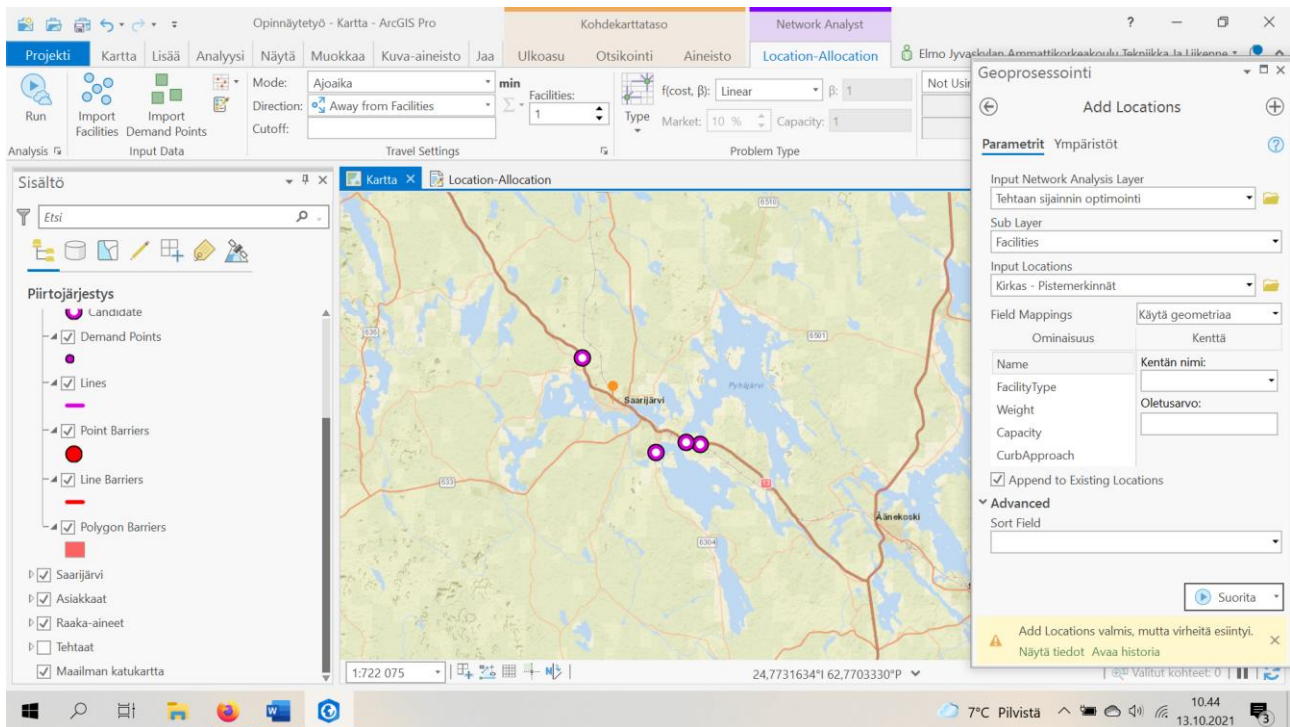
1. "Location-allocation" välilehden alla siirrytään kohtaan "Input data" ja valitaan "Import facilities".
Tuplapainalluksella saadaan aukeamaan valintaruutu sivun oikeaan laitaan.
2. Valitaan "Input locations"- otsikon alapuolelta lisätyt pisteet "Tehtaat".



Kuvio 28. ArcGis- sovelluksen optimointinäköymä, tehdasaluedatan määrittäminen.

Painetaan "Suorita"- nappia valintaruudun alareunasta, jolloin ohjelma lisää tehdaspisteet mahdollisiksi tehtaan sijoituspisteiksi.

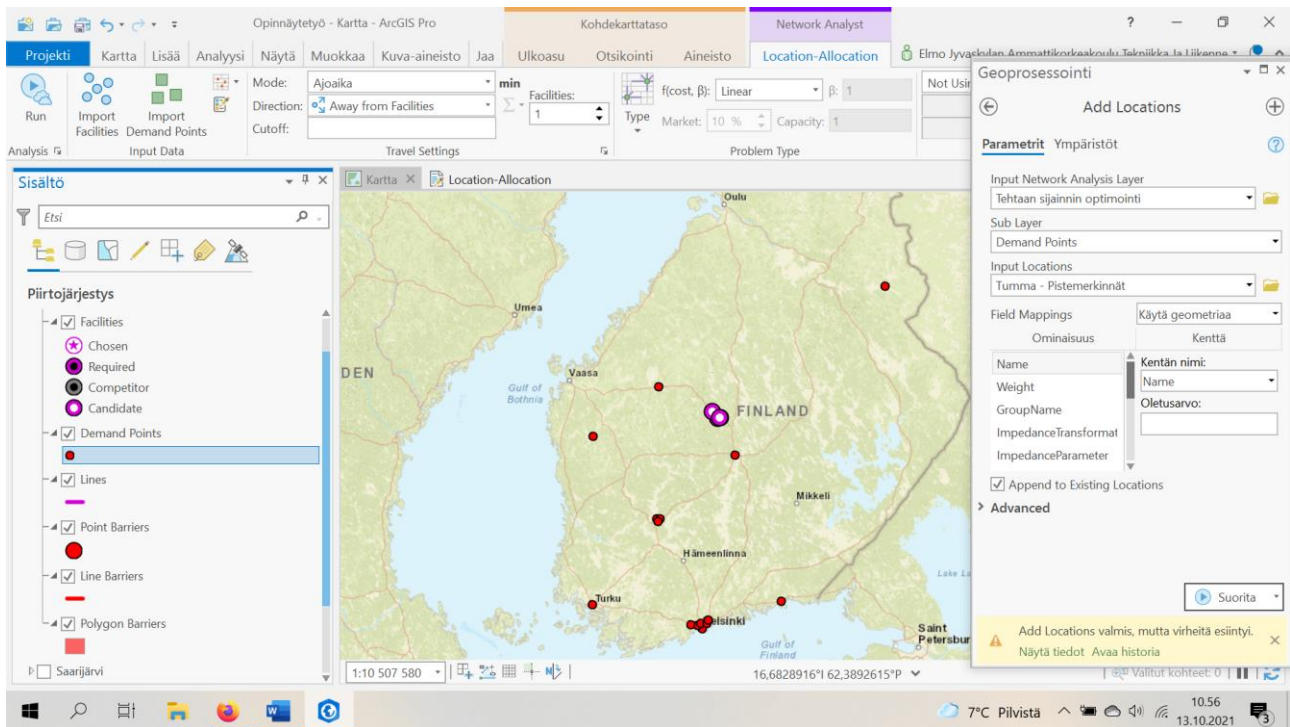
3. Piilotetaan tähtimerkinnot kartalta uusien karttamerkintöjen tieltä.



Kuvio 29. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, tehdasalueet määritetty.

Seuraavaksi määritetään kysyntäpisteet, joina toimii asiakkaat;

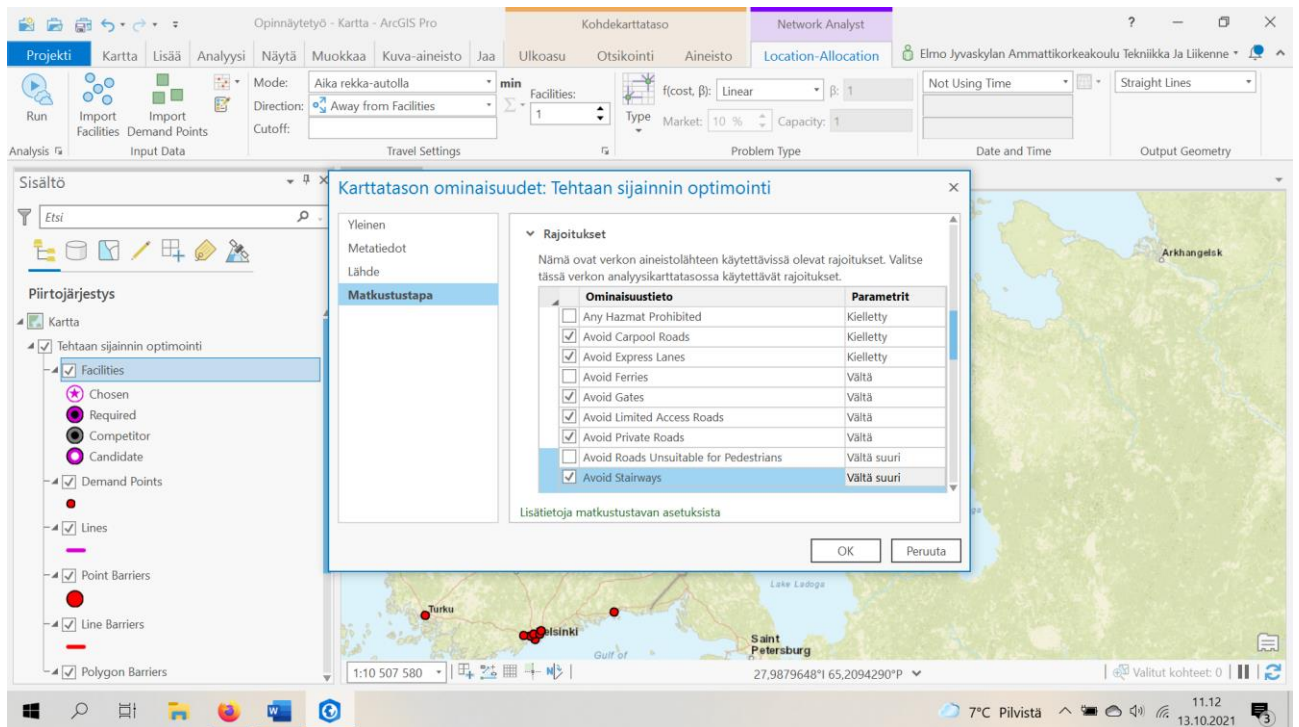
1. Painetaan "Location-allocation"- välilehdellä "Input data"- otsikon yläpuolelta "Import demand points".
2. Toistetaan sama kuin edellisessä paitsi tällä kertaa valitaan "input locations"- kohtaan Asiakkaat.
3. Toistetaan sama uudestaan, tällä kertaa valitaan "input locations"-kohtaan Raaka-aineet.
4. Häivytetään alkuperäiset pisteet.
5. Voit myös vaihtaa pisteiden väriä pisteiden erottamiseksi toisistaan. Asiakkaat kartassa merkittynä punaisella, tehdaspisteet violetilla.



Kuvio 30. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, asiakkaat määritetty.

Seuraavaksi tutkitaan itse optimoinnin parametreja "Location-allocation"- välilehden alapuolella.

1. "Mode"- valintaruutuun valitaan "Aika rekka-autolla", koska tällöin saadaan kuljetusreitti mukailemaan pääväyliä.
2. Valitaan "Direction"- valintaruutuun "Away from Facilities", vaikka raaka-ainetehtaiden materiaali-virta onkin tehtaalte päin. Pystymme tällä tavoin hyödyntämään sekä asiakkaiden sijainnit, että raaka-ainetoimittajien sijainnit samassa optimoinnissa.
3. Avataan "Travel settings"- kohdan oikeasta alakulmasta siirtymäruudusta muokkausvalikko, josta pystymme muuttamaan vaikuttavia tekijöitä. Lisätään rajoituksiin kohdat "Avoid Limited Access Roads" ja "Avoid Stairways", koska erikoiskuljetusten siirtäminen kyseisiä reittejä pitkin voi olla rajoitettua.

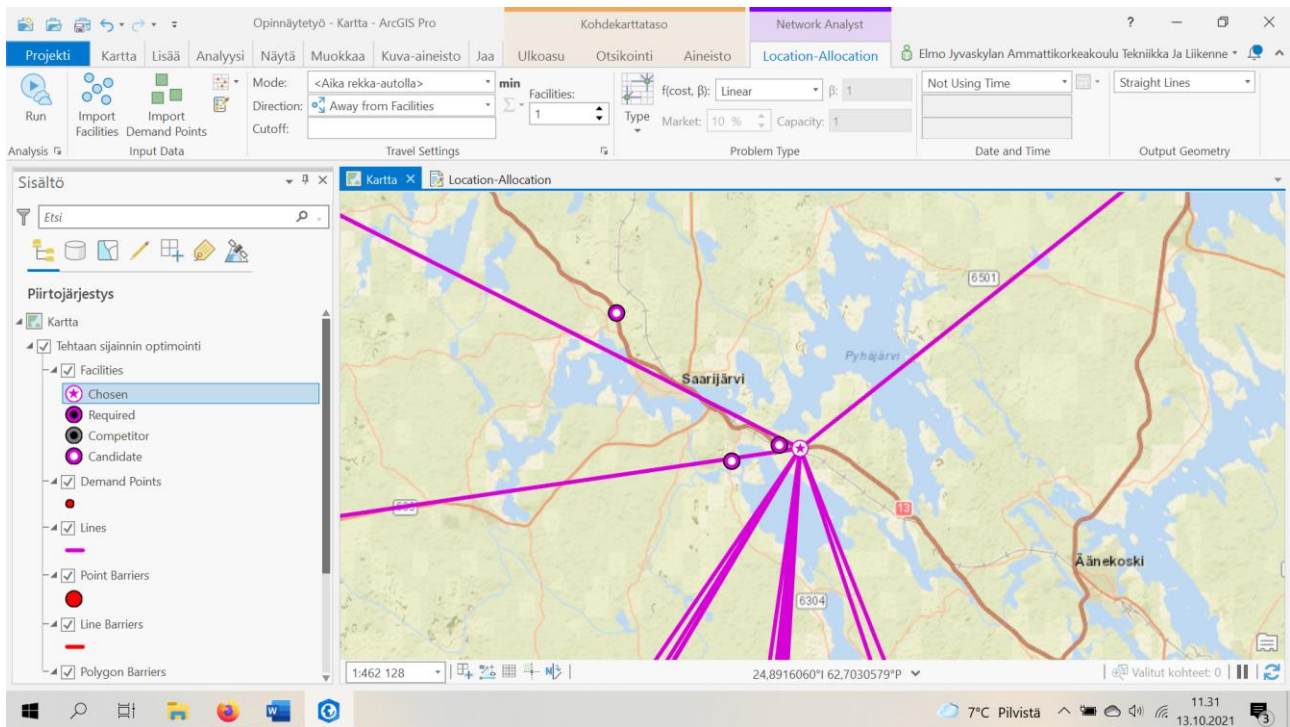


Kuvio 31. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, rajoitteiden määrittäminen.

”Problem Type” - välilehdellä valitaan ”Type” - valintaruutuun ”Minimize weighted impedance”.

Kyseistä laskentaa käytetään varaston sijainnin suunnitteluongelmien ratkaisuun ja pyritään minimoimaan kuljetuksista koostuvat kustannukset.

