

IRODALOMJEGYZÉK

- Mester Gyula (2011): *Robotika*, Typotex Kiadó, Budapest, 6-15, 20-25, 37. oldal, (letöltve ekkor: 2022.03.22)
- Kulcsár Béla (2012a): *Robottechnika I.*, Typotex Kiadó, Budapest, 34., 73. oldal, (letöltve ekkor: 2022.03.22)
- Kulcsár Béla (2012b): *Robottechnika II.*, Typotex Kiadó, Budapest, 7., 108-115 oldal, (letöltve ekkor: 2022.03.22)
- Dr. Pintér József: *Robottechnika: Fejlődéstörténet – Alkalmazások - Robot fogalma*, egyetemi jegyzet, (letöltve ekkor: a/2022.07.12)
- Dr. Pintér József: *Ipari robotok: Ipari robotok hajtása*, egyetemi jegyzet, (letöltve ekkor: b/2022.08.05)
- Dr. Pintér József: *Ipari robotok: Ipari robotok irányítása, programozása*, egyetemi jegyzet, (letöltve ekkor: c/2022.07.11)
- Erélyi Viktor Ferenc (2011): *Szervomotorok, és azok jeladói*, 1-6, 18-20 oldal, (letöltve ekkor: 2022.05.30)
- Nagy István: *Ipari robotok programozása*, egyetemi jegyzet, (letöltve ekkor: 2022.08.01)
- Dr. Simon János: *Direkt kinematikai feladat*, egyetemi jegyzet, (letöltve ekkor: 2022.08.03)
- Dr. Sarcevic Péter: *Robotika*, egyetemi jegyzet (Coospace)
- George Michalos, Panagiotis Karagiannis, Nikos Dimitropoulos, Dionisis Andronas, and Sotiris Makris(2022), Human Robot Collaboration in Industrial Environments. *Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering: The 21st Century Industrial Robot: When Tools Become Collaborators*, **81.** 17-39., 17-19, 21-23, 30-32 oldal
- Valeria Villani*,a , Fabio Pinib , Francesco Lealib , Cristian Secchia (2018): Survey on human–robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications. *Mechatronics The Science of Intelligent Machines*, **55.** 248-266., 14-15 oldal, (<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0957415818300321?token=4ABBC03287FC35CBC2759C155BD47EFFEB24651F662B6BB0680F535DFCCAA328CD08936DA69104BC2DD1C0BDEB48AA27&originRegion=eu-west-1&originCreation=20221020162149>, letöltve ekkor: 2022.10.20; intézményi hozzáférés által a reader.elsevier.com oldalon keresztül)
- <https://www.viapan.hu/hu/blog/hr-szakmai-blog/hogyan-mukodne-kollaborativ-robotok>, (letöltve ekkor: 2022.10.20)

<http://blog.modell.hu/rc-szervok-es-azok->

[mukodese/?gclid=Cj0KCQjw1tGUBhDXARIsAIJx01kszzfPvJS4jV2HWGwe52638KS](http://blog.modell.hu/rc-szervok-es-azok-mukodese/?gclid=Cj0KCQjw1tGUBhDXARIsAIJx01kszzfPvJS4jV2HWGwe52638KS)

[Mexd2RHLt_qskh0ki4WjfEMWKd2YaAgW2EALw_wcB](http://blog.modell.hu/rc-szervok-es-azok-mukodese/?gclid=Cj0KCQjw1tGUBhDXARIsAIJx01kszzfPvJS4jV2HWGwe52638KS), (2022.10.20)

<https://youtu.be/pAhh8tpVHE>, (letöltve ekkor: 2022.10.20)

ÁBRAJEGYZÉK

- 1.ábra:** Első Unimate ipari robot (<https://www.cnc.hu/wp-content/uploads/2019/08/unimate-photo1-full.jpg>, 2022. 10.01)
- 2.ábra:** Stanford robotkar (https://en.wikipedia.org/wiki/Stanford_arm#/media/File:The_Stanford_Arm.jpg, 2022.10.01)
- 3.ábra:** PUMA robotkar (https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_Universal_Machine_for_Assembly#/media/File:Unimate_500_PUMA_Deutsches_Museum.jpg, 2022.10.01)
- 4.ábra:** Az első SCARA robotkar prototípusa (<https://www.researchgate.net/publication/331090220/figure/fig5/AS:726200712454147@1550151150289/One-of-the-first-prototypes-of-SCARA-robot-designed-by-Hiroshi-Makino.png>, 2022.07.12)
- 5.ábra:** 6 szabadságfokú palettázó KUKA robot manipulátor (www.kuka.com/hu-hu/v%C3%A1llalat/sajt%C3%B3/news/2017/06/a-modern-kuka-robotika-%C3%A9s-vintage-g%C3%A9pek-egy%C3%ADt%C3%A9se, 2022.07.14)
- 6.ábra:** Rotációs és transzlációs robotcsukló sematikus ábrázolása (Mester Gyula – Robotika 2011, 1.1 ábra, 1.2 ábra, 2022)
- 7.ábra:** Kinematikai lánc típusai (<https://cserviktamas.wordpress.com/2019/11/26/robotok/>, 2022.08.01)
- 8.ábra:** Alapkonfigurációk (<https://cserviktamas.wordpress.com/2019/11/27/robotmanipulatorok/>, 2022.08.01)
- 9.ábra:** TTT alapkonfiguráció (<https://www.coosp.etr.u-szeged.hu/Scene-662786/Folder-2385605/Index/Eloadas>, 2022.08.01)
- 10.ábra:** RTT alapkonfiguráció (<https://www.coosp.etr.u-szeged.hu/Scene-662786/Folder-2385605/Index/Eloadas>, 2022.08.01)
- 11.ábra:** RRT alapkonfiguráció (<https://www.coosp.etr.u-szeged.hu/Scene-662786/Folder-2385605/Index/Eloadas>, 2022.08.01)
- 12.ábra:** RRR alapkonfiguráció (<https://www.coosp.etr.u-szeged.hu/Scene-662786/Folder-2385605/Index/Eloadas>, 2022.08.01)
- 13.ábra:** Derékszögű koordináta-rendszerek helyzete a Denavit-Hartenberg eljárás szerint (Mester Gyula Robotika 2011 – 1.13. ábra, 2022.08.03)
- 14.ábra:** A direkt és inverz kinematikai feladat koordináta-transzformáció struktúrája (Mester Gyula Robotika 2011 –, 2022.08.03)
- 15.ábra:** Egyszerű szervó motor szabályozási blokkvázlata (<https://www.mphysicstutorial.com/2021/01/servomechanism-in-control-system-advanced-electronics.html> –, 2022.08.07)
- 16.ábra:** RC szervó motor felépítése (https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-an-RC-servo-motor_fig1_328910852, 2022.08.07)
- 17.ábra:** RC szervó motor H-híd vezérlése (Erdélyi, 2022.08.07)
- 18.ábra:** Hagyományos ipari robot, valamint egy modern kollaboratív robot (<https://loupfunds.com/industrial-robotics-outlook-2025/>, 2022.08.08)
- 19.ábra:** HRC interakciós szintjeinek négy kategóriája (<https://www.semanticscholar.org/paper/Human-robot-coexistence-and-interaction-in-open-Magrini-Ferraguti/1da33c3f83a198295127dc0d68947e6c2f5dd407>, 2022.08.09)
- 20.ábra:** Saját tervezésű négy szabadságfokú robotkar összeállítási ábrája
- 21.ábra:** A projekt időterve
- 22.ábra:** Kinematikai lánc
- 23.ábra:** Munkatér
- 24.ábra:** A robotmanipulátor befoglaló méretei

- 25.ábra:** Az 1. csukló és a csapágy alátámasztás
- 26.ábra:** Az 2. csukló és a tengelykialakítás
- 27.ábra:** A harmadik és negyedik csukló és a csapágyazás kialakítása
- 28.ábra:** Az megfogó szerkezet mechanizmusa és felszerelt végmanipulátor
- 29.ábra:** PowerHD LF 13-MG, PowerHD LF 20-MG, PowerHD LW 13-MG (forrás: <https://jakomodel.hu/webaruhaz/rc-taviranyitok-szervok/szervok>, 2022. 08. 22.
- 30.ábra:** CORONA DS-319HV (forrás: <https://jakomodel.hu/corona-ds-319hv-szervo-4-2kg>, 2022. 08. 22.
- 31.ábra:** Arduino MEGA 2560 és Arduino UNO R3 (forrás: <https://store.arduino.cc/collections/boards>, 2022. 08. 22.
- 32.ábra:** ACS712-5A-M típusú áramérzékelő modul (forrás: <https://nettigo.eu/products/current-sensor-ac712-5a>, 2022. 08. 22.
- 33.ábra:** DCDC-6010-M step-down 10A konverter (forrás: <https://www.elektroller.shop.hu/DC-DC-aram-atalakito-regulator-konverter>, 2022. 08. 22.
- 34.ábra:** LM2596S-PSUM step-down 3A konverter (forrás: https://www.3djake.hu/bigtreotech/dc-dc-stepdown-modul?gclid=Cj0KCQjw0oyYBhDGARIsAMZEuMvJs7l9-f4h5yt3r606zJzLV7LGSGmMafrdpAA0zGjFTFW5oSsZ85saAkoHEALw_wcB, 2022. 08. 22.
- 35.ábra:** Creality Ender 3v2 FMD 3D nyomtató (forrás: <https://www.3djake.hu/creality-3d-nyomtatok-es-alkatreszek/ender-3-v2>, 2022. 08. 24.
- 36.ábra:** Példa a nyomtatási beállításoknál lévő térhálózásra és kitöltési tényezőre a Ultimaker Cura szelitelőszoftverben
- 37.ábra:** A robotkar néhány nyomtatott alkatrésze
- 38.ábra:** Az első csukló összeszerelése és a kész csukló
- 39.ábra:** A második csukló motor tartó konzoljának megerősítése
- 40.ábra:** A szegmensek merevségét adó rögzítő csavarok és távtartók
- 41.ábra:** Csukló és szervó motor kapcsolatának kialakítási folyamata
- 42.ábra:** A megfogó szerkezet nyomtatott alkatrészei és az összeszerelt állapot
- 43.ábra:** Az összeszerelt vázszerkezet
- 44.ábra:** Az összeállított vezérlő kapcsolás
- 45.ábra:** A – a 4 csuklóban lévő szervók tápellátása, B – a megfogó szerkezet szervó motorjának tápellátása, C – a szenzorok tápellátása, D – a motorok csatlakozási lehetősége, E – a szenzor modulok csatlakozását biztosító tüskesor aljzatok, F – a mikrovezérlők csatlakoztatása az áramkörbe
- 46.ábra:** A robotkar vezérlésének kezelőfelülete
- 47.ábra:** Kezelőfelület világkoordinátákban történő vezérlés esetén
- 48.ábra:** Az ütközéskor megjelenő felugró ablak
- 49.ábra:** Példa Arduino és LabVIEW kommunikációjának megvalósítására
- 50.ábra:** Példa 1 db szervó motor PWM vezérlésére a LabVIEW programkörnyezetben
- 51.ábra:** A motoráramok feldolgozásának három lépése LabVIEW-ban
- 52.ábra:** Az 1-es csukló pozicionálását végző csökkentő és növelő ciklusok
- 53.ábra:** Belépés az ütközési állapotba
- 54.ábra:** Példa Excel táblázatba mentett áramfelvételi értékekre
- 55.ábra:** Csukló által felvett pozíciók tárolását végző programrész
- 56.ábra:** Visszaugráshoz szükséges érték meghatározása a feltöltött tömbből
- 57.ábra:** Figyelmeztető felugró ablak és a továbblépési lehetőségek kezelése LabVIEW-ban
- 58.ábra:** Az effektor TCP világkoordinátáinak számítását végző program blokk
- 59.ábra:** Inverz kinematika implementációja LabVIEW-ban
- 60.ábra:** Az automata mozgáshoz szükséges csuklókoordináták leképezése

