

**UNIVERSITETI I PRISHTINËS “HASAN PRISHTINA”**  
**FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE**  
**PROGRAMI STUDIMOR: PRODHIMTARI DHE AUTOMATIZIM**



**PUNIM DIPLOME MASTER**

**Profesori:**

**Prof. Asoc. Dr. Nexhat Qehaja**

**Kandidati:**

**Bsc. Mentor Begaj**

**Prishtinë, 2017**

**UNIVERSITETI I PRISHTINËS “HASAN PRISHTINA”**

**FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE**

**Programi studimor: Prodhimtari dhe Automatizim**



**PUNIM DIPLOME MASTER**

Titulli i temës:

**“EFEKTI I PARAMETRAVE TË PERPUNIMIT DHE MATERIALIT TË INSTRUMENTIT NË KONSUMIN E INSTRUMENTIT DHE ASHPËRSINË E SIPËRFAQES NË OPERACIONIN E TORNIMIT “**

*Titulli i temës në anglisht:*

***“EFFECT OF MACHINING PARAMETERS AND TOOL MATERIAL ON TOOL WEAR AND SURFACE ROUGHNESS IN TURNING PROCESS”***

**Profesori:**

**Prof. Asoc. Dr. Nexhat Qehaja**

**Kandidati:**

**Bsc. Mentor Begaj**

**Prishtinë, 2017**

**DEKLARATË**

*Deklaroj që këtë punim diplome e kam punuar në mënyrë të pavarur në bazë të njohurive të fituara gjatë studimeve dhe literaturës së shënuar.*

*Me këtë rast i falënderohem mentorit Prof. Asoc. Dr. Nexhat Qehaja për mbështetjen e tij të vazhdueshme, shkencore, profesionale dhe këshillat e dobishme gjatë punimit të temës.*

*Falënderoj gjithashtu familjen time për mbështetjen morale dhe financiare që më mundësuan të vijë deri këtu ku jam sot*

*Gjithashtu, falënderoj menaxhmentin e FXP në Palaj për mundësinë e realizimit të pjesës eksperimentale të punimit.*

*Prishtinë, qershor2017*  
*Mentor Begaj*

---

***SQARIM***

*Ky punim diplome është punuar nga dy kandidat; Mentor Begaj dhe Dashnor Berisha.*

*Kandidati i parë e ka punuar pjesën eksperimentale të qëndrueshmërisë së instrumentit prerës (T), rezultatet e fituara të të cilit janë aplikuar në pjesën eksperimentale të parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar Ra, Rz, Rq, Rt të kandidatit të dytë.*

## **PËRMBLEDHJE**

*Ndër nga faktorët më të rëndësishëm të përpunimit të metaleve me prerje janë qëndrueshmëria e instrumentit prerës dhe ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar.*

*Ky punim diplome është ndarë në dy pjesë. Në pjesën e parë, eksperimenti i qëndrueshmërisë së instrumentit është realizuar duke përdorur tre faktorët kryesor ndikues; shpejtësinë e prerjes, hapin dhe thellësinë e prerjes.*

*Pjesa e dytë e këtij punimi paraqet hulumtimin eksperimental të faktorëve ndikues të procesit të prerjes (shpejtësia e prerjes, hapi) dhe qëndrueshmëria e instrumentit prerës në parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes. Gjatë kësaj janë përdorur planet eksperimentale për modelet matematikore të shkallës së parë.*

*Në këtë hulumtim është përcaktuar dhe zhvilluar modeli matematik parashikues i qëndrueshmërisë së instrumentit dhe parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes bazuar në metodën RSM, duke përdorur qasjen e linearizimit logaritmik për të përcaktuar efektin e parametrave të prerjes gjatë tornimit të thatë të çelikut EN8, duke përdorur pllakat e metalit të fortë me bazë WC-Co të veshura me shtresë TiN.*

**Fjalët kyçe:** Përpunueshmëria, Qëndrueshmëria, Ashpërsia, Plani eksperimental, Modeli matematikor, Regresioni

**ABSTRACT**

*Among the most important factors in metal cutting processing are tool life and surface roughness.*

*This paper is divided in two parts. In first, the tool life experiment was performed using three influencing factors; the cutting speed, feed rate and depth of cut.*

*Second part of this paper shows experimental research of influential cutting process factors (cutting speed, feed rate) and tool life on surface roughness parameters. Experimental plans for mathematical models of first degree were used.*

*In this research has been defined and developed a predictive mathematical model of tool life and surface roughness parameters based on the RSM method, by using the approach of logarithmic linearization to determine the effect of cutting parameters during dry turning of steel EN8, by using hard metal plate WC-Co coated with TiN layer.*

**Key words:** *Machinability; Experiment plan, Mathematical model; Regression*

## PËRMBAJTJA

<b>DEKLARATË.....</b>	<b>3</b>
<b>SQARIM.....</b>	<b>4</b>
<b>PËRMBLEDHJE.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>6</b>
<b>PËRMBAJTJA.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA E FIGURAVE.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA E TABELAVE.....</b>	<b>13</b>
<b>LISTA E SIMBOLEVE TË PËRDORURA.....</b>	<b>15</b>
<b>LISTA E SHKURTESAVE TË PËRDORURA.....</b>	<b>18</b>
<b>1.0 HYRJE.....</b>	<b>20</b>
<b>2.0 BAZAT E PERPUNIMIT ME PRERJE.....</b>	<b>22</b>
2.1 përkufizimet themelore.....	22
2.2 Tornimi.....	23
2.3. Instrumentet e tornimit .....	25
2.3.1 Gjeometria e thikave tornuese.....	25
2.3.2 Materialet e instrumenteve prerëse.....	26
2.3.3 Metalet e forta.....	31
2.3.3.1.1 Përbërja.....	31
2.3.3.1.2 Përzgjedhja.....	32
2.3.3.1.3 Shtresat veshëse.....	33

<b>3.0 KONSUMI DHE QËNDRUESHMËRIA E INSTRUMENTEVE .....</b>	<b>35</b>
3.1 Shqyrtimet hyrëse.....	35
3.2 Mekanizmat e dështimit të instrumentit.....	38
3.3 Mekanizmat e konsumit .....	41
3.4 Dështimi i instrumentit.....	44
3.5 Tipet e konsumit.....	45
3.5.1 Konsumi i faqes së prapme.....	46
3.5.2 Krateri konsumit.....	46
3.5.3 Konsumi i faqes ndihmëse.....	46
3.6 Parametrat e konsumit .....	48
3.7 Gjurmët e konsumit në instrumentin prerës.....	50
3.8 Parametrat ndikues në konsumin e instrumentit.....	52
3.9 Metodatat dhe teknikat e matjes së konsumit .....	54
3.9.1 Vështrim mbi metodatat e definimit të procesit të konsumit.....	54
3.10 KRITERET E DËSHTIMIT TË INSTRUMENTIT.....	58
3.10.1 Instrumentet prej çeliku shpejtprerës dhe qeramike.....	59
3.10.2 Instrumentet prej karbideve të sinteruara (WC).....	59
3.11 Kriteret për vlerësimin e konsumit.....	60
3.11.1 Kriteri i Taylorit.....	61
3.11.2 Kriterit të Shlesinger-it.....	61
3.11.3 Kriteri i normimit të parametrave të konsumit.....	62
3.11.4 Kriteri i konsumit optimal.....	62
3.11.5 Kriterit teknologjik.....	62



3.12 Kualiteti i sipërfaqes së pëpunuar .....	63
.....3.12.1 Nocionet themelore.....	63
3.12.2 Parametrat e ashpërsisë.....	64
3.12.3 Shmangia meastare aritmetike e profilit.....	65
<b>4.0 BAZAT E TEORISË SË EKSPERIMENTEVE .....</b>	<b>69</b>
4.1 Zhvillimi i terorisë së eksperimenteve.....	70
4.1.1 Vështrim historik i zhvillimit të eksperimentit.....	70
4.2 Eksperimentet inxhinierike .....	71
4.2.1 Hapat e planifikimt të eksperimentit.....	73
4.3 DEFINIMI PLAN MATRICES SË EKSPERIMENTIT.....	75
4.3.1 Shtrimi i problemit.....	75
4.3.2 Formimi i modelit matematikor.....	76
4.4 Përcaktimi i parametrave të modelit .....	83
4.5 Përcaktimi empirik i varësisë së qëndrueshmërisë $T = f(v_c, f, a)$ .....	92
4.5.1 Llogaritja e koeficientëve të regresionit.....	100
4.5.2 Dekodimi i modelit matematikor.....	102
4.6 Analiza dispersive .....	113
4.6.1 Vlerësimi i signifkancës së parametrave të modelit.....	113
4.6.2 Vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit matematikor.....	126
4.6.3 Llogaritja e adekuatshmërisë së modelt matematikor.....	128
<b>5.0 KUSHTET E REALIZIMIT TË EKSPERIMENTIT.....</b>	<b>133</b>
5.1 Materiali i ekzaminuar .....	133
5.2 Karakteristika e makinës metalprerëse .....	135
5.4 Matja e konsumit të pllakave prerëse.....	136

5.4.1. Mikroskopi matës.....	136
5.4.2 Kriteri i dështimit të instrumentit.....	137
5.5 MATJA E ASHPËRSISË SË SIPËRFAQES.....	138
5.6 Zgjedhja e regjimit të prerjes prerëse.....	139
<b>6.0 REZULTATET EKSPERIMENTALE.....</b>	<b>141</b>
<b>7.0 ANALIZA DHE VLERËSIMI I REZULTATEVE TË FITUARA.....</b>	<b>154</b>
<b>8.0 PËRFUNDIM.....</b>	<b>156</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>157</b>
<b>SHTOJCA : Diagramet 2D.....</b>	<b>159</b>

## LISTA E FIGURAVE

Figura 2.1: Klasifikimi i proceseve të ndryshme të përpunimit.....	22
Figura 2.2: Paraqitja skematike e një kalimi tipik në operacioni e tornimit.....	23
Figura 2.3: Paraqitja me foto e disa kalimeve karakteristike të operacionit të tornimit .....	24
Figura 2.4: Sistemi koordinativ teknologjik i rrafsheve .....	26
Figura 2.5: Paraqitja skematike e këndeve të thikës.....	27
Figura 2.6: Ndikimi i llojit të materialit në shpejtësinë e prerkes dhe kohën kryesore.....	28
Figura 2.7: Ndikimi i temp. në karakter. mekanike të materialeve të instrumenteve.....	31
Figura 2.8: Vetitë e materialeve të instrumenteve prerëse .....	31
Figura 2.9: Shtresat veshëse bashkëkohore .....	33
Figura 2.10: Pllaka prerëse e metalit të fortë .....	34
Figura 2.11: Lloje të ndryshme të pllakave prerëse.....	34
Figura 3.1: Zona kontaktuese e thikës prerëse te operacioni i tornimit .....	35
Figura 3.2: Paraqitja skematike e zinxhirit shkak-pasojë të konsumit të instrumentit .....	36
Figura 3.3: Zonat e konsumit të instrumenteve prerëse .....	37
Figura 3.4: Deformimet plastike në zonën e prerjes.....	38
Figura 3.5: Gjatësia prerëse e tehut kryesor të instrumentit.....	38
Figura 3.6: Skema të konsumit abraziv.....	42
Figura 3.7: Skema të konsumit adheziv.....	43
Figura 3.8: Skema e kosumit difuziv-kraterit .....	43

Figura 3.9: Disa lloje të dështimeve dhe konsumit të instrumentit prerës .....	44
Figura 3.10: Tipet e konsumit të vëzhguara në instrumentin prerës .....	45
Figura 3.11: Efekti i konsumit të majës së instrumentit në precizitetin dimensional .....	47
Figura 3.12: Zonat dhe parametrat e konsumitsipas standardit ANSI/ASME.....	48
Figura 3.13: Konsumi i pjesëve punuese të instrumentit .....	50
Figura 3.14: Lakorja tipike e konsumit sipas faqes së prapme në funksion të kohës .....	51
Figura 3.15: Metodatat e matjes së konsumit të shiritit të konsumit $B_L$ .....	55
Figura 3.16: Humbja e vëllimit të pjesës prerëse e kushtëzuar me ekzistimin e shiritit .....	56
Figura 3.17: Mënyra e matjes së konsumit të instrumentit.....	60
Figura 3.18: Ndarja e valëzimeve dhe ashpërsisë me ndihmën e filtrit të valëve.....	64
Figura 3.19: Linja mesatare e profilit .....	65
Figura 3.20: Shmangia mesatare aritmetike e profilit $R_a$ .....	66
Figura 3.21: Lartësia maksimale e profilit $R_{max}$ .....	66
Figura 3.22: Ndikimi i parametrave të përpunimit dhe rrezës së instrumentit në $R_a$ .....	67
Figura 3.23: Thellësia mesatare e ashpërsisë $R_z$ .....	68
Figura 4.1: Modeli i përgjithshëm i eksperimentit.....	72
Figura 4.2: Varësia e qëndrueshmërisë së instrumenti nga shpejtësia e prerjes .....	77
Figura 4.3: Paraqitja grafike e planit të eksperimenteve .....	79
Figura 5.1: Spektrometri METOREX ARC-MET930 .....	127
Figura 5.2: Aparati për matjen e fortësisë.....	133
Figura 5.3: Makina tornuese universale PA631P .....	134
Figura 5.4: Mbajtësi i pllakave prerëse dhe karakteristikat gjeometrike .....	136
Figura 5.5: Mikroskopi Carl Zeiss .....	137
Figura 5.6: Mënyra e matjes së konsumit të instrumentit.....	138
Figura 5.7: Aparati për matjen e ashpërsisë HADRON, SRT-6210.....	139

**LISTA E TABELAVE**

Tabela 4.1: Plani matricor i rendit të parë me tre faktorë.....	81
Tabela 4.2: Koeficientët e regresionit .....	82
Tabela 4.3.1: Niveli i vlerave të regjimit të përpunimit për qëndrueshmërinë.....	86
Tabela 4.3.2: Regjimet e përpunimit për ashpërsinë e sipërfaqes.....	87
Tabela 4.2.a: Regjimet e përpunimit për qëndrueshmërinë e instrumentit .....	92
Tabela 4.2.b: Regjimet e përpunimit për ashpërsinë e sipërfaqes.....	92
Tabela 4.3.a: Plani matricor i koduar për qëndrueshmërinë e instrumentit.....	93
Tabela 4.3.b: Plani matricor i koduar për ashpërsinë e sipërfaqes.....	93
Tabela 4.4.a: Vlerat e logaritmuara të qëndrueshmërisë së instrumentit.....	94
Tabela 4.4.b: Vlerat e matura eksperimentale për parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes .....	95
Tabela 4.5.a: Vlerat e logaritmuara të qëndrueshmërisë së instrumentit .....	96
Tabela 4.5.b: Vlerat e logaritmuara të parametrat të ashpërsisë Ra.....	96
Tabela 4.5.c: Vlerat e logaritmuara të parametrat të ashpërsisë Rz.....	97
Tabela 4.5.d: Vlerat e logaritmuara të parametrat të ashpërsisë Rq .....	98
Tabela 4.5.e: Vlerat e logaritmuara të parametrat të ashpërsisë Rt. ....	99
Tabela 4.7: Shprehjet për llogaritjen e analizës disperzive.....	114
Tabela.4.6.a: Llogaritjet e analizën dispersive për qëndrueshmërinë T.....	115
Tabela 4.6.b Llogaritjet për analizën dispersive të parametrat të aspërsisë Ra.....	116
Tabela 4.6.c: Llogaritjet për analizën dispersive të parametrat të aspërsisë Rz.....	117
Tabela. 4.6.d: Llogaritjet për analizën dispersive të parametrat të aspërsisë Rq.....	118

Tabela 4.6.e: Llogaritjet për analizën dispersive të parametrin të ashpërsisë $R_t$ .....	119
Tabela 5.1: Karakteristikat kimike dhe mekanike të materialit të përpunuar.....	134
Tabela 5.2: Dimensionet e pllakave prerëse .....	135
Tabela 5.3: Regjimet e përpunimit për qëndrueshmërinë e instrumentit.....	140
Tabela 5.4: Regjimet e përpunimit për parametrin të ashpërsisë së sipërfaqes.....	140
Tabela 6.1: Vlerat e matura eksperimentale për qëndrueshmërinë e instrumentit.....	141
Tabela 6.2: Vlerat e matura eksperimentale për ashpërsinë e sipërfaqes.....	142
Tabela 6.3: Vlerat e logaritmuara të qëndrueshmërisë $T$ .....	142
Tabela 6.4: Vlerat e logaritmuara të parametrin $R_a$ .....	143
Tabela 6.5: Vlerat e logaritmuara të parametrin $R_z$ .....	144
Tabela 6.6: Vlerat e logaritmuara të parametrin $R_q$ .....	145
Tabela 6.7: Vlerat e logaritmuara të parametrin $R_t$ .....	146
Tabela 6.8.a: Shprehjet e analizës dispersive për qëndrueshmërinë $T$ .....	147
Tabela 6.8.b: Vlerat e logaritmuara të parametrin $R_a$ .....	148
Tabela 6.8.c: Vlerat e logaritmuara të parametrin $R_z$ .....	149
Tabela 6.8.d: Vlerat e logaritmuara të parametrin $R_q$ .....	150
Tabela 6.8.e: Vlerat e logaritmuara të parametrin $R_t$ .....	151

## LISTA E SIMBOLEVE TË PËRDORURA

Simboli	Njësia	Sqarimi i simbolit të përdorur
$A\gamma$	-	Sipërfaqja e përparme
$A\alpha$	-	Sipërfaqja e prapme
$A'\alpha$	-	Sipërfaqja e prapme ndihmëse
$S$	-	Tehu kryesor prerës
$S'$	-	Tehu ndihmës prerës
$Pr$	-	Rrafshi themelor
$Ps$	-	Rrafshi i prerjes
$Po$	-	Rrafshi ortogonal
$\gamma$	[°]	Këndi i përparmë
$\beta$	[°]	Këndi pykës prerëse
$\kappa$	[°]	Këndi i vendosjes së tehut kryesor prerës
$\lambda_s$	[°]	Këndi i pjerrtësisë së tehut kryesor
$\alpha$	[°]	Këndi i papmë
$\varepsilon$	[°]	Këndi i majes
$\vartheta$	[K]	Temperatura
$Cr$	-	Kromi
$W$	-	Volframi
$Co$	-	Kobalti
$V$	-	Vanadiumi
$Mo$	-	Molibdeni
$Ti$	-	Titani
$N$	-	Azoti
$Al$	-	Alumin
$C$	-	

$r_\epsilon$	[mm]	Karboni
$a$	[mm]	Rrezja e majes së instrumentit Thellësia e prerjes përgjatë tehut prerës
$a_{min}$	[mm]	Thellësia minimale e prerjes përgjatë tehut prerës
$a_{mes}$	[mm]	Thellësia mesatare e prerjes përgjatë tehut prerës
$a_{max}$	[mm]	Thellësia maksimale e prerjes përgjatë tehut prerës
$\alpha_p$		Thellësia e prerjes ortogonale
$f$		Hapi
$f_{min}$	[mm/rr]	Hapi minimal
$f_{mes}$	[mm/rr]	Hapi mesatar
$f_{max}$	[mm/rr]	Hapi maksimal
$v_c$	[m/min]	Shpejtësia e prerjes
$v_t$	[m/min]	Shpejtësia e majës shkruese së aparatit të ashpërsisë Hadron
$v_{cmin}$	[m/min]	Shpejtësia minimale e prerjes
$v_{cm}$	[m/min]	Shpejtësia mestare e prerjes
$v_{cmax}$	[m/min]	Shpejtësia maksimale e prerjes
$t_k$	[min]	Koha kryesore e prerjes
$T$	[min]	Qëndrueshmëria (jetëgjatësia) e instrumentit
$\tau$	[min]	Koha e prerjes
$m$	-	Konstantë e materialit
$C, C_T$	-	Konstantë e Taylor-it
$P$	-	Profili i ashpërsisë
$W$	-	Valëzimi
$R$	-	Ashpërsia
$l_r$	[mm]	Gjatësia referente
$\rho$	[kg/dm <sup>3</sup> ]	Dendësia
$E$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Moduli i elasticitetit
$G$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Moduli i rrëshqitjes
$R_m$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Qëndrueshmëria në tërheqje
$R_{0.2}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Qëndrueshmëria në kufirin teknik të rrjedhshmërisë
$R_a$	[µm]	Shmangia mesatare aritmetike e profilit



<i>Rz</i>	[ $\mu\text{m}$ ]	Lartësia mesatare e jorrafshirave
<i>Rt</i>	[ $\mu\text{m}$ ]	Lartësia maksimale e jorrafshirave
<i>Rmax</i>	[ $\mu\text{m}$ ]	Lartësia maksimale e profilit
<i>Rp</i>	[ $\mu\text{m}$ ]	Lartësia maksimale e të ngriturës së profilit
<i>Rm</i>	[ $\mu\text{m}$ ]	Thellësia maksimale e lugut të profilit
		Forcat e prerjes
<i>Fi</i>	[N]	
<i>Rq</i>	[ $\mu\text{m}$ ]	mesatarja katrore mesatare katrore e profilit të ashpërsisë
<i>Rp</i>	[ $\mu\text{m}$ ]	Lartësia maksimale e ngritur e profilit
<i>Rv</i>	[ $\mu\text{m}$ ]	Thellësia maksimale e profilit
<i>L</i>	[mm]	gjatësia e materialit,
<i>q</i>	[ $\text{cm}^3/\text{min}$ ]	Prodhueshmeria specifike
<i>HRC</i>	[N/mm <sup>2</sup> ]	Fortësia sipas Rokvellit

## LISTA E SHKURTESAVE TË PËRDORURA

Shkurtesa	Sqarimi për shkurtesën e përdorur
<i>TiN</i>	Titan Nitride
<i>TiC</i>	Titan Carbide
<i>WC</i>	Wolfram Carbide
<i>TiNC</i>	Titan Nitride Carbide
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	Qeramika
<i>Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub></i>	Qeramika nitride
<i>PVD</i>	Physical Vapor Deposition
<i>CVD</i>	Chemical Vapor Deposition
<i>CBN</i>	Cubic Boron Nitride
<i>PCD</i>	Poly Crystallin Diamond
<i>MF</i>	Metali i fortë
<i>HRC</i>	Fortësia sipas Rockwell-it
<i>BUE</i>	Built Up Edge
<i>HSS</i>	High Speed Steel
<b>ISO</b>	<b>International Organization for Standardization</b>
<i>EN</i>	Standardi european
<i>AISI</i>	American Iron and Steel Institute
<i>LCD</i>	Liquid Crystal Display
<i>MRR</i>	Material Removal Rate
<i>θ</i>	Temperatura e prerjes
<i>VB</i>	Konsumi sipas faqes së prapme
<i>VB<sub>N</sub></i>	Konsumi në zonën N
<i>VB<sub>B</sub></i>	Konsumi në zonën B

$VB_C$	Konsumi në zonën C
$VB_{max}$	Konsumi max. sipas faqes së prapme
$VB_k$	Konsumi kritik sipas faqes së prapme
$KM$	Distanca nga qendra e kraterit deri te maja teorike e instrumentit,
$F_c$	Forca kryesore e prerjes,
$F_f$	Forca e hapit prerës që vepron në drejtim të lëvizjes së hapit
$F_p$	Forca e depërtimit
$V_{60}$	Shpejtësia e prerjes për materialin e ekzaminuar
$N$	Numri i rrotullimeve
$Al_2O_3$	Qeramika
$CBN$	Nitridi kubik i borit,
$PCD$	Diamanti polikristalor
$\hat{Y}$	Vlera e madhësive të llogaritura
$KT$	Thellësia e kraterit
$V_a$	Vëllimi që zënë ashklat e prera,
$V_m$	Vëllimi i materialit të detalit i cili është shndëruar në një ashkël,
$C_T$	Konstante e Taylor – it,

## 1.0 HYRJE

Prodhimtaria moderne kërkon përmirësim të vazhdueshëm të produkteve ekzistuese, proceseve dhe sistemeve të prodhimit, teknologjisë dhe cilësisë së së punës. Rritja e kompleksitetit të produktit dhe proceseve të prodhimit, duke rritur pjesëmarrjen e prodhimitarëve individuale dhe serike, vjetrimi i shpejtë i produkteve aktuale dhe të reja, kërkesat e të larta për cilësi dhe konkurrenca e shtuar janë një sfidë për planifikimin dhe realizimin e sistemit të prodhimit.

Përpunimi i metaleve me prerje është një nga proceset më të rëndësishme të prodhimit, sepse gjysme fabrikat e fituara nga derdhja, farkëtimi ose metodat e tjera të përpunimit kërkojnë përpunim me prerje të mëvonshme për të fituar produktin përfundimtar. Brenda kësaj teze, është hulumtuar edhe konsumi i instrumentit prerës në kushtet e prodhimit gjatë operacionit të tornimit.. Në kuptim të ngushtë, planifikimi i hulumtimit është përqendruar në procesin e përpunimit dhe zhvillimit të një modeli matematikor të besueshëm për të analizuar konsumin e instrumentit sipas faqes së prapme të instrumentit dhe parashikimin e kualitetit të sioërfaqes së përfutuar gjatë përpunimit [12].

Gjatë procesit të prerjes vie deri te konsumi i instrumentit, i cili ndikon në qëndrueshmërinë (jetëgjatësinë) e tij dhe në cilësinë e sipërfaqes së përpunuar. Burime të besueshme të literaturës tregojnë se mbi 50% e instrumenteve nuk shfrytëzohet nga aspekti i jetëgjatësisë, prandaj është e rëndësishme që në mënyrë të besueshme të parashikohet jetëgjatësia në kushte të prodhimit dhe të shfrytëzohet instrumenti në masën më të madhe të mundshme..

Ekzistojnë disa kritere me të cilat mund të përcaktohet qëndrueshmëria e instrumentit prerës: arritja e gjerësisë së shiritit të konsumit të lejuar sipas faqes së prapme, rritja e komponenteve të forcave të prerjes, numri i copave të punuara etj. Me përzgjedhjen e duhur (drejtë) të regjimeve të prerjes për kushtet e dhëna teknike ( saktësinë e përpmasave, formës dhe cilësisë së

sipërfaqes) si dhe një parashikim të mirë të forcave- rezistencave të prerjes mund të arrihet një shfrytëzimin maksimal i instrumenteve prerëse në kushtet e prodhimit, duke ulur kostot e prodhimit dhe përmbushur të gjitha kërkesat funksionale të produktit të fituar[13].

Instruemnti prerës është një nga elementet kritike në procesin e përpunimit. Është me rëndësi të madheqë të jetë e mundur të parashikohet dhe të përcaktohet jetëgjatësia e tij, dhe si rezultati kësaj të përcaktohen të dhëna optimale të prerjes në lidhje me koston e prodhimit gjatë prodhimit industrial. Kur vlerësojmë të dhënat optimale të prerjes për shembull në drejtim të minimizimit të koston së pjesës, nevojiten modele analitike për të përshkruar jetëgjatësinë (qëndrueshmërinë) e instrumentit prerës në lidhje me të dhënat e prerjes. Të dhënat e prerjes zakonisht përfshin shpejtësinë e prerjes  $v_c$ , hapin  $f$  dhe thellësinë e prerjes  $a$  [14].

Kur konsumi i instrumentit prerës (vegla) arrin një vlerë të caktuar, rritja e forcës prerëse, dridhjet dhe temperatura e prerjes shkaktojnë përkeqësimin e integritetit të sipërfaqes së përpunuar dhe gabimet e dimensioneve janë më të mëdha se tolerancat. Jetëgjatësisë së instrumentit prerës i vë fundi. Pastaj mjete prerës duhet të zëvendësohetme një të ri ose procesi i prerjes ndërpritet. Kostoja dhe koha për zëvendësimin e instrumentit dhe rregullimin në makinë rrisin koston dhe ulin produktivitetin. Prandaj konsumi gjatë procesit të prerjes së metaleve lidhet me ekonominë e përpunimit dhe parashikimi i konsumit është me rëndësi të madhe për optimizimin e procesit të prerjes [15,16].

Në këtë punim master janë zhvilluar modelet matematikore për konsumin e instrumentit prerës sipas faqes së prapme të tij dhe në bazë të rezultatetve të fituara të konsumit është zhvilluar modeli parashikues matematikor për ashpërsinë e sipërfaqes së fituar gjatë punimit me këtë instrument prerës.

## 2.0 BAZAT E PERPUNIMIT ME PRERJE

### 2.1. Përkufizimet themelore

Përpunimi me heqje ashkle (prerje) është proces i prodhimit me të cilin mund të prodhohen pjesë të dimensioneve dhe sipërfaqeve të dëshiruara me largim gradual të materialit të tepërt, në formën e ashklës me ndihmën e një vegje prerëse të mprehtë [10].

Pothuajse 90% e të gjithë komponentëve të inxhinierisë i nënshtrohen një lloji të përpunimit gjatë prodhimit. Është shumë e rëndësishme që pjesët punuese të dizajnohen në mënyrë të tillë që do të çojnë në rritjen e efikasitetit të procesit të përpunimit, rritjen e jetëgjatësisë së instrumentit prerës dhe uljen e kostos së përgjithshme të përpunimit. Për të arritur këto objektiva, është e nevojshme një njohuri e shkurtër e proceseve të ndryshme të përpunimit. Figura 2.1 e paraqet një klasifikim të proceseve të ndryshme të përpunimit që përdoren gjerësisht në industrinë e prodhimit dhe fabrikimit.

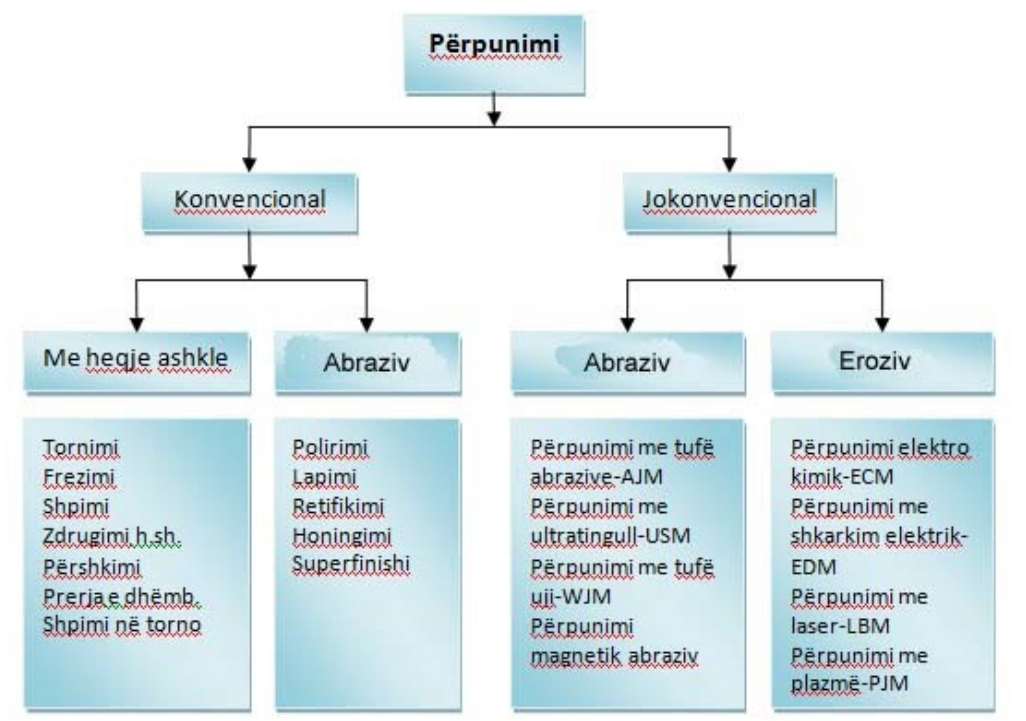


Fig.2.1. Klasifikimi i proceseve të ndryshme të përpunimit [9]

## 2.2 Tornimi

Tornimi është procesi më i rëndësishëm i operacioneve përpunuese, i cili mund të prodhojë një shumëllojshmëri të gjerë të pjesëve punuese. Kryesisht, tornimi përdoret për të prodhuar pjesë në formë cilindrike nëpërmjet një instrumenti me një the prerës (thikës) në makinat tornuese. Instrumenti prerës zhvendoset në mënyrë lineare në drejtimin paralel ose pingul me aksin e rrotullimit të detalit, ose përgjatë një rruge të projektuar për të prodhuar forma komplekse.

Lëvizja kryesore (primare) e prerjes te tornimi është rrotulluese të cilën e bënë copa punuese, dhe lëvizja ndihmëse (sekondare) e hapit punues është drejtëvizore, të cilën e bënë instrumenti metalprerës (thika). dhe lëvizje ushqim. Figura 2.1 paraqet një operacion tipik tornues në makinën tornuese. Llojet e ndryshme të makinave tornuese janë në dispozicion sot për qëllime të përgjithshme, si dhe makina speciale tornuese të orientuar për qëllime të veçanta. Në përgjithësi, tornimi i referohet një klase të proceseve që kryhen në makinën tornuese. Një përmbledhje e disa kalimeve te procesi i tornimit është prezantuar në figurën 2.3.

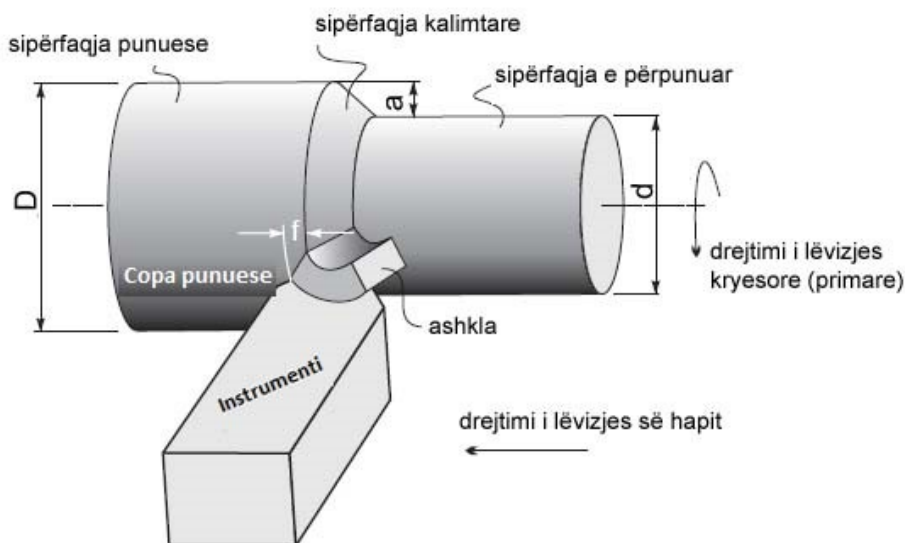


Fig.2.2 Paraqitja skematike e një kalimi tipik në operacioni e tornimit [9]

Tornimi gjatësor përdoret për të reduktuar diametrin e pjesës në një dimension të dëshiruar (figura 2.3a). Sipërfaqja e përpunuar do të jetë cilindrike. Tornimi i formave konturale i paraqitur në (figura 2.3 b) realizohet duke përdorur një lëvizje komplekse të hapit punues me instrumentin prerës një tehesh (thikën prerëse).

Tornimi ballor (figura 2.3 c) përdoret për të realizuar sipërfaqe të rrafshta (sheshta) pingul

Hapja (prerja) e filetës (figura 2.3 d) është e mundur në torno duke e zhvendosur instrumentin prerës me hap punues të barabartë me hapin e filetës, me c'rast instrumenti prerës e përshkruan një trajektore spirale që në fakt paraqet një dredh filetës. Forma e instrumentit prerës duhet të keta profilin e njejt me filetën që duhet gdhendur.

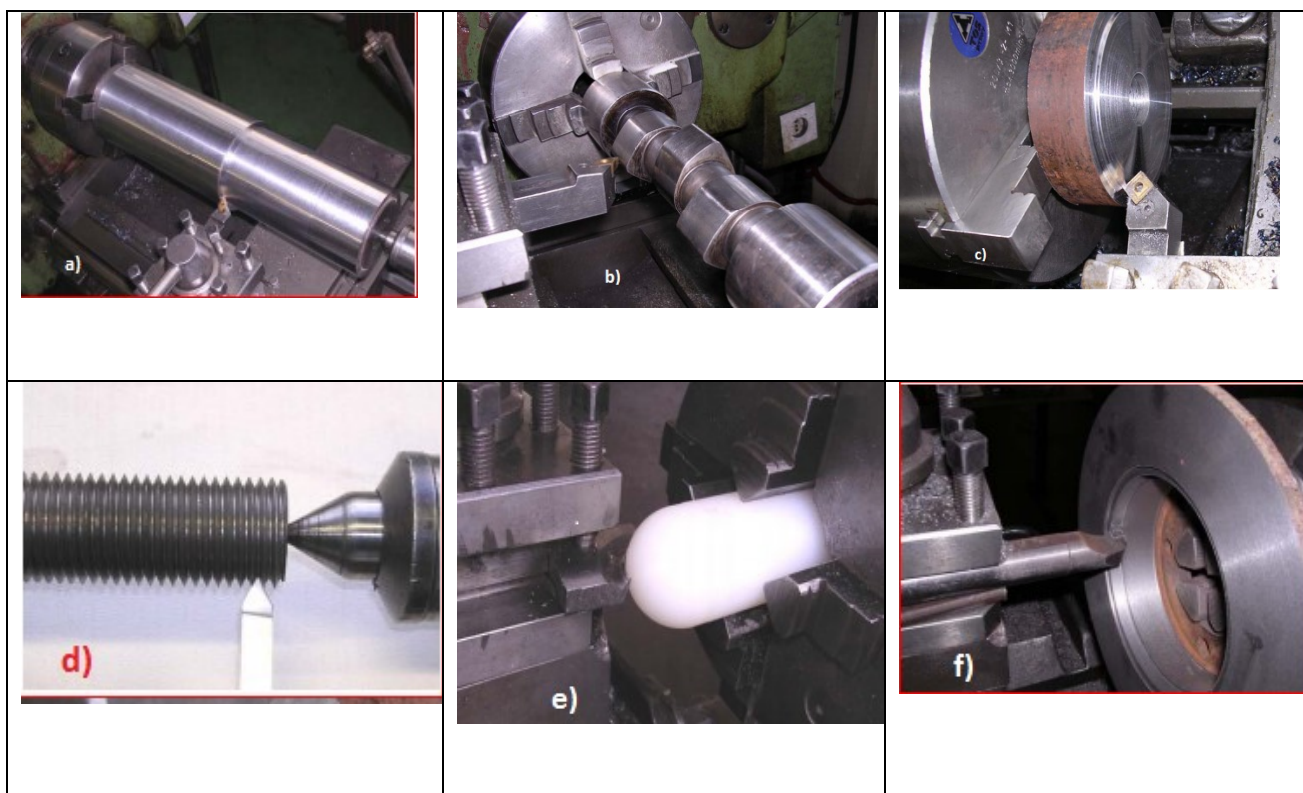


Fig. 2.3 Paraqitja me foto e disa kalimeve karakteristike të operacionit të tornimit [8]



Fileta mund të jetë e jashtme dhe e brendshme. Tek tornimi profilor (figura 2.3 e), forma e instrumentit prerës duhet të jetë e njëjtë me formën e detalit që duhet realizuar.

Tek tornimi profilor, instrumentet prerëse mund të jenë shumë komplekse dhe të shtrenjta, por hapi punues do të mbetet linear dhe nuk do të kërkojë pajisje apo makina të posaçme.

Zgjerimi në torno (përpunimi i brendshëm) (figura 2.3f) është i ngjashme me tornimin gjatësor të jashtëm, por ndryshon në faktin se ajo mund të prodhojë sipërfaqe të brendshme rrotulluese, e cila është konsideruar shpesh të jetë e vështirë për tu realizuar për shkak të kushteve të vështirësuar të instrumentit prerës.

### 2.3. Instrumentet e tornimit

Instrumenti për tornim është thika. Thika ka gjeometri të definuar të pjesës prerëse, me një the kryesor prerës. Ekzistojnë lloje të ndryshme të teheve prerëse, të gjeometrive dhe materialeve të ndryshme varësisht nga lloji I tornimit, materiali i copës punuese dhe parametrave të përpunimit.

#### 2.3.1. Gjeometria e thikave tornuese

Elementi themelor i të gjitha instrumenteve me the prerës është pyka prerëse.

Instrumenti prerës (thika) përbëhet prej prej dy pjesëve themelore:

- a) Pjesës prerëse, që siguron procesin e prerjes dhe
- b) Pjesës mbajtëse ose dorëzës, e cila shërben për përforcim të instrumentit në makinë dhe bartjen e forcave të prerjes.

Instrumenti prerës definohet nga tri sipërfaqe:

- a)  $A\gamma$  – sipërfaqja e përparme; sipërfaqja e cila është në kontakt me me ashklën e larguar (sipërfaqja nëpër të cilën rrëshqet ashkla).
- b)  $A\alpha$  – sipërfaqja e prapme (sipërfaqja e lirë); sipërfaqja e cila është në kontakt me copën punuese
- c)  $A'\alpha$  – sipërfaqja e prapme ndihmëse.

Tehu kryesor prerës –S, paraqet prerjen sipërfaqeve  $A\gamma$  i  $A\alpha$ .

Tehu ndimës - S', paraqet prerjen e sipërfaqeve  $A\gamma$  i  $A'\alpha$ .

Sistemi teknologjik i rrafshëve tek thika tornuese përbëhet prej tri rrafshëve:

a)  $P_r$  – rrafshi themelor: normal në drejtimin e lëvizjes kryesore në pikën e vëzhguar të tehut prerës dhe njëkohsisht

normal ose paralel me ndonjë sipërfaqe ose aks të instrumentit, e cila është e rëndësishme për përpunimin, mprehjen ose kontrollimin e instrumentit.

b)  $P_s$  – rrafshi prerjes: është normal në  $P_r$  dhe paralel me tangjentën e pikës së vështruar në tehun prerës.

c)  $P_o$  – rrafshi ortogonal: normal në  $P_r$  dhe  $P_s$  (fig. 2.4).

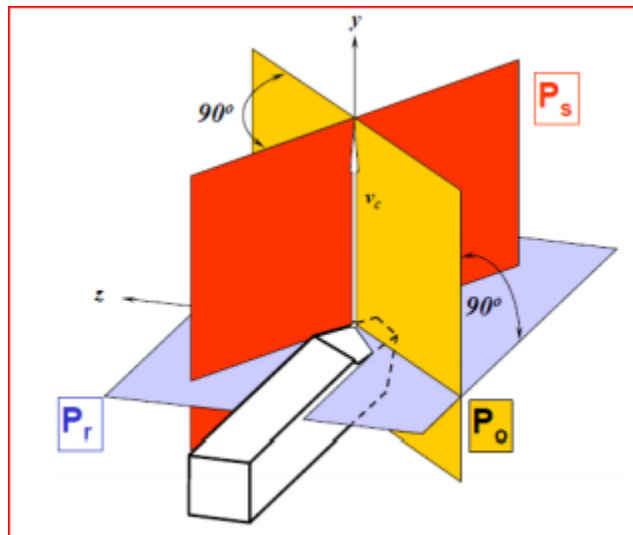


Fig. 2.4. Sistemi koordinativ teknologjik i rrafshëve [7]

Këndet e thikës janë të domodoshme për përcaktimin e pozitës së tehut prerës, të sipërfaqes së përparme dhe të prapme të pjesës prerëse të instrumentit. Këndet përcaktohen nëpërmjet të sistemit referent të rrafshëve.

Këndet teknologjike ( gjeometrike) të thikës:

a) Për orientim të sipërfaqes së përparme dhe të prapme: përcaktohen nëpërmjet të sistemit referent teknologjik të rrafshëve

$\gamma$ - këndi i përparmë ( këndi i sipërfaqes së përparme)- matet ndërmjet sipërfaqes së përparme  $A_\gamma$  dhe rrafshit  $P_r$ ,

$\beta$ -këndi pykës prerëse- matet ndërmjet sipërfaqes së përparme dhe të prapme

$\alpha$  – këndi I prapmë (këndi I sipërfaqes së prapme) – matet ndërmjet sipërfaqes së prapme  $A\alpha$  dhe rrafshit të prerjes  $P_s$ .

b) Këndet për orientim të të tehut prerës janë:

kutevi za orijentaciju rezne oštrice:

$\kappa_r$  – këndi i vendosjes së tehut kryesor prerës- matet ndërmjet rrafshve  $P_s$  dhe  $P_f$  në rrafshin  $P_r$ .

$\lambda_s$  – këndi i pjerrtësisë së tehut kryesor- matet ndërmjet tehut prerës dhe rrafshit  $P_{rn}$  e rrafhsin  $P_s$ .

Është e rëndësishme të dihet që tornimi është proces kontinual i heqjes së ashklës ashtu që gjeometria e e instrumentit është vendimtare në formimin e ashklës së ndërprer ose duhet të vendoset thyerësi i ashklës. Përfitimi i ashklës së ndërprer është më shumë rëndësi në procesin e automatizimit të procesit të prerjes.

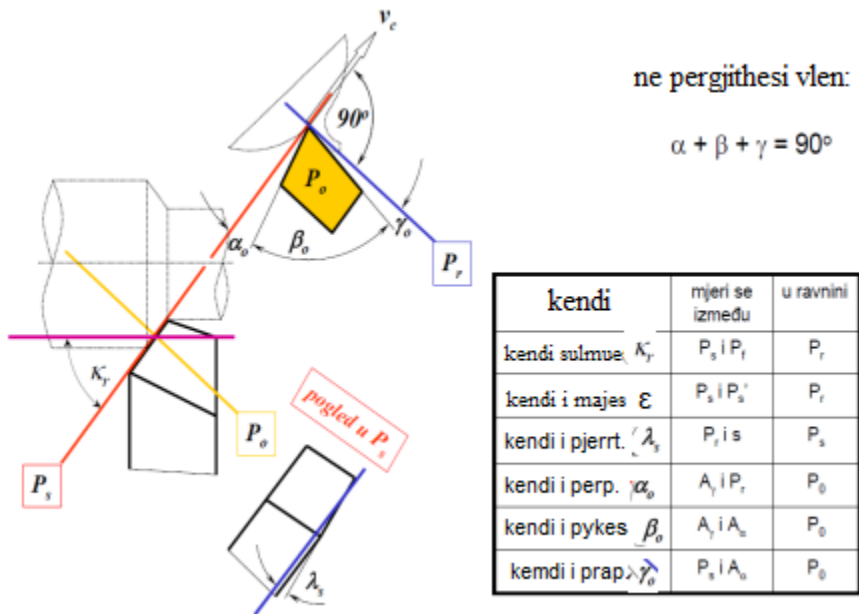


Fig. 2.5. Paraqitja skematike e këndeve të thikës [7]

### 2.3.2 Materialet e instrumenteve prerëse

Në fillim të shekullit XX shpejtësitë e prerjes janë sjellur në kufijt 10-20 m/min (fig. 2.6] në mënyrë që në kushtet e tanishme të përpunimit e arrijnë lerën deri 1000 m/min, ose edhe më tepër, në operacionet e përpunimit me tornim gjatësor dhe frezimit ballor.

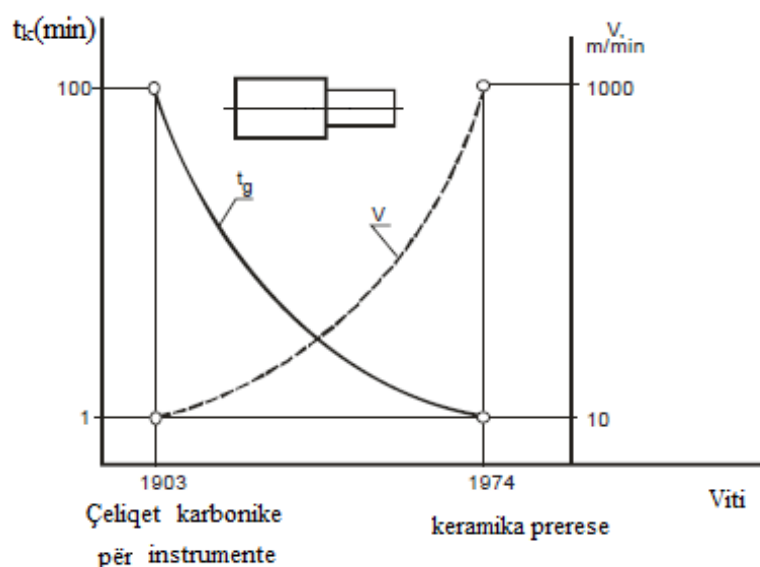


Fig. 2.6 Ndikimi i llojit të materialit të instrumentit në shpejtësinë e prerjes dhe kohën kryesore [6]

Në përputhje me zhvillimin e materialeve të instrumenteve dhe rritjen e shpejtësisë së prerjes, është ndryshuar edhe edhe konstrukcioni i instrumenteve prerëse dhe makinave metalprerëse, me çka janë krijuar kushtet për shfrytëzimin e mundësive të materialeve të instrumenteve bashkëkohore, si nga aspekti i rritjes së shpejtësisë, poashtu edhe nga aspekti i produktivitetit, ekonomikitetit, saktësisë dhe cilësisë së përpunimit.

Të gjitha llojet e materialeve të instrumenteve moderne kanë ardhur si pasojë e një aspirote të vazhdueshme që të siguroni material sa më të forta dhe më të shtalbëta përkatësisht rezistencë ndaj:

- konsumit
- ngarkesave në goditje dhe dridhje

veçanërisht në kushtet e prerjes në temperatura të larta. Rritja e temperaturës së prerjes . Me rritjen e temperaturës së prerjes vie deri te rënia e vetive mekanike të materialeve të instrumenteve (fig.2.7). Zvogëlimi i fortësisë së materilit të instrumentit sjell deri te zvogëlimi rezistencës ndaj konsumit dhe qëndrueshmërisë (jetëgjatësisë së instrumentit).

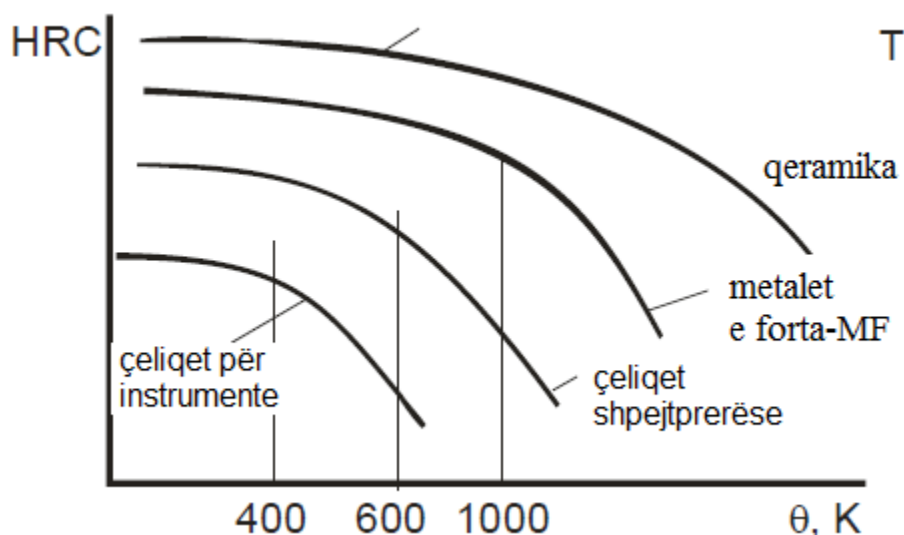


Fig. 2.7 Ndikimi i temperaturës në karakteristikat mekanike të materialeve të instrumenteve [6]

Shumë lloje të materialeve të instrumenteve, duke filluar nga çeliquet për instrumente e deri të qeramika dhe diamantet , janë në përdorim në industrinë e sotme të përpunimit të metaleve [20]:

- Çeliquet për instrumente: 0,6-1,5% C; shpejtësia ~10 m/min; qëndrueshmëria ndaj temperaturës 300°C;
- **Çeliquet shpejtprerëse** : të leguruara me Cr, W, Co, V i Mo; njëpjesëshe;
- **Metalet e forta** : karbitet e metaleve të sinteruara me (W + eventualisht Ti, Ta) dhe lidhjes me (Co); shumëpjesëshe (mbajtësi prej celiku konstruktiv);
- **Metalet e forta të veshura**: shtresat prej TiN, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiCN, ... me proceset e veshjes CVD (Chemical Vapor Deposition) dhe PVD (Physical Vapor Deposition);
- **Metalet e forta me kokrriza të imta**;
- **Metaloqeramika -Cermet**: Metaloqeramika është material kompozit i përbër prej qeramikes (cer) dhe metalit (met), të dizajnuara në mënyrë ideale për të pasur vetitë optimale të të dyjave,

qeramikës, si rezistencën ndaj temeraurave të larta dhe fortësinë si dhe ato të metaleve, si aftësinë për t'iu nënshtruar deformimit plastik ( TiC+TiNC + baza lidhëse Co);

- **Qeramika:** me bazë okside  $Al_2O_3$  dhe nitrite  $Si_3Ni_4$ ; e përforcuar me fibra;
- **CBN** – ( Cubic Boron Nitrite); nitriti kubik i borit;
- **PCD** – (Poly Crystalin Diamond): Diamanti polikristalor

Eshtë e rëndësishme të dihet se ekzistojnë dallime ndërmjet materialeve për instrumentet metalprerëse , cilat janë ato dallime si dhe zbatimi i drejtë për çdo lloj materiali:

Tri vetitë kryesore të materialeve të instrumenteve janë:

- **Fortësia** : përcaktohet si rezistencë ndaj depërtimit të ndonjë mjete të jashtëm. Ajo është e lidhur drejtpërdrejt me qëndrueshmërinë e materialit të instrumentit prerës. Aftësia për të ruajtur fortësinë në temperatura të larta njihet si qëndrueshmëri ndaj nxehtësisë. Figura 2.7 tregon fortësinë e materialeve kryesore si funksion i temperaturës.

- **Shtalbësia:** definohet si aftësi e një material për të ju rezistaur forcave goditëse para thyerjes. Sa më e madhe të jetë shtalbësia e një materiali , aq më mirë ai do t'u reziston ngarkesave goditëse, carjeve dhe thyrjeve, dridhjeve, pengesave, shmangieve si dhe parregullsive të tjera në sistemin e përpunimit. Në figurën 2.8 paraqiten vetitë kryesore të materialeve bashkëkohore të instrumenteve metalprerëse.

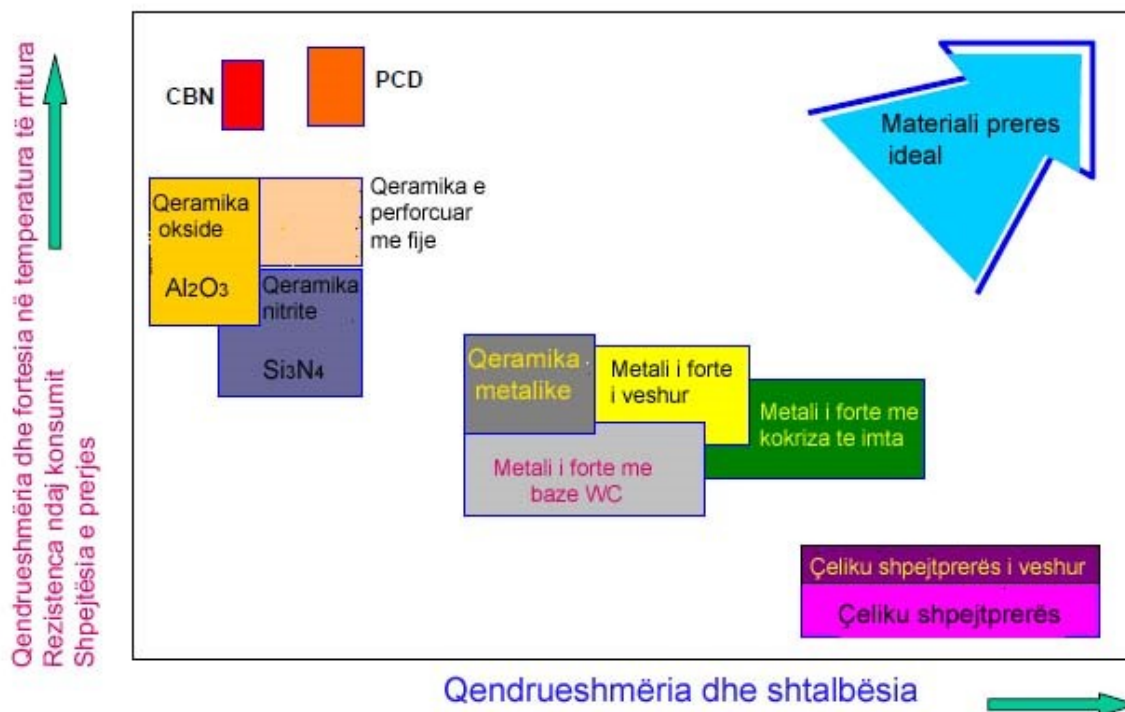


Fig.2.8 Vetitë e materialeve të instrumenteve prerëse [4]

### 2.3.3 Metalet e forta

Metalet e forta (MF) si material i instrumenteve u zbuluan gjatë kërkimit të një materiali për zëvendësimin e dizave të shtrenjta prej diamanti të përdorura për punimin e filamenteve prej wolframi . Të iniciuara nga mungesa e diamanteve industriale në fillim të Luftës së Parë Botërore, nga studiuesit në Gjermani janë kërkuar alternative të reja. Më 10 qershor 1926 përdoret emri Widia (nga termi gjerman Wie Diamant, pra, si diamant) është futur në regjistrin e markave tregtare dhe pas një periudh të mundimshme të punës eksperimentale ka filluar transformimi në prodhim industrial. Produkti i parë (Widia N - WC-6Co) u paraqit në Panairin e Pranverës në Leipzig në vitin 1927.

### 2.3.1.1 Përbërja

Sot, materialet e sinteruara karbite përfshijnë Si dhe TiC (të quajtura cermet) mandej WC dhe TiC, si dhe përbërës të tjerë metalik si (Ti, W, Cr, Zr) ose metaloidet (B, Si) dhe karbonit. Karbitet e sinteruar kanë rezistencë të shkëlqyer ndaj konsumit dhe temperaturave të larta.

Nocioni karbitet e wolframit (WC) dhe karbitet e sinteruara përshkruajnë një familje gjithëpërfshirëse të kompoziteve të përdorura për material të dizave dhe pjesëve të konsumueshme.

Materialet karbite për instrumente metalprerëse përbëhetn nga grimca (karboni e wolframi -WC, titani, tantali apo ndonjë kombinim të tyre) të lidhura së bashku me sinterim në një matriks kobalti. Normalisht, madhësia e grimcave karbitit -WC është më e vogël se 0.8 μm për mikrogrimca, 0,8-1,0 μm për të imta, 1-4 μm për kokrra të mesme, dhe më shumë se 4 μm për grimca të trasha-për pllaka prerëse.

Sasia e kobaltit në mënyrë të konsiderueshme ndikon në vetitë e pllakave prerëse karabiet.

Normalisht, përmbajtja kobalt është 3-20%, në varësi të kombinimit të dëshiruar të rezistencës dhe fortësisë.

Me rritje të përmbajtjes së kobaltit, shtalbësia e pllakeve prerëse rritet gjersa qëndrueshmëria dhe fortësia e tyre zvogëlohet.

