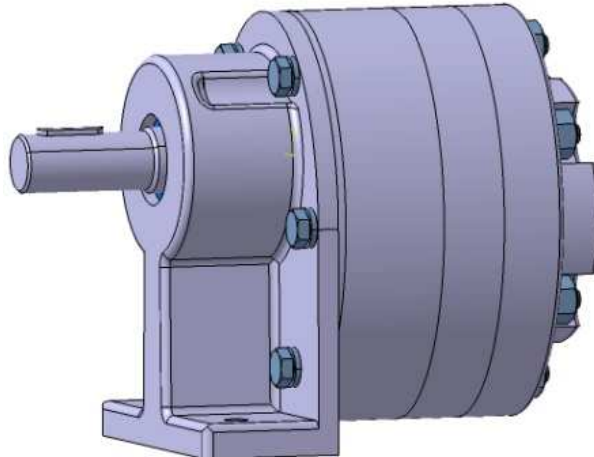


CAD-CAM-CAE Példatár

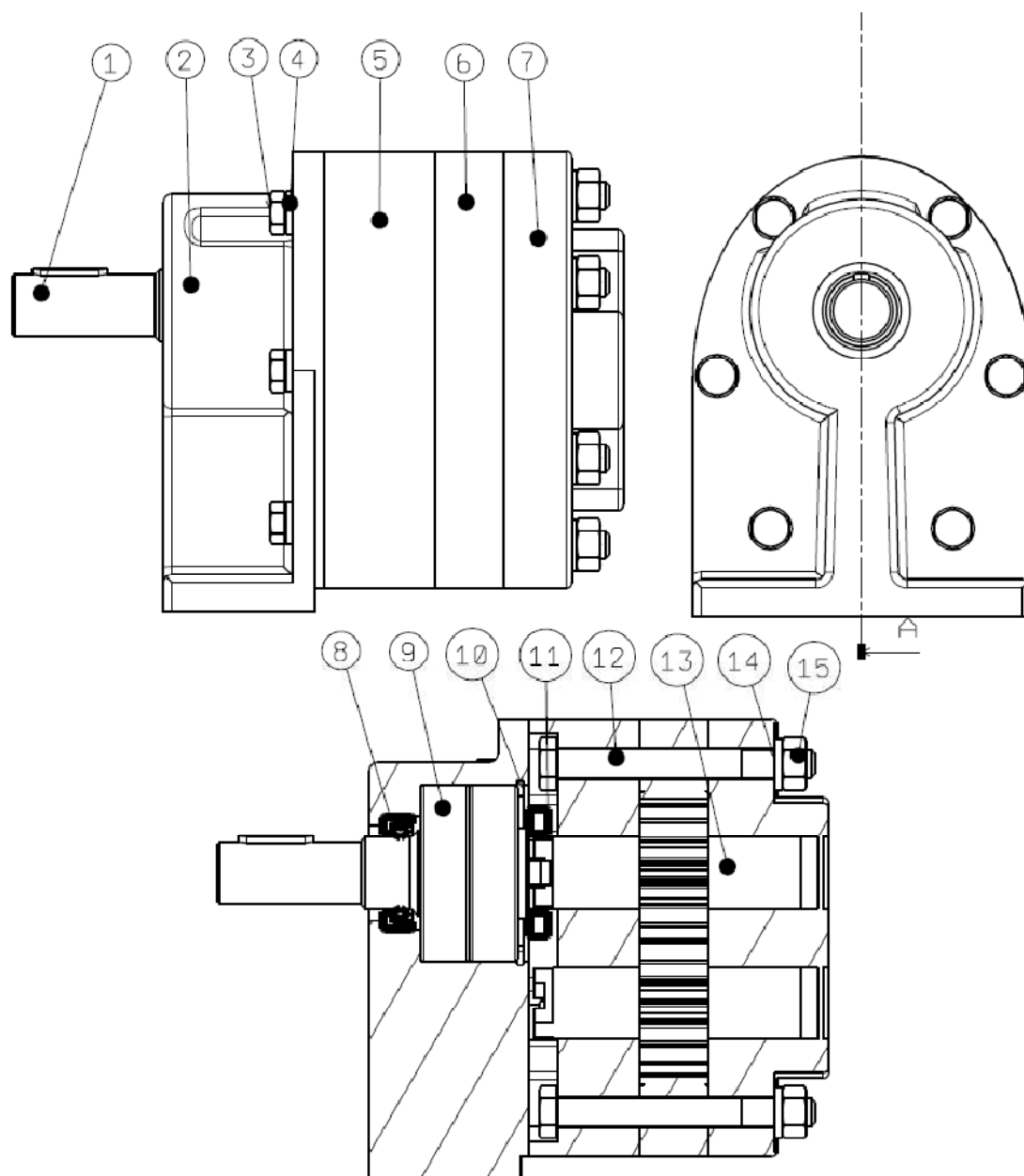
A példa megnevezése:	Szerelési folyamat tervezése
A példa száma:	ÓE-B10
A példa szintje:	alap – <u>közepes</u> – haladó
CAX rendszer:	-
Kapcsolódó TÁMOP tananyag:	CAD, CAM
A feladat rövid leírása:	Fogaskerék szivattyú szerelési folyamatának tervezése és dokumentálása.

