



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tommi Kaataja

# SYÖTTÖLAITTEEN KÄYTTÖÖNOTTO

Case Omron Adept Anyfeeder SX240

Tekniikka  
2018

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tommi Kaataja
Opinnäytetyön nimi	Syöttölaitteen käyttöönotto - Case Omron Adept Anyfeeder SX240
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	50
Ohjaaja	Mika Billing

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin erilaisten kappaleiden esikäsittelyyn soveltuvaa Omron Adept Anyfeeder SX240 -syöttölaitetta, sen toimintaa sekä käyttöönottoa. Työssä perehdyttiin myös automaattiselle kokoonpanolinjalle syötettävien erimuotoisten kappaleiden ja komponenttien esikäsittelyyn liittyviin haasteisiin.

Opinnäytetyön tilaaja oli opetus- ja tutkimuslaboratorio Technobothnia. Technobothnia on Vaasan ammattikorkeakoulu VAMK:n, Vaasan yliopiston ja Yrkeshögskolan Novian yhteiskäytössä oleva koulutustila.

Tavoitteena oli saada käyttöön tutkimuslaboratorion tiloissa olevalle robotisoidulle akkujen kokoonpanosolulle esilajittelulaitteisto ja komponenttien poimintataso. Ennen uuden laitteiston käyttöönottoa, kokoonpanossa käytettävät komponentit asetetaan käsin poimintatasolle, mistä robotti löytää komponentit 2D-konenäön avulla. Solun toiminnan tehostamiseksi komponentit täytyy tuoda automaattisesti konenäön kuvattavaksi esikäsittelylaitteiston avulla.

Tutkimusmateriaalina on käytetty laitteiden valmistajien internet-sivuja sekä käyttöohjeita.

## ABSTRACT

Author	Tommi Kaataja
Title	Commissioning of a Feeder System – Case Omron Adept Anyfeeder SX240
Year	2018
Language	Finnish
Pages	50
Name of Supervisor	Mika Billing

---

The objective of this thesis was to study the mechanical design, construction and commissioning of Omron Adept Anyfeeder SX240 parts feeder. It is a flexible parts feeder, which is capable to feed different types of parts to a vision guided robotic assembly cell. The main differences between different feeding systems are explained, and the challenges, when choosing a feeder system for automated assembly cell are also studied.

The commissioning was done at Technobothnia Education and Research Centre in Vaasa. Most of the info and technical data is gathered from several different manufacturers' websites and user manuals.

The commissioning included the mechanical installation of Anyfeeder, setting up a machine vision system and the connections between them. A laptop computer was used for controlling Anyfeeder via the PuTTY-program, and Omron Touch-Finder for PC-program was used for controlling the machine vision system.

After the initial setup, the testing began by filling the bulk container with round plastic discs. Different serial command codes were used to operate Anyfeeder, and observations were made on how the parts move on the feed surface. After that the machine vision system acquired an image, and it was clear that some fine tuning had to be done with surrounding lights because of reflections. The last thing to do, was to teach the shape of the parts to the machine vision.

The commissioning was successful, the hardest part of testing was to learn how the machine vision system is used and tuned. Unfortunately, the timeframe of testing was too tight, and it was not possible to use ABB RobotStudio simulation program to operate Anyfeeder.

---

Keywords                      Automation, part-feeding, machine vision, robotics

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	MIKÄ ON AUTOMAATTINEN KOKOONPANOLINJA?.....	6
2	MITÄ OVAT SYÖTTÖLAITTEISTOT?.....	7
	2.1 Tärymalja .....	8
	2.2 Keskipakosyöttölaite.....	9
	2.3 Servo-ohjattu värinäsyöttölaite .....	10
3	MITÄ ON KONENÄKÖ?.....	14
	3.1 Järjestelmän komponentit .....	15
	3.1.1 Kamera .....	15
	3.1.2 Valaistus.....	16
	3.1.3 Kuvankäsittelyohjelmisto.....	17
	3.2 Konenäön ohjaama robottisolun .....	18
	3.3 1D-konenäkö.....	18
	3.4 2D-konenäkö.....	19
	3.5 3D-konenäkö.....	20
	3.6 Bin Picking.....	22
4	OMRON ANYFEEDER .....	23
	4.1 Toimintaperiaate .....	26
	4.2 Laitteen pääkomponentit.....	27
5	OMRON ANYFEEDERIN KÄYTTÖÖNOTTO .....	29
	5.1 Mekaaninen asennus soluun .....	29
	5.2 Paineilmaliitäntä .....	31
	5.3 Sähkökytkennät.....	31
	5.4 PuTTY -ohjelma .....	33
	5.5 Kamera ja kuvankäsittelyohjelmisto.....	35
6	OHJELMAN KULKU.....	41
7	ANYFEEDERIN TEKNISET TIEDOT JA HUOLTO.....	46
8	LOPPUPÄÄTELMÄT .....	48
	LÄHTEET .....	49

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Tärymalja syöttää lääkeruiskun osia. ....	9
Kuva 2. Keskipakosyöttölaite. ....	10
Kuva 3. Asyriil Asycube 80 -syöttölaite. ....	12
Kuva 4. Flexibowl -syöttölaite. ....	13
Kuva 5. Nesteen pinnankorkeuden tarkistus konenäön avulla. ....	15
Kuva 6. Erot kuvissa UV-suodattimen lisäämisen jälkeen. ....	17
Kuva 7. 1D-konenäköjärjestelmä etsii tuotteesta virheitä. ....	19
Kuva 8. Line scan -menetelmän toimintaperiaate. ....	20
Kuva 9. Kolme kameraa kuvaa kappaletta ja tuottaa 3D-kuvan. ....	21
Kuva 10. Laseranturilla voidaan määrittää jarrupalan muoto ja tilavuus. ....	22
Kuva 11. Erilaisia kappaleita, joita Anyfeeder pystyy käsittelemään. ....	25
Kuva 12. Anyfeederin toimintaperiaate. ....	27
Kuva 13. Anyfeederin pääkomponentit. ....	28
Kuva 14. Anyfeederin asennusmitat. ....	29
Kuva 15. Anyfeeder asennettuna pöydälle. ....	30
Kuva 16. Paineilmaliitäntä. ....	31
Kuva 17. Anyfeederin kytkentäpaneeli. ....	32
Kuva 18. AXIOMET AX-3010H -virtalähde. ....	33
Kuva 19. PuTTY-ohjelman asetusvalikko. ....	34
Kuva 20. FQ2-S4 -älykamera ja FQ2-D30 TouchFinder -ohjelmointilaite. ....	36
Kuva 21. Kuvaan heijastuneet laboratorion kattovalaisimet sekä kattoikkunat. ....	37
Kuva 22. Kuvasta tunnistetut muodot näkyvät vihreän värisinä. ....	38
Kuva 23. Kuvasta löydetty kappale ja siihen liittyvä valikko. ....	39
Kuva 24. Kuvasta etsittävien muotojen lukumäärän valinta. ....	40
Kuva 25. Kappalemäärä kolmen toiston jälkeen. ....	44
Kuva 26. Kappaleiden asema 10:n feed forward -komennon jälkeen. ....	45
Kuva 27. Anyfeeder-mallisarjan tekniset tiedot. ....	47

## 1 MIKÄ ON AUTOMAATTINEN KOKOONPANOLINJA?

Automaattisesti toimivilla kokoonpanolinjoilla valmistetaan useasta keskenään erilaisesta komponentista valmiita lopputuotteita. Lopputuotteeseen lisättävät komponentit ovat keskenään vaihtokelpoisia esivalmistettuja kappaleita, jotka lisätään linjalla etenevään valmistettavaan tuotteeseen tietyssä vaiheessa. Näille tuotantolinjoille ominaisia piirteitä ovat mm. suuret kappalemäärät, tuotantolinjan keskeytymätön toiminta työvuoron aikana sekä tarvittaessa nopeasti toteutettavat asetusten muutokset. Tuotantolinjoilla voi olla useitakin eri työpisteitä joissa esimerkiksi ihminen, robotti tai jokin automaattinen kone suorittaa jonkin tietyn työvaiheen ennalta määritellyssä ajassa. Hyvin usein sarjatuotannossa jokin työvaihe saadaan automatisoinnin avulla niin nopeaksi, ettei linjalla komponentteja käsin lajitteleva ihminen pysty kovin pitkää aikaa keskittymään työtehtäväänsä, vaan hän alkaa tehdä virheitä. Myös työtehtävän jatkuvasti toistuvat yksitoikkoiset liikkeet alkavat lopulta kuormittaa ihmisen fysiikkaa ja lopulta nämä vaivat voivatkin pahentua ammattisairaudeksi.

”Työhön liittyvää fyysistä kuormitusta aiheuttavat muun muassa nostot ja siirrot käsin, toistotyö, näyttöpäätteellä tehtävä työ ja muu fyysinen rasitus, kuten hankaumat ja staattiset työasennot. Haitalliseksi kuormitus muuttuu silloin, kun se aiheuttaa työntekijälle ylikuormittumista ja väsymistä ja hidastaa elimistön palautumista kuormitustilanteen jälkeen” /1/.

Tehokkaan tuotannon varmistamiseksi, täytyy linjalle syötettävän kappaleen olla tietyssä paikassa tiettyyn aikaan. Usein myös kappaleen asento linjalla kulkiesaan on hyvin tarkasti määriteltä. Yksinkertainen esimerkki on virvoitusjuomien pullotuslinja: pullon täytyy olla pystyasennossa linjastolle siirtyessään.

Kappaleiden esikäsitteilytapa ja siihen käytettävä laitteisto valitaan aina tapauskohtaisesti. Sopivan tavan valintaan vaikuttavat mm. kappaleen koko, muoto, massa, tuotannossa tarvittava kappalemäärä sekä se, kuinka nopeasti uusia komponentteja halutaan syöttää linjalle. Myös tuotantotilojen koko sekä ympäristövaatimukset voivat rajoittaa laitteiston kokoa ja siten myös sen tyyppiä.

## 2 MITÄ OVAT SYÖTTÖLAITTEISTOT?

Tässä luvussa esitellään muutamia komponenttien esikäsittelyyn tarkoitettuja syöttölaitteistoja ja menetelmiä. Saatavilla olevien laitteiden kirjo on hyvin laaja, niiden kokoluokkia on useita ja laitevalmistajia löytyy suuri määrä maailmanlaajuisesti. Myös tässä esiteltävien laitteiden käyttäjät toimivat hyvin erilaisilla aloilla, ainut yhdistävä tekijä on kappaleiden pienehkö koko sekä lajiteltavien kappaleiden suuret erät. Laitteita käyttäviä teollisuuden aloja ovat mm:

- elektroniikkakomponenttien valmistajat
- ajoneuvoteollisuus
- muovikomponenttien valmistajat
- lääketeollisuus
- kosmetiikka-ala
- elintarviketeollisuus
- leluvalmistajat.

Automaattisen syöttölaitteen tehtävänä on saada komponentti oikeaan paikkaan ja asentoon, mistä se voidaan poimia ja asentaa kokoonpantavaan lopputuotteeseen tai pakkaukseen. Laitteisto valitaan käyttökohteen mukaan ja hyvin usein komponentin ominaisuudet rajaavat soveltuvan laitteiston muutamaa vaihtoehtoon. Useiden laitteistojen toiminta perustuu lajiteltavien komponenttien mekaanisiin ominaisuuksiin. Näillä tarkoitetaan kappaleen muotoa, fyysisiä mittoja sekä kappaleen massakeskipistettä.

Pienikokoisia kappaleita syöttävissä, värähtelyä hyväksikäyttävissä laitteistoissa värinä saa kappaleet irti alustasta ja liikkumaan haluttuun suuntaan. Värinä saadaan aikaan sähkömoottoreilla, -magneeteilla tai -solenoidilla. Kun kappale on saatu liikkumaan haluttuun suuntaan tärinän avulla, ohjataan sitä eteenpäin laitteiston muotojen ja kappaleeseen vaikuttavan painovoiman avulla. Lopuksi komponentit saadaan haluttuun paikkaan oikeassa asennossa ja ne voidaan asentaa lopputuotteeseen.

## 2.1 Tärömalja

Tärömalja on hyvin yleisesti massatuotannossa käytetty laite, jolla syötetään suuria määriä yksittäisiä kappaleita kokoonpano- tai tuotantolinjoille. Niitä käytetään usein pienten kappaleiden, esimerkiksi ruuvien tai muttereiden syöttämiseen. Lopputuotteessa näitä kappaleita onkin suuri kappalemäärä.

Tärömaljan toimintaperiaate perustuu laitteen tuottamaan, tarkasti määriteltyyn värinään sekä painovoimaan. Tärinä saa kappaleen liikkumaan maljan pohjalla ja painovoiman ja kappaleen mekaanisten ominaisuuksien avulla kappaletta pystytään ohjaamaan oikeaan asentoon ennen kuin se siirtyy syöttölinjalla eteenpäin. Malja istuu sähkömagneetin päällä vinoon kulmaan asennettujen jousien varassa. Sähkömagneetti vetää vastakappaletta itseään kohti samalla jännittäen jousia. Kun virta katkeaa, jousivoima nostaa maljaa ylöspäin aiheuttaen samalla kappaleiden hyppäämisen irti maljan pinnasta. Jousien vino asennuskulma aiheuttaa sen, että malja pyrkii kiertymään joko myötä- tai vastapäivään palatakseen pian takaisin alkuasentoon. Pienten ja keveiden kappaleiden sähkömagneetin kytkentänopeudeksi soveltuu 100 Hz, raskaammille kappaleille taas 50 Hz. /2, s. 16 – 18/

Syötettävät kappaleet annostellaan laitteen maljaan joko käsin kaatamalla tai esimerkiksi liukuhihnan annostelemana. Maljan pohja on usein kupera, tämä muoto yhdessä värinän kanssa ohjaa kappaleet maljan reunoille. Maljan reunoilta lähtee nousevan spiraalin muotoinen polku, jota pitkin kappaleet kiipeävät ylös maljasta. Matkalla ylös maljasta kappaleet osuvat erilaisiin matkalle aseteltuihin esteisiin, jotka kääntävät kappaleen haluttuun asentoon ja lopulta kappale päättyy linjalle oikeassa asennossa eteenpäin meneväksi. Väärässä asennossa esteisiin osuvat kappaleet ohjautuvat pois polulta, jolloin se tippuu takaisin alas maljan pohjalle. Maljan koko, muoto, nousukulmat ja värähtelytaajuus suunnitellaan syötettävien kappaleiden ehdoilla.

