



**Kauno Technologijos Universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Žaliavų ir produktų tikrinimo sistemos kūrimas ir jos  
efektyvumo tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Aivaras Durasevičius**  
Autorius

**Doc. Jolanta Baskutienė**  
Vadovė

---

**Kaunas, 2019**



**Kauno Technologijos Universitetas**

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

# **Žaliavų ir produktų tikrinimo sistemos kūrimas ir jos efektyvumo tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

Mechatronika (6211EX017)

---

**Aivaras Durasevičius**

Projekto autorius

**Doc. Jolanta Baskutienė**

Vadovė

**Doc. Giedrius Janušas**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2019**



**Kauno Technologijos Universitetas**

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Aivaras Durasevičius

## **Žaliavų ir produktų tikrinimo sistemos kūrimas ir jos efektyvumo tyrimas**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Aivaro Durasevičiaus, baigiamasis projektas tema „Žaliavų ir produktų tikrinimo sistemos kūrimas ir jos efektyvumo tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

---

(Vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)



Kauno Technologijos Universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

## Baigiamojo magistro projekto užduotis

Studentui – Aivarui Durasevičiui

### 1. Projekto pavadinimas –

Žaliavų ir produktų tikrinimo sistemos kūrimas ir jos efektyvumo tyrimas

*(Lietuvių kalba)*

Development of Materials and Products Inspection System and Research of Its Efficiency

*(Anglų kalba)*

### 2. Projekto tikslas ir uždaviniai –

Projekto tikslas yra sukurti žaliavų ir produktų tikrinimo sistemą ir atlikti tyrimą apie tokios sistemos efektyvumą. Projekto uždaviniai:

1. Sukurti medžiagų ir produktų tikrinimo sistemą sandėlyje ir paaiškinti jos veikimo principą.
2. Parinkti ar suprojektuoti tokiai sistemai labiausiai tinkančius komponentus (įrengimai, jutikliai, valdikliai ir t.t.).
3. Sudaryti tokios sistemos PLV darbo programas ir naudotojo sąsaja.
4. Atlikti tyrimą apie tokios sistemos galimą efektyvumą ir jos pritaikymo galimybes realioje gamybos įmonėje.
5. Apskaičiuoti sistemos kainą.

### 3. Pradiniai projekto duomenys –

Paletės aukštis ne didesnis kaip 1400 mm. Paletės svoris ne didesnis kaip 1500 kg. Visi produktai sandėlyje turi identifikacinius numerius iš 7 skaičių. Visi komponentai turi identifikacinius numerius iš 8 skaičių, o pirmi 3 skaičiai visada prasideda 729 skaičių kombinacija. Visos medžiagos turi identifikacinius numerius iš 8 skaitmenų, o pirmi 3 skaičiai prasideda skaičių kombinacijomis 721 arba 726.

### 4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –

Sistema turi būti paprasta naudoti paprastam vartotojui.  
Sistema turi atlikti paletės aukščio ir svorio tikrinimą.  
Sistema turi būti sukurta taip, jog ją būtų galima pritaikyti daugeliui įmonių.  
Sistema turi būti visiškai saugi naudojimui.

Projekto autorius

Aivaras Durasevičius

*(Vardas, pavardė)*

*(Parašas)*

*(Data)*

Vadovė

Jolanta Baskutienė

*(Vardas, pavardė)*

*(Parašas)*

*(Data)*

Kripties studijų  
programų vadovė

Regita Bendikienė

*(Vardas, pavardė)*

*(Parašas)*

*(Data)*

Durasevičius Aivaras. Žaliavų ir produktų tikrinimo sistemos kūrimas ir jos efektyvumo tyrimas. Magistro baigiamasis projektas, vadovė doc. Jolanta Baskutienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Gamybos inžinerija (E10), Inžinerijos mokslai (E).

Reikšminiai žodžiai: Sandėlis, kokybės užtikrinimas sandėlyje, automatinė tikrinimo sistema, paletės aukštis, paletės svoris.

Kaunas, 2019. 87p.

### **Santrauka**

Šis darbas yra magistro baigiamasis projektas. Darbo tikslas sukurti sistemą, kuri pamatuotų realų paletės aukštį ir svorį, gautus rezultatus sulyginant su teoriniais duomenimis, o neatitiktis atveju sistema perspėtų apie neatitiktį sistemos vartotoją. Projektą sudaro 6 dalys: 1 – Literatūros analizė, 2 – Kuriamos sistemos veikimo principas, koncepcija, 3 – Sistemą sudarantys mechaniniai komponentai, 4 – Valdymo komponentai ir sistemos darbo programos, 5 – Sistemos kainos skaičiavimas, 6 - Sistemos efektyvumo tyrimas.

Magistro baigiamojo projekto pirmojoje, dalyje yra aprašomos panašios sistemos, jų privalumai ir trūkumai. Antrojoje dalyje aiškinama sistemos veikimo principas, sistemai keliami reikalavimai, įtaka gamybos procesams ir sistemos sudedamosios dalys. Trečiojoje dalyje aprašomi visi sistemos komponentai, jų pasirinkimo priežastys, techninės jų charakteristikos, taip pat skyriuje pateikiami vizualiniai visų komponentų vaizdai. Ketvirtojoje dalyje aiškinamos programuojamo loginio valdiklio naudotojo sąsajos, jų funkcijos ir veikimo principas. Penktojoje dalyje apskaičiuojama sistemos kaina ir jos pokytis pridėdant ar atimant tam tikrus komponentus. Šeštojoje dalyje tiriama sistemos efektyvumas ją naudojant realioje gamybos įmonėje. Tiriama sistemos įtaka kokybės užtikrinimui sandėlio darbo procesuose.

Darbo pabaigoje pateikiamos rekomendacijos ir išvados, apibendrinančios magistro baigiamojo darbą ir gautus rezultatus.

Durasevičius Aivaras. Development of Materials and Products Inspection System and Research of Its Efficiency. Master's Final Degree Project, supervisor Associate Professor Jolanta Baskutienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Production and Manufacturing Engineering (E10), Engineering Sciences (E).

Keywords: Warehouse, quality assurance in warehouse, automatic inspection system, pallet height, pallet weight.

Kaunas, 2019. 87 p.

### **Summary**

This paper is final Master degree project. This project aim is to develop a system which would measure real pallet height and weight, then the obtain results would be compared with theoretical data, in case of non-compliance, system will warn the system user about it. This project consists six main chapters: 1 – Literature analysis, 2 – System being developed working principal and concept, 3 – mechanical components of the system, 4 – Control components and system work programs, 5 – Price calculation of the system, 6 – Efficiency research of the system.

The first part of the master's final project describes similar systems, their advantages and disadvantages. The second part explains how the system works, the system requirements, the impact on production processes and the components of the system. The third part describes all the components of the system, the reasons for their selection, their technical characteristics, as well as the visual images of all components. The fourth part explains the user interfaces of the programmable logic controller, their functions and the principle of operation. The fifth part calculates the price of the system and its change by adding or subtracting certain components. The sixth part examines the efficiency of the system using it in a real production plant. The impact of the system on quality assurance in warehouse work processes is investigated as well

At the end of the thesis there are recommendations and conclusions summarizing the master's thesis and the obtained results.

## Turinys

Paveikslų sąrašas.....	8
Lentelių sąrašas.....	9
Santrumpų ir terminų sąrašas.....	10
Įvadas .....	11
<b>1. Sandėlio procesų automatizavimo teorijos analizė.....</b>	<b>15</b>
1.1. Sandėlių klasifikacija.....	15
1.1.1. Stelažinis sandėlis.....	16
1.2. Lentyninių stelažų sandėliuose naudojami krautuvai .....	17
1.3. Automatizuotas sandėlis .....	18
1.4. Gaminio kokybės užtikrinimas .....	23
1.5. Apskaitos, resursų planavimo sistemos ir jų įtaka sandėlio darbui .....	24
1.6. Sandėlio veiklos kokybės užtikrinimo svarba .....	24
1.7. Literatūros apžvalga .....	25
<b>2. Kuriamos sistemos veikimo principas, koncepcija.....</b>	<b>26</b>
2.1. Sistemai keliami reikalavimai .....	28
2.2. Sistemos veikimo principas .....	28
2.3. Sistemos išskirtinumas .....	29
<b>3. Sistemą sudarantys mechaniniai komponentai.....</b>	<b>30</b>
3.1. Paletės pastatymo vietą apribojantys rėmai.....	30
3.2. Paletės padėties tikrinimas.....	31
3.3. Paletės aukščio matavimas .....	33
3.4. Paletės svorio matavimas .....	34
3.5. Indikacinė lemputė .....	36
3.6. Valdymo pultas.....	37
3.7. Rėmo atsparumo analizė.....	37
<b>4. Valdymo komponentai ir sistemos darbo programos .....</b>	<b>43</b>
4.1. Valdiklis ir jo konfigūracija.....	43
4.2. Sistemai sukurti naudota programinė įranga .....	46
4.3. Sistemos darbo programos ir valdymo langai .....	47
<b>5. Sistemos kainos skaičiavimas .....</b>	<b>57</b>
<b>6. Sistemos efektyvumo tyrimas .....</b>	<b>59</b>
<b>Rekomendacijos .....</b>	<b>63</b>
<b>Išvados.....</b>	<b>65</b>
<b>Literatūros sąrašas.....</b>	<b>65</b>
<b>Priedai.....</b>	<b>69</b>

## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b> Automatinė sandėliavimo spinta.....	13
<b>2 pav.</b> Karuselinė sandėliavimo sistema.....	13
<b>3 pav.</b> ASRS sistemoje naudojami stelažai.....	19
<b>4 pav.</b> Platforminis mobilus robotas, pagamintas 1989 metais.....	20
<b>5 pav.</b> Paprasto mobilaus roboto supaprastinta darbo programa.....	21
<b>6 pav.</b> Sistemos įtakos gamybos ir sandėlio procesams blokinė schema.....	26
<b>7 pav.</b> Standartiniai elektriniai autokrautuvai.....	27
<b>8 pav.</b> Sistemos įtaka gamybos procesams.....	29
<b>9 pav.</b> Paletės pastatymo vietą apribojantis rėmas.....	30
<b>10 pav.</b> Konstrukcinių vamzdžių profilių matmenys.....	30
<b>11 pav.</b> Rėmai sujungti tarpusavyje taip sudarant vietas 5 paletėms.....	31
<b>12 pav.</b> Talpinis jutiklis „BALLUFF BCS M30B4E1-PSC25H-EP02“.....	31
<b>13 pav.</b> Paletės buvimą fiksuojančio jutiklio įstatymo vieta.....	32
<b>14 pav.</b> Jutiklio „PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15“ įstatymo vieta rėme.....	33
<b>15 pav.</b> Ultragarso jutiklis „PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15“.....	33
<b>16 pav.</b> Ultragarso jutiklio „UC2000-30GM-E6R2-V15“ veikimo diapazono priklausomybė nuo atstumo iki objekto.....	34
<b>17 pav.</b> Svarstyklės „PCE-EP 1500“.....	35
<b>18 pav.</b> Svarstyklių „PCE-EP 1500“ vieta platformoje.....	35
<b>19 pav.</b> Apie teisingai padėtą paletę išspėjanti lemputė.....	36
<b>20 pav.</b> Komponentų tikrinimo platforma su valdymo pultu.....	37
<b>21 pav.</b> Rėmo konstrukcijos struktūrinė analizė, kai jėgos (43,5 KN) aukštis 525 mm nuo žemės, o jėgos kampas rėmo atžvilgiu 90°.....	38
<b>22 pav.</b> Rėmo konstrukcijos struktūrinė analizė, kai jėgos (117 KN) aukštis 200 mm nuo žemės, o jėgos kampas rėmo atžvilgiu 90°.....	39
<b>23 pav.</b> Rėmo konstrukcijos struktūrinė analizė, kai jėgos (31,5 KN) aukštis 525 mm nuo žemės, o jėgos kampas rėmo atžvilgiu 45°.....	40
<b>24 pav.</b> Rėmo konstrukcijos struktūrinė analizė, kai jėgos (67 KN) aukštis 200 mm nuo žemės, o jėgos kampas rėmo atžvilgiu 45°.....	41
<b>25 pav.</b> Unitronics Vision 1210 programuojamas loginis valdiklis.....	42
<b>26 pav.</b> Snap-in „V200-18-E46B“ įėjimų/išėjimų modulis.....	44
<b>27 pav.</b> Išplėtimo modulis „Unitronics IO-ATC8“.....	45
<b>28 pav.</b> Valdiklio konfigūracija sukurtai sistemai.....	46
<b>29 pav.</b> „Main Display“ naudotojo sąsaja, kai jokie procesai nevyksta.....	48
<b>30 pav.</b> „Main Display“ naudotojo sąsaja, kai vyksta tikrinimo procesai.....	49
<b>31 pav.</b> „Inspection 1 position“ naudotojo sąsaja, prieš tikrinimo operaciją.....	49
<b>32 pav.</b> „Inspection 1 position“ naudotojo sąsaja, po tikrinimo operacijos atlikimo.....	50
<b>33 pav.</b> „Main Menu“ naudotojo sąsaja.....	51
<b>34 pav.</b> „Enter the password“ naudotojo sąsaja įvesti slaptažodį.....	52
<b>35 pav.</b> „Product information“ naudotojo sąsaja peržiūrėti esamo produkto informaciją.....	53
<b>36 pav.</b> Formulė apskaičiuoti didžiausią ir mažiausią tinkamą paletės svorį.....	54
<b>37 pav.</b> „Create or modify product“ naudotojo sąsaja produkto įvedimui.....	54
<b>38 pav.</b> „Statistics“ naudotojo sąsaja, peržiūrėti tikrinimų istoriją.....	55



## Lentelių sąrašas

<b>1 Lentelė.</b> Sandėlių klasifikacija.....	15
<b>2 Lentelė.</b> Standartinių palečių sąrašas.....	27
<b>3 Lentelė.</b> Sistemos komponentų sąrašas.....	28
<b>4 Lentelė.</b> Jutiklio „Banner U-GAGE S18U“ specifikacija.....	32
<b>5 Lentelė.</b> Jutiklio PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15 charakteristikos.....	34
<b>6 Lentelė.</b> Svarstyklių „PCE-EP 1500“ techninės charakteristikos.....	35
<b>7 Lentelė.</b> PLV „Unitronics Vision 1210“ techninės charakteristikos.....	43
<b>8 Lentelė.</b> V200-18-E46B charakteristikos.....	45
<b>9 lentelė.</b> Sistemos komponentų savikaina.....	57
<b>10 Lentelė.</b> Savikainos kitimo skaičiavimas pridedant ar atimant po vieną platformą.....	58

## **Santrumpų ir terminų sąrašas**

PLV – Programuojamas loginis valdiklis;

ASRS – Automated storage and retrieval system;

MSA – Measurement system analysis;

SPC – Statistical process control;

Cp-Cpk – Process capability;

ERP – Enterprise Resource Planning;

RPS – Resursų planavimo sistema;

LAN – Local-area network;

## Įvadas

Nepriklausomai nuo verslo dydžio ar pobūdžio yra reikalingos patalpos, produkcijos ar žaliavų sandėliavimui, dokumentų archyvavimui. Sandėliuojamus objektus reikalinga perkelti/pervešti iš vienos vietos į kitą. Šiems veiksams atlikti yra skirti sandėliai bei jų logistika. Sandėlio priežiūra, priklausomai nuo jo dydžio bei laikomų produktų ar žaliavų, gali reikalauti perteklinio žmogiškųjų išteklių naudojimo. Šiame magistro baigiamajame projekte bus pristatoma Medžiagų ir komponentų kontrolės sandėlyje sistema. Taip pat bus atliekamas tokios sistemos efektyvumo tyrimas

**Temos aktualumas.** Sklandus logistikos darbas bei gamybos aptarnavimas yra vienas svarbiausių šiuolaikinių gamybos įmonių tikslų. Tačiau daugelyje gamybos įmonių tai vis dar yra kaip dvi atskiros sritys, nors tarpusavyje jos yra labai susijusios ir praktiškai neatskiriamos[1]. Įmonės, planuodamos produkto gamybą, turi sudaryti:

- reikalingų medžiagų ir komponentų tiekimo planą iš tiekėjų;
- medžiagų ir komponentų tiekimo planą ir taisykles įmonės viduje pristatant reikalingas medžiagas į gamybą ar jos padalinius;
- medžiagų, komponentų ar produktų kokybės užtikrinimo planą
- pagaminto produkto sandėliavimo sąlygas bei taisykles;
- galutinio produkto tiekimo strategiją klientui [3].

Šiems gamybos plano sprendimams esant priimtiems, galima pradėti planuoti produkto gamybą. Tačiau, sandėliuojant gautas medžiagas ar komponentus, bei jau pagamintą produkciją, atsirandus neatitiktims, įmonė gali patirti nuostolius. Esant kažkokių komponentų trūkumui, jų galima užsakyti ir keletos dienų bėgyje reikalingos medžiagos ar komponentai bus pristatyti, tačiau klientui dėl laiku nepristatytų komponentų gali tekti stabdyti gamybos liniją. Tokiu atveju klientas ne tik gali nutraukti bendradarbiavimą, bet ir paprašyti atlyginti nuostolius, patirtus dėl linijos prastovos. Kita dažnai pasitaikanti klaida - sukvežimio ar transportavimo priemonės pakrovimas ne užsakytais produktais ar netinkamais jų kiekiais, kokie buvo nurodytas užsakyme. Tokios neatitiktys įvyksta dėl netinkamai tvarkomos produktų apskaitos sistemos arba žmogiškosios klaidos.

Pastebima, kad Baltijos jūros regiono gamybos įmonių sandėlių veiklos vykdyme aktuali problema yra gausus žmogiškųjų išteklių naudojimas. Jei gamybos įmonė gamina didelį kiekį skirtingų produktų, tai didina žmogiškųjų išteklių poreikį ne tik gamyboje, bet ir sandėlyje. To pasekoje yra didinamas išlaidų kiekis sandėlio priežiūrai. Į tai įeina ne tik darbuotojų užmokestis, bet ir reikalingų patalpų įrengimas bei priežiūra, saugių darbo sąlygų užtikrinimas. Tai ypač aktualu kai yra dirbama su kenksmingomis medžiagomis. Nemažiau svarbu ir privalu darbuotojams vesti darbų saugos mokymus, kurie reikalauja papildomų išlaidų. Todėl gamybos įmonės yra

suinteresuotos tobulinti logistikos ir sandėliavimo procesus, mažinant jiems skiriamus kaštus. Numatytiems rezultatams pasiekti galima pasitelkti keletą įrankių:

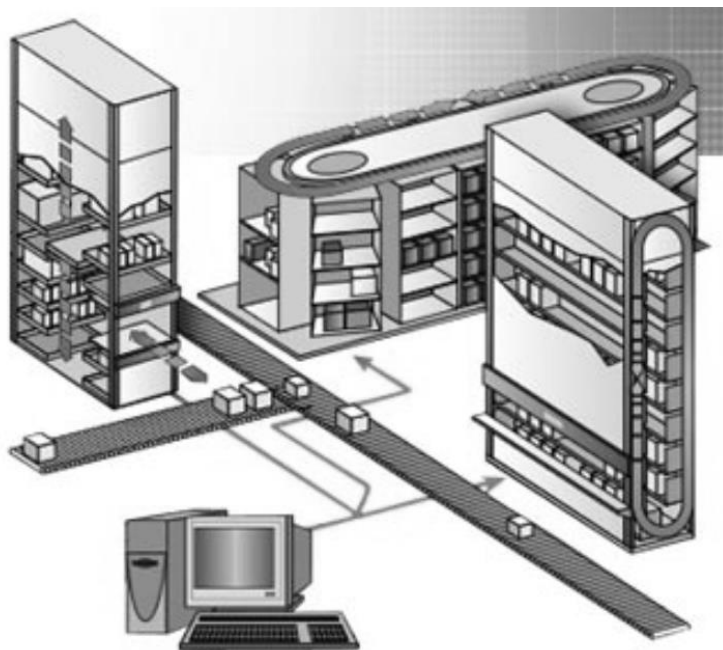
1. Gamybos apskaitos sistemą susieti su sandėliavimo sistema. Kai produkto numeriai ar kodai turi tokias pačias reikšmes sandėlio sistemoje. Pagal šią sąsają galima surasti jų buvimo vietą realiu laiku bei matyti istoriją su kiekių pokyčiais. Šio įrankio minusas - paliekama nemažai galimybių atsirasti žmogiškai klaidai, įvedant ar nurašant produktus ar medžiagas.
2. Pasirinkti gamybos būdą „Just in time“. Tai gamybos būdas gaminant tik tiek, kiek tuo momentu reikia produktų, tuo pačiu principu yra užsakinėjamos medžiagos bei reikalingi komponentai – tik tiek, kiek reikia tuo momentu. Naudojant „Just in time“ sistemą nėra reikalingas sandėlis, įrengimai nėra apkraunami ilgam, kas leidžia greitai pakeisti gaminamos produkcijos pobūdį. Didžiausi šios sistemos trūkumai - mažoms įmonėms ji yra sunkiai pasiekiamas, nes norint užsakinėti mažus kiekius medžiagų ir gauti juos tik sutartu laiku sudėtinga rasti tiekėjų, kurie sutiktų su tokiomis sąlygomis. Antras trūkumas - sugedus tiekėjo įrengimams ar gamybos linijai sustojus ir pavėlavus pristatyti medžiagas, užsakovo įmonė taip pat sustos, nes neturės reikiamų medžiagų. Trečias trūkumas – sugedus įrengimui gamyboje neišvengiamai sustos produkto gamyba, o nesant atsarginio įrengimo pristatyti produkto laiku nepavyks [5].
3. Įsdiegti autonominę sandėliavimo ir pristatymo sistemą (ASRS - Automated Storage and Retrieval System). Tai sistema valdanti autonominius krautuvus, kurie be žmogaus pagalbos gali paimti produkciją iš gamybos ir nuvežti į sandėlį ir atvirkščiai – paimti medžiagas iš sandėlio ir pristatyti į gamybą. „ASRS“ sistemai reikalingi minimalūs žmogiškieji išteklių, nėra galimybės sumaišyti produkciją ar medžiagas. Stelažai su šia sistema užima mažiau vietos, nes nereikia palikti vietos standartiniams krautuvams apsisukti. Tačiau ši sistema taip pat turi keletą trūkumų. Pirmas trūkumas – sistemos darbui reikia daug vietos gamyboje, įrenginiai padedantys ant robotų ar krautuvų užkelti produkciją užima didelį plotą. Judantys krautuvai arba robotai nėra pakankamai technologiškai pažangūs ir susidūrę, kad ir su minimalia kliūtimi, dažniausiai sustoja bei laukia kol atsakingas asmuo pašalins kliūtį. Tokia sistema reikia pritaikyti prie kiekvienos gamybos įmonės atskirai, tai labai stipriai įtakoja kainą, nes sistema kaip produktas parduodamas kaip vienetinis [6].

**Temos išskirtinumas.** Automatizuotos medžiagų ir komponentų kontrolės sandėlyje sistemos nėra naujiena. Nemažai ASRS sistemų turi medžiagų ir komponentų kontrolės funkcijas. Dažniausiai tokias sistemas turi automatinės sandėliavimo spintos (**1 pav.**), kurios iš esmės yra ta pati ASRS, tik skirta sandėliuoti mažų gabaritų objektams. Tokios sistemos pagrindinis privalumas yra mažas reikalingas plotas, lyginant su kitomis sandėliavimo alternatyvomis. Taip pat dažnai

komponentų ir medžiagų kontrolės funkcijas turi ir karuselinės sandėliavimo ir pristatymo sistema (2 pav.), kuri iš esmės yra tobulesnė automatinių spintų versija.



1 pav. Automatinė sandėliavimo spinta [17]



2 pav. Karuselinė sandėliavimo sistema[17]

Ši sistema, orientuota į kokybės veiklos gerinimą sandėlyje. Sistema pritaikyta serijinę arba masinę produktų gamybą atliekančiai įmonei, kuri gamina didelį kiekį skirtingų gaminių, bei turi didelį kiekį skirtingų klientų bei tiekėjų. Sistemos pagrindinės funkcijos yra:

- patikrinti ar atvežtas objektas atitinka užsakymo informaciją: svorį, kiekį, medžiagos, komponento ar produkto numerį,;
- būti lengvai pritaikoma ne konkrečiai įmonei ar jos patalpoms, bet daugeliui gamybos ar sandėliavimo įmonių;
- fiksuoti atvežto krovinio neatitiktį ir įspėti atsakingą asmenį;
- reguliariai siųsti tikrinimo istorijos įrašus atsakingiems asmenims;
- fiksuoti ar paletės aukštis neviršija kliento nustatytos normos.

**Darbo tema:** „Medžiagų ir komponentų kontrolės sandėlyje sistema ir jos efektyvumo tyrimas“.

**Darbo tikslas:** Sukurti medžiagų ir komponentų kontrolės sandėlyje sistemą. Atlikti tyrimą apie tokios sistemos efektyvumą.

**Darbo problema:** Dėl žmogiškųjų klaidų, įmonės klientai gauna užsakymo neatitinkantį gaminių skaičių, netinkamą gaminį arba paletės yra per aukštos jog jas būtų įmanoma padėti į sandėlį.

**Projekto uždaviniai:**

1. Sukurti medžiagų ir produktų tikrinimo sistemą sandėlyje ir paaiškinti jos veikimo principą.
2. Parinkti ar suprojektuoti tokiai sistemai labiausiai tinkančius komponentus (įrengimai, davikliai, valdikliai ir t.t.) .
3. Sudaryti tokios sistemos PLV darbo programas ir naudotojo sąsajas.
4. Atlikti tyrimą, apie tokios sistemos galimą efektyvumą ir jos pritaikymo galimybes realioje gamybos įmonėje.
5. Apskaičiuoti sistemos kainą.

Esminė šio magistro baigiamojo projekto idėja yra paneigti teiginį, jog automatizuoti sandėliavimo ir kokybės užtikrinimo sandėlyje procesus yra labai brangus žingsnis, prieinamas tik labai stambioms įmonėms. Šiame magistro baigiamajame projekte bus pristatoma medžiagų ir komponentų kontrolės sandėlyje sistema, visi reikalingi įrankiai tokiai sistemai sukurti bei ją įdiegti į realias gamybos ar logistikos įmones. Magistro baigiamajame projekte bus atliekamas tyrimas apie šios sistemos efektyvumą, taip pat apskaičiuojama sistemos kaina.

## 1. Sandėlio procesų automatizavimo teorijos analizė

Sandėlis yra neatsiejama verslo dalis, kurio pagrindinis uždavinys yra produktų ar medžiagų sandėliavimas nuo produkto gamybos pabaigos iki pristatymo klientui ar vartotojui. Medžiagų sandėliavimas nuo medžiagų pristatymo į sandėlį iki jų panaudojimo gamybos procesuose[2]. Sandėliavimas neatsiejamai susijęs su medžiagų ar produktų transportavimu, perkrovimu. Taip pat su medžiagų ar produktų sunaudojimu gamyboje, po kurios sunaudotos medžiagos grįžta į sandėlį kaip aukštesnio lygio produktas bei yra transportuojamas į kitas perkrovimo ir gamybos ar realizavimo vietas [3].

### 1.1. Sandėlių klasifikacija

Sandėliai gali būti klasifikuojami pagal daug skirtingų kriterijų, kuriuos lemia sandėlio paskirtis ir funkcijos. (1 lentelė).

1 Lentelė. Sandėlių klasifikacija [3]

Pagal ką klasifikuojama	Sandėlio rūšys	Kada eksplotuojami
Sandėliavimo tipą	Sandėliavimas ant grindų	Skardos ritiniai, kitos sunkios medžiagos keliamos su galinga technika.
	Blokinis sandėlis	Didelių įrengimų atsarginės dalys.
	Sekcinis sandėlis	Birūs kroviniai.
	Stelažinis sandėlis	Smulkios detalės supakuotos į paletes.
Sandėliuojama krovinių	Medžiagų sandėlis	Sandėliuojamos didelių gabaritų medžiagos tokios kaip mediena.
	Produkcijos sandėlis	Produkcija, kuri yra jautri aplinkai.
	Įrankių sandėlis	Specialūs įrankiai reikalingi gamybos procesams.
	Atsarginių dalių sandėlis	Gali būti sujungtas su įrankių sandėliu.
	Birių medžiagų sandėlis	Sandėlis skirtas lengvai paimti birią produkciją, kuriam reikalinga speciali dozavimo ir krovimo technika.
	Pavojingų medžiagų sandėlis	Ypač pavojinga aplinka žmogui, kelianti pavojų sveikatai, reikalinga speciali transportavimo įranga bei apsauginės priemonės darbuotojui
Sandėlio konstrukciją	Atviras sandėlis	Skirtas medžiagoms kurios nėra jautrios aplinkai
	Uždaras sandėlis	Medžiagoms ir produkcijai ar jos pakuotei kuri yra jautri aplinkai.
	Žemiaukštis sandėlis	Dažniausiai naudojamas labai sunkiems kroviniams
	Aukštas sandėlis	Naudojamas lengviems, vidutinių ir mažų gabaritų kroviniams
Automatizavimo lygį	Rankomis tvarkomas sandėlis	Naudojamas kai maži kiekiai įeinančių medžiagų, o jų svoris sąlyginai mažas
	Mechaniniais įrengimais tvarkomas sandėlis	Naudojamas pakrovimo į transportą atvejais, kai didelė įeitinų medžiagų įvairovė ir kiekiai
	Automatiniais įrengimais tvarkomas sandėlis	Naudojamas kai įeitinų ir išeitinų produktų kiekiai yra labai dideli.
Santykį su rinka	Aprūpinimo sandėlis	Naudojami aprūpinti gamybą
	Realizavimo sandėlis	Naudojami aprūpinti realizavimo vietas
Pagal sandėliavimo laiką	Statinis sandėlis	Naudojamas kai medžiagos ir produkcija laikoma ilgai, o jų kaita maža.
	Dinaminis sandėlis	Naudojama kai produkcijos kaita didelė, o sandėliavimo laikas mažas

### 1.1.1. Stelažinis sandėlis

Stelažas yra konstrukcinis įrengimas į kurį dedama ir sandėliuojama produkcija ar medžiagos. Kroviniai į stelažus dažniausiai keliami ant standartu pripažinto padėklo ar platformos. Europoje dažniausiai naudojami yra euro padėklai (EPAL). Kroviniai keliami aukštais vienas virš kito, tai padeda sutaupyti vietos bei išnaudoti didesnę dalį pastato aukščio. Stelažai skirstomi pagal tipus:

**Universalus stelažas** – naudojamas supakuotai vienetinei produkcijai sandėliuoti, kuri yra sudėta ant padėklų. Stelažo sekcijos aukštis nustatomas pagal maksimalų padėklo su įpakuota produkcija aukštį, o šis gali būti nustatomas pagal sandėlio aukštį, taip maksimaliai išnaudojamas pastato tūris. Šio tipo stelažams galima priskirti lentyninius stelažus, narvelinius stelažus.

**Privalumai:** šio tipo stelažo pagrindiniai privalumai yra tai, jog stelažą galima naudoti labai įvairiems kroviniams laikyti, toks stelažas leidžia išnaudoti sandėlio tūrį. Esant dideliame produkcijos asortimentui ir turint produkcijos apskaitos sistemą, kuri būtų susieta su sandėliu, būtų lengva rasti net ir mažiausius gaminius ar medžiagas. Tinkamai prižiūrint sandėlį, universalių stelažų dėka, sandėlio teritorija estetiškai atrodo tvarkingai.

**Trūkumai:** Reikalinga speciali technika nukelti krovinius iš viršutinių aukštų. Tinkamai nežymint produkcijos labai lengva pamesti įvairius smulkius produktus ar komponentus. Tokio tipo stelažus sudėtinga perstatyti iš vienos vietos į kitą[3].

**Specialus stelažas** – naudojamas išskirtinių gabaritų medžiagoms ar produktams saugoti, tokie gaminiai skiriasi ne tik dydžiu, bet ir savo sandara. Dažniausiai gaminami individualiai pagal kliento planuojamų saugoti medžiagų ar produktų charakteristikas. Šio tipo stelažams galima priskirti besisukančius stelažus ir grandininius stelažus.

**Privalumai:** Šio tipo stelažai leidžia gerai išnaudoti pastato tūrį, net sandėliuojant išskirtinių gabaritų produktus ar medžiagas. Stelažai gali būti pritaikomi vienam ar keliems automatizuotiems procesams.

**Trūkumai:** pagrindiniai tokio stelažo trūkumai yra tie, jog stelažai neretai užima labai daug vietos, juos panaudoti gali tik vienam arba keliems skirtingiems produktams. Stelažų įrengimo kaina ganėtinai didelė. Norint pakeisti automatizuotą procesą kitu procesu, praktiškai neįmanoma pritaikyti esamo stelažo, arba tai kainuoja daugiau nei statyti naujai suprojektuotą stelažą [3].

**Lentyninis stelažas.** Šio tipo stelažai priklauso universalaus tipo stelažų grupei. Tai stelažai į kuriuos kroviniai keliami ant padėklų, prieš tai krovinį sutvirtinus ar pritvirtinus prie padėklo plėvele ar kitokiu būdu. Lentyninių stelažų sandėlius verta statyti aukštesnius nei kitokio tipo sandėlius, net taip bus sutaupoma ploto reikiamo sandėliui. Priimta statyti stelažus su tokiais lentynų aukščiais, koks bus maksimalus padėklo su produkcija ar medžiagomis aukštis. Tą patį aukštį paliekant visose



stelažinio sandėlio patalpose. Taip į ta patį stelažą bus galima krauti didesnio asortimento krovinius. Lentyniniai stelažai būna vienpusiai ir dvipusiai.

Lentyninių stelažų sandėlius dažniausiai aptarnauja įvairūs šakiniai krautuvai, judantys su produkcijos kroviniu tarp stelažų eilių ir jį užkeldami į reikiamą vietą.

Lentyninių stelažų privalumai:

- tinka vienetiniams kroviniams;
- gerai išnaudojamas sandėlio tūris;
- paprasta atsargų apskaita ir kontrolė;
- aukštas mechanizavimo lygis;
- galimybės automatizuoti sandėlio darbą;
- paprasta paimti ir padėti reikiamas medžiagas ir komponentus [3].

## 1.2. Lentyninių stelažų sandėliuose naudojami krautuvai

Lentyninių stelažų sandėliuose dažniausiai naudojami elektriniai krautuvai, tačiau priklausomai nuo gaminamos produkcijos pobūdžio dažnai pasitaiko ir dyzelinių ar dujinių krautuvų. Elektriniai krautuvai šiuo metu dominuoja rinkoje, nes jų baterijos palaipsniui tapo vis geresnės ir patvaresnės, o keliamąją galia, kurą naudojantiems krautuvams nusileidžia nežymiai. Elektrinių krautuvų tipų yra labai daug. Parenkant krautuvą reikia atsižvelgti į keletą faktorių:

- 1) Didžiausia galima krovinio masė ant vieno padėklo. Tai labai įtakoja krautuvo masę ir kainą, kuo didesnis ir galingesnis krautuvai tuo didesnė yra jo kaina.
- 2) Didžiausias aukštis į kurį reikės kelti krovinį. Tai taip pat įtakoja kainą bei krautuvo gabaritus. Dažniausiai jei padėklus reikia kelti į labai didelį aukštį, tada pasitelkiamos pagalbinės kėlimo sistemos, o ne krautuvai.
- 3) Ant kokios dangos važinės. Tai svarbu parenkant krautuvo ratus vieni suteikia geresnį sukibimą, tačiau gali ištepti grindis zonose kuriose yra įvairūs dangos žymėjimas. Kiti gali neturėti norimo sukibimo, ypač zonose kur danga gali būti drėgna.
- 4) Kokio pločio važiavimo takai įmonėje. Dažniausiai tako plotis parenkamas toks, kad krautuvai zonose, kuriose reikia sukinėtis galėtų pilnai apsisukti. Tačiau kartais taupydamos vietą įmonės to nenumato ir takus parenka pagal krautuvo maksimalų plotį, taip suvaržant krautuvo mobilumo galimybes [7].

