

Saimaan vedenpinnan vaihtelun vaikutukset laivaliikenteeseen

Laskentamallin kuvaus

TUOMO LAPP, TOMMI KANTALA, PEKKA IIKKANEN

14.10.2022

Sisältö

Työn tausta ja tavoitteet.....	3
Saimaan kanava.....	4
Yleiskuvaus.....	4
Kanavan merkitys Suomen liikennejärjestelmässä.....	5
Kanavan kuljetusmäärän kehitys	7
Laskentamallin toteutus.....	9
Yleiset lähtökohdat.....	9
Kuljetusmäärät.....	10
Muut lähtötiedot.....	11
Kuljetuskustannusten laskennan periaatteet	13
Muiden yhteiskuntataloudellisten erien laskennan periaatteet	14
Laskentamallin toimintaperiaate	16
Tulosten arviointia.....	18

Työn tausta ja tavoitteet

Suomen ja Venäjän välinen valtiosopimus Saimaan vesialueen juoksutuksista on ollut voimassa vuodesta 1991. Juoksutussäännön tarkoituksena on tasoittaa Saimaan tulvahuippuja ja toisaalta nostaa vedenkorkeuksia poikkeuksellisten kuivuusjaksojen aikana. Vedenpinnan nousemista yli korkeustason NN +76,60 m ja laskemista alle tavoitealarajan NN +75,00 m (purjehduskaudella NN +75,10 m) pyritään ehkäisemään. Juoksutussäännön mukaan vesitilannetta pidetään normaalina, kun vedenkorkeus poikkeaa korkeintaan puoli metriä (0,5 m) ajankohdan keskivedenkorkeudesta, eikä uhkaa ennusteen mukaan nousta tai laskea tämän rajan yli.

Saimaan vesialueen juoksutuksista vastaavan Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen tavoitteena on tuottaa nykyistä tarkempaa tietoa Saimaan vedenpinnan vaihteluiden ja Saimaan juoksutusten vaikutuksista. Tietoa tarvitaan, koska tulevaisuudessa sään ääri-ilmiöt ja vedenpinnan vaihtelu todennäköisesti lisääntyvät, ja sään muutosten ennakointi tulee olemaan aikaisempaa vaikeampaa.

Tämän työn tavoitteena oli tuottaa tietoa vedenpinnan vaihteluiden vaikutuksista laivaliikenteeseen. Työssä laadittiin laskentamalli, jonka avulla voidaan arvioida Saimaan kanavan kautta kulkevan laivaliikenteen kuljetuskustannusten ja muiden yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutosta Saimaan vedenpinnan tason laskiessa nykyisen maksimisyväyksen (4,35 m) edellyttämän vedenkorkeuden (NN +75,25 m) alle. Lähtökohtana laskentamallissa olivat vuonna 2020 laaditussa Saimaan kanavan sulkujen pidentämisen hankearvioinnissa laaditut kuljetusvirtakohtaiset laskelmat.

Vuoden 2022 aikana Saimaan kanavan laivaliikenne on kokenut historiansa suurimpia muutoksia. Venäjän hyökkäys Ukrainaan 24.2.2022 käynnisti tapahtumaketjun, jonka seurauksena kuljetukset Saimaan kanavan kautta loppuivat käytännössä kokonaan. Raakapuun tuonti kanavan kautta oli päättynyt jo 1.11.2021, kun Brusnitchnoen tullauspaikka poistui käytettävissä olevien rajanylityspaikkojen joukosta Venäjän federaation päätöksellä. Hallituksen lisätalousarviossa 20.5.2022 aikaisemmin sulkujen pidentämiselle ja kanavan vedenpinnan nostolle myönnetty määräraha ja valtuus ehdotettiin peruttavaksi. Tällä hetkellä (syyskuu 2022) Saimaan kanavan laivaliikenteen jatkuminen on hyvin epävarmaa. Saimaan vesialueella on edelleen alueen sisäisiä kuljetuksia, mutta näitä ei ole selvityksessä käsitelty.

Tämänhetkisen tilanteen vuoksi laskentamalli päätettiin laatia vuoden 2021 kuljetusmäärien perusteella. Laskentamalli kuvaa myös infrastruktuurin osalta nykyistä tilannetta, jossa kanavan sulkua ei ole pidennetty eikä vedenpintaa nostettu. Mallissa on tehty yleistys, jonka mukaan vedenpinnan korkeuden laskiessa alle NN +75,25 m sen oletetaan vaikuttavan kaikkiin kuljetuksiin niiden koko kuljetusmatkalla.

Laskentamalli tarkastelee yhden vuoden aikana syntyvien kuljetuskustannusten ja muiden yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutosta suhteessa normaalitilanteeseen, eli alentuneen vedenpinnan tason oletetaan vaikuttavan kaikkiin kuljetuksiin tasaisesti koko vuoden. Tulosten perusteella on kuitenkin mahdollista arvioida myös lyhyempien kuivuusjaksojen vaikutuksia.

Saimaan kanava

Yleiskuvaus

Saimaan kanava yhdistää Saimaan vesialueen Suomenlahteen. Kanava ja Saimaan syväväylä mahdollistavat suorat vesitiekuljetukset Itämerelle Joensuusta ja Siilinjärveltä saakka (kuva 1). Saimaan kanavan suurin käyttäjä on perinteisesti ollut Kaakkois-Suomen metsäteollisuus, joka käyttää kanavaa sekä raakapuun tuontiin että lopputuotteiden vientiin. Metsäteollisuuden ohella kanavaa ovat käyttäneet mm. kemianteollisuuden ja rakennusaineteollisuuden yritykset. Kanavan läpi kulkee myös matkailu- ja huviveneliikennettä.



Kuva 1. Saimaan kanava ja syväväylä.

Saimaan kanavan nykyinen linjaus avattiin liikenteelle vuonna 1968. Kanavan pituus on 42,9 kilometriä, josta Suomen puolella on 23,3 km ja Venäjän puolella 19,6 km. Suomen valtio on vuokranut Venäjän federaation puolella sijaitsevan kanava-alueen vuoteen 2062 ulottuvalla vuokrasopimuksella.

Kanavan kokonaiskorkeus Suomenlahdelta Saimaalle on 75 metriä, joka on porrastettu kahdeksalla sululla. Sulut sallivat maksimissaan 12,6 m x 82,5 m alusten liikennöinnin kanavassa. Alusten maksimikulkusyvyys on 4,35 m ja maksimikorkeus vedenpinnasta 24,50 m; hinattavan aluksen syväys saa kuitenkin olla 4,50 m. Kanavan kahdeksaa sulkua ohjataan Mälkiän ja Brusnitchnoen kaukokäyttökeskuksista.

Saimaan kanava suljetaan liikenteeltä keskitalvella pakkasmäärän ylittäessä 400 astevuorokautta. Voimakkaan jäänmuodostuksen vuoksi kanavauomaa ei pystytä pitämään auki jäänmurron avulla. Liikennekauden pituudesta sovitaan Suomen ja Venäjän kanavavaltuutettujen kesken, kunkin vuoden jääolosuhteet huomioon ottaen. Kanavan keskimääräinen vuosittainen aukioloaika 2000-luvulla on ollut noin 9,5 kuukautta.

