



Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor

Departamentul de Automatică și Tehnologia Informației

Programul de studii: Robotica

## PROIECT DE AN LA DISCIPLINA

### Proiectarea Roboților

**Autor: Student Doloiu Mihnea - Dimitrie**

**Programul de studii: Robotica**

**Grupa 4LF801**

**Coordonatori: Prof. univ. dr. ing. Gheorghe MOGAN**

**2023**



Introducere	6
-------------	---

A. MEMORIUL TEHNIC (MT)

1. Tematica și schema structural-constructivă
    - 1.1. Tematica și specificații de proiectare
    - 1.2. Schema structural-constructivă
  2. Determinarea parametrilor de încărcare a modulului II
    - 2.1. Modelarea în CATIA a sarcinii (model 3D)
    - 2.2. Determinarea parametrilor statici și dinamici ai sarcinii
    - 2.3. Determinarea parametrilor de încărcare a modulului II
  3. Calculul și proiectarea modulului II
    - 3.1. Calculul și proiectarea transmisiei mecanice a modulului II
    - 3.2. Calculul și proiectarea lagărului modulului II
    - 3.3. Alegerea servomotorului și traductorului modulului II
    - 3.4. Proiectarea Elementului de legătură
    - 3.5. Modelul 3D în CATIA al modulului II și a EL
    - 3.6. Determinarea parametrilor de încărcare a modulului I
    - 3.7. Calculul asamblării de legătura a modulului I la EL
  4. Calculul și proiectarea modulului I
    - 4.1. Calculul și proiectarea transmisiei mecanice a modulului I
    - 4.2. Calculul și proiectarea lagărului modulului I
    - 4.3. Alegerea servomotorului și traductorului modulului I
    - 4.4. Modelul 3D în CATIA al modulului II
    - 4.5. Calculul asamblării de legătura a modulului I la fundație
  5. Model 3D în CATIA al produsului
  6. Desen de execuție în CATIA a Elementului de Legătură
  8. Desen de execuție în CATIA a carcasei modulului de Rotație
- B. ANEXE (aplicații CATIA)
1. Modelul 3D al produsului (în CATIA)
  2. Desenul de ansamblu al produsului (în CATIA)
  3. Desenul de execuție a Elementului de Legătură
  4. Desenul de execuție a carcasei modulului de Rotație



## INTRODUCERE

Scopul proiectului de an la disciplina *Proiectarea roboților* este să dezvolte abilitățile practice ale studenților de proiectare și sintetizare a cunoștințelor de mecanică, rezistență materialelor, tehnologia materialelor și reprezentare grafică în decursul anilor I și II, precum și modul în care aceștia pot rezolva în mod independent o lucrare de proiectare, pe baza algoritmilor, metodelor specifice și programelor din domeniu.



**Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor**

**Departamentul de Automatică și Tehnologia Informației**

**Programul de studii: Robotica**

## **MEMORIUL TEHNIC**

## 1. TEMATICA ȘI SCHEMA STRUCTURALĂ FUNCȚIONALĂ

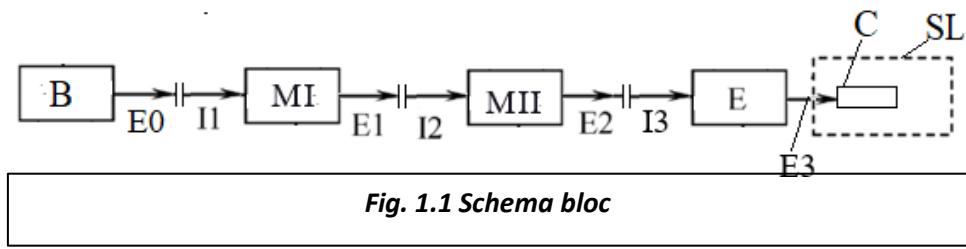
### 1.1. TEMATICA ȘI SPECIFICAȚII DE PROIECTARE

#### Aspecte generale

Să se proiecteze structura constructivă a sistemului mecanic bimobil (cu două module independente) al unui produs mecatronic cu schema bloc prezentată în fig. 1, utilizat în scopul deplasării controlate, cu precizie impusă, a unei sarcini utile, într-un mediu de lucru impus. Deplasarea în spațiul de lucru a sarcinii utile se realizează prin combinarea a două mișcări (de translație și de rotație) realizate de cele două module independente.

Semnificația notățiilor: B- modul de bază; MI, MII - module generatoare de putere mecanică; E – modulul efector cu prehensor și corpul (sarcina) de manipulat, C; E0 – ieșire B; I1- intrare MI; E1 – ieșire MI; I2- intrare MII; E2 – ieșire MII; I3- intrare E; E3 – ieșire E, SL – spațiul de lucru.

Produsul de proiectat este specializat pentru a efectua deplasarea controlată precisă a efectuatorului E (cu prehensor, dispozitiv de prindere) împreună cu o sarcină utilă (piesă, sculă, palpator), materializată de corpul C, în scopul realizării de operații de manipulare, tehnologice sau de inspecție.



#### Date de proiectare

Pentru obținerea unor produse mecatronice modulare care se pot configura pentru mai multe situații posibile în practică se dau următoarele date:

- A.** Pozițiile intrărilor și ieșirilor (I1, I2, I3, E0, E1, E2, E3): orizontală (H) sau verticală (V).
- B.** Tipul modulului generator de putere mecanică (MI, MII): de Translație sau de Rotație (R).
- C.** Performanțe impuse pentru modulul de rotație (R): cursa  $\square$  [grade], viteza unghiulară maximă,  $\square$  [grade/s]; accelerația unghiulară maximă,  $\epsilon$  [grade/s<sup>2</sup>].



**D.** Performanțe impuse pentru modulul de translație (T): cursa l [mm]; viteza maximă v [mm/s], accelerația maximă, a [mm/s<sup>2</sup>].

**E.** Tipul și materialul corpului (sarcinii) de manipulat (C):

- a.** paralelipiped cu baza pătrat cu latura L [mm] și înălțimea H [mm];
- b.** cilindru cu raza R [mm], înălțimea H [mm];

**F.** Precizia de poziționare e [mm] = ± 0,05 , de repetabilitate r [mm] = 0,05.

**G.** Durata de funcționare D [ore] = 10000 ore

**H.** Caracteristici de mediu:

- domeniul temperaturilor de lucru T [°C] = [-30,90]
- altitudinea maximă, h = max 1200 [m],
- funcționarea în mediu cu impurități: praf, nisip, mediu coroziv, umezeală etc.

### Specificații suplimentare de proiectare

- se vor alege și monta traductoare pentru generarea semnalului de feedback;
- funcționare cu zgomot scăzut;
- greutate micșorată;
- limitatoare reglabile la final de curse;
- limitare de moment (motor cu limitare de sarcină, cu protecție termică);
- fără jocuri axiale/unghiulare la schimbarea sensului;
- costuri scăzute;
- randamente ridicate (mai mari ca 0,9).

### 1.2. SCHEMA STRUCTURALĂ FUNCȚIONALĂ ȘI VALORI DATE DE PROIECTARE

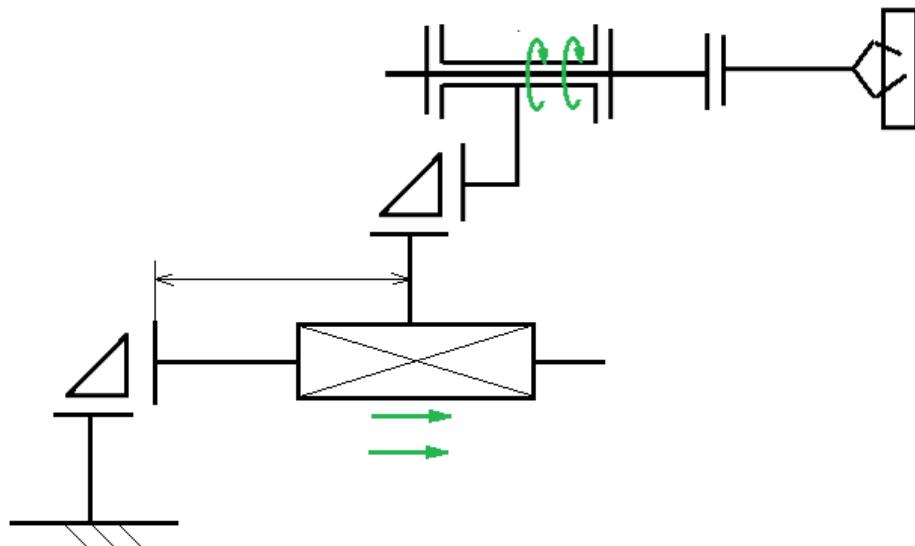
Valori date de proiectare :

**A.**

Nr. Crt.	E0	I1	E1	I2	E2	I3	E3
4	V	H	V	H	H	H	V

**B. , C. , D.**

Nr. Crt	Succesiune modulelor MI-MII	Valori caracteristice modul de translatie (T)			Valori caracteristici modul de rotație (R)		
		l [mm]	v [mm/s]	a [mm/s <sup>2</sup> ]	φ [grade]	ω [grade/s]	ε [grade/s <sup>2</sup> ]
4	T-R	350	130	80	290	175	80

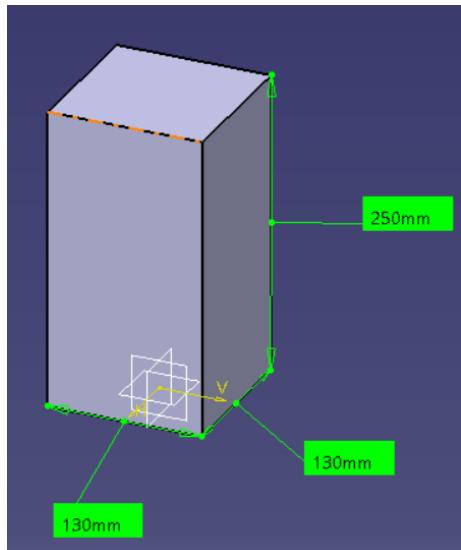


*Fig 1.2.1 Schema structurală a bratului robotic*

**E.**

Nr. Crt.	Forma corpului	Dimensiuni		Material
		L/R [mm]	H [mm]	
4	Paralelipiped	130	120	otel

K



**Fig. 1.2.2 Sarcina de manipulat**

Characteristics		Center Of Gravity (G)	
Volume	0.004m <sup>3</sup>	Gx	0mm
Area	0.164m <sup>2</sup>	Gy	0mm
Mass	33.209kg	Gz	125mm
Density	7860kg_m <sup>3</sup>		

Inertia Matrix / G			
I <sub>xx</sub> G	I <sub>yy</sub> G	I <sub>zz</sub> G	I <sub>xy</sub> G
0.22kgxm <sup>2</sup>	0.22kgxm <sup>2</sup>	0.094kgxm <sup>2</sup>	0kgxm <sup>2</sup>
0kgxm <sup>2</sup>	0kgxm <sup>2</sup>	0kgxm <sup>2</sup>	0kgxm <sup>2</sup>

**Fig. 1.2.3 Datele sarcinii de manipulat**

## 2. ALEGAREA PREHENSORULUI

Pentru a putea alege prehensorul adekvat, astfel incat acesta sa poate sa ridice sarcina descrisa, va fi nevoie sa se calculeze fortele care pot aparea la prehensor.

Calculul forțelor\momentelor la efector:

Forțele prezente în schema din stânga sunt, forța gravitațională  $F_g$ , forța de la bac  $F_b$ , și forța dată de cupla de translație  $F_a$ . Efectorul ține sarcina prin frecare, deci forțele de frecare  $F_{fh}$  și  $F_{fv}$  vor trebui să îndeplinească următoarele condiții:

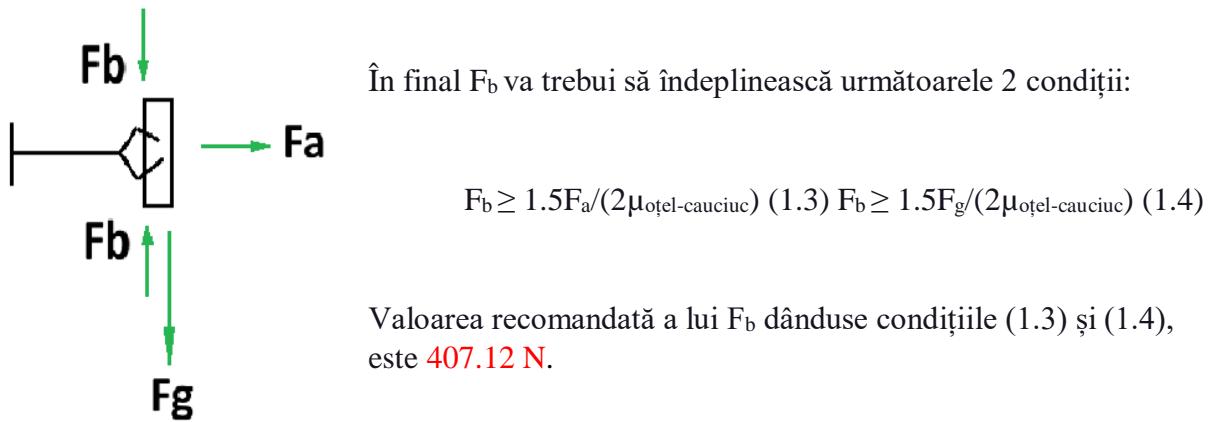
$$F_{fh} \geq 1.5F_a \quad (1.0) \quad F_{fv} \geq 1.5F_g \quad (1.1)$$

Se vor lua  $F_{fh}$  și  $F_{fv}$  ca fiind cel puțin de 1.5 limitele minime.

$F_b$  vin perpendicular pe suprafața sarcinii, ortogonal cu  $F_a$  și  $F_g$ .

$$F_f = 2\mu_{oțel-cauciuc} F_b \quad (1.2)$$

Ecuația (1.2) dă forța de frecare prezentă dacă forța de la bac este  $F_b$  și efectorul are doar 2 bac-uri. Bac-urile vor avea pe suprafața lor de contact, un strat de cauciuc, iar suprafața sarcinii de manipulat este compusă din oțel, dată de tabelul E.

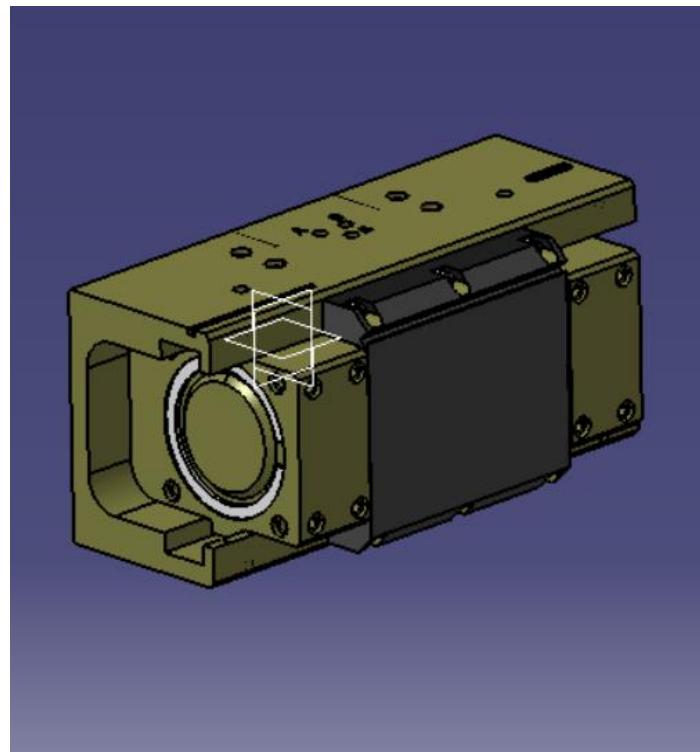


**Fig. 1.2.4** Forțele la efecto

În urma analizei documentului Prehensoare.doc se vor alege:

- tipul prehensorului: cu acționare pneumatică sau hidraulică, cu două bacuri sau cu trei degete;
- caracteristicile prehensorului: cursa (corletat cu dimensiunile corpului de manipulat); gabaritul, masa, poziția centrului de masă etc.

Prehensorul ales este prehensorul SPG100, prehensor cu 2 degete de la compania SHUNK.

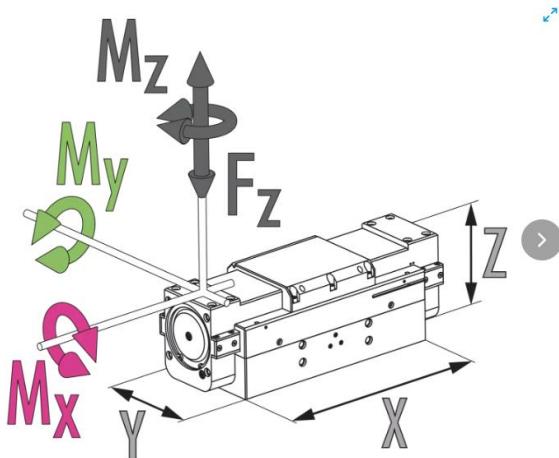


**Fig. 2.1** Prehensorul SPG 100

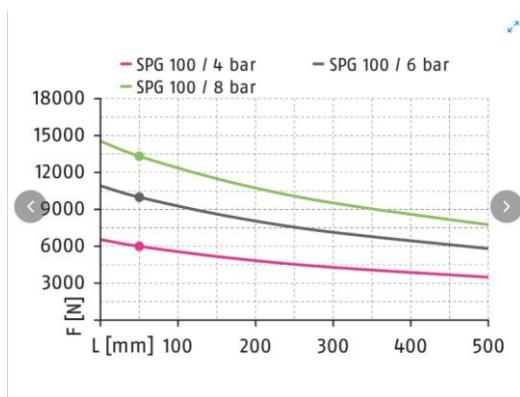
In urmatorul tabel, sunt afisate toate datele relevante ale prehensorului SPG100:

Stroke per jaw [mm]	100
Closing force [N]	10000
Opening force [N]	11480
Closing force (finger length 0mm) [N]	10920
Opening force (finger length 0mm) [N]	12536
Weigth [Kg]	35
Recommended workpiece weight [Kg]	50
Fluid consumption double stroke [cm <sup>3</sup> ]	4600
Min. operating pressure [bar]	2
Max. operating pressure [bar]	8
Nominal operating pressure [bar]	6
Min. air purge pressure [bar]	0.5
Max. air purge pressure [bar]	1
Closing time [s]	1.5
Opening time [s]	1.5
Max permissible finger length [mm]	500
Max permissible weighth per finger [Kg]	15
IP protection class	30
Min. ambient temp. [C]	5

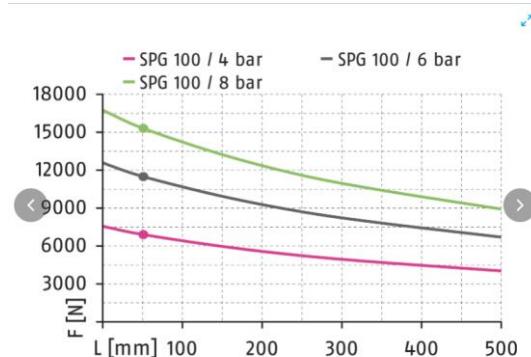
Max. ambient temp. [C]	90
Repeat accuracy [mm]	0.1
Length X [mm]	436
Width Y [mm]	196
Heighth Z [mm]	191.9
Moment Mx max. [Nm]	250
Moment My max. [Nm]	300
Moment Mz max. [Nm]	250
Max. axial force Fz [N]	6000



