

**Mauri Nivala**

**VUOROVAIKUTTEISEN ROBOTIIKAN TURVALLISUUS RAKEN-  
NUSPUUTUOTETEOLLISUUDESSA**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutus  
Syyskuu 2020**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Syyskuu 2020	<b>Tekijä/tekijät</b> Mauri Nivala
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> VUOROVAIKUTTEISEN ROBOTIIKAN TURVALLISUUS RAKENNUSPUUTUOTETEOLLISUUDESSA		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Kaarela & Sakari Pieskä		<b>Sivumäärä</b> 23 + 2
<b>Työelämäohjaaja</b> Jorma Hintikka, Centria T&K		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä vertailevaa tutkimusta eri turvalaitteille, joita käytetään tai voitaisiin käyttää robotin ja ihmisen yhteistyön sujuvuuden parantamiseen rakennuspuutuoteteollisuuden eri sektoreilla. Tavoitteena oli löytää parhaiten soveltuva turvalaite haastaviin olosuhteisiin, kuten pölyiseen ympäristöön.</p> <p>Työ aloitettiin etsimällä tietoa eri turvalaitteista, niiden ominaisuuksista ja soveltuvuuksista ja niiden konkreettisesta testaamisesta. Työhön valitut, tarkemmin tutkailtavat, turvalaitteet valikoituivat sen perusteella, mitkä olivat kokeiltavissa ja voisivat hypoteettisesti soveltua parhaiten rakennuspuutuoteteollisuuden sektorien vaatimiin olosuhteisiin.</p> <p>Vertailun tuloksena saatiin selville käsiteltävien turvalaitteiden edut ja heikkoudet sekä niiden pääasialliset käyttökohteet. Yhteenvetona turvalaitteiden valinta on hyvin yksilöllistä ja riippuu monesta tekijästä.</p>		
<b>Asiasanat</b> Robotiikka, Turvalaitteet, Vuorovaikutteisuus, Yhteistyörobotiikka		

## ABSTRACT

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> September 2020	<b>Author</b> Mauri Nivala
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> UTILIZING INTERACTIVE ROBOTICS IN WOOD CONSTRUCTION INDUSTRY		
<b>Instructor</b> Jari Kaarela & Sakari Pieskä	<b>Pages</b> 23 + 2	
<b>Supervisor</b> Jorma Hintikka, Centria R&D		
<p>The purpose of this thesis was to make a comparative study for different safety installations which are used to enhance the communication of humans and robots. The goal was to find the best solution for harsh, such as dusty, environment.</p> <p>The first task was to find knowledge of those safety devices, choose which ones to compare and test the capabilities in real life. The decision on which devices were chosen was affected by the hypothesis of which would be the best solutions.</p> <p>As a result of the comparison the advantages and disadvantages of each device and the main usage of them were found out.</p>		

<p><b>Key words</b> Cobots, Interactivity, Robotics, Safety devices</p>
---

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 ROBOTIIKKA</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1 Robottityypit ja rakenteet</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1.1 Teollisuusrobotit</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1.2 Yhteistyörobotit (Collaborative robots)</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Vuorovaikutteinen robotiikka</b> .....	<b>6</b>
<b>3 CENTRIA AMK &amp; TUTKIMUS-, KEHITYS- JA INNOVAATIO TOIMINTA (TKI)</b> .....	<b>7</b>
<b>4 TURVALAITTEET</b> .....	<b>8</b>
<b>4.1 Konenäköpohjaiset turvalaitteet</b> .....	<b>8</b>
<b>4.2 LiDAR – pohjainen turvalaserskanneri</b> .....	<b>10</b>
<b>4.3 Turvalliset tutka-anturit</b> .....	<b>11</b>
<b>4.4 Mekaaniset turvalaitteet</b> .....	<b>12</b>
<b>4.5 Valokytkin ja valoverhot</b> .....	<b>13</b>
<b>5 RAKENNUSPUUTUOTETEOLLISUUS</b> .....	<b>16</b>
<b>5.1 Talonrakennus</b> .....	<b>16</b>
<b>5.2 Ikkuna- ja ovituotanto</b> .....	<b>17</b>
<b>6 TURVALAITTEIDEN SOVELTUVUUDEN ARVIOINTIA</b> .....	<b>20</b>
<b>6.1 Järjestelmien hyvät ja huonot puolet</b> .....	<b>21</b>
<b>7 POHDINTA</b> .....	<b>23</b>
<b>LÄHTEET</b> .....	<b>24</b>
<b>KUVAT</b>	
KUVA 1 Suorakulmainen robotti .....	3
KUVA 2 SCARA robotti .....	4
KUVA 3 ABB IRB 120 .....	4
KUVA 4 ABB IRB 360-3/1130.....	5
KUVA 5 SafetyEYE:n muodostama valvontakartio poikkileikkauksena .....	9
KUVA 6 Vertailuna laserskannerilla toteutettu alueen turvaaminen (vasen), sekä SafetyEYE:lla toteutettu valvonta (oikea) .....	9
KUVA 7 SICK S300 turvalaserskanneri ja sen toimintaperiaate .....	10
KUVA 8 Skanneri sovelluskohteessa, punainen alue on vaara alue ja keltainen turva-alue, joka hidastaa työstö nopeutta (sovellus Visual ohjelmistolla) .....	11
KUVA 9 SICK safeRS turvallinen tutka-anturi ja SICK safeRS-evaluointiyksikkö .....	11
KUVA 10 . lähetin-vastaanotin, jossa ohjaussignaali lähetetään kappaleen katkaistaessa valonsäteen. 13	
KUVA 11 Lähetin-vastaanotin samoissa kuorissa, joissa heijastinperiaatteella palautetaan erillisestä heijastimesta valonsäden takaisin anturille .....	13
KUVA 12 Lähetin-vastaanotin samoissa kuorissa, jossa kappaleesta heijastetaan valonsäde takaisin anturin vastaanottimelle .....	14

KUVA 13 Esimerkkikuva valoanturista .....	14
KUVA 14 ABB valoverho .....	14
KUVA 15 Passivoitu ABB valoverho, jossa kyseinen kappale pääsee passivoitujen säteiden läpi, mutta kaikki siitä poikkeava pysäyttää koneen .....	15
KUVA 16 ABB valoverho, jossa mykistys lavan siirryttäessä verhon toiselle puolelle .....	15
KUVA 17 Ikkunan osat.....	18

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1. Turvalaitteiden vertailua .....	21
---	----

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käyn läpi vuorovaikutteista robotiikkaa ja siihen liittyviä turvalaitteita rakennuspuutuoteteollisuuden erilaisissa tehtävissä. Tällaisia sovelluksia löytyy mm. Ikkuna- ja oviteollisuudesta, talonrakennus sektorilta, joita myös sivuan työssäni, huonekaluteollisuudesta sekä sahoilta. Työ tehtiin Centrialle ja pääaiheena oli uuden turvallisen tutka-anturin testaaminen ja vertaileminen muiden turvalaitteiden kanssa kysymyksenä: mikä soveltuu ja toimii parhaiten haastavissa olosuhteissa, kuten pölyisessä ympäristössä. Työssä käyn läpi myös turvastandardeja, joita vaaditaan vuorovaikutteisessa robotiikassa ja perehdyn tarkemmin yhteistyörobotiikkaan, sen hyötyihin ja mahdollisuuksiin.

Rakennuspuutuoteteollisuudesta käyn tarkemmin läpi talonrakennusta, sekä ikkuna- ja oviteollisuuden sektoria. Turvalaitteiden vertailua pyrin kohdistamaan juuri näiden sektorien suuntaan ja löytämään niistä parhaan vaihtoehdon turvata kyseisten tuotannon alojen sovelluksia. Lopputuloksena syntyy perustellut vastaukset, miksi joku turvalaite ei sovi rakennuspuutuotealalle niin hyvin, kuin toinen ja miten näitä yhdistämällä voidaan lisätä tuotannon turvallisuutta ja yhteistyötä ihmisten ja robottien välillä.

## 2 ROBOTIIKKA

Robotti määritellään kansainvälisellä tasolla ISO 8373:1994 standardissa seuraavasti:

“Automaattisesti ohjattava uudelleenohjelmoitava, monikäyttöinen manipulaattori, jossa on vähintään kolme ohjelmoitavaa akselia”.

