



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

MECHANIKOS FAKULTETAS

MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Karolis Tručinskas

**LAZERINIO PJOVIMO IR VALCAVIMO OPERACINIŲ LAIKŲ ANALIZĖ
NAUDOJANT PROGRAMĄ „MONITOR“
ANALYSIS OF LASER CUTTING AND ROLLING OPERATIONAL TIMES
BY USING "MONITOR" SOFTWARE**

Baigiamasis magistro darbas

PRAMONĖS INŽINERIJOS studijų programa, valstybinis kodas 621H77001

Pramonės technologijos specializacija

Gamybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2015

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

MECHANIKOS FAKULTETAS

MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Mindaugas Jurevičius
(Vardas, pavardė)

(Data)

Karolis Tručinskas

**LAZERINIO PJOVIMO IR VALCAVIMO OPERACINIŲ LAIKŲ
ANALIZĖ NAUDOJANT PROGRAMĄ „MONITOR“
ANALYSIS OF LASER CUTTING AND ROLLING OPERATIONAL
TIMES BY USING "MONITOR" SOFTWARE**

Baigiamasis magistro darbas

PRAMONĖS INŽINERIJOS studijų programa, valstybinis kodas 621H77001

Pramonės technologijos specializacija

Gamybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

prof. dr. Mindaugas Jurevičius _____
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Lietuvių kalbos konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2015

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Gamybos inžinerijos studijų kryptis

Pramonės inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H77001

Pramonės technologijos specializacija

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

____Mindaugas Jurevičius____

(Vardas, pavardė)

(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO

UŽDUOTIS

.....Nr.

Vilnius

Studentui (ei) Karoliui Tručinskui.....

(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema:.....**Lazerinio pjovimo ir valcavimo operacinių laikų analizė naudojant programą „Monitor“**.....

patvirtinta 2013 m. lapkričio 12 d. dekanų potvarkiu Nr. 269me

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2015m. birželio 1d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

....Ištirti verslo valdymo sistemų atsiradimo priežastis, ištirti verslo valdymo sistemų galimybes, privalumus ir trūkumus. Susipažinti su programos „Monitor ERP“ operacinių laikų skaičiavimo metodika. Palyginti atskirų detalių operacinius laikus, apskaičiuotus programa „Monitor ERP“ ir realius chronometruotus operacinius laikus įmonėje UAB „Arginta Engineering“. Apskaičiuoti ir nustatyti parametrus programai „Monitor ERP“ koreguoti pagal įmonės specifiką. Pateikti išvadas ir rekomendacijas.....

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

.....
.....

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas

(Parašas)

.....prof. dr. Mindaugas Jurevičius.....

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(Parašas)

.....Karolis Tručinskas.....

(Vardas, pavardė)

.....

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Mechanikos fakultetas
Mechanikos inžinerijos katedra

ISBN
Egz. sk.
Data-.....-..... ISSN

Antrosios pakopos studijų **Pramonės inžinerijos** programos magistro baigiamasis darbas 4
Pavadinimas **Lazerinio pjovimo ir valcavimo operacinių laikų analizė naudojant programą "Monitor"**
Autorius **Karolis Tručinskas**
Vadovas **prof. dr. Mindaugas Jurevičius**

Kalba:
lietuvių

Anotacija

Šiame darbe yra analizuojami operaciniai laikai apskaičiuoti programa „Monitor ERP“ ir chronometruoti realūs operaciniai laikai sugaišti detalėms pagaminti įmonėje „Arginta Engineering“. Blogai apskaičiuoti operaciniai laikai programoje „Monitor ERP“ padidina gaminių savikainą, neišnaudoja įrenginių galimybių ir taip įmonė „Arginta Engineering“ tampa mažiau konkurencinga. Laikų analizei yra pasirinkti du darbo centrai kuriuose yra analizuojami realūs chronometruoti operaciniai laikai ir laikai apskaičiuoti programa „Monitor ERP“. Analizuojama buvo CNC lazerinio pjovimo darbo centras ir lakštų valcavimo darbo centras. Operacinių laikų analizė parodė, kad operaciniai laikai apskaičiuoti programa „Monitor ERP“ dažnai nesutampa su realiai chronometruotais operaciniais laikais. Norint sužinoti koregavimo koeficientus programoje „Monitor ERP“, buvo apskaičiuotos nuokrypių centro grupavimo reikšmės. Įvedus nuokrypių centro grupavimo reikšmes į „Monitor ERP“ gauti realesni operacinių laikų rezultatai. Išanalizavus operacinių laikų rezultatus baigiamajame darbe patiekiamos išvados ir pasiūlymai.

Darbas susideda iš: 55 puslapių teksto be priedų, 34 paveikslėliai, 10 lentelių, 18 literatūros šaltinių.

Su priedais.

Prasminiai žodžiai: operaciniai laikai, Monitor, ERP, CNC lazerinis pjovimas, valcavimas

Vilnius Gediminas Technical University Faculty of Mechanics Department of Mechanical Engineering	ISBN _____ ISSN _____ Copies No. Date-.....-.....
--	--

Master Degree Studies Title Author Academic supervisor	Industrial Engineering study programme Master Graduation Thesis 4 Analysis of Laser Cutting and Rolling Operational Times by Using "Monitor" Software Karolis Tručinskas Prof Dr Mindaugas Jurevičius
---	--

Thesis language:
 Lithuanian

Annotation	This paper presents the analysis of operational time spans spent to produce metal parts at „Arginta Engineering” factory which were calculated by „Monitor ERP” software compared to the actual operational time spans calculated with a chronometer. The operational time spans which are calculated incorrectly by the „Monitor ERP” software cause the growth of prime cost of the products, failure of exploiting the full potential of production equipment, resulting to „Arginta Engineering” company becoming less competitive. Two production centers were chosen to conduct the analysis of the time spans, where the observation and documentation of the actual time spans and those calculated by „Monitor ERP” took place. The production centers that were chosen are CNC laser cutting and rolling manufactures. The analysis of the operational time spans has shown that the time spans calculated by the „Monitor ERP” software often fluctuate from the actual time spans observed with aa chronometer. In order to find out the correctional rates in the software, the fluctuation center grouping values were calculated. After inputting the fluctuation center grouping values into the software more precise and realistic results were obtained. Analysis of the results is completed with conclusions and further recommendations for the application are presented. Thesis consist of: 55 p. text without appendices, 34 pictures, 10 tables, 18 bibliographical entries. Appendices included.
-------------------	--

Keywords: operational time spans, Monitor, ERP, CNC laser cut, rolling

TURINYS

PAVEIKLĖLIŲ SĄRAŠAS	7
LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
SANTRUMPOS	10
ĮVADAS	11
1. GAMYBOS VALDYMO SISTEMOS	15
1.1. Resursų valdymo sistemos	16
1.2. ERP sistemos	18
1.3. „ERP 2“ sistemos analizė	20
1.4. Statistika	21
1.5. Gamybos planavimo sistemų funkcijos	23
1.6. Gamybos planavimo sistemų integravimo priežastys	24
1.7. Programa „Monitor ERP“	25
2. PROBLEMOS APIBŪDINIMAS, DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI	29
2.1. UAB „Arginta Engineering“ gamybos planavimas programa „Monitor ERP“	29
2.2. Operacinių laikų skaičiavimo metodika programa „Monitor ERP“	31
2.3. Laikų skaičiavimas CNC lazeriniam pjovimui naudojant papildomas programas	35
3. OPERACINIO LAIKO NORMOS ELEMENTŲ NUSTATYMAS	38
3.1. Pagrindinio laiko normavimas	39
3.2. Pagalbinio laiko normavimas	40
3.3. Sprendimo modelio sudarymas	41
4. TYRIMŲ METODIKA IR REZULTATAI	43
4.1. Lazerinio CNC pjovimo darbo centro operacinių laikų tyrimo rezultatai	44
4.2. Valcavimo darbo centro operacinių laikų tyrimo rezultatai	48
4.3. Rezultatų analizė	52
4.4. Rezultatų aptarimas	62
IŠVADOS PASIŪLYMAI	63
LITERATŪRA	64
PRIEDAI	66

PAVEIKLĖLIŲ SĄRAŠAS

1. pav. CNC lazerinio pjovimo staklės „Bystronic“ .	12
2. pav. Lakštų valcavimo staklės.....	12
1.1 pav. Holerito kortelių žymėjimo įrenginys	15
1.2 pav. Hermanas Holeritas	15
1.3 pav. Brūkšintis kodas	15
1.4 pav. Brūkšninio kodo nuskaitymo įrenginys.....	16
1.5 pav. „APICS“ logotipas	16
1.6 pav. „IBM 650“ kompiuteris.....	16
1.7 pav. „J. I. Case Tractors“ tuometinė produkcija	16
1.8 pav. Pirmosios „MRP“ sistemos atliekamos užduotys	17
1.9 pav. „MRP“ sistemos principas	17
1.10 pav. „MRP 2“ sistema	17
1.11 pav. „SAP“ sistema	18
1.12 pav. „ERP“ sistema	18
1.13 pav. „ERP 2“ sistema	19
1.14 pav. „ERP“ sistemų naudojimas įmonėse procentais 2014 m.....	19
1.15 pav. „ERP 2“ ir „ERP“ sistemos sąryšis	22
1.16 pav. „ERP“ sistemos schema	27
2.1 pav. Lazerinio CNC pjovimo operacinio laiko skaičiavimo langas programoje „Monitor ERP“ ...	31
2.2 pav. Valcavimo darbo centro operacinio laiko skaičiavimo langas programoje „Monitor ERP“	31
2.3 pav. „Monitor ERP“ technologijos aprašymo langas.....	32
2.4 pav. Eilės laiko įvedimas programoje „Monitor ERP“	33
2.5 pav. Technologijos langas „Monitor ERP“	33
2.6 pav. Technologinės sąlygos	34
2.7 pav. „PJ“ skaičiuoklės programa.....	35
2.8 pav. Pagalbinė skaičiuoklė	36
2.9 pav. Papildomas pjovimo ilgis	37
2.10 pav. Pjovimo ilgis	37
4.1 pav. Realiojo laiko, ir laiko, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“, lyginamoji diagrama.	47
4.2 pav. Realiojo laiko, ir laiko, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“, lyginamoji diagrama.	51
4.3 pav. Lazerinio CNC pjovimo operacinių laiko santykių pasiskirstymo diagrama.....	53
4.4 pav. Valcavimo operacinių laiko santykių pasiskirstymo diagrama.....	54

4.5 pav. Lazerinio CNC pjovimo darbo centro operaciniai laikų rezultatai patobulinus programa „Monitor ERP“	58
4.6 pav. Valcavimo darbo centro operaciniai laikų rezultatai patobulinus programa „Monitor ERP“	61

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė.	„ERP“ sistemos naudotojų ir nenaudojančių įmonių parametrai	21
1.2 lentelė.	„ERP 2“ sistemos pranašumas prieš „ERP“	22
3.1 lentelė.	Duomenims suvesti skirta lentelė	42
4.1 lentelė.	Detalės valcavimo operacijos operacinis laikas	43
4.2 lentelė.	Lazerinio CNC pjovimo operacinių laikų tyrimo rezultatai.....	44
4.3 lentelė.	Valcavimo darbo centro operacinių laikų tyrimo rezultatai	48
4.4 lentelė.	Lazerinio CNC pjovimo operacinių laikų tyrimo rezultatų apdorojimo lentelė.....	52
4.5 lentelė.	Valcavimo operacinių laikų tyrimo rezultatų apdorojimo lentelė.....	53
4.6 lentelė.	Lazerinio CNC pjovimo darbo centro operaciniai laikų rezultatai patobulinus programa „Monitor ERP“	54
4.7 lentelė.	Valcavimo darbo centro operacinių laikų rezultatai patobulinti programa „Monitor ERP“	58

SANTRUMPOS

APICS – American Production and Inventory Control Society (Amerikos gamybos ir atsargų valdymo organizacija);

BOM – Bill of Materials (medžiagų specifikacija);

BOMP – Bill of Material Processor (medžiagų specifikacijos procesorius);

CNC – Computer Numerical Control (kompiuterizuotas staklių valdymas);

CRP – Capacity Requirements Planning (reikalaujamų pajėgumų planavimas);

ERP – Enterprise Resource Planning (verslo valdymo sistema);

LEAN – Lean Manufacturing (Lean gamyba);

MRP – Material Requirements Planning (medžiagų poreikio planavimo sistema);

MPS – Master Production Schedule (pagrindinis gamybos planas);

SAP – Systems Applications and Products in Data Processing (duomenų apdorojimo sistemos, programos ir produktai);

UPC – Universal Product Code (universalus produktų kodas);

WEB – World Wide Web (žiniatinklis).

IVADAS

Verslo valdymo sistemos yra daugumos didelių ir vidutinių įmonių informacinių duomenų centre. Išsiplėtusi metalo gamybos įmonė UAB „Arginta Engineering“ sėkmingai įdiegė švedišką gamybos valdymo sistemą „Monitor ERP“. UAB „Arginta Engineering“ pirmoji Lietuvoje įdiegė šią sistemą ir sėkmingai naudoja vis daugiau šios sistemos galimybių. Panaudojus gamybos valdymo sistemą „Monitor ERP“ pasikeitė gamybos organizavimas ir pardavimų valdymo metodai. Žymiai tiksliau, išsamiau ir greičiau galima analizuoti gamybos bei pardavimų proceso rodiklius: parduodamų gaminių savikainą, pardavimų statistiką, gamybos laikus ar būsimą savikainą, taip pat valdyti bei stebėti gamybą. Šios sistemos įdiegimas UAB „Arginta Engineering“ padėjo įmonei pritraukti daug užsakovų iš Skandinavijos šalių, Olandijos, Šveicarijos. „Monitor ERP“ procesiniai veiksmai yra suderinti su kokybės vadybos sistemos standarto reikalavimais.

Pagrindinis sistemos „Monitor ERP“ darbas yra suregistruoti gamyboje naudojamas medžiagas ir realiu laiku sekti jų kiekį bei kuo tiksliau apskaičiuoti detalių apdirbimo laikus. Gavus užsakymą reikalingi duomenys įvedami į programą, kuri pati planuoja, kiek ir kokių medžiagų reikia užsakymui atlikti, ar tos medžiagos yra sandėlyje, kokių ir kada medžiagų reiks ateityje. Programa pati planuoja, kada ir kokį gaminį pradėti gaminti, kokią operacijų seką atlikti. Ji dar prieš pradedant gamybą „parodo“, kada gaminys bus pagamintas, taip optimizuojant gamybos cecho darbą. Kiekvienas operatorius gauna suplanuotus darbų sąrašus ir taip optimizuoja darbo centro darbą. Kiekvienas darbas yra registruojamas darbo centro operatoriaus, taip galima nustatyti ar darbo centras atitinka darbo laiko normas.

Darbo pagrindinis tikslas sukurti skaičiavimo modelį, kurį naudojant būtų galima apskaičiuoti „Monitor ERP“ sistemos laikų skaičiavimo CNC lazeriniam pjovimui ir valcavimui netikslumo faktorius. Apskaičiavus koregavimo faktorių juo koreguoti sistemą „Monitor ERP“, taip siekiant užtikrinti tikslesnį laikų apskaičiavimą gamybos centrams: lazerinio CNC pjovimo staklėms, lakštų valcavimo staklėms.

Tai lanksti programa, kuri, atsiradus naujiems gamybiniam centrums, sugeba juos užregistruoti ir pritaikyti prie įmonės poreikių: koks įrangos našumas, kiek pamainų dirbs, koks tikslumas ir kitus duomenis. Inžinieriai-technologai numato, kuriuos naujus darbo centrus naudos, o kompiuterinė programa suformuoja naujus gamybos procesus.

Tyrimo objektas

Darbo tyrimo objektas – lazerinio CNC pjovimo darbo centras ir lakštų valcavimo darbo centras.



1. pav. CNC lazerinio pjovimo staklės „Bystronic“



2. pav. Lakštų valcavimo staklės

Darbo tikslas ir uždaviniai

Pagrindinis darbo tikslas yra ištirti ir palyginti gamybos operacinius laikus, apskaičiuotus programa „Monitor“, ir realius laikus, tenkančius detalei ar gaminiui pagaminti UAB „Arginta Engineering“ bei atitinkamai koreguoti programą „Monitor ERP“, kad būtų tikslesnis operacinių laikų skaičiavimas.

Darbo tikslui pasiekti iškelti tokie uždaviniai:

- Iširti verslo valdymo sistemų atsiradimo priežastis ir funkcijas.
- Apžvelgti programos „Monitor ERP“ operacinių laikų skaičiavimo metodiką.
- Išanalizuoti atskirų detalių operacinių laikų, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“, ir realių laikų, tenkančių detalei ar gaminiui pagaminti, atitikimą.
- Apskaičiuoti ir nustatyti parametrus programai „Monitor ERP“ koreguoti.
- Suformuluoti išvadas ir rekomendacijas.

Darbo naujumas

Darbo naujumas pasireiškia tuo, kad gamybos įmonėje, gaminančioje nestandartinius gaminius, laikui bėgant dėl tam tikrų objektyvių arba neobjektyvių priežasčių atsiranda operacinių laikų nuokrypiai. Norint juos pastebėti ir įvertinti būtina atlikti tyrimus ir taip didinti gamybos efektyvumą tam, kad būtų sumažinta gaminių savikaina.

Temos aktualumas

Ši tema yra aktuali, nes augant konkurencijai tarp gamybos įmonių, konkuruoti galima tik su darbo įkainiais, kadangi dauguma įmonių medžiagas perka iš tų pačių tiekėjų už vienodas kainas. Taigi, jeigu konkurencinė įmonė kažkokį gaminį pagamina per 1 valandą, tai UAB „Arginta Engineering“ tokį patį gaminį turi pagaminti per 0,9 valandos.

Tyrimo metodai

Chronometruojami operaciniai laikai darbo centruose: lazerinio CNC pjovimo, lakštų valcavimo. Tyrimams paimta po 100 detalių, gaminamų kiekviename darbo centre. Sulyginami chronometruoti realūs operaciniai laikai ir laikai, apskaičiuoti programa „Monitor ERP“

Darbo mokslinė vertė

Šiame magistro baigiamajame darbe yra sukurama darbo centrų: lazerinio CNC pjovimo ir lakštų valcavimo, operacinių laikų apskaičiuotų programa „Monitor ERP“ ir realių laikų atitikimo metodika. Paruošta programa apskaičiuojanti programos „Monitor ERP“ koregavimo koeficientus.

Darbas buvo atliktas naudojant 18 literatūros šaltinių, iš kurių 8 yra mokslinio pobūdžio literatūros leidiniai ir 10 internetinių šaltinių.

Darbo aprobacija

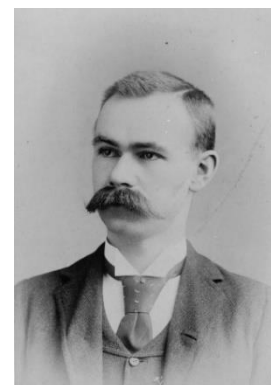
Magistro darbo atliktų tyrimų metodika ir rezultatai buvo paskelbti straipsnyje „Lazerinio CNC pjovimo ir lakštų valcavimo operacinių laikų analizė naudojant programą „Monitor ERP“ bei skaitytas pranešimas jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“, Vilniuje, 2015 metais (1 priedas).

1. GAMYBOS VALDYMO SISTEMOS

Prieš pramonės revoliuciją darbuotojai turėjo registruoti ir užrašinėti ranka ant popieriaus visus produktus, kuriuos parduodavo. Tai vykdavo kiekvieną dieną ir tai buvo labai neefektyvu, nes pagal savo užrašus darbuotojai turėdavo užsakinėti prekes į sandėlius ir numatyti būsimus prekių užsakymus pasikliaujant tik nuojauta. Tai buvo ne tik, kad nenašu, bet ir labai netikslu, nes viskas priklausė nuo prekes registravusio žmogaus gabumų ir jo susikurtos sistemos.

Sunkiai buvo susekamos dingusios ar pavogtos prekės, nes norint tai sužinoti reikėdavo viską perskaičiuoti ir inventorizuoti. Dėl tos pačios priežasties būdavo sunku tiksliai pasakyti, kiek sandėlyje yra prekių, trūko registravimo sistemos. Norint parduoti didesnę kiekį prekių reikėdavo jas skaičiuoti ir tik tada patvirtinti, kad prekių kiekis sandėlyje yra pakankamas. Tačiau tuo metu daugiau nieko nebuvo sukurta ir produktų sekimas buvo vykdomas pagal kiekvieno susigalvotas taisykles.

1889-aisiais Hermanas Holeritas (Herman Hollerith) išrado metodą, kuris pirmą kartą perkėlė duomenų fiksavimą į mašininį lygį. Jis sukūrė popieriaus korteles, kuriose buvo iškertamos skylutės, o jas galėjo perskaityti mašina. Naudojant ant popieriaus lapo iškertamas mažas skylutes tam tikromis kombinacijomis, žmonės galėjo įrašyti nesudėtingus duomenis: gyventojų surašymą ar atžymas darbe. Tai buvo pirmasis žingsnis į kompiuterių sukūrimą, kurie gali skaityti duomenis iš mažų mikroschemų. Vėliau jo sukurta kompanija tapo pirmąja kompiuterių kompanija „IBM“.



1.1 pav. Hermanas Holeritas



1.2 pav. Holerito kortelių žymėjimo įrenginys

1930-aisiais Hermano Holerito išradimu pasinaudojo Harvardo universiteto mokslininkai ir sukūrė iškertamų kortelių sistemą verslui. Naudojant šią sistemą įmonės galėjo ne tik pasakyti, kuris produktas buvo užsakytas, bet galėjo registruoti inventorių arba pardavimo duomenis kortelėse, kuriose buvo registruojami klientams ir įmonei naudingi duomenys. Vis tik Harvardo mokslininkų sukurta sistema kainavo per daug ir buvo per daug lėta, kad galėtų konkuruoti su didėjančiais naujais verslo siekiais ir iššūkiais.



1.3 pav. Brūkšninis kodas

Praėjus beveik trisdešimčiai metų po pirmos inventoriaus fiksavimo sistemos pasirodymo verslui, 1960-aisiais grupė prekeivių, daugiausiai maisto prekių pardavėjų, susijungė ir sukūrė naują metodą sekti prekėms — brūkšninį kodą. Pradžioje buvo keli konkuruojantys brūkšninių kodų tipai, bet vėliau jie standartizuoti. 1974 metais buvo priimtas „UPC“ standartas, dar ir dabar tai vienas

plačiausiai naudojamų standartų pasaulyje. 1974 metais buvo priimtas UPC standartas, dar ir dabar tai vienas labiausiai naudojamų standartų pasaulyje.

Pagrindine „UPC“ standarto išpopuliarėjimo priežastimi tapo atpigę galingi kompiuteriai. Todėl jau 1990-tųjų viduryje kompanijos pradėjo eksperimentuoti su inventoriaus valdymo programomis, kurios galėtų registruoti gaminių srautus tada, kai gaminys yra nuskanuojamas išvežimo ar įvežimo į sandėlį metu. Visgi ši technologija tapo progresyvia tik 2000-ųjų pradžioje. Šiuo metu net ir mažiausia ar vidutinio dydžio įmonė gali pasirinkti šias sistemas pagal poreikius.



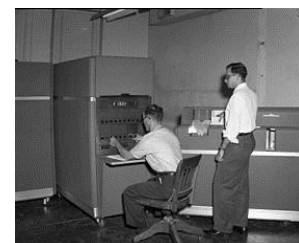
1.4 pav.
Brūkšninio kodo
nuskaitymo
įrenginys

Seniau inventoriaus valdymo programos buvo per brangios dėl kompiuterinės technikos kainos, bet tik jiems atpigus net ir mažos įmonės galėjo pajusti šių sistemų naudą.

1.1. Resursų valdymo sistemos

Lygiagrečiai su inventoriaus valdymo sistemomis evoliucionavo ir resursų valdymo sistemos. Todėl kita glaudžiai susijusi sistema yra skirta resursų valdymui. Nors jau buvo dalinai veikiančios inventoriaus valdymo sistemos, tačiau visi žinojo, kad jos nepakankamai universalios ir nėra skirtos pramonės įmonėms, kuriose yra dideli duomenų kiekiai: medžiagų, detalių, planavimo duomenys. Todėl apžvelgsime dar vieną sistemą, kurią dar galime vadinti gamybos resursų valdymo sistema.

Šios sistemos šaknis galima užčiuopti 1950-aisiais, kai kompanija „MAYTAG“ sukūrė sistemą, skirtą saugoti surinkimo mazgų sisteminius planus. Jie buvo saugomi „IBM 650“ sistemos magnetiniame būgne. Ši sistema „MAYTAG“ pradėjo projektavimo laiką sutrumpinti keliais mėnesiais. Ji medžiagų kortą (BOM) sugebėjo perkelti į mašiną. Tai buvo pirmieji žingsniai bandyti nukopijuoti medžiagų kortą (BOM) ir inventoriaus sąrašus.



1.5 pav. „IBM 650“
kompiuteris



1.6 pav. „APICS“
logotipas

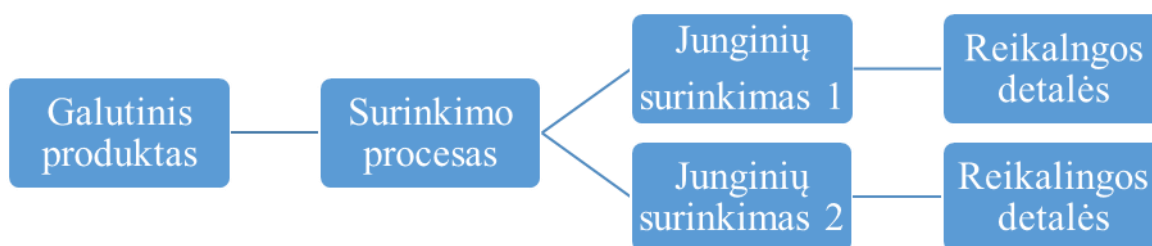
Paraleliai „MYTAG“ sistemai 1957 m. įsikūrė organizacija „APICS“ (nepelno siekianti organizacija skirta padidinti darbo vietos našumą). Sukurta „APICS“ suprato mokslo ir profesionalų bendruomenės sujungimo naudą, „IBM“ finansavimas šiai organizacijai suteikė pastovų finansavimą, todėl organizacija buvo pasiruošusi valdyti ateinančių naujų sistemų atėjimą į rinką. Vėliau „APICS“ tapo atpažįstama ir autoritetinga gamybos valdymo sistemų sertifikavimo organizacija, kuri veikia iki dabar.



1.7 pav. „J. I. Case
Tractors“ tuometinė
produkcija

1960-ųjų pradžioje atsirado „MRP“ sistemos pagrindai. 1960-aisias Džiozefas Orlickis (Joseph Orlicky) sukūrė pirmą gamybos planavimo sistemą, kurią naudojo kompanija „J. I. Case Tractors“. Ateinančiais metais Džynas Tomasas (Gene Thomas) išrado medžiagų kortos procesorių (BOMP). Su šiuo išradimu gamintojai perkėlė medžiagų kortas į kompiuterius pirmą kartą. „BOMP“ tapo „MRP“ paketo pradžia.

1965-aisiai gimė „MRP“. Tuo metu Džiozefas Orlickis (Joseph Orlicky) ir Džynas Tomasas (Gene Thomas) dirbo prie „BOMP“, kad galėtų sujungti planavimo ir pirkimo planus ir jiems tai pavyko. „MRP“ tapo pagrindiniu lūžiu planuojant resursus, programuotajai šioje sistemoje buvo apriboti 8bit atmintimi. Programų kūrėjai greitai pastebėjo šį sistemos trūkumą, kuris buvo vienintelė problema, trukdanti šią sistemą naudoti sudėtingiems uždaviniams.

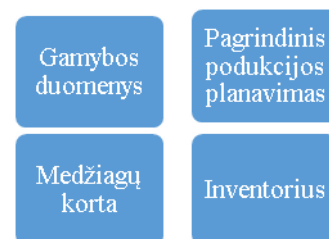


1.8 pav. Pirmosios „MRP“ sistemos atliekamos užduotys

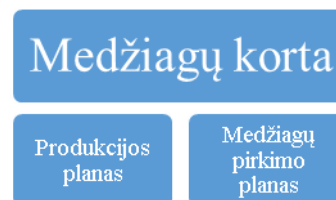
1970-aisiais „APICS“ pradėjo kampaniją dėl „MRP“ naudojimo. „APICS“ surengė nacionalinę programą, kuri turėjo pradėti „MRP“ mokymus ir šitos sistemos reklamavimą, ši programa veikė nuo 1971-ųjų iki 1975-ųjų metų. Po šios programos įmonių, naudojančių „MRP“, skaičius nuo 150 pakito iki 700. Tuo metu „MRP“ į sistemos vidų įtraukė pardavimus ir operacijų planavimą, todėl dabar prekybos organizavimas ir pajėgumų planavimas tapo uždaru ratu.

Pamačius tikrą naudą 1975-aisiais metais sistema tapo komerciniu produktu. „MRP“ pradėjo savo darbą kaip pirma komercinė tinklinė duomenų pasikeitimo programa. Tais pačiais metais Džiozefo Orlickio (Joseph Orlicky) buvo publikuotas medžiagų gamybos planavimo sistemos aprašymas apie tai, ką „MRP“ sistema gali ir kaip ji veikia. Tai buvo postūmis, kurio trūko masiniam šios sistemos naudojimui.

„MRP“ sistemos tobulėjimas tuo nesustojo ir jau 1978-aisiais metais sistema persikėlė į mažus kompiuterius. Mažų kompiuterių atsiradimas pasiūlė pigesnius skaičiavimo metodus su daugiau galios. „IBM“ atsiskyrė nuo „APICS“ ir tapo „MAPICS“, kuri sukūrė „system/34“ ir „system/38“ kompiuterių linijas. Tuo pačiu metu programų kūrėjas „ASK“ išleido programą „Manman“ skirtą „HP“ mini



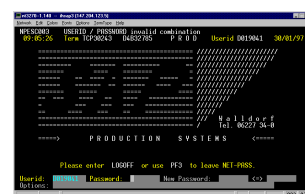
1.9 pav. „MRP“ sistemos principas



1.10 pav. „MRP 2“ sistema

kompiuteriams. „Manman“ tapo sėkmingu produktu ir „ASK“ programa greitai tapo dominuojančia.

Nors 1980-aisiais „MRP“ įrodė savo naudingumą, tačiau gamintojai pastebėjo, kad dažni pasikeitimai pardavimuose ir jų planavimas sumažina galimybę efektyviai planuoti. Produkcijos kiekis dažnai nesutapdavo su reikalaujama, todėl atsirado patobulinta sistema „MRP 2“. Naujo tipo sistema „MRP 2“ galėjo įtraukti daugiau duomenų: sujungti medžiagų planavimą pagal finansus, patalpas ir žmones.



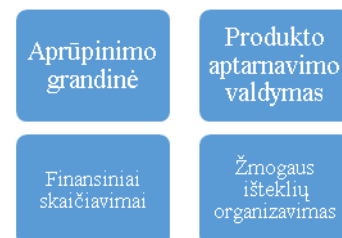
1.11 pav. „SAP“ sistema

Pagaliau „MRP 2“ sistema pradėjo veikti, bet tai nebuvo vienintelis tokio tipo gaminys. Taigi 1986-aisiais metais į Amerikos rinką atėjo ilgai Europos rinkoje buvęs „SAP“. „SAP“ tapo jėga siūlančia „R/2“ universalų kompiuterį. „MRP 2“ universalumas sustojo tada, kai programos perėjo į personalinius kompiuterius ar klientų serverius. Kadangi „SAP“ kaip tik jiems buvo skirta „R/2“ programa greitai tapo lydere.

1.2. ERP sistemos

1990-aisiais metais „ERP“ galutinai nukonkuravo „MRP“ ir „MRP 2“ sistemas bei kitas programas: produkto ilgaamžiškumo valdymas, tiekimo grandinės valdymas, logistika, pardavimų valdymas, užsakymų vykdymas, finansinių ir žmogaus resursų ištekliai — visa tai šiandien sujungia „ERP“. (2)

1992-aisiais „SAP“ programa persikėlė į kliento serverius. Ši programa gavo pavadinimą „R/3“. „R/3“ tapo visai kitaip veikiančia sistema, kurios valdymas ir priežiūra kardinaliai pasikeitė. Daugelis programų kūrėjų kompanijų pardėjo kurti savo programas klientų serverių programoms patobulinti ir valdyti. 1994-aisiais atsirado spraga ir poreikis pažengusiam planavimui ir organizavimui.



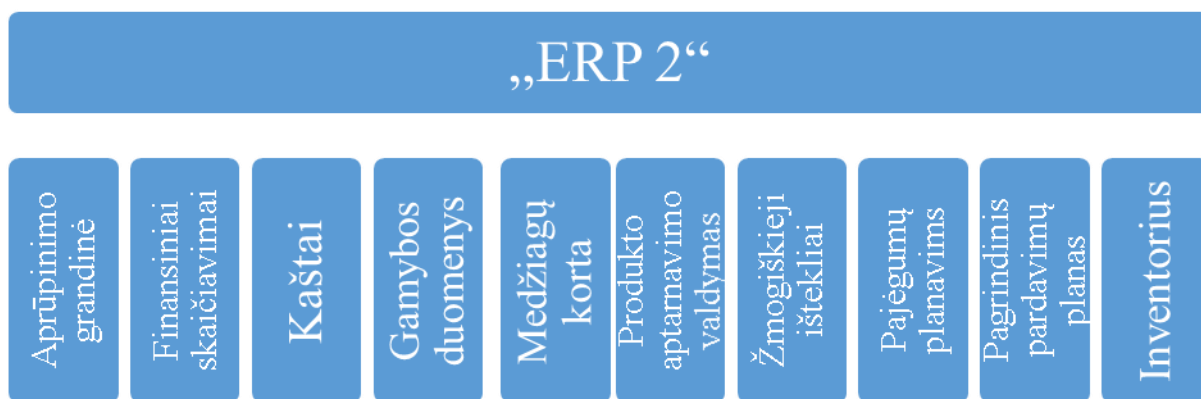
1.12 pav. „ERP“ sistema

Atsirandantys vis didesni kompiuterių pajėgumai pasiūlė naujoms kompanijoms įsiliesti į šią rinką. Atsiradusios novatoriškos kompanijos „i2 technologies“ ir „Manugistics“ pristatė pažengusio planavimo ir organizavimo sistemą „ASP“. „ASP“ galėjo pasiūlyti atminties valdymą ir taip naudoti sudėtingesnius algoritmus planavimui, kurie darytų įtaką tiekimo grandinėms. Populiarūs „IPOS“, „ITWO“ ir „MANU“ parodė kelią kitoms naujoms kompanijoms, tokioms kaip „PeopleSOFT“ ir „JD Edwards“ arba mažesniems „APS“ kūrėjams „Red Pepper“ ir „Numetrix“.

