

Niko Rostedt

VIALLISEN ANODIN HYLKÄYS KONENÄÖLLÄ

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

2019

VIALLISEN ANODIN HYLKÄYS KONENÄÖLLÄ

Rostedt, Niko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2019
Sivumäärä: 30
Liitteitä: 1

Asiasanat: anodi, konenäkö, konenäköjärjestelmä

Boliden Harjavalta Oy:n Porin kuparielektrolyysiin saapuvat kuparianodit nostetaan nosturilla prepille (preparation machine), jonka läpi anodit ajetaan. Kone osaa hylätä tietyllä tapaa vialliset anodit, muttei kaikkia. Siispä työntekijät maalaavat junassa havaitsemansa viallisten anodien korvat spraymaalilla ja koneen käyttäjä hylkää havaitsemansa maalatun korvan painamalla koneen ohjauspöydässä olevaa nappulaa.

Näkymä valvomosta koneelle ei ole mitenkään hyvä, siispä maalatun korvan havaitsemiseen mietittiin toista tapaa ja vastausta haettiin konenäöstä. Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin konenäköjärjestelmä, joka tunnistaisi anodin korvan ja siihen maalatun spraymaalimerkin värin. Järjestelmä osaisi siis hylätä viallisen anodin automaattisesti ja jättää tietokantaan aikaleiman lisäksi merkinnän hylkäyksen syystä, joka oli yksi halutuista ominaisuuksista, jotta voitaisiin seurata paremmin hylkäykseen johtaneita syitä.

Järjestelmästä tehtiin demoversio, jonka perusteella pystyttiin päättelemään järjestelmän kannattavuus. Värin tunnistusta, kameran sijaintia ja valaistusta päästiin testaamaan käytännössä. Näiden lisäksi kameran ohjelma tehtiin onnistuneesti valmiiksi. Ainoastaan liitännät logiikkaan jätettiin teoriatasolle.

REJECTING DEFECTIVE ANODE USING MACHINE VISION

Rostedt, Niko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical and Automation Engineering

April 2019

Number of pages: 30

Appendices: 1

Keywords: anode, machine vision, machine vision system

Boliden Harjavalta Oy has a copper electrolysis in Pori, where copper anodes are lifted to the preparation machine by a crane. Anodes go through the machine and the machine can reject some of the defective anodes but not all of them. Workers mark the ears of the defective anodes with spray paint so the machine operator can reject the marked anodes the operator has detected by pushing a button on the control table.

Because the view from the control room isn't that good, other ways to detect marked ears was considered. Machine vision seemed good option for that task. In this thesis a machine vision system that could recognize anode's ear and the color of the spray-painted mark on it, was designed. System could be able to reject defective anode automatically and leave in addition to a timestamp a note to the database which would tell the reason for rejection that was one of the desired features.

Demo version of the system was made, which would allow us to deduce the profitability of the system. Color recognition, camera location and lighting were tested in practice. In addition to these, the camera program was successfully completed. Only the connections to the PLC (programmable logic) were left to the theoretical level.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KONENÄKÖ	6
2.1	Konenäkö teollisuudessa.....	6
2.2	Konenäköjärjestelmä.....	7
2.2.1	Valaistus	7
2.2.2	Optiikka	8
2.2.3	Kamera	9
2.2.4	Ohjelmisto	10
2.2.5	Kommunikointijärjestelmä	11
2.3	Konenäköjärjestelmätyypit	11
2.3.1	Konenäköanturit	12
2.3.2	Älykamerat	12
2.3.3	Perinteinen konenäköjärjestelmä.....	12
3	VÄRIKONENÄKÖ.....	13
3.1	Värin opettaminen konenäölle	13
4	ANODIT JA BOLIDEN HARJAVALTA OY	14
4.1	Anodin ominaisuudet	14
4.2	Boliden Harjavalta Oy ja sen tarpeet	15
5	PREPIN KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA MEKAANINEN TOTEUTUS	17
5.1	Työn suunnittelu ja valmistelu.....	17
5.2	Laitteisto ja mekaaniset ratkaisut.....	18
5.3	Kytännät.....	19
6	JÄRJESTELMÄN OHJELMOINTI	21
6.1	Anodin korvan tunnistus Blob-työkalulla.....	21
6.2	Värin tunnistus	22
6.2.1	Värien opetus	23
6.3	Anodin hylkäys	25
6.3.1	Hylkäyksen UDP-viesti.....	26
7	LOPPUPÄÄTELMÄT JA JATKOKEHITYS.....	29
7.1	Liitännät logiikkaan	29
7.2	Havainnot ja jatkokehitys	29
7.2.1	Värin tunnistus.....	30
7.2.2	Kannattavuus ja mahdollinen hyöty	30
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Boliden Harjavalta Oy on osa ruotsalaista Boliden-konsernia. Boliden Harjavalta Oy on yksi maailman tehokkaimmista kuparin ja nikkelin tuottajista. Yhtiön päätuotteita ovat kupari, nikkeli, kulta ja hopea. Sivutuotteena yhtiö valmistaa rikkihappoa. Boliden Harjavalta Oy:llä on kaksi toimipistettä, sulattamo Harjavallassa ja kuparielektrolyysi Porissa. (Boliden Harjavalta Oy:n www-sivut 2019)

Harjavallan kuparisulattamossa valetaan anodit, jotka kuljetetaan junalla Porin kuparielektrolyysiin. Kun anodeja tuotetaan suuria määriä, syntyy silloin tällöin myös valuvikoja. Nämä vialliset anodit aiheuttavat ongelmia tuotannossa, joten niitä ei voi sinne asti päästää. Vialliset anodit merkataan maalaamalla toiseen anodin korvaan merkki, jolloin huono anodi saadaan prepillä (preparation machine) hylkyyn.

Maalatun korvan havainnointi on koneenkäyttäjän tarkkailun varassa. Koneenkäyttäjä voi havaita maalatun anodin korvan valvomon ikkunasta, mikä ei ole ideaali tilanne. Tähän haluttiin parannusta ja sellainen voisi löytyä konenäöstä ja värikonenäkökamerasta. Boliden Harjavalta Oy on ennenkin tehnyt yhteistyötä Satakunnan ammattikorkeakoulun kanssa erinäisten projektien kanssa ja nyt he toivoivat raporttia konenäköjärjestelmän mahdollisuuksista kyseisessä tehtävässä, jotta saadaan selville järjestelmän kannattavuus.

2 KONENÄKÖ

Konenäön käyttö teollisuudessa on yleistynyt vuosi vuodelta ja yleistyy entisestään komponenttien hintojen laskiessa ja järjestelmien kehittyessä. Myös alalla vellova kilpailu on laskenut hintoja ja tuonut vaihtoehtoja järjestelmiin, sekä ohjelmistoihin. Nykypäivän kameratekniikka yhdistettynä yhä kasvaviin prosessoritehoihin tekee konenäöstä yhä luotettavamman ja kätevämmän työkalun teollisuuteen. Prosessoritehojen nousun myötä, myös kuvien monipuolisempi analysointi avaa jatkuvasti mahdollisuuksia uusille käyttökohteille. Konenäköjärjestelmä on kustannustehokas tapa helpottaa tuotantoa tai sen valvontaa. (Batchelor 2012c, 4-47)

2.1 Konenäkö teollisuudessa

Konenäköä on järjestelmä, joka ihmissilmän tapaan havainnoi esimerkiksi tuotteen laatua, sijaintia tai väriä. Konenäkö havaitsee ja käsittelee vain sille opetetut asiat, ainakin ilman tekoälyä operoivat teollisuuden järjestelmät. Konenäkö ei vielä pärjää ihmissilmälle älykkyydessä, esimerkiksi valaistuksen tai katseluetäisyyden muutoksiin sopeutuminen käy ihmiseltä huomattavasti nopeammin. (Batchelor 2012, 4-47)

