

# RAPORT DE EXPERIMENTARE

Modul MP1, cu sarcină variabilă de tip rampă în trepte, 0...1000 bar

1. DENUMIRE PRODUS TESTAT: Modul pompare înaltă presiune 4 kW (MP1, i=7,6)

Cod produs: **MPIP-HP1-8-HC7-7.6-0.0**

Caracteristici tehnice produs:

- Dimensiuni de gabarit [mm] = 443 x 425 x 880
- Volumul geometric al pompei = 8 cm<sup>3</sup>/rot,
- Debitul pompei = 10,5 l/min;
- Volum rezervor ulei = 38 l;
- Puterea motorului electric de antrenare a pompei = 4 kW;
- Turația motorului electric de antrenare a pompei = 1 500 rot/min;
- Presiunea nominală a pompei (intrare minibooster) = 0...200 bar.
- Raportul de amplificare a presiunii pentru miniboosterul HC7:  $i = 7,6$ ;
- Valoarea presiunii amplificate (ieșirea de înaltă presiune minibooster HC7) = 0...1 520 bar,

Condiții de probare:

- Presiunea reglată la supapa de siguranță a modului:  $P_r = 200$  bar;
- Presiunea reglată în cilindrul de sarcină: limitată la max. 1000 bar; sarcină variabilă tip rampă în trepte; rampe cu pante diferite pentru cursele de extensie și compresie (conf. tabel 1);
- Presiunea de sarcină afișată (achiziționată) se amplifică cu: 4,41 (pe cursele de compresie); 5,3 (pe cursele de extensie);
- Numărul de înregistrări de date achiziționate = 635;
- Durata înregistrărilor = 20 s;
- Data înregistrărilor: 03.11.2022, ora: 12-39-36.

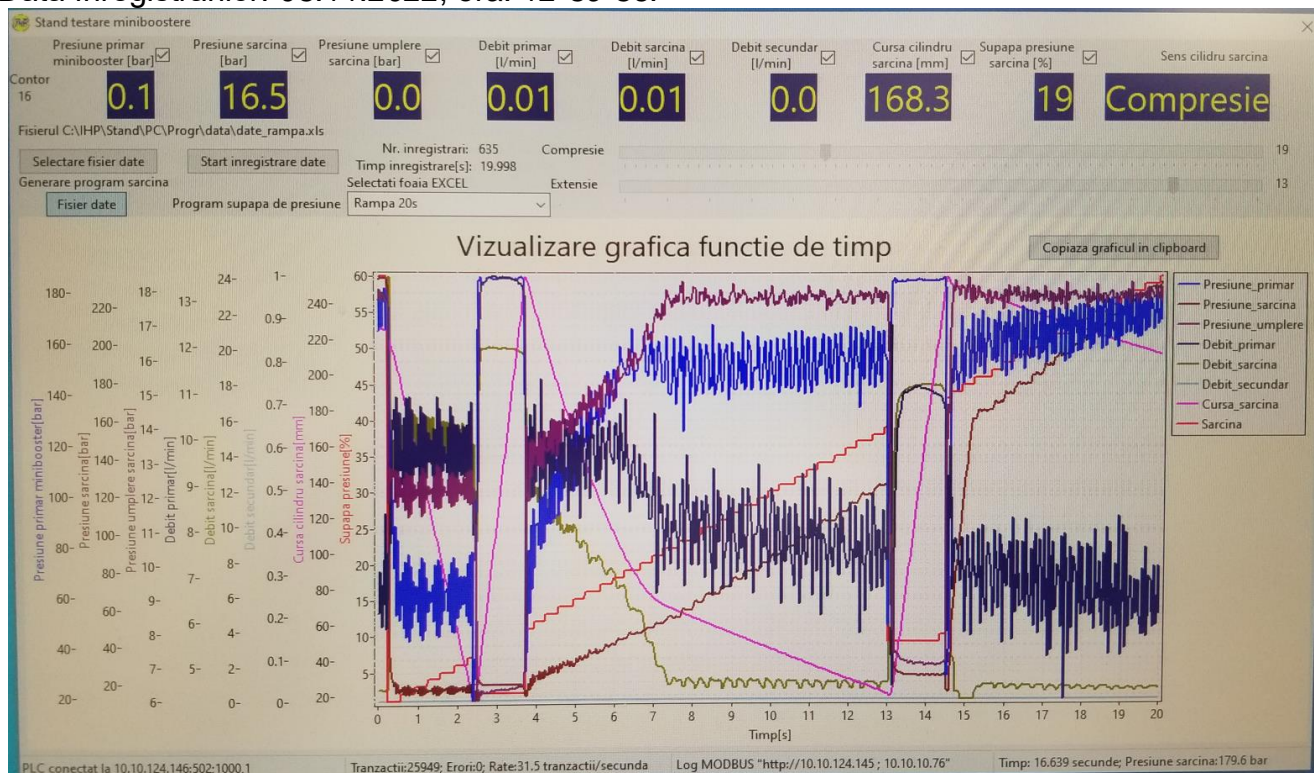


Fig.1: Consola de operare a standului.

