

Janne Kielessiva

## **PUDOTUSTESTAUSLAITTEEN JATKOKEHITYS**

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kevät 2010



Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Janne Kielenniva	
Työn nimi Pudotustestauslaitteen jatkokehitys	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Kunnossapito ja tuotannon johtaminen	Ohjaaja(t) Pekka Juntunen Toimeksiantaja Kajaanin ammattikorkeakoulu
Aika Kevät 2010	Sivumäärä ja liitteet 31+6
<p>Tiivistelmä</p> <p>Insinööriyön tavoitteena oli jatkaa Kajaanin ammattikorkeakoulun elektroniikan testauslaboratorion pudotustestauslaitteen kehitystä, jotta sillä voitaisiin suorittaa standardin mukaisia pudotustestauksia pakkauslaitteille. Henry Kyllösen kehitti pudotustestauslaitteen insinööriyönä keväällä 2006. Sitä jatkokehitti Toni Svala vuonna 2007. Laitetta ohjattiin LabVIEW-ohjelman avulla. Laitteella ei voinut valita pudotuskorkeutta ja nostin oli liian pieni pakkauslaitteille.</p> <p>Jatkokehityksen tavoitteena oli kehittää kyseistä laitetta niin, että sillä voidaan tehdä pudotustestauksia pakkauslaitteille. Pakkauslaitteen maksimikooksi määriteltiin 60x60x60 cm ja painoksi 50 kg. Pudotuskorkeuksiksi määriteltiin 50 cm, 80 cm ja 100 cm. Rakennettavan laitteen ei tarvinnut olla täysin standardin mukainen, mutta sillä tuli pystyä suorittamaan pudotustestauksia eri korkeuksilta vapaana pudotuksena. Laitteen valmistuttua on sillä tarkoitus suorittaa testauksia yritysten tarpeisiin.</p> <p>Pudotustestauslaitteen ohjaamiseen lisättiin anturit, joilla voitiin säätää nostokorkeutta. LabVIEW-ohjaus vaihdettiin SMC:n valmistamaan PneuAlpha-ohjainyksikköön. Säädettävät venttiilit vaihdettiin suuntaventtiileihin. Ohjainyksikön, antureiden ja venttiileiden virtalähteeksi valittiin käytössä ollut Omron Industrialin valmistama 24 VDC hakkuriteholähde. Nostimeksi valittiin Feston valmistama männänvarreton sylinteri. Pudotuslaatikkoa kannattelemaan rakennettiin RHS-putkipalkista säädettävä nostinhaarukka. Paineilmajärjestelmän letkut vaihdettiin vahvempiin, jotta saatiin paineilman virtaus mahdollisimman suureksi. Laitteen ulkonäköä paranneltiin piillotamalla kaapelit ja letkut kaapelikouruihin.</p> <p>Laitteen pudotuskorkeuden säätäminen saatiin toimintakuntoon ja nostimella pystyi nostamaan pakkauslaatikoita ja pudottamaan niitä eri korkeuksilta. Jatkossa laitteen kehittämisessä kannattaa tutkia mahdollisuuksia automatisoida pudotustestauksessa tapahtuvien tulosten raportointia ja kehittää toimivammaksi alustaa, johon pakkauslaatikko pudotetaan.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Pudotustestaus
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Janne Kielenniva	
Title Development of a Drop Testing Machine	
Optional Professional Studies Maintenance and Production Management	Instructor(s) Mr Pekka Juntunen
	Commissioned by Kajaani University of Applied Sciences
Date Spring 2010	Total Number of Pages and Appendices 31+6
<p>Abstract</p> <p>The objective of this Bachelor's thesis was to continue the development of the drop testing machine in the Kajaani University of Applied Sciences. With the drop testing machine the standard drop tests of packing could be tested. Henry Kyllönen developed the machine as his Bachelor's thesis in 2006. It was further developed by Toni Svala as his Bachelor's thesis in 2007. The machine was directed by the LabVIEW program. The machine was not able to select the drop height and the lifter was too small for packing boxes.</p> <p>The further development objective was to develop the machine so that it can be used for the drop testing of packing boxes. The maximum size of the box is 60x60x60 cm and weight 50 kg. The drop heights were defined as 50 cm, 80 cm and 100 cm. The machine development was not standard, but it was able to test the drop tests at different heights as free drop. When the machine finished, it can be used for the needs of businesses.</p> <p>The drop tester was added to the sensors, which could adjust the lifting height. The LABVIEW control was changed to the PneuAlpha controller. It was produced by SMC. The adjusting valves were changed to direction valves. The Omron Industrials 24 VDC switching power source was selected as the power source. The power source is generating power to the controllers, sensors and valves. The rodless cylinder was selected to lift. It is produced by Festo. The forklift spikes are holding the packing boxes. The material of the forklift spikes is RHS beam. The hoses of the compressed air system were changed to stronger hoses. So the air pressure in the flow is the maximum. The machine looked better when the wiring and hoses were put in a protective cover.</p> <p>The height adjustment of the drop at the machine was operational. The lifter could lift the packing boxes at different heights. In the future, it will be possible to study the automatic reporting of the machine. Reporting can provide the results of the drop tests. The platform of the device can be designed better.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Drop testing machine
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 PUDOTUSTESTAUS	2
2.1 Testauksen fysikaalinen tausta	2
2.1.1 Putoamisliike ja putoamiskiihtyvyys	2
2.1.2 Asema. eli potentiaalienergia $E_p$ .	2
2.1.3 Voima	2
2.1.4 Paine	3
2.1.5 Liikemäärä	3
2.2 Pakkauslaatikoiden pudotustestaus käytännössä	3
2.3 Standardi 60068-2-32 ed2.0	4
3 KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULUN PUDOTUSLAITTEISTO	5
3.1 Runko	5
3.2 Paineilmajärjestelmä	5
3.3 Sähkökytkennät	6
3.4 Pudotuslaitteiston käyttötarkoitus Kajaanin ammattikorkeakoulussa	7
3.5 Muutostarve	8
4 LAITTEISTON KEHITTÄMINEN	9
4.1 Nostin	9
4.2 Nostokorkeuden säätäminen	10
4.3 Nostohaarukka	11
4.4 Laitteiston ohjaaminen	12
5 OHJELMOITAVA LOGIIKKA	14
5.1 Rakenne	14
5.2 Toimintaperiaate	15
5.3 Logiikan ohjelmointi	16
5.4 SMC ECC-PNAL-20MR-D	19
5.5 Pudotustesterin ohjelma	23
6 TESTAUS	27

7 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Kajaanin ammattikorkeakoulussa kehitettiin insinööriyönä pudotustestauslaite lukuvuonna 2006. Laitteen kehitti Henry Kyllönen [1]. Laitteella oli tarkoitus suorittaa pudotustestejä elektroniikkatuotannon tarpeisiin. Laitetta ohjattiin ohjainyksikön avulla. Laitetta jatkokehitettiin insinööriyönä lukuvuonna 2007 Toni Svalan [2] toimesta. Laitetta muutettiin niin, että siitä tuli käyttäjäystävällisempi ja toimivampi.

Insinööriyön tavoitteena oli jatkokehittää kyseistä laitetta niin, että sillä voidaan tehdä pudotustestauksia pakkauslaatikoille. Pakkauslaatikon maksimikooksi määriteltiin 60x60x60 cm ja painoksi 50 kg. Rakennettavan laitteen ei tarvinnut olla täysin standardin mukainen, mutta sillä tuli pystyä suorittamaan pudotustestauksia eri korkeuksilta vapaana pudotuksena. Laitteen valmistuttua on sillä tarkoitus suorittaa testauksia yritysten tarpeisiin.

## 2 PUDOTUSTESTAUS

### 2.1 Testauksen fysikaalinen tausta

Pudotustestauksessa tulevat vastaan seuraavat fysikaaliset ilmiöt.

#### 2.1.1 Putoamisliike ja putoamiskiihtyvyys

Putoavan kappaleen kiihtyvyyttä sanotaan putoamiskiihtyvyydeksi. Sen tunnus on  $g$ . Putoamiskiihtyvyys on suurin maapallon navoilla ja pienin päiväntasaajalla. Suomessa putoamiskiihtyvyys  $g = 9,82 \frac{m}{s^2}$ . Laskuissa käytetään yleisesti likiarvoa  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ . [3, s. 31.]

#### 2.1.2 Asema, eli potentiaalienergia $E_p$

Kappaleella voi olla energiaa, vaikka se ei liikkukaan. Esimerkiksi ylösnostettu paino tekee työtä pudotessaan. Painon nostamiseen tehtävä työ on laskettavissa työn määritelmästä

$$E_p = W \quad E_p = m \cdot g \cdot h,$$

missä  $m$  on kappaleen massa,  $g$  on putoamiskiihtyvyys,  $h$  on korkeus.

Koska työ ja energia voivat muuttua toisikseen, on selvää, että niitä mitataan samalla yksiköllä. Energian yksikkö on J (joule). [3, s. 68.]

#### 2.1.3 Voima

Voima on vektorisuure, jolla kappale saadaan liikkumaan pisteestä  $a$  pisteeseen  $b$  ja sillä on suuruus ja suunta. Voiman tunnus on  $F$ . [3, s. 37.]

Mitä suurempi on massa, sitä suurempi voima tarvitaan. Tarvittavan voiman suuruus riippuu myös siitä miten suuri on kiihtyvyys  $a$ . [3, s. 44.]

#### 2.1.4 Paine

Kaasuja ja nesteitä kokoon puristettaessa syntyy painetta. Paine johtuu jännityksestä, joka syntyy puristuksessa.

Paine lasketaan kaavalla

$$p = \frac{F}{A}$$

Paineen yksikkö on Pascal (PA). [3, s. 88.]

#### 2.1.5 Liikemäärä

Liikemäärää käytetään hyväksi, kun tarkastellaan kappaleen törmäyksiä ja vastavaikutuksia. Liikemäärän vaikutus käy ilmi liikkuvan kappaleen törmätessä esteeseen. Vaikutukset törmäyksessä ovat sitä voimakkaammat, mitä suurempi on liikemäärä.

Liikemäärä lasketaan kaavalla:

$$p = m \cdot v,$$

missä p on liikemäärä, m on massa ja v on nopeus. [3, s. 73.]

### 2.2 Pakkauslaatikoiden pudotustestaus käytännössä

Pudotustestauksella varmistetaan, että pakkaus on riittävän kestävä suojaamaan sisältöä kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Pudotustestauksella saadaan minimoitua tarvittava suojaus. Tarvittavalla suojauksella säästetään pakkauskuluissa merkittävästi. Pakkauslaatikko pudotetaan halutulta korkeudelta. Testauksessa testataan kaikki laatikon sivut ja kulmat pudottamalla laatikkoa eri korkeuksilta. Lopuksi tarkastetaan pakkauslaatikon sisältö ja pakkauksen mahdolliset vauriot. Testauksesta kirjoitetaan raportti, josta selviää pakkauslaatikon kestävyys kuljetuksessa syntyvien voimien ja iskujen varalta. [4.]



### 2.3 Standardi 60068-2-32 ed2.0

Työssä keskityttiin International Electrotechnical Commissionin määrittelemään standardiin 60068-2-32 ed2.0. Standardissa on määritelty seuraavat vaatimukset:

Testi on tarkoitettu kahdenlaisiin tilanteisiin:

Kuljetuslaatikoiden testaamiseen. Testissä testataan laatikon kestävyyttä ja sen sisällä oleva laitteen kestävyyttä putoamistilanteessa, kun esimerkiksi laatikko putoaa erikorkeuksilta maahan tai kovalle alustalle. [5.]

Laitteiden testaamiseen. Siinä testataan laitteiden pudotuskestävyyttä eri korkeuksilta. Simuloidaan päivittäisiä tilanteita, joissa laite voi pudota lattialle. [5.]