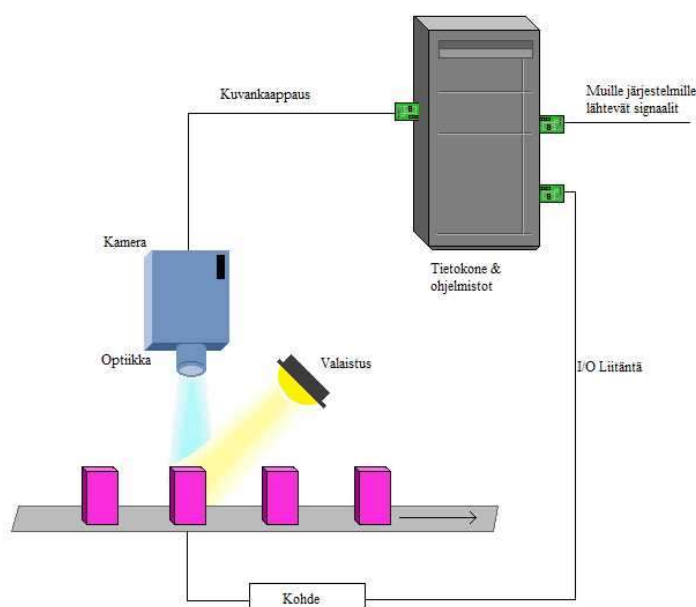
Teollisuuteen konenäkö soveltuukin sen vahvuuksien ansiosta. Se on väsymätön ja havainnoi sille opetetut asiat tarkasti sen opetushetkestä aina vuosien päähän, eikä se tarvitse taukoja toisin kuin ihminen. Konenäköä käytetään siis tehtäviin, joissa optisen tarkkailun tulee olla nopeaa, tarkkaa, ympärivuorokautista ja toistuvaa. Konenäköä voidaan käyttää myös tehtäviin, joihin ihmissilmä ei kykene. Voidaan mm. hyödyntää aallonpituuksia, joita ihmissilmä ei havaitse. Konenäkö voidaan myös sijoittaa ihmiselle vaarallisiin paikkoihin, kunhan komponenttivalinnoissa on nämä vaaratekijät otettu huomioon. Ihanteellinen teollisuuden konenäköjärjestelmä on tarpeeksi tarkka, kestävä, luotettava ja riittävän edullinen. Nämä ehdot täyttyvät jo nyt, ja vahvistuvat konenäkötekniikan kehittyessä entisestään. Tämä tekee konenäöstä yhä houkuttelevamman työkalun tuotantoon. (Batchelor 2012, 4-47)

2.2 Konenäköjärjestelmä

Konenäkö järjestelmä koostuu poikkeuksia lukuun ottamatta viidestä osasta (kuva 1):

- Valaistus
- Optiikka
- Kamera
- Ohjelmisto
- Kommunikointijärjestelmä

Tavallinen konenäköjärjestelmä sisältää kaikki nämä komponentit, joko erillisinä tai integroituina yhteen laitteeseen. (Batchelor 2012, 5-10)



Kuva 1 Konenäköjärjestelmän osat. (SAMK automaation tutkimusryhmän www-sivut 2019)

2.2.1 Valaistus

Valaistus on yksi konenäköjärjestelmän kriittisimmistä tekijöistä. Huono valaistus voi vääristää tai estää näkemästä haluttua informaatiota. Valaistuksen sijainti kameraan nähden eli valaistuskulma on lopputuloksen kannalta erittäin merkittävä. Oikealla valaistuskulmalla voidaan estää heijastukset ja varjokohdat. (Cognex:in www-sivut 2019)

Ilman valaistusta ei ole kirkkautta tai kontrastia. Valo luo kuvan. Ilman valaistusta algoritmi ei löydä reunoja tai tunnista värejä. Kunnan valaistuksen kustannuksetkin ovat pieniä verrattuna insinöörien tuntipalkkoihin, kun he yrittävät saada halutun informaation huonosti valaistusta kuvasta. Kunnan valaistus säästää siis aikaa, rahaa ja hermoja. (Hornberg 2017; Irmgard, Lenhardt, Mattfeldt, Holmes, Howard & Holmes 63-71)

Konenäkö, kuten kaikki muukin näkeminen perustuu sähkömagneettisiin aaltoihin. Valo tarkoittaa rajoitettua sektoria sähkömagneettisesta spektristä. Valon aallonpituudet vaihtelevat 15 nm - 1 mm välillä. Näistä voidaan muodostaa kolme päägenreä:

- UV (ultravioletti valo) 15 nm - 380 nm
- VIS (näkyvä valo) 380 nm - 780 nm
- IR (infrapuna valo) 780 nm – 1 mm

Siinä missä alaraja (UV) on käytössä röntgen-kuvauksessa ja yläraja mikroaalloissa (IR), käyttää konenäkö pääasiassa näkyvää valoa ja infrapunaa alataajuuksia. Jotkut sovellukset laajentavat käyttöä myös lähelle UV-säteilyä, mutta silloin tarvitaan jo erityiset kuva-anturit/kamerat. Valaistuksessa on huomioitava myös ulkoiset tekijät kuten aurinko. Auringon paiste voi häikäistä kameraa ja tehdä kuvasta epäselvän.

(Irmgard ym. 2017, 63-71)

2.2.2 Optiikka

Valaistuksen ohella myös optiikka on tärkeä osa konenäköjärjestelmää. Optiikka valitaan usein yhdessä kameran kanssa. On kuitenkin helpompi lähteä miettimään konenäköjärjestelmää kamera edellä ja sovittaa siihen sopiva optiikka, sillä kameran valintaan vaikuttaa hyvin paljon sovellukselta vaadittavat ominaisuudet ja erilaisia optiikoita on tarjolla runsaasti. (Lenhardt 2017, 179-193)

Optinen järjestelmä lähettää informaatiota, kuten intensiteetin jakautumista, värin jakautumista, muotoja ja rakenteita kuvatilaan. Tieto tallennetaan lopulta yhteen tasoon, jota kutsutaan kuvatasoksi. (Lenhardt 2017, 179-193)

Kameran kennokoon pienentyessä, myös kameran näkemä kuva-ala pienenee optiikkaa vaihtamatta. Kuva-alaa saadaan siis pienennettyä myös vaihtamalla järjestelmään pidemmän polttovälin omaava optiikka. Näin voidaan järjestelmässä säilyttää sama kamera. Vastaavasti kuva-alan suurentaminen onnistuu suurentamalla kennokokoa tai pienentämällä polttoväliä. (Lenhardt 2017, 179-193)

2.2.3 Kamera

Kameroilla tallennetaan kuvadataa halutusta objektista tai paikasta kuvankäsittelyalustoille kuten konenäölle. Kameran ovat kuvalinsseihin yhdistettyjä kuvauskomponentteja. Kameran sisältävät komponentteja, jotka on suunniteltu tarkennetun valon kuvaamiseen. Kameroita tarjotaan monissa eri anturimuodoissa, kuten myös CCD- tai CMOS-anturityypeissä, jotka soveltuvat lähes kaikkiin kameran kuvankäsittelyohjelmiin. (Edmund opticsin www-sivut 2019)

Molemmat anturityypit: CCD ja CMOS muuttavat valon sähköiseksi varaukseksi ja käsittelevät sen sähköisiksi signaaleiksi. CCD-anturissa jokainen pikselin lataus ajetaan hyvin rajoitettujen solmumäärien läpi (usein vain yksi). Pikselit muunnetaan jännitteeksi, puskuroidaan ja lähetetään piirisarjasta analogisena signaalina. CCD:llä yhtenäisyys, joka mahdollistaa korkean kuvanlaadun on usein hyvä, sillä kaikki pikselit voidaan kohdistaa valon talteenottoon. CMOS-anturissa jokaisella pikselillä on oma varaus- ja jännitemuutos. Anturi sisältää usein myös vahvistimia, kohinan korjausta ja digitointipiirejä niin, että siru antaa digitaalisia bittejä. Nämä toiminnot lisäävät suunnittelun monimutkaisuutta ja vähentävät valon talteenottoa. Kun jokainen pikseli tekee oman muuntamisensa, on yhtenäisyys pienempi, mutta myös massiivisesti rinnakkainen, mikä mahdollistaa suuren kokonaiskaistanleveyden suurella nopeudella. (Teledyne Dalsan www-sivut 2019)

Konenäön osalta CCD alkaa olla vanhentunutta tekniikkaa. CMOS- ja CCD-kuvantamislaitteet eroavat siltä osin, miten signaalit muunnetaan signaalin latauksesta analogiseksi signaaliksi ja lopulta digitaalseksi signaaliksi. Koska CMOS-alueella ja rivin skannauskuvantamislaitteissa tämän tietopolun etupää on massiivisesti rinnakkainen, on jokaisella vahvistimella pieni kaistanleveys. Suurnopeusmuuttajilla on

suuri määrä rinnakkaisia nopeita ulostulokanavia, mutta ei yhtä massiivisesti samansuuntaisia kuin korkean nopeuden CMOS-kuvantamislaitteilla. Näin ollen jokaisella CCD-vahvistimella on suurempi kaistanleveys, mikä johtaa suurempaan kohinaan. Niinpä suurten nopeuksien CMOS-kuvantamislaitteet voidaan suunnitella niin, että niillä on paljon pienempi kohina kuin nopeilla CCD-laitteilla. On kuitenkin olemassa sovelluksia ja käyttökohteita, joissa CCD tekniikka on edelleen parempi vaihtoehto. (Teledyne Dalsan www-sivut 2019)

