

Elemente de modelare și simulare a motoarelor cu ardere internă

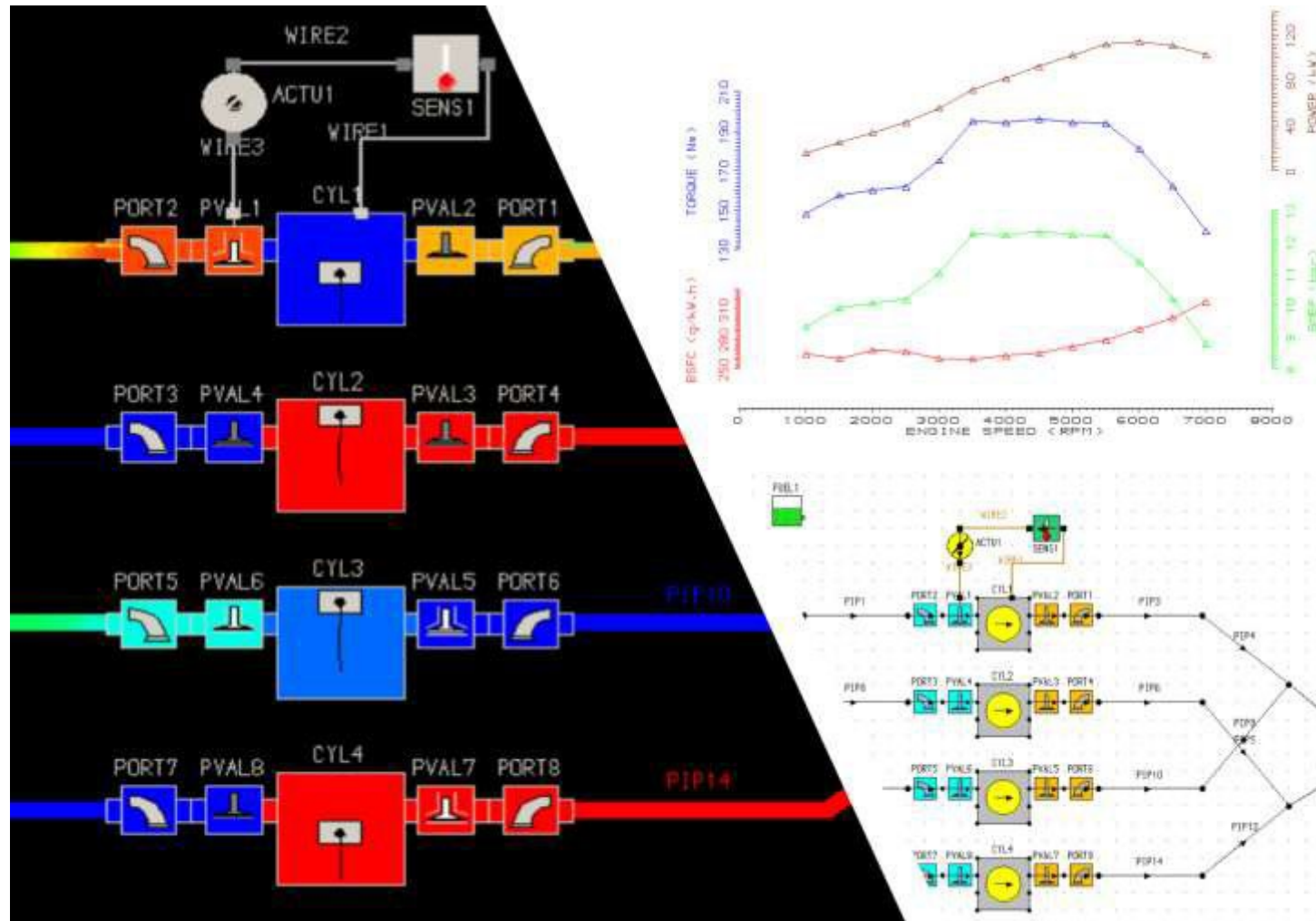
Volumul 2

BURNETE Nicolae Vlad
MOLDOVANU Dan

UTPRESS
Cluj-Napoca, 2022

ISBN 978-606-737-592-3

Îndrumător de aplicații





Editura U.T.PRESS

Str. Observatorului nr. 34

400775 Cluj-Napoca

Tel.: 0264-401999

e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro

<http://biblioteca.utcluj.ro/editura>

Director: Ing. Dan Colțea

Recenzia: Prof.dr.ing. Anghel Chiru

Prof.dr.ing. István Barabás

Această lucrare a fost concepută pentru a sprijini învățarea și înțelegerea unor concepte de bază privind motoarele cu ardere internă.

Ea se adresează studenților de la programele de studii de licență (Autovehicule rutiere, Ingineria transporturilor și a traficului, Mașini și instalații pentru agricultură și industria alimentară, Sisteme și echipamente termice) precum și master (Automobilul și mediul, Sisteme de management și control ale autovehiculelor, Tehnici avansate în ingineria autovehiculelor), fiind de fapt utilă tuturor studenților din universitățile tehnice care studiază cursul de Motoare cu ardere internă, cât și celor care lucrează în cercetare.

Cartea este disponibilă gratuit și nu poate fi comercializată.

Copyright © Autorul, 2022

Cartea conține și materiale luate din spațiul public al internetului cu precizarea sursei.

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii U.T.PRESS.

ISBN 978-606-737-554-1

ISBN 978-606-737-592-3 vol. 2

Bun de tipar: 28.09.2022

Cuprins

1.	Programul software Lotus Engine Simulation	9
2.	Lotus Engine Simulation - Elemente de teorie	14
2.1.	Conducte.....	14
2.1.1.	Ecuțiile de bază	14
2.1.2.	Frecare la perete.....	21
2.1.3.	Transfer termic	23
2.1.4.	Curburi.....	25
2.1.5.	Conducte conice	30
2.1.6.	Joncțiuni.....	32
2.2.	Cilindrii și volume.....	37
2.3.	Proprietățile gazelor și combustibililor	40
2.3.1.	Gaze	40
2.3.2.	Combustibili	42
2.4.	Sisteme de alimentare	43
2.5.	Modele de ardere	45
2.5.1.	Definirea vitezei de degajare a căldurii	45
2.5.2.	Valori implicite pentru funcția Wiebe	48

2.5.3.	Definirea duratei procesului de ardere și a poziției centrului de ardere (A50%).....	49
2.5.4.	Constrângeri suplimentare pentru calculul procesului de ardere	51
2.6.	Transferul termic.....	52
2.6.1.	Cilindru.....	52
2.6.2.	Volum.....	59
2.7.	Modele de baleiaj	61
2.8.	Orificii de admisie/evacuare	63
2.9.	Supape.....	70
2.10.	Clapete obturatoare.....	73
2.11.	Supraalimentare și turbine	76
2.11.1.	Turbocompresor.....	76
2.11.2.	Compresor (Supercharger).....	81
2.11.3.	Turbină (Expander).....	83
2.12.	Răcitor de gaze.....	86
2.13.	Modele de pierderi prin frecare	87
2.14.	Dinamica motorului	88
3.	Lotus Engine Simulation - Crearea unui model de simulare	91
3.1.	Modelul final de simulare	92
3.2.	Modelare și simulare	93

3.2.1.	Partea motorului selectată pentru simulare	93
3.2.2.	Correspondența sistem virtual – sistem real	95
3.2.3.	Elementele modelului de simulare	98
3.2.4.	Definirea elementelor modelului de simulare	114
3.2.5.	Definirea și modificarea condițiilor de simulare	132
3.2.6.	Verificarea modelului	139
3.2.7.	Rularea simulării	143
3.2.8.	Vizualizarea rezultatelor	147
4.	Crearea unui model de motor monocilindric	156
4.1.	Modelul final de simulare	157
4.2.	Modelare și simulare	158
4.2.1.	Partea motorului selectată pentru simulare	158
4.2.2.	Correspondența sistem virtual – sistem real	159
4.2.3.	Elementele modelului de simulare	163
4.2.4.	Definirea elementelor modelului de simulare	167
4.2.5.	Definirea și modificarea condițiilor de simulare	192
4.2.6.	Verificarea modelului	203
4.2.7.	Rularea simulării	206
4.2.8.	Vizualizarea rezultatelor	211

5.	Crearea unui model de motor policilindric.....	231
5.1.	Modelul final de simulare	232
5.2.	Modelare și simulare	233
5.2.1.	Partea motorului selectată pentru simulare	233
5.2.2.	Correspondența sistem virtual – sistem real	234
5.2.3.	Elementele modelului de simulare	235
5.2.4.	Definirea elementelor modelului de simulare	246
5.2.5.	Definirea și modificarea condițiilor de simulare	261
5.2.6.	Verificarea modelului	272
5.2.7.	Rularea simulării	275
5.2.8.	Vizualizarea rezultatelor	280
6.	Realizarea unei analize parametrice.....	298
6.1.	Modelul final de simulare	299
6.2.	Modelare și simulare	300
6.2.1.	Partea motorului selectată pentru simulare	300
6.2.2.	Elementele modelului de simulare	301
6.2.3.	Definirea grupurilor	302
6.2.4.	Definirea și modificarea condițiilor de simulare	307
6.2.5.	Verificarea modelului	318

6.2.6.	Optimizare 1D.....	321
6.2.7.	Optimizare 2D.....	333
6.2.8.	Preluarea și exportarea rezultatelor.....	345
6.2.9.	Vizualizarea rezultatelor	348
6.3.	Studii de caz	351
6.3.1.	Analiză 1D – Identificare soluții optime.....	351
6.3.2.	Studiu de caz 1D	352
6.3.3.	Analiză 2D – Identificare soluții optime.....	353
6.3.4.	Studiu de caz 2D	354
7.	Implementarea unui element de acționare	355
7.1.	Modelul final de simulare	356
7.2.	Modelare și simulare	357
7.2.1.	Partea motorului selectată pentru simulare	357
7.2.2.	Elementele modelului de simulare.....	358
7.2.3.	Definirea grupurilor	367
7.2.4.	Definirea elementelor modelului de simulare	370
7.2.5.	Definirea și modificarea condițiilor de simulare	378
7.2.6.	Verificarea modelului	389
7.2.7.	Rularea simulării	392

7.2.8. Vizualizarea rezultatelor	397
8. Implementarea unui turbocompresor.....	415
8.1. Modelul final de simulare	416
8.2. Modelare și simulare	417
8.2.1. Partea motorului selectată pentru simulare	417
8.2.2. Elementele modelului de simulare	418
8.2.3. Definirea elementelor modelului de simulare	431
8.2.4. Definirea și modificarea condițiilor de simulare	442
8.2.5. Verificarea modelului	454
8.2.6. Rularea simulării	457
8.2.7. Vizualizarea rezultatelor	462
Bibliografie	475
Dicționar	477
Abrevieri	487

5. Crearea unui model de motor policilindric

Scop

- ▶ Crearea, parametrizarea și simularea unui model reprezentând un motor policilindric cu aprindere prin scânteie și umplere normală.

Prezentarea lucrării

Lucrarea urmărește extinderea cunoștințelor de modelare și simulare în Lotus Engine Simulation prin dezvoltarea și parametrizarea unui model virtual al unui motor policilindric cu aprindere prin scânteie, umplere normală și sistem de injecție multipunct. În comparație cu modelul anterior, acest model prezintă patru cilindri, galerie de admisie, clapetă obturatoare, dar și conducte și galerie de evacuare pentru a surprinde efectele gazodinamice. Suplimentar, o parte dintre componente suferă modificări ale datelor de intrare.

Desfășurarea lucrării

Într-o primă etapă sunt adăugate toate elementele necesare modelului (Fig. 5.1):

- sistem de alimentare cu combustibil;
- cilindru (4);
- supape de admisie (4) și de evacuare (4);
- porturi de admisie (4) și de evacuare (4);
- canale de admisie (4) și de evacuare (4);
- conducte de admisie (4) și de evacuare (7);
- galerie de admisie (1) și de evacuare (1);
- clapetă obturatoare (1) și restricție (1);
- limite sistem pe admisie (1), respectiv evacuare (1).

Crearea unui model de motor policilindric

5.1. Modelul final de simulare

Modelul care se va obține în urma parcurgerii pașilor din acest capitol este prezentat în figura 5.1.

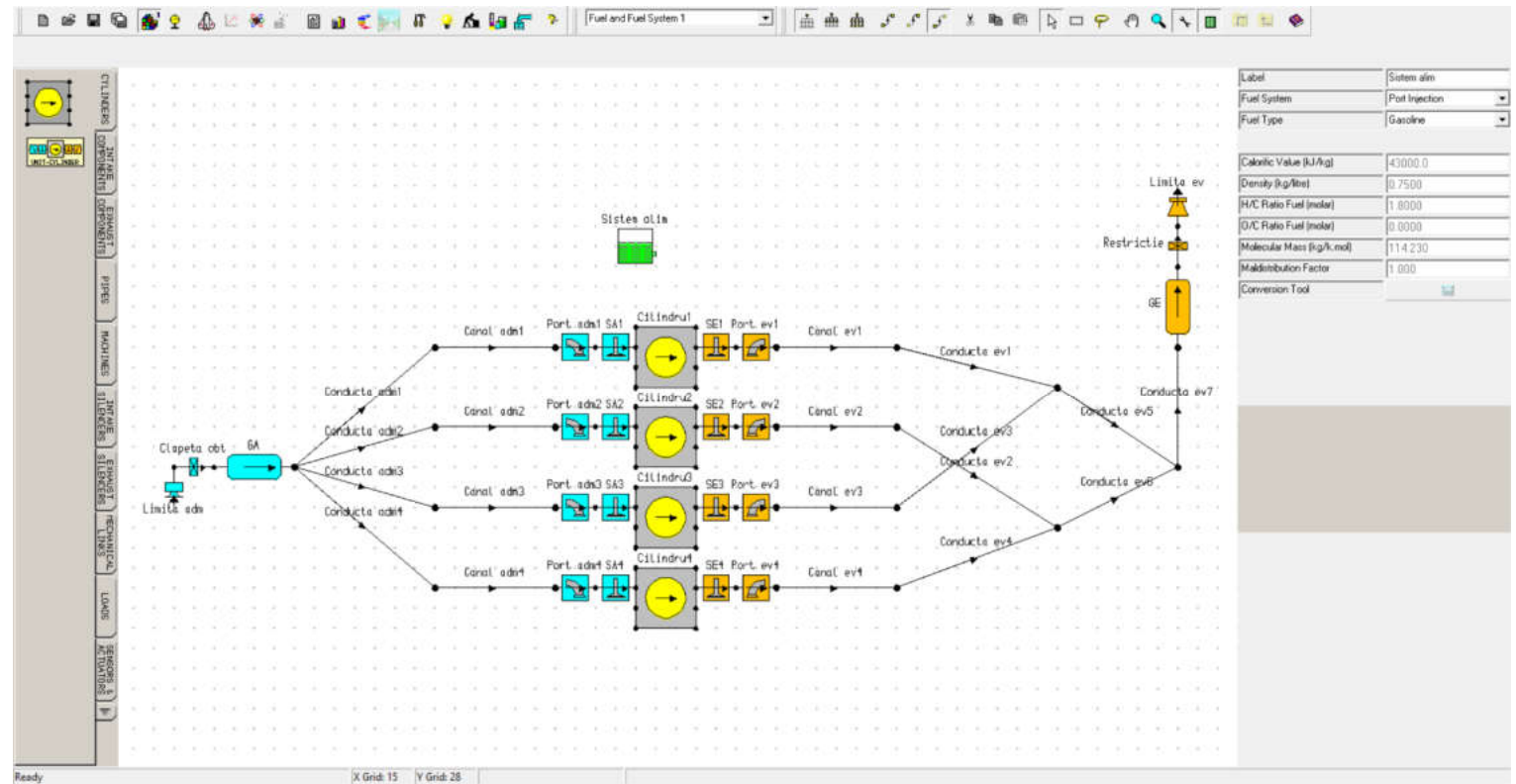


Fig. 5.1 Crearea unui model de motor policilindric - Modelul final

5.2. Modelare și simulare

5.2.1. Partea motorului selectată pentru simulare

În această etapă modelul este completat cu părțile marcate cu verde, albastru deschis, galben și mov, care reprezintă conductele de admisie, respectiv albastru închis care reprezintă galeria de admisie (Fig. 5.2). Pentru evacuare s-a marcat o a doua conductă cu roșu. Acest lucru este necesar pentru a surprinde efectele gazodinamice din conducte (zona marcată cu galben reprezintă partea motorului de la care sa pornit). Pentru acest model se includ toți cei patru cilindri ai motorului și se iau în considerare (parțial) pierderile suplimentare din sistemul de admisie și de evacuare.

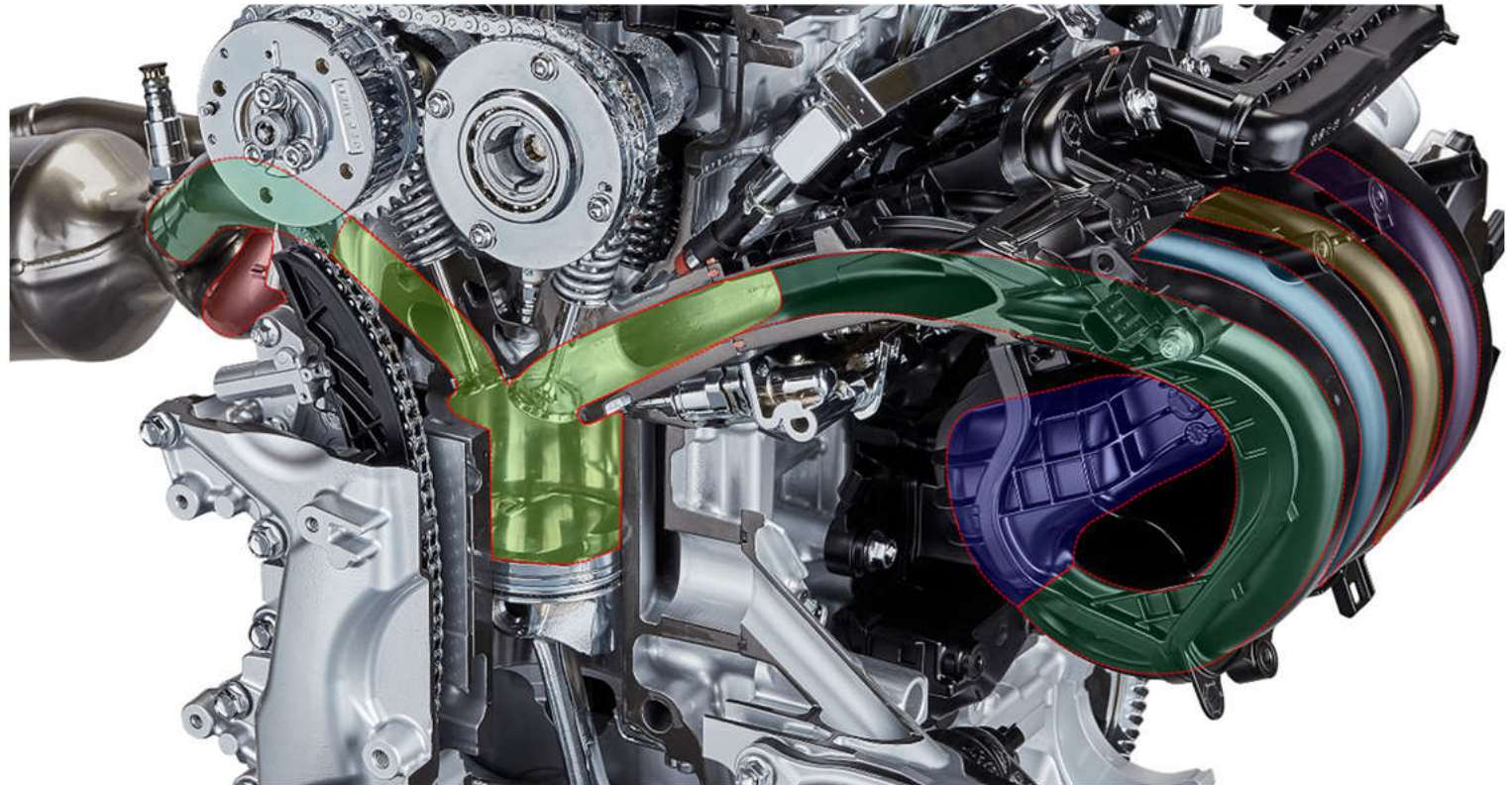


Fig. 5.2 Crearea unui model de motor policilindric - Partea motorului selectată pentru simulare (adaptare după [25])

5.2.2. Corespondența sistem virtual – sistem real

Pentru o mai bună înțelegere a conexiunii dintre sistemul virtual și sistemul real, în figura 5.3 este indicată corespondența dintre elementele sistemului virtual și respectiv elementele motorului. În acest caz sunt prezentate doar conductele și galeria de admisie. Pentru o identificare mai ușoară a corespondenței, dar și pentru a reduce încărcarea desenului, contururile conductelor și galeriei de admisie sunt umplute cu diferite culori atât în cazul modelului virtual, cât și al modelului real. În cazul elementelor care nu sunt prezentate aici (conducte și galerie de evacuare, clapetă, cilindri etc.) se aplică o logică similară.

În continuare sunt prezentați pașii necesari dezvoltării unui model de simulare cu patru cilindri, conducte respectiv galerii de admisie și de evacuare, dar și clapeta obturatoare. Includerea acestora permite surprinderea fenomenelor gazodinamice care apar în timpul proceselor de schimbare a gazelor.