Taip pat 1990-ųjų pabaigoje „ERP“ sistemos pradėjo naudotis „LEAN“ teikiama nauda. Atsirado nuomonė, kad daugybė pasiūlymų gali nuvesti toliau, pažangumo link, ir padėti sutaupyti daugiau pinigų. „LEAN“ tapo populiarius. 1998-aisiais atsirado kompanijos „Factory Logic“ ir

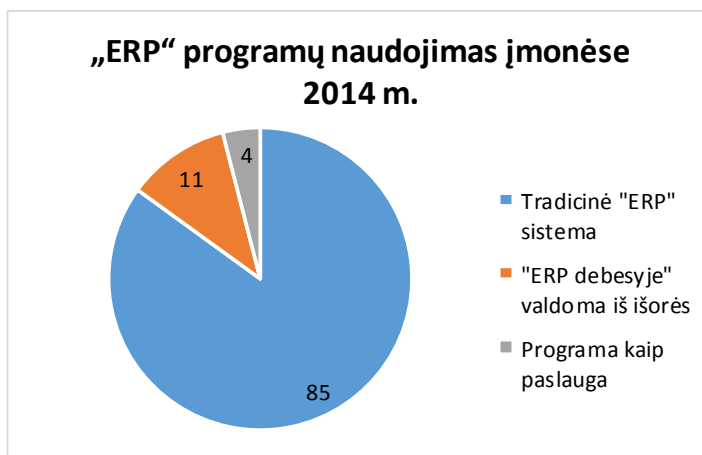
„JCIT Demand“. Pagrindinis šių kompanijų tikslas buvo kuo tiksliau atlikti skaičiavimus „ERP“ programomis.

2000-aisiais su „ERP“ iškilo problema, nes atsirado interneto puslapiai, kurie dirbo serveriuose. Atsirado naršyklės, todėl reikėjo pasiūlyti kažką naujo. Taip pat atsirado kompiuteriai naudojantys tik interneto tinklą. Pagal interneto logiką duomenys ir programa turėjo būti interneto duomenų centre, o kiti vartotojai prisijungtų prie šios programos per naršykles. Tai yra didelis pranašumas efektyvume, išlaikymo kaštuose ir lengvame valdyme. Programų kūrėjai buvo priversti daug ką permąstyti ir pasiūlyti naujus produktus, kaip jie tai padarė atsiradus duomenų centrams, kuomet buvo pasiūlyti analogai darbinėms stotims.



1.13 pav. „ERP 2“ sistema

Jau 2001-aisiais „ERP“ populiarumas pradėjo mažėti dėl įdiegimo ir valdymo sudėtingumo. Tais pačiais metais, kol dar „ERP“ sistema nebuvo persikėlusi į „WEB“ aplinką, Amerikiečių kompanija „PLEX systems“ sukūrė programą, naudojančią „WEB“ architektūrą (tokia ji buvo vienintelė). Kompanija pradėjo nuo taškinių sričių ir dirbo tol, kol pasiekė pilną „ERP“ sistemos funkcionalumą. Daugelis galvojo kad tokia sistema negali veikti „WEB“ aplinkoje, tačiau „PLEX“ įrodė, kad tai veikia.



1.14 pav. „ERP“ sistemų naudojimas įmonėse procentais 2014 m.

2014-iasiais vėl įvyko lūžis „ERP“ sistemose, nes gamybos valdymo sistemas buvo pradėta perkėlinėti į „Debesis“.

1.3. „ERP 2“ sistemos analizė

Trūkumai:

- sistemos kaina yra didelė ir nepriklauso nuo to, kiek jos resursų yra išnaudojama. Taigi mažoms įmonėms jos tampa per brangios;
- kadangi programos yra paremtos pagal statistinės kompanijos modelį, esant kitokiam gamybos stiliui reikalingas brangus programos priedų kūrimas arba reikalaujama papildomo darbo kitomis programomis;
- dėl didelės sistemos apimties maži pakeitimai gali užtrukti, nes visos dalys turi į juos sureaguoti;
- esant nestandartiniam sprendimams gamyboje reikalingi papildomi žmogiškieji ištekliai jiems įgyvendinti, nes programoje tai nebuvo numatyta;
- reikalingas tikslus kiekvieno vartotojo darbas. Kitaip sistema neveiks;
- sudėtingas apmokymų procesas, nes sistemos, kurios gaminamos masiškai, turi parengtas instrukcijas. Šiose sistemos yra pritaikomos pagal įmones, todėl kiekvienoje įmonėje turi būti vis kitoks mokymo procesas, kuris būtų paremtas įmonės vidine politika;
- sunkus darbuotojų perorientavimas dėl to, kad dažnai naudotojas prisitaiko prie programos, o ne programa prie vartotojo;
- sudėtingas konfigūravimas;
- nepriklausomo verslo sukūrimas su „ERP“ gali priversti prie nenumatytų priklausomybių.

Kodėl įmonės nesirenka „ERP“ sistemos:

- įmonės per mažos;
- programos kaina ir aptarnavimas yra per dideli;
- galima išsiversti be šios sistemos, nes įmonės galėjo dirbti be jos anksčiau;
- žvilgsnis į ateitį yra toks, kad įmonėms nereikia pokyčių;
- neturi galimybių jos įdiegti (vidinės bėdos);
- dažnai besikeičianti įmonės veikla;
- prisitaikant prie sistemos reiktų keisti įmonės struktūrą.

1.4. Statistika

1.1 lentelė. „ERP“ sistemos naudotojų ir nenaudojančių įmonių parametrai.

	„ERP“	Vidurkis	Be „ERP“
Dienos reikalingos uždaryti mėnesį	5.1 %	4.9 %	5.9 %
Dienos kai būna neapmokėti pardavimai	41.8 %	41.7 %	43.3 %
Įmonės operacijų išaugimas per 2 metus	12 %	11 %	10 %
Sprendimams priimti skirto laiko sumažėjimas per metus	18 %	15 %	10 %
Inventorizacijos tikslumas	94 %	95 %	85 %
Laikas dienomis kol įvykdomas užsakymo ciklas	4.2 %	3.8 %	6.4 %
Klientų išlaikymas	86 %	85 %	82 %

Pagal šiuos duomenis matome, kad įmonės, naudojančios „ERP“, beveik visose srityse pirmuoja, tačiau tai daugiausia priklauso nuo šios sistemos pritaikymo įmonėje. Kuomet tai atliekama gerai, operaciniai laikai įmonėse sumažėja net dvigubai dėl greito informacijos srauto perskaitymo ir įvykdymo. Pagrindinis šios sistemos privalumas – apskaitos tikslumas, bet tam reikalingi sistemos operatoriai, kurie tiksliai tai atliktų: kitu atveju atsiranda netikslumai. Tai daro didelę įtaką „ERP“ statistiniams rodikliams.

Vienas iš didžiausių „ERP“ sistemos privalumų – klientų pasitikėjimas, nes įmonės naudojančios „ERP“ sistemas investuoja į ateitį ir nuolat tobulėja. Klientai tai mato ir žino, kad tokia įmonė investuoja į ateitį, taigi suprantama, kad tokia įmonė augs ir stiprės kaip partneris. Taip pat klientai gali statistiškai pamatyti, kaip įmonė laikosi finansiškai (žinoma, jei yra pasitikėjimas).

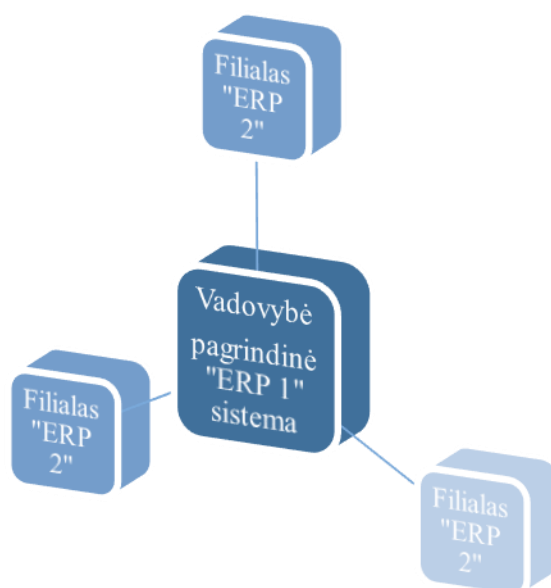
Dabartinės „ERP“ sistemos moduliai:

- Finansai
- Žmogiškųjų išteklių valdymas ir apmokėjimas
- Platinimas ir logistika
- Pardavimai ir marketingas
- Gamyba
 - Produkto duomenų valdymas
 - Medžiagų planavimas
 - Resursų ir pajėgumo planavimas
 - Sandėlio valdymas
 - Kokybės valdymas
 - Kiti panašūs

1.2 lentelė. „ERP 2“ sistemos pranašumas prieš „ERP“

	ERP	ERP 2
Tikslas	Sukurta tam, kad optimizuotų įmonės vidinį darbą.	Sukurta tam, kad optimizuotų tiekimo grandinę bendraujant su tiekėjais.
Objektas	Skirta gamybai ir platinimui.	Skirta visoms verslo šakoms.
Funkcijos	Sistema sujungia įmonės segmentus, kuriems nebereikia žmogaus įsikišimo.	Sistemos kūrėjai visą dėmesį sutelkia į įmonės gamybos tipą ir visas funkcijas pritaiko pagal jos poreikius.
Procesai	Koncentruoti į visus vidinius įmonių procesus.	Sistema bendradarbiauja su pardavimo partneriais, taip sistema veikia ne vien įmonės viduje.
Architektūra	Senos „ERP“ sistemos buvo monolitinės ir uždaros.	Sistema paremta WEB aplinka, atvira kitoms programoms, naudojančioms sistemos duomenis.
Duomenys	Duomenys naudojami įmonės viduje. Uždara grandinė.	Duomenys yra prieinami visiems aptarnavimo grandinės dalyviams, kuriems suteikta prieiga.

Darant šį „ERP2“ ir „ERP“ sistemų palyginimą puikiai matome, kad „ERP 2“ sistema negali gyventi be pagrindinės „ERP“ sistemos. Taigi tai yra tik sistemos papildymas.



1.15 pav. „ERP 2“ ir „ERP“ sistemos sąryšis

1.5. Gamybos planavimo sistemų funkcijos

Verslo valdymo sistemos - Enterprise Resource Planning (ERP) tapo funkcionalia „MRP“ ir „MRP II“ plėtote. Įmonės *Gartner Group* analitikai taip pavadino „MRP II“ klasės sistemas, savo sudėtyje turinčias finansinio planavimo modulį *FRP - Finance Requirements Planning*, tačiau tolimesnis sistemos vystymasis ženkliai praplėtė šiuos pradinius skirtumus. *ERP* sistemos pagrindas yra vieningos duomenų saugyklos sukūrimas, kurioje yra visa įmonės verslo informacija ir kuri vienu metu užtikrina priėjimą prie jos bet kokiam įmonės darbuotojui, turinčiam atitinkamus įgaliojimus. Deklaruojama, jog tai turi ne tikrai pakelti įmonės gamybinės veiklos efektyvumą, tačiau ir sumažinti vidinius informacinius srautus, taip sumažinant išlaidas jų aprūpinimui.

Žinoma, esminis yra „ERP“ sistemos funkcijų parinkimas, iš kurių pagrindinės yra šios:

- konstruktorinių ir technologinių specifikacijų, nustatančių kuriamų gaminių sudėtį, įrašymas, o taip pat materialieji resursai ir operacijos, reikalingos jiems pagaminti;
- pardavimų ir gamybos planų formavimas;
- medžiagų ir komplektuojamųjų dalių poreikių, tiekimo terminų ir apimčių planavimas, siekiant įgyvendinti produkcijos gamybos planą;
- atsargų ir pirkimų valdymas: derybų vykdymas, centralizuotų pirkimų realizavimas, atsargų sandėliuose ir cechuose apskaitos ir optimizavimo užtikrinimas;
- gamybinių pajėgumų planavimas nuo stambaus planavimo iki atskirų staklių ir įrengimų panaudojimo;
- operatyvus finansų valdymas, taip pat finansinio plano sudarymas ir jo įgyvendinimo kontrolės vykdymas, finansinė ir valdymo apskaitos;
- projektų valdymas, tarp jų etapų ir resursų, reikalingų jiems realizuoti, planavimas.

Kadangi pagrindinėje „ERP“ sistemoje yra jos viduje esanti „MRP II“ sistema, tai natūralu, jog ir vienos, ir kitos funkcijos yra panašios. Pagrindiniais „ERP“ sistemos skirtumais nuo „MRP II“ sistemos, galima laikyti šiuos:

- didesnį įmonių ir organizacijų veiklos gamybos tipų ir rūšių skaičių;
- resursų, pagal skirtingas veiklos kryptis, planavimą;
- galimybę valdyti grupę, autonomiškai dirbančių įmonių, korporacinių struktūrų;;
- didesnį dėmesį finansinio planavimo ir valdymo posistemėms;
- transnacionalinių korporacijų valdymo funkcijų egzistavimas, taip pat keleto laiko juostų, kalbų, valiutų, buhalterinės apskaitos sistemų palaikymas;

- didesnis dėmesys sukuriant įmonės informacinę infrastruktūrą, lankstumas, patikimumas, suderinant su skirtingomis programinėmis platformomis;
- galimybę integruotis su priedais ir kitomis sistemomis, kurias naudoja įmonė, tokiomis kaip automatizuoto projektavimo sistemos, technologinių procesų valdymo automatizavimas, elektroninės dokumentų apyvartos, elektroninės komercijos;
- tai, kad yra sistemoje arba yra integruojama į ją, su sprendimų priėmimo programinėmis palaikymo priemonėmis.

Paskutiniuoju dešimtmečiu sėkmingai tobulėjo internetinės technologijos, leidžiančios įmonėms per informacinį tinklą keistis su pirkėjais ir agentais duomenimis ir dokumentais. Naujos darbo su internetu funkcijos, atsiradusios integruotose valdymo sistemose, leidžia plėsti naujas „ERP“ galimybes, kurios anksčiau buvo uždaros įmonės gamybinio ciklo viduje. Tradicinės „ERP“ sistemos derinys su internetiniais sprendimais elektroniniam verslui atvedė prie naujos organizacinės ir valdymo aplinkos ir naujos kokybės sistemos sukūrimo. To rezultatas buvo naujos kartos sistemų koncepcija – „ERP II“ – *Enterprise Recourse and Relationship Processing – verslo valdymo ir išorinių santykių valdymas*, turinti lyg du valdymo kontūrus: tradicinį vidinį, valdantį vidinius įmonės verslo procesus, ir išorinį – valdantį tarpusavio santykius su agentais ir produkcijos pirkėjais. Be to, tradicinis vidinis valdymo kontūras sutartinai yra vadinamas vidine sistema, o bendradarbiavimo su agentais ir užsakovais funkcijos – išorine sistema. Tokiu būdu „ERP II“ – tai „ERP“ sistemos metodologija, teikianti įmonei galimybę glaudžiau bendradarbiauti įmonei su klientais ir agentais informaciniais kanalais, kuriuos suteikia internetinės technologijos.

1.6. Gamybos planavimo sistemų integravimo priežastys

Egzistuoja 5 pagrindinės priežastys, dėl kurių įmonės imasi diegti „ERP“ sistemas. Toliau aptarsime jas detaliau:

- *Integruoti finansinę informaciją.* Kai įmonės vadovas bando įvertinti įmonės darbą, jis gali pamatyti daug ir skirtingų neobjektyvių darbo kokybės versijų. Finansinis skyrius pateikia vienokią ataskaitos apie pajamas versiją, pardavimų skyrius kitokią. Likusieji padaliniai gali pateikti savo variantus, pavyzdžiui, koks yra jų įnašas į verslą. „ERP“ sistema sukuria vieną, galutinį tiesos variantą, kuris negali būti ginčijamas, kadangi visi naudoja vieną ir tą pačią sistemą.
- *Integruoti informaciją apie užsakymus.* „ERP“ sistemoje užsakymas pergyvena visą savo gyvenimą – nuo jo atsiradimo momento iki tos minutės, kada prekė yra pakraunama klientui, o buhalterija išrašo jam sąskaitą. Turėdama informaciją vienoje sistemoje, o ne nesusistemintą daugelyje skirtingų vietų, įmonei lengviau sekti ir koordinuoti gamybą.

- *Standartizuoti ir pagreitinti gamybos procesą.* Gamybos verslo įmonės, ypačiai linkusios įsigyti ir susijungti, dažnai pasitaiko, jog skirtingi įmonės padaliniai atlieka vieną ir tą patį darbą, taikydami skirtingus metodus ir skirtingas kompiuterines sistemas. „ERP“ sistemos teikia standartinius gamybos proceso automatizavimo žingsnius. Šių procesų standartizavimas ir integruotos sistemos panaudojimas taupo laiką, didina darbo našumą.
- *Sumažinti sandėliavimo atsargas.* „ERP“ sistemos lemia, jog gamybinis procesas vyksta sklandžiau, gerėja užsakymo vykdymo procesas įmonės viduje. Įmonė dabar gali kaupti mažiau atsargų, būtinų produkto gamybai, ir laikyti mažiau pagamintos produkcijos sandėliuose. Tam, kad radikaliai pagerintų visą tiekimų grandinę, jums prisireiks specialaus modulio *SCM (Supply Chain Management - tiekimo grandinių valdymas)*, kuris šiandien įeina į standartinę daugelio „ERP“ - sistemų konfigūraciją.
- *Standartizuoti informaciją apie personalą.* Įmonių, kuriose yra daug skirtingų verslo dalyvių, skyriai dažnai neturi bendros, unifikuotos, personalo darbo laiko apskaitos ir darbo su juo metodikos. Šią padėtį gali ištaisyti „ERP“. Skubėdamos tai atlikti, įmonės dažnai neatkreipia dėmesio į tai, jog „ERP“ suteikia ne daugiau kaip bendrą vaizdą to, kaip tam tikra įmonė plėtoja savo verslą. Realybė yra gerokai sudėtingesnė ir kiekviena šaka turi savo „ypatumų“, kurie daro verslo įmones unikalias. Taip dauguma „ERP“ sistemų iš pradžių buvo kuriamos naudotis įmonėms, gaminančioms vienetinius daiktus, kuriuos galima perskaičiuoti arba paliesti. Dabar „ERP“ tiekėjai siūlo sprendimus nenutrūkstamai gamybai.

1.7. Programa „Monitor ERP“

APICS (*American Production and Inventory Control Society*) žodynu, terminas "ERP" (Enterprise Resource Planning – verslo valdymo sistema) gali būti vartojamas dviem aspektais. Visų pirma, tai – informacinė sistema, skirta identifikuoti ir planuoti visus tuos įmonės resursus, kurie yra būtini atliekant gamybą, pardavimą, pirkimą ir apskaitą, įgyvendinant klientų užsakymus. Antra (platesniame kontekste), tai – efektyvus planavimo bei visų įmonės resursų, kurie yra būtini atliekant pardavimą, gamybą, pirkimą ir apskaitą, įgyvendinant klientų užsakymus gamybos, distribucijos ir paslaugų teikimo sferose, jų valdyme.

Santrumpa „ERP“ yra vartojama žymėti kompleksinėms įmonės valdymo sistemoms *Enterprise Resource planning (verslo valdymo sistemos)*. Pirmiausiai naudojamas „ERP“ terminas yra „Enterprise“ - įmonė, ir tik tada naudojamas terminas – resursų planavimas. Tikroji „ERP“ paskirtis – integruoti visus įmonės skyrius ir jos funkcijas į vieningą kompiuterinę sistemą, kuri sugebės tenkinti visus specifinius padalinių poreikius.

Pati sunkiausia užduotis – sukurti vieningą sistemą, kuri tenkintų visus finansų, personalo valdymo skyrių, sandėliavimo ir kitų padalinių darbuotojų poreikius. Paprastai kiekvienas iš šių skyrių turi sau pritaikytą kompiuterinę sistemą, optimizuotą pagal savo darbo ypatumus. „ERP“ derina visų jų veiklą pagal vieną integruotą programą, kuri dirba su vieninga duomenų baze, todėl visi departamentai gali lengviau keistis informacija ir bendrauti vieni su kitais.

Toliau aptariama užsakymo eiga. Dažniausiai, kada klientas atsiunčia užsakymą, užsakymas pradeda ilgą kelionę iš vieno dokumentų segtuvo į kitą. Taip pat, užsakymo informacija pakeliui keliama tai į vieną, tai į kitą kompiuterinę sistemą. Dėl šios priežasties dažniausiai užsakymai vėluoja ar net prarandami. Taip pat tai yra klaidų priežastis, kai atliekamas daugkartinis informacijos įrašymas į įvairias sistemas. Reikiamu momentu niekas įmonėje negali iš tikrųjų pasakyti, kokia reali užsakymo būklė todėl, kad atsakingas įmonės darbuotojas negali pasižiūrėti į sandėlio duomenų bazę ir pasakyti, kokia jos esama padėtis gamybos procese.

„ERP“ keičia senąsias išskirstytas kompiuterines finansų, personalo valdymo, gamybos kontrolės, logistikos, sandėlių sistemas į vieną unifikuotą sistemą, sudarytą iš programinių modulių, kurie pakartoja senųjų sistemų funkcionalumą. Programos, aptarnaujančios finansus, gamybą arba sandėlį dabar siejamos drauge ir vienas skyrius gali matyti kito skyriaus informaciją. Daugelio gamintojų „ERP“ sistemos pakankamai lanksčios ir lengvai suderinamos, jas galima įdiegti moduliais, neįsigilinant iš karto viso paketo. Pavyzdžiui, daugelis įmonių iš pradžių įsigyja tiktai finansinius arba HR modulius, paliekant kitų funkcijų automatizavimą ateičiai.

„ERP“ sistema automatizuoja procedūras, kurios apima verslo procesus. Pavyzdžiui, kliento užsakymo vykdymą: užsakymo priėmimą, jo įforminimą, prekių atkrovimą iš sandėlio, pristatymą, sąskaitos pateikimą, apmokėjimo gavimą. „ERP“ sistema „paima“ kliento užsakymą ir yra savotiškas kelio žemėlapis, pagal kurį automatizuojami skirtingi žingsniai vykdant užsakymą. Kada pagrindinės įstaigos atstovas įtraukia kliento užsakymą į „ERP“ sistemą, jis turi priėjimą prie visos informacijos, reikalingos tam, kad pradėtų užsakymo vykdymą. Pvz.: jis iš karto iš finansinio modulio gauna priėjimą prie kliento kreditinio reitingo ir jo užsakymų istorijos, sužino apie prekęs buvimą sandėlyje ir apie prekių atkrovimo grafiką. Darbuotojai, dirbantys skirtinguose padaliniuose, mato jiems reikalingą informaciją ir gali ją atnaujinti. Kada vienas departamentas užbaigia darbą su užsakyumu, jis, pačios sistemos viduje, automatiškai peradresuojamas kitam departamentui. Norint sužinoti, kur yra užsakymas, bet kuriuo momentu reikia tik įeiti į sistemą ir atsekti užsakymo kelią. Kadangi visas procesas dabar yra skaidrus, tai klientų užsakymai atliekami greičiau ir su mažesniu, nei anksčiau, klaidų skaičiumi. Tas pats vyksta ir su kitais svarbiais procesais, pavyzdžiui: finansinių ataskaitų sukūrimu, darbo užmokesčio apskaičiavimu ir t. t.

Toks „ERP“ sistemos vaidmuo yra idealiu atveju. Realybė šiek tiek skiriasi. Šis procesas gali būti ir neefektyvus, tačiau jis paprastas ir įprastas. Buhalterija atlieka savo darbą, sandėlis – savo, ir

jeigu kažkas už skyriaus sienų yra ne taip, tai ne mūsų reikalas. Įdiegus „ERP“ viskas keičiasi: pardavėjas daugiau nebėra tikta mašina surenkančia kliento vardą ir nuspaudžiančia klavišą „ENTER“. „ERP“ sistemos ekranas jį paverčia verslininku. Pardavėjas pereina nuo kliento kreditinės istorijos, prie situacijos sandėlyje. Ar klientas mokus? Ar sugebėsime mes laiku atkrauti prekes? Tokių sprendimų pardavėjai anksčiau niekada nepriiminėjo, o nuo tokių sprendimų priklauso klientai ir kiti įmonės padaliniai. Ir ne vien tik pardavėjams tenka atsibusti – žmonės sandėlyje, kurie anksčiau visą prekių sąrašą laikė galvoje arba ant popieriaus skiaučių, dabar turi įrašyti jį į kompiuterį. Jeigu jie to nedarys reguliariai ir greitai, pardavėjas pasakys klientui, jog prekių nėra sandėlyje, klientas nueis pas kitą tiekėją ir įmonė praras pinigus.

Atsakomybės, atskaitomybė ir komunikacijos niekada anksčiau nebuvo taip atsakingai tikrinamos. Žmonės nemėgsta permainų, o „ERP“ reikalauja jų darbo stiliaus pasikeitimo. Štai kodėl taip sunku įvertinti iš „ERP“ gautą naudą. Vertingas yra ne tiek pats programinis aprūpinimas, kiek pasikeitimai, kuriuos įmonė turi atlikti įgyvendinant verslo būdus. Jeigu jūs paprasčiausiai diegiate naują programinę įrangą, nekeisdami darbo principų, jūs galite iš viso nepastabėti jokio efekto. Priešingai, naujasis programinis aprūpinimas pristabdys jus – jūs pakeisite seną programą, kurią visi žino, nauja, niekam nežinoma.

„ERP“ yra keturiasdešimties metų valdymo ir informacinių technologijų evoliucijos rezultatas.

1960-aisiais prasidėjo skaičiavimo technikos panaudojimas automatizuojant įvairias įmonių veiklos sritis. Tada ir buvo sukurta medžiagų poreikių planavimo sistemų klasė (MRO – *material requirements planning*). Panašių sistemų funkcionavimo pagrindu buvo gaminio specifikacijos (BOM – *bill of material*) ir gamybinės programos (MPS – *master production schedule*) supratimas. Specifikacija pateikė pabaigtą gaminį iš jį sudarančių komponentų pusės. Gamybinėje pramonėje buvo informacija apie laikiną laikotarpį, galutinių gaminių, kuriuos planuoja išleisti, rūšį ir kiekį. Pasitelkiant į pagalbą „BOM“ ir „MPS“ buvo atliekama specifikacijos detalizavimo procedūra, kurios pagrindu įmonė gaudavo informaciją apie gamybos medžiagų, reikalingų pagaminti galutinį produkciją atitinkamai pagal „MPS“, poreikius. Vėliau informacija apie poreikius pavirsdavo į užpirkimo ir gamybos užsakymų seriją.



1.16 pav. „ERP“ sistemos schema

Taip pat šiame procese buvo įvertinama situacija apie žaliavų ir medžiagų sandėliuose likučius.

MRP sistemų panaudojimas leido įmonėms pasiekti tokių rezultatų:

- sumažinti žaliavų ir medžiagų atsargų sandėliuose lygmenį;
- sumažinti nebaigtos gamybos atsargų lygmenį;
- pakelti gamybinio ciklo efektyvumą;
- sumažinti užsakymų įvykdymo terminus.

Nepaisant to, jog „MRP“ sistemos efektyvios, jose buvo vienas esminis trūkumas, jos neįvertindavo savo darbe įmonės gamybinių pajėgumų. Todėl „MRP“ sistemą reikėjo didinti CRP – capacity requirements planning moduliu. Ryšys tarp „CRP“ ir „MPS“ leido įvertinti reikalingų galingumų poreikį, norint pagaminti konkretų gaminių kiekį. „MRP“ sistemos, turinčios savo sudėtyje „CRP“ modulį, buvo pavadintos uždarąjo ciklo medžiagų poreikio planavimo sistemomis.

1980-iais atsirado nauja sistemų klasė — gamybos valdymo informacinės sistemos ėmė vadintis „MRPII“. Pagrindinis „MRPII“ skirtumas nuo „MRP“ yra tai, kad „MRPII“ sistemos yra skirtos planuoti visus įmonės resursus..

Dėl „MRPII“ sistemų tobulinimo ir jų tolimesnio funkcionalaus plėtimo atsirado ERP sistemos klasė. Terminas „ERP“ buvo įvestas nepriklausomos tyrimo įmonės Gartner Group 1990-ųjų metų pradžioje. „ERP“ sistemos skirtos ne tik gamybinėms įmonėms, jos taip pat efektyviai leidžia automatizuoti paslaugas teikiančių įmonių veiklą.

Poreikis automatizuoti valdymo procesus pirmąkart buvo suvoktas 1960-ųjų metų pabaigoje, 1970-ųjų metų pradžioje, kada paaiškėjo, jog stambios korporacijos valdymas yra pagrįstas tais pačiais įstatymais, kaip ir bet kuri biurokratinė struktūra. Vienas iš Parkinsono įstatymų skelbia: *„organizacijos sudėtis niekaip nesusieta su jos atliekamo darbo apimtimi“*. Kitaip sakant, augant valdančiojo personalo skaičiumi, jo darbo naudingo veiksmo koeficientas krenta iki nulio.

Tuomet gimė idėja organizuoti valdininkų darbą, pasinaudojant automatizuota sistema apytiksliai taip, kaip konvejeris organizuoja darbininkų darbą. Taip gimė vadybos koncepcija, kuri remiasi formaliai aprašytomis procedūromis, kurios daro efektyviu kiekvieno valdininko darbą.

2. PROBLEMOS APIBŪDINIMAS, DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Kokia programa bebūtų gera, ji vis dėlto nėra tobula. Apskaičiuoti operaciniai laikai dažniausiai neatitinka realaus laiko, kurį darbininkas sugaišta detalei ar gaminiui pagaminti.

Darbo objektas – operacijos, kurios atliekamos vieno staklių operatoriaus. Tiriant chronometruojami, t. y. nenutrūkstamai stebimi ir matuojami visi operacijos elementai.

Darbo aktualumas – ši tema yra aktuali, nes augant konkurencijai tarp gamybos įmonių, konkuruoti galima tik su darbo įkainiais, kadangi dauguma įmonių medžiagas perka iš tų pačių tiekėjų už vienodas kainas. Taigi, jeigu konkurencinė įmonė kažkokį gaminį pagamina per 1 valandą, tai UAB „Arginta Engineering“ tokį patį gaminį turi pagaminti per 0,9 valandos.

Darbo problema - netiksliai apskaičiuotas operacinis laikas programa „Monitor“ sudaro kliūtį UAB „Arginta Engineering“ konkuruoti su kitomis įmonėmis bei tinkamai planuoti gamybos užsakymus.

Pagrindinis darbo tikslas yra ištirti ir palyginti gamybos operacinius laikus, apskaičiuotus programa „Monitor ERP“, ir realius laikus, tenkančius detalei ar gaminiui pagaminti UAB „Arginta Engineering“ bei atitinkamai koreguoti programą „Monitor“, kad būtų tikslesnis operacinių laikų skaičiavimas.

Darbo tikslui pasiekti iškelti tokie uždaviniai:

- ištirti verslo valdymo sistemų atsiradimo priežastis ir funkcijas;
- susipažinti su programos „Monitor ERP“ operacinių laikų skaičiavimo metodika;
- išanalizuoti atskirų detalių operacinių laikų, apskaičiuotų programa „Monitor“, ir realių laikų, tenkančių detalei ar gaminiui pagaminti, atitikimą;
- apskaičiuoti ir nustatyti parametrus programai „Monitor“ koreguoti.

2.1. UAB „Arginta Engineering“ gamybos planavimas programa „Monitor ERP“

Nepaisant to, kad gamybos verslas Lietuvoje sparčiai auga ir plečiasi, gamybos įmonių automatizavimo lygis labai mažas arba apima tik keletą gamybos įmonių sektorių. Daugelis paklaus: „Kam tai reikalinga?“ Kur ir taip užtenka pinigų, neturi kilti noro integruoti verslo valdymo sistemos. Susidomėjimas atsiras tik tada, kai vykstant normaliems gamybos verslo procesams prasidės neišvengiamas kainų kritimas. Todėl gamybos įmonės pradės ieškoti kitų būdų didžiausiam pelnui gauti. Tokiu atveju šioje situacijoje išliks tas, kas „skaičiuoja“ geriausiai.

Gerokai išaugus gamybinėms apimtims, bendrovėje sėkmingai įdiegta švediška gamybos valdymo programa „Monitor ERP“. UAB „Arginta Engineering“ pirmoji Lietuvoje įdiegė šią

programą ir sėkmingai gilina žinias šios veiklos srityje. Pasinaudojant gamybos valdymo programa „Monitor ERP“ pasikeitė pardavimų valdymo metodai. Išsamiau, plačiau bei tiksliau galima analizuoti pardavimų proceso rodiklius įvairiais aspektais: parduodamų gaminių paklausą, gaminio rentabilumą, pardavimų statistiką konkrečiam užsakovui, patikimai valdyti vykstančius gamybinius procesus. Gamybos valdymo programos „Monitor ERP“ įdiegimo procesas padėjo bendrovei pritraukti daug užsakovų iš Skandinavijos šalių, Olandijos, J. A. V. ir Šveicarijos. Įdiegtos gamybos valdymo programos „Monitor ERP“ procesiniai veiksmai suderinti su kokybės vadybos sistemos standarto reikalavimais.

Gavus užsakymą reikalingi duomenys įvedami į programą, kuri pati planuoja, kiek ir kokių medžiagų reikia užsakymui atlikti, ar yra tų medžiagų sandėlyje, kokių ir kada būtina.

Programa pati suplanuoja, kada ir kokį gaminį pradėti gaminti, kokią operacijų seką atlikti. Ji dar prieš paleidžiant gamybos procesą „pasako“, kas ir kada bus pagaminta, kad visi procesai vyktų sklandžiai, nebūtų įrangos prastovų. Kiekvienas darbuotojas žino, kada turi pradėti jam skirtą operaciją. Darbininkas į kompiuterį įveda duomenis, kada pradėjo ir baigė jam suplanuotą užduotį. Programa parodo darbo veiksmingumą, kaip darbuotojas atitinka laiko normas.

Inžinieriai-technologai numato, kuriuos procesus atliks staklės, o kompiuterinė programa sunormuoja konkrečius gamybos procesus.

Faktiškai programa „Monitor ERP“ nuo pradžios iki pabaigos valdo visą gamybą. Visi darbuotojai teigia, kad neįsivaizduoja, kaip be tokios programos būtų įmanoma suvaldyti visą šį sudėtingą gamybos procesą: užsakyti medžiagas, sudaryti technologinę gamybos proceso seką ir pagaminti reikiamus gaminius. Nuo brėžinio pateikimo iki baigtinio produkto praeina du mėnesiai, o pačiam gamybos procesui skiriamos dvi savaitės.

