



Rīgas Tehniskā universitāte

MAŠĪNBŪVES UN MEHATRONIKAS KATEDRA

ATSKAITE

par „Eļļas triboloģisko īpašību noteikšanu ar dažādām piedevu
koncentrācijām bāzes eļļā” izpildi

Darba izpildītājs:

Mg.Sc.Ing., pētnieks *Armands Leitāns*

Rīga 2020

SATURA RĀDĪTĀJS

1. Ievads.....	3
2. Mērījuma paraugu sagatavošana	3
3. Triboloģisko īpašību noteikšana.....	5
4. Secinājumi.....	8
5. Pielikumi:	
1. berzes koeficientu līknes.....	9
2. berzes pāra lodes nodiluma laukuma attēli.....	18
3. berzes pāra diska virsmas raupjuma parametri.....	24

1. IEVADS

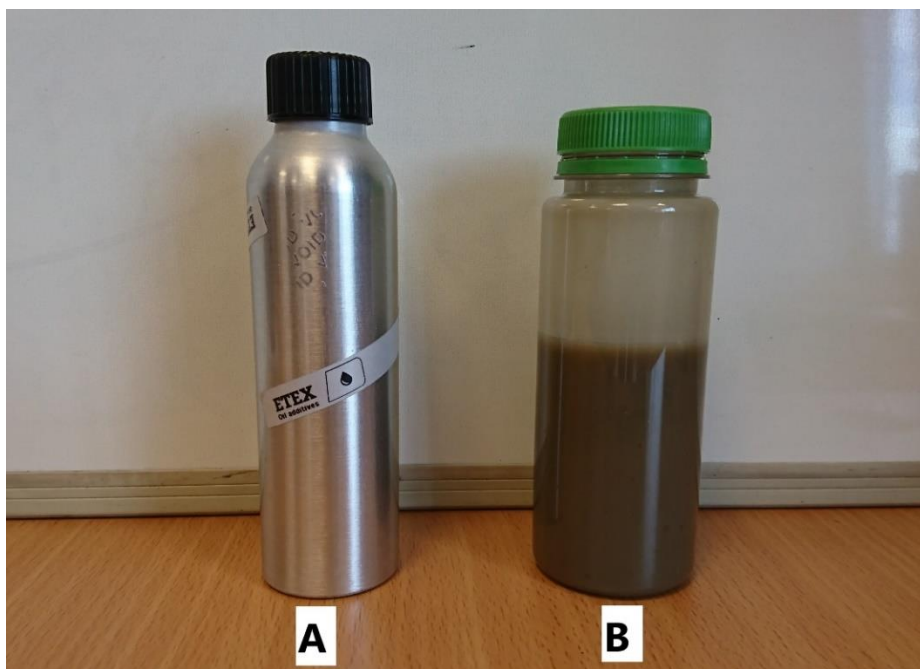
Saskaņā ar SIA „CrossChem”, reģ.Nr. LV40003888244 (turpmāk tekstā „CrossChem”) 2020.gada 26.februāra garantijas vēstuli Rīgas Tehniskās universitātes (izglītības iestādes reģ.Nr. 3341000709) Mašīnbūves un mehatronikas katedra (turpmāk tekstā „MMK”) veica līgumdarbu 21399KK : “Eļļas triboloģisko īpašību noteikšanu ar dažādām piedevas koncentrācijām bāzes eļļā”.

Līgumdarba ietvaros tika veikti sekojoši darbi:

1. Mērījumu paraugu sagatavošana;
2. Berzes koeficienta noteikšana;
3. Nodiluma noteikšana;
4. Atskaites sagatavošana.

2. MĒRĪJUMA PARAUGU SAGATAVOŠANA

Darba pasūtītājs SIA „CrossChem” izpildītājam MMK nodeva eļļas piedevu “Etex” divās pudelēs tās apzīmējot A un B (skat. 1.att.). Piedeva ir šķidrā agregātstāvoklī.



1.attēls Eļļas piedevas pudeles A un B

Eļļas piedeva tika sajaukta dažādās koncentrācijās ar bāzes eļļu - industriālā eļļa I-40A (kinemātiskā viskozitāte pie 40 °C atbilst 65 mm/s²), to pirmajā triboloģisko mērījumu sērijā pievienojot noteiktu tilpuma daļu uz 100 ml eļļas no pudeles A, otrajā un trešajā mērījumu sērijā pievienojot noteiktu masas daļu gramos uz 100 g eļļas no pudeles B. Triboloģiskie mērījumi tika sadalīti trīs sērijās, attiecīgi, katrā sērijā mainot mērījuma uzstādījumus. Piedevas tilpuma daļas pievienošanai tika izmantota šļirce ar iedaļas vērtību 0,1 ml, masas daļas pievienošanai tika izmantoti laboratorijas svāri "Radwag WTB-200" ar iedaļas vērtību 0,001 g. Pēc piedevas piejaukšanas tīrai eļļai tā tika rūpīgi samaisīta.



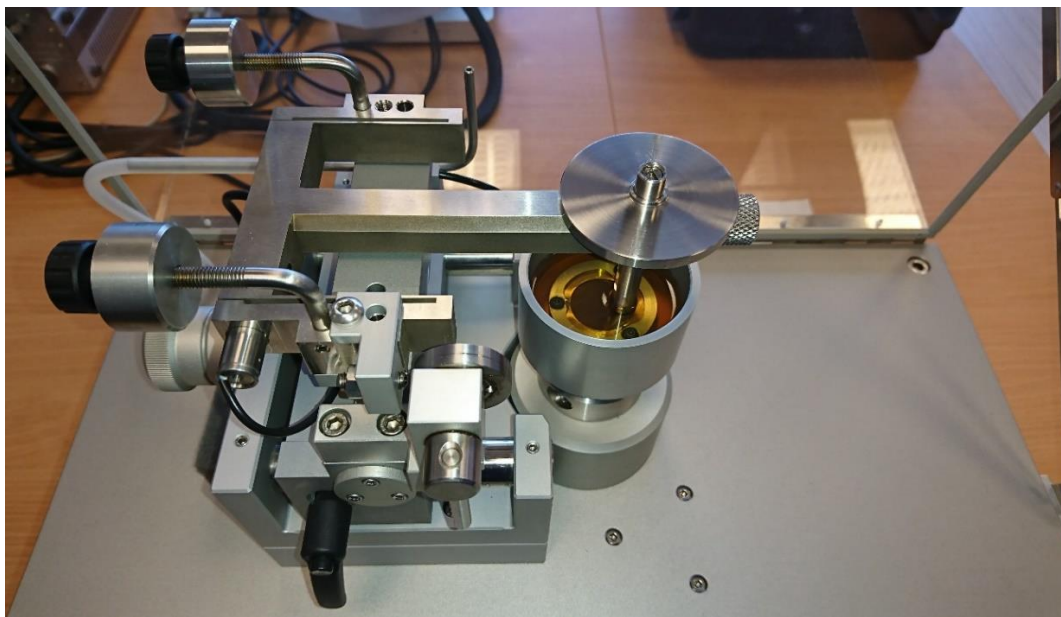
2.att Eļļas un piedevas maisījums traukos.

Lai veiktu mērījumus tika sagatavoti tērauda diski 31mm diametrā materiāls tērauds C45 (EN 10277-2). Diski tika virpoti no stieņa materiāla, termiski apstrādāti – rūdīti līdz cietībai pēc HRC 51-55 vienības, tālāk virsma tika plakanslīpēta, virsmas kvalitāte atbilst $R_a = 1,15 - 1,23 \mu\text{m}$, virsmas raupjuma mērījumu piemēri tika veikti ar profilometru "Mitutoyo Surftest SJ-500" (mērījuma piemēri redzami 3.pielikumā), virsmas cietības mērījumi tika veikti ar PROCEQ Equostat 3 cietības mērītāju. Cietības mērītājs darbojas pēc portatīvās Rokvela cietības mērīšanas metodes, kuru tēraudu un citu metālu pārbaudēm reglamentē standarts DIN 50157. Lai pēc iespējas nodrošinātu katra tribomērījuma apstākļu līdzību no visiem sagatavotajiem tērauda diskiem tika atlasīti diski, ar vistuvāko virsmas cietību un virsmas raupjuma parametriem. Berzes pārī esošā tērauda lode diametrs 6 mm ir standartizēts lodīšu gultņa elements, tā virsmas cietība atbilst HRC 61-63, virsmas raupjums $R_a < 0,01 \mu\text{m}$, materiāls 100Cr6 (EN 683-17).

3. TRIBOLOĢISKO ĪPAŠĪBU NOTEIKŠANA

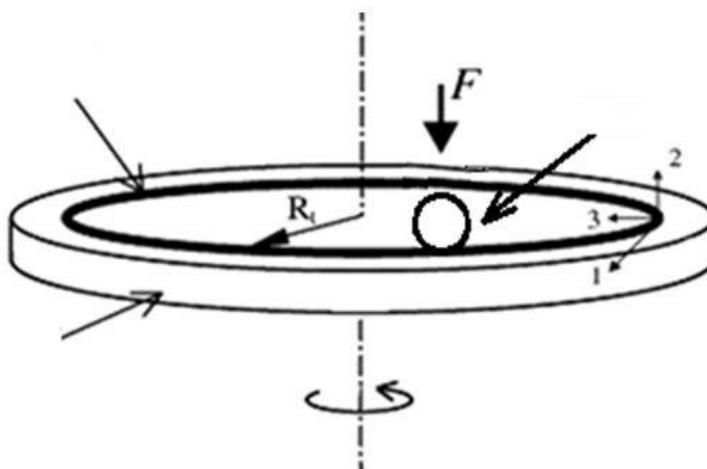
Berzes koeficienta noteikšanai slīdes berzes apstākļos tika veikta uz *CSM Instruments* tribometra TRB-S-EE-000, izmantojot speciālu aprīkojumu (skat 3.attēlu).

Ar šo tribometru var veikt slīdes berzes pētījumus rotācijas un turp-atpakaļ lineārai kustībai. Dotā eksperimentā tika izmantots tribometra rotācijas kustības aprīkojums. Tribometrs atbilst *ASTM G99* un *DIN 50324* triboloģijas pārbaūžu standartiem.



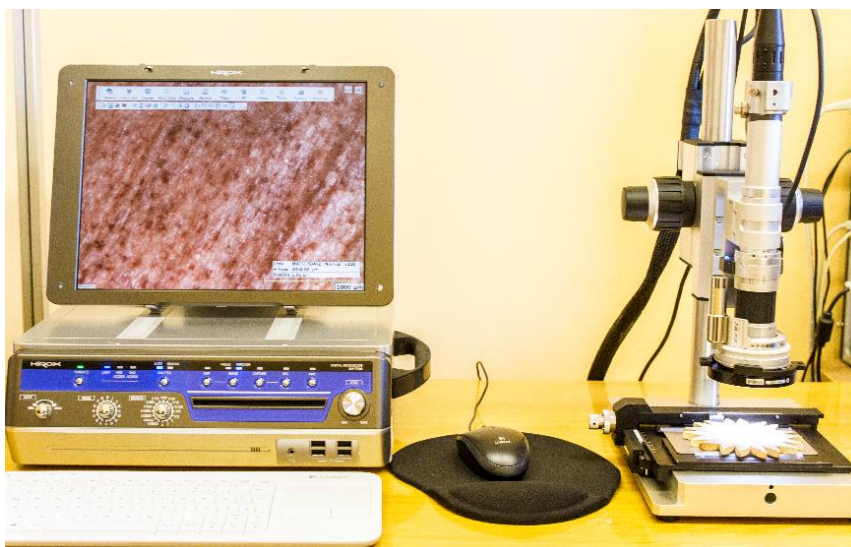
3.attēls Tribometrs CSM Instruments

Berzes koeficients tika noteikts pēc shēmas lode-plakne (skat.4.att.), kur plakni pārstāv pētāmais paraugs, bet lode ir tribometra statiskais elements. Pārējie mērījuma uzstādījumi doti tabulā 1.



