



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Niko Häivälä

---

# Älykkyyden lisääminen kameravalvontajärjestelmään

Opinnäytetyö  
Kevät 2021  
SeAMK Tekniikka  
YAMK Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SEAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (Ylempi AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Automaatiotekniikka

Tekijä: Niko Häivälä

Työn nimi: Älykkyyden lisääminen kameravalvontajärjestelmään

Ohjaaja: Juha Hirvonen

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 58

Liitteiden lukumäärä: 2

---

Työn tavoitteena oli selvittää, millaisia hyötyjä on mahdollista saada kameravalvontajärjestelmän älykkäistä toiminnoista tehtaan prosessin valvonnassa. Tutkimuksen toimeksiantajana oli Boliden Kokkola Oy, joka on toiseksi suurin sinkkitehdas Euroopassa. Tehtaan kameravalvontajärjestelmä sisältää älykkäitä toimintoja, kuten videoanalyysi ja järjestelmien välinen kommunikointi. Tutkimuksessa oli tarkoitus saada tietoa, sopivatko nämä enimmäkseen aluevalvontaan suunnitellut ominaisuudet tuotantoprosessin valvontaan. Tavoitteena oli saada parannettua tuotannon turvallisuutta, tehokkuutta ja laatua, sekä helpottaa operaattoreiden tekemää työtä.

Työssä käytiin läpi kameravalvonnan, konenäön ja koneoppimisen teoriaa. Aiheeseen liittyen tehtiin viisi erilaista testikohdetta, jossa videoanalyysin eri ominaisuuksia testattiin käytännön olosuhteissa. Lisäksi tutkimuksessa tehtiin teemahaastattelu, jonka avulla kartoitettiin älykkäiden toimintojen potentiaalia ja käyttöönoton haasteita kohdeyrityksessä.

Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että kameravalvontajärjestelmän älykkyyden lisäämiselle on tarvetta ja mahdollisia sovelluskohteita löytyy useita myös perinteistä kameravalvontaa poikkeavissa kohteissa. Erityisesti koneoppimisen avulla tehtävä kohteen opettaminen laajentaa videoanalyysin hyödyntämisen mahdollisuuksia muualle kuin aluevalvontaan. Videoanalyysillä voidaan helpottaa operaattoreiden työtä ja kehittää tuotannon tehokkuutta, laatua ja turvallisuutta, mutta sen käyttöönotto vaatii resursseja.

<sup>1</sup> Asiasanat: videoanalyysi, konenäkö, koneoppiminen, kameravalvonta

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Master's Degree Programme in Automation Technology

Author: Niko Häivälä

Title of thesis: Adding Intelligence to a Camera Surveillance System

Supervisor: Juha Hirvonen

Year: 2021

Number of pages: 58

Number of appendices: 2

---

Camera surveillance is increasing fast around the world. It has caused a situation where most of the data generated by the cameras is wasted. This is because several dozens or even hundreds of cameras are connected to a control room, where a single operator is able to monitor only a few of them accurately and actively.

Improvement in computing power and the development of machine learning have made it possible to use video analysis in camera surveillance systems. This technology allows the desired item or event to be automatically detected from the video. Video analysis has traditionally been developed for area surveillance. The aim of the thesis was to investigate the potential of intelligent features for camera surveillance in process industry.

The theory of camera surveillance, machine vision and machine learning was reviewed in the thesis. During the research five different pilot projects were carried out where video analysis was tested under real process industry conditions.

As the result of the thesis it can be stated that there is a need to increase the intelligence of camera surveillance systems and there are several possible applications in process industry. The fact that machine learning can be used to teach objects increases the potential of this technology. Video analysis can improve the efficiency, quality and safety of production and help operators, but its implementation to camera surveillance systems requires resources.

<sup>1</sup> Keywords: video analytics, machine vision, machine learning, surveillance camera

# SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva- ja kuvioluettelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 Johdanto .....	9
1.1 Työn tausta .....	9
1.2 Työn tavoite .....	10
1.3 Työn rakenne .....	11
1.4 Tutkimuskysymykset .....	11
1.5 Tutkimusmenetelmät.....	11
1.6 Boliden Kokkola Oy.....	12
2 Kameravalvonta .....	13
2.1 Yleistä .....	13
2.2 Kamerat .....	13
2.2.1 Kiinteä kamera .....	14
2.2.2 Kiinteä kupukamera .....	14
2.2.3 Liikuteltava PTZ-kamera .....	15
2.3 Verkko.....	16
2.4 VMS – Video Management System.....	17
2.5 Yksityisyyden suoja .....	17
2.5.1 Laki yksityisyyden suojasta työelämässä .....	18
2.5.2 GDPR .....	18
3 Konenäkö .....	20
3.1 Perusteet.....	20
3.1.1 Perinteinen konenäköjärjestelmä .....	20
3.1.2 Älykamera.....	21
3.2 Videoanalytiikka valvontakameroissa .....	21

4	Koneoppiminen .....	24
4.1	Perusteet.....	24
4.2	Koneoppimisen lajit .....	24
4.3	Syväoppiminen.....	25
4.4	Koneoppiminen osana konenäköä .....	26
5	Boliden Kokkola Oy:n kameravalvontajärjestelmä .....	28
5.1	Järjestelmä.....	28
5.2	BVMS-ohjelmiston videoanalytiikka.....	28
5.2.1	EVA – Essential video analytics.....	29
5.2.2	IVA – Intelligent video analytics .....	30
5.3	Verkko.....	30
5.4	Kamerat .....	31
5.5	Kommunikointi muihin järjestelmiin.....	31
6	Testikohteet.....	34
6.1	Kohteiden valinta.....	34
6.2	Säiliöauton tunnistus .....	34
6.2.1	Haasteet.....	34
6.2.2	Toteutus ja tulokset.....	35
6.3	Sinkkiharkon tunnistus .....	37
6.3.1	Haasteet.....	37
6.3.2	Toteutus ja tulokset.....	38
6.4	Siisteyden tarkastaminen .....	40
6.4.1	Haasteet.....	40
6.4.2	Toteutus ja tulokset.....	41
6.5	Ihmisen havaitseminen.....	42
6.5.1	Haasteet.....	43
6.5.2	Toteutus ja tulokset.....	43
6.6	Tehdasrakennuksen kattokamerat .....	45
6.6.1	Haasteet.....	46
6.6.2	Toteutus ja tulokset.....	46

6.7	Esitysmateriaali .....	47
7	Haastattelut .....	49
7.1	Haastattelun toteutus ja tarkoitus .....	49
7.2	Nykytilanne ja ensimmäiset ajatukset taustamateriaalista .....	49
7.3	Älykkäiden toimintojen mahdolliset käyttökohteet kohdeyrityksessä.....	50
7.4	Haasteet tekniikan käyttöönotossa .....	50
7.5	Videoanalyysin käyttö tulevaisuudessa .....	51
8	Yhteenveto .....	52
	LÄHTEET .....	55
	LIITTEET .....	58

## Kuva- ja kuvioluettelo

Kuva 1. Bullet-kamera.....	14
Kuva 2. Kupukamera. ....	15
Kuva 3. PTZ-kamera.....	16
Kuva 4. Säiliöauton tunnistaminen.....	36
Kuva 5. Sinkkiharkkojen tunnistaminen. ....	38
Kuva 6. Alueelle jätetyn esineen tunnistaminen.....	41
Kuva 7. Ihmisen havaitseminen. ....	44
Kuva 8. Yksi tehdasrakennuksen kattokameroista. ....	45
Kuva 9. Esimerkki esitysmateriaalin videossa olevasta tekstistä. ....	48
Kuvio 1. Neuroverkko.....	26
Kuvio 2. Kommunikointi järjestelmien välillä OPC:n avulla. ....	33

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>BVMS</b>	Bosch Video Management System on Bosch Oy:n kameravalvonta-ohjelmisto.
<b>GDPR</b>	General Data Protection Regulation on Euroopan unionin yleinen tietosuoja-asetus.
<b>I/O</b>	Input/Output, sisääntulo/ulostulo
<b>IP</b>	Internet Protocol on protokolla, jonka avulla tietoliikennepaketit löytävät perille internetverkossa.
<b>LAN</b>	Local Area Network, lähiverkko
<b>OPC</b>	Open Platform Communications on nimitys tiedonsiirtostandardeille, joita käytetään automaatioalalla kommunikointiin eri järjestelmien välillä.
<b>PoE</b>	Power over Ethernet on nimitys tekniikalle, jolla laitteen tarvitsema käyttöjännite voidaan siirtää Ethernet-kaapelia pitkin.
<b>PTZ</b>	Pan Tilt Zoom on valvontakamera, jota voidaan kääntää ja zoomata moottoreiden avulla.
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol on tiedonsiirtoprotokolla, joka huolehtii tietoliikenteen kulkemisesta oikeaan paikkaan ja myös oikeassa järjestyksessä.
<b>VMS</b>	Video Management System on ohjelmisto, jonka kautta voidaan ohjata ja käyttää useita valvontakameroita sisältäviä järjestelmiä.
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network – langaton lähiverkko



# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Kameravalvonta on lisääntynyt huomattavasti viime aikoina ja alan ennustetaan edelleen kasvavan tulevaisuudessa. Vuonna 2020 kameravalvontamarkkinan koko on arvioitu olevan noin 25 miljardia Yhdysvaltain dollaria. Viiden vuoden päästä sen ennustetaan olevan jopa 48 miljardia dollaria. (Jude 2020.)

Kameratekniikan kehittyminen ja komponenttien halpeneminen ovat avanneet uuden näkökulman kameravalvontaan. Älykkyyden, eli esimerkiksi konenäön, lisääminen kamerajärjestelmiin mahdollistaa sen, että ihmisen ei tarvitse tarkkailla kaikkien kameroiden tuottamaan kuvavirtaa. Videoanalytiikan avulla kiinnostavat tapahtumat voidaan havaita automaattisesti. Näistä havaitusta tapahtumista voidaan tuottaa esimerkiksi hälytys valvomossa olevalle henkilölle. (Pulliainen 2020.)

Kohdeyritys on investoinut viime vuosina uuteen moderniin IP-pohjaiseen kamerajärjestelmään, jolla valvotaan tehtaan tuotantoprosessia. Aluevalvonta tehdään toisessa järjestelmässä, jonka kehittäminen ei kuulu tähän työhön. Modernisointiprojekti on edennyt tehtaalla tuotanto-osasto kerrallaan. Viimeinenkin tuotanto-osasto on saatu modernisoitua vuoden 2020 aikana.

Uusi kameravalvontajärjestelmä sisältää noin 300 kameraa. Näillä kameroilla valvotaan tuotanto-osastojen ja -laitteiden toimintaa, tuotannon laatua ja työntekijöiden turvallisuutta. Kameravalvontajärjestelmää käytetään tuotanto-osastoiden valvomoissa sekä osassa kunnossapidon tukipisteistä.

Modernisointiprojektissa vanhat analogiset kamerat vaihdettiin uusiin digitaalisiin kameroihin. Samalla kertaa myös kameravalvontajärjestelmä vaihtui uuteen. Projektissa saavutetut hyödyt ovat olleet kuvanlaadun paraneminen, toiminnan luotettavuuden kehitys ja kunnossapidon sekä varaosien saatavuuden varmistaminen. Järjestelmän käyttöön modernisointiprojekti ei ole vaikuttanut merkittävästi. Tällä hetkellä se on samanlaista kuin ennen modernisointia. Niiden kameroiden, joiden kuva näkyy valvomon näyttöruudulla, kuvaa valvotaan ihmisen toimesta. Tämän lisäksi muutama kamera tallentaa videota kamerajärjestelmän palvelimelle,

josta videoita voidaan katsoa jälkikäteen. Kaikki muu kameroiden tuottama data menee hukkaan, joten suurin osa kamerajärjestelmän mahdollistamasta informaatiosta jää hyödyntämättä.

## 1.2 Työn tavoite

Moderni kameravalvontajärjestelmä tuo mukanaan täysin uusia mahdollisuuksia verrattuna vanhaan järjestelmään. Uusi tekniikka mahdollistaa esimerkiksi videon analysoinnin jatkuva-toimisesti, tai tallennetuissa videoissa myös jälkikäteen. Eri järjestelmien välinen kommunikointi on tehty aiempaa helpommaksi nykyaikaisen liitettävyyden ansiosta, mikä mahdollistaa käytettävyyden parantamisen.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten uusia ominaisuuksia voisi hyödyntää kohdeyrityksessä. Kameravalvontajärjestelmän uudet ominaisuudet on pääosin suunniteltu alueen, liikenteen ja omaisuuden valvontaan, jotka ovat perinteisiä ja tavanomaisia kameravalvonnan käyttökohteita. Kohdeyrityksessä kameravalvonta on enemmän tuotantoprosessin valvontaa varten, joten vaatimukset ovat erilaisia kuin perinteisessä kameravalvonnassa. Näistä syistä johtuen on aiheellista tutkia, onnistuuko uuden tekniikan tuomien mahdollisuuksien hyödyntäminen sinkkitehtaan ympäristössä ja olosuhteissa.

Tällä hetkellä kameravalvontajärjestelmän käyttöä ei ole kehitetty samaan tahtiin tekniikan modernisoinnin kanssa. Tästä johtuen uusien ominaisuuksien käyttöönotossa on suuri potentiaali toiminnan kehittämiseen. Tämän työn tavoitteena on tutkia, saadaanko kameravalvontajärjestelmään älyä lisäämällä kehitettyä työn ja tuotannon tehokkuutta, laatua ja turvallisuutta kohdeyrityksessä. Yksi tavoite on tuottaa esittelymateriaalia muutamasta pilottikohteesta, joissa testataan älykkyyden lisäämisen ominaisuuksien ja toimintaa. Tällä tuotetulla materiaalilla uusia ominaisuuksia voidaan esitellä tuotanto-osastoille, operaattoreille ja muulle tehtaan henkilöstölle. Tarkoituksena on saada henkilöstö näkemään uuden kameravalvontajärjestelmän tuomat mahdollisuudet toiminnan kehittämiseen ja sitä kautta ideoimaan uusia käyttökohteita.

### 1.3 Työn rakenne

Työn ensimmäisessä luvussa käydään läpi työn tarkoitusta ja taustaa. Toisessa, kolmannessa ja neljännessä luvussa tutkitaan olemassa olevan kirjallisuuden avulla kameravalvonnan, konenäön ja koneoppimisen teoriaa. Näkökulmana on kameravalvontajärjestelmät ja kyseisten tekniikoiden hyödyntäminen näissä järjestelmissä. Viidennessä luvussa avataan tarkemmin kohdeyrityksen kameravalvontajärjestelmän tekniikkaa ja sen tarjoamia mahdollisuuksia järjestelmän tehokkaampaan käyttöön.

Kuudennessa luvussa teoria viedään käytäntöön. Siinä käydään läpi työhön liittyvät testikohteet sekä tulokset, joita testeissä saatiin. Työn aiheeseen liittyviä tulevaisuuden ajatuksia ja tulevia hyödyntämismahdollisuuksia käsitellään luvussa 7. Tätä lukua varten tehtiin teema-haastattelu kohdeyrityksessä työskenteleville henkilöille. Kahdeksannessa luvussa käydään läpi työn tulokset ja tehdään yhteenvetoa.

### 1.4 Tutkimuskysymykset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää vastaukset alla esitettyihin kysymyksiin.

Miten kameravalvontajärjestelmän tuottamaa datavirtaa voidaan hyödyntää

- tuotannon turvallisuuden parantamiseen?
- laitteiden toiminnan tehostamiseen?
- tuotannon laadun parantamiseen?

Mitä prosessioperaattorin valvontakameroiden avulla tehtäviä töitä voidaan helpottaa tai automatisoida ja miten?

### 1.5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus aloitetaan kirjallisuuskatsauksella, jossa perehdytään kameravalvonnan, konenäön ja koneoppimisen teoriaan. Tarkoituksena on saada selville videoanalytiikan potentiaalia ja haasteita.

Teoriaosuuden jälkeen videoanalytiikkaa kokeillaan käytännössä kohdeyrityksessä tehtävillä testeillä. Tarkoituksena on tehdä monta erilaista testikohdetta, jotka pohjautuvat todellisiin tarpeisiin ja mahdollisiin oikeisiin käyttökohteisiin. Testien tavoitteena on saada tietoa videoanalytiikan käytettävyydestä prosessin valvonnassa ja varmistaa tekniikan luotettavuus teollisuuden olosuhteissa.

Testikohteista koostetaan esittelymateriaali, jonka pohjalta tehdään puolistrukturoitu haastattelu tehtaalla työskenteleville henkilöille. Haastateltavat valikoidaan niin, että he ovat asemassa, jossa on mahdollisuus vaikuttaa älykkäiden ominaisuuksien käyttöönottoon. Haastattelun avulla pyritään saamaan tietoa kohdeyrityksen valmiuksista kameravalvontajärjestelmän älykkäiden ominaisuuksien käyttöönottoon. Samalla kartoitetaan potentiaalisia käyttökohteita ja mahdollisesti eteen tulevia haasteita.

Haastattelutyyliseksi valittu teemahaastattelu on puolistrukturoitu haastattelu, jossa kysymyksille ei ole asetettu tarkkaa muotoa tai järjestystä, kuten lomakekyselyssä. Teemahaastattelu eroaa syvähaastattelusta sillä, että haastattelun teema pyritään pitämään samana kaikille haastateltaville. (Hirsjärvi & Hurme 2015, 48.) Haastattelua varten tehdään kysymyksistä runko (Liite 2), jonka avulla haastattelu pysyy teemassaan. Kysymyksiä ei ole tarkoitus lukea sellaisenaan listan mukaisesti. Haastattelurungon tarkoitus on toimia haastattelijalle muistilistana, jonka avulla haastattelutilannetta voi ohjata teeman ympärillä.