Toisen standardin, SFS-EN ISO 10218-1, määrittely on seuraava:

“Teollisuuden automaatiosovelluksissa käytettäväksi tarkoitettu automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmoitavissa oleva monikäyttöinen käsittelylaite, jonka akseleista vähintään kolme on ohjelmoitavissa ja joka voi olla kiinteästi asennettu tai liikkuva”.

(Malm 2008, 1-3)

Robotit ovat teollisuuden alojen erilaisten hydraulisten, pneumaattisten sekä mekaanisten sovelluskohdeiden tehtävien hoitamiseksi valmistettuja koneita, joissa tarvitaan liikkumavaraa ja uudelleenohjelmointimahdollisuus. Ensimmäisiä sovelluskohteita Suomessa vuonna 1970-luvulla olivat erilaiset maalauksosovellukset ja myöhemmin laajentuminen hitsaus- ja kappaleenkäsittelysovelluksiin. Perimmäinen tarkoitus on tehostaa tuotantoa ja näin pärjätä kansainvälisilläkin markkinoilla. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 298)

### 2.1 Robottityypit ja rakenteet

Robotit erotetaan toisistaan eri tyyppeihin rakenteen, ohjelmoitavuuden, koon, nivelten lukumäärän ja käyttötarkoituksiensa perusteella. Pääryhmät ovat teollisuusrobotit ja yhteistyörobotit, jotka voidaan vielä jakaa omiin alaryhmiinsä. Nimiensä mukaisesti teollisuusrobotit ovat tarkoitettuja hoitamaan teollisuudessa fyysisesti haastavia ja tarkkuutta vaativia toistoja, kun taas yhteistyörobotit toimivat ihmisen rinnalla auttamassa erilaisissa sovelluksissa.

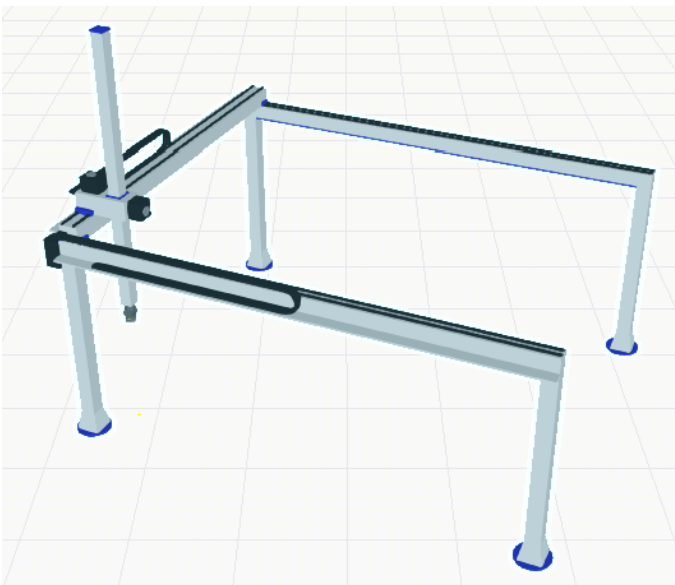
#### 2.1.1 Teollisuusrobotit

Teollisuudessa käytettäviä robotteja kutsutaan teollisuusroboteiksi ja ne ovatkin yleisimpiä investoitavia robotteja. Tavalliselle talleajalle puhuttaessa roboteista ensimmäisenä tulee mieleen kiertyvänivelinen robotti, joka on tunnetuin muistuttaessaan ihmisen käsivartta. Robottityyppejä on useita erilaisia ja ne

määritellään nivelrakenteen, ohjelmointitavan, toimilaitteiden ja käyttötarkoituksen perusteella. Tavallisimmat robottityypit ovat suorakulmaiset-, scara-, kiertyväniveliset-, sekä rinnakkaisrakenteiset robotit. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 298)

### Suorakulmaiset robotit

Suorakulmainen robotti (Kuva 1) nimensä mukaisesti liikkuu suorakulmaisesti lineaarisin liikkein X, Y ja Z akseleilla. Robotti tuetaan nurkista ja yleensä asennetaan työalueen yläpuolelle ylösalaisin, jolloin myös lattiapinta-alaa säästyy. Esimerkkinä pienemmissä kohteissa voidaan ohjata 3D-tulostimen suutinta tai cnc-koneen jyrsinpäätä. Suurempia kohteita ovat logistiikka- ja varastosovellukset. Lineaarisuus tuo mukanaan helpon ja yksinkertaisen ohjelmoitavuuden ja tarkan paikoitus kyvyn.



KUVA 1. Suorakulmainen robotti (Visual Components 2020)

### SCARA

Lyhenne SCARA (Kuva 2) tulee nimestä: Selective Compliance Assembly Robot Arm. Robotti koostuu kolmesta kiertyvästä nivelestä ja yhdestä pystyakselistä (lineaariliike). Parhaiten kyseinen robotti soveltuu pienten kappaleiden siirtelyyn esimerkiksi kahden linjan välissä, joista toisessa on kokoonpantava kappale, johon toiselta linjalta otetaan ja sijoitetaan osa. Tällainen voi olla esim. tabletin siirtäminen pakkaukseen tai kokoonpanossa pienemmän osan kiinnittäminen kokonaisuuteen. nopeus ja tarkkuus ovatkin SCARA robotin vahvuusalueet. (ABB Robotics 2015.)





KUVA 2. SCARA robotti (Visual Components 2020)

### Kiertyväniveliset robotit

Kiertyvänivelinen robotti (Kuva 3) on yleisin käytössä oleva robotti tyyppi, joka koostuu 4-10 kiertyvästä nivelestä ja työkalulle tarkoitetusta tarraimesta, joka vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. Käytömahdollisuudet ovat laajimmat verrattuna muihin robottityyppeihin ja erilaisia sovelluskohteita ovat mm. kappaleenkäsittely- ja prosessitehtävät, hitsaus, maalaus, palletointi ja kokoonpano. Kuvassa 3 nähdään perinteinen kuusi akselinen kiertyvänivelinen robotti ja sen akselit.



KUVA 3. ABB IRB 120 (Visual Components 2020)

## Rinnakkaisrankenteiset robotit

Rinnakkaisrakenteiset robotit (Kuva 4), toiselta nimeltään deltarobotit, koostuvat kolmesta liikkuvasta akselista, jotka on sijoitettu robotissa nimen mukaisesti rinnan. Koska robotti on nopea ja tarkka liikkeissään, niitä käytetään yleensä linjoilla jonkinlaisissa poiminta-/sijoitussovelluksissa. Näitä sovelluksia on mm. lääke- ja elintarviketeollisuudessa.



KUVA 4. ABB IRB 360-3/1130 (Visual Components 2020)

### 2.1.2 Yhteistyörobotit (Collaborative robots)

Yhteistyörobotit ovat robottimalleja, joiden tarkoitus on työskennellä ja auttaa ihmistä tuotannon tehtävissä. Nämä ovat herkempiä ja kevyempiä kuin teollisuusrobotit ja johdotukset moottoreineen on rakennettu rungon sisälle ja geometrialtaan muodot ovat pyöreämpiä. Nämä ominaisuudet luovat kompaktin ja turvallisen robotin, joka ei välttämättä vaadi erillisiä turvajärjestelmiä, kuten turva-aitoja. Ohjelmointi on myös yksinkertaista, joko kosketusnäytöllä, joka on lähempänä perinteisen robotin ohjelmointia, tai käsinohjauksella, jolloin robottia ohjataan käsin ja käydään liikerata läpi. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 298-300)

Monissa yhteistyöroboteissa on asennettuna älykamera, jolla saadaan toteutettua sovelluksia, joissa kone tunnistaa esimerkiksi pöydältä erilaisia kappaleita muotojen perusteella ja siten lajittelee ne oikeisiin paikkoihin. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 298-300)