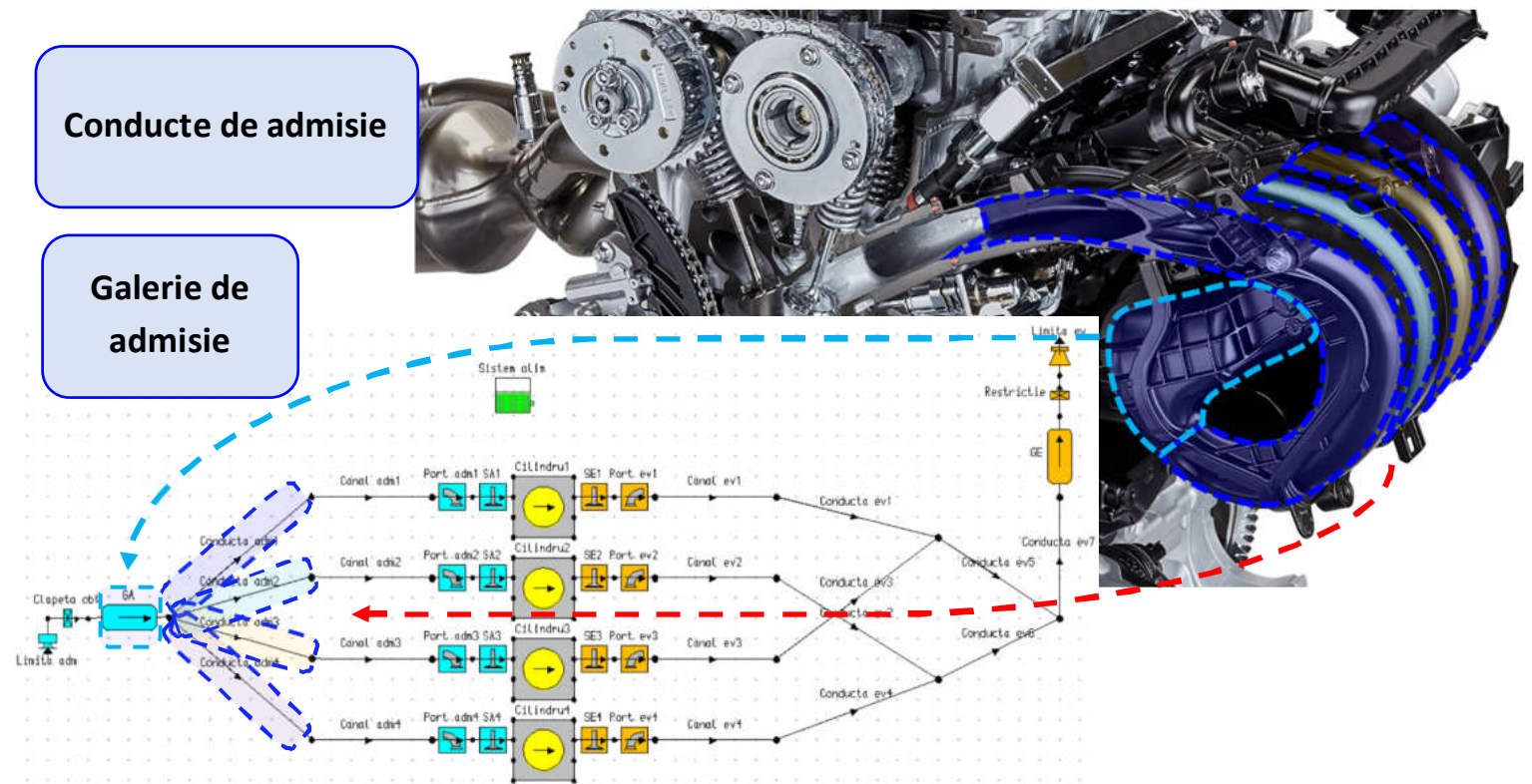


Fig. 5.3 Crearea unui model de motor policilindric - Corespondența sistem virtual - sistem real – Conductele de admisie și de evacuare (adaptare după [25])

5.2.3. Elementele modelului de simulare

Pas 1 – Modelul de bază

Pentru dezvoltarea modelului propus în acest capitol se va porni de la modelul dezvoltat în capitolul 4 (fig. 5.4). În plus, față de componentele acestuia se vor mai introduce în model următoarele elemente: trei cilindri alături de supapele, canalele și conductele de admisie și evacuare, galeria de admisie și de evacuare, clapeta obturatoare și o restricție pe partea de evacuare.

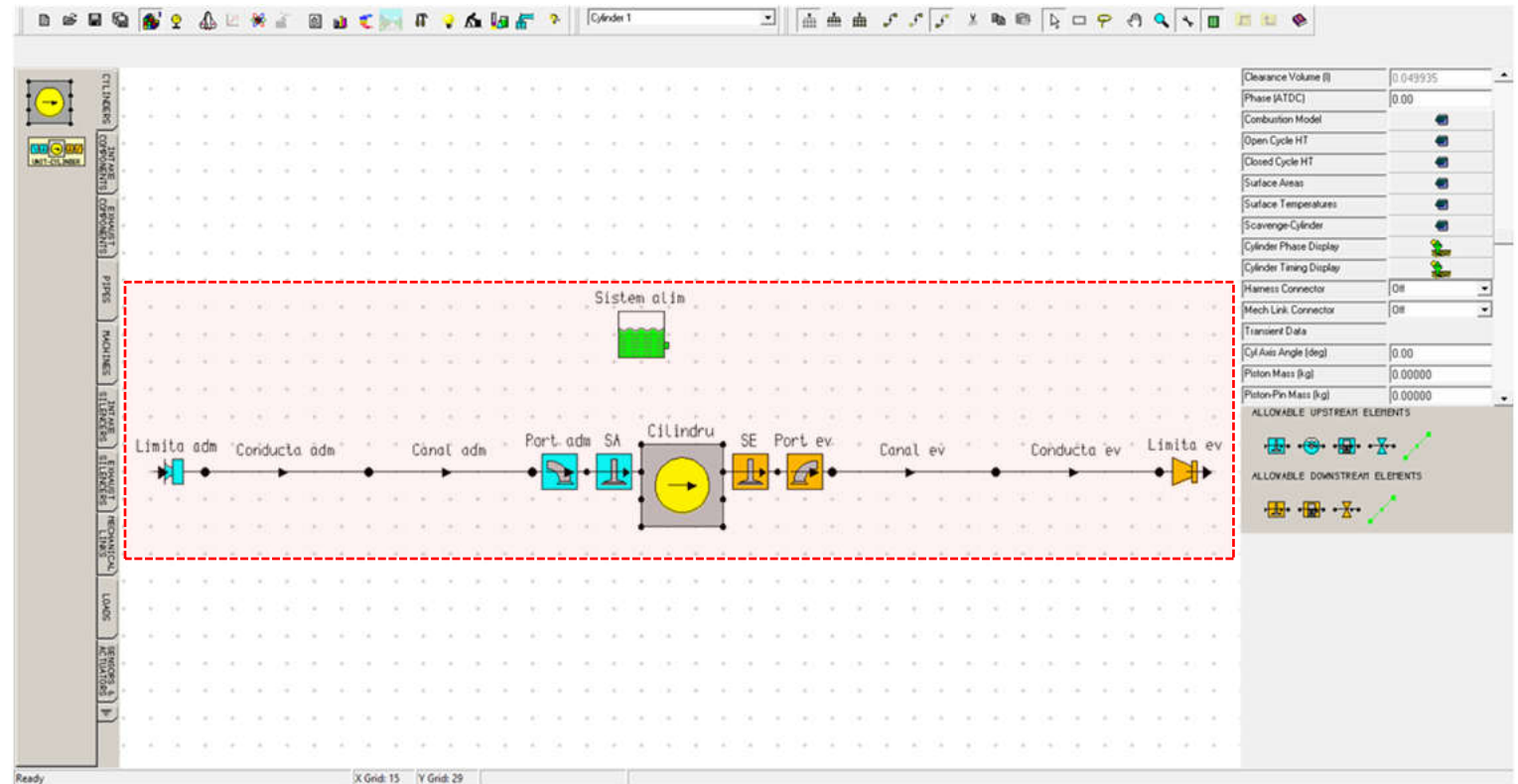


Fig. 5.4 Crearea unui model de motor policilindric – Modelul de bază

Pas 2 – Îndepărtarea limitelor

Completarea modelului cu elementele necesare se poate face introducând fiecare element individual sau copiindu-le pe cele existente. În acest scop, într-o primă etapă se vor separa elementele care urmează a fi copiate. În acest scop se re poziționează cele două limite **Inlet Boundary** (limita admisie) și **Exit Boundary** (limita evacuare)(fig. 5.5).

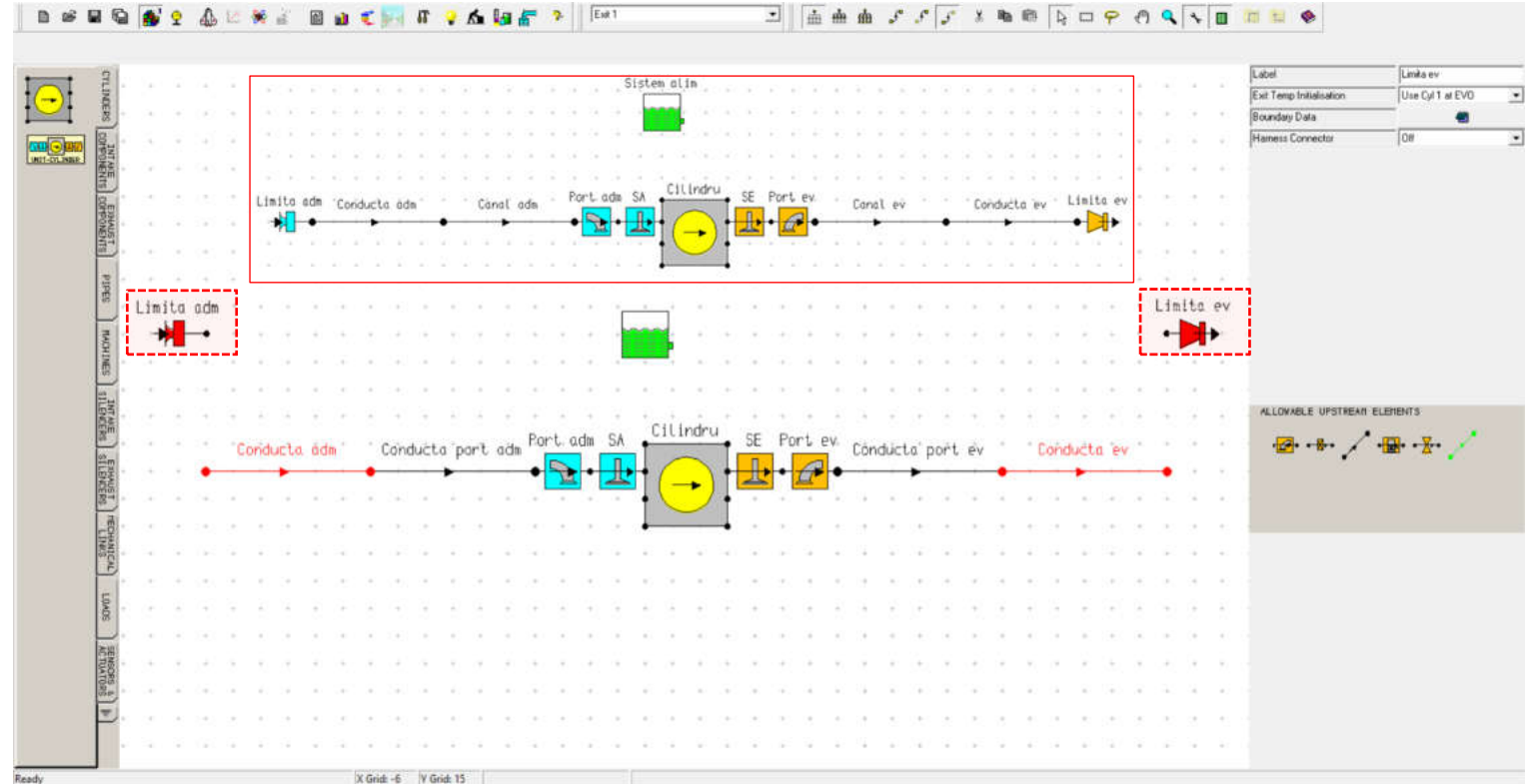



Fig. 5.5 Crearea unui model de motor policilindric – Modelul de bază – Îndepărtarea limitelor

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 3 – Selectarea componentelor dintr-o anumită zonă

După îndepărtarea limitelor următorul pas este selectarea componentelor care urmează a fi copiate. În acest scop se face click pe **Rectangle Area Pick** () iar apoi se selectează componentele precum în figura 5.6.

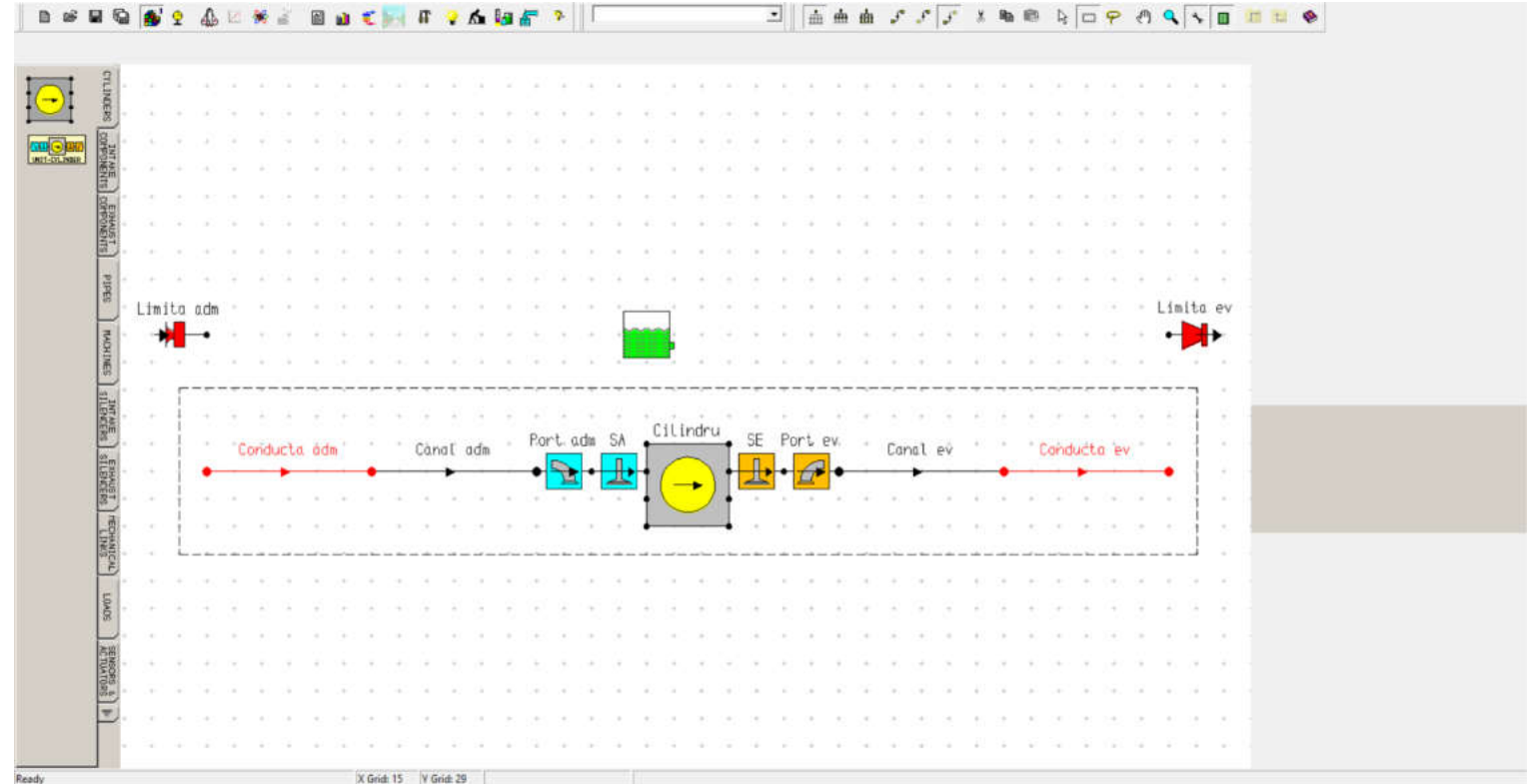


Fig. 5.6 Crearea unui model de motor policilindric – Modelul de bază – Selectarea componentelor dintr-o anumită zonă

Pas 4 – Copierea componentelor

Pasul următor este copierea acestor elemente de patru ori pentru a obține cei patru cilindri ai motorului. În acest scop se face click pe **Edit** → **Copy** (copiere), iar apoi **Edit** → **Paste** (lipire) (fig. 5.7).

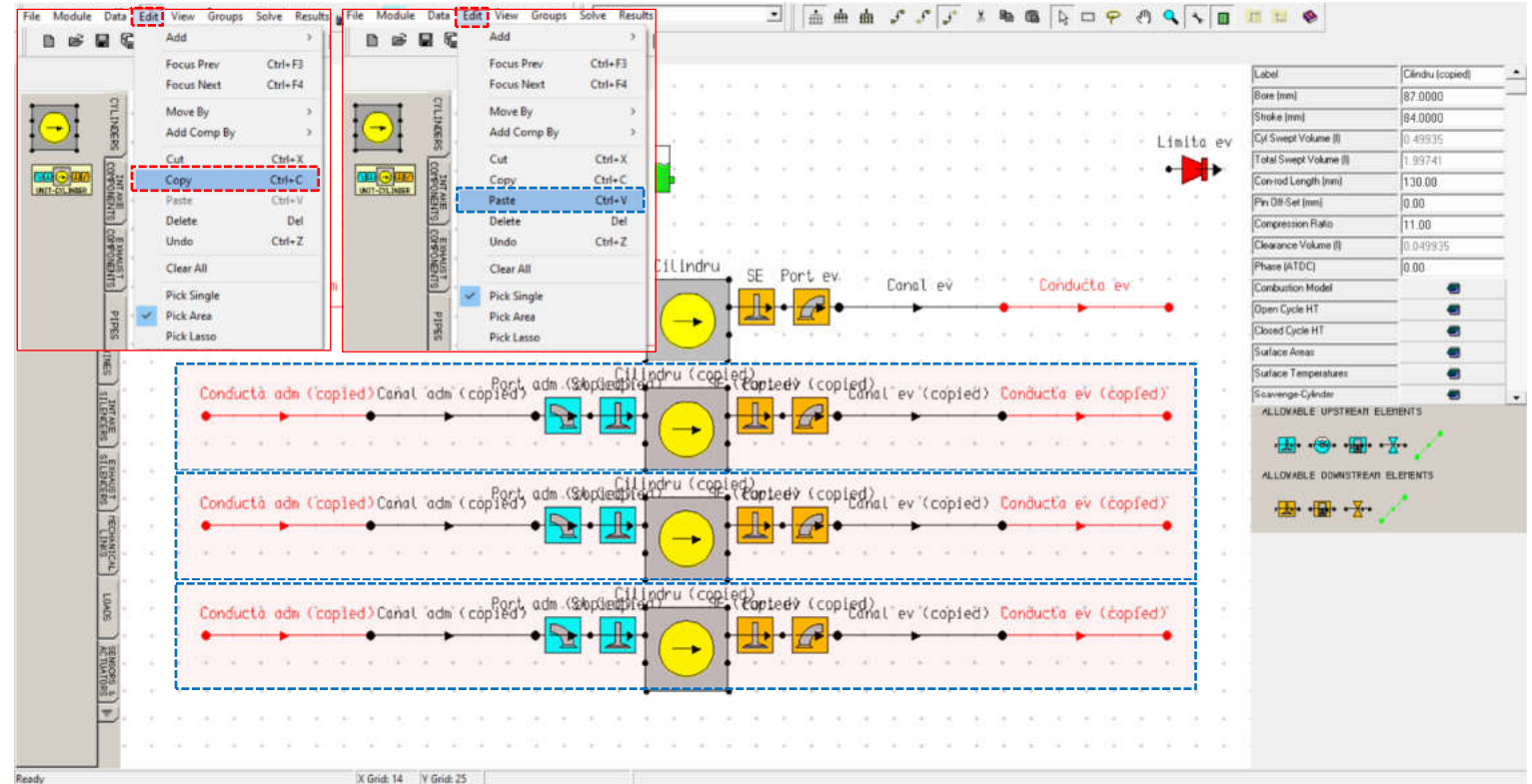


Fig. 5.7 Crearea unui model de motor policilindric – Copierea/Lipirea componentelor necesare

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 5 – Redenumirea componentelor

În continuare elementele copiate vor fi redenumite precum în figura 5.8:

Element	Denumire
Cilindru	Cilindru1 – Cilindru4
Supape admisie	SA1 – SA4
Supape evacuare	SE1 – SE4
Orificiu admisie	Port adm1 – Port adm4
Orificiu evacuare	Port ev1 – Port ev4
Canal admisie	Canal adm1 – Canal adm4
Canal evacuare	Canal ev1 – Canal ev4
Conductă admisie	Conductă adm1 – Conductă adm4
Conductă evacuare	Conductă ev1 – Conductă ev4

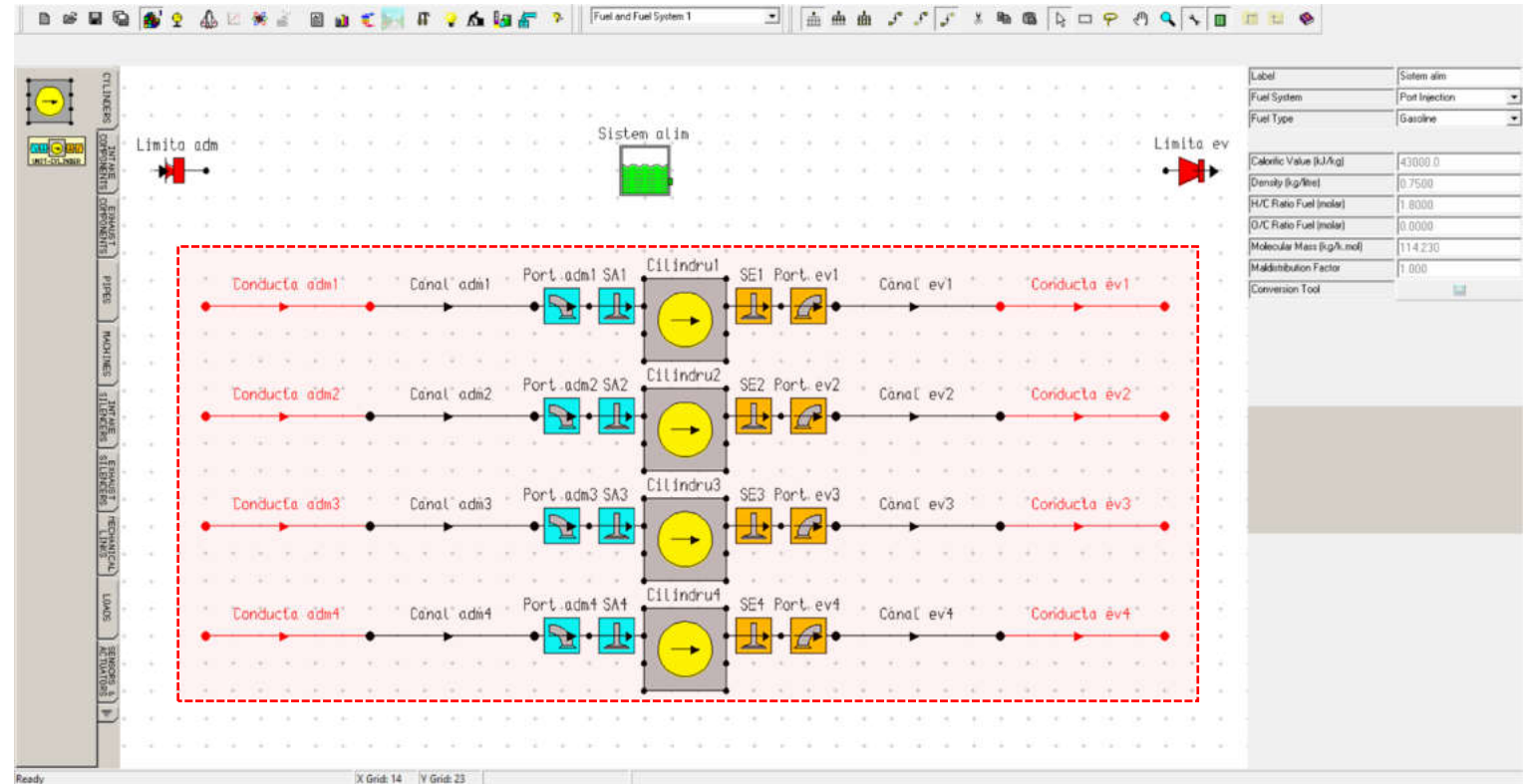


Fig. 5.8 Crearea unui model de motor policilindric – Redenumirea componentelor

Pas 6 – Galeria de admisie

Pentru adăugarea galeriilor de admisie și de evacuare (**intake/exhaust manifold**) este necesară rearanjarea conductelor de admisie și de evacuare astfel (fig. 5.9):

- ▶ conductele de admisie 1, 2, 3 și 4 vor fi conectate pentru a porni dintr-un punct comun;
- ▶ conductele de evacuare vor fi conectate două câte două, respectiv 1 cu 3 și 2 cu 4.

