



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

**ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

**Justas Gudonis**

**BENDRO FANEROS KLIJAVIMO ĮRENGINIŲ EFEKTYVUMO  
SKAIČIAVIMO IR ĮVYKIŲ PRIEŽASTIES ANALIZĖS SISTEMOS  
SUKŪRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovė**

Doc. dr. Jolanta Repšytė

**KAUNAS, 2015**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

**ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

**AUTOMATIKOS KATEDRA**

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. Gintaras Dervinis

2014 05 25

**BENDRO FANEROS KLIJAVIMO ĮRENGINIŲ EFEKTYVUMO  
SKAIČIAVIMO IR ĮVYKIŲ PRIEŽASTIES ANALIZĖS SISTEMOS  
SUKŪRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas  
Valdymo technologijos (621H66001)

**Vadovė**

Doc. dr. Jolanta Repšytė

2015 05 25

**Recenzentas**

2015

**Projektą atliko**

Justas Gudonis

2015 05 25

**KAUNAS, 2015**



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

(Fakultetas)

**Justas Gudonis**

(Studento vardas, pavardė)

**Valdymo technologijos (621H66001)**

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Bendro faneros klijavimo įrenginių efektyvumo skaičiavimo ir įvykių priežasties analizės sistemos diegimas“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 15 m. Gegužės mėn. 25 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Justo Gudonio** baigiamasis projektas tema „Bendro faneros klijavimo įrenginių efektyvumo skaičiavimo ir įvykių priežasties analizės sistemos diegimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o 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)

Gudonis, J. Bendro faneros klijavimo įrenginių efektyvumo skaičiavimo ir įvykių priežasties analizės sistemos diegimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Jolanta Repšytė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, automatikos katedra.

Kaunas, 2015. 39 psl.

## **SANTRAUKA**

Darbe apžvelgiama bendro įrenginių efektyvumo (OEE) ir pagrindinės priežasties analizės (RCA) metodai. Apibendrinti parametrai, reikalingi apskaičiuoti ir įgyvendinti šiems metodams. Apžvelgiamas faneros gamybos suklijavimo linijos procesas. Aprašomas padaryto bendro įrenginių efektyvumo ir pagrindinės priežasties analizės įgyvendinimas „Latvijas Finieris“ faneros gamybos suklijavimo linijai, duomenų surinkimo galimybės panaudojant Wonderware System Platform, MS SQL programinius paketus. Duomenų analizė įgyvendinama keliais būdais: grafikų pavidalu duomenys analizuojami Wonderware Historian programiniu paketu, loginis duomenų apdorojimas bei skaičiavimas įgyvendintas pasitelkus Wonderware System Platform bei Wonderware MES programinius paketus, grafinis atvaizdavimas įgyvendintas Wonderware Intouch programiniu paketu. Galutiniam vartotojui duomenys yra pateikiami pasitelkus Wonderware Information Studio programinį paketą.

Reikšminiai žodžiai: OEE, RCA, Wonderware, MS SQL, fanera.

Gudonis, Justas. Overall Plywood Gluing Equipment Effectiveness Calculation and Root Cause Analysis System Installation. Final project of master degree / supervisor doc. dr. Jolanta Repšytė; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of automatinon.

Kaunas, 2015. 39 psl.

## **SUMMARY**

This work gives an overview of the overall equipment efficiency (OEE) and root cause analysis (RCA) methods. There are summarized parameters necessary to calculate and implement these methods. There has been an overview of plywood production line gluing process. This work describes overall equipment efficiency and root cause analysis implementation of “Latvijas Finieris” plywood production gluing line, data collection options using Wonderware System Platform, SQL software packages. Data analysis is implemented in several ways: graphs data analyzed with Wonderware Historian software package, logical data processing and calculation implemented through Wonderware System Platform and Wonderware MES software packages, graphical representation is realized with Wonderware Intouch software package. End-user data are available through Wonderware Information Studio software package.

Keywords: OEE, RCA, Wonderware, MS SQL, plywood.

# Turinys

Santrumpų ir ženklų aiškinimo žodynas .....	8
1 Įvadas .....	9
2 Objekto analizė .....	10
2.1 Fanera ir jos gamyba.....	10
2.2 Faneros suklijavimo linija .....	11
3 Technologijos ir galimų sprendimų analizė .....	11
3.1 Bendro įrenginių efektyvumo metodas (OEE) .....	11
3.1.1 Nuostoliai .....	12
3.1.2 Bendro įrenginių efektyvumo apskaičiavimas .....	14
3.1.3 Bendro įrenginio efektyvumo taikymas .....	16
3.2 Pagrindinės priežasties analizė (RCA) .....	16
3.2.1 Pagrindinės priežasties analizės etapai .....	17
3.2.2 Pagrindinės priežasties analizavimo įrankiai .....	19
4 Tyrimų dalis .....	20
4.1 Suklijavimo įrenginių efektyvumo koeficientų skaičiavimas ir rezultatų analizė....	20
4.1.1 Duomenų surinkimas .....	21
4.1.1.1 Duomenų surinkimo įgyvendinimas .....	22
4.1.1.2 Surinktų duomenų atvaizdavimas .....	23
4.1.2 Reikšminių parametrų atrinkimas .....	25
4.2 OEE skaičiavimas .....	26
4.2.1 OEE bendrinti rezultatai .....	28
4.3 Įvykių priežasties analizė (RCA).....	29
4.3.1 Įvykių priežasties analizės realizavimas .....	29
4.4 Wonderware MES .....	31
4.4.1 Darbo su MES rezultatai .....	32
4.4.2 Wonderware MES palyginimas su standartiniais Wonderware System Platform įrankiais	36
5 Išvados ir rezultatai .....	37
Literatūra.....	38
6 Priedai .....	40
Priedas 1. Pagrindinių priežasčių identifikavimo seka .....	40
Priedas 2. Duomenų įrašymo į duomenų bazę scenarijus, sukuriantis .sql failą .....	41
Priedas 3. Duomenų įrašymo į duomenų bazę iš .dql failo į lentelę scenarijus.....	43

Priedas 4. Duomenų įrašymo iš .CSV failo į Wonderware system platform objektus scenarijus.....	45
Priedas 5. Duomenų surinkimo iš duomenų bazių jų atvaizdavimui scenarijus.....	47
Priedas 6. MSSQL vykdiklis esamo vartotojo užrašumui vietoje pagrindinio.....	48
Priedas 7. Duomenų surinkimo ataskaitų formavimui pavyzdys SQL aplinkoje.....	49

## Santrumpų ir ženklų aiškinimo žodynas

Sutrumpinimas	Apibūdinimas
WIS	Wonderware Information Server
IE	Internet Explorer
MSSQL	Microsoft SQL duomenų bazė
PLV	Programuojamas loginis valdiklis
OEE	Bendras įrenginių efektyvumas (angl. "Overall Equipment Effectiveness")
DI	Diskretinis įėjimas (angl. „digital input“)
DO	Diskretinis išėjimas (angl. „digital output“)
SP	Užduotis (angl. „set point“)
RCA	Įvykių priežasties analizė (angl. „Root Cause Analysis“)
COM	Sudedamųjų objektų modelio komunikacijos sąsaja (angl. „Component Object Model“)
WIP	Sekimo ir analizės darbas (angl. „work-in-progress“)
MES	Produkcijos gamybos ir sekimo sistema (angl. „Manufacturing Execution Systems“)



# 1 Įvadas

**Šio darbo tikslas:** *Išanalizuoti medienos apdirbimo pramonės faneros gamybos suklijavimo linijos technologinius procesus bei naudojamą įrangą bei nustčius proceso reikšmingiausius parametrus įgyvendinti bendrą efektyvumo bei priežasties analizės metodus sukuriant sistemą.*

Šiam tikslui pasiekti reikėjo išspręsti tokius uždavinius:

1. Atlikti literatūros analizę apie:
  - a) standartus, nurodymus bei reikalavimus ruošiant medžio fanerą;
  - b) OEE ( bendrą įrenginių efektyvumą);
  - c) RCA (įvykių priežasties analizę);
2. Nustatyti proceso reikšmingiausius parametrus ir juos nuskaityti;
3. Įgyvendinti bendrą efektyvumo metodą, sukuriant ir apipavidalinant reikiamus objektus;
4. Atvaizduoti gautus rezultatus panaudojant Wonderware System Platform esančius įrankius;
5. Sukurti duomenų bazę duomenų saugojimui bei reikiamų duomenų atrinkimui bei skaičiavimui MSSQL aplinkoje;
6. Įgyvendinti priežasties analizės metodą;

**Darbo aktualumas.** Kiekvienais metais pramonė ieško vis naujų, vis didesnę naudingumo koeficientą turinčių įrenginių, galinčių pagaminti kuo daugiau produkcijos kuo mažesniais sąnaudomis, kas įtraukia ir efektingą įrenginių darbo laiko panaudojimą. Vienas iš būdų šiam tikslui pasiekti yra bendro įrenginių efektyvumo metodo įdiegimas ir panaudojimas (tai yra įrenginių ir jų eksploatacijos efektyvumo įvertinimo metodika) [3]. Tai leidžia nustatyti įrenginių naudingumo koeficientą, kas leidžia iki tol tik ilgametę technologo ar operatoriaus patirtį turinčių žmonių intuityvias žinias apie įrenginio veikimo sąlygas ir tai, kaip įrenginys reaguoja į tam tikrus pokyčius, tokius kaip kitos gamybinės medžiagos panaudojimas ar oro temperatūra, pateikti skaitine išraiška. Tai suteikia galimybę pasiekti maksimalų įrenginio panaudojimo efektyvumą (pavyzdžiui, turint tris vienodas gamybos linijas, tiekiant vienodas medžiagas, pagaminama skirtingas kiekis produkcijos, panaudojus šį metodą galima atsekti kodėl ir imtis atitinkamų priemonių). Kitas žingsnis būdų įvykių priežasties analizės metodo įdiegimas, leidžiantis ne tik nustatyti ne tik kas ir kaip nutiko, bet ir kodėl tai įvyko [11]. Šių dviejų metodų panaudojimas leidžia efektyviai vertinti pakitimus sistemoje, planuoti sekančius patobulinimus.

## 2 Objekto analizė

### 2.1 Fanera ir jos gamyba

Fanera yra lakštinė klijuotos medienos medžiaga, kurios visi ar beveik visi sluoksniai yra lygiagretūs medienos lukšto sluoksniai. Siekiant fanerą padaryti tvirtesne, ji gaminama suklijuojant lukšto sluoksnius taip, kad gretimų sluoksnių pluoštas būtų statmenas. Fanerą paprastai sudaro nelyginis sluoksnių skaičius, kadangi taip jos sandara būna simetriška ir ji drėkdama kur kas mažiau deformuojasi, o abiejų paviršinių sluoksnių mediena turi tą pačią plaušų kryptį. Sluoksniai suklijuojami stipriais klijais (dažnai formaldehidinėmis dervomis), smarkiai suslėgus ir aukštoje temperatūroje (priklausomai nuo to, kokios rūšies fanera yra gaminama). Fanerą vietoj paprastos medienos naudoja todėl, kad ji atsparesnė skilimui, deformacijoms ir tiesiog tvirtesnė. Tad ji naudojama daug kur, kur galėtų būti naudojama paprasta mediena [16].

Faneros gamybai yra reikalingi geri medžio rasta, vadinami lupamaisiais, kurie yra tiesesni ir didesnio diametro nei rasta, kuriuos paprastai apdoroja lentpjūvėje lentoms gaminti. Rastas yra paguldomas horizontaliai ir sukamas apie savo ašį ilgiems peiliams esant priglaustiems prie jo. Tokiu būdu yra suformuojami medžio lakštai, panašūs į tualetinio popieriaus rulonus. Reguluojama peilio dali, vadinama „nosimi“, yra stipriai priglaudžiama prie rasto jį sukant tam, kad padaryti tarpą medžio lakštams praeiti tarp peilio ir rasto. „Nosis“ dalinai suspaudžia medį kai jis yra lupamas, ji taipogi dalinai kontroliuoja skutimo peilio vibracijas bei padeda pasiekti kad medžio lakštai būtų vienodo storio. Tokiu būdu rastas yra suskutamas į medžio lakštus, kurie vėliau yra susmulkinami į pageidaujamo dydžio lakštus tam, kad duoti jiems susitraukti (susitraukimo koeficientas priklauso nuo medžio rūšies) bei išdžiūti. Toliau lakštai yra sulopomi, suklijuojami bei surūšiuojami. Tuomet jie yra suklijuojami ir kaitinami mažiausiai 140 °C temperatūroje bei veikiant slėgiui iki 1,9 MPa tam, kad suformuoti faneros plokštę. Plokštės tuomet gali būti sulopomos, taipogi pašalinami smulkūs paviršiaus defektai, tokie kaip įtrūkimai. Galiausiai faneros plokštės, priklausomai nuo to, kam yra skirtas galutinis produktas, yra apipjaustomos iki galutinio reikiamo dydžio, laminuojamos ar kitaip galutinai apdirbamos prieš pateikiant vartotojui [17].

Dažniausiai naudojami faneros lakštai yra nuo 0,36 iki 7,62 cm storio ir nuo 1,2 iki 2,4 m ilgio ir pločio. Amerikoje paprastai naudojami dydžiai yra 1200x2400 mm arba 1500x1500 mm. Metrinėje sistemoje įprastas faneros lakšto dydis yra 1220x2440 mm [28]. Fanera yra graduojama į aštuonias grupes:

A – priekinė ir galinė faneros pusės yra praktiškai be defektų;

A/B – Priekinė faneros puse yra praktiškai be defektų. Galinė puse tik su keletu nedidelių mazgų ar nevienodumu;

A/BB – Priekinė pusė A kategorijos, o galinėje leidžiami lakštų sudūrimai, dideli mazgai ir panašiai;

B – Abi faneros pusės su keletu nedidelių mazgų ar įtrūkimų;

B/BB – Priekinė faneros pusė su keliais mazgais ar įtrūkimais, galinėje pusėje leidžiami lakštų sudūrimai, dideli mazgai ir panašiai;

BB – Abiejuose pusėse leidžiami lakštų sudūrimai, dideli mazgai ir panašiai;

WG – Garantuojamas tik suklijavimas bei lūžusių mazgų užpildymas;

X – Mazgai, mazgaskylės, įtrūkimai bei kiti defektai yra leidžiami.

## **2.2 Faneros suklijavimo linija**

Faneros suklijavimo linijoje pirmam etape yra atvežami jau paruošti medienos lakštai. Tuomet jie vienas po kito dedami ant konvejerio, kur jie pirmiausiai yra sulyginami kraštais, tam naudojant inerciją – medžio lakštas yra stipriai pastumiamas priekin, kur konvejeris daro 90° kampą. Tuomet vėl pastumiamas pirmyn. Tokiu būdu dviejų kraštinių koordinatės yra visuomet žinomos, o kadangi lakštai į suklijavimo liniją ateina jau paruošti (vienodo pločio), tai padėties vienodumas yra garantuojamas. Sekančiame etape operatorius prižiūri, ar lakštai ateina kokybiškai, tokie, kokių reikia ir tuo atveju, kai lakštas yra netinkamas, linija yra laikinai sustabdoma (pauzė) bei lakštas išimamas ar pataisomas. Tuomet lakštas yra paimamas, nutempiamas po presu su peiliu, kur dviejų lakštų galai yra sukeičiami vienas virš kito maždaug 2 cm. Tuomet galai yra suklijuojami ir supresuojami, peilis nupjauna suklijuoto lakšto galą toje vietoje, kurioje baigiasi reikiamas lakšto ilgis, likęs lakšto galas yra klijuojamas su kitu, nauju lakštu ir taip toliau. Tokiu būdu yra suformuojami reikiamo ilgio lakštai. Suklijuoti lakštai yra guldomi ant konteinerinio vagonėlio, tai atliekant yra skaičiuojamas ir pagamintų lakštų kiekis.

Valdiklyje yra fiksuojamas brokuotų lakštų kiekis, skaičiuojamas gerų lakštų kiekis, yra skaičiuojamas įrenginio darbo laikas bei prastovų laikas, konvejeriui sugedus gaunamas gedimo signalas. Panaudojus šiuos duomenis, galima apskaičiuoti bendrą įrenginio efektyvumą.