61.ábra: Az automata üzem egy pontjának felvételét biztosító programblokk

62.ábra: Az „x” tengely mentén történő ütközések mérési eredményeinek ábrázolása

63.ábra: Reakcióidő mérésének diagramja

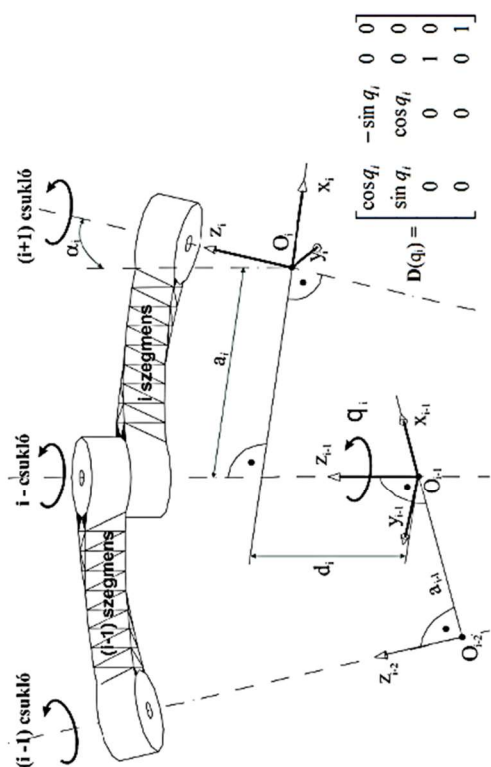
64.ábra: A mérések összefoglaló táblázata

65.ábra: A robotkar 3D-s tervezete és a megvalósított berendezés

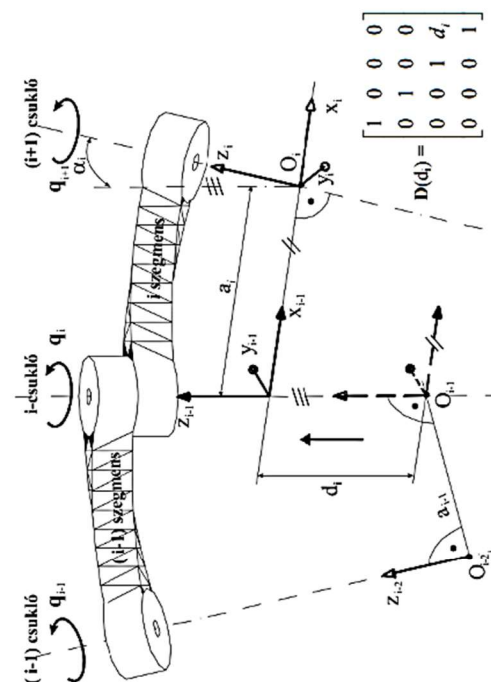
MELLÉKLETEK

1. Melléklet: Denavit-Hartenberg eljárás lépései ábrával és homogén koordináta transzformációs mátrixszal (Forrás: MESTER, 2011)

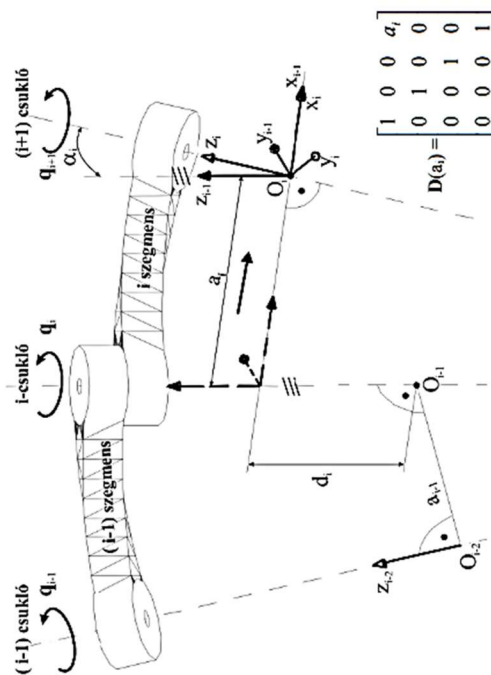
1. lépés



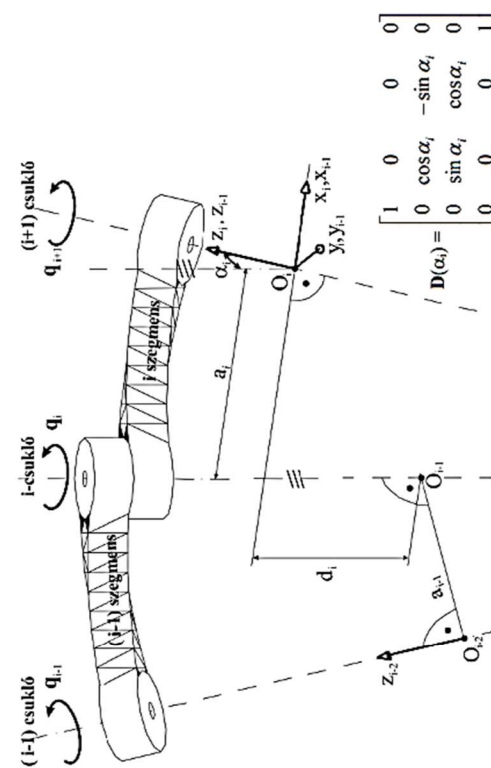
2. lépés



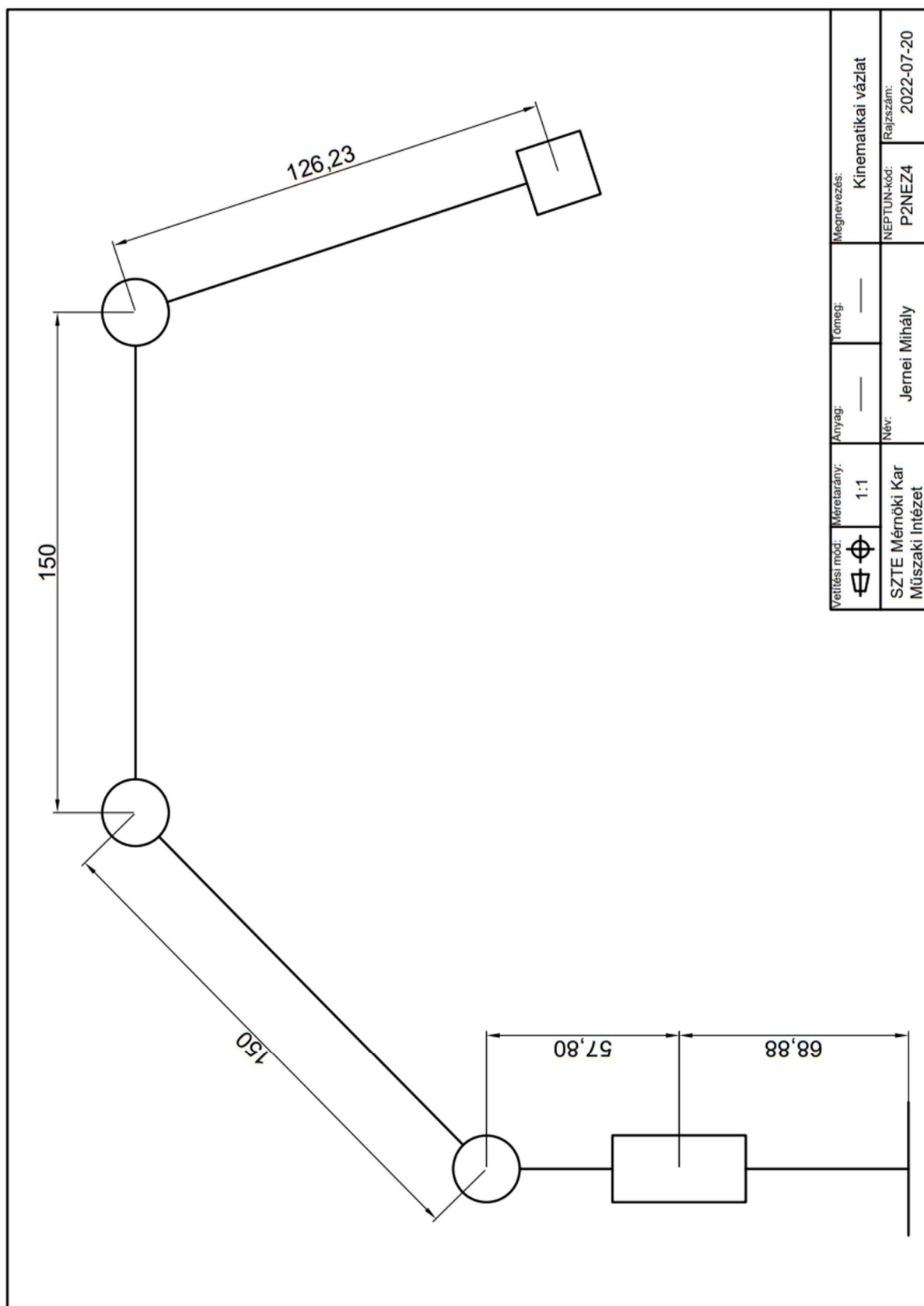
3. lépés



4. lépés



2. Melléklet: Kinematikai vázlat



3. Melléklet: 6012-2RS1 csapágy adatlapja

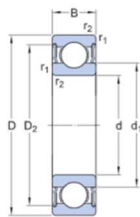


6012-2RS1

- Napszerű tételek
- SKF Explorer

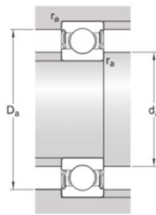
Mélyhornyú golyóscsapágyak

Műszaki adatok



MÉRETEK

d	60 mm	Furatátmérő
D	95 mm	Külső átmérő
B	18 mm	Szélesség
d ₁	≈ 71.3 mm	Vállátmérő
D ₂	≈ 86.5 mm	Horonyátmérő
r _{1,2}	min. 1.1 mm	Lekerekítési méret



