

Kalle Toivonen

VAARALLISEN AINEEN KULJETUKSEN AUTOMAATTINEN  
TUNNISTAMINEN KONENÄÖLLÄ LAIVASSA

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

2019

# VAARALLISEN AINEEN KULJETUKSEN AUTOMAATTINEN TUNNISTAMINEN KONENÄÖLLÄ LAIVASSA

Toivonen, Kalle

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

Kesäkuu 2019

Sivumäärä: 66

Liitteitä: 4

Asiasanat: autolautta, konenäkö, vaarallisten aineiden kuljetus, VAK

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää konenäön hyödyntämistä vaarallisen aineen kuljetusten tunnistamisessa matkustaja-autolautalla. Työn tilaajana oli Rauma Marine Constructions Oy, joka myös antoi aiheen työlle.

Työssä tutustuttiin konenäköjärjestelmien toimintaperiaatteeseen, järjestelmän osiin sekä erilaisiin kuvaus- ja valaistustekniikoihin. Työtä varten tutkittiin myös paljon Traficomien määräyksiä vaarallisten aineiden kuljetuksista. Erityisesti keskityttiin ajoneuvon ulkopinnoilla oleviin suurlipukkeisiin, joiden tunnistamiseen suunnitellun konenäköjärjestelmän toiminta perustuu. Työn pohjalta arvioitiin suunnitellun järjestelmän toimintaa laivaympäristössä sekä järjestelmän toteuttamisen mielekkyyttä ja kustannustehokkuutta. Mietittiin myös mahdollisia ongelmakohtia sekä niiden ratkaisuja.

Otettujen mallikuvien perusteella huomattiin, että automaattisen konenäköjärjestelmän toiminta ei nykyisellään olisi kovin luotettavaa merkkien useinkin huonon kunnon ja vaihtelevan sijainnin vuoksi. Kuljetusliikkeiden, kuljettajien ja viranomaisten tulisikin kiinnittää huomiota merkkien kuntoon, kiinnitykseen ja taustan erottuvaan väriin. Tämän opinnäytetyön havaintojen perusteella täysin automaattiseen konenäkö-tunnistukseen autolautoissa ei pystytä vielä siirtymään merkkien kunnon, kiinnityksen ja puutteellisen taustan vuoksi. Toivotut resurssi- ja ajansäästöt eivät siten näytä tois- taiseksi toteutuvan.

# AUTOMATIC IDENTIFICATION OF DANGEROUS GOODS CARGO IN SHIPS USING MACHINE VISION

Toivonen, Kalle

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in electrical and automation engineering.

June 2019

Number of pages: 66

Appendices: 4

Keywords: machine vision, ADR, car ferry

---

The purpose of this thesis was to investigate the usage of a machine vision system to identify dangerous cargo transports in a passenger car ferry. This thesis was done for Rauma Marine Constructions Oy.

Machine vision system components, camera technologies and different types of lighting arrangements were studied for the thesis. Regulations from the Finnish Transport and Communications Agency Traficom regarding ADR transport were also studied extensively. Especially regulations regarding the signage that is required on the vehicles that are transporting dangerous goods were thoroughly considered. Focus was placed on the signage because the designed machine vision system identifies the symbols. Based on the research the usability of the system onboard the ship was analyzed. The performance and cost-effectiveness were also analyzed.

Based on the sample pictures that were taken of transport trucks, it was noticed that the automatic machine vision system would not be very reliable. Reasons for this were bad condition of the symbols indicating what type of cargo is transported and their varying location on the back of the transport. Transport companies, drivers and authorities should pay more attention to the condition of the symbols, their mounting and the color of the surface they are mounted on. Based on the research in this thesis it is not yet feasible to move to fully automatic machine vision system due to the condition and mounting of the symbols and the lack of a backing plate. The hoped-for savings in resources and time are not yet realizable.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	SANASTOA .....	7
3	TYÖN TILAAJAN ESITTELY.....	9
3.1	Rauman telakan historiaa.....	9
3.2	Rauma Marine Constructions Oy (RMC).....	9
4	KONENÄKÖTEKNIikka.....	13
4.1	Kamerat .....	14
4.1.1	Kenno .....	15
4.1.2	Optiikka .....	18
4.2	Valaistus .....	19
4.2.1	Erlaisia valonlähteitä.....	20
4.2.2	Perinteisten konenäköjärjestelmien valaistustekniikoita.....	21
4.3	Tunnistustekniikat ja analysointiohjelmistot .....	25
4.4	Liitännät.....	26
5	VAARALLISTEN AINEIDEN KULJETUS .....	27
5.1	Määritelmä.....	27
5.2	Kuljetus merellä .....	28
5.3	Traficomln määräykset varoituskilvistä .....	29
5.3.1	Oranssikilpi .....	29
5.3.2	Suurlipuke eli varoituslipuke .....	30
5.3.3	Kuljetusyksiköiden, ajoneuvojen ja konttien merkintä.....	32
6	JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU .....	35
6.1	Kameroiden mahdollinen sijoittelu laivassa.....	35
6.2	Kameran valinta .....	38
6.2.1	Kennon tyyppi .....	38
6.2.2	Optiikka .....	39
6.2.3	Kameran nopeus.....	40
6.2.4	Liitäntä .....	40
6.2.5	IP-luokitus .....	41
6.2.6	Älykamera vai perinteinen järjestelmä.....	42
6.3	Valaistuksen suunnittelu.....	42
6.4	Mallikuvat.....	46
6.4.1	Kuvien ottaminen.....	46
6.4.2	Kuvien tarkastelu ja analysointi.....	47
6.5	Tunnistettavien kohteiden opetus.....	49

6.6	Ohjaamon ilmoituksen toteutus .....	59
7	JÄRJESTELMÄN TESTAAMINEN.....	60
7.1	Mahdolliset ongelmatilanteet ja ratkaisut.....	60
7.2	Mahdolliset kehityskohteet.....	61
7.3	Järjestelmän kustannukseen vaikuttavat tekijät .....	61
8	YHTEENVETO.....	62
	LÄHTEET .....	64
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä ja tutustua konenäköjärjestelmiin sekä niiden hyödyntämiseen autolautan lastauksessa. Työssä esitellyissä esimerkkiautolautoissa on ylempi autokansi tarkoitettu vaarallista ainetta kuljettaville ajoneuvoille. Vaarallisten aineiden kuljetusten ollessa aluksen kyydissä muuttuu ylempi kansi räjähdysvaaralliseksi tilaksi. Silloin laitteista, joita ei ole tarkoitettu räjähdysvaaralliseen tilaan, tulee katkaista sähkönsyöttö. Tämä syötön katkaisu on aikaisemmin tehty manuaalisesti ja vaarallista lastia kuljettavien ajoneuvojen seuranta on ollut miehistön vastuulla. Konenäköjärjestelmän avulla on tavoitteena automatisoida kuljetuksen tunnistus sekä syötön katkaisu. Aiheen valintaan on vaikuttanut RMC:n uudet laivakaupat Wasalinen ja Tallinkin kanssa. Alukset tulevat olemaan sähköjärjestelmiensä osalta edistyksellisiä ja täynnä uusia ratkaisuja, joiden tavoitteena on energiatehokkuus ja päästöjen pienentäminen. Konenäköjärjestelmä vapauttaisi työvoimaa keskittämään huomionsa ja työpanoksensa muihin alusten lastaukseen liittyviin asioihin.

Työn alussa esitellään tilaajaa Rauma Marine Constructions Oy:tä sekä tulevia projekteja, joissa konenäköjärjestelmää voitaisiin käyttää. Tämän jälkeen käsitellään konenäköjärjestelmiä, niiden toimintaa sekä valaistustekniikoita. Luku 5 käsittelee Traficomien määräyksiä sekä ohjeistuksia vaarallisten aineiden kuljetuksien merkinnöistä. Työn lopussa käydään läpi järjestelmän suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, mahdollisia ongelmakohtia sekä muita esiin tulevia asioita. Järjestelmästä tehdään myös esimerkkiohjelma Cognexin In-Sight Explorer-ohjelmistolla, joka on Cognexin älykameroiden ohjelmointityökalu, jolla on mahdollista myös emuloida kameroita ja testata ohjelman toimintaa.

Valaistustasoja aluksien sisäänajoalueilla mallinnetaan DiaLux Evo-ohjelmistolla. DiaLux Evo on ilmainen valaistusvoimakkuuksien laskemiseen tarkoitettu ohjelmisto, johon löytyy monelta valmistajalta valmiita malleja valaisimista. Valaisimien sijoittelusuunnittelu sekä kameroiden sijainnin suunnittelu on tehty AutoCAD LT -ohjelmistolla.

## 2 SANASTOA

ADR	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road. ADR-määräysten mukaisesti luokiteltu, pakattu, merkitty, dokumentoitu lähetys ja sitten toteutettava kuljetus voidaan hoitaa sopimusvaltioiden alueella ilman erityistä kansallisten määräysten noudattamista.
CCD-kenno	Charge Coupled Device. Yleisin kameroiden kennotyyppi.
CMOS-kenno	Complementary Metal Oxide Semiconductor. Yleistyvä kennotyyppi.
Emulointi	Jäljitellä toisen laitteen tai järjestelmän toimintaa.
Ethernet	Yleisin käytössä oleva lähiverkkotekniikka. Käyttää RJ-45-liitäntää.
Ex-tila	Räjähdyksivaarallinen tila eli tila, jossa voi esiintyä räjähdysvaarallinen ilmaseos.
Firewire	IEEE 1394. USB-standardin kilpailija.
Frame grabber	Kuvankaappauskortti tai -laite, joka tallioi kuvaruutuja analogisesta tai digitaalisesta videosignaalista. Yksittäisiä kaapattuja kuvaruutuja käytetään analysoinnissa.
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code. IMDG-koodi käsittelee vaarallisten aineiden merikuljetuksia pakatussa muodossa.
IP-luokitus	Ingress Protection. Laitteen koteloitiluokka eli suojaus ympäristön elementtejä vastaan.
Korvetti	Sota-alusten kokoluokista pienin. Pituus noin 105 metriä.
Leimahduspiste	Alin lämpötila, jossa tulenaran nesteen höyry muodostaa ilman kanssa palavan seoksen.
M/S	Motor ship eli moottorilla varustettu alus.
OCR	Optical character recognition eli kirjaimien ja numeroiden tunnistaminen kuvasta.
Oranssikilpi	Kuljetusyksikköön kiinnitettävä kilpi, johon merkataan vaarallisen aineen YK-numero sekä vaaran tunnusnumero.

Plug and play	Liitä ja käytä. Mahdollistaa laitteiden liittämisen tietokoneeseen ilman erillistä konfigurointia tai koneen sammuttamista.
POE	Power over Ethernet. Mahdollistaa laitteiden sähkönsyötön käyttämällä Ethernet-kaapelia, jolloin erillistä virtakaapelia ei tarvita.
Ro-ro-alus	Roll on roll off. Aluksen kuormaus tapahtuu perässä, keulassa tai kyljessä olevan portin kautta ilman nosturia.
SOLAS	The International Convention for the Safety of Life at Sea. Kansainvälisen Merenkulkujärjestön (International Maritime Organization) luoma ja ylläpitämä yleissopimus, jonka tarkoitus on taata ihmishengen turvallisuus merellä.
Suurlipuke	Vaaran laadun osoittava merkintä kuljetusyksikössä.
Traficom	Liikenne- ja viestintävirasto Traficom aloitti toimintansa, kun Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, Viestintävirasto sekä Liikenneviraston toiminnot yhdistyivät 1.1.2019.
USB	Universal serial bus. Sarjamuotoinen väylä, joka mahdollistaa laitteiden välisen kommunikoinnin standardisoiduilla liittimillä.
Vaarallinen aine	Vaarallisella aineella tarkoitetaan ainetta, joka räjähdys-, palo-, tartunta- tai säteilyvaarallisuutensa, myrkyllisyytensä, syövyttävyytensä taikka muun sellaisen ominaisuutensa vuoksi saattaa aiheuttaa vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle.
Vaaran tunnusnumero	Kaksi tai kolme numeroa, joista ensimmäinen ilmaisee pääasiallisen vaaran ja muut numerot mahdolliset lisävaarat. Jos aineella ei ole lisävaaraa merkitään toiseksi numeroksi nolla.
VAK	Vaarallisen aineen kuljetus
YK-numero	YK-mallisääntöjen mukainen aineen tai esineen nelinumeroinen luku, jonka avulla voidaan tunnistaa kuljetettava vaarallinen aine tai vaaraominaisuuksiltaan samanlaisten aineiden ryhmä.



### 3 TYÖN TILAAJAN ESITTELY

#### 3.1 Rauman telakan historiaa

Raumalaisella laivanrakennustyöllä on pitkät perinteet. Telakan alueella on rakennettu laivoja kymmenien vuosien ajan ja alueella onkin ehtinyt toimimaan monia telakkayrityksiä. Alla olevassa listassa on lueteltu raumalaisia telakkayrityksiä sekä niiden toiminnassaolovuodet.

Rauman telakalla toimineita yrityksiä

1945 – 1952 Rauma-Raahe Oy

1952 – 1991 Rauma-Repola

1991 – 1998 Finnyards Oy

1998 – 2008 Aker Finnyards Oy

2008 – 2014 STX Finland

2014 – Rauma Marine Constructions Oy

(Hollming Oy:n [www-sivut 2019](#); Eerola 2017; Osakekirja.fi Oy:n [www-sivut 2019](#))

#### 3.2 Rauma Marine Constructions Oy (RMC)



Kuva 1. RMC:n logo (RMC Oy:n intranet [www-sivut 2019](#)).

Rauma Marine Constructions Oy (Kuva 1) on perustettu vuonna 2014 ja se on kokonaan suomalaisomisteinen laivanrakennusyhtiö. RMC työllistää noin 110 henkilöä. Iso osa työntekijöistä on työskennellyt telakkateollisuuden palveluksessa monen vuoden ajan ja he ovat siirtyneet RMC:lle telakan alueella aikaisemmin toimineista yrityksistä.

Vuoden 2019 alusta telakka on aloittanut uusien työntekijöiden rekrytoinnit laivati-  
lausten lisäämän työllisyystarpeen vuoksi. Yritys toimii Raumalla Seaside Industry  
Parkin telakka-alueella. STX Finland Oy:n lopetettua Rauman kaupunki lunasti te-  
lakka-alueen kiinteistöt ja irtaimiston itselleen. RMC:llä on Rauman kaupungin kanssa  
30 vuoden vuokrasopimus yrityksen tarvitsemista tiloista. RMC:llä on lisäksi vetu-  
riyrityksen status ja oikeus ainoana toimijana harjoittaa laivanrakennusta telakan alu-  
eella. (RMC Oy:n www-sivut 2019)

RMC on erikoistunut monitoimimurtajien, matkustaja-autolauttojen ja puolustusvoi-  
mien tarvitsemien alusten rakentamiseen. Laivanrakennuksen lisäksi RMC tarjoaa  
huolto- ja korjaustöitä pidentäen alusten elinkaarta. Yhtiöllä on esimerkiksi kolmivuoi-  
tinen huoltosopimus Nordica ja Fennica-monitoimimurtajista Arctia Shippingin  
kanssa. (RMC Oy:n www-sivut 2019)

Yrityksen uusiin ja isoin projekti on ollut autolautta Hammershus (Kuva 2), joka ra-  
kennettiin tanskalaiselle Molslinjenille. Kyseessä oli RMC:n ensimmäinen uudisra-  
kennus ja se luovutettiin tilaajalle elokuussa 2018. Samaan aikaan valmistui myös me-  
rentutkimusalus Arandan rungon pidennys sekä peruskorjaus. (RMC Oy:n www-sivut  
2019)



Kuva 2. RMC:n ensimmäinen uudisrakennus M/S Hammershus (RMC Oy:n www-  
sivut 2019).

Rauma Marine Constructions on solminut lokakuussa 2018 aiesopimuksen Tallinkin kanssa matkustaja-autolautan rakentamisesta. Laivan arvo on n.250 miljoonaa euroa ja toimitusaika on vuoden 2021 lopussa. Myös puolustusvoimat on tehnyt aiesopimuksen RMC:n kanssa neljän korvetin (Kuva 3) rakentamisesta. Nämä alukset liittyvät Laivue 2020 -hankkeeseen, jossa merivoimat korvaa seitsemän vanhaa alusta neljällä monitoimikorvetilla. Viimeinen alus luovutetaan 2027. (Puolustusvoimien www-sivut 2019)



Kuva 3. Laivue 2020 hankkeen korvetin havainnekuva (Puolustusministeriön www-sivut 2019).

Tammikuussa 2019 julkistettiin RMC:n aiesopimus Vaasa-Uumaja -välille tulevasta matkustaja-autolautasta (Kuva 4). Tilaajana on Kvarken Link Ab -varustamo ja kauppahinta on noin 120 miljoonaa euroa. Rakentamissopimus allekirjoitettiin 21.1.2019. Aluksen suunnittelu ja rakennus ajoittuvat ennen Tallinkin aluksen rakentamista. (RMC Oy:n www-sivut 2019)



Kuva 4. Wasaline havainnekuva (RMC Oy:n www-sivut 2019).

Rauma Marine Constructions Oy:n tulevaisuus näyttää valoisalta. Tilauskirjassa on tilauksia monelle vuodelle ja uutta henkilökuntaa rekrytoidaan jatkuvasti. Aikaisemmat asiakkaat ovat myös olleet tyytyväisiä työn laatuun.

## 4 KONENÄKÖTEKNIikka

Konenäkö tarkoittaa kappaleiden analysointia automaattisesti yhden tai useamman kameran avulla. Järjestelmiä käytetään useimmiten tehtaiden linjastoilla. Konenäön avulla pyritään saavuttamaan ihmisen silmää ja näköä matkiva aisti, jonka avulla tietokone pystyy ohjaamaan robottia tai muita laitteita. Toisin kuin ihminen, konenäkö ei väsy, se on luotettavampi, nopeampi ja tasalaatuinen. Ihmisten työnlaatu vaihtelee viireystilan ja muiden tekijöiden vaikutuksesta. Konenäköjärjestelmän voi myös asentaa tiloihin, joissa ihmiset eivät pystyisi työskentelemään tilan koon tai muiden olosuhteiden, kuten lämpötilan vuoksi. Ihmisen silmät pystyvät kuitenkin sopeutumaan moniin eri valaistusoloihin ja ihminen kykenee käyttämään päättelykykyä tutkiessaan kappaletta. (SICK Oy 2018; Control engineering www-sivut 2019)

Järjestelmästä löytyy käytännössä kaikki samat osat kuin ihmisen silmästä eli optiikka, kuvan muodostin eli kenno, ohjausyksikkö, joka on perinteisissä järjestelmissä erillinen ja älykaderoissa yhdistettynä kameraan, ohjausohjelma ja valaistuksen säätö. Perinteiset konenäköjärjestelmät eivät kykene näkemään kolmiulotteisesti, kuten ihmiset pystyvät. On kuitenkin olemassa kolmiulotteisia konenäköjärjestelmiä, jotka mahdollistavat esimerkiksi kappaleen tilavuuden mittauksen. (SICK Oy 2018; Leino 2018; Savon automaatio Oy:n www-sivut 2019)

Konenäöllä on monia käyttökohteita sen muokattavuuden ansioista. Samalla järjestelmällä voidaan suorittaa monta tehtävää pienillä ohjelmanmuutoksilla. Periaatteessa konenäköjärjestelmä vertaa lähes aina näkemäänsä kuvaa johonkin ennalta opetettuun malliin. Tätä mallia kutsutaan opetuskuvaksi. Konenäköjärjestelmiä on hyödynnetty tuotantolinjojen laadunvarmistuksessa jo kauan mutta tekniikan kehitys on tuonut hintoja alaspäin, mikä on taas mahdollistanut järjestelmien yleistymisen. Yksiä tärkeimmistä käyttökohteista ovatkin erilaiset tarkastustehtävät. Järjestelmän avulla pystytään tarkistamaan nopeasti kappaleiden läsnäoloa, muotoa, väriä ja pakkausmerkintöjä. Näitä tarkistuksia on mahdollista hyödyntää esimerkiksi kuljettimen ohjauksessa, jossa kamera kuvaa kappaleen, suorittaa mittauksia, tarkistaa kappaleen ominaisuudet, kuten värin ja muodon sekä ohjaa kuljetinta näiden tarkistusten pohjalta. (SICK Oy 2018; Savon automaatio Oy:n www-sivut 2019; Control engineering www-sivut 2019)

Kappaleita voidaan myös yksilöidä konenäköjärjestelmällä. Yksilöintiin voidaan käyttää esimerkiksi kappaleen viivakoodia tai muita pakkausmerkintöjä. Yksilöinnin tarkoituksena on monesti kappalemäärien laskeminen tuotannonohjausjärjestelmää varten. (SICK Oy 2018; Savon automaatio Oy:n www-sivut 2019)

Äärimmäistä tarkkuutta vaativat tehtävät, kuten hitsaus- tai leikkausrobotin ohjaus ovat myös mahdollisia mutta ne vaativat huomattavasti tarkempia mittauksia kuin tavalliset tarkastustehtävät. Mittauksissa voidaan tarkastella esimerkiksi kappaleen reikien etäisyyttä toisistaan. Kappaleen etäisyys kamerasta on tärkeä tieto tehtäessä tarkkoja mittauksia. Valaistus on myös isommassa roolissa kuin tavallisissa tarkastustehävissä. (SICK Oy 2018)

Kokoonpanotehtävissä konenäköjärjestelmä voi auttaa robottia kappaleiden noukkimisessa. Kamera kertoo robotille tarkat koordinaatit, jossa kappale sijaitsee. Tämä on erittäin tärkeää, jos kappaleet voivat saapua monessa eri asennossa, jolloin robotille ei voi ohjelmoida kiinteää noutopistettä. (SICK Oy 2018; Savon automaatio Oy:n www-sivut 2019; Leino 2018)

#### 4.1 Kamerate

Tekniikan kehitys on mahdollistanut monien eri konenäköjärjestelmän osien yhdistämisen yhteen kompaktiin koteloon eli niin kutsuttuun älykameraan. Älykamera on perinteiseen konenäköjärjestelmään verrattuna yksinkertaisempi ja helpompi vaihtoehto. Älykamerassa kaikki perinteiseen konenäköjärjestelmään tarvittava eli kamera, optiikka, valaistus ja tietokone, joka suorittaa varsinaisen kuvan käsittelyn, on yhdistetty yhteen laitteeseen. Perinteinen konenäköjärjestelmä vie enemmän tilaa, sillä siinä kaikki laitteet, kuten kamera ja keskusyksikkö, ovat erillisiä komponentteja. Älykameroiden kompakti koko mahdollistaa uusia käyttötarkoituksia ja –ympäristöjä. Joustaavuus komponenttien valinnassa kärsii hieman käytettäessä älykameraa, koska kameravalmistajat saattavat rajoittaa muiden valmistajien lisäosien ja ohjelmistojen käyttöä. Nämä rajoitukset toisaalta lisäävät laitteen toimintavarmuutta, koska valmistaja voi

testata kaikkien osien yhteensopivuuden. Älykamerat ovat monesti kalliimpia kuin perinteiset konenäköjärjestelmät, joissa on samat ominaisuudet. Toisaalta älykameroiden mukana tulee tarvittavat ohjelmistot, joten niistä ei tule lisäkustannuksia. Perinteisestä kamerajärjestelmästä voi tulla kalliimpi ohjelmiston hankkimisen jälkeen. Varsinkin jos ohjelmistolta tarvitaan erikoisominaisuuksia. Mikäli analysointiohjelmisto on jo olemassa, tulee perinteinen järjestelmä halvemmaksi. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun [www-sivut 2018](#); Satakunnan ammattikorkeakoulu automaation tutkimusryhmän [www-sivut 2018](#))