4.attēls Berzes koeficienta mērīšanas shēma

Berzes pāra nodilums tika mērīts berzes pārī esošajai tērauda lodei, pēc katra berzes koeficienta mērījuma, veicot lodes diluma laukuma mērījumu, tā savstarpēji salīdzinot katra mērījuma rezultātus.



5.attēls Hirox KH-7700 optiskais mikroskops

Diluma laukuma mērījumi tika veikti ar optisko mikroskopu Hirox KH-7700, kurš aprīkots ar MXG-5040RZ lēcu, diluma mērījumu rezultāti apkopoti tabulā 3.

Tabula 1. Mērījuma uzstādījumi

<i>Piespiedējspēks kontaktā</i>	1 N, 6 N
<i>Berzes pāru lineārais ātrums</i>	0.1 m/s (1,2.sērija) , 0,15 m/s (3)
<i>Berzes ceļa rādiuss</i>	6 mm (1,2) , 8,5 mm (3)
<i>Distance</i>	377m+1km (1) , 1km+1km (2) , 2km + 1km (3)
<i>Lodes diametrs</i>	6 mm
<i>Virsmas tīrīšana</i>	Etilspirts 96%
<i>Parauga un eļļas temperatūra</i>	23±1 °C

Tabula 2. Mērījums apkārtējās vides apstākļi

<i>Atmosfēra</i>	Gaiss
<i>Temperatūra</i>	23±1 °C (telpas)
<i>Mitrums</i>	32 % (telpas)

Tālāk tabulā 3 doti berzes koeficienta mērījuma rezultāti. Eļļas paraugu veiktie piestrādes un mērījuma berzes koeficienta līknes ir redzamas 1.pielikumā, attēli ir ekrānuuzņēmumi no tribometra programmatūras TriboX. Katrā attēla redzama berzes koeficienta līkne visa mērījuma laikā: berzes koeficienta minimālā μ_{min} , maksimālā μ_{max} un vidējā μ_{vid} vērtība. Grafikā attēlota berzes koeficienta līkne atkarībā no laika, distances un parauga apgriezietu skaita. Mērījumi iedalījās trīs sērijās katrā sērijā atšķīrās mērījuma

uzstādījumi, galvenokārt berzes pāra piestrādes laiks eļļas piedevas ietekmē. Mērījuma uzstādījumi redzami tabulā 1., iekavās redzami katras mērījumu sērijas uzstādījuma parametri.

Tabula 3. Berzes koeficienta vērtību un berzes pāra lodes nodiluma rezultāti

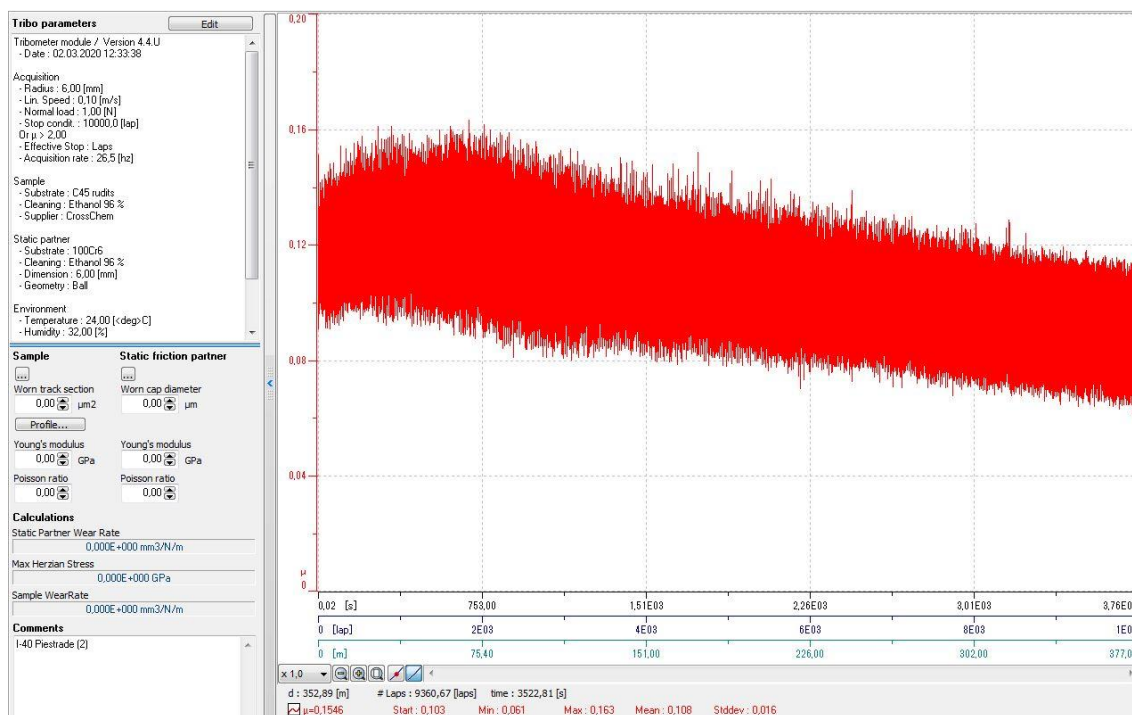
	Paraugs	Berzes koeficienta vidējā vērtība	Lodes nodiluma laukums; mm ²
1.sērija	I-40A	0.119	0.232
	I-40A + 5ml Etex	0.151	0.557
	I-40A + Etex 0,2 g	0.116	0.18
2.sērija	I-40A	0.117	0.205
	I-40A + Etex 0,1 g	0.13	0.18
	I-40A + Etex 0,2 g	0.129	0.199
3.sērija	I-40A	0.131	0.153
	I-40A + Etex 0,1 g	0.13	0.161
	I-40A + Etex 0,2 g	0.117	0.136

Berzes koeficienta līknēm (skat. 1.pielikumu) vērtības pēc katra mērījuma sākotnējās piestrādes, praktiski visos gadījumos ir stabilas ar nemainīgu vērtību, no piestrādes beigu brīža līdz mērījuma beigām, līdz ar to mērījuma vidējo berzes koeficienta vērtību var uzskatīt par katra mērījuma rezultātu, kuri apkopoti tabulā 3.

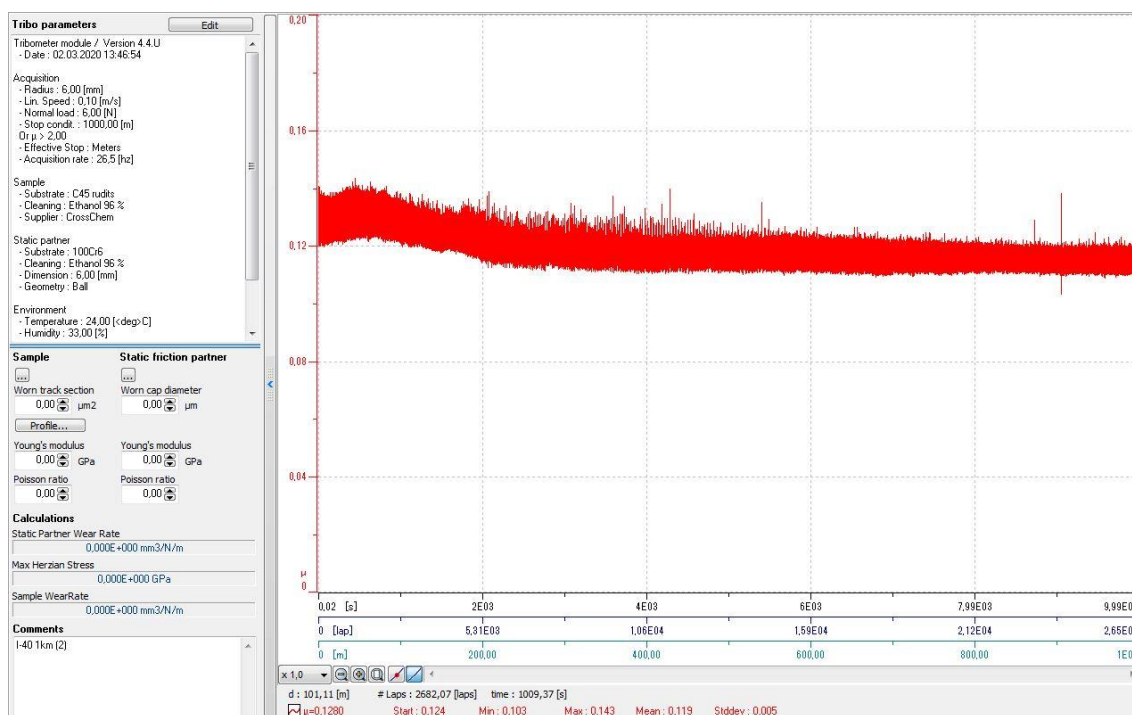
4. SECINĀJUMI

Veicot trīs tribo mērījumu sērijas pie noteiktiem mērījuma uzstādījumiem, var secināt, ka eļļas piedeva var negatīvi ietekmēt berzes pāra berzes koeficienta vērtību un nodiluma rādītāju, attiecīgā mērījumā ar piedevas koncentrāciju: 5 ml uz 100 ml I-40A eļļā (1.mērījumu sērijā), paaugstinot berzes koeficienta vērtību pa ~ 27 % un nodiluma rādītāju pa ~ 140 % attiecībā pret eļļu I-40A bez piedevas, tā arī pozitīvi iedarbojoties uz berzes pāri, attiecīgajā mērījumā (3.mērījumu sērijā) ar piedevas koncentrāciju 0,2 g uz 100 g I-40A eļļas, pazeminot berzes koeficienta vērtību pa ~ 10 % un nodilumu pa ~ 11 % attiecībā pret bāzes eļļu I-40A bez piedevas.