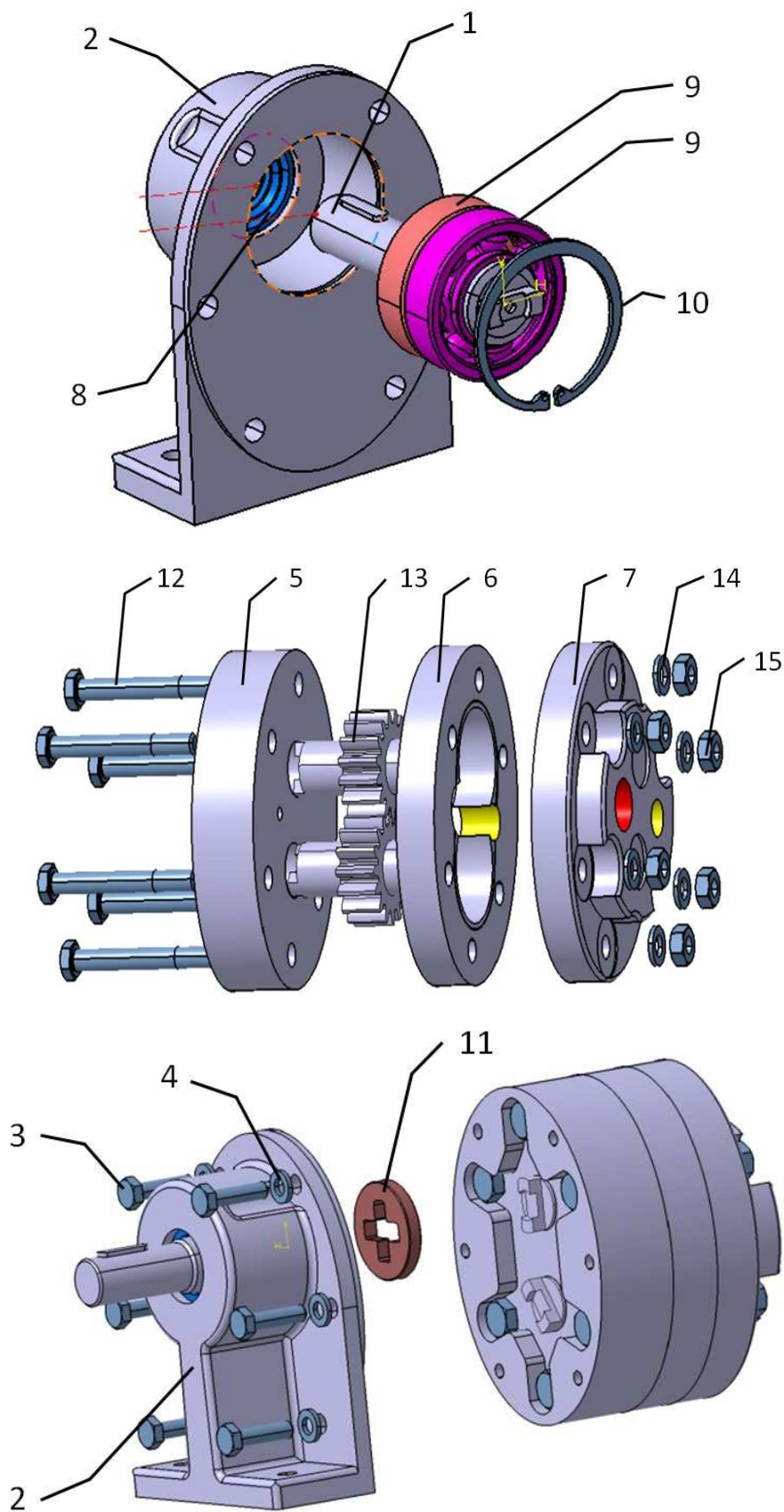
1 A feladat megfogalmazása

Készítse el a rajzon látható fogaskerék szivattyú szerelési családfáját, szerelési művelettervét, szerelési utasításait és MTM módszer segítségével becslje meg a szerelés idejét.



15	6	M10 anya	DIN555	
14	6	alátét	DIN125-1A	
13	2	fogaskerék		16MnCr5
12	6	M10×90 csavar	DIN931	8.8
11	1	kereszt		S235
10	1	seeger-gyűrű	DIN 472	
9	2	csapágy	SKF 6305	
8	1	simmering	SKF563852	
7	1	ház hátsó rész		AlSi10Mg
6	1	ház középső rész		AlSi10Mg
5	1	ház első rész		AlSi10Mg
4	6	alátét	DIN125-1A	
3	6	M8×35 csavar	DIN933	8.8
2	1	első fedél		AlSi10Mg
1	1	tengely		16MnCr5
tételszám	darab	megnevezés	hivatkozás	anyag



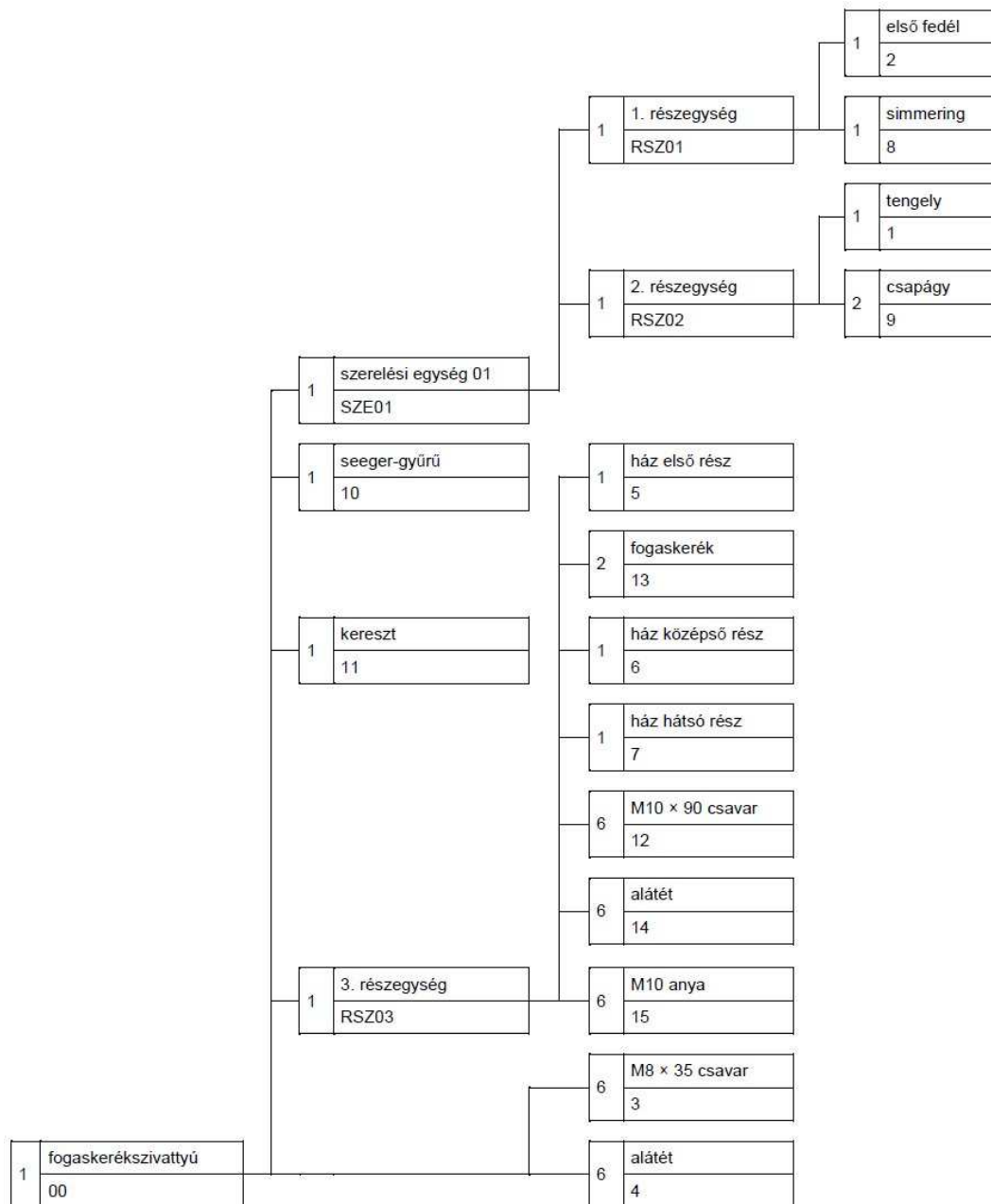


2 A megoldás lépései:

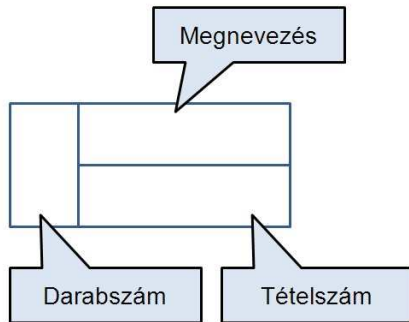
2.1 Szerelési családfa

A szerelési családfa a szerelés technológiai tervezéséhez nyújt segítséget. A családfa mutatja meg, hogy a gyártmány milyen szerkezeti egységekből áll, és ábrázolja ezek egymáshoz való viszonyát illetve a szerelés sorrendjét. A szerelési családfa elkészítése a gyártmány szerelési egységekre, szerelvényekre, részszerelvényekre, alszerelvényekre és alkatrészekre bontásán alakul.