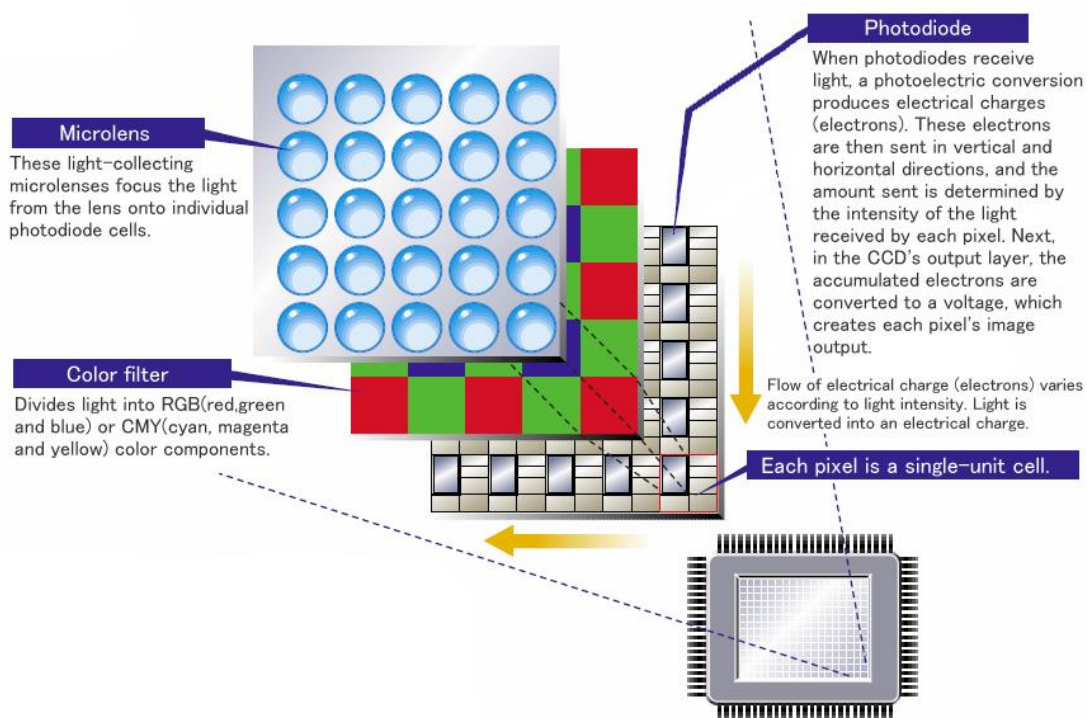
Älykameran ohjelmiston muokkaaminen on mahdollista millä tahansa koneella, johon on asennettu tarvittava ohjelmointiympäristö. Ohjelmointi on monesti helpompaa ja toimintavarmempaa kuin perinteisessä konenäköjärjestelmässä, jossa voi olla yhteensopivuusongelmia tai ongelmia osien välisissä yhteyksissä. Tietokoneelta ohjelma voidaan siirtää suoraan kameraan, jonka jälkeen erillistä tietokonetta ei enää tarvita. Monet valmistajat mahdollistavat myös ohjelman simuloimisen ohjelmointiympäristössä. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun [www-sivut 2018](#); Satakunnan ammattikorkeakoulu automaation tutkimusryhmän [www-sivut 2018](#))

#### 4.1.1 Kenno

Kennon tehtävä on muuntaa optiikan läpi tuleva valo digitaaliseksi kuvaksi kameran tai muun järjestelmän muistiin. Kuvan laatua voidaan parantaa valitsemalla suurempi-resoluutioisella kennolla varustettu kamera. Suurempi resoluutio lisää taas toisaalta prosessointiaikaa, joten kennon mitoitus käyttötarkoitukseen sopivaksi on tärkeää. Fyysiseltä kooltaan suurempi kenno tuottaa kuvaan vähemmän analysointia häiritsevää kohinaa, sillä kennon valoherkät solut saavat voimakkaamman sähkövarauksen. (Techhive [www-sivut 2019](#); Techopedia [www-sivut 2019](#); Thinklucid [www-sivut 2019](#))

CCD-kenno (Kuva 5) on yleisin konenäköjärjestelmissä käytetty kennotyyppi. Valon tullessa linssin läpi kennolla olevalle valoherkälle diodille muuttuu diodin sähköinen varaus. Sähköisen varauksen suuruus riippuu suoraan diodiin saapuneen valon määrästä. Normaalisti kennolla on diodien lisäksi vain signaalin vahvistin. Nämä varaukset

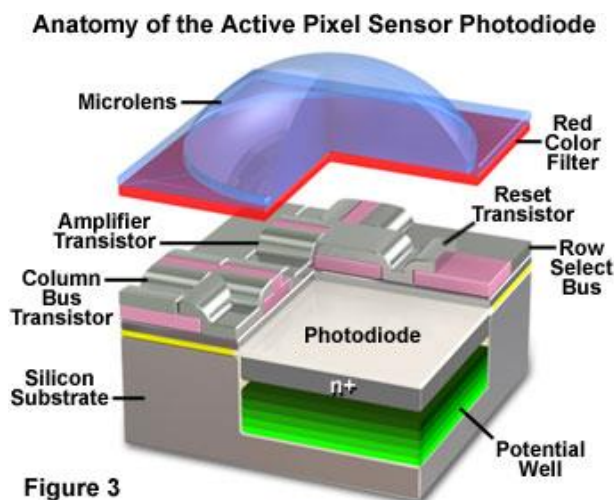
muunnetaan jännitesignaaliksi, josta saadaan lopulta digitaalinen kuva. CCD-kennot ovat harmaasävykennoja. Mahdolliset värit tuotetaan valoherkkien diodien päällä olevien värisuodattimien avulla. (Leino 2018; IMV Europe www-sivut 2018; Digifaq www-sivut 2018)



Kuva 5. CCD kennon rakenne: kennon päällä mikrolinssejä, jotka kokoavat valon kennolla oleville valoherkille diodeille (Panasonic www-sivut 2019).

CMOS-kennot (Kuva 6) ovat kasvattaneet suosiota niiden nopeuden ja alhaisten valmistuskustannusten ansioista. Toisin kuin CCD-kennolla valoherkkien diodien varauksen muuntamista digitaalseksi ei tehdä erillisellä piirillä vaan se tehdään suoraan kennonpiirillä. Suoraan kennonpiirillä tapahtuva muunnos mahdollistaa suuremmat kuvausnopeudet. (Leino 2017; IMV Europe www-sivut 2018; Digifaq www-sivut 2018)





Kuva 6. CMOS-kennon rakenne (Olympus www-sivut 2019).

### CMOS- ja CCD-kennon erot

CMOS-kennot ovat nopeampia kuin CCD-kennot. CMOS-kennoissa on ikkunoin-  
tiominaisuus, joka mahdollistaa, että kennolta pyydetään vain pieni osa kuvasta.  
Näin saavutetaan suurempi nopeus kuvauksissa, joissa ei tarvita koko kennon alaa.  
CCD-kennot ovat taas yleiskäyttöisempiä ja valoherkempiä. Joissain sovellutuksissa  
kuten NIR-kuvauksessa CCD-kemno on paras. Näkyvän valon kuvauksissa CMOS on  
monesti parempi. CMOS-kennot kuluttavat vähemmän virtaa kuin CCD-kennot. Tä-  
hän vaikuttaa ohjauspiirin integroiminen kennon piiriin sekä mahdollisuus rajata ku-  
vasta ylimääräinen sisältö pois suoraan kennolta. CCD-kennon pikselit ovat tasalaa-  
tuisempia kuin CMOS-kennolla, koska muunnos digitaaliseen muotoon suoritetaan sa-  
malla piirillä jokaiselle pikselille. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018;  
Leino 2018; IMV Europe www-sivut 2018)

CCD-kennot toimivat global shutter -periaatteella eli jokaisen pikselin sähköinen va-  
raustaso luetaan samaan aikaan. CMOS-kennot käyttävät tavallisesti rolling shutter -  
periaatetta eli kuva luetaan rivi kerrallaan. Nopeasti liikkuvia suuria kohteita kuvatta-  
essa saattaa kuvaan aiheutua vääristymiä käytettäessä rolling shutter -tekniikkaa. Ku-  
vassa 7 näkyy rolling shutter-tekniikasta aiheutuva vääristymä (Premium Beat www-  
sivut 2019)



Kuva 7. Rolling shutter ja global shutter -periaatteiden vertailua pyörivää tuuletinta kuvattaessa (Oxford Instruments www-sivut 2019).

#### 4.1.2 Optiikka

Kameran optiikka kerää kohteesta heijastuvan valon kamerasensorille, joten sen valinnalla ja ominaisuuksilla on suuri vaikutus siihen, miltä kuvattava kohde tulee näyttämään kamerasensorin kuvassa. Optiikkaa valittaessa täytyy huomioida monta asiaa kuten haluttu kuvakoko eli Field Of View, kamerasensorin koko ja kuvattavan kohteen etäisyys kamerasta. Kuva-ala kokoa määritettäessä täytyy tarkistaa, että kuvattava kohde näkyy kaikissa mahdollisissa asennoissa ja sijainneissa. Jos kohde voi olla monessa eri sijainnissa ja asennossa, tarvitaan isompi kuva-ala kuin tapauksissa, joissa kohde tulee aina samassa asennossa samaan paikkaan. Kuvauksetäisyyteen taas vaikuttaa ympäristö, missä kuvaus suoritetaan. Toisin sanoen, miten kamerasensorin kiinnitys on mahdollista toteuttaa, tuleeko kamera kattoon, olemassa olevaan rakenteeseen vai tarvitseeko se oman kiinnityspisteen. Muiden koneiden ja robottien liikeradat saattavat vaikuttaa sijoitteluun. Näiden tietojen avulla on mahdollista laskea optiikan polttoväli. Laskemisen avuksi on olemassa monia työkaluja, joita kamera valmistajat tarjoavat ilmaiseksi käytettäväksi. Yhtenä esimerkkinä Cognexin Lens Advisor-työkalu (<https://www.cognex.com/resources/interactive-tools/lens-advisor>). (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018; Leino 2014)

Polttovälin laskemisen jälkeen täytyy valita optiikka, jossa on kameraan sopiva kiinnitys. Yleisimmät kiinniketyypit ovat C- ja CS-kiinnike, joiden vertailu on ku-

vassa Kuva 8. On olemassa myös monia muita kiinniketyyppejä esimerkiksi S-kiinnikkeinen linssi, jossa on M12 kokoinen kierre. C-kiinnikkeellä varustetun linssin voi kiinnittää CS-kiinnikkeellä varustettuun kameraan, kun käytetään 5 mm adapterirengasta. (Meiji Techno www-sivut 2018)



Kuva 8. C- ja CS-kiinnikkeiden erot, sekä 5 mm paksuinen adapterirengas (Meiji Techno www-sivut 2018).

Erityisen tärkeäksi optiikan valinta muodostuu tarkkuutta vaativissa sovelluksissa kuten mittauksissa. Jos kameralla tarkastellaan yksinkertaisia asioita, kuten kappaleen läsnäoloa tai reikien määrää, ei optiikalla ole niin paljoa väliä. Mitattaessa esimerkiksi reikien halkaisijaa on todella tärkeää, että kuva on tarkka eikä vääristymiä esiinny. Optiikka kannattaa mitoittaa tarkasti, sillä mitä parempi optiikka sitä kalliimpi se myös yleensä on. Liian hyvästä optiikasta tulee turhia kustannuksia mutta tulevaisuuden päivityssuunnitelmia kannattaa myös pohtia. Huonolaatuinen tai muuten väärän tyyppinen optiikka aiheuttaa vääristymiä kuvaan ja vaikeuttaa ja hidastaa analysointia. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018; Leino 2014; Meiji Techno www-sivut 2018; SICK Oy 2018)

## 4.2 Valaistus

Konenäköjärjestelmää suunniteltaessa yksi tärkeimmistä huomioon otettavista asioista on valaistuksen suunnittelu. Hyvin suunniteltu ja toteutettu valaistus takaa, että koko kohde näkyy kamerassa hyvin ja tarvittavat analyysit saadaan tehtyä tarkasti, nopeasti ja luotettavasti. Ihanteellisessa tilanteessa tarkasteltava kappale on tasaisesti valaistu

ilman häiritseviä heijastuksia. Kuvattavan kohteen tausta tulisi valita mahdollisuuksien mukaan niin, että kontrasti tarkasteltavan kappaleen kanssa maksimoidaan. Ulkoiset valonlähteet tulisi myös eliminoida mahdollisimman hyvin. Erityisen tärkeää ulkoisten valonlähteiden poistaminen on, jos valaistuksen määrä voi muuttua, sillä tämä voi aiheuttaa kuvaan ja analysointiin häiriöitä ja ongelmia. Ulkoisia häiriöitä voidaan poistaa estämällä valon pääsy kohteeseen esimerkiksi varjostimilla tai seinillä. Esimerkiksi auringonvalon aiheuttamia haittoja voi minimoida käyttämällä värillistä valoa ja siihen sopivaa kaistanpäästösuodinta. Huonosta valaistuksesta johtuvia ongelmia on todella vaikea ja jopa mahdotonta korjata jälkikäteen kuvankäsittelyssä. Niiden korjaaminen hidastaa myös kuvan analysointia. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018; Leino 2014)

Valaistusjärjestelmän suunnittelua aloitettaessa ensimmäiseksi tutkitaan järjestelmän käyttöympäristö. On tärkeää tarkastella, miten ympäristöstä johtuvat varjot ja valot vaikuttavat tutkittavan kappaleen valaistukseen. Hetkelliset tai vain muutaman kerran päivässä toistuvat häiriöt ovat vaikeita huomata etukäteen ja saattavat aiheuttaa myöhemmin ongelmia tuotannossa. Kun ympäristötekijät ovat tiedossa, päästään suunnittelemaan varsinaista valaistusta. Huomioon otettavia asioita ovat valaistustekniikat ja –geometria, erilaiset valonlähteet ja niiden ominaisuudet, mahdollisten suodattimien tarve ja käyttö, kappaleen pinnan tai muodon ominaisuudet sekä kameran ja valaistuksen yhteistoiminta kuten harmaasävykamera ja vastavärivalaisin. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018; Leino 2014)

#### 4.2.1 Erilaisia valonlähteitä

Konenäköjärjestelmien valaistus voi olla todella monipuolista. Valonlähteenä voidaan käyttää halogeenivaloja, loisteputkia, ultraviolettivalaisimia, monimetallilamppuja, xenon-valoja, infrapunaa, laservalaisimia sekä LED-valaistusta. Parhaan valonlähteen valitseminen vaatii usein kokeilua ja testaamista, sillä kaikilla valonlähteillä on hyvät ja huonot puolensa. (Leino 2014; Leino 2018)

#### 4.2.2 Perinteisten konenäköjärjestelmien valaistustekniikoita

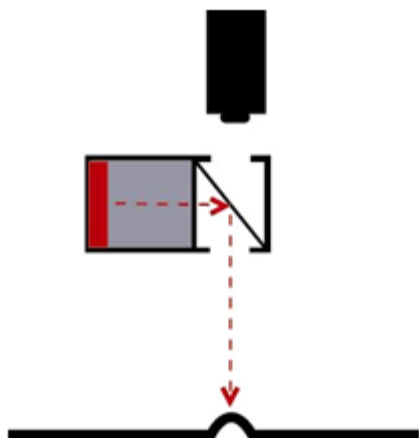
Tärkeintä valaistusta suunniteltaessa on kiinnostavien piirteiden näkyvyyden maksimointi. Jotta halutut piirteet saadaan näkyviin, täytyy tarkastella myös kuvattavan kohteen ominaisuuksia. Kohteen pinnan tasaisuus vaikuttaa valon heijastumiseen. Tasainen pinta heijastaa valoa eri tavalla kuin epätasainen pinta. Myös pinnan kiiltävyys vaikuttaa valaistuksen suunnitteluun ja valaistusmenetelmään. Värien merkitystä tulee myös tarkastella. Osa kappaleen ominaisuuksista ja piirteistä saattaa näkyä vain tietyn värisen valon avulla. Kappaleen liikkumisnopeus täytyy myös huomioida suunnittelussa. Nopeasti liikkuvan kappaleen kuvaaminen saattaa vaatia strobo-valon, joka tuottaa hetkellisen voimakkaan valon, jolloin kuvan valotusaika saadaan erittäin lyhyeksi. Näin kappale ”pysähtyy” kameran kuvassa ja saadaan aikaan selkeä kuva. Seuraavassa esitellyt valaistustekniikat sopivat hyvin perinteisiin konenäköjärjestelmiin, joissa kamera kuvaa esimerkiksi liukuhihnalla kulkevia kappaleita. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun [www-sivut](#) 2018)

##### Diffuusivalaisu

Diffuusivalaisussa valonsäteet hajotetaan heijastamalla ne jonkin pinnan kautta kohteeseen. Näin ei synny kirkkaita pisteitä vaan kaikki on tasaisesti valaistua. (Leino 2014)

##### Aksiaalinen diffuusiovalaistus (On-axis diffuse)

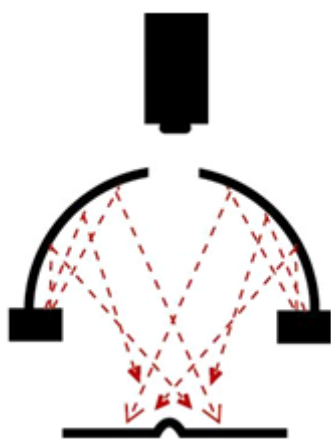
Aksiaalisessa diffuusiovalaistuksessa (Kuva 9) valo tuodaan kohteeseen puoliläpäisevien peilien kautta. Peilit ovat 45 asteen kulmassa kohteen pintaan nähden. Peilit heijastavat valon suoraan ylhäältä kohti kappaleen pintaa. Näin valo heijastuu kappaleen tasaisista pinnoista kameraan, joka kuvaa suoraan yläpuolelta puoliläpäisevän peilin läpi. Aksiaalinen diffuusio on parhaimmillaan tasaisten pintojen virheiden, esimerkiksi epätasaisuuksien tai naarmujen, etsimissä ja kuvaamisessa. Pinnan epätasaisuudet heijastavat valonsäteet sivuille, jolloin ne korostuvat kuvassa. Menetelmä voi olla ongelmallinen, jos kohteessa on kaareva pinta. Aksiaalinen valaistus ei tuota häiritseviä varjoja kuvaan. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun [www-sivut](#) 2018; Leino 2014)



Kuva 9. Aksiaalinen diffuusio (National Instruments www-sivut 2018).

#### Kupolidiffuusio (Diffused dome lighting)

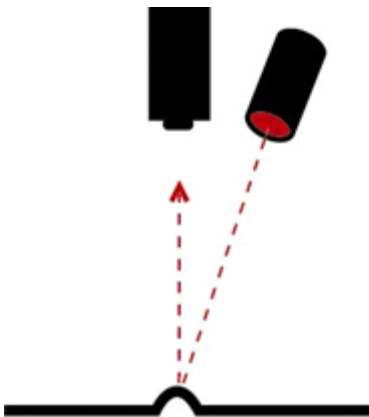
Kupolivalaistuksessa (Kuva 10) valo heijastetaan kupolin kautta kohteeseen. Valot on kiinnitetty kupoliin niin, että ne osoittavat kupolin sisäpintaan. Useimmiten käytetään LED-valaistusta. Kuvaan ei synny heijastuksia, koska kupolin sisäpinta hajottaa valonsäteet kaikkiin mahdollisiin suuntiin. Tämä sopii erittäin hyvin kiiltävien kohteiden, kuten metallien ja muovien kuvaamiseen. Kupolin muotoa on mahdollista muuttaa, jotta saadaan korostettuja haluttuja ominaisuuksia kappaleen pinnasta. Kamera sijoitetaan kupolin yläpuolelle kuvaamaan kupolissa olevan reiän läpi. Valaisimen tulisi olla mahdollisimman lähellä kuvattava kohdetta. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018; Leino 2014)



Kuva 10. Kupolidiffuusio (National Instruments www-sivut 2018).

### Kohtisuora valaisu (Bright field lighting)

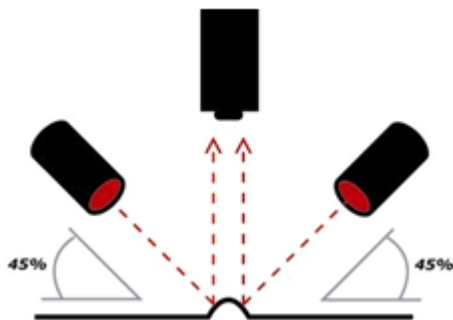
Kohtisuorassa valaistuksessa (Kuva 11) valo sijaitsee suunnilleen samassa suunnassa kuin kamera. Valaisimia saattaa myös olla monta, jotta varjoja saataisiin vähennettyä. Tämä valaistustapa on konenäköjärjestelmissä erittäin yleinen. Ongelmaksi muodostuvat erilaiset heijastukset, joita tulee kappaleen pinnasta. Nämä niin kutsutut peiliheijastukset näkyvät kirkkaina alueina kuvassa eikä niistä pystytä tekemään analyysia. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun [www-sivut 2018](#); Leino 2014)



Kuva 11. Kohtisuora valaisu (National Instruments [www-sivut 2018](#)).

### Sivuvalo (Dark field lighting)

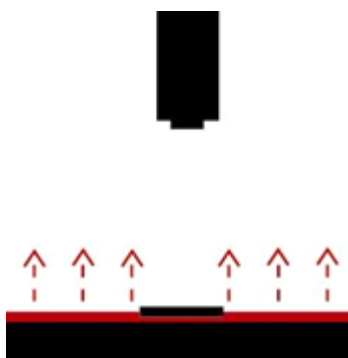
Sivuvaloa (Kuva 12) hyödynnetään kappaleen pinnanlaadun tutkimiseen ja mahdollisten virheiden havaitsemiseen, sillä se korostaa reunoja sekä pinnan epätasaisuuksia. Menetelmä tuo myös kappaleen reunan muodot hyvin esiin. Valon tullessa kappaleen tasoon nähden pienestä kulmasta heijastuu iso osa valosta pois tasaisilta pinnoilta. Kamera sijoitetaan kuvattavan kohteen yläpuolelle. Valon osuessa pinnan epätasaisuuksiin ne näkyvät kameran kuvassa kirkkaana. Tasaiset pinnat näkyvät tummina. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun [www-sivut 2018](#); Leino 2014)



Kuva 12. Sivuvvalo (National Instruments www-sivut 2018).