## **1.6 Boliden Kokkola Oy**

Boliden-konserni on pääosin pohjoismaissa toimiva kaivos- ja metallialan yhtiö. Konsernilla on yhteensä noin 6000 työntekijää (Boliden 2020a, 8) ja liikevaihto oli vuonna 2019 noin 50 miljoonaa Ruotsin kruunua (Boliden 2020a, 1). Päätuotteita ovat sinkki, kupari ja nikkeli. Konserni omistaa kaivoksia Ruotsissa, Suomessa ja Irlannissa, sekä sulattoja Ruotsissa, Suomessa ja Norjassa. (Boliden 2020b.)

Boliden Kokkola Oy on Kokkalassa vuonna 1969 perustettu sinkkitehdas. Se on ollut alun perin Outokumpu Oy:n omaisuutta, mutta 2004 tehdas myytiin osaksi Boliden-konsernia. Sinkkitehdas työllistää tällä hetkellä noin 550 henkilöä. Boliden Kokkola Oy:n päätuote on sinkki, jonka vuotuinen tuotantokapasiteetti on 315 000 tonnia. Sivutuotteina tuotetaan mm. kupari- ja hopearikastetta sekä rikkihappoa. Pääosa tuotannosta menee vientiin Keski-Eurooppaan. Suurimmat asiakkaat ovat rakennus- ja autoteollisuus. (Boliden Kokkola, [viitattu 26.10.2020].)

## 2 Kameravalvonta

### 2.1 Yleistä

Kameravalvontajärjestelmä rakennetaan kuvaamaan ja valvomaan jotain tiettyä valittua kohdetta, aluetta tai tapahtumaa. Perinteisesti kameravalvontajärjestelmä on alueturvallisuuteen ja omaisuuden valvontaan liittyvä laitteisto. Järjestelmä koostuu erilaisista kameroista, käyttöliittymästä, tallennuslaitteistoista ja tietoliikenneyhteyksistä näiden välillä. Aiemmin kameravalvontajärjestelmät koostuivat analogisista laitteista, mutta nykyään tekniikan kehittymisen johdosta uusissa asennuksissa on siirrytty pääosin digitaalisiin laitteisiin, jotka toimivat TCP/IP-pohjaisessa lähiverkossa. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 10, 18–19.)

### 2.2 Kamerateat

Kamerateat voidaan jakaa eri kategorioihin ominaisuuksien mukaan. Perinteisin jaottelu on jako kolmeen kategoriaan: kiinteä kamera, kupukamera ja liikuteltava PTZ-kamera. Valinta erilaisten kameroiden välillä tapahtuu kuvattavan kohteen ja ympäristön olosuhteiden mukaan, myös hinta on merkittävä tekijä. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 10–13.)

Nykyään pääosa kameroista on värikameroita, mutta osassa kohteista mustavalkokamera voi antaa paremman tai riittävän lopputuloksen. Tekniikka mahdollistaa usein myös infrapunavalon hyödyntämisen, mikä mahdollistaa kuvaamisen huonoissa valaistusolosuhteissa. Jopa täysin pimeässä on mahdollista kuvata erillisten, usein kameraan sisäänrakennettujen, infrapunavalonlähteiden avulla. Infrapunavaloa hyödyntävät kamera näyttävät kuvan mustavalkoisena. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 10.)

Lämpökamerateat ja niin sanotut yhdistelmäkamerat, joissa on asennettuna lämpökamera ja tavallinen kamera samassa laitteessa, ovat yleistyneet tekniikan kehittyessä ja halventuessa. Se avaa uusia mahdollisuuksia toteuttaa valvontaa huonoissakin olosuhteissa. Lämpökameraa käytetään laajojen alueiden valvontaan etenkin kohteissa, joissa on huono valaistus. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 13.)

### 2.2.1 Kiinteä kamera

Jos tarve on kuvata aina tiettyä kuva-alaa, kustannustehokkain vaihtoehto on kiinteä runkokaamera. Se koostuu kamerarungosta, kiinteästä tai zoomattavasta objektiivista ja mahdollisesta kotelosta, joka suojaa ympäristön olosuhteilta. Lämpötilan hallintaa varten koteloon voidaan asentaa lämmitin tai tuuletin. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 10–11.)

Tarjolla on myös niin sanottuja bullet-kameroita (kuva 1), jotka ovat saaneet nimensä kokonsa ja muotonsa mukaan. Bullet-kamera on asennusvalmis paketti, joka yleensä sisältää sääsuojatun kotelon sisälle rakennetun kameran objekteineen ja infrapunavalonlähteen. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 11.)



Kuva 1. Bullet-kamera.

### 2.2.2 Kiinteä kupukamera

Kupukamera toiselta kutsumanimeltään Dome-kamera on suunniteltu paremmin ilkeävaltaa kestäväksi kuin perinteinen kiinteä kamera. Kamera on myös mahdollista asentaa huomaamattomammin perinteiseen kameraan verrattuna. Kuten kuvassa 2 näkyy, nimensä mukaisesti ka-

merapää on rakennettu kirkkaan tai tummennetun kuvun sisälle. Tästä johtuen kamera on suo-  
jassa sääolosuhteilta, mutta myös ilkeivaltaisesti tehdyttä kameran suuntauksen muutokselta.  
(Turva-alan yrittäjät ry 2020, 11.)



Kuva 2. Kupukamera.

### 2.2.3 Liikuteltava PTZ-kamera

PTZ lyhenne tulee sanoista pan, tilt ja zoom, eli vapaasti suomennettuna: käännä, kallista ja suurena. Tämä kamera (kuva 3) on moottoroitu siten, että kameralla voidaan kuvata kameran ympäristöä lähes kaikkiin suuntiin. Kameraa ohjataan valvomosovelluksen tai erillisen kauko-ohjaimen avulla. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 12.)

PTZ-kamera voidaan tehdä kuvun sisälle, jolloin sillä voidaan kuvata kameran horisontin alapuoleista puoliympyrän muotoista aluetta. Toinen vaihtoehto on se, että moottorit liikuttavat koko kamerapäättä, joka mahdollistaa kuvaamisen myös horisontin yläpuolelle. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 12.)



Kuva 3. PTZ-kamera.

### 2.3 Verkko

Aiemmin kamerat oli kytketty tallentimeen analogisesti koaksiaalikaapeleilla. Nykyaikaiset kamerat ovat siirtyneet pääsääntöisesti IP-pohjaiseen lähiverkkoon. Analogiset kamerat voidaan kytkeä digitaaliseen järjestelmään muuntimen avulla. Verkkotekniikan kehittyessä verkon yli voidaan lähettää enemmän tiedonsiirtoa, mikä auttaa kameratekniikan kehitymisestä aiheutuvasta tarpeesta nopeammalle tiedonsiirrolle. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 18–19.)

Power over Ethernet (PoE) on yleisesti käytetty tekniikka nykyisten IP-kameroiden kanssa. Se mahdollistaa sähkönsyötön saman kaapelin kautta, mitä data kulkee. PoE-tekniikka on määritelty standardissa IEEE 802.3af. Se mahdollistaa 15 Watin tehon syöttämisen, mikä riittää useimmille valvontakameroille. PoE+ tarjoaa mahdollisuuden suurempaa tehoa vaativille laitteille, kuten jotkin PTZ-kamerat. Kyseisen tekniikan suurin teho on 30 Wattia. PoE+ on määritelty standardissa IEEE 802.3at. (Damjanovski 2014, 206–207, 421.)



Langaton tiedonsiirto on tuonut uusia mahdollisuuksia myös kameravalvontaan. Useimmiten tekniikkana on WLAN, mutta myös muita tekniikoita on käytössä. Langattomuus on joustava tapa rakentaa kameravalvontaa ja se on saavuttanut suosiota etenkin pienissä kameravalvontajärjestelmissä, esimerkiksi kotitalouksissa. (Damjanovski 2014, 434.)

## 2.4 VMS – Video Management System

Kameravalvontajärjestelmä (video management system, VMS) kerää verkkoon kytkettyjen kameroiden kuvavirrat yhteen paikkaan. Nykyisin VMS-ohjelmistoihin sisältyy yleensä tallennin, joko omalla palvelimella tai pilvipalvelun kautta. Ohjelmiston avulla kameroiden kuvia voidaan seurata esimerkiksi valvomossa suoratoistona tai tallennettuna videona. Nykyaikaiset kameravalvontajärjestelmät mahdollistavat etäkäytön myös kameraverkon ulkopuolelta. Osa toimittajista tarjoaa myös mobiilikäyttöliittymän, jonka avulla kameravalvontajärjestelmää voidaan käyttää älypuhelimien avulla. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 22–25.)

Järjestelmissä on mahdollista muun muassa ohjata PTZ-kameroita, säätää kameroiden asetuksia sekä tehdä ja seurata hälytyksiä eri tapahtumista. Niissä voi olla mukana videoanalytiikkaominaisuuksia, mikä mahdollistaa haluttujen tapahtumien löytämisen kuvasta automaattisesti. (Damjanovski 2014, 323–324.) Analytiikka voidaan rakentaa joko kameravalvontajärjestelmään tai sisäänrakennettuna kameraan.

## 2.5 Yksityisyyden suoja

Kameravalvonnan voimakas lisääntyminen vaikuttaa ihmisen yksityisyyteen. Se on huomioitu myös lainsäädännössä. Suomessa yrityksissä tehtävää kameravalvontaa ohjaa laki yksityisyyden suojasta työelämässä sekä Euroopan unionin yleinen tietosuojasetus (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 86).

Kyseiset laki ja asetus katsovat kameravalvontaa hieman eri näkökulmista, mutta molemmissa on sama perusviesti. Kameravalvontaa ei saa tehdä salassa, eli kameroilla valvottu alue on merkittävä selkeästi. Molemmissa tuodaan myös selkeästi esille, että pitää olla harkittua ja dokumentoitua, mitä ollaan valvomassa ja miksi.

### **2.5.1 Laki yksityisyyden suojasta työelämässä**

Kameravalvontaa työpaikalla ohjaa laki yksityisyyden suojasta työelämässä. Laki antaa mahdollisuuden näyttää jatkuvaa kuvaa tai tallentaa videota, jos halutaan varmistua turvallisuudesta, suojata omaisuutta tai valvoa tuotantoprosessien toimintaa. Laki antaa myös luvan tehdä kameravalvontaa, jos sillä voidaan ennaltaehkäistä turvallisuuteen, omaisuuteen tai tuotantoprosessiin liittyviä vaara- tai häiriötilanteita. Näiden tilanteiden tutkiminen tallennetun videomateriaalin avulla on myös sallittua. (L 13.8.2004/759, 5. luku.)

Laki kieltää kameravalvonnan toteuttamisen tilanteissa, jossa sitä käytetään yksittäisen henkilön tai henkilöiden tarkkailuun. Työntekijöiden työpisteitä voidaan kuitenkin valvoa laissa mainituissa turvallisuuteen tai omaisuuteen liittyvissä poikkeustilanteissa tai silloin, kun työntekijä itse pyytää valvontaa esimerkiksi väkivallan uhan vuoksi. Kameroiden asentaminen henkilöstötiloihin tai esimerkiksi pukutiloihin on kielletty. (L 13.8.2004/759, 5. luku.)

Työantaja veloitetaan avoimuuteen kameravalvonnan suunnitteluun ja asennuksiin liittyen. Ennen kameravalvonnan aloittamista pitää selvittää vaihtoehtoisia tapoja toteuttaa haluttua valvontaa niin, että henkilön yksityisyyteen puututtaisiin vähemmän. Jos kameravalvontaan päädytään, se on tehtävä tavalla, jolla henkilön yksityisyyteen puututaan mahdollisimman vähän. (L 13.8.2004/759, 5. luku.)

Lain 21. momentin mukaan kameravalvonta kuuluu yhteistoiminnan piiriin, kuten muutkin teknisillä laitteilla tehtävät valvonnat. Ennen valvonnan aloittamista työntekijöille on järjestettävä yhteistoiminta- ja kuulemistilaisuus aloitettavasta valvonnasta. Tämän jälkeen työnantajan velvollisuus on tiedottaa valvonnan käyttötarkoituksesta ja siinä käytetyistä menetelmistä työntekijöille. Työnantajan on myös tiedotettava valvonnan käyttöönotosta, tallennuksen käyttötarkoituksesta ja -tavasta sekä kameroiden sijainnista. Kameravalvonnasta on ilmoitettava selkeästi niissä tiloissa, joissa kamerat ovat käytössä. (L 13.8.2004/759, 7. luku.)

### **2.5.2 GDPR**

Toinen yksityisyyden suojaaja määrittelevä dokumentti on keväällä 2018 voimaan tullut EU:n yleinen tietosuoja-asetus eli GDPR (General Data Protection Regulation). Asetuksessa ohjeistetaan henkilötietojen käsittelyä. (Tietosuojavaltuutetun toimisto, [viitattu 17.1.2021].)

Tietosuojasetus ottaa kantaa myös kameravalvontaan. Asetuksessa määritellään henkilötiedoksi kaikki kerättävä ja tallennettava kuvallinen tai audiovisuaalinen tieto, josta henkilön pystyy tunnistamaan ulkonäön tai muun ominaisuuden vuoksi (Tietosuojavaltuutetun toimisto, [viitattu 17.1.2021]). Tämän mukaisesti kameravalvontajärjestelmässä oleva tallentava kamera voi tuottaa henkilötietoja aina, kun valvottavalle alueelle pystyy pääsemään ihminen, joka on kuvasta tai äänestä tunnistettavissa. Kameran varsinaisella käyttötarkoituksella ei ole väliä, vaan ratkaisevaa on se, että voiko kuvattavalle alueelle päätyä ihminen.

Euroopan tietosuojaneuvosto on julkaissut ohjeen henkilötietojen käsittelystä videovalvonnassa, mikä helpottaa ja yhdenmukaistaa tietosuojasetuksen tulkintaa Euroopan unionin jäsenvaltioissa. Ohjeistus velvoittaa yritykselle useita toimenpiteitä, jos yritys suorittaa kameravalvontaa, joka tuottaa ja tallentaa henkilötietoja. (European Data Protection Board, 2020.)

Jos yrityksen tallentava kamera tallentaa ja kerää henkilötietoja, yritys on rekisterinpitäjä, jonka velvollisuus on antaa rekisteröityville henkilöille tietoja henkilötietojen rekisteröinnistä. Tämä tapahtuu tietosuojaselosteella, josta selviää ainakin seuraavat tiedot:

- Rekisterinpitäjän yhteystiedot
- Rekisteristä vastaavan henkilön tai tietosuojavastaavan yhteystiedot
- Käsiteltävä tieto
- Tietojen käsittelyn tarkoitus
- Henkilötietojen säilytysaika
- Henkilötietojen luovutukset
- Rekisteröityjen oikeudet. (European Data Protection Board, 2020.)

## 3 Konenäkö

### 3.1 Perusteet

Kun pyritään rakentamaan laitteita tai koneita, jotka pystyvät samanlaisiin älykkyyttä vaativiin tehtäviin kuin ihminen, pitää ihmisen aistien tuottamat havainnot tehdä tekniikan avulla. Näköaisti tuottaa suuren osan siitä informaatiosta, jota ihminen saa ympäristöstään ja sen muutoksista. Konenäkö on yleisnimi koneen tekemille näköaistin kaltaisille havainnoille ja päätelmille. (Pietikäinen & Silven, [viitattu 19.02.2021], 1.)

Konenäön avulla pyritään tuottamaan tarvittavaa tietoa kameran kuvaamasta kuvasta tai videosta halutusta kohteesta tai ympäristöstä. Tietoa analysoimalla voidaan tehdä tarpeellisia päätelmiä, joiden avulla suoritetaan tarvittavia toimenpiteitä. Konenäkö voi havaita esimerkiksi kohteen sijainnin ja asennon, kohteessa tai ympäristössä tapahtuvan muutoksen tai tunnistamaan jonkun tietyn kohteen tai tapahtuman. (Pietikäinen & Silven, [viitattu 19.02.2021], 1.)

Päätelmien teko kameran kuvaamasta kuvasta ei ole useinkaan yksinkertaista. Haastetta konenäölle tuottaa muun muassa ympäristön olosuhteiden muutos. Usein ongelmia aiheuttaa valaistuksen muutos. (Pietikäinen & Silven, [viitattu 19.02.2021], 1.) Tavallisesti konenäön sovelluksissa kuvattavan alueen ympäristön olosuhteet pyritään vakioimaan mahdollisimman hyvin, jotta konenäön tuottama tieto olisi luotettavaa.

#### 3.1.1 Perinteinen konenäköjärjestelmä

Perinteinen konenäkö koostuu kamerasta, valaistuksesta ja tietokoneesta, jotka kaikki ovat omia erillisiä laitteitaan (Samk automaation tutkimusryhmä, 2020). Kamera voi olla mikä tahansa kamera, jolla saa kuvan otettua ja lähetettyä eteenpäin tietokoneelle. Valaistuksen avulla kuvattavasta kohteesta saadaan erottumaan paremmin ominaisuus, joka halutaan tunnistaa konenäön avulla. Kameran ottama kuva käsitellään ja analysoidaan tietokoneella erillisen ohjelmiston avulla. Kuvan analysoinnista saadut tiedot lähetetään eteenpäin esimerkiksi tuotantolaitteen ohjausjärjestelmälle. (Edwards, [viitattu 15.5.2021])

Suurin etu esimerkiksi älykameraan verrattuna on järjestelmän räätälöitävyys. Koska perinteinen konenäköjärjestelmä voidaan koota kuhunkin sovellukseen sopivilla komponenteilla, siitä

saadaan suuremmalla todennäköisyydellä luotettavaa dataa. Toinen suuri etu on laskentateho, jota voidaan kasvattaa tietokoneen avulla niin suureksi kuin on tarpeellista. (Thomasnet, [Viitattu 2.4.2021].)