După rearanjare în model se adaugă un element de tip **Plenum** denumit **GA** pe pentru a reprezenta galeria de admisie (**intake manifold**).

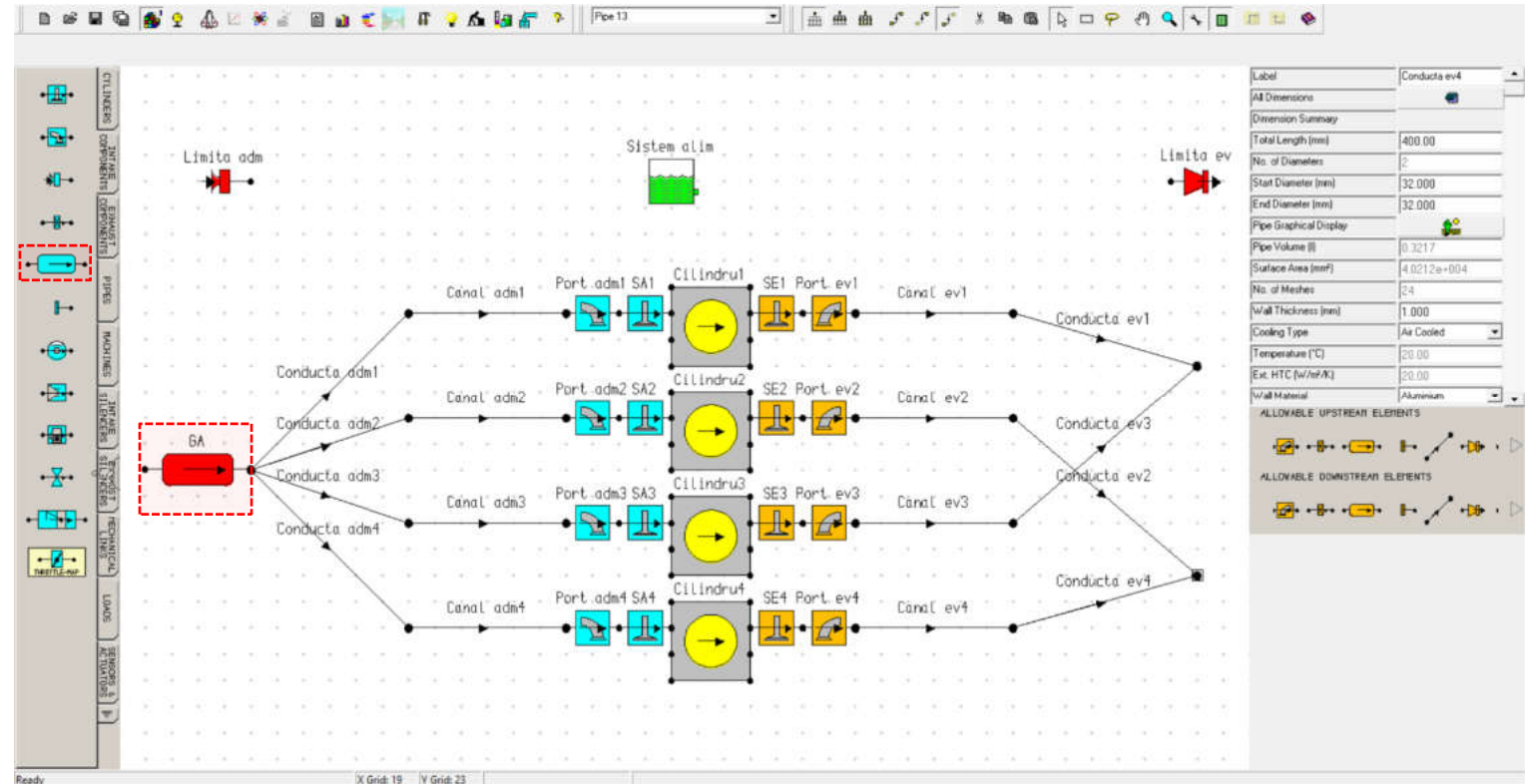


Fig. 5.9 Crearea unui model de motor policilindric – Galeria de admisie

Pas 7 – Clapeta obturatoare

Înainte de elementul **GA** care reprezintă galeria de admisie (**intake manifold**) se va introduce un element de tip **Throttle** (clapetă) care va avea rol de clapetă obturatoare (fig. 5.10).

În continuare, limita admisiei (**inlet boundary**) va fi repositionată conform figurii 5.10. Pentru a roti elementul se face click dreapta pe acesta, iar apoi se alege sensul de rotație dorit, în acest caz sensul anti orar (**rotate A-C/W**).

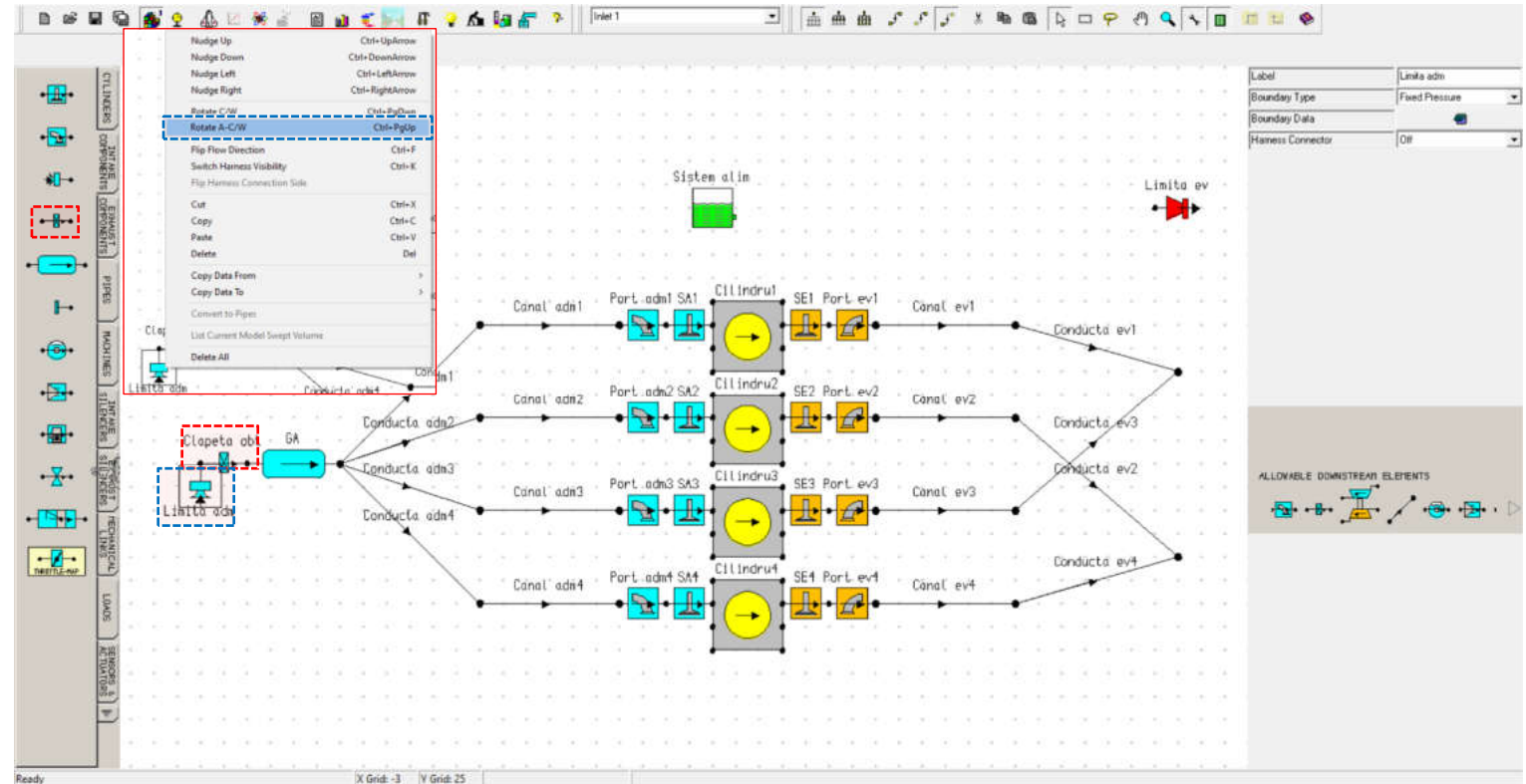


Fig. 5.10 Crearea unui model de motor policilindric – Clapeta obturatoare

Pas 8 – Conducele de evacuare

Pe partea de evacuare, suplimentar față de conductele existente se mai adaugă alte trei conducte dispuse precum în figura 5.11:

- ▶ Conducta ev5 – conectată la conductele 1 și 3;
- ▶ Conducta ev6 – conectată la conductele 2 și 4;
- ▶ Conducta ev7 – conectată la conductele 5 și 6.

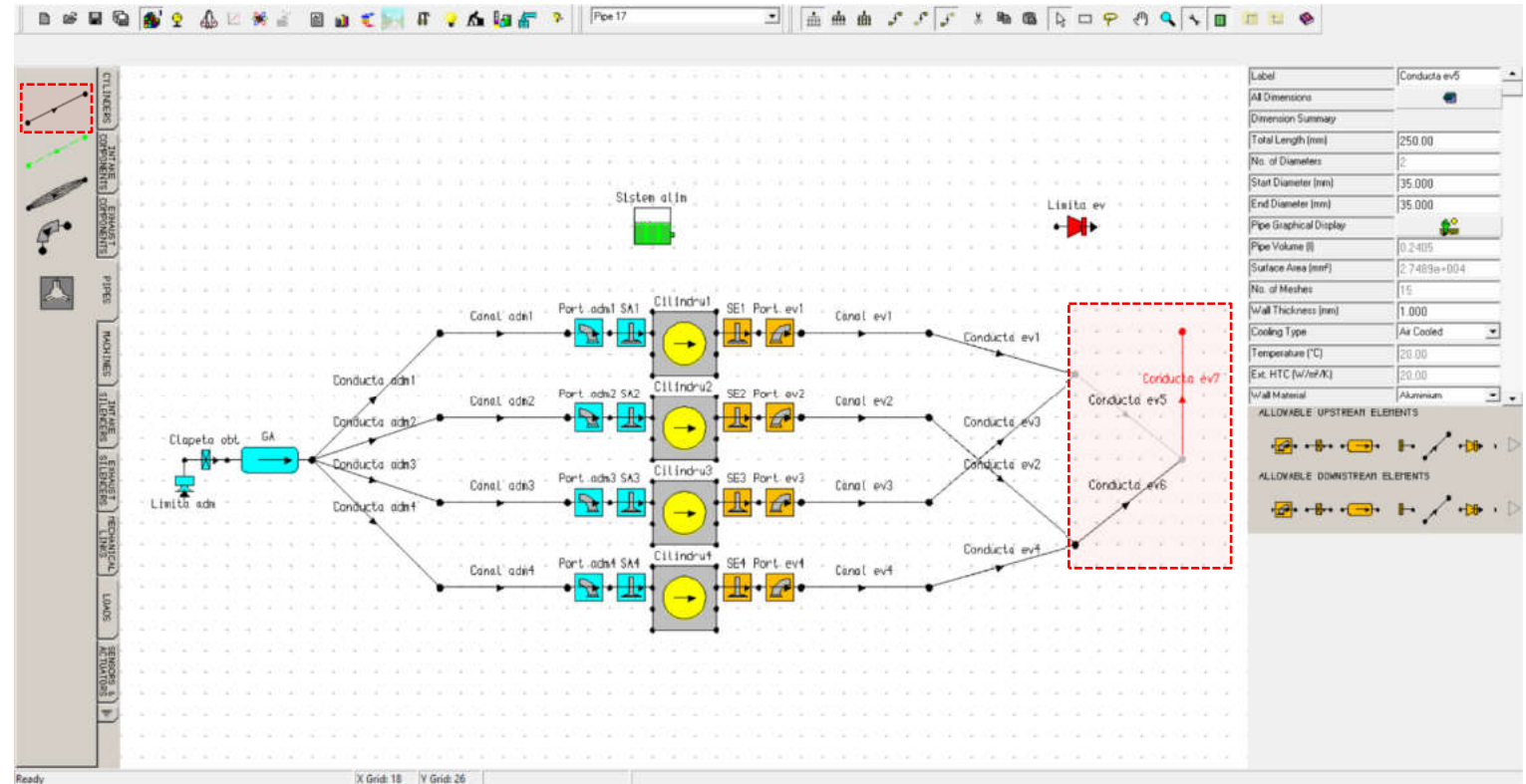


Fig. 5.11 Crearea unui model de motor policilindric – Conducele de evacuare

Pas 9 – Galeria de evacuare

În continuare, la **Conducta ev7** se conectează galeria de evacuare (**exhaust manifold**), reprezentată printr-un element de tip **exhaust plenum** (Fig. 5.12).

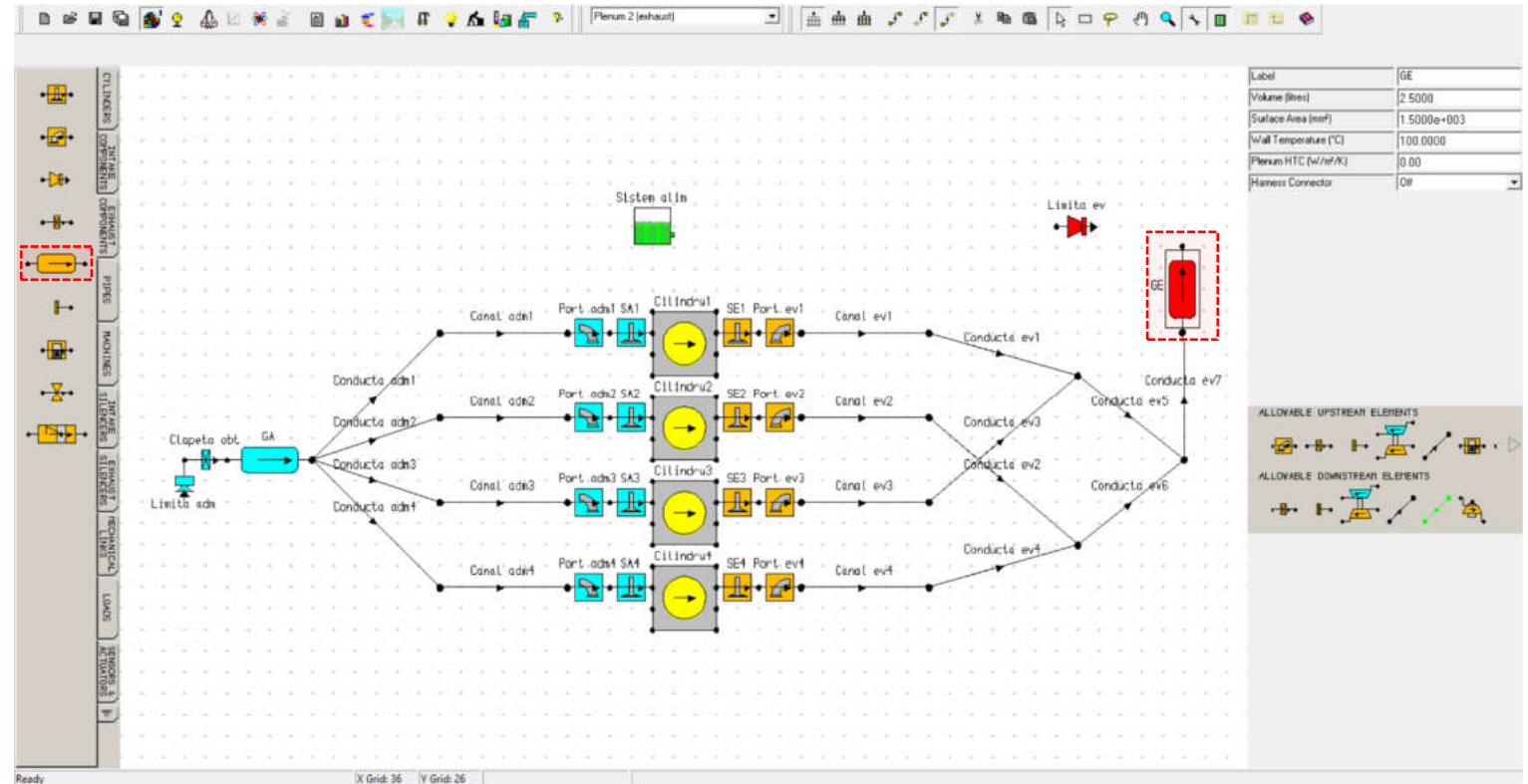


Fig. 5.12 Crearea unui model de motor policilindric – Galeria de evacuare

Pas 10 – Restricție

Pentru a putea ține cont de pierderile care apar la curgerea gazelor prin sistemul de evacuare (fără a modela întreg sistemul), după galeria de evacuare (**exhaust manifold**) se adaugă un element de tip **exhaust throttle** care, prin modul de definire, să aibă rolul de restricție (**restriction**).

