



ÓBUDAI EGYETEM  
ÓBUDA UNIVERSITY



ÓBUDAI EGYETEM BÁNKI DONÁT GÉPÉSZ-  
ÉS BIZTONSÁGTECHNIKAI MÉRNÖKI KAR  
ANYAG- ÉS GYÁRTÁSTUDOMÁNYI INTÉZET  
GYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI INTÉZETI  
TANSZÉK

Körner CreativTec Magic 600

Ismertető, Állapot áttekintés





# Tartalomjegyzék

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tartalomjegyzék</b>                                      | <b>1</b>  |
| <b>1. Bevezetés</b>                                         | <b>3</b>  |
| 1.1 Magamról                                                | 3         |
| 1.2 Probléma                                                | 3         |
| <b>2. Marógép rövid bemutatása</b>                          | <b>4</b>  |
| 2.1 CNC Gépekről általánosságban, NC és CNC                 | 4         |
| 2.2 Magic 600                                               | 4         |
| 2.3 HSC maró, Gyorsmaró                                     | 5         |
| <b>3. Az első állapotfelmérés eredményei</b>                | <b>5</b>  |
| <b>4. Elvégzett javítások, mérések a gépen</b>              | <b>6</b>  |
| 4.1 Tisztítás                                               | 6         |
| 4.2 Elektronikai ellenőrzések                               | 6         |
| 4.2.1 Valós gép és villamos dokumentáció összehasonlítása   | 6         |
| 4.2.2 Betáp értékének mérése, főkapcsoló tesztelése         | 7         |
| 4.2.3 Törpefeszültségű rendszerek tápegységének ellenőrzése | 7         |
| 4.2.4 Relék működésének ellenőrzése                         | 7         |
| 4.3 Bekapcsolás utáni kommunikációs hiba                    | 7         |
| 4.4 Frekvenciaváltó hiba                                    | 7         |
| 4.5 Tengelyek szárazon futása, rezonáció                    | 8         |
| 4.6 Pneumatikus rendszer beállítása a helyi hálózathoz      | 8         |
| <b>5. A marógép jelenlegi állapota</b>                      | <b>10</b> |
| <b>6. Pontossági vizsgálat - szabványok és próbatest</b>    | <b>11</b> |
| 6.2 NAS 979                                                 | 11        |
| 6.3 Vizsgálat - NASA teszt                                  | 11        |
| 6.4 Fusion 360 - Manufacturing                              | 11        |
| 6.4.1 Teszt darab leírása                                   | 12        |
| 6.5 Koordináta mérőgép                                      | 13        |
| 6.5.1 Crysta-Apex C 544 Főbb műszaki jellemzők              | 13        |
| <b>7. Pontossági vizsgálat eredménye</b>                    | <b>14</b> |
| 7.1 Kiértékelés menete                                      | 14        |
| 7.2 Mérési pontok eredményei                                | 14        |
| 7.2.1 Legnagyobb hibák                                      | 20        |
| 7.2.2 Hibák átlaga                                          | 20        |
| 7.2.3 Mérési eredmények vizualizálva                        | 21        |



|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.3 Elméleti körök, hengerek                                           | 26        |
| 7.3.1 Legnagyobb hibák                                                 | 26        |
| 7.3.2 Hibák átlaga                                                     | 26        |
| 7.3.3 Körkörösségi vizsgálatok 20, 100 ponttal                         | 27        |
| 7.3.4 Hengerek körkörösségi vizsgálata                                 | 33        |
| 7.4 Szerszám hiba                                                      | 35        |
| 7.5 Gép pontosságának meghatározása, következtetés a vezérlés hibájára | 38        |
| <b>8. Köszönetnyilvánítás</b>                                          | <b>39</b> |
| <b>9. Irodalom</b>                                                     | <b>39</b> |
| <b>10. Ábrajegyzék</b>                                                 | <b>40</b> |
| <b>11. Táblázat jegyzék</b>                                            | <b>40</b> |
| <b>12. Mellékletek</b>                                                 | <b>41</b> |

# 1. Bevezetés

## 1.1 Magamról

Wéber József vagyok, 2018-ban nyertem felvételt az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész- És Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai mérnöki alap képzésére, passzív évvel kezdtem ami alatt lettem egy elektrotechnikai OKJ-t a BMSZC WMSZKI-ban. Ezen ismeretekkel érkeztem a Bánki karra ahol első félévben jártam a Nagyműhelybe ahol a gép is található. Nikitscher Tamás műhelyvezetőtől engedélyt kértem, hogy foglalkozhassak a géppel. Ismertető és az akkori tudását átadva rám bízta, hogy hogyan szeretném végezni a munkákat a géppel. Ezen munkálatok leírása és eredmények prezentálása céljából születik ez a dokumentum.

## 1.2 Probléma

Körner német gyártó által 2015-ben épített CreativTec Magic 600-as típusú gépet ismertetném munkámban (továbbiakban Magic 600 vagy “gép” megnevezéssel élek). A Nikitscher Tamás műhelyvezető kérésére írom le tapasztalataimat a géppel kapcsolatban. Az elégtelen vagy idegennyelvű dokumentáció, a nagyüzemi környezet ahol a napi rutin kimerült a használatban és csak a szükséges vagy tűzoltó jellegű karbantartásban, de ez közel sem volt elégséges a gép állapotának és értékének megóvásához. Korábbi munkáira lehetett következtetni állapotából amit később a régi kezelője is megerősített, grafit elektródákat készítettek szikraforgácsoló géphez. A gép állapota alapján, takarítva nem volt, csak a szükséges mértékig, hogy a napi használatban megfeleljen. Így a gép elektromos szekrényében és levegő elosztó szekrényében felgyűlt a grafitpor és lerakódott az elektromos csatlakozókra és a levegő rendszer szelepeire, ami további problémákat okozott a pontatlanságon kívül. Többek között ezek a problémák: gép szán rendszere és vezetékei berágódtak, eltömődött zsírzórendszer (végül felhasadt az egyik cső), elégtelen kenés, kontakthibák, kommunikációs hiba, hűtőrendszer hiba.

Előzetes ismereteim alapján akkoriban a gépet elindítani nem lehetett, szerelők vagy cégek akik megnézték nem tudtak megoldást nyújtani a problémákra amikkel szembesültek. A gép teljes felújítása, vagy a javítási költségei túl magasak voltak akkori ajánlatok szerint (pl. javaslat volt a teljes vezérlő és hajtás rendszer cseréjére amit az egyetem nem fogadott el).

Így a gépet Nikitser Tamás a rendelkezésemre bocsátotta, hogy tanulási és ismeretszerzési céllal dolgozhatok rajta. Én ezt egy kiváló lehetőségnek találtam közelebből megismerni a CNC gépeket és a műhelyt valamint a gyártástechnológiát. 2019 januárjában kezdtem el foglalkozni a géppel, ami a mai állapota szerint üzemképes, termelésre ugyan nem alkalmas, mert biztosan nem végeztek pontossági vizsgálaton az elmúlt 4 évben.

## 2. Marógép rövid bemutatása

### 2.1 CNC Gépekről általánosságban, NC és CNC

Az 1970-es években a számítástechnika fejlődésével elindult a gépgyártás forradalmasítása is. A kombinációs logikai vezérlőket amiket addig alkalmaztak az NC (Numeric Control) eszközökben, felváltotta a programozható logikai vezérlő. Így a gépgyártás forradalma is elindult, hogy programozható környezetet adott a kezelők és tervezők kezébe, még komplexebb és gyorsabb gyártást lehetővé téve. A CNC gépek (Computerized Numerical Control) szabadon programozható logikájú mikroszámítógépeket tartalmaznak, így a tervezés és a munkavégzés közelebb került egymáshoz. A mikroszámítógép a programból olvasott adatokkal számítást végez (interpoláció, lineáris mozgások megvalósítása). Az NC és CNC gépeken ugyanaz a gyártási folyamat valósul meg, amit a mikroszámítógép és az operációs rendszer együttesen valósít meg az NC vezérléssel ellentétben ahol a programot lyukkártyán vagy egyéb adathordozón közvetlenül tárolták. A programot amit egy CNC gépre terveznek, akár lokálisan akár online is lehet írni. Szimulációs szoftverek segítségével, a gép adatainak ismeretében, vizsgálni is lehet az elkészült programot, hogy az elvárt eredményt, végterméket kapjuk a folyamat végén. A program konstruktőre akár közvetlenül is kezelheti a gépet, a kód minimális módosításával akár más gyártó gépeire is átvihető a kívánt gyártási folyamat, ezzel a gép gyártók közötti versenyt kiszélesítve. Minőségbiztosítási szempontból, ha a gép munkára alkalmas állapotban van, akkor a hiba tartományon belül megfelelő alkatrészt gyárt, ezzel kiküszöbölve a kezelői hibát, pontatlanságot.<sup>[2]</sup>

### 2.2 Magic 600

A CreativTec család Magic 600-as típusú gépe áll az egyetem gép műhelyében. Ez egy 3 tengelyes marógép. 24 pozíciós revolver tárral a szerszámoknak. Gyártó által kiadott

katalógus és használati utasítás, amit a korábbi üzemeltetője továbbított az egyetem részére, a gép  $40000 \frac{mm}{perc}$  előtolási sebességre, főtengelye 9000 -  $40000 \frac{fordulat}{perc}$ -re képes. Szerszámbefogója HSK-32, 13 mm maximum átmérőt fogad be, tárgyasztala 500 kg tömegű nyers darab megmunkálására alkalmas. Elméleti megmunkálási terület befoglaló mérete: 600 x 600 x 350 mm. Elméleti pontossága 10  $\mu m$ . Vezérlése ismeretlen típusú PLC-vel (burkolat és gyártóra utaló jelek hiányában nem sikerült felismerni), motorvezérlői (szintén márkajelzés nélküli, rozsdamentes acél burkolatban) RS232 porton kommunikálnak a Windows XP SP2 számítógéppel, amin CNC900Ti szoftver fut. A soros port illesztést VScom 800H UPCI kártya végzi, így a 3 tengely, a plc és a revolver tár vezérlése ezen keresztül történik. Ez a gép ötvözi a HSC (High Speed Cutting) és a HPC (High Productive Cutting) előnyeit, DIN - ISO 66025 szabványos utasításkészlettel.

### 2.3 HSC maró, Gyorsmaró

A kis maró szerszámokkal végzett nagysebességű marásról és a feldolgozóiparban a helyes alkalmazásáról annyi vélemény létezik, mint anya és csavar. A nagy sebességű marás előnye, hogy kisebb forgácsolási terhelést és forgács leválasztási arányt tesz lehetővé, jobb felületminőséget biztosítva. A nagy sebességgel, szűk toleranciával és nagy gyártási kapacitású megmunkálásokkal teli világunkban sok pont összefonódik a tökéletes alkatrész létrehozásához.<sup>[3]</sup>

## 3. Az első állapotfelmérés eredményei

Az X tengelyen a kenőrendszer meghibásodott, az egyik zsírzószem befűvőcsöve felhasadt, így a kenőanyag nem jutott el a kocsig. Az addig bejuttatott kenőanyag kiömlött és szétfolyt a burkolat alatt. Az Y tengelyen a kenőrendszer levegős volt. A kocsik zsírlevezetői kenőanyag hiányában és a por terhelés miatt sérültek, funkciójukat részlegesen vagy egyáltalán nem tudják betölteni.

Főorsó jó állapotban van, frekvenciaváltója hibát jelez.

Villamos szekrénye grafitral szennyezett, ami kontakt hibát eredményezett.

Első állapotfelmérés összefoglalva:

A gép üzemképtelen állapotban van, használni nem lehet, villamos szekrényének grafit

szennyezettsége miatt, elektromos hálózatra kötni veszélyes.

Szükséges a gépből a szennyeződések eltávolítása, jelenlegi hibák értelmezése és megoldása, hogy a gép további hibáit feltárjam.

## **4. Elvégzett javítások, mérések a gépen**

### **4.1 Tisztítás**

Munkámat az állapot ellenőrzéssel egyetemben egy belső tisztítással kezdtem, ami a nem burkolt, vagy csavarral nem rögzített, eltávolítható burkolatok alatt végeztem. Ezután a burkolt elemek tisztítását kezdtem meg, ahol már szembesültem néhány alább részletezett problémával. A grafitpor mivel vezető és a villamos kapcsolótérbe is bejutott, így a villamos szekrény megtisztítását helyeztem előtérbe. A szekrényben minden vízszintes felületen, 2-3 mm grafitpor rakódott le, a számítógép házán belül és a motorvezérlők házain belül is. Levegős és vegyszeres tisztítás után az elektromos berendezéseket visszakötöttem helyükre. A vegyszeres tisztítás izopropil alkohollal történt ami nem roncsolja az elektromos berendezéseket, majd a csatlakozókat erre kifejlesztett KONTAKT WL oldószeres lemosóval kezeltem.

### **4.2 Elektronikai ellenőrzések**

A méréseket saját, nem hitelesített Brymen elma BM807s digitális multiméter segítségével végeztem.

#### **4.2.1 Valós gép és villamos dokumentáció összehasonlítása**

A Használati útmutatóban a teljes villamos és pneumatikus terv is mellékelve van, így a munkámat a géppel az állapotellenőrzés után a dokumentáció és a megvalósult gép összehasonlításával folytattam.

A megvalósult gépben és a dokumentációban eltérést nem tapasztaltam. Amennyiben a feliratok olvashatóan megmaradtak, azok helyesen jelölik a kábeleket, elektronikai elemeket a dokumentáció szerint.

#### 4.2.2 Betáp értékének mérése, főkapcsoló tesztelése

Villamos tápellátást az egyetem 3 fázisú rendszeréről kap. Az egyes fázisokon megjelenő feszültség értékek megfelelnek IEC 60364 szabványban foglalt feszültség és szabályainak (a felhasználási ponton a névleges értéktől 5%-os határon belül van).

A főkapcsoló áramtalanított állapotban minden kontaktor esetében a BM807s műszerrel végzett ellenállás teszten felső értékhatáron kívül esett. Bekapcsolt állapotban, a kontaktorokra a műszer  $0.1\Omega$ -  $0.2\Omega$  értékek között mutat.

#### 4.2.3 Törpefeszültségű rendszerek tápegységének ellenőrzése

Számítógép ATX szabványos tápegységét önellenőrző funkciója miatt nem teszteltem.

A relé rendszer és az IO modul, valamint a buszrendszerek tápegységei, az adatlapokon feltüntetett értéktartományon belül vannak.

#### 4.2.4 Relék működésének ellenőrzése

Minden relé átlátszó műanyag házaz így szemrevételezéssel meg lehet állapítani a kontaktorok állapotát. Relék működését, az IO modul segítségével ellenőriztem, minden üzemállapotot végigpróbáltam. Minden esetben visszajelzés érkezett, hogy fennáll a kívánt üzemállapot. A relék tényleges állapotát szemrevételezéssel megállapítottam, hogy megfelelő. Az összes relé kimenetén megjelent a megfelelő feszültség, működésük megfelelő.

### 4.3 Bekapcsolás utáni kommunikációs hiba

**Hiba jelenség:** Bekapcsolás után azonnal hibába esik az összes tengely vezérlő. CNC900 program státusz mezőjében “Communication error” felirat jelenik meg.

Első próbálkozáskor, az IO modul újracsatlakoztatása ideiglenes megoldást jelentett, de 5-10 perc üzem után ismételt ez a hiba jelent meg. A gép leállítása után, minden modult kiszereztem és megtisztítottam a csatlakozókat.

**Eredmény:** Sem bekapcsoláskor, sem üzem közben nem jelentkezik a hiba.

### 4.4 Frekvenciaváltó hiba

**Hiba jelenség:** “Achsantriebe bereit” vörös, zavar állapotból nem lehet kilépni.

Frekvenciaváltó nincs üzembeszállapotban hibát jelez. Első megfigyelések alapján a frekvenciaváltó működésképtelenségét állapították meg. Szintén az érintkezőkre lerakódott grafitpor miatt nem volt kommunikáció a számítógép és a frekvenciaváltó között. Amint ezt a problémát elhárítottam, a frekvenciaváltó még mindig hibát jelzett. A használati utasítás és a villamos tervek alapján megállapítottam, hogy a további hibajel a főorsó hűtőjéből érkezik. Hűtőrendszer tisztítása és hűtőközeg cseréje volt a következő lépés.

**Eredmény: Megszűnt a hibajel, a főorsó üzembeszállapotban.**

#### 4.5 Tengelyek szárazon futása, rezonáció

**Hiba jelenség: Tengely futása közben a gép rezonál.**

Megpróbáltam külsőleg kenni az orsókat és a szánokat mind X és Y tengelyen, a rezonáció megmaradt, de az orsókról és a vezetékekről rengeteg lerakódás vált le, így tisztulva a szerkezet.

Miután az első átfogóbb szétszerelés lezajlott, az X tengely kocsiján megtaláltam felhasadt kenőanyag csövet, ezt kicseréltem és a kiömlött zsírt eltávolítottam. A felhasadás oka valószínűleg az eltömődött zsírzórendszer. Az eltömődéseket sikerült a külső kenőanyag felvitellel eltávolítani, megbontani eléggé, hogy a következő zsírbefűvaskor átszakadtak és kiömlöttek a kenőanyaggal együtt a kocsikból és a golyós anyából. Az Y tengely kocsiján a zsírzórendszer levegős volt, egyes zsírzószemek tiszták és kenőanyag mentesek voltak, ebből arra következtetek hogy azokon zsírbefűvás nem történt. A rendszerből a levegőt eltávolítottam és feltöltöttem kenőanyaggal. A feltöltést követően itt is kiömlött a zsír és a szennyeződés a kocsikból és a golyósanyából.

**Eredmény: A rezonancia részlegesen megszűnt, az X tengely bizonyos pozícióiban megmaradt (350-585 mm között). Az Y tengely rezonanciája megszűnt de pontossága kérdéses.**

#### 4.6 Pneumatikus rendszer beállítása a helyi hálózathoz

A marógép levegő igénye adatlapja szerint: 6,5 bar-tól 8,5 bar-ig 300 l/min.