### 3.1.2 Älykamera

Yksittäistä laitetta, joka sisältää sekä kameran, että tarpeeksi tehokkaan prosessorin, jonka avulla kuva voidaan käsitellä ja analysoida, kutsutaan älykameraksi. Älykameraan on voitu rakentaa myös sisäänrakennettu valaistus. Tämän myötä erillistä tietokonetta ei tarvita konenäön toteutukseen. (Samk automaation tutkimusryhmä, 2020.) Älykameran etuna perinteiseen konenäköön on sen helppokäyttöisyys ja helpompi liittäminen muihin olemassa oleviin järjestelmiin (Thomasnet, [viitattu 2.4.2021]).

## 3.2 Videoanalytiikka valvontakameroissa

Konenäköominaisuuksia valvontakameroissa kutsutaan kuva-analytiikaksi, kamera-analytiikaksi, videoanalytiikaksi tai videon sisältöanalyysiksi. Vaikka termejä on useita, sisältö on sama. Kameravalvonnan videoanalytiikan avulla voidaan opettaa kameravalvontajärjestelmälle tehtävä, joka pyrkii löytämään kameran tuottamasta kuvasta haluttuja asioita tai tapahtumia. Näitä tehtäviä voivat olla halutun kohteen tunnistaminen ja seuraaminen kuva-alueella tai kohteen ominaisuuksien tunnistaminen. Tunnistettavia ominaisuuksia voivat olla muun muassa vauhti, suunta, koko ja väri. (Bosch 2019a, 10.)

Perinteisessä kameravalvonnassa yksi ihminen katsoo usean, jopa kymmenien, kameran tuottamaa kuvavirtaa ja yrittää sieltä poimia haluttuja tapahtumia. Huonoimmassa tapauksessa kameravalvontajärjestelmää ei valvo kukaan, vaan järjestelmä tallentaa kaikkien kameroiden kuvaa koko ajan kiintolevyille. Tallennettua kuvaa katsotaan ja tutkitaan vai silloin, kun on jo tapahtunut joku tapahtuma, joka kameroilla on saatettu nähdä. Molemmat näistä edellä mainituista tavoista on tehottomia, resursseja turhaan käyttäviä ja epäluotettavia tapoja. (Davies 2012, 579–580.)

Tutkimuksissa on havaittu, että ihminen pystyy seuraamaan enintään kymmentä valvontakameran kuvaa yhtä aikaa. Silloinkin suuri osa kuvavirran tapahtumista jää tunnistamatta. Jos

halutaan tarkkaa tunnistusta, ihminen pystyy katsomaan vain yhtä valvontakameran kuvaa kerrallaan. (Hollywood ym., 4.)

Valvontakameroiden videoanalytiikkaa on kehitetty sotateollisuuden tarpeisiin, kun on haluttu kerätä tietoa lentokoneissa tai satelliiteissa olevien kameroiden kuvavirrasta. Tekniikan halventuessa videoanalytiikkaa on tuotu liikennevalvontaan, jonka jälkeen se on laajentunut aluevalvontaan ja rikostenehkäisyyn. (Davies 2012, 579–580.)

Yksi ensimmäisistä ja tavallisista käytössä olevista videoanalytiikan sovelluksista valvontakameroissa on liikkeentunnistus. Sen käyttöönotto on pienentänyt huomattavasti tallennuksien säilytykseen tarvittavaa tilaa. Aiemmin valvontakamera on tallentanut kuvaa jatkuvasti, mutta liikkeentunnistuksen avulla tallennus on voitu tehdä vain silloin, kun kamerakuvassa on havaittu liikettä. Myös halutun tilanteen etsiminen tallennetusta materiaalista on helpompaa pienemmän tallennusmäärän vuoksi. (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 63.) Toinen liikkeentunnistuksen sovellus voi olla hälytyksen tekeminen esimerkiksi vartiointiliikkeelle.

Tavallisessa valvontakamerassa tehtävässä videoanalyysissä on useita haasteita verrattuna perinteiseen konenäköön. Tavallisissa konenäön sovelluksissa, kuten teollisuuden tuotantolinjoilla ympäristö on tehty sellaiseksi, että kohde on helposti erotettavissa taustasta, valaistus on vakioitu ja yksinkertaisissa kohteissa kohdetta kuvataan 2D-maailmassa. Kameravalvonnan videoanalyysissä on mahdollista, että ulkona kuvatun videon olosuhteet vaihtelevat sankasta lumisateesta kirkkaaseen auringonpaisteeseen ja lisäksi on tuulen aiheuttamat liikkeet esimerkiksi puissa ja pensaissa. Sen lisäksi videoanalyysin pitää kyetä tekemään työtään päivän valossa ja yön pimeydessä. Kohteen on mahdollista saapua kuva-alueelle useasta eri kohdasta, joten videoanalyysi on tehtävä 3D-maailmassa. (Davies 2012, 579–581, 584–585.)

Ympäristön olosuhteiden muutoksia ja kohteen havaitsemista taustasta on pyritty ratkaisemaan yksinkertaisella tavalla. Siinä kameran kuvaamasta alueesta on pyritty ottamaan vertailukuva sellaisessa tilanteessa, jossa kuvassa ei ole tunnistettavia kohteita. Näin taustan pysyisi suodattamaan pois videoanalyysissä. Tässä tavassa on ongelmana se, että on vaikea saada varmuutta, että onko kuvassa tunnistettavia kohteita vai onko se pelkkää taustaa. Vaikeus johtuu siitä, että taustassa voi olla muutoksia, kuten tuulen aiheuttamaa liikettä pensaissa, mikä on mahdollista tulkita kohteeksi. Jos tiedetään, että alueella liikkuu vähän kohteita, voidaan ottaa tietyn välein vertailukuvia ja laskea niiden pohjalta keskiarvo taustasta. Valaistuk-

sen muutoksia on pyritty ratkaisemaan käyttämällä vain muutamaa viimeiseksi otettua vertailukuvaa, joissa valaistus on mahdollisimman lähellä todellista. Näiden ratkaisujen ongelmana on se, että taustan suodattaminen kohteesta on jatkuvaa tasapainoilua ylimääräisten tunnistusten ja taustan mukana suodattuvien kohteiden välillä. (Davies 2012, 584–589.)

Yksi tavallisimmista videoanalyysin tehtävistä on ihmisen seuranta. Siinä on muutamia ongelmia, joita tutkijat ovat pyrkineet ratkaisemaan ja osaan etsitään ratkaisua edelleen. Esimerkiksi ihminen pystyy menemään hyvin erilaisiin asentoihin niveliensä ansiosta (Davies 2012, 580). Konttaava ihminen on huomattavasti erinäköinen kuin juokseva ihminen. Toinen ongelma on ihmisten erilaisuus liittyen kokoon ja myös moninaiseen vaatetukseen. Kolmas ongelma liittyy ihmisen liikkumiseen. Siinä ihminen peittää itse osiaan, kuten kävellessä toinen jalka tai käsi on säännöllisesti muun vartalon takana. Yksi ongelma on myös kahden lähekkäin liikkuvan ihmisen erottaminen toisistaan. (Davies 2012, 579–581.)

Näiden ongelmien ratkaisuun on kehitetty erilaisia algoritmeja. Nykyiset kaupalliset ratkaisut ovat yleensä tehneet kompromisseja sen suhteen, että tunnistaminen ei ole täydellistä. Esimerkiksi tässä työssä käytetty Boschin videoanalyysi mahdollistaa ihmisen tunnistamisen vain pystyasennossa. (Bosch 2019d, 1–2.)

## 4 Koneoppiminen

### 4.1 Perusteet

Tavallisessa ihmisen tekemässä ohjelmoinnissa koneelle kerrotaan yksityiskohtaiset ohjeet niin kutsutulla jos-niin-ohjelmoinnilla. Siinä koneelle ohjelmoidaan: Jos tapahtuu tätä, niin tee seuraavaksi tämä toiminto. Kone osaa toimia oikein niissä toiminnoissa, jotka sille on opetettu. (Merilehto 2018, 19, 27–30.)

Yksinkertaistettuna koneoppiminen tarkoittaa sitä, että koneelle ei anneta selkeitä toimintaohjeita, vaan kone oppii oikeat toimintamallit saamansa datan avulla. Koneoppiminen on yksi tapa tehdä niin sanottua tekoälyä. Suurin osa nykyisistä tekoälysovelluksista pohjautuu koneoppimiseen. (Merilehto 2018, 19, 27–30.)

### 4.2 Koneoppimisen lajit

Koneoppiminen voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- ohjattu oppinen
- ohjaamaton oppiminen
- vahvistusoppiminen (Merilehto 2018, 19, 30).

Ohjatussa oppimisessa koneelle annetaan oppimateriaaliksi valmiiksi lajiteltua dataa, jossa dataan on lisätty tunnisteita. Näiden tunnisteiden ja varsinaisen opetusdatan avulla kone oppii tunnistamaan tunnisteiden mukaiset ominaisuudet datasta. Tällä tavoin kone voidaan opettaa esimerkiksi etsimään kuvasta jokin tietty hahmo tai esine. (Microsoft 2018.)

Ohjaamaton oppiminen tarkoittaa sitä, että opettamiseen tarkoitettu data ei ole lajiteltua, vaan koneen on tarkoitus oppia itse löytämään datasta samankaltaisuudet algoritminsa avulla. Ohjaamattoman oppimisen lopputulos on yleensä datan lajittelu eri ryhmiin ominaisuuksiensa mukaan. (Bonnin 2017, 10.) Esimerkki ohjaamattoman oppimisen sovellusta voisi olla ohjelma, joka lajittelee valokuvat sisällön mukaan.

Kolmas koneoppimisen malli on vahvistusoppiminen, jossa kone pyrkii löytämään suorittamaansa tehtävään optimaalisen suoritustavan. Oppiminen tapahtuu yrittämisen ja erehtymisen kautta, eli koneelle annetaan positiivista tai negatiivista palautetta sen mukaan, miten tehtävän



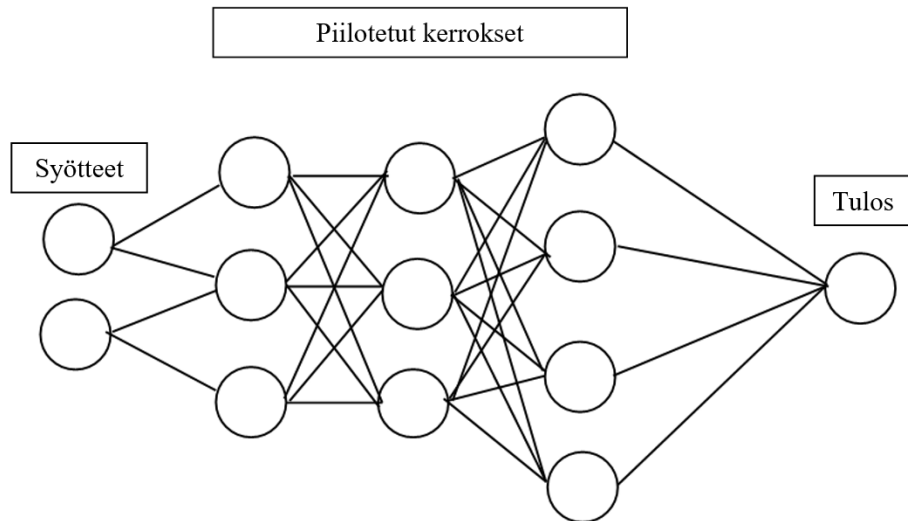
suorittaminen onnistui. Kone oppii virheistään ja löytää tavan suorittaa sille osoitetun tehtävän loppuun saakka oikealla tavalla. (Microsoft 2018.)

### 4.3 Syväoppiminen

Kun koneoppimista suoritetaan monitasoisten neuroverkkojen avulla, sitä kutsutaan syväoppimiseksi. Englanninkielinen termi syväoppimiselle on deep learning. Koneiden laskentatehon ja erilaisten algoritmien kehittyminen ovat vaikuttaneet syväoppimisen nopeaan kehittymiseen erityisesti 2010-luvulla. (Bonnin 2017, 171.)

Neuroverkkojen kehittäminen perustuu siihen, että ihmisaivojen toimintaa ollaan pyritty matkimaan koneella. Aivoissa käsitellään tietoa hermosoluista eli neuroneista muodostuvien verkostojen avulla. Tiedonsiirto perustuu hermosolun saaman syötteen, eli ärsykkeen, voimakkuuteen ja laatuun, jotka vaikuttavat yhdessä siihen, miten ja mihin tietoa käsitellään ja siirretään verkostossa. (Alpaydin 2016, 84–88.)

Neuroverkot koostuvat kuvion 1 mukaisesti syötteestä, yhdestä tai useammasta piilotetusta kerroksesta ja tulostasosta. Neuroverkkojen kehityksessä on ollut pyrkimyksenä kehittää saman tyyppinen verkosto kuin aivojen hermoverkot, joissa verkko saa yhden tai useamman syötteen ja sitä siirretään verkon eri solmukohtien, eli noodien, välillä solmukohdissa olevien sääntöjen mukaisesti. Piilotettujen kerroksien solmukohdissa syötteelle toteutetaan erilaisia tehtäviä, kuten laskentaa, jonka jälkeen syöte lähetetään seuraavalle solmukohdalle. (Alpaydin 2016, 84–88.)



Kuvio 1. Neuroverkko (soveltaen Suomen koodikoulu 2018, 22).

Jokainen neuroverkon taso lisää syötettävästä datasta saatavaa tietoa. Täten syötettävästä datasta saadaan esiin paljon yksityiskohtaista tietoa, jonka avulla voidaan tehdä älykästä päätelyä. Hyvänä esimerkkinä neuroverkkojen avulla toimivasta syväoppimisesta toimivat nykyiset kuvan sisältöä tunnistavat ja luokittelevat ohjelmistot. Niissä hahmon tunnistus etenee erilaisien neuroverkkojen kautta, missä ensin tunnistetaan esimerkiksi pikseleistä jokin hahmo, sitten mahdollisesti hahmon ääriviivat. Tarpeeksi monen neuroverkkotason jälkeen hahmo pystytään luokittelemaan tietyksi tunnetuksi hahmoksi. (Microsoft 2018.)

#### 4.4 Koneoppiminen osana konenäköä

Koneoppimisen ja erityisesti syväoppimisen kehitys on tuonut uusia mahdollisuuksia konenäön sovelluksiin. Syväoppimista on käytetty esimerkiksi hahmojen tunnistamiseen ja kuvien luokittamiseen. (Pietikäinen & Silven 2019, 134.) Tästä esimerkkinä toimii erilaisten hakukoneiden kuvahaut, joissa voidaan hakea kuvia yhden sanan tai vaikka lauseen avulla. Hakukone osaa näyttää tuloksena kyseiseen aihepiiriin liittyviä kuvia.

Koneoppimista hyödyntämällä osaan kameravalvonnan videoanalyysin haasteisiin on saatu apua. Suurimpana ongelmana sovelluksissa on kuitenkin syväoppimisen tarvitsema suuri datamäärä. Varsinkin ne kiinnostavimmat kameravalvonnan tapahtumat ovat yleensä sellaisia, joihin ei ole saatavissa tarpeeksi suurta määrää opetusmateriaalia. Tavallisesti opetukseen käytävä data on epätasapainoista, eli kiinnostavat tapahtumat ovat liian pienessä osassa datamäärästä. (Pietikäinen & Silven 2019, 135.)

Koneoppiminen on kuitenkin luonut paljon yksinkertaistettuna malleja, joita voidaan hyödyntää konenäön sovelluksissa. Esimerkiksi hahmontunnistus on saatu monissa tapauksissa tarpeeksi luotettavaksi käyttäen useita yksinkertaisia malleja yhdessä. Konenäköä ja koneoppimista yhdisteleviin sovelluksiin törmää arjessa yhä useammin. Muutamia esimerkkejä tällaisista sovelluksista ovat itsenäisesti ajavat autot, tekstinlukusovellukset, kasvojen ja ilmeiden tunnistus älypuhelimien kamerassa ja lääketieteessä automaattisessa kuvantamisen tulkinna. (Pietikäinen & Silven 2019, 139.)

## 5 Boliden Kokkola Oy:n kameravalvontajärjestelmä

### 5.1 Järjestelmä

Kohdeyritys käyttää kameravalvontajärjestelmänä Bosch Video Management System (BVMS) -ohjelmistoa. Käytössä on ohjelmiston versio 8.0, mutta uusin versio 10.1 on tulossa käyttöön tulevan vuoden aikana. Järjestelmän päivitys ei vaikuta merkittävästi tähän työhön, koska videoanalytiikan äly on rakennettu kamerasisään. Uusimpien videoanalytiikkaominaisuuksien käyttöön riittää, että kamera on oikeaa mallia ja sen firmware on ajan tasalla.

Kameravalvontajärjestelmään on kytketty noin 300 kameraa, joita voidaan katsoa työasemilla, joita on yhteensä 24 kappaletta. Työasemat on asennettu tehtaan tuotanto-osastojen valvomoihin, joissa yhteen työasemaan on kytketty yhdestä neljään näyttöä. Yhdessä näytössä voidaan näyttää yhtä tai useampaa kamerasisäistä kuvaa. Osassa valvomoista on useita erillisiä työasemia käytön sujuvoittamiseksi. Tuotanto-osastojen lisäksi työasemia on käytössä myös sähkö- ja automaatiokunnossapidon tukipisteissä.