## **3 Technologijos ir galimų sprendimų analizė**

### **3.1 Bendro įrenginių efektyvumo metodas (OEE)**

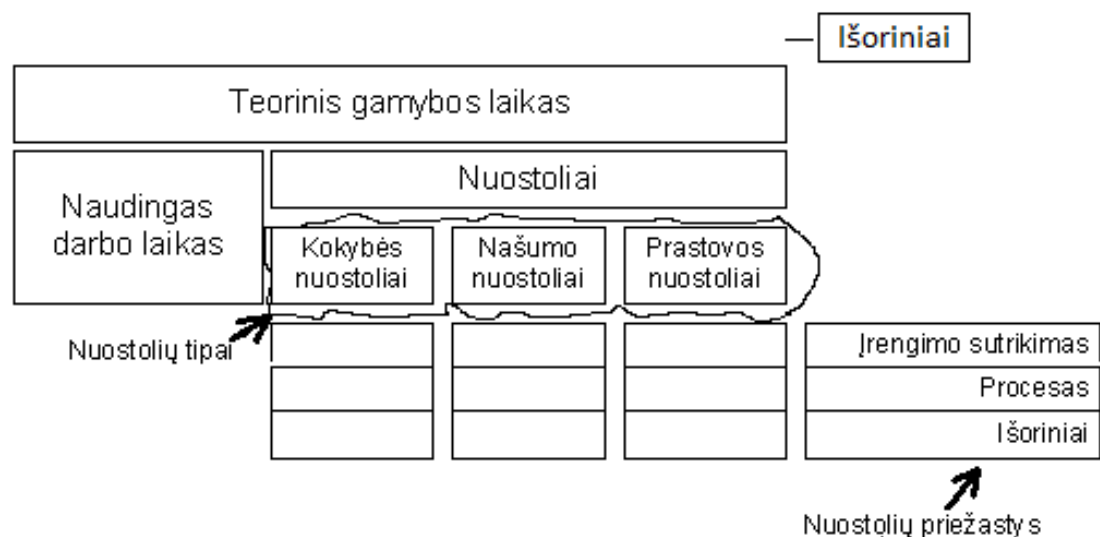
Norint nustatyti ar įrenginiai yra efektyviai valdomi, reikia apskaičiuoti valdymo režimų efektyvumo koeficientus, kurių skaičiavimams bus naudojamas bendras įrenginių efektyvumo metodas. Šis metodas yra gana paprastas bei suprantamas. Bendro įrenginių efektyvumo metodas (angl. “Overall Equipment Effectiveness”, OEE) pirmą kartą buvo pristatytas 1960 metais, kurį panaudojo Seiichi Nakajima TPM skaičiavimuose. Pramonėje OEE buvo pritaikytas 1990 metais

puslaidininkių elementų gamybos produktyvumo skaičiavimuose, kuriuos atliko SEMATECH. Nuo tada OEE metodika plačiai taikoma įvairiose pramonės šakose [3].

OEE yra įrenginių ir jų eksploatacijos efektyvumo įvertinimo metodika. Idealiu atveju, kuomet nėra nuostolių, OEE laikoma 100% arba 1. OEE parodo kaip efektyviai veikia įrenginys lyginant jį su idealizuotu atveju, kai jo OEE=100% [5].

### 3.1.1 Nuostoliai

Norint paskaičiuoti OEE koeficientus, visų pirma reikia įvertinti proceso (įrenginių) nuostolius. Nuostolius galime suskirstyti pagal pirmam paveikslėlyje matomus nuostolių tipus bei jų priežastis. Matome, jog teorinis gamybos laikas susideda iš naudingo darbo laiko bei nuostolių, tai yra laiko, kai įrenginys nedirbo. Nuostoliai yra skirstomi į kokybės nuostolius, našumo nuostolius bei prastovos nuostolius (3.1 pav.).



3.1 pav. Nuostolių skirstymas

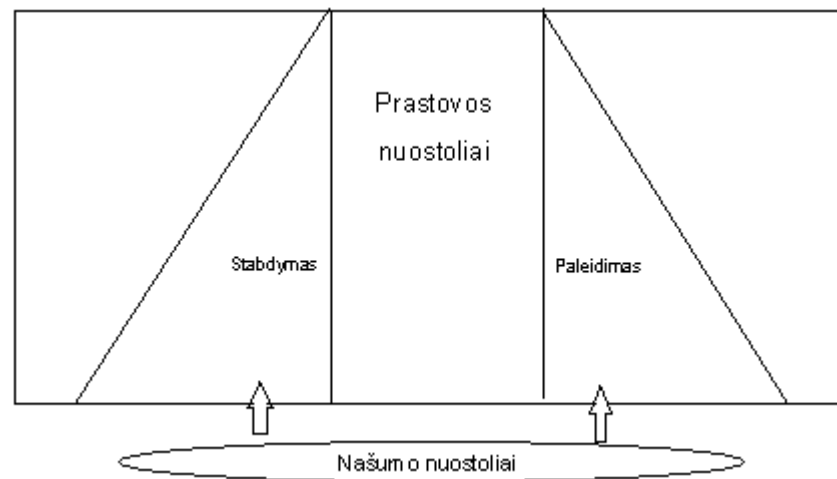
Pirmoje skyriaus lentelėje yra surašytos nuostolių ir jų priežasčių savybės, pagal kurias galima juos nustatyti. Lentelėje yra išskirta kokie įrenginio sutrikimai gali lemti tam tikras prastovas ar nuostolius bei kokios kategorijai juos priskirti. Naudojantis šia lentele galima sudaryti pradines gaires nustatant individualaus įrenginio ar gamybos linijos prastovų sąrašą.

**3.1 lentelė:** Nuostolių tipai ir jų priežastys

Nuostolių tipai	Nuostolių priežastys		
	Įrenginio sutrikimas	Procesas	Išoriniai
<b>Prastovos nuostoliai</b>	Blogas arba nepakankamas funkcionavimas; Profilaktinė priežiūra.	Pasikeitusios produkcijos paruošimo ar medžiagų keitimo laikas; Serijos pradžioje / pabaigoje paruošimo laikas	Planuoti: atnaujinimai, patobulinimai, renovacijos, ribotas produkcijos poreikis, socialiniai veiksniai
<b>Kokybės nuostoliai</b>	Stabdant/paleidžiant įrenginį (remontas). Kokybės nuostoliai atsiranda nuo paleidimo laiko iki stabilaus našumo; Netikslus įrenginio funkcionavimas.	Proceso parametru neperstatymas į standartinius; Kokybės nuostoliai sustabdant/paleidžiant įrenginius ar gamybos liniją.	Neplanuoti: aplinkos veiksniai, medžiagų ar darbuotojų trūkumas
<b>Našumo nuostoliai</b>	Sumažėjęs įrenginio veikimas, kuris mažina gamybos apimtį, bet nesustabdo visiškai; Mažos techninės korekcijos, kurias operatorius gali eliminuoti. Našumo sumažėjimas dėl įrenginio paleidimo ar stabdymo (remontas, priežiūra), kuomet turi būti vykdoma nepertraukiama gamyba;	Proceso parametru neperstatymas į standartinius; Našumo nuostoliai sustabdant/paleidžiant įrenginius (2 pav.) ar gamybos liniją.	

Valdomas įrenginys iškart negali būti po stabdymo pervedamas į gamybos režimą. Taip yra dėl to, kad gamintojas, rašydamas technines instrukcijas, apriboja paleidimo darbą dėl techninių

konstrukcijų, paties įrenginio techninių konstrukcijų bei dėl galimos žalos procesui [11] paleidimo metu (3.2 pav.).



3.2 pav. Nuostoliai paleidžiant/stabdant įrenginius

Literatūroje OEE (bendras įrenginių efektyvumas) dažnai skirstomas pagal šešis pagrindinius nuostolius (“six big losses”) [30]:

Prastovos laiko nuostolius (vadinamas naudingumo faktorius):

1. Įrenginio gedimas (trumpalaikis nepasikartojantis, pasikartojantis arba nuolatinis);
2. Įrenginio paleidimo bei derinimo prieš gamybą nuostoliai.

Našumo nuostoliai (našumo faktorius):

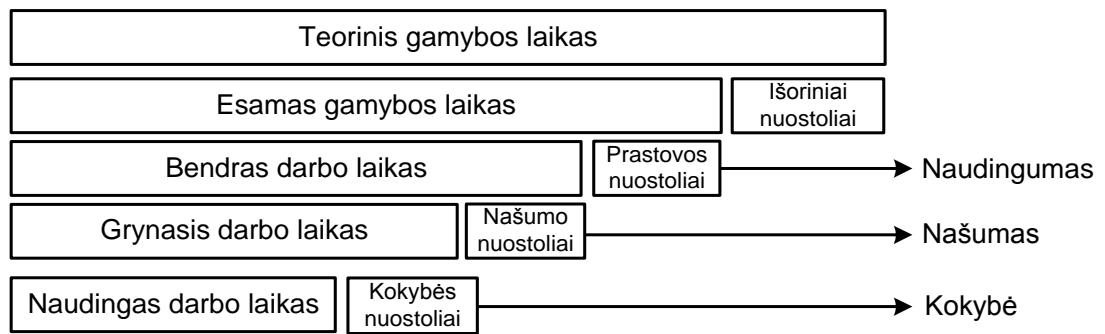
3. Įrenginio darbas tuščia eiga (įrenginys veikia negaminamas produkcijos) bei nesusiję, laikini stabdymai;
4. Gamybos našumo sumažėjimo nuostoliai (medžiagų trūkumo, mechaninės ar kt. problemos).

Kokybės nuostoliai (kokybės faktorius):

5. Technologiniai defektai;
6. Produkto kokybės nuostoliai iš naujo suderinant procesą bei produkcijos apimtį sumažėjimas paleidžiant ir stabdant įrenginius.

### 3.1.2 Bendro įrenginių efektyvumo apskaičiavimas

Bendram įrenginių efektyvumui apskaičiuoti įvedamos trys pagrindinės frazės, t.y. naudingumas (angl. “availability”), našumas (angl. “performance”) ir kokybė (angl. “quality”) [2]. Teorinis gamybos laikas, kuris yra nustatomas gamintojo ir (ar) eksploatuotojo (gamintojas gali įvardinti privalomus sustojimus įrenginiui atvėsti ar panašiai, eksploatuojantis asmuo gali apriboti įrenginio darbo laiką vienai darbo pamainai ir panašiai) niekada neatitinka praktiškai išdirbto laiko [4] (3.3 pav.):



3.3 pav. Naudingumas, našumas, kokybė

Kuomet prastovos laikas lygus nuliui (įrenginys nestovėjo), tai įrenginio naudingumas yra 100%. Naudingumas priklauso nuo įrenginio prastovos laiko:

$$Naudingumas = \frac{\text{bendras darbo laikas}}{\text{esamas gamybos laikas}} \quad (1)$$

Kadangi našumo nuostoliai gali išaugti bet kuriuo, našumas yra siejamas tik su bendru darbo laiku, kuris yra kintantis. Atsižvelgiant į našumo nuostolius yra įvertinamas našumas:

$$Našumas = \frac{\text{grynasis darbo laikas}}{\text{bendras darbo laikas}} \quad (2)$$

Grynasis darbo laikas lieka įvertinus prastovas ir našumo nuostolius. Kokybę įvertinantis koeficientas apskaičiuojamas tokiu būdu:

$$Kokybė = \frac{\text{naudingas darbo laikas}}{\text{grynasis darbo laikas}} \quad (3)$$

Kokybės nuostolių vertinimas pradedamas nuo reikalavimų, keliamų produktui bei produkcijos planavimo. Produkcija, kuri nebuvo išlanksto suplanuota arba neatitinka keliamų reikalavimų neigiamai įtakoja OEE ir kokybės faktorių. Pagal efektyvumo faktorius (naudingumas, našumas ir kokybės koeficientas) bendras įrenginių efektyvumas yra apskaičiuojamas tokiu būdu:

$$OEE = \text{naudingumas} * \text{našumas} * \text{kokybės koeficientas} \quad (4)$$

OEE yra apskaičiuojamas įvertinus kiekvieną efektyvumo faktorių atskirai. Patenkinama bendro efektyvumo reikšmė yra laikoma ~90% [11][21][5].

Sudarius bendro efektyvumo modelį yra lengviau pamatyti kaip vienas ar kitas sprendimas, vienos ar kitos rūšies medžiaga įtakoja bendrą produkciją, galima įvertinti, kada, turint tam tikrą kiekį vienodų ar panašių įrenginių, labiau apsimoka laikyti vieną, kitą ar visus kartu dirbančius įrenginius kad pasiekti užduotą rezultatą kuo mažesniais kaštais bei didžiausiu efektyvumu. Taipogi nuostolių skirstymas į išorinius, įrenginio veikimo sutrikimo ar proceso leidžia nustatyti atsakomybės už pasekmes ribas.

### 3.1.3 Bendro įrenginio efektyvumo taikymas

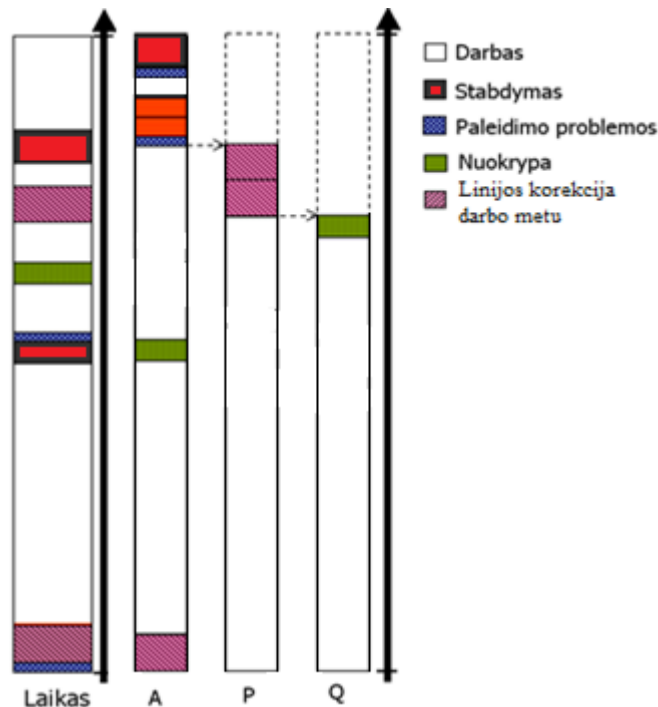
Vienas iš bendro įrenginio efektyvumo taikymo pavyzdžių gali būti medžio apdirbimo linijos naudingo darbo įvertinimas. OEE nagrinėjamo proceso periodai:

Naudingumas (A) – linijos darbo laikas;

Našumas (P) – laikas, sunaudotas produktui pagaminti;

Kokybė (Q) – kokybiškų (nebrokuotų) produktų gamybai sugaištas laikas;

Sudaromos diagramos kokybei, našumui bei naudingumui nustatyti (3.4 pav.). Šiose diagramose gana aiškiai matyti, kada koks veiksmas proceso metu sukėlė bendro įrenginio efektyvumo sumažėjimą. Šiuo atveju pasireiškė priverstiniai stojimai, būtinybė operatoriui atlikti korekcijas darbo metu nestabdant linijos, tačiau mažinančias linijos efektyvumą (produktai pagaminami lėčiau), problemos paleidžiant liniją po stabdymo bei netikslumai (nuokrypos).



3.4 pav. Proceso darbo etapai

### 3.2 Pagrindinės priežasties analizė (RCA)

Pagrindinės priežasties analizė yra procesas, sukurtas tirti ir kategorizuoti esmines priežastis įvykių ar avarijų, kurios sukelia saugumo, sveikatos, aplinkos, kokybės, patikimumo ir produkcijos poveikius [19]. Šiuo atveju „įvykiai ir avarijos“ yra laikomi įvykiais, kurie sukelia arba turi potencialą sukelti šias pasekmes. Trumpai tariant, RCA yra sukurtas ne tik išsiaiškinti kas ir kaip nutiko, bet ir nustatyti priežastį, kodėl taip nutiko. Tik tuomet, kai nustatyta kodėl įvykis ar avarija nutiko, atsakingi asmenys galės įvardinti tinkamas priemones pasekmėms likviduoti ir parinkti tinkamas priemones užkirsti kelią įvykio ar avarijos pasikartojimui.