Pe consola de operare a standului, figura 1, sunt evidențiate următoarele date:

**Parametrii mășurați** cu ajutorul traductoarelor (în partea de sus a consolei):

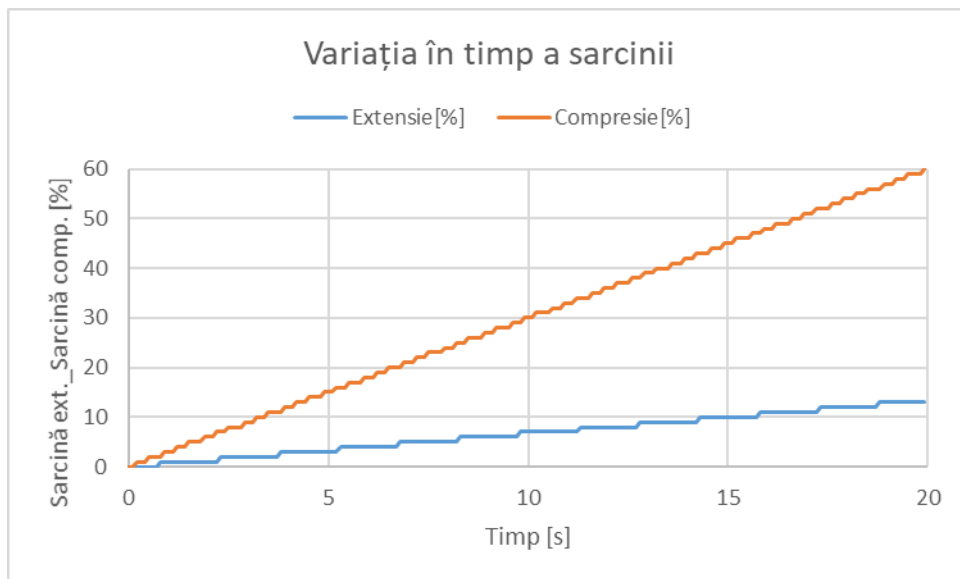
- presiune primar minibooster (notată **P1** pe grafice);

- presiune sarcină echivalentă cu presiune secundar minibooster (notată **P2** pe grafice);
- presiune umplere cilindru de sarcină (notată cu **P3** pe grafice);
- debit primar minibooster (notat cu **Q1** pe grafice);
- debit cilindru de sarcină (notat cu **Q2** pe grafice);
- debit secundar minibooster (**Q3**, neconectat la stand, nu apare pe grafice);
- cursă cilindru sarcină (notată **C** pe grafice).

**Parametru reglat:**

Presiunea variabilă în cilindrul de sarcină, figura 2, care se stabilește cu programul **rampă 20 s** (activat din consola de operare a standului), funcție de variația curentului de alimentare a supapei proporționale (în procente din curentul maxim de alimentare), pentru:

- *cursa de compresie* a cilindrului de sarcină (avansul cilindrului de probare);
- *cursa de extensie* a cilindrului de sarcină (retragerea cilindrului de probare).



**Fig.2:** Variația în timp a sarcinii (curentului de alimentare a supapei proporționale, în procente din curentul maxim) pentru cursele de *extensie* și *compresie* ale cilindrului de sarcină.

**Tab.1:** Variația de tip rampă în trepte a sarcinii pe *extensia / compresia* cilindrului de sarcină.

Timp[s]	Extensie[%]	Compresie[%]	Timp[s]	Extensie[%]	Compresie[%]
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	1.7	1	5
0.1	0	0	1.8	1	5
0.2	0	1	1.9	1	6
0.3	0	1	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>6</b>
0.4	0	1	2.1	1	6
0.5	0	2	2.2	1	7
0.6	0	2	2.3	2	7
0.7	0	2	2.4	2	7
0.8	1	2	2.5	2	8
0.9	1	3	2.6	2	8
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	2.7	2	8
1.1	1	3	2.8	2	8
1.2	1	4	2.9	2	9
1.3	1	4	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>9</b>
1.4	1	4	3.1	2	9
1.5	1	5	3.2	2	10
1.6	1	5	3.3	2	10