Megjithatë, kombinimi i saktë i përbërjes (gradës), materialeve të shtresave veshëse, renditjes së shtresa dhe zgjedhja e teknologjisë së përshtatshme të veshjes e bën të mundur rritjen e produktivitetit të pllakës prerëse pa e sakrifikuar rezistencën në konsum.

### 2.3.3.1.2 Përzgjedhja

Përzgjedhja më e favorshme e klasës së karbitit është bërë një faktor aq i sofistikuar aq sa edhe vet procesi i përpunim mekanik të instrumentit. Një shumëllojshmëri e gjerë e klasave të karabiteve të reja, shtresave veshëse në dispozicion sot vazhdojnë të komplikojnë detyrat e inxhinierëve të prodhimit në përzgjedhjen e klasës optimale që lidhet me përpunueshmërinë e materialeve, fortësinë dhe produktivitetin e dëshiruar, efikasitetin dhe cilësinë e përpunimit.



### 2.3.3.1.3 Shtresat veshëse

Një nga ndryshimet më revolucionare në industrinë metalike të prerjes në 30 vjetet e fundit ka qenë veshja e shtresave të hollë-film, të forta dhe proceset e difuzionit termik. Këto metoda, gjejnë aplikim gjithnjë në rritje dhe sjellin përparësi të konsiderueshme për përdoruesit e tyre. Sot, 50% e çeliqueve shpejtprerëse-HSS, 85% e karbiteve dhe 40% e instrumenteve super- të forta të përdorura në industri janë të veshura [6].

Sot, përdoret një numër i madh i materialeve të shtresave veshëse, metodave dhe regjimeve të aplikuara në substrate ose instrumente të tëra me shumë shtresa e kombinime .

Në figurën 2.9 janë treguar veshjet e përbashkëta të aplikuara për karbitet me një ose më shumë shtresa veshëse.

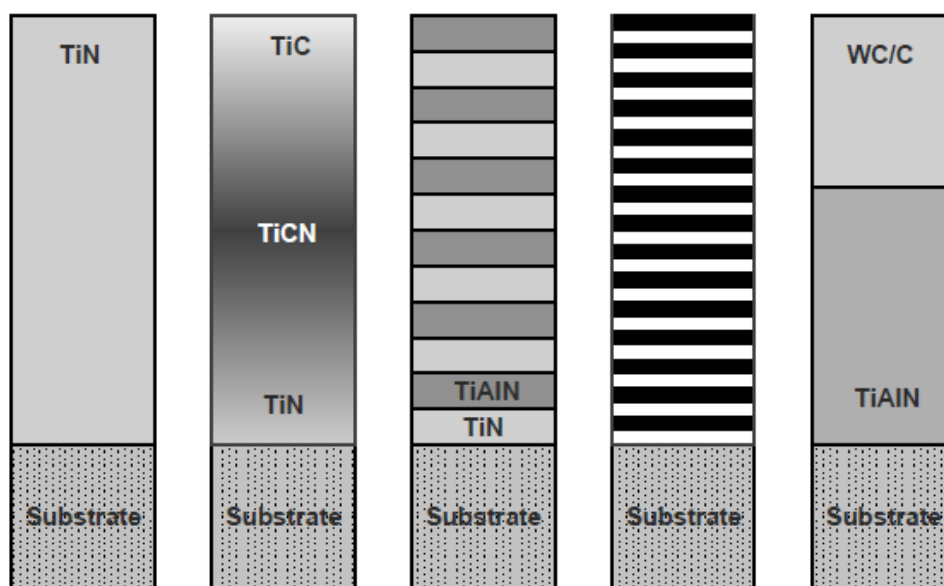


Fig. 2.9 Shtresat veshëse bashkëkohore [3]

Si një vlerësim i përgjithshëm i përdorimit të materialeve të reja të instrumentve, mund të thuhet si në vijim. Ajo çfarë ishte e paimagjinueshme para 30 vjet më parë, p.sh. përpunimi i materialeve me fortësi 50, 60 dhe 65 HRC, me përdorimin e PCD ( Poly Crystal Diamond) dhe CBN ( Cubic Borone Nitride) është bërë realitet. Aftësitë e jashtëzakonshme prerëse, fortësi të madhe dhe rezistencë ndaj konsumit janë rezultatet e karakteristikave të tyre [2].



**Plaka prerëse e metalit të fortë (MF) e vendosur me bulon në mbajtësin e instrumentit**

Fig. 2.10 [1]



Lloje të ndryshme të plakave prerëse, nga aspekti i gjeometrisë, numrit të teheve dhe llojit të materialit

Fig. 2.11 [1]

### 3.0 KONSUMI DHE QËNDRUESHMËRIA E INSTRUMENTEVE

#### 3.1 Shqyrtimet hyrëse

Të gjitha proceset e përpunimit me prerje në mënyrë të pashmangshme i shoqëron proceset i konsumit të tehut të instrumentit metalprerës. Proceset fërkimi dhe konsumi (proceset tribologjike) në sipërfaqet kontaktuese të pykës prerëse me ashklën dhe sipërfaqen e përpunuar zhvillohen si pasojë e ngarkesave (mekanike, termike dhe kimike), të cilave instrumenti metalprerës u ekspozohet gjatë procesit të përpunimit figura 3.1.

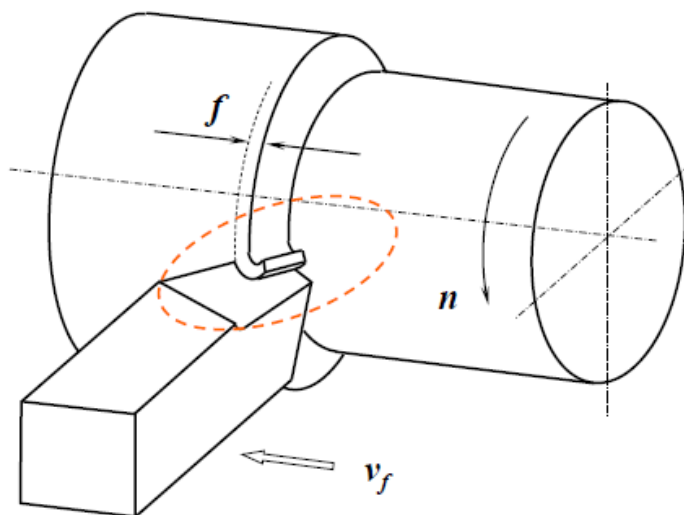


Fig. 3.1 Zona kontaktuese e thikës prerëse te operacioni i tornimit [5]

Duke pasur parasysh numrin e madh të faktorëve ndikues hyrës në qëndrueshmërinë e tehut prerës (shpejtësia e prerjes, hapi punues, thellësia, lloji i instrumentit- pllakës prerëse, lloji i përpunimit, fluidit ftohës dhe lubrifikues, makinës metalprerëse dhe lloji i materialit) të cilët mund të jenë të natyrës sasiore dhe cilësore, kompleksiteti dhe numri i ndërveprimeve (iteraksioneve) të mundshme është shumë i madh figura 3.2.

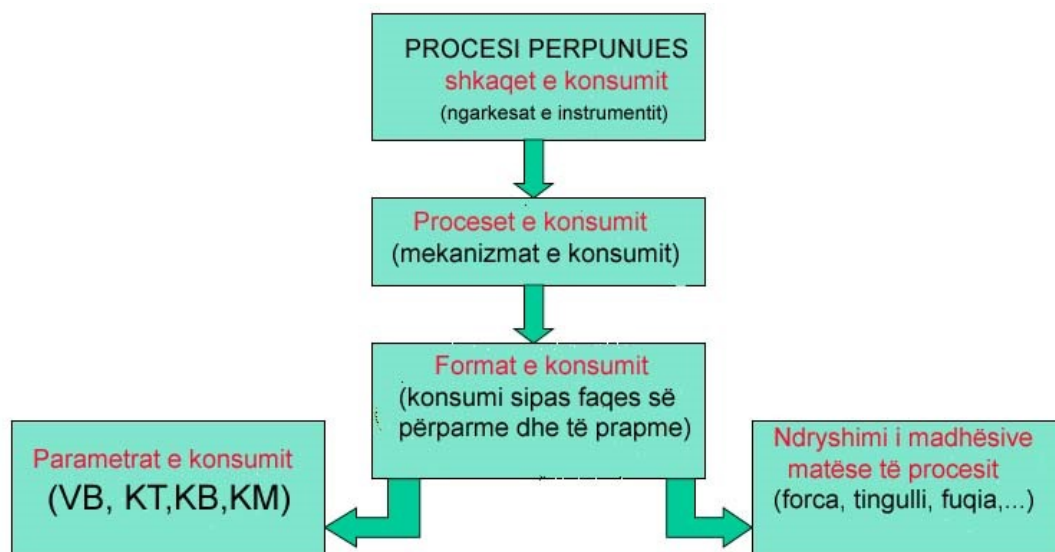
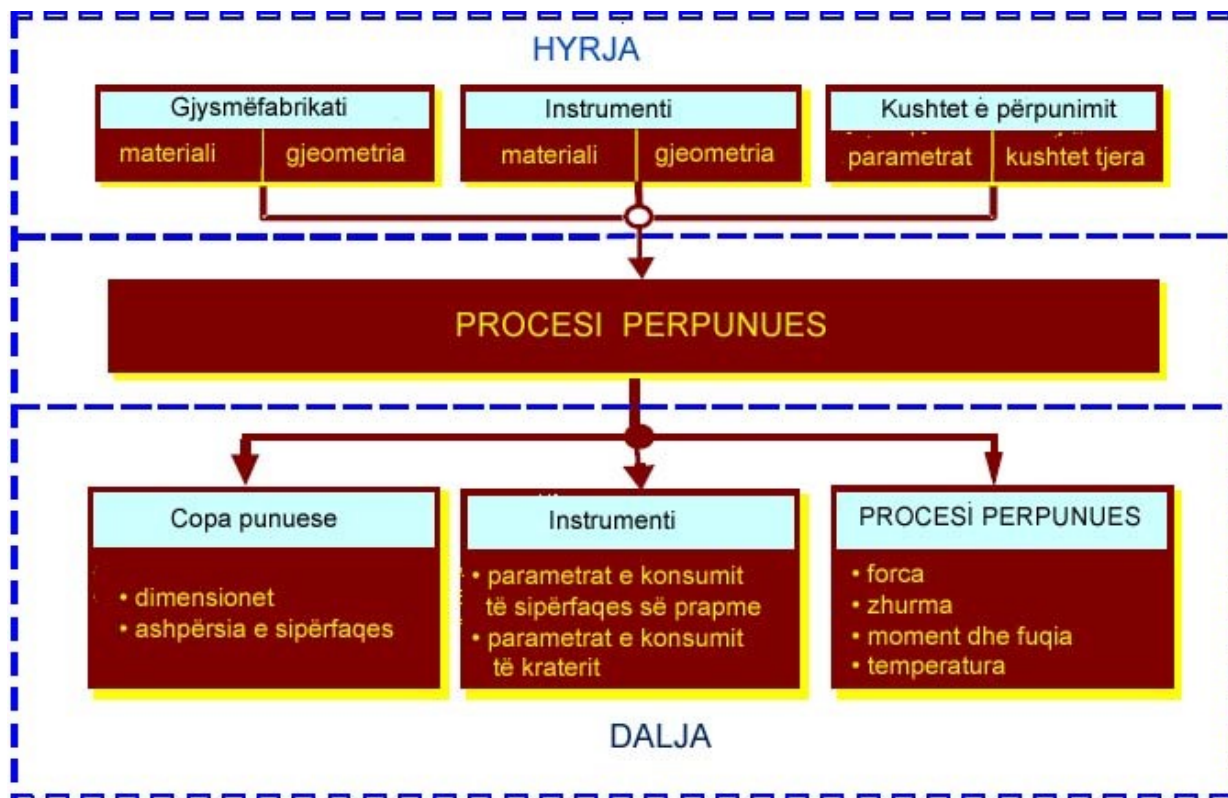


Fig. 3.2 Paraqitja skematike e zinxhirit shkak-pasojë të konsumit të instrumentit prerës [5]

Procesi i prerjes me heqje ashkle realizohet me depërtimin e pjesës prerëse, i cili e ka formën e pykës prerëse nëpër materialin e copes punuese.

Gjatë kësaj vjen deri te kontakti i ashklave me sipërfaqen e përparme të pykës prerëse si dhe i sipërfaqes së prapme të pykës me sipërfaqen prerëse, gjegjësisht sipërfaqen e përpunuar, ashtu që praktikisht kemi kontakte lëvizëse të këtyre elementeve në të cilat zhvillohen proceset e fërkimit dhe konsumit (proceset tribologjike) duke formuar zonat e konsumit figur 3.3.

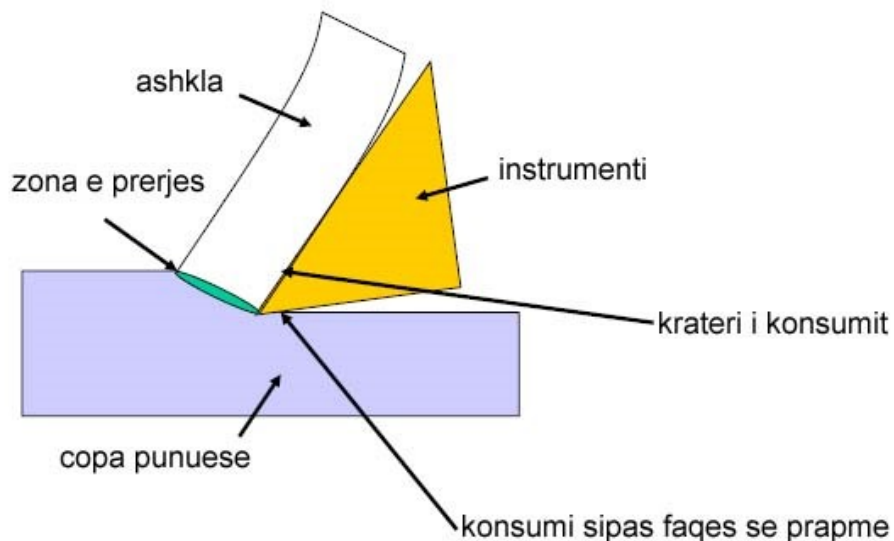


Fig. 3.3 Zonat e konsumit të instrumenteve prerëse [11]

Para së gjithash, sipërfaqja e përparme dhe e prapme e pykës prerëse u nënshtrohen presionit të ndryshueshëm nga ( $p_{max}=2-70$  GPa) në majen e tehut prerës pika 1 deri në  $p=0$  aty ku përfundon kontakti i formimit të ashklave me sipërfaqen e përparme të instrumentit prerës pika 2.

Për shkak të deformimeve plastike të materialit i cili përpunohet në zonën e prerjes, gjithashtu në sipërfaqen e prapme të instrumentit prerës po ashtu vepron presioni i renditur në mënyrë jo të barabartë ( $p'$ ) i cili më i madh është nën tehun prerës ( $p'_{max}$ ) pika 1 dhe bie deri në zero në pikën 3 ku ndërpritet kontaktimi i materialit dhe sipërfaqes së prapme të pykës prerëse figura 3.4.

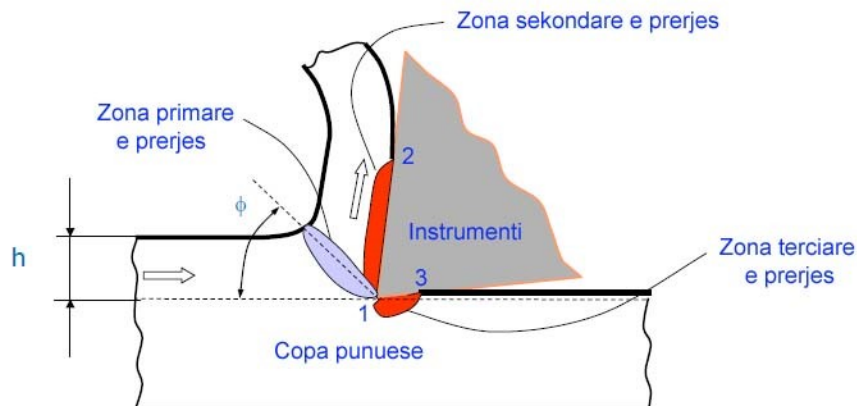


Fig. 3.4 Deformimet plastike në zonën e prerjes [5]

Presioni nëpër sipërfaqen e përparme dhe të prapme të pykës prerëse lajmërohet përgjatë tehut prerës në thellësinë ( $a_p$ ) figura 3.5.

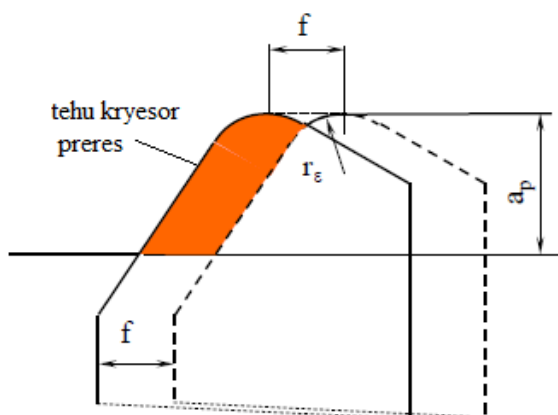


Fig. 3.5 Gjatësia prerëse e tehut kryesor të instrumentit [5]

Kjo shpërndarje e presionit nëpër sipërfaqen e përparme dhe të prapme të pykës prerëse kushtëzon procese të caktuara fizike të cilat shkaktojnë konsumin e instrumentit prerës dhe humbjen e vetive të tij prerëse.

Si rezultat i presionit të lartë dhe temperaturave në sipërfaqet kontaktuese të pykës prerëse krijohet proces intensiv i konsumit i cili paraqet dukuri të fundme negative në proceset punuese. Konsumi në sipërfaqet kontaktuese të instrumentit prerës është proces i cili paraqitet gjatë të gjitha kushteve teknologjike dhe regjimeve të përpunimit dhe zgjat prej vetë fillimit të

prerjes. Veprimi negativ i procesit të konsumit shprehet në të gjitha karakteristikat e gjendjes së procesit përpunues (forcat e prerjes, temperaturat e prerjes etj.), karakteristikat dalëse të procesit përpunues (kualiteti i sipërfaqes së përpunuar, saktësia etj.) si dhe treguesit teknoekonomik (ekonomiciteti, prodhueshmëria etj.).

### 3.2 Mekanizmat e dështimit të instrumentit

Konsumi i instrumentit është një proces kompleks dhe i ndryshueshëm që nuk mund të përshkruhet thjesht, me një mekanizëm të vetëm. Lokacioni dhe shtrirja e tij janë të ndryshme, varësisht nga materiali i instrumentit, operacioni përpunues, kushtet e prerjes dhe materiali i copës punuese.

Qendrueshmëria e instrumentit është një faktor i rëndësishëm në vlerësimin e përpunueshmërisë sepse ajo ndikon direkt në kohën përgatitore të makinës, koston e ndërrimit të instrumentit dhe në koston e vetë instrumentit.

Për të pasur një përpunim me prerje të qetë, të sigurt dhe ekonomik është e nevojshme [2];

- Parandalimi i dështimit të parakohshme dhe katastrofik të instrumentit prerës
- ulja e normës së konsumit të instrumentit për të zgjatur “jetën” e tij.

Për të arritur objektivat e sipërpërmendur duhet së pari të dihet se pse dhe si mjetet e prerjes dështojnë instrumentet prerëse.

Qendrueshmëria e instrumentit prerës me kohë mund të ndërpritet (dështon) nga një numër i madh i shkaqeve, të cilat gjerësisht ndahen në dy kategori kryesore [17]:

- konsumi gradual i zonave të caktuara të faqes së përparme (krateri i konsumit) ose faqes së parapme (shiriti i konsumit) të instrumentit prerës ose i të dyjave përnjëherësh dhe
- dështimi i papritur (parakohshëm) i instrumentit.

Duke e konsideruar si më të dëshirueshëm rastin e parë, qendrueshmëria e instrumentit prerës, atëherë përcaktohet nga madhësia (vlera numerike) e konsumit të shkaktuar në profilin e instrumentit prerës, i cili e zvogëlon efikasitetin e prerjes deri në një nivel të papranueshëm, ose eventualisht shkakton dështimin e instrumentit prerës.

Kur konsumi i instrumentit prerës arrin një vlerë të specifikuar paraprakisht, atëherë ka dy opsione;

- instrumenti duhet të rimprehet ose
- instrumenti duhet të zëvendësohet me një të ri.

Mundësia e dytë zbatohet në dy raste;

- kur dimensionet e instrumentit prerës nuk mundësojnë rimprehje të mëtutjeshme ose
- instrumenti nuk lejon rimprehjen p.sh. në rastin e aplikimit të pllakave mekanikisht të ndërrueshme prerëse prej metali të fortë.

Në rastine e dytë, dështimi i papritur i instrumentit prerës zakonisht ndodh për shkak të:

- a) thyerjeve mekanike për shkak të forcave të tepërta dhe goditjeve. Lloji i tillë i dështimit të instrumentit është i rastësishëm dhe për nga natyra katastrofik dhe shumë i dëmshëm.
- b) topitja e shpejtë me deformim plastik për shkak të sforcimeve dhe temperaturës intensive. Ky lloj i dështimit ndodh shpejt dhe është mjaft i dëmshëm dhe i padëshiruar.

Këto dy mënyra të dështimit të instrumentit janë shumë të dëmshme jo vetëm për vet instrumentin, por edhe për punën e makinës metalprerëse. Për këtë arsye këto lloje të dështimit të instrumentit duhet të parandalohen duke përdorur materiale dhe gjeometrinë të përshtatshme të instrumentit prerës në varësi të materialit të copës punuese dhe kushteve të prerjes.

Por dështimi sipas konsumit gradual, i cili është i pashmangshëm, nuk mund të ndalohet, por mund të ngadalësohet vetëm duke përmirësuar “jetëgjatësinë” instrumentit.

Instrumenti prerës duhet të tërhiqet menjëherë pas ai të dështon, ose nëse është e mundur, pak para se ai krejtësisht të dështoj. Për këtë duhet të kuptojnë se mjete ka dështuar ose do të dështojnë së shpejti.

Kuptohet ose konsiderohet se instrumenti ka dështuar ose është gati për të dështuar nëse lajmërohet një ose më shumë prej kushteve të mëposhtme [2]:

(a) Në laboratorë

- thyerje përgjithshme e instrumentit
- thyerje masive e tehut prerës
- Rritja e tepruar e forcave të prerjes dhe / ose dridhjeve
- konsumi mesatar (i prapëm ose krateri) e arrinë kufirin e tij të caktuar

(b) Në industrinë përpunuese

- konsumi i tepruar (përtej limitit) i rrymës ose i energjisë elektrike
- dridhjet e tepruara dhe / ose tingull jonormal (kërcitje)
- thyerje e përgjithshme e instrumentit



- devijimi dimensional përtej tolerancës
- përkeqësim i shpejtë i sipërfaqes përfundimtare
- formimi i ashklave të dëmshme.

Përveç dështimit përfundimtar të instrumentit, efektet e mëposhtme shkaktohen edhe nga rritja e konsumit të instrumentit:

- rritja e forcave të prerjes dhe konsumit të energjisë ndodhin kryesisht për shkak të konsumit në faqen e prapme,
- rritja e devijimeve dimensionale dhe ashëspërsisë së sipërfaqes ndodh kryesisht për shkak të konsumit të tehut ndihmës,
- tingulli dhe dridhje të rastësishme
- përkeqësim i integritetit të sipërfaqes.
- dobësimi mekanik i instrumentit.

### 3.3 Mekanizmat e konsumit

Me qëllim të kontrollit të nivelit të konsumit të instrumentit prerës duhet njohur dhe kuptuar mekanizmat e ndryshëm të konsumit, të cilëve instrumenti prerës u nënshtrohet nën kushte të ndryshme gjatë procesit të prerjes.

Mekanizmat e zakonshëm të konsumit të instrumentit prerës janë [16]:

1. Konsumi abraziv
2. Konsumi adheziv
3. Difuzioni
4. Oksidimi
5. Lodhja
6. Dekompozimi kimik

- **Konsumi abraziv**

Lloji më i zakonshëm i konsumit të instrumentit prerës është konsumi abraziv, ku lëvizja relative ndërmjet anës së poshtme të ashklës dhe faqes së përparme të instrumentit, si dhe faqes së prapme të instrumentit dhe sipërfaqes së përpunuar shkakton konsumin e instrumentit

Konsumi abraziv normalisht shkakton zhvillimin e konsumit sipas faqes së prapme të instrumentit prerës figura 3.6.

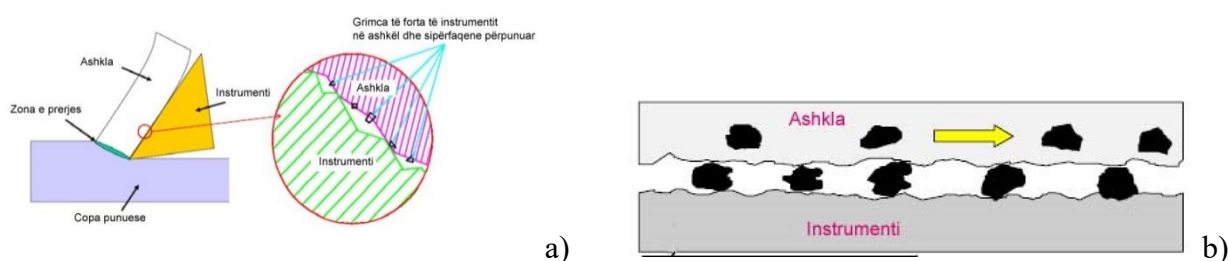


Fig. 3.6 Skema të konsumit abraziv [5]

#### • Konsumi adheziv

Adhezioni ose saldimi me presion ndodh ndërmjet anës së poshtme të ashklës dhe faqes së përparme të instrumentit në të gjitha kushtet e prerjes. Konsumi adheziv (ngjitës) është kryesisht një mekanizëm konsumi në faqen e përparme të instrumentit prerës dhe zakonisht ndodh gjatë shpejtësive të ulëta të prerjes, me rrëshqitjen një metali të butë mbi një metal të fortë, pjesë të metalit të butë ngjiten në metalin e fortë duke formuar shtresa të holla mbi te për shkak të[18]:

- fërkimit
- temperaturave të larta
- presionit

Këto shtresa pengojnë rrjedhën e rregullt të ashklës mbi faqen e përparme të instrumentit duke mundësuar ngjitjen e grimacave dhe formimin e rritjes së tehut prerës (BUE-Built Up Edge) të qëndrueshëm, i cili nuk do të largohet nga faqja e grimcave mbi tehun prerës.

Në fund, BUE i ndërtuar do të shkëputet si rezultat i strukturës jo të rrfashët në sipërfaqen e instrumentit prerës figura 3.7.

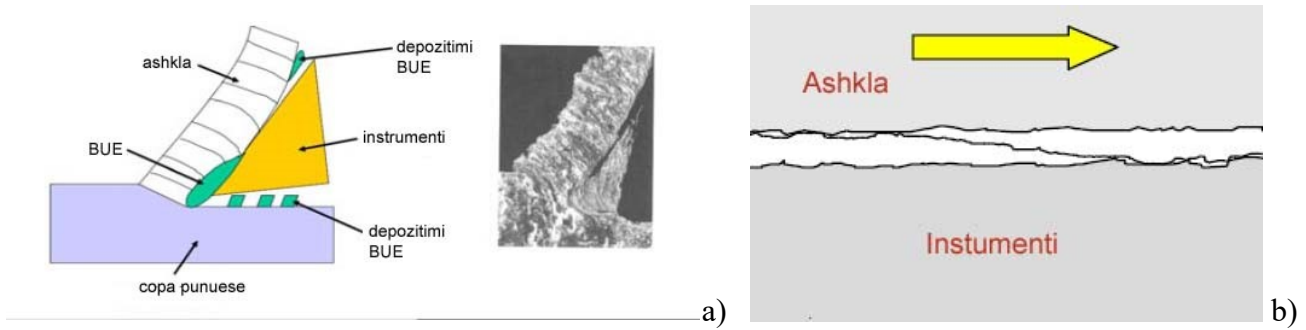


Fig. 3.7 Skema të konsumit adheziv a)[16], b)[17]

• **Konsumi difuziv**

Gjatë konsumit difuziv grimca (atome) të kristaleve të materiali të tehut prerës të instrumentit, veçanërisht nga sipërfaqja e saj e përparme gradualisht zhvendosen ( me difuzion) brenda ashklave gjatë fërkimit me to, derisa materiali i instrumentit ka afinitet kimik ose tretshmëri të ngurtë drejt materialit të copës punuese.

Humbja e atomeve të fortësiuara nga të instrumentit prerës gjatë ndërveprimit (fërkimit) me ashklën është shkaktari kryesor i krijimit të kraterit në sipërfaqen ballore të tij figura 3.8.

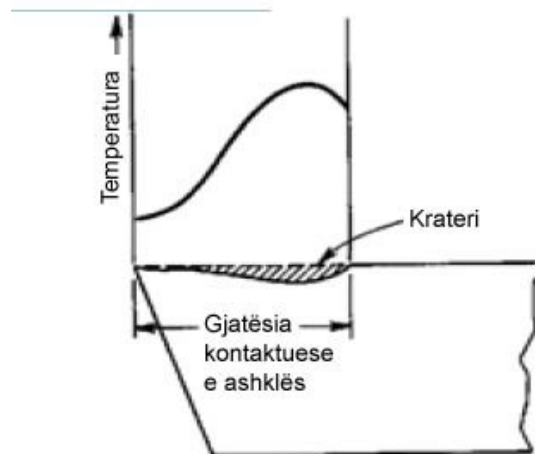


Fig. 3.8 Skema e konsumit difuziv-kraterit[11]

Shkalla e konsumit të tillë të instrumentit rritet me rritjen e temperaturës në zonën e prerjes.

Konsumi difuziv bëhet mbizotërues kur temperatura e prerjes bëhet shumë e lartë për shkak të shpejtësisë së lartë të prerjes dhe fortësisë së madhe të materialit të copës punuese.

### 3.4 Dështimi i instrumentit

Siç është e njohur, konsumi i instrumentit prerës çon në dështimin e tij.

Sipas shumë autorëve, dështimi i instrumentit prerës ndodh nga dështimi i parakohshëm (dmth., thyerje e instrumentit) dhe konsumi progresiv i tij.

Në figurën 3.9 tregohen disa shembuj të dështimeve dhe konsumit të instrumentit prerës .

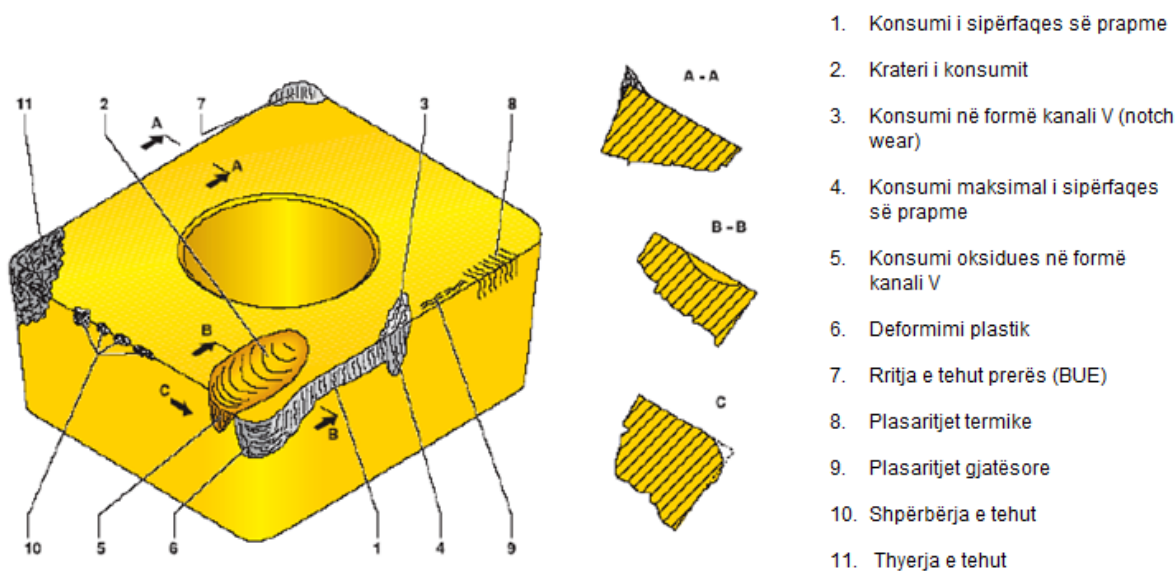


Fig. 3.9 Disa lloje të dështimeve dhe konsumit të instrumentit prerës [5]

Në përgjithësi, konsumi i instrumentit prerës varet nga materiali i instrumentit dhe gjeometria e tij, materiali i copës punuese, parametrave të përpunimit (shpejtësia e prerjes, hapi punues dhe thellësia e prerjes), mjeteve ftohëse lubrifikuese dhe karakteristikave makinë -instrument.

### 3.5 Tipet e konsumit

Normalisht, konsumi i instrumentit prerës është një proces gradual. Në përputhje me kushtet e prerjes, mund të dallohen tre lloje kryesore të konsumit të instrumentit prerës [7]:

- konsumi i faqes së përparme - krateri i konsumit
- konsumi i faqes së prapme dhe
- konsumi i faqes ndihmëse

Këto tri forma (lloje) të konsumit janë ilustruar në figurën 3.9 dhe 3.10.

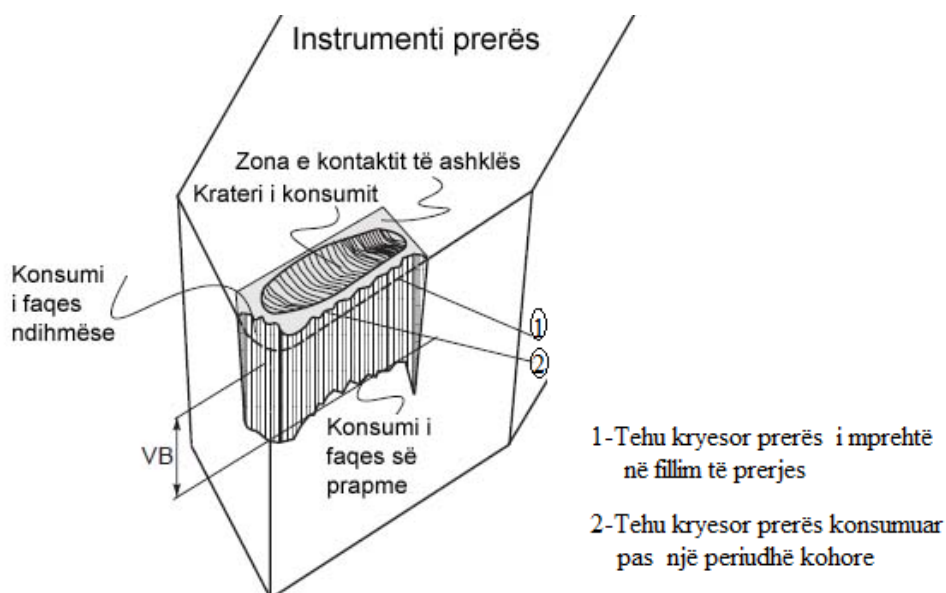


Fig. 3.10 Tipet e konsumit të vëzhguara në instrumentin prerës [7]

Ndërsa, sipas [9], janë dy zona themelore të konsumit tek instrumentet metalprerëse:

- konsumi i faqes së prapme dhe
- konsumi i faqes së përparme-krateri i konsumit.

Konsumi i faqes së prapme dhe krateri i konsumit janë format më të rëndësishme të matshme të konsumit të instrumentet prerës. Mirëpo, konsumi i faqes së prapme është forma më e zakonshme e përdorur.

### 3.5.1 Konsumi i faqes së prapme

Konsumi i faqes së prapme të instrumentit ndodh si rezultat i fërkimit ndërmjet sipërfaqes së përpunuar të detalit dhe sipërfaqes së prapme të instrumentit. Ky konsum shfaqet në formën e ashtuquajtur shiritit i konsumit dhe matet me gjerësinë e këtij shiriti, VB.

Konsumi i faqes së prapme ka ndikim të madh në mekanikën e prerjes. Forcat e prerjes rriten ndjeshëm me rritjen e tij.

Nëse vlera e konsumit të faqes së prapme i tejkalon disa vlera kritike ( $VB > 0.5 \sim 0.6$  mm), forcat e prerjes rriten tejmasë dhe mund të shkaktojnë dështimin e instrumentit prerës..

Konsumi i faqes së prapme në formë të shiritit është treguar në figura 3.9 dhe 3.10.

### 3.5.2 Krateri konsumit

Konsumi i instrumentit në faqen e përparme (ballore) karakterizohet nga formimi i një gjurme me një seksion konkav i njohur si krater i konsumit, i cili formohet si rezultat i rrëshqitjes së ashklës mbi faqen e përparme të instrumentit siç tregohet në figurën 3.10.

### 3.5.3 Konsumi i faqes ndihmëse

Konsumi i faqes ndihmëse ndodh në qoshe (maje) të instrumentit. Ai mund të konsiderohet si pjesë e shiritit të konsumit të faqes së prapme pasi nuk ka kufi dallues mes tyre. Ne e konsiderojmë konsumin e faqes ndihmëse si një lloj të veçantë konsumi për arsye të rëndësisë së tij për saktësinë e përpunimit. Konsumi i faqes ndihmëse (majes) në fakt e shkurton teahun e instrumentit prerës duke rritur gradualisht dimensionin e sipërfaqes së përpunuar dhe futjen e një gabim të rëndësishëm dimensional të përpunimit, të cilat mund të arrijnë vlerat e rreth  $0.03 \sim 0.05$  mm figura 3.11.

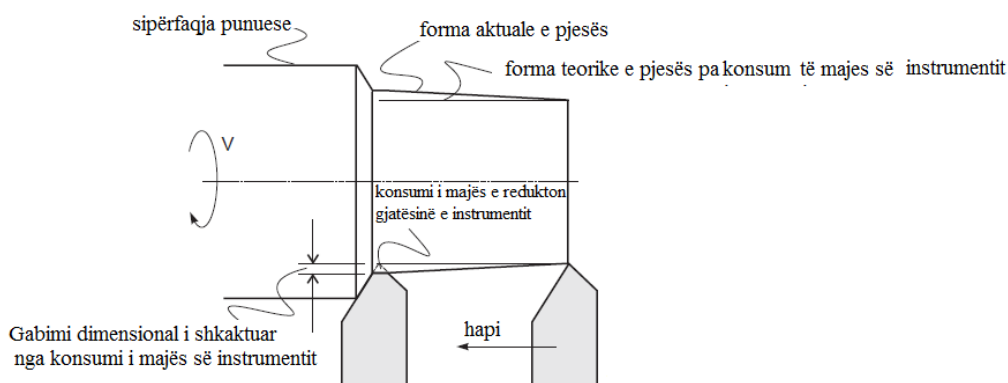


Fig. 3.11. Efekti i konsumit të majës së instrumentit në precizitetin dimensjonal gjatë tornimit [15]

### 3.6 Parametrat e konsumit

Konsumi i elementeve prerëse të instrumentit zhvillohet gjatë tërë periudhës të prerjes edhe atë me intensitet të ndryshueshëm. Për përcjellje kuantitative të konsumit të tehut prerëse nëpër sipërfaqen e përparme dhe të prapme shfrytëzohen parametra të caktuar të cilët mund të jenë: në formë të vijës, të vëllimit ose të masës. Nga ana tjetër, parametrat e konsumit mund t'i ndajmë në direkte dhe indirekte.

Që ndonjë madhësi të mund të shërbejë si parametër përmes të cilës mund të përcillet zhvillimi i procesit të konsumit duhet që në mënyrë të sigurt dhe objektive të shprehet procesi i konsumit në hapësirë dhe kohë si dhe në mënyrë të shpejtë dhe të thjeshtë të mund të matet. Parametrat direkt më shpesh të shfrytëzuar, si në praktikën industriale ashtu edhe në hulumtimin e procesit të konsumit të instrumentit, janë në formë të vijës, d.m.th. parametrat gjeometrik një dimensional. Me këta parametra definohet forma dhe pozita e zonës së konsumit si në sipërfaqen e përparme ashtu edhe në të prapme, ndërsa mundësojnë matje të lehtë, vërtetimin e normave të konsumit të instrumentit, lidhjen me kualitetin e copës së përpunuar si dhe shfrytëzimin gjatë drejtimit adaptiv të sistemeve si sinjal fillestar. Nga ana tjetër, me njohjen e parametrave të vijës së konsumit mund të vendoset lidhja me parametrat tjerë, të themi me ato të vëllimit apo të masës.

Sipas standardit ANSI / ASME B94.55M-1985 [18] vlerësimi i konsumit të instrumentit sipas faqes së prapme realizohet duke bërë matjen e drejtpërdrejtë të tij . Sipas këtij standardi, tehu kryesor prerës ndahet në tre zona, siç tregohet në figuren 3.12, me qëllim të matjes së konsumit:

- Zona C është pjesa e lakuar e tehut prerës në qoshet (majen) e instrumentit,
- Zona N është një e katërta (1/4) e gjatësisë së konsumuar të tehut prerës  $b_s$  e matur në anën e kundërt nga maja e tij.
- Zona B është pjesa e mbetur e drejtë e tehut prerës në mes zonës C dhe zonës N.

Gjerësia e shiritit të konsumit në faqen e prapme të instrumentit  $VB_B$  , matet brenda zonës B në planin e tehut prerës  $P_s$  perpendikular me tehun kryesor prerës. Ajo matet prej pozicionit original (fillestar) të tehut kryesor prerës figura 3.12.

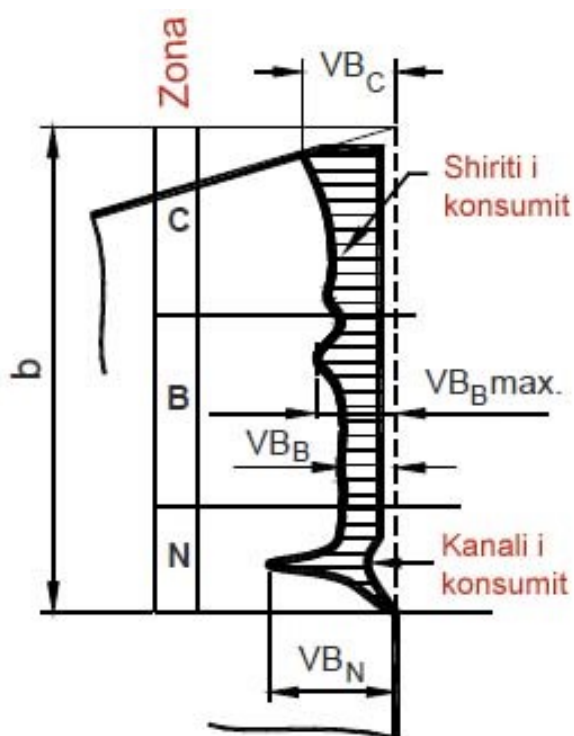


Fig.3.12 Zonat dhe parametrat e konsumit në përputhje me standardin ANSI/ASME për testimin e qëndrueshmërisë së instrumentit [19, 25]

Si të tilla, këto kritere për instrumentet prerëse prej metali të fortë zakonisht rekomandohen :

- (a) gjerësia mesatare e shiritit konsumit të faqes së prapme  $VB = 0.3$  mm, në qoftë se shiri i konsumi i faqes së prapme është konsideruar të jetë konsumuar rregullisht në zonën B;



(b) gjerësia maksimale e shiritit të konsumit të faqes së prapme  $VB_{max} = 0.6$  mm, në qoftë se shiriti i konsumit të faqes së prapme nuk konsiderohet të jetë i konsumuar rregullisht në Zonën B.

Përveç kësaj, ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar për tornimin e pastër dhe gjatësia e kanalit “V” të konsumit (natch wear)  $VB_N = 1$  mm mund të përdoren si kriter vlerësimi. Megjithatë, këto vlerësime janë subjektive dhe të pamjaftueshme. Ato nuk marrin parasysh gjeometrinë e instrumentit prerës (këndin e përparmë, këndin e prapmë, këndin sulmues, etj), kështu që ato nuk janë të përshtatshme për të krahasuar instrumentet prerëse që kanë geometri të ndryshme. Ato nuk marrin parasysh regjimin e prerjes dhe në këtë mënyrë nuk pasqyrojnë vlerën e vërtetë të sasisë së materialit të copës punuese të larguar nga instrumenti prerës gjatë kohës për të cilën konsumi i matur i faqes së prapme arrihet.

Një tjetër mënyrë për të parë problemin është të kuptuarit e proceseve fizike që ndodhin në ndërveprimin instrument-copë punuese, e quajtur zona e kontaktit anësor. Siç dihet, proceset e kontaktit në faqen e prapme të instrumentit përcaktohen nga forcat normale dhe të fërkimit.

Për shkak të kompleksitetit të procesit të kontaktit në këtë ndërveprim, raporti i forcave normale dhe të fërkimit nuk përputhet me ato të marra në testet standarde mekanike.

Këto procese përfshijnë fërkime dhe deformime plastike serioze në sipërfaqen e përpunuar.

Thellësia e kraterit të konsumit na faqen e përparme, KT, matet si distancë maksimale midis fundit të kraterit dhe faqes origjinale në zonën B të konsumit figura 3.13.

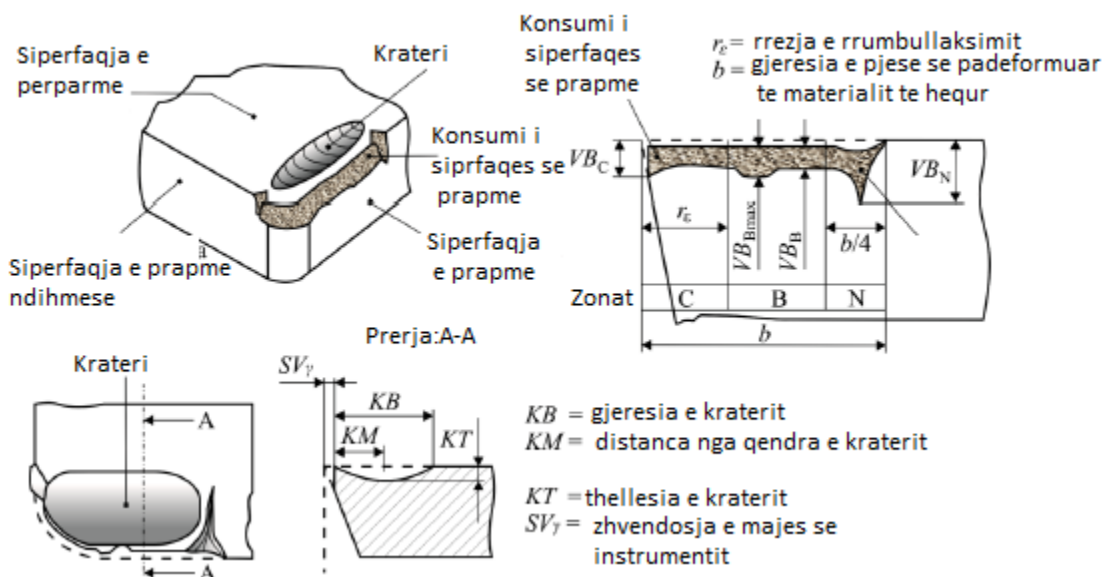


Fig.3.13 Konsumi i pjesëve punuese të instrumentit [12]

### 3.7 Gjurmët e konsumit në instrumentin prerës

Parametrat e definuar të formës së vijës së konsumit ndryshojnë gjatë prerjes me intensitet të ndryshëm dhe në mënyra të ndryshme. Varësia funksionale e konsumit të sipërfaqes së përparme dhe të prapme e pykës prerëse, d.m.th. parametrat e konsumit nga koha e prerjes ( $\tau$ ) ose gjatësisë së rrugës në drejtim të lëvizjes punuese rezultuese ( $L$ ), shprehet me të ashtuquajturën lakoren e konsumit figura 3.14. Forma e lakoreve të konsumit për parametra të ndryshëm të konsumit do të jetë e ndryshme.

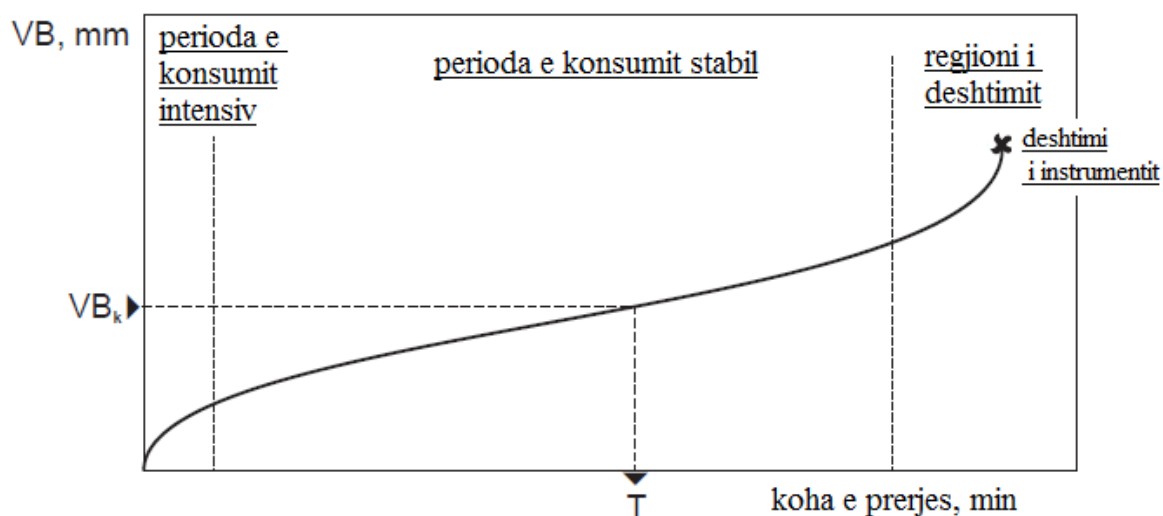


Fig. 3.14 Lakorja tipike e konsumit sipas faqes së prapme në funksion të kohës së prerjes [20]

Lakoret e konsumit paraqiten në koordinata lineare: parametri i konsumit – koha e prerjes, ndërsa fitohen ashtu që pas një periudhe të caktuar të prerjes bëhet matja adekuate e parametrin të caktuar të konsumit dhe bartet në grafik. Në fig. 3.14 është treguar pamja tipike e lakores së konsumit e cila fitohet me përcjelljen e gjerësisë së brezit të konsumit (VB) nëpër sipërfaqen e prapme.

Edhe pse lakorja e treguar në fig. 3.16 është për konsumin sipas faqes së prapme, një marrëdhënie e ngjashme ndodhë edhe për lloje të tjera të konsumit. Fig.3.14 gjithashtu tregon se si të përcaktohet jetëgjatësia Te instrumentit prerës për kriterin e dhënë  $VB_k$  të konsumit.

Lakoren e konsumit, pavarësisht nga kushtet në të cilat instrumenti ka prerë (lloji i përpunimit, regjimet etj.) dhe parametrin të zgjedhur të konsumit, e përbëjnë tri faza me intensitet të ndryshëm të konsumit.

Fillimisht, tek instrumenti i ri, shkalla e konsumit është e lartë dhe njihet si konsumi primar. Kjo, është sugjeruar nga [Redford 1980], i cili konstaton se shkalla e lartë e konsumit në fazën konsumit primar ndodh për shkak të ngjeshjes së tehut prerës. Kohëzgjatja e konsumit primar varet nga kushtet e prerjes. Megjithatë, për materialin e caktuar të copës punuese vlera e konsumit primar është përafërsisht konstant, por koha në të cilën ai prodhohet zvogëlohet me rritjen e shpejtësisë së prerjes.

Kjo fazë e konsumit pasohet nga faza e dytë (sekondare) – perioda e konsumit stabil, , ku shkalla e konsumit anësor të tehut prerës është konstante, por në mënyrë të konsiderueshme më e vogël se vlera e konsumit primar. Gjatë rrjedhjes së mëtejme të prerjes, në fund të të fazës secondare të konsumit, kur shkalla e konsumit është e konsiderueshme dhe shumë më e madhe sesa vlera që rekomandohet si kriter për dështimin e instrumentit, kushtet janë të tilla që zhvillohet konsumi progresiv, kur prerja e mëtutjeshme e instrumentit duhet të ndërpritet ose nëse vazhdohet shumë shpejtë do të çon në dështimin e instrumentit (faza e tretë –terciare).

Nëse ndonjë formë e konsumit progresiv lejohet të vazhdojnë në fazën e tretë ( terciare), instrumenti prerës do të dështoj në mënyrë katastrofike duke rezultuar në shkatërrimin e komponenteve prerëse e ndoshta edhe dëmtimi e makinës metalprerëse. Për instrumentet metalprerëse prej metali të fortë me bazë karbidi, konsiderohet se të njëjtit e kanë arritur

fundin e jetës së tyre të dobishme shumë më herët, para fillimit të fazës terciare. Zakonisht, procesi i prerjes duhet të ndërpritet pas një kohe të caktuar kur vlera e konsumit sipas faqes së prapme të ketë arritur vlerën e rekomanuar nga përvoja industrial ose laboratorike, dmth. para se instrumenti të dështoj.

### 3.8 Parametrat ndikues në konsumin e instrumentit

Sasia e materialit të hequr nga copa punuese rritet me rritjen e shpejtësisë së prerjes, hapit punues dhe thellësisë së e prerjes. Mirëpo, rritja e parametrave të procesit të përpunimit me prerje do të rezultojë në reduktimin e jetëgjatësisë së instrumentit prerës. Për këtë arsye, identifikimi i marrëdhënieve ndërmjet konsumit të instrumentit (dhe jetëgjatësisë së tij) dhe kushteve të prerjes është i domosdoshme për shfrytëzimin ekonomik të instrumenteve prerjese.

F.W. Taylor (1907) në punimin e tij klasik "Për artin e prerjes së metaleve" sygjeron, se për konsumin progresiv, marrëdhënia në mes të kohës së dështimit të instrumentit për një kriter konsumi të caktuar dhe shpejtësi të prerjes të caktuar është e formës [21]:

$$v_c T^m = C \tag{3.1}$$

Ku janë;

$v_c$  – shpejtësia e prerjes [m/min]

T- qëndrueshmëria e instrumentit [min] dhe

m dhe C- konstante për kombinimet e veçanta instrument-copë punuese.

Kjo shprehje bazike më vonë është zgjëruar në një formë të përgjithshme:

$$T = \frac{C_T}{v_c^x \cdot f^y \cdot a^z} \quad (3.2)$$

ku janë;

T – koha e qëndrueshmërisë mesatare të instrumentit [min],

f- hapi punues [mm/rr],

a – thellësia e prerjes [mm] dhe

$C_T$  dhe x, y dhe z- konstanta të cilat varen nga instrumentit dhe materiali i copës punuese.

Siq është e dijtur, rritja e produktivitetit të punës është e lidhur me sasinë e materilit të hequr në njësi të kohës dhe gjatë përpunimit me prerje varet drejtpërdrejt nga shpejtësia e prerje, hapi punues dhe thellësia e prerjes.

Qëndrueshmëria e tehut prerës ndikohet më pak nga thellësia e prerjes dhe më tepër nga shpejtësia e prerjes dhe hapi punues në shkallë të ndryshme.

Sipas kësaj, rezulton se për heqjen e sasisë më të madhe materialit të copës punuese, mënyra më e mirë është rritja sa më e madhe e thellësisë së prerjes e jo e hapit dhe shpejtësisë së prerjes [Maropoulos 1992] për shkak të ndikimit të saj më të vogël në qëndrueshmërinë e prerjes.

Thellësia e prerjes, megjithatë, është e kufizuar nga madhësia e shtesës së përpunimit të copës punuese, fuqia e makinës, ngurtësia mekanike e sistemit instrumentit prerës-makinë, cilësia e sipërfaqe së përpunuar dhe ndonjëherë nga forma e detalit. Gjithashtu, duhet dijtur se në përgjithësi rekomandohet që vetëm 50 -75% e gjatësisë së tehu të shfrytëzohet gjatë procesit të prerjes prerjes.

Ndryshimi i hapit punues ka efekt më të madh në jetëgjatësinë e instrumentit prerës se sa ndryshimet në thellësisë së prerjes, por efekt më të vogël se ndryshimi i shpejtësisë së prerjes. Rritja e normave të hapit punues është kufizuar nga fuqia e makinës, instrumenti prerës, copa punuese, si dhe kualiteti i sipërfaqes së përpunuar gjatë operacioneve pëfundimtare.

Shpejtësia e prerjes e ka efektin (ndikimin) më të madh në qëndrueshmërinë e instrumentit prerës se sa thellësia e prerjes dhe hapi punues, kështu që zgjedhje e shpejtësisë është kritike.

Përdorimi i shpejtësive të larta prerjes për të rritur normën e materialit të larguar nga copa punuese mund të rezultojë në dënime të kushtueshme nga aspekti i jetëgjatësisë së instrumentit prerës dhe mund të jetë një qëllim më pak idëshirueshme i përmirësimit të produktivitetit të punës.

Megjithatë, disa materiale të instrumentit prerës, të tilla si karbitet e veshura, qeramika, diamanti shumëkristalor (PCD) dhe nitriti kubik borik (CBN), mund të sigurojnë përfitime për shkak të përballimit të shpejtësive të larta të prerjes.

Shpejtësitë më të larta të prerjes, gjithashtu mund të krijojnë probleme në lidhje me dridhjet, jetëgjatësinë e disa komponentëve të makinës metalprerëse psh. kushinetat si dhe duke reduktuar sigurinë në punë.

Për shkak të efekteve të saj mbi cilësinë e sipërfaqes së përpunuar dhe ekonomikitetin e përpunimit, studimi i konsumit të instrumentit është një nga aspektet më të rëndësishme dhe të ndërlikuara të operacionit të përpunimit. Deri sa parametrat e përpunimit si shpejtësia, hapi punues dhe thellësia e prerjes janë variabla të pavarura, forcat e prerjes dhe temperaturat e gjeneruara gjatë përpunimit janë variabla të varura.

Në mënyrë të ngjashme konsumi varet nga kushtet e prerjes, instrumenti dhe materiali i copës punuese (nga vetitë e tij mekanike dhe kimike), gjeometria e instrumentit prerës, vetitë e fluideve ftohëse dhe lubrifikuese.

Përveç kësaj, gjeometria e hyrjese dhe dalëse e instrumentit prerës ndryshon prej një operacioni prerës në tjetrin. Kushtet hyrëse dhe dalëse janë të një rëndësie të veçantë pasi që sforcime të larta të krijohen në instrumentin prerës [Pekelharing 1980].

### **3.9 Metodatat dhe teknikat e matjes së konsumit**

Për të definuar ndikimin e faktorëve të ndryshëm veprues, të cilët i karakterizojnë kushtet në të cilat procesi i përpunimit zhvillohet është e nevojshme njohja e metodave për përcjelljen e procesit të konsumit të elementeve prerëse të instrumentit.