**Fig. 2.2.1 Schita prehensorului**

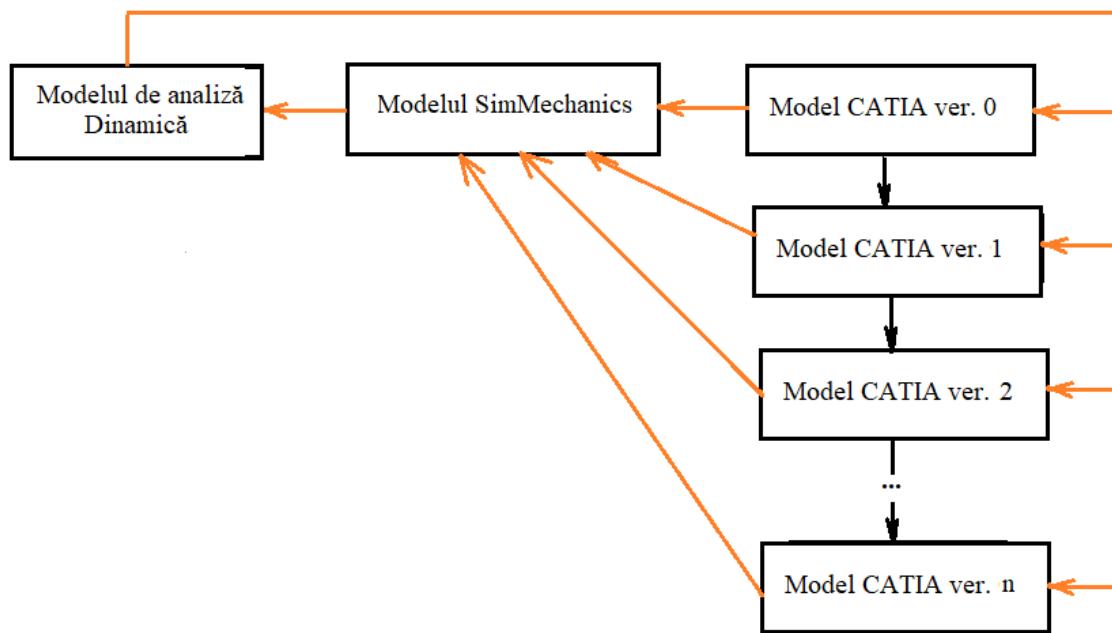


**Fig. 2.2.2 Variatia forTELOR de la bacuri in functie lungimea degetelor**



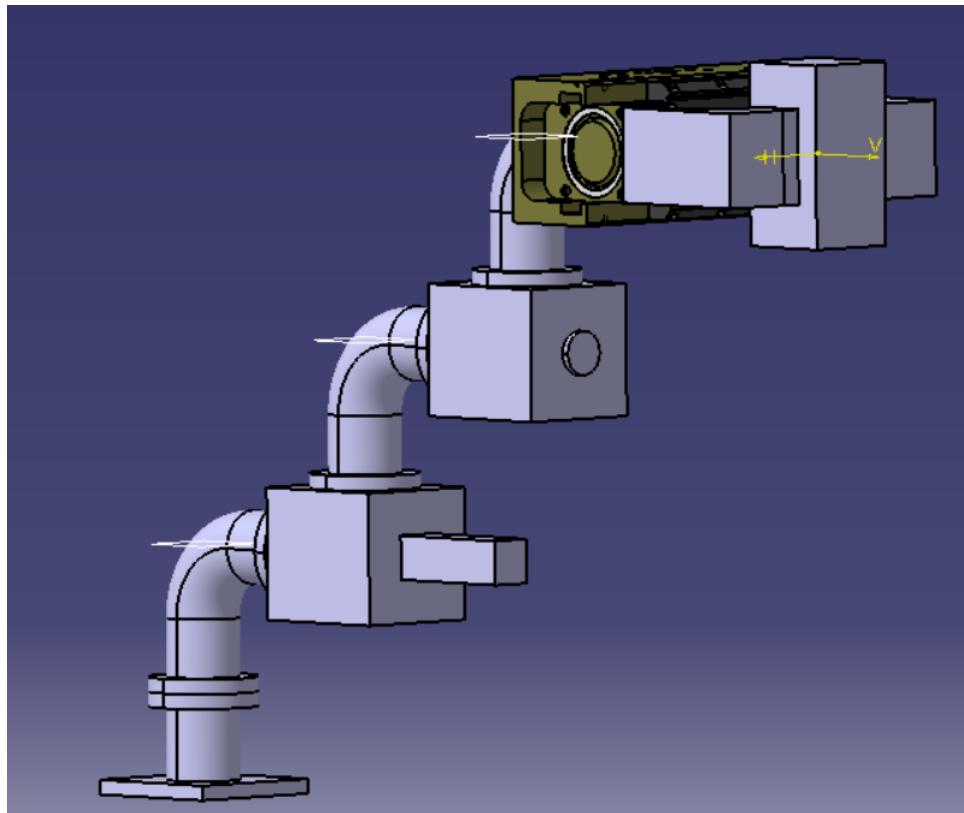
**Fig. 2.2.3 Variatia forTELOR la bacuri, lungimea degetelor**

### 3. ALGORITMUL PRINCIPAL DE PROIECTARE



**Fig. 3.** Algoritmul de proiectare a robotului

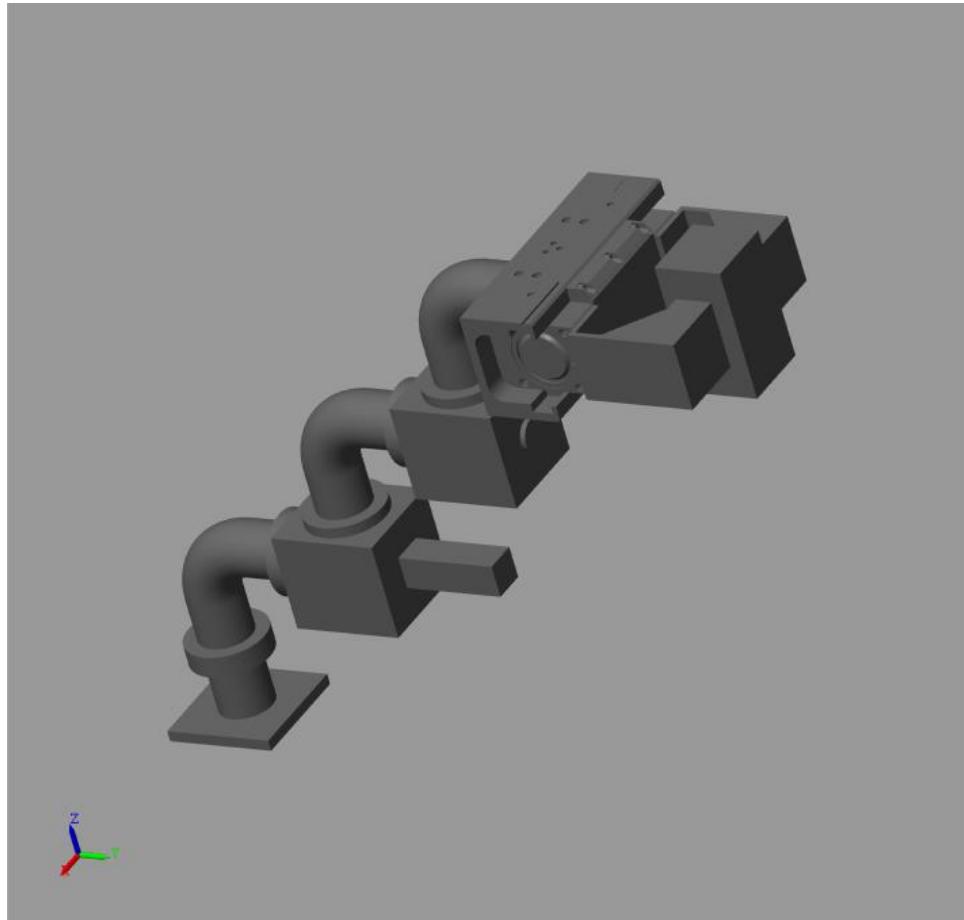
## 3.1 ELABORARE MODEL CATIA ver.0



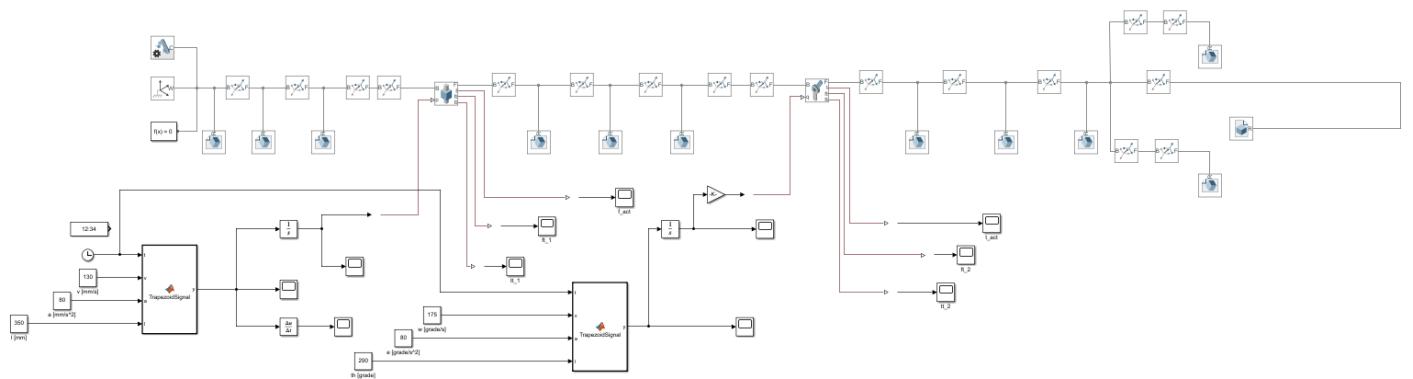
**Figura 3.1.** Model Catia v.0

Modelul 3D ver.0 a fost creat folosind blocuri simple care simuleaza cuplurile si legaturile dintre acestea, care vor fi inlocuite treptat cu cuplurile actuale, la versiuni mai noi ale modelului.

### 3.2 ELABORAREA MODELULUI SimMechanics



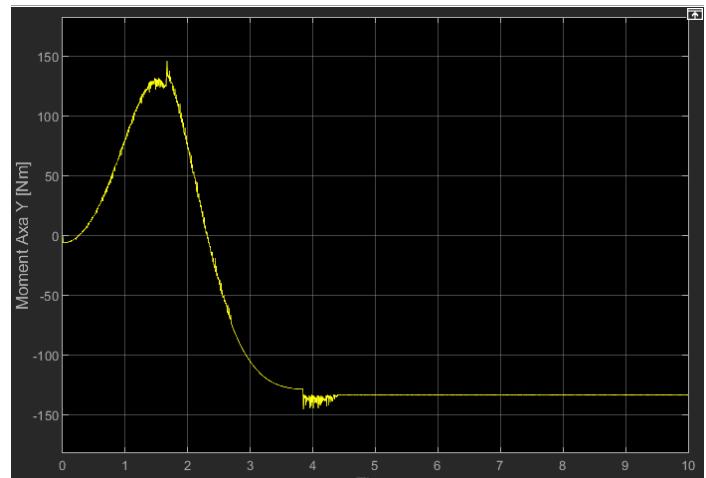
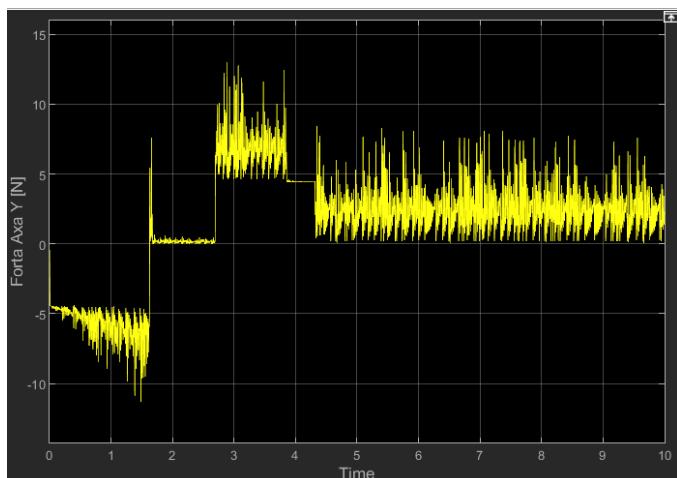
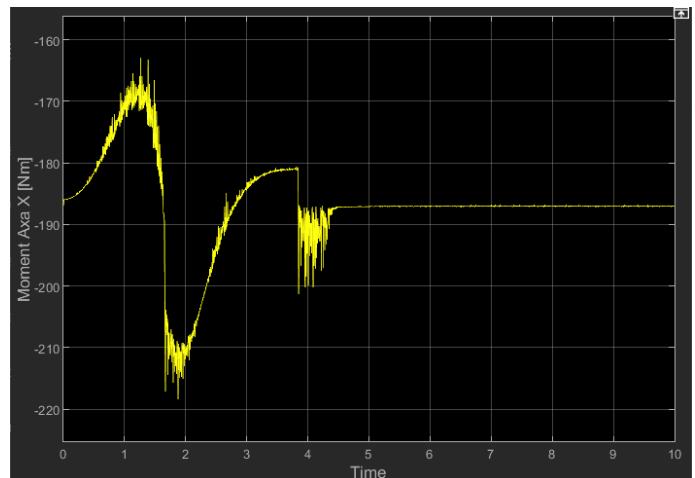
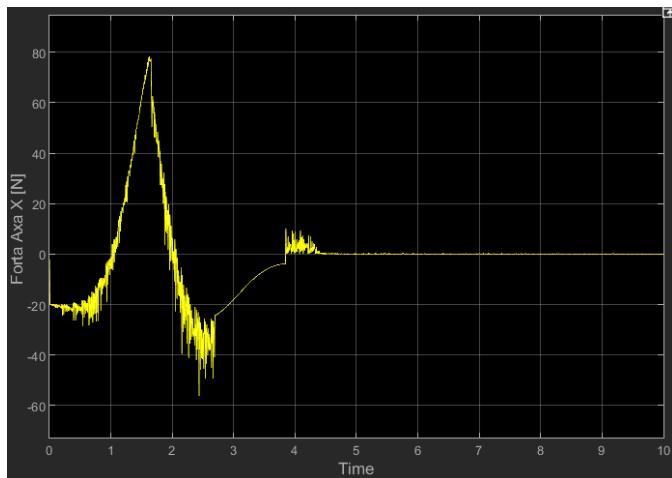
**Figura 3.2.** Model Simulink v.0

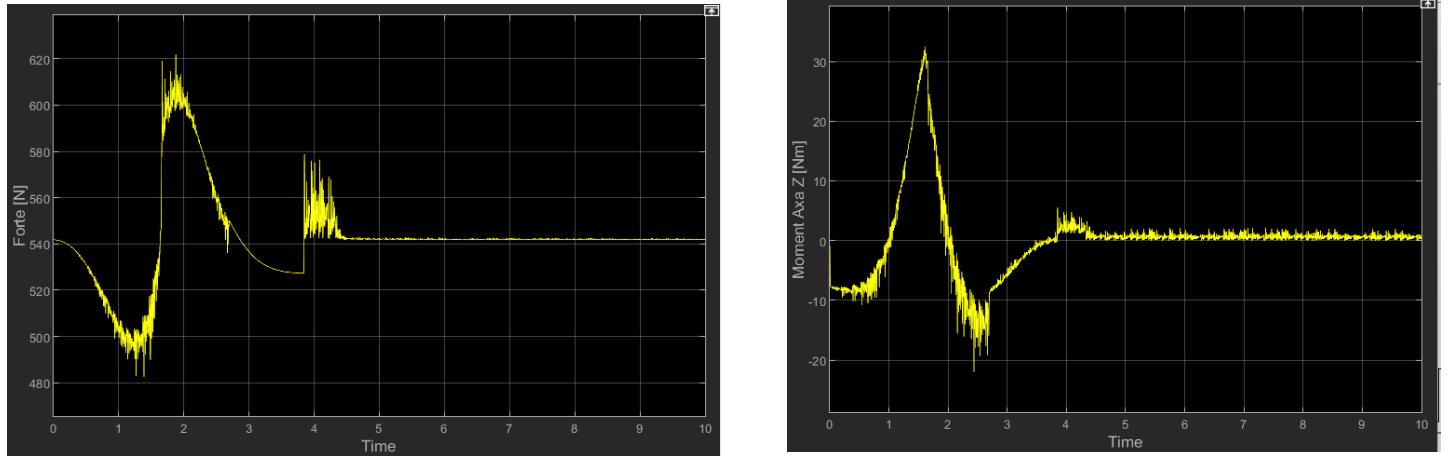


Controlul bratului robotic se face folosind controlul vitezei trapezoide. S-a folosit aceasta metoda de control, deoarece controlul este precis si este usor de implementat.

### 3.3 ELABORAREA MODELULUI DE ANALIZĂ DINAMICĂ

Se vor lua fortele/momentele din prima cupla de la prehensor, in cazul nostru cupla de rotatie, cu scopul de a calcula caracteristicile pieselor care pot fi folosite pentru a indeplini cerintele dorite. Se va folosi Simulink, pentru a extrage aceste forte/momente.





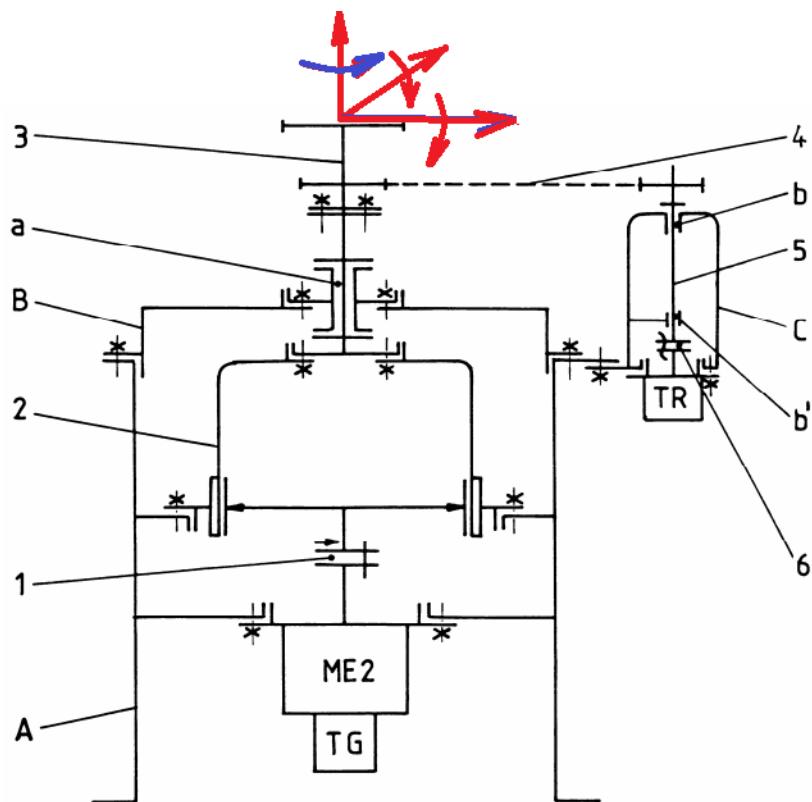
**Figura 3.3.** Graficele de Forță/Moment ale cuplei de rotație

Forțele/Momentele regăsite în cuplă de rotație

Forța X [N]	76.490
Forța Y [N]	8.074
Forța Z [N]	618.928
Moment X [Nm]	217.184
<b>Moment Y [Nm] (Moment motor)</b>	<b>145.891</b>
Moment Z [Nm]	31.362

## 4. PROIECTAREA MODULULUI II (R sau T)

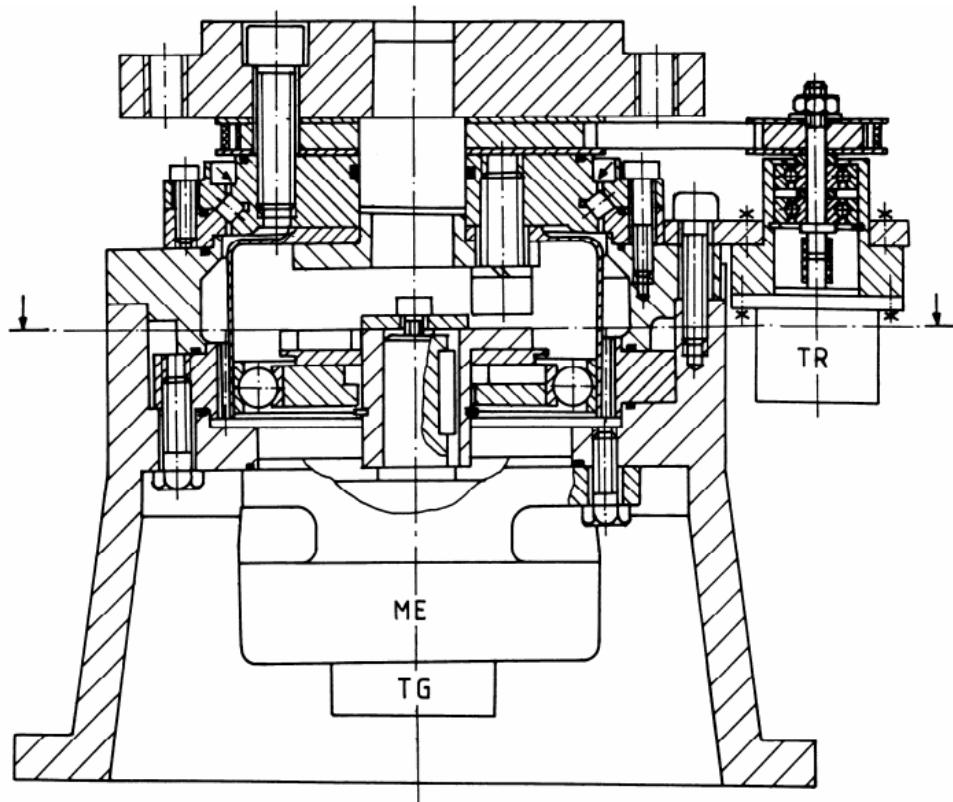
### 4.1. PROIECTAREA MODULULUI II (R)



**Fig. 4.1.1 Schema structural-construcțiva a cuplei (R)**

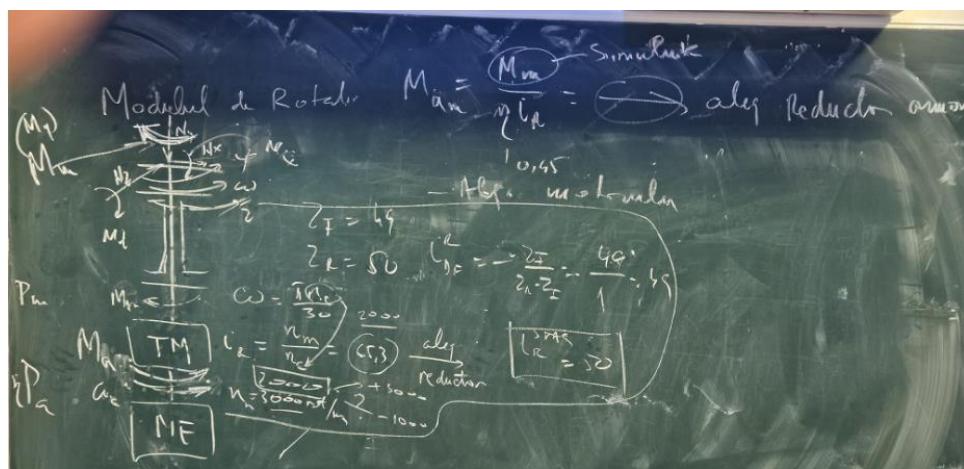
Astfel, în această schemă se evidențiază transmisia electromecanică de antrenare, compusă din motorul electric ME2, cu tahogenarotorul TG, cuplajul radial 1 și reductorul armonic 2, susținute de corpul A. Cupla de rotație, materializată prin lagărul a, are o parte fixă, solidarizată de corpul A, și cealaltă parte mobilă, legată de elementul de ieșire 3 din reductorul armonic. Mișcarea de antrenare a traductorului de poziție TR este preluată de transmisia prin curea dințată 4, arborele 5 (susținut de lagărele b, b' și corpul C) și cuplajul flexibil 6.