A helyi levegő hálózat 6 bar nyomásra van beállítva valamint a helyi hálózat nem tudja kiszolgálni a 300 l/perc levegő mennyiséget, ha több gép is dolgozik a műhelyben. Több gép működése esetén a fali nyomásmérő 5.5-5.9 bar nyomást mutat, ezzel a gép, adatlapjával

ellentétben, működik.

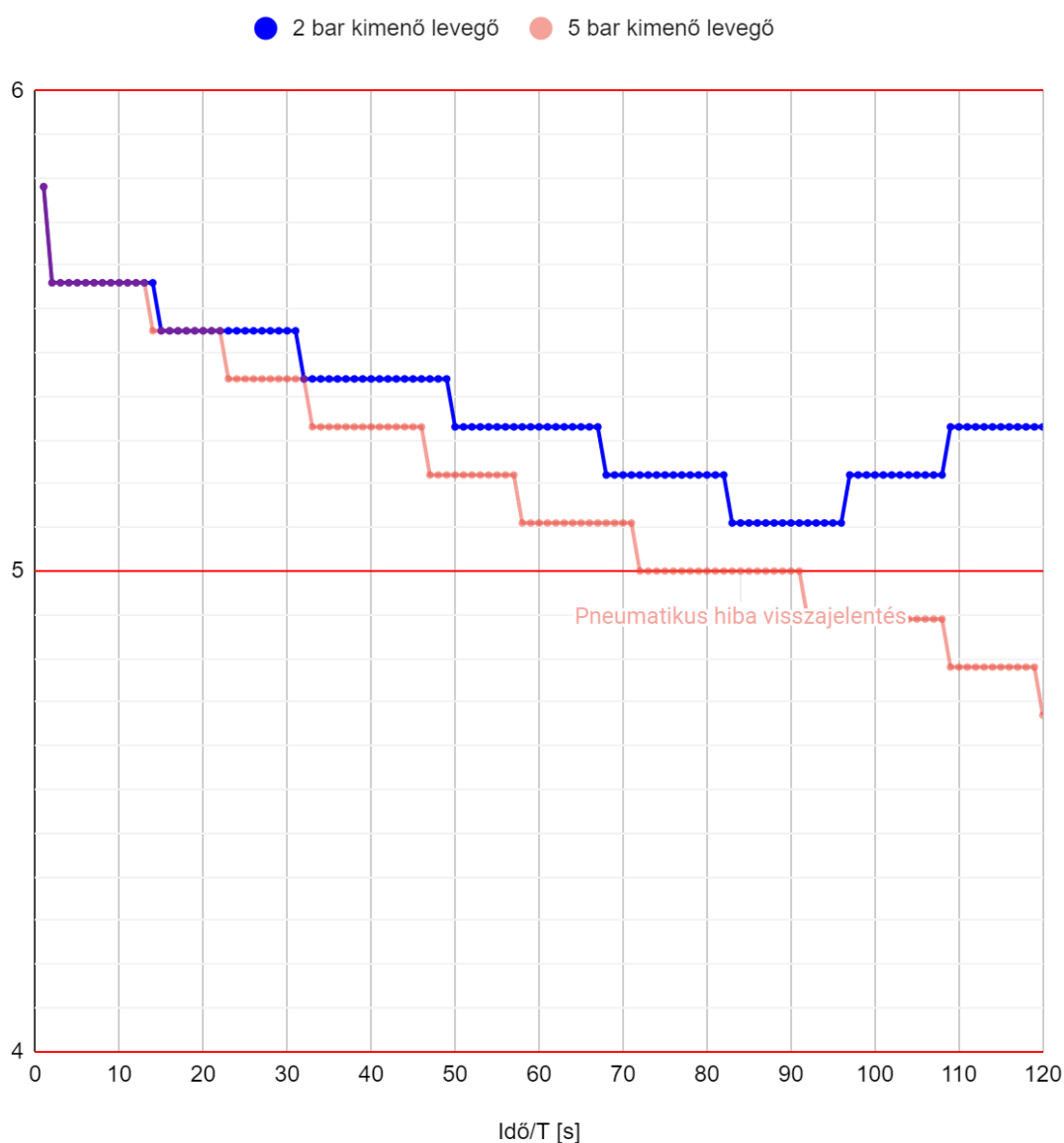
Munkadarab hűtés, forgács lefűtás bekapcsolása esetén, a hálózati levegő nyomása lecsökken és megáll a gép. A munkadarab hűtés, forgács lefűtás fontossága miatt, a levegő regulátoron a kiadott nyomást, olyan mértékig csökkentettem, hogy a bejövő levegő mérőn, nem esik a nyomás a kritikus alá, így csökkentett teljesítménnyel a funkció megmaradt.

Eredeti nyomásérték: 5 bar

Beállított nyomásérték: 2 bar

Idő függvényében a nyomásesés a rendszer nyomásmérőjén:

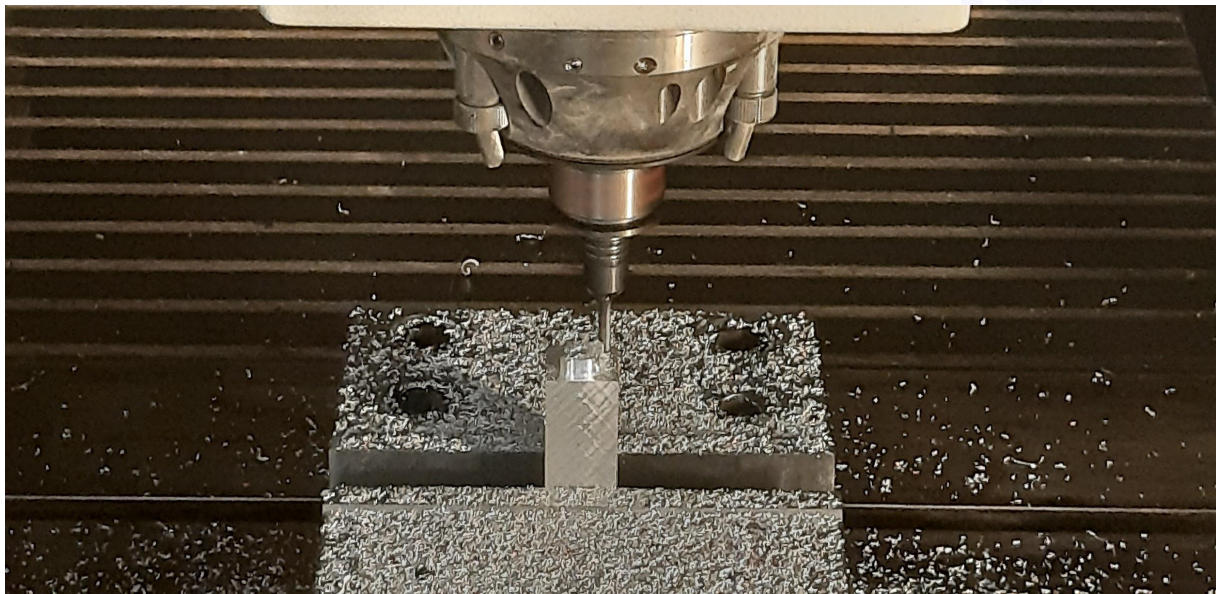
### Levegő nyomás a főmérőn



1. ábra Nyomásesés idő függvényében, a hűtés, forgács lefűtás bekapcsolásától

## 5. A marógép jelenlegi állapota

Jelenlegi állapotában a gép üzemképes az elvégzett javításokkal és beállításokkal. Az első állapotfelméréskor felmerült összes hibát elhárítottam és a fent leírt hibákon felül nem találtam normál üzemet befolyásoló további rendellenességet. Próbamunkák során teszteltem a gép futását, a próbák során nem jelentkezett hiba amik korábban állandó jelleggel gátolták a munkavégzést. Szakdolgozatomban részletezem a próbamunkákat és a munkák közben felmerült problémákat, észrevételeimet a géppel kapcsolatban.



*2.ábra Rittal szekrénykulcs próba marás közben*

## 6. Pontossági vizsgálat - szabványok és próbatest

A pontossági vizsgálatához egy próbatestre van szükség amit a gépnek meg kell munkáljon, majd a <koordináta mérőgép típusa> típusú koordináta mérőgéppel bemérek. A próbadarab elkészítéséhez, egy vezérlő programra van szükség ami a DIN - ISO 66025 utasításkészlet alapján vezérli a gépet. A NAS 979, majd később ISO 230 és ISO 3070 szabványokba foglaltak, ma a gépgyártásban NASA tesztként hivatkoznak. A NAS 979 szabványban, négyzet-kör-diagonál alapvető formákat határoztak meg. Ezeknek a megmunkált alakzatok a hibáit és eltéréseit vizsgálták. Munkám során egy NASA teszt próba marást végeztem, ebben a marásban, a gépnek a lineáris vezetékeinek állapotáról (korrekciós hibáiról), interpolációs képességéről tudok kimutatni adatokat. Az eredmények alapján következtetni lehet a gép további működést befolyásoló hibáira.

### 6.2 NAS 979

A NAS 979 szabvány, a NASA-által 1969-ben kiadott, az egységes vágási vizsgálatokról szóló dokumentuma. Ezzel a szabvánnyal a beszállítók gépeinek pontosságát és megmunkálási minőség kapacitását vizsgálták.

Célom, hogy a vizsgálattal képet kapjak a megmunkálási pontosságról a gépnek. A teszt darab egyszerűsége és az ebből kinyerhető eredmények mennyisége, miatt esett a választásom a NAS 979 szabványban foglalt tesztre.

### 6.3 Vizsgálat - NASA teszt

A szabványban van szó a felületek döntött megmunkálásáról is, mivel ez számomra nem hoz minőségi eredmény változást a teszt során, mert kiegészítő készüléket nem szeretnék vizsgálni, így a tesztnek ezen részét kihagyom.

### 6.4 Fusion 360 - Manufacturing

A vezérlő program elkészítéséhez az Autodesk Fusion 360 programot használtam. Ami az Autodesk termékcsaládjának gyártási integrációjával rendelkezik. Választásom az Autodesk Fusion 360 mellett az állandó fejlődése és kényelmes felülete miatt esett. A Fusion 360 nemcsak 3 dimenziós modellező szoftver, mechanikai és akár elektronikai szimuláció is

végezhető benne.

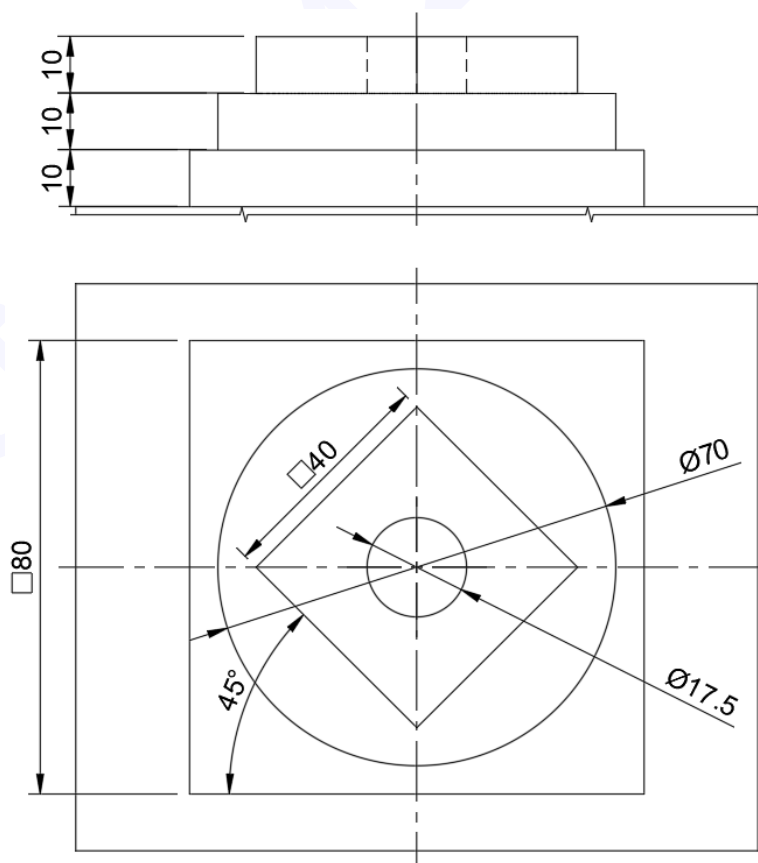
A Fusion 360 - Manufacturing bővítményével a modellezett testeket, szerkezeteket, gyártani is lehet, akár addiktív technológiával akár forgácsolási eljárással is. Én a marógép teszteléséhez egy általános 3 tengelyes gépet választottam a programon belül, mivel nincs az alapértelmezett gépek között a Magic 600. Mivel a Magic 600 nincs az Autodesk könyvtárában, így post processzor sem elérhető hozzá, ezért az elkészült vezérlő programot kézzel kell a géphez igazítani. HAAS megmunkálóközpont post processzorát használtam hogy megfelelő vezérlő programot kapjak, mivel a műhelyben áll egy ilyen gép és azon oktatás folyik. A HAAS gép és a Magic kezelési könyvét összehasonlítva egyszerűen el tudtam végezni a program módosítását.

#### 6.4.1 Teszt darab leírása

A tesztdarab anyaga műfa.

Nyers mérete 120 x 100 x 70 mm.

A darab műhelyrajza:



3. ábra NASA tesztdarab műhelyrajza

Megmunkáláshoz Oml Mc Precíziós 150x200 gépsatuval fogattam fel a nyers darabot a tárgyasztalra. Majd a G54-es munka koordináta rendszer felvétele után megkezdtem a marási művelet sorozatot. A lefutott G kódot mellékletben csatolom (nasa test.nc).

## 6.5 Koordináta mérőgép

Crysta-Apex C 544 típusú koordináta mérőgép segítségével mértem be a próbadarabot.

### 6.5.1 Crysta-Apex C 544 Főbb műszaki jellemzők

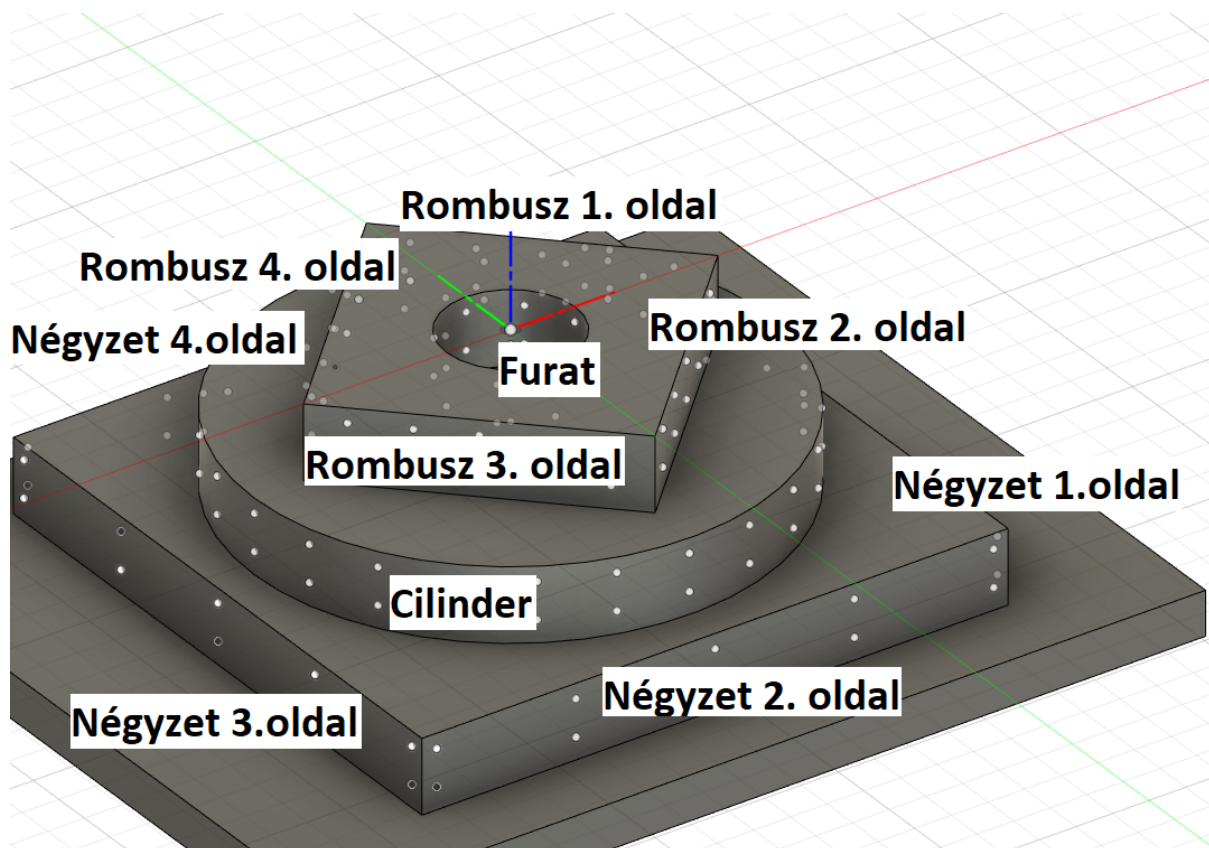
| Műszaki Adatok         |                     | Jellemző érték                     |
|------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Méréstartomány         | X                   | 505 mm                             |
|                        | Y                   | 405 mm                             |
|                        | Z                   | 405 mm                             |
| Csapágyazás            |                     | Légcsapágyazás                     |
| Mozgási sebesség       | CNC üzemmódban      | Tengelyenként sebesség: 8-300 mm/s |
|                        |                     | Térbeli sebesség: 519 mm/s         |
|                        |                     | Mérési sebesség: 1-8 mm/s          |
|                        | Joystick üzemmódban | Mozgási sebesség: 0-80 mm/s        |
|                        |                     | Mérési sebesség: 0-3 mm/s          |
|                        |                     |                                    |
| Mérőrendszer           |                     | Opto-elektronikus üvegléc          |
| Felbontás              |                     | 0.0001 mm                          |
| Levegő szükséglet      |                     | 4 bar (0.4MPa), 50 l/perc          |
| Térbeli bizonytalanság |                     | $MPE_E = 2.2 + 3L/1000$ [um]       |

1. táblázat Crysta-Apex C 544 Főbb műszaki jellemzők,

$MPE_E$ : Bizonytalanság maximális értéke.