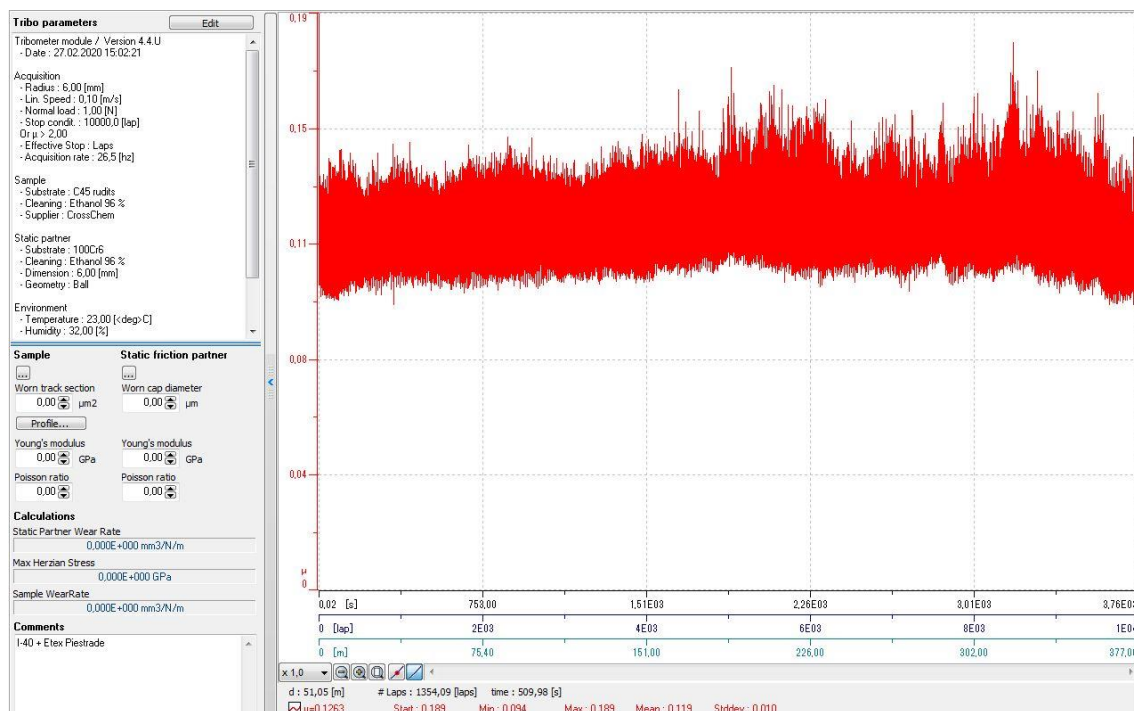
1.sērijas berzes koeficienta līknes



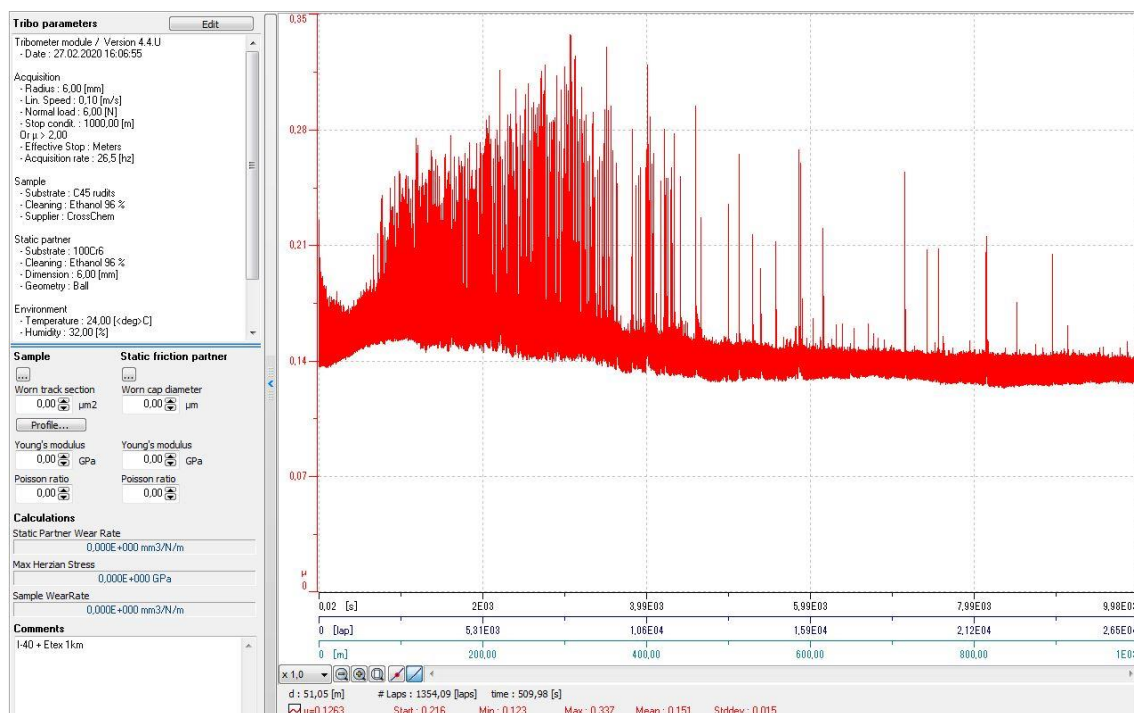
6.attēls I-40A piestrāde (distance – 377m)



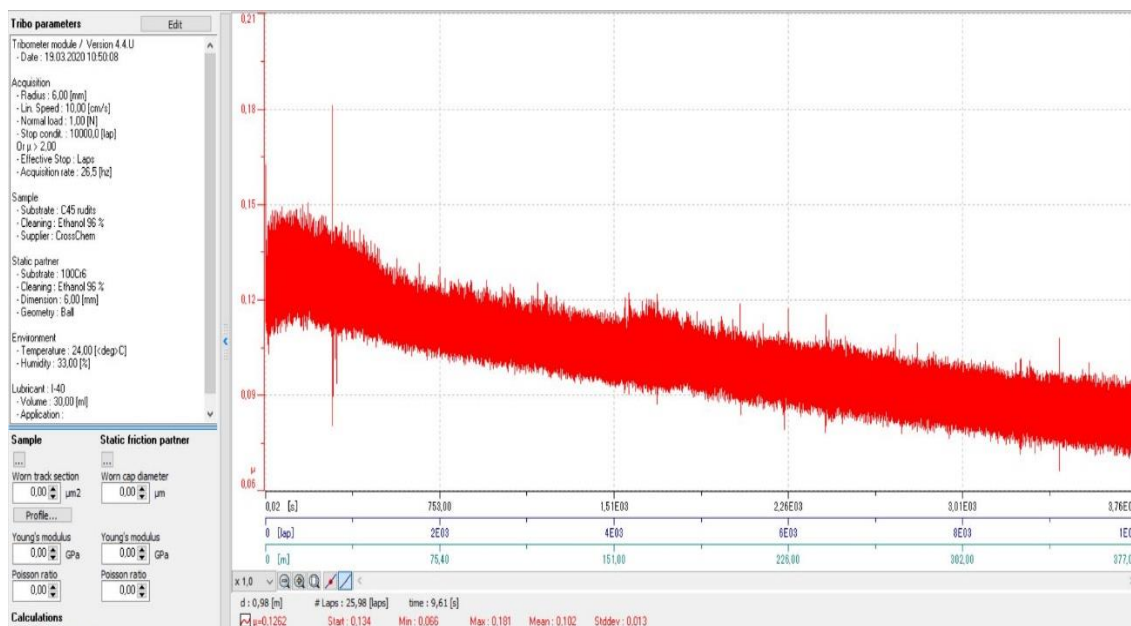
7.attēls I-40A mērījums (1km)



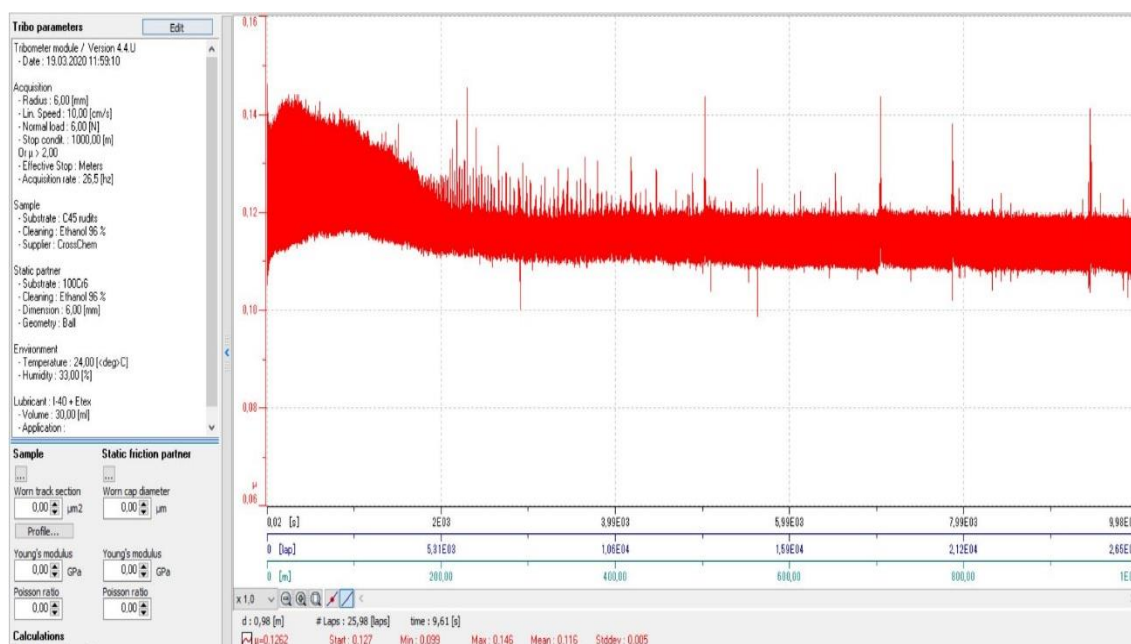
8.attēls I-40A + ETEX 5ml piestrāde (distance – 377m)



9.attēls I-40A + ETEX 5ml mērījums (1km)

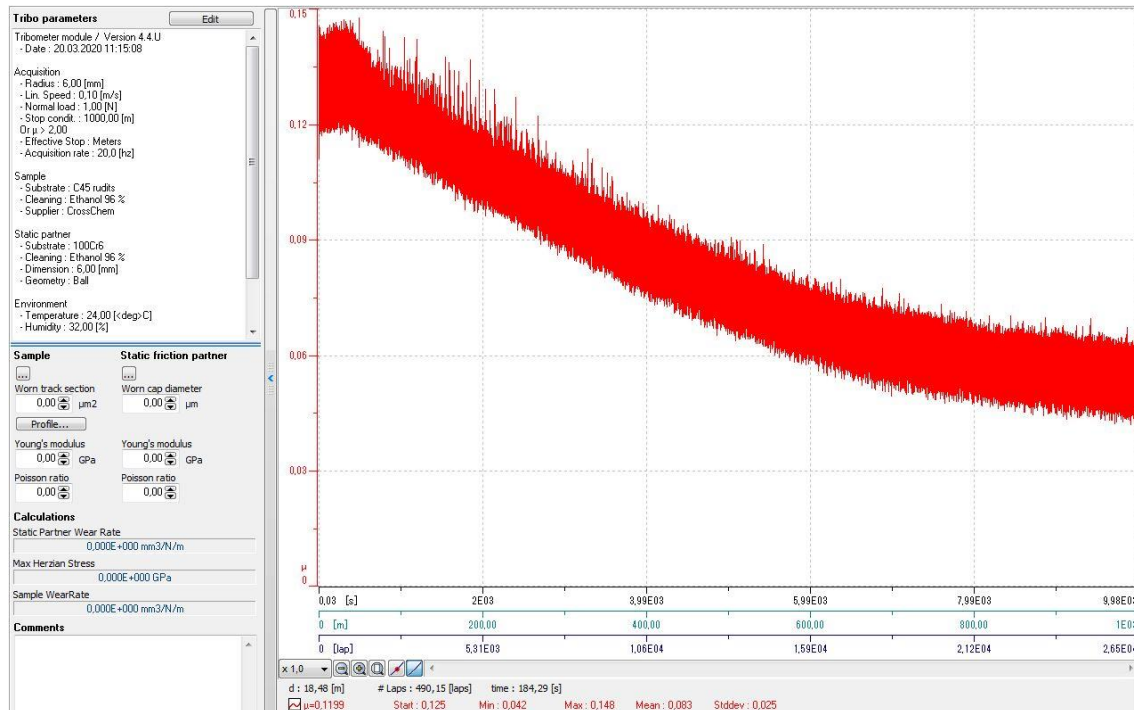


10.attēls I-40A + ETEX 0,2g piestrāde (377m)