Valorile forțelor și momentelor din *Analiza dinamică*



**Fig 4.1.2. Structura constructiva (R)**

Se va parurge Algoritmul de proiectare de la pag 199.



**Fig. 4.1.3** Algoritmul de parcurgere

Algoritmul de parcurgere pentru determinarea parametrilor motorului:

Se va lua un motor cu turatia intre 2000 ~ 3000 de turatii:

$n_{am} = 2000 \sim 3000$  [rot/min] (Turatia motorului nominala)

Se va converti viteza unghiulara a cuplei, in turatii:

$\omega_m = 175$  [grade/s] =  $175 * \pi/180$  [rad/s] (Viteza unghiulara a cuplei)

$n_m = 30/\pi * \omega_m = 30/\pi * 175 * \pi/180$  [rot/min] = **29.2** [rot/min]

Se calculeaza raportul de transmisie a cuplei:

$i_r = n_{am}/n_m = 68.5 \sim 102.7$

Folosind raportul de transmisie calculat la pasul trecut, se va calcula momentul necesar la motor:

$M_m = M_{motor} = M_y = 145.9$  [Nm] (Momentul cuplei)

$\eta = 0.92$  (Randament)

$M_{am} = M_m/(i_r * \eta) = 1.54 \sim 2.32$  [Nm]

Se calculeaza capacitatea dorita a rulmentului (rulment cu bile):

$C_{axial} = F_{axial} * \sqrt{L} = F_m * \sqrt{(L_h * 60 * n_{am} / 10^6)} = 85.8 \sim 98.2$  [N]

$C_{radial} = F_{radial} * \sqrt{L} = F_m * \sqrt{(L_h * 60 * n_{am} / 10^6)} = 6577.1 \sim 7528.9$  [N]

Unde  $F_{axial}$  este forta axiala, iar  $F_{radial}$  forta radiala.

In final se calculeaza puterea motorului:

$P_{am} = M_{am} * \omega_{am} = 483.8 \sim 484.88$  [W]

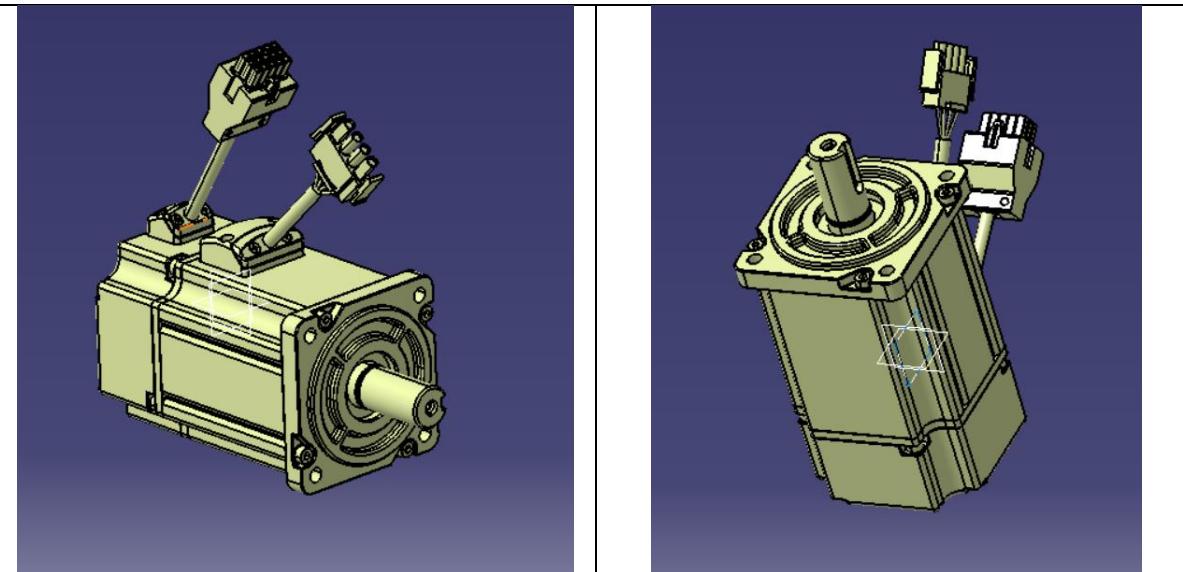
Componentele alese in functie de calculele facute mai sus se regasesc in tabelul de mai jos:

Motor	<b>SBL80D2-01</b>	Motor servo BLDC
Reducer	<b>HDC-2M</b>	Reducer armonic
Cuplaj	<b>WK4/18-57-16-18</b>	Cuplaj torsional rigid

Rulment

**QJ 315 N2MA**

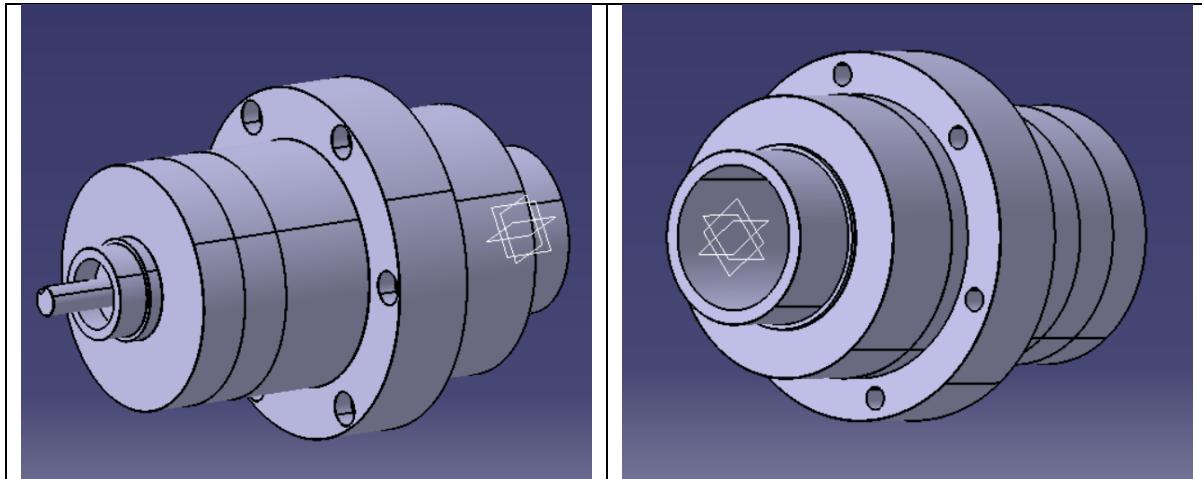
Rulment cu bile, contact in 4 puncte

Modelul 3D al motorului **SBL80D2-01**

Specificatiile motorului :

Frame Size	80 mm
Rated Voltage	80 VDC
Rated Output Power	550 W
Rated Speed	3000 rot/min
Max Mechanical Speed	5500 rot/min
Rated Torque	1.8 Nm
Peak Torque	4.6 Nm

Modelul 3D al Reductorului armonic



Reduction	100:1
Maximum Output Torque	311.9 Nm
Maximum Speed	5600 rot/min
Mass	10 Kg

Verificare :

$$i_r = 100$$

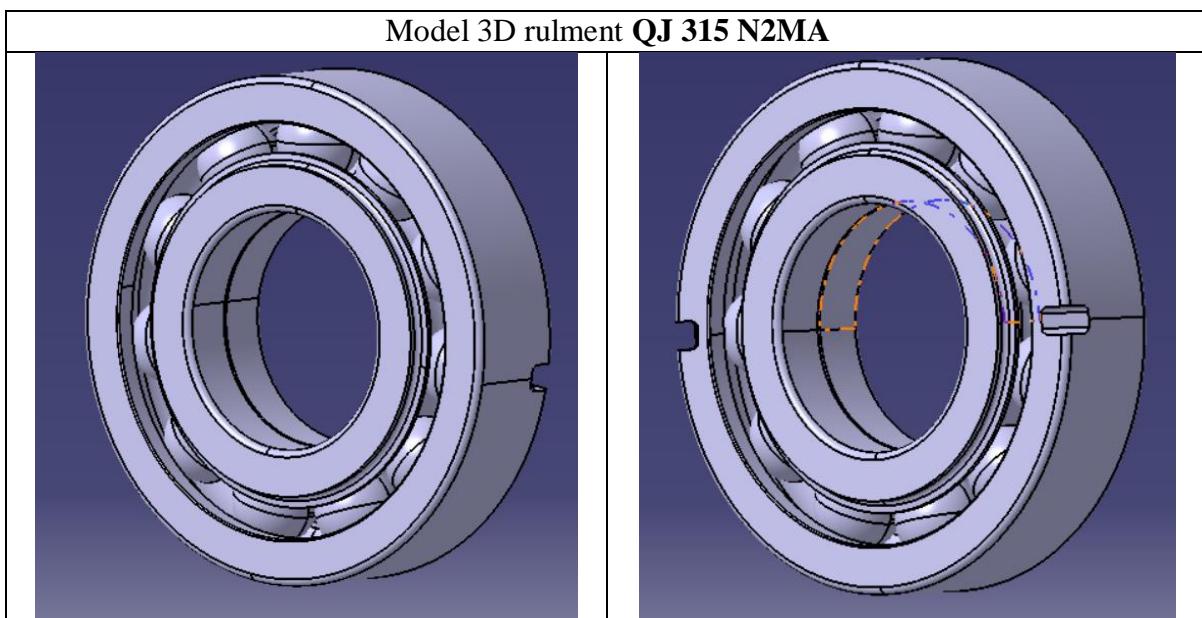
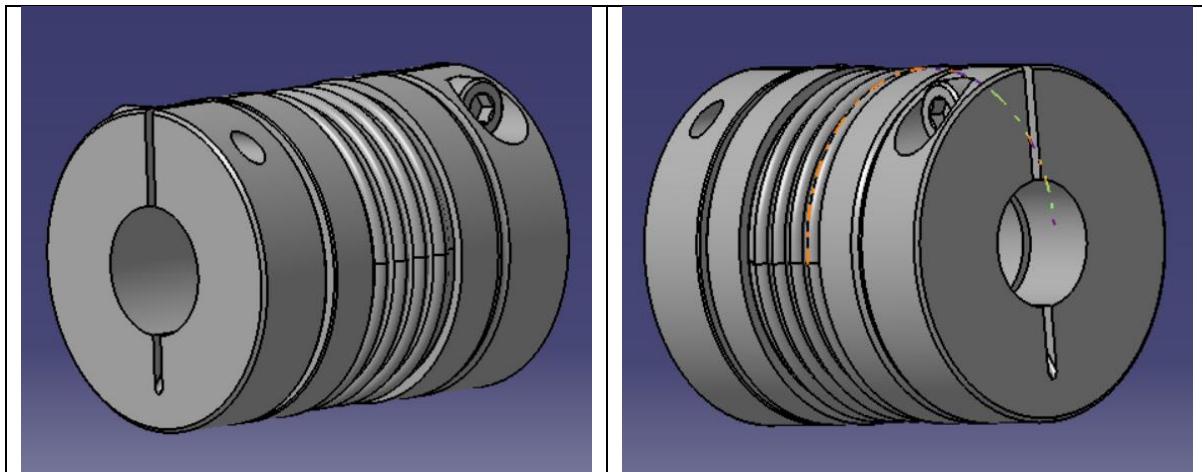
$$n_{am} = 3000 \text{ [rot/min]}$$

$$M_{am} = 1.8 \text{ [Nm]}$$

$$M_m = M_{am} * (i_r * \eta) = 1.8 * 100 * 0.92 = 165.6 \text{ [Nm]} > 145.9 \text{ [Nm]}$$

$$n_m = n_{am} / i_r = 3000/100 = 30 \text{ [rot/min]} > 29.2 \text{ [rot/min]} !!! \text{ Se verifica}$$

Model 3D al cuplajului **WK4/18-57-16-18**



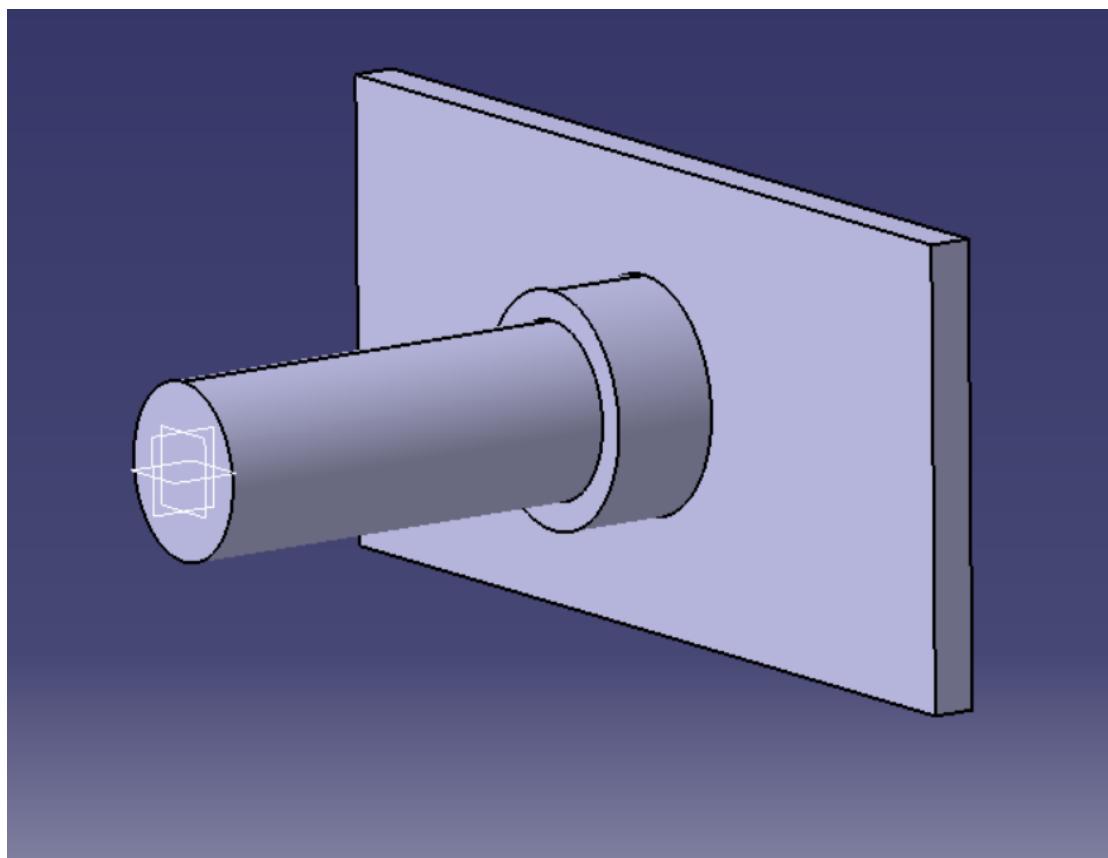
d [mm]	75
D [mm]	160
B [mm]	37
C/C <sub>0</sub> [kN]	216/220
Turatia limita [rot/min]	7500

Verificare:

$$C = 216 \text{ [kN]} > 98.2 \text{ [N]}$$

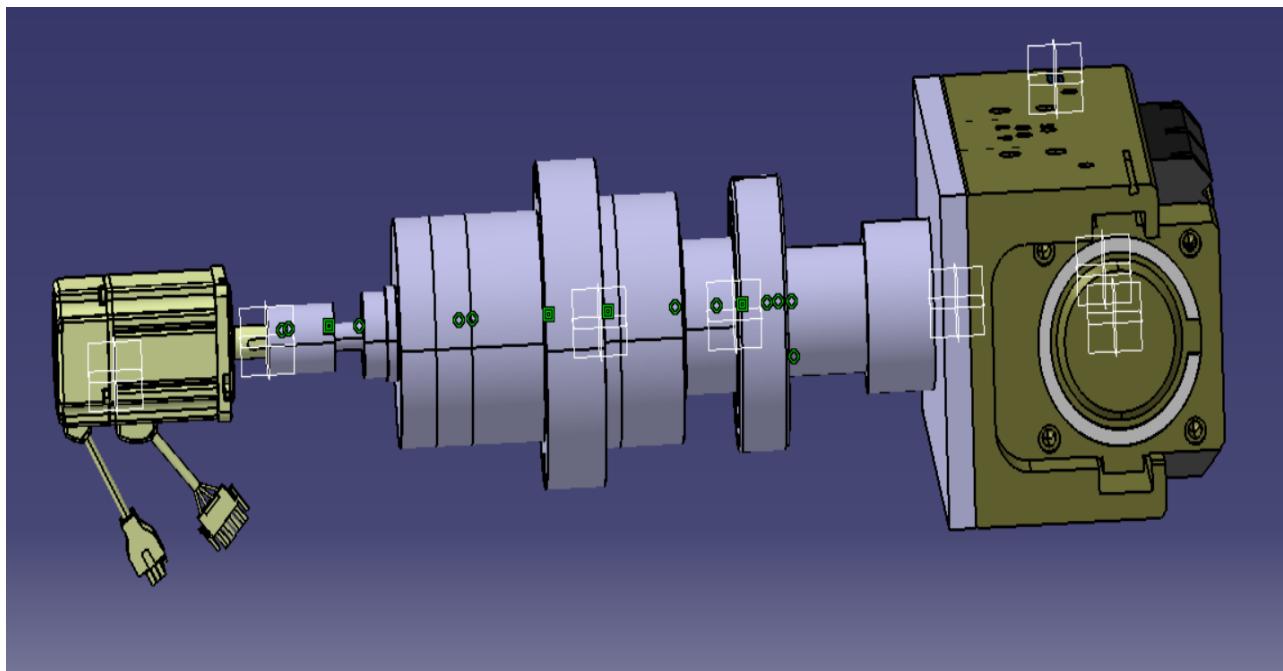
$$C / C_{\text{radial}} = 28.8 \sim 32.2 > 1.78 \text{ Se verifica !!!!}$$