Supratimas, kodėl įvyko avarija, yra pagrindinis elementas, plėtojant prevencijos priemones. Įsivaizduokite situaciją, kai operatorius, pagal instrukciją, nutikus tam tikrai situacijai, turi atidaryti sklendę A, tačiau atidaro sklendę B. Tipinis tyrimas nurodytų operatorių kaip kaltininką. Tai yra tikslus aprašymas to, kas nutiko ir kodėl taip nutiko, tačiau jei analizė šioje vietoje yra baigiama, negaunamas tinkamas supratimas apie klaidos atsiradimo priežastį, taigi nėra tinkamo supratimo apie prevencines priemones, apsaugančias nuo panašaus įvykio pasikartojimo. Šiuo atveju, kai buvo sumaišytos sklendės, labiausiai tikėtinos rekomendacijos būtų priminti operatoriams būti atidiems valdant sklendes arba pabrėžti visiems darbuotojams, kad dėmesingumas yra privalomas atliekant visas užduotis. Tokios rekomendacijos menkai prisideda prie panašių įvykių pasikartojimo. Bendrai paėmus, klaidos neįvyksta „tiesiog“, jos gali būti atsektos iki griežtai apibrėžtos priežasties. Sklendžių sumaišymo atveju mes galime paklausti, ar procedūra buvo klaidinanti, ar sklendės teisingai ir aiškiai sužymėtos, ar operatorius buvo supažindintas su šia konkrečia užduotimi. Atsakymai į šiuos ir kitus klausimus padės nustatyti, kodėl klaida įvyko ir ką galima padaryti, siekiant išvengti pasikartojimo.

Esminių priežasčių nustatymas yra esminis aspektas, siekiant išvengti panašių pasikartojimų. Papildoma efektyviai veikiančios pagrindinės priežasties analizės (RCA) nauda yra ta, kad žinant pagrindines gedimų priežastis, galima efektyviai suplanuoti ir nukreipti resursus reikiams patobulinimams. Pavyzdžiui, jei didelis kiekis analizių atkreipia dėmesį į viešųjų pirkimų trūkumus, tai resursai gali būti nukreipiami šios sistemos tobulinimui. Priežasčių ir įvykių tendencijos suteikia galimybę patobulimus atlikti sistemiškai ir įvertinti korekcinių programų poveikį.

Yra labai plačiai diskutuojama, kas tai yra pagrindinės priežasties analizė, tačiau toliau naudosis šiuos apibrėžimus:

- 1) Pagrindinė priežastis – tai specifinė esminė priežastis, sukėlusiai tam tikrą įvykį;
- 2) Pagrindinės priežastys yra tos, kurios gali būti pagrįstai identifikuotos;
- 3) Pagrindinės priežastys yra tos, kurias vadovybė, imdamasi tam tikrų veiksmų, turi galimybę pašalinti, kontroliuoti;
- 4) Pagrindinės priežastys yra tos, kurių prevencijai galima pateikti (sugeneruoti) efektyvias rekomendacijas.

### **3.2.1 Pagrindinės priežasties analizės etapai**

Pagrindinės priežasties analizė yra keturių etapų procesas[31]:

- 1) Duomenų surinkimas;
- 2) Priežastinio veiksnio diagramos, lentelės sudarymas;
- 3) Pagrindinės priežasties identifikavimas;
- 4) Rekomendacijų generavimas ir įgyvendinimas.

Pirmas žingsnis analizei yra surinkti reikiamus duomenis. Be gero supratimo bei išsamios informacijos apie įvykį, priežastiniai veiksniai, sukėlę atitinkamą įvykį, negali būti identifikuoti. Didžioji dalis įvykio analizavimui skirto laiko skiriama duomenų surinkimui.

Antrasis žingsnis – priežastinio veiksnio diagramos, lentelės sudarymas- suteikia tyrėjams struktūrą informacijos sisteminimui ir analizavimui, kuri buvo surinkta tyrimo metu. Tai leidžia analizavimo metu nustatyti turimų žinių spragas ir trūkumus. Priežastinio veiksnio diagrama yra tiesiog sekos diagrama su loginiais testais, kuri aprašo atsitikimus, vedusius prie analizuojamo įvykio, bei sąlygas, kurios buvo šio analizuojamo įvykio metu. Pasirengimas priežastinio faktoriaus diagramai turėtų prasidėti kai tik tyrėjai pradeda rinkti duomenis, pradedant diagramos skeletu, kuris yra modifikuojamas nustatant labiau susijusius faktus. Priežastinio veiksmo diagrama turi nukreipti reikiama linkme duomenų surinkimo procesą identifikuojant, kokių duomenų reikia. Duomenų rinkimas tęsiamas tol, kol tyrėjai gali nustatyti pagrindinius veiksnius, lėmusius analizuojamą įvykį. Lemiantys veiksniai yra tie, kuriuos pašalinus (žmogaus klaidos ar komponentų gedimai) būtų galima išvengti tiriamojo įvykio arba sumažinti jo sukeltas pasekmes.

Daugelyje tradicinių analizių labiausiai matomam, iš pirmo žvilgsnio labiausiai tikėtinam faktoriui suteikiamas didžiausias dėmesys. Tačiau retai būna taip, kad yra tik vienas veiksnys, nulėmęs avariją, paprastai tai būna veiksnių derinys. Kai įvardijamas tik vienas akivaizdus veiksnys, rekomendacijų sąrašas nebus pilnas, ko pasekoje analizuojamas įvykis gali vėl pasikartoti.

Trečias žingsnis – priežasties identifikavimas. Kai visi priežastiniai veiksniai nustatyti, tyrėjai pradeda pagrindinės priežasties identifikavimą. Šiame etape naudojama sprendimų diagrama, vadinama pagrindinės priežasties žemėlapiu. Ši diagrama struktūrizuoja tyrėjų argumentavimo procesą padėdama atsakyti į klausimus apie tai, kodėl konkretūs priežastiniai veiksniai egzistuoja ar kodėl jie atsirado. Pagrindinių priežasčių identifikavimas leidžia tyrėjams nustatyti įvykio atsiradimo priežastis susiejant su problemomis, egzistavusiomis nutikus avarijai (įvykiui). Pavyzdį galima rasti pirmame priede.

Sekantis žingsnis yra rekomendacijų sudarymas ir įgyvendinimas. Identifikavus pagrindines priežastis tam tikro faktoriaus atsiradimui, sudaromos įgyvendinamos rekomendacijos užkirsti kelią jo pasikartojimui. Dažniausiai žmogus, analizavęs įvykį, nėra atsakingas už šių rekomendacijų įgyvendinimą ir jei rekomendacijos nėra įgyvendinamos, pastangos, įdėtos įvykio analizei, yra iššvaistomos, be to, tuomet reikia tikėtis panašaus įvykio pasikartojimo. Dėl to atsakingos institucijos turi užtikrinti, kad rekomendacijos buvo įgyvendintos.

### 3.2.2 Pagrindinės priežasties analizavimo įrankiai

Yra daug priežasties analizavimo įrankių, tokių kaip:

1. Apollo Root Cause analizė
2. 5 Whys
3. Barrier analizė
4. Change analizė
5. Causal Factor Tree analizė
6. Gedimo režimo ir pasekmių analizė (FMEA)
7. Ishikawa diagramos
8. Pareto analizė
9. Fault Tree analizė

5 Whys[12] – tai iteracinis klausimų uždavimo metodas, skirtas iširti pasekmės ir priežasties ryšį su tam tikra problema. Pagrindinis šios technikos tikslas yra nustatyti priežastį, sukėlusią ar įtakojusią defekto ar problemos atsiradimą.

Apollo Root Cause analizė [22] [23] yra universalus problemų sprendimo metodas, sukurtas devintajame dešimtmetyje Dean Gano, kuris turėjo didelės patirties atominės pramonės tyrimuose. Naudojantis šiuo metodu yra sudaromos priežasties sukėlimo lentelės, kurios yra sukuriamos RealityCharting [24] programinio paketo pagalba.

Causal Factor Tree analizė [25] yra pagrindinės priežasties analizės technika, naudojama saugoti ir atvaizduoti loginio medžio tipo hierarchinės struktūros vaizdu. Šiame hierarchiniame atvaizdavime matomi visi veiksmai ir sąlygos, kurie buvo reikalingi bei pakankami pasirodžiusios pasekmės (įvykio, avarijos) atsiradimui. Vienas iš pagrindinių šio metodo trūkumų yra tas, kad nesimato laiko priklausomybės visiems veiksams bei sąlygoms, taipogi yra labai sudėtinga sudaryti visos įvykių sekos analizę.

Gedimo režimo ir pasekmių analizė (FMEA) [14] buvo vienas pirmųjų sisteminių metodų gedimo analizei. Ji buvo sukurta 1950 tirti problemas, kurios gali kilti sutrikus karinėms sistemoms. FMEA dažnai yra pirmas žingsnis sistemos patikimumo tyrime. Ji apima kuo platesnę komponentų, mazgų, posistemų patikrą siekiant nustatyti visas galimas sekas, galinčias sukelti gedimus, įvardijant priežastis ir sukeliamas pasekmes. Kiekvienam komponentui surašomos galimos sekos, sukeliančios gedimą bei to gedimo sukeliamas pasekmes, atskirame FMEA lape. To pasekoje yra daugybė galimų variacijų tarp tokiu lapų. FMEA – tai pagrinde kokybinė analizė.

Ishikawa diagramos [15] yra priežastinės diagramos, sukurtos Kaoru Ishikawa 1968 m. tam, kad parodyti tam tikro įvykio priežastis. Ishikawa diagramos paprastai naudojamos gaminio kokybės defektų prevencijai nustatant potencialius veiksnius, kurie gali sukelti bendrą gaminio

defektą. Kiekviena priežastis arba netobulumo galimybė yra variacijos šaltinis. Priežastys paprastai yra skirstomos į kelias kategorijas, siekiant identifikuoti šiuos variacijos šaltinius:

- 1) Žmonės, susiję su procesu;
- 2) Metodai, kurie naudojami pasiekti reikiamo rezultato gaminant produktą;
- 3) Įrenginiai, atliekantys darbą gamybos procese;
- 4) Medžiagos, naudojamos gaminti galutinį produktą;
- 5) Matavimai, generuojami proceso siekiant įvertinti jo kokybę;
- 6) Aplinkos sąlygos, kuriame vyksta gamybos procesas.

Pareto analizė yra metodas, naudingas tuomet, kai dėmesio reikalauja daugiau nei viena galima veiksmų kryptis. Iš esmės, problemos analizuotojas apskaičiuoja kiekvieno veiksmo naudą, tuomet pasirenka eilę naudingiausių veiksmų, kuriuos įvykdžius galima pasiekti pagrįstai didžiausią naudą analizuojamam atvejui.

Fault Tree analizės [26] diagramos parodo loginį sąryšį tarp pagrindinės sistemos, jos posistemių ir komponentų klaidų ar gedimų bei kaip jų kombinacijos įtakoja sistemos klaidų atsiradimą. Pats viršutinis diagramos įvykis yra tas, kuris yra analizuojamas ir yra susiejamas su komponentų gedimais, vadinamais „šaknies įvykiais“. Sukūrus diagramą, komponentams yra priskinami gedimų ir taisymo duomenys. Tuomet yra atliekama analizė, apskaičiuojami patikimumo ir prieinamumo rodikliai ir identifikuojami kritiniai komponentai. Šis metodas yra realizuotas „ITEM Software“ [27] programiniu paketu.

## **4 Tyrimų dalis**

### **4.1 Suklijavimo įrenginių efektyvumo koeficientų skaičiavimas ir rezultatų analizė**

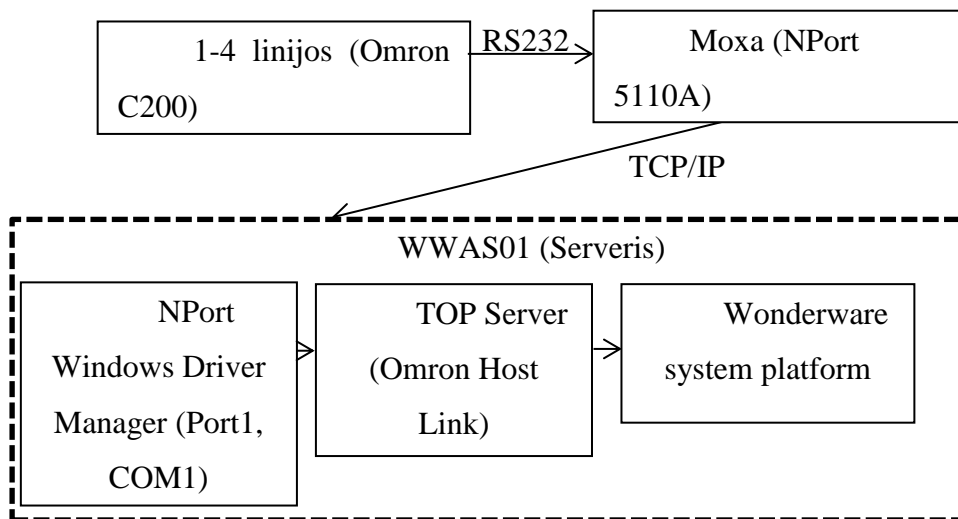
Suklijavimo įrenginių efektyvumo koeficientų skaičiavimams naudojamas bendras įrenginių efektyvumo metodas. Visų pirma, norint paskaičiuoti OEE koeficientus, reikia įvertinti įrenginių nuostolius.

Nuostolius galime suskirstyti pagal pirmam paveikslėlyje matomus nuostolių tipus bei jų priežastis. Matome, jog teorinis gamybos laikas susideda iš naudingo darbo laiko bei nuostolių, tai yra laiko, kai įrenginys nedirbo. Nuostoliai yra skirstomi į kokybės nuostolius, našumo nuostolius bei prastovos nuostolius.

### 4.1.1 Duomenų surinkimas

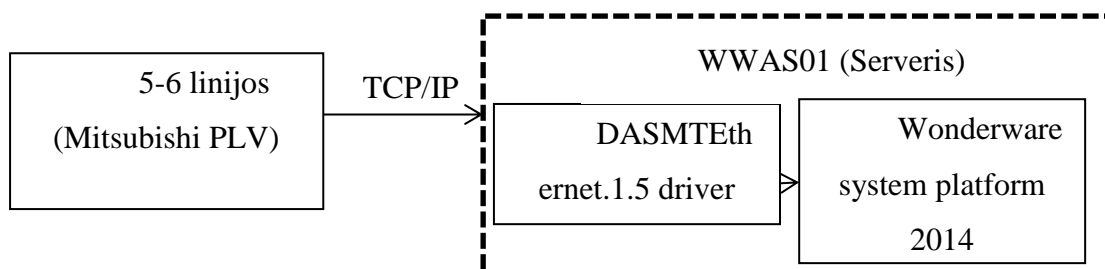
Tam, kad būtų galima atlikti skaičiavimus yra reikalingi nagrinėjamų įrenginių darbo duomenys. Tuo tikslu buvo realizuotas duomenų surinkimas iš įrenginius valdančių programuojamų loginių valdiklių. Šešios analogišką faneros lakštų suklijavimo darbą atliekančios linijos valdomos keturiais Omron C200 valdikliais (1-4 linijos) bei dviem Mitsubishi A serijos valdikliais (5-6 linijos).

Duomenų surinkimas iš Omron valdiklių buvo realizuotas per RS32 serijinę jungtį, tuomet, panaudojus Moxa (NPort 5110A) keitiklį, duomenys perduoti Ethernet sąsaja į serverį, kuriame panaudojus NPort Windows Driver Manager programą buvo sukurta virtuali COM komunikacija kiekvienai linijai bei susieta su Moxa keitikliu. Iš virtualios COM komunikacijos (kiekvienai linijai sukurta atskira) duomenys nuskaitomi panaudojus TOP Server programos programinės įrangos tvarkyklę (*angl. driver*), iš kurio duomenis pasiima Wonderware System PPlatform 2014 sukurti objektai (4.1 pav.).



4.1 pav. Duomenų surinkimas iš Omron C200 PLV

Duomenų surinkimas iš Mitsubishi (A serijos su AJ serijos komunikacijos korta) valdiklių realizuotas TCP/IP protokolu naudojančia komunikacija, serverio pusėje panaudojant DASMT Ethernet programinės įrangos tvarkyklę (*angl. driver*), tuomet duomenis pasiima Wonderware System PPlatform 2014 sukurti objektai (4.2 pav.).



