

Tiina Vepsäläinen

HELSINGIN SATAMA OY:N MAHDOLLISUUDET HOITAA BIO- ENERGIAN LOGISTIIKAN TURVAAMINEN

Opinnäytetyö
Logistiikka, YAMK

2021



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Tiina Vepsäläinen	Insinööri (YAMK)	Joulukuu 2021
Opinnäytetyön nimi		
Helsingin Satama Oy:n mahdollisuudet hoitaa bioenergian logistiikan turvaaminen		63 sivua 2 liitesivua
Toimeksiantaja		
Helsingin Satama Oy		
Ohjaaja		
Suvi Johansson		
Tiivistelmä		
<p>Ilmastonmuutos on globaali uhka, minkä pysäyttämiseksi ja hillitsemiseksi tulee tehdä kaikkensa, jotta elämän edellytykset säilyvät maapallolla tulevaisuudessa. Yksi merkittävistä vaikutuskeinoista on energiantuotannon sääntely hiilineutraaliseksi eli siirtyminen käyttämään hiilineutraalia bioenergiaa eli uusiutuvia polttoaineita. Helsingin kaupunki on asettanut tavoitteeksi olla hiilineutraali vuonna 2035 ja lopettaa kivihiilenpolton vuonna 2029. Helsingin kaupungin energiayhtiö, Helen Oy, on ilmoittanut siirtyvänsä hyödyntämään metsähaketta Vuosaaren rakennettavassa biolämpövoimalaitoksessa.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä on tarkasteltu Helsingin Satama Oy:n hallitsemien satamanosien soveltuvuutta metsähakkeiden logistiikalle, jotta energiayhtiön toimintavarmuus voidaan turvata erityisesti tuontipolttoaineiden osalta. Opinnäytetyössä tutkittiin metsähakkeiden ominaisuuksia ja niiden käsittelyyn liittyviä logistisia tarpeita, irtolastilogistiikkapalveluiden järjestämisen vaatimuksia sekä satamien edellytyksiä tarjota palveluja niin perus- kuin toiminnallisten edellytysten osalta. Työssä tunnistettiin metsähakkeiden logistiikkapalveluiden reunaehdot ja vertailtiin eri satamanosien soveltuvuutta niille. Tutkimus rajattiin vain tavaraliikennettä palveleviin satamanosiin, tuloksista muodostettiin yhteenvetotaulukko.</p> <p>Tutkimusmenetelmäksi valikoitui laadullinen tutkimus. Tutkimuksessa yhdistyy tapaustutkimus sekä konstruktivinen tutkimustapa. Aineistoa kerättiin pääosin julkisista lähteistä saatavilla olevista tutkimuksista ja asiakirjoista. Lisäksi hyödynnettiin pitkään alalla toimineiden haastatteluja. Materiaalin analysointi pyrittiin tekemään mahdollisimman johdonmukaisesti, jotta tutkimuksen luotettavuus olisi todennettavissa selkeistä päätelmistä.</p> <p>Tutkimuksella saavutettiin riittävä varmuus turvata bioenergian vaatimat logistiikkapalvelut Helsingin Satama Oy:n toimesta. Johtopäätösten yhteenvedon perusteella parhaiten metsähakkeille soveltuu Loviisan satama, mutta Kantvikin eteläsatamaa voidaan myös hyödyntää pienemmässä mittakaavassa, kun taas Vuosaaren satamaa vain erityisissä poikkeusoloissa. Jatkokehityksenä tulee varmistaa Loviisan ympäristöluvan muutos haketuspalvelulle, Kantvikin laiturin kantavuustarkastelu sekä toimintasuunnitelma poikkeustilanteiden varalle Vuosaaren käyttöönoton osalta.</p>		
Asiasanat		
bioenergia, metsähake, satama, irtolasti		

Author	Degree	Time
Tiina Vepsäläinen	Master of Engineering	December 2021
Thesis title		
The possibilities of Port Of Helsinki Ltd to secure the logistics needs for bioenergy.		63 pages 2 pages of appendices
Commissioned by		
Port of Helsinki Ltd		
Supervisor		
Suvi Johansson		
Abstract		
<p>The proceeding of the globe's biggest threat, the climate change, needs to be stopped and mitigated. The humankind needs to do the utmost to prevent further negative impacts to the living conditions on the planet. One of the most significant action to reduce the impacts is to cut the greenhouse gas emissions in energy production that means e.g. the use of renewable carbon neutral fuels. The city of Helsinki has set a target to be carbon neutral in the year 2035 and to stop the use of coal in energy production in the year 2029. The city's energy company has informed about an investment in a new biofuel plant in Vuosaari that will use forest chips.</p>		
<p>The objective of this thesis was to investigate the city's port company's possibilities to secure the logistics needs for imported bioenergy, in order to safeguard the energy company's service reliability. In this thesis the theoretical part of the study dealt with the characteristics of forest chips, the forest chips' requirements for the logistics operations, the bulk operations requirements and the basic and functional prerequisites of the ports. The frameworks for the forest chips logistics were identified and the ports were compared how they correspond to these. The study was defined to cargo ports only. The conclusions were formulated in the summary table.</p>		
<p>This thesis was completed using a qualitative method. The thesis combined a case and a constructive study. The main sources of information were public researches and documents and also a few interviews with logistics professionals were done. The conclusions are intended to be very logical and verifiable, in order to achieve the reliability of the study.</p>		
<p>A sufficient level of certainty to secure the bioenergy logistics by Port of Helsinki Ltd was achieved as the result of the study. The conclusions state that the Port of Loviisa is the most suitable for forest chips' logistics needs and also the Southern Port of Kantvik can be used in smaller scale, but the Vuosaari Harbor only in exceptional circumstances. The study also presented proposals for further development: to secure the environmental license for wood chipping in Port of Loviisa, the inspection of the Port of Kantvik's quay carrying capacity and an action plan for the mobilization of the Vuosaari Harbour for forest chips operations.</p>		
Keywords		
bioenergy, forest chips, port, bulk		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tutkimuksen tausta.....	6
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymys	6
1.3	Tutkimuskohteen rajaus.....	7
1.4	Laadullinen tutkimusmenetelmä	7
1.5	Teoreettinen tausta.....	9
1.6	Työn rakenne.....	10
2	BIOENERGIA JA SIIHEN LIITTYVÄ LOGISTIIKKA.....	10
2.1	Biopolttoaine	11
2.2	Metsähake	12
2.3	Polttoaineen määrään muutos siirryttäessä metsähakkeeseen	13
2.4	Metsähakkeiden logistiikka on suurvolyymituotelogistiikkaa	14
2.5	Metsähakkeiden varastointi	15
2.6	Huoltovarmuus, energiahuolto.....	16
3	SATAMAT, IRTOLASTIEN SATAMAPALVELUT	17
3.1	Irtolastien kuljetus, kuivatavara.....	17
3.2	Irtolastioperointi, puutavarat	18
3.3	Satamien edellytykset irtolastien logistiikkapalveluille	20
3.3.1	Perusedellytykset.....	20
3.3.2	Toiminnalliset edellytykset	23
4	TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN	24
4.1	Helsingin Satama Oy.....	24
4.2	Nykytilanteen kuvaus.....	25
4.3	Tutkimuksen suorittaminen käytännössä.....	26
4.3.1	Perusedellytykset.....	27
4.3.2	Toiminnalliset edellytykset	28
5	TUTKIMUSTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	33

5.1	Muutokset logistiikalle metsähakkeeseen siirryttäessä	33
5.2	Satamanosien vertailu metsähakkeiden logistiikalle	34
5.2.1	Kaavatarkastelu	34
5.2.2	Ympäristölupatarkastelu	37
5.2.3	Väyläverkoston riittävyys	39
5.2.4	Satamainfrastruktuurin tarkastelu irtolasteille	42
5.3	Satamanosien vertailun yhteenvetotaulukko	47
6	POHDINTA	48
6.1	Yhteenveto	49
6.2	Kehitysehdotukset	50
6.3	Luotettavuuden ja yleistettävyyden tarkastelu	51
6.4	Jatkotutkimusehdotukset	52
	LÄHTEET	54

LIITTEET

Liite 1. Loviisan sataman asemakaava

Liite 2. Vuosaaren sataman asemakaava

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutos on yleisesti tunnettu globaali muutosvoima. Sen pysäyttämiseksi ja hillitsemiseksi tulee ihmiskunnan tehdä kaikkensa, jotta elämän edellytykset säilyvät tulevaisuudessa. Ilmastonmuutoksen torjuntakeinoina ovat erityisesti päästöjen sääntely ja vähentäminen sekä luonnonvarojen riittävyyden varmistaminen. On selvää, että ilmastonmuutoksella on suuri vaikutus myös energian tuotantoon, siinä käytettäviin polttoaineisiin sekä edelleen näiden vaatimaan toimitusketjuun. Tässä työssä keskitytään selvittämään bioenergian eli uusiutuvilla polttoaineilla tuotetun energian, logistisia vaatimuksia satamatoiminnoille ja toimeksiantajan, Helsingin Satama Oy:n, edellytyksiä vastata näihin vaatimuksiin. (Koljonen ym. 2017.)

1.1 Tutkimuksen tausta

Kivihiilen käytön kieltö sähkön ja energiantuotannossa vuonna 2029 tarkoittaa suurta muutosta polttoainelogistiikan järjestämiselle (Laki hiilen energiakäytön kieltämisestä 29.3.2019/416). Kuljetettavan polttoaineen volyymi moninkertaistuu, sillä biopolttoaineiden energiasisältö on merkittävästi alhaisempi kuin kivihiilellä. Biopolttoaineiden eli bioenergian tuottamiseen käytettävän polttoaineen säilyvyys on myös heikompi kuin kivihiilellä, mikä aiheuttaa muutosta erityisesti polttoaineen pitkäaikaisvarastointiin. (Alakangas ym. 2016.) Puuperäisten biopolttoaineiden pitkäaikaisvarastoinnista on säädetty laissa metsätuhojen torjunnasta (20.12.2013/1087).

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymys

Tavoitteena on selvittää Helsingin Satama Oy:n mahdollisuudet tarjota ratkaisuja bioenergian logistiikan hoitoon. Työssä tarkastellaan yhtiön hallinnoimien eri satamanosien soveltuvuutta biopolttoaineiden vaatimalle satamalogistikalle. Tarkastelussa vertaillaan operointi- ja varastointimahdollisuuksia sekä eri kuljetusmuotojen, kuten meri-, kumipyörä- ja rautatiekuljetuksien, soveltuvuutta tunnistetuille vaatimuksille.

Helsingin Satama Oy kuuluu samaan Helsingin kaupunkikonserniin kuin Helen Oy (Helsingin kaupunki 2019a). Helen Oy on energiakonserni, joka tuottaa

mm. sähköä ja kaukolämpöä. Helsingin kaupungin tavoitteena on 60 prosentin päästövähennystavoite vuodelle 2030 ja hiilineutraalisuustavoite vuodelle 2035. Tavoitteet jalkautuvat myös tytäryhtiöihin. Helen Oy on sitoutunut olemaan hiilineutraali vuonna 2035 sekä lopettamaan kivihiilen käytön vuonna 2029 (Westergren 2019). Helsingin Satama Oy:llä on siis tarve varmistaa sisäryityksensä tarvitsemat satamapalvelut muuttuville energiapolttoainetavaravirroille. (Helsingin kaupunki 2019b.)

Varsinainen tutkimuskysymys on; minkä satamanosan kautta Helsingin Satama Oy pystyy turvaamaan konserniyritykselle riittävät tuontibiopolttoaineen logistiikkapalvelut polttoaineen muutoksen yhteydessä? Lisäksi pyritään löytämään vastaus kysymykseen; onko mahdollista tarjota myös lisäpalvelua, kuten haketusta.

1.3 Tutkimuskohteen rajaus

Sataman soveltuvuutta bioenergiapolttoaineelle tulee tarkastella sataman perusedellytysten sekä toiminnallisten edellytysten kautta eli maankäytön, ympäristöluvan, väyläverkoston sekä sataman infrastruktuurin kautta. Tutkimuksen rajaukset tulee tehdä sen perusteella, että vain tutkittavat asiat ovat mielekkäitä tutkimusongelman kannalta (Bamberg ym. 2015, 68). Tästä syystä tutkimus rajataan pääosin matkustajaliikennettä palvelevien satamanosien ulkopuolelle, joita ovat: Eteläsatama, Katajanokka, Länsisatama sekä Hernesaari. Tutkimuksessa keskitytään arvioimaan vain Helsingin tavaraliikennettä palvelevia satamanosia, Kantvikin, Loviisan ja Vuosaaren, soveltuvuutta.

Biopolttoaineista rajataan tutkittavaksi puuperäisen, polttoon tarkoitetun hakkeen eli metsähakkeen, logistiset vaatimukset. Metsätähdehaketta valmistetaan hakettamalla hakkuutähdettä, harvennushakkuiden pienpuuta ja muita teollisuudelle ainespuuksi kelpaamatonta puuta. (Alakangas ym. 2016.)

1.4 Laadullinen tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä on laadullinen tutkimus, jossa pyritään löytämään puuperäisen biopolttoaineen logistiseen käsittelyyn soveltuvat satamanosat arvioimalla niin bioenergian logistisia tarpeita kuin satamanosien toiminnallista so-

veltuvuutta niille. Laadullinen tutkimusmenetelmä valikoitui, sillä sen menetelmällä päästään lähelle tutkittavaa kohdetta perehtymällä syvällisesti aiheeseen.

Aineistonkeruumenetelmäksi valikoitui olemassa olevan materiaalin tutkiminen ja analysointi, haastattelut sekä havaintojen teko. Koska tutkittavan aineiston koostaminen ja rajaaminen tapahtuvat tutkijan toimesta, voidaan tutkijaa kuvata myös tutkimuksen inhimilliseksi tekijäksi. Tästä syystä laadullinen aineisto ei sellaisenaan ole ainoa totuus, vaan se on muodostunut tutkijan omista intresseistä sekä näkökannoista. Tulee myös tiedostaa, että näkökannat sekä tulokset voivat kehittyä tutkimuksen aikana ja saattaa olla tarpeellista linjata tutkimusta uudestaan prosessin edistytessä. (Kiviniemi 2001, 63–69.)

Havaintoja arvioitaessa on huomioitava se, että tutkija itse toimii hyvin lähellä tutkimusongelmaa, Loviisan Satama Oy:n toimitusjohtajana. Tutkija on siis lähtökohtaisesti syvällisesti perehtynyt tutkimuskohteeseen, mikä on ominaista laadulliselle tutkimukselle. Tulee siis huomioida, että tutkijan havainnot eivät välttämättä ole täysin objektiivisia vaan niissä voi esiintyä tutkijan omaa näkemystä. Tästä laadullisen tutkimuksen ominaispiirteestä johtuen tutkijan tulee perustella johdonmukaisesti tekemänsä päätelmät, jotta lukijat voivat arvioida tutkimuksen päätelmien uskottavuutta luotettavasti. (Kiviniemi 2001, 63–69.)

Tutkimuksessa yhdistyy tapaustutkimus sekä konstrukttiivinen tutkimustapa. Tapaustutkimuksessa tutkittavana kohteena on usein yksilö, yksittäinen tapahtuma tai rajattu kokonaisuus, kuten tässä tutkimuksessa (Bamberg ym. 2015, 9–10). Työssä keskitytään tarkastelemaan nimenomaisesti Helsingin Satama Oy:n hallitsemia eri satamanosia: Kantvikia, Loviisaa ja Vuosaarta. Tarkoituksena ei ole tuottaa yleispätevää tutkimustulosta eri tavaraliikennesatamien soveltuvuudesta. Konstrukttiivisessa eli ongelmanratkaisuun keskittyvässä tutkimustavassa keskitytään työssä selvittämään bioenergian logistiset vaatimukset ja löytämään ratkaisut niiden tarjoamiseen, lisäpalvelut huomioiden (Kananen 2017, 14–15).

Bioenergian logistiikan tarpeiden määrittämiseen käytetään saatavilla olevaa tutkimustietoa, kuten polttoaineen ominaisuuksista ja laatuvaatimuksista. Satamanosien soveltuvuuden arvioimisessa käytetään olemassa olevaa valmista

aineistoa, kuten satama-alueiden kaavakarttoja, aluekarttoja, sataman sisäisiä infrastruktuuritietoja, väyläverkostotietoja sekä satamanosien toiminnallisia ympäristölupia. Aineisto on pääosin julkista tietoa. Tämän lisäksi hyödynnetään haastatteluja.

Analyysimenetelmänä käytetään sisällön analysointia, jossa käytössä olevasta aineistosta määritellään ensin bioenergian logistiikan vaatimukset eli minkä tyyppistä infrastruktuuria ja tilatarvetta logistiikalta vaaditaan. Tämän jälkeen analysoidaan aineiston perusteella tutkimuksen kohteina olevien satamanosien soveltuvuus tunnistetuille tarpeille. Satamanosien arvioinnin perustana käytetään niin maankäyttöä, olemassa olevaa infrastruktuuria kuin toimintaa ohjaavia aineistoja.

1.5 Teoreettinen tausta

Työn teoriaosassa käsitellään puuperäisen bioenergiapolttoaineen eli metsähakkeen, rankapuun tai vastaavien jakeiden satamasidonnaisen logistiikan vaatimuksia sekä sataman toiminnallista mahdollisuutta tarjota palveluita kyseisille tuotteille. Kyseiset jakeet ovat ns. kuivia irtolastituotteita (dry bulk), joita kuljetetaan vesiteitse konventionaalisilla alustyypeillä, lolo-aluksilla. Olettavasti valtaosa tuontipolttolaitosten saapuu laivakuljetuksella, mutta työssä tarkastellaan myös junakuljetusmahdollisuutta. Vastaavasti kyseessä voi olla myös kotimaan toimitukset. Jatkokuljetus voimalaitokselle järjestetään kumipyöräkuljetuksena. Lisäksi huomioidaan kyseisten jakeiden jatkojalostustarpeiden eli lisäpalveluiden järjestämismahdollisuudet, kuten rankapuun haketus.

Bioenergiajakkeiden logistinen käsittely satamassa vaatii irtolastien satamatoiminnan ympäristöluvan (Ympäristönsuojelulain liite 1. Luvanvaraiset toiminnot. 10.4.2015/423). Polttolaitos vastaanottaa prosessiin valmista polttoainetta, joten tarvitaan lisäpalvelua, kuten rankapuun haketusta satamassa. Haketus ei ole varsinaista perussatamatoimintaa eli laivan lastausta tai purkua, ja mahdollisten melu- ja pölyvaikutusten vuoksi ELY-keskukset ovat vaatineet esim. naapurussuhdelain perusteella toiminnalle ympäristölupaa, vaikka toiminta itsessään ei ole ympäristönsuojelulain liitteen 1 mukaisesti luvanvaraista (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527). Tästä syystä tutkitaan, mahdollistaako eri

satamanosien nykyiset ympäristöluvut bioenergian logistisen käsittelyn tai lisäpalvelut vai vaaditaanko niihin muutoksenhakua. Johtopäätöksissä arvioidaan myös mahdollisen luvan myöntämisen edellytyksiä.