Tärömaljan käytön haittapuoliin kuuluvat mm. laitteen käytön aiheuttama jatkuva ääni sekä syötettävien kappaleiden koon ja muotojen rajallisuus. Asetuksien muutos vaatii miltei aina uuden maljan vaihdon, tämä lisää kustannuksia koska tarvittaessa maljoja täytyy olla useita eri malleja. Sillä ei myöskään pystytä syöttämään



kovin herkkärakenteisia kappaleita sitä johtuen, että lajittelussa kappaleet tiputetaan alas maljan pohjalle, tämä voi johtaa kappaleen vaurioitumiseen.

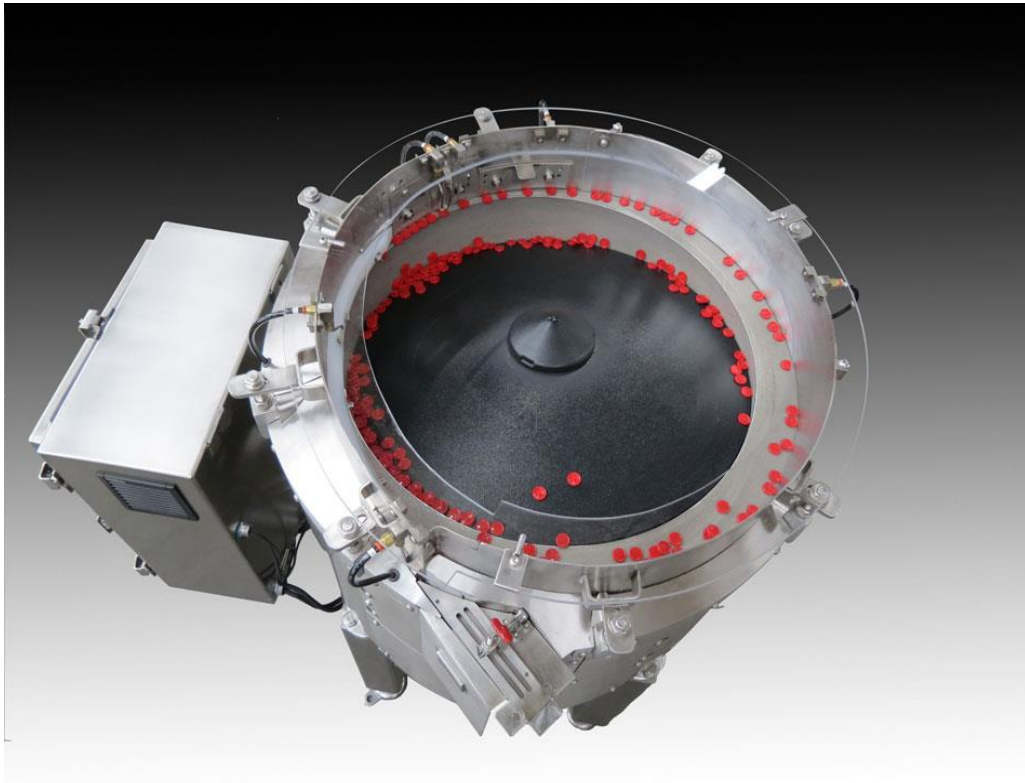
Tutustuin RNA-Automationin valmistaman tärymaljan esitteeseen. Kuvassa 1 nähtävä ko. tärymalja syöttää lääkeruiskujen osia. Laite pystyy syöttämään 600 kappaletta minuutissa. /3/



**Kuva 1.** Tärymalja syöttää lääkeruiskun osia.

## 2.2 Keskipakosyöttölaite

Tämä laite käyttää keskipakovoimaa tärinän sijaan. Syötettävät kappaleet annostellaan laitteen pyörivän rummun keskelle, josta pyörivä liike yhdessä rummun kuperan pohjan avulla saa kappaleet siirtymään rummun ulkoreunoille. Ulkoreunaa kiertää suuremmalla nopeudella kulkeva liukuhihna tai kehätaso, jolle kappaleet siirtyvät ja kulkevat prosessissa eteenpäin. Tyypilliset kappaleet, joita tällä laitteella syötetään ovat symmetrisiä, yksinkertaisia ja sileitä muodoiltaan. Esimerkkinä voidaan mainita pyöreä aluslevy. Laitteen etuihin kuuluu suuret kappalemäärät, tämän tyyppinen laite soveltuu jatkuvan prosessin osaksi, joka ei pysähdy ollenkaan. Kuvassa 2 nähtävän, Performance Feeders Incorporationin valmistaman keskipakosyöttölaitteen syöttönopeus on 1300 kappaletta minuutissa. /4/



**Kuva 2.** Keskipakosyöttölaite.

### 2.3 Servo-ohjattu värinäsyöttölaite

Tämän laitteen toiminta perustuu logiikkaohjattuun, servomoottoreiden tuottamaan värähtelyyn. Tämän tyyppisiä laitteita kutsutaan joustavaksi syöttölaitteeksi, tällä viitataan laitteen kykyyn käsitellä keskenään hyvin erilaisia kappaleita, toisin sanoen sitä ei ole suunniteltu jollekin tietylle kappale tyyppille.

Tätä laitetyyppiä käytetään erityisesti kappaleiden syöttämiseen robottisoluissa. Poimi ja paikoita sovelluksissa syötettävien kappaleiden täytyy olla robotin poimittavissa. Käytännössä tämä vaatii kappaleiden jaksottaista liikuttamista eli kappaleiden on välillä pysähdyttävä paikoilleen. Näin on toimittava sen vuoksi, että konenäköjärjestelmän on pystyttävä ottamaan kappaleista kuva, määrittämään kuvan avulla kappaleen sijainnin ja asennon poimintatasolla sekä siksi, että robotti

ehtii poimimaan kappaleen ennen kuin kappaleiden liike jatkuu. Robotin täytyy pystyä poimimaan kappale oikeassa asennossa erityisesti silloin, kun kappale täytyy asentaa tietyssä asennossa vaikkapa johonkin myyntipakkaukseen.

Väriäsyöttölaitteissa kappaleet liikkuvat värinän ohjaamana poiminta-alustalla, mistä robotti osaa poimia ne 2D-konenäköjärjestelmän avulla. Laite ohjaa värinän avulla kappaleita poiminta-alustalla haluttuun suuntaan, samalla levittäen kappaleet tasaisesti alustalle. Tämän jälkeen tärinä loppuu ja konenäköjärjestelmä kuvaa poiminta-alustalla olevien kappaleiden sijainnin ja robotti osaa poimia kappaleet oikeista paikoista. Mikäli konenäkö ei saa selvää kuvaa kappaleista, kappaleet voivat olla päällekkäin tai liian lähellä poimintatason reunoja, saa laite uuden käskyn suorittaa lyhyt värinäjakso, jolloin kappaleet leviävät tasaisesti alustalle. Tätä kiertoa toteutetaan niin kauan, että kappaleet ovat selvästi kuvattavissa. Mikäli kappaleet eivät vielä ole poimittavissa, voi laite antaa selvästi kovemman värinän, joka saa kappaleet pomppimaan ilmaan ja siten kääntymään parempaan asentoon. Yksi tätä toimintaperiaatetta hyödyntävä laite, on 3 – 15 mm pitkien kappaleiden syöttämiseen tarkoitettu Asyril Asycube 80, joka nähdään kuvassa 3.

/5/



**Kuva 3.** Asyril Asycube 80 -syöttölaite.

Toinen ratkaisu on ARS s.r.l. Socio Unicon valmistama FlexiBowl (kuva 4), tässä laitteessa on nähtävissä monien laitteiden piirteitä. Laitteessa on pyörivä taso, jonka päälle syötettävät kappaleet tippuvat. Taso pyörii hitaasti ja samalla kappaleita syötetään lisää ränniä pitkin. Pyörivä tason liike saa kappaleet leviämään tasan tasaisesti poimintatasolle. Kun kappaleita on haluttu määrä, pyörintäliike pysähtyy ja konenäköjärjestelmä ottaa kappaleista kuvan. Tämä tieto käsitellään ja sen jälkeen robotti poimii kappaleen. Poimintatason koko on n. neljäsosa pyöreästä tasosta. Mikäli kappaleet eivät ole poimittavissa, jatkaa taso pyörimistään. Mikäli kappale ei ole poimittavissa, on tason eräässä toisessa sektorissa kohta, jonka alla oleva impulssigeneraattori hyppäyttää kappaletta. Tämän tason kohdalla on kirkas akryylimuovista valmistettu lasi, joka estää kappaleita lentämästä pois laitteesta.

/6/



**Kuva 4.** Flexibowl -syöttölaite.

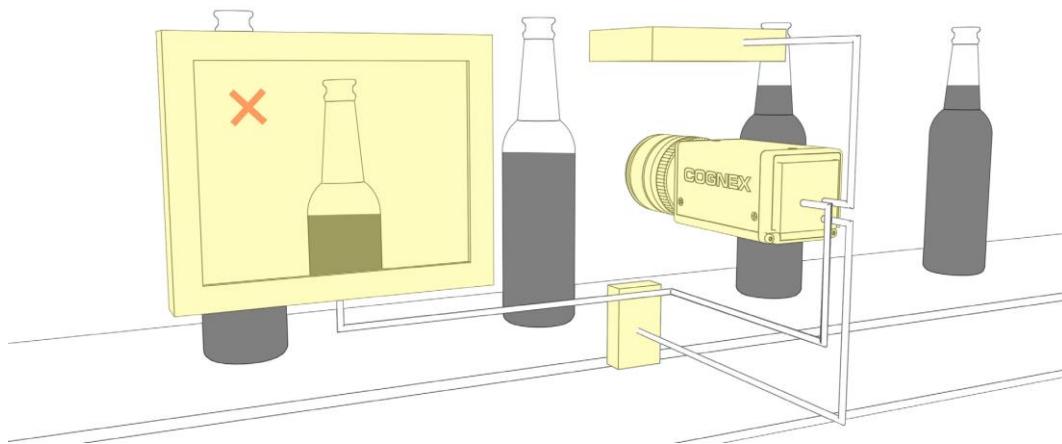
Värinäsyöttölaitteiden kiistattomasti suurin etu on niiden kyky syöttää keskenään hyvin erimuotoisia kappaleita. Kappaleet voivat olla hyvin monimutkaisen muotoisia, ainoaksi rajoittavaksi tekijäksi muodostuu mahdollisesti se, että kappaleet voivat takertua liiaksi toisiinsa eikä tärinä saa niitä eroteltua. Koska takaisinkierätystä ei tarvita, sopii tämän tyyppinen laitteisto erityisesti herkille kappaleille, sen värinän taajuutta ja voimakkuutta voidaan säätää sopivaksi kappalekohtaisesti.

### 3 MITÄ ON KONENÄKÖ?

Automated Imaging Associationin (AIA) mukaan ”konenäkö sisältää kaikki teolliset ja ei-teolliset sovellukset, joissa ohjelmistoista ja laitteistoista koostuva järjestelmä tuottaa ohjaustietoa laitteille niiden toiminnoissa kuvan tallennuksen ja käsittelyn avulla” /7/.

Järjestelmän toiminta perustuu digitaalisten teollisuuskameroiden ottamien kuvien käsittelyyn. Järjestelmään kuuluva tietokone ja sen ohjelmistot prosessoivat ja analysoivat otetut kuvat ja antaa sen jälkeen järjestelmälle ohjaukomentoja kuvista saatujen tietojen perusteella. Järjestelmä ei käsittele itse kappaleen kuvaa vaan kappaleesta heijastuvaa valoa. Kamera muuttaa tämän valon digitaalseksi kuvaksi mitä ohjelmisto analysoi. Kuvan analysoinnin jälkeen järjestelmä päättää jatkotoimista, se esimerkiksi antaa robotille paikoituspisteet kappaleen poimintaan tai syöttölaitteelle käskyn jatkaa toimintaansa. Laitteisto kykenee parhaimmillaan tarkistamaan tuhansia kappaleita minuutissa. Sen etuihin kuuluvat tarkistuksissa nopeus, tarkkuus ja toistettavuus. Tarvittaessa oikealla kameran resoluutiolla ja optiikalla varustettu järjestelmä kykenee tarkistamaan yksityiskohtia, jotka ovat liian pieniä ihmisen silmälle.