#### **3.9.1 Vështrim mbi metodatat e definimit të procesit të konsumit**

Me rritjen e konsumit ndryshohet gjeometria (forma) e tehut prerës, zhvillohet sasi më e madhe e nxehtësisë, rriten rezistencat e prerjes, rritet ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar dhe zvogëlohet saktësia e dimensioneve të përpunuara.

Njohja e proceseve tribologjike të cilat sillen në sipërfaqet kontaktuese të instrumenteve

prerëse si dhe ligjshmërive të cilat mbizotërojnë në to është me rëndësi të madhe. Për vërtetimin e karakteristikave themelore tribologjike të instrumenteve prerëse, sidomos ligjit të konsumit të instrumentit (lakores së konsumit, intensitetit të konsumit dhe rezistencës së konsumit) të cilat janë të domosdoshme para së gjithash për përcaktimin e kriterit të konsumit të instrumentit, me rëndësi është përcjellja e zhvillimit të disa parametrave të konsumit, d.m.th. matja e tyre. Në atë rast sot është zhvilluar numër i madh i metodave dhe teknikave përkatëse matëse.

Të gjitha metodat e zhvilluara të matjes së parametrave të konsumit mund të klasifikohen në mënyra të ndryshme;

- sipas parametrave të cilat maten,
- sipas parimit të matjes gjegjësisht parimit të punës së dhënësit,
- sipas asaj se a maten parametrat në mënyrë direkte apo indirekte,
- sipas asaj se a maten parametrat në çaste të caktuara kohore ose permanente etj.).

Për shkak të rëndësisë dhe ndikimit të shiritit të konsumit sipas faqes së prapme në (fig. 3.15) janë treguar metodat e mundshme të vlerësimit të këtij lloji të konsumit.

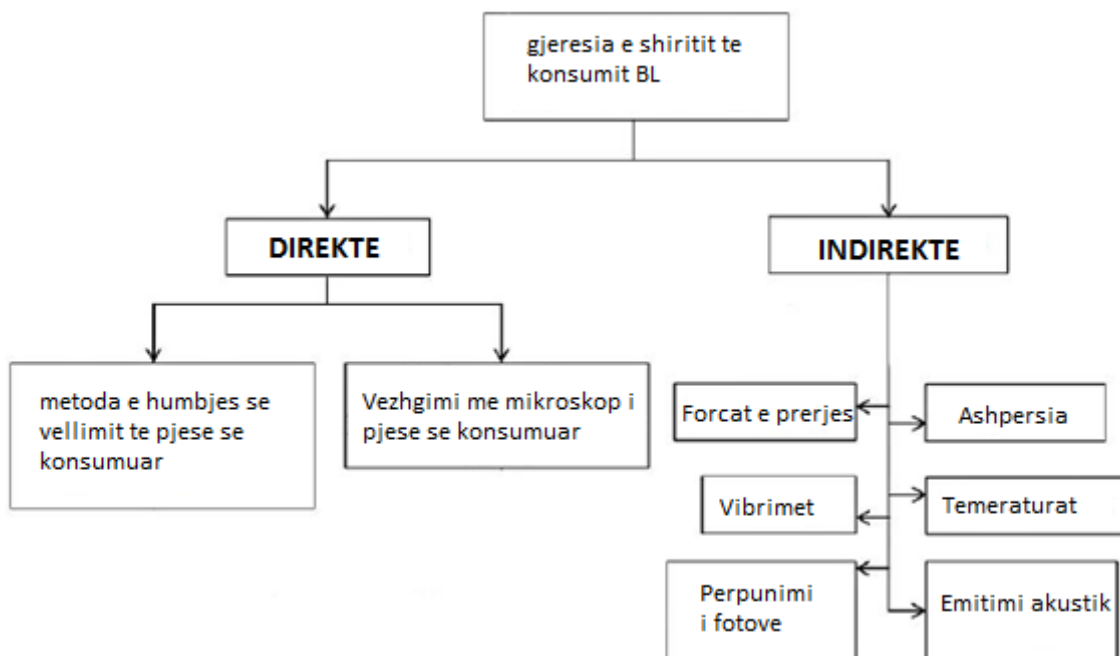


Fig. 3.15 Metodatat e matjes së konsumit të shiritit të konsumit B<sub>L</sub> [13]

Në fig. 3.16. Është treguar modeli i llogaritjes së humbjes së vëllimit të pjesës prerëse të instrumentit për shkka të konsumit të sipërfaqes së prapme.

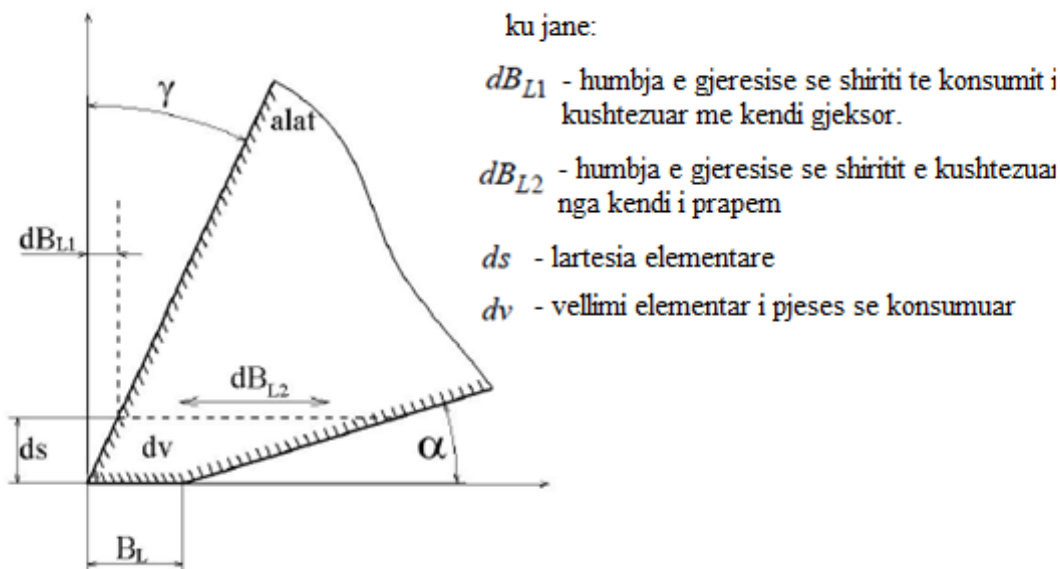


Fig. 3.16 Humbja e vëllimit të pjesës prerëse e kushtëzuar me ekzistimin e shiritit të prapmë [13]

Megjithatë ndarja themelore mund të realizohet në metodat të cilat procesi i prerjes duhet patjetër të ndërpritet për shkak të matjeve (metoda të ndërprera ose jashtë procesore) dhe metoda me të cilat matja bëhet pa ndërprerje të procesit të prerjes.

Grupi i parë i metodave ka të metë themelore atë se duhet patjetër të ndërpritet procesi i prerjes që të mund të matet madhësia e parametrin të caktuar të konsumit në çastin e caktuar.

Ndërprerja e procesit të prerjes gjatë kësaj mund ti ndryshojë kushtet e prerjes dhe rrjedhjen e procesit të konsumit ashtu që nuk fitohen të dhënat e sakta dhe bindëse të matjeve. Për matje të këtilla shfrytëzohen metoda klasike të matjeve dhe pajisjet matëse (zakonisht mikroskopi për instrumente) të cilat nuk përmbushin nevojat e sistemeve përpunuese bashkëkohore (sistemet me drejtim adaptiv, sistemet e përpunimit me drejtim numerik etj.) ku kërkohet përcjellje kontinueale e procesit të konsumit pa ndërprerjen e procesit. Nga këto shkaqe në kohë të fundit janë zhvilluar të ashtuquajturit dhënësit e ndryshëm procesor të konsumit të cilët mundësojnë drejtimin e proceseve të konsumit, optimizmin e procesit përpunues nga aspekti i rritjes së prodhimit dhe



ekonomicitetit, mbajtjes së nivelit të kualitetit si dhe automatizimin e plotë të proceseve përpunuese.

Deri te informata e madhësisë së konsumit dhe ligjit të konsumit arrihet me matje direkte të parametrave të caktuar të konsumit ose me matjen e disa karakteristikave të tjera të gjendjes së procesit përpunues të cilat me parametrat e konsumit janë në korrelacion të caktuar.

Kështu edhe metodat e matjes mund të ndahen në direkte dhe indirekte (fig. 3.15).

Matja direkte e parametrave të konsumit zakonisht është shumë e vështirësuar prandaj gjithnjë e më tepër i iket matjes direkte të cilat parimet dhe teknikat matëse janë relativisht të thjeshta. Nga metodat direkte kryesisht shfrytëzohen metodat mikroskopike dhe radioaktive.

Matja indirekte e parametrave të konsumit mundëson përvec të tjerash që informatat e konsumit të instrumentit të fitohen pa ndërprerë si dhe të mund të regjistrohen ndryshimet e shpejta të gjendjes në instrument (kërcitja momentale në instrument, shkatërrimi i tehut prerës etj.).

E mëtej e madhe e metodave indirekte të matjes është megjithatë në atë që në informatat për madhësitë e matura kemi përmbajtje dhe ndikim të faktorëve të tjerë e jo vetëm të faktorit të konsumit, çka mund të vështirësojë vendosjen e korrelacioneve të drejta dhe të sakta ndërmjet madhësisë së matur dhe parametrat të konsumit.

Te metodat indirekte të matjes informatat e konsumit të instrumenteve prerëse mund të fitohen me përcjelljen e dukurive në zonën e prerjes (madhësi të caktuara mekanike ose termodinamike) ose pra me përcjelljen e ndryshimeve në copën përpunuese (ashpërsisë, masës etj.).

Definimi i procesit të konsumit të tehut prerës të instrumentit gjatë procesit të prerjes mund të bëhet me metoda të bazuara në përcjelljen e ndryshimeve, të cilat ndodhin në :

- a) pjesën prerëse të instrumentit,
- b) pjesën që përpunohet si dhe
- c) përcjelljen e dukurive të lidhura me proceset mekanike dhe të nxehtësisë.

Në grupin e parë bëjnë pjesë metodat e drejtpërdrejta (direkte) optike ose metodat mikroskopike për matjen e konsumit nëpërmjet të cilave regjistrohen të gjitha ndryshimet që ndodhin në sipërfaqet e tehut prerës gjatë procesit të prerjes ose dimensionet e detalit punues. Metodat e tjera direkte bazohen

në vëzhgimin e faqes të përparme ndihmëse të ashklës për konsumin e formës së kraterit dhe matja e konsumit nëpërmjet teknikave radioaktive.

Matja direkte e parametrave të konsumit zakonisht është shumë e vështirësuar prandaj gjithnjë e më tepër i iket matjes direkte të cilat parimet dhe teknikat matëse janë relativisht të thjeshta. Nga metodat direkte kryesisht shfrytëzohen metodat mikroskopike dhe radioaktive. tab.xx.

Megjithatë, një numër i madh i problemeve kanë mbetur ende për tu zgjidhur në lidhje me besueshmërinë dhe saktësinë e metodës direkte.

Ndërsa, në dy grupet tjera bëjnë pjesë metodat e tërthorta (indirekte) pasi që asnjëra nuk mundëson matjen e drejtpërdrejt të konsumit të tehut prerës gjatë procesit të prerjes.

Metodat indirekte të matjes së konsumit përfshijnë korrelacionin (ndërlidhjen, raportin) e konsumit me variablat dalëse të procesit të prerjes si; forcat e prerjes, temperatura e prerjes, integritetin dhe kualitetin e sipërfaqes përfunimtare të përpunimit, dridhjet (vibrimet) dhe emetimi akustik (niveli i zhurmës) [Metha vitin 1983, Teti 1989].

Parimisht, metodat për definimin e procesit të konsumit të elementeve prerëse të instrumentit mund të bazohen në;

- përcjelljen e ndryshimit të formës të tehut prerës të instrumentit,
- përcjelljen e ndryshimit të peshës ose vëllimit të instrumentit,
- përcjelljen e paraqitjes të dukurive të nxehësisë gjatë prerjes,
- përcjelljen e ndryshimit të rezistencave të prerjes gjatë përpunimit,
- përcjelljen e ndryshimit të dimensioneve të pjesës punuese,
- përcjelljen e ndryshimit të ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar.

### **3.10 Kriteret e dështimit të instrumentit**

Konsumi ballor dhe sipas faqes së prapme të instrumentit prerës nuk është uniform përgjatë tërë tehut aktiv prerës. Prandaj, është e nevojshme të përcaktohet lokacioni dhe shkalla e konsumit kur vendosim për vlerën e konsumit të lejueshëm para ndërrimit të pllakës prerëse.

Kriteret e rekomanduara nga Organizata Ndërkombëtare e Standardeve (ISO) që kanë të bëjnë me

testimin e qëndrueshmërisë së instrumentit [ISO 3685-1977] parasheh për:

### 3.10.1 Instrumentet prej çeliku shpejtprerës dhe qeramike

Kriteret e dështimit të cilat përcaktojnë jetën efektive të instrumentit prej çeliku shpejtprerës ose qeramike janë:

- Dështimi katastrofik
  - $VB = 0.3$  mm nëse konsumi sipas faqes së prapme është i rregullt.
- $VB_{max} = 0.6$  mm nëse konsumi sipas faqes së prapme është i parregullt

### 3.10.2 Instrumentet prej karbideve të sinteruara (WC)

Një nga kriteret në vijim të dështimit rekomandohet:

- $VB = 0.3$  mm.
- $VB_{max} = 0.6$  mm konsumi anësor maksimal, kur konsumi është i parregullt.
- $KT = 0.06 + 0.3 f$ , ku  $f$  është vlera e hapit punues .

Për këtë fazë të testimi, gjerësia mesatare e shiritit të konsumit prej  $VB_{mes}=0,4$  mm është marrë si kriter dështimi i instrumentit. Arsyeja për vendosjen e këtij kriteri është se konsumit nuk ishte i njëtrajtshëm dhe matja është bërë në intervale diskrete (të zgjedhura). Në çdo rast instrumenti është konsideruar se ka dështuar kur konsumi i matur e ka tejkaluar vlerën ( $VB$ ) ka tejkaluar vlerën  $0.4$  mm, pasi që në shumicën e testeve (matjeve) gjerësia maksimale e konsumit sillet në kufit  $0.38-0,42$  mm.

Për çdo provë, përpunimi është ndërpre pas 1-3 minuta për të matur madhësinë e gjerësisë së konsumit  $VB$  ; dmth distancën midis pjesës drejtë të tehut prerës të pakonsumuar dhe dhe kufirit të brezit të konsumit siç tregohet në figurën 3.17.

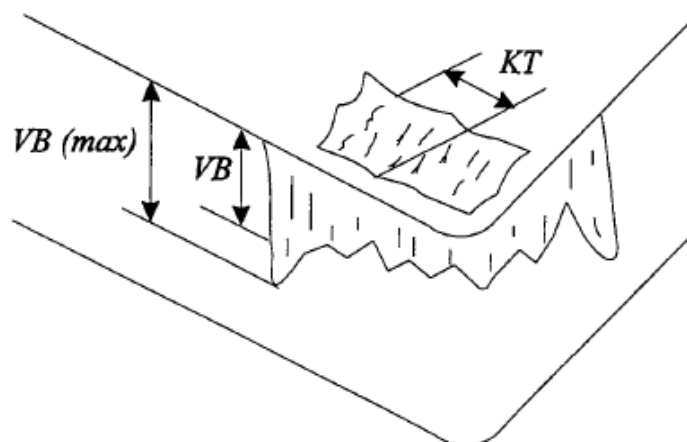


Figura 3.17 Mënyra e matjes së konsumit të instrumentit

Ky interval kohor (1-3 min) është zgjedhur për të monitoruar çdo ndryshim në vlerën e konsumit gjatë fazës së krijimit të shiritit, duke marrë lexim të saktë të konsumit të tehut në intervale të rregullta.

### 3.11 Kriteret për vlerësimin e konsumit

Percaktimi racional i vlerës së funksionit të qëndrueshmerisë së instrumenteve metalprerëse është i pamundur pa ndonjë kriter të besueshëm për vlerësimin e konsumit. Kriteret për vlerësimin e konsumit janë të shumta, me ndihmën e të cilëve caktohet vlera e lejuar e konsumit, si nga ana cilësore ashtu edhe ajo sasiore. Në teorinë e metaleve me heqje ashkle, ekzistojnë këto kriteret të percaktimit të konsumit të instrumenteve metalprerëse:

- kriterii Taylorit,
- kriteri Shlesingerit,
- kriterii normimit të parametrave të konsumit,
- kriterii konsumit optimal,
- kriterii izotopeve radioaktive,
- kriteri teknologjik.

Përparësinë për zbatimin e njërit ose tjetrit kriter e diktojnë prodhimi dhe rrethanat e tjera. Më së shpeshti në praktikë përdoren kriteri i konsumit optimal dhe kriteri teknologjik. Tri kriteret e para bazohen në hulumtime eksperimentale, të cilat është e nevojshme të udhëhiqen në mënyrë të drejtpërdrejt dhe sistematike.

Instrumenti metalprerës ndërrohet atëherë kur i humb vetitë prerëse, ose kur nuk mund të sigurohet niveli i saktësisë së perpunimit të copës punuese.

### 3.11.1 Kriteri i Taylorit

Është kriteri i parë për vlerësimin e konsumit të instrumenteve metalprerëse, vlerësimi i të cilit bëhet në mënyrë eksperimentale.

Pra, pas një kohe të caktuar prerje, kontrollohet faqja e prapme a është konsumuar apo jo. Me rritjen e konsumit, rritet forca e fërkimit në mes faqes së prapme të instrumentit dhe sipërfaqes së copës që përpunohet, si pasojë e së cilës në sipërfaqen e prapme të instrumentit lajmerohet shiriti i ndritshëm, (shkelqyes), i cili dallohet nga pjesa tjetër e sipërfaqes.

Zona e ndritshme në sipërfaqen e prapme, është rezultat i fërkimit të madh dhe shtypjes së instrumentit metalprerës me sipërfaqen që përpunohet. Në momentin kur vërehet zona e ndritshme, duhet të ndërpritet procesi i prerjes sepse instrumenti është para fazës së konsumit intensiv, nëse vazhdon procesi i prerjes më tutje, vjen deri te djegia e shpejtë e instrumentit metalprerës.

### 3.11.2 Kriterit të Shlesinger-it

Sipas kriterit të Shlesinger-it instrumenti metalprerës konsiderohet i konsumuar në momentin kur këndi i prapmë i instrumentit metalprerës është  $a = 0$ , në këtë rast kemi një rritje të theksuar të forcave prerëse.

Instrumenti metalprerës konsiderohet i konsumuar nëse forca tangjenciale e prerjes rritet ( $F_t$  20%), ndërsa forca aksiale e prerjes rritet ( $F_a$  100%). Ky kriter kërkon që gjatë procesit të prerjes në makinat metalprerëse të kemi aparaturë speciale për matjen e forcave prerëse.

### 3.11.3 Kriteri i normimit të parametrave të konsumit

Kriteri i normimit të parametrave të konsumit është më i përshtatshëm për zbatim në prodhimtari, ku më së tepërmi shfrytëzohet. Ky kriter është relativisht ithjeshhtë, lehtë maten parametrat e konsumit të cilët normohen më parë. Me këtë kriter veçanërisht maten parametrat gjatësorë të konsumit të instrumentit metalprerës, edhe atë në rend të parë parametri gjatësor i konsumit në zonën e faqes së prapme të instrumentit metalprerës VB, gjerësia mesatare e zonës së konsumit VBmes, dhe gjatësia maksimale e kanalit në fillim të zonës së konsumit VB<sub>lmax</sub>.

Normat e konsumit (kufitar ose vlerat e lejuara) janë vërtetuar ose vërtetohen në bazë të hulumtimeve të cekura më lartë, në mënyrë sistematike për kushte të caktuara të punës dhe llojit të operacionit.

### 3.11.4 Kriteri i konsumit optimal

Kriteri i konsumit optimal, bazën e parë për këtë kriter e ka dhënë N. Zorev. Qëllimi i këtij kriteri është definimi i vlerës optimale VBo, për të cilën arrihet maksimumi i qëndrueshmërisë së instrumentit prerës, minimumi i shpenzimeve të sistemit përpunues si dhe maksimumi i prodhimtarisë në kushte të caktuara tekniko-ekonomike.

### 3.11.5 Kriterit teknologjik

Sipas Kriterit teknologjik, instrumenti metalprerës konsiderohet i konsumuar gjatë procesit të prerjes në momentin, kur konsumi e arrin vlerën teknologjike të madhësisë së konsumit (edhe pse fizikisht instrumenti mund të vazhdojë ende procesin e prerjes), vlerën për të cilën ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar bie nën vlerën e tolerancës së lejuar.

### 3.12. Kualiteti i sipërfaqes së përpunuar

Gjeometria e copës punuese dhe mikrogjeometria e sipërfaqes së përpunuar e përbëjnë kualitetin (cilësishtë) e sipërfaqes së përpunuar. Gjeometria e copës punuese është e përcaktuar me saktësishtë e përmasave, formës dhe pozitës reciproke të dy ose më shumë sipërfaqeve të copës punuese. Mikrogjeometria e sipërfaqes së përpunuar përcaktohet me ashpërsishtë e sipërfaqes së përpunuar.

Madhësia e ashpërsishtës së sipërfaqes ndikon në: zvoglimin e qëndrueshmërishtë dinamike, në rritjen e fërkimit dhe konsumit të sipërfaqeve të ngarkuara në fërkim, zvoglimin e qëndrueshmërishtë së lidhjeve të salduara. Ashpërsia sipërfaqësore paraqet tërësishtë e parregullsive mikrogjeometrike në sipërfaqen e copës punuese, të shkaktuara me llojin e procesit të përpunimit dhe parametrave të përpunimit.

#### 3.12.1 Nocionet themelore

Nocioni sipërfaqe teknologjike ose inxhinierike nënkupton çdo sipërfaqe të gjeneruar nga një metodë përpunuese si: metodat konvencionale të përpunimit (tornimi, shpimi, frezimi, retifikimi etj.), formësimi dhe metodat jokonvencionale me heqje të materialit ( përpunimi me shkarkim elektrik-EDM, përpunimi me vrushkull uji-WJM, përpunimi me laser).

Sipërfaqja inxhinierike, pas një procesi përpunues përkatës, fiton veti dhe karakteristika të reja në krahasim me atë fillestare, që e përbëjnë atë që ne e quajmë integriteti e sipërfaqes. Ky term i referohet:

- karakteristikave gjeometrike (tekstura, topografia) dhe
- karakteristikave kimiko-fizike, kristalografike dhe vetive mekanike të sipërfaqes, si mikrofortësishtë, sforcimeve të mbetura, deformimeve plastike ose shtresave të thyera, rezistencës ndaj korrozionit etj.

Ky integritet i sipërfaqes i përcaktuar në këtë mënyrë, është i lidhur me procesin e prodhimit, ambientin rrethues, ndërveprimin mes tyre dhe kushteve të punës në sistemin tribologjik.

Gjatë definimit të ndonjë komponente inxhinierike është e rëndësishme të specifikohet shkalla e kualitetit të dëshiruar të komponentes gjegjëse.

Sipërfaqja e gjeneruar gjatë përpunimit si dhe metodave tjera të prodhimit në përgjithësi janë të parregullta dhe komplekse. Nga aspekti praktik, të rëndësishme janë parregullsitë gjeometrike të gjeneruara me metodat e përpunimit, të cilat janë devijime të përsëritura ose të rastit nga sipërfaqja ideale e lëmuar. Këto parregullsi janë të definuara nga lartësitë, distanca (shpërndarja) dhe drejtimi si dhe nga karakteristika të tjera të rastit, të cilat nuk janë të natyrës gjeometrike.

Nocioni i përgjithshëm i përdorur për definimin e këtyre parregullsive të sipërfaqes emërtohet si tekstura e sipërfaqes ose topografia e sipërfaqes të cilat e formojnë modelin e sipërfaqes [22].

### 3.11.2 Parametrat e ashpërsisë

Me aplikimin e procedurave të ndryshme matëse dhe në varësi nga filtri i përdorur, profilet e ndryshme mund të përcaktohen sipas [DIN EN ISO 4287]. Këto janë P- profile ( profile primar, R- profile (profile i ashpërsisë) dhe W-profilin ( profili i valëzimeve) fig. 3.19.

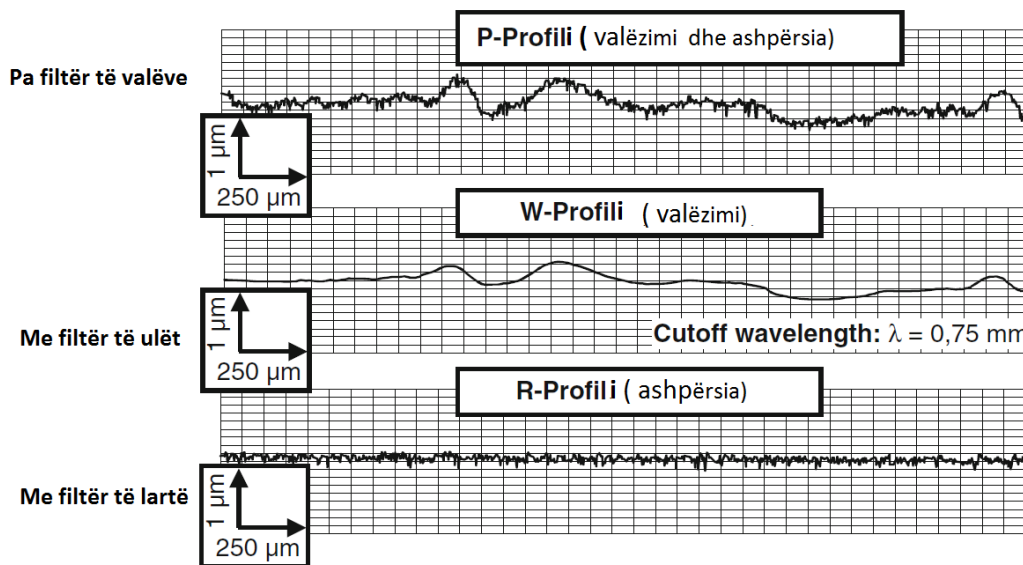


Fig. 3.18 Ndarja e valëzimeve dhe ashpërsisë me ndihmën e filtrit të valëve [23]

*Profili* - paraqet një fetë dy dimensionale nëpërmjet një zone.



*Profili-W (Waviness) i valzimit* - është linja mesatare e gjeneruar nga profili-P sipas filtrit të profilit  $\lambda_c$ .

*Profili-R (profili i ashpërsisë)* - përfaqëson shmangiet e profilit primar nga vijamesatare e filtrit të profilit  $\lambda_c$ . Kur paraqitet profili i ashpërsisë, atëherë linja mesatare është linjë zero.

Parametrat zakonisht përcaktohen nëpërmjet gjatësisë së mostrës (kampionit).

Një vlerësim mesatar i parametrin llogaritet duke marrë mesataren aritmetike të vlerave individuale të gjatësisë së mostrës. Për parametrat e profilin të ashpërsisë numri standard i marrjes së gjatësisë së mostrave është pesë. Për lakesa dhe parametrat gjegjësi baza për llogaritjen e vlerave të parametrave është gjatësia vlerësuese (referente) (DIN EN ISO 4288).

*Filtri i profilin* - e ndanë profilin në komponentet me valë të gjata dhe të shkurta. Filtri i profilin  $\lambda_c$  e ndanë ashpërsinë e profilin nga komponentet me valë të gjata (p.sh. valzimet) DIN EN ISO 11562, ASME B46.1.

*Linja mesatare* –m paraqet lionjën mesatare të profilin ashtu që shumta e katrorëve e distancave të të gjitha pikave nga linja mesatare (m) të jetë minimale  
fig.3.19.

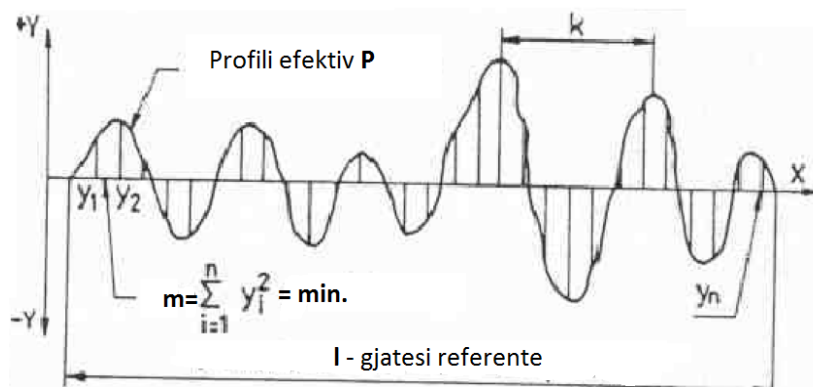


Fig. 3.19 Linja mesatare e profilin [22]

*Profili-R (profili i ashpërsisë)* - përfaqëson shmangiet e profilin primar nga vija mesatare e filtrin të profilin  $\lambda_c$ . Kur paraqitet profili i ashpërsisë, atëherë linja mesatare është linjë zero.

Treguesit themelor të ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar janë dhënë në vazhdim.

### 3.12.3 Shmangia meastare aritmetike e profilin

Në figurën 3.20, është paraqitur në mënyrë skematike shmangia mesatare aritmetike e profilin.

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx. \quad \text{ose} \quad Ra \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|. \quad (3.1)$$

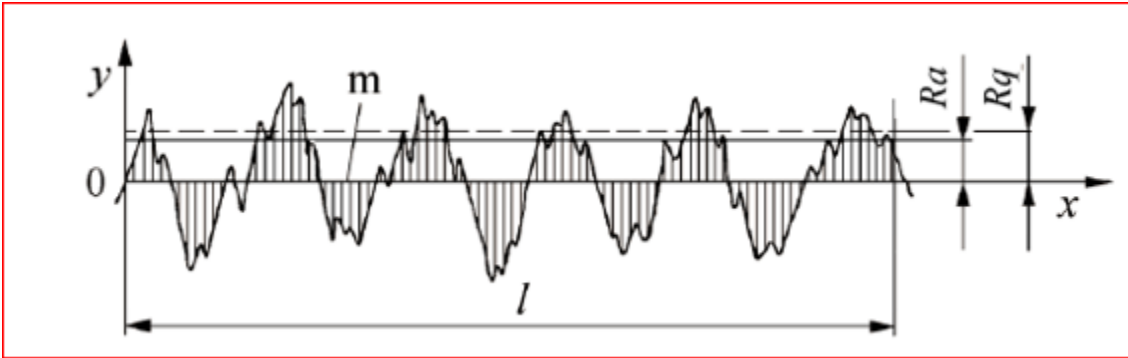


Fig. 3.20 Shmangia mesatare aritmetike e profilin Ra [2]

Lartësia maksimale e profilin Rmax, fig. 3.21, paraqet distancën në mes dy drejtimeve paralele në raport me linjën mestare të profilin, të ngriturën më të madhe dhe lugun më të ulët në kufijtë e gjatësisë referente dhe përcaktohet si [12]:

$$R_{max} = R_p + R_m \quad (3.2)$$

ku janë;

$R_p$  – lartësia maksimale e të ngriturës së profilin ,  $\mu m$

$R_m$  – thellësia maksimale e lugut të profilin,  $\mu m$

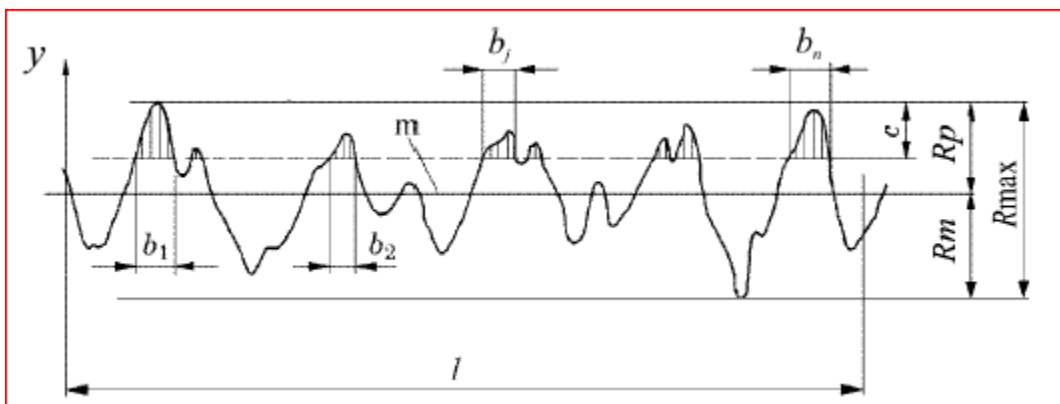


Fig. 3.21 Lartësia maksimale e profilin Rmax [12]

Në ashpërisinë e sipërfaqes ndikojnë numër i madh i faktorëve, e më të rëndësishmit janë: parametrat e përpunimit dhe gjeometria e instrumentit, vecanërisht rrezja e rrumbullakimit të të majës së instrumentit (pllakës prerëse) fig. 3.22.

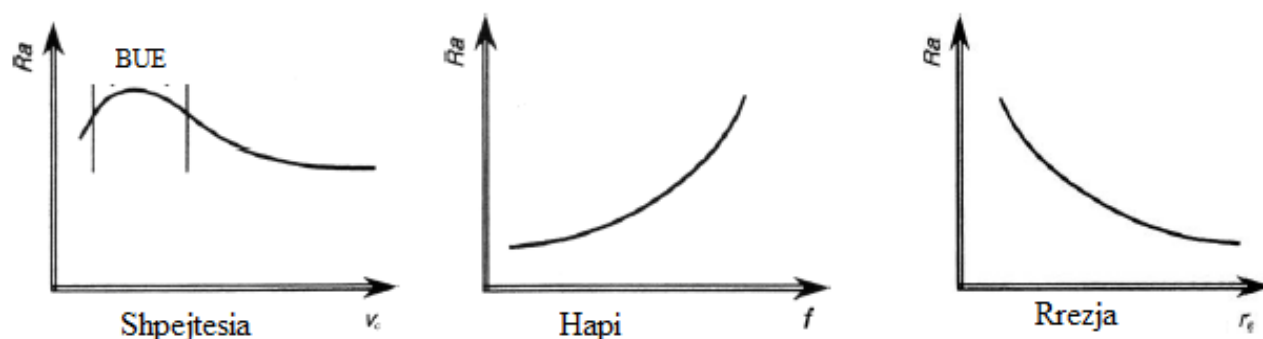


Fig. 3.22 Ndikimi i parametrave të përpunimit dhe rrezës së instrumentit në ashpërisinë Ra

- **Ashpërsia mesatare kuadratike**  $R_q$  ose **RMS (Root Mean Square)**- është rrënja katrore e mesatares së katrorëve të ordinatave të profilit të ashpërsisë. Për sipërfaqet 2D llogaritet sipas formulës:

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx} \quad (3.3)$$

$R_q$  është shumë e ngjashme me  $R_a$ , e cila praktikisht e zëvendëson atë për përdorim të përgjithshëm.

Përdoret për të kontrolluar sipërfaqet shumë të mira në matjet shkencore dhe vlerësimet statistikore.

- Thellësia mesatare e ashpërsisë  $R_z$  - paraqet mesataren aritmetike të vlerave të thellësive të veçanta të ashpërsisë  $R_{zi}$  përgjatë 5 gjatësive referente ( $l_r$ ) të njëpasnjëshme fig.3.23.

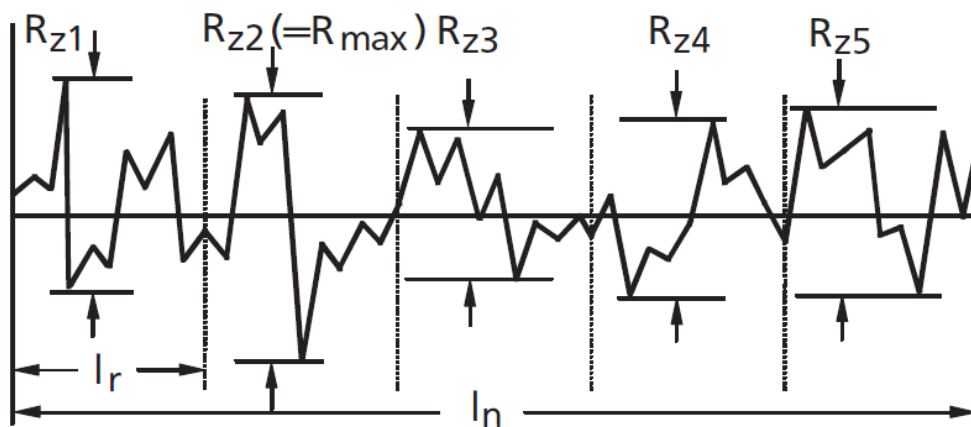


Fig.3.23 Thellësia mesatare e ashpërsisë  $R_z$ .

$$R_z = \frac{1}{n} (R_{z1} + R_{z2} + \dots + R_{zn}) \quad (3.4)$$

## 4.0 BAZAT E TEORISË SË EKSPERIMENTEVE DHE MODELIMIT NUMERIK TË PROCESIVE TË PËRPUNIMIT ME PRERJE

### 4.1 Zhvillimi i teorisë së eksperimenteve

Eksperimenti është një nga metodat themelore njohëse në shkencë dhe teknologji. Shumë ligjshmëri në inxhinieri, fizikë, kimi dhe fusha të tjera të shkencës, janë zhvilluar, testuar dhe provuar me teknikat eksperimentale. Aplikimi i eksperimentit nuk është i kufizuar vetëm në fushat në të cilat studiuesit nuk kanë një themel të fortë teorike dhe analitike. Përkundrazi, shumë shpesh është e nevojshme të kryhen eksperimente edhe kur ekziston një model i qartë teorik i një ligjshmërie të caktuar [17].

Nga ana tjetër, zhvillimi i pajisjeve të teknologjisë informative dhe zgjidhjeve softuerike gjegjëse jo vetëm që ka lehtësuar dhe përshpejtuar procesin e përpunimit të rezultateve eksperimentale por edhe ka futur në praktikën hulumtuese edhe një botë virtuale të eksperimenteve, krejtësisht të re.

Me zhvillimin e modeleve numerike për humtimin e fenomeneve dhe ligjshmërive, është e mundur që eksperimentet të trajtohen në hapësirën e realitetit virtual në të cilën përshkrimi numerik i modeleve reale testohet në një mënyrë të atillë që nuk kërkon shpenzime material dhe kohë të nevojshme si në rastin e eksperimentit real. Megjithatë, është e rëndësishme të dihet se modeli numerik, pa marrë parasysh se cila metodologji e modelimit është aplikuar, metoda e elementeve të fundme (FEM –Finite Element Method), metoda e elementeve kufitare (BEM-Boundary Element Method), etj, duhet të jetë gjithmonë i mbështetur nga testimi eksperimental i modelit të vërtetë.

Një problem shtesë në analizën numerike të procesit të përpunimit me prerje është mënyra e mbledhjes së të dhënave të duhura lidhur me sjelljen e materialeve dhe veglave (instrumenteve) në procesin e përpunimit, cili në këtë është rast mjaft specifik [18].

Në rastin e devijimeve të rëndësishme midis këtyre dy modeleve, rezultatet e eksperimentit, pavarësisht nga ajo që edhe vetë përmbajnë një probabilitet të caktuar të gabimit, pothuajse gjithmonë merren si reference dhe masë për korrigjimin e modeleve numerike.

Avantazhet që modelet numerike i kanë reflektjnë në kosto më të ulët dhe kohëzgjatjen e reduktuar të eksperimenteve të realizuara testimit.

Modeli numerik i konfirmuar nga testet eksperimentale mund të përdoret në vazhdim në mënyrë shumë efektive për të kontrolluar procesin e përshkruar.

Në të kaluarën, pak më shumë se gjysmë shekulli, është zhvilluar teoria matematikore e hulumtimeve eksperimentale (testeve) që synon për të krijuar një mjet të besueshëm për analizën e rezultateve të eksperimentit.

Koncepti qendror sigurisht se është planifikimi i eksperimentit.

Në këtë pjesë sigurisht se është e rëndësishme të përmendet fakti se në studimin e procesit të prerjes sot, kombinimi i hulumtimeve numerike dhe eksperimentale paraqet një metodologjitë hulumtuese-shkencore nga më të efektshme, rëndësia dhe vendi i të cilit në zhvillimin e mëtejshëm të teknologjive prodhuese nuk është i diskutueshëm.

### 4.1.1 Vështrim historik i zhvillimit të eksperimentit

Eksperimenti i planifikuar statistikor është një aspekt i rëndësishëm i zhvillimit të shumicës së produkteve si në aspektin e saj funksional, poashtu edhe nga aspekti i karakteristikave konstruktive dizajnuese e të njëjtit.

Në 30 vitet e fundit janë vënë re përmirësime të rëndësishme të planit të eksperimentit, i cili është rezultat i drejtpërdrejtë dhe intensive i aplikimit eksperiment në repartet e prodhimit.

Në historinë e projektimit të eksperimenteve (DOE- Design Of Experiments) ekzistojnë katër epoka:

- Orijinat bujqësore, vitet 1918-1940-;
  - R. A. Fisher-i & bashkëpunëtorët
  - Ndikim të thellë në shkencën bujqësore
  - Projektimi faktorial, ANOVA
- Epoka e parë industriale, vitet e 1950-1970
  - Box & Vilson, sipërfaqje a përfituar

- Aplikimet në industrinë dhe proceset kimike
- Epoka e dytë industriale, vitet 1970-1990
  - Inicativat për përmirësimin e cilësisë në shumë kompani
  - CQI ( Continuous Quality Improvement) dhe TQM (Total Quality Management) ishin ide të rëndësishme dhe u bënë qëllime menaxhimi
  - Metoda Taguchi dhe dizajni i parametrave, qëndrueshmëria e procesit
- Epoka moderne, e filluar viteve të 1990-ta kur konkurrenca ekonomike dhe globalizimi po nxisin të gjithë sektorët e ekonomisë të jenë më konkurrues.

#### 4.2 Eksperimentet inxhinierike

Nëse do të kishim kohë dhe burime financiare të palimituara sipas të gjitha gjasave nuk do të bëhej bujë e madhe në projektimin dhe realizimin e eksperimenteve të gjata. Në prodhimtari dhe kontrollin e cilësisë ne duam të kontrollojmë gabimet dhe të mësojmë sa më shumë që mundemi në lidhje me procesin ose teorinë themelore mbi burimet në dispozicion. Nga perspektiva inxhinierike ne përqijemi të përdorim eksperimentimin për qëllimet e mëposhtme [19]:

- të shkurtoj kohën e projektimit/zhvillimit të produkteve dhe proceseve të reja
- të përmirësoj performansën e proceseve ekzistuese
- të përmirësoj besueshmërinë dhe performansën e produkteve
- të arrij qëndrueshmërinë e produkteve dhe proceseve
  - të bëj vlerësimin e materialeve, alternativave projektuese, vendosjen e komponenteve dhe sistemit të tolerancave, etj.

Ne gjithmonë duam të rregullojmë dhe përmirësojmë procesin. Në botën e sotme të globalizimit kjo shtysë për konkurrencë ndikon në të gjithë ne edhe si konsumator edhe si prodhues.

Çdo eksperiment i projektuar i posedon hyrjet (inputet, faktorët e kontrollueshëm, faktorët e pakontrollueshëm), të cilët ndikojnë në daljet (outputet) e tij fig.4.1.

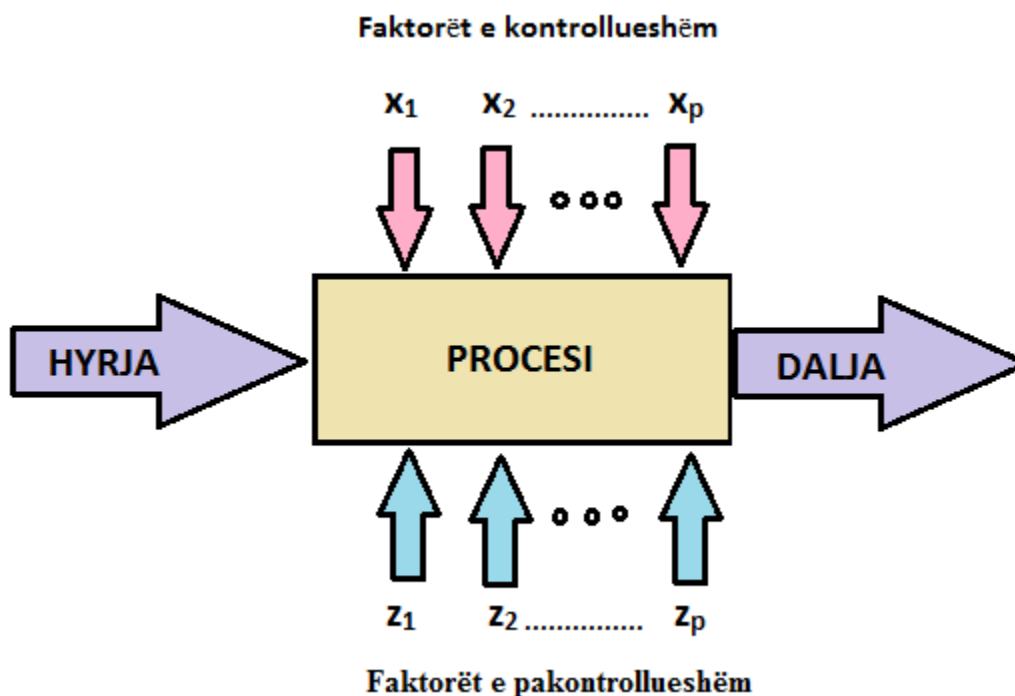


Fig.4.1 Modeli i përgjithshëm i eksperimentit [24]

**Hyrje** në sistem është energjia e investuar, materiali dhe informacioni, dmth.,gjithçka që është e domodoshme për një zhvillim të procesit të sistemit të vështuar.

Për rastin konkret elementet hyrëse do të ishin copa punuese, instrumenti, energjia e shpenzuar në realizimin e të gjitha lëvizjeve të nevojshme, rotullimin e veglës ose copës punuese, zhvendosjen e instrumentit ose copës punuese etj.Hrje në system gjithësesi paraqet edhe informacioni mbi vetitë e copës punuese, zhvendosjen e instrumentit ose copës punuese në bazë të cilave zgjidhen rexhimet e përpunimit,saktësisht definojnë kufijtë elementeve të regjimit të përpunimit të pranueshëm për sistemin e vështruar.

**Dalje** nga sistemi janë energjia, materiali dhe informacioni që përcakton dhe vendos lidhje (relacione) të caktuara mes hyrjes në sistem dhe faktorëve që ndikojnë në të. Meqenëse hipoteza e vendosur është udhëzuese dhe motiv shtyes i hulumtimit, dalja nga sistemi duhet të marr parasysch hipotezën e vendosur që në këtë rast do të thotë lidhmëria (korrelacioni) i konsumit të instrumentit dhe ashpërsisë së sipërfaqes nga parametrat e regjimit të përpunimit si shpejtësia e prerjes, hapi punues dhe thellësia e prerjes.



Sigurisht që produkt përfundimtar i daljes nga sistemi do të jetë modeli i regresionit i cili në mënyrë të përshtatshme (adekuate) ose jo përshtatshme (jo adekuate) të përshkruaj procesin e vëzhguar, që si pasojë mund të ketë pranimin ose refuzimin e hipotezes së vendosur. Faktorët e kontrolluar janë madhësi në sistem, të cilat me një probabilitet të caktuar është e mundur të mbahen brenda kufijve të caktuar për të gjithë kohën e zhvillimit të procesit, gjegjësisht funksionimin e drejtë të sistemit.

Më saktë, ata janë faktorë ndikimi i të cilëve në sistemin është duke u hulumtuar.

**Pengesat-Noise**, janë madhësi të cilat në procesin e vëzhguar nuk i nënshtrohen kontrollit për shumë arsye. Disa nga arsyet janë si psh., pamundësia e kontrollit për shkak të natyrës së shfaqjes së pengesës (ndikimet e motit, lagështia, vibrimet nga ambienti dhe sistemi etj.), mandej ata mund të jenë faktorë të cilët në bazë të njohurive ekzistuese nuk kanë ndikim të rëndësishëm (signifikant) në procesin e vëzhguar dhe si të tillë nuk shqyrtohen si të veçantë. Në disa raste, që është praktikë e qasjes eksperimentale e metodës Taghuchi, këta faktor edhe mund të konkretizohen.

### 4.2.1 Hapat e planifikimit të eksperimentit

Procesi i prerjes është mjaft kompleks dhe varet prej shumë faktorëve, të cilët ende nuk janë studiuar sa duhet. Vetitë fiziko-kimike të materialit, struktura e ndryshuar nëpër shtresat e sipërfaqes që përpunohet si dhe forma e ashklës së prerë për shkak të deformimit plastik në procesin e prerjes, ndryshimi permanent i gjeometrisë së instrumentit metalprerës për shkak të konsumit, fenomeni i rritjes dhe lajmërimi i shtresave oksiduese në tehun kryesor prerës, në masë të madhe ndikojnë në karakteristikat dalëse të procesit të prerjes (qëndrueshmëria e instrumentit metalprerës, ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar, forcat e prerjes, koeficienti i fërkimit në mes të faqeve kontaktuese të instrumentit metalprerës, pjesës që përpunohet dhe koeficientit të shkurtimit të ashklës).

Jostabiliteti i materialit të instrumentit, parametrat e pakontrolluar të mprehjes (mikorgjeometria, rrezja e rrrumbullakimit), ngurtësia e sistemit makinë - copë punuese - instrument metalprerës gjithashtu dukshëm ndikojnë në këto karakteristika dalëse.

Në këtë rast studjuesi nuk hulumton lidhjet funksionale sipas metodës së analizës një faktorëshe, ku vlerat e ndryshoreve të pavarura fiksohen dhe ndryshohen një nga një, duke i majtur vlerat e faktorëve tjerë në nivele konstante, në mënyrë që të përcaktohet ligjshmëria që i intereson.

Me planifikimin e përshtatshëm modern statistikor të eksperimentit është e mundur :

- të përcaktohet ligjshmëria e ndikimit të ndryshimeve të vlerës së faktorëve hyrës në treguesit e karakteristikave dalëse të prodhimit në lëminë e studimit ,
- të përcaktohet ligjshmëria e ndikimit reciprok të ndryshimeve në vlerat e faktorëve,
- të përcaktoj sasinë e ndikimit në bazë të vlerësimeve statistikore të paanshme ,
  
- Të arrihet saktësi të barabartë e paanshme me një numërua më të vogël të eksperimenteve (në krahasim me qasjen klasike ) ,
- optimizimi e parametrave të procesit me zgjedhjen e përshtatshme të modelit dhe metodës së optimizimit,
- Hulumtimi sekuencial i procesit, në të cilin faza tjetër e eksperimentit është planifikuar në bazë të rezultateve të mëparshme është veçanërisht i përshtatshëm në eksperimente gjatë procesit

Hulumtimi sekuencial është veçanërisht i përshtatshëm në eksperimente gjatë zhvillimit të procesit.

Modelet më të zakonshme të planifikimit statistikor të eksperimenteve janë :

1. krahasimi i thjeshtë ,
2. blloqet e rastësishme,
3. kubi latin ,
4. katrorët me më shumë abcd,
5. faktor i rendit të parë ,
6. faktor i rendit të dytë dhe më të lartë ,
- 7, i drejtuar nga procesi i optimizimit .

Deri sa me metodën klasike të eksperimentimit kushti themelor ka qenë ngjashmëria e kushteve eksperimentale, kur ndryshohet vetëm njëri prej faktorëve të pavarur hyrës, metoda matematikore statistikore e planifikimit të eksperimenteve lejon ndryshimin e të gjithë faktorëve hyrës të pavarur në të njëjtin eksperiment.

Në këtë mënyrë dukshëm zvoglohet numri i eksperimenteve, vecanërisht kur hulumtohet ndikimi i një numri më të madh të faktorëve të ndryshueshëm të pavarur.

Kjo metodë, për herë të parë është propozuar në vitin 1951 nga prof. G. Box-i gjatë studimit të optimalizimit të proceseve të teknologjisë kimike, ndërsa në vitin 1964 është aplikuar gjatë hulumtimit të qëndrueshmërisë së instrumentit.

Shumë hulumtues, përveç dukurive të lartpërmendura, procesin e përpunimit me prerje, e paraqesin si sistem të organizuar dobët, sepse mendojnë se hulumtimet mund të arrihen vetëm me metoda statistikore–matematikore.

Në këtë punim është shfrytëzuar metoda statistikore matematikore me shumë faktorë, ku të gjithë faktorët e ndryshueshëm të varur (dalës), janë dhënë në formë të funksionit eksponencial nga të ndryshueshmet e pavarura. Si faktorë të pavarur janë marrë shpejtësia e prerjes ( $v_c$ ), hapi prerës ( $f$ ), thellësia e prerjes ( $a$ ), të cilët ndryshojnë në kufij të caktuar. \

#### 4.3 DEFINIMI PLAN MATRICES SË EKSPERIMENTIT

##### 4.3.1 Shtrimi i problemit

Qëllimi i hulumtimit eksperimental është vendosja e lidhjes ndërmjet konsumit gjegj. qëndrueshmërisë(jetëgjatësisë) së instrumentit metalprerës dhe ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar nga elementet e regjimit të përpunimit shpejtësia e prerjes, hapi dhe thellësia e prerjes gjatë procesit të tornimit.

Hapat praktikë të nevojshëm për planifikimin dhe kryerjen e një eksperimenti përfshijnë:

1. Bazuar në kontekstin e problemit të vendosur, zgjidhen parametrat e interesit për analizë
2. Definohet hipotezë,  $H_0$
3. Definohet hipoteza alternative gjegjëse,  $H_1$
4. Zgjidhet niveli i rëndësisë,signifikansa  $\alpha$
5. DefinohET hipoteza testuese

6. Definohet kufiri i refuzimit të testit, hipotezës
7. Llogaritja e vlerave të parametrave të procesit
8. Vendimi për pranimin ose refuzimin e hipotezës zero. Megjithatë, duhet të dimë se këto hapa janë të lidhura me statistikat teorike, dhe janë pothuajse të gjitha të përfshira në përpunimin e të dhënave në planifikimin e eksperimentit. Kështu që kjo procedurë nuk mund të respektohet plotësisht, por mund të shërbejë si një paraqitje e rendit të aktiviteteve në përgatitjen e planifikimit të eksperimentit.

#### 4. 3.2 Formimi i modelit matematikor

Modelet matematikore empirike supozohen në shumicën e rasteve në formë eksponenciale [26]:

$$P = C_P \cdot Q_1^{z_1} \cdot Q_2^{z_2} \cdot Q_3^{z_3} \cdots Q_k^{z_k} \quad (4.1)$$

Gjegjësisht;

- për qëndrueshmërinë (jetëgjatësinë) e instrumentit prerës:

$$T = C_T \cdot v^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot a^{p_3} \quad (4.1.1)$$

-për ashpërsinë e sipërfaqes:

$$R = C_R \cdot v^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot a^{p_3} \quad (4.1.2)$$

Të gjithë faktorët tjerë të ndryshëm dhe të pavarur (këndet e instrumentit metalprerës dhe mjetet ftohëse) nuk janë marrë në shqyrtim në modelin matematikor (4.2 dhe 4.2.1), sepse konsiderohen konstante në modelin matematikor të caktuar. Për çfarëdo kushti tjetër jepet formë e veçantë e shprehjes (4.1 gjegj. 4.2).

Për të përcaktuar varësinë e qëndrueshmërisë (jetëgjatësisë) së instrumentit nga parametrat e pavarur të prerjes gjatë operacionit të tornimit për materialin e caktuar dhe kushte të përpunimit të caktuara, duhet të fillohet nga ekuacioni i njohur i Frederick W. Taylor-it ( $\approx$ viti 1900) i varësisë së qëndrueshmërisë (jetëgjatësisë) së tehut prerës (T) nga shpejtësia e prerjes [10]:

$$V \cdot T^n = C \tag{4.3}$$

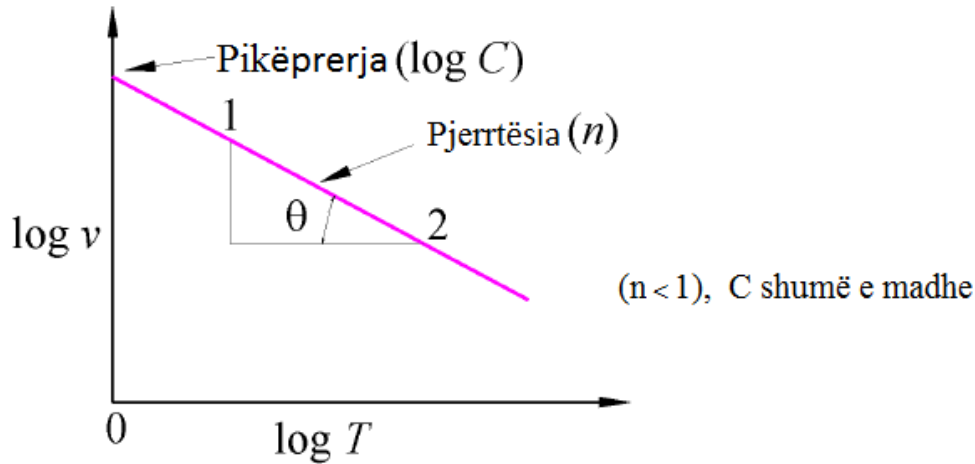


Fig. 4.2 Varësia e qëndrueshmërisë së instrumenti nga shpejtësia e prerjes në koordinatat log-log:

Ku janë;

n- eksponent që varet nga parametrat prerës dhe

C - konstantë

Duke iu referuar formulës origjinale të Taylor-it, shpejtësia e prerjes konsiderohet si i vetmi faktor ndikues në qëndrueshmërinë e instrumentit. Kjo ndodh për arsye formula është fituar duke përdorur çelikun me shumë karbon dhe HSS (High Speed Steel) si materiale për instrumente prerëse. Me zhvillimin e materialeve karbide (MF-metalet e forta) dhe materialeve të tjera, është konstatuar se edhe hapi punues edhe thellësia e prerjes janë gjithashtu të rëndësishëm (signifikant). Si rezultat, formula e Taylor-it është modifikuar duke akomoduar (përfshirë) këto ndryshime si:

$$V_c \cdot T^n f^b a^c = C \tag{4.3.1}$$

Eksponentët b dhe c duhet të përcaktohen në mënyrë eksperimentale për cdo kombinim të kushteve të prerjes. Në praktikë, për materialin e instrumentit HSS janë n=0,17, b=0.77 dhe c=0.37.

Duke aplikuar këta parametra, ekuacioni (4.3.1) për modelin e zgjeruar të Taylor-it mund të shkruhet si:

$$T = C^n V_c^{-\frac{1}{n}} f^{-\frac{b}{n}} a^{-\frac{c}{n}} \quad \text{ose} \quad T = \frac{C_T}{V_c^x \cdot f^y \cdot a^z} \tag{4.4}$$

Ku janë;”

$v_c$ (m/min) shpejtësia e prerjes,

$f$ (mm/rr) hapi,

$a$  (mm) thellësia e prerjes

$C_T$  – konstantë e cila varet kryesisht nga materiali i instrumentit dhe copës punuese si dhe kriteri i konsumit të pranuar WB.