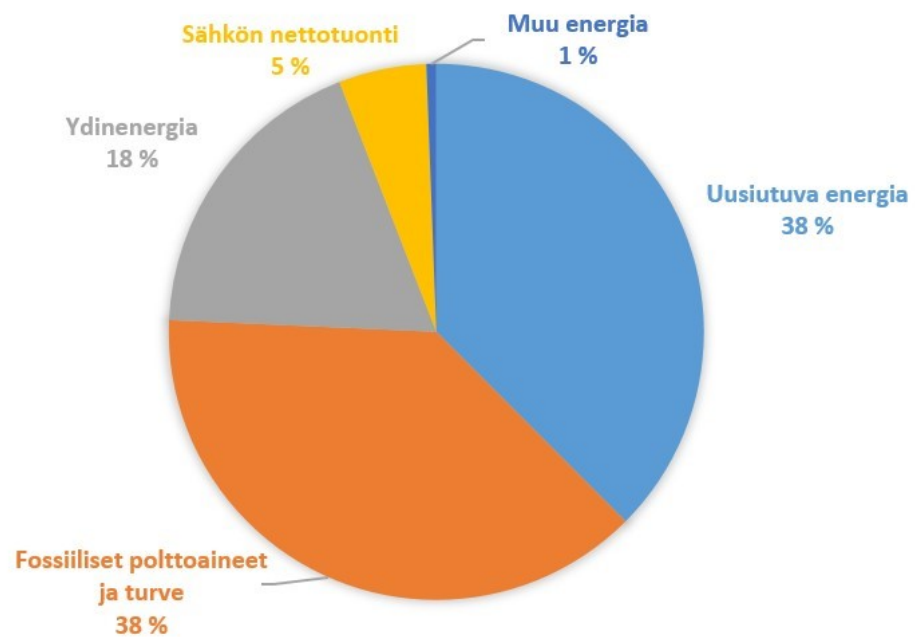
1.6 Työn rakenne

Tämä työ koostuu luvun 1 tiivistetystä johdannosta, lukujen 2 ja 3 varsinaisesta teoriaosuudesta, luvun 4 empiirisestä tutkimusosuudesta, luvun 5 tutkimustuloksista ja johtopäätöksistä sekä luvun 6 pohdinnasta. Ensimmäiseksi avataan teoreettisessa viitekehyksessä tutkimusmenetelmää sekä tutkimuksen rajausta, minkä jälkeen esitellään toimeksianto. Viitekehityksen mukaiset käsitteet, bioenergia, satamat ja irtolastien satamapalvelut, ovat avattu tarkentavine alaotsikoineen teoriaosuudessa. Empiirisessä osassa kuvataan varsinaisen tutkimusprosessi kysymyksineen ja tavoitteineen. Tämän jälkeen esitellään tutkimustulokset sekä analysoidaan ne. Viimeisenä esitellään yhteenveto, luotettavuuden ja yleistettävyyden arviointi sekä kehitys- ja jatkotutkimusehdotukset työn tilaajalle.

2 BIOENERGIA JA SIIHEN LIITTYVÄ LOGISTIIKKA

Bioenergia on biopolttoaineella tuotettua energiaa, mikä luokitellaan hiilidioksidineutraaliksi EU:n päätöksen ”Uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä” mukaisesti. Päätöksen mukainen linjaus uusiutuvista polttoaineista eli biopolttoaineista perustuu siihen, että pitkällä aikavälillä biopolttoaineeseen sitoutunut ja poltossa vapautunut hiilidioksidi, CO₂, sitoutuu uudestaan kasvavaan biomassaan luonnon kiertokulun mukaisesti. Tähän fotosynteesiin perustuvaan hiilineutraalisuus linjaukseen perustuvat ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi ja hillitsemiseksi tehdyt päätökset muuttaa energiantuotantoa biopolttoainepohjaiseksi, tavoitteena hiilidioksidineutraali eli hiilineutraali energiantuotanto. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2018/2001.)

Vuonna 2019 Suomen energiantuotannosta katettiin uusiutuvilla energialähteillä 38 % kuvan 1 mukaisesti. Näihin kuuluvat biopolttoaineiden lisäksi vesivoima, tuulivoima, aurinkoenergia ja maalämpö. (Tilastokeskus 2020.)



Kuva 1. Energiantuotannon lähteet Suomen kokonaiskulutuksesta 2019 (Lähde: Tilastokeskus 2020.)

2.1 Biopolttoaine

Biopolttoaineet ovat biomassasta suoraan tai epäsuorasti tuotettuja polttoaineita, joita käytetään energiantuotannossa energialähteenä. Biopolttoaineiksi luetaan puuperäisten polttoaineiden lisäksi myös muut yhteyttämisprosessissa syntyvät eli uusiutuvat biomassat, kuten peltokasvit sekä kierrätys- ja jätepolttoaineiden biohajoava osa. Biopolttoaineita voidaan tuottaa siis puubiomassoista, peltobiomassoista sekä jätteistä. (Alakangas ym. 2016.)

Suomen energian kokonaiskulutuksessa puuperäinen polttoaine on merkittävin uusiutuvan energian lähde. Sen osuus oli 27,9 % vuonna 2019, ja se on kasvanut neljänä vuotena peräkkäin. Se koostuu mustalipeän, teollisuuden ja energiantuotannon puupolttoaineiden sekä puun pienkäytöstä. (Tilastokeskus 2021.)

Peltobiomassojen ja jätteiden käyttö energiantuotannossa on ollut Suomessa vähäistä. Näiden käyttö tilastoidaan koottuna *muihin polttoaineisiin*, joka sisältää kierrätys- ja jättepolttoaineet, polttoaineena käytetyn vedyn, biokaasun, aurinkoenergian ja muun bioenergian. Tämän luokan kokonaisenergiantuotanto

oli vuonna 2019 yhteensä 2,6 %. Tästä biopolttoaineilla tuotettu osuus oli 1,6 %, fossiilisilla 0,9 % ja vedyllä 0,1 %.

Peltobiomassojen osuus sisältyy tilastoissa muun bioenergian osuuteen, minkä osuus oli energian kokonaistuotannosta vain 0,3 %. Jätteiden osuus energian kokonaistuotannosta oli 2,0 %, mikä sisälsi kierrätys- ja jätepolttoaineet eli yhdyskuntajätteistä tai kauppojen ja teollisuuden jätteistä valmistetut polttoaineet, purkupuut eli käytöstä poistetut ratapölkyt, rakennus- ja purkutoiminnan puujätteet sekä muut jätepolttoaineet eli muovi-, kumi- ja ongelmajätteet. Jätteistä 1,1 % luokitellaan biopolttoaineeksi, mikä perustuu jätteen luokiteltuun biohajoavaan osuuteen. Näin olleen fossiiliseksi polttoaineeksi luokitellaan 0,9 % polttoaineena käytettävästä jätteestä. (Tilastokeskus 2021.)

2.2 Metsähake

Tässä tutkimuksessa keskitytään metsästä saatavaan, erityisesti energiantuotantoon suuntautuvaan polttoaineeseen, metsähakkeeseen. Tarkastelussa on mukana myös puhdas pyöreä puutavara, kuten ranka- tai kokopuu, mistä hakettamalla valmistetaan metsähaketta. Metsähakkeella tarkoitetaan siis yleisesti ranka-, kokopuu- ja hakkuutähteestä valmistettua haketta tai mursketta. Energialaitokset hyödyntävät polttoaineen valmiina hakkeena tai murskeena. Hakkeeksi kutsutaan mekaanisesti suorakaiteen muotoiseksi leikattua puuainesta ja murskeeksi vaihtelevaan palakokoon ja -muotoon mekaanisesti murskattua puuta. (Alakangas ym. 2016, 10–15.)

Metsähakkeet tilastoidaan teollisuuden ja energiantuotannon puupolttoaineisiin, ja niitä käytettiin energiantuotannossa vuonna 2019 11 % kokonaisenergiantuotannosta, mikä vastasi 149 905 terajoulea (TJ). Sen osuus energiantuotannossa on kasvanut 2000-luvulla nopeasti vuoden 2000 käyttömäärästä 84 720 terajoulea, ja sen ennustetaan kasvavan energiansiirtymän myötä korvaten osan kivihiihellä ja turpeella tuotetusta energiasta. (Koljonen ym. 2017, 24; Tilastokeskus 2020.)

2.3 Polttoaineen määrään muutos siirryttäessä metsähakkeeseen

Energiantuotantoon tarvittavan polttoaineen eli metsähakkeen määrään vaikuttaa suoraan verrannollisesti sen sisältämä energia. Polttoaineen energiasisältö riippuu sen kemiallisesta koostumuksesta eli hiili- ja vety-yhdisteisiin yhteyttämisprosessissa sitoutuneesta auringon energiasta. Täten polttoaineen energiasisältö on siis sitä suurempi mitä hiili- ja vetypitoisuus on. Puun kuiva-aineesta 99 % koostuu hiilestä, vedystä ja hapesta. (Alakangas 2020, 35.)

Energiamäärää voi verrata monella eri tavalla, mutta käytännöllisin vertailuarvo on tehollinen lämpöarvo saapumistilassa polttolaitokseen eli käyttökos-teudessa. Näin lukuja vertaamalla saadaan havainnollistettua ero tarvittavan polttoaineen määrän muutoksesta siirryttäessä nykyisestä fossiilisesta poltto-aineesta eli kivihielestä, tulevaan hiilineutraaliin biopolttoaineeseen eli metsä-hakkeeseen. (Alakangas 2020.)

VTT:n, Bioenergia ry:n, Energiateollisuus ry:n sekä Metsäteollisuus ry:n julkai-semasta Puupolttoaineiden laatuohjeesta (Alakangas, 2020) sekä Tilastokes-kuksen polttoaineluokitukselta (2021) taulukkoon 1 koottujen tietojen perus-teella hakkeiden kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo on hyvä, noin 69 % kivihii-len vastaavasta. Hakkeilla on kuitenkin varsin korkea kosteuspitoisuus, mikä on noin kolmin-nelinkertainen kivihiileen verrattuna. Tästä johtuen hakkeiden tehollinen lämpöarvo on voimalaitokselle saapumistilassa eli käyttötilassa sel-västi matalampi, rankahakkeen osalta 9,5 MJ/kg ja metsätähdehakkeen osalta 10,0 MJ/kg kun kivihii-len vastaava on 24,8 MJ/kg (taulukko 1).

Taulukko 1. Polttoaineiden ominaisuuksia (Alakangas 2020; Tilastokeskus 2021.)

Polttoaine	Kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo, MJ/kg	Kosteus, p-%	Tehollinen oletus lämpöarvo käyttötilassa, MJ/kg
Kivihiihi	27,0–28,8	8–14	24,8
Rankahake	18,5–20,0	40–55	9,5
Metsätähdehake	18,5–20,0	50–60	10,0

Koska hakkeiden tehollinen lämpöarvo käyttötilassa on vain 38–40 % kivihii-len verrattuna, tarvitaan polttoainetta 2,6–2,5 kertaisesti enemmän saman energiamäärän tuottamiseen.

Jotta polttoainemuutoksen vaikutus toimitettavan polttoaineen määrän muutoksesta antaisi riittävän kuvan, tulee tarkastella muutosta myös tilavuuden osalta. Kivihiiilen tyypillinen tiheys on $0,8 \text{ t/m}^3$ ja lämpöarvo $7,003 \text{ MWh/t}$, kun polttihakkeen tyypillinen lämpöarvo on $0,8 \text{ MWh/m}^3$. Kivihiiilen muuntokertoimista voidaan laskea, että kivihiiilen lämpöarvo on $7,003 \text{ MWh/t} \cdot 0,8 \text{ t/m}^3 = 5,6 \text{ MWh/m}^3$ ja polttihakkeen vastaava $0,8 \text{ MWh/m}^3$. Polttohaketta tarvitaan siis peräti seitsenertainen määrä ($5,6 \text{ MWh/m}^3 / 0,8 \text{ MWh/m}^3 = 7$) tilavuudessa mitattuna saman lämpöarvon saavuttamiseksi. (Alakangas 2000, 11.)

Alakankaan ym. mukaan (2016, 20) hakkeen kuutiometripainoon vaikuttaa puuaineen tiheys, hakkeen tiiviys ja puun kosteus. Vastaava vaikutus on pyöreän puun kuutiometripainoon soveltuvin osin, eikä näille useasta muuttujasta johtuen ole Tilastokeskuksen polttoaineluokituksessa tms. annettu oletustiheyttä (Tilastokeskus 2021). Tästä syystä polttoaineen määrän muutoksessa on hyödyllisempää verrata tilavuuden muutosta kuin tuorepainon.

2.4 Metsähakkeiden logistiikka on suurvolyymituotelogistiikkaa

Suurvolyymituotteiden eli massatuotteiden vaatima logistiikka poikkeaa erikoistuotelogistiikasta, jossa yksittäistä, arvokasta tuotetta kuljetetaan täsmätoimituksena asiakkaalle tilauksen mukaisesti. Suurvolyymituotteet, kuten polttoainehakkeet, taas ovat arvoltaan edullista, ei pääomaa sitovaa. Näitä tuotteita pidetään varastossa suuria määriä, jotta niitä on tarvittaessa aina heti saatavilla. Tuotteita myös kuljetetaan suuria määriä kuljetuskaluston täysinä lasteina ja usein tasaisina, tiheinä virtoina. Näin materiaalivirran hallinnalla tuotteiden logistiikkakustannukset pystytään pitämään mahdollisimman edullisina. Tämä on Tapanisen (2018, 23) mukaan logistiikan peruseräite; asiakkaan tarpeet täytetään ja haittavaikutukset, esimerkiksi kuljetuskustannukset, minimoidaan.

Kuivatavaroidan suurvolyymituotelogistiikka on pääsääntöisesti runkokuljetusta, kun taas jakelu- ja keräilylogistiikassa kuljetetaan pieniä eriä tai yksiköitä tiekuljetuksina. Runkokuljetus on usein raaka-aineen toimitusta tehtaalle, ja suurtuotantotehtaalta esimerkiksi satamiin vientiä varten. Polttoaineen toimitus energialaitokselle on myös runkokuljetusta. Siinä voidaan hyödyntää eri

kuljetusmuotoja: meri-, rautatie- ja tiekuljetuksia. Näistä rautatie ja merikuljetukset hyödyntävät erikoisinfrastruktuuria, rautateitä, satamia ja meriväyliä. (Tapaninen 2018, 27–28.)

2.5 Metsähakkeiden varastointi

Metsähakkeiden varastointi tapahtuu yleensä suuressa mittakaavassa kosteudelta suojaamattomina aumakasoina. Polttolaitoksen tekniset ratkaisut määrittävät, kuinka kosteaa puuta voidaan polttaa. Kun laitos on varustettu lämpöenergiaa talteenottavalla savukaasulauhdittimella, voi puun kosteus olla jopa 50 %. Tuoreen puun kosteus vaihtelee 40–60 % välillä, joten suuret voimalaitokset voivat hyödyntää jopa tuoretta puuta. (Alakangas ym. 2016, 61.)

Suurvoimalaitoksille toimitettavien metsähakkeiden varastointi ei siis vaadi välttämättä kosteudelta suojausta. Kostean puun pitkä varastointiaika aiheuttaa kuitenkin kuiva-ainetappiota. Kuiva-ainehävikkiä tapahtuu olosuhteissa, jossa on kosteaa ja lämmintä, jolloin mikrobit hajottavat biomassaa. Hajoamisesta syntyy hiilidioksidia ja lämpöä, mikä taas edesauttaa kuiva-ainehävikkiä. On tutkittu, että hakkeen alkukosteuden vaikutus on suoraan verrannollinen kuiva-ainehävikkiin. Lämpötilan vaikutuksen ei sen sijaan ole todettu olevan lineaarinen, mutta tutkimuksen perusteella hävikki 0 °C on hyvin pientä, 30 °C 1,2 % kuukaudessa ja 40 °C 1,7 % kuukaudessa. Hävikin on todettu tutkimuksissa olevan suurinta ensimmäisen varastointikuukauden aikana. (Haikonen 2005, 10–11.)

Metsähakkeita varastoidaan suurissa aumoissa, jossa ilman vaihtuvuus on hyvä. Tällä edesautetaan kuivumista ja vähennetään kuiva-ainehävikkiä. On tutkittu, että auman muodolla ja korkeudella on merkitystä kuivumiseen. Aumojen tulisi kuivumisen kannalta olla mahdollisimman korkeita ja terävähuippuisia, jotta ilma kiertäisi mahdollisimman hyvin. Tällöin kuitenkin itsesyttymisriskin on huomattu kasvavan, sillä korkeammassa aumassa sisälämpötila nousee matalampaan verrattuna. Auman tiivistämisellä on ristiriitainen vaikutus kuiva-ainehävikkiin: tiivistetyssä aumassa lämpötila ei pääse nousemaan, mutta myöskään ilma ei pääse kuivattamaan. Itsesyttymisriski on pienempi tiivistetyllä aumalla. Tiivistämisen kokonaisvaikutusta on vaikea todentaa. (Haikonen 2005, 10–11.)

2.6 Huoltovarmuus, energiahuolto

Huoltovarmuus tarkoittaa varautumista poikkeusoloihin sekä vakaviin häiriötilanteisiin varmistamalla yhteiskunnan kannalta kriittiset toiminnot. Suomessa huoltovarmuuden järjestämisestä vastaa Huoltovarmuuskeskus, mikä toimii työ- ja elinkeinoministeriön alaisuudessa. Huoltovarmuuden kannalta on tunnistettu kriittiset painopisteet, joita ovat elintarvikehuolto-, energiahuolto-, finanssiala-, logistiikka-, teollisuus ja terveydenhuoltoala. (Huoltovarmuuskeskus 2021.)

Huoltovarmuuden yhteydessä toimii sektoreita ja pooleja. Sektorien vastuulla on hallinnollisen työn järjestäminen, kuten elinkeinoelämän ja viranomaisten välisen yhteistyön edistäminen, alan varautumisen ohjaus ja koordinointi, huoltovarmuuden kehittämiskohteiden tunnistaminen sekä uhkien ja kehityssuuntien arviointi ja analysointi. Poolien vastuulla on operatiivisen toiminnan järjestäminen, kuten suunnitelmien ja varautumisten laatiminen, ylläpito ja kehittäminen alan yritysten kanssa. Huoltovarmuus nojaa pitkälti yhteistyöhön ja sopimukseen yksityisen sektorin kanssa. (Huoltovarmuuskeskus 2021.)

Energiahuollon päätehtävänä on turvata mahdollisimman häiriötön energian saatavuus niin lämmitys- kuin teollisuuden tarpeisiin. Lisäksi tavoitteena on kilpailukykyisen hintatason sekä energian ympäristöystävällisyyden takaaminen. Energiansaanti perustuu hajautettuun energiantuotantoon. (Huoltovarmuuskeskus 2021.)

Energian varmuusvarastointi

Vihreän energiasiirtymän myötä energian huoltovarmuusvarastointi edellyttää energian huoltovarmuuden turvaamiseksi tehtävien toimenpiteiden säännöllistä uudelleenarviointia, kuten Valtioneuvoston päätöksessä huoltovarmuuden tavoitteista (5.12.2018/1048) on kirjattu. Laki tuontipolttoaineiden velvoitevarastoinnista (28.11.1994/1070) koskee nykyisin kivihiltä, raakaöljyä ja muita öljynjalostuksessa käytettäviä raaka-aineita, öljytuotteista dieselöljyä ja ke-

vyttä polttoöljyä, raskasta polttoöljyä, moottoribensiiniä polttomootoreita varten sekä lentobensiiniä, lentopetrolia ja maakaasua. Se ei siis sisällä hiilineutraalien polttoaineiden varastoimisvelvoitetta.