A szerelési egység, a szerelés tárgya, az összetevők olyan végleges elrendezési állapota, melyet külön beavatkozás nélkül megőriz. A részszerelvénnyel önálló funkcióval rendelkező további szerelésre kerülő szerelvény. Az alszerelvénnyel a szerelés közbeni állapotát önálló funkcióval nem rendelkezik.

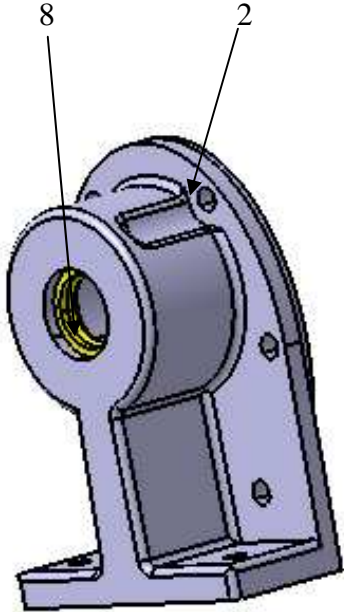


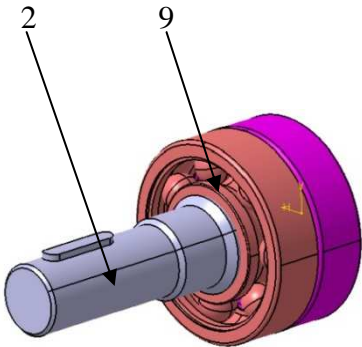
Az egyes rajzi egységek egy-egy alkatrészt reprezentálnak, az ábra megmutatja a szerelés sorrendjét, időben felülről lefelé értelmezendő. Egy alkatrészt jelentő doboz a következő adatokat tartalmazza:

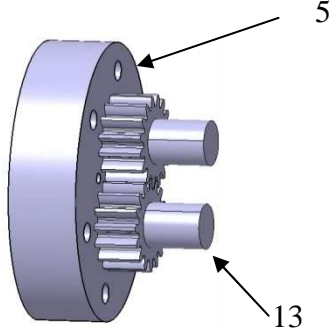
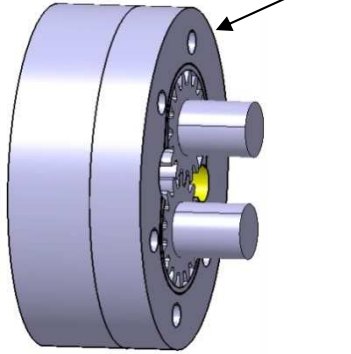


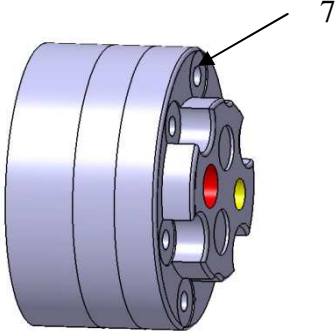
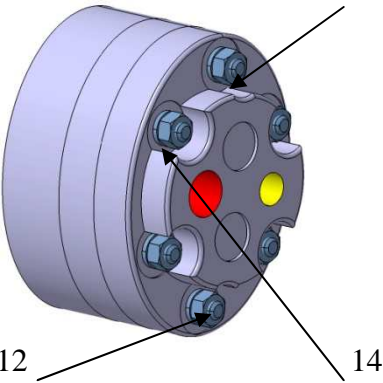
2.2 Szerelési műveletterv

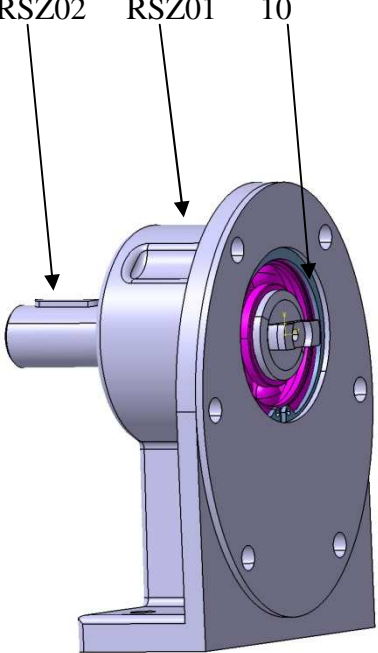
A szerelési családfa alapján készíthető el a szerelési műveletterv. A műveletterv megadja az egyes műveletek egymás utáni sorrendjét. A művelettervben felsorolt utasítások során elkészülnek a részegységek, szerelési egység és a kész gyártmány. A szerelési műveletterven fel kell tüntetni, hogy melyik gyártmányról van szó, ennek a gyártmánynak melyik szerelési egységét mutatja be és annak megnevezését. Szövegesen le van írva – vázlatrajzzal illusztrálva - milyen műveletelemeket kell végrehajtani. Tartalmazza a végrehajtáshoz szükséges szerszámok, segédanyagok és készülékek listáját. Megnevezi a szerelés tárgyát képező alkatrészeket és darabszámát. A megjegyzés oszlopban fel lehet sorolni a különleges igényeket (pl. a csavar meghúzási nyomatékát).

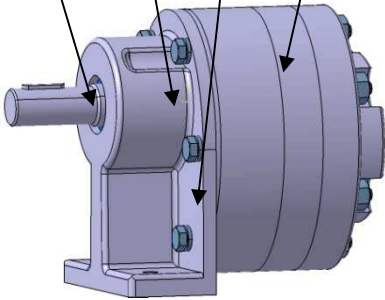
Szerelési műveletterv					
Gyártmány: Fogaskerék szivattyú		Megnevezés: Összeszerelés		Szerelési egység: 1 részszerelvény	
Egység sorszáma: RSZ01		Szerelési művelet: első fedél előszerelése		Lapszám: MT01-01	
Szerelési egység		Készülék, szerszám, segédanyag	alkatrész, egység jele	Db	Megj.
Száma	Vázlata és megnevezése				
1/1	8 tételszámú simmeringet az első fedélbe beszerelni 	szerelőhüvely gumi-kalapács	Első fedél (2) simmering (8)	1 1	
Kidolgozta: <i>Hídeg Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010-11-24	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

Szerelési műveletterv					
Gyártmány: Fogaskerék szivattyú		Megnevezés: Összeszerelés		Szerelési egység: 2 részszerelvény	
Egység sorszáma: RSZ02		Szerelési művelet: meghajtó tengelyre a csapágyak felszerelése		Lapszám: MT02-01	
Szerelési egység		Készülék, szerszám, segédanyag	alkatrész, egység jele	Db	Megj.
Száma	Vázlata és megnevezése				
2/1	Meghajtó tengelyre a csapágyak rászzerelése 	szerelőhüvely gumi-kalapács	tengely (2) csapágy (9)	1 2	
Kidolgozta: <i>Hűdeg Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010-11-24	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