$x, y$  dhe  $z$  – eksponentët e jetëgjatësisë së instrumenti që varen kryesisht nga materiali i instrumentit dhe copës punuese si dhe ambienti përpunues.

Në përgjithësi  $x > x > y$ . [25]

Për caktimin e jetëgjatësisë së instrumentit, në këtë punim është shfrytëzuar ekuacioni (4.4.1), me ç'rast duhet të përcaktohet gjerësia e shiritit të konsumit në sipërfaqen e prapme të instrumentit ( $h$ ) pasi që ajo është kriteri bazë për konsumin e instrumentit prerës.

Për definimin e kompleksit të parametrave lidhur me përpunueshmërinë, më së shpeshti përdoren planet ortogonale shumëfaktorëshe të rendit të parë të formës:

$$N = 2^k + n_0 \quad (4.5)$$

ku janë;

$N$  - numri i tërësishëm i eksperimenteve

$k$ - numri i parametrave të pavarur ( $v, f, a$ )

$N_0$  – numri i eksperimenteve të përsëritura në pikën qendrore të planit për vlerësimin statistikor të gabimit eksperimental si dhe më vonë në bazë të kriterit  $t$  ose  $F$  edhe vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit matematikor.

Në figurën 4.3 është treguar interpretimi grafik i numrit të eksperimenteve nëpërmjet kubit latin [25].

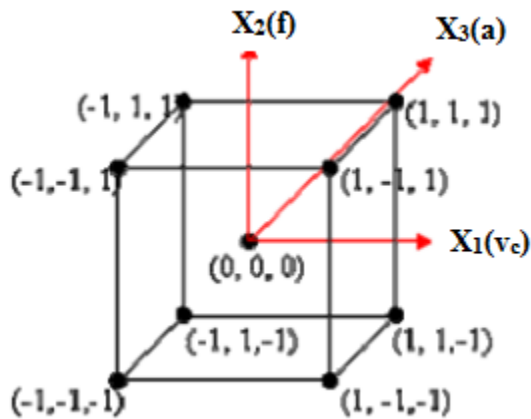


Fig. 4.2 Paraqitja grafike e planit të eksperimenteve [12]

Pikat eksperimentale janë dhënë në majet e simpleksit të rregullt ( figurës më të thjeshtë: në rrafsh trekëndësh, ndërsa në hapsirë tetraedër).

Në këtë rast është e nevojshme që për tre faktorë  $(v_c, f, a)$   $k=3$  dhe  $N_0 = 4$ ,  $N=2^k+4=12$  eksperimente, gjegjësisht nevojitet që për 12 kombinime të vlerës së faktorëve  $(v, f, a)$  të maten vlerat gjegjëse të qëndrueshmërisë (jetëgjatësisë) së instrumentit prerës (T) dhe parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes  $R_a, R_z, R_q$  dhe  $R_t$ . Gjatë kësaj, 4 kombinime të vlerës së faktorëve  $(v, f, a)$  janë identike, gjegjësisht katër herë përsëriten. Tetë kombinimet e tjera të vlerës së faktorëve të pavarur gjinden në kufijt e intervalit të variacionit të këtyre faktorëve.

Para fillimit të realizimit të eksperimentit është e domosdoshme të zgjedhet intervali i variacionit të faktorëve në modelin matematikor 4.1, ( shpejtësisë së prerjes -v, hapit punues- f dhe thellësisë së prerjes - a). Mirëpo gjatë përvetësimit të intervalit të variacionit të faktorëve v, f dhe a duhet të plotësohet kushti që:

$$\begin{aligned}
 V_{mes} &= \sqrt{V_{\min} \cdot V_{\max}} \\
 f_{mes} &= \sqrt{f_{\min} \cdot f_{\max}} \\
 a_{mes} &= \sqrt{a_{\min} \cdot a_{\max}}
 \end{aligned}
 \tag{4.6}$$

Me “linearizimin” e modelit empirik (4.4) dhe (4.1.2) fitohet modeli i rendit të parë:

- a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$\ln T = C_T + x \ln V + y \ln f + z \ln a \quad (4.7.a)$$

b) Për ashpërsinë e sipërfaqes

$$\ln R = C_R + x \ln V + y \ln f + z \ln T \quad (4.7.b)$$

Nëse zëvendësohet me:

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$Y = \ln T; \quad p_0 = \ln C_T; \quad p_1 = x, \quad p_2 = y, \quad p_3 = z, \quad X_1 = \ln V; \quad X_2 = \ln f; \quad X_3 = \ln a$$

b) Për ashpërsinë e sipërfaqes

$$Y = \ln T; \quad p_0 = \ln C_T; \quad p_1 = x, \quad p_2 = y, \quad p_3 = z, \quad X_1 = \ln V; \quad X_2 = \ln f; \quad X_3 = \ln T$$

Kjo formë e “linearizuar” e funksionit të Taylorig (4.7) e merë formën:

$$a) \quad Y_T = p_0 X_0 + p_1 X_1 + p_2 X_2 + p_3 X_3 \quad (4.8a)$$

$$b) \quad Y_R = p_0 X_0 + p_1 X_1 + p_2 X_2 + p_3 X_3 \quad (4.8b)$$

Funksioni i “linearizuar” (4.8a dhe 4.8b) mund të llogaritet në bazë të vlerave të llogaritura të  $\bar{Y}$  me gabimin e matjes ( $\varepsilon$ ) në formën:

$$\bar{Y} - \varepsilon = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \quad (4.9a)$$

$$\bar{Y} - \varepsilon = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \quad (4.9b)$$

ku;

$$X_0 = 1$$

Eksperimenti është planifikuar në bazë të analizës trefaktorëshe duke ndryshuar të gjithë faktorët njëkohësisht:

$$X_1 = V; \quad X_2 = f; \quad X_3 = a \quad (4.10.a)$$

$$X_1 = V; \quad X_2 = f; \quad X_3 = T \quad (4.10.b)$$

Me eksperimentimin dhe përpunimin e të dhënave, është e domosdoshme të caktohen konstanta  $b_0$  dhe koeficientët  $b_1$ ,  $b_2$  dhe  $b_3$  ku se cili faktor ndryshon në tri nivele.



Në këtë mënyrë të kompozimit të planeve shumëfaktorëshe (fig.4.1) shprehet nëpërmjet planit të matricës të formës dhe vetive specifike (tabela 4.1).

Tabela 4.1 Plani matricor i rendit të parë me tre faktorë

Plani eksperimental i rendit të parë tre faktorësh						
Plani matricor i koduar					Madh. matëse	Madh. llogaritura
Nr.	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>i</sub>	Ŷ <sub>i</sub>
1	+1	1	-1	1	Y <sub>1</sub>	Ŷ <sub>1</sub>
2	+1	-1	1	1	Y <sub>2</sub>	Ŷ <sub>2</sub>
3	+1	1	1	-1	Y <sub>3</sub>	Ŷ <sub>3</sub>
4	+1	-1	-1	-1	Y <sub>4</sub>	Ŷ <sub>4</sub>
5	+1	0	0	0	Y <sub>5</sub>	Ŷ <sub>5</sub>
6	+1	0	0	0	Y <sub>6</sub>	Ŷ <sub>6</sub>
7	+1	-1	-1	1	Y <sub>7</sub>	Ŷ <sub>7</sub>
8	+1	1	-1	-1	Y <sub>8</sub>	Ŷ <sub>8</sub>
9	+1	1	1	1	Y <sub>9</sub>	Ŷ <sub>9</sub>
10	+1	-1	1	-1	Y <sub>10</sub>	Ŷ <sub>10</sub>
11	+1	0	0	0	Y <sub>11</sub>	Ŷ <sub>11</sub>
12	+1	0	0	0	Y <sub>12</sub>	Ŷ <sub>12</sub>

Tabela 4.2 Koeficientët e regresionit

Koeficientet e regresionit të shumëfisht	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	Gabimi
Niveli themelor		$X_{01}$	$X_{02}$	$X_{03}$	$S^2(Y)$
Intervali i variacionit		$w_1$	$w_2$	$w_3$	$S(b_1)$
Niveli sipërm		$X_{+1}$	$X_{+2}$	$X_{+3}$	$S(b_2)$
Niveli poshtëm		$X_{-1}$	$X_{-2}$	$X_{-3}$	$S(b_3)$

ku është;

$\hat{Y}$  – vlera e logaritmuar e madhësive të llogaritura,

Nga shprehja (4.9) gabimi i mundshëm gjatë matjes merr formën:

$$\epsilon = \hat{Y} - (b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3) \quad (4.11a)$$

$$\epsilon = \hat{Y} - (b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3) \quad (4.11b)$$

Nëse pikat eksperimentale shpërndahen në at mënyrë në “hiper” hapsirë ashtu që të plotësohen këto kushte në plan-matricën koresponduese:

1. Simetriteti

$$X_{iu} = 0, \quad i=1,2,3,\dots,k \quad (4.12)$$

2. Ortogonaliteti:

$$X_{iu} X_{iu} = 0, \quad i=0, 1,2,3,\dots,k \quad (4.13)$$

3. Normativiteti:

$$X_{iu}^2 = N, \quad i=0, 1, 2, 3, \dots, k \quad (4.14)$$

Atëherë planet e tilla emërohen si plane ortogonale shumëfaktorëshe .

Në krahasim me planet tjera për planet ortogonale është karakteristike:

- a) Shpërndarja e pikave eksperimentale në hapësirën eksperimentale është optimale,
- b) Numri i pikave eksperimentale është minimal
- c) Vëllimi i informacioneve të grumbulluara është maksimal, të gjithë faktorët ndryshohen përnjëherësh, kështu që efekti i secilit faktorë (parametrave të modelit) përcaktohet në bazë të N-rezultateve eksperimentale, e për shkak të kësaj dispersioni i cilës do ( $b_i$ ) do të jetë N-herë më i vogël se numri i eksperimenteve gjegj:

$$\sigma^2(b_i) = N^{-1} \cdot \sigma^2(Y) \quad (4.15)$$

- d) Të gjitha efektet e faktorëve ( $b_i$ ) llogariten në mënyrë të pavarur prej njëri tjetrit dhe pavarësisht nga vlerat e faktorëve të përfshirë me hapësirën shumë faktoriale.
- e) Përpunimi matematik i të dhënave është thjeshtë dhe i shkurtër.

#### 4.4 Përcaktimi i parametrave të modelit

Në bazë të zultateve eksperimentale mund të përcaktohen parametrat e modelit (4.2) në formën e dhënë të funksionit empirik (4.8).

Duke shfytëzuar metodën e katrorëve më të vegjël, bazën e së cilës e përbën tendenca që çdo pikë Y, e fituar në mënyrë eksperimentale, të gjendet sa më afër lakores  $\hat{Y}$  (4.8a dhe 4.8b) – të madhësive të llogaritura, me të cilën aproksimohen shënimet e fituara në mënyrë eksperimentale, por me kusht që shuma e katrorëve të shmangieve ( e madhësive të matura Y nga madhësitë analitike të fituar  $\hat{Y}$ ) të jetë minimale:

$$\Sigma(Y - \hat{Y})^2 = \min \quad (4.16)$$

Gjegj:

$$\sum (\mathcal{E}^2)_{\min} = \sum [Y - (b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3)]^2 = F(b_0, b_1, b_2, b_3)$$

Anën e djathtë të barazimit (4.13) e shënojmë me F (F-funksioni i parametrave të panjohur  $b_0, b_1, b_2$  dhe  $b_3$ ).

Me derivimin e shumës së katrorit të gabimeve F sipas parametrave të panjohur  $b_0, b_1, b_2$  dhe  $b_3$  dhe barazimit me zero ( kushti i ekstremumit-minimumit të funksionit) për n pika eksperimentale do të kemi:

$$\frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_0} = 0 \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_1} = 0 \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_2} = 0 \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_3} = 0 \quad (4.17)$$

Gjegj.

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_0} &= -2 \sum [ Y - (b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3) ] X_0 = 0 \\ \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_1} &= -2 \sum [ Y - (b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3) ] X_1 = 0 \\ \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_2} &= -2 \sum [ Y - (b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3) ] X_2 = 0 \\ \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_3} &= -2 \sum [ Y - (b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3) ] X_3 = 0 \end{aligned} \quad (4.18)$$

Me rregullimin e shprehjes (4.18), fitohet sistemi i barazimeve:

$$\begin{aligned} \sum Y &= n b_0 + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + b_3 \sum X_3; \\ \sum X_1 Y &= b_0 \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + b_3 \sum X_1 \cdot X_3; \\ \sum X_2 Y &= b_0 \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2 + b_3 \sum X_2 \cdot X_3; \\ \sum X_3 Y &= b_0 \sum X_3 + b_1 \sum X_1 X_3 + b_2 \sum X_2 X_3 + b_3 \sum X_3^2; \end{aligned} \quad (4.19)$$

Nëse bëhet zëvendësimi për  $\sum$  me  $a_{ij}$  në barazimin (4.19) fitohet:

$$\begin{aligned} B_0 &= b_0 a_{11} + b_1 a_{12} + b_2 a_{13} + b_3 a_{14} \\ B_1 &= b_0 a_{21} + b_1 a_{22} + b_2 a_{23} + b_3 a_{24} \\ B_2 &= b_0 a_{31} + b_1 a_{32} + b_2 a_{33} + b_3 a_{34} \\ B_3 &= b_0 a_{41} + b_1 a_{42} + b_2 a_{43} + b_3 a_{44} \end{aligned} \quad (4.20)$$

Duke shfrytëzuar elementet e algjibrës lineare (matricore) sistemi i ekuacioneve paraprake mund të shkruhet më shkurtë si produkt i dy matricave:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \quad (4.21)$$

$$b = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} \quad (4.22)$$

$$B = \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} \quad (4.23)$$

ose

$$A \cdot b = B \quad (4.24)$$

Me zgjedhje të përshtatshme të ndryshoreve të eksperimentit, ekuacionet paraprake dukshëm mund të thjeshtohen, ndërsa zgjidhja e tyre të shpejtohet.

Për shkak të thjeshtëzimit të punës me modelet matematikore të linearizuara në vend të madhësive natyrore futen madhësitë e koduara në tri nivele: -1, 0 dhe +1 nëpërmjet ekuacioneve të transformimit.

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \left[ 1 + 2 \frac{(\ln v - \ln v_{max})}{\ln v_{max} - \ln v_{min}} \right] \\
 X_2 &= \left[ 1 + 2 \frac{(\ln f - \ln f_{max})}{\ln f_{fmax} - \ln f_{min}} \right] \\
 X_3 &= \left[ \left[ 1 + 2 \frac{(\ln a - \ln a_{max})}{\ln a_{max} - \ln a_{min}} \right] \right]
 \end{aligned}
 \tag{4.22}$$

Prej të cilave për shkak të kushteve (4.6) do të rrjedh:

$$\begin{aligned}
 v &= v_{max}; X_1 = +1, \\
 v &= v_{mes}; X_1 = 0, \\
 v &= v_{min}; X_1 = -1, \\
 \\
 f &= f_{max}; X_1 = +1, \\
 f &= f_{mes}; X_1 = 0, \\
 f &= f_{min}; X_1 = -1, \\
 \\
 a &= a_{max}; X_1 = +1, \\
 a &= a_{mes}; X_1 = 0, \\
 a &= a_{min}; X_1 = -1,
 \end{aligned}
 \tag{4.23}$$

Në tabelën 4.3.1 dhe 4.3.2 janë dhënë rezultatet e kodimit për vlerat konkrete të parametrave të regjimit të përpunimit të cilat kodohen gjatë realizimit të eksperimentit.

Tabela 4.3.1 Niveli i vlerave të regjimit të përpunimit për qëndrueshmërinë e instrumentit

Niveli i eksperimentit, pozita e madhësisë së pavarur	Shpejtësia $V_c$	Hapi $f$	thellësi $a$	Kodi i madhësisë së normuar		
	[m/s]	[mm/rr]	[mm]	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Niveli maksimal	2.67	0.285	1.5	+1	+1	+1
Niveli mesatar	2.22	0.214	0.85	0	0	0
Niveli minimal	1.83	0.178	0.5	-1	-1	-1

#### 4.3.2 Regjimet e përpunimit për ashpërsinë e sipërfaqes

Niveli i madhësisë së pavarur	Shpejtësia	Hapi	Qëndrueshmëria (jetëgjatësia)	Kodi i madhësisë së normuar		
	$v$ [m/s]	$f$ [mm/rr]	$T$ [s]	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Niveli minimal	1.83	0.178	2100	-1	-1	-1
Niveli mesatar	2.22	0.214	3400	0	0	0
Niveli maksimal	2.67	0.285	5500	1	1	1

Sa i përket rendit të realizimit të eksperimentit, matricat janë kompozuar asisoj që me randomizim fitohen matrica ortogonale të cilat mundësojnë që duke u shumëzuar me matricën vetanake të transponuar fitohet matrica diagonale.

Në bazë të kësaj fitohet:

$$(\mathbf{X}^T \cdot \mathbf{X})^{-1} = \begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8 \end{bmatrix} \quad (4.24)$$

Duke u bazuar në këtë, zgjidhja e sistemit prej katër ekuacioneve normale (4.17 ) dhe (4.18 ) dukshëm thjeshtëzohet.

Matrica inverse (4.24 ), duke qenë diagonale do të jetë:

$$(\mathbf{X}^T \cdot \mathbf{X})^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{8} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{8} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{8} \end{bmatrix} \quad (4.25)$$

Sipas kësaj, shprehjet për parametrat e panjohur  $b_0, b_1, b_2$  dhe  $b_3$  në formën matricore do të jenë:

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = (\mathbf{X}^T \cdot \mathbf{X})^{-1} \cdot (\mathbf{X}^T) \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_{12} \end{bmatrix} \quad (4.26)$$

Gjegjësisht

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{8} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{8} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{8} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} +1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1 \\ +1-1+1-1+0+0-1+1-1-1+0+0 \\ -1+1+1-1+0+0-1-1+1+1+0+0 \\ +1+1-1-1+0+0+1-1+1-1+0+0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \\ Y_5 \\ Y_6 \\ Y_8 \\ Y_9 \\ Y_{10} \\ Y_{11} \\ Y_{12} \end{bmatrix} \quad (4.27)$$



Ose në formën skalare nga barazimi (4.27) llogariten konstantat  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  dhe  $b_3$  në këtë formë:

$$b_0 = \frac{1}{N}(Y_i) = \frac{1}{12}(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12}) \quad (4.28)$$

$$b_i = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^8 (Y_i)$$

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^8 (Y_i) = \frac{1}{8} (+Y_1 - Y_2 + Y_3 - Y_4 - Y_5 + Y_6 + Y_7 - Y_8) \quad (4.29)$$

$$b_2 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^8 (Y_i) = \frac{1}{8} (-Y_1 + Y_2 + Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 + Y_7 + Y_8)$$

$$b_3 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^8 (Y_i) = \frac{1}{8} (+Y_1 + Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 - Y_6 + Y_7 - Y_8)$$

ku është;  $Y_i = \ln T$  gjegjë.,  $Y_i = \ln R$ , ndërsa indeksi e tregon numrin e eksperimentit.

Për dekodimin e konstantes  $b_0$  dhe koeficientet  $b_1, b_2, b_3$  në ekuacionin (4.9), zëvendësohen vlerat e  $X$ -it.

Pas zëvendësimit fitohet barazimi:

$$Y_T = b_0 + b_1 \cdot \left[ 1 + 2 \frac{\ln v - \ln v_{max}}{\ln v_{max} - \ln v_{min}} \right] + b_2 \left[ 1 + 2 \frac{\ln s - \ln f_{max}}{\ln f_{max} - \ln f_{min}} \right] + b_3 \left[ 1 + 2 \frac{\ln a - \ln a_{max}}{\ln a_{max} - \ln a_{min}} \right] \quad (4.30a)$$

$$Y_R = b_0 + b_1 \cdot \left[ 1 + 2 \frac{\ln v - \ln v_{max}}{\ln v_{max} - \ln v_{min}} \right] + b_2 \left[ 1 + 2 \frac{\ln s - \ln f_{max}}{\ln f_{max} - \ln f_{min}} \right] + b_3 \left[ 1 + 2 \frac{\ln a - \ln T_{max}}{\ln a_{max} - \ln T_{min}} \right] \quad (4.30b)$$

Nëse zëvendësohet:

$$A_1 = \frac{2}{\ln v_{max} - \ln v_{min}}; \quad A_2 = \frac{2}{\ln f_{max} - \ln f_{min}}; \quad A_3 = \frac{2}{\ln a_{max} - \ln a_{min}} \quad (4.31a)$$

$$A_1 = \frac{2}{\ln v_{max} - \ln v_{min}}; \quad A_2 = \frac{2}{\ln f_{max} - \ln f_{min}}; \quad A_3 = \frac{2}{\ln T_{max} - \ln T_{min}} \quad (4.31b)$$

Me zëvendësimin e shprehjes (4.31) në shprehjen (4.20) fitohet:

$$\begin{aligned} X_1 &= A_1 \ln v - A_1 \ln v_{max} + 1 \\ X_2 &= A_2 \ln f - A_2 \ln f_{max} + 1 \\ X_3 &= A_3 \ln a - A_3 \ln a_{max} + 1 \end{aligned} \quad (4.32a)$$

$$\begin{aligned} X_1 &= A_1 \ln v - A_1 \ln v_{max} + 1 \\ X_2 &= A_2 \ln f - A_2 \ln f_{max} + 1 \\ X_3 &= A_3 \ln a - A_3 \ln T_{max} + 1 \end{aligned} \quad (4.32b)$$

Nëse zëvendësojmë me:

$$\begin{aligned} a_1 &= 1 - A_1 \ln v_{max}; \\ a_2 &= 1 - A_2 \ln f_{max}; \\ a_3 &= 1 - A_3 \ln a_{max} \end{aligned} \quad (4.33a)$$

$$\begin{aligned} a_1 &= 1 - A_1 \ln v_{max}; \\ a_2 &= 1 - A_2 \ln f_{max}; \\ a_3 &= 1 - A_3 \ln T_{max} \end{aligned} \quad (4.33a)$$

Me zëvendësimin e (4.33) në shprehjen (4.32) fitohet:

$$\begin{aligned} X_1 &= A_1 \ln v + a_1 \\ X_2 &= A_2 \ln s + a_2 \\ X_3 &= A_3 \ln a + a_3 \end{aligned} \quad (4.34a)$$

$$\begin{aligned} X_1 &= A_1 \ln v + a_1 \\ X_2 &= A_2 \ln s + a_2 \\ X_3 &= A_3 \ln T + a_3 \end{aligned} \quad (4.34b)$$

Me zëvendësimin e  $X_1$ ,  $X_2$ , dhe  $X_3$  në shprehjen (4.9a dhe 4.9b) fitohet:

$$\bar{Y}_T = b_0 + b_1(A_1 \ln v + a_1) + b_2(A_1 \ln f + a_2) + b_{21}(A_1 \ln a + a_3) \quad (4.35a)$$

$$\bar{Y}_R = b_0 + b_1(A_1 \ln v + a_1) + b_2(A_1 \ln f + a_2) + b_{21}(A_1 \ln a + a_3) \quad (4.35b)$$

Nëse zëvendësohen me:

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 \quad \text{dhe} \quad (4.36)$$

$$p_1 = A_1 \cdot b_1, \quad p_2 = A_2 \cdot b_2 \quad p_3 = A_3 \cdot b_3 \quad (4.37)$$

Me zëvendësimin e (4.36. dhe (4.37) në (4.35) fitohet:

$$\bar{Y}_T = p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln a \quad (4.38a)$$

$$\bar{Y}_R = p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln T \quad (4.38b)$$

Me antilogaritimin e shprehjes (4.38) fitohet varësia e kërkuar në koordinatat logaritmike.

$$T = e^{p_0} \cdot v^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot a^{p_3} \quad (4.39a)$$

$$R = e^{p_0} \cdot v^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot T^{p_3} \quad (4.39b)$$

ku janë:

$$\begin{aligned} C_v &= \exp(p_0) \\ Y &= T = \exp(\bar{Y}) \end{aligned} \quad (4.40a)$$

$$\begin{aligned} C_v &= \exp(p_0) \\ Y &= R = \exp(\bar{Y}) \end{aligned} \quad (4.40b)$$

**4.5 Përcaktimi empirik i varësisë së qëndrueshmërisë së instrumentit prerës  $T = f(v_c, f, a)$  nga parametrat e përpunimit dhe ashpërsisë së sipërfaqes nga parametrat e përpunimit dhe qëndrueshmëria e instrumentit  $R = f(v_c, f, T)$**

Për përcaktimin e kriterit të përpunueshmërisë të çelikut EN8 nëpërmjet funksionit të qëllimit (4.4) është realizuar seria prej 12 eksperimenteve të suksesshme sipas (fig. 4.2), gjegjësisht planit matricor (tabela 4.3a dhe 4.3b) me vlerat e regjimit të përpunimit të dhënë në tabelën 4.2a dhe 4.2b, vlerat e matura eksperimentale 4.4a dhe 4.4b.

**4.2a Regjimet e përpunimit për qëndrueshmërinë e instrumentit**

Niveli i madhësisë së pavarur	Shpejtësia	Hapi	Thellësia	Kodi i madhësisë së normuar		
	v[m/s]	f[mm/rr]	a[mm]	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Niveli minimal	1.83	0.178	0.5	-1	-1	-1
Niveli mesatar	2.22	0.214	0.85	0	0	0
Niveli maksimal	2.67	0.285	1.5	1	1	1

**4.2.b Regjimet e përpunimit për ashpërsinë e sipërfaqes**

Niveli i madhësisë së pavarur	Shpejtësia	Hapi	Qëndrueshmëria (jetëgjatësia)	Kodi i madhësisë së normuar		
	v[m/s]	f[mm/rr]	T[s]	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Niveli minimal	1.83	0.178	2100	-1	-1	-1
Niveli mesatar	2.22	0.214	3400	0	0	0
Niveli maksimal	2.67	0.285	5500	1	1	1

Në tabelën 4.b tek regjimet e përpunimit të ashpërsisë, si parametër i tretë është marrë qëndrueshmëria e instrumentit prerës (në vend të thellësisë së prerjes  $a_p$ , e cila mbetet konstante  $a_p=0.85$  mm) nga tabela 4.2a me tri nivele të ndryshme ( $T_{min}=2100$  s,  $T_{mes}=3400$  s dhe  $T_{max}=5500$  s).

4.3a Plani matricor i koduar për qëndrueshmërinë e instrumentit

	Plani matricor i koduar				T [s]
	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	
1	1	+1	-1	+1	2000
2	1	-1	+1	+1	2200
3	1	+1	+1	-1	5500
4	1	-1	-1	-1	2580
5	1	0	0	0	2300
6	1	0	0	0	3000
7	1	-1	-1	+1	2900
8	1	+1	-1	-1	2100
9	1	+1	+1	+1	3400
10	1	-1	+1	-1	2200
11	1	0	0	0	2540
12	1	0	0	0	2500

Tabela 4.3b Plani matricor i koduar për ashpërsinë e sipërfaqes

	Plani matricor i koduar				Ra	Rz	Rq	Rt
	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	[ $\mu$ m]	[ $\mu$ m]	[ $\mu$ m]	[ $\mu$ m]
1	1	+1	-1	+1	2.124	8.546	2.154	16.872
2	1	-1	+1	+1	5.328	22.346	5.195	25.865

**PUNIM DIPLOME - MASTER**

---

3	1	+1	+1	-1	3.213	13.132	3.734	29.932
4	1	-1	-1	-1	4.023	18.346	4.423	20.763
5	1	0	0	0	3.542	14.168	3.884	17.786
6	1	0	0	0	2.843	11.372	3.127	13.174
7	1	-1	-1	+1	3.552	13.132	3.873	12.398
8	1	+1	-1	-1	1.463	5.988	1.6	10.886
9	1	+1	+1	+1	5.168	20.822	5.143	8.876
10	1	-1	+1	-1	2.561	10.244	2.542	32.286
11	1	0	0	0	2.543	10.273	2.842	15.964
12	1	0	0	0	2.876	11.423	3.153	16.324

Tabela 4.4a Vlerat e matura eksperimentale për qëndrueshmërinë e instrumentit

PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME TRE FAKTORË				
Nr.	NDRYSHORET E PAVARURA			VLERAT EKSPERIMENTALE TË MATURA
	$v_c$ (m/s)	$f$ (mm/rr)	$a$ (mm)	T [s]
1	2.67	0.178	1.5	2500
2	1.83	0.285	1.5	2000
3	2.67	0.285	0.5	2200
4	1.83	0.178	0.5	5500
5	2.22	0.214	1	2580
6	2.22	0.214	1	2300
7	1.83	0.178	1.5	3000
8	2.67	0.178	0.5	2900
9	2.67	0.285	1.5	2100

10	1.83	0.285	0.5	3400
11	2.22	0.214	1	2200
12	2.22	0.214	1	2540

Tabela 4.4b Vlerat e matura eksperimentale për parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes

PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME TRE FAKTORË							
	NDRYSHORET E PAVARURA			VLERAT EKSPERIMENTALE TË MATURA			
Nr.	$v_c$ (m/s)	$f$ (mm/rr)	T(s)	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Rq [ $\mu\text{m}$ ]	Rt [ $\mu\text{m}$ ]
1	2.67	0.178	5500	2.124	8.546	2.154	16.872
2	1.83	0.285	5500	5.328	22.346	5.195	25.865
3	2.67	0.285	2100	3.213	13.132	3.734	29.932
4	1.83	0.178	2100	4.023	18.346	4.423	20.763
5	2.22	0.214	3400	3.542	14.168	3.884	17.786
6	2.22	0.214	3400	2.843	11.372	3.127	13.174
7	1.83	0.178	5500	3.552	13.132	3.873	12.398
8	2.67	0.178	2100	1.463	5.988	1.6	10.886
9	2.67	0.285	5500	5.168	20.822	5.143	8.876
10	1.83	0.285	2100	2.561	10.244	2.542	32.286
11	2.22	0.214	2100	2.543	10.273	2.842	15.964
12	2.22	0.214	2100	2.876	11.423	3.153	16.324

Tabela 4.5a Vlerat e logaritmuara të qëndrueshmërisë së instrumentit

Nr. rendor	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura	
	T [s]	$Y=\ln T$	T [s]	$\hat{Y}=\ln T$

1	2500	7.824	2287.2	7.73506
2	2000	7.6009	2215	7.70302
3	2200	7.6962	2284.1	7.73373
4	5500	8.6125	4316.5	8.37021
5	2580	7.8555	2762.9	7.92405
6	2300	7.7407	2762.9	7.92405
7	3000	8.0064	3094.2	8.03728
8	2900	7.9725	3190.7	8.06799
9	2100	7.6497	1637.3	7.4008
10	3400	8.1315	3090.1	8.03595
11	2200	7.6962	2762.9	7.92405
12	2540	7.8399	2762.9	7.92405
	SHUMA	94.626	SHUMA	94.7802

Tabela 4.5b Vlerat e logaritmuara të parametrit të ashpërsisë Ra

Nr. rendor	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura	
	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	$Y=\ln Ra$	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	$\hat{Y}=\ln Ra$
1	2.124	0.753301	2.55597	0.93843
2	5.328	1.672976	5.35603	1.67822
3	3.213	1.167205	2.66933	0.98183



4	4.023	1.392028	2.47626	0.90675
5	3.542	1.264692	2.93996	1.0784
6	2.843	1.04486	2.93996	1.0784
7	3.552	1.267511	3.56366	1.27079
8	1.463	0.380489	1.77605	0.57439
9	5.168	1.642486	3.84151	1.34586
10	2.561	0.940398	3.72171	1.31418
11	2.543	0.933344	2.93996	1.0784
12	2.876	1.0564	2.93996	1.0784
	SHUMA	13.51569		13.324

Tabela 4.5c Vlerat e logaritmuara të parametrit të ashpërsisë Rz

Nr. rendor	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura	
	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	$Y=\ln Rz$	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	$\hat{Y}=\ln Rz$
1	8.546	2.145463	10.06637	2.14546
2	22.346	3.106647	21.29048	3.10665
3	13.132	2.575052	11.02114	2.57505
4	18.346	2.909412	10.34513	2.90941
5	14.168	2.650986	11.91777	2.65099
6	11.372	2.431154	11.91777	2.43115

7	13.132	2.575052	14.18352	2.57505
8	5.988	1.789757	7.342179	1.78976
9	20.822	3.03601	15.11035	3.03601
10	10.244	2.326692	15.52878	2.32669
11	10.273	2.329519	11.91777	2.32952
12	11.423	2.435629	11.91777	2.43563
	SHUMA	30.31137		30.3114

Tabela 4.5d Vlerat e logaritmuara të parametrin të ashpërsisë Rq

Nr. rendor	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura	
	Rq [ $\mu\text{m}$ ]	$Y=\ln Rq$	Rq [ $\mu\text{m}$ ]	$\hat{Y}=\ln Rq$
1	2.154	0.76733	2.739117	1.00764
2	5.195	1.6477	5.341776	1.67556
3	3.734	1.31748	2.921722	1.07217
4	4.423	1.48682	2.75947	1.01504
5	3.884	1.35687	3.157714	1.14985
6	3.127	1.14007	3.157714	1.14985
7	3.873	1.35403	3.717419	1.31303
8	1.612	0.47748	2.033268	0.70964
9	5.143	1.63764	3.935997	1.37016

10	2.542	0.93295	3.965243	1.37757
11	2.842	1.04451	3.157714	1.14985
12	3.153	1.14835	3.157714	1.14985
	SHUMA	14.3112		14.1402

Tabela 4.5e Vlerat e logaritmuara të parametrin të ashpërsisë Rt

Nr. rendor	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura	
	Rt [ $\mu\text{m}$ ]	$Y=\ln R_t$	Rt [ $\mu\text{m}$ ]	$\hat{Y}=\ln R_t$
1	15.124	2.7163	18.09379	2.895569
2	37.296	3.6189	37.59325	3.626825
3	22.491	3.1131	18.73565	2.930428
4	28.161	3.3379	17.38056	2.855352
5	24.794	3.2106	20.68991	3.029646
6	19.901	2.9908	20.68991	3.029646
7	24.864	3.2134	25.11985	3.223659
8	10.241	2.3264	12.51919	2.527262
9	36.176	3.5884	27.07835	3.298735
10	17.927	2.8863	26.01097	3.258518
11	18.543	2.9201	20.68991	3.029646
12	20.132	3.0023	20.68991	3.029646

	SHUMA	36.925		36.73493
--	-------	--------	--	----------

#### 4.5.1 Llogaritja e koeficientëve të regresionit

Llogaritja e koeficienteve të regresionit bëhet në bazë të ekuacioneve (4.28 dhe 4.29) dhe të dhënave nga tabelat 4.4a dhe 4.4b si dhe tabelat 4.5a dhe 4.5e, ku fitohen:

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit:

$$b_0 = \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = \frac{1}{12}(94.626) = 7.885505 \quad (4.28.1a)$$

$$b_1 = \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(-1.209) = -0.166 \quad (4.29.1a)$$

$$b_2 = \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{8}(-1.337) = -0.167 \quad (4.29.2a)$$

$$b_3 = \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(-1.332) = -0.166 \quad (4.29.3a)$$

b) Për ashpërsinë e sipërfaqes së përpunuar (Ra):

$$b_0 = \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = \frac{1}{12}(13.516) = 1.1263 \quad (4.28.1b)$$

$$b_1 = \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(-1.329) = -0.166 \quad (4.29.1b)$$

$$b_2 = \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{8}(1.63) = 0.204 \quad (4.29.2b)$$

$$b_3 = \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(1.456) = 0.182 \quad (4.29.3b)$$

c) Për ashpërsinë e sipërfaqes së përpunuar (Rz):

$$b_0 = \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = \frac{1}{12}(30.31) = 2.5259 \quad (4.28.1c)$$

$$b_1 = \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(-1.37) = -0.171 \quad (4.29.1c)$$

$$b_2 = \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{8}(-1.37) = 0.203 \quad (4.29.2c)$$

$$b_3 = \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(1.6247) = 0.1578 \quad (4.29.3c)$$

d) Për ashpërsinë e sipërfaqes së përpunuar (Rq):

$$b_0 = \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = \frac{1}{12}(14.31) = 1.1926 \quad (4.28.1d)$$

$$b_1 = \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(-1.22) = -0.153 \quad (4.29.1d)$$

$$b_2 = \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{8}(1.4501) = 0.181 \quad (4.29.2d)$$

$$b_3 = \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(1.192) = 0.149 \quad (4.29.3d)$$

e) Për ashpërsinë e sipërfaqes së përpunuar (Rt):

$$b_0 = \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = \frac{1}{12}(36.92) = 3.077 \quad (4.28.1e)$$

$$b_1 = \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(-1.312) = -0.164 \quad (4.29.1e)$$

$$b_2 = \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{8}(1.6127) = 0.202 \quad (4.29.2e)$$

$$b_3 = \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(1.4732) = 0.1842 \quad (4.29.3e)$$

Me zëvendësimin konstantës  $b_0$  dhe koeficientëve të regresionit  $b_1, b_2$  dhe  $b_3$  në modelin linear matematikor të formës së koduar (4.8) fitohen modelet empirike të koduara lineare të formës (4.8.1):

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$Y = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 7.885505 - 0.151 \cdot X_1 - 0.167 X_2 - 0.1666 \cdot X_3 \quad (4.8.1a)$$

b) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Ra)

$$Y = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 1.1263 - 0.166 \cdot X_1 + 0.204 \cdot X_2 + 0.18256 \cdot X_3 \quad (4.8.1b)$$

c) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rz)

$$Y = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 2.5259 - 0.171 \cdot X_1 + 0.203 \cdot X_2 + 0.1578 X_3 \quad (4.8.1c)$$

d) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rq)

$$Y = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 1.1926 - 0.153 \cdot X_1 + 0.181 \cdot X_2 + 0.149 \cdot X_3 \quad (4.8.1d)$$

e) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rt)

$$Y = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 3.077 - 0.164 \cdot X_1 + 0.202 \cdot X_2 + 0.1842 \cdot X_3 \quad (4.8.1e)$$

#### **4.5.2 Dekodimi i modelit matematikor**

Për dekodimin e konstantes  $b_0$  dhe koeficientet  $b_1, b_2,$  dhe  $b_3$  duhet të zëvendësohen vlerat reale (të dekoduar) të madhësive hyrëse sipas niveleve nga tabela 4.3a dhe 4.3b :

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$V_{1\max} = X_{1\max} = 2.67 \quad f_{2\max} = X_{2\max} = 0.285$$

$$a_{3\max} = X_{3\max} = 1.5$$

$$V_{1\min} = X_{1\min} = 1.83 \quad f_{2\min} = X_{2\min} = 0.178$$

$$a_{3\min} = X_{3\min} = 0.5$$

b) Për ashpërsinë e sipërfaqes së përpunuar

$$V_{1\max} = X_{1\max} = 2.67 \quad f_{2\max} = X_{2\max} = 0.285$$

$$a_{3\max} = X_{3\max} = 5500$$

$$V_{1\min} = X_{1\min} = 1.83 \quad f_{2\min} = X_{2\min} = 0.178$$

$$a_{3\min} = X_{3\min} = 2100$$

në ekuacionet (4.31 dhe 4.33) fitohen shprehjet (4.31a; 4.31.b dhe 4.33a; 4.33b):

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$A_1 = \frac{2}{\ln \frac{X_{1\max}}{X_{1\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{2.67}{1.83}} = 5.294332$$

$$A_2 = \frac{2}{\ln \frac{X_{2\max}}{X_{2\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{0.285}{0.178}} = 4.248940044 \quad (4.31.a)$$

$$A_3 = \frac{2}{\ln \frac{X_{3\max}}{X_{3\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{1.5}{0.5}} = 1.820478$$

b) Për ashpërsinë e sipërfaqes së përpunuar

$$A_1 = \frac{2}{\ln \frac{X_{1\max}}{X_{1\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{2.67}{1.83}} = 5.294332$$

$$A_2 = \frac{2}{\ln \frac{X_{2\max}}{X_{2\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{0.285}{0.178}} = 4.248940044 \quad (4.31.b)$$

$$A_3 = \frac{2}{\ln \frac{X_{3\max}}{X_{3\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{5500}{2100}} = 2.0773$$

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$a_1 = 1 - A_1 \cdot \ln \cdot X_{1\max} = 1 - 5.294 \cdot \ln 2.67 = -4.19945$$

$$a_2 = 1 - A_2 \cdot \ln \cdot X_{2\max} = 1 - 4.249 \cdot \ln 0.285 = 6.333550392 \quad (4.33.a)$$

$$a_3 = 1 - A_3 \cdot \ln \cdot X_{3\max} = 1 - 1.82048 \cdot \ln 1.5 = 0.26186$$

a) Për ashpërsinë e sipërfaqes së përpunuar

$$a_1 = 1 - A_1 \cdot \ln \cdot X_{1\max} = 1 - 5.294 \cdot \ln 2.67 = -4.19945$$

$$a_2 = 1 - A_2 \cdot \ln \cdot X_{2\max} = 1 - 4.249 \cdot \ln 0.285 = 6.333550392 \quad (4.33.b)$$

$$a_3 = 1 - A_3 \cdot \ln \cdot X_{3\max} = 1 - 2.0773 \cdot \ln 5500 = -16.89$$

Me zëvendësimin e vlerave të shprehjeve (4.31a; 4.31b) dhe 4.33; 4.33b) në ekuacionet (4.36a deri 4.36e) dhe (4.37 deri 4.37e) fitohen vlerat e  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $p_2$  dhe  $p_3$ :

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 7.4179678 \quad (4.36a)$$

$$p_1 = A_1 \cdot b_1 = -0.8$$



$$p_2 = A_2 \cdot b_2 = -0.71 \quad (4.37a)$$

$$p_3 = A_3 \cdot b_3 = -0.303$$

b) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Ra)

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 0.0401 \quad (4.36b)$$

$$p_1 = A_1 \cdot b_1 = -0.88$$

$$p_2 = A_2 \cdot b_2 = 0.866 \quad (4.37b)$$

$$p_3 = A_3 \cdot b_3 = 0.378$$

c) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rz)

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 1.867181649 \quad (4.36c)$$

$$p_1 = A_1 \cdot b_1 = -0.90766$$

$$p_2 = A_2 \cdot b_2 = 0.862916 \quad (4.37c)$$

$$p_3 = A_3 \cdot b_3 = 0.327754$$

d) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rq)

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 0.46531 \quad (4.36d)$$

$$p_1 = A_1 \cdot b_1 = -0.81$$

$$p_2 = A_2 \cdot b_2 = 0.77 \quad (4.37d)$$

$$p_3 = A_3 \cdot b_3 = 0.31$$

e) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rt)

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 1.93227 \quad (4.36e)$$

$$p_1 = A_1 \cdot b_1 = -0.87$$

$$p_2 = A_2 \cdot b_2 = 0.857 \quad (4.37e)$$

$$p_3 = A_3 \cdot b_3 = 0.3836.9052$$

Me zëvendësimin e (4.36a deri 4.36.e dhe 4.37a deri 4.37e) në ekuacionin (4.38) fitohen ekuacionet empirike të kërkuara të qëndrueshmërisë së instrumentit prerës dhe parametrave të ashpërsisë në koordinata logaritmike:

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$\overline{Y_T} = p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln a = 7.4179678 - 0.80003 \ln V_c - 0.71f - 0.303 \ln a \quad (4.38.a)$$

b) Për parametrin e ashpërsisë (Ra)

$$\overline{Y_{Ra}} = p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln a = 0.04005 - 0.88 \ln V_c + 0.866f + 0.378 \ln T \quad (4.38b)$$

c) Për parametrin e ashpërsisë (Rz)

$$\overline{Y_{Rz}} = p_0 + p_1 \ln v_c + p_2 \ln f + p_3 \ln a = 1.86718 - 0.91 \ln V_c + 0.863f + 0.328 \ln T \quad (4.38c)$$

d) Për parametrin e ashpërsisë (Rq)

$$\overline{Y_{Rq}} = p_0 + p_1 \ln v_c + p_2 \ln f + p_3 \ln a = 0.46531 - 0.8 \ln V_c + 0.77f + 0.3 \ln T \quad (4.38.d)$$

e) Për parametrin e ashpërsisë (Rt)

$$\overline{Y_{Rt}} = p_0 + p_1 \ln v_c + p_2 \ln f + p_3 \ln a = 1.93227 - 0.87 \ln V_c + 0.857f + 0.383 \ln T \quad (4.38e)$$

Me antilogaritmin e shprehjeve (4.38.a deri 4.38e) fitohen varësitë e kërkuaar në formë eksponenciale:

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$T = C_T \cdot V_c^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot a^{p_3} \quad (4.39.a)$$

ku janë;

$$C_T = \exp(p_0) = \exp(7.4179678) = 1665.6451$$

$$\bar{Y} = \ln T \text{ gjegj.}, T = \exp(\bar{Y})$$

b) Për parametrin e ashpërsisë (Ra)

$$R_a = C_{R_a} \cdot V_c^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot T^{p_3} \quad (4.39b)$$

ku janë;

$$C_{R_a} = \exp(p_0) = \exp(0.04005) = 1.0409$$

$$\bar{Y} = \ln R_a \text{ gjegj.}, R_a = \exp(\bar{Y})$$

c) Për parametrin e ashpërsisë (Rz)

$$R_z = C_{R_z} \cdot V_c^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot T^{p_3} \quad (4.39c)$$

ku janë;

$$C_{R_z} = \exp(p_0) = \exp(1.8671816) = 6.47$$

$$\bar{Y} = \ln R_z \text{ gjegj.}, R_z = \exp(\bar{Y})$$

d) Për parametrin e ashpërsisë (Rq)

$$R_q = C_{Rq} \cdot V_c^{P_1} \cdot f^{P_2} \cdot T^{P_3} \quad (4.39d)$$

ku janë;

1.592504

$$C_{Rq} = \exp(p_0) = \exp(0.46531) = 1.5925$$

$$\bar{Y} = \ln R_q \text{ gjegj.}, R_q = \exp(\bar{Y})$$

e) Për parametrin e ashpërsisë (Rt)

$$R_t = C_{Rt} \cdot V_c^{P_1} \cdot f^{P_2} \cdot T^{P_3} \quad (4.39e)$$

ku janë;

$$C_{Rt} = \exp(p_0) = \exp(1.93227) = 6.9052$$

$$\bar{Y} = \ln R_t \text{ gjegj.}, R_t = \exp(\bar{Y})$$

Forma e dekoduar e ekuacioneve do të jetë si në shprehjet (4.40a deri 4.40e):

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$T = 1665.6451 \cdot v^{-0.80003} \cdot f^{-0.71} \cdot a^{-0.303} \quad (4.40.a)$$

ose

$$T = \frac{1665.6451}{v_c^{-0.80003} \cdot f^{-0.71} \cdot a^{-0.303}} \quad (4.40.1a)$$

b) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Ra)

$$R_a = 1.0409 \cdot V_c^{-0.88} \cdot f^{0.866} \cdot T^{0.378} \quad (4.40b)$$

c) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rz)

$$R_z = 6.47 \cdot V_c^{-0.90766} \cdot f^{0.8629} \cdot T^{0.3278} \quad (4.40c)$$

d) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rq)

$$R_q = 1.5925 V_c^{-0.81} \cdot f^{0.77} \cdot T^{0.31} \quad (4.40d)$$

e) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rt)

$$R_t = 6.9052 \cdot V_c^{-0.87} \cdot f^{0.857} \cdot T^{0.383} \quad (4.40e)$$

Vlerat e llogaritura të qëndrueshmërisë së instrumentit dhe parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes sipas funksioneve parashikuese të fituara (4.40a deri 4.40e), për 12 rastet (pikat) e eksperimentit janë dhënë si më poshtë dhe vendosur në tabelat (4.5a deri 4.5e).

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$T_{1(+1-1+1)} = \frac{1665.6451}{2.67^{-0.80003} \cdot 0.178^{-0.71} \cdot 1.5^{-0.303}} = 2287.2[s] \quad (4.40.1a)$$

$$T_{2(-1+1+1)} = \frac{1665.6451}{1.83^{-0.80003} \cdot 0.285^{-0.71} \cdot 1.5^{-0.303}} = 2215[s] \quad (4.40.2a)$$

$$T_{3(+1+1-1)} = \frac{1665.6451}{2.67^{-0.80003} \cdot 0.285^{-0.71} \cdot 1.5^{-0.303}} = 2284.1[s] \quad (4.40.3a)$$

$$T_{4(-1-1-1)} = \frac{1665.6451}{1.83^{-0.80003} \cdot 0.178^{-0.71} \cdot 0.5^{-0.303}} = 4316.5[s] \quad (4.40.4a)$$

$$T_{5((0,0,0))} = T_{6((0,0,0))} = \frac{1665.6451}{2.22^{-0.80003} \cdot 0.214^{-0.71} \cdot 3400^{-0.303}} = 2762.9[s] \quad (4.40.5a)$$

$$T_{7(-1-1+1)} = \frac{1665.6451}{1.83^{-0.80003} \cdot 0.178^{-0.71} \cdot 1.5^{-0.303}} = 3094.2[s] \quad (4.40.7a)$$

$$T_{8(+1-1-1)} = \frac{1665.6451}{2.67^{-0.80003} \cdot 0.178^{-0.71} \cdot 0.5^{-0.303}} = 3190.7[s] \quad (4.40.8a)$$

$$T_{9(+1+1+1)} = \frac{1665.6451}{2.67^{-0.80003} \cdot 0.285^{-0.71} \cdot 1.5^{-0.303}} = 1637.3[\text{s}] \quad (4.40.9a)$$

$$T_{10(-1+1-1)} = \frac{1665.6451}{1.83^{-0.80003} \cdot 0.285^{-0.71} \cdot 0.5^{-0.303}} = 3090.1[\text{s}] \quad (4.40.10a)$$

$$T_{11((0,0,0))} = T_{12(0,0,0)} = \frac{1665.6451}{2.22^{-0.80003} \cdot 0.214^{-0.71} \cdot 3400^{-0.303}} = 2762.9[\text{s}]$$

(4.40.11a)

b) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Ra)

$$R_{a1(+1-1+1)} = 1.0409 \cdot 2.67^{-0.88} \cdot 0.178^{0.866} \cdot 5500^{0.378} = 2.556 \quad (4.40.1b)$$

$$R_{a2(-1+1+1)} = 1.0409 \cdot 1.83^{-0.88} \cdot 0.285^{0.866} \cdot 5500^{0.378} = 5.356 \quad (4.40.2b)$$

$$R_{a3(+1+1-1)} = 1.0409 \cdot 2.67^{-0.88} \cdot 0.285^{0.866} \cdot 2100^{0.378} = 2.6693 \quad (4.40.3b)$$

$$R_{a4(-1-1-1)} = 1.0409 \cdot 1.83^{-0.88} \cdot 0.178^{0.866} \cdot 2100^{0.378} = 2.4763 \quad (4.40.4b)$$

$$R_{a5(0,0,0)} = R_{a6(0,0,0)} = 1.0409 \cdot 2.22^{-0.88} \cdot 0.214^{0.866} \cdot 3400^{0.378} = 2.939 \quad (4.40.5b)$$

$$R_{a7(-1-1+1)} = 1.0409 \cdot 1.83^{-0.88} \cdot 0.178^{0.866} \cdot 5500^{0.378} = 3.56366 \quad (4.40.7b)$$

$$R_{a8(+1-1-1)} = 1.0409 \cdot 2.67^{-0.88} \cdot 0.178^{0.866} \cdot 2100^{0.378} = 1.77605 \quad (4.40.8b)$$

$$R_{a9(+1+1+1)} = 1.0409 \cdot 2.67^{-0.88} \cdot 0.285^{0.866} \cdot 5500^{0.378} = 3.84151 \quad (4.40.9b)$$

$$R_{a10(-1-1-1)} = 1.0409 \cdot 1.83^{-0.88} \cdot 0.178^{0.866} \cdot 2100^{0.378} = 3.72171 \quad (4.40.10b)$$

$$R_{a11(0,0,0)} = R_{a12(0,0,0)} = 1.0409 \cdot 2.22^{-0.88} \cdot 0.214^{0.866} \cdot 3400^{0.378} = 2.939 \quad (4.40.11b)$$

c) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rz)

$$R_{z1(+1-1+1)} = 1.6327 \cdot 2.67^{-0.98651} \cdot 0.178^{0.8844} \cdot 5500^{0.3362} = 10.066 \quad (4.40.1c)$$

$$R_{z2(-1+1+1)} = 1.6327 \cdot 2.67^{-0.98651} \cdot 0.285^{0.8844} \cdot 5500^{0.3362} = 21.29 \quad (4.40.2c)$$

$$R_{z3(+1+1-1)} = 1.6327 \cdot 2.67^{-0.98651} \cdot 0.285^{0.8844} \cdot 2100^{0.3362} = 11.021 \quad (4.40.3c)$$

$$R_{z4(-1-1-1)} = 1.6327 \cdot 1.83^{-0.98651} \cdot 0.178^{0.8844} \cdot 2100^{0.3362} = 10.345 \quad (4.40.4c)$$

$$R_{z5(0,0,0)} = R_{z6(0,0,0)} = 1.6327 \cdot 2.22^{-0.98651} \cdot 0.214^{0.8844} \cdot 3400^{0.3362} = 11.918 \quad (4.40.5c)$$

$$R_{z7(-1-1+1)} = 1.6327 \cdot 1.83^{-0.98651} \cdot 0.178^{0.8844} \cdot 5500^{0.3362} = 14.18 \quad (4.40.7c)$$

$$R_{z8(+1-1-1)} = 1.6327 \cdot 2.67^{-0.98651} \cdot 0.178^{0.8844} \cdot 2100^{0.3362} = 7.3422 \quad (4.40.8c)$$

$$R_{z9(+1+1+1)} = 1.6327 \cdot 2.67^{-0.98651} \cdot 0.285^{0.8844} \cdot 5500^{0.3362} = 15.11 \quad (4.40.9c)$$

$$R_{z10(-1-1-1)} = 1.6327 \cdot 1.83^{-0.98651} \cdot 0.285^{0.8844} \cdot 2100^{0.3362} = 15.529 \quad (4.40.10c)$$

$$R_{z11(0,0,0)} = R_{z12(0,0,0)} = 1.6327 \cdot 2.22^{-0.98651} \cdot 0.214^{0.8844} \cdot 3400^{0.3362} = 11.918 \quad (4.40.11c)$$

d) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rq)

$$R_{q1(+1-1+1)} = 1.5925 \cdot 2.67^{-0.81} \cdot 0.178^{0.77} \cdot 5500^{0.31} = 2.7391 \quad (4.40.1d)$$

$$R_{q2(-1+1+1)} = 1.5925 \cdot 1.83^{-0.81} \cdot 0.285^{0.77} \cdot 5500^{0.31} = 5.3418 \quad (4.40.2d)$$

$$R_{q3(+1+1-1)} = 1.5925 \cdot 2.67^{-0.81} \cdot 0.285^{0.77} \cdot 2100^{0.31} = 2.9217 \quad (4.40.3d)$$

$$R_{q4(-1-1-1)} = 1.5925 \cdot 1.83^{-0.81} \cdot 0.178^{0.77} \cdot 2100^{0.31} = 2.7595 \quad (4.40.4d)$$

$$R_{q5(0,0,0)} = R_{q6(0,0,0)} = 1.5925 \cdot 2.22^{-0.81} \cdot 0.214^{0.77} \cdot 3400^{0.31} = 3.1577 \quad (4.40.5d)$$

$$R_{q7(-1-1+1)} = 1.5925 \cdot 2.67^{-0.81} \cdot 0.178^{0.77} \cdot 5500^{0.31} = 3.7366763 \quad (4.40.7d)$$

$$R_{q8(+1-1-1)} = 1.5925 \cdot 2.67^{-0.81} \cdot 0.178^{0.77} \cdot 5500^{0.31} = 1.9209281 \quad (4.40.8d)$$

$$R_{q9(+1+1+1)} = 1.5925 \cdot 2.67^{-0.81} \cdot 0.178^{0.77} \cdot 5500^{0.31} = 3.95638621 \quad (4.40.9d)$$

$$R_{q10(-1-1-1)} = 1.5925 \cdot 2.67^{-0.81} \cdot 0.178^{0.77} \cdot 5500^{0.31} = 3.98578459 \quad (4.40.10d)$$

$$R_{q11(0,0,0)} = R_{q12(0,0,0)} = 1.6327 \cdot 2.22^{-0.98651} \cdot 0.214^{0.8844} \cdot 3400^{0.3362} = 3.113679 \quad (4.40.11d)$$

e) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes (Rt)

$$R_{t1(+1-1+1)} = 6.9052 \cdot 2.67^{-0.87} \cdot 0.178^{0.857} \cdot 5500^{0.383} = 18.094 \quad (4.40.1e)$$

$$R_{t2(-1+1+1)} = 6.9052 \cdot 1.83^{-0.87} \cdot 0.285^{0.857} \cdot 5500^{0.383} = 37.593 \quad (4.40.2e)$$

$$R_{t3(+1+1-1)} = 6.9052 \cdot 2.67^{-0.87} \cdot 0.285^{0.857} \cdot 2100^{0.383} = 18.736 \quad (4.40.3e)$$

$$R_{t4(-1-1-1)} = 6.9052 \cdot 1.83^{-0.87} \cdot 0.178^{0.857} \cdot 2100^{0.383} = 17.381 \quad (4.40.4e)$$

$$R_{t5(0,0,0)} = R_{t6(0,0,0)} = 6.9052 \cdot 2.22^{-0.87} \cdot 0.214^{0.857} \cdot 3400^{0.383} = 20.69 \quad (4.40.5be)$$

$$R_{t7(-1-1+1)} = 6.9052 \cdot 1.83^{-0.87} \cdot 0.178^{0.857} \cdot 5500^{0.383} = 25.12 \quad (4.40.7e)$$

$$R_{t8(+1-1-1)} = 6.9052 \cdot 2.67^{-0.87} \cdot 0.178^{0.857} \cdot 2100^{0.383} = 12.519 \quad (4.40.8e)$$

$$R_{t9(+1+1+1)} = 6.9052 \cdot 2.67^{-0.87} \cdot 0.285^{0.857} \cdot 5500^{0.383} = 27.078 \quad (4.40.9e)$$



$$R_{t10(-1-1-1)} = 6.9052 \cdot 1.83^{-0.87} \cdot 0.178^{0.857} \cdot 2100^{0.383} = 26.011$$

(4.40.10e)

$$R_{t11(0,0,0)} = R_{t12(0,0,0)} = 6.9052 \cdot 2.22^{-0.87} \cdot 0.214^{0.857} \cdot 3400^{0.383} = 20.69 \quad (4.40.11e)$$

## 4.6 Analiza dispersive

### 4.6.1 Vlerësimi i signifkancës së parametrave të modelit

Për vlerësimin e signifkancës (rëndësisë) së parametrave të modelit mund të shfrytëzohet çdonjëri nga dy kriteret e njohura:

Kriteri t- i Student-it ose F- Fischer-it, meqenëse ekziston varshmëria e formës:

$$F(1,f) = t^2(f) \quad (4.41)$$

Vlerësimi i signifkancës sipas kriterit-F është paraqitur në tabelën 4.7.