Kanavan merkitys Suomen liikennejärjestelmässä

Saimaan kanava on muodostanut ainutlaatuisen kuljetusyhteyden Suomen liikennejärjestelmässä. Tärkein kanavan käytöllä saavutettava hyöty verrattuna merisatamien kautta tapahtuviin kuljetuksiin on merisatamaan suuntautuvan tie- tai rautatiekuljetuksen sekä erityisesti merisatamassa tarvittavan välikäsittelyn jääminen pois. Saimaan kanavan kilpailukykyisimpiä markkinasegmenttejä ovat Saimaan sisävesisatamista Keski-Euroopan sisävesisatamiin suuntautuvat kuljetukset sekä kuivan irtotavaran tuontikuljetukset Keski-Euroopasta ja Baltian maista Saimaan alueelle.

Keski-Euroopan sisävesisatamiin suuntautuvissa kuljetuksissa vaadittaisiin merisataman kautta tapahtuvassa kuljetusketjussa 1–2 välikäsittelyä. Esimerkiksi Düsseldorfin suuntautuvassa kuljetuksessa vaaditaan ensin tie- tai rautatiekuljetus Kotkan satamaan, siirtokuormausta satamassa laivaan (sisältäen mahdollisen välivarastoinnin), aluskuljetus esimerkiksi Lübeckiin, siirtokuormausta junaan tai kuorma-autoon (sisältäen mahdollisen välivarastoinnin) sekä loppukuljetus asiakkaalle. Suorassa vesitiekuljetuksessa 1–2 välikäsittelyä jää pois ja kustannukset ovat tämän vuoksi alhaisemmat.

Aluskoko rajoittaa Saimaan vesitiekuljetusten kustannustehokkaan käyttöalueen Itämeren ja Pohjanmeren alueille sekä sisävesireittejä pitkin sisämaahan (mm. Rein-jokea pitkin Düsseldorfin). Tätä kauemmaksi kuljetukset kannattaa useimmissa tapauksissa hoitaa suuremmilla aluksilla merisataman kautta. Saimaalta on kuljetettu pieniä määriä mm. Ranskaan ja Isoon-Britanniaan, mutta näissä kuljetuksissa kustannusero merisataman kautta tapahtuvaan kuljetukseen on pieni. Yksittäisissä kuljetuksissa valittavaan kuljetustapaan vaikuttaa myös kuljetuksen saatavuus kaupantekohetkellä, minkä vuoksi suora vesitiekuljetus voidaan valita, vaikka kuljetusjärjestelmätasolla merisataman käyttö olisi edullisempaa.

Saimaan kanava mahdollistaisi myös suorat raakapuun tuontikuljetukset Venäjältä Äänisen alueelta ja Itämeri–Volga-kanavajärjestelmän alueelta Saimaan alueen tuotantolaitoksille. Vaihtoehtoinen kuljetusketju näille olisi vesitiekuljetus Pietarin alueelle, josta edelleen joko rautatiekuljetus tai vesitiekuljetus Suomeen. Vesitiekuljetusten osuus puun kokonaistuonnista on kuitenkin ollut hyvin pieni, valtaosa tuonnista on tapahtunut kuorma-autoilla ja rautateitse.

Suurimmalle osalle Saimaan kanavan kuljetusasiakkaista kanava on ollut toissijainen, merisatamien kautta tapahtuvia kuljetuksia täydentävä reitti. Kanavan kustannustehokas käyttöalue on kuitenkin mahdollistanut erityisesti metsäteollisuudelle sellaisia vientimarkkinoita, joita todennäköisesti ei olisi ollut ilman kanavaa. Joillekin, pääasiassa kuivaa irtotavaraa tuoville yrityksille kanava on ollut ensisijainen kuljetusreitti, jolle ei ole ollut kilpailukykyistä vaihtoehtoa.

Yksi kanavan kilpailukykyä rajoittavista tekijöistä on ollut sen osavuotinen aukiolo. Kanavan talvikatkoa varten kuljetusasiakkaiden on joko järjestettävä vaihtoehtoinen kuljetusketju tai koko vuoden volyymi on kuljetettava avovesikauden aikana. Kahden rinnakkaisen kuljetusjärjestelmän ylläpito ei aina ole kannattavaa, minkä vuoksi valinta kääntyy helposti merisataman hyväksi. Joissakin kuljetusvirroissa koko vuoden kuljetusmäärä on pystytty kuljettamaan kanavan liikennekauden aikana, mutta varastoon sitoutuneen pääoman kustannukset voivat tällöin olla huomattavat.