Jei krautuvai yra naudojami tik paimti produkciją iš gamybos, atvežti medžiagas į gamybą bei pakrauti sunkvežimius pagaminta produkcija, tuomet galima parinkti krautuvą pagal padėklą ant kurio dedama produkcija. Europoje labiausiai paplitusi padėklų rūšis yra „Euro“ padėklai, jų išmatavimai yra 1200x800 mm. Maksimalus svoris – 2500 kg. Tačiau daugelis Baltijos jūros regiono gamybos įmonių tokio svorio ant padėklo nededa, nes esant būtinybei padėklas turi sverti tiek, kad

vienas žmogus su mechaniniu keltuvu jį galėtų nustumti. Todėl ir krautuvo dažnai pakanka su 800 - 1000 kg keliamąją galia. Tokio galingumo krautuvai yra mobilesni, suvartoja mažiau elektros energijos.

### 1.3. Automatizuotas sandėlis

Automatizuotu sandėliu laikoma sistema, kai gamybos aprūpinimu ir produkcijos paėmimu rūpinasi įrengimai, kurių darbui nereikalingas žmogus, arba toks darbas atliekamas žmogaus per atstumą. Darbuotojai tokia sandėlyje atlieka įveiktinės produkcijos kokybės patikros ir sandėlio valdymo užduotis. Pilnai automatizuotas sandėlis yra kai ir kokybės ir valdymo užduotis atlieka sistema, tačiau tokiai sistemai būdinga reta įveiktinių medžiagų ar komponentų kaita ir maža jos įvairovė [2].

Dažniausiai pasitaikanti automatizuoto sandėlio forma gamybinėje įmonėje yra automatinė sandėliavimo ir pristatymo sistema arba kitaip ASRS ( Automated Storage and Retrieval System). Pagrindiniai šios sistemos elementai yra:

- sandėliavimo stelažai;
- protingos krovinių transportavimo priemonės;
- krovinių paėmimo/pridavimo vietos.

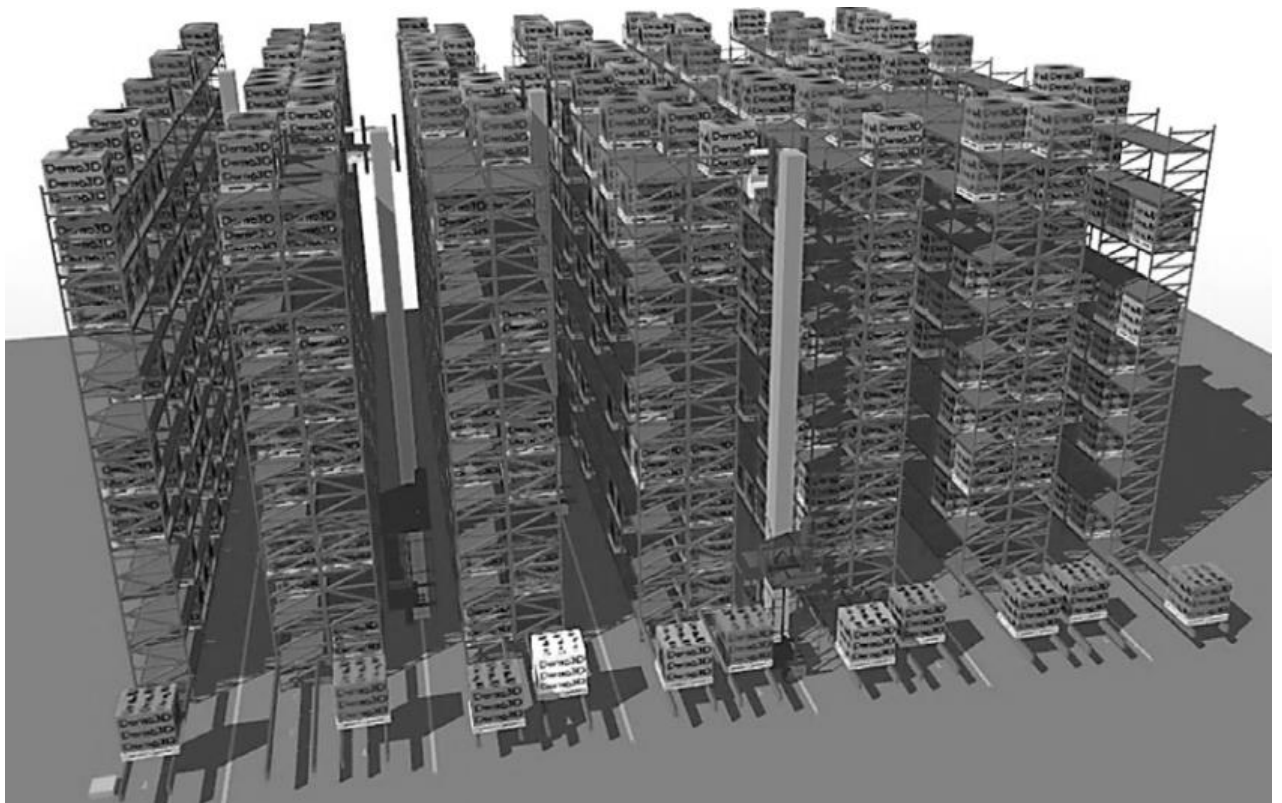
**Automatizuoti sandėliavimo stelažai.** Paprastai tai nėra įprasti lentyniniai stelažai, kuriuos galima pamatyti nedidelėse įmonėse, tai labiau modifikuotos jų versijos. Prie jau įprastų lentyninių stelažų tvirtinamos krovinių transportavimo sistemos padedančios ir nuimančios įvairius krovinius (**3 pav.**). Šis iš pažiūros ganėtinai paprastos konstrukcijos įrengimas po patobulinimo tampa ganėtinai sudėtinga mechatronine sistema. Sudėtinga ji ne tik dėl savo sandaros, bet ir veikimo principo, nes tokios stelažų sistemos vienas iš svarbiausių ir didžiausių privalumų, kai nereikia žmogui sekti kur ir koks krovinys nukeliavo. Tokios sistemos dažniausiai pačios fiksuoja krovinių transportavimo istoriją iš vietos į kitą vietą ir siunčia informaciją į apskaitos sistemą, nepriklausomai ar sandėlis veikia kaip atskira įmonės dalis ar yra susieta su visa įmonės veiklos sistema.

Taip pat tokios stelažų sistemos pačios turi nuspręsti kur padėti krovinį. Norint tai padaryti jos turi matyti kur yra laisvos vietos bei ar tinkamas lentynos aukštis paimtam kroviniai (tais atvejais kai stelažų lentynos yra ne vienodų matmenų). Tai sistema padaro jutiklių ir daviklių pagalba. Yra sistemų, kurios reikiamą informaciją gauna iš brūkšninio kodo. Tačiau tokia sistema neapsaugo nuo žmogiškosios klaidos padarytos iki krovinių atkeliavo į sandėlį [8].

Krovinių kėlimo mechanizmai dažniausiai juda dviejų kryptų ašimis, kurios veikia panašiai kaip įvairių CNC mašinų judėjimo ašys. Tokio tipo ašys nesuteikia mechanizmui didelio mobilumo, tačiau sutaupo daug vietos. Norint kad stelažo sistema veiktų efektyviai ir ekonomiškai reikia laikytis keleto sąlygų:

- Ant vieno padėklo gali būti tik vienos rūšies medžiagos ar produktai.
- Kiekviena produkcijai skirta stelažo lentyna turi būti tokių matmenų, kad joje būtų galima sandėliuoti visus įmonėje pagaminamus produktus.
- Jei įmonės įeinančios medžiagos yra didesnių arba mažesnių matmenų nei didžiausi gaminami produktai, tada reikia pritaikyti zoną atskirai medžiagoms ir zoną atskirai produkcijai. Arba atskirti stelažus – vieni naudojami produkcijai laikyti kiti medžiagoms. Ši taisyklė galioja ir tada, kai produktai arba medžiagos yra jautrūs aplinkai, kurios atsiradimą gali įtakoti sandėliuojama produkcija ar medžiagos.
- Vienas pakėlimo mechanizmas aptarnauja tik vieną stelažų koridorių.
- Negalima įdiegti jokių papildomų įrenginių ar konstrukcijų, kurių nebuvo prieš įrengiant stelažų sistemą [9].

Šių stelažų pagrindiniai trūkumai - kai jie integruojami į patalpas, kažką pakeisti gali būti neįmanoma arba pakeitimo kaina gali būti didesnė nei nauda, kurią gautų įmonė po pakeitimo. Tai dažnai nutinka plečiantis įmonėms kai nebeužtenka vietos stelažuose. Kitas trūkumas - ganėtinai sudėtinga įvesti naują produkciją, kuri savo charakteristikomis, pavyzdžiui gabaritais ar svoriu, skiriasi nuo produkcijos kuri yra sandėliuojama.



3 pav.. ASRS sistemoje naudojami stelažai. [9]

**Protingos krovinių transportavimo priemonės.** Tai transportavimo priemonės, kurios yra pritaikomos prie sandėlio darbo reikalavimų. Šios priemonės gali būti pritaikytos ne tik sandėlio

darbui, bet kartu būti surištos su gamybos procesais. Paprasčiau kalbant tai įrengimai, kurie krovinius transportuoja iš gamybos į sandėlį, o iš sandėlio į krovinių išsiuntimo vietas. Arba medžiagų paėmimo iš krovinių gavimo vietų į sandėlį, o iš sandėlio į gamybą [12].

Protingos krovinių transportavimo priemonės yra mobilūs robotai, kurie savyje turi integruotas:

- kompiuterines sistemas;
- įvairaus tipo sensorines sistemas;
- automatinio valdymo sistemas;
- susisiekimo su kitais robotais ar įrenginiais sistemas;
- žemo lygio dirbtinio intelekto sistemas.

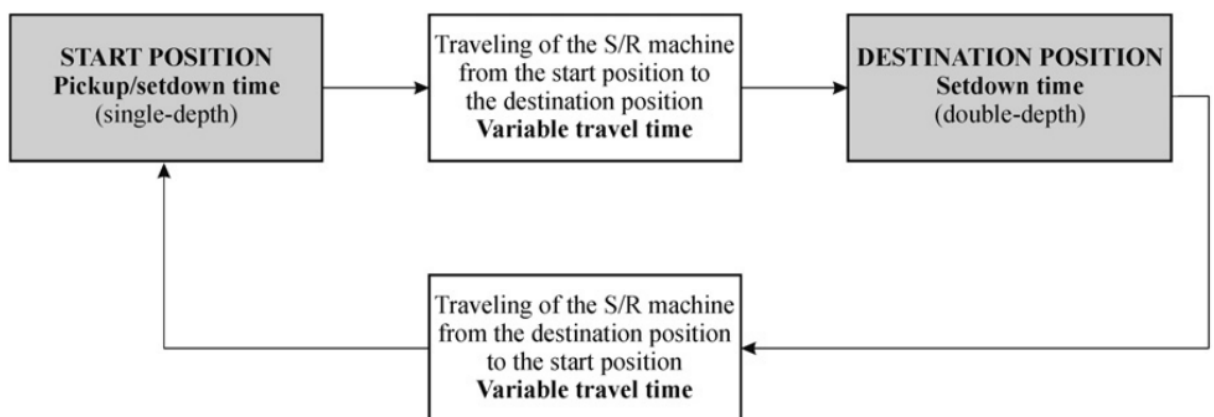
Mobilūs robotai turintys išvardintas sistemas, gali judėti savarankiškai priimdami trumpiausio maršruto arba mažiausiai laiko sąnaudų reikalaujančius sprendimus. Taip pat šių sistemų pagalba robotas savo nuožiūra gali išvengti kliūčių. Tokie robotai paprastai yra saugesni nei žmonių valdomi mechaniniai krautuvai, nes roboto reakcija yra gerokai greitesnė nei vidutinio žmogaus. Sudėtingesnes sistemas turintys robotai gali turėti atmintį, susijusią su praeityje sutiktomis kliūtėmis, kurios pagalba gali komunikuoti su kitais robotais ir taip jiems padėti išvengti kliūties priimant maršruto sprendimus [10].

Mobilūs robotai gali būti įvairių tipų, priklausomai nuo jų panaudojimo būdo bei gabenamų krovinių specifikos. ASRS sistemų kūrimosi pradžioje apie 1990 metus dažniausiai būdavo naudojami platforminiai robotai (**4 pav.**), kuriems reikėdavo papildomų sistemų. Jų pagalba kroviniai būdavo užkeliami ant platformų.



**4 pav.** Platforminis mobilus robotas, pagamintas 1989 metais, (nuotrauka daryta Orkelljunga, Švedija 2018.)

Tokius robotus naudojančios ASRS sistemos yra ganėtinai paprastos, pasižymi menku mobilumu bei užima nemažai vietos. Šios sistemos reikalauja mažai papildomų investicijų ir yra ganėtinai efektyvios, jei yra netobulinamos. Jei sistemą norima tobulinti tai gali kainuoti labai daug papildomų resursų. Vienas iš didžiausių šių robotų trūkumas yra tai, jog į važiuojamą dangą yra įmontuotas magnetinis arba metalinis bėgelis, pagal bėgelio trajektorija juda ir robotas. Todėl norint pakeisti fabriko išplanavimą ir prie jo pritaikyti tokius robotus reikia ardyti grindis.



**5 pav.** Paprasto mobilaus roboto supaprastina darbo programa [8].

Įsibėgėjus sandėlių automatizacijai buvo pradėti naudoti tobulesni robotai. Dažnai tai būdavo robotai, savo išvaizda labai panašūs į paprastus, žmogaus valdomus mechaninius krautuvus. Didžiausias skirtumas tarp jų buvo tas, jog žmogaus atliekamą darbą atlikdavo į įrenginį integruotos sistemos. Šiai dienai robotų optimizavimas ir pritaikymas prie reikiamos aplinkos yra pažengęs. Įmonės ar institucijos priima sprendimą gaminti tik jiems pritaikytus robotus, kurie gali atlikti itin specifines krovinių perkėlimo operacijas [11].

Protingi mobilūs robotai parenkami pagal tai kokį automatizavimo lygį įmonė nori pasiekti ir kiek už tai yra pasiryžusi mokėti. Paprasčiausios ASRS sistemos robotai gali atlikti tik paėmimo – pristatymo funkcijas, tačiau susidūrę su kažkokiomis kliūtimis dažnai sustoja ir reikalauja žmogaus asistavimo. O tobulesnės sistemos robotai ir pati sistema yra ganėtinai lanksti ir galinti išspręsti įvairias problemas be žmogaus pagalbos. Tokios sistemos yra labai brangios ir sunkiai pritaikomos. Jei tokią sistemą norima įsidiesti į jau veikiančią įmonę, gali tekti keisti įmonės gamybos ir sandėliavimo patalpų išdėstymą. Tokios sistemos gedimai gali atnešti didžiulių nuostolių, nes sustoja dauguma gamybos ir logistikos procesų.

**Krovinių paėmimo – pristatymo vietos.** Tai vietos iš kurių mobilūs robotai paima arba į kurias pristato krovinius. Tokios vietos pritaikomos prie konkrečios ASRS sistemos. Jos gali būti labai įvairios struktūros. Nuo paprastos vietos, kuri mobilių robotų sistemoje nurodyta kaip vieta, kur atsiradus kroviniui suveikia jutiklis ir perduoda signalą robotams iki ganėtinai didelės konstrukcijos. Keletas dažniausiai naudojamų paėmimo – pristatymo vietų tipų:

- 1) Paprastas grindų plotas, kuris yra išskirtinai pažymėtas bei aplink save turi jutiklius ir daviklius. Paprastai tokių vietų gamybos įmonėse yra daug, kartais net prie kiekvieno įrengimo ar įrangos. Jutiklių ir daviklių pagalba iš tokios vietos siunčiamas signalas mobiliems robotams, taip jie gauna konkrečias užduotis pagal pirmumo tvarką. Tokių vietų pagrindinis privalumas yra tas, jog nereikia krovinių vežti į tam tikras vietas. Užtenka pastatyti taisyklingai į vietą ir krovinsys automatiškai išgabenamamas. Pagrindiniai tokios sistemos trūkumai yra tai, jog tokias vietas įrengti reikia nemažų investicijų, o norint pakeisti vietą, nėra paprasta priskirti naujas vietas. Kitas trūkumas – pastačius padėklą nors šiek tiek netaisyklingai robotas gali turėti problemų jį paimant.
- 2) Bėginės konstrukcijos, ant kurių padėklai su krovinais yra užkeliami, ant specialių ratukų, kurie važiuodami bėgiais nuveža krovinį į jo paėmimo – pristatymo vietą, kurioje nuo bėgių ant mobilaus roboto užvažiuoja specialių ratukų pagalba. Tokia sistema yra viena pirmųjų pradėtų naudoti ASRS, nes ji buvo labai paprasta, bet ganėtinai efektyvi. Krovinsys atvažiuoja iki paėmimo vietos visada tokioje pačioje padėtyje, todėl nėra problemų paimant krovinį. Tokios sistemos trūkumai yra, tai jog tokia sistema užima nemažai vietos bei reikalauja ganėtinai dažnos periodinės priežiūros. Kadangi toks vietos įrengimas užima daug vietos prie

kiekvieno įrengimo, ją įrengti gali būti sudėtinga ir tam būtų panaudota neproporcingai daug vietos. Todėl toks būdas yra dažniau naudojamas įvairiuose gamybos taškuose, kur suvežama pagaminta produkcija.

- 3) Konvejeriai, kurių veikimo principas panašus į bėginės konstrukcijos, tačiau pati konstrukcija ir įrengimas yra daug paprastesnė. Tokio tipo pristatymo/paėmimo vieta, ganėtinai mobili, jos poziciją galima keisti. Tai vienas didžiausių pranašumų, tačiau kaip ir bėginė sistema taip ir konvejerio tipo sistema gana sparčiai dėvisi. Taip pat užima nemažai vietos [8].

#### **1.4. Gaminio kokybės užtikrinimas**

Kokybės kontrolė gamybos įmonėse turi dvi atšakas, tai proceso kontrolė ir galutinio produkto kontrolė [28]. Proceso kontrolė yra vieno proceso kontroliavimas ir jo stabilumo užtikrinimas. Proceso kontrolė vykdoma pasitelkiant įvairius įrankius, tokius kaip MSA (Measurement System Analysis), SPC (Statistical Process Control), Cp-Cpk (Process Capability) ir Pp-Ppk (Process Performance). Išvardinti įrankiai padeda stebėti ir analizuoti procesus.

Galutinio produkto kontrolė atliekama vykdant tikrinimo planus. Tikrinimo planai yra skirti patikrinti žaliavas, komponentus, pusiau surinktus ar pilnai surinktus produktus. Tikrinimo plane aprašomi metodai kaip bus patikrinamas tam tikras objektas, kokias sistemas ar įrankius tam reikėtų naudoti, kokių dažnumu tai reikėtų daryti. Tokio plano esmė yra nustatyti ar objektas tinkamas ar netinkamas [28].

Tokius tikrinimus gali atlikti žmogus arba automatinė sistema, priklausomai nuo tikrinimo sudėtingumo ir reikiamo laiko tikrinimą atlikti. Jei tikrinimo operaciją reikia atlikti dažnai, o pati operacija neturi specifinių reikalavimų, automatinės sistemos gali būti pritaikytos. Dažniausiai sutinkamos tikrinimo operacijos galėtų būti:

- 1) Svorio matavimas.
- 2) Tūrio matavimas.
- 3) Gabaritų matavimas.
- 4) Drėgmės žaliavoje matavimas.
- 5) Tam tikrų komponentų buvimo ar nebuvimo matavimas.
- 6) Stiprumo testai.
- 7) Atsparumo aplinkai testai.
- 8) Defektų ant produkto ar komponento paviršiaus nustatymas.
- 9) Funkciniai testai.
- 10) Spalvos matavimai.

Viršuje aprašyti dažniausiai atliekamos tikrinimo operacijos [29]. Kai kurios operacijos, tokios kaip svorio, tūrio, komponentų buvimo nebuvimo matavimai, yra ganėtinai paprastos ir lengvai



automatizuojamos. Tačiau tokios operacijos kaip funkciniai testai, spalvos matavimai atsparumo aplinkai testai yra ganėtinai sudėtingi ir automatizuoti. Tokias operacijas vykdyti technologiškai sunku ir ganėtinai brangu. Taip pat dažnai net ir automatizavus procesą reikalingas žmogus, kuris prižiūrėtų procesą.

**Įeinančių – išeinančių krovinių kontrolė.** Tai prevencinė priemonė, kuri padeda užtikrinti įeinančių medžiagų ar komponentų ar išvežamų produktų kokybę. Įeinantiems komponentams ar medžiagoms kontrolė dažniausiai vykdoma sandėlyje iškart atvykus kroviniui. Tokios kontrolės tikslas yra užkirsti kelią netinkamoms medžiagoms ar komponentams atsidurti sandėlyje. Įeinančią kontrolę dažniausiai vykdo komponentus automobilių ar medicinos pramonei teikiančios įmonės. Nes šio tipo produktams taikomi aukštesni standartai. Tačiau tokio tipo kontrolė reikalauja daug žmogiškųjų išteklių ir laiko.

Įeinančių produktų kontrolė taip pat gali būti vykdoma ir gaunant produkciją iš gamybos padalinių. Tokios kontrolės tikslas išvengti žmogiškųjų klaidų.

### **1.5. Apskaitos, resursų planavimo sistemos ir jų įtaka sandėlio darbui**

Resursų planavimo sistemos (ERP – Enterprise Resource Planing) buvo sukurtos iš kelių atskirų verslo valdymo sistemų. Tokią sistemą gali sudaryti šie moduliai:

- Finansinės apskaitos;
- Žmogiškųjų išteklių;
- Užsakymų valdymo;
- Gamybos planavimo ir valdymo;
- Žaliavų planavimo ir valdymo;
- Techninio aptarnavimo ir vykdymo;
- Pardavimų valdymo.

Visi šie moduliai leidžia nepakilus nuo darbo stalo sužinoti reikiamą informaciją apie įmonės veiklos rezultatus ar bet kokią kitą reikalingą informaciją. Tačiau į tokią sistemą dažniausiai informacija yra įvedama žmogaus, kas įtakoja galimybę žmogiškajai klaidai. Tokios sistemos, kurios turi visus aukščiau išvardintus modulius ar net daugiau, yra ganėtinai sudėtingos ir reikalauja nemažai žinių apie įmonės veiklą. Todėl klaidos galimybė tokioje sistemoje yra ypač didelė [16].

### **1.6. Sandėlio veiklos kokybės užtikrinimo svarba**

Automobilių pramonės augimas sulėtėjo dėl didelės pasiūlos, sumažėjo gamintojų pelno maržos, taip pat išaugo automobilių tarnavimo laikas. Dėl šios priežasties automobilių gamintojai pradėjo investuoti į veiklą po automobilio pardavimo. Tai yra, atsarginių dalių ir paslaugų kokybę ir



prieinamumą[23]. Dažnai gamintojai stengiasi sukurti tokias dalis, kurios galėtų būti naudojamos ne tik vienam modeliui, bet visai automobilių serijai. Dažniausiai tai yra paslėptos ir plika akimi nematomos automobilių dalys. Dažnai dalys skiriasi tik minimaliai ir jų gamybos procesai nereikalauja papildomų linijų ar įrangos, norint pakeisti gaminamą gaminį. Tai pritaikoma mažesniems gamintojams, kurie tiekia tokio tipo komponentus automobilių gamintojams. Tokiu atveju nereikia įsidiegti naujų linijų ar įrangų išėjus naujam automobilio modeliui. Taip pat mažai pasikeičia ir patys gamybos procesai ar kokybės užtikrinimo procedūros.

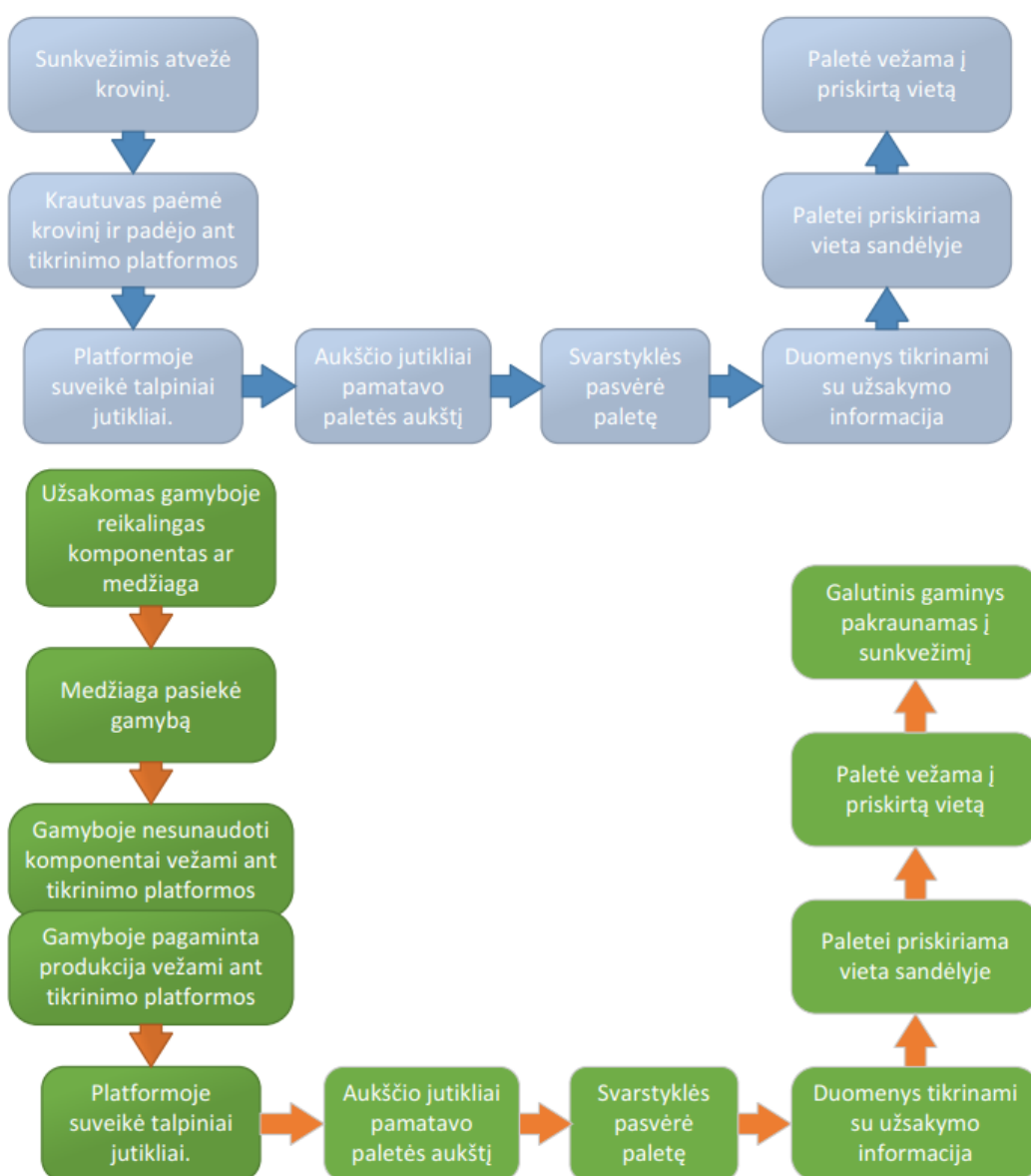
Pasaulinės finansų krizės metu 2008-2011 metais, automobilių pramonė buvo kaip gelbėjimo ratas įmonėms, kurios nekuria galutinio produkto, o tik tiekia komponentus galutiniam produktui. Nes tokioms įmonėms bankrutavus (baldų, medicinos ar maisto gamybos įmonėms) buvo sunku rasti naujų klientų. Šiuo laikotarpiu vienintelė stabili pramonės šaka buvo automobilių pramonė. Todėl įmonės, kurios yra komponentų tiekėjai automobilių gamintojams, stengiasi išlaikyti kuo geresnius santykius su esamais klientais ar juos pagerinti. Tam, kad išlaikyti bendradarbiavimą ir turėti draudimą dar vienos finansinės krizės atveju. Didieji automobilių gamintojai tiekėjus atsirenka labai atsargiai. Jei su tiekėju turi daug problemų, susijusių su gaminių tiekimu ar jų kokybe, dažnu atveju gali pradėti ieškoti naujo tiekėjo [23].

### **1.7. Literatūros apžvalga**

Sandėlio automatizavimo procesai nėra naujiena gamybos pramonėje ar logistikos sandėliuose. Sandėlio procesų automatizavimas pradėjo vystytis dar 20 a, 10 dešimtmetyje. Tačiau pagrindinė problema yra tai, kad dauguma sistemų yra pritaikytos konkrečiai įmonei ar veiklos kryptčiai. Kai nėra pagal tą patį principą veikiančių sistemų, tokių sistemų aptarnavimo ir plėtojimo kaštai labai stipriai išauga, o tobulinimo galimybės sumažėja arba išauga tobulinimo kaina. Medžiagų ir komponentų kontrolės sistemos taip nėra naujiena, tačiau dauguma sistemų pritaikyti konkrečiai gaminių grupei ar vienos kryptties gamybos įmonėms. Visus procesus padeda valdyti resursų planavimo sistemos, bet jos negarantuoja informacijos atitikimo sistemoje ir realybėje. Visa tai veda prie klausimo, kokia turėtų būtų medžiagų ir komponentų kontrolės sistema, kuri užtikrintų informacijos atitikimą sistemoje su realia situacija ?

## 2. Kuriamos sistemos veikimo principas, koncepcija

Kuriamos sistemos pagrindinė idėja ir išskirtinumas yra – sąlyginai pigi medžiagų ir komponentų kontrolės sistema, kurią galima pritaikyti jau egzistuojančiuose sandėliuose ir gamybos skyriuose. Sistemos išskirtinumas - įdiegiant sistemą gamybos įmonėje reikia įdiegti tik smulkius papildomus įrengimus, nekeičiant esamos tvarkos ar gamybos išplanavimo. Taip pat sandėlyje reikalinga tik smulki papildoma įranga, nekeičiant sandėliavimo stelažų padėties. Sistema tikrina krovinio struktūrą su informacija apie užsakymą, esančia resursų planavimo sistemoje. Jei gaminio svoris, kiekis ar paletės aukštis neatitinka aprašyto užsakyme, tada sistema formuoja atitinkamą įrašą, kuris bus siunčiamas atsakingam darbuotojui. Kiekvienas paletės tikrinimas bus fiksuojamas sistemoje ir siunčiamas atsakingam asmeniui.



6 pav. Sistemos įtaka gamybos ir sandėlio procesams. Pilkame fone – įveinančių krovinių. Žaliame fone – išveinančių krovinių.

Ši koncepcija galėtų būti pritaikyta gamybos ir sandėliavimo įmonėms, kurios gali tenkinti žemiau išvardintas sąlygas:

- Naudoja standartinius elektrinius, dujinius ar dyzelinu varomus krautuvus (**7 pav.**).
- Gamyboje bei sandėlyje naudoja tik sausas standartines paletes. (2 lentelė)
- Pilnos paletės svoris neviršija 1500 kg.
- Turi sandėlio ir gamybos resursų planavimo sistemą.
- Neturi gaminių kurie būtų išskirtinio dydžio ir reikalautų išskirtinio pakavimo ir sandėliavimo. Tokie gaminiai būtų sandėliuojami atskirai.

Visi aukščiau išvardinti reikalavimai yra ganėtinai paprasti ir nėra niekuo išskirtiniai. Jie tinka vidutinio dydžio (Baltijos šalių mastais) įmonėms, bet gali būti pritaikytos ir mažoms ar labai didelėms įmonėms.



**7 pav.** Standartiniai elektriniai auto krautuvai. [14]

**2 Lentelė.** Standartinių paletčių sąrašas [13]

Nuotrauka	Išmatavimai	Žymėjimas
	Išmatavimai: 800x1200x145mm Paletės svoris: 25,6 kg Maksimali apkrova: 2000 kg	EPAL
	Išmatavimai: 800x1200x138mm Paletės svoris: 22,4 kg Maksimali apkrova: 1000 kg	CP2
	Išmatavimai: 760x1140x138mm Paletės svoris: 21,7 kg Maksimali apkrova: 1000 kg	CP5

## 2.1. Sistemai keliami reikalavimai

Kiekviena įmonė prieš svarstydamą įsidięgti tokio tipo tikrinimo sistemą, išanalizuoja tokios sistemos galimybes. Taip pat galimiems tokios sistemos tiekėjams išsako savo reikalavimus tokiai sistemai. Automatinė sandėliavimo sistema privalo:

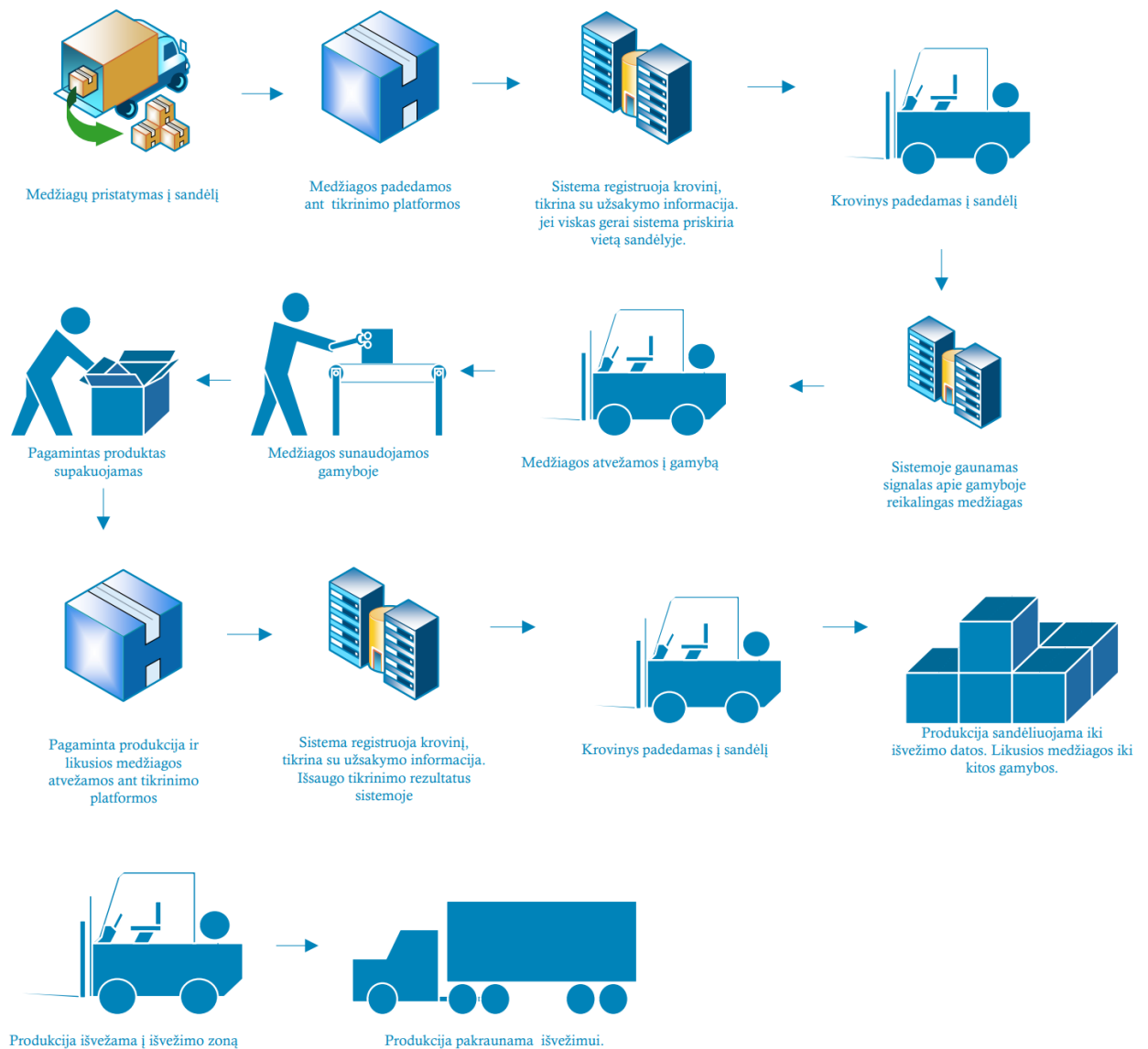
- 1) Turėti paprastą ir suprantamą valdymą.
- 2) Būti efektyvi. Tai reiškia, jog su sandėlio darbu susijusioms operacijoms atlikti reikalingas laikas turėtų sutrumpėti ar bent jau likti toks, koks buvo iki įsidięgiant sistemą.
- 3) Būti paprastai tobulinama – įmanoma įdiegti papildomus elementus.
- 4) Netrukdyti kitoms įmonės veikloms.
- 5) Sumažinti arba nepadidinti sandėlio aptarnaujančio personalo skaičių.
- 6) Turėtų užtikrinti informacijos atitikimą RPS su realia informacija.