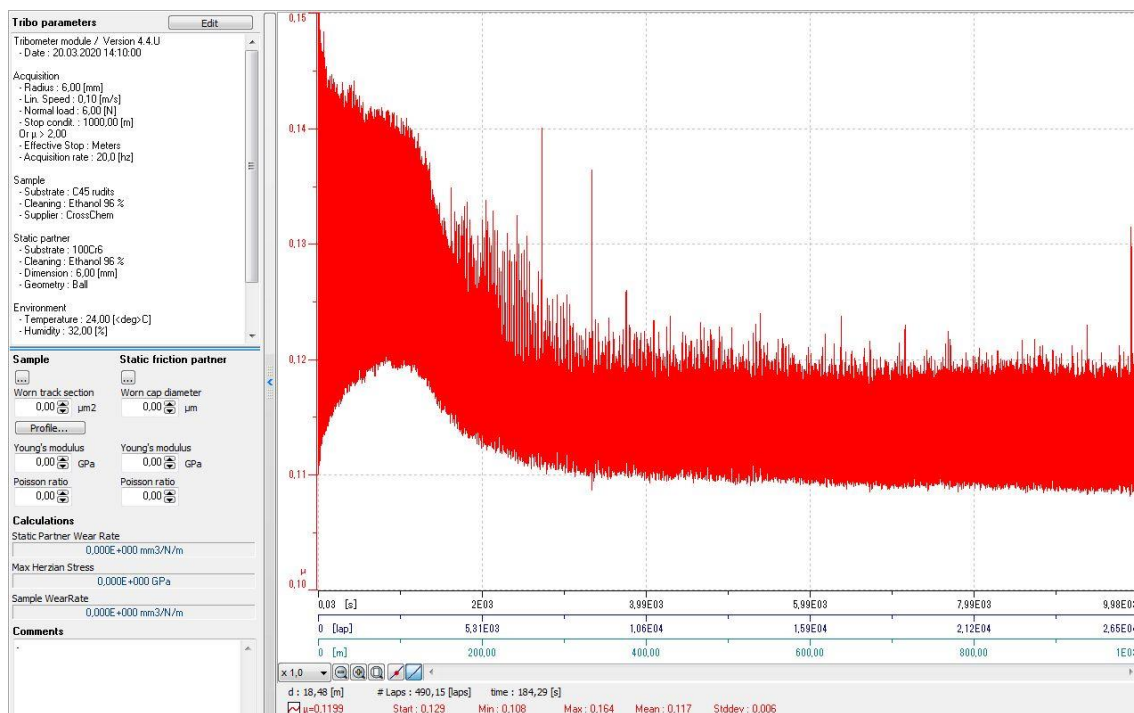


11.attēls I-40A + ETEX 0,2g mērījums (1km)

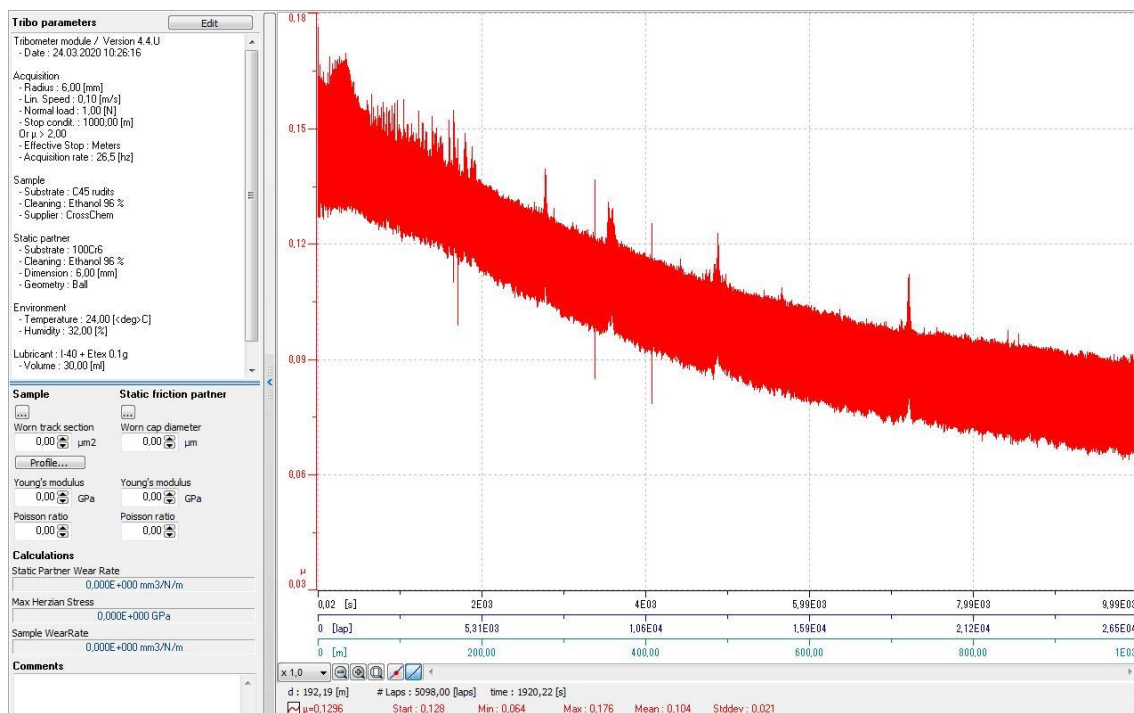
2.sērijas berzes koeficienta līknes



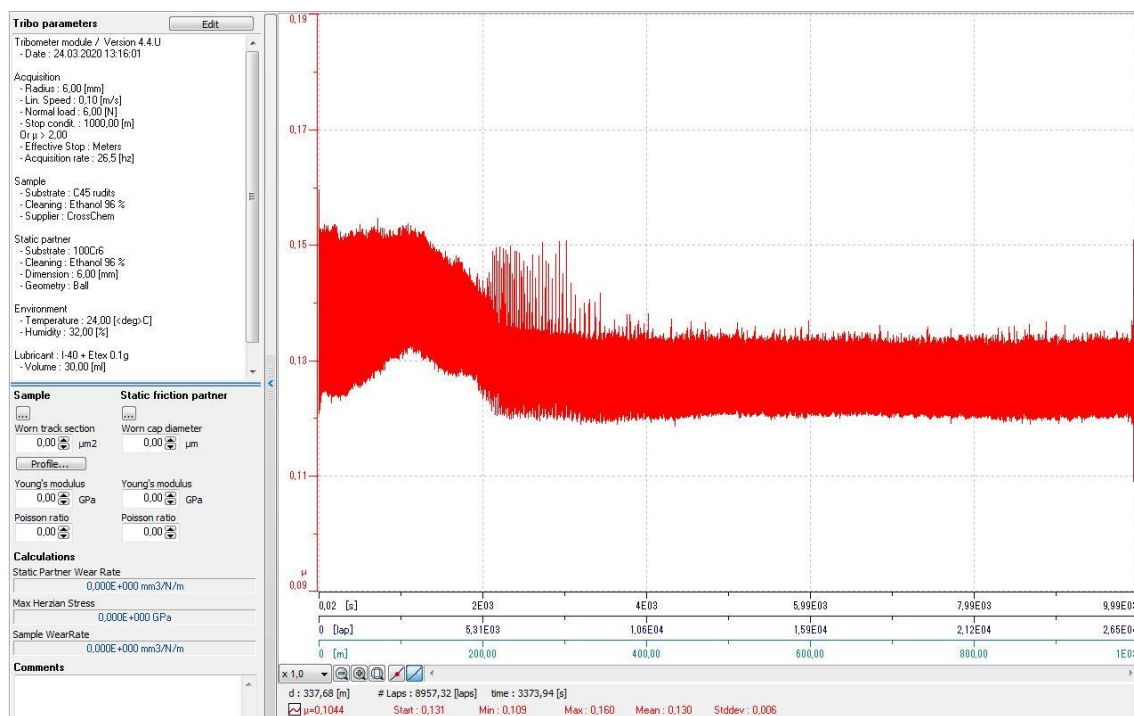
12.attēls I-40A piestrāde (1km)



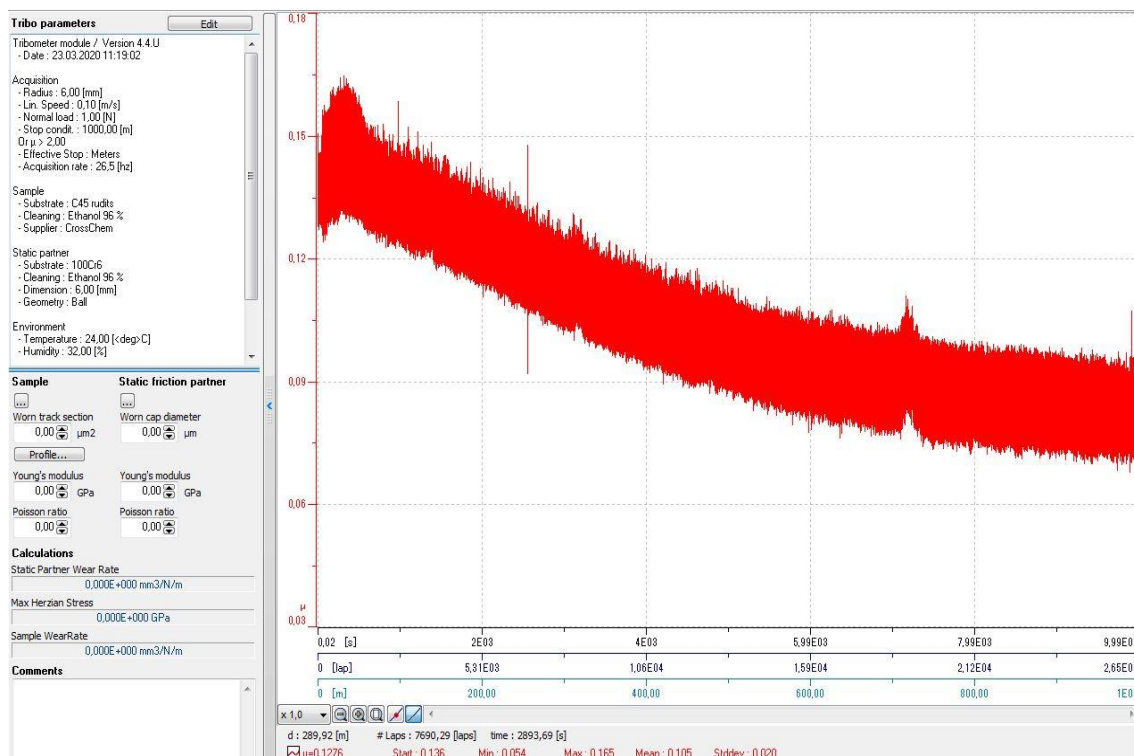
13.attēls I-40A mērijums (1km)