Visą gamybos procesą ceche iš savo darbo vietos stebi gamybos vadovas, jis mato, kurie gaminiai gaminami laiku, o kurie vėluoja, ir turėdamas šia informaciją priima gamybai įtaką darančius sprendimus. Jei gaminys yra gaminamas greičiau nei planuota, į tarpus įtraukiami mažesni užsakymai, o jei gaminys vėluoja būti pagamintas, galima įtraukti daugiau darbo centrų jam gaminti arba prailginti darbo pamainas. Jam nereikia galvoje laikyti visų būtiniausių technologinių smulkmenų. Tenka atlikti 200 tūkst. operacijų, kol iš cecho išeina naujas gaminys. Jokia galva tokio informacijos kiekio neįstengtų išlaikyti. Tad ką daro gamybos vadovas? Stebi kompiuterio parodymus ir, reikalui esant, įsikiša. Tarkime, susirgo darbuotojas, iškilo kita problema - tenka įvesti korekcijas į programą, perplanuoti kai kuriuos procesus. Įrenginiai dirba 24 val. per parą 7 dienas per savaitę — brangi kompiuterizuota įranga atsiperka tik tada, jeigu ji yra iki galo panaudojama.

Naktinėje pamainoje dirba tik operatoriai, kontroliuojantys gamybos procesą. Sunku įsivaizduoti tokius gamybininkus, kurie neturi tokios ar panašios programinio valdymo sistemos ir

yra priversti gamybą planuoti Excel programa. Tokiai gamybai, kokia yra UAB „Arginta Engineering“, suvaldyti reikėtų mažiausiai penkių planuotojų.

2.2. Operacinių laikų skaičiavimo metodika programa „Monitor ERP“

Tam, kad programa veiktų bei skaičiuotų ir rodytų tikslesnius duomenis, reikia tiksliai parašyti procesą, kaip detalė bus gaminama. Visų pirma, bet koks operacijos aprašymas pradedamas nuo medžiagų įrašymo, kurios bus naudojamos gamyboje.

Medžiagų įrašymas. Įrašomi medžiagų matmenys – tai matmenys po apdirbimo. Išskyrus detalių lenkimo operacijas ar valcavimo operacijas, kurioms reikia įrašyti išklotinės matmenis.

Tiriant lazerinio CNC pjovimo operacinius laikus programoje „Monitor ERP“ įrašoma: į langelį „Ilgis“ pjūvio ilgis, „SQ“ pjovimo pradžių kiekis, „RF“ – pjaunama medžiaga, „K“ kiekis. Taip pat yra suvedami detalės gabaritiniai matmenys: ruošinio storis, plotis, ilgis. Programa apskaičiuoja operacinius laikus ir pateikia lentelę.

DC	P/P	Op.	Informacija	Laiko Skaičiuoklė
9201	1 LAZ	20	Ilgis: 100 Plotis: 250 Storis: 5 K: 1 AK: 40	SQ: 1 RF: 1 Pasiruošimas: 17,25 Vnt: 1,696 kas Pasiruošimo: 17,25 Vnt: 1,696

2.1 pav. Lazerinio CNC pjovimo operacinio laiko skaičiavimo langas programoje „Monitor ERP“

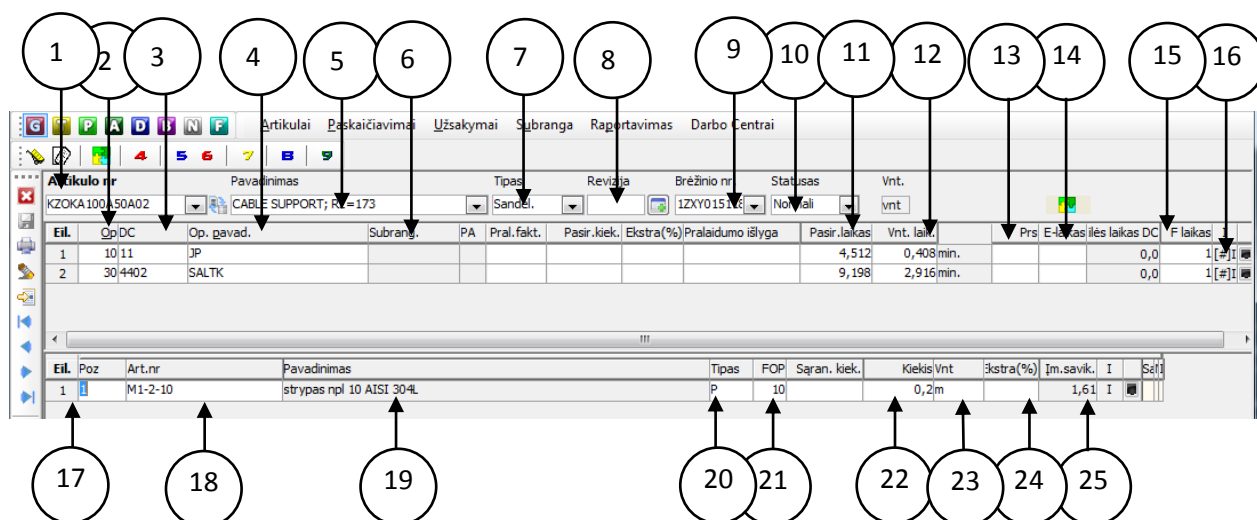
Tiriant valcavimo darbo centro operacinius laikus programoje „Monitor ERP“ įrašoma: į langelį „SQ“ sekcijų kiekis, „WJ“ yra suvirinimo siūlė ar nėra, „O“ orientavimo kryptis (valcuojamas ilgis, plotis), „MR“ valcavimas (1) ar tiesinimas (0).

P/P	Op.	Informacija	Laiko Skaičiuoklė
1 VL	10	Ilgis: 200 Plotis: 200 Storis: 5 K: 1 AK: 10	SQ: 1 WJ: 0 O: 0 MR: 0 Pasiruošimas: 28,75 Vnt: 1,54 kas Pasiruošimo: 28,75 Vnt: 1,54

2.2 pav. Valcavimo darbo centro operacinio laiko skaičiavimo langas programoje „Monitor ERP“

Technologija, kaip aprašomas gaminamos pozicijos programa „Monitor ERP“

Kai norime rašyti technologiją, naudojama ši funkcija „G“ – „Artikulai“ – „Technologija“:



2.3 pav. „Monitor ERP“ technologijos aprašymo langas

1. Artikulo numeris.
2. Operacijos numeris.
3. Darbo centro numeris; (Norint aprašyti technologiją reikia aprašyti darbo centrus, tai galima padaryti prieš arba rašant technologiją.)
4. Operacijos pavadinimas.
5. Detalės pavadinimas.
6. Subrangos įmonė; Subrangovo kodas mūsų sistemoje.
7. Tipas; Galima pasirinkti ar detalė bus perkama, gaminama, gaminama į sandėlį, fiktyvi, pakavimo.
8. Revizija; galime apsirašyti brėžinio reviziją.
9. Brėžinio numeris.
10. Statusas. Pasirenkamas detalės statusas: pasiūlymas, prototipas, naujas artikulų, normalus, nauja revizija, nebevertinama.
11. Pasiruošimo laikas; Rašome staklių pasiruošimo/suderinimo laiką.
12. Vieneto laikas. Rašome kiek laiko užtrunka pagaminti vieną detalę. Šiuo atveju per 1min., laiko vienetą galima keisti paspaudus dešinį pelės klavišą ant laiko vieneto.
13. Persidengimo laikas, jeigu norima sudengti vieną operaciją su kita, t.y. įrašome kiek procentų likus daryti prieš tai einančioje operacijoje turime pradėti sekančią operaciją.
14. Eilės laikas. Rašomas tada, kai mes negalime iškart pradėti kitos operacijos dėl technologinių procesų. Pvz., kaip medienos pramonėje po kljavimo preso mediena turi džiūti 12 valandų, E-laikas skiltyje laikas skaičiuojamas darbo dienomis. Šiuo atveju po

pjovimo mes turime palaukti 1 d. d., o tik tada pradėti frezavimą. Laukimo laiką rašome į tą darbo centrą, kuris bus kitas po to darbo centro, po kurio reikalinga laukimo operacija. Jeigu laiką uždėsime ir technologijoje ir DC aprašyme, programa skaičiuos laiką paimtą iš technologijos.

Eil.	OpDC	Op. pavad.	Subrang.	PA	Pasir. laikas	Vnt. laikas	Prs	E-laikas	Iles laikas DC	I	rankie
1	10/101	Pjovimas			2,0	5,0 min.			0,0	I	I
2	20/102	Frezavimas			5,0	12,0 min.		1,00	0,0	I	I
3	30/107	Dažymas			10,0	30,0 min.			0,0	I	I

2.4 pav. Eilės laiko įvedimas programoje „Monitor ERP“

15. Nekintantis laikas operacijai, laikas skaičiuojamas darbo dienomis.
16. I – instrukcija, ją galima aprašyti ties kiekviena operacija, ši instrukcija bus matoma maršrutinėje kortelėje, kurią turės darbuotojas.
17. Eilės numeris. Jeigu du kartus su kairiu pelės klavišu paspausime ant tos detalės eilės numerio, kurios tipas yra G (gaminama), tai atidarysime tos detalės technologiją.
18. Detalės numeris. Norint aprašyti technologiją reikia apsirašyti artikulų, tai galima padaryti prieš arba rašant technologiją.
19. Detalės pavadinimas.
20. Tipas.
21. Operacijos numeris pagal kurį nusirašys medžiagos (šiuo atveju detalė 10 nusirašys po atliktos operacijos juostinis pjovimas). Detalių kiekis; kiek tų detalių „įeina“ į mazgą.
22. Mato vienetas.
23. Ekstra (%) čia galite įrašyti iš anksto numatytą medžiagų perteklių. Medžiagų perteklius bus skaičiuojamas ir Planinėje skaičiuoklėje.
24. Standartinė kaina, ji paimama iš Artikulo kortelės.
25. Atgal į mazgą. Norint grįžti atgal į pagrindinį mazgą spaudžiame šį mygtuką.
26. Eilės laikas DC. Čia rodomas eilės laikas darbo centrui, kuris yra aprašytas DC kortelėje.

Eil.	Poz	Art.nr	Pavadinimas	Tipas	FOP	Šaran. kiek.	Kiekis Vnt.	Ekstra(%)	Įm.savik.	I	Sė
1		M2-1-4-S355J2N	lakštas 4*3000*1500 S355 J2N	P	20		1,38m2		18,4	I	I
2		20/9201	CNCPJ				11,0	1,52 min.		0,0	3 I
3		30/4406	VALCA				12,0	7,0 min.		0,0	1 I
4		31/4402	SALTK				11,0	15,0 min.		0,0	1[#] I
5		32/4401	LENKI				20,0	3,3 min.		0,0	2 I

2.5 pav. Technologijos langas „Monitor ERP“

27. Rodyti sąlygas. Jeigu aktyvuosime šias sąlygas galėsime pasirinkti alternatyvias technologijas. Pvz.: pasirenkam ištrinti šią eilutę, kai kiekis nuo 20 iki 50 vnt., jeigu skaičiuosime paklausimą tokiam kiekiui, tai Planinėje skaičiuoklėje jis neskaičiuos operacijos.

The screenshot shows a software interface with a table of technical specifications. The table has columns for various parameters including 'Tipas', 'Revizija', 'Brėžinio nr.', 'Statusas', 'Vnt.', 'Pir. laikas', 'Vnt. laik.', 'Prs. E-laikas', 'Išs. laikas', 'F. laikas', 'I', 'Sąlyg.', and 'Nuo'. The table contains several rows of data. A context menu is open, showing options like '+Artik.statusas, Pridėti šią eilutę', '+Alt.tech.kodas, Pridėti šią eil.', '+Revizija, Pridėti šią eilutę', '+Užsak., Pridėti šią eilutę', '+Kliento kodas, Pridėti šią eilutę', '+Kiekis, Pridėti šią eilutę', '+Periodas, Pridėti šią eilutę', 'Standartinis', '-Periodas, Pakeisti ankstesnę eilutę', '-Kiekis, Pakeisti ankstesnę eilutę', '-Kliento kodas, Pakeisti ankstesnę eilutę', '-Užsak., Pakeisti ankstesnę eilutę', '-Revizija, Pakeisti ankstesnę eilutę', '-Alt.tech.kodas, Pakeisti ankstesnę eilutę', '-Artik.statusas, Pakeisti ankstesnę eilutę', 'Periodas, Ištrinti šią eilutę', 'Kiekis, Ištrinti šią eilutę', 'Klien.kodas, Ištrinti šią eil.', 'Užsak., Ištrinti šią eilutę', 'Pakeitimas, Ištrinti šią eilutę', 'Kitas techn.kodas, Ištrinti šią eilutę', and 'Artik.statusas, Ištrinti šią eilutę'. A circle with the number 27 points to the 'Rodyti sąlygas' checkbox in the bottom left corner of the interface. An arrow points from the context menu to the 'Rodyti sąlygas' checkbox.

2.6 pav. Technologinės sąlygos

2.3. Laikų skaičiavimas CNC lazeriniam pjovimui naudojant papildomas programas

CNC pjovimo laikų skaičiavimas turi būti atliekamas naudojant „PJ Skaičiuoklės“ programą.

PJ skaičiuoklė v2.5

Skaičiavimas | Kainos

Staklės

LAZERIS PLAZMA VANDUO "ALDEVA"

Lazeris

Medžiaga

S235

Medžiagos storis, mm:

3

Detalių kiekis: 1 Detalės ilgis, mm: 2296 Detalės plotis, mm: 333

Pramušimai, vnt: 0 Skersmuo, mm: 0

Kiaurymų pjovimo ilgis, mm: 176 Kiaurymes

Pramušimų kiekis, vnt: 8

Papildomas pjovimo ilgis:

0

Lenkimų skaičius, vnt:

4

Paviršiaus padengimas:

Skaičiuoti

Koeficientai

T = 6 Medžiagos kaina, Lt/kg: 2.4

V = 3700 Pjovimo kaina, min: 5.166666

J = 0.01 Padengimas, Lt/m2: 0

Pjovimo 1m kaina: 0

Pramūsų kaina: 0

Medžiagos plotas: 0.8193969 m2

Pjovimo pasiruošimo laikas: 9 min.

Pjovimo laikas: 1.61970270 min.

Pjovimo kaina: 54.86846396 Lt.

Lenkimo pasiruošimo laikas: 28.8406 min.

Lenkimo laikas: 2.49658266 min.

Lenkimo kaina: 53.79549689 Lt.

Detalės svoris: 18.014751216 kg.

Medžiagos kaina: 46.335911418 Lt.

Atliekos: 7.171226104 %

Detalės kaina: 154.99987228 Lt.

Kaina už kg: 8.6040528910 Lt/kg

Padengimo kaina: 0 Lt.

Sratavimo kaina: 0 Lt.

2.7 pav. „PJ“ skaičiuoklės programa

Pradinių nustatymų ir detalės matmenų įvedimas

- Paleidus programą „PJ skaičiuoklė“, atsidariusiame lange yra pasirenkamas lakštų pjovimo būdas: lazeris, plazma arba vanduo (2.7 pav.). Pjovimo būdas pasirenkamas pagal staklių galimybes ir medžiagą, kurią pjausime.
- Iš sąrašo pasirenkama medžiaga. Pagal pavyzdį - S235.
- Iš sąrašo pasirenkamas medžiagos storis. Pagal pavyzdį - 3.
- Įvedamas vienodų detalių kiekis. Pagal pavyzdį – 1.

- Toliau įvedami pjaunamos detalės matmenys. Šiuo atveju būtų: detalės ilgis 2296 mm, plotis 333 mm (2.7 pav.).
- Įvedamas pramušimų kiekis. Šiuo atveju būtų 0 pramušimų, nes kiaurymės skaičiuosime pagalbine skaičiuokle (2.8 pav.). Pramušimų kiekis yra lygus bet kokios formos skylių kiekiui, t.y. tam, kad CNC pjovimo įrenginys išpjautų reikiamo formos skylę, pirmiausia turi būti pramušamas visas metalo storis, o tik tada atliekamas pjovimas.
- Įvedamas skylės skersmuo. Šiuo atveju būtų 0 mm (2.7 pav.), nes naudosimės kita skaičiuokle. Šis langelis turi būti naudojamas tik tuo atveju, kai detalėje yra tik viena skylė arba daug vienodo tipo ir vienodo skersmens skylių.
- Esant didesniam skirtingų skylių kiekiui reikia naudoti pagalbinį langą „Kiaurymės“ (2.8 pav.). Pasirinkus reikiamą skylės formą, įvedamas skylių kiekis, įvedami skylės matmenys ir spaudžiamas klavišas „Irašyti“.

Kiaurymės

Pjovimo ilgis, mm: 152

Kiekis, vnt: 2 Ilgis, mm: 30 Skersmuo, mm: 14

Pjovimo ilgis, mm: 420

Kiekis, vnt: 3 Plotis, mm: 20 Ilgis, mm: 50

Pjovimo ilgis, mm: 1383

Kiekis, vnt: 2 Plotis, mm: 150 Ilgis, mm: 250

Pjovimo ilgis, mm: 141

Kiekis, vnt: 3 Skersmuo, mm: 15

Bendras ilgis, mm: 2096
Pramušimai, vnt: 10

Irašyti Neivesti

2.8 pav. Pagalbinė skaičiuoklė

- Langelis „Papildomas pjovimo ilgis“ (2.9 pav.) turi būti naudojamas tuo atveju, kai detalės kontūre yra papildomos išėmos ar kiti šioje programoje nenurodyti variantai. Žemiau pateiktame pavyzdyje papildomas pjovimo ilgis būtų $30\text{ mm} + 30\text{ mm} = 60\text{ mm}$ (Pav. 26);

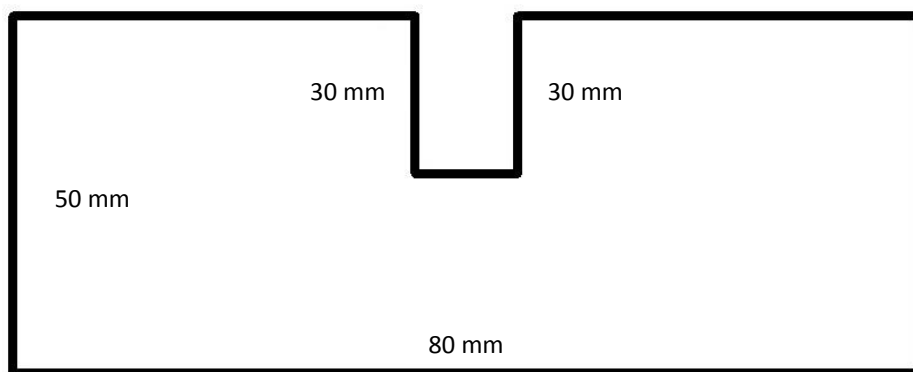


Pramušimų kiekis, vnt: 2

Papildomas pjovimo ilgis:

0

2.9 pav. Papildomas pjovimo ilgis



2.10 pav. Pjovimo ilgis

3. OPERACINIO LAIKO NORMOS ELEMENTŲ NUSTATYMAS

Darbuotojo pamainos darbo laikas skirstomas į dvi grupes: dirbimo laiką ir pertraukų laiką. Per dirbimo laiką darbuotojas dirba eikvodamas fizinę arba protinę energiją.

Dirbimo laiką galima suskirstyti į du pogrupius: laiką gamybinei užduočiai atlikti ir su gamybine užduotimi nesusijusio darbo laiką.

Laiką gamybinei užduočiai atlikti sudaro trys pagrindinės kategorijos:

- parengiamasis ir baigiamasis laikas;
- operatyvusis laikas;
- darbo vietos priežiūros laikas.

Parengiamasis ir baigiamasis laikas (t_{pb}) naudojamas pačiam pasirengti ir gamybos priemonėms parengti naujai užduočiai, taip pat visiems darbams, susijusiems su užduoties vykdymo pabaiga, atlikti. Dažniausiai parengiamojo darbo laiko sąnaudų elementai yra technologinių dokumentų, medžiagų, įrankių, prietaisų gavimas, susipažinimas su dokumentais, brėžinių skaitymas, instruktavimo klausymas, įrenginio perderinimas ir kt. Būdinga parengiamojo ir baigiamojo laiko ypatybė yra ta, kad jis sunaudojamas kartą visam gaminių kiekiui, nustatytai gamybos užduotyje, ir nepriklauso nuo tų gaminių apimtys. Taigi, kuo didesnė gaminių partija, tuo mažiau šio laiko tenka vienam produktui.

Operatyviniu laiku (t_{op}) vadinamas tas laikas, kuris tiesiogiai naudojamas operacijai, t.y. visiems jos pagrindiniams ir pagalbiniais veiksmais, atlikti. Būdingoji operatyviojo laiko ypatybė yra ta, kad jo metu veiksmai kartojami gaminant kiekvieną gaminių arba tam tikrą produkcijos kiekį. Operatyvusis laikas skirstomas į *pagrindinio* ir *pagalbinio laiko* kategorijas.

Pagrindinis laikas (t_{pgr}), naudojamas gamybos proceso tikslui pasiekti. Per pagrindinį laiką keičiami ruošinio forma, dydis, išvaizda, medžiagų ir pusgaminių struktūra, fizikinės ir cheminės savybės, atsižvelgiant į gamybos proceso mechanizacijos ir automatizacijos lygį. Pagrindinis laikas gali būti *rankinis* (kai pagrindiniai veiksmai atliekami žmogaus fizine energija, pavyzdžiui, šaltkalvio, surinkėjo ir kt.). *rankinis mechanizuotasis* (kai naudojami įrankiai, varomi pašalinio energijos šaltinio).

Pagalbinis laikas (t_{pg}) naudojamas įvairiems pagalbiniais veiksmais, kurių paskirtis – sudaryti sąlygas pagrindiniams veiksmais atlikti. Pagalbinį laiką sudaro šie elementai: laikas darbo objektams su darbo priemonėmis sujungti ir jiems atjungti (ruošiniams įdėti, tvirtinti; mašinų ir aparatų maitinimo mechanizmui papildyti žaliavomis ir pusgaminiais, baigtai produkcijai arba detalėms išimti); įrenginiui valdyti (įjungti ir perstumti įvairiems įrenginio darbo mechanizmams ir įrankiams); įrankiams pakeisti (jeigu reikia) apdirbant kiekvieną produkcijos vienetą; gaminių parametrų patikrinti.

Darbo vietos priežiūros laikas (t_a) naudojamas jos priežiūrai siekiant, kad visą pamainą ji būtų tinkama darbui.

3.1. Pagrindinio laiko normavimas

Kai procesai mechanizuoti, pagrindinis laikas vadinamas *mašininio laiku*. Jo trukmę produkcijos vienetui cikliniuose mechaninio apdirbimo ir suvirinimo procesuose galima išreikšti formule:

$$t_{pag} = \frac{Q}{q}; \quad (1)$$

Čia Q - atliekamo darbo apimtis; q - per laiko vienetą atliekamo darbo apimtis.

Visos formulės, naudojamos pagrindiniam laikui apskaičiuoti, yra vienokia ar kitokia šio formulės atmaina. Pavyzdžiui, normuojant mechaninio apdirbimo operacijas, Q yra įrankio nueinamas kelias L , o q - pastūma — įrankio slinkimo greitis s:

$$t_{pag} = \frac{Q}{q} = \frac{L}{s} * i; \quad (2)$$

Čia L - įrankio nueinamas kelias (mm); i - praėjimų skaičius; s - įrankio pastūma, mm/min;

Iš šios formulės matome, kad kuo didesnis pjovimo įrankio nueinamas kelias, tuo ilgesnis pagrindinis laikas. Apdirbamojo paviršiaus matmens sumažinti negalima, tačiau įrankio nueinamą kelią galima sutrumpinti išdalijant jį keliems vienu metu dirbantiems įrankiams. Vieną paviršių gali apdirbti keli įrankiai arba keli įrankiai gali apdirbti skirtingus paviršius vienu metu. Vienas paviršius keliais įrankiais apdirbamas tik rupiai, nes vienu įrankiu apdirbtai paviršiaus daliai pereinant į kito įrankio apdirbtąjį sunku išvengti laiptelių. Ir vienu, ir kitu būdu dirbant pagrindinis laikas sutrumpinamas net kelis kartus priklausomai nuo vienu metu dirbančių įrankių skaičiaus.

Pagrindinio laiko formulėje esantį praėjimų skaičių galima sumažinti naudojant tikslesnius, artimesnius baigtai detalei ruošinius, turinčius mažesnę užlaidą. Tada nereikia pakartotinių ėjimų. Ėjimų skaičių galima sumažinti ir paviršių apdirbant keliais įrankiais vienu metu, panašiu principu, kaip tai daroma trumpinant įrankio kelią.

3.2. Pagalbinio laiko normavimas

Paprastai per pagalbinių laiką atliekami rankiniai, kartais rankiniai mechanizuoti darbo elementai. Todėl pagalbinio laiko normavimo metodai skiriasi nuo pagrindinio laiko normavimo metodų. Pramonėje pagalbinis laikas sudaro didelį lyginamąjį svorį. Mažai automatizuotos nėsirijinės gamybos CNC lazerinio pjovimo pagalbinis laikas sudaro apie 200 proc. pagrindinio laiko. Šiuo atveju CNC lazerinio pjovimo pagalbinio laiko struktūra yra tokia: laikas ruošiniui įtvirtinti ir nuimti sudaro 60-75 proc., lakšto pramušimui – 1-3 proc., lazeriui nustatyti ir paruošti programą – 16-22 proc.. Kaip matome, ypač daug laiko gaištama ruošiniui įtvirtinti ir nuimti, paruošti programą ir nustatyti lazerio parametrus. Mažinti šių darbo elementų trukmę gali padėti geresnis darbo vietos suplanavimas, tobulesni darbo metodai.

Norint geriau optimizuoti darbą, stengiamasi organizacinę įrangą, ruošinius, detales išdėstyti optimalaus matomumo ir pasiekimo zonose, tolygiai apkrauti abi darbininko rankas, gerinti darbo elementų nuoseklumą, sutapdinti pagalbinius darbo veiksmus su mašininiu laiku. Trumpinti pagalbinių laiką daug padeda techninės priemonės. Sakysime, ruošiniams įtvirtinti reikia naudoti greitai užspaudžiančius įtaisus, pavyzdžiui, pneumatinius, detalių matmenims tikrinti – specialius matavimo įrankius: šakutes, kalibrus ir kt.

Rankiniams ir rankiniams mechanizuotiems darbams reikalingą pagalbinių laiką dažnai sunku atskirti nuo pagrindinio laiko. Todėl, normuojant šaltkalvystės, surinkimo ir kitas operacijas, operatyvusis laikas į pagrindinį ir pagalbinių neskaidomas, jo trukmę galima nustatyti pagal operatyviojo laiko normatyvus.

3.3. Sprendimo modelio sudarymas

Atliekant lazerinio CNC pjovimo ir valcavimo laikų analizę bus naudojamosi vienuodu duomenų apdorojimu, todėl matematinis modelis bus tiek vienu, tiek kitu atveju vienodas, skirsis tik galutinės išvados ir skaičiavimams bus naudojami skirtingų bandymų duomenys. Programa sukurta pagal modelį pateikta 3 priede.

Skaičiavimų modelis

Pirmiausia, apdorodami duomenis turime sužinoti realaus chronometruoto laiko ir operacinio apskaičiuoto programa „Monitor ERP“ laiko skirtumą (x_x):

$$x_x = \frac{t_t}{t_f}; \quad (3)$$

t_t – teorinis laikas apskaičiuotas programa "Monitor ERP"; t_f – faktinis chronometruotas laikas.

Pagal gautus duomenis nustatome imties intervalus, tam naudojame Sterdžeso formulę:

$$f = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3.322 \lg N}; \quad (4)$$

f – intervalų skaičius; N – imtis; $x_{\max}$ – maksimali x reikšmė; $x_{\min}$ – minimali x reikšmė.

Surandamas intervalo dydis (h):

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{f}; \quad (5)$$

Turint šiuos duomenis nustatomi intervalų režiai:

$$X_n = x_1 + \prod_{i=f}^n i * h; \quad (6)$$

Randamas kiekvieno režio duomenų vidurkis (t_{xvid}):

$$t_{xvid} = \frac{x_{n,\max} - x_{n,\min}}{C}; \quad (7)$$

$x_{n,\max}$ – maksimali x reikšmė n – tajame intervale;
 $x_{n,\min}$ – minimali x reikšmė n – tajame intervale, C – duomenų skaičius intervale.

Randame kiekvieno intervalo dažnį ($p(x_i)$):

$$p(x_i) = \frac{N}{C_i}; \quad 8)$$

N – visas duomenų skaičius; C_i – duomenų skaičius intervale;

Apskaičiuojama vidutinė centro grupavimo reikšmė kiekvienam intervalui $M(x_i)$:

$$M(x_i) = t_{x_i \text{vid}} * p(x_i); \quad 9)$$

Toliau randama vidutinė centro grupavimo reikšmė visiems duomenims $M(x)$:

$$M(x) = \sum_{i=f} M(x_i); \quad 10)$$

Apskaičiuojama populiacijos dispersija kiekviename *rėžyje*:

$$\sigma^2_i = (t_{x_i \text{vid}} - M(x))^2 * p(x_i); \quad 11)$$

Apskaičiuojama populiacijos dispersija visai imčiai:

$$\sigma^2 = \sum_{i=f} \sigma^2_i; \quad 12)$$

Visi skaičiavimo rezultatai suvedami I rezultatų lentelę:

3.1 lentelė. Duomenims suvesti skirta lentelė

Intervalų ribos	Vidutinio intervalo dydis $t_{x \text{vid}}$	Dažnis $p(x_i)$	Vidutinė centro grupavimo reikšmė $M(x_i)$	Populiacijos dispersija σ^2_i
Suma				

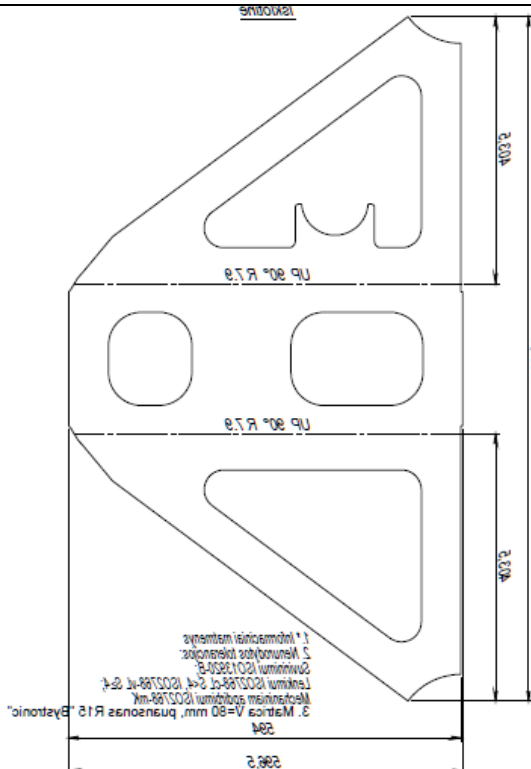
Taip pat nubraižoma operacinių laikų santykių pasiskirstymo diagrama.

4. TYRIMŲ METODIKA IR REZULTATAI

Norint išanalizuoti atskirų detalių operacinių laikų, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“, ir darbo centrų operatorių deklaruotų operacinių laikų atitikimą, chronometruojami lazerinio CNC pjovimo ir valcavimo darbo centrų operaciniai laikai. Inžinierius technologas suveda į programą „Monitor ERP“ duomenis, reikalingus detalei arba gaminiui pagaminti. Programa „Monitor ERP“ apskaičiuoja pasiruošimo bei mašininius laikus. Kai staklių operatorius gauna užduotį, jis į kompiuterį įveda duomenis, kada pradėjo ir baigė jam suplanuotą užduotį. Jo darbo laikas yra chronometruojamas ir tokiu būdu išmatuojamas laikas, kurį darbo centras realiai sugaišo detalei ar gaminiui pagaminti. Programa parodo, kaip darbuotojo darbas atitinka darbo laiko normas.

Tyrimams buvo paimta po 100 detalių iš ankščiau minėtų operacijų ištirti. 4 lentelėje pavaizduotos valcavimo operacijos ir operacinio laiko sudedamosios dalys.

4.1 lentelė. Detalės valcavimo operacijos operacinis laikas

															
4406	<table><tr><td>1</td><td></td></tr><tr><td>VL</td><td>30</td></tr></table>	1		VL	30	<table><tr><td>Ilgis</td><td>1035</td></tr><tr><td>SQ:</td><td>1</td></tr></table>	Ilgis	1035	SQ:	1	<table><tr><td>Plotis</td><td>597</td></tr><tr><td>WJ:</td><td>0</td></tr></table>	Plotis	597	WJ:	0
1															
VL	30														
Ilgis	1035														
SQ:	1														
Plotis	597														
WJ:	0														
		<table><tr><td>Storis</td><td>5</td></tr><tr><td>O:</td><td>0</td></tr></table>	Storis	5	O:	0	<table><tr><td>K:</td><td>1</td></tr><tr><td>MR:</td><td>0</td></tr></table>	K:	1	MR:	0				
Storis	5														
O:	0														
K:	1														
MR:	0														
		<table><tr><td>AK:</td><td>40</td></tr></table>	AK:	40											
AK:	40														
<table><tr><td>Pasiruošimas:</td><td>28,75</td><td>Vnt:</td><td>3,135</td></tr><tr><td>kas Pasiruošimo:</td><td>28,75</td><td>Vnt:</td><td>3,135</td></tr></table>				Pasiruošimas:	28,75	Vnt:	3,135	kas Pasiruošimo:	28,75	Vnt:	3,135				
Pasiruošimas:	28,75	Vnt:	3,135												
kas Pasiruošimo:	28,75	Vnt:	3,135												

Eilės nr.	Operacija	Laikas apskaičiuotas programa „Monitor ERP“	Realus laikas sugaištas detalei pagaminti.
1	Valcavimas	0,5314	0,5528

Iš 4 lentelės matyti, kad detalei **XCH200183-BLS** suvalcuoti programos „Monitor ERP“ apskaičiuotas operacinis laikas yra 0,5314 h , o valcavimo darbo centras tokią detalę pagamino per 0,5528h.

4.1. Lazerinio CNC pjovimo darbo centro operacinių laikų tyrimo rezultatai

Tiriamus gaminius daugiausia sudaro juodo plieno lakštai. Gaminų pavyzdžiai pateikiami prieduose (2 priedas). 5 lentelėje pateikiami lazerinio CNC pjovimo darbo centro operacinių laikų tyrimo rezultatai.