Am mai modelat un arbore cu o placă, pentru a conecta prehensorul de reductor:



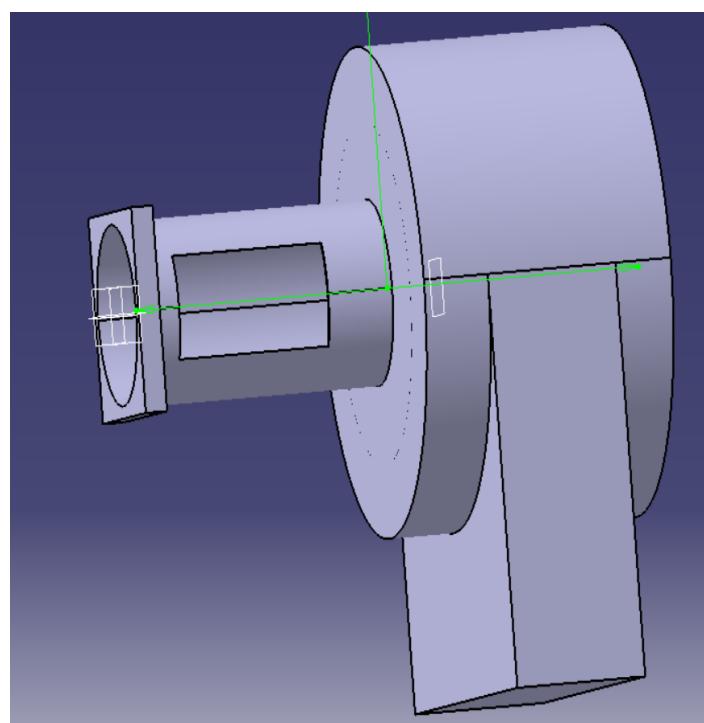
**Fig. 4.1.4.** Arbore cu placă pentru prinderea prehensorului

Intreaga transmisie de la motor, la prehensor arata in felul urmator:



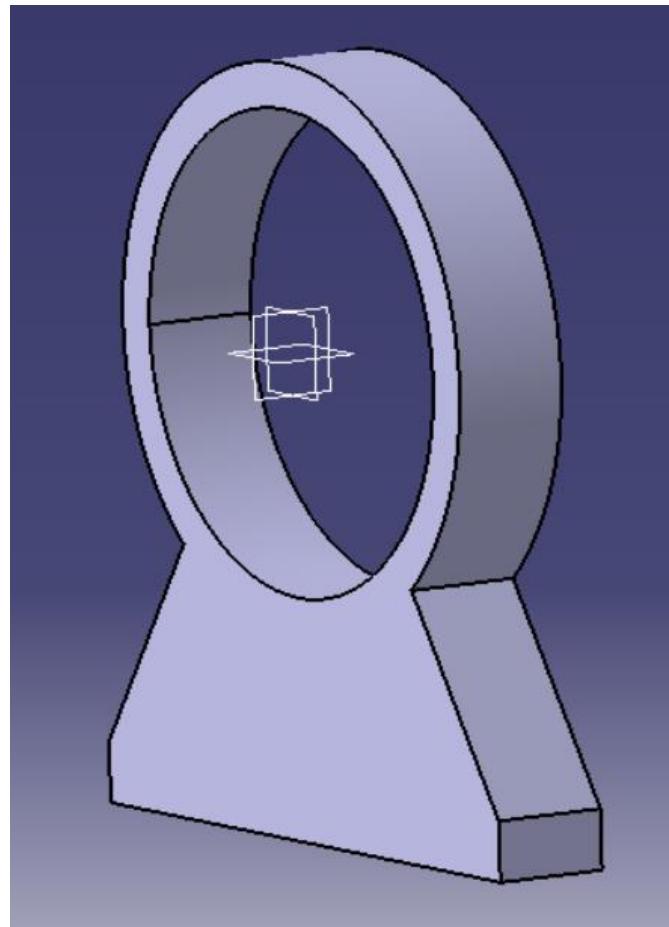
*Fig. 4.1.5 Cupla rotatie doar transmisie*

Se mai construiește o carcasa, cu picior, care se prinde de motor și reductor:



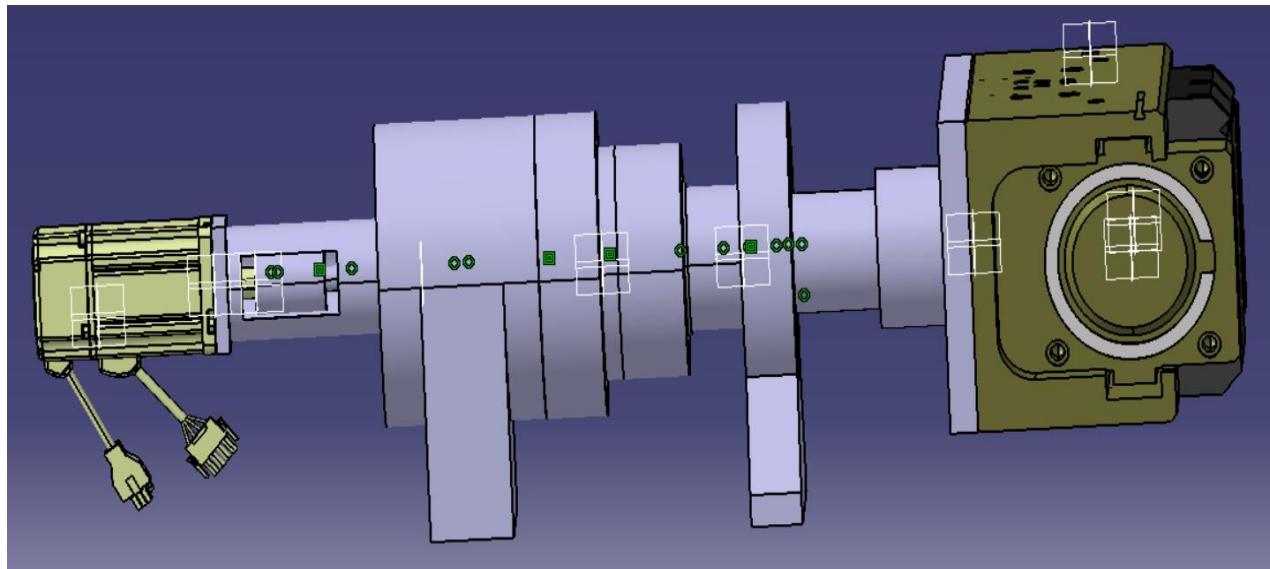
*Fig. 4.1.6. Carcasa motor-reductor*

Si un lagar cu picior, pentru rulment:



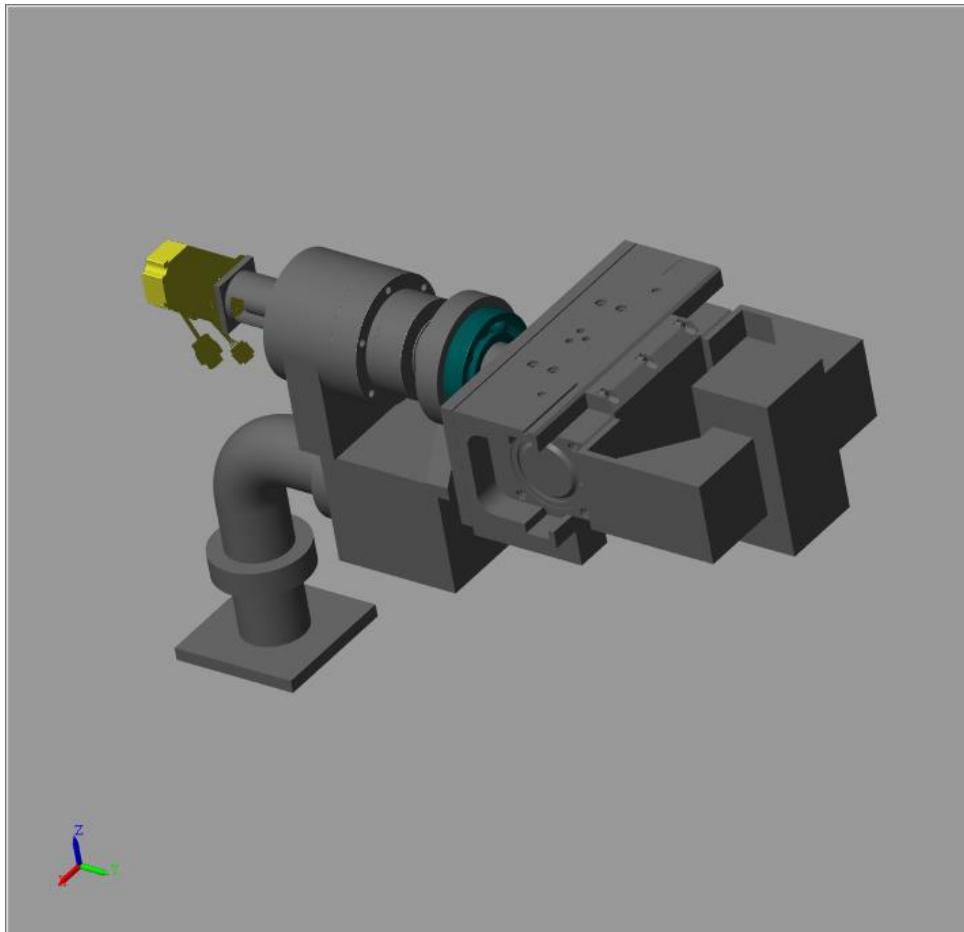
**Fig. 4.1.7. Lagar rulment**

In final cupla de rotatie va arata in felul urmator:

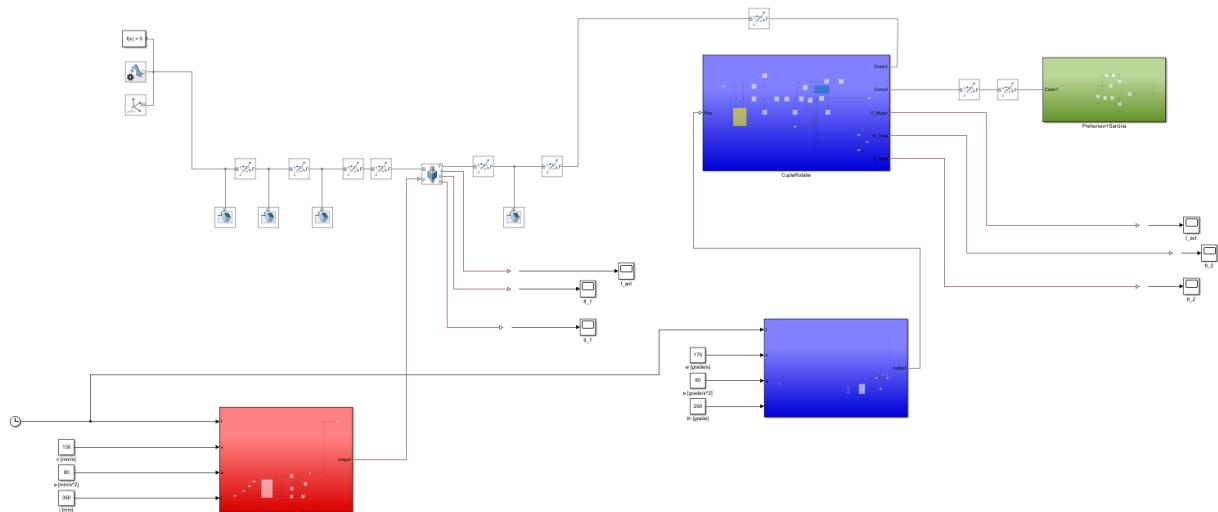


**Fig. 4.1.8. Cupla de rotatie**

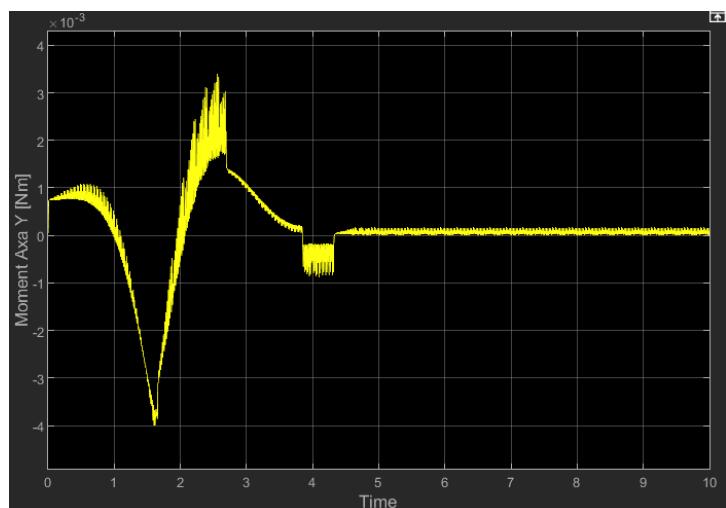
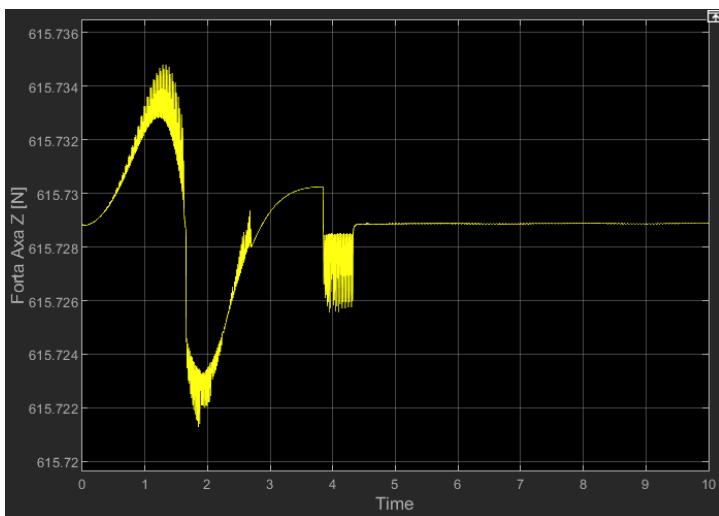
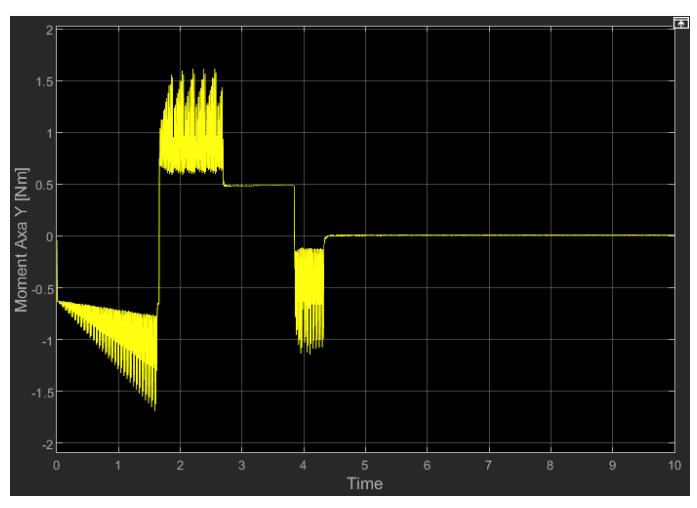
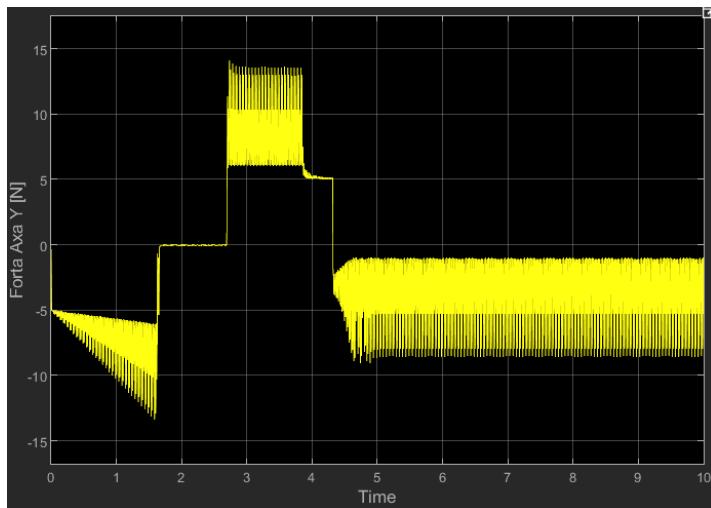
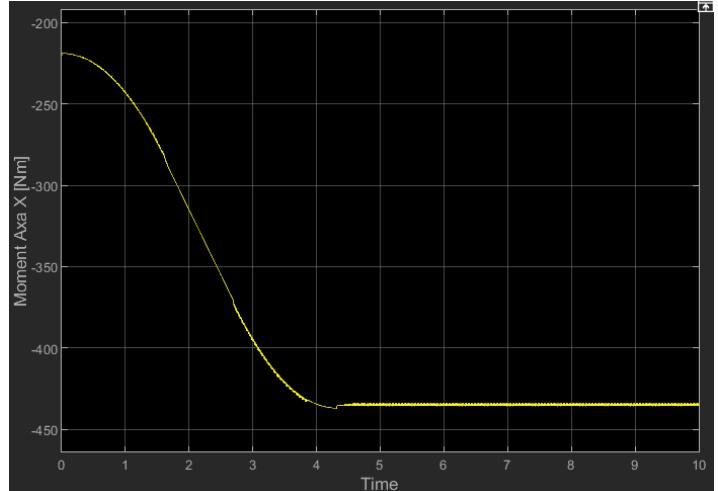
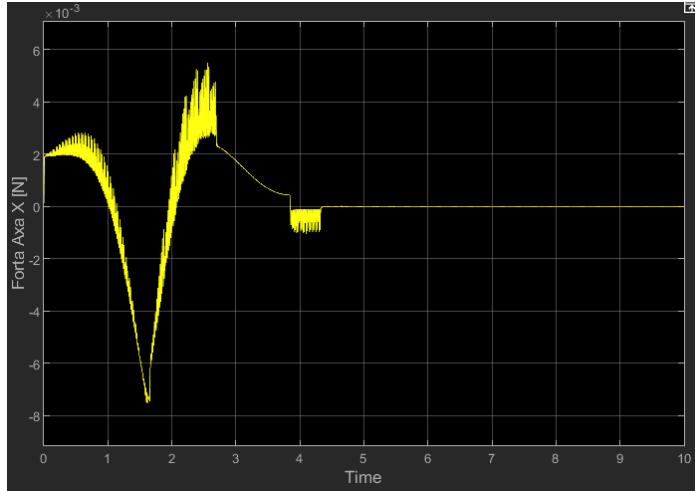
#### 4.2. MODELARE ÎN SimMechanics



**Figura 4.2.1.** Model Simulink v.1



### 4.3. ANALIZA DINAMICĂ



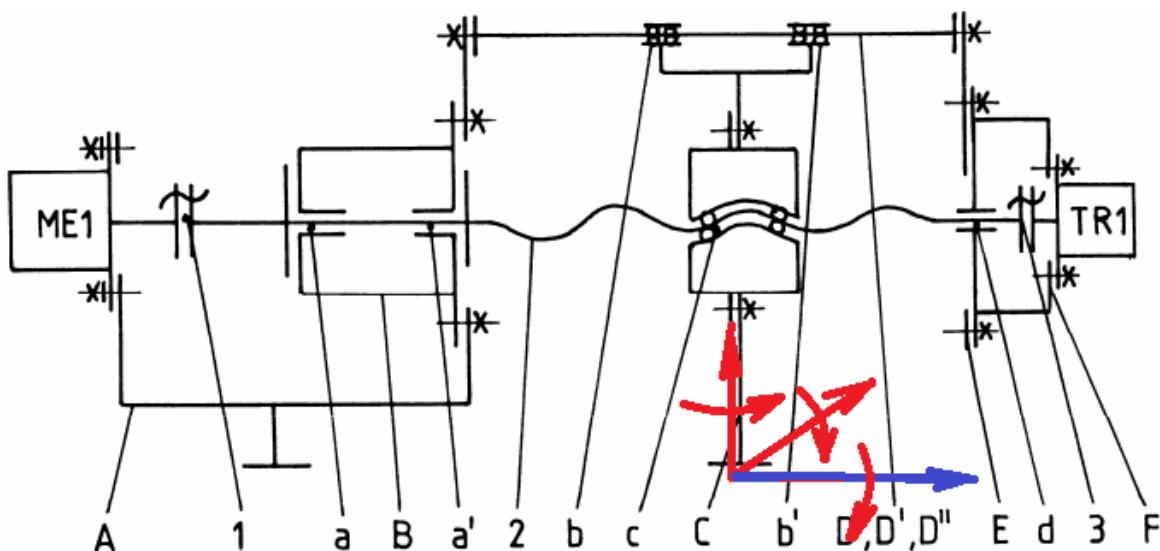
**Figura 4.3. Graficele de Forță/Momente din cupla de translație**