Ehdottomasti kameran tärkein osa on kameran kenno. Kennon tehtävänä on ottaa kuva ja kääntää se informaatioksi. Kuvankäsittely voidaan suorittaa, joko kamerassa tai ulkoisessa prosessorissa riippuen siitä, minkälainen konenäköjärjestelmä on käytössä. Siinä missä konenäkökamera häviää ihmissilmälle resoluutiossa ja jatkuvassa rinnakkaiskuvausjärjestelyssä, pystyy se havaitsemaan näkyvän valon lisäksi myös lyhyempiä ja pidempiä aallonpituuksia, kuten UV-taajuus tai lämpökameran infrapunataajuus. (Mattfeldt 2017, 317-319)

2.2.4 Ohjelmisto

Ohjelmisto on keskeinen väline konenäköjärjestelmän suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä. Ohjelmistoa pidetään konenäköjärjestelmän aivoina. Alustavan suunnitteluprosessin aikana ohjelmisto voi tukea mekaanista mallinnusta ja simuloida optiikan ja valaistuksen odotettua käyttäytymistä, jolloin voidaan tunnistaa järjestelmän mahdolliset puutteet varhaisessa kehitysvaiheessa. Asennusvaiheessa ohjelmisto pitää huolen siitä, että kaikki kuvankäsittelykomponentit toimivat sujuvasti yhdessä, mikä mahdollistaa muiden laitteiden, kuten käsivarsirobottien ja kuljettimien synkronoimisen kokonaisuuteen. Ohjelmiston tärkein tehtävä on kuitenkin kuvien korjaaminen, käsittely ja analysointi. (Opto Engineering www-sivut 2019)

Ohjelmisto on siis konenäköjärjestelmää pyörittävä ohjelmoitava kokonaisuus, joka huolehtii siitä, mitä informaatiota etsitään ja mitä viestejä lähetetään ulos esimerkiksi logiikalle tai tietokantaan. Ohjelmisto voi olla kameran sisällä, tällöin on kyse älykamerasta tai ulkoisena erillisessä tietokoneessa. Konenäön ohjelmointiin tarkoitettuja

ohjelmistoja on maailmalla lukuisia. Niiden käytettävyys, hinta ja monipuolisuus vaihtelevat melkoisesti. Usein valitsemalla kamera valitaan myös ohjelmisto, etenkin jos kyseessä on älykamera, sillä useilla konenäkökameravalmistajilla on oma ohjelmistonsa. Ohjelmistoja on kahta tyyppiä: helppokäyttöisempiä ohjelmointityökaluihin perustuvia ohjelmistoja tai erittäin monipuolisia ja joustavia tekstipohjaisia ohjelmistoja. (Holmes 2017, 431-432)

2.2.5 Kommunikointijärjestelmä

Kommunikointijärjestelmällä tarkoitetaan tiedon siirtymistä kameran ja ohjelmiston välillä, sekä ulkomaailmaan esimerkiksi logiikalle, tietokantaan tai robotille. Kameran ja ohjelmiston, eli tietokoneen välisen tiedonsiirron tulee olla nopea. Nykyään tähän käytetään mm. FireWire, CameraLink, GigE, CoaXPress ja USB-väyliä. (Holmes 2017, 413-430)

Konenäköjärjestelmissä on hyvin monenlaisia kommunikointijärjestelmiä, mutta niiden kaikkien tehtävä on saada data fyysiseltä kuvausyksiköltä kuvan prosessointiyksikölle eli konenäköohjelmistolle, joka kertoo muille järjestelmän laitteille niiden tehtävät. Konenäköohjelmiston analysoima data voidaan välittää päätelaitteille, kuten robotille käyttämällä sarjaporttiväyliä, tai tietokantaan käyttämällä Ethernet-porttia. Tiedon välittäjänä voi toimia myös yksinkertainen I/O-kortti, jolla saadaan logiikalle yksinkertainen kyllä/ei-viesti. Esimerkiksi yksinkertaisessa sovelluksessa, jossa riittää tieto siitä suoritetaanko tehtävä vai ei, pelkkä I/O-kortti riittää. (Holmes 2017, 413-430)

2.3 Konenäköjärjestelmätyypit

Konenäköjärjestelmiä on kolmea eri päätyyppiä, joiden erot ovat hiuksenhienoja. Nämä tyypit ovat:

- konenäköanturi
- älykamera
- perinteinen konenäköjärjestelmä

Seuraavassa hieman järjestelmätyyppien eroja ja yhtäläisyyksiä. (Howard & Holmes 2017, 400-403)

2.3.1 Konenäköanturit

Konenäköanturit ovat älykameraa halvempia ja yksinkertaisia ja myös fyysiseltä kooltaan usein pienempiä laitteita. Ne ovat usein suoraan hyllystä valmiita käyttöön. Konenäköanturit osaavat havaita ja suorittaa niihin etukäteen ohjelmoituja yksinkertaisia ja helppoja tehtäviä. Konenäköanturien uudelleenohjelmoitavuus on selvästi vähäisempää kuin älykameran. (Howard & Holmes 2017, 400-403)

2.3.2 Älykamerat

Älykamerat ovat käyttötarkoitukseensa ohjelmoitavia konenäköjärjestelmiä, jotka itsessään saattavat sisältää kaikki konenäköjärjestelmän komponentit. Älykameraa ei tarvitse kytkeä tietokoneeseen, vaan se osaa käsitellä ottamansa kuvat ohjelmoidulla tavalla ja lähettää sen mukaan käskyjä esimerkiksi logiikkaan. Älykamerat soveltuvat monipuolisempiin tehtäviin kuin konenäköanturit eivätkä kuitenkaan ole fyysiseltä kooltaan paljon suurempia. (Howard & Holmes 2017, 400-403)

2.3.3 Perinteinen konenäköjärjestelmä

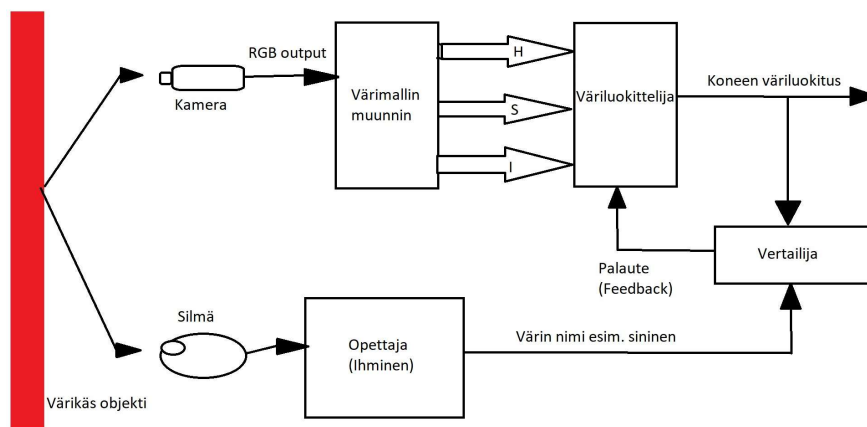
Toisin kuin älykamerassa perinteisessä konenäköjärjestelmässä on ulkoinen prosessori, joka käsittelee kuvat. Yleensä ulkoinen prosessori on tietokoneen prosessori. Ulkoisen prosessorin laskentateho on suurempi, kuin älykameroiden sisäisen prosessorin, joten perinteinen järjestelmä taipuu vielä älykameraakin monipuolisempiin tehtäviin. Lisäksi systeemiin saa synkronoitua useamman kameran. (Howard & Holmes 2017, 400-403)

3 VÄRIKONENÄKÖ

Värit näyttäytyvät konenäölle valon eri aallonpituuksina, joten väriä tunnistavassa järjestelmässä valaistus on erittäin tärkeä. Lisävalaistuksen väriä pystytään kuitenkin tasapainottamaan ohjelmallisesti optimoimalla valkotasapainoa. (Batchelor, 2012, 118-125)

3.1 Värien opettaminen konenäölle

Värit opetetaan konenäölle käyttäen ihmistä opettajana (kuva 2). Ensin otetaan runsas määrä opetuskuvia, joista opetetaan konenäölle halutut värit. Konenäölle voidaan opettaa värit näyttämällä kuvasta haettu väri ja rajaamalla pois värisävyt, joita ei haluta mukaan määrittelyyn. Opetus tehdään samalla tietokoneohjelmalla kuin muukin järjestelmän ohjelmointi. (Batchelor, 2012, 137-138)