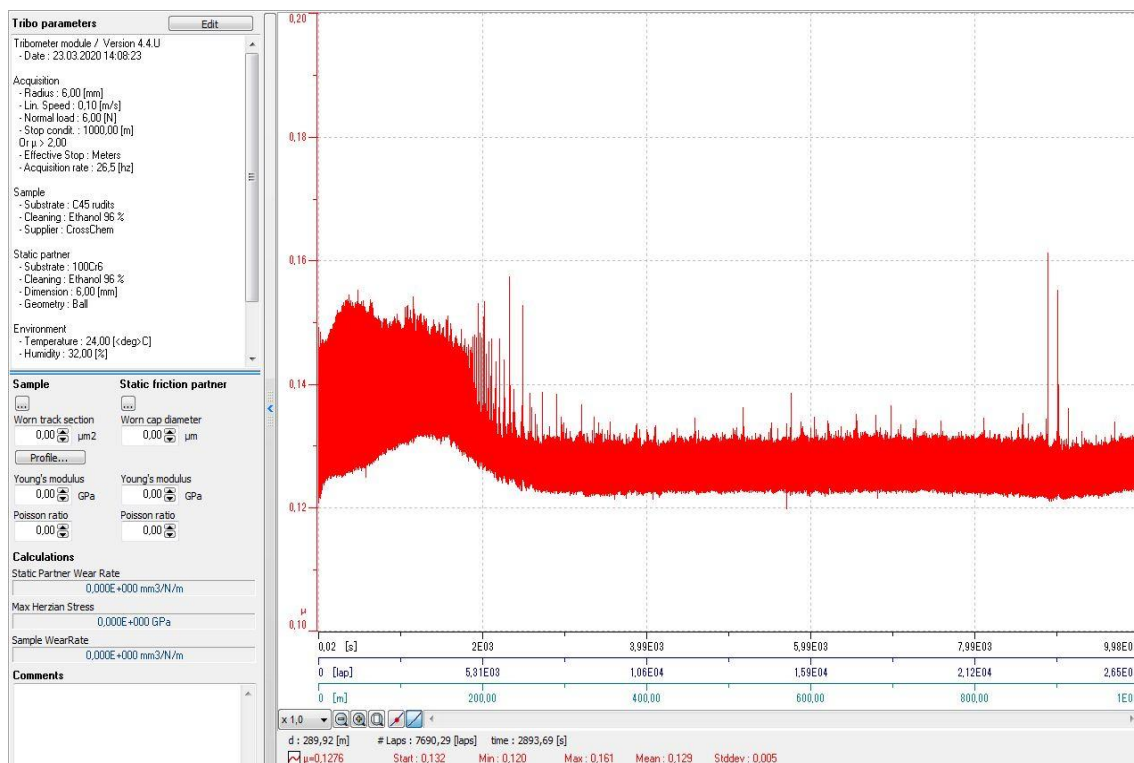
14.attēls I-40A + ETEX 0,1 g piestrāde (1km)



15.attēls I-40A + ETEX 0,1g mērījums (1km)

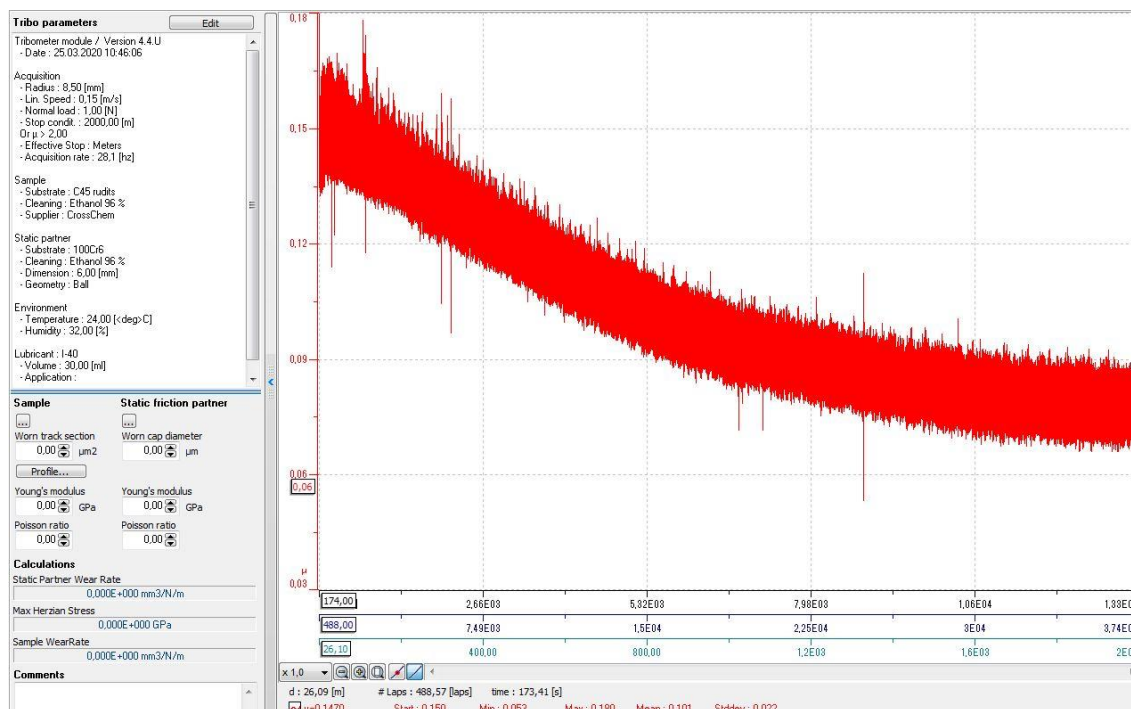


16.attēls I-40A + ETEX 0,2 g piestrāde (1km)

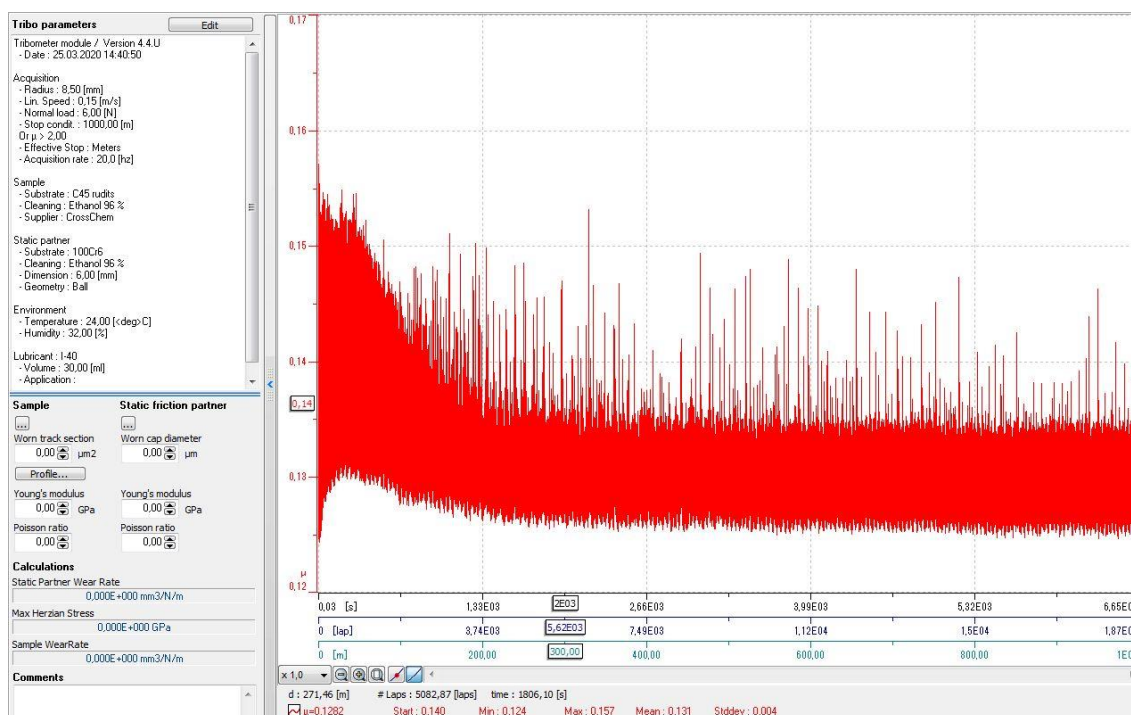


17.attēls I-40A + ETEX 0,2 g mērījums (1km)