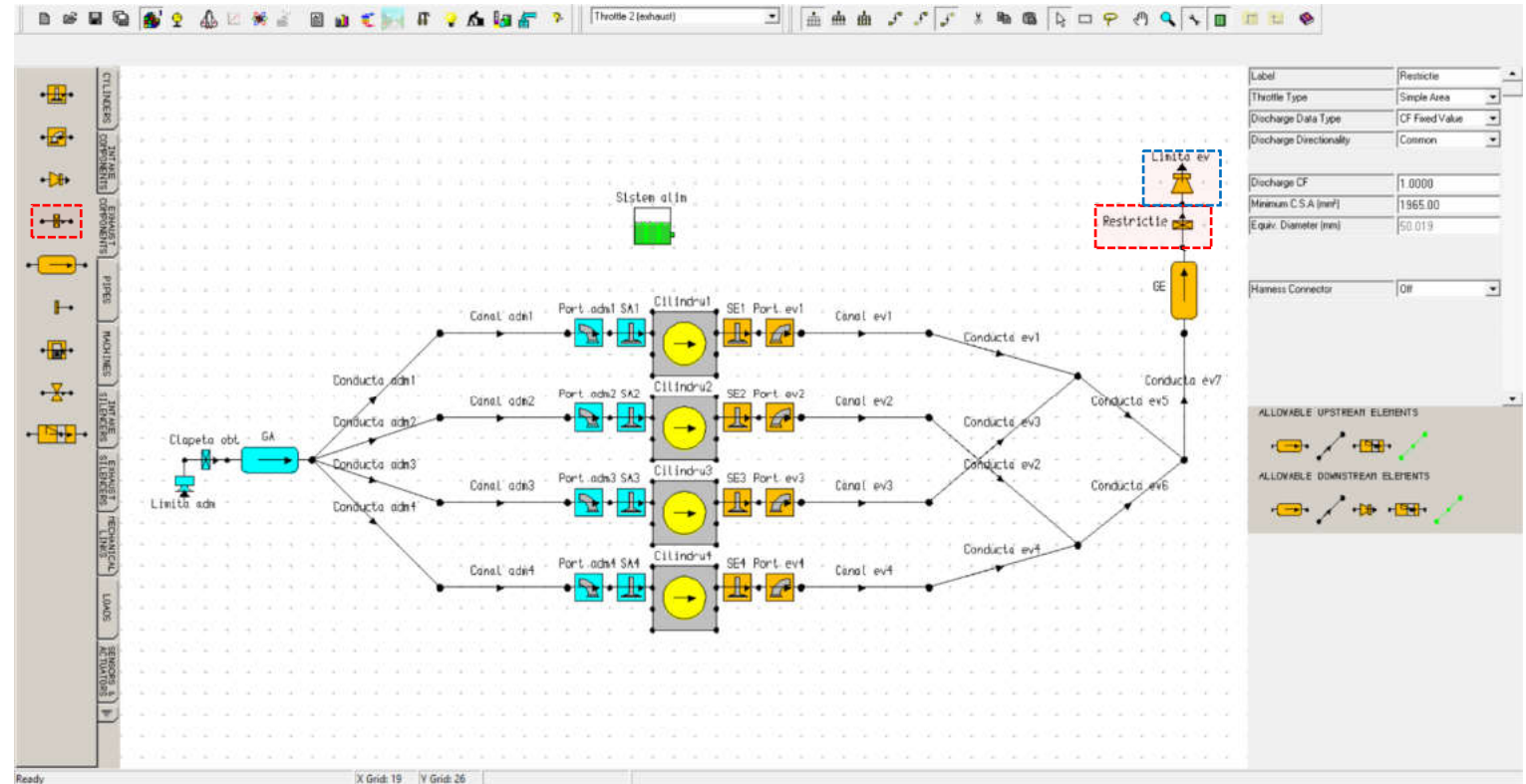


Fig. 5.13 Crearea unui model de motor policilindric – Restricție

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 11 – Lista de elemente

Înainte de a trece la definirea elementelor se recomandă verificarea listei de elemente pentru a nu exista scăpări. În acest scop, în continuare se specifică numărul de elemente de fiecare tip:

	Denumire		Număr elemente
	ro	en*	
Cilindru	Cylinder		4
Conductă	Pipe		19
Supapă admisie	Poppet Valve (inlet)		4
Supapă evacuare	Poppet Valve (exhaust)		4
Orificiu admisie	Port (inlet)		4
Orificiu evacuare	Port (exhaust)		4
Galerie de admisie	Plenum (inlet)		1
Galerie de evacuare	Plenum (exhaust)		1
Clapetă obturatoare	Throttle (inlet)		1
Restricție	Throttle (exhaust)		1
Limită admisie	Inlet		1
Limită evacuare	Exit		1

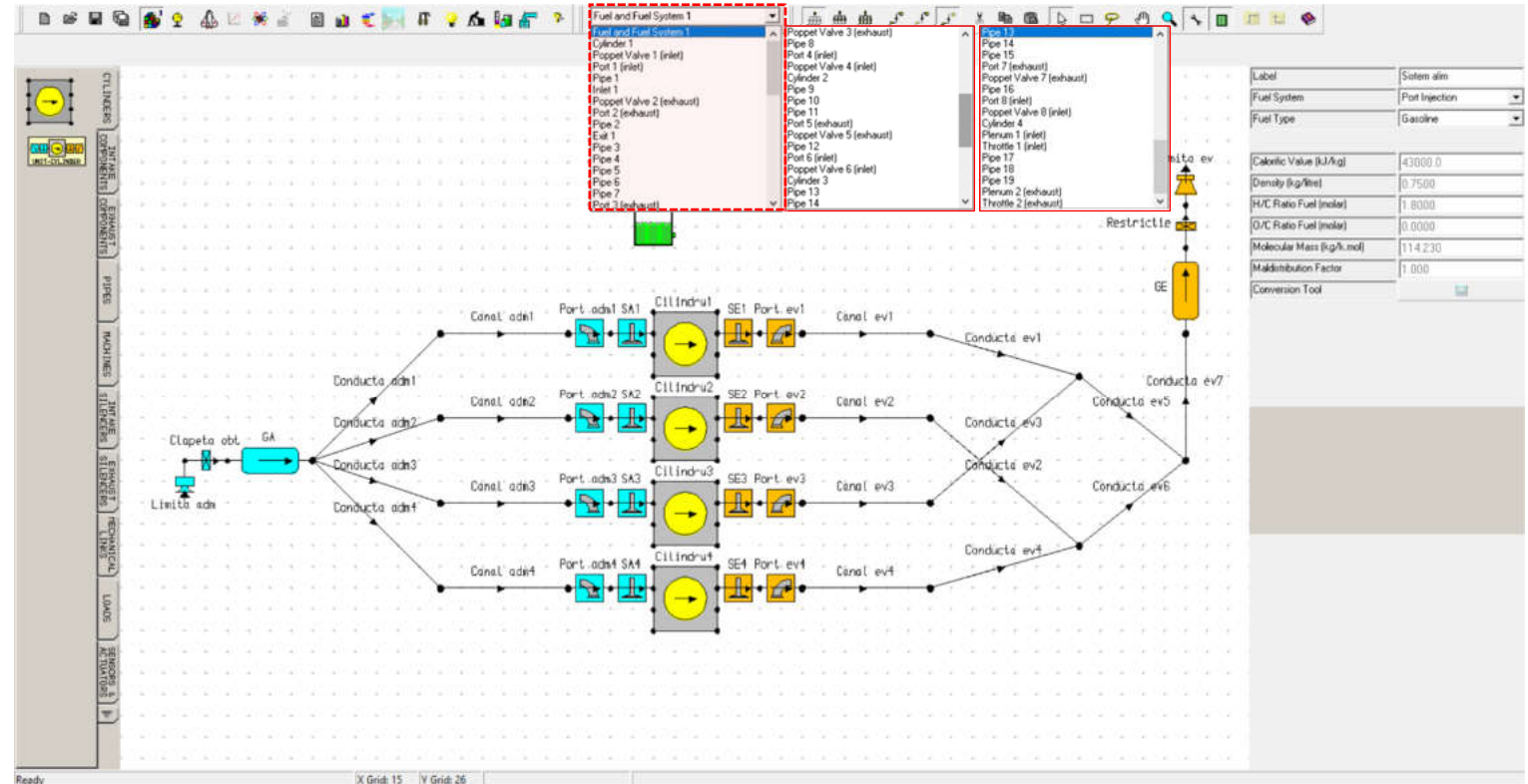


Fig. 5.14 Crearea unui model de motor policilindric – Vizualizare lista de elemente

*Denumirile în limba engleză reprezintă denumirea tipului de element din Lotus Engine Simulation utilizat pentru a reprezenta componenta și nu sunt întotdeauna o traducere corectă.

5.2.4. Definirea elementelor modelului de simulare

Pas 1 – Elementele care nu suferă modificări

Dintre elementele modelului policilindric creat, doar o parte necesită definire, pentru restul păstrându-se datele inițiale. Acestea din urmă sunt marcate în figura 5.15.

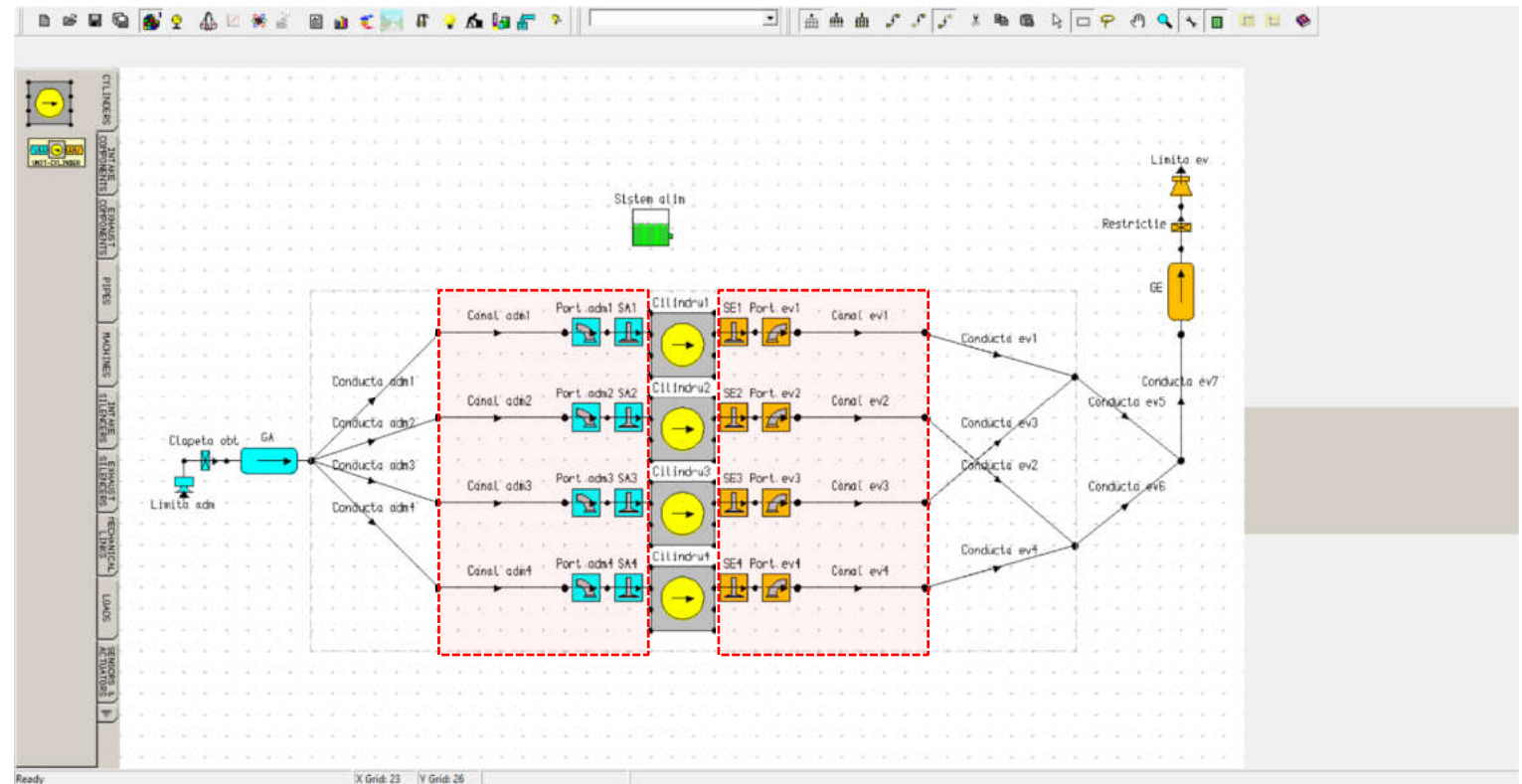


Fig. 5.15 Crearea unui model de motor policilindric – Evidențiere elementele care nu suferă modificări

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 2 – Clapeta obturatoare

Pentru definirea clapetei obturatoare (**throttle**) sunt necesare următoarele date:

Denumire		Valoare		U.M.
ro	en*			
Etichetă	Label	Clapeta obt		
Tip clapetă obturatoare	Throttle Type	Simple Area		
Coeficient de curgere	Discharge CF	1	-	
Diametru echivalent	Equiv. Diameter	45	mm	

Se menționează faptul că, unele dintre câmpurile din zona de definire a elementelor pot fi inactive (marcate cu gri deschis – ex. **Minimum C.S.A (mm²)**) pentru a semnala faptul că nu permit modificarea datelor (motivul este acela că pot fi calculate din valorile deja definite). În cazul în care este nevoie, aceste câmpuri se pot activa printr-un click pe denumire. Spre exemplu, în figura 5.16 se arată cum s-a făcut click pe denumirea **Equiv. Diameter (mm)** (fig. 5.16) ceea ce a permis activarea câmpului de date. În cazul în care se face click pe **Minimum C.S.A (mm²)** se activează câmpul de date din dreptul acesteia.

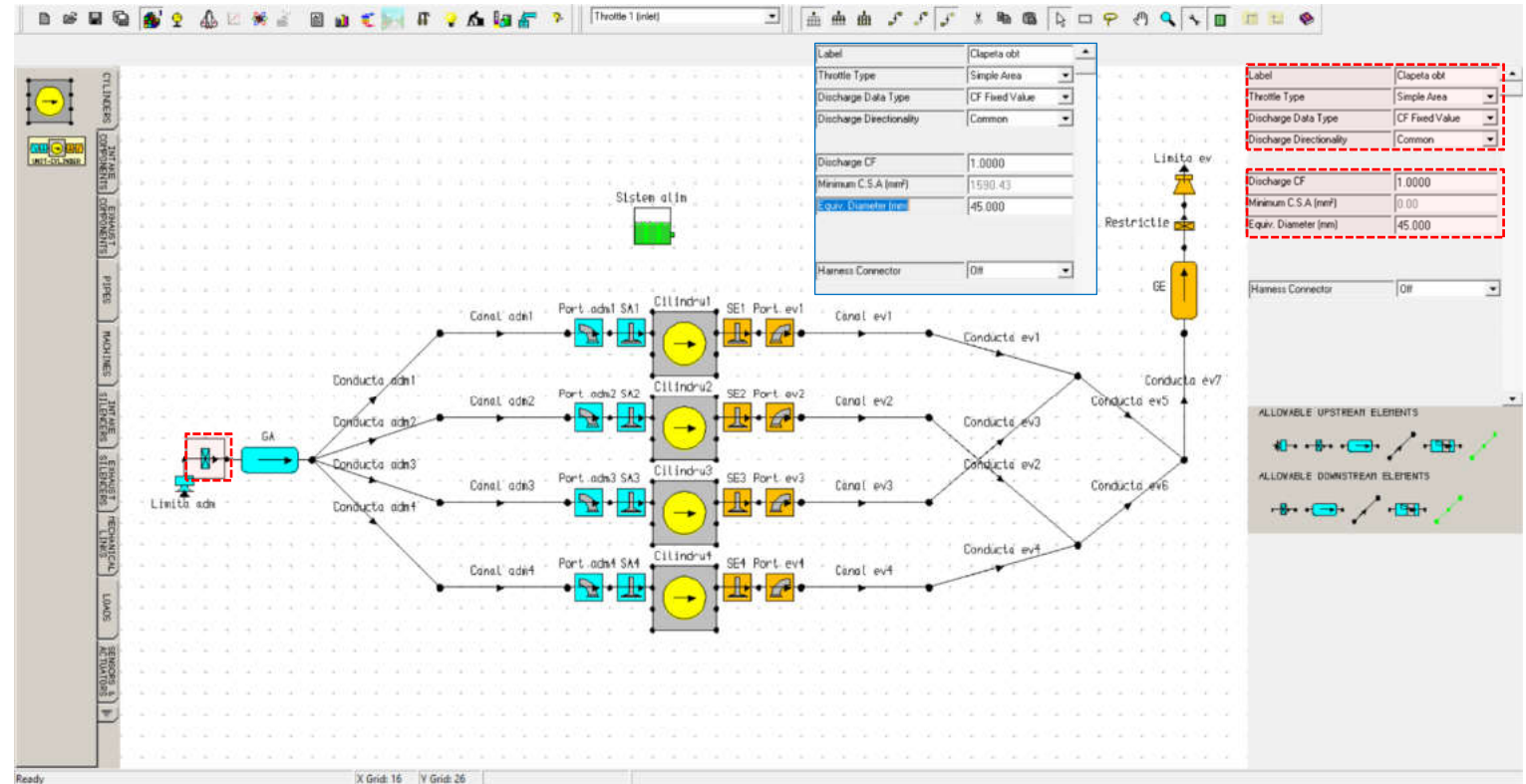


Fig. 5.16 Crearea unui model de motor policilindric – Clapeta obturatoare

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 3 – Galeria de admisie

Galeria de admisie este reprezentată printr-un element de tip **plenum** (fig. 5.17). Pentru definire sunt necesare următoarele date:

ro	Denumire en*	Valoare	U.M.
Etichetă	Label	GA	
Volum	Volume	2.5	l
Aria suprafeței exterioare	Surface Area	1000	mm ²
Temperatura peretelui	Wall Temperature	20	°C
Coeficientul de transfer termic	Plenum HTC	0	W/m ² K

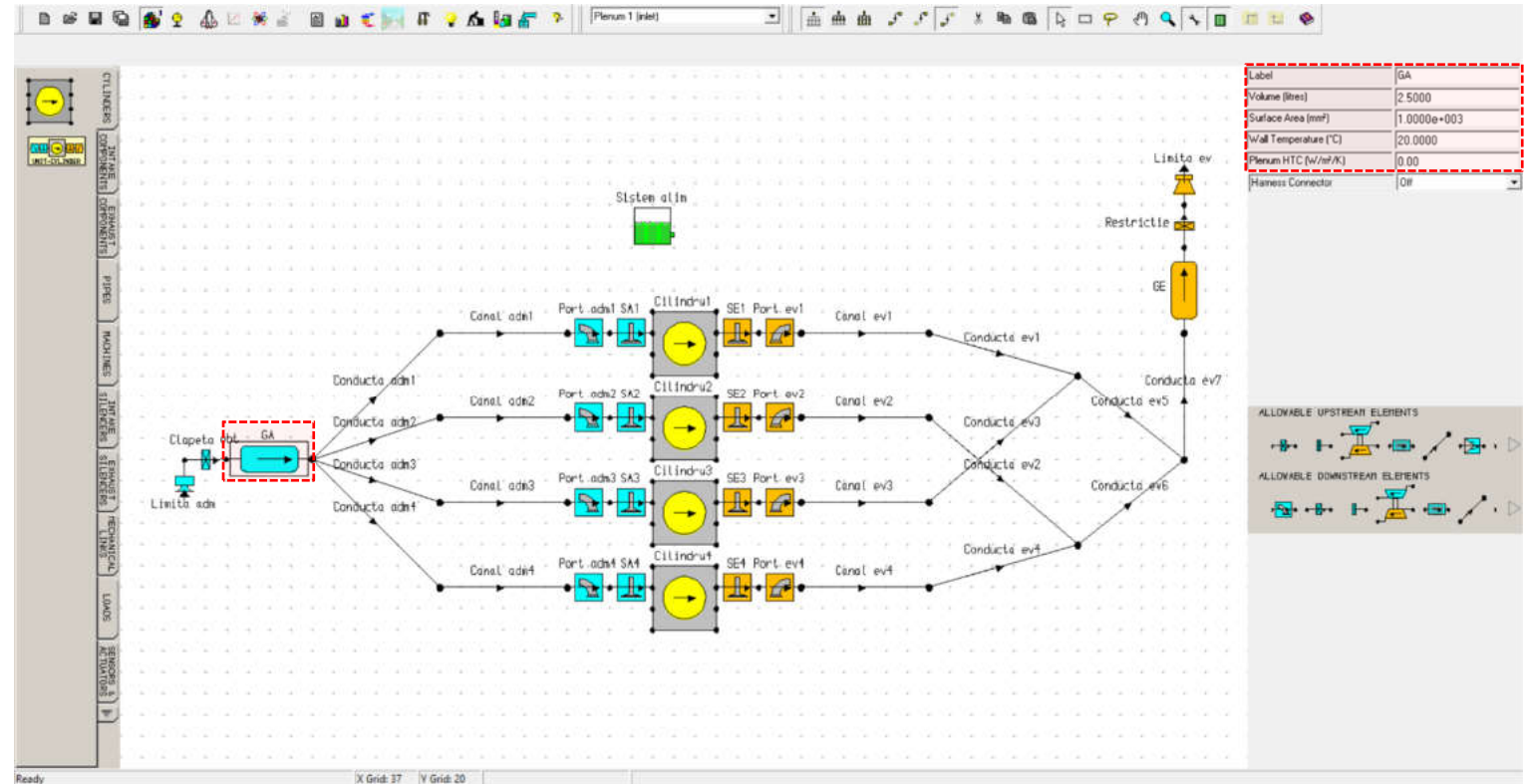


Fig. 5.17 Crearea unui model de motor policilindric – Galeria de admisie

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 4 – Ordinea de aprindere

Spre deosebire de modelul din capitolul 4, modelul analizat în acest capitol dispune de patru cilindri. În consecință este necesară definirea ordinii de aprindere care, în acest caz este **1-3-4-2**. Acest lucru se face prin specificarea (în câmpul **Phase ATDC**) unghiului, în °RAC, (dintr-un ciclu de 720 °RAC), la care are loc aprinderea (fig. 5.18). Ținând cont că pentru cilindrul 1 valoarea este 0 °RAC și că aprinderea are loc la intervale egale (= $720 \text{ °RAC} / \text{numărul de cilindri}$ – pentru un motor cu 6 cilindri intervalul de aprindere este $720/6 = 120 \text{ °RAC}$), valorile sunt următoarele:

Cilindru	Phase (ATDC) [°RAC]
1	0
2	540
3	180
4	360

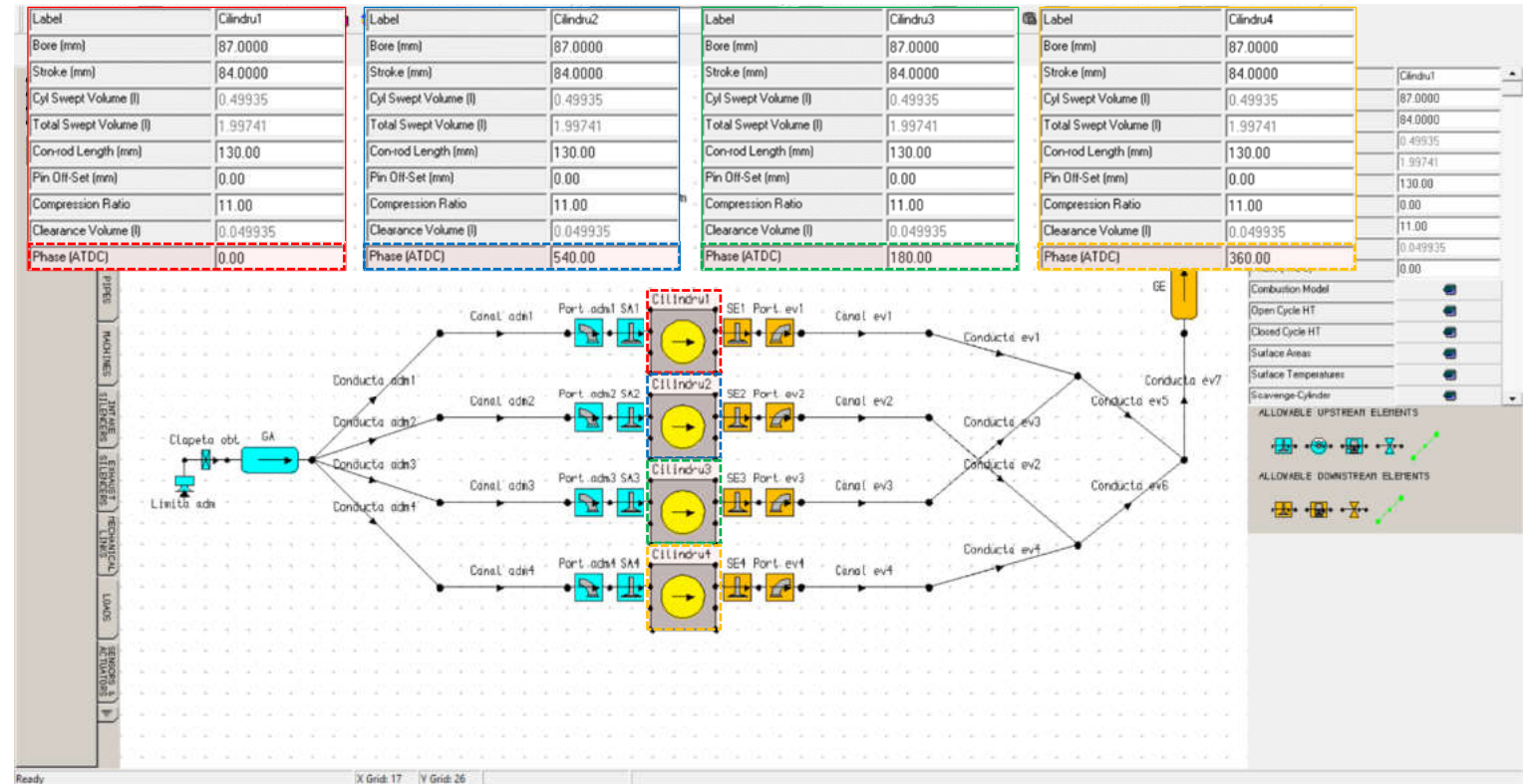


Fig. 5.18 Crearea unui model de motor policilindric – Implementare ordine de aprindere

Atunci când se atinge din nou valoare de 720 °RAC se revine în poziția inițială a cilindrului 1 și tot procesul se reia.