Sipas këtij kriteri duhet të plotësohet kushti [27]:

$$F_{Ri} = \frac{S_i^2}{S^2_E} > F_t, \quad (4.42)$$

ku janë:

$F_{Ri}$  – vlera e llogaritur e kriterit-F për parametrin e i-të,

$S^2_i$  - dispersionsi i parametrin të i-të,

$S^2_E$  -dispersionsi i rezultateve në pikën zerro,

$F_t$  - Vlera tabelare e kriterit –F e cila sipas kriterëve të dhëna ( $F_{LF}=1$ ,  $f_E=3$ ) atëherë  $F_t=10.1$  [28].

Dispersioni i parametrave të modelit është:

$$S_i^2 = \frac{S_{b_i}}{f_i} \quad (4.43)$$

Ku është:

$$S_i^2 = \frac{S_{b_i}}{f_i}$$

$$S_{b_i} = b_i \cdot \sum_{u=1}^N X_{iu} Y_u = N_i \cdot b_i, \quad i=0, 1, 2, 3 \quad (4.44)$$

Ku për  $i=0$ ,  $N=12$ , ndërsa për  $i=1,2,3$  -  $N_i=8$ ; shkallët e lirisë  $f_i = F_{LF} = 1$ .

Tabela 4.7 Shprehjet për llogaritjen e analizës disperzive

Burimi i variacionit	Shkallët e lirisë $f_i$	Shuma e katrorëve S	Dispersioni $S^2$	Marrëdhënia disprrsive $F_R$
$b_0$	$f_0=1$	$S_{b_0}=Nb_0^2$	$S_0^2 = \frac{S_0}{f_0}$	$F_{R0} = \frac{S_0^2}{S_E^2}$
$b_1$	$f_1=1$	$S_{b_1}=Nb_1^2$	$S_1^2 = \frac{S_1}{f_1}$	$F_{R1} = \frac{S_1^2}{S_E^2}$
$b_2$	$f_2=1$	$S_{b_2}=Nb_2^2$	$S_2^2 = \frac{S_2}{f_2}$	$F_{R2} = \frac{S_2^2}{S_E^2}$
$b_k$	$F_k=1$	$S_{b_k}=Nb_k^2$	$S_k^2 = \frac{S_k}{f_k}$	$F_{Rk} = \frac{S_k^2}{S_E^2}$
Shuma reziduale	$f_{Ri} = N - k - 1$	$S_R = \sum_{u=0}^{n_0} \left( Y_{eu} - Y_{pu}^* \right)^2 = \sum_{u=0}^{n_0} Y_{0u}^2 - N \sum_{u=0}^k b_i^2$	$S_R^2 = \frac{S_R}{f_R}$	<p>janë</p> <p>Koeficientet significant nëse <math>F_{Ri} &gt; F_t</math></p>
Shuma e përgjithshme	$f_u = N$	$S_u = \sum_{u=0}^{n_0} Y_u^2$	$S_U^2 = \frac{S_U}{f_U}$	

Gabimet e eksperimenteve	$f_{Ei} = n_0 - 1$	$S_E = \sum_{u=0}^{n_0} \left( Y_{0m} - \bar{Y}_{0p} \right)^2 = \sum_{u=0}^{n_0} Y_{0m}^2 - \frac{1}{n_0} \left( \sum_{u=0}^{n_0} Y_{0u} \right)^2$	$S_E^2 = \frac{S_E}{f_E}$	
Adekuatshmëria e modelit	$f_{LF} = f_L - f_E$	$S_{LF} = S_L - S_E$	$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}}$	$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2}$

Llogaritjet e nevojshme për analizën dispersive për modelet matematikore parashikuese të qëndrueshmërisë së instrumentit (T) dhe parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes Ra, Rz, Rq dhe Rt sipas ekuacioneve 4.39a deri 4.39e janë dhënë në tabelat 4.6a deri 4.6e.

Tabela 4.6a Llogaritjet për analizën dispersive për qëndrueshmërinë e instrumentit T

Nr.	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura (parashikuara)		(Y - $\hat{Y}$ )	(Y - $\hat{Y}$ ) <sup>2</sup>
	Te [s]	Yp=lnTe	Tp [μm]	$\hat{Y} = \ln Tp$		
1	2500	7.824046	2287.15	7.735062	0.088984	0.00791817
2	2000	7.600902	2215.033	7.703022	-0.10212	0.010428499
3	2200	7.696213	2284.099	7.733727	-0.03751	0.001407312
4	5500	8.612503	4316.541	8.37021	0.242294	0.058706255
5	2580	7.855545	2762.932	7.924048	-0.0685	0.00469266
6	2300	7.740664	2762.932	7.924048	-0.18338	0.033629423
7	3000	8.006368	3094.197	8.037284	-0.03092	0.000955802
8	2900	7.972466	3190.676	8.067988	-0.09552	0.009124436
9	2100	7.649693	1637.295	7.400801	0.248892	0.061947151
10	3400	8.131531	3090.068	8.035949	0.095582	0.009135959
11	2200	7.696213	2762.932	7.924048	-0.22784	0.051908801
12	2540	7.839919	2762.932	7.924048	-0.08413	0.007077572

	$\Sigma$	94.62606	$\Sigma$	94.78023	$\Sigma$	0.256932039
--	----------	----------	----------	----------	----------	-------------

\*Te-eksperimentale; Tp- parashikuar gjegj. e llogaritur (predictive)

Tabela 4.6b Llogaritjet për analizën dispersive të parametrin të aspërsisë Ra

Nr.	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura		$(Y - \hat{Y})$	$(Y - \hat{Y})^2$
	$R_{ae} [\mu m]$	$Y = \ln R_{ae}$	$R_{aP} [\mu m]$	$\hat{Y} = \ln R_{aP}$		
1	2.124	0.7533	2.5559675	0.93843	-0.1851	0.03427
2	5.328	1.67298	5.3560276	1.67822	-0.0052	2.8E-05
3	3.213	1.16721	2.6693268	0.98183	0.18538	0.03437
4	4.023	1.39203	2.4762622	0.90675	0.48528	0.23549
5	3.542	1.26469	2.9399592	1.0784	0.1863	0.03471
6	2.843	1.04486	2.9399592	1.0784	-0.0335	0.00112
7	3.552	1.26751	3.563662	1.27079	-0.0033	1.1E-05
8	1.463	0.38049	1.7760511	0.57439	-0.1939	0.0376
9	5.168	1.64249	3.841507	1.34586	0.29662	0.08798
10	2.561	0.9404	3.7217134	1.31418	-0.3738	0.13972
11	2.543	0.93334	2.9399592	1.0784	-0.1451	0.02104
12	2.876	1.0564	2.9399592	1.0784	-0.022	0.00048
	$\Sigma$	13.5157	$\Sigma$	13.324	$\Sigma$	0.62682

\*Rae-eksperimentale; Rap- parashikuar gjegj. e llogaritur (predictive)

Tabela 4.6c Llogaritjet për analizën dispersive të parametrit të aspërsisë Rz

Nr.	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura		$(Y - \hat{Y})$	$(Y - \hat{Y})^2$
	$R_{zE}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$Y = \ln R_{zE}$	$R_{zP}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$\hat{Y} = \ln R_{zP}$		
1	8.546	2.145463	10.06637	0.890723083	-0.2358	0.02680989 5
2	22.346	3.106647	21.29048	1.679702408	-0.00673	0.00234133 8
3	13.132	2.575052	11.02114	0.98330613	0.183899	0.03070799 7
4	18.346	2.909412	10.34513	0.939659696	0.515227	0.32820961 7
5	14.168	2.650986	11.91777	1.073993011	0.190699	0.02991353 8
6	11.372	2.431154	11.91777	1.073993011	-0.02913	0.00219739 7
7	13.132	2.575052	14.18352	1.263389529	0.004121	0.00593341 3
8	5.988	1.789757	7.342179	0.56699325	-0.1865	0.04156634
9	20.822	3.03601	15.11035	1.307035963	0.33545	0.10280372 2
10	10.244	2.326692	15.52878	1.355972576	-0.41557	0.17305840 9
11	10.273	2.329519	11.91777	1.073993011	-0.14065	0.02205566 5
12	11.423	2.435629	11.91777	1.073993011	-0.01759	0.00179790 6
	$\Sigma$	30.31137	$\Sigma$	13.28275468	$\Sigma$	0.76739523 7

Tabela 4.6d Llogaritjet për analizën dispersive të parametrit të aspërsisë  $R_q$

Nr.	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura		$(Y - \hat{Y})$	$(Y - \hat{Y})^2$
	$R_{qe}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$Y = \ln R_{qe}$	$R_{qP}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$\hat{Y} = \ln R_{qP}$		
1	2.154	0.76733	2.73912	1.0076355	-0.24031	0.05775
2	5.195	1.6477	5.34178	1.6755583	-0.02786	0.00078
3	3.734	1.31748	2.92172	1.0721731	0.245307	0.06018
4	4.423	1.48682	2.75947	1.0150386	0.47178	0.22258
5	3.884	1.35687	3.15771	1.1498482	0.207017	0.04286
6	3.127	1.14007	3.15771	1.1498482	-0.00977	9.6E-05
7	3.873	1.35403	3.71742	1.3130296	0.041	0.00168
8	1.612	0.47748	2.03327	0.7096444	-0.23217	0.0539
9	5.143	1.63764	3.936	1.3701641	0.267472	0.07154
10	2.542	0.93295	3.96524	1.3775672	-0.44462	0.19768
11	2.842	1.04451	3.15771	1.1498482	-0.10534	0.0111
12	3.153	1.14835	3.15771	1.1498482	-0.00149	2.2E-06
	$\Sigma$	14.3112	$\Sigma$	14.140204	$\Sigma$	0.72013

Tabela 4.6e Llogaritjet për analizën dispersive të parametrin të aspërsisë Rt

Nr.	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura		(Y- $\hat{Y}$ )	(Y- $\hat{Y}$ ) <sup>2</sup>
	R <sub>te</sub> [ $\mu$ m]	Y=lnR <sub>te</sub>	R <sub>tp</sub> [ $\mu$ m]	$\hat{Y}$ = lnR <sub>tp</sub>		
1	15.124	2.7163	9.710044	2.89557	-0.17929	0.03214
2	37.296	3.6189	20.70461	3.62682	-0.00794	6.3E-05
3	22.491	3.1131	20.8707	2.93043	0.182687	0.03337
4	28.161	3.3379	20.54383	2.85535	0.482586	0.23289
5	24.794	3.2106	16.46617	3.02965	0.180956	0.03274
6	19.901	2.9908	16.46617	3.02965	-0.03888	0.00151
7	24.864	3.2134	14.06748	3.22366	-0.01024	0.0001
8	10.241	2.3264	14.18033	2.52726	-0.20086	0.04035
9	36.176	3.5884	14.29131	3.29873	0.289661	0.0839
10	17.927	2.8863	30.23655	3.25852	-0.37221	0.13854
11	18.543	2.9201	16.46617	3.02965	-0.10955	0.012
12	20.132	3.0023	16.46617	3.02965	-0.17326	0.00075
	$\Sigma$	36.925	$\Sigma$	36.7349	$\Sigma$	0.60837

Me zëvendësimin e vlerës së parametrave ( $b_1$  gjegjësisht,  $b_0, b_1, b_2, b_3$ ) nga ekuacionet ( 4.29 dhe 4.30) në ekucionin (4.44) fitohen shprehjet:

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot (7.885505)^2 = 746.17$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot (-0.151)^2 = 0.18267592 \quad (4.45a)$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot (-0.167)^2 = 0.223461$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot (-0.166)^2 = 0.2216795$$

b) Për parametrin e aspërsisë së sipërfaqes Ra

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot 1.1263^2 = 15.223$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot (-0.166)^2 = 0.221 \quad (4.45b)$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot 0.204^2 = 0.332$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot 0.18202^2 = 0.265$$

c) Për parametrin e aspërsisë së sipërfaqes Rz

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot 2.52595^2 = 76.56495$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot 0.17144^2 = 0.23513344 \quad (4.45c)$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot 0.2031^2 = 0.3299633$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot 0.1578^2 = 0.1991624$$

d) Për parametrin e aspërsisë së sipërfaqes Rq

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot 1.1926^2 = 17.068$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot (-0.153)^2 = 0.187 \quad (4.45d)$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot 0.181^2 = 0.263$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot 0.149^2 = 0.178$$



e) Për parametrin e aspërsisë së sipërfaqes Rt

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot 3.077^2 = 113.62$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot (-0.164)^2 = 0.215$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot 0.1937^2 = 0.325 \quad (4.45e)$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot 0.18415^2 = 0.271$$

Disperzioni i parametrave të modelit do të jetë:

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{746.17}{1} = 746.17$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.18267592}{1} = 0.18267592 \quad (4.46a)$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.223461}{1} = 0.223461$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.2216795}{1} = 0.2216795$$

b) Për parametrin e aspërsisë së sipërfaqes Ra

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{15.223}{1} = 15.223$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.221}{1} = 0.221 \quad (4.46b)$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.332}{1} = 0.332$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.265}{1} = 0.265$$

c) Për parametrin e aspërsisë së sipërfaqes Rz

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{76.565}{1} = 76.565$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.23513344}{1} = 0.23513344 \quad (4.46c)$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.3299633}{1} = 0.3299633$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.1991624}{1} = 0.1991624$$

d) Për parametrin e aspërsisë së sipërfaqes Rq

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{17.068}{1} = 17.068$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.187}{1} = 0.187 \quad (4.46d)$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.263}{1} = 0.263$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.178}{1} = 0.178$$

e) Për parametrin e aspërsisë së sipërfaqes Rt

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{113.62}{1} = 113.62$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.215}{1} = 0.215 \quad (4.46e)$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.325}{1} = 0.325$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.271}{1} = 0.271$$

Ndërsa, dispersioni i rezultateve në pikën zero përcaktohet:

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.0178}{3} = 0.005942288 \quad (4.47a)$$

ku është:

$S_E$  – shuma e katrorëve

$$S_E = \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u}^2 - \frac{1}{n_0} \left( \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u} \right)^2 = 7.8555^2 + 7.7407^2 + 7.6962^2 + 7.8399^2 - \frac{1}{4} (7.8555 + 7.7407 + 7.6962 + 7.8399)^2 = 0.0178 \quad (4.48a)$$

b) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Ra

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.0573}{3} = 0.0191 \quad (4.47b)$$

$$S_E = \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u}^2 - \frac{1}{n_0} \left( \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u} \right)^2 = 1.2647^2 + 1.0449^2 + 0.9333^2 + 1.0564^2 - \frac{1}{4} (1.2647 + 1.0449 + 0.9333 + 1.0564)^2 = 0.0573 \quad (4.48b)$$

a) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rz

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.0549}{3} = 0.0183 \quad (4.47c)$$

$$S_E = \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u}^2 - \frac{1}{n_0} \left( \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u} \right)^2 = 2.651^2 + 2.431^2 + 2.33^2 + 2.436^2 - \frac{1}{4} (2.651 + 2.431 + 2.33 + 2.436)^2 = 0.0549 \quad (4.48c)$$

a) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rq

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.0540505}{3} = 0.0180168 \quad (4.47d)$$

$$S_E = \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u}^2 - \frac{1}{n_0} \left( \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u} \right)^2 = 1.357^2 + 1.14^2 + 1.045^2 + 1.148^2 - \frac{1}{4} (1.357 + 1.14 + 1.045 + 1.148)^2 = 0.0540505 \quad (4.48d)$$

a) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rt

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.0470055}{3} = 0.0156685 \quad (4.47e)$$

$$S_E = \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u}^2 - \frac{1}{n_0} \left( \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u} \right)^2 = 3.211^2 + 2.991^2 + 2.92^2 + 3.002^2 - \frac{1}{4} (1.5994447 + 1.0917321 + 0.8711319 + 1.1159819)^2 = 0.0470055 \quad (4.48e)$$

ku janë:

$$f_E = n_0 - 1 = 4 - 1 = 3$$

$F_t=10.1$ - vlera tabelare e kriterit-F, sipas [28], për nivelin e rëndësisë  $\alpha=0.05$  dhe shkallët e lirisë ( $F_{LF}=1, f_E=3$ ).

$Y_{0u}$  - logaritmi i vlerave të matura për nivelin zero.

Duke formuar raportin e dispersioneve të parametrave të modelit ndaj dispersionit në pikën zero, do të kemi:

a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{746.17}{0.005942288} = 125570.21 > F_t = 10.1$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.18267592}{0.005942288} = 30.741681 \geq F_t = 10.1 \quad (4.49a)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{0.223461}{0.005942288} = 37.605 > F_t = 10.1$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.2216795}{0.005942288} = 37.305 > F_t = 10.1$$

b) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Ra

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{15.223}{0.0191} = 796.96 > F_t = 10.1$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.221}{0.0191} = 11.566 > F_t = 10.1 \quad (4.49b)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{0.332}{0.0191} = 17.381 > F_t = 10.1$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.0191}{0.0191} = 13.876 > F_t = 10.1$$

c) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rz

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{76.565}{0.018304545} = 4182.8382 > F_t = 10.1$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.116349876}{0.018304545} = 12.845632 > F_t = 10.1 \quad (4.49c)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{0.3299633}{0.0183045045} = 18.026 > F_t = 10.1$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.1991624}{0.018304545} = 10.88 > F_t = 10.1$$

d) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rq

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{17.068}{0.0173} = 984.53 > F_t = 10.1$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.187}{0.0173} = 10.76 > F_t = 10.1 \quad (4.49d)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{0.263}{0.0173} = 15.163 > F_t = 10.1$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.178}{0.0173} = 10.245 > F_t = 10.1$$

e) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rt

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{113.62}{0.0157} = 7252.4 > F_t = 10.1$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.215}{0.0157} = 13.742 > F_t = 10.1 \quad (4.49e)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{0.325}{0.0157} = 20.751 > F_t = 10.1$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.271}{0.0157} = 17.317 > F_t = 10.1$$

Siç shihet nga ekuacionet (4.49 a, 4.49 b, 4.49c, 4.49d dhe 4.49e ) që të gjithë parametrat e modelit matematikor e plotësojnë kushtin ( $F_{Ri} > F_t$ ), çka d.m.th., se parametrat e hulumtuar janë signifkiant (rëndësishëm).

#### 4.6.2 Vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit matematikor

Vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit përbëhet, në rastin e përgjithshëm, nga krahasimi i disperzioneve të rezultateve eksperimentale në raport me linjën e regresionit  $s_R^2$  dhe disperzionit të rezultateve të eksperimenteve në pikat e hapsirës shumëfaktoriale  $s_E^2$  nëpërmjet kriterit  $-F$ .

Mirëpo, duke qenë se pika qendrore i takon planit eksperimental (rezultatet e saj shfytëzohen gjatë llogaritjes së  $b_0$ ) si dhe meqenëse në këtë pikë eksperimentet përsëriten  $N_0$  – herë, kjo do të thotë që në kriterin e Fischer – it duhet të zëvendësohet

$s_{LF}^2$  me  $s_R^2$ , e cila paraqet dispersionin e vlerave mesatare të rezultateve eksperimentale në raport me linjën e regresionit. Prandaj, kriteri i Fischer – it për vlerësimin e adekuatshmërisë së modelit matematikor do të jetë:

$$F_{RLF} = \frac{s_{LF}^2}{s_E^2} \leq F_t \quad (4.50)$$

Ku sipas tabelës 4.5:

$$S_{LF} = S_R - S_E \quad (4.51)$$

gjegjesisht,

$$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} \quad (4.52)$$

dhe

$$f_{LF} = f_R - f_E = N - k - 1 - (n_0 - 1) \quad (4.53)$$

$$S_R = \sum_{u=1}^{12} y_u^2 - N \cdot \sum_{i=0}^3 b_i^2 \quad (4.54)$$

$$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E} \leq F_t = 9.01 \quad (4.55)$$

Ku janë:

$F_t = 9.01$  – vlera tabelare e kriterit  $F$ , për nivelin e rëndësisë  $\alpha=0.05$  dhe shkallët e lirisë ( $f_{LF}=5$  dhe  $f_E=3$ ).

### 4.6.3 Llogaritje e adekuatshmërisë së modelit matematikor

Sipas kriterit të Fischer – it për vlerësimin e adekuatshmërisë së modelit matematikor duhet të plotësohet kushti sipas shprehjes:

$$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E} \leq F_t \quad (4.55)$$

Sipas tabelës (4.7) është:

- a) Për qëndrueshmërinë e instrumentit



$$S_{LF} = S_R - S_E = 0.21941 - 0.017827 = 0.201583 \quad (4.56a)$$

$$S_R = \sum_{u=1}^N Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2 = \sum_{u=1}^{N_{i2}} Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^3 b_i^2 = 0.2194 \quad (4.57a)$$

$$S_E = 0.017827 \quad (\text{sipas ekuacionit 4.48a})$$

$$S_E^2 = 0.00594229 \quad (\text{sipas ekuacionit 4.47a})$$

gjegjesisht,

$$s_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} = \frac{0.201583}{5} = 0.04038 \quad (4.58a)$$

dhe

$$f_{LF} = f_R - f_E = N - k - 1 - (n_0 - 1) = 12 - 3 - 1 - (4 - 1) = 5 \quad (4.59)$$

Me zëvendësimin e ekuacioneve (4.47a dhe 4.58a) në ekucionin 4.55 fitohet:

$$F_{RLF} = \frac{s_{LF}^2}{S_E^2} = \frac{0.04038}{0.005942} = 6.78469 < F_t = 9.01 \quad (4.55a)$$

b) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Ra

$$S_{LF} = S_R - S_E = 0.5801 \quad (4.56b)$$

$$S_R = \sum_{u=1}^N Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2 = \sum_{u=1}^{N_{i2}} Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^3 b_i^2 = 0.6374 \quad (4.57b)$$

$$S_E = 0.0573 \quad (\text{sipas ekuacionit 4.48b})$$

$$S_E^2 = 0.019101138 \quad (\text{sipas ekuacionit 4.47b})$$

gjegjesisht,

$$s_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} = \frac{0.5801}{5} = 0.116 \quad (4.58b)$$

dhe

$$f_{LF} = f_R - f_E = N - k - 1 - (n_0 - 1) = 12 - 3 - 1 - (4 - 1) = 5 \quad (4.59)$$

Me zëvendësimin e ekuacioneve (4.47b dhe 4.58b) në ekucionin 4.55 fitohet:

$$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = \frac{0.116}{0.019101138} = 6.074 < F_t = 9.01 \quad (4.55b)$$

a) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rz

$$S_{LF} = S_R - S_E = 0.7279 \quad (4.56c)$$

$$S_R = \sum_{u=1}^N Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2 = \sum_{u=1}^{N_{12}} Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^3 b_i^2 = 0.7828 \quad (4.57c)$$

$S_E = 0.054913635$  (sipas ekuacionit 4.48c)

$S_E^2 = 0.018304545$  (sipas ekuacionit 4.47c)

gjegjesisht,

$$s_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} = \frac{0.7279}{5} = 0.1456 \quad (4.58c)$$

dhe

$$f_{LF} = f_R - f_E = N - k - 1 - (n_0 - 1) = 12 - 3 - 1 - (4 - 1) = 5 \quad (4.59)$$

Me zëvendësimin e ekuacioneve (4.47c dhe 4.58c) në ekucionin 4.55 fitohet:

$$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = \frac{0.1456}{0.018304545} = 7.952989 < F_t = 9.01 \quad (4.55c)$$

a) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rq

$$S_{LF} = S_R - S_E = 0.6677 \quad (4.56d)$$

$$S_R = \sum_{u=1}^N Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2 = \sum_{u=1}^{N_{12}} Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^3 b_i^2 = 0.7197 \quad (4.57d)$$

$S_E=0.05201$  (sipas ekuacionit 4.48d)

$S_E^2=0.017335681$  (sipas ekuacionit 4.47d)

gjegjesisht,

$$s_{LF}^2 = \frac{s_{LF}}{f_{LF}} = \frac{0.6677}{5} = 0.134 \quad (4.58d)$$

dhe

$$f_{LF} = f_R - f_E = N - k - 1 - (N_0 - 1) = 12 - 3 - 1 - (4 - 1) = 5 \quad (4.59)$$

Me zëvendësimin e ekuacioneve (4.47d dhe 4.58d) në ekucionin 4.55 fitohet:

$$F_{R_{LF}} = \frac{s_{LF}^2}{S_E^2} = \frac{0.134}{0.017335681} = 7.703 < F_t = 9.01 \quad (4.55d)$$

a) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes  $R_t$

$$S_{LF} = S_R - S_E = 0.5699 \quad (4.56e)$$

$$S_R = \sum_{u=1}^N Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2 = \sum_{u=1}^{N_1} Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^3 b_i^2 = 0.6169 \quad (4.57e)$$

$S_E=0.047$  (sipas ekuacionit 4.48e)

$S_E^2=0.015666$  (sipas ekuacionit 4.47e)

gjegjesisht,

$$s_{LF}^2 = \frac{s_{LF}}{f_{LF}} = \frac{0.5699}{5} = 0.114 \quad (4.58e)$$

dhe

$$f_{LF} = f_R - f_E = N - k - 1 - (N_0 - 1) = 12 - 3 - 1 - (4 - 1) = 5 \quad (4.59)$$

Me zëvendësimin e ekuacioneve (4.47e dhe 4.58e) në ekucionin 4.55 fitohet:

$$F_{RLF} = \frac{s_{LF}^2}{s_E^2} = \frac{0.114}{0.019101138} = 7.275 < F_t = 9.01 \quad (4.55e)$$

Ku është:

$F_t = 9.01$  – vlera tabelare e kriterit  $-F$ , sipas [34], për nivelin e rëndësisë  $\alpha=0.05$  dhe shkallët e lirisë ( $f_{LF}=5$  dhe  $f_E=3$ ).

Meqenëse kushti i adekuatshmërisë 4.55 gjegj., 4.55a deri 4.55e ( $F_{RLF} < F_t = 9.01$ ) është plotësuar, konstatohet se modelet matematikore të propozuara të cilat e identifikojnë qëndrueshmërinë e instrumentit prerës T nga faktorët e pavarur ndikues të përpunimit ( $v_c, f, a$ ) dhe parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes Ra, Rz, Rq, Rt nga faktorët e pavarur ndikues ( $v_c, f, T$ ), janë adekuat dhe të saktë.

## 5.0. KUSHTET E REALIZIMIT TË EKSPERIMENTIT

### 5.1. Materiali i ekzaminuar

Hulumtimet eksperimentale janë bërë në modelin e çelikut 080M40 EN8 (Cm45, AISI 1045) Karakteristikat kimike dhe mekanike të materialit të eksperimentuar me dimensione ( $\varnothing 100 \times 200$  mm) janë dhënë në tabelën 5.1, në bazë të analizave të bëra në Fabrikën e pajimeve xehetare në Palaj me spektrometrin e tipit METOREX ARC-MET930. GMBH R3461, V6757/1/005, figura 5.1, dhe me aparatin për matjen e fortësisë të tipit KRAUTKRÄMER-MIC.10.DL, fig.5.2. Rezultatet tregojnë që parametrat e fituar gjinden në kufijtë e lejuar sipas standardit (ISO-583).

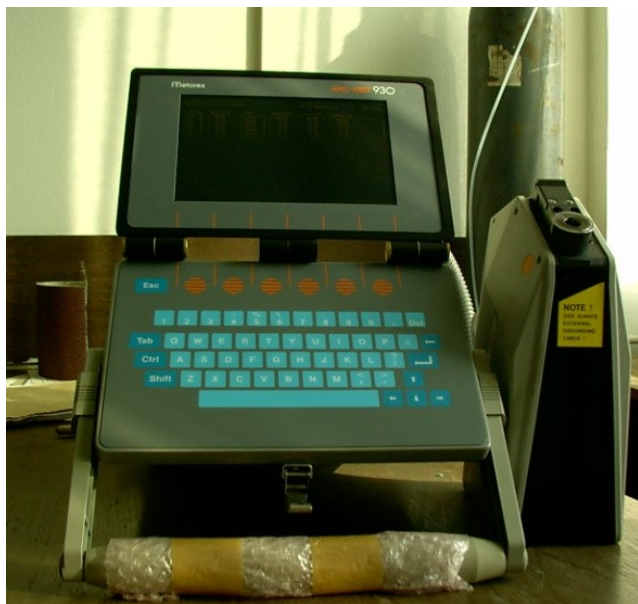


Fig.5.1 Spektrometri METOREX ARC-MET930



Fig.5.2 Aparati për matjen e fortësisë

Tabela 5.1. Karakteristikat kimike dhe mekanike të materialit të përpunuar

Përbërja kimike					Vetitë mekanike	
C[%]	Mn[%]	Si[%]	P[%]	S[%]	$\sigma_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	HB
.32-0.46	0.55-0.95	0.12-0.37	0.045	0.047	720-820	210-250

## 5.2. Karakteristika e makinës metalprerëse

Makina me të cilën u realizua eksperimenti hulumtues është Torno universale e prodhuesit POTISJE tipi PA631P, me fuqi P=12 kË, diametër maksimal punues 450 mm dhe numër shkallëzorë të rrotullimeve, n=22-2200 rrot/min, hapi punues, s=0.08 ÷ 2.5 mm/rrot, distancë maksimale mes kokës punuese dhe qendrës fundore 2250 mm, në fabriken e pajisjeve xehetare në Palaj –Obiliq (figura 5.3).



Fig. 5.3.Makina tornuese universale PA631P

### 5.3. Instrumenti metalprerës

Për ekzanim janë përdorur pllakat prerëse të sinteruara prej metali të fortë me bazë

WC –C0 pa shtresa dhe të veshura me shtresë TiN, prodhim i KARLY, me shenjë sipas standardit

ISO:

P20 SNMG-B20-120408

Regjimet e prerjes të rekomanduara nga ana e prodhimit:

$$v_c=140-190 \text{ m/min}$$

$$f=0.15-0.5 \text{ mm/rr}$$

$$a=1.5-4.0 \text{ mm}$$

Tabela 5.2. Dimensionet e pllakave prerëse

<i>Shenja ISO</i>	<i>Gjatësia-gjerësia l[mm]</i>	<i>Trashësia s[mm]</i>	<i>Rrezja r [mm]</i>
<i>P20: SNMG120408</i>	12	4	0.8

Përforcimi i pllakave prerëse është bërë në mbajtësin standard me levë shtrenguese me shenjë ISO

PCBNR /L 2020K12, fig. 5.4.



Fig. 5.4 Mbajtësi i pllakave prerëse dhe karakteristikat gjeometrike

## 5.4 Matja e konsumit të pllakave prerëse

### 5.4.1 Mikroskopi matës

Për matjen e shiritit të konsumit të pllakave prerëse sipas faqes së prapme, me qëllim të përcaktimit të qëndrueshmërisë së instrumentit prerës, është përdorur mikroskopi i veglave Carl Zeiss - Jena, i cili gjendet në laboratorin e departamentit të Prodhohimtarisë dhe Automaizimit të FIM, i treguar në figurën 5.5.

Ai është i pajisur me vidën mikrometrike, e cila kryen funksionin e dyfishtë duke mundësuar lëvizjen e tavolinës në drejtim gjatësor dhe tërthor duke mundësuar matjen me saktësi 0.01 mm dhe smadhim 24 herë.





Fig. 5.5 Mikroskopi Carl Zeiss

#### 5.4.2 Kriteri i dështimit të instrumentit

Gjatë realizimit të eksperimentit , gjerësia mesatare e shiritit të konsumit prej  $VB_{mes}=0,3$  mm është marrë si kriter i dështimit

të instrumentit. Arsyeja për vendosjen e këtij kriteri është se konsumit nuk ishte i njëtrajtshëm dhe matja është bërë në intervale diskrete (të zgjedhura). Në çdo rast instrumenti është konsideruar se ka dështuar kur konsumi i matur e ka tejkaluar vlerën ( $VB=0.3$  mm) , pasi që në shumicën e testeve (matjeve) gjerësia maksimale e konsumit sillet në kufit 0.28-0,32 mm.

Për çdo provë, përpunimi është ndërprerë pas 1-3 minuta për të matur madhësinë e gjerësisë së konsumit VB ; dmth distancën midis pjesës drejtë të tehut prerës të pakonsumuar dhe dhe kufirit të brezit të konsumit siç tregohet në figurën 5.6.

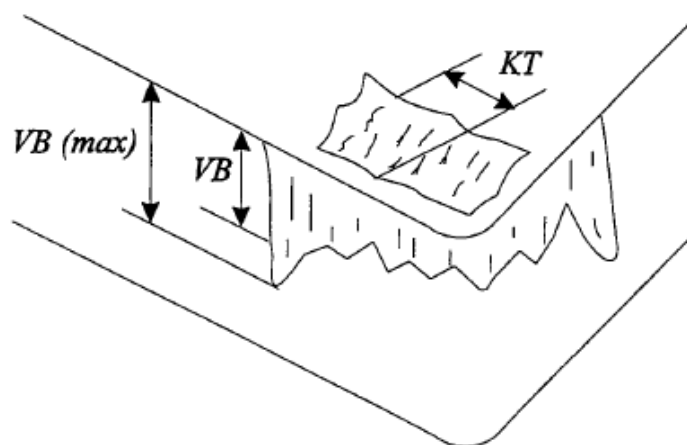


Fig. 5. 6 Mënyra e matjes së konsumit të instrumentit

Ky interval kohor (1-3 min) është zgjedhur për të monitoruar çdo ndryshim në vlerën e konsumit gjatë fazës së krijimit të shiritit, duke marrë lexim të saktë të konsumit të tehut në intervale të rregullta.

### 5.5 Matja e ashpërsisë së sipërfaqes

Matja e parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes është bërë me aparatit HADRON, SRT- 6210.

Rezultatet e matura lexohen në mënyrë digjitale në LCD display-in. Leximi i parametrave të ashpërsisë bëhet njëkohësisht, ku në LCD paraqiten në mënyrë alternative parametrat  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_q$  dhe  $R_t$  figura 5.7.

Zgjedhja e gjatësisë matëse është  $l=0.8$  mm, me shpejtësi  $V_t=0.135$  mm/s, e cila përshkohet nga maja shkruese.



Fig.5.7 Aparati për matjen e ashpërsisë HADRON, SRT-6210

## 5.6 Zgjedhja e regjimeve të prerjes

Para fillimit të realizimit të eksperimentit duhet të zgjidhen regjimet e prerjes dhe intervali i ndryshimit të tyre në modelin e zgjedhur matematikorë. Zgjedhja e regjimeve bëhet në bazë të karakteristikave të materialit që përpunohet, materialit të instrumentit (rekomandimeve të prodhuesit), makinës metalprerëse, qëllimit të eksperimentit dhe synimeve të tij.

Prandaj, në bazë të kësaj që u cek më lart dhe nevojave të prodhimit janë përvetësuar regjimet e prerjes të dhëna në tabelen 5.3 dhe 5.4, ku gjatë zgjedhjes së intervalit të ndryshimit të madhësive është tentuar që të plotësohet kushti i nevojshëm :

$$X_i^2 = X_{min} \cdot X_{max}.$$

Tabela 5.3 Regjimet e përpunimit dhe nivelet e kodeve të përdorura për qëndrueshmërinë e instrumentit prerës

Niveli i eksperimentit, pozita e madhësisë së pavarur	Shpejtësia	Hapi	thellësia	Kodi i madhësisë së normuar		
	$v_c$ [m/s]	f [mm/rr]	a [mm]	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Niveli maksimal	2.67	0.285	1.5	+1	+1	+1
Niveli mesatar	2.22	0.214	0.85	0	0	0
Niveli minimal	1.83	0.178	0.5	-1	-1	-1

Tabela 5.4 Regjimet e përpunimit dhe nivelet e kodeve të përdorura për parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes për pllakën WC-Co

Niveli i eksperimentit, pozita e madhësisë së pavarur	Shpejtësia	Hapi	Qëndrueshmë -ria e instrumentit T	Kodi i madhësisë së normuar		
	$v_c$ [m/s]	f [mm/rr]	[s]	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Niveli maksimal	2.67	0.285	5500	+1	+1	+1
Niveli mesatar	2.22	0.214	3400	0	0	0
Niveli minimal	1.83	0.178	2100	-1	-1	-1

## 6.0 REZULTATET EKSPERIMENTALE

Vlerat e matura eksperimentale të qëndrueshmërisë së tehut prerës për çelikun EN8, me aplikimin e plakave prerëse me bazë WC-Co të veshura me shtresë TiN janë dhënë në tabelën 6.1 dhe 6.2.

Ndërsa, vlerat e llogaritura janë dhënë në tabelat 6.3 deri 6.5.

Tabela 6.1 Vlerat e matura eksperimentale për qëndrueshmërinë e instrumentit

PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME TRE FAKTORË				
Nr.	NDRYSHORET E PAVARURA			VLERAT EKSPERIMENTALE TË MATURA
	$v_c$ (m/s)	$f$ (mm/rr)	$a$ (mm)	T [s]
1	2.67	0.178	1.5	2500
2	1.83	0.285	1.5	2000
3	2.67	0.285	0.5	2200
4	1.83	0.178	0.5	5500
5	2.22	0.214	1	2580
6	2.22	0.214	1	2300
7	1.83	0.178	1.5	3000
8	2.67	0.178	0.5	2900
9	2.67	0.285	1.5	2100
10	1.83	0.285	0.5	3400
11	2.22	0.214	1	2200
12	2.22	0.214	1	2540

Tabela 6.2 Vlerat e matura eksperimentale për parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes

PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME TRE FAKTORË							
Nr.	NDRYSHORET E PAVARURA			VLERAT EKSPERIMENTALE TË MATURA			
	$v_c$ (m/s)	f (mm/rr)	T(s)	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Rq [ $\mu\text{m}$ ]	Rt [ $\mu\text{m}$ ]
1	2.67	0.178	5500	2.124	8.546	2.154	15.124
2	1.83	0.285	5500	5.328	22.346	5.195	37.296
3	2.67	0.285	2100	3.213	13.132	3.734	22.491
4	1.83	0.178	2100	4.023	18.346	4.423	28.161
5	2.22	0.214	3400	3.542	14.168	3.884	24.794
6	2.22	0.214	3400	2.843	11.372	3.127	19.901
7	1.83	0.178	5500	3.552	13.132	3.873	24.864
8	2.67	0.178	2100	1.463	5.988	1.612	10.241
9	2.67	0.285	5500	5.168	20.822	5.143	36.176
10	1.83	0.285	2100	2.561	10.244	2.542	17.927
11	2.22	0.214	2100	2.543	10.273	2.842	18.543
12	2.22	0.214	2100	2.876	11.423	3.153	20.132

Tabela 6.3 Vlerat e logaritmuara të qëndrueshmërisë së instrumentit

Nr. rendor	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura	
	$T_e$ [s]	$Y=\ln T_e$	$T_p$ [s]	$\hat{Y}=\ln T_p$
1	2500	7.824046	2287.15	7.735062
2	2000	7.600902	2215.033	7.703022

3	2200	7.696213	2284.099	7.733727
4	5500	8.612503	4316.541	8.37021
5	2580	7.855545	2762.932	7.924048
6	2300	7.740664	2762.932	7.924048
7	3000	8.006368	3094.197	8.037284
8	2900	7.972466	3190.676	8.067988
9	2100	7.649693	1637.295	7.400801
10	3400	8.131531	3090.068	8.035949
11	2200	7.696213	2762.932	7.924048
12	2540	7.839919	2762.932	7.924048
	$\Sigma$	94.62606	$\Sigma$	94.78023

Tabela 6.4 Vlerat e logaritmuara të parametrit të ashpërsisë Ra

Nr. rendor	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura	
	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	$Y=\ln Ra$	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	$\hat{Y}=\ln Ra$
1	2.124	0.7533	2.5559675	0.93843
2	5.328	1.67298	5.3560276	1.67822
3	3.213	1.16721	2.6693268	0.98183
4	4.023	1.39203	2.4762622	0.90675
5	3.542	1.26469	2.9399592	1.0784

6	2.843	1.04486	2.9399592	1.0784
7	3.552	1.26751	3.563662	1.27079
8	1.463	0.38049	1.7760511	0.57439
9	5.168	1.64249	3.841507	1.34586
10	2.561	0.9404	3.7217134	1.31418
11	2.543	0.93334	2.9399592	1.0784
12	2.876	1.0564	2.9399592	1.0784
	$\Sigma$	13.5157	$\Sigma$	13.324

Tabela 6.5 Vlerat e logaritmuara të parametrit të ashpërsisë Rz

Nr. rendor	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura	
	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	$Y=\ln Rz$	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	$\hat{Y}=\ln Rz$
1	8.546	2.145463	10.06637	2.309201
2	22.346	3.106647	21.29048	3.05826
3	13.132	2.575052	11.02114	2.399815
4	18.346	2.909412	10.34513	2.336516
5	14.168	2.650986	11.91777	2.478031
6	11.372	2.431154	11.91777	2.478031
7	13.132	2.575052	14.18352	2.652081
8	5.988	1.789757	7.342179	1.993636



9	20.822	3.03601	15.11035	2.71538
10	10.244	2.326692	15.52878	2.742695
11	10.273	2.329519	11.91777	2.478031
12	11.423	2.435629	11.91777	2.478031
	$\Sigma$	30.31137	$\Sigma$	30.11971

Tabela 6.6 Vlerat e logaritmuara të parametrit të ashpërsisë Rq

Nr. rendor	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura	
	Rqe [ $\mu\text{m}$ ]	$Y=\ln Rq$	Rqp [ $\mu\text{m}$ ]	$\hat{Y}=\ln Rq$
1	2.154	0.76733	2.73912	1.0076355
2	5.195	1.6477	5.34178	1.6755583
3	3.734	1.31748	2.92172	1.0721731
4	4.423	1.48682	2.75947	1.0150386
5	3.884	1.35687	3.15771	1.1498482
6	3.127	1.14007	3.15771	1.1498482
7	3.873	1.35403	3.71742	1.3130296
8	1.612	0.47748	2.03327	0.7096444
9	5.143	1.63764	3.936	1.3701641
10	2.542	0.932951173	3.96524	1.3775672
11	2.842	1.04450803	3.15771	1.1498482

12	3.153	1.148354381	3.15771	1.1498482
	$\Sigma$	14.18721044	$\Sigma$	14.140204

Tabela 6.7 Vlerat e logaritmuara të parametrit të ashpërsisë Rt

Nr. rendor	Vlerat eksperimentale		Vlerat e llogaritura	
	Rte [ $\mu\text{m}$ ]	$Y=\ln Rte$	Rtp [ $\mu\text{m}$ ]	$\hat{Y}=\ln Rtp$
1	15.124	2.7163	18.09379	2.89557
2	37.296	3.6189	37.59325	3.62682
3	22.491	3.1131	18.73565	2.93043
4	28.161	3.3379	17.38056	2.85535
5	24.794	3.2106	20.68991	3.02965
6	19.901	2.9908	20.68991	3.02965
7	24.864	3.2134	25.11985	3.22366
8	10.241	2.3264	12.51919	2.52726
9	36.176	3.5884	27.07835	3.29873
10	17.927	2.8863	26.01097	3.25852
11	18.543	2.9201	20.68991	3.02965
12	20.132	3.0023	20.68991	3.02965
	$\Sigma$	36.925	$\Sigma$	36.76304003

Tabela 6.8a Shprehjet e llogaritura të analizës dispersive për qëndrueshmërinë e instrumentit

Burimi i variacionit	Shkallët e lirisë $f_i$	Shuma e katrorëve S	Dispersioni $S^2$	Marrëdhënia dispersive $F_R$
$b_0$	$f_0=1$	$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 746.17$	$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = 746.17$	$F_{R0} = 125570.21 > F_t = 10.1$
$b_1$	$f_1=1$	$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 0.1827$	$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = 0.183$	$F_{R1} = 30.741681 > F_t = 10.1$
$b_2$	$f_2=1$	$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 0.223$	$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = 0.223$	$F_{R2} = 137.605 > F_t = 10.1$
$b_3$	$f_3=1$	$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 0.2217$	$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = 0.077$	$F_{R3} = 37.305 > F_t = 10.1$
Shuma reziduale	$f_{Ri} = N - k - 1 = 7$	$S_R = \sum_{u=1}^N Y_{0u}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2 = 0.219$	-	Koeficientet janë signifkant pasi: $F_{Ri} > F_t$
Shuma e përgjithshme	$f_u = N = 12$	$S_u = \sum_{u=1}^N Y_u^2 = 747.02153$	-	-
Gabimet e eksperimenteve	$f_{Ei} = n_0 - 1 = 3$	$S_E = \sum_{u=1}^{n_0} Y_{0u}^2 - \frac{1}{n_0} \sum_{u=1}^{n_0} b_i^2 = 0.0178$	$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = 0.0059$	$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = 6.78469 < F_t = 9.01$
Adekuatshmëria e modelit	$f_{LF} = f_L - f_E = 5$	$S_{LF} = S_R - S_E = 0.2016$	$s_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} = 0.0403$	Modeli është adekuat pasi: $F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = 6.7846 < F_t = 9.01$

Tabela 6.8b Shprehjet e llogaritura të analizës dispersive për parametrin e ashpërsisë Ra

Burimi i variacionit	Shkallët e lirisë $f_i$	Shuma e katrorëve S	Dispersioni $S^2$	Marrëdhënia dispersive $F_R$
$b_0$	$f_0=1$	$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 15.223$	$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = 15.223$	$F_{R0} = 796.96 > F_t = 10.1$
$b_1$	$f_1=1$	$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 0.221$	$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = 0.221$	$F_{R1} = 11.566 > F_t = 10.1$
$b_2$	$f_2=1$	$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 0.332$	$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = 0.332$	$F_{R2} = 17.381 > F_t = 10.1$
$b_3$	$f_3=1$	$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 0.265$	$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = 0.265$	$F_{R3} = 13.876 > F_t = 10.1$
Shuma reziduale	$f_{Ri} = N - k - 1 = 7$	$S_R = \sum_{u=1}^N Y_{0u}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2 = 0.0573$	$S_R^2 = \frac{S_R}{f_R} = 0.0797$	Koeficientet janë signifikant pasi: $F_{Ri} > F_t$
Shuma e përgjithshme	$f_u = N = 12$	$S_u = \sum_{u=1}^N Y_u^2 = 113.516$	$S_U^2 = \frac{S_U}{f_U} = 1.1263$	
Gabimet e eksperimenteve	$f_{Ei} = N_0 - 1 = 3$	$S_E = \sum_{u=1}^{N_0} Y_{0u}^2 - N \sum_{i=1}^k b_i^2 = 0.057$	$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = 0.0191$	
Adekuatshmëria e modelit	$f_{LF} = f_L - f_E = 5$	$S_{LF} = S_R - S_E = 0.5801$	$s_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} = 0.116$	Modeli është adekuat pasi: $F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = 6.074 < F_t = 9.01$

Tabela 6.8c Shprehjet e llogaritura të analizës dispersive për parametrin e ashpërsisë Rz

Burimi i variacionit	Shkallët e lirisë $f_i$	Shuma e katrorëve S	Dispersioni $S^2$	Marrëdhënia dispersive $F_R$
$b_0$	$f_0=1$	$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 76.565$	$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = 76.565$	$F_{R0} = 4182.838 > F_t = 10.1$
$b_1$	$f_1=1$	$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 0.235$	$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = 0.235$	$F_{R1} = 12.846 > F_t = 10.1$
$b_2$	$f_2=1$	$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 0.320$	$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = 0.320$	$F_{R2} = 18.026 > F_t = 10.1$
$b_3$	$f_3=1$	$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 0.199$	$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = 0.199$	$F_{R3} = 10.88 > F_t = 10.1$
Shuma reziduale	$f_{Ri} = N - k - 1 = 7$	$S_R = \sum_{u=1}^N Y_{0u}^2 - N \sum_{u=0}^k b_i^2 = 0.783$	$S_R^2 = \frac{S_R}{f_R} = 0.112$	Koeficientet janë signifikant pasi: $F_{Ri} > F_t$
Shuma e përgjithshme	$f_u = N = 12$	$S_u = \sum_{u=1}^N Y_u^2 = 78.112$	$S_U^2 = \frac{S_U}{f_U} = 6.509$	
Gabimet e eksperimenteve	$f_{Ei} = N_0 - 1 = 3$	$S_E = \sum_{u=1}^{N_0} Y_{0u}^2 - N \sum_{u=1}^k b_i^2 = 0.055$	$S_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = 0.018$	

Adekuatshe mëria e modelit	$f_{LF} = f_L - f_E = 5$	$S_{LF} = S_R - S_E = 0.728$	$s_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} = 0.146$	Modeli është adekuat pasi: $F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = 7.953 < F_t = 9.01$
----------------------------------	--------------------------	------------------------------	--	--

Tabela 6.8d Shprehjet e llogaritura të analizës dispersive për parametrin e ashpërsisë Rq

Burimi i variacionit	Shkallët e lirisë $f_i$	Shuma e katrorëve S	Dispersioni $S^2$	Marrëdhënia dispersive $F_R$
$b_0$	$f_0=1$	$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 17.068$	$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = 17.068$	$F_{R0} = 984.53 > F_t = 10.1$
$b_1$	$f_1=1$	$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 0.187$	$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = 0.187$	$F_{R1} = 10.76 > F_t = 10.1$
$b_2$	$f_2=1$	$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 0.263$	$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = 0.263$	$F_{R2} = 15.163 > F_t = 10.1$
$b_3$	$f_3=1$	$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 0.178$	$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = 0.178$	$F_{R3} = 10.245 > F_t = 10.1$
Shuma reziduale	$f_{Ri} = N - k - 1 = 7$	$S_R = \sum_{u=1}^N Y_{0u}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2 = 0.7197$	$S_R^2 = \frac{S_R}{f_R} = 0.1028$	Koeficientet janë signifikant pasi: $F_{Ri} > F_t$
Shuma e përgjithshme	$f_u = N = 12$	$S_u = \sum_{u=1}^N Y_u^2 = 14.31$	$S_U^2 = \frac{S_U}{f_U} = 1.193$	

Gabimet e eksperimenteve	$f_{Ei} = N_0 - 1 = 3$	$S_E = \sum_{u=1}^{N_0} Y_{0u}^2 - N \sum_{u=1}^k b_i^2 = 0.052$	$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = 0.0173$	
Adekuatshmëria e modelit	$f_{LF} = f_L - f_E = 5$	$S_{LF} = S_R - S_E = 0.6677$	$s_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} = 0.13354$	Modeli është adekuat pasi: $F_{R_{LF}} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = 7.394 < F_t = 9.01$

Tabela 6.8e Shprehjet e llogaritura të analizës dispersive për parametrin e ashpërsisë Rt

Burimi i variacionit	Shkallët e lirisë $f_i$	Shuma e katrorëve S	Dispersioni $S^2$	Marrëdhënia dispersive $F_R$
$b_0$	$f_0=1$	$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 113.62$	$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = 113.62$	$F_{R0} = 7252.4 > F_t = 10.1$
$b_1$	$f_1=1$	$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 0.215$	$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = 0.215$	$F_{R1} = 13.742 > F_t = 10.1$
$b_2$	$f_2=1$	$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 0.325$	$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = 0.325$	$F_{R2} = 20.751 > F_t = 10.1$
$b_3$	$f_3=1$	$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 0.271$	$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = 0.271$	$F_{R3} = 17.317 > F_t = 10.1$
Shuma reziduale	$f_{Ri} = N - k - 1 = 7$	$S_R = \sum_{u=1}^N Y_{0u}^2 - N \sum_{u=0}^k b_i^2 = 0.6169$	$s_R^2 = \frac{S_R}{f_R} = 0.047$	Koeficientet janë signifikant pasi: $F_{Ri} > F_t$

Shuma e përgjithshme	$f_u = N = 12$	$S_u = \sum_{u=1}^N Y_u^2 = 36.92$	$S_U^2 = \frac{S_U}{f_U} = 3.077$	
Gabimet e eksperimenteve	$f_{Ei} = N_0 - 1 = 3$	$S_E = \sum_{u=1}^{N_0} Y_{0u}^2 - N \sum_{u=1}^k b_i^2 = 0.047$	$S_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = 0.0157$	
Adekuatshmëria e modelit	$f_{LF} = f_L - f_E = 5$	$S_{LF} = S_R - S_E = 0.5699$	$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} = 0.114$	Modeli është adekuat pasi: $F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = 7.275 < F_t = 9.01$

Llogaritja e koeficientëve dhe e konstantes së modelit matematikor të qëndrueshmërisë së tehut prerës dhe parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes Ra, Rz, Rq dhe Rt është bërë në kapitullin 4.0 dhe janë fituar modelet empirik matematikore të formës eksponenciale:

a) Për qëndrueshmërinë (jetëgjatësinë) e instrumentit

$$T = 1665.6451 \cdot v^{-0.80003} \cdot f^{-0.71} \cdot a^{-0.303} \quad (6.1a)$$

b) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Ra

$$R_a = 1.0409 \cdot V_c^{-0.88} \cdot f^{0.866} \cdot T^{0.378} \quad (6.1b)$$

c) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rz

$$R_z = 6.47 \cdot V_c^{-0.90766} \cdot f^{0.8629} \cdot T^{0.3278} \quad (6.1c)$$

d) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rq

$$R_q = 1.5925 V_c^{-0.81} \cdot f^{0.77} \cdot T^{0.31} \quad (6.1d)$$

e) Për parametrin e ashpërsisë së sipërfaqes Rt



$$R_t = 6.9052 \cdot V_c^{-0.87} \cdot f^{0.857} \cdot T^{0.383} \quad (6.1e)$$

Për funksionet e fituara eksponenciale (6.1a deri 6.1e) është bërë vizatimi i diagrameve 2D dhe 3D të cilat janë paraqitur në shtojcën e punimit.

## 7.0 ANALIZA DHE VLERËSIMI I REZULTATEVE TË FITUARA

Për funksionet e fituara matematikore parashikuese (6.1a deri 6.1e)) është bërë edhe analiza dispersive për qëndrueshmërinë e instrumentit T dhe parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes Ra, Rz, Rq dhe Rt që janë paraqitur në tabelat 6.8a deri 6.8e.

Nga kjo analizë shihet se kushtin e signifkancës (rëndësisshmërisë) e plotësojnë të gjithë parametrat e pavarur të ndryshueshëm  $v_c$ ,  $f$ ,  $a$  dhe  $T$ , si dhe modelet empirike (6.1a deri 6.1e) të fituara e

plotësojnë edhe kushtin e adekuatshmërisë së modelit matematikor pasi :  $F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} < F_t = 9.01$ .

Në bazë të shqyrtimeve teorike të shtjelluara, eksperimentit të planifikuar dhe të zbatuar, të karakteristikave të zgjedhura të parametrave hyrës të sistemit përpunues, metodës matëse, modeleve matematikore të aplikuara, metodologjisë së përpunimit të të dhënave, verifikimit të modeleve të aplikuara vihet deri te definimi i qëndrueshmërisë së instrumentit metalprerës dhe parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes Ra, Rz, Rq dhe Rt, shkalla e ndikimit të parametrave hyrës të pavarur si: shpejtësia e prerjes ( $v_c$ ), hapi ( $f$ ), thellësia ( $a$ ) dhe qëndrueshmëria e instrumentit ( $T$ ).

Nga analiza e modelieve matematikore të fituara në shprehjen 6.1a deri në 6.1e shihet se ndikim më të madh në qëndrueshmërinë e tehut të instruemtit prerës ka shpejtësia e prerjes  $v_c$  ( $=0.8$ ), mandej hapi punues  $f$  ( $-0.71$ ), thellësia e prerjes  $a$  ( $-0.203$ ).

Ndërsa, për parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes për:

Ra: ndikimin më të madh e ka  $v_c(-0.88)$ , mandej hapi  $f(0.66)$  dhe qëndrueshmëria e tehut të të instrumentit prerës  $T(0.378)$ .

Rz: ndikimin më të madh e ka  $v_c(-0.907)$ , mandej hapi  $f(0.863)$  dhe qëndrueshmëria e tehut të të instrumentit prerës  $T(0.328)$ .

Rq: ndikimin më të madh e ka  $v_c(-0.804)$ , mandej hapi  $f(0.77)$  dhe qëndrueshmëria e tehut të të instrumentit prerës  $T(0.309)$ .

Rt: ndikimin më të madh e ka  $v_c(-0.868)$ , mandej hapi  $f(0.856)$  dhe qëndrueshmëria e tehut të të instrumentit prerës  $T(0.382)$ .

Treguesit eksponencial me parashenjë negative tregojnë së me rritjen e parametrin përkatës vlerat e modelit emirik parashikues zvogëlohen dhe e kundërta.

## 8.0 PËRFUNDIM

Kërkesat për përmirësimin e procesit të përpunimit me aplikimin e njohurive dhe teknikave të përparuara të modelimit dhe optimizimit dhe në kohët e sotme edhe të inteligjencës artificiale janë gjithnjë e më të pranishme në prodhimtari.

Qëllimi i këtij studimi ishte që mënyrë sistematike, shkencore dhe të besueshme të zhvillohen modele të përshtatshme matematikore për hulumtimin e dukurive fizike në procesin e përpunimit me heqje ashkle duke integruar aftësitë eksperimentale, numerike dhe analitike.

Me aplikimin e analizës regressive për rezultatet eksperimentale të hulumtuara në procesin e përpunimit me tornim dhe vendosjen e kufijve të besueshmërisë prej 95%, janë përcaktuar modelet matematikore parashikuese, të cilat e përshkruajnë varësinë e madhësive dalëse; qëndrueshmërisë së instrumentit prerës (T) dhe parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes Ra, Rz, Rq, Rt nga parametrat e përpunimit.

Variablat e pavarura hyrëse në modelet matematikore janë parametrat e regjimit të përpunimit dhe koha e konsumit të tehut prerës. Modelet e fituara matematikore janë të formës eksponenciale dhe përfaqësojnë një pasqyrë komplekse të marrëdhënies midis variablave hyrëse dhe dalëse të procesit.

## LITERATURA

- [1] [http://img.alibaba.com/img/pb/346/803/241/1271037877116\\_hz\\_myalibaba\\_web2\\_9660.jpg](http://img.alibaba.com/img/pb/346/803/241/1271037877116_hz_myalibaba_web2_9660.jpg)
- [2] S. Ekinovic, Obrada rezanjem, Dom stampe, Zenica, 2001].
- [3] V.P. Astakhov, Tribology of Metal Cutting, <http://www.springer.com>
- [4] [http://repozitorij.fsb.hr/1718/1/13\\_02\\_2012\\_Cijeli\\_zavrzni\\_3.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/1718/1/13_02_2012_Cijeli_zavrzni_3.pdf)
- [5] S. Skoric. Trosenje i postojanost reznih alata, [https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Trosenje\\_ooc.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Trosenje_ooc.pdf)
- [6] B. Nedic, M. Iazic, Proizvodne tehnologije, Obrada metala rezanjem, Kragujevac, 2007.
- [7] [www.fsb.hr/kas](http://www.fsb.hr/kas), Oblikovanje deformiranjem i obrada odvajanjem
- [8] I. Slade, Obrada materijala-2, I. dio, <https://bs.scribd.com/doc/>.
- [9] S. Skorić, Postupci obrade odvajanjem čestica, FSB, Zagreb, <https://www.fsb.unizg.hr/>
- [10] Materials Removal Processes (Machining), Chapter Six, [fetweb.ju.edu.jo/workshop/Labsheet/machining.pdf](http://fetweb.ju.edu.jo/workshop/Labsheet/machining.pdf).
- [11] T. Udiljak, Osnove teorije rezanja, FSB, Zagreb, 2011.
- [12] S. Jozić, višeparametarsko modeliranje i optimiranje tvrdog glodanja, doktorska disertacija, Split, 2012.
- [13] M. D. Milutinović, Istraživanje postojanosti strugarskog noža u proizvodnim uslovima pri ortogonalnom rezanju, doktorska disertacija, MF, Beograd, 2015.
- [14] D. Johansson, F. Schultheiss, V. Bushlya, J. Zhou, J.E. Ståhl, Tool life and wear model in metal cutting, part 1 - influence of varying flank wear criterion on cutting's tool life equation, <http://conferences.chalmers.se/index.php/SPS/SPS14/paper/viewFile/1727/399>
- [15] V.P. Astakhov, Tribology of metal cutting. USA: Elsevier; 2006.