Yleisimmät pudotuskorkeudet ovat 25 mm, 50 mm, 100 mm, 250 mm, 500 mm, 1000 mm. Nämä korkeudet ovat suositeltuja arvoja. Pudotusetaisyys mitataan kohdasta, missä pudotettava kappale on lähimpänä pudotettavaa alustaa. Alustan, johon kappale pudotetaan, pitää olla sileä ja kova. Materiaalina käytetään betonia tai terästä. Myös muita materiaaleja voi käyttää tarvittaessa. Alustan paksuus pitää olla vähintään 3 mm ja sen alla pitää olla vähintään 10 mm kovaa puuta. Pudotettavan kappaleen laukaiseminen pitää tapahtua niin, että se pääsee putoamaan vapaana pudotuksena. Ennen pudotusta kappaleen tulee pysyä tukevasti laukaisulaitteessa. Pudotustestien määräksi suositellaan seuraavanlaisia testimääriä kappaletta kohden. Ne ovat 50, 100, 200, 500, 100 kertaa. Optimaalinen pudotusnopeus on kymmenen pudotusta minuutissa. Testattavana ollut laite tarkistetaan visuaalisesti, mekaanisesti ja elektronisesti. Niitä verrataan kyseisen laitteen vaatimuksiin. [5.]

Lopuksi tehdään raportti, jossa ovat seuraavat asiat:

- lähtötiedot kappaleesta ja testistä
- montako kertaa on pudotettu
- lopputulokset. [5.]

### 3 KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULUN PUDOTUSLAITTEISTO

Kajaanin ammattikorkeakoulussa oleva kehitettävä pudotuslaitteisto koostui seuraavanlaisista osista: runko, paineilmajärjestelmä ja sähkökytkennät.

#### 3.1 Runko

Runko oli valmistettu hitsaamalla seuraavista osista. Pudotustesterin alusta oli 10 mm:n teräslevyä, jonka mitat olivat 1000x700 mm. Runkopalkin mitat olivat 90x90 mm. Se oli tehty RHS-putkipalkista ja se oli vahvuudeltaan 4 mm ja sen vinotueksi oli vielä hitsattu RHS-palkit. Vinotuen koko oli 30x30 mm. Laitteen paineilmaosat on kiinnitetty runkopalkkiin. Teräslevyn pohjaan oli asennettu säätöjalat asennusta helpottamaan. Säätöjaloilla voidaan säädellä kone vaakasuoraan. Koneen toimintavarmuus on näin turvattu. Säätöjaloissa oli myös kumitassut, jotka pitävät konetta paikallaan.

#### 3.2 Paineilmajärjestelmä

Paineilmajärjestelmä oli koottu ennen suunniteltavia muutoksia seuraavista osista: paineilmasäiliöstä, voitelujärjestelmästä, venttiileistä ja nostimesta. Paineilmasäiliö on malliltaan VBAT05. Säiliön maksimipaine on 20 baaria ja tilavuus viisi litraa[6]. Paineilmasäiliön tehtävä pneumaattisessa järjestelmässä on toimia paineen varastona, tasoittaa paineilmakompressorin aiheuttamat piikit ilmantuotossa, jäähdyttää ilmaa sekä kerätä mahdollisesti syntyneet lauhdevesi. [7, s. 31.]

Laitteiston voitelujärjestelmä on malliltaan EALDU600-10B. Voitelulaitteen tarkoitus on sekoittaa paineilmaan hienojakoista öljysumua. Öljy kulkeutuu laitteiston komponentteihin virtauksen mukana ja samalla voitelee niitä. Öljysumu takaa kitkapintojen voitelemisen ja täten pidemmän käyttöiän. Lisäksi öljysumu suojaa osia korroosiota vastaan. [7, s. 48.]

Paineilmaventtiileinä toimi kaksi kappaletta sähköpneumaattisia virtauksensäätöventtiileitä. Sähköpneumaattisia virtauksensäätöventtiileissä paineilmanvirtausta säädetään venttiilien ohjauksjännitettä muuttamalla. Venttiilit ovat malliltaan VEF3141. [8.]

Venttiili on laite, jonka tehtävänä on estää, säätää ja sallia nesteiden tai kaasujen virtausta. Venttiileitä käytetään esimerkiksi pneumatiikassa, hydraulikassa ja putkistoissa. Joidenkin venttiilien (kuten varoventtiilien) toiminta perustuu paine-eroon, mutta useimpia venttiilejä ohjataan erillisellä toimilaitteella. [9.]

Nostimena toimi männänvarreton sylinteri mallia MY1B25G-1900G. Sen halkaisija on 25 mm ja iskunpituus 1900 mm [10]. Männänvarrettomassa sylinterissä ei ole lainkaan vartta, vaan männänvoima välitetään sylinterin kyljessä liikkuvaan laakeroituun kelkkaan. Männänvarrettoman sylinterin hyötyjä vakiosylinteriin verrattuna on esimerkiksi se, että sylinterin kokonaispituus vakiosylinteriin verrattuna on vain puolet ja myöskään männän pyörimistä ei tapahdu. Haittana vakiosylinteriin verrattuna on se, että pystysuuntaista liikettä on vaikea toteuttaa. [11.] Muuten paineilmajärjestelmä koostuu paineilmaletkuista ja liittimistä. Painemaalmaosien valmistaja on SMC.

### 3.3 Sähkökytkennät

Sähkökytkennät koostuivat seuraavista osista: hakkuriteholähteestä, ohjainkorteista ja tiedonkeruuyksiköstä. Omron Industrialin valmistama 24 VDC hakkuriteholähde. Teholähteessä verkkosähkö 230 V 50 Hz tasasuunnataan. Tämä jännite muutetaan yli 20 kHz:n taajuiseksi vaihtosähköksi. Korkeataajuuksinen vaihtosähkö muutetaan pienemmäksi jännitteeksi ja lopuksi tasasuunnataan. Tasasuuntaaja muuttaa sähkön tasasähköksi.[12.] Kyseinen virtalähde on malliltaan S8TS-06024, ja sen ominaisuuksia ovat teho 60 W, lähtöjännite 24 VDC, maksimi ulostulovirta 2,5 A ja käyttöjännitealue on 1–240 VA[13]. Virtalähde antoi jännitteen venttiileitä ohjaaville ohjainkorteille.

Ohjainkortit ovat malliltaan VEA252, ja niiden valmistaja on SMC. Ohjainkortin avulla voidaan ohjata pienellä virralla ja jännitteellä sähköpneumaattista virtauksensäätöventtiiliä. Ohjainkortin käyttöjännite on 24 VDC, ja kortin ohjaussignaalin jännite pitää olla 5 VDC. Tiedonkeruuyksikkö antoi ohjaussignaalit virtauksensäätöventtiilille.[14.]

Tiedonkeruuyksikkö on malliltaan USB-6009, ja sen valmistaja on National Instruments. Tiedonkeruuyksikön avulla kerätään tietoa automatisoidusti analogisista ja digitaalisista signaalilähteistä. Kerätty tieto siirretään tietokoneella olevalle mittausohjelmistolle. USB-6009:ssa on kahdeksan analogista tuloa, kaksi analogista lähtöä sekä 12 digitaalista tuloa ja

lähtöä. Laite saa käyttöjännitteen tietokoneen USB-liitännästä, joka toimii samalla ohjauskaapelina tiedonkeruuyksikön ja LabVIEW`n välillä. [15.]

LabVIEW on National Instrumentsin tekemä ohjelmointiympäristö, joka perustuu graafiseen G-kieleen. G-kieli on ohjelmointikieli, joka perustuu kaavioiden piirtämiseen. Siitä on saatavissa versiot eri käyttöjärjestelmille. LabVIEW-ohjelmat ovat suoraan siirrettäviä eri käyttöjärjestelmien välillä, pois lukien tietyt käyttöjärjestelmäkohtaiset rajoitukset. Kielen oppimiskynnys on alhainen, johtuen selkeästä ohjeistuksesta ja selvistä valikoista.[16.]

LabVIEW-ohjelmointiympäristöä käytetään mittaus- ja testaussovelluksissa, mutta se soveltuu myös yleisohjelmointikieleksi. Tyypillisiä kohteita ovat muun muassa PC-pohjaiset teollisuusautomaatiosovellukset ja hyvinkin laajat ja hajautetut tiedonvarastointi- ja analysointisovellukset.[16.] Muita sähköpuolen osia olivat hätä-seis-painike, jolla laitteisto saadaan sammutettua vaaratilanteissa. Tällä painikkeella saadaan katkaistuksi hakkuriteholähteeseen tuleva sähkö.

### 3.4 Pudotuslaitteiston käyttötarkoitus Kajaanin ammattikorkeakoulussa

Laitteiston käyttötarkoitus oli testata piirilevyjen ja siinä olevien komponenttien kestävyyttä pudotustestauksen avulla. Pudotustestin tarkoitus oli paljastaa, millaisia mekaanisia vahinkoja komponenteille ja piirilevyille tulee. Mekaanisten vahinkojen lisäksi tutkittiin, millaisia elektronisia vikoja muodostuu piirilevyyn ja sen komponentteihin piirilevyyn pudotessa maahan. Elektronisia vikoja ovat esimerkiksi piirilevyjen, johtimien ja juotoksien murtuminen sekä komponenttien rikkoutuminen.

Pudotustestaus tapahtui iskumaisesti. Ensin testattava kappale kiinnitettiin männänvarrettomassa sylinterissä olevaan nostinlevyyn. Tämän jälkeen männänvarreton sylinteri teki nopean iskumaisen pudotusliikkeen. Kyseisen testin avulla saatiin selville, miten piirilevy kestää sovelluksissa, joissa ne ovat alttiina yksittäisille epäsäännöllisille iskuille. Iskut tulevat kuljetuksen tai käytön aikana. Kyseistä testiä voidaan käyttää myös laadunvalvonnassa. Laadunvalvonnan avulla voidaan arvioida tuotteen rakenteellista kestävyyttä. Testaus perustui IEC 60068-2-27-standardiin.[2.] Seuraavassa kuva Kajaanin ammattikorkeakoulun pudotuslaitteistosta (kuva 1).



Kuva 1. Kajaanin ammattikorkeakoulun pudotuslaitteisto

### 3.5 Muutostarve

Muutostarpeena oli kehittää kyseistä laitetta niin, että sillä voidaan tehdä pudotustestauksia pakkauslaatikoille. Pakkauslaatikon maksimikooksi määriteltiin 60x60x60 cm ja painoksi 50 kg. Pudotuskorkeuksiksi määriteltiin 50 cm, 80 cm ja 100 cm. Pudotuskorkeus piti olla säädettävissä 50–100 cm. Laatikkoa nostamaan piti suunnitella nostohaarukat. Rakennettavan laitteen ei tarvinnut olla täysin 60068-2-32 ed2.0-standardin mukainen, mutta sillä tuli pystyä suorittamaan pudotustestauksia pakkauslaatikoille eri korkeuksilta vapaana pudotuksena.

## 4 LAITTEISTON KEHITTÄMINEN

Laitteiston kehittämisessä päätettiin hyödyntää olemassa olevaa laitteistoa mahdollisimman pitkälle. Laitteiston kehittäminen päätettiin toteuttaa seuraavassa järjestyksessä: nostin, nostokorkeudensäätäminen, nostohaarukka ja laitteiston ohjaaminen.

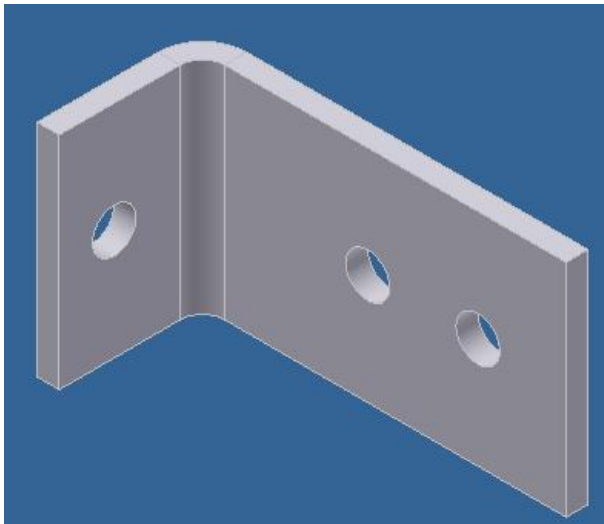
### 4.1 Nostin

Pudotuslaatikon nostaminen tapahtuu männänvarrettoman sylinterin avulla. Alkuperäisessä laitteessa männänvarretton sylinteri oli riittämätön nostamaan 50 kg:n painoista laatikkoa. Kyseisen sylinterin nostokyky on vain 15 kg, joten tilalle etsittiin voimakkaampaa sylinteriä. Tarvittavan kokoista sylinteriä ei löytynyt kohtuulliseen hintaan, joten laatikon maksimipainoa pudotettiin 25 kilogrammaan. Männänvarretton sylinteri, jonka nostokyky riittää 25 kg:n nostamiseen, löytyi Kajaanin ammattikorkeakoulun varastosta. Kyseinen sylinteri on Feston valmistama. Sen vahvuus on 32 mm, pituus on 1000 mm ja maksimikäyttöpaine on 6 baaria. Sylinteri on malliltaan DGP-32-1000-PPV-A[17]. Sylinterin rakenne on seuraavassa kuvassa (kuva 2).