Timp[s]	Extensie[%]	Compresie[%]	Timp[s]	Extensie[%]	Compresie[%]
3.4	2	10	8.1	5	24
3.5	2	11	8.2	5	25
3.6	2	11	8.3	6	25
3.7	2	11	8.4	6	25
3.8	3	11	8.5	6	26
3.9	3	12	8.6	6	26
<b>4</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	8.7	6	26
4.1	3	12	8.8	6	26
4.2	3	13	8.9	6	27
4.3	3	13	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>27</b>
4.4	3	13	9.1	6	27
4.5	3	14	9.2	6	28
4.6	3	14	9.3	6	28
4.7	3	14	9.4	6	28
4.8	3	14	9.5	6	28
4.9	3	15	9.6	6	29
<b>5</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	9.7	6	29
5.1	3	15	9.8	7	29
5.2	3	16	9.9	7	30
5.3	4	16	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>30</b>
5.4	4	16	10.1	7	30
5.5	4	17	10.2	7	31
5.6	4	17	10.3	7	31
5.7	4	17	10.4	7	31
5.8	4	17	10.5	7	31
5.9	4	18	10.6	7	32
<b>6</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	10.7	7	32
6.1	4	18	10.8	7	32
6.2	4	19	10.9	7	33
6.3	4	19	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>33</b>
6.4	4	19	11.1	7	33
6.5	4	20	11.2	7	34
6.6	4	20	11.3	8	34
6.7	4	20	11.4	8	34
6.8	5	20	11.5	8	34
6.9	5	21	11.6	8	35
<b>7</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	11.7	8	35
7.1	5	21	11.8	8	35
7.2	5	22	11.9	8	36
7.3	5	22	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>36</b>
7.4	5	22	12.1	8	36
7.5	5	23	12.2	8	37
7.6	5	23	12.3	8	37
7.7	5	23	12.4	8	37
7.8	5	23	12.5	8	37
7.9	5	24	12.6	8	38
<b>8</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	12.7	8	38

Timp[s]	Extensie[%]	Compresie[%]	Timp[s]	Extensie[%]	Compresie[%]
12.8	9	38	16.5	11	49
12.9	9	39	16.6	11	50
<b>13</b>	<b>9</b>	<b>39</b>	16.7	11	50
13.1	9	39	16.8	11	50
13.2	9	40	16.9	11	51
13.3	9	40	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>51</b>
13.4	9	40	17.1	11	51
13.5	9	40	17.2	11	52
13.6	9	41	17.3	12	52
13.7	9	41	17.4	12	52
13.8	9	41	17.5	12	52
13.9	9	42	17.6	12	53
<b>14</b>	<b>9</b>	<b>42</b>	17.7	12	53
14.1	9	42	17.8	12	53
14.2	9	43	17.9	12	54
14.3	10	43	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>54</b>
14.4	10	43	18.1	12	54
14.5	10	43	18.2	12	55
14.6	10	44	18.3	12	55
14.7	10	44	18.4	12	55
14.8	10	44	18.5	12	56
14.9	10	45	18.6	12	56
<b>15</b>	<b>10</b>	<b>45</b>	18.7	12	56
15.1	10	45	18.8	13	56
15.2	10	46	18.9	13	57
15.3	10	46	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>57</b>
15.4	10	46	19.1	13	57
15.5	10	46	19.2	13	58
15.6	10	47	19.3	13	58
15.7	10	47	19.4	13	58
15.8	11	47	19.5	13	59
15.9	11	48	19.6	13	59
<b>16</b>	<b>11</b>	<b>48</b>	19.7	13	59
16.1	11	48	19.8	13	59
16.2	11	49	19.9	13	60
16.3	11	49	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>60</b>
16.4	11	49	-	-	-

În figura 2 se observă că, pe intervalul de 20 secunde al unui test experimental, efectuat pe standul de probat module și sisteme de pompare la înaltă presiune, **sarcina variază între 0...60% din valoarea sa maximă (1520 bar)** pe cursa de **compresie** a cilindrului de sarcină (sau de avans a cilindrului de probare), respectiv între **0...13% din valoarea sa maximă** pe cursa de **extensie** a cilindrului de sarcină (sau de retragere a cilindrului de probare).

#### **Observații:**

- *Rezultatele testelor prezentate în acest raport demonstrează capabilitatea standului, realizat în cadrul proiectului, de a proba modulele și sistemele de pompare la înaltă presiune, în condiții de sarcini cu variație diferită pentru cursele de extensie / compresie ale cilindrului de sarcină.*

- În tabelul 1 se prezintă valorile de variație a sarcinii (rampă în trepte), care au fost introduse în softul automatului programabil al standului de probat modulele și sistemele de pompare la înaltă presiune, executate în cadrul proiectului.

### Afișoarele numerice:

În partea de sus a consolei din fig.1 se află nouă afișoare numerice, opt pentru afișarea parametrilor mășurați cu traductoare și unul pentru afișarea cursei curente a cilindrului de sarcină.