## 2.2. Sistemos veikimo principas

Šios sistemos veikimo principas suskirstytas į operacijas. Operacijų eiliškumas pritaikytas standartinės gamybos įmonės gamybos procesų eiliškumui (**8 pav.**). Tam, kad sistema veiktų reikalingi apribojimo, informacijos surinkimo ir perdavimo bei informacijos apdorojimo elementai. (**3 lentelė**).

**3 Lentelė.** Sistemos komponentų sąrašas

Nr.	Elemento pavadinimas	Paskirtis
1.	Rėminė konstrukcija	Apriboja paletės pastatymo vieta, neleidžia pastatyti paletės į netinkamą poziciją.
2.	Talpinis jutiklis	Fiksuoja kada paletė atsiduria tinkamoje pozicijoje. Jutiklio teigiamas signalas formuoja komandą stabdyti aukščio matavimą ir priimti didžiausią reikšmę gautą matavimo metu.
3.	Ultragarsinis jutiklis	Matuoja paletės aukštį.
4.	Svarstyklės	Matuoja paletės svorį
5.	Indikacinė lemputė	Indikuoja apie tikrinimo rezultata.
6.	Valdiklis	Paleidžia darbo programą, kuri atlieka skaičiavimus. Programa lygina gautus ir naudotojo įvestus duomenis su produkto teoriniais duomenimis.
7.	Išplėtimo moduliai	Padidina įėjimų – išėjimų skaičių valdiklyje.



**8 pav.** Sistemos įtaka gamybos procesams

### 2.3. Sistemos išskirtinumas

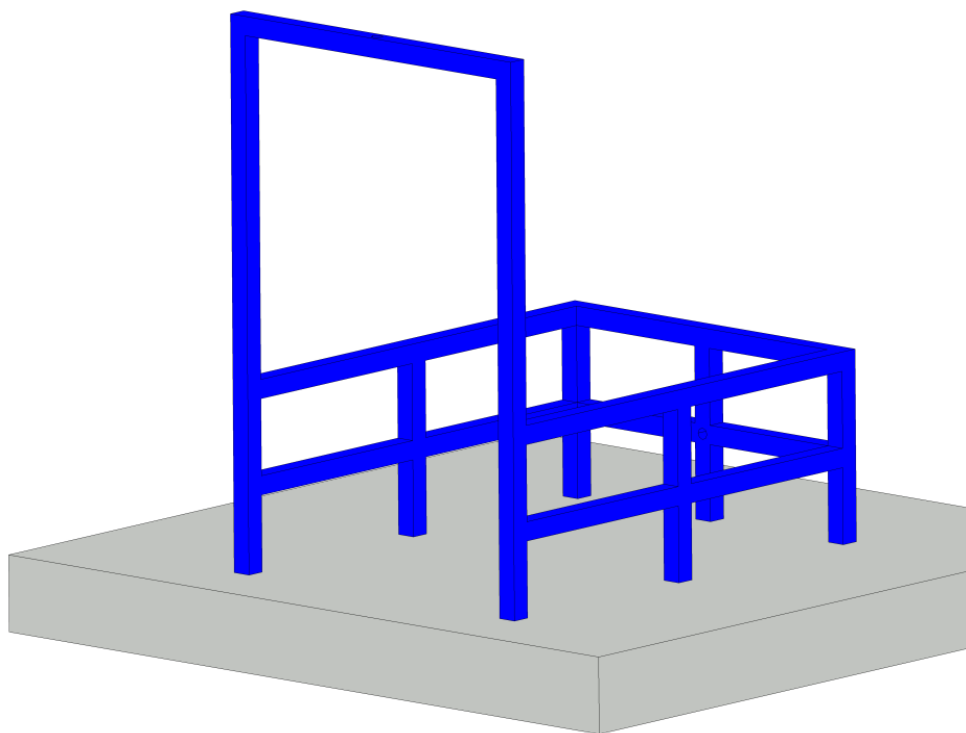
Įdiegus tokią sistemą į gamybos ar sandėliavimo įmonę pagrindiniai privalumai prieš kitas sistemas yra:

- 1) Sistemą paprasta tobulinti. Pavyzdžiui: išaugus gamybos apimtims, paprasta įdiegti papildomas tikrinimo platformas
- 2) Sistemos priežiūrai beveik nereikia žmogiškųjų išteklių.
- 3) Sistema padėtų sumažinti žmogiškosios klaidos tikimybę.
- 4) Sistema supaprastintų įmonės sandėlio apskaitos valdymo operacijas.

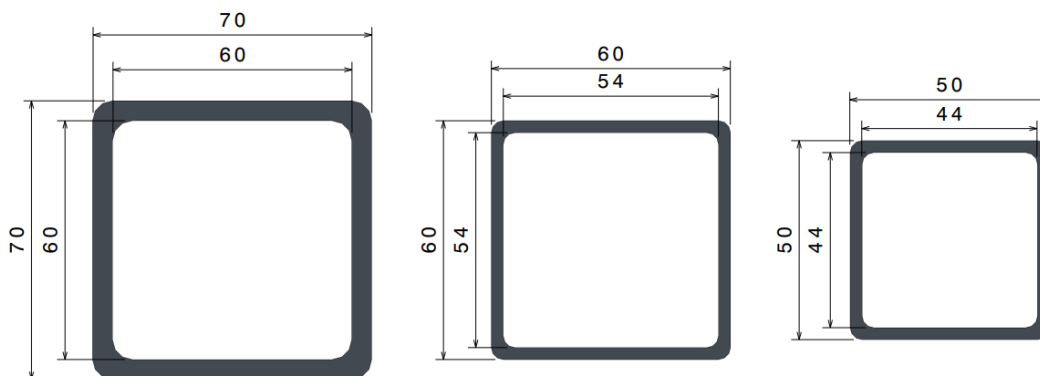
### 3. Sistemą sudarantys mechaniniai komponentai

#### 3.1. Paletės pastatymo vietą apribojantys rėmai

Tam jog paletė būtų pastatyta būtent taip, kad sistema suveiktų kaip sumanyta, reikia apriboti galimybes pastatyti ją blogai. Tam reikalingas elementas yra metalinis rėmas (**9 pav.**). Šis rėmas bus gaminamas iš S355 markės plieno konstrukcinių vamzdžių (**10 pav.**). Pirmiausiai vamzdžiuose bus išpjaunamos reikalingos išpjovos išgręžiamos skylės jutikliams. Tada rėmas bus suvirinamas (Surinkimo ir suvirinimo brėžiniai pateikiami 8 ir 9 prieduose). Tada rėmas bus nudažomas milteliniu būdu. Suvirinus rėmą sudarys 8 atskiros dalys – rėmas ir 7 tvirtinimo kojos (Kojos surinkimo ir suvirinimo brėžiniai pateikiami 10 priede). Paveiksle apačioje vaizduojamas tik rėmo principas. Realūs brėžiniai pateikiami 8, 9 ir 10 prieduose.

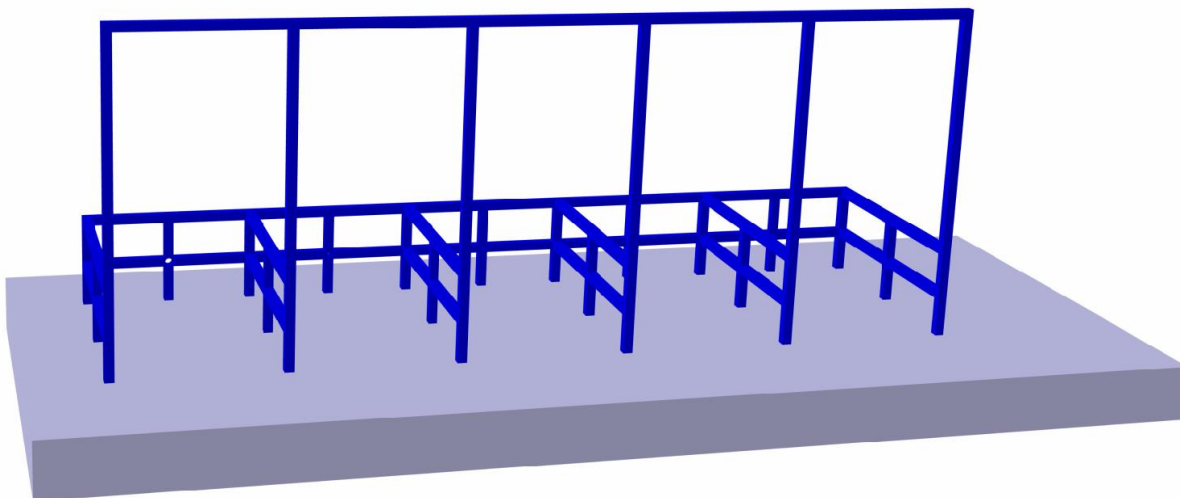


**9 pav.** Paletės pastatymo vietą apribojantis rėmas



**10 pav.** Konstrukcinių vamzdžių profilių matmenys

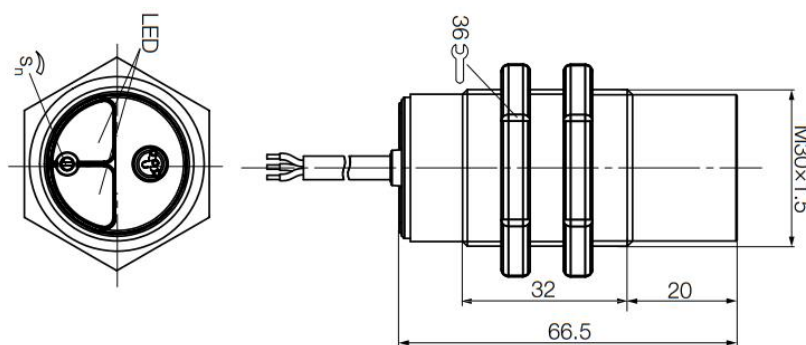
Rėmų skaičių galima didinti arba mažinti. Rėmai tarpusavyje gali būti jungiami nepaliekant tarpų. Rėmo parametrai tokie kaip plotis, ilgis ar viršutinio skersinio aukštis taip pat gali būti keičiami. Sistemos veikimui tai įtakos beveik neturi (**11 pav.**).



**11 pav.** Rėmai sujungti tarpusavyje taip sudarant vietas 5 paletėms

### 3.2. Paletės padėties tikrinimas

Platformose įtaisytų jutiklio pagalba formuojamas signalas, jog paletė yra išvežimo vietoje. Šį signalą formuoja talpinis jutiklis „BALLUFF BCS M30B4E1-PSC25H-EP02“ (**12 pav.**). Jutiklio charakteristikos pateiktos 3 lentelėje.

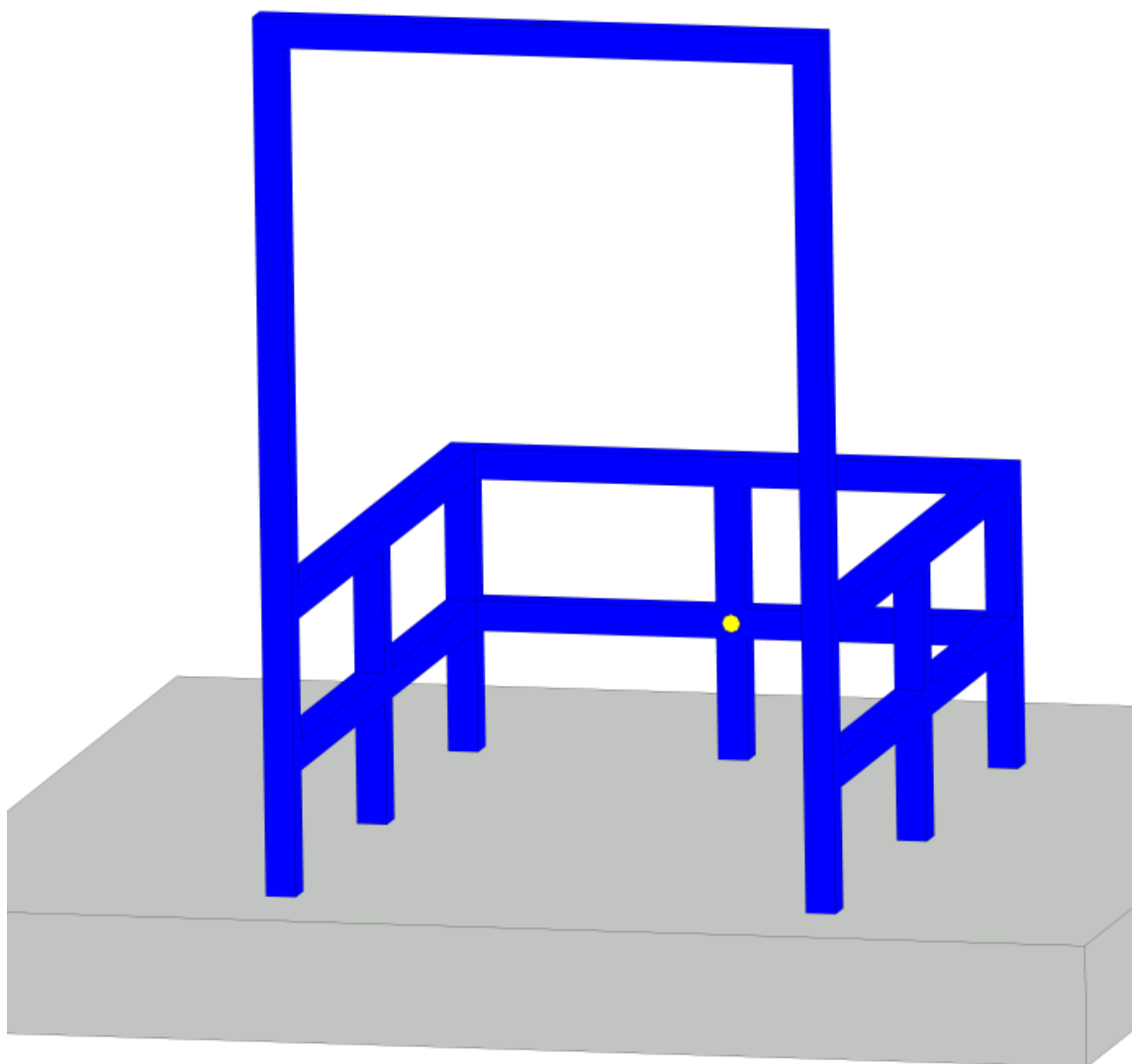


**12 pav.** Talpinis jutiklis „BALLUFF BCS M30B4E1-PSC25H-EP02“ [18]

**4 Lentelė.** Jutiklio „BALLUFF BCS M30B4E1-PSC25H-EP02“ specifikacija [18]

Dydis	M30×1.5
Jutiklio darbinė zona	1-30 mm
Elektros šaltinio įtampa	10...30 V DC
Maksimalūs įtampos šuoliai	≤ 1.5 V
Maksimali išėjimo srovė	100 mA
Išėjimo tipas	Skaitmeninis
Darbinė temperatūra	-25...+85 °C
Maitinimo įtampos indikacija	žalias LED/geltonas LED
Apsaugos lygis	IP 67
Korpuso medžiaga	Nerūdijantis plienas

Šis jutiklis bus montuojamas per patį rėmo vidurį, 225 mm aukštyje nuo grindų (**13 pav.**). Tik šiam jutikliui suveikus, sistema fiksuos paletės aukščio daviklio vertę. Tai reikalinga padaryti, jog būtų užtikrintas visos paletės pravažiavimas pro aukščio jutiklį ir paletė būtų pastatyta į reikiamą poziciją.

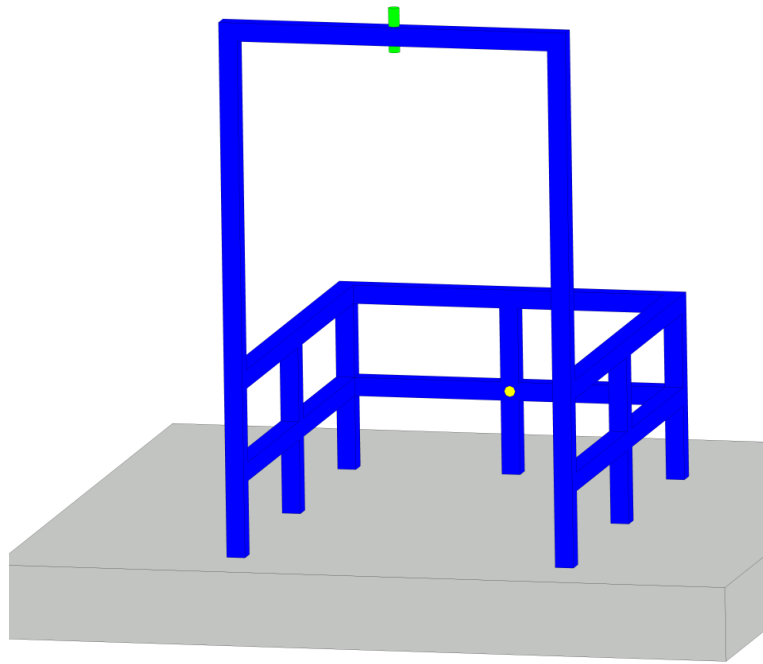


**13 pav.** Paletės buvimą fiksuojančio jutiklio įstatymo vieta (pažymėta geltonai)

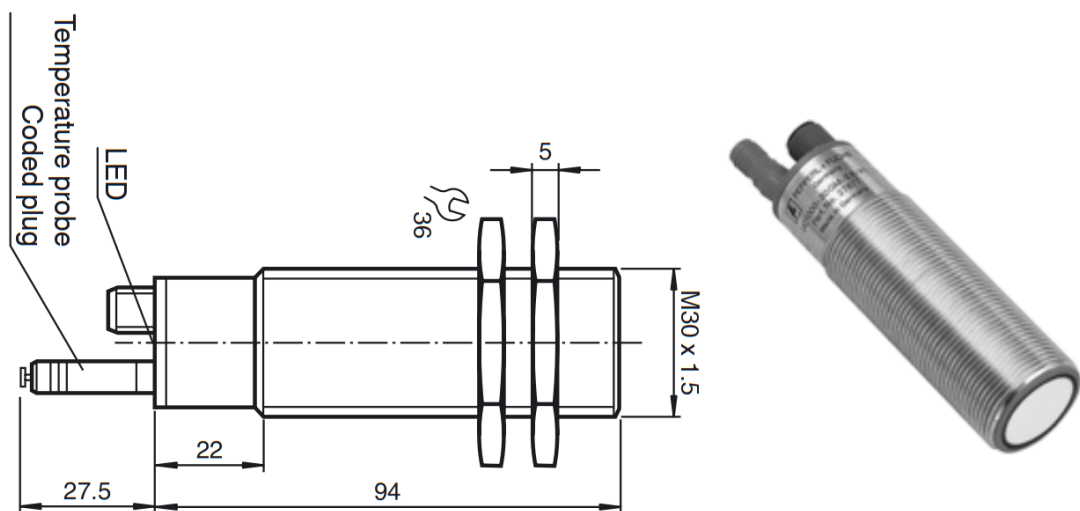


### 3.3. Paletės aukščio matavimas

Paletės pastatymo vietą apribojančio rėmo, viršutinėje dalyje, priekyje (**14 pav.**) įstatomas ultragarsinis jutiklis „PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15“ (**15 pav.**). Jutiklio paskirtis - pamatuoti paletės aukštį. Jutiklis įstatomas šioje vietoje tam, kad būtų pamatuotas didžiausias paletės aukštis, kai paletė bus įstumama į platformą. Tokiu būdu pro jutiklio veikimo diapazoną praeis visas paletės ilgis. Taip bus išvengta netikslaus paletės išmatavimo. Didžiausia jutiklio vertė nuo suveikimo momento bus nuskaitoma tik tada, kai suveiks paletės buvimą fiksuojantis jutiklis. Vertės matavimas vyks nuo tada, kai pirmą kartą suveiks aukščio jutiklis ir tęsis, iki kol suveiks paletės buvimą ar nebuvimą fiksuojantis jutiklis. Jutiklio specifikacija pateikta 4 lentelėje.



**14 pav.** Jutiklio „PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15“ įstatymo vieta rėme.  
(pažymėta žaliai)

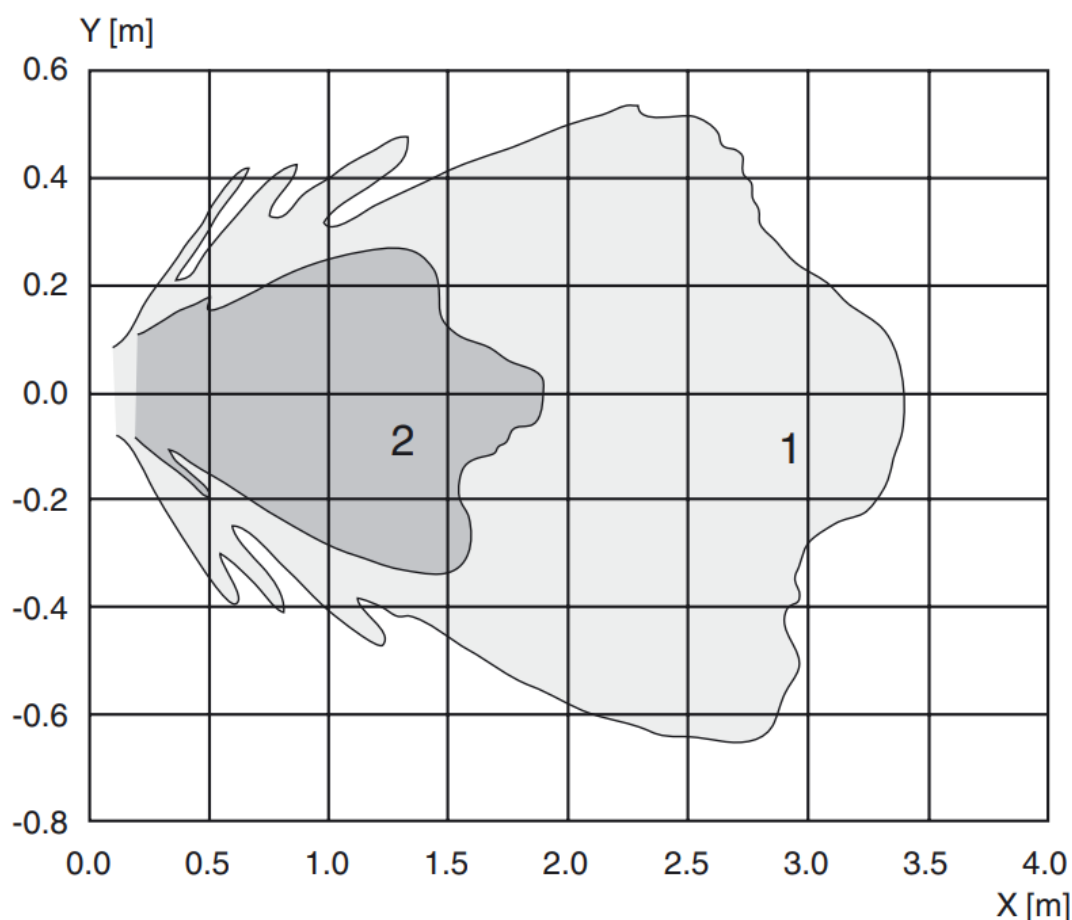


**15 pav.** Ultragarsinis jutiklis „PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15“ [19]

**5 Lentelė.** Jutiklio PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15 charakteristikos[19]

Matavimo diapazonas	80-2000 mm
Akloji zona	80mm
Keitiklio dažnis	180 kHz
Reakcijos laikas	65 ms
Darbinė įtampa	10-30V DC
Srovė	50 mA
Išėjimo tipai	2 dviejų padėčių išėjimai PNP, NO/NC,

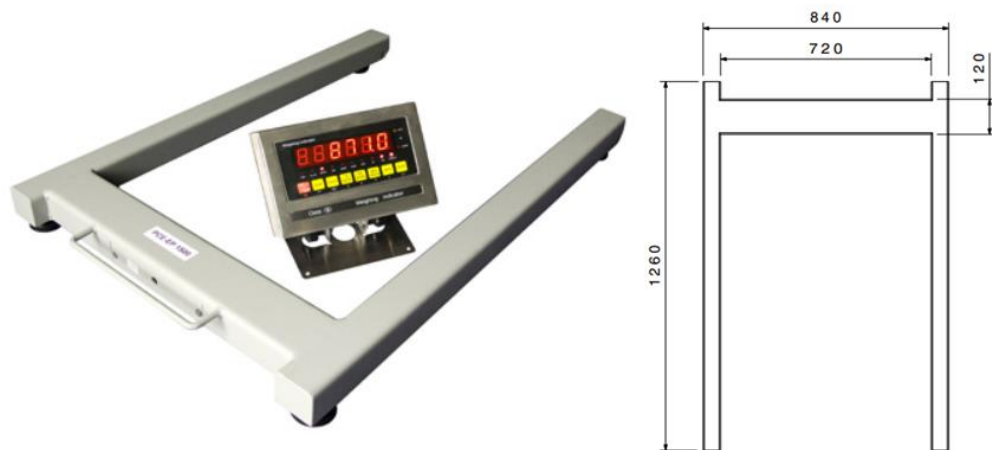
Ultragarsinio jutiklio matavimo diapazono plotis didėja, didėjant atstumui iki matuojamo objekto. Todėl kuo didesnis atstumas iki objekto, tuo daugiau galimybių, kad bus pamatuotas didesnis paletės plotas. Jutiklio „PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15“ matavimo diapazono priklausomybę nuo atstumo iki objekto pavaizduota 16 paveiksle.



**16 pav.** Ultragarsinio jutiklio „UC2000-30GM-E6R2-V15“ veikimo diapazono priklausomybė nuo atstumo iki objekto. 1- maksimalus jutiklio veikimo atstumas kai matavimo paklaida iki 20 %. 2- normalus jutiklio veikimo diapazonas kai paklaida iki 1% [19]

### 3.4. Paletės svorio matavimas

Paletės pastatymo vietą apribojančio rėmo viduje prie betono yra tvirtinamos svarstyklės „PCE-EP 1500“ (**17 pav.**). Svarstyklių paskirtis, suveikus paletės buvimo ir aukščio matavimo davikliams, pasverti paletę ir svorio vertę siųsti į PLV. Svarstyklių techninės charakteristikos pateiktos 5 lentelėje.

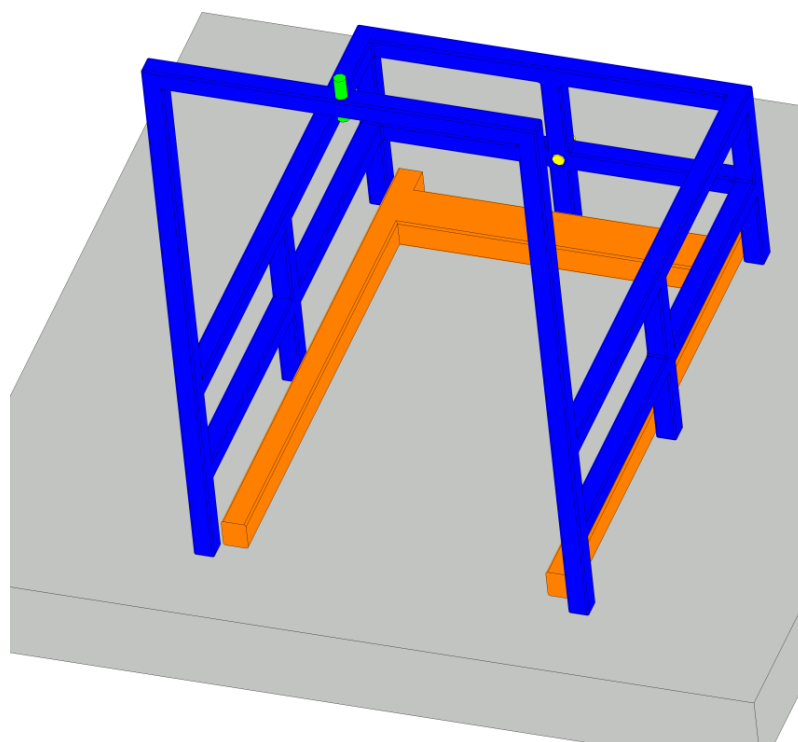


17 pav. Svarstyklės „PCE-EP 1500“ [20]

6 Lentelė. Svarstyklių „PCE-EP 1500“ techninės charakteristikos [21]

Maksimalus paletės svoris	1500 kg
Matavimo vienetai	kg
Minimalus paletės svoris	10 kg
Kalibravimas	Automatinis (pagal svarstyklių savąjį svorį)
Darbinė temperatūra	-10 ... +40 °C
Maitinimas	230 V / 50 Hz (per 12 V tinkle adapterį,)
Tikslumas	±0,05 % (nuo paletės svorio)
Signalų tipas	Analoginis (0-10V; 4-20 mA)

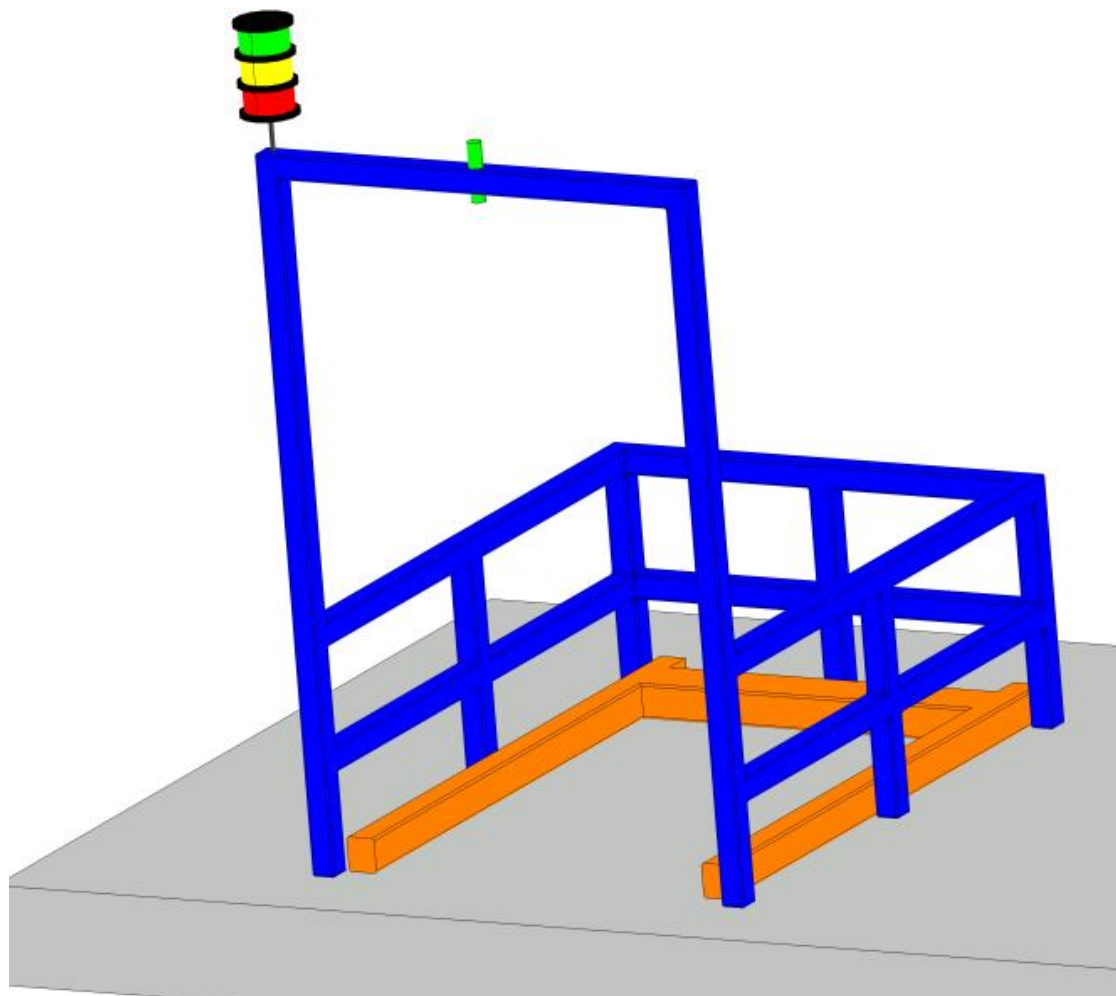
Nuo svarstyklių iki rėmo paliekami 10 mm tarpai. Toks svarstyklių tipas parinktas dėl jų dizaino, kuris leidžia su paprastu rankiniu krautuvu įvežti paletę į įrengimą, be jokių papildomų užvažiavimo rampų. Taip pat svarstyklių dydis nepalieka galimybės paletės pastatyti netinkamai. (18 pav.).



18 pav. Svarstyklių „PCE-EP 1500“ vieta platformoje (pažymėta oranžine spalva)

### 3.5. Indikacinė lemputė

Tam, kad žmogus vežantis paletę į vietą būtų įspėtas apie jos padėjimą į teisingą padėtį, ant platformos viršaus įtaisoma įspėjamoji lemputė (**19 pav.**). Kai paletės nėra, nei viena iš lempučių nedegs. Teisingai pastačius paletę pradės mirksėti geltona lemputė. Patikrinus paletę ir ekrane pasirodžius informacijai apie paletės svorio ir aukščio atitikimą reikalavimams užsidegs žalia lemputė, kuri signalizuos apie galimybę paimti paletę. Jei svoris ar aukštis neatitiks reikalavimų užsidegs raudona lemputė.