Valtioneuvoston päätöksen (1048/2018) mukaisen uudelleenarvioinnin yhteydessä tulee tunnistaa biopolttoaineiden ominaisuuksien erilaisuudet velvoitteen täyttämässä, kuten metsähakkeiden osalta varastosäilyvyyden, volyymin kasvun sekä saatavuuden osalta. Metsähakkeiden varastoinnissa tapahtuu kuiva-ainehävikkiä, mikä tulee ottaa huomioon varastosaldoissa, sillä vastaavaa hävikkiä ei nykyisen velvoitteen polttoaineilla ole. Lisäksi varastoitavan volyymin kasvu, energiatarpeen pysyessä samalla tasolla, tulee huomioida riittävien varastopaikkojen osalta. Huoltovarmuuden tulee varmistaa myös energian saanti keli- ja vuodenaikavaihtelusta huolimatta. Metsäkorjuuta hankaloittaa kelirikkoaika Suomessa.

3 SATAMAT, IRTOLASTIEN SATAMAPALVELUT

Satamia voidaan jaotella ryhmiin monella eri tavalla, sillä eri satamat palvelevat erilaisia logistisia tarpeita. Yksi tapa ryhmitellä satamia on jako matkustajatai tavaraliikennesatamiksi tai näiden yhdistelmiksi. Matkustajaliikenne voi olla reittiliikennettä tai risteilyliikennettä. Tavaraliikenteen satamanosat jakaantuvat pääsääntöisen tavaravirran mukaisesti joko tuonti- tai vientisatamiksi tai jako voidaan tehdä myös lastityypeittäin pääosin yksikköliikennettä tai irtolastiliikennettä palveleviin ja irtolastit edelleen kuiva- ja nestetuotteisiin. Vastaavasti jako voidaan tehdä omistuksen pohjalta joko teollisuus- tai yleissatamaksi tai sijainnin perusteella meri- tai sisävesisatamiin. Näinkin usea jakoperusta on mahdollista, koska täysin palveluiltaan identtisiä satamia tuskin on, vaan jokainen on kehittynyt erilaisia logistisia palvelutarpeita vastaaviksi.

3.1 Irtolastien kuljetus, kuivatavara

Kuiva- tai nestetuotteita kuljetetaan joko irtolasteina (engl. bulk) tai suuryksiköissä (engl. unitized). Suuryksiköityinä kuljetukseen käytetään lastaustehokkuutta tuovaa kuljetusvälinettä, kuten konttia. Irtolastina lastattavat kappaleta- varat kuuluvat taas break bulk -lasteihin, kuten sellupaalit tai sahatavarapaketit kokonaislaivauksina. Näitä voi kuljettaa myös suuryksiköissä. Tässä työssä

keskitytään irtotavarana kuljetettaviin kuivalasteihin eli dry bulk -lasteihin sekä niitä palveleviin satamiin. (Tapaninen 2018, 51.)

Irtolastina kuljetettavat kuivatavarat, suurvolyymituotteet, voivat olla hienojakoista tai suurempi rakeista. Viisi suurta irtolastituoteryhmää, rautamalmin, hiilen, viljan, bauksiitin ja alumiinin sekä fosfaatin, muodostavat kolmanneksen maailman meriliikenteestä. Irtolastituotteiden merkittävästä meriliikennemäärästä johtuen hakurahtiliikenne on maailman yleisin merikuljetusmuoto. (Tapaninen 2018, 51.)

Hakurahtiliikenteessä laiva kuljettaa sopimuksen mukaisesti tuote-erän satamasta toiseen ilman, että kuljetuksista muodostuisi jatkuva säännönmukainen ja aikataulutettu linjaliikenne. Kuljetettava erä voi olla joko koko- tai osalasti. Laivan koko määräytyy kuljetettavan erän koon mukaan. Suomen meriliikennetonnista vain alle 30 % kulkee hakurahtina. (Tapaninen 2018, 52.)

Irtolastialuksien koko vaihtelee sisävesi- ja rannikkoalueille suunnitelluista coastereista suuriin valtamerialuksiin. Pienimmät coasterit voivat olla noin 1 000 DWT:n kokoisia, kuten Ronja Marin varustamon mv Riona (Riona vessel details 2009). Suurimmat valtamerialukset voivat olla jopa capesize-kokoluokkaa n. 250 000 DWT, kun taas pienempien valtamerialusten, handymax- ja supramax-kokoluokan, matalampi syväys tuo saavutettavuutta. (Tapaninen 2019, 38.)

Puutavara, hakkeena tai pyöreänä, kuuluu kuiviin irtotavaroihin. Sitä kuljetetaan tutkijan havaintojen mukaan yleensä kokolasteina seuraavasti: haketta vain ruumalastina, haketta ruumassa ja pyöreätä puuta kansilastina tai pyöreätä puuta ruumassa ja kansilastina. Puutavaran kuljetus laivalla on hakurahtiliikennettä, tosin suurissa volyyymeissä hakurahtiliikenteestä voi muodostua ketjutettuja sopimusliikenteitä. (Kallio 2021.)

3.2 Irtolastioperointi, puutavarat

Kuivaa irtolastia operoidaan Tapanisen (2019, 50) mukaan yleensä lo-lo-menetelmällä (lift on–lift off) nostamalla nosturilla tavara alukseen ja purkamalla

vastaavasti. Nosturi voi sijaita joko aluksessa kiinteästi tai satamassa laiturilla. Satamassa sijaitseva nosturi taas voi olla laiturille kiinteästi sijoitettu tai pyörillä tai teloilla liikkumaan pystyvä mobiilinosuri. Mobiilinosurit ovat yleistyneet vapaan liikkuvuuden tuoman joustavuuden sekä eri lastien käsittelyn mahdollistavien nostovälineiden tuoman monipuolisuuden vuoksi. Nostureiden lisäksi kuivia irtotavaroita voidaan lastata vaihtoehtoisesti hyödyntämällä kuljetinta. (Santala 1989, 160.)

Hakelasti voidaan siis lastata tai purkaa aluksesta irtolastikahmarilla varustetulla nosturilla. Lastauksessa voidaan hyödyntää myös kuljetinta. Pyöreätä puuta lastataan ja puretaan vastaavasti puukahmarilla varustetulla nosturilla. Kustannustehokkuutta tuo suuri kahmaritilavuus, sillä hake on kevyttä, eikä paino ole tällöin nostoa rajoittava tekijä. Irtolastioperoinnissa kustannustehokkuutta haetaan suuruudenekonomiasta. Pyritään operoimaan yhdellä työsuorituksella mahdollisimman suurta erää, jolloin kustannus operoitavaa yksikköä kohden alenee (Tapaninen 2018, 26).

Hakkeen siirtämisessä vaakatasossa, esim. varastokasalta laiturille, käytetään lyhyemmillä etäisyyksillä pyöräkuormaajia tai kuljettimia. Pyöräkuormaajan hakekauhan tulee olla vastaavasti tilavuudeltaan suuri. Pyöräkuormaajan etukuljettimeen on sen vapaa liikkumismahdollisuus ja monikäyttöisyys, kuljettimella taas alhainen operointikustannus. Pyöreän puun siirtämisessä käytetään pyöräkuormaajaa, mikä on varustettu puukouralla tai -kahmarilla. Lähietäisyyttä pidemmällä siirtomatkoilla, kuten energialaitokselle toimituksessa, kustannustehokkuutta saadaan hyödyntämällä suurvolyyymisiä ajoneuvojayhdistelmiä. (Tapaninen 2019, 97.)

Irtolastituotteilla voi olla erilaisia ominaisuuksia, mitkä määrittelevät tuotteiden logistisia vaatimuksia. Näitä voivat olla esimerkiksi paino, koko, tiheys, vesipitoisuus, kitkakulma, juoksevuus, tiivistyminen tai jokin vaaraominaisuus. (Song & Panayides 2015, 212.) Hakelasteille on tunnistettu vaaraominaisuus, sillä se aiheuttaa happikadon suljetussa tilassa (International Maritime Solid Bulk Cargoes Code 2020). Tämä vaaraominaisuus ei siis ole ulko-varastointiin liittyvä vaan kuljetukseen liittyvä vaaraominaisuus.

3.3 Satamien edellytykset irtolastien logistiikkapalveluille

Eri tyyppiset logistiikkapalvelut asettavat erilaisia vaatimuksia satamatoiminnan järjestämiselle. On selvää, että irtolastien toiminnalliset logistiikkapalvelut ovat kovin erilaisia kuin esim. matkustajaliikenteen. Tästä syystä tulee vertailla eri satamanosien soveltuvuutta ja edellytyksiä tarjota palveluja nimenomaan irtolastina kuljetettavalle puutavaralle. Nämä vaatimukset on tutkimuksessa jaettu perusedellytyksiin sekä toiminnallisiin edellytyksiin.

3.3.1 Perusedellytykset

Tässä kuvataan ne edellytykset, mitkä ovat aivan perustavaa laatua, jotta satamalla on edellytykset toimia.

Maankäyttö

Satama-alueen maankäytön tulee olla ratkaistu maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti (5.2.1999/132). Lain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että ne luovat edellytykset hyvälle elinympäristölle. Alueiden käytön ja rakentamisen sääntelyn työkaluna toimii kaavoitus, jolla osoitetaan eri toimintojen, kuten asumisen ja työpaikkojen, sijoittuminen kaupungin alueelle. Kaavoituksessa on kolme eri tasoa: maakunta-, yleis- ja asemakaava. Näistä maakuntakaava on yleispiirteinen ja ohjaava koko maakunnan alueelle ja jonka laatii maakuntaliitto. Kunta taas laatii alemman tason kaavat, joista yleiskaava on yleispiirteinen kunnan maankäytön suunnitelma, josta tulee käydä ilmi alueiden käytön periaatteet. Asemakaava taas on tarkin kaavataso kunnan alueiden yksityiskohtaisine rakentamisen ohjauksineen. (Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895.)

Kunnan laatiman kaavan tulee mahdollistaa satamatoiminta eli satama-alueelle tulee siis olla joko asemakaava tai oikeusvaikutteinen yleiskaava, jossa on erityisesti määrätty yleiskaavan käyttämisestä rakennusluvan myöntämisen perusteena ja jossa kaavamerkinnällä osoitetaan alue satamatoiminnan merkinnällä LS. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 44 §.)

Ympäristölupa

Maankäytön lisäksi satamatoiminnalle tulee olla ympäristölupa, sillä toiminto on tunnistettu ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaksi. Tämän vaaran

perusteella satamatoiminta on sisällytetty ympäristönsuojelulain liitteen 1, taulukkoon 2, luvanvaraiset toiminnot. (Ympäristönsuojelulaki liite 1.) Ympäristölupamenettelyssä varmistetaan, ettei toiminnasta lupamääräyksien ja toiminnan sijoituspaikka huomioon ottaen aiheudu terveyshaittaa tai merkittävää ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. Satamien ympäristölupien toimivaltainen lupaviranomainen on Valtioneuvoston asetuksen (4.9.2014/713) mukaisesti valtion lupaviranomainen, aluehallintovirasto. Ympäristölupien valvojana toimii valtion lupaviranomaisen myöntämissä ympäristöluvuissa vastaavasti valtion ELY-keskuksien ympäristöviranomainen. (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.)

Lupamenettelyssä toiminnanharjoittajan tulee antaa hakemuksessa tarpeellinen selvitys suunnitellusta toiminnasta ja sen vaikutuksista. Ympäristöluvan kertoelmaosiossa kuvataan haettu toiminto, ratkaisuosiossa päätös asiaan sekä erilaiset määräykset ja velvoitteet perusteluineen. Koska eri tyyppiset satamatoiminnot poikkeavat niin toiminnoiltaan kuin vaikutuksiltaan toisistaan, on eri satamilla omat yksilölliset ympäristöluvut määräyksineen. Koska tässä tutkimuksessa keskitytään puutavaran eli hakkeen ja pyöreän puun logistiseen käsittelyyn sekä mahdollisuuteen hakettaa puutavaraa, tulee vertailtavien satamanosien ympäristöluvuissa olla mahdollisuus irtotavaroiden käsittelyyn ja nämä toiminnot tulee olla kuvattuna kertoelmaosassa. (Valtioneuvoston asetus 4.9.2014/713.)

Satamatoiminnasta ja irtotavaroiden käsittelystä aiheutuvia mahdollisia vaikutuksia on tunnistettu mm. seuraavia:

- Päästöt vesistöön, joita voi syntyä kenttäalueilta hulevesien mukana joko mahdollisessa onnettomuustilanteessa työkoneen vuodon tai irtolastien käsittelyn yhteydessä hienojakoisen ainesosan huuhtoutumista tai sataman vesialueella liikennöivän aluksen öljypäästö.
- Päästöt maaperään, joita voi syntyä, jos sataman alueita ei ole kesto-päällystetty tai siinä olisi rikkouma.
- Päästöt ilmaan, joita syntyy liikenteestä, toiminnasta ja lämmityksestä eli alus-, maantie- ja raideliikenteestä, työkoneista, irtolastien pölyämisestä sekä lämpökeskuksista.
- Melua aiheutuu liikenteestä eli alus-, ajoneuvo- ja raideliikenteestä sekä varsinaisesta toiminnasta eli tavarankäsittelystä, sataman palvelu-toimista sekä laivojen lastin purku- ja lastausoperaatioista. Toiminnalle luonteenomaista ovat mm. ajoittaiset kolahdukset.
- Tärinää voi syntyä raskaasta liikenteestä, erityisesti rautatieliikenteestä.

- Hajua voi ajoittain aiheutua erilaisten jätejakeiden tai käsiteltyjen tuotteiden, kuten kreosoottipylväiden, käsittelystä ja varastoinnista.
- Jätehuollon järjestämisen velvollisuudesta, jätettä syntyy itse satamatoiminnasta sekä vastaanotetaan aluksista merenkulun ympäristönsuojelulain (29.12.2009/1672) velvoittamana.

(Lähde: Loviisan Satama Oy:n Loviisan sataman toiminnan muuttamista koskeva ympäristöluvan päivitys sekä pyyntö muuttaa nykyisiä lupamääräyksiä tietyiltä osin 2021.)

Ympäristöluvan määräyksien mukaisesta toiminnasta *ei aiheudu terveystaitaa, merkittävää muuta ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa, maaperän tai pohjaveden pilaantumista tai erityisten luonnonolosuhteiden huonontumista, vedenhankinnan tai yleiseltä kannalta tärkeän muun käyttömahdollisuuden vaarantumista toiminnan vaikutusalueella eikä eräissä naapurussuhteista annetussa laissa tarkoitettua kohtuutonta rasisusta naapureille* (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.)

Väyläverkosto

Satamassa maa- ja vesiliikenne kohtaavat. Sataman toiminnan mahdollistaa sijainti vesiväylän ja maayhteyden eli tie- ja mahdollisen rautatieyhteyden yhtymäkohdassa. Suomen liikennejärjestelmästä ja maanteistä määrätään laissa, minkä perusteella suunnittelussa tulee sovittaa yhteen valtakunnalliset ja alueelliset tavoitteet sekä luoda edellytykset toimivalle liikennejärjestelmälle ja sen kehittämiseksi. Samassa laissa säädetään myös maanteiden palvelutalosta ja valtakunnallisesti merkittävästä tie- ja rautatien runkoverkosta. Runkoverkko yhdistää valtakunnallisesti ja kansainvälisesti suurimmat kesukset sekä solmukohdat ja palvelevat pitkänmatkan liikennettä. (Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 23.6.2005/503.)

Väyläverkostoon kuuluvat *tieverkko*, mikä koostuu maanteistä, kunnan katuverkostosta ja yksityisteistä, *rataverkko*, mikä koostuu valtion rataverkosta ja yksityisestä rataverkosta mm. teollisuuslaitoksien ja satamien sekä *vesiväylät*, jotka koostuvat kauppamerenkulun pääväylistä sekä muista väylistä. Maanteillä tarkoitetaan valtion väyläviraston hallinnoimia valtateitä, kantateitä, seututeitä tai yhdysteitä. (Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 23.6.2005/503.)

Vesiväylien soveltuvuus aluksille riippuu useasta osatekijästä. Väylävirasto suunnittelusta vastaavana on laatinut ohjeistuksen, jonka mukaan määritellään mitoitusperusteet, väylän linjauksen ja geometrian suunnittelu, väyläleveyden ja -syvyyden mitoitus sekä suunnitellaan merkinnät. Suunnittelu- ja mitoitus perustuvat aluksen käyttäytymisen matemaattisen mallintamisen sekä käytännön kokemusten hyödyntämiseen. Suunnittelussa väylälle määritellään mitoitusalue, joka edustaa normaalitilanteessa suurinta väylää toistuvasti täydessä lastissa ja väylän täyttä kulkusyvyyttä käyttävä alus, jonka navigointiominaisuudet ovat kyseisen alustyyppiin nähden keskitasoiset. Mitoitusalue ei kuitenkaan ole suurin mahdollinen väylälle soveltuva alue, vaan soveltuvuus arvioidaan tapauskohtaisesti. (Laivaväylien suunnitteluohjeet 2018.)

3.3.2 Toiminnalliset edellytykset

Tässä kappaleessa kuvataan ne toiminnalliset edellytykset, jotka on tunnistettu irtolastitoiminnan järjestämisen edellytyksiksi. Näitä ovat soveltuva laituri ja riittävä varastokenttäinfrastruktuuri.

Laiturit

Merikuljetukset hyödyntävät erikoisinfrastruktuuria, kuten laitureita, joten niiden olemassaolo ja soveltuvuus on oleellista (Tapaninen 2018, 27–28). Suuruudenekonomian tavoittelu eli mahdollisimman suuren eräkoon operointi on kasvattanut nosturien ja materiaalinkäsittelykoneiden tehokkuutta ja samalla kokoa niin, että se aiheuttaa lisävaatimuksia kantavuuden osalta laituri-infrastruktuurille. Esimerkiksi suomalaisen Mantsinen Oy:n mallistoon kuuluu maailman suurin hydraulinen materiaalinkäsittelykone, Mantsinen 300, joka on omapainoltaan 380 tonnia ja jonka nostokapasiteetti voi olla jopa 50 tonnia, jolloin yhteispaino varusteluineen voi ylittää 430 tonnia (Mantsinen 2019b).

Satamien laituri-infrastruktuuri on mitoitettu ja suunniteltu rakennusajan käytölle soveltuvaksi. Täten kasvanutta konekantaa ei voi ilman kantavuustarkastelua sijoittaa laiturille, jota ei ole kyseiselle kuormitukselle suunniteltu. (Santala 1989, Pölläsen ym. 2005, 96 mukaan.)

Varastokentät

Tapanisen mukaan (2018, 23) suurvolyymituotelogistiikassa, kuten irtotavara-satamissa, tavaroita varastoidaan ja kuljetetaan suuria määriä, kun taas yksikköliikennesatamissa tavarat läpivirtaavat sataman kautta (kappale 2.4). Irto-lastisatamissa varastokenttien tulee siis olla riittävän suuret, jotta niille voidaan sijoittaa purettavien ja/tai lastaavien alusten suuretkin kertalastimäärät sekä mahdolliset tarpeelliset varmuusvarastot (Vuoristo 1994, Pöllänen ym. 2005, 95 mukaan). Tuotteiden ominaisuudet määrittelevät tilantarvetta ja metsähakkeet vaativat seitsenkertaisesti tilaa verrattuna kivihiileen, kuten kappaleessa 2.3. on todettu.