Työasemien oikeuksia on rajattu niin, että tietyn tuotanto-osaston valvomossa pystyy seuraamaan vain kyseisen tuotanto-osaston kameroita. Se parantaa järjestelmän käytettävyyttä ja samalla myös yksityisyyden suojaa.

### 5.2 BVMS-ohjelmiston videoanalytiikka

Boschin valmistama kameravalvontajärjestelmä sisältää valmiita videoanalytiikkaominaisuuksia, jotka on kehitetty erityisesti alueen ja liikenteen valvontaan sekä rikostentorjuntaan. Bosch on päättänyt rakentamaan videoanalytiikan älyn suoraan kameraan. Se mahdollistaa videoanalytiikan tekemisen täydellä kuvanlaadulla reaaliaikaisesti. Se säästää verkon kapasiteettia, koska kuva voidaan pakata videoanalyysin jälkeen ja lähettää verkkoon pienempänä. Toinen verkkokapasiteettia säästävä mahdollisuus on lähettää hyvälaatuista kuvaa vain silloin, kun videoanalytiikka huomaa kiinnostavan tapahtuman. Muissa tilanteissa kamera lähettää verkkoon pakattua videota. (Bosch 2018.)

Videoanalyysi perustuu kamerasisästä videosta kerättävään metatietoon, joka sisältää kaikkia tunnistetuista ja seuratuista kohteista seuraavat tiedot:

- sijainti kuvassa
- maantieteellinen sijainti
- reitti
- kohteen muoto
- kohteen ääriviivat
- kohteen luokka (pystyssä oleva ihminen, pyöräilijä, henkilöauto tai kuorma-auto)
- koko
- nopeus
- suunta
- värihistogrammi. (Bosch 2016.)

Kameralle voidaan opettaa erilaisia tehtäviä pohjautuen metatietoon. Tehtävänä voi olla esimerkiksi tehdä hälytys liikkeestä tai tunnistetusta kohteesta tietyllä alueella tai haluttujen kohteiden laskenta kuvasta. Metatieto voidaan myös tallentaa videon mukana. Tämä mahdollistaa sen, että videoanalytiikan tehtäviä voidaan suorittaa myös tallennettuun videoon. Tallennetusta videosta voidaan hakea uusien tai olemassa olevien tehtävien kautta haluttuja tapahtumia. (Bosch 2016.)

### **5.2.1 EVA – Essential video analytics**

Essential video analytics on Boschin videoanalytiikan perustaso. Se on tarkoitettu pienille ja keskisuurille yrityksille yksinkertaisiin tehtäviin. Tällaisia tehtäviä voivat olla:

- kameraan kohdistuva ilkivalta
- liikkeen tunnistaminen
- kohteen luokittelu (pystyssä oleva ihminen, pyöräilijä, henkilöauto tai kuorma-auto)
- tunkeutumisen havaitseminen
- lisätty tai poistettu esine
- kohteiden laskenta. (Bosch 2019d.)

Essential video analytics on sisäänrakennettuna Bosch 4000–6000 -sarjojen kameroissa, jotka ovat CCP7- tai CCP7.3-sukupolvea (Bosch 2019d). Suurin osa kohdeyrityksen kameroista sisältää nämä ominaisuudet.

## 5.2.2 IVA – Intelligent video analytics

IVA on Boschin videoanalytiikan älykkäämpi versio. Se sisältää kaikki samat ominaisuudet kuin EVA. Niiden ominaisuuksien lisäksi mukana on parempi ympäristön olosuhteiden suodatus, joka tarkoittaa videoanalytiikan parempaa luotettavuutta ja vähemmän vääriä hälytyksiä tai tunnistuksia vesi- tai lumisateessa, tuulessa liikkuvan kasvillisuuden suodatuksen ja mahdollisuutta käyttää videoanalytiikkaa vesistöjen läheisyydessä. (Bosch 2019c.)

IVA tarjoaa suuremman tunnistusetäisyyden kuin EVA. Se mahdollistaa videoanalytiikan käytön suurella alueella, kuten parkkipaikoilla. Paremman älykkyyden avulla IVA pystyy esimerkiksi laskemaan ihmiset tarkemmin ruuhkassa, tunnistamaan vastavirtaan kulkevan liikkeen ja ottamaan kuvia kasvoista. (Bosch 2019c.) Kohdeyrityksen kameroista vain uusimmat sisältävät nämä ominaisuudet.

IVA-kameroissa on mahdollista opettaa tunnistettavia kohteita itse koneoppimisen avulla. Tätä ominaisuutta kutsutaan nimellä Camera Trainer. Se perustuu ohjattuun oppimiseen, jossa ohjelmalle opetetaan positiivisia ja negatiivisia näytteitä. Näiden näytteiden avulla kamera oppii tunnistamaan opetetun kohteen. (Bosch 2019b.)

Camera Trainerin opetettavan tunnistettavan kohteen rajoitukset ovat siinä, että kohde täytyy olla kuvassa aina samankokoisena ja samasta suunnasta kuvattuna. Esimerkiksi auton tunnistaminen onnistuu vain siitä kuvakulmasta, josta opetus on tehty. Jos opetus on tehty edestäpäin, ominaisuus ei osaa tunnistaa autoa sivusta. Lisäksi etäisyyden autoon pitää pysyä samana. (Bosch 2019b.)

## 5.3 Verkko

Kohdeyrityksen kamerrat on liitetty kamerajärjestelmään oman täysin erillisen Ethernet-verkon kautta. Verkko on rakennettu siten, että eri tuotanto-osastot on liitetty toisiinsa valokuiduin. Valokuituverkko on rakennettu osin rengasmaiseksi, jotta tiedonsiirto pysyy käynnissä, vaikka yksi kaapeli vaurioituisi. Osastoiden sisäiset verkot on rakennettu pääosin tähtiverkoksi.

Suurin osa kameroista käyttää erillistä virransyöttöä. Muutamiiin kymmeneen kameroon on kytketty PoE-virransyöttö. Power over Ethernet -tekniikan avulla virransyöttö saadaan tehtyä Ethernet-kaapelin kautta, mikä helpottaa asennusta, ja näkyy myös asennuksen kustannuksissa.

Kohdeyrityksessä erilliseen virransyöttöön on päädytty kohteissa, joissa vanha analoginen kamera on vaihdettu IP-kameraan ja erillinen virransyöttö oli jo olemassa.

Muutama kamera käyttää langatonta tiedonsiirtoa. Nämä kamerat sijaitsevat paikoissa, joihin kaapelointi on ollut haastava suorittaa. Lisäksi kohdeyrityksessä on vielä käytössä noin 40 vanhaa analogista kameraa, jotka on kaapeloitu koaksaalikaapelilla muuntimille, jotka muuttavat analogisen signaalin digitaaliseksi.

#### **5.4 Kamerat**

Kaikki uudet kamerat, jotka on asennettu kohdeyritykseen, ovat Boschin valmistamia. Tehtaalla on käytössä kaikkia luvussa 2 mainittuja kameratyyppejä. Kiinteät kamerat on asennettu paikkoihin, joissa valvottava kohde on aina nähtävä kameran kuvassa. Kupukamerat ovat yleiskameroita, joilla voidaan valvoa isoa aluetta. PTZ-kameroita on käytössä ulkoalueilla, joilla valvottava alue on erityisen suuri tai kuvaa on haluttu kuvata kameran horisontin yläpuolelta.

Valvontakameroita on yhteensä noin 300 kappaletta. Ne jakautuvat tasaisesti tehtaan eri tuotanto-osastoille. Karkeasti ottaen noin puolet kameroista on kiinteitä kameroita ja toinen puoli liikuteltavia. Selkeästi suurin osa liikuteltavista kameroista on kupukameroita, mutta asennettuna on myös muutama PTZ-kamera. Suurin osa kameroista ei ole tallentavia, koska kohdeyritys ei ole halunnut kerätä turhaan henkilötietoja. Tallentavat kamerat kuvaavat tuotantolaitteita, kuten robottisoluja. Niiden tarkoitus on tuoda lisäarvoa kunnossapidolle, jolloin koneissa aiheutuneita vikatilanteita voidaan tutkia jälkikäteen tallennetun videon avulla ja löytää mahdollinen juurisyy tapahtuneelle.

Suurin osa kameroista on iältään ja tyypiltään sellaisia, että niissä on mahdollista käyttää vain EVA-tason videoanalytiikkaominaisuuksia. Uusimmat kamerat sisältävät mahdollisuuden käyttää älykkäämpää videoanalytiikkaa ja koneoppimista. Kohdeyritys on päättänyt, että kaikki tulevat uudet kamerat tilataan siten, että ne sisältävät nämä uudet ominaisuudet.

#### **5.5 Kommunikointi muihin järjestelmiin**

Kameravalvontajärjestelmä on mahdollista liittää muihin tieto- ja ohjausjärjestelmiin. Se mahdollistaa uusien toimintojen käyttöönoton. Kohdeyrityksessä on ajatuksena hyödyntää kommunikointia ainakin kameravalvontajärjestelmän ja prosessiautomaatiojärjestelmän välillä.

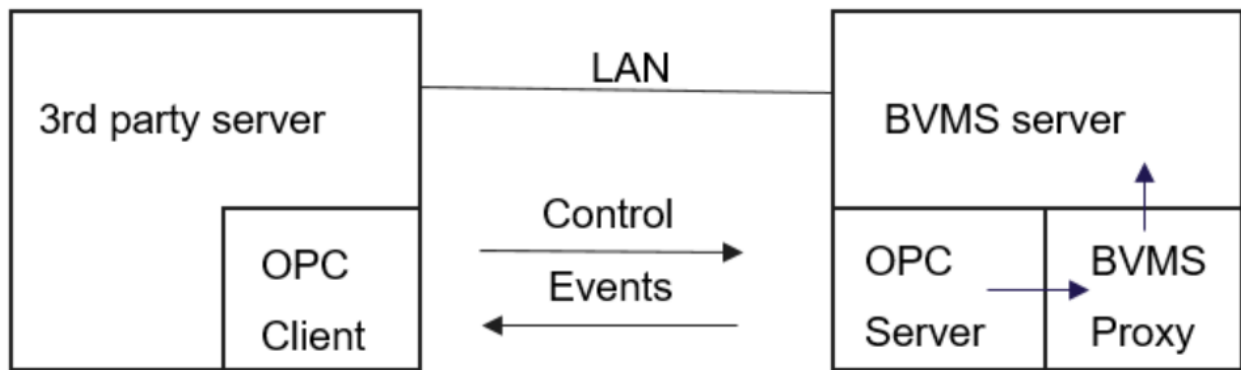
Järjestelmien välinen kommunikointi mahdollistaa järjestelmien käytettävyyden parantamisen ja tiettyjen operaattorin tekemien toimintojen automatisoinnin. Kohdeyrityksessä on mietitty muutamia esimerkkitapauksia, joissa kommunikoinnista voisi olla selkeää hyötyä valvomossa työskenteleville operaattoreille.

Yksi mahdollinen sovellus järjestelmien välisen kommunikoinnin käyttöön voisi olla kaasuhälytys. Kohdeyrityksen tuotanto-osastolla on käytössä kiinteitä kaasumittauksia arseenivedyn, rikkivedyn ja hapen tunnistamiseen. Nykyisessä tilanteessa operaattori huomaa prosessiautomaatiojärjestelmästä tai hälytysäänestä kaasuhälytyksen ja alkaa sen jälkeen etsiä oikeita kameroita, jotka kuvaavat vaara-alueita. Kommunikointia hyödyntämällä automaatiojärjestelmä voisi lähettää kameravalvontajärjestelmälle tiedon, missä kohteessa kaasuhälytys on aktivoitunut. Tällöin kameravalvontajärjestelmän näyttöihin voisi automaattisesti aukaista kuvat kyseessä olevan kohteen lähellä olevista kameroista ja alueen liikuteltavat kamerat voisivat automaattisesti kääntyä vaara-alueita kohti. Tämä toiminto parantaisi turvallisuutta, koska vaara-alueella olevat ihmiset voitaisiin havaita nopeasti.

Hyötyjä voisi saada myös erilaisissa tuotantolaitteiden tilanteissa, jotka on mahdollista tunnistaa videoanalytiikan avulla. Jos kameravalvontajärjestelmä tunnistaa esimerkiksi tilanteen, jossa tuotannossa oleva säiliö alkaa vuotamaan tai tulemaan yli, siitä voisi tulla hälytys suoraan prosessiautomaatiojärjestelmään. Tällöin kamera voisi korvata tai parantaa olemassa olevaa perinteistä instrumentointia. Parhaassa tapauksessa valvontakameran tekemä havainto voisi ohjata automaattisesti kyseisen säiliön pumppua tai venttiiliä. Tämä nopeuttaisi reagointia ja mahdollistaisi jopa automaattiset varotoiminnot tämän tyyppisiin vaaratilanteisiin.

Kommunikointitekniikkana eri järjestelmien välillä toimii OPC (Open Platform Communications). Kuten kuviosta 2 näkee, BVMS toimii OPC-palvelimena. Sen avulla kamerajärjestelmä voi lähettää hälytyksiä ja tapahtumatietoja ja vastaanottaa ohjaustietoja. Kommunikointi kulkee järjestelmästä toiseen lähiverkkoa pitkin.





Kuvio 2 Kommunikointi järjestelmien välillä OPC:n avulla (soveltaen Bosch 2017, 5).

Yksittäisen binääritiedon siirto on mahdollista tehdä myös kameraan sisäänrakennetun I/O-liitännän tai järjestelmään lähiverkon kautta liitettävän I/O-yksikön kautta. Siinä yksittäinen hälytys siirretään omaa kaapeliaan pitkin kameran ulostulon kautta ohjausjärjestelmän sisäänmenoon.

## 6 Testikohteet

### 6.1 Kohteiden valinta

Kohdeyrityksessä päätettiin tutkia älyn lisäämistä kameravalvontajärjestelmään toteuttamalla videoanalytiikan avulla viisi erilaista testikohdetta. Kohteet valittiin siten, että ne antaisivat mahdollisimman laajan kuvan videoanalytiikan mahdollisuuksista. Tarkoitus oli valita erilaisia testiympäristöjä, joista osa sijaitsee sisätiloissa ja osa ulkona. Osa kohteista oli helpompia, ja niihin löytyi muualta olemassa olevia sovellutuksia. Mukaan pyrittiin ottamaan myös sellaisia kohteita, joissa videoanalytiikan käyttö ei ole tavanomaista.

Kohteiden valinta tehtiin silmällä pitäen mahdollisia tulevia sovelluskohteita. Videoanalyysiominaisuuksista päätettiin kokeilla ihmisen ja auton tunnistusta, lisätyn tai poistuvan tavaran tunnistamista, koneoppimisella opetetun kohteen tunnistamista ja tuntemattoman kohteen aiheuttaman liikkeen tunnistamista. Näille ominaisuuksille löytyy valmiita sovelluskohteita, ja ne antavat tarpeeksi laajan kuvan älykkäistä ominaisuuksista, jotta esittelymateriaalin nähnyt osaa muodostaa kuvan kameravalvontajärjestelmän mahdollisuuksista.

### 6.2 Säiliöauton tunnistus

Ensimmäisessä testikohteessa on tarkoitus tunnistaa säiliöauto, joka tulee täyttämään happosäiliötä. Ajatuksena on saada operaattorille tieto, milloin auto tulee täyttöpaikalle. Koska kemikaalien käsittelyssä on suuret riskit, halutaan säiliön täytön yhteydessä valvoa henkilö- ja ympäristöturvallisuutta. Auton automaattinen tunnistus helpottaisi operaattorin työtä, kun hänen tarvitsi katsoa kyseistä kameraa vain silloin, kun siellä on säiliöauto paikalla ja työntekijä työskentelee vaarallisten kemikaalien kanssa.

#### 6.2.1 Haasteet

Testikohde sijaitsee ulkona, joten haasteena on ympäristön olosuhteiden vaihtelu. Yleisin ongelma on se, että valaistus vaihtuu jatkuvasti. Lisähaastetta tuovat monipuoliset sääolosuhteet. Talvella ja kesällä ympäristö näyttää hyvin erilaiselta ja sen lisäksi säiliöauto pitäisi tunnistaa myös vesi- ja lumisateessa. Autoja on myös usean värisiä ja muutkin ominaisuudet auton ulkonäössä voivat muuttua.

Yksi haaste on myös se, että kyseisellä paikalla saattaa pysäköidä myös huoltoautoja, joita ei tarvitse tunnistaa. Alueella liikkuu ihmisiä kävellen ja pyöräillen sekä lisäksi trukkeja ja muita työkoneita. Nämä eivät saisi aiheuttaa ylimääräisiä hälytyksiä, jotta operaattoreiden luottamus kameran tekemään hälytykseen pysyisi korkealla tasolla.

### 6.2.2 Toteutus ja tulokset

Kohdetta kuvaavan kameran videoanalytiikassa on valmiina mahdollisuus tunnistaa ja erotella kuva-alueella liikkeessä olevat kohteet. Valmiita algoritmeja on pystyssä olevan ihmisen, pyöräilijän, henkilöauton ja kuorma-auton tunnistamiseen ja erottamiseen ja niiden liikeradan seuraamiseen. Lisäksi koneoppimisominaisuudella on mahdollista opettaa tunnistettava kohde itse.

Tässä testikohteessa päätettiin käyttää hyväksi kamerassa valmiina olevaa kuorma-auton tunnistamista. Tämän avulla pienemmät kohteet, kuten trukit ja pakettiautot eivät aiheuta virheellisiä hälytyksiä.