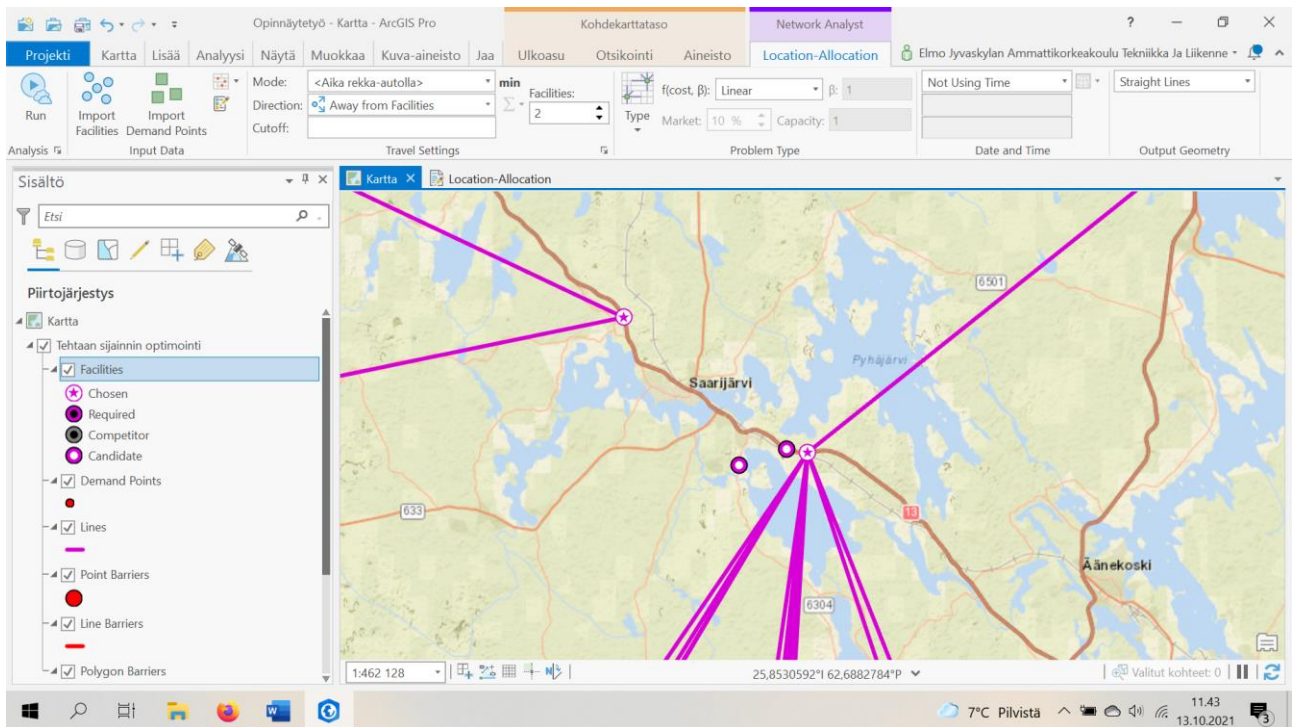
4. Visuaalisen tulkitsemisen helpottamiseksi ”Output Geometry” - valintaruutuun valitaan ”Straight Lines, jolloin havainnointi helpottuu.
5. Painetaan ”Analysis” - välilehden alapuolelta ”Run” tuloksien laskemiseksi.
6. Ilman virheiden tapahtumista sovellus pystyy laskemaan annettujen tietojen perusteella optimaalisen pisteen vaihtoehdoista.



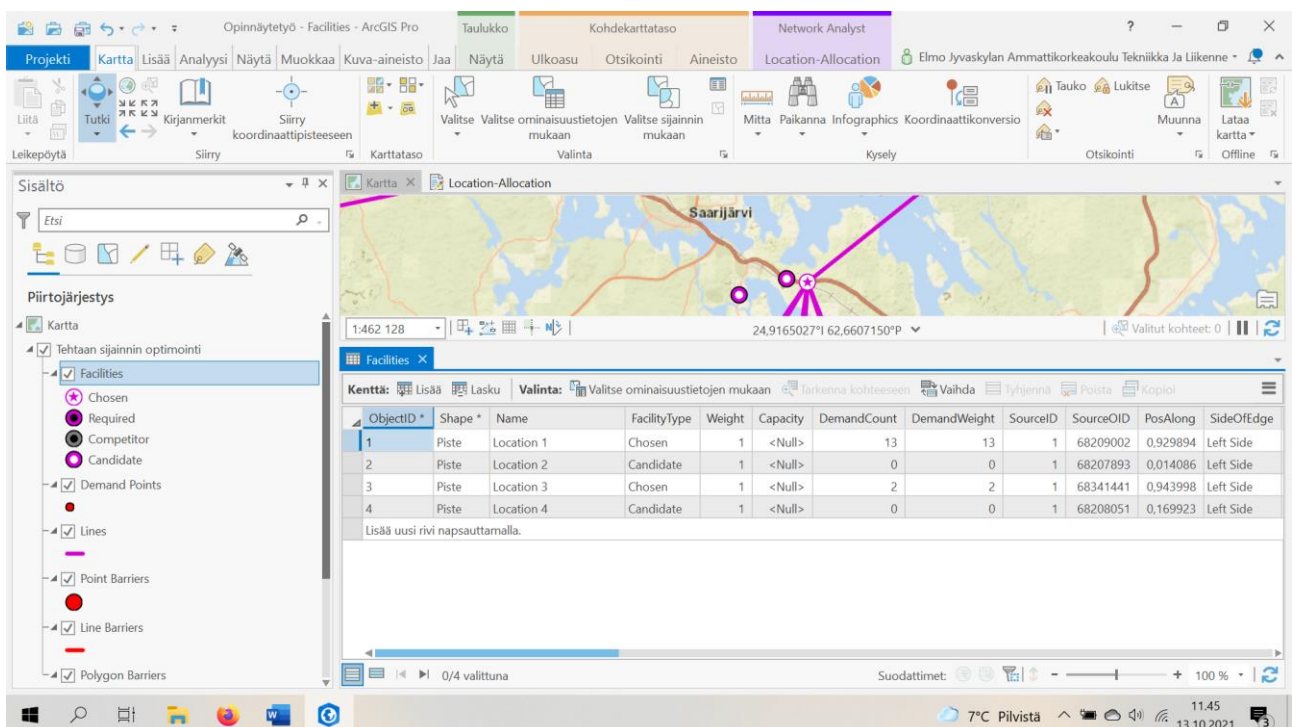
Kuvio 32. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, optimointiajo 1.

Kuten yllä olevasta kuvasta voi havaita, sijoitetuista mahdollisista CLT tilaelementtitehtaan sijainneista laskennallisesti Linnan alueella sijaitseva teollisuuskeskittymä on optimaalisin kuljetuksien kannalta.

Testi toistetaan, mutta valintana on tehtaiden mahdollisia sijainteja kaksi kappaletta. Näin voidaan verrata, kuinka palvelutarjonta siirtyy yhdestä pisteestä muihin ja tulkita muutoksien siirtymää.

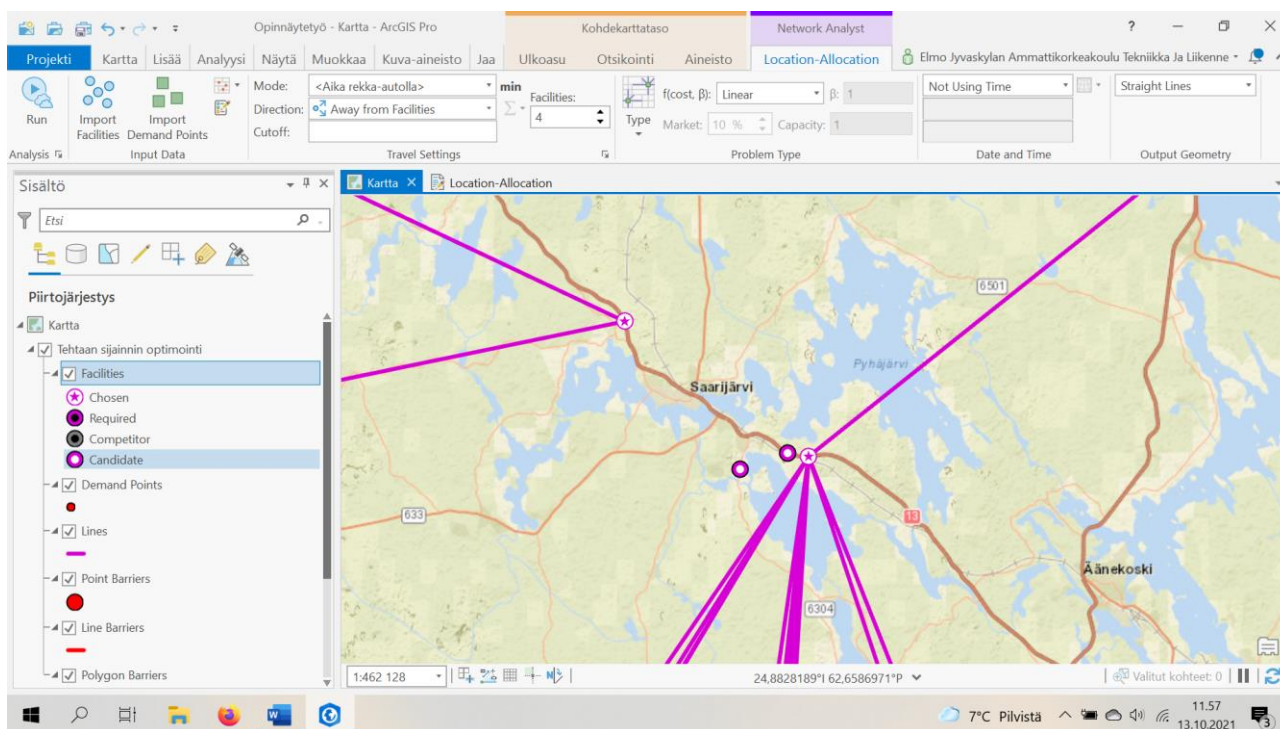


Kuvio 33. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, optimointiajo 2.



Kuvio 34. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, optimointiajo 2 datatarkastelu.

Seuraavaksi ajetaan optimointi läpi vielä kaikkia pisteitä hyödyntäen (4 Facilities);



Kuvio 35. ArcGis- sovelluksen optimointinäkymä, optimointiajo 3.

Tulokset eivät muuttuneet kahden pisteen optimoinnista ja tuloksia voidaan pitää johdonmukaisina.

6.2.7 Tulosten analysointi ja johtopäätökset

CLT tilaelementtitehtaan sijainnin optimoinnin ensimmäisessä vaiheessa tuotettiin kyselytutkimus, joka kohdistettiin ohjausryhmän asiantuntijoille. Tärkeimmät tekijät kyselytutkimukseen ovat johdettu pohjatietoihin ja alan erityispiirteisiin nojaten pyrkien vaikuttamaan juuri käsillä olevaan ongelmaan. Alkuperäisen kyselyn vastauskohdista on karsittu pois kaksi niiden liian samankaltaisen merkityksen takia.

Tärkeimpiä tekijöitä tutkittaessa kyselyn sisältä voidaan havaita, että vastaukset ovat linjassa toistensa kanssa ja jokainen asiantuntija on pitänyt kulkuyhteyksiä merkittävimpänä tekijänä ja sidosryhmien sijaintia toiseksi merkittävämpänä. Tämä luo tuloksille luotettavuutta, mutta on huomiotava, että tuloksien luotettavuutta voitaisiin lisätä kasvattamalla asiantuntijoiden määrää.

Kyselytutkimuksen toistettavuus on mahdollista sillä kyseisen tutkimuksen asiantuntijat ovat eri alojen asiantuntijoita ja heidän vastauksensa ovat tästä huolimatta linjassa toistensa kanssa.

Taulukko 8 merkittävyystekijä pisteytys tulkinta.

Nimi	Asiantuntija 1	Asiantuntija 2	Asiantuntija 3	Asiantuntija 4	Asiantuntija 5	Asiantuntija 6	Ka	Kerroin
Kulkuyhteydet tehtaalle	6	4	6	4	6	4	5,0	0,83
Alueen muut toimijat/sidosryhmän	3	4	4	4	5	3	3,8	0,64
Tehtaan tontin maasto/muoto	3	1	1	3	2	2	2,0	0,33
Tehtaan tontin hinta	2	2	2	2	1	1	1,7	0,28

Tutkimuksessa tuotetun maastotutkimuksen luotettavuus ja tarkkuus pohjautuvat täysin tutkimushavaintoihin ja muistiinpanoihin. Maastotutkimuksen luotettavuutta ja tarkkuutta lisää tutkijan omien ennakkoluulojen ja alueen kokemusten puute, jolloin tutkinta on voitu suorittaa neutraalista näkökulmasta sekä itse kohteessa vierailu ja tutkimustulosten dokumentointi alueiden erityispiirteistä, jolloin alueiden erityispiirteiden analysointi jälkikäteen on helpompaa.

Havaintojen perusteella maastotutkimukseen nojaten esille nousi kaksi teollisuusaluetta sen hyvien kulkuyhteyksien- ja tonttien helpon käytön vuoksi; Linnan- sekä Tarvaalan teollisuustonttikeskittymät. Tieosuudet kyseisille teollisuustonteille ovat erittäin hyvässä kunnossa, lukuun ottamatta liikenteenjakajaa, joka sijaitsee Tarvaalasta 13 tien suuntaan.

Maastotutkimuksen antamat tulokset ovat toistettavissa, koska tutkittavat matkat eivät ole pitkiä, alueet ovat helposti erotettavissa ja CLT tilaelementtien erityispiirteiden tuominen mukaan maastotutkimukseen on helppoa. Maastotutkimusta ei voida kuitenkaan yleistää vaan täytyy huomioida, että tutkimus on keskittynyt CLT tilaelementtitehtaan- sekä erityiskuljetusten erityispiirteisiin optimointia tehdessä.

Teollisuustonttien tutkinnan toistettavuus voi vaihdella taustatietoselvitysten pohjalta saatujen tietojen muuttuessa. Tutkimuksen loppuvaiheilla Tarvaalan teollisuustonttikeskittymän tonttien hinnat asetettiin 50 % alennukseen määrätyksi ajaksi, jonka huomiointi olisi vaikuttanut selvästi lopputulokseen. Tässä tapauksessa Tarvaala olisi lopullisissa pisteissä saanut 0,28 pistettä enemmän ja noussut Linnan ohi optimaalisimmaksi alueeksi. Tutkimustuloksien luotettavuuden kannalta jätetään alennus huomioimatta, jotta tulos ei vanhene alennuksen poistuessa.

Taulukko 9 tehdasaluepisteytys tulkinta.

	Tarvaala	Linna	Kolkanlahti
Kulkuyhteydet tehtaalle	1,67	2,50	1,67
Alueen muut toimijat/sidosryhmät	1,92	1,28	1,28
Tehtaan tontin maasto/muoto	1,00	0,67	0,67
Tehtaan tontin hinta	0,28	0,56	0,83
Yhteensä	4,86	5,00	4,44

Tutkimustulosten lopullinen pisteytys nojaa vahvasti alussa tuotettuun asiantuntijakyselyyn sieltä johdetun kertoimen puolesta, joka luo tutkimukseen syvyyttä ja luotettavuutta eikä hae pohjaa ainoastaan tutkijan omien maastotutkimuksen sekä taustatietoselvitysten kautta saamien näkemyksien pohjalta. Lopullisista pisteytyksistä voidaan huomioida, että kaikki teollisuusalueet ovat omalla tutkimusalueellaan parhaassa asemassa, mutta yhteenlasketuissa pisteissä Linnan teollisuustontit nousevat parhaaksi vaihtoehdoksi.