## **2.2 Vuorovaikutteinen robotiikka**

Vuorovaikutteisella robotiikalla tarkoitetaan ihmisen ja robotin välistä yhteistyötä, jossa hyödynnetään molempien parhaat puolet. Robotti hoitaa raskaat ja motorisesti ihmiselle liian haastavat työt, kun taas ihminen tuo mukaan joustavuuden ja sopeutumisen muutoksiin ja vaihteluihin. Ongelmana kuitenkin on turvallisuuden takaaminen niin, että yhteistyö olisi mahdollisimman mutkatonta. Yhteistyön sujuvuuden parantaminen mahdollistaa tehokkuuden- ja laadun parantumisen, kapasiteetin kasvun ja työntekijöiden työolosuhteiden paranemisen. Verrattuna täysin automaattisiin tai manuaalisiin työpisteisiin, useita työvaiheita vaativien ja monimutkaisten tuotteiden valmistus piensarjoissa tehostuu. (Malm 2008, 66-69)

Vuorovaikutteiseen robotiikkaan sisältyy ihminen-robotti yhteistyön lisäksi myös kone-robotti yhteistyö. Tämä tarkoittaa esim. Linjaston ja robotin vuorovaikutteisuutta tai kahden robotin yhteistyötä. Kappaleita voidaan liikuttaa robotilta toiselle liukuhihnalla ja samalla kaksi robottia voi yhdessä hitsata toista kappaleita periaatteella: toinen pitää kiinni, kun toinen hitsaa, ja linja liikuttaa seuraavia kappaleita kyseistä toimenpidettä varten, kun hitsaus on valmis. Tämä vaatii kuitenkin yhteisen ohjaimen käyttöä. Aina yhteinen ohjaus ei ole mahdollista ja silloin antureilla ja ohjausjärjestelmien välisellä kommunikoinnilla saadaan linjasto pyörimään halutulla tavalla. (Malm 2008, 66-69)

Uudet turvastandardit, kuten ISO/TS 15066, mahdollistavat ihmisen ja robotin välisen yhteistyön teollisuudessa. Standardissa luokitellaan neljä kategoriaa, joiden puitteissa robotin eristäminen ei ole välttämätöntä. Kategoriat ovat: turvaluokiteltu valvottu pysäytys, käsin ohjaaminen, nopeuden & etäisyyden seuranta ja tehon & voiman rajoitus. (Heikkilä 2016)

### 3 CENTRIA AMK & TUTKIMUS-, KEHITYS- JA INNOVAATIO TOIMINTA (TKI)

Centria-ammattikorkeakoulu Oy:n omistukseen kuuluva Centria-ammattikorkeakoulu on Ylivieskan, Kokkolan ja Pietarsaaren kaupunkeihin keskittyvä oppilaitos sekä tutkimus-, kehitys- ja innovaatiolaitos. Centrian profiloituminen työelämälähtöisyyteen, digitalisaatioon ja kansainvälisyyteen näkyy opiskelussa ja TKI:n toiminnassa esimerkiksi Erasmus- ja vahvana toimintana osana opetusta, nykyaikaisen teknologian ja viestinnän sekä hyvän alueellisen työllisyysasteen ansiosta. Opiskelu on vahvasti kytköksissä työelämään ja alueen yrityksiin. Päivä- sekä monimuotototeutuksena opiskeltavat oppiaineet ovat insinööri-, liiketalous-, sairaanhoitaja-, sosionomi-, yhteisöpedagogi-, musiikkipedagogin tutkinnot sekä muunto- ja erikoistumiskoulutukset. Kaikkien alojen opinnot ovat vahvasti kytköksissä alueen yrityksiin harjoitteluiden ja projektien kautta. (Centria 2020)

Tuotantoteknologia, kemia & biotalous, digitalisaatio ja yrittäjämäinen palvelutuotanto ovat Centrian painoaloja, eli keskeisiä tutkimuksellisia kategorioita, jotka määrittävät, mitkä asiat vaikuttavat tehtävien toteuttamistapaan. Alueena Centria on työttömyydeltään koko Suomen mittakaavassa alhaisimpia ja yrittäjien osuus työllisistä kipuaa lähes viidesosaan. Centrian alueen epäorgaanisen kemianteollisuuden keskittymä ja metalli-, konepaja-, puutuote-, rakennus-, elintarvike- ja veneteollisuus on pohjoismaiden mittakaavassa suurinta. Suomen viennistä Centrian alueen osuus on merkittävä elinkeino- ja työelämä puolella, mitä helpottaa hyvä logistinen sijainti raide- ja meriliikenteen saralla. (Centria 2020)

TKI eli tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminta on monipuolisuudellaan ja laajuudellaan päässyt Suomen kärkikastiin. Punainen lanka TKI:n toiminnassa on vahvistaa alueen yritysten ja organisaatioiden osaamista, jotta kilpailukykyä ja toimintaa saadaan tehostettua. TKI:n vahva side yrityksiin ja oppiympäristöön tarjoaa työelämälähtöisen oppimisympäristön, mikä hyödyttää sekä tutkijoita, yrityksiä sekä opiskelijoita. Tutkimus- ja kehittämisryhmät koostuvat asiantuntijoista ja opettajista.

Toiminnan kolme kantavaa rakennetta ovat hanketoiminta, elinkeinoelämälle tarkoitetut tuote- ja tuotannonkehityspalvelut ja koulutuspalvelut. (Centria 2020)

TKI toiminta työllistää n. 110 henkilöä ja kehityshankkeiden määrä vuositasolla on n. 80, joista neljännes on kansainvälisiä. Kokonaisliikevaihto vuonna 2018 oli 8,6M€ ja ulkopuolisia rahoituksia tuli 5,6M€:n osuudella. Julkisia rahoittajia olivat EU (EAKR, ESR, Interreg), Business Finland, maakuntien liitot ja ELY-keskukset. (Centria 2020)

## 4 TURVALAITTEET

“Pääsyä koneen tai työvälineen vaara-alueelle on rajoitettava niiden rakenteen, sijoituksen, suojusten tai turvalaitteiden avulla tai muulla sopivalla tavalla”. (Finlex 2002, 41 §)

Este voi olla joko fyysinen tai riittävän tehokkaalla valvonnalla suoritettu ja kytköksissä toimilaitteen ohjaukseen, siten, ettei sitä voi vahingossa ohittaa. Turvallisuus turvalaitteissa perustuu jatkuvan tiedon muuttumiseen ja niihin reagoimiseen.

Turvalaitteet luokitellaan standardien mukaisesti kiinteisiin, liikkuviin ja ei-erottaviin turvalaitteisiin. Kiinteitä laitteita koskee standardi EN ISO 14120, näitä ovat esimerkiksi turva-aidat, jotka estävät fyysisesti pääsemisen koneen vaara-alueelle. Liikkuvien laitteiden vaatimukset määritellään EN 953 +A1 -standardissa. Turvaportti esimerkkinä, joka aukaistaessa pysäyttää koneen turvallisesti ja suljettuna kone on vapaa jatkamaan. Ei-erottavia laitteita koskee useampi standardi, joita ovat: EN 61496-1, IEC 61496-2, EN 61496-2 sekä CLC/TS 61496-3. Ei-erottavia laitteita ovat mm. turvaskannerit, -matot, valopuomit sekä kaksinkäsinohjauslaitteet, jotka pysäyttävät koneen turvallisesti jotain vaara-alueelle kuulumattoman sinne päästessä. (Keinänen & Sumujärvi 2019)

### 4.1 Konenäköpohjaiset turvalaitteet

Peruseriaate kamerapohjaisissa turvalaitteissa on valvontakameran antaman jatkuvan kuvan tulkitseminen ja sen muutoksiin reagoiminen. Kuten laserskannerissa, voidaan havainnointialueen kokoa ja muotoa muokata vapaasti, tosin kolmiulotteisesti. Laajojen alueiden valvontaan pystyvänä laitteena kuitenkin reagointinopeudet eivät päästä huimaa, minkä vuoksi turvaetäisyydet tulee asettaa valvoverhoja laajemmiksi. (Malm 2008, 30-33)