Forțele/Momentele din cupla de translație:

Forța X [N]	0.007
Forța Y [N] (Forța motoare)	13.71
Forța Z [N]	598
Moment X [Nm]	430.1
Moment Y [Nm]	1.681
Moment Z [Nm]	0.003

## 5. PROIECTAREA MODULULUI I (T sau R)

### 5.1. PROIECTAREA MODULULUI I T

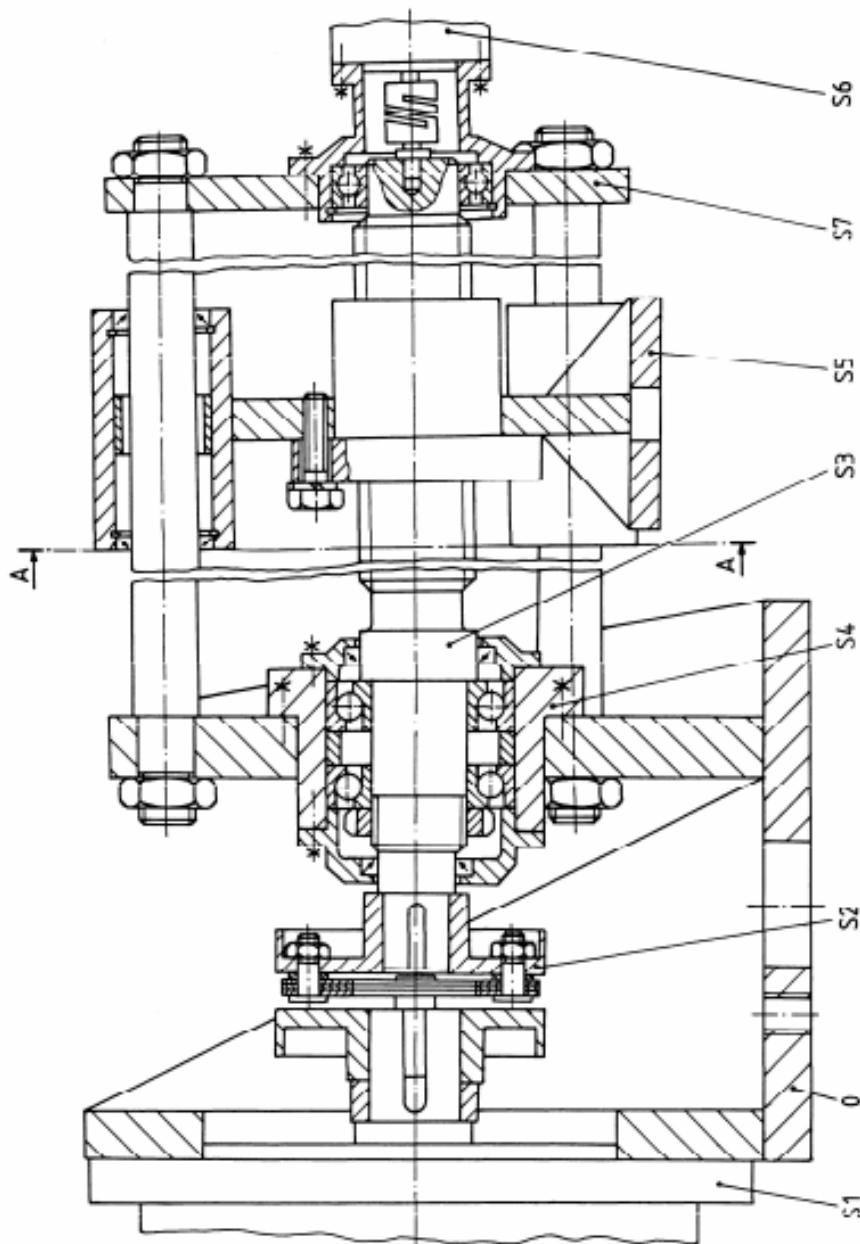


**Fig. 5.1.1. Schema constructiva T**



Schemă structural-constructivă de ansamblu. În fig. 6.14 se prezintă o schemă structural-constructivă, asociată cu cea structural-funcțională din fig. 6.13, în care se prezintă, la nivel de simboluri, principalele elemente constructive active și pasive precum și schemele de lăgăruire. Astfel, în această schemă se evidențiază: cuplajele flexibile 1 și 3, șurubul 2, lagărul principal cu rulmenții a și a'; lagărele de translație b și b'; cupla elicoidală c; lagărul secundar d; suporții A și E; carcasele B și F; coloanele D, D', D"; corpul lagăr C; motorul electric ME1; traductorul incremental de rotație TR1

Valorile forțelor și momentelor din *Analiza dinamică*



**Fig. 5.1.2 Schema constructiva T**

Se va parcurge Algoritmul de proiectare de la pag 188.

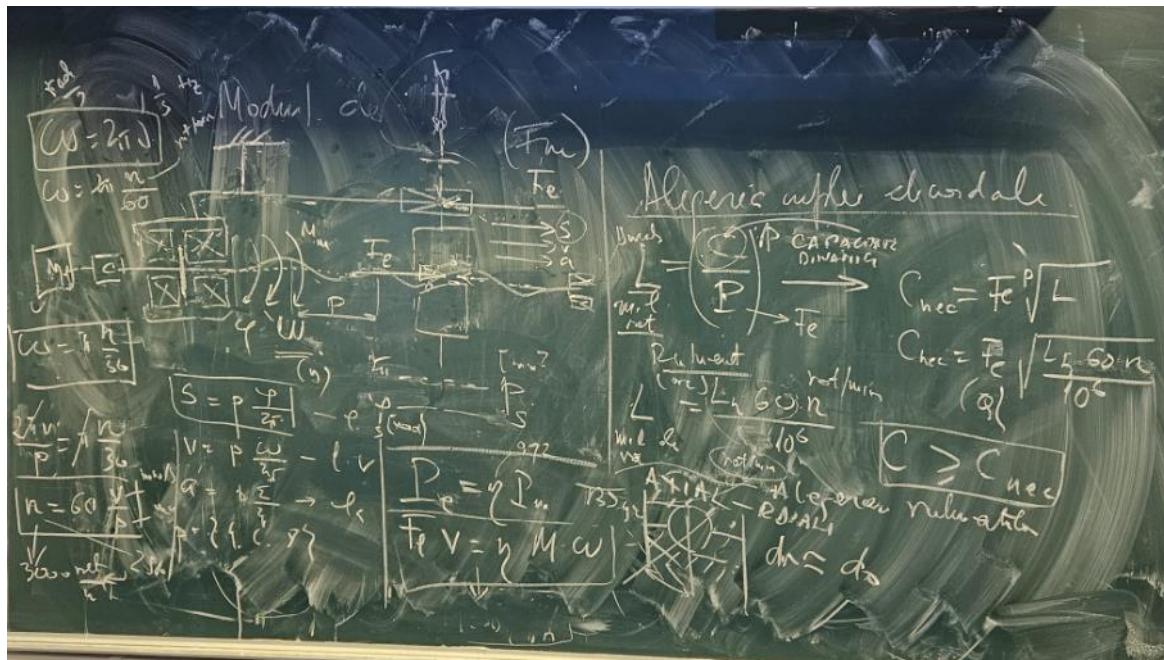


Fig. 5.1.3 Algoritmul de parcurs

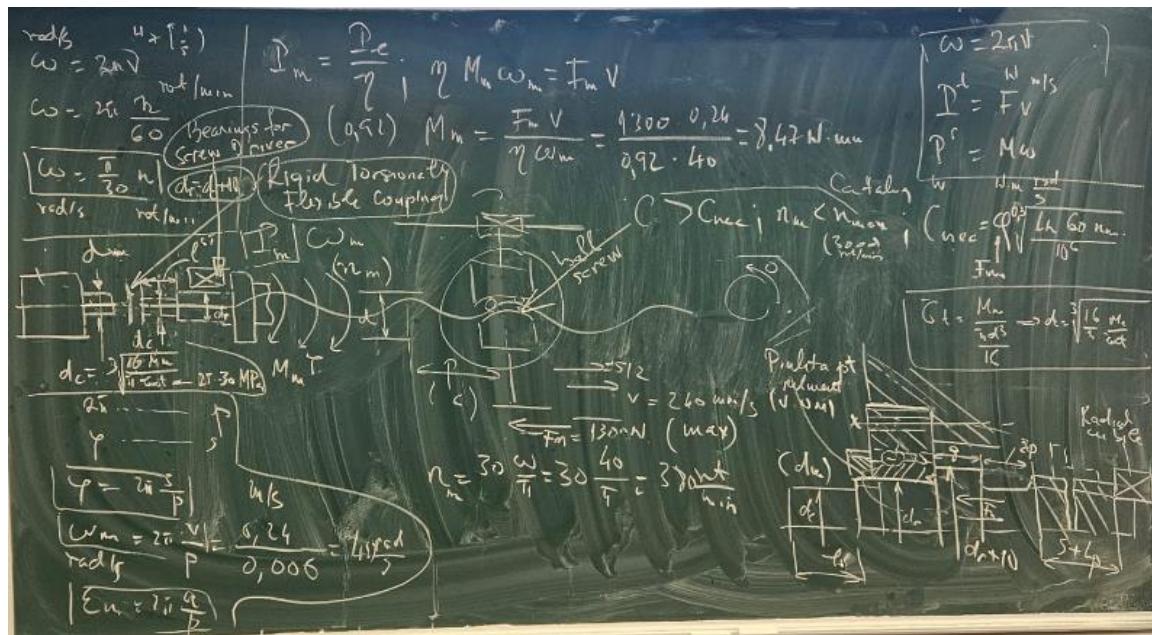


Fig. 5.1.4. Algoritmul de parcurs

Algoritmul de parcurgere pentru determinarea parametrilor motorului:



Se va alege un motor cu turatii intre valorile 2000 ~ 3000 de turatii:

$n_{am} = 2000 \sim 3000$  [rot/min] (Turatia motorului nominala)

Se afla pasul surubului cu bile, stiind viteza lineară, și viteza unghiulară:

$v_m = 130$  [mm/s] (Viteza lineară a cuplei)

$\omega_{am} = \pi/30 * n_{am} = 209.43 \sim 314.16$  [rad/s]

$p = 2 * \pi * v_m / \omega_{am} = 2.6 \sim 3.9$  [mm/rad] (Pasul)

Se calculeaza momentul necesar al motorului:

$M_{am} = (F_m * v_m) / (\eta * \omega_{am}) = 6.1 \sim 9.2$  [Nmm] (Momentul la motor)

Se calculeaza diametrul capului de surub:

$d = \sqrt[3]{(16 * M_{am}) / (\pi * \tau)} = 0.92 \sim 1.23$  [mm] (Diametrul minim la secțiunea de intrare a arborelui)

Capacitatea piulitei:

$C_{nec} = F_m * \sqrt[p]{L} = F_m * \sqrt[p]{(L_h * 60 * n_{am}) / 10^6} = 145.7 \sim 166.8$  [N]

Unde  $F_m$  este forța motoare.

Capacitatea rulmentului:

$C_{nec} = F_{comb} * \sqrt[p]{L} = F_{comb} * \sqrt[p]{(L_h * 60 * n_{am}) / 10^6} = 6354.7 \sim 7274.3$  [N]

Unde  $F_{comb}$  este  $\sqrt{F_{axial}^2 + F_{radial}^2}$ , deoarece se folosesc rulmenti care preia sarcini axiale precum și radiale.

Calculele pentru bucse:

$N > M_y / (r * z) = 12$  [N]

$N > \max(F_x, F_z) / z = 299$  [N]

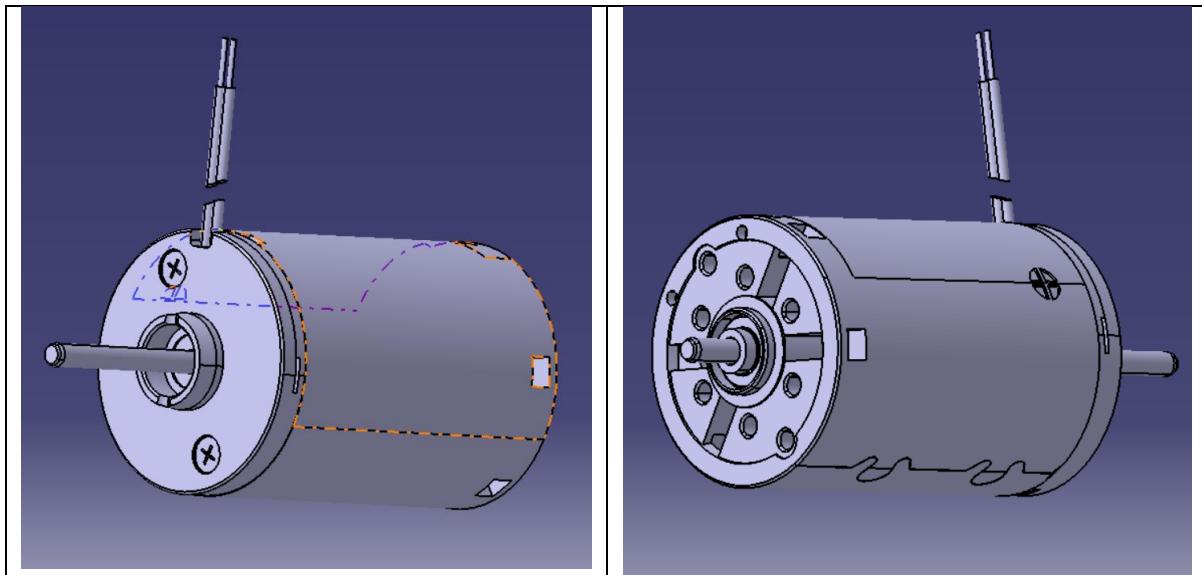
Puterea la motor

$$P_{am} = (F_m * v_m) / \eta = 1.83 \text{ [W]}$$

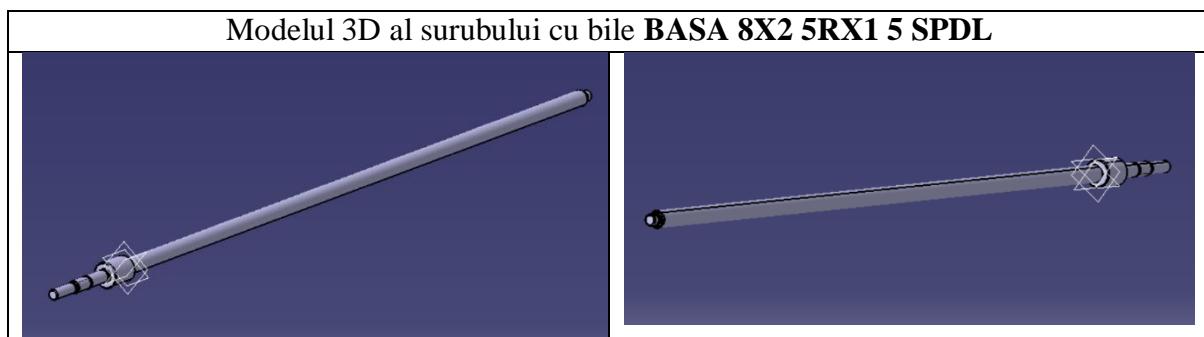
Componentele alese in functie de calculele facute mai sus se regasesc in tabelul de mai jos:

Motor	<b>A-MAX 22 Ø22 mm</b>	Precious Metal Brushes CLL, 3.5 Watt, with cable
Surub cu bile	<b>BASA 8X2 5RX1 5 SPDL</b>	
Piulita	<b>R153223002</b>	ZEM-E-S
Cuplaj	<b>WK2/1-22-2-5-1</b>	Cuplaj Torsional Rigid
Rulment	<b>CRAPODINA SUPERIOARA SEB-F-Z 6/ R159110600</b>	Rulment in lagar incastrat cu talpa
Rulment	<b>CRAPODINĂ SUPERIOARĂ SEB-L-S 5/ R159160500</b>	Rulment in lagar flotant cu talpa si capac
Bucsa	<b>SET LINIAR LSAO-A-12-DD/ R103761220</b>	Bucsa deschisa
Ghidaje	<b>R101101200_ASM</b>	Ghidaje cu suport pentru baza

Model 3D al motorului **A-MAX 22 Ø22 mm**

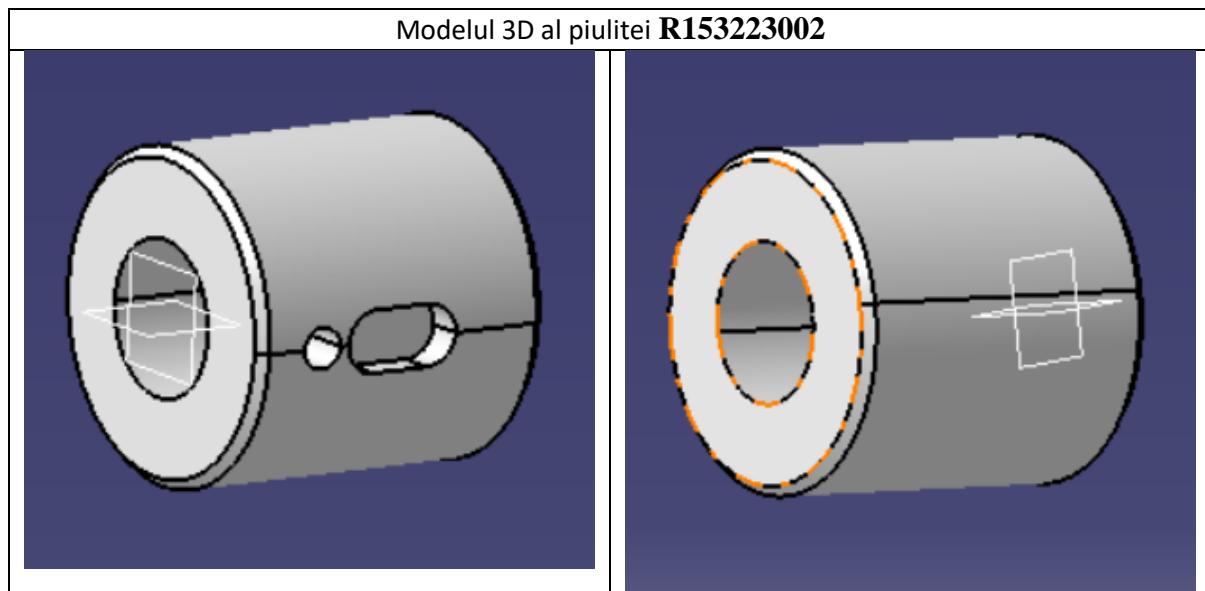


Nominal Voltage	7.2 V
No Load Speed	5620 rot/min
No Load Current	11.8 mA
Nominal Speed	2890 rot/min
Nominal Torque	6.24 mNm
Nominal Current	0.525 A
Stall Torque	12.8 mNm
Stall Current	1.06 A
Max Efficiency	80 %
Power	3.5 W



Diametru Nominal	8 mm
Pas	2.5 mm
Directie pas	R
Diametru bila	1.588 mm

Numar tururi	3
Sistem de etansare	Etansare standard, moment de freare 0.015 Nm
Pretensionare	C00 joc redus max 0.01mm
Precizie	T5 (0.023mm/300mm)
Ax	R