L: mért hossz.

## 7. Pontossági vizsgálat eredménye



4. ábra Felületek megnevezése

### 7.1 Kiértékelés menete

Kiértékelést a pont adatok elemzésével, majd koordináta mérőgép közvetlen eredményeivel, a körkörösségi vizsgálatok áttekintésével folytatom. Elemzéshez Autodesk Autocad 2021 szoftvert használtam, majd táblázatba foglaltam az eredményeket.

Autodesk Autocad 2021-ben meghatározom a elméleti geometriát, majd a pontokat rávetítem az elméleti felületre és a hiba értékét a felülettől számított távolságból kapom meg.

### 7.2 Mérési pontok eredményei

X: 0 pont távolsága az x tengely mentén.

Y: 0 pont távolsága az y tengely mentén.

Z: 0 pont távolsága az z tengely mentén.

dx: A vetített és a mért érték különbsége az x tengely mentén.



dy: A vetített és a mért érték különbsége az y tengely mentén.

dD: A vetített és a mért érték tényleges távolsága (um-ben kifejezve).

Zöld színezés: 0 közeli hiba

Sárga színezés: negatív szélsőérték

Vörös színezés: pozitív szélsőérték

| Elméleti<br>megneve-<br>zés | Mért értékek |           |           |        | Elméleti felületre vetített<br>értékek |           |        | Eltérések  |            |            |
|-----------------------------|--------------|-----------|-----------|--------|----------------------------------------|-----------|--------|------------|------------|------------|
|                             | S<br>sz.     | X<br>[mm] | Y<br>[mm] | Z [mm] | X<br>[mm]                              | Y<br>[mm] | Z [mm] | dx<br>[mm] | dy<br>[mm] | dD<br>[um] |
|                             | Pontok       |           |           |        |                                        |           |        |            |            |            |
| Furat                       | 1            | 0.002     | 8.770     | -1.998 | 0.002                                  | 8.750     | -1.998 | 0.0000     | 0.0200     | 20.00      |
|                             | 2            | 6.208     | 6.203     | -1.998 | 6.190                                  | 6.185     | -1.998 | 0.0183     | 0.0183     | 25.88      |
|                             | 3            | 8.769     | 0.001     | -1.999 | 8.750                                  | 0.001     | -1.999 | 0.0190     | 0.0000     | 19.00      |
|                             | 4            | 6.204     | -6.200    | -2.001 | 6.189                                  | -6.185    | -2.001 | 0.0148     | -0.0148    | 20.93      |
|                             | 5            | -0.003    | -8.769    | -1.999 | -0.003                                 | -8.750    | -1.999 | 0.0000     | -0.0190    | 19.00      |
|                             | 6            | -6.205    | -6.206    | -2.002 | -6.187                                 | -6.188    | -2.002 | -0.0183    | -0.0183    | 25.88      |
|                             | 7            | -8.775    | 0.006     | -2.001 | -8.750                                 | 0.006     | -2.001 | -0.0250    | 0.0000     | 25.00      |
|                             | 8            | -6.199    | 6.202     | -2.000 | -6.186                                 | 6.189     | -2.000 | -0.0133    | 0.0133     | 18.81      |
|                             | 9            | 0.004     | 8.767     | -7.001 | 0.004                                  | 8.750     | -7.001 | 0.0000     | 0.0170     | 17.00      |
|                             | 10           | 6.198     | 6.196     | -6.997 | 6.188                                  | 6.186     | -6.997 | 0.0098     | 0.0098     | 13.86      |
|                             | 11           | 8.762     | 0.005     | -6.999 | 8.750                                  | 0.005     | -6.999 | 0.0120     | 0.0000     | 12.00      |
|                             | 12           | 6.198     | -6.195    | -7.000 | 6.189                                  | -6.186    | -7.000 | 0.0093     | -0.0093    | 13.15      |
|                             | 13           | -0.004    | -8.758    | -7.000 | -0.004                                 | -8.750    | -7.000 | 0.0000     | -0.0080    | 8.00       |
|                             | 14           | -6.198    | -6.199    | -7.000 | -6.187                                 | -6.188    | -7.000 | -0.0113    | -0.0113    | 15.98      |
|                             | 15           | -8.760    | 0.006     | -7.001 | -8.750                                 | 0.006     | -7.001 | -0.0100    | 0.0000     | 10.00      |
|                             | 16           | -6.198    | 6.201     | -7.000 | -6.186                                 | 6.189     | -7.000 | -0.0123    | 0.0123     | 17.39      |
| Rombusz                     | 17           | 3.508     | 24.721    | -2.003 | 3.536                                  | 24.749    | -2.003 | -0.0277    | -0.0277    | -39.17     |
|                             | 18           | 8.813     | 19.418    | -2.000 | 8.840                                  | 19.445    | -2.000 | -0.0267    | -0.0267    | -37.76     |
|                             | 19           | 14.115    | 14.113    | -1.999 | 14.143                                 | 14.141    | -1.999 | -0.0282    | -0.0282    | -39.88     |
|                             | 20           | 19.418    | 8.813     | -1.999 | 19.445                                 | 8.840     | -1.999 | -0.0266    | -0.0267    | -37.69     |
|                             | 21           | 24.721    | 3.509     | -2.000 | 24.748                                 | 3.536     | -2.000 | -0.0271    | -0.0272    | -38.40     |



| Elméleti<br>megneve-<br>zés | Mért értékek |           |           |        | Elméleti felületre vetített<br>értékek |           |        | Eltérések  |            |            |
|-----------------------------|--------------|-----------|-----------|--------|----------------------------------------|-----------|--------|------------|------------|------------|
|                             | S<br>sz.     | X<br>[mm] | Y<br>[mm] | Z [mm] | X<br>[mm]                              | Y<br>[mm] | Z [mm] | dx<br>[mm] | dy<br>[mm] | dD<br>[um] |
| Rombusz                     | 22           | 24.713    | -3.502    | -1.998 | 24.748                                 | -3.537    | -1.998 | -0.0347    | 0.0347     | -49.07     |
|                             | 23           | 19.417    | -8.808    | -1.999 | 19.447                                 | -8.838    | -1.999 | -0.0296    | 0.0297     | -41.93     |
|                             | 24           | 14.110    | -14.104   | -1.998 | 14.145                                 | -14.139   | -1.998 | -0.0351    | 0.0352     | -49.71     |
|                             | 25           | 8.800     | -19.406   | -1.999 | 8.839                                  | -19.445   | -1.999 | -0.0392    | 0.0391     | -55.37     |
|                             | 26           | 3.496     | -24.705   | -1.999 | 3.538                                  | -24.747   | -1.999 | -0.0417    | 0.0416     | -58.90     |
|                             | 27           | -3.512    | -24.723   | -2.000 | -3.537                                 | -24.748   | -2.000 | 0.0247     | 0.0246     | -34.86     |
|                             | 28           | -8.812    | -19.423   | -2.000 | -8.837                                 | -19.448   | -2.000 | 0.0246     | 0.0247     | -34.86     |
|                             | 29           | -14.119   | -14.115   | -2.000 | -14.144                                | -14.140   | -2.000 | 0.0252     | 0.0252     | -35.64     |
|                             | 30           | -19.419   | -8.811    | -2.000 | -19.446                                | -8.838    | -2.000 | 0.0272     | 0.0272     | -38.47     |
|                             | 31           | -24.719   | -3.508    | -2.000 | -24.748                                | -3.537    | -2.000 | 0.0287     | 0.0287     | -40.59     |
|                             | 32           | -24.720   | 3.509     | -2.001 | -24.748                                | 3.537     | -2.001 | 0.0277     | -0.0277    | -39.17     |
|                             | 33           | -19.414   | 8.810     | -2.001 | -19.444                                | 8.840     | -2.001 | 0.0302     | -0.0301    | -42.64     |
|                             | 34           | -14.111   | 14.110    | -2.001 | -14.143                                | 14.142    | -2.001 | 0.0317     | -0.0316    | -44.76     |
|                             | 35           | -8.806    | 19.414    | -2.001 | -8.838                                 | 19.446    | -2.001 | 0.0321     | -0.0322    | -45.47     |
|                             | 36           | -3.499    | 24.713    | -2.001 | -3.535                                 | 24.749    | -2.001 | 0.0362     | -0.0362    | -51.19     |
|                             | 37           | 3.526     | 24.737    | -6.999 | 3.537                                  | 24.748    | -6.999 | -0.0107    | -0.0107    | -15.13     |
|                             | 38           | 8.821     | 19.425    | -7.000 | 8.840                                  | 19.444    | -7.000 | -0.0191    | -0.0192    | -27.08     |
|                             | 39           | 14.123    | 14.121    | -7.000 | 14.143                                 | 14.141    | -7.000 | -0.0201    | -0.0202    | -28.50     |
|                             | 40           | 19.424    | 8.819     | -7.002 | 19.445                                 | 8.840     | -7.002 | -0.0206    | -0.0207    | -29.20     |
|                             | 41           | 24.725    | 3.515     | -6.999 | 24.747                                 | 3.537     | -6.999 | -0.0222    | -0.0222    | -31.40     |
|                             | 42           | 24.718    | -3.506    | -6.998 | 24.748                                 | -3.536    | -6.998 | -0.0301    | 0.0302     | -42.64     |
|                             | 43           | 19.422    | -8.812    | -6.999 | 19.447                                 | -8.837    | -6.999 | -0.0252    | 0.0252     | -35.64     |
|                             | 44           | 14.118    | -14.112   | -6.999 | 14.145                                 | -14.139   | -6.999 | -0.0271    | 0.0272     | -38.40     |
|                             | 45           | 8.811     | -19.416   | -6.999 | 8.840                                  | -19.445   | -6.999 | -0.0286    | 0.0287     | -40.52     |
|                             | 46           | 3.504     | -24.713   | -6.999 | 3.538                                  | -24.747   | -6.999 | -0.0336    | 0.0337     | -47.59     |
|                             | 47           | -3.520    | -24.733   | -6.999 | -3.536                                 | -24.749   | -6.999 | 0.0157     | 0.0157     | -22.20     |
|                             | 48           | -8.814    | -19.424   | -7.000 | -8.837                                 | -19.447   | -7.000 | 0.0232     | 0.0232     | -32.81     |



| Elméleti<br>megneve-<br>zés | Mért értékek |           |           |         | Elméleti felületre vetített<br>értékek |           |         | Eltérések  |            |            |
|-----------------------------|--------------|-----------|-----------|---------|----------------------------------------|-----------|---------|------------|------------|------------|
|                             | S<br>sz.     | X<br>[mm] | Y<br>[mm] | Z [mm]  | X<br>[mm]                              | Y<br>[mm] | Z [mm]  | dx<br>[mm] | dy<br>[mm] | dD<br>[um] |
| Rombusz                     | 49           | -14.121   | -14.119   | -7.000  | -14.143                                | -14.141   | -7.000  | 0.0222     | 0.0221     | -31.32     |
|                             | 50           | -19.422   | -8.814    | -7.000  | -19.446                                | -8.838    | -7.000  | 0.0242     | 0.0242     | -34.22     |
|                             | 51           | -24.723   | -3.513    | -7.000  | -24.747                                | -3.537    | -7.000  | 0.0242     | 0.0242     | -34.22     |
|                             | 52           | -24.723   | 3.513     | -7.001  | -24.747                                | 3.537     | -7.001  | 0.0242     | -0.0242    | -34.22     |
|                             | 53           | -19.418   | 8.812     | -7.001  | -19.445                                | 8.839     | -7.001  | 0.0272     | -0.0272    | -38.47     |
|                             | 54           | -14.115   | 14.117    | -7.001  | -14.141                                | 14.143    | -7.001  | 0.0262     | -0.0261    | -36.98     |
|                             | 55           | -8.813    | 19.422    | -7.001  | -8.838                                 | 19.447    | -7.001  | 0.0247     | -0.0246    | -34.86     |
|                             | 56           | -3.505    | 24.721    | -7.000  | -3.534                                 | 24.750    | -7.000  | 0.0292     | -0.0291    | -41.22     |
| Cilinder                    | 57           | 0.000     | 34.961    | -12.000 | 0.000                                  | 35.000    | -12.000 | 0.0000     | -0.0390    | -39.00     |
|                             | 58           | 9.050     | 33.773    | -12.003 | 9.059                                  | 33.807    | -12.003 | -0.0092    | -0.0343    | -35.51     |
|                             | 59           | 17.486    | 30.281    | -12.003 | 17.502                                 | 30.310    | -12.003 | -0.0163    | -0.0286    | -32.92     |
|                             | 60           | 24.723    | 24.724    | -11.999 | 24.748                                 | 24.749    | -11.999 | -0.0252    | -0.0252    | -35.64     |
|                             | 61           | 30.277    | 17.480    | -12.002 | 30.311                                 | 17.500    | -12.002 | -0.0341    | -0.0197    | -39.38     |
|                             | 62           | 33.763    | 9.045     | -12.002 | 33.808                                 | 9.057     | -12.002 | -0.0448    | -0.0120    | -46.38     |
|                             | 63           | 34.957    | 0.002     | -12.000 | 35.000                                 | 0.002     | -12.000 | -0.0430    | 0.0000     | -43.00     |
|                             | 64           | 33.746    | -9.042    | -12.000 | 33.808                                 | -9.059    | -12.000 | -0.0615    | 0.0165     | -63.67     |
|                             | 65           | 30.259    | -17.467   | -12.000 | 30.312                                 | -17.498   | -12.000 | -0.0532    | 0.0307     | -61.42     |
|                             | 66           | 24.710    | -24.711   | -11.999 | 24.748                                 | -24.749   | -11.999 | -0.0382    | 0.0382     | -54.02     |
|                             | 67           | 17.478    | -30.272   | -11.999 | 17.500                                 | -30.311   | -11.999 | -0.0223    | 0.0387     | -44.67     |
|                             | 68           | 9.049     | -33.767   | -11.999 | 9.060                                  | -33.807   | -11.999 | -0.0107    | 0.0401     | -41.50     |
|                             | 69           | 0.002     | -34.958   | -11.999 | 0.002                                  | -35.000   | -11.999 | 0.0000     | 0.0420     | -42.00     |
|                             | 70           | -9.049    | -33.777   | -11.998 | -9.057                                 | -33.808   | -11.998 | 0.0082     | 0.0308     | -31.87     |
|                             | 71           | -17.482   | -30.278   | -11.998 | -17.501                                | -30.311   | -11.998 | 0.0187     | 0.0325     | -37.50     |
|                             | 72           | -24.725   | -24.722   | -12.000 | -24.750                                | -24.747   | -12.000 | 0.0252     | 0.0252     | -35.64     |
|                             | 73           | -30.269   | -17.475   | -11.998 | -30.311                                | -17.499   | -11.998 | 0.0422     | 0.0244     | -48.75     |
|                             | 74           | -33.757   | -9.044    | -11.999 | -33.808                                | -9.058    | -11.999 | 0.0507     | 0.0136     | -52.49     |



| Elméleti<br>megneve-<br>zés | Mért értékek |           |           |         | Elméleti felületre vetített<br>értékek |           |         | Eltérések  |            |            |
|-----------------------------|--------------|-----------|-----------|---------|----------------------------------------|-----------|---------|------------|------------|------------|
|                             | S<br>sz.     | X<br>[mm] | Y<br>[mm] | Z [mm]  | X<br>[mm]                              | Y<br>[mm] | Z [mm]  | dx<br>[mm] | dy<br>[mm] | dD<br>[um] |
| Cilinder                    | 75           | -34.947   | 0.001     | -12.000 | -35.000                                | 0.001     | -12.000 | 0.0530     | 0.0000     | -53.00     |
|                             | 76           | -33.749   | 9.047     | -12.000 | -33.806                                | 9.062     | -12.000 | 0.0574     | -0.0154    | -59.43     |
|                             | 77           | -30.262   | 17.479    | -12.000 | -30.308                                | 17.505    | -12.000 | 0.0458     | -0.0264    | -52.86     |
|                             | 78           | -24.717   | 24.714    | -12.001 | -24.750                                | 24.747    | -12.001 | 0.0332     | -0.0332    | -46.95     |
|                             | 79           | -17.478   | 30.274    | -12.001 | -17.500                                | 30.311    | -12.001 | 0.0215     | -0.0372    | -42.97     |
|                             | 80           | -9.048    | 33.773    | -12.001 | -9.057                                 | 33.808    | -12.001 | 0.0093     | -0.0348    | -36.02     |
|                             | 81           | 0.000     | 34.989    | -17.002 | 0.000                                  | 35.000    | -17.002 | 0.0000     | -0.0110    | -11.00     |
|                             | 82           | 9.059     | 33.801    | -17.003 | 9.061                                  | 33.807    | -17.003 | -0.0016    | -0.0059    | -6.11      |
|                             | 83           | 17.495    | 30.297    | -17.003 | 17.502                                 | 30.310    | -17.003 | -0.0074    | -0.0125    | -14.53     |
|                             | 84           | 24.730    | 24.731    | -16.999 | 24.748                                 | 24.749    | -16.999 | -0.0182    | -0.0182    | -25.74     |
|                             | 85           | 30.286    | 17.486    | -17.002 | 30.311                                 | 17.500    | -17.002 | -0.0247    | -0.0143    | -28.54     |
|                             | 86           | 33.768    | 9.048     | -17.002 | 33.807                                 | 9.059     | -17.002 | -0.0394    | -0.0106    | -40.80     |
|                             | 87           | 34.957    | 0.005     | -17.001 | 35.000                                 | 0.005     | -17.001 | -0.0430    | 0.0000     | -43.00     |
|                             | 88           | 33.754    | -9.044    | -17.000 | 33.808                                 | -9.058    | -17.000 | -0.0535    | 0.0143     | -55.38     |
|                             | 89           | 30.269    | -17.475   | -16.999 | 30.311                                 | -17.499   | -16.999 | -0.0422    | 0.0244     | -48.75     |
|                             | 90           | 24.721    | -24.719   | -16.999 | 24.750                                 | -24.748   | -16.999 | -0.0287    | 0.0287     | -40.59     |
|                             | 91           | 17.483    | -30.280   | -16.998 | 17.501                                 | -30.311   | -16.998 | -0.0176    | 0.0305     | -35.21     |
|                             | 92           | 9.055     | -33.788   | -16.998 | 9.060                                  | -33.807   | -16.998 | -0.0051    | 0.0190     | -19.67     |
|                             | 93           | 0.002     | -34.974   | -16.998 | 0.002                                  | -35.000   | -16.998 | 0.0000     | 0.0260     | -26.00     |
|                             | 94           | -9.054    | -33.794   | -16.998 | -9.058                                 | -33.808   | -16.998 | 0.0037     | 0.0137     | -14.19     |
|                             | 95           | -17.491   | -30.291   | -16.997 | -17.502                                | -30.310   | -16.997 | 0.0109     | 0.0188     | -21.73     |
|                             | 96           | -24.732   | -24.731   | -16.997 | -24.749                                | -24.748   | -16.997 | 0.0172     | 0.0172     | -24.32     |
|                             | 97           | -30.276   | -17.480   | -16.998 | -30.311                                | -17.500   | -16.998 | 0.0348     | 0.0201     | -40.19     |
|                             | 98           | -33.756   | -9.045    | -16.999 | -33.807                                | -9.059    | -16.999 | 0.0514     | 0.0138     | -53.22     |
|                             | 99           | -34.945   | 0.001     | -16.999 | -35.000                                | 0.001     | -16.999 | 0.0550     | 0.0000     | -55.00     |
|                             | 100          | -33.747   | 9.044     | -17.000 | -33.807                                | 9.060     | -17.000 | 0.0600     | -0.0161    | -62.12     |
|                             | 101          | -30.267   | 17.480    | -17.001 | -30.309                                | 17.504    | -17.001 | 0.0416     | -0.0240    | -48.03     |