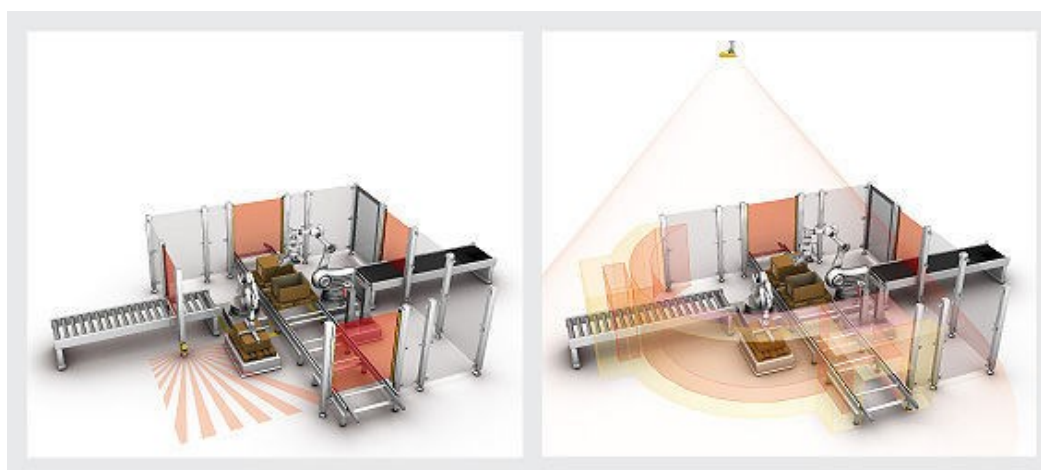
Pilzin valmistama SafetyEYE (Kuva 5) koostuu kolmesta CMOS kamerasta, jotka kuvaavat turvattavaa kohdetta sen yläpuolelta, kahdesta tietokoneesta, joissa on eri käyttöliittymät ja jotka vastaavat järjestelmän laskennasta ja kuvatietojen käsittelystä. Itse SafetyEYE ohjelmaa ohjataan erillisellä tietokoneella, joka on ethernet yhteydellä yhdistettynä järjestelmään. (Malm 2008, 30-33)

SafetyEYE ei erota valvottavalle alueelle tulevaa kohdetta itse toimilaitteesta, minkä vuoksi sen onkin tarkoitus valvoa työalueen välitöntä läheisyyttä (Kuva 6). Kolmiulotteinen valvominen taas mahdollistaa

useamman, kuin yhden työalueen valvomisen samanaikaisesti. Kamera sijoitetaan 1,5 m-7,5 m korkeuteen riippuen valvottavan alueen laajuudesta. Kuvassa 5 nähdään toimintaperiaate, jossa keltainen alue on varoitusalue, jonka ylittäminen esimerkiksi hidastaa toimilaitteen toimintaa. Punainen alue on taas vaara-alue, joka pysäyttää koneen välittömästi. Sininen alue kuvassa on robotin toimintasäde. (Malm 2008, 30-33)



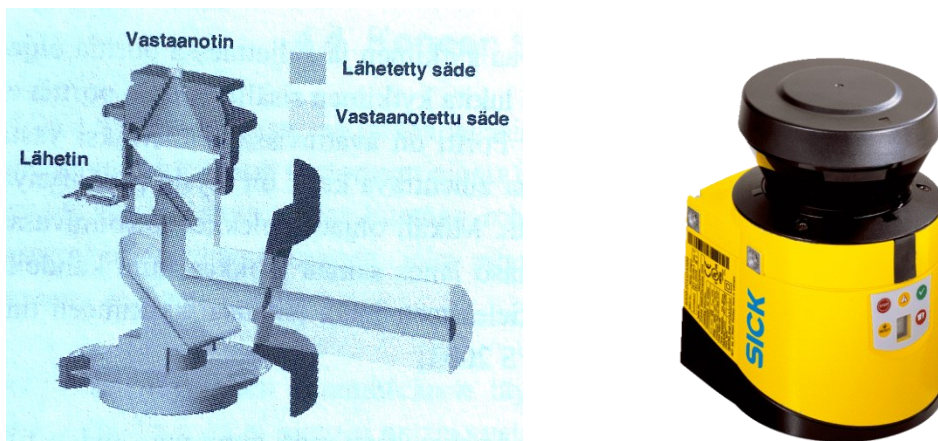
KUVA 5. SafetyEYE:n muodostama valvontakartio poikkileikkauksena. (Iversen 2007)



KUVA 6. Vertailuna laserskannerilla toteutettu alueen turvaaminen (vasen), sekä SafetyEYE:lla toteutettu valvonta (oikea). (Direct industry, 2020; Pilz 2020)

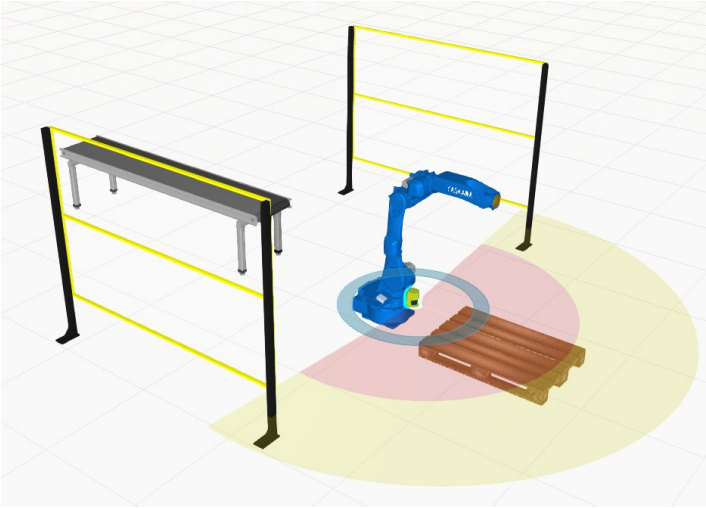
## 4.2 LiDAR – pohjainen turvalaserskanneri

LiDAR eli Light Detection And Ranging pohjainen turvalaserskanneri (Kuva 7) on optinen laite, jonka toiminta perustuu pulssittaisten valonsäteiden lähettämiseen ja niiden vastaanottamiseen ja siitä syntyvän ohjauskäskyn antamiseen. Lähetin antaa lyhyitä pulsseja, jolloin elektroninen sekuntikello lähtee käyntiin. Säteen osuessa kohteeseen se heijastuu takaisin turvalaserskannerille. Skanneri mittaa lähettämisen ja vastaanottamiseen kuluvan ajan avulla matkan kyseiseen kohteeseen. Skannerissa on myös tassaista vauhtia pyörivä peili, joka kattaa 270 asteen kaaren. Näin pulssit saadaan suunnattua ja hajautettua laajemmalle alueelle. Pulssit hajautuvat niin, että väliin ja puoli astetta ja täten resoluutioksi saadaan jotain 30 mm ja 150 mm välillä, kun toimintamatka on 4 m-7 m. Esimerkkinä ihmisen havaitsemiseen tarvittava säteiden välinen etäisyys on 70 mm, mikä on määritelty SFS-EN ISO 10218 standardissa. Kuvassa 7 on havainnollistava kuva laitteen toiminnasta ja yhdestä SICK:in skannerista. (Sick AG 2020; Malm 2008)



KUVA 7. SICK S300 turvalaserskanneri ja sen toimintaperiaate (Sick AG 2020; Malm 2008)

Kuvassa 8 on esimerkki käyttökohteessa, jossa robotin edustaa suojataan turvalaserskannerilla ja lavan täyttyessä sen voi hakea trukilla pois, jolloin skannerin toimesta robotti pysähtyy. Kun lava on vaihdettu, robotti ohjelma resetoidaan ja se jatkaa hihnalta tulevien kappaleiden nostelua taas uudelle lavalle.