4.2 pav. Duomenų surinkimas iš Mitsubishi PLV

#### 4.1.1.1 Duomenų surinkimo įgyvendinimas

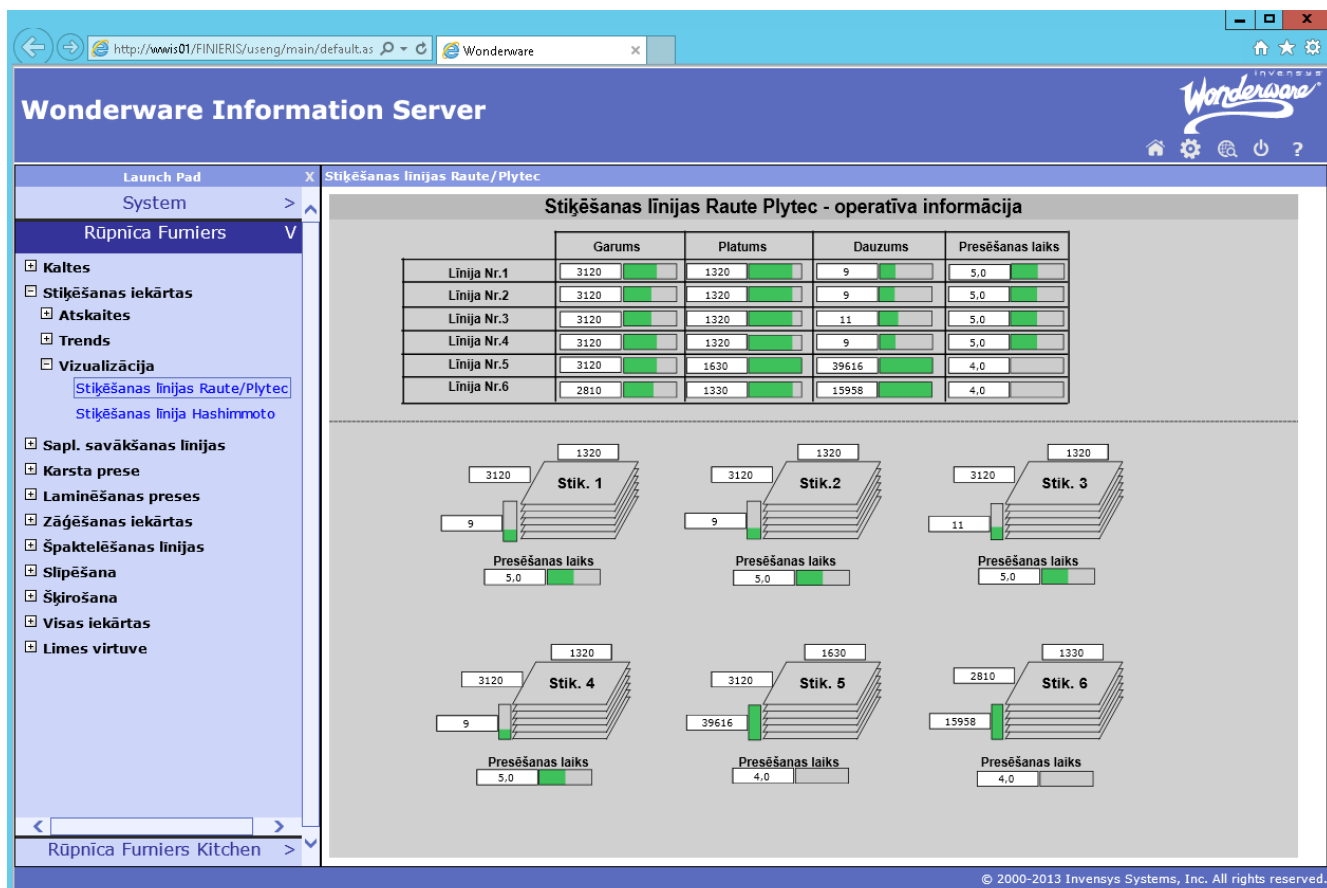
Duomenų surinkimui ir saugojimui, jų atvaizdavimui buvo panaudoti Wonderware System Platform 2014 esantys įrankiai. Buvo sukurti šabloniniai objektai, iš kurių buvo sukurti atsišakojantys objektai (angl. instances), kuriais buvo realizuotas duomenų surinkimas Wonderware System Platform aplinkoje, jų saugojimas (duomenų kaupimas), įrašymas reikiamų parametrų į MSSQL duomenų bazę. Buvo sukurti kelių tipų šabloniniai objektai – analoginių parametrų nuskaitymui, diskretinių parametrų nuskaitymui, duomenų įrašymui į MSSQL duomenų bazę. Taipogi buvo sukurti pagalbiniai objektai, naudojami laiko sinchronizavimui su valdikliais (tai buvo labai aktuali problema, kadangi laiko šampas valdiklyje sąlygoja ciklo pradžios ir galo laikus), taipogi elektroninio pašto pranešimų generavimo objektai bei panašūs. Objektai, kurie renka informaciją iš PLV, suprogramuoti galutines konfigūracijas (naudojamą tvarkyklę, reikiamą programuojamo loginio valdiklio registro adresą, komentarus ir kitas konfigūracijas) pasiimti iš .CSV formato failo pagal savo hierarchinį vardą (4 priedas).

Visi reikšminiai analoginiai bei diskretiniai parametrai yra saugomi Historian duomenų bazėje. Tai suteikia galimybę peržiūrėti duomenų kitimą realiaame laike grafikų forma, pasinaudojus Historian Client aplikacija.


Duomenys, kurių reikia ataskaitų formavimui, į MSSQL duomenų bazę yra įrašomi panaudojus atskirą objektą. Kadangi ryšys tarp serverių dėl įvairių priežasčių kartais buvo prarandamas, buvo padarytas netiesioginis duomenų įrašymas į duomenų bazę. Pirmiausiai žiūrima, ar yra matomas serverio, talpinančio duomenų bazę, aplankas. Jei taip, tuomet .SQL failas sukuriamas duomenų bazės serveryje, jei ne – vietiniame serverio tam skirtame aplanke. Tuo atveju, jei failas buvo sukurtas vietiniame serveryje, yra tikrinama, ar aplanke kas nors yra ir jei yra, perkeliama į duomenų bazės serverį. Šią logiką vykdomas scenarijus pateiktas antrame priede. Duomenų bazės serveryje kas penkias minutes yra tikrinama, ar yra sukurtų failų ir jei yra, jei yra įvykdomi panaudojus PowerShell aprašytą scenarijų ir perkeliama į aplanką „Įkelti“ jei įvykdomi be klaidų arba į aplanką „Klaidos“, jei vykdomas buvo gautos klaidos. Tuo atveju, jei .SQL failai yra įvykdomi, yra aktyvuojamas 3-ame priede esantis scenarijus, kuris sukelia duomenis, įrašytus .SQL faile į atitinkamą lentelę duomenų bazėje. Jei aplanke „Klaidos“ atsiranda naujas failas, yra generuojamas ir išsiunčiamas atitinkamiems asmenims elektroninio pašto pranešimas, informuojantis, jog yra galima duomenų praradimas dėl klaidingo failo apdorojimo. Šiame pranešime yra matomas ir failo, kurį keliant gauta klaida, pavadinimas.

### 4.1.1.2 Surinktų duomenų atvaizdavimas

Tam, kad atvaizduoti gaunamus duomenis realiaame laike taip, kad juos galėtų matyti, stebėti bei analizuoti didelė grupė žmonių, buvo pasitelktas Wonderware Information Server programinis paketas, leidžiantis Wonderware Intouch ar Wonderware Application Server sukurtus grafinius piešinius pateikti plačiai vartotojų grupei per internetinę naršyklę (visiems vartotojams, turintiems prieigimą prie serverio, kuriame veikia Wonderware Information server bei kurie turi aprašytus vartotojo prisijungimo duomenis). Atsidarius norimą langą Internet Explorer aplinkoje, galima realiu laiku pamatyti gaminamų produktų matavimus bei pagrindinius parametrus.



4.3 pav. Sudūrimo līnijas, matomas Internet Explorer aplinkoje panaudojus WIS

Šis (4.3 pav.) yra sukurtas Intouch Window Maker programoje sudėliojus Application Server aplinkoje Archesta paveikslukus bei supiešus trūkstamas dalis panaudojant Window Maker integruotus įrankius. Tuomet šis langas buvo konvertuotas ir išpublikuotas Wonderware Information Server panaudojus Archestra Web Exporter, kuris yra atidaromas iš Archestra IDE, paspaudus ant  mygtuko.

Taipogi šiame WIS suprogramuotame puslapyje galima pamatyti pagrindines ataskaitas, skirtas gamybą prižiūrintiems asmenims (4.4 pav.). Jose matomi pagrindiniai matavimai, lakšto ilgis bei plotis, vieno ciklo laikas, jo ilgis, pagamintų (sudurtų) lakštu kiekis, sudūrimui užduotas

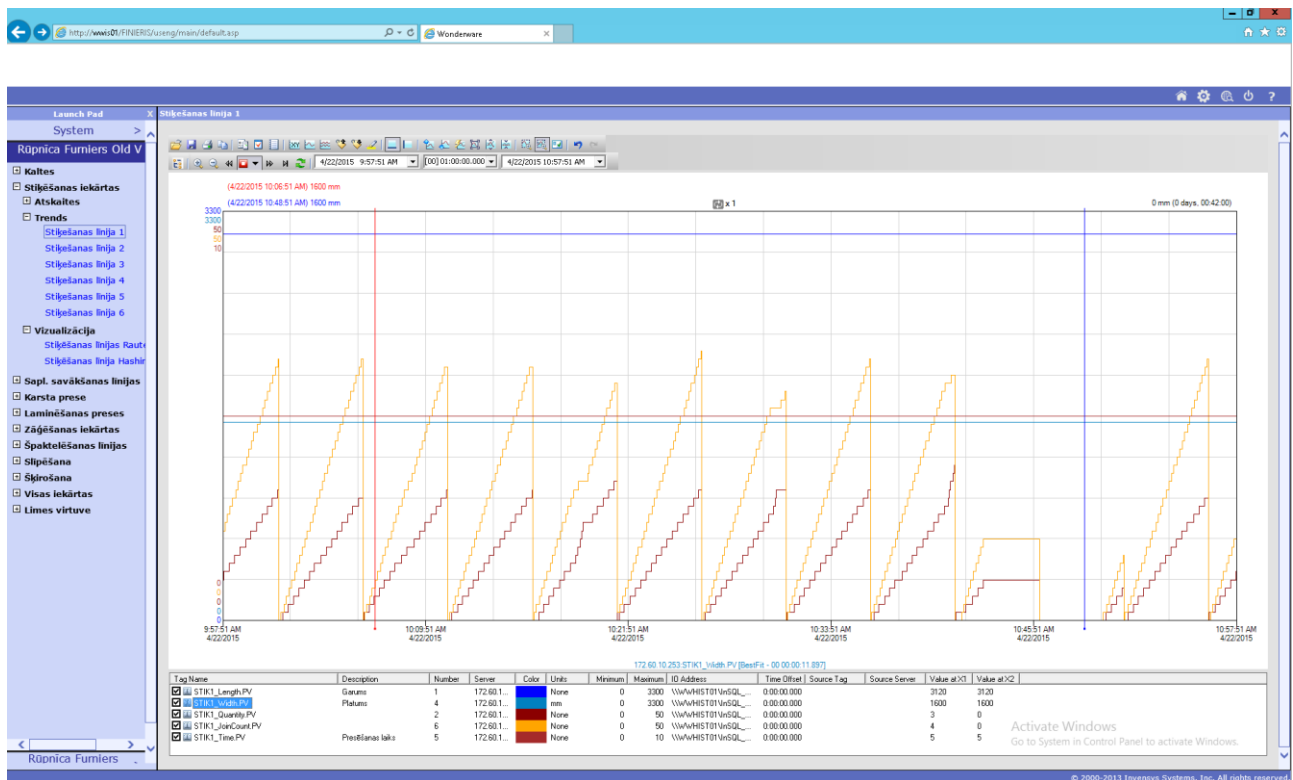
suspaudimo išlaikymo laikas bei efektyvus darbo laikas. Ataskaitos sukurtos su MS Visual Studio ir rodomos panaudojus Reporting Services. MS Visual Studio ataskaitos duomenis ima iš MS SQL duomenų bazėje sukurtos procedūros, kurioje yra aprašytos reikiamos sąlygos duomenų surinkimui iš visų lentelių, patalpintų trejose MS SQL bei Historian duomenų bazėse (5 priedas). Tuomet yra sukurama ataskaitos forma, pridedami filtrai bei kitos sąlygos, įtakojančios, kaip duomenys atrodys vartotojui atsidarius ataskaitą.

ID	Linijos Nr.	Cikla sākums	Cikla beigās	Cikla ilgums	Garums, mm	Platums, mm	m3	Lokšņu skaits	Stiķu skaits	Stiķēšanas laiks, s	Efektīvais darba laiks
146720	3	2014-12-14 21:20:59	2014-12-14 21:25:59	00:05:00	2610	1320	0.088	17	31	4.6	00:05:00
146725	4	2014-12-14 21:20:58	2014-12-14 21:25:59	00:05:01	3120	1600	0.090	12	26	4.6	00:05:01
146730	5	2014-12-14 21:20:27	2014-12-14 21:25:27	00:05:00	3120	1600	0.112	15	32	4.0	00:05:00
146709	1	2014-12-14 21:16:00	2014-12-14 21:20:59	00:04:59	3120	1600	0.112	15	31	4.6	00:04:59
146714	2	2014-12-14 21:15:59	2014-12-14 21:20:59	00:05:00	3120	1600	0.105	14	27	4.6	00:05:00
146719	3	2014-12-14 21:15:59	2014-12-14 21:20:59	00:05:00	2610	1320	0.093	18	30	4.6	00:05:00
146724	4	2014-12-14 21:15:59	2014-12-14 21:20:58	00:04:59	3120	1600	0.097	13	26	4.6	00:04:59
146729	5	2014-12-14 21:15:27	2014-12-14 21:20:27	00:05:00	3120	1600	0.112	15	29	4.0	00:05:00
146708	1	2014-12-14 21:11:00	2014-12-14 21:16:00	00:05:00	3120	1600	0.112	15	31	4.6	00:05:00
146713	2	2014-12-14 21:10:59	2014-12-14 21:15:59	00:05:00	3120	1600	0.105	14	29	4.6	00:05:00
146718	3	2014-12-14 21:10:59	2014-12-14 21:15:59	00:05:00	2610	1320	0.088	17	30	4.6	00:05:00
146723	4	2014-12-14 21:10:59	2014-12-14 21:15:59	00:05:00	3120	1600	0.112	15	32	4.6	00:05:00
146728	5	2014-12-14	2014-12-14	00:05:00	3120	1600	0.097	13	27	4.0	00:05:00

4.4 pav. Sudūrimo linijų ataskaita, matomos Internet Explorer aplinkoje panaudojus WIS

Dar viena iš galimybių pamatyti, kaip duomenys keičiasi realiaame laike, yra panaudojus Wonderware Historian aplikacija, su kuria yra sukuriami, sukonfigūruojami ir išsaugomi grafikai, kuriuose bus matomi linijų charakterizuojantys parametrai. Tuomet šis grafikas yra išpublikuojamas ir patalpinamas į WIS, kur administracinių įrankių pagalba yra įkeliamas į vietą, prieinamą vartotojui (4.5 pav.). Šis grafikas gali būti konfigūruojamas realiaame laike, todėl ir pats vartotojas gali pasirinkti, kokius parametrus jam stebėti, kokių laiko intervalu geriau atvaizduoti duomenis, yra galimybė pasirinkti norimą dieną, mėnesį ar metus, už kuriuos norima pamatyti duomenis. Vartotojas taipogi turi galimybę ekrane matomus duomenis eksportuoti į tekstinę formą ir pasinaudojęs „Microsoft Excel“ programiniu paketu duomenis analizuoti ar bendrinti dar platesnėmis galimybėmis.





4.5 pav. 1-os sudūrimo linijos duomenys, matomos Internet Explorer aplinkoje panaudojus

## WIS

### 4.1.2 Reikšminių parametų atrinkimas

Realizavus duomenų surinkimą iš faneros suklijavimo įrenginių, buvo atrinkti parametrai, reikalingi apskaičiuoti įrenginių efektyvumą.

