

**PINNANLAATUUN LIITTYVÄN KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN KÄYTÖN
TUTKIMINEN SANDWICH PANEL -LINJALLA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Konetekniikan koulutus, Riihimäen kampus

Kevät 2021

Eero Laiho

Tekijä	Eero Laiho	Vuosi 2021
Työn nimi	Pinnanlaatuun liittyvän konenäköjärjestelmän käytön tutkiminen sandwich panel -linjalla	
Ohjaajat	Tapio Väisänen	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia konenäköjärjestelmän soveltumista seinäelementtien eli niin sanottujen sandwich-paneelien pinta- ja pohjalevyjen laadunvalvontaan. Ruukki Construction valmistaa hyvin laaja-alaisesti rakentamisessa käytettäviä tuotteita ja tämä opinnäytetyö tehtiin Ruukki Constructionin Alajärven tehtaalle, missä valmistetaan pelkästään sandwich-paneeleja.

Työn tarkoituksena oli tutkia erityyppisten kameroiden soveltuvuutta pinnanlaatuvirheiden löytämiseksi sekä määrittää etsittävät virheet ja niiden kokoluokka. Tarkoituksena oli myös määritellä tarvittava laitteisto ja vaatimukset sekä pyytää toimittajilta tarjoukset kyseisistä järjestelmistä asennettuina.

Opinnäytetyössä sandwich-paneelilinjalle asennettiin kaksi erityyppistä kameraa ja niiden kuvaamaa aineistoa vertailtiin keskenään sekä tutkittiin kuvien suodattamista esimerkiksi suojakalvosta sekä testattiin niiden tarkkuus pinnanlaatuvirheiden löytämiseksi.

Mahdollisesti tilattava järjestelmä kykenee löytämään profiileista hyvin pienetkin virheet, tarkistaa mitat sekä profiloinnit, tekee mittakuvat halutun metrimäärän välein, keskustelee kaksisuuntaisesti tuotannonohjausjärjestelmän kanssa sekä hälyttää käyttäjän tarvittaessa.

Avainsanat Konenäkö, sick, sandwich-paneelit, pinnanlaatu

Sivut 41 sivua, joista liitteitä 2 sivua

ABSTRACT

The purpose of this thesis project was to examine the utilization of machine vision in the quality management of wall elements, namely with surface and base sheets of sandwich panels. Ruukki Construction manufactures a wide variety of construction products and the study was made at the Ruukki Alajärvi factory, which solely specializes in the manufacturing of sandwich panels.

The goal of the thesis project was to examine a variety of cameras and their suitability for finding faults in panel surface quality, classification of faults as well as the in scale. The necessary equipment and requirements were also defined in the project. A request for quotation was also created and sent to suppliers consisting of the system and it's installation.

Two types of cameras were installed in to the sandwich panel production line and the footage between cameras was compared. Picture filtering was also examined with wall panel protection film when examining surface faults. Camera accuracy was also examined when looking for surface faults in panels.

There is a possibility that the system to be acquired has capabilities for locating extremely minute faults in profiles, for verifying measures and profiling, for creating a dimensional drawing between predetermined intervals, for enabling two-way communication with the MRP as well as alerting the operator when required.

Keywords Machine vision, sick, quality, sandwich-panel

Pages 41 pages including appendices 2 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ruukki Construction	2
3	Konenäön käyttö teollisuudessa	3
3.1	Konenäön perustoiminnot	3
3.2	Konenäköjärjestelmän rakenne	4
3.3	Kuvaustekniikat	6
3.4	Konenäköjärjestelmän rakentamisessa huomioitavat asiat	8
3.5	Resoluutio	8
3.6	Valaistus	9
3.7	Kuvataajuus	9
3.8	Tiedonsiirto ja sähkönsyöttö	10
3.9	Kameroiden ohjelmointikieli C#	10
3.10	Viivaskannauskameran käyttökohteita	10
4	Testeissä käytetyt kamerat	14
4.1	Alueskannauskamera Sick PIM60-IR Bead	14
4.2	Viivaskannauskamera Sick Ranger 3-40	14
5	Alueskannauskamera, käyttö ja ohjelmisto	16
5.1	Kytkenä	17
5.2	Kameran käyttöönotto ja testaus	18
5.3	Kulman vaikutukset	19
5.4	Linssit	19
5.5	Testaus	20
5.6	Esimerkki asetuksista	21
5.7	Aluekuvauskameran ongelmat	23
6	Viivaskannauskamera, käyttö ja ohjelmisto	23
6.1	Ranger3-kameran asennus	25
6.2	Ohjelmiston käyttöönotto ja testaus	27
6.3	Kameran käyttöönotto ja testaus	31
6.4	Havainnot kamerasta	34
7	Vaatimuksien määrittely, tarjouspyyntö ja tarjoukset	35
8	Yhteenveto	36
9	Pohdinta	38
	Lähteet	39

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Sandwich-paneeli. (Ruukki Construction Oy, n.d.-b).....	2
Kuva 2. Sick Inspector 2D. (Sick Oy, n.d.-a)	4
Kuva 3. Sick Ranger 3.....	5
Kuva 4. Alueskannauskameran määritetty tarkastelualue.	6
Kuva 5. Laserilla valaistu kuvausalue.....	7
Kuva 6. Kamerakehikko. (Sick Oy, n.d.-b.)	11
Kuva 7. Johtimien asennuskone. (Sick Oy, n.d.-c)	12
Kuva 8. Raiteiden mittaus. (Sick Oy, n.d.-d)	13
Kuva 9. Laser- valonlähde.....	15
Kuva 10. Sopas Engineering Tool.....	16
Kuva 11. PIM60 Pikaopas, kytkentä.	17
Kuva 12. Kytkentäkaavio majakan kytkemiseen.	18
Kuva 13. Kameran asennuspaikka linjastossa.	20
Kuva 14. 5 x 3 mm testipala.....	21
Kuva 15. Esimerkki 1.....	22
Kuva 16. Ranger 3Studio.....	24
Kuva 17. EasyRanger -ohjelmisto.	25
Kuva 18. Ranger3 Setup Assistant.	26
Kuva 19. Ranger 3-kameran asennus.	27
Kuva 20. 3D-Profiili.	28
Kuva 21. Suodatusten määrittelyä.....	29
Kuva 22. Kuva ennen värähtelyiden suodattamista.....	29
Kuva 23. Suodatusta Z-arvolla.	30
Kuva 24. Naarmuja.	31
Kuva 25. Liimakäävän tekemä lommo.....	32
Kuva 26. Ohjelmiston merkkeamat lommot.	33
Kuva 27. Kameran löytämät virheet.....	34

Liitteet

Liite 1 TARJOUSPYYNTÖ12.docx

1 Johdanto

Ruukki Construction valmistaa rakentamisessa käytettäviä tuotteita hyvin laaja-alaisesti, mutta tässä työssä keskitytään ainoastaan sandwich-paneelisiin. Paneeleita valmistetaan paksuusalueella 80 - 300 mm. Paneelien pintamateriaalina käytetään tyypillisimmin kuumasinkittyä, maalipinnoitettua teräsohutlevyä. Muita mahdollisia materiaaleja ovat elintarvikelaminoitu teräs, ruostumaton ja haponkestävä teräs sekä Cor-Ten -teräs. Pintaprofilointeja paneelissa on kuusi erilaista, ja profiloinnit voivat olla erilaisia sisä- ja ulkopuolella. Eri väri vaihtoehtoja on noin 100 kappaletta.

Paneelijärjestelmän näyttävään ulkonäköön yhdistyy hyvä lämmön eristävyys sekä palonkestävyys. Paneelijärjestelmää käytetään julkisivuissa, väliseinissä, sisäkatoissa ja osastoivissa rakenteissa.

Valmistuslinjasto on noin 130 metriä pitkä, ja sen nopeus on noin 5 – 10 metriä minuutissa. Alkupäässä levy syötetään linjalle kahdelta eri kelalta erikseen ylä- ja alapuolelle. Levy kalvotetaan sen pinnan suojaamiseksi linjalla, pakkauksessa ja kuljetuksessa. Kalvotuksen jälkeen levyihin tehdään profiloinnit, ja levyjen väliin syötetään kulloinkin tilattu villa. Villa liimataan uretaaniliimalla ja paistetaan uunissa kiinni. Uunin jälkeen paneelit sahataan tilattuihin mittoihin ja toimitetaan tilaajalle.

Pinnanlaadussa on ollut toisinaan virheitä eli pieniä naarmuja tai lommoja. Osa naarmuista voi olla jo keloissa, jotka on toimitettu tehtaalle ja osa on syntynyt valmistuslinjalla. Myös profilointeja on jäänyt puuttumaan paneeleista.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia erityyppisiä konenäkökameroita, ja niiden soveltuvuutta sandwich-paneelien pinnanlaadun tarkkailuun. Työn edetessä määritystä muutettiin sisältämään myös paneelien mittojen tarkastus sekä karkea suunnitelma hankittavista kameroista ja niiden lisälaitteista. Lisäksi työhön kuului tarjouspyynnön suunnittelu ja lähettäminen mahdollisille toimittajille.

2 Ruukki Construction

Ruukki Construction valmistaa teräkseen pohjautuvan rakentamisen tuotteita ja palveluja. Tuotteita käytetään kestävän kehityksen mukaisesti rakennettavissa seinissä ja katoissa. Ruukki Construction työllistää noin 1500 henkilöä, ja tuotantoa on kymmenessä tehtaassa. Toimintaa on kymmenessä Euroopan maassa Ruukki- ja Plannja-päätuotemerkeillä. Vertailukelpoinen liikevaihto oli vuonna 2019 470 miljoonaa euroa. Ruukki Construction on SSAB:n tytäryhtiö. (Ruukki Construction, n.d.-a)

Ruukki Constructionilta löytyy erittäin kattava valikoima tuotteita rakentamiseen, mm. sandwich-paneelit ulko- ja väliseiniin (Kuva 1) sekä sisäkattoihin. Ruukki Forma - julkisivujärjestelmä yhdistää sandwich-paneelit ja Ruukin pintaverhouslevyt. Ruukilla on myös kattava valikoima kevytorsia, joita voidaan käyttää sekä eristetyissä että eristämättömissä katto- ja seinärakenteissa. Ruukin valikoimaan kuuluvat myös teräskatot, sadevesijärjestelmät ja kattoturvatuotteet. (Ruukki Construction, n.d.-a)

Kuva 1. Sandwich-paneeli. (Ruukki Construction Oy, n.d.-b)



3 Konenäön käyttö teollisuudessa

Konenäköjärjestelmiä käytetään hyvin laajasti teollisuuden eri aloilla. Yleensä

konenäköjärjestelmiä käytetään prosessien valvonnassa ja automatisoinnissa.

Konenäköjärjestelmien käyttö helpottaa ihmisen työtä, koska niitä käytetään vaikeissa, aikaa vievissä, tylsissä ja vaarallisissa työvaiheissa tai jopa ihmiselle mahdottomissa olosuhteissa.

Konenäköjärjestelmien yksi laajimmista käyttökohteista on tuotteiden lajittelu. Postipaketit ja kirjeet lajitellaan konenäöllä postinumeroiden perusteella. Virvoitusjuomatehtailla pullojen pinnankorkeus tarkistetaan konenäön avulla. Muovin kierrätyksessä muovilaadut tunnistetaan ja erotellaan infrapunaan perustuvilla kameroilla. Lasin kierrätyksessä pulloet lajitellaan värin perusteella sekä tarkistetaan, että onko pulloissa roskia. Sahoilla konenäköä käytetään sahaustapojen optimointiin ja laadun valvontaan. (TKK, n.d., s. 1)

Konenäköjärjestelmä koostuu minimissään kamerasta sekä ohjelmistosta, jolla kuvaa tulkitaan. Prosessori voi olla myös kamerassa itsessään, jolloin kamera voi toimia ennalta ohjelmoidun ohjelman mukaan itsenäisesti.

3.1 Konenäön perustoiminnot

Konenäön perustoimintoja ovat kappaleen tunnistaminen, viivakoodin tai vastaavan pikaluettavan koodin tunnistus, mittaus ja paikantaminen. Linjalla kulkevat kappaleet voidaan tunnistaa ja lajitella muotojen, värien tai merkintöjen perusteella. Kappaleet voidaan mitata kohtuullisella tarkkuudella esimerkiksi työstön jälkeen laadun varmistamiseksi. Mittaamisessa käytettävä kamera pitää kalibroida ennen käyttöä, koska asennusetäisyys- ja kulma vaikuttavat mittaustarkkuuteen. (Hornberg, 2017, s. 701)

Paikantamista käytetään esimerkiksi lajittelulinjoissa, joissa kamera tunnistaa tuotteen ja antaa käskyn sekä tuotteen paikkatiedon seuraavalle vaiheelle, mikä toteuttaa ennalta määrätyn toimenpiteen. Paikantaminen vaatii myös kalibroidun kameran ja enkooderin linjan nopeuden määrittämiseksi.

3.2 Konenäköjärjestelmän rakenne

Konenäköjärjestelmä rakentuu kamerasta tai kameroista, valonlähteestä, prosessorista tai tietokoneesta sekä toimilaitteista, joita kameralla tai kameran ohjelmistolla ohjataan.

Proessori voi olla kamerassa itsessään, jolloin kamera vain ohjelmoidaan tietokoneella, ja sen jälkeen se voidaan asentaa toimimaan itsenäisesti ohjaamaan jotain tiettyä toimintoa. Esimerkkinä tällaisesta järjestelmästä on Sick Inspector (**Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.**). Inspector on alueskannaustyypinen kamera.

Kuva 2. Sick Inspector 2D. (Sick Oy, n.d.-a)



Yhtä lailla kamera voi olla ainoastaan kamera, kameran prosessorilla tehdään vain haluttu kuvankäsittely ja toiminta perustuu tietokoneella olevaan ohjelmistoon, esimerkiksi Sick Ranger 3 kamerat (Kuva 3). Ranger 3 kamera vaatii aina yhteyden tietokoneeseen.