KUVA 8. Skanneri sovelluskohteessa, punainen alue on vaara alue ja keltainen turva-alue, joka hidastaa työstö nopeutta (Sovellus Visual ohjelmistolla)

### 4.3 Turvalliset tutka-anturit

Mikroaaltoteknologiaan perustuva turvallinen tutka-anturi SICK safeRS (Kuva 9) koostuu Inxpect S.p.A.:n LBK System -turvatutkajärjestelmästä eli enintään kuudesta kuvan 9 mukaisesta anturista, sekä yhdestä evaluointiyksiköstä. Anturien kotelointi ja rakenne ovat IP67 luokiteltu ja sisällä ei ole liikkuvia osia, mikä takaa kestävyuden vaativiinkin olosuhteisiin, kuten lian, puupölyn ja -lastujen, kipinöinnin, sateen, savun, tärinän, suurten lämpötilaerojen ( $-40\text{ °C} \dots +60\text{ °C}$ ) ja/tai valonlähteiden kuten auringonvalon tai infrapuna-aaltojen riivaamiin kohteisiin. Käyttöönotto ja konfigurointi on myös helppoa ja nopeaa. Anturin kuvakulmien suuruudet ovat  $110^\circ$  vaakaan ja  $30^\circ$  pystyyn maksimissaan ja kantavuus on neljä metriä. Vasteaika eli reaktionopeus on maksimissaan 100 ms. (Sick AG 2020; Pilz GmbH & Co. KG 2020; Inxpect 2020)



KUVA 9. SICK safeRS turvallinen tutka-anturi ja SICK safeRS-evaluointiyksikkö (Sick AG 2020)



Tutkateknologia eli Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) toimii 24 - 24,25 GHz taajuudella ja järjestelmä soveltuu suoritustason d/ luokka 2/ SIL 2 turvaamissovelluksiin ISO 13849-1 ja IEC 62061 standardien mukaisesti. (Sick AG 2020; Pilz GmbH & Co. KG 2020)

Mahdollisia sovelluksia kyseiselle kokoonpanolle on mm. käsittelemäni rakennuspuutuoteteollisuus sekä muu raskas teollisuus. Näitä ovat esimerkiksi terästehtaat, valimot ja puunjalostustehtaat, joissa voi olla paljon pölyä, lastuja, hitsauskipinöitä, valoa ja tärinää. Ulkotiloissa nosturit ja irtotavaravarastot ovat alttiita sääolosuhteille kuten lumelle, pakkaselle, sumulle ja sateelle. (Sick AG 2020; Pilz GmbH & Co. KG 2020)

#### **4.4 Mekaaniset turvalaitteet**

Mekaanisia turvalaitteita ovat mekaaniseen kosketukseen reagoivia kytkimiä, jotka ovat luotettavia, yksinkertaisia, helppoja testata ja saatavuus on hyvä. Tällaisia ovat turvaporitit, tuntomatot, kaksinkäsinohjaukset sekä hätäseisnappi. Kaikki näistä vaativat kosketuksen, jotta turvarele kytkeytyy päälle ja pysäyttää esimerkiksi jonkin koneen. (Malm 2008)

Turvaporitit ovat turvarelevarustettuja ovia turva-aidatun alueen yhteydessä, joiden kautta ihminen pääsee aidan sisälle turvallisesti niin, oven aukaistaessa kone pysähtyy ja jatkaa vasta kun portti on kiinni ja se on resetoitu. (Malm 2008)

Tuntomattoja on toiminnan kannalta kolmenlaisia: paineilmaan, valokuituun tai sähkömekaanisiin ratkaisuihin perustuvia. Näistä kuitenkin paineilmatoimiset ovat harvinaisempia sähkö- ja valoratkaisujen raivatessa kärkipaikan. (Malm 2008)

Paineilmatoimisissa matoissa pieni pumppu ylläpitää maton sisällä olevassa putkistossa suljettua ilmakehää. Astuttaessa matolle alku- ja loppupään välille syntyvä paine-ero aiheuttaa pysäytyskäskyn. (Malm 2008)

Valoon perustuvissa matoissa valokuidun ominaisuudet nousevat hyvin esille. Sykkyrällä oleva valokuitukaapeli taittuu matolle astuttaessa, jolloin osa läpi kulkevasta valosta karkaa. Valon intensiteetin vaihtelu havaitaan kaapelin toisessa päässä olevalla anturilla, joka lähettää signaalin ohjausyksikköön, joka lopulta pysäyttää koneen. (Malm 2008)

Yleisin, eli sähköisen piirin sulkeutumiseen perustuvassa matossa on kaksi metallilevyä, joita pidetään erillään joustavilla eristeillä. Astuttaessa matolle eristeet antavat periksi ja metallilevyt koskettavat toisiaan ja sulkevat piirin. (Malm 2008)

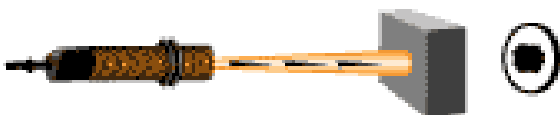
#### 4.5 Valokytkin ja valoverhot

Valokytkinten toiminta perustuu LED (light emitting diodes) valoa lähettävästä lähettimestä havaitsevalle vastaanottimelle. Lähetin ja vastaanotin voivat olla joko erillisinä yksikköinä tai yksiin kuoriin pakattuina. Anturin häiriönsietokykyä ja yksilöllisyyttä lisää pulssitettu ja moduloitu valo. Valokytkimet käyttävät infrapuna aallonpituutta, koska teollisuudessa muodostuva pöly ja savu eivät niinkään haittaa sen toimintaa, vaan se läpäisee ne näkyvää valoa paremmin, eikä näkyvä valo aiheuta häiriöitä. Muihin etuihin lukeutuu tärinän, mekaanisen rasituksen, lämpötilavaihtelujen ja iskujen sietokyky, joista tulee luotettavuus kyseistä tekniikkaa kohtaan. (Malm 2008, 18-20)

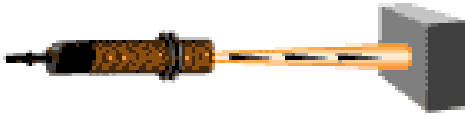
Valokytkimet jaetaan kolmeen eri tyyppiin. Lähetin-vastaanotin (Kuva 10) yhdistelmässä ne ovat kaksi erillistä laitetta, jolloin valo kulkee suoraan lähettimestä vastaanottimeen. Ne voivat myös olla samoissa kuorissa, jolloin valo heijastetaan lähettimestä vastaanottimeen joko itse tarkkailtavasta kappaleesta (V-heijastuperiaate, Kuva 12) tai erillisestä heijastimesta (Kuva 11), joka yleensä on kohteen takana. Valonsäteiden katkeamisella tai yhteyden palautumisella kontrolloidaan yleensä jotakin, esimerkiksi valokennoa, joka pysäyttää robotin sen läheisyyteen saavuttaessa. Ohjaussignaalin voikin määrittää lähetettäväksi yhteyden katketessa tai sen palautuessa. (Malm 2008, 18-20)



KUVA 10. lähetin-vastaanotin, jossa ohjaussignaali lähetetään kappaleen katkaistaessa valonsäteen.



KUVA 11. Lähetin-vastaanotin samoissa kuorissa, joissa heijastinperiaatteella palautetaan erillisestä heijastimesta valonsäden takaisin anturille.



KUVA 12. Lähetin-vastaanotin samoissa kuorissa, jossa kappaleesta heijastetaan valonsäde takaisin anturin vastaanottimelle.



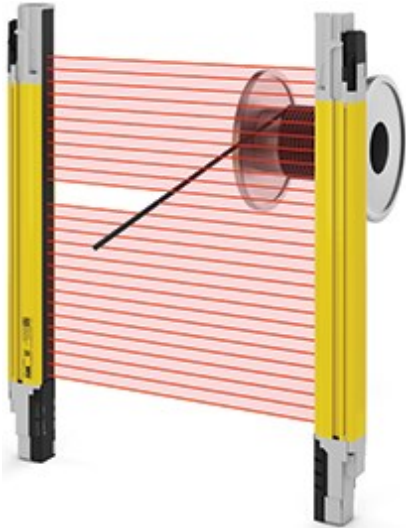
KUVA 13. Esimerkkikuva valoanturista (Haverinen 2010)

Valoverhot ovat käytännössä rivi valokytkimiä, jotka yhdessä kontrolloivat jonkin laitteen toimintoa, kuten koneen pysäytystä. Valoverhot soveltuvat kulkuaukkojen valvontaan, jossa halutaan estää esimerkiksi raajojen pääsy työalueelle. Valoverhon valonsäteiden etäisyys toisistaan määräytyy suojattavan kohteen koon mukaan. Sormien suojauksessa 14 mm, käsille 30 mm ja koko keholle 40 mm. Etäisyys lähettimen ja vastaanottimen välillä voi olla jopa 50 m ja silti reagointi-aika pysyy valmistajien mukaan muutamissa millisekunneissa. (Malm 2008, 18-20)