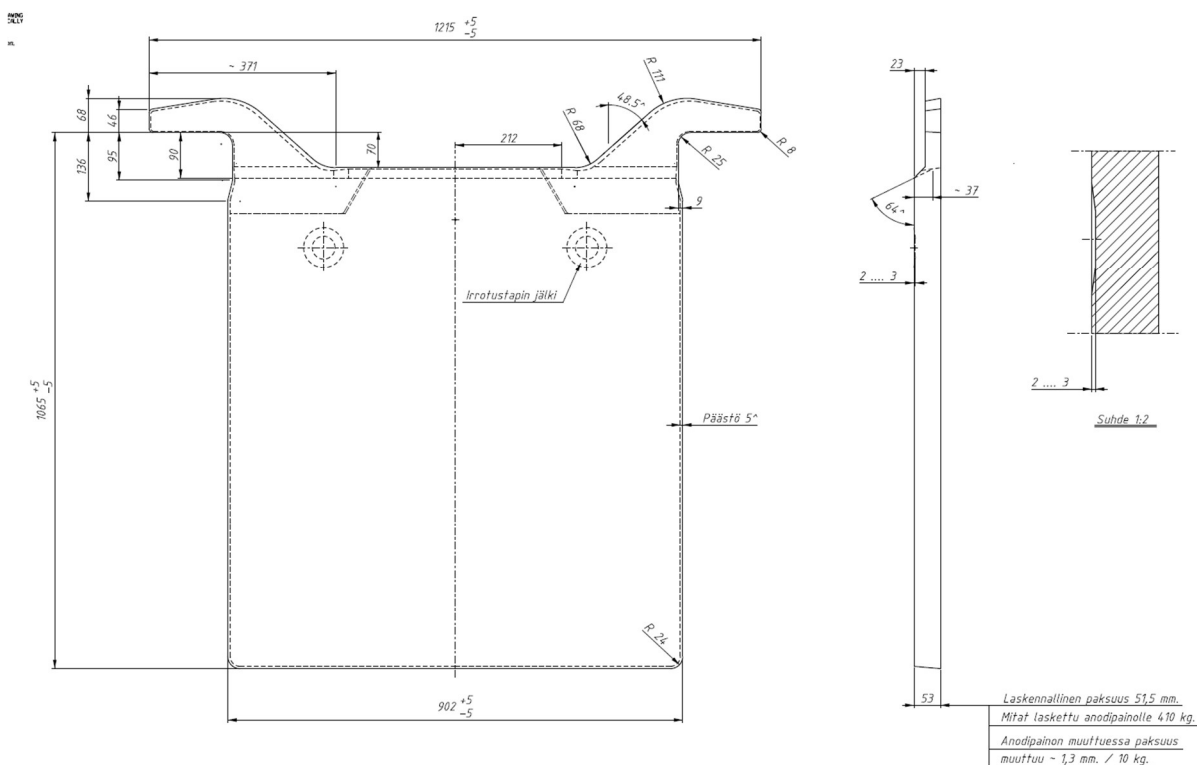
Kuva 2 Koneen värin opetus. (Batchelor, 2012, 138)

4 ANODIT JA BOLIDEN HARJAVALTA OY

4.1 Anodin ominaisuudet

Kuparianodit (Kuva 3) ovat 410 kg painoisia ja maksimissaan 60 mm paksuisia kuparikiviä, jotka kuparin lisäksi sisältävät myös muita jalometalleja. Anodin leveyden (korvasta korvaan) tulee olla 1205 ± 5 mm. Korvien paksuus on 25-45 mm ja anodin painopoikkeama ohjepainosta maksimissaan ± 5 kg. Anodit valetaan Bolidenin Harjavallan valimossa, josta ne lähetetään Porissa sijaitsevaan kuparielektrolyysiin junnalla. (Boliden Harjavalta Oy:n materiaali anodin laadusta)

Anodit ajetaan prepillä suoritetun prässäyksen jälkeen nosturilla rikkihappoaltaisiin, jossa rikkihappo toimii elektrolyytinä. Prosessissa kupari kasvaa anodista hapon kestävän metallilevyn pintaan, jota kutsutaan katodiksi. Muut jalometallit, kuten kulta, hopea, platiniium ja palladium valuvat altaan pohjalle yhtenäiseksi kuraksi, joka ajetaan sitten jalometallinkäsittelyosastolle, missä kurasta valmistetaan kultaharkot ym. jalometallituotteet. (Boliden Harjavalta Oy:n materiaali anodin laadusta)



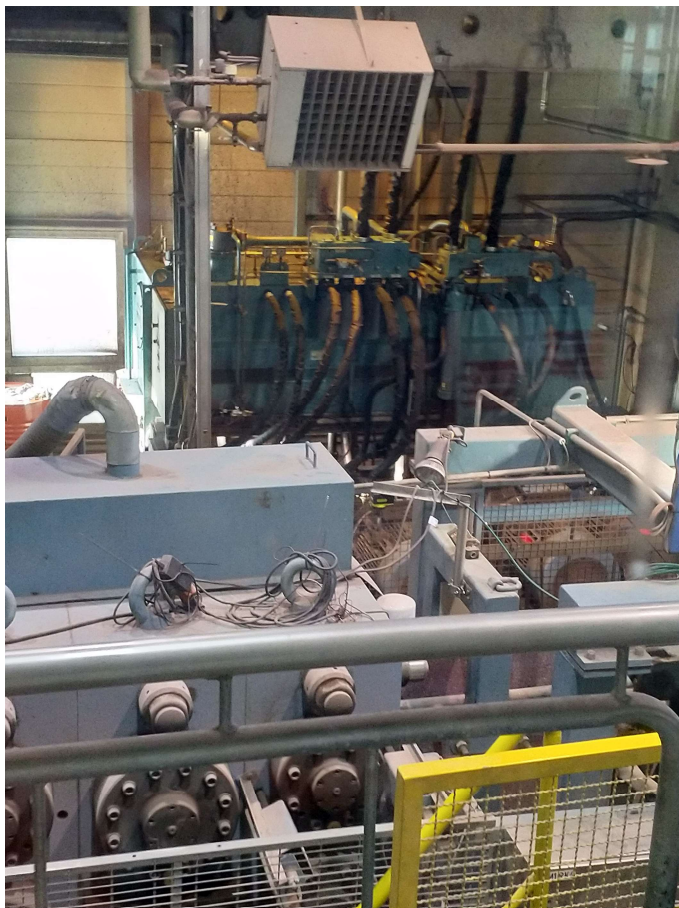
Kuva 3 Anodin mitat. (Boliden Harjavalta Oy:n materiaali anodin laadusta n.d.)

4.2 Boliden Harjavalta Oy ja sen tarpeet

Boliden Harjavalta Oy:n kuparielektrolyysissä junalla saapuneet anodit nostetaan nosturilla (1. nosturi) koneelle, joka valmistelee anodit tuotantoon eli prepille. Tätä ennen anodit käytetään lämmitysaltaissa, joissa anodit lämmitetään vähintään 55 Celsius-asteeseen. Ennen koneelle nostamista anodit käydään silmämääräisesti läpi ja vialliset anodit merkataan maalaamalla anodin korvaan merkki spraymaalilla.

Ennen vialliset anodit nostettiin yksitellen nosturilla syrjään, mutta turvallisuussyistä viallisetkin anodit nostetaan prepille merkattuna ja koneenkäyttäjän tehtävä on huolehtia merkattu anodi hylkyyn. Nykyinen menettely mahdollistaa myös 1. nosturin jatkuvan työskentelyn sen aktuaalisessa tehtävässä, joka on anodien nostaminen junavauhasta lämmitysaltaaseen ja siitä prepille.

Nykyinenkään menettely ei kuitenkaan ole paras mahdollinen, sillä nyt koneenkäyttäjä joutuu tarkkailemaan koneen valvomosta merkattuja anodeja, joista hän on kyllä saanut radiopuhelimella tiedon. Valvomossa on kuitenkin muutakin tarkkailtavaa ja näkyvä valvomon ikkunoista (kuva 4) ei ole paras mahdollinen, joten tämä menettely mahdollistaa inhimilliset virheet. Tällä opinnäytetyöllä on haettu ratkaisua juuri tähän ongelmaan. Älykamera voisi kuvata ohi menevät anodin korvat ja havaita maalatut korvat ja antaa käskyn logiikalle anodin hylkäämisestä. Konenäkö vapauttasi koneenkäyttäjän muihin töihin kuin maalatun korvan tarkkailuun, joka muutenkin sujuu puutumattomaan tarkkailuun luodulta konenäöltä paremmin.