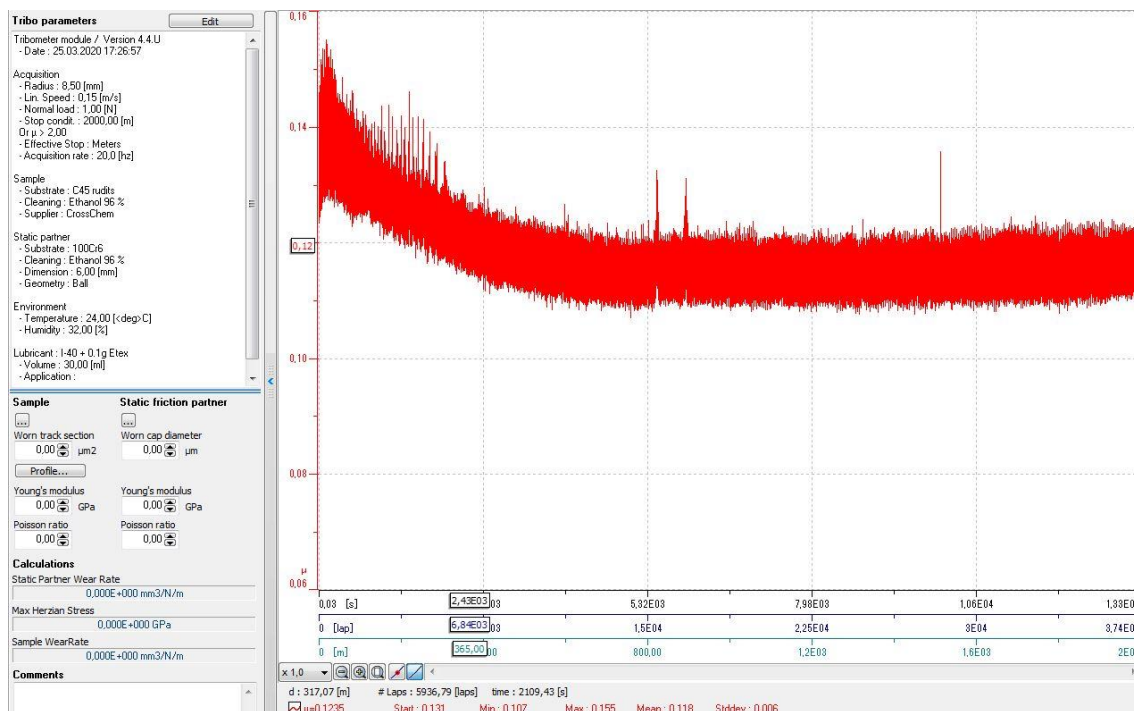
3.sērijas berzes koeficienta līknes



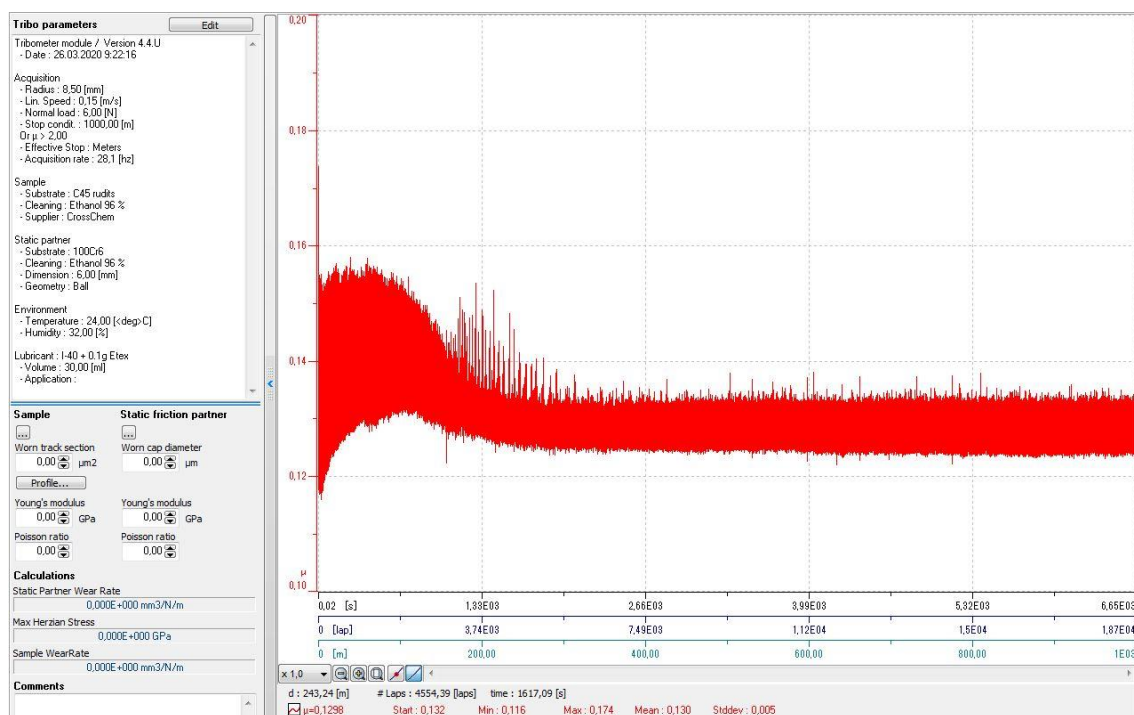
18.attēls I-40A piestrāde (2km)



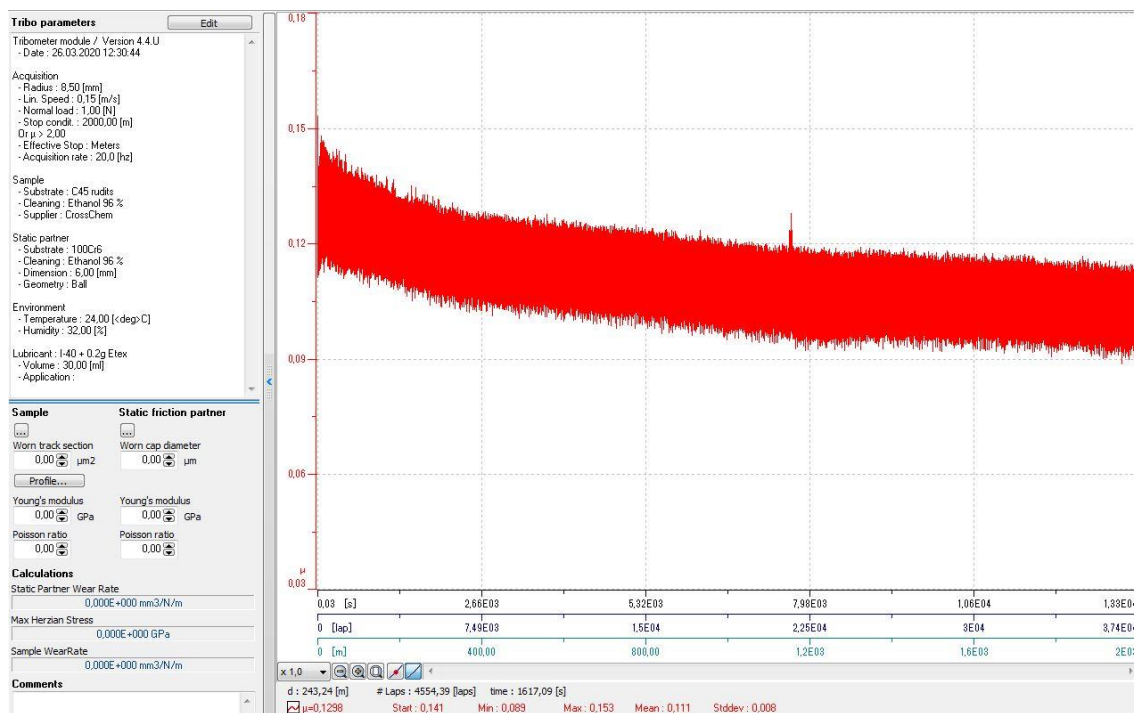
19.attēls I-40A mērījums (1km)



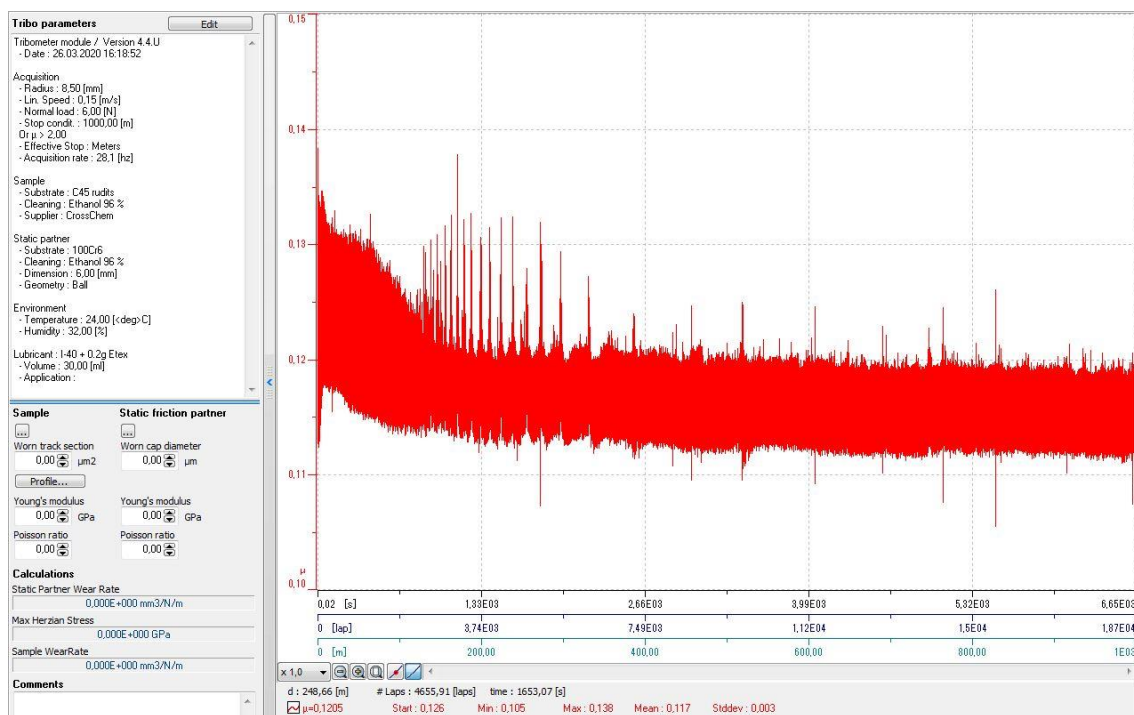
20.attēls I-40A + ETEX 0,1 g piestrāde (2km)



21.attēls I-40A + ETEX 0,1 g mērījums (1km)

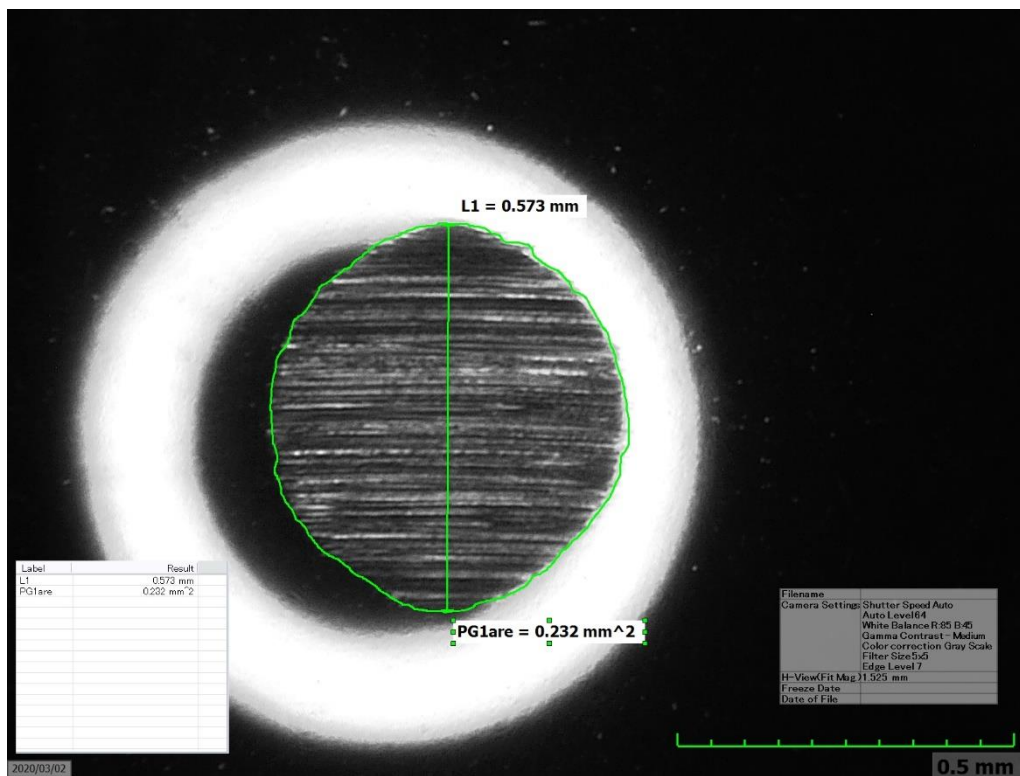


22.attēls I-40A + ETEX 0,2 g piestrāde (2km)