4.2 lentelė. Lazerinio CNC pjovimo operacinių laikų tyrimo rezultatai

Eilės nr.	Gaminio nr.	Laikas apskaičiuotas programa "Monitor ERP", val.	Realus laikas sugaištas detalei pagaminti, val.	Operacinių laikų santykis
1	2008757_0	0,0267	0,0350	0,7629
2	2009005_0	0,2827	0,2259	1,2514
3	2008480_1	0,2317	0,1455	1,5924
4	2008426_1	0,0267	0,0285	0,9368
5	2009007_0	0,0189	0,022	0,8591
6	2008458_2	0,0427	0,0545	0,7835
7	702291392.02	0,5750	0,6352	0,9052
8	702415826.02	0,0773	0,0919	0,8411
9	AD1074.00.16	0,0667	0,1114	0,5987
10	AD1111.01.02	0,0567	0,0947	0,5987
11	3-000075180	0,0187	0,0096	1,9479
12	3-000096967	0,062	0,135	0,4593
13	3-000097062	0,0587	0,0637	0,9215
14	3-000097064	0,04	0,0434	0,9217
15	3-000097101	0,0267	0,0581	0,4596
16	XCH200014-BMT	0,15	0,1186	1,2648
17	XCH200029-BMT	0,0267	0,0347	0,7695
18	XCH200050-BMT	0,0225	0,0178	1,2640
19	XCH200209-BMT	0,0667	0,0766	0,8708
20	XCH200213-BMT	0,0333	0,0383	0,8695
21	XCH200261-BMT	0,05	0,0395	1,2658

4.2 lentelė. Tęsinys.

22	XCH200282-BMT	0,05	0,0574	0,8711
23	XCH200323-BMT	0,0267	0,0211	1,2654
24	XCH200226-BMT_A	0,0367	0,0421	0,8717
25	XCH200228-BMT_A	0,025	0,0287	0,8711
26	XCH200271-BMT_A	0,0267	0,0306	0,8725
27	XCH200333-BMT_A	0,05	0,0395	1,2658
28	XCH201015-BMT	0,0333	0,0264	1,2614
29	XCH201004-BMT_A	0,0833	0,0957	0,8704
30	XCH200411-BMT	0,05	0,0685	0,7299
31	SDU0045354.02_00	0,1713	0,2129	0,8046
32	SDU0045381_00	0,2647	0,3429	0,7719
33	SDU0044377_00	0,3300	0,4349	0,7212
34	SDU0046785_00	0,4167	0,4833	0,9246
35	SDU0048558_00	0,0487	0,0411	1,1849
36	SDU0048559_00	0,1100	0,2093	0,5256
37	SDU0048560_00	0,0413	0,0349	1,1834
38	SDU0048567_00	0,0757	0,1537	0,4925
39	SDU0048573_00	0,0297	0,1014	0,2929
40	SDU0048578.06_00	0,0867	0,0731	1,1860
41	SDU0048579.02_00	0,0300	0,0333	0,9009
42	SDU0048587.02_00	0,0267	0,0253	1,0553
43	SDU0048588.02_00	0,0567	0,0629	0,9014
44	SDU0041796_00	0,1500	0,2743	0,5468
45	SDU0048530_00	0,0300	0,1026	0,2924
46	SDU0048556_00	0,0477	0,0395	1,2076
47	SDU0048557_00	0,0787	0,0698	1,1275
48	SDU0048559_00	0,1100	0,1543	0,7129
49	SDU0048560_00	0,0413	0,0349	1,1834
50	SDU0048572_00	0,0667	0,0563	1,1847
51	SDU0048576_00	0,0387	0,1322	0,2927
52	SDU0048569-1_00	0,3667	0,3918	0,9359
53	SDU0048531.03_00	0,0340	0,0363	0,9366

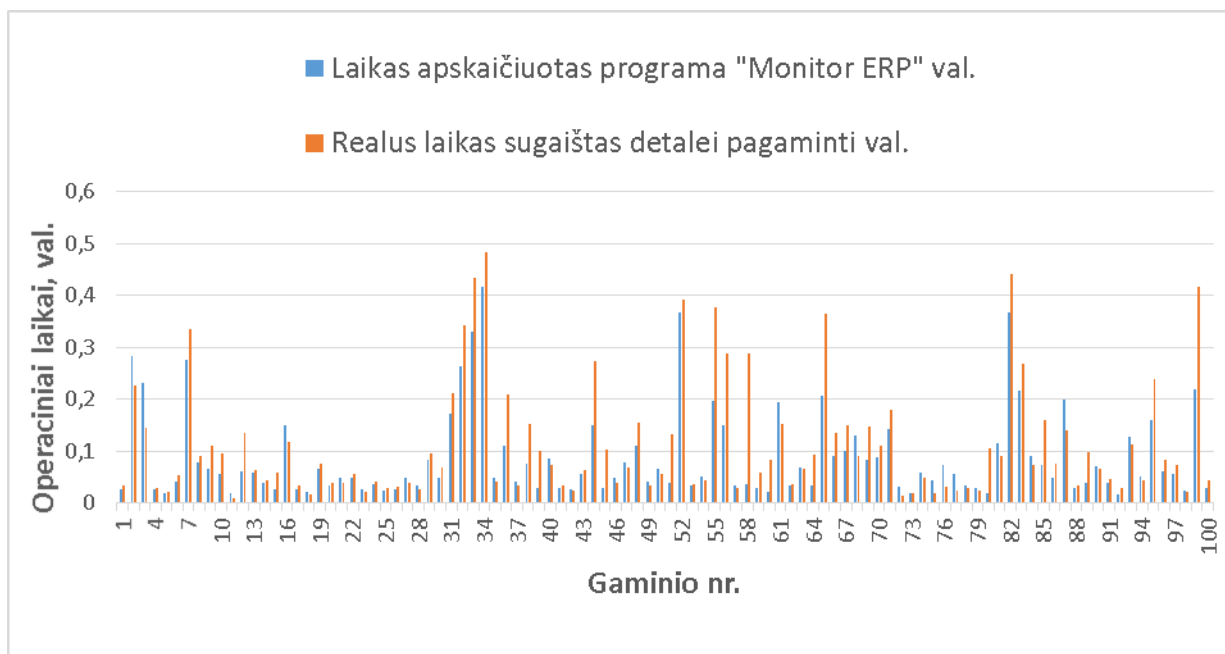
4.2 lentelė. Tęsinys.

54	SDU0048578.05_00	0,0507	0,0428	1,1846
55	SDU0048451.03_01	0,1967	0,3778	0,5206
56	SDU0048454.02_01	0,1500	0,2881	0,5207
57	SDU0045143.04_00	0,0333	0,0281	1,1851
58	AD1037.28.01_A	0,0367	0,2895	0,1268
59	AD1037.38.03	0,0280	0,0597	0,4690
60	5250065.04.02_D	0,0212	0,0832	0,2548
61	SDU0028113-06_00	0,1933	0,1518	1,2734
62	4-5120732.01	0,0335	0,0358	0,9358
63	SDU0012732.01_00	0,0683	0,0667	1,0240
64	SDU0024090-06_00	0,0333	0,0939	0,3546
65	SDU0029252.02_03	0,2060	0,3646	0,5650
66	30000468.02_C	0,0900	0,1346	0,6686
67	30000468.03_C	0,1000	0,1496	0,6684
68	30007936.01_C	0,1300	0,0903	1,4396
69	30007936.04_C	0,0833	0,1475	0,5647
70	70062732.03_E	0,0877	0,1098	0,7987
71	70062732.30_E	0,1433	0,1796	0,7979
72	CA004740.06_A	0,0317	0,0139	2,2806
73	CA004740.23_A	0,0203	0,0181	1,1215
74	CA004740.27_A	0,0587	0,0499	1,1764
75	CP011546.01_A	0,0450	0,0198	2,2727
76	70062731.02_02	0,0733	0,0323	2,2693
77	70062731.05_02	0,0573	0,0252	2,2738
78	7096747.01_01	0,0333	0,0300	1,1100
79	2-7083167-2.41	0,0300	0,0243	1,2346
80	7083156-5.2_06	0,0200	0,1065	0,1878
81	7083156-6.4_07	0,1167	0,0912	1,2796
82	1-7083158-07_08	0,3667	0,4418	0,8988
83	2-7083162-01_01	0,2167	0,2692	0,8050
84	3-7083588-01_01	0,0900	0,0728	1,2363
85	3-7083589-01_01	0,0733	0,1597	0,4590
86	3-7083769.01_01	0,0500	0,0760	0,6579

4.2 lentelė. Tęsinys.

87	1-7083164-3.1_05	0,2000	0,1414	1,4144
88	1-7083698-5.3_03	0,0300	0,0334	0,8982
89	83156_08_SABL.01	0,0383	0,0984	0,3892
90	7083684.04_3	0,0707	0,0670	1,0552
91	7083723.01.01_2	0,0400	0,0474	0,8439
92	7098593.03	0,0180	0,0295	0,6102
93	3-7083911_01	0,1267	0,1124	1,1272
94	7098600.02_1	0,0513	0,0437	1,1739
95	7098613.02_1	0,1593	0,2378	0,6699
96	2-7083924.09_02	0,0600	0,0840	0,7143
97	7097390007-1	0,0567	0,0724	0,7831
98	7098582004_2	0,0238	0,0225	1,0578
99	7098621.06_1	0,2200	0,4165	0,5282
100	7098680.02_1	0,0287	0,0431	0,6659

Nubraižoma realių laikų, ir laikų, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“, lyginamoji diagrama.



4.1 pav. Realių laikų, ir laikų, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“, lyginamoji diagrama

4.2. Valcavimo darbo centro operacinių laikų tyrimo rezultatai

Tiriamus gaminius daugiausia sudaro juodo plieno lakštai bei juostos. Gaminių pavyzdžiai pateikiami prieduose (2 priedas). 6 lentelėje pateikiami valcavimo darbo centro operacinių laikų tyrimo rezultatai.

4.3 lentelė. Valcavimo darbo centro operacinių laikų tyrimo rezultatai

Eilės nr.	Gaminio nr.	Laikas apskaičiuotas programa „Monitor ERP“, val.	Realus laikas sugaištas detalei pagaminti, val.	Operacinių laikų santykis
1	KZOXT015560B2759	0,46	0,2744	1,6764
2	KZKAE015251B2759	0,2167	0,1629	1,3303
3	2008425_2	0,25	0,2967	0,8426
4	2008754_1	0,35	0,2032	1,7224
5	XCH200003-BLS_B	0,3333	0,1973	1,6893
6	XCH200173-BLS_B	0,3167	0,203	1,5601
7	XCH200111-BMT	0,2667	0,661	0,4035
8	015540B3181.02	0,75	0,5513	1,3604
9	KZNAF214919B3181	0,1667	0,1787	0,9328
10	ZNAXF021859B3181	0,2833	0,3183	0,8900
11	KZAPL678ASA01	0,3833	0,7908	0,4847
12	KZMV015283B3181	0,1833	0,1551	1,1818
13	KZMV015284B3181	0,2833	0,29	0,9769
14	KZMV015285B3181	0,2	0,1865	1,0724
15	KZAPL015278B3181	0,2	0,2926	0,6835
16	KZOBX1945	0,2333	0,1983	1,1765
17	KZOBX1912	0,155	0,1317	1,1769
18	KZOBX1946	0,2333	0,1683	1,3862
19	KZOXYA200A02	0,3	0,2083	1,4402
20	ZNAXF021860B3181	0,2833	0,2174	1,3031
21	KZOXT015560B2759	0,46	0,2774	1,6583
22	70327752_B	0,45	0,4057	1,1092
23	KZMK015185B0684	0,5833	0,4354	1,3397

4.3 lentelė. Tęsinys.

24	KZOCO015164B3274	0,5	0,15152	3,2999
25	KZMK015185B2959	0,6667	0,7976	0,8359
26	KZXEX017020B2721	0,8667	0,9111	0,9513
27	KZXEX213359B2721	0,8833	0,6692	1,3199
28	KZKAE027924B2721	0,35	0,2167	1,6151
29	KZKAE015251B3547	0,3	0,1834	1,6358
30	KZMK015185B3547	1,25	1,1833	1,0564
31	KZOXC015361B3547	0,3667	0,3247	1,1294
32	KZOXC214929B3547	0,4333	0,3837	1,1293
33	KZOXT015560B3547	0,6333	0,2977	2,1273
34	KZOXT015560B3547	0,6333	0,5551	1,1409
35	KZOXT015564B3547	0,3667	0,2994	1,2248
36	KZOXT214942B3547	0,4667	0,4342	1,0749
37	KZKAX015586B3547	0,4333	0,3747	1,1564
38	015174B3547.01	0,3000	0,2917	1,0285
39	015174B3547.02	0,5667	0,8953	0,6330
40	015174B3547.03	0,4333	0,5281	0,8205
41	015174B3547.04	0,3000	0,3077	0,9750
42	015174B3547.05	0,5000	1,0547	0,4741
43	KZOCV015135B3547	0,5833	1,2833	0,4545
44	KZOCY015573B3547	0,3667	0,4304	0,8520
45	KZOCY215262B3547	0,3333	0,1828	1,8233
46	KZOXC015361B3547	0,3667	0,3247	1,1294
47	KZOXC214929B3547	0,4333	0,3837	1,1293
48	KZOXT015560B3547	0,6333	0,5542	1,1427
49	KZOXT015560B3547	0,6333	0,4487	1,4114
50	KZOXT015564B3547	0,3667	0,3194	1,1481
51	KZOXT015564B3547	0,5667	0,4958	1,1430
52	KZOXT214942B3547	0,4667	0,6833	0,6830
53	KZMTS215289B3547	0,2833	0,2224	1,2738
54	015174B2098.02	4,1667	2,6833	1,5528
55	015174B2098.01	0,5667	0,5214	1,0869
56	7098892_1	0,3333	0,4321	0,7713

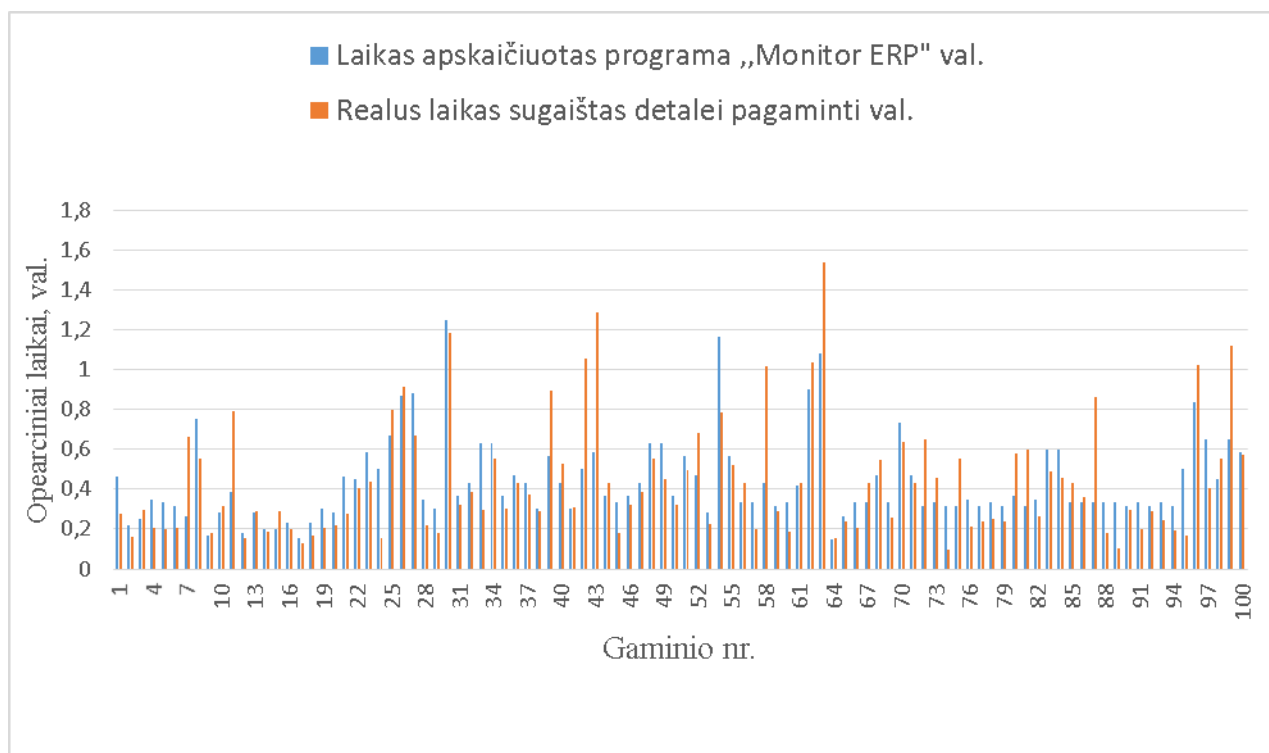
4.3 lentelė. Tęsinys.

57	7098885_2	0,3333	0,1975	1,6876
58	7098262_1	0,4333	1,0154	0,4267
59	7098125_1	0,3167	0,2869	1,1039
60	7098892_1	0,3333	0,1837	1,8144
61	7098894_1	0,4167	0,4328	0,9628
62	109063_B	0,9000	1,0333	0,8710
63	109062_B	1,0833	1,5389	0,7039
64	060436-1000	0,1500	0,1523	0,9849
65	XCH200111-BMT	0,2667	0,2404	1,1094
66	XCH200151-BMT	0,3333	0,2070	1,6101
67	XCH200181-BMT	0,3333	0,4285	0,7778
68	XCH200191-BMT	0,4667	0,5459	0,8549
69	XCH200241-BMT	0,3333	0,2561	1,3014
70	XCH201002-BMT_A	0,7333	0,6340	1,1566
71	XCH201003-BMT_A	0,4667	0,4333	1,0771
72	XCH200001-BLS_D	0,3167	0,6500	0,4872
73	XCH200003-BLS_B	0,3333	0,4568	0,7296
74	XCH200165-BLS_B	0,3167	0,0936	3,3835
75	XCH200183-BLS_C	0,5314	0,5528	0,9618
76	XCH200194-BLS_C	0,3500	0,2110	1,6588
77	XCH200002-BLS_B	0,3167	0,2372	1,3352
78	XCH200003-BLS_B	0,3333	0,2497	1,3348
79	XCH200183-BLS_C	0,3167	0,2372	1,3352
80	XCH201001-BLS_B	0,3667	0,5794	0,6329
81	XCH200183-BLS_C	0,5314	0,5951	0,8930
82	XCH200194-BLS_C	0,3500	0,2648	1,3218
83	XCH200024-BMT	0,6000	0,4920	1,2195
84	XCH200151-BMT	0,6000	0,4539	1,3219
85	7098102_1	0,3333	0,4317	0,7721
86	7098102_1	0,3333	0,3632	0,9177
87	7098890_1	0,3333	0,8611	0,3871
88	7098885_2	0,3333	0,1832	1,8193
89	7098102_1	0,3333	0,1044	3,1925

4.3 lentelė. Tęsinys.

90	7098961_1	0,3167	0,2984	1,0613
91	7098131_1	0,3333	0,2028	1,6435
92	7098125_1	0,3167	0,2869	1,1039
93	7098895_2	0,3333	0,2421	1,3767
94	7098961_1	0,3167	0,1925	1,6452
95	1-6410410.15_D	0,5000	0,1677	2,9815
96	SDU0048578.05_00	0,8333	1,0240	0,8138
97	70062732.08_E	0,6500	0,4036	1,6105
98	7083156-6.4_07	0,4500	0,5538	0,8126
99	7083156-7.1_06	0,6500	1,1167	0,5821
100	1-7083163-3.2_10	0,5833	0,5727	1,0185

Nubraižoma realių laikų, ir laikų, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“, lyginamoji diagrama.



4.2 pav. Realių laikų, ir laikų, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“, lyginamoji diagrama.

4.3. Rezultatų analizė

Iš gautų tyrimų rezultatų matyti, kad programa „Monitor ERP“ apskaičiuotas operacinis laikas visose operacijose kito ir kartais skirtumai tarp realių chronometruotų laikų ir laikų apskaičiuotų programa buvo žymūs.

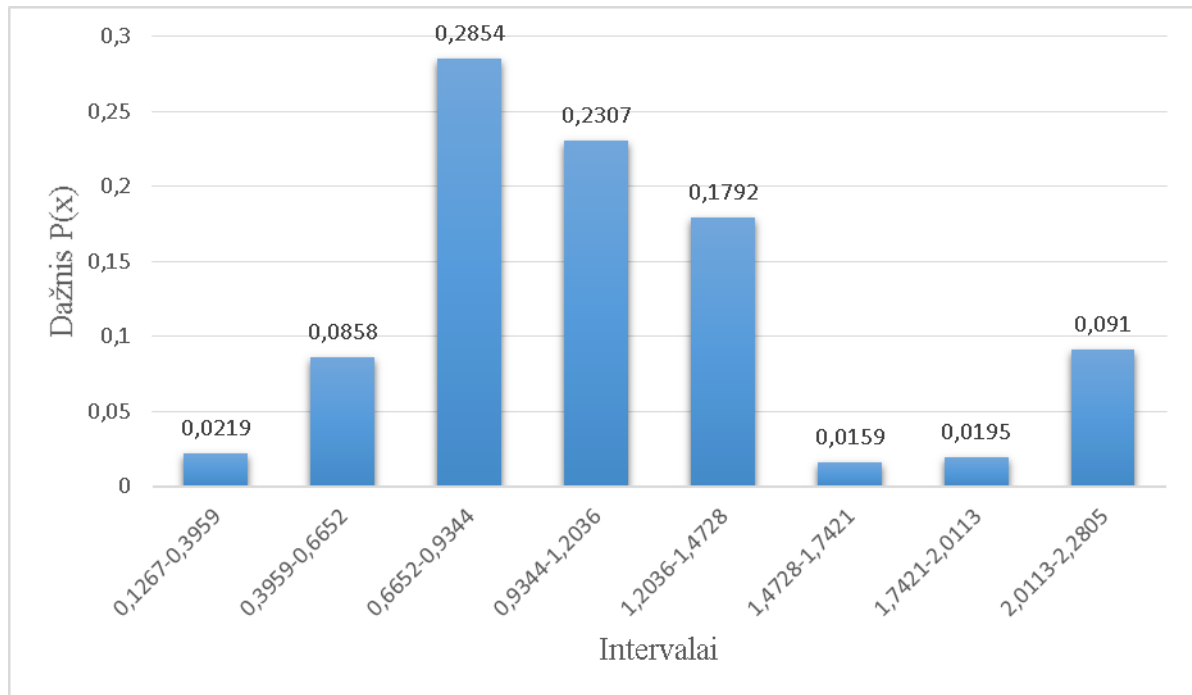
Lazerinio CNC pjovimo darbo centro operaciniai laikai apskaičiuoti programa „Monitor ERP“, yra nuo 0,13 iki 2,28 karto nesutampantis nei realus chronometruotas operacinis laikas. Valcavimo darbo centro operaciniai laikai, apskaičiuoti programa „Monitor ERP“, yra nuo 0,38 iki 3,38 karto nesutampantys nuo realių chronometruotų operacinių laikų.

Norint nustatyti koreguojančius veiksnius programoje „Monitor ERP“, apskaičiuojama grupavimo centro vidutinė teorinė reikšmė M_x . Imamas santykis, chronometruotas operacinis laikas dalijamas iš operacinio laiko, apskaičiuoto programa „Monitor ERP“. Visi parametrai apskaičiuojami programa „Maple“. Visi skaičiavimai pateikiami prieduose (priedas 3), o rezultatų suvestinė pateikiama lentelėse.

4.4 lentelė. Lazerinio CNC pjovimo operacinių laikų tyrimo rezultatų apdorojimo lentelė.

Intervalų ribos	Vidutinio intervalo dydis t_{xvid}	Dažnis $p(x_i)$	Vidutinė centro grupavimo reikšmė $M(x_i)$	Populiacijos dispersija $[(\sigma^2)]_i$
0,1267 – 0,3959	0,2739	0,08	0,0219	0,0344
0,3959 – 0,6652	0,5360	0,16	0,0858	0,0248
0,6652 – 0,9344	0,8154	0,35	0,2854	0,0045
0,9344 – 1,2036	1,0983	0,21	0,2307	0,0060
1,2036 – 1,4728	1,2802	0,14	0,1792	0,0172
1,4728 – 1,7421	1,5924	0,01	0,0159	0,0044
1,7421 – 2,0113	1,9479	0,01	0,0195	0,0104
2,0113 – 2,2805	2,2741	0,04	0,0910	0,0723
Suma	1,2272	1	0,9293	0,4171

Nubraižoma operacinių laikų santykių pasiskirstymo diagrama.

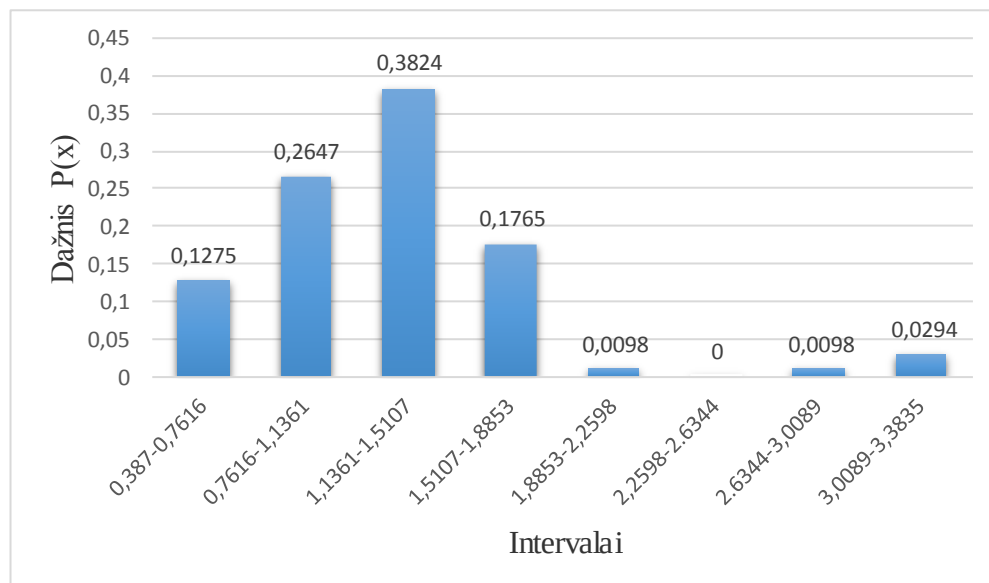


4.3 pav. Lazerinio CNC pjovimo operacinių laikų santykių pasiskirstymo diagrama.

4.5 lentelė. Valcavimo operacinių laikų tyrimo rezultatų apdorojimo lentelė

Intervalų ribos	Vidutinio intervalo dydis t_{xvid}	Dažnis $p(x_i)$	Vidutinė centro grupavimo reikšmė $M(x_i)$	Populiacijos dispersija $[\sigma^2]_i$
0,387 – 0,7616	0,5544	0,1275	0,0622	0,063
0,7616 – 1,1361	0,9674	0,2647	0,2285	0,0285
1,1361 – 1,5107	1,2725	0,3824	0,4609	0,0001
1,5107 – 1,8853	1,6719	0,1765	0,2928	0,0386
1,8853 – 2,2598	2,1273	0,0098	0,0209	0,0086
2,2598 – 2,6344	0	0	0	0
2,6344 – 3,0089	2,9815	0,0098	0,0292	0,0314
3,0089 – 3,3835	3,2919	0,0294	0,0968	0,1298
Suma	1,2272	1	1,19	0,5477

Nubraižoma operacinių laikų santykių pasiskirstymo diagrama.



4.4 pav. Valcavimo operacinių laikų santykių pasiskirstymo diagrama

Apskaičiavus lazerinio CNC pjovimo ir valcavimo darbo centrų operacinių laikų santykių grupavimo centro vidutinę reikšmę M_x ir padauginus šią reikšmę iš operacinio laiko, apskaičiuoto programa „Monitor ERP“, nubraižomos lyginamosios diagramos.

Lazerinio CNC pjovimo darbo centro operacinių laikų santykių grupavimo centro vidutinė teorinė reikšmė M_x lygi a. Įvedus į „Monitor ERP“ programos langą „Corection Factor“ šią reikšmę, gaunami rezultatai, kurie pateikti 9 lentelėje.

4.6 lentelė. Lazerinio CNC pjovimo darbo centro operaciniai laikų rezultatai patobulinus programa „Monitor ERP“

Eilės nr.	Gaminio nr.	Laikas apskaičiuotas programa "Monitor ERP" val.	Realus laikas sugaištas detalei pagaminti val.
1	2008757_0	0,0287	0,0350
2	2009005_0	0,3042	0,2259
3	2008480_1	0,2493	0,1455
4	2008426_1	0,0287	0,0285
5	2009007_0	0,0203	0,022
6	2008458_2	0,0459	0,0545
7	702291392.02	0,3187	0,3352
8	702415826.02	0,0832	0,0919
9	AD1074.00.16	0,0718	0,1114
10	AD1111.01.02	0,0610	0,0947

4.6 lentelė. Tęsinys.

11	3-000075180	0,0201	0,0096
12	3-000096967	0,0667	0,135
13	3-000097062	0,0632	0,0637
14	3-000097064	0,0430	0,0434
15	3-000097101	0,0287	0,0581
16	XCH200014-BMT	0,1614	0,1186
17	XCH200029-BMT	0,0287	0,0347
18	XCH200050-BMT	0,0242	0,0178
19	XCH200209-BMT	0,0718	0,0766
20	XCH200213-BMT	0,0358	0,0383
21	XCH200261-BMT	0,0538	0,0395
22	XCH200282-BMT	0,0538	0,0574
23	XCH200323-BMT	0,0287	0,0211
24	XCH200226-BMT_A	0,0395	0,0421
25	XCH200228-BMT_A	0,0269	0,0287
26	XCH200271-BMT_A	0,0287	0,0306
27	XCH200333-BMT_A	0,0538	0,0395
28	XCH201015-BMT	0,0358	0,0264
29	XCH201004-BMT_A	0,0896	0,0957
30	XCH200411-BMT	0,0538	0,0685
31	SDU0045354.02_00	0,1843	0,2129
32	SDU0045381_00	0,2848	0,3429
33	SDU0044377_00	0,5703	0,7349
34	SDU0046785_00	0,4788	0,4833
35	SDU0048558_00	0,0524	0,0411
36	SDU0048559_00	0,1184	0,2093
37	SDU0048560_00	0,0444	0,0349
38	SDU0048567_00	0,0815	0,1537
39	SDU0048573_00	0,0320	0,1014
40	SDU0048578.06_00	0,0933	0,0731

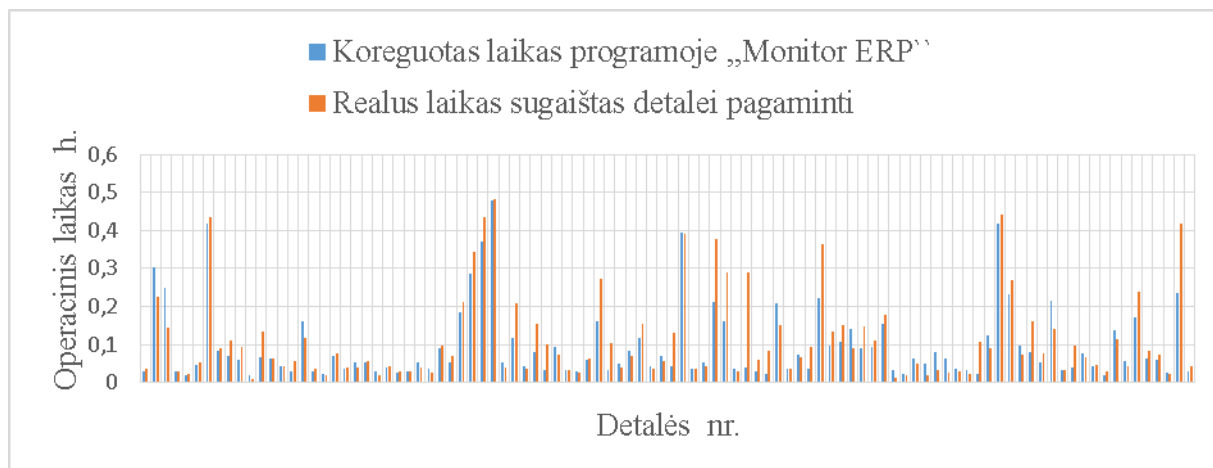
4.6 lentelė. Tęsinys.

41	SDU0048579.02_00	0,0323	0,0333
42	SDU0048587.02_00	0,0287	0,0253
43	SDU0048588.02_00	0,0610	0,0629
44	SDU0041796_00	0,1614	0,2743
45	SDU0048530_00	0,0323	0,1026
46	SDU0048556_00	0,0513	0,0395
47	SDU0048557_00	0,0847	0,0698
48	SDU0048559_00	0,1184	0,1543
49	SDU0048560_00	0,0444	0,0349
50	SDU0048572_00	0,0718	0,0563
51	SDU0048576_00	0,0416	0,1322
52	SDU0048569-1_00	0,3946	0,3918
53	SDU0048531.03_00	0,0366	0,0363
54	SDU0048578.05_00	0,0546	0,0428
55	SDU0048451.03_01	0,2117	0,3778
56	SDU0048454.02_01	0,1614	0,2881
57	SDU0045143.04_00	0,0358	0,0281
58	AD1037.28.01_A	0,0395	0,2895
59	AD1037.38.03	0,0301	0,0597
60	5250065.04.02_D	0,0228	0,0832
61	SDU0028113-06_00	0,2080	0,1518
62	4-5120732.01	0,0360	0,0358
63	SDU0012732.01_00	0,0735	0,0667
64	SDU0024090-06_00	0,0358	0,0939
65	SDU0029252.02_03	0,2217	0,3646
66	30000468.02_C	0,0968	0,1346
67	30000468.03_C	0,1076	0,1496
68	30007936.01_C	0,1399	0,0903
69	30007936.04_C	0,0896	0,1475
70	70062732.03_E	0,0944	0,1098

4.6 lentelė. Tęsinys.