### Afișarea grafică:

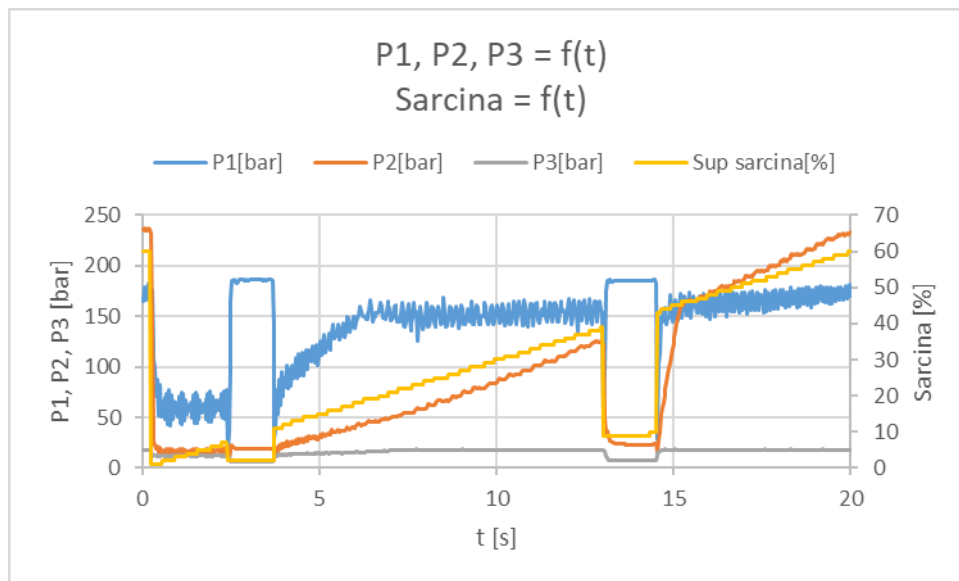
În zona centrală a consolei se afișează în timpul probelor graficul funcție de timp a mărimilor de proces. Pentru a selecta mărimile de proces al căror grafic se dorește a se vizualiza în timpul probelor, se bifează căsuța din colțul dreapta sus al afișoarelor numerice corespunzătoare (în fig.1 sunt afișate toate mărimile de proces).

### Alte indicații:

În partea de jos a consolei de operare a standului sunt afișate următoarele informații:

- parametrii de coordonare la proces;
- starea conexiunii cu procesul;
- adresa WEB a paginii de monitorizare;
- afișare coordonate și mărimea afișată grafic.

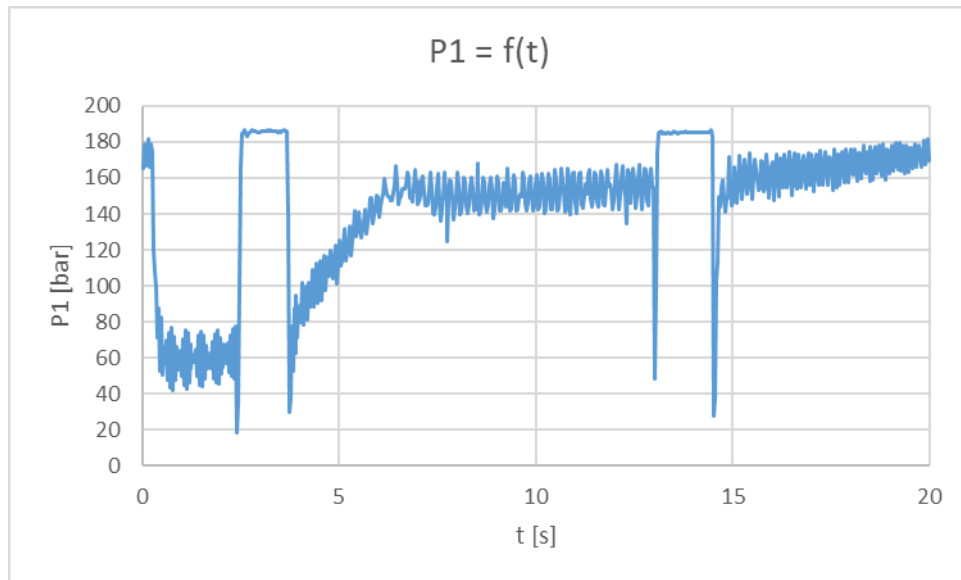
## 2. PRELUCRAREA GRAFICĂ A DATELOR EXPERIMENTALE



**Fig.3:** Variația în timp presiunilor P1, P2, P3 și a sarcinii.

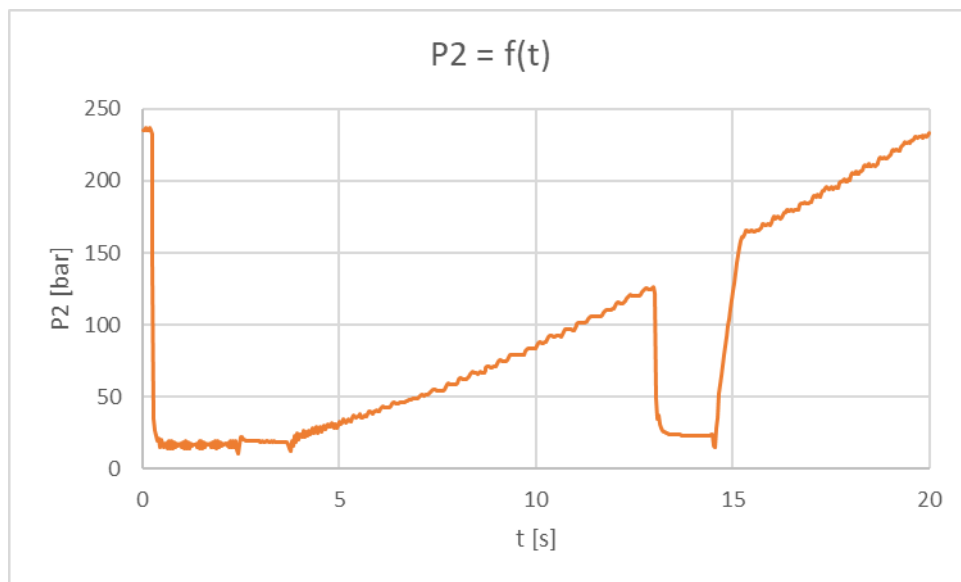
În figura 3 sunt reprezentate variațiile în timp ale presiunilor din primar minibooster (**P1**), de sarcină (**P2**) și de umplere a cilindrului de sarcină (**P3**), precum și variația sarcinii, pe cursele de extensie / compresie ale cilindrului de sarcină, realizate pe o durată de 20 s. Achiziția de date începe pe o **cursă parțială de compresie** a cilindrului de sarcină, realizată în intervalul 0...2,34s, continuă cu o **cursă completă de extensie**, realizată în intervalul 2,37...3,67 s, apoi o **cursă completă de compresie**, realizată în intervalul 3,7...12,95 s, urmată de o **cursă completă de extensie**, realizată în intervalul 12,99...14,46 s și o **cursă parțială de compresie**, realizată în intervalul 14,49...20 s.