KUVA 14. ABB valoverho (ABB 2020)

Valoverhoja voi myös passivoida, eli tietyn kokoiset kappaleet pääsevät valoverhon läpi passivoitujen valonsäteiden ansiosta, mutta kaikki siitä poikkeava antaa pysäytyskäskyn. Esimerkiksi juomapullo pääsee linjaa pitkin läpi, mutta kun ihminen työntää kätensä valoverhoon, linja pysähtyy ja pysäytys pitää sitten kuitata manuaalisesti, jotta tuotanto voi jatkua. (Malm 2008, 18-20)



KUVA 15. Passivoitu ABB valoverho, jossa kyseinen kappale pääsee passivoitujen säteiden läpi, mutta kaikki siitä poikkeava pysäyttää koneen (ABB 2020)

Valoverhoissa on myös mykistys, eli ohitus, mahdollisuus. Turvallinen ja luotettava ohitus aikaansaadaan kahdennuksella eli yleensä kahdella riippumattomalla signaalilla ja valvotulla ohjausjärjestelmällä. Antureiden kohdalla tulisi käyttää erilaisia antureita virheiden minimoimiseksi Turvarele tai turvalogiikka liitetään seuraamaan antureiden aktivointia ja käytöstä poistoa jokaisen ohituksena aikana, näin myös vältetään tahallisia väärinkäytöksiä. (ABB 2020)



KUVA 16. ABB valoverho, jossa mykistys lavan siirryttyä verhon toiselle puolelle. (ABB 2020)

## 5 RAKENNUSPUUTUOTETEOLLISUUS

Rakennuspuutuoteteollisuus kuuluu metsäteollisuuden kahdesta pääteollisuudenalasta puutuoteteollisuuteen tai toiselta nimeltään mekaaniseen metsäteollisuuteen. Toinen pääteollisuudenala on kemiallinen metsäteollisuus. Suomen kansantaloudessa suurta roolia pitävä metsäteollisuus on pienentynyt viimeisen 50 vuoden aikana. Kuitenkin koko Suomen vientituloista se kattaa n. 20 prosenttia ja hieman vähemmän koko Suomen teollisuuden tuotannosta. 15 prosentin osuudella koko teollisuuden tarjoamista työpaikoista tulee metsäteollisuudesta. (Sahakonttori 2018)

Kymmenien yhtiöiden kesken jakautunut metsäteollisuus koki vuosien 1980-2010 välillä mittavaa fuusioitumista ja ympäri maailman yltäviä hieman jopa ylihintaisia yritysostoja. Digitalisoitumisen alettua 2000-luvun jälkeen paperin kulutus laski merkittävästi, mikä johti tehtaiden sulkemisiin samalla, kun maailmantalous alkoi ajaantua taantumaan. 2010-luvulla metsäteollisuuteen alettiin kuitenkin taas investoida enemmän tuotteiden monipuolistamisen jälkeen. (Sahakonttori 2018)

Suurimmat metsäteollisuuden toimijat Suomessa ovat Metsä Group, Stora Enso ja UPM. Suurimpana toimijana UPM työllistää 19400 henkilöä 13 eri maassa ja tilikauden tulos on noin 880 miljoonaa euroa, kun taas Metsä Groupilla vastaava luku on 280 miljoonaa ja Storalla 783 miljoonaa euroa. (Sahakonttori 2018)

Rakennuspuusepänteollisuuden tuotteita ovat rakennuksen runkoon kiinnitettävät sisäosat, kuten ovet, ikkunat, portaat, verhoilulaudat, kiintokalusteet, lattiarakenteet yms. Näistä keskityn työssäni ikkuna- ja ovituotantoon sekä talonrakennukseen.

### 5.1 Talonrakennus

Nykypäivän talonrakentamisessa tavoitteena ovat pitkäikäiset, energia- ja ympäristötehokkaat, turvalliset ja arvonsa säilyttävät rakennukset ja rakenteet. Kustannukset pyritään kuitenkin pitämään mahdollisimman alhaisina, mikä lisää kilpailukykyä. Kokonaisuus ratkaisee ja jokaista asiaa rakennuksessa on mietittävä huolella sekä pohdittava, miten ne vaikuttavat ympäristöön ja ilmastoon koko sen elinkaaren aikana. Aina metsästä hakatuista puista valmiiksi tuotteeksi. (Vuorinen & Ilomäki 2020)

Jotta saataisiin kestäviä rakennuksia on kaikkien hankkeeseen liittyvien pelattava yhteen niin, että saadaan ammattitaitoista suunnittelua, tehokas ja toimiva tekninen toteutus sekä huolellinen viimeistely. Valmis tuote vaatii kuitenkin oikeanlaista käyttöä, suunnitelmanmukaisia huoltotoimenpiteitä ja ylläpitoa. Näillä varmistutaan, että tuote kestää käytännössä ja sillä on pieni elinkaarenaikainen ympäristökuormitus. (Vuorinen & Ilomäki 2020)

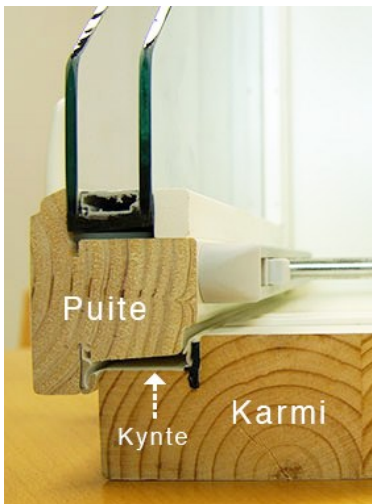
## 5.2 Ikkuna- ja ovituotanto

Ikkunatuotanto koostuu puu- ja puualumiinirunkoisista ikkunoista, jotka ovat pääosin arkkitehdin suunnittelemlia, niiden kuuluessa rakennuksen ulko-olemuksen. Ikkunan osien nimitykset ovat vakiintuneet ja nämä osat ovat karmi, puite ja lasitus. Ikkunatyypit muodostuvat puitteiden ja lasituksien lukumäärän perusteella. (Auvinen ym. 2002, 196-197)

Karmi on seinärakenteessa kiinteästi oleva ikkunan ulommainen osa, joka toimii ikkunan runkona. Kuvan 16 mukaisesti karmiin on muotoiltu kynte, jota vasten puite painuu. Mikäli ikkunassa on useampia valoaukkoja, voi siinä olla myös välikarmi. Kiinteisiin ikkunoihin lasitus tehdään suoraan karmiin. (Ikkunawiki 2019)

Puite, eli puhekielisemmin poka, on ikkunan aukeava osa, jossa ikkunalasi on kiinni. Puitteita voi olla, ikkunatyypistä riippuen, kaksi tai useampia. Kaksilasisessa ikkunassa on erilliset sisä- ja ulkopuitteet ja kolmilasisessa voidaan käyttää välipuitetta lisänä. Saranointi useimmiten sijoitetaan puitteen pystyosaan, mutta Suomessa harvemmin vastaan tuleva ratkaisu on sijoittaa saranat ylä- tai alaosaan. (Ikkunawiki 2019)

Listoitus on toteutettu joko sisätilan kuiviin tiloihin tarkoitettulla pinnoitetulla MDF-listalla, tai puulisalla. Märkätilojen listoitukseen soveltuu muoviset tai suojäkäsittelyt listat. (Ikkunawiki 2019)



KUVA 17. Ikkunan osat (Ikkunawiki 2019)

Ikkunatyypit ovat standardisoituneet ja niille on lyhenteet, jotka määrittävät rakenteen, kuten ikkunoiden ja puitteiden määrän, aukeamissuunnan ja tarkemmat tiedot, mikäli niitä on. Lyhenteitä ovat esimerkiksi MS eli sisäänaukeava, kaksipuitteinen ja kaksilasinen ikkuna. Muita tyyppejä on MSU, MSK, MSE, MS2E, MEK, SE.