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 5 – Conducta de evacuare 5 – Date generale 1

Conducta de evacuare 5 (**exhaust pipe**) este un element de tip **pipe** care se definește pe baza următoarelor date (fig. 5.19):

Denumire		Valoare U.M.
ro	en	
Etichetă	Label	Conducta ev5
Lungimea totală	Total Length	300 mm
Diametrul la intrare	Start Diameter	53 mm
Diametrul la ieșire	End Diameter	53 mm
Grosimea peretelui	Wall Thickness	1 mm
Tipul de răcire	Cooling Type	Air Cooled
Materialul peretelui	Wall Material	Steel

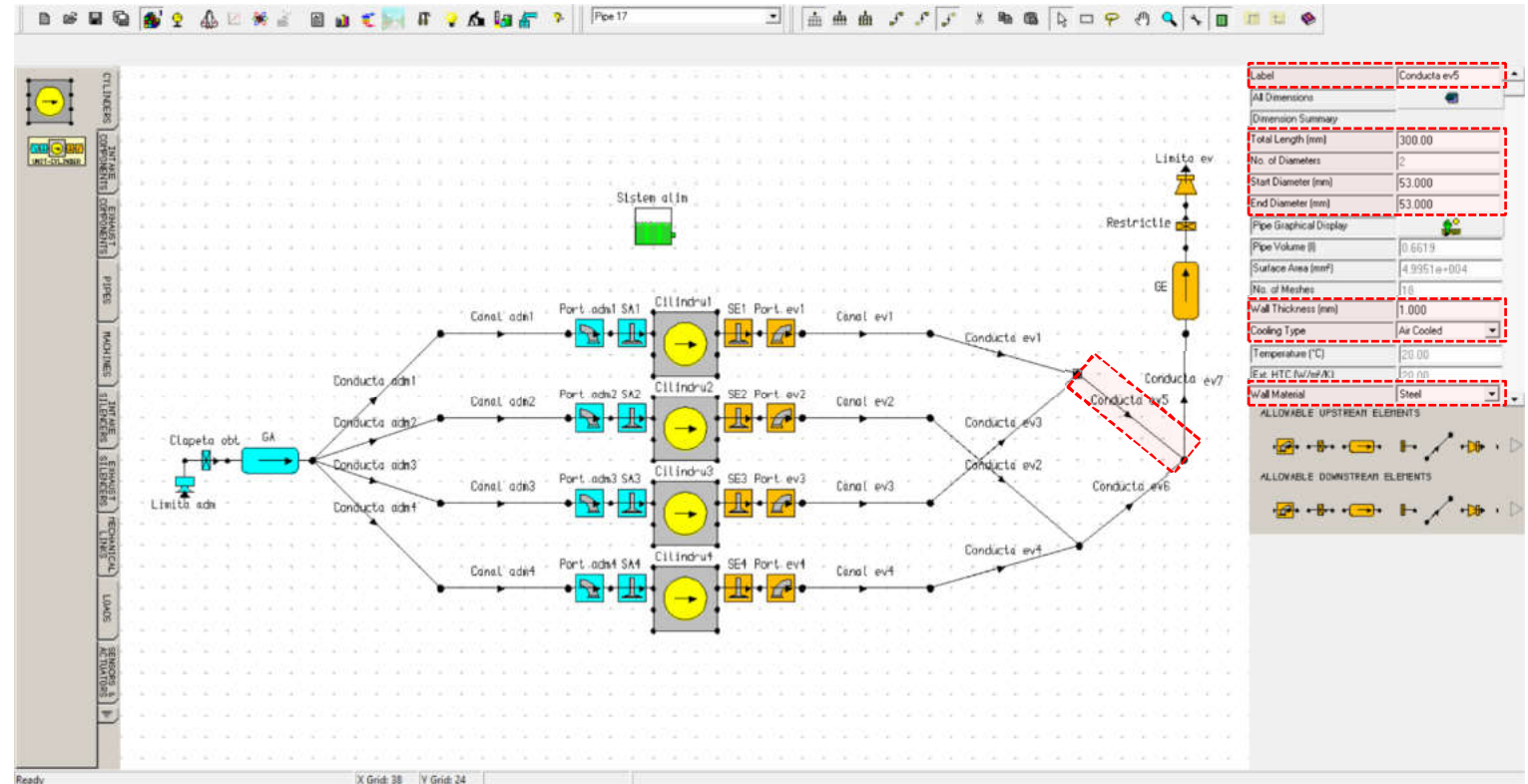


Fig. 5.19 Crearea unui model de motor policilindric – Conducta de evacuare 5 – Date generale 1

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 6 – Conducta de evacuare 5 – Date generale 2

Restul de date pentru elementul de tip **pipe**, reprezentând conducta de evacuare 5 (**exhaust pipe**), sunt (fig. 5.20):

Denumire		Valoare U.M.
ro	en	
Tipul de coeficient de frecare la perete	Wall Friction Factor Type	Default Surface Roughness
Tipul de coeficient de transfer termic al peretelui interior	Interior Wall Heat Transfer Factor Type	By Scale
Scara coeficientului de transfer termic al peretelui interior	Interior Wall Heat Transfer Scale	1 -

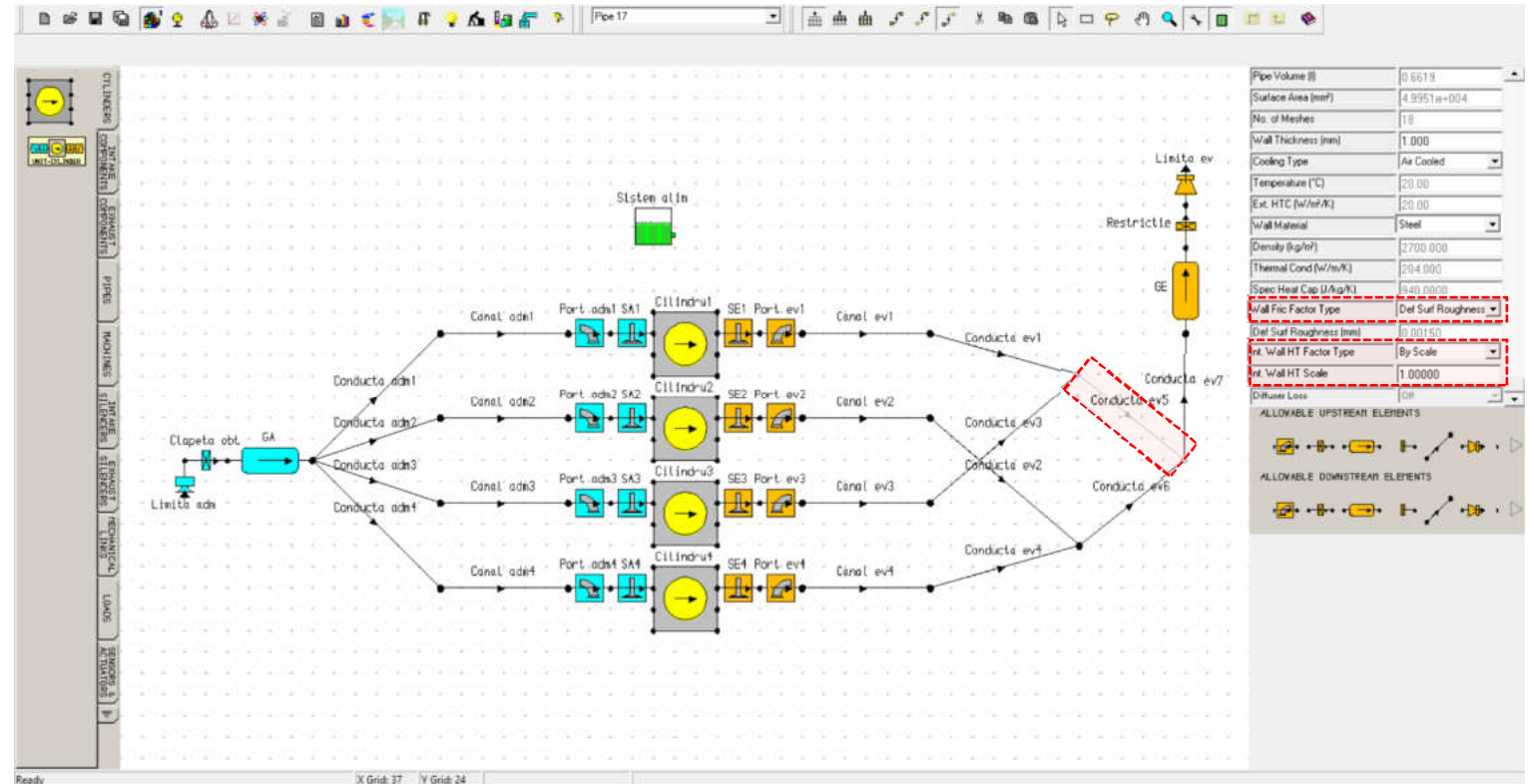


Fig. 5.20 Crearea unui model de motor policilindric – Conducta de evacuare 5 – Date generale 2

Pas 7 – Conducta de evacuare 5 – Vizualizare date

Vizualizarea datelor elementului de tip **pipe** reprezentând conducta de evacuare 5 (**exhaust pipe**), se poate face accesând fie **Pipe Data** (📄), fie **Pipe Graphical Display** (📐) - pentru vizualizare sub formă grafică (fig. 5.21). Acest lucru este deosebit de util la cerficarea corectitudinii datelor introduse pentru acest element.

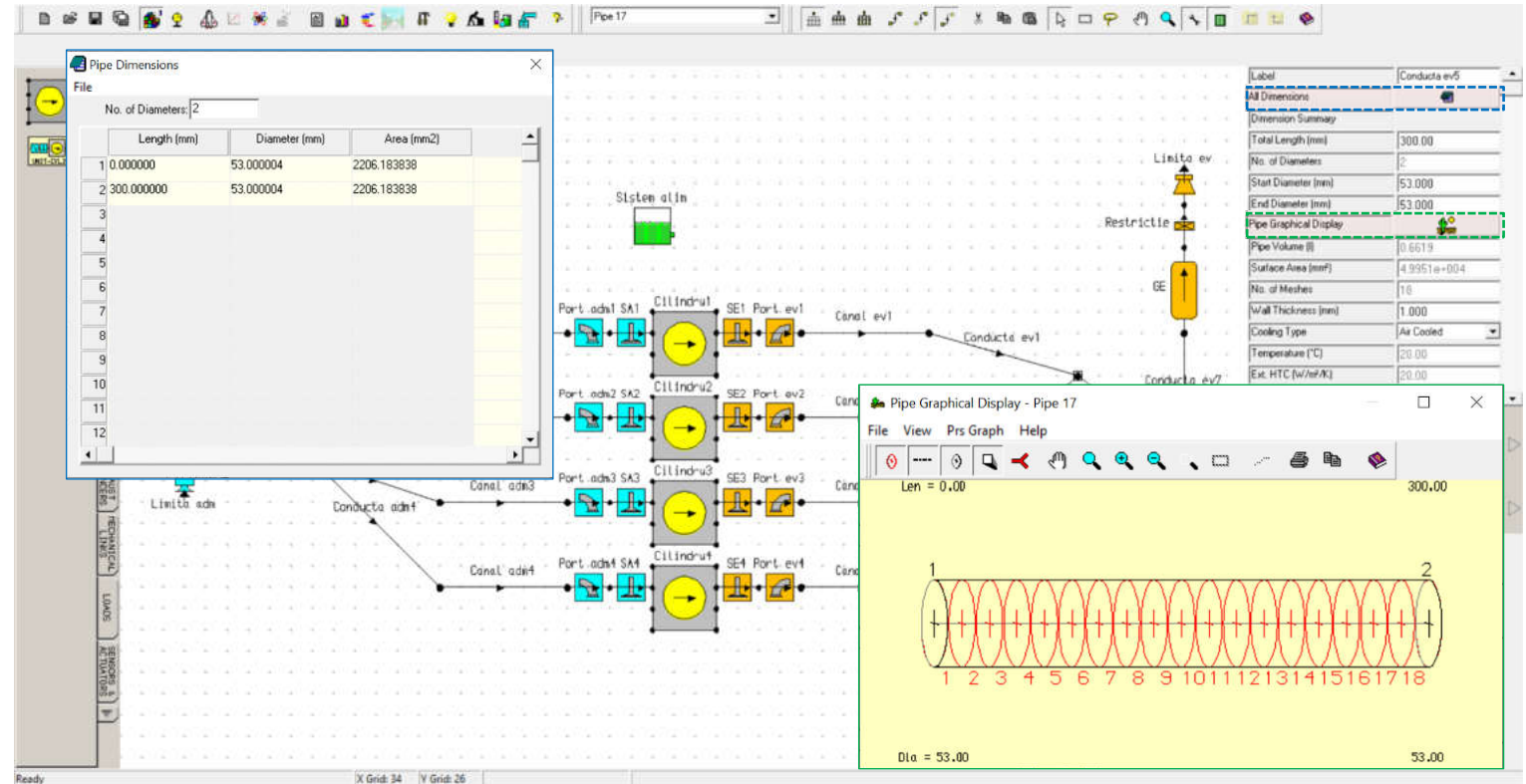


Fig. 5.21 Crearea unui model de motor policilindric – Conducta de evacuare 5 – Vizualizare date

Pas 8 – Conducta de evacuare 6 – Date generale 1

Conducta de evacuare 6 (**exhaust pipe**) este un element de tip **pipe** care se definește pe baza următoarelor date (fig. 5.22):

Denumire		Valoare U.M.
ro	en	
Etichetă	Label	Conducta ev6
Lungimea totală	Total Length	300 mm
Diametrul la intrare	Start Diameter	53 mm
Diametrul la ieșire	End Diameter	53 mm
Grosimea peretelui	Wall Thickness	1 mm
Tipul de răcire	Cooling Type	Air Cooled
Materialul peretelui	Wall Material	Steel

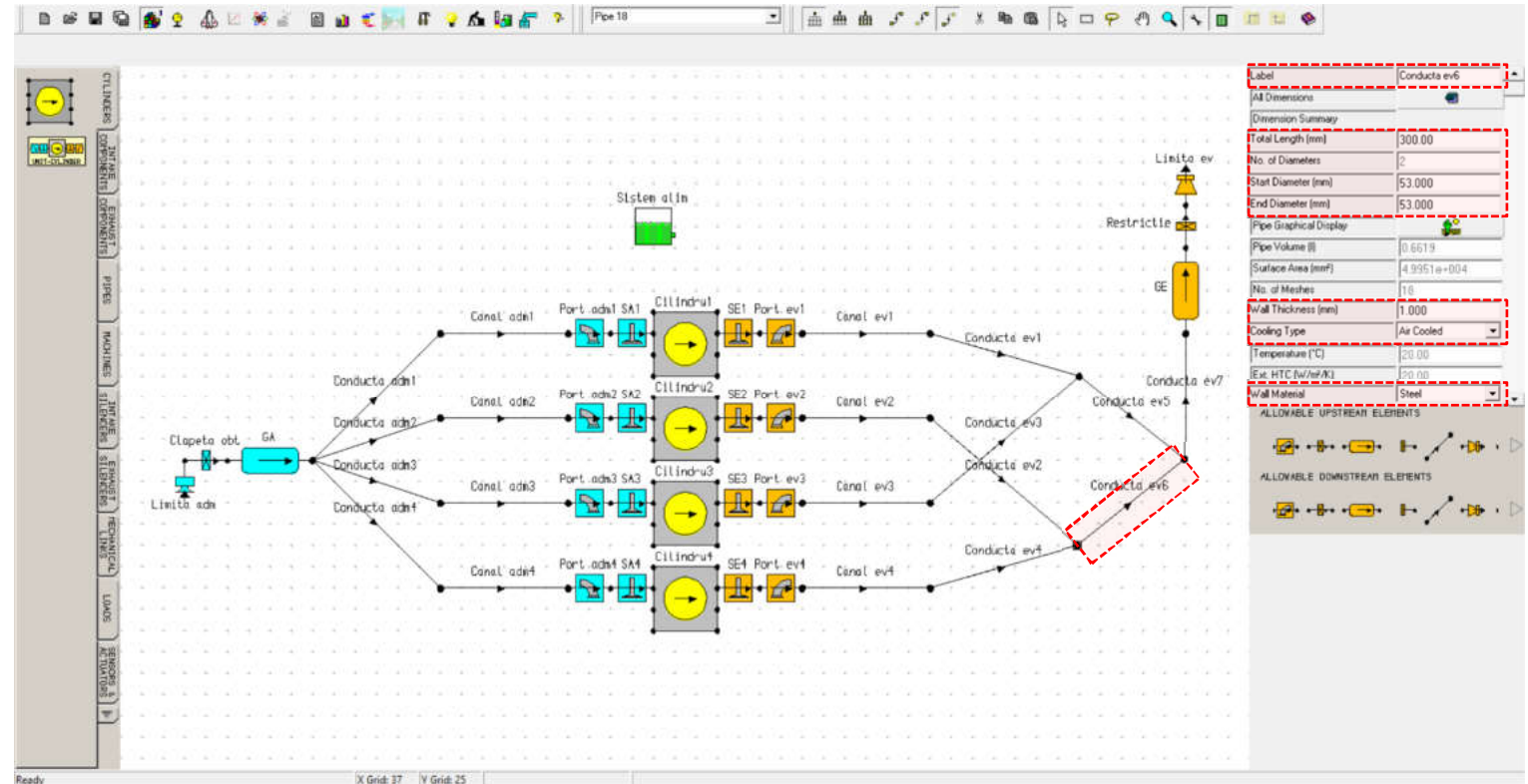


Fig. 5.22 Crearea unui model de motor policilindric – Conducta de evacuare 6 – Date generale 1

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 9 – Conducta de evacuare 6 – Date generale 2

Restul de date pentru elementul de tip **pipe**, reprezentând conducta de evacuare 6 (**exhaust pipe**), sunt (fig. 5.23):

Denumire		Valoare U.M.
ro	en	
Tipul de coeficient de frecare la perete	Wall Friction Factor Type	Default Surface Roughness
Tipul de coeficient de transfer termic al peretelui interior	Interior Wall Heat Transfer Factor Type	By Scale
Scara coeficientului de transfer termic al peretelui interior	Interior Wall Heat Transfer Scale	1 -