### Taustavalaisu (Back lighting)

Taustavalaisussa (Kuva 13) valo tulee nimensä mukaisesti kappaleen takaa. Tällöin kohde näkyy tummana ja tausta kirkkaana eli kappaleesta näkyy silhuettikuva. Kohteen pinnasta kameraan heijastuvan valon määrä pyritään minimoimaan. Menetelmä tuo hyvin esiin kohteen reunat sekä mahdolliset reiät. Tätä valaistustapaa käytetään, kun halutaan tarkistaa kappaleen mittoja tai reunan muotoa. Parempia tuloksia saadaan saamalla kasvattamalla valaisimen ja kappaleen välistä etäisyyttä. Valaistuksessa voidaan käyttää monokromaattista eli vain yhtä aallonpituutta sisältävää valoa. Näin saadaan eliminoitua ympäristöstä johtuvia häiriövaloja ja siten saadaan tarkempia mitaustuloksia. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018; Leino 2014)



Kuva 13. Taustavalaisu (National Instruments www-sivut 2018).



### 4.3 Tunnistustekniikat ja analysointiohjelmitot

Lähes jokaisella kameravalmistajalla on oma ohjelmisto kameroiden ohjelmointia varten. Liitäntästandardit, esimerkiksi GigE vision ja Usb3 vision mahdollistavat myös eri valmistajien kyseistä liitäntästandardia tukevien ohjelmistojen ja kameroiden käytön. Älykamerat ovat kompaktin kokonsa ja integroitujen osiensa takia monesti sidottuja valmistajan ohjelmistoihin, mutta myös yleisohjelmistoja on olemassa. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018)

Ohjelmistojen perustoiminnot kuten reunan- ja muodontunnistus, värintunnistustyökalut, laskentaominaisuudet ja mittaustyökalut ovat hyvin samanlaisia keskenään. Kaikki ominaisuudet eivät kuitenkaan välttämättä toimi odotetulla tavalla tai eivät ole muuten saatavilla käytettäessä muita kuin ohjelmiston valmistajan kameroita. Ohjelmiston valintaan vaikuttaa siis kamerasyöte-yhteensopivuus mahdollisen ohjelmiston kanssa sekä tarvittavat analysointityökalut. Joissakin ohjelmistoissa on paremmat OCR-ominaisuudet, kun taas toisissa saatetaan painottaa enemmän 3D-työkaluja. Jos kamera tukee vain valmistajan yhtä ohjelmistoa, tulee jo kameraa valittaessa ottaa huomioon ohjelmiston analysointityökalut ja niiden riittävyys käyttötarkoitukseen. Ohjelmiston helppokäyttöisyyttä kannattaa myös arvioida. Jos toisen valmistajan kamerasyöte-yhteensopivuuksiin menee paljon enemmän aikaa, niin hankintahinnassa mahdollisesti säästetty säästö menee hukkaan. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018; Leino 2014)

Monesti kamerasyöte-hinta sisältää lisenssin valmistajan oman ohjelmiston käyttöön. Monet valmistajat tarjoavat halvempia ohjelmistolisenssejä, joilla voi suorittaa valmistusta ohjelmaa, mutta siihen ei voi tehdä muokkauksia. Tällöin tarvitaan yhdelle koneelle kuitenkin muokkaamiseen kykenevä ohjelmisto. On olemassa myös kameravalmistajasta riippumattomia analysointiohjelmistoja, jotka tarjoavat monipuolisia työkaluja, näitä ovat esimerkiksi MVTec Software GmbH HALCON, Cognex Vision Pro, Matrox Imaging Library ja Common Vision Blox. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018; Leino 2014)

#### 4.4 Liitännät

GigE vision on Gigabit Ethernet -lähiverkonprotokollan pohjalle rakennettu konenäköjärjestelmille suunniteltu rajapinta. Se mahdollistaa tavallisten Ethernet-kaapeleiden käytön konenäköjärjestelmässä. Kaapelit voivat olla jopa 100 metriä pitkiä. Eri valmistajien laitteet ja ohjelmistot toimivat yhdessä standardin ansiosta. GigE vision ei vaadi erillistä kuvankaappauskorttia, mutta sellaista voidaan silti käyttää esimerkiksi monen kameran järjestelmissä. Kuvankaappauskortissa voi myös olla PoE-virtansyöttömahdollisuus, jolloin erillistä virtalähdettä ei tarvita. (Cognex [www-sivut 2019](#); Vision Online [www-sivut 2018](#); Leino 2018)

Usb3 vision perustuu GigE visionin kaltaisesti jo olemassa olevaan ja yleisesti käytettyyn protokollaan. Usb3 vision on nimensä mukaisesti usb3.0 standardin pohjalle rakennettu rajapinta. Kaapelin maksimipituus on noin 5 metriä mutta kaapelia on mahdollista jatkaa käyttämällä erilaisia apuvälineitä esimerkiksi optisia toistimia, jotka mahdollistavat jopa satojen metrien kaapelipituudet. Usb3 vision ja GigE vision käyttävät molemmat standardiliittimiä, joka laskee kustannuksia. Usb3 vision ei myöskään tarvitse erillistä kuvankaappauskorttia, sillä se toimii liitä ja käytä -periaatteella. (Stemmer Imaging [www-sivut 2018](#))

Firewire mahdollistaa kameroiden liittämisen suoraan toisiinsa ilman erillisiä jakajia. Kaapeleiden pituus on noin 4,5 metriä ilman signaalin toistimia, mutta alhaisemmalla tiedonsiirtonopeudella on mahdollista käyttää pidempiäkin kaapeleita. Liitäntä ei tarvitse erillistä kuvankaappauskorttia eli toimii liitä ja käytä -periaatteella. (Stemmer Imaging [www-sivut 2018](#); PtGrey [www-sivut 2019](#))

Camera link on sarjaliikenteeseen perustuva konenäkökamerarajapinta. Liittimet ja kaapelit ovat standardoituja ja maksimipituus kaapelille on noin 10 metriä. Camera link tarvitsee erillisen kuvankaappauskortin eikä se toimi liitä ja käytä -periaatteella. (Vision Online [www-sivut 2018](#); Leino 2018)

Konenäkökameroiden liitäntöjen standardisointi mahdollistaa kameroiden helpon vaihtamisen eri valmistajan kameraan. Kaapeleiden ja liittimien standardisointi tuo myös isoja säästöjä järjestelmien tilaajille ja näin ollen pienentää hankintakynnystä.

## 5 VAARALLISTEN AINEIDEN KULJETUS

### 5.1 Määritelmä

Vaarallisen aineen kuljetuksella tarkoitetaan vaarallisen aineen ja vaarallista ainetta sisältävän kollin ja säiliön varsinaista kuljetusta, kuljetusvälineeseen kuormaamista, lastaamista, purkamista ja käsittelyä. Kuljetuslainsäädännön tavoitteena on vaarallisten aineiden käsittely ja kuljettaminen turvallisesti sekä ympäristö ja ihmiset huomioon ottaen. (Finlex www-sivut 2019; Traficom www-sivut 2019)

Vaarallinen aine on ainetta, joka edellyttää käyttöturvallisuudessa, varastoinnissa ja kuljetuksessa erityistä varovaisuutta ympäristö- ja ihmisvahinkojen välttämiseksi. Kuljetuksen kannalta vaarallisiksi aineiksi voidaan luokitella myös aineiden seoksia, tuotteita tai jopa laitteita ja esineitä, jotka saattavat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia päästessään kosketuksiin muiden aineiden tai ympäristön kanssa. Kuljetuksen aikaisella lämpötilalla saattaa olla myös vaikutusta aineen vaarallisuuteen ja kuljetusrajoituksiin. Pääasiallisia vaaraominaisuuksia ovat: räjähdys-, palo-, säteily-, tartuntavaara sekä myrkyllisyys ja syövyttävyyys. Kuljetusten kannalta aineiden oikeaoppinen pakkaus on äärimmäisen tärkeää, sillä pakkaus voi vähentää aineen tuottaman vaaran määrää mutta ei silti poista sitä kokonaan. Aineet voivat olla erittäin vaarallisia myös pienissä määrissä. (Logistiikan maailma www-sivut 2019; Heiskanen 2014)

Vaarallisten aineiden kuljetukset palvelevat Suomen teollisuutta ja kuluttajia päivittäin. Tehokas ja toimiva tavarankuljetus on yhteiskunnan hyvinvoinnin perustekijöitä. Tällaisia kuljetuksia ovat monet kemikaalien tuotanto- ja varastointilaitosten raaka-aine- ja valmistekuljetukset sekä polttonesteiden ja kaasujen kuljetukset. Erilaisia tuotteita kuljetetaan muun teollisuuden ja tuotannon käyttöön sekä suoraan vähittäismyyntiin. Tavallisten kulutustuotteiden (esimerkiksi aerosolien ja maalien) lisäksi vaarallisia aineita kuljetetaan myös maa- ja metsätalouden tarpeisiin (esimerkiksi lannoitteita ja torjunta-aineita). Jätteitä kuljetetaan vaarallisten aineiden kuljetussäännösten mukaisesti, jos niillä on kuljetuksessa vaaralliseksi luokiteltuja ominaisuuksia. Suurin osa kuljetettavista aineista on polttoöljyjä ja liikenteen polttoaineita. (Traficom www-sivut 2019)

Kuljetettaessa vaarallisia aineita pienissä määrissä ei tarvitse ottaa huomioon kaikkia kuljetusmääräyksiä. Tällaisia kuljetuksia kutsutaan vapaarajan alittaviksi kuljetuksiksi. Vapaaraja koskee vain kappaletavarakuljetuksia. Kuljetettaessa tyhjää säiliöajoneuvoa sovelletaan säiliössä aikaisemmin kuljettua ainetta koskevia määräyksiä. Liitteessä 4 on vapaarajataulukko, josta ilmenee kaikkien aineiden kuljetusrajoitteet joko massana tai tilavuutena. Vapaarajan alittavat kuljetukset eivät vaadi erityisiä merkintöjä ajoneuvoon eikä kuljettajalla tarvitse olla erityistä ajolupaa. Vapaarajan ylittyessä sovelletaan kaikkia vaarallisten aineiden kuljetusmääräyksiä. Joillekin pakatuille aineille on myös vapautuksia määräyksistä, kun niitä on rajoitettu määrä. Rajoitetun määrän (LQ, Limited Quantity) lähetysten rajat vaihtelevat välillä 100 ml - 5 l ja 500 g - 5 kg. (Heiskanen 2014)

## 5.2 Kuljetus merellä

”Merikuljetuksissa sovelletaan VAK-lakia (2.8.1994/719) ja sen nojalla annettujen asetusten ja päätösten lisäksi IMDG-koodia, käytännön tasolla Traficomien asetuksia. Vaarallisten aineiden tilapäisestä säilytyksestä satama-alueella on annettu oma asetus.” (Finlex www-sivut 2019; Logistiikan maailma www-sivut 2019)

SOLAS-sopimusta on käytetty pohjana IMDG-koodille, sillä SOLAS-sopimuksen yksi osa käsittelee merellä tapahtuvaa vaarallisten aineiden kuljetusta. IMDG-koodin ylläpidosta vastaa IMO, International Maritime Organization, joka on YK:n alaisuudessa toimiva organisaatio. Koodia päivitetään kahden vuoden välein. Laivan miehistön niiden henkilöiden, jotka ovat tekemisissä vaarallisten aineiden kuljetusten kanssa tulee käydä koulutus vaarallisista aineista ja niiden kuljettamisesta. Heidän tulee tunnistaa ja tietää vaaralliset aineet pakkausmerkintöjen perusteella ja tietää niiden oikeaoppinen pakkaustapa, ymmärtää kaikkien pakkausmerkintöjen merkitys sekä osata purkaa ja lastata aineet koodin sääntöjen mukaisesti. (Logistiikan maailma www-sivut 2019)

Ex-luokitellut kannet ovat eristettyinä muista kansista räjähdysvaarallisten aineiden ja kaasujen leviämisen estämiseksi onnettomuustilanteissa. Hammershus- ja Wasaline-

aluksissa tämä tarkoittaa kaasutiivistä teräskantta sekä kulkuramppia kolmannen ja viidennen kannen välissä, joka sulkeutuu tiiviisti eristäen kannet toisistaan.

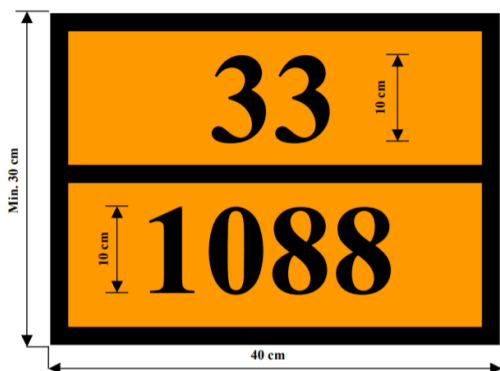
Kolmas kansi on suljettu Ro/Ro -alue, jossa on myös räjähdysvaaralliseksi luokiteltu alue. Kannesta 45 senttimetrin korkeuteen asti oleva alue on luokan 1 räjähdysvaarallinen tila ajoneuvojen polttoaineen sekä pakokaasujen sisältämien räjähdysherkkien kaasujen takia. Kansi 5 on kokonaisuudessaan määritelty räjähdysvaaralliseksi tilaksi yläpuoliseen kanteen asti. (RMC 2019)

Aluksissa on rajoituksia koskien sallittuja vaarallisia aineita. Vaarallisten aineiden kuljetusrajoituksista esimerkkinä Wasaline-aluksen kuljetusrajoitukset ovat liitteessä 2. (RMC 2019)

### 5.3 Traficomien määräykset varoituskilvistä

#### 5.3.1 Oranssikilpi

”Vaarallisia aineita kuljettavassa kuljetusyksikössä on oltava kaksi suorakulmaista oranssikilpeä (Kuva 14) sijoitettuna kuljetusyksikön pystysuoraan tasoon. Ne on kiinnitettävä kuljetusyksikön eteen ja taakse, molemmat kohtisuoraan kuljetusyksikön pituusakseliin nähden. Kilpien on oltava selvästi näkyvissä.” (Finlex www-sivut 2019)



Kuva 14. Oranssikilven esimerkki (Finlex www-sivut 2019).

Oranssikilpien on oltava heijastavia, ja niiden leveyden on oltava 40 cm ja korkeuden 30 cm. Niissä on oltava 15 mm leveä musta reunus. Käytetyn materiaalin on oltava

säänkestävää ja taattava merkinnän pysyvyys. Kilpi ei saa irrota alustastaan 15 minuutin palossa. Sen on pysyttävä kiinnitettynä riippumatta ajoneuvon asennosta. Oranssikilven saa erottaa keskeltä kahteen osaan mustalla vaakasuoralla viivalla, jonka leveys on 15 mm. (Finlex www-sivut 2019)

”Vaaran tunnusnumeron ja YK-numeron on oltava mustia, ja merkkikorkeuden on oltava 100 mm ja viivan leveyden on oltava 15 mm. Vaaran tunnusnumeron on oltava kilven yläosassa ja YK-numeron alaosassa. Tunnusnumerot on erotettava toisistaan mustalla 15 mm leveällä viivalla, joka on kilven puolivälissä vaakasuorassa ja kilven levyinen. Vaaran tunnusnumeron ja YK-numeron on oltava pysyviä, ja niiden on oltava luettavissa 15 minuutin palon jälkeen. Oranssikilven vaaran tunnusnumeroina ja YK-numeroina käytettävien vaihdettavien numeroiden ja kirjaimien on pysyttävä kiinnitettynä kuljetuksen aikana ja riippumatta ajoneuvon asennosta.” Aineiden nimiä ja YK-numeroita on lueteltu liitteessä 3. (Finlex www-sivut 2019)

Vaaran tunnusnumerossa luokissa 2-9 on kaksi tai kolme numeroa. Numerot ilmaisevat yleensä seuraavat vaarat:

- 2 Kaasun muodostus paineen tai kemiallisen reaktion seurauksena
- 3 Palava neste (höyry) ja kaasu tai itsestään kuumeneva neste
- 4 Helposti syttyvä tai itsestään kuumeneva kiinteä aine
- 5 Hapettava (paloa edistävä) vaikutus
- 6 Myrkyllisyys tai tartuntavaara
- 7 Radioaktiivisuus
- 8 Syövyttävyys
- 9 Itsestään alkava, kiiwas reaktio

(Finlex www-sivut 2019)

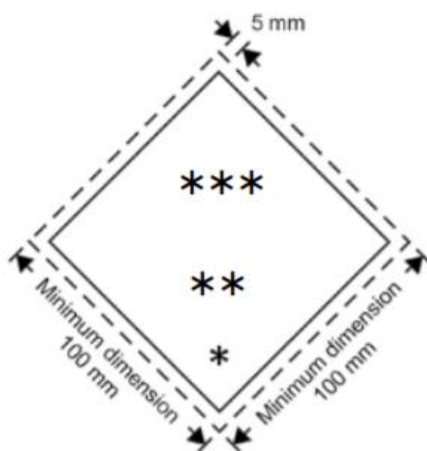
### 5.3.2 Suurlipuke eli varoituslipuke

Vaarallisen aineen kuljetuksen merkinnät sekä kuljetusluokitukset määräytyvät kuljetusmääräysten mukaan. Kaikilla kuljetusluokilla on omat lipukemallit. Varoituslipukkeen on oltava 45° kulmaan asetettu neliö (kärjelleen asetettu neliö). Vähimmäiskoon on oltava 100 mm x 100 mm, ja neliön reunan sisäpuolella olevan

viivan on oltava vähintään 2 mm leveä. Ulkoreunassa viivan on oltava 5 mm:n etäisyydellä lipukkeen reunasta. Lipukkeen yläosassa viivan on oltava samanvärinen kuin lipukkeen symboli, ja alaosassa viivan on oltava samanvärinen kuin alakulman numero. Kun merkin tietyn osan kokoa ei ole määrätty, on koon vastattava kuvassa esitettyjä mittasuhteita. (Finlex www-sivut 2019; Logistiikan maailma www-sivut 2019)

Varoituslipukkeiden mallit sekä kuvaukset on esitelty tarkemmin liitteessä 1.

Lipukkeen (Kuva 15) alaosassa on oltava luokan numero tai ”4” luokkien 4.1, 4.2 ja 4.3 lipukkeissa tai ”6” luokkien 6.1 ja 6.2 lipukkeissa. Lipukkeen alaosassa on oltava (jos vaaditaan) tai saa olla (jos sallittu) lisätekstiä/numeroita/symboli/kirjaimia. Lipukkeen yläosassa on oltava aineen luokan symboli tai luokan 1 vaarallisuusluokkien 1.4, 1.5 ja 1.6 aineille vaarallisuusluokan numero ja nro:n 7E varoituslipukkeessa sana ”FISSILE”. (Finlex www-sivut 2019)



Kuva 15. Suurlipukemalli (Finlex www-sivut 2019).

Traficommin VAK-määräyksissä ei anneta suurlipukkeiden kiinnityssijainnista tarkempaa määräystä kuin, että lipukkeet tulee kiinnittää ajoneuvon kummallekin sivulle ja taakse. Kiinnityksen tulisi olla tukeva ja kestää kolhut sekä tärinä. Jos suurlipuke on kiinnitetty taitettavaan paneeliin, on se suunniteltava ja kiinnitettävä siten, ettei suurlipuke voi peittyä tai taulu irrota pidikkeestään kuljetuksen aikana (erityisesti iskun tai törmäyksen vaikutuksesta tai muuten tahattomasti). (Finlex www-sivut 2019)

### 5.3.3 Kuljetusyksiköiden, ajoneuvojen ja konttien merkintä.

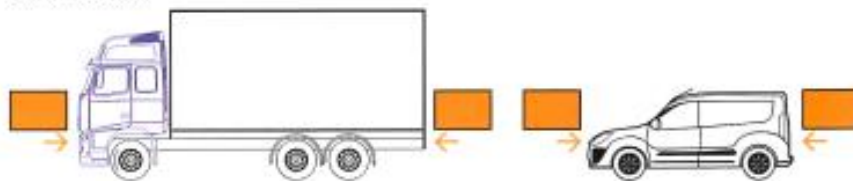
Kuljettaessa vaarallisia aineita alle vapaarajan olevissa määrissä ei ajoneuvo tarvitse erityisiä merkintöjä (Kuva 16). Yli vapaarajan tapahtuva kuljetus vaatii tyhjän oranssikilven kuljetuksen eteen ja taakse (Kuva 17). Kuljettaessa vaarallisia aineita sisältävää merikonttia, tulee kontin sisältämän aineen varoituslipukkeet sijoittaa kontin jokaiselle kyljelle (eteen, taakse ja sivuille) (Kuva 18).

Merkintäkuv 1.

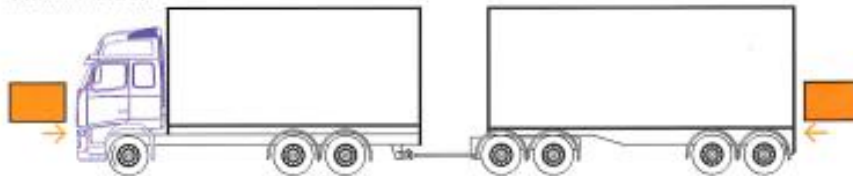


Kuva 16. Kappaletavarakuljetus alle vapaarajan (Heiskanen 2014).

Merkintäkuv 2.

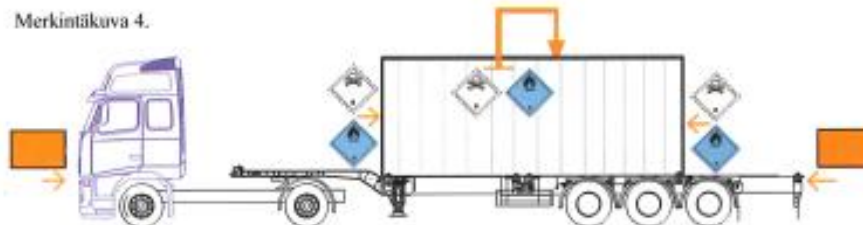


Merkintäkuv 3.



Kuva 17. Kappaletavarakuljetus yli vapaarajan (Heiskanen 2014).

Merkintäkuv 4.



Kuva 18. Kappaletavarakuljetus merikontissa (Heiskanen 2014).



Rajoitetun määrän (LQ) kuljetuksissa on kuljetusyksikön eteen ja taakse kiinnitettävä mustakärkinen neliömerkki (Kuva 19). Jos kuljetusyksikössä kuljetetaan muita vaarallisia aineita, jotka vaativat oranssimerkin niin mustakärkistä neliömerkkiä ei tarvita (Kuva 20).



Kuva 19. Rajoitetussa määrin pakattujen (LQ) vaarallisten aineiden kuljetus (Heiskanen 2014).