Szerelési műveletterv					
Gyártmány: Fogaskerék szivattyú		Megnevezés: Összeszerelés		Szerelési egység: 3 részszerelvény	
Egység sorszáma: RSZ03		Szerelési művelet: ház összeszerelése		Lapszám: MT03-01	
Szerelési egység		Készülék, szerszám, segédanyag	alkatrész, egység jele	Db	Megj.
Száma	Vázlata és megnevezése				
3/1	Fogaskerek behelyezése a ház első felébe 		fogaskerék (13) Hát első fele (5)	2 1	
3/22	ház középső részét (6) a fogaskerekre illeszt 		ház középső része (6)	1	
Kidolgozta: <i>Hídegy Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010-11-24	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

Szerelési műveletterv					
Gyártmány: Fogaskerék szivattyú		Megnevezés: Összeszerelés		Szerelési egység: 3 részszerelvény	
Egység sorszáma: RSZ03		Szerelési művelet: ház összeszerelése		Lapszám: MT03-02	
Szerelési egység		Készülék, szerszám, segédanyag	alkatrész, egység jele	Db	Megj.
Száma	Vázlata és megnevezése				
3/3.	ház hátsó részét (7) a fogaskerekre illeszt 		ház hátsó része (7)	1	
3/4	M10-es csavarokkal összecsavaroz 	17-es racsnis kulcs	M10 anya (15) M10 csavar (12) alátét (14)	6 6 6	
Kidolgozta: <i>Hídegy Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010-11-24	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

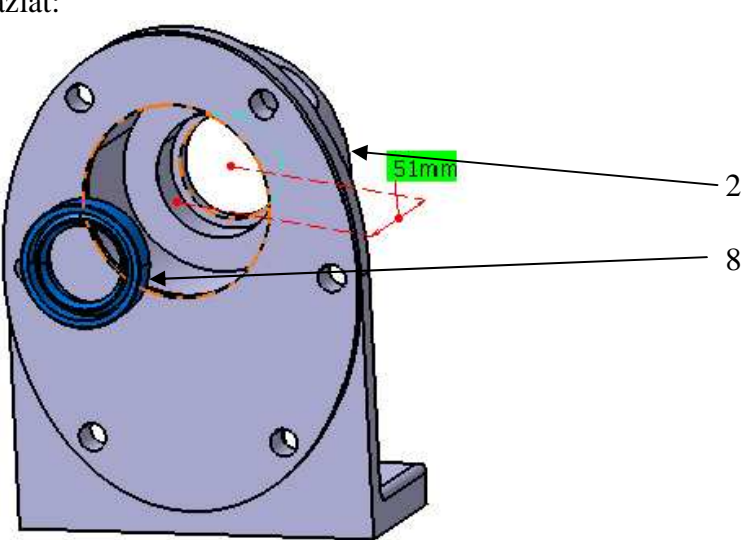
Szerelési műveletterv					
Gyártmány: Fogaskerék szivattyú		Megnevezés: Összeszerelés		Szerelési egység: szerelési egység01	
Egység sorszáma: SZE01		Szerelési művelet: szerelt tengely a szerelt első házba illesztése		Lapszám: MT04-01	
Szerelési egység		Készülék, szerszám, segédanyag	alkatrész, egység jele	Db	Megj.
Száma	Vázlata és megnevezése				
4/1	<p>RSZ02 sorszámú csapággal felszerelt tengelyt beszerelése az első fedélbe (RSZ01), seeger-gyűrű (10) a fedélben lévő horonyba helyez</p> 	belső rugós seeger-gyűrű fogó, szerelőhüvely kalapács	<p>szerelt tengely (RSZ02)</p> <p>szerelt első fedél (RSZ01)</p> <p>seeger-gyűrű (10)</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>	
Kidolgozta: <i>Hídegy Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010-11-24	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

Szerelési műveletterv					
Gyártmány: Fogaskerék szivattyú		Megnevezés: Összeszerelés		Szerelési egység: fogaskerék szivattyú	
Egység sorszáma: 00		Szerelési művelet: fogaskerék szivattyú készre szerelése		Lapszám: MT05-01	
Szerelési egység		Készülék, szerszám, segédanyag	alkatrész, egység jele	Db	Megj.
Száma	Vázlata és megnevezése				
5/1	<p>Az SZE01 és az RSZ03 sorszámú alkatrészek összeillesztése, kereszt behelyezése, M8-as (3) csavarokkal való össze-csavarozás</p> <p>SZE01 3 4 RSZ03</p> 	13-as racsnis- kulcs	<p>SZE01</p> <p>RSZ01</p> <p>M8 csavar (3)</p> <p>alátét (4)</p> <p>kereszt (11)</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>6</p> <p>6</p> <p>1</p>	
Kidolgozta: <i>Hídegy Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010-11-24	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

2.3 Szerelési utasítás

A szerelési művelettervből készül a szerelési utasítás. A műveleti utasítás részletesebb adatokkal szolgál, mint a műveletterv. Az előzőekben elkészített művelettervet műveletelemekre bontja és tartalmazza annak minden egyes műveletelemének részletes leírását. Fel kell tüntetni a dokumentációban a szerelési egység megnevezését és számát. Szerepel rajta a szerelendő alkatrészek vázlatrajza. A rajz helyett be lehet rakni fényképet is. Tartalmazza a szerelési műveletek részletes leírását és a műveletek elvégzéséhez szükséges szerszám, készülék, segédanyag és mérőeszközök listáját. A munka elvégzéséhez szükséges dolgozók létszámát és szakképzettségüket is megadhatjuk.

A betartandó normaidőket és balesetvédelmi szabályokat is elő tudjuk írni. Ha a szerelés speciális szerszámot vagy készüléket igényel, akkor szerszám vagy készülékszerkesztést kérő lapot kell kiállítani.

Szerelési műveleti utasítás					
Szerelési egység rész: 1. részszerelvény		Gyártmány megnevezése: Fogaskerék szivattyú		Műveletterv száma: MT-01	
Vázlat:					
					
Művelet		Készülék, szerszám, mérőeszköz	Vonatkozási adatok	Db	Idő [perc]
Jele	Leírása				
1.	A 8-as tételszámú simmeringet az első fedélbe illeszt	szerelőhüvely kalapács	simmering beépítése	1	0,5
Tervezte: <i>Hideg Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010.11.25	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

Szerelési műveleti utasítás					
Szerelési egység rész: 2.részszerelvény		Gyártmány megnevezése: Fogaskerék szivattyú		Műveletterv száma: MT-02	
Vázlat:					
Művelet		Készülék, szerszám, mérőeszköz	Vonatkozási adatok	Db	Idő [perc]
Jele	Leírása				
2.	A 1 tételszámú tengelyre a csapágyak felszerelése szerelőhüvellyel	szerelőhüvellyel kalapács	csapágy felszerelése	2	0,5
Tervezte: <i>Hideg Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010.11.25	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

Szerelési műveleti utasítás					
Szerelési egység rész: 3.részszerelvény		Gyártmány megnevezése: Fogaskerék szivattyú		Műveletterv száma: MT-03	
Vázlat:					
Művelet		Készülék, szerszám, mérőeszköz	Vonatkozási adatok	Db	Idő [perc]
Jele	Leírása				
3.	A két fogaskereket (13) a ház első felébe (5) behelyez. A ház közepét (6) a fogaskerekekre illeszt. A ház hátulját (7) a fogaskerekekre illeszt. Az M10-es csavarokkal (12), anyával (15) és alátéttel (14) össze-csavaroz	17-es kulcs racsnis	Fogaskerekek behelyezése a házba Ház közepének illesztése Ház hátuljának illesztése Össze-csavaro- zás	2 1 1 6	1,5
Tervezte: <i>Hídegy Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010.11.25	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