Testikohdetta kuvaa liikuteltava kupukamera. Kameralle asetettiin asento, jossa molemmat säiliöauton paikat näkyvät, mutta lähellä oleva kulkuväylä ei näy. Näin poistettiin mahdollisuus tunnistaa tiellä kulkeva kuorma-auto. Aina, kun videoanalyysi on käytössä, kameran asento on lukittuna tähän tallennettuun asentoon. Jos kameralla halutaan kuvata muuta kohdetta, videoanalyysi on poistettava käytöstä.

Jotta kamera pystyi erottamaan eri kohteet toisistaan, piti ottaa käyttöön 3D-tunnistusominaisuus. Sen käyttöönotto vaati kameran kalibroinnin. Se tarkoittaa sitä, että kameralle määritetään kameran asennuskorkeus maantasosta, muut kalibrointiin tarvittavat parametrit saadaan kameraan asennetun anturoinnin avulla. Korkeuden määrittäminen osoittautui todella tärkeäksi vaiheeksi tässä testikohteessa.

Ensimmäiseksi kameran korkeus arvioitiin silmämääräisesti. Arvioidulla asennuskorkeudella kamera ei tunnistanut kuvasta kuorma-autoja ollenkaan. Kohteessa käyneet säiliöautot kameran valmiit algoritmit tunnistivat henkilöautoiksi. Se johtui väärin määritetystä asennuskorkeudesta. Kameran asennuskorkeus käytiin mittaamassa ja huomattiin, että arvioitu korkeus oli 2,5 metriä liian matala. Oikea asennus korkeus kohteessa on 12,5 metriä. Kalibroinnin korjauksen jälkeen algoritmi tunnistasi säiliöautot kuorma-autoiksi, kuten voidaan nähdä kuvassa 4. Siinä

säiliöauto on ympäröity punaisella viivalla ja merkitty kuorma-autoa kuvaavalla lipulla. Punainen viivan väri kertoo hälytyksen aiheuttaman kohteen tunnistamisesta. Jos videoanalyysi tunnistaa jonkin muun kohteen, kuten henkilöauton, viivan väri on keltainen ja tunnistelippu on erilainen. Kuvassa 4 oleva toinen säiliöauto on ollut pitkään paikallaan, joten sen tunnistaminen on tapahtunut jo aiemmin. Sama koskee myös kuvassa näkyvää kaivinkonetta. Sen tullessa kohteeseen videoanalyysi tunnisti kaivinkoneen henkilöautoksi, mutta koneen ollessa pysähtyneenä se muuttuu osaksi taustaa. Tunnistuksen näytävä ääriiviiva poistuu siihen asti, kunnes kohde taas lähtee liikkeelle.



Kuva 4. Säiliöauton tunnistaminen.

Testikohteesta saatiin monipuolista testimateriaalia kahden viikon mittaisella testijaksolla. Koska kohde sijaitsee ulkona ja testiajankohta oli kevät, testiaikana oli monenlaista sääolosuhdetta. Välillä maa oli valkoisena lumesta ja toisina päivinä maa oli sulaa. Tuloksena voidaan todeta, että kameran valmis kuorma-auton tunnistaminen toimi testikohteessa luotettavasti, kunhan kameran korkeus oli oikein määritetty. Korkeuden uudelleen määrittämisen jälkeen ei havaittu virheitä tunnistuksessa. Alueella liikkuneet työkoneet ja huoltoautot suodattuivat hyvin pois kalibroinnin ja aluerajauksen ansiosta. Testikohteessa käyneiden säiliöautojen määrä vaihteli kahdesta viiteen autoon päivässä. Näiden autojen väri ja ulkomuoto vaihtelivat, mutta ne eivät tuottaneet ongelmia tunnistukseen. Myöskään luminen tai sulaa maa eivät aiheuttaneet ongelmia. Testiaikana sääolosuhteet muuttuivat auringonpaisteesta vesisateeseen. Vesisade

ei aiheuttanut virheellisiä hälytyksiä. Testiaikana ei ollut sankaakaan lumisadetta tai sumua, joten luotettavuus näissä hankalissa olosuhteissa jäi varmistamatta.

### 6.3 Sinkkiharkon tunnistus

Tämä testikohde kuvaa tuotantolinjaa, jossa valetaan sinkkiharkkoja. Linjalla valmistetaan kahdenlaisia harkkoja. Harkoista koottavan nipun pohjalle asetetaan niin sanotut jalkaharkot, jotta harkkonippuja voidaan liikuttaa trukeilla. Näiden jalkaharkkojen päälle kootaan normaaleja jalattomia harkkoja.

Ajatuksena on kokeilla, pystyykö videoanalytiikan ja koneoppimisen avulla tunnistamaan sinkkiharkon luotettavasti ja nopeasti. Jos tunnistaminen on luotettavaa, kamera voisi tehdä hälytyksen operaattorille tuotantolinjalle tulleesta ruuhkasta. Parhaassa tapauksessa kameran antama tieto voisi ohjata suoraan tuotantolinjaa.

Yksi sovellusmahdollisuus on myös se, että videoanalyysin tekemällä harkkojen tunnistuksella voisi korvata nykyiset laseranturit, jotka tunnistavat harkkojen olevan robotin poimimispaikalla. Nämä anturit vaativat tarkkaa säätämistä ja aiheuttavat vikaantuessaan tuotantolinjan pysähtymisiä. Jos harkot pystytään tunnistamaan videoanalyysin avulla luotettavasti, voisi kamera ohjata suoraan robottia. Sillä tavoin voitaisiin parantaa tuotantolinjan toimintavarmuutta.

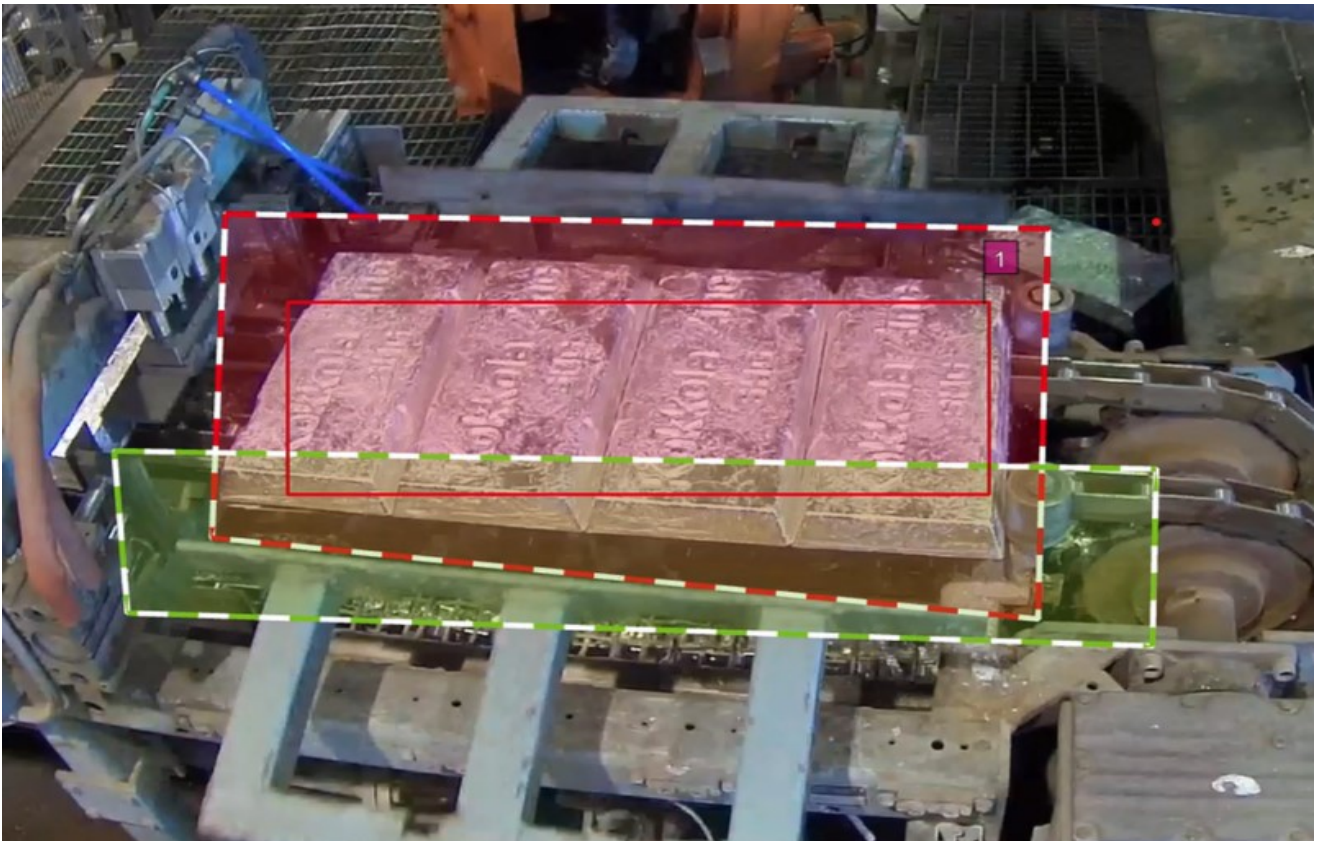
#### 6.3.1 Haasteet

Tämä kohde on lähimpänä perinteisellä konenäöllä tehtävää sovellusta. Haasteena on se, että perinteistä konenäköä tehtäessä kiinnitetään paljon huomiota siihen, että tunnistettavan kohteen ympäristö ja olosuhteet vakioidaan mahdollisimman hyvin. Tässä tapauksessa haluttiin käyttää tavallista kameravalvonnan kameraa, jolla seurataan robotin työskentelyaluetta. Tämän vuoksi kameran kuvaamaa ympäristöä ei alettu muokkaamaan.

Toinen haaste on se, että harkkojen pinnanlaatu vaihtelee paljon. Osalla harkoista pinta on hyvin kiiltävä, lähes peilimäinen. Osa taas on lähempänä mattapintaa. Kiiltävä pinta on ollut haasteena aiemmin harkkojen tunnistuksessa, jota on tehty esimerkiksi laserantureilla. Videoanalyysin kannalta kiiltävä pinta saattaa aiheuttaa ongelmia, koska sen aiheuttamat heijastumat haittaavat kuvausta ja kappale näyttää erilaiselta riippuen kiiltävän alueen asennosta kameraan nähden.

### 6.3.2 Toteutus ja tulokset

Toisin kuin muissa testikohteissa, tässä ei voitu käyttää kamerassa valmiina olevia tunnistus-algoritmeja. Tässä kohteessa päätettiin käyttää kamerassa olevaa koneoppimiseen pohjautuvaa Camera Trainer -sovellusta. Siinä kameralle opetetaan kohde, joka halutaan tunnistaa, tekemällä opetusta erilaisten kuvien avulla.



Kuva 5. Sinkkiharkkojen tunnistaminen.

Ensimmäiseksi kuvasta rajattiin alueet (ROI, Region of Interest), joilla tunnistukset haluttiin tehdä. Tavalliset sinkkiharkot tunnistetaan kuvassa 5 näkyvältä alueelta, joka on rajattu puna-valkoisella katkoviivalla. Vihreävalkoisella katkoviivalla rajattu suorakaide on alue, josta tunnistetaan jalallinen sinkkiharkko. Tässä kohteessa tunnistusalue oli tuotantolinjan kohta, josta robotti käy poimimassa neljä harkkoa nipun kokoamista varten. Jalkaharkkojen tunnistusalue rajattiin kohtaan, jossa erot tavalliseen harkkoon erottuvat parhaiten. Tunnistusalue (ROI) näkyy

kuvassa vihreänä, jos kuvassa ei ole tunnistettua kohdetta. Alue muuttuu punaiseksi, kun kohde tunnistetaan alueen sisällä.

Tämän jälkeen alettiin syöttää dataa koneoppimista varten. Ensin kameran kuvasta rajattiin haluttu kohde, eli määritettiin tunnistettavan kohteen koko. Tämä alue näkyy kuvassa 5 punaisella viivalla rajattuna suorakaiteena. Videoanalytiikan tunnistama kohde näytetään kuvassa punaisella ääriiviivalla rajattuna, jos tunnistukseen on yhdistetty hälytyksen tekeminen. Kohteen rajat näkyvät keltaisena, jos kohde on tunnistettu, mutta sille ei ole määritetty hälytystä. Kohteen rajauksen jälkeen kameralle opetettiin kuvia, joissa oli juuri se haluttu tunnistettava kohde, eli positiivinen näyte. Tässä tapauksessa se oli neljä harkkoa nipussa robotin poiminta-alueella. Lisäksi opetettiin sellaisia kuvia, joissa haluttua kohdetta ei ollut, eli negatiivinen näyte. Sama opetusdatan syöttäminen tehtiin molemmille tuotteille erikseen.

Opettamisen aluksi huomattiin, että Camera Trainer -sovellukselle pystyy opettamaan kuvasta vain suorakaiteen muotoisia alueita. Sinkkiharkot ovat suorakaiteen muotoisia, mutta kamera kuvasi poiminta-aluetta vinosti, joten harkkoja ei saanut mahtumaan opetettavan suorakulman sisään. Joko opetettava alue oli vain pieni osa harkkoa tai sitten opetettavan alueen sisälle jäi paljon muutakin kuin sinkkiharkkoa. Ongelma päätettiin korjata muokkaamalla kameran asennusta niin, että se kuvaa mahdollisimman kohtisuoraa kuljetinta kohti.

Tavallisten sinkkiharkkojen tunnistus oli sopiva kohde koneoppimisen kokeilemiseen, koska tuotannon ollessa käynnissä neljän sinkkiharkon nippuja tulee jatkuvasti tunnistusalueelle. Näin voitiin opettaa helposti paljon positiivisia näytteitä, joissa tunnistettavan kohteen ominaisuudet, kuten pinnanlaatu vaihtelivat. Samalla koneelle opetettiin negatiivisia näytteitä, joissa tunnistusalue oli joko kokonaan tyhjä tai sitten siinä oli yhdestä kolmeen sinkkiharkkoa.

Jalkaharkkojen opettaminen oli samanlaista kuin tavallisten sinkkiharkkojen, mutta aikaa kului huomattavasti enemmän. Jalkaharkkoja käytetään vain nipun pohjimmaisessa kerroksessa, jonka päälle asetetaan 9 kerrosta tavallisia sinkkiharkkoja. Tämä tarkoittaa, että vain joka kymmenes robotin poiminta-alueelle tuleva neljän sinkkiharkon ryhmä on jalkaharkkoja. Tämän vuoksi opetusdatan kerääminen jalkaharkkojen opettamiseen oli huomattavasti hitaampaa.

Sinkkiharkkojen tunnistus todettiin luotettavaksi siinä vaiheessa, kun positiivisia näytteitä oli opetettu noin 40 kappaletta ja negatiivisia noin 300. Luotettavuus todettiin seuraamalla tunnistamista sadan tunnistuksen verran. Näistä tunnistuksista 90 oli tavallisia sinkkiharkkoja ja 10 jalkaharkkoja. Seurannan aikana tunnistuksessa ei ollut virheitä.

Tavallisten harkkojen opettamiseen meni aikaa kaikkineen noin kaksi tuntia. Jalkaharkkojen opettaminen tehtiin tavallisten sinkkiharkkojen jälkeen, jolloin ohjelman käyttö oli jo sujuvaa. Tämän vuoksi jalkaharkkojen opettamiseen ei kulunut kymmenkertaista aikaa, vaikka opetusdatan kerääminen oli hitaampaa. Ohjelman käyttö on nopeaa ja sujuvaa, mutta se vaatii paljon mahdollisuuksia positiivisten ja negatiivisten näytteiden saamiseen. Ohjekirjan mukaan luotettavuus saavutetaan muutamasta näytteestä muutamaan sataan näytteeseen riippuen paljon kohteesta ja sen ympäristöstä ja olosuhteista (Bosch 2019b).

Koneoppimisella tehtävä kohteen opetus todettiin hyväksi ominaisuudeksi, joka lisää huomattavasti videoanalytiikan käyttökohteita. Kameran valmiit tunnistusalgoritmit on tehty alue- tai liikenteenvalvontaa varten, mutta itse opetetut kohteet tuovat samat mahdollisuudet muihin tilanteisiin. Tämän ominaisuuden myötä videoanalyysin mahdollinen käyttö prosessinvalvontaan nousee uudelle tasolle.

Camera Trainer -ominaisuuden opettaminen oli nopeaa ja helppoa, jos kuvauskohteessa tapahtuu usein tilanteita, joissa saa positiivisia ja negatiivisia näytteitä. Hankalampi tilanne on tunnistaa tapahtumia, jotka toistuvat vain harvoin, ja opetusmateriaalia on vähän saatavilla.

## **6.4 Siisteyden tarkastaminen**

Tuotanto-osastojen siisteys vaikuttaa suoraan turvallisuuteen. Erityisesti kulkuväylille jätetyt tavarat ovat monessa tapauksessa turvallisuusriski. Tuotantolaitoksessa on paljon sellaisia paikkoja, jossa ei saa säilyttää ylimääräistä tavaraa. Näitä ovat esimerkiksi pelastustiet sekä muuntamoiden ja hätäsuihkujen edustat. Tässä testikohteessa on tarkoitus valvoa tuotanto-osastolla olevaa tilaa ja hälyttää, jos alueelle jätetään ylimääräistä tavaraa pidemmäksi aikaa.