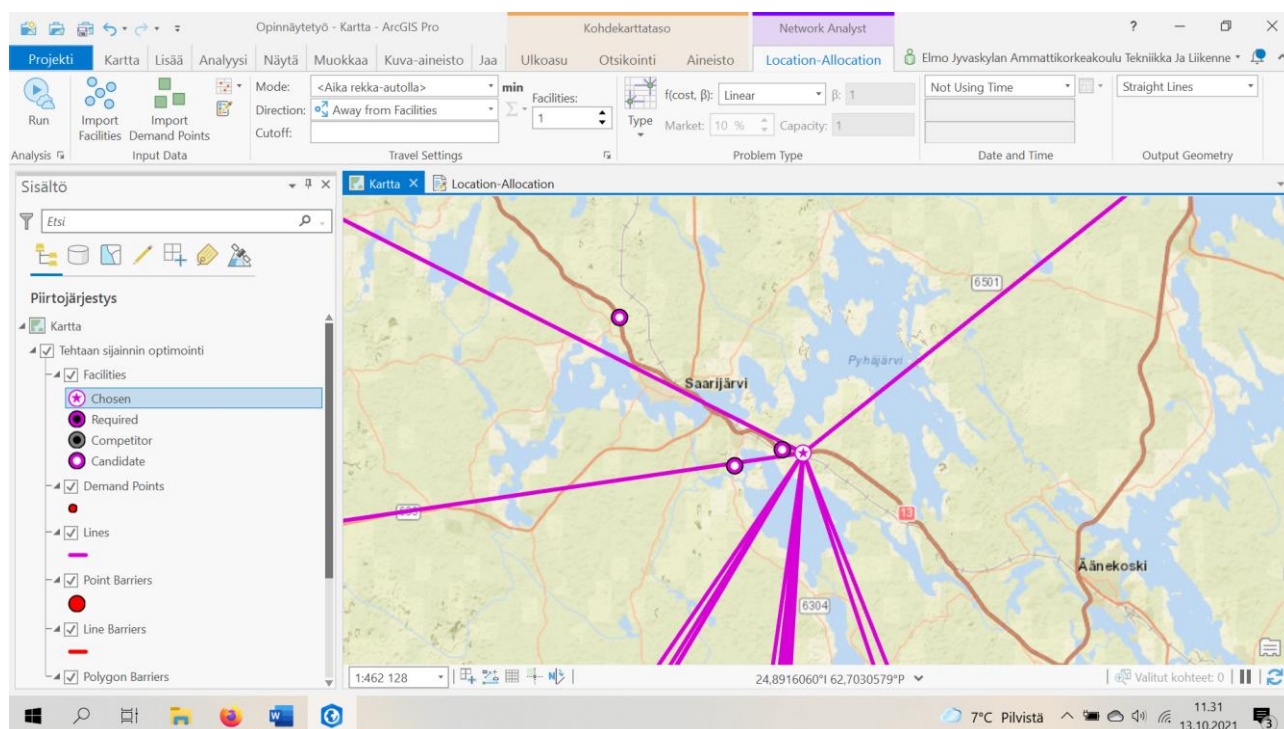
Optimoinnin toisella portaalla tehdyssä sovellusoptimoinnissa ArcGIS- paikkatietojärjestelmää hyödyntäen tulosten tarkkuuden analysointi perustuu lähinnä sovelluksen omien vaihtoehtojen lopputulosten tulkintaan. Tarkkuuden analysoinniksi täytyisi optimoinnin sisällyttää toisenkin paikkatietojärjestelmän mukaan tuomisen, joka paisuttaisi työmäärää liian suureksi. Lisäksi asiakkaiden lähtötietojen tiivistäminen kouralliseksi asiakkaita supistaa näkymää, mutta luo todellisemman kuvan yksittäisen tilaelementtitehtaan asiakkaiden sijainneista sekä lukumäärästä.

Annettujen lähtötietojen perusteella optimointia voidaan kuitenkin pitää yleispätevänä raskaille kuljetuksille valittujen parametrien perusteella.

Optimointia suoritettaessa tutkittiin kolmea erilaista tilannetta ”Location-allocation” optimointiajon yhteydessä; ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin, mikä olisi optimaalisin sijainti yksittäiselle tehtaalle ottaen huomioon asiakkaiden ja raaka-ainetoimittajien sijainnit. Toisessa ajossa tehtaiden määrä nostettiin kahteen, jotta pystytään havainnoimaan asiakkaiden jakautumista yhdeltä tehtaalta kahdelle. Koska toisessa ajossa asiakkaiden siirtymistä tapahtui, tehtiin viimeinen ajo kaikkia neljää pistettä hyödyntäen.

Ensimmäisessä optimoinnissa optimaalisimmaksi pisteeksi valikoitui Linnan teollisuusalue. Toisen optimoinnin aikana Linnan teollisuusalueen tehtaan ”asiakkaista” kaksi siirtyi Kolkanlahden asiakkaaksi. Kolmannessa ajossa muutoksia ei tapahtunut toiseen ajoon verrattuna.

Kaikista ajoista on huomioitavissa, että suurin osa asiakkaista on jatkuvasti Linnan teollisuusalueen asiakkaita.



Kuvio 36. Optimointiajo tulkinta.

Verrattaessa tuloksia molemmista optimointimalleista voidaan huomata, että Linnan pysäkin alueella sijaitseva teollisuusalue on optimaalisin sijainti CLT tilaelementtitehtaalalle. Linnan lisäksi voidaan myös pitää optimaalisena sijaintina tuotantolaitoksen rakentamiselle sen taustatietojen samankaltaisuuden sekä läheisen sijainnin takia.

Saarijärven keskeinen sijainti asiakkaisiin ja raaka-ainetoimittajiin nähden on huomioitavaa. Koulutetun työvoiman saanti nykymarkkinoilla on hankalaa ja Saarijärvi kaupunkina tarjoaa CLT tilaelementtien osalta ratkaisua tähän ongelmaan; Pohjoisen Keski-Suomen ammattiopisto pystyy tarjoamaan koulutusta CLT rakentamiseen ja Jyväskylän Ammattikorkeakoulun bioinstituutin sijoittuminen alueelle luo mahdollisuuksia tulevaisuutta varten.

6.3 Toimitukset asiakkaalle

Seuraavassa kappaleessa tullaan tutkimaan CLT tilaelementtitehtaalta kohdistuvia asiakastoimituksia. Kappale on jaoteltu viiteen eri osuuteen; kuljetusyksikön eli CLT tilaelementin mittojen määrittämiseen, kuljetusmuodon valintaan, toimituslausekkeen valintaan, CLT tilaelementtien kuljetuskustannuksiin ja kokonaiskuvaan sekä tulosten analysointiin.

6.3.1 CLT tilaelementin mitat

Sorin tutkimuksesta selviää kahden tilaelementtitoimijan tuotteiden maksimaalisia mittoja, joista voidaan hakea suuntaa tuotannossa käytännöllisiin mittoihin tuotteen osalta.

Taulukko 10 kilpailijoiden tilaelementtikoot.

Valmistaja	Pituus	Leveys	Korkeus	Paino
Elementti Sampo Oy	12 m	5,5 m	3,2 m	16 tn
Pyhännän Rakennustuote Oy	12 m	5,2 m	3,3 m	20 tn

Haastattelussa Silvastilla selvisi, että käytännöllisin ja kustannustehokkain tilaelementtileveys kuljetuksien osalta olisi alle viiden (5) metrin leveys. Tällöin säästytään toiselta varoitusautolta, joka tuo yksittäistä kuljetusta kohden suuret säästöt. Haastattelussa selvisi myös, että Silvastilta löytyy käytöstään kyseisen tuotteen kuljetukseen sopivia lavetteja, joiden lastauskorkeus on 60 senttiä. Suomen siltojen normaali korkeus on 4,4 metriä, joten tästä juontaen määritin maksimaaliseksi tilaelementtien korkeudeksi 3,8 metriä, leveydeksi 4 metriä ja pituudeksi muiden tehtaiden käyttämä 12 metrin pituutta.

6.3.2 Mahdolliset kuljetusmuodot

Tilaelementtien mitat ylittävät normaalien maantiekuljetusten sallitut rajat, jonka seurauksena toimitukset täytyy suorittaa erikoiskuljetuksina. Erikoiskuljetukset vaativat mittojen mukaiset varoitustoimenpiteet. Tilaelementtien kohdalla mittaylitystä tulee leveyssuunnassa. Alle on koottu taulukko vaadittavien varoitusautojen määrästä (E = vaatii erikoiskuljetusluvan);

Taulukko 11 saattoautojen lukumäärä suhteessa leveyteen.

Tilaelementin leveys	Varoitusautojen määrä
≤ 3,5 m	0
≤ 4 m	1
≤ 5 m E	2
≤ 7 m E	3

6.3.3 Käytettävät toimituslausekkeet

Ulkomaantoimitusten osalta on alustavassa palaverissa sovittu toimituslausekkeeksi FAS (Free alongside ship = vapaasti aluksen vierellä). Tämä toimituslauseke kuitenkin rajaa toimitusmahdollisuudet ainoastaan vesitiekuljetuksiin ulkomaille toimitettaessa, joten toiseksi toimituslausekkeeksi on otettava käyttöön FCA (Free carrier = vapaasti rahdinkuljettajalla). Toimituslausekkeet vastaavat riskien ja kustannusten osalta toisiaan, mutta FCA:n käyttö mahdollistaa kumipyöräkuljetukset naapurivaltioihin sekä raidekuljetukset. FCA:n ero FAS:iin on se, että FCA velvoittaa myyjää toimitamaan tuotteen lyhyen matkaa sovittuun pisteeseen, mistä eteenpäin ostaja on vastuussa, kun taas FAS:n ehtona on kuljetus aluksen vierelle, jonka jälkeen ostaja on vastuussa. Toimituslausekkeet ovat siis hyvin samankaltaisia, mutta toisen pois jättäminen voi suoraan karsia kysyntää.

6.3.4 CLT tilaelementtien kuljetuskustannukset ja kuljetusten kokonaiskuva

Selvittääkseni kuljetuskustannusten kokonaiskuva, otin yhteyttä Silvastin raskaskuljetusten varatoimitusjohtajaan ensin puhelimitse ja sen jälkeen sähköpostilla. Tiedustelin CLT tilaelementtien kuljetukseen tarvittavan kaluston hintaa, pakollisten saattoautojen kustannuksia sekä indikaatiolaskelmaa kokonaiskustannuksista tilaelementtien kuljetuksista kohteisiin. Tämän lisäksi olin yhteydessä tuttuun Silvastilla toimineeseen ajojärjestelijään, jonka kanssa puhuimme kuljetuksen erityispiirteiden luomista rajoitteista, yleisistä käytännöistä erikoiskuljetuksissa ja järkevimmistä toimintatavoista projektiin liittyen.

Sähköpostissa toimitin lähtötiedoiksi optimoidut mitat CLT tilaelementille kuljetukseen (pituus maksimissaan 12 metriä, leveys maksimissaan 4 metriä, korkeus maksimissaan 3,8 metriä ja paino maksimissaan 20 000 kg) sekä kuvan kuljetettavasta tuotteesta helpottamaan Silvastin päässä tapahtuvaa suunnitteluprosessia tarvittavasta kuljetuskalustosta. Kuljetuksen lähtöpaikaksi määritettiin Saarijärvi ja kuljetuskohteiksi Tampere, Turku sekä Helsinki.

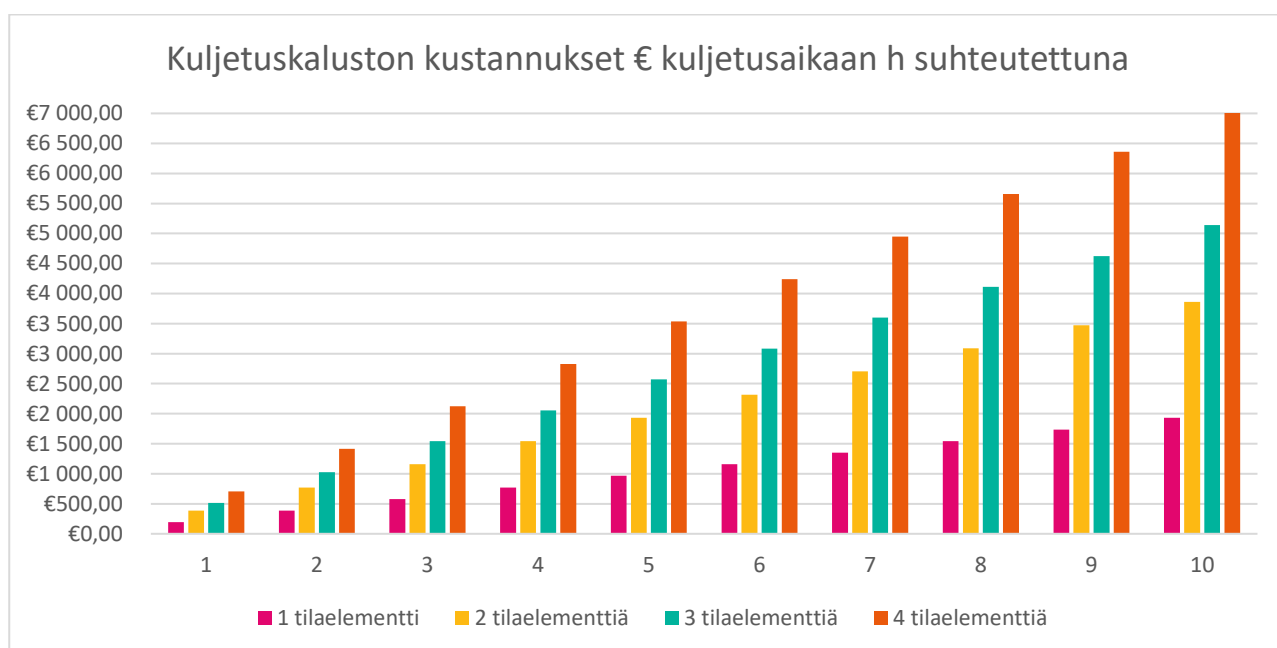
Silvastilta tuli tarjous kuljetuksista haluttujen tietojen perusteella. Tarjoukseen oli sisällytetty kaikki tiedustelemani kustannukset. Kuljetuskustannukset on tarjouksessa määritetty yhtä tilaelementtiä kohden. Kuljetuskustannukset Saarijärveltä määränpääkohteisiin ovat;

1. Saarijärvi – Tampere	1 900,00 €
2. Saarijärvi – Turku	2 900,00 €
3. Saarijärvi – Helsinki	2 600,00 €

Tarjouksessa kuljetuksen vaatiman kuljetuskaluston tunti hinnaksi on ilmoitettu 128 €/h sekä saattoauton tunti hinnaksi 65 €/h. Näiden tietojen pohjalta pystytään luomaan suuntaa antavia laskelmia, jotka voidaan muuntaa diagrammimuotoon antamaan kuvaa kuljetuskalustosta aiheutuva kuljetuskustannusten määrä ajan suhteen;

Taulukko 12 kuljetuskaluston kustannukset tuntia kohden.