| Elméleti<br>megneve-<br>zés | Mért értékek |           |           |         | Elméleti felületre vetített<br>értékek |           |         | Eltérések  |            |            |
|-----------------------------|--------------|-----------|-----------|---------|----------------------------------------|-----------|---------|------------|------------|------------|
|                             | S<br>sz.     | X<br>[mm] | Y<br>[mm] | Z [mm]  | X<br>[mm]                              | Y<br>[mm] | Z [mm]  | dx<br>[mm] | dy<br>[mm] | dD<br>[um] |
| Cilinder                    | 102          | -24.726   | 24.724    | -17.001 | -24.750                                | 24.748    | -17.001 | 0.0237     | -0.0237    | -33.52     |
|                             | 103          | -17.488   | 30.289    | -17.001 | -17.501                                | 30.311    | -17.001 | 0.0125     | -0.0216    | -24.96     |
|                             | 104          | -9.054    | 33.795    | -17.001 | -9.057                                 | 33.808    | -17.001 | 0.0034     | -0.0127    | -13.15     |
| Négyzet                     | 105          | 39.970    | 38.002    | -22.001 | 40.000                                 | 38.002    | -22.001 | -0.0300    | 0.0000     | -30.00     |
|                             | 106          | 39.944    | 19.003    | -22.001 | 40.000                                 | 19.003    | -22.001 | -0.0560    | 0.0000     | -56.00     |
|                             | 107          | 39.949    | 0.003     | -22.000 | 40.000                                 | 0.003     | -22.000 | -0.0510    | 0.0000     | -51.00     |
|                             | 108          | 39.942    | -18.996   | -22.000 | 40.000                                 | -18.996   | -22.000 | -0.0580    | 0.0000     | -58.00     |
|                             | 109          | 39.940    | -37.997   | -22.000 | 40.000                                 | -37.997   | -22.000 | -0.0600    | 0.0000     | -60.00     |
|                             | 110          | 38.004    | -40.002   | -21.998 | 38.004                                 | -40.000   | -21.998 | 0.0000     | -0.0020    | 2.00       |
|                             | 111          | 19.003    | -40.000   | -21.999 | 19.003                                 | -40.000   | -21.999 | 0.0000     | 0.0000     | 0.00       |
|                             | 112          | 0.001     | -39.997   | -21.999 | 0.001                                  | -40.000   | -21.999 | 0.0000     | 0.0030     | -3.00      |
|                             | 113          | -18.998   | -39.995   | -21.999 | -18.998                                | -40.000   | -21.999 | 0.0000     | 0.0050     | -5.00      |
|                             | 114          | -37.999   | -39.998   | -21.999 | -37.999                                | -40.000   | -21.999 | 0.0000     | 0.0020     | -2.00      |
|                             | 115          | -39.958   | -38.001   | -22.000 | -40.000                                | -38.001   | -22.000 | 0.0420     | 0.0000     | -42.00     |
|                             | 116          | -39.945   | -19.001   | -22.000 | -40.000                                | -19.001   | -22.000 | 0.0550     | 0.0000     | -55.00     |
|                             | 117          | -39.934   | -0.001    | -22.000 | -40.000                                | -0.001    | -22.000 | 0.0660     | 0.0000     | -66.00     |
|                             | 118          | -39.923   | 19.000    | -22.000 | -40.000                                | 19.000    | -22.000 | 0.0770     | 0.0000     | -77.00     |
|                             | 119          | -39.923   | 38.000    | -22.000 | -40.000                                | 38.000    | -22.000 | 0.0770     | 0.0000     | -77.00     |
|                             | 120          | -38.001   | 40.009    | -22.001 | -38.001                                | 40.000    | -22.001 | 0.0000     | 0.0090     | 9.00       |
|                             | 121          | -19.000   | 40.009    | -22.001 | -19.000                                | 40.000    | -22.001 | 0.0000     | 0.0090     | 9.00       |
|                             | 122          | 0.001     | 40.003    | -22.001 | 0.001                                  | 40.000    | -22.001 | 0.0000     | 0.0030     | 3.00       |
|                             | 123          | 19.000    | 39.998    | -22.001 | 19.000                                 | 40.000    | -22.001 | 0.0000     | -0.0020    | -2.00      |
|                             | 124          | 38.001    | 40.002    | -22.001 | 38.001                                 | 40.000    | -22.001 | 0.0000     | 0.0020     | 2.00       |
|                             | 125          | 39.971    | 38.003    | -27.000 | 40.000                                 | 38.003    | -27.000 | -0.0290    | 0.0000     | -29.00     |
|                             | 126          | 39.950    | 19.002    | -27.000 | 40.000                                 | 19.002    | -27.000 | -0.0500    | 0.0000     | -50.00     |
|                             | 127          | 39.956    | 0.004     | -27.000 | 40.000                                 | 0.004     | -27.000 | -0.0440    | 0.0000     | -44.00     |
|                             | 128          | 39.946    | -18.996   | -27.000 | 40.000                                 | -18.996   | -27.000 | -0.0540    | 0.0000     | -54.00     |

| Elméleti megnevezés | Mért értékek |         |         |         | Elméleti felületre vetített értékek |         |         | Eltérések |         |         |
|---------------------|--------------|---------|---------|---------|-------------------------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|
|                     | S sz.        | X [mm]  | Y [mm]  | Z [mm]  | X [mm]                              | Y [mm]  | Z [mm]  | dx [mm]   | dy [mm] | dD [um] |
| Négyzet             | 129          | 39.946  | -37.997 | -27.000 | 40.000                              | -37.997 | -27.000 | -0.0540   | 0.0000  | -54.00  |
|                     | 130          | 38.004  | -40.039 | -26.999 | 38.004                              | -40.000 | -26.999 | 0.0000    | -0.0390 | 39.00   |
|                     | 131          | 19.002  | -40.036 | -26.999 | 19.002                              | -40.000 | -26.999 | 0.0000    | -0.0360 | 36.00   |
|                     | 132          | 0.001   | -40.029 | -26.998 | 0.001                               | -40.000 | -26.998 | 0.0000    | -0.0290 | 29.00   |
|                     | 133          | -18.998 | -40.032 | -26.998 | -18.998                             | -40.000 | -26.998 | 0.0000    | -0.0320 | 32.00   |
|                     | 134          | -37.998 | -40.030 | -26.999 | -37.998                             | -40.000 | -26.999 | 0.0000    | -0.0300 | 30.00   |
|                     | 135          | -39.956 | -38.001 | -27.000 | -40.000                             | -38.001 | -27.000 | 0.0440    | 0.0000  | -44.00  |
|                     | 136          | -39.943 | -18.999 | -27.000 | -40.000                             | -18.999 | -27.000 | 0.0570    | 0.0000  | -57.00  |
|                     | 137          | -39.934 | 0.001   | -27.000 | -40.000                             | 0.001   | -27.000 | 0.0660    | 0.0000  | -66.00  |
|                     | 138          | -39.924 | 19.001  | -27.000 | -40.000                             | 19.001  | -27.000 | 0.0760    | 0.0000  | -76.00  |
|                     | 139          | -39.929 | 38.001  | -27.000 | -40.000                             | 38.001  | -27.000 | 0.0710    | 0.0000  | -71.00  |
|                     | 140          | -38.002 | 40.065  | -27.001 | -38.002                             | 40.000  | -27.001 | 0.0000    | 0.0650  | 65.00   |
|                     | 141          | -19.000 | 40.038  | -27.001 | -19.000                             | 40.000  | -27.001 | 0.0000    | 0.0380  | 38.00   |
|                     | 142          | 0.001   | 40.035  | -27.001 | 0.001                               | 40.000  | -27.001 | 0.0000    | 0.0350  | 35.00   |
|                     | 143          | 19.000  | 40.031  | -27.001 | 19.000                              | 40.000  | -27.001 | 0.0000    | 0.0310  | 31.00   |
|                     | 144          | 38.000  | 40.031  | -27.001 | 38.000                              | 40.000  | -27.001 | 0.0000    | 0.0310  | 31.00   |

2. táblázat Mérési eredmények

### 7.2.1 Legnagyobb hibák

Xmax: 77um Ymax: 65 um dDmax: 65 um

Xmin: -62um Ymin: -39 um dDmin: -77 um

Szórás: X: 139um Y: 104 um dD: 142 um

### 7.2.2 Hibák átlaga

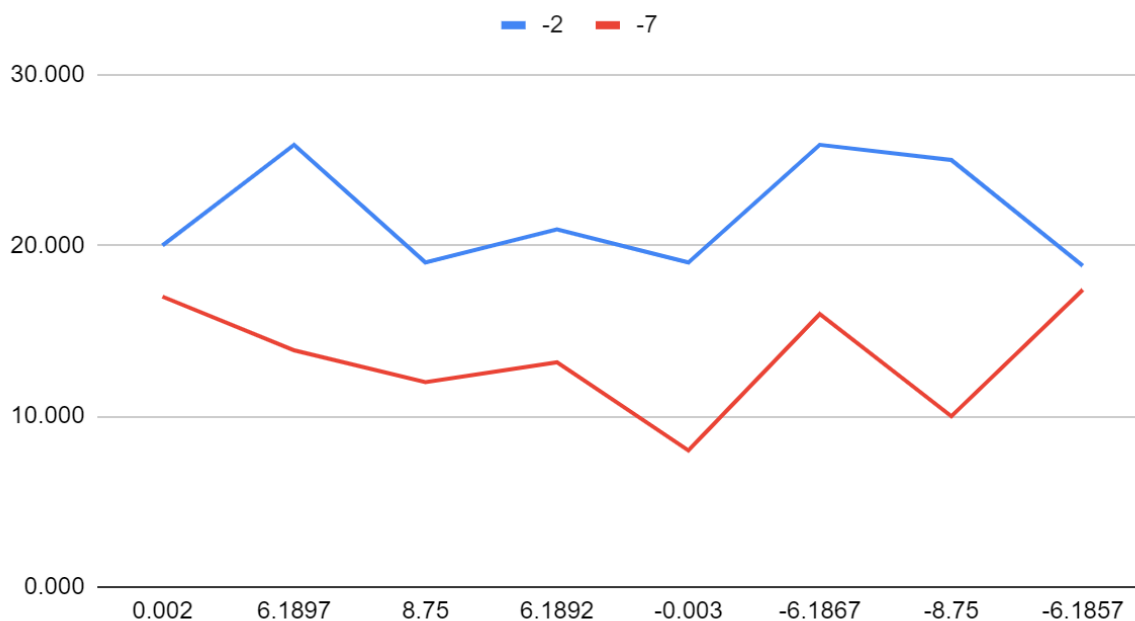
Numerikus átlag: X: 1.06 um Y: 1.40 um dD: -26.74 um

Abszolút átlag: X: 25.6 um Y: 18.7 um dD: 36.08 um

### 7.2.3 Mérési eredmények vizualizálva

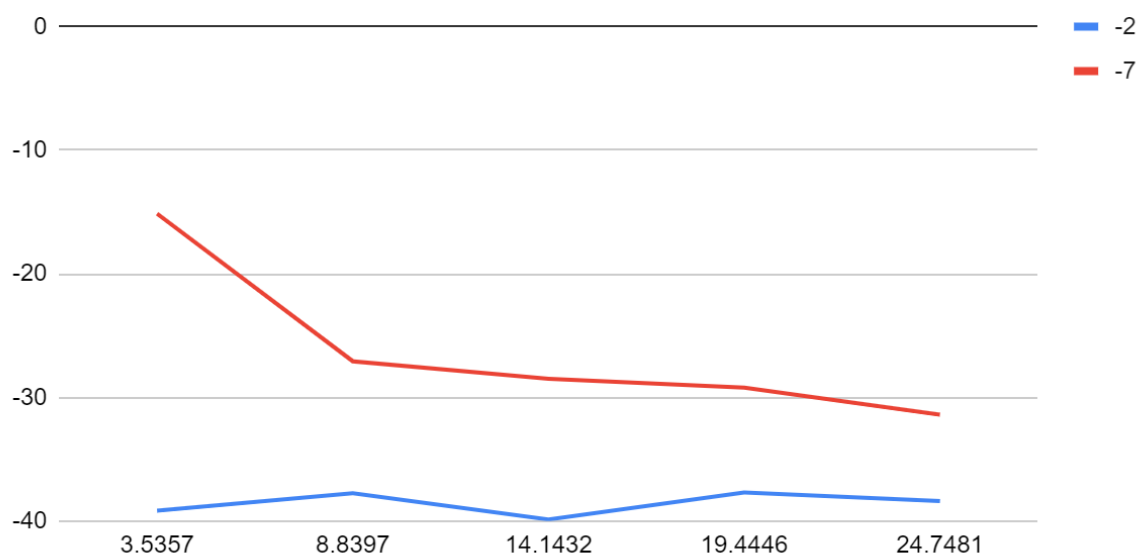
A diagramok címén látható felületek megnevezése 4. ábrán látható.

Furat dD [ $\mu\text{m}$ ] (tényleges eltérés)



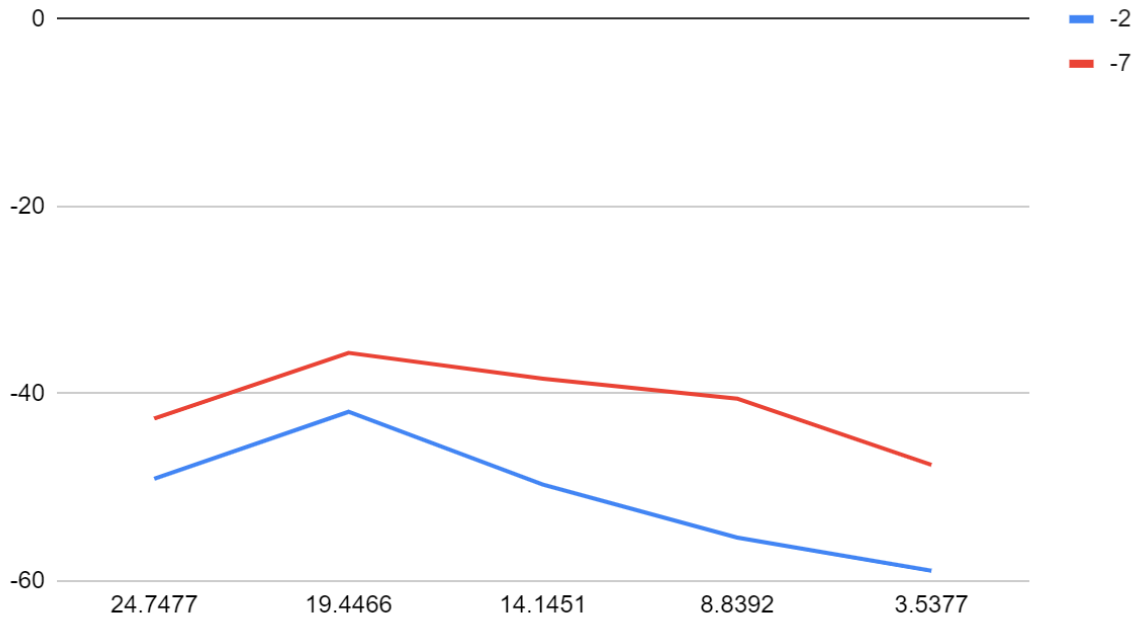
5. ábra Furat tényleges eltérései az elméleti értéktől

Rombusz 1. oldal Eltérések/dD [ $\mu\text{m}$ ] (tényleges eltérés)