Kuva 4 Näkymä koneen valvomosta. Demoversio on jo asennettuna.

Preppi hylkää anodeja myös automaattisesti tiettyjen kriteerien perusteella, kuten painon, anodin pulleuden tai siinä olevien kuparipattien perusteella. Kaikkia hylkäykseen johtavia vikoja ei kone kuitenkaan havaitse ja tämän vuoksi anodin korvia pitää merkitä. Näistä merkityistä eli koneen käyttäjän hylkäämistä anodeista ei myöskään jää tietokantaan varsinaista selvitystä siitä, miksi anodi on hylätty. Maalattut anodit merkitään vain käyttäjän hylkäämiksi. Olisi kuitenkin hyvä tietää varsinainen syy anodin hylkäykselle, jotta voitaisiin paikantaa jokin toistuva virhe ja ryhtyä mahdollisiin korjaustöihin samojen vikojen välttämiseksi.

5 PREPIN KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA MEKAANINEN TOTEUTUS

Koska tarkoituksena oli tehdä yksinkertainen värintunnistus, ei riittävän hyvien kuvien saamiseksi tarvittu erityisen monimutkaista järjestelmää. Työhön oli pääpiirteittäin hyvin selkeät suunnitelmat alusta alkaen ja niitä seuraamalla päästiin hyvään lopputulokseen. Työtä ei viety käytännön tasolla aivan loppuun asti, vaan liitännät logiikkaan ja tietokantaan käydään läpi teoriatasolla.

5.1 Työn suunnittelu ja valmistelu

Työn lähtökohtana ja tavoitteena oli siis luoda järjestelmä, joka tunnistaisi, millä värillä anodinkorva on maalattu (kuva 5) ja tekisi sen pohjalta ohjelmoituja toimintoja. Tarkoituksena on määrittellä eri hylkysille omat värit, joten hylkäyksen lisäksi saataisiin tietokantaan merkintä, minkä vuoksi kyseinen anodi hylättiin. Tämä helpottaisi elektrolyysin ja valimon välistä yhteistyötä siten, että tiedettäisiin yleisimmät hylkysyyt, ja niitä voitaisiin lähteä karsimaan entisestään.



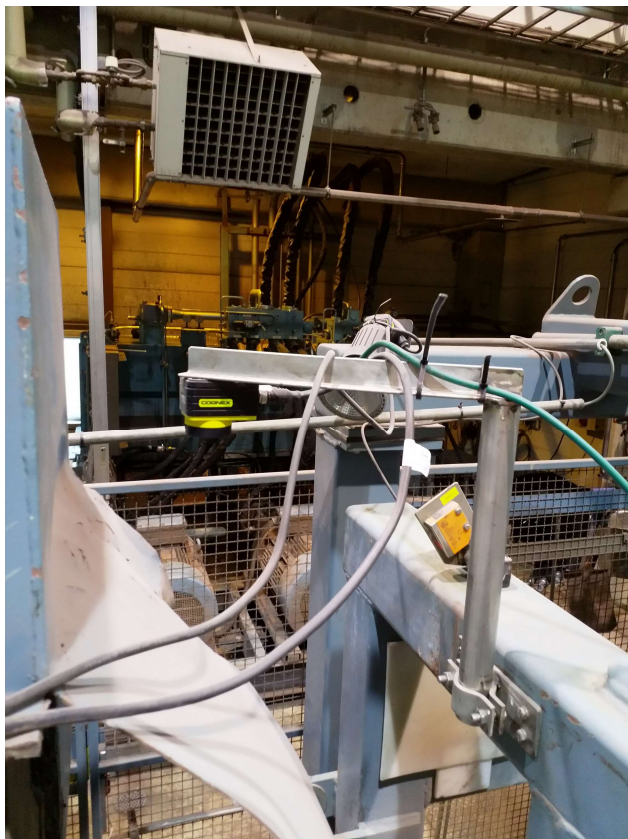
Kuva 5 Järjestelmä ylhäältä, maalatulla anodin korvalla.

Jo aikaisessa vaiheessa järjestelmän suunnittelua selvisi, että varsinkin demoversiosta tulisi hyvinkin yksinkertainen, mutta mikäli järjestelmä etenisi käyttöön asti on demoversioon tehtävä selkeitä parannuksia. Suurin osa parannuksista olisi mekaanisia, sillä demoversiossa tyydyttiin useisiin kompromisseihin varsinkin valaistuksen ja kameran kiinnityksen osalta.

5.2 Laitteisto ja mekaaniset ratkaisut

Kameraksi järjestelmään valikoitui Cognexin 7200c älykamera, sen monipuolisuuden ja värinäköominaisuuksien vuoksi. Kameran värisyvyys on 24-bittiä (ns. täysvärikuva), resoluutio 800x600 ja kamera pystyy ottamaan 50 kuvaa sekunnissa. Älykamera oli oikea järjestelmätyyppiratkaisu kyseiseen työhön, sillä sen koko on tarpeeksi kompakti eikä se tarvitse ulkoista tietokonetta pyörittämään ohjelmaa. Kameran ohjelmointi kävi helposti Cognexin oman In-Sight -ohjelman avulla. Lisävalaistuksena käytettiin tavallista puutarhalamppua, joka ainakin demoversiossa toimi riittävän hyvin. Lamppu sijoitettiin niin, että se valaisee anodin korvan hieman viistosta, jotta kuvaan ei tule heijastusta anodin pinnasta.

Suurimmat kompromissit tehtiin kameran ja valaistuksen kiinnityksissä (kuva 6). Molemmille tehtiin väliaikaiset telineet, jotka kiinnitettiin koneen runkoon, jonka vuoksi molemmat altistuivat värinälle ja tämä vaikutti kuvien laatuun. Demoversio pystyttiin kuitenkin tekemään näin, sillä ratkaisu ei jäänyt pysyväksi ja laitteisiin ei täten kerennyt syntymään mahdollisia värinän aiheuttamia vaurioita. Kamera kiinnitettiin koneen runkoon kulmaraudasta ja metalliputkesta tehdyllä säädettävällä telineellä, mikä mahdollisti etäisyyden säädön. Kamera sijoitettiin prässä edeltävälle askeleelle, koska siitä on hyvä näkymä maalattuun korvaan, eikä kamera ole siinä juurikaan tiellä. Valaistus kiinnitettiin myös koneen runkoon sille tehdyllä säädettävällä telineellä, jotta pystyttiin tarvittaessa säätämään valaistuskulmaa.



Kuva 6 Lähikuva kameran kiinnityksestä.

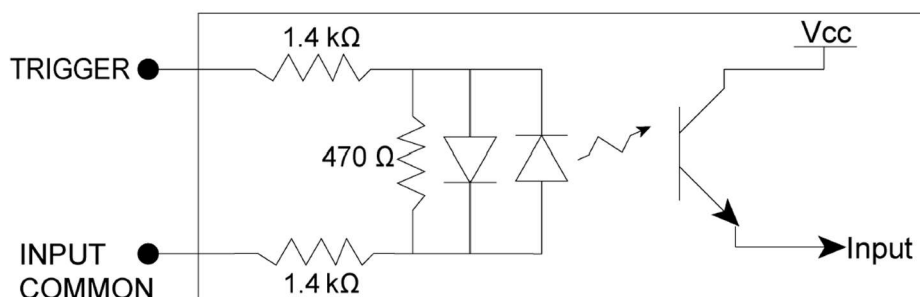
5.3 Kytkenät

Kiinnitysten lisäksi, myös laitteiston johdotus oli myös väliaikainen (kuva 7). Sekä kameran, että lampun virta tuotiin jatkojohdolla pistorasialta prässin päälle, jossa laitteet kytkettiin verkkovirtaan. Yhteys tietokoneelle, jota tarvittiin ohjelman lataamisessa kameraan ja ohjelman opetuskuviin tallentamiseen, tehtiin pitkällä Ethernet-kaapelilla, joka vietiin koneen valvomoon valvomon ikkunasta.



Kuva 7 Kameran ja valaistuksen sijainti, kiinnitykset ja johdotus.