Tuntia	1 tilaelementti	2 tilaelementtiä	3 tilaelementtiä	4 tilaelementtiä
1	193,00 €	386,00 €	514,00 €	707,00 €
2	386,00 €	772,00 €	1 028,00 €	1 414,00 €
3	579,00 €	1 158,00 €	1 542,00 €	2 121,00 €
4	772,00 €	1 544,00 €	2 056,00 €	2 828,00 €
5	965,00 €	1 930,00 €	2 570,00 €	3 535,00 €
6	1 158,00 €	2 316,00 €	3 084,00 €	4 242,00 €
7	1 351,00 €	2 702,00 €	3 598,00 €	4 949,00 €
8	1 544,00 €	3 088,00 €	4 112,00 €	5 656,00 €
9	1 737,00 €	3 474,00 €	4 626,00 €	6 363,00 €
10	1 930,00 €	3 860,00 €	5 140,00 €	7 070,00 €



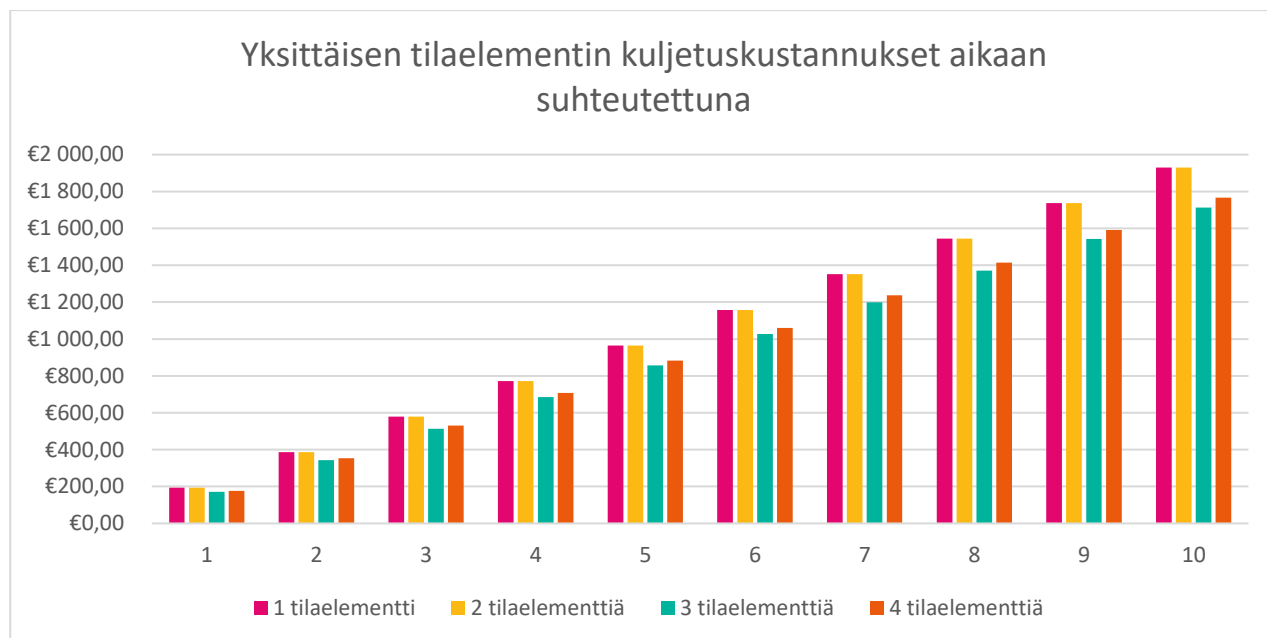
Kuvio 37. kuljetuskaluston kustannusten kasvu aikaan suhteutettuna.

Laskelmista näkyy kuljetuskaluston luomat kustannukset yksittäistä kuljetusta kohden. Aiemmin selvitin, että neljä metriä leveät erikoiskuljetukset vaativat yhden saattoauton sekä kaksi ja kolme yksikköä sisältävä kuljetus kaksi saattoautoa. Neljäkin erikoiskuljetusyksikköä voidaan kuljettaa samassa kuljetuksessa, kun kuljetukseen lisätään yksi saattoauto lisää. Kyseiset laskelmat pitävät sisällään tilaelementin kuljetusyksikön (128 €/h) sekä saattoauto yksi-kolme kappaletta per kuljetus.

Jotta lukujen vertailu ja kuljetuskustannusten minimointi voidaan suorittaa kuljetuskalustoa koskien, verrataan tuloksista yksittäiseen tilaelementtiin kohdistuvia kuljetuskustannuksia;

Taulukko 13 kuljetuskaluston kuljetuskustannukset tunnissa per CLT tilaelementti.

	1 tilaelementti	2 tilaelementtiä	3 tilaelementtiä	4 tilaelementtiä
€/h/CLT	193,00 €	193,00 €	171,33 €	176,75 €



Kuvio 38. kuljetuskaluston kustannukset per tilaelementti.

Laskelmista on tulkittavissa, että pelkästään tilaelementtien kuljetuskaluston kustannuksissa säästöä voidaan tehdä huomattavasti valitsemalla oikea optimaalinen määrä kuljetettavia yksiköitä yhden kuljetuksen sisään. Kun verrataan yhden tilaelementin kuljetuskustannuksia kolmen tilaelementin kuljetuksiin, saadaan kolmen tilaelementin yhteiskuljetuksessa säästettyä 21,67 € (11 %) jokaista tuntia kohden.

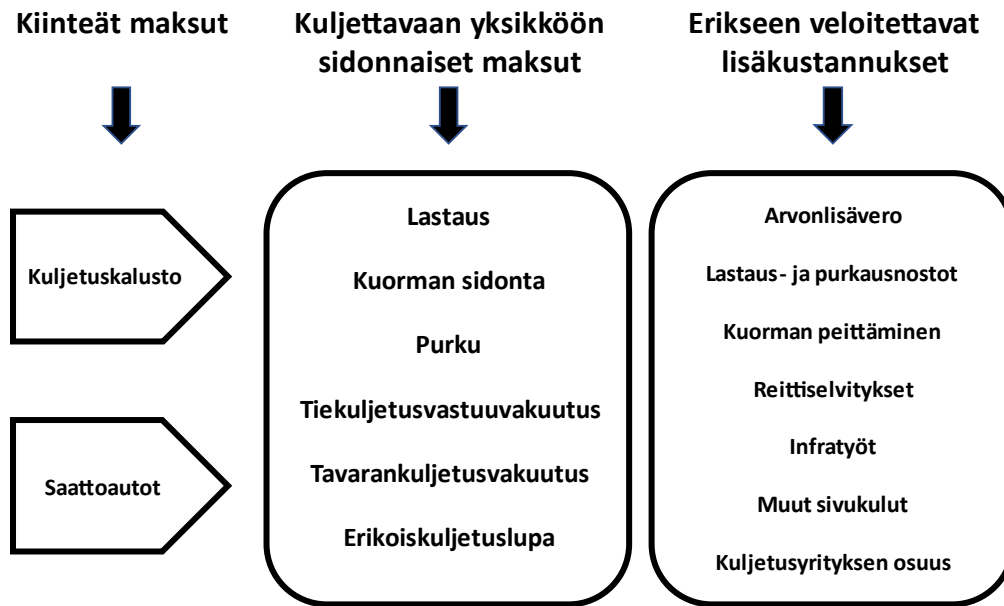
Erikoiskuljetuslupia haettaessa on tiedettävä, minkä reitistövaihtoehdon valitsee käytössä olevista vaihtoehdoista. Kyseisessä tilanteessa kuljetettava yksikkö on määritetty kooltaan sellaiseksi, että sen korkeus ei ylitä 4,4 metrin rajaa, jolloin pystytään hyödyntämään Y80 yleisreitistöä Suomessa (Y80 Yleisreitistö Suomi: Yhdistelmän suurin sallittu kokonaismassa 80,0 t, Mitat enintään: Korkeus 4,40 m, Leveys 6,00 m, Pituus 40,00 m).

Reitistöä valittaessa on huomioitava aina asiakkaan sijainti, joka voi olla irrallaan päätiestöstä ja valmiiksi määritetyistä reitistöistä. Näissä tapauksissa on haettava reittikohtaista lupaa ELY-keskukselta, joka kuvataan hakemuksessa käyttäen tienumeroita, paikkakuntien nimiä sekä liittymien nimiä. Valmiit valtakunnalliset reitistöt löytyy ELY-keskuksen sivuilta (<https://www.ely-keskus.fi/erikoiskuljetukset>, Millaisen luvan haen?, Reitistövaihtoehdot kartalla (arcgis.com)). Reitistöt seuraavat pääsääntöisesti pääväyliä Suomen valtateillä.

Kuljetettavaksi yksiköksi määritetty CLT tilaelementti on mittasuhteiltaan yksinkertainen erikoiskuljetukseksi (erikoislupahakemus 60 €). Tietyissä tapauksissa kuitenkin normaalit tieliikenteessä sallitut massarajat ylittyvät esimerkiksi kehtolavettia käytettäessä, jolloin täytyy hakea erikoiskuljetuslupaa alle 120 000 kg kuljetukselle (120 €). Tilaelementtitehtaan asiakkaiden todennäköisesti tilatessa useampia kappaleita tilaelementtejä, voidaan yhdellä hakemuksella toimittaa asiakkaan koko tilaus. Kyseisessä tapauksessa erikoiskuljetusluvan hyväksymisen jälkeen kuljetuslupa on voimassa 6kk eteenpäin kyseisestä hetkestä. Erikoiskuljetusyriyksillä on kuitenkin yhteydessä olleen ajojärjestelijän mukaan jo valmiiksi myönnettyt erikoiskuljetusluvut tämän mittasuhteen kuljetuksille, joten ylimääräisiä kuljetuslupia ei tarvitse hakea valtakunnallisia reitistöjä käytettäessä.

Vastaanottamassani tarjouksessa kuljetuksesta hintaan on sisällytetty tiekuljetusvastuuvakuutus, kahden tunnin lastaus- sekä purkuaika, erikoiskuljetusluvut ja varoitusautot sekä kuorman kiinnitykset. Kuljetuksien kokonaishintaa havainnoidessa täytyy kuitenkin huomioda, että rahdinkuljetajien ottamat vastuuvakuutukset eivät välttämättä vahinkotilanteessa korvaa koko summaa, joten erillisen tavarankuljetusvakuutuksen ottaminen on kannattavaa. Vakuutuksen tiedoista ja ehdoista yritys voi neuvotella vakuutuksen myöntäjän kanssa. Näin voidaan turvata yrityksen liiketoiminta vahinkotilanteissa.

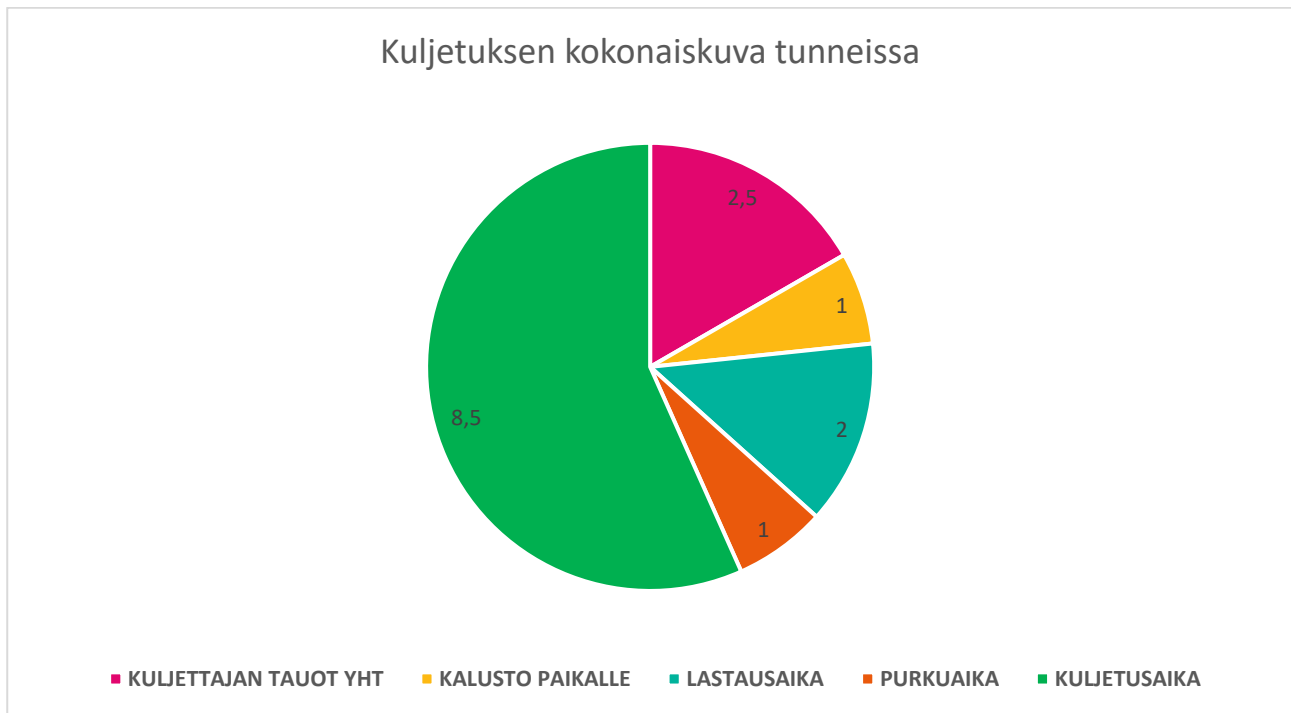
Tarjoukseen on merkittynä kohta ”Erikseen veloitetaan”- osio. Näihin kuluihin kuuluvat arvonlisävero, lastaus- ja purkunostot, kuorman peittäminen, reittiselvitykset, liikenne-esteiden poistot, sillanvalvontakulut, viranomaissaatot ja muut vastaavat sivukulut. Näistä kuluista Silvasti laskuttaa kustannusten mukaisen summan lisättynä 10 % käsittelypalkkion. Reittiselvityksen avulla voidaan säästää kuluja esimerkiksi infratöiden osalta, jolloin voidaan saada säästöjä kokonaiskustannuksista määrittämällä toimitusreitti eri kautta.



Kuvio 39. kustannusrakenne.

Tilaelementtien kuljetuksille on määritetty kuljetuksen nopeusrajoitukseksi 60 km/h kuljetettavan yksikön leveyden takia (leveys yli 3,5 metriä, Finlex 786/2012). Toteutetaan arviointilaskelmia etäisyyksistä, kuinka pitkiä etäisyyksiä kuljetuksilla on mahdollista suorittaa yhden vuorokauden aikana. Laskelmissa täytyy huomioida kuljettajien ajoaika, kuljetuskaluston luomat rajoitteet, kuorma-autokuljetusten keskinopeus noin 72 km/h sekä madallettu keskinopeus erikoiskuljetuksissa, kuljetuskaluston paikalle saanti sekä lastaus- ja purkuaika.

Haastattelussa Silvastilla selvisi, että normaalimittainen lastausaika on noin kaksi (2) tuntia. Saman mittainen lastausaika oli merkitty myös saamaani kuljetustarjoukseen heidän raskaskuljetusten varajohtajalta. Purkuajaksi tarjoukseen on merkitty myös kaksi tuntia, mutta haastattelussa selvisi purkuajan olevan noin tunnin mittainen normaaliolosuhteissa. Kuljetettava yksikkö on yhtenäinen kokonaisuus, joten tästä syystä voidaan olettaa, että purkuaika on pienempi.



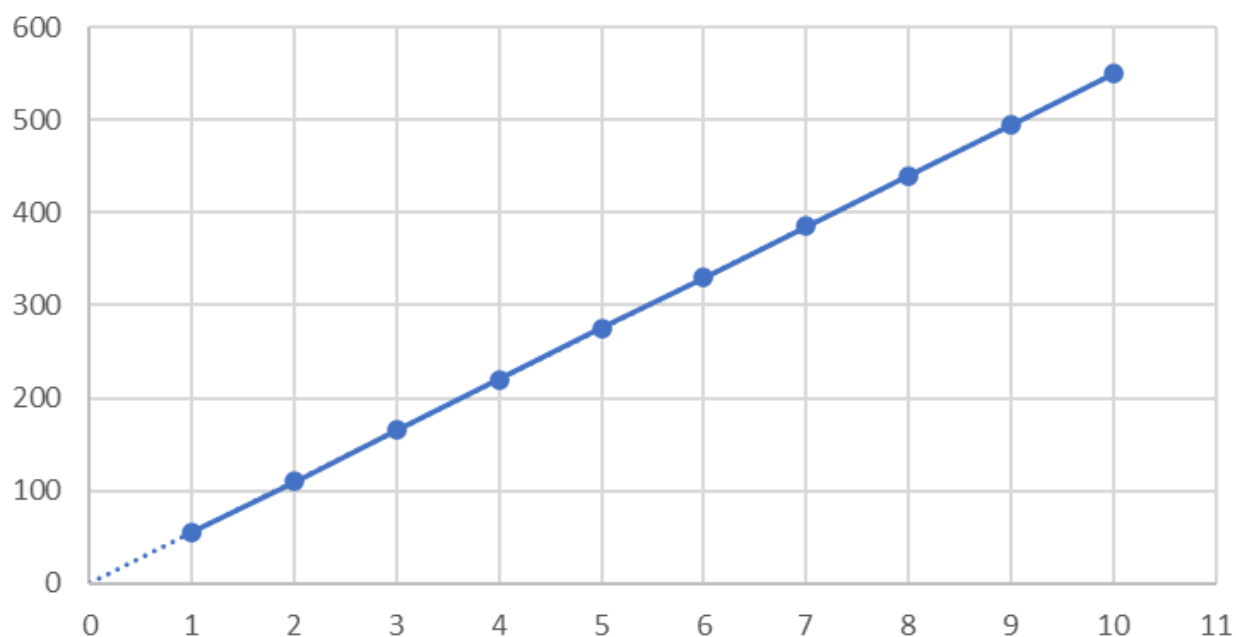
Kuvio 40. kuljetuksen aikarakenne.