### **6.4.1 Haasteet**

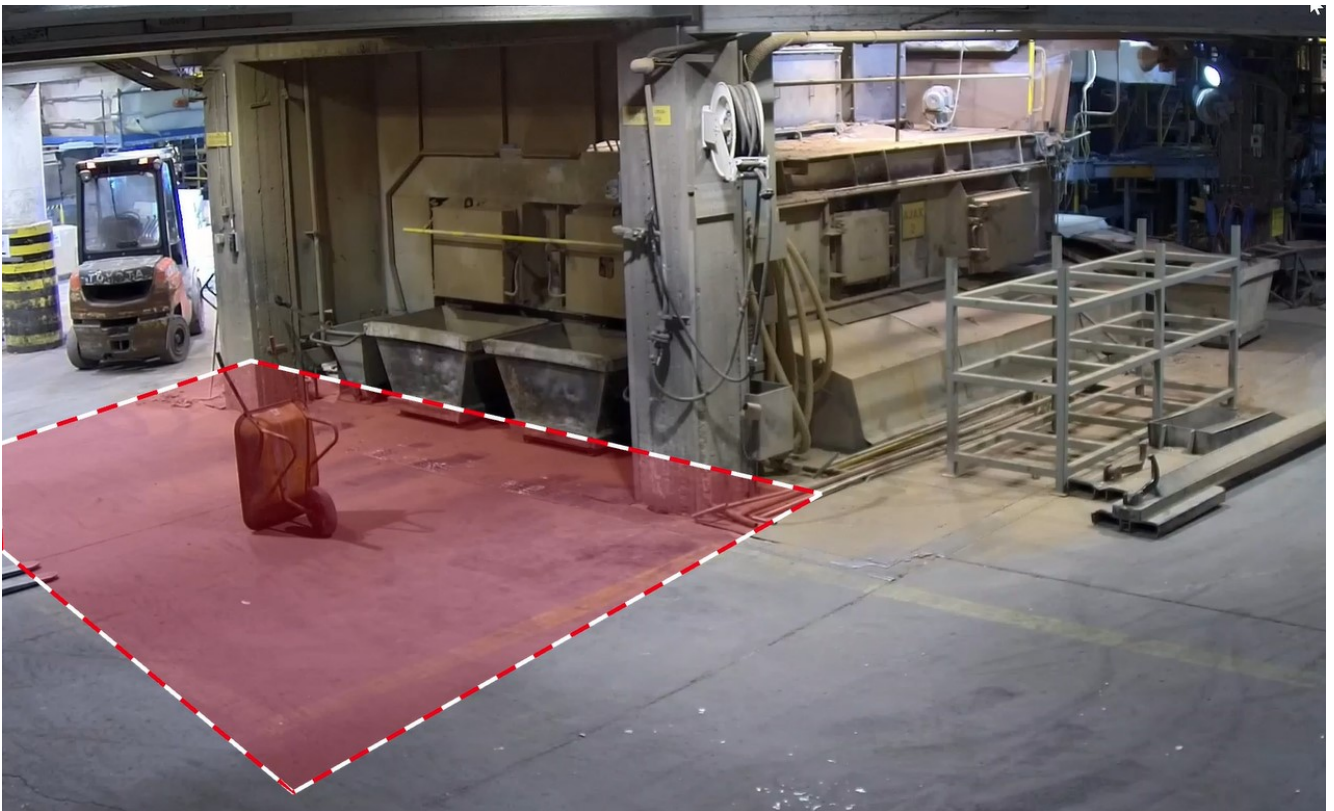
Siisteyden tarkastamisen haasteet ovat siinä, miten erottaa kuvasta alueelle kuuluvat esineet niistä, jotka eivät kuulu. Samoin haasteeksi voivat muodostua ihmiset, jotka liikkuvat tai jäävät



paikalleen tunnistusalueelle joksikin aikaa. Sisätiloissa tapahtuva tarkastus ei ole yhtä altis ympäristön olosuhteiden, kuten valaisuuden muuttumiselle. Alueen ympäristön muuttuminen on kuitenkin mahdollista esimerkiksi rakennus- tai huoltotöiden ajaksi. Jos kameralle opetetaan alueen tausta, josta tunnistetaan ylimääräiset esineet, taustan opettaminen uudestaan aina sen muuttuessa tulee työllistämään paljon.

#### 6.4.2 Toteutus ja tulokset

Siisteyden tarkastukseen päätettiin kokeilla algoritmia, joka tunnistaa tunnistusalueelle jätetyn esineen. Testikohteeksi päätettiin ottaa kohdeyrityksen Valimossa oleva uunin edusta. Kyseinen kohde rajattiin kuvassa 6 näkyväksi punavalkoisella katkoviivalla rajatutuksi tunnistusalueeksi. Tunnistuksesta suodatettiin pois kaikista pienimmät kappaleet, jotta välttyttiin ylimääräisiltä ja virheellisiltä hälytyksiltä.



Kuva 6. Alueelle jätetyn esineen tunnistaminen.

Kamerassa valmiina oleva Idle objects -toiminto osaa suodattaa videoanalytiikasta pois ihmiset ja muut liikkuvat asiat. Se myös ymmärtää tilanteen, jossa ihminen tuo tunnistusalueelle mukanaan esineen, ja tekee hälytyksen vasta sitten, kun ihminen poistuu tunnistusalueelta jättäen

esineen alueelle. Hälytyksen algoritmi tekee vasta sitten, kun jätetty esine on ollut tunnistusalueella ennalta määrätyn ajan.

Testikohteessa algoritmia testattiin muun muassa sillä, että ihminen vei alueelle kottikärryt. Kun ihminen lähtee pois tunnistusalueelta jättäen kärryn alueelle, tekee videoanalytiikka hälytyksen kymmenen sekunnin kuluttua. Videoanalytiikka näyttää tarvittaessa myös sen kohteen ääriiviivat, mikä kuvaan on jätetty. Toinen testattu esine oli palosammuttimia sisältänyt kärry.

Ominaisuus toimi pääosin hyvin. Ongelmia esiintyi kottikärryn tunnistuksessa. Ongelmat johduvat todennäköisesti siitä, että kottikärryt olivat hyvin samanväriset kuin ympäröivä tila. Videoanalytiikka huomasi kottikärryt aina, jos ne nostettiin kuvan 6 mukaiseen pystyasentoon, mutta normaalissa kuljetusasennossa tunnistus oli satunnaista. Kottikärryjen tunnistusta keuhkettiin noin 30 kertaa. Näistä testitunnistuksista kolmasosassa kottikärryt nostettiin pystyasentoon. Sammutinkärryt videoanalyysi tunnisti luotettavasti asennosta tai kärryjen jättöpaikasta riippumatta. Sammutinkärryn tunnistusta testattiin noin 10 kertaa. Kamera ei hälyttänyt tilanteissa, joissa ihminen oli esineen lähellä, joten kohteessa voi työskennellä ilman virheellisiä hälytyksiä. Myöskään kohteessa liikkuvat trukit eivät aiheuttaneet hälytyksiä.

Samanlaisia kohteita, joihin ei saa jättää ylimääräistä tavaraa, on tehtaalla useita. Näitä kohteita ovat esimerkiksi sähkökaappien, muuntamoiden ja hätäsuihkujen edustat. Kyseinen ominaisuus voisi olla hyvin hyödyllinen, jos alueella on jo asennettu kamera kuvaamaan kyseistä aluetta. Kyseinen ominaisuus vähentäisi tarvetta operaattoreiden tekemille siisteyskiertoille tai kierroksilla voitaisiin keskittyä muihin kuin kameroilla valvottaviin alueisiin.

Kamerassa on myös valmis algoritmi kuvasta poistetun esineen huomaamiseen. Se toimii muuten samalla lailla kuin Idle objects, mutta algoritmi tunnistaa kuvasta pois otetun esineen. Tämän voisi ottaa käyttöön tekemään hälytyksiä, kun palosammutin tai defibrilaattori on poistettu paikaltaan. Sillä voitaisiin saada nopeasti tieto valvomoon, että alueella on tapahtunut normaalista poikkeava tilanne.

## 6.5 Ihmisen havaitseminen

Tässä kohteessa on tarkoitus havaita ihminen, kun hän tulee kuva-alueelle ja tehdä hälytys siinä tilanteessa, kun ihminen menee ennalta määritetylle alueelle. Testikohteen kamerana on sama kuin siisteyden tarkastuksessa. Uunin edusta on mahdollisesti vaarallinen paikka, joten

ihmisten ei pitäisi oleskella alueella. Muita mahdollisia kohteita ihmisen havaitsemiselle ovat vastaavat vaaralliset työympäristöt ja tilanteet, joissa ihmisen yksintyöskentelyä pitää valvoa.

Yhdeksi testikohteeksi valikoitui ihmisen havaitseminen, koska sille on selkeitä käyttökohteita tehdasympäristössä. Se tukee selkeästi kameravalvonnan yhtä perustehtävää eli turvallisuuden parantamista. Samoin operaattoreiden työtä voidaan helpottaa tuottamalla videoanalyysin avulla tietoa tuotanto-osastolla työskentelevistä ihmisistä.

### **6.5.1 Haasteet**

Testikohteen alueella työskennellään trukkien avulla, joten videoanalyysin pitäisi osata erottaa trukkien liike ihmisestä. Alueen toinen haaste on pöly, jota saattaa olla pintojen lisäksi myös ilmassa liikkuvina pölypilvinä. Pölyn aiheuttama liike kuvasta saattaa aiheuttaa virheellisiä tulokintoja videoanalyysiin.

Alueella liikkuu ihmisiä jonkin verran, mutta alueella oleskelua pyritään välttämään erityisesti tietyissä tuotannollisissa tilanteissa. Jotta videoanalytiikka ei tekisi jatkuvasti hälytyksiä, alueen läpi kulkeminen pitäisi olla mahdollista ilman hälytystä. Hälytys pitäisi tehdä vasta tilanteessa, jossa alueelle jäädään pidemmäksi aikaa.

### **6.5.2 Toteutus ja tulokset**

Kohteen ohjelmointi aloitettiin kalibroimalla kamera eli asettamalla kameran asennuskorkeus ja objektiivin tiedot ohjelmaan. Lisäksi kameran sisäänrakennetun kiihtyvyyssanturin avulla kalibrointiin saadaan tieto kameran asennuskulmasta. Kalibroinnin jälkeen otettiin käyttöön 3D-seuranta, joka mahdollistaa ihmisen tunnistamisen.

Kalibroinnin jälkeen kameralle määritettiin tehtävä. Kameran tehtävässä määriteltiin kuvassa 7 näkyvä tunnistusalue, jolle meneminen aiheuttaa hälytyksen. Hälytys ihmisen saapumisesta alueelle tehdään silloin, kun tunnistetun kohteen alimmainen osa tulee rajatun alueen sisälle. Muita vaihtoehtoja olisi ollut kohteen keskikohdan saapuminen alueelle, kohteen oleminen alueella kokonaan tai kohteen jonkin osan koskettaessa alueen rajaa.

Koska alueella liikkuu jonkin verran ihmisiä, hälytykseen päätettiin lisätä viivettä. Käytännössä viiveen lisääminen tarkoitti sitä, että rajatun tunnistusalueen läpi voidaan kävellä ilman hälytystä, mutta alueelle pysähtyminen aiheuttaa hälytyksen. Tämä poisti ylimääräisiä hälytyksiä testikohteesta. Toinen mahdollinen ratkaisu ylimääräisten hälytyksien poistoon olisi tuoda kameralle tieto tilanteesta, jossa alueella on erityisvaaroja. Videoanalyysi on mahdollista ottaa käyttöön pelkästään tämän tiedon tullessa kameralle.



Kuva 7. Ihmisen havaitseminen.

Ihmisen havaitsemista kokeiltiin noin 50 kertaa. Suurimmalla osalla kerroista kuvassa oli vain ihminen tai ihmisiä. Viidesosassa testikerroista kuvassa oli myös trukki tai muu työkone. Ihmisen havaitseminen kuvasta onnistui luotettavasti heti kalibroinnin ja tunnistusominaisuuden käyttöönoton jälkeen. Tunnistusalueella liikkuvat ja työskentelevät trukit eivät aiheuttaneet turhia hälytyksiä. Ihmisen havaitseminen toimi myös silloin, kun ihminen kantoi tavaraa tai työnsi kottikärryjä. Ainoa virhe ihmisen havaitsemisessa oli tilanne, jossa kuvassa oli monta ihmistä tiiviissä ryhmässä ja osittain toistensa takana. Tällöin videoanalyysi tunnisti kaksi ihmistä yhdeksi.

Ihmisen havaitsemisella kuvasta voidaan helpottaa operaattoreiden työskentelyä tekemällä hälytyksiä kohteista, joissa halutaan valvoa ihmisen työskentelyä. Silloin kyseisen kohteen kameran kuvan ei tarvitse olla näkyvillä koko aikaa, vaan vain tarvittaessa. Lisäksi ominaisuuden voi yhdistää laskentatehtävään, jolloin on mahdollista seurata esimerkiksi rakennuksessa sisällä olevien ihmisten määrää.

## 6.6 Tehdasrakennuksen kattokamerat

Yhteen tuotantorakennukseen on asennettu valvontakamerat kuvaamaan koko rakennuksen kattoa. Kuvassa 8 näkyy yhden kameran kuvaama alue ja siihen tehty tunnistusalueen eli katon rajaus. Nämä neljä kameraa asennettiin, koska kameroilla haluttiin valvoa katolla tapahtuvia asioita. Yksi valvottava asia on se, että katolta alkava tulipalo pitäisi havaita mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, koska katto on puurakenteinen.



Kuva 8. Yksi tehdasrakennuksen kattokameroista.

Koska operaattoreilla ei ole aikaa valvoa katolla olevien kameroiden kuvia jatkuvasti, haluttiin

kokeilla, saadaanko nykyisissä kameroissa olevan videoanalytiikan avulla apua tähän ongelmaan. Tavoitteena on saada kameravalvontajärjestelmä hälyttämään niissä tilanteissa, kun kameran kuvaamalla alueella tapahtuu sellaisia asioita, jotka ovat kiinnostavia operaattoreille.

### **6.6.1 Haasteet**

Markkinoilla on virallisesti hyväksytyjä kameramalleja, jotka tunnistavat tulipalon kuvasta (Turva-alan yrittäjät ry 2020, 33). Vaikka tekniikka on hyväksytty palontunnistamiseen, siinä on vielä paljon haasteita. Yksi haaste on ulkotilat ja ilmavirtaukset. Kamera osaa tunnistaa alkavasta palosta muodostuvan savun, joka kulkee alhaalta ylöspäin. Tuulisessa paikassa savu ei kulkeudu suoraan alhaalta ylös, joten kamera ei välttämättä havaitse sitä. Virallinen palokamera ei siis tule kysymykseen tässä kohteessa.

Kohde on erittäin alttiina säätilojen vaihtelulle, joten ne pitää pystyä suodattamaan kuvasta mahdollisimman hyvin. Koska operaattorien halutaan reagoivan jokaiseen kameravalvontajärjestelmän tekemään hälytykseen, virheelliset hälytykset pitää saada mahdollisimman vähäksi. Ylimääräiset hälytykset aiheuttavat sen, että hälytyksiin ei enää reagoida oikeassakaan tilanteessa.

### **6.6.2 Toteutus ja tulokset**

Tehdasrakennuksen kattoa kuvaa tässä kohteessa neljä erillistä kameraa, jotta on saatu kuvattua koko katon alue. Tässä esiteltyt videoanalyysin asetukset otettiin käyttöön jokaisessa neljässä kamerassa. Toteutukseen päätettiin käyttää tehtävää, jossa kamerat tekevät hälytyksen aina, kun kuvaan ilmestyy jokin liikkuva kohde. Käytännössä kamerat hälyttävät aina, kun kuva-alueelle määritetyllä tunnistusalueella havaitaan liikettä. Koska hälytyksiä tuli alkutilanteessa erittäin paljon, vikahälytyksien syitä alettiin suodattaa pois tunnistuksen piiristä.

Ensimmäiseksi suodatettiin liikkeen suunnasta pois ylhäältä alaspäin suuntautuva liike. Se poisti lumisateen aiheuttamia hälytyksiä. Toisena tunnistettavalle kohteelle määriteltiin minimikoko, joka oli tässä tapauksessa 0,5 neliometriä. Tämän avulla poistettiin virheelliset hälytykset esimerkiksi tuulen liikuttaessa katolla olevia puiden lehtiä tai vastaavia roskia. Kolmantena säädettiin kohteen ympäristön olosuhteiden suodatus korkeimmalle tasolle, jolloin auringon aiheuttamat heijastukset saatiin suodatettua. Se helpotti vähentämään myös tuulen ja sateiden

aiheuttamia hälytyksiä. Neljäs toimenpide oli minimiajan asetus liikkeen tunnistamiselle. Nyt tunnistetusta liikkeestä tehdään hälytys, kun liikettä on tapahtunut kahden sekunnin ajan.

Koska tulipalon tunnistamista ei ole mahdollista kokeilla oikeassa tilanteessa ja tätä kamera-tyyppiä ei ole tarkoitettu tulipalon tunnistamiseen, ei voida sanoa toimiiko videoanalytiikka oikein tulipalon sattuessa. Toteutuksessa päädyttiin tekemään kompromissi liiallisten virrehälytyksien ja tarpeellisen tunnistuksen välillä. Nyt kohteesta on suodatettu virheellisiä hälytyksekseen mukaan, millaisia virrehälytyksiä on tullut vastaan. Tällä hetkellä tilanne on se, että kohteesta tulee hälytyksiä enintään kerran viikossa, joka on jo kohtuullinen määrä operaattoreita ajatellen. Tulevaisuudessa videoanalytiikan toimintaa on tarkoitus testata savupatruunoiden avulla, jotta saadaan varmuus oikeasta toiminnasta tulipalotilanteessa.

Tämä kohde todistaa sen, että vaikka tämän tyyppinen kameravalvonnan videoanalyysi on alun perin kehitetty liikenne- ja aluevalvontaan sekä rikosten ehkäisyyn, käyttökohteita on paljon muitakin. Oikeastaan oma mielikuvitus ja innovatiivisuus asettavat rajat videoanalyysin hyödyntämiselle.