**19 pav.** Apie teisingai padėtą paletę įspėjanti lemputė

Kai paletė padėta taisyklingai, užsidega geltona lemputė. Šiai proceso daliai vykti turi būti tenkinamos nurodytos sąlygos:

- Turi suveikti paletės buvimo/nebuvimo daviklis. Tai reiškia, jog paletė turi būti pristumta bent jau 80 mm atstumu nuo galinės platformos dalies, kur yra paletės buvimo daviklis.
- Turi suveikti paletės aukščio matavimo daviklis, kuris fiksuotų ne mažesnę kaip 200 mm paletės aukštį.

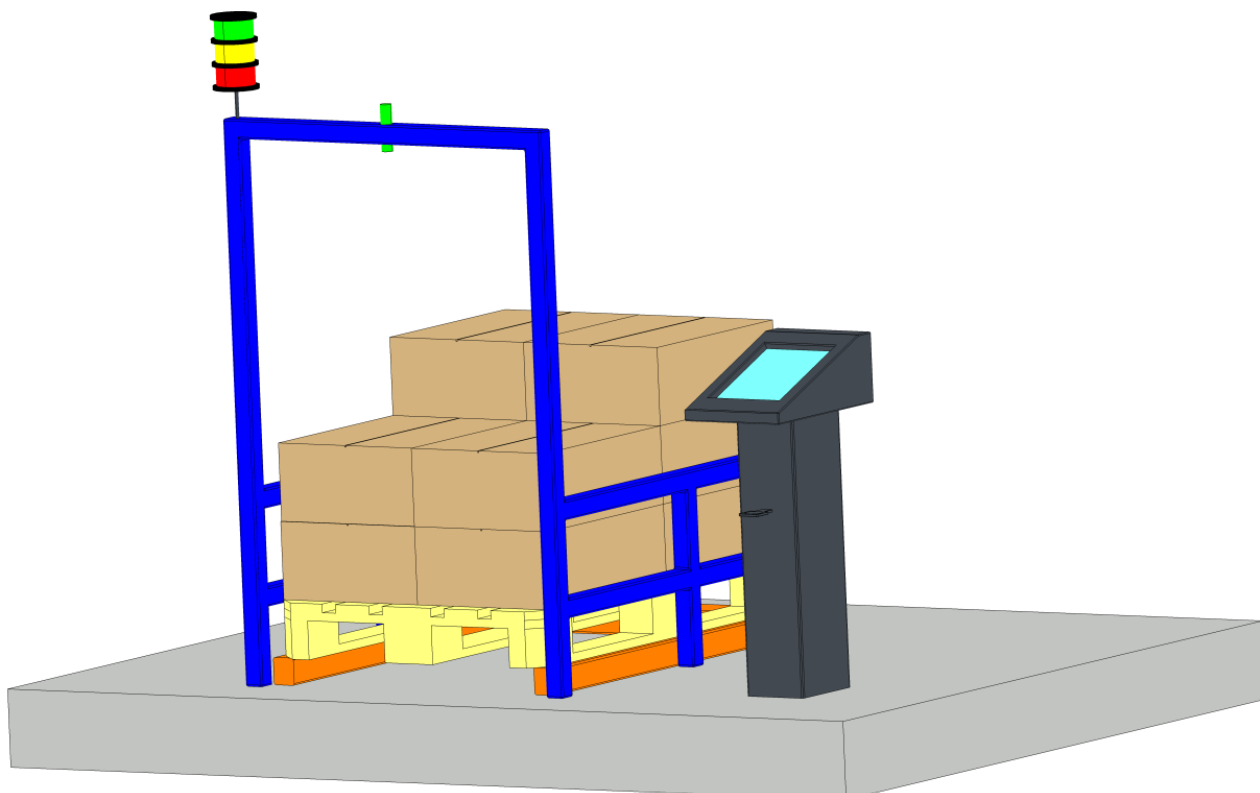
- Turi suveikti svarstyklės, kurios fiksuoja ne mažesni kaip 10 kg svorį.

### 3.6. Valdymo pultas

Sistemai valdyti reikalingas valdymo pultas bus statomas šalia platformos (**20 pav.**). Valdymo pulte bus visi valdymo ir duomenų gavimo ir siuntimo įrenginiai:

- Programuojamas loginis valdiklis (PLV).
- PLV išplėtimo ir „snap-in“ moduliai.

Visi aukščiau išvardinti įrenginiai yra aprašyti 4 skyriuje.



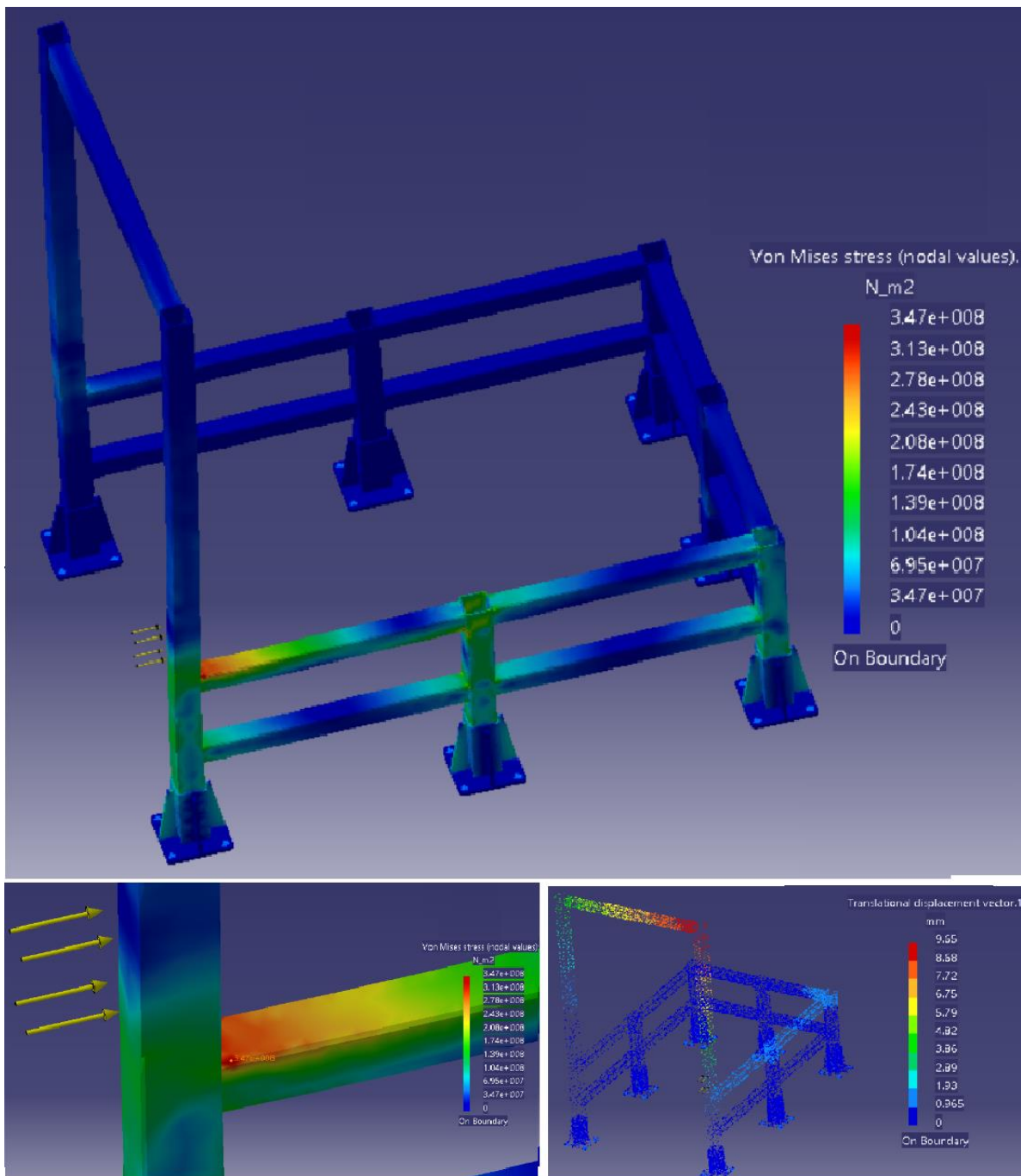
**20 pav.** Komponentų tikrinimo platforma su valdymo pultu.

### 3.7. Rėmo atsparumo analizė

Rėmo konstrukcijai patikrinti buvo atlikta atsparumo analizė. Šios analizės tikslas, apskaičiuoti rėmo atsparumą jėgoms, galinčioms jį paveikti. Pavyzdžiui: autokrautuvo smūgio į rėmą. Kad būtų įmanoma apskaičiuoti maksimalų greitį, kuriuo važiuojantis autokrautuvas atsitrenktų į rėmą ir jo nedeformuotų, buvo reikalinga žinoti krautuvo svorį, rėmo maksimalų poslinkį po smūgio ir smūgio jėgą. Kad šiuos skaičiavimus būtų įmanoma atlikti, reikėjo sužinoti maksimalią jėgą kurią, gali atlaikyti rėmo konstrukcija. Tam tikslui, visi rėmą sudarantys elementai programinės įrangos „Catia“ pagalba buvo surinkti į vieną elementą. Tam tikruose rėmo taškuose buvo pridėtos jėgos ir įtvirtinimo jungtys. Tada buvo atlikti skaičiavimai ir gautos įtempių reikšmės buvo tikrinamos su pasirinkto plieno markės takumo riba. Jei riba buvo viršyta, jėgos buvo mažinamos iki rezultatas neviršijo 355

Mpa. Gavus jėgą, kuria apkrovus rėmą įtempiai neviršijo profilių takumo ribos buvo skaičiuojamas greitis, kuriuo važiuojantis krautuvats atsitrenkęs į rėmo konstrukciją smūgio metu išvystytų tokio dydžio jėgą.

**Pirmos analizės** metu, jėga buvo pridėta ant priekinės rėmo dalies 525 mm aukštyje nuo žemės, 150x60 mm plote (**21 pav.**). Toks plotas pasirinktas neatsitiktinai. Realiausia situacija, jog į rėmo konstrukciją susidūrimo metu, trenksis autokrautuvo vežamos paletės kraštas, todėl didžiausias įmanomas susidūrimo plotas yra 150x60 mm. Simuliacijos metu naudota jėga buvo lygi 43,5 KN. Krautuvo masė su kroviniu yra lygi 1700 Kg.



**21 pav.** Rėmo konstrukcijos struktūrinė analizė, kai jėgos (43,5 KN) aukštis 525 mm nuo žemės, o jėgos kampas rėmo atžvilgiu 90°



Turint pritaikytą jėgą, krautuvo masę ir rėmo poslinkį galime apskaičiuoti krautuvo greitį. Greičio skaičiavimui buvo naudota ši formulė:

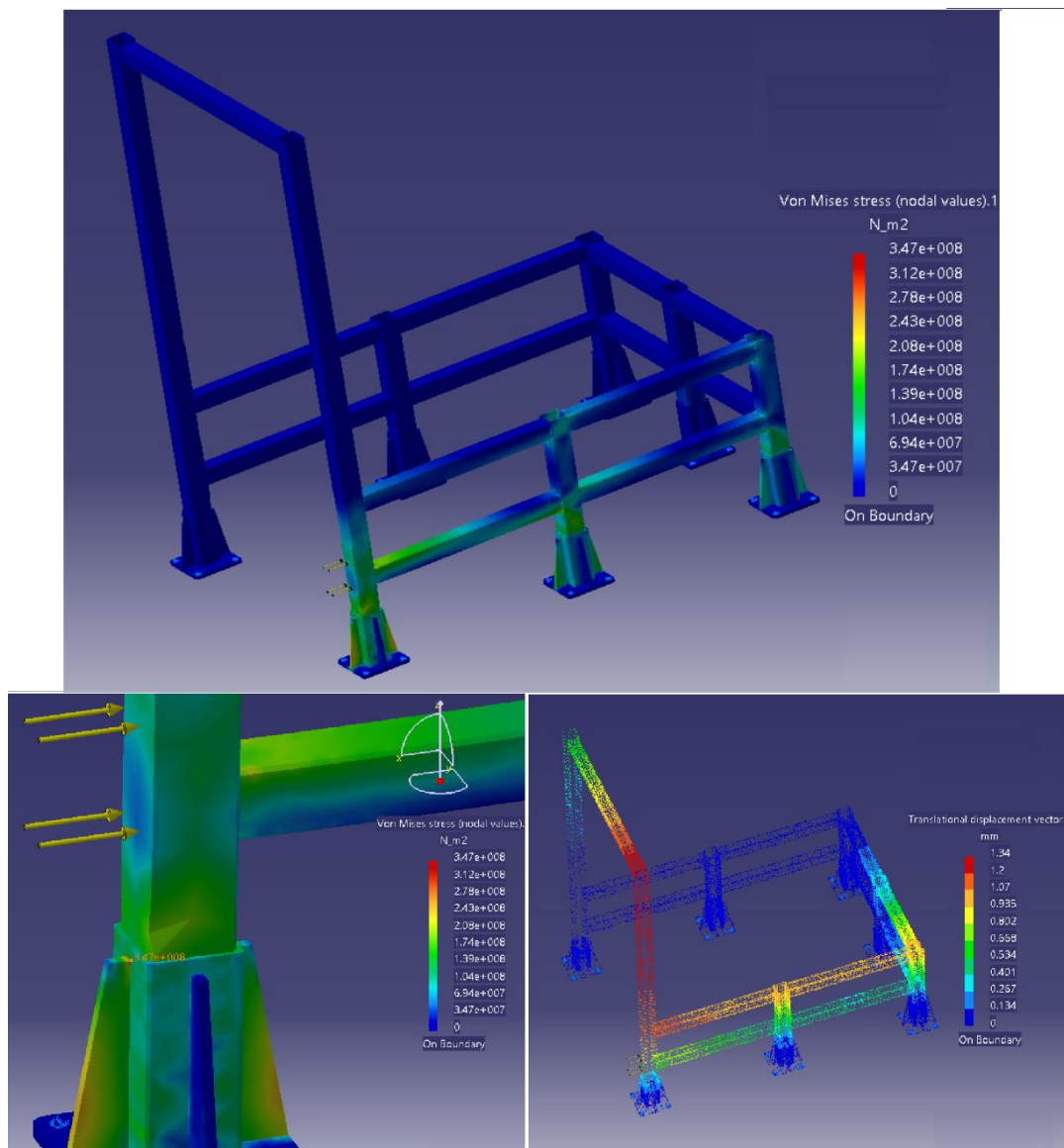
$$F_{max} = \frac{m \cdot v^2}{s};$$

Čia:  $F_{max}$  – didžiausia smūgio jėga, N;  $m$  – krautuvo su kroviniu masė –Kg;  $s$  – maksimalus rėmo poslinkis smūgio metu, mm;  $v$  – krautuvo su kroviniu greitis smūgio metu, m/s.

$$v = \sqrt{\frac{F_{max}}{\frac{m}{s}}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{F_{max_1}}{\frac{m}{s_1}}}; v_1 = \sqrt{\frac{43500}{\frac{1700}{0,00955}}} = 0.494 \text{ m/s} = 1.78 \text{ Km/Val.}$$

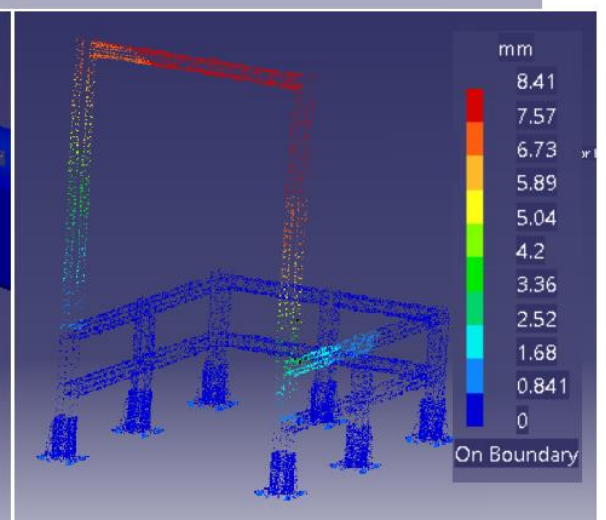
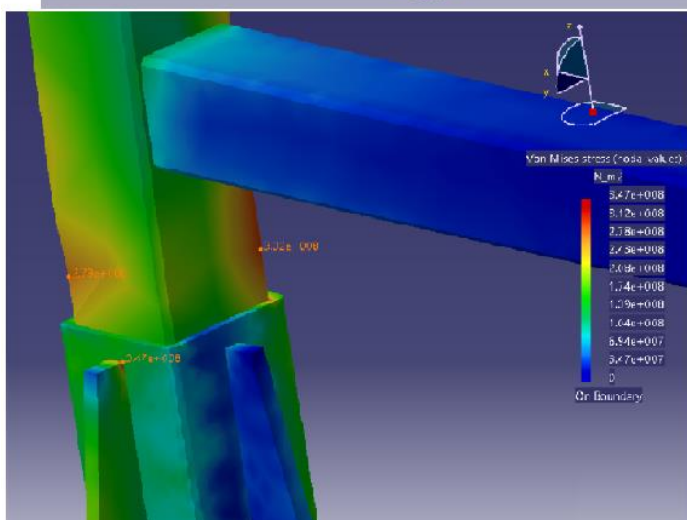
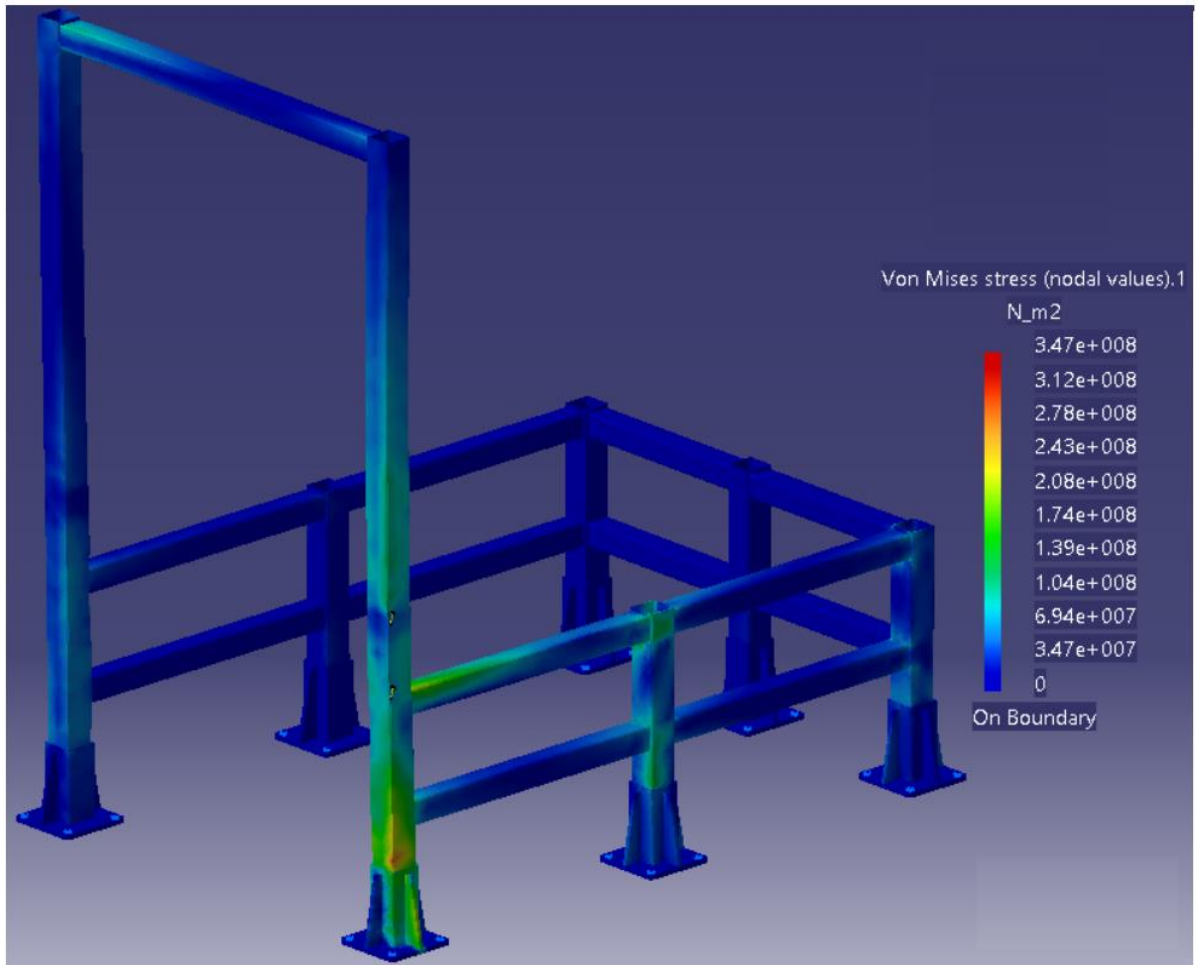
**Antra analizė** buvo atlikta, pridodant jėgą į rėmo priekinį dešinį profilį, statmenai rėmo konstrukcijos atžvilgiu, 200 mm nuo žemės. Jėgos dydis – 117 KN. Krautuvo masė tokia pati kaip ir pirmoje analizėje – 1700 Kg.



**22 pav.** Rėmo konstrukcijos struktūrinė analizė, kai jėgos (117 kN) aukštis 200 mm nuo žemės, o jėgos kampas rėmo atžvilgiu 90°

$$v_2 = \sqrt{\frac{F_{maxz}}{\frac{m}{s_2}}}; v_2 = \sqrt{\frac{117000}{\frac{1700}{0,00134}}} = 0.304 \text{ m/s} = 1.09 \text{ Km/Val.}$$

**Trečia analizė** buvo atlikta, pridant jėgą į rėmo, priekinio dešinio profilio, dešinį kampą, 45 laipsnių kampu konstrukcijos atžvilgiu. Jėga buvo pridėta 525 mm aukštyje nuo žemės. Jėgos dydis – 31,5 kN. Krautuvo masė parinkta tokia pati kaip ir prieš tai atliktose analizėse.

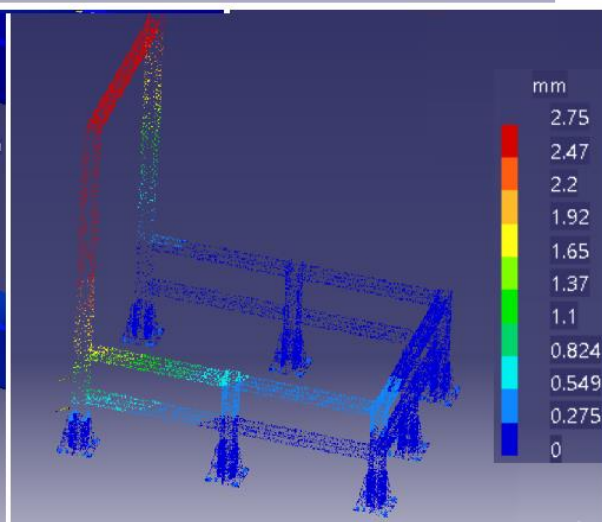
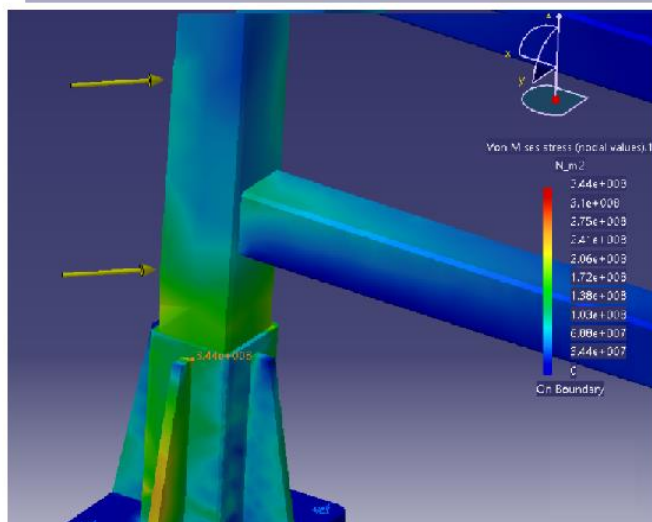
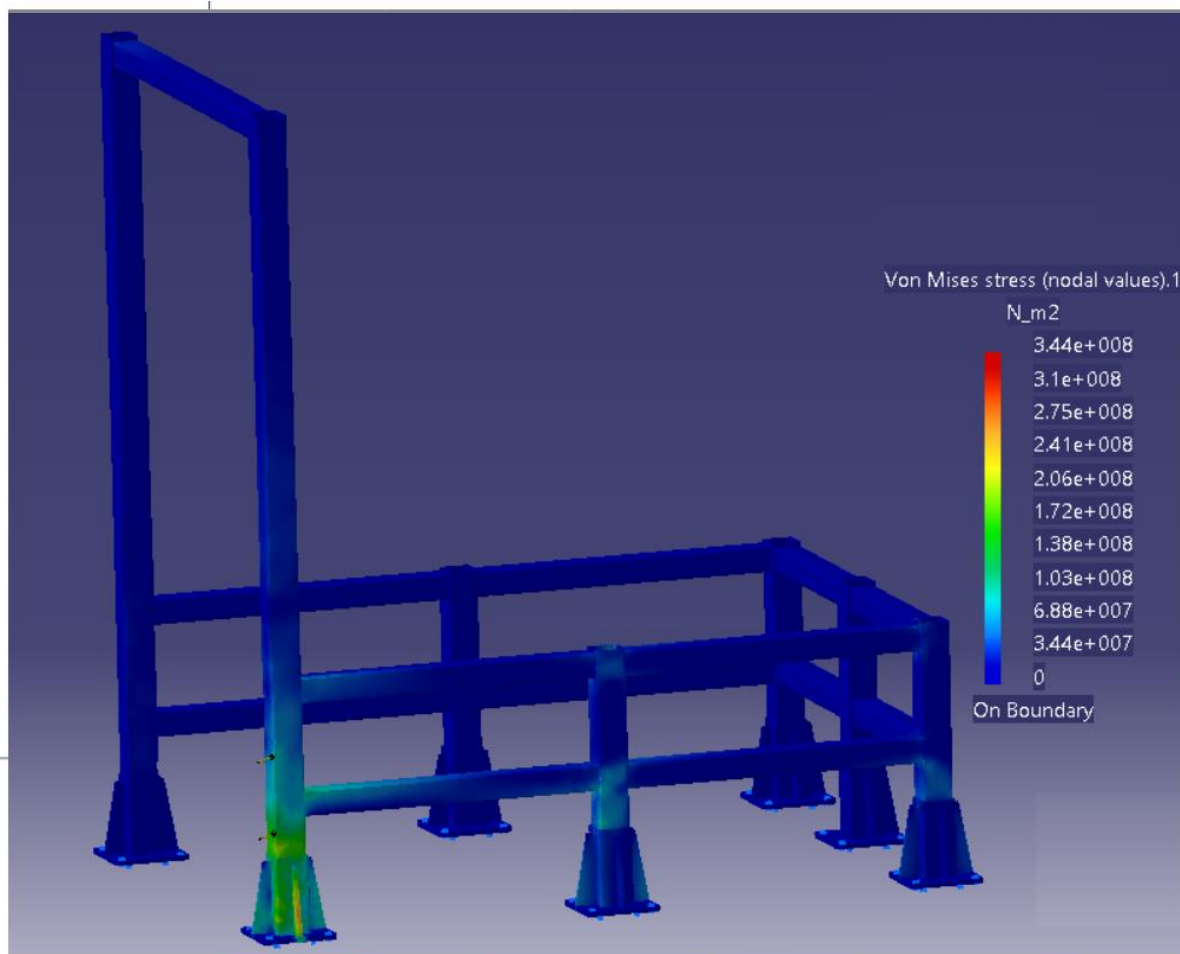




**23 pav.** Rėmo konstrukcijos struktūrinė analizė, kai jėgos (31,5 kN) aukštis 525 mm nuo žemės, o jėgos kampas rėmo atžvilgiu 45°

$$v_3 = \sqrt{\frac{F_{max_3}}{\frac{m}{s_3}}}; v_3 = \sqrt{\frac{31500}{\frac{1700}{0,00841}}} = 0.395 \text{ m/s} = 1.42 \text{ Km/Val.}$$

**Ketvirta analizė** buvo atlikta, pridant jėgą į rėmo, priekinio dešinio profilio, dešinį kampą, 45 laipsnių kampu konstrukcijos atžvilgiu. Jėga buvo pridėta 200 mm aukštyje nuo žemės. Jėgos dydis – 67 kN. Krautuvo masė parinkta tokia pati kaip ir prieš tai atliktose analizėse.



**24 pav.** Rėmo konstrukcijos struktūrinė analizė, kai jėgos (67 KN) aukštis 200 mm nuo žemės, o jėgos kampas rėmo atžvilgiu 45°

$$v_4 = \sqrt{\frac{F_{max4}}{\frac{m}{s_4}}}; v_4 = \sqrt{\frac{67000}{\frac{1700}{0,00275}}} = 0.329 \text{ m/s} = 1.19 \text{ Km/Val.}$$

Iš analizės metu gautų rezultatų galima teigti jog saugus greitis važiuojant pro rėminę konstrukciją yra 1,09 km/val. Todėl norint apsaugoti konstrukciją ir jos elementus nuo pažeidimų galima įrengti įspėjamuosius ženklus. Tačiau jei krautuvai yra valdomi žmogaus, tuomet yra ganėtinai sunku valdyti kratuvą, nes jutiminis skirtumas greičių 1 km/val. ir 2 km/val. yra sunkiai pastebimas. Tačiau naujesni krautuvai turi padidinto saugumo režimus, kuriuos įjungus galima nustatyti maksimalų greitį, režimo įjungimo metu.

Ši analizė gali būti labai naudinga įmonėms, kurios turi arba galvoja apie autonominių krautuvų įsigijimą. Tokiu atveju, toks krautuvai gali būti užprogramuoti tam tikrose zonose važiuoti tam tikru greičiu.

## 4. Valdymo komponentai ir sistemos darbo programos

### 4.1. Valdiklis ir jo konfigūracija

Šiai sistemai buvo pasirinktas valdiklis Unitronics Vision 1210 (**25 pav.**). Šis valdiklis priklauso „Vision“ ir „Samba“ valdiklių grupėms. Valdiklio konfigūracija pateikta 6 lentelėje. Šis pasirinkimas paremtas keliais veiksniais:

- Programinė įranga reikalinga valdyti ir programuoti valdiklį yra nemokama ir lengvai pasiekama. Išmokti programuoti šį valdiklį paprasta dėl inovatyvaus programinės įrangos valdymo.
- Šio gamintojo puslapyje yra gausu pamokų kaip atlikti vieną ar kitą užduotį su šio tipo valdikliais.
- Programinė įranga turi savybių, kurių negali pasiūlyti joks kitas valdiklių gamintojas už artimą kainą.
- Esant poreikiui valdiklio išėjimų ir įėjimų skaičių galima praplėsti iki 1024 [22].

**7 Lentelė.** PLV „Unitronics Vision 1210“ techninės charakteristikos[23]

<b>Elektros šaltinis</b>	
Įtampa	12-24V DC
Leistinas įtampos diapazonas	10,2 – 28.8V DC
Maksimalus elektros srovės poreikis	1A – 12V; 0,5A – 24V
<b>Ekranas</b>	
LCD tipas	TFT
Ekranų raiška, pikseliais	800x600
Ekranų skersmuo	12.1 colio
Spalvų skaičius	65536
Klaviatūra	Virtuali, su galimybe prijungti išorinę
<b>Programinė atmintis</b>	
Maksimali programos apimtis	2 MB
Maksimalų apimtis	32 MB
Maksimali šriftų apimtis	1 MB
„Memory bits“	8192
„Memory integers“	4096
„Long integers“	512
„Double word“	256
„Memory floats“	64
„Timers“	384
„Counters“	32
Maksimalus operacinių ekranų skaičius	1024
<b>Kilnojama atmintis</b>	
Micro-SD atminties kortelė	Skirta išsaugoti: aliarmams, duomenų lentelėms, atsarginėms programų, žmogaus-mašinų sąsajų kopijoms. Kortelė prieš naudojimą privalo būti suformatuota su „Unitronics SD tools utility“ programa.



25 pav. Unitronics Vision 1210 programuojamas loginis valdiklis[22]

Valdiklis programuojamas „Visilogic“ programinės įrangos pagalba. Ši programinė įranga išsiskiria tuo, jog prie projekto sukurto šia programa galima prisijungti keliomis išorinėmis programomis bei atlikti tam tikrus veiksmus: duomenų perkėlimas iš valdiklio į kompiuterį nustatytu laiko intervalu; konvertuoti lenteles su valdiklio sukauptais duomenimis į formatus, kuriuos galėtų atidaryti „Microsoft Excel“ programa. Šios išorinės programos bus aptartos 4.3. poskyryje.

Konkreči valdiklio konfigūracija reikalinga šiai sistemai pateikta (28 pav.). Prie šio valdiklio turi būti prijungtas „Snap-in“ V200-18-E46B įėjimų/išėjimų modulis (26 pav.). Šis modulis tiesiogiai tvirtinasi prie valdiklio. Modulio techninės charakteristikos pateiktos 7 lentelėje.

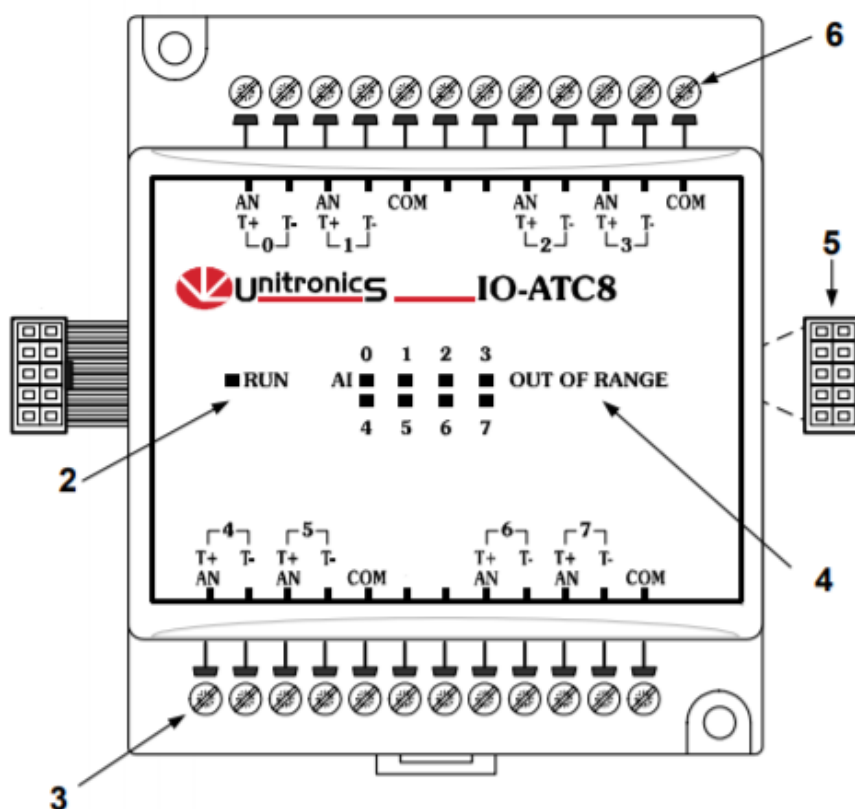


26 pav. Snap-in „V200-18-E46B“ įėjimų/išėjimų modulis [22]

**8 Lentelė.** V200-18-E46B charakteristikos [22]

Pnp/npn įėjimai	18
Tranzistoriniai išėjimai	2
Rėliniai išėjimai	15
Analoginiai įėjimai	9 - (0-10V) + 2 (0-10V, 4-20mA)

Taip pat prie šio valdiklio turės būti prijungti du analoginių įėjimų/išėjimų išplėtimo moduliai „IO-ATC8/AI8 (27 pav.). Šie moduliai turi po 8 analoginius įėjimus. Toks modulio tipas buvo pasirinktas, nes aukštį ir svorį pamatuoti būtini jutikliai su analoginiu išėjimu. Programa buvo sudaryta sistemai, kurioje viso yra 5 platformos. Kiekvienoje platformoje yra po 1 ultragarsinį ir slėgio jutiklį. Todėl viso yra 10 jutiklių su analoginiu išėjimu. Šie moduliai prie valdiklio bus prijungti LAN jungtimi. Moduliai nebūtinai turi būti prie pat valdiklio. Jie gali būti išdėstyti ir toliau nuo valdiklio.