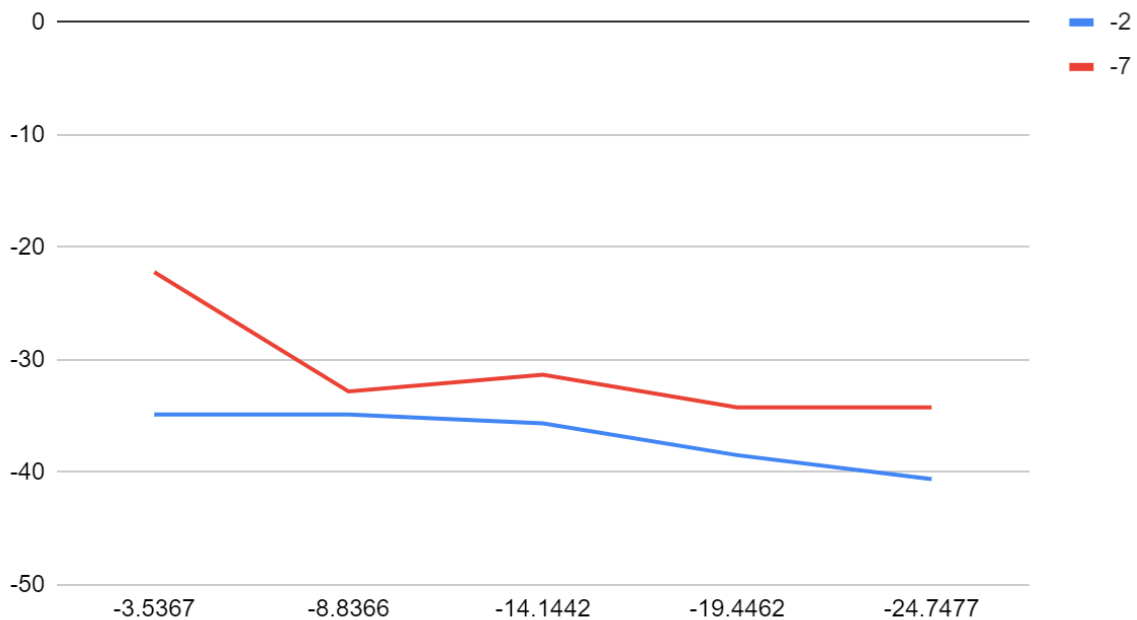
6. ábra Rombusz 1. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől

### Rombusz 2. oldal Eltérések/dD [ $\mu\text{m}$ ] (tényleges eltérés)



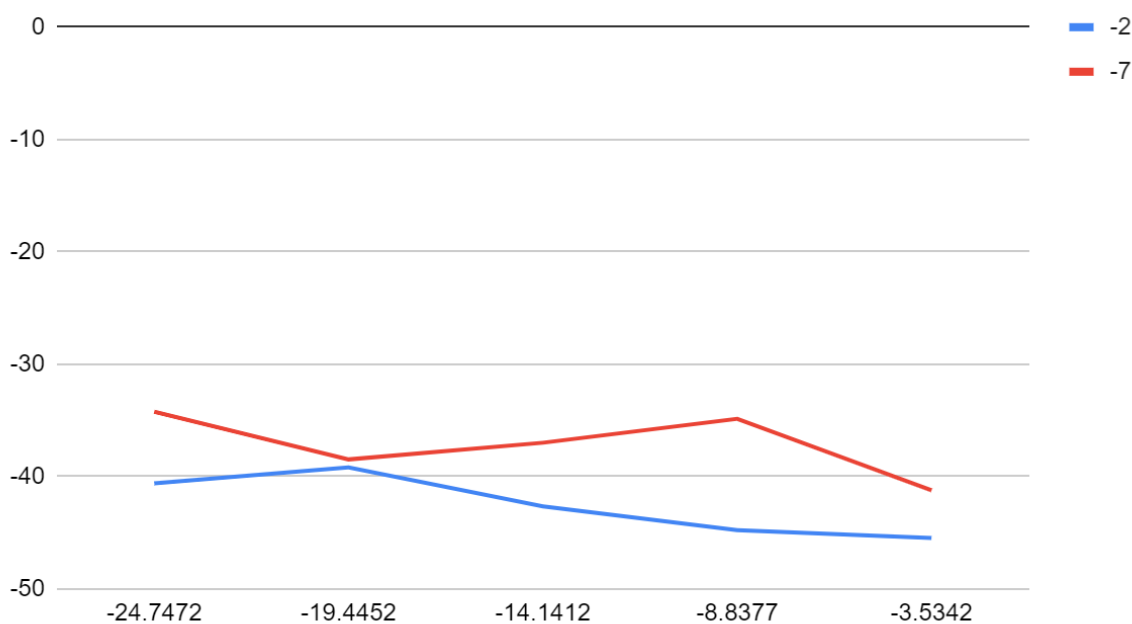
7. ábra Rombusz 2. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől

### Rombusz 3. oldal Eltérések/dD [ $\mu\text{m}$ ] (tényleges eltérés)



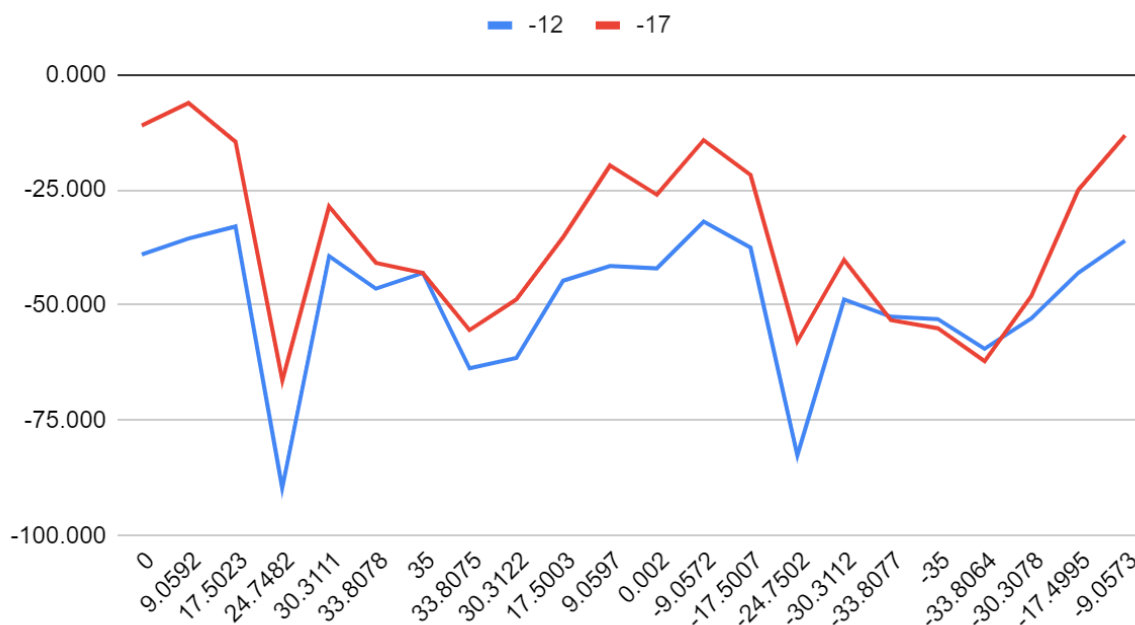
8. ábra Rombusz 3. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől

### Rombusz 4. oldal Eltérések/dD [ $\mu\text{m}$ ] (tényleges eltérés)



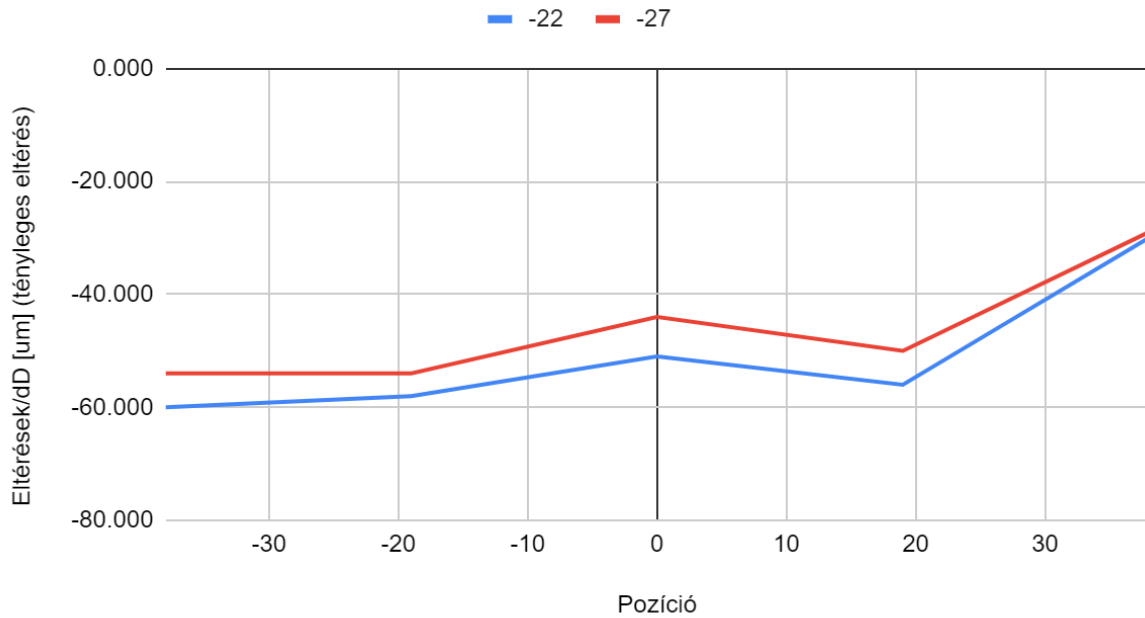
9. ábra Rombusz 4. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől

### Cilinder dD [ $\mu\text{m}$ ] (tényleges eltérés)



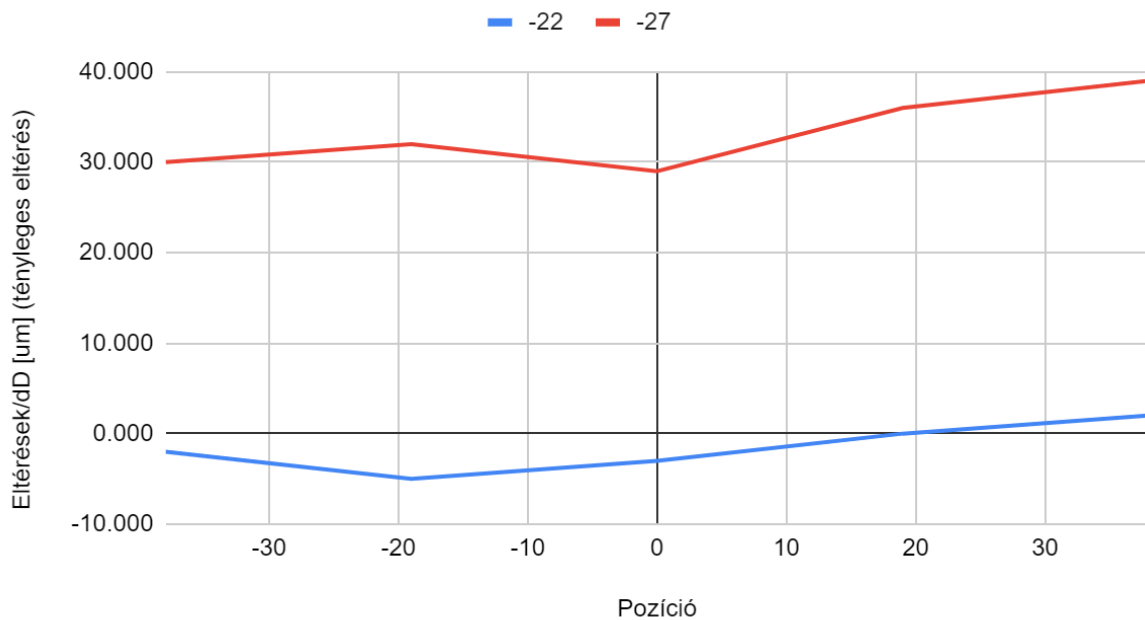
10. ábra Cilinder tényleges eltérései az elméleti értéktől

### Négyzet 1. oldal Eltérések/dD [ $\mu\text{m}$ ] (tényleges eltérés)



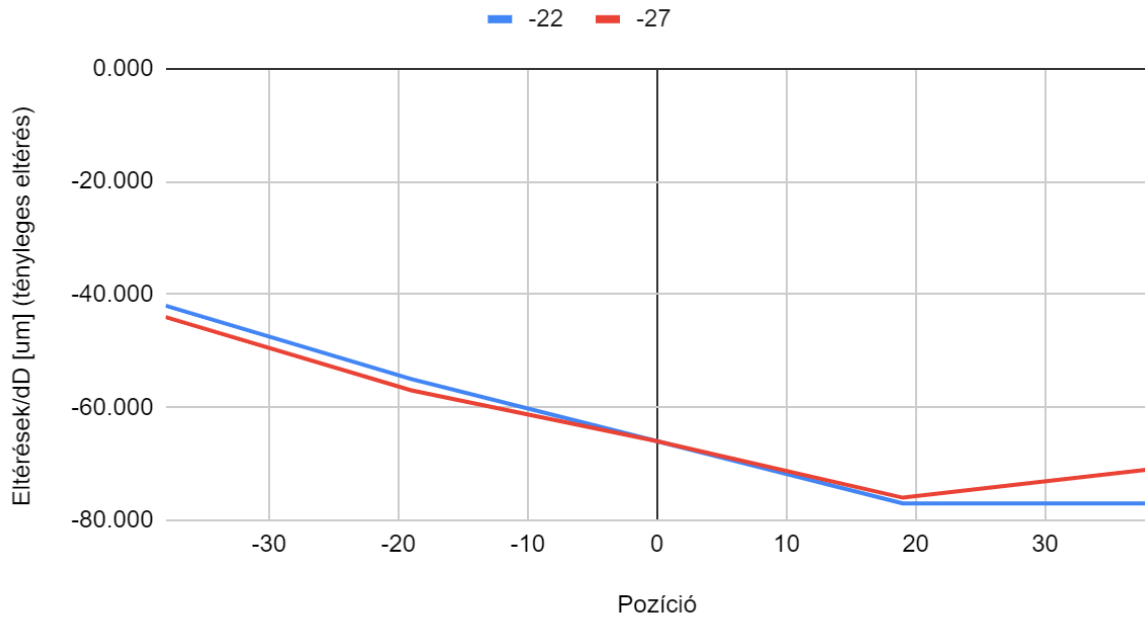
11. ábra Négyzet 1. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől

### Négyzet 2. oldal Eltérések/dD [ $\mu\text{m}$ ] (tényleges eltérés)



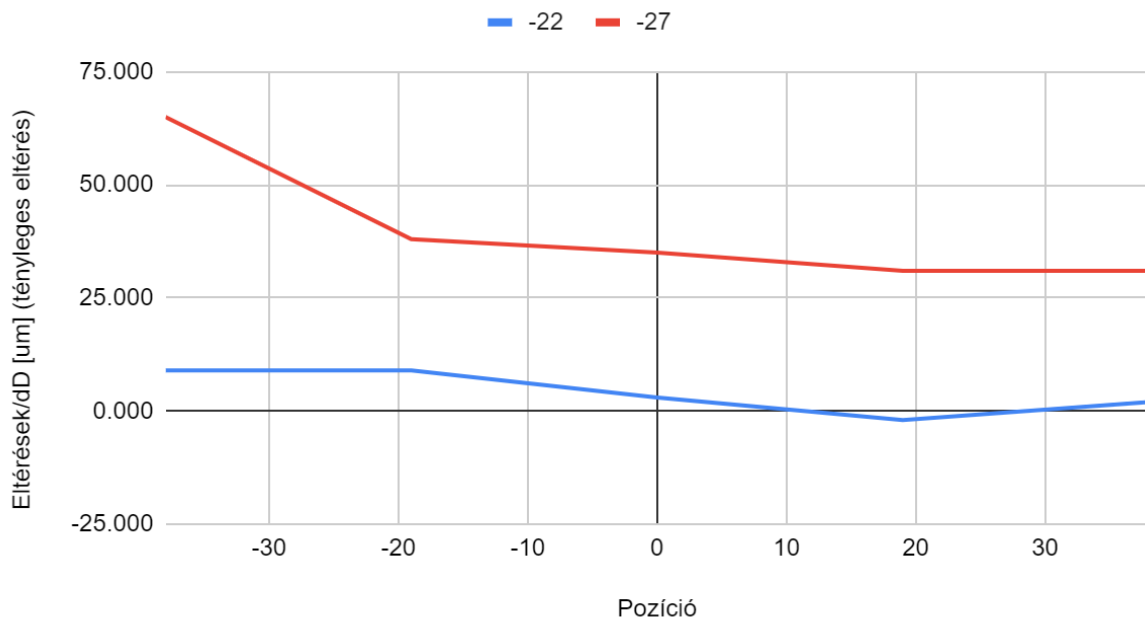
12. ábra Négyzet 2. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől

### Négyzet 3. oldal Eltérések/dD [um] (tényleges eltérés)



13. ábra Négyzet 3. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől

### Négyzet 4. oldal Eltérések/dD [um] (tényleges eltérés)



14. ábra Négyzet 4. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől

## 7.3 Elméleti körök, hengerek

| Elméleti<br>megneve-<br>zés | Mért értékek |           |           |         |                | Elméleti értékek |           |         |           | Eltérések  |            |            |            |
|-----------------------------|--------------|-----------|-----------|---------|----------------|------------------|-----------|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|
|                             | SZ           | X<br>[mm] | Y<br>[mm] | Z [mm]  | Átmérő<br>[mm] | X<br>[mm]        | Y<br>[mm] | Z [mm]  | Á<br>[mm] | dx<br>[mm] | dy<br>[mm] | dD<br>[um] | dÁ<br>[um] |
| Körök középpontja           |              |           |           |         |                |                  |           |         |           |            |            |            |            |
| Furat<br>körök              | 2            | 0.000     | -0.002    | -2.000  | 17.547         | 0.000            | 0.000     | -2.000  | 17.5      | 0.000      | -0.002     | 2.000      | 47         |
|                             | 3            | 0.002     | -0.001    | -4.500  | 17.542         | 0.000            | 0.000     | -4.500  | 17.5      | 0.002      | -0.001     | 2.236      | 42         |
|                             | 4            | 0.002     | 0.001     | -7.000  | 17.532         | 0.000            | 0.000     | -7.000  | 17.5      | 0.002      | 0.001      | 2.236      | 32         |
| Cilinder<br>körök           | 5            | 0.003     | 0.004     | -12.001 | 69.909         | 0.000            | 0.000     | -12.001 | 70.0      | 0.003      | 0.004      | 5.000      | -91        |
|                             | 6            | 0.004     | 0.005     | -14.500 | 69.919         | 0.000            | 0.000     | -14.500 | 70.0      | 0.004      | 0.005      | 6.403      | -81        |
|                             | 7            | 0.005     | 0.005     | -17.002 | 69.934         | 0.000            | 0.000     | -17.002 | 70.0      | 0.005      | 0.005      | 7.071      | -66        |
| Hengerek középpontja        |              |           |           |         |                |                  |           |         |           |            |            |            |            |
| Furat<br>henger             | 1            | 0.001     | -0.001    | 0.000   | 17.540         | 0.000            | 0.000     | 0.000   | 17.5      | 0.001      | -0.001     | 1.414      | 40         |
| Cilinder<br>henger          | 2            | 0.004     | 0.004     | -14.500 | 69.920         | 0.000            | 0.000     | -14.500 | 70.0      | 0.004      | 0.004      | 5.657      | -80        |