Szerelési műveleti utasítás					
Szerelési egység rész: 1.szerelési egység		Gyártmány megnevezése: Fogaskerék szivattyú	Műveletterv száma: MT-04		
Vázlat:					
Művelet		Készülék, szerszám, mérőeszköz	Vonatkozási adatok	Db	Idő [perc]
Jele	Leírása				
4.	Az RSZ01 tételszámú alkatrészbe az RSZ 02 tételszámú alkatrészt beszerel ütközésig. A 10 számú seeger-gyűrűt belső rúgós rögzítő gyűrű fogóval a horonyba illeszt	belső rúgós rögzítő gyűrű fogó szerelőhüvely kalapács	RSZ02 szerelt tengely beszerelés seeger-gyűrű beszerelés	1 1	0,5
Tervezte: <i>Hídegy Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010.11.25	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

Szerelési műveleti utasítás					
Szerelési egység rész: végszerelés		Gyártmány megnevezése: Fogaskerék szivattyú		Műveletterv száma: MT-05	
<p>Vázlat:</p>					
Művelet		Készülék, szerszám, mérőeszköz	Vonatkozási adatok	Db	Idő [perc]
Jele	Leírása				
5.	A szerelt első oldal (SZE01) tengelyének és a ház (RSZ03) fogaskerék tengelyének megfelelő pozícióba állítása. A kereszt (11) felhelyezése valamelyik tengelyre majd a két alkatrész összeillesztése. M8-as csavarokkal (3) és alátétekkel (4) összecsavarozás.	13-as racsnis kulcs	A két előszerelt egység összeillesztése összecsavarozás	1 1	1
Tervezte: <i>Hídegy Nagy Gábor</i>		Dátum: 2010.11.25	Ellenőrizte: <i>Mikó B</i>	Dátum: 2010.12.04.	

2.4 Szerelési idő becslése MTM módszerrel

A fogaskerékszivattyú szerelési idejének meghatározásához az MTM (Methods of Time Measurement) módszert alkalmazzuk. Az MTM módszert az Egyesült Államokban dolgozták ki az 1940-es években. Magyarországon 3M módszer néven ismeretes, az 1970-es évektől alkalmazzák. A szerelési műveleteket filmre vették. A film pontosan rögzített minden eseményt. A szerelést alapmozdulatokra bontották, az alapmozdulatokat a munkafolyamatokról készített filmfelvételek alapján határozták meg, és idejüket a képkockák számával igazolták.

Az MTM eredetileg alkalmazott alapelve és időegysége a másodperc 1/16-od része. Ez a felvételhez használt film sebessége volt. Ez a gyakorlatban nehézkes számoláshoz vezetett volna, ezért új mértékegységet hoztak létre: a TMU (Time Measurement Unit) időegységet. Minden TMU táblázat, amelyben a mozgástípusokat és az ahhoz szükséges időt a mozgás útjának függvényében összefoglalják az időértéket TMU-ban adja meg. A művelet elemzésekor a teljes TMU értéket át kell számítani másodpercre, percre vagy órára.

1 TMU = 0,00001 h,

1 TMU = 0,0006 min,

1 TMU = 0,036 s,

1 h = 100000 TMU,

1 min = 1667 TMU,

1 s = 27,8 TMU.

A táblázatokban lévő TMU értékeket a körülményekkel súlyozzuk (pontosság, méret, tömeg). A táblázatok az irodalom¹ alapján az 1. Melléklet tartalmazza.

MTM alapmozdulatok:

1. Nyúlás (R – Reach)
2. Mozgatás (M - Move)
3. Megfordítás (T – Turn)
4. Nyomás (AP - Apply-pressure)
5. Fogás (G – Grasp)
6. Elhelyezés (P – Position)
7. Elengedés (RL – Release)
8. Szétválasztás (D – Disengage)
9. Szemrevételezés és szemmozgatás (EF - Eye focus ET - Eye travel)
10. Törzs-, láb- és fejmozdulatok

¹ Németh Tibor: Gépipari szerelés, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1973.

2.4.1 A fogaskerék szivattyú 1. részszervély szerelésének időelemzése:

1. Nyúlás a simmering után R30C 14,2 TMU
2. simmering megfogása G4B 9,4 TMU
3. simmering mozgatása a szivattyú fedeléhez M15C 10 TMU
4. simmering odaillesztése a szivattyú fedeléhez P2NSD 26,6 TMU
5. simmering elengedés RL1 2 TMU
6. nyúlás a szerelőhüvely után R20A 7,9 TMU
7. szerelőhüvely megfogása G1A 2 TMU
8. szerelőhüvely mozgatása a simmeringhez M20C 13,8 TMU
9. nyúlás a kalapácshoz R25A 8,7 TMU
10. kalapács megfogása G1A 2 TMU
11. kalapács mozgatása a szerelőhüvelyhez M25C 15,4 TMU
12. kalapálás $5 \times M50C$ $5 \times 24,3 = 121,5$ TMU
13. szerelőhüvely visszarakása M20C 13,8 TMU
14. szerelőhüvely elengedése RL1 2 TMU
15. kalapács visszarakása M25C 15,4 TMU
16. kalapács elengedése RL1 2 TMU

Összesen a TMU értéke: 266,7 TMU

A kiszámolt TMU másodpercben: 9,6 s

2.4.2 A fogaskerékszivattyú 2. részszervély szerelésének időelemzése:

1. nyúlás a tengelyhez R10B 6,4 TMU
2. tengely megfogása G1A 2 TMU
3. tengely mozgatása a készülékbe M15C 10 TMU
4. tengely elengedése RL1 2 TMU
5. csapágyhoz nyúlás R30C 14,2 TMU
6. csapágy megfogása G4B 9,1 TMU
7. csapágy mozgatása a tengelyhez M15C 10 TMU
8. csapágy illesztése a tengelyre P1SE 5,6 TMU
9. csapágy elengedése RL1 2 TMU
10. nyúlás a szerelőhüvelyhez R20B 10,1 TMU
11. szerelőhüvely megfogása G1A 2TMU
13. szerelőhüvely mozgatása a tengelyhez M20C 13,8 TMU
14. nyúlás a kalapácshoz R25B 11,5 TMU
15. kalapács megfogása G1A 2 TMU
16. kalapács mozgatása a szerelőhüvelyhez M20B 12,5 TMU
17. kalapálás $5 \times M50C$ $5 \times 24,3 = 121,5$ TMU
18. kalapács visszarakása M20B 12,5 TMU
19. kalapács elengedése RL1 2 TMU
20. szerelőhüvely lehúzása M30A 14,8 TMU
21. csapágyhoz nyúlás R30C 14,2 TMU
22. csapágy megfogása G4B 9,1 TMU
23. csapágy mozgatása a tengelyhez M15C 10 TMU
24. csapágy illesztése a tengelyre P1SE 5,6 TMU
25. csapágy elengedése RL1 2 TMU
26. szerelőhüvely visszahelyezése M30C 17,3 TMU