**27 pav.** Išplėtimo modulis “Unitronics IO-ATC8“. 1 – Vieno su kitu modulių sujungimo jungtis. 2 – Ryšio su valdikliu statuso indikacija. 3 – Įėjimų jungtys I4-I7. 4 – Įėjimų statuso indikacija. 5 – Modulių vienas su kitų sujungimo jungties prievadas. 6 - Įėjimų jungtys I0-I3 [27]

Tam, jog sistema galėtų veikti taip pat reikės maitinimo šaltinio valdikliui, laidų kiekvienam jutikliui ir praplėtimo moduliui. Tikslų skaičių ir reikalingą laidų ilgį galima nustatyti tik žinant konkrečią vietą, kurioje stovės platforma ir valdymo pultas.



28 pav. Valdiklio konfigūracija sukurtai sistemai

#### 4.2. Sistemai sukurti naudota programinė įranga

Sistemos valdymo programos yra skirtos surinkti informaciją iš jutiklių. Tada ją palyginti su konkrečios detalės informacija, kuri buvo įvesta kuriant programą arba buvo suvesta jau po sistemos įdiegimo. Gauti rezultatai įrašomi į lentelę ir siunčiama sistemos administratoriui. Darbo programos buvo sukurtos Unitronics „Visilogic“ programine įranga. Ši programinė įranga yra nemokama ir lengvai pasiekama interneto erdvėje. Ši programinė įranga buvo pasirinkta, nes aukščiau aprašytas valdiklis gali naudoti darbo programas sukurtas tik su „Visilogic“ programine įranga. „Visilogic“ pagalba galima rašyti programas tik „Ladder“ kalba. Ši kalba yra viena iš 4 pagrindinių kalbų, kuriant darbo programas programuojamiems loginiams valdikliams. Kitų kalbų šioje programoje pasirinkti negalima. Kuriant programą yra du pagrindiniai objektai, kuriuos reikėjo sukurti:

- 1) Darbo programa.
- 2) Valdymo langai.

Darbo programa tai vartotojui nematomas objektas. Tai visų sistemoje vykstančių procesų priežastis ir jų valdymo įrankis. Valdymo langai, tai vartotojui matomas objektas, jo pagalba vartotojas gali generuoti signalus, tam tikriems sistemos procesams pradėti ar valdyti. Visos darbo programos yra pateiktos šio darbo prieduose, o valdymo langai aprašyti ir atvaizduoti tolimesnėje darbo eigoje. Tam jog programa pilnai funkcionuotų, reikalingos dar dvi programos:

- 1) Unitronics „DataXport“.



## 2) Unitronics „SD Card Suite“.

Abi programos sukurtos taip, jog jomis būtų galima atidaryti failus sukurtus su „VisiLogic“ programa ir su tokiais failais atlikti atitinkamus veiksmus. Abi aukščiau paminėtos programos yra skirtos tam pačiam tikslui – suteikti vartotojui galimybę atsidaryti sistemos tikrinimo istoriją tiesiai iš darbo vietos.

„DataXport“ programa yra reikalinga tam, kad perkeltų lentelę, kurioje bus fiksuojama sistemos tikrinimo istorija su tikrinimo rezultatais, iš valdiklio atminties į kompiuterį ar serverį. Tam, jog tai būtų įmanoma reikia, kad valdiklis būtų tiesiogiai sujungtas su kompiuteriu duomenų perdavimo kabeliu su LAN jungtimi. Tada programos pagalba, norimą savaitės dieną istorijos failas bus perkeliamas į nurodyta direktoriją kompiuteryje. Failo formatą galima pasirinkti iš pagrindinių „Excel“ failų formatų.

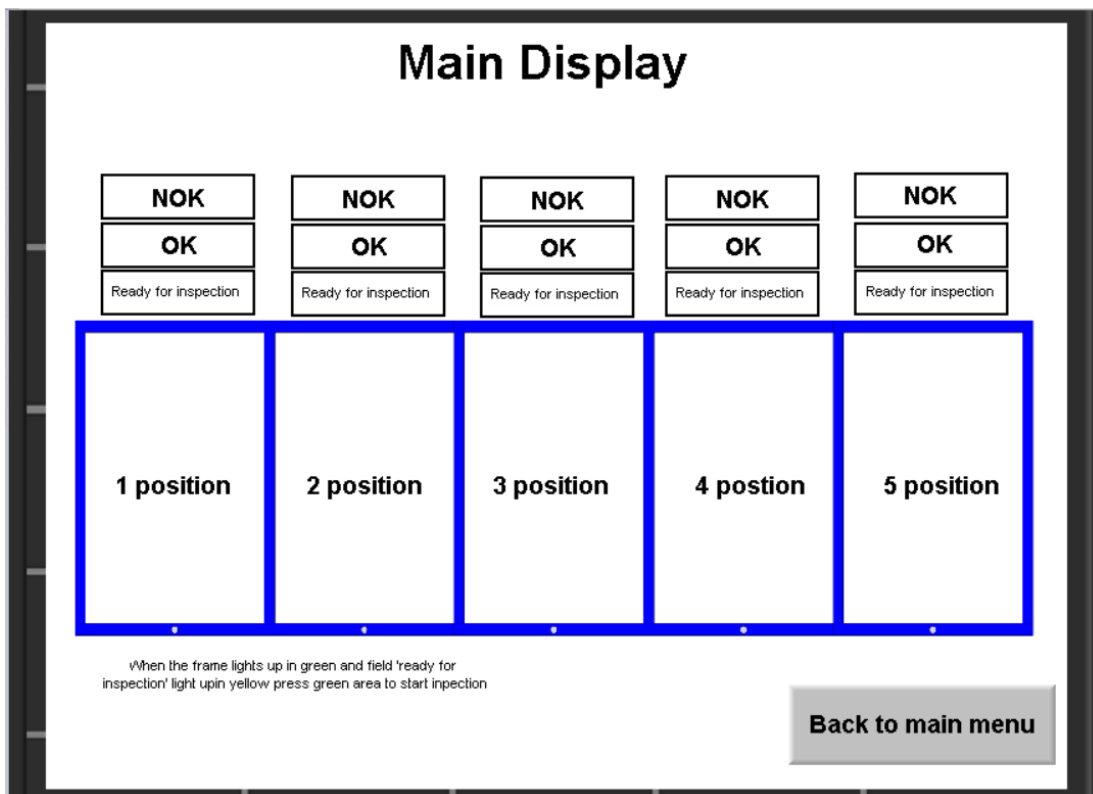
Tuo pačiu metu tikrinimų istorijos failas bus keliamas kabelio pagalba ir bus siunčiamas elektroniniu laišku. Tai buvo padaryta, nenumatytiems atvejams kai dingsta ryšys su serveriu ar kažkoku būdu failai yra ištrinami iš jų laikymo vietos. Tačiau, siunčiant failą elektroniniu laišku, failo formatas yra toks, jog jokia kita programa (neskaitant „Unitronics“ sukurtų programų) negali atidaryti tokio failo. Tačiau „SD Card Suite“ turi galimybę tokį failą konvertuoti į formatą, kurį gali atidaryti „Excel“ tipo programos.

Visų programų aiškinamieji komentarai parašyti anglų kalba, nes valdiklis nepalaiko lietuviškų raidžių. Taip pat, kadangi įmonė, kuriai buvo sukurta ši sistema yra tarptautinė įmonė visi valdymo langai yra anglų kalba.

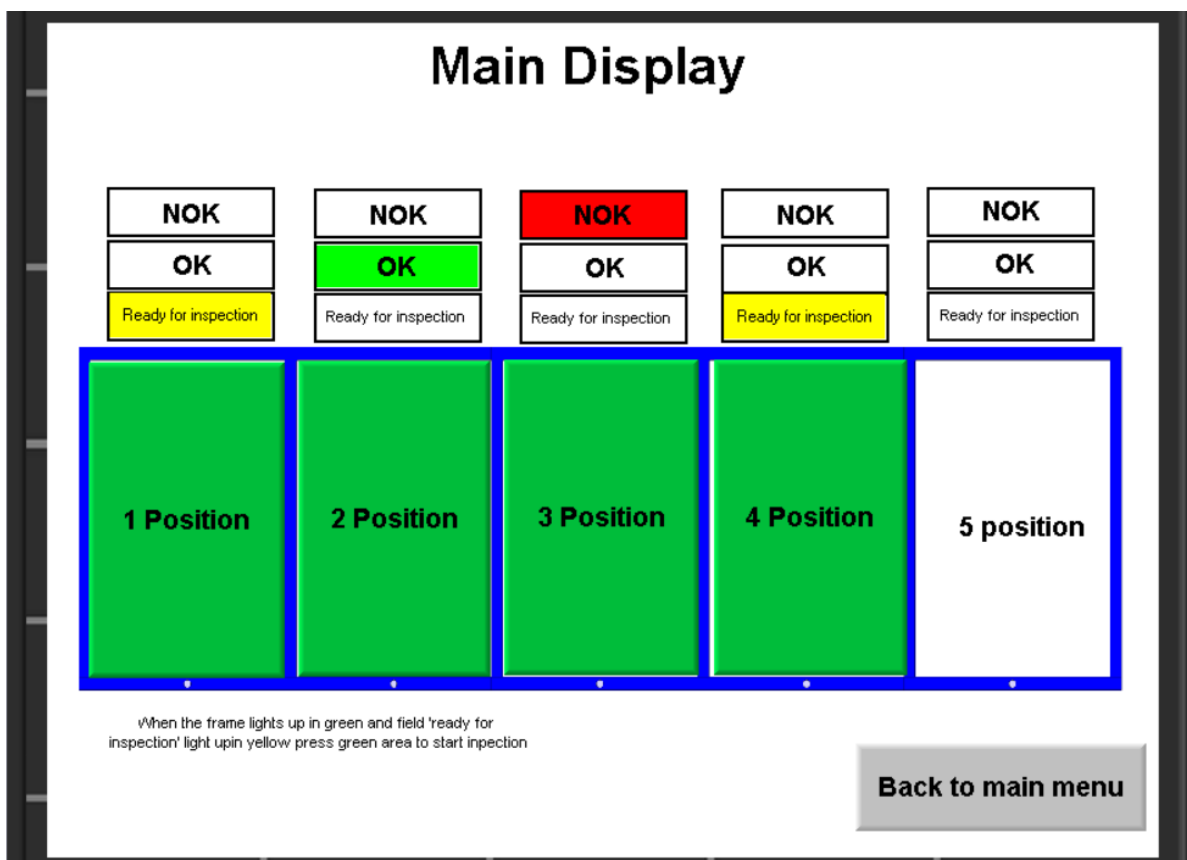
### 4.3. Sistemos darbo programos ir valdymo langai

„**Main display**“ naudotojo sąsaja. Įjungus sistemą reikia palaukti 15 sekundžių kol valdiklis įsijungs, tuo metu ekrane bus įjungtas įjungimo ekraną, kuriame bus atvaizduota įmonės logotipas. Tada įsijungia pagrindinė naudotojo sąsaja „**Main Display**“ (29 pav.). Šioje sąsajoje yra pavaizduota konstrukcija iš 12 paveikslo, tik šiuo atveju ji pavaizduota iš viršaus. Kiekviena platformos pozicija sužymėta numeriais. Virš kiekvienos platformos surašytos tikrinimo būsenos:

- „Ready for inspection“ – užsidega geltonai, kai paletė padedama ant platformos ir jos svoris bei aukštis yra pamatuoti. Tai indikuoja vartotojui, jog paletės tikrinimas gali būti pradėtas. Tuo pačiu užsidega ir platformos langas (žalia spalva 30 pav.), kurį paspaudus atsidaro paspaustos pozicijos tikrinimo sąsaja (31 pav.).
- „OK“ – užsidega žalia spalva ir tai reiškia, jog paletė buvo patikrinta ir tikrinant jokių klaidų neaptikta, tai reiškia jog paletę galima vežti į tolimesnę jai numatytą vietą.
- „NOK“ – užsidega raudona spalva ir tai reiškia jog tikrinant aptiktas neatitiktis tarp informacijos gautos iš jutiklių ir detalės informacijos, turimos jos aprašyme.



29 pav. „Main Display“ naudotojo sąsaja, kai jokie procesai nevyksta



30 pav. „Main Display“ naudotojo sąsaja, kai vyksta tikrinimo procesai



„**Inspection 1 position**“ naudotojo sąsaja. Pagal tai ar užsidegė reikšmės „NOK“ ar „OK“ į tikrinimo istorijos lentelę bus įrašomi atitinkami duomenys. Paspaudus mygtuką „Back to main menu“ įsijungs „Main Menu“ naudotojo sąsaja. Šis mygtukas yra kiekvienoje naudotojo sąsajoje. „Main Display“ naudotojo sąsajos programa pateikiama 1 priede.

Paspaudus vieną iš žaliai užsidegusių laukų „Main Display“ lange, įsijungs pozicijos tikrinimo sąsaja. Iš viso jų yra 5 – kiek paletės padėjimo platformų. Kiekvieno pavadinimas priklauso nuo platformos numerio. Tačiau sąsajos savo struktūra nesiskiria, skiriasi tik jų kintamieji, funkcijos yra vienodos. Dėl šios priežasties aiškinama tik viena iš penkių sąsajų „Inspection 1 position“ (31 pav.).

**Inspection 1 position**

Information that has to be typed in

Product number **99999**

**Search**

Information from sensors

Actual pallet weight **-9.999999999**

Actual pallet height **-9.999999999**

Information from data table

Line no.	<b>-99999</b>
Product number	<b>9999.9</b>
Product name	<b>Text_To_Display</b>
Product weight, Kg.	<b>-9.999999999</b>
Maximum pallet height, cm	<b>-9.999999999</b>
Product type	<b>Text_To_Display</b>
Weight tolerance, %	<b>-9.999999999</b>
Height tolerance, %	<b>-9.999999999</b>
Theoretical weight	<b>-9.999999999</b>

Inspection results

**Weight**

**Height**

**Start inspection**

Date: **Text\_To\_Di**

Time: **Text\_To\_Di**

**Finish inspection**

31 pav. „Inspection 1 position“ naudotojo sąsaja, prieš tikrinimo operaciją

Šioje sąsajoje pavaizduotas vaizdas prieš inspekcijos pradžia. Virš apvestų laukų yra paaiškinimai smulkiu šriftu, kam skirti apvesti laukai. Kad inspekciją būtų galima pradėti, būtina suvesti tam tikrą informaciją apie gaminį. Po užrašų „Information that has to be typed in“ yra trys laukai į kuriuos reikia įvesti informaciją apie gaminį, t.y. gaminio numeris, gaminių kiekis paletėje ir partijos numeris. Įvedus gaminio numerį reikia spausti mygtuką „Search“ jį paspaudus laukeliuose „Information from data table“ atsiras informacija apie gaminį su šiuo numeriu iš lentelės, kurioje ši informacija yra saugoma. Gaminio kiekis reikalingas apskaičiuoti teorinį paletės svorį. Partijos numeris yra reikalingas tam jog būtų įmanoma atsekti paletę, nes po tokiu pačiu numeriu gali būti

daugiau nei viena paletė. Paveiksle viršuje joks gaminys nėra aprašytas, nes tam, jog laukuose atsirastų informacija reikia būti prisijungus prie valdiklio. Laukelyje „Information from sensors“ pateikiama informacija užfiksuota jutiklių. Ši informacija taip pat yra įrašoma į tikrinimo istorijos lentelę. Sąsajos apačioje pateikiama data ir laikas.

Įvedus reikalingą informaciją spaudžiamas mygtukas „Start inspection“. Paspaudus šį mygtuką, ties lauku „Inspection results“ pasirodys tikrinimo rezultatai. Rezultatai yra tikrinami tokia logika: realūs iš jutiklių gauti rodmenys yra lyginami su teoriniu svoriu ir maksimaliu paletės aukščiu, kuris yra aprašomas kuriant naują gaminį sistemoje.

Rezultatai pateikiami, atsirandant laukams „OK“ arba „NOK“, „Inspection results“ laukelyje. Pagal tikrinimo rezultatus į tikrinimo istorijos failą yra įrašomos atitinkamos reikšmės su informacija gauta iš jutiklių bei įvesta informacija įvesta vartotojo (32 pav.). Atlikus tikrinimą spaudžiamas „Finish inspection“ mygtukas, po kurio paspaudimo, bus atidaroma „Main display“ naudotojo sąsaja. Šios naudotojo sąsajos darbo programa pateikiama 2 priede.

**Inspection 1 position**

Information that has to be typed in

Product number: 99999

Search

Information from sensors

Actual pallet weight: -9.999999999

Actual pallet height: -9.999999999

Information from data table

Line no.	-99999
Product number	9999.9
Product name	Text_To_Display
Product weight, Kg.	.9.999999999
Maximum pallet height, cm	.9.999999999
Product type	Text_To_Display
Weight tolerance, %	.9.999999999
Height tolerance, %	.9.999999999
Theoretical weight	.9.999999999

Inspection results

Weight: OK

Height: NOK

Start inspection

Date: Text\_To\_Di

Time: Text\_To\_Di

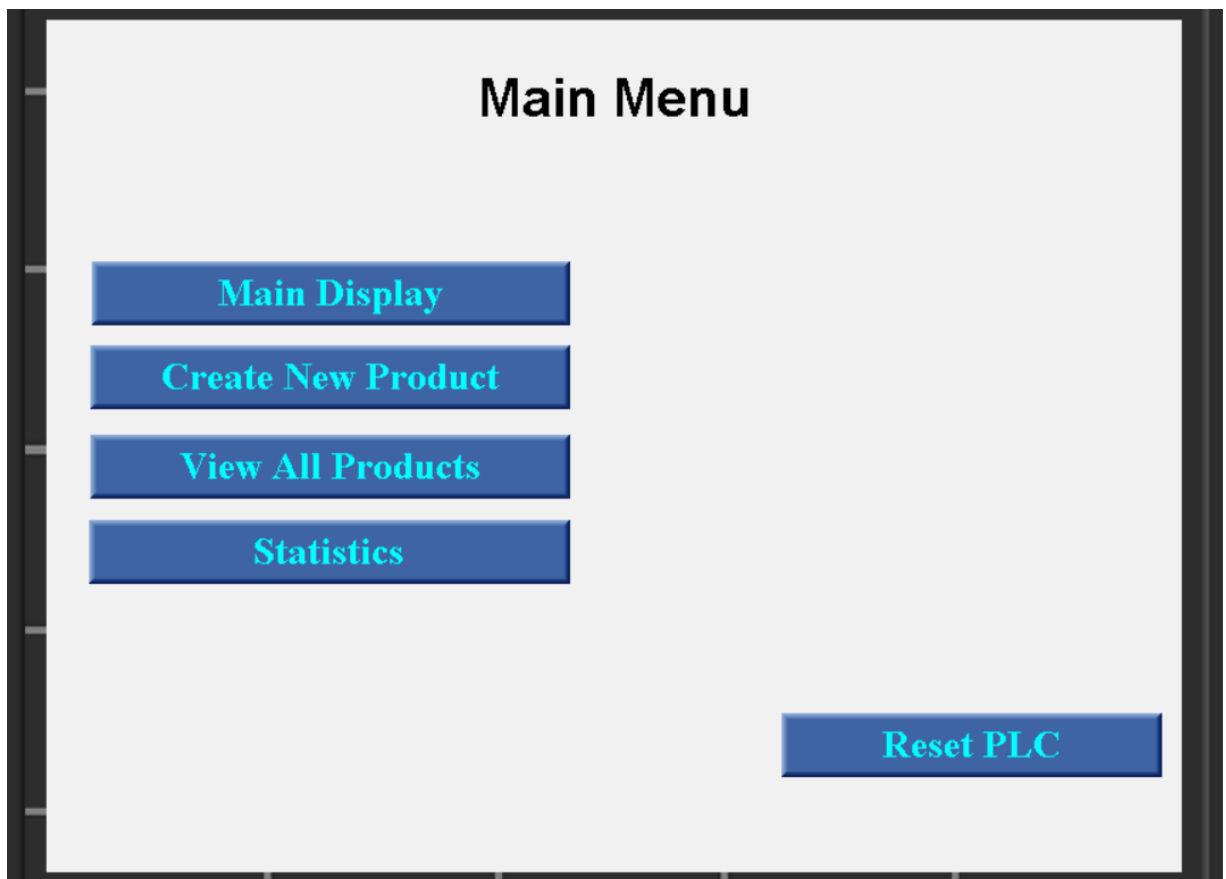
Finish inspection

32 pav. „Inspection 1 position“ naudotojo sąsaja, po tikrinimo operacijos atlikimo

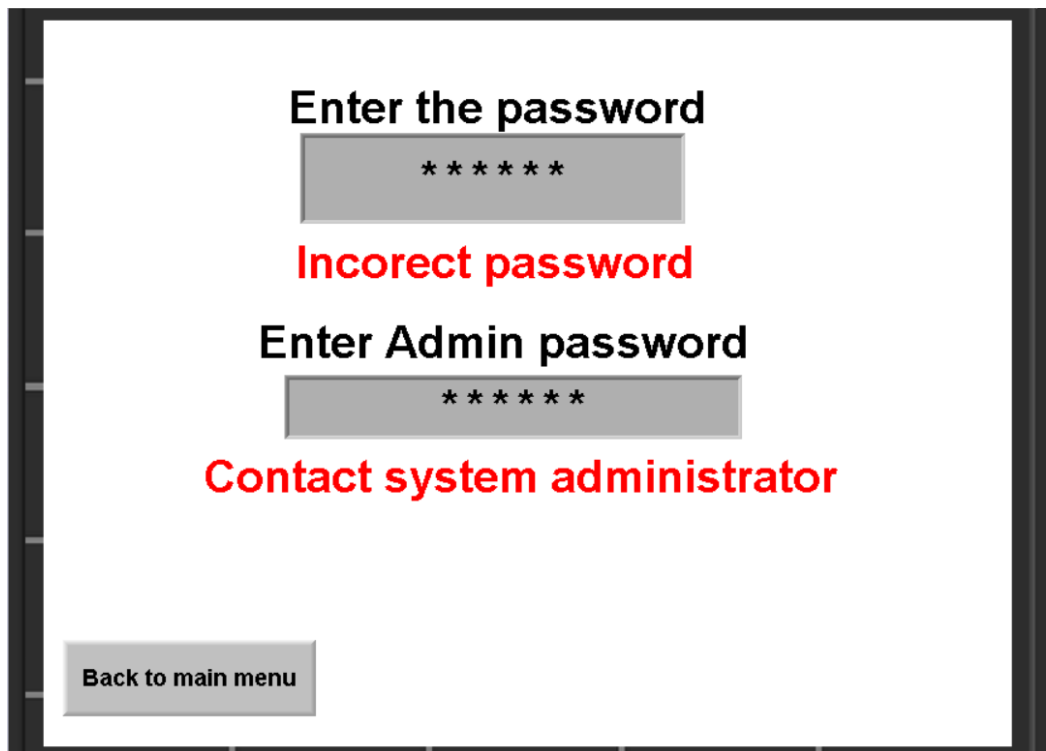
„Main menu“ naudotojo sąsaja. Paspaudus mygtuką „Back to main menu“ naudotojo sąsajoje „Main Display“, įsijungs sąsaja „Main Menu“ (33 pav.). Ši sąsaja yra skirta ne paprastam vartotojui, o sistemos administratoriui. Per šį valdymo langą sistemos administratorius gali:

- Atidaryti sąsają „Create New Product“, kuri leidžia redaguoti esamus arba sukurti naujus produktus. Tam jog atidaryti šia sąsaja, sistema prašys įvesti slaptažodį ir atsidarys slaptažodžio įvedimo sąsaja (**34 pav.**). Įvedus slaptažodį tris kartus neteisingai ties lauku „Enter the password“ sistema prašys įvesti aukštesnio lygio slaptažodį „Enter Admin password“. Jei ir šis slaptažodis 5 kartus bus įvestas neteisingai sistema užblokuos šios sąsajos atidarymą ir atblokuoti ją bus galima tik prisijungus su „Visilogic“ programa prie valdiklio.
- Atidaryti sąsaja „View All Products“, kurios pagalba galima peržiūrėti visas detales, medžiagas ar komponentus suvestus į sistemą.
- Atidaryti sąsają „Statistics“, kurios pagalba galima matyti patikrintų palečių kiekį nuo sistemos paleidimo pradžios.
- Dėl nenumatytų nesklandumų perkrauti valdiklį.

Šios sąsajos, darbo programa pateikta 3 priede.

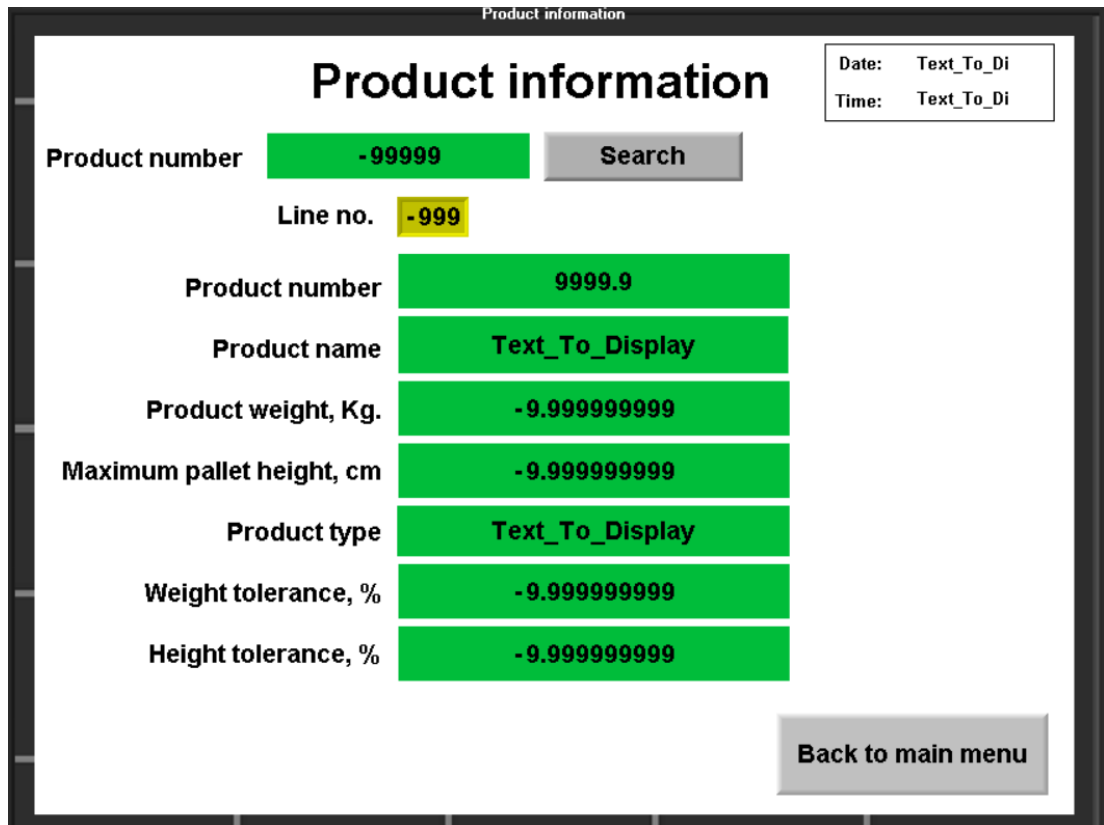


**33 pav.** „Main Menu“ naudotojo sąsaja



34 pav. „Enter the password“ naudotojo sąsaja įvesti slaptažodį

„Product information“ naudotojo sąsaja. Pagrindinio meniu sąsajoje („Main menu“) paspaudus mygtuką „View all product“ atsidarys naudotojo sąsaja „Product information“ (35 pav.).

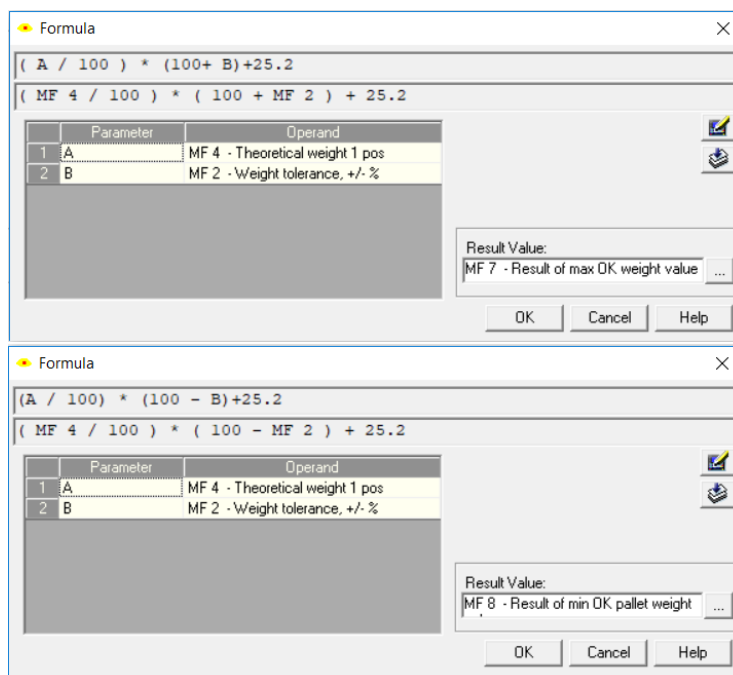


35 pav. „Product information“ naudotojo sąsaja peržiūrėti esamo produkto informaciją

Šioje sąsajoje paieškos laukelio („Search“) pagalba galima surasti informaciją apie gaminį, komponentą ar žaliavą. Jei vartotojas žino tik detalės pavadinimą, bet ne numerį, tada paspaudus laukelį „Line no.“ Atsiradusių virtualių rodyklių arba klaviatūros pagalba, galima slinkti per lentelės eilutes. Kadangi kiekviena eilutė nusako vis kitos detalės informaciją taip galima ieškoti reikiamos detalės. Kiekvienas informacijos laukelis gali būti naudingas tam tikrais tikslais:

- „Product number“ – produkto numeris. Pagal produkto numerį galima atsekti detalės istoriją RPS sistemoje. Taip pat pagal šį numerį galima sužinoti kokį numerį ši detalė atitinka kliento duomenų sistemoje.
- „Product name“ – produkto pavadinimas. Laukelis skirtas nusakyti objekto vardą, nes kartais gali būti jog detalės numeris skiriasi tik vienu skaičiumi ir vartotojas nėra tikras ar teisingą numerį vedą į tikrinimo sistemą. Tuomet vartotojas gali pasitikrinti pagal objekto pavadinimą.
- „Product weight“ – produkto svoris. Laukelis skirtas aprašyti objekto svorį, svoris aprašomas pagal vieno vieneto svorį. Jis laikomas kaip teorinis svoris ir tikrinimo metu ši teorinio svorio reikšmė naudojama formulėje apskaičiuoti realaus svorio ir teorinio svorio skirtumą. Kai skirtumas didesnis nei nustatyta riba, sistema rodo signalą, kad realus svoris neatitinka teorinio.
- „Maximum pallet height“ – maksimalus paletės svoris. Laukelyje yra aprašyta kiekvieno produkto maksimalus paletės aukštis. Tai reikalinga, nes kai kurie klientai turi nustatytą paletės aukštį, kurį viršijus paletės negali padėti į sandėlį, nes ji netelpa į stelažą.
- „Product type“ - produkto tipas. Laukelyje yra aprašomas, objekto tipas. Yra trys galimi variantai: galutinis produktas, komponentas ir medžiaga. Pagal šį laukelį vartotojui lengviau orientuotis kur padėti paletę po tikrinimo. Nes produktai, komponentai ir medžiagos dažniausiai yra laikomos atskirai.
- „Weight tolerance“ ir „Height tolerance“ – svorio ir aukščio tolerancija. Laukelyje yra vertės, kurios nusako koks nuokrypis nuo teorinių reikšmių yra leistinas. Svorio tolerancijos dydis priklauso nuo detalės tipo ir jos svorio. Tikrinimo metu ši vertė yra naudojama formulėje (**36 pav.**). Šioje formulėje tolerancija išreikšta procentais. Formulės dėka apskaičiuojamas didžiausias ir mažiausias konkrečios detalės paletės svoris. Jis apskaičiuojamas pagal teorinį svorį, įvestą detalių skaičių ir nustatytas toleranciją detalei. Vėliau rezultatai gauti iš šios formulės naudojami palyginimui su realiu paletės svoriu, jei paletės svoris didesnis ar mažesnis už apskaičiuotas didžiausias ir mažiausias reikšmes paletės svorio matavimo rezultatas bus „NOK“. (šį palyginimą galima rasti 2 priede apvesta žaliu kvadratu).

Kaip ir kitose naudotoje sąsajose taip ir šioje yra standartinis „Back to main menu“ mygtukas, bei laiko ir datos laukelis. Pilna šios sąsajos darbo programa pateikta 4 priede.



36 pav. Formulė apskaičiuoti didžiausią ir mažiausią tinkamą paletės svorį. A – Teorinis paletės svoris. B- tolerancijos ribos. Skaičius 25.2 šiuo atveju reiškia „Euro paletės“ savąjį svorį.

„Create or modify product“ naudotojo sąsaja. Pagrindinio meniu sąsajoje („Main menu“) paspaudus mygtuką „Create New Product“ atsidarys naudotojo sąsaja „Create or modify product“ sąsaja (37 pav.).