Teollisuuden käyttöön tarkoitetuilta konenäköjärjestelmiltä vaaditaan kestäväää mekaanista rakennetta, luotettavuutta sekä käytön vakautta. Konenäköä voidaan esimerkiksi käyttää panimoissa pullon nestepinnan korkeuden tarkastukseen (kuva 5). Pullot kulkevat linjastolla tarkistusanturin ohi ja anturi antaa konenäköjärjestelmälle käskyn väläyttää kirkasta valoa. Samalla hetkellä järjestelmä ottaa pullosta kuvan. Seuraavaksi järjestelmä käsittelee kuvasta saadun informaation ja päättää, onko pinnankorkeus halutulla tasolla. Mikäli pullossa ei ole riittävästi nestettä, antaa järjestelmä lajittelijalle komennon hylätä pullo. Pullotuslinjaa eteenpäin mentäessä, voi seuraava kamera tarkistaa, onko kaikissa pulloissa korkit, seuraava voi tarkistaa, onko pulloissa oikeat etiketit ja ovatko ne kunnolla kiinni. Esimerkissä mainitussa linjastossa konenäköjärjestelmällä voidaan käytännössä hoitaa kaikki ne osa-alueet, mitkä ennen ovat vaatineet ihmisen valvontaa. /8/



**Kuva 5.** Nesteen pinnankorkeuden tarkistus konenäön avulla.

Konenäköä voidaan käyttää myös kappaleiden mittojen tarkistukseen, useat järjestelmät kykenevät erottamaan poikkeamat kuvasta 0.025 mm tarkkuudella. Järjestelmä voi mitata esimerkiksi sytytystulppien kärkiväliä tai ruiskuvaletun lääkepulan suuaukon kierteen mittoja. /9/

### 3.1 Järjestelmän komponentit

”Konenäkö koostuu yksinkertaisimmillaan kamerasta, valaisimesta, kuvankäsittely- ja mittausohjelmista, ohjausjärjestelmästä ja käyttöliittymästä. /10/”

#### 3.1.1 Kamera

”Kamera (usein 512 x 512 kuvapistettä sisältävä harmaasävykuvia ottava kamera) siirtää optiikalla mittauskohteesta heijastuvan valon kennolle, joka muodostuu varausyksiköistä eli pikseleistä. Kennon pikselit voivat olla joko yhdessä rivissä tai useassa rivissä eli matriisina. Kuvat otetaan halutulla kuvanottotaajuudella /11/”.

### 3.1.2 Valaistus

Konenäköjärjestelmän tehokkaan toiminnan kannalta yksi tärkeimmistä asioista on valaistus. Valitettavasti tätä järjestelmän osaa usein ylenkatsotaan eikä asiaan perehdytä tarvittavalla huolellisuudella. Järjestelmä tuottaa kuvan kappaleesta analysoimalla kohteesta heijastuvaa valoa, ei analysoimalla itse kohdetta. Huonosti toteutettu valaistus aiheuttaa ongelmia kuvien laadussa, toisin sanoen kuvien erottelukyky on huono. Kuvissa voi näkyä esimerkiksi heijastuksia, ne estävät järjestelmää löytämästä kuvasta kappaleen tiettyjä piirteitä. Huonosti valittu valaistus heikentää laadukkaistakin komponenteista koostuvan järjestelmän tehoa. Valaistus täytyy luoda siten, että kohteen valaisu ja kuvien otto onnistuvat, vaikka kuvattava komponentti vaihtuu toiseen malliin.

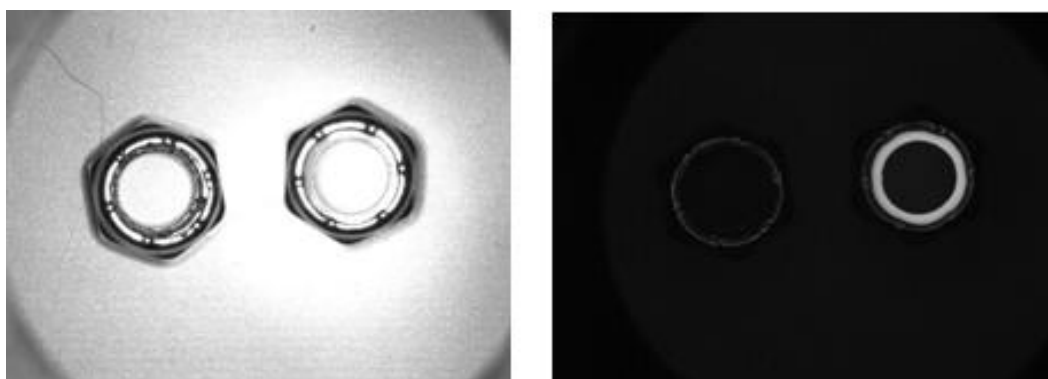
Valaistustyyppi valitaan tapauskohtaisesti. Erilaisia menetelmiä ovat mm:

- **Suora valo**  
Suunnatut valovoimaiset lamput tuottavat kirkkaan valon ja terävät varjot. Ne eivät tuota tasaista valaistusta kohdepinnalle.
- **Epäsuora valo**  
Valo heijastetaan yleensä toisen pinnan kautta kohdepinnalle. Tämä tuottaa tasaisen valon koko pinnalle ja vähentää varjoja.
- **Taustavalo**  
Valo heijastetaan siten kameraa kohti, siten että valaistava kappale on kameran ja valolähteen välissä. Käytetään, kun kappaleen reunat tulee saada hyvin esille esim. mittausta varten.
- **Salamavalo, Stroboskooppi**  
Kohteille, jotka liikkuvat nopeasti.

Linssien avulla kuvasta voidaan suodattaa pois joitain piirteitä ja taas vahvistaa toisia, näin järjestelmän luotettavuutta ja toimintavarmuutta saadaan parannettua.



Kuvassa 6 nähdään esimerkki linssisuodattimen käytöstä. Vasemmalla nähdään mutterit UV-valossa ilman suodatinta. Tarkoituksena on havaita, onko mutterissa nyloc-lukituselementti. Kuvan kontrasti on heikko eikä järjestelmä pysty analysoimaan kuvaa. Oikealla nähdään sama kuva samassa valossa mutta kameraan on lisätty linssisuodatin, joka päästää läpi vain sinistä valoa. Tulos on erinomainen, kuvan erottelukyky on tarkka ja järjestelmä pystyy toimimaan luotettavasti kuvasta saatavan tiedon perusteella. /12/



**Kuva 6.** Erot kuvissa UV-suodattimen lisäämisen jälkeen.

### 3.1.3 Kuvankäsittelyohjelmisto

Kuvankäsittely voidaan suorittaa järjestelmään kuuluvassa tietokoneessa, tai itsestä kuvan käsittelyyn kykenevän, ns. älykameran toimesta. Prosessointi tapahtuu ohjelmiston avulla ja siihen sisältyy useita eri vaiheita. Ensimmäiseksi ohjelmisto analysoi kameran ottamaa digitaalista kuvaa. Joissain tapauksissa kuvaa pitää esikäsitellä sen varmistamiseksi, että itse kuvasta löytyy tarvittavat piirteet. Seuraavaksi kuvasta etsitään kappaleen tunnistamisen kannalta tarvittavat piirteet. Löytyneitä piirteitä analysoidaan, niiden mukaan suoritetaan laskelmia ja saatuja tuloksia verrataan opetettuihin arvoihin. Viimeiseksi ohjelmisto tekee päätökset saatujen tuloksien perusteella ja lähettää ohjaustiedon eteenpäin järjestelmässä.

Kuvasta saadun tiedon analysoinnin jälkeen tehtävät päätökset määritellään sovelluskohtaisesti. Järjestelmä voi esimerkiksi antaa paineilmasylinterille toiminta-  
käslyn poistaa viallinen kappale tuotantolinjalta.

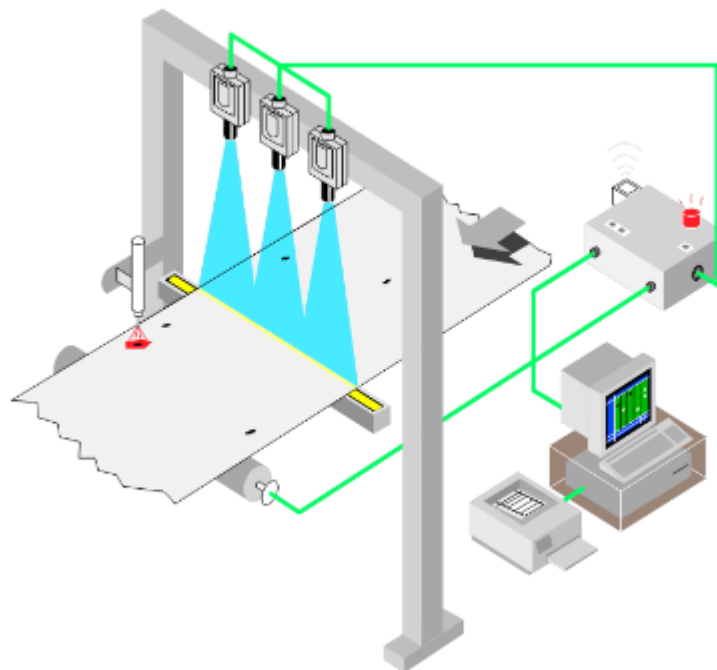
### 3.2 Konenäön ohjaama robottisolu

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan konenäön soveltamista robotin ohjaukseen. Konenäköjärjestelmän ohjaamana robotti pystyy poimimaan kappaleen sattumanvaraisesta kohdasta kameran kuvausalueelta. Tämä helpottaa robottisolun rakentamista, tällöin ei tarvita kappaleen mallista tai koosta riippuvaisia kiinteitä poimintapisteitä. Myös asetusten muuttaminen toisenlaisen kappaleen käsittelyyn nopeutuu, tämä laskee kustannuksia ja lyhentää tuotannon läpimenoaikaa.

Konenäköjärjestelmään on määritelty X/Y- koordinaatisto joka sijaitsee kappaleiden poimintatasolla. Pystyäkseen poimimaan kappaleen poimintatasolta, täytyy robotin saada tarkat kappaleen sijaintikoordinaatit järjestelmältä. Lajiteltavat kappaleet on opetettu järjestelmälle, toisin sanoen siitä otetusta kuvasta on poimittu juuri sen kappaleen ominaispiirteitä, jotka pystytään selvästi erottamaan kappaleesta otetusta kuvasta. Näitä piirteitä voivat olla esimerkiksi pyöreät tai kulmikkaat muodot tai jokin selvä terävä nurkka. Oleellista on pystyä määrittämään myös kappaleen kiertyminen koordinaatistossa, tätä tietoa tarvitaan määrittämään robotin tarttujan kiertokulma.

### 3.3 1D-konenäkö

1D-konenäköjärjestelmä ottaa kuvia yhdeltä, kapealta linjalta. Se voi esimerkiksi ottaa 10 kuvan sarjan ja verrata niiden tuloksia edelliseen sarjaan. Mikäli kuvista löytyy eroavaisuuksia, huomaa järjestelmä virheen. Prosessiteollisuudessa käytettävä sovellus on kuvauslinjan alla kulkeva raakapahvi tai metallilevy, mistä etsitään valmistusvirheitä (kuva 7).



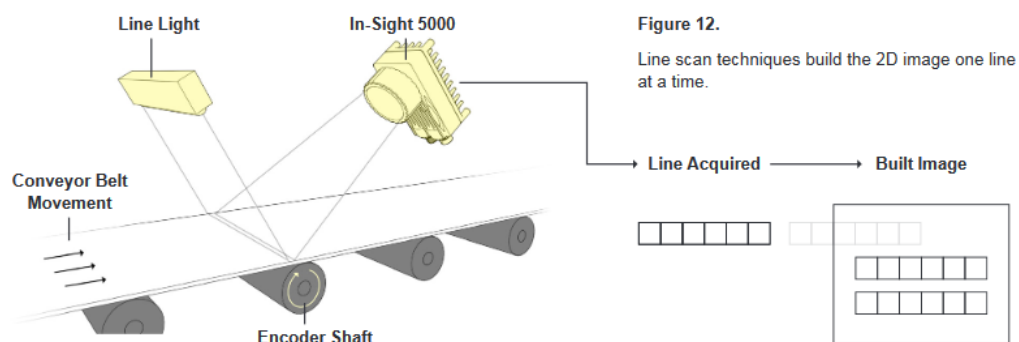
**Kuva 7.** 1D-konenäköjärjestelmä etsii tuotteesta virheitä.

### 3.4 2D-konenäkö

2D-konenäköjärjestelmä pystyy erottamaan kuvattavan kappaleen muodot, asennon ja robottisovelluksissa tarpeellisen kiertymän X/Y -koordinaatistossa. Yleisimmin käytetty 2D-konenäkösovellus kuvaa jotain tiettyä, tarkoin rajattua kohtaa paikallaan pysyvältä kuvausalustalta. Tätä menetelmää kutsutaan *area scan* -menetelmäksi. Yksi tätä menetelmää käyttävistä sovelluksista on poimintatasolta kappaleita noutava robotti.

Toinen tapa toteuttaa 2D-konenäköjärjestelmä, on *line scan* -menetelmä (kuva 8). Sen avulla voidaan kuvata vain liikkuvaa kohdetta, koska se muodostaa kappaleen 2D-kuvan useammasta kapeasta kuvasta 1D-menetelmän tapaan. *Line scan* -menetelmä on tehokas esimerkiksi pyöreiden tai sylinterimäisten kappaleiden kuvaamiseen. Mikäli mainittuja kappaleita haluttaisiin kuvata *area scan* -menetelmällä, tarvittaisiin useampi kuin yksi kamera, että koko kuvattava pinta-ala saataisiin kuvattua. *Line scan* -menetelmää käyttäen kappaletta voidaan pyörit-

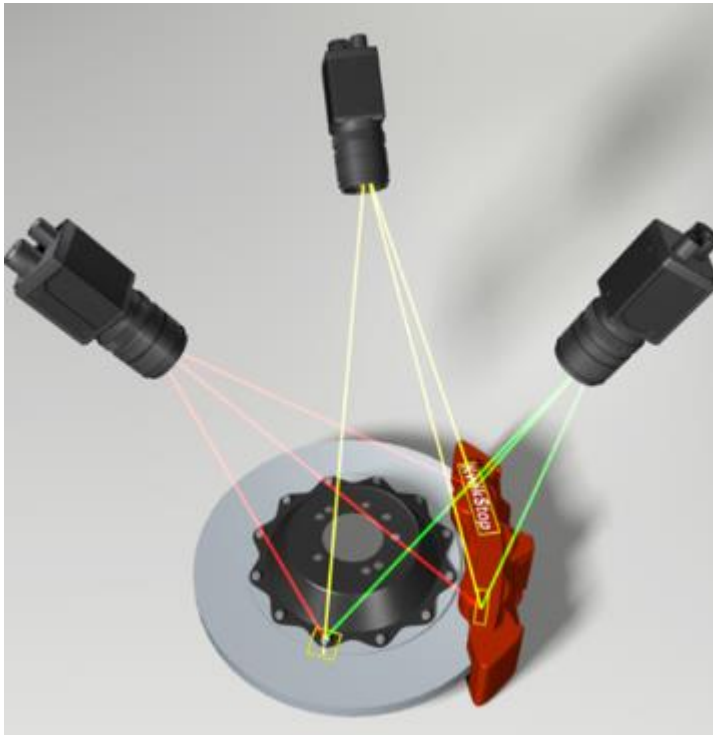
tää vain yhden kameran edessä ja koko pinta-ala saadaan kuvattua. Tämä menetelmä soveltuu erittäin hyvin kohteisiin, joissa tilaa on vähän, menetelmällä pystytään tarkastelemaan kappaletta alapuolelta kuljettimen rullien väistä.