71	70062732.30_E	0,1542	0,1796
72	CA004740.06_A	0,0341	0,0139
73	CA004740.23_A	0,0218	0,0181
74	CA004740.27_A	0,0632	0,0499
75	CP011546.01_A	0,0484	0,0198
76	70062731.02_02	0,0789	0,0323
77	70062731.05_02	0,0617	0,0252
78	7096747.01_01	0,0358	0,0300
79	2-7083167-2.41	0,0323	0,0243
80	7083156-5.2_06	0,0215	0,1065
81	7083156-6.4_07	0,1256	0,0912
82	1-7083158-07_08	0,7174	0,7418
83	2-7083162-01_01	0,2332	0,2692
84	3-7083588-01_01	0,0968	0,0728
85	3-7083589-01_01	0,0789	0,1597
86	3-7083769.01_01	0,0538	0,0760
87	1-7083164-3.1_05	0,2152	0,1414
88	1-7083698-5.3_03	0,0323	0,0334
89	83156_08_SABL.01	0,0412	0,0984
90	7083684.04_3	0,0761	0,0670
91	7083723.01.01_2	0,0430	0,0474
92	7098593.03	0,0194	0,0295
93	3-7083911_01	0,1363	0,1124
94	7098600.02_1	0,0552	0,0437
95	7098613.02_1	0,1714	0,2378
96	2-7083924.09_02	0,0646	0,0840
97	7097390007-1	0,0610	0,0724
98	7098582004_2	0,0256	0,0225
99	7098621.06_1	0,2367	0,4165
100	7098680.02_1	0,0309	0,0431

Nubraižoma realių laikų, ir laikų, apskaičiuotu patobulinus programą „Monitor ERP“, lyginamoji diagrama.



4.5 pav. Lazerinio CNC pjovimo darbo centro operacinių laikų rezultatai patobulinus programą „Monitor ERP“

Valcavimo darbo centro operacinių laikų santykių grupavimo vidutinė teorinė reikšmė M_x lygi 1.19. Įvedus į programą „Monitor ERP“ programos langą „Corection Factor“ šią reikšmę, gaunami rezultatai, kurie pateikti 10 lentelėje.

4.7 lentelė. Valcavimo darbo centro operacinių laikų rezultatai patobulinti programa „Monitor ERP“

Eilės nr.	Gaminio nr.	Laikas apskaičiuotas programa "Monitor ERP" val.	Laikas apskaičiuotas programa „Monitor ERP“ val.
1	KZOXT015560B2759	0,3866	0,46
2	KZKAE015251B2759	0,1821	0,2167
3	2008425_2	0,2101	0,25
4	2008754_1	0,2941	0,35
5	XCH200003-BLS_B	0,2801	0,3333
6	XCH200173-BLS_B	0,2661	0,3167
7	XCH200111-BMT	0,2241	0,2667
8	015540B3181.02	0,6303	0,75
9	KZNAF214919B3181	0,1401	0,1667
10	ZNAXF021859B3181	0,2381	0,2833
11	KZAPL678ASA01	0,3221	0,3833
12	KZMV015283B3181	0,1540	0,1833
13	KZMV015284B3181	0,2381	0,2833
14	KZMV015285B3181	0,1681	0,2

4.7 lentelė. Tęsinys.

15	KZAPL015278B3181	0,1681	0,2
16	KZOBX1945	0,1961	0,2333
17	KZOBX1912	0,1303	0,155
18	KZOBX1946	0,1961	0,2333
19	KZOXYA200A02	0,2521	0,3
20	ZNAXF021860B3181	0,2381	0,2833
21	KZOXT015560B2759	0,3866	0,46
22	70327752_B	0,3782	0,45
23	KZMK015185B0684	0,4902	0,5833
24	KZOCO015164B3274	0,4202	0,5
25	KZMK015185B2959	0,5603	0,6667
26	KZXEX017020B2721	0,7283	0,8667
27	KZXEX213359B2721	0,7423	0,8833
28	KZKAE027924B2721	0,2941	0,35
29	KZKAE015251B3547	0,2521	0,3
30	KZMK015185B3547	1,0504	1,25
31	KZOXC015361B3547	0,3082	0,3667
32	KZOXC214929B3547	0,3641	0,4333
33	KZOXT015560B3547	0,5322	0,6333
34	KZOXT015560B3547	0,5322	0,6333
35	KZOXT015564B3547	0,3082	0,3667
36	KZOXT214942B3547	0,3922	0,4667
37	KZKAX015586B3547	0,3641	0,4333
38	015174B3547.01	0,2521	0,3000
39	015174B3547.02	0,4762	0,5667
40	015174B3547.03	0,3641	0,4333
41	015174B3547.04	0,2521	0,3000
42	015174B3547.05	0,4202	0,5000
43	KZOCV015135B3547	0,4902	0,5833
44	KZOCY015573B3547	0,3082	0,3667
45	KZOCY215262B3547	0,2801	0,3333
46	KZOXC015361B3547	0,3082	0,3667
47	KZOXC214929B3547	0,3641	0,4333

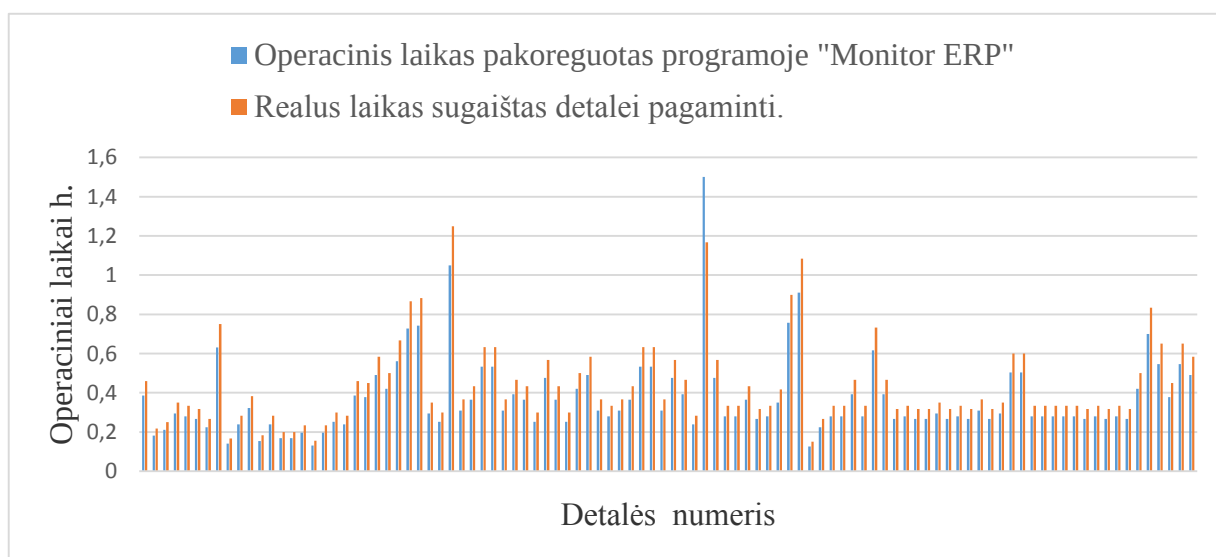
4.7 lentelė. Tęsinys.

48	KZOXT015560B3547	0,5322	0,6333
49	KZOXT015560B3547	0,5322	0,6333
50	KZOXT015564B3547	0,3082	0,3667
51	KZOXT015564B3547	0,4762	0,5667
52	KZOXT214942B3547	0,3922	0,4667
53	KZMTS215289B3547	0,2381	0,2833
54	015174B2098.02	3,5014	4,1667
55	015174B2098.01	0,4762	0,5667
56	7098892_1	0,2801	0,3333
57	7098885_2	0,2801	0,3333
58	7098262_1	0,3641	0,4333
59	7098125_1	0,2661	0,3167
60	7098892_1	0,2801	0,3333
61	7098894_1	0,3502	0,4167
62	109063_B	0,7563	0,9000
63	109062_B	0,9103	1,0833
64	060436-1000	0,1261	0,1500
65	XCH200111-BMT	0,2241	0,2667
66	XCH200151-BMT	0,2801	0,3333
67	XCH200181-BMT	0,2801	0,3333
68	XCH200191-BMT	0,3922	0,4667
69	XCH200241-BMT	0,2801	0,3333
70	XCH201002-BMT_A	0,6162	0,7333
71	XCH201003-BMT_A	0,3922	0,4667
72	XCH200001-BLS_D	0,2661	0,3167
73	XCH200003-BLS_B	0,2801	0,3333
74	XCH200165-BLS_B	0,2661	0,3167
75	XCH200183-BLS_C	0,2661	0,3167
76	XCH200194-BLS_C	0,2941	0,3500
77	XCH200002-BLS_B	0,2661	0,3167
78	XCH200003-BLS_B	0,2801	0,3333
79	XCH200183-BLS_C	0,2661	0,3167
80	XCH201001-BLS_B	0,3082	0,3667

4.7 lentelė. Tęsinys.

81	XCH200183-BLS_C	0,2661	0,3167
82	XCH200194-BLS_C	0,2941	0,3500
83	XCH200024-BMT	0,5042	0,6000
84	XCH200151-BMT	0,5042	0,6000
85	7098102_1	0,2801	0,3333
86	7098102_1	0,2801	0,3333
87	7098890_1	0,2801	0,3333
88	7098885_2	0,2801	0,3333
89	7098102_1	0,2801	0,3333
90	7098961_1	0,2661	0,3167
91	7098131_1	0,2801	0,3333
92	7098125_1	0,2661	0,3167
93	7098895_2	0,2801	0,3333
94	7098961_1	0,2661	0,3167
95	1-6410410.15_D	0,4202	0,5000
96	SDU0048578.05_00	0,7003	0,8333
97	70062732.08_E	0,5462	0,6500
98	7083156-6.4_07	0,3782	0,4500
99	7083156-7.1_06	0,5462	0,6500
100	1-7083163-3.2_10	0,4902	0,5833

Nubraižoma realių laikų, ir laikų, apskaičiuotu patobulinus programą „Monitor ERP“ , lyginamoji diagrama.



4.6 pav. Valcavimo darbo centro operaciniai laikų rezultatai patobulinus programa „Monitor ERP“

4.4. Rezultatų aptarimas

Gauti rezultatai padėjo susisteminti ir įvertinti operacinių laikų nuokrypius tarp skaičiuotų programa „Monitor ERP“ ir realių chronometruotų laikų. Įvedus koregavimo koeficientą į programą „Monitor ERP“ gauti artimesni, apskaičiuoti programa „Monitor ERP“, operaciniai laikai chronometruotiems laikams. Nors įvedus koregavimo koeficientą į „Monitor ERP“ laikai pakito, bendru atveju laikų nuokrypių suma tapo artimesnė idealiam atvejui, kai suplanuoti programa „Monitor ERP“ laikai sutampa su realiais laikais, reikalingais detalėms pagaminti.

Lazerinio CNC pjovimo operacijos operaciniai laikai skaičiuoti programa „Monitor ERP“ nesutapo 0,14 iki 2,4 karto. Apskaičiuotas bendras laikų nuokrypis yra 0.93, iš šių duomenų matome, kad operaciniai laikai skirti lazerinio CNC pjovimo darbo centrui yra per maži. Šiuo atveju darbo centras yra apkrautas neoptimaliai ir detalės (dėl laiko trūkumo) gali būti pagamintos ne pagal planą esant dideliame apkrovimui.

Valcavimo darbo centro operaciniai laikai skaičiuoti programa „Monitor ERP“ ir chronometruoti realūs laikai skiriasi nuo 0,3 iki 2,8 karto. Apskaičiuotas bendras laikų nuokrypis yra 1.19: iš šių duomenų matome, kad operaciniai laikai, skirti valcavimo darbo centrui, yra per dideli. Šiuo atveju šis darbo centras nėra optimaliai apkrautas, suplanuoti laikai gali būti sumažinti, taip sutrumpinant detalių gamybos ciklą, sumažinant gaminio gamybos išlaidas darbo jėgai.

Įvertinus ir įvedus koregavimo koeficientus programoje „Monitor ERP“ pasiektas darbo centrų optimaliausias panaudojimas. Operaciniai laikai didžiąja dalimi priartėjo prie realių chronometruotų laikų.

IŠVADOS PASIŪLYMAI

Atlikus eksperimentinius tyrimus nustatyta, kad programa „Monitor ERP“ apskaičiuotas operacinis laikas visose operacijose skiriasi nuo realaus chronometruoto laiko, sugaišto detalėms darbo centruose pagaminti. Bendri laikų nuokrypiai darbo centruose yra nuo lazerinio CNC pjovimo darbo centro nuokrypio 0,13 iki valcavimo darbo centro nuokrypio 3,38 karto nesutampantys su realiais chronometruotais operaciniais laikais.

Norint padidinti chronometruotų darbo centrų efektyvumą darbo centruose: lazerinio CNC pjovimo darbo centro laikus pagal bandymų rezultatus reikia didinti 8 %, valcavimo darbo centro laikus reikia mažinti 16%, taip optimizuojant darbo centrų apkrovimą ir tolimesnę operacijų planavimą.

Norint nustatyti koreguojančius veiksnius programoje „Monitor ERP“, apskaičiuojamos funkcijos ir koeficientai, kuriuos būtina įvesti į programą „Monitor ERP“.

Įvedus į programą „Monitor ERP“ atitinkamus koeficientus, gauti realesni rezultatai.

LITERATŪRA

1. Haigh, T. *Software in the 1960s as concept, service, and product..* USA: IEEE, pp. 5-13, 2002.
2. Bruce, Z. *History and Evolution of ERP*. [interaktyvus], [žiūrėta: 2014 rugpjūčio 8d.]. Prieiga per internetą: <http://www.sysoptima.com/erp/history_of_erp.php.>
3. Wailgum, T. *The future of ERP: Why the 'big ERP' approach is dead*. [interaktyvus], [žiūrėta: 2014 rugsėjo 9 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.infoworld.com/article/2628850/erp/the-future-of-erp--why-the--big-erp--approach-is-dead.html>.>
4. Prouty, K; Castellina, N. *To ERP or Not to ERP: It Isn't Even a Question*. USA: Aberdeen Group, 2011. 12 p.
5. Monk, E.; Wagner, B. *Concepts in Enterprise Resource Planning, 4nd Edition..* Canada: Course Technology, 2012. 272 p.
6. Castellina, N. *To ERP or Not to ERP For SMBS: What Can ERP Do For Me?* USA: Aberdeen Group, 2012. 24 p.
7. Ptak, C.; Smith, C. *Orlicky's Material Requirements Planning*. USA: McGraw-Hill Professional, 2011. 546 p.
8. Goldband, B. *The real reasons why ERP systems fail*. [interaktyvus], [žiūrėta: 2014 spalio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.reliableplant.com/Read/10733/real-reasons-why-erp-systems-fail>.>
9. Taylor, E. *Management Systems*. [interaktyvus], [žiūrėta: 2014 spalio 15d.]. Prieiga per internetą: <<http://smallbusiness.chron.com/mrp-vs-mrp-ii-15365.html>.>
10. Mahrle, A.; Beyer, E. *Theoretical aspects of fibre laser cutting*. USA: IOP Publishing Ltd, 2009. 42 p.
11. Sun, S.; Brandt, M. *Laser Beam Machining. Nontraditional Machining Processes*. London: Springer-Verlag, 2013. pp. 35-89 p.
12. IME 240/340. *Sheet Metal Forming*.
13. Slaughter, D. *Strip Crown Prediction: Developing a Refined Dynamic*. USA: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009. 115 p.
14. Badiru, A.; Omitaomu, O. *Handbook of Industrial Engineering Equations, Formulas, and Calculations*. USA: CRC Press, 2010. 456 p.
15. Badiru, A.; Thomas, M. *Handbook of Military Industrial Engineering (Industrial Innovation Series)*. USA: CRC Press, 2009. 828 p.
16. Fox, W. *Mathematical Modeling with Maple*. USA: Brooks Cole, 2011. 592 p.
17. Olsson, U.; Engstrand, U.; Rupšys, P. *Statistiniai metodai*. Kaunas: Akademija, 2007. 138 p.

18. Martinėnas, B. *Eksperimento duomenų statistinė analizė*. Vilnius: Technika, 2004. 101p.

PRIEDAI

1 Priedas



LAZERINIO CNC PJOVIMO, VALCAVIMO OPERACINIŲ LAIKŲ ANALIZĖ NAUDOJANT PROGRAMĄ „MONITOR ERP“

Karolis Tručinskas, prof. dr. Mindaugas Jurevičius

VGTV MF Mechanikos inžinerijos katedra

El. p. karolistrucinskas@gmail.com, mindaugas.jurevicius@vgtu.lt

Santrauka. Nagrinėjami operaciniai laikai skirti valcavimo operacijai ir lazeriniam lakštų pjovimui CNC staklėmis, apskaičiuoti programa „Monitor ERP“, ir realūs chronometruoti laikai, sugaišti detalei, ruošiniui pagaminti įmonėje UAB „Arginta Engineering“. Netiksliai apskaičiuotas operacinis laikas programa „Monitor ERP“ sudaro kliūtis UAB „Arginta Engineering“ konkuruoti su kitomis įmonėmis bei tinkamai planuoti gamybos užsakymus. Norint išanalizuoti atskirų detalių operacinių laikų, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“ ir staklių operatorių deklaruotų operacinių laikų atitikimą, chronometruojamas lazerinis plieno lakštų pjovimo darbo centras ir lakštų valcavimo darbo centro operaciniai laikai. Gauti tyrimų rezultatai parodo skirtumus tarp laikų esančių realybėje ir apskaičiuotų programa „Monitor ERP“. Gauti rezultatai parodo neatitikimus tarp technologų apskaičiuotų laikų ir laikų reikalingų pagaminti detalėms jau minėtuose darbo centruose. panaudoti programos „Monitor ERP“ skaičiavimų parametrams tikslinti naudojant pataisos koeficientus arba funkcijas. Išnagrinėjus tyrimų rezultatus bus pateikiamos baigiamojo darbo išvados ir siūlymai.

Reikšminiai žodžiai: programa „Monitor ERP“, operaciniai laikai, valcavimo staklės, CNC, lazerinis pjovimas, chronometruojami laikai, laikų analizė, gamyba, pramonė.

Įvadas

Vis augančios gamybos apimtys įmonėje „Arginta Engineering“ reikalauja tiksliai apskaityti ir planuoti darbus, todėl įmonėje yra naudojama švediška gamybos programa „Monitor ERP“. UAB „Arginta Engineering“ pirmoji Lietuvoje įdiegė šią programą ir sėkmingai ją naudoja ir panaudoja vis daugiau jos galimybių. Naudojant programą „Monitor ERP“ pasikeitė pardavimų valdymo metodai. Išsamiau ir tiksliau galima analizuoti pardavimo procesą įtakančius rodiklius, sekti produkto gamybos kelia ir analizuoti kaštus reikalingus jiems pagaminti. Taip pat programa leidžia ne tik tuos kelius stebėti bet ir juos valdyti kiekvienoje gamybos stadijoje. Klasifikuoti gaminius pagal užsakovus ir aprašyti juos visais jiems reikalingais rodikliais. Gamybos valdymo programa „Monitor ERP“ ir jos sėkmingas panaudojimas įmonėje padėjo pritraukti užsakovus iš Skandinavijos šalių ir Olandijos. Įdiegtos gamybos valdymo sistemos „Monitor ERP“ procesiniai veiksmai suderinti su kokybės vadybos sistemos standarto reikalavimais. Gavus užsakymus reikalingi duomenys įvedami į programą, kuri planuoja medžiagų kiekius, tikrina jų kiekius sandėlyje ir sudaro gamybos planą pagal esamus darbo centrų pajėgumus. Programa skaičiuodama laikus ir kaštus bei apkrovimus dar iki tol kol gaminys yra paleistas į gamybą, todėl galime žinoti kada ir kiek laiko reikės gaminiams pagaminti ir kokie kaštais jiems bus reikalingi, taip iš anksto žinoma kainą už kurią parduotas

gaminys nebus nuostolingas. Pradedant gamybos procesą programa suskirsto gaminio kelią į etapus ir taip sudaro tikslų jo kelią. Darbo eigoje kiekvienas darbuotojas žino kada darbas turi būti pradėtas ir baigtas. Sudaromos galutinės operacijų datos. Kiekvienas darbo centras ar darbuotojas darbo pradžia ir pabaigą deklaruoja programoje „Monitor ERP“ taip yra žinoma tiksli gaminio gamybos stadija. Taip pat matomas darbuotojų efektyvumas.

Ši programa yra lanksti. Įsigijus naują įrangą ar įkūrus naujus gamybos vienetus jų parametrai yra aprašomi programa „Monitor ERP“: koks našumas, kiek pamainų dirbs, koks tikslumas ir kiais reikalingais duomenimis. Inžinieriai ir technologai numato procesai bus atliekami staklėmis, o programa suformuluoja konkrečius gamybos procesus. Taip programa „Monitor ERP“ yra valdoma visa gamyba nuo pradžios iki pabaigos, nuo paslaugos pardavimo iki gaminio išvežimo pas užsakovus.

Visą gamybos procesą ceche stebi iš savo darbo vietos gamybos vadovas ir planavimo skyrius. Jiems nereikia papildomai tikrinti ir rūšiuoti duomenų, tai atlieka programa „Monitor ERP“. Tenka atlikti iki 200 tūkst. operacijų kol iš cecho išeina naujas gaminys. Niekas tokios informacijos nesugebėtų suvaldyti ir tuo labiau tiksliai apskaičiuoti per trumpą laiką. Todėl gamybos vadovo ir planavimo skyriaus darbas yra tik stebėti



gamybos procesus ir esant netikėtiems pakeitimams ar problemoms įvesti pakeitimus į programą „Monitor ERP“. Tai gali būti staklių ar kitų įrenginių gedimai, darbuotojo liga, ar kitos problemos. Įrengimai dirba visą parą ir kad jie kuo greičiau atsipirktu reikia tinkamai juos apkrauti. Sunku įsivaizduoti didelės apimties gamybą neturint tokios ar panašios programinio valdymo sistemos ir naudojant pvz.: Excel programą planavimui.

Tačiau kokia programa bebūtų gera, ji visgi turi trūkumų. Apskaičiuoti operaciniai laikai, dažniausiai neatitinka realaus laiko dėl žmogiškojo faktoriaus ir nestandartinių gaminių gamybos, kurį sugaišta staklių operatoriai ar kiti gamybos centrai. Todėl šis tyrimas yra svarbus tuo, kad augant konkurencijai tarp gamybos įmonių konkuruoti galima tik kainos ir kokybės santykiu. Kadangi medžiagų kainos yra visoms įmonėms panašios dėl mažo tiekėjų kiekio, todėl kainą mažinti galima gaminius gaminant greičiau taip sutaupant darbo užmokesčio ir kitus kaštus. Todėl tikslius laikų apskaičiavimas yra ypatingai svarbus ir visada turi būti tikras arba kuo artimesnis tikslui, siekiant kuo labiau apkrauti darbo centrus.

Tyrimo objektas

Tyrimo objektas yra operacijos, kurios atliekamos vieno darbo centro. Tiriant chronometruojami t.y. nenutrunkamai stebimi ir matuojami visi operacijų elementai. Tyrimui yra pasirinkta lakštų valcavimo darbo centras ir lazerinio CNC pjovimo darbo centras.

Pagrindinis tyrimo tikslas – ištirti ir palyginti gamybos operacijų laikus apskaičiuotus programa „Monitor ERP“ ir realius laikus, tenkančius detalei arba gaminiui pagaminti. UAB „Arginta Engineering“ bei atitinkamai įvesti paklaidos koeficientus į programą „Monitor ERP“, kad patikslinti operacinių laikų apskaičiavimą.

Tyrimo metodika

Kaip procesai yra mechanizuoti, pagrindinis laikas vadinamas „mašininio laiku“. Jo trukmę produkcijos vienetui lakštų valcavimo ar lazerinio CNC pjovimo procesuose galima išreikšti formule.

$$t_{pgr} = \frac{Q}{q}; \quad (1.1)$$

čia Q – atliekamo darbo apimtis;
q-per laiko vienetą atliekamo darbo apimtis.

Visos formulės, naudojamos pagrindiniam laikui apskaičiuoti, yra vienokia ar kitokia (1.1) formulės atmaina. Pavyzdžiui, normuojant lazerinio CNC pjovimo operaciją, Q- yra pjūvio ilgis L, o q-lazerio galvutės pjovimo greitis S;

$$t_{pgr} = \frac{Q}{q} = \frac{L}{s} \cdot i; \quad (1.2)$$

čia L - pjūvio ilgis (mm);
i – detalių kiekis lakšte;
S – lazerio galvutės pjovimo greitis (mm/min).

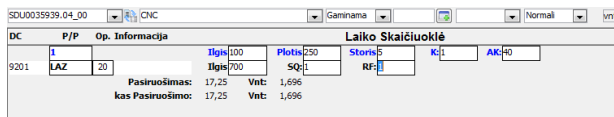
Norint išanalizuoti atskirų detalių operacinių laikų apskaičiuotų programa „Monitor ERP“ ir staklių operatorių deklaruotų operacinių laikų atlikimą, chronometruojamas lakštų valcavimo ir lazerinio CNC pjovimo staklių operacijų laikai. Inžinierius –technologas suveda į programą duomenis, reikalingus detalei, gaminiui pagaminti. Programa „Monitor ERP“ apskaičiuoja pasiruošimo bei mašininius laikus. Kai staklių operatorius gauna užduotį jis į kompiuterį įveda duomenis, kada pradėjo ir kada baigė jam suplanuota užduotį. Jo darbo laikas yra chronometruojamas, ir tokiu būdu išmatuojamas laikas, kurį operatorius realiai sugaišo detalei ar gaminiui pagaminti. Programa „Monitor ERP“ parodo, kaip darbuotojo darbas atitinka darbo laiko normas. Analizuojant operacinius laikus programoje „Monitor ERP“ galima gauti detalizuotus ir apibendrintus rodiklius, realų laiką kurį staklių operatorius sugaišo detalei pagaminti ir programos apskaičiuotą laiką.

Op. Nr.	DC Pavadinimas	I	Plan. Plan. Baigtis	Pl. kiekis n. Iokis	Statusas	Inicialai	Liko	Plan. laikas	Reg. laik.	Atask.
20	9201 CNC PJ	I	2015.2015.2015	1,0	1,0 Baigta	G_VČ	0,00	0,0433	0,0522 val.	1948338
30	4402 SALT K	[#]I	2015.2015.2015	1,0	1,0 Baigta	G_MS	0,00	0,1417	0,1319 val.	1948336
200	200 PK	[#]I	2015.2015.2015	1,0	1,0		0,00	0,1167	0,1167 val.	1948334
201	7 atrovimo re	I	2015.2015.2015	1,0	1,0	ES	0,00	0,0	0,0 val.	1955237

1 pav. Operacinių laikų ataskaitos programoje „Monitor ERP“ lango fragmentas.

Fig. 1. Report window of the operating times in software „Monitor ERP“.

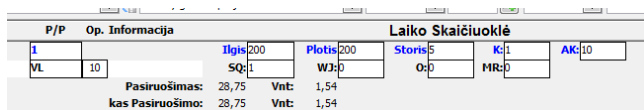
Tiriant lazerinio CNC pjovimo operacinius laikus programoje „Monitor ERP“ įrašoma: į langelį „Ilgis“ - pjūvio ilgis, „SQ“ - pjovimo pradžių kiekis, „RF“ - pjaunama medžiaga, „K“ - kiekis. Taip pat yra suvedami detalės gabaritiniai matmenys: ruošinio storis, plotis, ilgis. Programa apskaičiuoja operacinius laikus ir pateikia lentelę.



2 pav. Lazerinio CNC pjovimo operacinio laiko skaičiavimo langas programoje „Monitor ERP“

Fig. 2. Operating time calculation of CNC laser cut operation in software „Monitor ERP“

Tiriant valcavimo darbo centro operacinius laikus programoje „Monitor ERP“ įrašoma: į langelį „SQ“ - sekcijų kiekis, „WJ“ - yra suvirinimo siūlė ar nėra, „O“ - orientavimo kryptis (valcuojama į ilgį ar plotį), „MR“ - valcavimas (1) ar tiesinimas (0).



3 pav. Valcavimo darbo centro operacinio laiko skaičiavimo langas programoje „Monitor ERP“

Fig. 3. Operating time calculation of rolling operation in software „Monitor ERP“

Tyrimams buvo paimta po 100 detalių iš ankščiau minėtų darbo centrų ištirti.

Tyrimų rezultatai

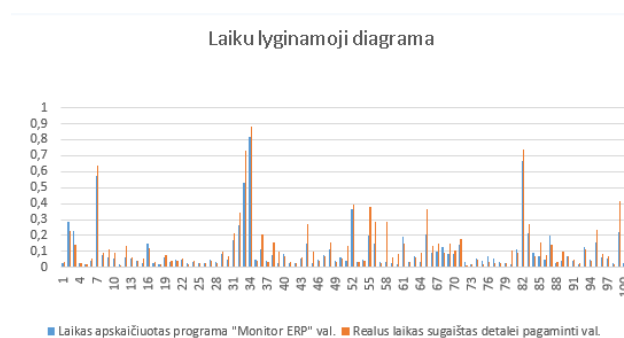
1 lentelė. Detalių gamybos operacinių laikų, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“ ir realių chronometruotų laikų palyginimo lentelės fragmentas.

Table. 1. Comparison table fragment of operating times calculated with software „Monitor ERP“ and measured operating time of part making.

NR	Gaminio nr.	Laikas apskaičiuotas programa "Monitor ERP" val.	Realus laikas sugaištas detalei pagaminti val.
1	KZOXT015560B2759	0,46	0,2744
2	KZKAE015251B2759	0,2167	0,1629
3	2008425_2	0,25	0,2967
4	2008754_1	0,35	0,2032
5	XCH200003-BLS_B	0,3333	0,1973
6	XCH200173-BLS_B	0,3167	0,203
7	XCH200111-BMT	0,2667	0,661
8	015540B3181.02	0,75	0,5513
9	KZNAF214919B3181	0,1667	0,1787
10	ZNAXF021859B3181	0,2833	0,3183
11	KZAPL678ASA01	0,3833	0,7908
12	KZMV015283B3181	0,1833	0,1551

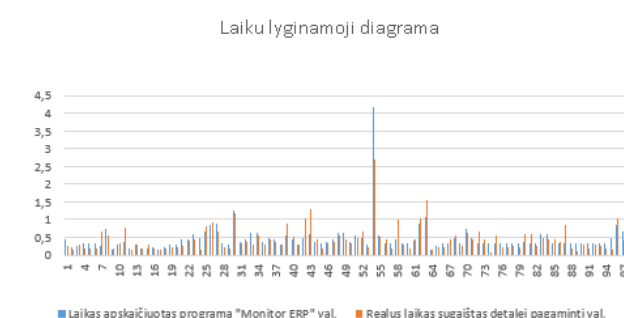
1 lentelėje pavaizduoti gamybos operaciniai laikai valcavimo darbo centrui apskaičiuoti programa „Monitor ERP“ ir realių chronometruotų laikų palyginimas.

Čia matome, kad gaminiui koduojamam KZOXT015560B2759 apskaičiuotas operacinis laikas programa „Monitor ERP“ yra 16 min. ir 28 sekundės, o valcavimo darbo centras kurį sudaro staklės ir operatorius tokią detalę pagamino per 27 min. ir 36 sekundes. Visų pasirinktų operacijų operacinių laikų tyrimų rezultatai pateikiami lyginamosiose diagramose.



4 pav. Lazerinio CNC pjovimo darbo centro realių laikų ir laikų, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“, lyginamoji diagrama.

Fig. 4. Comparison chart of measured CNC laser cutting operating times and operating times calculated with software „Monitor ERP“.



5 pav. Valcavimo darbo centro realių laikų ir laikų, apskaičiuotų programa „Monitor ERP“, lyginamoji diagrama.

Fig. 5. Comparison chart of measured rolling operating times and operating times calculated with software „Monitor ERP“.

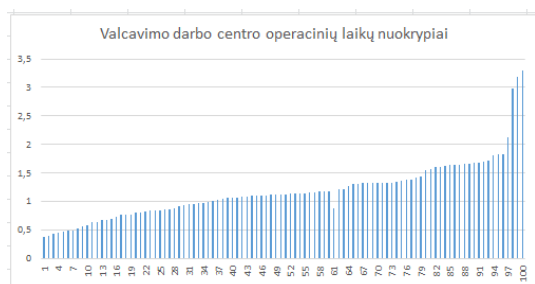
Rezultatų aptarimas

Iš gautų tyrimų rezultatų matosi, kad programa „Monitor ERP“ apskaičiuotas operacinis laikas skiriasi nuo realių



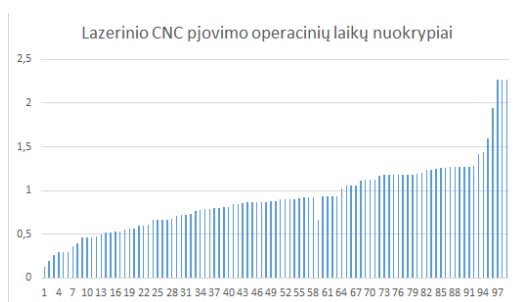
chronometruotų laikų. Iš tyrimo matome, kad lazerinio CNC pjovimo darbo centro operacinių laikų skirtumai tarp realių operacinių laikų ir apskaičiuotų programa „Monitor ERP“ svyruoja nuo 0,13 iki 2,28 karto, tačiau nuokrypių vidurkis yra 0,92. Pastebėta, kad didesnioji apskaičiuotų laikų dalis programa „Monitor ERP“ yra mažesni nei iš tikro užtrunkama pjaunant detales.

Iš tyrimo matome, kad valcavimo darbo centro operacinių laikų skirtumai tarp realių operacinių laikų ir apskaičiuotų programa „Monitor ERP“ svyruoja nuo 0,38 iki 3,38 karto, tačiau čia nuokrypių vidurkis yra 1,2 karto. Pastebėta, kad didesnioji apskaičiuotų laikų dalis programa „Monitor ERP“ yra didesnė nei iš tikro užtrunkama valcuojant detales.



6 pav. Valcavimo darbo centro operacinių laikų nuokrypiai. (daugiau už vienetą – apskaičiuotas per didelis laiko kiekis)

Fig. 6. Rolling operation time digressions. (over 1 – calculated time period with software is bigger than actual)



7 pav. Lazerinio CNC pjovimo operacinių laikų nuokrypiai. (daugiau už vienetą – apskaičiuotas per didelis laiko kiekis)

Fig. 7. CNC laser cutting operation time digressions. (over 1 – calculated time period with software is bigger than actual)

Išvados

Gauti tyrimų rezultatai parodo skirtumus tarp laikų esančių realybėje ir apskaičiuotų programa „Monitor ERP“. Gauti rezultatai bus panaudoti programos „Monitor ERP“ skaičiavimų parametrams tikslinti naudojant pataisos koeficientus arba funkcijas. Išnagrinėti tyrimų rezultatai bus pateikiami baigiamojo darbo išvadose ir bus pateikti siūlymai. Esant tiksliems rezultatams bus padidintas operacinių laikų skaičiavimo tikslumas programa „Monitor ERP“, to eigoje bus tiksliau planuojamas gamybinio cecho darbas taip padidinant jo našumą.