- [16] B. B. Alamin, Tool life prediction and management for an integrated tool selection system, <http://theses.dur.ac.uk>.
- [17] V. Marinov, Manufacturing Technology-Tool Wear and Tool Life, <http://www.coursehero.com/>
- [18] Materials Selection and Design, ASM Handbook, Cincinnati, 1997.
- [19] Cutting tool technology, <http://www.egr.msu.edu/~pkwon/me478/cuttingtool.pdf>.
- [20] <http://cadem.com/cncetc/tool-life-in-cnc-machining/>
- [21] V.P. Astakhov, The assessment of cutting tool wear, Int J Mach Tools Manuf 2004;44(6):637
- [22] <http://www.rubert.co.uk/faqs/roughness-parameters/>
- [23] Basic Components & Elements of Surface Topography, [www.bcmac.com](http://www.bcmac.com).
- [24] H. Cajner, Uvod u planiranje i analizu pokusa, <https://www.fsb.unizg.hr>
- [25] ISO 3685, Tool life testing with single-point turning tools, International standard, (1993)
- [26] L.B. Abhang\* and M. Hameedullah, Optimal Machining, Parameters for Achieving the Desired Surface Roughness in Turning of Steel, TJER 2012, Vol. 9, No. 1, 37-45.
- [27] J. Stanic, Metod Inzenjerskih Merenja, MF, UB, Beograd, 1986.
- [28] [http://helpdesk.uniri.hr/system/resources/docs/ginal/Statisticke\\_tablice.pdf?m\\_1389905807](http://helpdesk.uniri.hr/system/resources/docs/ginal/Statisticke_tablice.pdf?m_1389905807)

# SHTOJCA

$$T = 1665.6451 \cdot v^{-0.80003} \cdot f^{-0.71} \cdot a^{-0.303}$$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
a=0.5 mm	4315.54	3697.55	3189.98
a=0.85 mm	3674.59	3148.39	2716.20
a=1.5 mm	3093.63	2650.61	2286.75

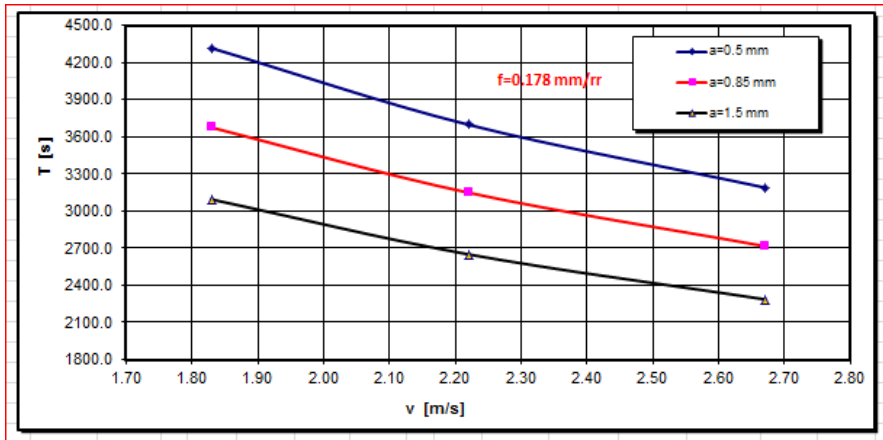


Fig.2.1 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga shpejtësia dhe thellësia e prejes , për hapin  $f_{min}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
a=0.5 mm	3786.52	3244.28	2798.93
a=0.85 mm	3224.14	2762.44	2383.23
a=1.5 mm	2714.39	2325.68	2006.43

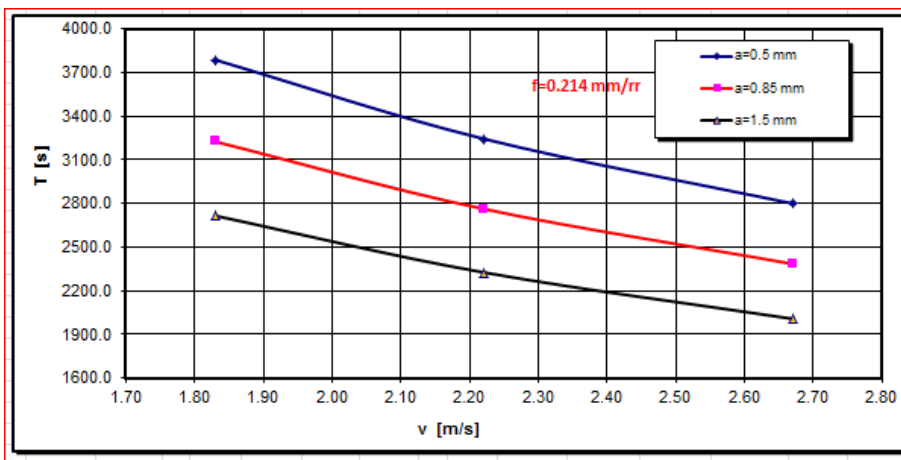


Fig.1.2 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit nga shpejtësia dhe thellësia e prejes , për hapin  $f_{mes}$



	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
a=0.5 mm	3089.54	2647.11	2283.73
a=0.85 mm	2630.68	2253.96	1944.55
a=1.5 mm	2214.76	1897.60	1637.11

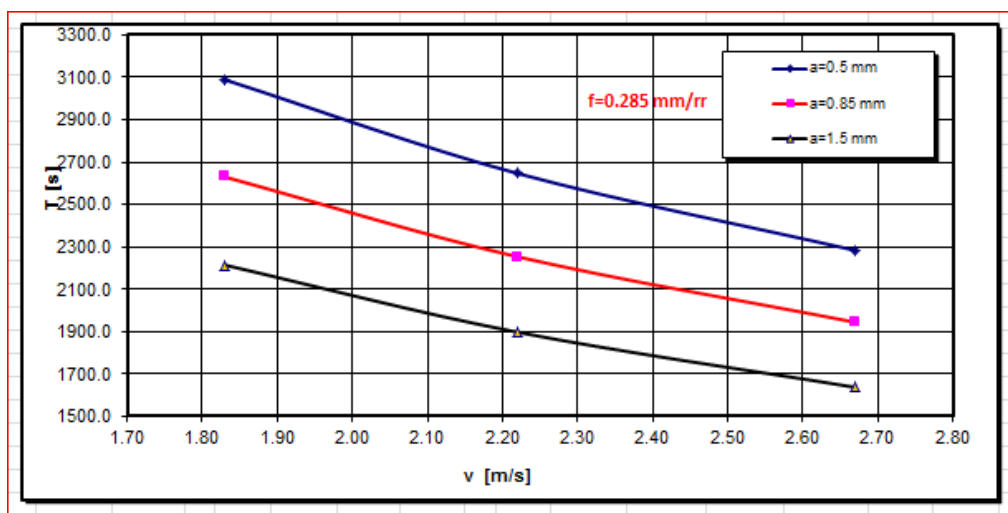


Fig.1.3 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga shpejtësia dhe thellësia e prerjes, për hapin  $f_{max}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	4315.54	3697.55	3189.98
f=0.214 mm/rr	3786.52	3244.28	2798.93
f=0.285 mm/rr	3089.54	2647.11	2283.73

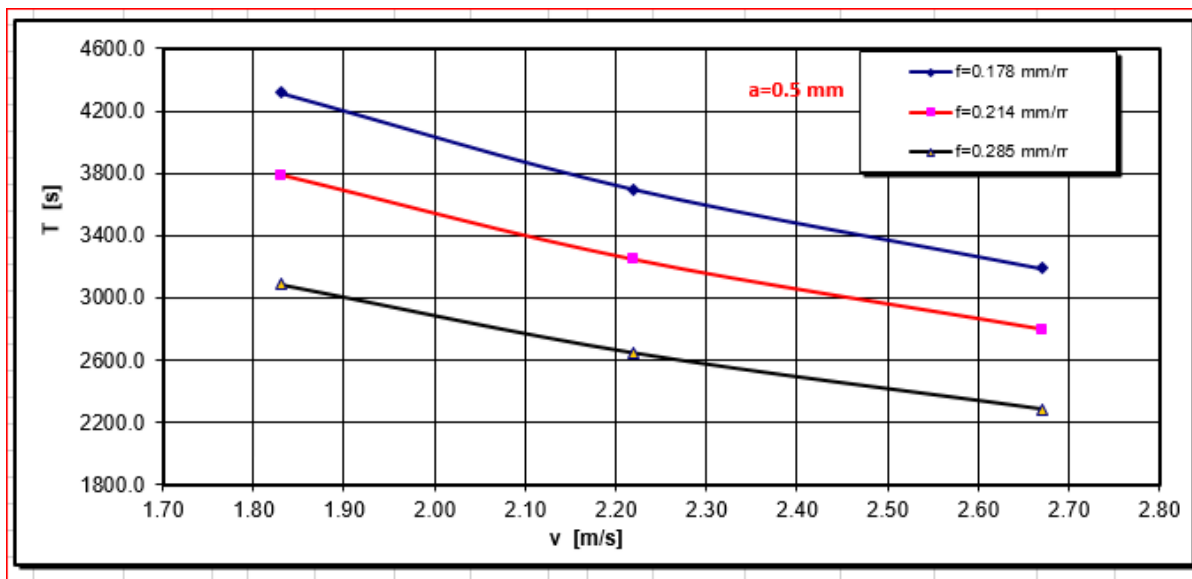


Fig.1.4 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për thellësinë  $a_{min}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	3674.59	3148.39	2716.20
f=0.214 mm/rr	3224.14	2762.44	2383.23
f=0.285 mm/rr	2630.68	2253.96	1944.55

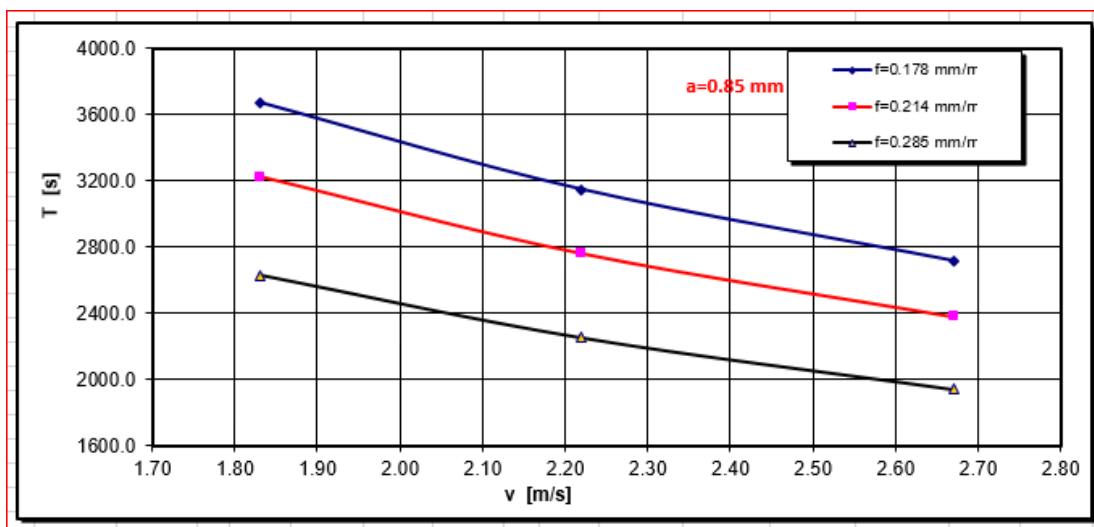


Fig.1.5 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për thellësinë  $a_{mes}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	3093.63	2650.61	2286.75
f=0.214 mm/rr	2714.39	2325.68	2006.43
f=0.285 mm/rr	2214.76	1897.60	1637.11

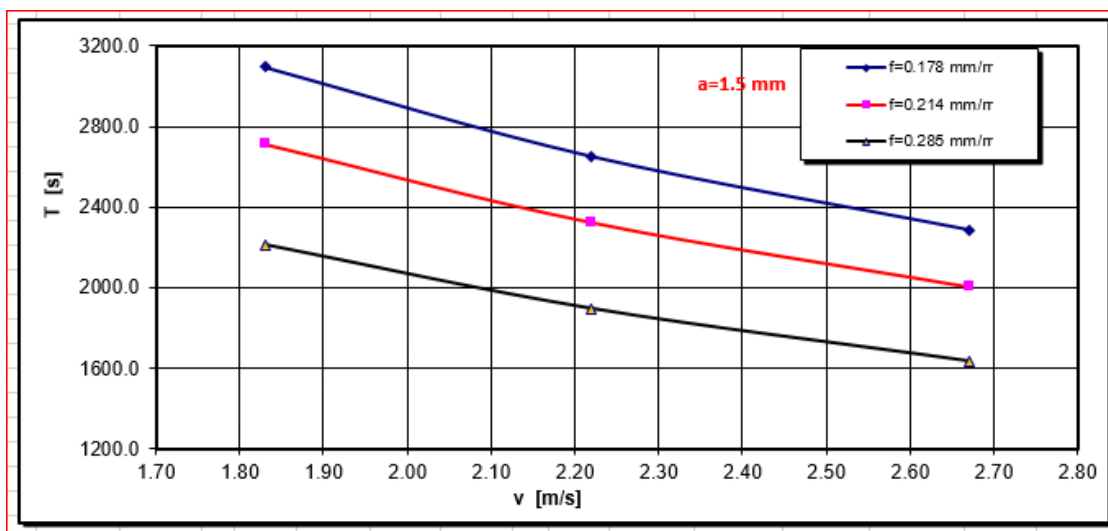


Fig.1.6 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për thellësinë  $a_{max}$

	amin	ames	amax
	0.5	0.85	1.5
f=0.178 mm/rr	4315.54	3674.59	3093.63
f=0.214 mm/rr	3786.52	3224.14	2714.39
f=0.285 mm/rr	3089.54	2630.68	2214.76

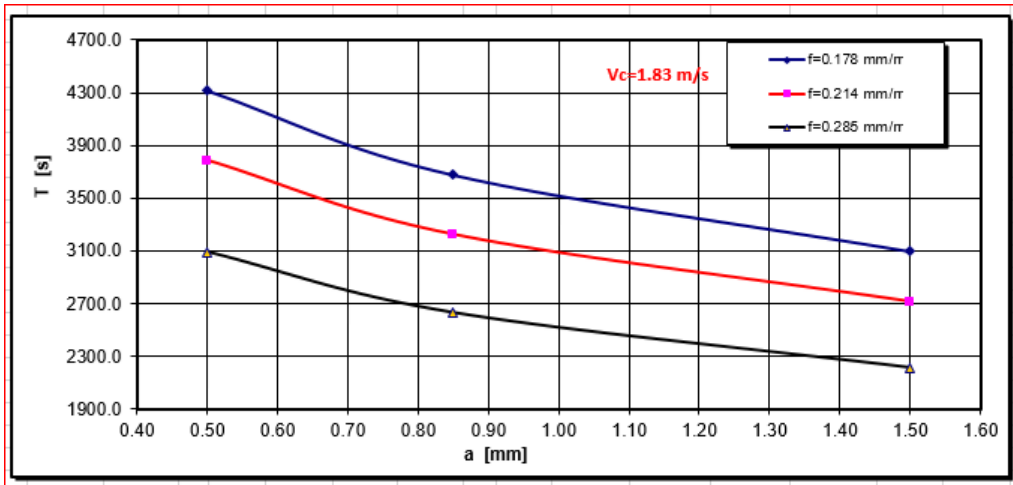


Fig.1.7 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga thellësia e prerjes dhe hapi, për shpejtësinë

$V_{cmin}$

	amin	ames	amax
	0.5	0.85	1.5
f=0.178 mm/rr	3697.55	3148.39	2650.61
f=0.214 mm/rr	3244.28	2762.44	2325.68
f=0.285 mm/rr	2647.11	2253.96	1897.60

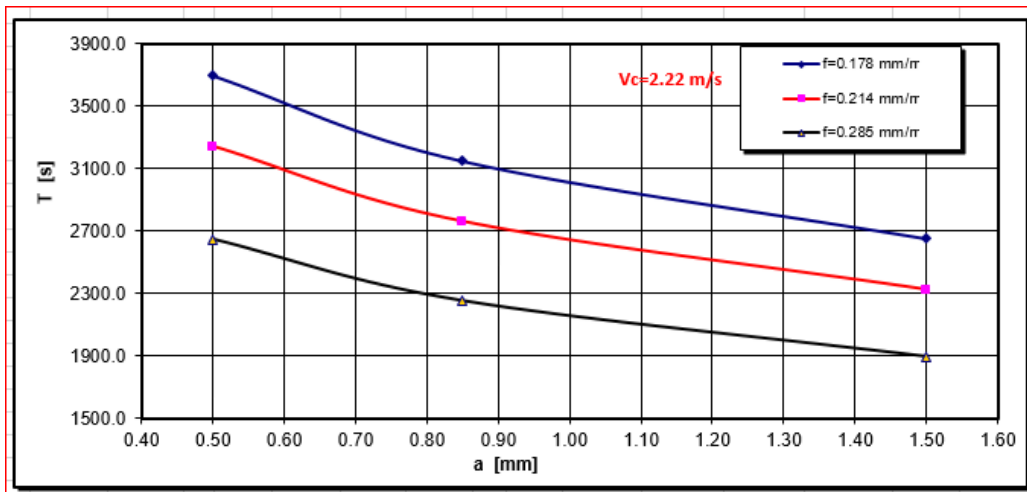


Fig.1.8 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga thellësia e prerjes dhe hapi, për shpejtësinë

$V_{cmes}$

	amin	ames	amax
	0.5	0.85	1.5
v=1.83 m/s	4315.54	3674.59	3093.63
v=2.22 m/s	3697.55	3148.39	2650.61
v=2.67 m/s	3189.98	2716.20	2286.75

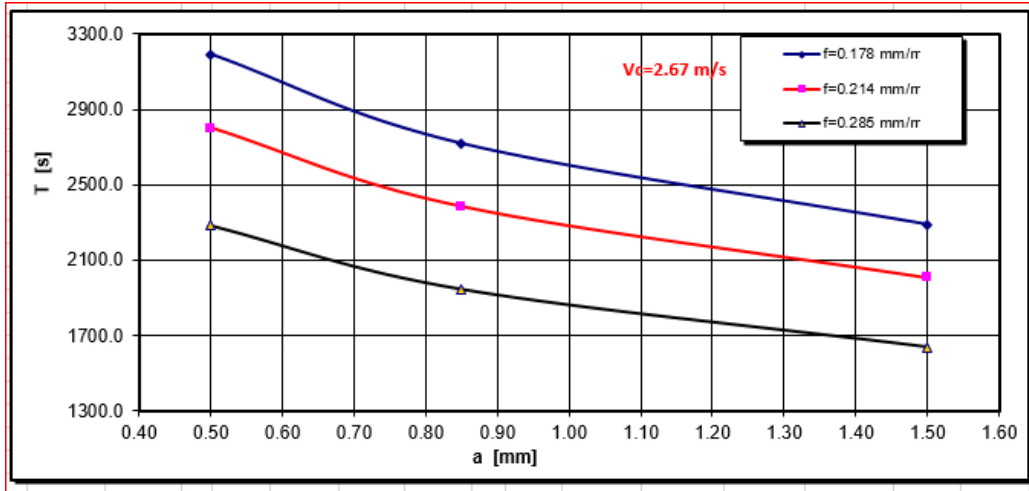


Fig.1.9 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga thellësia e prerjes dhe hapi, për shpejtësinë  $V_{cmax}$

	amin	ames	amax
	0.5	0.85	1.5
v=1.83 m/s	4315.54	3674.59	3093.63
v=2.22 m/s	3697.55	3148.39	2650.61
v=2.67 m/s	3189.98	2716.20	2286.75

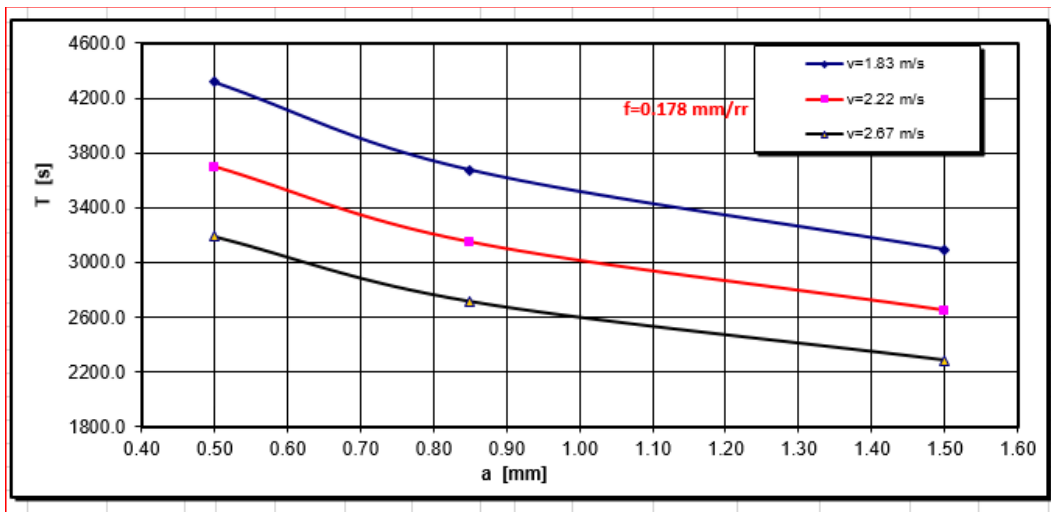


Fig.1.10 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga thellësia dhe shpejtësia e prerjes, për hapin  $f_{min}$

	amin	ames	amax
	0.5	0.85	1.5
v=1.83 m/s	3786.52	3224.14	2714.39
v=2.22 m/s	3244.28	2762.44	2325.68
v=2.67 m/s	2798.93	2383.23	2006.43

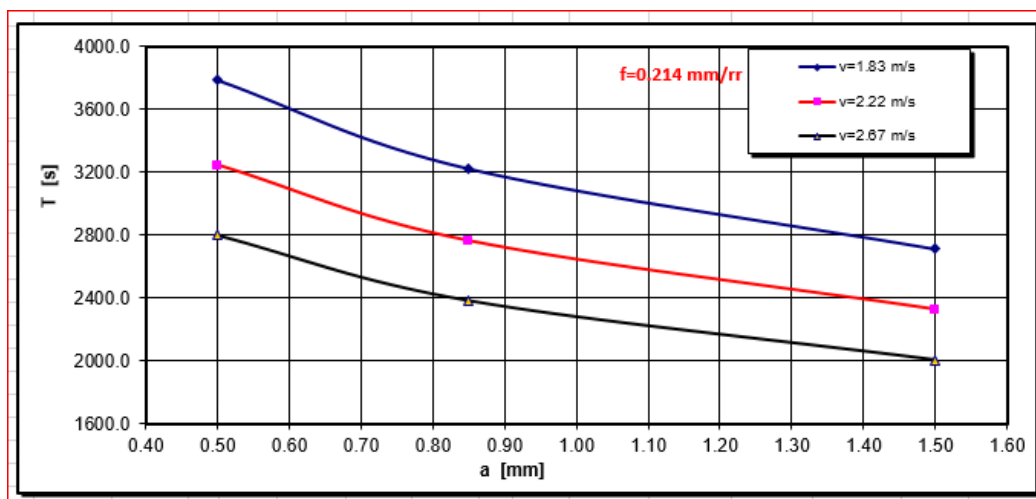


Fig.1.11 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga thellësia dhe shpejtësia e prerjes, për hapin

$f_{mes}$

	amin	ames	amax
	0.5	0.85	1.5
v=1.83 m/s	3089.54	2630.68	2214.76
v=2.22 m/s	2647.11	2253.96	1897.60
v=2.67 m/s	2283.73	1944.55	1637.11

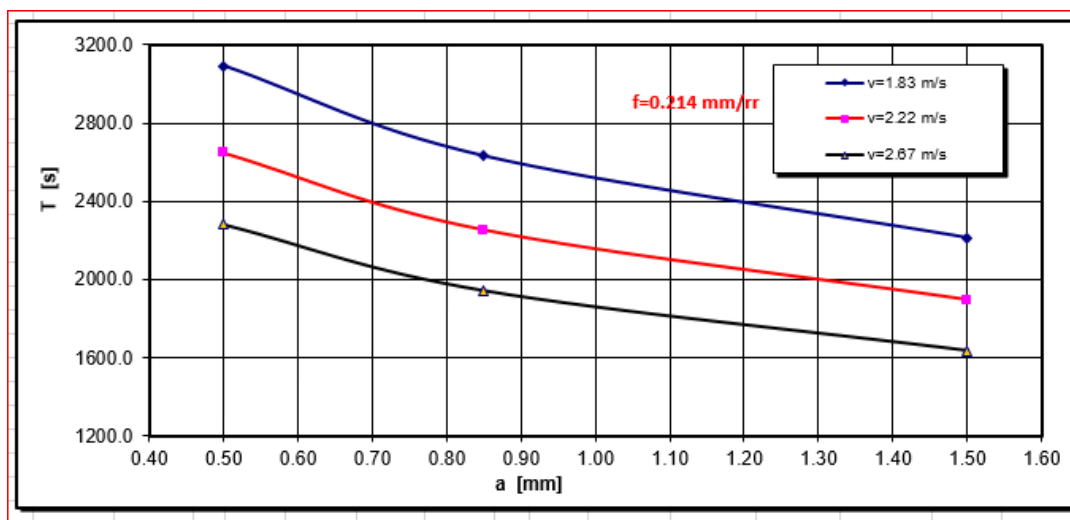


Fig.1. 12 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga thellësia dhe shpejtësia e prerjes, për hapin

$f_{max}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
v=1.83 m/s	4315.54	3786.52	3089.54
v=2.22 m/s	3697.55	3244.28	2647.11
v=2.67 m/s	3189.98	2798.93	2283.73

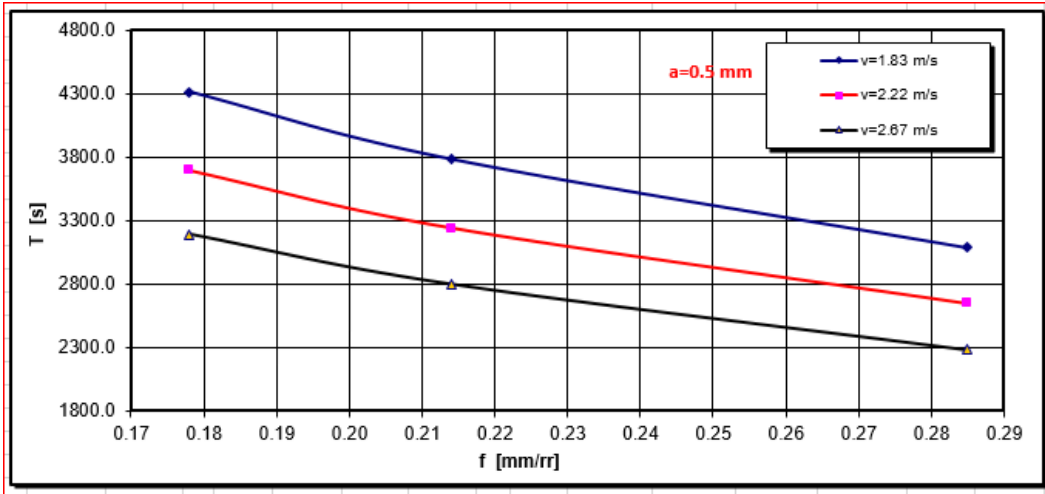


Fig.1.13 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga hapi dhe shpetësia e prerjes, për thelltësinë

$a_{min}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
v=1.83 m/s	3674.59	3224.14	2630.68
v=2.22 m/s	3148.39	2762.44	2253.96
v=2.67 m/s	2716.20	2383.23	1944.55

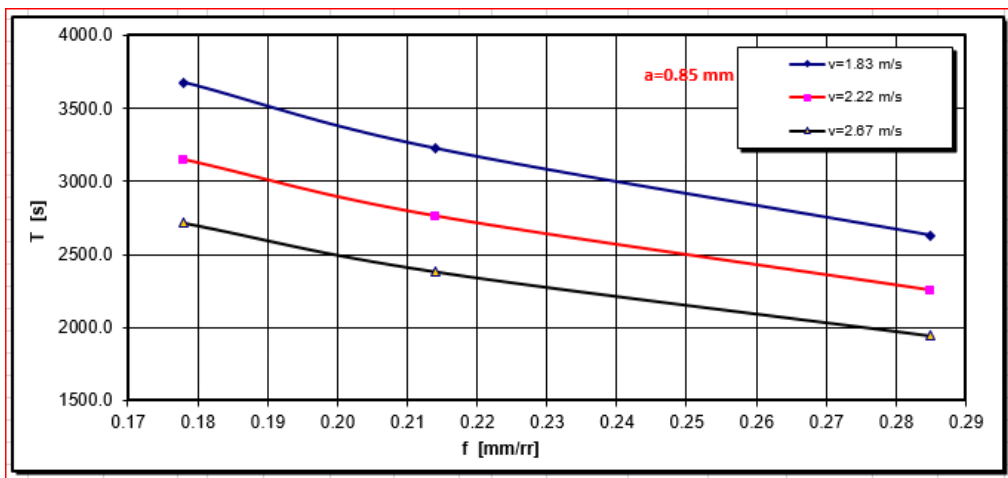


Fig.1.14 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga hapi dhe shpetësia e prerjes, për thelltësinë

$a_{mes}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
v=1.83 m/s	3093.63	2714.39	2214.76
v=2.22 m/s	2650.61	2325.68	1897.60
v=2.67 m/s	2286.75	2006.43	1637.11

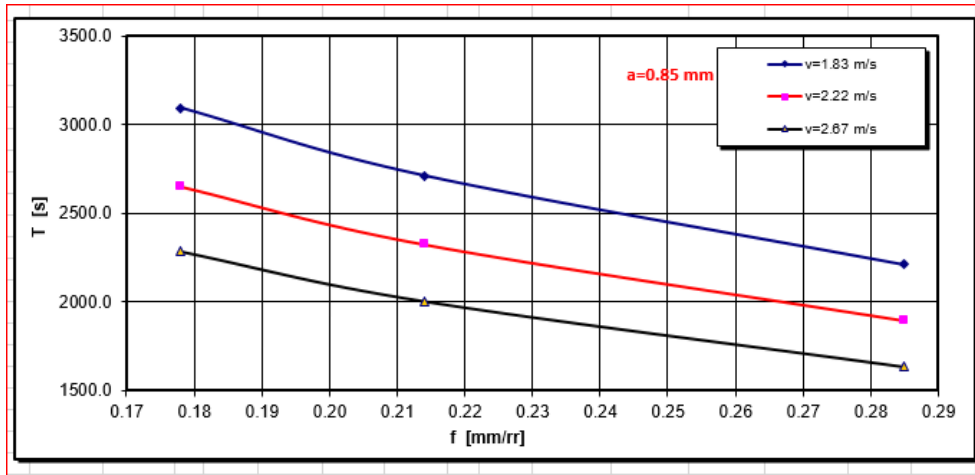


Fig.1.15 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga hapi dhe shpejtësia e prerjes, për thellësinë

$a_{max}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
a=0.5 mm	4315.54	3786.52	3089.54
a=0.85 mm	3674.59	3224.14	2630.68
a=1.5 mm	3093.63	2714.39	2214.76

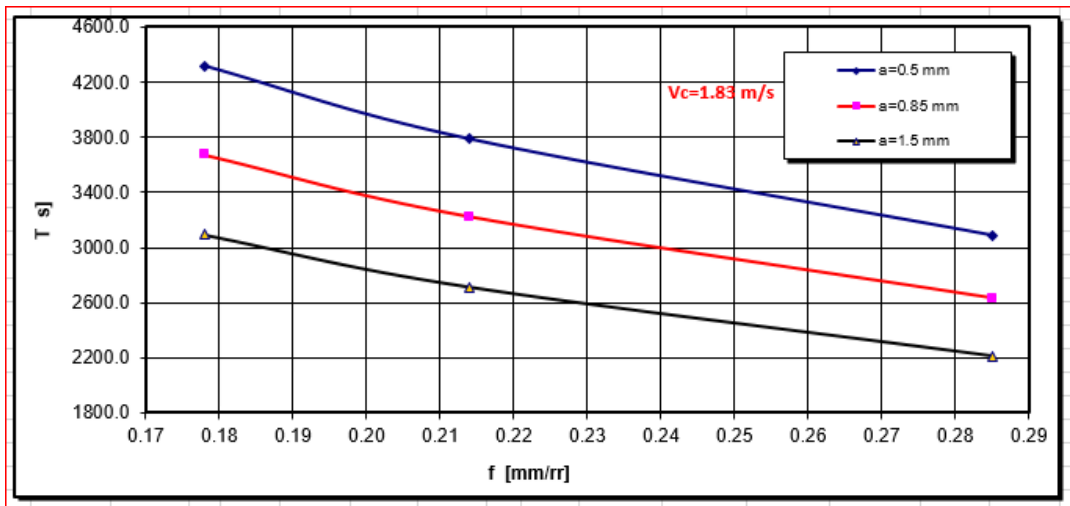


Fig.1.16 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga hapi dhe thellësia e prerjes, për shpejtësinë

$V_{cmin}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
a=0.5 mm	3697.55	3244.28	2647.11
a=0.85 mm	3148.39	2762.44	2253.96
a=1.5 mm	2650.61	2325.68	1897.60

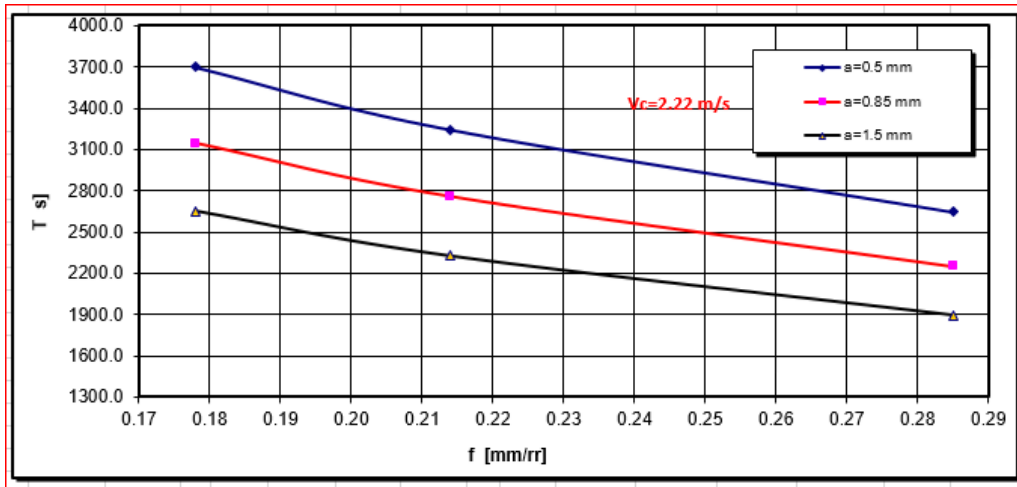


Fig.1.17 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga hapi dhe thellësia e prerjes, për shpejttësinë  $V_{cmes}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
a=0.5 mm	3189.98	2798.93	2283.73
a=0.85 mm	2716.20	2383.23	1944.55
a=1.5 mm	2286.75	2006.43	1637.11

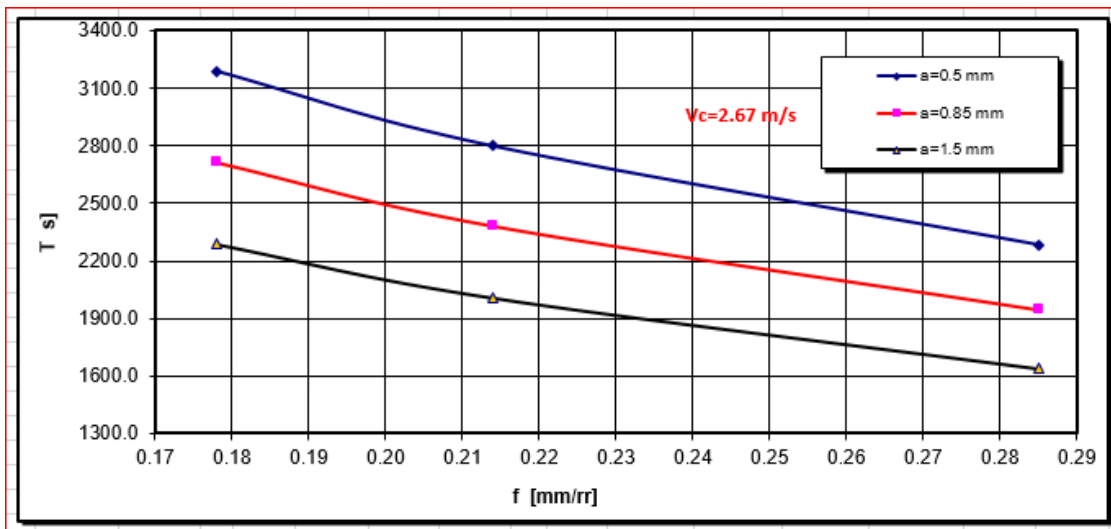


Fig.1.18 Varësia e qendrueshmërisë së instrumentit T nga hapi dhe thellësia e prerjes, për shpejttësinë  $V_{cmax}$



$$2. R_a = 1.0409 \cdot V_c^{-0.88} \cdot f^{0.866} \cdot T^{0.378}$$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
T=2100 [s]	1.77	2.08	2.47
T=3400 [s]	2.13	2.50	2.96
T=5500 [s]	2.55	3.00	3.55

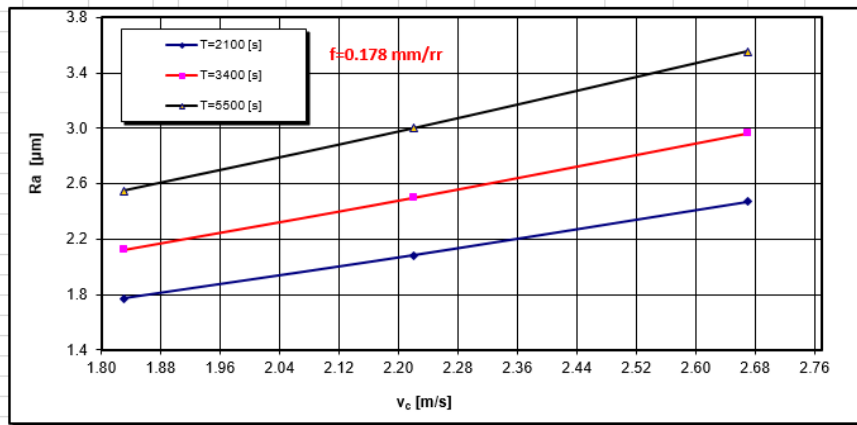


Fig.2.1 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga shpejtësia dhe qendrueshmëria , për hapin  $f_{min}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
T=2100 [s]	2.08	2.44	2.90
T=3400 [s]	2.49	2.93	3.48
T=5500 [s]	2.99	3.52	4.17

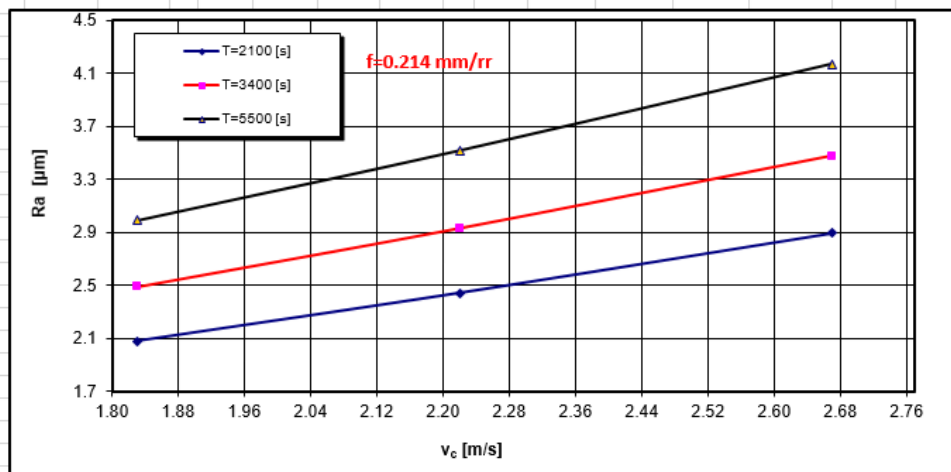


Fig.2.2 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga shpejtësia dhe qendrueshmëria , për hapin  $f_{mes}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
T=2100 [s]	2.66	3.13	3.71
T=3400 [s]	3.20	3.76	4.46
T=5500 [s]	3.83	4.51	5.34

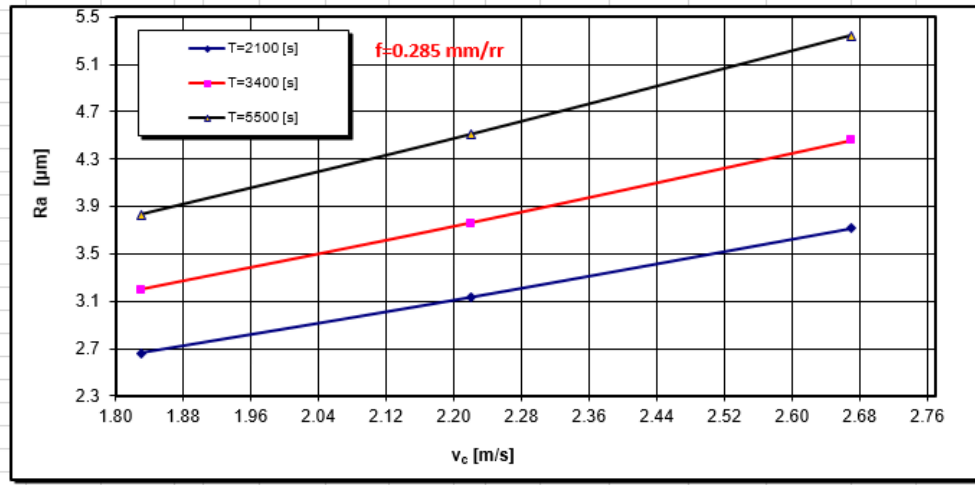


Fig.2.3 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga shpejtësia dhe qendrueshmëria , për hapin  $f_{max}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	1.77	2.08	2.47
f=0.214 mm/rr	2.08	2.44	2.90
f=0.285 mm/rr	2.66	3.13	3.71

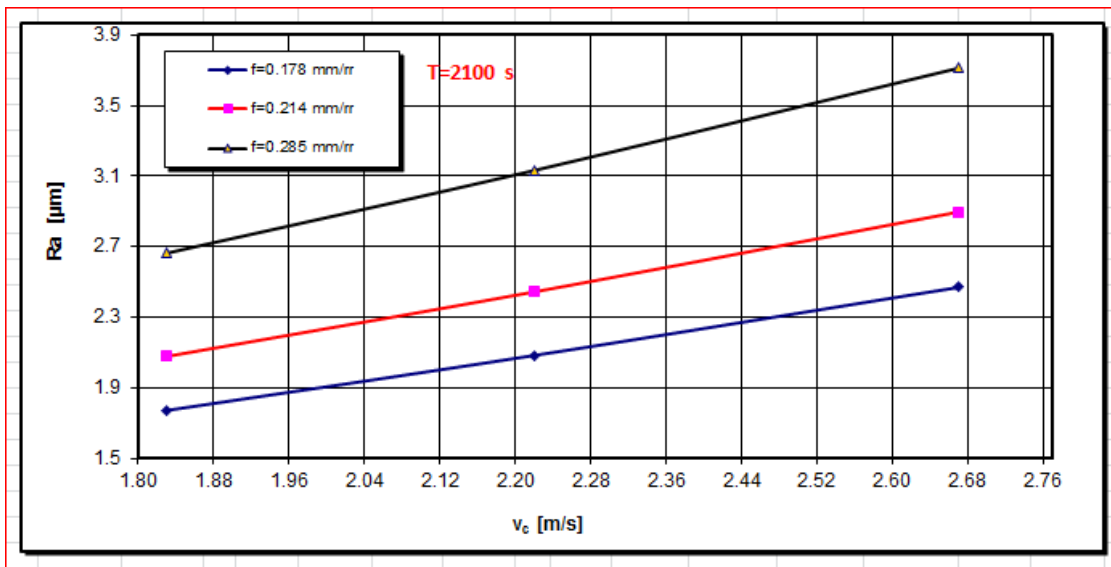


Fig.2.4 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin  $T_{min}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	2.13	2.50	2.96
f=0.214 mm/rr	2.49	2.93	3.48
f=0.285 mm/rr	3.20	3.76	4.46

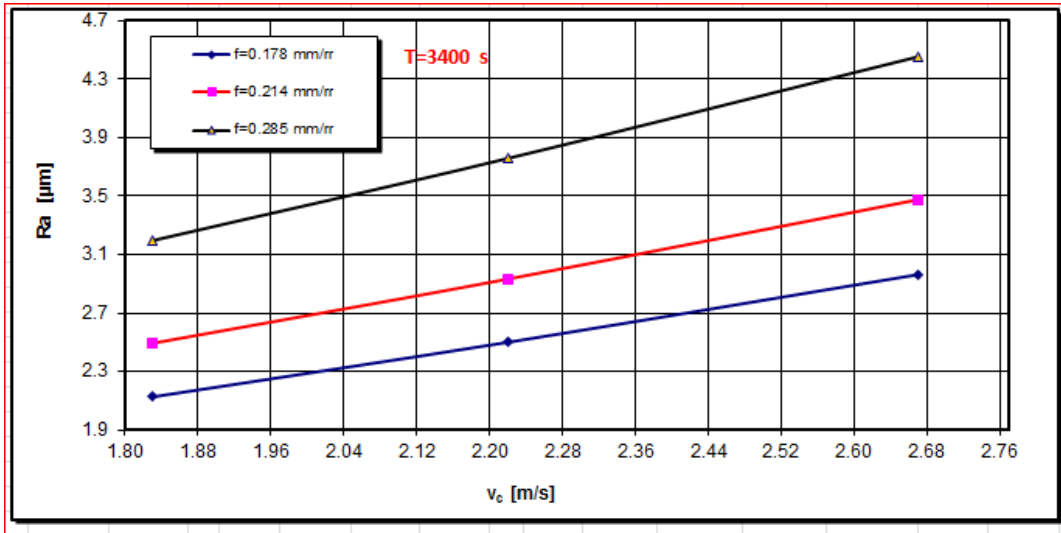


Fig.2.5 Varësia e parametrit të aspërsisë Ra nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin  $T_{mes}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	2.55	3.00	3.55
f=0.214 mm/rr	2.99	3.52	4.17
f=0.285 mm/rr	3.83	4.51	5.34

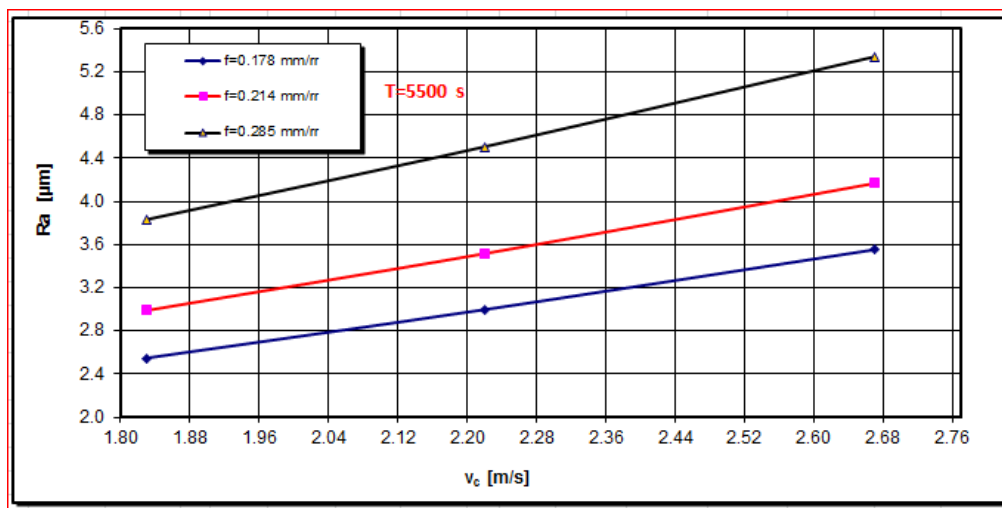


Fig.2.6 Varësia e parametrit të aspërsisë Ra nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin  $T_{max}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
f=0.178 mm/rr	2.47	2.96	3.55
f=0.214 mm/rr	2.90	3.48	4.17
f=0.285 mm/rr	3.71	4.46	5.34

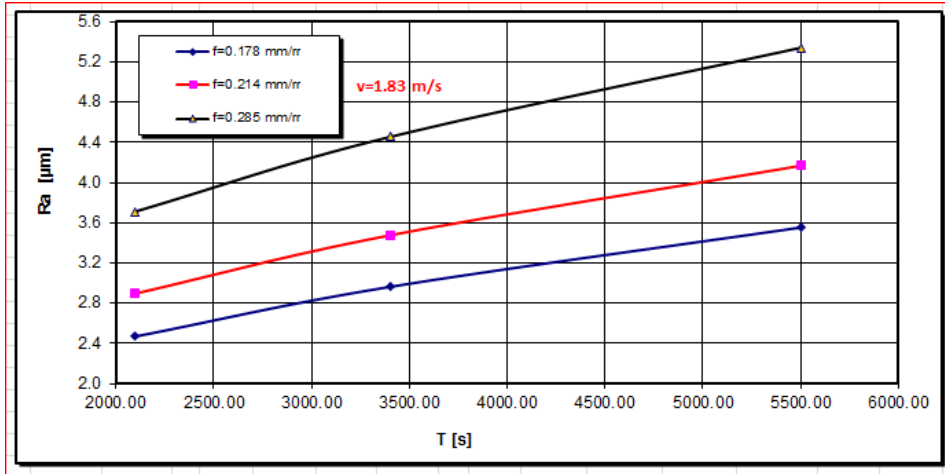


Fig.2.7 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga qëndrueshmëria e instrumentit dhe hapi, për shpejtësi

$V_{cmin}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
f=0.178 mm/rr	2.08	2.50	3.00
f=0.214 mm/rr	2.44	2.93	3.52
f=0.285 mm/rr	3.13	3.76	4.51

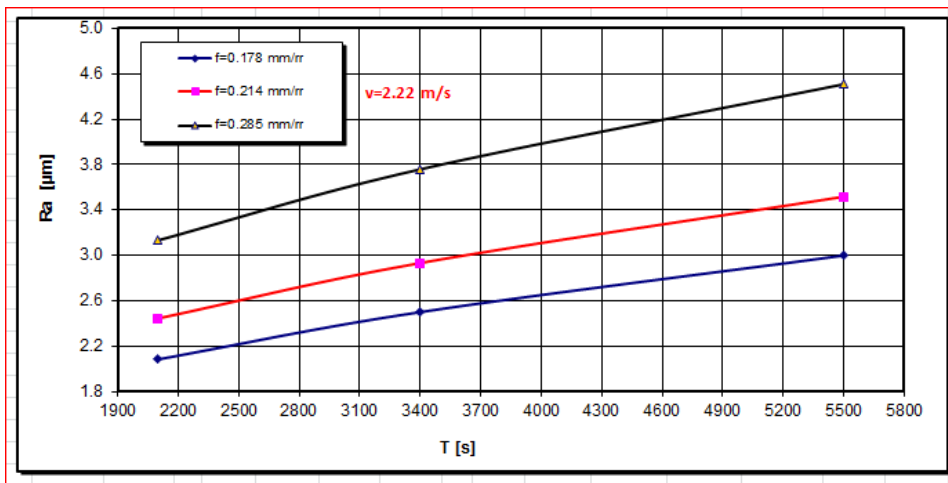


Fig.2.8 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga qëndrueshmëria e instrumentit dhe hapi, për shpejtësi

$V_{cmes}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
f=0.178 mm/rr	1.77	2.13	2.55
f=0.214 mm/rr	2.08	2.49	2.99
f=0.285 mm/rr	2.66	3.20	3.83

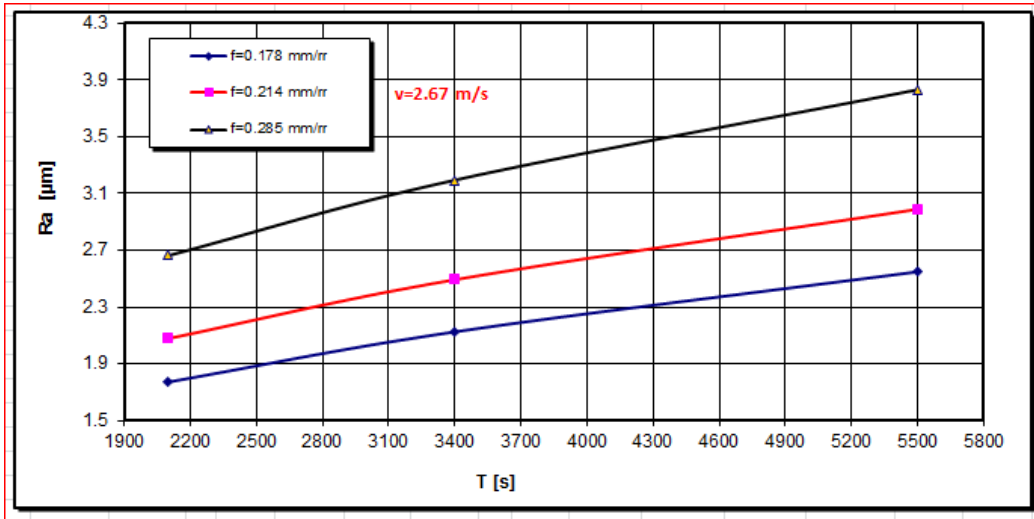


Fig.2.9 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga qëndrueshmëria dhe hapi, për shpejtësi  $v_{cmax}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
Vc=1.83 m/s	2.47	2.96	3.55
Vc=2.22 m/s	2.08	2.50	3.00
Vc=2.67 m/s	1.77	2.13	2.55

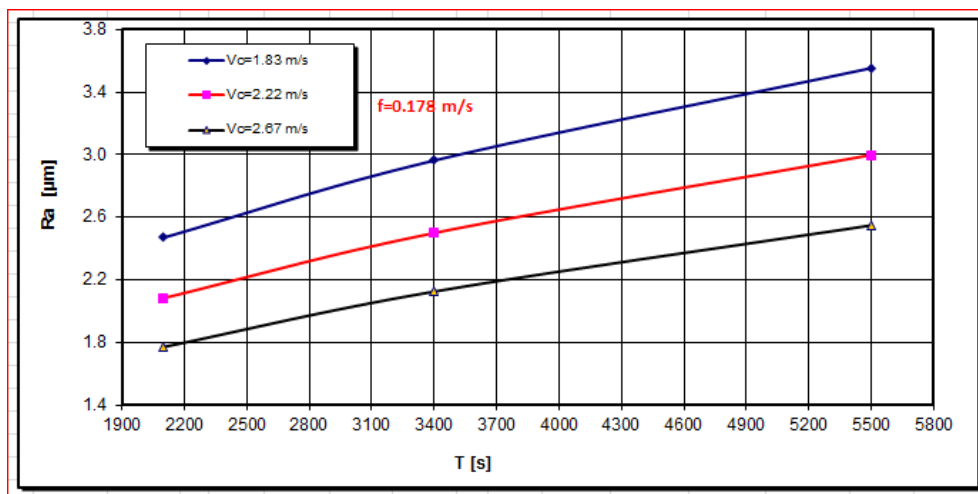


Fig.2.10 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{min}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
Vc=1.83 m/s	2.90	3.48	4.17
Vc=2.22 m/s	2.44	2.93	3.52
Vc=2.67 m/s	2.08	2.49	2.99

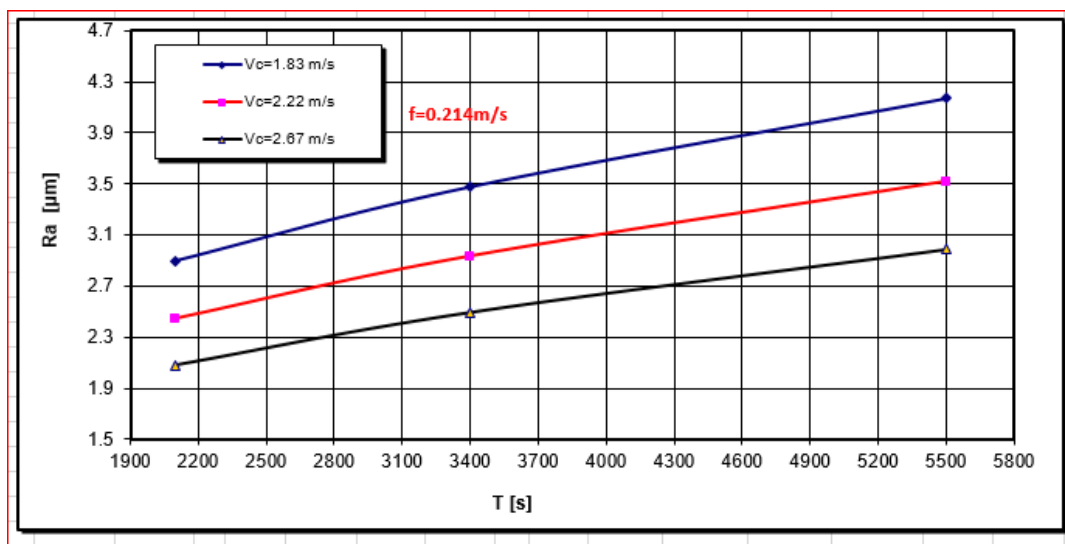


Fig.2.11 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{mes}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
Vc=1.83 m/s	3.71	4.46	5.34
Vc=2.22 m/s	3.13	3.76	4.51
Vc=2.67 m/s	2.66	3.20	3.83