Kanavan kuljetusmäärän kehitys

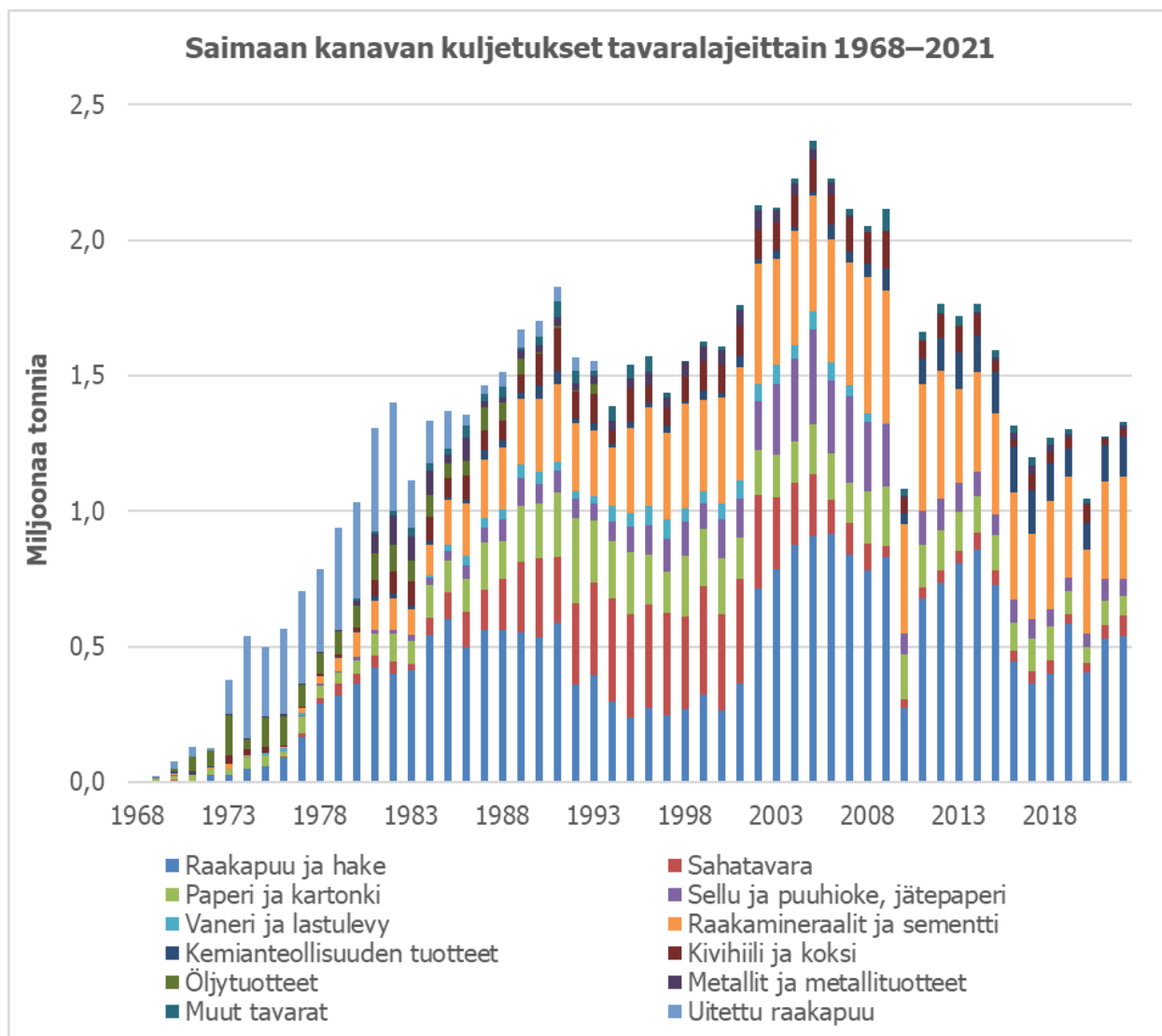
Nykyisen Saimaan kanavan kuljetusmäärä kasvoi vuonna 1968 tapahtuneen avaamisen jälkeen raakapuun tuonnin vetämänä tasaisesti 1990-luvun alkuun saakka, jolloin Suomen talouden taantuma ja samaan aikaan tapahtunut Neuvostoliiton romahtaminen käänsivät kuljetusmäärän laskuun (kuva 2). Kuljetusmäärä alkoi jälleen kasvaa raakapuun tuonnin lisääntyessä 1990-luvun lopussa. Suurin kokonaiskuljetusmäärä (2,37 miljoonaa tonnia) saavutettiin vuonna 2004, jonka jälkeen kuljetusmäärä alkoi tasaisesti laskea. Vuonna 2009 kuljetusmäärässä koettiin voimakas notkahdus, joka oli seurausta finanssikriisin aiheuttamasta talouden taantumasta sekä Venäjän raaka-
puulle asettamista vientitulleista. Kuljetusmäärä palasi vuosina 2010 ja 2011 lähes finanssikriisiä edeltäneelle tasolle, mutta jatkoi sen jälkeen laskua. Viime vuosina kuljetusmäärä on vakiintunut noin 1,3 miljoonan tonnin tasolle. Vuonna 2019 kuljetusmäärä notkahti alaporttien uusimisesta johtuneen lyhennyksen aukiolon vuoksi.

Saimaan kanavan kuljetusmäärä oli vuonna 2021 yhteensä 1,33 miljoonaa tonnia. Tästä 0,54 miljoonaa tonnia oli raakapuun tuontikuljetuksia. Tuontikuljetukset päättyivät 1.11.2021, kun Saimaan kanavan Brusnitchnoen tullauspaikka poistui käytettävissä olevien rajanylityspaikkojen joukosta Venäjän federaation päätöksellä. Muita merkittäviä tavaralajeja olivat raakamineraalit ja sementti, joiden kuljetuksia oli yhteensä 0,38 miljoonaa tonnia, sekä lannoitteet, joiden kuljetuksia oli 0,14 miljoonaa tonnia.

Viimeisten viidentoista vuoden aikana tapahtunut kuljetusmäärän väheneminen on ollut seurausta erityisesti metsäteollisuuden toimitusketjuissa tapahtuneista muutoksista. Määrällisesti eniten on vähentynyt raakapuun tuonti, joka oli suurimmillaan 0,91 miljoonaa tonnia vuonna 2005. Sen jälkeen vähenemiseen vaikuttivat metsäteollisuuden rakennemuutos ja tuontipuuhun liittyvä epävarmuus. Venäjältä tuotava raakapuu oli pääasiassa koivukuitua, jonka tarve on vähentynyt paperin tuotantokapasiteetin vähennysten seurauksena. Samaa aikaan riippuvuutta Venäjän tuontipuusta pyrittiin vähentämään sen saatavuuteen liittyvien epävarmuuksien vuoksi.

Suhteellisesti eniten on vähentynyt sahatavaran vienti. Suurimmillaan se oli 0,39 miljoonaa tonnia vuonna 2000, mutta vuonna 2021 enää 0,08 miljoonaa tonnia. Sahatavaran vientikuljetusten vähenemisen taustalla on kuljetusjärjestelmämuutos, koska vastaavana aikana kokonaisvienti ei ole vähentynyt. Toimituserien pienentyminen ja toimitusaikavaatimusten kiristyminen ovat suosineet perävaunu- ja konttikuljetuksia, mikä on siirtänyt kuljetuksia merisatamiin.

Osaltaan kuljetusmäärän laskuun on vaikuttanut myös metsäteollisuuden 2000-luvun puolivälissä alkanut rakennemuutos. Paperin vienti on vähentynyt kokonaisuutena, mikä on vaikuttanut myös Saimaan kanavan kuljetusmäärään. Samaa aikaan sellun vienti on kasvanut, mutta kasvu on suuntautunut pääasiassa Aasiaan, jolloin kanavaa ei ole voitu hyödyntää. Myös sahatavaran vie-
nin kasvusta suuri osa on suuntautunut Euroopan ulkopuolelle.



Kuva 2. Saimaan kanavan kuljetusmäärän kehitys 1968–2021.

Saimaan kanava avautui liikenteelle talvikatkon jälkeen jälleen 28.3.2022. Laivaliikenne on kuitenkin loppunut lähes kokonaan Venäjän aloittaman hyökkäyssodan ja siitä aiheutuneen epävarmuuden vuoksi. Kuljetusten vakuutusmaksut ovat nousseet niin korkeiksi, etteivät suorat aluskuljetukset ole enää olleet kannattavia. Saimaan vesialueella on kuitenkin edelleen alueen sisäisiä kuljetuksia, muun muassa raakapuun proomu- ja uittokuljetuksia Pohjois-Karjalasta ja Etelä-Savosta Lappeenrantaan, Joutsenoon ja Imatralle.