27. nyúlás a kalapácshoz R25B 11,5 TMU
28. kalapács megfogása G1A 2 TMU
29. kalapács mozgatása a szerelőhüvelyhez M20B 12,5 TMU
30. kalapálás $5 \times M50C$ $5 \times 24,3 = 121,5$ TMU
31. kalapács visszarakása M20B 12,5 TMU
32. kalapács elengedése RL1 2 TMU
33. szerelőhüvely visszahelyezése M20B 12,5 TMU
34. szerelőhüvely elengedése RL1 2 TMU
35. tengelyhez nyúlás R10A 6,1 TMU
36. tengely megfogás G1A 2 TMU
37. tengely visszarakása a tálcára M15B 9 TMU
38. tengely elengedése RL1 2 TMU

Összesen a TMU értéke: 517,8 TMU

A kiszámolt TMU másodpercben: 18,6 s

2.4.3 A fogaskerék szivattyú 3. részszervély szerelésének időelemzése:

1. nyúlás a első fogaskerékhez R10B 6,4 TMU
 2. megfogás G1A 2 TMU
 3. mozgatás a ház első fedeléhez M10C 7,9 TMU
 4. illesztés P2SSD 25,3 TMU
 5. elengedés RL1 2 TMU
 6. nyúlás a második fogaskerékhez R10B 6,4 TMU
 7. megfogás G1A 2 TMU
 8. mozgatás a ház első fedeléhez M10C 7,9 TMU
 9. illesztés P2SSD 25,3 TMU
 10. elengedés RL1 2 TMU
 11. nyúlás a ház középső részéhez R5B 4 TMU
 12. megfogás G1A 2 TMU
 13. mozgatás a fogaskerékhez M5C 5 TMU
 14. illesztés P2SSD 25,3 TMU
 15. elengedés RL1 2 TMU
 16. nyúlás a ház hátsó részéhez R10B 6,4 TMU
 17. megfogás G1A 2 TMU
 18. mozgatás a fogaskerekekhez M10C 7,9 TMU
 19. illesztés P2SSD 25,3 TMU
 20. elengedés RL1 2 TMU
 21. az összeillesztett ház oldalra fordítása $TM90^\circ$ 8,5 TMU
-
- | | | |
|--|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 22. nyúlás a csavarokhoz R30C 14,2 TMU 23. megfogás G4B 9,1 TMU 24. mozgatás a házhoz M30C 15,1 TMU 25. illesztés P1NSD 16 TMU 26. elengedés RL1 2 TMU | } | 6-szor ismétlődik, összesített TMU: 338,4 |
|--|---|---|

- | | | |
|--|---|---|
| 27. nyúlás az alátétekhez R30C 14,2 | } | 6-szor ismétlődik, összesített TMU: 309,6 |
| 28. megfogás G4B 9,1 TMU | | |
| 29. mozg. a csavarokhoz M30C 15,1 TMU | | |
| 30. illesztés P1SD 11,2 TMU | | |
| 31. elengedés RL1 2 TMU | | |
| 32. nyúlás az anyákhoz R30C 14,2 TMU | } | 6-szor ismétlődik, összesített TMU: 373,2 |
| 33. megfogás G4B 9,1 TMU | | |
| 34. mozg. a csavarokhoz M30C 15,1 TMU | | |
| 35. illesztés P2SD 21,8 TMU | | |
| 36. elengedés RL1 2 TMU | | |
| 37. nyúlás a pneumatikus csavarbehajtóhoz R50B 18,6 TMU | | |
| 38. megfogás G1A 2 TMU | | |
| 39. mozgatás az első csavarhoz M50C 24,4 TMU | | |
| 40. meghúzás 41,2 TMU | | |
| 41. átrakás $5 \times M3C$ $5 \times 6,3 = 61,5$ TMU | | |
| 42. meghúzás $5 \times 41,2 = 206$ TMU | | |
| 43. visszarakás a helyére M50A 21,4 TMU | | |
| 44. elengedés RL1 2 TMU | | |
| 45. nyúlás a házhoz R10B 6,4 TMU | | |
| 46. megfogás G1A 2 TMU | | |
| 47. az összecsavazott ház visszafordítása $TM90^\circ$ 8,5 TMU | | |
| 48. elengedés RL1 2 TMU | | |

Összesen a TMU értéke: 1594,8 TMU
A kiszámolt TMU másodpercben: 57,4 s

2.4.4 A fogaskerék szivattyú 1. szerelési egység szerelésének időelemzése:

1. nyúlás a szivattyú első fedeléhez R10B 6,4 TMU
2. megfogás G1A 2 TMU
3. mozgatás a készülékhez M15C 10 TMU
4. elengedés RL1 2 TMU
5. nyúlás a szerelt tengelyhez R10B 6,4 TMU
6. megfogás G1A 2 TMU
7. mozgatás a szivattyú első fedeléhez M15C 10 TMU
8. illesztés P2NSD 26,6 TMU
9. elengedés RL1 2 TMU
10. nyúlás a szerelőhüvelyhez R20B 10,1 TMU
11. megfogás G1A 2 TMU
12. mozgatás a tengelyhez M20C 13,8 TMU
13. illesztés P1NSE 10,4 TMU
14. nyúlás a kalapácshoz R25B 11,5 TMU
15. megfogás G1A 2 TMU
16. mozgatás a szerelőhüvelyhez M25C 15,7 TMU
17. kalapálás $5 \times M50C$ $5 \times 24,3 = 121,5$ TMU
18. kalapács visszahelyezése M25C 15,7 TMU
19. elengedés RL1 2 TMU

20. szerelőhüvely visszahelyezése M20C 13,8 TMU
21. elengedés RL1 2 TMU
22. nyúlás a saager-gyűrűért R30C 14,2 TMU
23. megfogás G1A 2 TMU
24. mozgatás a szivattyú első fedeléhez M30C 15,1 TMU
25. illesztés P1SD 11,2 TMU
26. nyúlás a saager-gyűrű fogóért R30C 14,2 TMU
27. megfogás G1A 2 TMU
28. mozgatás a seeger-gyűrűhöz M30C 15,1 TMU
29. illesztés P2NSD 26,6 TMU
30. seeger- gyűrű berakás 55,6 TMU
31. seeger-gyűrű elengedés RL1 2 TMU
32. seeger-gyűrű visszarakás M30C 15,1 TMU
33. elengedés RL1 2 TMU
34. nyúlás a szivattyú első fedeléhez R10A 6,1 TMU
35. megfogás G1A 2 TMU
36. visszarakás a tálcára M15B 11 TMU
37. elengedés RL1 2 TMU

Összesen a TMU értéke: 484,1 TMU

A kiszámolt TMU másodpercben: 17,4 s

2.4.5 A fogaskerék szivattyú készre szerelésének időelemzése:

1. nyúlás a kereszt után R30C 14,2 TMU
 2. megfogás G1A 2 TMU
 3. mozgatás a házban található tengelyhez M30C 15,1 TMU
 4. illesztés P1SD 11,2 TMU
 5. megfelelő helyzetbe forgatás $TM120^\circ$ 10,6 TMU
 6. elengedés RL1 2 TMU
 7. nyúlás a szivattyú első fedele után R10B 6,4 TMU
 8. megfogás G1A 2 TMU
 9. tengely megfelelő helyzetbe forgatás $TM120^\circ$ 10,6 TMU
 10. mozgatás a szivattyú házához M10C 9,8 TMU
 11. illesztés P2NSD 26,6 TMU
-
- | | | |
|---|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 12. nyúlás a csavarokhoz R30C 14,2 TMU 13. megfogás G1A 2 TMU 14. nyúlás az alátétekhez R30C 14,2 TMU 15. megfogás G1A 2 TMU 16. összeillesztés P1SE 5,6 TMU 17. mozgatás a furatokhoz M30C 15,1 TMU 18. illesztés P2NSD 26,6 TMU | } | 6-szor ismétlődik, összesített TMU: 478,2 |
|---|---|---|
-
19. nyúlás a pneumatikus csavarbehajtóhoz R50B 18,6 TMU
 20. megfogás G1A 2 TMU
 21. mozgatás az első csavarhoz M50C 24,4 TMU
 22. meghúzás 41,2 TMU
 23. átrakás $5 \times M3C$ $5 \times 6,3 = 61,5$ TMU