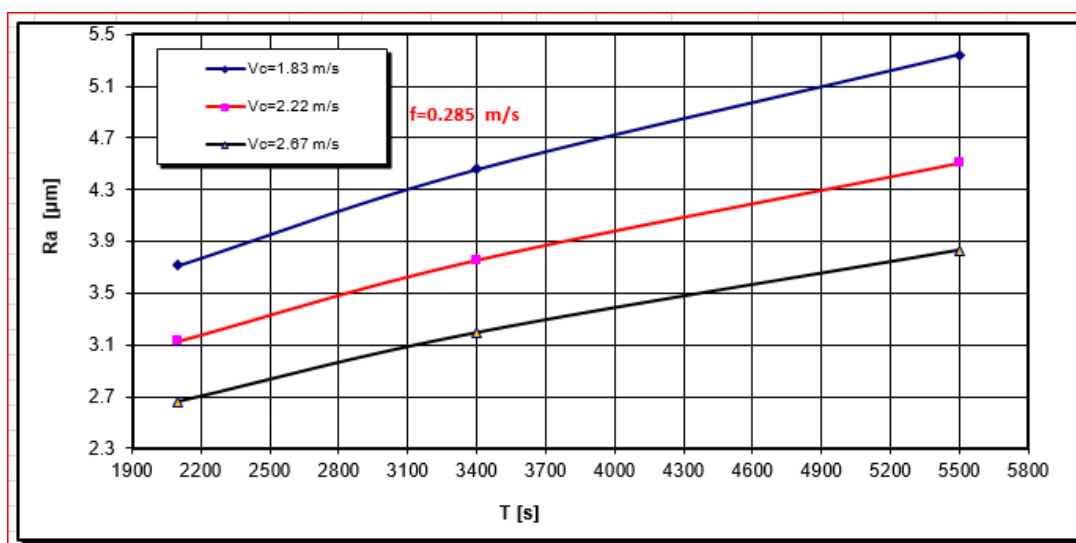


Fig.2.12 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{max}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
Vc=1.83 m/s	2.47	2.90	3.71
Vc=2.22 m/s	2.08	2.44	3.13
Vc=2.67 m/s	1.77	2.08	2.66

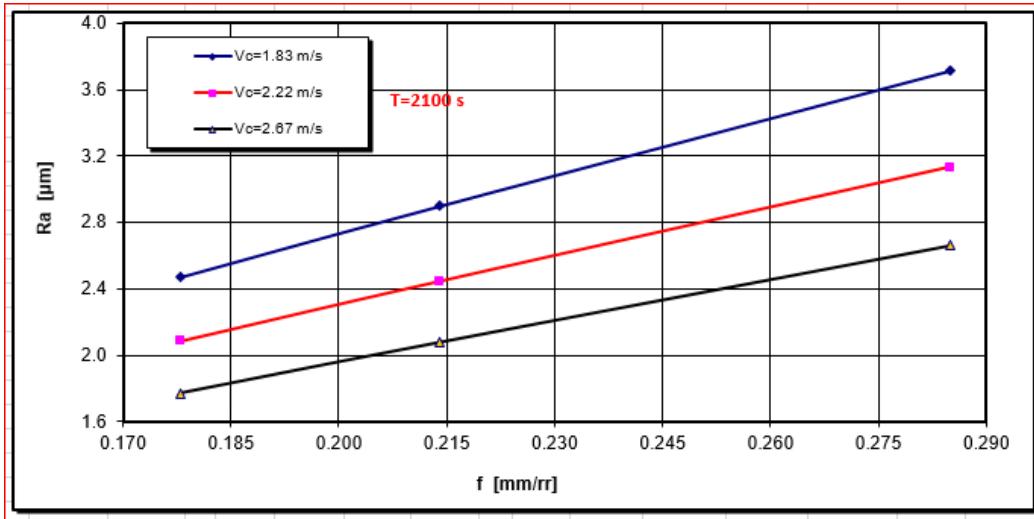


Fig.2.13 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{min}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
Vc=1.83 m/s	2.96	3.48	4.46
Vc=2.22 m/s	2.50	2.93	3.76
Vc=2.67 m/s	2.13	2.49	3.20

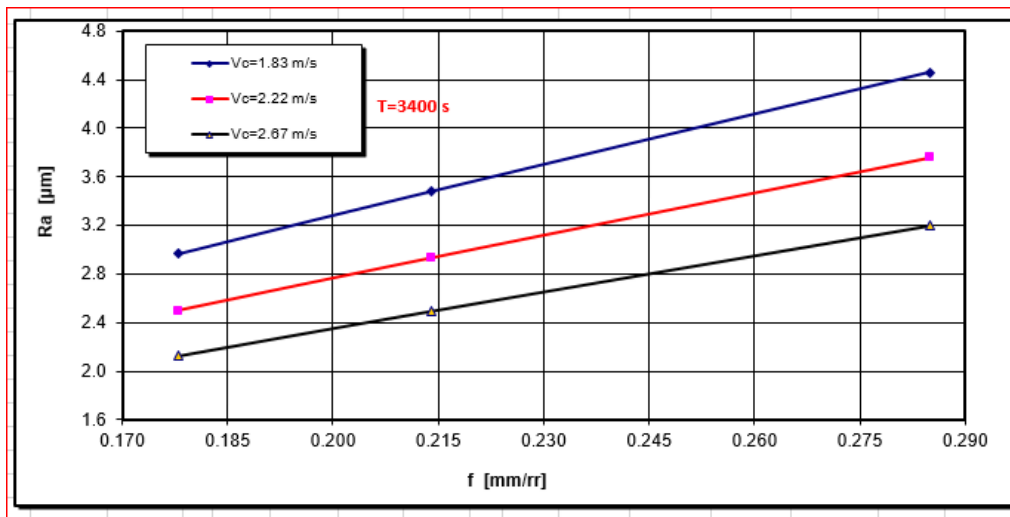


Fig.2.14 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{mes}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
Vc=1.83 m/s	3.55	4.17	5.34
Vc=2.22 m/s	3.00	3.52	4.51
Vc=2.67 m/s	2.55	2.99	3.83

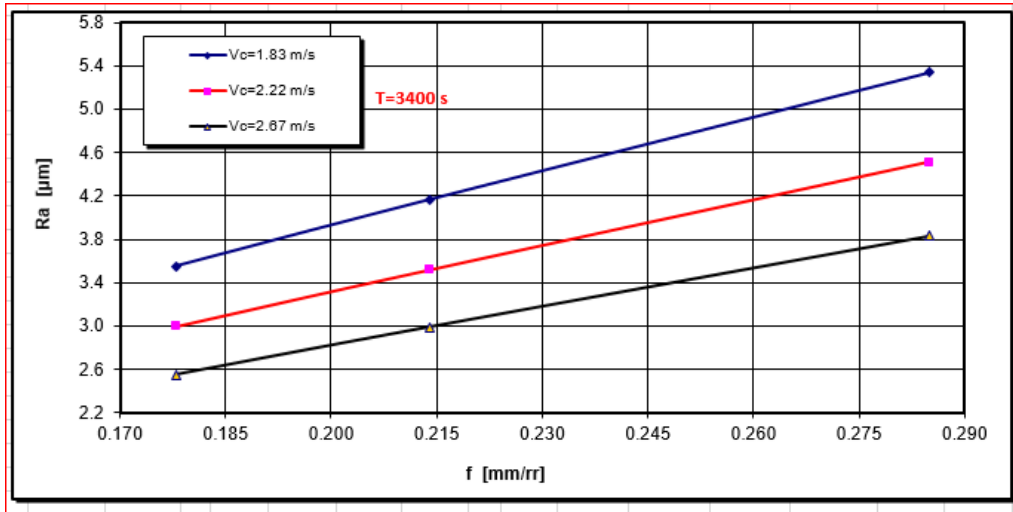


Fig.2.15 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{max}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
T=2100 s	2.47	2.90	3.71
T=3400 s	2.96	3.48	4.46
T=5500 s	3.55	4.17	5.34

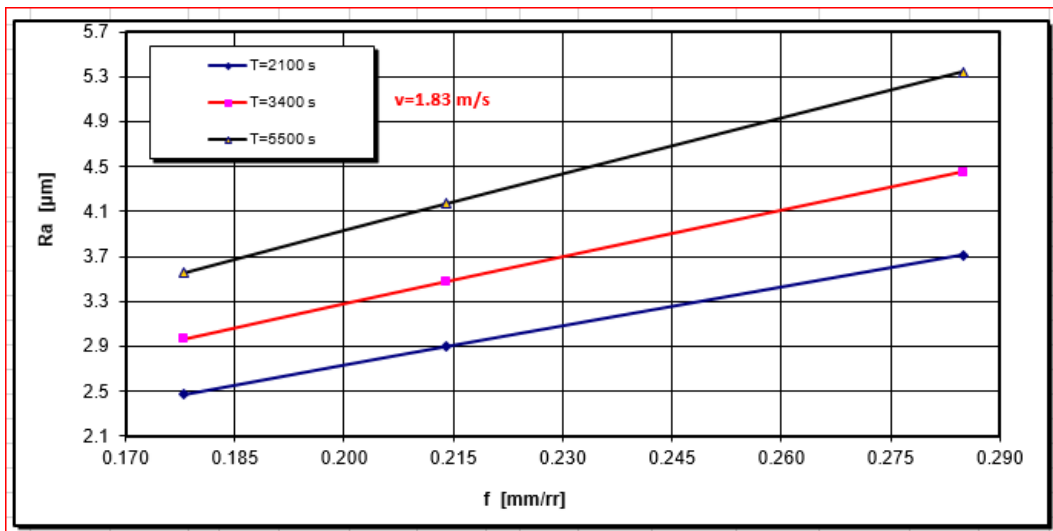


Fig.2.16 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{cmin}$



	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
T=2100 s	2.08	2.44	3.13
T=3400 s	2.50	2.93	3.76
T=5500 s	3.00	3.52	4.51

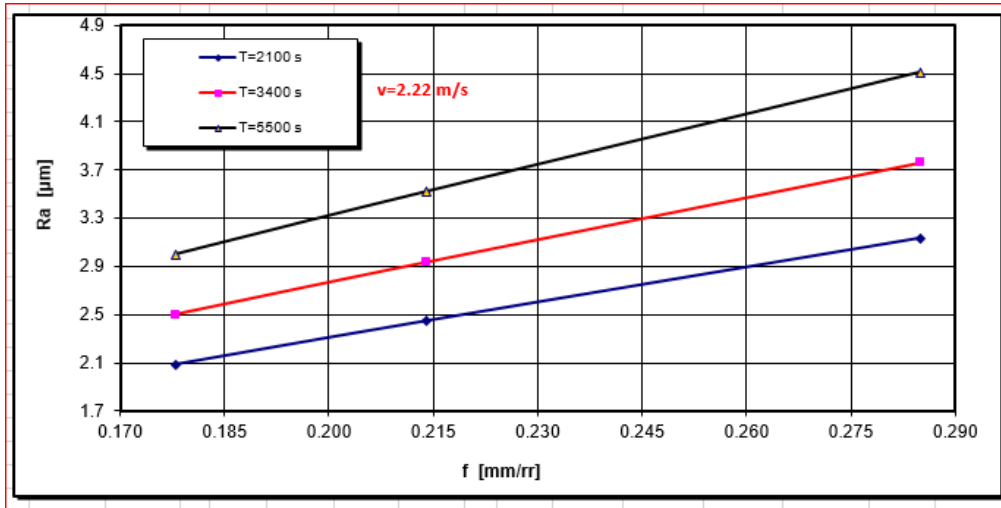


Fig.2.17 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{cmes}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
T=2100 s	1.77	2.08	2.66
T=3400 s	2.13	2.49	3.20
T=5500 s	2.55	2.99	3.83

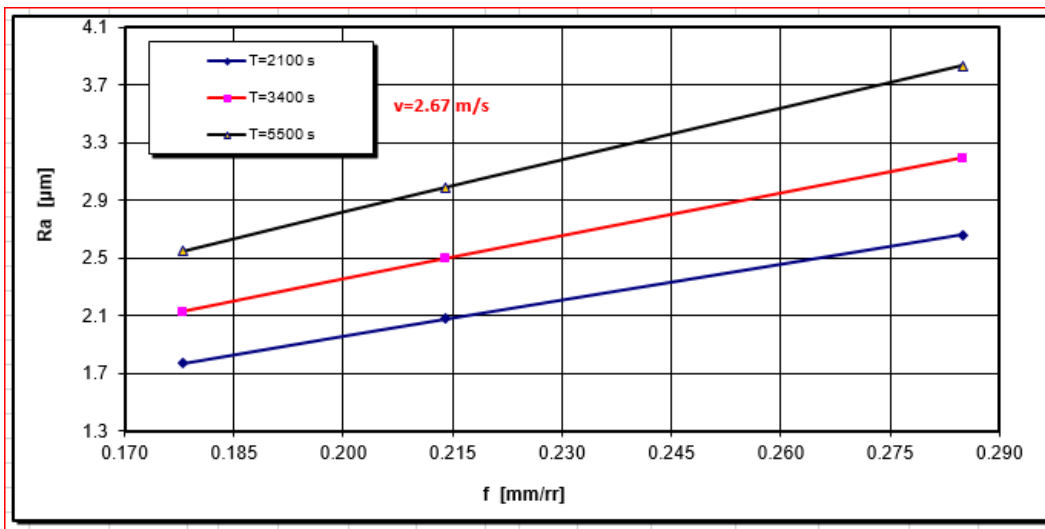


Fig.2.18 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{cmax}$

$$3. R_z = 6.47 \cdot V_c^{-0.90766} \cdot f^{0.8629} \cdot T^{0.3278}$$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
T=2100 s	10.35	8.68	7.34
T=3400 s	12.12	10.17	8.59
T=5500 s	14.19	11.90	10.06

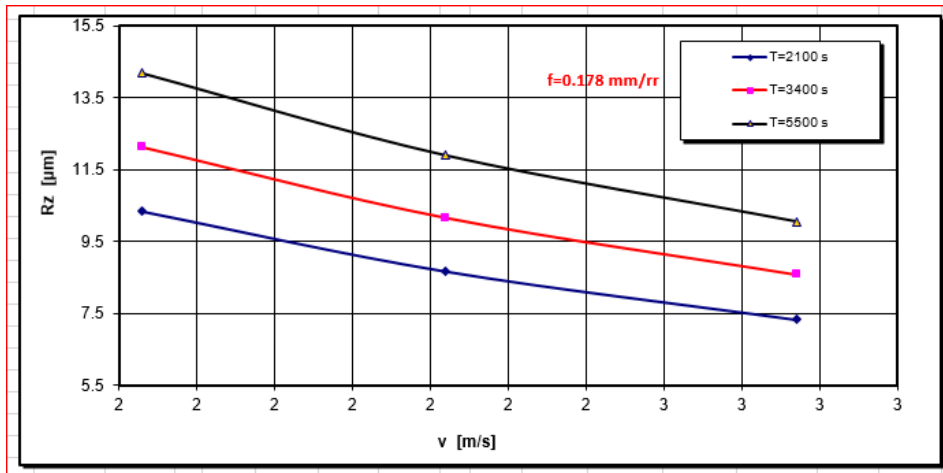


Fig.3.1 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga shpejtësia e prerjes dhe qendrueshmëria, për hapin  $f_{mi}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
T=2100 s	10.35	8.68	7.34
T=3400 s	14.21	11.92	10.08
T=5500 s	16.64	13.95	11.80

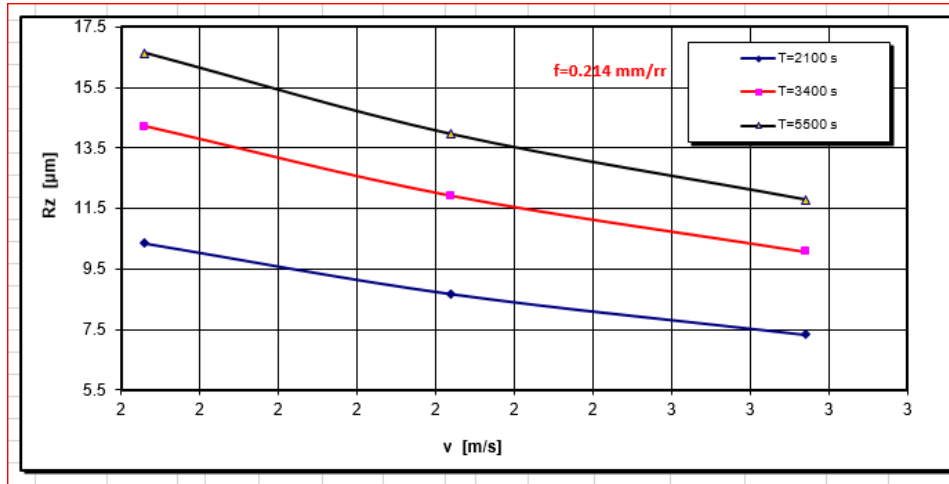


Fig.3.2 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga shpejtësia e prerjes dhe qendrueshmëria, për hapin  $f_{mes}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
T=2100 s	15.53	13.03	11.02
T=3400 s	18.19	15.26	12.90
T=5500 s	21.30	17.87	15.11

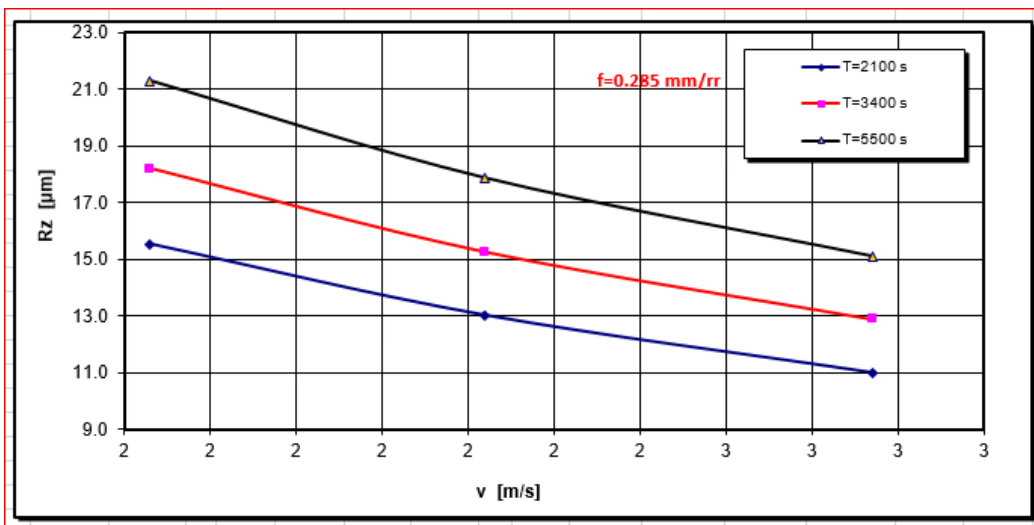


Fig.2.3 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga shpejtësia e prerjes dhe qendrueshmëria, për hapin  $f_{max}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	10.35	8.68	7.34
f=0.214 mm/rr	12.13	10.18	8.60
f=0.285 mm/rr	15.53	13.03	11.02

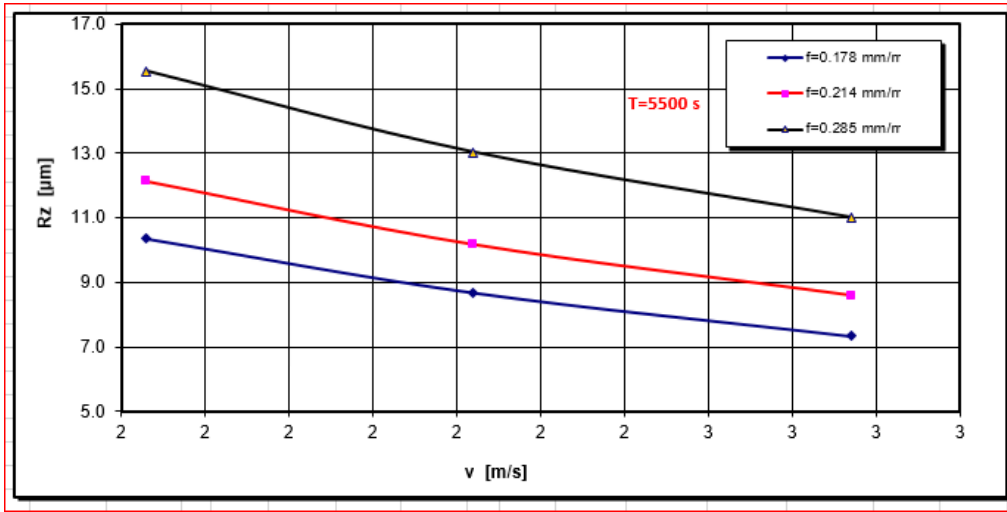


Fig.2.4 Varësia e parametrit të aspërsisë Rz nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin  $T_{min}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	12.12	10.17	8.59
f=0.214 mm/rr	14.21	11.92	10.08
f=0.285 mm/rr	18.19	15.26	12.90

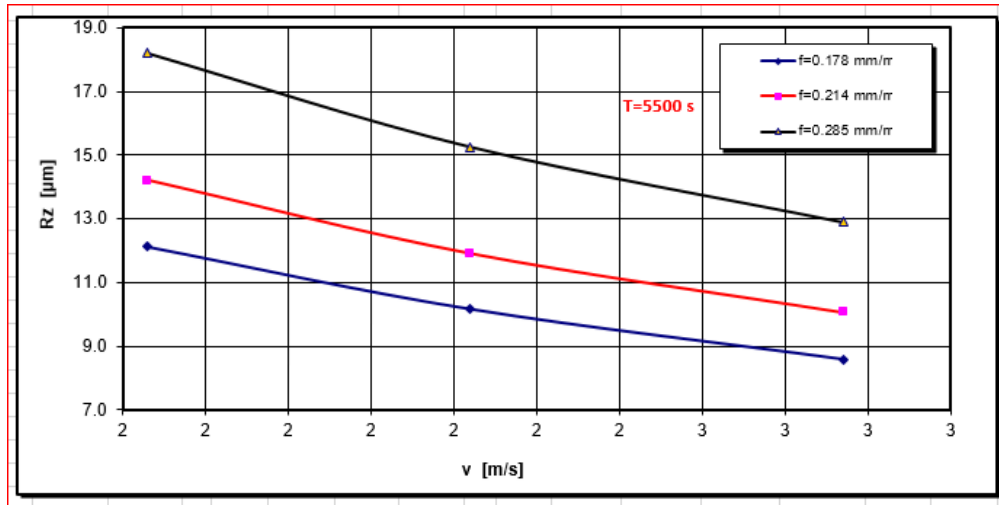


Fig.2.5 Varësia e parametrit të aspërsisë Rz nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin  $T_{mes}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	14.19	11.90	10.06
f=0.214 mm/rr	16.64	13.95	11.80
f=0.285 mm/rr	21.30	17.87	15.11

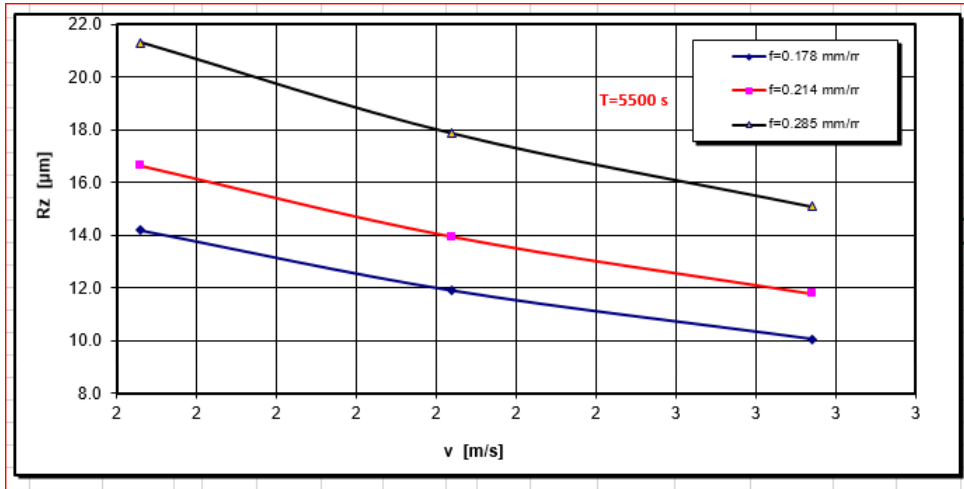


Fig.3.6 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin  $T_{max}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
f=0.178 mm/rr	10.35	12.12	14.19
f=0.214 mm/rr	12.13	14.21	16.64
f=0.285 mm/rr	15.53	18.19	21.30

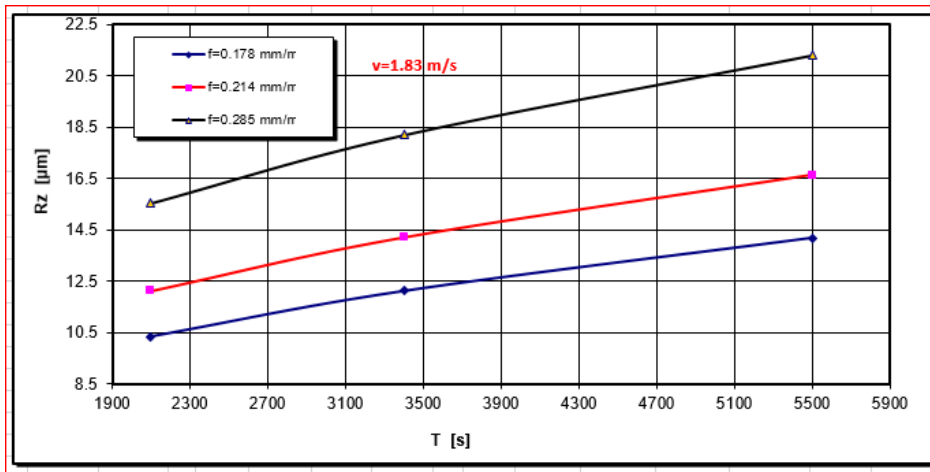


Fig.3.7 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga qëndrueshmëria e instrumentit dhe hapi, për shpejtësi

$V_{cmin}$

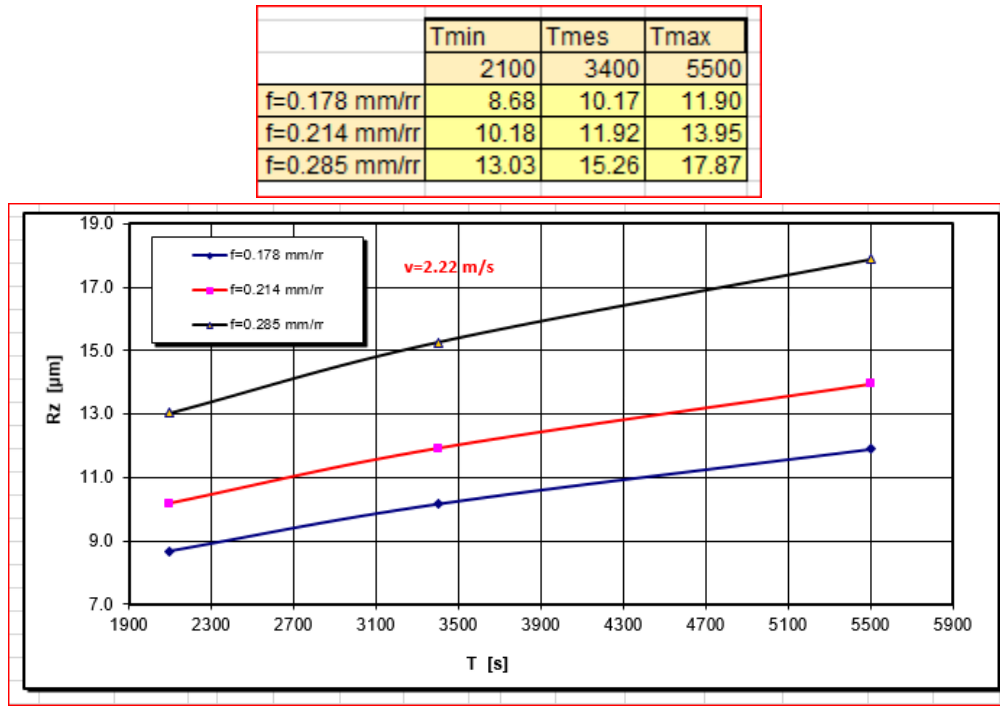


Fig.3.8 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga qëndrueshmëria e instrumentit dhe hapi, për shpejtësi  $v_{cmes}$

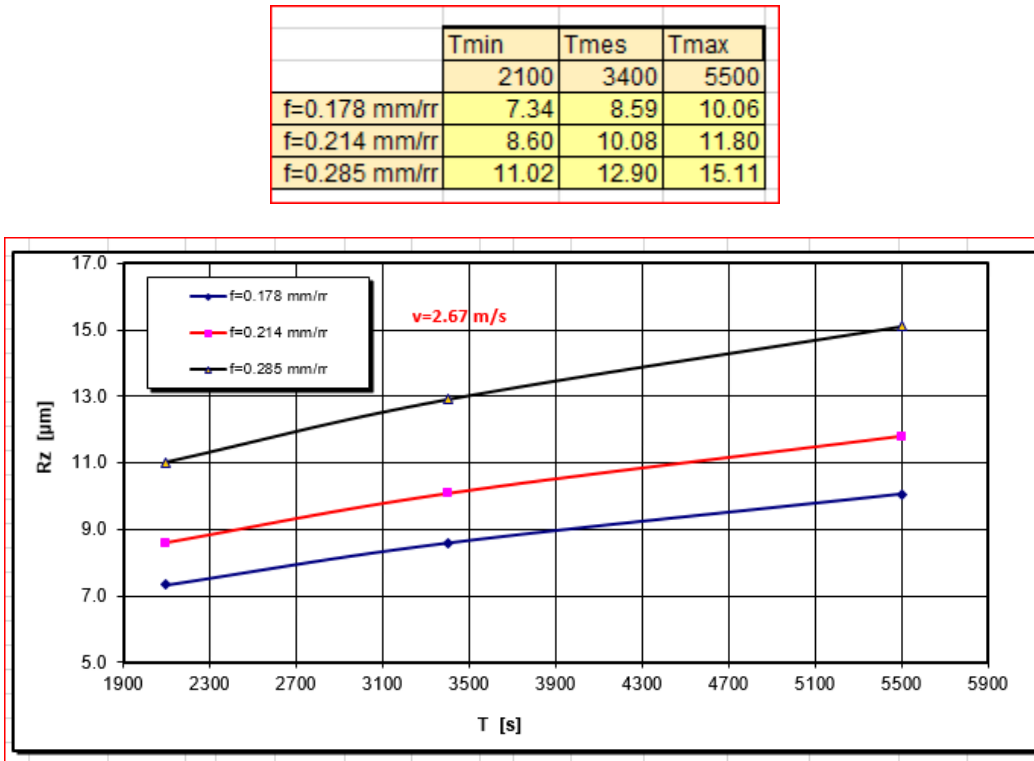


Fig.3.9 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga qëndrueshmëria dhe hapi, për shpejtësi  $v_{cmax}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
v=1.83 m/s	10.35	12.12	14.19
v=2.22 m/s	8.68	10.17	11.90
v=2.67 m/s	7.34	8.59	10.06

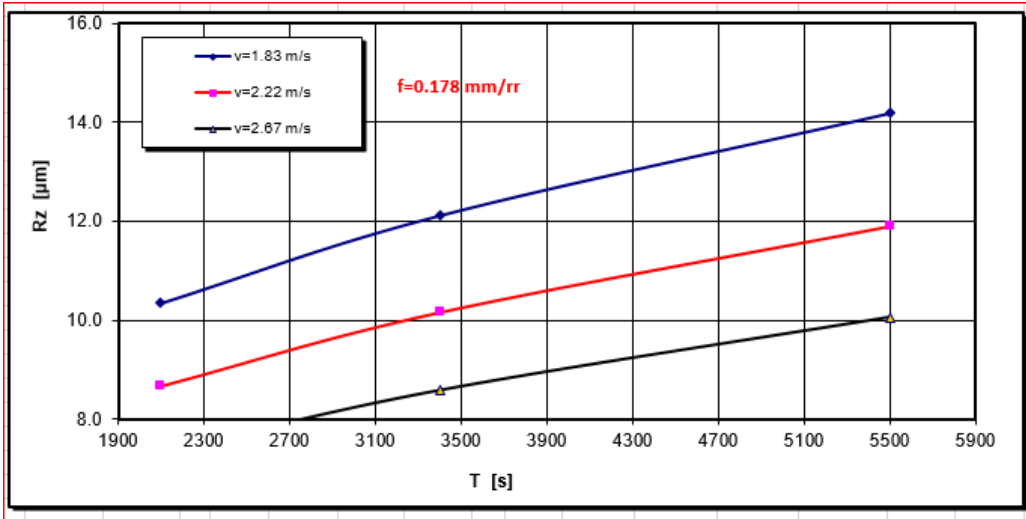


Fig.3.10 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{min}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
v=1.83 m/s	12.13	14.21	16.64
v=2.22 m/s	10.18	11.92	13.95
v=2.67 m/s	8.60	10.08	11.80

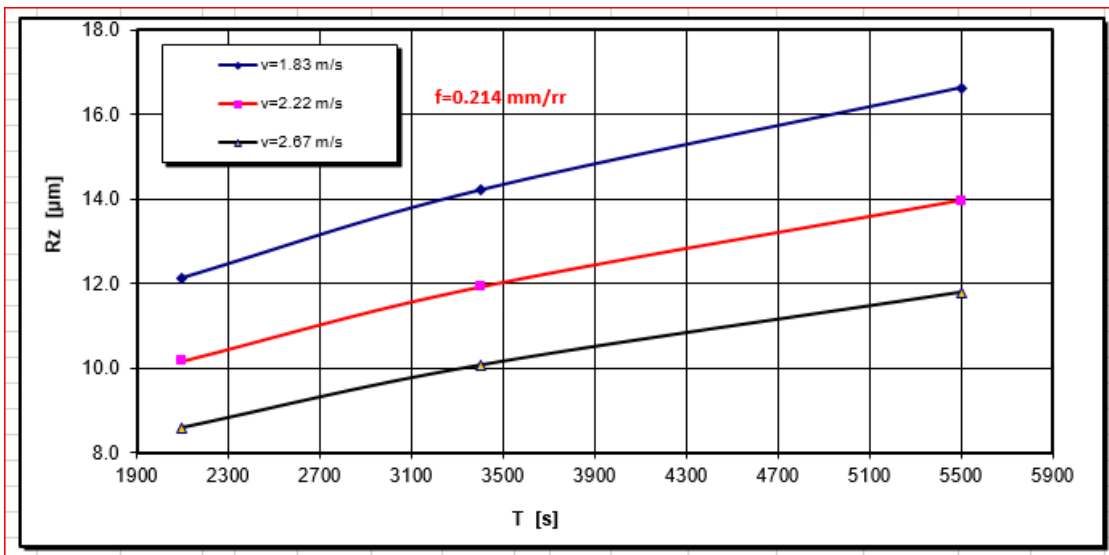


Fig.3.11 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{mes}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
v=1.83 m/s	15.53	18.19	21.30
v=2.22 m/s	13.03	15.26	17.87
v=2.67 m/s	11.02	12.90	15.11

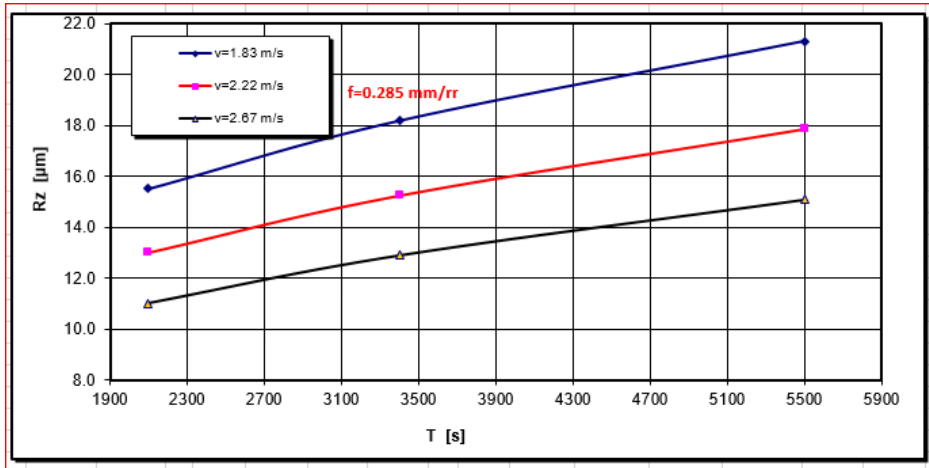


Fig.3.12 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{max}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
v=1.83 m/s	10.35	12.13	15.53
v=2.22 m/s	8.68	10.18	13.03
v=2.67 m/s	7.34	8.60	11.02

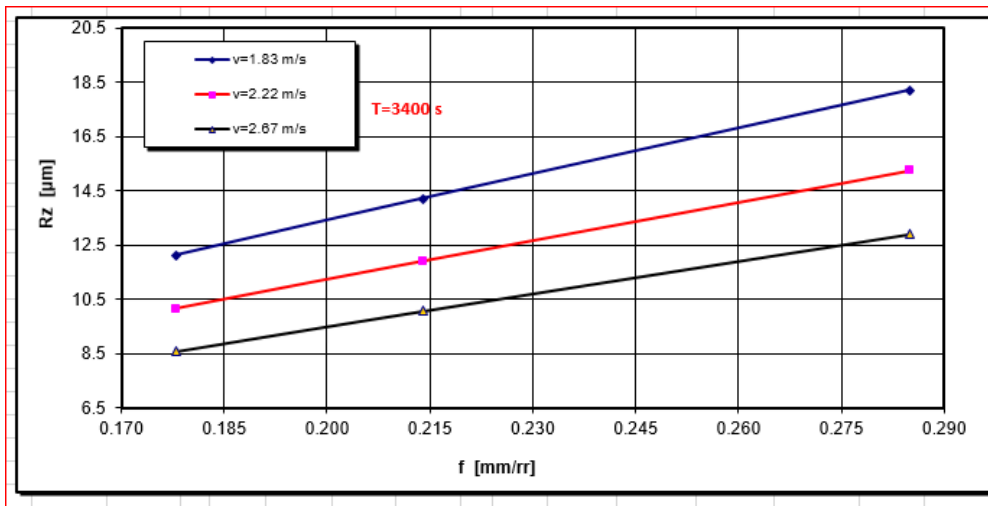


Fig.3.13 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{min}$



	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
v=1.83 m/s	12.12	14.21	18.19
v=2.22 m/s	10.17	11.92	15.26
v=2.67 m/s	8.59	10.08	12.90

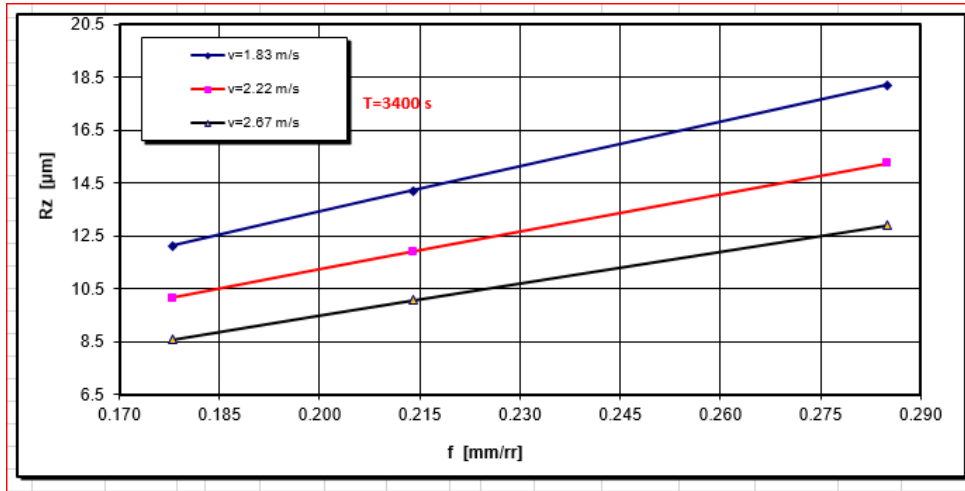


Fig.3.14 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{mes}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
v=1.83 m/s	14.19	16.64	21.30
v=2.22 m/s	11.90	13.95	17.87
v=2.67 m/s	10.06	11.80	15.11

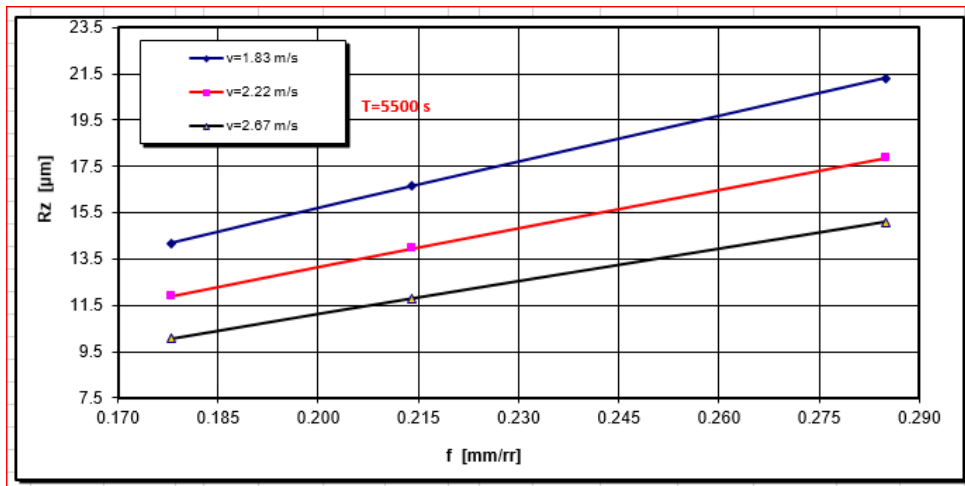


Fig.3.15 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rz nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{max}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
T=2100 s	10.35	12.13	15.53
T=3400 s	12.12	14.21	18.19
T=5500 s	14.19	16.64	21.30

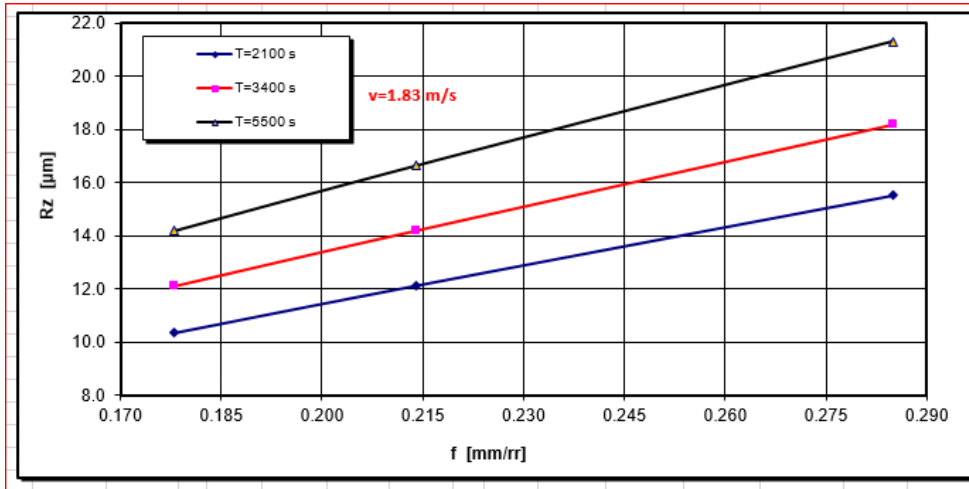


Fig.3.16 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rz nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{cmin}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
T=2100 s	8.68	10.18	13.03
T=3400 s	10.17	11.92	15.26
T=5500 s	11.90	13.95	17.87

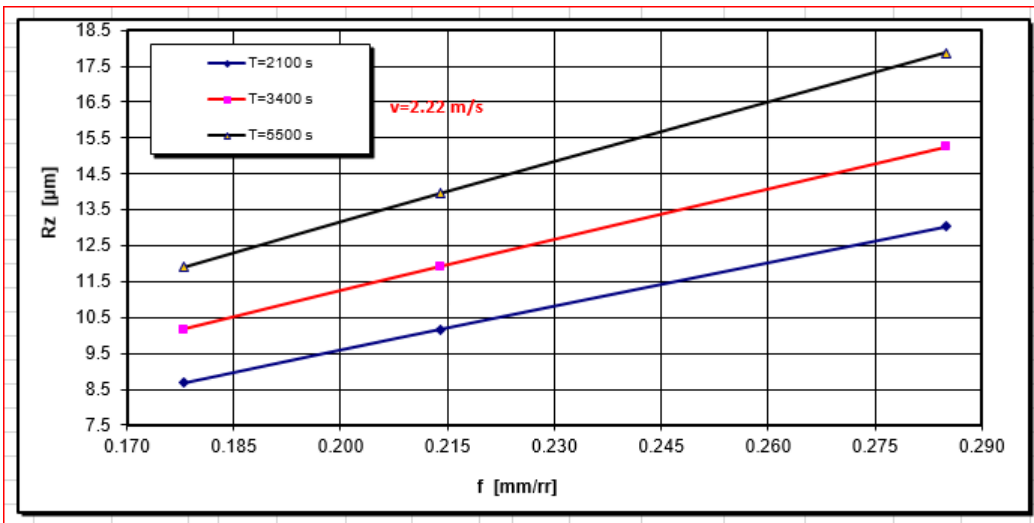


Fig.3.17 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rz nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{cmes}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
T=2100 s	7.34	8.60	11.02
T=3400 s	8.59	10.08	12.90
T=5500 s	10.06	11.80	15.11

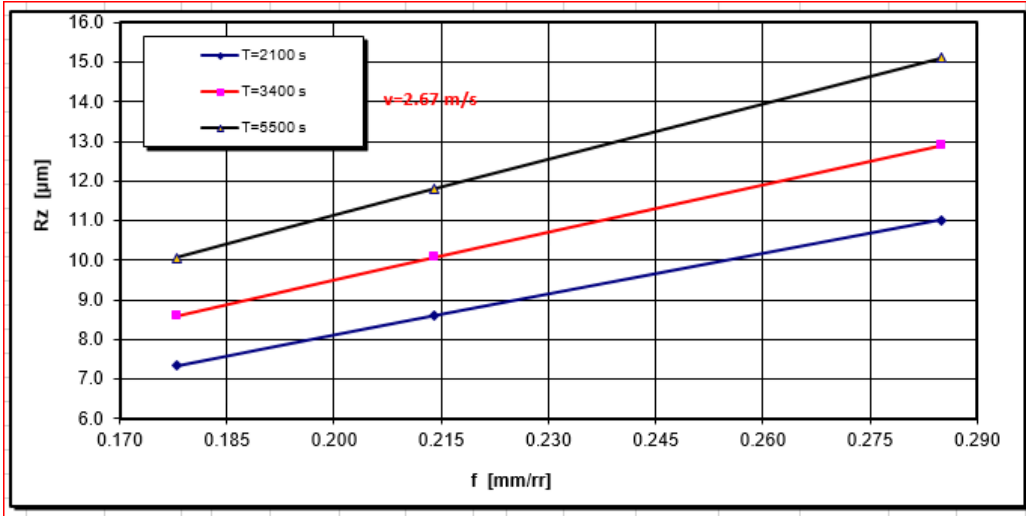


Fig.3.18 Varësia e parametrin të ashpërsisë Rz nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{cmax}$

$$4.R_q = 1.5925 V_c^{-0.81} \cdot f^{0.77} \cdot T^{0.31}$$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
T=2100 s	2.76	2.36	2.04
T=3400 s	3.21	2.74	2.36
T=5500 s	3.73	3.19	2.74

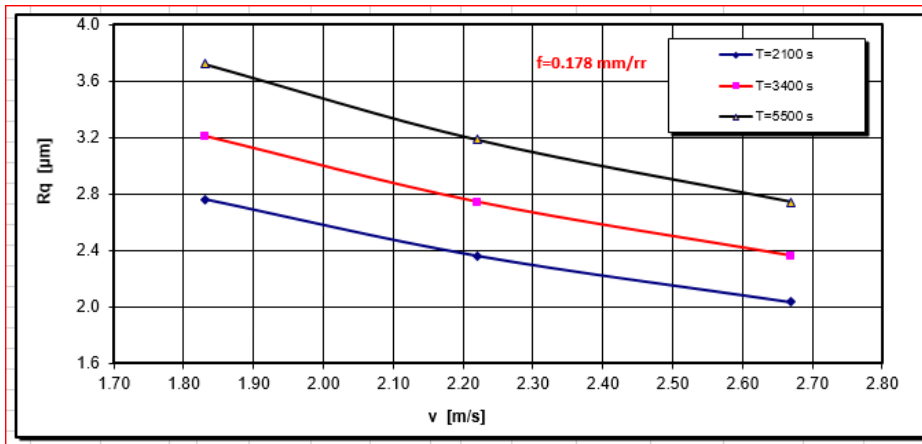


Fig.4.1 Varësia e parametrut të ashpërsisë  $R_q$  nga shpejtësia dhe qendrueshmëria , për hapin  $f_{min}$

	$v_{min}$	$v_{mes}$	$v_{max}$
	1.83	2.22	2.67
T=2100 s	3.19	2.72	2.35
T=3400 s	3.70	3.16	2.72
T=5500 s	4.29	3.67	3.16

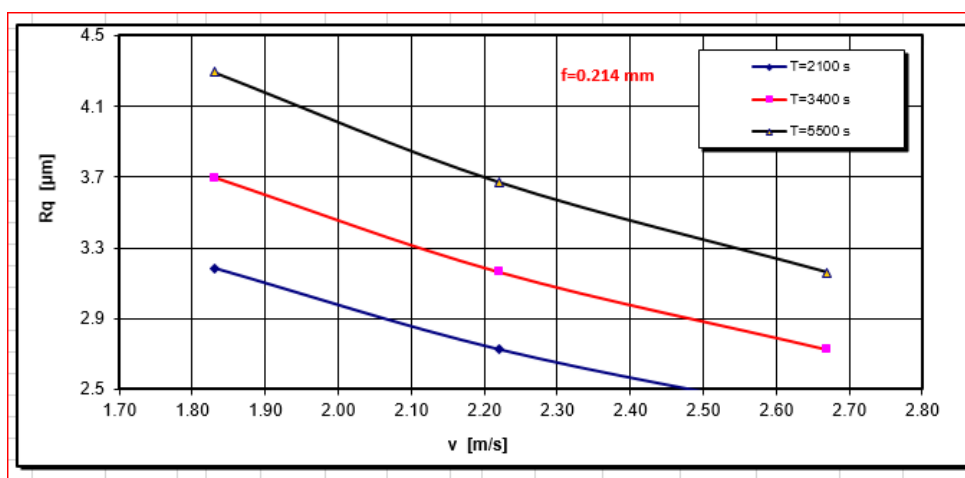


Fig.4.2 Varësia e parametrut të ashpërsisë  $R_q$  nga shpejtësia dhe qendrueshmëria , për hapin  $f_{mes}$

	$v_{min}$	$v_{mes}$	$v_{max}$
	1.83	2.22	2.67
T=2100 s	3.97	3.40	2.92
T=3400 s	4.61	3.94	3.40
T=5500 s	5.35	4.58	3.94

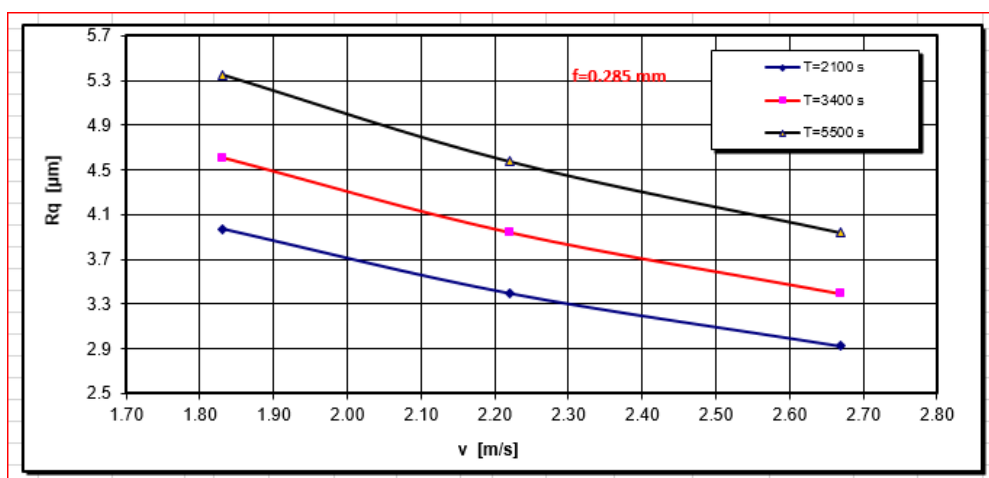


Fig.4.3 Varësia e parametrut të ashpërsisë  $R_q$  nga shpejtësia dhe qendrueshmëria , për hapin  $f_{max}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	2.76	2.36	2.04
f=0.214 mm/rr	3.19	2.72	2.35
f=0.285 mm/rr	3.97	3.40	2.92

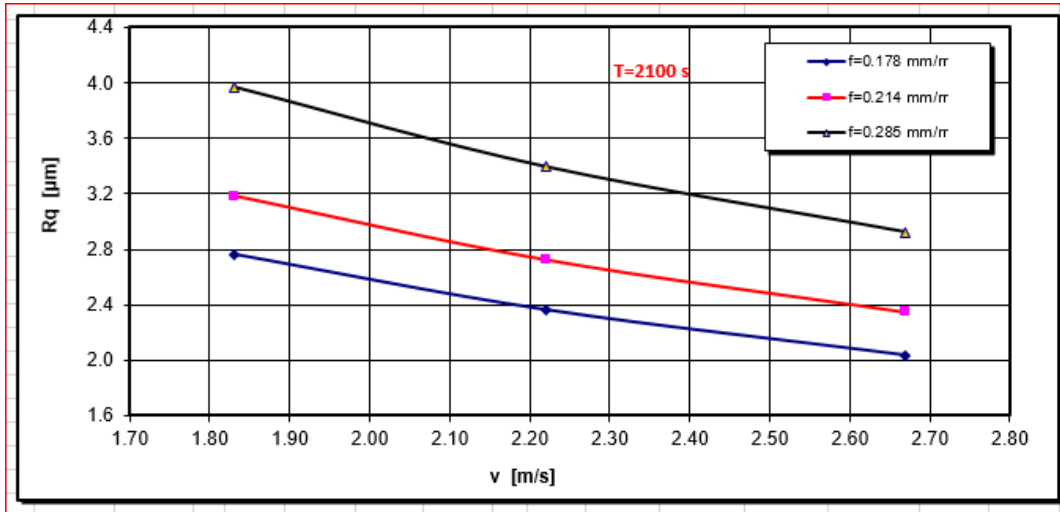


Fig.4.4 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin  $T_{min}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	3.21	2.74	2.36
f=0.214 mm/rr	3.70	3.16	2.72
f=0.285 mm/rr	4.61	3.94	3.40

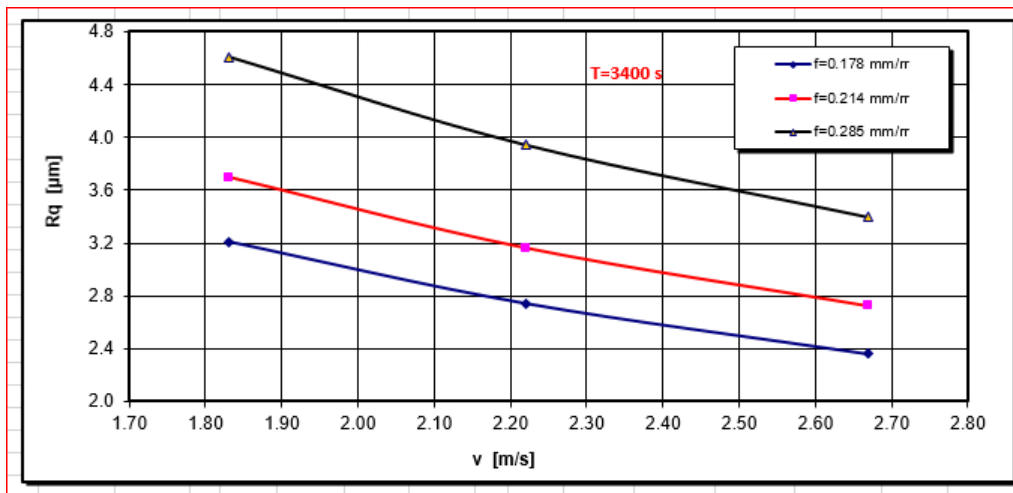


Fig.4.5 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin T<sub>mes</sub>

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	3.73	3.19	2.74
f=0.214 mm/rr	4.29	3.67	3.16
f=0.285 mm/rr	5.35	4.58	3.94

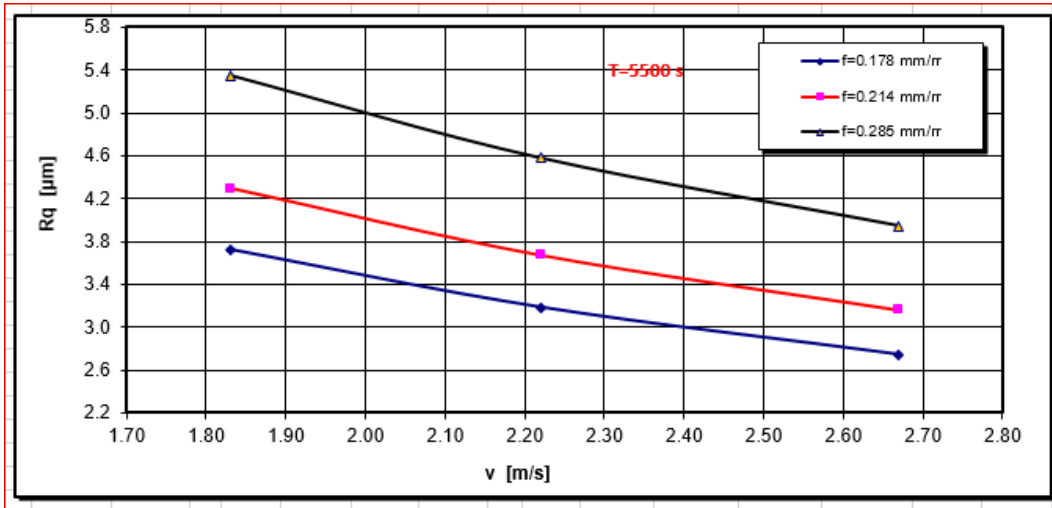


Fig.4.6 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin T<sub>max</sub>

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
f=0.178 mm/rr	3.78	4.53	5.43
f=0.214 mm/rr	4.43	5.31	6.37
f=0.285 mm/rr	5.68	6.81	8.17