3. táblázat Körök, hengerek középponti hibái

### 7.3.1 Legnagyobb hibák

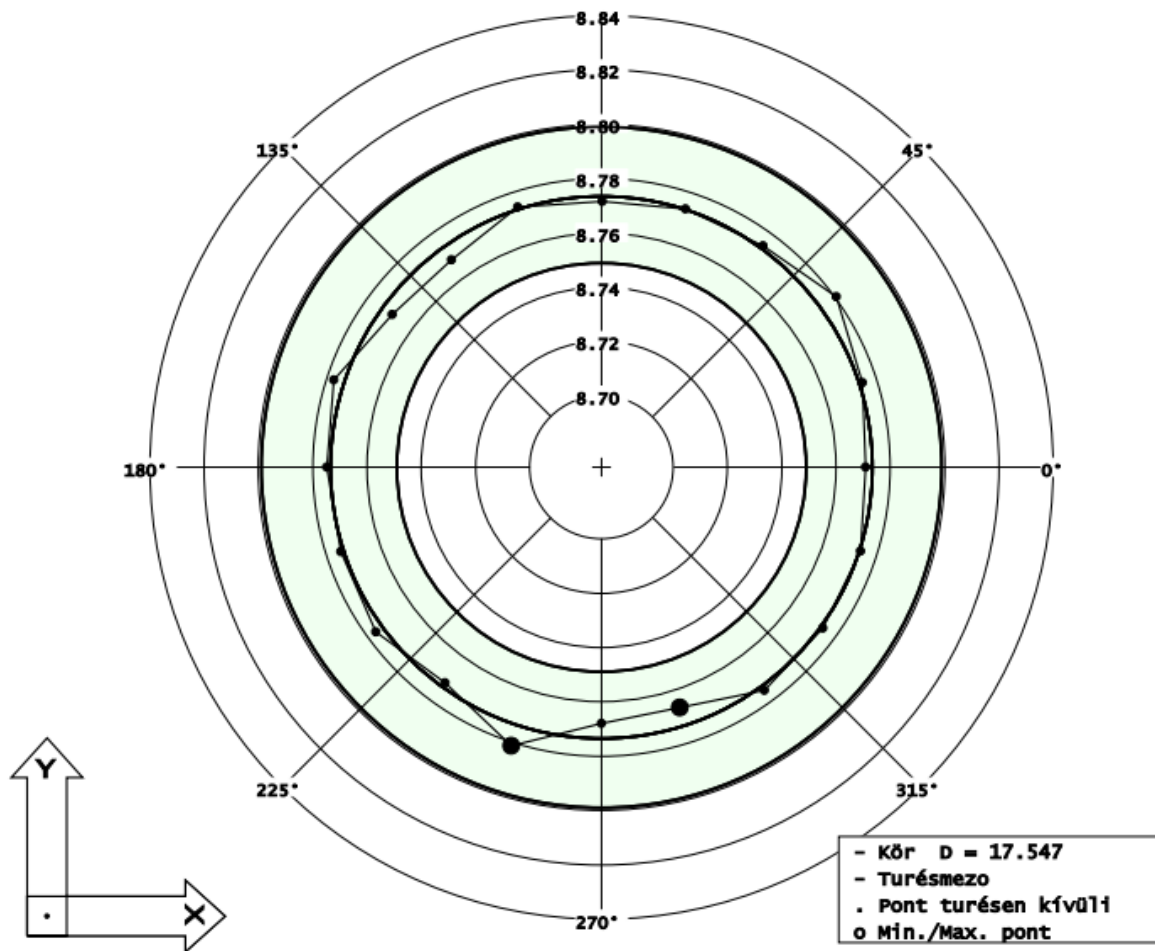
Xmax: 5 um    Ymax: 5 um    dDmax: 7.1 um    dÁmax: 47 um  
 Xmin: 0 um    Ymin: -2 um    dDmin: 1.4 um    dÁmin: -91 um  
 Szórás: X: 5 um    Y: 7 um    dD: 5.7 um    dÁ: 138 um

### 7.3.2 Hibák átlaga

Numerikus átlag:    X: 3 um    Y: 2 um    dD: 4 um    dÁ: -19.63 um  
 Abszolút átlag:    X: 2.6 um    Y: 2.8 um    dD: 4 um    dÁ: 59.88 um

### 7.3.3 Körkörösségi vizsgálatok 20, 100 ponttal

Furat 20 pontos körkörösségi vizsgálat Z -2:



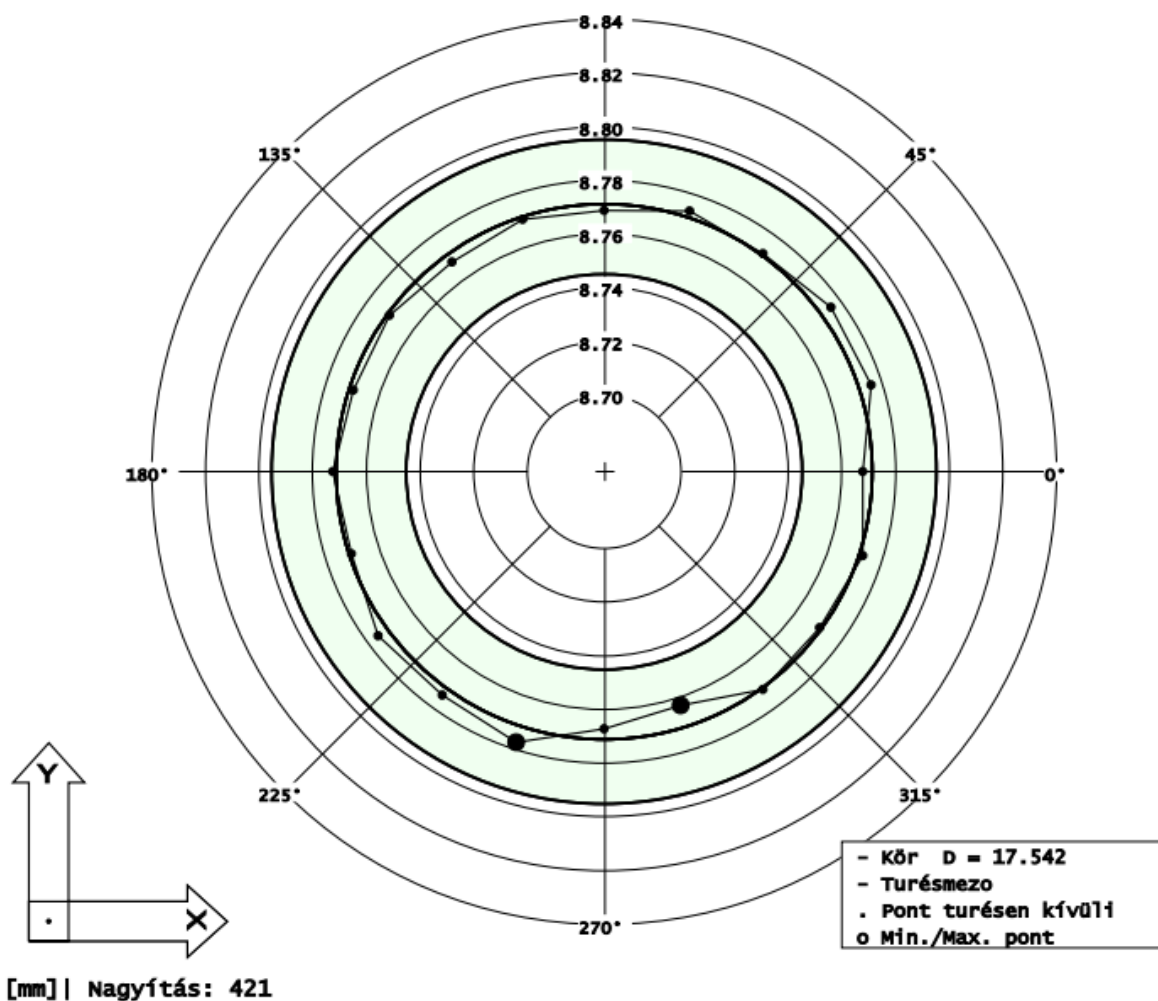
[mm] | Nagyítás: 427

|                    |                  |                       |                  |
|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| <b>Turésmezo</b>   | <b>0.050</b>     | <b>Felső türés</b>    | <b>0.026</b>     |
|                    |                  | <b>Alsó türés</b>     | <b>-0.024</b>    |
| <b>X</b>           | <b>0.000</b>     | <b>Pontszám</b>       | <b>20</b>        |
| <b>Y</b>           | <b>-0.002</b>    | <b>Min./Max. pont</b> | <b>10 / 12</b>   |
| <b>Z</b>           | <b>-2.000</b>    | <b>Szórás * 4</b>     | <b>0.016</b>     |
| <b>Valós Sugár</b> | <b>8.773</b>     | <b>Körkörösség</b>    | <b>0.015</b>     |
| <b>Min. táv</b>    | <b>-0.007</b>    | <b>Max. táv.</b>      | <b>0.008</b>     |
| <b>X</b>           | <b>2.710</b>     | <b>X</b>              | <b>-2.714</b>    |
| <b>Y</b>           | <b>-8.337</b>    | <b>Y</b>              | <b>-8.352</b>    |
| <b>Sugár</b>       | <b>8.767</b>     | <b>Sugár</b>          | <b>8.781</b>     |
| <b>Phi</b>         | <b>288:00:30</b> | <b>Phi</b>            | <b>252:00:01</b> |

15. ábra Furat 20 pontos körkörösségi vizsgálat Z -2



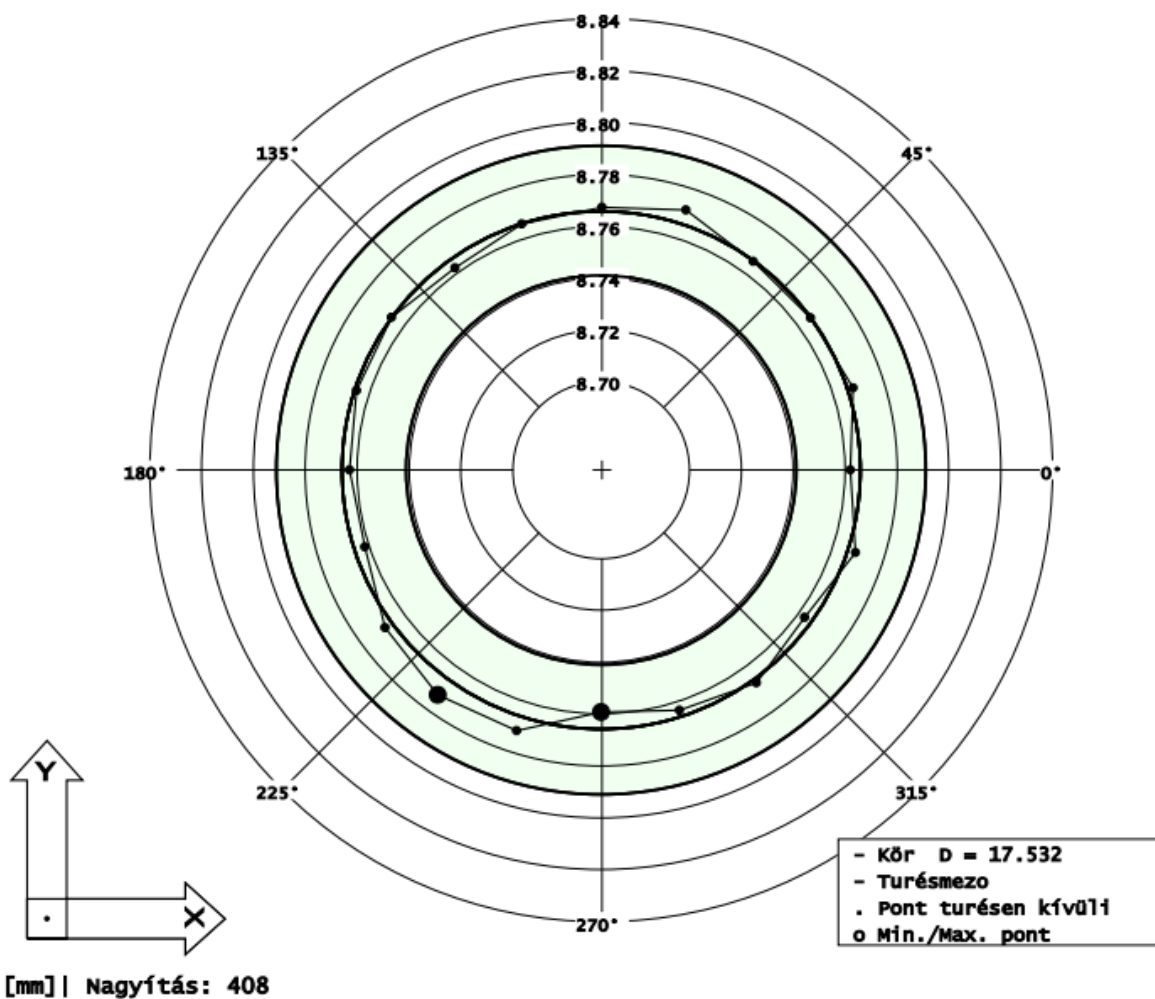
Furat 20 pontos körkörösségi vizsgálat Z -4.5:



16. ábra Furat 20 pontos körkörösségi vizsgálat Z -4.5



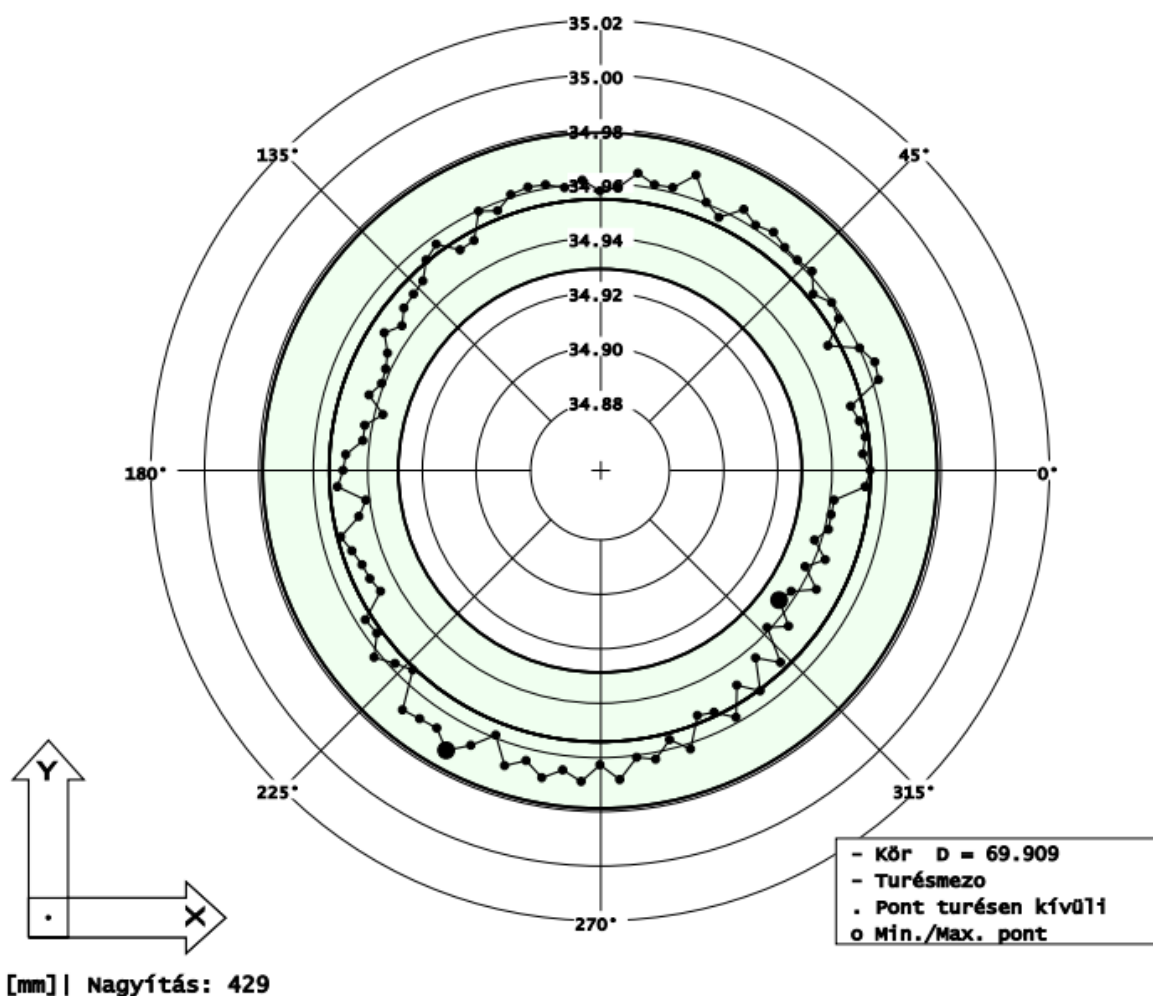
Furat 20 pontos körkörösségi vizsgálat Z -7:



|                    |                  |                       |                  |
|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| <b>Turésmezo</b>   | <b>0.050</b>     | <b>Felső tűrés</b>    | <b>0.025</b>     |
|                    |                  | <b>Alsó tűrés</b>     | <b>-0.025</b>    |
| <b>X</b>           | <b>0.002</b>     | <b>Pontszám</b>       | <b>20</b>        |
| <b>Y</b>           | <b>0.001</b>     | <b>Min./Max. pont</b> | <b>11 / 13</b>   |
| <b>Z</b>           | <b>-7.000</b>    | <b>Szórás * 4</b>     | <b>0.015</b>     |
| <b>Valós Sugár</b> | <b>8.766</b>     | <b>Körkörösség</b>    | <b>0.014</b>     |
| <b>Min. táv</b>    | <b>-0.007</b>    | <b>Max. táv.</b>      | <b>0.007</b>     |
| <b>X</b>           | <b>-0.010</b>    | <b>X</b>              | <b>-5.161</b>    |
| <b>Y</b>           | <b>-8.759</b>    | <b>Y</b>              | <b>-7.095</b>    |
| <b>Sugár</b>       | <b>8.759</b>     | <b>Sugár</b>          | <b>8.773</b>     |
| <b>Phi</b>         | <b>269:56:06</b> | <b>Phi</b>            | <b>233:58:01</b> |