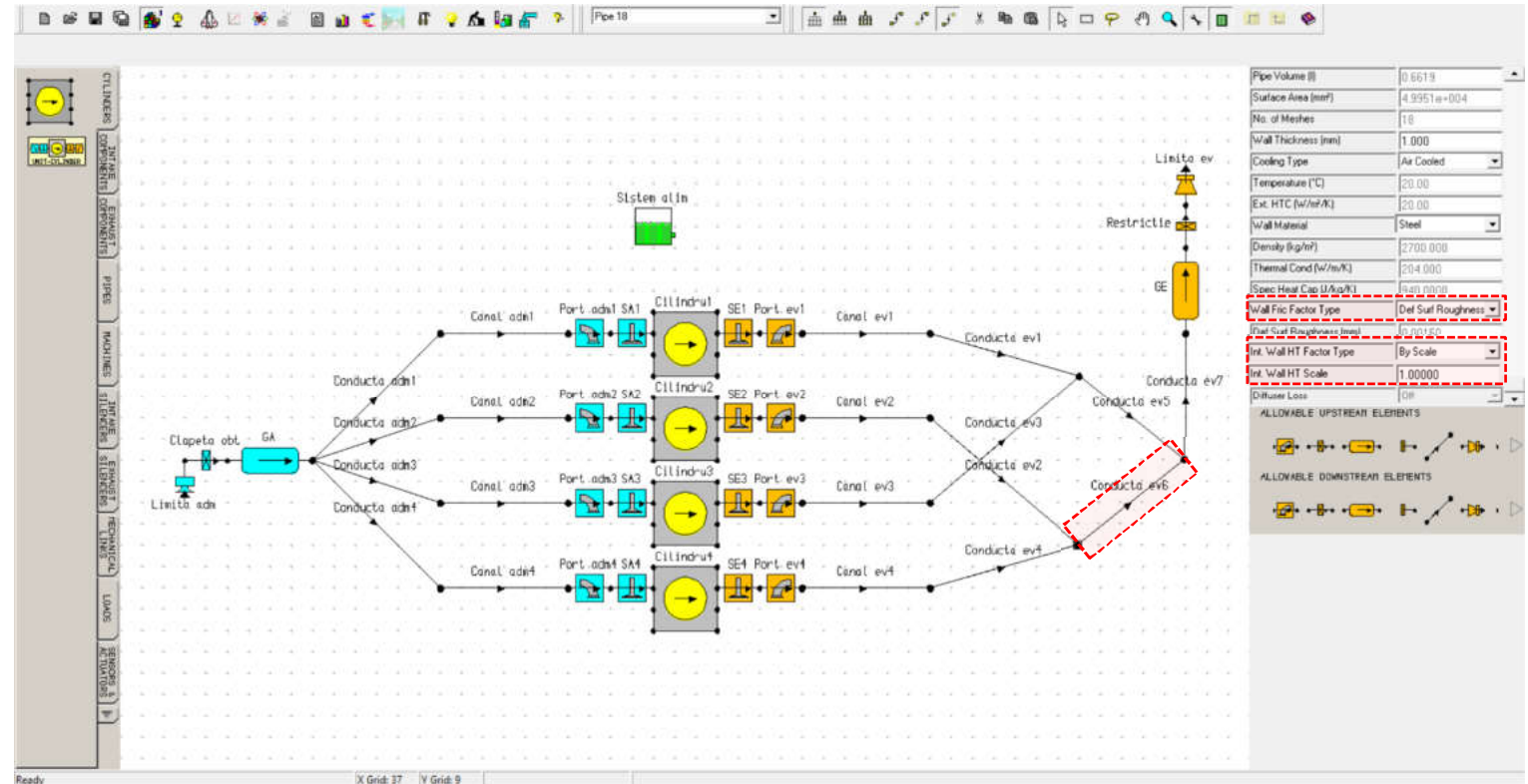


Fig. 5.23 Crearea unui model de motor policilindric – Conducta de evacuare 6 – Date generale 2

Pas 10 – Conducta de evacuare 6 – Vizualizare date

Vizualizarea datelor elementului de tip **pipe**, reprezentând conducta de evacuare 6 (**exhaust pipe**), se poate face accesând fie **Pipe Data** (📄), fie **Pipe Graphical Display** (📐) - pentru vizualizare sub formă grafică (fig. 5.24). Acest lucru este deosebit de util la cerificarea corectitudinii datelor introduse pentru acest element.

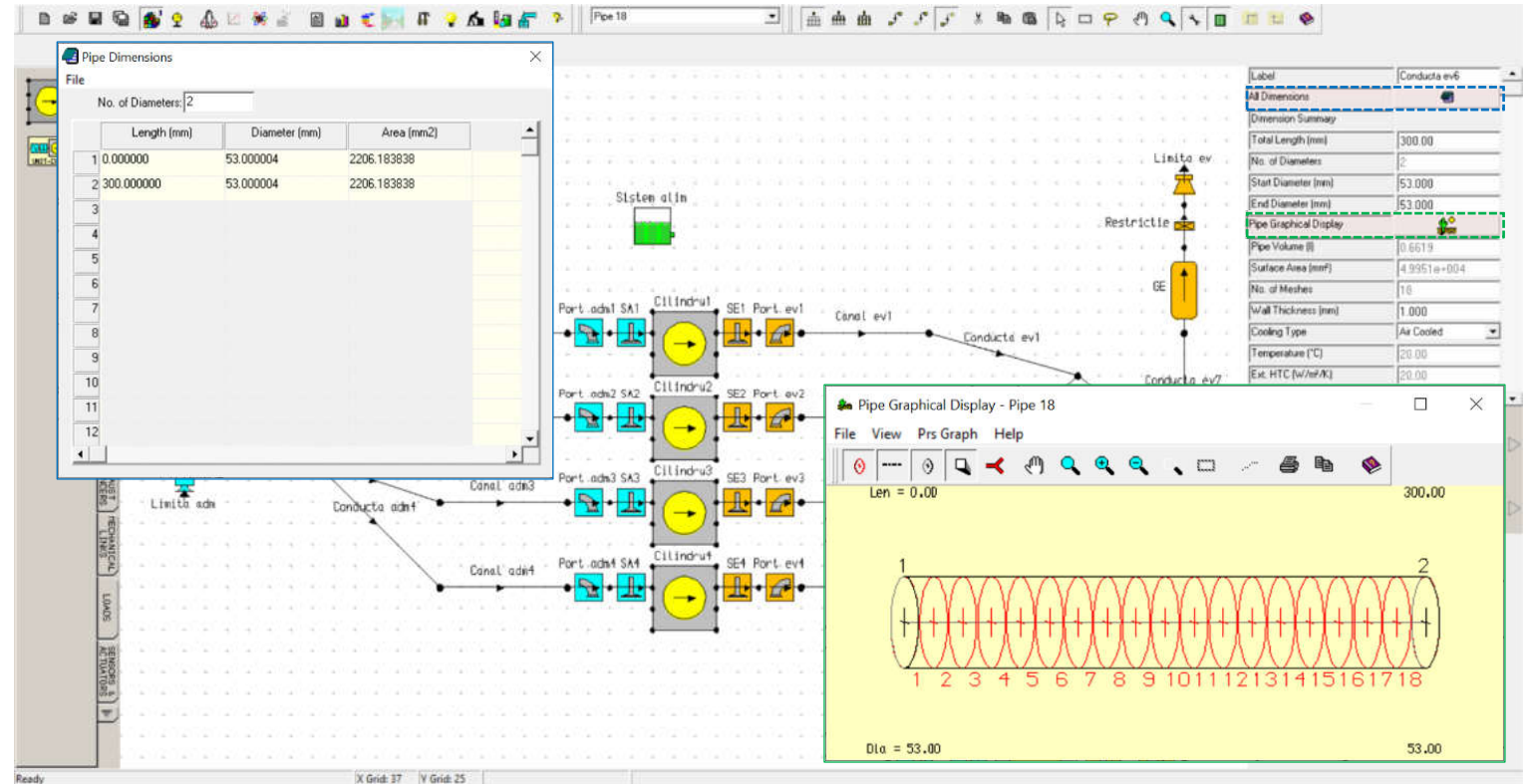


Fig. 5.24 Crearea unui model de motor policilindric – Conducta de evacuare 6 – Vizualizare date

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 11 – Conducta de evacuare 7 – Date generale 1

Conducta de evacuare 7 (**exhaust pipe**) este un element de tip **pipe** pentru care se definește pe baza următoarelor date (fig. 5.25):

Denumire		Valoare U.M.
ro	en	
Etichetă	Label	Conducta ev7
Lungimea totală	Total Length	200 mm
Diametrul la intrare	Start Diameter	53 mm
Diametrul la ieșire	End Diameter	53 mm
Grosimea peretelui	Wall Thickness	1 mm
Tipul de răcire	Cooling Type	Air Cooled
Materialul peretelui	Wall Material	Steel

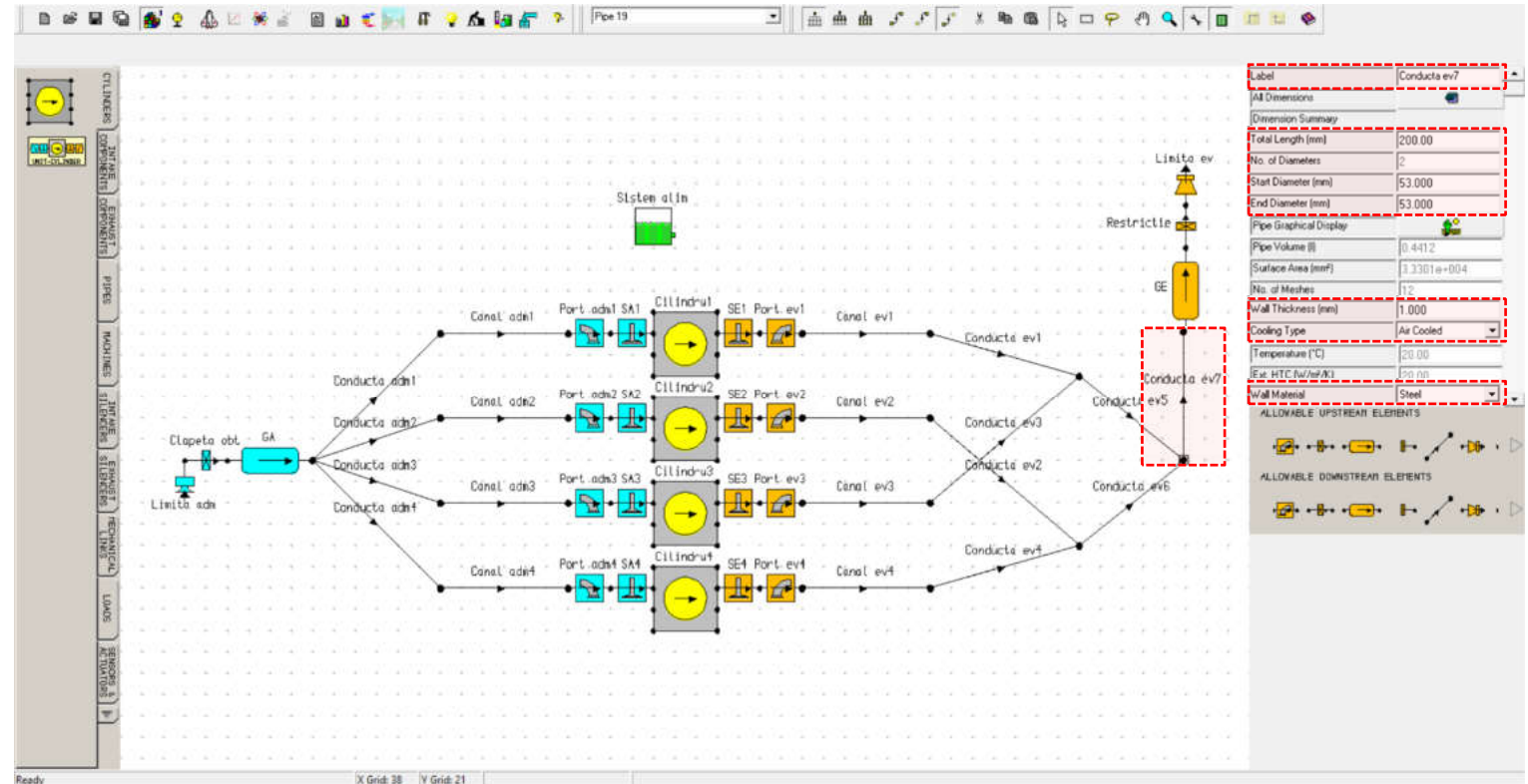


Fig. 5.25 Crearea unui model de motor policilindric – Conducta de evacuare 7 – Date generale 1

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 12 – Conducta de evacuare 7 – Date generale 2

Restul de date pentru elementul de tip **pipe**, reprezentând conducta de evacuare 7 (**exhaust pipe**), sunt (fig. 5.26):

Denumire		Valoare U.M.
ro	en	
Tipul de coeficient de frecare la perete	Wall Friction Factor Type	Default Surface Roughness
Tipul de coeficient de transfer termic al peretelui interior	Interior Wall Heat Transfer Factor Type	By Scale
Scara coeficientului de transfer termic al peretelui interior	Interior Wall Heat Transfer Scale	1 -

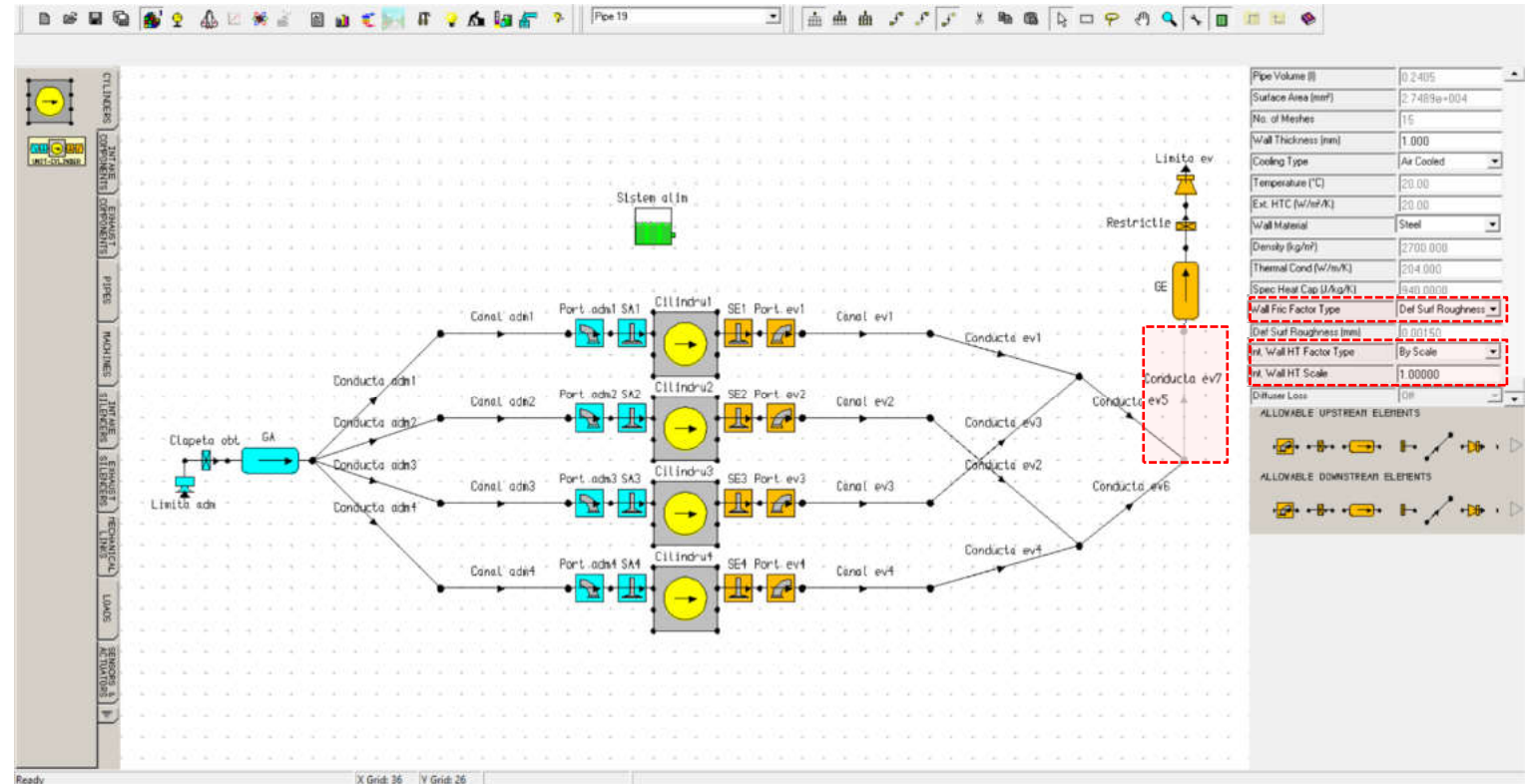


Fig. 5.26 Crearea unui model de motor policilindric – Conducta de evacuare 7 – Date generale 2

Pas 13 – Conducta de evacuare 7 – Vizualizare date

Vizualizarea datelor elementului de tip **pipe**, reprezentând conducta de evacuare 7 (**exhaust pipe**) se poate face accesând fie **Pipe Data** (📄), fie **Pipe Graphical Display** (📐) - pentru vizualizare sub formă grafică (fig. 5.27). Acest lucru este deosebit de util la cerificarea corectitudinii datelor introduse pentru acest element.

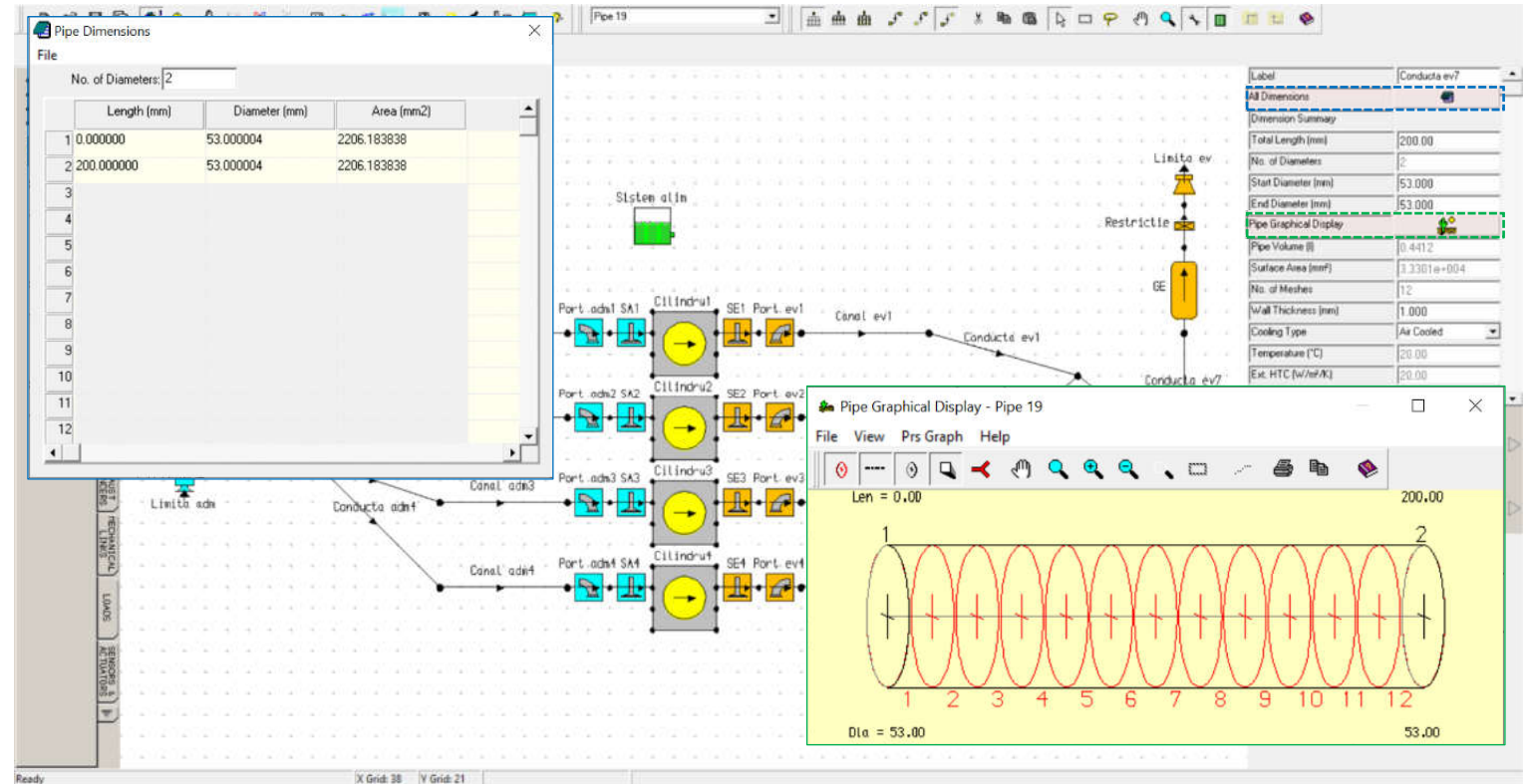


Fig. 5.27 Crearea unui model de motor policilindric – Conducta de evacuare 7 – Vizualizare date

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 14 – Galeria de evacuare

Analog galeriei de admisie (**intake manifold**) și galeria de evacuare (**exhaust manifold**) este reprezentată printr-un element de tip **plenum** (fig. 5.28). Pentru definire acest element necesită următoarele date:

Denumire		Valoare	U.M.
ro	en*		
Etichetă	Label	GE	
Volum	Volume	3	l
Aria suprafaței exterioare	Surface Area	1500	mm ²
Temperatura peretelui	Wall Temperature	100	°C
Coefficientul de transfer termic	Plenum HTC	0	W/m ² K