- Įrenginio darbo signalas – naudojamas nustatyti, kada įrenginys dirbo.
- Avarijos signalas.
- Įtampos dingimo indikacija.
- Įrenginio vyresniojo inžinieriaus įvedamas planinis darbo laikas
- Įrenginio vyresniojo inžinieriaus įvedami planinių stabdymų (remontui, apžiūrai ir pan.) laikai.
- Įrenginio vyresniojo inžinieriaus įvedamas užduotų pagaminti lakštų skaičius.
- Dviejų temperatūros jutiklių duomenys, matuojančių temperatūros lakštų sudūrimo vietoje. Nors vienai iš jų išėjus už leistinų nukrypimo normų (5 °C virš užduotos temperatūros bei 3 °C žemiau užduotos temperatūros), laikoma, jog lakštai suklijuoti nekokybiškai bei skaičiuojamas brokas.
- Operatoriaus išimtų lakštų skaičius bei laikas, skirtas lakšto išėmimui. Dirbant linijos operatorius prižiūri, kad sudūrimui skirti lakštai būtų kokybiški, pastebėjęs kokybės reikalavimų neatitinkantį lakštą operatorius stabdo liniją bei išima lakštą, kuris

skaičiuojamas kaip brokas bei laikas, skirtas lakšto išėmimui – kaip neplanuoto stojimo laikas.

- Daviklis, indikuojantis, jog yra paruoštų lakštų sudūrimui.
- Lakštų sudūrimo suspaudimo išlaikymo laikas – jei lakštai buvo suspausti trumpiau nei užduota, yra didelė tikimybė, jog gaminys bus blogai susiklijavęs arba visai nesuklijavęs, dėl to iškart laikomas broku.

## 4.2 OEE skaičiavimas

Kaip jau buvo minėta, norint apskaičiuoti įrenginių efektyvumo koeficientą, reikia žinoti planinį darbo laiką bei realų darbo laiką, šių įrenginių nuostolius. Jie yra nustatomi (koks nuostolis ir kiek laiko jis truko) iš linijos parametrų. Įrenginio planinis darbo laikas yra įvedamas vyresniojo inžinieriaus vietinėje darbo stotyje arba per WIS prisijungus su atitinkamomis privilegijomis (teisėmis).

Remiantis OEE skaičiavimu, pritaikoma (4) formulė. Tuomet apskaičiuojamos jos dedamosios naudingumas, našumas bei kokybės faktorius.

Kuomet prastovos laikas lygus nuliui (įrenginys dirbo be pertraukos), tai įrenginio naudingumas yra 100%. Naudingumas įvertinamas priklausomai nuo prastovos laiko, naudojantis (1) formule.

Visą darbo laiką (kai įrenginys veikė) apskaičiuojame pagal darbo signalą, gaunamą iš programuojamo loginio valdiklio. Tam sukuriame objektą Wonderware System Platform aplinkoje ir laiko vertė apskaičiuojama scenarijumi, įgyvendintu „Execute“ periodiškai kas sekundę vykdoma sąlyga:

*IF Įrenginys\_darbas == TRUE then Me.Laikas.Darbo = Me.Laikas.Darbo + 1.*

Čia Me.Laikas.Darbo – UDAs srityje sukurtas sveiko teigiamojo skaičiaus (*angl. integer*) tipo kintamasis, talpinantis bendrą įrenginio darbo laiką sekundėmis, Įrenginys\_darbas – įrenginio darbo indikaciją nusakantis diskretinio tipo kintamasis.

Bendras darbo laikas yra apskaičiuojamas iš viso esamo darbo laiko atėmus prastovų laiką. Prastovų laikas yra skaičiuojamas operatoriui išimant brokuotą lakštą (įrenginio stovėjimo laikas, atliekant šį veiksmą), planuotų ir neplanuotų prastovų laikas (įvedamas inžinieriaus ir skaičiuojamas po sustojimo iki sekančio paleidimo).

Našumas yra siejamas tik su bendru darbo laiku, kuris yra kintantis, nes našumo nuostoliai gali išaugti bet kuriuo metu. Našumas įvertinamas priklausomai nuo našumo nuostolių naudojantis (2) formule.

Našumo nuostoliai medžio lakštų sudūrimo linijose atsiranda tuomet, kai yra medžiagų trūkumas bei paleidžiant įrenginį. Buvo apskaičiuota, kad įrenginys po to, kai duodama komanda

dirbti, pilnu pajėgumu (tai yra, faneros lakštai įsibėgėja) pradeda dirbti vidutiniškai po 0,7 sekundžių, taigi šie nuostoliai sudaro laiką, lygų paleidimo skaičių ir vidutiniško vieno paleidimo įsibėgėjimo laiko. Šis laikas buvo apskaičiuotas matuojant, per kiek laiko transporteris pasiekia nominalu greitį nuo „Start“ mygtuko paspaudimo. Buvo atlikti 30 matavimų (penkis sykius po 6 matavimus) ir paimtas jų bendras vidurkis. Toks apytikslis laikas buvo paimtas todėl, kad nebuvo galimybės įgyvendinti pastovaus matavimo. Matavimų rezultatai matomi paveikslėlyje žemiau (4.6 pav).

Matavimo Nr.	Matavimas (s)	Matavimo Nr.	Matavimas (s)	Matavimo Nr.	Matavimas (s)
1	0,55	7	0,55	13	0,55
2	0,9	8	0,6	14	0,8
3	0,65	9	0,65	15	0,65
4	0,8	10	0,7	16	0,65
5	0,85	11	0,95	17	0,75
6	0,7	12	0,75	18	0,65
<b>Vidurkis:</b>	<b>0,70555556</b>				

4.6 pav. Linijos paleidimo laiko matavimas

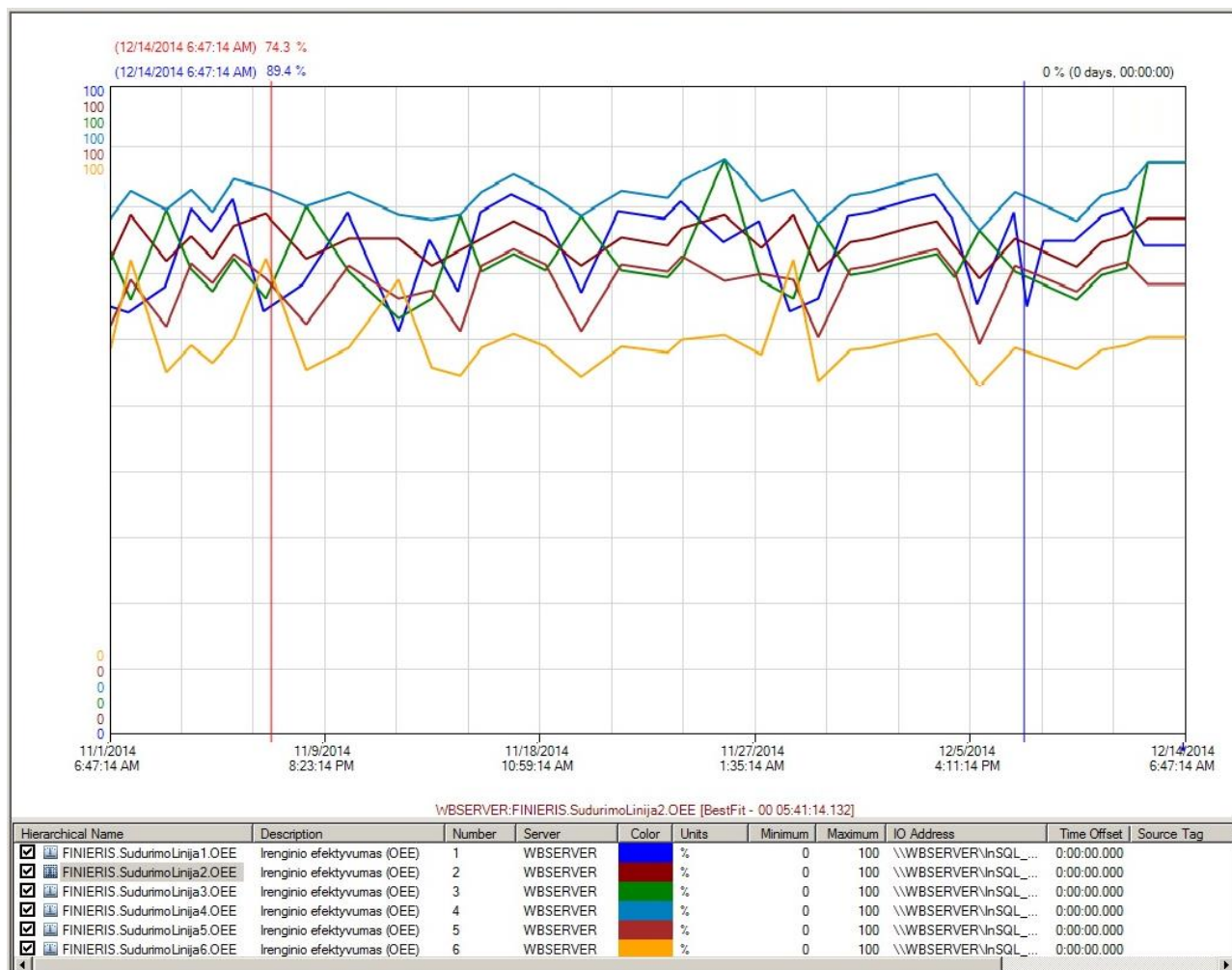
Įvertinus prastovas ir našumo nuostolius lieka grynasis darbo laikas. Kokybę įvertinantis koeficientas apskaičiuojamas naudojantis (3) formule.

Kokybės nuostoliai yra gaunami, kai neįvykdoma temperatūros palaikymo užduotis suduriant lakštus arba lakštai nėra išlaikomi suspausti užduotą laiko tarpą bei tuomet, kai operatorius turi išimti brokuotą (kokybės reikalavimų neatitinkantį) lakštą, prieš suduriant lakštus. Visi šie laiko tarpai yra sudedami ir gaunamas laikas, sugaištas gaminant kokybės standartų neatitinkantį produktą arba šalinant nekokybiškos produkcijos rezultatus.

Visi į OEE apskaičiavimą įeinantys parametrai yra skaičiuojami dvejopai – pirma, skaičiuojamas bendras viso laiko OEE, antra – skaičiuojama vienos paros įrenginių OEE, tokiu būdu suteikiant galimybę pamatyti, kaip laikui bėgant realiai kasdien keitėsi įrenginių bendras efektyvumas, tai matoma grafike (4.7 pav.), kur atvaizduota visų šešių sudūrimo linijų įrenginių bendro efektyvumo kitimas mėnesio laikotarpyje. Iš grafiko matyti, jog trečia sudūrimo linija (įrenginys) turi geriausią bendrą efektyvumo koeficientą, išreikštą procentais. Mažiausią koeficientą turi šešta sudūrimo linija.

Matome, jog linijų OEE gana dažnai kinta labai panašiai. Tai nemaža dalimi lemia pateikiamų lakštų kokybė – pateikus geros kokybės lakštus sudūrimui, įrenginiai daug rečiau stabdomi, padaroma mažiau broko, kas lemia, jog laikas yra išnaudojamas gerokai efektyviau. Taipogi buvo pastebėta, jog sugaištama nemažai laiko, kol ištuštinus lakštus, skirtus sudurti, pateikiami nauji – signalas, jog reikia medžiagų darbui, išduodamas tik po to, kai gamybinių medžiagų (lakštų) nebelieka, dėl to linija turi stovėti, kol atvežami nauji.

Stebėjimo laikotarpiu trečioji linija buvo sutvarkyta siekiant pagerinti įrenginio OEE – buvo patiekiami geros kokybės lakštai bei pateikiami dar prieš ištuštėjant visam gamybiniam rezervui, buvo atvaizduotas linijos efektyvumo koeficientas realiaime laike – kaip jis kito kasdien (tos dienos OEE) bei grafikas, leidžiantis matyti linijos efektyvumo kitimą ilgesniame laikotarpyje. Šie matavimai buvo matomi operatoriui.



4.7 pav. 6-ių sudūrimo linijų OEE mėnesinis kitimas

#### 4.2.1 OEE bendrinti rezultatai

Kaip jau buvo minėta ankstesniame skyriuje, bendras efektyvumo koeficientas gaunamas sudauginus naudingumo (A), našumo (P) ir kokybės (Q) koeficientus bei padauginus iš 100%. Apskaičiavus vasario mėnesio šešių Latvijas Finieris sudūrimo linijų efektyvumo koeficientus buvo gauti tokie rezultatai:

**4.1 lentelė: Įrenginių efektyvumo koeficientų rezultatai**

Efektyvumo koef. Nagrinėjami įrenginiai	Naudingumas (A), %	Našumas (P), %	Kokybė (Q), %	OEE, %
1-ma sudūrimo linija	86,9	95,1	92,3	76,3
2-a sudūrimo linija	91,8	92,2	88,1	74,6
3-ia sudūrimo linija	81,4	96,1	92,9	72,7
4-a sudūrimo linija	89,7	94	95,1	80,2
5-a sudūrimo linija	81,3	94,4	91	69,9
6-a sudūrimo linija	72,6	95,3	85,5	59,2

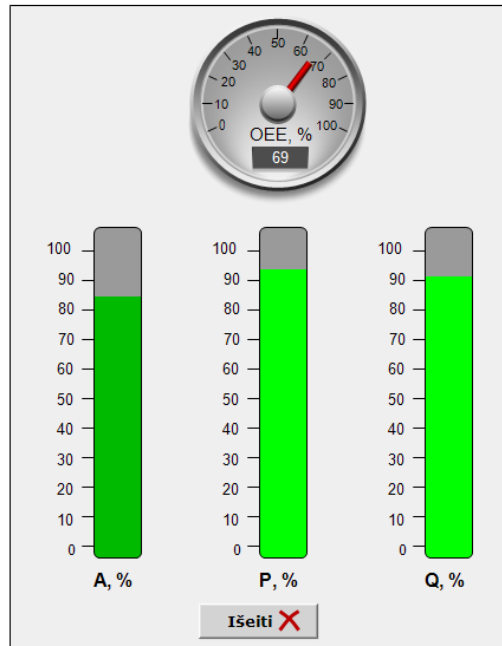
Analizuojant gautus mėnesio laikotarpio įrenginių OEE matyti, kad šeštos sudūrimo linijos efektyvumo koeficientas mažiausias, t.y. 59,2%. Labiausiai tam įtakos turi mažas naudingumo koeficientas. Tai reiškia, jog ši linija turi daugiau prastovų nei visos kitos linijos.

### 4.3 Įvykių priežasties analizė (RCA)

Pagrindinės priežasties analizė yra procesas, sukurtas tirti ir kategorizuoti esmines priežastis įvykių ar avarių, kurios sukelia saugumo, sveikatos, aplinkos, kokybės, patikimumo ir produkcijos poveikius. Šiuo atveju „įvykiai ir avarijos“ yra laikomi įvykiais, kurie sukelia arba turi potencialą sukelti šias pasekmes. Trumpai tariant, RCA yra sukurtas ne tik nustatyti kas ir kaip nutiko, bet ir įvardinti priežastį, kodėl taip nutiko [18]. Tik tuomet, nustatyta kodėl įvykis ar avarija nutiko, atsakingi asmenys galės įvardinti tinkamas priemones pasekmėms likviduoti ir parinkti tinkamas priemones užkirsti kelią įvykio ar avarijos pasikartojimui.

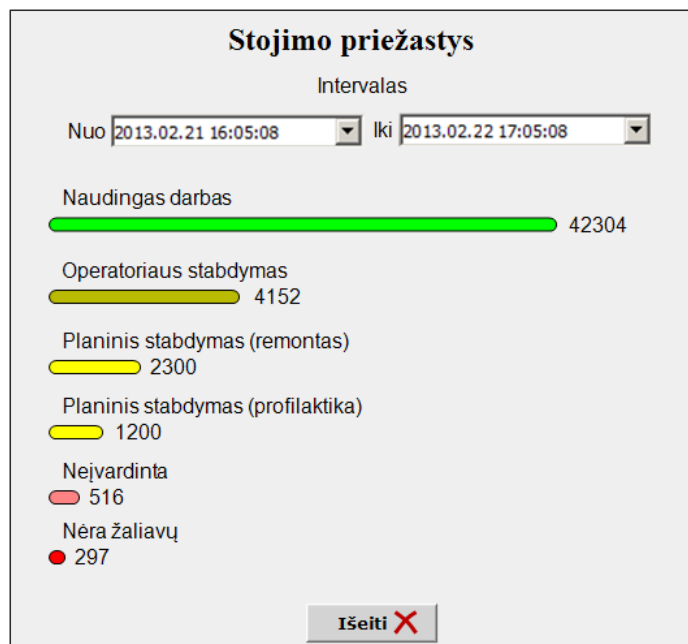
#### 4.3.1 Įvykių priežasties analizės realizavimas

Įvykių priežasties analizę realizuoti buvo nuspręsta panaudojant gaunamus gedimo signalus bei operatoriaus įvedamus komentarus prie įrenginio esančioje panelėje, jiems priskiriant skirtingus prioritetus bei suteikiant jiems laiko žymę, kuomet buvo gauti. Tokiu būdu galima atsekti, dėl ko buvo sumažėjęs efektyvumas tam tikru laikotarpiu. Turint tokias žinias, galima imtis priemonių, siekiant pagerinti įrenginių efektyvumą. Žemiau pateiktame paveikslėlyje (4.8 pav.) matome, kaip yra atvaizduojamas paros įrenginių bendras efektyvumas, šiuo atveju šeštos linijos. Mažėjant OEE sudarančiom dalim, grafų spalvos kinta, priklausomai nuo to, kokie rezultatai gaunami – šviesiai žalia spalva viršuje, tamsėjanti grafai leidžiantis žemyn, galiausiai tampančia skaisčiai raudona grafos apačioje (spalvų gama nustatyta keistis kas 10%).