CSATLAKOZÓMÉRETEK

d min. 66 mm	Tengelyváll átmérője
d max. 71.2 mm	Tengelyváll átmérője
C max. 89 mm	Fészekváll átmérője
r _i max. 1 mm	Tengely vagy csapágyház lekerekítési sugár

SZÁMÍTÁSI ADAT

Dinamikus alapterhelés	C	30.7 kN
Statikus alapterhelés	C ₀	23.2 kN
Kífáradási határterhelés	P _u	0.98 kN
Határfordulatszám		4 300 r/min
Minimális terhelési tényező	k _r	0.025
Számítási tényező	f ₀	15.6

TÖMEG

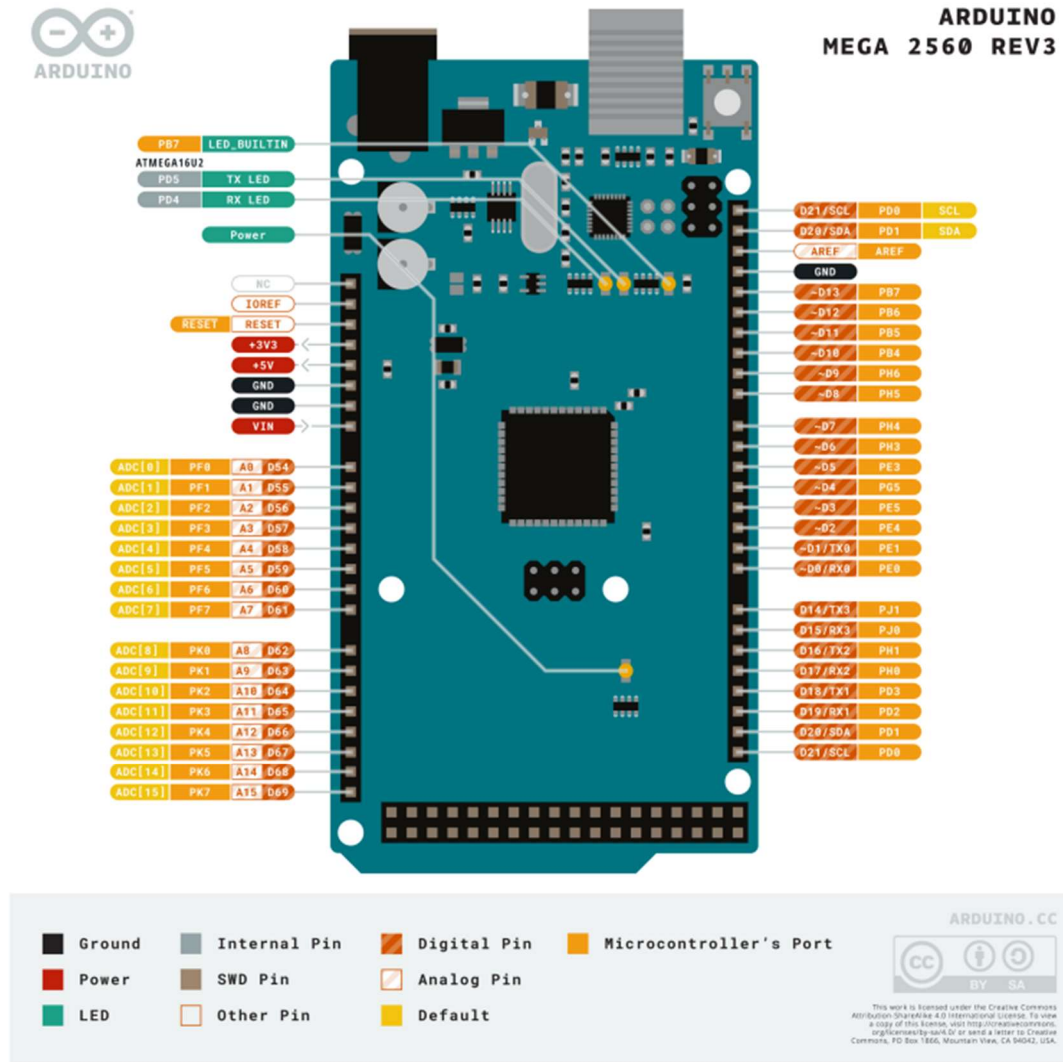
Csapágy tömege	0.43 kg
----------------	---------

TŰRÉSO SZTÁLY

Mérettűrések	P6
Radiális ütés	P6

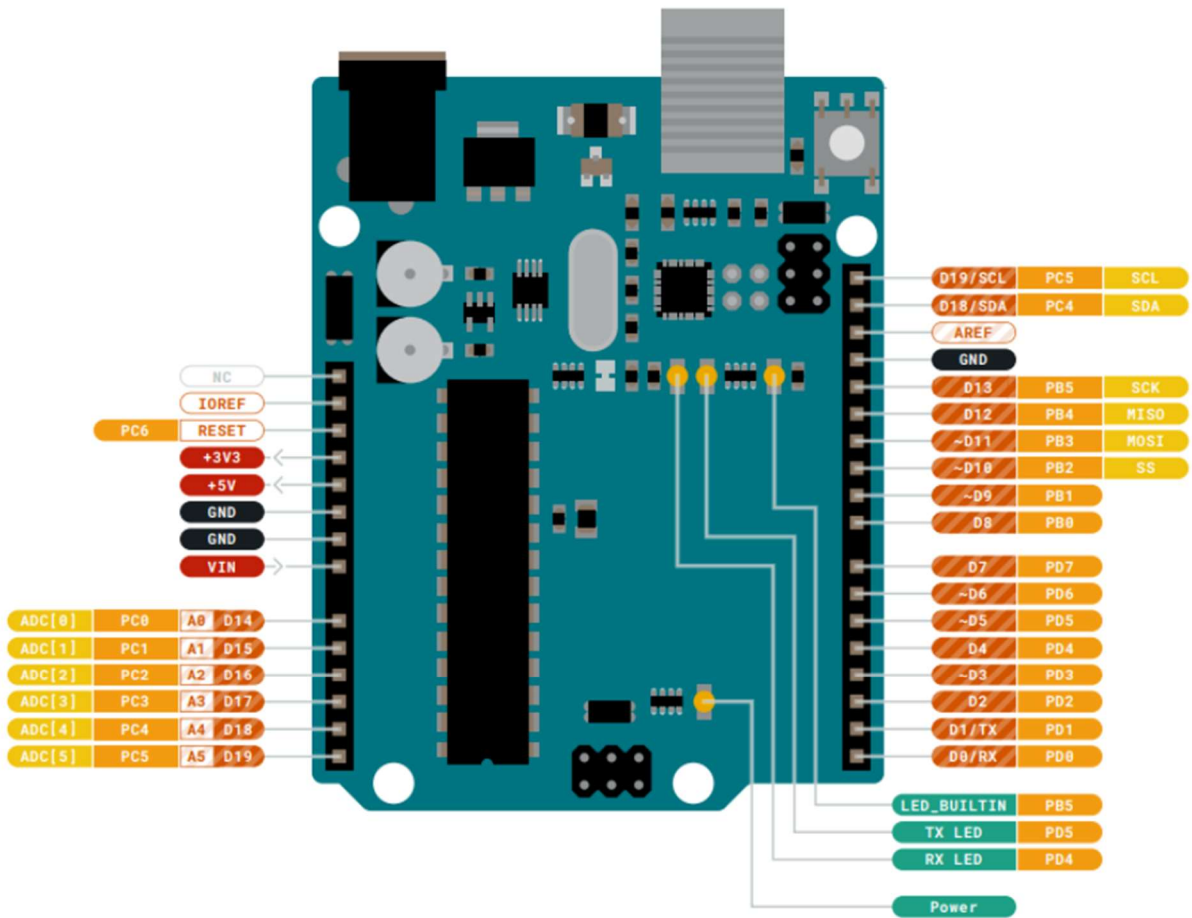
Forrás: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6012-2RS1> (letöltés dátuma: 2022.08.18)

4. Melléklet: Arduino Mega 2560 lábkiosztás



Arduino Mega Pinout

5. Melléklet: Arduino UNO R3 lábkiosztás



Pinout

6. Melléklet: Szenzor kalibráció

Szenzor kalibráció

Szenzor típus: ACS712-05A
Tápfeszültség: 5V
Fogyasztó: Két db 6V-os E10-es 2W-os izzó
Képletek:

$$I = \frac{V - 2.5}{m} \quad m = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

Méréssorozat:

Fogyasztó nélkül:	
Mérési sorszám	Feszültség [V]
1.	2,550
2.	2,549
3.	2,537
4.	2,522
5.	2,548
6.	2,547
7.	2,512
8.	2,548
9.	2,548
10.	2,526
11.	2,534
12.	2,549
13.	2,548
14.	2,512
15.	2,550
16.	2,557
17.	2,512
18.	2,558
19.	2,557
20.	2,556

V1 - Átlag:	2,541
--------------------	-------

Fogyasztóval:	
Mérési sorszám	Feszültség [V]
1.	2,692
2.	2,692
3.	2,692
4.	2,692
5.	2,691
6.	2,691
7.	2,691
8.	2,692
9.	2,691
10.	2,692
11.	2,691
12.	2,691
13.	2,691
14.	2,691
15.	2,691
16.	2,691
17.	2,691
18.	2,691
19.	2,691
20.	2,691