Kuva 2. Männänvarretton sylinteri DGP-32-1000-PPV-A[17]

Sylinteriä ei voinut suoraan asentaa vanhan sylinterin tilalle, vaan siihen suunniteltiin erikseen tarvittavat kiinnikeraudat. Kiinnikeraudat valmistettiin Protopajassa. Protopaja on Kainuun ammattiopiston ja Kajaanin ammattikorkeakoulun yhteinen paja, jossa opiskellaan valmistustekniikan menetelmiä ja laitteita käytännön harjoituksilla.[18.] Kiinnikeraudat sahattiin vanhesahalla valmiista alumiinikulmasta, jonka koko oli 50x50 mm piirustuksissa olevien mittojen mukaan. Lisäksi tähän kulmarautaan CNC-koneella porattiin reiät ruuveja varten. Kiinnikeraudat ruuvattiin kiinni runkopalkin lyhyempään sivuun. Pitempään kiinnikeraudan sivuun ruuvattiin kahdella ruuvilla männänvarreton sylinteri kiinni. Rautoja tuli 4 kappaletta. Kiinnikeraudan piirustukset ovat liitteessä 1. Kuva kiinnikeraudasta seuraavaksi (kuva 3).

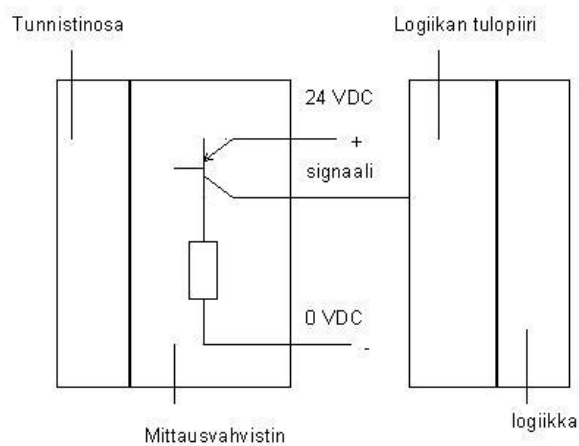


Kuva 3. Kiinnikerauta

#### 4.2 Nostokorkeuden säätäminen

Nostokorkeuden säätäminen päätettiin toteuttaa antureiden avulla. Anturit kiinnitettiin männänvarrettomaan sylinteriin. Antureiksi valittiin Reed- eli magneettianturit, joita tuli jokaiselle nostokorkeudelle yksi kappale. Yhteensä tuli neljä kappaletta. Reed-anturin toiminta perustuu suljettuun tyhjiöön, jossa on ferromagneettinen kosketinpari. Kosketinpari saadaan johdettavaksi ulkoisella magneetikentällä, jonka kytKentäetäisyys on 4–40 mm ja kytKentä- ja avautumisajat ovat 0,3–0,6 ms. Virrankesto on 0,5–3 A. [19.]

Työssä käytettiin SMC:n valmistamia Reed-antureita, joiden käyttöjännite on 24 VDC ja virantarve 80 mA. Anturit ovat malliltaan D-Y7P ja ne ovat PNP-tyyppisiä[20]. PNP-tyyppisen anturin toiminta perustuu siihen, kun anturi tunnistaa esineen. Kytкинtransistori menee joltavaan tilaan ja tämä tuottaa signaalijohtimeen plusjännitteen. Kyseinen anturityyppi tarvitsee toimiakseen plus- ja miinusjohtimien lisäksi kolmannen johtimen signaalia varten. Siksi kytkennästä käytetään nimitystä kolmijohdinjärjestelmä. Transistori on kytkimenä, vahvistimena tai muistin elementtinä toimiva elektroniikankomponentti.[21.] Seuraavassa PNP- anturin periaatekuva (kuva 4).



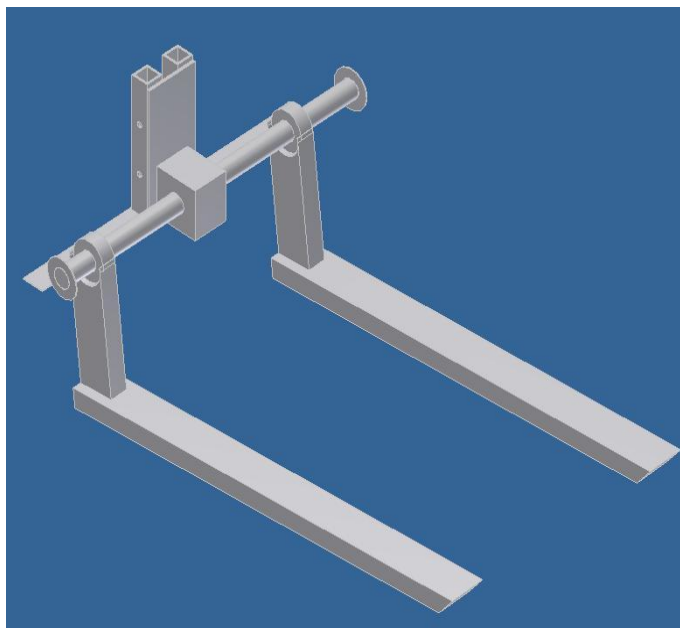
Kuva 4. PNP-anturin periaatekuva.

### 4.3 Nostohaarukka

Pakkauslaatikon nostamiseen suunniteltiin nostohaarukka. Nostohaarukan piti pystyä nostamaan tukevasti 60x60x60 cm pakkauslaatikot metrin korkeuteen. Samalla haarukan piti olla säädettävä, jotta sillä pystytään nostamaan erileveyksisiä laatikoita. Piikkien säätöväliksi tuli 50–500 mm. Nostohaarukka ja sen runko rakennettiin autotallissa. Materiaalina käytettiin RHS-palkkia. Sen koko oli 20x40x1800 mm. Palkki katkottiin neljään osaan. Kahden palan pituus piti olla 500 mm ja toisten kahden palan pituus 150 mm. 500mm ja 150 mm pitkät palkit hitsattiin L-muotoiseksi kappaleeksi. Lopuista palkeista tehtiin myös samanlainen kappale. Lyhyemmän palkin päähän hitsattiin puikkohitsauksella sorvatut kiinnikeholkit. Kiinnikeholkkien sisämitta oli 22 mm ja ulkomitta oli 40 mm. Nostohaarukoista piti tulla säädettävät. Niinpä valmistettiin akseli, johon haarukat tulivat kiinni. Akseli oli vahvuudeltaan



22 mm pyöröterästä. Akseli hitsattiin kiinni RHS-palkkiin, joka oli kooltaan 40x40 mm. RHS- palkki hitsattiin teräslevyyn, jonka mitat olivat 100x100 mm. Lopuksi teräslevyyn hitsattiin korvakot, joilla se kiinnitettiin männävarretomaan sylinteriin. Korvakot laitettiin ruuveilla kiinni nostosylinteriin. Sorvatut holkit työnnettiin akseliin. Akselin päihin hitsattiin estorikat, jotta holkit eivät tule läpi akselista. Nostohaarukat maalattiin harmaalla metallille tarkoitetulla spray-maalilla. Nostinhaarukan piirustukset ovat liitteessä 2. Kuva nostin haarukasta seuraavaksi (kuva 5).

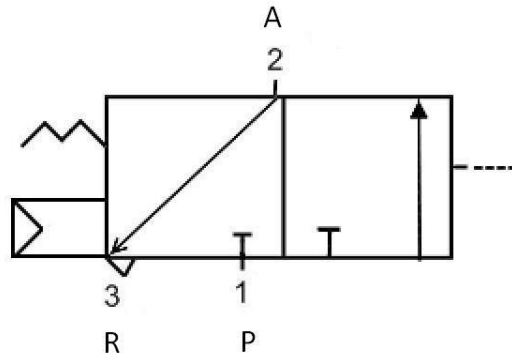


Kuva 5. Nostohaarukka

#### 4.4 Laitteiston ohjaaminen

Männävarretoman sylinterin ohjaamiseen valittiin luistintyyppiset suuntaventtiilit. Suunta-venttiilit ovat komponentteja, joilla ohjataan pneumaattista eli paineilmajärjestelmää. Niiden avulla saadaan ohjattua paineen kulkusuuntaa, joka taas määrää männävarretoman sylinterin liikesuunnan. Venttiileitä ohjataan ohjelmoitavan logiikan avulla. Toinen venttiili ohjaa paineilman plusliikkeen. Tämä liike nostaa testattavan kappaleen ylös. Toinen venttiili ohjaa miinusliikkeen. Tämä liike pudottaa testattavan kappaleen alas, jonka jälkeen voidaan tutkia testattavalle kappaleelle syntyneet mahdolliset vauriot. Venttiilin etuja ovat liikkuvien osien

vähyys ja hinta. Heikkouksia taas ovat tukkeutuvuus, hitaus ja lyhyt käyttöikä. [7, s. 49.] Työssä käytetyt venttiilit olivat SMC:n valmistamia. Venttiilit ovat tyypiltään VP542-5YB-03FA-Q. Venttiilejä ohjataan 24 VDC jännitteellä tai käsikäytöllä venttiilin päässä olevalla säätimellä. [22.]. Venttiilin piirrosmerkki ja toimintasuunnat seuraavassa kuvassa (kuva 6).



Kuva 6. VP542-5YB-03FA-Q-venttiilin piirrosmerkki ja toimintasuunnat.

## 5 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

### 5.1 Rakenne

Ohjelmoitava logiikka eli PLC (Programmable logic controller) on yhdellä tai useammalla mikroprosessorilla varustettu elektroninen laite, joka ohjaa prosessin laitteita logiikoiden tulojen, lähtöjen ja väylien kautta muistissa olevien ohjelmien ja parametrien avulla.[23.]

Tuloihin kytketään logiikkaan tulevat signaalit. Tulosignaalit voivat tulla esimerkiksi: kytkimiltä, valokennoilta ja termostaateilta. Signaalit ovat tavallisesti on/off- tyyppisiä. Lähtöihin kytketään laitteita, joita logiikalla halutaan ohjata. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi venttiilit, releet ja merkkilamput. Väylät mahdollistavat älykkäiden laitteiden ja antureiden liittämisen logiikkaan, jolloin siirrettävät tietomäärät voivat olla suurempia kuin perinteisellä johdotetulla tekniikalla. [23.]

Logiikan sisäisiä toimintoja ohjaavat mikroprosessori sekä käyttöjärjestelmä. Ne huolehtivat myös viestiliikenteestä logiikan, oheislaitteiden ja ohjelmointilaitteiden välillä. Suurissa logiikoissa käytetään useampia prosessoreita, joiden kesken tehtävät on jaettu. Näin saadaan laajojenkin ohjausten toiminta nopeaksi. Käyttöjärjestelmä on logiikassa valmiina tallennettuna ROM (Read Only Memory)-muistiin.[24.]

Sovellusohjelma määrää logiikan tehtävät prosessissa ja se tallennetaan ohjelmamuistiin, joka yleensä on paristovarmennettua RAM (Random Access Memory)-muistia. Sovellusohjelman pituutta rajoittaa mm. käytössä olevan ohjelmamuistin koko. Lisäksi logiikoissa on erilaisia muistialueita, kuten tuloja ja lähtöjä, ohjelmassa käytettäviä apumuisteja, mittaustietojen tallennusta tai vaikkapa tiedonsiirtoa eri laitteita varten. [24.]