Kun vähennetään 15 tunnin kuljettajan työpäivästä kaluston paikalle saanti, tauot ja lastaus- sekä purkuajat, jää todellista ajoaikaa vuorokauteen 8 tuntia 30 minuuttia. Toteutetaan laskutoimitus, mistä selviää ajettavat etäisyydet kuljettajan yhden työpäivän aikana;

Taulukko 14 kuljetusetäisyydet tunneissa.

Tuntia	Ajomatka täynnä km
1	55
2	110
3	165
4	220
5	275
6	330
7	385
8	440
9	495
10	550

Ajomatka kuljetuksessa

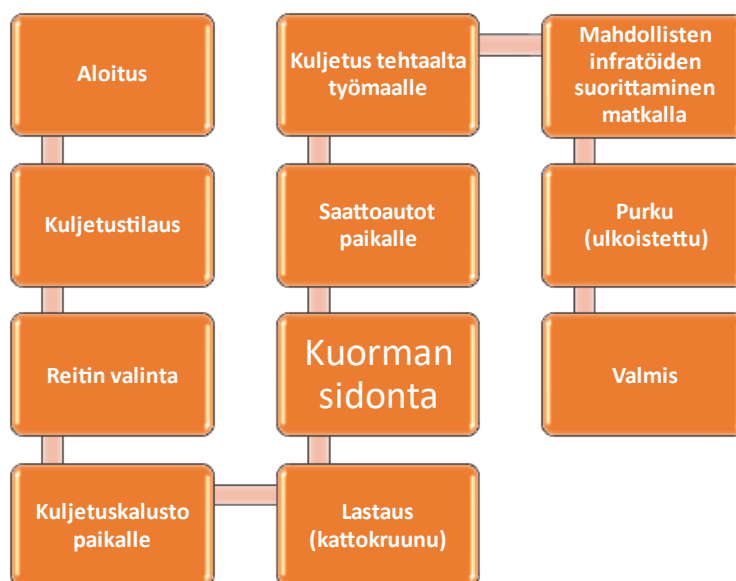


Kuvio 41. kuljetusetäisyydet.

Laskelmien perusteella voidaan arvioida, että kuljettajan yksittäisen työpäivän aikana pystytään tilaelementit siirtämään noin 450 kilometrin etäisyydelle tehtaasta. Tämä edellyttää kuskin yöpymistä tien päällä. Huomioon täytyy kuitenkin ottaa matkaa hidastavat tekijät, kuten infratöiden vaikutus kuljetuksen etenemiseen, joten arvio kuljetettavasta etäisyydestä vuorokauden aikana voi laskea paljon.

Erikoiskuljetusten erityispiirteiden seurauksena kuljetusten suunnittelutyöhön on käytettävä huomattavasti enemmän resursseja kuin perinteisiin kumipyöräkuljetuksiin. Hyvällä suunnittelutyöllä

ja aikataulutuksella voidaan minimoida kustannukset kuljetuksen sisällä.



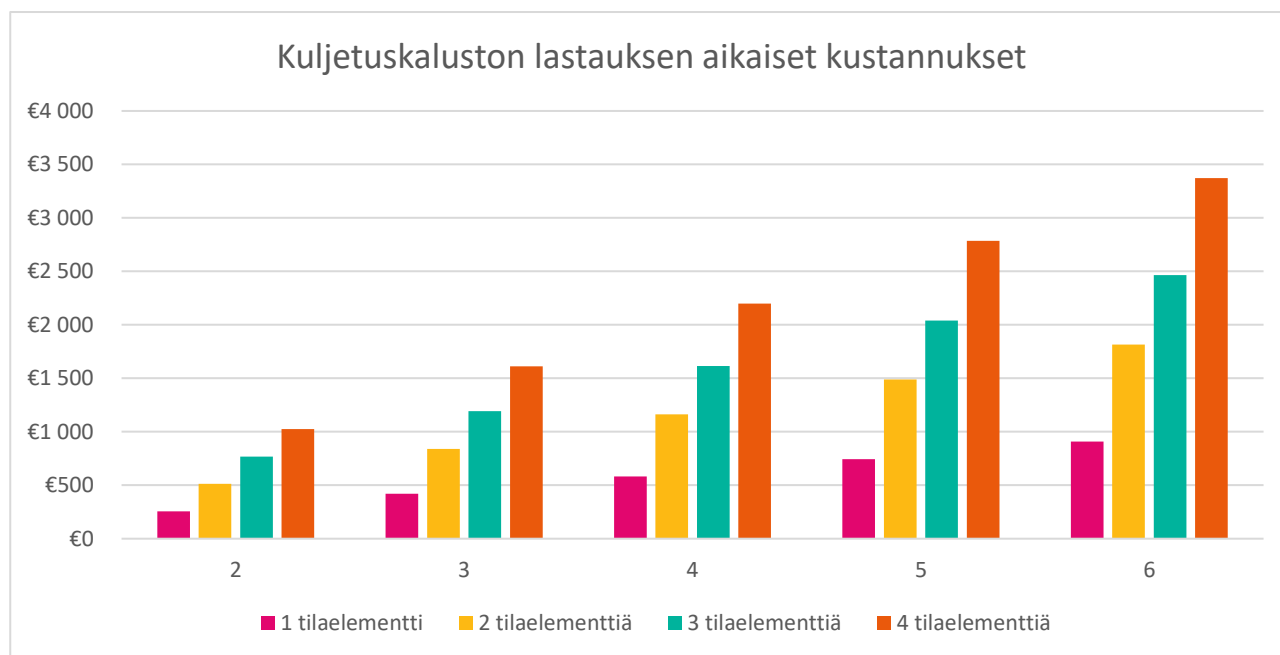
Kuvio 42. kuljetuksien kokonaiskuva.

Kustannuksien minimoimiseen vaikuttavia tekijöitä CLT tilaelementtien kuljetuksissa täytyy tarkastella koko kuljetuksen ajalta; kuljetettavan yksikön tulisi olla valmis ja helposti sidottavissa kuljetuskaluston paikalle saapuessa. Erillisten kiinnityspisteiden tuotannon jälkeinen lisääminen voi olla haastavaa ja tästä syystä kustannuksia voidaan minimoida kuljetuksissa lisäämällä kiinnityspisteet jo tuotannon aikana kuljetettavaan tuotteeseen. Näin voidaan hallita kuljetuksen lastausvaiheen kustannuksia.

Aikataulutuksen oikealla rytmityksellä lastausvaiheessa voidaan vaikuttaa varsinkin kuljetuskalustosta ja saattoautoista syntyviin kustannuksiin. Saattoautojen tilaaminen kuljetuksen aloituspisteeseen oikea-aikaisesti suunnitellusti lastauksen jälkeen minimoi kustannuksia. Saamassani kuljetustarjouksessa on merkitty ylittävistä ajoista lisäkustannukset kuljetuskalustosta 98 €/auto/h sekä saattoautoista 65 €/auto/h. Alle olen hahmotellut saamani tarjouksen perusteella kustannusten syntyä yksittäisen kuljetuksen aikana tapahtuvaa lastausta verraten normaalia kahden tunnin lastausta pidempiin lastausaikoihin. Tällöin kustannuksiin on lisätty kuljetuskaluston ja saattoautojen odotuskustannukset;

Taulukko 15 kuljetuskaluston lastauksen aikaiset kustannukset.

Tuntia	1 tilaelementti	2 tilaelementtiä	3 tilaelementtiä	4 tilaelementtiä
2	256 €	512 €	768 €	1 024 €
3	419 €	838 €	1 192 €	1 611 €
4	582 €	1 164 €	1 616 €	2 198 €
5	745 €	1 490 €	2 040 €	2 785 €
6	908 €	1 816 €	2 464 €	3 372 €



Kuvio 43. kuljetuskaluston lastauksen aikaiset kustannukset.

Taulukko osoittaa, että jo yhden tunnin lastausajan pidentymisestä seuraa yli 50 % lisääntyminen lastauksen aikaisiin kustannuksiin johtuen odottavasta kuljetuskalustosta sekä saattoautoista.

CLT tilaelementtitehtaan asiakkaat sijaitsevat suurissa kaupunkikeskittymissä. Kuljetuksen reitti-suunnittelulla voidaan välttää infratöiden tarvetta matkan varrella esimerkiksi liikenteenjakajien ja liikenneympyröiden välttämiseksi. Näin pystytään minimoida kustannuksia infratöiden kustannuksiin ja sujuvoittaa kuljetusta.

Kuljetuksien suunnittelussa on huomioitava määränpään toiminnot. Tilaelementtien liikuttelu työmaalla vaatii nosturia ja purkutoimintojen sujuvoittamiseksi on hyvä asemoida työmaalle saapuville tilaelementeille tilapäinen sijoituspaikka, jolloin kuljetuskaluston ei tarvitse odottaa pitkiä aikoja purun toteutumista.

CLT tilaelementtien kuljetusten kokonaiskuvan hallinta auttaa minimoimaan kustannuksia tehtaan toiminnasta ja parantamaan kilpailukykyä.

6.3.5 Tulosten analysointi ja johtopäätökset

Asiakastoimitusten kuljetusten järjestelyyn vaikuttaa itse kuljetettavan yksikön mittasuhteet ja sen erityispiirteet. Lähtökohtana oli, että tutkittavan kuljetusyksikön erityispiirteet löytyivät erilaisten tutkimustietojen ja kirjallisuuden pohjalta. Kuljetettavalle yksikölle ei ollut määritetty mittoja tutkimuksen alussa.

Jotta kuljetusyksikön mittasuhteet saatiin määritettyä, täytyi tutkia kilpailevien tilaelementtitehtaiden mittasuhteita CLT tilaelementeille. Kuljetuksien suunnittelussa on pyritty löytämään mahdollisia rajoja tilaelementtien kuljetuksille ja tätä kautta hakemaan kilpailuetua markkinoilla. Suuntaa antavien taustatietotutkimusten jälkeen tuotettiin haastattelu erikoiskuljetuksiin erikoistuneelta kuljetusyritykseltä. Haastattelussa johdettiin suuntaan, missä pyrittiin minimoimaan kuljetuksista aiheutuvia kustannuksia. Haastattelussa selvisi erikoiskuljetuksille olennaisia piirteitä sekä kuljetusyksikköön kohdistuvia erityishuomioita, joilla pystytään minimoimaan kuljetuksen aikaisia kustannuksia ja optimoimaan kuljetettavan yksikön mittasuhteet sellaisiksi, että toimitusten toteuttaminen olisi kaikista yksinkertaisinta. Lisäksi olin tiiviissä kontaktissa aiemmin samaisessa yrityksessä toimineen ajojärjestelijän kanssa, joka ohjasi suunnitteluprosessia ongelmatilanteiden sattuessa.

Lopullisten mittasuhteiden määrittämiseen käytin taustatutkimuksessa saatuja tieliikenteen rajoituksia sekä kahden kilpailevan tilaelementtitehtaan maksimaalia tuotantomittoja, jotka selvisivät Senni Sorrin tuottamasta tutkimuksesta. Pituus määritettiin samaksi kuin kilpailijoilla eli 12 metriin, leveys haastattelututkimuksessa sekä taustatutkimuksessa paljastuneisiin kuljetusten opti-

maalisiin mittasuhteisiin 4 metriin sekä korkeus haastattelututkimuksessa selvinneeseen kuljetuskalustoon pohjatasoon ja tieliikenteen yleisten siltakorkeuksien väliseen erotukseen eli 3,8 metriin.

Kyseiset mittasuhteet ovat tutkimuksessa painottuneita sekä kustannusten minimointiin, että kilpailuedun etsimiseen. Leveys- ja pituusmittasuhteet luovat kuljetusten kustannusten minimointia, kun taas kuljetusyksikön korkeus luo lisäkustannuksia. Kuljetusyksikön korkeuden muuttuessa pienemmäksi pystytään käytettävissä olevien kuljetuskalustojen määrää kasvattamaan ja kilpailutusta lisäämään, joka tuo kuljetuskalustoon kohdistuvia kustannuksia alaspäin. Kilpailuedun etsiminen tilaelementtien korkeussuunnassa voi myös olla mahdotonta käytettävissä olevien raaka-aineiden puutteen vuoksi (CLT levyn tuottajat, tuotannonrajoitteet?), mutta ilman innovatiivista ajattelua voi CLT tilaelementtitehtaalle kohdistuvia mahdollisuuksia jäädä käyttämättä. Pieniä tiloja ja asuinhuoneistoja saadaan tilavamman tuntuiseksi lisäämällä asuintilan korkeutta.

Kuljetusmuodon valinta määräytyi selkeästi kuljetusyksikön mukaan. CLT tilaelementtejä ei voida kuljettaa Suomen maantiekuljetuksissa ilman erikoiskuljetuksia ja tästä syystä kohderyhmä kuljetusten tarjoajiksi supistui huomattavasti. Erikoiskuljetusyrityksillä on myös kokemusta vaikeasti kuljetettavien yksiköiden siirtelystä, joten oli luonnollista suunnata tutkimusta heidän suuntaansa.

Haastattelututkimuksen jälkeen optimoitujen CLT tilaelementin mittasuhteiden jälkeen siirryttiin kuljetuskustannusten hahmotteluun konkreettisesti. Kuljetettavasta yksiköstä tehtiin kuljetuskustannuspyyntö erikoiskuljetusyrityksen raskaskuljetusten varajohtajalle, missä tiedusteltiin CLT tilaelementtien kuljetuskustannuksia asiakkaille kolmeen eri asukaskeskittymään Suomen sisällä (Helsinki, Turku, Tampere) sekä kuljetuskaluston- ja saattoautojen tuntihintoja. Pyyntöön vastattiin yrityksestä kattavalla tarjouksella, joka sisälsi yksityiskohtaiset tiedot kustannusten synnystä. Tämä auttoi tutkimuksessa hahmottelemaan kuljetuskaluston lisäksi olevien sivukustannusten syntyä.

Tutkimuksen perusteella tilaelementtitehtaan sijainniksi tulisi määrittää Saarijärven alueelta Linnan pysäkin/Linnan lisäysten teollisuusalue ja tehtaalta asiakkaalle kohdistuvissa erikoiskuljetuksissa kuljetettaisiin kolme CLT tilaelementtiä yksittäistä kuljetusta kohden. Sijainnin määrittämisessä tutkija ei ole tuonut omia ennakko-oletuksiaan mukaan tutkimukseen niiden puutteen

vuoksi, joka luo luotettavuutta tuloksiin ja kuljetusten optimoitu laskelmointi hakee tukea suoraan erikoiskuljetusten luomista rajoitteista lainsäädännön kautta.

7 Pohdinta

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää CLT tilaelementtitehtaan optimoitu sijainti sekä tehtaalta asiakkaalle kohdistuvien asiakastoimitusten erityispiirteitä ja kustannusrakennetta.

Tutkimusta lähestyttiin kahdesta eri näkökulmasta; mihin tehdas tulisi sijoittaa Saarijärven kaupungin alueella ja mitä erityispiirteitä CLT tilaelementtien asiakastoimituksista muodostuu. Asiakastoimituksissa keskityttiin myös selvittämään kustannusrakenteen muodostuminen CLT tilaelementtien erikoiskuljetusten osalta.