4 TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

Tässä luvussa kerrotaan tutkimuksen käsittelyjärjestyksestä. Ensin esitellään tutkimuskohteen ja työn tilaajan, Helsingin Satama Oy:n, merkitystä Suomen satamakentässä sekä kuvataan yhtiön hallinnoimat satamanosat jaotellen ne eri logistiikkapalveluiden perusteella. Seuraavaksi kuvataan kivihiileen perustuvan energiantuotannon logistiikan järjestelyt sekä kerrotaan tehdyt päätökset kivihiilen korvaamisesta bioenergialla ja Helen Oy:n uuden lämpölaitoksen investointipäätöksestä. Tämän jälkeen kuvataan tutkimuksen suorittamista käytännössä sekä aikaa jolloin empiiristä aineistoa on kerätty ja millä askelmerkeillä tutkimuskysymykseen on lähdetty hakemaan vastauksia. Askelmerkeiksi tunnistettiin metsähakkeen ominaisuuksien ja niiden määrittelemien vaatimusten mukaisen logistiikan tunnistaminen, minkä jälkeen tunnistettiin satamatoiminnan perus- ja toiminnalliset edellytykset sekä vertailtiin näiden vastaavuutta tunnistettuihin vaatimuksiin.

4.1 Helsingin Satama Oy

Helsingin Satama Oy on Suomen merkittävin yksikköliikenne- ja matkustajasatama. Pääosa Suomeen tuotavasta vähittäiskaupan tavaroista tulee Helsingin kautta, ja sataman kautta kuljetettavan tavararvon osuus on noin 40–50 % Suomen merikuljetuksen osuudesta. (Karvonen & Jousilahti 2019, 4.) Matkustajaliikenteen osalta Helsingin Satama on Suomen suurin, ja vuonna 2017 se ylsi maailman vilkkaimmaksi matkustajasatamaksi ohi Doverin (YLE 2018).

Helsingin hallinnoimat satamanosat:

- Eteläsatama on erikoistunut palvelemaan linjaliikennettä. Satamanosassa liikennöivissä matkustaja-autolautoissa yhdistetään matkustaja- ja tavaraliikenne. Lisäksi Eteläsatama palvelee risteilyliikennettä.
- Hernesaari palvelee kansainvälistä risteilyliikennettä.
- Kantvikin eteläsatama on erikoistunut irtolastien palvelemiseen. Sataman kautta kulkee esim. sokeria, sementtiä ja kivihiiltä. Helsingin kaupunki omistaa sataman neljän hehtaarin alueen, jonka Helsingin Satama Oy on vuokrannut ja vuokraa sitä edelleen Oy Kantvik Shipping Ltd:lle.
- Katajanokka on Eteläsataman tavoin erikoistunut palvelemaan linjaliikennettä ja liikennöivissä matkustaja-autolautoissa yhdistetään matkustaja- ja tavaraliikenne. Lisäksi Katajanokka palvelee risteilyliikennettä.
- Loviisan satama on yleissatama, mikä palvelee irtolasteja, kappaletavaroita ja projektilasteja. Sataman kautta kulkee niin tuonti-, vienti- kuin transitokuljetuksia. Tärkeimmät tuotteet ovat antrasiitti, vilja sekä metsäteollisuustuotteet. Helsingin Satama omistaa 60 % satamasta.
- Länsisatama on myös erikoistunut palvelemaan linjaliikennettä. Satamanosassa liikennöivissä matkustaja-autolautoissa yhdistetään matkustaja- ja tavaraliikenne.
- Vuosaari on keskittynyt pääosin palvelemaan tavaraliikennettä, erikoistuen yksikköliikenteeseen. Yksikköliikenne käsittää kontti- sekä roroaluksien liikennöinnin. Satamassa palvellaan myös projektilasteja, kappaletavaralaivauksia sekä RoPax-aluksilla kulkevaa matkustajaliikennettä.

(Lähde: Helsingin Satama s.a.)

4.2 Nykytilanteen kuvaus

Nykyisellään kivihiilivarastot ovat sijainneet joko polttolaitoksen yhteydessä, kuten Helen Oy:n Helsingin Hanasaaren voimalaitoksen tai pääosin polttolaitoksen tuontisatamassa, kuten Lahti Energia Oy:n varastot sijaitsivat Loviisan Sataman alueella 1980–2016. Kivihiili on irtolastina kuljetettavaa tuontitavaraa, joka tuodaan laivakuljetuksilla Suomeen ja johon kohdistuu varastointiveloite lain tuontipolttoaineiden velvoitevarastoinnista perusteella (1070/1994). Rannalla sijaitsevan polttolaitoksen yhteydessä sijaitsevat myös tarvittavat laiturij- ja kenttärakenteet, jotta kivihiili voidaan purkaa laivasta suoraan varastokasalle. Kun polttolaitos on sijainnut sisämaassa, on tarvittu siirtokuljetusta.

Helen Oy on päättänyt sulkea Hanasaaren voimalaitoksen ennen aikaisesti 1.4.2023 mennessä. Helsingin kaupunginvaltuuston päätöksen mukainen sulkemisaika oli vuoden 2024 loppuun mennessä (Helsingin kaupunki 2021; Helsingin kaupunginvaltuuston päätös § 332. 2.12.2015). Voimalaitoksen tuotanto

korvataan hajautetusti ja Vuosaaren rakennettavan biolämpölaitoksen on arvioitu kattavan noin neljäsosan Hanasaaren lämmöntuotannosta. Uuden voimalaitoksen käyttöönotto on lämmityskaudella 2022–2023. (Uusitalo 2020; Vuosaaren biolämpölaitos 2020.)

Koska Vuosaaren satama on vahvasti erikoistunut linjaliikenteelle sekä yksiköliikenteelle, on Helsingin sataman tarkasteltava Vuosaaren polttolaitoksen tuontibiopolttoaineen logistiikan järjestämistä laajemmin, minkä hallitsemansa satamanosan kautta pystytään tarvittaessa varmistamaan tuontilogistiikkapalvelut konserniyrittäjälle (Kallio 2021).

4.3 Tutkimuksen suorittaminen käytännössä

Tutkimuksen empiriaosuuden aineiston kasaaminen tutkimustulokseksi tapahtui vuosien 2020–2021 aikana. Tavoitteena oli muodostaa selkeä kuva toimeksi-antajalle realistisista mahdollisuuksista turvata bioenergian logistiikka konsernin energiayhtiölle.

Tutkimusprosessissa perehdyttiin tutkimusongelmaan kartoittamalla ensin energiayhtiölle kuljetettavan lopputuotteen, metsähakkeen, ominaisuudet ja niiden määrittämät logistiset vaatimukset. Hakkeen keskimääräisenä kuutiometripainona on tässä tutkimuksessa käytetty 300 kg/m^3 ja pyöreälle puulle 900 kg/m^3 , niiltä osin kuin logistisia vaatimuksia on tutkittu. Muilta osin on hyödynnetty Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen VTT:n tutkimusraporttia puupolttoaineiden ominaisuuksista sekä Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan yhteenvetoraporttia energia ja ilmastostrategian vaikutusarvioista. Bioenergian ja eri polttoaineiden luokittelu sekä käyttömäärien tilannekuvan muodostamiseen hyödynnettiin Tilastokeskuksen raportointia.

Tämän jälkeen määritettiin energiayhtiön polttoainesaatavuuden turvaamiseksi tarvittavaa tilantarvetta ja vaikka laki tuontipolttoaineiden velvoitevarastoinnista (1070/1994) ei nykyisellään koske metsähakkeita, on energiayhtiöiden varauduttava oman toiminnan varmistamiseksi riittävillä omassa hallinnassa olevilla polttoainevarastoilla. Tilantarpeen määrittelyssä käytettiin Vuosaaren biolämpölaitoksen ympäristöluvan tietoja sekä haastatteluista saatua kokemusperäistä tietoa operatiivisista satamatoiminnoista.

Seuraavaksi vertailtiin tutkittavien satamanosien soveltuvuutta tunnistetuille vaatimuksille. Ensin vertailtiin *perusedellytyksiä* ja sen jälkeen *toiminnallisia edellytyksiä*. Aineistona on hyödynnetty eri satamanosien kaavakarttoja, ympäristölupia, Väyläviraston väyläkortteja ja tie- ja rautatieverkostokarttoja, varustamoiden alustietoja sekä materiaalinkäsittelykonevalmistajan teknisiä tietoja, satamien infrastruktuuritietoja, kuten laituripiirustuksia ja aluekarttoja. Lisäksi tiedonhankinnassa on hyödynnetty tutkimushaastatteluja, niiltä osin kun tutkittua tietoa ei ole ollut saatavilla. Haastateltaviksi valikoitui operatiivisen ahtaustyön johtamisesta vastuussa olevat, satamaoperaattori Lovisa Forwarding and Stevedoring Oy:n ylityönjohtaja, Mikko Ahokainen (2021) sekä Kantvik Shipping Ltd:n Operations Manager Thomas Nyberg (2021), joiden lisäksi haastateltiin Helsingin Satama Oy:n Vuosaaren sataman rahtiliiketoimintajohtajaa, Jukka Kalliota (2021). Kaikilla haastatelluilla on pitkä työura alalta.

4.3.1 Perusedellytykset

Sataman perusedellytyksien osalta tutkittiin maankäytön ratkaisut eli alueiden lainvoimaisten kaavojen perusteella, onko alueelle osoitettu satamatoimintaa. Lainvoimaisten kaavojen lisäksi tutkittiin kunnan mahdollisia suunnitelmia alueiden maankäytölle.

Tässä vaiheessa tutkittiin myös ympäristölupatilanne. Siitä huolimatta, että ympäristölupa on toiminnallinen lupa, on se kuitenkin perusedellytys. Metsähakkeiden käsittely vaatii irtolastitoimintojen luvittamisen, minkä lisäksi myös mahdollinen polttoaineen työstämismahdollisuus energialaitokselle toimitettavaan valmiiseen muotoon eli hakkeeksi tulee olla erikseen luvitettua.

Liikenneyhteyksien soveltuvuutta verrattiin vesiväylän osalta väylän mitoitus-alueen kokoluokkaa tyypilliseen vastaavien irtolastien kuljettamiseen käytetyn laivan kokoluokkaan ja pääteltiin näin satamanosan soveltuvuus kuljetukseen nykyisellä, käytössä olevalla vesiväylällä. Metsähakkeita kuljetetaan eri kokoisella kalustolla, joista coaster alueen kokoluokkaa voidaan pitää riittävänä Itämeren hankinta-alueelle. Tässä työssä vertailuun valittiin puutavaran kuljetukseen erikoistuneen varustamon Naval Shippingin sekä irtolastikuljetuk-

siin erikoistuneen varustamon ESL Shippingin erilaisia alustyyppejä coastereiden osalta. Vesiväylän riittävyttä vertailtiin seuraaville alustyypeille, joiden mitat ovat:

- mv Jütland, pituus 119,98m, leveys 15,20m ja suurin syväys 7,03m.
- mv Pasila, pituus 137,15m, leveys 21,60m ja suurin syväys 8,19m.

(Lähde: Naval Shipping s.a.; Pasila vessel details 2021.)

Koska periaatteessa hankinta-alue voi ylettyä Itämeren hankinta-alueita kauemmas ja tällöin suuremmilla valtamerialuksilla suoritettavaksi, tarkasteltiin myös handy-max- ja supramax-alusten osalta vesiväylän riittävyttä. Tällöin potentiaalinen mahdollisuus hyödyntää huomattavasti laajempaa hankinta-alueita ja aluskalustoa säilyy. Tätä ei kuitenkaan pidetty poissulkevana asiana satamanosien vertailussa, sillä on todennäköisempää, että aluskalusto koostuu coaster kokoluokasta.

- Handy-max aluksen n. mitat, pituus 200m, leveys 33m ja syväys 12m.
- Supramax aluksen n. mitat, pituus 199m, leveys 33m ja syväys 13m.

(Lähde: Raunek Kantharia 2021)

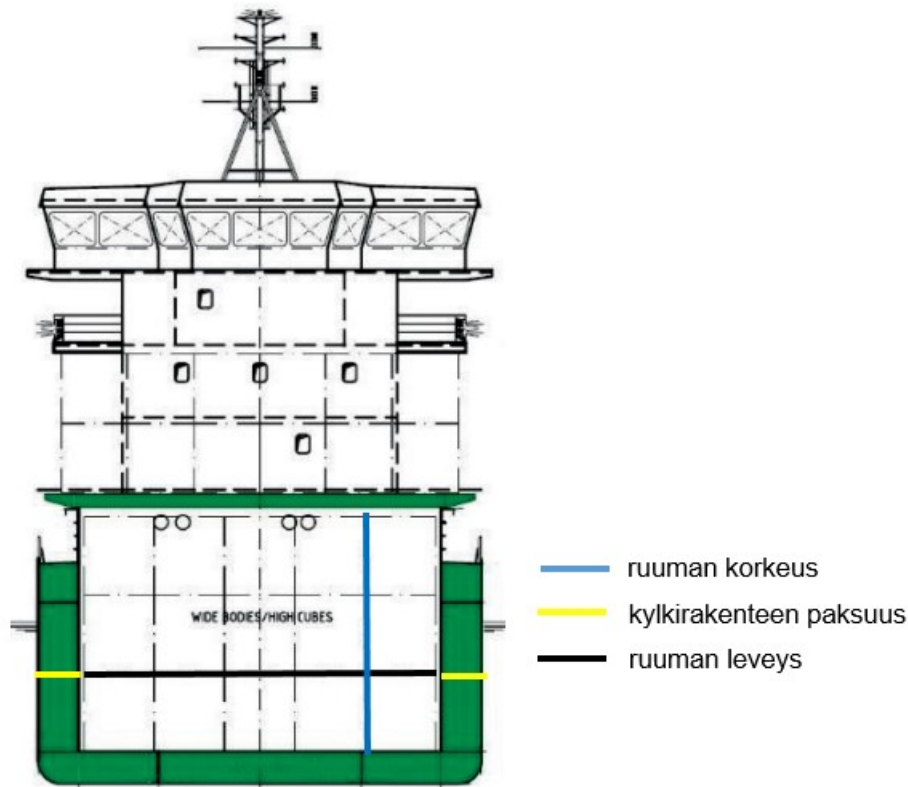
Vesiväyläyhteyden lisäksi vertailtiin maayhteyksiä. Vertailussa tutkittiin, voidaanko satamanosan tieyhteydelle osoittaa lisää raskasta liikennettä. Johtopäätös muodostettiin sen perusteella, palveleeko tieyhteys nykyisin raskasta liikennettä tai onko satamanosaan johtavan tieyhteyden tasoluokka riittävä. Lisäksi vertailtiin rautatieyhteyden mahdollisuutta. Vertailu tehtiin sen perusteella, onko satamanosaan nykyisin rautatieyhteyttä ja onko sillä vapaata kapasiteettia kuljetuksille.

4.3.2 Toiminnalliset edellytykset

Toiminnallisiin edellytyksiin oli tunnistettu satamien erikoisinfrastruktuuria. Oleellista on laituri-infrastruktuurin soveltuvuus irtolastitoiminnalle sekä riittävä kenttäkapasiteetti varastoinnille. Laiturin soveltuvuutta irtolastien käsittelyyn tutkittiin selvittämällä: minkälaisella nosturikalustolla nykyisin operoidaan?, onko kyseinen kalusto riittävä? sekä voisiko laitureille laitureityypin tai kantavuuden perusteella sijoittaa käsittelyyn soveltuvia nostureita tai materiaalinkä-

sittelykoneita? Tunnistettiin myös tilanne, missä alus on varustettu omilla nostureilla, jolloin kantavuustarkastelussa riittää työkoneiden kantavuuden kesto. Ensin pääteltiin laiturille sijoitettava riittävä konekanta, minkä määrittelyssä nosturin osalta reunaehtoina pidettiin nostokykyä ja ulottumaa sekä työkoneiden osalta tehokkuutta.

Ulottuvuuden osalta tarkasteltiin sitä, että nosturilla pystytään purkamaan alus laiturille sijoitettavalla nosturilla. Alusten mittasuhteet vaihtelevat, mutta tarkastelussa purettavaksi alukseksi valittiin Navalis Shippingin sekä ESL Shippingin laivastoista suurempia, puutavarankuljetukseen soveltuvia aluksia, joita ei ole varusteltu laivanostureilla. Koska Navalis Shippingin alus mv Finnlandin ruuman mitat, leveys 13,5 m ja korkeus 8,9 m, ovat suuremmat kuin ESL Shippingin tytäryhtiön AToB@C Shippingin mv Capellan, leveys 11,16 m ja korkeus 8,65 m, tarkastellaan tarpeellista nosturiulottumaa vain mv Finnlandin osalta. Mv Finnlandin poikkirakenteen perusteella, kuten havainnollistettu kuvassa 2, voidaan laskea aluksen kylkirakenteen paksuuden olevan $16,5 \text{ m} - 13,5 \text{ m} / 2 = 1,5 \text{ m}$, kun ruuman leveys on 16,5 m. Koska laiturin ja aluksen väliin jää myös törmäyssuojat eikä nosturia saada sijoitettua aivan laiturin reunalle jo kiinnityspollareiden vaatiman tilan vuoksi sekä mahdollisten laiturirakenteen kuormitusrajoituksen perusteella, oletetaan laskennallisesti 2 m etäisyys aluksen ulkokyljelmästä nosturin tukijalan, renkaiden tai telien väliin. Tällöin nosturin tulee ulottua aluksen ruuman merenpuolen laitaan $13,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m} + 2 \text{ m} = 17 \text{ m}$ etäisyydelle sekä 8,9 m syvän ruuman pohjalle. Tutkimuksessa huomioitiin, että nosturin valmistaja ilmaisee ulottuvuuden nosturin keskilinjasta. (Navalis Shipping s.a.; AtoB@C Shipping 2021; Mantsinen 2019a.)



Kuva 2. Navalis Shippingin mv Finlandin poikkileikkauskuva (Lähde: Navalis Shipping s.a.)

Tarvittavaa nostokykyä tarkasteltiin hakkeen ja pyöreän puun kertanostojen kautta. Irtotavaran käsittelyssä suuruuden ekonomian tavoittelun periaatteen mukaisesti myös kahmarien tilavuuden tulee olla riittävän suuri, mutta nostettava määrä ei saa ylittää nostolaitteelle määritettyä suurinta turvallista nostokuormaa, SWL. (Ahokainen 2021.)