Binääristen tuloyksikköjen tehtävänä on sovittaa ulkoinen signaali logiikan sisäiseen signaalitasoon, joka on usein viisi voltia tasajännitettä. Lähtöyksiköt ohjaavat lähtöä vastaavan sisäisen muistipaikan tilan (0 tai 1) perusteella lähdössä olevaa kosketinta tai puolijohdekytkintä. Yleensä tulo- ja lähtöyksiköt sisältävät optoerottimen turvallisuuden parantamiseksi ja häiriövaikutusten pienentämiseksi. Analogiset yksiköt sisältävät datamuuntimet analogisen signaalin muuntamiseksi digitaaliseksi tai päinvastoin. Tyypillisen datamuuntimen bittimäärä on

12, jolloin tietty standardiviesti esimerkiksi 10 VAC voidaan jakaa logiikassa useaan eri signaalitasoon. [24.]

## 5.2 Toimintaperiaate

Logiikan toiminta perustuu loogisten perustoimintojen toteuttamiseen. Tietoa käsitellessään logiikka reagoi tulotietojen muutokseen esimerkiksi näin: Jos tulot A ja B ovat päällä, niin logiikka ohjaa lähdön C päälle. Jos tämä lause olisi koko ohjelma, logiikka toistaisi tätä toimintoa uudelleen noin yhden millisekunnin välein. Logiikka tekee päätelmiä akun avulla. Akku on yhden tai useamman bitin kokoinen rekisteri, johon prosessori tallentaa loogisen operaation tuloksen. Seuraavaa loogista operaatiota suorittaessaan prosessori vertaa tulon tilaa akun tilaan ja jälleen tallentaa tuloksen akkuun. Lähtöä osoittaessaan prosessori siirtää akun tilan lähtöön. [25.]

Digitaalisen tiedon käsittely toteutetaan yksinkertaisilla loogisilla operaatioilla. Kun yksinkertaisia operaatioita tarvitaan sovelluksessa paljon ja toisaalta tuloja ja lähtöjä on paljon, vaaditaan ohjelmoijalta järjestelmällisyyttä ja dokumentointitaitoa. Analoginen käsittely logiikalla on tiedon käsittelyä monimutkaisempaa. Analogiatietoja tarvitaan säädön yhteydessä. Säättöjen toteutuksessa tarvitaan monipuolisempia käskyjä, kuten laskenta-, tiedonsiirto-, vertailu- ja tiedonmuuntokäskyjä. Markkinoilla on toimintaperiaatteeltaan kahdenlaisia logiikoita: pyyhkäiseviä ja tosiaikaisia. Tosiaikainen logiikka pyrkii toimimaan mahdollisimman reaaliaikaisesti, kun taas pyyhkäisevä logiikka toimii sekvenssimäisesti. Ne eroavat toisistaan ainoastaan siinä, kuinka ne reagoivat tulotiedon muutokseen. [25.]

Pyyhkäisevä logiikka toteuttaa sovellusohjelmaa tietyin väliajoin. Pyyhkäisy kestää tyypillisesti muutamia millisekunteja. Pyyhkäistessään logiikka lukee ensimmäiseksi tulojen tilat muistiin. Seuraavaksi logiikka suorittaa ohjelman, lukee tulojen tilat niiden muistista ja asettaa lähtötiedot lähtöjen muistiin. Kun ohjelma on suoritettu, asettaa logiikka lähtöjen kuvamuistin tilat lähtöyksiköille. Pyyhkäisevän logiikan etuna on se, etteivät tulojen ja lähtöjen tilat muutu ohjelman toteutuksen aikana. [25.]

Pyyhkäisyyn kuluva ajasta käytetään nimitystä ohjelmankiertoaika. Ohjelmankiertoaika voi olla kiinteä tai vaihteleva riippuen siitä, lukeeko logiikka ohjelmamuistin aina kokonaan vai ainoastaan viimeiseen ohjelmakäskeyn asti. Usein ohjelman on loputtava lopetuskäskeyn. Lopetuskäskeyllä estetään se, että prosessori ei käytä aikaa tyhjen ohjelmarivien läpikäyntiin. Ohjelmankiertoaika on tyypillisesti 5–150 ms. [25.]

Tosiaikainen logiikka lukee tulojen tilat suoraan tuloliityntäyksiköistä ja asettaa lähtöjen tilamuutokset välittömästi lähtöliityntäyksiköihin. Tosiaikainen logiikka reagoi siis nopeammin tulojen tilamuutokseen. Tulojen ja lähtöjen tilat voivat muuttua ohjelman läpikäynnin aikana. Tästä syystä ohjelmointi voi olla hankalampaa kuin pyyhkäisevän logiikan ohjelmointi. [25.]

### 5.3 Logiikan ohjelmointi

Logiikan ohjelmointi tehdään normaalisti tietokoneeseen asennettavalla ohjelmointiohjelmitolla. Tyypillisiä ohjelmointimuotoja ovat kosketinkaavio, logiikkakaavio ja käskeylista. Kosketinkaavio-ohjelmointi on logiikkojen perinteisin ohjelmointitapa. Kosketinkaavio muodostuu erilaisista virtapiireistä, jotka rakentuvat JA- ja TAI- koskettimista. Logiikkakaaviossa loogiset operaatiot perustuvat standardisoituihin kuvakkeisiin, jotka laitetaan peräkkäin loogisessa järjestyksessä. Käskeylistaohjelmointi muistuttaa lähinnä laskentataulukkoa. Käskeyrivit koostuvat itse käskeyistä, niihin liittyvistä operaatioista ja mahdollisista kommentteista. Käskeylistassa käytettävät käskeyt noudattelevat pitkälti logiikkakaavion ohjelmointirakenteita. Ohjelma alkaa latauskäskeyllä, jota seuraa joukko muita käskeyjä. Ohjelma päättyy lähdön tai muistipaikan ohjaukseen. [25.]

Logiikan perusoperaatiot perustuvat Boolean algebraan. Algebran peruseriaatteeseen kuuluu kaksi arvoa. Nämä arvot ovat tosi ja epätosi. Asioiden helpottamiseksi tosi merkitään luvulla 1 ja epätosi merkitään luvulla 0. Seuraavassa tyypillisimmät loogiset perusoperaatiot: [26.]

- AND (JA-operaatio) Tulot pitää olla tosia, jotta lähtö olisi tosi.
- OR (TAI-operaatio) Joku tai kummatkin tuloista pitää olla tosi, jotta lähtö olisi tosi.
- XOR (ehdoton TAI-operaatio) Jompikumpi tuloista pitää olla tosi, jotta lähtö olisi tosi. Molemmat tulot eivät voi olla päällä yhtä aikaa.
- NAND (invertoitu JA-operaatio) Tulot pitää olla tosia, jotta lähtö olisi epätosi
- NOR (invertoitu TAI-operaatio) Joku tai kummatkin tuloista pitää olla tosi, jotta lähtö olisi epätosi
- XNOR (invertoitu ehdoton tai operaatio) Kaikkien tulojen pitää olla tosia tai epätosia, jotta lähtö olisi tosi.

Muita tyypillisimpiä logiikoissa käytettäviä toimintoja ovat: ajastimet, laskurit, pulssitoiminta ja rekisterit.

#### Ajastimet

Ohjelmoitavien logiikoiden ajastimet ovat yleensä vetohidasteisia, eli kello lähtee käyntiin jollain tuloehdolla. Ajastimilla voidaan prosessiin lisätä viiveitä, jotta tietty työsuoritus ehti tapahtua. Ajastimen käskyrakenne vaihtelee eri logiikkavalmistajilla. Jotkut käyttävät niiden ohjelmointiin apumuistipaikkoja. Joissakin ohjelmointiin tarvitaan vain parin rivin ohjelmarutiini. [25.]

#### Laskurit

Laskureilla voidaan suorittaa määrän hallintaa. Tavallisissa laskureissa on kaksi tuloa; nollaus-tulo ja laskuritulo. Laskuritulon etureunat lasketaan ja verrataan tulosta nimettyyn esiasetet- tuun arvoon. Lähtö pysyy niin kauan nollassa, kunnes laskettu arvo on suurempi kuin esiasete- tettu arvo. Tämän jälkeen lähtö asettuu ykköseksi. Laskuri resetoidaan eli palautetaan alkuun jälleen nollaus-tulolla. Laskurit ovat yleensä ylhäältä alaspäin laskevia ja laskurin väliarvoja

voidaan tallentaa apumuisteihin aritmeettisten laskusuoritusten ja vertailujen suorittamiseksi.. [25.]

### Pulssitoiminta

Pulssi on yhden kiertojakson mittainen aika. Pulssi on niin lyhyt, että lähdön valo vain välähtää eikä lähtörele ehdi asettua. Tämän takia pulssia käytetään vain apumuistien kanssa, jossa ne asetetaan pulssin nousevasta tai laskevasta reunasta ja resetoidaan toisen pulssin avulla. Koska pulssin aika on olemattoman lyhyt, sitä voidaan käyttää nopeutta vaativissa ohjaustehävissä. [25.]

### Rekisterit:

Rekistereitä käytetään tiedon tallentamiseen. Ne kootaan kiikuista. Koska bitillä on kaksi arvoa ja kiikuilla kaksi tilaa, voidaan rekisterin jokaiseen kiikkuun tallettaa yksi bitti. Rekisterit jaetaan kahteen ryhmään: rinnakkaisrekisterit ja siirtorekisterit. Jaottelu tapahtuu sen mukaan, miten tieto ladataan rekisteriin ja miten rekisterin sisältö saadaan luettua. Ryhmät ovat rinnakkaisrekisteri ja erilaiset siirtorekisterit. [25.]

Logiikoissa ohjelma voidaan kirjoittaa ilman logiikkaa. Tallennettu ohjelma voidaan myöhemmin siirtää ohjelmoitavaan logiikkaan esimerkiksi sarjaportin kautta. Muodostetaan yhteys logiikan ja tietokoneen välille ja ladataan sovellusohjelma logiikkaan ja suoritetaan testaus. Logiikan muistitilojen seuraamiseen ja ohjaamiseen on erityyppisiä mahdollisuuksia, kuten tietokone, pöytä ja käsiohjelmointilaitteet. [24.]

Ohjelmoitava logiikka voi aivan yksinään toimia prosessin ohjauslaitteena ohjelmoinnin ja antureiden sekä laitteiden liittämisen jälkeen. Suuremmissa järjestelmissä voidaan liittää useita logiikoita toisiinsa sarjaväylien kautta. Sarjaväylät ovat valmistajakohtaisia tai avoimia väyliä, joihin voidaan liittää usean eri valmistajan laitteita. [24.]

#### 5.4 SMC ECC-PNAL-20MR-D

Laitteiston logiikaksi valittiin SMC:n valmistaman PneuAlpha- sarjan ohjainyksikkö malliltaan ECC-PNAL-20MR-D. Se on suunniteltu pieniin automaatiojärjestelmiin, esimerkiksi automaattisten valojen, ilmastoinnin ja lämmityksen ohjaamiseen. Laite ei sovellu äärimmäistä turvallisuutta ja vakautta vaativiin tehtäviin kuten ydinvoimalan prosessien ohjaamiseen tai liikenteen ohjausjärjestelmiin. [27.]

Laitteen rakenteeseen kuuluu kymmenen merkin ja neljän rivin LCD (Liquid Crystal Display)- nestekidenäyttö. Näytössä näkyvät ohjainyksikön sisäänrakennetun käyttöjärjestelmän valikot, viestit logiikalta ja loogisten operaatioiden tilat. Ohjainyksikön voi ohjelmoida suoraan näytölle etupaneelissa olevien painikkeiden avulla. Laitteen ohjelmoinnissa käytettävien loogisten operaatioiden lisäksi ohjainyksiköstä löytyy seuraavat erikoisoperaatiot. Operaatiot on esitetty seuraavassa taulukossa (taulukko 1). [28.]