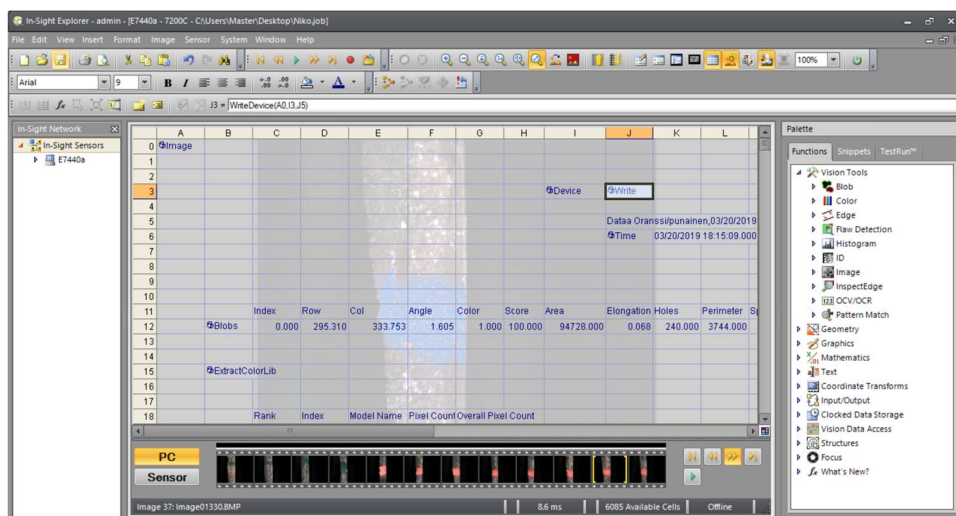
Kamera liitettiin myös logiikan pinneihin, jotta saatiin logiikalta eli kuljettimen pysäytysanturilta käsky eli I/O-signaali kuvan ottamiseen. Tämä toteutettiin niin, että logiikka ohjasi relettä, joka vetäessään laukaisi kameran triggerin (kuva 8). Rele lisättiin väliin, koska kamera ei ollut maadoitettu ja jännite oli kelluva, eikä haluttu antaa mahdollisuutta siihen, että tämä sotkisi logiikan jännitteitä. Siispä otettiin varman päälle.



Kuva 8 Triggerin (NPN) toiminta. (Cognexin manuaali n.d., 17)

6 JÄRJESTELMÄN OHJELMOINTI

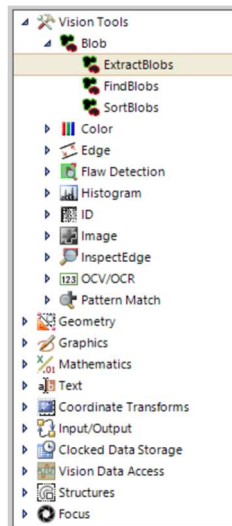
Ohjelman pääpiirteittäinen suunnittelu tehtiin melkoisen nopeasti, mutta varsinkin ohjelmaa tehdessä jouduttiin useampaan kertaan miettimään asioita uudestaan ja eri näkökulmista. Niinpä ohjelma noudattaakin hyvin paljon alkuperäistä suunnitelmaa, mutta siihen tehtiin myös paljon hienosäätöä. Ohjelmointi suoritettiin Cognexin In-Sight -ohjelmalla (kuva 9). Seuraavaksi lisää ohjelman rakentamisesta ja käytetyistä ratkaisuksista.



Kuva 9 Cognex In-Sight ohjelma.

6.1 Anodin korvan tunnistus Blob-työkalulla

Ensimmäinen askel ohjelman tekemisessä oli anodin korvan tunnistus kuvasta. Tähän käytettiin In-Sight sovelluksesta löytyvää Blob-työkalua. Sovelluksen oikeasta reunasta löydettiin ”functions” valikko, jonka alapuolelta valittiin ”Vision Tools” valikko (kuva 10).



Kuva 10 ExtractBlobs-toiminto työkaluvalikossa.

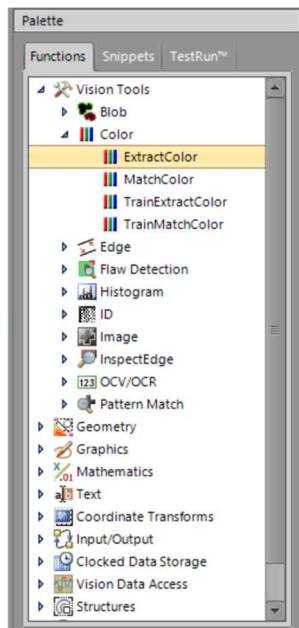
Vision Tools-valikosta valittiin Blob-työkalun alta ”ExtractBlobs” ja raahattiin se spreadsheet-kenttään (kuva 11). Näin luotiin toiminto, joka tunnistaa kuvasta anodin korvien reunaviivat.

	Index	Row	Col	Angle	Color	Score	Area	Elongation	Holes	Perimeter	Spread
☞Blobs	0.000	334.950	259.901	182.348	1.000	100.000	88177.000	0.064	189.000	3346.000	0.305

Kuva 11 ExtractBlobs-toiminto spreadsheetillä.

6.2 Värien tunnistus

Anodin korvan tunnistuksen jälkeen opetettiin järjestelmä tunnistamaan korvaan maalattun maalin väri. Tämä suoritettiin valitsemalla työkaluvalikon ”Color” eli väri työkaluista ”ExtractColor” (kuva 12). Raahattiin työkalu spreadsheetille ja aloitettiin värien opetus.



Kuva 12 ExtractColor työkaluvalikossa.

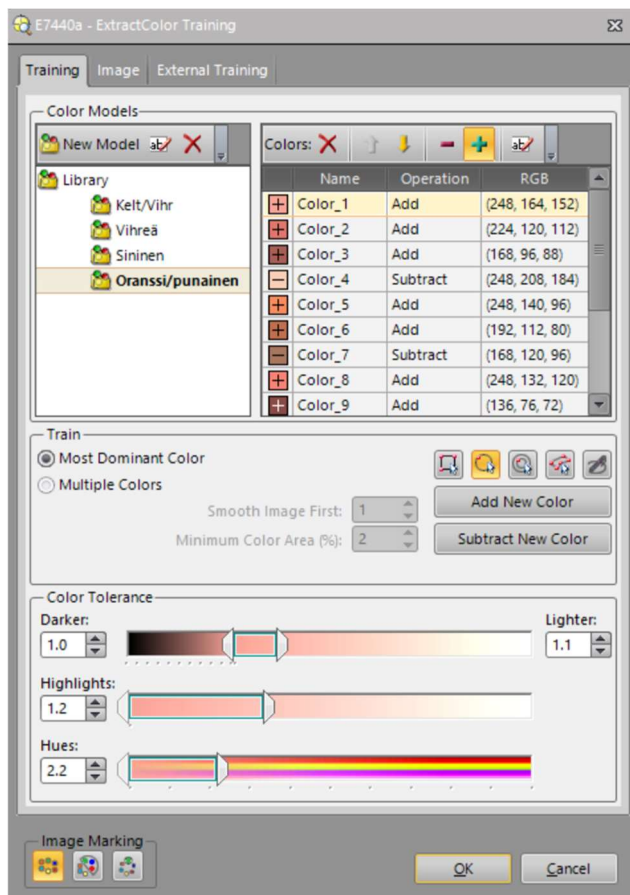
6.2.1 Värien opetus

Värien opettamista varten tarvittiin opetuskuvia (kuva 13), joista voitiin ohjelmoimalla kertoa järjestelmälle huomioitavat värit, sekä antaa niille nimet ja tarkoitus. Opetuskuvia varten maalattiin useita anodin korvia, jotta saatiin tarpeeksi kuvia, sillä kun kamera oli liitetty koneen runkoon, niin osa kuvista tärähti. Myös anodien ominaisväri (hieman oranssinen kupari) vaihtelee melkoisesti, niin oli varmempaa ottaa useita opetuskuvia, jolloin saatiin useita eri muuttujia huomioitua ja ohjelmasta varmatoiminen.



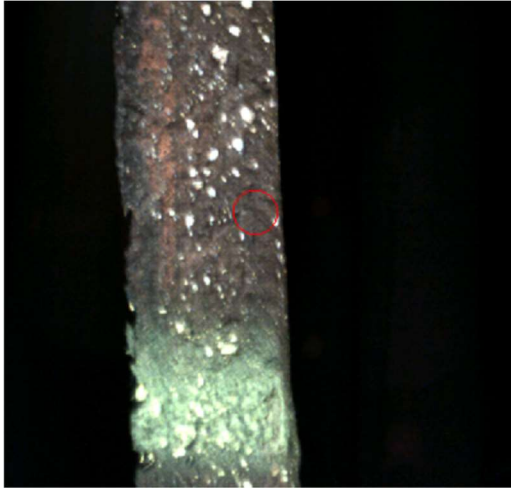
Kuva 13 Opetuskuva maalatusta anodin korvasta.