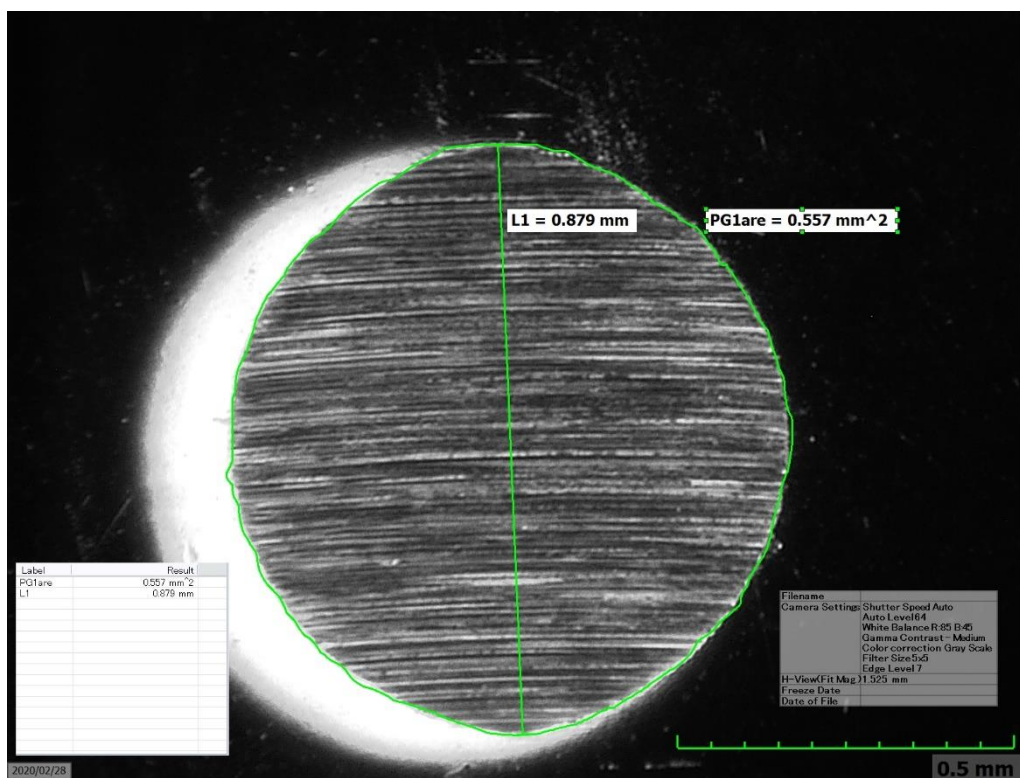


23.attēls I-40A + ETEX 0,2 g mērījums (1km)

1.sērijas berzes pāra lodes nodiluma laukuma attēli

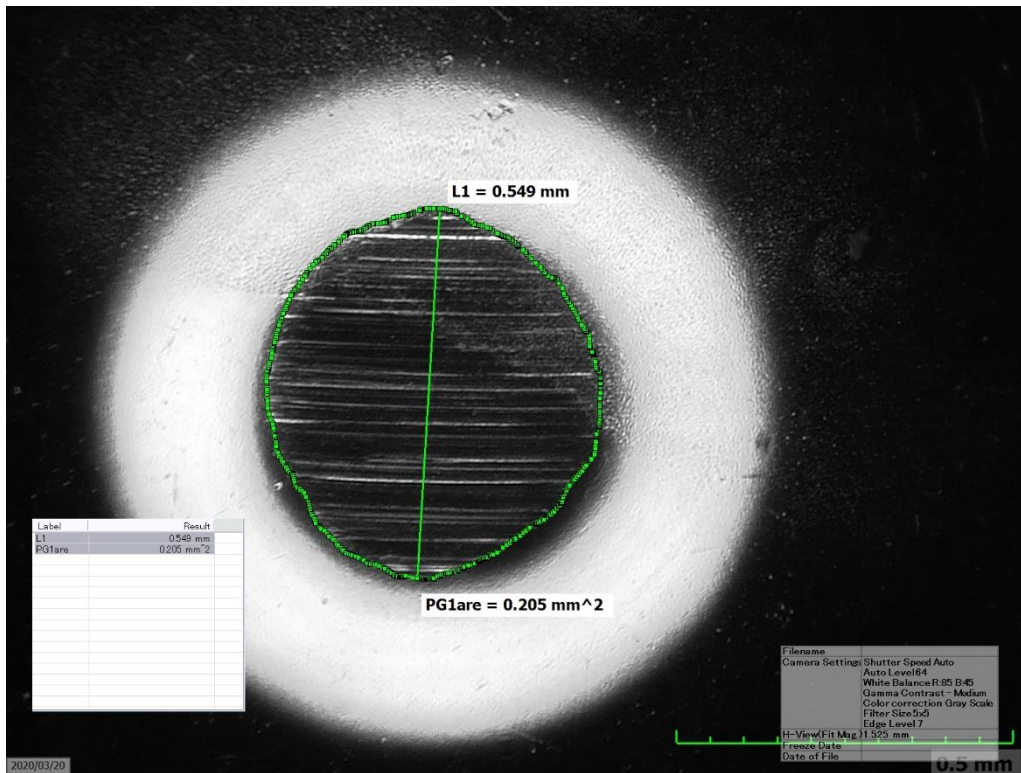


24.attēls I-40A

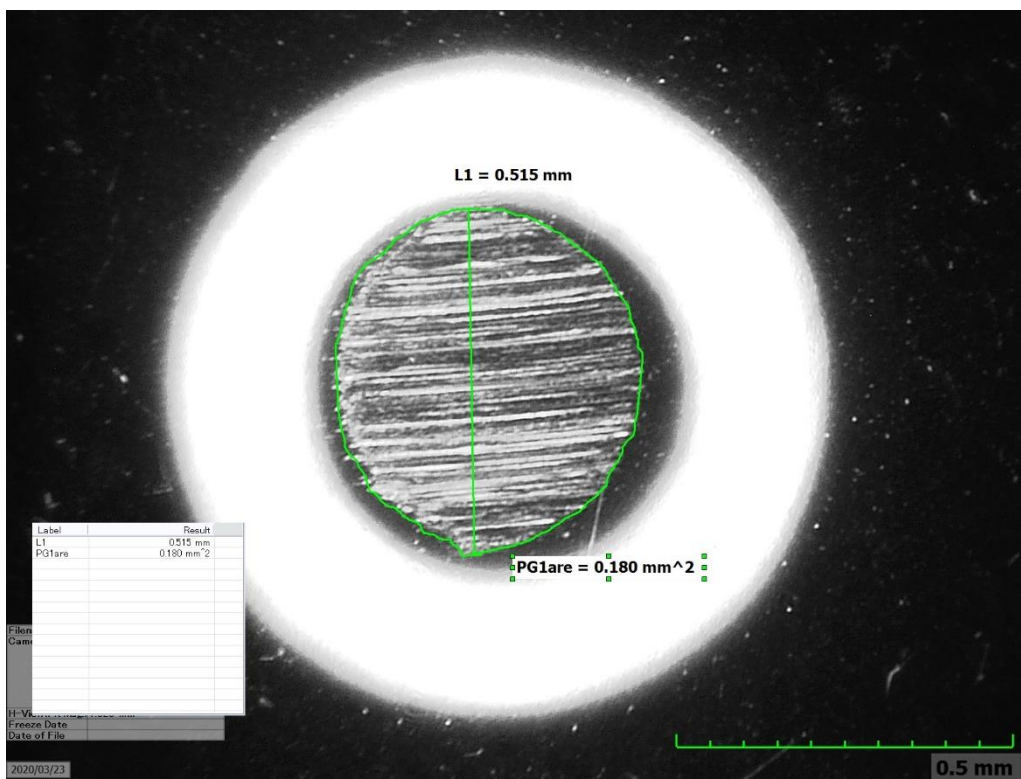


25.attēls I-40A + ETEX 5ml

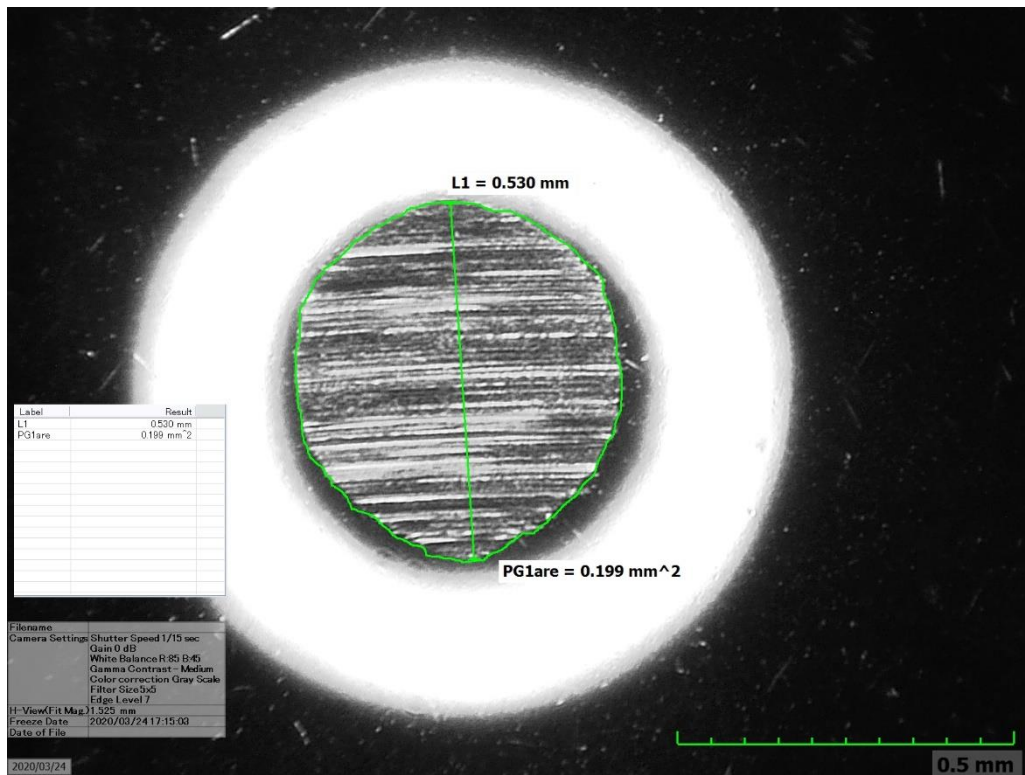
2.sērijas berzes pāra lodes nodiluma laukuma attēli