4.8 pav. 6-tos linijos einamos paros atvaizdavimas

Paspaudę ant vienos iš trijų grafų, žyminčių OEE sudedamąsias dalis (naudingumas (A), našumas (P) bei kokybę (Q)) atidarome langą, kuriame matosi priežastys, sumažinusios bendrą įrenginių efektyvumą (4.9 pav.). Tokiu būdu realiu laiku, žinodami pagrindines OEE mažinančias priežastis, galime imtis priemonių, siekdami pagerinti produkcijos išeią, sumažindami nenaudingam darbui sugaištamo laiko. Matome, jog šiuo atveju šeštoje linijoje buvo planiniai stabdymai (skirti remontui bei profilaktikai, kuomet stebima, kaip linija dirba po remonto), kas sumažino OEE. Tačiau vis tiek operatoriaus sustabdyta linija laiko atžvilgiu užima daugiau laiko, nei kitos priežastys kartu sudėjus, taigi čia ir reiktų sutelkti dėmesį.



4.9 pav. Vienos paros fiksuotos 6-os linijos stojimo priežastys

Esant poreikiui, galima išskleisti atitinkamas grafas detalesniam paaiškinimui. Žemiau pateiktame paveikslėlyje (4.10 pav.) matome išskleistas operatoriaus linijos sustabdymo priežastis. Matome, jog daugiausiai laiko buvo skirta brokuotiems lakštam pašalinti, sekančioje vietoje – blogas lakštų padavimas (kai lakštai paduodami du iš karto, susikeitę vienas virš kito, lakštas neatsistoja į reikiamą poziciją ir panašios priežastys) ir galiausiai beveik penkios minutės buvo sugaištos priežasčiai, kurią operatorius įvedė ranka, o ne pasirinko iš esamo sąrašo. Taigi, pagerinę paduodamų lakštų kokybę, stipriai pagerintume linijos bendrą efektyvumą. Taipogi matome, jog yra galimybė, jog linijos lakštų padavimo konstrukcija gali turėti galimybę patobulinimam, kadangi tai yra viena iš silpnųjų linijos vietų ir padavimo klaidų šalinimui sunaudojama daug laiko.



4.10 pav. Išskleistos operatoriaus linijos stabdymo priežastys

#### 4.4 Wonderware MES

Wonderware MES programinis paketas yra skirtas apipavidalinti verslo tikslus bei siekius į operatyvines komandas. Šis paketas gali valdyti produkcijos gamybos valdymo duomenų srautus, skleidžiant ar padalijant šiuos duomenis iš savo vientisos sistemos ar sistemos, susidedančios iš daugelio komponentų visam pramonės ar gamybos sektoriui (tikslingiems vartotojams). MES transformuoja gamybos grafiką į operatyvines komandas atsižvelgdamas į fizinius resursus ir suteikia galimybę turėti grįžtamąjį ryšį realiuoju laiku.

Wonderware MES galimybės apima:

Automatinį gamybos grafiko atsisųntimą bei jo vykdymą;

Gamybos duomenų valdymo operacijos įrankiai, tokie kaip receptai, sąnaudų žiniaraščiai, kokybės specifikacijos;

Apkrovos linijoms paskirstymas pagal turimus užsakymus

Sekimo ir analizės darbas (WIP) ir tikslingą atsargų suvartojimą reguliuojantys įrankiai;

Pilnas naudojamos įrangos, medžiagų, sistemos ir personalo atsekamumas;

Prekės kokybės vadybos ir statistikos valdymo įrankiai.

#### **4.4.1 Darbo su MES rezultatai**

Įgyvendinus OEE bei RCA standartinėmis Wonderware System Platform priemonėmis buvo nuspręsta, jog verta pabandyti įdiegti Wonderware MES sistemą (modulinis Wonderware System Platform programinis paketas), kuris yra skirtas būtent OEE skaičiavimui bei atvaizdavimui, produkcijos bei kokybės sekimui bei turintis daug standartizuotų priemonių tam atlikti. Taigi pirmiausiai buvo sukurtas dar vienas virtualus serveris, kuriame buvo įdiegtas MSSQL serveris, įrašyta Wonderware System Platform bei MES. Buvo nuspręsta Wonderware MES įdiegti keturiolikos aukštų laminato preso linijai. Tam buvo nustatytos galimos įrenginio būklės, kurios yra: prastovos būseną, tuščios eigos būseną, produkcijos (naudingo darbo) bei medžiagų tiekimo (kai įrenginys negamina produkcijos, tačiau darbai vyksta medžiagų padavimo dalyje). Nustačius būsenas, buvo įvardintos prastovos priežastys:

- Nėra faneros lapų padavime;
- Plėvelės reguliavimas arba keitimas;
- Tinklelio keitimas;
- Paruošti lakštai neišimti;
- Techninis krovimo sutrikimas;
- Techninis plėvelės gedimas;
- Tiekimo narvo gedimas
- Presavimo klaida;
- Išėmimo užsikimšimas;
- Įrenginio valymas;
- Įrenginio paleidimas;
- Bandomoji produkcija;
- Rankinis tinklelio koregavimas.

Neįvedus jokios reikšmės (tuo atveju, jei prastovos priežastis turi būti parinkta operatoriaus, kaip kad rankinis tinklelio koregavimas) yra identifikuojama „Nėra įvestos priežasties“.

Minėtos priežastys yra matomos specialiame įrenginių lange, kuriame pagal įrenginį yra atrinktos visos būsenos bei jas sukėlusios priežastys (4.11 pav.).



Equipment_LamPrese14st_001							
Laminate press 14 st.							
Log	Shift Desc	State Desc	Reason Desc	Duration	Comments	Last Edit By	Last Edit At
1019	Shift Nr.1	Production	Running	02:00:29		Default Background...	2015.05.06. 12:49:01
1018	Shift Nr.1	DOWNTIME	Changing / regulating film	00:00:12		LOCAL\juris.indrikis	2015.05.06. 11:04:15
1017	Shift Nr.1	Production	Running	03:02:57		LOCAL\juris.indrikis	2015.05.06. 11:04:03
1016	Shift Nr.1	DOWNTIME	Equipment cleaning	00:03:05		LOCAL\jwww	2015.05.06. 8:01:06
54	Shift Nr.1	DOWNTIME	Ready sheets not removed	00:19:32		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:58:01
38	No Shift	DOWNTIME	Ready sheets not removed	00:13:21		Default Background...	2015.05.06. 7:38:29
37	No Shift	DOWNTIME	Grid exchange	00:00:05		LOCAL\juris.indrikis	2015.05.06. 7:29:55
36	No Shift	Production	Running	00:03:24		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:25:03
35	No Shift	DOWNTIME	Equipment cleaning	00:02:36		LOCAL\juris.indrikis	2015.05.06. 7:26:09
34	No Shift	DOWNTIME	Equipment startup	00:00:04		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:21:41
33	No Shift	Production	Running	00:00:05		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:18:59
32	No Shift	DOWNTIME	Equipment startup	00:01:55		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:18:56
31	No Shift	Production	Running	00:00:08		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:16:59
30	No Shift	DOWNTIME	Equipment startup	00:00:53		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:16:53
29	No Shift	Production	Running	00:00:09		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:15:58
28	No Shift	DOWNTIME	Equipment startup	00:01:00		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:15:51
27	No Shift	Production	Running	00:00:09		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:14:49
26	No Shift	DOWNTIME	Equipment startup	00:01:42		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:14:42
25	No Shift	Production	Running	00:33:37		LOCAL\jwww	2015.05.06. 7:12:58

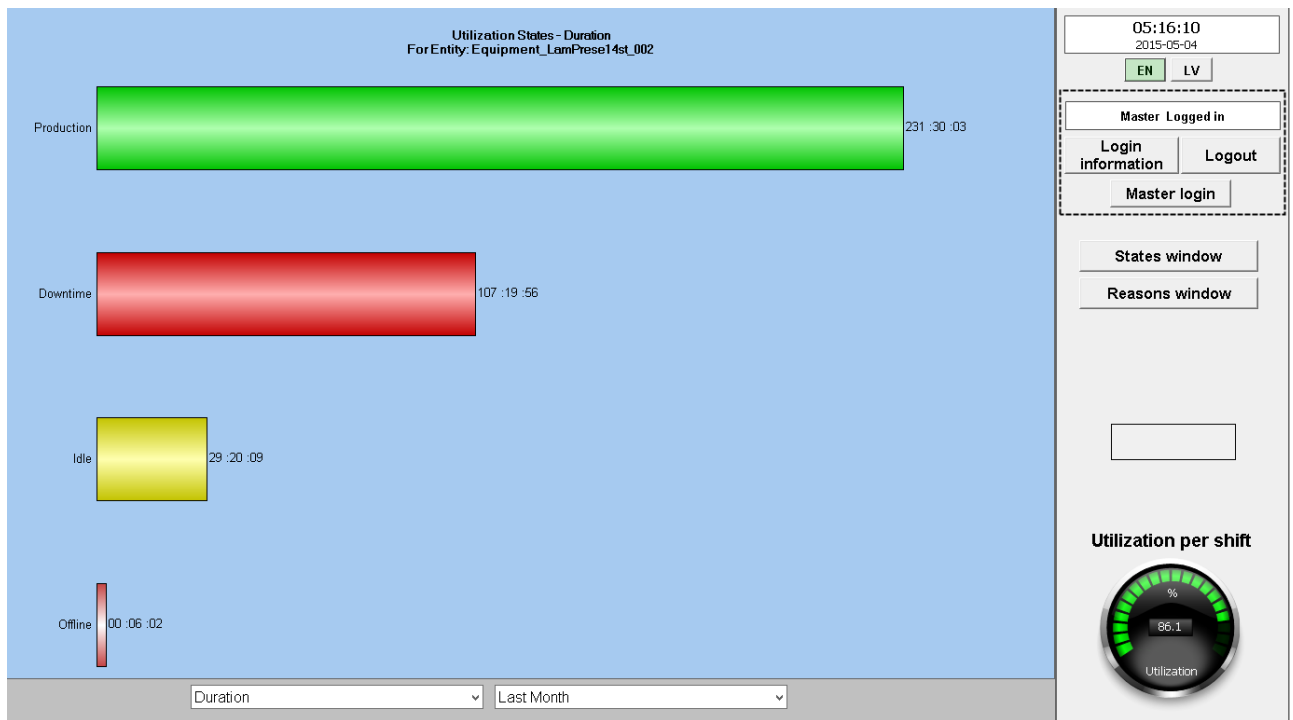
Current Filter: Filter Type := Last N Events; Last N Events: = 30; Event State: = Both; Minimum Duration: = 0; Status: = All;

Current Status

Current Reason	Since	Duration (hh:mm:ss)	Good Qty	Reject Qty
Running	2015.05.06. 14:04:15	02:00:29	0	0
Current State	Reason from I/O	Current OEE %	Target OEE %	
Production	Running	0,00	100,00	

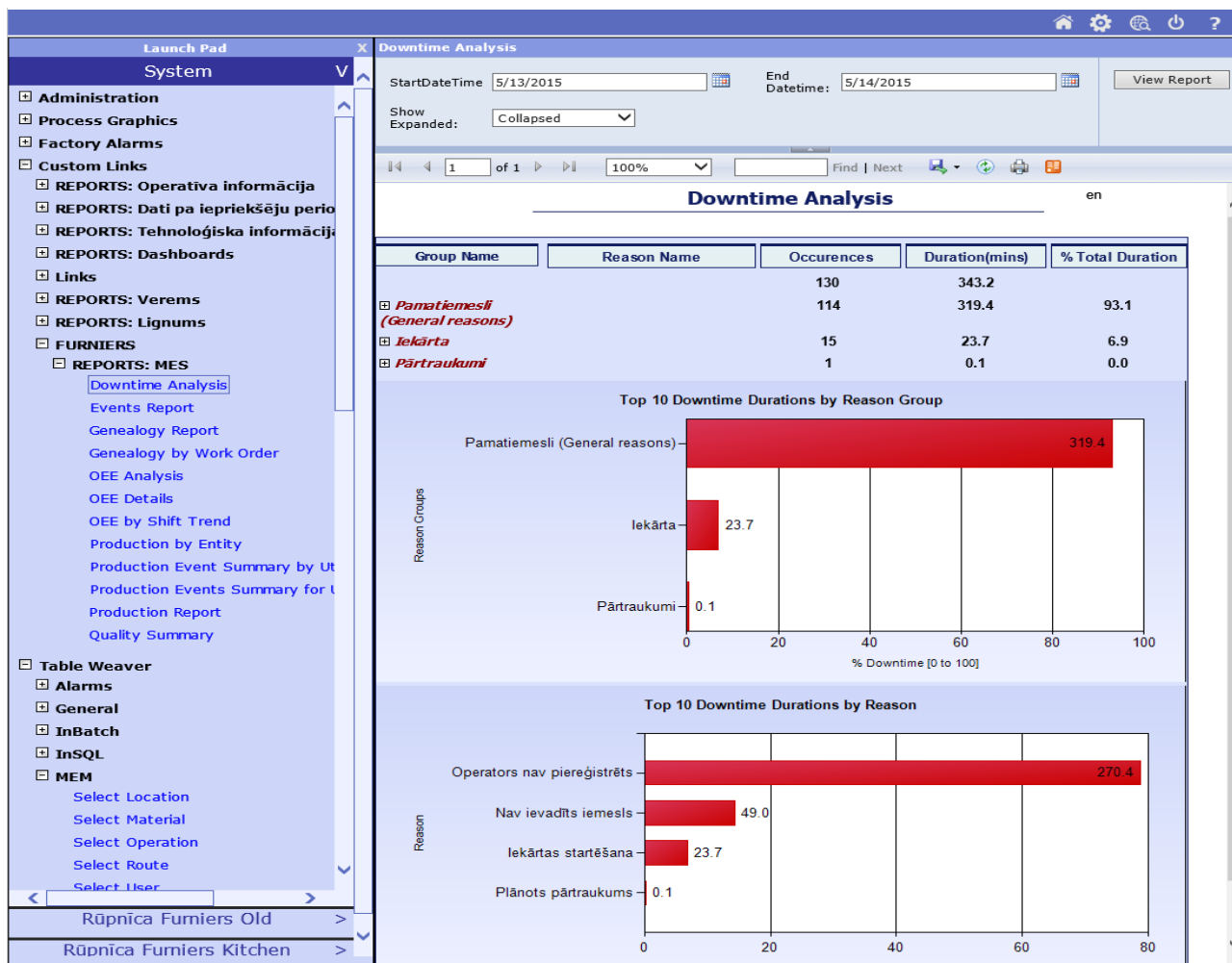
#### 4.11 pav. Išskleistos operatoriaus linijos stabdymo priežastys

Šios būsenos apibendrintoje grafinėje bargrafų formoje gali būti peržiūrėtos įrenginių būsenų lange (4.12 pav.), kur pagal norimą filtrą galima pažiūrėti kiek laiko įrenginys dirbo gamindamas, kiek stovėjo ir kiek turėjo prastovų (taipogi, pasirinkus atitinkamą filtrą, galima pažiūrėti, kiek kiekybiškai buvo produkcijos etapų, kiek sykių įrenginys buvo prastovose ar tiesiog stovėjo). Visa tai galima detaliau pažiūrėti spragtelėjus pele ant norimos būsenos, tuomet yra išskleidžiamas detalesnis paaiškinimas.