V2 - Átlag:	2,691
--------------------	-------

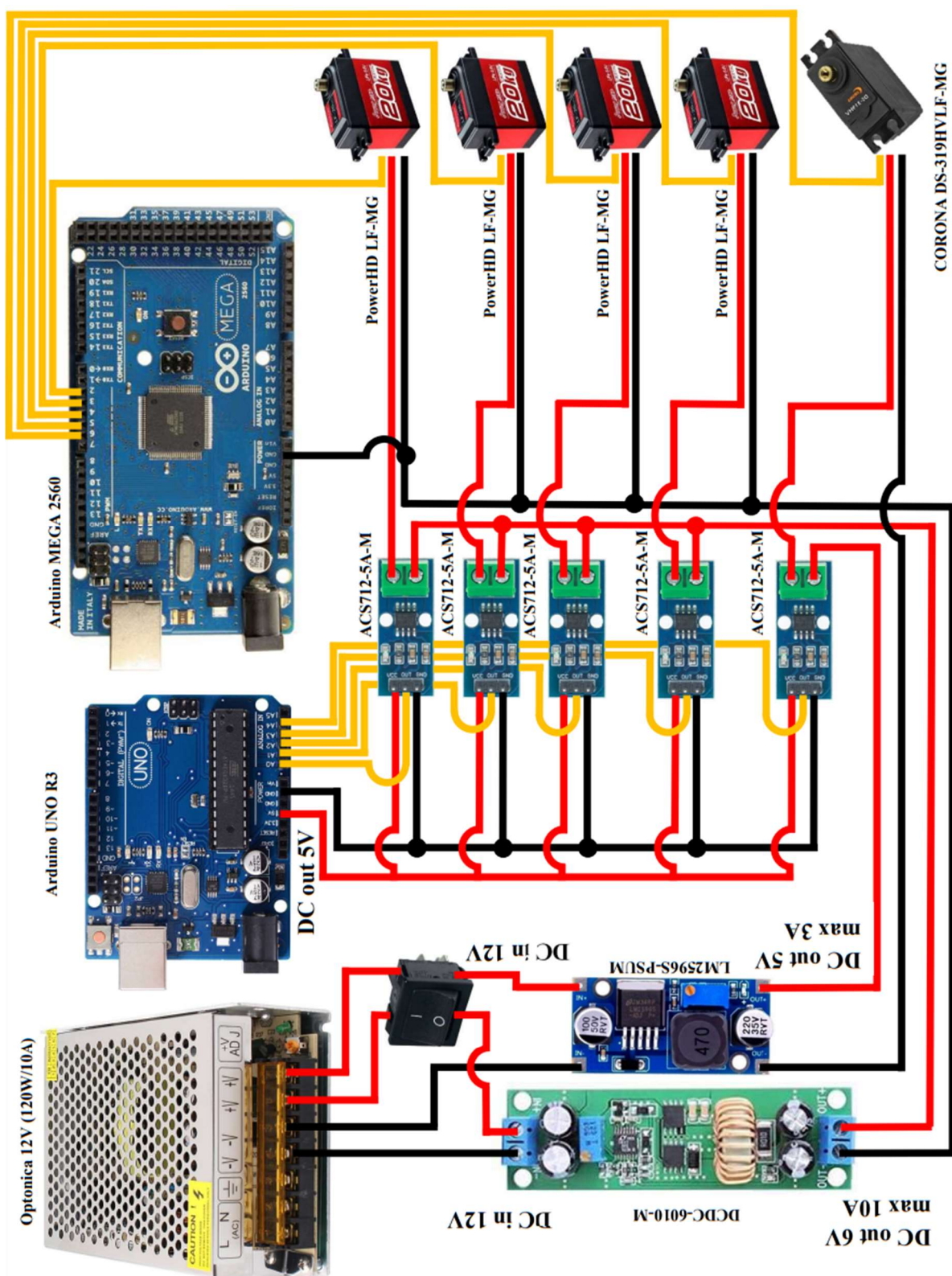
Számítás:

Áramerősség	[A]
I_1	0
I_2	0,450

Feszültség	[V]
V_1	2,541
V_2	2,691

Érzékenység	
m	0,334

7. Melléklet: Kapcsolási rajz

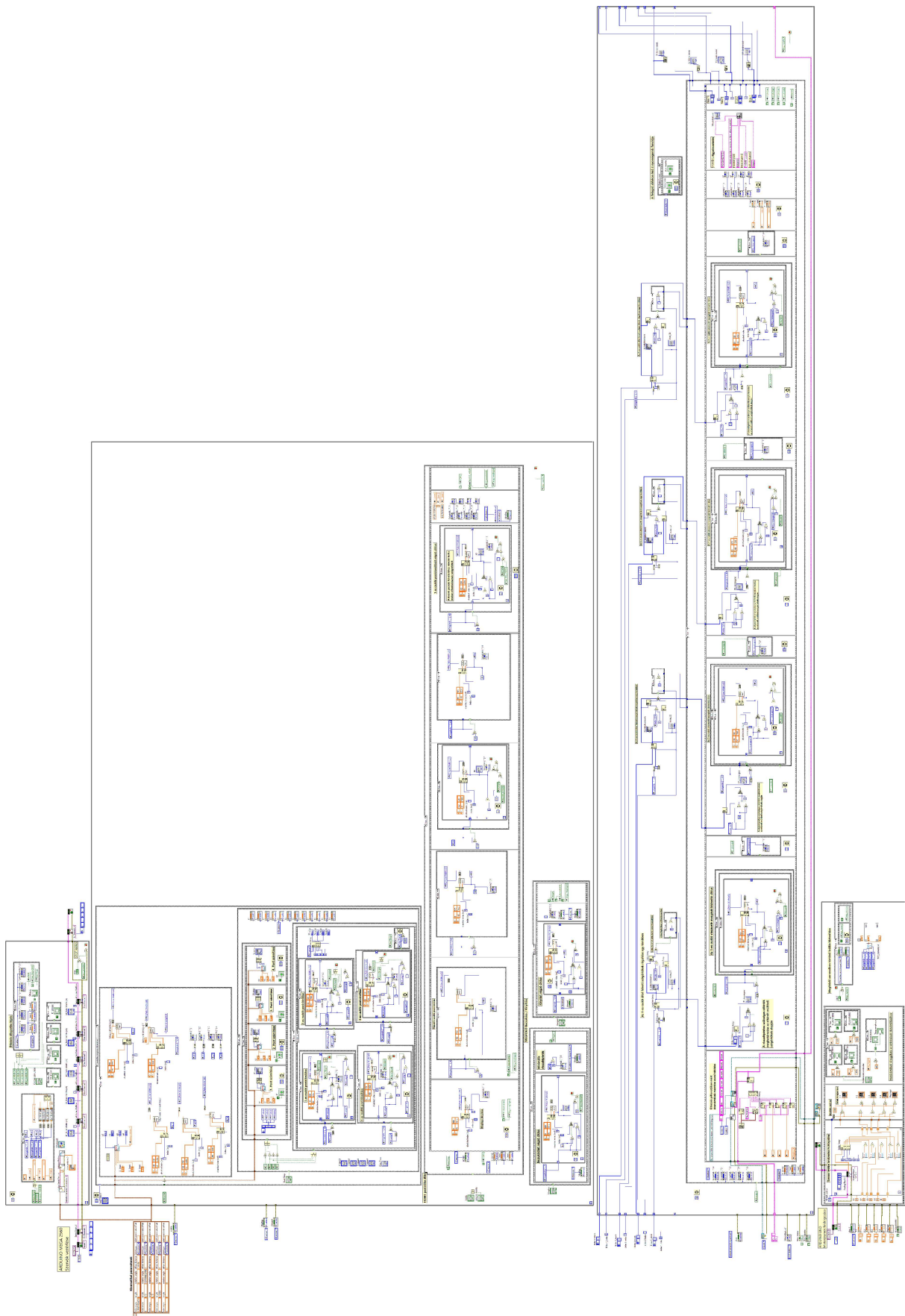


8. Melléklet: Alkatrészek nyomtatási ideje és tömege

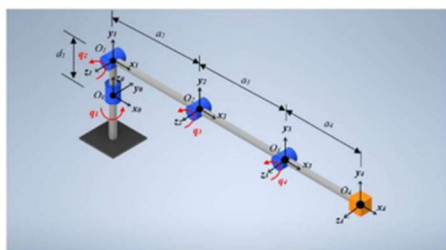
Alkatrész neve	Darabszám	Idő		Tömeg (g/összes db)
		Óra	Perc	
Távtartó 5x18,5	4	2	14	7
Távtartó 5x23	4			9
Alap	1	4	45	41
Csukló_1_szervo_tarto	1	2	43	22
Csuklo_1_2	1	1	25	11
Csuklo_1_1	1	1	35	11
Csuklo_1_csapagylefogo	1	0	53	8
Csuklo_1_3	1	3	43	36
Csuklo_1_szervotarcsa	1	0	17	2
Csuklo_2_1	1	7	20	50
Csuklo_2_szervotarcsa	1	0	39	4
merevito_1	1	0	50	5
merevito_2	1	0	50	5
csuklo_2_csapagypersely	2	0	35	1
csuklo_2_csapagypersely_2	1			1
csuklo_2_csapagypersely_3	1			1
szegmens1_3	10	1	41	7
szegmens1_4	4			1
szegmens1_1	1	3	15	25
szegmens1_2	1	3	28	25
csuklo3_szervotarcsa	1	0	28	3
szegmens2_3	1	3	40	24
csuklo3_1	1	1	15	6
csuklo3_1	1	1	15	6
csuklo4_1	1	3	15	20
szegmens2_1	1	5	32	17
szegmens2_2	1			19
csuklo3_szervotarcsa	1			3
csuklo4_2	1	1	32	8
gripper_2	2	2	9	12
griper_fogaskerek	1	0	26	0,5
gripper_fogaslec	2			0,5
gripper_3	1	1	28	9
csuklo4_3 jobb	1	1	12	2
csuklo4_3 bal	1			2
gripper_4	2			1
utkozo	1	0	40	6
csuklo2_1_merevito_1	1	1	0	5
csuklo2_1_merevito_2	1	1	0	5

Összes idő [h]	Összes Tömeg [g]
61,08	421

9. Melléklet: Vezérlő szoftver blokk diagramja



10. Melléklet: Direkt kinematikai számítás

Direkt kinematikai számítás

$$d_1 = 136,68 \text{ mm}$$

$$a_2 = 150,00 \text{ mm}$$

$$a_3 = 150,00 \text{ mm}$$

$$a_4 = 126,23 \text{ mm}$$

DH paraméterek:

	q_i	d_i	a_i	α_i	$\cos \alpha_i$	$\sin \alpha_i$
1	q_1	d_1	0	90°	0	1
2	q_2	0	a_2	0	1	0
3	q_3	0	a_3	0	1	0
4	q_4	0	a_4	0	1	0

Az átmenetek homogén transzformációs mátrixai:

$${}^0D_1 = \begin{bmatrix} \cos q_1 & 0 & \sin q_1 & 0 \\ \sin q_1 & 0 & -\cos q_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & S_1 & 0 \\ S_1 & 0 & -C_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^1D_2 = \begin{bmatrix} \cos q_2 & -\sin q_2 & 0 & a_2 \cos q_2 \\ \sin q_2 & \cos q_2 & 0 & a_2 \sin q_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & a_2 C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & a_2 S_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^2D_3 = \begin{bmatrix} \cos q_3 & -\sin q_3 & 0 & a_3 \cos q_3 \\ \sin q_3 & \cos q_3 & 0 & a_3 \sin q_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_3 & -S_3 & 0 & a_3 C_3 \\ S_3 & C_3 & 0 & a_3 S_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^3D_4 = \begin{bmatrix} \cos q_4 & -\sin q_4 & 0 & a_4 \cos q_4 \\ \sin q_4 & \cos q_4 & 0 & a_4 \sin q_4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_4 & -S_4 & 0 & a_4 C_4 \\ S_4 & C_4 & 0 & a_4 S_4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ahol:

$$\cos q_1 = C_1, \quad \cos q_2 = C_2, \quad \cos q_3 = C_3, \quad \cos q_4 = C_4$$

$$\sin q_1 = S_1, \quad \sin q_2 = S_2, \quad \sin q_3 = S_3, \quad \sin q_4 = S_4$$