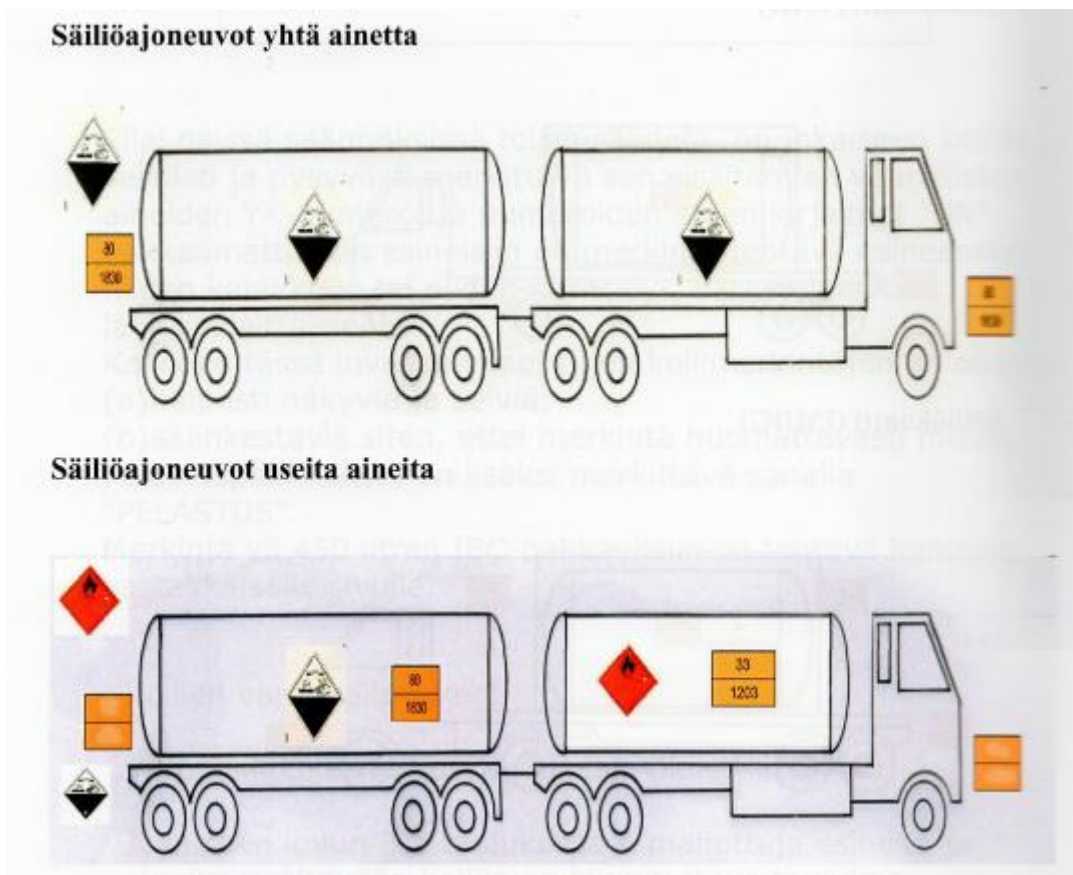
Kuva 20. Rajoitetussa määrin pakattujen (LQ) vaarallisten aineiden kuljetus (Heiskanen 2014).

Räjähteiden kuljetuksessa räjähteen suurlipuke kiinnitetään kuljetusyksikön molemmille sivuille sekä taakse (Kuva 21). Eteen sijoitetaan oranssikilpi. Räjähteiden vaarallisuusluokka (1.1; 1.2; 1.3; 1.4; 1.5; 1.6) on merkittävä suurlipukkeeseen.



Kuva 21. Luokan 1 räjähteiden kuljetus yli vapaarajan (Heiskanen 2014).

Säiliöajoneuvojen merkintä on hyvin samanlainen kuin kappaletavarakuljetuksissa, mutta suurlipuke sijoitetaan myös säiliön molemmille kyljille (Kuva 22).



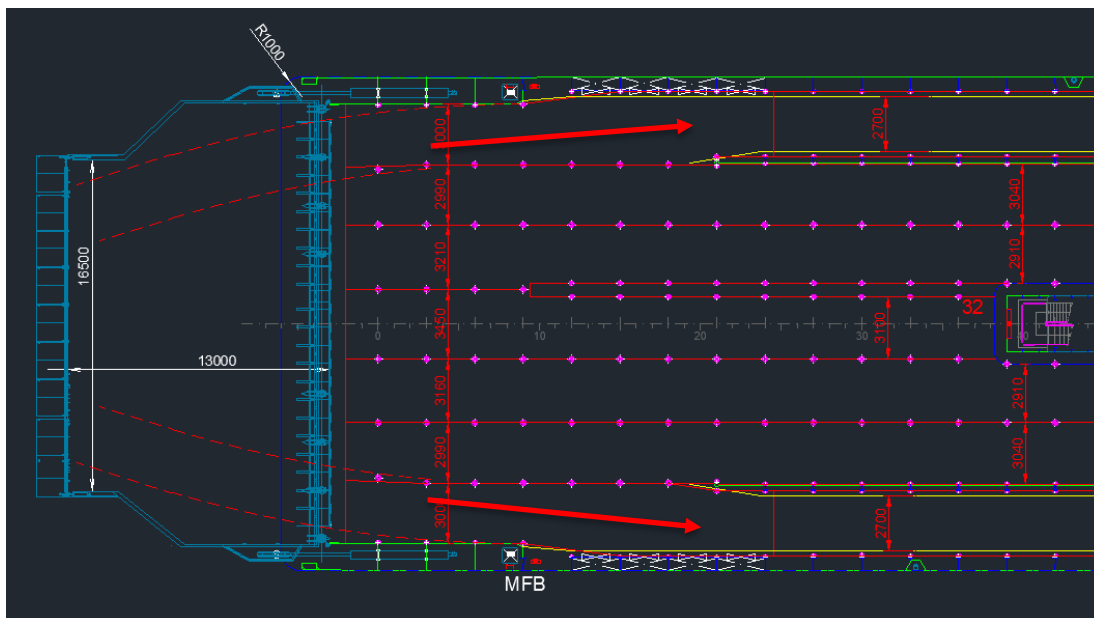
Kuva 22. Säiliöajoneuvojen merkintä (Länsivuori 2006).

## 6 JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

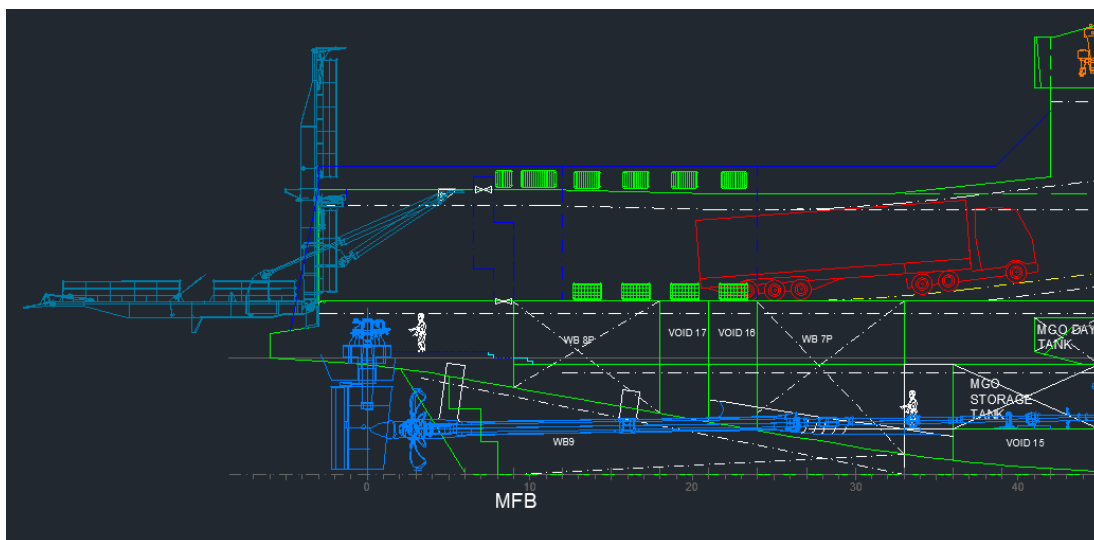
Tässä opinnäytetyössä tutkittavan järjestelmän tarkoituksena on vaarallisen aineen kuljetuksista kertovien suurlipukkeiden automaattinen tunnistaminen autolautoilla. RMC:n suunnittelemissa autolautoissa vaarallisen aineen kuljetukset sijoitetaan ylempälle autokannelle. Tällöin ylemmästä autokannesta tulee räjähdysvaarallista aluetta. Laitteista, jotka eivät ole räjähdysturvallisia, tulee katkaista sähkönsyöttö. Järjestelmällä pyritään automatisoimaan kuljetuksien tunnistus ja sähkönsyötön katkaiseminen.

Järjestelmän suunnittelussa käytetään esimerkkinä Molslinjen M/S Hammershus -alusta ja sen yleisjärjestelypiirustuksia. Hammershus soveltuu esimerkkitapaukseksi hyvin, sillä se edustaa tavallista matkustaja-autolauttaa kokonsa ja kaistojen asettelu puolesta. Rauma Marine Constructionin seuraava projekti, Wasalinen autolautta on pohjaratkaisultaan ja kooltaan hyvin samanlainen kuin Hammershus, joten järjestelmä soveltuisi pienillä muokkauksilla myös siihen.

### 6.1 Kameroiden mahdollinen sijoittelu laivassa



Kuva 23. Molslinjenin Hammershus -aluksen yleisjärjestelypiirustuksen sisäänajorampin alue ylhäältä kuvattuna, kuvaan merkattu ajoneuvoyhdistelmien ajoreitti punaisilla nuolilla (RMC 2019).

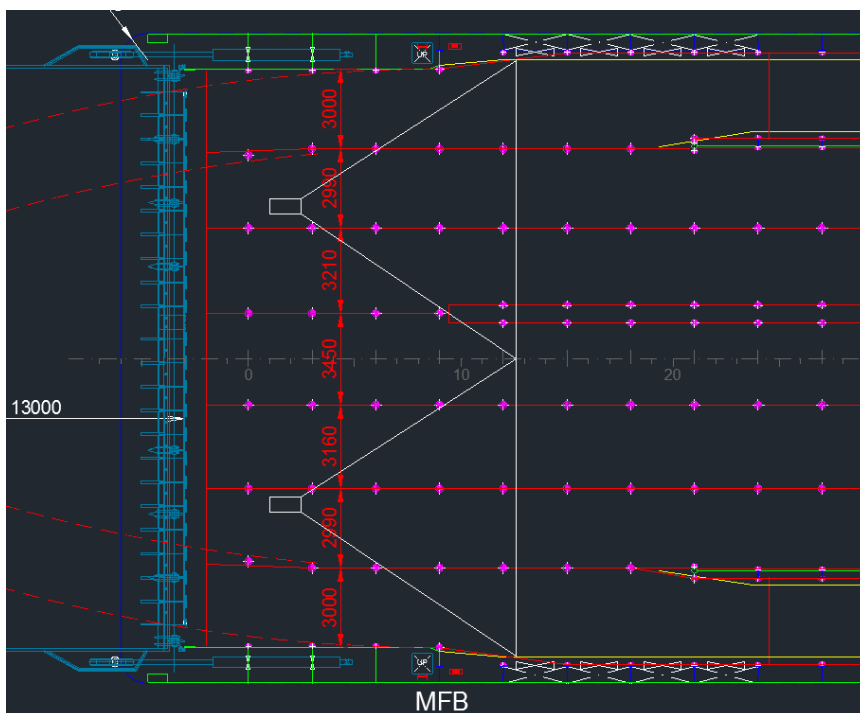


Kuva 24. Molssinjenin Hammershus -yleisjärjestelypiirustuksen sisäänajorampin alue sivulta kuvattuna, punaisella merkattuna ajoneuvoyhdistelmä ajamassa ylemmälle autokannelle (RMC 2019).

Aluksen sisäänajoramppi on noin 16 metriä leveä. Kansi itsessään on noin 22 metriä leveä. Leveyden vuoksi luotettava ja nopea kuvaus vaatii todennäköisesti kaksi kameraa. Vaarallisten aineiden kuljetukset kulkevat ylemmälle autokannelle alemman kannen molemmiin puolin olevien ramppien kautta (Kuva 23, Kuva 24). Kameroiden sijoittelussa tulee ottaa huomioon myös mahdollisuus, että vaarallista ainetta kuljettava ajoneuvo saattaa myös ajaa vahingossa alemmalle autokannelle, joten koko autokannen sisäänajoalue täytyy saada kuvattua. Kuvauksen pääkohde on kuitenkin autokannen reunoilla. Ajoneuvojen kuvaus kannattaa suorittaa takaapäin, sillä aineiden vaarallisuudesta kertovat suurlipukkeet sijaitsevat kuljetuksen takana. Takaapäin tapahtuva kuvaus poistaa myös mahdollisesta ulkoa tulevasta vastavalosta johtuvat valaistusongelmat, mutta toisaalta heijastusten määrä saattaa lisääntyä.

Kameroita ei kannata sijoittaa niin lähelle kannen takaosaa kuin mahdollista, koska siellä ne ovat alttiimpia ympäristön vaikutuksille. Vaikka kamerat olisivat suojattuja ympäristöltä niin kestävätkin ne paremmin ollessaan suojattuna kannen alla. Tällöin kameroiden linssit säilyvät myös todennäköisesti puhtaina pidempään. Kameroiden ollessa syvemmällä kannen sisällä voidaan myös minimoida kirkkaita alueita kuva-alassa. Auringon paistaessa kirkkaasti voi osa kuva-alasta olla huomattavasti kirkkaampi kuin muu osa. Mitä syvemmällä kannen alla kamerat ovat, niin sitä paremmin

valaistusolosuhteita voidaan hallita ja auringon valo rajoittuu toivottavasti kuva-alan ulkopuolelle tai alareunaan eikä keskelle kuvaa. Kameroiden mahdollinen sijoittelu merkittynä kuvaan 25 ottaen huomioon aikaisemmin mainitut sijoitteluun vaikuttavat tekijät. Kuvaan piirrettynä myös mahdollinen kuvausala.



Kuva 25. Kameroiden mahdollinen sijoittelu merkittynä Hammershus aluksen yleisjärjestelypiirustukseen (RMC 2019; Toivonen 2019).



Kuva 26. Hammershus-aluksen sisäänajorampin alue, johon merkattu punaisella nuolella toisen kameran mahdollinen sijoituspaikka (RMC 2019).

Kameroiden olisi hyvä olla ylempänä kuin katon alimmat rakenteet, jotta kamerat välttyisivät mahdollisilta kolhuilta. Rekat tai muut kuljetukset eivät ole niin korkeita, että kamerat olisivat vaarassa. Laivan tarvikkeiden lastauksessa on silti mahdollista, että jokin tavara osuisi kameraan, jos ne olisivat alempana kuin kattorakenteet, joten riski kannattaa minimoida heti alussa. Kamera kannattaa sijoittaa samaan korkeuteen kuin valaisimet. Näin autokannen ulkoasu olisi myös siistimpi, kun kaikki laitteet ovat samassa korkeudessa. Katon poikittaiset tukirakenteet ovat sellaisella etäisyydellä toisistaan, että kuva-alan ei pitäisi rajoittua, vaikka kamera asennetaan niiden väliin alimman kohdan yläpuolelle.

Laivan kolmannelle kannella on suunnitellussa paikassa (Kuva 26) kaapelikouruja sekä muita rakenteita, joten kameran kiinnitys ja kaapeleiden veto olisivat helppoja toteuttaa. Tällä sijoittelulla yhden kameran kuvausalueen leveys on noin 11 metriä ja korkeus katosta lattiaan on noin 5,5 metriä. Kuvausetäisyys on noin 10 metriä. Näin koko sisäänajoalue saadaan kuvattua.

## 6.2 Kameran valinta

Järjestelmän testaus suoritetaan Cognex In-Sight Explorer-ohjelman emulaattorilla, josta löytyy kaikki Cognexin älykameramallit. Cognexin järjestelmä valikoitui käyttöön siksi, että järjestelmä oli opinnäytetyön tekijälle entuudestaan tuttu ja ohjelmistoon oli lisenssi valmiiksi. Jos järjestelmä saadaan toimimaan hyvin ja koetaan hyödylliseksi sekä päätetään toteuttaa oikeassa laivassa, voidaan kameratyyppin valintaa miettiä uudestaan.

### 6.2.1 Kennon tyyppi

Laivaan sisään ajaessaan ajoneuvojen nopeus on erittäin pieni ahtaiden tilojen ja turvallisuuden vuoksi. Alhaisen nopeuden vuoksi ei ole väliä, onko kamerassa rolling shutter vai global shutter. Rolling shutter -kennon aiheuttama vääristymää ei ilmene

kuvattavan kohteen liikkessa hitaasti. Kuvattavat kohteet liikkuvat myös kameran takaa eteenpäin, joten sivuttaisliikkeestä aiheutuvia vääristymiä ei myöskään ilmene. Kennon tyyppillä ei siis ole ratkaisevasti merkitystä tässä sovellutuksessa.

## 6.2.2 Optiikka




Optiikan laskemisessa ja määrittämisessä voidaan käyttää apuna netistä löytyviä apuohjelmia, kuten Cognexin Lens Advisoria. Esimerkkinä käytetään Hammershus-aluksen yleisjärjestelypiirustuksesta mitattuja etäisyyksiä. Yhden kameran kuvausalueen leveys on noin 11 metriä ja korkeus katosta lattiaan on noin 5,5 metriä. Kuvausetäisyys on noin 10 metriä. Syötetään nämä tiedot sekä kameran malli, joka tässä esimerkissä on In-Sight 5605, laskuriin (Kuva 27). Kamera valikoitui suuren (2448 x 2048) resoluutionsa vuoksi, jonka pitäisi hyvin riittää merkkien tunnistamiseen. Aidossa ympäristössä testatessa resoluutiovaatimus tiedettäisiin tarkemmin. Syötettyjen arvojen perusteella laskuri antaa suosituksia linseistä (Kuva 28). Linssien sopivuus järjestelmään täytyy kuitenkin tarkistaa tapauskohtaisesti.

**STEP 1** Select a Measurement to Calculate

Focal Length  Field of View  Working Distance

**STEP 2** Choose Unit  mm  cm  in

**STEP 3** Choose a Product

 DataMan  In-Sight  VisionPro

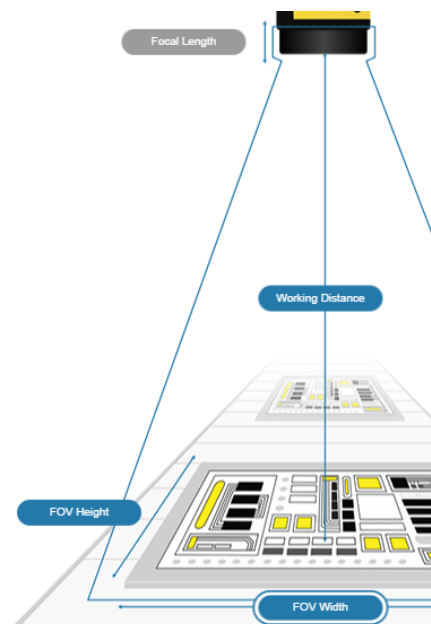
In-Sight 5605

**STEP 4** Enter Known Measurements

Working Distance (cm):

FOV Height (cm):

FOV Width (cm):



Kuva 27. Cognex Lens Advisor.

## RESULTS

	Focal Length (cm)	Working Distance (cm)	Width (cm)	Height (cm)
<b>Closest Higher</b>	8.0	1057.286	1100.000	920.261
<b>Exact</b>	7.6	1000.000	1100.000	920.261
<b>Closest Lower</b>	6.0	792.964	1100.000	920.261

## RECOMMENDED LENSES

**IMPORTANT:** We do not guarantee that these lenses will fit your application or camera since lens performance varies under different configurations. We recommend contacting your local Cognex Sales Engineer to verify which lens is best for you.

<b>LCC-06F</b>	TUSS VISION 6MM LENS F1.4
<b>LMC-08F</b>	Moritex 2/3" 8mm Lens F/1.3
<b>LMC-ML-M0824-MP5</b>	Moritex 2/3" 8mm Megapixel Lens
<b>LNC-08FS</b>	Navitar 2/3" 8mm F/1.4
<b>LTC-08F</b>	Tamron 2/3" 8mm Standard Lens



To find out which of these lenses are right for you, speak to a engineer.

[CONTACT SALES](#)

Kuva 28. Lens Advisorin tulokset.

### 6.2.3 Kameran nopeus

Vaikka ajoneuvot liikkuvat melko hitaasti, aiheuttaa niiden mahdollinen määrä vaatimuksia kameran nopeudelle. Kaikkien ajoneuvojen tutkimiseksi järjestelmän täytyy pystyä tunnistamaan monia kilpiä ja symboleita kuvasta. Tulevaisuudessa järjestelmään saatetaan lisätä toimintoja, joten kameran nopeus tulisi mitoittaa niin, että jatkokehitys on mahdollista. Nopeuden ei pitäisi kuitenkaan tulla esteeksi tulevaisuudessaan käytettäessä nykyaikaisia kamerajärjestelmiä.

### 6.2.4 Liitäntä

Lastausrampin yläpuolelle on mahdollista saada erillinen sähkönsyöttö kameraa tai kameroita varten. Tämä vaatisi kuitenkin enemmän työtä ja kamera tarvitsisi silti myös Ethernet-kaapelin tiedonsiirtoa varten. Helpoin tapa on käyttää PoE-järjestelmää, jolloin kameralle tuodaan vain yksi Ethernet-kaapeli. Kamerana kannattaa tässä tapauksessa käyttää GigE vision -kameraa, joka tukee PoE:a.



### 6.2.5 IP-luokitus

Laitteiden suojaustason oikea määrittäminen on tärkeää laitteiden kestävyys ja turvallisuuden vuoksi. IP-luokituksen ensimmäinen numero kertoo suojauksen pölyä ja muita kiinteitä aineita vastaan. Toisesta numerosta selviää suojausaste vettä vastaan. (Valaisin.fi www-sivut 2019)

Ensimmäisen numeron selitykset:

0: Ei suojausta.

1: Suojaus suuria kappaleita ( $> \varnothing 50 \text{ mm}$ ) vastaan. Esimerkiksi nyrkki tai kädenselkä.

2: Suojaus keskikokoisia ( $> \varnothing 12,5 \text{ mm}$ ) kappaleita vastaan. Esimerkiksi sormi.

3: Suojaus pieniä kappaleita ( $> \varnothing 2,5 \text{ mm}$ ) vastaan. Esimerkiksi ruuvimeisselin kärki.

4: Suojaus erittäin pieniä kappaleita ( $> \varnothing 1 \text{ mm}$ ) vastaan. Esimerkiksi neula

5: Suojattu pölyltä. Ei edellytä täydellistä tiiveyttä, mutta haitallista pölykertymää ei sallita.

6: Täysin pölytiivis.

Toisen numeron selitykset:

0: Ei suojausta vettä vastaan.

1: Suojaus pystysuoraan putoavaa vettä vastaan. Pissarasuojattu.

2: Suojaus ylhäältä max.  $15^\circ$  kulmassa tulevaa vettä vastaan.

3: Suojaus ylhäältä max.  $60^\circ$  kulmassa tulevaa vettä vastaan. Kestää kevyttä sadetta.

4: Kestää vesiroiskeita jokaisesta suunnasta. Roiskevesisuojattu.

5: Kestää vesisuihkun joka suunnasta.

6: Kestää korkeapaineisen vesisuihkun.

7: Kestää hetkellisen upotuksen alle 1m syvyiseen veteen.

8: Kestää pysyvän upotuksen, saattaa sisältää syvyysrajoituksia (erillinen merkintä).