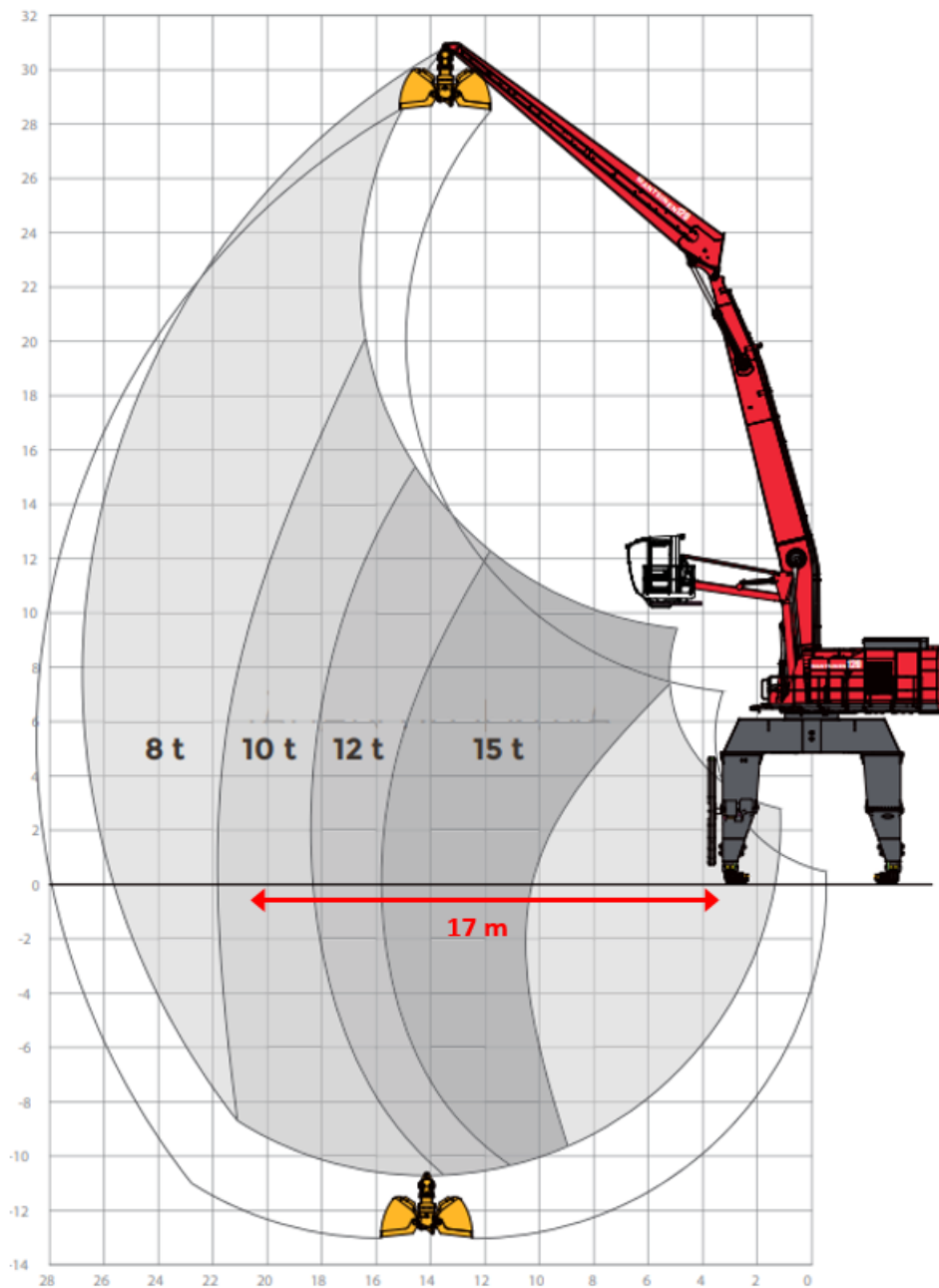
Hakekahmarin osalta päädyttiin tarkastelemaan 14 m^3 nostovälinettä, mikä käytännön kokemuksessa on osoittautunut tehokkaaksi ja riittäväksi. Kertanoston painoksi voidaan näin laskea $14 \text{ m}^3 \cdot 0,3 \text{ tn/m}^3 = 4,2 \text{ tn}$ ja kun otetaan kahmarin omapaino 7 tn huomioon, on kokonaisnoston paino laskennallisesti $11,2 \text{ tn}$. Puukahmarilla nostettava rankapuun tilavuus riippuu kahmarin koon lisäksi rankapuun pituudesta. Jos kahmarin pinta-ala on $2,5 \text{ m}^2$, olisi kertanoston tilavuus 5 metrin rankapuulla noin $12,5 \text{ m}^3$ ja vastaavasti 3 metrin puulla $7,5 \text{ m}^3$. Tällöin kertanostopainot olisivat $12,5 \text{ m}^3 \cdot 0,9 \text{ tn/m}^3 = 11,3 \text{ tn}$ ja $7,5 \text{ m}^3 \cdot 0,9 \text{ tn/m}^3 = 6,8 \text{ tn}$. Koska puukahmareiden SWL on 10 tn tulee pitkien puiden

osalta suorittaa vajaita nostoja, jollei puu ole tässä oletettua kevyempää. Puukahmarin omapaino on 3 tn, joten kokonaisnostopaino vaihtelee 9,8–13 tn. (Ahokainen 2021.)

Nostokyvyn ja ulottuvuuden tarkastelusta voidaan päätellä, että käsittelyyn ei tarvita maailman tehokkainta ja suurinta konekantaa, vaan toimintaan nähden riittäväksi mitoitettua. Riittävänä konekantana päädyttiin tarkastelemaan satamissa yleisesti käytössä olevan Mantsinen Group Oy:n materiaalinkäsittelykonemalliston mobiilinosturyyppiä, 120R Hybrilift, jonka suurin ulottuma on 27,4 metriä. Kuvassa 3 on havainnollistettu kyseisen mobiilinosturin ulottuma verrattuna mv Finnlandin purkuun vaadittavaan 17 metriin, jolloin nostokyky on 10 tonnia tällöin myös ruuman pohjalla. Laivan keskivaiheilla nostokyky kasvaa 12 tonniin ja laiturin puolella aina 15 tonniin. Nostokyky ja ulottuma ovat kyseisellä konetyypillä riittävät aiemmin mainituille nostovälineille. Toki nosturinkuljettajan tulee tarkkailla noston kokonaispainoa ja keventää tarvittaessa kuormaa. (Ahokainen 2021; Mantsinen 2019a.)

Kuvasta 3 voi myös päätellä, että valtamerialuksien eli ns. handy- ja supra-maxluokan alusten, joiden oma leveys on yli 30m, purussa tulee hyödyntää aluksen omia nostureita tai tarkastella tapauskohtaisesti purkumahdollisuutta esimerkiksi kääntämällä alus laiturissa. Valtamerialusten purkuun tulisi nosturin ulottuvuuden olla Mantsisen suurimpien konetyyppien 300-luokkaa. Nämä konetyypit ovat huomattavasti painavampia, 280–380 tn kun tarkasteltavan konetyypin omapaino on 140 tn. (Mantsinen 2019a; Mantsinen 2019b.)

Lifting capacity range with 15 m curved main boom and 13 m stick



Kuva 3. Mantsinen 120 Hybrilift ulottumataulukko verrattuna mv Finnlandin operointiin (Lähde: Mantsinen 2019a.)

Kenttäkapasiteetin riittävyttä arvioitiin määrittämällä varastoitavaksi hakkeen määräksi noin puolen kuukauden eli 15 päivän polttoainemäärän vaatima tilantarve. Vuosaaren biolämpölaitoksen ympäristölupapäätöksessä on mainittu polttolaitoksen hakevaraston kooksi noin 31 000 cbm, jonka arvioidaan riittävän neljäksi vuorokaudeksi. Tästä on johdettu seuraavasti 15 vuorokauden varastointitarve: $31\,000\text{ m}^3 / 4\text{ vrk} * 15\text{ vrk} = 116\,250\text{ m}^3$. (Vuosaaren biolämpölaitoksen ympäristölupapäätös 2019.)

Kun varastokasaa rakennetaan pyöräkuormaajalla työntämällä, on muodostuvan varastokasan korkeus noin seitsemän metriä, työntöpuomia hyödyntäen. Kasakorkeutta saataisiin tarvittaessa korotettua kuljetinta tai mobiilinosturia hyödyntäen tai varastokasan päälle siirtotyökoneella ajamalla, mutta tässä työssä tarkastellaan tavanomaista tilannetta satamassa. Soveltuvana pyöräkuormaajana voidaan pitää esimerkiksi Volvon L180H 8 m³ hakekauhalla varusteltuna. Varastotilan laskemisessa käytetään keskimääräisenä kasakorkeutena kuutta metriä, sillä kasan reunoilla menetetään tehokkuutta kitkakulmasta johtuen. Edellä mainituilla oletuksilla laskettu tilantarvevaatimus on noin $116\,250\text{ m}^3 / 6\text{ m} = 19\,375\text{ m}^2$. Täten kenttätilaa tulisi olla vähintään kaksi hehtaaria käytössä. (Ahokainen 2021.)

5 TUTKIMUSTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää, minkä satamanosansa kautta Helsingin Satama Oy pystyy turvaamaan konserniyhtiön, Helen Oy:n, bioenergian logistiset tarpeet erityisesti tuontien energian osalta. Tutkimuksessa selvitettiin, mitä muutos bioenergiaan siirtymisestä tarkoittaa polttoainelogistiikan järjestämiselle sekä mikä tai mitkä Helsingin satamanosat voivat turvata polttoaineen merikuljetukset. Seuraavassa esitellään tutkimuksen tulokset ja huomataan, että tutkimuskysymykseen on saatu vastaus.

5.1 Muutokset logistiikalle metsähakkeeseen siirryttäessä

Merkittävimmät muutokset energiantuotannon siirtyessä kivihielestä metsähakkeen polttamiseen koskevat volyymin seitsenkertaistumista, jos tavoitellaan vastaavaa lämpöarvoa, mitä kivihiehellä on tuotettu. Tällöin kuljetuskalustoa sekä varastokapasiteettia tarvittaisiin siis moninkertaisesti. Vuosaaren rakennettavassa biolämpölaitoksessa ei kuitenkaan ole tarkoitus korvata kivihiehellä tuotettua energiamäärää täysin metsähakkeilla vaan noin neljännesosalla, tukeutuen muulta osin hajautettuun energiantuotantoon. Täten metsähakkeilla korvattava polttoainevolyymi olisi kokonaisuudessaan $7 \cdot 25\% = 1,75$ kertainen Hanasaaren lämpövoimalaitoksen käyttämään kivihieleen verrattuna. Pienemmän muutoksen polttoainevolyymiin tuo myös metsähakkeen kuiva-ainehävikki, mitä ei ole otettu huomioon laskelmassa suhteellisen vähäisen merkittävyyden vuoksi (kts. kappale 2.5).

Kivihiili on ollut täysin tuontipolttoainetta, kun taas metsähaketta pyritään hankkimaan kotimaasta. On oletettavaa, että osa biopolttoaineista joudutaan tuomaan ulkomailta (Vuosaaren biolämpölaitos 2020). Kotimaan metsähakkeiden saatavuuteen vaikuttaa Suomessa erilaisten metsätalouden ja metsäteollisuuden sivuvirtojen saatavuus. Tulevaisuudessa kysynnän lisääntyessä odotetaan hintojen nousun myötä markkinoille ohjautuvan nykyisin kannattamattonta korjuupotentiaalia sekä harvennushakkuurästejä. Metsähakkeiden riittävyyttä on arvioitu Valtioneuvoston Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarvioinnin yhteenvetoraportissa eri skenaarioilla: perusskenaariolla (WEM) sekä poliittisella skenaariolla (WAM), joissa molemmissa on arvioitu, että puun energiankäyttöön tarvitaan tuontipuuta vuonna 2030. Tällöin kokonaiskäyttömäärästä ulkomaista alkuperää olisi WEM-skenaariossa 1,0 milj. m³/v ja WAM-skenaariossa 1,1 milj. m³/v. (Koljonen ym. 2017, 57.)

Kivihiili sekä metsähake ovat kuivia irtolastituotteita, joita kuljetetaan samoilla laivatyypeillä, lolo-aluksilla. Laivakoko saattaa vaihdella, koska Itämerenalueen satamien väyläyhteydet sekä saatavilla olevat metsähakkeiden toimituserät vaihtelevat perinteisistä kaivannaisteollisuutta palvelevista satamista, joista kivihiili on pääosin laivattu. (Kallio 2021.)

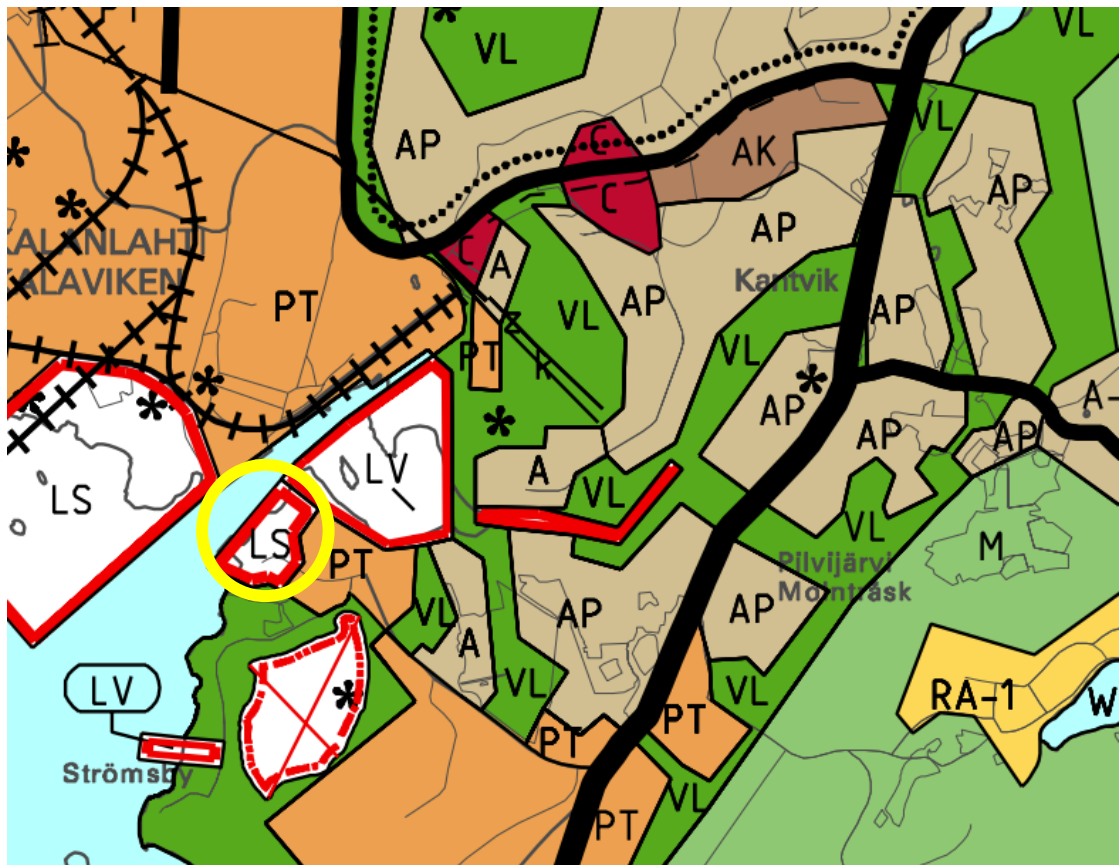
5.2 Satamanosien vertailu metsähakkeiden logistiikalle

Satamanosien, Kantvik, Loviisa ja Vuosaari, vertailussa muodostettiin taulukko 3, johon tunnistettuja tekijöitä arvioitiin ”täyttää / ei täytä / täyttää osittain vaatimukset” sekä lisätietokohta ”muu huomio”.

5.2.1 Kaavatarkastelu

Kantvik

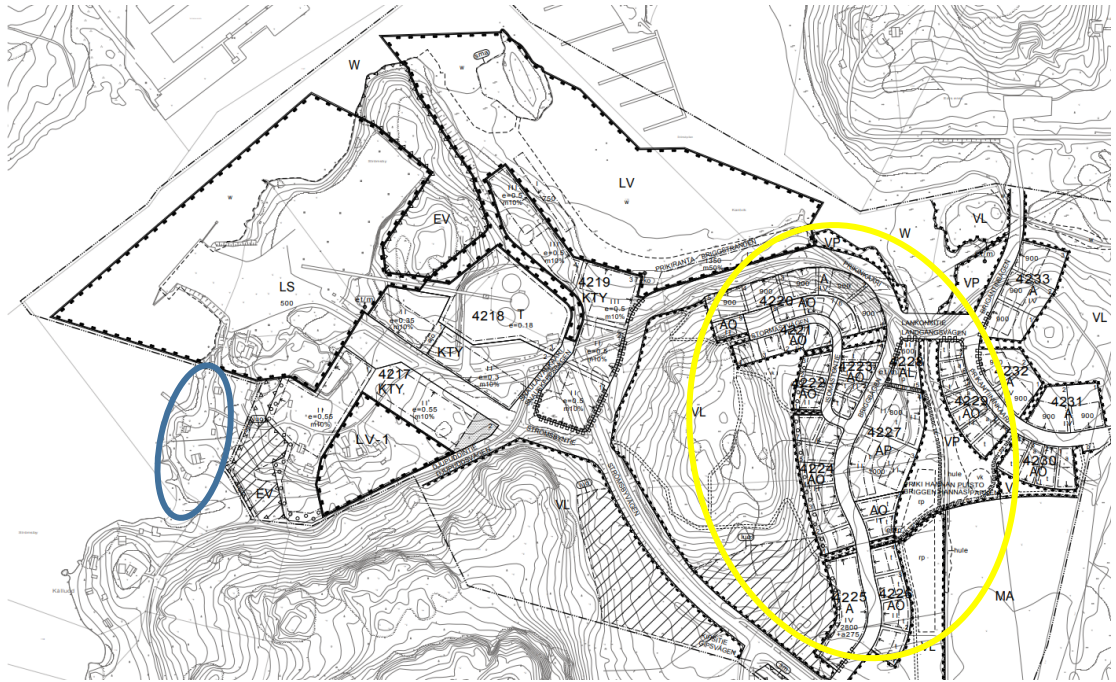
Kantvikin eteläisen satamanosan alueella maankäyttö on ratkaistu Kirkkonummen yleiskaava 2020:lla, mikä on hyväksytty 1997 ja tullut lainvoimaiseksi 2000. Kuvassa 4 näkyy, että sataman kaavamerkintänä on LS eli kaavamääräyksen mukaisesti ”Satama-alue”. Täten satamatoiminnalle on edellytykset maankäytön perusteella katsoen. (Kirkkonummi 1997b.)



Kuva 4. Kirkkonummen yleiskaava 2020, kaavaote (Lähde: Kirkkonummi 1997a.)

Satama-alueella ei ole voimassa olevaa asemakaavaa, mutta se kuuluu vuonna 2012 vireille tulleeseen Prikirannan asemakaavan suunnittelualueeseen, missä tavoitteena on toteuttaa alueelle mm. merellinen asuntoalue, nykyisen satamatoiminnan säilyessä. Kaavaehdotuksessa uusi asuinalue, kuvassa 5 keltaisella osoitettu, sijoittuu alle puolen kilometrin päähän satama-alueesta, LS. Satama-alueen eteläpuolella on olemassa olevaa vakituista asuamista sinisellä ympäröidyssä kohdassa. Asemakaavaehdotuksessa on rajoitettu satama-alueen toimintaa kieltämällä pölyävän irtoaineksen, esimerkiksi kivihiilen, suojaamaton varastointi. (Kirkkonummi 2016.)

Katvikin satama-alueelle on siis osoitettu satamatoimintaa, mutta Kirkkonummen kunta on osoittamassa rajoitusta alueen maankäytölle pölyämishaitan ehkäisemiseksi, taatakseen uuden suunnitellun asuinalueen asumisviihtyisyyden. (Kirkkonummi 2016.)