17. ábra Furat 20 pontos körkörösségi vizsgálat Z -7

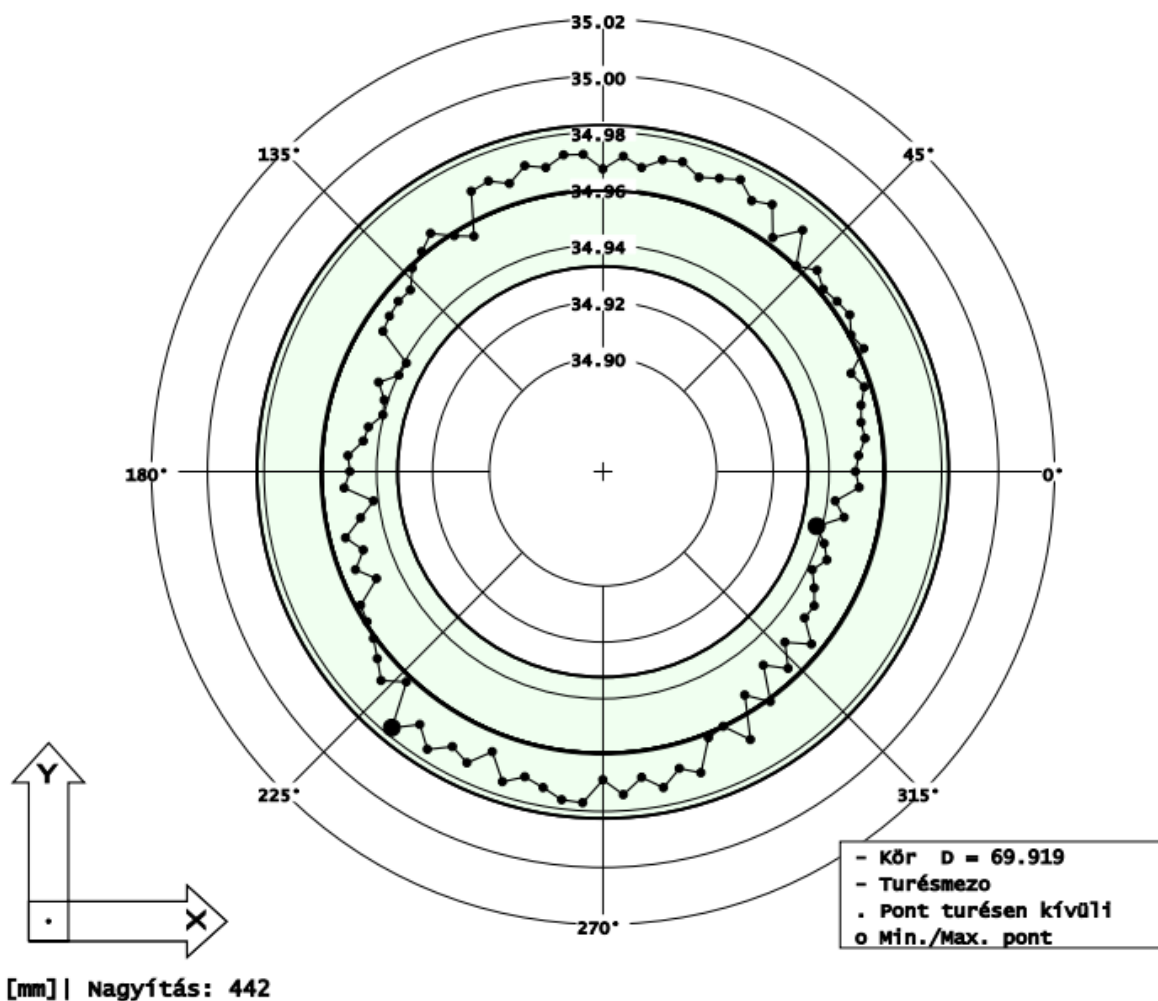
Cilinder 100 pontos körkörösségi vizsgálat Z -12:



|                    |                  |                       |                  |
|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| <b>Turésmezo</b>   | <b>0.050</b>     | <b>Felső tűrés</b>    | <b>0.024</b>     |
|                    |                  | <b>Alsó tűrés</b>     | <b>-0.026</b>    |
| <b>X</b>           | <b>0.003</b>     | <b>Pontszám</b>       | <b>100</b>       |
| <b>Y</b>           | <b>0.004</b>     | <b>Min./Max. pont</b> | <b>36 / 59</b>   |
| <b>Z</b>           | <b>-12.001</b>   | <b>Szórás * 4</b>     | <b>0.036</b>     |
| <b>Valós Sugár</b> | <b>34.954</b>    | <b>Körkörösség</b>    | <b>0.036</b>     |
| <b>Min. táv</b>    | <b>-0.019</b>    | <b>Max. táv.</b>      | <b>0.018</b>     |
| <b>X</b>           | <b>28.261</b>    | <b>X</b>              | <b>-16.850</b>   |
| <b>Y</b>           | <b>-20.538</b>   | <b>Y</b>              | <b>-30.645</b>   |
| <b>Sugár</b>       | <b>34.936</b>    | <b>Sugár</b>          | <b>34.972</b>    |
| <b>Phi</b>         | <b>323:59:35</b> | <b>Phi</b>            | <b>241:11:48</b> |

18. ábra Cilinder 100 pontos körkörösségi vizsgálat Z -12

Cylinder 100 pontos körkörösségi vizsgálat Z -14.5:

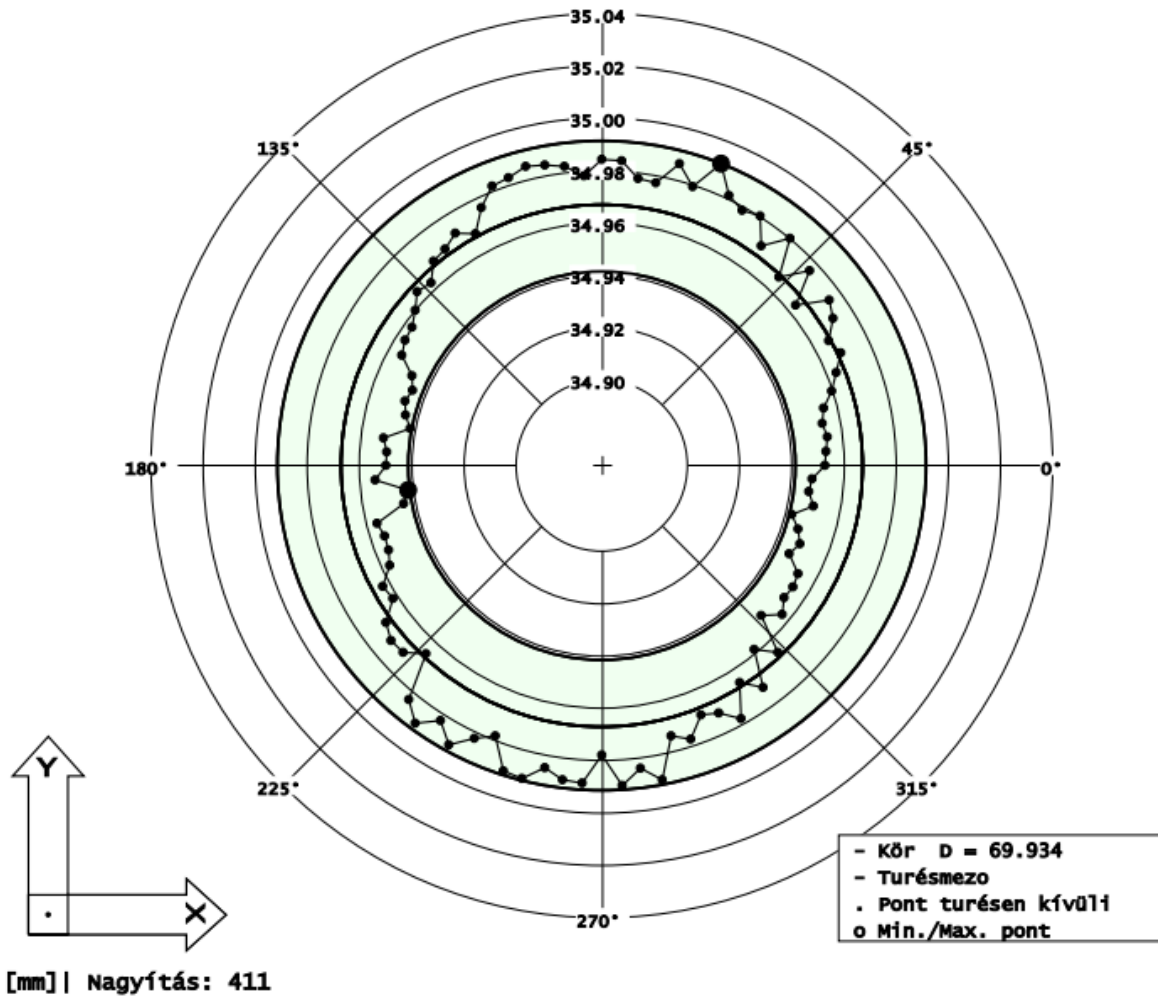


|                    |                  |                       |                  |
|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| <b>Turésmezo</b>   | <b>0.050</b>     | <b>Felső tűrés</b>    | <b>0.023</b>     |
|                    |                  | <b>Alsó tűrés</b>     | <b>-0.027</b>    |
| <b>X</b>           | <b>0.004</b>     | <b>Pontszám</b>       | <b>100</b>       |
| <b>Y</b>           | <b>0.005</b>     | <b>Min./Max. pont</b> | <b>30 / 62</b>   |
| <b>Z</b>           | <b>-14.500</b>   | <b>Szórás * 4</b>     | <b>0.044</b>     |
| <b>Valós Sugár</b> | <b>34.959</b>    | <b>Körkörösség</b>    | <b>0.040</b>     |
| <b>Min. táv</b>    | <b>-0.022</b>    | <b>Max. táv.</b>      | <b>0.018</b>     |
| <b>X</b>           | <b>33.840</b>    | <b>X</b>              | <b>-22.297</b>   |
| <b>Y</b>           | <b>-8.689</b>    | <b>Y</b>              | <b>-26.949</b>   |
| <b>Sugár</b>       | <b>34.938</b>    | <b>Sugár</b>          | <b>34.977</b>    |
| <b>Phi</b>         | <b>345:35:58</b> | <b>Phi</b>            | <b>230:23:45</b> |

19. ábra Cylinder 100 pontos körkörösségi vizsgálat Z -14.5



Cylinder 100 pontos körkörösségi vizsgálat Z -17:

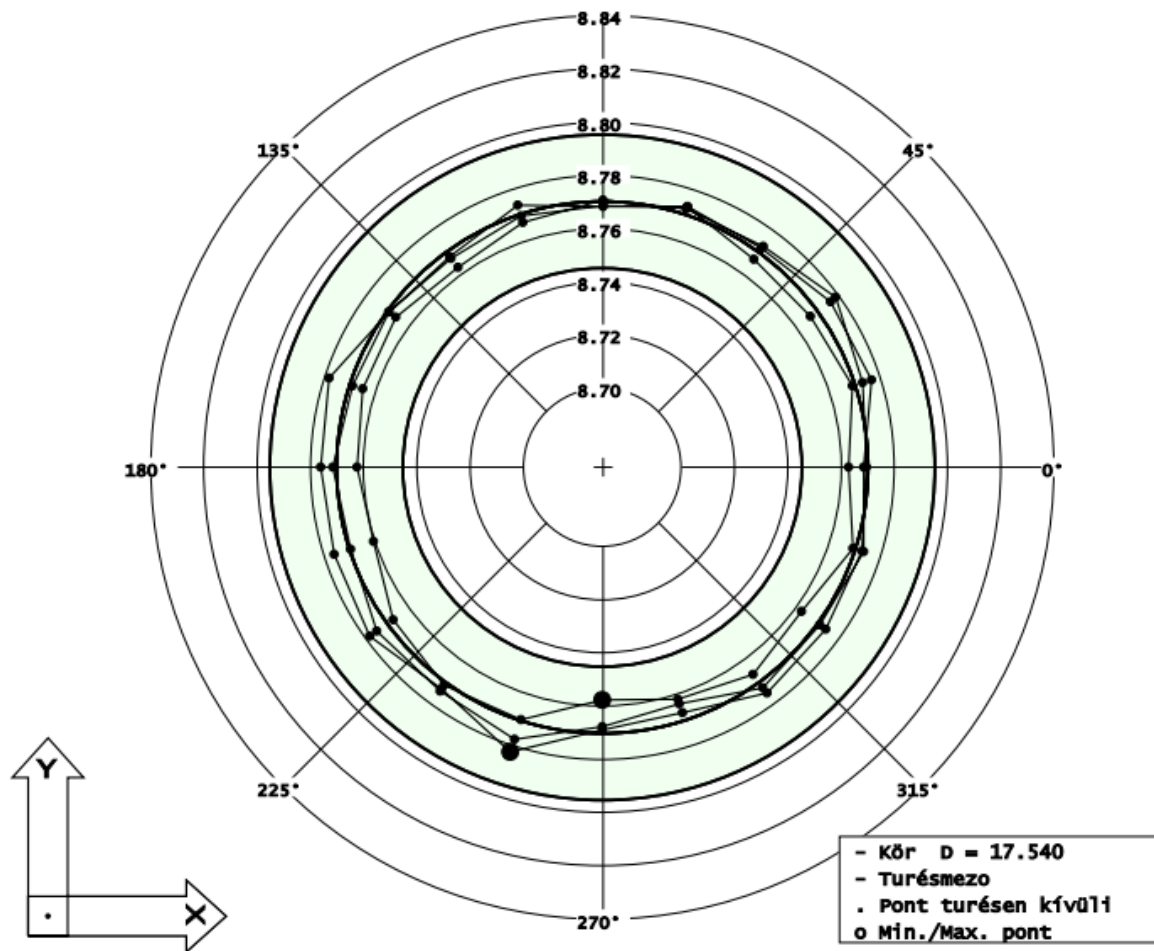


|                    |                  |                       |                 |
|--------------------|------------------|-----------------------|-----------------|
| <b>Tűrőmező</b>    | <b>0.050</b>     | <b>Felső tűrés</b>    | <b>0.024</b>    |
|                    |                  | <b>Alsó tűrés</b>     | <b>-0.026</b>   |
| <b>X</b>           | <b>0.005</b>     | <b>Pontszám</b>       | <b>100</b>      |
| <b>Y</b>           | <b>0.005</b>     | <b>Min./Max. pont</b> | <b>74 / 7</b>   |
| <b>Z</b>           | <b>-17.002</b>   | <b>Szórás * 4</b>     | <b>0.058</b>    |
| <b>Valós Sugár</b> | <b>34.967</b>    | <b>Körkörösség</b>    | <b>0.049</b>    |
| <b>Min. táv</b>    | <b>-0.025</b>    | <b>Max. táv.</b>      | <b>0.024</b>    |
| <b>X</b>           | <b>-34.666</b>   | <b>X</b>              | <b>12.877</b>   |
| <b>Y</b>           | <b>-4.382</b>    | <b>Y</b>              | <b>32.535</b>   |
| <b>Sugár</b>       | <b>34.942</b>    | <b>Sugár</b>          | <b>34.991</b>   |
| <b>Phi</b>         | <b>187:12:16</b> | <b>Phi</b>            | <b>68:24:23</b> |

20. ábra Cylinder 100 pontos körkörösségi vizsgálat Z -17

### 7.3.4 Hengerek körkörösségi vizsgálata

Furatra vetített henger 60 pontos körkörösségi vizsgálat:

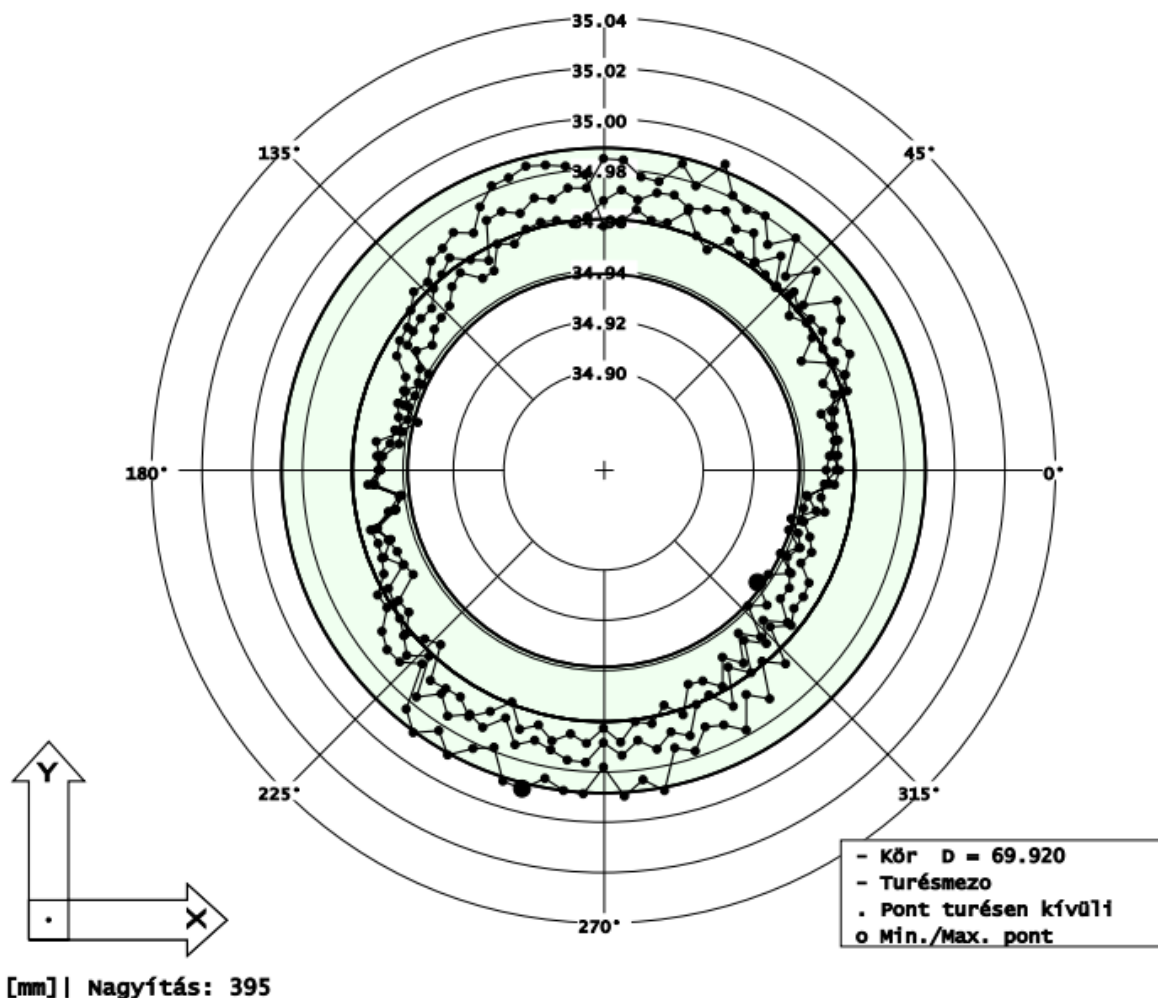


[mm] | Nagyítás: 419

|                    |                  |                       |                  |
|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| <b>Tűrőmező</b>    | <b>0.050</b>     | <b>Felső tűrés</b>    | <b>0.025</b>     |
|                    |                  | <b>Alsó tűrés</b>     | <b>-0.025</b>    |
| <b>X</b>           | <b>0.001</b>     | <b>Pontszám</b>       | <b>60</b>        |
| <b>Y</b>           | <b>-0.001</b>    | <b>Min./Max. pont</b> | <b>51 / 12</b>   |
| <b>Z</b>           | <b>0.000</b>     | <b>Szórás * 4</b>     | <b>0.021</b>     |
| <b>Valós Sugár</b> | <b>8.770</b>     | <b>Körkörösség</b>    | <b>0.025</b>     |
| <b>Min. táv</b>    | <b>-0.013</b>    | <b>Max. táv.</b>      | <b>0.013</b>     |
| <b>X</b>           | <b>-0.009</b>    | <b>X</b>              | <b>-2.715</b>    |
| <b>Y</b>           | <b>-8.758</b>    | <b>Y</b>              | <b>-8.353</b>    |
| <b>Sugár</b>       | <b>8.758</b>     | <b>Sugár</b>          | <b>8.783</b>     |
| <b>Phi</b>         | <b>269:56:23</b> | <b>Phi</b>            | <b>251:59:33</b> |

21. ábra Furatra vetített henger 60 pontos körkörösségi vizsgálat

Cilinderre vetített henger 300 pontos körkörösségi vizsgálat:



|                    |                  |                       |                  |
|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| <b>Turésmezo</b>   | <b>0.050</b>     | <b>Felső tűrés</b>    | <b>0.028</b>     |
|                    |                  | <b>Alsó tűrés</b>     | <b>-0.022</b>    |
| <b>X</b>           | <b>-0.002</b>    | <b>Pontszám</b>       | <b>300</b>       |
| <b>Y</b>           | <b>0.002</b>     | <b>Min./Max. pont</b> | <b>36 / 255</b>  |
| <b>Z</b>           | <b>0.000</b>     | <b>Szórás * 4</b>     | <b>0.052</b>     |
| <b>Valós Sugár</b> | <b>34.960</b>    | <b>Körkörösség</b>    | <b>0.055</b>     |
| <b>Min. táv</b>    | <b>-0.024</b>    | <b>Max. táv.</b>      | <b>0.031</b>     |
| <b>X</b>           | <b>28.266</b>    | <b>X</b>              | <b>-8.697</b>    |
| <b>Y</b>           | <b>-20.536</b>   | <b>Y</b>              | <b>-33.888</b>   |
| <b>Sugár</b>       | <b>34.936</b>    | <b>Sugár</b>          | <b>34.991</b>    |
| <b>Phi</b>         | <b>323:59:35</b> | <b>Phi</b>            | <b>255:35:45</b> |

22. ábra Cilinderre vetített henger 300 pontos körkörösségi vizsgálat



## 7.4 Szerszám hiba

Mivel valóságos szerszámmal dolgoztam, így annak hibája elkerülhetetlen. Mivel nem precíziós szerszámmal dolgoztam, pontos geometriájának felmérésére nem volt lehetőségem, így az átmérő korrekciót, a beépített szerszám bemérő rendszerre hagyatkozva, programoztam be. Mivel a forgácsolás előtt és után a szerszám átmérő 1.4  $\mu\text{m}$ -et csökkent, így azt elhanyagolhatónak vettem mivel a hibák 10  $\mu\text{m}$  felett jelentkeznek. Valamint, az azonos felületeken, a felső sorban és alsó sorban mért pontok különbsége nem mutat egyértelmű tendenciát. Ha van szerszám hiba és kellően nagy a gép hibáihoz mérten, akkor az alsó és a felső mérési pontok hibáiban konstans eltérésnek kell jelentkezzen, állandó negatív vagy pozitív értéknek. Fedőpont hibák különbsége:

| Pontok helye |          | Hibák különbsége |
|--------------|----------|------------------|
| X [mm]       | Y [mm]   |                  |
| 0.002        | 8.75     | 3.000            |
| 6.1897       | 6.1847   | 12.021           |
| 8.75         | 0.001    | 7.000            |
| 6.1892       | -6.1852  | 7.778            |
| -0.003       | -8.75    | 11.000           |
| -6.1867      | -6.1877  | 9.899            |
| -8.75        | 0.006    | 15.000           |
| -6.1857      | 6.1887   | 1.414            |
| 3.5357       | 24.7487  | -24.042          |
| 8.8397       | 19.4447  | -10.677          |
| 14.1432      | 14.1412  | -11.384          |
| 19.4446      | 8.8397   | -8.485           |
| 24.7481      | 3.5362   | -7.000           |
| 24.7477      | -3.5367  | -6.435           |
| 19.4466      | -8.8377  | -6.293           |
| 14.1451      | -14.1392 | -11.314          |
| 8.8392       | -19.4451 | -14.849          |
| 3.5377       | -24.7466 | -11.314          |
| -3.5367      | -24.7476 | -12.657          |
| -8.8366      | -19.4477 | -2.051           |



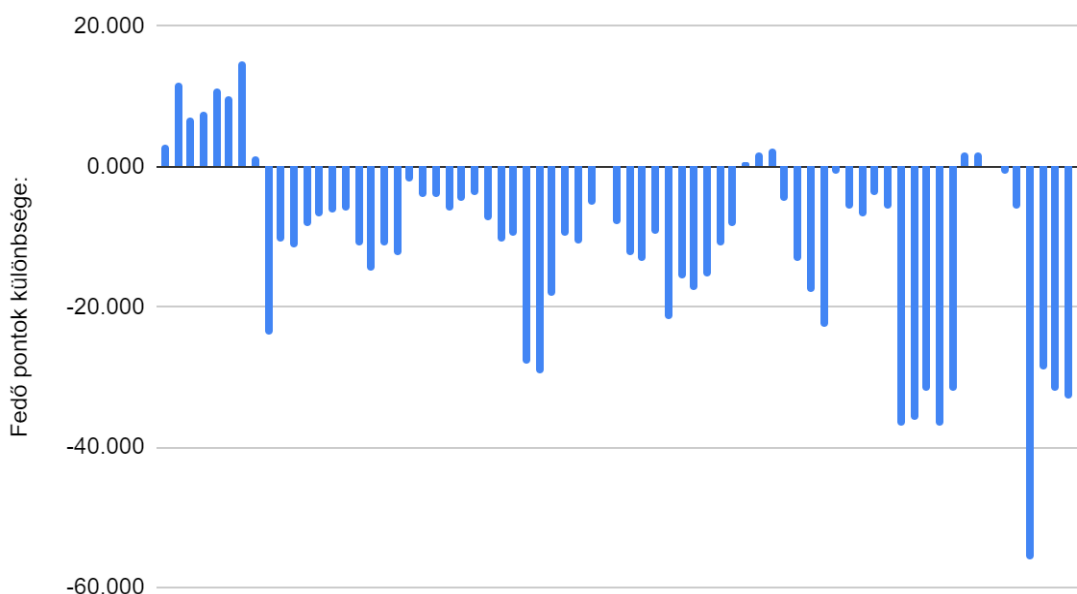
| Pontok helye |          | Hibák különbsége |
|--------------|----------|------------------|
| X [mm]       | Y [mm]   |                  |
| -14.1442     | -14.1402 | -4.313           |
| -19.4462     | -8.8382  | -4.243           |
| -24.7477     | -3.5367  | -6.364           |
| -24.7477     | 3.5367   | -4.950           |
| -19.4442     | 8.8401   | -4.172           |
| -14.1427     | 14.1416  | -7.778           |
| -8.8381      | 19.4462  | -10.607          |
| -3.5352      | 24.7492  | -9.970           |
| 0            | 35       | -28.000          |
| 9.0592       | 33.8073  | -29.399          |
| 17.5023      | 30.3096  | -18.393          |
| 24.7482      | 24.7492  | -9.899           |
| 30.3111      | 17.4997  | -10.841          |
| 33.8078      | 9.057    | -5.578           |
| 35           | 0.002    | 0.000            |
| 33.8075      | -9.0585  | -8.297           |
| 30.3122      | -17.4977 | -12.676          |
| 24.7482      | -24.7492 | -13.435          |
| 17.5003      | -30.3107 | -9.451           |
| 9.0597       | -33.8071 | -21.830          |
| 0.002        | -35      | -16.000          |
| -9.0572      | -33.8078 | -17.682          |
| -17.5007     | -30.3105 | -15.765          |
| -24.7502     | -24.7472 | -11.314          |
| -30.3112     | -17.4994 | -8.559           |
| -33.8077     | -9.0576  | 0.728            |
| -35          | 0.001    | 2.000            |
| -33.8064     | 9.0624   | 2.693            |
| -30.3078     | 17.5054  | -4.837           |
| -24.7502     | 24.7472  | -13.435          |



| Pontok helye |         | Hibák különbsége |
|--------------|---------|------------------|
| X [mm]       | Y [mm]  |                  |
| -17.4995     | 30.3112 | -18.010          |
| -9.0573      | 33.8078 | -22.874          |
| 40           | 38.002  | -1.000           |
| 40           | 19.003  | -6.000           |
| 40           | 0.003   | -7.000           |
| 40           | -18.996 | -4.000           |
| 40           | -37.997 | -6.000           |
| 38.004       | -40     | -37.000          |
| 19.003       | -40     | -36.000          |
| 0.001        | -40     | -32.000          |
| -18.998      | -40     | -37.000          |
| -37.999      | -40     | -32.000          |
| -40          | -38.001 | 2.000            |
| -40          | -19.001 | 2.000            |
| -40          | -0.001  | 0.000            |
| -40          | 19      | -1.000           |
| -40          | 38      | -6.000           |
| -38.001      | 40      | -56.000          |
| -19          | 40      | -29.000          |
| 0.001        | 40      | -32.000          |
| 19           | 40      | -33.000          |
| 38.001       | 40      | -29.000          |

4. táblázat Hibák különbsége pozíció szerint

### Fedő pontok különbsége:



23. táblázat Hibák különbsége

Mivel a hibák nem követnek semmilyen ismétlődést, nincs konstans egy irányba mutató hiba, ezért a szerszám hibát elhanyagolható, a szerszám henger geometriájának tekinthető.

## 7.5 Gép pontosságának meghatározása, következtetés a vezérlés

### hibájára

Az összes hibából látható hogy az X tengely abszolút átlagos hibája ( $X: 25.6 \mu\text{m}$ ) 1.36 szorosa az Y tengelynek ( $Y: 18.7 \mu\text{m}$ ), szórása az X tengelynek  $139 \mu\text{m}$ , ami hasonlóan abszolút átlagos hibához, 1.33 szoros az Y tengelyhez képest. A mérés eredményeiből következtetésem, hogy az X tengely rosszabb állapotban van mint az Y tengely, korábbi spekulációkat igazolva. Az Y tengelyen irányváltási hiba az jelentkezik (Furatra vetített henger 60 pontos körkörösségi vizsgálat: minimum és maximum a  $270^\circ$  körüli tartományban), a hiba mértéke  $25 \mu\text{m}$ ,  $18^\circ 57'$  interpolálás alatt, további vizsgálat szükséges a hiba teljes feltárásához.

Mérőgép pontatlanságából származó hiba nagysága a leghosszabb mérésnél  $2.32 \mu\text{m}$  így azt az eredményeknél elhanyagolhatónak tekintem.

A pontossága a gépnek  $<0.15 \text{ mm}$ . Amilyen munka ennek a toleranciának megfelel, az további beavatkozás nélkül végezhető a gépen. Amennyiben pontosabb késztermék

szükséges, a gép kalibrációja, valamint alkatrészek további vizsgálat, felújítás vagy cseréje szükséges.

## 8. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm, tanárain és barátaim segítségét, mindenkinek aki akár egy gondolatot ébresztett bennem, merre induljak el, hogy a probléma megoldása közelebb legyen vagy egy csavar meghúzásánál (meglazításánál) segített.

Kiemelve köszönném Nikitscher Tamásnak, hogy a gépet rám bízta és támogatott munkám során bármilyen kérdésem, kérésem volt. Harangozó Mihálynak, aki az elmúlt évben már nem vett részt a munkálatokban, de jelentős segítséget nyújtott az első állapotfelmérésnél. Köszönöm konzulensemnek, Burai Istvánnak, hogy elvállalta mentorálásom a TDK dolgozat létrehozásában, Ráczai Viktornak, hogy a koordináta mérőgép kezelésével és az adatok kinyerésével segítette munkám, valamint Széll Gábor tanár úr segítségét az irodalom kutatásban.

## 9. Irodalom

1. Bedienungsanleitung Magic 600, Körner CreativTec 2014.
2. Mátyási Gyula, Sági György: Számítógéppel támogatott technológiák CNC, CAD/CAM MK-6048-6 Budapest: Műszaki Könyvkiadó Kft. ISBN 978-963-16-6048-7
3. DATRON: High Speed Milling Tool Strategies In: <https://www.datron.com> [On-line]  
<https://www.datron.com/high-speed-milling-tool-strategies/> (letöltés 2022.10.22.)
4. NAS979 1st Edition. Aerospace Industries Association. AIA/NAS, A. I. 1969.
5. Horváth Antal: Szerszámgépek diagnosztikai vizsgálata körteszt berendezéssel In: <https://www.cnc.hu> [On-line]  
<https://www.cnc.hu/2012/12/szerszamgepek-diagnosztikai-vizgalata-korteszt-berendezessel-ii/> (letöltés 2022.10.20.)

## 10. Ábrajegyzék

Borítókép: Magic 600 CNC gép (fotó: Wéber József)

1. ábra Nyomáskeresés idő függvényében, a hűtés, forgács lefűvadás bekapcsolásától
2. ábra Rittal szekrénykulcs próba marás közben
3. ábra NASA tesztadarab műhelyrajza
4. ábra Felületek megnevezése
5. ábra Furat tényleges eltérései az elméleti értéktől
6. ábra Rombusz 1. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől
7. ábra Rombusz 2. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől
8. ábra Rombusz 3. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől
9. ábra Rombusz 4. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől
10. ábra Cilinder tényleges eltérései az elméleti értéktől
11. ábra Négyzet 1. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől
12. ábra Négyzet 2. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől
13. ábra Négyzet 3. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől
14. ábra Négyzet 4. oldal tényleges eltérései az elméleti értéktől
15. ábra Furat 20 pontos körkörösségi vizsgálat Z -2
16. ábra Furat 20 pontos körkörösségi vizsgálat Z -4.5
17. ábra Furat 20 pontos körkörösségi vizsgálat Z -7
18. ábra Cilinder 100 pontos körkörösségi vizsgálat Z -12
19. ábra Cilinder 100 pontos körkörösségi vizsgálat Z -14.5
20. ábra Cilinder 100 pontos körkörösségi vizsgálat Z -17
21. ábra Furatra vetített henger 60 pontos körkörösségi vizsgálat
22. ábra Cilinderre vetített henger 300 pontos körkörösségi vizsgálat
23. táblázat Hibák különbsége

## 11. Táblázat jegyzék

1. táblázat Crysta-Apex C 544 Főbb műszaki jellemzők
2. táblázat Mérési eredmények
3. táblázat Körök, hengerek középponti hibái
4. táblázat Hibák különbsége pozíció szerint



## 12. Mellékletek

nasa test.nc

[On-line]

[https://drive.google.com/file/d/1eGMJkBZIRuwLtudyXWYEA9RUOJi4-BEb/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1eGMJkBZIRuwLtudyXWYEA9RUOJi4-BEb/view?usp=share_link)

(2022.11.09)

WTJ/2242-2245