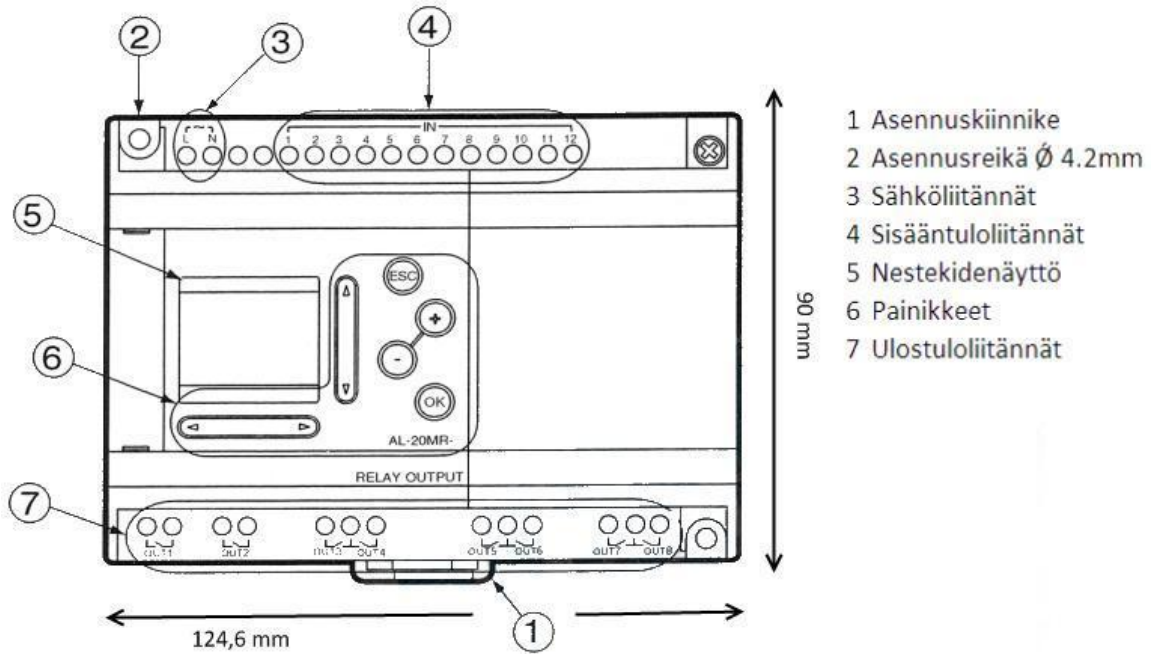
Taulukko 1. SMC ECC-PNAL-20MR-D Erikoisoperaatiot

Set/Reset	Asettaa releen Set-tai Reset-tilaan.
Delay	Asettaa viiveen nousevalle tai laskevalle reunalle.
One Shot	Lähetää lyhyen pulssin.
Pulse	Lähetää pulssin nousevalle tai laskevalle reunalle.
Flicker	Lähetää erilaisia pulssisarjoja.
Alt	Ulostulo menee päälle tai pois jokaisen sisääntulevan pulssin jälkeen.
Counter	Laskee pulssien määrää.
U/D Counter	Laskee sisään tulevien pulssien määrää
Compare	Vertailee eri arvoja toisiinsa.
Time Switch	Säätää ulostuloja viikonpäivän tai kuukauden mukaan.
Offset Gain	Muuttaa analogisia arvoja
Display	Näyttää viestit LCD-näytöltä.
Zone Compare	Vertailee lukualueita toisiinsa.
Schmitt Trigger	Muuttaa sisääntulevan signaalin arvoja
Hour Meter	Näyttää, kuinka kauan logiikka on ollut yhtäjaksoisesti päällä.

Laitteessa on 12 ohjauksen sisääntuloa ja 8 ulostuloa. Kaikkien sisääntulojen käyttöjännite on 24 VDC ja maksimivirrankesto on 5 mA. Kaikki ulostulot ovat releohjattuja. Releohjauksen maksimijännitekesto on 230 VAC ja 30 VDC ja maksimivirta jokaisessa ulostulossa on 8A. Ohjainyksikön käyttöjännite on 24 VDC. Muistiin mahtuu 64 loogista toimintoa tai 1500 bittiä. Muisti on EEPROM-tyyppistä. EEPROM-muisti on haihtumaton puolijohde-muisti, joten erillistä paristovarmennusta ei tarvita. Muita ominaisuuksia laitteessa ovat rea-

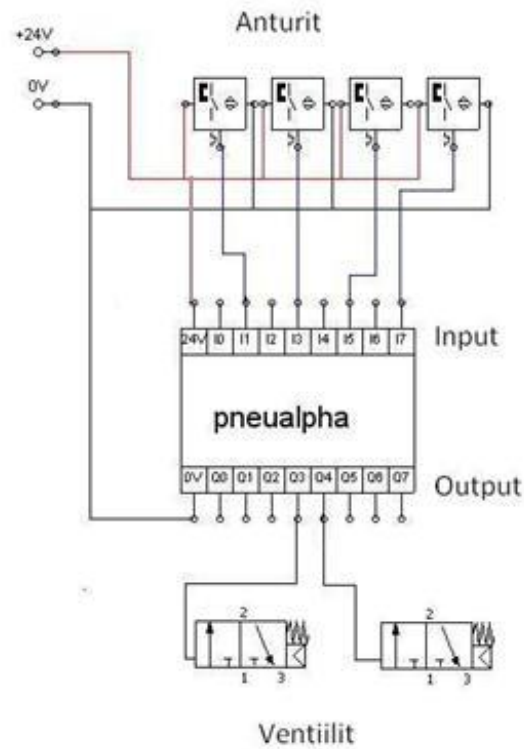


liaikakello, jonka avulla voi säätää milloin laite on käytössä, ja laitteen lukitseminen salasanan avulla. [25.] Seuraavana on laitteen periaatekuva (kuva 7).



Kuva 7. ECC-PNAL-20MR-D, periaatekuva

Ennen ohjelmointia hakkuriteholähteestä kytkettiin sähkövirta antureille ja ohjausyksikölle. Laitteen ohjainyksikön sisääntulon liitäntöihin kytkettiin ohjaussignaalit magneettiantureista ja ulostuloihin venttiileiden ohjaussignaalit kytkentäperiaatekuvan (kuva 8) osoittamalla tavalla.

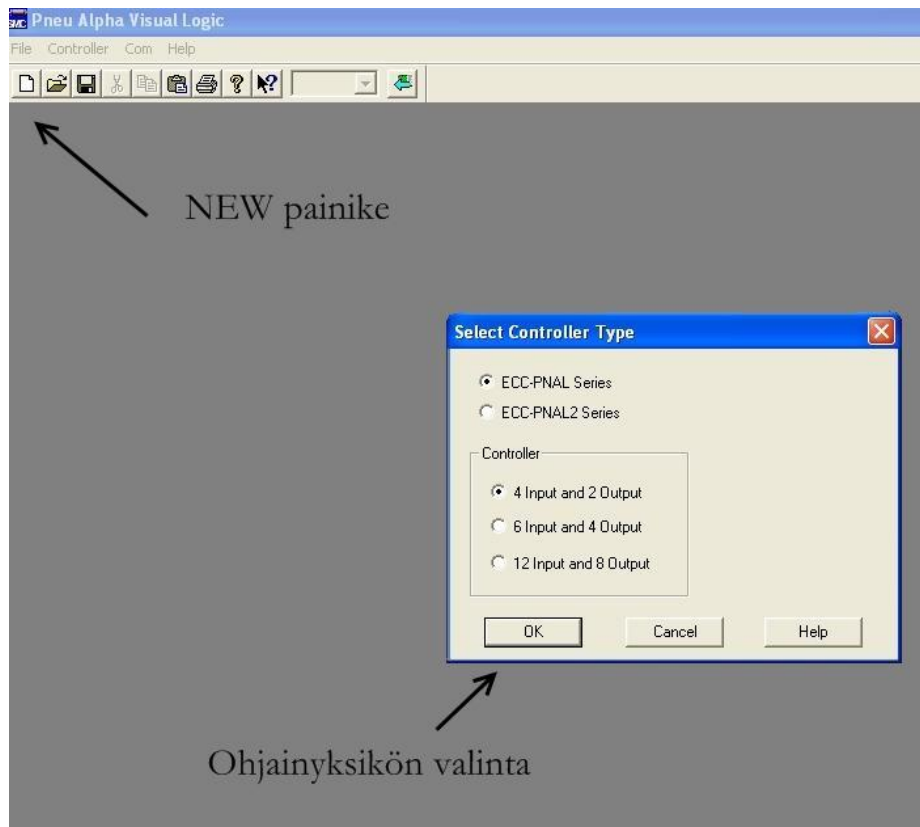


Kuva 8. Kytentäperiaatekuva.

Laitteen ohjelmointi tapahtuu ohjelmoimalla suoraan ohjainyksikössä olevien painikkeiden ja näytön avulla tai tietokoneella PneuAlpha Visual Logicin ohjelmalla. Suoraan laitteeseen ohjelmointi tapahtuu valitsemalla nuolinäppäimillä ja **OK**-painikkeella valikosta **ProgEdit**-toiminto. ProgEdit-tilassa valitaan haluttu toiminto **+** ja **-** näppäimillä ja hyväksytään toiminto **OK**-painikkeella., jonka jälkeen valitaan seuraava toiminto. Lopuksi valitaan näytön päävalikosta **Run**-toiminto, jolloin ohjainyksikkö suorittaa ohjelman. [29.]

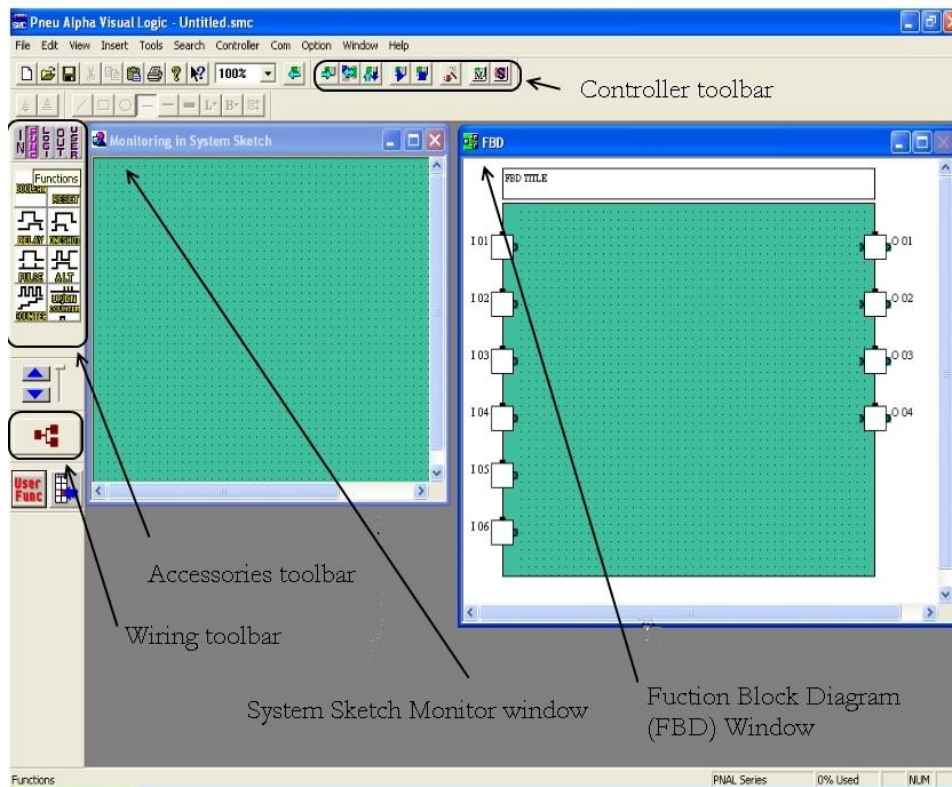
Ohjelmointi PneuAlpha Visual Logicin ohjelmalla tapahtuu tietokoneilla, joissa on Microsoft Windows 95 tai uudempi käyttöjärjestelmä. PneuAlpha Visual Logic toimitetaan ohjainyksikön mukana. [29.]