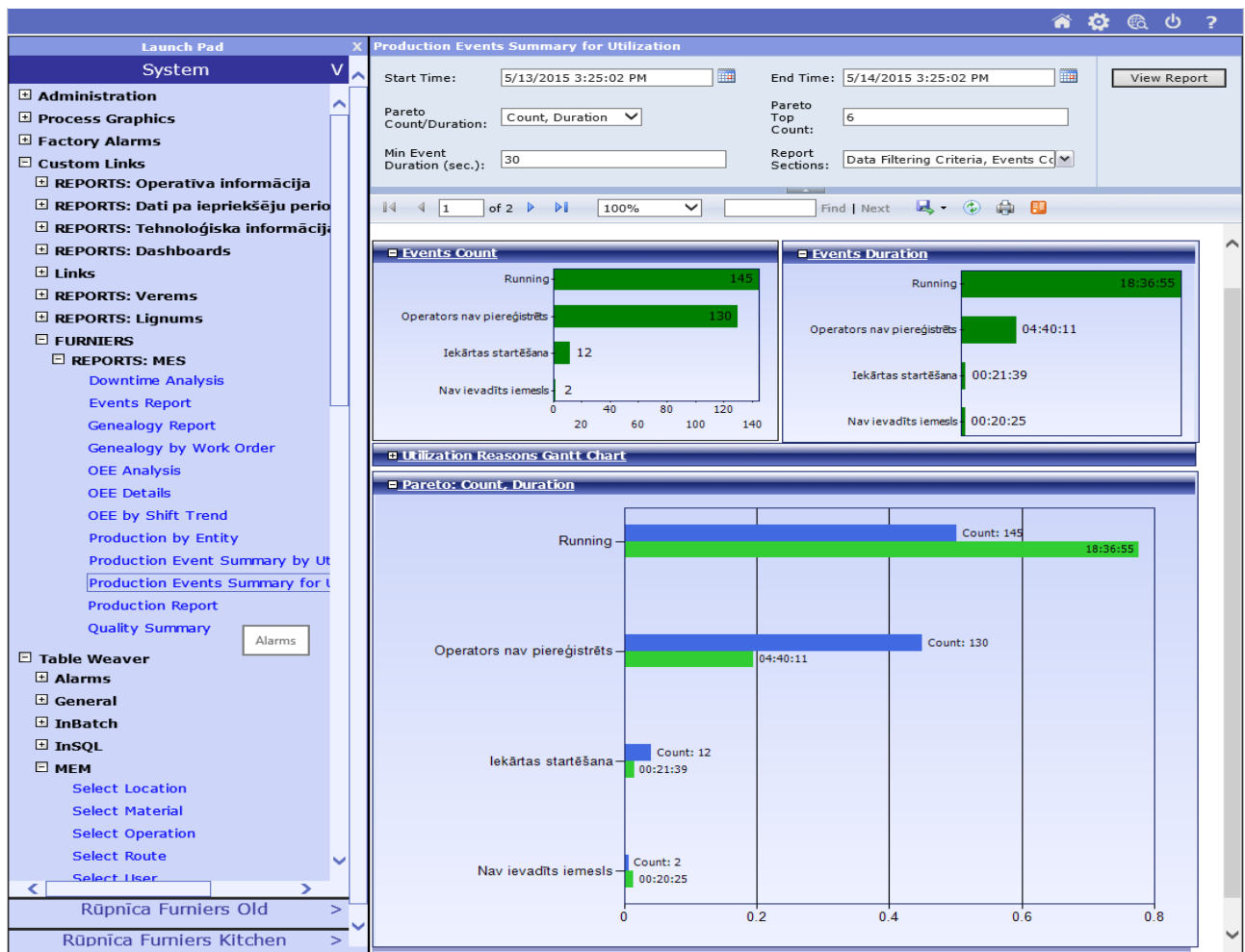
4.12 pav. Produkcijos linijos būsenų atvaizdavimas pagal laiką

Vartotojam, dirbantiems su apskaitomis bei tiems, kurie yra suinteresuoti turėti galimybę pamatyti, kaip veikė linija, kiek ir kokių prastovų buvo tam tikru laikotarpiu, gali tai pamatyti Wonderware Information Server įrankių pagalba internetinėje naršyklėje MSSQL Visual Studio įrankiais sukurta ataskaitą (4.13 pav.). Šioje ataskaitoje matome sugrupuotas stojimų priežasčių grupes bei pačias priežastis pagal laiką ir kiek kuri truko procentaliai nuo viso darbo laiko. Taipogi šioje ataskaitoje paspaudus ant dominančios priežasties ar jų grupės yra atidaromas detalus sąrašas visų tuo laikotarpiu įvykusių priežasčių (jei paspaudžiama ant priežasties, bus atidarytas sąrašas, kuriame bus matomos visos instancijos, kada buvo gauta ši priežastis ir kas tuo metu buvo atsakingas, jei ant grupės – bus atidarytas sąrašas su visomis tai grupei priklausančiomis priežastimis).



4.13 pav. Produkcijas līnijas prastovų ataskaita atvaizduota WIS

Kita ataskaita, pateikta WIS įrankiais, analizuoja visus pasirinkto laikotarpio įvykius (4.14 pav.). Visa tai grafiškai išraiška yra pateikiama kiekvieno įvykio sumuotu laikotarpio laiku bei sumuotu įvykių skaičiumi tam laikotarpiui (dominantis laiko tarpas ataskaitai pasirenkamas ją generuojant). Taipogi šioje ataskaitoje yra pateikiama įvykių suvestinės analizė Pareto diagramos formoje. Duomenų surinkimo ataskaitai pavyzdys yra pateiktas septintame priede.



4.14 pav. Produkcijās linijās ģvkių ataskaita atvaizduota WIS

#### 4.4.2 Wonderware MES palyginimas su standartiniais Wonderware System Platform įrankiais

Atlikus panašų darbą su įprastomis Wonderware System Platform priemonėmis bei su Wonderware MES programinio paketo suteiktis įrankiais, tampa aišku, jog norint pačiam suprogramuoti, aprašyti visus objektus yra nepalyginamai sunkiau ir laikas, sunaudotas tokiam darbui, yra daug didesnis nei dirbant su MES siūlomais standartiniais sprendimais, kurie dar gali būti laisvai koreguojami, redaguojami pagal poreikius. Tiesa, tikrai ne viskas gali būti išspręsta naudojantis standartinėmis MES Client priemonėmis bei sprendimais, vienas tokių pavyzdžių – esamo vartotojo registravimas kaip atsakingo už ģvkius. Standartinis Wonderware MES sprendimas yra įrašyti esamą sisteminiį Archesta vartotoją, skirtą Application Engine. Norint pakeisti šį sprendimą teko sukurti papildomus vykdiklius ( angl. *triggers*), matomus šeštame priede. Jame yra aprašyta vykdymo sąlyga kaip lentelės util\_log pasikeitimas ir šiam vykdikliui suveikus yra ģvkdomas paskutinio konfigūravusio vartotojo vardo pakeitimas iš pagrindinio į vartotoją, kuris esamu metu yra prisijungęs prie sistemos.

## 5 Išvados ir rezultatai

- 1) Apklausus „Latvijas Finieris“ dirbančius ekspertus, įvertinus technologines ir programines galimybes gauti reikiamus duomenis, buvo nustatyti reikšminiai parametrai OEE apskaičiavimui, iš kurių išskaičiuojami OEE sudarantys elementai naudingumas, našumas bei kokybė.
- 2) Realizuotas duomenų surinkimas iš įrenginius valdančių programuojamų loginių valdiklių.
- 3) Įvertinus gaunamus signalus bei reikalavimus buvo sukurti objektai, kurie nuskaito, apskaičiuoja ir įrašo į duomenų bazę reikiamus duomenis atitinkamais laiko momentais Wonderware System Platform aplinkoje. Duomenų bazė buvo sukurta atsižvelgus į keliamus patikimumo reikalavimus MS SQL aplinkoje, kurioje saugomi duomenys ir funkcijos duomenų analizei bei ataskaitų generavimui.
- 4) Įgyvendinus bendrą įrenginių efektyvumo (OEE ) skaičiavimą buvo pastebėta, kad sudarius bendro efektyvumo modelį yra lengviau pamatyti kaip vienas ar kitas sprendimas, vienos ar kitos rūšies medžiaga įtakoja bendrą produkciją, galima įvertinti, kada, turint tam tikrą kiekį vienodų ar panašių įrenginių, labiau apsimoka laikyti vieną, kitą ar visus kartu dirbančius įrenginius tam, kad pasiekti užduotą rezultatą kuo mažesniais kaštais bei didžiausiu efektyvumu.
- 5) Įgyvendintas pagrindinės priežasties analizės (RCA) metodas, leidžiantis nustatyti ne tik kas ir kaip nutiko, bet ir kodėl, identifikuodamas pagrindines priežastis, sukėlusias įvykį. Papildoma RCA nauda yra ta, jog žinant pagrindines gedimų priežastis, galima efektyviai planuoti ir nukreipti resursus reikiamiems patobulinimams. „Latvijas Finieris“ suklijavimo linijai buvo nuspręsta išbandyti atlikti papildomą medžio lukšto kokybės patikrą prieš pateikiant į liniją suklijavimui siekiant sumažinti didžiausią dalį linijos prastovų sudarančią grupę.

## Literatūra

1. Prieiga per internetą <<http://www.oetoolkit.com/>>. Žiūrėta [2014-11-02].
2. Prieiga per internetą <<http://www.vorne.com/pdf/fast-guide-to-oe.pdf>>. Žiūrėta [2015-03-21].
3. Prieiga per internetą <<http://www.optimumfx.com/overall-equipment-effectiveness-oe-explained/>>. Žiūrėta [2014-11-02].
4. Prieiga per internetą <<http://capstonemetrics.com/files/whitepaper-oeoverview.pdf>>. Žiūrėta [2014-11-02].
5. Prieiga per internetą <<http://www.oe.com/implementing-oe.html>>. Žiūrėta [2014-11-02].
6. Prieiga per internetą <<http://www.oe.com/calculating-oe.html>>. Žiūrėta [2014-12-08].
7. Prieiga per internetą <<http://www.oe.com/visual-oe.html>>. Žiūrėta [2014-12-08].
8. Prieiga per internetą <<http://www.allaboutlean.com/fudge-oe/>>. Žiūrėta [2014-11-02].
9. Prieiga per internetą <<http://www.inductiveautomation.com/mes-software/oe-software>>. Žiūrėta [2014-11-02].
10. Prieiga per internetą <<http://www.harfordcontrol.com/index.php/line-performance-optimisation>>. Žiūrėta [2014-11-02].
11. Prieiga per internetą <[http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT296.nsf/VerityDisplay/4581D5D1CE980419C1256BFB006399B9/\\$File/3BUS094188R0001.pdf\\_-\\_en\\_OEE\\_Whitepaper\\_-\\_Overall\\_Equipment\\_Effectiveness.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT296.nsf/VerityDisplay/4581D5D1CE980419C1256BFB006399B9/$File/3BUS094188R0001.pdf_-_en_OEE_Whitepaper_-_Overall_Equipment_Effectiveness.pdf)>. Žiūrėta [2014-11-02].
12. Prieiga per internetą <<http://www.bulsuk.com/2009/07/5-why-analysis-using-table.html>>. Žiūrėta [2014-11-02].
13. Prieiga per internetą <<http://www.bill-wilson.net/b73>>. Žiūrėta [2014-11-02].
14. Prieiga per internetą <[http://standards.sae.org/j1739\\_200901/](http://standards.sae.org/j1739_200901/)>. Žiūrėta [2014-11-02].
15. Ishikawa, Kaoru (1976). *Guide to Quality Control*. Asian Productivity Organization
16. Pareto analizės metodas. Prieiga per internetą <<http://erc.msh.org/quality/pstools/pspareto.cfm>>. Žiūrėta [2014-11-02].
17. Prieiga per internetą <<http://www.apawood.org/plywood>>. Žiūrėta [2014-11-02].
18. Prieiga per internetą <<http://www.prowoodworkingtips.com/Plywood.html>>. Žiūrėta [2014-11-02].
19. Prieiga per internetą <<http://azure.microsoft.com/blog/2014/12/17/final-root-cause-analysis-and-improvement-areas-nov-18-azure-storage-service-interruption/>>. Žiūrėta [2014-11-02].

20. Prieiga per internetą <[http://www.mindtools.com/pages/article/newTMC\\_80.htm](http://www.mindtools.com/pages/article/newTMC_80.htm)>. Žiūrėta [2015-02-16].
21. Prieiga per internetą <[http://global.wonderware.com/EN/PDF%20Library/Brochure\\_Wonderware\\_MES-EMI.pdf](http://global.wonderware.com/EN/PDF%20Library/Brochure_Wonderware_MES-EMI.pdf)>. Žiūrėta [2014-11-22].
22. Prieiga per internetą <<http://www.horasoe.eu/oee-teorija/>>. Žiūrėta [2015-05-04].
23. Prieiga per internetą <<http://www.reliabilityweb.com/excerpts/excerpts/rootcauseanalysischapter1.pdf>>. Žiūrėta [2014-11-02].
24. Prieiga per internetą <<http://www.apollorootcause.com/about/>>. Žiūrėta [2014-11-22].
25. Prieiga per internetą <<http://www.apollorootcause.com/software/>>. Žiūrėta [2015-04-02].
26. Prieiga per internetą <<https://www.bill-wilson.net/root-cause-analysis/rca-tools/causal-factor-tree-analysis>>. Žiūrėta [2015-04-19].
27. Prieiga per internetą <<http://www.isograph.com/software/reliability-workbench/fault-tree-analysis/?gclid=CMKSsOvBp8UCFasEwwodACoApg>>. Žiūrėta [2015-04-19]
28. Prieiga per internetą <[http://www.itemsoft.com/fault\\_tree.html?gclid=CJuGw-vBp8UCFcuWtAodn0AAzg](http://www.itemsoft.com/fault_tree.html?gclid=CJuGw-vBp8UCFcuWtAodn0AAzg)>. Žiūrėta [2015-04-19].
29. Prieiga per internetą <<http://www.cps.gov.on.ca/english/plans/E9000/9011/M-9011L.pdf>>. Žiūrėta [2015-04-19].
30. Prieiga per internetą <<http://www.oeo.com/oeo-six-big-losses.html>>. Žiūrėta [2015-05-05].
31. Prieiga per internetą <[http://www.washington.edu/research/rapid/resources/toolsTemplates/root\\_cause\\_analysis.pdf](http://www.washington.edu/research/rapid/resources/toolsTemplates/root_cause_analysis.pdf)>. Žiūrėta [2015-05-05].