Abstract

The results obtained from the research show digressions between the actual time periods and the operational times calculated by the ‘Monitor ERP’ software. The results obtained will be employed in correcting and specifying the calculation settings of the ‘Monitor ERP’ software by implementing correctional coefficients or functions. The analyzed research results will be presented in the conclusions of the thesis together with the recommendations. Consequently, more specific results will help to increase the precision of the operational time periods in the ‘Monitor ERP’ software which will allow to plan the production in a much more efficient way.

Literatūra

1. CAROL PTAK, CHAD SMITH, 2011. Orlicky's Material Requirements Planning, Third Edition. USA: McGraw-Hill Professional.
2. ADEDEJI B. BADIRU, OLUFEMI A. OMITAOMU, 2011. Handbook of Industrial Engineering Equations, Formulas, and Calculations. USA: Taylor and Francis Group, LLC
3. ULF OLSSON, ULLA ENGSTRAND, PETRAS RUPŠYS, 2007. STATISTINIAI METODAI, Kaunas: Akademija.
4. BERNIE GOLDBAND, 2014.10.25. The real reasons why ERP systems fail. (<http://www.reliableplant.com/Read/10733/real-reasons-why-erp-systems-fail>)
5. ADEDEJI B. BADIRU, MARLIN U. THOMAS, 2009. Handbook of MILITARY INDUSTRIAL ENGINEERING, USA: Taylor & Francis Group, LLC
6. SEROPE KALPAKJIAN, STEPHEN SCHMID, 2009. Manufacturing, Engineering and Technology SI 6th Edition, USA.
7. BRONISLOVAS MARTINĖNAS, 2004. Eksperimento duomenų statistinė analizė, Vilnius: Technika.

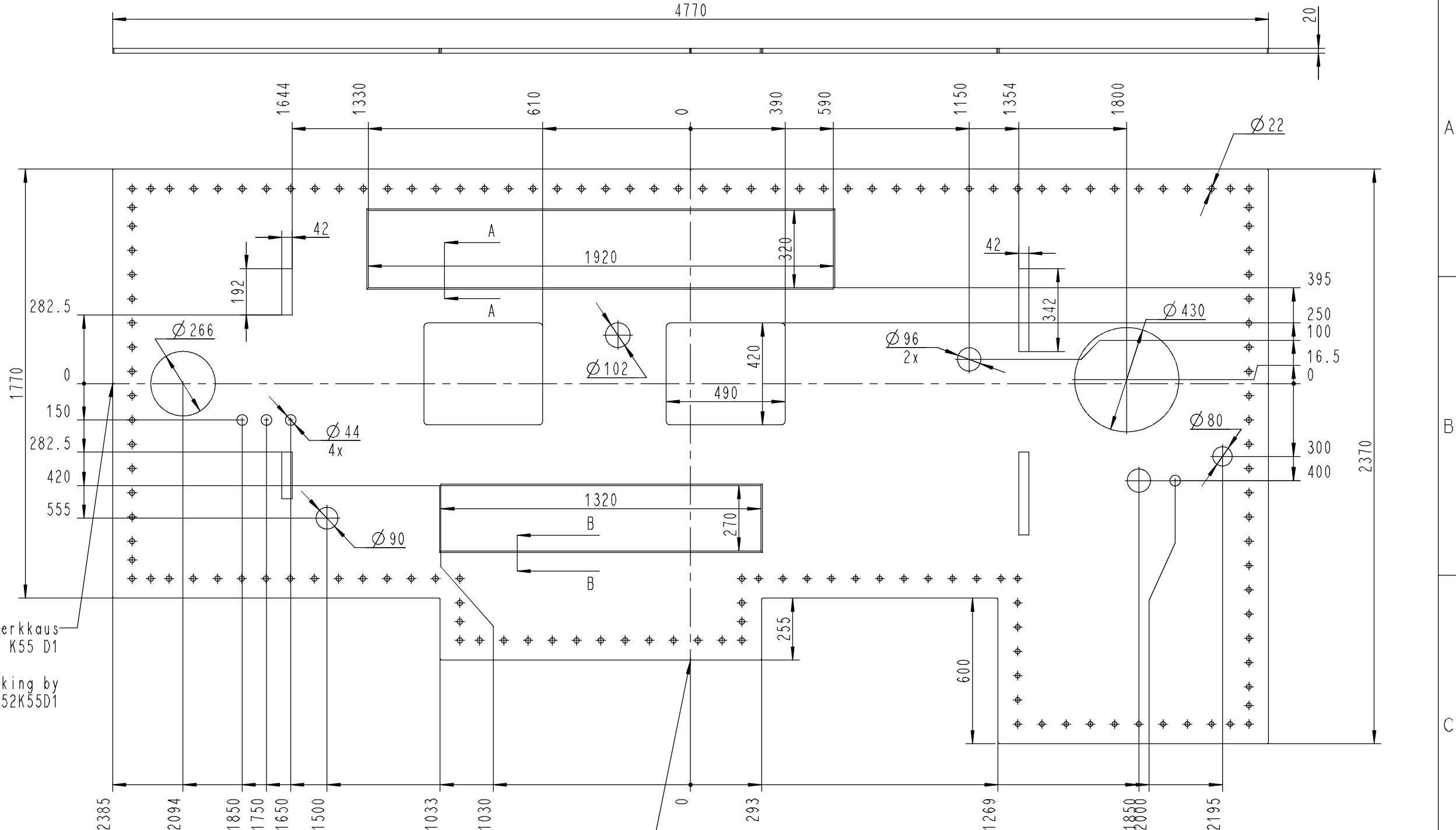
2 Priedas

C



Keskiviivojen lovimerkkaus
polttamalla 352 K55 D1

Centerline cut marking by
flame cutting. Rule 352K55D1



Keskiviivojen lovimerkkaus
polttamalla 352 K55 D1

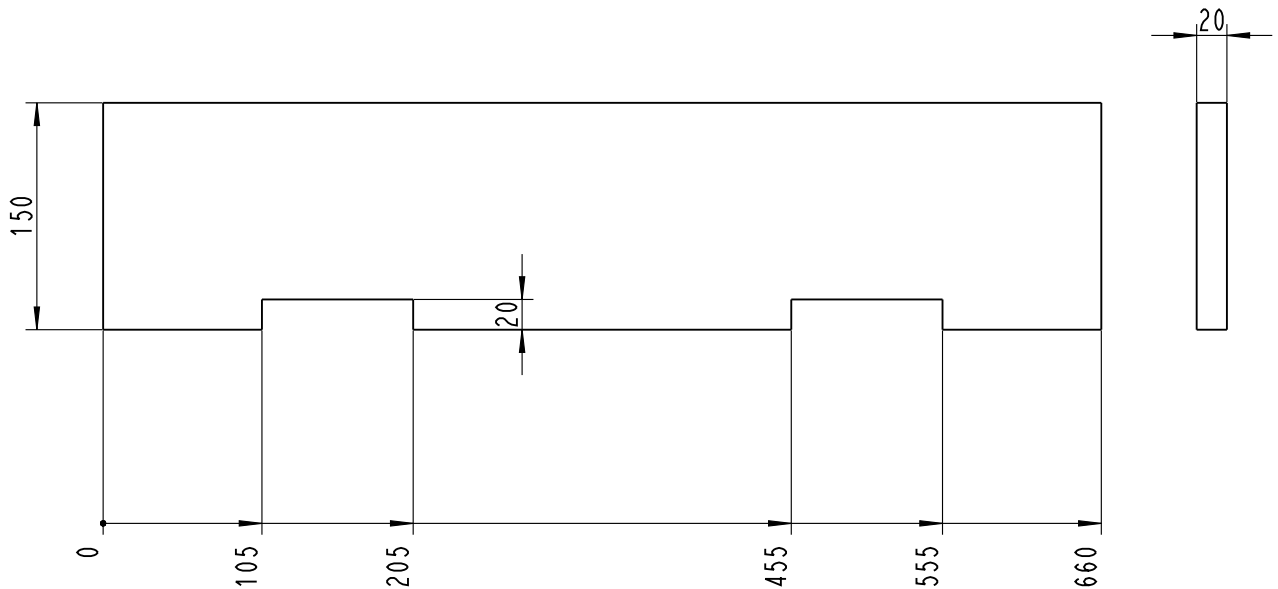
Centerline cut marking by
flame cutting. Rule 352K55D1

Kaikki näkyvät särmät pyöristetään min R2
Edges to be rounded min R2

			ADDC 20		Steel		
Item	Qty	Unit	Material	Dimensions	Description	Weight	Rem
Tolerances SFS-EN ISO 9013-B, SFS-EN ISO 13920-BE					Description Kansilevy	Scale 0.055	
Prepared 27.08.2014 A.Seima			Department Arginta\GER				
Approved 27.08.2014 K.Salo			Distribution		Type KZMK015185B3547	Language EN	
Version B			Weight 1211.3 kg		Project 4693824910	Page 1	
ABB					Drawing No. 1ZXY015185B3547	Total 1	

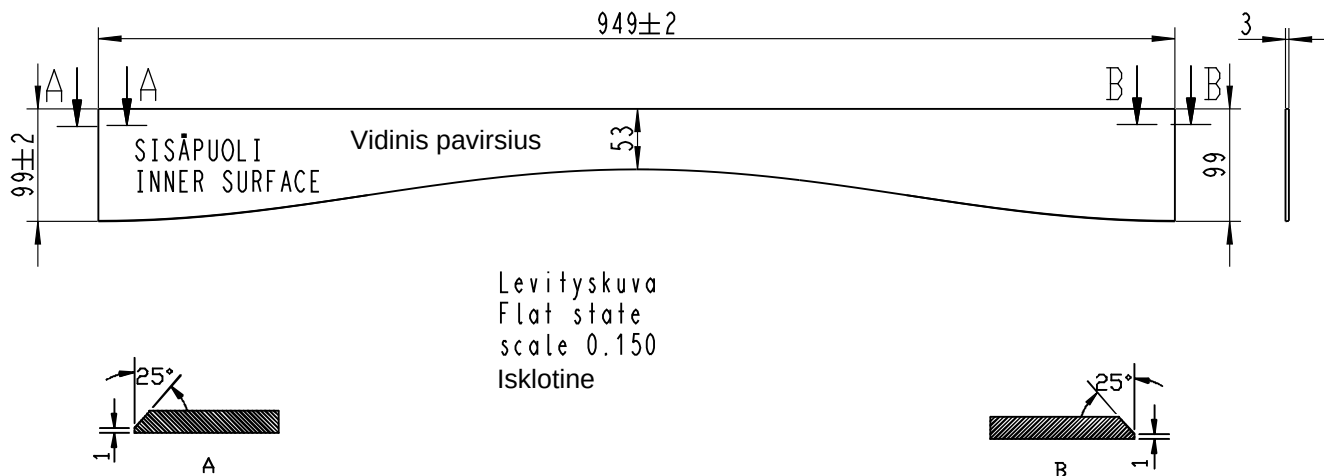
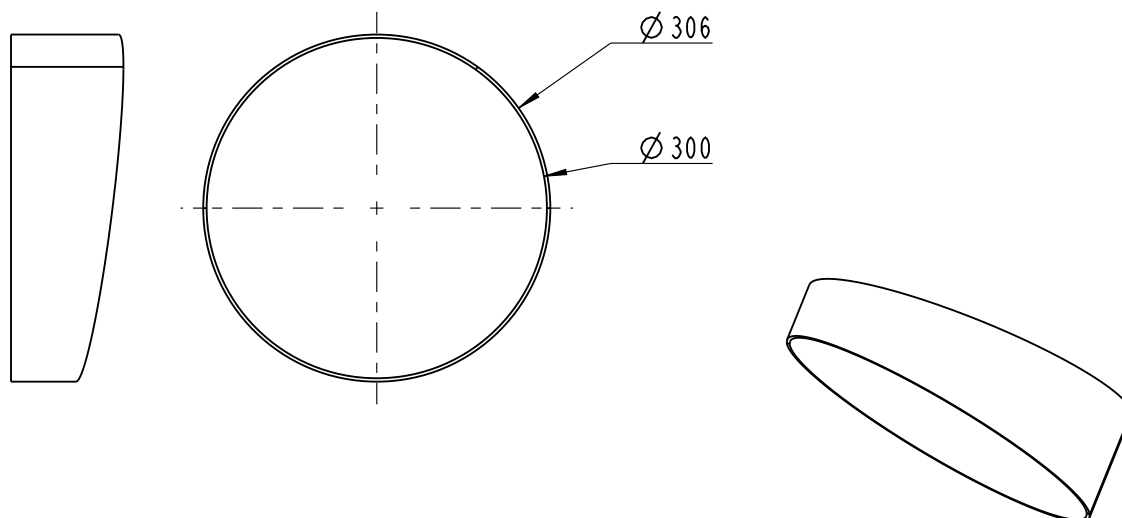
Versio	Muutos	Teksti	Päiväys

Terävät särmät pyöristetään min. R2
Edges to be rounded min R2



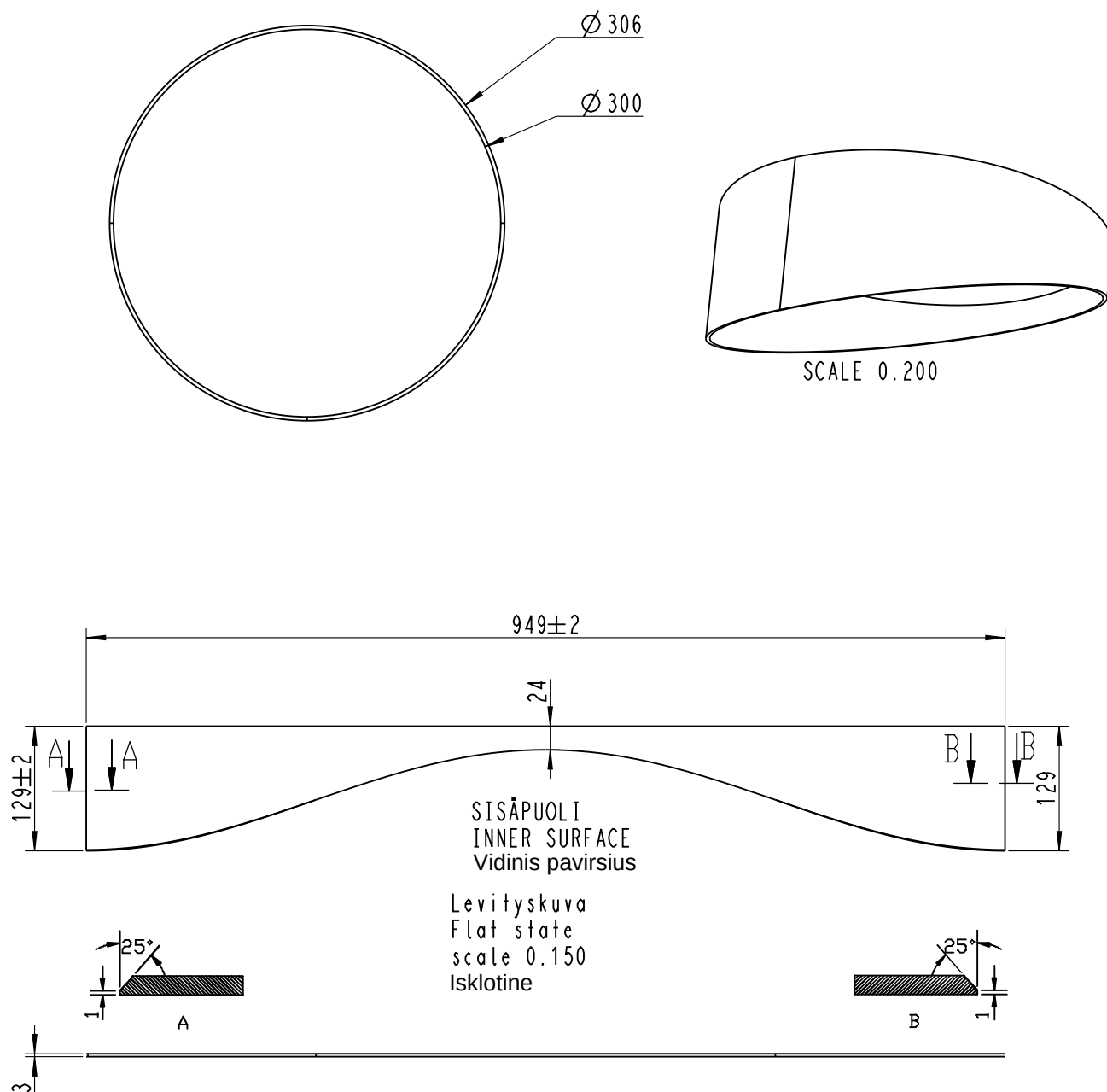
			ADDC 20		Steel plate		
Item	Qty	Unit	Material	Dimensions	Description	Weight	Rem.
Tolerances					Description Teräslevy	Scale 0.200	
Prepared 17.09.2014 M.Simelius			Department GER				
Approved 17.09.2014 K.Salo			Distribution		Type KZMT215395B3547	Language EN	
Version A			Weight 15.5 kg		Project 4693824910	Page 1	
					Drawing No. 1ZXY215395B3547	Total 1	

Versio	Muutos	Teki	Päiväys

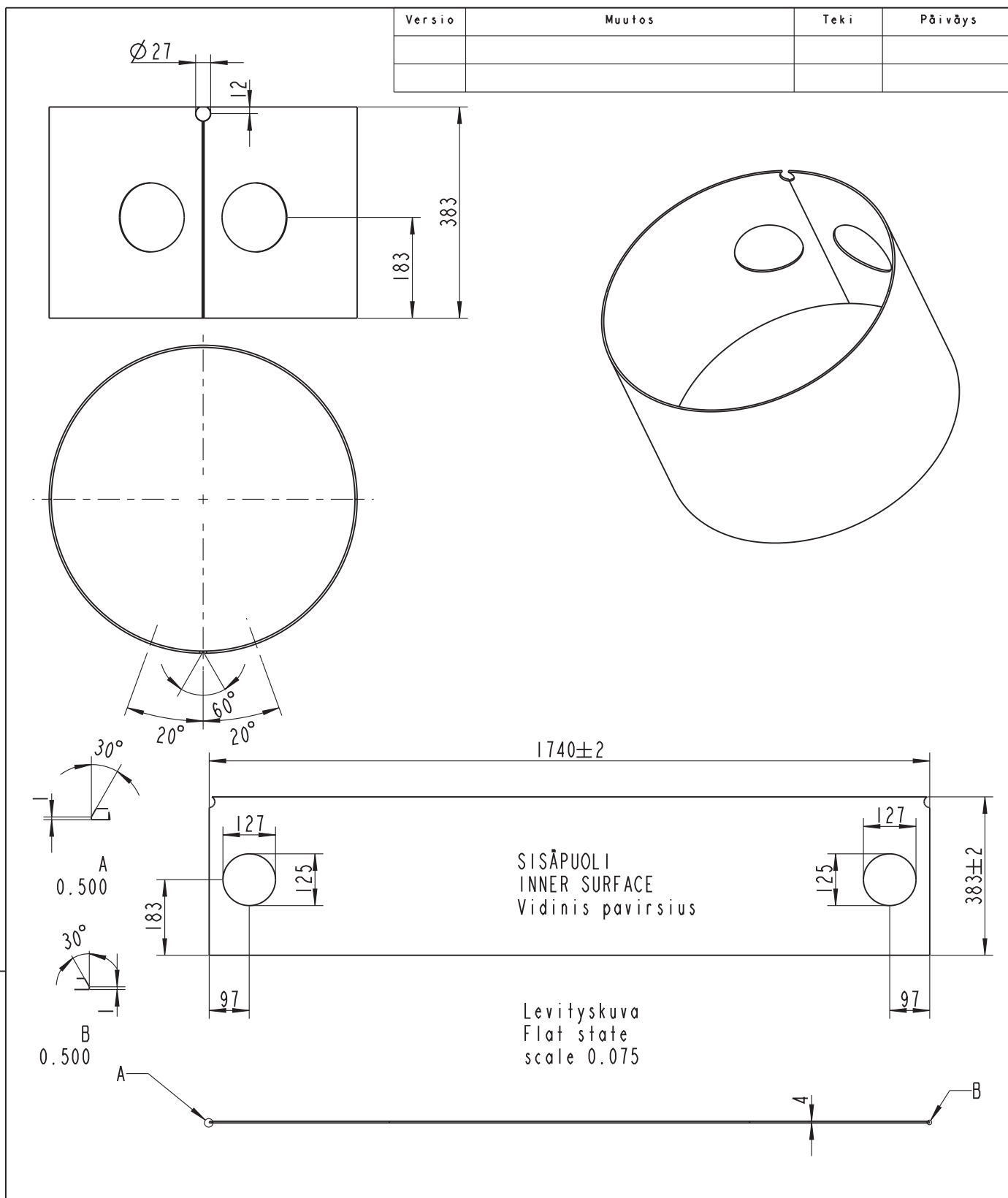


			ADDC 3		Teräs		
Item	Qty	Unit	Material	Dimensions	Description	Weight	Rem.
Tolerances SFS-EN ISO 9013-B					Description YJ-pönttö A, vaippa 1	Scale 0.150	
Prepared 26.06.2014 M.Pihlajasalo			Department Etteplan				
Approved A.Vahtera			Distribution		Type KZMV015239B3274	Language EN	
Version A			Weight 1.7 kg		Project 4291576610	Page 1	
ABB					Drawing No. 1ZXY015239B3274	Total 1	

Versio	Muutos	Teki	Päiväys

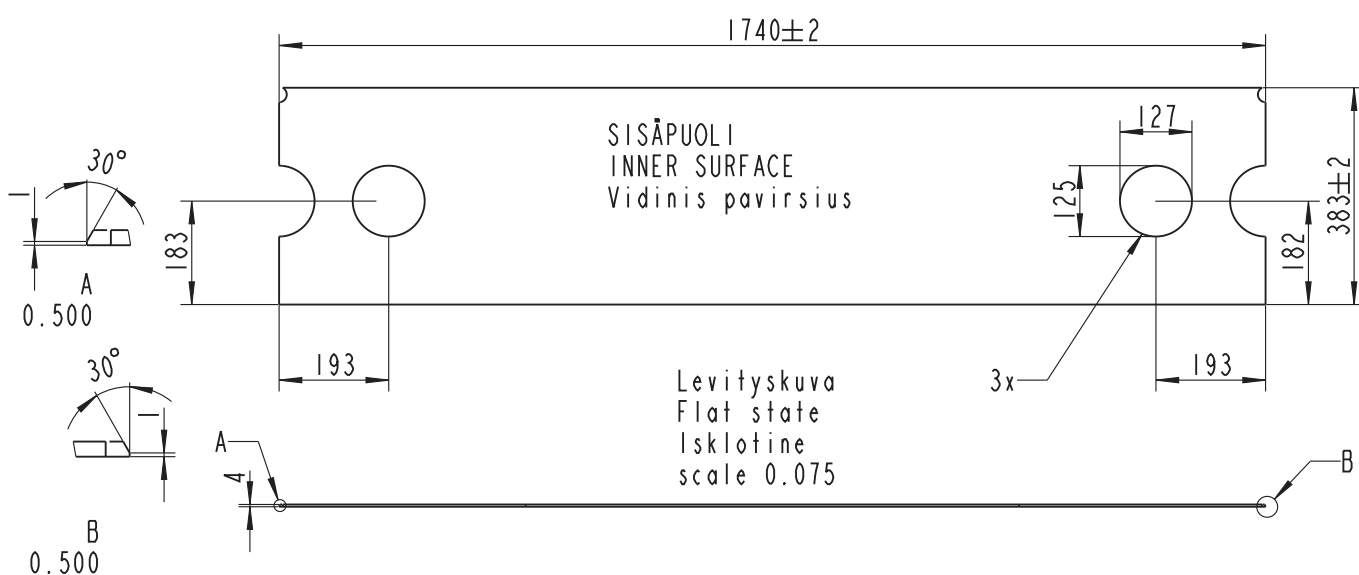
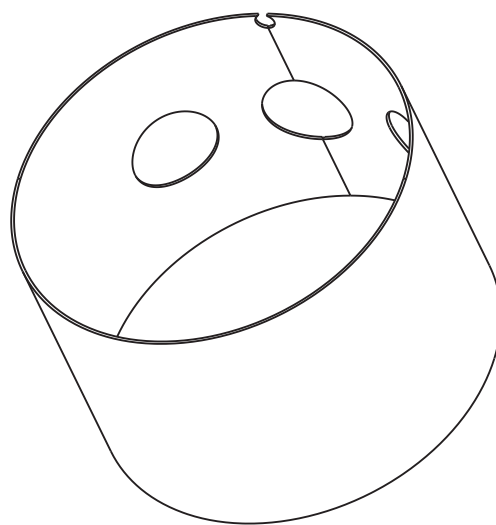
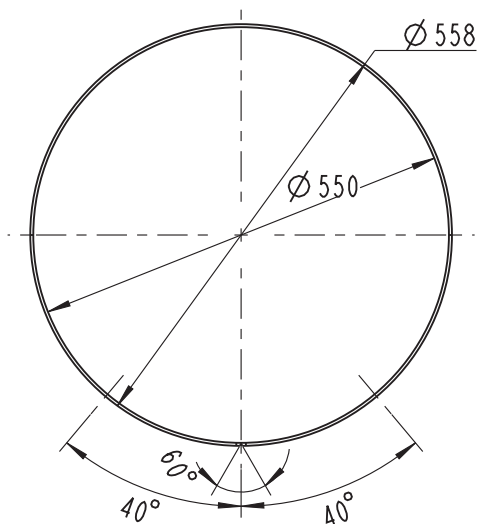
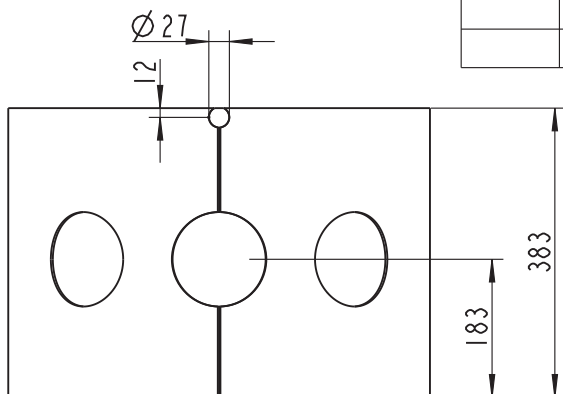


			ADDC 3		Teräs		
Item	Qty	Unit	Material	Dimensions	Description	Weight	Rem.
Tolerances SFS-EN ISO 9013-B					Description YJ-pönttö N, vaippa 1	Scale 0.200	
Prepared 26.06.2014 M.Pihlajasalo			Department Etteplan				
Approved A.Vahtera			Distribution			Language EN	
Version A			Weight 1.7 kg			Page 1	
					Drawing No. 1ZXY015242B3274		Total 1



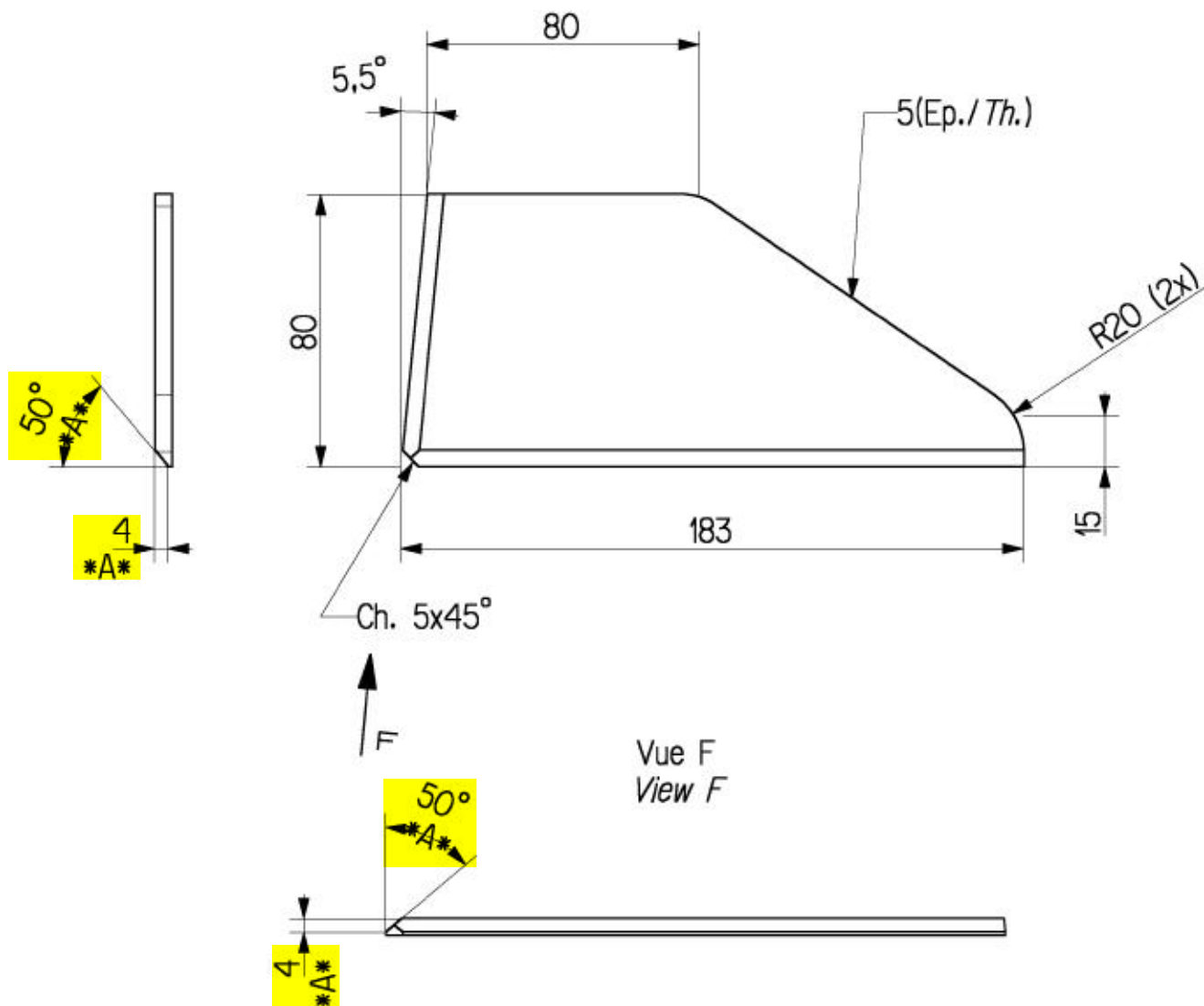
			ADDC 4		Teräs		
Item	Qty	Unit	Material	Dimensions	Description	Weight	Rem.
Tolerances SFS-EN ISO 9013-B					Description Vaippalevy	Scale 0.100	
Prepared 25.06.2014 R.Jursenas			Department Arginta\GER				
Approved 25.06.2014 K.Salo			Distribution		Type KZMV015288B3181	Language EN	
Version A			Weight 20.1 kg		Project 4390667210	Page 1	
ABB					Drawing No. 1ZXY015288B3181	Total 1	

Versio	Muutos	Teki	Päiväys

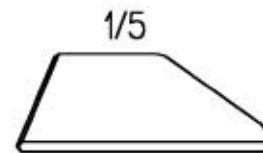


			ADDC 4		Teräs		
Item	Qty	Unit	Material	Dimensions	Description	Weight	Rem.
Tolerances SFS-EN ISO 9013-B					Description Vaippalevy	Scale 0.100	
Prepared 25.06.2014 R.Jursenas			Department Arginta\GER				
Approved 25.06.2014 K.Salo			Distribution			Type KZMV015289B3181	Language EN
Version A			Weight 19.7 kg			Project 4390667210	Page 1
ABB						Drawing No. 1ZXY015289B3181	Total 1

Revision	Change No.	Current revision description
A	141928	Ajout chanfreins pour soudure Add of chamfers for welding

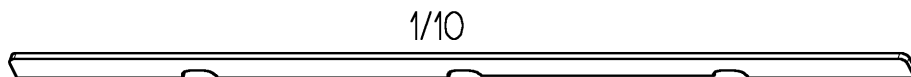
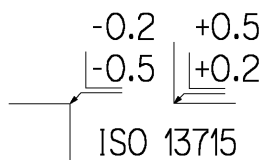
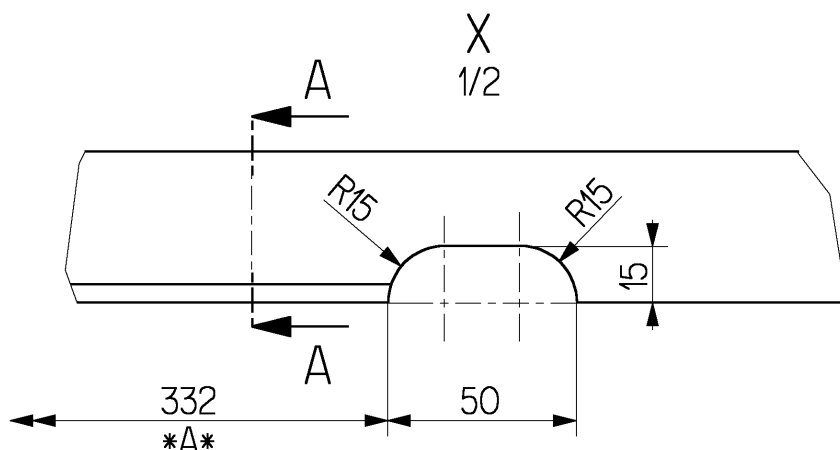
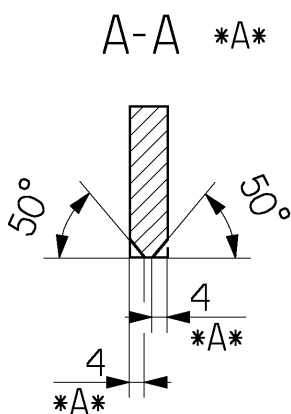
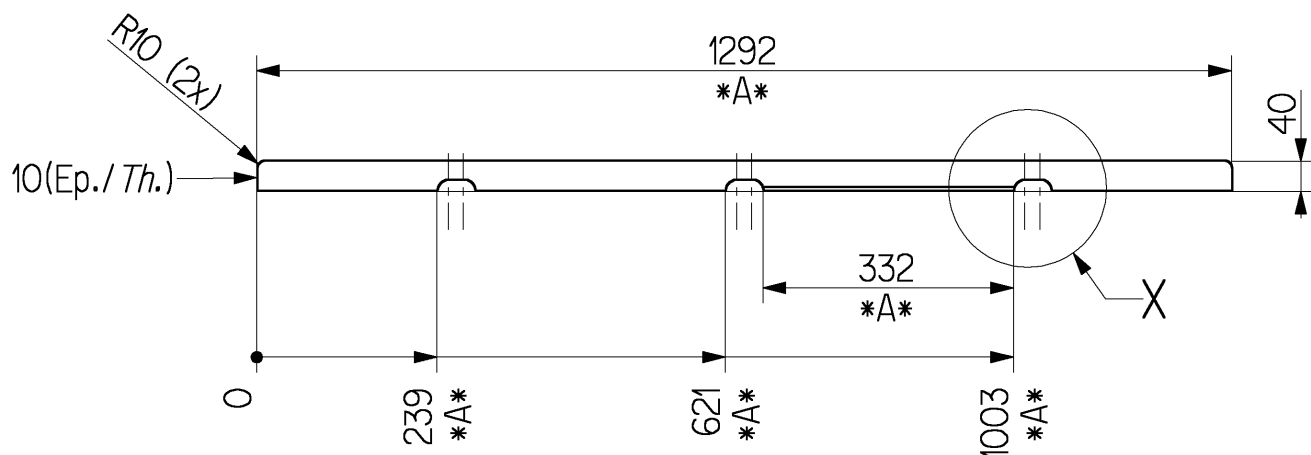