Kuva 5. Prikirannan asemakaavaehdotus 2020, kaavaote (Lähde: Kirkkonummi 2016.)

Alue on siis soveltuva satamatoiminnalle, mutta mahdollinen uusi maankäytön rajoitus saattaa tuoda haastetta satamatoiminnan kehittämiseksi.

Loviisa

Loviisan satama-alueen maankäyttö on ratkaistu asemakaavatasolla jo vuonna 1989 osoittamalla alue satama-alueeksi merkinnöillä LS/1 ja LS/2 (liite 1). Merkinnät poikkeavat lähinnä siinä, mille alueelle voi tukitoimintoja, kuten toimisto- ja huoltotiloja osoittaa ja mille varsinaista satamatoimintaa tukevia rakennelmia. Satama-alueen laajennusosan osalta viimeisin lainvoimainen kaava on vuodelta 2011, missä alue on osoitettu TY-merkinnällä, mitä on tarkennettu oikeudella rakentaa hiilivarasto. Laajennusalueen toimintoihin on lisätty määräys, ettei viereiselle asuinalueelle saa aiheutua melu-, pöly- tai hajuhaittoja *sisätiloihin*. Täten on tunnistettu, että asuinalueen pihajänteille saattaa aiheutua viihtyisyshaittaa esimerkiksi mahdollisesti rakennettavasta hiilivarastosta tai muista satamatoiminnoista. Kaavamerkinnöillä on haluttu varmistaa satamatoiminnan toimintaedellytykset. (Loviisan Satama Oy:n Loviisan sataman toiminnan muuttamista koskeva ympäristöluvan päivitys sekä pyyntö muuttaa nykyisiä lupamääräyksiä tietyiltä osin 2021.)

Sataman alue kuuluu suunnitteilla olevaan Valkon ja sen lähialueiden osayleiskaava-alueeseen. Osayleiskaavaratkaisun tavoitteena on mm. tukea

Valkon sataman ja koko suunnittelualueen yritystoiminnan monipuolista kehittämistä. Esillä olleissa luonnoksissa, joista kaupunki laatii ehdotuksen, satamatoiminnot säilyisivät nykyisellään tai laajenisivat. Lisäksi satama-alueelle olisi mahdollista sijoittaa vaarallisten aineiden t/kem-merkinnän vaativa laitos ja suunnittelualueelle asetettaisiin merkintä asumisen melutason ohjearvoista. Nämä maankäyttöratkaisut tukisivat satamatoiminnan kehittämistä. (Loviisan kaupunki 2021.)

Alue on soveltuva satamatoiminnalle, ja suunnitellut maankäytön ratkaisut tukevat satamatoiminnan kehittämistä.

Vuosaari

Vuosaaren satama-alueen maankäyttö on ratkaistu asemakaavalla satamatoiminnalle vuonna 1999 ja saanut lainvoiman vuonna 2002. Alue on merkitty asemakaavaan kaavamerkinnällä LS-k, missä alaindeksi k:lla on ilmaistu alueen käyttö kunnan tarpeisiin eli kaupungin satamatoiminnalle. Asemakaavasta on tehty selkeämpi ote nykyisellä maa- ja vesialueen rajauksella, mikä on liittänyt liitteeksi 2. (Helsingin kaupunki 1999.)

Alue on soveltuva satamatoiminnalle.

5.2.2 Ympäristölupatarkastelu

Kantvik

Etelä-Suomen aluehallintovirasto on muuttanut Kantvikin satamatoiminnan ympäristölupaa nro 18/2006/2 päätöksellä nro 404/2020. Uusi ympäristölupa sallii sataman nykyisen ja suunnitellun toiminnan eli alusliikenteen, irtolastien käsittelyn ja varastoinnin sekä puhtaan puutavaran haketuksen. Toiminnalle on annettu lupamääräyksiä, joilla varmistetaan ympäristöluvan myöntämisen edellytykset. (Kantvikin sataman toiminnan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa, Kirkkonummi 2020.)

Kantvikin satamanosa on siis soveltuva metsähakkeen käsittelyyn.

Loviisa

Loviisan satamatoiminnan ympäristölupa Etelä-Suomen aluehallintoviraston päätös nro 59/2015/1, jota on muutettu Vaasan hallinto-oikeuden päätöksellä nro 16/0271/2, sallii nykytoiminnan eli alusliikenteen ja irtolastituotteiden käsittelyn ja varastoinnin. Satamalla on lisäksi jätteenkäsittelylupa metalliromulle sekä lupa käsitellä kivihiiliin luokiteltavaa metallurgista kovakivihiiltä tai antrasiittiä sekä vaaralliseksi jätteeksi luokiteltua kestopuuhaketta. Toiminnalle on annettu lupamääräyksiä, joilla varmistetaan ympäristöluvan myöntämisen edellytykset. Sataman nykyinen ympäristölupa ei sisällä puhtaan puutavaran haketusta ja satama onkin hakenut aluehallintovirastolta lupamuutosta toiminnan aloittamiseksi. Hakemuksen liitteenä on yhteismelumallinnus, minkä mukaan haketuksen vaikutusta kokonaismelutasoon voidaan pitää suhteellisen vähäisenä ja muutos nykytilaan on kriittisimpien kohteiden kohdalla 1–2 dB. Lupaviranomainen tulee puntaroimaan mm. meluvaikutusta naapurussuhdelain perusteella. Ympäristöluvan valvoja on aikaisemmin jo hyväksynyt pienimuotoisen haketustoiminnan aloittamisen nykyisen luvan perusteella. (Loviisan Satama Oy:n Loviisan sataman toiminnan muuttamista koskeva ympäristöluvan päivitys sekä pyyntö muuttaa nykyisiä lupamääräyksiä tietyiltä osin 2021.)

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että Loviisan satama on soveltuva metsähakkeen käsittelyyn, mutta haketuspalvelun aloittaminen suuremmissa mitta-kaavassa edellyttää aluehallintoviraston toiminnan mahdollistavaa lupaa.

Vuosaari

Vuosaaren satamatoiminnan ympäristölupa, Etelä-Suomen aluehallintoviraston päätös nro 224/2014/1, koskee sataman nykyistä toimintaa. Hakemuksen kuvauksessa todetaan Vuosaaren palvelevan yksiköityä kappaletavaraliikennettä sekä matkustajaliikennettä. Lisäksi on todettu satamalle tyypilliseksi, että tavara on pääosin yksiköityä ja se virtaa sataman läpi nopeasti eikä sitä varastoida suljetulla satama-alueella. Toiminnalle on annettu lupamääräyksiä, joilla varmistetaan ympäristöluvan myöntämisen edellytykset. (Vuosaaren sataman ympäristölupapäätös 2014.)

Hakemuksessa on kuitenkin todettu mahdolliseksi rakentaa uusi pistolaituri, josta irtolastituotteet kuljetettaisiin kuljettimella satama-alueen ulkopuolelle

mahdollisesti rakennettavan voimalaitoksen varastoalueelle. Luvan kuulemisvaiheessa on ELY-keskus todennut, että toiminnanharjoittajan tulee hyvissä ajoin esittää yksityiskohtainen selvitys irtolastien käsittelystä ja siirroista satamassa sekä irtolastialusten ruumien puhdistuksista ja lastijäämien käsittelystä satamassa ympäristöluvan täydennystarpeen arvioimiseksi. Aluehallintovirasto on todennut lupapäätöksessä, ettei asiaa voida ratkaista keskeneräisyyden vuoksi kyseisessä satamatoiminnan lupapäätöksessä. (Vuosaaren sataman ympäristölupapäätös 2014.)

Johtopäätöksenä voi todeta, ettei metsähakkeiden logistinen käsittely ole nykyisen luvan mukaista ja toiminnan mahdollistamiseksi olisi käynnistettävä ympäristöluvan muutoshakemus. Sama koskee myös haketuksen luvittamista, jota viranomaisen ei ole käsitellyt lainkaan.

5.2.3 Väyläverkoston riittävyys

Väyläverkoston riittävydessä arvioitiin niin vesiväylä- kuin maayhteydet.

Vesiväyläyhteydet

Kantvik

Kantvikin eteläsatamaan johtaa 9,2 m syvyinen väylä, mutta laiturin maksimi syvyytenä pidetään 8,28 m. Kantvikiin johtavan meriväylän mitoitusalus on pituudeltaan 152 m ja leveydeltään 22,6 m. Mitoitusalus on suurempi kuin tutkimuksessa vertailut Itämeren coasterit. Kuitenkin valtamerialusten koko poikkeaa huomattavasti mitoitusalueesta ja väylälle on asetettu alusten maksimipituudeksi 180 m. Koska laituri on vain 60 m pituudeltaan, asettaa se turvallisuuden osalta rajoituksen kiinnitettävälle aluksille. Laiturissa on vierailut ainakin 137,15 m pituinen mv Pasila. (Väyläkortit 2021; Nyberg 2021.)

Johtopäätös on, ettei satamaan johtava väylä aseta rajoituksia metsähakekuljetuksille Itämeren alueelta, mutta väylä ei mahdollista tästä suurempien alusten hyödyntämistä.

Loviisa

Loviisaan johtaa kulkusyvyydeltään 9,5 m meriväylä, jonka mitoitusalus on 185 m pitkä ja 28 m leveä. Mitoitusalue on suurempi kuin vertailuna käytetyt Itämeren coasterit. Väylälle on ylisuurten alusten osalta ohjeistettu hinaaja-avustuksen käyttö tarpeen vaatiessa. Satamassa käy nykyisin handy-max- ja supramax-kokoluokan aluksia. (Väyläkortit 2021.)

Johtopäätös on, ettei satamaan johtava väylä aseta rajoituksia käytettävälle aluskalustolle, kun valtamerialukset kulkevat väylän maksimisyvyydellä 9,5 m.

Vuosaari

Vuosaareen johtaa nykyisin 11,0 m syvyinen väylä, jota parhailaan syvennetään 13,0 m kulkusyvyyyteen. Nykyisen väylän mitoitusalus on pituudeltaan 230 m ja leveydeltään 33 m. (Väyläkortit 2021.)

Johtopäätös on, ettei satamaan johtava väylä aseta rajoituksia metsähakekuljetuksille.

Maayhteydet

Kantvik

Kantvikin eteläsatamaan johtaa valtion tieverkon kantatie nro 51, josta satamaan erkanee yhdystie 1191 ja edelleen kunnan katuverkkoon kuuluva Strömsbyntie (Tienumerokartta 2021). Nämä satamaan johtavat tieyhteydet eivät kuulu maanteiden pääväyliin Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen maanteiden ja rautateiden pääväylistä ja niiden palvelutasosta (21.11.2018/933) mukaisesti. Kunnossapidon talvihoitoluokka on yleisten tieyhteyksien osalta 1s, joka tarkoittaa normaalisti aina paljaana sekä katuverkkoon kuuluvalta osalta 1. luokassa, minkä tasomääritys on: kuivaa irtolunta enintään 5 cm. (Maanteiden talvihoitoluokat kartalla. s.a.; Kirkkonummen kunnan katujen kunnossapitoluokitus – talvihoitotyöt 2019.)

Sataman raskasliikenne oli vuonna 2019 keskimäärin 15 käyntiä vuorokaudessa, mutta liikenne vaihteli päivittäin huomattavasti. Sataman kivihiili-liikenne loppuu vuonna 2022, joten raskasliikenne vastaavasti vähenee. Satamaan ei

johda rautatieyhteyttä. (Kantvikin sataman toiminnan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa, Kirkkonummi 2020.)

Sataman johtavalta tieverkolta vapautuu kapasiteettia hoitaa metsähakekuljetuksia tiekuljetuksina ja teiden kunnossapitotaso on riittävä raskaalle liikenteelle. Rautatiekuljetukset eivät ole mahdollisia.

Loviisan

Loviisan satamaan johtaa Suomen pääväyliin kuuluvalta, moottoritietasoiselta valtatie 7 (E18), erkaantuva seututie 178. Tieyhteyden kunnossapito kuuluu luokkaan Is, joka tarkoittaa normaalisti aina paljaana. Sataman raskasliikenne oli vuonna 2020 yhteensä 13 839 kappaletta, joten keskimääräisenä työpäivänä ajoneuvoja liikennöi 58 kappaletta, mutta päivittäinen liikennemäärä vaihteli huomattavasti. (Maanteiden talvihoitoluokat kartalla. s.a.; Loviisan Satama Oy:n Loviisan sataman toiminnan muuttamista koskeva ympäristöluvan päivitys sekä pyyntö muuttaa nykyisiä lupamääräyksiä tietyiltä osin 2021.)

Satamaan johtaa myös rautatie, joka kuuluu tasoltaan muuhun rataverkkoon. Ratayhteydellä Lahdesta Loviisaan kuljetetaan sataman tavaraliikennettä, eikä sillä ole matkustajaliikennettä. Vuonna 2020 satamassa kävi 161 junaa. Ratayhteydellä on huomattavasti kapasiteettia nostaa kuljetusmääriä. (Loviisan Satama Oy:n Loviisan sataman toiminnan muuttamista koskeva ympäristöluvan päivitys sekä pyyntö muuttaa nykyisiä lupamääräyksiä tietyiltä osin 2021.)

Satamaan johtava tieverkosto on tasoltaan hyvä ja sille pystytään ohjaamaan liikenteen lisäystä, joten se mahdollistaa metsähakkeiden kuljetukset. Kunnossapidon palvelutaso on hyvä ja riittävä. Satamaan tai satamasta voi ohjata metsähakkeita rautatiekuljetuksille.

Vuosaari

Vuosaaren johtaa seututie 103, Vuosaaren satamatie, jolta on kantatie 50:ltä eli Kehä III:lta yhteydet Suomen pääväylille. Tieyhteys kuuluu korkeimpaan hoitoluokkaan. Vuosaaren satamaan raskasta liikennettä oli 2020 yhteensä 261 881 kappaletta eli noin 1 000 kappaletta arkipäivää kohden. Satamaan, johtaa raideliikenneyhteys. (Toimintakertomus 2020, Vuosaaren satama 2021;

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus maanteiden ja rautateiden pääväylistä ja niiden palvelutasosta 2018.)

Satamaan johtaa pääväylätasoiset maaliikenneyhteydet, joille voi ohjata lisää liikennettä.

5.2.4 Satamainfrastruktuurin tarkastelu irtolasteille

Kantvik

Laiturit

Kantvikin eteläsatamassa on yksi laiturit, minkä pituus on 60 m. Laituri on rakennettu vuosina 1971–1972 ja se on suunniteltu palvelemaan 5 000 DWT:n bulk-aluksia. Laituria oli tarkoitus laajentaa myöhemmin suuremmille 16 000 DWT:n aluksille, mutta laajennusta ei ole tehty suunnitelman mukaisesti vaan ainoastaan 7,6 m tihtaalirakenteella. Laiturin rakenteet on mitoitettu siihen aikaan tavanomaisille käyttökuormille Suomen Rakennusinsinöörin Liiton (1969) julkaisun Rakenteiden kuormitusnormit mukaisesti, ollen seuraavat:

- Tavarakuorma 30 kN/m²
- Junakuorma I-48
- Ajoneuvokuorma A1
- Ajoneuvonosturin sivutuen kuorma 300 kN
- Työkoneen kokonaispaino 900 kN/20 m²
- Nosturiradan telikuorma 1,6 MN

Laituriin on tehty sukellustarkastus vuonna 2021, jossa on havaittu vaurioita. Laituri on jo 50 vuotta ollut käytössä, eikä sille ole tehty peruskorjausta. (Insinööri-toimisto Lauri Pitkälä 1971; Nordblad 2021.)

Tutkimuksen mukaisen mobiilinosturin omapaino on 140 tonnia ja nostovälineen ja kuorman yhteispaino 10–13 tn välillä, joten nosturin sijoittaminen ja operointi laiturilla vaatisi tarkemman kuormitusselvityksen, sillä nosturin telipaino 153 tonnia on lähes alkuperäisen maksimikuormituksen tasolla ja rakenteissa on havaittu vaurioita. Laiturilla operoidaan nykyisin kahdella Mantsisen 140R mobiilinosturilla, jotka ovat siis suurempia kuin tutkimuksen vertailukone (Nyberg 2021). Nykyistä konetyyppejä ei tutkimuksen mukaan voi suositella laiturille ilman tarkempaa tarkastelua.

Johtopäätöksenä voi pitää, että Kantvikiin laiturille tulisi tehdä tarkempi kanta-
vuustarkastelu, jotta varmistutaan laiturin kestävydestä. Satamassa voidaan
hyödyntää aluksia, jotka on varusteltu omilla nostureilla sekä soveltuvilla kah-
mareilla.

Kenttäalueet

Kantvikin hiilivarastointi on loppumassa ja hiilen varastointialue vapautuu
muuhun käyttöön. Hiilikentän koko on noin 1,5 ha, ja se on sijainnut sataman
pohjoisosassa (kuva 6). Satamassa on lisäksi eteläosassa pienempi kenttä-
alue, mikä on korostettu (kuva 6). Sataman kenttäkapasiteetti on riittävä tai lä-
hes riittävä tutkimuksen mukaiselle metsähakkeiden varastoinnille, mutta täl-
löin satama ei pysty tarjoamaan palvelujaan muille suuremmille tavaraerille,
mitkä vaatisivat varastointia. Satamalle ei ole osoitettu kaavoituksessa tai
suunnitellussa kaavassa lisäalueita laajentaa toimintojaan.

Kantvikin satama soveltuu metsähakkeiden varastointiin, mutta varastointi-
mahdollisuus satamassa ei ole riittävä tai ainakin se sulkee muita asiakas-
mahdollisuuksia.



Kuva 6. Kantvikin sataman kenttäalueet ilmakuvassa (Lähde: Google Maps 2021.)