0D_4 meghatározása:

$${}^0D_4 = {}^0D_1 \cdot {}^1D_2 \cdot {}^2D_3 \cdot {}^3D_4$$

$${}^0D_4 = \begin{bmatrix} C_1 C_{234} & -C_1 C_{234} & S_1 & C_1 (a_4 C_{234} + a_3 C_{23} + a_2 C_2) \\ S_1 C_{234} & -S_1 C_{234} & -C_1 & S_1 (a_4 C_{234} + a_3 C_{23} + a_2 C_2) \\ S_{234} & C_{234} & 1 & a_4 S_{234} + a_3 S_{23} + a_2 S_2 + d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ahol:

$$S_{23} = S_2 C_3 + C_2 S_3, \quad S_{234} = S_{23} C_4 + C_{23} S_4$$

$$C_{23} = C_2 C_3 - S_2 S_3, \quad C_{234} = C_{23} C_4 - S_{23} S_4$$

TCP világkoordinátái:

$$x = C_1 (a_4 C_{234} + a_3 C_{23} + a_2 C_2)$$

$$y = S_1 (a_4 C_{234} + a_3 C_{23} + a_2 C_2)$$

$$z = a_4 S_{234} + a_3 S_{23} + a_2 S_2 + d_1$$

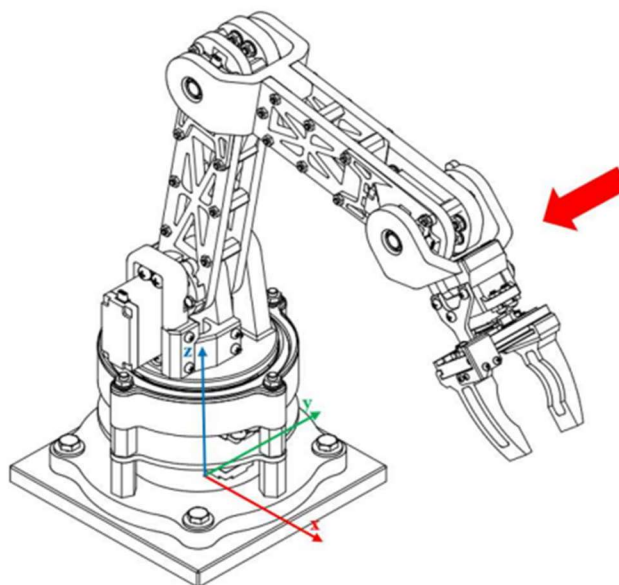
11.1. Melléklet: Ütközés irányának meghatározása a motoráramok alapján

Ütközés iránya: "y" tengely negatív irány
Ütközési pont helye: x = 265 mm y = 130 mm z = 260 mm
Mérési értékek:

Dátum	Idő	R1[mA]	R2[mA]	R3[mA]	R4[mA]	M[mA]
2022. 10. 13.	14;40;11	1305,49	140,34	893,23	21,93	10,23
2022. 10. 13.	14;40;38	1999,91	368,40	833,29	375,71	38,01
2022. 10. 13.	14;40;56	2075,93	691,49	583,31	33,62	20,47
2022. 10. 13.	14;41;15	1977,98	279,23	957,56	49,71	11,70
2022. 10. 13.	14;41;34	2561,28	176,89	899,08	134,50	26,31
2022. 10. 13.	14;41;53	1919,50	530,68	605,23	138,88	40,93
2022. 10. 13.	14;42;11	1954,59	425,42	1013,11	333,32	36,55
2022. 10. 13.	14;42;30	1884,41	36,55	1241,17	576,00	29,24
2022. 10. 13.	14;42;48	1593,49	957,56	425,42	80,41	30,70
2022. 10. 13.	14;43;06	1650,51	248,53	609,62	43,86	27,78
2022. 10. 13.	14;43;23	2106,63	435,65	1017,50	340,63	45,32
2022. 10. 13.	14;43;41	1514,55	290,92	783,59	87,72	52,63
2022. 10. 13.	14;43;58	2064,23	194,44	586,23	103,80	32,16
2022. 10. 13.	14;44;18	2274,75	194,44	804,06	309,93	20,47
2022. 10. 13.	14;44;36	2217,73	421,03	597,93	93,56	27,78
2022. 10. 13.	14;44;54	1508,70	473,66	844,99	80,41	38,01
2022. 10. 13.	14;45;12	2286,44	707,57	941,48	149,12	19,00
2022. 10. 13.	14;45;30	2226,50	948,79	818,68	160,81	48,24
2022. 10. 13.	14;45;48	1790,85	469,28	752,89	267,53	35,09
2022. 10. 13.	14;46;07	2556,90	482,43	340,63	43,86	35,09
Átlag:		1973,52	423,67	777,45	171,27	31,29

Határérték:

R1 [mA]: 1300
R2 [mA]: 2450
R3 [mA]: 1625
R4 [mA]: 1300



11.2. Melléklet: Ütközés irányának meghatározása a motoráramok alapján

Ütközés iránya: "y" tengely pozitív irány

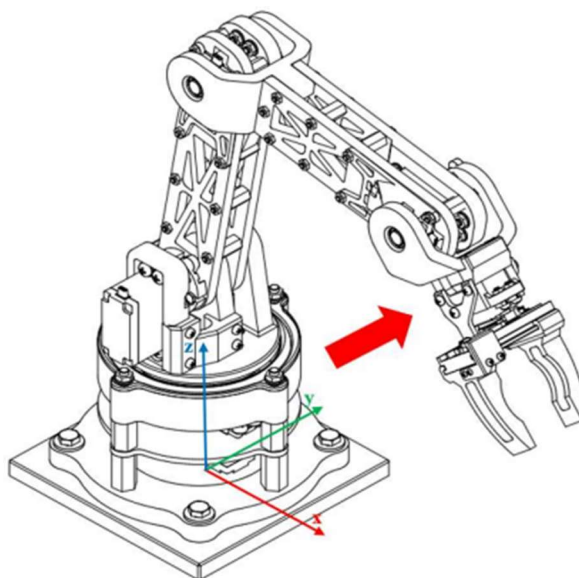
Ütközési pont helye: x = 265 mm y = -130 mm z = 260 mm

Mérési értékek:

Dátum	Idő	R1[mA]	R2[mA]	R3[mA]	R4[mA]	M[mA]
2022. 10. 13.	15;15;33	2068,62	135,96	1002,88	51,17	29,24
2022. 10. 13.	15;15;59	2580,29	574,53	934,17	279,23	32,16
2022. 10. 13.	15;16;25	1958,97	285,07	967,79	375,71	11,70
2022. 10. 13.	15;16;44	1426,83	201,74	657,86	233,91	40,93
2022. 10. 13.	15;17;04	2270,36	238,29	556,99	226,60	38,01
2022. 10. 13.	15;17;14	2279,13	518,98	937,09	39,47	21,93
2022. 10. 13.	15;17;24	2254,28	456,12	820,14	396,18	24,85
2022. 10. 13.	15;17;34	1536,48	412,26	894,69	68,71	32,16
2022. 10. 13.	15;17;45	1337,66	236,83	726,57	266,07	20,47
2022. 10. 13.	15;17;54	1510,16	445,89	878,61	38,01	46,78
2022. 10. 13.	15;18;04	1497,01	426,88	953,17	217,83	19,00
2022. 10. 13.	15;18;15	1989,67	309,93	811,37	514,60	49,71
2022. 10. 13.	15;18;24	1804,01	62,86	631,55	211,98	35,09
2022. 10. 13.	15;18;34	1400,52	378,64	878,61	26,31	39,47
2022. 10. 13.	15;18;45	1780,62	423,96	1010,19	78,94	16,08
2022. 10. 13.	15;18;48	1960,43	239,75	362,56	49,71	36,55
2022. 10. 13.	15;19;15	2007,22	49,71	1169,54	666,64	42,40
2022. 10. 13.	15;19;33	2206,04	748,50	1342,04	328,93	32,16
2022. 10. 13.	15;19;43	2062,77	236,83	573,07	62,86	35,09
2022. 10. 13.	15;19;55	2233,81	372,79	1016,03	125,73	36,55
Átlag:		1908,24	337,78	856,25	212,93	32,02

Határérték:

R1 [mA]: 1300
R2 [mA]: 2450
R3 [mA]: 1625
R4 [mA]: 1300



11.3. Melléklet: Ütközés irányának meghatározása a motoráramok alapján

Ütközés iránya: "x" tengely negatív irány

Ütközési pont helye: x = 320 mm y = 0 mm z = 260 mm

Mérési értékek:

Dátum	Idő	R1[mA]	R2[mA]	R3[mA]	R4[mA]	M[mA]
2022. 10. 13.	16;59;59	17,54	2565,67	1537,94	321,62	30,70
2022. 10. 13.	17;00;44	21,93	2154,87	1476,54	1315,73	29,24
2022. 10. 13.	17;01;05	21,93	2836,12	1391,75	1055,51	33,62
2022. 10. 13.	17;01;19	23,39	2556,90	1317,19	1308,42	43,86
2022. 10. 13.	17;01;33	23,39	2201,65	1346,43	1554,02	23,39
2022. 10. 13.	17;02;07	61,40	2916,53	1115,44	929,78	17,54
2022. 10. 13.	17;02;20	43,86	2878,52	1363,97	1454,61	20,47
2022. 10. 13.	17;02;37	35,09	2843,43	1352,28	1211,93	30,70
2022. 10. 13.	17;03;09	39,47	3169,44	1217,78	1415,14	24,85
2022. 10. 13.	17;03;29	23,39	2694,32	1276,26	934,17	30,70
2022. 10. 13.	17;03;46	32,16	2681,16	1618,35	709,03	39,47
2022. 10. 13.	17;04;00	89,18	2758,64	1333,27	969,25	29,24
2022. 10. 13.	17;04;16	58,48	3030,56	1554,02	615,47	20,47
2022. 10. 13.	17;04;30	30,70	2720,63	1226,55	777,74	23,39
2022. 10. 13.	17;04;47	43,86	3233,77	1144,68	1420,99	33,62
2022. 10. 13.	17;05;02	23,39	2618,30	1378,59	1108,14	30,70
2022. 10. 13.	17;05;16	35,09	2817,12	1213,39	1323,04	29,24
2022. 10. 13.	17;05;30	24,85	1824,48	1198,77	1334,73	24,85
2022. 10. 13.	17;05;46	30,70	2514,50	1397,60	1406,37	40,93
2022. 10. 13.	17;06;00	39,47	2594,91	1447,30	951,71	40,93
Átlag:		35,96	2680,58	1345,41	1105,87	29,90