Kyseistä kameraa käytetään joko kameran omalla ohjelmistolla tai sitä voidaan ohjelmoida hyvin vapaasti C#-kielellä. Ranger 3 on viivaskannaustyypinen 3D-kamera.

Kuva 3. Sick Ranger 3.



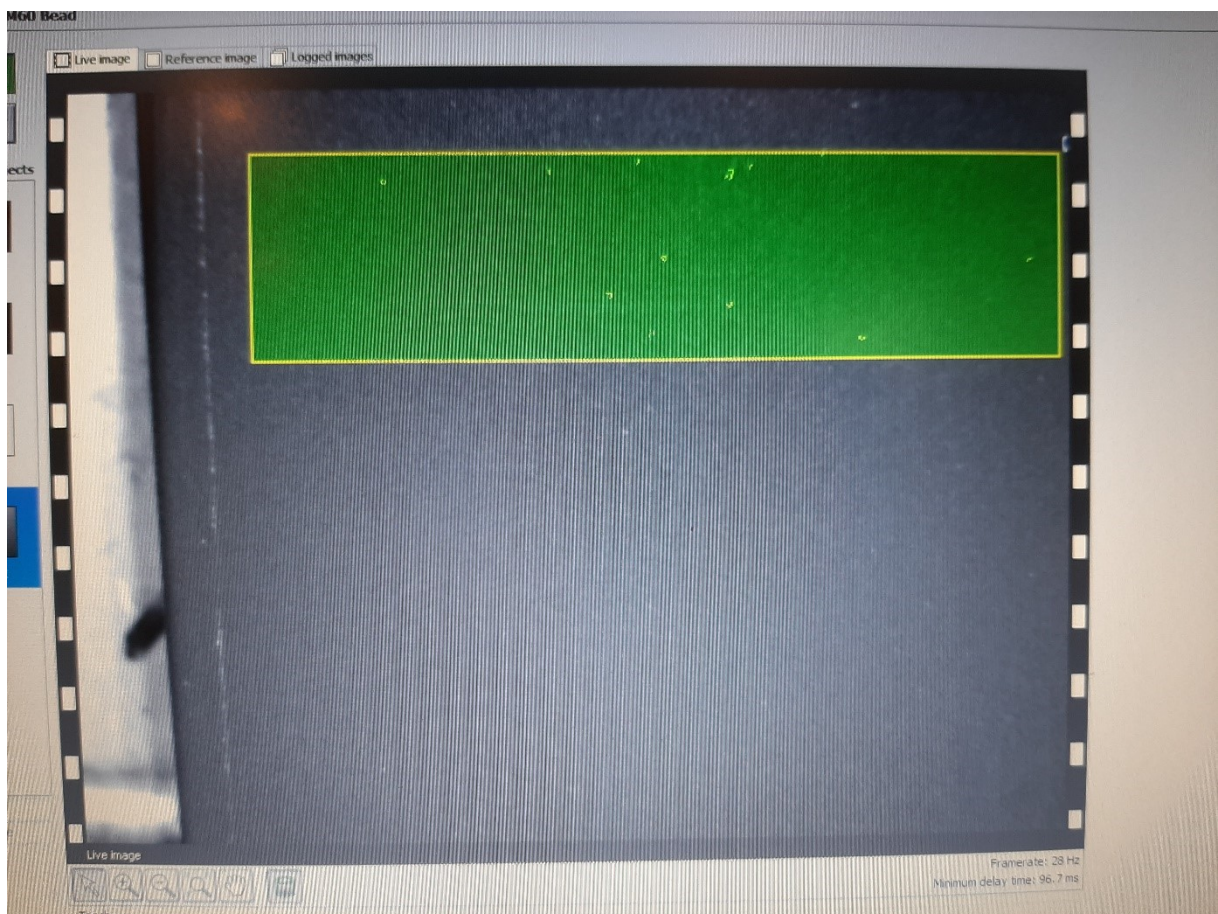
3.3 Kuvaustekniikat

Kuvaustekniikan valinta on ensimmäinen asia konenäköjärjestelmän suunnittelussa: valitaanko alueskannaustekniikka vai viivaskannaustekniikka (Hornberg, 2017, s. 36).

Alueskannaustekniikalla toimivat kamerat kuvaavat tiettyä ennalta määrättyä aluetta ja etsivät siltä alueelta muutoksia tai muita ennalta ohjelmoituja toimintoja (Kuva 4).

Toimintoja ovat esimerkiksi muodon tunnistus ympyrä, neliö ym. sekä reunan tunnistus. Alueskannaustekniikkaa voidaan käyttää esimerkiksi liukuhihnalla tarkistamaan, ovatko linjalla kulkevat osat oikean muotoisia tai kokoisia. Tekniikkaa voidaan käyttää tarkistamaan, onko virvoitusjuomapullon pinnankorkeus oikea täytön jälkeen. Tietyin rajoituksin alueskannaustekniikka soveltuu myös pinnan laadun tarkkailuun.

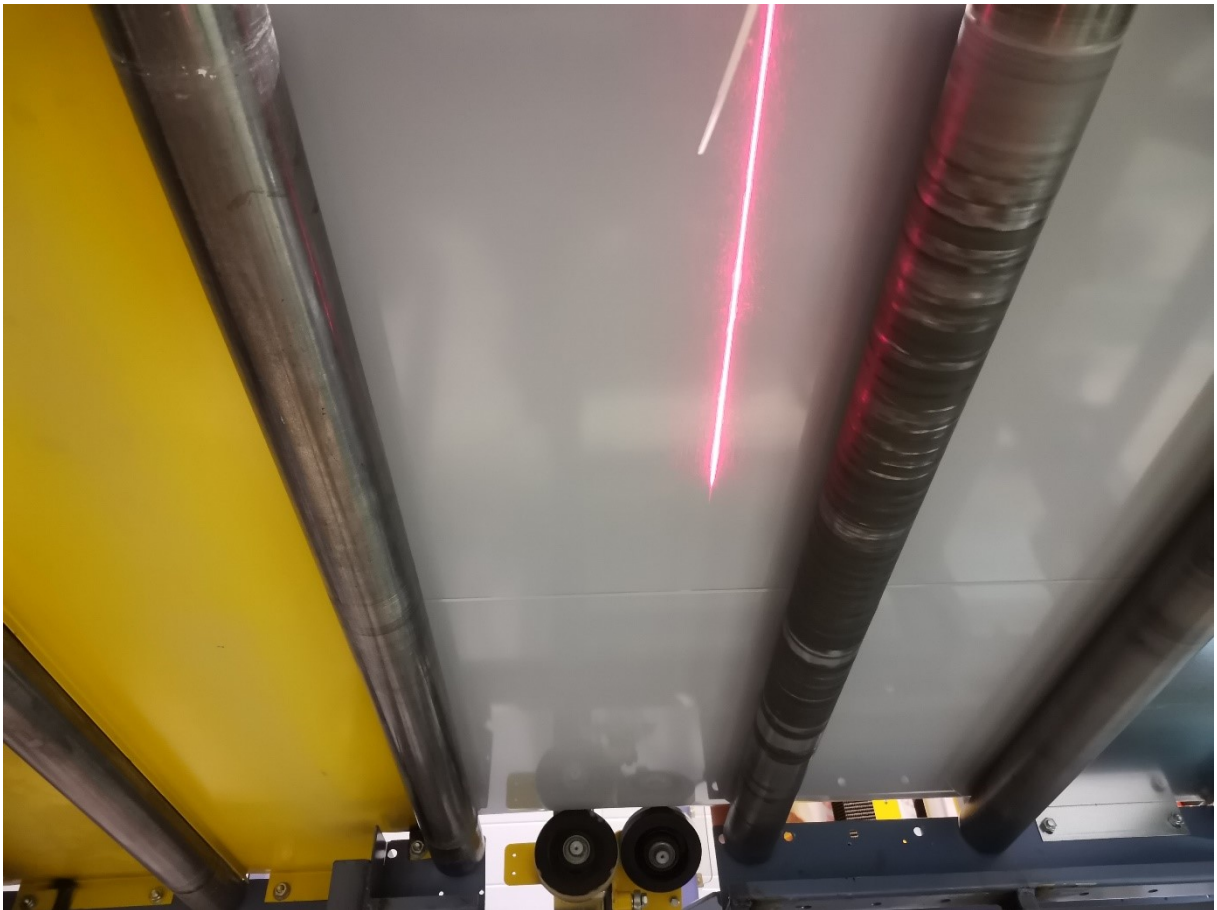
Kuva 4. Alueskannauskameran määritetty tarkastelualue.



Viivaskannaustekniikalla toimivat kamerat kuvaavat yhtä, esimerkiksi laserilla valaistua viivaa, jolloin kuvan korkeus on vain muutaman pikselin korkuinen (Kuva 5). Kamerat voivat olla 2D- tai 3D-kameroita.

Viivaskannauskameran toiminta perustuu siihen, että liikkuvasta kohteesta otetaan tietyn ajan sisällä tietty määrä kuvia, joista kameran prosessori tai tietokoneen ohjelmisto koostaa yhden kuvan, jota tutkitaan haluttujen toimintojen suorittamiseksi. Joissain sovelluksissa kameraa ja laseryksikköä liikutetaan ja kuvataan tietty alue. Kuvan leveys Ranger 3-40 kameralla on 2560 pikseliä.

Kuva 5. Laserilla valaistu kuvausalue.



3.4 Konenäköjärjestelmän rakentamisessa huomioitavat asiat

Konenäköjärjestelmän suunnitteluvaiheessa on huomioitava vähintään seuraavat asiat (Hornberg, 2017, s. 32):

- skannaustekniikan valinta
- kuvausalueen koko
- tarvittava resoluutio
- tarvittava linssi
- ohjelmisto
- kuvataajuus
- valaistus
- sähköt
- tiedonsiirto
- tarvittavat telineet kameralle ja valaistukselle.

3.5 Resoluutio

Kameroiden tarkkuus ilmaistaan niiden resoluutiolla, jolla tarkoitetaan kamerasisällän olevan anturin pikselien määrää. Resoluutio voidaan laskea kertomalla vaak- ja pystyrivien pikselit toisillaan. (Hornberg, 2017, s. 38) Järjestelmän tarkkuuteen vaikuttavat siis kamerasisällän linssi, kamerasisällän kuva-anturi ja kuvausalueen koko. Esimerkkinä voidaan käyttää Sick Ranger 3-40 kameraa, jonka vaakaresoluutio on 2560 pikseliä. Mikäli kuvattavan alueen koko on leveydeltään 600 mm, tarkkuus voidaan laskea kaavalla (Kaava 1)

Kaava 1

$$\frac{\text{Kuvausalueen koko}}{\text{Resoluutio}} = \frac{600 \text{ mm}}{2560} = 0,234 \text{ mm}$$

3.6 Valaistus

Valaistus on hyvin tärkeä osa konenäköjärjestelmää. Käytettävän valonlähteen tyyppi vaikuttaa olennaisesti saavutettaviin tuloksiin. Valon lähde voi olla esimerkiksi halogeenilamppu, LED-valaisin, laser tai loisteputkivalaisin. Näkyvän aallonpituuden lisäksi voidaan käyttää myös ultravioletti tai infrapunavaloa.

Valon suunta ja kulma vaikuttavat myös merkittävästi saavutettaviin tuloksiin.

3.7 Kuvataajuus

Kuvataajuus kertoo, kuinka monta kuvaa kamera pystyy ottamaan sekunnissa (fps). Mitä nopeammin kuvattava kappale liikkuu sitä suurempi pitää kuvataajuuden olla. Suurempi kuvataajuus vaatii enemmän valoa, kuvankäsittelyyn enemmän prosessoritehoa ja nopeampaa tiedonsiirtoverkkoa.

Uudemmissa kameroissa kuvataajuus on yleensä 20 – 2500 kuvaa sekunnissa.

3.8 Tiedonsiirto ja sähkönsyöttö

Tiedonsiirtoon on useampia konenäköjärjestelmille suunniteltuja vaihtoehtoja kuten Camera Link, Camera Link HS ja GigE Vision. GigE Vision pohjaiset ratkaisut käyttävät normaalia Ethernet-verkkoa. Valittu tiedonsiirtomenetelmä vaikuttaa myös siirtokaapelin maksimipituuteen.

Konenäkökameroiden käyttöjännite teollisuuskäytössä on yleensä 24 V DC. Liittimenä teollisuuskäyttöön tarkoitetuissa kameroissa käytetään yleensä M12-liitintä sen pienen koon ja hyvän tiiviyyden takia.

3.9 Kameroiden ohjelmointikieli C#

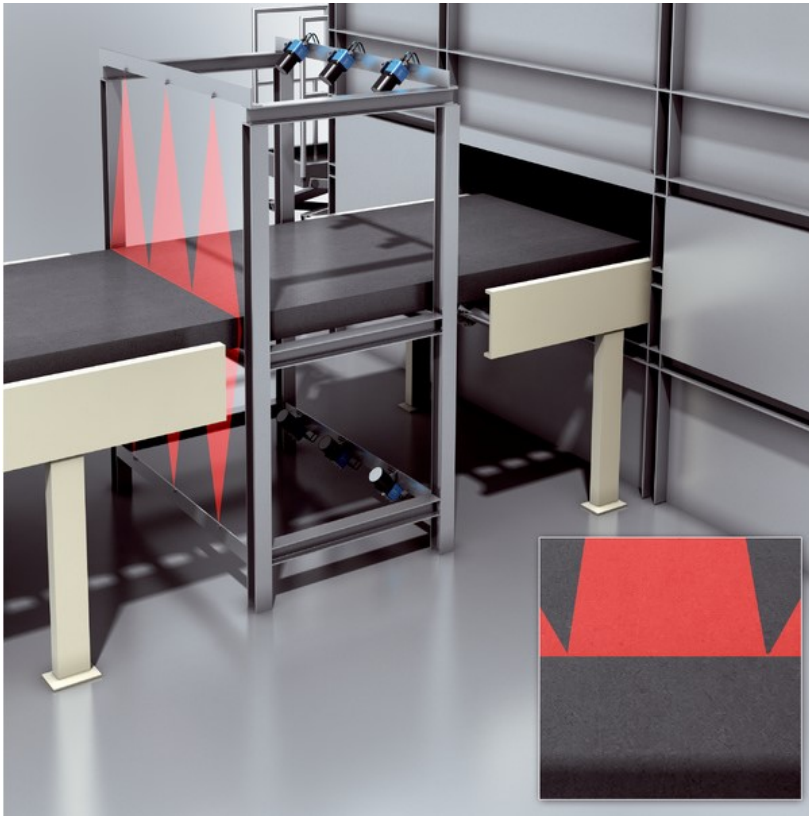
C# on Microsoftin 1990-luvun lopulla kehittämä nykyaikainen helppokäyttöinen oliopohjainen korkeamman tason ohjelmointikieli. Kieliasultaan tai syntaksiltaan C# muistuttaa C++- ja Java-kieliä. (Sivonen, 2004, s. 1) C# on käännettävä ohjelmointikieli ja sitä voi kirjoittaa esimerkiksi VisualStudio -ohjelmistolla.