-0.2 +0.5
-0.5 +0.2
ISO 13715

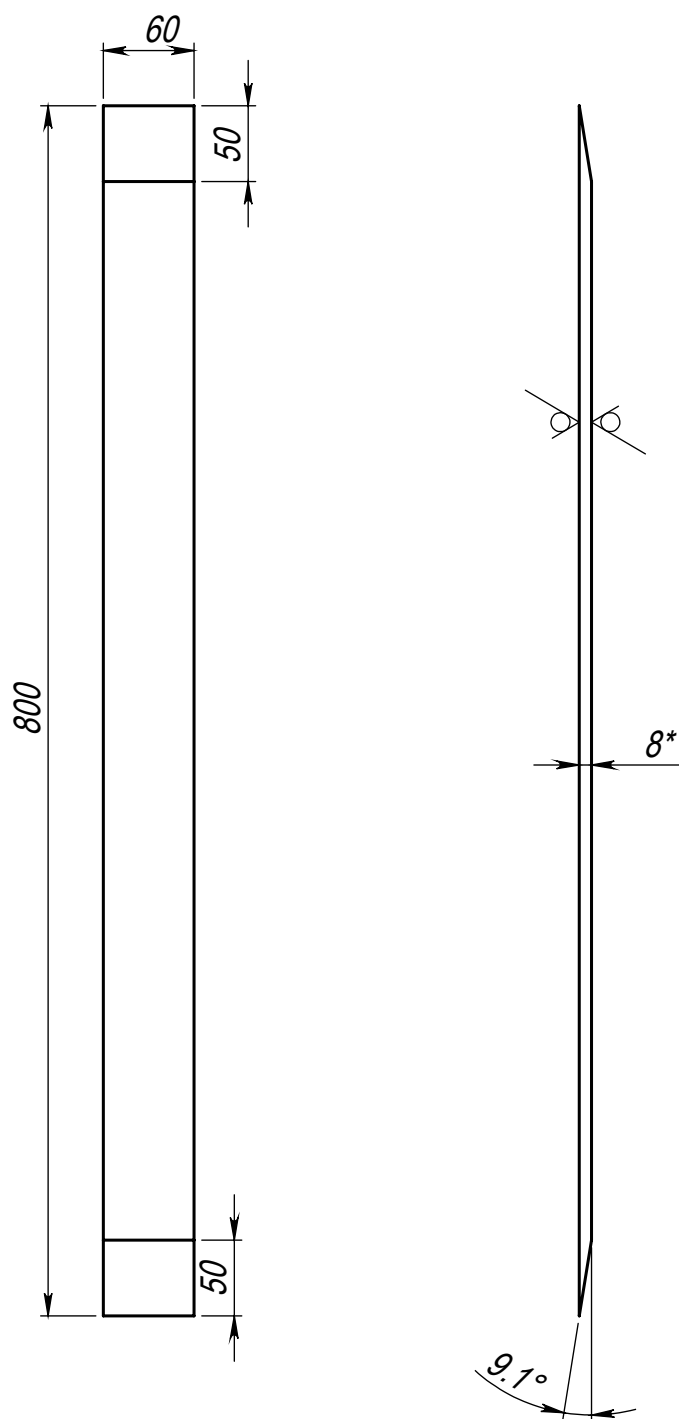


XCH200228-BMT	Skirt beam support stiffener	S355J2+N EN10025-2 / 1.0570	EN10029	0,42
Article number	Description	Material standard	Manufacture std	Mass
Prepared : 2012-03-02 Delarocque	Based on :	BoM sep. of same No ☐ diff. No ☐	Scale : 1/2	Doc. kind
Checked :	Responsible departement : STT-T	Renfort support poutre jupe Skirt beam support stiffener		Format : 4
Approved : 2012-03-02 Gumy	Take over departement :			Language : fr
Revision : A 2012-10-16 Delarocque	bmt_t_Zefiro_Italie_3_systemes/200_tank/		No. of sh.: 1	
ABB Sécheron SA		XCH 200228-BMT		Sheet : 1

Revision	Change No.	Current revision description
A	136312	Augmenter longueur + déplacer 3 découpes + ajout 2 chanfreins Increase the length + moved the 3 cuts + added 2 chamfers



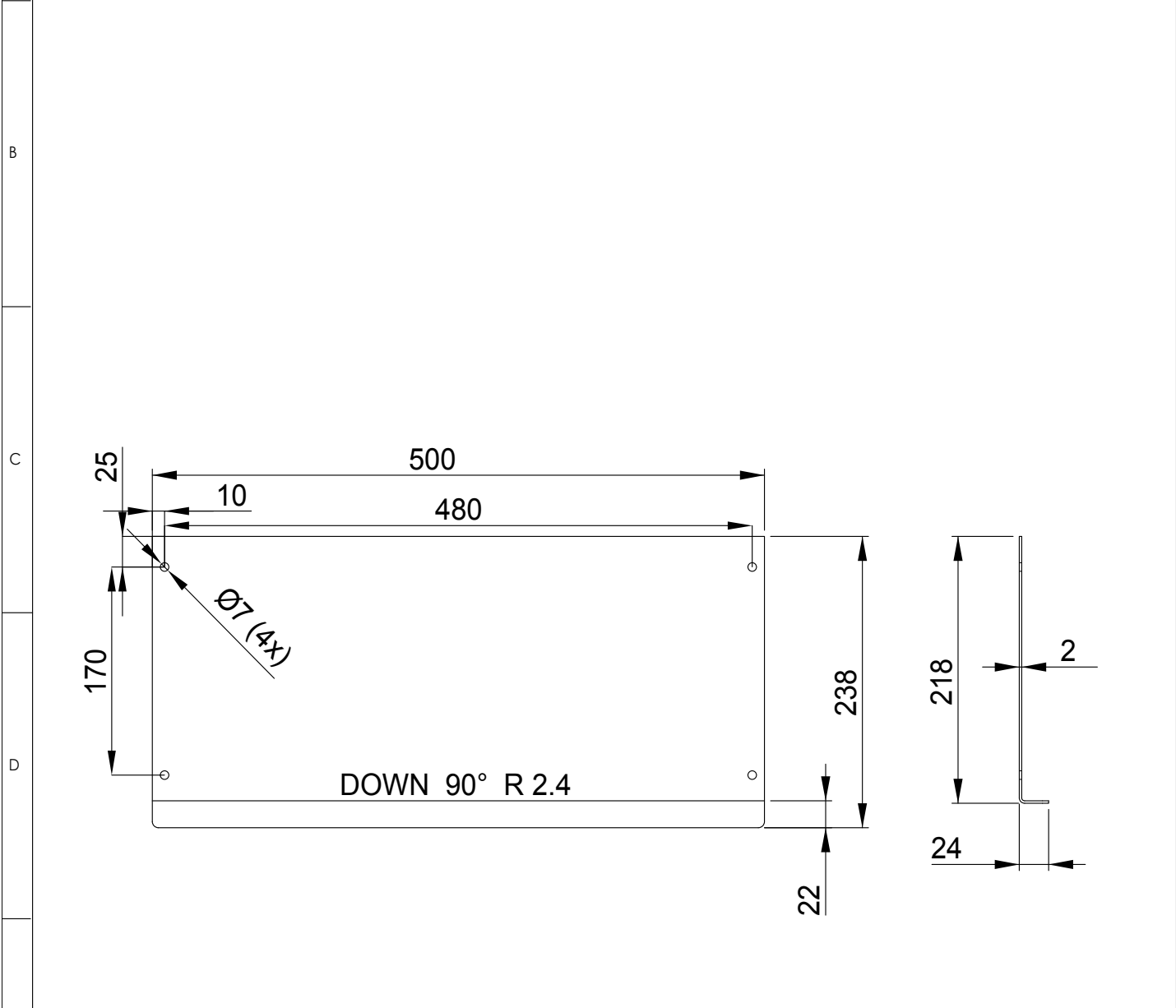
XCH201004-BMT	Large stiffener closing	S355J2+N EN10025-2 / 1.0570	EN10029	3,85
Article number	Description	Material standard	Manufacture std	Mass
Prepared : 2012-01-31 Delarocque	Based on :	BoM sep. of same No ☐ diff. No ☐	Scale : 1/10	Doc. kind
Checked :	Responsible department : STT-T	Fermeture grand renfort Large stiffener closing		
Approved : 2012-01-31 Gumy	Take over department :			
Revision : A 2012-06-22 GUMY	bmt_t_Zefiro_Italie_3_systemes/201_cover/			No. of sh.: 1
ABB Sécheron SA		XCH 201004-BMT		
		Sheet : 1		



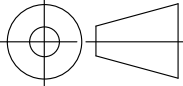
1.* Informaciniai matmenys

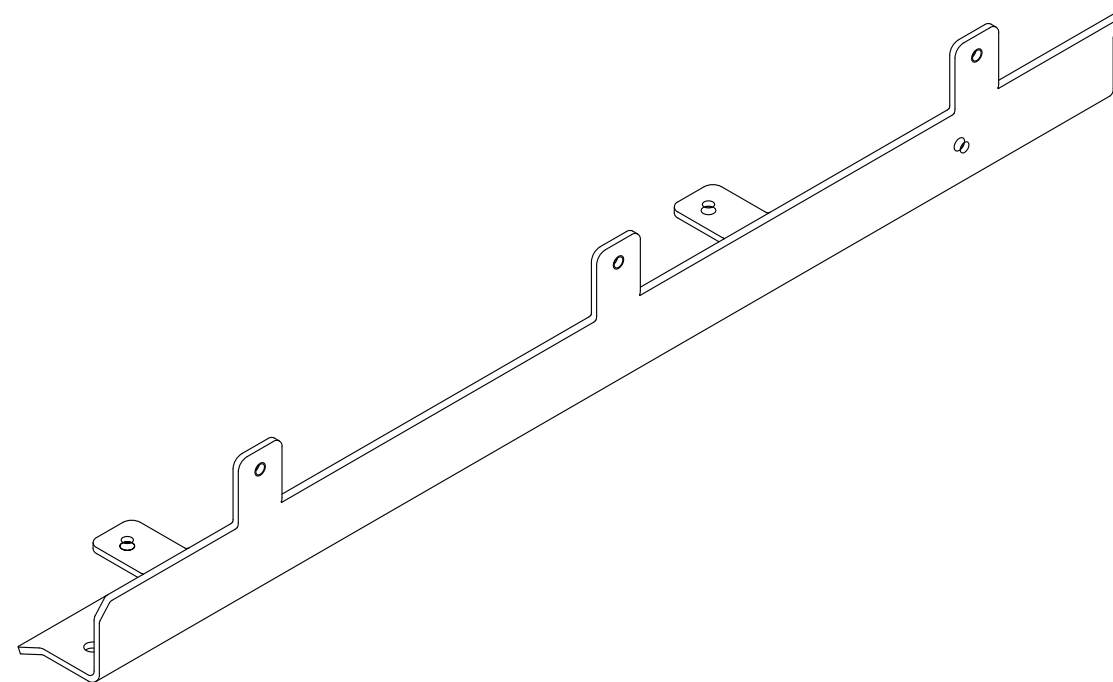
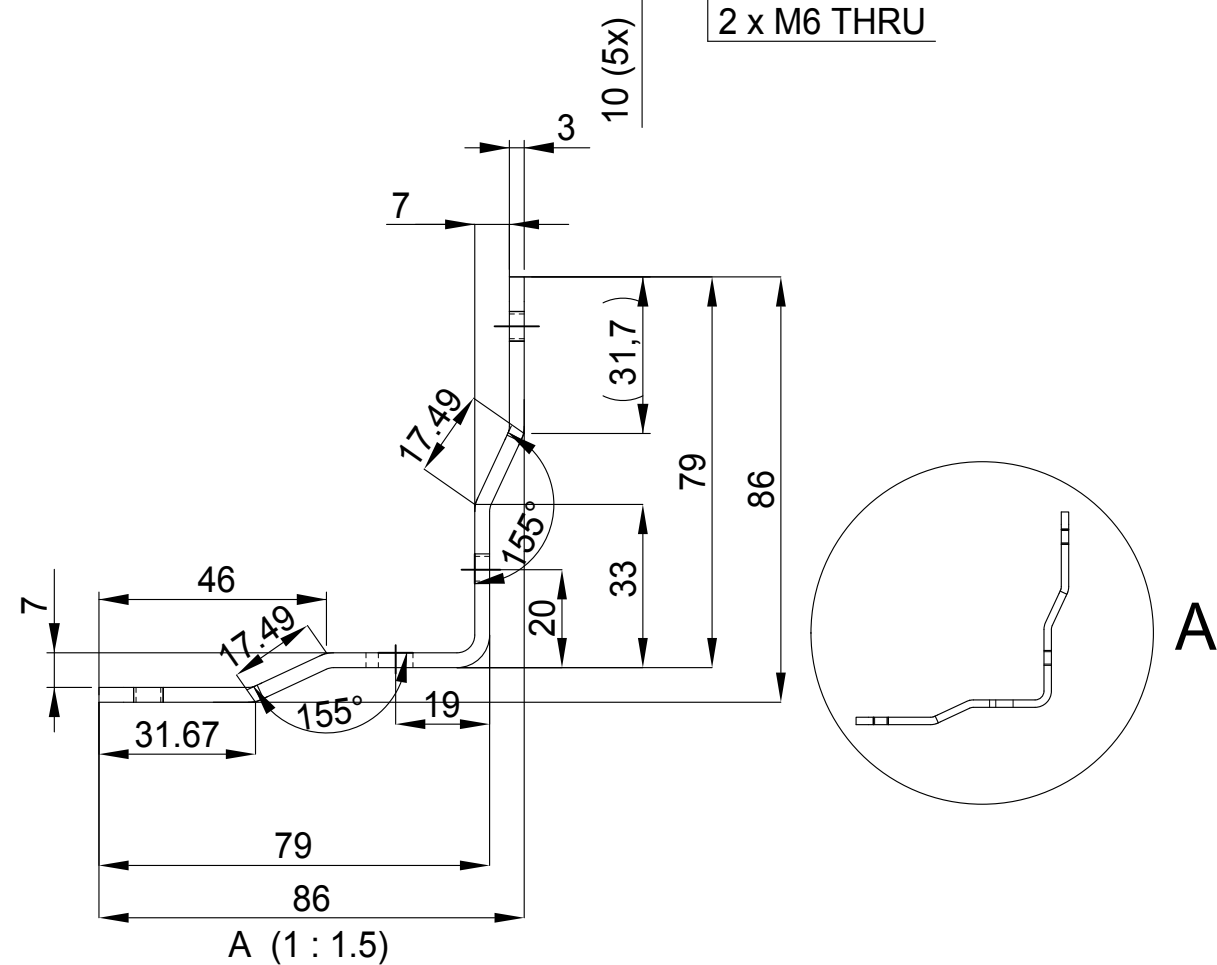
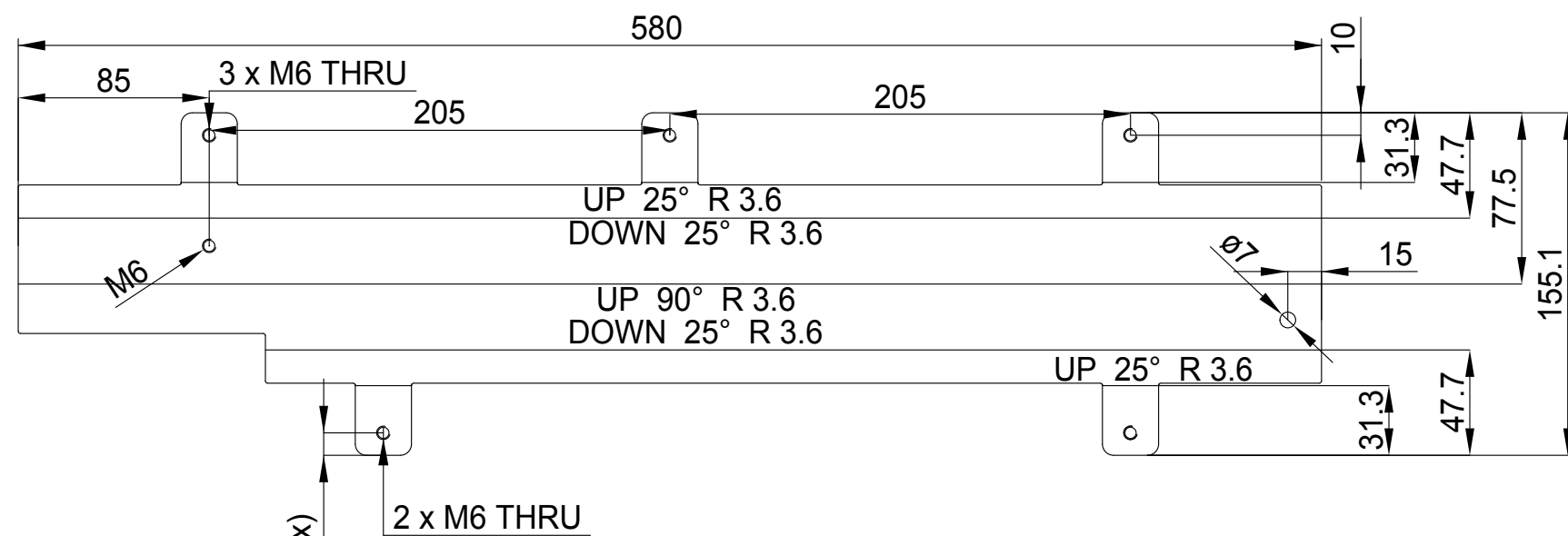
		Mech. apd.	ISO2768-mK	A4	Gaminio numeris	1-6410410.15	Revizija	D
		Lenkimas	S<4 ISO2768-cL		Pavadinimas	Flat Bar	Mastelis	1:5
		Suvirinimas	S≥4 ISO2768-vL				Masė	2.8
			ISO13920-C					
Revizija	Taisyymo turinys	Braižė	M. Jaskelevicius	2013.08.07				
		Tikrino	-		Medžiaga	Plienas S235JRG2	Lapas	Lapų
		Patvirtino	-				1	1

Tolerances for features without individual tolerance indications											
Surface roughness For milling & lathparts		Angular			Lineair						
		Nominal length			Nominal measure						
General	3.2/ ▽	Above	0	100	Above	0,5	6	30	120	315	1000
		Upto and incl.	100	1000	Upto and incl.	6	30	120	315	1000	2000
Fit	0.8/ ▽	Tolerance	0.5°	0.2°	Tolerance	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

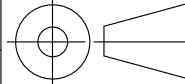


lasercut according to dwg-file Matrica V=12 mm, Puansonas R1 "Bystronic"

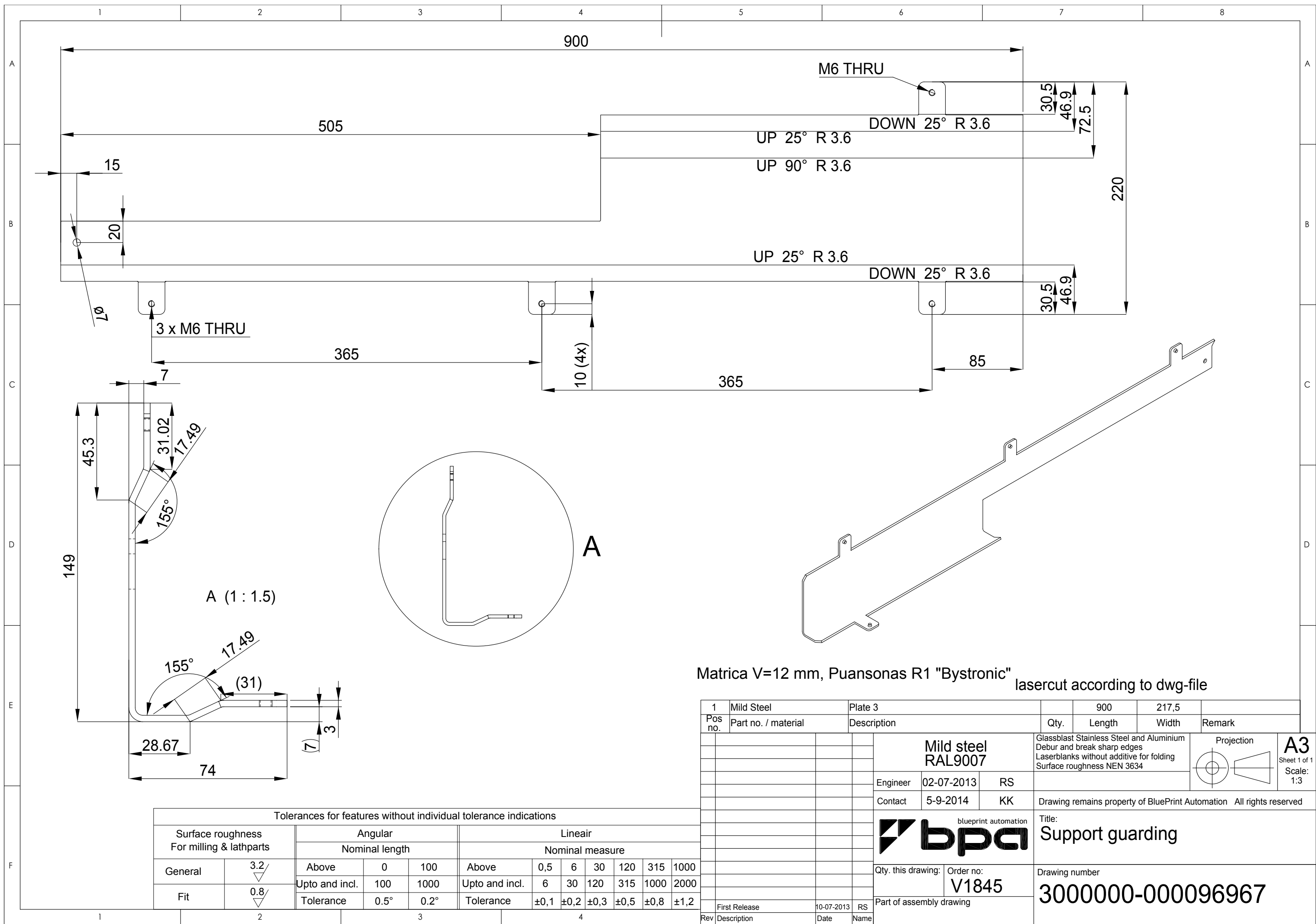
E	1	Stainless steel	Plate 2				500	238		
	Pos no.	Part no. / material	Description			Qty.	Length	Width	Remark	
						Glassblast Stainless Steel and Aluminium Debur and break sharp edges Laserblanks without additive for folding Surface roughness NEN 3634			Projection 	A4 Sheet 1 of 1 Scale: 1:5
			Engineer	03-07-2013	RS					
			Contact	5-9-2014	KK	Drawing remains property of BluePrint Automation All rights reserved				
						Title: Cover vision light				
			Qty. this drawing:		Order no: V1845	Drawing number 30000000-000097064				
			Part of assembly drawing							
	First Release	12-07-2013	RS							
Rev	Description	Date	Name							

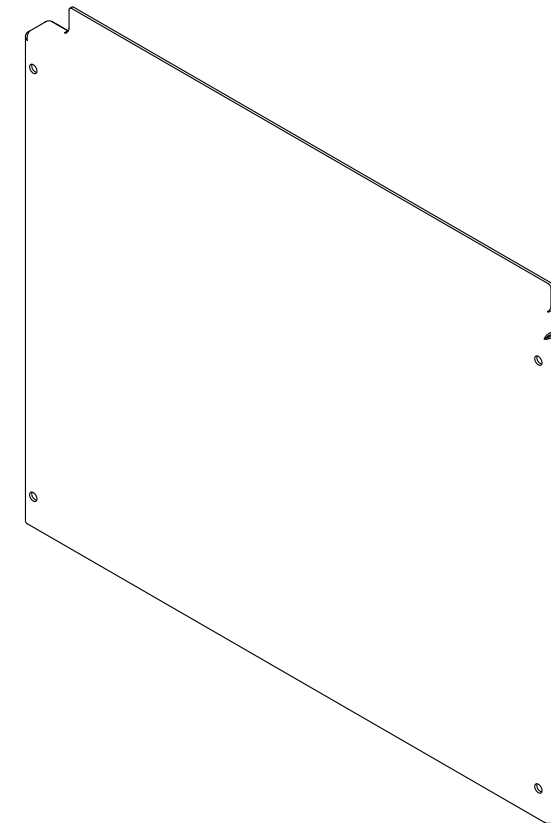
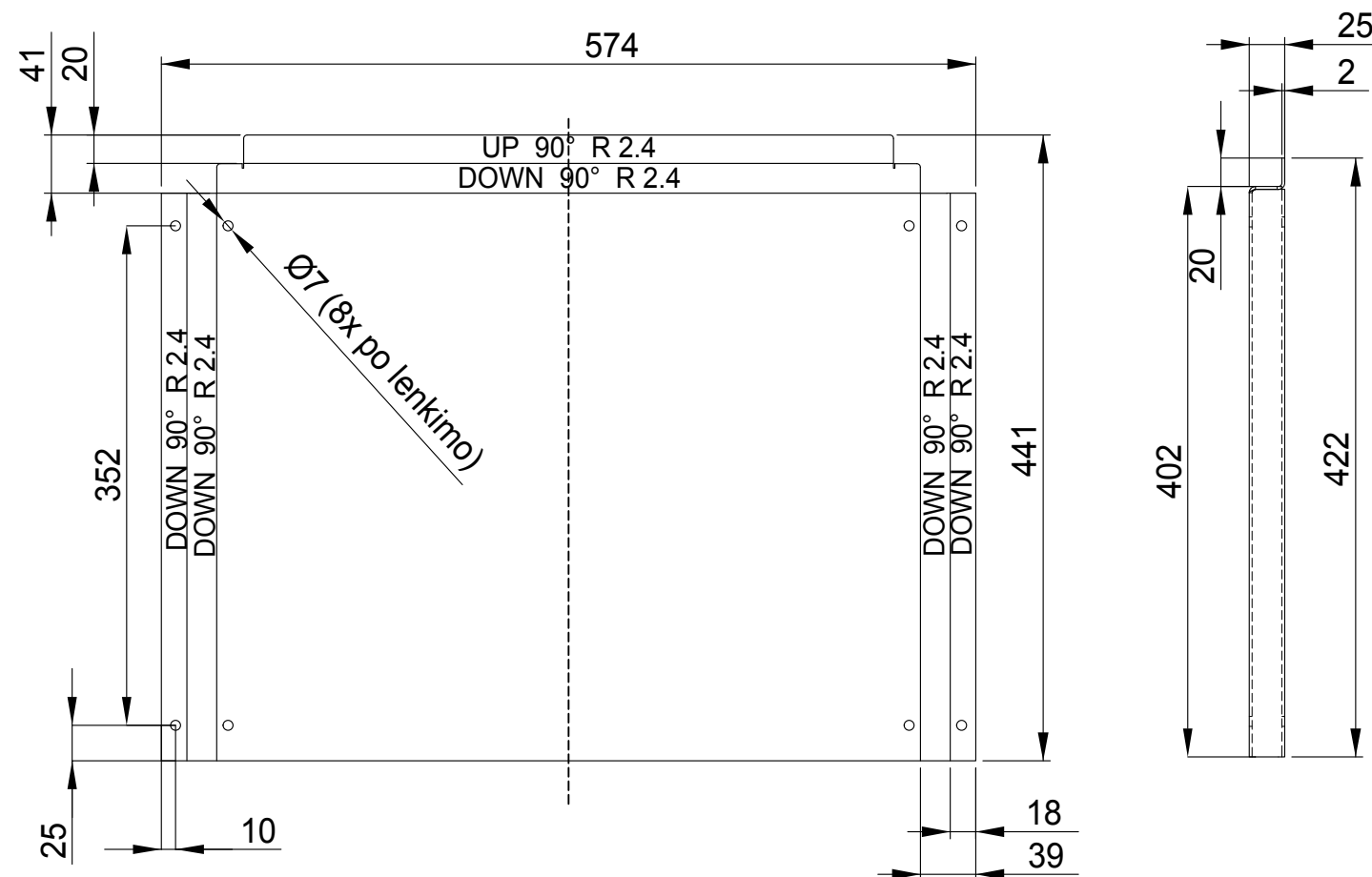
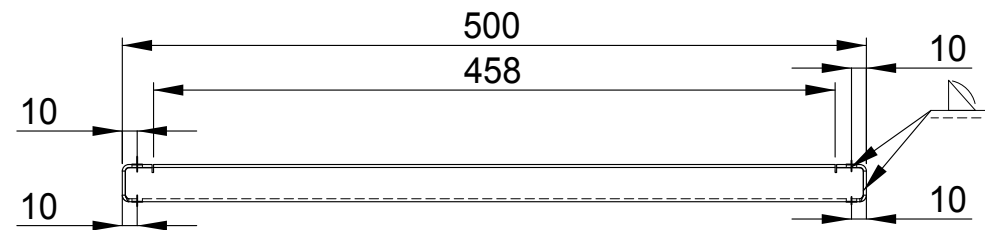


Matrica V=24 mm, Puansonas R1 "Bystronic"

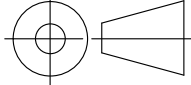
1	Mild Steel	Plate 3			Qty.	580	152,5	Remark		
Pos no.	Part no. / material	Description				Length	Width			
					Mild steel RAL9007			Glassblast Stainless Steel and Aluminium Debur and break sharp edges Laserblanks without additive for folding Surface roughness NEN 3634	Projection 	A3 Sheet 1 of 1 Scale 1:3
				Engineer	04-07-2013	RS				
				Contact	5-9-2014	KK	Drawing remains property of BluePrint Automation All rights reserved			
							Title: Support guarding			
				Qty. this drawing:	Order no:	Drawing number				
					V1845	3000000-000097101				
	First Release	10-07-2013	RS	Part of assembly drawing						
Rev	Description	Date	Name							

Tolerances for features without individual tolerance indications											
Surface roughness For milling & lathparts		Angular			Linear						
		Nominal length			Nominal measure						
General	3.2 ▽	Above	0	100	Above	0,5	6	30	120	315	1000
Fit	0.8 ▽	Upto and incl.	100	1000	Upto and incl.	6	30	120	315	1000	2000
		Tolerance	0.5°	0.2°	Tolerance	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

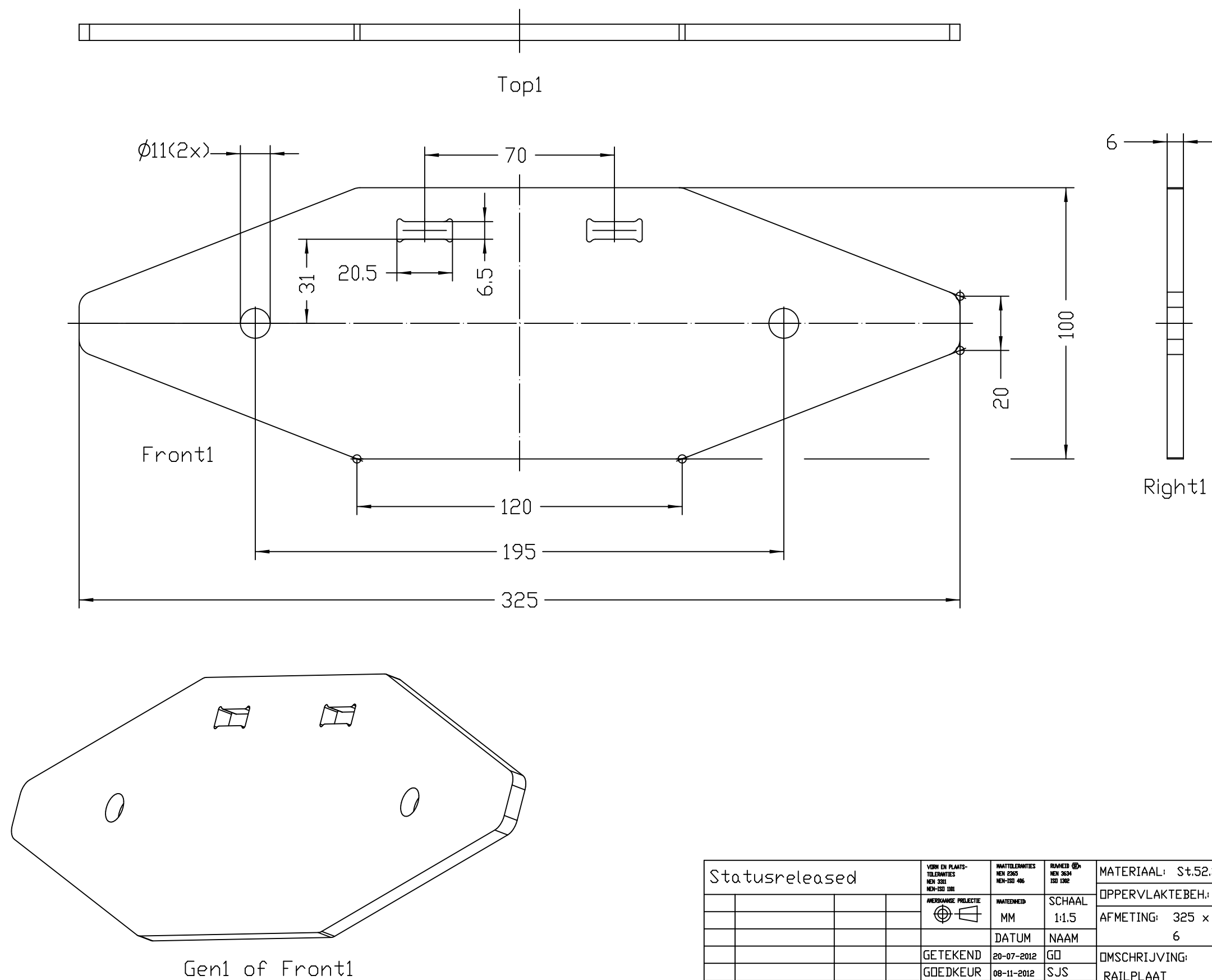




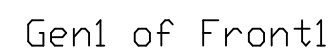
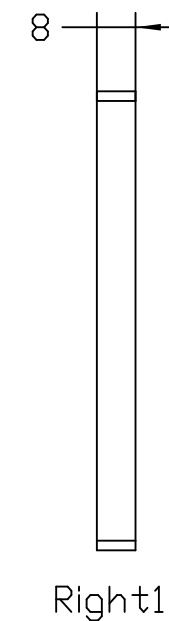
Matrica V=12 mm, Puansonas R1 "Bystronic"