Kannella olevat valaisimet ovat IP55-luokiteltuja eli suojattuja pölyä ja vesisuihkua vastaan. Kameran asennetaan samaan tilaan ja korkeuteen kuin valaisimet, joten suojausluokan tulisi olla samalla tasolla kuin ympäröivien sähkölaitteiden. Toisaalta kamerat ovat herkempiä sähkölaitteita kuin valaisimet, joten suojausluokan nostaminen saattaa olla järkevää mutta todennäköisesti ei tarpeellista. Liian hyvin suojattua kame-

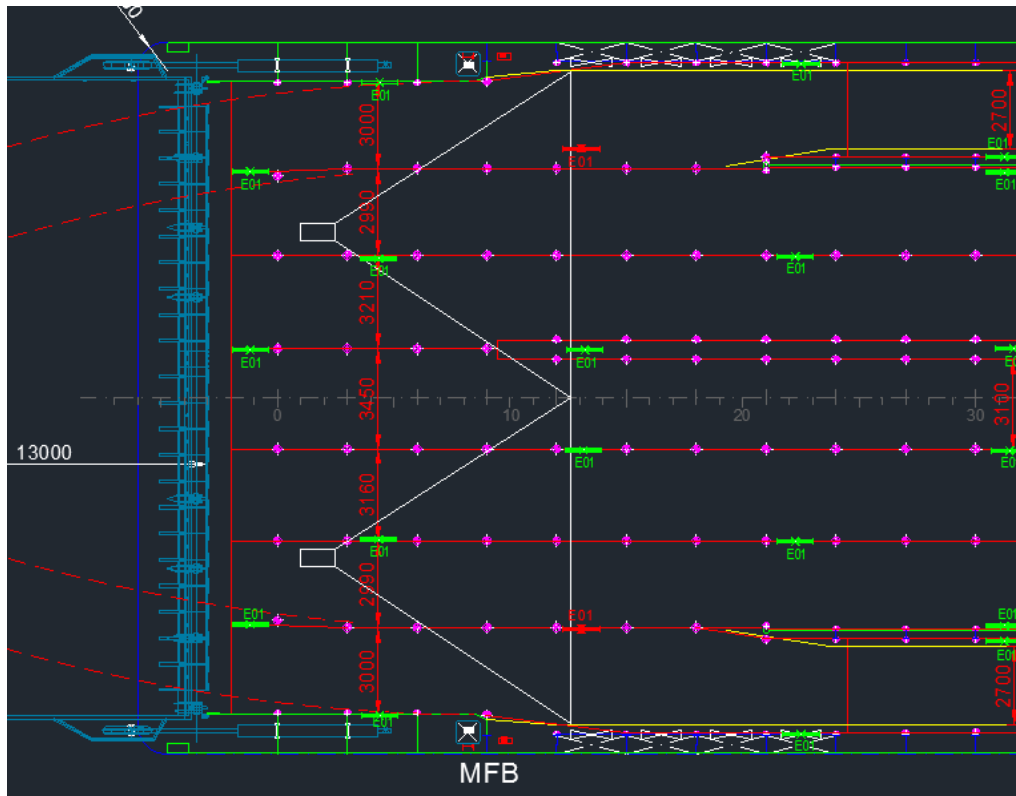
raa ei kannata valita, esimerkiksi IP68-luokiteltu eli täysin pölytiivis ja veteen upottamisen kestävä kamera olisi ylimitoitettu. Korkeampi suojausluokka takaa järjestelmän toiminnan pitkäksi aikaa mutta toisaalta vaikuttaa myös kamerajärjestelmän hintaan.

#### 6.2.6 Älykamera vai perinteinen järjestelmä

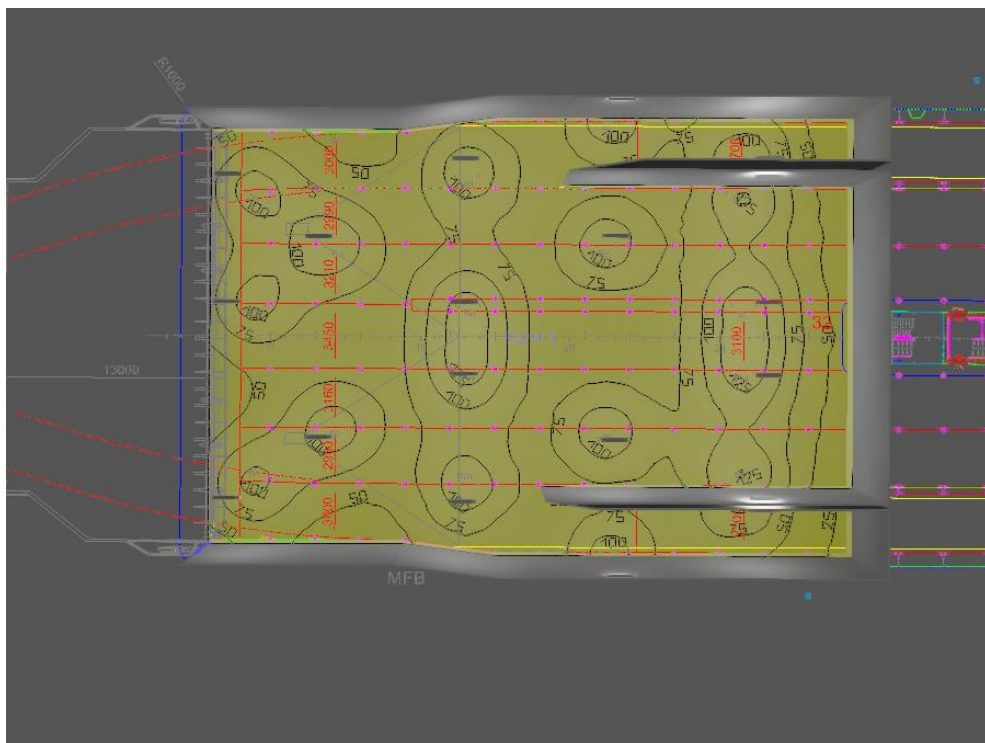
Kamerajärjestelmänä voidaan käyttää älykameraa tai perinteistä järjestelmää. Älykameran käyttö helpottaisi asennusta ja järjestelmän mahdollisesti vikaantuessa uuden kameran vaihtaminen on helppoa. Perinteinen järjestelmä on myös mahdollinen, mutta ongelmaksi muodostuvat tietokoneen sijoittelu ja sen kestävyteen liittyvät ongelmat. Laivasta löytyy monia tiloja joihin tietokoneen voisi sijoittaa kokonsa puolesta mutta monessa lämpötilat ja värinä voivat vaikuttaa siihen, miten järjestelmä kestää. Myös kaapelien vetäminen vaikeutuu. Vikatilanteissa ja ohjelman säätämisvaiheessa on tärkeää päästä helposti käsiksi järjestelmään. Laivaa rakennettaessa ja suunniteltaessa ylimääräisen painon eliminointi ja tilan säästäminen ovat erittäin tärkeitä matkustaja- ja lastikapasiteetin maksimoimiseksi. Nämä asiat tukevat älykamerajärjestelmän valintaa, jolloin paino-, tilantarve- ja kaapelointiongelmat helpottuvat.

### 6.3 Valaistuksen suunnittelu

Valaistuksen suunnittelu on tärkeä osa toimivaa kamerajärjestelmää, joten se kannattaa tehdä huolellisesti. Hammershus-aluksen valaistusta suunniteltaessa ei mahdollista kamerajärjestelmää vielä osattu ottaa huomioon. Siitä huolimatta kuvasta 29 nähdään, että olemassa olevat valaisimet sopivat hyvin kamerajärjestelmälle sijoittelunsa puolesta. Valaisimien suurin keskittymä sijaitsee suoraan suunnitellun kuvausalueen yläpuolella, jolloin valaistus on parempi tällä alueella. Valaistuksen keskiarvoinen valaistusvoimakkuus 0.8 metrin korkeudessa ”työtasossa” on 78.7 luksia (Kuva 30 ja Kuva 31). Käytännössä järjestelmän luotettava toiminta saattaa silti vaatia lisävalaisimien asentamisen. Hammershus-aluksen valaisimina on käytetty Glamoxin MIR078893 led-valaisimia, joiden valovirta on 5040 lumenia.



Kuva 29. Kameroiden sijoittelukuvaan lisätty Hammershus-aluksen valaistuspiirustuksesta valaisimien sijainnit (RMC 2019).



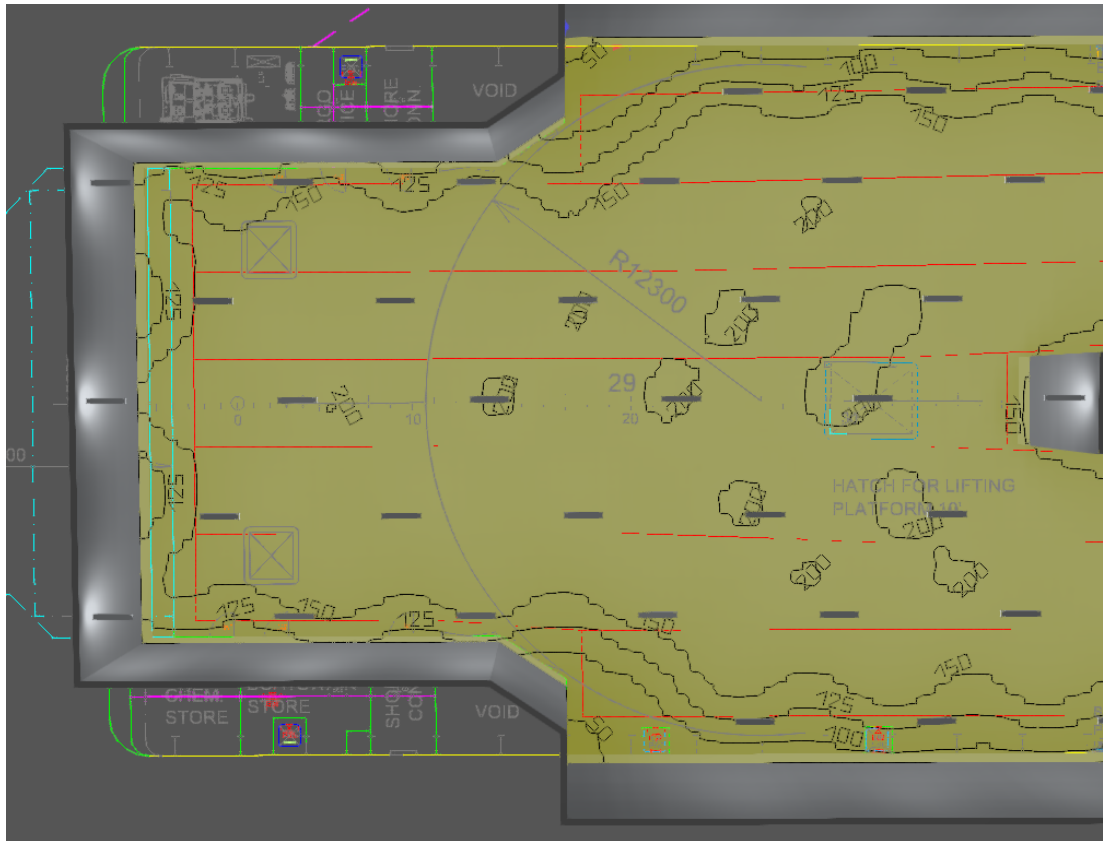
Kuva 30. DIALux Evo -ohjelmistolla tehty valaistusvoimakkuus laskelma Hammershus-aluksen sisänaajoalueesta.

Workplane (Perpendicular illuminance)	
	Actual
Average	78.7 lx
Min	21.3 lx
Max	142 lx
Min/average	0.27
Min/max	0.15
Parameter	
Height	0.80 m

Kuva 31. Hammershus-aluksen valaistuslaskennan tulokset DIALux Evo -ohjelmistosta.

Värillisten valojen ja suodattimien käytössä olisi monia ongelmia. Kuljetusten takana olevissa suurlipukkeissa on monen värisiä elementtejä. Lipukkeet ovat myös erivärisiä toisiinsa nähden. Värillisistä valoista saattaisi aiheutua ongelmia henkilöautojen kuljettajille heidän ajaessaan alukseen sisälle. Valo, joka toisi kaikki suurlipukkeet paremmin esille, mutta ei häiritsisi ajoneuvojen kuljettajia, on lähes mahdoton toteuttaa. Lipukkeita ei myöskään ole pinnoitettu heijastinmateriaalilla.

Suunnitellessa RMC:n uusia Wasalinen ja Tallinkin laivoja tulisi lisävalaistuksen tarve ottaa huomioon. Käytännössä tämä tarkoittaa valaisimien määrän tai tehon lisäämistä ylempään kannen rampin alueella. Wasalinen aluksen tilaaja on vaatinut 150 luxin valaistusvoimakkuutta autokansille, joten valoa on lähtökohtaisesti paljon enemmän kuin Hammershus-aluksessa, vaikka kamerajärjestelmää ei erityisesti otettaisi huomioon valaistussuunnittelussa. Kuvasta 32 nähdään Wasalinen suunniteltu valaistustaso sekä valaisinten asettelu. Valaisimina on käytetty Glamoxin TL60704002 led-valaisimia, joiden valovirta on 4500 lumenia.



Kuva 32. DIALux Evo -ohjelmistolla tehty valaistusvoimakkuus laskelma Wasalinen sisäänajoalueesta.

Workplane (Car deck 3)	
160 lx	
Workplane (Perpendicular illuminance)	
	Actual
Average	160 lx
Min	28.9 lx
Max	211 lx
Min/average	0.18
Min/max	0.14
Parameter	
Height	0.80 m

Kuva 33. Wasaline-valaistuskalken tulokset DIALux Evo -ohjelmistosta.

Kuvassa 33 nähdään, että Wasalinen uudessa aluksessa valaistusvoimakkuus 0.8 metrin korkeudessa on keskiarvona 160 luksia. Tämä on noin 82 luksia enemmän kuin

vastaava alue Hammershus-aluksessa. Kuvausjärjestelmän toimintaa ajatellen tämä helpottaa kuvien ottamista ja parantaa järjestelmän tarkkuutta.

## 6.4 Mallikuvat

### 6.4.1 Kuvien ottaminen

Tässä opinnäytetyössä otettiin erilaisista kohteista mallikuvia, jotta järjestelmän toimintaa voitaisiin testata. Kuvien ottamisella on haluttu myös tarkastella mahdollisia ongelmakohtia, jotta niihin voitaisiin puuttua ja keksiä ratkaisuja etukäteen. Mallikuvat ovat otettu pysäköidystä vaarallisen aineen kuljetukseen käytetystä säiliövaunusta sekä kojelautakameran tallentamista videoista. Mallikuvia otettaessa kannattaa kuvia ottaa monesta eri kulmasta ja eri etäisyyksillä, jotta järjestelmän toimintaa on mahdollista simuloida mahdollisimman monipuolisesti. Suurlipukemalleistakin olisi hyvä saada kuvattua monia erilaisia malleja lipukkeiden erottamisen testaamiseksi. Kuvattaessa olisi hyvä saada osa kuvista otettua niin, että kuvausalue vastaisi yleisjärjestelypiirustuksesta otettuja mittoja.

Hammershus-aluksen yleisjärjestelypiirustuksesta mittaamalla yhden kameran kuvausalueen leveys on noin 11 metriä ja korkeus katosta lattiaan on noin 5,5 metriä. Kuvausetäisyys noin 10 metriä. Kuvausetäisyyttä on mahdollista pienentää, jos kuvauksessa tulee ongelmia esimerkiksi tarkennusetäisyyden kanssa.

Korkeutta on erittäin vaikea simuloida, sillä noin 5 metrin korkeuteen on vaikea päästä ilman erillistä henkilönostinta. Korkeusongelman voisi yrittää ratkaista ottamalla kuvan lähempää sopivasta kulmasta ja editoimalla kuvaa kuvankäsittelyohjelmalla niin, että kuvattava merkki näkyisi saman kokoisena kuin 5 metrin päästä. Näin päästään testaamaan tunnistaako ohjelma merkit tarvittavalla tarkkuudella ilman, että kuvien ottaminen vaikeutuu suunnattomasti.

#### 6.4.2 Kuvien tarkastelu ja analysointi

Mallikuvista ilmenee monia ongelmia, jotka estävät järjestelmän toimintaa. Isoimmaksi ongelmaksi nousee ajoneuvon takana olevien suurlipukkeiden huono kunto. Monessa kuvatussa ajoneuvossa suurlipukkeet olivat todella huonossa kunnossa. Kulmat olivat revenneet irti tai lipukkeet olivat muuten kuluneet lähes näkymättömiksi. Eräässä kuljetuksessa lipuke oli puoliksi irti sekä taittunut kahtia.

Seuraavissa mallikuvissa (34, 35, 36 ja 37) on esimerkkejä haasteista, joita merkkien tunnistamisessa saattaa esiintyä. Kuvista ilmenee myös se, kuinka Traficom ei anna suurlipukkeiden sijoittelusta tarkkoja ohjeita lipukkeiden asennuskorkeuteen tai niiden sijaintiin leveys suunnassa. Osassa kuljetuksia lipukkeet ovat ajoneuvon takana vasemmassa ala reunassa, toisissa taas yläkulmassa ja joissakin jaettuna molemmin puolin keskilinjaa.



Kuva 34. Kuluneet mutta silti kohtuullisessa kunnossa olevat suurlipukkeet.



Kuva 35. Suurlipukkeen symboli on niin kulunut, että sen tunnistaminen oli vaikeaa.



Kuva 36. Kuljetuksen merkinnät ovat irronneet reunasta ja taittuneet itsensä päälle, tehden merkkien tunnistamisesta mahdotonta.





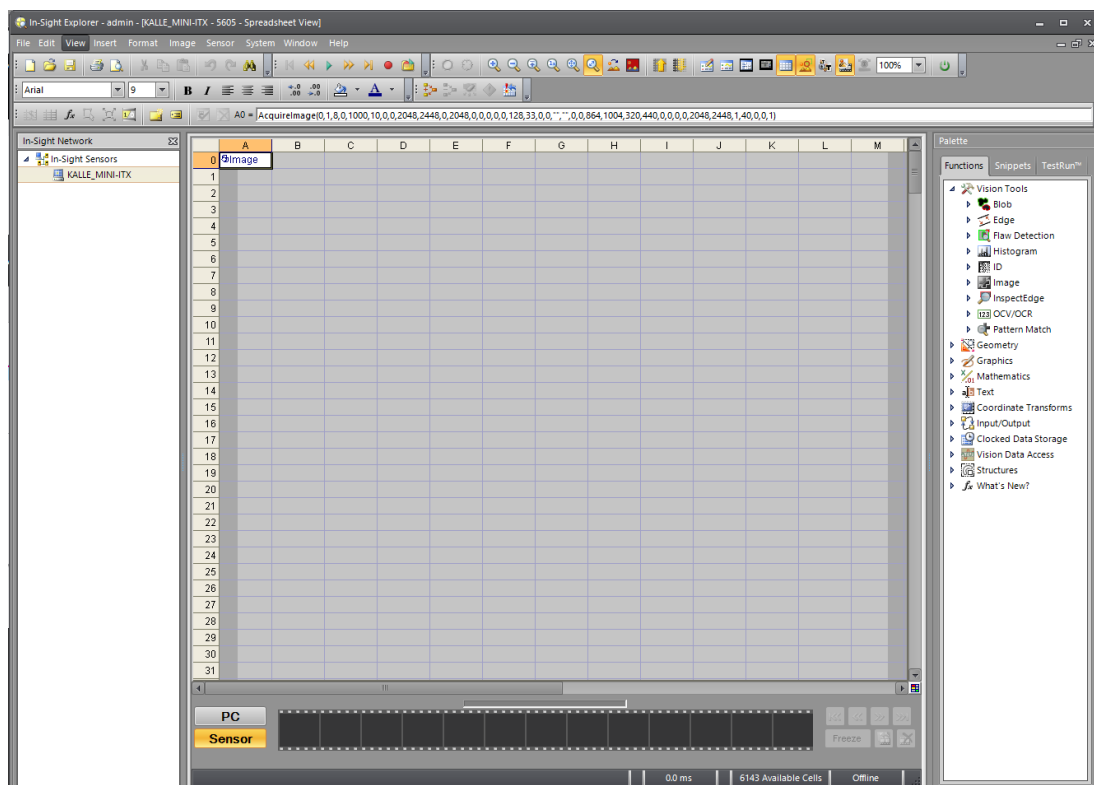
Kuva 37. Toisen merkin reunaviiva on niin ohut, että merkki ei erotu säiliövaunun värityksestä.

Havaintojen pohjalta voidaan tehdä johtopäätös, että kuljetusliikkeiden/kuljettajien tulisi kiinnittää lipukkeiden kuntoon enemmän huomiota. Viranomaisten tulisi kiinnittää myös huomiota enemmän lipukkeiden kuntoon tien päällä sekä määräysten osalta.

### 6.5 Tunnistettavien kohteiden opetus

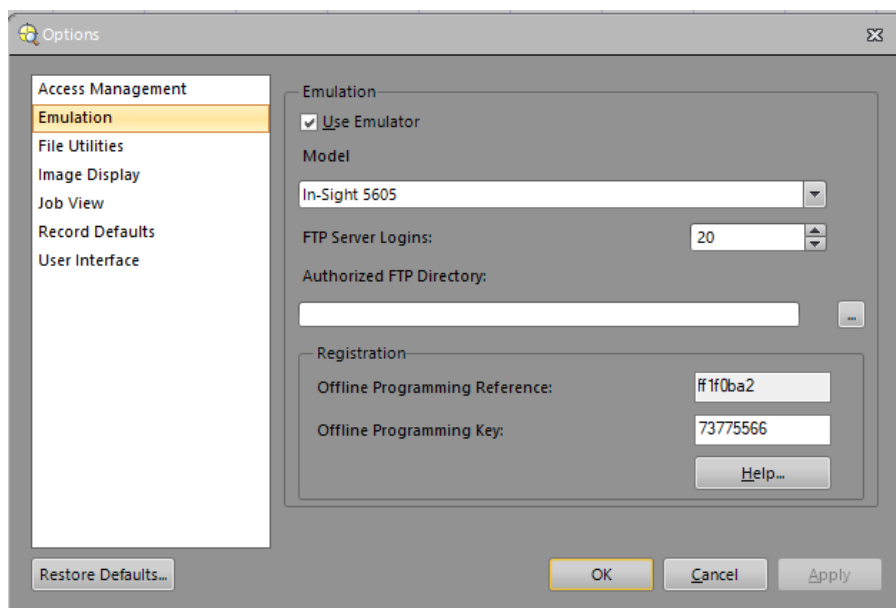
Konenäköohjelmiston toiminnassa on monia vaiheita, joista ensimmäinen on kuvan hankinta. Kuvan hankinnassa tuodaan ohjelmistoon käsiteltävä/analysoitava kuva kuvankaappauslaitteelta tai suoraan kamerasta. Toisessa vaiheessa kuvaa saatetaan esikäsitellä esimerkiksi erilaisilla värisuodattimilla. Kun kaikki esikäsitteilyt ovat tehty, voidaan siirtyä kuvan analysointiin eli kappaleiden paikannukseen. Järjestelmä etsii kuvasta kappaleet, joiden mallit sille on opetettu etsittäväksi. Kappaleiden paikannuksen jälkeen tutkitaan kappaleiden piirteitä kuten reunoja tai muotoa. Piirteiden tutkimisen perusteella muodostetaan tulokset, joissa kerrotaan esimerkiksi muodon vastavuus opetuskuvaan. Näiden tulosten pohjalta on mahdollista lähettää signaaleja esimerkiksi logiikalle, joka ohjaa liukuhinaa. (Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018)

Tässä opinnäytetyössä järjestelmä tehdään Cognexin In-Sight Explorer -ohjelmalla, joka on Cognexin kameroiden ohjelmointi-/emulointiympäristö. Käynnistettäessä ohjelmaa oletusnäkyminä on EasyBuilder-view. Tässä työssä näkyminä käytetään Spreadsheet-näkymää (Kuva 38), johon pääsee View valikosta painamalla Spreadsheet.