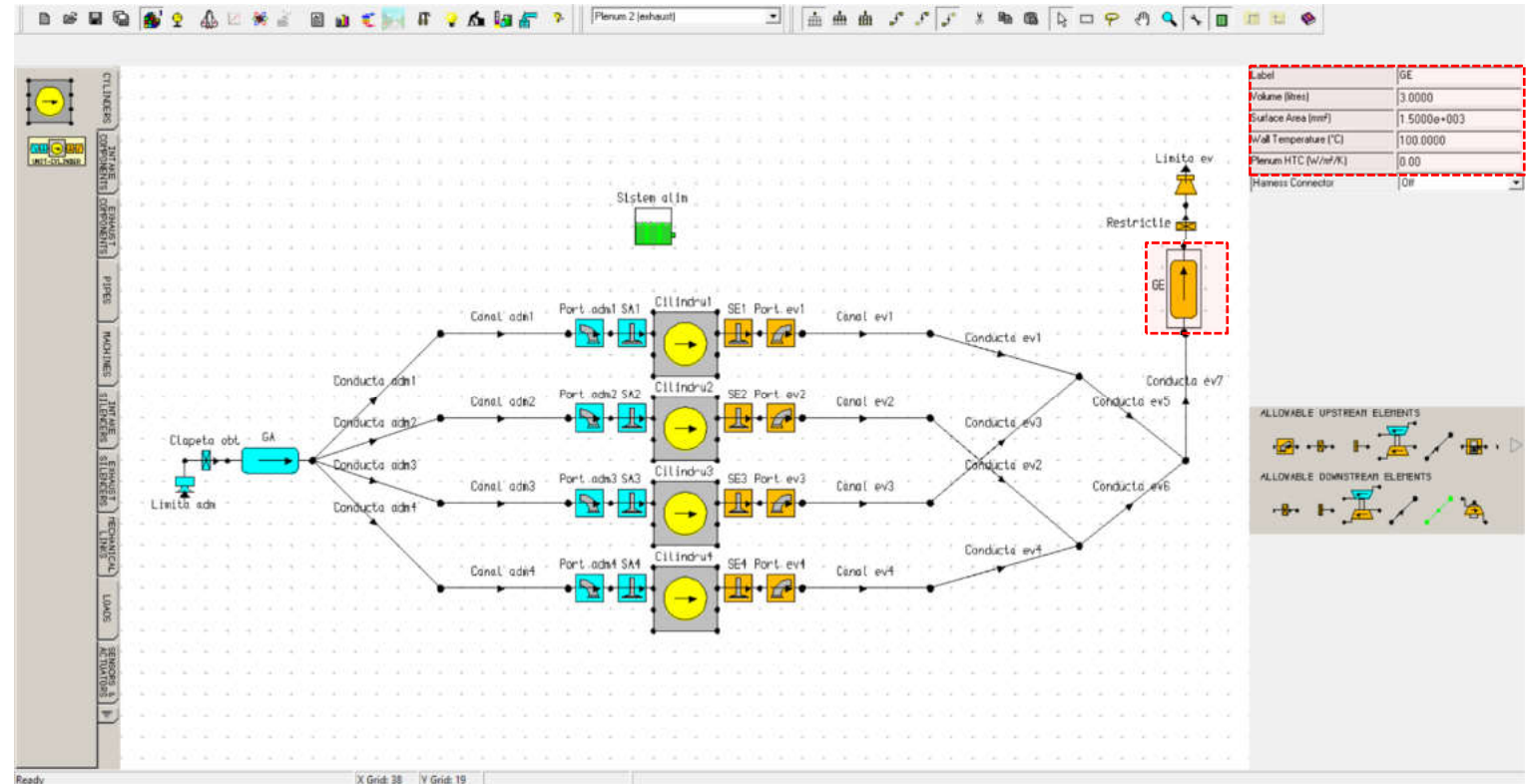


Fig. 5.28 Crearea unui model de motor policilindric – Galeria de evacuare

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 15 – Restricție evacuare

Pentru definirea restricției, reprezentată printr-un element de tip **throttle**, sunt necesare următoarele date (fig. 5.29):

Denumire ro	Denumire en*	Valoare U.M.
Etichetă	Label	Restricție
Tip clapetă obturatoare	Throttle Type	Simple Area
Coeficient de curgere	Discharge CF	1 -
Aria minimă a secțiunii transversale	Minimum C.S.A.	1345 mm ²

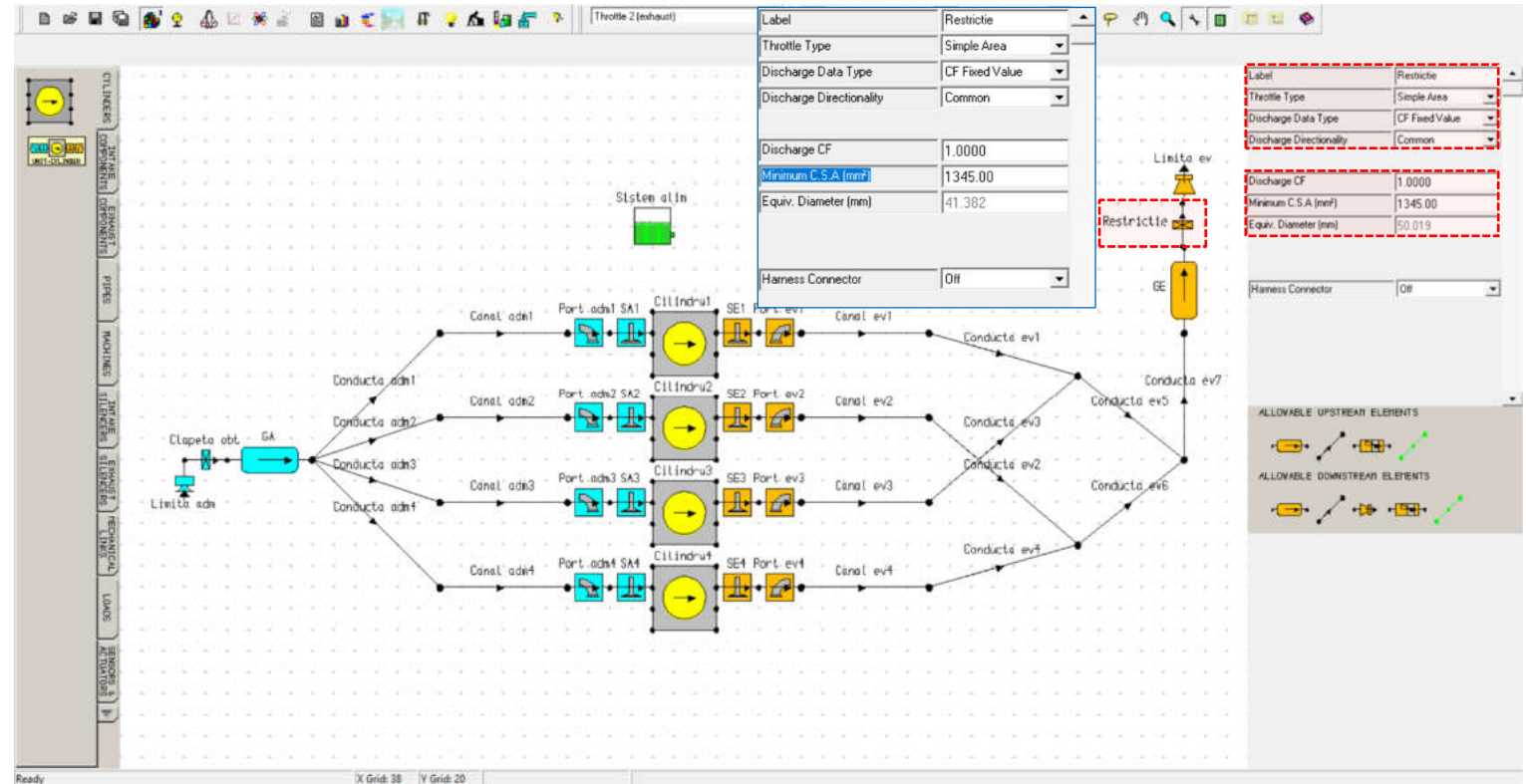


Fig. 5.29 Crearea unui model de motor policilindric – Restricție evacuare

5.2.5. Definirea și modificarea condițiilor de simulare

După crearea modelului și definirea tuturor elementelor componente este necesară definirea condițiilor de simulare (**test conditions**). În continuare se prezintă pașii de urmat pentru definirea acestora.

Pas 1 – Steady State Test Data Wizard

În cazul de față se va opta pentru o definire rapidă a condițiilor de simulare cu ajutorul utilitarului **Steady State Create Wizard**, care se accesează din bara de meniu **Data** → **Test Conditions** → **Steady State Create Wizard** (fig. 5.30).

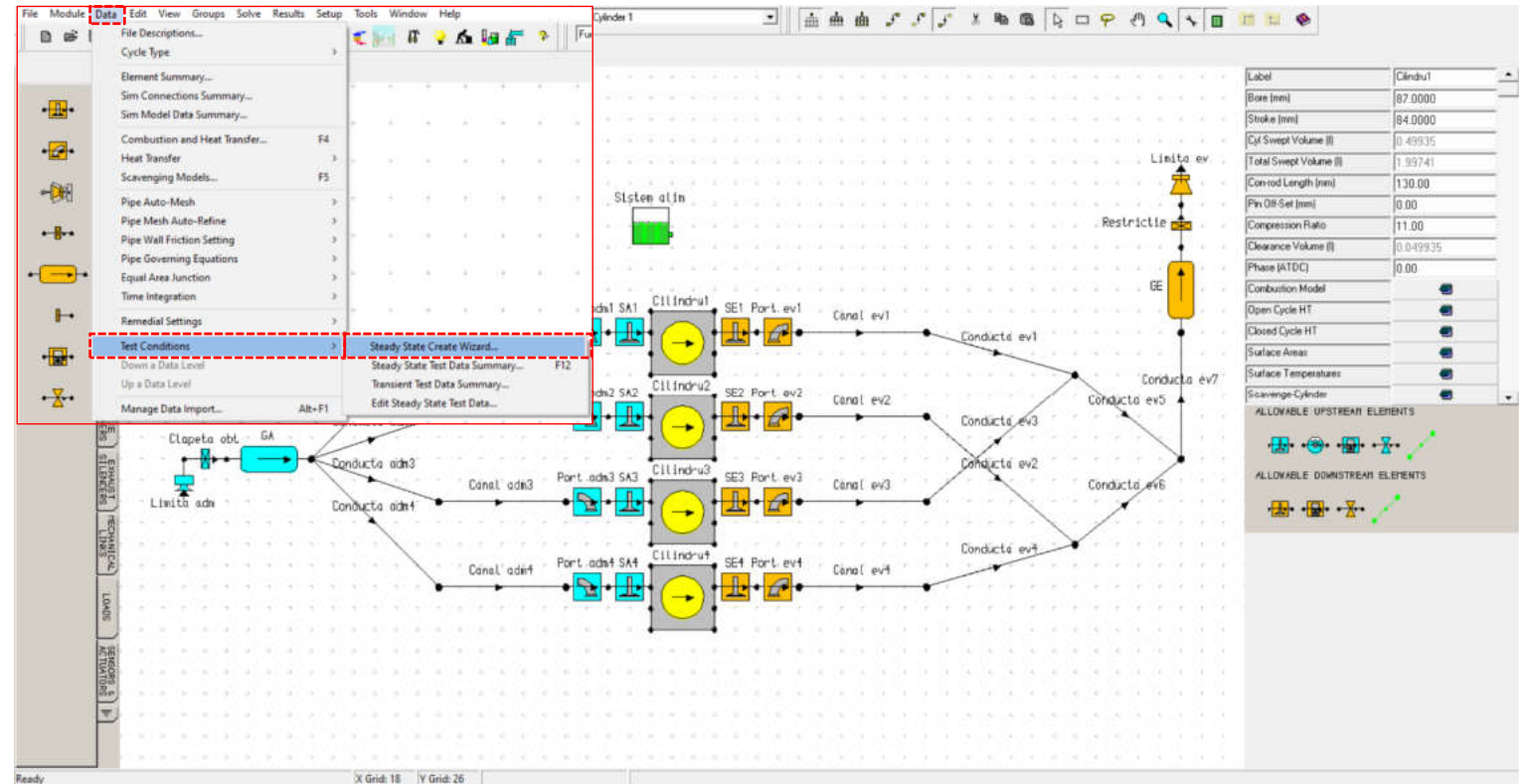


Fig. 5.30 Crearea unui model de motor policilindric – Accesare Steady State Test Data Wizard

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 2 – Generare cazuri de testare

După accesarea **Steady State Create Wizard** se deschide o nouă fereastră de lucru în care se alege opțiunea **By No. of Tests** (după numărul de teste) (fig. 5.31), iar apoi se introduc datele:

Denumire		Valoare U.M.	
ro	en		
Numărul de teste	Number of Tests	13	-
Turația minimă	Minimum Speed	1000	min ⁻¹
Turația maximă	Maximum Speed	7000	min ⁻¹
Presiunea ambientală (absolută)	Ambient Air Pressure (absolute)	1	bar
Temperatura ambientală	Ambient Air Temperature	20	°C
Presiunea la limita de admisie (absolută)	Inlet Pressure (absolute)	1	bar
Temperatura de admisie	Inlet Temperature	20	°C
Presiunea la limita de evacuare (absolută)	Exit Pressure (absolute)	1.1	bar
Raportul de echivalență	Equivalence Ratio	1.1	-
Umiditatea specifică	Specific Humidity	0	kg/kg

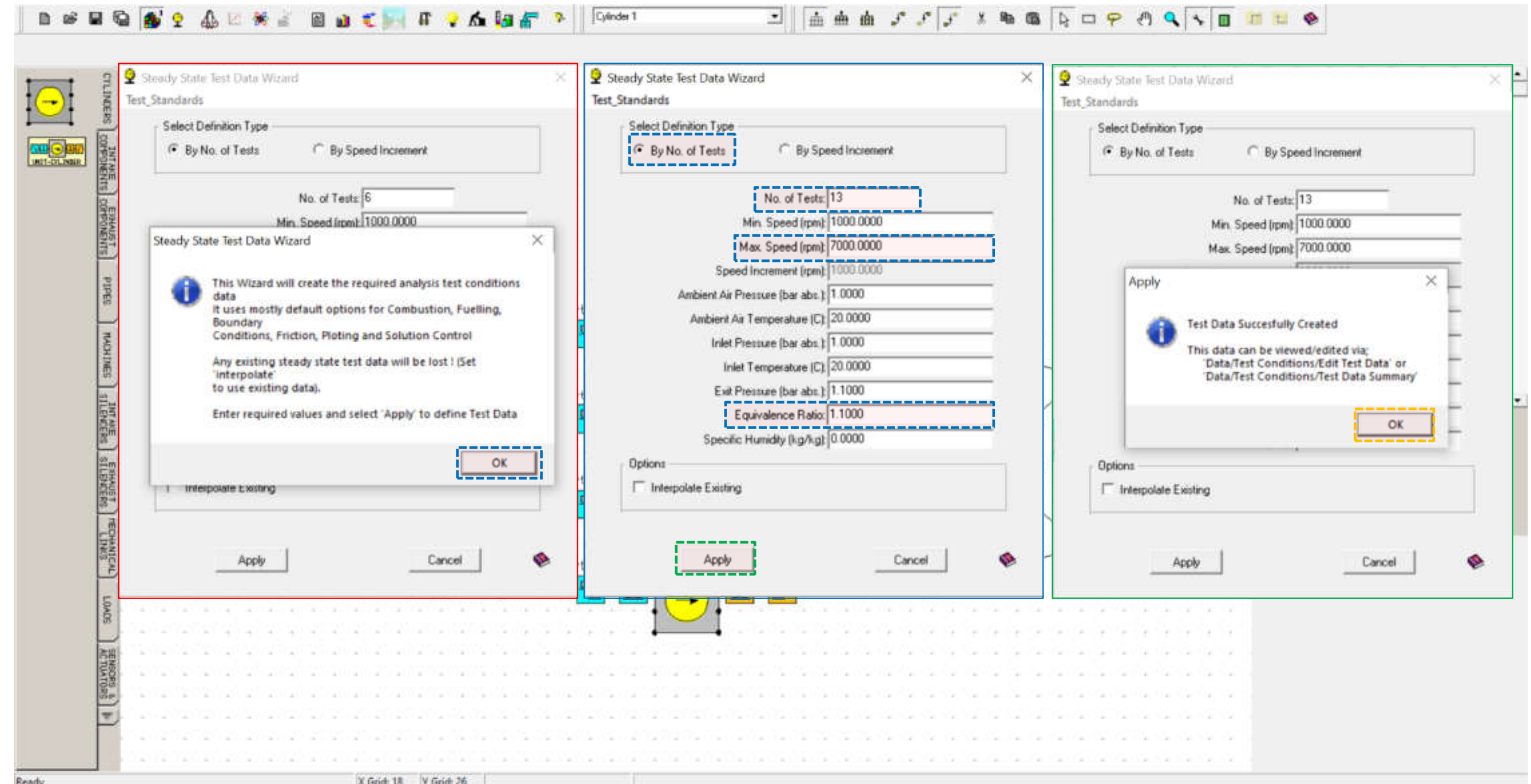


Fig. 5.31 Crearea unui model de motor policilindric – Generare cazuri de testare

Pas 3 – Condițiile de testare – Test Points

După definirea cazurilor de testare se va accesa **Steady State Test Data** pentru a verifica datele introduse (fig. 5.32). La categoria **Test Points** se observă faptul că există un număr de 13 cazuri (**test points**) cu turația variind de la 1000 la 7000 rpm. Totodată, toate cazurile sunt active pentru calcul (**solve-on**).

Test Point	Speed (rpm)	Solve	Label	Case Type	Load Finder Units	Load Finder Value	Control Group	Control Variable	Upper Bound	Lower Bound	No of Cycles(1)	No of Cycles(2)
1	1000	On	Load Case 1 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
2	1500	On	Load Case 2 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
3	2000	On	Load Case 3 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
4	2500	On	Load Case 4 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
5	3000	On	Load Case 5 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
6	3500	On	Load Case 6 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
7	4000	On	Load Case 7 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
8	4500	On	Load Case 8 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
9	5000	On	Load Case 9 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
10	5500	On	Load Case 10 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
11	6000	On	Load Case 11 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
12	6500	On	Load Case 12 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								
13	7000	On	Load Case 13 - [Created hu.TestWizard]	Builder Def.								

Fig. 5.32 Crearea unui model de motor policilindric – Vizualizare condiții de testare – Test Points

Pas 4 – Condițiile de testare – Heat - Phase

În secțiunea **Heat Phase** (faza arderii) se observă (fig. 5.33) faptul că poziția în ciclu a procesului de ardere (**phase option**) este stabilită pe baza modului implicit de determinare a acesteia (**default heat release phase**). Mai multe detalii cu privire la acest aspect sunt prezentate în capitolul 2. De asemenea se poate observa faptul că la **Cylinder Data** (date cilindru) apare opțiunea **Common** (comun). În cazul în care este necesar, utilizatorul poate modifica această în **Individual** opțiune pentru a defini fiecare cilindru individual.

Test Point	Speed (rpm)	Phase Option	Cylinder Data	Cylinder No.	Phase angle (deg)	Pmax (bar-abs)
2	1500	Default Heat Release Phase	Common	All		
3	2000	Default Heat Release Phase	Common	All		
4	2500	Default Heat Release Phase	Common	All		
5	3000	Default Heat Release Phase	Common	All		
6	3500	Default Heat Release Phase	Common	All		
7	4000	Default Heat Release Phase	Common	All		
8	4500	Default Heat Release Phase	Common	All		
9	5000	Default Heat Release Phase	Common	All		
10	5500	Default Heat Release Phase	Common	All		
11	6000	Default Heat Release Phase	Common	All		
12	6500	Default Heat Release Phase	Common	All		
13	7000	Default Heat Release Phase	Common	All		

Fig. 5.33 Crearea unui model de motor policilindric – Vizualizare condiții de testare – Heat - Phase

Pas 5 – Condițiile de testare – Heat - Period

În secțiunea **Heat Period** (durata arderii) se observă (fig. 5.34) faptul că durata procesului de ardere (**period option**) este stabilită pe baza modului implicit de determinare a acesteia (**default combustion duration**). Mai multe detalii cu privire la acest aspect sunt prezentate în capitolul 2. Și în acest caz există posibilitatea definirii individuale a cilindrului la **Cylinder Data** (date cilindru).

Test Point	Speed (rpm)	Period Option	Cylinder Data	Cylinder No.	Release Period (deg)	No. of Points	List Data	Angle (deg)	Mass Fraction (0-1)
1	1000	Default Combustion Duration	Common	All					
2	1500	Default Combustion Duration	Common	All					
3	2000	Default Combustion Duration	Common	All					
4	2500	Default Combustion Duration	Common	All					
5	3000	Default Combustion Duration	Common	All					
6	3500	Default Combustion Duration	Common	All					
7	4000	Default Combustion Duration	Common	All					
8	4500	Default Combustion Duration	Common	All					
9	5000	Default Combustion Duration	Common	All					
10	5500	Default Combustion Duration	Common	All					
11	6000	Default Combustion Duration	Common	All					
12	6500	Default Combustion Duration	Common	All					
13	7000	Default Combustion Duration	Common	All					

Fig. 5.34 Crearea unui model de motor policilindric – Vizualizare condiții de testare – Heat - Period

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 6 – Condițiile de testare – Fueling

În secțiunea **Fueling** (alimentare cu combustibil) se pot observa următoarele aspecte (fig. 5.35):

Denumire		
ro		en
Modul de caracterizare a procesului de ardere	Combustion Option	
Eficiența procesului de ardere	Combustion Efficiency	
Modul de caracterizare a alimentării cu combustibil	Fuelling Option	
Datele cilindrului	Cylinder Data	
Numărul cilindrului	Cylinder Number	
Raportul aer-combustibil al amestecului reținut în cilindru	Trapped Air Fuel Ratio	
Raportul de echivalență	Equivalence Ratio	
Debitul de combustibil (mm ³ /inj)	Fuelling Rate (mm³/inj)	

Test Point	Speed (rpm)	Combustion Option	Combustion Efficiency (0-1)	Maldistribution Factor	Fuelling Option	Cylinder Data	Cylinder No.	Trapped Air Fuel Ratio	Equivalence Ratio	Fuelling Rate (mm ³ /inj)
1	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
2	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
3	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
4	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
5	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
6	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
7	4000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
8	4500	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
9	5000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
10	5500	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
11	6000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
12	6500	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
13	7000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	

Fig. 5.35 Crearea unui model de motor policilindric – Vizualizare condiții de testare – Fueling

Dacă este necesară modificarea vreunui din parametri (spre exemplu **fueling option**) cu aceeași valoare/opțiune pentru toate cazurile, se va modifica valoarea/opțiunea la unul din cazuri, iar apoi, prin click pe numărul cazului (fig. 5.35) se va selecta opțiunea **Copy this Tests Fuelling Data to All Tests** (copiază caracteristicile alimentării cu combustibil ale acestui caz și pentru celelalte cazuri). Analog duratei și fazei arderii (**heat period** și **heat phase**) alimentarea cu combustibil poate fi definită individual pentru fiecare cilindru.