Tutkimustuloksena saatiin määritettyä optimoitu sijainti CLT tilaelementtitehtaalalle Saarijärveltä Linnan pysäkin teollisuusalueelle, joka osoittautui kahdella erillisellä optimointimenetelmällä optimaalisimmaksi valinnaksi. Tutkimuksessa asiakastoimituksista saatiin hahmoteltua CLT tilaelementtien kuljetukseen vaadittavat toimenpiteet, joka tiekuljetusten osalta muodostui erikoiskuljetuksiksi. Samalla saatiin selvitettyä erikoiskuljetusten erityispiirteitä lainsäädännön luomista viitekehyksistä, joihin kuuluu mm. tutkimuksen alla olevan CLT tilaelementin mittasuhteista johtuva 60 km/h nopeusrajoitus maantiekuljetuksissa, kolmen tilaelementin optimoitu kuljetussykli sekä saattoautojen määrä erityyppisissä erikoiskuljetuksissa. Kuljetusmuodon sekä vallitsevien olosuhteiden kautta pystyttiin hahmottelemaan asiakastoimituksista koituvia kuljetuskustannuksia kuljetustarjoukseen nojaten sekä erityispiirteitä, kuten valmiiden sidontapisteiden luonti jo valmistusvaiheessa sekä kattokruunun käytön kannattavuus asiakastoimitusten lastausvaiheessa. CLT tilaelementtien asiakastoimitusten pääpiirteiden hahmottelun perusteella luotiin hahmotelma CLT tilaelementtien kokonaiskuvasta.

Tutkimuksessa onnistuttiin vastaamaan tutkimuskysymyksiin ja luomaan selviä viitekehyksiä kustannusten ja erikoiskuljetusten erityispiirteisiin liittyen. Tutkimuksen tuloksista pystyttiin luomaan myös yhtenäinen seminaariesitys, joka esitettiin Saarijärvisalissa yrittäjille.

Tutkimuksen ongelmat kohdistuivat alkuvaiheille tutkittavan tilanteen tarkkailussa. Tutkija sekoitti rakennusalan termistön CLT tilaelementtien ja CLT raakalevyjen osalta tutkittaessa aiheita englanninkielisten lähteiden perusteella. Tämä aiheutti sekaannusta ja turhaa työtä tutkimuksen alkuvaiheilla. Lisäksi koronatilanteen aiheuttaman tilanteen vuoksi tehdasvierailut eivät olleet mahdollisia, joiden aikana tutkija olisi voinut kerätä hyödyllistä tietoa ja kokemusta tutkittavasta aiheesta. Tutkimuksen jakautuminen kahteen erilliseen osuuteen vaikeutti tutkimuksen tuottamista ja tulosten tulkitsemista sekä yhtenäisen raportin laatimista. Toiston välttäminen tällä tavoin toteutettuun tutkimukseen osoittautui vaikeaksi.

Erikoiskuljetuksien kustannusten laskennassa täytyy huomioida, että kuljetettava yksikkö vaikuttaa tiekuljetuslain vaikutuksesta suoraan kuljetuskustannusten syntyyn sekä kuljetuskaluston valinnan, että saattoautojen määrän kautta. CLT tilaelementtitehdasta koskevien asiakastoimitusten kuljetuskustannuksia voidaan pitää keskihintaisina erikoiskuljetuksina sen ylittäessä tieliikenteessä sallitut mitat yleisimmin vain leveytensä puolesta.

Tutkimustulosten luotettavuutta olisi voitu parantaa nostamalla asiantuntijoiden vastausten määrää sekä kuljetustarjousten lukumäärällisellä kasvattamisella kilpailuttamisen kautta. Sijainnin optimoinnissa tuotetun asiantuntijaraadin vastaukset olivat linjassa toistensa kanssa, joka loi luotettavuutta merkittävyyskertoimen laskennassa asiantuntijoiden erilaisista taustoista huolimatta.

Tutkimuksessa tuotettuja tuloksia voidaan hyödyntää suuntaa antavien laskelmien luomiseen erikoiskuljetuksien osalta sekä tuotettua sovellosoptimointiohjeistusta voidaan hyödyntää muidenkin tehdas-/kuljetusongelmaoptimointien suorittamiseen porrastettujen ohjeistuksien ansiosta. Optimointien suorittaminen ArcGIS-paikkatietojärjestelmällä on mahdollista jokaiselle, koska yritys tarjoaa ilmaisen kokeilujakson sovelluksen käyttöön ja tutkimuksessa on tuotettu porrastettu ohjeistus yksittäisen optimointimenetelmän käyttöön kyseisellä sovelluksella. Asiakastoimituksiin liittyen tutkimuksessa on määritetty kustannusten minimoimiseksi optimoitu erikoiskuljetusyksiköiden kuljetusmäärä yksittäisen kuljetuksen sisällä, jota voidaan hyödyntää myös muiden erikoiskuljetusten toteutuksessa suuntaa antavana laskelmana.

Tutkimuksen tulosten sekä seminaarissa esitettyjen kysymysten perusteella havaittiin, että teoreettisen tutkinnan sekä suuren/keskisuuren rakennusyrityksen ajatusten yhteen saattaminen

sekä yhteistoiminta olisivat looginen seuraava askel kohti konkreettista CLT tilaelementtitehtaan pystytystä. Myös laajamittaisempi CLT tilaelementtitehtaan kustannusten laskenta olisi tarpeellista, jotta kannattavuuslaskelmien luonti mahdolliselle CLT tilaelementtitehtaan yrittäjälle olisivat mahdollisia ja uuden tehtaan valmistuminen lähempänä todellisuutta.

Lähteet

Brandner, R. Production and Technology of Cross Laminated Timber (CLT): A state-of-the-art Report. 2013. Artikkel. https://www.researchgate.net/publication/261884030_Production_and_Technology_of_Cross_Laminated_Timber_CLT_A_state-of-the-art_Report . Viitattu 3.11.2021.

Brandner, R. 2016. Production and Technology of Cross Laminated Timber (CLT): A state-of-the-art Report. BioResources. Viitattu 19.2.-23.2.2021. <https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/8002>.

Brandner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A., Schickhofer, G. & Thiel, A. 2016. Cross laminated timber (CLT): overview and development. European Journal of Wood and Wood Products, painos 74, 331-351. Viitattu 19.2.-23.2.2021. https://www.kstr.lth.se/fileadmin/kstr/pdf_files/Timber_Engineering_2017/Cross_laminated_timber_CLT_-_overview_and_development_-_Brandner_Flatscher_Ringhofer_Schickhofer_Thiel.pdf.

Brent, A. A review of operational research and mathematical methods for environmental management application in industry. 2005. Artikkel. https://www.researchgate.net/figure/Operations-Research-Process-28_fig2_242479215 . Viitattu 3.11.2021.

CEN - PREN 16351, 2018, Timber structures - Cross laminated timber – Requirements, dokumentti, CEN, <https://www.cen.eu/Pages/default.aspx>.

Dong, Y., Cui, X., Yin, X., Yang, C., Guo, H. Assessment of Energy Saving Potential by Replacing Conventional Materials by Cross Laminated Timber (CLT)—A Case Study of Office Buildings in China. Artikkel. 2019. <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/5/858/htm> . Viitattu 3.11.2021.

Esri. ArcGIS - Discover your power with ArcGIS. N.d. Viitattu 5.3.2021. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview>.

Esri. Spatial Analysis and Data Science. N.d. Viitattu 5.3.2021. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/spatial-analytics-data-science/overview>

ELY-keskus. 2010. Erikoiskuljetukset. Dokumentti. Viitattu 9.8.2021.

ELY-keskus. 2021. Erikoiskuljetukset. Ajankohtaista. <https://www.ely-keskus.fi/ajankohtaista1> . Viitattu 9.8.2021.

ELY-keskus. 2021. Erikoiskuljetukset. <https://www.ely-keskus.fi/erikoiskuljetukset> . Viitattu 11.8.2021.

Finlex. 786/2012. Liikenne- ja viestintäministeriön asetus erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista. Dokumentti. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120786#Pidp446623376>. Viitattu 9.8.2021.

Fulcher, B. Feature-based time-series analysis. 2017. Artikkel. https://www.researchgate.net/publication/320032800_Feature-based_time-series_analysis . Viitattu 3.11.2021.

Ghiani, G., Laporte, G. & Musmanno, R. 2013. Introduction To Logistics Systems Management. 2. painos. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. Viitattu 12.4.2021-14.4.2021

Hirsjärvi, S., Remes, P & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15.-17. painos. Porvoo: Bookwell Oy. Viitattu 23.1.2021-30.10.2021.

Heikkilä, T. Tilastollinen tutkimus. Tutkimustuki (PowerPoint). 9. painos. Edita Publishing Oy, Helsinki. <http://www.tilastollinentutkimus.fi/1.TUTKIMUSTUKI/KvantitatiivinenTutkimus.pdf> .Viitattu 2.11.2021.

Hörkkö, J. Tavaraliikenneyrittäjä. 53. painos. Grano Oy, Jyväskylä. Viitattu 20.9.2021.

Joyce, Karen. 2019. How can I make my map the ultimate communicator. <https://www.youtube.com/watch?v=0icGNB4kvV8&list=PLRrQArPWjCiUv8uIZ-e534D5PxrV5FHQ9>

Kayondo, M., Bax, G., Togboa, T. Geographic information systems for road transportation: data model for road infrastructure maintenance in Uganda. 2011. Artikkel. <https://www.semanticscholar.org/paper/Geographic-information-systems-for-road-data-model-Kayondo-Bax/84a3cea51ffa27bddf824ff87ad1aac917131e8c> . Viitattu 3.11.2021.

Korhonen, R. & Nuutinen, H. 2017. CLT-tilaelementtien suunnittelu. Hanke. Verkkojulkaisu. Savonia ammattikorkeakoulu. Viitattu 5.3.-12.3.2021. http://www.tts.fi/files/791/SAVONIA_raportti-PUUKET_RK_HN_valmis.pdf.

Lahti, T. 2017. Paloturvallisuus CLT-rakentamisessa. Opinnäytetyö. SeAMK Tekniikka. Viitattu 7.8.2021.

Laukkanen, M. 2021. Valtiovarainministeri Matti Vanhanen: ”Ilmastotavoitteet lisäävät puupohjaisten tuotteiden kysyntää. Puurakentamisen laajamittainen läpimurto odottaa tulemistaan.”. Artikkel. Puuinfo. Viitattu 12.3.2021. <https://puuinfo.fi/2021/03/05/valtiovarainministeri-matti-vanhanen-ilmastotavoitteet-lisaavat-puupohjaisten-tuotteiden-kysyntaa-puurakentamisen-laajamittainen-lapimurto-odottaa-tulemistaan/>

Logistiikan maailma. Mitat, painot ja yhdistelmätyypit. Verkkojulkaisu. n.d. <https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/mitat-ja-painot/> . Viitattu 2.11.2021.

Miller, H. & Shaw, S-L. 2001. Geographic information systems for transportation: principles and applications. New York: Oxford University Press. Viitattu 14.4.2021.

Notteboom, T. 2012. The Blackwell Companion to Maritime Economics: Container Shipping. 1. painos. Oxford: Blackwell publishing Ltd. Viitattu 26.4.2021

Pagano, P. 2017. Intelligent Transport Systems: From Good Practises to Standards. Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group. Viitattu 14.4.2021.

Puuinfo. 2012. Suomalainen puukerrostalohankekanta. Suunnitteilla ja rakenteilla olevat suomalaiset puukerrostalohankkeet, 08/2012. <https://docplayer.fi/6448042-Suomalainen-puukerrostalohankekanta-suunnitteilla-ja-rakenteilla-olevat-suomalaiset-puukerrostalohankkeet-08-2012.html> . Viitattu 25.5.2021

Puuinfo. 2021. Palomääräysten muutokset vuoden 2021 alusta. Uutiskirje. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/maaraykset/palomaaraysten-muutokset-vuoden-2021-alusta/> . Viitattu 7.8.2021.

Rardin, R. 2017. Optimization In Operations Research. 2. painos. New Jersey: Pearson Higher Education, Inc. Viitattu 7.4.2021-12.4.2021

Sorri, S. 2017. CLT-tilaelementtikerrostalon rakennussuunnitteluohjeistus. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 7.8.-11.8.2021.

SKAL. 2019. Kuljetusyrittäjäksi: Kuljetustoiminta. 2. painos. Otavan Kirjapaino Oy. Viitattu 14.9. – 15.9.2021.

Suoranta, J. & Eskola, J. 2015. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. E-kirja. Vastapaino. Viitattu 13.7.2021.

Tietoarkisto. Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja. 2021. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/> . Viitattu 2.11.2021.

Tuomisto, V. Cross Laminated Timber (CLT) – Käyttö tilaelementtinä. Opinnäytetyö. Turun Ammattikorkeakoulu. Viitattu 15.9.2021.

Törmänen, E. Teolliset tilaelementit ratkaisevat puurakentamisen 4 yleistä ongelmaa – tästä on kyse. Uutinen. Tekniikka & talous. Alma-media. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/teolliset-tilaelementit-ratkaisevat-puurakentamisen-4-yleista-ongelmaa-tasta-on-kyse/589439f6-0362-453a-ab84-71ed6e514640> . Viitattu 15.9.2021.

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2014. Suomalainen puukerrostalohankekanta. Suunnitteilla ja rakenteilla olevat suomalaiset puukerrostalohankkeet, 05/2014. <https://docplayer.fi/810261-Suomalainen-puukerrostalohankekanta-suunnitteilla-ja-rakenteilla-olevat-suomalaiset-puukerrostalohankkeet-05-2014.html> . Viitattu 25.5.2021.