1	Stainless steel	Plate 2			574	441		
Pos no.	Part no. / material	Description			Qty.	Length	Width	Remark
					Glassblast Stainless Steel and Aluminium Debur and break sharp edges Laserblanks without additive for folding Surface roughness NEN 3634			Projection  A3 Sheet 1 of 1 Scale: 1:5
				Engineer	03-07-2013	RS		
				Contact	5-9-2014	KK	Drawing remains property of Blueprint Automation All rights reserved	
							Title: Cover vision light	
				Qty. this drawing:	Order no:	Drawing number		
					V1845	30000000-000097062		
				Part of assembly drawing				
Rev	Description	Date	Name					
	First Release	12-07-2013	RS					

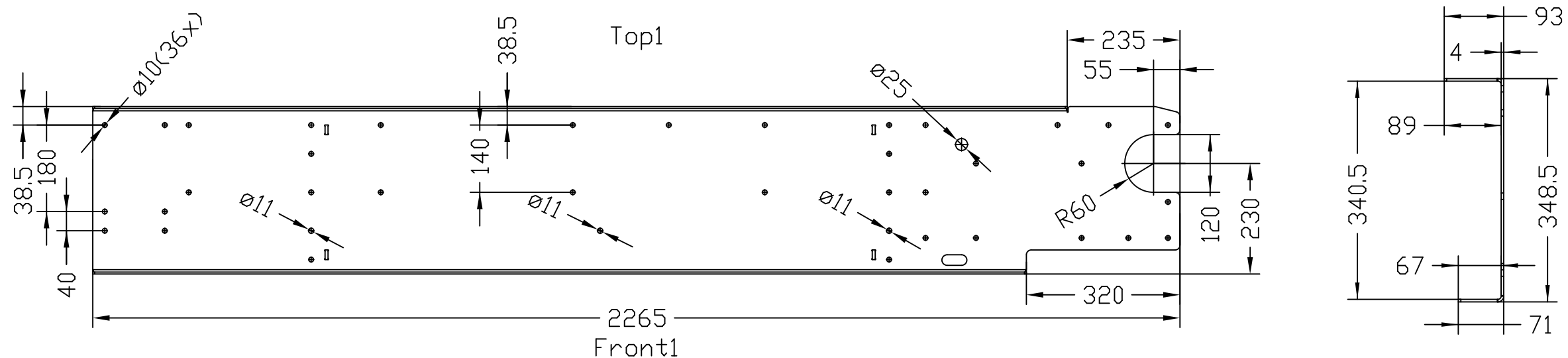
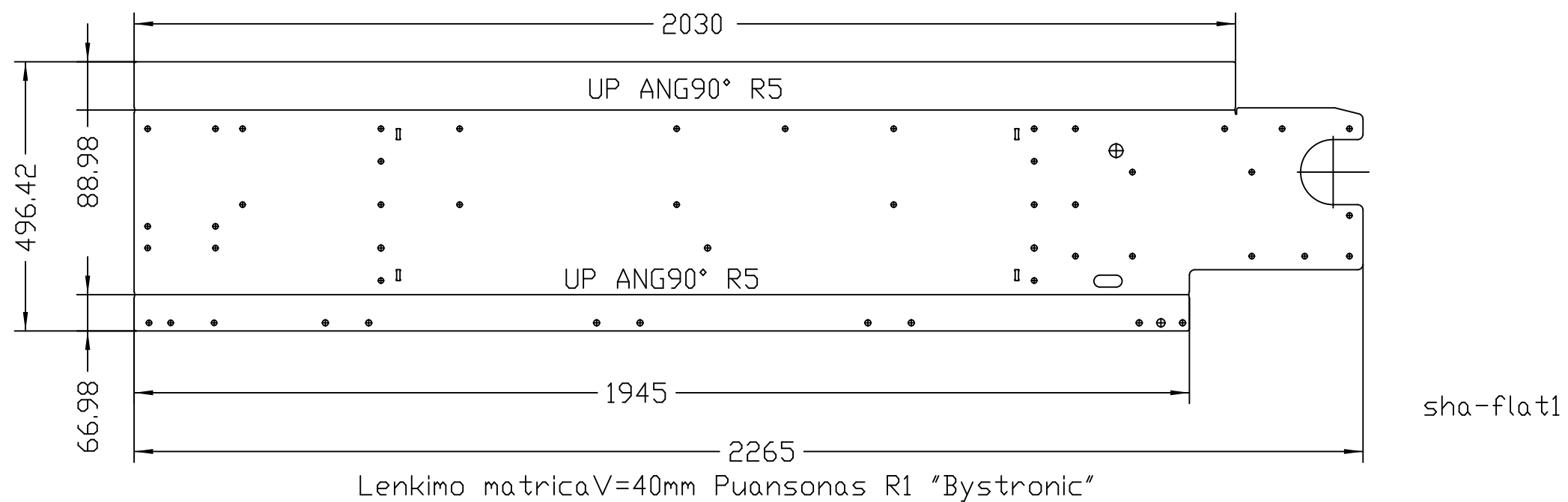
Tolerances for features without individual tolerance indications											
Surface roughness For milling & lathparts		Angular			Linear						
		Nominal length			Nominal measure						
General	3.2 ▽	Above	0	100	Above	0,5	6	30	120	315	1000
Fit	0.8 ▽	Upto and incl.	100	1000	Upto and incl.	6	30	120	315	1000	2000
		Tolerance	0.5°	0.2°	Tolerance	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2



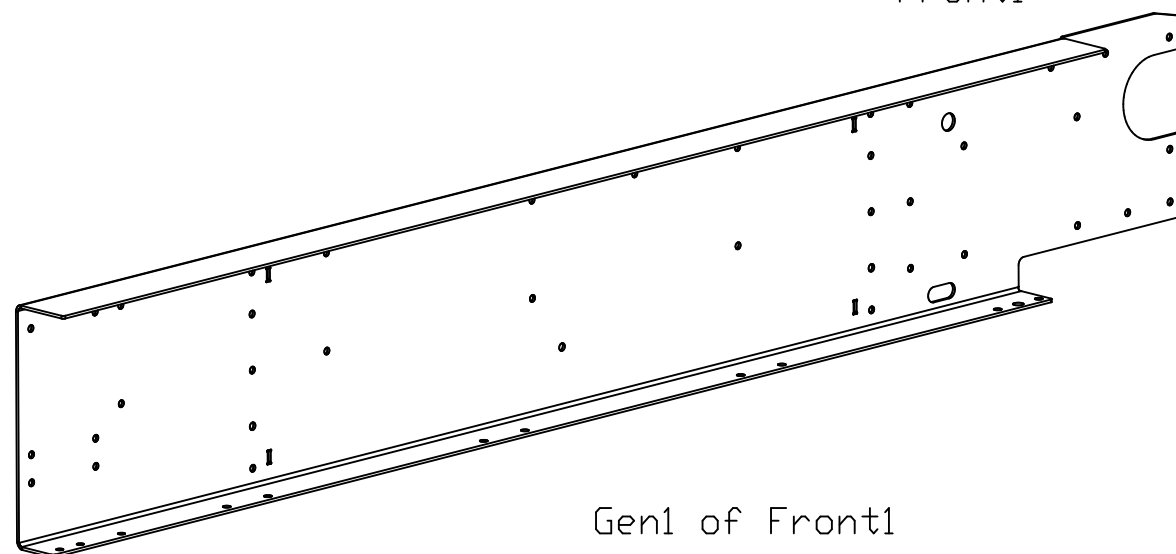
Statusreleased				VORM EN PLANTS- TEKENINGEN NEN 3001 NEN-ISO 1001	MAATTEKENINGEN NEN 2265 NEN-ISO 406	RANDEN NEN 3634 ISO 1302	MATERIAAL: St.52.3			
				AFMETINGEN NEN 3001 NEN-ISO 1001	MAATTEKENING MM	SCHAAL 1:1.5	OPPERVLAKTEBEH:			
					DATUM	NAAM	AFMETING: 325 x 100 6			
				GETEKEND	20-07-2012	GO	OMSCHRIJVING:			
				GOEDKEUR	08-11-2012	SJS	RAILPLAAT			
				VRIJGAVE	08-11-2012	SJS	ZIJFRAME POOT			
				AUTEURSRECHT VOORBEHOUDEN VOLGENS DE WET ALL RIGHTS RESERVED - NACHDRUKEN VERBODEN				TRIOMATIC T40 BUNKER AANVOERBODEM		
1	2X all	08-11-2012	SJS	 TRIOLIET				TEKENING NR.: 2008426	REV: 1	FORMAAT
REV.	OMSCHRIJVING	DATUM	NAAM					EXTRA:		A3



Statusreleased				VORM EN PLAATS- TOEGELIJDIGHEID NEH 5201 NEH-5201 10M	MAATTOEGELIJDIGHEID NEH 2265 NEH-5201 406	RUWHEID  NEH 3634 ISO 1302	MATERIAAL: St.52.3		
					WATEROEFENING MM	SCHAAL 1:1.5	OPPERVLAKTEBEH:		
					DATUM	NAAM	AFMETING: 221 x 95 8		
				GETEKEND	28-06-2012		OMSCHRIJVING:		
				GOEDGEUR	03-10-2012		KOPPLAAT		
				VRIJGAVE	03-10-2012		FRAME SPANZIJD		
				AUTEURSRECHT VOORBEHOUDEN VOLGENS DE WET ALL RIGHTS RESERVED - NACHDRUCKEN VERBODEN			TRIOMATIC T40 BUNKER AANVOERBODEM		
1	25 x 6,5 x 25 x 6,2	24-08-2012		 TRIOLIET			TEKENING NR.: 2008458	REV: 2	FORMAAT A3
REV.	OMSCHRIJVING	DATUM	NAAM				EXTRA:		



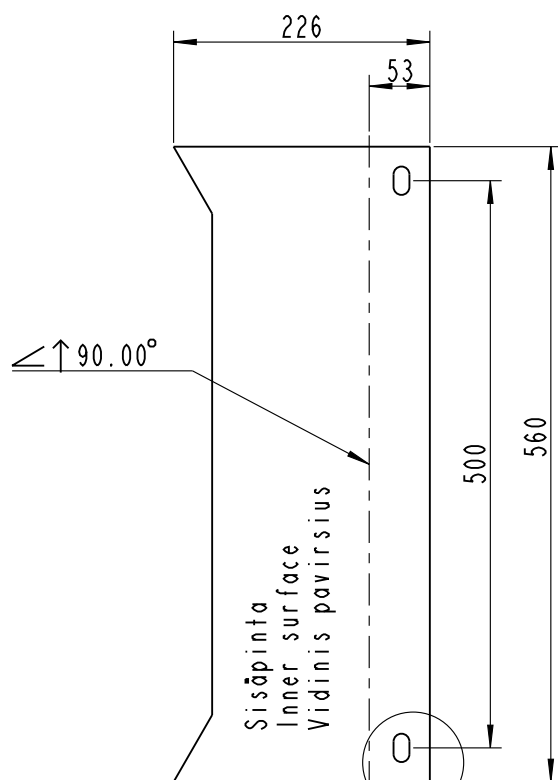
Right1
Scale 1:7.5



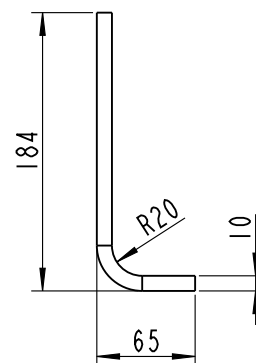
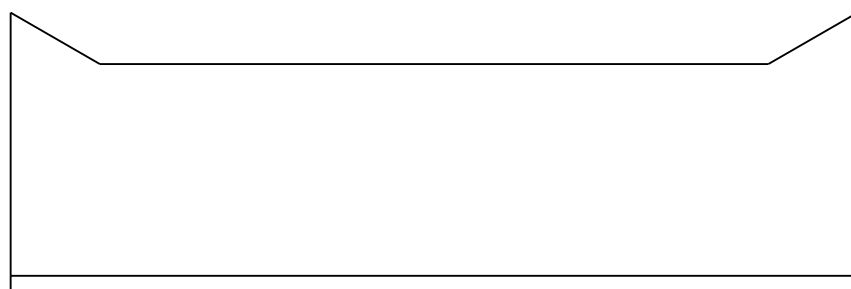
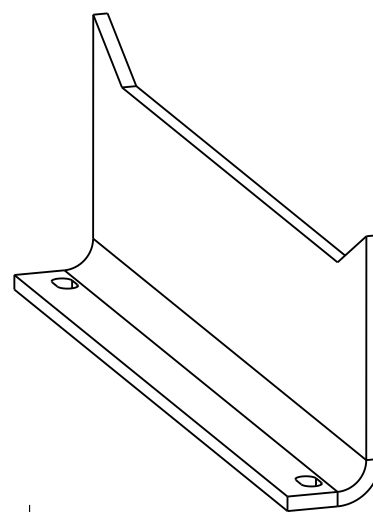
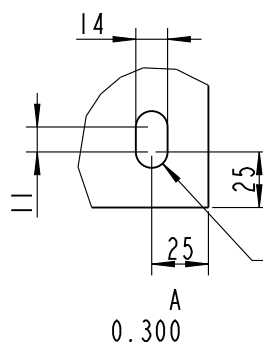
OPMERKING / BEMERKUNG / COMMENT:
 - UITSLAG GELIJK AAN 2008481
 - ZUSCHNITT GLEICH WIE BLECH 2008481
 - BLANK IS THE SAME AS 2008481

Statusreleased				VORM EN PLAKS- TEKENINGEN NEN 3001 NEN 3002 001	MAATTEKENINGEN NEN 2265 NEN 3004 406	RANDEN 001 NEN 3004 NEN 3002	MATERIAAL: St.52.3			
					MAATHEID	SCHAAL	OPPERVLAKTEBEH.: RAL 3002 ROOD (TRIO)			
					MM	1:10	AFMETING: 2265 x 497			
					DATUM	NAAM	4			
				GETEKEND	17-07-2012	GO	OMSCHRIJVING:			
				GOEDKEUR	12-10-2012	SJS	LIGGER LINKS			
				VRIJGAVE	12-10-2012	SJS	ZIJFRAME LINKSVOOR			
				AUTEURSRECHT VOORBEHOUDEN VOLGENS DE WET ALL RIGHTS RESERVED - NACHDRUKEN VERBODEN						
				TRIDOMATIC T40 BUNKER AANVOERBODEM						
1	2265 X 526.5 X 4 > 2265 X 497 X 4	12-10-2012	SJS	 TRIOLIET			TEKENING NR.: 2008480		REV: 1	FORMAAT A3
0		17-07-2012	GO				EXTRA:			
REV.	OMSCHRIJVING	DATUM	NAAM							

Version	Revision	Prepared	Date



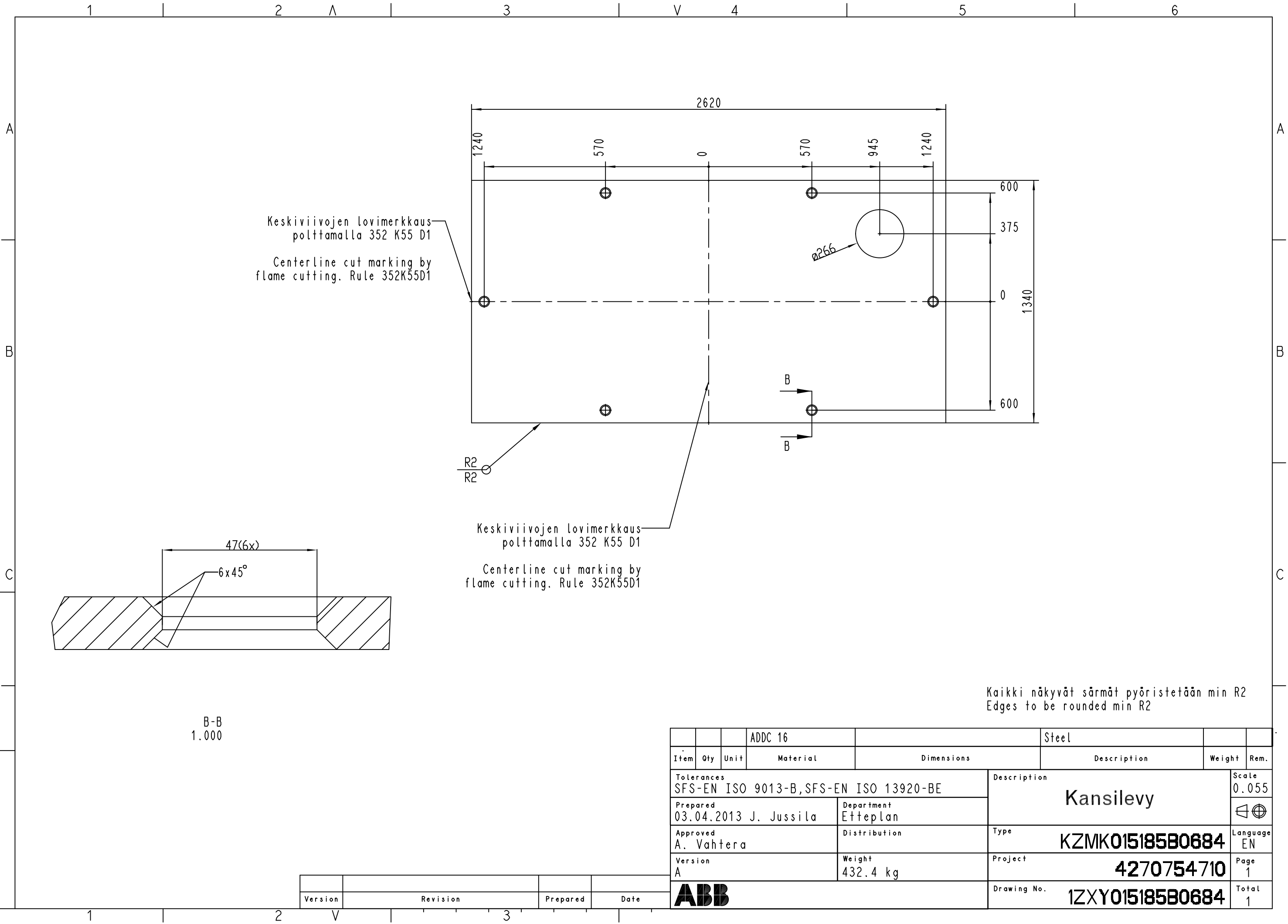
Levityskuva
Flat state
Isklotinė
scale 0.150



Matrica V=80 mm, Puansonas R20 "Bystronic"

			ADDC 10		Steel		
Item	Qty	Unit	Material	Dimensions	Description	Weight	Rem.
Tolerances SFS 5803-m, SFS-EN ISO 9013-B					Description Pais. jalka	Scale 0.200	
Prepared 26.08.2014 M.Demcenko			Department Arginta\GER				
Approved 26.08.2014 K.Salo			Distribution		Type KZKAE015251B3547	Language EN	
Version A			Weight 8.5 kg		Project 4693824910	Page 1	
ABB					Drawing No. 1ZXY015251B3547	Total 1	

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden. © Copyright ABB.



3 Priedas

Lazerinio CNC pjovimo laikų analizė programa “Maple”.

```

> restart;
>
x:= [.7628,1.2514,1.5924,.9368,.859,.7834,.9052,.8411,.5987,.5987,
1.9479,.4592,.9215,.9216,.4595,1.2647,.7694,1.2640,.8707,.8694,1.
2658,.8710,1.2654,.8717,.8710,.8725,1.2658,1.2613,.8704,.7299,.80
46,.7719,.7211,.9246,1.1849,.5255,1.1833,.4925,.2928,1.1860,.9009
,1.0553,.9014,.5468,.2923,1.2075,1.1275,.7128,1.1833,1.1847,.2927
,.9359,.9366,1.1845,.5206,.5206,1.1850,.1267,.4690,.2548,1.2733,.
9357,1.0239,.3546,.5650,.6686,.6684,1.4396,.5647,.7987,.7978,2.28
05,1.1215,1.1763,2.2727,2.2693,2.2738,1.11,1.2345,.1877,1.2796,.8
987,.8049,1.2362,.4589,.6578,1.4144,.8982,.3892,1.0552,.8438,.610
1,1.1272,1.1739,.6698,.7142,.7831,1.0577,.5282,.6658];
>
x:= [0.7628,1.2514,1.5924,0.9368,0.859,0.7834,0.9052,0.8411,0.5987,0.5987,
1.9479,0.4592,0.9215,0.9216,0.4595,1.2647,0.7694,1.2640,0.8707,0.8694,
1.2658,0.8710,1.2654,0.8717,0.8710,0.8725,1.2658,1.2613,0.8704,0.7299,
0.8046,0.7719,0.7211,0.9246,1.1849,0.5255,1.1833,0.4925,0.2928,1.1860,
0.9009,1.0553,0.9014,0.5468,0.2923,1.2075,1.1275,0.7128,1.1833,1.1847,
0.2927,0.9359,0.9366,1.1845,0.5206,0.5206,1.1850,0.1267,0.4690,0.2548,
1.2733,0.9357,1.0239,0.3546,0.5650,0.6686,0.6684,1.4396,0.5647,0.7987,
0.7978,2.2805,1.1215,1.1763,2.2727,2.2693,2.2738,1.11,1.2345,0.1877,
1.2796,0.8987,0.8049,1.2362,0.4589,0.6578,1.4144,0.8982,0.3892,1.0552,
0.8438,0.6101,1.1272,1.1739,0.6698,0.7142,0.7831,1.0577,0.5282,0.6658]
>
> N:=nops (x) ;
N:= 100

> x:=sort (x) ;
x:= [0.1267,0.1877,0.2548,0.2923,0.2927,0.2928,0.3546,0.3892,0.4589,0.4592,
0.4595,0.4690,0.4925,0.5206,0.5206,0.5255,0.5282,0.5468,0.5647,0.5650,
0.5987,0.5987,0.6101,0.6578,0.6658,0.6684,0.6686,0.6698,0.7128,0.7142,
0.7211,0.7299,0.7628,0.7694,0.7719,0.7831,0.7834,0.7978,0.7987,0.8046,
0.8049,0.8411,0.8438,0.859,0.8694,0.8704,0.8707,0.8710,0.8710,0.8717,
0.8725,0.8982,0.8987,0.9009,0.9014,0.9052,0.9215,0.9216,0.9246,0.9357,
0.9359,0.9366,0.9368,1.0239,1.0552,1.0553,1.0577,1.11,1.1215,1.1272,
1.1275,1.1739,1.1763,1.1833,1.1833,1.1845,1.1847,1.1849,1.1850,1.1860,
1.2075,1.2345,1.2362,1.2514,1.2613,1.2640,1.2647,1.2654,1.2658,1.2658,
1.2733,1.2796,1.4144,1.4396,1.5924,1.9479,2.2693,2.2727,2.2738,2.2805]
> f:=round(1+3.322*log10 (N) ) ;
f:= 8

> h:=(x[nops (x) ]-x[1])/f;
h:= 0.2692250000

```

```
> X:=[seq(x[1]+i*h, i=0..f)]:for i from 0 to f do 'X'[i]=X[i+1];
end do;
```

```
>
```

$$X_0 = 0.1267$$

$$X_1 = 0.3959250000$$

$$X_2 = 0.6651500000$$

$$X_3 = 0.9343750000$$

$$X_4 = 1.2036000000$$

$$X_5 = 1.4728250000$$

$$X_6 = 1.7420500000$$

$$X_7 = 2.0112750000$$

$$X_8 = 2.2805000000$$

```
> C:=[seq(0,i=0..f-1)]:sums:=C:
for i from 1 to N do j:=1:while j<f and x[i]>X[j+1] do
j:=j+1:end do: C[j]:=C[j]+1:
sums[j]:=sums[j]+x[i]:
end do:
> for i from 1 to f do
if C[i]<>0 then
print('t'['x'[i['vid']]]=sums[i]/C[i]);
t[i]:=sums[i]/C[i];
else
print('t'['x'[i['vid']]));
end if;
end do;
```

$$t_{x_1_{vid}} = 0.2738500000$$

$$t_{x_2_{vid}} = 0.5359875000$$

$$t_{x_3_{vid}} = 0.8154257143$$

$$t_{x_4_{vid}} = 1.098342857$$

$$t_{x_5_{vid}} = 1.280250000$$

$$t_{x_6_{vid}} = 1.5924$$

$$t_{x_7_{vid}} = 1.9479$$

$$t_{x_8_{vid}} = 2.274075000$$

```

>
> for i from 1 to f do
print('p'('x'[i])=evalf(C[i]/N));
p[i]:=evalf(C[i]/N):
end do:
p(x1) = 0.08000000000
p(x2) = 0.1600000000
p(x3) = 0.3500000000
p(x4) = 0.2100000000
p(x5) = 0.1400000000
p(x6) = 0.01000000000
p(x7) = 0.01000000000
p(x8) = 0.04000000000

> for i from 1 to f do
print('M'('x'[i])=t[i]*p[i]):
M[i]:=t[i]*p[i]:
end do:
M(x1) = 0.02190800000
M(x2) = 0.08575800000
M(x3) = 0.2853990000
M(x4) = 0.2306520000
M(x5) = 0.1792350000
M(x6) = 0.01592400000
M(x7) = 0.01947900000
M(x8) = 0.09096300000

> M_:=add(t[i]*p[i], i=1..f);
M_:= 0.9293180000

> for i from 1 to f do
print('sigma'[i]=(t[i]-M_)^2*p[i]);
end do:

```

$$\sigma_1 = 0.03437106392$$

$$\sigma_2 = 0.02475342115$$

$$\sigma_3 = 0.004540008459$$

$$\sigma_4 = 0.005999574479$$

$$\sigma_5 = 0.01724145760$$

$$\sigma_6 = 0.004396777387$$

$$\sigma_7 = 0.01037509291$$

$$\sigma_8 = 0.07233485556$$

```
> sigma:=sqrt(add((t[i]-M_)^2*p[i], i=1..f));  
σ := 0.4171477574
```

Valcavimo darbo centro operacinių laikų analizė programa "Maple"

```

> restart;
>
x:=[1.6763,1.3302,.8426,.8426,1.7224,1.6893,1.5600,.4034,1.3604,.
9328,.8900,.4846,1.1818,.9768,1.0723,.6835,1.1765,1.1769,1.3862,1
.4402,1.3031,1.6582,1.1091,1.339,3.2998,.8358,.9512,1.3199,1.6151
,1.6357,1.0563,1.1293,1.1292,2.1273,1.1408,1.2247,1.0748,1.1563,1
.0284,.6329,.8204,.9749,.4740,.4545,.8519,1.8233,1.1293,1.1292,1.
1427,1.4114,1.1480,1.1430,.6830,1,.2738,1.5528,1.0868,.7713,1.687
5,.4267,1.1038,1.8143,.9628,.8709,.7039,.9848,1.1094,1.6101,.7778
,.8549,1.3014,1.1566,1.0770,.4872,.7296,3.3835,.5729,1.6587,1.335
1,1.3348,1.3351,.6328,.5321,1.3217,1.2195,1.3218,.7720,.9176,.387
0,1.8193,3.1925,1.0613,1.6434,1.1038,1.3767,1.6451,2.9815,.8137,1
.6105,.8125,.5820,1.0185];
>
x:= [1.6763, 1.3302, 0.8426, 0.8426, 1.7224, 1.6893, 1.5600, 0.4034, 1.3604, 0.9328,
0.8900, 0.4846, 1.1818, 0.9768, 1.0723, 0.6835, 1.1765, 1.1769, 1.3862, 1.4402,
1.3031, 1.6582, 1.1091, 1.339, 3.2998, 0.8358, 0.9512, 1.3199, 1.6151, 1.6357,
1.0563, 1.1293, 1.1292, 2.1273, 1.1408, 1.2247, 1.0748, 1.1563, 1.0284, 0.6329,
0.8204, 0.9749, 0.4740, 0.4545, 0.8519, 1.8233, 1.1293, 1.1292, 1.1427, 1.4114,
1.1480, 1.1430, 0.6830, 1, 0.2738, 1.5528, 1.0868, 0.7713, 1.6875, 0.4267, 1.1038,
1.8143, 0.9628, 0.8709, 0.7039, 0.9848, 1.1094, 1.6101, 0.7778, 0.8549, 1.3014,
1.1566, 1.0770, 0.4872, 0.7296, 3.3835, 0.5729, 1.6587, 1.3351, 1.3348, 1.3351,
0.6328, 0.5321, 1.3217, 1.2195, 1.3218, 0.7720, 0.9176, 0.3870, 1.8193, 3.1925,
1.0613, 1.6434, 1.1038, 1.3767, 1.6451, 2.9815, 0.8137, 1.6105, 0.8125, 0.5820,
1.0185]

>
> N:=nops(x);
N:= 100

> N := 10211;
> x:=sort(x);
x:= [0.2738, 0.3870, 0.4034, 0.4267, 0.4545, 0.4740, 0.4846, 0.4872, 0.5321, 0.5729,
0.5820, 0.6328, 0.6329, 0.6830, 0.6835, 0.7039, 0.7296, 0.7713, 0.7720, 0.7778,
0.8125, 0.8137, 0.8204, 0.8358, 0.8426, 0.8426, 0.8519, 0.8549, 0.8709, 0.8900,
0.9176, 0.9328, 0.9512, 0.9628, 0.9749, 0.9768, 0.9848, 1, 1.0185, 1.0284, 1.0563,
1.0613, 1.0723, 1.0748, 1.0770, 1.0868, 1.1038, 1.1038, 1.1091, 1.1094, 1.1292,
1.1292, 1.1293, 1.1293, 1.1408, 1.1427, 1.1430, 1.1480, 1.1563, 1.1566, 1.1765,
1.1769, 1.1818, 1.2195, 1.2247, 1.3014, 1.3031, 1.3199, 1.3217, 1.3218, 1.3302,
1.3348, 1.3351, 1.3351, 1.339, 1.3604, 1.3767, 1.3862, 1.4114, 1.4402, 1.5528,
1.5600, 1.6101, 1.6105, 1.6151, 1.6357, 1.6434, 1.6451, 1.6582, 1.6587, 1.6763,
1.6875, 1.6893, 1.7224, 1.8143, 1.8193, 1.8233, 2.1273, 2.9815, 3.1925, 3.2998,
3.3835]

> f:=round(1+3.322*log10(N));

```

$$f := 8$$

```
> h:=(x[nops(x)]-x[1])/f;
```

$$h := 0.3887125000$$

```
> X:=[seq(x[1]+i*h, i=0..f)]:for i from 0 to f do 'X'[i]=X[i+1];
end do;
```

```
>
```

$$X_0 = 0.2738$$

$$X_1 = 0.6625125000$$

$$X_2 = 1.051225000$$

$$X_3 = 1.439937500$$

$$X_4 = 1.828650000$$

$$X_5 = 2.217362500$$

$$X_6 = 2.606075000$$

$$X_7 = 2.994787500$$

$$X_8 = 3.383500000$$

```
> C:=[seq(0,i=0..f-1)]:sums:=C:
for i from 1 to N do j:=1:while j<f and x[i]>X[j+1] do
j:=j+1:end do: C[j]:=C[j]+1:
sums[j]:=sums[j]+x[i]:
end do:
> for i from 1 to f do
if C[i]<>0 then
print('t'['x'[i['vid']]]=sums[i]/C[i]);
t[i]:=sums[i]/C[i];
else
print('t'['x'[i['vid']]));
end if;
end do;
```

$$t_{x_1_{vid}} = 0.4879923077$$

$$t_{x_2_{vid}} = 0.8631185185$$

$$t_{x_3_{vid}} = 1.205517949$$

$$t_{x_4_{vid}} = 1.659011111$$

$$t_{x_5_{vid}} = 2.1273$$

$$t_{x_6_{vid}}$$

$$t_{x_7_{vid}} = 2.9815$$

$$t_{x_8_{vid}} = 3.291933333$$

```
> for i from 1 to f do
print('p'('x'[i])=evalf(C[i]/N));
p[i]:=evalf(C[i]/N):
end do:
```

$$p(x_1) = 0.1274509804$$

$$p(x_2) = 0.2647058824$$

$$p(x_3) = 0.3823529412$$

$$p(x_4) = 0.1764705882$$

$$p(x_5) = 0.009803921569$$

$$p(x_6) = 0.$$

$$p(x_7) = 0.009803921569$$

$$p(x_8) = 0.02941176471$$

```
> for i from 1 to f do
print('M'('x'[i])=t[i]*p[i]):
M[i]:=t[i]*p[i]:
end do:
```

$$M(x_1) = 0.06219509804$$

$$M(x_2) = 0.2284725491$$

$$M(x_3) = 0.4609333335$$

$$M(x_4) = 0.2927666666$$

$$M(x_5) = 0.02085588235$$

$$M(x_6) = 0.$$

$$M(x_7) = 0.02923039216$$

$$M(x_8) = 0.09682156863$$

```
> M_:=add(t[i]*p[i], i=1..f);
M_:= 1.191275490
```

```
> for i from 1 to f do
```

```

print('sigma'[i]=(t[i]-M_)^2*p[i]);
end do:


$$\sigma_1 = 0.06303817695$$


$$\sigma_2 = 0.02850538180$$


$$\sigma_3 = 0.00007755939116$$


$$\sigma_4 = 0.03860763726$$


$$\sigma_5 = 0.008589626307$$


$$\sigma_6 = 0.$$


$$\sigma_7 = 0.03142062545$$


$$\sigma_8 = 0.1297871580$$


> sigma:=sqrt(add((t[i]-M_)^2*p[i], i=1..f));

$$\sigma := 0.5477464424$$


```