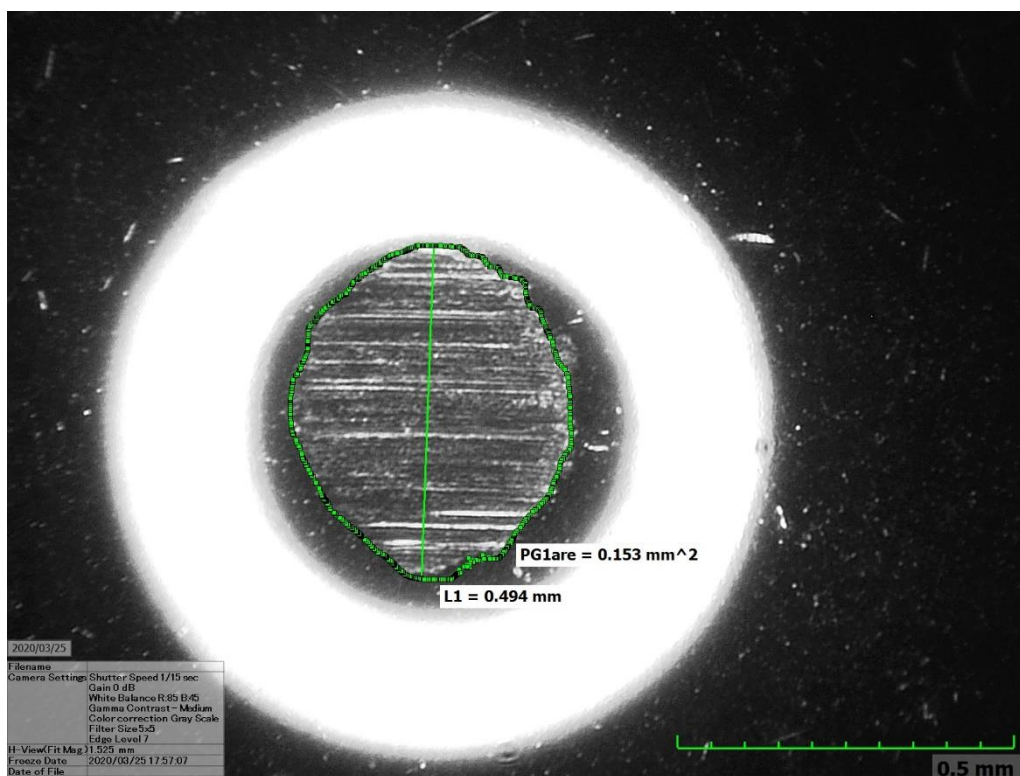
27.attēls I-40A



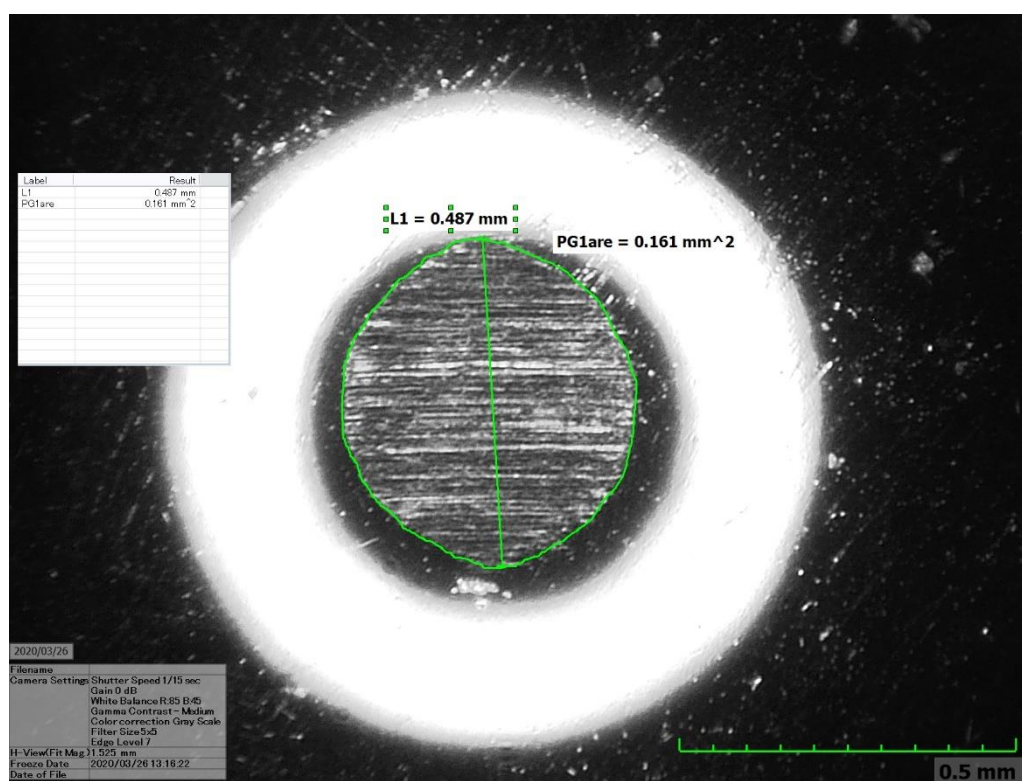
28.attēls I-40A + ETEX 0,1 g



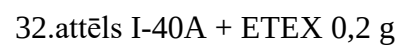
3.sērijas berzes pāra lodes nodiluma laukuma attēli



30.attēls I-40A



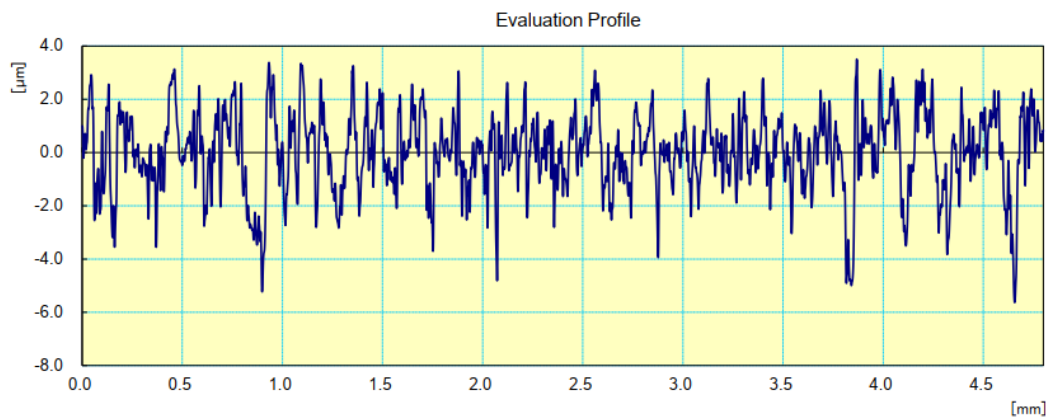
31.attēls I-40A + ETEX 0,1 g



Berzes pāra diska virsmas raupjuma parametri

Mitutoyo

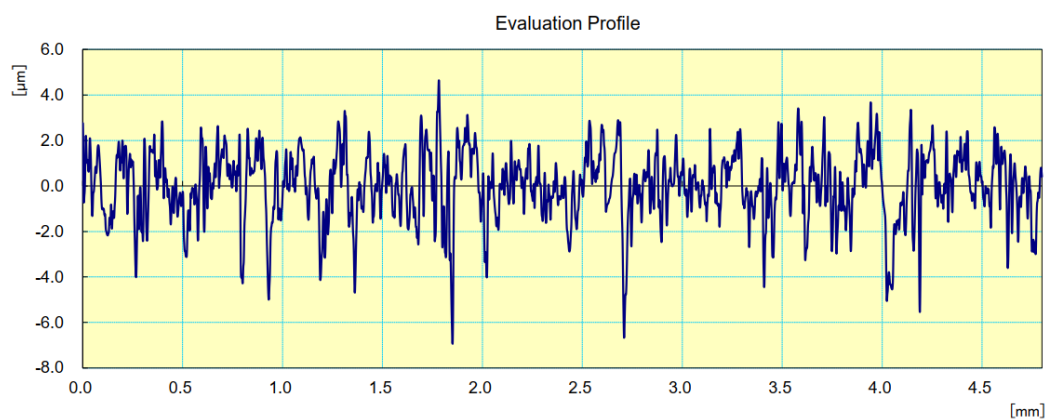
1- Apr -2020

CERTIFICATE OF INSPECTION

Work Name	Sample	Operator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest SJ-210	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	6
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	8.0μm	Filter	GAUSS
Ra	1.15μm	Rmr	0.042%
Rq	1.47μm	Rmr(c)	0.042%
Rz	7.90μm	Rdc	0.83μm
Rp	3.21μm	Rdc	0.63μm
Rv	4.69μm	Rdc	0.52μm
Rt	9.13μm	Rk	3.35μm
Rsk	-0.437	Rpk	1.19μm
Rkμ	3.505	Rvk	2.18μm
Rc	2.82μm	Mr1	10.604%
RSm	41.9μm	Mr2	86.708%
Rz1max	8.76μm	A1	6.33
RDq	0.232	A2	14.48

Copyright (C) 2010 Mitutoyo Corporation

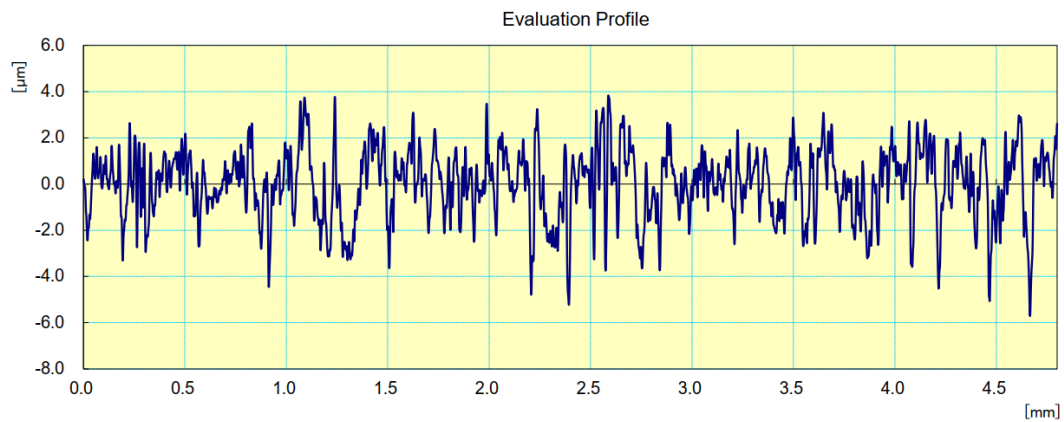
CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Operator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest SJ-210	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	6
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	8.0μm	Filter	GAUSS
Ra	1.17μm	Rmr	0.042%
Rq	1.52μm	Rmr(c)	0.042%
Rz	8.93μm	Rdc	0.76μm
Rp	3.45μm	Rdc	0.62μm
Rv	5.48μm	Rdc	0.54μm
Rt	11.57μm	Rk	3.48μm
Rsk	-0.663	Rpk	1.12μm
Rkμ	4.083	Rvk	2.36μm
Rc	3.04μm	Mr1	9.000%
RSm	39.7μm	Mr2	87.229%
Rz1max	11.57μm	A1	5.04
RDq	0.259	A2	15.04

Copyright (C) 2010 Mitutoyo Corporation

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Operator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest SJ-210	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	6
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	8.0μm	Filter	GAUSS
Ra	1.19μm	Rmr	0.167%
Rq	1.49μm	Rmr(c)	0.167%
Rz	7.57μm	Rdc	0.75μm
Rp	3.29μm	Rdc	0.57μm
Rv	4.27μm	Rdc	0.51μm
Rt	9.53μm	Rk	3.44μm
Rsk	-0.400	Rpk	1.25μm
Rkμ	2.960	Rvk	1.98μm
Rc	3.20μm	Mr1	8.313%
RSm	46.1μm	Mr2	83.854%
Rz1max	8.69μm	A1	5.21
RDq	0.242	A2	15.98

Copyright (C) 2010 Mitutoyo Corporation