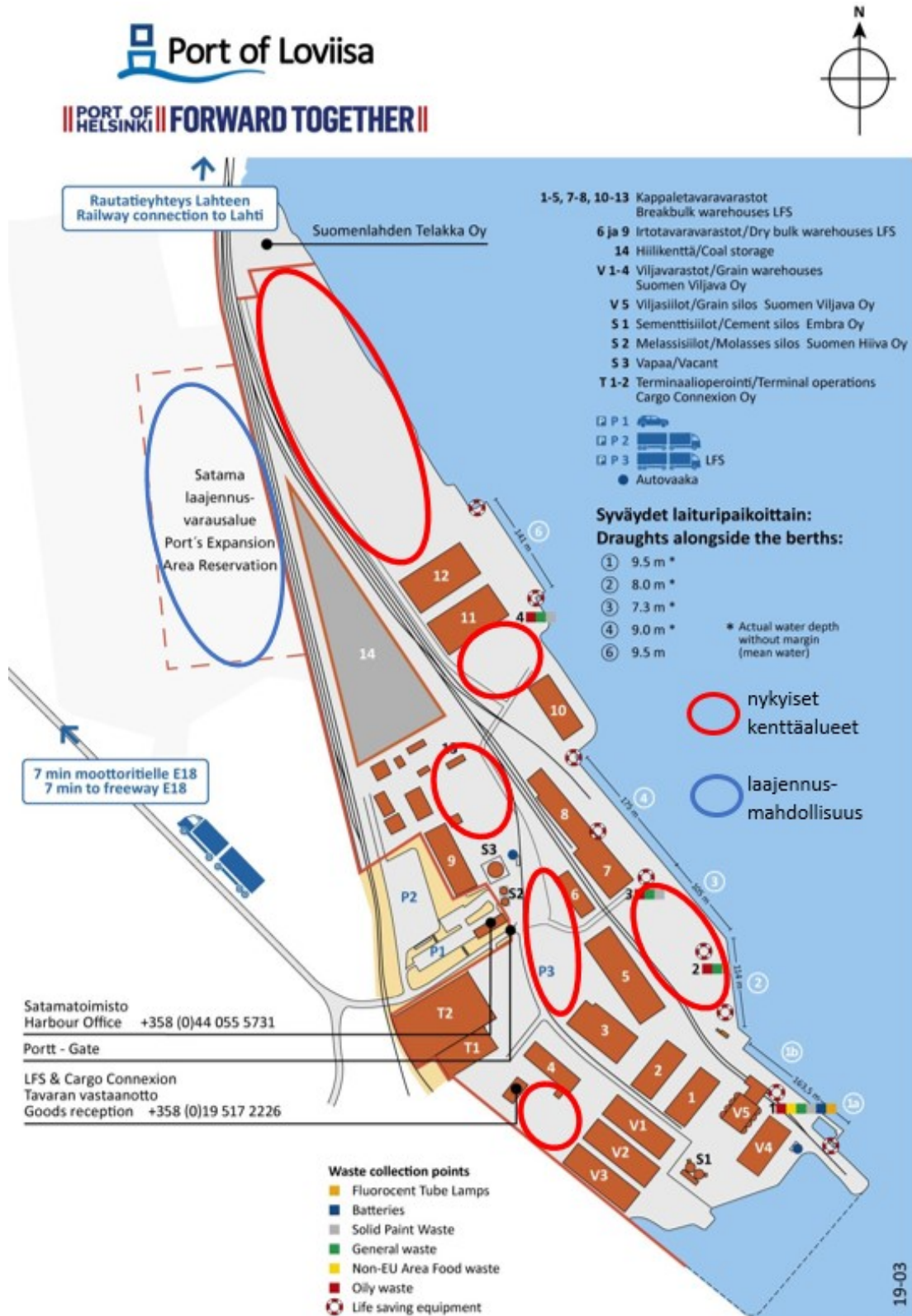
Loviisa

Laiturit

Loviisassa on viisi laituria sekä yksi roro-ramppi, joiden pituudet vaihtelevat 114 metristä laitureiden numero 3 ja 4 yhteispituuteen 280 metriin (kuva 7). Vilja- ja sementtikuljetuksia palveleean laituripaikoilla 1a ja 1b. Muut laituripaikat 2–4 ja 6 ovat muuta irtto- ja kappaletavaraliikennettä palvelevia. Laiturien maksimisyväys vaihtelee 7,3 metristä väylän maksimisyväyteen 9,5 metriin.

Sataman laitureilla operoidaan nykyisin mm. Mantsisen 120R-mobiilinosturilla. Laiturit numero 2 ja 6 ovat vahvistettu raskasnostoille. Laituripaikalla 2 voi kantavuustarkastelun perusteella operoida Mantsisen 160R-tyyppisellä, omapainoltaan 200 tonnisella, nosturilla laiturin 48 metrin mittaisella vahvistetulla keskiosalla. Laiturilla numero 6 voi myös vastaavalla nosturilla operoida vapaasti sekä raskasnostoalueella myös suuremmalla 200R-tyyppisellä. Laiturilla 4 on varastot sijoitettu niin, että se soveltuu parhaiten kappaletavaralle, ja laituri 3 on muulle käytölle varattu. Täten näiden laiturien tarkemmalle tarkastelulle ei ole tarvetta. (Härkönen 2013a; Härkönen 2013b; Ahokainen 2021.)

Johtopäätöksenä on, että Loviisan sataman laiturit ovat soveltuvia metsähakkeiden operointiin riittäville koneille.



Kuva 7. Loviisan satamakartta (Lähde: Loviisan satamakartta 2019.)

Kenttäalueet

Kuvassa 7 on esitetty myös satama-alueen varsinaiset metsähakkeille soveltuvat kenttäalueet punaisella sekä mahdollinen asemakaavatasolla osoitettu laajentumisalue 4 ha sinisellä. Laajentumisalueelle saataisiin rakennettua noin 12 500 m² yhtenäistä lisätilaa, sillä alue on pohjaveden läheisyydessä, mikä

rajoittaa alueen hyödyntämistä kokonaisuutena. (Loviisan Satama Oy:n Loviisan sataman toiminnan muuttamista koskeva ympäristöluvan päivitys sekä pyyntö muuttaa nykyisiä lupamääräyksiä tietyiltä osin 2021.)

Kuten kuvasta 7 voi nähdä, erilaisia soveltuvia kenttiä on riittävästi metsähakkeille sekä muille sataman kautta kulkeville tuotteille sekä lisäksi on laajennusmahdollisuus.

Vuosaari

Laiturit

Vuosaaren laiturit ovat yksikköliikenteelle suunniteltuja. Satamassa on 16 laituripaikkaa roro-aluksille ja muille, kuten konttialuksille, soveltuvaa lolo-käsitteilyyn soveltuvaa laituria noin 1,5 km. Vuosaaren satama on avattu vuonna 2008 eli laiturit on mitoitettu nykyaikaisille nostureille ja kuormille. Nostureina on pääsääntöisesti konttinostureita, mutta satamassa on myös mobiilinosturi Mantsinen 300, jota käytetään break bulk -lastauksissa. Satamassa vieraili vuonna 2020 yhteensä 2 360 alusta, joista roro-aluksia valtaosa 1 636 kappaletta (taulukko 2). Näin mittavan linjaliikennetyyppisen sataman liikennöinti ei mahdollista laajamittaisia hakurahtiliikennetyyppisiä metsähakkeiden laivauksia. (Kallio 2021.)

Taulukko 2. Vuosaaren sataman aluskäynnit 2020 (Lähde: Toimintakertomus 2020, Vuosaaren satama. 2021)

Vuosaari	Käynnit
Aluslaji	
RoRo-alukset	1636
Konttialukset	649
Kuivalastialukset	51
Säiliöalukset	15
Muut alukset	1
Hinaajat	6
Proomut	2
Yht.	2360

Johtopäätöksenä voi todeta, että Vuosaaren laitureista lolo-aluksille suunnitellut laiturit soveltuisivat myös mobiilnostureille, mutta sataman yksikköliikennefrekvenssi ei ole soveltuva metsähakkeiden laivauksille.

Kenttäalueet

Vuosaaren satamassa ei ole varastokenttiä sellaisessa mittakaavassa, että niitä voisi hyödyntää irtolastituotteille pidempään varastointiin. Sataman tavaraliikenne on niin mittavaa, että se perustuu tehokkaalle läpivirtaukselle. Yleiskaavassa on olemassa n. 40 ha satamatoiminnan laajennusvaraus. Kallion (2021) mukaan mahdollinen laajennusvara tulee priorisoida yksikköliikenteen tulevaisuuden kehittämiseen.

Johtopäätöksenä voidaan pitää, ettei Vuosaaren sataman kenttäalueet mahdollista metsähakkeiden varastointia tai haketuspalvelua.

5.3 Satamosien vertailun yhteenvetotaulukko

Alla olevassa taulukko 3 on esitetty kappaleen 5.2. johtopäätökset taulukko muodossa. Taulukkoon on vertailtu edellytyksiä yhdeksän eri tunnistetun kohdan osalta. Sen mukaan Kantvikin satamosa täyttää edellytykset kuuden kohdan osalta, kahden kohdan osalta se ei täytä ja yhden osalta vain osittain. Vastaavasti Loviisan satama täyttää edellytykset kahdeksan kohdan osalta ja yhden osalta vain osittain. Vuosaaren satama täyttää edellytykset viiden kohdan osalta, kolmen kohdan osalta ei täytä ja yhden kohdan osalta täyttää vain osittain.

Taulukko 3. Vertailutaulukko

Kantvik	Täyttää	Ei täytä	Täyttää osittain	Muu huomio
LS - kaavamerkintä	x			Mahdollinen rajoitus, pölyhaitta.
Ympäristölupa, irtolastisatamatoiminto	x			
Ympäristölupa, haketustoiminta	x			
Vesiväylä coastereille	x			
Vesiväylä valtamerialuksille		x		
Tieyhteys	x			
Rautatieyhteys		x		

Laituri			x	Laiturin kantavuustarkastelu on tehtävä.
Kenttäalue	x			Riittävä, kun koko sataman kapasiteetti käytössä.
	6	2	1	
Loviisa	Täyttää	Ei täytä	Täyttää osittain	Muu huomio
LS - kaavamerkintä	x			
Ympäristölupa, irtolastisatamatoiminto	x			
Ympäristölupa, haketustoiminta			x	Lupa on käsittelyvaiheessa.
Vesiväylä coastereille	x			
Vesiväylä valtamerialuksille	x			Max syväys 9,5m.
Tieyhteys	x			
Rautatieyhteys	x			
Laituri	x			
Kenttäalue	x			
	8	0	1	
Vuosaari	Täyttää	Ei täytä	Täyttää osittain	Muu huomio
LS - kaavamerkintä	x			
Ympäristölupa, irtolastisatamatoiminto		x		
Ympäristölupa, haketustoiminta		x		
Vesiväylä coastereille	x			
Vesiväylä valtamerialuksille	x			
Tieyhteys	x			
Rautatieyhteys	x			
Laituri			x	Sataman liikenne ei mahdollista.
Kenttäalue		x		
	5	3	1	

6 POHDINTA

On tärkeää tunnistaa eri johtopäätösten merkittävyys toiminnan mahdollistamiselle. Kaikki tunnistetut edellytykset eivät ole poissulkevia vaan toimintaa rajoittavia. Esimerkiksi Kantvikin eteläsatama voi hyvin palvella metsähakkeiden logistiikkaa, mutta valtamerialuksia, rautatiekuljetuksia tai mittavia varmuusvarastoja ei satamaan voi suunnitella. Nämä toiminnallisuudet asettavat luonnolliset reunaehdot tarjottavien palveluiden laajuudelle. Vastaavasti

vaikka Vuosaaren satama voisi periaatteessa mm. laitureiden osalta olla soveltuva metsähakkeiden logistiikan järjestämiselle, ei kyseinen liikenne ole kuitenkaan luontevaa erittäin vilkkaalle yksikköliikennettä palvelevalle satamalle. Sataman nykyinen liikenne on siis poissulkeva metsähakkeiden logistiikan järjestämiselle.

Tehdyt johtopäätökset vahvistivat tutkijan ennakkokäsityksiä, eikä työn aikana tullut esiin mitään ennalta arvaamatonta tai poikkeuksellista tai sellaista, minkä perusteella tutkimuksen etenemistä olisi tullut linjata uudelleen. Työ siinä muodostaa selkeän ja analyyttisen tavan tarkastella varsin käytännönläheistä tutkimusongelmaa. Itse opinnäytetyön kirjoittaminen toi myös erittäin hyvää kokemusta tieteellisen raportin kirjoittamisesta, mikä yksityisellä sektorilla työskennellessä ei ole yleisesti käytössä oleva raportointimuoto vastaavien operatiivisten ongelmien ratkaisussa.

6.1 Yhteenveto

Varsinaiseen tutkimuskysymykseen on siis saatu vastaus eli työn toimeksiantaja pystyy turvaamaan konsernin energiayhtiölle metsähakkeiden logistiikkapalvelut energihuollon toimintavarmuuden varmistamiseksi. Tehdyn vertailun perusteella Helsingin Satama Oy:n on mahdollista tarjota satamapalveluita metsähakkeille Loviisan sekä Kantvikin satamanosien kautta. Vuosaaren sataman hyödyntämistä metsähakkeille voidaan pitää lähes mahdottomana sataman palvellessa Suomen vähittäistavarakauppaa yhtenä Suomen merkittävimmistä tavaraliikennesatamista (kappale 4.1).

Tässä työssä käytettyjen arviointiperusteiden mukaan parhaiten logistiikkapalveluiden järjestäminen bioenergialle onnistuu Loviisan sataman kautta. Tapanisen (2018, 27–28) mukaan satamissa tarvittavaa erikoisinfrastruktuuria löytyy Loviisan satamasta vaaditussa mittakaavassa. Sataman maantieyhteydet ovat hyvät, vesiväyläyhteydet riittävät myös valtamerialuksille, jolloin hankintaa voidaan tehdä jopa globaalisti, kun taas rautatiekuljetusmahdollisuudella voidaan laajentaa bioenergian hankinta-aluetta etäämmälle Suomeen tai mahdollisesti jopa Venäjän puolelle. Tällöin satama palvelisi myös maayhteyksien solmu-kohtana. Satamasta löytyy myös soveltuvat laiturit sekä kenttätilaa riittävästi

varastoinnin järjestämiseksi ja lisätilaa on mahdollista saada tarvittaessa käyttöön otettavasta laajennusvarauksesta. Satamalla on lainvoimainen ympäristölupa satamatoiminnalle eli metsähakkeiden kuljetuksille ja varastoinnille. Sataman merkittävin epävarmuus on tällä hetkellä lupaviranomaisella harkinnassa oleva ympäristölupa puutavaran haketustoiminnalle. Kuitenkin sataman tekemän ympäristölupahakemuksen yhteismelumallinnuksen perusteella toiminnasta ei aiheudu naapurussuhdelain tai muuta tunnistettua merkittävää haittaa tai seurausta, joten on oletettavaa, että lupa myönnetään asettaen lupamääräyksiä (kappale 4.2).

Varsinaisen tutkimuskysymyksen lisäksi tuli selvittää, onko mahdollista tuottaa lisäpalvelua, kuten haketusta. Lisäpalvelua voi johtopäätöksen perusteella tuottaa Kantvikin eteläsatamassa. Loviisan sataman osalta lisäpalveluiden tuottaminen on epävarmaa, mutta Vuosaaren sataman osalta palvelun tuottaminen ei ole mahdollista.

6.2 Kehitysehdotukset

Ensimmäisenä kehitysehdotuksena on varmistaa haketuspalveluille ympäristölupa Loviisan satamaan.

Toisena kehitysehdotuksena nostetaan Kantvikin eteläsataman osalta aktiivisen vuoropuhelun käynnistäminen Kirkkonummen kaupungin kanssa suunnitelluista kaavoitusratkaisuista. Kuten tutkimuksen johtopäätöksissä on esitetty, voidaan satamaa hyödyntää metsähakkeiden logistiikan järjestämiseen, mutta sataman rajallinen kenttäkapasiteetti sekä mahdolliset tulevat maankäytön rajoitukset asettavat reunaehdoja suuremman mittaluokan liikenteelle. Tämän lisäksi sataman laiturin kantavuus tulee varmistaa, jotta turvallinen operointi on mahdollista.

Tutkimuksen perusteella voi Vuosaaren satama palvella energiayhtiötä huolto- tai toimintavarmuuden äärimmäisen kriittisessä tilanteessa yksittäisten laivauksien osalta. Tällöin metsähakkeiden kuljetus satama-alueelta tulisi järjestää läpivirtaustyyllisesti välittömästi pois. Tapaninen (2018, 23) on todennut, että yksikköliikennesataman luonteen mukaisesti tavarat läpivirtaavat sataman

kautta. Kallio (2021) on myös todennut, ettei Vuosaassa ole riittäviä kenttätiloja metsähakkeiden varastoinnille.

Koska satamassa ei normaalitilanteessa operoida mobiilinosturilla irtolasteja, esitetään kehitysehdotukseksi tehdä poikkeustilanteiden toimintasuunnitelma sataman käyttöönottamiseksi metsähakkeille. Suunnitelmassa tulisi tunnistaa etukäteen tarvittavat operatiiviset toimenpiteet, kuten nostovälineiden toimitus ja jatkokuljetuskaluston varmistaminen, minkä lisäksi ympäristöluvan valvojalta tulee saada selvyyttä toiminnan järjestämisen mahdollisuudesta (kts. 37–38).

6.3 Luotettavuuden ja yleistettävyyden tarkastelu

Tässä kappaleessa käydään läpi työn luotettavuutta ja yleistettävyyttä.

Luotettavuus

Bambergin ym. mukaan (2015, 45) tutkijaa ohjaavat esimerkiksi aiempi tutkimus, tutkijan ajattelutapa sekä perehtyneisyys. Tutkija on toiminut merilogistiikka-alalla yli 20 vuotta ja ollut aiemmin työuransa aikana vastuussa varsin laajassa mittakaavassa erilaisten irtolastien sekä erityisesti puuraaka-aineiden laivausten järjestämisestä ja toimii nykyisin Loviisan sataman toimitusjohtajana. Näiden seikkojen takia on selvää, että tutkimuksen tekoa on ohjannut niin ajattelutapa kuin perehtyneisyys.

Tapaustutkimuksen periaatteen mukaisesti lähtökohtana oli kerätä monipuolinen ja luotettava aineisto ja pyrkiä analysoimaan sitä loogisesti ja totuudenmukaisesti (Bamberg ym. 2015, 10). Tutkimustapa soveltui työn toteuttamiseen hyvin, ja julkisista asiakirjoista, tilastoista ja tutkimuksista saatiin luotettavaa ja kiistatonta lähtötietoa. Haastatteluita suoritettiin vain siltä osin, kuin tutkittua tietoa ei ollut saatavilla ja niihin valikoitui pitkän uran tehneitä ammattilaisia, joiden kokemusta voidaan pitää luotettavana, mutta heidän näkemyksiään ei voi pitää yhtenä ja ainoana totuutena. Haastatteluista saadut lähtötiedot eivät kuitenkaan olleet merkittävässä asemassa tutkimustulosten eli johtopäätösten muodostamisessa.

Bambergin ym. (2015, 45) mukaan tutkijan tulee aina vastata valitsemiensa metodologisista valinnoistaan ja niiden seurauksista. Kiviniemen (2001, 63–69) mukaan päätelmät taas tulee perustella johdonmukaisesti, jotta lukijat voivat arvioida niiden uskottavuutta luontevasti.

Olen pyrkinyt saavuttamaan lukijoiden luottamuksen edellä kuvatun mukaisten periaatteiden mukaisella ja mielestäni johdonmukaisesti edenneellä tutkimusmenetelmällä. Seison siis tekemieni valintojen ja työssä saavutettujen johtopäätösten takana.

Yleistettävyyys

Työssä ei pyritty tuottamaan yleistettävää tietoa vaan tarkastelemaan tutkimusongelmaa vain työn tilaajaan liittyvänä tapaustutkimuksena. Tästä huolimatta työssä käytetty tutkimusmetodi antaa hyvän mallin hyödynnettäväksi vastaavissa selvitystyöissä. Toki tällöinkin kuljetettavan tuotteen edellyttämät logistiset vaatimukset tulee tunnistaa tapauskohtaisesti ja vastaavasti vertailla näitä löydettyjä reunaehtoja vertailukohteena olevien satamien tai muiden vastaavien palvelupaikkojen perus- ja toimintaedellytyksiin.

6.4 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkimuksessa keskityttiin vertailemaan eri satamanosien soveltuvuutta metsähakkeille. Siirtyminen fossiilisia polttoaineita hyödyntävästä energiantuotannosta hiilineutraalin polttoaineeseen on todennäköisesti vain ensimmäinen askel tai välivaihe vihreässä siirtymässä nyt käsillä olevassa energiamurroksessa. Tämä Huoltovarmuuskeskuksenkin näkemys hajautetusta energiantuotannosta on vastaa myös Helen Oy:n päätöstä korvata poistuvaa energiantuotantoa hajautetusti. Uusia erilaisia lämmöntuotantoratkaisuja, kuten lämpöpumppuja, aurinkolämpöä ja geotermistä lämpöä hyödyntäviä ratkaisuja, toteutetaan vaiheittain niiden toteuttamisedellytysten täytyessä. (Helen 2015.)