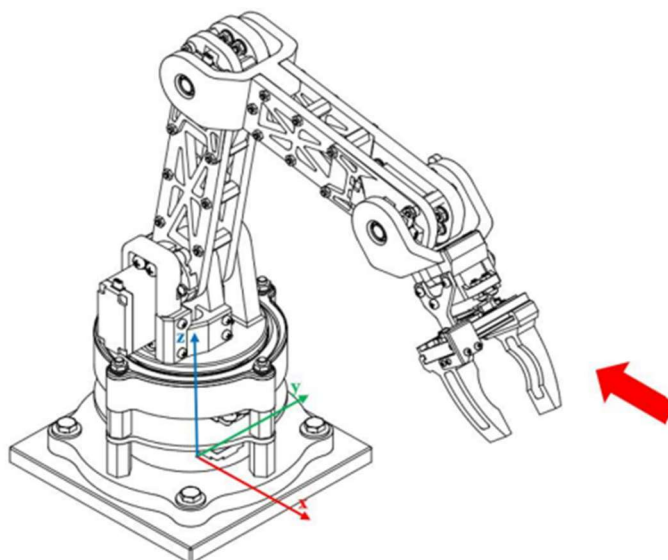
Határérték:

R1 [mA]: 1300

R2 [mA]: 2450

R3 [mA]: 1625

R4 [mA]: 1300



11.4. Melléklet: Ütközés irányának meghatározása a motoráramok alapján

Ütközés iránya: "x" tengely pozitív irány

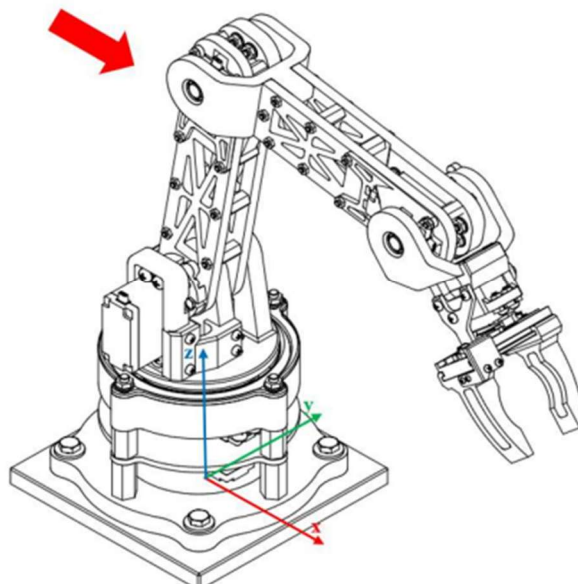
Ütközési pont helye: x = -110 mm y = 0 mm z = 250 mm

Mérési értékek:

Dátum	Idő	R1[mA]	R2[mA]	R3[mA]	R4[mA]	M[mA]
2022. 10. 13.	17;24;19	17,54	3135,82	40,93	68,71	40,93
2022. 10. 13.	17;24;37	247,06	2632,92	43,86	260,22	27,78
2022. 10. 13.	17;24;54	30,70	2586,14	19,00	112,57	26,31
2022. 10. 13.	17;25;07	19,00	2597,83	8,77	39,47	40,93
2022. 10. 13.	17;25;19	8,77	2856,59	16,08	290,92	24,85
2022. 10. 13.	17;25;36	36,55	2806,89	29,24	42,40	32,16
2022. 10. 13.	17;25;58	30,70	2716,25	20,47	209,05	29,24
2022. 10. 13.	17;26;08	26,31	2479,42	38,01	35,09	24,85
2022. 10. 13.	17;26;18	32,16	2827,35	42,40	16,08	21,93
2022. 10. 13.	17;26;28	23,39	2758,64	49,71	42,40	8,77
2022. 10. 13.	17;26;40	33,62	2975,01	35,09	277,76	21,93
2022. 10. 13.	17;26;53	40,93	2567,13	45,32	143,27	33,62
2022. 10. 13.	17;27;06	57,01	2907,76	105,26	24,85	21,93
2022. 10. 13.	17;27;20	14,62	2583,21	52,63	135,96	23,39
2022. 10. 13.	17;27;35	33,62	2495,50	68,71	86,25	43,86
2022. 10. 13.	17;27;47	26,31	2967,70	45,32	419,57	30,70
2022. 10. 13.	17;27;57	21,93	2808,35	30,70	33,62	24,85
2022. 10. 13.	17;28;10	33,62	2830,28	33,62	130,11	5,85
2022. 10. 13.	17;28;20	36,55	2980,85	46,78	226,60	17,54
2022. 10. 13.	17;28;30	20,47	2963,31	24,85	171,04	14,62
Átlag:		39,54	2773,85	39,84	138,30	25,80

Határérték:

R1 [mA]: 1300
R2 [mA]: 2450
R3 [mA]: 1625
R4 [mA]: 1300



11.5. Melléklet: Ütközés irányának meghatározása a motoráramok alapján

Ütközés iránya: "z" tengely negatív irány

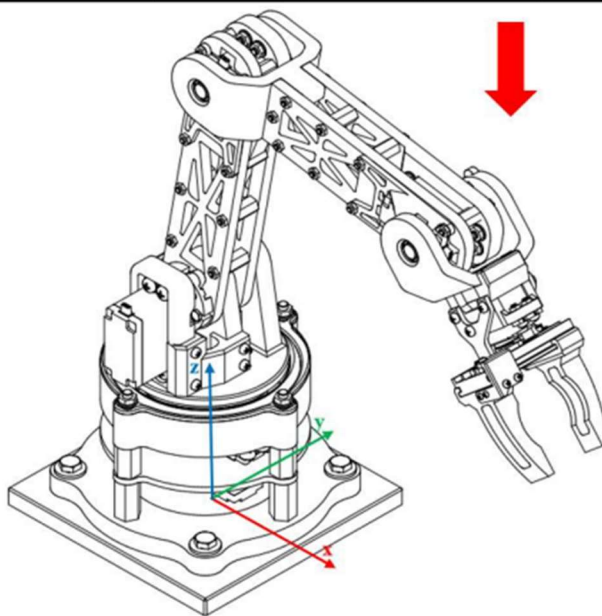
Ütközési pont helye: x = 150 mm y = 0 mm z = 400 mm

Mérési értékek:

Dátum	Idő	R1[mA]	R2[mA]	R3[mA]	R4[mA]	M[mA]
2022. 10. 13.	19;49;11	29,24	391,79	1700,21	114,03	26,31
2022. 10. 13.	19;49;28	13,16	486,82	1627,12	321,62	21,93
2022. 10. 13.	19;49;43	36,55	13,16	1682,67	374,25	20,47
2022. 10. 13.	19;49;59	39,47	369,87	1641,74	51,17	19,00
2022. 10. 13.	19;50;13	16,08	43,86	1749,92	470,74	30,70
2022. 10. 13.	19;50;27	30,70	248,53	1660,74	505,82	27,78
2022. 10. 13.	19;50;43	46,78	49,71	1839,10	622,78	19,00
2022. 10. 13.	19;50;58	21,93	358,17	1638,81	350,86	45,32
2022. 10. 13.	19;51;13	24,85	719,26	1638,81	450,27	11,70
2022. 10. 13.	19;51;29	19,00	624,24	1653,43	415,19	20,47
2022. 10. 13.	19;51;42	27,78	432,73	1625,65	453,20	20,47
2022. 10. 13.	19;51;56	26,31	530,68	1672,44	330,39	39,47
2022. 10. 13.	19;52;12	35,09	268,99	1837,63	268,99	42,40
2022. 10. 13.	19;52;25	11,70	855,22	1828,86	764,58	21,93
2022. 10. 13.	19;52;38	27,78	26,31	1801,09	932,70	27,78
2022. 10. 13.	19;52;55	36,55	97,95	1657,82	381,56	27,78
2022. 10. 13.	19;53;19	54,09	260,22	1647,58	282,15	32,16
2022. 10. 13.	19;53;34	40,93	552,61	1635,89	213,44	24,85
2022. 10. 13.	19;53;50	29,24	865,46	1729,45	665,17	35,09
2022. 10. 13.	19;54;06	5,85	945,86	1738,22	513,13	38,01
Átlag:		28,65	407,07	1700,36	424,10	27,63

Határérték:

R1 [mA]: 1300
R2 [mA]: 2450
R3 [mA]: 1625
R4 [mA]: 1300



11.6. Melléklet: Ütközés irányának meghatározása a motoráramok alapján

Ütközés iránya: "z" tengely pozitív irány irány

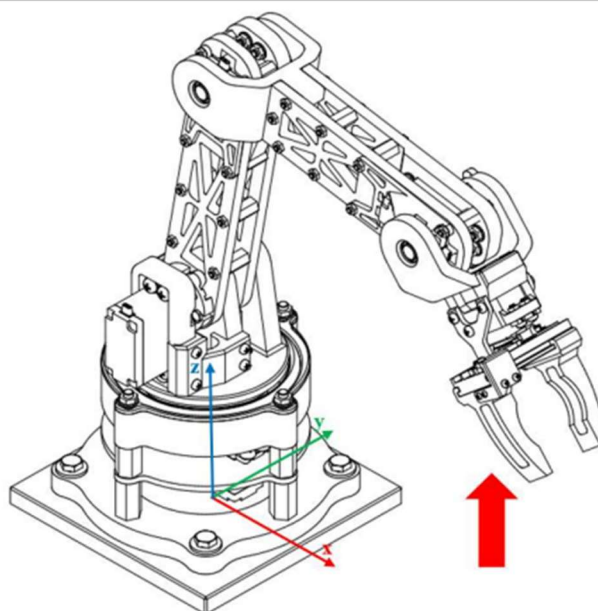
Ütközési pont helye: $x = 125 \text{ mm}$ $y = 0 \text{ mm}$ $z = 415 \text{ mm}$

Mérési értékek:

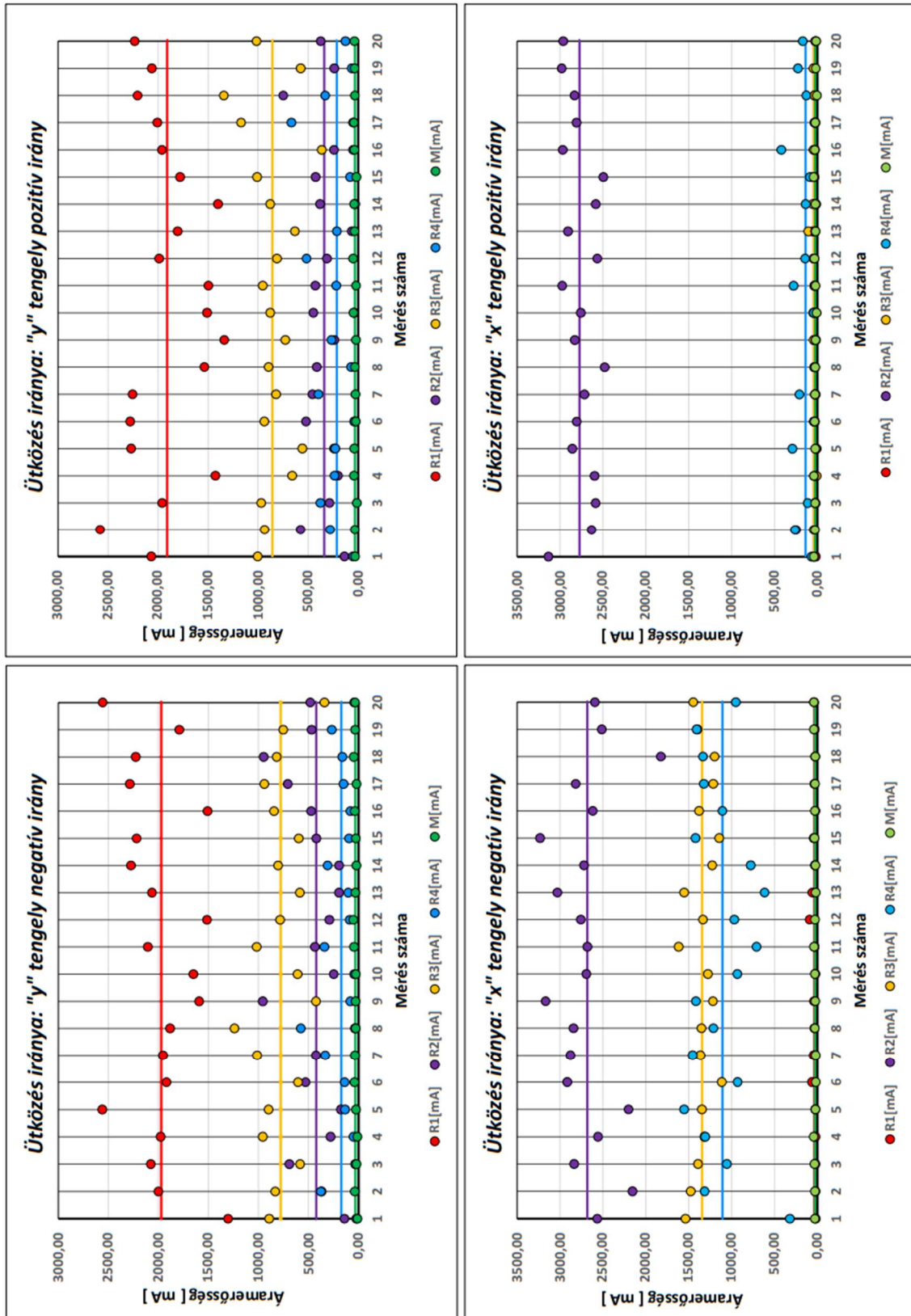
Dátum	Idő	R1[mA]	R2[mA]	R3[mA]	R4[mA]	M[mA]
2022. 10. 13.	20;00;00	11,70	694,41	1651,97	154,96	33,62
2022. 10. 13.	20;00;51	23,39	502,90	1669,51	33,62	24,85
2022. 10. 13.	20;01;14	311,39	1235,32	1758,69	233,91	29,24
2022. 10. 13.	20;01;34	36,55	956,10	1763,08	261,68	19,00
2022. 10. 13.	20;01;55	17,54	1112,52	1635,89	258,76	42,40
2022. 10. 13.	20;02;13	38,01	595,00	1692,90	149,12	33,62
2022. 10. 13.	20;02;32	17,54	181,28	1985,29	38,01	38,01
2022. 10. 13.	20;02;51	26,31	789,44	1785,00	90,64	21,93
2022. 10. 13.	20;03;12	16,08	68,71	1725,07	217,83	36,55
2022. 10. 13.	20;03;31	26,31	350,86	1653,43	207,59	17,54
2022. 10. 13.	20;03;51	32,16	510,21	1646,12	232,45	43,86
2022. 10. 13.	20;04;10	24,85	1056,97	1749,92	203,21	21,93
2022. 10. 13.	20;04;29	65,79	217,83	1768,92	372,79	21,93
2022. 10. 13.	20;04;50	23,39	918,09	1861,02	267,53	32,16
2022. 10. 13.	20;05;20	48,24	707,57	1672,44	416,65	20,47
2022. 10. 13.	20;05;39	222,21	574,53	1647,58	467,81	13,16
2022. 10. 13.	20;05;58	30,70	561,38	1681,21	172,51	14,62
2022. 10. 13.	20;06;19	16,08	945,86	1916,58	361,09	23,39
2022. 10. 13.	20;06;39	19,00	345,01	1670,97	267,53	19,00
2022. 10. 13.	20;06;57	138,88	1077,43	1647,58	239,75	17,54
Átlag:		57,31	670,07	1729,16	232,37	26,24

Határérték:

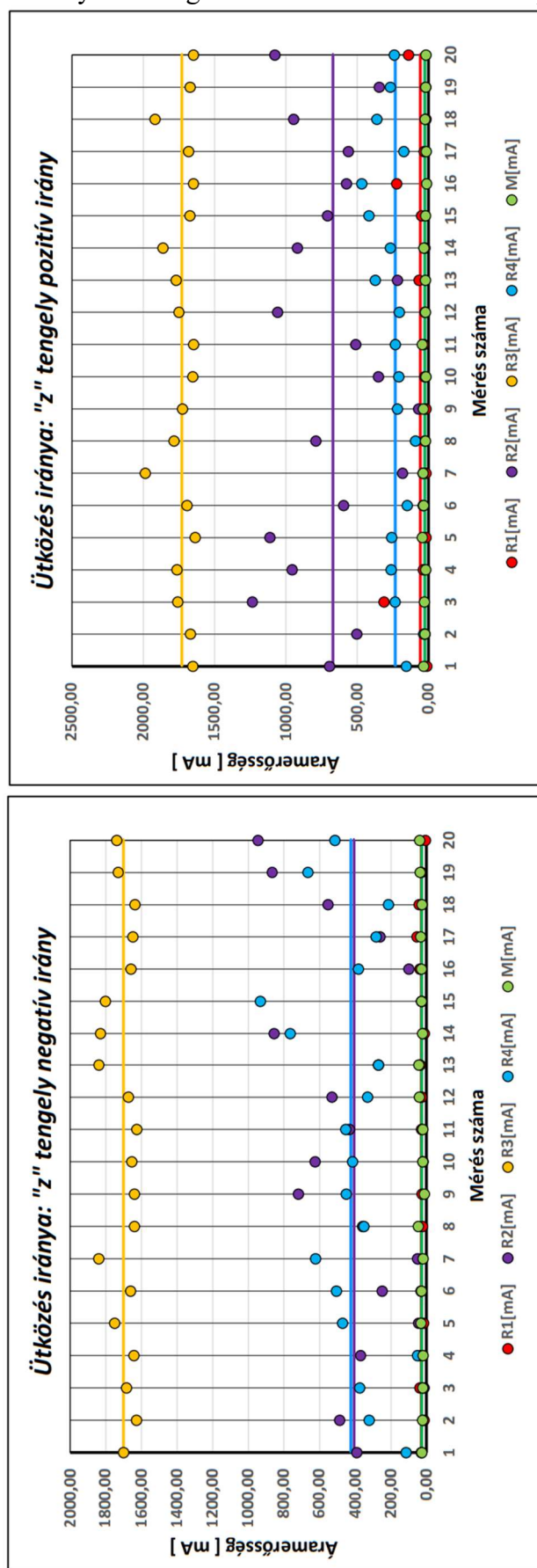
R1 [mA]: 1300
R2 [mA]: 2450
R3 [mA]: 1625
R4 [mA]: 1300



11.7. Melléklet: Ütközés irányának meghatározása a motoráramok alapján



11.8. Melléklet: Ütközés irányának meghatározása a motoráramok alapján



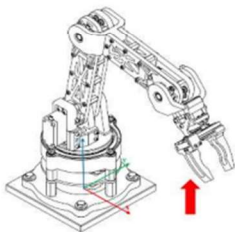
12.1 Melléklet: Ütközéskor kifejtett erő mérése

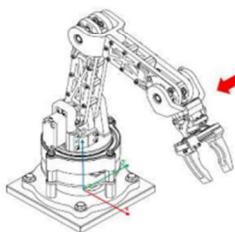
Ütközéskor kifejtett erő mérése**Mérési értékek:**

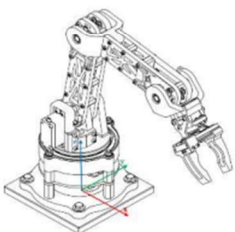
Ütközés iránya: "z" tengely negatív irány	Sorszám	Erő [N]
	1.	5,41
	2.	5,36
	3.	5,13
	4.	4,74
	5.	5,47
	6.	5,23
	7.	5,26
	8.	5,34
	9.	5,36
	10.	5,52
	11.	5,30
	12.	5,37
	13.	5,28
	14.	5,24
	15.	5,44
	16.	5,27
	17.	5,28
	18.	5,21
	19.	5,19
	20.	5,22

Ütközés iránya: "y" tengely negatív irány	Sorszám	Erő [N]
	1.	3,97
	2.	4,13
	3.	4,15
	4.	4,00
	5.	4,03
	6.	4,27
	7.	3,99
	8.	4,00
	9.	4,01
	10.	4,00
	11.	3,91
	12.	4,08
	13.	3,90
	14.	3,74
	15.	3,79
	16.	4,01
	17.	3,98
	18.	3,72
	19.	3,89
	20.	3,94

Ütközés iránya: "x" tengely negatív irány	Sorszám	Erő [N]
	1.	18,21
	2.	18,77
	3.	18,51
	4.	17,12
	5.	17,97
	6.	16,26
	7.	15,23
	8.	15,47
	9.	18,62
	10.	16,78
	11.	18,36
	12.	17,95
	13.	15,97
	14.	17,50
	15.	16,44
	16.	16,39
	17.	18,22
	18.	17,07
	19.	17,26
	20.	18,24