Laskentamallin toteutus

Yleiset lähtökohdat

Laskentamallin tavoitteena on arvioida Saimaan kanavan laivaliikenteen kuljetuskustannusten ja muiden yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutosta Saimaan vedenpinnan tason laskiessa maksimisyväyksen edellyttämän vedenkorkeuden alle. Saimaan syväväylän maksimikulkusyvyys vedenpinnan korkeudella NN +75,10 on 4,2 m. Vedenkorkeuden salliessa voidaan käyttää kanavan maksimikulkusyvyyttä 4,35 m. Laskentamallissa on käytetty lähtökohtana maksimikulkusyvyyttä 4,35 m, jolloin vedenpinnan korkeuden on oltava vähintään NN +75,25 m.

Lähtökohtana laskentamallissa ovat vuonna 2020 laaditussa Saimaan kanavan sulkujen pidentämisen hankearvioinnissa laaditut kuljetusvirtakohtaiset kuljetuskustannukset. Jos vedenpinnan korkeus laskee alle NN +75,25 m, sen oletetaan vaikuttavan kaikkiin kuljetuksiin niiden koko kuljetusmatkalla. Todellisuudessa alentunut vedenpinnan korkeus voi vaikuttaa eri kuljetuksiin eri tavoin. Lisäksi on mahdollista, että lastien jäädessä vajaiksi alukset hakevat täydentävää lastia merisatamista. Tällaista toimintamallia on kuitenkin hyvin vaikeaa ennustaa tai mallintaa.

Laskentamalli tarkastelee yhden vuoden aikana syntyvien kuljetuskustannusten ja muiden yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutosta suhteessa normaalitilanteeseen, eli alentuneen vedenpinnan tason oletetaan vaikuttavan kaikkiin kuljetuksiin tasaisesti koko vuoden. Tulosten perusteella on kuitenkin mahdollista arvioida myös lyhyempien kuivuusjaksojen vaikutuksia.

Muita laskentamallin keskeisiä lähtötietoja ovat:

- Väyläviraston Tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvot. Yksikköarvoja on hyödynnetty kuljetusmuotosiirtymistä aiheutuvien yhteiskuntataloudellisten vaikutusten laskennassa. ([Tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvojen määrittäminen vuodelle 2018 \(doria.fi\)](#))
- Royal Wagenborg -varustamon esittämät tiedot alusten polttoaineenkulutuksesta ([Fleetlist - Royal Wagenborg](#))
- Tiedot kuljetusvirtakohtaisista kuljetusmääristä. Nämä on saatu Traficomien ylläpitämästä tietokannasta, joka ei ole julkisesti saatavilla. Tavararyhmäkohtaiset kuljetusmäärät ovat saatavissa Tilastokeskuksen meriliikenteen tilastoista ([Ulkomaan merikuljetukset satamittain ja tavaralajeittain muuttujina Satama, Tavaralaji, Suunta, Vuosi ja Tiedot. PxWeb \(stat.fi\)](#))
- Finnpilotin hinnat alusten luotsaukselle ([Hinnasto ja hintalaskuri - Finnpilot](#)).
- Voimassa olevat Suomen valtion ja Venäjän federaation Saimaan kanavan liikenteeltä perittävät maksut.
- Voimassa olevat merisatamien liikenteeltä perittävät väylämaksut ([Väylämaksut - Tulli](#)).

- Valtion vuoden 2021 talousarviossa esitetty Saimaan luotsauksen subventio.

Kuljetusmäärät

Laskentamallin lähtötietona ovat Traficomien aluskäyntikohtaisiin tilastoihin perustuvat vuoden 2021 kuljetusmäärät (taulukko 1). Raakapuun tuontikuljetuksia Venäjältä ei sisällytetty laskentamalliin, koska niissä kulkusyvyys oli käytettävän venäläisen laivakaluston vuoksi pienempi, eikä alentu-neella vedenpinnan tasolla olisi ollut samanlaista vaikutusta kuin muissa kuljetuksissa. Raakapuun tuontikuljetukset Venäjältä myös päättyivät 1.11.2021. Kaksi vuoden 2020 hankearvioinnissa mu-kana ollutta kuljetusvirtaa oli vuoden 2021 tietojen perusteella päättynyt. Toisaalta uusina olivat kipsin kuljetukset Siilinjärveltä Varsinais-Suomeen ja Länsi-Uudellemaalle.

Kuljetuskustannusten laskenta edellyttää arviota sekä Saimaan kanavan kautta kulkevasta kulje-tusmäärästä, että kuljetusmäärästä, joka kuljetetaan merisataman kautta kanavan talvikatkon ai-kana. Saimaan kanavan keskimääräinen aukioloaika on 2000-luvulla ollut 9,5 kuukautta. Joissakin kuljetusvirroissa koko vuoden kuljetusmäärä pystytään kuljettamaan kanavan liikennöintikauden aikana, mutta joissakin kuljetukset käyttävät vaihtoehtoista kuljetusketjua. Tällaisissa kuljetusten on oletettu jakautuvan tasaisesti vuoden ympäri.

Taulukko 1. Traficomien tilastojen perusteella arvioidut kuljetusmäärät vuonna 2021. Lähtö- tai määränpään ollessa esimerkiksi ”Keski-Eurooppa”, tarkoittaa tämä useita alueen satamia.

	Tavararyhmä	Kuljetukset Saimaan kanavan kautta [t]	Kuljetukset Saimaan kanavan talvikatkon aikana [t]
Siilinjärvi–Keski-Eurooppa	Lannoitteet	140 000	40 000
Imatra–Keski-Eurooppa	Metsäteollisuuden tuotteet	90 000	24 000
Varkaus–Keski-Eurooppa	Metsäteollisuuden tuotteet	122 000	32 000
Joensuu–Keski-Eurooppa	Metsäteollisuuden tuotteet	115 000	30 000
Keski-Eurooppa–Lappeenranta	Raakamineraalit ja sementti	148 000	
Baltia–Imatra	Raakapuu	39 000	
Baltia–Joensuu	Raakamineraalit ja sementti	65 000	
Joensuu–Länsi-Eurooppa	Metsäteollisuuden tuotteet	16 000	4 000
Inkoo–Joensuu	Kivihiili ja koksi	24 000	
Siilinjärvi–Kemiö	Raakamineraalit ja sementti	53 000	
Siilinjärvi–Naantali	Raakamineraalit ja sementti	21 000	
Yhteensä		831 000	127 000

Muut lähtötiedot

Mallin ensimmäisellä välilehdellä annetaan laskennan muut käytettävät lähtötiedot. Näitä ovat:

- **Vedenpinnan nollassa:** Alin vedenpinnan korkeus, jolla maksimisyväys on mahdollinen. Laskentamallissa on käytetty tasoa NN +75,25 m.
- **Tarkasteltava vedenpinnan korkeus:** korkeustaso, jonka vaikutuksia laivaliikenteelle halutaan tarkastella.