Ohjelmointi aloitetaan avaamalla ohjelman pääikkuna. Alettaessa tekemään uutta ohjelmaa ohjainyksikölle **File**-valikosta valitaan **New**. Seuraavaksi valitaan ohjainyksikkö. Valinta tapahtuu kuvan 9 osoittamalla tavalla.



Kuva 9. Ohjainyksikön valinta

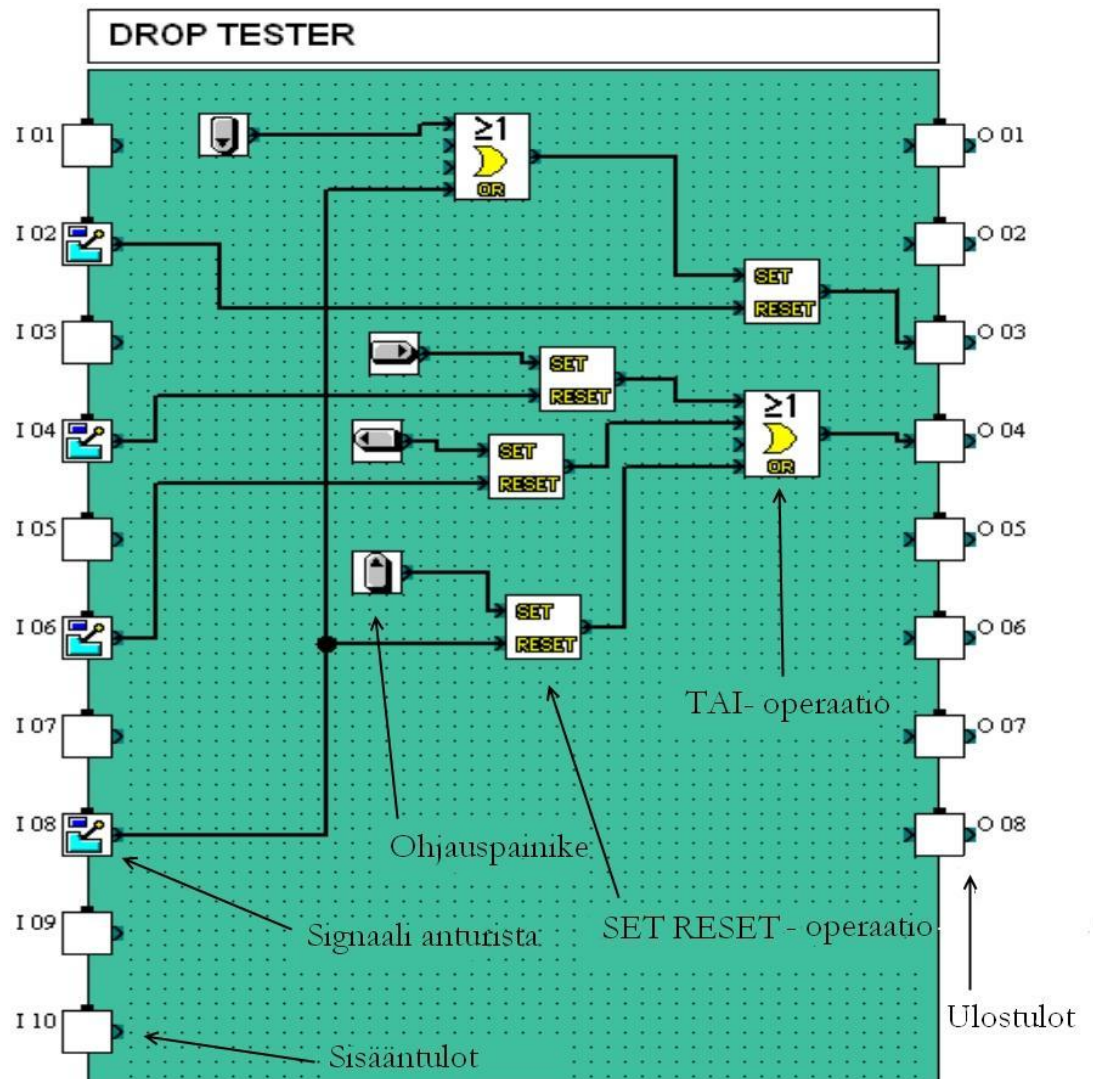
Seuraavaksi avautuu ikkuna **Function Block Diagram [FBD]**, johon tarvittavat funktiot siirretään **Accessories**-valikosta. Valikosta löytyvät kaikki tarvittavat toiminnot ohjelman laatimiseen. Kun halutut loogiset operaatiot on siirretty, johdotetaan ne toisiinsa **Wiring tool**-työkalun avulla. Valmis ohjelma voidaan testata **Simulation**-painikkeella, joka löytyy **Controller toolbar**-valikoista. Lopuksi ohjelma lähetetään ohjainyksikölle Controller toolbar - valikosta Write to controller - painikkeen avulla ja painetaan samassa valikossa olevaa Run controller-painiketta. Toimivalle ohjelmalle voi lisätä ohjausvalikon **System Sketch Monitor**-paneelissa. [29.] Valikoiden sijainnit ja ikkunat on esitelty seuraavassa kuvassa (kuva 10).



Kuva 10. Valikoiden sijainnit ja ikkunat

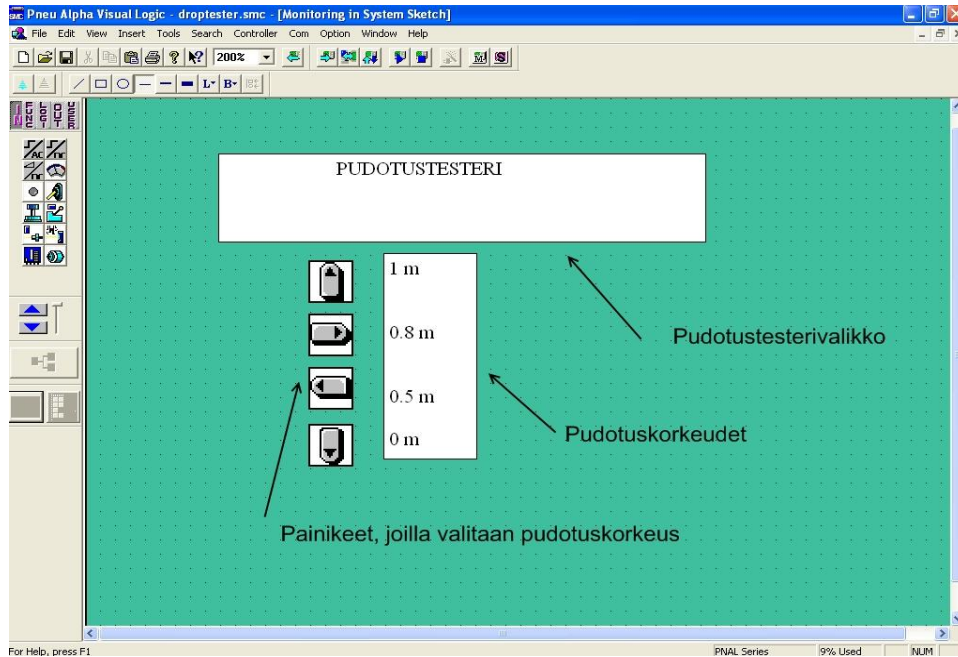
### 5.5 Pudotustesterin ohjelma

Ohjelma suunniteltiin seuraavanlaiseksi. Ohjelmassa painike asettaa loogisen **set-reset**-operaation **set**-asentoon, jolloin releohjaus sulkeutuu ja nostin lähtee nousemaan halutulle korkeudelle. Kun nostin saavuttaa halutun korkeuden, anturi lähettää signaalin ohjainyksikölle, jolloin ohjainyksikkö asettaa **set-reset**-operaation **reset**-tilaan, jolloin rele avautuu ja nostin pysähtyy. Kyseisiä loogisia **set reset**-operaatioita tarvitaan yhteensä neljä kappaletta. Yksi operaatio jokaiselle nostokorkeudelle erikseen. Lopuksi operaatioiden ylostulot yhdistetään TAI-operaatioilla, jolloin voidaan hyödyntää samoja ulostuloja. Ohjelma on esitelty seuraavassa kuvassa (kuva 11).



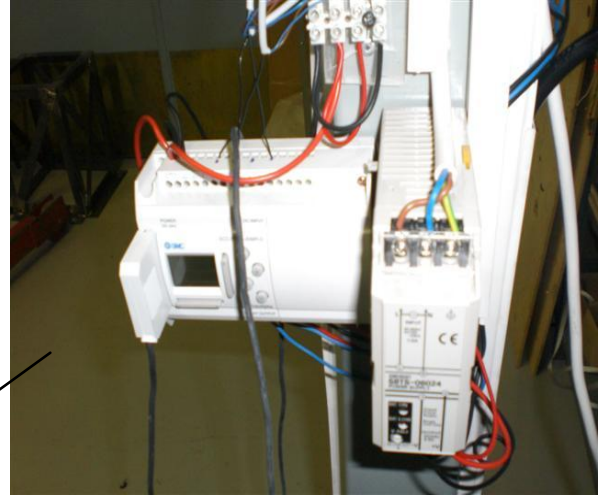
Kuva 11. Pudotustesteri- ohjelma

Valikko, jonka painikkeilla ohjataan pudotustesteriä, haluttiin helpokäyttöiseksi ja siitä tuli seuraavanlainen. Pudotustesteri-valikosta valitaan haluttu pudotuskorkeus painamalla pudotuskorkeuden kohdalla olevaa painiketta. Painikkeen painamisen jälkeen nostin nostaa pakkauslaatikon kyseiselle pudotuskorkeudelle. Pudotustesterivalikko seuraavassa kuvassa (kuva 12).

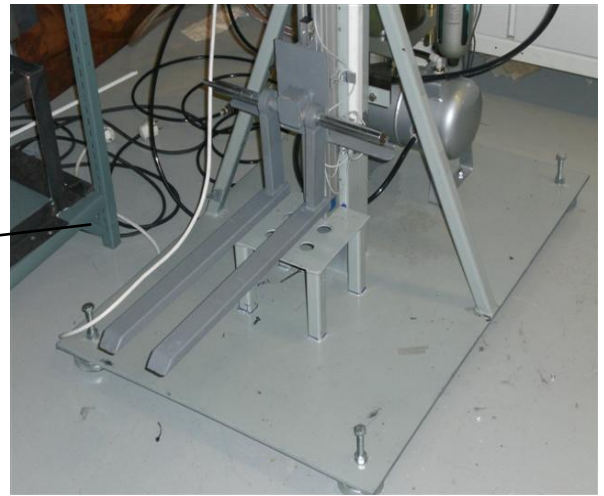


Kuva 12. Pudotustesterivalikko

Ohjelmoinnin jälkeen laitteen kehittämisessä muita muutoksia olivat paineilmajärjestelmän letkujen uusiminen vahvemmiksi ja sähköpuolen kaapelien uusiminen. Paineilmajärjestelmän letkut uusittiin, jotta paineilman virtaus saatiin mahdollisimman suureksi. Myös sähköpuolen kaapelit piti uusita sähköturvallisuuden vuoksi vahvemmiksi johtojen mahdollisen sulamisen ja laitteen rikkoutumisen estämiseksi. Runkorakenteessa olevat ylimääräiset rakenteet poistettiin ulkonäön parantamiseksi. Paineilmajärjestelmässä olevat vuodot korjattiin.. Vuodot johtuivat lähinnä huonosti kiristetyistä liitoksista. Laite kehittämisen jälkeen (kuva 13) sekä tarkemmat kuvat logiikasta (kuva 14) ja nostohaarukasta (kuva 15).



Kuva 14. Logiikka



Kuva 14. Laitteisto kehittämisen jälkeen      Kuva 15. Nostohaarukka

## 6 TESTAUS

Kun tarvittavat muutokset laitteistoon oli tehty, laitteen toiminta testattiin. Ensiksi testattiin laitteen ohjelmiston toimivuus. Seuraavaksi testattiin venttiileiden, antureiden ja sylinterien yhteen toimivuus. Laitteen testauksessa käytettiin pakkauslaatikkoa. Pakkauslaatikko oli pahvista valmistettu laatikko, jonka sisällä oli 20 kg:n rautapaino.