C#-kieli on erittäin laajasti käytetty ja hyvin suosittu ohjelmointikieli, ja sitä käytetään paljon verkkopalveluiden ja Windows-ohjelmien tekemiseen sekä teollisuuden sovelluksissa.

3.10 Viivaskannauskameran käyttökohteita

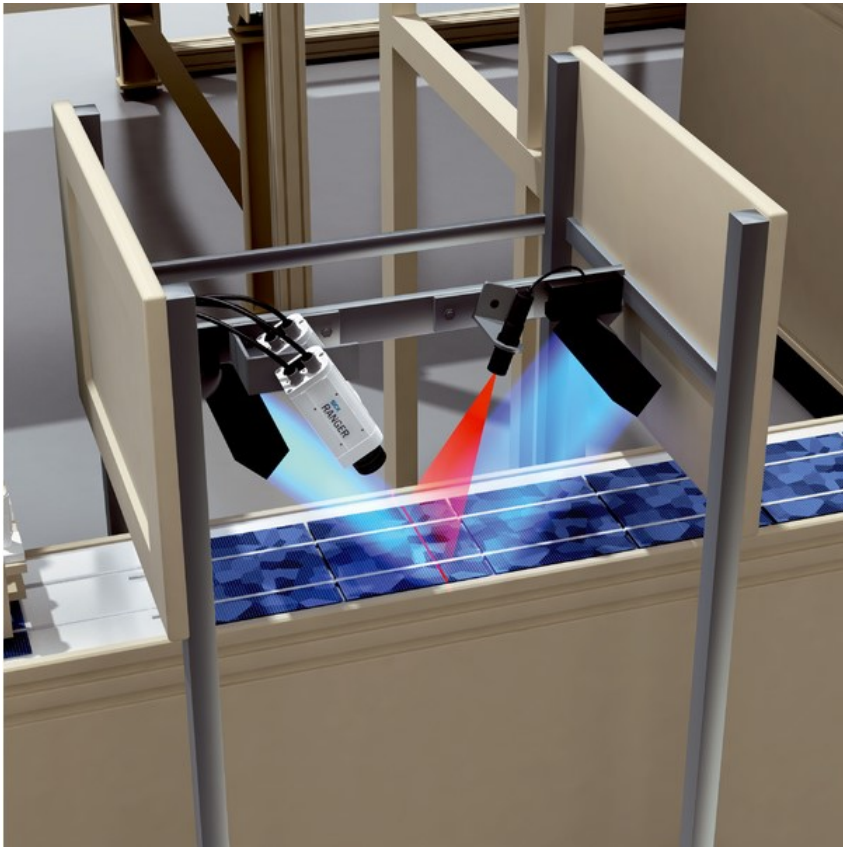
Testissä ollut Ranger3-kameraa käytetään laajasti teollisuudessa sen hyvän tarkkuuden ja nopeuden takia. Sick Oy:n internet-sivuilla on muutamia esimerkkikohteita kameran sovelluksista (Sick Oy, n.d.-a). Kelaus- ja aukikelauskoneessa linjalle on rakennettu kehikko, jossa on kolme kameraa linjan yläpuolella ja kolme kameraa linjan alapuolella tarkkailemassa pinnanlaatua (**Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.**).

Kuva 6. Kamerakehikko. (Sick Oy, n.d-b.)



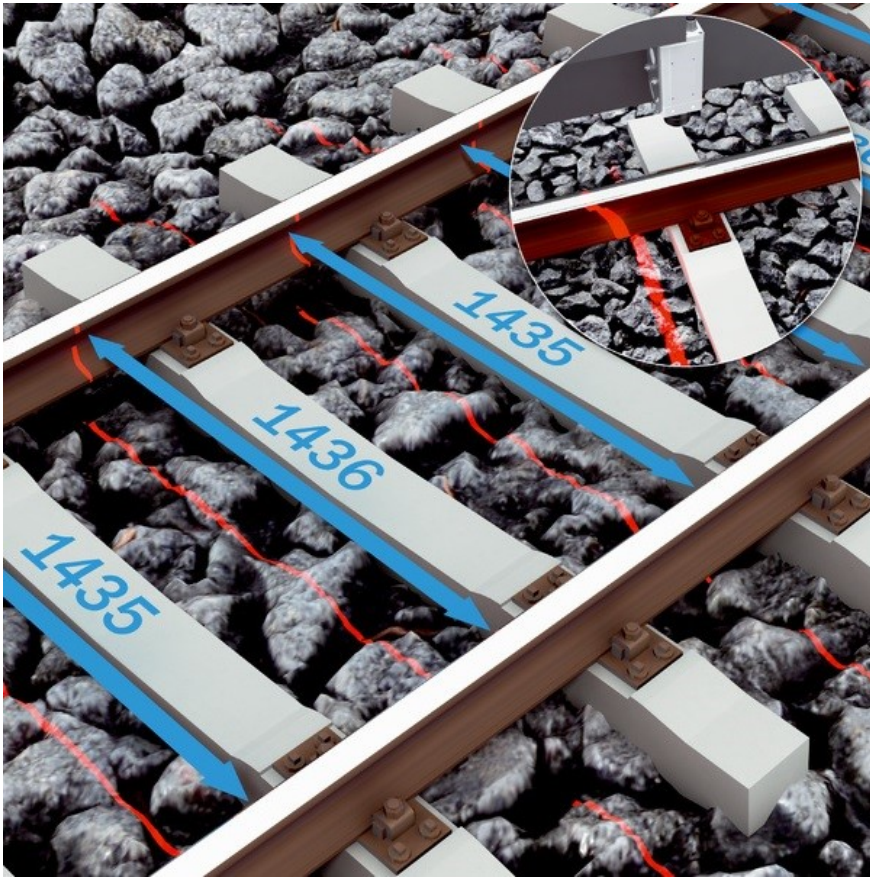
Toisena esimerkkinä yksittäinen kamera etsii aurinkokennoista mikrohalkeamia johtimien asennuskoneessa (Kuva 7).

Kuva 7. Johtimien asennuskone. (Sick Oy, n.d.-c)



Kolmantena esimerkkinä tarkastusvaunuun on asennettu useita kameroita, joiden avulla kuvataan junanraiteet määräaikaistarkastuksien yhteydessä (Kuva 8). Kameran kuvaavat raiteista tarkan poikkipintaprofiilin, ja profiilin perusteella siitä lasketaan rakenteiden geometria.

Kuva 8. Raiteiden mittaus. (Sick Oy, n.d.-d)



4 Testeissä käytetyt kamerat

Tässä työssä tutkittiin ja testattiin kahta erityyppistä kameraa, Sick PIM60-IR Bead ja Sick Ranger 3-40. PIM60 on alueskannauskamera, jossa on oma infrapunavalonlähde, ja Ranger 3-40 on viivaskannauskamera, jota valaistetaan erillisellä laserilla.

Lisäksi vertailtiin yllä mainittuja kameroita muiden valmistajien vastaaviin kameroihin.

4.1 Alueskannauskamera Sick PIM60-IR Bead

Testeissä käytetty kamera oli 2D-konenäkökamera, malli Inspector PIM60-IR Bead. Käytössä oli $f = 6$ mm ja $f = 10$ mm polttovälillä olevat linssit, $f = 6$ mm linssillä lyhyin tarkennusetäisyys on 50 mm ja $f = 10$ mm linssillä 120 mm. Kenno oli tyypiltään CMOS-matriisianturi ja sen erotuskyky oli 640 px x 480 px. Kamerassa oli oma IR-valonlähde. Kameran tarkennus toimi manuaalisesti ja sen kuvataajuus on 40 fps.

4.2 Viivaskannauskamera Sick Ranger 3-40

Toinen testattava kamera saatiin lainaan Sick Oy:ltä ja kamera on toimintatavaltaan viivaskannaustyyppinen 3D-kamera, malli Ranger 3-40. Kamerassa oli $f = 25$ mm linssi, lyhyintä tarkennusetäisyyttä ei ole ilmoitettu. Kameran tarkkuus on 2560 x 832 px ja kuvattavan alueen valaisu tehtiin laserilla (Kuva 9), jolloin kuvausalue on huomattavasti rajatumpi ja tarkempi. Kameran tarkennus toimi manuaalisesti ja sen kuvataajuus on 20 000 fps.

Ranger3-kameralla kuvataan linjalla liikkuva paneelia, ja kuvista tehdään 3D-pintamalli, jota tarkastellaan erillisessä ohjelmassa.

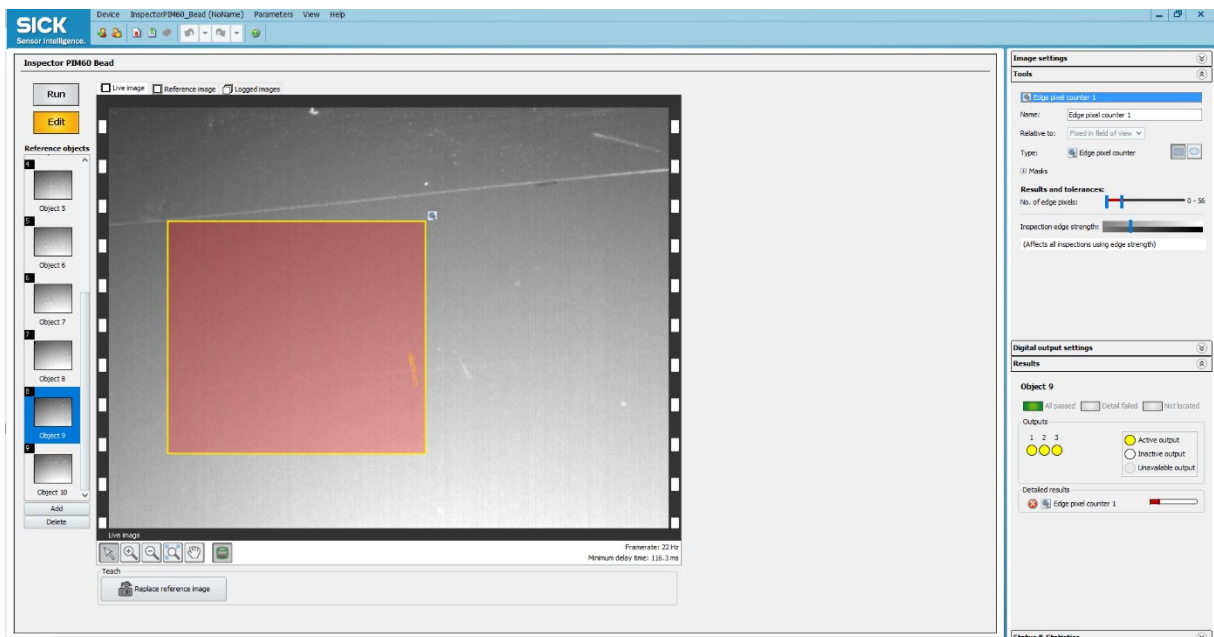
Kuva 9. Laser- valonlähde.



5 Alueskannauskamera, käyttö ja ohjelmisto

Kameran käyttämä ohjelmisto on Sopas Engineer Tool (Kuva 10). Ohjelmisto on erittäin helppo ja nopea oppia. Ohjelman toiminta perustuu siihen, että kohteesta otetaan referenssikuva ja kuvaan määritetään toiminnot sekä käytettävät suodattukset. Tässä tapauksessa, kun etsittiin pinnassa olevia poikkeamia, referenssikuva otettiin puhtaasta virheettömästä paneelista, jonka tarkkailuun käytettiin Edge pixel counter -laskuria, ja kuvan valotus säädettiin käytettävälle värille erikseen.