- **Saimaan alusten TPC (Tons per Centimetre) -luku:** Syväyksen ja lastikapasiteetin muutoksen välistä suhdetta kuvaava aluskohtainen luku. Saimaan nykyisillä aluksilla tämä luku on 10.
- **Polttoaineen hinta:** vähärikkisen laivapolttoaineen (LSMGO) hinta \$/mts (metric tons, 1 000 litraa).
- **Valuuttakurssi:** kurssi, jolla polttoaineen hinta muutetaan dollareista euroiksi.
- **Polttoaineenkulutus normaaliajossa:** Saimaan laivaliikenteessä käytettävän aluksen polttoaineenkulutus normaaliajossa noin 5,0 m syväyksellä. Lähtöoletuksena olevat arvot perustuvat Royal Wagenborg -varustamon alusten tietoihin.
- **Polttoaineenkulutuksen muuntokerroin:** muuntokerroin, jolla lasketaan syväyksen muutoksen vaikutus polttoaineenkulutukseen (kasvukerroin syväyksen kasvaessa 0,1 m). Lähtöoletuksena on käytetty kerrointa 1,0184, joka perustuu Saimaan kanavan sulkujen pidentämisen hankearvioinnissa laadittuihin laskelmiin. Tämä tarkoittaa, että kulutus kasvaa 1,8 % syväyksen kasvaessa 0,1 m.

Kuljetuskustannusten laskennan periaatteet

Kuljetuskustannukset lasketaan erikseen suoralle aluskuljetukselle ja merisataman kautta tapahtuvalle kuljetukselle, joka muodostuu joko tie- tai rautatiekuljetuksesta ja aluskuljetuksesta. Suoran aluskuljetuksen kustannusten laskenta perustuu Saimaan kanavan sulkujen pidentämisen hankearviointi -selvityksessä määritettyihin Saimaa-kokoluokan aluksen yksikkökustannuksiin. Näihin sisältyvät:

- pääomakustannukset
- miehityskustannukset
- korjaus- ja kunnossapitokustannukset
- vakuutuskustannukset
- polttoainekustannukset ajossa
- polttoainekustannukset satamassa
- yleiskustannukset.

Näiden lisäksi huomioidaan Suomen valtion ja Venäjän federaation perimät viranomaismaksut, joita ovat:

- luotsausmaksu
- kanavan lupamaksu
- Venäjän luotsausmaksu
- Venäjän merikanavamaksu
- Venäjän navigointimaksu.

Polttoainekustannusten laskentaa muutettiin vuoden 2020 hankearviointiin verrattuna siten, että lähtökohtana ovat Royal Wagenborg -varustamon ilmoittamat keskimääräiset vuorokausikohtaiset kulutukset (mts/vrk). Kyseinen varustamo vastaa suurimmasta osasta Keski-Euroopan liikennettä. Sen alukset ovat suhteellisen uusia verrattuna muihin Saimaan laivaliikenteen toimijoihin, mikä voi hieman aliarvioida keskimääräistä kulutusta.

Kuljetusmatkat on määritetty eri kuljetusvirtojen tyypillisten määränpäiden perusteella. Määränpäät ovat useissa tapauksissa vaihtelevia, minkä vuoksi on pyritty valitsemaan etäisyydeltään keskimääräinen reitti. Kuljetusmatkan lisäksi on huomioitu kuljetuksen edellyttämä aluksen tyhjänäajo, eli esimerkiksi Lappeenrantaan teollisuussuolaa tuovan aluksen siirtyminen Siilinjärvelle hakemaan vientiin menevä lannoitelasti. Tyhjänä ajo on huomioitu ainoastaan, jos se voidaan Traficomien tilastoaineiston perusteella määrittää.

Merisataman kautta tapahtuvassa kuljetuksessa on oletettu käytettävän vastaavankokoista alusta kuin Saimaan kanavan kuljetuksessa, mutta näissä kuljetuksissa voidaan käyttää alusten täyttä kulkusyvyvyyttä. Traficomien tilastojen perusteella Itämeren alueen kuljetuksissa käytetään laajasti kyseistä aluskokoa. Suuremmasta aluksesta saatava hyöty olisi Itämeren alueen kuljetuksissa rajallinen, koska myös satamassaoloaika ja sen kustannukset kasvavat aluskoon kasvaessa.

Merisataman kautta tapahtuvaan kuljetukseen sisältyvän tie- tai rautatiekuljetuksen kustannukset on määritetty Väyläviraston tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvojen perusteella. Kuljetusketjuihin sisältyvät välikäsittelyt muodostavat merkittävän osan kuljetusketjujen kustannuksista ja näihin sisältyy huomattavaa epävarmuutta. Lähtötietona on käytetty aikaisemmissa selvityksissä ja haastatteluissa saatuja tietoja, mutta tarkempaa määrittelyä näille kustannuksille ei ole tehty.

Raakapuun tuontikuljetuksille Baltiasta ei määritetty vaihtoehtoista kuljetusketjua, koska kuljetukset voidaan korvata hankinnalla kotimaasta. Kuljetuksille on kuitenkin määritetty kattohinta, jonka yli kustannusten ei arvioida kasvavan (jos kattohinta ylittyy, kuljetukset loppuvat).

Muiden yhteiskuntataloudellisten erien laskennan periaatteet

Kuljetuskustannusten ohella malli laskee muiden yhteiskuntataloudellisten hyöty- ja kustannuserien muutokset. Näihin lukeutuvat:

- väylänpidon kustannukset
- tieliikenteen onnettomuuskustannukset
- tieliikenteen päästökustannukset
- valtion vero- ja maksutuotot ja subventiot.

Väylänpidon kustannukset on laskettu Väyläviraston tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvojen mukaisilla arvoilla 0,0466 €/brt-km (tieliikenne, raskas tyyppiajoneuvo) ja 0,0015 €/brt-km (raideliikenne, sähkövetoinen). Saimaan kanavan ja syväväylän ylläpitokustannusten on oletettu pysyvän muuttumattomina.

Tieliikenteen onnettomuuskustannukset on laskettu maanteiden vuoden 2017 keskimääräisen onnettomuusasteen (uusin saatavissa oleva onnettomuustilasto) 6,1 onnettomuutta/100 milj. ajon-km sekä tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvojen keskimääräisen onnettomuuskustannuksen 412 500 € perusteella.

Tieliikenteen päästökustannukset on laskettu VTT:n ylläpitämän liikenteen päästötietokannan (LIPASTO) mukaisella hiilidioksidipäästöjen yksikköpäästöllä 1 137 g/ajon-km (täyden ja tyhjän ajoneuvoyhdistelmän keskiarvo) sekä tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvojen mukaisella yksikköarvolla 77 €/t (perustuu Suomen energiaverolainsäädäntöön).

Valtion vero- ja maksutuottoihin luetaan:

- Saimaan kanavan lupamaksutulot
- Saimaan kanavan vuokratkustannukset
- väylämaksutulot
- ratamaksutulot
- tieliikenteen polttoaineverotulot

- Saimaan luotsauksen hintatuki.