Pe graficele din fig. 3 se constată că: panta rampei sarcinii, pe cursele de compresie, este mult mai mare decât panta rampei sarcinii, pe cursele de extensie; presiunile P1, P2 și P3 urmăresc panta rampei de variație a sarcinii; pe extensie sarcina este mai mică, din cauză că presiunea pompei nu este amplificată de minibooster.



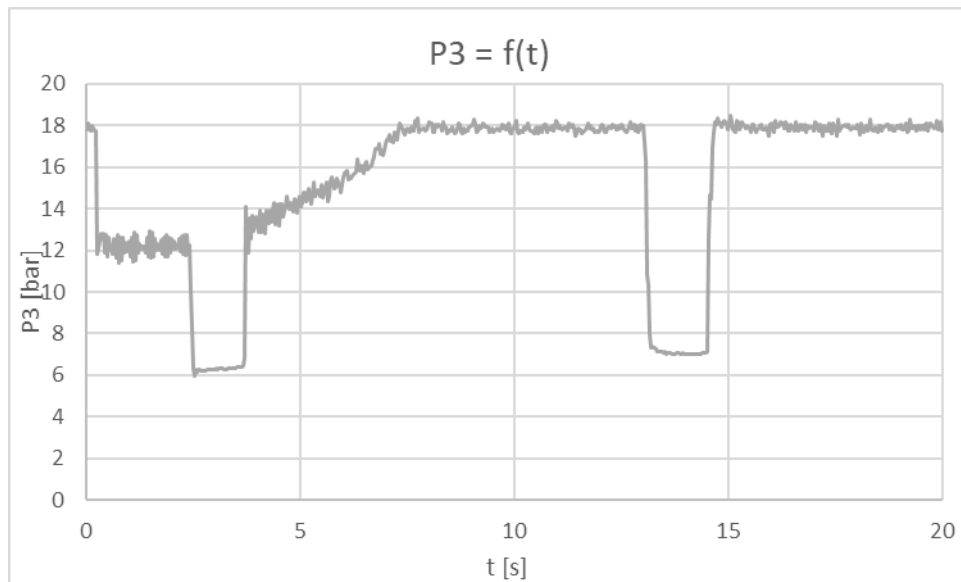
**Fig.4:** Variația în timp presiunii P1.

În *figura 4* se observă că pe durata primei **curse parțiale de compresie** presiunea **P1** scade de la **165 bar** la aprox. **48 bar** apoi, pe prima **cursă completă de extensie** crește la **186 bar**, după care pe o **cursă completă de compresie** scade la **156 bar**, apoi pe o **cursă completă de extensie** crește la **187 bar**, iar pe **cursa finală parțială de compresie** scade la **170 bar**.



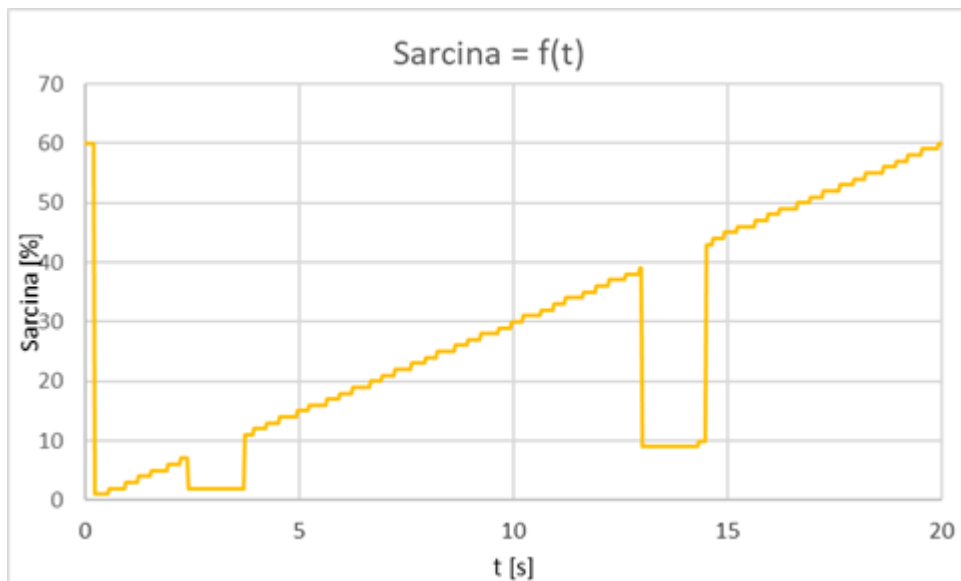
**Fig.5:** Variația în timp presiunii P2.