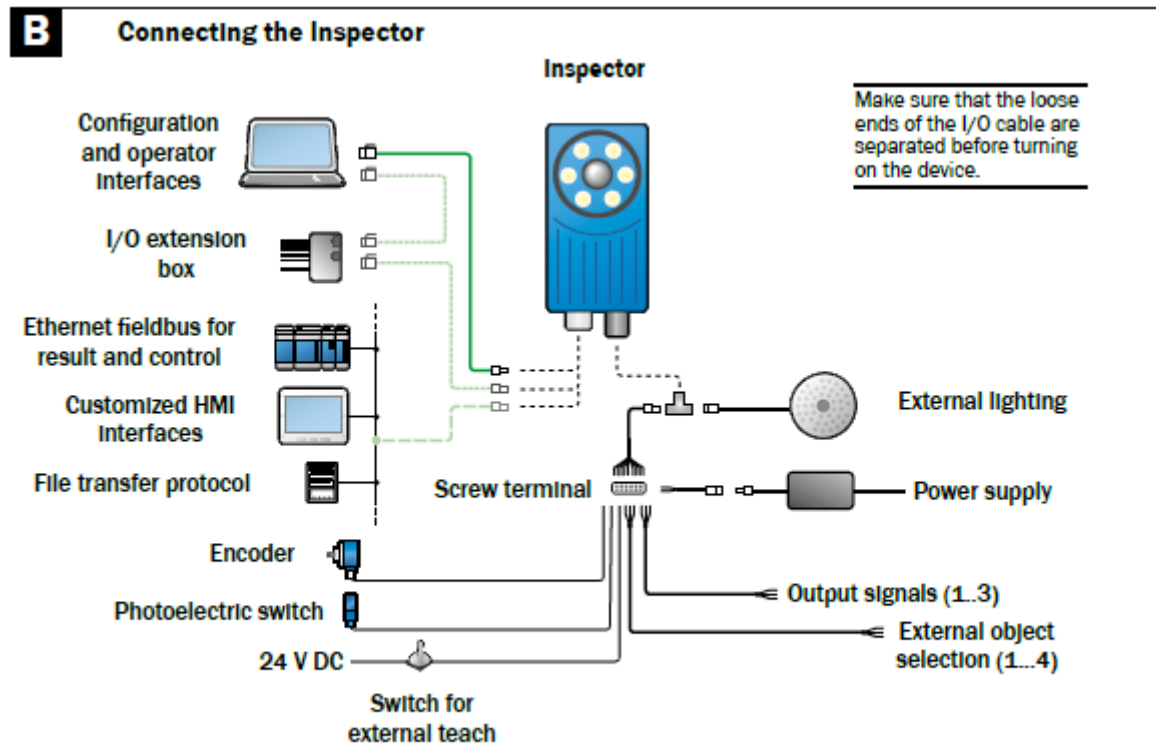
Kuva 10. Sopas Engineering Tool.



5.1 Kyt Kentä

Kameran kyt Kentä tehtiin kameran mukana toimitetun pikaoppaan mukaan (Kuva 11).

Kuva 11. PIM60 Pikaopas, kyt Kentä.



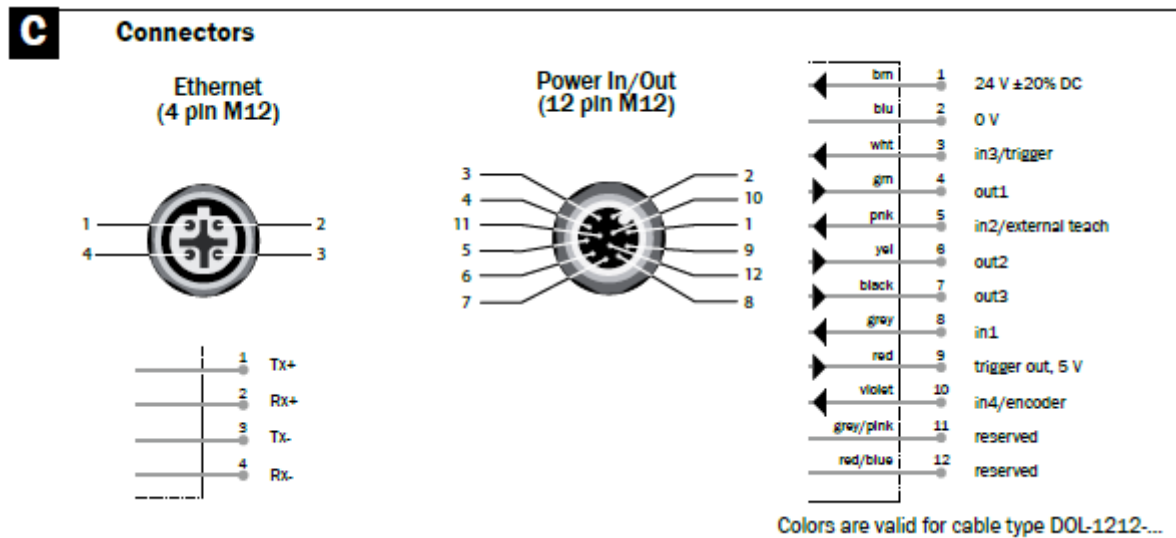
Kameraan kytkettiin lisäksi LED-majakka helpottamaan kuvattavien virheiden havaitsemista linjalla. Majakka kytkettiin Power In/Out 0 V ja Digital 2 Out linjaan eli johdot 2 ja 6 kyt Kentäkaaviosta (Kuva 12). Lisäksi ohjelmistosta Sopas Engineering Tool määritettiin ulostulot seuraavasti.

Out 1, all passed. Majakassa ei pala valo

Out 2, detail failed, majakkaan syttyy valo

Kamerassa on käytettävissä yhteensä kolme digitaalista ulostuloa, joissa jännite on 24 VDC +/- 20% ja virta max. 100 mA.

Kuva 12. Kytentäkaavio majakan kytkemiseen.



5.2 Kameran käyttöönotto ja testaus

Kamera asennettiin ensin toimistotiloihin, missä sillä testattiin eri linssit, asennuskulmat ja asennusetäisyys sekä otettiin useampi referenssikuva eri värisistä paneeleista. Paras asennuskulma testiemme mukaan oli 30 - 45 asteen välillä, jolloin ulkoinen valo ja heijastukset vaikuttivat mahdollisemman vähän itse kameraan. Paneeleiden kalvossa on aina jonkin verran ilmakuplia, ja niiden suodattaminen tällä kameralla oli hankalaa tai jopa mahdotonta. Valotusaikaa ja infrapunaa määrää säätämällä pääsimme kohtuullisiin tuloksiin, mutta ei niin hyvin, että niitä voitaisiin käyttää luotettavasti linjalla. Paras tulos saatiin, kun pidettiin kuvattava alue mahdollisemman tummana. Silloin kamera ei reagoanut kovin herkästi ilmakupliin, mutta löysi silti teräväreunaiset naarmut ja lommot hyvin. Ongelmaksi muodostuivat kuitenkin pyöreäreunaiset lommot, joihin kamera ei reagoanut millään tavalla.

5.3 Kulman vaikutukset

Käytetty kameran asennuskulma vaikuttaa alueskannauskamerassa hyvin paljon ominaisuuksiin. Testasimme eri kuvauskulmien vaikutusta kameran käyttöön seuraavin tuloksin.

- Kameran kuvauskulma 25 - 45 astetta.
- Fokuksen säätö helppoa.
- Kuva ei ole tarkka koko kuvausalueella.
- Löytää hyvin naarmut sekä pituus- ja poikittaissuunnassa.
- Kameran kuvauskulma 90 astetta.
- Voidaan käyttää huomattavasti lyhyempää valotusaikaa.
- Kuva on tarkka koko kuvattavalla alueella.
- Kameran oman valonlähteen käyttö mahdotonta heijastavilla materiaaleilla heijastuksien takia.
- Vaatii erillisen valonlähteen, joka on asennettu sopivaan kulmaan kameraan nähden.
- Ei löydä naarmuja läheskään yhtä hyvin kuin pienessä kulmassa kuvattaessa.

5.4 Linssit

Kameran mukana toimitettiin $f = 6$ mm ja $f = 10$ mm linssit. $f = 6$ mm linssin lyhin asennusetäisyys on 50 mm, joten sillä päästään reilusti pienempään pikselikokoon kuin $f = 10$ mm linssillä, jonka lyhin asennusetäisyys on 120 mm. Testeissä käytettiin $f = 10$ mm linssiä, koska se mahdollisti kameran asentamisen turvallisen etäisyyden päähän linjasta.

5.5 Testaus

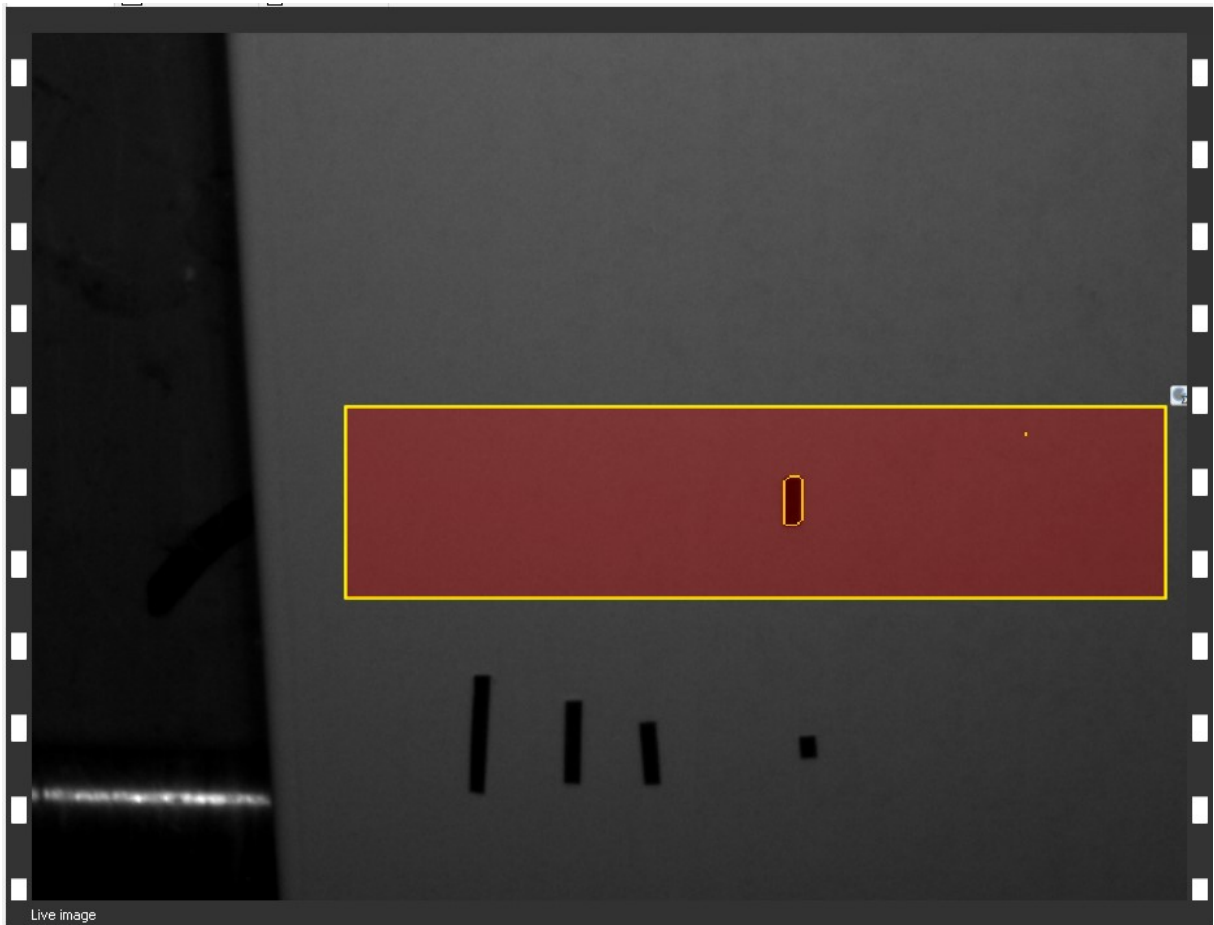
Kamera asennettiin linjastolle aivan linjaston loppupäähän, juuri ennen sahauspistettä (Kuva 13). Paneelien nopeus kuvauspisteessä on noin 80 - 160 mm/s. Kameran asennuskorkeus paneelin pinnasta oli 185-215 mm pinnasta ja kulma 45 astetta.

Testasimme kameraa erivärisillä paneeleilla ja kuvausarvoilla. Tulokset olivat kohtuullisen hyviä: kamera ei reagoinut pieniin ilmakupliin ja löysi luotettavasti 5 x 3 mm kokoiset virheet (Kuva 14).

Kuva 13. Kameran asennuspaikka linjastossa.



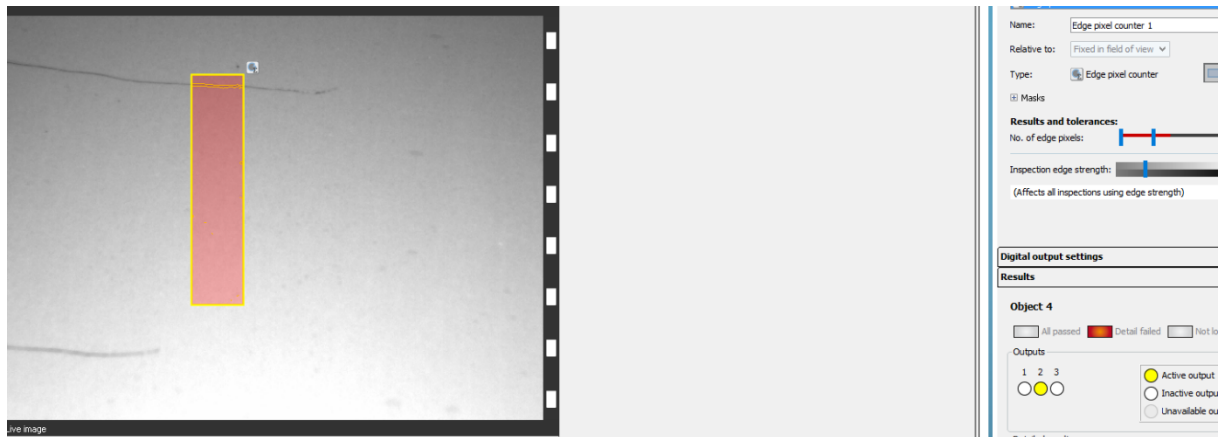
Kuva 14. 5 x 3 mm testipala.



5.6 Esimerkki asetuksista

Paneeliin oli tehty ennen testiä kaksi naarmua, jotka kamera löysi ongelmitta. Naarmun leveys oli noin 1,5 mm. Lisäksi kameraa testattiin useilla eri väreillä ja erityyppisillä lommoilla, naarmuilla sekä testipalasarjalla, jonka avulla saatiin määritettyä pienin mahdollinen virhe, joka löytyy luotettavasti (5 x 3 mm). Pienemmätkin virheet löytyvät helposti, mutta niiden suodattaminen ilmakuplien joukosta oli hyvin hankalaa.

Kuva 15. Esimerkki 1.



Esimerkki 1 (Kuva 15).