Tip piulita	ZEM-E-S
$C_{dyn}$	2640 N

Verificare :

$$n_{am} = 2890 \text{ [rot/min]}$$

$$p = 2.5 \text{ [mm]}$$

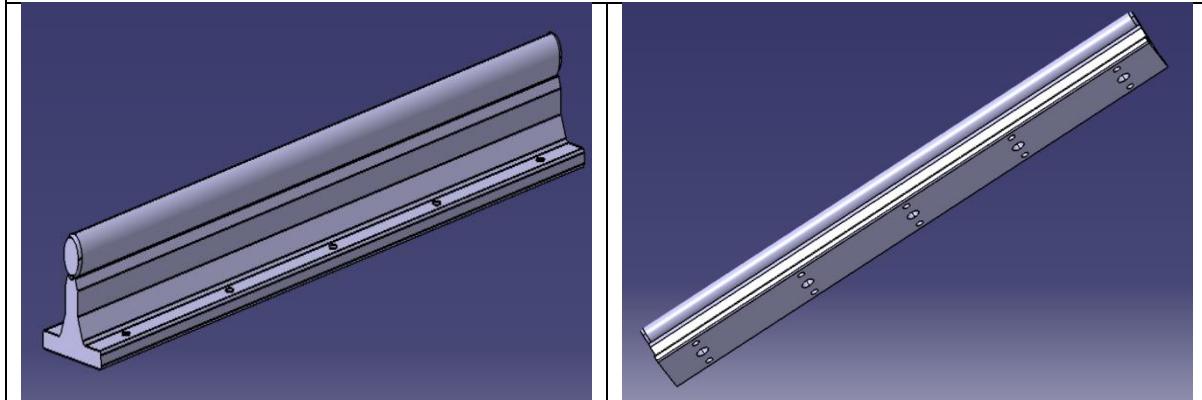
$$\omega_{am} = \pi/30 * n_{am} = 302.64 \text{ [rad/s]}$$

$$v_m = p * \omega_{am} / (2 * \pi) = 120.41 \text{ [mm/s]} \sim 130 \text{ [mm/s]}$$

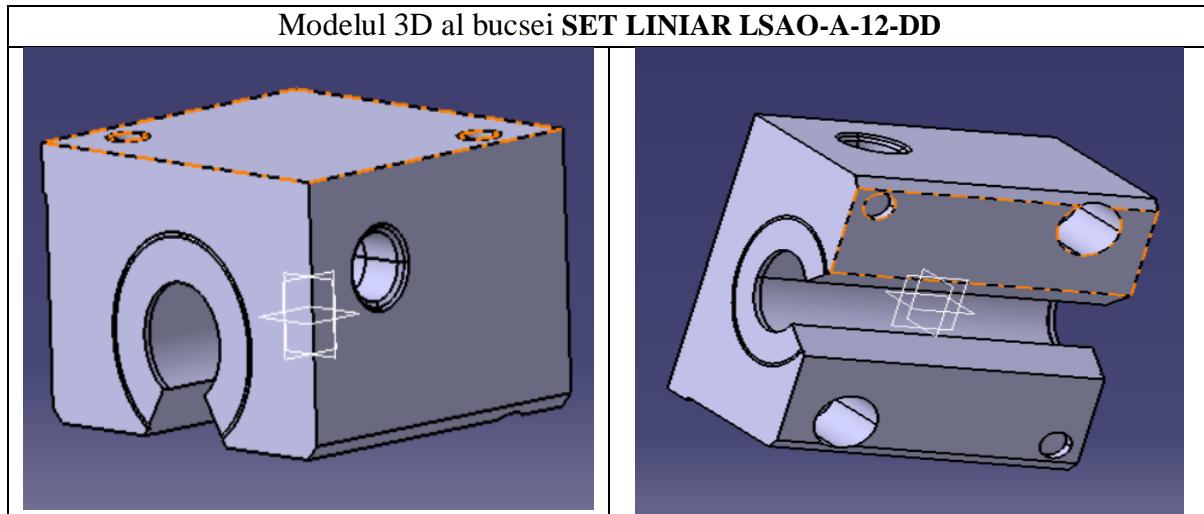
$$F_m = M_{am} * (\eta * \omega_{am}) / v_m = 14.42 \text{ [N]} \sim 13.71 \text{ [N]} !!! \text{ Se verifica}$$

$$C_{nec} = F_m * p\sqrt{L} = F_m * p\sqrt{(L_h * 60 * n_{am} / 10^6)} = 166.8 \text{ [N]} \ll 2640 \text{ [N]} !!! \text{ Se verifica}$$

Model 3D al ghidajului **R101101200\_ASM**



Diametrul	12 mm
-----------	-------



Masa	0.11 Kg
Dyn. C	1060 N
Stat. C0	510 N
Diametru interior	12 mm

Verificare:

Dyn. C = N = **1060 [N] > 12 [N]**

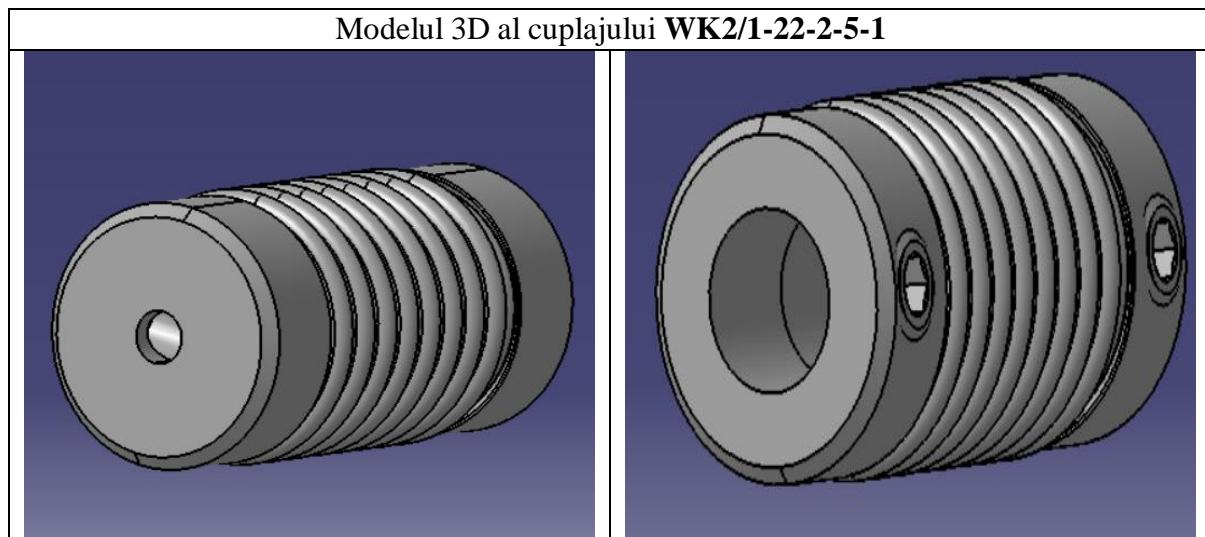
Dyn. C = N = **1060 [N] > 299 [N]** se verifica !!!



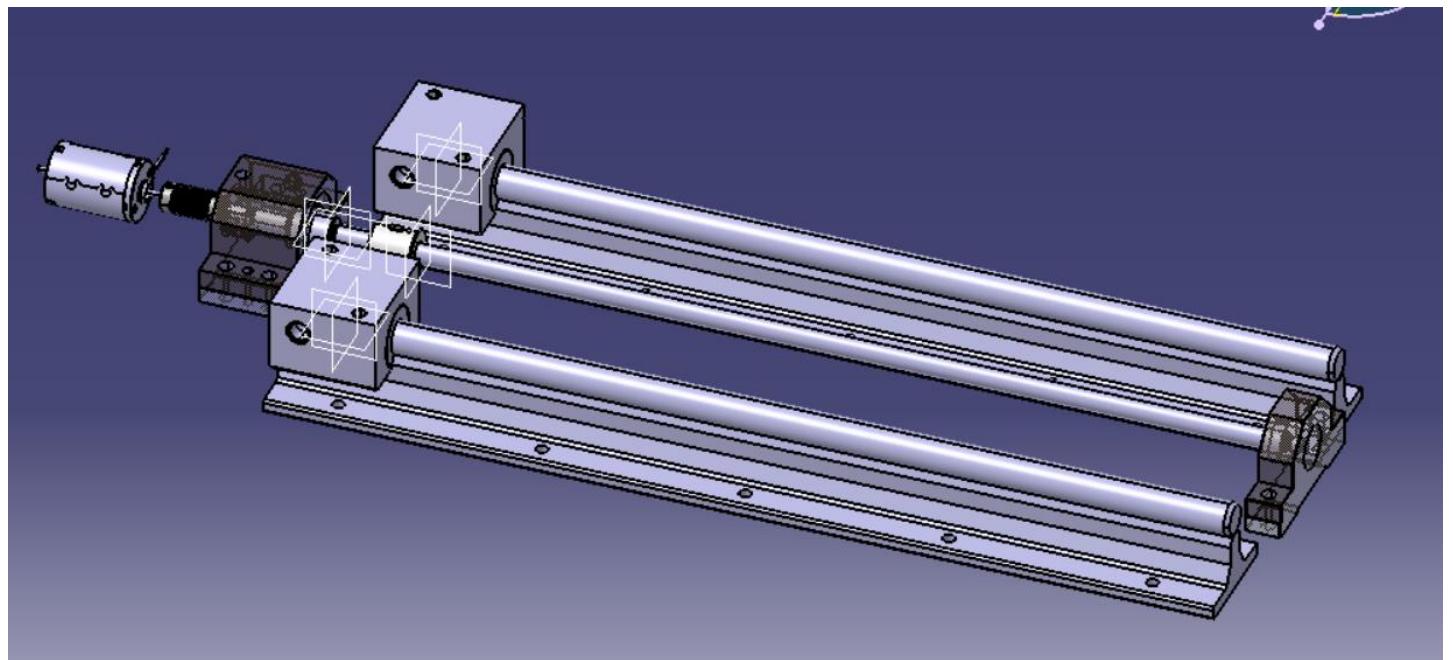
	<b>R159110600</b>	<b>R159110600</b>
Dimensiune nominala [mm]	6x1/2-8x1/2/2.5/5	8x1/2/2.5/5
Cuplu de strangere [Nm]	2	Nu există
Coeficient dinamic de incarcare C [N]	6900	1900
Coeficient static de incarcare C0 [N]	8500	590
Greutate [Kg]	0.365	0.16
Dimensiune B [mm]	15	5

Verificare:

$C_{dyn\_1} + C_{dyn\_2} = 6900 \text{ [N]} + 1900 \text{ [N]} = 8800 \text{ [N]} > 7274.3 \text{ [N]}$  Se verifică !!!

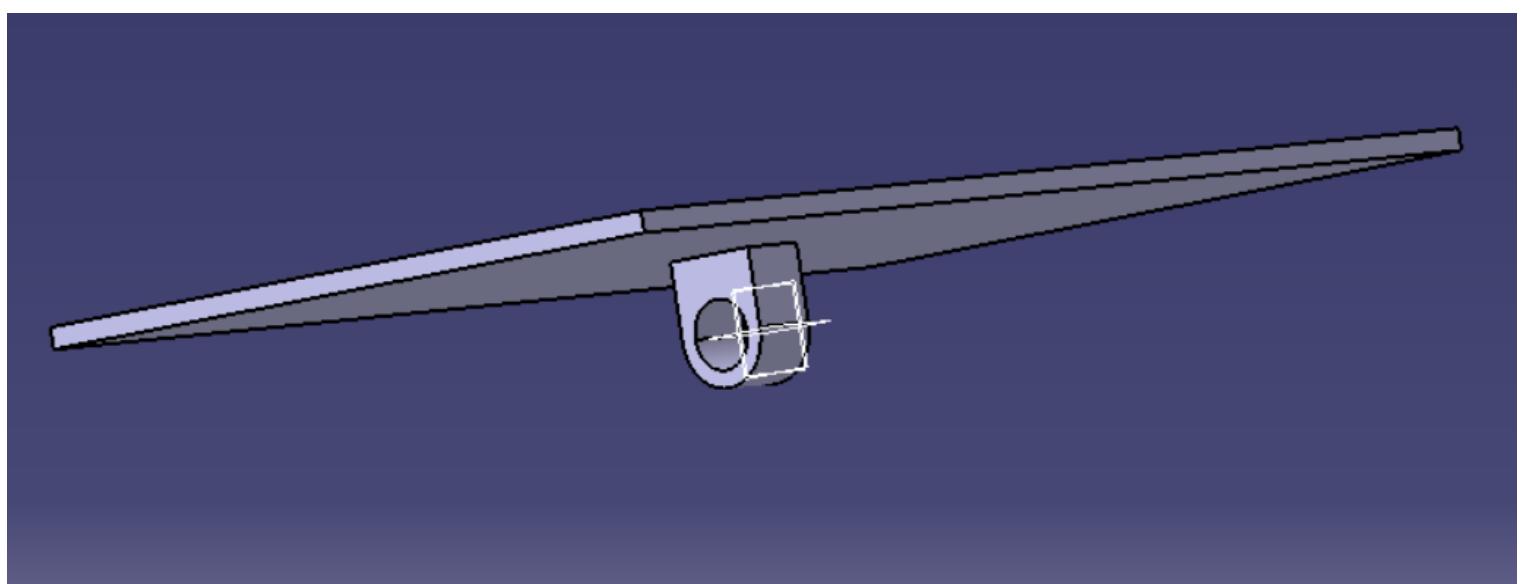


Transmisia cuplei de rotatie arata in felul urmator :



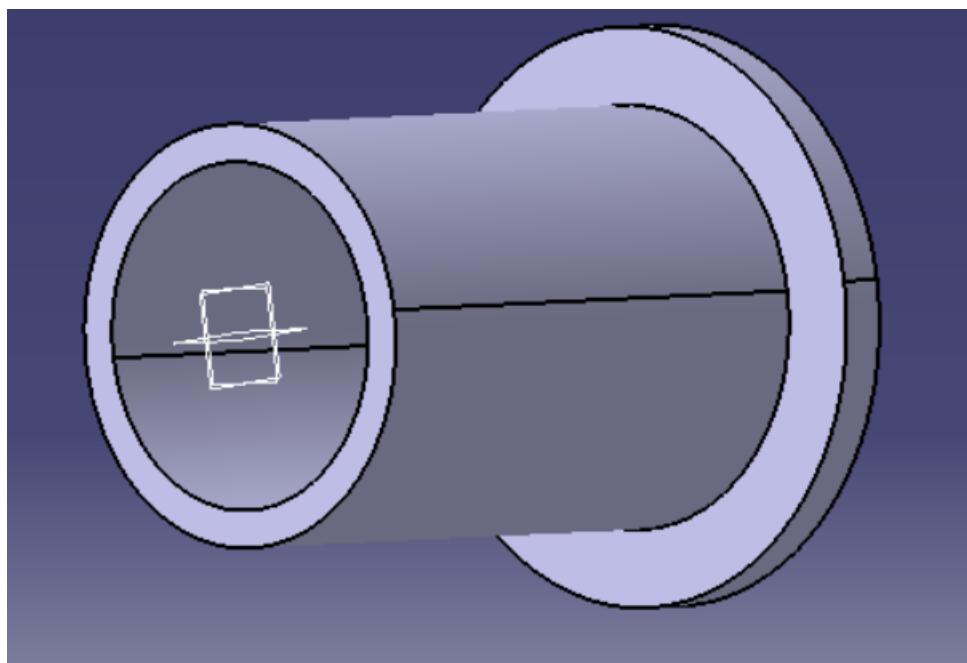
**Figura 5.1.5** Cupla de translatie, doar transmisia

Pentru a face legatura dintre cupla de translatie, si cea de rotatie, am creat o talpa:



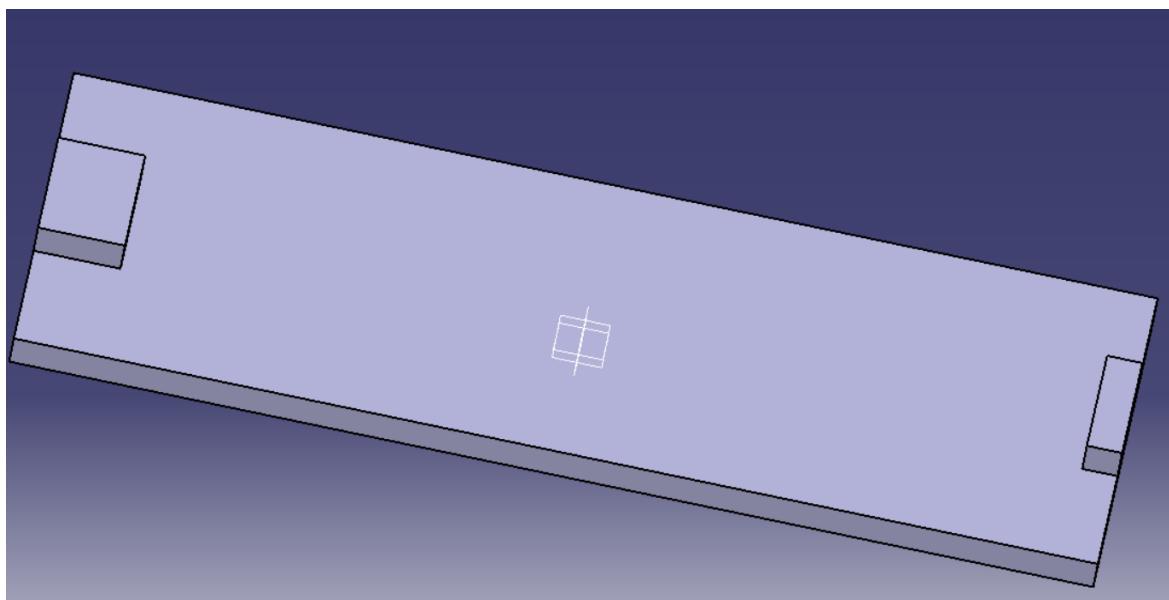
**Figura 5.1.6** Suport cupla de rotatie

S-a mai creat o carcasa intre motor si rulmentul la intrarea in surubul cu bile:



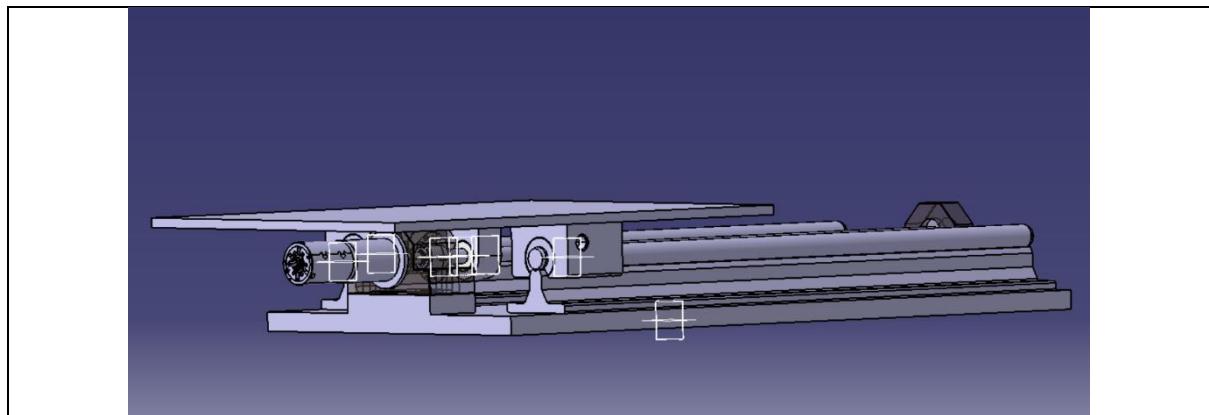
**Figura 5.1.7** Carcasa pentru motor si rulment

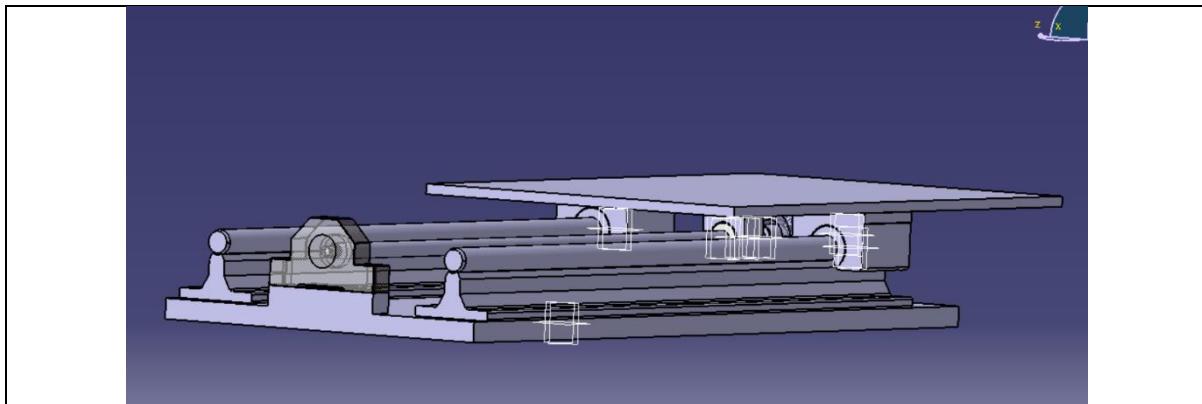
Si o baza pe care sa plasez cupla de translatie, cat si tot robotul:



**Figura 5.1.8** Baza robotului

In final cupla de translatie va arata in felul urmator:

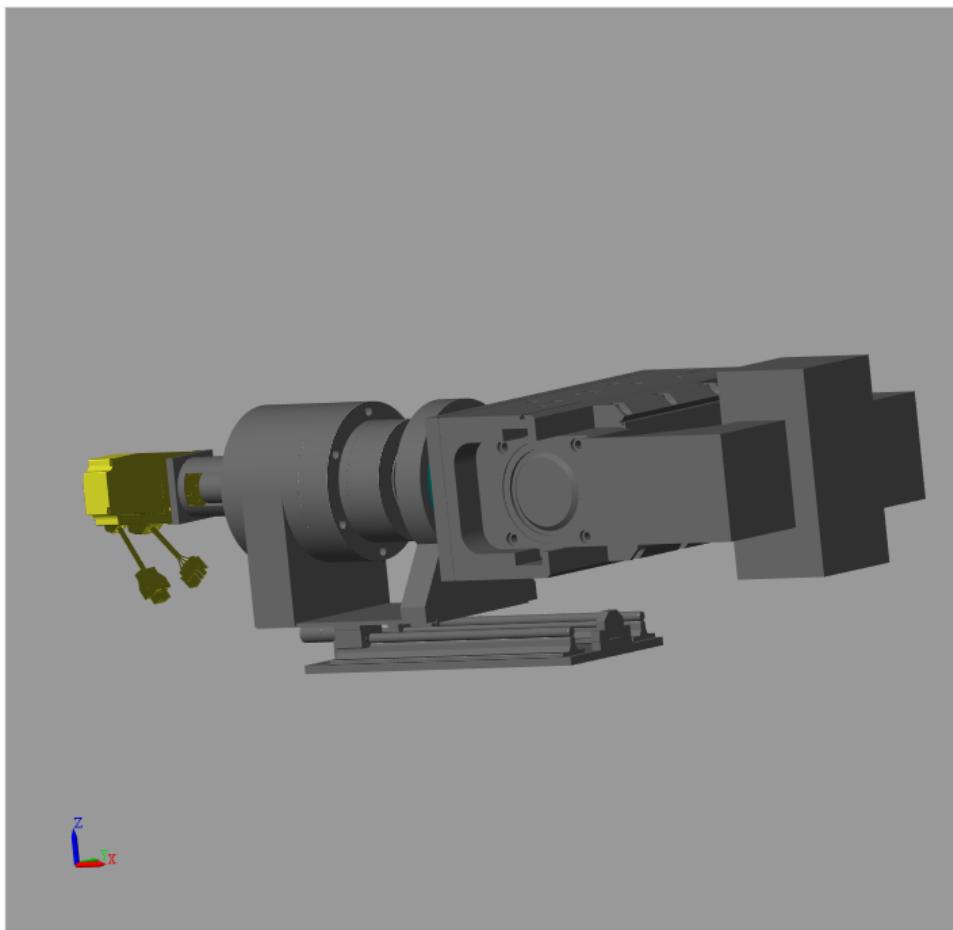




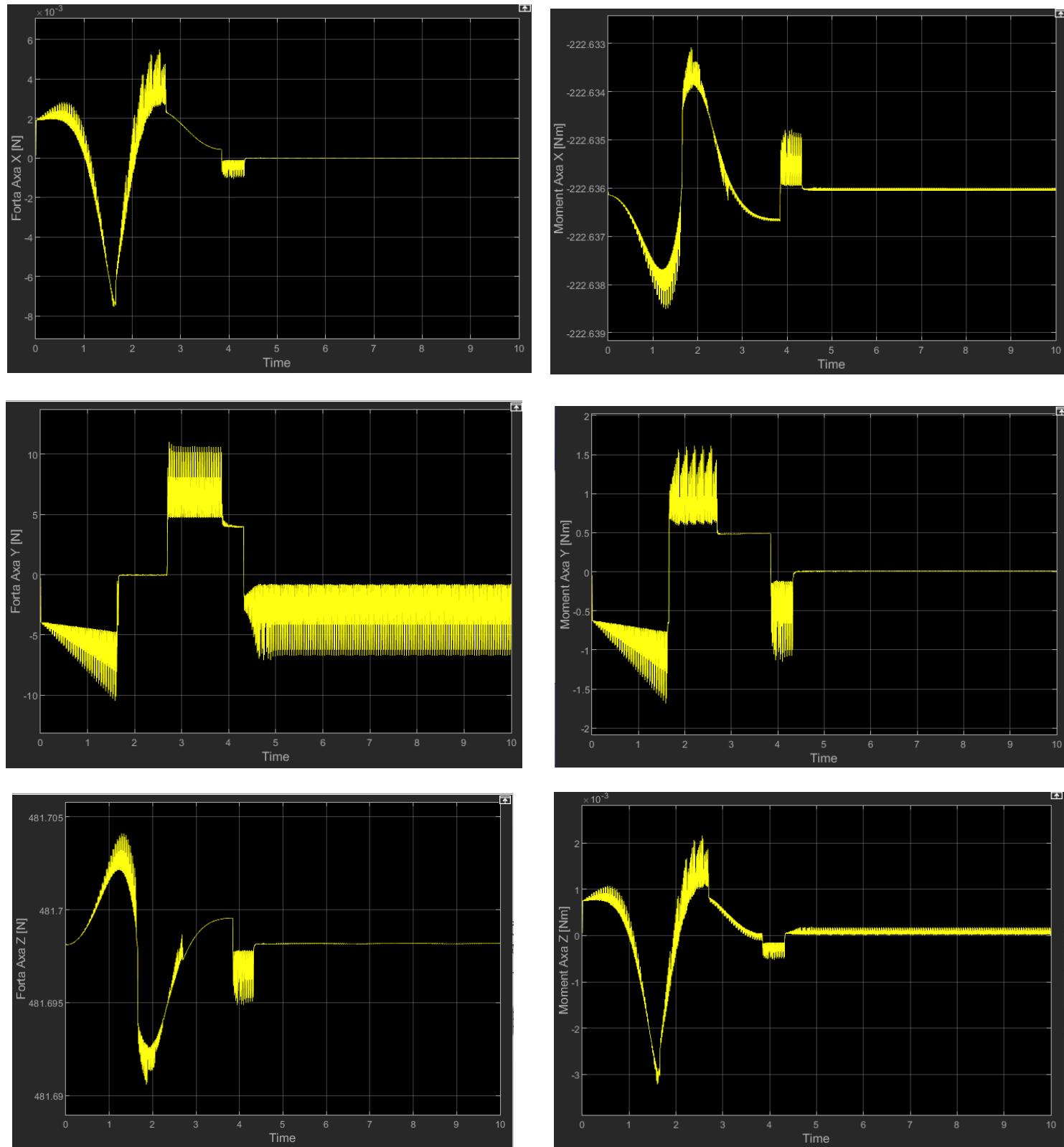
**Figura 5.1.9 Cupla de translație**

## 6. PRODUS FINAL

### 6.1. VERIFICARE PRODUS I



**Figura 6.1.1.** Modelul Simulink v.2



**Figura 6.1.2** Graficele de Forță/Momente din cupla de rotație

Momentele/Fortele calculate

Forța X [N]	76.490
Forța Y [N]	8.074
Forța Z [N]	618.928
Moment X [Nm]	217.184
<b>Moment Y [Nm] (Moment motor)</b>	<b>145.891</b>
Moment Z [Nm]	31.362

Momentele/Fortele obtinute dupa ansamblu cuplei

Forța X [N]	0
Forța Y [N]	11.1
Forța Z [N]	481.7
Moment X [Nm]	223
<b>Moment Y [Nm] (Moment motor)</b>	<b>1.6</b>
Moment Z [Nm]	0

Fortele/Momentele actuale sunt mult prea mici pentru ca sa se justifice motoarele si reductoarele de marimii marii. Se vor realege componentele acestea si se vor reface calculele:

## 6.2. REFACERE CUPLA DE ROTATIE

Algoritmul de parcurgere pentru determinarea parametrilor motorului:

Se alege un motor cu turatii intre 2000 ~ 3000 de turatii:

$n_{am} = 2000 \sim 3000 \text{ [rot/min]}$  (Turatia motorului nominala)

Se converteste viteza unghiulara in cupla, in turatie:

$\omega_m = 175 \text{ [grade/s]} = 175 * \pi/180 \text{ [rad/s]}$  (Viteza unghiulara a cuplei)

$n_m = 30/\pi * \omega_m = 30/\pi * 175 * \pi/180 \text{ [rot/min]} = 29.2 \text{ [rot/min]}$

Se calculeaza transmisia reductorului:

$$i_r = n_{am}/n_m = 68.5 \sim 102.7$$

Momentul in motor:

$$M_m = M_{motor} = M_y = 1.6 \text{ [Nm]} \text{ (Momentul cuplei)}$$

$\eta = 0.92$  (Randament)

$$M_{am} = M_m / (i_r * \eta) = 17 \sim 25 \text{ [mNm]}$$

Se calculeaza capacitatea dorita a rulmentului (rulment cu bile):

$$C_{axial} = F_{axial} * \sqrt{L} = F_{axial} * \sqrt{L_h * 60 * n_{am} / 10^6} = 85.8 \sim 98.2 \text{ [N]}$$

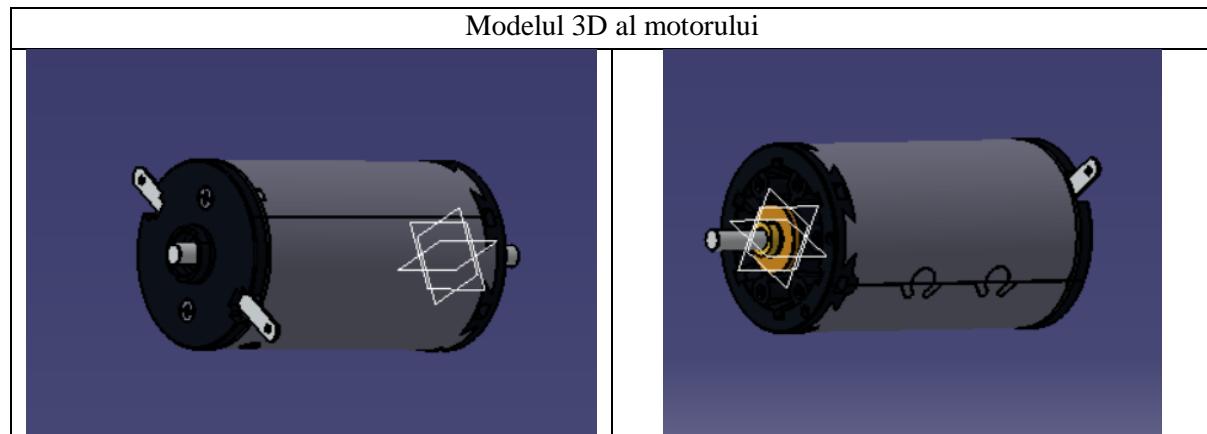
$$C_{radial} = F_{radial} * \sqrt{L} = F_{axial} * \sqrt{L_h * 60 * n_{am} / 10^6} = 5118.8 \sim 5859.6 \text{ [N]}$$

Unde  $F_{axial}$  este forta axiala

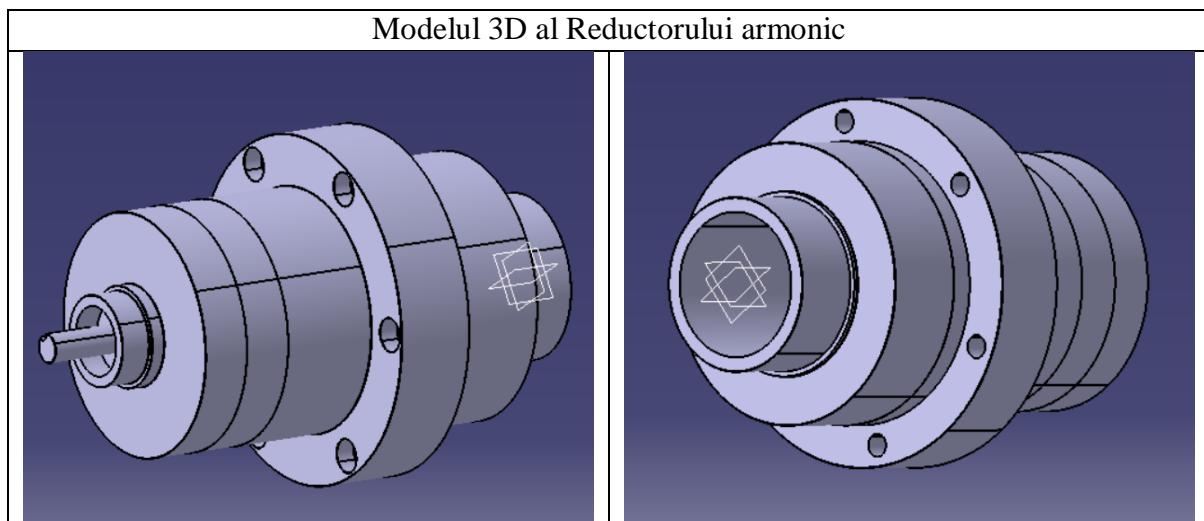
Puterea in motor:

$$P_{am} = M_{am} * \omega_{am} = 3.6 \sim 7.9 \text{ [W]}$$

Motor	<b>DC-max 26 S Ø26 mm</b>	<b>CLL precious metal brushes, sintered bearings</b>
Reducotor	<b>HDC-5C</b>	Reducotor armonic
Cuplaj	<b>WK2/20-27-3-12</b>	Cuplaj torsional rigid
Rulment	<b>QJ 212 N2MA</b>	Rulment cu bile, contact in 4 puncte



Nominal Voltage	12 V
No Load Speed	4460 rot/min
No Load Current	27.1 mA
Nominal Speed	3790 rot/min
Nominal Torque	20.8 mNm
Nominal Current	0.84 A
Stall Torque	140 mNm
Stall Current	5.94 A
Max Efficiency	87 %
Power	9 W



Reduction	100:1
Maximum Output Torque	140.1 Nm
Maximum Speed	6000 rot/min
Mass	6.35 Kg

Verificare :

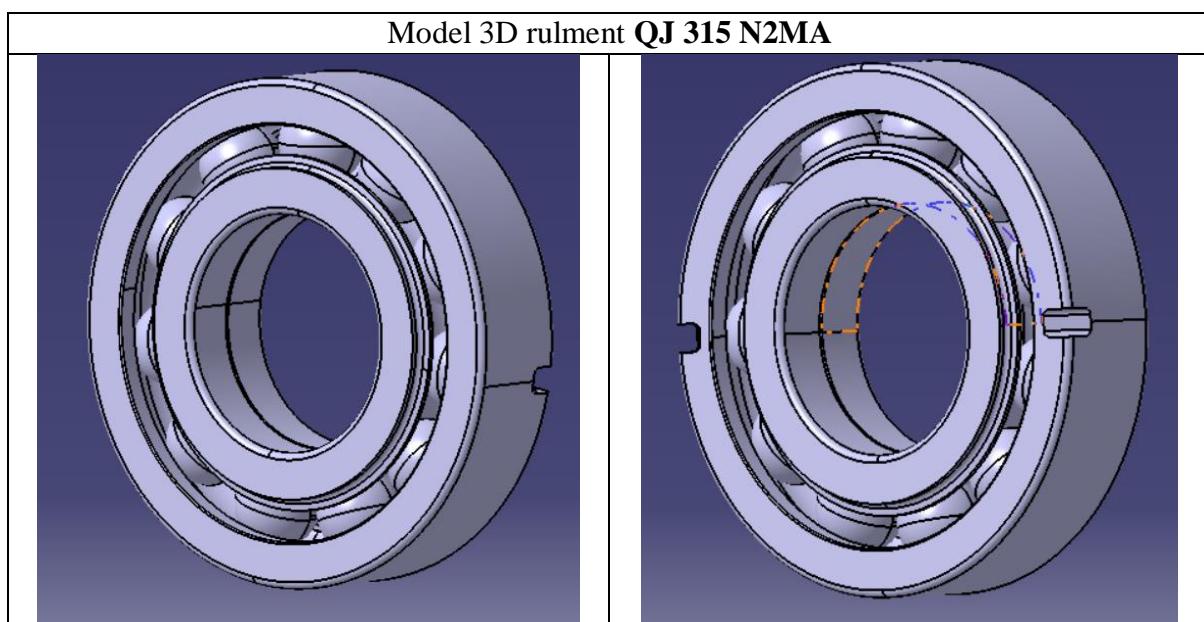
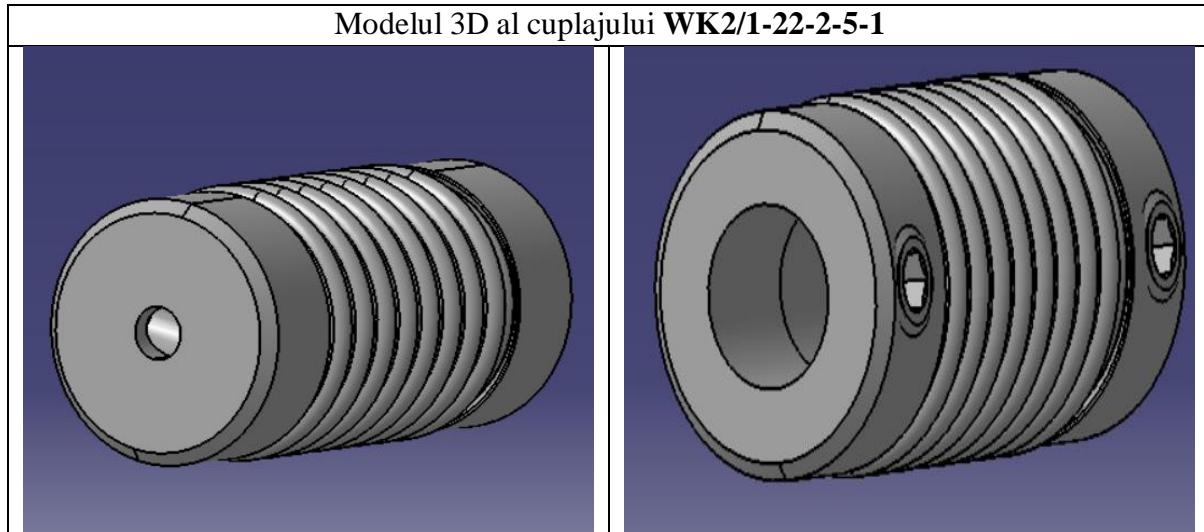
$$i_r = 100$$

$$n_{am} = 3790 \text{ [rot/min]}$$

$$M_{am} = 20.8 \text{ [mNm]}$$

$$M_m = M_{am} * (i_r * \eta) = 0.0208 * 100 * 0.92 = 2.08 \text{ [Nm]} > 1.6 \text{ [Nm]}$$

$$n_m = n_{am} / i_r = 3790/100 = 37.9 \text{ [rot/min]} > 29.2 \text{ [rot/min]} !!! \text{ Se verifica}$$



d [mm]	60
D [mm]	110
B [mm]	22

C/C <sub>0</sub> [kN]	96.5/93
Turatia limita [rot/min]	10000

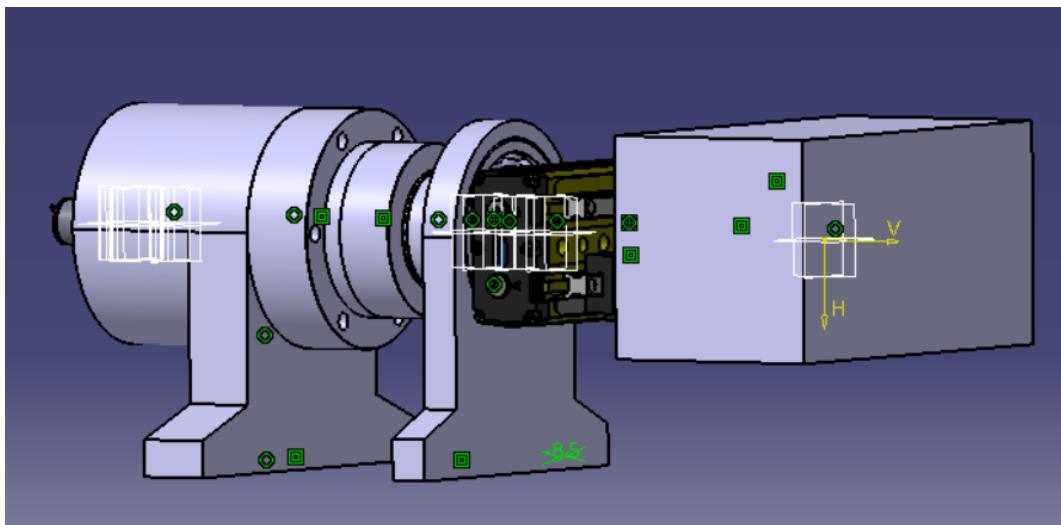
Verificare:

$$C = 96 \text{ [kN]} > 98.2 \text{ [N]}$$

$$C/C_{\text{radial}} = 16.4 \sim 18.75 > 1.78 \text{ Se verifica !!!}$$

Se vor reconstrui arborele, carcasa si talpa pentru rulment, conform noilor marimii ale pieselor.