În *figura 5* se observă că pe durata primei **curse parțiale de compresie** presiunea **P2** scade de la **235,5 bar** la aprox. **14,95 bar** apoi, pe prima **cursă completă de extensie** crește la **18,5 bar**, după care pe o **cursă completă de compresie** crește la **125,3 bar**, apoi pe o **cursă completă de extensie** scade la **23,8 bar**, iar pe **cursa finală parțială de compresie** crește la **233,6 bar**.



**Fig.6:** Variația în timp presiunii P3.

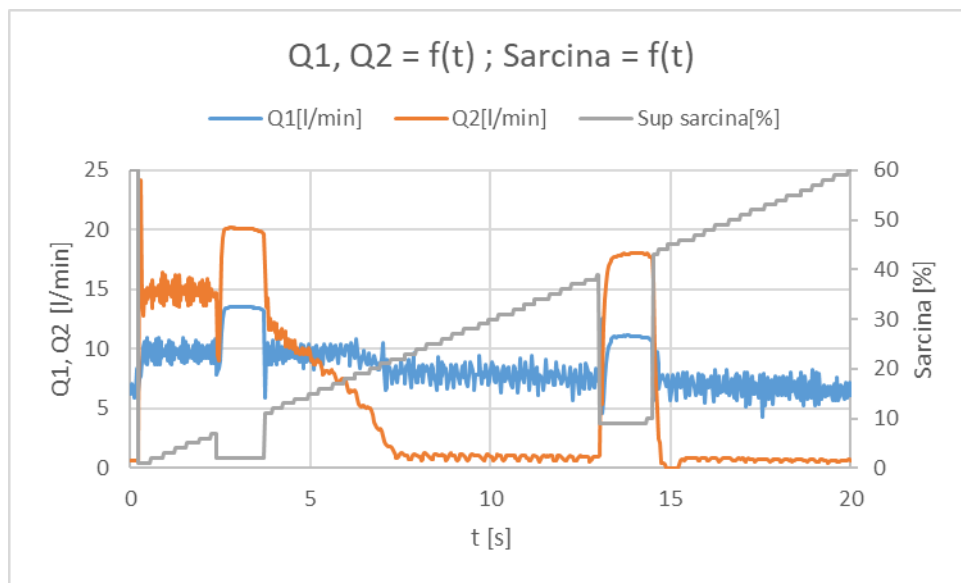
În *figura 6* se observă că pe durata primei **curses parțiale de compresie** presiunea **P3** scade de la **17,8 bar** la aprox. **12,8 bar** apoi, pe prima **cursă completă de extensie** scade la **6,5 bar**, după care pe o **cursă completă de compresie** crește la **18 bar**, apoi pe o **cursă completă de extensie** scade la **7,1 bar**, iar pe **cursa finală parțială de compresie** crește la **17,7 bar**.



**Fig.7:** Variația în timp sarcinii (rampă în trepte).

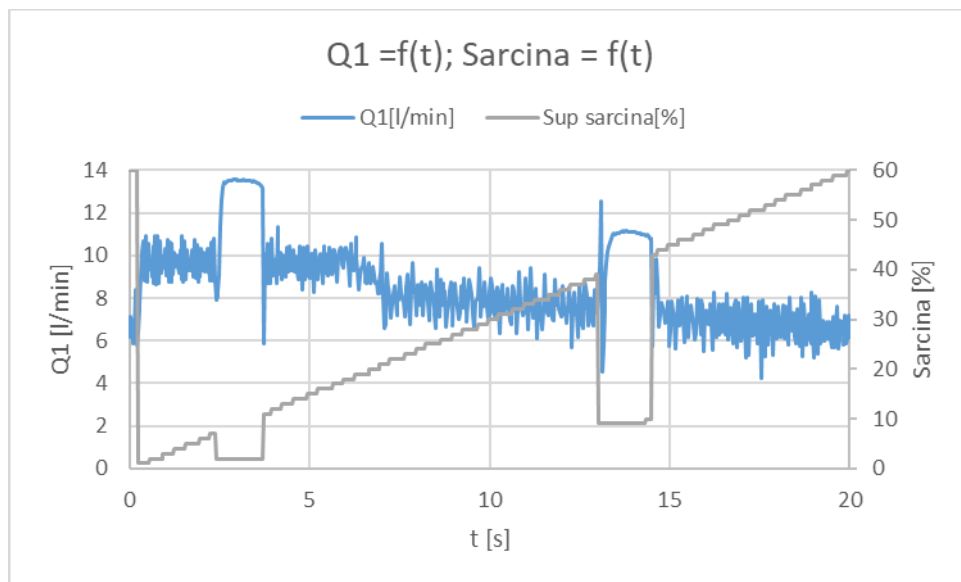
În *figura 7* se observă că pe durata primei **curses parțiale de compresie** sarcina scade de la **60 % din valoarea sa maximă** la aprox. **7 %** apoi, pe prima **cursă completă de extensie** scade la **2 %**, după care pe o **cursă completă de compresie** crește la **39 %**, apoi pe o **cursă completă de extensie** scade la **10 %**, iar pe **cursa finală parțială de compresie** crește la **60 %**.