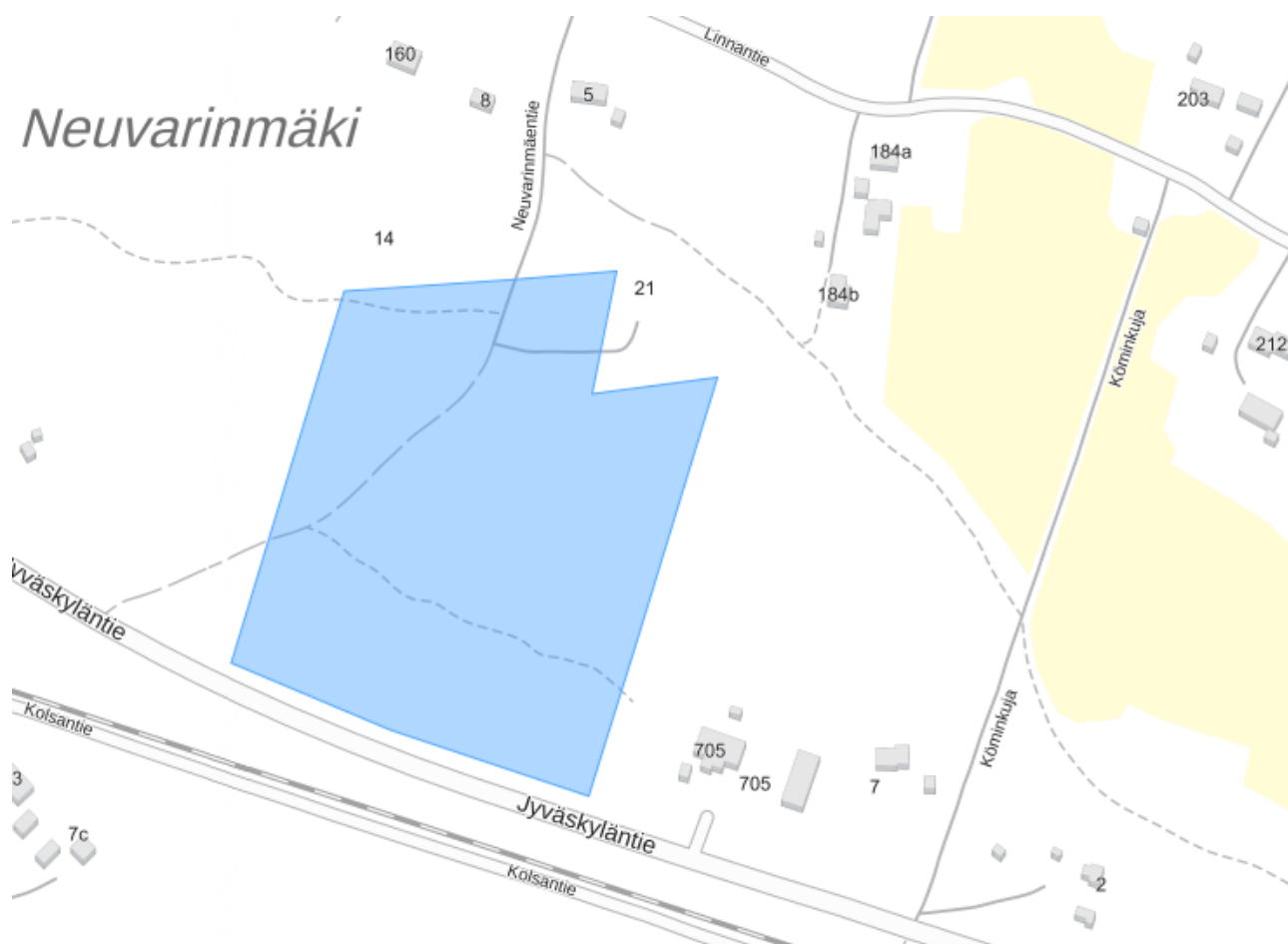
Työ- ja elinkeinoministeriö. 2015. Suomalainen puukerrostalohankekanta. Suunnitteilla ja rakenteilla olevat suomalaiset puukerrostalohankkeet, 02/2015. <https://docplayer.fi/466577-Suomalainen-puukerrostalohankekanta-suunnitteilla-ja-rakenteilla-olevat-suomalaiset-puukerrostalohankkeet-02-2015.html> . Viitattu 25.5.2021.

Ympäristöministeriö. 2017. Suomalainen puukerrostalohankekanta. Suunnitteilla ja rakenteilla olevat suomalaiset puukerrostalohankkeet, 11/2017. <https://docplayer.fi/71147979-Suomalainen-puukerrostalohankekanta-suunnitteilla-ja-rakenteilla-olevat-suomalaiset-puukerrostalohankkeet-11-2017.html> . Viitattu 25.5.2021.

Ympäristöministeriö. 2018. Suomalainen puukerrostalohankekanta. Suunnitteilla ja rakenteilla olevat suomalaiset puukerrostalohankkeet, 11/2018. www.ym.fi . Viitattu 25.5.2021.

Ympäristöministeriö. 2019. Suomalainen puukerrostalo-hankekanta. Suunnitteilla ja rakenteilla olevat suomalaiset puukerrostalo-hankkeet, 11/2019. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/Puukerrostalo-hankekanta-p%C3%A4ivitetty-11-2019.pdf> . Viitattu 25.5.2021.

Liite 3. Linnan lisäykset



Liite 4. Linnan lisämääreet

TY-5= ”Ympäristöhäiriötä aiheuttamattoman teollisuuden alue. Alueelle saa rakentaa toimintaan liittyviä toimisto-, liike- ja myymälätiloja. Rakennuspaikalle saa rakentaa asunnon yrittäjää tai yrityksen henkilökuntaa varten. Rakennukset tulee sijoittaa tonteille siten, että tuotantorakennukset suojaavat asuintiloja rautatien meluhaitoilta.” (Saarijärven kaupunki, Linnan pysäkin teollisuustonttiesite)

Liite 5. Tarvaalan teollisuustontit

Osoite	Koordinaat	Pinta-ala m ²	Rak. Oik. m	Hinta €	hinta €/m ²	e
Veistämönkuja 4	62.74840213	15825	4748	13 293,00 €	0,84 €	0,3
Laiturinvaihteentie 20	62.75084924	6640	1992	6 706,40 €	1,01 €	
Vasaratie 2	62.74880836	6300	1890	5 292,00 €	0,84 €	
Laiturinvaihteentie 15	62.75149293	5975	1793	5 019,00 €	0,84 €	
Sorvaajantie 3	62.74900741	5785	1736	5 842,85 €	1,01 €	
Sorvaajantie 4	62.74837601	5645	1694	5 701,45 €	1,01 €	
Sorvaajantie 2	62.74839441	5640	1692	5 695,40 €	1,01 €	
Hitsarintie 4	62.74764624	5475	1643	5 529,75 €	1,01 €	
Vasaratie 3	62.74880836	5390	1617	4 527,60 €	0,84 €	
Nikkarintie 4 1	62.74901766	5205	1562	4 372,00 €	0,84 €	
Nikkarintie 4 2	62.74907661	4840	1452	4 065,60 €	0,84 €	
Sorvaajantie 16	62.75072914	4185	1256	3 515,40 €	0,84 €	
Laiturinvaihteentie 18-22	62.75180864	4150	1245	3 486,00 €	0,84 €	
Laiturinvaihteentie 18-22 laajennus	62.75180864	3960	1188	3 326,40 €	0,84 €	
Alasintie 4	62.74970081	3940	1182	3 309,60 €	0,84 €	
Sorvaajantie 14	62.75037545	3645	1094	3 061,80 €	0,84 €	
Kettukankaantie	62.74810688	3255	977	2 734,20 €	0,84 €	
Laiturinvaihteentie 14	62.74793954	3000	900	3 030,00 €	1,01 €	
ka		5492	1648	4 917,14 €	0,90 €	

Liite 8. Saarijärvi, Linnan pysäkki karsitut teollisuustontit

Osoite	Koordir	Pinta-ala	Rak-oik	Hinta	hinta/n	e
Teräsmiehentie 9	62.673961	52635	10527	78952,5	1,5	0,2
Teräsmiehentie 7	62.674065	37240	7448	56010	1,5	
Teräsmiehentie 4	62.675236	29355	5871	58710	2	
Teräsmiehentie 5	62.675013	20920	4184	31380	1,5	
Ratavartijankuja 4		5380	1076	13450	2,5	
ka		29106		47701	2	

Liite 9. Saarijärvi, Tarvaala karsitut teollisuustontit

Osoite	Koordir	Pinta-ala	Rak-oik	Hinta	hinta/n	e
Tuumalantie 4	62.669546	8948	2684	31318	3,5	0,3
Tuumalantie 2	62.670246	8147	2444	28514,5	3,5	
Tuumalantie 5	62.669434	7313	2194	25595,5	3,5	
Tuumalantie 3	62.670035	6749	2025	23621,5	3,5	
Tuumalantie 1	62.670694	6368	1919	22288	3,5	
ka		7505	2253	26268	3,5	

Liite 10. Haastattelu Erikoiskuljetusyritys

Erikoiskuljetuksien toteutukseen liittyen kävin haastattelemassa erikoiskuljetusyrityksen operatiivista johtajaa 21. heinäkuuta 2021 kello 9:30 – 10:24. Haastattelu toteutettiin erikoiskuljetusyrityksen toimitiloissa. Haastateltavaa henkilöä ehdotti opinnäytetyöni ohjaaja, jolle kyseinen henkilö oli entuudestaan tuttu. Haastattelusta sovimme puhelimitse opinnäytetyön ohjaajan välityksellä, mutta tarkemmat ajankohdat tapaamisesta sovimme sähköpostitse jälkeen päin operatiivisen johtajan kanssa.

Ennen haastattelun aloittamista varmistin, että pystyn hyödyntämään materiaalia tutkimuksessani ja nauhoittamaan keskustelun. Alle on tiivistettynä haastattelun pääkohdat karsien tekstistä täytesanoja ja jättäen ”small talkin” kokonaan ulos tiivistetystä tekstistä.

Ensin voisit kertoa hieman itsestäsi, kuka olet ja mitä teet Silvastilla?

- Olen XXXXXX ja mulla on käytännössä titteli COO eli chief operating officer. Täällä se tarkoittaa käytännössä sitä, että on tämä operatiivinen puoli, jossa on projekteja, normaalit tukitoiminnot kuten taloushallinnot ja myynti. Jos mietitään näitä kolmea, myyntiä, tuotantoa ja tukitoimia niin tämä on se tuotantopuoli. Täällä tuotanto on jaettu kahtia eli on tuulivoimaprojektit ja sitten nämä perinteisemmät eli erikoiskuljetus ja raskaskuljetusprojektit ja itse vastaan nimenomaan pelkästään siitä tuulivoimasta. Se on 80 prosenttia meidän liikevaihdostamme ja se perinteisempi raskas puoli on pienempi ja sitä vetää XXXXXXXX. Sitten tämä tuulivoimapuoli on jaettu kolmeen osaan eli on projektien toteutus, ajojärjestely ja kalustonhallinta sekä kunnossapito. Siinä on periaatteena, että minä olen vastuussa toteutuksesta ja XXXXXXXX vastaa kalustosta. Voin siis sanoa, että vastaan projektien hallinnasta ja etenemisestä ja kannattavuudesta. Minä olen ollut täällä töissä aika laidasta laitaan. Aikoinaan olin myymässä myyntimiehenä näitä HEVI-kuljetuksia ja silloin en liittynyt tuulivoimakuljetuksiin millään tavalla. Olen myös ollut työmaapäällikkönä ja juossut siellä täällä. Oikeastaan taloushallintoa lukuun ottamatta olen ollut kaikkea tekemässä.

Minkä näet olevan tämän yrityksen suurin kilpailuetu muihin verrattuna?

- Projektien hallinta. Todellisuudessa parasta on se, että tämä on projektitalo, jolla on oma kalusto. Pystytään tekemään isoa osaa toimitusketjusta ja pystytään itse suunnittelemaan ja toteuttamaan pääosin omalla kalustolla, mutta pystymme todella paljon laajentamaan alihankkijoiden avulla. Olemme kasvaneet pelkkänä kuljetusfirmaana toimimisesta semmoiseen projektinhallintaan, joka perustuu omaan kalustoon. Tiedetään laitteet ja tiedetään mitä tehdään.

Onko teillä kuinka paljon alihankkijoita?

- On kyllä aika paljon ja riippuu sektorista. Me joudumme muokkaamaan infraa, joka on täysin alihankintaa. Kuljetuksista 80 prosenttia omaa tuotantoa. Nostot ovat alihankintana. Satamaoperaatioissa riippuu paikasta. Voi olla omaa tai täysin ulkoistettua ja laivaukset ovat ulkoistettuja.

Kuinka paljon teillä on kyseiseen tarkoitukseen soveltuvaa kuljetuskalustoa?

- Tällä hetkellä erikoiskuljetuksiin löytyy järeän päään kuljetustarkoituksiin kalustoa. Jos tarvitsee kuljettaa lavaa niin ei löydy kalustoa. Käytännössä kun mennään erikoiskuljetuksiin ja kappaleet ovat jakamattomia kappaleita ja ylipitkiä, ylileveitä ja ylikorkeita niin kaikkiin tarkoituksiin löytyy kalustoa ja nimenomaan sieltä järeästä päästä. Mitä kevyempään kuljetustarpeeseen tullaan, sitä enemmän sieltä sitten löytyy toimijoita ja niistä ei lähdetä edes välttämättä kilpailemaan.

Mitkä ovat kuvitteelliset maksimi leveys ja kuljetusrajat teillä mitä mietitään kuljetukseen, jotta se on vielä järkevästi hallittavissa oleva kuljetus sieltä tehtaalta työmaalle?

- Rajaavat tekijät tulevat siitä, mitä korkeampi se on, niin silloin tulee sillat rajoittamaan kuljetuksen reitin valintaa. Mitä painavampi niin sitten alkaa painolupien saaminen rajoittamaan tekemistä. Mitä leveämpi niin sitten joudutaan purkamaan enemmän ja se aiheuttaa kuluja. Pituudelle voidaan rakentaa oikeastaan mitä vaan, mutta sielläkin sitten alkaa tulemaan suuria kuluja.

Lähinnä kuljetuksessa tulee olemaan ongelmana leveys niin mikä olisi järkevästi toteutettava leveys kappaleen kuljetuksen kannalta?

- Periaatteessa kun se ei mahdu normi kärryyn niin se on aina erikoiskuljetus ja silloin mennään lupiin. Sitten tulee mitä leveämpi se on, sitä enemmän tarvitsee saattoautoja ja sitä kautta nousee kulut. Siihen löytyy kulutaulukko, että miten se leveys kasvaa, niin kuinka yksikköjen tarve kasvaa. Jos kuljetuksen leveys ylittää 3 ja puoli metriä ja pituus ylittää 30 metriä niin silloin tarvitsee jo 2 saattoautoa. Karkeasti voi sanoo, että jos se leveys pysyy alle kolme ja puoli metriä ja pituus ei ole mikään älytön niin silloin pärjää jo pelkästään rekalla ja yhdellä saattoautolla. Jos leveys menee yli kolmen ja puolen metrin, niin sitten pärjää yhdellä saattoautolla, jos pituus pysyy alle 30 metriä. Jos leveys on yli 5 metriä niin silloin tarvitsee vähintään sen 2 tai jopa 3 saattoautoa. 4 metriä on se hyvä leveys missä pysyä et ei kannata väen väkisin lähtee siitä leveämpää tekemään. Jos on rekka ja yks varotusauto niin siinä on jo aika lailla 2 saman hintaista yksikköä kuljetuksessa ja sitten jos joudut vielä lisäämään siihen 2 niin hintakin melkein pelkästä rekasta kolminkertaistuu. Joshausta voidaan heittää arvio niin jos rekka maksaa vaikka 100 € tunnilta niin varotusauto maksaa 60 € ja siitä tulee yllättävän paljon hintaa, kun niitä mättää Exceliin. Jos meilläkin miettii noita projekteja niin meillä nuo saattoautojen hinnat ovat melkein yhtä iso osa budjetista kuin rekat. Pituus kannattaa olla sillä tavalla, ettei liikenneympyröissä tarvitsisi tehdä muutoksia. Leveys kannattaa olla sillä tavalla, että pärjättäisiin yhdellä saattoautolla ja korkeus mieluusti normirekan korkeus. Kriittiset kohdat kuljetuksissa alkaa tulemaan siinä kohtaa, kun mennään yli kuuden metrin korkeuden.

Kun laveteilla ajatte tavaraa niin kuinka matalalle se pohja menee kuljetuksessa?

- Normi lavetti on noin metrin verran. Erikoiskuljetuksessa me käytämme aika paljon samoista kuin semikärry, joka on 60 senttiä ja sitten on matalakehoja, jotka menevät melkein tien pintaan, mutta niissä ei ole lastaustila kovin iso. Kun pysytään siinä about 4,5 metrissä niin ei tule ongelmia, mutta sitten alkaa tulee aika kalliita hankaluuksia, kun aletaan paljon olla siellä rekan hytin päällä ja yli kuuden metrin kokonaiskorkeudeltaan. Siinä kohtaa alkaa ongelmat sähköjohtojen kanssa ja sähköjohtojen purkaminen on villi länsi. Se on aina mahdollista, mutta se hinta voi olla tonnista puoleen miljoonaan niin sen takia niitä

kannattaa välttää. Tiivistettynä siis korkeus normirekan korkeus, leveys ei yli 4 metriä ja pituus jos se pysyy 25...30 metriä niin se ei ole mikään temppu vielä.