24. meghúzás $5 \times 41,2 = 206$ TMU
 25. visszarakás a helyére M50A 21,4 TMU
 26. elengedés RL1 2 TMU

Összesen a TMU értéke: 965,8 TMU
 A kiszámolt TMU másodpercben: 34,7 s

Ezek a kiszámolt értékek kizárólag a mozdulatokra vonatkoznak, nem tartalmaznak semmiféle pótidőt vagy mellékidőt. Hozzá kell adni még két tényezőt: a személyi pótlékot és a környezeti pótlékot. A személyi pótlék értéke 15%-a a főidőnek, a környezeti pótlék értéke 20%-a a főidőnek.

A pótlékokkal számított műveleti idők:

1. részszerelvény: $9,6 \text{ s} \times 1,35 = 12,96 \text{ s} \rightarrow 13 \text{ s}$
 2. részszerelvény: $18,6 \text{ s} \times 1,35 = 25,11 \text{ s} \rightarrow 25 \text{ s}$
 3. részszerelvény: $57,4 \text{ s} \times 1,35 = 77,49 \text{ s} \rightarrow 78 \text{ s}$
 1. szerelési egység: $17,4 \text{ s} \times 1,35 = 23,49 \text{ s} \rightarrow 24 \text{ s}$
 készreszerelés: $34,7 \text{ s} \times 1,35 = 46,8 \text{ s} \rightarrow 47 \text{ s}$

Az így meghatározott műveleti idők még teljesen betanított dolgozókkal és tökéletesen kialakított munkahelyekkel is csak nehezen teljesíthetők, ezért az időket kis mértékben felfelé kerekíthetjük, így jobban közelítve a valósághoz. A kerekítés mértékét a gyakorlati tapasztalat határozza meg az adott üzem sajátosságainak ismeretében.

Az így kapott idők a következők:

Művelet	Művelet neve	Művelet ideje
1	1. részszerelvény	30 s
2	2. részszerelvény	30 s
3	3. részszerelvény	90 s
4	1. szerelési egység	30 s
5	készre szerelés	60 s
Összesen		240 s

3 1. Melléklet MTM módszer táblázatai

MTM alapmozdulatok

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Nyúlás | (R – Reach) |
| 2. Mozgatás | (M - Move) |
| 3. Megfordítás | (T – Turn) |
| 4. Nyomás | (AP - Apply-pressure) |
| 5. Fogás | (G – Grasp) |
| 6. Elhelyezés | (P – Position) |
| 7. Elengedés | (RL – Release) |
| 8. Szétválasztás | (D – Disengage) |
| 9. Szemrevételezés és szemmozgatás | (EF - Eye focus ET - Eye travel) |
| 10. Törzs-, láb- és fejmozdulatok | |

Nyúlás (R) időadatai

Mozgáshossz cm	TMU					
	A	B	C, D	E	m	
					A	B
2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6
2,5	2,5	2,5	3,6	2,4	2,3	2,3
5	4,0	4,0	5,9	3,8	3,5	2,7
7,5	5,3	5,3	7,3	5,3	4,5	3,6
10,0	6,1	6,4	8,4	6,8	4,9	4,3
12,5	6,5	7,8	9,4	7,4	5,3	5,0
15,0	7,0	8,6	10,1	8,0	5,7	5,7
17,5	7,4	9,3	10,8	8,7	6,1	6,5
20,0	7,9	10,1	11,5	9,3	6,5	7,2
22,5	8,3	10,8	12,2	9,9	6,9	7,9
25,0	8,7	11,5	12,9	10,5	7,3	8,6
30,0	9,6	12,9	14,2	11,8	8,1	10,1
35,0	10,5	14,4	15,6	13,0	8,9	11,5
40,0	11,4	15,8	17,0	14,2	9,7	12,9
45,0	12,3	17,2	18,4	15,5	10,5	14,4
50,0	13,1	18,6	19,8	16,7	11,3	15,8
55,0	14,0	20,1	21,2	18,0	12,1	17,3
60,0	14,9	21,5	22,5	19,2	12,9	18,8
65,0	15,8	22,9	23,9	20,4	13,7	20,2
70,0	16,7	24,4	25,3	21,7	14,5	21,7
75,0	17,5	25,8	26,7	22,9	15,3	23,2

A: Nyúlás olyan egyedül álló tárgy után, amely mindig ugyan azon a helyen van.

B: Nyúlás olyan egyedül álló tárgy után, amely csekély mértékben eltérő helyen található.

C: Nyúlás olyan tárgy után, amely össze van keverve azonos, vagy hasonló tárgyakkal.

D: Nyúlás olyan tárgy után, amely nagyon kicsi, vagy óvatos kezelést igényel.

E: A kéz nyúlása illetve áthelyezése egy meg nem határozott helyzetbe.

I. típus: A kéz az alapmozdulat elején és végén nyugalomban van: jele nincs.

II. típus: A kéz az alapmozdulat elején vagy végén mozgásban van: jele m.

III. típus: A kéz az alapmozdulat elején és végén mozgásban van: jele m-m.

C, D, E esetén a B érvényes

Mozgatás (M) időadatai

Mozgáshossz cm	TMU					Erőszükséglet	
	A	B	C	m-B	Súly N	Tényező	Konstans TMU
2	2,0	2,0	2,0	1,7	10	1,00	0,0
4	3,1	4,0	4,5	2,8			
6	4,1	5,0	5,8	3,1	20	1,04	1,6
8	5,1	5,9	6,9	3,7			
10	6,0	6,8	7,9	4,3	40	1,07	2,8
12	6,9	7,7	8,8	4,9			
14	7,7	8,5	9,8	5,4	60	1,12	4,3
16	8,3	9,2	10,5	6,0			
18	9,0	9,8	11,1	6,5	80	1,17	5,8
20	9,6	10,5	11,7	7,1			
22	10,2	11,2	12,4	7,6	100	1,22	7,3
24	10,8	11,8	13,0	8,2			
26	11,5	12,3	13,7	8,7	120	1,27	8,8
28	12,1	12,8	14,4	9,3			
30	12,7	13,3	15,1	9,8	140	1,32	10,4
35	14,3	14,5	16,8	11,2			
40	15,8	15,6	18,5	12,6	160	1,36	11,9
45	17,4	16,8	20,1	14,0			
50	19,0	18,0	21,8	15,4	180	1,41	13,4
55	20,3	19,2	23,5	16,8			
60	22,1	20,4	25,2	18,2	20	1,46	14,9
65	23,6	21,6	26,9	19,5			
70	25,2	22,8	28,6	20,9	220	1,51	16,4
75	26,7	24,0	30,3	22,3			
80	28,3	25,2	32,0	23,7			

A: A tárgyat úgy kell mozgatni, hogy vagy a másik kézhez, vagy egy ütköző álláshoz kell vinni.