**Fig.8:** Variația în timp a debitelor Q1, Q2 și a sarcinii.

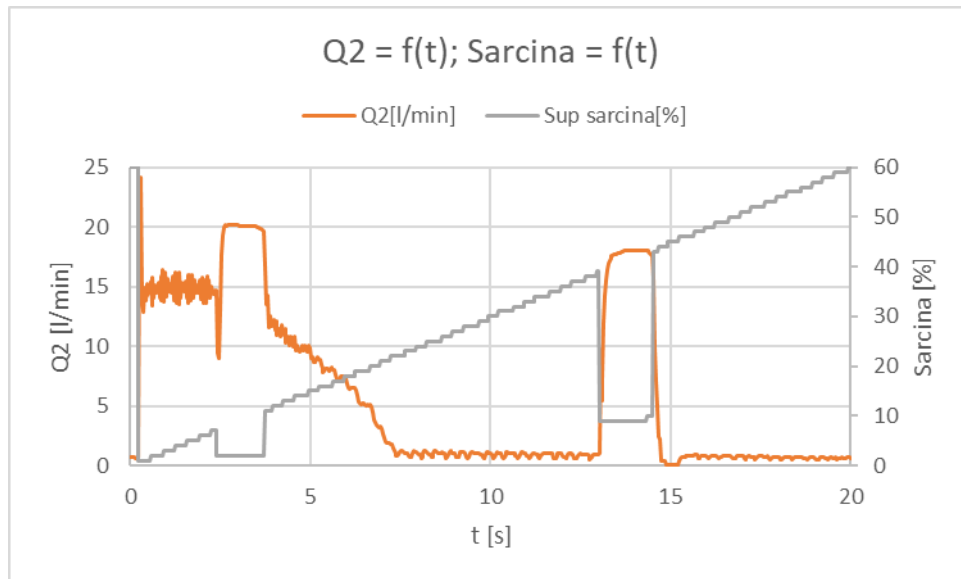
În *figura 8* sunt reprezentate variațiile în timp ale debitelor din primarul miniboosterului (Q1), și din cilindrul de sarcină (Q2), precum și variația sarcinii, pe cursele de extensie / compresie ale cilindrului de sarcină, realizate pe o durată de 20 s. Achiziția de date începe pe o **cursă parțială de compresie** a cilindrului de sarcină, realizată în intervalul 0...2,34 s, continuă cu o **cursă copleată de extensie**, realizată în intervalul 2,37...3,67 s, apoi o **cursă completă de compresie**, realizată în intervalul 3,7...12,95 s, urmată de o **cursă completă de extensie**, realizată în intervalul 12,99...14,46 s și o **cursă parțială de compresie**, realizată în intervalul 14,49...20 s.



**Fig.9:** Variația în timp a debitului Q1 și a sarcinii.

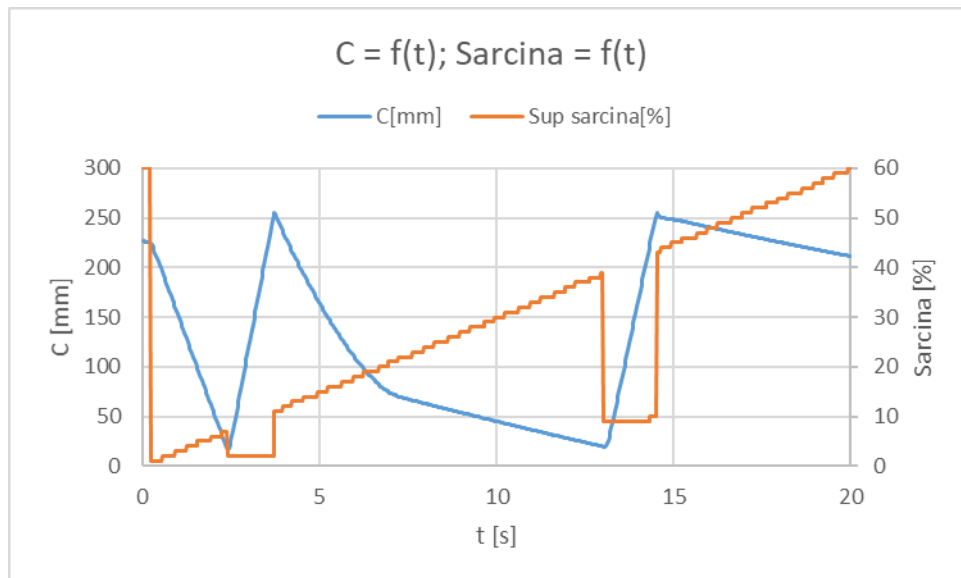
În *figura 9* se observă că pe durata primei **cursă parțială de compresie** debitul Q1 crește de la 6,2 l/min la aprox. 10,8 l/min apoi, pe prima **cursă completă de extensie** crește la 13,3 l/min, după care pe o **cursă completă de compresie** scade la 7,6 l/min, apoi pe o **cursă completă de extensie** crește la 10,8 l/min, iar pe **cursa finală parțială de compresie** scade la 6,13 l/min.