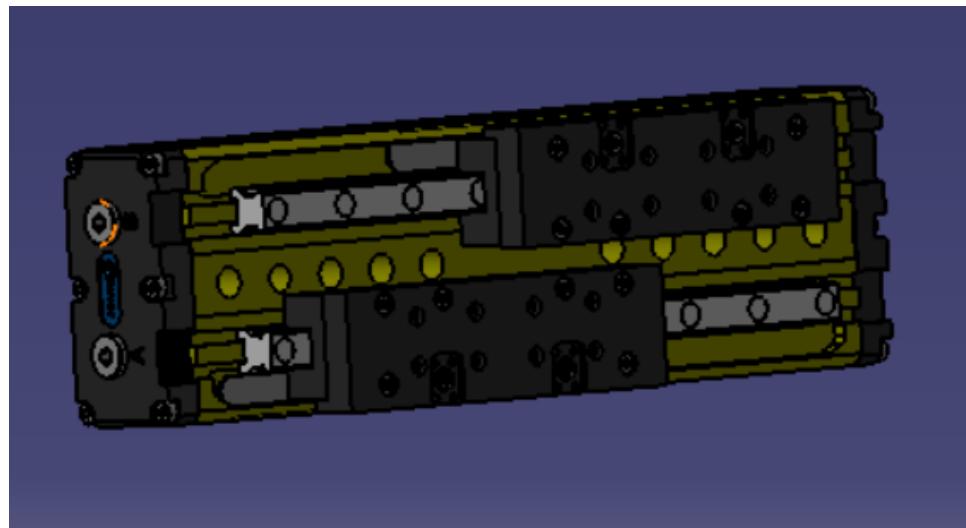
In final noua cupla de rotatie va arata astfel:



**Figura 6.2. Modelul Simulink**

### 6.3. REALEGERE PREHENSOR

Deoarece prehensorul ales are dimensiuni prea mari comparativ cu cupla de rotatie curenta, s-a decis sa se realeaga acesta.

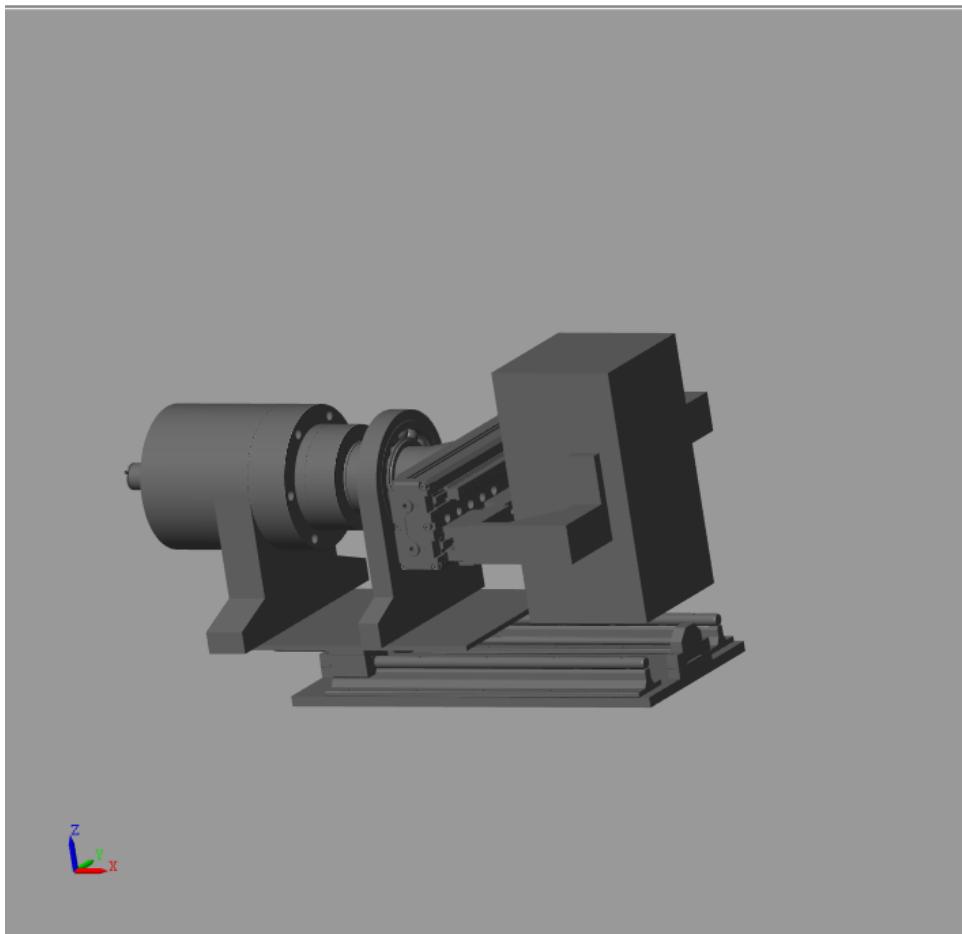


**Figura 6.3. Prehensor PHL-32-80**

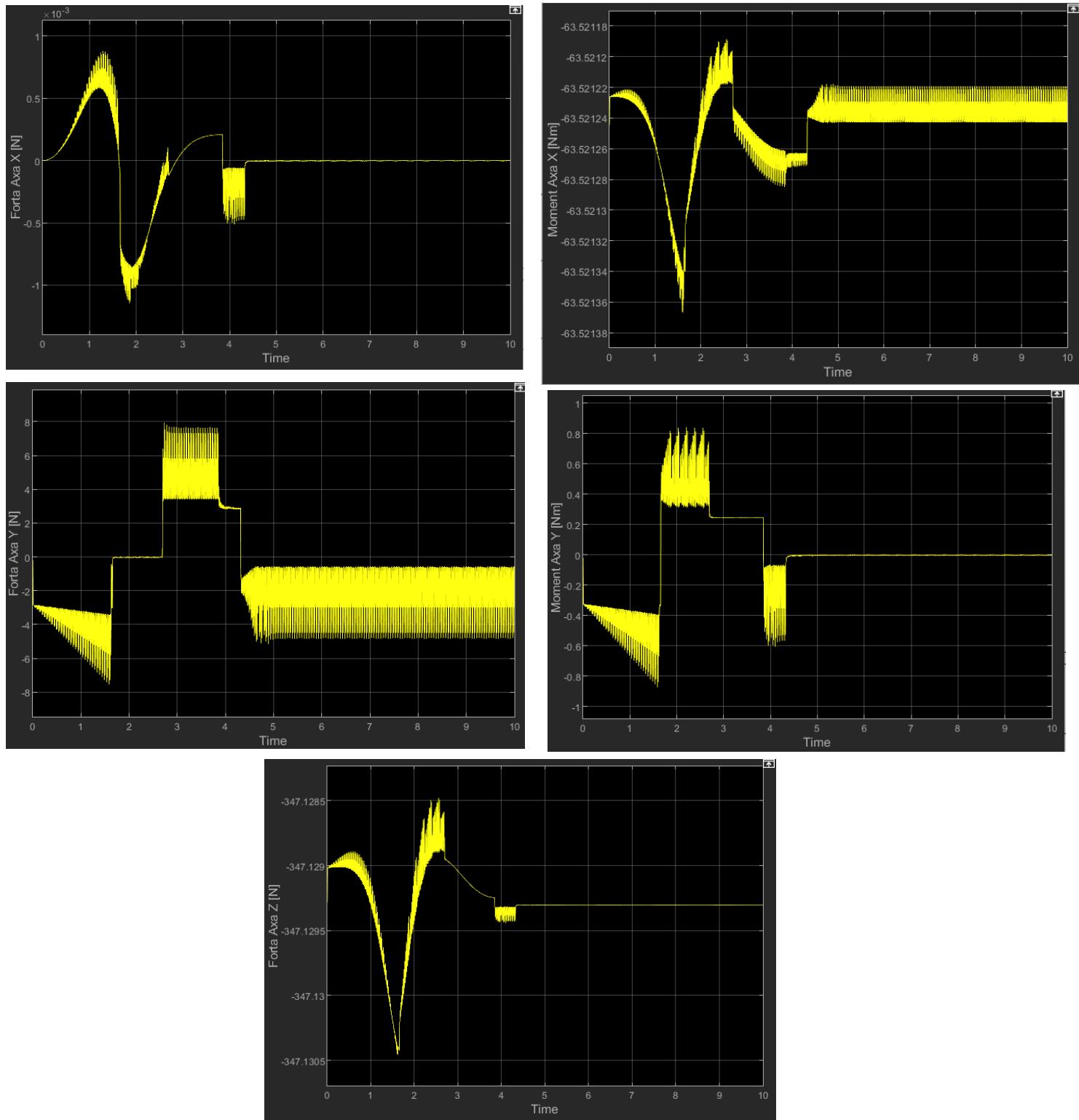
Prehensorul ales este PHL-32-80, acesta respectă calculele de la capitolul 2, în timp ce are dimensiuni mai mici.

Stroke per jaw [mm]	80
Closing force [N]	840
Opening force [N]	840
Closing force (finger length 0mm) [N]	850
Opening force (finger length 0mm) [N]	850
Weigth [Kg]	4.6
Recommended workpiece weight [Kg]	4.2
Fluid consumption double stroke [cm <sup>3</sup> ]	292
Min. operating pressure [bar]	2
Max. operating pressure [bar]	8
Nominal operating pressure [bar]	6
Closing time [s]	0.32
Opening time [s]	0.32
Max permissible finger length [mm]	400
Max permissible weigth per finger [Kg]	2.5
IP protection class	41
Min. ambient temp. [C]	5
Max. ambient temp. [C]	90
Repeat accuracy [mm]	0.02
Moment Mx max. [Nm]	67
Moment My max. [Nm]	230
Moment Mz max. [Nm]	71
Max. axial force Fz [N]	2200

#### 6.4. VERIFICARE PRODUS II



**Figura 6.4.1.** Modelul Simulink v.4



**Figura 6.4.2.** Graficele de Forță/Momente din cupla de rotație



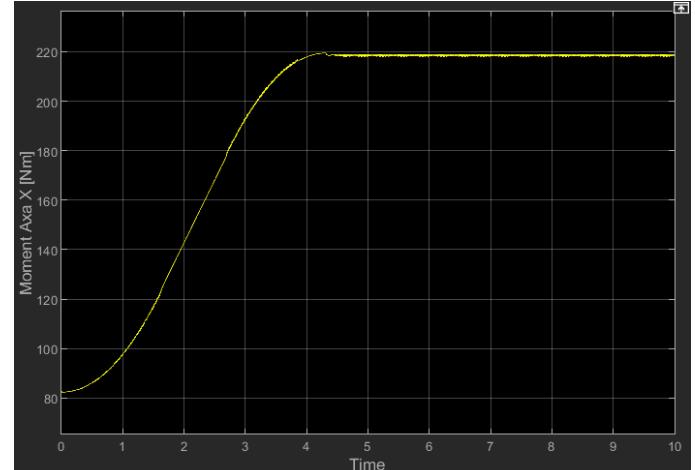
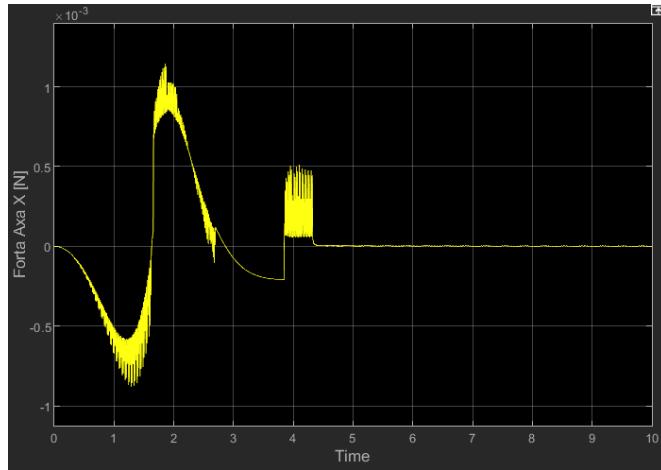
Momentele/Fortele obtinute de la cupla veche

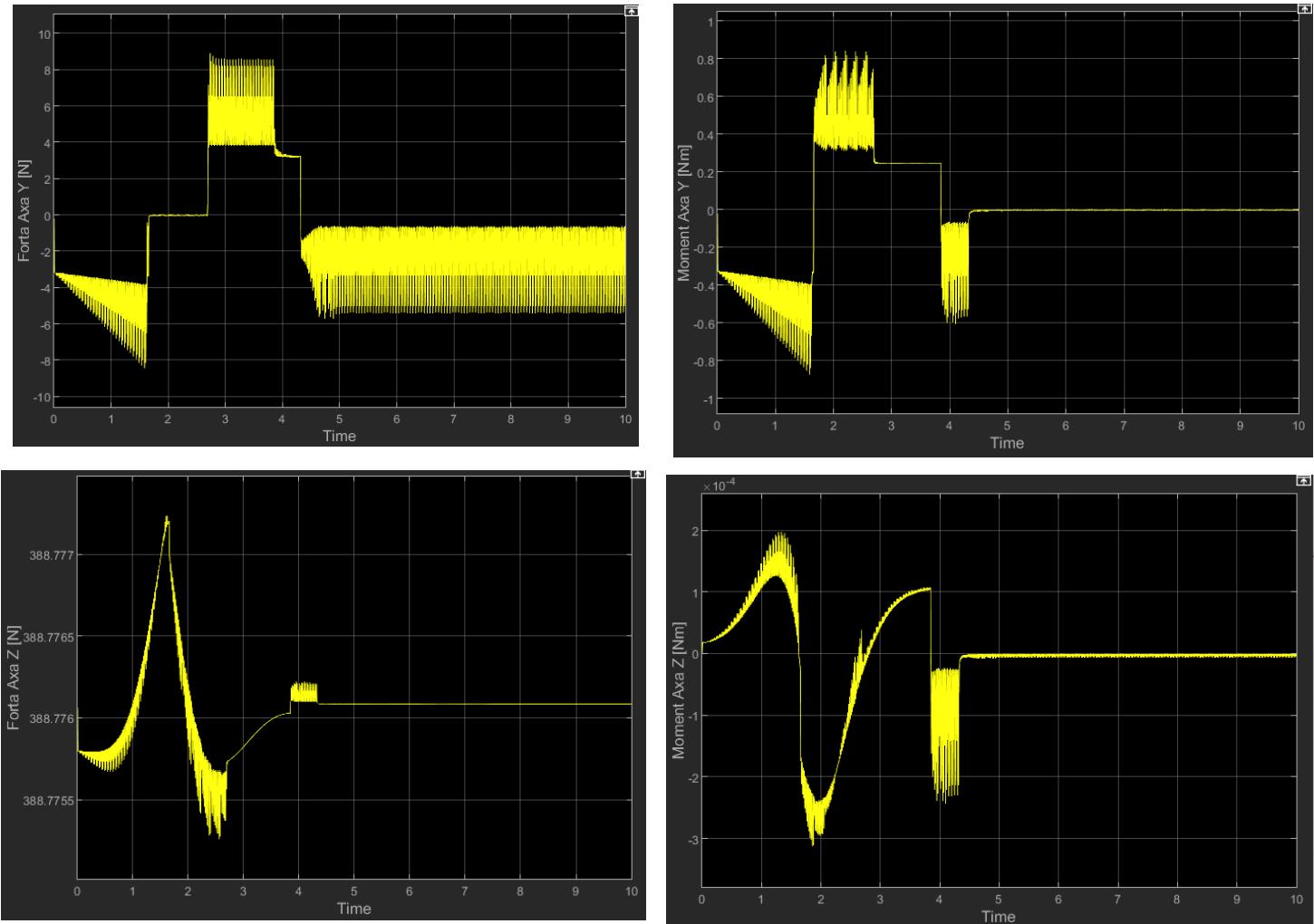
Forța X [N]	0
Forța Y [N]	11.1
Forța Z [N]	481.7
Moment X [Nm]	223
<b>Moment Y [Nm] (Moment motor)</b>	<b>1.6</b>
Moment Z [Nm]	0

Momentele/Fortele obtinute după ansamblu cuplei noi

Forța X [N]	0
Forța Y [N]	7.96
Forța Z [N]	347.129
Moment X [Nm]	63.521
<b>Moment Y [Nm] (Moment motor)</b>	<b>0.83</b>
Moment Z [Nm]	0

Forțele/Momentele la cupla de rotație sunt apropriate, astfel se pastrează noua cuplă.





**Figura 6.4.3.** Graficele de Forță/Moment din cupla de translație

Forțele/Momentele obținute la cupla de translație

Forța X [N]	0.007
Forța Y [N] (Forța motoare)	13.71
Forța Z [N]	598
Moment X [Nm]	430.1
Moment Y [Nm]	1.681
Moment Z [Nm]	0.003

Forțele/Momentele obținute după ansamblul cuplei de translație

Forța X [N]	0
Forța Y [N]	8.915

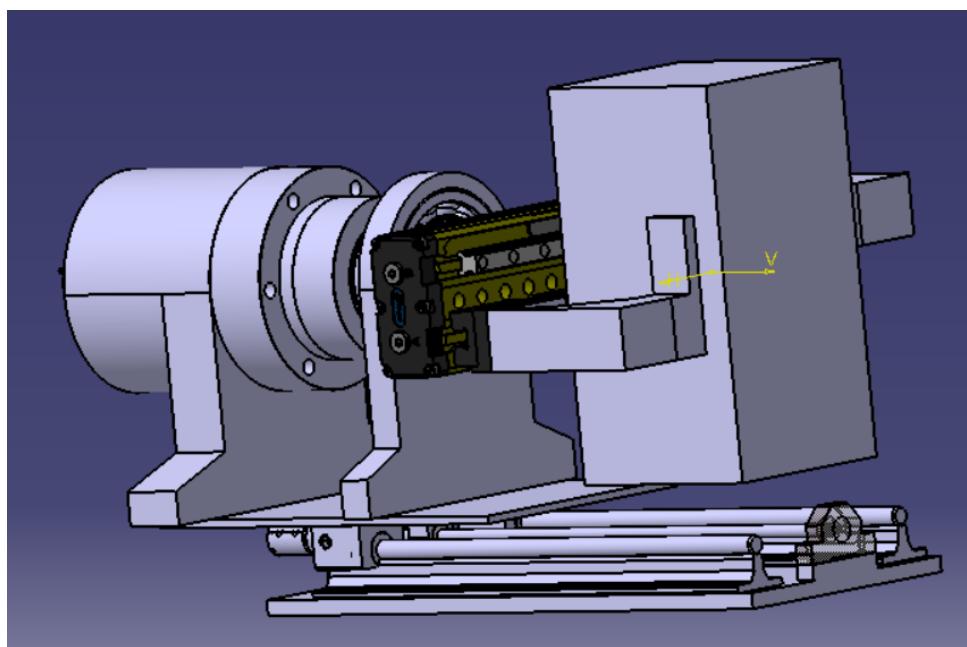
(Forța motoare)	
Forța Z [N]	388.775
Moment X [Nm]	219.5
Moment Y [Nm]	0.8315
Moment Z [Nm]	0

Forțele/Momentele la cupla de translație sunt apropriate, astfel se păstrează noua cuplă.

## 7. PRODUSUL FINAL

Deoarece forțele din cuplă sunt apropriate față de forțele ideale necesare pentru ca bratul nostru robotic să se miște cu accelerare și viteze pe distanțe date la capitolul 1 se constituie ca robotul este complet și nu mai necesită alte modificări.

În final produsul este afișat în figura 7.



*Figura 7. Produsul final*