## 6.7 Esitysmateriaali

Jokaisesta testikohteesta tallennettiin video, josta näkee videoanalyysin toiminnan. Tallennukset tehtiin tilanteissa, joissa videoanalyysi toimii halutulla tavalla. Videoita muokattiin lisäämällä niihin tekstiä kuvan 9 mukaisesti. Videoiden teksteissä avataan videoanalyysin toimintaa ja kerrotaan esimerkkejä mahdollisista käyttökohteista.

Videoiden lisäksi kameravalvontajärjestelmän älykkäistä ominaisuuksista kirjoitettiin esittelyteksti, joka löytyy liitteestä 1. Tekstissä kerrotaan tiivistetysti tästä tutkimuksesta, kameravalvontajärjestelmän älykkäistä toiminnoista sekä esitellään testikohteet. Esittelyteksti ja videot julkaistaan kohdeyrityksen intranetissä. Esittelymateriaali tehdään myös englannin kielellä, jotta sitä voidaan käyttää koko konsernin sisäisessä viestinnässä. Tämä tutkimus ja esittelyvideot tullaan esittelemään konsernin sulattojen yhteisessä automaation kehitysseminaarissa.



Kuva 9. Esimerkki esitysmateriaalin videossa olevasta tekstistä.



## **7 Haastattelut**

### **7.1 Haastattelun toteutus ja tarkoitus**

Tietoa älykkyyden lisäämisen mahdollisuuksista kohdeyrityksessä päätettiin kerätä teema-haastattelulla. Tavoitteena oli saada tietoa videoanalyysin ja muiden uusien toiminnallisuuksien mahdollisista käyttökohteista, ajatuksista tekniikan käyttöönotosta ja mahdollisista haasteista siihen liittyen ja kyseisten tekniikoiden käytöstä tulevaisuudessa. Kohderyhmäksi päätettiin ottaa henkilöitä, jotka ovat positioissa, missä tekniikan käytöstä voidaan tehdä päätöksiä, ja joilla on laaja näkemys koko kohdeyrityksen toiminnasta. Haastateltavat työskentelevät joko tuotanto-osastoilla tai kunnossapidossa. Haastateltavia tutkimukseen osallistui 5 henkilöä. Yhteen haastattelukertaan kului 30–45 minuuttia.

Haastattelun aluksi haastateltaville näytettiin taustamateriaali. Siihen sisältyi lyhyt yhteenveto tutkimussuunnitelmasta ja kohdeyrityksen kameravalvontajärjestelmästä sekä muutama esimerkkivideo luvussa 6 esitetyistä testikohteista. Tämän jälkeen haastateltavilta kysyttiin liitteen 2 mukaiset kysymykset.

### **7.2 Nykytilanne ja ensimmäiset ajatukset taustamateriaalista**

Kameravalvontajärjestelmän suurimmat hyödyt nykyisellä käytötavalla olivat haastateltavien mielestä laaja näkyvyys tehtaan eri osa-alueille, prosessin ja tuotantolaitteiden etävalvonnan mahdollistaminen ja kunnossapidon mahdollisuus tutkia vikatilanteita tallenteiden avulla. Järjestelmän modernisoinnin hyödyt nähtiin tulevan kuvanlaadun parantumisena ja kunnossapidon helpottumisena.

Taustamateriaalin läpikäynti aiheutti yllättyneisyyttä olemassa olevan kameravalvontajärjestelmän mahdollisuuksista. Vain yksi haastateltava oli tietoinen videoanalyysin olemassa olosta nykyisessä järjestelmässä. Kaikki haastateltavat ajattelivat älykkyyden lisäämisessä järjestelmään olevan paljon käyttämätöntä potentiaalia, jonka kautta tehtaan toimintoja olisi mahdollista kehittää.

### 7.3 Älykkäiden toimintojen mahdolliset käyttökohteet kohdeyrityksessä

Haastateltavilta kysyttiin mahdollisia käyttökohteita omaan vastuualueen ja koko tehtaan näkökulmista. Jokainen haastateltava keksi useamman mahdollisen käyttökohteen ja näki kannattavaksi lähteä kokeilemaan kohteita yhdessä järjestelmää käyttävien kanssa. Kohteita tuli tuotantotehokkuuteen, turvallisuuteen ja laadun parantamiseen liittyen. Suurin osa kohteista liittyi turvallisuuden parantamiseen.

Laajoina koko tehdasta koskevinä käyttökohteina nähtiin turvallisuuden parantamiseen liittyvät kohteet. Esimerkiksi tuotantotilassa sisällä olevien ihmisten määrän laskeminen nähtiin tarpeelliseksi koko tehtaalla. Puheeksi tulivat myös erilaisten lastauspaikkojen valvonta ja säiliöalueiden vuotojen havaitseminen mahdollisimman nopeasti.

Kunnossapidon mielenkiinto suuntautui lämpökameroiden hyödyntämiseen osana kameravalvontaa. Erilaisten sähkökojeistojen ja moottoreiden tai laakereiden kunnonvalvonta reaaliaikaisesti mahdollistaisi vikojen ennakoimisen nykyistä paremmin. Lisäksi oli puhetta mahdollisuudesta lisätä järjestelmään langattomasti sellainen kamera, joka voitaisiin siirtää kohteesta toiseen tarpeen mukaan ja muuttaa videoanalyysin toimintaa kohteeseen sopivaksi.

Tuotanto-osastoilla tuli esiin yksityiskohtaisia kohteita, joissa videoanalyysistä tai järjestelmien välisestä kommunikoinnista voisi olla hyötyä. Näitä olivat mm. sinkkiharkon kiilojen paikan varmistaminen ja erilaisten kuljettimien tai muiden materiaalin siirtimien tukkeaminen tai toimintahäiriöiden tunnistaminen. Sinkkiharkkonippujen ja niiden merkintöjen laadun tarkastaminen tuli esille kahden haastateltavan toimesta.

### 7.4 Haasteet tekniikan käyttöönotossa

Kaikki haastateltavat toivat esille ensimmäiseksi haasteeksi yksilönsuojaan liittyvät kysymykset. Vaikka alan regulaation puitteissa kameravalvonnan parempi hyödyntäminen olisi mahdollista, nähtiin haasteet enemmän henkilöstön ajatuksista kameravalvonnan tai videoanalyysin lisäämiseen. Vaarana on saada työntekijöille aikaan tunne, että heitä tai heidän työtään seurataan liikaa ja tätä kautta videoanalyysi koetaan negatiivisesti. Tähän haastateltavat näkivät lääkkeeksi avoimen tiedottamisen ja videoanalyysin esittelemisen henkilöstölle. Lisäksi kehittämiseen pitää saada mukaan ne henkilöt, joiden työalueella videoanalyysi otetaan käyttöön.

Yksi haastateltava pohti yhden haasteen olevan osaamisen ja resurssien niukkuuden. Jos kameravalvonnan älykkäitä ominaisuuksia halutaan ottaa laajasti käyttöön, sille työlle pitäisi olla mahdollista osoittaa omia resursseja ja osaamista pitäisi olla laajemmin kuin yhdellä ihmisellä. Lisäksi oli pelkona, että videoanalyysia aletaan tehdä uuden hienon tekniikan vuoksi niin, että hyötynäkökulma jäisi taka-alalle. Tämä aiheuttaisi lisääntyvää työmäärää, mutta varsinaiset hyödyt jäisivät pieniksi.

## **7.5 Videoanalyysin käyttö tulevaisuudessa**

Haastateltavia pyydettiin ajattelemaan kohdeyritystä viiden vuoden päästä ja pohtimaan kameravalvontajärjestelmän käyttöä sillä hetkellä. Haastattelujen perusteella voidaan asettaa selkeäksi tavoitteeksi, että viiden vuoden päästä videoanalyysi ja järjestelmien välinen kommunikointi on otettu käyttöön koko tehtaan laajuudessa, ja ominaisuuksille on löydetty hyödyllisiä käyttökohteita. Yksi haastateltava esitti ajatuksen, että näiden ominaisuuksien käyttö olisi viiden vuoden päästä osana normaalia toimintaa. Videoanalyysin ja muiden kameravalvonnan mahdollisuuksien käyttö osattaisiin ottaa huomioon jo esimerkiksi uusien projektien ja investointien suunnitteluvaiheessa.

Toiveina oli, että kameravalvontajärjestelmän älykkäiden toimintojen avulla pystyttäisiin ratkaisemaan liikenteen hallintaan, seurantaan ja turvallisuuteen liittyviä haasteita niin ulko- kuin sisätiloissa. Haaveena oli myös, että hyötyä olisi jo saatu tuotantoprosessin kohteissa tuotannon tehokkuuden ja laadun parantamiseen liittyen.

## 8 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli vastata kysymyksiin, voiko kameravalvontajärjestelmän älykkäiden ominaisuuksien avulla tehostaa tuotantoa, parantaa laatua ja lisätä turvallisuutta. Toisena tavoitteena oli pyrkiä löytämään keinoja helpottaa ja automatisoida operaattoreiden kamerajärjestelmän avulla tekemiä työtehtäviä.

Tutkimuksen yhteenvetona voidaan todeta, että kameravalvonnan älykkäissä ominaisuuksissa on paljon potentiaalia kehittää edellä mainittuja asioita. Se, että kohdeyrityksen järjestelmä ja kamerat jo sisältävät näitä ominaisuuksia, mahdollistaa älykkäiden toimintojen käyttöönoton ilman suuria investointeja. Lisäksi ominaisuuksien käyttöönotto tietyiltä osin on tutkimuksen edetessä todettu kohtuullisen helpoksi, joten järjestelmän älykkyyttä lisäämään ei tarvita ulkopuolista työvoimaa, vaan käyttöönotto on mahdollista tehdä oman henkilöstön voimin. Osaminen saadaan laajennettua tarpeeksi kattavaksi koulutuksella ja perehdytyksellä.

Testikohteista saatu tieto osoittaa, että videoanalyysi pystyy tunnistamaan haluttuja tapahtumia luotettavasti myös prosessiteollisuuden olosuhteissa. Kameroissa olemassa olevat tunnistusalgoritmit toimivat hyvin sääoloista ja valaistuksen muutoksista riippumatta. Koneoppimisen tuomat mahdollisuudet lisäävät potentiaalisia käyttökohteita tavallisen kameravalvonnan käyttökohteiden ulkopuolelle. Tekniikan kehityksen myötä tuotantoprosessista voidaan löytää paljon uusia käyttökohteita, joita ei aikaisemmin ole osattu edes ajatella.

Järjestelmien välinen kommunikointi mahdollistaa käytettävyyden parantamisen usealla eri tavalla. Näistä esimerkkejä pohdittiin luvussa 5.5. Se, että ovatko käyttäjät valmiita siihen, että kamerakuvat vaihtuvat automaattisesti tai koetaanko sellaiset automaattiset toiminnot tarpeelliseksi, nähdään ajan kuluessa.

Älykkäiden ominaisuuksien potentiaalin muuttaminen todelliseksi hyödyksi kohdeyritykselle vaatii sen, että yrityksen henkilöstö saadaan tutuksi tämän tekniikan kanssa ja heidät saadaan mukaan kehittämään järjestelmää. Henkilöstö pitää saada luottamaan näistä tekniikoista saataviin hyötyihin ja siihen, että kenenkään yksilönsuojaa ei uhata videoanalyysillä. Siten on mahdollista saada ideoita käyttökohteista niiltä ihmisiltä, joiden työssä hyötyjä voisi saada eniten. Tätä asiaa silmällä pitäen tämän tutkimuksen ja esitettyjen testikohteiden pohjalta on tehty esitysmateriaali, joka tullaan julkaisemaan ja käymään läpi kohdeyrityksessä usealla eri tavalla

ja eri kohderyhmille. Tarkoituksena on jakaa tietoa järjestelmän ominaisuuksista ja sitä kautta saada mahdollisimman moni mukaan ideoimaan käyttökohteita.

Näiden ominaisuuksien käyttöönoton laajuus on tulevaisuudessa kiinni paljon ensimmäisistä henkilöstön kehittämistä käyttökohteista ja niistä saaduista hyödyistä. Esitysmateriaalin julkaisemisen jälkeen on tarkoitus kerätä ideoita käyttökohteista. Näiden ideoiden pohjalta päätehtään ensimmäiset todelliset käyttökohteet. Jos ne ovat onnistuneita, eli niistä saadaan konkreettista hyötyä, tuotannon tehostamiseen, turvallisuuden kehittämiseen tai laadun parantamiseen, kameravalvontajärjestelmän käytön kehittämiseen on mahdollista saada enemmän resursseja. Näiden käyttökohteiden epäonnistuneissa on vaarana, että nykyinen vanhanaikainen ja resursseja huonosti hyödyntävä kameravalvontajärjestelmän käyttö jatkuu tulevaisuudessakin. Onnistumisen mittarina toimii useimmissa kohteissa käyttöhenkilöstö ja heidän ajatuksensa saaduista hyödyistä sekä halu käyttää videoanalytiikan antamia mahdollisuuksia uusiin kohteisiin. Osassa käyttökohteita onnistumista voidaan mitata tuotannon tehokkuuden tai laadun parantumisena.

Jotta uudet älykkäät ominaisuudet saadaan käyttöönotettua onnistuneesti, järjestelmän kehittämiseen ja ensimmäisiin henkilöstön ideoimiin käyttökohteisiin on panostettava tarpeeksi ja niistä tiedottamisen pitää onnistua. Tämä panostus tarkoittaa käytännössä sitä, että esitysmateriaali esitetään tarpeeksi laajasti jokaiselle tuotanto-osastolle ja osa saaduista ideoista saadaan nopeasti uusiksi testikohteiksi. Lisäksi on koulutettava automaatiokunnossapidon henkilöstöä videoanalyysin käyttöönottoon ja sillä ohjelmoitavien tehtävien tekoon, jotta videoanalyysin käyttöönotto ja ylläpito eivät jää yhden henkilön varaan.

Tämän työn aikana uutena tutkimusaiheena kameravalvontaan liittyen tuli esille lämpökameroiden hyödyntäminen ja videoanalytiikan yhdistäminen lämpökameratekniikkaan. Sitä kautta olisi mahdollista saada hyötyjä varsinkin kunnossapidolle, mutta sovelluskohteita voisi löytyä myös prosessin valvonnasta.

Toinen mielenkiintoinen kehityssuunta, joka julkaistiin tämän opinnäytetyön tekemisen aikaan, on kohdeyrityksessä käytettävien kameroiden valmistajan julkaisema sovelluskauppa Inteox, josta on mahdollista ostaa valmiita videoanalytiikkaa hyödyntäviä sovelluksia kameroihin (Bosch 2020). Sovelluskauppa toimii vastaavasti kuin älypuhelimien sovelluskaupat. Sovelluskehittäjät voivat lisätä kauppaan omia sovelluksiaan. Asiakas voi ostaa sovelluskaupasta uu-

den sovelluksen omaan kameraansa ja saada näin käyttöön uusia ominaisuuksia. Sovelluskaupan julkaisemisen tavoitteena on laajentaa videoanalytiikan kehitysresursseja ja sitä kautta nopeuttaa kehitystä edelleen.