Átlag:	5,28
	

Átlag	3,98
	

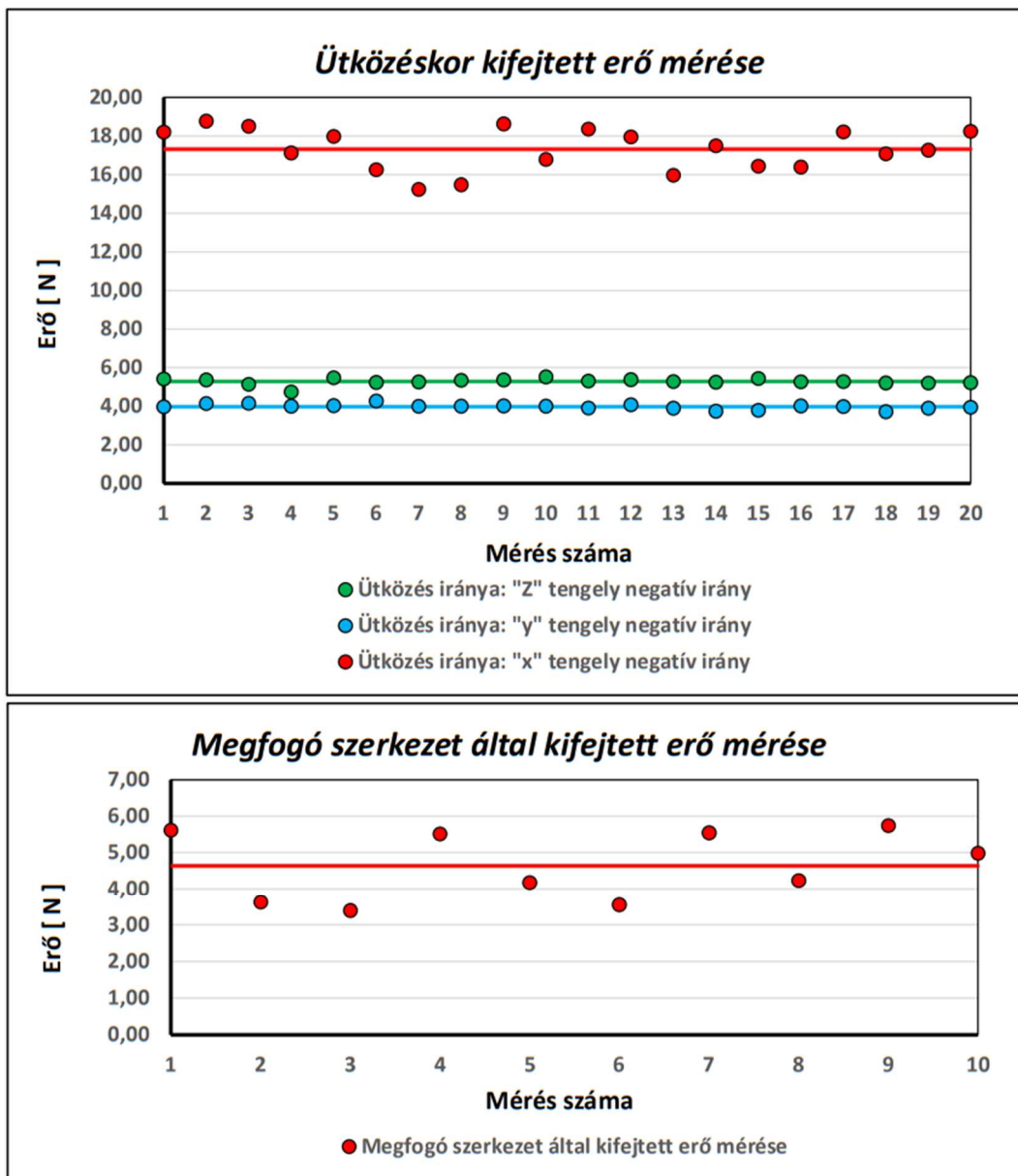
Átlag	17,32
	

Megfogó szerkezet által kifejtett erő mérése**Mérési értékek:**

Sorszám	Erő [N]
1.	5,61
2.	3,62
3.	3,39
4.	5,51
5.	4,17
6.	3,55

Sorszám	Erő [N]
7.	5,54
8.	4,23
9.	5,74
10.	4,98
Átlag:	4,63

12.2 Melléklet: Ütközéskor kifejtett erő mérése



13. Melléklet: Reakcióidő mérése

Reakcióidő mérése*Mérési értékek:*

1. Pálya	
Sorszám	Idő [s]
1.	1,80
2.	0,87
3.	0,79
4.	0,97
5.	1,10
6.	1,12
7.	1,00
8.	0,94
9.	0,83
10.	0,85
11.	0,81
12.	0,91
13.	0,97
14.	1,04
15.	1,10
16.	0,84
17.	0,89
18.	0,98
19.	0,89
20.	0,79

Átlag:	0,97
Min	0,79
Max	1,12

2. Pálya	
Sorszám	Idő [s]
1.	1,19
2.	2,03
3.	0,95
4.	1,25
5.	1,89
6.	0,97
7.	1,25
8.	1,30
9.	1,14
10.	1,05
11.	1,08
12.	1,24
13.	1,14
14.	2,04
15.	1,17
16.	0,87
17.	1,42
18.	1,12
19.	1,13
20.	1,28

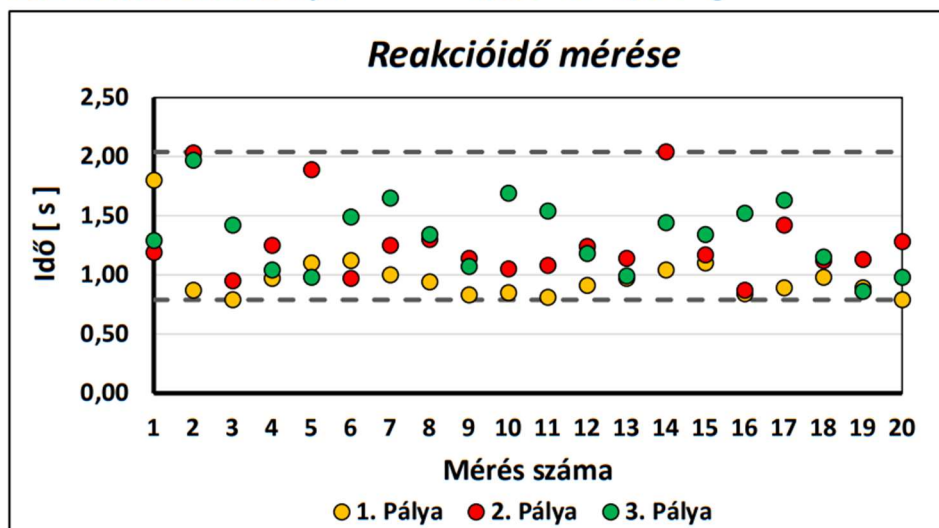
Átlag:	1,28
Min	0,87
Max	2,04

3. Pálya	
Sorszám	Idő [s]
1.	1,29
2.	1,97
3.	1,42
4.	1,04
5.	0,98
6.	1,49
7.	1,65
8.	1,34
9.	1,07
10.	1,69
11.	1,54
12.	1,18
13.	0,99
14.	1,44
15.	1,34
16.	1,52
17.	1,63
18.	1,15
19.	0,86
20.	0,98

Átlag:	1,33
Min	0,86
Max	1,97

Reakció idő értéktartománya:

0,79 s -tól 2,04 s -ig



14. Melléklet: PLA adatlap



PLA - 3D nyomtató szál



Műszaki adatlap

A PLA (PoliLactic Acid, magyarul politejsav) egy tejsav alapú, biológiailag lebomló műanyag. Elsősorban magas keménységtartalmú gabonafélékből (kukorica, rizs, búza, de cukornádból is) lehet előállítani, tejsavas erjesztéssel és polikondenzációval, vagy pedig a dilaktid polimerizációjával (gyűrűfelnyitós eljárással). [Wikipédia]

Nyomtatási ajánlások:

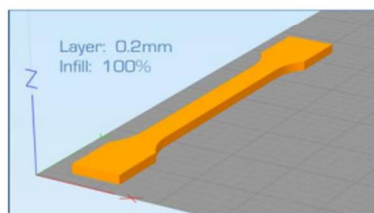
Biztosítani kell, hogy a szálak szárazak legyenek a nyomtatás előtt. A nedves levegőn tartott filament a nyomtatás során esztétikai problémákhoz vezethet. Nyomtatófej hőmérséklete 210 ± 15 °C közötti tartományban javasolt.

A nagyobb stabilitás és jobb felületi minőségű nyomatok készítése érdekében használjon 30-60 mm/sec-os extruder sebességét;

Nagyobb merevségű modellek készítéséhez növelje a kitöltési (infill) arányt 30% -ra;

Részletgazdagabb, vagy az alámetszett felületek jobb minősége érdekében csökkentse a réteg (layer) magasságát 0,10-0,15 mm-re.

45°-nál kisebb szögű alámetszések esetén ajánlatos a támaszokat (support) bekapcsolni.



Műszaki tulajdonságok	Szabvány	Érték	Mértékegység
Sűrűség	ISO 1183	1.25	g/cm ³
Mechanikai tulajdonság	Szabvány	Érték	Mértékegység
Szakítószilárdság	ISO 527	64	MPa
Húzó modulus	ISO 527	1800	MPa
Szakadási nyúlás	ISO 527	5,5	%
Hajlító szilárdság	ISO 178	74	MPa
Ütőszilárdság	ISO 179	5,4	KJ/m ²
Hő, termál tulajdonság	Szabvány	Érték	Mértékegység
Üvegesedési hőfok (Tg)	DSC	53	°C
Hőállóság (HDT) @ 0.45MPa	ISO 75	54	°C
Elektromos tulajdonság	Szabvány	Érték	Mértékegység
Felületi ellenállás	IEC 60093	> 10 ⁶ – 10 ⁹ <	Ohm/cm ²

Ajánlott nyomtatási beállítások	Ajánlott tartomány
Extruder hőmérséklet	210 ± 15 °C
Asztal hőmérséklet	60 ± 10 °C
Nyomtatási sebesség	60 ± 10 mm/sec

Ajánlott nyomtatási beállítások	Ajánlott tartomány
Tapadás elősegítő	nem szükséges
Utó hőkezelés (igény esetén a hőállóság növelése érdekében)	Ez a típus nem utóhőkezelhető!

Összehasonlító adatok Hőálló PLA - Hagyományos PLA - ABS (Mérési eredmények az ISO és ASTM előírásoknak megfelelően).						
Tulajdonságok	Hőálló PLA		Hagyományos PLA		ABS	
Hőállóság (HDT)	176°F	80°C	130°F	55°C	85°C	185°F
Szakító szilárdság	4,6 kpsi; 32 MPa		9,2 kpsi; 64 MPa		4,35 kpsi; 30 MPa	
Hajlítási szilárdság	7,1 kpsi; 49 MPa		14,5 kpsi; 100 MPa		10,1 kpsi; 70 MPa	
Ütő szilárdság	bemetszett	25 kJ/m ²	5 kJ/m ²		36 kJ/m ²	
Folyóképesség	210°C/2,16kg	12 g/10min	8 g/10min		10 g/10min (260°C/2,16 kg)	

Friend Plastic Kft.
7300 Komló
Anna Akna 1/k
Adószám: 25842032-2-02



web: www.filanora.eu
e-mail: hello@filanora.eu
tel: +36-30/318-9355

Forrás:

https://www.filanora.eu/custom/filament/image/data/srattached/2ae991a114c7bd793bc8d41fa49207d_PLA%20m%C5%B1szaki%20adatlap.pdf (letöltés dátuma: 2022.08.18)