- S kirjain tarkoittaa sisäänaukeavaa ikkunaa
- SU merkitsee sisään-/ulosaukeavaa ikkunaa
- K merkitsee kolmipuitteista ikkunaa
- E merkitsee kaksipuitteista ikkunaa, jossa sisemmässä puitteessa on kaksilasinen umpiolasielementti
- 2E taas merkitsee molempien puitteiden kaksilasisuutta
- MEK tarkoittaa kiinteää kaksi- tai kolmilasista umpiolasielementti-ikkunaa
- SE on sisäänaukeava yksipuitteinen ikkuna, jonka puitteessa on kaksi- tai kolmilasinen umpiolasielementti.

(Ikkunawiki 2019)

Ovituotanto koostuu ulko-, ikkuna- ja sisäoviin ja ne ovat välttämätön osa rakennusta kulkuliikenteen takaamiseksi. Ikkuna- ja ulko-ovet ovat ulkoverhoilussa, jotka toimivat sisäänkäyntinä rakennukseen. Nämä eivät sinänsä eroa toisistaan muuten kuin, että ikkunaovessa on ikkuna-aukko. Sisäovet erottavat rakennuksen sisällä olevia tiloja toisistaan. (Auvinen Ym. 2002, 205-218)

Ovet erotetaan toisistaan rakenteen perusteella ja näiden eri tyyppien nimet ovat: kehys-, laaka- ja ikkunaovet. Kehysovissa kantavana osana on puukehys, jonka sisällä voi olla esimerkiksi lämpöeristys ja

molemmat puolet verhoillaan joko paneelein, vanerilla tai MDF-levyllä. Laakaovi koostuu kerrosrakenteesta, jonka jäykkyys tulee toisiinsa liimatuista kehyksestä, täyteaineesta ja pintalevystä. Ikkunaovi voi olla yksi tai kaksilehtinen. (Auvinen ym. 2002, 205-218)



## 6 TURVALAITTEIDEN SOVELTUVUUDEN ARVIOINTIA

Rakennuspuutuoteteollisuus on hyvin pitkälti tuotannossa syntyvää puupölyä, -purua ja -lastua. Automaatioon tähtäävässä teollisuudessa on hyvä, että robotit ja automaatiolinjastot hoitavat ja tulevat hoitamaan ns. ”likaisen työn”, mutta se asettaa haasteita myös järjestelmän toimivuuden kannalta.

On tärkeää puuta työstäessä, että ympäristö saadaan pidettyä mahdollisimman siistinä ja pölyttömänä. Tässä auttavat paljon erilaiset pienhiukkas suodattimet, jotka keräävät ilmassa leijuvaa pölyä, sekä isomman purujätteen keräämiseen tarkoitettut puruimurit tai poistoputket, joita pitkin jäte varastoituu suurempaan säiliöön. Kuitenkin on haastavaa saada kerättyä kaikki jäte heti esimerkiksi robotin tieltä työstön aikana. Silloin on erityisen tärkeää, että turvalaitteet ovat kunnossa erilaisten häiriöiden ja vuorovaikutteisen kanssakäymisen kannalta.

Laitteiden turvallinen käyttäminen toteutetaan aina tapauskohtaisesti ja usein se ei tapahdu ainoastaan yhden turvamekanismin tai turvalaitteen avulla, vaan niiden yhdistelmillä. Esimerkiksi turva-aidalla, jossa on yksi sivu vapaana, joka mahdollistaa kulun sisällä olevan robotin luo kuitenkin niin, että valo-verho estää vaarallisen kulun alueelle.

Turva-aidatut robottisolut ovat kuitenkin tilaa vieviä ja toimiminen robotin läheisyydessä on hidasta ja kömpelöä, jos jokaisen lavanvaihdon tms. yhteydessä joutuu availemaan turvaporttia tai resetoimaan valoverhoja. Alueen voi kuitenkin suunnitella siten, että erilaisilla kamerajärjestelmillä, laserskannerilla tai turvallisilla tutka-antureilla alue saadaan pidettyä avoimena ja kulku robotin läheisyyteen turvallisena.

Periaatteessa robottisolun turvaaminen ja vuorovaikutteinen toiminta saadaan toteutettua teoriassa tässä työssä aikaisemmin esitellyillä kolmella tavalla: Konenäköpohjaisella turvakamerajärjestelmällä, turvalaserskannerilla tai turvallisella tutkajärjestelmällä. Kaikissa on kuitenkin hyvät ja huonot puolensa, joita vertailemalla voidaan selvittää, mikä soveltuu kyseisiin sovelluksiin parhaiten.

Vertailun kohteina ovat SafetyEYE kamerajärjestelmä Pilziltä, Sickin S300 turvalaserskanneri sekä Sickin safeRS turvallinen tutkajärjestelmä. Centrialla on kyseiset tuotteet, mutta turvakamerajärjestelmän käyttöönotossa oli hämminkiä, eikä sitä saatu toimimaan halutulla tavalla testausta varten.

## 6.1 Järjestelmien hyvät ja huonot puolet

Seuraavassa taulukossa käyn läpi hyviä ja huonoja puolia kolmen turvajärjestelmän kohdalla ja sen jälkeen pohdin, mikä soveltuu mihinkin parhaiten.

Taulukko 1. Turvalaitteiden vertailua

	Hyvät puolet	Huonot puolet
<b>SafetyEYE kamerajärjestelmä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Turvallinen max. 72m<sup>2</sup> turvattava alue, joka voi kattaa useamman solun yhtäaikaisten 3D-valvonnan.</li> <li>-Helppo käyttöönotto ja konfigurointi sekä joustava muutostilanteissa.</li> <li>-Mahdollistaa esteettömän pääsyn koneen luo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Vaatii riittävän valaistuksen ja altis heijastuksien ja vääränlaisien valaistuksien aiheuttamille häiriöille.</li> </ul>
<b>Turvalaser-skanneri S300</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Helppo käyttöönotto ja muokattavuus eri sovelluksiin, mahdollisuus määrittää useampia valvottavia alueita samanaikaisesti</li> <li>-Ei ole altis valonvaihteluille eli toimii pimeässäkin</li> <li>-Liikkuvat kohteet mahdollisia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Herkkä häiriöille, mikäli skannerin eteen lentää jotain, joka peittää säteen. Laskeutuessaan skannerin linssille pöly saattaa aiheuttaa häiriötä.</li> <li>-Suojakentän kantama vain 2-3 metriä</li> </ul>
<b>Turvallinen tutkajärjestelmä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Erittäin helppo käyttöönotto ja konfigurointi. Taustalle voi asettaa layoutin, jonka mukaan konfiguroi, suuntaa ja määrittää valvottavan alueen</li> <li>-Suunniteltu rankempiin työympäristöihin, joten pöly, lämpötilavaihtelut valonsäteet yms. ei haittaa toimintaa.</li> <li>-Pienikokoisia ja helppoja asentaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Vaatii useamman tutka-anturin, jotta suojattava alue saadaan kunnolla katettua.</li> </ul>

Kuten taulukosta huomataan, sopii turvallinen tutkajärjestelmä parhaiten puunjalostus oloihin, mikä on myös Sickin verkkosivuilla mainittuna käyttöalueena. Muita kohteita ovat terästuotanto, paperi- ja muoviteollisuus. Tutkajärjestelmä on nimenomaan tarkoitettu oloihin, joissa vaaditaan laitteelta toimintavarmuutta ympäristöön katsomatta ja sen tulee pölystä, lämpötilasta taikka valon määrästä huolimatta pysyä reagoimaan turvattavalle alueelle kuulumattomiin ihmisiin ja esineisiin.

Laserskanneri on taas tarkoitettu enemmän siistimpiin oloihin, kuten pakkausrobottien alueen valvontaan taikka automatisoidun vaunun turvavalvontaan. Sickin verkkosivuilla käyttöalueina mainitaan muun muassa: vaara-alueen valvonta tai läsnäolontunnistus lastaus- ja purkupaikoilla sekä tuotantolinjoilla, vihivaunujen valvonta, vaara-alueelle pääsyn valvonta tulo-/poistumisasemilla, koneilla ja laitteistoilla. Eli ei mitään extreme valvontaa. Senkin takia, koska laser on herkkä toimimaan väärin, jos puulastu tai liikaa pölyä kertyy laserin eteen skannerin juureen, niin että se peittää kulmapeilin, josta valo heijastetaan ympäristöön.