Create or modify product

Date: Text\_To\_Di  
 Time: Text\_To\_Di

## Create or modify product

Line no. **-999**

Product number **9999.9**

Product name **Text\_To\_Display**

Product weight, Kg. **-9.999999999**

Maximum pallet height, cm **-9.999999999**

Product type **Text\_To\_Display**

Weight tolerance, % **-9.999999999**

Height tolerance, % **-9.999999999**

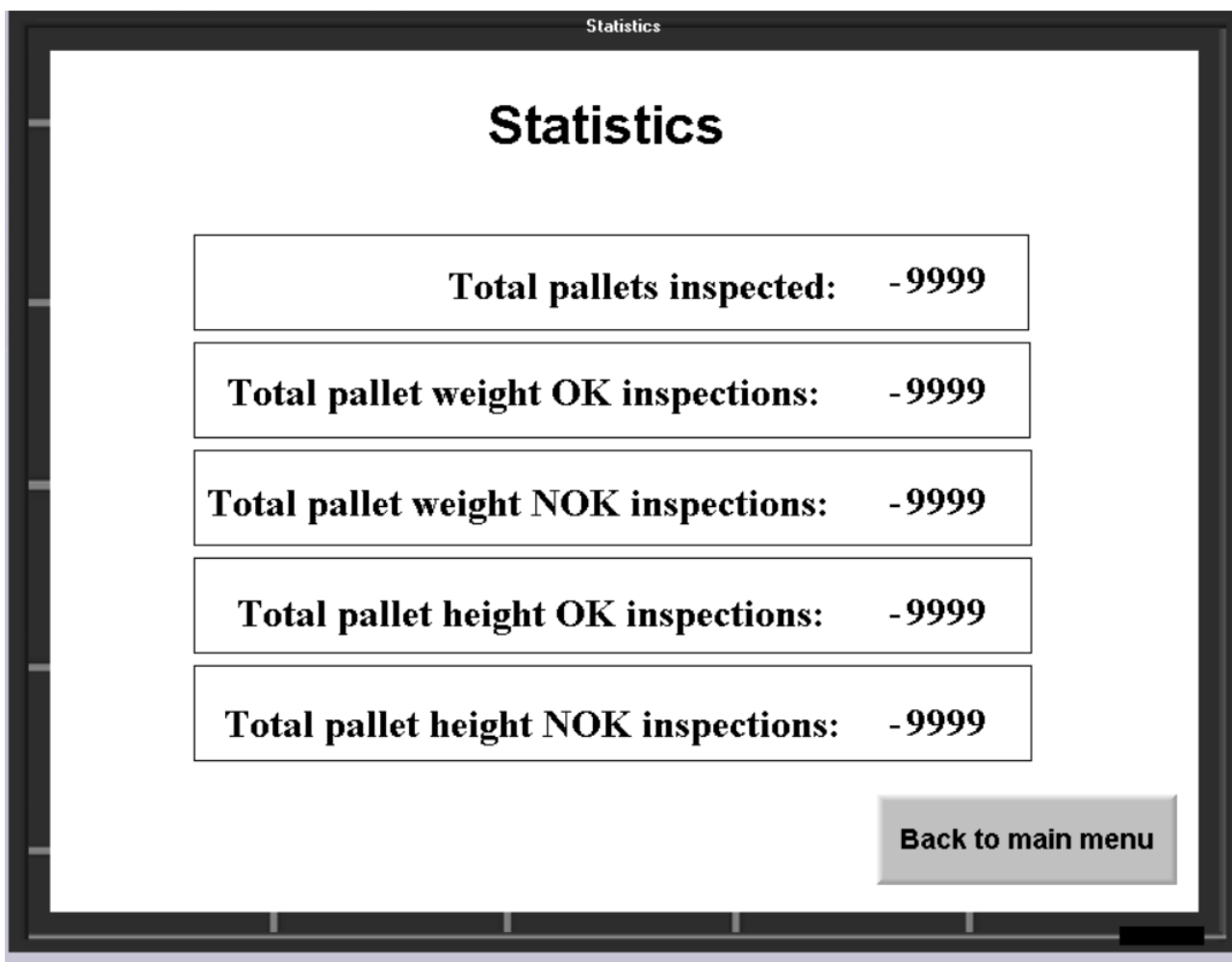
Back to main menu
Save Changes

37 pav. „Create or modify product“ naudotojo sąsaja naujo produkto įvedimui

Ši sąsaja skirta sukurti naują produktą arba modifikuoti seną. Visų laukelių reikšmė yra tokia pati kaip prieš tai aprašytos „Product information“ sąsajos. Esminis skirtumas - į kiekvieną langelį vartotojas gali įvesti reikšmę t.y. aprašyti produktą. Įrašyta reikšmė yra įrašoma į lentelę prie visų jau sukurtų gaminių. Paspaudus mygtuką „Save Changes“, sukurtą detalę galima pradėti tikrinti sistemoje. Šios naudotojo sąsajos darbo programa pateikiama 5 priede.

**„Statistics“ naudotojo sąsaja.** Pagrindinio meniu sąsajoje - „Main menu“ paspaudus mygtuką „Statistics“ atsidarys analogiška naudotojo sąsaja (**38 pav.**). Šios sąsajos paskirtis yra atvaizduoti tikrinimo istoriją nuo sistemos paleidimo pradžios. Tai yra reikalinga:

- Būtų galima atlikti periodinį sistemos aptarnavimą ar tam tikrų komponentų keitimą dėl nusidėvėjimo.
- Būtų galima matyti bendrą tikrinimo sistemos matavimų statistiką.



**38 pav.** „Statistics“ naudotojo sąsaja, peržiūrėti tikrinimų istoriją

Šioje naudotojo sąsajoje yra 5 laukeliai, kuriuose atvaizduojama tam tikra statistika:

- 1) „Total pallets inspected“ – laukelis rodantis informaciją apie bendrą tikrinimų skaičių.
- 2) „Total pallets weight OK inspections“ – laukelis rodantis informaciją apie palečių, kurių

svoris buvo geras, kiekį.

- 3) „Total pallets weight NOK inspections“ - laukelis rodantis informaciją apie palečių, kurių svoris buvo blogas, kiekį.
- 4) „Total pallets height OK inspections“ - laukelis rodantis informaciją apie palečių, kurių aukštis buvo geras, kiekį.
- 5) „Total pallets height NOK inspections“ - laukelis rodantis informaciją apie palečių, kurių aukštis buvo blogas, kiekį.

Šios sąsajos darbo programa pateikiama 6 Priede.

**Naudotojui nematomos darbo programos.** Šioje sistemoje yra dvi darbo programos, kurios vartotojui yra nematomos bet atlieka labai svarbias operacijas:

- 1) Programa, kuri valdo tikrinimo istorijos lentelės siuntimą į nurodytą elektroninį paštą nurodytą savaitės dieną ir nurodytu laiku.
- 2) Programa, kuri konvertuoja laiko ir datos formatą iš „RTC“ formato į „ASCII string“ formatą. Tai būtina padaryti norint įrašyti į lentelę tikrinimo datą ir laiką paprastam vartotojui suprantamu formatu. Jei data bus įrašyta RTC formatu vartotojas matys tik skaičius, kurie valdiklyje konvertuojasi į data arba laiką. Todėl šio formato informacija turi būti konvertuota į „ASCII string“ formatą, kuris leidžia į lentelę įrašyti bet kokio formato informaciją. Tai gali būti skaičiai, skyrybos ženklai ar raidės.

Šios darbo programos pateikiamos 7 priede.



## 5. Sistemos komponentų savikainos skaičiavimas

Skaičiuojant sistemos komponentų savikainą, į skaičiavimus buvo įtraukta visi sistemos komponentai, jų pagaminimo kaštai bei sistemos įrengimo savikaina. Į sistemos komponentų savikainą nebuvo įtraukta sistemos kūrimo darbas t.y. sistemos programų kūrimas bei jų testavimas. Tai nebuvo padaryta, nes kuriant darbo programas buvo naudojama prieš tai nebandyta programinė įranga, kurios valdymo perpratimas galėjo atimti nemažą laiko dalį. Todėl sunku tiksliai apskaičiuoti kiek galėtų užtrukti sukurti tokią sistemą, jau žinant kaip naudoti programinę įrangą. Sistemos komponentų žiniaraštis su kainomis pateikiamas **8 lentelėje**. Minėtoje lentelėje kaina apskaičiuota 5 palečių vietų sistemai. Kainos pokyčiai norint sistemos su daugiau ar mažiau platformų pateikti **9 lentelėje**. Kiekvienos platformos pridėjimas kainą padidintų 1 378,69 eurų. Tačiau pridėjus 4 platformas nebeužtektų įėjimų analoginiams signalams todėl reikėtų pridėti įėjimų/išėjimų išplėtimo modulį „Unitronics IO-ATC8/AI8“, kurio kaina yra 191,30 eurų.

**9 lentelė.** Sistemos komponentų savikaina

<i>Nr.</i>	<i>Komponentas</i>	<i>Vnt.</i>	<i>Vnt. kaina Eur.</i>	<i>Bendra kaina. Eur</i>
1.	Konstruktinis vamzdis 50x50, sienelės storis 3 mm. Markė S355	35 m.	6,04	211,40
2.	Konstruktinis vamzdis 60x60, sienelės storis 3 mm. Markė S355	25 m.	8,93	223,25
3.	Konstruktinis vamzdis 70x70, sienelės storis 5 mm. Markė S355	5,5 m	12,34	67,87
4.	Atraminės kojos pado plokštelės, 8mm plieno S355	23 vnt.	6,00	138
5.	Atraminės kojos, sienelių sutvirtinimo plokštelės 5mm plieno S355	75vnt.	1,60	120
6.	Talpinis jutiklis „BALLUFF BCS M30B4E1-PSC25H-EP02“	5 vnt.	77,30	386,50
7.	Ultragarsinis jutiklis „PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15“	5 vnt.	409,00	2045,00
8.	Palečių svarstyklės „PCE-EP 1500“	5 vnt.	657,08	3285,40
9.	Indikacinė lemputė	5 vnt.	60,0	300,00
10.	Valdymo pulto stovas	1 vnt.	200,0	200,0
11.	Valdiklis „Unitronics Vision 1210“	1 vnt.	1208,79	1208,79
12.	„Snap in“ modulis „Unitronics V200-18-E46B“	1 vnt.	315,90	315,90
13.	Išplėtimo modulis „Unitronics IO-ATC8/AI8“	2 vnt.	191,30	382,60
14.	Konstruktinių vamzdžių suvirinimo darbai	10 val.	15,00	150,00
15.	Tvirtinimo varžtai	92 vnt.	0,20	18,4
16.	Platformos montavimo darbai	10 val.	16,00	120,00
<b><i>Bendra suma: 9 173,11 Eur.</i></b>				

**10 Lentelė.** Savikainos kitimo skaičiavimas pridedant ar atimant po vieną platformą.

<i>Nr.</i>	<i>Komponentas</i>	<i>Vnt.</i>	<i>Vnt. kaina Eur.</i>	<i>Bendra kaina. Eur</i>
1.	Konstruktinis vamzdis 50x50, sienelės storis 3 mm. Markė S355	5,09 m.	6,04	30,75
2.	Konstruktinis vamzdis 60x60, sienelės storis 3 mm. Markė S355	3,6 m.	8,93	32,15
3.	Konstruktinis vamzdis 70x70, sienelės storis 5 mm. Markė S355	0,6m	12,34	7,41
4.	Atraminės kojos pado plokštelės, 8mm plieno S355	4 vnt.	6,00	24,00
5.	Atraminės kojos, sienelių sutvirtinimo plokštelės 5mm	13vnt.	1,60	17,80
2.	Talpinis jutiklis „BALLUFF BCS M30B4E1-PSC25H-EP02“	1 vnt.	77,30	77,30
3.	Ultragarsinis jutiklis „PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15“	1 vnt.	409,00	409,00
4.	Palečių svarstyklės „PCE-EP 1500“	1 vnt.	657,08	657,08
5.	Įspėjamosios lemputės	1 vnt.	60,0	60
10.	Konstruktinių vamzdžių suvirinimo darbai	2 val.	15,00	30,00
11.	Tvirtinimo varžtai	16 vnt.	0,20	3,20
12.	Platformos montavimo darbai	2 val.	15,00	30,00
<i>Bendra suma: 1 378,69 Eur.</i>				

## 6. Sistemos efektyvumo tyrimas

Ši sistema yra orientuota ne tik į sandėlio darbo efektyvinimą, bet ir į kokybės veiklos gerinimą įmonės viduje, sumažinant kokybės užtikrinimo kainą. Sistema matuoja paletės svorį ir aukštį ir atrodytų kaip gavus šiuos parametrus būtų įmanoma pagerinti kokybės veiklą?

Į kokybės užtikrinimo kainą reikėtų įtraukti išlaidas patirtas dėl:

- 1) Skundų, gautų iš klientų, už užsakymo neatitinkančius produktus, kai klientą pasiekia užsakymo informacijos (kiekio) neatitinkantis krovinys. Taip gali nutikti net ir tada, kai klientas gavo daugiau produktų nei užsakė.
- 2) Skundų, kai etiketėje esanti informacija nesutampa su gaminiu esančiu ant paletės. Tai dažniausiai nutinka dėl žmogiškosios klaidos, raportuojant gamybą sumaišius užsakymo ar gaminio numerius. Tokios klaidos gali įtakoti ne tik skundą, bet ir papildomas išlaidas už užsakymo perrinkimą. Pavyzdžiui klientui radus vienoje paletėje užsakymo neatitinkančius produktus klientas gali prašyti siuntą patikrinti, tai dažniausiai yra daroma pačio kliento, kai už darbą yra išrašoma sąskaita. Retkarčiais klientas nesutinka to daryti ir siunta ar jos dalis siunčiama atgal tiekėjui, kur tiekėjas pats tikrina krovinį. Toks variantas nenaudingas dėl transportavimo kainos ir papildomo darbo.
- 3) Skundų, gautų dėl paletės maksimalaus aukščio reikalavimo nepaisymo, kai projekto eigoje buvo sutarta dėl palečių aukščio serijinės ar masinės gamybos metu. Didieji automobilių gamintojai dažnai nepriima palečių, kurios viršija maksimalų leistiną aukštį į sandėlį ir siunčia tokias paletes atgal tiekėjui. Tai reiškia, jog gaunamas ne tik skundas už reikalavimų nesilaikymą, bet ir reikia padengti transportavimo išlaidas. Jei krovinys yra siunčiamas atgal dažnai tuo pačiu yra siunčiama sąskaita – bauda už vėlavimą pristatanti produktus laiku. Tokiu atveju įmonė gauna trigubą nuostolį. Bet žvelgiant ne tik iš finansinės pusės ir panašioms klaidoms kartojantis galima sulaukti dažnesnių auditų iš klientų bei reikalavimų diegti automatines tikrinimo sistemas patvirtintas kliento.
- 4) Realybės neatitinkančius komponentus ar medžiagas gavimo metu nepatikrinus kiekio, svorio ar rūšies. Sandėliui priėmus komponentus ar medžiagas gautas iš tiekėjo ir pasidėjus į sandėlį, gali kilti daug sunkumų įrodant jog atvažiavusi medžiaga ar komponentas neatitiko kokybės standartų arba jų kiekis buvo toks kaip užsakyme. Todėl tiekėjai dažnai atsisako padegti nuostolius patirtus dėl gavimo metu nepatikrintų komponentų ar medžiagų. Aišku jei situacija kartojasi krovinius iš tiekėjų įmonės pradeda tikrinti. Tačiau net ir vienas kartas gali turėti įtakos nuostoliams.

Kadangi sistema nerūšiuoja ir neskirsto palečių, o tik fiksuoja informaciją apie jas, vis tiek paliekama galimybė žmogiškajai klaidai. Todėl galima teigti, jog netinkamai naudojama sistema

realios naudos neduoda. Galima teigti, jog realios naudos neduoda ir SPC (Statistical Process Control), MSA (Measurement System Analysis), Cp-Cpk (Process Capability), Pp-Ppk (Process Performance) ir kiti kokybės užtikrinimo įrankiai. Ši sistema yra tik įrankis, kuris leidžia matyti ir sekti informaciją apie sandėlyje esančius gaminius. Kaip informacija bus panaudota priklauso jau nuo vartotojo t.y. nuo įmonės struktūros ir norimų pasiekti rezultatų.

**Sistemos efektyvumo nustatymas.** Nustatyti ar tikrinimo sistema yra efektyvi galima dviem būdais. Tai būtų kokybiškų išeinančių produktų vidurkis (AOQ – Average Outgoing Quality) ir vidutinis tikrinimų skaičius (ATI – Average Total Inspections). Pirmasis parodo dažnumą netinkamų produktų, kurie po inspekcijos vis tiek pasiekė klientą. Antrasis parodo bendrą tikrinimų skaičių.

Dažnai tikimasi jog tokio tipo tikrinimo sistemos užkirs kelią netinkamos kokybės produktams išvykti iš sandėlio. Tačiau, jei po tikrinimo rezultatų parodymo, sprendžiamąjį veiksma atlieka žmogus, tuomet paliekama tikimybė ir žmogiškajai klaidai [28].

Jei po inspekcijos paletė su netinkamais produktais atsidūrė sandėlyje ar pas klientą, galima teigti jog sistema nėra efektyvi. Tačiau reikėtų vertinti situacija šiek tiek kitaip. Tokiu atveju reikėtų surinkti statistiką kiek netinkamų palečių išvyko per ta patį laikotarpį praeityje prieš įdiegiant sistemą ir po jos įdiegimo. Pavyzdžiui, jei iš 80 tik 1 netinkama paletė atsidūrė sandėlyje ar pas klientą po sistemos įdiegimo, o iki sistemos įdiegimo iš 80 netinkamų palečių išvyko 60 netinkamų palečių sistema pakankamai efektyvi. Tačiau tam, jog iširti realų sistemos efektyvumą reikia ją išbandyti realiomis sąlygomis. Šiame projekte aprašyta tik kaip teoriškai patikrinti sistemos efektyvumą. Bet šios sistemos efektyvumą įtakoja ir žmogiškasis faktorius, kuris atlieką sprendimą po informacijos gavimo.

**Panašių sistemų nauda kokybės užtikrinimui.** Didieji automobilių gamintojai naudoja įvairias strategijas gerinti produktų kokybę. Vienas iš pavyzdžių galėtų būti Volvo automobilių gamintojas „Volvo Car Group“, kuris pradėjo naudoti strategiją, kai produktas kuriamas pagal galimo kliento poreikius („Designed Around You“). Tokios strategijos pagrindinis tikslas yra padaryti taip, kad vartotojo poreikių patenkinimas būtų pirmoje vietoje. Todėl „Volvo Car Group“ stengiasi vystyti produkto gamybą taip, kad pagaminus automobilį, jame nebūtų net menkausio defekto ar įbrėžimo net ir nematomose vietose. Tokia kokybės strategija dar vadinama tobula kokybė „Zero Defects Quality“ [24]. Tam, kad užtikrinti tokį kokybės lygį tokios įmonės kaip Volvo, kokybę turi užtikrinti ne tik įmonės viduje, bet ir atsirinkti tokius tiekėjus, kurie gali atitikti tokius kokybės standartus. Viena iš sąlygų, kurias pateikia klientas pradedant vystyti verslą su tiekėju, gali būti tam tikrų kokybės užtikrinimo sistemų įdiegimas. Sistemos tipas priklauso nuo konkretaus pavyzdžio. Bet tai gali būti pati paprasčiausia sistema kaip „Go, No Go“, „Poka Yoka“. Arba sudėtinga automatinio tikrinimo sistema, kuri tikrina detalės vizualų vaizdą, svorį ar dydį. Kiek vienos papildomos sistemos, kuri

duoda kokią nors informaciją apie produkto kokybę įdiegimas ir jos naudojimas, didina kliento pasitikėjimą tiekėju ir jo galimybėmis užtikrinti kokybiško gaminio tiekimą.

Pažangios produkto kokybės planavimas (APQP – Advanced Product Quality Planing) yra labai svarbus įrankis įmonėms, kurios gamina daug skirtingos paskirties produktų automobilių gamintojams. Kiekvienas naujas gaminys reikalauja plano kaip bus užtikrinta kokybė, serijinės ar masinės gamybos metu. Kokių veiksmų bus imtasi jog išvengti vienu ar kitu galimų grėsmių susijusių su nekokybišku gaminiu. Tam, kad ištirti tokias grėsmes yra atliekama proceso metu galinčio atsirasti defekto atsiradimo ir jo išvengimo analizė (P-FMEA – Process Failure Mode Effect Analysis). Tokio tipo analizė yra standartinis įrankis norint įvertinti grėsmes kylančias dėl galimo nekokybiško gaminio. Atliekant šią analizę yra įvertinamos ar numatomos potencialios grėsmės gaminio gamybos ir pristatymo metu ir kokius būdus ar metodus įmonė taikys, jog šių grėsmių išvengtų. Šis dokumentas yra atnaujinamas kiekvieną kartą atnaujinus ar pakeitus gaminio gamybos procesą, ar perkeliant gaminį į kitą gamybos padalinį [25]. Kiekvieną kartą pakeistas dokumentas turi būti patvirtintas kliento. Jei klientui kyla abejonių dėl pasirinkto problemos būdo arba grėsmės vertinimo, klientas gali atlikti auditą įmonėje ir patikrinti ar balai buvo skirti atitinka realybę. Analizės metu yra skiriami balai trims skirtingoms kategorijoms:

- Pavojaus dydis galutiniam vartotojui.
- Tikimybė, jog produktas bus su defektu.
- Tikimybė, jog defektas nebus aptiktas kokybės patikrinimo metu.

Visus skirtus balus reikia sudauginti, jei gauta reikšmė viršija 200, įmonė privalo imtis kažkokių veiksmų, kurie užtikrintų grėsmės sumažinimą. Kuo tai susiję su aprašyta sistema? Vieną iš grėsmių galima įvardinti etikečių sumaišymą, kas reiškia jog yra tikimybė jog klientą pasieks ne tokie produktai kokie buvo užsakyti. O tokios grėsmė išauga kai įmonė gamina daug skirtingų produktų (Aiškinant žodį daug, tai šiuo atveju skaičius nuo 300 iki 1000). Jei etiketės sumaišytos yra labai maža tikimybė, produkto esančio paletėje svoris bus vienodas su svoriu produkto, per klaidą įrašyto į etiketę. Tokiu atveju sistema užfiksuos neatitikimą ir jį bus galima pašalinti. Kita grėsmė galima įvardinti per aukštos paletės, bandymas įkelti į stelažą. Šio veiksmo metu jei paletė viršija maksimalius leistinus matmenis, o paletę keliantis darbuotojas to nepamato, dėžės su gaminiais gali būti pažeistos. Kita su paletės aukščiu susijusi grėsmė – tokios paletės išsiuntimas klientui. Dažnai automobilių pramonės įmonėse naudojamos automatizuotos sandėliavimo sistemos. Kai kurios sistemos nėra tokios išvystytos, jog matuotų paletės aukštį. Ko pasakoje robotizuotos sistemos gali bandyti įkelti per aukšta paletę į sandėliavimo vietą, taip pažeisdami ne tik paletę, bet ir sandėliavimo sistemos komponentus. Jei sistema visgi gali pamatuoti aukštį ir paletė bus per aukšta, tuomet paletė nebus įvežta į sandėlį, ko pasakoje personalas turės aiškintis kokios priežastys tai lėmė. Tai atims laiko ir gali įtakoti produktų tiekimą gamybai. Viso tai gali padėti išvengti sukurta sistema, lygiai taip

pat kaip sistema duos signalą apie neatitinkantį svorį, taip pat signalas bus formuojamas apie neatitinkamą aukštį. Dėl panašių neatitikimų gali atsirasti ir daugiau nenumatytų grėsmių, kurias galbūt galima išspręsti šios sistemos pagalba. Jei klientas bijo nestandartinės grėsmės, o galimas tiekėjas iškart pasiūlo sprendimo būdą tokios grėsmės išvengti, potencialiam klientui tai gali padaryti gerą įspūdį.

Įvairūs neatitikimai sandėlio veikloje gali atsirasti gana lengvai, todėl sandėlis yra viena iš įmonės segmentų, kuriam privalu turėti pakankamai įrankių užtikrinti procesų saugumą bei išlaikant jų kokybę aukščiausiam įmanomame lygmenyje [26].

**Panašių sistemų nauda saugumo užtikrinimui.** Darbo saugos pagerinimas yra vienas iš šios ir panašių palečių aukščio ir svorio matavimo sistemų privalumas. Dažniausiai sandėlyje nutinkantys nelaimingi atsitikimai yra:

- Paletės krenta iš aukštai, kai bandoma įdėti paletę į vietą kur ji netelpa, užkrisdamos ant žmonių ar įrangos.
- Kai dėl per didelės stelažo apkrovos griūvantys stelažai sužaloja darbuotojus.
- Kai dėl per didelio paletės svorio paletė neatlaiko ir lūžta.
- Kai dėl per didelio aukščio ir krautuviui sukant paletę nuvirsta nuo krautuvo šakių.

Turint sistemą, kuri parodo koks yra paletės svoris ir aukštis galima geriau įvertinti, kur geriausiai padėti krovinį. Jei paletės lengvos ir žemos jos turėtų būti keliamos į aukščiausius stelažo aukštus. Jei paletės sunkios, tokios paletės turėtų būti laikomos ant žemės pirmuose stelažų aukštuose. Žinant tai ir turint informaciją apie paletę, labai lengva nuspręsti, kur geriausia vieta paletei, taip sumažinant nelaimingų atsitikimų sandėlyje riziką.

**Panašių sistemų nauda darbuotojų darbo įpročių analizavime.** Kita sritis kur sistema gali pasitarnauti – informacija apie tam tikrų darbuotojų gebėjimų ir žinių lygi. Kadangi sistema siunčia savaitines ataskaitas, labai lengva atsekti koku metu nutinka daugiausiai neatitikimų. Pavyzdžiui vienoje pamainoje sistemoje fiksuojamų neatitikčių kiekis ženkliai didesnis nei kitų pamainų. Tai veda prie išvados, kad toje pamainoje kažkas yra negerai. Galbūt paletes tikrinantis asmuo neturi pakankamai laiko ir per skubėjimą daro klaidas, galbūt darbuotojui reikalingi papildomi mokymai. O jei darbuotojas, paletes, kurios yra atmetamos sistemos vis tiek atiduoda sandėliui, tokius jo veiksmus galima vertinti kaip piktybišką elgesį ir kompetencijos trūkumą. Šie pavyzdžiai parodo, jog duomenų gaunamų iš sistemos pagalba, galima susidaryti įspūdį net apie darbuotojų darbo kokybę, efektyvumą, turimas ar neturimas kompetencijas.

## Rekomendacijos

**Sistemos pritaikymo alternatyvos.** Nors sistema buvo sukurta vykdyti žaliavų ir gaminių kontrolę gamybos įmonių sandėliuose, ją galima pritaikyti ir kitose srityse. Vienas iš galimų variantų yra logistikos sandėliai, kur sistema galėtų atlikti krovinių paskirstymo funkcijas. Kai krovinys į vietą sandėlyje būtų priskiriamas, pagal svorį, aukštį ar gaminio tipą. Tam jog sistemą pritaikyti tokiam tikslui, ją reikėtų keisti tik iš programinės pusės ir tik minimaliai. Jokie papildomi komponentai tokių atveju nėra būtini.

**Sistemos tobulinimo galimybės.** Sukurtą sistemą yra paprasta tobulinti, dėl pasirinkto valdiklio techninių charakteristikų. Valdiklis turi didelį kiekį įėjimų ir išėjimų, kas palieką galimybę prijungti papildomus prietaisus ar sistemas.

**Autonominiai mobilūs robotai.** Vienas iš patobulinimų galėtų būti, autonominių mobilių robotų pririšimas prie sistemos. Kai suvedus duomenis apie krovinį, robotas gautų signalą jog reikia atvažiuoti prie platformos ir paimti krovinį. Šis automatizavimo žingsnis galėtų stipriai sumažinti reikalingo personalo skaičių sandėlyje.

**Automatinis brūkšnių kodų skaitytuvas.** Norint jog signalas būtų siunčiamas robotams pirma reikia suvesti duomenis apie krovinį, kas yra daroma žmogaus. Tam, jog duomenys būtų suvesti automatiškai, galima pasitelkti automatinį skenerį. Šio prietaiso pagalba būtų nuskaitytos detalės numeris, užsakymo numeris ir kiekis. Skaitytuvas turėtų judėti aukštyn žemyn pasitelkiant linijinę, sraigtinę ar diržinę ašį. Toks prietaisas skaito brūkšninį kodą, tai reiškia jog ant etiketės turėtų būti 3 skirtingi brūkšniniai kodai. Tai gali sukelti problemų nuskaityti kodus reikiama eilės tvarka, nes etiketės yra klijuojamos žmogaus. Tačiau jei etiketės būtų klijuojamos visada į tą pačią vietą, tarkim kairiajame, apatiniame paletės kampe, tuomet automatinis brūkšnių kodų skaitytuvas galėtų būti programuojamas šiek tiek paprasčiau - kai ieškomas kodas turėtų būti tik tam tikrų skaitmenų. Tarkim detalės numeris visada yra 7 skaitmenų skaičius. Užsakymo numeris 9 skaitmenų. O detalių skaičius galėtų būti neriboto dydžio, bet negali sutapti nei su detalės skaičiumi nei su užsakymo numeriu. Jei skaičius sutampa reiškia jog buvo nuskenotas ne tas brūkšninis kodas ir skenavimas kartojamas iš naujo. Jei pakartojus, vis tiek kodas nuskaitytas netinkamas, skaitytuvo judėjimo ribos pakeičiamos pagal tai kokį kodą skenuoja. Įdiegus automatinę kodų skenavimą ir prijungus autonominius robotus, žmogaus poreikis sandėlyje būtų praktiškai minimalus. Tačiau jei automatinį skaitytuvą įdiegti gal ir nebūtų labai brangus žingsnis (iki 1000 eurų), tai autonominių robotų įdiegimas galėtų kainuoti 20-50 kartų daugiau nei pati sistema.

**Paletės blokavimo barjeras.** Sistemai galima pridėti paletės blokavimo funkciją, kai paletė neatitinka užsakymo informacijos, nusileidžia barjeras, kuris neleidžia paimti paletės iš tikrinimo platformos iki klaida neištaisoma. Tačiau toks patobulinimas, labai išpūstų sistemos kainą, ne dėl

papildomo barjero, bet dėl papildomų saugumą užtikrinančių komponentų įdiegimo. Nes kai atsiranda judanti dalis, įrangoje ar sistemoje, tuomet reikia užtikrinti, jog tą dalis nesužeistų žmogaus. Todėl barjero idėjos buvo atsisakyta, pradinėje sistemos kūrimo stadijoje.

**Kito fizikinio dydžio matavimas.** Kita sistemos tobulinimo kryptis galėtų būti, kito fizikinio dydžio matavimas. Dabar matuojamas svoris ir aukštis, bet jei įmonės verslo kryptis visai kitokią reikiamas pamatuoti fizikinis dydis galėtų būti galbūt, krovinio tūris ar objektų skaičius ant paletės. Visa tai pamatuoti yra įmanoma tik reikėtų pasitelkti kitus signalų formavimo prietaisus, parinktų šiuo metu. Tai galėtų būti kamera ar papildomi jutikliai.

**Darbo programų keitimas.** Sistemą tobulinti įmanoma ne tik pridėdant jai papildomus komponentus, bet ir pridėdant ar keičiant jos funkcijas. Pavyzdžiui, ataskaitos dabar yra siunčiamos tam tikrą savaitės dieną. Bet šią funkciją galima pakeisti taip jog, ataskaita būtų siunčiama iškart gavus informaciją jog paletė neatitinka užsakymo. Taip atsakingas asmuo galėtų reaguoti nedelsdamas.



## Išvados

1. Pagal duotus pradinis duomenis buvo sukurta palečių svorio ir aukščio tikrinimo sistema. Sistemos pagalba paletė yra pasveriamas ir pamatuojamas jos aukštis. Gauti rezultatai yra palyginami su produkto ar žaliavos aprašytais duomenimis - vieno vieneto svoris ir svorio tolerancijos ribos, didžiausias leistinas paletės aukštis konkrečiam gaminiui. Jei tikrinimo metu pamatuoti dydžiai nesutampa su aprašytais, sistemoje formuojamas įrašas apie šio gaminio neatitiktį. Failas su atnaujinta tikrinimo istorija reguliariai siunčiamas sistemą administruojančiam asmeniui.

2. Atsižvelgiant į kainos ir kokybės santykį buvo parinkti sistemos komponentai. Tikrinimo platformos rėminė konstrukcija turi būti pagaminta iš kvadratinių tuščiavidurių profilių, 50x50x30; 60x60x3 ir 70x70x5. Profilio metalo markė S355. Profiliai sujungti virinant. Pamatuoti paletės svorį parinktos svarstyklės „PCE-EP 1500“. Pamatuoti paletės aukštį parinktas ultragarsinis jutiklis PEPPERL+FUCHS UC2000-30GM-E6R2-V15. Nustatyti, ar paletė pastatyta tinkamai, panaudotas talpinis jutiklis BALLUFF BCS M30B4E1-PSC25H-EP02. Programuojamas loginis valdiklis su valdymo ekranu buvo parinktas Unitronics Vision 1210. Prie valdiklio reikia prijungti išėjimų ir įėjimų praplėtimo modulį Unitronics IO-ATC8. Tam, jog būtų galima prijungti praplėtimo modulius tiesiai į valdiklį, reikia jungti „Snap-in“ modulį „Unitronics V200-18-E46B“.

3. Atsižvelgiant į duotus pradinis duomenis, keliamus reikalavimus ir į tai, kad ateityje gali padaugėti produktų, kuriuos reiks tikrinti, buvo sukurtos sistemos darbo programos ir naudotojo sąsajos, kurių pagalba galima valdyti sistemą, įvesti naujus produktus ar žaliavas, peržiūrėti tikrinimų istoriją. Viena svarbiausių sistemos dalių yra sistemos administratoriaus įspėjimas apie neatitiktis buvo sukurta taip, kad ataskaitos būtų siunčiamos kartą per savaitę, siunčiant ataskaitą tiesiai į administratoriaus kompiuterį ir tuo pačiu į elektroninį pašta.

4. Atliktas efektyvumo tyrimas parodė jog įsidiegus sistemą ir ją tinkamai naudojant, įmanoma sumažinti gaunamų skundų kiekį iš klientų, taip sumažinant kokybės užtikrinimo kainą sandėlio procesuose. Sistema gali padėti kontroliuoti gaunamas žaliavas iš tiekėjų. Sistema gali padėti išvengti nelaimingų atsitikimų sandėlyje. Taip pat sistemos pagalba galima analizuoti darbuotojų darbo įpročius. Tačiau neįsidiegus sistemos sunku apskaičiuoti tikslią materialią naudą, kuria būtų galima gauti iš šios sistemos

5. Pagal sistemą sudarančių komponentų kainas ir vidutines Lietuvos rinkos paslaugų kainas buvo apskaičiuota sistemos, kuri turi 5 platformas paletėms, kaina (9 173,11 eurų). Į šią sumą neįtraukta sistemos kūrimo kaina.

Šio baigiamojo magistro projekto metu buvo sukurta reikalavimus atitinkanti adaptyvi sistema, kuri gali būti pritaikyta kelioms skirtingo profilio įmonėms. Sistemą paprasta tobulinti ar prijungti prie kitų sistemų.