Ohjelmiston painikkeet ja loogiset operaatiot toimivat odotetulla tavalla. Nostokorkeuden säätäminen oli epätarkkaa. Nostin nosti pakkauslaatikon moitteettomasti ylös. Laatikon pudottaminen epäonnistui. Muut laitteeseen tehdyt muutokset toimivat odotusten mukaisesti.

Nostokorkeuden säätämisen epätarkkuus johtui venttiileiden hitaudesta. Ongelma saatiin ratkaistua kuristamalla poistopuolen ilmanvirtausta. Kuristaminen tapahtui neulaventtiilin avulla. Pakkauslaatikon pudottaminen epäonnistui alustarakenteen keskeneräisyyden takia. Alustaa ei ehditty rakentaa uusiksi tämän työn aikana.

Tuloksissa päästiin asetettuihin tavoitteisiin. Jatkossa laitteen kehittämisessä kannattaisi tutkia mahdollisuuksia automatisoida tulosten raportointia niin, että tulokset pudotustapahtumasta kirjautuisivat suoraan raporttiin. Myös alustaa, johon pakkauslaatikko pudotetaan, tulisi kehittää huomioiden standardin vaatimukset.

Insinööriyössä tietoa tuli lisää elektroniikan ja pneumatiikan laitteistoista ja 3d-mallinnuksesta. Monet asiat olivat uusia, joten työ oli aloitettava perusasioita tutkimalla. Kehitystyön aikana ajan käyttö painottui sopivien komponenttien etsimiseen ja ongelmien ratkomiseen. Insinööriyössä suurimpia ongelmia olivat sopivan nostimen löytäminen pakkauslaatikoille ja pudotustesterin ohjausohjelman laatiminen.



## 7 YHTEENVETO

Insinööriyön tavoitteena oli jatkaa Kajaanin ammattikorkeakoulun elektroniikan testauslaboratorion pudotustestauslaitteen kehitystä. Tavoitteena oli kehittää kyseistä laitetta niin, että sillä voidaan tehdä pudotustestauksia pakkauslaatikoille. Pakkauslaatikon maksimikooksi määriteltiin 60x60x60 cm ja painoksi 50 kg. Pudotuskorkeuksiksi määriteltiin 50 cm, 80 cm ja 100 cm. Rakennettavan laitteen ei tarvinnut olla täysin standardin mukainen, mutta sillä tuli pystyä suorittamaan pudotustestauksia eri korkeuksilta vapaana pudotuksena. Pudotustestauslaitteen ohjaamiseen lisättiin anturit, joilla voitiin säätää nostokorkeutta. Ohjaus tapahtuu SMC:n valmistaman PneuAlpha-ohjainyksikön avulla. Männänvarrettomien sylinterien ohjaamiseen valittiin suuntaventtiilit.

Ohjainyksikön, antureiden ja venttiileiden virtalähteeksi valittiin Omron Industrialin valmistama 24 VDC hakkuriteholähde. Nostimeksi valittiin Feston valmistama männänvarreton sylinteri. Pudotuslaatikkoa kannattelemaan rakennettiin RHS-putkipalkista säädettävä nostinhaarukka. Paineilmajärjestelmän letkut vaihdettiin vahvempiin, jotta saatiin paineilman virtaus mahdollisimman suureksi. Laitteen ulkonäköä paranneltiin piilottamalla kaapelit ja letkut kaapelikouruihin. Laitteen pudotuskorkeuden säätäminen saatiin toimintakuntoon ja nostimella pystyi nostamaan pakkauslaatikoita ja pudottamaan niitä eri korkeuksilta. Jatkossa laitteen kehittämisessä kannattaa tutkia mahdollisuuksia automatisoida pudotustestauksessa tapahtuvien tulosten raportointia ja kehittää toimivammaksi alustaa, johon pakkauslaatikko pudotetaan.

## LÄHTEET

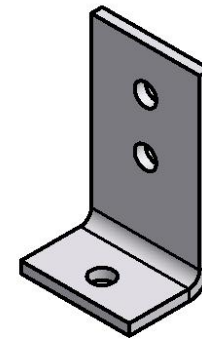
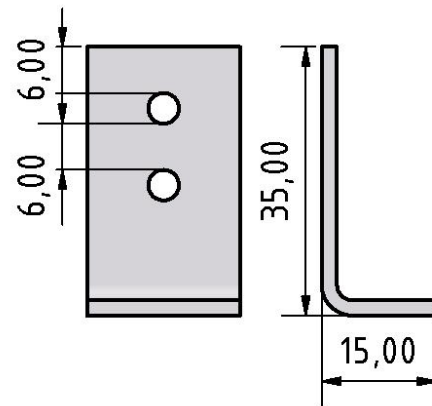
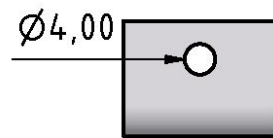
- 1 Kyllönen, H. Shokkitestauslaite. Insinööriyö. Kajaani: Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2006.
- 2 Svala. T. Pudotustestauslaitteen jatkokehitys. Insinööriyö. Kajaani: Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2007
- 3 Ahoranta, Jukka. & Ahoranta Jaakko. Tekniset fysiikka. Toinen painos. Porvoo: Wsoy, 1998. ISBN 951-0-19470-0
- 4 Mercamer Oy. Hyvin suunniteltu on paremmin pakattu. [WWW-dokumentti] <http://www.mercatec.fi/file.php?fid=114>> (Luettu 20.12.2009.)
- 5 IEC Standard 60068-2-32 ed2.0. Test ed: Free fall
- 6 SMC Etech. VBAT 5 to 38. [WWW-dokumentti] [http://content.smcetech.com/pdf/vbat\\_6023.pdf](http://content.smcetech.com/pdf/vbat_6023.pdf). (Luettu 9.2.2010.)
- 7 Keinänen, T. Koneautomaatio. 1, Hydraulikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOY. 1997. ISBN 951-0-21572-4.
- 8 SMC. Electro-Pneumatic Proportional Valve. [WWW-dokumentti] <http://www.smcworld.com/2002/e/webcatalog/docs/air/pressurecontrol/vef/vef.pdf>. (Luettu 24.3.2010.)
- 9 Wikipedia Vapaa tietosanakirja. Venttiili. [WWW-dokumentti] <http://fi.wikipedia.org/wiki/venttiili>. (Luettu 5.4.2010.)
- 10 SMC. Mechanically Jointed Rodless Cylinder Series MY1. [WWW-dokumentti] [http://content.smcetech.com/pdf/MY1\\_EU.pdf](http://content.smcetech.com/pdf/MY1_EU.pdf).(Luettu 1.2.2010.)
- 11 Peltomaa, P. Insinööriyö: Paineilman energiatehokkuusjärjestelmä. Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2008.
- 12 Wikipedia Vapaa tietosanakirja. Hakkuriteholähde. [WWW-dokumentti] <http://fi.wikipedia.org/wiki/Hakkuriteholähde>. (Luettu 6.4.2010.)
- 13 Omron industrial Automation. Switch mode power supply S8TS. [WWW-dokumentti] [http://www.ia.omron.com/data\\_pdf/data\\_sheet/s8ts\\_ds\\_csm139.pdf](http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/s8ts_ds_csm139.pdf). (Luettu 28.2.2010.)

- 14 SMC. Power Amplifier for Electro-Pneumatic Proportional Valve. [WWW-dokumentti]  
<http://www.smcworld.com/2002/e/webcatalog/docs/air/pressurecontrol/vea/vea.pdf>. (Luettu 28.2.2010.)
- 15 National Instruments. User guide and Specifications USB-6008/6009. (WWW-dokumentti) <http://www.ni.com/pdf/manuals/371303e.pdf>. (Luettu 10.2.2010.)
- 16 Wikipedia Vapaa tietosanakirja. LabVIEW. [WWW-dokumentti]  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/LabVIEW> (Luettu 5.4.2010.)
- 17 Festo Linear driver DGP / DGPL. [WWW-dokumentti]  
[http://www.festo.com/cat/fi\\_fi/data/doc\\_engb/pdf/en/dgp\\_en.pdf](http://www.festo.com/cat/fi_fi/data/doc_engb/pdf/en/dgp_en.pdf). (Luettu 15.2.2010.)
- 18 Kajaanin ammattikorkeakoulu. Protopaja. [WWW-dokumentti]  
[http://www.kajak.fi/suomeksi/Hakijalle/Tutkintoon\\_johtava\\_koulutus/Insinööri/Oppimisymparistot/Protopaja.iw3](http://www.kajak.fi/suomeksi/Hakijalle/Tutkintoon_johtava_koulutus/Insinööri/Oppimisymparistot/Protopaja.iw3) (Luettu 7.4.2010.)
- 19 Kajaanin ammattikorkeakoulu. Anturit. [WWW-dokumentti]  
[http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/HonHar/ma/ELE\\_ANTURIT.pdf](http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/HonHar/ma/ELE_ANTURIT.pdf) (Luettu 1.3.2010.)
- 20 SMC. Solid State Switch /Direct Mounting Type. [WWW-dokumentti]  
[http://www.smcworld.com/2002/bp\\_e/pdf/3211\\_026.pdf](http://www.smcworld.com/2002/bp_e/pdf/3211_026.pdf). (Luettu 9.11.2009.)
- 21 OY Rastor Ab tietomies. Anturitekniikka. [WWW-dokumentti]  
[http://personal.inet.fi/yritys/kkov.eduserver/yhteinen/rastor\\_anturitekniikka.pdf](http://personal.inet.fi/yritys/kkov.eduserver/yhteinen/rastor_anturitekniikka.pdf). (Luettu 9.11.2009)
- 22 SMC, 3-port air operate valve series VPA 300/500/700. [WWW-dokumentti]  
[http://www.coastpneumatics.com/metric/valves/vp300\\_vp500\\_and\\_vp700\\_series\\_valves.pdf](http://www.coastpneumatics.com/metric/valves/vp300_vp500_and_vp700_series_valves.pdf). (Luettu 28.1.2010.)
- 23 Wikipedia Vapaa tietosanakirja. Ohjelmoitava logiikka. [WWW-dokumentti]  
[http://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava\\_logiikka](http://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava_logiikka). (Luettu 5.4.2010.)
- 24 Satakunnan ammattikorkeakoulu. Syswin- ohjelmointi peruskoulutus. [WWW-dokumentti]  
<http://www.tp.spt.fi/~salabra/automaatio/Manuaaleja/omronperuskaskyt.pdf>. (Luettu 5.4.2010.)