**Kuva 8.** *Line scan* -menetelmän toimintaperiaate.

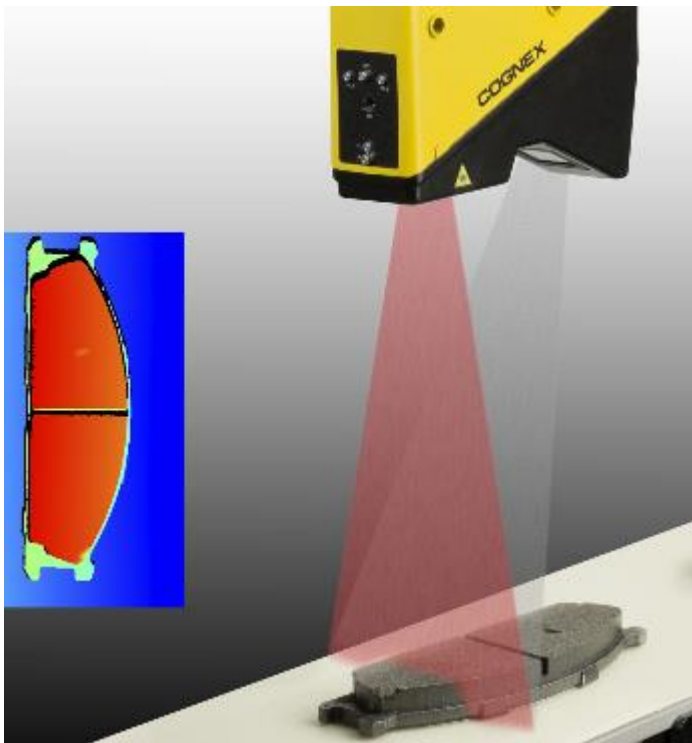
### 3.5 3D-konenäkö

3D-konenäköjärjestelmä koostuu yleensä useammasta kamerasta tai yhdestä tai useammasta laser-tilavuusanturista. Useamman kameran järjestelmä kertoo poimittavan kappaleen aseman ja asennon robotille. Tämänkaltaisessa järjestelmässä kamerrat on sijoitettu eri kohtiin kuvausalueen ympäri, ne kuvaavat kappaletta eri suunnista ja 3D kuva syntyy kameroiden kuvat yhdistämällä. Kuvassa 9 nähdään esimerkki kolmen kameran kuvaamasta kohteesta.



**Kuva 9.** Kolme kameraa kuvaa kappaletta ja tuottaa 3D-kuvan.

Toinen tapa toteuttaa 3D-konenäköjärjestelmä on käyttää kappaleen tilavuutta mittaavaa laseranturia. Tämän tyyppinen järjestelmä pystyy määrittämään kappaleen sijainnin ja muodon jopa vain yhtä anturia käyttämällä. Sen avulla voidaan tutkia kappaleiden pinnanlaatua tai tilavuutta. Sen toiminta perustuu kappaleen syrjäyttämiin, takaisin heijastuviin lasersäteisiin. Järjestelmän tarkkuus on jopa 0.002 mm, kun käytössä on tarkasti kalibroidut laitteet /13/. Kuvattavan kappaleen tai kameran täytyy liikkua toistensa ohitse, mikäli koko kappale halutaan kuvata. Kuvassa 10 laseranturi tutkii kameran alta kulkevan jarrupalan pinnanlaatua, ja kuvan vasemmassa reunassa nähdään valmis kuva, missä korkeuserot näkyvät eri väreissä.



**Kuva 10.** Laseranturilla voidaan määrittää jarrupalan muoto ja tilavuus.

### 3.6 Bin Picking

*Bin Picking* eli ”astiasta poiminta” on termi, jota käytetään sellaisista 3D-konenäöllä ohjatuista robottisovelluksista, joissa robotti pystyy poimimaan kappaleen esimerkiksi pahvilaatikosta aivan kuten ihminen. Tämän menetelmän käyttöönoton haastavuutta voidaan vähentää järjestämällä poimittavat kappaleet selvään järjestykseen esimerkiksi kuormalavalle. Tätä tapaa kutsutaan *structured* -tyypiksi. Tätä hieman haastavampaa on toteuttaa *semi-structured* -tyyppinen poiminta. Siinä kappaleiden sijainti lavalla ei ole yhtä tarkka, tällöin konenäköjärjestelmän ohjelmistolta vaaditaan enemmän. Ehdottomasti haastavinta on toteuttaa *random* -tyyppinen poimintatapa. Siinä kappaleiden asennolla ei ole väliä, robotti pystyy poimimaan kappaleet eri asennoista ja korkeudelta. Kappaleet voivat olla missä tahansa kohdassa lavalla, ne voivat olla kiertyneenä mihin asentoon tahansa, ne voivat olla osittain toistensa päällä tai osittain jopa sisäkkäin. Tämä tapa vaatii ohjausjärjestelmältä paljon tehoa toimiakseen nopeasti reaaliajassa. /14/

## 4 OMRON ANYFEEDER

Omron Adept Anyfeeder on Sveitsiläisen Flexfactory AG:n valmistama laite, joka tarjoaa taloudellisen vaihtoehdon perinteisten kappaleen syöttöjärjestelmien tilalle. Omron myy 4 erikokoista laitetta, keskityn tässä työssä niistä toiseksi suurimpaan versioon, malliin SX240. Laitteen koon määrittelee se, minkälaisia kappaleita sillä halutaan syöttää robotille. Laitetta voidaan käyttää minkä tahansa robotin syöttölaitteena.

Laite soveltuu mm. seuraaviin sovelluksiin:

- pienten kappaleiden kokoonpano, käsittely ja laadunhallinta
- kappaleiden pakkaaminen
- kappaleiden laskenta
- prosessituotannon syöttö

Laite **EI** sovellu:

- elintarvikkeiden käsittelyyn
- käytettäväksi räjähdysherkissä kohteissa
- märkien, rasvaisten ja muulla tavoin selvästi likaisten kappaleiden käsittelyyn
- radioaktiivisten kappaleiden käsittelyyn
- ulkotiloihin.

Syötettävien kappaleiden mittojen ja massan pitää olla tietyissä rajoissa. SX240 versiossa ulkomittojen on oltava alle 75 mm, massa alle 60 g ja ohuiden, levymäisten kappaleiden ainevahvuus vähintään 0.5 mm. Syöttökoriin laitettavien kappaleiden kokonaismassa voi olla korkeintaan 1500 g ja niiden täytyy olla puhkaita ja kuivia. Niissä ei saa olla esimerkiksi metallilastuja eikä rasvaa. Mikäli poimintataso likaantuu, ei konenäköjärjestelmä pysty enää toimimaan tehokkaasti /15/.

#### Anyfeederin edut:

- kyky käsitellä toisistaan poikkeavia kappaleita
- tehokas tapa, kappaleet eivät takerru toisiinsa, ei tule tuotantoseisokkeja
- hellä menetelmä, kappaleet eivät vaurioidu koska takaisinkierrätystä ei tarvita
- automaattinen tyhjennys, helppo ja nopea poimintatason ja asetusten vaihto
- nopea asentaa, kompakti kokonaisuus integroidulla ohjauksella
- pienikokoinen, vie vähän lattiapinta-alaa
- helppo huoltaa ja käyttää, kaikissa malleissa samat servomootorit ja komentokäskyt.

Anyfeeder liikuttaa kappaleita poimintatasolla servo-ohjatun tärinän avulla. Siinä ei siis ole perinteistä, liikkuvaa kuljetushihnaa vaan paikallaan pysyvä, värähtelevä taso. Se pystyy liikuttamaan kappaleita eteen- ja taaksepäin ja tarvittaessa myös ”hyppäyttämään” kappaletta. Tätä toimintoa tarvitaan, mikäli kappaleet ovat jääneet toistensa päälle eikä pelkkä tärinä saa niitä asettumaan tasaisesti poimintalustalle. Laitetta käytetään kappaleiden syöttämiseen robotin poimintalustalle mistä robotti konenäön avulla löytää ne. Kappaleiden on levittäytyttävä tasaisesti poimintatasolle juuri tämän vuoksi, kappaleet eivät muuten erotu toisistaan kuvasa. Onnistuneen poiminnan jälkeen robotti asettaa kappaleet haluttuun asentoon esimerkiksi koottavaan lopputuotteeseen, kuljetushihnalle, pakkauslaatikkoon tai vaikkapa johonkin kiinnittimeen. Kun haluttu tuotantomäärä on saavutettu, laite tyhjentää automaattisesti jäljellä olevat kappaleet pois poimintatasolta. Laite ohjaa kappaleet tärinän avulla laitteen takana olevaan keräilyastiaan mistä ne voidaan palauttaa takaisin varastoon odottamaan seuraavaa käyttökertaa.

Tämän syöttölaitteen oleellisin ominaisuus on sen kyky lajitella hyvin erilaisia kappaleita. Kappaleet voivat olla valmistettu esimerkiksi muovista, kumista, metallista tai lasista. Laitteella syötetään vain yhtä kappalemallia kerrallaan. Kokoonpanosolussa voi olla toinenkin Anyfeeder, robotti voi poimia kahdesta laitteesta vuorotellen kahta erilaista kappaletta.



Kuvassa 11 on esitelty erilaisten kappaleiden kirjo, jota laite pystyy käsittelemään. Kappaleet poikkeavat toisistaan niin muotonsa, kuin kokonsakin puolesta. Mikäli kappaleita syötettäisiin esimerkiksi tärymaljalla, vaatisi jokainen osa juuri sille osalle mitoitettun maljan.



**Kuva 11.** Erilaisia kappaleita, joita Anyfeeder pystyy käsittelemään.

Laittekokonaisuus, joka koostuu Anyfeederistä, konenäköjärjestelmästä sekä robotista, pystyy korvaamaan useasta eri laitteesta koostuvan, perinteisen syöttölaitteiston. Tämä vapauttaa tilaa tuotantotiloista ja käytännössä poistaa kalliit tuotantoseisokit koska laitteen syötettäväksi voidaan vaihtaa toisentyyppinen kappale hyvin nopeasti. Perinteisten syöttölaitteiden, kuten tärymaljan, asetusten muuttaminen toisentyyppisen kappaleen syöttämiseen on aikaa vievää ja työlästä. Anyfeederin asetukset muutetaan yksinkertaisesti tyhjentämällä edelliset kappaleet laitteesta ja laittamalla seuraavat kappaleet laitteen yläosan säiliöön. Tämän lisäksi sekä konenäköjärjestelmän että robotin ohjelmat vaihdetaan uudelle kappaleelle soveltuviksi. Laitteeseen on saatavilla myös erilaisia poimintatasoja, niiden pin-

nanmuodot sekä väri vaihtelevat. Pinnanmuodoilla voidaan auttaa kappaleita asettumaan haluttuun asentoon, syynä tähän voi olla esimerkiksi robotin tarttujan koko tai muodot. Poimintatason väriä vaihtamalla pystytään parantamaan konenäköjärjestelmän erottelukykyä, väri riippuu käsiteltävästä kappaleesta. Lisävarusteena on myös saatavana joko ns. normaali LED-valo tai infrapunavalo, nämä asennetaan poimintatason alle. Taustavalon tehtävä on korostaa kappaleen reunojen erotumista poimintatasosta, tarve määritellään aina tapauskohtaisesti. Poimintatason alle on saatavissa myös erillinen, ”näköalueen tukilevy”, ns. *FOV support plate*. Tätä lisätukea voidaan tarvita, mikäli laitetta käytetään raskaampien kappaleiden syöttämiseen ja poimintataso alkaa taipua. Valitettavasti mistään ei löytynyt tietoa siitä, mikä on se kappaleiden painoraja, minkä ylittämisen jälkeen tätä lisätukea tarvitaan.

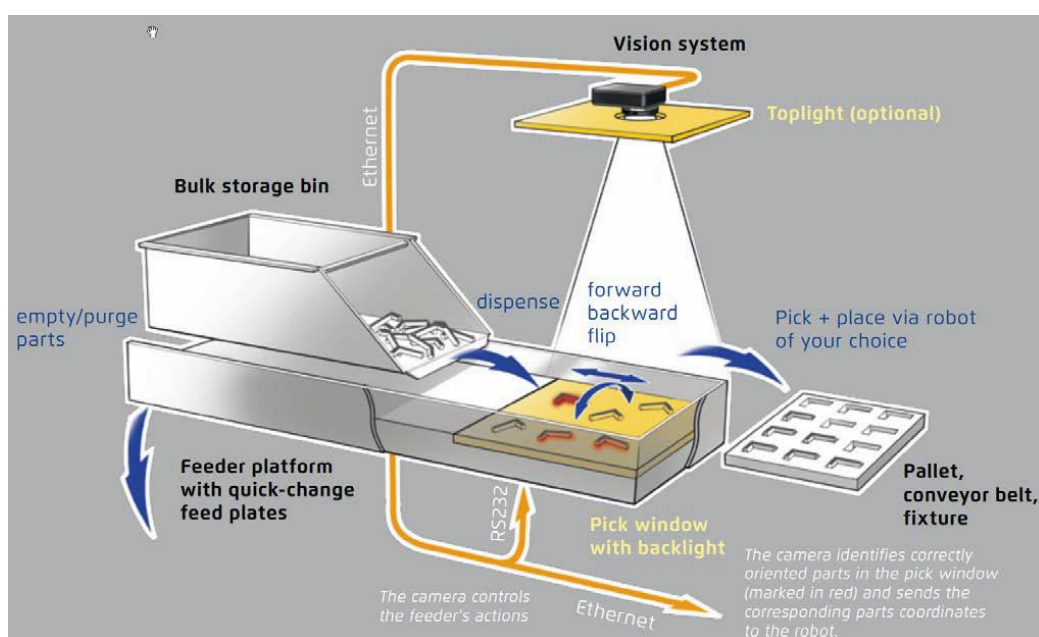
#### **4.1 Toimintaperiaate**

Anyfeederin toiminta ja siihen tarvittavat laitteet nähdään kuvassa 12.