Saimaan kanavan lupamaksu on sidottu aluksen nettovetoisuuteen (NT), joka on aluksen lastinotokkyä kuvaava yksikötön luku. Lupamaksun määränä on käytetty 0,35 €/NT (aluksen jääluokka 1C tai alempi). Jääluokan 1A ja 1B aluksilla määrä on 0,29 €/NT. Alusten jääluokkien selitykset ovat seuraavat:

- IA Super: alus, jonka rakenne, konetehto ja muut ominaisuudet ovat sellaisia, että se pystyy kulkemaan vaikeissa jääolosuhteissa pääsääntöisesti ilman jäänmurtajan avustusta
- IA: alus, jonka rakenne, konetehto ja muut ominaisuudet ovat sellaisia, että se pystyy kulkemaan vaikeissa jääolosuhteissa tarpeen mukaan jäänmurtajan avustamana
- IB: alus, jonka rakenne, konetehto ja muut ominaisuudet ovat sellaisia, että se pystyy kulkemaan keskivaikeissa jääolosuhteissa tarpeen mukaan jäänmurtajan avustamana
- IC: alus, jonka rakenne, konetehto ja muut ominaisuudet ovat sellaisia, että se pystyy kulkemaan helpoissa jääolosuhteissa tarpeen mukaan jäänmurtajan avustamana.

Saimaan laivaliikenteessä käytettävät alukset kuuluvat pääosin luokkiin 1A ja 1B.

Saimaan kanavan vuokrakustannus on 1,2 miljoonaa euroa vuodessa, jonka lisäksi maksetaan muuttuvaa vuokraa alusten yhteenlaskettuun bruttovetoisuuteen perustuen. Muuttuvan osan määrä saadaan kaavasta (kokonaisbruttovetoisuus–1 500 000) GT * 0,18 €/GT. Bruttovetoisuus (GT) on aluksen kokonaistilavuutta kuvaava yksikötön luku.

Väylämaksua maksetaan käytettäessä merisatamia. Saimaan kanavan laivaliikenne on vapautettu väylämaksusta. Laskentamallissa väylämaksu on oletettu perittävän jokaiselta aluskäynniltä, vaikka se on maksettava ainoastaan kalenterivuoden 10 ensimmäiseltä aluskäynniltä. Väylämaksun suuruutena on käytetty jääluokan 1A lastialuksen väylämaksua, jonka suuruus on 1,098 €/NT.

Ratamaksun määrä on sidottu junan bruttotonnisuoritteeseen. Ratamaksun yksikköhinta sähkövetoiselta liikenteeltä on 0,147 snt/brt-km. Tieliikenteen polttoaineverotulot on laskettu tie- ja rautatie liikenteen hankearvioinnin yksikköarvojen mukaisella ajoneuvoyhdistelmän verotulolla 26 snt/km.

Saimaan luotsauksen hintatuki on valtion subventio Finnpilotille, jolla katetaan luotsauskulujen alijäämä. Vuonna 2021 tuen määrä oli 3,8 miljoonaa euroa. Saimaan luotsauksen kustannukset ovat pääosin kiinteitä, eli luotsausten määrästä riippumattomia. Hintatuen tarpeen oletetaan tällöin kasvavan vähenevien luotsaustulojen mukaisesti.

Laskentamallin toimintaperiaate

Laskentamallin toimintaperiaatetta on havainnollistettu kuvassa 3. Laskennan lähtökohtana ovat edellä kuvatut lähtötiedot, jotka syötetään taulukon ensimmäiselle välilehdelle ("DASHBOARD"). Näiden perusteella malli laskee kuljetuskustannukset kolmelle kuljetusketjulle.

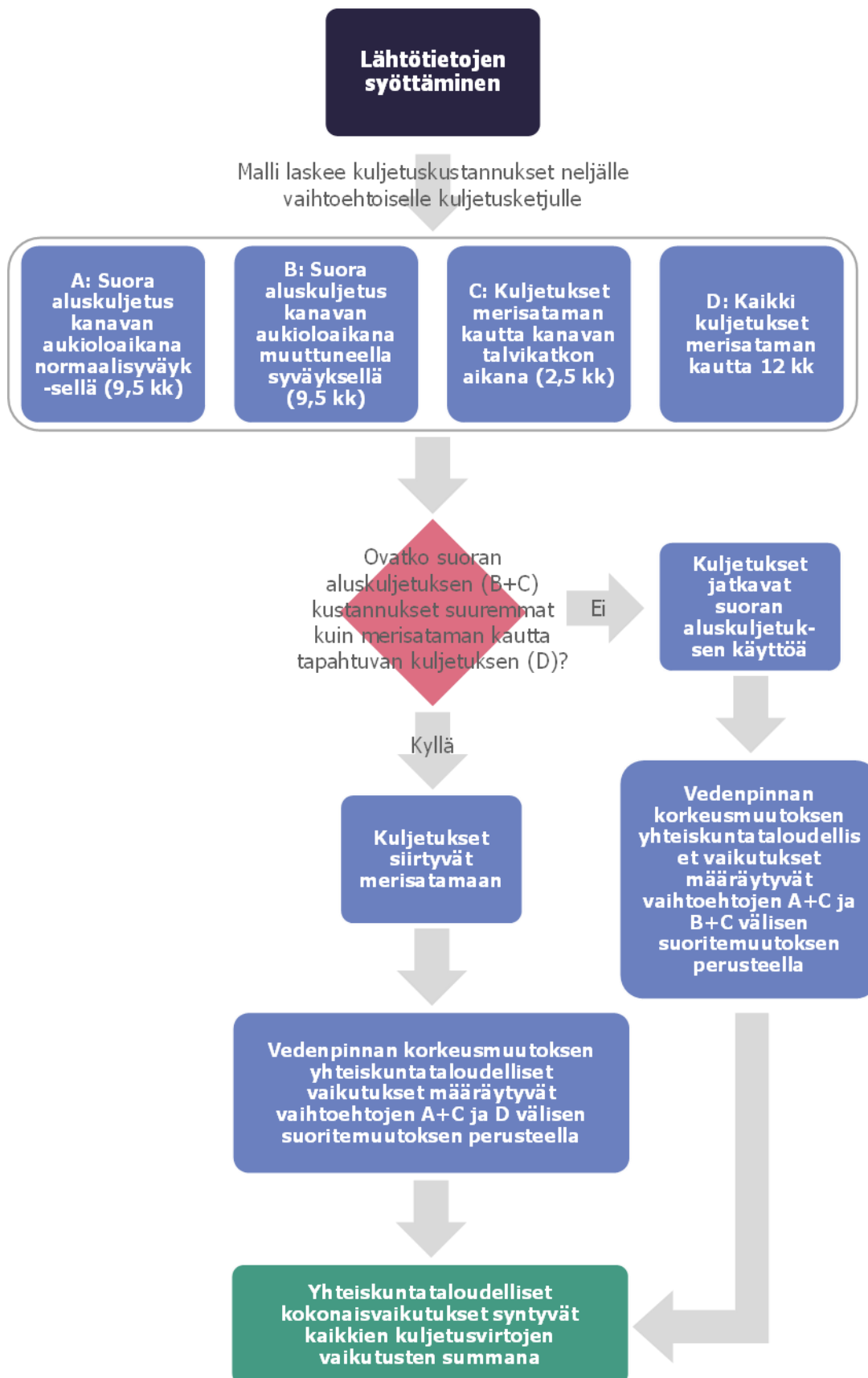
- A. suora aluskuljetus kanavan aukioloaikana normaalisyväyksellä (9,5 kk)
- B. suora aluskuljetus kanavan aukioloaikana muuttuneella syväyksellä (9,5 kk)
- C. kuljetukset merisataman kautta kanavan talvikatkon aikana (2,5 kk)
- D. kaikki kuljetukset merisataman kautta 12 kk.