## Literatūros sąrašas

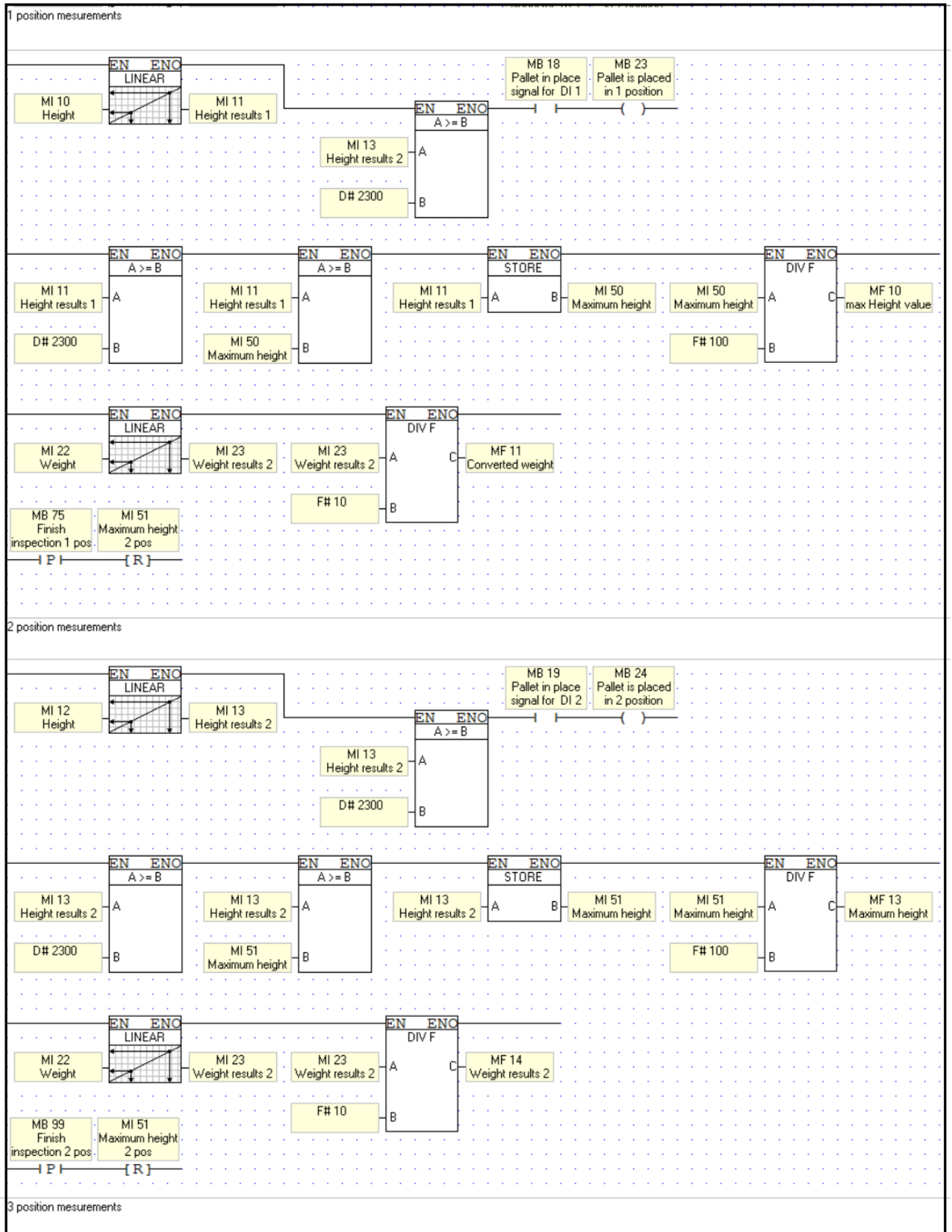
1. Christopher M., 2007. Logistika ir tiekimo grandinės valdymas, pridėtinės vertės kūrimas.- *Vilnius, leidykla „Eugrimas“*.
2. Mingaila R., 2001. Logistika. *Vilnius, Petro ofsetas*.
3. Mingaila R., 2008. Aprūpinimo logistika. *Vilnius: Mykolo Riomerio universitetas*.
4. Isermann R., 2005. Mechatronic Systems Fundamentals. *Darmstadt: Darmstadt university of technology*.
5. Takeda H., 2005. Sinchroninė gamybos sistema : (just-in-time) : „pačiu laiku“ būdas visai įmonei. *Vilnius, „Rgrupė“*.
6. Increase warehouse efficiency with an AS/RS. 2018. [Internetinė prieiga. Žiūrėta 2018.05.21](<https://www.westfaliausa.com/products/automated-storage-retrieval-systems>)
7. Pramoninių kovinių vežimėlių sauga. Dinaminiai bandymai skersiniam stabilumui patikrinti. Pusiausvyrieji krautuvai. 2014. [Internetinė prieiga. Žiūrėta 2018.05.21]([https://view.elaba.lt/standartai/view?search\\_from=primo&id=1037972](https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=primo&id=1037972))
8. Lerhera T., Sramlb M., Potrca I., Tollazzi T., 2009. Travel time models for double-deep automated storage and retrieval systems. *International Journal of Production Research* Vol. 48, No. 11, 1 June 2010, 3151–3172.
9. Gagliardi J. P., Renaud J., Ruiz A., 2011. Models for automated storage and retrieval systems: a literature review. *International Journal of Production Research* Vol. 50, No. 24, 15 December 2012, 7110–7125
10. Zhou Y., Dong Y., Xia H., Gu J., 2014. Routing Optimization of Intelligent Vehicle in Automated Warehouse. *Hindawi Publishing Corporation, Discrete Dynamics in Nature and Society*, Volume 2014, Article ID 789754, 14 pages. [Internetinė prieiga. Žiūrėta 2018.12.10] <http://dx.doi.org/10.1155/2014/789754>
11. Röhrig C., Kirsch C., Lategahn J., Müller, Telle M. L., 2012. Localization of Autonomous Mobile Robots in a Cellular Transport System. *International Association of Engineers. Engineering Letters*, 20:2, 201. ISSN: 1816-093X (Print); 1816-0948 (Online). [Internetinė prieiga. Žiūrėta 2018.12.10] [http://www.engineeringletters.com/issues\\_v20/issue\\_2/EL\\_20\\_2\\_05.pdf](http://www.engineeringletters.com/issues_v20/issue_2/EL_20_2_05.pdf)
12. Tomko S., Hornis H., 2009. The „Eyes“ of Automated Storage and Retrieval. *ECN: Electronic Component News*. May2009, Vol. 53 Issue 5, p37-37. 1p. 3 Color Photographs. [Internetinė prieiga. Žiūrėta ] <http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.ktu.edu/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=354b665a-0985-47da-a575-192be14b78ed%40sessionmgr102>

13. Kronus., 2018. Gamybos įmonės internetinė svetainė. [Internetinė prieiga. Žiūrėta 2018.12.14] <https://www.kronus.lt>
14. Toyota-forklifts., 2018 oficialus puslapis.[internetinė prieiga. Žiūrėta] <https://toyota-forklifts.co.uk>
15. Toyota material handling, AGV – Automated guided Vehicles; 2018 oficialus puslapis. [internetinė prieiga. Žiūrėta 2019.01.21] <https://www.toyotamaterialhandling.com.au/products/product-search/automatic-guided-vehicles/>
16. Ahmad Saleh Shatat,. 2015. Enterprise Resource Planning (ERP) System Issues, Challenges, and Benefits. Faculty of Business, Sohar University; Sohar, Oman.
17. David Osullivan., Automated Storage Systems., University of NUI Galway; 2019 [internetinė prieiga. Žiūrėta 2019.01.22] [http://www.nuigalway.ie/staff-sites/david\\_osullivan/documents/unit\\_9\\_automated\\_storage\\_systems.pdf](http://www.nuigalway.ie/staff-sites/david_osullivan/documents/unit_9_automated_storage_systems.pdf)
18. BALLUFF sensors worldwide. Global Sensors. The complete series for standard applications. 2019. Neuhausen, Germany. [Internetinė prieiga. Žiūrėta 2019.03.29] <https://www.tme.eu/lt/details/bcs00my/talpiniai-jutikliai/balluff/bcs-m30b4e2-psc25h-s04k/#>
19. PEPPERL+FUCHS, ultrasonic sensor UC2000-30GM-E6R2-V15 technical data catalog., 2016. [Internetinė nuoroda. Žiūrėta 2019.02.01] [https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/edb/102159\\_eng.pdf?v=20170523000126](https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/edb/102159_eng.pdf?v=20170523000126)
20. PCE-Instruments corp. Internetinis puslapis. [Internetinė nuoroda. Žiūrėta 2019.02.02] [https://www.pce-instruments.com/english/scales-and-balances/scales/pallet-scales-kat\\_40147\\_1.en.htm](https://www.pce-instruments.com/english/scales-and-balances/scales/pallet-scales-kat_40147_1.en.htm)
21. PCE – Instruments corp. 2016. Technical Pallet Scale PCE-EP Serie gaminių techninės charakteristikos. Hampshire / Southampton, United Kingdom. [Internetinė nuoroda. Žiūrėta 2019.02.04] <https://www.pce-instruments.com/english/slot/2/download/56618/datasheet-pallet-scales-pce-ep-1500.pdf>
22. Unitronics, Vision 1210 programuojamas loginis valdiklis, 2019. [Internetinė nuoroda. Žiūrėta 2019.03.18] <https://unitronicsplc.com/vision-series-vision1210/#1451657921124-e6e0a431-3292>
23. Omar Sabbaghaa, Mohd Nizam Ab Rahmanb, Wan Rosmanira Ismailc, Wan Mohd Hirwani Wan Hussaind. 2015. Impact of Quality Management Systems and After-sales Key Performance Indicators on Automotive Industry. *Sarawak, Kuching, Malaysia.*

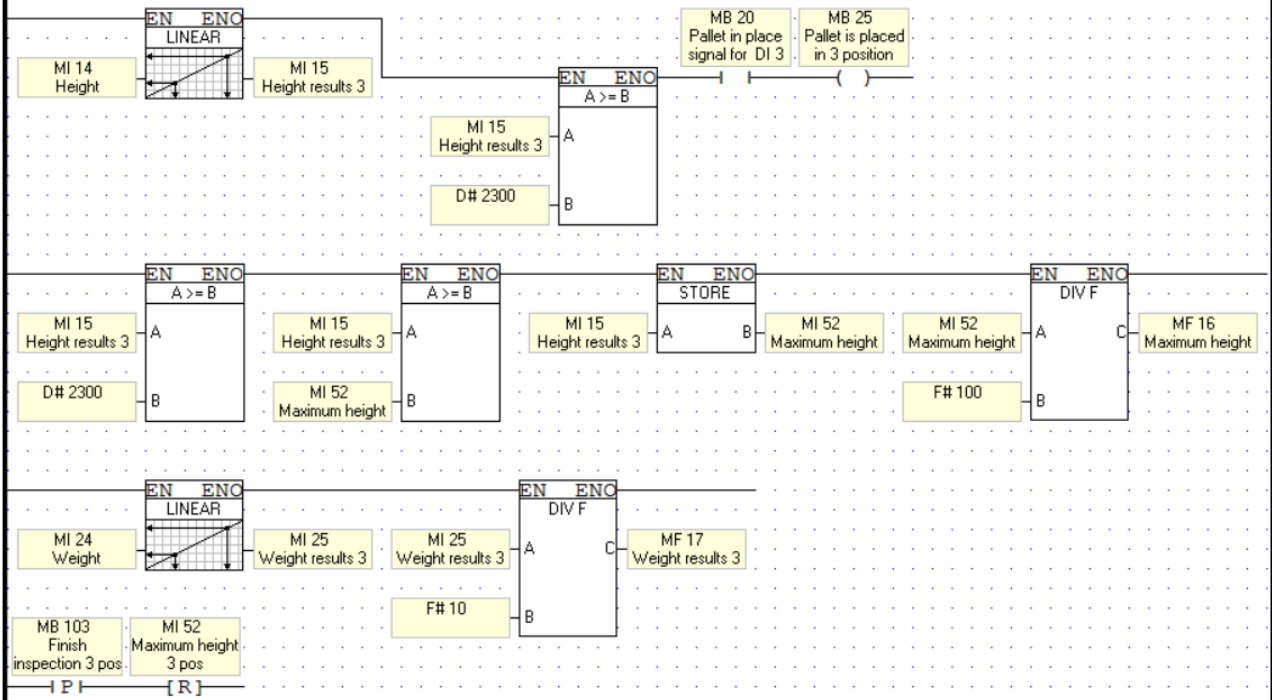
24. Konstantinos Styliadis, Casper Wickman, Rikard Söderberg. 2015. Defining perceived quality in the automotive industry: an engineering approach. *Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.*
25. Jens Kiefer, Sebastian Allegretti, Theresa Breckle. 2017. Quality- and Lifecycle-oriented Production Engineering in Automotive Industry. *University of Applied Sciences Ulm, Prittwitzstraße, Germany.*
26. Sebastjan Škerlič, Robert Muha, Edgar Sokolovskij. 2017. Application of modern warehouse technology in the slovenian automotive industry. *University of Ljubljana, Slovenia*
27. Unitronics Industrial Automation. 2014. IO-ATC8 I/O Expansion Module, technical specification catalog.
28. Mehmood Khan, S. O. Duffuaa. 2002. Effect of inspection errors on the performance of inspection plans in quality control systems. *Department of Systems Engineering, KFUPM Dhahran, Saudi Arabia.*
29. Andrzej Czarski, Piotr Matusiewicz. 2012. Influence of measurement system quality on the evaluation of process capability indices. *AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland.*

# Priedai

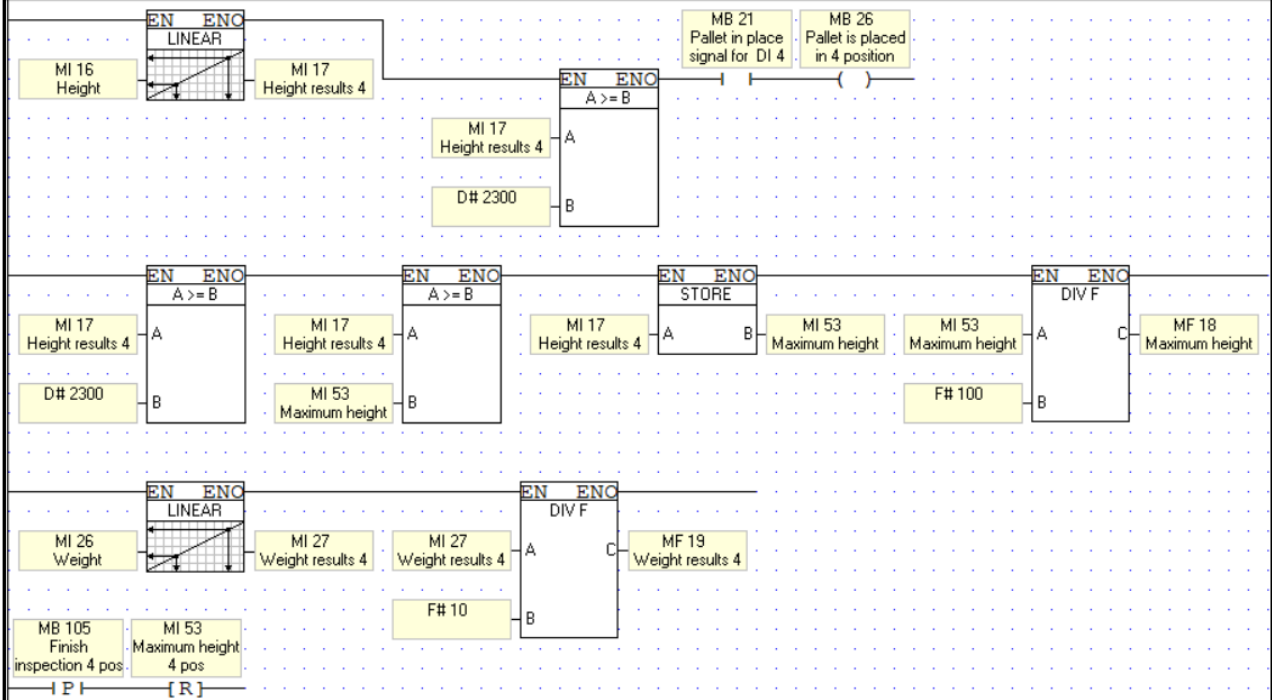
## 1 Priedas. „Main Display“ naudotojo sąsajos programa



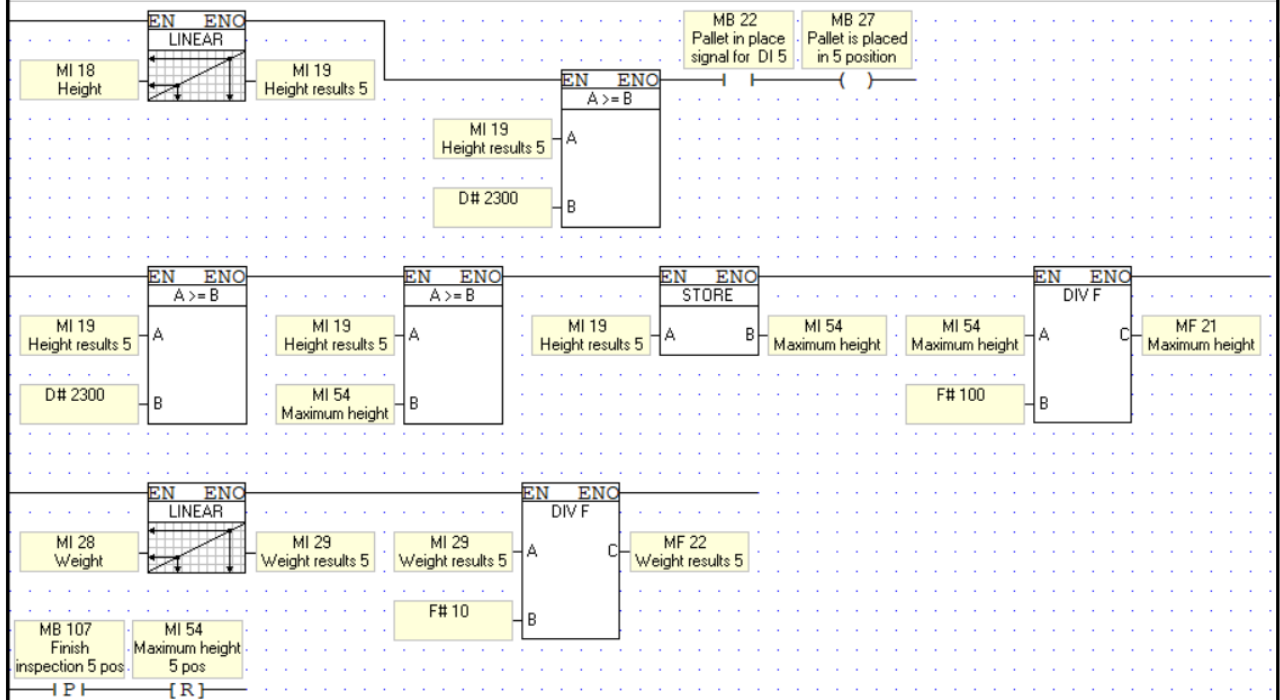
3 position measurements



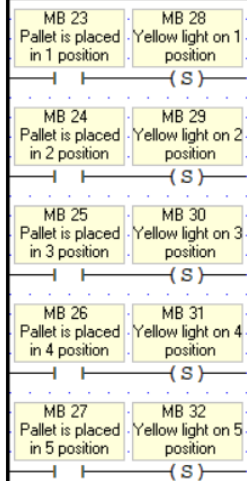
4 position measurements



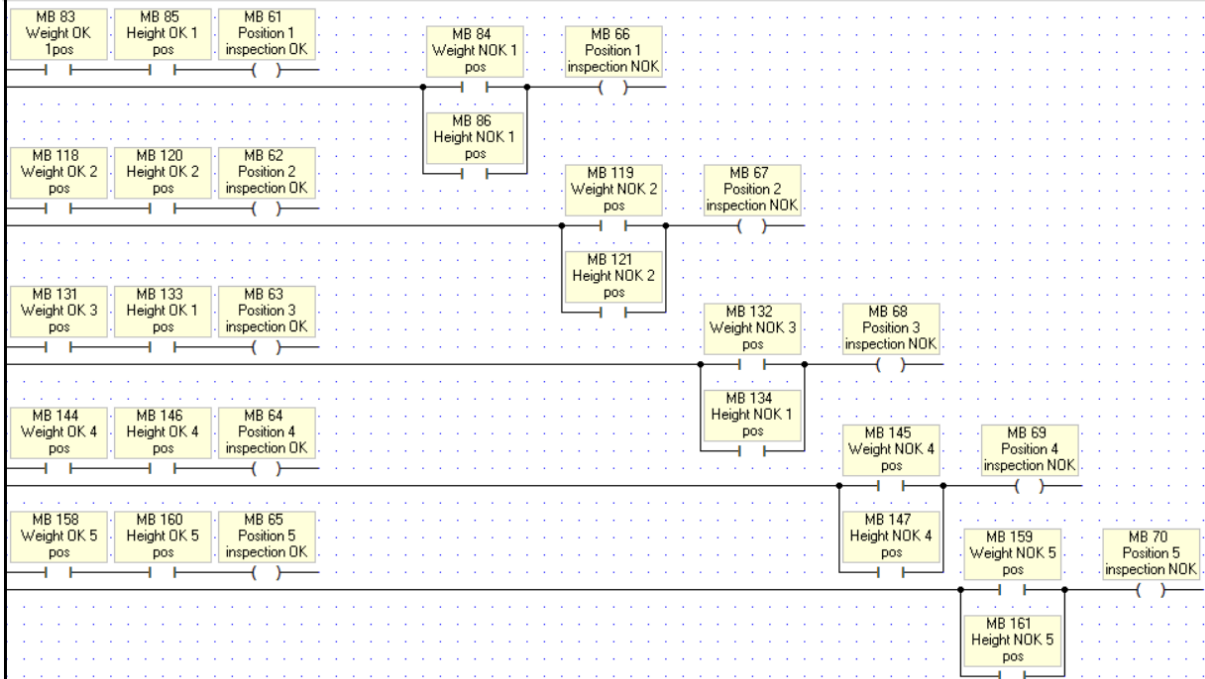
5 position measurements



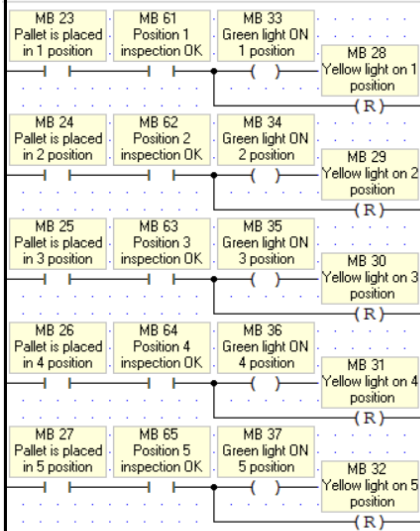
Yellow lights on the frame and in the main display control  
When the signal says that pallets is placed in position correctly



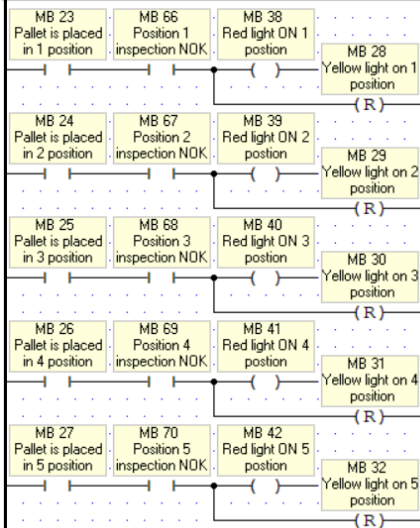
Green lights ON Yellow lights OFF when inspection is OK



Green light on, yellow light reset



Red lights on yellow lights off when inspection is NOK





When there is no pallet in the place the green area in the main display should not be visible.

MB 23 Pallet is placed in 1 position	MB 45 2 position frame not green
MB 24 Pallet is placed in 2 position	MB 46 2 position frame not green
MB 25 Pallet is placed in 3 position	MB 47 3 position frame not green
MB 26 Pallet is placed in 4 position	MB 48 4 position frame not green
MB 27 Pallet is placed in 5 position	MB 49 5 position frame not green


field: "OK" control in main display. "ready for inspection" field control stays the same as green area control so there is no need to repeat it again.


MB 61 Position 1 inspection OK	MB 50 OK field in main display is OFF 1
MB 62 Position 2 inspection OK	MB 51 OK field in main display is OFF 2
MB 63 Position 3 inspection OK	MB 52 OK field in main display is OFF 3
MB 64 Position 4 inspection OK	MB 53 OK field in main display is OFF 4
MB 65 Position 5 inspection OK	MB 54 OK field in main display is OFF 4


field: "NOK" control in main display. "ready for inspection" field control stays the same as green area control so there is no need to repeat it again.


MB 66 Position 1 inspection NOK	MB 55 NOK field in main display is
MB 67 Position 2 inspection NOK	MB 56 NOK field in main display is
MB 68 Position 3 inspection NOK	MB 57 NOK field in main display is
MB 69 Position 4 inspection NOK	MB 58 NOK field in main display is
MB 70 Position 5 inspection NOK	MB 59 NOK field in main display is


When green area is pressed then inspection display will be opened

MB 3 1 position ON	Inspection 1 pos
P	


MB 4 2 position ON	Inspection 2 pos
P	

MB 5 3 position ON	Inspection 3 pos
P	

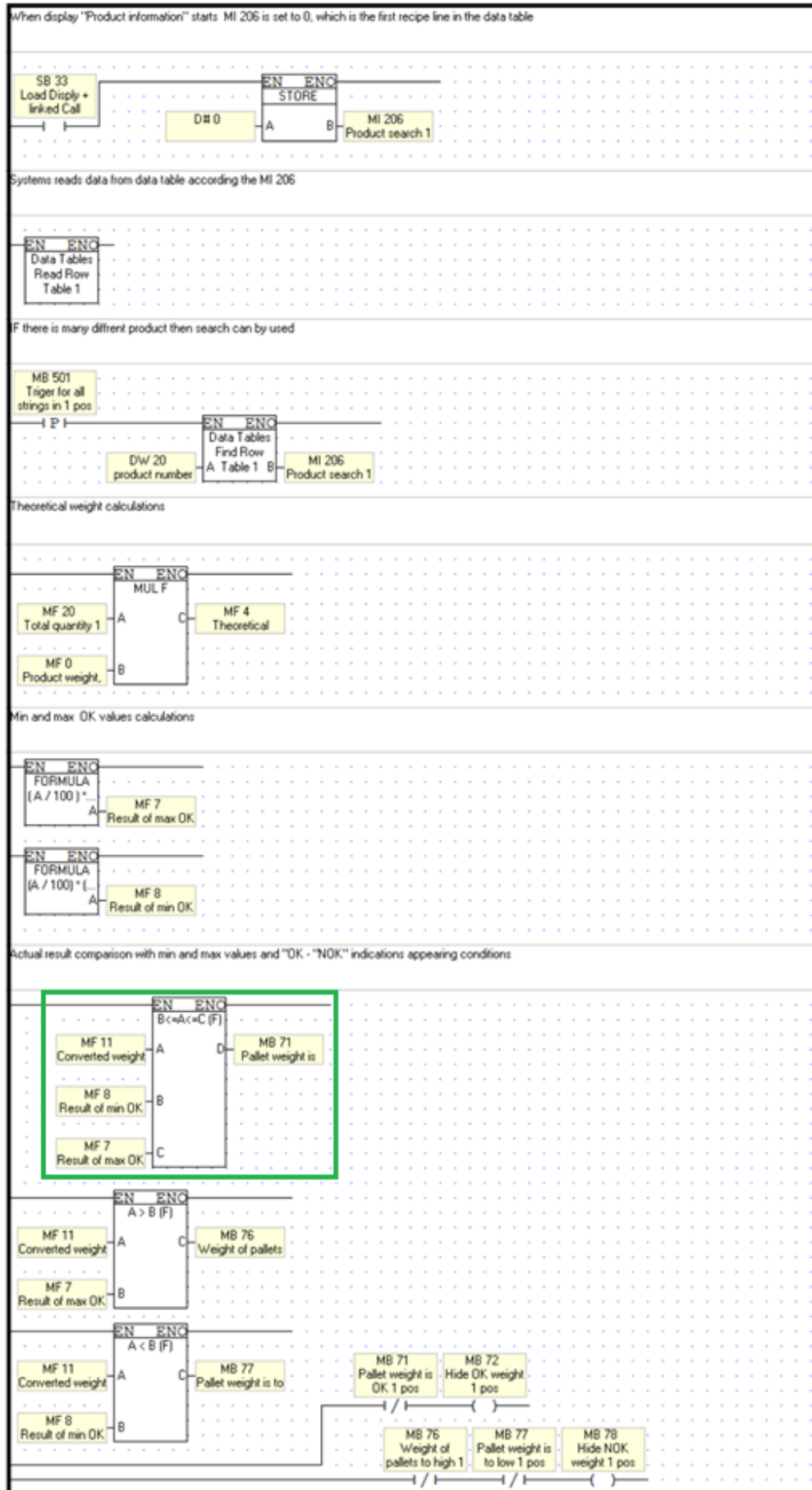
MB 6 4 position ON	Inspection 4 pos
P	

MB 7 5 position ON	Inspection 5 pos
P	

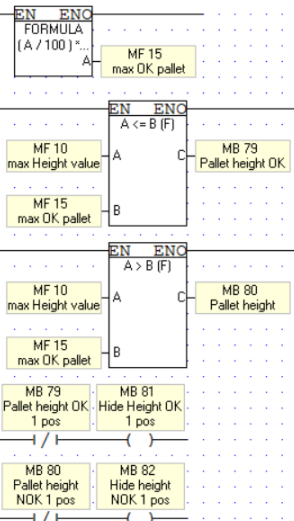
Back to main menu button

MB 44 Back to main menu	Menu
P	

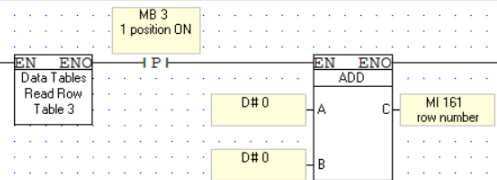
## 2 Priedas. „Main display“ naudotojo sąsajos programa



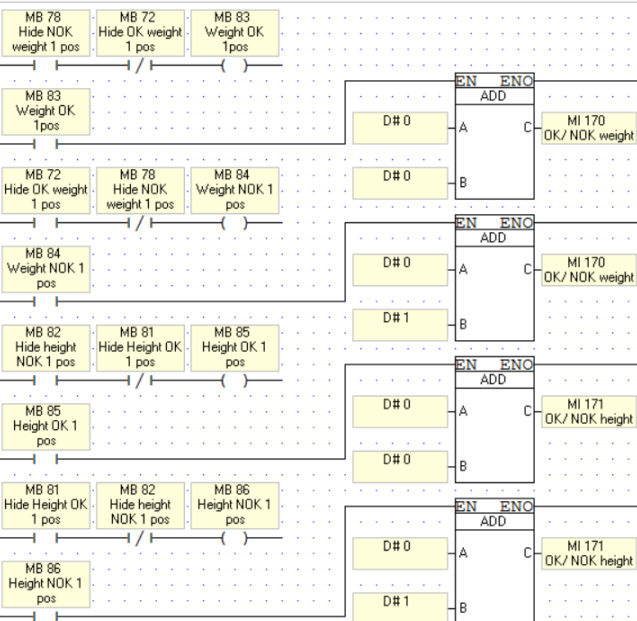
Height inspection



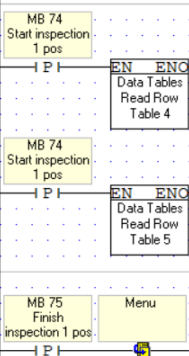
Defining what pallet position will be written into the inspection table. if 0+0 then MI 161 value equals 0 which means that data will be read from table 3 from row 0. and this data will be written to inspection history data. if 0+1 then MI 161 is equal to 1 and row number 1 will be read from table 3. And so on



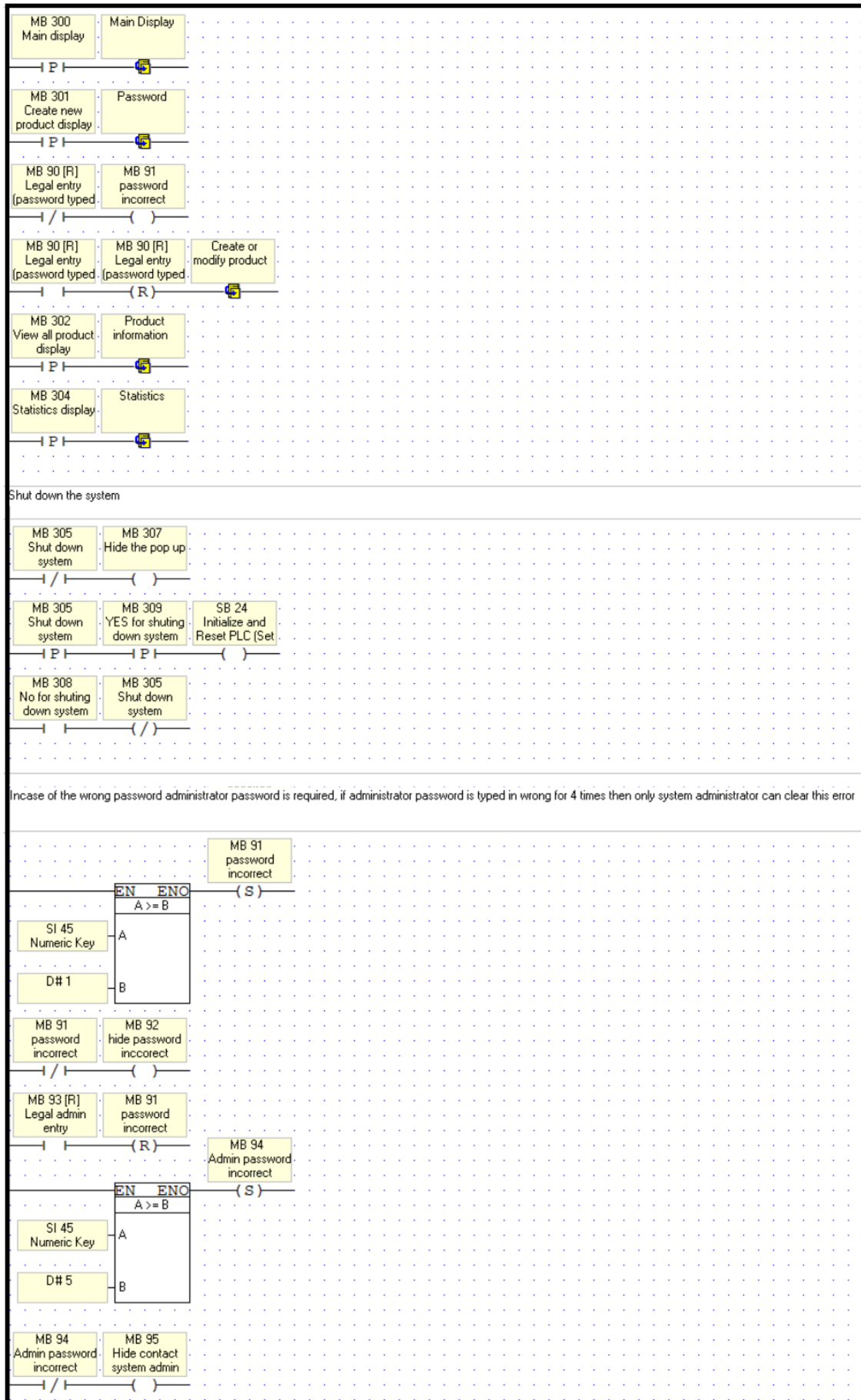
Writing OK or NOK values into measurements data tables



After start inspection button is pressed data will be read from table 4 and table 5 to determine position number for inspection history table.