Syötettävät kappaleet lisätään ylimpänä olevaan säilytyslaatikkoon, mistä laite annostelee kappaleet alempana olevalle poimintatasolle. Annostelu tapahtuu säilytyslaatikkoa värissyttämällä. Tämä saa kappaleet tippumaan poimintatasolle. Tämän jälkeen laite kuljettaa kappaleita eteenpäin ja levittää ne poimintatasolle. Seuraavaksi konenäköjärjestelmä ottaa kappaleista kuvan ja vertaa sitä opetettuihin arvoihin. Mikäli saadut arvot eivät mahdollista kappaleiden poimintaa, ts. kappaleet voivat olla päällekkäin tai liian lähellä poimintatason reunoja, antaa järjestelmä laitteelle uuden värinäkäskyn ja sen loputtua konenäköjärjestelmä ottaa uuden kuvan. Tätä sykliä toistetaan niin kauan, kunnes haluttu määrä kappaleita ovat poimittavissa. Laite pystyy ohjaamaan kappaleita eteen- tai taaksepäin poimintatasolla. Mikäli konenäköjärjestelmä ei pysty löytämään kuvasta poimittavia kappaleita esimerkiksi 10 värinäjakson jälkeen, voidaan laite ohjelmoida poistamaan poimintatasolta kaikki sillä hetkellä olevat kappaleet. Näin voi käydä, mikäli kappaleet ovat takertuneet toisiinsa eivätkä ne irtoa toisistaan. Tyhjentämisen jälkeen kierto palaa normaaliksi ja laite kaataa uuden erän kappaleita poimintatasolle.

Poimittavissa olevien kappaleiden lukumäärä määritellään ennakkoon, robotille voidaan antaa poimintakäske, mikäli edes yksi kappale on sopivassa asennossa. Tämän jälkeen värinäjäjakso alkaa uudestaan ja sykli kiertää niin kauan kunnes haluttu määrä kappaleita on saatu syötettyä robotin kautta tuotantolinjalle.

Värinäjäjakson pituutta, sen voimakkuutta ja suuntaa voidaan säätää, sopivat arvot määritellään kokeilemalla ja ne ovat kappalekohtaisia.



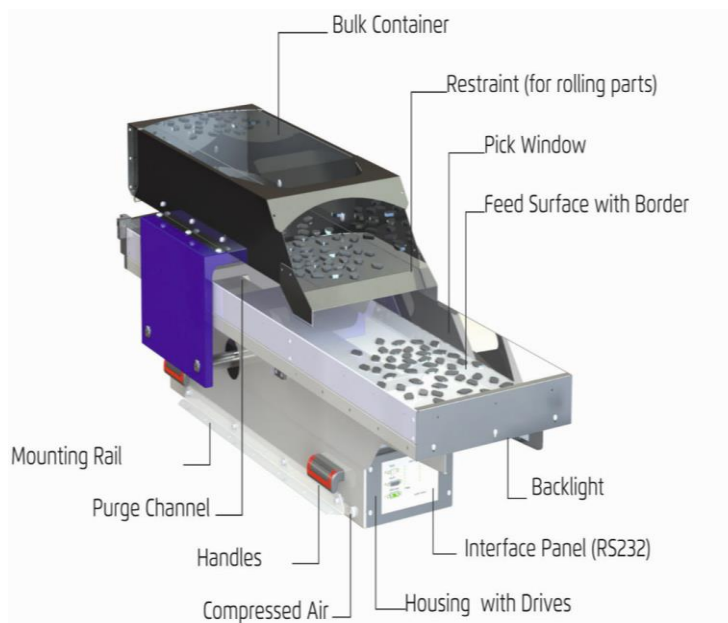
**Kuva 12.** Anyfeederin toimintaperiaate.

## 4.2 Laitteen pääkomponentit

Kuvassa 13 nähdään laitteen pääkomponentit. Kuvassa esiteltynä isompi SX340-malli, joka poikkeaa SX240-mallista vain poimintatasonsa koon puolesta.

- Bulk container – syöttökori
- Restraint – reunaeste pyöriville kappaleille
- Pick window – poiminta-alue
- Feed surface – vaihdettava poimintataso

- Backlight – taustavalo (lisävaruste)
- Interface panel – liitäntäpaneeli
- Housing with drives – perusrunko sisältäen servomoottorit
- Compressed air – paineilmaliihtä
- Handles – nostokahvat laitteen siirtelyyn
- Purge channel – kappaleiden poistokanava laitteen taakse
- Mounting rail – kiinnitystasot



**Kuva 13.** Anyfeederin pääkomponentit.

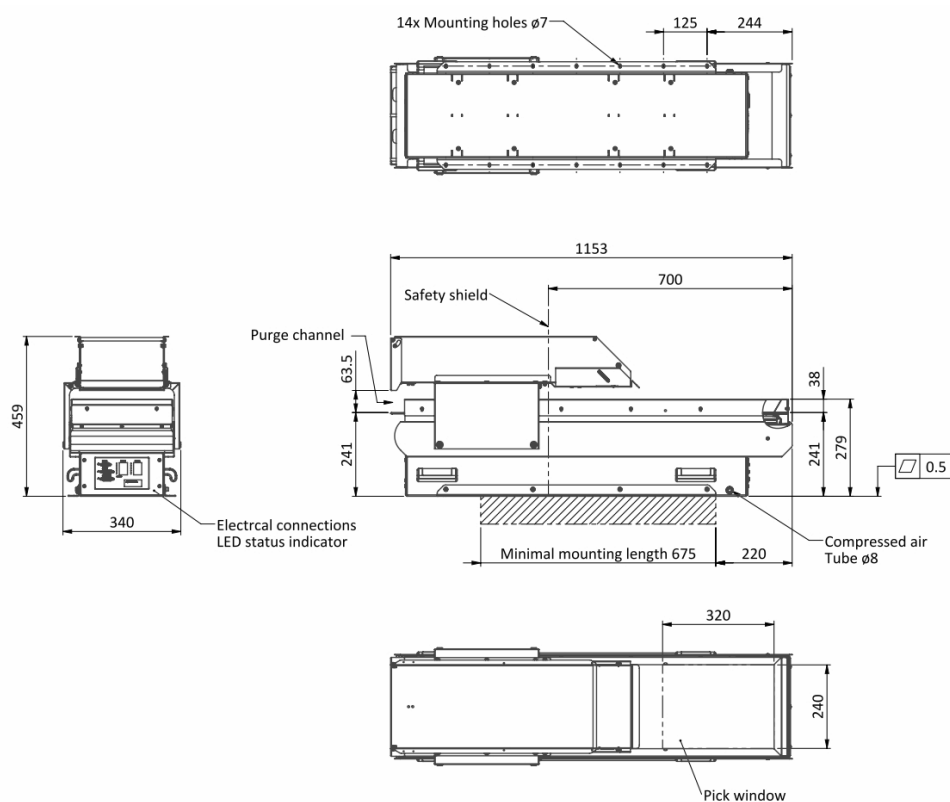
## 5 OMRON ANYFEEDERIN KÄYTTÖNOTTO

Tässä luvussa kerron Anyfeederin käyttöönotosta. Kaikki tieto on poimittu laitteen käyttöohjeista tai todettu itse asennustyötä tehtäessä Technobothnian tiloissa.

### 5.1 Mekaaninen asennus soluun

Anyfeeder on asennettava tukevasti kiinnityspinnoistaan haluttuun paikkaan. Koska Anyfeederin toiminta perustuu värinään, laite voi liikkua paikoiltaan, mikäli laitetta ei ole kiinnitetty kunnolla. Mitään sähkö- ja paineilmakytkentöjä ei saa tehdä ennen kuin laite on tukevasti kiinnitetty alustaan. Laitteen kyljissä olevat kantokahvat ovat ainoat paikat, mistä laitetta saa nostaa ja siihen tarvitaan kahta ihmistä.

Kuvassa 14 nähdään laitteen asennusmitat.



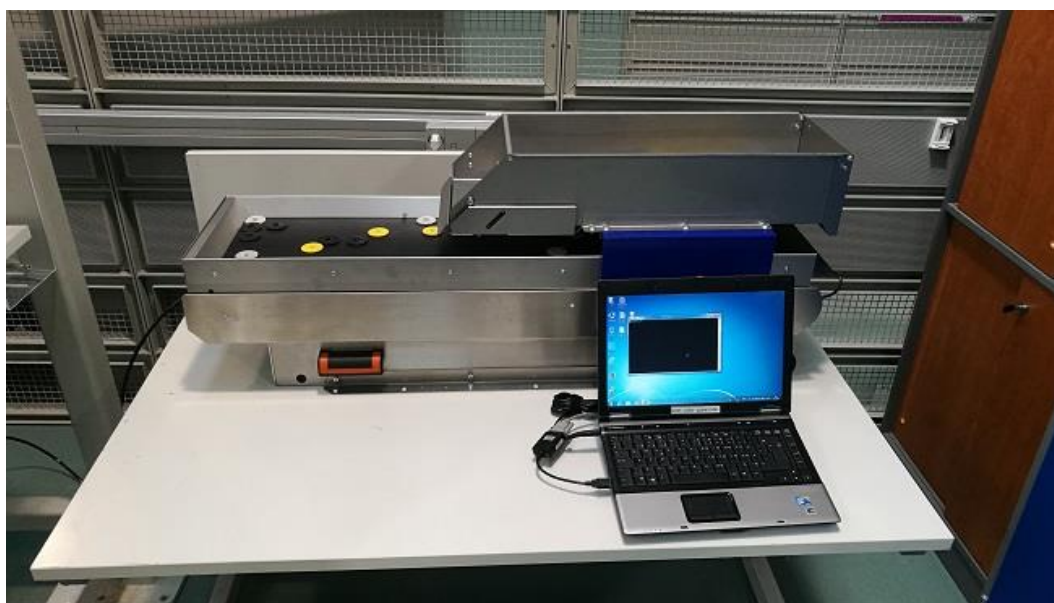
**Kuva 14.** Anyfeederin asennusmitat.

Erityisesti huomioitavaa on kiinnitystason tasomaisuustoleranssi 0.5 mm sekä vaadittava kiinnityspinnan minimipituus 675 mm. Mikäli asennuksessa ei huomioida edellä mainittuja seikkoja, voi laitteen ohuesta pellistä valmistettu runko taipua eikä laite toimi halutulla tavalla tai se voi jopa vioittua.

Laitteen kiinnityspinnoissa on 14 kpl halkaisijaltaan 7 mm reikiä. Näistä vähintään 4 reikää on käytettävä laitteen kiinnitykseen (2 per kiinnityskisko). Kiinnityksessä käytetään M6-kuusiokoloruuveja sekä aluslevyjä.

Technobothnian tiloista löytynyt työpöytä soveltui hyvin kiinnitystasoksi. Sen paksu, tukeva ja sileäpintainen kansi todettiin riittävän tasomaiseksi ja laite asennettiin siihen kiinni. Koekäytössä todettiin laitteen liikkeiden aiheuttavan niin suuria voimia, että pöydän runkoa jouduttiin tukevoittamaan lisäämällä sen jalkoihin ristituet. Tämä poisti ongelman, nyt laitteen liikkeet kohdistuivat itse kappaleiden liikuttamiseen eikä energia hukunut pöydän rungon joustamiseen.

Kuvassa 15 nähdään laite kiinnitettynä pöydälle.



**Kuva 15.** Anyfeeder asennettuna pöydälle.

Kuvassa näkyy myös tietokone, jonka avulla laitetta pystyttiin testaamaan antamalla sille toimintakäskyjä. Pöytä ei ole laitteen lopullinen asennuspaikka, vaan sen tilalle tullaan myöhemmin suunnittelemaan tarkemmin määritelty runko, min-

kä avulla laite sijoitetaan akkujen kokoonpanosoluun. Anyfeederin virransyötöstä vastaava irrallinen virtalähde on laitteen takana.

## 5.2 Paineilmaliitäntä

SX240-malli tarvitsee toimiakseen paineilmaa. Paineilma ohjaa syöttökorin reu-naestettä annosteluvaiheen aikana. Liitäntä löytyy laitteen sivupaneelistä (kuva 16). Paineilman täytyy olla kuivaimen kautta tuotua eikä siinä saa olla voiteluaineita. Ilmapaine saa olla korkeintaan 6.0 bar.