Suoran aluskuljetuksen kustannukset muodostuvat kuljetusketjujen B ja C summana, jos kuljetukset jatkuvat talvikatkon aikana merisataman kautta. Jos kaikki kuljetukset voidaan kuljettaa kanavan aukioloaikana, muodostuvat kustannukset ainoastaan kuljetusketjusta B.

Kuljetuskustannusten perusteella määräytyy, mitä kuljetusketjua kuljetuksissa käytetään. Jos suoran aluskuljetuksen (B+C) kustannukset ovat pienemmät, kuin merisataman kautta tapahtuvan kuljetuksen (D), käytetään sitä. Muussa tapauksessa käytetään merisataman kautta tapahtuvaa kuljetusta.

Käytettäessä suoraa aluskuljetusta vedenpinnan korkeusmuutoksen yhteiskuntataloudelliset vaikutukset määräytyvät vaihtoehtojen A+C ja B+C välisen suoritemuutoksen perusteella. Käytettäessä merisataman kautta tapahtuvaa kuljetusta yhteiskuntataloudelliset vaikutukset määräytyvät vaihtoehtojen A+C ja D välisen suoritemuutoksen perusteella. Yhteiskuntataloudelliset kokonaisvaikutukset määräytyvät kaikkien kuljetusvirtojen vaikutusten summana.

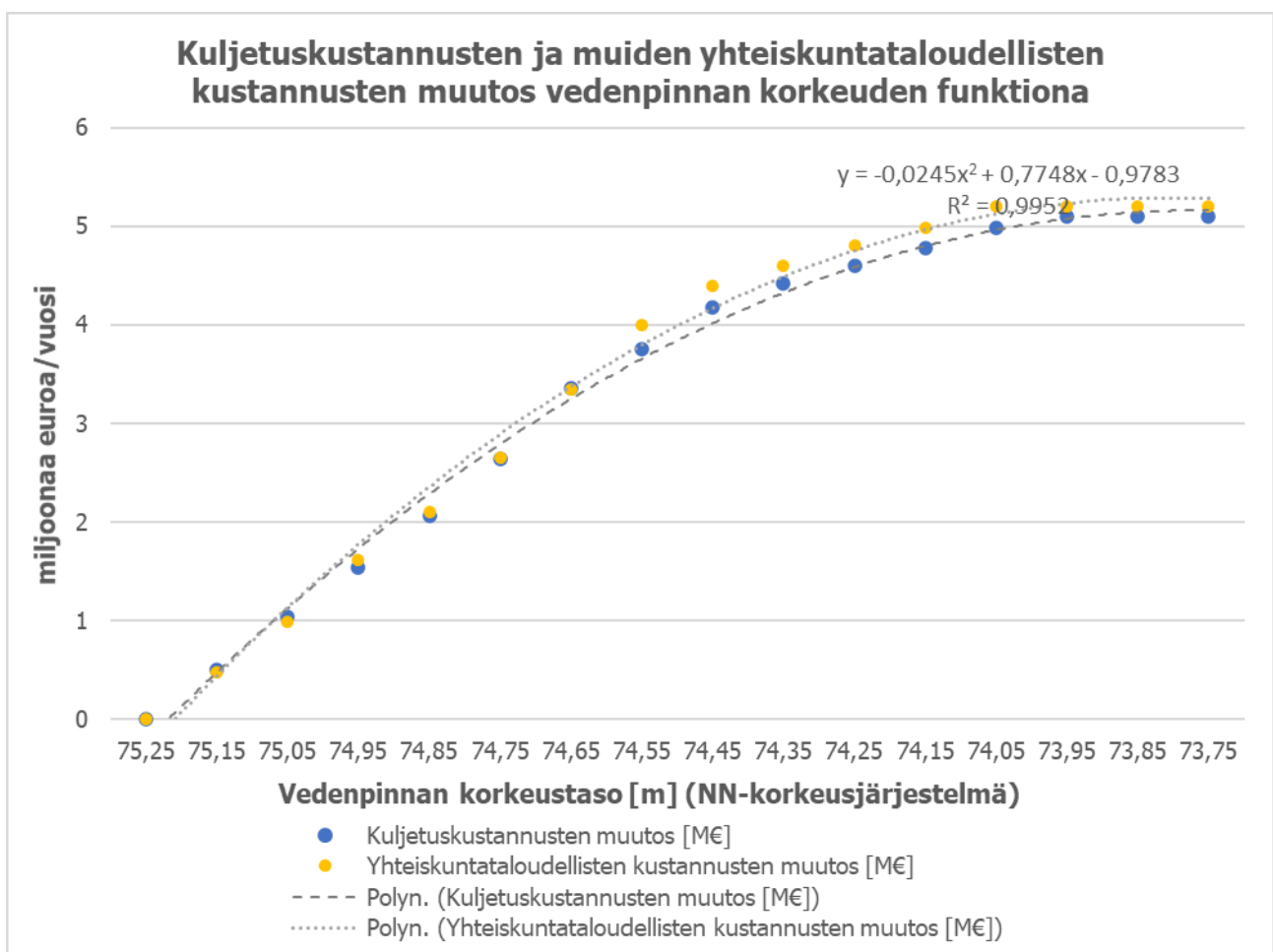
Laskentamalli laskee vaikutukset yhdeltä vuodelta, eli pienentyneen kulkusyvyyden oletetaan olevan käytössä koko liikennöintikauden ajan. Jos halutaan arvioida lyhyemmän kuivuusjakson vaikutusta, saadaan se kertomalla koko vuoden kustannusmuutos suhdeluvulla, joka kuvaa tarkasteltavan jakson osuutta koko liikennöintikaudesta.



Kuva 3. Yhteiskuntataloudellisten vaikutusten arviointiprosessi.