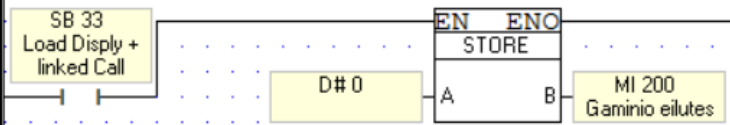


### 3 Priedas. „Main menu“ naudotojo sąsajos programa

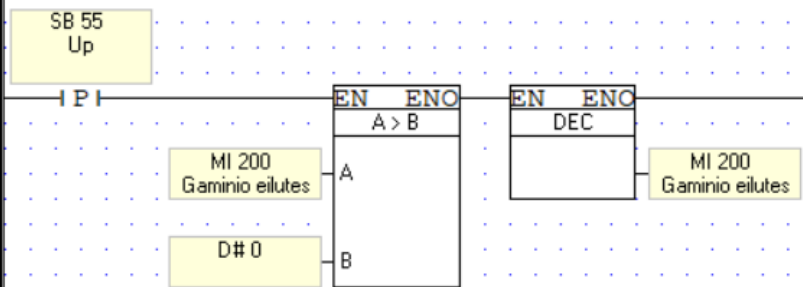
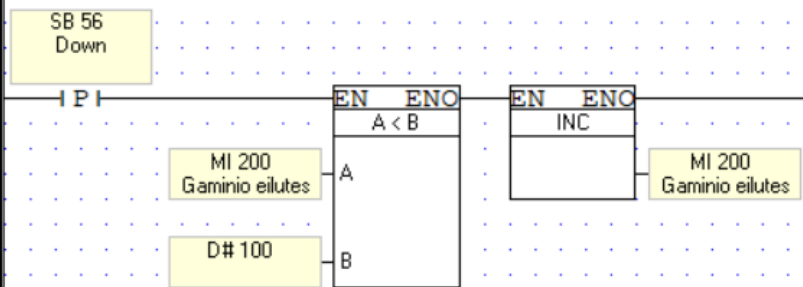


#### 4 Priedas. „Product information“ naudotojo sąsajos programa

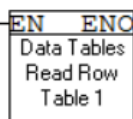
When display "Product information" starts MI 200 is set to 0, which is the first recipe line in the data table



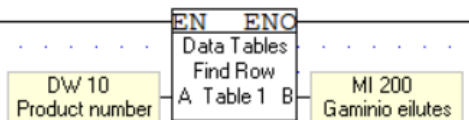
Use keypad or keyboard <UP> and <DOWN> arrows to scroll between the data table rows



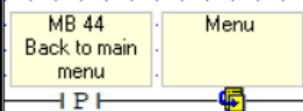
Systems reads data from data table according the MI 200



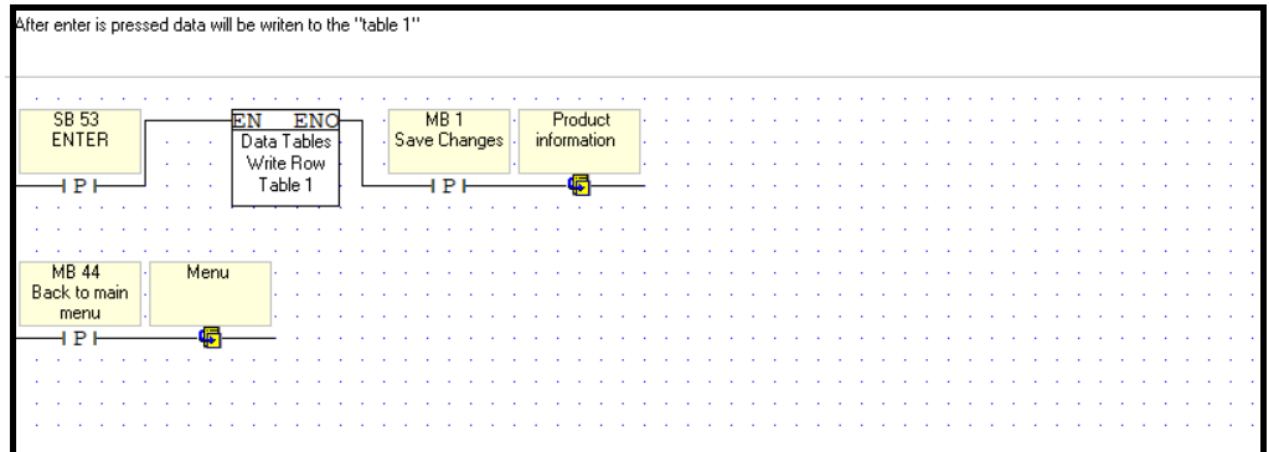
IF there is many diffrent product then search can by used



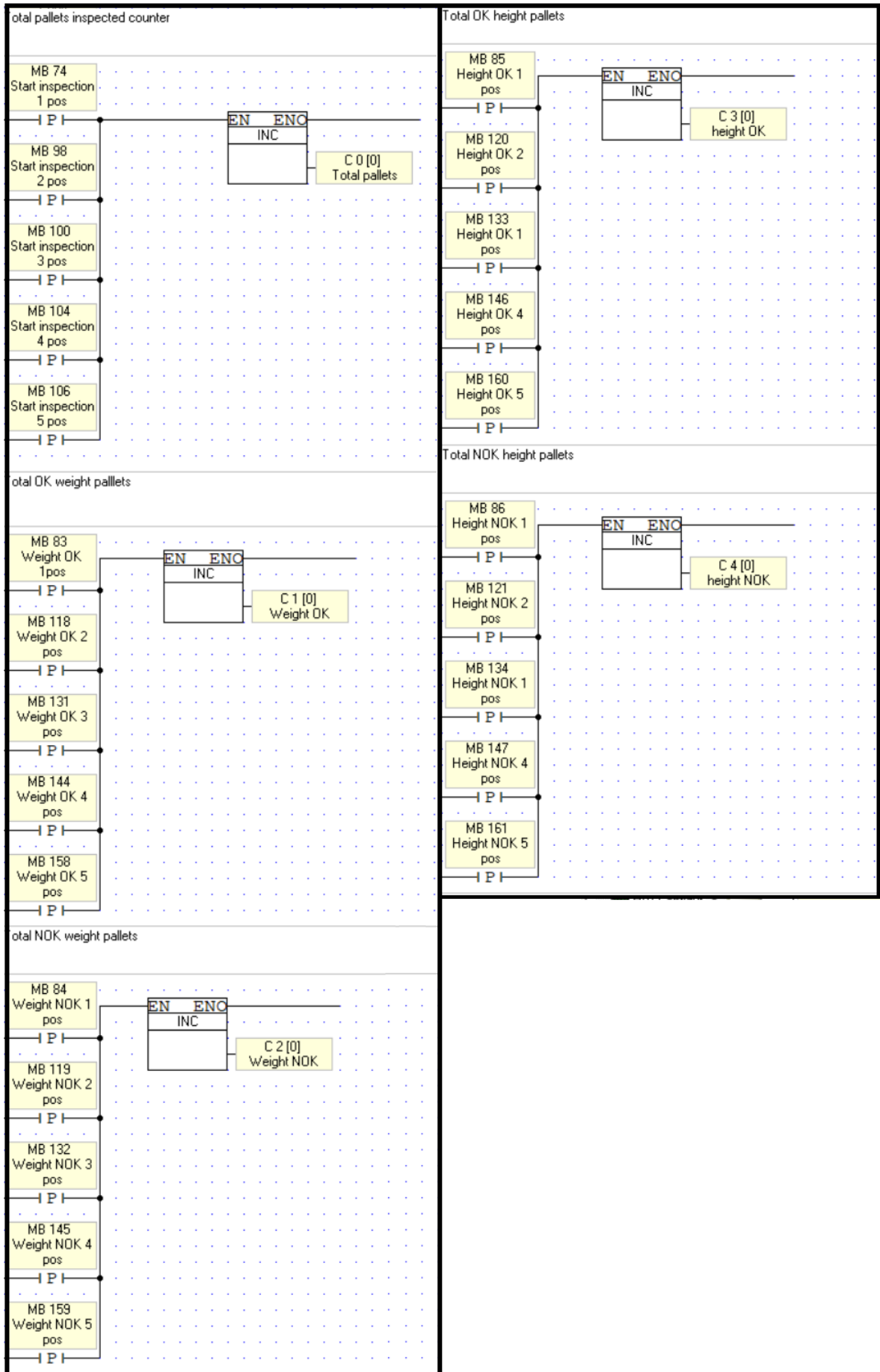
Back to menu button



## 5 Priedas. „Create or modify product“ naudotojo sąsaja.

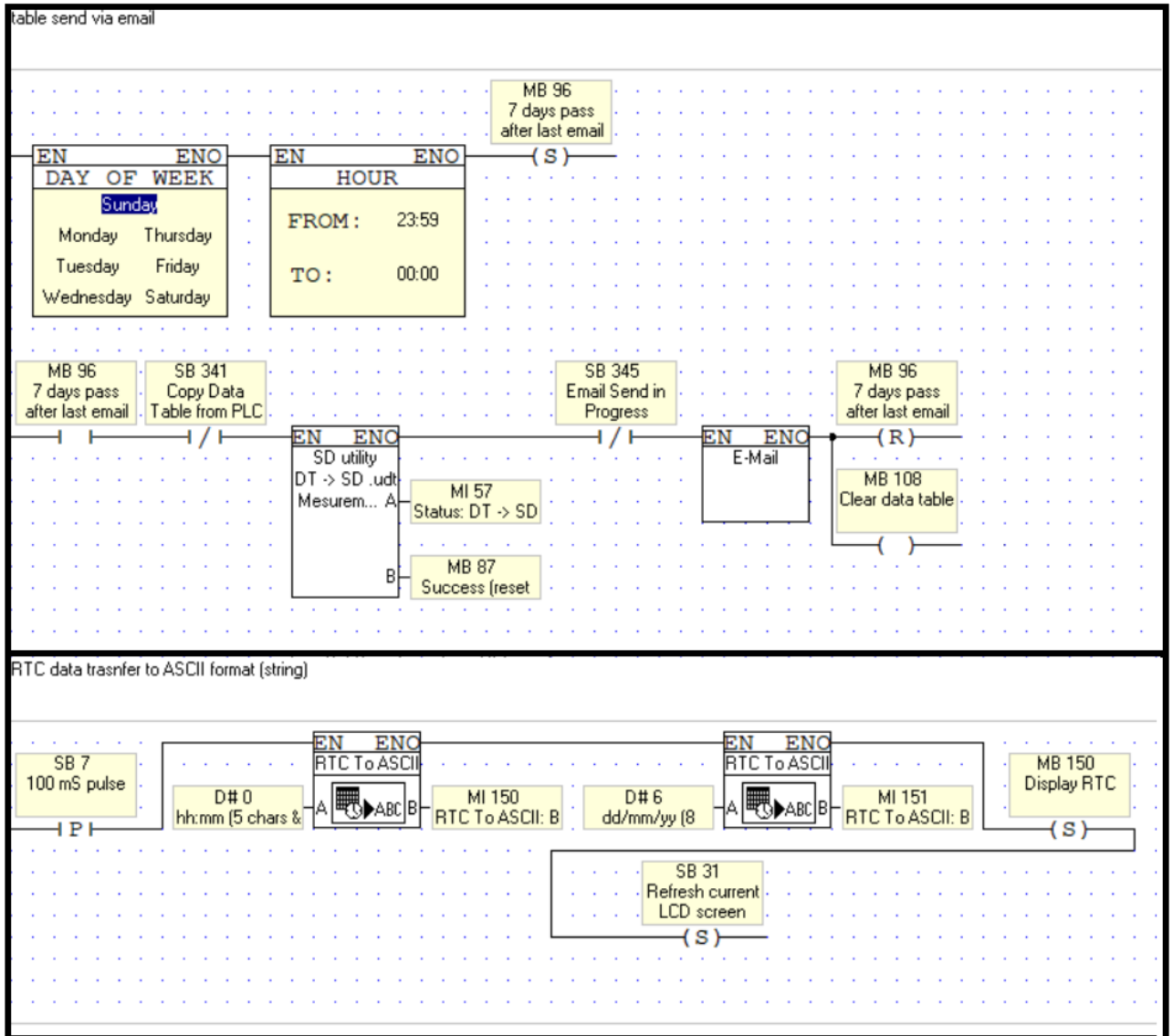


## 6 Priedas. „Statistics“ naudotojo sąsajos darbo programa



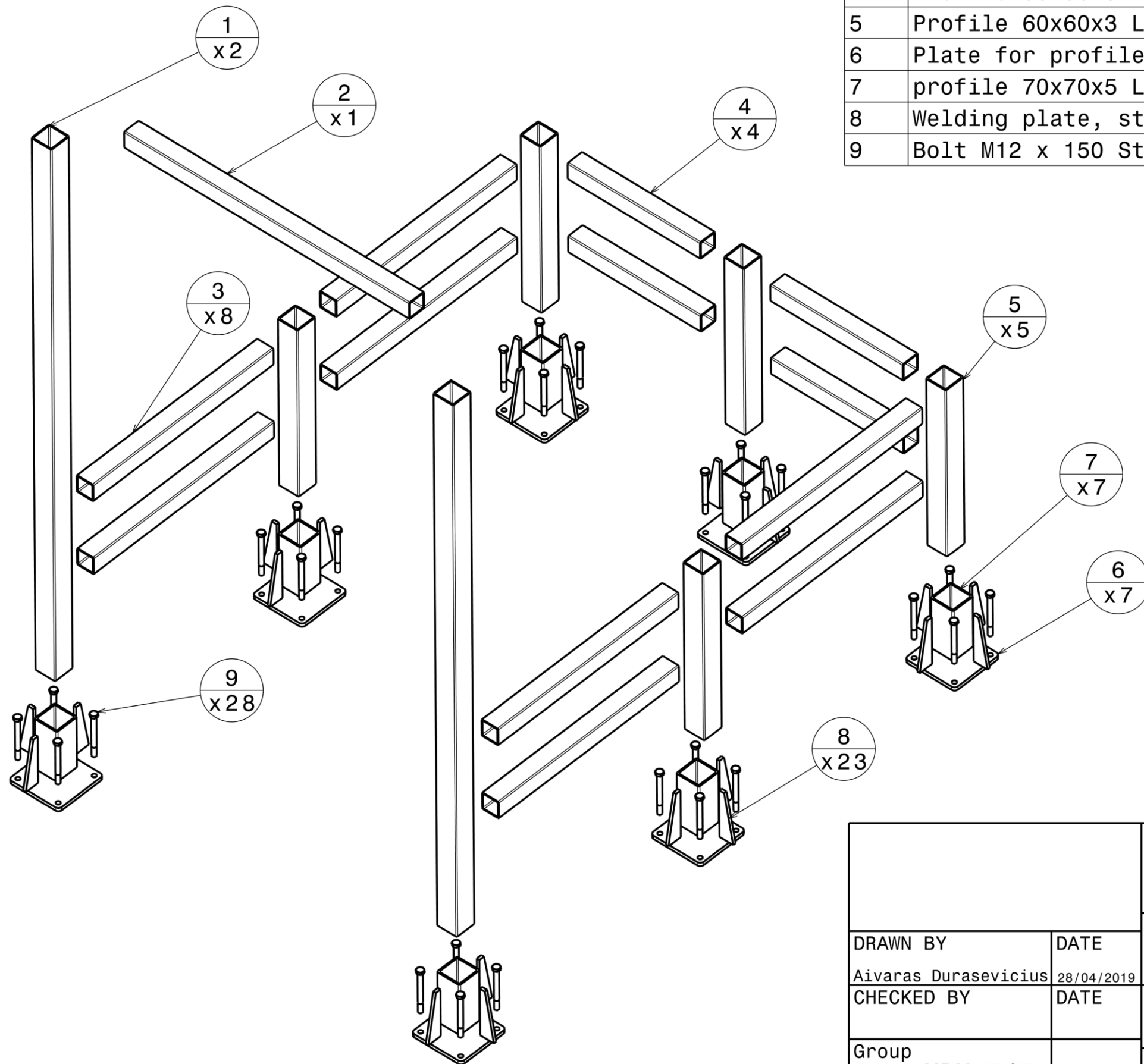


## 7 Priedas. Naudotojui nematomos darbo programos



## **8 Priedas.** Rėmo surinkimo brėžinys

No.	Part description	Quantity
1	Profile 60x60x3 L-1600 Steel S355	2
2	Profile 50x50x3 L-930 Steel S355	1
3	Profile 50x50x3 L-600 Steel S355	8
4	Profile 50x50x3 L-440 Steel S355	4
5	Profile 60x60x3 L-500 Steel S355	5
6	Plate for profile 70x70x5 Steel S355	7
7	profile 70x70x5 L-150 Steel S355	7
8	Welding plate, steel thickness - 8 mm. Steel 355	23
9	Bolt M12 x 150 Steel grade a hexagon head	28

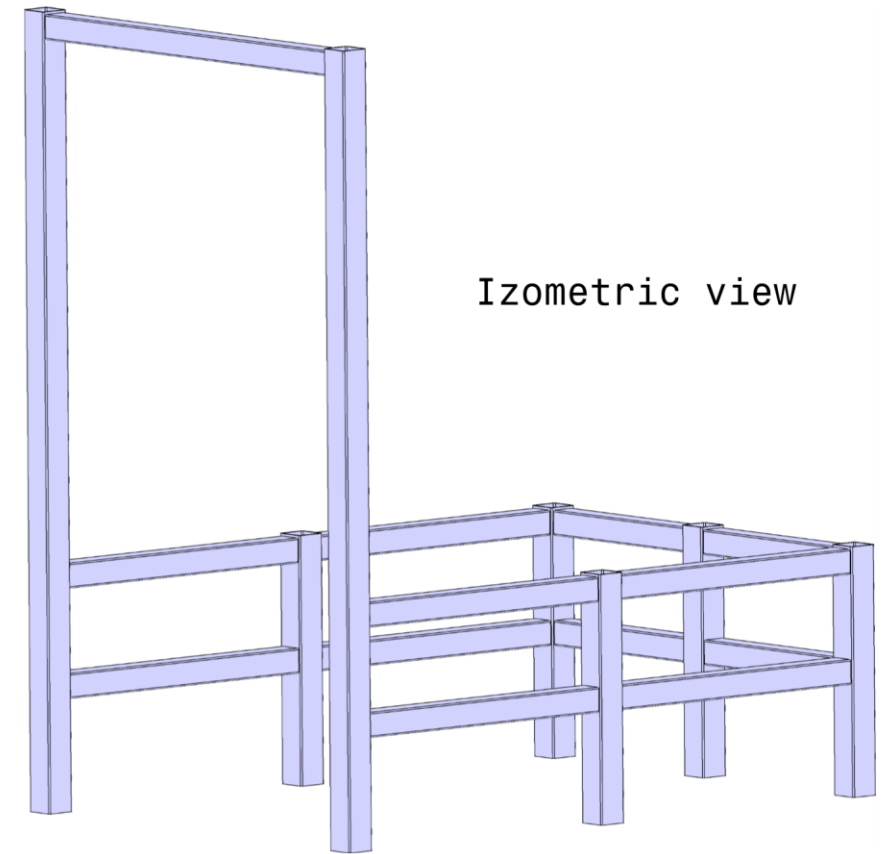
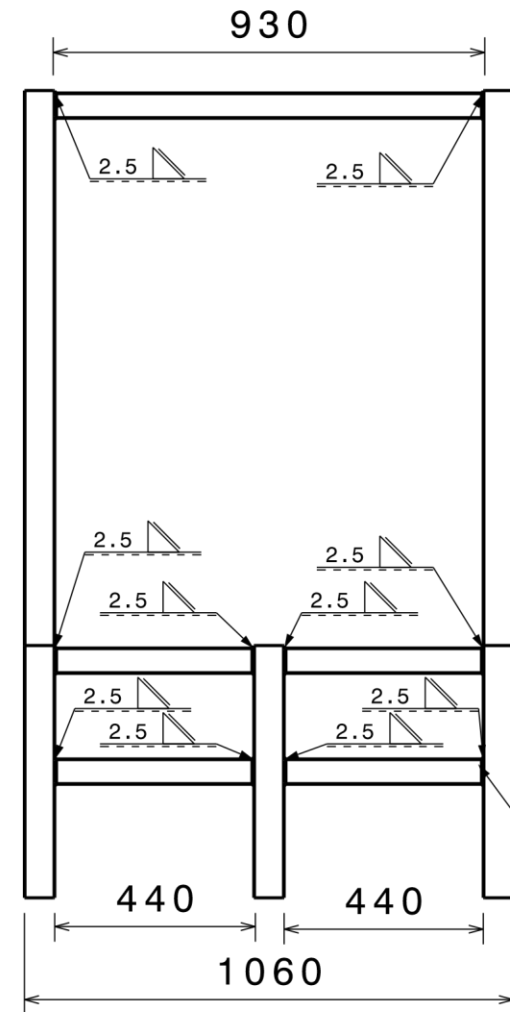


		KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY		
DRAWN BY		DRAWING TITLE		
Aivaras Durasevicius		Frame assembly drawing		
DATE		SIZE		REV
28/04/2019		A3		0
CHECKED BY		DRAWING NUMBER		
		20190428		
Group		SCALE	WEIGHT(kg)	SHEET
MDM 7/7		1:10	89,3	1/1

## **9 priedas.** Rėmo suvirinimo brėžinys

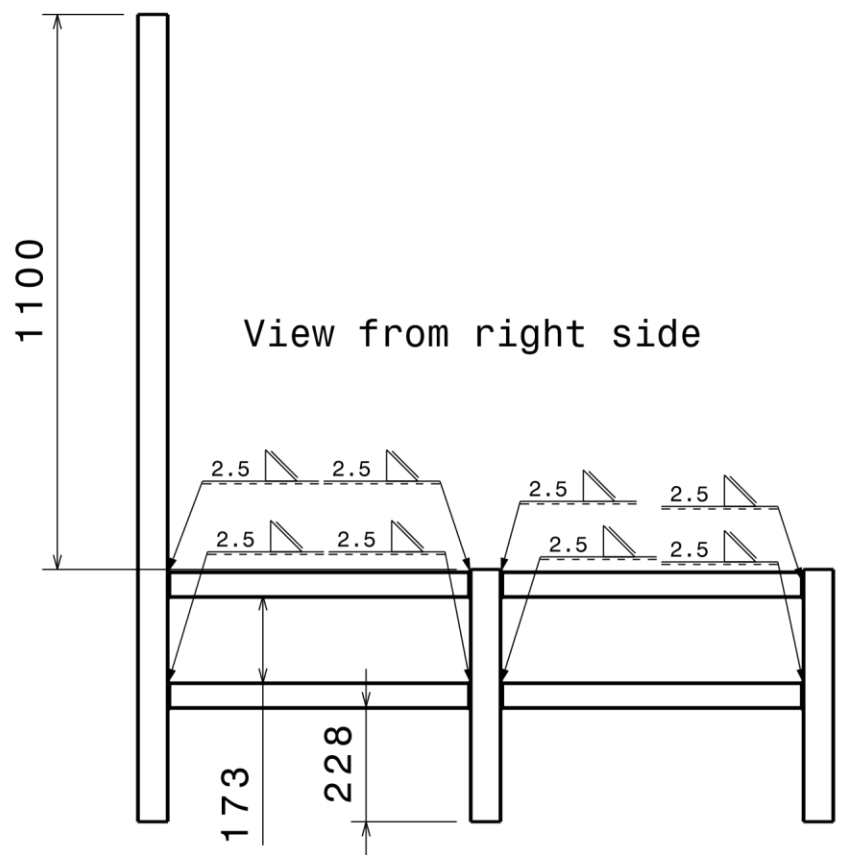
H G F E D C B A

View from the back

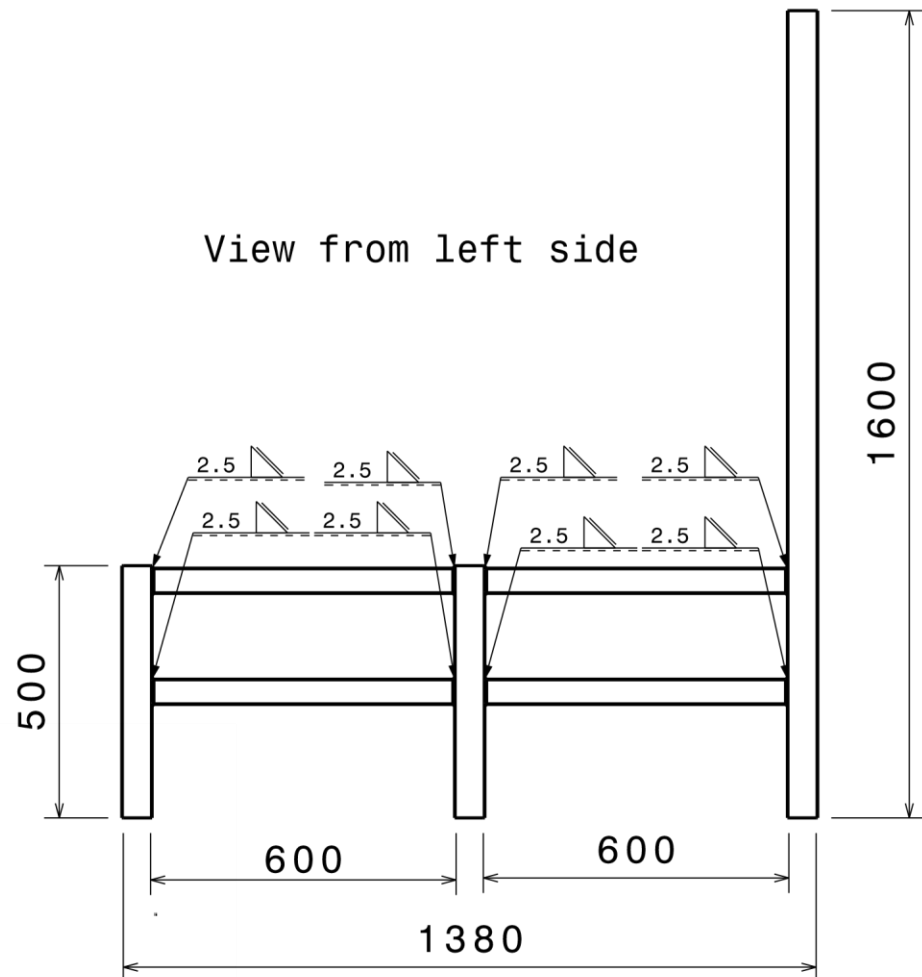


Izometric view

View from right side



View from left side



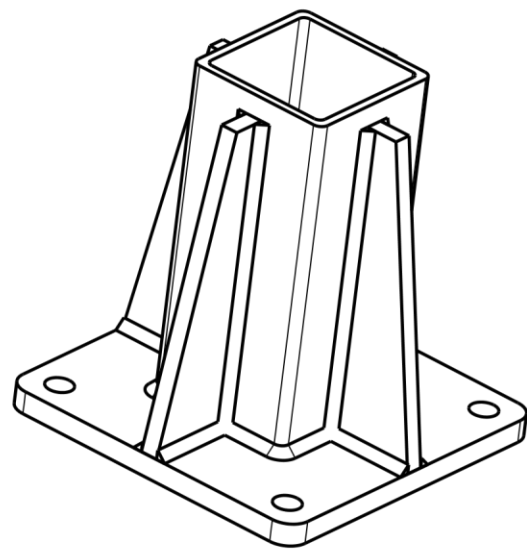
Welding type  
(all around profile)  
Scale 1:1

		KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS		
DRAWN BY Aivaras Durasevicius		DATE 27/04/2019		Drawing description Frame from steel profiles welding drawing
CHECKED BY		DATE		
Group: MDM 7/7		SIZE A3	DRAWING NUMBER 20190427	REV 0
		SCALE 1:15	WEIGHT(kg) 62.9	SHEET 1/1

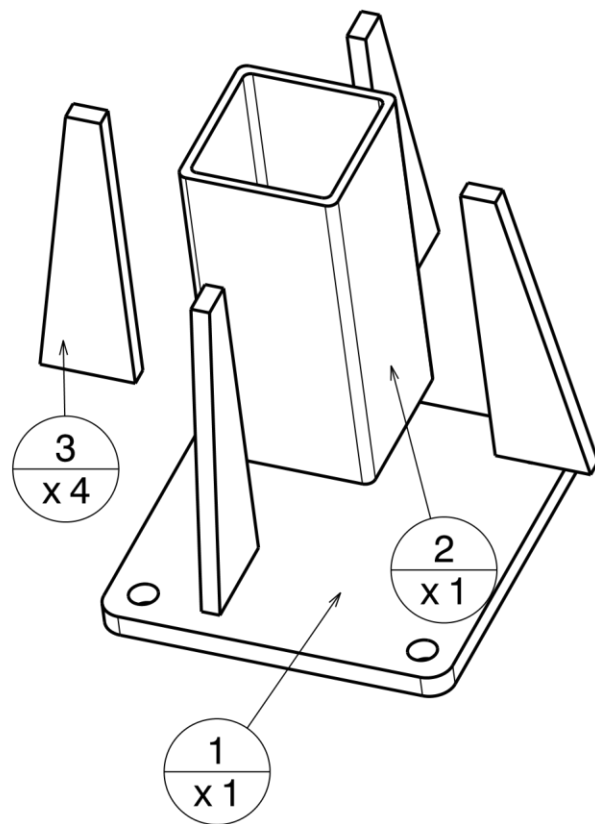
H G F E D C B A

**10 Priedas.** Kojos surinkimo ir suvirinimo brėžinys

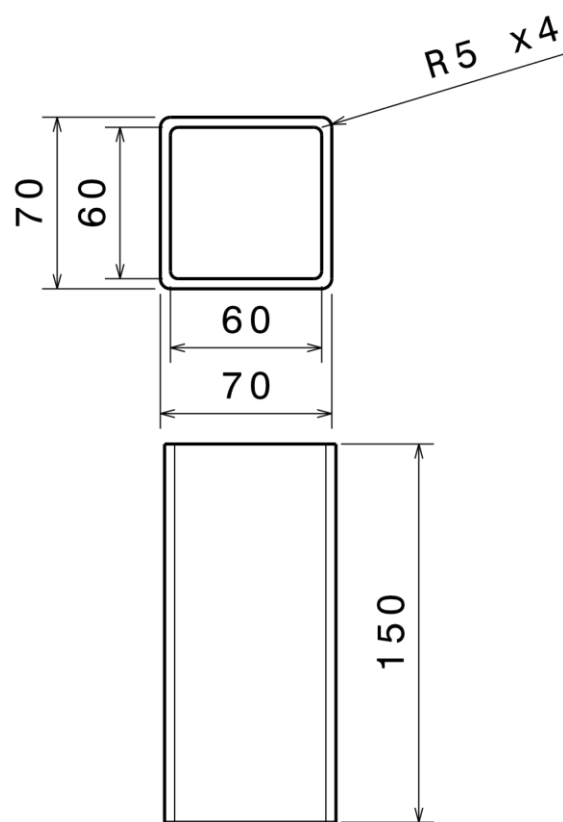
Assembled and welded part isometric view



Assembly view



Profile 70x70x5



Welding plate

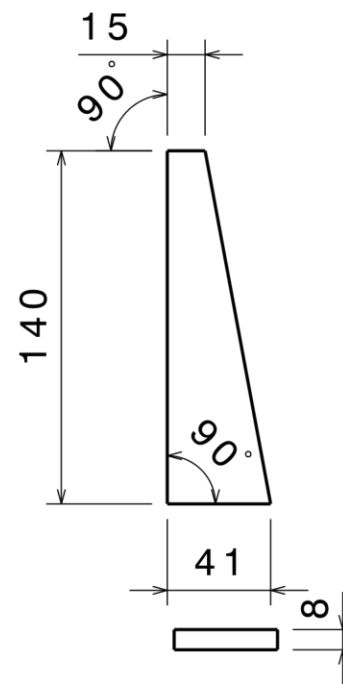
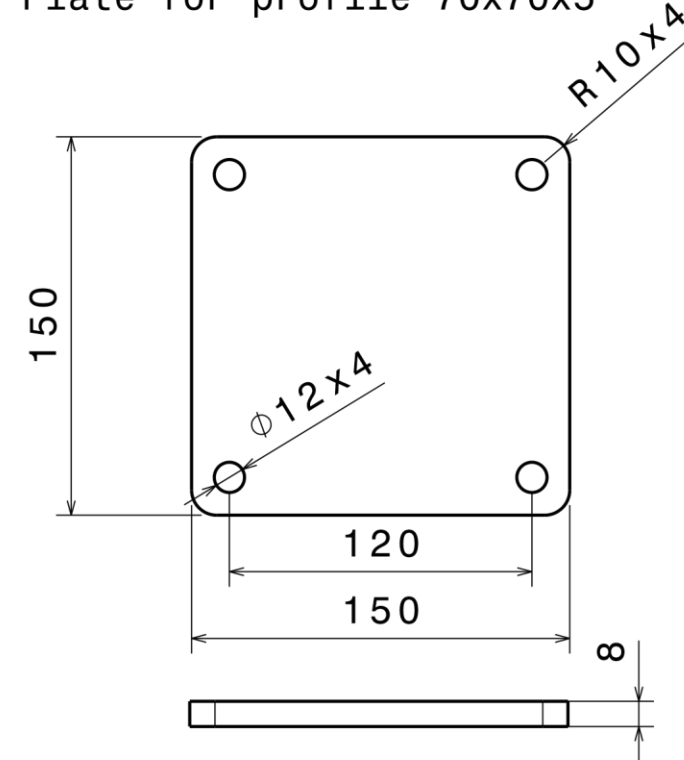
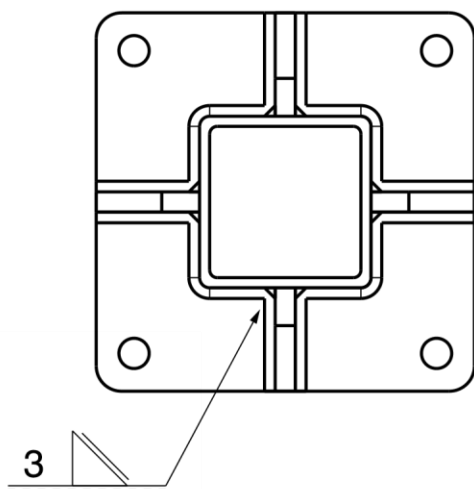


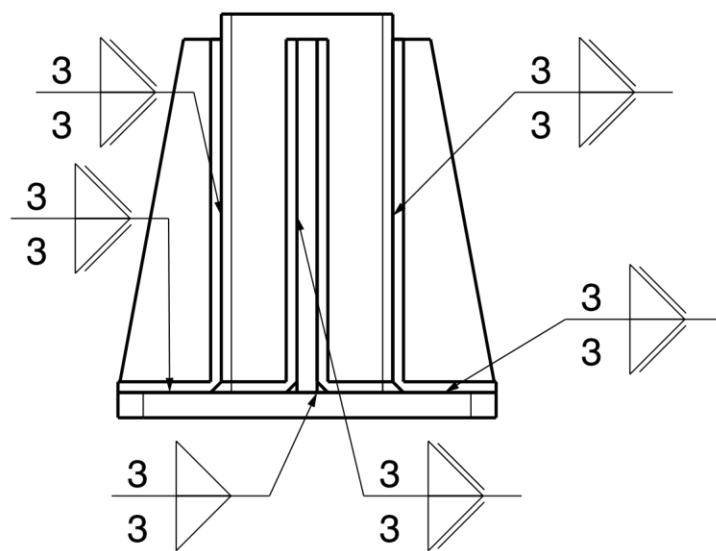
Plate for profile 70x70x5



Profile to plate welding scheme view from the top



Welding plates to the plate and profile welding scheme view from the side



No.	Part description	Quantity
1	Plate for profile 70x70x5 Steel S355	1
2	profile 70x70x5 L-150 Steel S355	1
3	Welding plate, steel thickness - 8 mm. Steel 355	3-4

		KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS		
DRAWN BY Aivaras Durasevicius		DATE 04/05/2019		Drawing description: Frame fixing part, assembly and welding drawing
CHECKED BY		SIZE A3	DRAWING NUMBER 20190504	
Group: MDM 7/7		SCALE 1:3	WEIGHT(kg) 3.96	SHEET 1/1