**Kuva 16.** Paineilmaliitäntä.

## 5.3 Sähkökytkennät

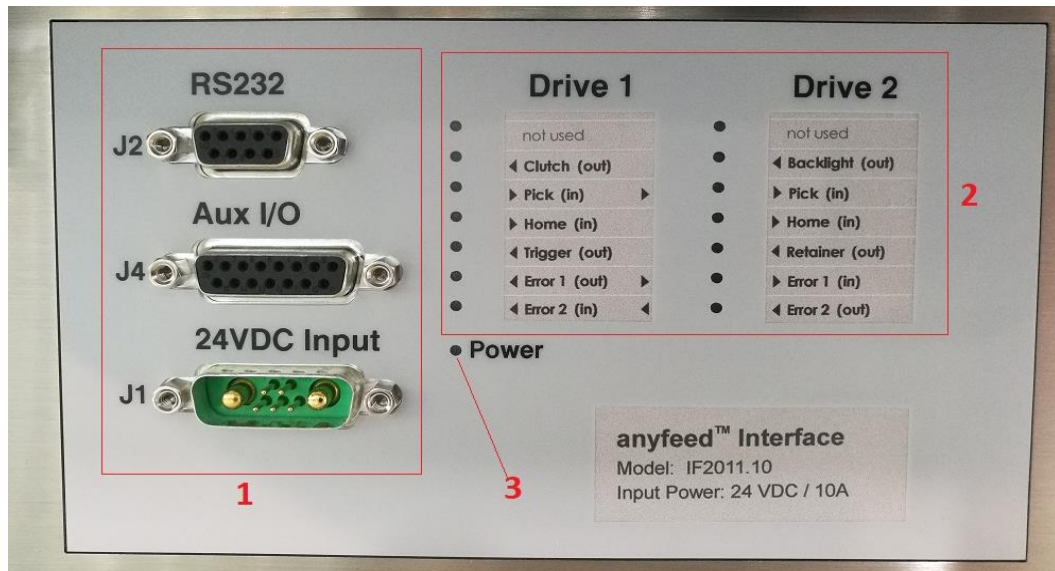
Anyfeederin mukana tuli virtajohto sekä RS232-sarjakaapeli. Laitteen käyttöjännite on 24 VDC ja virta 10 A. Laitteessa on 20 A suojasulake. Kuvassa 17 nähdään laitteen kytkentäpaneelin liitännän ja merkkivalot.

Kohta 1 sisältää sähköiset kytkennät joiden avulla laitetta pystytään ohjaamaan.

- RS232-liitäntä kytketään joko robotin ohjaukseen tai tietokoneeseen.
- Aux I/O - portin kautta laitetta voidaan ohjata digitaalisesti.
- 24 VDC input -liitännään kytketään laitteen virtajohto. Laite käyttää vain 2 isompaa napaa, keskimmäiset eivät ole käytössä.

Kohdassa 2 nähdään laitteen tilatiedot. Merkkivalot kertovat missä työkierron vaiheessa laite on menossa.

Kohdan 3 power-merkkivalo palaa, kun laitteeseen on kytketty virrat päälle.



**Kuva 17.** Anyfeederin kytkentäpaneeli.

Anyfeederin vaatima 24 voltin käyttöjännite otetaan lähtökohtaisesti robotin ohjainyksiköstä. Syöttölaitteen testikäytön mahdollistamiseksi virransyöttö hoidettiin erillisellä AXIOMET AX-3010H -virtalähteellä (kuva 18).

Laitteen lähtöjännitteen arvoa voidaan säätää välillä 1 – 30 voltia ja lähtövirran arvoa välillä 0 – 10 ampeeria. Anyfeederin vaatimat arvot ovat 24 V/10 A, nämä arvot näkyvät virtalähteen näytössä VSET 24.00 ja ISET 10.00 /16/.





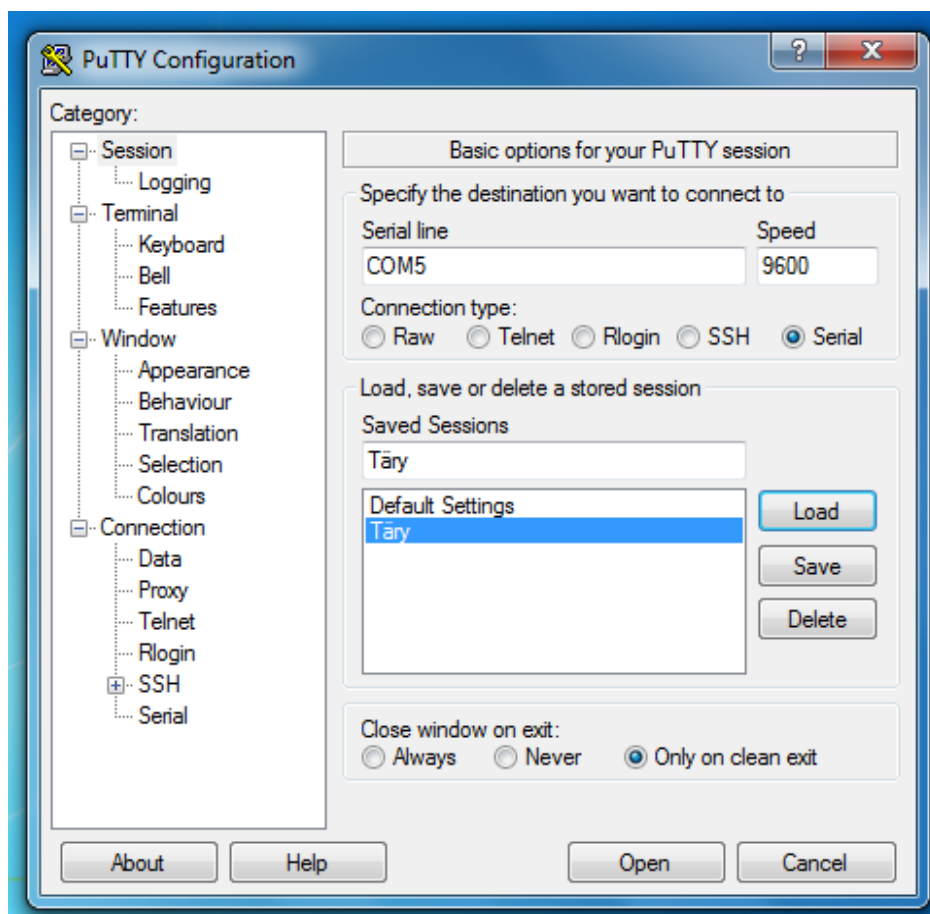
**Kuva 18.** AXIOMET AX-3010H -virtalähde.

#### 5.4 PuTTY -ohjelma

Laitteen ohjauskäskyjen antoon käytettiin laboratorion laitekannasta löytynyttä kannettavaa tietokonetta. Ohjelmistona käytettiin PuTTY-ohjelmaa, jonka avulla voitiin lähettää Anyfeederille yksi komentorivi kerrallaan RS232-sarjaliikennekaapelin välityksellä /17/. Valitettavasti tällä tavoin laitetta ei voitu käyttää pidemmissä sykleissä, vaan ohjelmistona olisi pitänyt olla esimerkiksi ABB RobotStudio.

PuTTYn käyttöönotossa ohjelma ladattiin tietokoneelle, ja Anyfeederin mukana tullut RS232-sarjaliikennekaapeli kytkettiin tietokoneen usb-porttiin adapterin avulla.

Ohjelma käynnistettiin ja sitä käytettiin Administrator asetuksilla. Anyfeederin ohjeiden mukaan siirtonopeudeksi (baud rate) määriteltiin 9600, liitäntätyyppiä serial, ja liitäntäportiksi valittiin COM5. Kameran IP-osoitteeksi asetettiin 192.168.200.102. Nimeksi näille asetuksille määriteltiin Täry, sen valitsemalla seuraavilla käyttökerroilla on asetukset heti oikein. Kuvassa 19 nähdään PuTTYn asetusvalikko.



**Kuva 19.** PuTTY-ohjelman asetusvalikko.

## 5.5 Kamera ja kuvankäsittelyohjelmisto

Konenäköjärjestelmän kamerana toimii Omronin valmistama FQ2-S4-älykamera. Kamera oli jo käytössä akkujen kokoonpanosolussa. Sen ominaisuuksiin kuuluu sisäänrakennettu 600 mHz-prosessori, valaistus, se kykenee itse prosessoimaan ottamansa kuvan, linssin tarkennusta voidaan säätää kuvausalueen ja etäisyyden mukaan, mukana tulee tarvittaessa linssiin lisättävä polarisaatio-suodin ja kamera kommunikoi muun järjestelmän kanssa Ethernet-verkon kautta. Se pystyy kuvaamaan joko mustavalkoisia tai värikuvia. Laitteen tarkka mallimerkintä on FQ2-S45100N-08. Mallimerkinnän tarkempi avaaminen paljasti, että kameran resoluutio on 350000 pikseliä, kuvausalue maksimissaan 300 mm x 268 mm ja kuvausetäisyys välillä 32 mm – 380 mm /18/.

Kamera tarvitsee vain pienikokoisen Omron TouchFinder FQ2-D30 -ohjelmointilaitteen tai TouchFinder for PC-tietokoneohjelman. Näiden avulla kameran asetuksia voidaan säätää siten, että sen ottamien kuvien kontrasti saadaan riittävän tarkaksi. Tämä onnistuu mm. kuvan tarkkuutta, valkotasapainoa ja valotusaikaa säätämällä. Kuvassa 20 nähdään FQ2-S4 älykamera ja FQ2-D30 -ohjelmointilaite. Tässä työssä käytössä oli kuitenkin tietokoneelle ladattu TouchFinder for PC-tietokoneohjelma.



**Kuva 20.** FQ2-S4 -älykamera ja FQ2-D30 TouchFinder -ohjelmointilaite.

Kun kuvan laatu on saatu hyväksi, täytyy laitteelle seuraavaksi opettaa poimittavan kappaleen piirteet. Anyfeederin testikäyttöön kappaleeksi valikoitui laboratorista löytyneet pyöreät, ohuet ja reiälliset muovikiekot. Väreinä olivat keltainen, harmaa ja musta. Kiekkojen etu- ja takapuoli olivat keskenään hieman erimuotoisia. Koska värejä oli kolme ja erilaisia muotoja kaksi, olisi muodon puolesta kappaleen tunnistukseen ollut mahdollista määrittää kuusi erilaista muuttujaa. Ajanpuutteen vuoksi päätettiin kuitenkin tunnistaa kuvista pelkästään pyöreitä kiekkoja.

Heti ensimmäisten kuvien ottamisen jälkeen kävi selväksi, että Anyfeederissä valmiina kiinni ollut musta poimintataso täytyi vaihtaa valkoiseen. Mustat kiekot eivät erottuneet ollenkaan taustasta, kuvissa näkyi vain keltaiset ja harmaat kiekot. Poimintatason vaihto onnistui, kun laitteen kyljissä olevia pieniä kuusikoloruuveja avasi hieman molemmilta puolilta. Yhdet ruuvit jäivät säilöntäkorin tukirautojen taakse, rautoja ei kuitenkaan haluttu purkaa pois tieltä. Poimintatasoksi vaihdettiin valoa läpipäästävä valkoinen taso ja siitä seurasi välittömästi seuraava ongelma. Aiempi musta taso oli myös mattapintainen, se ei siis heijastanut kameran valoa takaisin. Sen tilalle vaihdettu valkoinen poimintataso on kiiltäväpintainen ja nyt kameran valaistus heijastui kuvaan. Seuraavaksi kokeiltiin kuvata ilman valoa, nyt

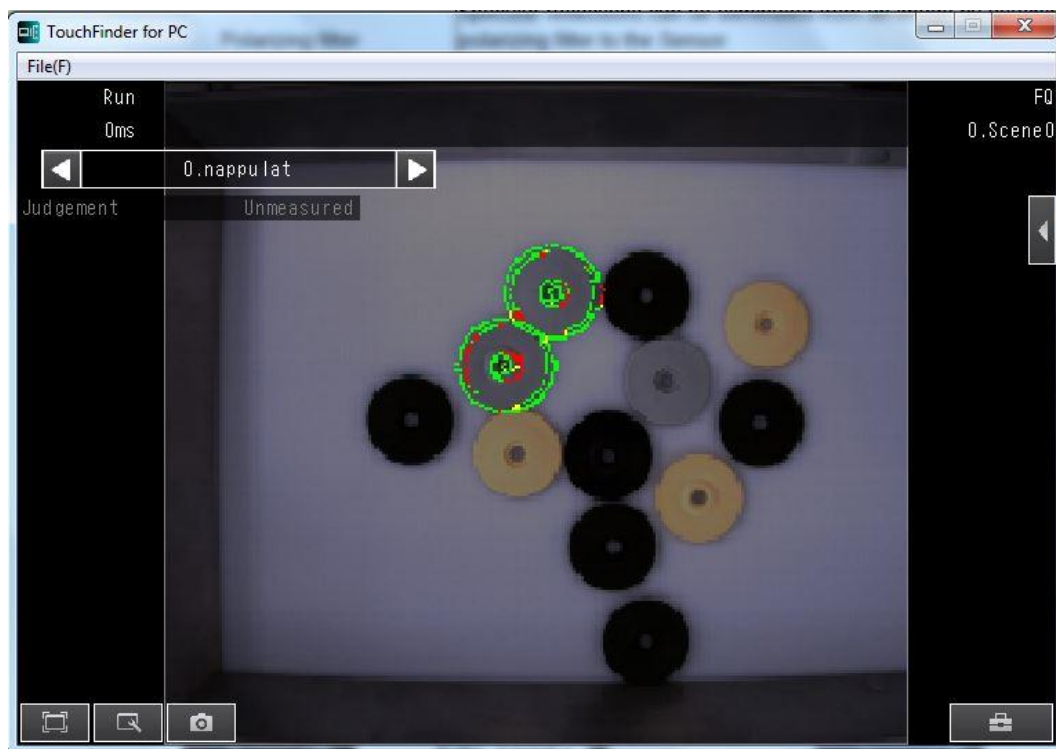
ongelmaksi muodostui kuvassa 21 näkyvät laboratorion kattovalaisin sekä kattoikkunat.



**Kuva 21.** Kuvaan heijastuneet laboratorion kattovalaisin sekä kattoikkunat.

Seuraavaksi kameraan lisättiin polarisaatiosuodatin, joka aiheutti sen, että kuvasta tuli hyvin tumma eikä heijastukset kokonaan poistuneet kuvasta. Lopulta toimivaksi ratkaisuksi todettiin isosta pahvilaatikosta leikattu varjostin, joka peitti ylhäältä tulevat valonlähteet. Nyt kaikki kappaleet erottuivat kuvasta riittävän hyvin ja ohjelmisto löysi kaikki kappaleet kuvasta. Nämä ongelmat opettivat välittömästi valaistuksen haasteellisuuden konenäkösovelluksissa.