Tätä tutkimusta voisi laajentaa muidenkin uusiutuvien polttoaineiden tai kiertotaloustuotteiden logistiikan järjestämisen tutkimiseen. Erityisesti kiertotalouden eri materiaalien logistiikan järjestämisessä on ollut viranomaisilta vaihtelevia näkemyksiä ympäristölupavaatimusten osalta. Tästä syystä toiminnan käyn-

nistämiseen tulee varata aikaa. Jatkotutkimuksella voitaisiin tunnistaa eri tuotteiden ominaisuuksia ja verrata niitä satamien toiminnallisiin mahdollisuuksiin. Tällaisella tutkimuksella voitaisiin saavuttaa aikasäästöä viranomaislupien vaatimassa käsittelyssä.

Yllä olevaan huomioon ympäristölupaprosessin ennakoitavuudesta voisi tuoda lisäarvoa myös tutkimus erilaisten kiertotalous- ja bioenergiatuotteiden perus- ja lisäpalvelulogistiikan järjestämisen vaikutuksista ympäristöviranomaisille sekä toimialalla toimiville sovellettavaksi. Tutkimuksella voitaisiin saavuttaa tasalaatuisuus viranomaisten, erityisesti valvojen, näkemyksiin erilaisten toimintojen ympäristövaikutusten osalta. Nykyisin näkemykset vaihtelevat alueittain sekä henkilöittäin. Epävarmuutta toimialalle lisää se, että vaikka suunnitellut toiminnot ovat täysin EU:n ja Suomen valtion ilmastostrategian mukaisia sekä vaikutuksiltaan mm. Valtioneuvoston ohjearvojen alittavia, voi lupaprosessia ainakin hankaloittaa viranomaisen näkemys siitä, mikä voidaan tulkita naapurussuhdelain mukaiseksi kohtuuttomaksi rasitukseksi.

Lisäksi olisi mielenkiintoista tutkia toteuttamisedellytyksiä uusien energiantuontantoratkaisuiden käyttöönotossa satamien omiin tarpeisiin tai jopa ylituotannon osalta muualle jaettavaksi. Satamissa yleisesti ollaan meren äärellä, mistä herää ajatus merilämmön hyödyntämisestä. Maalämpö voisi myös olla vastaavasti hyödynnettävissä. Lämmitettävien toimisto- ja varastorakennusten osalta lämpöpumpputekniikalla voisi olla mahdollista saavuttaa tarvittavia päästövähennyksiä. Näiden lisäksi hyvä tutkimuskohde voisi olla aurinkoenergian hyödyntäminen. Satamissa on yleensä suuria kattopintoja etenkin varastorakennuksissa. Näitä voisi mahdollisesti hyödyntää aurinkopaneeleille sähköntuotantoa varten, kantavuudet huomioiden. Osittainkin omavaraisuus sähköntuotannossa voisi tukea alueen toimijoiden siirtymistä sähkökäyttöisiin työkoneisiin.

LÄHTEET

Ahokainen, M. 2021. Ylityöjohtaja. Haastattelu 13.10.2021. Lovisa Forwarding and Stevedoring Oy.

Alakangas, E. 2020. Puupolttoaineiden laatuohje. VTT-M-07608-13 – päivitys 2020. PDF-dokumentti. Saatavissa: [PUUPOLTTOAINEIDEN LAA-TUOHJE.pdf \(bioenergia.fi\)](#) [viitattu 28.2.2021]

Alakangas E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: [untitled \(vttresearch.com\)](#) [viitattu 27.9.2021].

Alakangas E., Hurskainen M., Laatikainen-Luntama J., Korhonen J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: [T258.pdf \(vttresearch.com\)](#) [viitattu 27.9.2021].

AtoB@C Shipping. 2021. M/s Capella. PDF-dokumentti. Saatavissa: [M/S Capella | 3 793 dwt | AtoB@C Shipping \(atobac.se\)](#) [viitattu 4.10.2021]

Bamberg J., Jokinen P., Laine M. 2015. Tapaustutkimuksen taito. E-kirja. Helsinki: Gaudeamus. Saatavissa: [Haun aloitussivu | Xamk Kaakkuri \(finna.fi\)](#) [viitattu 5.11.2021]

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2018/2001, 11.12.2018.

Google Maps. 2021. Saatavissa: [Google Maps](#) [viitattu 4.10.2021]

Haikonen T. 2005. Tutkimus biopolttoaineen aumakuivauksesta. Motiva Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/7939/Tutkimus_biopolttoaineiden_aumakuivauksesta.pdf [viitattu 28.2.2021]

Helsingin kaupunginvaltuuston päätös § 332. 2.12.2015. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Helen Oyn kehitysohjelma.pdf](#) [viitattu 2.1.2021]

Helsingin kaupunki. 1999. Asemakaava Vuosaaren satama ja ympäristö 2002, 6-osaisen asemakaavakartan osa d. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Helsingin karttapalvelu](#) [viitattu 4.10.2021]

Helsingin kaupunki. 2019a. Helsingin kaupunkikonserni. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Helsingin kaupunkikonserni | Helsingin kaupunki](#) [viitattu 30.12.2020]

Helsingin kaupunki. 2019b. Maailman toimivin kaupunki – Helsingin kaupunki-strategia 2017–2021. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Kaupunkistrategia | Helsingin kaupunki](#) [viitattu 30.12.2020]

Helsingin kaupunki. 2021. Helsinki sulkee Hanasaaren voimalaitoksen lähes kaksi vuotta etuajassa – hiilivarasto poistuu katukuvasta. 22.6.2021. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Helsinki sulkee Hanasaaren voimalaitoksen lähes kaksi vuotta etuajassa – hiilivarasto poistuu katukuvasta | Uutta Helsinkiä \(uutahelsinki.fi\)](#) [viitattu 4.10.2021].

Helsingin Satama s.a. WWW-julkaisu. Saatavissa: [Yksi vilkkaimmista matkustajasatamista - Suomen johtava ulkomaanliikenteen yleissatama | Port of Helsinki](#) [viitattu 4.10.2021]

YLE 2018. Helsinki nousi maailman vilkkaimmaksi matkustajasatamaksi. 17.1.2018. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Helsinki nousi maailman vilkkaimmaksi matkustajasatamaksi | Yle Uutiset](#) [viitattu 30.12.2020].

Huoltovarmuuskeskus. 2021. Organisaatio. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/organisaatio/> [viitattu 28.2.2021].

Härkönen, H. 2013a. Loviisan Satama, Pohjoislaituri. Insinööritoimisto Matti Pitkälä Oy. Vantaa. 19.11.2013.

Härkönen, H. 2013b. Loviisan Satama, Vinolaituri. Insinööritoimisto Matti Pitkälä Oy. Vantaa. 20.11.2013.

Insinööritoimisto Lauri Pitkälä. 1971. Ote Etelälaiturin lujuus selvityksistä. Helsingin Satama Oy.

International Maritime Solid Bulk Cargoes Code. 2020. Resolution MSC.268(85) Appendix 1: Individual Schedules of Solid Bulk Cargoes – WOODCHIPS. International Maritime Organization. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.imorules.com/GUID-21D97CEB-EFCF-4DDA-B753-8641504A859C.html> [viitattu 7.10.2021].

Kallio, J. 2021. Haastattelu. Liiketoimintajohtaja, rahti. 1.11.2021. Helsingin Satama Oy.

Kantvikin sataman toiminnan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa, Kirkkonummi. ESAVI/404/2020. 18.11.2020. PDF-tiedosto. Saatavissa: [Kantvikin sataman toiminnan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa, Kirkkonummi, Kirkkonummi • Vesi- ja ympäristölupien tietopalvelu • Aluehallintovirasto \(avi.fi\)](#) [viitattu 29.2.2021]

Kananen J. 2017. Kehittämistutkimus interventiotutkimuksen muotona. E-kirja. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 5.11.2021].

Karvonen T., Jousilahti J-P. 14.5.2019. Helsingin Sataman vaikuttavuustutkimus 2019. Turun yliopiston Brahea-keskus/MKK. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Helsingin Sataman vaikuttavuustutkimus 2019 \(portofhelsinki.fi\)](#) [viitattu 30.12.2020].

Kirkkonummen kunnan katujen kunnossapitoluokitus – talvihoitotyöt. 24.10.2019. Kirkkonummi. PDF-dokumentti. Saatavissa: [00206BBAACCF191031124114 \(kirkkonummi.fi\)](#) [viitattu 14.10.2021].

Kirkkonummi. 1997a. Yleiskaava 2020. PDF-dokumentti. Saatavissa: [2500_YK2020merkit.pdf \(karttatiimi.fi\)](#) [viitattu 28.9.2021].

Kirkkonummi. 1997b. Yleiskaavamerkinnät ja määräykset, Yleiskaava 2020. PDF-dokumentti. Saatavissa: [YK2020merkit.dgn \(karttatiimi.fi\)](#) [viitattu 28.9.2021].

Kirkkonummi. 2016. Prikiranta asemakaavaehdotus. PDF-dokumentti. Saatavissa: [3258 Prikiranta.pdf \(kirkkonummi.fi\)](#) [viitattu 29.9.2021].

Kiviniemi, K. 2001. Laadullinen tutkimus prosessina. Teoksessa Aaltola, J. & Valli, R. (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin. Näkökulmia aloittelevalle tutkijalle tutkimuksen teoreettisiin lähtökohtiin ja analyysimenetelmiin. Jyväskylä: PS-Kustannus, 68–84.

Koljonen, T., Soimakallio, S., Asikainen, A., Lanki, T., Anttila, P., Hildén, M., Honkatukia, J., Karvosenoja, N., Lehtilä, A., Lehtonen, H., Lindroos, T.J., Regina, K., Salminen, O., Savolahti, M. & Siljander, R. 2017. Energia ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017. Saatavissa: [21 Energia-+ja+ilmastrategian+vaikutusarviot+Yhteenvetoraportti.pdf \(tietokaytoon.fi\)](#) [viitattu 23.9.2021].

Laivaväylien suunnitteluohjeet. Liikenneviraston ohjeita 29/2018. 15.8.2018. Verkkojulkaisu. Saatavissa: [lo 2018-29 laivavaylien suunnitteluohjeet web.pdf \(vayla.fi\)](#) [viitattu 14.10.2021]

Laki hiilen energiakäytön kieltämisestä 29.3.2019/416.

Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 23.6.2005/503.

Laki metsätuhojen torjunnasta 20.12.2013/1087.

Laki tuontipolttoaineiden velvoitevarastoinnista 28.11.1994/1070.

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus maanteiden ja rautateiden pääväylistä ja niiden palvelutasosta. 21.11.2018/933.

Loviisan kaupunki. 2021. Valkon ja sen lähialueiden osayleiskaava, kaavaselostus. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Valko-OYK Kaavaselostus.pdf \(loviisa.fi\)](#) [viitattu 30.9.2021].

Loviisan Satama Oy:n Loviisan sataman toiminnan muuttamista koskeva ympäristöluvan päivitys sekä pyyntö muuttaa nykyisiä lupamääräyksiä tietyiltä osin. 2.7.2021. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Loviisan sataman toiminnan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa, Loviisa, Loviisa • Vesi- ja ympäristölupien tietopalvelu • Aluehallintovirasto \(avi.fi\)](#) [viitattu 30.9.2021].

Loviisan satamakartta. 03/2019. Loviisan Satama Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: [map_19-03_6_1.pdf \(portofloviisa.fi\)](#) [viitattu 15.10.2021].

Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Maanteiden talvihoitoluokat kartalla. s.a. Saatavissa: [Väylävirasto \(vayla.fi\)](#) [viitattu 14.10.2021]

Mantsinen 2019a. 120 Hybrilift. 03/2019. Mantsinen Group Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: [MANTSINEN 120 brochure EN low.pdf](#) [viitattu 13.10.2021]

Mantsinen 2019b. 300 brochure. 04/2019. Mantsinen Group Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: [MANTSINEN 300 brochure final.pdf](#) [viitattu 4.10.2021].

Merenkulun ympäristönsuojelulaki 29.12.2009/1672.

Navalis Shipping s.a. Baltic Fleet. Saatavissa: [Baltic fleet \(navalis.com\)](#) [viitattu 30.9.2021].

Nordblad, N. Kantvikin satama, Etelälaiturin sukellustutkimukset. 28.7.2021 Suomen Teollisuus-Sukellus Oy. PDF-dokumentti.

Nyberg, T. Operations Manager. Haastattelu 18.10.2021. Kantvik Shipping Ltd.

Pasila vessel details. 2021. ESL Shipping. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Vessel details Pasila+Tali.pdf \(eslshipping.com\)](#) [viitattu 30.9.2021]

Pöllänen, M., Säily, S., Kalenoja, H., Mäntynen, J. 2005. Merenkulku ja satamatoiminnot. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Opetusmoniste 39. 2-painos. Tampere: Juvenes-Print TTY.

Raunek Kantharia. The Ultimate Guide to Ship Sizes. 26.10.2021. WWW-dokumentti. Saatavissa: [The Ultimate Guide to Ship Sizes \(marineinsight.com\)](#) [viitattu 2.1.2021].

Riona vessel details. 2009. Ab Ronja Marin Ltd. Saatavissa: [Mv. Riona \(raumashipping.fi\)](#) [viitattu 2.11.2021]

Santala, J. 1989. Kauppamerenkulku ja satamatoiminnot. Espoo: Weilin+Göös.

Song D-W & Panayides P. Maritime Logistics. 2015.

Tapaninen, U. 2018. Logistiikka ja liikennejärjestelmät. E-kirja. Gaudeamus Oy. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 28.2.2021].

Tapaninen, U. 2019. Merenkulun logistiikka. E-kirja. Gaudeamus Oy. Saatavissa <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 1.3.2021].

Tienumerokartta. 2021. Alue 1 Uusimaa. Väylävirasto. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Alue1 Uusimaa 072021.pdf \(vayla.fi\)](#) [viitattu 01.10.2021]

Tilastokeskus. 2020. Energian kokonaiskulutus väheni ja uusiutuvan energian kulutus kasvoi prosentoin vuonna 2019. WWW-julkaisu. Saatavissa: [Tilastokeskus - Energian hankinta ja kulutus](#) [viitattu 28.2.2021]

Tilastokeskus. 2021. Polttoaineluokitus 2021. Excel-tiedosto. Saatavissa: [Polttoaineluokitus 2021 | Tilastokeskus](#) [viitattu 28.2.2021]

Toimintakertomus 2020, Vuosaaren satama. Helsingin Satama Oy. 2021.

Uusitalo S. 2020. Helen nopeuttaa kivihiilen korvaamista. 27.01.2020. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Helen nopeuttaa kivihiilen korvaamista | Helen](#) [viitattu 4.10.2021].

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta. 4.9.2014/713.

Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista. 5.12.2018/1048.

Vuosaaren biolämpölaitoksen ympäristölupapäätös. 23.4.2019. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Vuosaaren biolämpökeskuksen ympäristölupa ja toiminnan aloittamislupa, Helsinki, Helsinki • Vesi- ja ympäristölupien tietopalvelu • Aluehallintovirasto \(avi.fi\)](#) [viitattu 11.10.2021]

Vuosaaren biolämpölaitos. Helen Oy. 2020. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Vuosaaren biolämpölaitos | Helen](#) [viitattu 2.1.2021]

Vuosaaren sataman ympäristölupapäätös. 10.11.2014. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Ympäristönsuojelulain \(86/2000\) 55 §:n mukainen hakemus, joka koskee Vuosaaren sataman toimintaa koskevan ympäristöluvan lupamääräysten tarkistamista, Helsinki, Helsinki • Vesi- ja ympäristölupien tietopalvelu • Aluehallintovirasto \(avi.fi\)](#) [viitattu 30.9.2021]

Väyläkortit. Väylävirasto. 2021. PDF-dokumentit. Saatavissa: [Väyläkortit - Väylävirasto \(vayla.fi\)](#) [viitattu 30.9.2021]

Westergren M. Hiilineutraali Helen 2035 – näin se tehdään. Helen Oy. 10.6.2019. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Hiilineutraali Helen 2035 – näin se tehdään | Helen](#) [viitattu 2.1.2021].

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.

Ympäristönsuojelulain liite 1. Luvanvaraiset toiminnot. 10.4.2015/423.

Coaster alus on vetoisuudeltaan pieni, 1000 - 5500 DWT, rannikkolaiva, joka on suunniteltu pienemmille merialueille ja sisävesille.

Capesize luokan alus on suuri valtamerialus, joka ei mahdu Suezin tai Panaman kanavan läpi vaan sen tulee kiertää Cape Agulhas tai Cape Horn.

Dry-bulk kuiva irtolastitavara.

DWT (dead weight) kuollut paino ilmoittaa laivan suurimman mahdollisen lastin eli laivan kantavuuden.

Energian kokonaiskulutus Energian kokonaiskulutus kuvaa kotimaisten energialähteiden ja tuontienergian yhteismitallista kokonaiskulutusta Suomessa.

Energiatiheys, E (MJ/m³ tai MWh/m³) lämpöarvo tilavuutta kohti.

Gigawattitunti (GWh) on energian yksikkö, jota käytetään energiamäärän, sähkön ja lämmön ilmaisemiseen. 1 GWh = 1 000 MWh = 1 000 000 kWh; 1 GWh = 3,6 TJ

Handymax alus, 35 000 – 50 000 DWT, on handy aluksista suurin, nimityksellä "handy" tarkoitetaan kätevää aluskokoa.

Irtotiheys, (BD, bulk density, kg/irto-m³) homogeenisen materiaalin massa laskettuna tilavuutta kohti.

Kitkakulma eli luonnollinen kaatumiskulma, jolla kuvataan kulmaa, joka muodostuu kuivan irtotavaran ja horisontaalin pinnan välille, kun irtotavara materiaalia kaadetaan kartion muotoiseksi kasaksi.

Lolo-alus on laiva, joka lastataan lift on – lift off-tyylisesti.

Lämpöarvo (Q, MJ/kg) (calorific value) täydellisessä palamisessa kehittyvän lämmön määrä polttoaineen massaa kohti.

Roro-alus on laiva, joka lastataan roll on – roll off-tyylisesti.

Supramax alus, 50 000 - 60 000 DWT, on suurempi kuin handymax.

SWL (Safe Working Load) on nostolaitteelle määritetty suurin turvallinen kuorma, tonneina.

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (qp,net,ar) Kostean puupolttoaineen tehollinen lämpöarvo.

Terajoule (TJ) on energian yksikkö, jota käytetään usein polttoaineiden energiasisällön ilmaisemiseen. 1 TJ = 0,278 GWh

Tiheys, (p) massan suhde tilavuutta kohti.

Vihreä energiasiirtymä on energiajärjestelmän rakenteellinen muutos fossiilista hiilineutraaliin energiantuotantoon.

WAM (With Additional Measures) EU:n Suomelle asettama taakanjakosektorin tavoite, lisättyinä Energia- ja ilmastostrategiassa esitetyt linjaukset ns. politiikkaskenaario.

WEM (With Existing Measures) Energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman perusskenaario.

Loviisan sataman asemakaava



Vuosaaren sataman asemakaava