**Fig.10:** Variația în timp a debitului Q2 și a sarcinii.

În *figura 10* se observă că pe durata primei **cursă parțială de compresie** debitul **Q2** crește de la **0,67 l/min** la aprox. **14,6 l/min** apoi, pe prima **cursă completă de extensie** crește la **19,7 l/min**, după care pe o **cursă completă de compresie** scade la **0,95 l/min**, apoi pe o **cursă completă de extensie** crește la **17,7 l/min**, iar pe **cursa finală parțială de compresie** scade la **0,6 l/min**.



**Fig.11:** Variația în timp a cursei cilindrilor de pe stand (probare+sarcină) și a sarcinii.

În *figura 11* se prezintă grafic variația cursei cilindrilor hidraulici de pe stand (cilindrul de probare la înaltă presiune, care este cuplat mecanic la tija cilindrului de sarcină), atunci când cilindrul de probare este alimentat de modulul de pompare MP1 (echipat cu minibooster HC7,  $i=7,6$ ), cilindrul de sarcină este alimentat de grupul hidraulic de umplere al standului, iar automatul programabil al standului comandă o sarcină variabilă de tip rampă în trepte, cu variații diferite pentru cursele de extensie și compresie ale cilindrului de sarcină.

În *tabelul 2* se prezintă numeric sinteza interpretării graficelor din *fig.11*, construite în urma achiziției de date pe durata a 20 secunde, respectiv pe trei curse de compresie parțială / totală ( $c1_{par\dot{t}}+c1_{tot}+c2_{par\dot{t}}$ ) și două curse de extensie totală ( $ext.1_{tot}+ext.2_{tot}$ ).

**Tab.2:** Sinteza interpretărilor grafice din fig.11.

Nr. crt.	Intervale de timp pentru achiziții de date	Cursă cilindru hidraulic de sarcină (CHS)		Viteză medie CHS (calculată) [mm/s]	Observații
		Sarcina [%] pe extensie sau compresie	Valoare traductor de cursă [mm]		
1	0	60 / -	226,5	0	(start achiziție)
2	0...2,34 s	7 / compresie	22,3	87,3	com.1 parțială
3	2,37...3,67 s	2 / extensie	247,5	173,2	ext.1 totală
4	3,7...12,95 s	39/compresie	20,3	24,6	com.1 totală
5	12,99...14,46 s	10 / extensie	246,1	153,6	ext. 2 totală
6	14,49...20 s	60/compresie	211,5	6,3	com.2 parțială (stop achiziție)

**Concluzii:**

- Testele experimentale efectuate pe modulul de pompare MP1, echipat cu un minibooster HC7, cu factor de amplificare a presiunii  $i=7,6$ , demonstrează **capacitatea standului**, destinat încercărilor experimentale ale modulelor și sistemelor de pompare la înaltă presiune, **de a realiza sarcini cu variații de tip rampă în trepte**, diferite pentru cursele de avans și retragere ale cilindrilor hidraulici. Această caracteristică tehnică a standului va permite testarea modulelor și sistemelor de pompare la presiuni înalte în **condiții apropiate de cele ale aplicațiilor tehnice reale**;
- Modulul de pompare **MP1**, supus încercărilor experimentale efectuate pe stand, **a asigurat deplasarea relativ continuă, fără rețineri sau înțepeniri** a cilindrului de pompare, indiferent de sensul său de deplasare.
- **Vitezele** de deplasare ale cilindrului de sarcină, **pe cursele sale de compresie** (două parțiale și una totală) **sunt mai mici decât vitezele de deplasare pe cursele de extensie** (două totale), respectiv invers proporționale cu panta rampei de creștere a sarcinii.
- Pentru aceeași direcție de deplasare a cilindrului de sarcină (extensie sau compresie), **viteza de deplasare scade cu creșterea sarcinii**.

Întocmit,  
dr. ing. Teodor Costinel POPESCU

28.12.2022