Etsittävä muoto opetettiin ohjelmalle *Shape Search* -toiminnolla. Siinä neliön muotoinen etsintä alue kohdistettiin yhden kiekon päälle. Ohjelma tunnisti kuvasta ulkoreunan ja keskireiän ympyrämäiset muodot. Tässä vaiheessa käyttäjä voi vaihtoehtoisesti määrittellä myös ne piirteet, mitä kuvasta ei haluta tunnistaa. Tämä voi joissain tapauksissa helpottaa kappaleen tunnistusta (kuva 22).



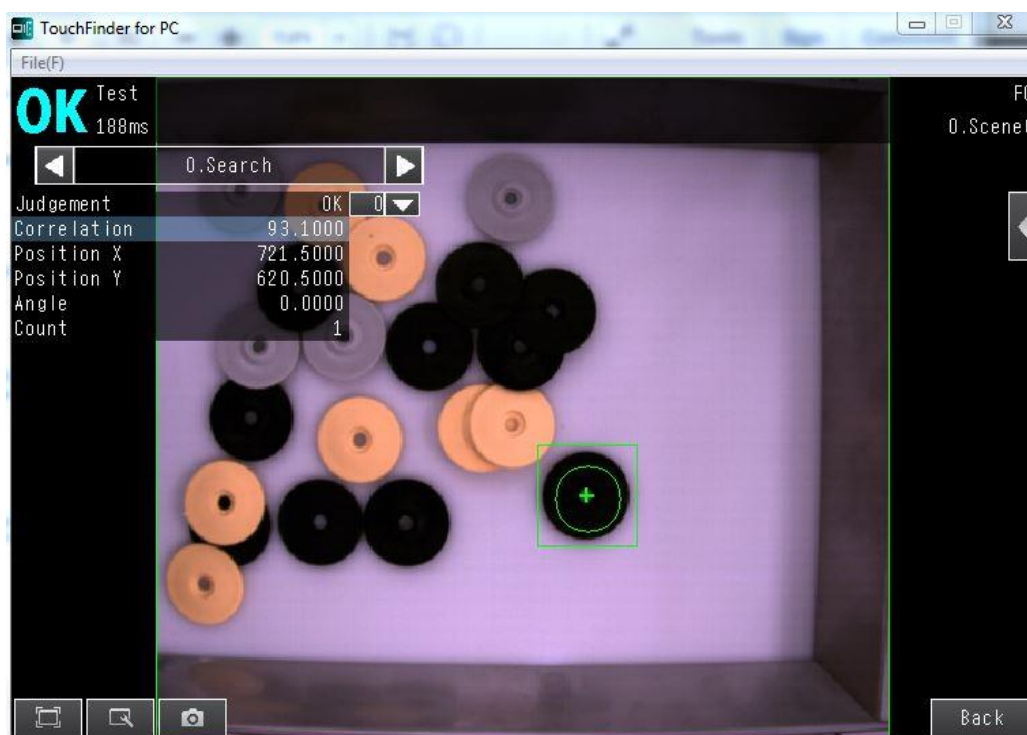
**Kuva 22.** Kuvasta tunnistetut muodot näkyvät vihreän värisinä.

Kuvassa 23 nähdään kappaleen tunnistuksen testiajo. Ohjelma on tunnistanut oikeassa alareunassa näkyvän kiekon. **Judgement** -kohdassa merkintä OK ilmoittaa muodon vastaavan ohjelmalle opetettua muotoa.

**Correlation** -luku ilmoittaa asteikolla 0 – 100 sen, kuinka tarkasti muoto vastaa opetettua muotoa, tässä tapauksessa vastaavuus on 93.1 prosenttia. Raja-arvo voi olla esimerkiksi 60, ja mikäli **correlation** -luku on esimerkiksi 58, ei kappaletta hyväksytä poimittavaksi.

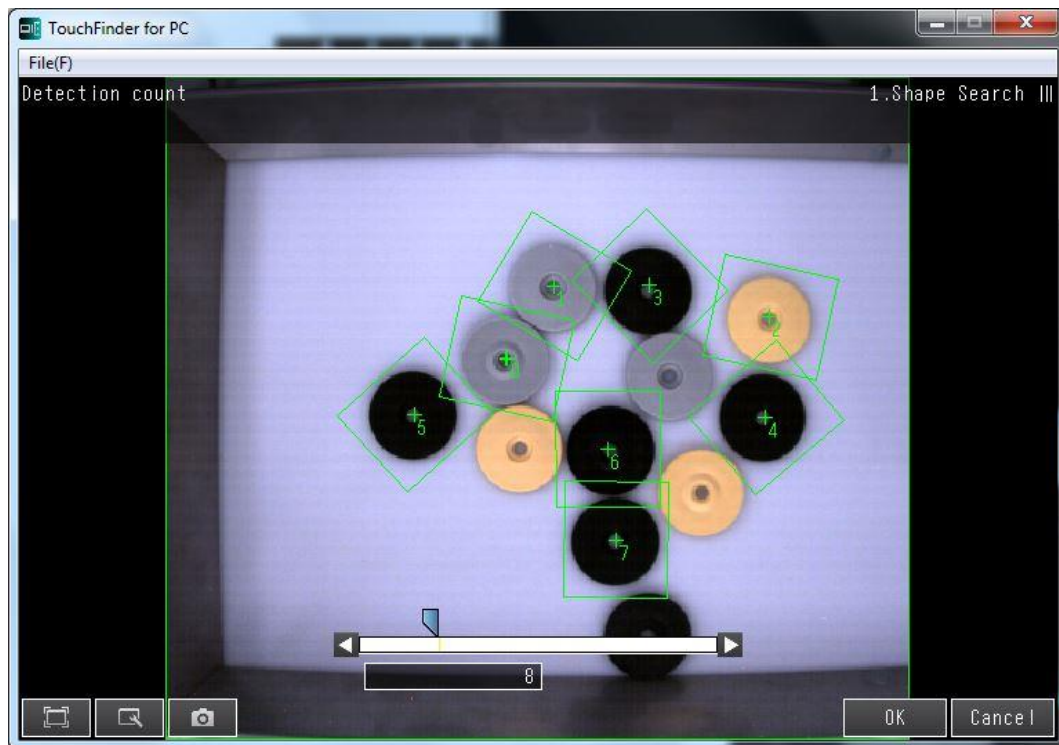
**Position X** ja **Y** kertovat löydetyn muodon sijainnin koordinaatistossa, näiden arvojen avulla robotti osaa poimia kappaleen oikeasta paikasta. **Position X** ja **Y** -arvojen ylä- ja alarajat voidaan määrittää asteikolla -99,999,9999... +99,999,9999.

**Angle** -kohdassa ilmoitetaan kappaleen kiertymä X/Y-koordinaatistossa asteikolla +180...-180 astetta. Koska tällä kertaa kyseessä on pyöreä kappale, ei sen kiertymää pystytä eikä tarvitse mitata. Tästä johtuen valikon arvo on nolla. **Count** -kohdassa nähtävä luku yksi ilmoittaa sen, että kuvasta on löydetty yksi haluttu muoto.



**Kuva 23.** Kuvasta löydetty kappale ja siihen liittyvä valikko.

Kuvasta löydettyjen kappaleiden määrää voidaan säätää välillä 0 – 32. Se määrittellään lajiteltavan kappaleen mukaan tapauskohtaisesti. Sopiva määrä riippuu syötettävän kappaleen koosta ja muodosta, ne määräävät sen, kuinka monta kappaletta poiminta- ja kuvaustasolle mahtuu kerrallaan. Kuvassa 24 on nähtävissä tilanne, jossa ohjelma on tunnistanut kuvasta kahdeksan poimittavaa kappaletta. Etsittävien kappaleiden lukumäärä säädetään **Detection Count** -valikossa. Kuvan alareunassa on nähtävissä liukusäädin ja luku kahdeksan, joka kertoo etsittävien muotojen määrän.



**Kuva 24.** Kuvasta etsittävien muotojen lukumäärän valinta.

Poimittavan kappaleen valintaan voidaan vaikuttaa muillakin tavoin. Poimitaan ensimmäisenä se löydetty kappale, joka on:

- vastaa eniten opetettua muotoa
- vastaa vähiten opetettu muotoa
- pienin position X -arvo
- suurin position X -arvo
- pienin position Y -arvo
- suurin position Y -arvo

Esimerkiksi pienin *Position X* -arvo voi merkitä sitä, että kappale on lähimpänä robottia, tämä lyhentää poiminta-aikaa ja nopeuttaa kappaleiden syöttöä.



## 6 OHJELMAN KULKU

Anyfeederiä ohjataan robotin ohjelmaan kirjoitetuilla sarjakomennoilla. Nämä käskyt ovat komentorivejä, joita lähetetään yksi kerrallaan sarjaportin kautta. Yksinkertaisesti kuvailtuna ohjelma etenee seuraavalla tavalla: Kun Anyfeeder suorittaa komentoa, lähettää se siitä vastaustiedon takaisin ja näin ohjelma odottaa niin kauan, kunnes laite on suorittanut komennon loppuun joko onnistuneesti, tai se lähettää tiedon siitä, että komento jäi suorittamatta. Mikäli laite suoritti komennon onnistuneesti loppuun, voi robotin ohjelma vasta nyt jatkaa seuraavaan komentoon. Suorittamatta jättäminen huomioidaan esimerkiksi siten, että ohjelmaan kirjoitettu ehtolauseke asettaa laitteen liitäntäpaneelin vikavalon palamaan ja ohjelman kulku pysähtyy. Nämä komentokäskyt sekä syöttölaitteen vastaukset kulkevat edestakaisin nopeasti robotin, Anyfeederin ja konenäköjärjestelmän välillä.

Robotin ohjelmaan kirjoitetaan ehtolausekkeitä, joihin täytyy saada tosi- tai epätoisi -vastaus. Ehtolausekkeiden lukumäärä, sekä ohjelman pituus määräytyy syötetävän kappaleen mukaan. Mitä vaikeammin syötettävät kappaleet levittäytyvät poimintatasolle, sitä enemmän joudutaan komentokäskyjä lisäämään ohjelmaan.

Komentokäskyjä on useita erilaisia ja niiden kesto vain muutaman sekunnin. Peruskäskyn keston pituus vaihtelee käskyn mukaan, mutta jakson pituutta voidaan säätää lisäämällä ohjelmaan komentokäskyn perään parametrimuuttuja, joka määrää montako muutaman sekunnin jaksoa komennolla suoritetaan. Jakson pituuden lisäksi, myös niiden voimakkuutta voidaan säätää, mutta tämä pätee ainoastaan kappaleen liikuttamiseen liittyvien komentojen kanssa.

Kun Anyfeeder käynnistetään, sen ohjelmisto nollaa kaikki komennot, ja laite odottaa alkutilassa uusia käskyjä. Mikäli laitteelle annetaan esimerkiksi ”*feed forward*” -komento, se suorittaa vain yhden eteenpäin syöttöliikkeen. Parametrinen muuttuja on pyyhkiytynyt sen muistista eikä laite suorita liikkeen toistoja.

Seuraavassa kuvataan esimerkkiohjelman kulkua. Kuvaus löytyy Anyfeederin käyttöoppaasta. Anyfeeder saa toimintakomentoja ja se lähettää vastauksia robotin ja konenäköjärjestelmän kanssa.

- 1) Aseta Anyfeeder alkutilaan (*initialize*).
- 2) Lähetä kappaleiden alkusyöttökomento (*dispense*). Tällä komennolla kappaleet siirtyvät säilöntäkorista poimintatasolle.
- 3) Ota kuva ja etsi kuvasta poimittavissa olevat kappaleet.
  - a. Jos poimittavia kappaleita löytyi, jatka vaiheeseen 4.
  - b. Jos poimittavia kappaleita ei löytynyt, jatka vaiheeseen 6.
- 4) Komenna robottia poimimaan yksi, tai useampi poimittavissa oleva kappale.
- 5) Ota välittömästi uusi kuva, kun robotti on kuvausalueen ulkopuolella.
  - a. Palaa kohtaan 3.
- 6) Mikäli poimittavia kappaleita ei löydy, tai viimeinen poimittavissa oleva kappale on poimittu, anna toimintakomento syöttölaitteelle.
  - a. Annettava komento riippuu kappaleiden asennosta syöttölaitteessa.
- 7) Säädetyn viiveajan jälkeen, kun kappaleet ovat asettuneet poimintatasolle, ota uusi kuva ja etsi kuvasta poimittavissa olevat kappaleet.
  - a. Mikäli poimittavia kappaleita löytyy, palaa kohtaan 4.
  - b. Mikäli poimittavia kappaleita ei löydy, mutta poimintatasolla on kappaleita, toista kohta 6.
  - c. Mikäli poimittavia kappaleita ei löydy ja poimintataso on tyhjä, palaa kohtaan 2.