Kuvitellaan tilanne, että tulevan tehtaan tuotantomäärä on 10 elementtiä viikossa niin löytyykö teiltä kuljetuskalustomahdollisuutta, että saataisiin aina elementit kuljetettua työmaalle?

- Joo kyllä meillä on ollut sopimuksia, että on ollut nimetty kalusto tietyille asiakkaalle.

Mites aikataulujen osalta oleva joustovara kuljetuksissa? Joudutaan kuitenkin säävarauksella tekemään kuljetukset koska yksiköt vaativat kuivakuljetuksen ja jos sataa niin elementtien kuljetusta joudutaan siirtämään?

- Jos miettii tehdassiirtoja niin se miettii ehdoista ja sopimuksista eli jos ei niihin oteta nyt kantaa ja sinne varataan auto ja sovitaan niin sanotut noutoajat ja perumisajat ja esimerkiksi jos sinne pystytään tekemään viikoksi suunnitelma ja perutaan tietyillä ehdoilla, niin kyllä se onnistuu. Tuolla paljon tehdään kuljetussuunnitelmaa ja se sitten perutaan sään mukaan. Se on vaan, että miten ehdot sovitaan.

Mistä teidän firmanne kustannukset koostuvat mitkä tulevat laskussa tehtaan suuntaan?

- Käytännössä mitä siinä tulee, niin on se, jos inframuutokset ovat pysyviä niin on lupa ja kaluston ja saattojen kulut ja mahdolliset perumis- ja yliaikalaskut.

Mites sitten kun etäisyydet kasvavat ja asutaan Suomessa, niin tulee aika pitkiäkin kuljetuksia mahdollisesti niin kuinka paljon vaikuttaa etäisyyksien kasvu siihen hintaan?

- Jos etäisyys pysyy niin, ettei tule kuskille ajoaikataukoa eli jos se pystyy sen yhden työpäivän aikana sen tekemään niin helppo määrittää. Lähetään toisesta päästä; jos matkat ovat tosi lyhyitä pätkiä noin Jyväskylän alueella niin silloin yleensä sovitaan minimituntivelotus, mutta sitten kun mennään et ajetaan pidempää pätkää, niin silloin hinta yleensä perustuu joko käytettyyn aikaan tai kilometreihin. Se nyt on suhteellisen hallittu, jos ajetaan 50...150 kilsaa, mutta sitten jos se kuski joutuu pitämään sen 9 tuntisen tauon niin sitten se alkaa

näkyä. Muutenhan se kasvaa vaan kilsojen mukaan vähäsen. Jos se kuski lastaa ja ajaa ja purkaa niin sittenhän se ei ole enää niin merkittävää et ajaako se siinä välissä tunnin vai kaks.

Kun olemme tutkineet, että CLT tilaelementeillä tärkein markkina-alue on Tampere, Turku ja pääkaupunkiseutu niin siinä tulee sitten sitä ajoaikaakin jo jonkun verran, että kerkeääkö se yhden vuorokauden aikana kiertämään sen reissun? eli Saarijärveltä olisi lähtö päämaali olisi pääkaupunkiseutu.

- Voidaan vaan hahmotella mitä pitää ottaa huomioon, niin jos nopeasti ynnäillään et auto on seiskalta lastaamassa, niin siinä menee kuskilla tunti ajoaika, kun se ajaa sinne. Oletetaan et se kappale pitäisi saada kyytiin kahdessa tunnissa, joten sitten on mennyt kolme. Jos se ajaa siitä Helsinkiin niin siitä tulee noin 4 tuntia ja sitten on jo 7. Jos se pudotetaan, niin se on varmaan ihan toteutettavissa. Se on ehkä kannattavaa laskea et puhtaalla kiekolla aloitetaan päivä ja sitten, kuinka paljon siihen lastaukseen menee aikaa. Aika normi mikä erikoiskuljetushommissa on et siihen lastaukseen menee se 2 tuntia, mutta sitten jos se pudotetaan kattokruunulla kyytiin niin siinä ei kauan mene, et enemmän aikaa kuluu sitten siihen sitomiseen. Käytännössä ajo ja purku, mutta sitten se kannattaa tällä tavalla ynnäillä. Huonoin juttu on sitten se, että kiekko loppuu vaikka tuntia ennen siihen tehtaan pihaan ja sitten joudut käyttämään erityisehtoja ja ajattamaan kuskia pidemmän aikaa niin sitten sinä joudut ottaa sen jostain takasi. Meilläkin tuulivoimakuljetuksissa saattaa käydä aina välillä sillein et joudutaan jotain tiettyä viikkoa ajamaan enemmän niin se sitten taas potkii takaisin. Ja sitten jos on jatkuvaa niin kannattaa välttää erityisehtojen käyttämistä koska se sitten vaikuttaa heti seuraavan viikon tekemiseen. Se on sitten todennäköisesti sille asiakkaalle ja tehtaalle sitten hankalaa.
- Jos nyt ajatellaan et kyseessä olisi kunnon bisneskeissi, niin sitten voitaisiin lähteä laskemaan ihan oikeita indikaatiolukemia näille eikä turvauduta vain minun näihin tämmöisiin maalailuihin. Tarvitsee vaan arvioidut lähtöpaikat ja mitat kuljetukselle niin niillä saisi nämä tehtyä tarkemmin.

Mitkä ovat suuntaa antavia hintoja rekan hinnalle?

- kappaleiden mitoista saadaan selville se kalusto. Se voi mennä tosi paljon yli tai ali sen 100 € et kannattaa tsekata se varmaksi.

Entä jos niitä letkautetaan niitä yksiköitä saman kuljetuksen sisään, niin mikä on raja, että pystytään samassa saattoletkassa kuljettamaan?

- Muistaakseni taitaa olla kolme kappaletta Suomessa. Jos ei ole tullut uusia säännöksiä tai ei ole muutoksia tai säädöksiä niin se on kolme. Ja jos halutaan per kuljetus halvin niin silloin niitä kannattaa niputtaa ehdottomasti. Jos saattoautoja on vaikka yksittäin ajettuna kolme ja sitten niitä niputetaan samaan letkaan kolme kappaletta ja joudutaan lisäämään sinne yks väliin esimerkiksi. Nyrkkisääntönä on, että jos niitä pystytään niputtamaan niin aina kannattaa. Todennäköisesti halpenee ja se tulee saattojen halpenemisesta. Jos me saamme päättää, niin me totta kai niputetaan niitä, mutta sitten niitä joudutaan viemään yksin jos se työmaa ei kestä odottaa. Siellä kuitenkin työmaallakin niin pieni osuus mikä säästetään saatossa, niin voidaan hävitä nosturilla siellä työmaalla.
- Kannattaa laskea optimaaliseksi se et mikä on letkan pituus ja montako niitä sitten menisi lyhyen ajan sisään. Jos sitten joutuukin ajamaan yksin niin mitä se tulee maksamaan lisää. Sitten se tehtaan pää pystyy suunnittelemaan tai se, joka tekee niitä asennuksia, niin se pystyy hahmottamaan, että kun minä otan tällaisen letkan niin se on se halvin tapa tai sitten jos tilaan yhden ”pikana”, niin se sitten maksaa tämän verran enemmän. Lähettävä pää ja vastaanottava pää ei aina näitä ihan ymmärrä ja sitten ne ihmettelevät, kun joku asia maksaakin ihan älyttömästi.

Mitenkäs sitten kun on suunniteltu et näitä CLT tilaelementtejä vietäisiin vientinä lähimaihin niin miten toteutettavissa se on näiden sopimusten kannalta?

- Ei pitäisi olla ongelmia. Ruotsi on ihan normaali hoidettavissa. Silvastihan on aikanaan aloittanut rataelementtien viennistä Venäjälle et ne on lähtökohtaisesti normi juttuja. Et siinä sitten taas tulee, että miten sinne päästään, että jos se komponentti mahtuu laivaan niin kun kärryn päällä ja sitten jos ei mahdu niin kiertämällä yläkautta. Ruotsiin ei lähtökohtai-

sesti kannata siirtolastauksia tehdä. Periaatteessa tuonne ulkomaille pääsee erikoiskuljetusten kautta kahdella tapaa eli joko se kappale on koko ajan siinä kärryssä ja kärry menee jonnekin tai sitten, miten aika paljon menee et se sitten siirto lastataan laivaan, mutta jos se menee Ruotsiin ja Venäjälle niin se kannattaa viedä yhtenä nippuna.

Mitenkä mahdollisena pidät pidemmän matkan kuljetuksia esimerkiksi Japaniin?

- Joudun puhumaan omien kokemusten kautta ja tuulivoimakomponenttien kuljetuksesta. Eli nehan ovat periaatteessa yksittäisiä laivoja, jotka on lastattu pohja, keskikerros ja kansi lastattu täyteen siipiä eli siellä voi olla vaikka 60 niitä siipiä yhdessä laivassa. Vaikuttavaksi tekijäksi tulee se, että volyymi on vaan niin iso, että saadaan niitä kokonaisia laivoja lastattua. Ei pienempienkään määrien kuljetus varmaan niin tekemätön paikka ole, mutta ehkä osaan enemmän kuvailla sen ketjun. Osaan kuvailla lähinnä sen ketjun, että jos ne lähtisivät täältä päästä, niin tulisi kuljetus sopivaan satamaan, siellä purku varastokentälle, varastointikulu, lastaus varastointikentältä laivaan, laivaan sidonta, laivaus ja sama toisessa päässä. Meillä on laivaus porukka, joka hoitaa näitä satamakäsittelyitä ja laivauksia. Siihenkin saa sitten kyllä jonkun indikaation.

Mitenkä paljon muuttuu kustannusrakenne, jos lähdetään suomen rajojen ulkopuolelle viemään?

- Jos mietitään silleen päin, että mitä tapahtuu, kun mennään Ruotsin puolelle ja rekka pysyy samalla niin rekka ajaa Uumajaan, mahtuu laivaan ja ajaa sinne ja täällä suomen päässä on erikoiskuljetusmaat eli nämä EKL:t, ruotsin puolella sitten se vaihtuu lainsäädäntö et rekka pysyy samana, mutta siellä vaihtuu PTL:t. Ne ovat aavistuksen kalliimpia kuin nämä suomen puolella, mutta ei pitäisi tulla mitään eksponentiaalista kasvua siinä. Enemmän näistä tulee sitten näistä yksiköistä. Rekan hintahan periaatteessa pysyy samana ja saattohinta pikkuksen nousee. Ruotsissa niillä on poliisin oikeudet ja niitä koulutetaan enemmän, niin ne ovat sitten vähän kalliimpia. Venäjällä aika sama tilanne, mutta ei pitäisi tulla suurta pomppua, mutta vähän käyrä on nouseva niin kauan, kun pysytään näissä maantiekuljetuksissa.

Onko jotain olennaisia asioita vielä mielessä mitä tulee näiden CLT tilaelementtien kuljetuksen suunnitteluun ja ei ole tässä vielä tullut esille?

- Tärkeimmät asiat et pääsee yhdellä vedolla, sitten se et mahdollisimman vähän yksiköitä per kuljetus ja miten saadaan ne mahdollisimman hyvin niputettua. Ja sitten jos mennään ulkomaille et mahtuuko laivaan vai joudutaanko ajamaan yläkautta Ruotsiin. Jos pääsee laivareiteillä niin kannattaa suunnitella et pääsee suorinta reittiä.
- Komponentin koko ja kärry, jos pysyvät normimitoissa niin pääsee halvemmalla kalustolla. Jos pituus ja leveys ei aiheuta suuria inframuutoksia niin siitä ei tule kalliita kuluja. ja sitten letkauttaminen. Jos nämä kaikki toteutuu ja mahdutaan laivaan niin se ei järkyttävästi eroa. Jos ei pysytä niin sitten se voi räjähtää. Ja sitten jos ei päästä yhden ajovuoron aikana niin sitten se tuplaantuu se hinta. Jos esimerkiksi työmaa-ajot kestäisivät 4 kuukautta niin jos ei päästä yhdellä vedolla niin sitten se kestääkin 8 kuukautta kun se kuski voikin ajaa vaan joka toinen päivä. Noista ajoajoista voi kasautua katastrofi.
- Monesti aikaa tuhraantuu siihen, että kappaletta on hankala sitoa. Suunnitteluvaiheessa kannattaa suunnitella helppo sidottavuus kappaleelle. On kauhea näky, kun vilkkuautot seisoo pihassa.

Liite 11. Kuljetustarjous erikoiskuljetusyritykseltä

TARJOUS

06.10.2021

Elmo Nenonen
elmo.nenonen@hotmail.com

Kiitämme tarjouspyynnöstänne ja tarjoamme Teille palveluitamme seuraavasti:

Lähtöpaikka: Vapaasti autossa Saarijärvi
Määräpaikka: Vapaasti autossa Tampere / Turku / Helsinki
Kuljetusajankohta: 2021

Kuljetettava esine	P x L x K [cm] - Massa [kg]	Kuljetushinta [EUR]
1 kpl tilaelementti	1 200 x 400 x 380 cm - 20 000 kg	
Tampereelle		1 900,00
Turkuun		2 900,00
Helsinkiin		2 600,00

Lisätietoja

- Hinta perustuu annettuihin kolimitoihin. Mittojen ja massojen muuttuessa pidämme oikeuden hinnanmuutoksiin.

Tuntihinnat:
 Kuljetuskalusto: 128 € / h
 Saattoauto: 65 € / h

Hintaan sisältyvät

- 2 h lastausaikaa ja 2 h purkuaikaa, yliajalta veloitus 98 €/auto/h, varoitusautoille 65 €/auto/h
- Tarvittavat erikoiskuljetusluvut ja varoitusautot
- Kuorman kiinnitykset ja sidonnat lähettäjän osoittamista sidontakohdista
- Tiekuljetusvastuuvakuutus

Erikseen veloitetaan

- Lain kulloinkin edellyttämä arvonlisävero
- Lastaus-/purkausnostot, kuorman peittäminen
- Reittiselvitykset, liikenne-esteiden poistot, sillanvalvontakulut, viranomaissaatot ja muut vastaavat sivukulut veloitamme toteutuneiden kustannusten mukaisesti lisättyä 10 % käsittelypalkkiolta

Suoritamme kaikki toimeksiannot Pohjoismaisen Speditööriliiton yleisten määräysten (PSYM 2015) mukaan lukuun ottamatta 25 §:ssä mainittua vakuuttamisvelvoitetta sekä 7 §:n ja 19 §:n mukaista aikalupausta. PSYM-ehdot ovat saatavilla osoitteesta www.silvast.com. Autokuljetuksiin sovelletaan tiekuljetussopimuslakia ja CMR-sopimusta. Muissa kuljetuksissa toimimme ainoastaan palvelun välittäjänä toimeksiantajan ja rahdinkuljettajan tai muun palvelun suorittajan välillä. Korvausvastuun määrittäminen PSYM-ehdojen välittäjän vastuuta koskevien määräysten mukaan. Koska tavarahan mahdollisessa vahinkotapauksessa PSYM-ehdot tai muut sovellettavat säännökset voivat rajoittaa yhtiömme tai palvelun suorittajan korvausvastuuta, suosittelemme Teitä vakuuttamaan tavarahan kuljetuksen ajaksi. Tarjouksemme perustuu tämänhetkisiin olosuhteisiin, kustannustasoon ja vakuutusasteeseen sekä edellyttää, että viranomaiset myöntävät kuljetuksen tarvitsemat luvat suunnitellulle reitille ja että kuljetus voidaan suorittaa esteettömillä, ajokelpoisilla, tarvittavat kantavuudet omaavilla toilla. Ilmoittamamme kuljetusajat ovat ohjeellisia. Ilmoitettua arvioitua perilletuloaikaa (ETA) ei pidetä aikalapauksena. Maksuehto on noll päivää netto ja yliaikakorke 16 %. Tarjouksemme on voimassa 30 päivää sen päiväyksestä.