## Priedas 2. Duomenų įrašymo į duomenų bazę scenarijus, sukuriantis .sql failą

*' duomeys nuskaityti, formuojam failą*

```
dim line as String; line = "aa";
dim ms as System.IO.MemoryStream; ms = new System.IO.MemoryStream();
dim sw as System.IO.StreamWriter; sw = new System.IO.StreamWriter(ms);
dim guid as string; guid = System.Guid.NewGuid();
dim line_head as string;
dim dtStart as time; dtStart = MyContainer.CycleStart;
dim dtEnd as time; dtEnd = MyContainer.CycleEnd;
line_head = System.String.Format("EXEC dbo.spAddBufferDataSTIK @CycleStart = '{0:yyyy-MM-dd
HH:mm:ss}', @CycleEnd = '{1:yyyy-MM-dd HH:mm:ss}', @StikN = {2}, @Sort = {3}, @PressingTime = {4},
@DataSetId = {5}', @OperatorStopTime = {6}, @BadQualityTime = {7}, @NoMaterialsTime = {8},
@WorkingTime = {9}, @StoppedTime = {10}",
                                dtStart, dtEnd,
StringRight(MyContainer.Sys.EquipmentId,1), MyContainer.Sort,
StringReplace(MyContainer.PressingTime,"",".",0,-1,0),guid );
dim hasData = false;

dim i as integer;
for i = 1 to 8
'not writing to db values equal to 0
if MyContainer.Count[i]<> 0 then
    line = System.String.Format("{0}, @Platums = {1}, @Garums = {2}, @Count = {3},
@PressAmount = {4}", line_head, MyContainer.Platums[i], MyContainer.Garums[i], MyContainer.Count[i],
MyContainer.PressAmount[i], OperatorStopTime, BadQualityTime, NoMaterialsTime, WorkingTime,
StoppedTime);
    sw.WriteLine(line);
    LogMessage(line);
    hasData = true;
endif;
next;

sw.Flush();'otherwise you are risking empty stream
ms.Seek(0,System.IO.SeekOrigin.Begin);
'-----
'-----
'sw.Dispose();

'ziurom, ar servako dir pasiekiamas

dim dirSrv as string; dirSrv = "\\WWHIST01\BufferDataToDB";
dim dirLoc as string; dirLoc = "D:\InData\BufferDataToDBLocal";
dim path as string;

if System.IO.Directory.Exists(dirSrv) then
    path = System.String.Format("{0}\{1}_{2:yyyy-MM-dd HH:mm:ss}_{3:yyyy-MM-dd
HH:mm:ss}_{4}.sql",dirSrv,MyContainer.Sys.EquipmentId,dtStart,dtEnd,guid);
else
    logmessage("Server path not found : " + dirSrv);
```

```

        LogMessage("looking for local path : " + dirLoc);
        if System.IO.Directory.Exists(dirLoc) then
            path = System.String.Format("{0}\{1}_{2:yyyy-MM-dd HH:mm:ss}_{3:yyyy-
MM-dd HH:mm:ss}_{4}.sql",dirLoc,MyContainer.Sys.EquipmentId,dtStart,dtEnd,guid);
        else
            LogMessage("local path not found : " + dirLoc);
            LogMessage("ERROR");
        endif;
    endif;
endif;

path = path.Replace(":", "_").Replace(" ", "_");
LogMessage ("Path : " + path);

dim sr as System.IO.StreamReader; sr = new System.IO.StreamReader(ms);

if (path <> "" and hasData) then
    sw.Flush();
    sw = System.IO.File.CreateText(path);
    while sr.Peek() > -1        sw.WriteLine(sr.ReadLine()); endwhile;
    sw.Close();
    sw.Dispose();
endif;

ms.Dispose();

Me.Status = "05 CSV DataFile from InSQL created";
LogMessage(Me.Status);

```

### Priedas 3. Duomenų įrašymo į duomenų bazę iš .dql failo į lentelę scenarijus

```
USE [FINIERIS]
GO
/***** Object: StoredProcedure [dbo].[spAddBufferDataSTIK]  Script Date: 14.12.2014. 22:51:44 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO

-- =====
-- Author:                <Author,,Name>
-- Create date: <Create Date,,>
-- Description: <Description,,>
-- =====

ALTER PROCEDURE [dbo].[spAddBufferDataSTIK]
    -- Add the parameters for the stored procedure here
    @CycleStart          datetime,
    @CycleEnd            datetime,
    @StikN                int,
    @Sort                int,
    @Count               int,
    @PressAmount         int,
    @PressingTime        float,
    @Platums             int,
    @Garums              int,
    @OperatorStopTime    int,
    @BadQualityTime      int,
    @NoMaterialsTime     int,
    @WorkingTime         int,
    @StoppedTime         int,
    @DataSetId           uniqueidentifier
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;

    declare @ErrorMessage nvarchar(1500)
    DECLARE @ParList NVARCHAR(2000) SET @ParList = ""
    declare @ReturnValue int

    begin try
    begin transaction

        -- insert prod data to from buffer to table
        insert into dbo.tbProductionDataSTIK (StikDatStart, StikDatEnd, StikN, StikPlat, StikGar, Sort,
        StikSk, StDaudz, StikLaiks, DataReadId, EventDateTimeOperatorStopTime, BadQualityTime,
        NoMaterialsTime, WorkingTime, StoppedTime)
            values (@CycleStart, @CycleEnd, @StikN, @Platums, @Garums, @Sort, @Count,
            @PressAmount, @PressingTime, @DataSetId, GETDATE(), @OperatorStopTime, @BadQualityTime,
            @NoMaterialsTime, @WorkingTime, @StoppedTime)
```

```

-- COMMENT THIS PART AFTER TESTING IN PROD BEGIN

        -- logas
        SET @ParList = ""
        SET @ParList = @ParList + '@DataSetId' + ':' +
ISNULL(CAST(@DataSetId AS NVARCHAR(100)), 'isNULL') + '|'
        SET @ParList = @ParList + '@CycleStart' + ':' +
ISNULL(CAST(@CycleStart AS NVARCHAR(100)), 'isNULL') + '|'
        SET @ParList = @ParList + '@CycleEnd' + ':' +
ISNULL(CAST(@CycleEnd AS NVARCHAR(100)), 'isNULL') + '|'
        SET @ParList = @ParList + '@StikN' + ':' +
+ ISNULL(CAST(@StikN AS NVARCHAR(100)), 'isNULL') + '|'
,

insert into dbo.tbSysLog
        values
(getdate(), 'INSERT', 'OK', OBJECT_NAME(@@PROCID), 'Inserted STIK Prod Data', @ParList, suser_name())

-- COMMENT THIS PART AFTER TESTING IN PROD END

commit transaction
end try
begin catch
        rollback transaction
        select @ErrorMessage = ERROR_MESSAGE()
        --raiserror(@ErrorMessage,16,1);
        -- logas
        SET @ParList = ""
        SET @ParList = @ParList + '@DataSetId' + ':' +
+ ISNULL(CAST(@DataSetId AS NVARCHAR(100)), 'isNULL') + '|'
        SET @ParList = @ParList + '@CycleStart' + ':' +
+ ISNULL(CAST(@CycleStart AS NVARCHAR(100)), 'isNULL') + '|'
        SET @ParList = @ParList + '@CycleEnd' + ':' +
+ ISNULL(CAST(@CycleEnd AS NVARCHAR(100)), 'isNULL') + '|'
,

        SET @ParList = @ParList + '@StikN' + ':' +
+ ISNULL(CAST(@StikN AS NVARCHAR(100)), 'isNULL') + '|'
        insert into dbo.tbSysLog
        values (getdate(), 'INSERT', 'ERR', OBJECT_NAME(@@PROCID),
        @ErrorMessage, @ParList,
suser_name());

        --return 1

end catch

END

```

## Priedas 4. Duomenų įrašymo iš .CSV failo į Wonderware system platform objektus scenarijus

```
'ConfigureObject
'-----
-----
'If #SystemConfiguration.Sys.IsDebugMode Then LogMessage(System.String.Format("{0} : Objekto
CFG paieska faile - PRADZIA", Me.Tagname)); EndIf;
'LogMessage("Onscan AnalogMeasurement scripto pradzia.
Dim unc as String;
Dim sr as System.IO.StreamReader;
Dim delimStr As String;
Dim delimiter[1] As System.Char;
Dim columns[1] As System.String;
Dim saveFile as System.IO.FileInfo;
Dim saveDir as System.IO.DirectoryInfo;
'SaveDir = New System.IO.DirectoryInfo("D:\InData\FinierisCFG");
SaveDir = New System.IO.DirectoryInfo("D:\Data\InData\LatvijasFinierisCFG");
Dim line as String;

'Determine if we have a valid unc or have to fall back to the default directory
unc = System.String.Format("{0}\ObjectConfig1.csv", saveDir.FullName);
'LogMessage("CFG file : " + unc);
saveFile = New System.IO.FileInfo(unc);

If saveDir.Exists And saveFile.Exists Then
    sr = System.IO.StreamReader(unc, System.Text.Encoding.Default);
    'Read the file until EOF is reached
    while sr.Peek() > -1
        line = sr.ReadLine();
        'atskiriam arba kalbiataskiu arba TABu
        delimStr = ";" + StringChar( 9 );
        delimiter[] = delimStr.ToCharArray();
        'Convert the Line to columns from the csv line
        columns[] = line.Split(delimiter[]);
        'logmessage("columns[] = " + columns[]);
        'ar reikiamas obj
        if columns[1] == Me.HierarchicalName then
            'LogMessage(System.String.Format("Bindinam {0} obj UDA
{1}", me.HierarchicalName, columns[8]));
            'BENDRI OBJ DUOMENYS
            Me.Id.DescrLT
            = columns[2];
            Me.Id.DescrEN
            = columns[3];
            Me.Id.DescrLV
            = columns[4];
            Me.Id.DescrRU
            = columns[5];
            Me.PV.Input.InputSource = columns[6];
        if columns[7] <> "" then
            Me.MinValue = columns[7];
            endif;
            if columns[8] <> "" then
            Me.MaxValue = columns[8];
            endif;
            Me.EngUnits = columns[11];
            'additional texts on graphics
        if columns[12] <> "" then
            Me.TextLT
            = columns[12];
            endif;
        endif;
    endwhile
endif;
```

```

if columns[13] <> "" then
    Me.TextEN
= columns[13];
endif;
if columns[14] <> "" then
    Me.TextLV
= columns[14];
endif;
if columns[15] <> "" then
    Me.TextRU
= columns[15];
endif;
if columns[16] == "1" then
    Me.AAS.ValueTextFormat = "0.0";
elseif columns[16] == "2" then
    Me.AAS.ValueTextFormat = "0.00";
else Me.AAS.ValueTextFormat = "0";
endif;
'Setinam analogo PV reikšmės komentarą trendui,
priskiriam per Extensions del Read only apejimo:
'me.PV.Descr = me.Id.Descr;
endif;
EndWhile;
sr.Close(); 'Close the State file
Else
    LogMessage("ERROR : CFG failas nerastas!");
EndIf;
'LogMessage("Onscan AnalogMeasurement scripto pabaiga.????!!!!");
'-----
-----
'If #SystemConfiguration.Sys.IsDebugMode Then LogMessage(System.String.Format("{0} : Objekto
CFG paieska faile - PABAIGA", Me.Tagname)); EndIf;

```

## Priedas 5. Duomenų surinkimo iš duomenų bazių jų atvaizdavimui scenarijus

```
USE [FINIERIS]
GO
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
ALTER PROCEDURE [dbo].[axsp_RepData_STIKLines]
    @From datetime = '2010-06-18 00:00:00.000',
    @To datetime = '2015-06-18 00:00:00.000',
    @Hours int = 24,
    @Width varchar(8000) = 1600,
    @Length varchar(8000) = 2620,
    @Thickness varchar(8000) = 22.0,
    @ExtraInf varchar(8000) = 1
AS
SET NOCOUNT ON
BEGIN TRAN
select
STIKLines_CycleStart = CycleStart,
STIKLines_CycleEnd = CycleEnd,
STIKLines_Length = length,
STIKLines_Width = width,
STIKLines_Thickness = thickness,
STIKLines_ExtraInf = ExtraInf,
STIKLines_KASpLmin = KASpLmin,
STIKLines_KASpLsek = KASpLsek,
STIKLines_KKopLmin = KKopLmin,
STIKLines_KKopLsek = KKopLsek,
STIKLines_KZSpLmin = KZSpLmin,
STIKLines_KZSpLsek = KZSpLsek,
STIKLines_KAugSp = KAugSp,
STIKLines_KParalel = KParalel,
STIKLines_KPieces = KPieces,
STIKLines_KPresjSk = KPresjSk,
STIKLines_KTemper = KTemper,
STIKLines_KZemSp = KZemSp,
STIKLines_EventDateTime = EventDateTime
, id AS ID
, CASE
        WHEN (LEN(SUBSTRING(ExtraInf,4,4)) = 4 and ISNUMERIC(SUBSTRING(ExtraInf,4,4))=1)
OR (LEN(SUBSTRING(ExtraInf,5,4)) = 4 and ISNUMERIC(SUBSTRING(ExtraInf,5,4))=1) THEN 'RSP'
        WHEN CHARINDEX('mr', ExtraInf) > 0 THEN 'MR'
        ELSE ''
    END as GlueType
,STIKLines_PressStart = PressStart
,STIKLines_PressEnd = PressEnd
,STIKLines_TrendError = isnull(TrendError,0)
,PressStartCalculated

from FINIERIS.dbo.tbProductionDataSTIKLines as dt
where CycleEnd between @from and (case when @Hours is null then @to else DATEADD("HH", @Hours, @from) end)
and length in (SELECT value FROM finieris.dbo.fnSplitStringToRows(@Length, ','))
and width in (SELECT value FROM finieris.dbo.fnSplitStringToRows(@Width, ','))
and thickness in (SELECT value FROM finieris.dbo.fnSplitStringToRows(@Thickness, ','))
AND
    (ExtraInf IN (SELECT value FROM finieris.dbo.fnSplitStringToRows(@ExtraInf, ','))
OR '-' IN (SELECT value FROM finieris.dbo.fnSplitStringToRows(@ExtraInf, ','))
)
order by STIKLines_CycleEnd asc

COMMIT TRAN
```

## Priedas 6. MSSQL vykdiklis esamo vartotojo užrašymui vietoje pagrindinio

```
USE [MESDB]
GO
/***** Object: Trigger [dbo].[ax_tg_util_log_aft_ins_userId]    Script Date: 5/14/2015
11:50:26 AM *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO

ALTER TRIGGER [dbo].[ax_tg_util_log_aft_ins_userId]
    ON [dbo].[util_log]
    AFTER INSERT--, UPDATE
AS
BEGIN
    -- SET NOCOUNT ON added to prevent extra result sets from
    -- interfering with SELECT statements.
    SET NOCOUNT ON;

    --take userid from sesion
    declare @userid as nvarchar(40) = (select top 1 user_id from dbo.ent_logon where
ent_id = (select ent_id from inserted) order by start_time desc)

    -- update user
    update util_log
    set last_edit_by = coalesce(@userid, last_edit_by )
    where log_id = (select log_id from inserted)

END
```



## Priedas 7. Duomenų surinkimo ataskaitų formavimui pavyzdys SQL aplinkoje

```
SELECT      util_log.log_id AS ID, CONVERT(INT, NULL) AS NoGroup, util_log.event_time_local AS StartDateTime, DATEADD(ss,
util_log.duration, util_log.event_time_local) AS EndDateTime,
            util_log.event_time_utc AS StartDateTimeUTC, DATEADD(ss, util_log.duration, util_log.event_time_utc) AS
EndDateTimeUTC, util_log.duration AS Duration, util_log.shift_start_local AS ShiftStartDateTime,
            util_log.shift_start_utc AS ShiftStartDateTimeUTC, util_reas_grp.reas_grp_desc AS ReasonGrpDesc, util_reas.reas_desc AS
ReasonDesc, util_state.state_desc AS UtilStateDesc, ent.ent_name AS EntityName, ent.description as EntityDesc,
            shift.shift_desc AS ShiftDesc, item.item_desc AS ProductDesc, item.item_id AS ProductID, JULINK.seq_no AS SeqNo,
JULINK.oper_id AS OperationID, JULINK.wo_id AS WOID, util_log.last_edit_by AS UserID,
            util_log.comments AS UserNotes, util_state.color AS ColorCode, CASE WHEN util_log.downtime = 1 THEN N'Availability
Loss' WHEN util_log.runtime = 1 THEN N'Performance Loss' ELSE N'Idle' END AS LossType,
            util_log.raw_reas_cd AS RawReasCd, util_log.ent_id AS EntId, util_log.category1 AS Category1, util_log.category2 AS
Category2, util_log.category3 AS Category3, util_log.category4 AS Category4,
            util_log.reas_cd AS ReasonCd, util_reas.reas_grp_id AS ReasonGrpId
FROM        aaMES40.MESDB.dbo.util_log util_log WITH (NOLOCK) INNER JOIN
            aaMES40.MESDB.dbo.ent ent WITH (NOLOCK) ON util_log.ent_id = ent.ent_id LEFT OUTER JOIN
            (SELECT      log_id, item_id, seq_no, oper_id, wo_id
             FROM        (SELECT      t.log_id, t.item_id, t.seq_no, t.oper_id, t.wo_id, rn = row_number() OVER (partition BY
t.log_id
                                ORDER BY t.log_id)
             FROM        aaMES40.MESDB.dbo.job_util_log_link t) X
WHERE       rn = 1) JULINK ON util_log.log_id = JULINK.log_id LEFT OUTER JOIN
            aaMES40.MESDB.dbo.item item WITH (NOLOCK) ON JULINK.item_id = item.item_id INNER JOIN
            aaMES40.MESDB.dbo.shift shift WITH (NOLOCK) ON util_log.shift_id = shift.shift_id INNER JOIN
            aaMES40.MESDB.dbo.util_state util_state WITH (NOLOCK) ON util_log.state_cd = util_state.state_cd INNER JOIN
            aaMES40.MESDB.dbo.util_reas util_reas WITH (NOLOCK) ON util_log.reas_cd = util_reas.reas_cd INNER JOIN
            aaMES40.MESDB.dbo.util_reas_grp WITH (NOLOCK) ON util_reas.reas_grp_id = util_reas_grp.reas_grp_id
```