B: A tárgyat megközelítő, vagy meghatározatlan helyzetbe kell vinni.

C: A tárgyat egy meghatározott helyzetbe kell vinni. A célterület nagysága 12 mm.

Konstans TMU: A mozdulat elindításához szükséges egyszeri időszükséglet a súly függvényében

Erőszükséglet tényező: Szorzótényező a teljes mozgatási TMU-hoz a terhelés figyelembevételéhez.

Megfordítás (T) időadatai

Súly	TMU										
	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Kicsi (S)	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4
Közepes (M)	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8
Nagy (L)	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	28,2

S: a tárgy súlya kicsi, maximum 10 N

M: a tárgy súlya közepes, 10...50 N

L: a tárgy súlya nagy, 50...160 N

A nyomásra (AP) vonatkozó időadatok

Kategória	TMU
AP1	16,2
AP2	10,6
AP3	5,4

Nyomás során érdemleges elmozdulás nincs

AP1: A kifejtő kéz fogását vagy támaszpontját a teljes nyomás kifejtéséhez kell igazítani.

AP2: A nyomást végző testrésznek már eredetileg úgy kell beállnia, hogy ki tudja fejteni a szükséges erőt.

AP3: Gyenge utónyomások, amelyek megfigyelése esetleg nehéz.

A fogás (G) időadatai

Kategória	TMU
G1 A	2,0
G1 B	3,5
G1 C	8,7
G2	5,6
G3	5,6
G4 A	7,3
G4 B	9,1
G4 C	12,9
G5	0,0

G1: Felvevő fogás

G1 A: Egyedülálló tárgy megfogása az ujjak zárásával.

G1 B: Egyedül álló kis méretű (3x3x3 mm alatti) tárgyak megfogása.

G1 C: Hengeres tárgyak fogása, ha az egyik irányból a megfogás korlátozott.

G2: Utánfogás, a már kézben lévő tárgy utánigazítása

G3: Átadó fogás egyik kézből a másikba.

G4: Kiválasztó fogás, tárgy keresése és kiválasztása egy halmazból.

G4 A: A tárgy nagyobb, mint 25x25x25 mm.

G4 B: A tárgy mérete 6x6x3 mm és 25x25x25 mm közé esik.

G4 C: A tárgy kisebb, mint 6x6x3 mm.

G5: Érintőfogás, a tárgyat érintéssel is irányítani tudjuk.

Az elhelyezés (P) időadatai

Illesztés fajtája	Jellemző	Szimmetria	Kezelhetőség	
			E	D
			TMU	
P1	Laza	S	5,6	11,2
		SS	9,1	14,7
		NS	10,4	16,0
P2	Szoros	S	16,2	21,8
		SS	19,7	25,3
		NS	21,0	26,6
P3	Rögzítő	S	43,0	48,6
		SS	46,5	52,1
		NS	47,8	53,4

P1: laza, nyomásra nincs szükség

P2: szoros, enyhe nyomás kell

P3: rögzítő, erős nyomás kell

S: Szimmetrikus: a tárgyat minden helyzetben egymásba lehet illeszteni.

SS: Fél-szimmetrikus: a tárgyat két vagy több helyzetben lehet összeilleszteni.

NS: Aszimmetrikus: a tárgyat csak egy helyzetben lehet illeszteni.

E: a kezelhetőség egyszerű

D: a kezelhetőség nehézkes

Az elengedés (RL) időadatai

Kategória	TMU
RL1	2,0
RL2	0,0

RL1: normál elengedés az ujjak nyitásával

RL2: az érintkezés megszüntetésével

Az elengedés úthossza maximum 2 cm.

A szétválasztás (D) időadatai

Illesztés fajtája	Kezelés	
	E	D
	TMU	
D1	4,0	5,7
D2	7,5	11,8
D3	22,9	34,7

D1: laza, kis erőszükséglet, minimális túllendülés

D2: szoros, közepes erőszükséglet, enyhe túllendülés 10 cm-ig

D3: szilárd, nagy erőszükséglet, erős túllendülés 10 cm felett

E: a kezelhetőség egyszerű

D: a kezelhetőség nehézkes

A szemrevételezés (EF) és szemmozgás (ET) időadatai

Kategória	TMU
EF	7,3
ET	15,2 (T/D)
ET max	20

T: a két nézéspontra közötti távolság

D: a szemek távolsága a két nézéspontra összekötő vonaltól

A test-, láb- és lábfejmozdulatok

A testmozdulat leírása	Jele	Mozdulathossz cm	TMU
A lábfej a boka tengelyén merőlegesen mozog, erős nyomással	FM	10-ig	8,5
A láb a térd vagy csípőizületben mozog	LM	15-ig minden további cm	7,1 0,5
Oldallépés			
Oldallépés a test tengelyének oldal irányú elmozdítása		30 alatt	R vagy M
1. A mozgatott láb talajra érésével befejeződik	SS-C1	30 +cm	17,0 0,2
2. Az utánahúzott láb talajt kell érjen, mielőtt a következő mozdulat elkezdődik	SS-C2	30 +cm	34,0 0,4

Törzsfordítás			
Balra vagy jobbra 45-90°-ban			
1. Befejezve, mikor a mozgatott láb talajra ér	TB-C1		18,6
2. Az utánahúzott láb talajt kell érjen, mielőtt a következő mozdulat elkezdődik	TB-C2		37,2
Hajlás, lehajlás, fél térdre ereszkedés	B/S/K OK		29,0
Felegyenesedni	AB/AS/AK OK		31,9
Térdelni két térdre	KBK		69,4
Felegyenesedni	AKBK		76,7
Leülni	SIT		34,7
Felkelni	STD		43,4
Menni	W-M	méterenként	17,4
Akadálytalanul	W-P	lépésenként	15,0
Akadályozva	W-PO	lépésenként	17,0
Teherrel	W-PL	lépésenként	17,0

Példa:

Dobozba ömlesztve tárolt acélpersely készülékbe helyezésének időelemzése

Mozdulat	kód	TMU
Nyúlás az alkatrész után a dobozba	R25C	12,9
Az alkatrész fogása	G4B	9,1
Az alkatrész mozgatása a készülékhez	M25C	13,5
Az alkatrész behelyezése a készülékbe	P1SE	5,6
Az alkatrész elengedése	RL1	2,0
Összesen		43,1 TMU 1,55 s

- R25C Nyúlás 25 cm-re olyan tárgy után, amely össze van keverve azonos, vagy hasonló tárgyakkal.
- G4B Kiválasztó fogás, tárgy keresése és kiválasztása egy halmazból. A tárgy mérete 6x6x3 mm és 25x25x25 mm közé esik.
- M25C Mozgatás 25 cm-re. A tárgyat egy meghatározott helyzetbe kell vinni. A célterület nagysága 12 mm.
- P1SE Elhelyezés, laza illesztés, nyomásra nincs szükség, a tárgyat minden helyzetben lehet illeszteni, a kezelhetőség egyszerű.
- RL1 normál elengedés az ujjak nyitásával.