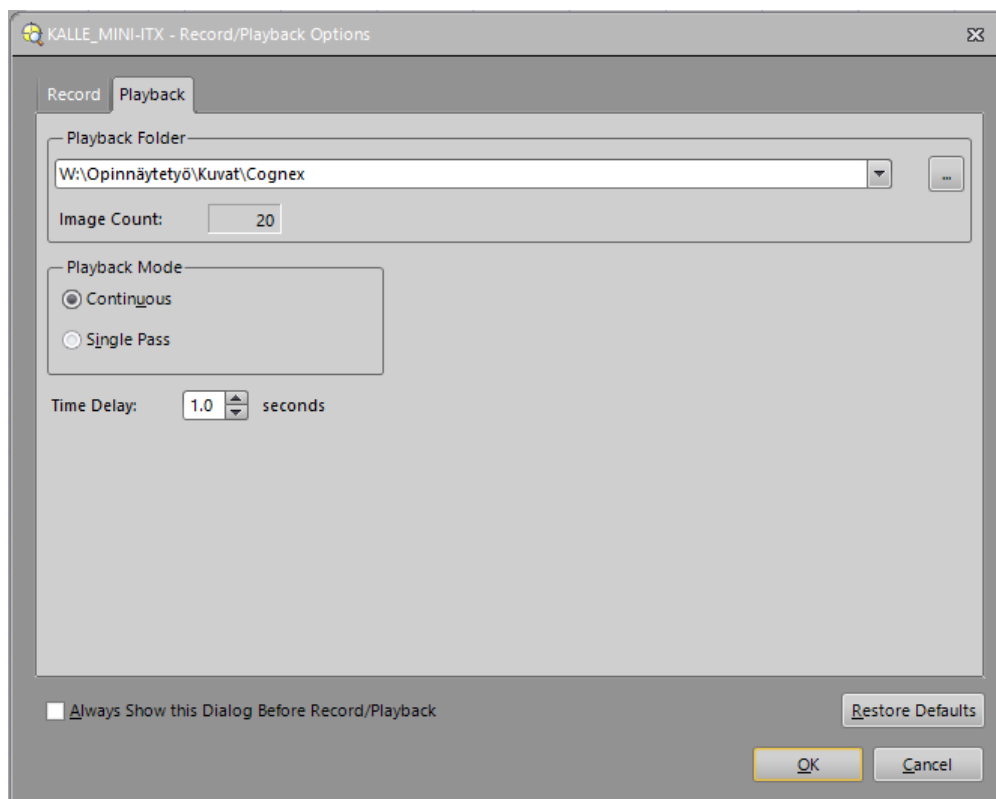
Kuva 38. In-Sight Explorer -ohjelman Spreadsheet-näkymä.

Ohjelmalla voidaan emuloida kaikkia Cognexin kameroita. Emulointivaihtoehdot (Kuva 39) löytyvät System > Options > Emulation. Tämän valikon kautta voi valita kameramallin, jolla haluaa suorittaa emulaation.



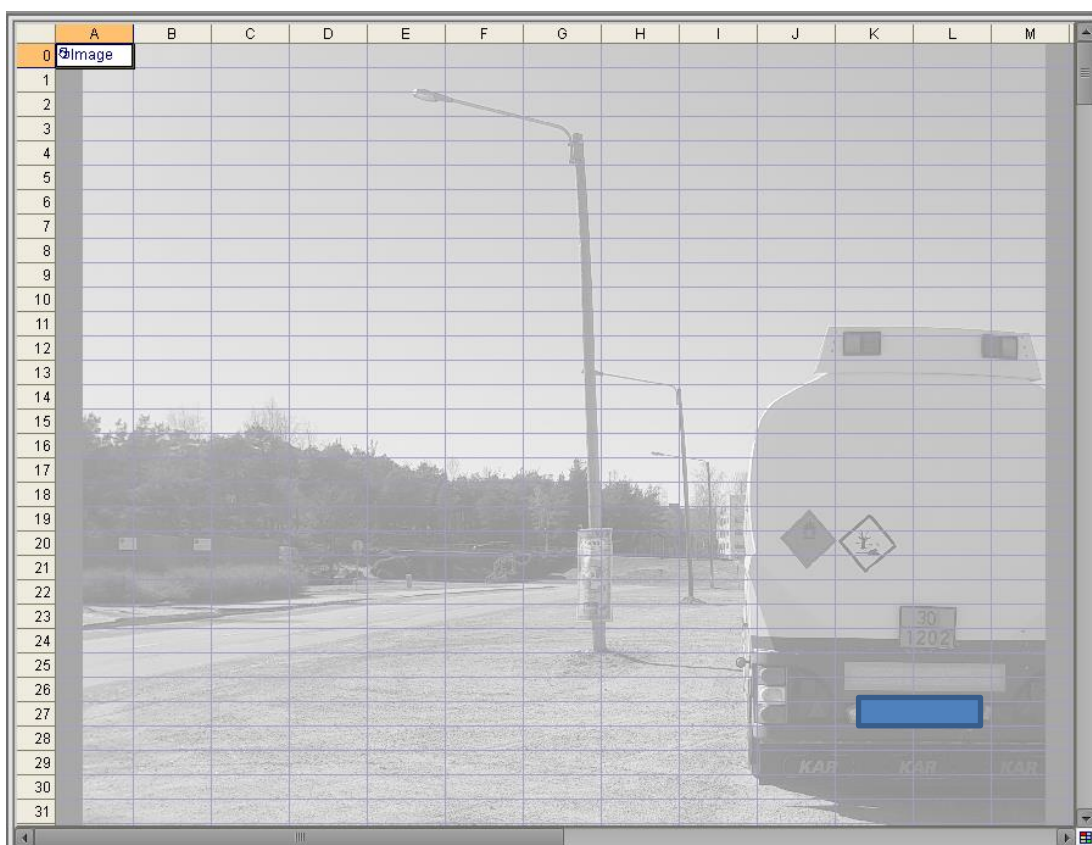
Kuva 39. Älykameraemuloinnin kameravaihtoehdot.

Kameran valinnan jälkeen täytyy määrittää, mistä kansioista emuloituun ohjelmaan otetaan kuvat. Valinnat (Kuva 40) löytyvät Spreadsheet-näkymästä yläpalkista punaisen pallon vierestä olevasta kansio kuvakkeesta.



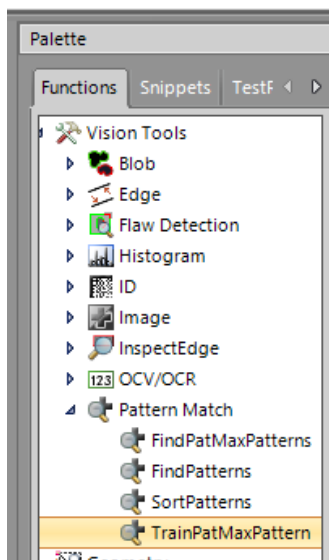
Kuva 40. Emulaatiossa käytettävien kuvien kansion sijainti, sekä toistonopeuden valinta.

Emulaatiossa käytettävien kuvien kansion valinnan jälkeen Spreadsheet-näkymän taustalle ilmestyy kansion ensimmäinen kuva (Kuva 41). Tätä ensimmäistä kuvaa käytetään usein niin sanottuna opetuskuvana, joten se kannattaa valita huolella. Kuvassa tulisi näkyä etsittävät/tunnistettavat kohteet. Jos etsittävät kohteet voivat olla eri kokoisia, olisi opetuskuvassa niiden hyvä olla keskikokoisia, jotta etsintäskalan ei tarvitse olla niin suuri.



Kuva 41. Spreadsheet-näkymä, jossa näkyy taustalla kuvasarjan ensimmäinen kuva.

In-Sight Explorerista löytyy paljon työkaluja esimerkiksi mittauksiin tai reunan ja reikien etsintään. Työkalut sijaitsevat näkymän oikeassa reunassa Functions-valikon alta. Etsittäessä muotoja kuvasta käytetään Pattern Match -valikon alta löytyviä työkaluja (Kuva 42). Pattern Match-työkalujen toimintaa varten täytyy muodot opettaa ohjelmalle. Tähän käytetään TrainPatMaxPattern-työkalua.



Kuva 42. Työkaluvalikoima, jossa valittuna TrainPatMaxPattern-työkalu, jolla opetetaan kameralle etsittävä kohde.

Työkalut saadaan lisättyä ohjelmaan vetämällä ne taulukon tyhjän solun päälle. Ohjelmaa lisättäessä kannattaa yläpuolelle ja sivuille jättää tyhjää tilaa muutamia rivejä, jotta työkalujen vaatimat tilat eivät mene päällekkäin. Työkalun lisäyksen jälkeen aukeaa sen asetukset-ikkuna (Kuva 43). Image-kohdassa kerrotaan, missä opetuskuva sijaitsee. Tämä on normaalisti taulukon ensimmäinen solu eli A0. Pattern Region -valinnalla merkataan kuvaan, mistä etsittävän muodon malli löytyy.

Image	\$A\$0	= Image
Fixture	{0,0,0}	
Pattern Region	{1172.512,1853.684,122.523,124.005,3...	
X	1172.512	
Y	1853.684	
High	122.523	
Wide	124.005	
Angle	312.500	
Curve	-3.271	
External Region	0	= 0
Pattern Origin	{0,0}	
Pattern Settings	{PatMax,0,0,0,0,0}	
Reuse Training Image	<input type="checkbox"/>	
Timeout	5000	
Show	hide all	

Kuva 43. TrainPatMaxPattern-työkalun asetukset.

Pattern region-työkalun näkymässä (Kuva 44) merkataan etsittävä kohde kuvaan. Merkkaus kannattaa suorittaa tarkasti, jotta ohjelma ei etsi vääriä kohteita.



Kuva 44. Pattern Region -valintatyökalulla merkattu suurlipuke opetuskuvausta.

Etsittävän kohteen merkinnän jälkeen voidaan lisätä Spreadsheet-näkymään FindPatMaxPattern-työkalu. Samoin kuin TrainPatMaxPattern-työkalussa, heti lisäyksen jälkeen aukeaa työkalun asetukset (Kuva 45). Pattern-kohtaan tulee sen solun osoite, johon TrainPatMaxPattern-työkalu on lisätty. Solun saa valittua kaksoisklikkaamalla tyhjää laatikkoa Pattern-sanalla vieressä.

Image	SAS0	= Image
⊕ Fixture	{0,0,0}	
⊕ Find Region	{4.869,5.434,2038.263,2440.158,0,0}	
External Region	0	= 0
Pattern	\$B\$5	= Patterns
Number to Find	4	
Accept	50	
Contrast	10	
Clutter in Score	<input type="checkbox"/>	
Outside Region	0	
⊕ Find Tolerances	{-15,15,100,100,Uniform Scale Only,100,1...	
⊕ Find Overlapping	{80,360,140,140}	
Timeout	5000	
Algorithm	Trained Pattern	
Show	show all: input, result, a	

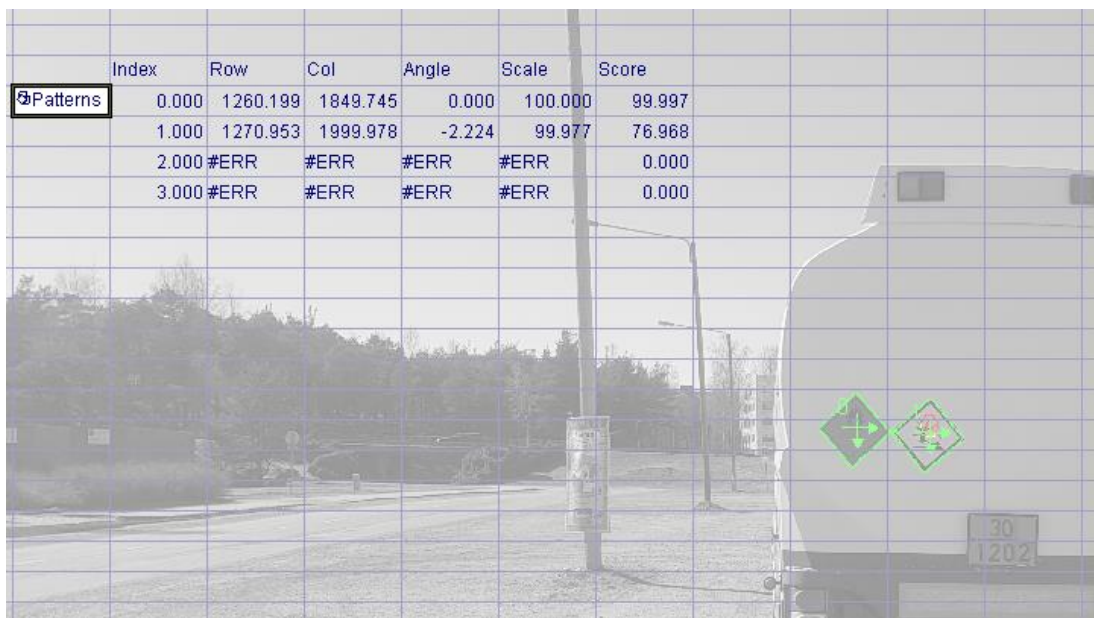
Kuva 45. FindPatMaxPattern-työkalu, joka hakee kuvasta TrainPatMaxPattern-työkalulla merkattua kohdetta.

FindPatMaxPattern-työkalun Find Region-valinnalla kerrotaan ohjelmistolle alue, jolta sen tulisi etsiä opetettua kohdetta (Kuva 46). Tässä valittuna koko kuva-ala. Mitä tarkemmin alue voidaan määrittää, sitä nopeammin järjestelmä toimii, koska silloin turhan alueen läpikäyminen vähenee.



Kuva 46. Find Region eli alue, josta haluttua kohdetta etsitään.

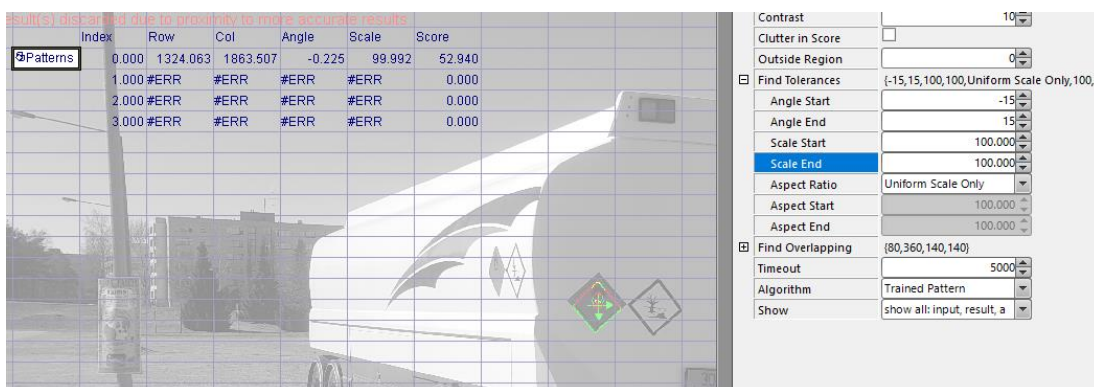
Työkalun tulokset tulevat näkyviin, kun kaikki asetukset on tehty ja tallennettu. Tulokset näkyvät Spreadsheet-näkymässä omilla riveillään (Kuva 47). Number to find -valinta työkalun asetuksissa kertoo, kuinka monta kohdetta etsitään. Esimerkiksi jos kohteiden määräksi on kerrottu neljä, mutta vastaavuuksia löytyy vain kaksi, tulee tuloksiin teksti ”#ERR” kahden viimeisen tulosrivin kohdalle.



	Index	Row	Col	Angle	Scale	Score
Patterns	0.000	1260.199	1849.745	0.000	100.000	99.997
	1.000	1270.953	1999.978	-2.224	99.977	76.968
	2.000	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR	0.000
	3.000	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR	0.000

Kuva 47. FindPatMaxPattern-työkalun tulokset.

FindPatMaxPattern -työkalussa on monia asetuksia, joilla voidaan rajata järjestelmän tarkkuutta. Jos kohteita jää tunnistamatta, niin asetuksia muokkaamalla ne saadaan myös tunnistettua. Opetuskuvassa olevat kohteet ovat saattaneet olla hieman erikokoisia kuin muissa kuvissa olevat, joten järjestelmä ei löydä kohteita (Kuva 48).

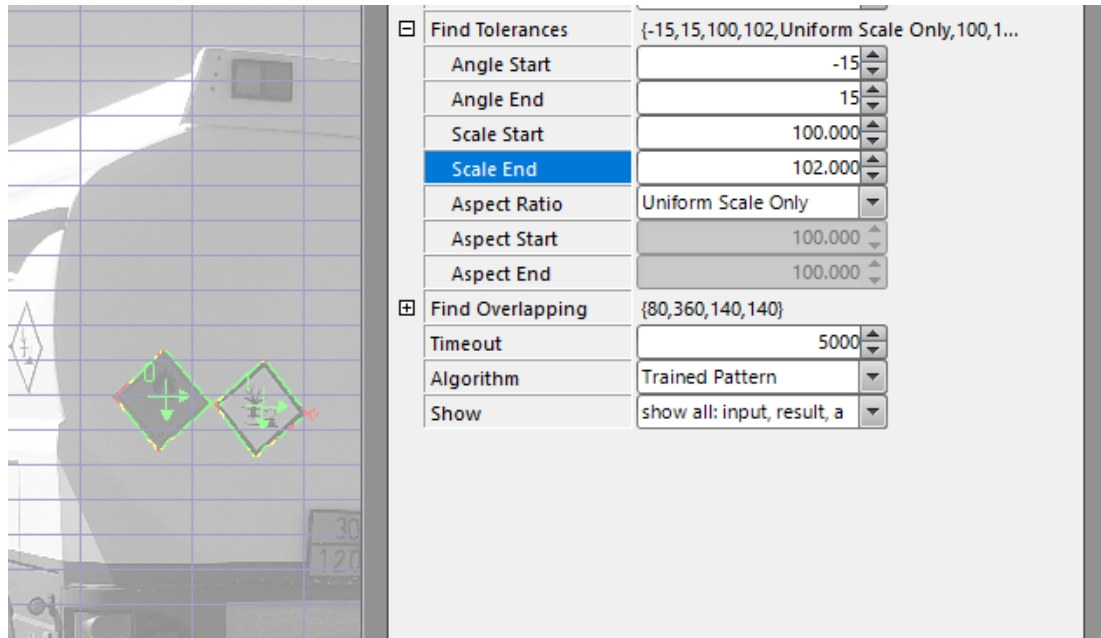


Index	Row	Col	Angle	Scale	Score	
Patterns	0.000	1324.063	1883.507	-0.225	99.992	52.940
	1.000	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR	0.000
	2.000	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR	0.000
	3.000	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR	0.000

Kuva 48. FindPatMaxPattern-työkalu ei löytänyt kuin yhden suurlipukkeen.



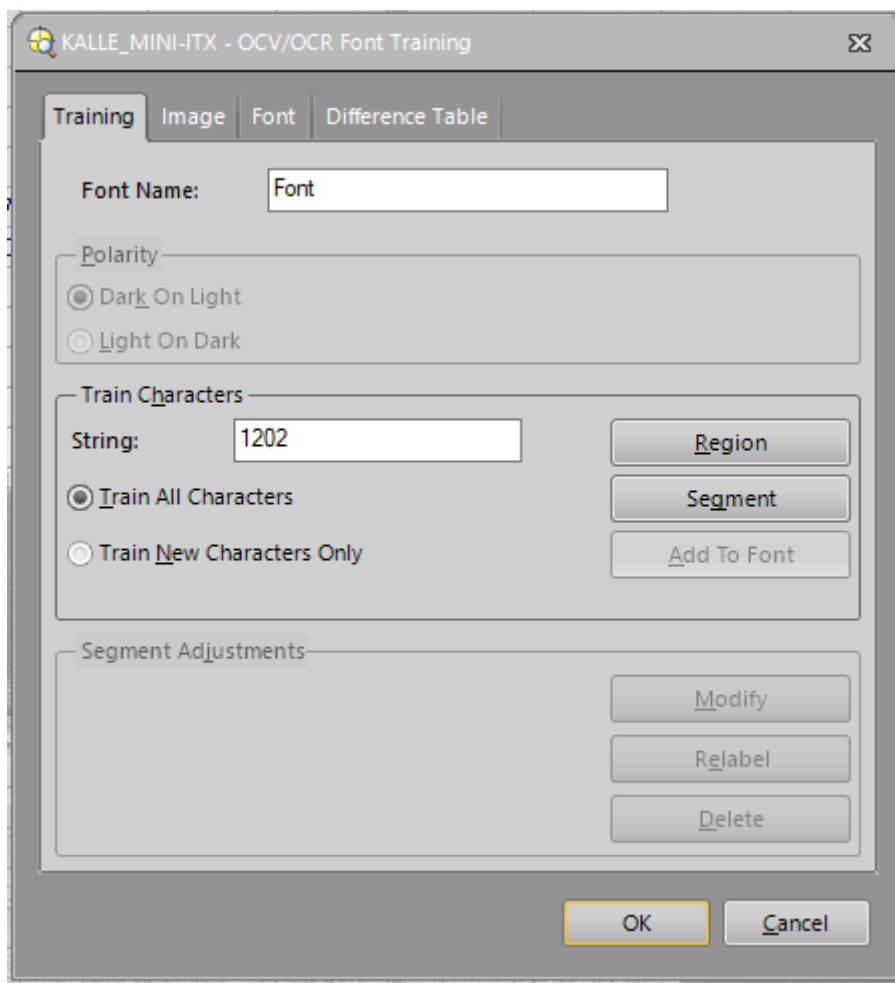
Skaalausta kasvattamalla saadaan kaikki kohteet näkyviin tuloksiin. Esimerkiksi vain kahden prosentoin muutoksella molemmat tunnistettavat kohteet saadaan näkyviin (Kuva 49).



Kuva 49. Skaalausta kasvatettu vain 2 prosenttia ja molemmat suurlipukkeet tunnistettiin.

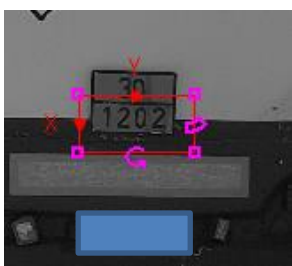
Skaalauksen sekä muiden toleranssien säädössä täytyy olla varovainen, sillä ohjelman suoritus-aika kasvaa sen mukaan, mitä isommat toleranssit ovat. Opetuskuvan huolellinen valinta ehkäisee ongelmia, esimerkiksi skaalauksen säädöstä johtuvaa hidasta suoritus-aikaa. Opetuskuvassa olevan mallin tulisikin olla keskikokoinen muissa kuvissa oleviin kohteisiin nähden. Näin skaalausasetuksia ei tarvitse kasvattaa liian suureksi.