Kuvien opettaminen tehtiin näyttämällä opetuskuvausta ohjelmalle halutut värit. Yhtä väriä varten näytettiin järjestelmälle useita eri kelpuutettavia ja ei-kelpaavia värisävyjä, jotta saatiin järjestelmä reagoimaan selkeästi vain maalattuun jälkeeseen. Opetus aloitettiin klikkaamalla auki ”ExtractColorLib” spreadsheetiltä, jonka jälkeen avautui ”ExtractColor Training” eli värin opetus työkalu (kuva 14).



Kuva 14 ExtractColor Training värikirjastot.

Ensin luotiin opettavalle värille kirjasto valitsemalla ”New Model”, kirjasto nimettiin opettavan värin mukaan, jotta saatiin ohjelma kertomaan värin nimi. Kun kirjasto oli luotu, saatiin lisättyä kelpaavia värisävyjä painamalla ”Add New Color” ja kelpaamattomien värisävyjen opetus tapahtui valitsemalla ”Subtract New Color”. Molemmista valinnoista avautuu samanlainen näkymä, jossa siirrettiin punainen rinkula opettavan värisävyyn kohdalle (kuva 15). Opetettu värisävy näkyy kirjastossa nimettynä sen mukaan, onko se kelpuutettu (Add) vai ei-kelpaava (Subtract) värisävy.



Kuva 15 Punainen rinkula siirretään opetettavan värisävyn kohdalle.

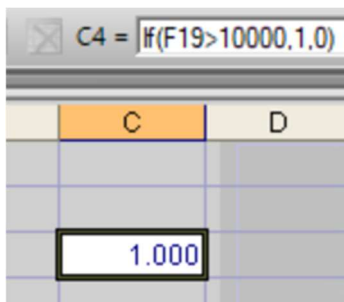
Opetetut värikirjastot eli värit näkyvät spradsheetillä allekkain vaihdellen paikkoja sen mukaan, mitä väriä ohjelma näkee kuvassa eniten. Ohjelma siis järjestää värit ”Pixel Countin” eli sen mukaan mistä väristä ohjelma tunnistaa eniten pikseleitä (kuva 16).

17						
18		Rank	Index	Model Name	Pixel Count	Overall Pixel Count
19	5 Colors	0.000	0.000	Kelt/Vihr	16003.000	18980.000
20		1.000	1.000	Vihreä	3013.000	18980.000
21		2.000	2.000	Sininen	543.000	18980.000
22		3.000	3.000	Oranssi/puna	316.000	18980.000
23						

Kuva 16 Värit spreadsheetillä.

6.3 Anodin hylkäys

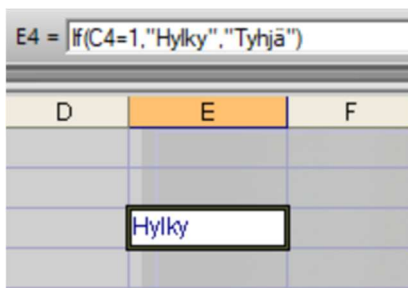
Anodin hylkäys toteutettiin ohjelmaan yksinkertaisella vertailulla. Verrataan kuvassa eniten olevan värin pikselimäärää valittuun määrään eli jos ”Pixel Count” on suurempi kuin 10 000 näkyy se spreadsheetillä arvona 1, jos pikselimäärä ei ole suurempi kuin 10 000 on arvo 0 (kuva 17).



Kuva 17 Anodin hylkäyksen if-lauseke.

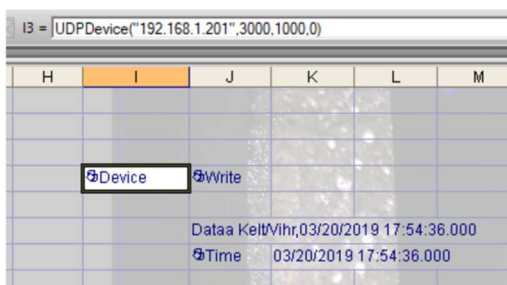
6.3.1 Hylkäyksen UDP-viesti

Koska järjestelmältä haluttiin viesti tietokantaan hylätyistä anodeista, niin päätettiin hylky toteuttaa UDP-viestillä, jolloin viestiin tarvitaan teksti, josta nähdään, hylätäänkö anodi vai ei. Tämä toteutettiin lukemalla anodin hylkäyksen arvoa ja kirjoittamalla spreadsheetille teksti ”Hylky” tai ”Tyhjä”, eli jos arvo on 1 kirjoitetaan ”Hylky” ja arvolla 0 kirjoitetaan ”Tyhjä” (kuva 18).



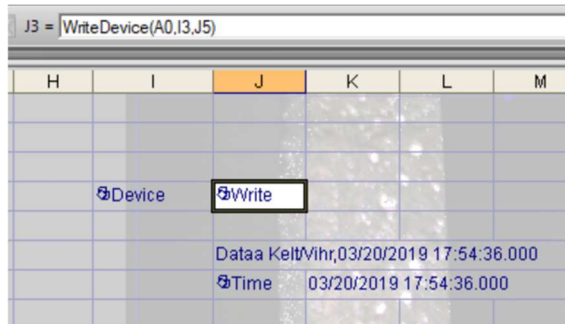
Kuva 18 Hylkäyksen tekstimuotoinen viesti.

Itse UDP-viestin ohjelmoimista varten tuotiin ensin spreadsheetille ”UDPDevice” (kuva 19) sekä itse viestin kirjoittava toiminto ”WriteDevice”. UDP Devicelle annettiin IP osoite, portin numero, yhteydenmuodostusaika ja binääri-paketti.



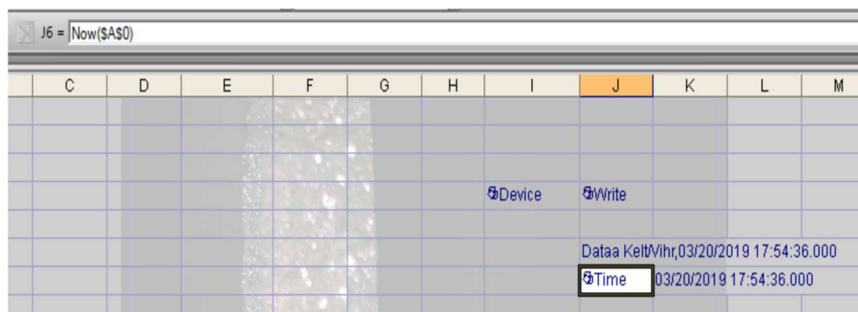
Kuva 19 UDP Device spreadsheetillä.

WriteDevice toimintoon valittiin kolme solua ”Event”, ”Device” ja ”Data”. Event on solu, joka toteuttaa toiminnon, eli kirjoittaa uuden viestin. Tässä käytettiin A0 solua, jossa sijaitsee kuvan ottamistoiminnon sisältävä ”Image”. Device on solu, jossa sijaitsee UDP Device ja Data on solu, johon viesti kirjoitetaan (kuva 20).



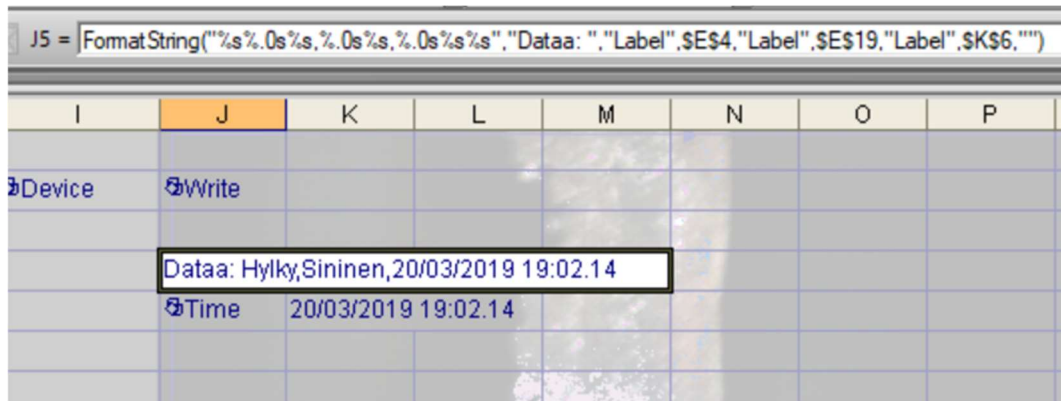
Kuva 20 WriteDevice spreadsheetillä

Ja koska anodin hylkäyksestä haluttiin aikaleima tietokantaan, tarvitaan UDP-viestiin myös aikaleima. Tämä toteutettiin kirjoittamalla aika spreadsheetille käyttäen ”Time” toimintoa, joka kirjoittaa päivämäärän ja kellonajan aina kun järjestelmä ottaa kuvan (kuva 21).