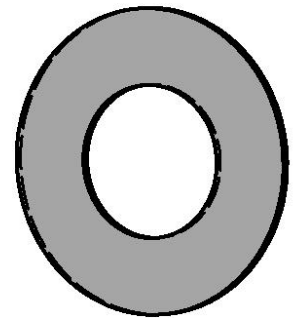
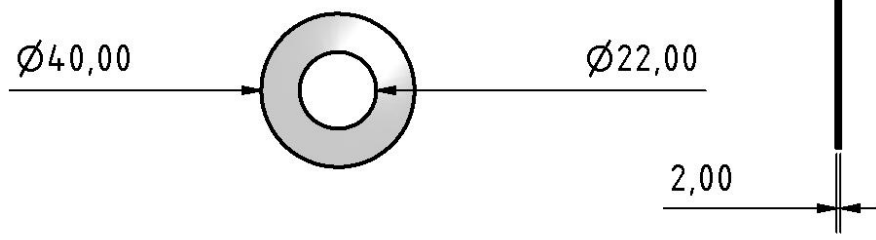
- 25 Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Ohjelmoitava logiikka. [WWW-dokumentti]  
[https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk60a0200/harjoitustyot/ohjelmoitava\\_logiikka.pdf](https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk60a0200/harjoitustyot/ohjelmoitava_logiikka.pdf). (Luettu 5.4.2010.)
- 26 Wikipedia Vapaa tietosanakirja. Boolean algebra. [WWW-dokumentti]  
[http://fi.wikipedia.org/wiki/Boolean\\_algebra](http://fi.wikipedia.org/wiki/Boolean_algebra). (Luettu 6.4.2010.)
- 27 SMC. PneuAlpha family. [WWW-dokumentti].  
[http://www.smc.eu/portal/WebContent/local/UK/PneuAlpha\\_Electronic\\_Controller/pdf/Brochure.pdf](http://www.smc.eu/portal/WebContent/local/UK/PneuAlpha_Electronic_Controller/pdf/Brochure.pdf). (Luettu 20.2.2010.)
- 28 SMC. PneuAlpha. [WWW-dokumentti]  
<http://www.coastpneumatics.com/pdfs/techsheets/hardware-manual.pdf>. (Luettu 2.2.2010)
- 29 SMC. PneuAlpha software manual. [WWW-dokumentti]  
[http://www.smc.eu/portal/WebContent/local/UK/PneuAlpha\\_Electronic\\_Controller/pdf/Software.pdf](http://www.smc.eu/portal/WebContent/local/UK/PneuAlpha_Electronic_Controller/pdf/Software.pdf). (Luettu 2.2.2010)

## LIITTEET

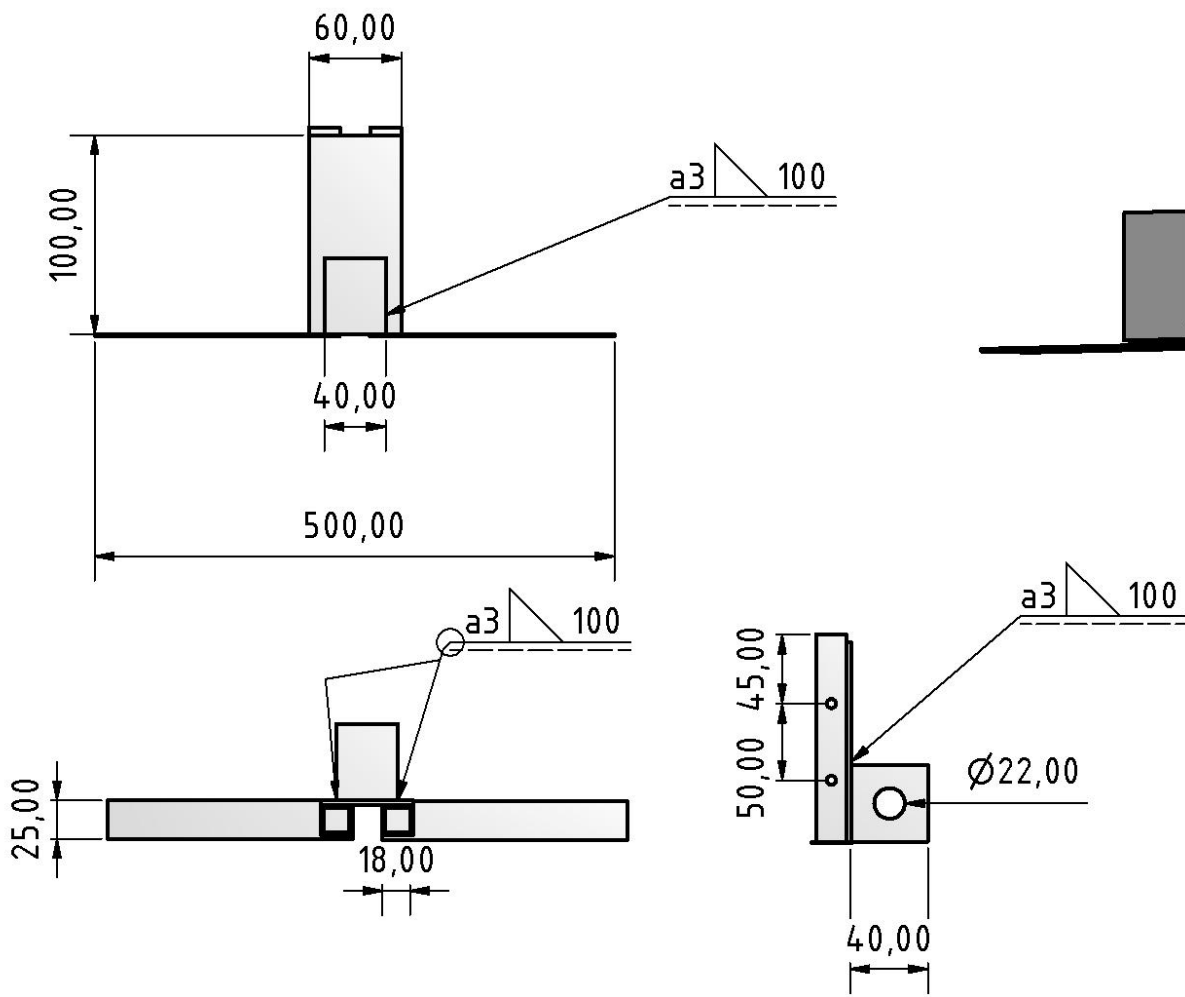
- 1 Kiinnikerauta
- 2 Nostohaarukka



Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Tiedosto	Nimitys <b>Kiinnikerauta</b>			
piirtäny J.Kielenniva 15.3.2010					Entinen		Uusi	
Suunn. J.Kielenniva 15.3.2010					Piirustusnumero		Revisio	
Hyv.					Huomautuksia			
		Massa						

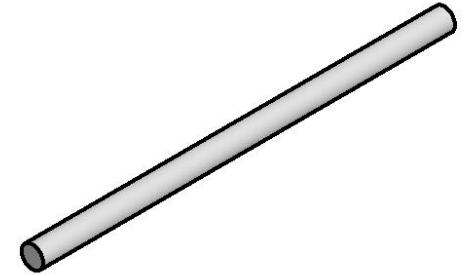
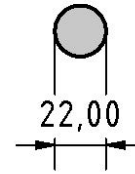
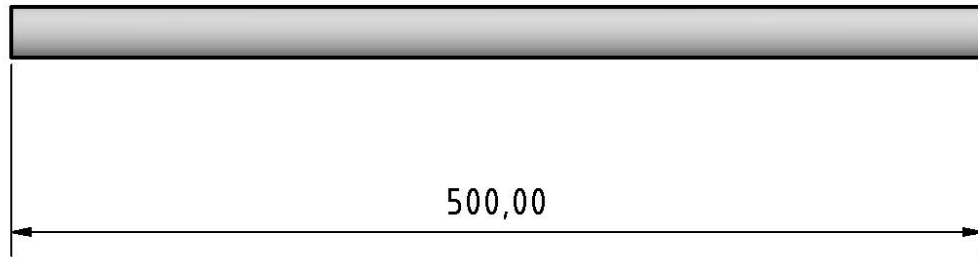


Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Tiedosto	Nimitys			
				Nostohaarukka	Päätylappu			
piirtäny	J.Kielenniva 15.3.2010				Entinen	Uusi		
Suunn.	J.Kielenniva 15.3.2010				Piirustusnumero		Revisio	
Hyv.					Huomautuksia			
		Massa						

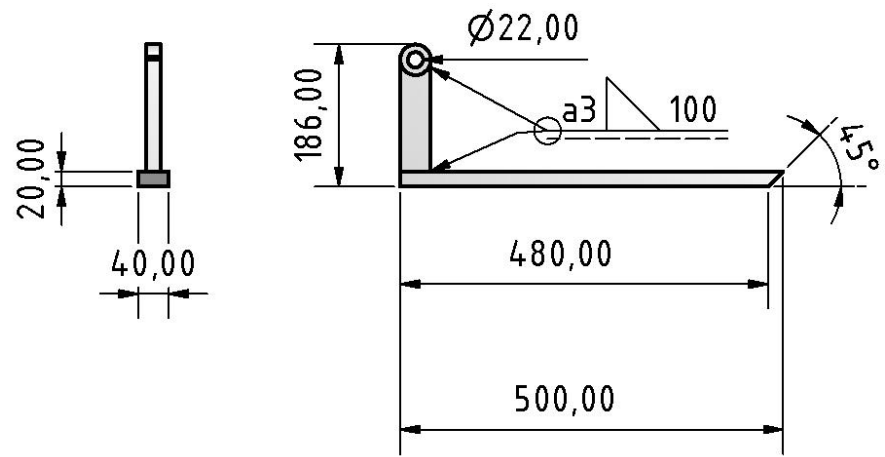


Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Tiedosto	Nimitys					
				Nostohaarukka	Tuki					
piirtäny	J.Kielenniva 15.3.2010					Entinen	Uusi			
Suunn.	J.Kielenniva 15.3.2010					Piirustusnumero			Revisio	
Hyv.						Huomautuksia				
		Massa								

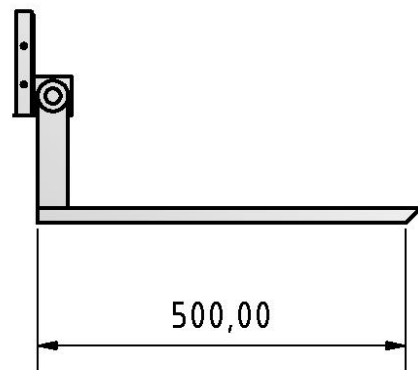
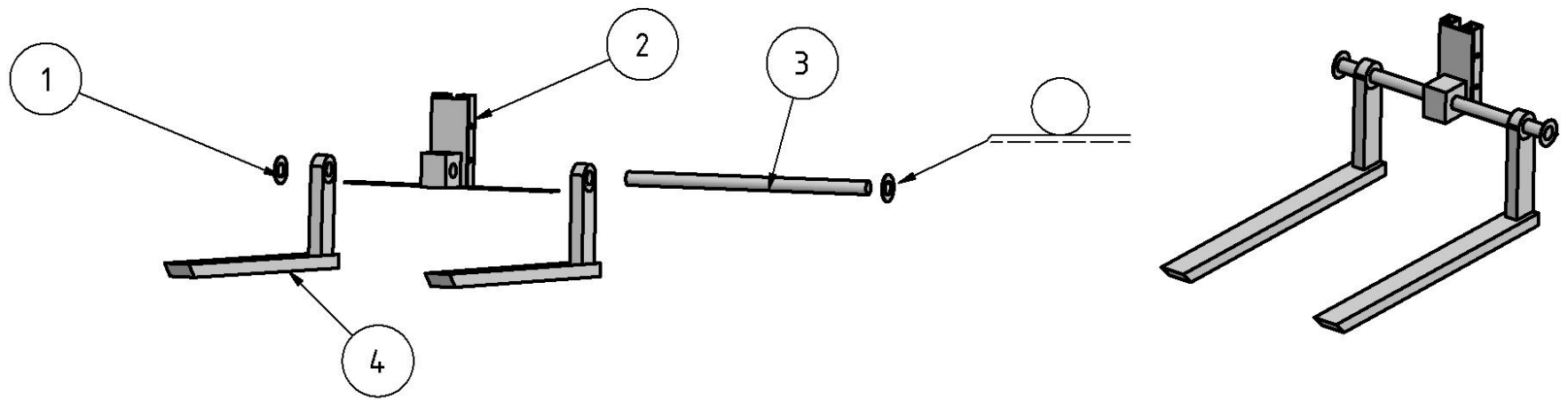




Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Tiedosto	Nimitys			
				Nostohaarukka	Akseli			
piirtäny	J.Kielenniva 15.3.2010				Entinen	Uusi		
Suunn.	J.Kielenniva 15.3.2010				Piirustusnumero		Revisio	
Hyv.					Huomautuksia			
		Massa						



Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Tiedosto	Nimitys			
				Nostohaarukka	Haarukka			
					Entinen	Uusi		
pirttäny	J.Kielenniva 15.3.2010				Piirustusnumero		Revisio	
Suunn.	J.Kielenniva 15.3.2010				Huomautuksia			
Hyv.		Massa						



PARTS LIST

PARTS LIST				Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Tiedosto	Nimitys		
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION					Nostohaarukka	Nostohaarukka		
1	2	Päätylappu	Hitsataan kiinni								
2	1	Tuki		piirtäny	J.Kielenniva 15.3.2010				Piirustusnumero		
3	1	Akseli		Suunn.	J.Kielenniva 15.3.2010	Massa			Revisio		
4	1	Haarukka		Hyv.					Huomautuksia		