Tulosten arviointia

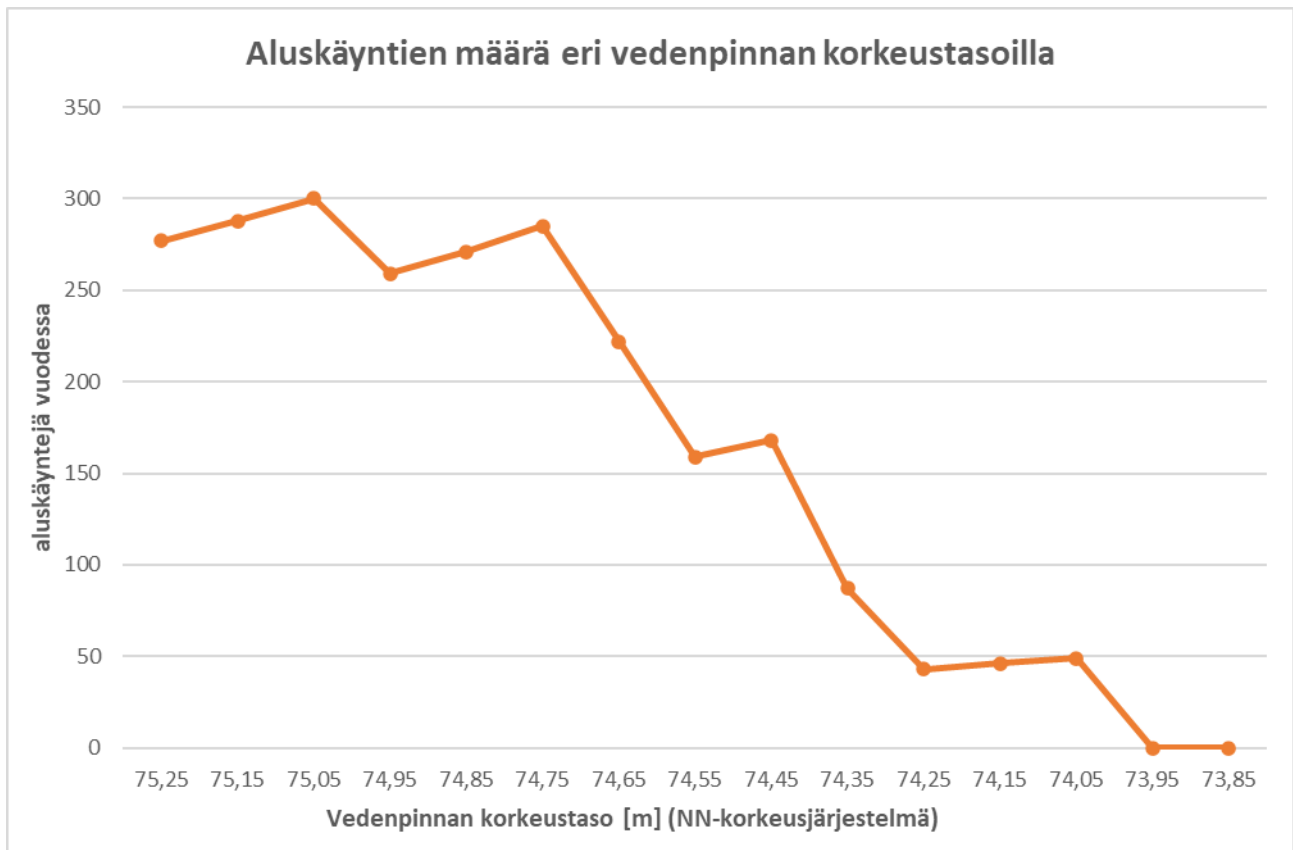
Kuvassa 4 on esitetty kuljetuskustannusten ja yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutokset vedenpinnan korkeuden funktiona. Esimerkiksi vedenpinnan tason laskiessa tasolle NN +74,60 m aiheutuu Saimaan laivaliikenteelle, eli käytännössä kuljetusasiakkaille, 3,56 miljoonan euron vuosittainen lisäkustannus. Yhteiskuntataloudellinen lisäkustannus on 3,81 miljoonaa euroa. Kuljetuskustannuksen ja yhteiskuntataloudellisen kustannuksen ero on melko pieni, mikä johtuu siitä, että muut yhteiskuntataloudelliset kustannukset (kuin kuljetuskustannus) kompensoivat hyvin paljon toisiaan: kuljetusten siirtyminen merisatamiin aiheuttaa tieliikenteen onnettomuuksia ja päästöjä, mutta samaan aikaan valtion saamat vero- ja maksutulot (erityisesti tieliikenteen polttoaineverotulot, mutta myös rata- ja väylämaksutulot) kasvavat.



Kuva 4. Kuljetuskustannusten ja yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutos vedenpinnan korkeuden funktiona (miljoonaa euroa/vuosi).

Kuljetuskustannukset kasvavat vedenpinnan laskiessa aina korkeustasoon NN+ 73,95 m saakka. Tällöin kaikkien Saimaan kanavan kuljetusten arvioidaan siirtyneen merisatamiin (kuva 5). Kulku-
syvyyden pienentyessä aluskäyntien määrä kasvaa ensin, koska tarvittavien aluskäyntien määrä

kasvaa, mutta suora vesitiekuljetus on edelleen merisataman kautta tapahtuvaa kuljetusta edullisempi. Kulkusyvyyden pienentyessä riittävästi kuljetus merisataman kautta muuttuu edullisemmaksi, jolloin aluskäyntien määrä vähenee.



Kuva 5. Aluskäyntien määrä eri vedenpinnan korkeustasoilla (aluskäyntejä vuodessa, NN-korkeusjärjestelmä).

Pienentyneen kulkusyvyyden arvioidaan vaikuttavan ensimmäisenä metsäteollisuuden tuotekuljetuksiin, joissa suoran aluskuljetuksen ja merisataman kautta tapahtuvan kuljetuksen kustannusero on pienin. Sen sijaan kuivan irtotavaran (raakamineraalit ja sementti sekä lannoitteet) kuljetukset eivät ole yhtä herkkiä kulkusyvyyden muutoksille.

Laivapolttoaineiden hinnat ovat nousseet huomattavasti viimeisen vuoden aikana ja hinnoissa on ollut huomattavaa vaihtelua. Syitä nousulle ovat olleet sekä COVID-19-pandemiasta palautuneen maailmantalouden aiheuttama polttoaineiden tuotantokapasiteetin riittämättömyys että Venäjän hyökkäys Ukrainaan helmikuussa 2022 ja sen seuraukset. Laskentamallin lähtöoletuksena on käytetty 4.4.2022 ilmoitettua [Rotterdam Bunker Prices](#) -hintaa matalarikkiselle (LSMGO) laivapolttoaineelle, joka oli 1 147 \$/mts. Korkeimmillaan hinta on vuoden 2022 aikana ollut tähän mennessä (23.9.2022) 1 387,5 \$/mts.

Polttoaineen hinnannousu pienentää alentuneen vedenpinnan korkeuden aiheuttamaa kustannusten kasvua. Tämä johtuu siitä, että suoran aluskuljetuksen kustannukset nousevat suhteellisesti enemmän kuin merisataman kautta tapahtuvan kuljetuksen, jolloin näiden kustannusero tasoittuu. Esimerkiksi polttoaineen hinnan ollessa 1 387,5 \$/mts on kuljetuskustannusten kasvu vedenpinnan

korkeudella NN +74,60 m 3,44 miljoonaa euroa vuodessa kun se hinnan ollessa 1 147 €/mts ja samalla vedenpinnan korkeudella on 3,56 miljoonaa euroa vuodessa.