## LÄHTEET

- Alpaydin, E. 2016. Machine learning : the new AI. [Verkkokirja]. Cambridge, MA: The MIT Press. [Viitattu 2.5.2021]. Saatavana Ebsco Ebook Collection –palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Boliden. 2020a. A Sustainable future with metals: Annual and Sustainability Report 2019. [Verkkajulkaisu]. Tukholma: Boliden Group. [Viitattu 10.11.2020]. Saatavana: <https://vp217.alertir.com/afw/files/press/boliden/202003107199-1.pdf>
- Boliden. 2020b. Boliden – A world-class metals company. [Verkkosivu]. Tukholma: Boliden Group. [Viitattu 15.5.2021]. Saatavana: <https://www.boliden.com/fi/operations>
- Boliden Kokkola. Ei päiväystä. Euroopan toiseksi suurin sinkkitehdas. [Verkkosivu]. Tukholma: Boliden Group. [Viitattu 26.10.2020]. Saatavana: <https://www.boliden.com/fi/operations/smelters/boliden-kokkola>
- Bonnin, R. 2017. Machine Learning for Developers. [Verkkokirja]. Birmingham: Packt Publishing. [Viitattu 2.5.2021]. Saatavana Ebsco Ebook Collection –palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Bosch. 2016. VCA Clients & Integration FW 6.30. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: [https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/TN\\_VCA\\_clients\\_WhitePaper\\_enUS\\_22996210443.pdf](https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/TN_VCA_clients_WhitePaper_enUS_22996210443.pdf)
- Bosch. 2017. Bosch VMS OPC Server. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 14.4.2021]. Saatavana: [https://community.boschsecurity.com/varuj77995/attachments/varuj77995/bt\\_community-tkb-video/213/2/BVMS%20-%20OPC%20server.pdf](https://community.boschsecurity.com/varuj77995/attachments/varuj77995/bt_community-tkb-video/213/2/BVMS%20-%20OPC%20server.pdf)
- Bosch. 2018. The ‘brains’ of your security system. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: <https://www.boschsecurity.com/xc/en/solutions/video-systems/video-analytics/video-analytics-at-the-edge/>
- Bosch. 2019a. Video Content Analysis VCA 6.60. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: [https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/VCA\\_Operation\\_Manual\\_enUS\\_68543839115.pdf](https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/VCA_Operation_Manual_enUS_68543839115.pdf)
- Bosch. 2019b. Camera Trainer with FW 7.10 and CM 6.20. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 5.4.2021]. Saatavana: [https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/TN\\_VCA\\_Camera\\_Traine\\_WhitePaper\\_enUS\\_70505162123.pdf](https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/TN_VCA_Camera_Traine_WhitePaper_enUS_70505162123.pdf)
- Bosch. 2019c. Intelligent Video Analytics 7.10. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: [https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/DS\\_IVA\\_7.10\\_Data\\_sheet\\_enUS\\_69630079883.pdf](https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/DS_IVA_7.10_Data_sheet_enUS_69630079883.pdf)

- Bosch. 2019d. MFT-EVA Essential Video Analytics. 2019. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: [https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/DS\\_EVA\\_6\\_60\\_Data\\_sheet\\_enUS\\_68546666507.pdf](https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/DS_EVA_6_60_Data_sheet_enUS_68546666507.pdf)
- Bosch. 2020. Inteox. [Verkkosivu]. [Viitattu 30.5.2021]. Saatavana: <https://www.boschsecurity.com/xc/en/solutions/video-systems/open-camera-platform/>
- Davies E. 2012. Computer and machine vision: theory, algorithms, practicalities. [Verkkokirja]. Lontoo: Elsevier. [Viitattu 16.3.2021]. Saatavana: ProQuest Ebook Central -palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Damjanovski, V. 2014. CCTV: from light to pixels. [Verkkokirja]. Butterworth-Heinemann. [Viitattu 8.3.2021]. Saatavana: ProQuest Ebook Central -palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Edwards, E. Ei päiväystä. An Introduction to Machine Vision Systems. [Verkkajulkaisu]. Thomasnet. [Viitattu 15.5.2021]. Saatavana: <https://www.thomasnet.com/articles/automation-electronics/machine-vision-systems/>
- European Data Protection Board. 2020. Ohjeet 3/2019 henkilötietojen käsittelystä videolaitteilla. [Verkkajulkaisu]. Bryssel: EDPB. [Viitattu 17.1.2021]. Saatavana: [https://edpb.europa.eu/our-work-tools/our-documents/guidelines/guidelines-32019-processing-personal-data-through-video\\_fi](https://edpb.europa.eu/our-work-tools/our-documents/guidelines/guidelines-32019-processing-personal-data-through-video_fi)
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2015. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. [Verkkokirja]. Helsinki: Gaudeamus. [Viitattu 17.5.2021]. Saatavana: Ellibs library -palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Hollywood, J., Vermeer, M., Woods, D., Goodison, S. & Jackson, B. 2018. Using Video Analytics and Sensor Fusion in Law Enforcement: Building a Research Agenda That Includes Business Cases, Privacy and Civil Rights Protections, and Needs for Innovation. [Verkkajulkaisu]. RAND Corporation. [Viitattu: 20.4.2021]. Saatavana: [https://www.researchgate.net/publication/333767552\\_Using\\_Video\\_Analytics\\_and\\_Sensor\\_Fusion\\_in\\_Law\\_Enforcement\\_Building\\_a\\_Research\\_Agenda\\_That\\_Includes\\_Business\\_Cases\\_Privacy\\_and\\_Civil\\_Rights\\_Protections\\_and\\_Needs\\_for\\_Innovation](https://www.researchgate.net/publication/333767552_Using_Video_Analytics_and_Sensor_Fusion_in_Law_Enforcement_Building_a_Research_Agenda_That_Includes_Business_Cases_Privacy_and_Civil_Rights_Protections_and_Needs_for_Innovation)
- Jude, M. 2020. IDC Forecasts Solid Growth for the Video Surveillance Camera Market as Smart Camera Systems and Analytical Software Enable New Use Cases. [Verkkajulkaisu]. Framingham: IDC. [Viitattu 30.10.2020]. Saatavana: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46694720>
- L 13.8.2004/759. Laki yksityisyyden suojasta työelämässä.
- Merilehto, A. 2018. Tekoäly: matkaopas johtajalle. [Verkkokirja]. Helsinki: Alma Talent. [Viitattu 7.4.2021]. Saatavana: Alma Talent Bisneskirjasto-palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Microsoft. 25.7.2018. Tekoälyn perusteet: koneoppiminen, työn tulevaisuus ja hyvä vai paha tekoäly. [Verkkosivu]. [Viitattu 19.4.2021]. Saatavana: <https://news.microsoft.com/fi->



<https://www.tutkimuskeskus.fi/2018/07/25/tekoalyn-perusteet-koneoppiminen-tyon-tulevaisuus-ja-hyva-vai-paha-tekoaly/>

Pietikäinen, M. & Silven, O. Ei päiväystä. Konenäkö. [Verkkojulkaisu]. Oulun yliopisto. [Viitattu 19.02.2021]. Saatavana: <https://www oulu.fi/sites/default/files/content/konenako.pdf>

Pietikäinen, M. & Silven, O. 2019. Tekoälyn haasteet – koneoppimisesta ja konenäöstä tunnetekoälyyn. [Verkkojulkaisu]. Oulun yliopisto. [Viitattu 20.4.2021]. Saatavana: <http://jultika oulu.fi/files/isbn9789526224824.pdf>

Pulliainen, M. 2020. Koodi korvaa ihmisiä valvontakameroiden valvojina – ”yhä useammin ihminen on viimeinen linkki”. [Verkkojulkaisu]. Tivi. [Viitattu 26.10.2020]. Saatavana: <https://www.tivi.fi/uutiset/koodi-korvaa-ihmisia-valvontakameroiden-valvojina-yha-useammin-ihminen-on-viimeinen-linkki/b08e599f-a4ec-4906-b419-af7aab06c1820> Vaatii käyttöoikeuden.

Samk automaation tutkimusryhmä. 2020. SAMK konenäkö. [Verkkosivu]. Satakunnan ammattikorkeakoulu. [Viitattu 17.12.2020]. Saatavana: <https://automaatio.samk.fi/testi-sivu/>

Suomen koodikoulu. 2018. Johdatus tekoälyyn. [Verkkojulkaisu]. Suomen koodikoulu. [Viitattu 9.4.2021]. Saatavana: Finna avoimet oppimateriaalit-palvelusta.

Thomasnet. Ei päiväystä. PC-based Machine Vision Versus Smart Camera Systems. [Verkkojulkaisu]. Thomasnet. [Viitattu 2.4.2021]. Saatavana: <https://www.thomasnet.com/articles/automation-electronics/smart-camera-versus-pc-based-machine/>

Tietosuojavaltuutetun toimisto. Ei päiväystä. Usein kysyttyä. [Verkkosivu]. Helsinki: Tietosuojavaltuutetun Toimisto. [Viitattu 22.12.2020]. Saatavana: <https://tietosuoja.fi/usein-kysyttya>

Turva-alan yrittäjät ry. 2020. Kameravalvontaopas. [Verkkojulkaisu]. 2. korj. p. [Viitattu 30.11.2020]. Saatavana: [https://www.turva-alanyrittajat.fi/doc/Kameravalvontaopas\\_2020/Kameravalvontaopas-2020.pdf](https://www.turva-alanyrittajat.fi/doc/Kameravalvontaopas_2020/Kameravalvontaopas-2020.pdf)

## **LIITTEET**

Liite 1. Esittelymateriaali

Liite 2. Haastattelurunko

## Liite 1. Esittelymateriaali

### Älykkyyden lisääminen kameravalvontajärjestelmään

Viimeisten vuosien aikana koko tehtaan kameravalvontajärjestelmä on uusittu. Järjestelmä sisältää tällä hetkellä lähes 300 kameraa, joita voidaan katsella tuotanto-osastojen valvomoissa sekä sähkö- ja auto-maatiokunnossapidon tukipisteissä. Uudistuksessa kameravalvontajärjestelmä on vaihdettu Boschin VMS-järjestelmään ja lähes kaikki kamerat uusiin IP-pohjaisiin kameroihin. Uudistuksen suurimmat hyödyt ovat olleet kuvalaadun huomattava paraneminen, järjestelmän kunnossapidon helpottuminen ja varaosasaatavuuden paraneminen.

Kameravalvontajärjestelmän käyttöön uudistus ei juurikaan vaikuttanut. Kamerat, jotka on valittu näkymään näytöissä, ovat ihmisten valvonnassa, kaikki muu kameroiden tuottama informaatio menee hukkaan. Suurin osa kameroista ei ole tallentavia. Tallentavia kameroita on kuvaamassa robottisoluja tai vastaavia tuotantolaitteita, joissa tallennuksen avulla voidaan tutkia ongelmatilanteiden juurisyitä.

Uusi järjestelmä antaa mahdollisuuden hyödyntää kameroiden tuottamaa datavirtaa uusilla älykkäillä tavoilla. Kameroihin on sisäänrakennettu älyä, eli esimerkiksi konenäköä, jonka avulla haluttuja kohteita tai tapahtumia voidaan tunnistaa videosta automaattisesti. Tämän avulla kiinnostavista tapahtumista voidaan tehdä ilmoituksia/hälytyksiä käyttäjille tai tarpeen mukaan myös automaattisesti tapahtuvia toimintoja. Lisäksi uusi järjestelmä mahdollistaa kommunikoinnin toisten järjestelmien, kuten automaatiojärjestelmän kanssa. Kommunikoinnin avulla esimerkiksi hälytyksiä saadaan siirrettyä järjestelmästä toiseen.

Olen opiskellut syksystä 2019 lähtien automaatiotekniikan YAMK-tutkintoa Seinäjoen ammattikorkeakoulussa. Viime syksynä aloitetun opinnäytetyön aiheena on ”Älykkyyden lisääminen kameravalvontajärjestelmään”. Työssä tutkitaan yllämainittujen uusien ominaisuuksien mahdollista käyttöä sinkki-tehtaalla. Tutkimuksessa etsitään vastauksia kysymyksiin:

Miten kameravalvontajärjestelmän tuottamaa datavirtaa voidaan hyödyntää:

- turvallisuuden parantamiseen
- laitteiden toiminnan tehostamiseen
- laadun parantamiseen?

Mitä prosessioperaattorin valvontakameroiden avulla tehtäviä töitä voidaan helpottaa tai automatisoida ja miten?

Työn tuloksena videoanalyysia pilotoitiin muutamassa eri kohteessa sinkkitehtaan alueella. Näistä testeistä koostettiin esittelyvideoita, joiden kautta on tarkoitus lisätä tietoa järjestelmässä olemassa olevista ominaisuuksista ja niiden potentiaalista kehittää tehtaan toimintoja. Tarkoitus on saada koko henkilöstö mukaan kehittämään ominaisuuksille hyödyllisiä käyttökohteita.

Alla testikohteiden esittely:

#### 1. Säiliöauton tunnistaminen

Tässä testikohteessa on hyödynnetty kamerassa valmiina olevaa liikenteenvalvontaan suunniteltua algoritmia. Kamera kuvaa BOHA:n purkupaikkaa ja tekee ilmoituksen, kun alueelle saapuu säiliöauto. Kuva-alueella liikkuvat työkoneet, henkilö- tai pakettiautot tai henkilöt pystytään erottamaan säiliöautoista, joten niistä ei tule virheellisiä ilmoituksia.

#### 2. Jätetyn esineen tunnistaminen

Kamera osaa huomata kuvaan lisätyt tai siitä poistetut esineet. Alun perin algoritmi on kehitetty lentokentille tunnistamaan sinne jätetyt matkalaukut. Tässä kohteessa kyseistä tekniikkaa on käytetty tunnistamaan sellaiselle paikalle jätetty esine, jossa ei saa säilyttää ylimääräistä tavaraa. Testikohteeksi valikoitui Valimossa oleva uunin edusta. Kuvassa rajatulle alueelle jätetty esine aiheuttaa hälytyksen, jos esine on alueella määritetyn ajan. Hälytyksen tapahtuessa rajattu alue muuttuu punaiseksi.

#### 3. Ihmisen tunnistaminen

Kamera osaa tunnistaa videosta pystyssä olevan ihmisen. Testikohteessa ihminen tunnistetaan, kun hän tulee kameran kuvaan ja hälytys tehdään, kun hän menee rajatulle "vaara-alueelle". Hälytyksen tekemisen lisäksi havaittujen kohteiden (pystyssä oleva ihminen, pyöräilijä, henkilöauto, kuorma-auto tai itse opetettu kohde) määrää voidaan laskea.

#### 4. Sinkkiharkkojen tunnistaminen

Tässä testikohteessa on käytetty kamerassa olevaa koneoppimista hyödyntävää ominaisuutta. Siinä kamera voidaan opettaa tunnistamaan itse valittu kohde. Tässä tapauksessa kamera on opetettu tunnistamaan neljän sinkkiharkon muodostama ryhmä. Ylempi alue tunnistaa kaikki neljän harkon ryhmät ja alempi vain jalkaharkot.

Tämä ominaisuus laajentaa videoanalyysin käyttömahdollisuuksia ihan uusiin kohteisiin. Kamera opetetaan antamalla kameralle sellaisia kuvia, joissa on haluttu kohde (positiivinen näyte) ja kuvia, joissa haluttua kohdetta ei ole (negatiivinen näyte). Kun molempia näytteitä on annettu kameralle tarpeeksi paljon, kamera oppii tunnistamaan halutun kohteen.

Uusien kohteiden keksimistä rajaa oman mielikuvituksen lisäksi se, että tunnistettavasta kohteesta tai tapahtumasta pitää saada tarpeeksi näytteitä. Harvoin esiintyvät tapahtumat ovat haastavia, koska opetusmateriaalia ei saada tarpeeksi, että tunnistus tapahtuisi luotettavasti. Tarvittavien näytteiden määrä riippuu paljon kohteesta ja sen ympäristöstä. Sinkkiharkkojen tunnistus luotettavasti vaati noin 40 positiivista näytettä ja 300 negatiivista.

## 5. Rikkihappotehtaan kattokamerat

Tehdusrakennuksen katolle asennettiin 4 kpl kameroita, jotka kuvaavat koko katon aluetta. Kameroiden asentaminen sai alkunsa vakuutustarkastuksesta, jossa otettiin kantaa puurakenteisen katon paloturvallisuuden valvontaan.

Kattokameroiden kuvan seuraaminen on kohtuullisen yksitoikkoista puuhaa, joten päätettiin kokeilla, onko videoanalyysistä apua tähän. Markkinoilla on olemassa hyväksytyjä palokameroita, mutta niiden käyttö on rajattu sisätiloihin ulkona olevien olosuhteiden, kuten tuulen ja sateiden vuoksi. Tässä kohteessa niitä ei voi käyttää.

Ongelmaa alettiin ratkaista sillä, että kattokamerat ohjelmoitiin tekemään hälytys aina, kun kuvassa tapahtuu liikettä. Alkuun hälytyksiä tuli paljon, joten vääriä hälytyksiä alettiin suodattaa pois. Tällä hetkellä kameran oma ympäristön olosuhteiden suodatus, joka suodattaa mm. sateen ja tuleen vaikutuksia, on asetettu suurimmalle asteelle. Sen lisäksi hälytyksistä on suodattettu mm. ylhäältä alaspäin tapahtuva liike (sade) ja pienet liikkuvat kohteet (lehdet ja muut pienet roskat). Tarkoitus on saada hälytysten määrä niin pieneksi kuin mahdollista, mutta kuitenkin kiinnostavat tapahtumat aiheuttaisivat varmuudella hälytyksen.

## 6. Järjestelmien välinen kommunikaatio

Järjestelmien välisestä kommunikaatiosta ei ole esittelyvideota, mutta työn ohessa pohdittiin potentiaalisia käyttökohteita sille. Yksi mahdollinen kohde on Puhdistamon kaasuhälytykset. Hälytyksen tullessa, automaatiojärjestelmä voisi lähettää tiedon kamerajärjestelmälle, joka laittaisi näytölle näkymään automaattisesti hälytyskohdetta kuvaavat kamerat. Toinen mahdollinen kohde voisi olla esimerkiksi säiliön vuotamisen havaitseminen kameralla ja siitä lähetettävään hälytys automaatiojärjestelmään.

Toivottavasti nämä esittelyvideot lisäsivät tietoa kameravalvontajärjestelmän uusista ominaisuuksista ja saivat sinut pohtimaan potentiaalisia käyttökohteita. Otan mielelläni vastaan ideoita videoanalyysin ja muiden kameravalvonnan käyttöä parantavien tai helpottavien ominaisuuksien mahdollisista käyttökohteista ja muista ajatuksista kameravalvontaan liittyen.

Jos sinulle tuli ideoita, kysymyksiä tai kommentoitavaa aiheeseen liittyen, ota yhteyttä:

Niko Häivälä

[niko.haivala@boliden.com](mailto:niko.haivala@boliden.com)

## Liite 2. Haastattelurunko

Taustamateriaalin läpikäynti:

- Opinnäytetyön tausta ja tavoite
- Kameravalvontajärjestelmän yleisesittely
- Testivideot ja niiden tarkoitus

Kysymykset:

- Nykyiset työtehtävät ja kuinka monta vuotta olet ollut töissä sinkkitehtaalla?
- Mitkä ovat mielestäsi suurimmat valvontakamerajärjestelmästä saadut hyödyt nykyisellä käytöllä?
- Mitkä olivat ensimmäiset ajatukset, kun näit videot testikohteista?
- Millä tavalla videoanalytiikkaan ja muiden älykkäiden toimintojen mahdollisuuksia voisi hyödyntää omalla vastuualueellasi?
- Millä tavalla näitä tekniikoita voisi hyödyntää koko tehtaan alueella?
- Mitkä ovat kyseisen tekniikan hyvät puolet tällä tehtaalla?
- Mitkä ovat kyseisen tekniikan haasteet oman vastuualueesi tai koko tehtaan näkökulmasta?
- Millä muilla tavoin kameravalvontajärjestelmää voisi käyttää hyödyksi?
- Mitä kameravalvonnan videoanalytiikalla tehdään sinkkitehtaalla 5 vuoden päästä?