Kuva 21 Time-toiminto spreadsheetillä.

Lopullinen viesti kirjoitetaan käyttäen ”FormatString” toimintoa. Viestiin tulee tunniste, jota päätelaite etsii eli tässä järjestelmässä ”Dataa:”. Tunnisteen perään tulee viesti, jonka mukaan tehdään päätös, hylätäänkö anodi ja kirjoitetaanko aikaleima tietokantaan. Mikäli viesti on ”Hylky”, anodi hylätään ja tallennetaan aikaleima tietokantaan. Jos taas viesti on ”Tyhjä”, ei viestiin tarvitse reagoida. Hylkäysviestin jälkeen kerrotaan hylkäyksen syy eli havaittu väri ja lopuksi aikaleima eli päivämäärä ja kellonaika (kuva 22).



Kuva 22 Lopullinen viesti spreadsheetillä.

7 LOPPUPÄÄTELMÄT JA JATKOKEHITYS

Työn tarkoituksena oli tehdä kartoitus konenäön käyttämisen mahdollisuuksista anodin hylkäykseen prepillä. Kyseessä siis tapaukset, joissa työntekijä havaitsee viallisen anodin ja merkkää sen hylkyyn. Työ rajoittui konenäköjärjestelmän demoversion rakentamiseen ja konenäköohjelman tekemiseen, jolloin varsinainen liitäntä logiikkaan jäi teoriatasolle. Näin täysin valmista järjestelmää ei voitu testata ja päätelmät tehtiin valmiin ohjelman, teorian ja saatujen havaintojen perusteella.

7.1 Liitännät logiikkaan

Yksinkertaisin tapa viestittää logiikalle anodin hylkäyksestä on I/O-signaali, eli lähetetään ohjelmasta F19>10 000 vertailun tulos logiikan pinniin, jolloin arvon ollessa 1 anodi hylätään. Tällöin tarvitaan erillinen UDP-viesti tietokantaan, joka käsittelee sen erillään logiikan toimista. Toinen, haastavampi ratkaisu, on lähettää myös logiikalle UDP-viesti ja purkaa se logiikan sisällä, niin että logiikka tunnistaa hylätäänkö anodi vai ei.

Toiminnallisesti edellä mainituilla kytkentätavoilla ei ole suurta eroa, mutta I/O-signaali on huomattavasti helpompi toteuttaa. UDP-signaalin vieminen ja purkaminen, etenkin Siemens S7-300 logiikalla on näistä kytkentätavoista selvästi haastavampi. Tähän löytyy ohjeet liitteistä.

7.2 Havainnot ja jatkokehitys

Järjestelmän demoversiossa älykamera oli kiinnitetty koneen runkoon, joka koekuvia ottaessa aiheutti värinällään kuvien värähtämistä ja epäselviä kuvia. Älykamera olisi siis kiinnitettävä niin, ettei värinää tule eli irralliseksi koneen rungosta. Myös kameran asentoa voisi muuttaa niin, että 800x600 kuvasuhteella saataisiin anodin korvaan nähdyn pystysuuntaan enemmän pikseleitä.

Valaistusta kirkastamalla saataisiin valotusaikaa lyhyemmäksi, ja täten karsittua myös pientäkin tärinää. Lisäksi parempi valaistus parantaa värin tunnistusta. Yksi vaihtoehto valaistukselle on myös strobovalo, joka välähtää kameran ottaessa kuvaa. Näin valotusaika voisi olla hyvin pieni ja tärinä ei näkyisi kuvassa. Strobovalon haittapuoli on sen vilkkumisen aiheuttamat haitat koneen käyttäjälle.

7.2.1 Värin tunnistus

Järjestelmän ohjelmallinen puoli onnistui hyvin. Värin tunnistus toimii silloin, kun värit on niputettu niin, ettei liian lähellä toisiaan olevat värit esimerkiksi oranssi ja punainen tarkoita eri asioita, vaan ne ovat niputettu yhdeksi väriksi. Ohjelmaan saatiin värit ohjelmoitua seuraavasti: sininen, oranssi/punainen, keltavihreä/keltainen ja tumman vihreä. Näistä sininen erottuu huomattavasti parhaiten, sillä anodin ominaisväriässä ei ole sinisiä sävyjä.

Varsinaiseen järjestelmään voisi värin nimen tilalle pistää suoraan hylkäyksen aiheuttama syy, jolloin se tulee suoraan tietokantaan tai syyn voi myös kääntää värin nimestä vasta tietokannassa. Joka tapauksessa tarvitsee sopia, mikä väri tarkoittaa mitäkin hylkäysperustetta. Myös kohdalla, johon merkki maalataan, on väliä. Maalatun jäljen olisi hyvä näkyä kameran kuvassa kokonaan ja olla riittävän suuri, jotta järjestelmä näkee väristä tarpeeksi pikseleitä. Yksi ratkaisu tähän voisi olla maalaus sapluuna, joka asetetaan maalattavan korvan päälle ja maalataan koko sapluunassa oleva reikä.

7.2.2 Kannattavuus ja mahdollinen hyöty

Konenäköjärjestelmä olisi jatkokehityksen jälkeen oiva työkalu anodin hylkäykseen. Järjestelmä tunnistisi anodin korvaan maalatun värimerkin hyvin ja suoralla liitännällä älykameralta logiikkaan se olisi riittävän nopea hylkäämään anodit automaattisesti. Lisäksi järjestelmä merkitsisi tietokantaan syyn hylkäykselle, sekä aikaleiman, josta nähdään, milloin kyseinen anodi on mennyt kameran ohi.

Konenäköjärjestelmä vapauttaisi koneen käyttäjän maalatun korvan seuraamiselta muihin töihin, eikä olisi altis inhimillisille virheille. Ja koska järjestelmän saa hyvin

integroitua koneeseen (preppiin), on se hyvin vartenotettava lisätyökalu ja kehitysvaihtoehto. Näin toteutettuna konenäköjärjestelmä antaa merkittävää tietoa hylkäyksen syistä ja yleisyyksistä.

LÄHTEET

Batchelor B.G. 2012 Teoksessa Batchelor B.G. (toim.) Machine Vision Handbook New York: Springer

Boliden Harjavalta Oy:ltä saatu materiaali.

Boliden Harjavalta Oy:n verkkosivut. 2019. Viitattu 11.3.2019 <https://www.boliden.com/fi/operations/smelters/boliden-harjavalta>

Cognexin manuaali. n.d. Viitattu 29.3.2019 http://www.cognex.com/support/downloads/ns/1/11/33/is7000inst_560.pdf

Cognexin www-sivut. 2019. Viitattu 21.2.2019 <https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/components/lighting>

Edmund Opticsin www-sivut. 2019. Viitattu 26.2.2019 <https://www.edmundoptics.com/c/cameras/1012/>

Holmes N. 2017 Teoksessa Hornberg A. (toim.) Handbook of Machine and Computer Vision : The Guide for Developers and Users Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA

Howard & Holmes 2017 Teoksessa Hornberg A. (toim.) Handbook of Machine and Computer Vision : The Guide for Developers and Users Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA

Irmgard, Lenhardt, Mattfeldt, Holmes, Howard & Holmes 2017 Teoksessa Hornberg A. (toim.) Handbook of Machine and Computer Vision : The Guide for Developers and Users Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA

Irmgard Jahr 2017 Teoksessa Hornberg A. (toim.) Handbook of Machine and Computer Vision : The Guide for Developers and Users Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA

Lenhardt K. 2017 Teoksessa Hornberg A. (toim.) Handbook of Machine and Computer Vision : The Guide for Developers and Users Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA

Mattfeldt H. 2017 Teoksessa Hornberg A. (toim.) Handbook of Machine and Computer Vision : The Guide for Developers and Users Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA

Opto Engineeringin www-sivut. 2019. Viitattu 4.3.2019 <https://www.opto-e.com/products/software>

Opetuskuva konenäköjärjestelmän komponenteista. Viitattu 13.3.2019 <https://automaatio.samk.fi/testi-sivu/perinteiset-konenakojarjestelmat/>

Teledune Dalsan www-sivut. 2019. Viitattu 26.2.2019 <https://www.teledyne-dalsa.com/en/learn/knowledge-center/ccd-vs-cmos/>

UDP-SIGNAALI SIEMENS S7-300 LOGIIKKAAN

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/893/47885893/att_78171/v1/47885893_udp_connection_en.pdf
(Siemensin www-sivu/pdf)