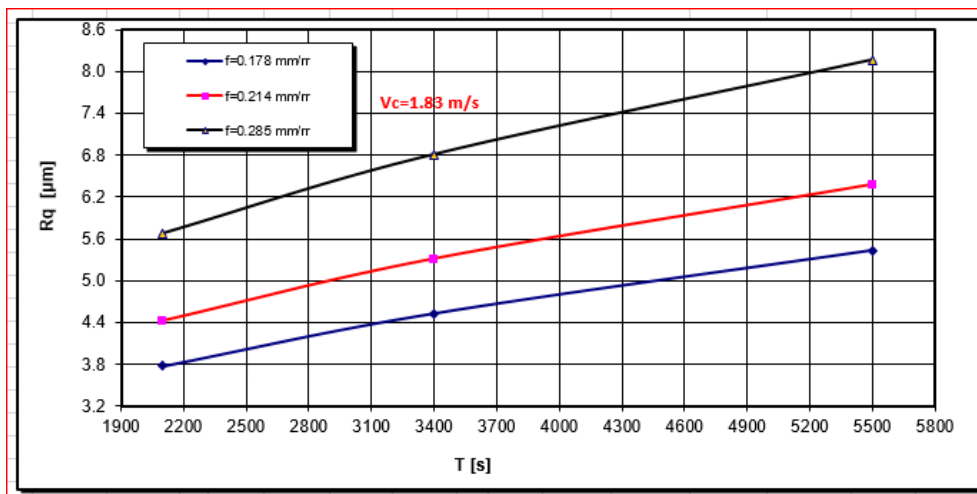


Fig.4.7 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_q$  nga qëndrueshmëria e instrumentit dhe hapi, për shpejtësi  $v_{cmin}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
f=0.178 mm/rr	3.19	3.82	4.58
f=0.214 mm/rr	3.74	4.48	5.38
f=0.285 mm/rr	4.79	5.75	6.89

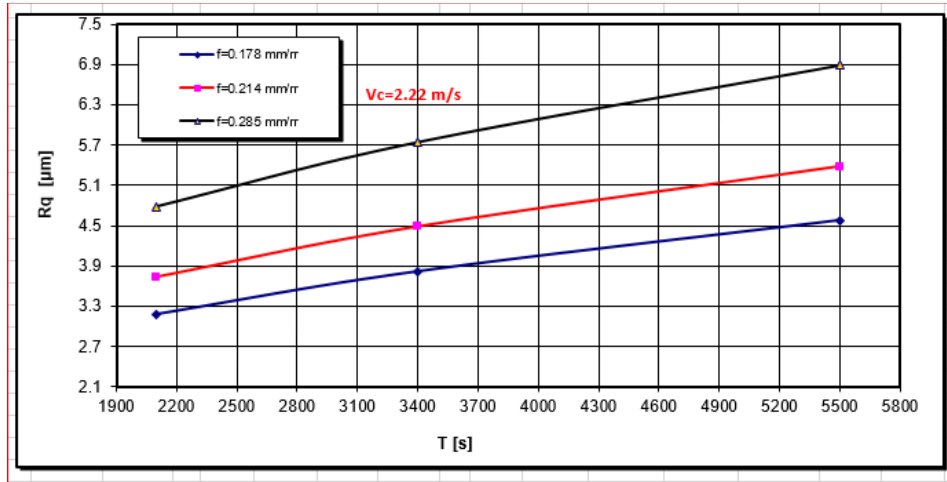


Fig.4.8 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_q$  nga qëndrueshmëria e instrumentit dhe hapi, për shpejtësi  $v_{cmes}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
f=0.178 mm/rr	2.71	3.25	3.90
f=0.214 mm/rr	3.18	3.81	4.57
f=0.285 mm/rr	4.07	4.88	5.86

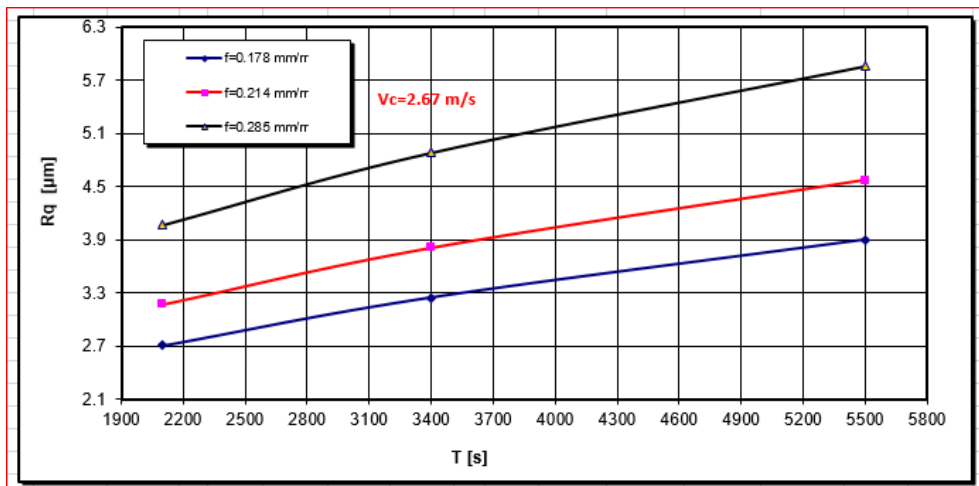


Fig.4.9 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga qëndrueshmëria dhe hapi, për shpejtësi  $v_{cmax}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
Vc=1.83 m/s	3.78	4.53	5.43
Vc=2.22 m/s	3.19	3.82	4.58
Vc=2.67 m/s	2.71	3.25	3.90

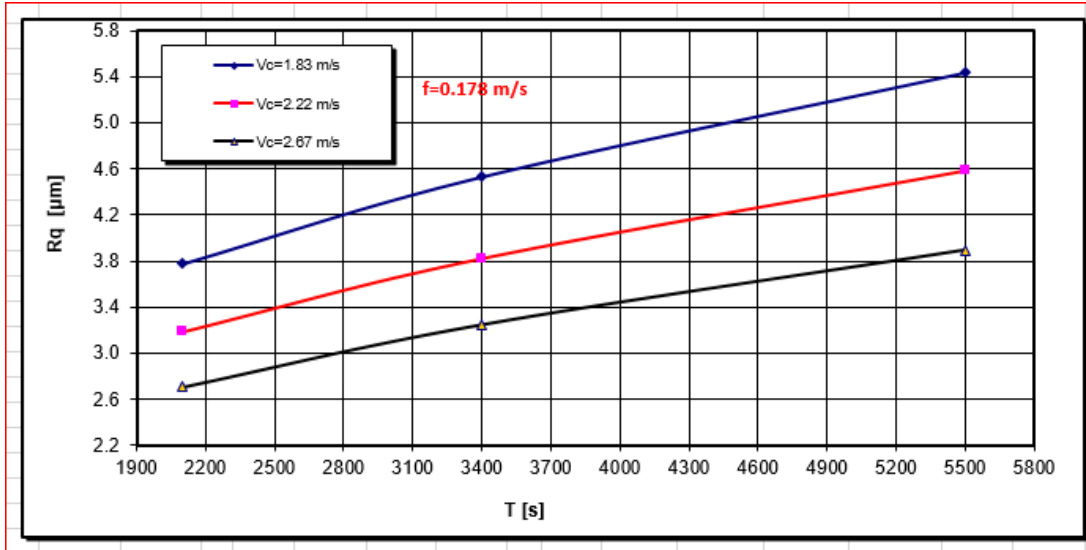


Fig.4.10 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{min}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
Vc=1.83 m/s	4.43	5.31	6.37
Vc=2.22 m/s	3.74	4.48	5.38
Vc=2.67 m/s	3.18	3.81	4.57

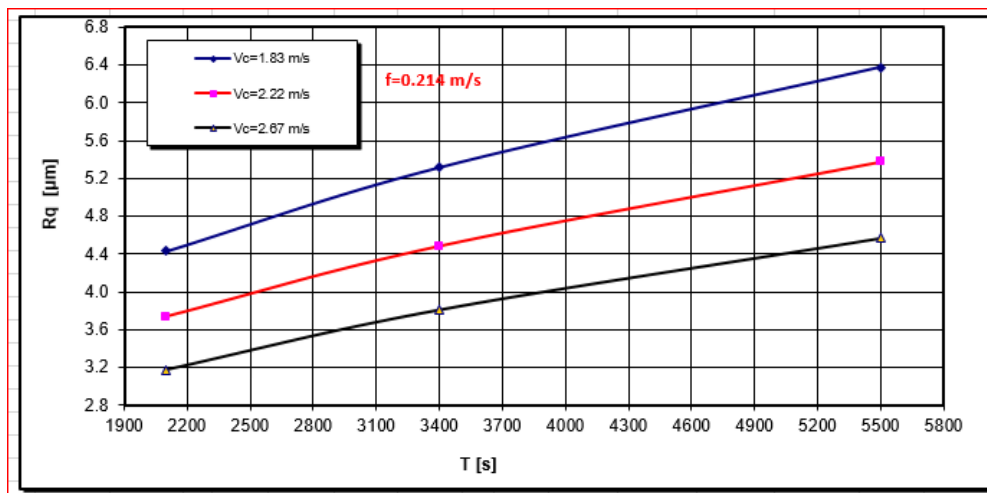




Fig.4.11 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{mes}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
Vc=1.83 m/s	5.68	6.81	8.17
Vc=2.22 m/s	4.79	5.75	6.89
Vc=2.67 m/s	4.07	4.88	5.86

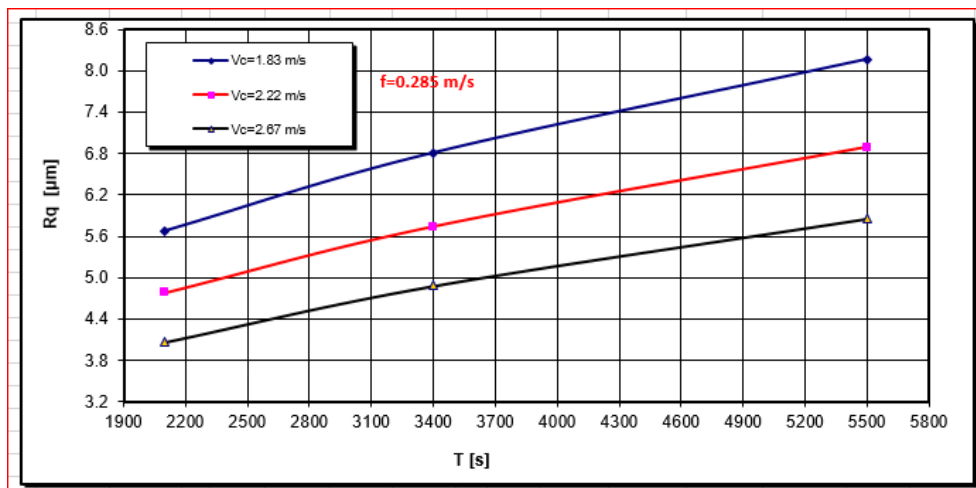


Fig.4.12 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{max}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
Vc=1.83 m/s	2.76	3.19	3.97
Vc=2.22 m/s	2.36	2.72	3.40
Vc=2.67 m/s	2.04	2.35	2.92

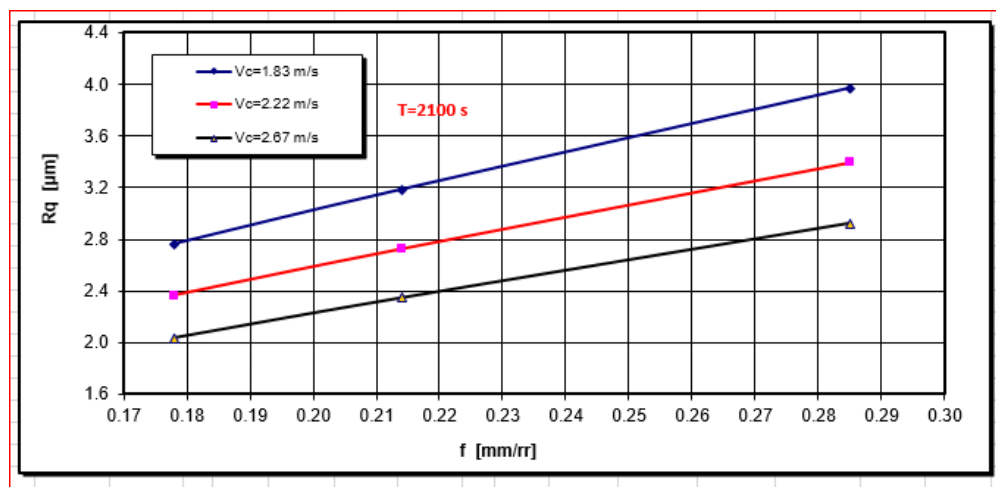


Fig.4.13 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{min}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
Vc=1.83 m/s	3.21	3.70	4.61
Vc=2.22 m/s	2.74	3.16	3.94
Vc=2.67 m/s	2.36	2.72	3.40

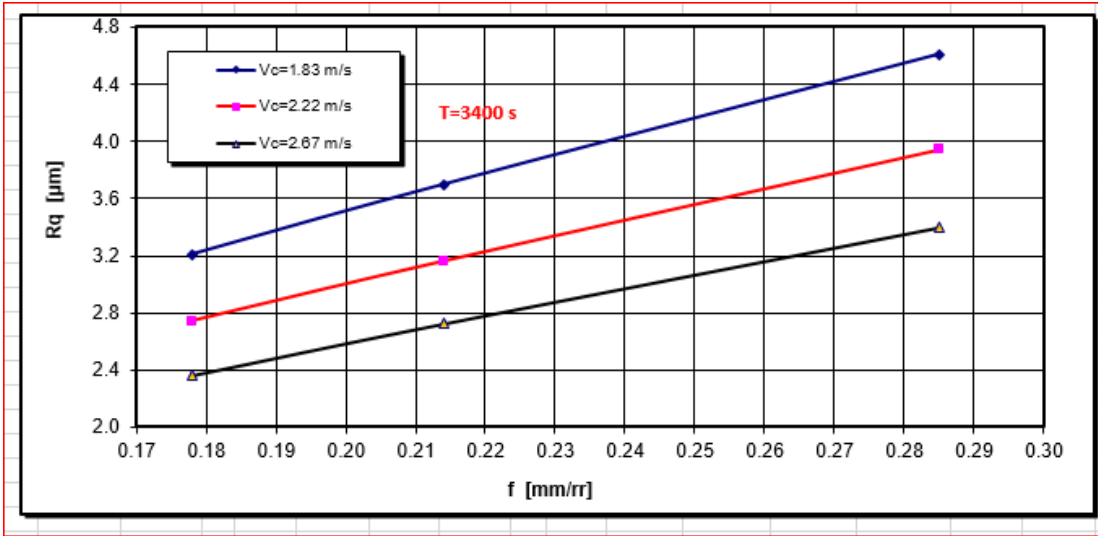


Fig.4.14 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{mes}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
Vc=1.83 m/s	3.73	4.29	5.35
Vc=2.22 m/s	3.19	3.67	4.58
Vc=2.67 m/s	2.74	3.16	3.94

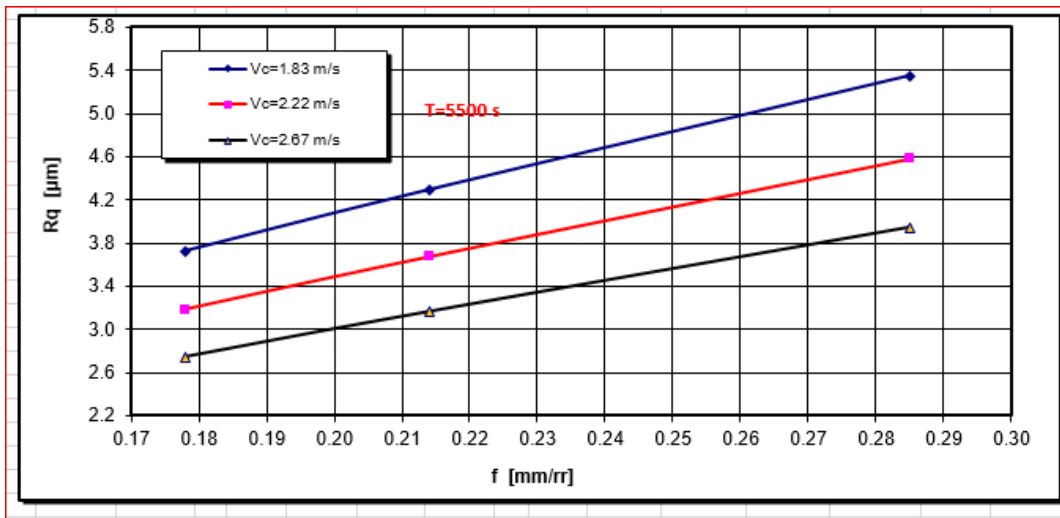


Fig.4.15 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{max}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
T=2100 s	2.76	3.19	3.97
T=3400 s	3.21	3.70	4.61
T=5500 s	3.73	4.29	5.35

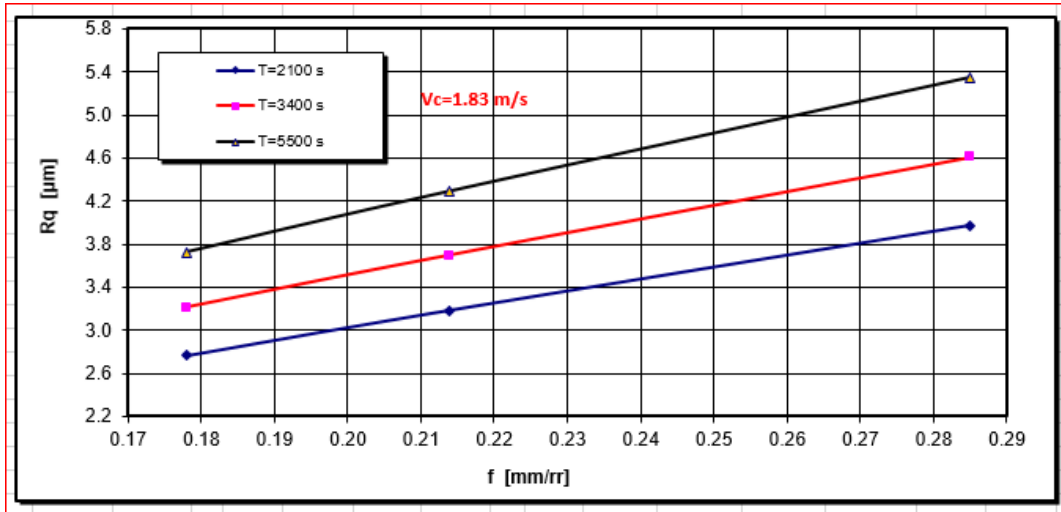


Fig.4.16 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_q$  nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{cmin}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
T=2100 s	2.36	2.72	3.40
T=3400 s	2.74	3.16	3.94
T=5500 s	3.19	3.67	4.58

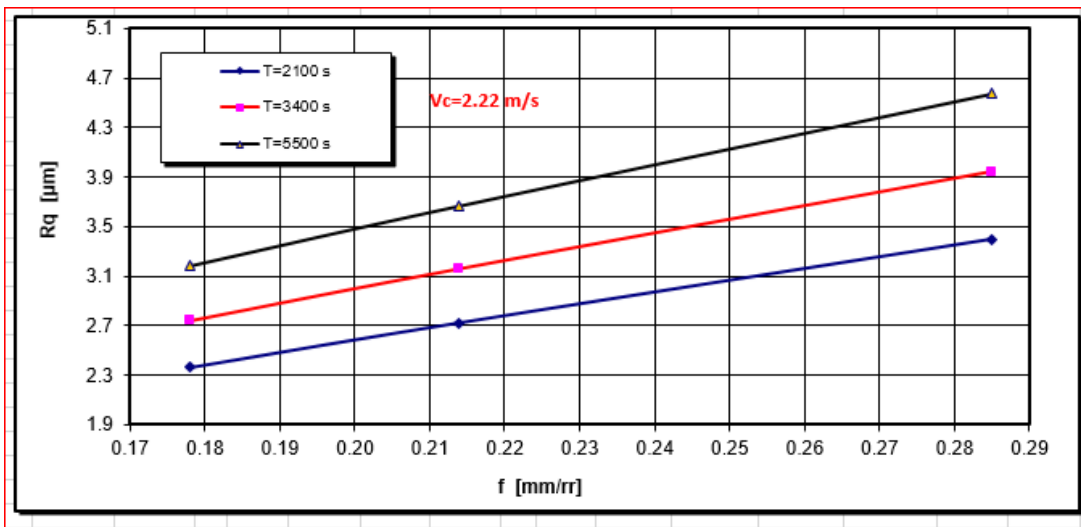


Fig.4.17 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_q$  nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{cmes}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
T=2100 s	2.04	2.35	2.92
T=3400 s	2.36	2.72	3.40
T=5500 s	2.74	3.16	3.94

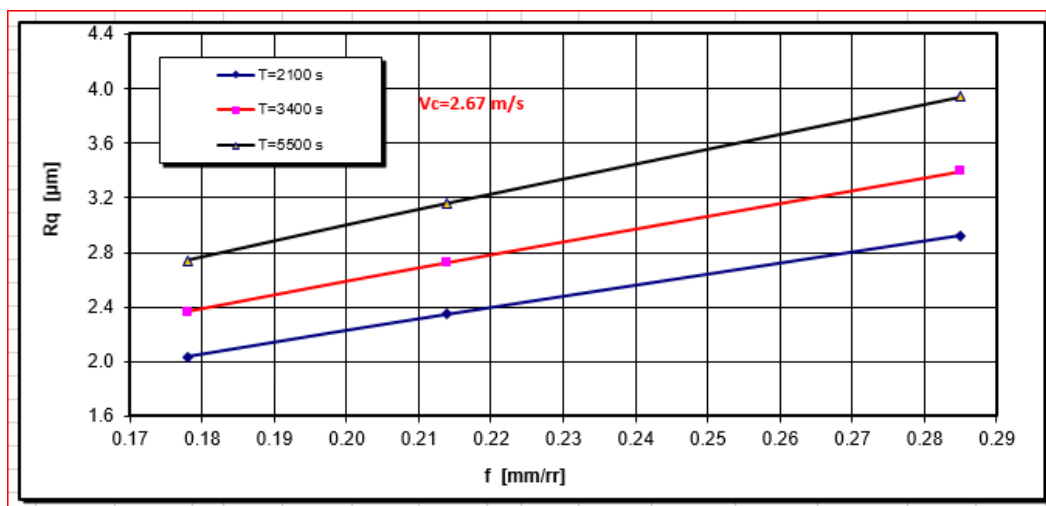


Fig.4.18 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{cmax}$

$$5.R_t = 6.9052 \cdot V_c^{-0.87} \cdot f^{0.857} \cdot T^{0.383}$$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
T=2100 s	17.42	14.73	12.54
T=3400 s	20.96	17.71	15.09
T=5500 s	25.20	21.30	18.14

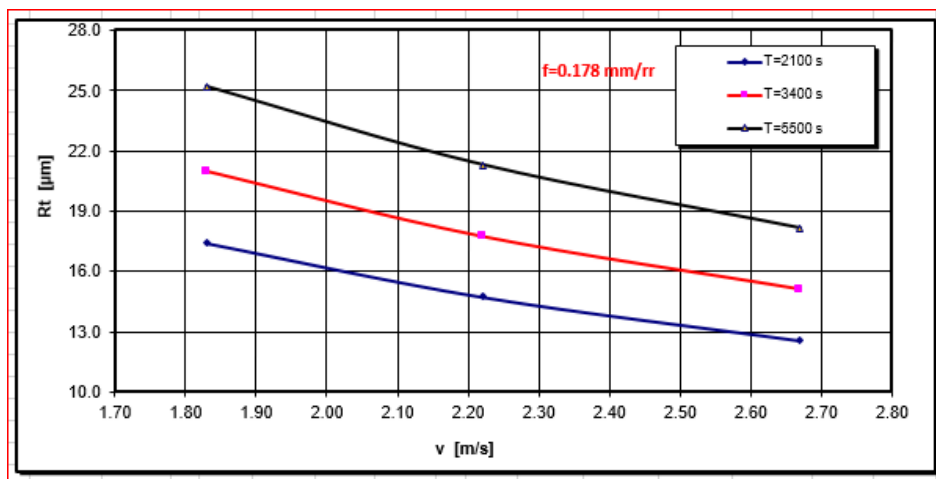


Fig.5.1 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rt nga shpejtësia dhe qendrueshmëria , për hapin  $f_{min}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
T=2100 s	20.40	17.25	14.69
T=3400 s	24.54	20.74	17.67
T=5500 s	29.50	24.94	21.24

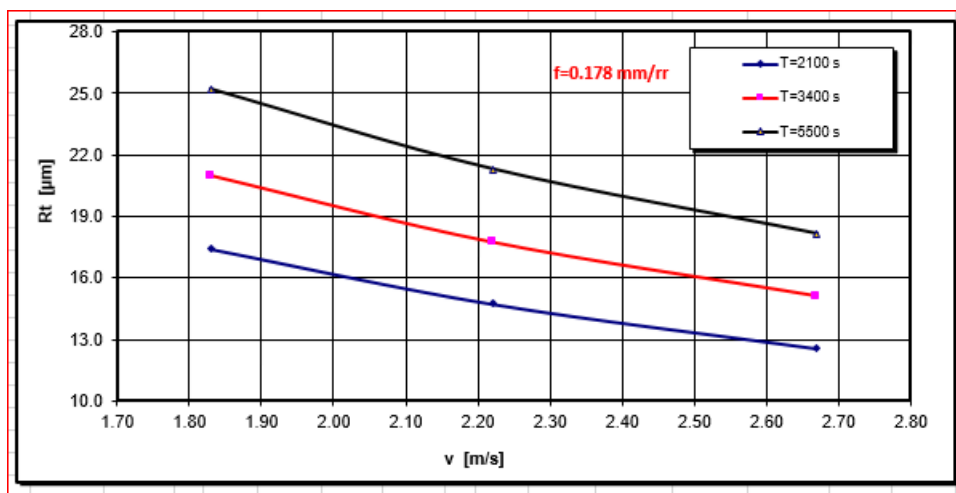


Fig.5.2 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rt nga shpejtësia dhe qendrueshmëria , për hapin  $f_{mes}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
T=2100 s	26.08	22.05	18.78
T=3400 s	31.37	26.52	22.58
T=5500 s	37.71	31.88	27.15

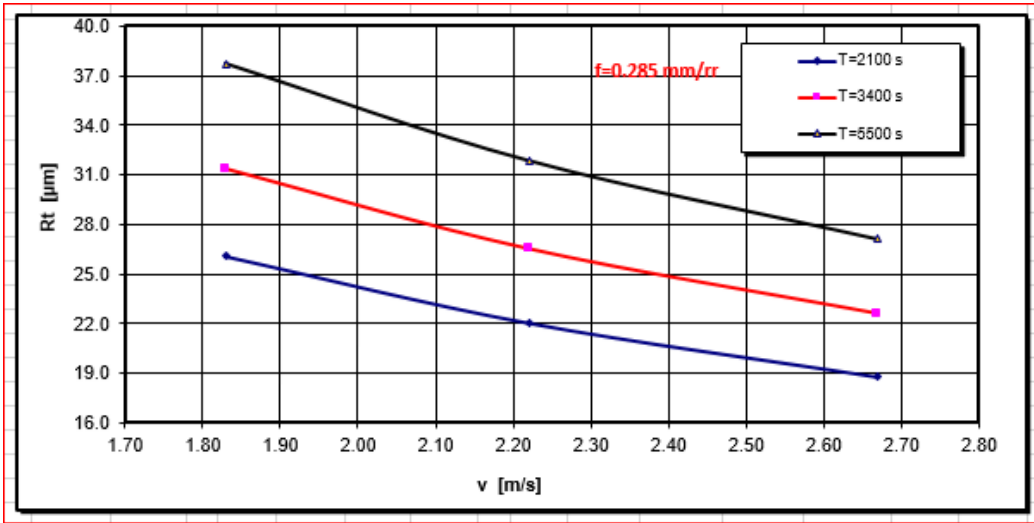


Fig.5.3 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rt nga shpejtësia dhe qëndrueshmëria , për hapin  $f_{max}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	17.42	14.73	12.54
f=0.214 mm/rr	20.40	17.25	14.69
f=0.285 mm/rr	26.08	22.05	18.78

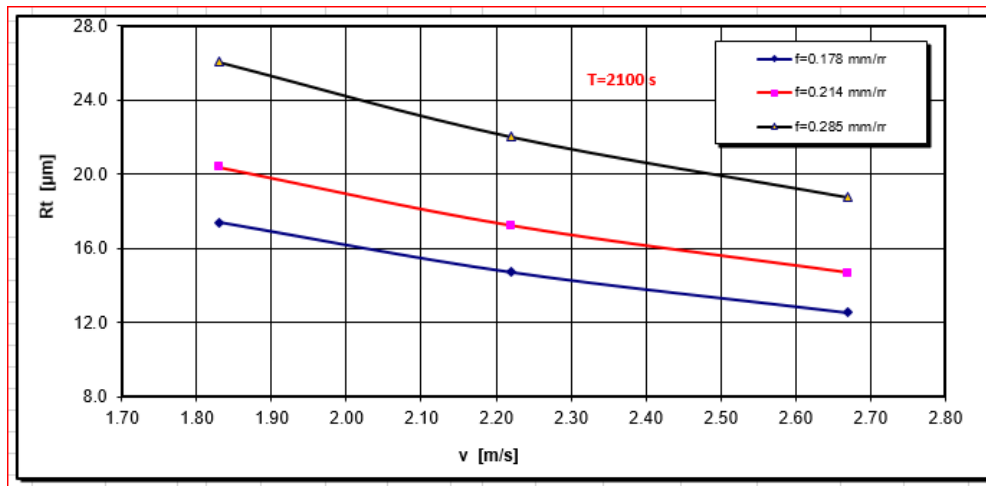


Fig.5.4 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rt nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin  $T_{min}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	20.96	17.71	15.09
f=0.214 mm/rr	24.54	20.74	17.67
f=0.285 mm/rr	31.37	26.52	22.58

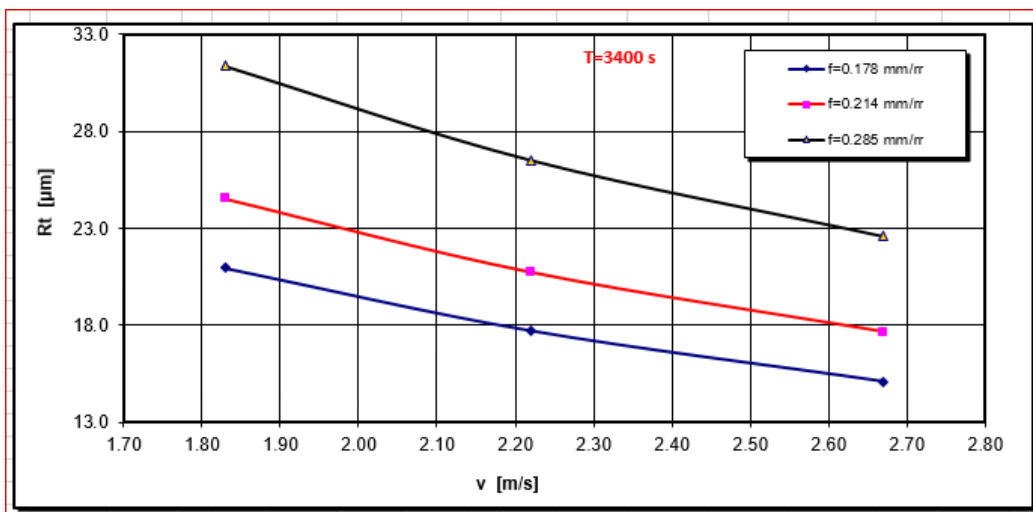


Fig.5.5 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rt nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin  $T_{mes}$

	vmin	vmes	vmax
	1.83	2.22	2.67
f=0.178 mm/rr	25.20	21.30	18.14
f=0.214 mm/rr	29.50	24.94	21.24
f=0.285 mm/rr	37.71	31.88	27.15

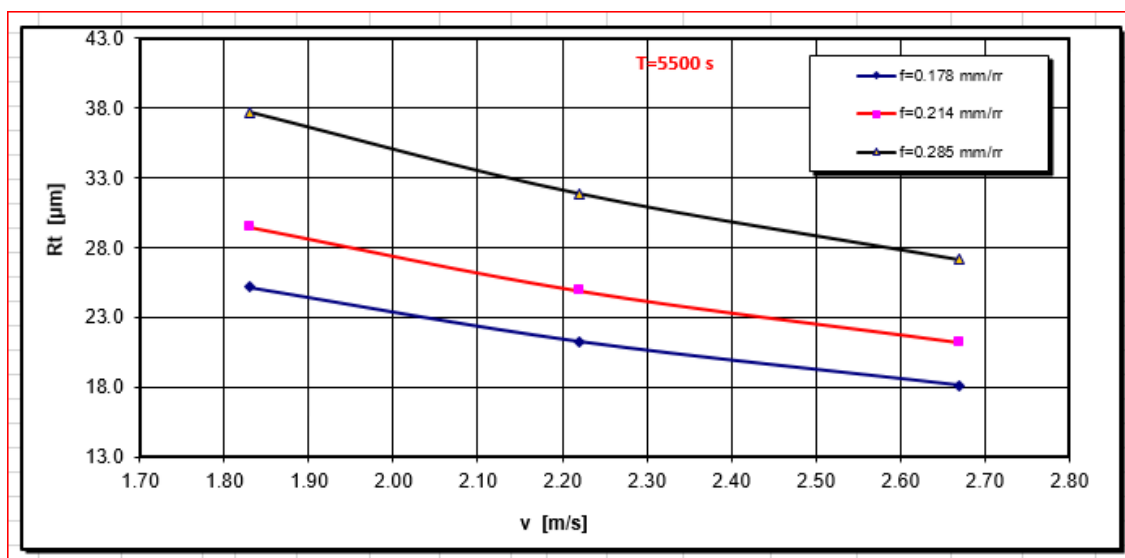


Fig.5.6 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rt nga shpejtësia e prerjes dhe hapi, për hapin  $T_{max}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
f=0.178 mm/rr	17.42	20.96	25.20
f=0.214 mm/rr	20.40	24.54	29.50
f=0.285 mm/rr	26.08	29.94	35.91

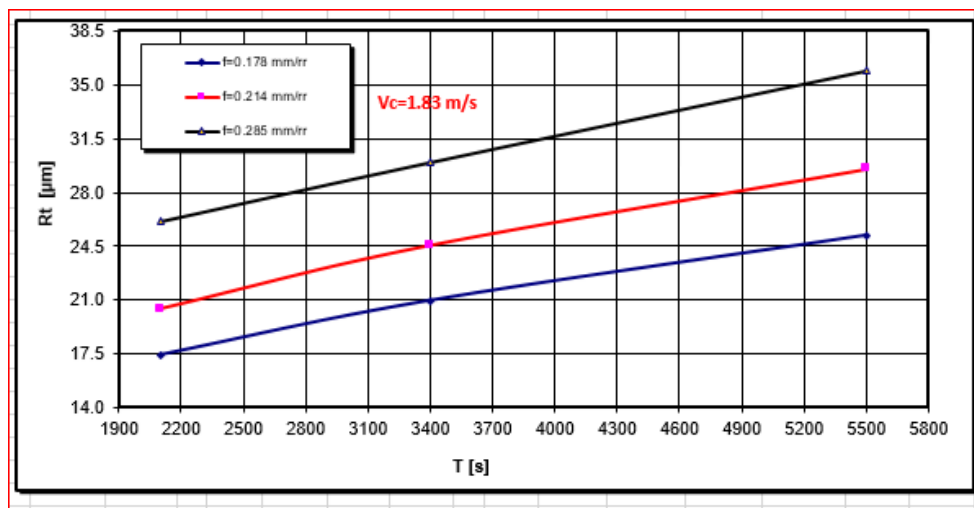


Fig.5.7 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rt nga qëndrueshmëria e instrumentit dhe hapi, për shpejtësi  $v_{cmin}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
f=0.178 mm/rr	14.73	17.71	21.30
f=0.214 mm/rr	17.25	20.74	24.94
f=0.285 mm/rr	22.05	25.26	30.29

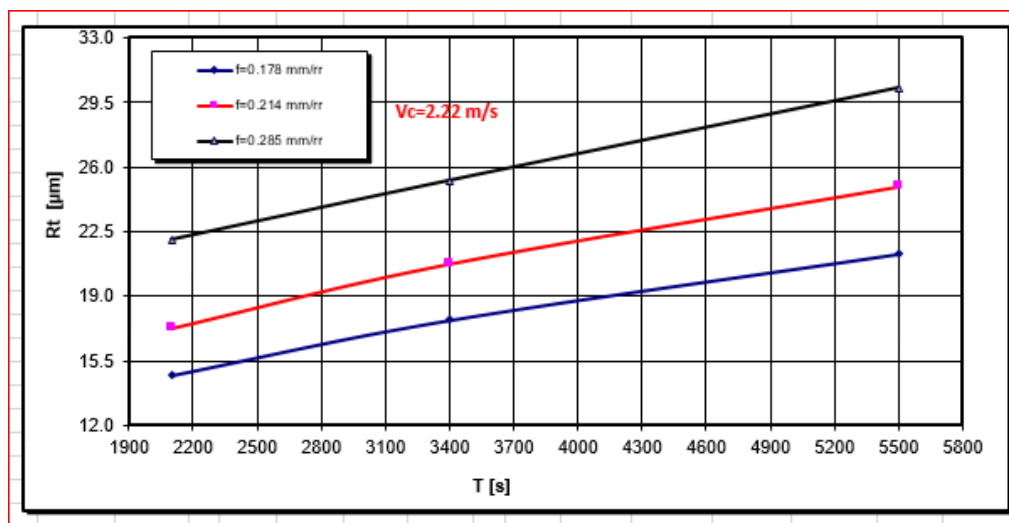


Fig.5.8 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rt nga qëndrueshmëria e instrumentit dhe hapi, për shpejtësi  $v_{cmes}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
f=0.178 mm/rr	12.54	15.09	18.14
f=0.214 mm/rr	14.69	17.67	21.24
f=0.285 mm/rr	18.78	21.47	25.75



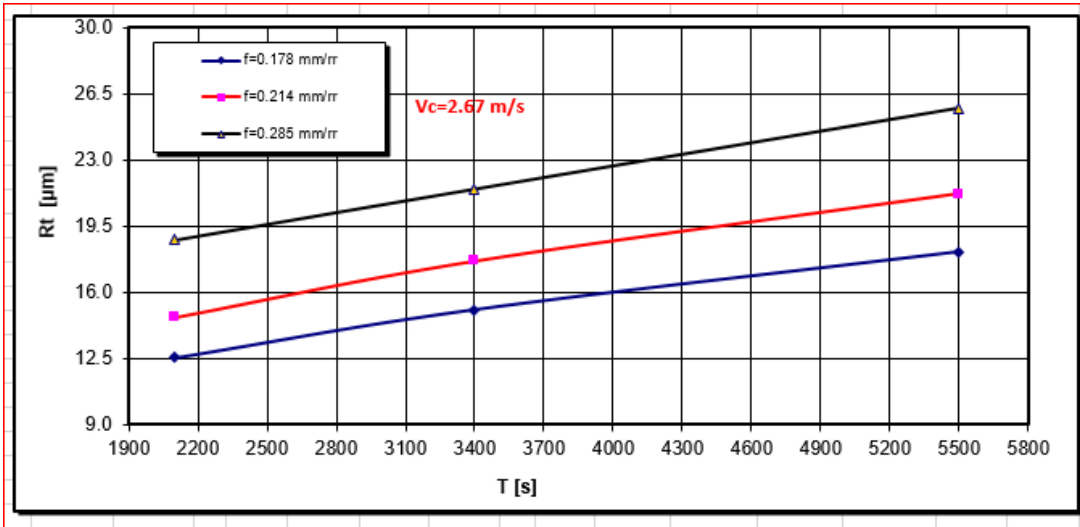


Fig.5.9 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rt nga qëndrueshmëria dhe hapi, për shpejtësi  $v_{cmax}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
Vc=1.83 m/s	17.42	20.96	25.20
Vc=2.22 m/s	14.73	17.71	21.30
Vc=2.67 m/s	12.54	15.09	18.14

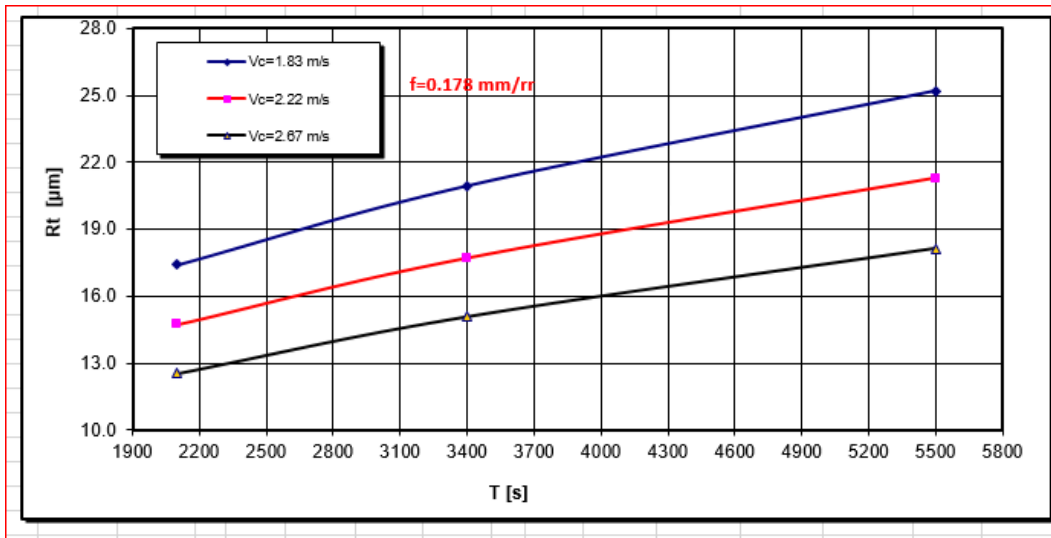


Fig.5.10 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rt nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{min}$

	Tmin	Tmes	Tmax
	2100	3400	5500
Vc=1.83 m/s	20.40	24.54	29.50
Vc=2.22 m/s	17.25	20.74	24.94
Vc=2.67 m/s	14.69	17.67	21.24

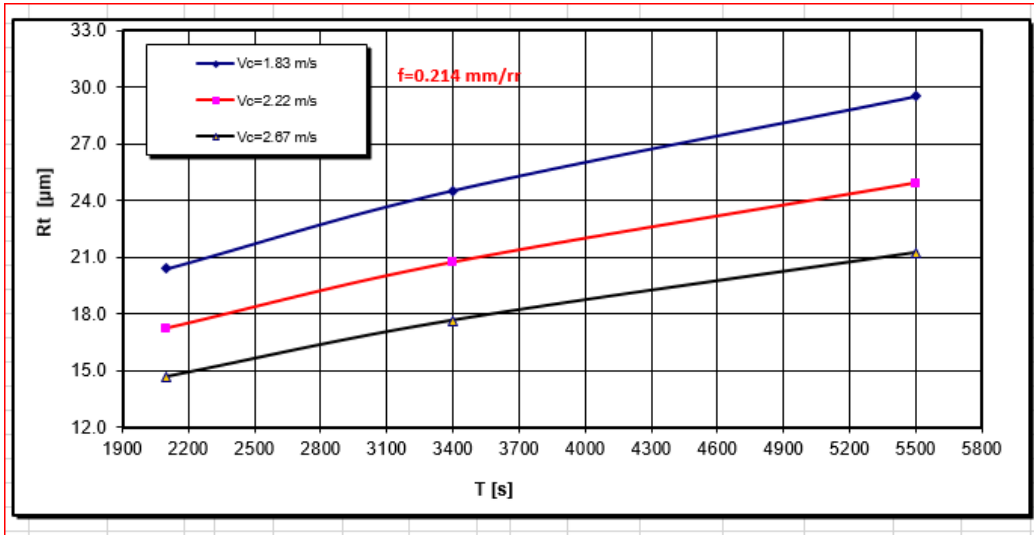


Fig.5.11 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_t$  nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{mes}$

	$T_{min}$	$T_{mes}$	$T_{max}$
	2100	3400	5500
$V_c=1.83$ m/s	26.08	31.37	37.71
$V_c=2.22$ m/s	22.05	26.52	31.88
$V_c=2.67$ m/s	18.78	22.58	27.15

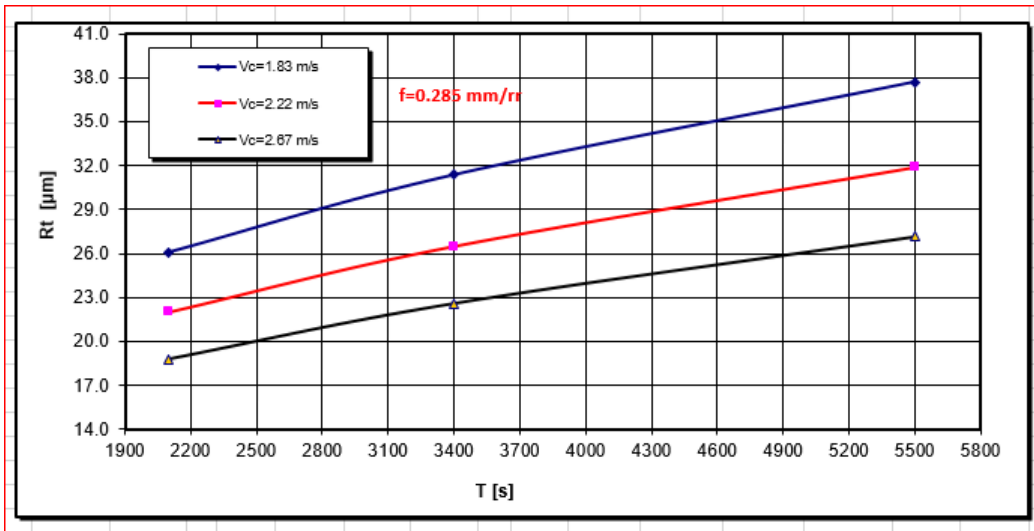


Fig.5.12 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_t$  nga qëndrueshmëria dhe shpejtësia , për hap  $f_{max}$

	$f_{min}$	$f_{mes}$	$f_{max}$
	0.178	0.214	0.285
$v=1.83$ m/s	17.42	20.40	26.08
$v=2.22$ m/s	14.73	17.25	22.05
$v=2.67$ m/s	12.54	14.69	18.78

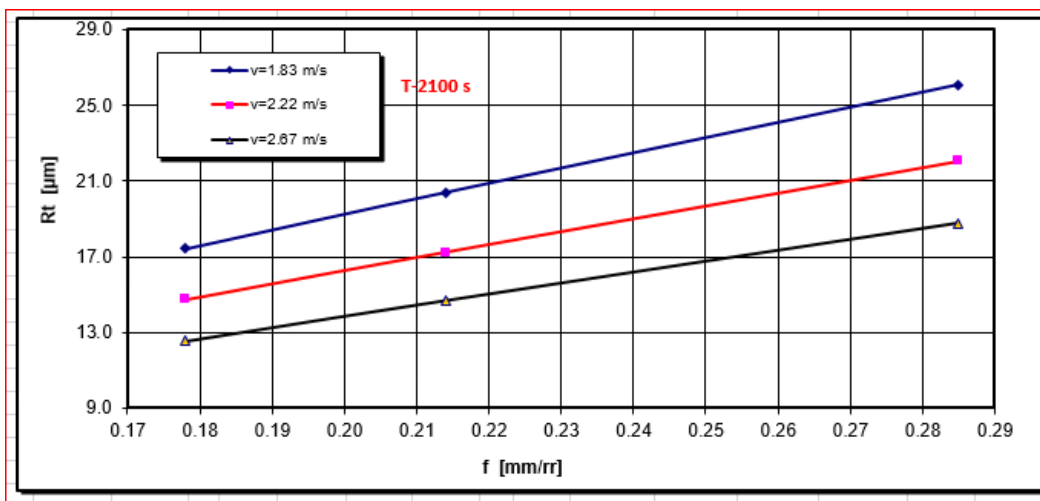


Fig.5.13 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_t$  nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{min}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
v=1.83 m/s	20.96	24.54	31.37
v=2.22 m/s	17.71	20.74	26.52
v=2.67 m/s	15.09	17.67	22.58

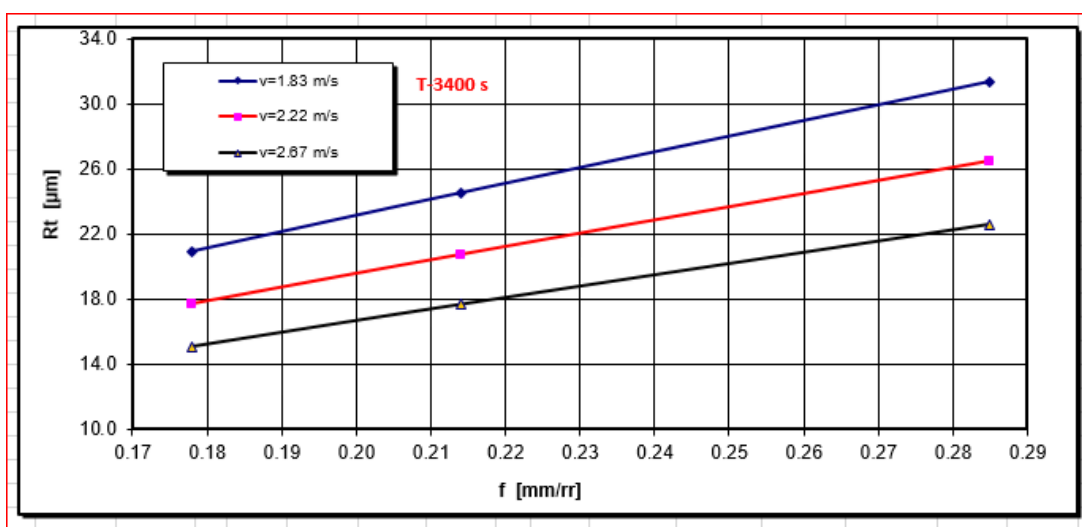


Fig.5.14 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_t$  nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{mes}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
v=1.83 m/s	25.20	29.50	37.71
v=2.22 m/s	21.30	24.94	31.88
v=2.67 m/s	18.14	21.24	27.15

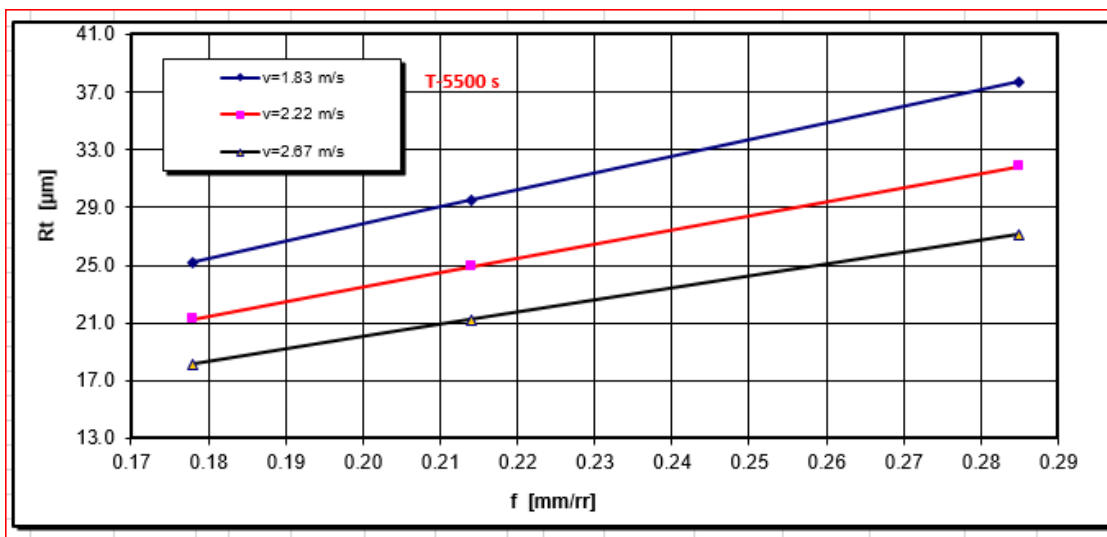


Fig.5.15 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_t$  nga hapi dhe shpejtësia , për qëndrueshmëri  $T_{max}$

	fmin	fmes	fmax
	0.178	0.214	0.285
T=2100 s	17.42	20.40	26.08
T=3400 s	20.96	24.54	31.37
T=5500 s	25.20	29.50	37.71

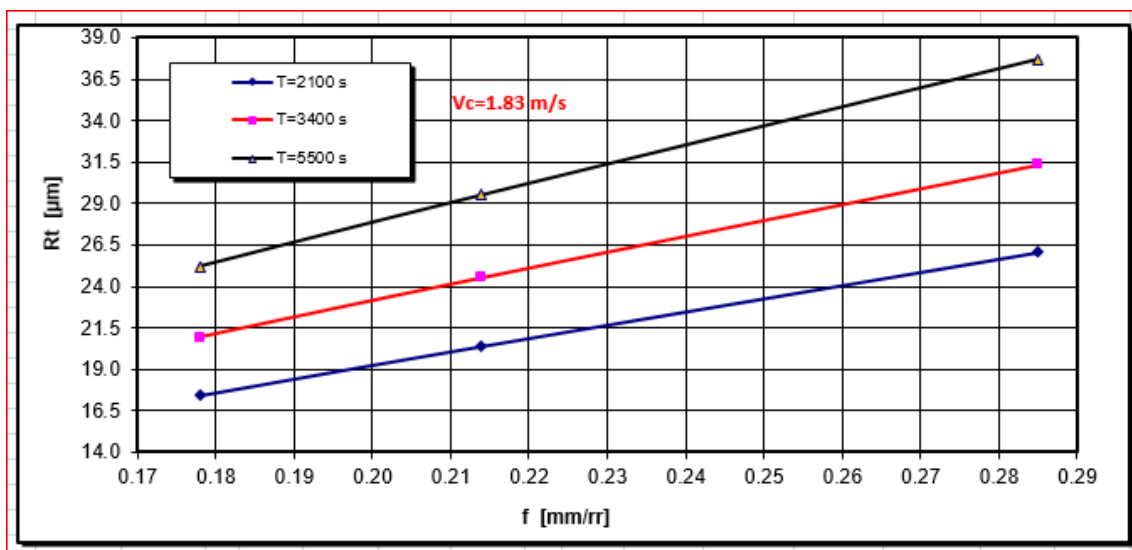


Fig.5.16 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_t$  nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{cmin}$

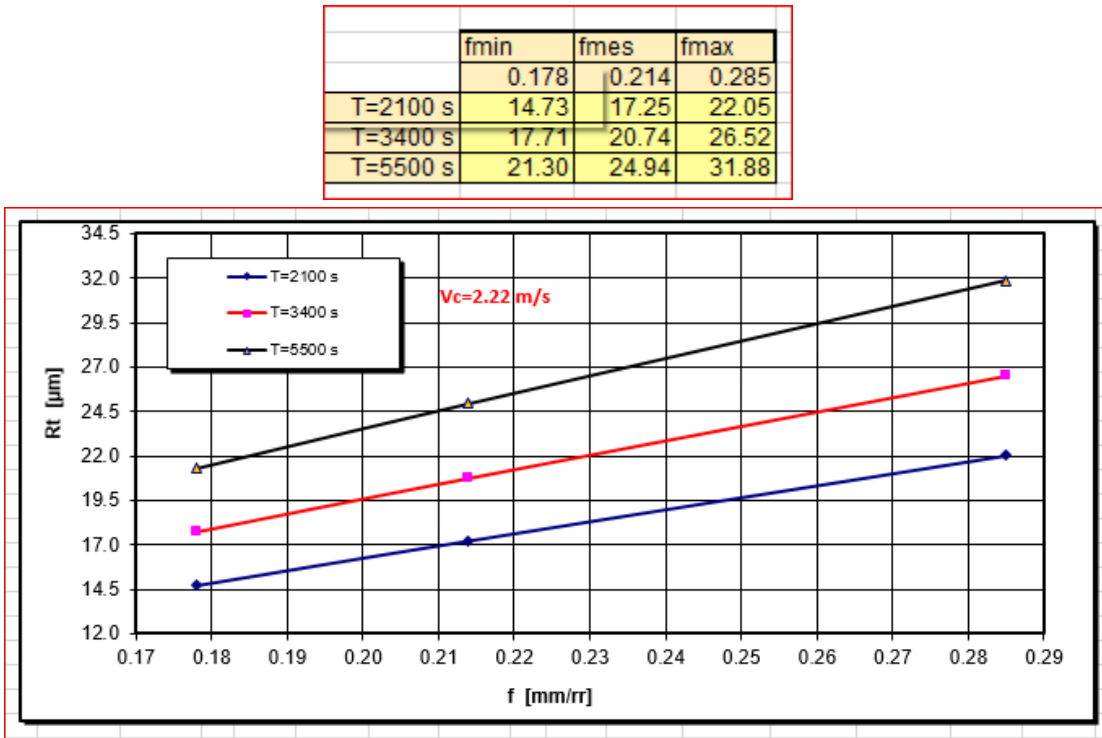


Fig.5.17 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_t$  nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{c\text{mes}}$

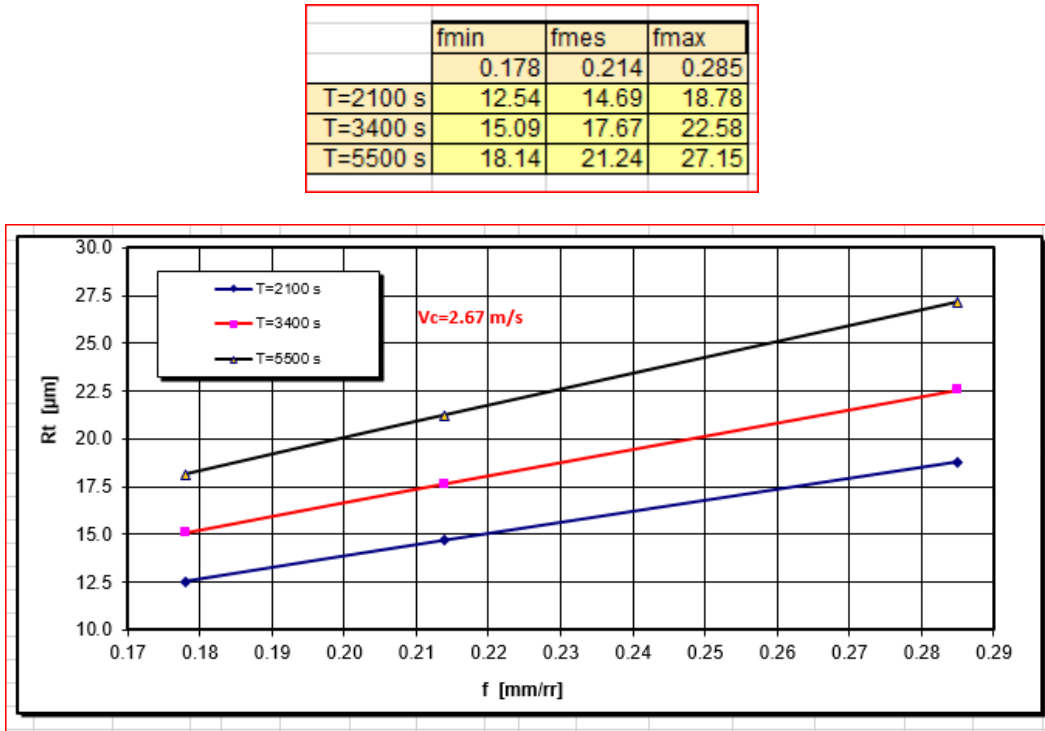


Fig.5.18 Varësia e parametrit të ashpërsisë  $R_t$  nga hapi dhe qëndrueshmëria për shpejtësi  $V_{c\text{max}}$