Esimerkissä kamera oli asennettu paneelin pinnasta mitattuna 215 mm korkeuteen ja kameran asennuskulma 45 astetta. Kuvattavan paneelin väri oli Polyester 21. Tässä esimerkissä mittausalueen koko oli rajattu 70 x 25 mm kokoiseksi, jolloin pikselikoko on 0,11 - 0,05 mm. Koska kuvattava materiaali oli hyvin vaalea, niin käytetty valotusaika oli lyhyt, vain 9,4 ms ja valotukseen käytettiin kameran omaa infrapunavaloa.

- gain 369% (Arvo vaikuttaa kuvan herkkyYTEEN / terävyyteen.)
- edge pixel counter 0 - 117 (Työkalu, joka etsii muutoksia mittausalueelta sekä vertaa niitä referenssikuvaan. Numeroarvo määrittää minkä kokoisia muutoksia etsitään.)
- inspection edge strength noin 45% (Tällä arvolla määritetään kuinka terävä reunan pitää olla, että laskuri huomioi sen.)

Fokus säädettyinä kaksi kierrosta yli tarkimmasta arvosta, koska muuten kamera reagoi liian herkästi ilmakupliin.

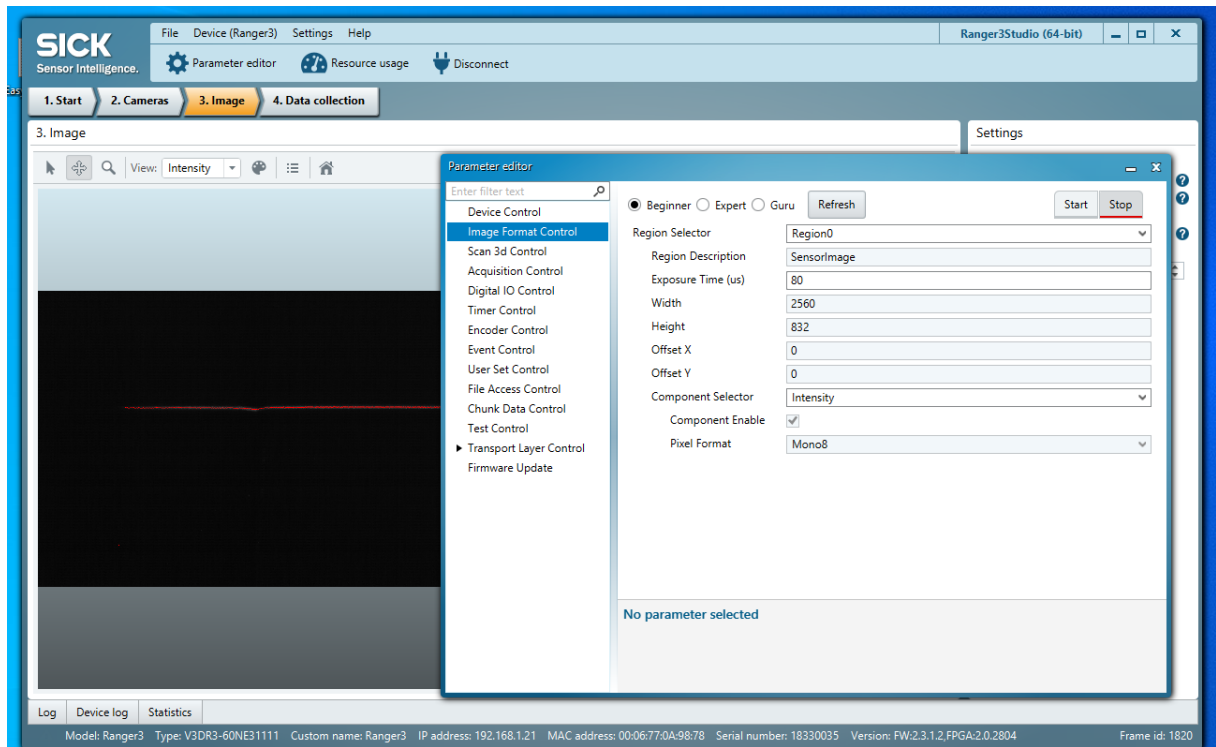
5.7 Aluekuvauskameran ongelmat

PIM60-kameran tarkka kuvausalue on melko kapea. Kun paneelin leveys on 1250 mm, kameroita pitäisi olla vähintään seitsemän kameraa molemmilla puolilla. Koska kuvankäsittely tehdään itse kamerassa, useiden kameroiden yhdistäminen olisi todella haastavaa, ellei mahdotonta. Kameraan pystyy tallentamaan vain 32 referenssikuvaa, mikä ei tässä tapauksessa riitä, koska eri värit ja profiloinnit vaativat oman referenssikuvansa. Koska jokainen kamera toimii omana yksikkönään, paneelin vaihtuessa jokaiseen kameraan pitäisi vaihtaa oma paneelityyppikohtainen referenssikuvansa. Myös paneelin paksuus vaihtelee 80 - 300 mm välillä, joten kameran korkeutta pitäisi vaihtaa aina profiilin vaihtuessa, jotta tarkka fokuointi olisi mahdollista. Kuvan suodattaminen luotettavasti on myös melko hankala toteuttaa pelkällä 2D-kameralla. Esimerkiksi kalvossa olevia teräviä rypyjä ei saa suodatettua pois menettämättä kykyä löytää pieniä naarmuja tai lommoja.

6 Viivaskannauskamera, käyttö ja ohjelmisto

Ranger 3 -kameran ohjausohjelmistossa, Ranger 3Studio -ohjelmistossa tehdään kameran kytkeminen tietokoneeseen sekä määritetään kuvauksessa käytettävät parametrit ja muut kameran asetukset (Kuva 16). Kuvia voidaan ottaa esimerkiksi 1000 kappaletta sekunnissa, ja niistä koostetaan yksi 142 mm korkea kuva. Testeissä kuvattiin usein noin 4 - 5 sekuntia yhtämittaisesti, ja kuvista tehtiin 3D-profiili tarkastelua varten. Kuvattavan puskurin kokoa rajoittaa lähinnä tietokoneen muistin koko ja se, että kuinka nopeasti tulos halutaan ohjelmasta ulos. Nyt kamera oli sijoitettuna aivan linjan loppupäähän ja viiden sekunnin viive on vielä hyväksyttävissä.

Kuva 16. Ranger 3Studio.



EasyRanger program editorissa taas määritetään, miten kuvattua kuvaa käsitellään ja suodatetaan (Kuva 17).

Kuva 17. EasyRanger -ohjelmisto.

PROGRAM			
#	NAME	FUNCTION	MS
0	Grab From Camera	Grab From Camera	437.3
1	Save Image To File	Save Image To File	0.0
2	Grab From File	Grab From File	0.0
3	Copy Image	Copy Image	0.0
4	Remove Vibrations	Remove Vibrations	18.9
5	Fit Plane	Fit Plane	214.2
6	Image Filtering	Image Filtering	53.6
7	Find Blobs	Find Blobs	2.0

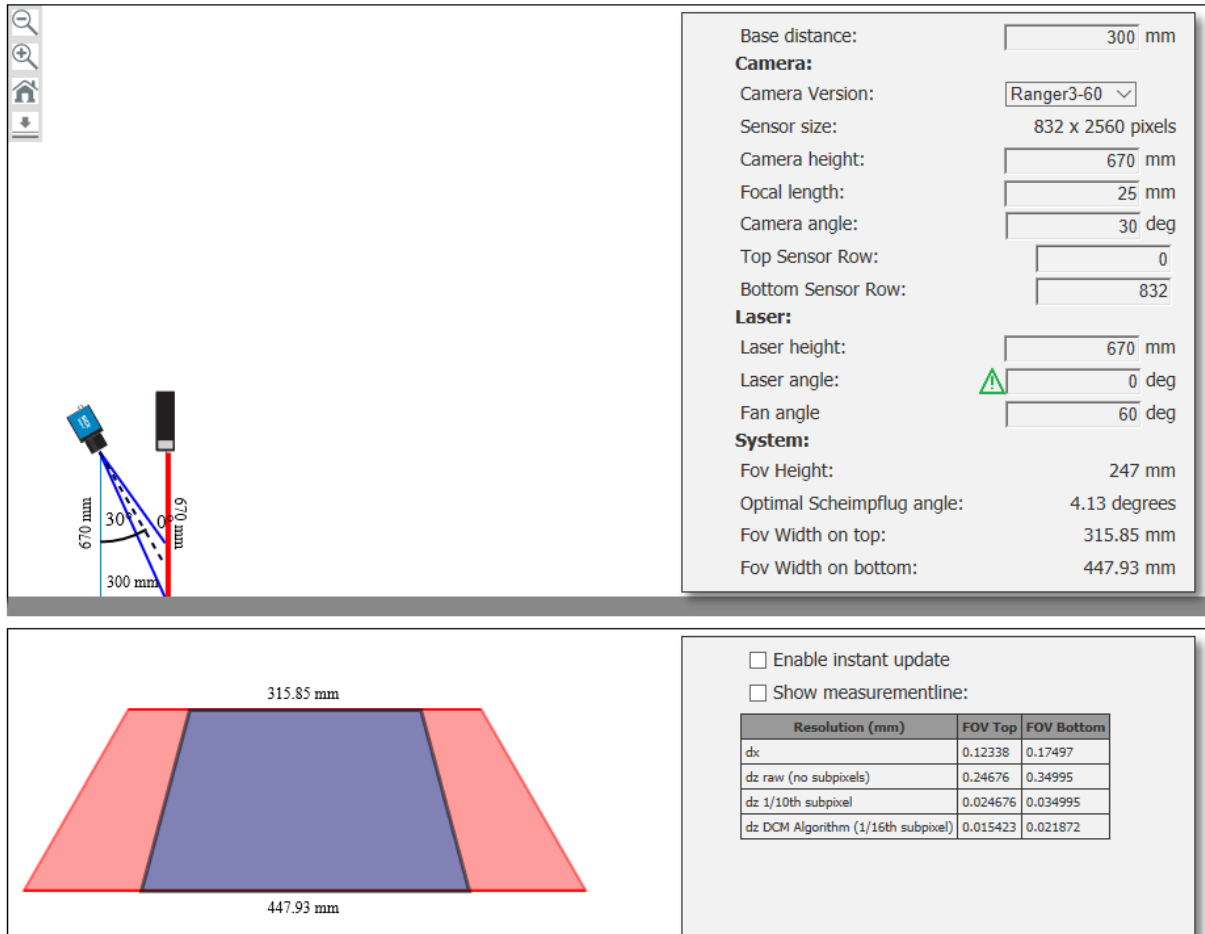
STEP: Find Blobs		
Arguments		
NAME	TYPE	VALUE
Source Image	Image	image
Regions	Region	
Min Area	Integer	250
Max Area	Integer	100000000
Input Type	String	Range
Low Threshold	Double	-10
High Threshold	Double	-1
Plane	Plane	
Max Blob Count	Integer	
Fill Holes	Integer	1

Results		
NAME	TYPE	VALUE
Blob Regions	Region	blobs
Center Points	Point2D	cogs

6.1 Ranger3-kameran asennus

Ranger3-kameran asentaminen täytyy tehdä melko tarkasti mahdollisemman hyvän tuloksen takaamiseksi, joten käytimme asennuspaikan määrittämisen apuna Ranger3 Setup Assistant -ohjelmistoa (Kuva 18), jolla laskettiin optimaalinen asennusetäisyys ja -kulma sekä erillisen laserin asennusetäisyys ja -kulma.

Kuva 18. Ranger3 Setup Assistant.



Base distance: mm

Camera:

Camera Version: ▾

Sensor size: 832 x 2560 pixels

Camera height: mm

Focal length: mm


Camera angle: deg

Top Sensor Row:

Bottom Sensor Row:

Laser:

Laser height: mm

Laser angle: deg 

Fan angle: deg

System:

Fov Height: 247 mm

Optimal Scheimpflug angle: 4.13 degrees

Fov Width on top: 315.85 mm

Fov Width on bottom: 447.93 mm

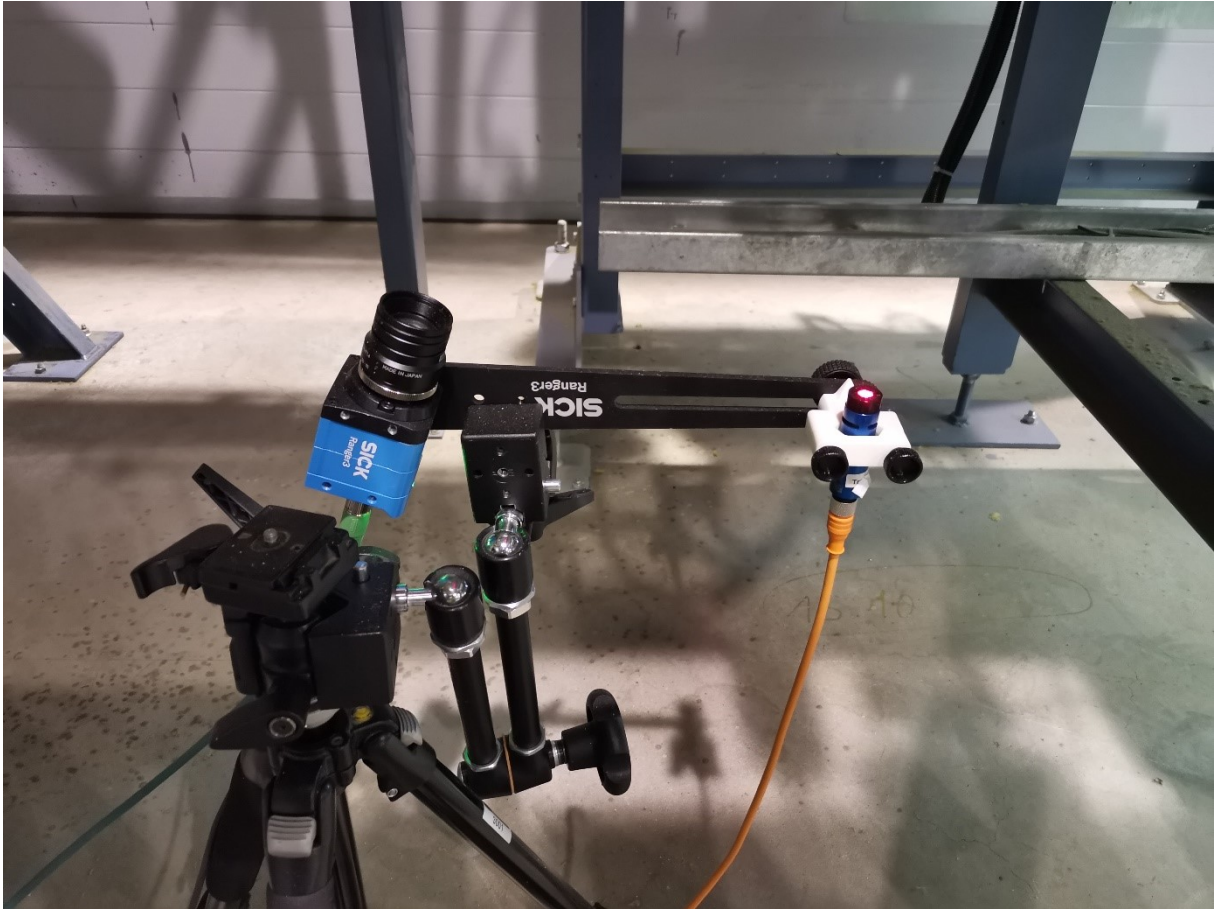
Enable instant update

Show measurementline:

Resolution (mm)	FOV Top	FOV Bottom
dx	0.12338	0.17497
dz raw (no subpixels)	0.24676	0.34995
dz 1/10th subpixel	0.024676	0.034995
dz DCM Algorithm (1/16th subpixel)	0.015423	0.021872

Väliaikainen asennus tehtiin käyttäen erillistä kamerajalustaa sekä kameran mukana toimitettua laserin asennusvartta (Kuva 19).