Laserskannerista on tosin myös niin kutsuttu ”outdoor” malli, joka soveltuu nimensä mukaisesti ulkotiloihin. Siinä on parempi sääolojen kestävyys, kuten 40 000 Luxiin asti valon ei pitäisi häiritä, korkea-tarkkuusdatan mittaus filteröi lumen ja sateen sekä havaitsee usvan yms.

Viimeisimpänä SafetyEYE. Pilzin verkkosivuilla esimerkksiovelluksia ovat Benteler Automobilteknikillä robottihitsausaseman ergonomiaa parantavana järjestelmänä, polttokennovalmistuksen pilottilaitteiston valvonta. Lisäksi sitä käytetään autoteollisuudessa, lentokentillä ja työstökoneiden valvonnassa. IP65 luokitus on hiukan huonompi kuin safe rs järjestelmän anturiyksiköllä, mutta ominaisuudet tuovat kuitenkin niin paljon tälle järjestelmälle. Heikko puoli on tarkkuus valaistuksesta. Alle 300 lumenin valaistus on vaatimuksena käytölle ja se pyritään pitämään tasaisena, jotta vaihtuvasta valaistuksesta ei tule häiriöitä.

Kuitenkin, kun vertaillaan hintoja näiden laitteiden välillä on SafetyEYE selvästi kallein. SafeRS systeemi onkin mainio nimenomaan puurakentamisen aloilla käytettyihin sovelluksiin sen huokean hinnan ja yksinkertaisen rakenteen luoman kestävyuden ja ääriolosuhteisiin sopeutumisen ansiosta. Esimerkkinä saha, joka voi olla sijoitettuna myös ulkotiloihin, tulee laitteen kestävä suomen sääolosuhteet myös talvella.

Toki mitään näistä ei välttämättä yksistään sovi käyttää tuotannon turvallisuuden takaamisessa, vaan yhdessä turva-aitojen ja valoverhojen yms. kanssa. Päämäärä näillä laitteilla lopulta on parantaa sekä turvallisuutta että tehokkuutta siten, että kanssakäyminen koneen kanssa on sujuvampaa. Esimerkiksi lavojen vaihdot nopeutuvat.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyöni aloitin teoriassa loppuvuodesta 2019, mutta käytännössä vasta tammi-helmikuun vaihteessa. Aiheena työ tuntui mielenkiintoiselta sen otettuani ja aloitinkin sen jokseenkin innokkaasti, mutta motivaatio alkoi hiipumaan pikkuhiljaa työn edetessä, mikä varmaan näkyy lopputuloksessa. Ainakin opin sen, että tällaiset asiat tulee tehdä juuri niistä aiheista, mitkä itseä eniten kiinnostaa ja josta on innokas oppimaan lisää.

Työelämää ajatellen luulin, että olen opinnäytettä tehdessäni saanut hyödyllistä tietoutta robotiikkaan ja turvallisuusasioihin liittyen. Alana tämä on jatkuvasti kehittyvä ja automaation ja robotiikan voisi melkein luokitella nykyajan megatrendiksi. Siinä mielessä oli hyödyllistä tehdä kyseiseen aiheeseen liittyvä työ, koska tietoutta näihin asioihin varmasti arvostetaan joka puolella maailmaa.

Työn tekeminen antoi tiettyjä elämällisiä opetuksia. Näin ainakin uskoisin. Olen enemmän konkreettisten asioiden ihminen ja sinänsä harmi, ettei työssä syntynyt mitään konkreettista, mitä olisi päässyt ihailemaan työn lopussa. Loppupeleissä olen tyytyväinen itseeni, että sain kuin sainkin tämän päätökseen, sillä epäilyksiäkin oli. Tämä myös on tietyllä tavalla vahvistanut omaa näkemystä tulevaisuudesta ja siitä, mitä haluaa tehdä ja mitä ei.

## LÄHTEET

- ABB Robotics, 2015. Selective Compliance Articulated Robot Arm, SCARA, Youtube-video, Saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=97KX-j8Onu0> Viitattu: 10.4.2020
- ABB, 2020. Optiset turvalaitteet, www-osoite, Saatavilla: <https://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/koneturvatuotteet/optiset-turvatuotteet> Viitattu: 4.5.2020
- Auvinen S, Isomäki O, Koponen H, Saimovaara J, Tiainen J, Tolvanen P, 2002. Puutuoteteollisuus 3: Puusepänteollisuus. Helsinki, Edita Oy. Painos 1-2. Viitattu 26.7.2020
- Centria, 2020. TKI-toiminta, www-osoite, Saatavilla: <https://tki.centria.fi/tki-toiminta/mika-ihmeen-tki> Viitattu 20.5.2020
- Direct industry, 2020. Security camera system, www-osoite, Saatavilla: <https://www.directindustry.com/prod/pilz/product-7550-433117.html> Viitattu: 5.2.2020
- Finlex, 2002. Työturvallisuuslaki 738/2002, lainsäädäntö, Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738> Viitattu 17.2.2020
- Haverinen A, 2010, Rajakytkimet: Optiset, www-osoite, Saatavilla: <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Optiset> Viitattu: 10.9.2020
- Heikkilä, T, 2016. Vuorovaikutteinen robotiikka avain piensarjatuotannon automaatio ongelmiin, VTT industry, Saatavilla: <https://vttforindustry.wordpress.com/2016/04/05/vuorovaikutteinen-robotiikka-avain-piensarjatuotannon-automaatio-ongelmiin/> Viitattu: 20.7.2020
- Ikkunawiki, 2019. Ikkunarakenne ja lasien määrä, ikkunan osat, Wiki-alusta, Saatavilla: <https://www.ikkunawiki.fi/ikkunatyypit/ikkunoiden-rakenne/> Viitattu 26.7.2020
- Inxpect 2020, Sense the world in 3D, www-osoite, Saatavilla: <https://www.inxpect.com/en/> Viitattu: 9.9.2020
- Iversen, W, 2007. 3D safety system promises advantages, www-osoite, Saatavilla: <https://www.automationworld.com/products/control/news/13301365/3d-safety-system-promises-advantages> Viitattu: 5.2.2020
- Keinänen, T & Sumujärvi, M. 2019. Automaatiotekniikka. Helsinki, Sanoma Pro Oy
- Malm, T. 2008. Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys Ry
- Malm, T, 2008 b Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus, VTT research, Saatavilla: <https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/MalmRobTurv.pdf> Viitattu: 7.3.2020
- Pilz GmbH & Co. KG, 2020. LBK System safe radar system, www-osoite, Saatavilla: <https://www.pilz.com/fi-FI/eshop/00106002457163/LBK-System-Safe-radar-system> Viitattu: 11.5.2020

Pilz 2020, SafetyEYE, www-osoite, Saatavilla: <https://www.pilz.com/fi-FI/eshop/00106002207042/SafetyEYE-Safe-camera-system> Viitattu: 9.9.2020

Ruohola R. 2011. Robottisolun turva-alue suunnittelu, Opinnäytetyö, Saatavilla: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/36367/Ruohola\\_Raine.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/36367/Ruohola_Raine.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Viitattu 19.3.2020

Sahakonttori 2018. Metsäteollisuuden merkitys Suomessa, Blogi, Saatavilla: <https://sahakonttori.fi/metsateollisuuden-merkitys-suomessa/> Viitattu: 18.6.2020

Sick AG, 2020, S300 Safety laser skanner, manuaali, Saatavilla: [https://cdn.sick.com/media/docs/3/13/613/Operating\\_instructions\\_S300\\_Safety\\_laser\\_scanner\\_en\\_IM0017613.PDF](https://cdn.sick.com/media/docs/3/13/613/Operating_instructions_S300_Safety_laser_scanner_en_IM0017613.PDF), Viitattu: 20.3.2020

Sick AG, 2020. Valosähköiset turvalaitteet, www-osoite, Saatavilla: <https://www.sick.com/fi/fi/valosahkoeiset-turvalaitteet/turvalliset-tutka-anturit/safers/c/g546518> Viitattu: 11.5.2020

Visual Components 2020, Viitattu: 10.6.2020

Vuorinen P., Ilomäki A. 2020. Rakennusteollisuus: Ympäristö ja energia, www-osoite, Saatavilla: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/> Viitattu: 6.7.2020