Laitteen testikäytön aikana kokeiltiin syöttää jo aiemmin mainittuja muovisia kiekkoja. Ensimmäiseksi muoviekikkoja levitettiin poimintatasolle, että löydettäisiin sopiva kappalemäärä poimintatasolla. Kameran kuvaa tutkimalla päädyttiin

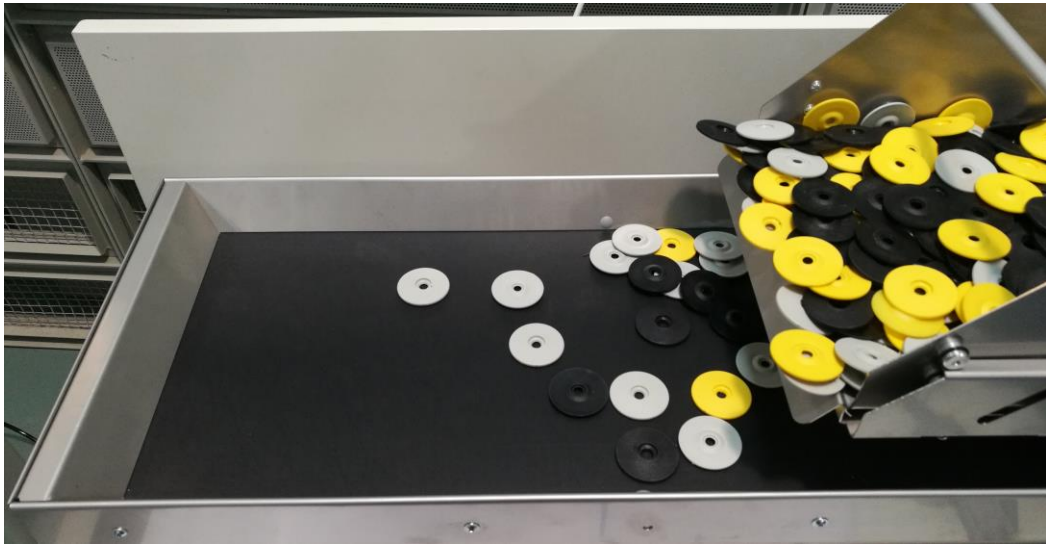
siihen, että sopiva kappalemäärä on n. 15 – 20 kappaletta. Tällöin kappaleet ovat levinneet tasaisesti poimintatasolle, eivätkä ne ole toistensa päällä estäen niiden poimintaa. Testissä kokeiltiin Anyfeederin eri komentoja ja komentojen parametrisille muuttujille annettiin eri arvoja. Näin löydettiin parhaiten muovikiekoille sopivat arvot.

Sopivan kappalemäärän arvioimisen jälkeen syöttökoriin kaadettiin n. 300 muoviekkoa ja ne siirrettiin korin takaosaan. Laite syöttää kappaleet syöttökorista alas poimintatasolle *dispense*-komennolla. Komennon perusmuoto on  $x=6$ . Seuraavaksi testattiin komennon vaikutusta erimittaisilla jaksonpituuksilla. Jokaista erimittaista komentojaksoa toistettiin kahdeksan kertaa ja tulokset kirjattiin ylös.

Kun liike halutaan toistaa useampaan kertaan, muuttuu komentokäske muotoon  $ab[6]=10 x=6$ . Tällä määritellään komennolle 10 toistoa. Testi osoitti, että toistoja oli liikaa, kappaleita putosi poimintatasolle välillä 40 – 70 kappaletta.

Komento  $ab[6]=5 x=6$  toisti jaksoa 5 kertaa ja kappalemäärä pieneni, mutta se oli vieläkin liian suuri. Kappaleita putosi välillä 23 – 59 kappaletta.

Eri muuttujan arvojen kokeilemisen jälkeen tultiin siihen lopputulokseen, että kolme toistoa oli sopiva arvo, kappaleita putosi tällöin välillä 15 – 26 kappaletta. Kuvassa 25 nähdään kappalemäärä poimintatasolla kolmen toiston jälkeen.



**Kuva 25.** Kappalemäärä kolmen toiston jälkeen.

Kun kappaleita oli sopiva määrä poimintatasolla, kokeiltiin seuraavaksi syöttää niitä eteenpäin. Kappaleiden pitää siirtyä tasoa eteenpäin siksi, että samalla kun ne levittäytyvät poimintatasolle, siirtyvät ne myös kuvausalueelle kameran alapuolelle. Robotti ei myöskään pysty poimimaan kappaleita, mikäli ne ovat liian lähellä syöttökorin reunaa.

*Feed forward*, eli syöttö eteenpäin komennon perusmuoto on  $x=1$ . Komentosarja  $ab[1]=1$   $x=1$  toisti syötön eteenpäin vain kerran. Se oli aivan liian lyhyt, kuten myös kaksi toistoa. Kappaleet eivät juurikaan liikkuneet eteenpäin. Toistoja lisättiin ja parhaan tuloksen toi 10 toistoa, kappaleet levisivät melko tasaisesti ja niistä suurin osa oli poimittavissa (kuva 26).



**Kuva 26.** Kappaleiden asema 10:n *feed forward* -komennon jälkeen.

Liikettä kokeiltiin myös toistaa 20 kertaa komennolla  $ab[1]=20 \ x=1$ . Tämä osoitautui liian pitkäksi kestoksi, kaikki kappaleet siirtyivät ja kasaantuivat poimintatason pätyyn.

Tämän jälkeen testattiin *feed backward* -komentoa,  $x=2$ . Tämä komento liikuttaa kappaleita taaksepäin poimintatasolla. Kappaleet palautuivat kuvausalueelle samalla leviten tasaisesti.

Viimeinen testi koski kappaleiden poistamista koko laitteesta. Komento on *purge* ja se kirjataan muodossa  $x=7$ . Laitte täryttää poimintatasoa ja kappaleiden suunta on laitteen taakse, mistä kappaleet putoavat alle laitettiin laatikkoon.

Valitettavasti aika loppui kesken, eikä laitetta ehditty ajamaan robotin ohjelmalla. Laitteen lopullinen sijoituspaikka tulee olemaan akkujen kokoonpanosolussa, ja solussa robotille syötettävät kappaleet määrittelevät laitteen ohjauskomennot.

## 7 ANYFEEDERIN TEKNISET TIEDOT JA HUOLTO

Anyfeederin päivittäinen käyttö aiheuttaa laitteen likaantumista. Vaikka laitteella ei saa syöttää likaisia tai öljyisiä kappaleita, voi kappaleiden mukana silti tulla likaa poimintatasolle. Sopiva puhdistusaine on esimerkiksi ikkunanpesuaine.

- Syöttökori, poimintataso ja laitteen rungon ulkokuoliset osat pitää puhdistaa vähintään kerran viikossa.
- Kuukausittaiseen puhdistukseen kuuluu poimintatason irrotus ja laitteen sisäpuolen puhdistus. Poimintatason alapuolella olevan taustavalon lasi pitää olla erityisen puhdas, lika aiheuttaa ongelmia konenäköjärjestelmän kappaleen tunnistuksessa.
- Itse taustavalo täytyy irrottaa ja puhdistaa n. 3 kuukauden välein.
- Vuosihuollossa edellä mainittujen kohteiden lisäksi, täytyy paineilma-venttiilien äänenvaimentimet tarkistaa ja tarvittaessa uusia.

Laitteen puhdistusaikataulu määräytyy käytön mukaan, mikäli huomataan että joistain syötettävistä kappaleista irtoaa likaa muita enemmän, täytyy laitetta puhdistaa useammin.

Ohjekirjasta löytyy seikkaperäiset kuvat siitä, miten laitteen eri komponentteihin pääsee käsiksi.

Anyfeeder-mallisarjan tekniset tiedot on esitelty kuvassa 27. Siitä on nähtävissä mallisarjan eri laitteiden kokoerot, kappaleen kokoa rajoittavat tekijät sekä niiden vaatimat käyttöolosuhteet. Tietoja voidaan käyttää sopivan kokoisen syöttölaitteen valinnassa. /19/

	SXM100	SXM140	SX240	SX340
Capacity Bulk Container	3 dm <sup>3</sup>	4 dm <sup>3</sup>	10 dm <sup>3</sup>	15 dm <sup>3</sup>
Field of Vision	100x134 mm	140x193mm	240x320 mm	340x430 mm
Backlight Area	134 cm <sup>2</sup>	270 cm <sup>2</sup>	768 cm <sup>2</sup>	1462 cm <sup>2</sup>
Max. weight on surface (FOV)	500g	500g	1500g	1500g
Plate level (parts)	171mm	160mm	241mm	255mm
Border height	28mm	28mm	38mm	52mm
Light height of Purge Channel	34mm	34mm	63.5mm	89mm
Power Requirements	24 V/ 10 A			
Typical consumption	100 W (depending on operating mode)			
Compressed Air	-	-	≤ 6 bar unlubricated / filtered	≤ 6 bar unlubricated / filtered
Eccentricity Feed Surface (Maximum stop from initial position)	±2mm	±3.5mm	±12mm	±12mm
Eccentricity Bulk Container	±2mm	±2mm	±5mm	±5mm
Interface	RS232 (DSUB9 Female)			
Drive	2 brushless servo drives			
Temperature	5-45°C			
Humidity	95% non-condensing			
Weight	18kg	22kg	50kg	55kg

**Kuva 27.** Anyfeeder-mallisarjan tekniset tiedot.

## 8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Tässä työssä tutkittiin Anyfeeder-syöttölaitetta, sen asentamista ja koekäyttöä. Laitteen mekaaninen asennus ja koeajo suoritettiin onnistuneesti. Laitteen ominaisuudet tulivat selväksi koeajon aikana.

Toiminnassa olevassa kokoonpanosolussa tarvitaan myös konenäköjärjestelmää. Sen avulla varsinaisen kokoonpanotyön tekevä robotti löytää poimittavat kappaleet Anyfeederin poimintatasolta. Konenäköjärjestelmän kameran ottamien kuvien laadussa oli ongelmia. Näistä ongelmista aiheutui ylimääräistä työtä, mutta samalla ne olivat hyvä opetus konenäköjärjestelmien valaistuksen tärkeydestä. Kohteen valaistus täytyy huomioida heti alussa, erityisesti kohteen yläpuolella olevat valonlähteet huonontavat kuvan laatua.

Ohjelman mahdollistamat kameran ja kuvan säädöt ovat erittäin monipuoliset, niiden avulla on mahdollista saada kuvattava kohde näkymään selvästi. Ohjelmiston käyttöliittymään tutustumiseen kului myös runsaasti aikaa.

Tämän työn tekeminen oli mielekästä, koska en ollut aiemmin tutustunut syöttölaitteisiin. Anyfeeder oli muutenkin mielenkiintoinen tutkimuksen kohde, koska se selvästi poikkeaa muista syöttölaitteista kyvyllään syöttää erilaisia kappaleita.

Tiesin työn aikataulun olevan kiireinen, sopiva aihe löytyi hieman liian myöhään. Kireästä aikataulusta johtuen en ehtinyt tutustua ABB RobotStudio -ohjelmaan, eikä Anyfeederin ohjaaminen sen avulla onnistunut.



## LÄHTEET

- /1/ Fyysinen kuormitus. 2018. Työsuojeluhallinto. Viitattu 14.5.2018.  
<http://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fyysinen-kuormitus>
- /2/ Vibratory bowl feeders. 2013. RNA-Automation. Viitattu 10.5.2018.  
<http://www.rnaautomation.com/wp-content/uploads/2013/01/Vibratory-Bowl-Feeders.pdf>
- /3/ Sorting and Feeding of Plugs for Non - reusable Syringes. 2014. RNA-Automation. Viitattu 2.5.2018. [http://www.rnaautomation.com/wp-content/uploads/2014/09/188\\_323378-Syringes.pdf](http://www.rnaautomation.com/wp-content/uploads/2014/09/188_323378-Syringes.pdf)
- /4/ Centrifugal feed systems. 2015. Performance Feeders, Inc. Viitattu 9.5.2018.  
<http://performancefeeders.com/article/custom-applications/centrifugal-feeder-systems>
- /5/ Asyriil Asycube 80. 2017. Asyriil. Viitattu 13.5.2018.  
[http://www.asyriil.com/documentation/datasheet/Asyriil\\_Datasheet\\_Flexible\\_Feeding\\_System\\_Asyncube\\_80\\_en.pdf](http://www.asyriil.com/documentation/datasheet/Asyriil_Datasheet_Flexible_Feeding_System_Asyncube_80_en.pdf)
- /6/ Flexibowl. 2018. ARS s.r.l. Socio Unico. Viitattu 13.5.2018.  
<http://www.flexibowl.com/>
- /7, 8, 9, 13/ Introduction to machine vision. 2016. Cognex. Viitattu 1.5.2018.  
[https://www.assemblymag.com/ext/resources/White\\_Papers/Sep16/Introduction-to-Machine-Vision.pdf](https://www.assemblymag.com/ext/resources/White_Papers/Sep16/Introduction-to-Machine-Vision.pdf)
- /10, 11/ Konenäköjärjestelmät. 2018. Viitattu 9.5.2018.  
<https://koneautomaatio.wikispaces.com/Konen%C3%A4k%C3%B6j%C3%A4rjestelm%C3%A4t>
- /12/ A practical guide to machine vision lightning. 2017. National Instruments. Viitattu 4.5.2018. <http://www.ni.com/white-paper/6901/en/>
- /14/ Robotic Bin Picking. 2016. RIA. Viitattu 17.5.2018.  
[https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/Robotic-Bin-Picking-The-Holy-Grail-in-Sight/content\\_id/6002](https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/Robotic-Bin-Picking-The-Holy-Grail-in-Sight/content_id/6002)
- /15, 19/ Anyfeeder- Users Guide. 2017. Flexfactory. Viitattu 28.4.2018.  
[https://industrial.omron.us/en/media/AnyFeeder\\_UsersGuide\\_en\\_201707\\_R235I-E-02\\_tcm849-116241.pdf](https://industrial.omron.us/en/media/AnyFeeder_UsersGuide_en_201707_R235I-E-02_tcm849-116241.pdf)
- /16/ Product info. 2018. Axiomet. Viitattu 16.5.2018.  
<https://en.axiomet.eu/page/3996/axiomet-ax-3010h-portable-power-supply-with-charger-feature>

/17/ What is PuTTY? 2017. Viitattu 16.5.2018.

<https://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/faq.html#faq-what>

/18/ FQ2 Smart Camera. 2013. Omron. Viitattu 16.5.2018.

[http://www.mouser.com/ds/2/307/Omron\\_FQ2+Smart+Camera\\_Bro\\_EN\\_Q40IE02\\_201307-471518.pdf](http://www.mouser.com/ds/2/307/Omron_FQ2+Smart+Camera_Bro_EN_Q40IE02_201307-471518.pdf)