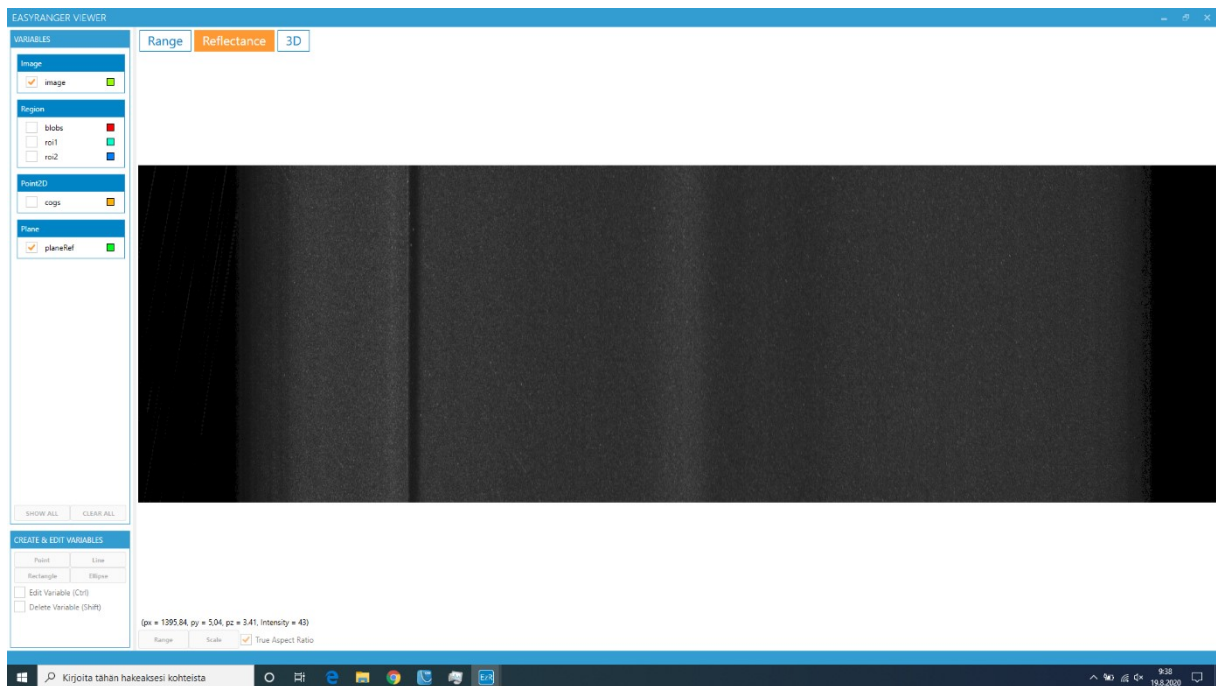
Kuva 19. Ranger 3-kameran asennus.



6.2 Ohjelmiston käyttöönotto ja testaus

Testausvaiheessa kamera asennettiin linjan alapuolelle, jolloin paneelin paksuuden muutoksia ei tarvitse huomioida, ja kamera on paremmin turvassa törmäyksiltä. Paneelin alapuolella käytetään vähemmän eri väri vaihtoehtoja sekä profiloitteja, mikä myös helpottaa testien tekemistä. Lisäksi alapinta on suurempi, joten korkeusarvoon perustuva suodatus on mahdollista tehdä tarkemmin. Kun kameran perusasetukset on saatu kuntoon Ranger 3 Studio -ohjelmistossa, voidaan samalla ohjelmalla kuvata halutun mittainen 3D-profiili (Kuva 20).

Kuva 20. 3D-Profiili.



Profiilin raakakuva ilman suodatuksia ei näytä juuri miltään, mutta siitä löytyvät tarkat mitat eli XYZ-arvot. Kuva avataan EasyRanger Program editorissa (Kuva 20), ja sitä voidaan käsitellä ja suodattaa hyvin vapaasti.

Ensin kuvasta poistetaan värähtelyt Remove Vibration -työkalulla (Kuva 22). Levyn pinta ei ole koskaan täysin suora ja tasainen, joten se oikaistaan ohjelmallisesti laskemalla sille keskiarvosuoruus Fit Plane -toiminnolla. Kuvan suodatukseen (image filtering) ohjelmassa on useita mahdollisuuksia, joilla pystyy vaikuttamaan, kuinka herkästi ohjelma reagoi naarmuihin ja lommoihin. Find Blobs -toiminnolla valitaan, minkä kokosiin pikselimuutoksiin ohjelma reagoi, ja samasta valikosta päästään valitsemaan korkeus eli Z- arvon perusteella tehtäviä suodatuksia (Kuva 23). Tällä toiminnolla saadaan häivytettyä paneelin pinnalla oleva muovikalvo kokonaan eikä kalvossa olevista ilmakuplista, rypyistä tai logoista tarvitse välittää.

Kuva 21. Suodatuksien määrittelyä.

SICK File Acquisition Window Help EASYRANGER PROGRAM EDITOR - RUUKKI_PINNANTARKISTUSEVER3 - RUUKKICONSTR...

RUN SELECTED STEP OVER STEP INTO RUN PROGRAM RUN CONTINUOUSLY RESET 0 M PROGRAMS CAMERA

VARIABLES

Image 3 item(s)

1	2560 x 8000, R = [0.0625, 831
image	2560 x 8000, R = [-23.2967, 2
imageRaw	2560 x 8000, R = [0.0625, 831

Region 2 item(s)

blobs	314 x 172 [989, 86], 117 x 234
ROI1	2260 x 7986 [291, -14],

Point2D 1 item(s)

cogs	[1141.8, 155.504], [986.93, 92
------	--------------------------------

Plane 1 item(s)

planeRef	-1.41931e-10*X + -1.64609e-
----------	-----------------------------

Line2D 1 item(s)

Line	[294.74, 0] -> [294.74, 7971.5
------	--------------------------------

Double 1 item(s)

Height	-0.0179132,
--------	-------------

EXPAND VARIABLE LISTS

PROGRAM

#	NAME	FUNCTION	MS
0	Grab From File	Grab From File	0.0
1	Copy Image	Copy Image	0.0
2	Remove Vibration:	Remove Vibratic	0.0
3	Fit Plane	Fit Plane	0.0
4	Image Filtering	Image Filtering	0.0
5	Find Blobs	Find Blobs	0.0
6	Define count	Define Variable	0.0
7	End	End	0.0
8	Fit Line	Fit Line	0.0

Processing Time Last: 0.0 Avg: 0.0 Max: 0.0

STEP: Fit Plane

Arguments

NAME	TYPE	VALUE
Source Image	Image	image
Regions	Region	
Max Iterations	Integer	5
Outlier Threshold	Double	5.0
Threshold Update	Double	0.5
Keep At Least	Integer	33
Reduction Factor X	Integer	1
Reduction Factor Y	Integer	1

Results

NAME	TYPE	VALUE
Planes	Plane	planeRef
Compensated Image	Image	image

Kuva 22. Kuva ennen värähtelyiden suodattamista.

EASYRANGER VIEWER

Range Reflectance 3D

VARIABLES

Image

- 9
- image
- imageRaw

Region

- blobs
- ROI1

Point2D

- cogs

Plane

- planeRef

SHOW ALL CLEAR ALL

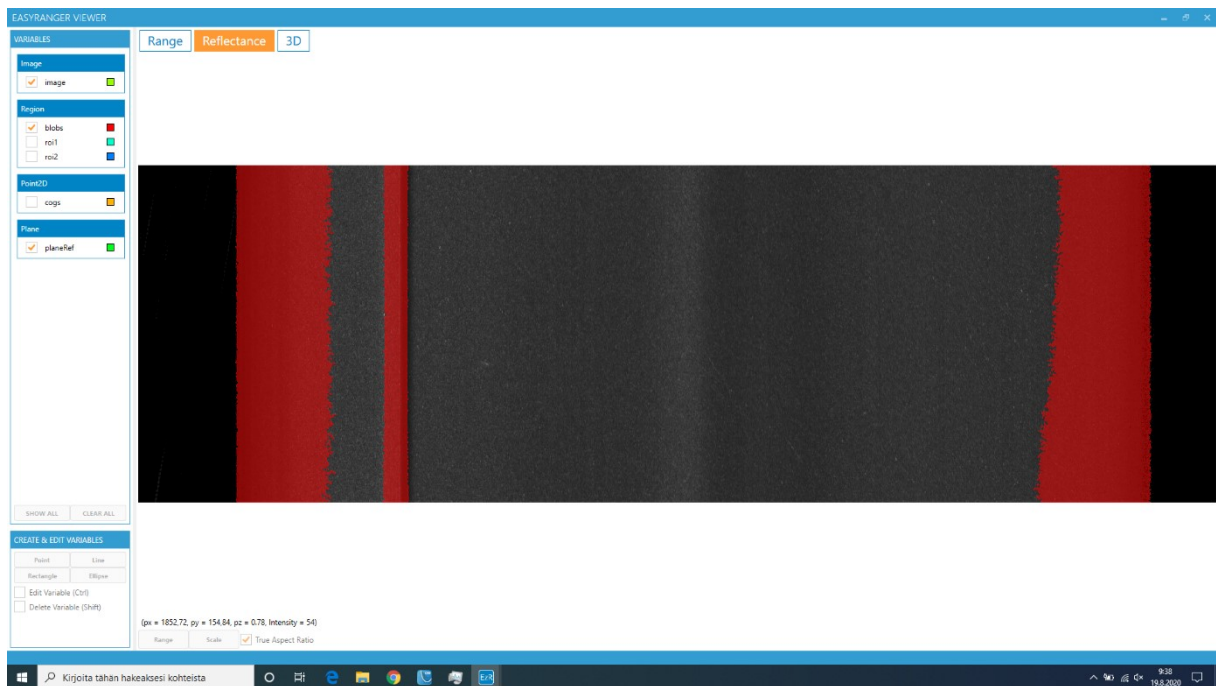
CREATE & EDIT VARIABLES

- Point
- Line
- Rectangle
- Ellipse
- Edit Variable (Ctrl)
- Delete Variable (Shift)

Shaded Hybrid Range Mix Light Sampling Toggle Spin

RESET CAMERA

Kuva 23. Suodatusta Z-avolla.



Yllä oleva kuva havainnollistaa paneelissa tasomaisuudessa olevat heitot ennen keskiarvo-suorituksen laskemista. Molemmissa reunoissa oleva punaisella merkitty alue poikkeaa liian paljon suodatusarvoista. Lisäksi kuvassa on punaisella merkitty paneelissa oleva profilointi.