Cognex In-Sight Explorerilla on myös mahdollista lukea kuvasta tekstiä ja numeroita. Tätä toimintoa varten täytyy järjestelmälle opettaa kuvassa näkyvät fontit. Toimintoa voitaisiin hyödyntää oranssikilven ylemmän rivin vaaran tunnusnumeron tai alemmalla rivillä olevan aineen YK-numeron lukemiseen kuvasta. Fontin opettaminen tapahtuu vetämällä OCV/OCR-valikon alta TrainFont-työkalu taulukkoon. Työkalun asetusten Training-välilehdellä olevaan String-kenttään kerrotaan, mitä tekstiä ollaan opettamassa kuvasta (Kuva 50).



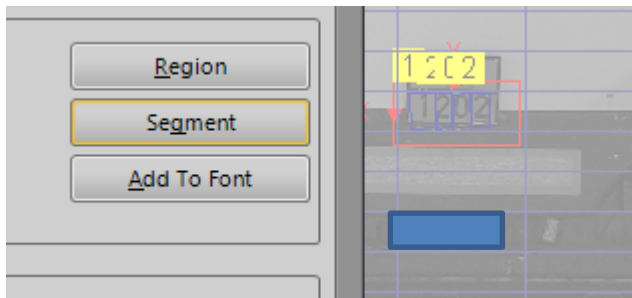
Kuva 50. Font Training -työkalun asetukset.

Region-komento (Kuva 51) toimii samalla tavalla kuin TrainPatMaxPattern-työkalun region toiminto. Komennolla kerrotaan, missä String-kentästä löytyvä teksti sijaitsee kuvassa.



Kuva 51. Region komento.

Segment-painike pilkkoo kuvasta Region-komennolla määritetyltä alueelta, String-kentässä olevan tekstin ja pilkkoo sen yksittäisiin merkkeihin. Yksittäiset merkit saa lisättyä fonttikirjastoon painamalla Add To Font-painiketta (Kuva 52).



Kuva 52. Segment painike etsii kuvasta yksittäiset merkit.

## 6.6 Ohjaamon ilmoituksen toteutus

Järjestelmästä on mahdollista saada ulos kuva, josta järjestelmä on analysoinut ja havainnut vaarallisen aineen kuljetuksesta kertovan merkin. Tämä mahdollistaa, että ihminen voi tarkistaa järjestelmän toiminnan. Näyttö mahdollistaisi myös aluksen lastauksen valvomisen muiden ajoneuvojen osalta. Kuvattava alue eli lastausportti on monesti laivan takaosassa, kun taas ohjaamo on laivan etuosassa ylimmällä kannella. Tämä aiheuttaa haasteita kuvan siirron kanssa. GigE-vision mahdollistaa 100 metrin kaapelipituudet, mutta etäisyyttä voidaan kasvattaa entisestään käyttämällä toistimia ja hyvälaatuisia kaapeleita. Pitkällä matkalla muiden kaapeleiden läheisyys alkaa vaikuttaa enemmän, sillä häiriötä vastaanottava pinta-ala kasvaa. Tämä täytyy huomioida asennusvaiheessa.

Edullisempi vaihtoehto ilmoituksen toteuttamiseen on sijoittaa komentosillalle merkkivalo sekä summeri, jotka ilmoittaisivat järjestelmän havainneen vaarallisen aineen kuljetuksen. Merkkivalon käyttö pienentää komentosillan tilavaatimuksia, mutta aiheuttaa ongelmia mahdollisissa järjestelmän virhetilanteissa, koska komentosillalta ei ole mahdollista tarkistaa onko järjestelmä tehnyt tunnistuksen oikein vai onko tapahtunut virheanalyysi. Konenäköjärjestelmä olisi mahdollista yhdistää laivan automaation ohjausjärjestelmään, jotta vaarallisen lastin kuljetuksen tunnistus katkaisisi sähkönsyötön automaattisesti ylemmältä autokannelta.

## 7 JÄRJESTELMÄN TESTAAMINEN

### 7.1 Mahdolliset ongelmatilanteet ja ratkaisut

#### Järjestelmä ei tunnista erilaisia suurlipukkeita

Tunnistusjärjestelmän ensimmäinen versio tunnistaa vain suurlipukkeiden muodon. Erilaisten lipukkeiden tunnistamisessa ei pitäisi olla ongelmia, sillä kaikki lipukkeet ovat samanmuotoisia. Vain lipukkeen koko voi vaihdella hieman, mutta sen voi ottaa huomioon muuttamalla ohjelman toleransseja.

#### Järjestelmä tunnistaa suurlipukkeen pidikkeen, jossa ei ole lipuketta

Joissakin kuljetuksissa on suurlipukkeita varten peltiset pidikkeet. Nämä pidikkeet ovat tietenkin samanmuotoiset ja -kokoiset kuin varsinaiset lipukkeetkin, joten järjestelmän virhetilanteet ovat hyvin mahdollisia. Mikäli virhetilanteita tulee häiritsevän paljon, täytyisi ohjelmaa muokata niin, että pidikkeet saataisiin suodatettua kuvasta.

#### Aluksien valaistustaso ei riitä kuvaukseen

Kameroita voi joutua siirtämään syvemmälle kannella, jotta olemassa olevista valaisimista tuleva valoteho voidaan hyödyntää paremmin. Valaisimia saattaa joutua myös lisäämään, luotettavan toiminnan takaamiseksi.

#### Suurlipukkeiden sijainnin ja kiinnityskorkeuden vaihtelu

Vaihtelevan sijainnin vuoksi kuvausjärjestelmän hakualuetta ei voi kohdistaa tiettyyn osaan kuvausalaan vaan suurlipukkeita täytyy etsiä koko kuvausalalta. Tämä hidastaa järjestelmää mutta on välttämätöntä. Ainoa ratkaisu tähän on paremmat säännökset, jotka kertovat lipukkeille tarkemman paikan kuljetuksen takana.

#### Suurlipuke liian samanvärinen ajoneuvoyhdistelmän kanssa, jolloin ne eivät erotu.

Tämä ongelma on vaikea ratkaista. Lipukkeet ja ajoneuvot voivat olla monen värisiä, joten esimerkiksi värisuodattimien käyttö ei ole mahdollista. Hyvä ratkaisu asiaan olisi Traficomilta tuleva ohjeistus lipukkeiden pidikkeistä ja taustanväreistä.

## 7.2 Mahdolliset kehityskohteet

Ajoneuvojen rekisteritunnusten tunnistaminen ja kirjaaminen tietojärjestelmään olisi hyvä kehityskohde tulevaisuutta ajatellen. Rekisteritunnusten seurannan avulla laivarustamo voisi tarkistaa saapuvatko kaikki ilmoitetut ajoneuvot laivaan. Konenäkökameroiden teho riittäisi hyvin hoitamaan rekisteritunnusten seuranta samalla, sillä vaarallisen aineen kuljetuksia ei kuitenkaan tule niin paljon kuin tavallisia henkilöautoja tai kuorma-autoja. Ongelmaksi saattaa muodostua rekkojen perävaunuissa olevat rekisteritunnukset, jotka ovat eri kuin rekassa itsessään. Tämän takia rekisteritunnus olisi eri sisään- ja ulosajaessa Autojen määrän seuranta ylä- ja alakansilla olisi helppo lisätä rekisteritunnusten seurantaan mukaan. Rekisteritunnusten määrää laskemalla saataisiin selville autojen määrät kansilla.

## 7.3 Järjestelmän kustannukseen vaikuttavat tekijät

Valaistuksesta ei tule lisäkustannuksia Wasalinen tapauksessa autokannen suuremman valaistusvoimakkuusvaatimuksen ansiosta. Molslinjenin Hammershus-alus tarvitsisi todennäköisesti lisää valaisimia kuvausalueelle, jotta valaistusvoimakkuutta saataisiin nostettua. Yhden valaisimen hinta on noin 165 euroa ja valaisimia tarvittaisiin todennäköisesti ainakin kaksi lisää.

Kamerajärjestelmään hintaan vaikuttaa monta tekijää. Kameroiden määrä on iso tekijä hinnassa. Suunniteltu järjestelmä tarvitsisi vähintään kaksi kameraa. Jos järjestelmään halutaan lisätä kaikkien autojen rekisteritunnusten seuranta niin kolmas kamera olisi todennäköisesti tarpeellinen, jotta koko kannen alue saataisiin luotettavasti kuvattua. Kameroiden malli vaikuttaa myös hintaan. Tämä vaatisi kuitenkin enemmän testausta todennäköisessä ympäristössä. Seuraava iso tekijä hinnassa on ohjelmiston valinta ja hankinta. Mikäli telakka hoitaisi järjestelmän ohjelmoinnin ja asennuksen niin ohjelmisto tarvitsisi hankkia vain kerran. Samaa ohjelmistoa voisi käyttää tulevissa projekteissa.

Vertailu perinteisen konenäköjärjestelmän ja älykameran välillä pitäisi suorittaa huolellisesti pohtien molempien etuja ja haittoja sekä kustannuksia. Kameroiden määrän kasvassa perinteinen järjestelmä saattaisi olla edullisempi, sillä äly olisi yhdessä keskitetyssä tietokoneessa eikä jokaisessa kamerassa erikseen.

## 8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä ja tutustua konenäköjärjestelmiin sekä niiden hyödyntämiseen autolautan lastauksessa. Työssä esitellyissä esimerkkiautolautoissa on ylempi autokansi tarkoitettu vaarallista ainetta kuljettaville ajoneuvoille. Vaarallisten aineiden kuljetusten ollessa aluksen kyydissä muuttuu ylempi kansi räjähdysvaaralliseksi tilaksi. Silloin laitteista, joita ei ole tarkoitettu räjähdysvaaralliseen tilaan, tulee katkaista sähkönsyöttö. Tämä syötön katkaisu on aikaisemmin tehty manuaalisesti ja vaarallista lastia kuljettavien ajoneuvojen seuranta on ollut miehistön vastuulla.

Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin selvittää, voidaanko ja jos niin miten, konenäköjärjestelmän avulla automatisoida kuljetuksen tunnistus sekä syötön katkaisu. Aiheen valintaan vaikuttivat Rauma Marine Constructions Oy:n uudet laivakaupat Wasalinen ja Tallinkin kanssa. Alukset tulevat olemaan sähköjärjestelmiensä osalta edistyksellisiä ja täynnä uusia ratkaisuja, joiden tavoitteena on energiatehokkuus ja päästöjen pienentäminen. Konenäköjärjestelmä vapauttaisi työvoimaa keskittämään huomionsa ja työpanoksensa muihin alusten lastaukseen liittyviin asioihin.

Työn alussa luvussa 2 selitettiin työhön liittyvät keskeiset käsitteet. Luvussa 3 esitettiin tilaajaa Rauma Marine Constructions Oy:tä sekä tulevia projekteja, joissa järjestelmää voitaisiin käyttää. Tämän jälkeen luvussa 4 käsiteltiin konenäköjärjestelmiä, niiden toimintaa sekä valaistustekniikoita. Luku 5 käsitteli Traficomien määräyksiä sekä ohjeistuksia vaarallisten aineiden kuljetuksien merkinnöistä. Luvussa 6 keskityttiin konenäköjärjestelmän suunnitteluun ja mallikuviin. Luvussa 7 käytiin läpi järjestelmän suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, mahdollisia ongelmakohtia sekä muita esiintulleita asioita.

Työssä on käsitelty kamera- ja analysointitekniikkaa sekä Traficomien määräyksiä laajasti, jotta aineistoa on mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa sekä toimeksiantajan käytössä, että mahdollisesti muualla. Järjestelmästä tehtiin myös esimerkkiohjelma Cognexin In-Sight Explorer-ohjelmistolla, joka on Cognexin kameroiden ohjelmointityökalu, jolla on mahdollista myös emuloida kameroita ja testata ohjelman toimintaa. Valaistustasoja aluksien sisäänajoalueilla mallinnettiin DiaLux Evo-ohjelmistolla.

DiaLux Evo on ilmainen valaistusvoimakkuuksien laskemiseen tarkoitettu ohjelmisto, johon löytyy monelta valmistajalta valmiita malleja valaisimista. Valaisimien sijoittelu suunnittelu sekä kameroiden sijainnin suunnittelu on tehty AutoCAD LT-ohjelmistolla. Järjestelmän jatkokehitystä on siten mahdollista jatkaa vielä tämän opinäytetyön ulkopuolella tekniikoiden ja määräysten muuttuessa. Muita tunnistustekniikoita ja kameravaihtoehtoja voidaan myös tutkia.

Järjestelmän testausta varten tarvittiin mallikuvia, joissa näkyy vaarallisen aineen kuljetuksien suurlipukkeita. Yksi suunniteltu vaihtoehto oli suurlipukemallien ostaminen mutta siitä luovuttiin, kun todettiin, että todenmukaiset tulokset saadaan oikeista kuljetuksista kuvia ottamalla. Mallikuvien ottamisessa ei kuvauskorkeutta otettu huomioon, sillä suurlipukkeet sijaitsivat joka kuljetuksessa eri korkeudessa. Kuvausaluetta ei siten voitu rajata tiettyyn osaan ja täten merkkien korkeudella ei ollut vaikutusta ohjelmaan.

Otetuista mallikuvista huomattiin nopeasti, että automaattisen konenäköjärjestelmän toiminta nykyisellään ei olisi kovin luotettavaa merkkien useinkin huonon kunnon vuoksi. Kuljetusliikkeiden, kuljettajien ja viranomaisten tulisi tarkkailla merkkien kuntoa ja kiinnitystä paremmin. Määräyksissä tulisi myös määritellä suurlipukkeiden asennuskorkeus ja -paikka tarkemmin. Taustasta erottuminen olisi erittäin tärkeää. Nykyisellään monen kuljetusauton merkit ”häviävät” saman väriseen taustaan. Mikäli vaarallisen aineen kuljetuksesta kertovat suurlipukkeet olisivat hyväkuntoisia ja niiden sijoittelu olisi vakioidumpi niin järjestelmästä olisi mahdollista kehittää toimivampi. Tämän opinäytetyön havaintojen perusteella täysin automaattiseen konenäkö-tunnistukseen autolautoissa ei pystytä vielä siirtymään. Toivotut resurssi- ja ajansäästöt eivät siten toistaiseksi näytä toteutuvan.

## LÄHTEET

- Cognex www-sivut 2019. Viitattu 15.1.2019  
<https://www.cognex.com/downloads/cfg-8704e-frame-grabber-datasheet-15287>
- Control engineering www-sivut 2019. Viitattu 24.1.2019  
<https://www.controleng.com/articles/what-is-machine-vision-and-how-can-it-help/>
- Digifaq www-sivut 2018. Viitattu 30.10.2018  
[http://digifaq.info/digi\\_omat/kennot.html](http://digifaq.info/digi_omat/kennot.html)
- Eerola, E. 2017. Kun rauta kelluu. Viitattu 14.1.2019  
[https://meriteollisuus.teknologiateollisuus.fi/sites/meriteollisuus/files/file\\_attachments/Meriteoll\\_historiikki\\_web.pdf](https://meriteollisuus.teknologiateollisuus.fi/sites/meriteollisuus/files/file_attachments/Meriteoll_historiikki_web.pdf)
- Finlex www-sivut 2019. Viitattu 24.1.2019  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940719>
- Heiskanen, E. 2014. ADR-kuljettajan käsikirja. Kuopio: Suomen kuljetusturva Ky.
- Hollming Oy:n www-sivut 2019. Viitattu 13.1.2019.  
<http://www.hollming.fi/fin/yritys/historia/15>
- IMV Europe www-sivut 2018. Viitattu 19.12.2018  
<https://www.imveurope.com/feature/taking-charge-big-sensor-debate>
- Leino, M. 2014. Teknologiatiedolla tuottavuutta. Viitattu 18.10.2018  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80149/2014\\_B\\_11\\_Teknologiatiedolla\\_tuottavuutta.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80149/2014_B_11_Teknologiatiedolla_tuottavuutta.pdf)
- Leino, M. 2018. Luentomateriaali Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 6.11.2018
- Logistiikan maailma www-sivut 2019. Viitattu 26.3.2019  
<http://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/vaarallisten-aineiden-kuljetus/>
- Länsivuori, R 2006. ADR-koulutus. Vantaa: Fogra
- Meiji Techno www-sivut 2018. Viitattu 14.12.2018  
<http://meijitechno.com/camera-mounts/>
- National Instruments www-sivut 2018. Viitattu 10.10.2018  
<http://www.ni.com/white-paper/6901/en/>
- Olympus www-sivut 2019. Viitattu 28.5.2019  
<https://www.olympus-lifescience.com/en/microscope-resource/primer/digitalimaging/cmosimagesensors/>



Osakekirja.fi Oy:n www-sivut 2019. Viitattu 14.1.2019  
<https://www.osakekirja.fi/product/1426/>

Oxford Instruments www-sivut 2019. Viitattu 16.1.2019  
<https://andor.oxinst.com/learning/view/article/rolling-and-global-shutter>

Panasonic www-sivut 2019. Viitattu 27.5.2019  
<https://av.jpn.support.panasonic.com/support/global/cs/dsc/knowhow/know-how27.html>

Premium Beat www-sivut 2019. Viitattu 16.1.2019  
<https://www.premiumbeat.com/blog/know-the-basics-of-global-shutter-vs-rolling-shutter/>

PtGrey www-sivut 2019. Viitattu 9.1.2019  
<https://www.ptgrey.com/white-paper/id/10696>

Puolustusministeriön www-sivut 2019. Viitattu 13.1.2019  
[https://www.defmin.fi/puolustushallinto/strategiset\\_suorituskykyhankkeet/taistelu-alushanke\\_laivue\\_2020](https://www.defmin.fi/puolustushallinto/strategiset_suorituskykyhankkeet/taistelu-alushanke_laivue_2020)

Puolustusvoimien www-sivut 2019. Viitattu 13.1.2019  
<https://puolustusvoimat.fi/laivue-2020>

RMC 2019. Rauma Marine Constructions Oy, sisäinen suunnitteluaineisto

RMC Oy:n intranet www-sivut 2019. Viitattu 10.10.2018

RMC Oy:n www-sivut 2019. Viitattu 10.10.2018  
<https://rmcfinland.fi/fi/>

Satakunnan ammattikorkeakoulu automaation tutkimusryhmän www-sivut 2018. Viitattu 19.10.2018  
[https://automaatio.samk.fi/?page\\_id=63](https://automaatio.samk.fi/?page_id=63)

Savon automaatio Oy:n www-sivut 2019. Viitattu 18.10.2018  
<https://www.savonautomaatio.fi/palvelut/konenako/>

Seinäjoen ammattikorkeakoulun www-sivut 2018. Viitattu 19.10.2018  
<https://internet.seamk.fi/>

SICK Oy konenäköinfo. Luento Porissa 15.11.2018

Stemmer Imaging www-sivut 2018. Viitattu 11.12.2018  
<https://www.stemmer-imaging.com/en-fi/knowledge-base/usb3-vision/>

Techhive www-sivut 2019. Viitattu 24.1.2019  
<https://www.techhive.com/article/2052159/demystifying-digital-camera-sensors-once-and-for-all.html>

Techopedia www-sivut 2019. Viitattu 24.1.2019  
<https://www.techopedia.com/definition/30413/image-sensor>

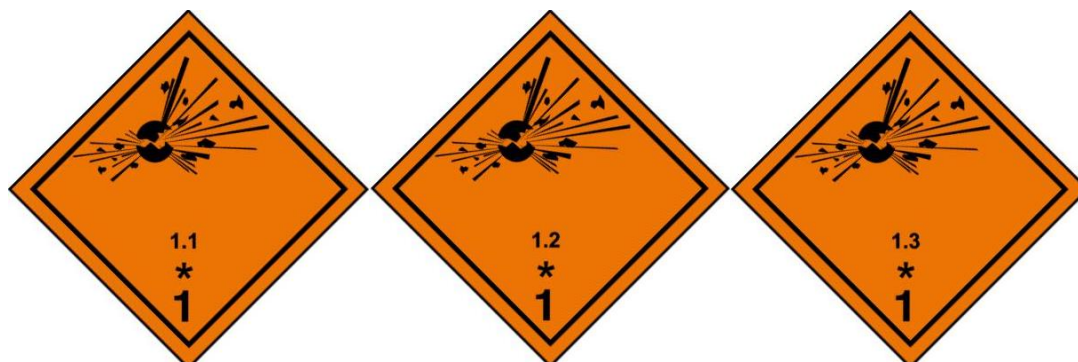
Thinklucid www-sivut 2019. Viitattu 24.1.2019  
<https://thinklucid.com/tech-briefs/understanding-image-sensors/>

Traficom www-sivut 2019. Viitattu 23.3.2019  
<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/vak/vaarallisten-aineiden-kuljetus>

Valaisin.fi www-sivut 2019. Viitattu 5.3.2019  
<https://www.valaisin.fi/info/koteloituokituokset/217/>

Vision Online www-sivut 2018. Viitattu 11.12.2018  
<https://www.visiononline.org/vision-standards-details.cfm?type=5>

VAROITUSLIPUKEMALLIT



Kuva X. Luokka 1 räjähteet vaarallisuusluokat 1.1, 1.2 ja 1.3

Symboli (räjähtävä pommi): musta; Tausta: oranssi; Alakulmassa ”1”



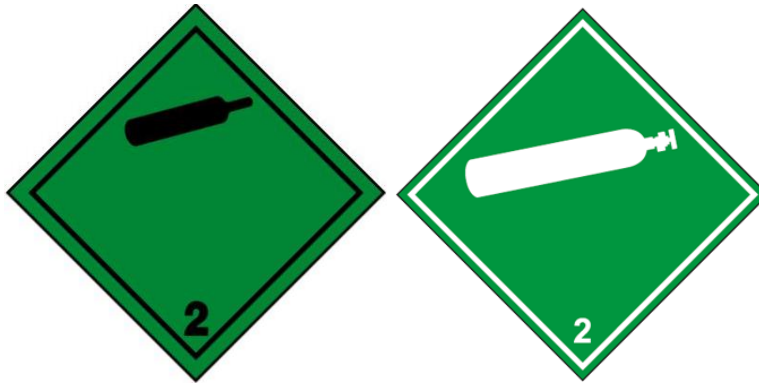
Kuva X. Luokka 1 räjähteet vaarallisuusluokka 1.4, 1.5 ja 1.6

Tausta: oranssi; Numerot: mustia noin 30 mm korkeita ja noin 5 mm paksuisia); Alakulmassa ”1”



Kuva X. Luokka 2 palavat kaasut

Symboli (liekki): musta tai valkoinen; Tausta: punainen; Alakulmassa ”2”



Kuva X. Luokka 2 palamattomat kaasut, joilla ei ole myrkyllisyysvaaraa  
Symboli (kaasupullo): musta tai valkoinen; Tausta: vihreä; Alakulmassa "2"



Kuva X. Luokka 2 myrkylliset kaasut  
Symboli (pääkallo ja luut ristissä): musta; Tausta: valkoinen; Alakulmassa "2"



Kuva X. Luokka 3 palavat nesteet  
Symboli (liekki): musta tai valkoinen; Tausta: punainen; Alakulmassa "3"



Kuva X. Luokka 4.1 helposti syttyvät kiinteät aineet, itsereaktiiviset aineet ja epäherkistetyt kiinteät räjähdysaineet

Symboli (liekki): musta; Tausta: valkoinen, jossa seitsemän pystysuoraa punaista raitaa; Alakulmassa "4"