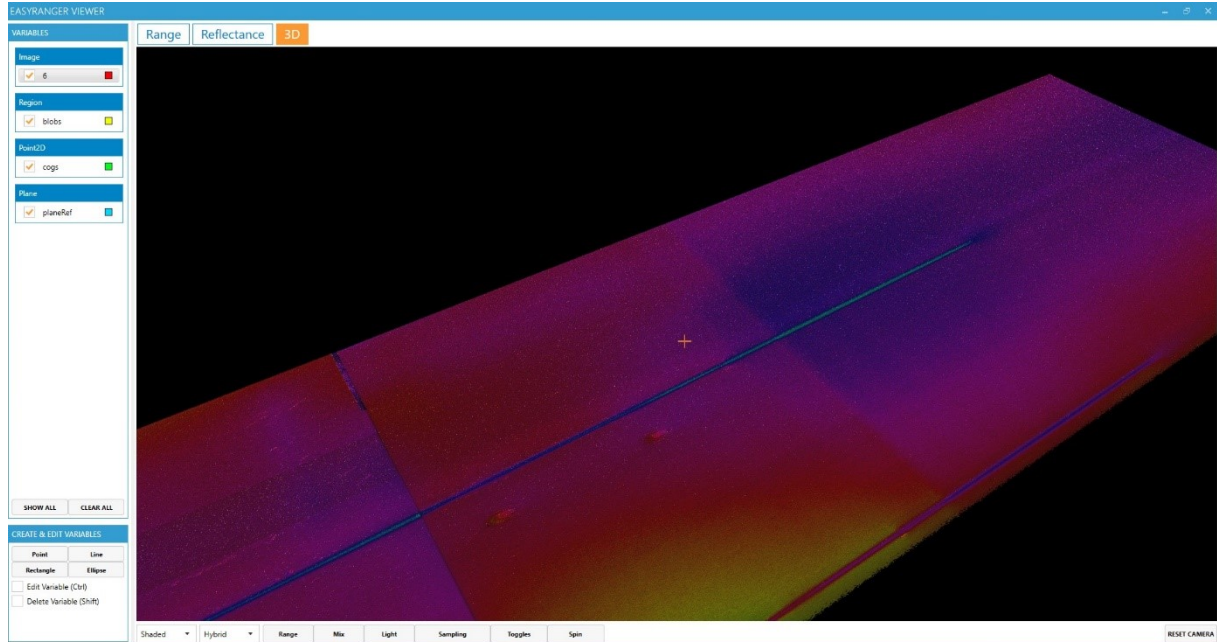
Ohjelma osoittautui todella monipuoliseksi, ja siinä on erittäin hyvät mahdollisuudet kuvan käsittelyyn, suodattamiseen ja tiedon siirtämiseen ohjelmasta eteenpäin. Ohjelma on kuitenkin melko hankala käyttää ja perustuu melko pitkälti C#-ohjelmointiin, tosin ohjelmassa graafisessa muodossa. EasyRanger Program editorilla tehty ohjelma voidaan avata esimerkiksi VisualStudio -ohjelmistossa ja jatkaa sen editointia siellä suoraan C#-kielellä.

6.3 Kameran käyttöönotto ja testaus

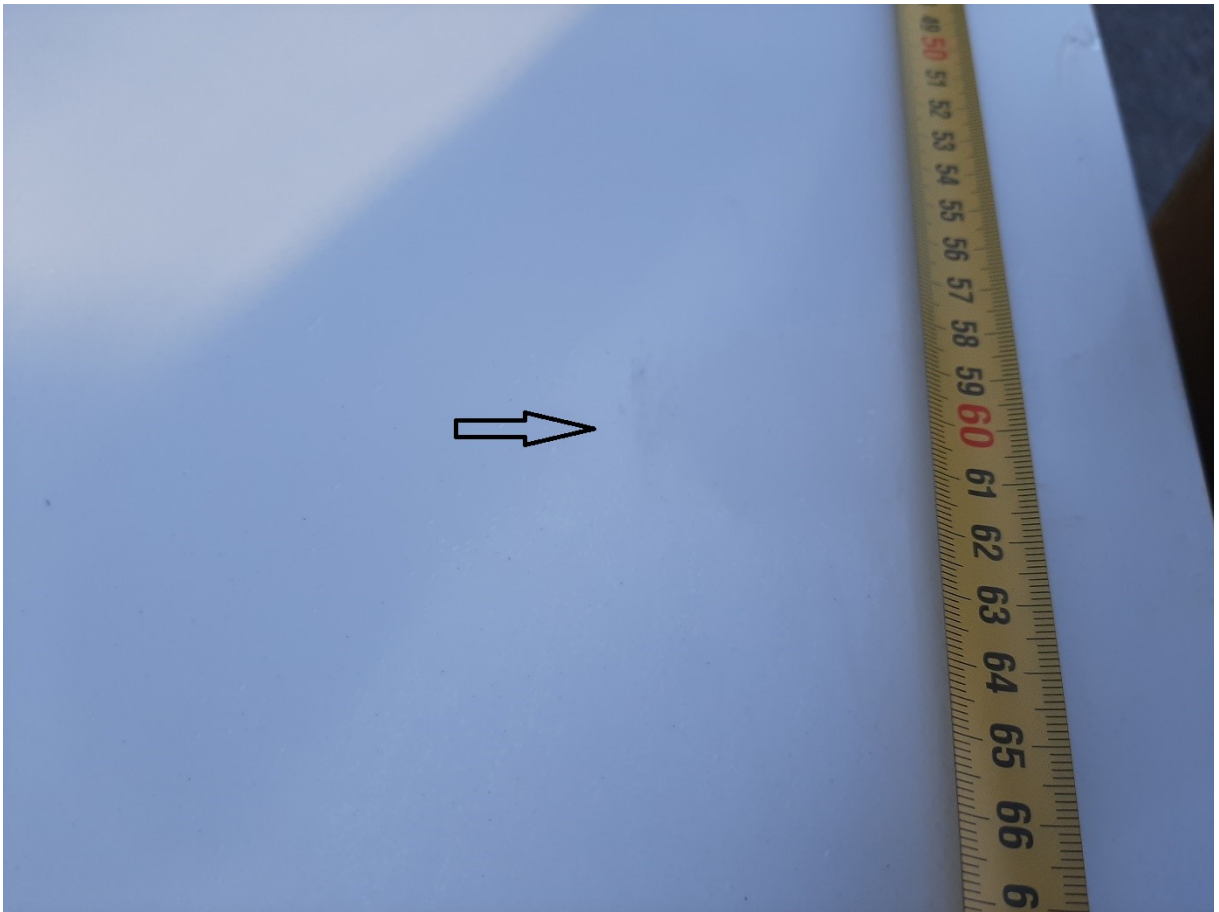
Kamera asennettiin linjan alapuolelle 670 mm päähän kuvattavasta pinnasta. Yksittäisen pikselin koko tuolla etäisyydellä on 0,12 x 0,25 mm. Optimaalinen kuvausetäisyys on 800 – 1000 mm, mikä mahdollistaisi koko paneelin kuvaamisen kahdella kameralla. Testasimme kameran kykyä löytää naarmuja (Kuva 24) ja lommoja sekä niin sanottuja liimakäävistä johtuvia hyvin pyöreäreunaisia isompia lommoja (Kuva 25). Kuvassa oleva lommo on noin 20 x 20 mm kokoinen ja noin 2 mm syvä. Liimakäpä on pehmeä uretaaniliiman palanen, ja sen aiheuttamat lommot ovat poikkeuksetta hyvin pyöreäreunaisia.

Toisin kuin teräviä lommoja tai naarmuja, pyöreäreunaista lommoa on hankala huomata linjalla silmämääräisesti. Uunin pituus on 42 metriä, ja jos liimakäpä on tarttunut uunin lamelleihin, se toistuu aina 42 metrin välein. Kamera löysi liimakäävän aiheuttamat lommot erittäin luotettavasti, kun suodatusarvoja säädettiin.

Kuva 24. Naarmuja.

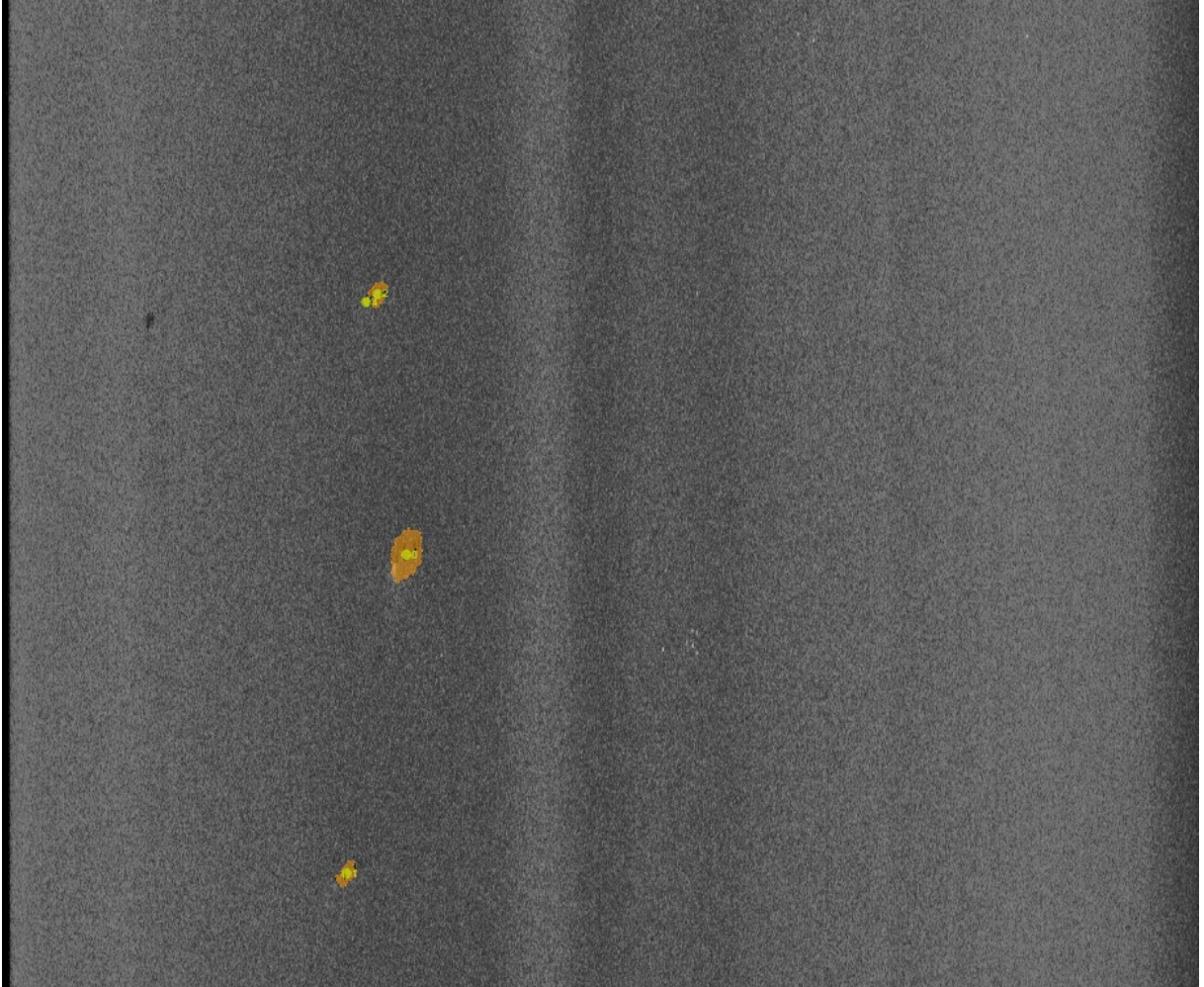


Kuva 25. Liimakäävän tekemä lommo.



Teräväreunaiset lommot ja naarmut löytyvät todella helposti (Kuva 26).

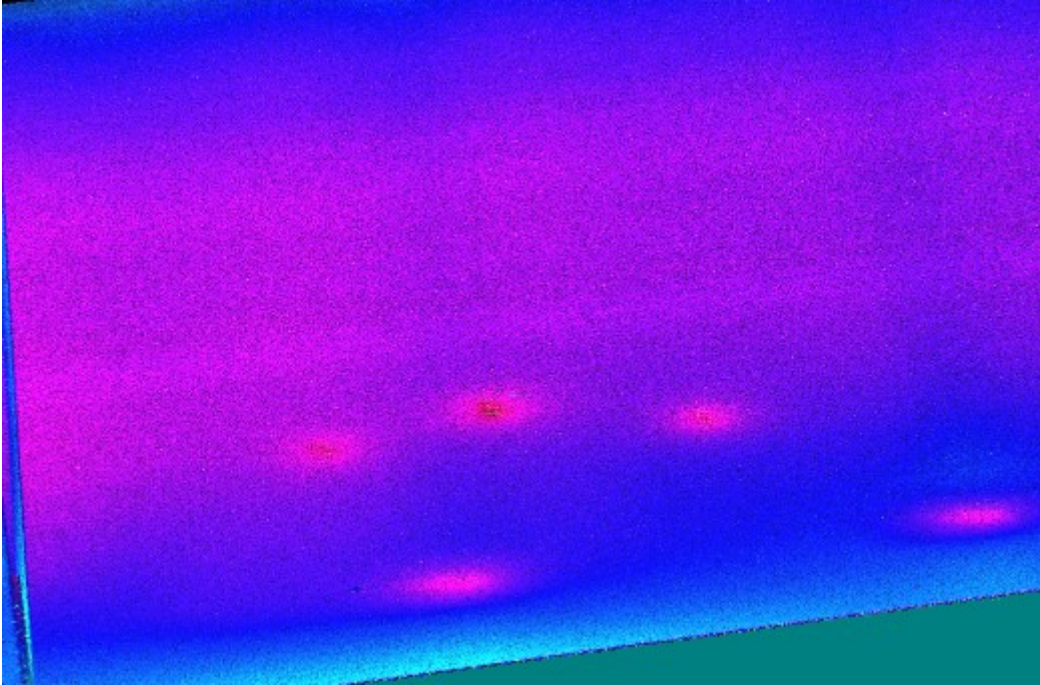
Kuva 26. Ohjelmiston merkkamat lommot.



Kuvassa keltaisella merkityt lommot ovat löytyneet ohjelman find blobs -toiminnolla.

Lommot ovat kooltaan noin 1 x 6 mm, ja syvyyttä lommoilla on alle 1 mm. Kuvassa on vielä kaksi pienempää naarmua, mutta ne on ohjelmassa määritetty niin, ettei niistä tule erillistä hälytystä. Kameran tarkkuus riittää kuitenkin löytämään ne helposti ja ne näkyvät selkeästi, kun kuvaa suodatetaan eri tavalla (Kuva 27).

Kuva 27. Kameran löytämät virheet.



6.4 Havainnot kamerasta

Kameran tarkkuus riittää erittäin hyvin paneelien pinnanlaadun tarkkailuun, ja sillä voidaan lisäksi tarkistaa kappaleen mitat ja profiloinnit. Rajoittava tekijä on käytettävä ohjelmisto, joka ei mahdollista useampien kameroiden kuvan yhdistämistä ja käsittelyä kerralla. Kameroiden yhdistäminen kuitenkin onnistuu tekemällä siihen oman ohjelmansa esimerkiksi C#-ohjelmoinnilla. Kameroita tarvitaan paneelilinjastolle yhteensä kuusi kappaletta eli kaksi kappaletta ylä- ja alapinnalle sekä yhdet kamerat paneelin sivuille. Näin ollen paneelista pystytään muodostamaan 360-asteinen kuva ja käsittelemään sitä halutulla tavalla.

7 Vaatimuksien määrittely, tarjouspyyntö ja tarjoukset

Testien perusteella määrittelimme järjestelmälle seuraavat vähimmäisvaatimukset tarjouspyyntöä ja mahdollista hankintaa varten.

- Profiilin ylä- tai alapinnassa olevien naarmujen, lommojen tai muiden vastaavien virheiden löytäminen. (naarmut voi olla pieniä 1 x 5 mm tai hyvinkin pitkiä. Lommot ovat yleensä matalia ja hyvin pyöreäreunaisia. Huomioitavien lommojen kokoluokka >2 x 2 mm.)
- Ylä- ja alapellin sijainnin mittaus toisiinsa nähden.
- Profiilin tunnistaminen ja mittaus. Kytkevä tuotannonohjausjärjestelmään. Ohjelmiston on pystyttävä vertaamaan kuvattua kuvaa ja ERP:stä saatavaa tietoa.
- Profiilin kuvaus ja mitoittaminen tietyn metrimäärän välein ja tiedon tallennus haluttuun kohteeseen sovitussa tiedostomuodossa. Kuvaustiheys määritetään ERP:ssä.
- Profiili pitää kuvata erikseen ylä- ja alapinnoilta sekä molemmilta sivuilta. (profiilin mitat ovat: leveys 1200 mm, linjan nopeus noin 80 – 160 mm/s (enkooderin käyttö välttämätöntä) ja korkeus vaihtelee välillä 80-300 mm.)
- Kameroiden kuvista pitää koosta yksi kuva.
- Ylä- ja alaprofiilit voivat olla eri perforoinneilla ja eri väreillä.
- Virheilmoitusten raportointi käyttäjälle ja raportin tallennus.

Tarjouspyyntö laadittiin vaatimuksien perusteella ja lähetettiin 20.10.2020 kolmelle eri yritykselle. Olin yhteydessä yritysten edustajiin sähköpostilla sekä puhelimitse testien aikana, ja he olivat kaikki halukkaita tarjoamaan toteutuksen. Jokaisella yrityksellä on erittäin vahva osaaminen konenäön ja tekoälyn käytöstä teollisissa sovelluksissa.

Tämän opinnäytetyön kirjoittamisen aikana ainoastaan yksi yrityksistä antoi järjestelmästä tarjouksen, mutta ei kuitenkaan antanut lupaa julkaista tarjousta tai sen teknisiä liitteitä missään muodossa.

Laaja-alainen tarjous sisälsi täydellisen avaimet käteen -toimituksen alkaen kameroiden ja niiden lisälaitteiden asentamisesta ohjelmistoon ja sen kouluttamiseen. Lisäksi ohjelmisto kytketään toimittajan puolesta Ruukin PLC:n.

Yrityksellä on oma ohjelmisto, joka perustuu kameran kuvaa tarkastelemaan tekoälyyn. Tässä toteutuksessa siihen lisättäisiin vielä erilliset konenäkökamerat koordinaatteja ja mittauksia varten.

8 Yhteenveto

Alueskannaustyypiset kamerat eivät sovellu tässä kohteessa pinnan laadun tarkkailuun tai mittojen tarkistamiseen. Niiden ongelmana on erittäin kapea kuvausalue ja referenssikuvien tarve.

Viivaskannaustyypinen 3D-kamera taas soveltuu kohteeseen erittäin hyvin. Kameran kuvausalue on laaja, joten kameroita riittää kaksi kameraa linjan yläpuolelle, kaksi kameraa linjan alapuolelle ja yhdet kamerat linjan sivuille. Sivukameroiden resoluutio voi olla myös pienempi, koska kuvausalueen leveys on korkeintaan 220 mm.

Kameroiden tarkkuus oli testien perusteella erinomainen ja täytti annetut vaatimukset hyvin. 3D-ominaisuus mahdollistaa suodatuksen myös korkeusarvojen (Z-arvo) perusteella, joten sen avulla suodattaminen on huomattavasti helpompi toteuttaa.

Kameroiden mekaaninen asennus on helppo tehdä, ja sitä varten telineen voi valmistaa esimerkiksi alumiiniprofiilista. Alapintaan asennettavat kamerat voivat olla kiinteästi asennettuja, mutta yläpintaa kuvaavien kameroiden pitää olla korkeussäädettäviä, koska paneelien paksuus vaihtelee välillä 80 – 300 mm välillä. Viivalaserit voidaan asentaa samaan telineeseen joko erillisen varren avulla tai niille voidaan tehdä oma teline. Kameroiden asennuksessa on otettava huomioon pölyinen ympäristö, mikä sotkee linssit melko nopeasti. Kameroiden asennuksen pitää olla niin avoin, että niiden puhdistaminen on helppo toteuttaa vähintään kerran viikossa. Kamera myös lämpenee käytössä noin 60-asteiseksi, joten puhdistaminen on hyvin oleellista myös jäähdytyksen kannalta.

Linjaston nopeus vaihtelee koko ajan jonkin verran, joten enkooderin käyttö on käytännössä pakollista kuvan laadun takia. Vaihtoehtoisesti linjan nopeustiedon saa otettua myös logiikkaohjauksesta (Siemens S7).

Paneeli on alapinnaltaan hyvin suora, kun taas yläpinta on aina jonkin verran kaareva. Kaarevuus vaihtelee jonkin verran eri profiloitien välillä. Se vaikeuttaa kuvan suodattamista, koska paneelin korkeusarvoa ei voi käyttää suoraan suodattamiseen. Levyn pinta oikaistaan laskemalla sille yksi tai useampi suoruuden keskiarvo ja korkeussuodatus tehdään tätä keskiarvoa käyttämällä. Tarkkuus paranee, jos levyn pinta jaetaan mahdollisemman moneen osaan, mutta samalla ohjelman tekeminen hankaloituu. Suodattamista hankaloittaa myös se, että käytössä on useampaa erityyppistä kalvoa ja osassa kalvossa voi olla painettuja logoja tai kuvioita. Ohjelma voidaan opettaa olemaan välittämättä niistä, ja ne pyritään myös suodattamaan korkeusarvoa käyttämällä kokonaan pois.

Vaikein osuus kameroiden käytössä on niiden ohjelmisto. Kameran mukana toimitettu ohjelma Ranger 3Studio, ei sovellu useampien kameroiden samanaikaiseen ohjaamiseen eikä useampien kameroiden kuvien yhdistämiseen. Tästä syystä kameroiden ohjelma pitää suunnitella ja tehdä itse tai teettää ulkopuolella, kuten tässä työssä on tarkoitus tehdä.

Ohjelmiston vaatimukset on koottu yhteen liitteenä olevaan tarjouspyyntöön (liite 1).

9 Pohdinta

Opinnäytetyön aikana sain hyvän käsityksen erityyppisistä konenäköjärjestelmistä, niiden mahdollisuuksista, rajoituksista sekä käytettävyydestä. Alueskannaustekniikkaan perustuva kamera ei toiminut tässä tapauksessa pinnanlaadun tarkkailussa, mutta työn kulun aikana sille ideoitii muita käyttökohteita yrityksen sisältä. Viivaskannaustekniikkaan perustuva kamera toimi tässä tapauksessa hyvin, ja täytti kaikki sille asetetut tavoitteet. Myös tälle kameratyyppille ideoitii muitakin käyttökohteita.

Reaaliaikainen laadunvalvonta vähentää reklamaatioita, parantaa tuottavuutta koska virheelliset kappaleet voidaan korjata välittömästi sekä parantaa tuotteen ja yrityksen laatuvaikutelmaa.

Työn tilaaja oli tyytyväinen saavutettuihin tuloksiin. Työn perusteella saatiin varmistettua, että viivaskannauskameralla on mahdollista toteuttaa pinnanlaadun tarkkailu ja suodatus, ja sitä voidaan käyttää mittojen tarkistamiseen ja mittakuvien tekemiseen. Työssä selvitettiin viivaskannaustekniikalla toteutetun laitteiston hankintakustannukset ja kartoitettiin mahdolliset laitetuottajat.

Lähteet

- Hornberg, A. (2017). *Handbook of Machine and Computer Vision, 2nd Edition* (2 p.). Wiley
2017. Haettu 16.12.2020 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/detail.action?docID=4821050>
- Ruukki Construction. (n.d.-a). *Ruukki lyhyesti*. Haettu 7.12.2020 osoitteesta
<https://www.ruukki.com/fin/tietoa-meist%C3%A4/company/company#ruukki-lyhyesti>
- Ruukki Construction Oy. (n.d.-b). *Tuotteet*. Haettu 3.2.2021 osoitteesta
<https://www.ruukki.com/fin/building-envelopes/products/wall-structures/sandwich-panels-for-external-walls/sandwich-panel-detail/sandwich-panel-spa-f-for-external-and-internal-wall>
- Sick Oy. (n.d.-a). *Esimerkkejä konenäkösovelluksista*. Haettu 22.3.2021 osoitteesta
<https://www.sick.com/fi/fi/teollinen-kuvankaesittely/3d-konenaekoe/ranger3/c/g448354>
- Sick Oy. (n.d.-b). *Kelaus- ja aukikelauskone*. Haettu 17.3.2021 osoitteesta
<https://www.sick.com/fi/fi/toimialat/metalli-ja-teraes/teraes/teraesnauhakaesittely/kelaus-ja-aukikelauskone/pinnan-tarkastus-3d-konenaekoeantureiden-avulla/c/p617048>
- Sick Oy. (n.d.-c). *Huolto ja tarkastus*. Haettu 17.3.2021 osoitteesta
<https://www.sick.com/fi/fi/toimialat/liikenne/kiskot/huolto-ja-tarkastus/rautatiekiskojen-rakenteen-tarkastus/c/p329749>
- Sick Oy. (n.d.-d). *Aurinkopaneelien asennus*. Haettu 17.3.2021 osoitteesta
<https://www.sick.com/fi/fi/toimialat/aurinkokennot/aurinkopaneelituotanto/aurinkopaneelien-asennus/aurinkokennojen-mikrohalkeamien-tunnistus-johtimien-asennuskoneessa/c/p370075>
- Sivonen, V.-M. (2004). *Ohjelmointikielten periaatteet: C# -kieli*. HELSINGIN YLIOPISTO, Tietojenkäsittelytieteen laitos. Haettu 6.3.2021 osoitteesta
<https://www.cs.helsinki.fi/u/pohjalai/k04/ohpe/seminar/Sivonen-CSharp.pdf>
- TKK. (n.d.). *Konenäkö robotin ohjauksessa*. Haettu 7.12.2020 osoitteesta
http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teoria.pdf

Liite 1: TARJOUSPYYNTÖ12.docx

TARJOUSPYYNTÖ

20.10.2020

Ruukki Construction Oy

Eero Laiho

040-763 xxxx

Pyydämme Teitä tarjoamaan Ruukki Constructionille konenäköjärjestelmän, joka täyttää vähintään seuraavat vaatimukset.

-Profiilin ylä- tai alapinnassa olevien naarmujen, lommojen tai muiden vastaavien virheiden löytäminen (naarmut voivat olla pieniä 1 x 5 mm tai hyvinkin pitkiä. Lommot ovat yleensä matalia ja hyvin pyöreillä reunoilla. Kokoluokka 2x2 mm ja siitä isompia.)

-Ylä- ja alapellin sijainti toisiinsa nähden

-Profiilin tunnistaminen ja mittaus. Kytkevä tuotannonohjausjärjestelmään. Ohjelmiston on pystyttävä vertaamaan kuvattua kuvaa ja ERP:stä saatavaa tietoa.

-Profiilin kuvaus ja mitoittaminen tietyn metrimäärän välein ja tiedon tallennus haluttuun kohteeseen sovitussa tiedostomuodossa. Kuvaustiheys määritetään ERP:ssä

-Profiili pitää kuvata erikseen ylä- ja alapinnoilta sekä molemmilta sivuilta (profiilin mitat ovat: leveys 1200 mm, linjan nopeus noin 80 – 160 mm/s (enkooderin käyttö välttämätöntä) ja korkeus vaihtelee välillä 80-300 mm)

-Kameroiden kuvista pitää koostaa yksi kuva.

-Ylä- ja alaprofiileissa voi olla eri perforointi ja väri

-Virheilmoitusten raportointi käyttäjälle ja raportin tallennus

-Värin tarkistus voi olla optiona, ei pakollinen (tarkkuus määritettävä)

-Erikseen tehtävien räätälöintien tuntihinta asennuksen jälkeen

Lisätietoa profiileista löytyy <https://www.ruukki.com/fin/building-envelopes/products/wall-structures/sandwich-panels-for-external-walls>

Testit on tehty käyttämällä Sick Oy:n Ranger3-40 -kameraa.

Profiilin päällä on muovikalvo, jossa voi olla ilmakuplia, ryppyjä tai muita virheitä.

Käytettävien kameroiden pitää olla 3D-kameroita, jolloin myös korkeusarvoa voidaan käyttää suodatukseen.

Mikäli tarjoaminen vaatii käyntiä tehtaalla, se voidaan sopia erikseen. Suosittelemme käyntiä ja kohteeseen tutustumista ennen tarjoamista.

Huomioikaa tarjouksessa myös se, että vastaavia järjestelmiä ostetaan kolme kappaletta lisää, kun ensimmäisenä asennettu on todettu toimivaksi.

Tarjouksen pitää sisältää kaikki siihen tarvittavat koneet, laitteet, ohjelmistot sekä asennus.

Koulutus, takuu, tuki ja toimitus/asennusaika pitää määritellä tarjouksessa.

Hinta ja maksuehdot (maksuaika 60 pv)

Lisätietoja aiheeseen liittyen antaa Eero Laiho (040-763 xxxx tai eero.laiho@student.hamk.fi)