Kuva X. Luokka 4.2 helposti itsestään syttyvät aineet

Symboli (liekki): musta; Tausta: yläosa valkoinen, alaosa punainen; Alakulmassa "4"



Kuva X. Luokka 4.3 aineet, jotka veden kanssa kosketukseen joutuessaan kehittävät palavia kaasuja

Symboli (liekki): musta tai valkoinen; Tausta: sininen; Alakulmassa "4"



Kuva X. Luokka 5.1 hapettavat aineet

Symboli (liekki ympyrän päällä): musta; Tausta: keltainen; Alakulmassa "5.1"



Kuva X. Luokka 5.2 orgaaniset peroksidit

Symboli (liekki): musta tai valkoinen; Tausta: yläosa punainen, alaosa keltainen; Alakulmassa "5.2"



Kuva X. Luokka 6.1 myrkylliset aineet

Symboli (pääkallo ja luut ristissä): musta; Tausta: valkoinen; Alakulmassa "6"



Kuva X. Luokka 6.2 tartuntavaaralliset aineet

Symboli (ympyrän sisällä kolme sirpinmuotoista kuviota) ja kirjoitus: mustia; Tausta: valkoinen; Alakulmassa "6"



Kuva X. Luokka 7 radioaktiiviset aineet kollin luokka 1, 2 ja 3

Symboli (säteilyä osoittava merkki): musta; Tausta: valkoinen tai yläosa keltainen ja alaosa valkoinen; Teksti (pakollinen): lipukkeen alaosassa mustalla: "RADIOACTIVE" "CONTENTS..." "ACTIVITY..."; Alakulmassa "7"



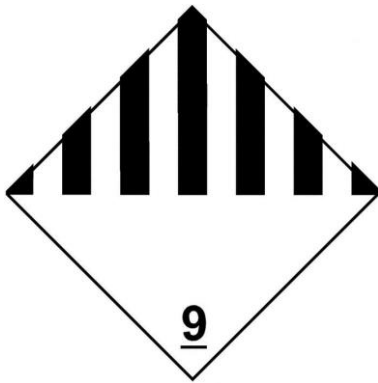
Kuva X. Luokka 7 fissioituva aine

Tausta: valkoinen; Teksti (pakollinen): lipukkeen yläosassa mustalla: "FISSILE" Lipukkeen alaosassa, mustalla rajatussa laatikossa: "CRITICALITY SAFETY INDEX"; Alakulmassa "7"



Kuva X. Luokka 8 syövyttävät aineet

Symboli (koeputket, joista tippuu pisaroita kädelle ja metallilevyille): musta; Tausta: yläosa valkoinen ja alaosa musta valkoisilla reunoilla; Alakulmassa "8"



Kuva X. Luokka 9 muut vaaralliset aineet ja esineet

Symboli (seitsemän pystysuoraa raitaa yläosassa): musta; Tausta: valkoinen; Alakulmassa "9" alleviivattuna



## AINEIDEN KULJETUKSEEN LIITTYVÄT RAJOITUKSET



Table 2.1 Class of products / Deck

Deck \ Class of products	Main deck N° 3 Underdeck	Upper deck N° 5 Underdeck	Upper deck N° 5 On deck
1.1 to 1.6	-	-	-
1.4S	P	P	P
2.1	-	-	P
2.2	P	P	P
2.3 Flammable	-	-	P
2.3 non Flammable	P <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	P
3 liquids with FP<=23°C	-	-	P
3 with 23°C<FP<=61°C	P	P	P
4.1, 4.2, & 4.3	P <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	P
5.1	P	P	P
5.2	-	-	P
6.1 liquids	P	P	P
6.1 liquids with FP<= 23°C	-	-	P
6.1 liquids with 23°C<FP<=61°C	P	P	P
6.1 solids	P	P	P
8 liquids	P	P	P
8 liquids with FP<= 23°C	-	-	P
8 liquids with 23°C< FP<=61°C	P	P	P
8 solids	P	P	P
Class 9 evolving flammable vapour	-	-	P
Class 9 not evolving flammable vapour	P	P	P

## Legend:

P: Packaged goods cargo allowed to be carried.

( 1) The restriction given in the IMDG Code to be noticed)

-: Not allowed to carry such cargo

## YK-NUMEROT

YKno	Nimi	Luokituskoodi
1001	ASETYLEENI, LIUOTETTU	4F
1002	ILMA, PURISTETTU	1A
1003	ILMA, JÄÄHDYTETTY NESTE	3O
1005	AMMONIAKKI, VEDETÖN	2TC
1006	ARGON, PURISTETTU	1A
1008	BOORITRIFLUORIDI	2TC
1009	BROMITRIFLUORIMETAANI (KYLÄÄAINEKAASU R 13B1)	2A
1010	BUTADIEENIT, STABILOIDUT (1,2-butadieeni) tai BUTADIEENIT, STABILOIDUT (1,3-butadieeni) tai BUTADIEENIEN JA HIILIVEDYN SEOS, STABILOITU	2F
1011	BUTAANI	2F
1012	1-BUTEENI (1-BUTYLEENI) tai TRANS-2-BUTEENI (TRANS-2-BUTYLEENI) tai CIS-2-BU- TEENI (CIS-2-BUTYLEENI) tai BUTEENIEN SEOS	2F
1013	HIILIDIOKSIDI	2A
1016	HIILIMONOKSIDI, PURISTETTU	1TF
1017	KLOORI	2TOC
1018	KLOORIDIFLUORIMETAANI (KYLÄÄAINE- KAASU R 22)	2A
1020	KLOORIPENTAFLUORIETAANI (KYLÄÄAINE- KAASU R 115)	2A
1021	1-KLOORI-1,2,2,2-TETRAFLUORIETAANI (KYLÄÄAINEKAASU R 124)	2A
1022	KLOORITRIFLUORIMETAANI (KYLÄÄAINE- KAASU R 13)	2A
1023	KIVIHIIKKAASU, PURISTETTU	1TF
1026	SYAANI (DISYAANI)	2TF
1027	SYKLOPROPAANI	2F
1028	DIKLOORIDIFLUORIMETAANI (KYLÄÄAINE- KAASU R 12)	2A
1029	DIKLOORIMONOFLUORIMETAANI (KYLÄÄAINE- KAASU R 21)	2A
1030	1,1-DIFLUORIETAANI (KYLÄÄAINEKAASU R 152a)	2F
1032	DIMETYYLIAMIINI, VEDETÖN	2F
1033	DIMETYYLIEETTERI	2F

1035	ETAANI	2F
1036	ETYYLIAMIINI	2F
1037	ETYYLIKLORIDI	2F
1038	ETEENI, JÄÄHDYTETTY NESTE	3F
1039	ETYYLIMETYYLIEETTERI	2F
1040	ETEENIOKSIDI, JOKA SISÄLTÄÄ TYPPEÄ kokonaispaine enintään 1 MPa (10 bar) 50 °C:ssa	2TF
1041	ETEENIOKSIDIN JA HIILIDIOKSIDIN SEOS yli 9 % mutta enintään 87 % eteenioksidia sisältävä	2F
1046	HELIUM, PURISTETTU	1A
1048	BROMIVETY, VEDETÖN	2TC
1049	VETY, PURISTETTU	1F
1050	KLOORIVETY, VEDETÖN	2TC
1053	RIKKIVETY	2TF
1055	ISOBUTEENI	2F
1056	KRYPTON, PURISTETTU	1A
1058	NESTEYTETYT KAASUT palamattomat, suojakaasuna typpi, hiilidioksidi tai ilma	2A
1060	METYyliASETYLEENIN JA PROPADIEENIN SEOS, STABILOITU Seos P1 Seos P2 Propadieeni, joka sisältää 1 - 4 % metyyliasetyleeniä	2F
1061	METYyliAMIINI, VEDETÖN	2F
1062	METYyLIBROMIDI (enintään 2 % klooripikriiniä)	2T
1063	METYyLIKLORIDI (KYLmäAINEKAASU R 40)	2F
1064	METYyLIMERKAPTAANI	2TF
1065	NEON, PURISTETTU	1A
1066	TYPPI, PURISTETTU	1A
1067	DITYPPITETROKSIIDI (TYPPIDIOKSIIDI)	2TOC
1070	TYPPIOKSIDUULI (N <sub>2</sub> O)	2O
1071	ÖLJYKAASU, PURISTETTU	1TF
1072	HAPPI, PURISTETTU	1O
1073	HAPPI, JÄÄHDYTETTY NESTE	3O
1075	MINERAALIÖLJYKAASUT NESTEYTETYT	2F
1076	FOSGEENI	2TC
1077	PROPEENI (PROPYLEENI)	2F
1078	KYLmäAINEKAASUT, N.O.S., kuten Seos F1 Seos F2 Seos F3 Muut seokset	2A
1079	RIKKIDIOKSIIDI	2TC
1080	RIKKIHEKSAFLUORIDI	2A
1081	TETRAFLUORIETEENI, STABILOITU	2F
1082	KLOORITRIFLUORIETEENI, STABILOITU (KYLmäAINEKAASU R 1113)	2TF
1083	TRIMETYyliAMIINI, VEDETÖN	2F
1085	VINYLIBROMIDI, STABILOITU	2F

1086	VINYLIKLORIDI, STABILOITU	2F
1087	METYYLIVINYLYIEETTERI, INHIBOITU	2F
1581	METYYLIBROMIDIN JA KLOORIPIKRIININ SEOS (yli 2 % klooripikriiniä)	2T
1582	METYYLIKLORIDIN JA KLOORIPIKRIININ SEOS	2T
1612	HEKSAETYYLITETRAFOSFAATIN JA PURISTETUN KAASUN SEOS	1T
1749	KLOORITRIFLUORIDI	2TOC
1858	HEKSAFLUORIPROPEENI (KYLMAÄINEKAASU R 1216)	2A
1859	PIITETRAFLUORIDI	2TC
1860	VINYLIIFLUORIDI, STABILOITU	2F
1912	METYYLIKLORIDIN JA DIKLOORIMETAANIN SEOS	2F
1913	NEON, JÄÄHDYTETTY NESTE	3A
1951	ARGON, JÄÄHDYTETTY NESTE	3A
1952	HIILIDIOKSIDIN JA ETEENIOKSIDIN SEOS, joka sisältää enintään 9 % eteenioksidia	2A
1953	PURISTETTU KAASU, MYRKYLLINEN, PALAVA, N.O.S.	1TF
1954	PURISTETTU KAASU, PALAVA, N.O.S.	1F
1955	PURISTETTU KAASU, MYRKYLLINEN N.O.S.	1T
1956	PURISTETTU KAASU, N.O.S.	1A
1957	DEUTERIUM, PURISTETTU	1F
1958	1,2-DIKLOORI-1,1,2,2-TETRAFLUORIETAANI (KYLMAÄINEKAASU R 114)	2A
1959	1,1-DIFLUORIETEENI (KYLMAÄINEKAASU R 1132a)	2F
1961	ETAANI, JÄÄHDYTETTY NESTE	3F
1962	ETEENI (ETYLEENI)	2F
1963	HELIUM, JÄÄHDYTETTY NESTE	3A
1964	HIILIVETYKAASUSEOS, PURISTETTU, N.O.S.	1F
1965	HIILIVETYKAASUJEN SEOS, NESTEYTETTY, N.O.S. Seos A Seos A01 Seos A02 Seos A0 Seos A1 Seos B1 Seos B2 Seos B Seos C Seos C kansallisissa kuljetuksissa Muut seokset	2F
1966	VETY, JÄÄHDYTETTY NESTE	3F
1967	HYÖNTEISTORJUNTAKAASU, MYRKYLLINEN, N.O.S.	2T
1968	HYÖNTEISTORJUNTAKAASU, N.O.S.	2A
1969	ISOBUTAANI	2F
1970	KRYPTON, JÄÄHDYTETTY NESTE	3A
1971	METAANI, PURISTETTU tai MAAKAASU, PURISTETTU, jonka metaanipitoisuus on korkea	1F
1972	METAANI, JÄÄHDYTETTY NESTE tai MAAKAASU, JÄÄHDYTETTY NESTE, jonka metaanipitoisuus on korkea	3F

1973	KLOORIDIFLUORIMETAANIN JA KLOORIPENTAFLUORIETAANIN SEOS, jolla on kiinteä kiehumispiste ja joka sisältää noin 49 % klooridifluorimetaania (KYLMÄAINE-KAASU R 502)	2A
1974	BROMIKLOORIDIFLUORIMETAANI (KYLMÄAINEKAASU R 12B1)	2A
1976	OKTAFLUORISYKLOBUTAANI (KYLMÄAINE- KAASU RC 318)	2A
1977	TYYPPI, JÄÄHDYTETTY NESTE	3A
1978	PROPAANI	2F
1982	TETRAFLUORIMETAANI (KYLMÄAINEKAASU R 14)	2A
1983	1-KLOORI-2,2,2-TRIFLUORIETAANI (KYLMÄAINEKAASU R 133a)	2A
1984	TRIFLUORIMETAANI (KYLMÄAINEKAASU R 23)	2A
2034	VEDYN JA METAANIN SEOS, PURISTETTU	1F
2035	1,1,1-TRIFLUORIETAANI (KYLMÄAINEKAASU R 143a)	2F
2036	KSENON	2A
2044	2,2-DIMETYYLIPROPAANI	2F
2073	AMMONIAKKIVESILIUOS, suhteellinen tiheys alle 0,880 15 °C:ssa yli 35 % ja enintään 40 % ammoniakkia sisältävä yli 40 % ja enintään 50 % ammoniakkia sisältävä	4A
2187	HIILIDIOKSIDI, JÄÄHDYTETTY NESTE	3A
2189	DIKLOORISILAANI	2TFC
2191	SULFURYYLIFLUORIDI	2T
2193	HEKSAFLUORIETAANI (KYLMÄAINEKAASU R 116)	2A
2197	VETYJODIDI, VEDETÖN	2TC
2200	PROPADIEENI, STABILOITU	2F
2201	TYPPIOKSIDUULI, JÄÄHDYTETTY NESTE (N <sub>2</sub> O)	3O
2203	SILAANI	2F
2204	KARBONYYLISULFIDI	2TF
2417	KARBONYYLIFLUORIDI	2TC
2419	BROMITRIFLUORIETEENI	2F
2420	HEKSAFLUORIASETONI	2TC
2422	OKTAFLUORIBUT-2-EENI (KYLMÄAINE- KAASU R 1318)	2A
2424	OKTAFLUORIPROPAANI (KYLMÄAINEKAASU R 218)	2A
2451	TYPPITRIFLUORIDI	2O
2452	ETYYLIASETYLEENI, STABILOITU	2F
2453	ETYYLIFLUORIDI (KYLMÄAINEKAASU R 161)	2F
2454	METYYLIFLUORIDI (KYLMÄAINEKAASU R 41)	2F
2517	1-KLOORI-1,1-DIFLUORIETAANI (KYLMÄAINEKAASU R 142b)	2F
2591	KSENON, JÄÄHDYTETTY NESTE	3A
2599	KLOORITRIFLUORIMETAANIN JA TRIFLUORIMETAANIN ATSEOTROOPPINEN SEOS, joka sisältää noin 60 % klooritrifluorimetaania (KYLMÄAINEKAASU R 503)	2A
2601	SYKLOBUTAANI	2F
2602	DIKLOORIDIFLUORIMETAANIN JA 1,1-DIFLUORIETAANIN ATSEOTROOPPINEN SEOS, joka sisältää noin 74 % diklooridifluorimetaania (KYLMÄAINEKAASU R 500)	2A
2901	BROMIKLORIDI	2TOC

3057	TRIFLUORIASETYLIKLOORIDI	2TC
3070	DIKLOORIDIFLUORIMETAANIN JA ETEENI-OKSIDIN SEOS, joka sisältää enintään 12,5 % eteenioksidia	2A
3083	PERKLORYYLIFLUORIDI	2TO
3136	TRIFLUORIMETAANI, JÄÄHDYTETTY NESTE	3A
3138	ETEENIIN, ASETYLEENIN JA PROPEENIN SEOS, JÄÄHDYTETTY NESTE, joka sisältää vähintään 71,5 % eteeniä sekä enintään 22,5 % asetyleenia ja enintään 6 % propeenaa	3F
3153	PERFLUORI(METYYLIVINYLIETTERI)	2F
3154	PERFLUORI(ETYYLIVINYLIETTERI)	2F
3156	PURISTETTU KAASU, HAPETTAVA, N.O.S.	1O
3157	NESTEYTETTY KAASU, HAPETTAVA, N.O.S.	2O
3158	KAASU, JÄÄHDYTETTY NESTE, N.O.S.	3A
3159	1,1,1,2-TETRAFLUORIETAANI (KYLMAAINEKAASU R 134a)	2A
3160	NESTEYTETTY KAASU, MYRKYLLINEN, PALAVA, N.O.S.	2TF
3161	NESTEYTETTY KAASU, PALAVA, N.O.S.	2F
3162	NESTEYTETTY KAASU, MYRKYLLINEN, N.O.S.	2T
3163	NESTEYTETTY KAASU, N.O.S.	2A
3220	PENTAFLUORIETAANI (KYLMAAINEKAASU R 125)	2A
3252	DIFLUORIMETAANI (KYLMAAINEKAASU R 32)	2F
3296	HEPTAFLUORIPROPAANI (KYLMAAINEKAASU R 227)	2A
3297	ETEENIOKSIDIN JA KLOORITETRAFLUORIETAANIN SEOS, joka sisältää enintään 8,8 % eteenioksidia	2A
3298	ETEENIOKSIDIN JA PENTAFLUORIETAANIN SEOS, joka sisältää enintään 7,9 % eteenioksidia	2A
3299	ETEENIOKSIDIN JA TETRAFLUORIETAANIN SEOS, joka sisältää enintään 5,6 % eteenioksidia	2A
3300	ETEENIOKSIDIN JA HIILIDIOKSIDIN SEOS, joka sisältää yli 87 % eteenioksidia	2TF
3303	PURISTETTU KAASU, MYRKYLLINEN, HAPETTAVA, N.O.S.	1TO
3304	PURISTETTU KAASU, MYRKYLLINEN, SYÖVYTTÄVÄ, N.O.S.	1TC
3305	PURISTETTU KAASU, MYRKYLLINEN, PALAVA, SYÖVYTTÄVÄ, N.O.S.	1TFC
3306	PURISTETTU KAASU, MYRKYLLINEN, HAPETTAVA, SYÖVYTTÄVÄ, N.O.S.	1TOC
3307	NESTEYTETTY KAASU, MYRKYLLINEN, HAPETTAVA, N.O.S.	2TO
3308	NESTEYTETTY KAASU, MYRKYLLINEN, SYÖVYTTÄVÄ, N.O.S.	2TC
3309	NESTEYTETTY KAASU, MYRKYLLINEN, PALAVA, SYÖVYTTÄVÄ, N.O.S.	2TFC
3310	NESTEYTETTY KAASU, MYRKYLLINEN, HAPETTAVA, SYÖVYTTÄVÄ, N.O.S.	2TOC
3311	KAASU, JÄÄHDYTETTY, NESTE, HAPETTAVA, N.O.S.	3O
3312	KAASU, JÄÄHDYTETTY, NESTE, PALAVA, N.O.S.	3F
3318	AMMONIAKKIVESILIUOS, suhteellinen tiheys 15 °C:ssa alle 0,880, yli 50 % ammoniakkia sisältävä	4TC
3337	KYLMAAINEKAASU R 404A	2A
3338	KYLMAAINEKAASU R 407A	2A
3339	KYLMAAINEKAASU R 407B	2A
3340	KYLMAAINEKAASU R 407C	2A
3354	HYÖNTEISTORJUNTAKAASU, PALAVA, N.O.S.	2F
3355	HYÖNTEISTORJUNTAKAASU, MYRKYLLINEN, PALAVA, N.O.S.	2TF

## VAPAARAJA TAULUKKO

1.1.3.6.3 Kuljetettaessa kuljetusyksikössä samaan kuljetuskategoriaan kuuluvia vaarallisia aineita, suurin sallittu kokonaismäärä kuljetusyksikköä kohti on ilmoitettu taulukon sarakkeessa (3).

Kuljetuskategoria (1)	Aineet tai esineet Pakkausryhmä tai luokituskoodi/ ryhmä tai YK-numero (2)	Enimmäismäärä kuljetusyksikköä kohti (3)
0	Luokka 1: 1.1A, 1.1L, 1.2L, 1.3L ja UN 0190 Luokka 3: UN 3343 Luokka 4.2: Pakkausryhmän I aineet Luokka 4.3: UN 1183, 1242, 1295, 1340, 1390, 1403, 1928, 2813, 2965, 2968, 2988, 3129, 3130, 3131, 3134, 3148, 3396, 3398 ja 3399 Luokka 5.1: UN 2426 Luokka 6.1: UN 1051, 1600, 1613, 1614, 2312, 3250 ja 3294 Luokka 6.2: UN 2814 ja 2900 Luokka 7: UN 2912–2919, 2977, 2978 ja 3321–3333 Luokka 8: UN 2215 (MALEIINIHAPOANHYDRIDI, SULASSA MUODOSSA) Luokka 9: UN 2315, 3151, 3152 ja 3432 sekä esineet, jotka sisältävät näitä aineita ja seoksia	0
1	Pakkausryhmän I aineet ja esineet, jotka eivät kuulu kuljetuskategoriaan 0, sekä seuraaviin luokkiin kuuluvat aineet, esineet ja välineet: Luokka 1: 1.1B–1.1J <sup>a</sup> , 1.2B–1.2J, 1.3C, 1.3G, 1.3H, 1.3J, 1.5D <sup>a</sup> Luokka 2: Ryhmät T, TC <sup>a</sup> , TO, TF, TOC <sup>a</sup> ja TFC, Aerosolit: ryhmät C, CO, FC, T, TF, TC, TO, TFC ja TOC Paineelliset kemikaalit: UN 3502, 3503, 3504 ja 3505 Luokka 4.1: UN 3221–3224, 3231–3240, 3533 ja 3534 Luokka 5.2: UN 3101–3104 ja 3111–3120	20
2	Pakkausryhmän II aineet, jotka eivät kuulu kuljetuskategoriaan 0, 1 tai 4, sekä seuraaviin luokkiin kuuluvat aineet ja esineet: Luokka 1: 1.4B–1.4G ja 1.6N Luokka 2: Ryhmä F, Aerosolit: ryhmä F, Paineelliset kemikaalit: UN 3501 Luokka 4.1: UN 3225–3230, 3531 ja 3532 Luokka 4.3: UN 3292 Luokka 5.1: UN 3356 Luokka 5.2: UN 3105–3110 Luokka 6.1: UN 1700, 2016 ja 2017 sekä pakkausryhmään III kuuluvat aineet Luokka 9: UN 3090, 3091, 3245, 3480 ja 3481	333
3	Pakkausryhmään III kuuluvat aineet, jotka eivät kuulu kuljetuskategoriaan 0, 2 tai 4, sekä seuraaviin luokkiin kuuluvat aineet ja esineet: Luokka 2: Ryhmät A ja O, Aerosolit: ryhmät A ja O, Paineelliset kemikaalit: UN 3500 Luokka 3: UN 3473 Luokka 4.3: UN 3476 Luokka 8: UN 2794, 2795, 2800, 3028, 3477 ja 3506 Luokka 9: UN 2990 ja 3072	1 000