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 7 – Condițiile de testare – Boundary Conditions

În secțiunea **Boundary Conditions** (condiții la limită) se pot observa următoarele aspecte:

Denumire	
ro	en
Modul de caracterizare a umidității	Humidity Option
Umiditatea specifică (kg/kg)	Specific Humidity (kg/kg)
Umiditatea relativă	Relative Humidity
Presiunea absolută a aerului ambiental (bar)	Ambient Air Pressure (bar) - absolute
Temperatura aerului ambiental (°C)	Ambient Air Temperature (°C)
Numărul limitei de admisie	Inlet Number
Presiunea absolută la limita de admisie (bar)	Inlet Boundary Pressure (bar) - absolute
Temperatura la limita de admisie (°C)	Inlet Boundary Temperature (°C)
Numărul limitei de evacuare	Exit Number
Presiunea absolută la limita de evacuare (bar)	Exit Boundary Pressure (bar) - absolute
Modul de inițializare al temperaturii pe evacuare	Exit Temperature Initialisation
Temperatura la limita de evacuare (°C)	Exit Boundary Temperature (°C)

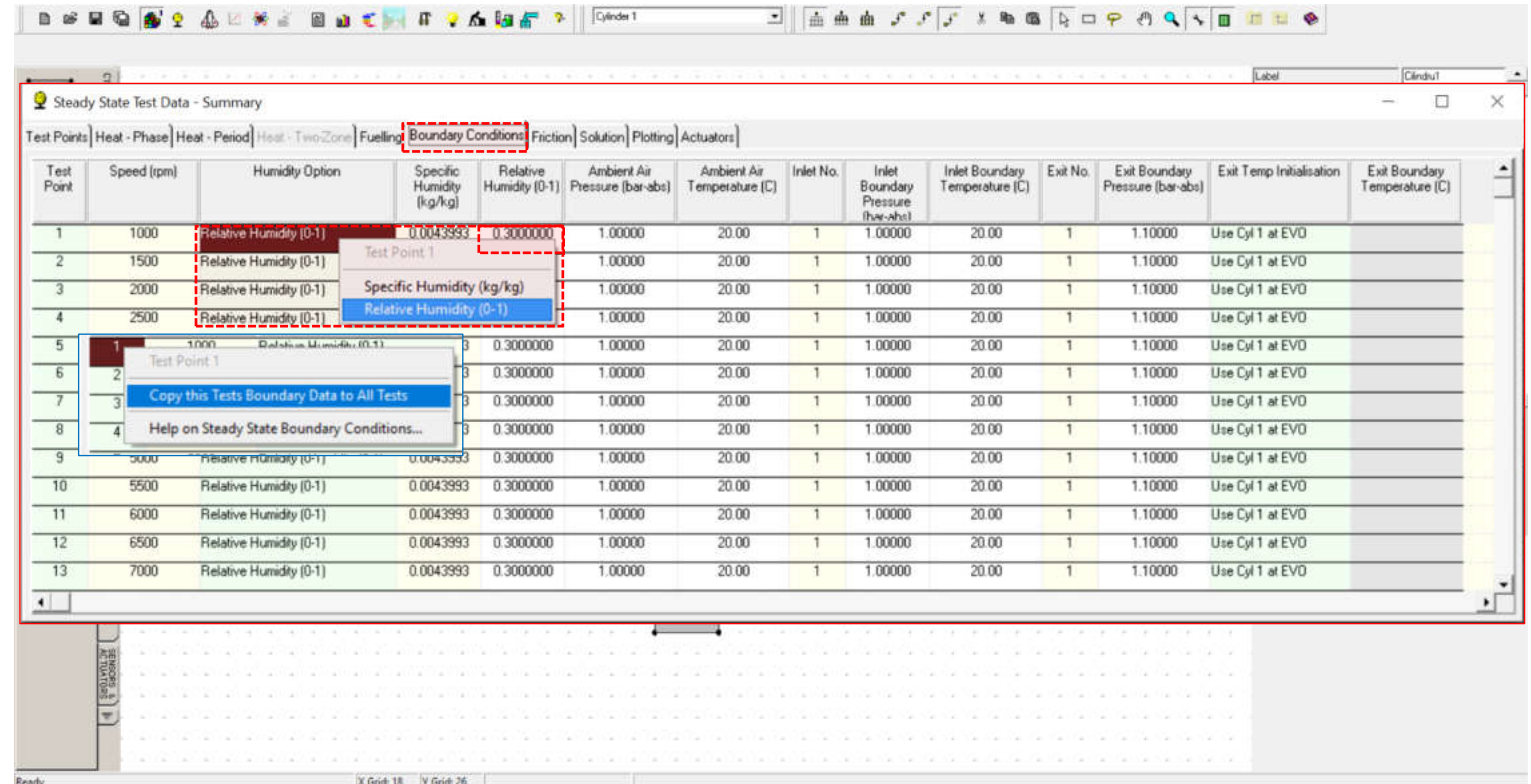


Fig. 5.36 Crearea unui model de motor policilindric – Vizualizare condiții de testare – Boundary conditions

Dacă este necesară modificarea vreunui din parametri (spre exemplu **humidity option**) cu aceeași valoare/opțiune pentru toate cazurile, se va modifica valoarea/opțiunea la unul din cazuri, iar apoi, prin click pe numărul cazului (fig. 5.36) se va selecta opțiunea **Copy this Tests Boundary Data to All Tests** (copiază condițiile la limită ale acestui caz și pentru celelalte cazuri).

Pas 8 – Condițiile de testare – Friction

În secțiunea **Friction** („pierderi” prin frecare) este specificat modelul de calcul al pierderilor prin frecare (fig. 5. 37), respectiv **H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model** (modelul de calcul al pierderilor prin frecare într-un motor pe benzină al lui H.B. Moss). Și în acest caz există posibilitatea definirii individuale a cilindrului la **Cylinder Data** (date cilindru).

Test Point	Speed (rpm)	Friction Option	Cylinder Data	Cylinder No.	FMEP (bar)	Efficiency (0-1)	Main Bearing Type	No. of Mains	Main Dia. (mm)	Main Brg. Length (mm)	Crankpin 1
1	1000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
2	1500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
3	2000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
4	2500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
5	3000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
6	3500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
7	4000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
8	4500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
9	5000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
10	5500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
11	6000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
12	6500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
13	7000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							

Fig. 5.37 Crearea unui model de motor policilindric – Vizualizare condiții de testare – Friction

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 9 – Condițiile de testare – Solution

În secțiunea **Solution** (soluție) se pot defini următoarele aspecte (fig. 5.38):

Denumire	
ro	en
Modul de determinare a pasului de calcul	Step Size Option
Supapele de admisie și evacuare deschise simultan	Inlet + Exhaust Open
Supapele de admisie sau de evacuare deschise	Inlet or Exhaust Open
Toate supapele închise	All Valves Closed
Limita de cicluri	Cycle Limits
Numărul de cicluri parcurs înainte de verificarea convergenței	Before Convergence Check
Numărul maxim de cicluri parcurse (dacă nu s-a atins convergența)	Maximum Number for Simulation
Numărul ciclului de la care începe scrierea rezultatelor	From which Results are Written

Test Point	Speed (rpm)	Step Size Option	Inlet + Exhaust Open	Inlet or Exhaust Open	All Valves Closed	Cycle Limits	Before Convergence Check	Max No for Simulation	From which Results are Written
1	1000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
2	1500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
3	2000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
4	2500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
5	3000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
6	3500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
7	4000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
8	4500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
9	5000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10

Fig. 5.38 Crearea unui model de motor policilindric – Vizualizare condiții de testare – Solution

Și în cazul de față se vor utiliza valorile implicite.

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 10 – Condițiile de testare – Plotting

În secțiunea **Plotting** (trasare a graficelor) se precizează informațiile care vor fi înregistrate de program (în fișierele de tip **PRS**) pentru a putea fi vizualizate de către utilizator (fig. 5.39). În acest caz, la **Plotting Option** se va alege **User Defined Plotting Options**. Apoi, pentru **Cylinder Options** se va alege opțiunea **Cylinder + Gas Stored** pentru toate cazurile de testare.

Denumire	
ro	en

Modul de definire a opțiunilor de înregistrare a datelor pentru grafice

Plotting Option

Opțiuni cilindru

Cylinder Options

Opțiuni volum

Plenum Options

Opțiuni conductă

Pipe Options

Opțiuni curgere

Flow Options

Opțiuni turbină

Turbine Options

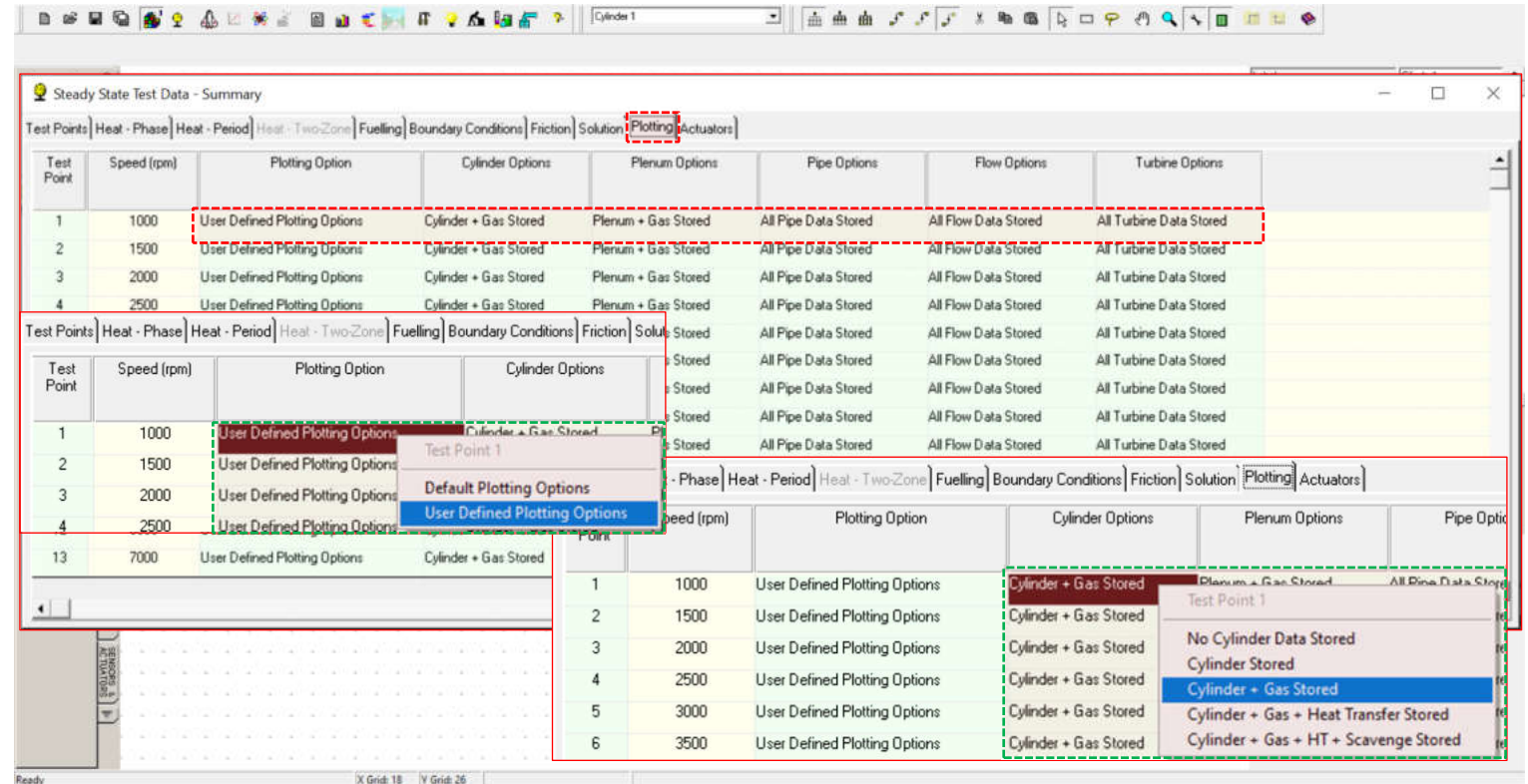


Fig. 5.39 Crearea unui model de motor policilindric – Vizualizare condiții de testare – Plotting

Pas 11 – Condițiile de testare – Actuators

În secțiunea **Actuators** (elemente de acționare) se poate observa faptul că nu există niciun caz (fig. 5.40). Motivul este acela că, în modelul creat, nu au fost introduse elemente de tip **Actuator**, acest lucru urmând a se realiza într-un capitol viitor (capitolul 7).

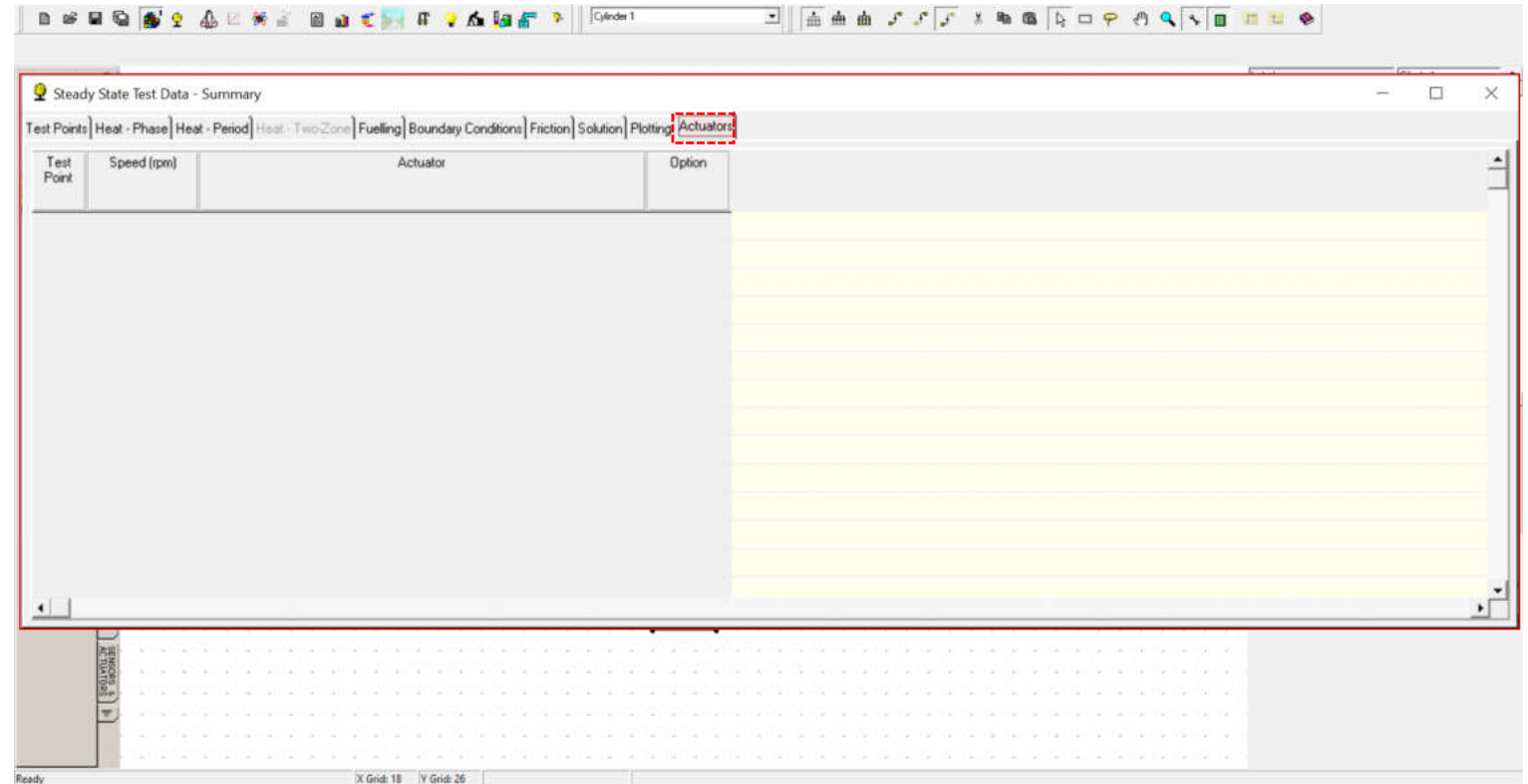



Fig. 5.40 Crearea unui model de motor policilindric – Vizualizare condiții de testare – Actuators

5.2.6. Verificarea modelului

După ce s-au parcurs toți pașii necesari creării modelului și definirii cazurilor de testare este deosebit de importantă verificarea corectitudinii datelor introduse, respectiv a modelului în ansamblu. În acest scop, se accesează **Data-Checking Wizard** din **Tools** → **Data-check Wizard** sau prin click pe .

Pas 1 – Verificare model

Accesând **Data-Checking Wizard** se deschide o nouă fereastră în care este prezentat rezultatul verificărilor automate (din punct de vedere al calității și cantității) pentru următoarele categorii:

Denumire	
ro	en
Senzori și actuatori	Sensors and Actuators
Rețea	Network Builder
Condiții de testare	Test Conditions
Reflecții	Reflections
Legături	Links
Conexiuni	Connections
Orificii și supape	Ports and Valves
Baleiaj	Scavenging
Ardere și schimb de căldură	Combustion and Heat Transfer
Combustibil și sistem de alimentare	Fuel and Fuels System
Motor de bază	Base Engine

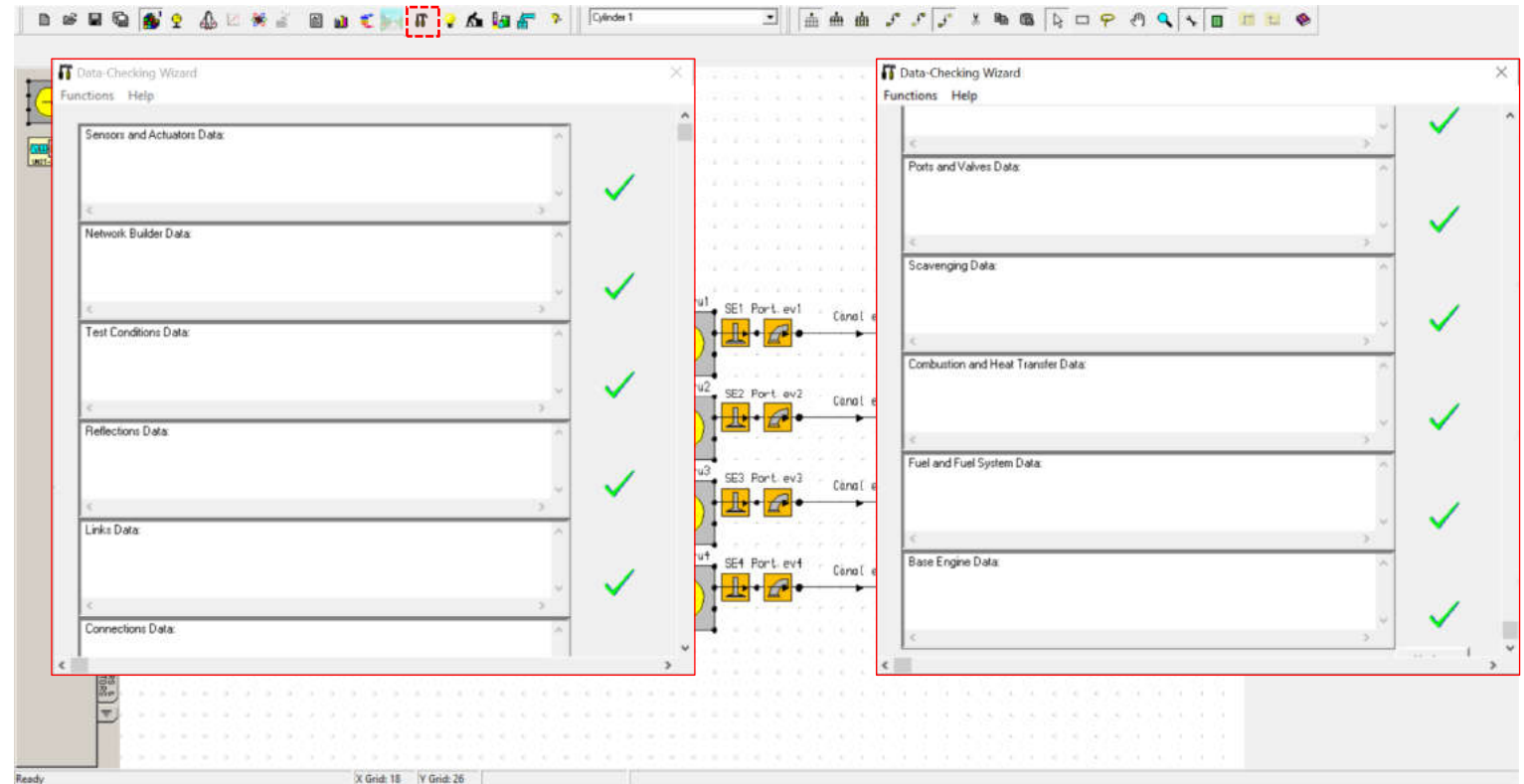


Fig. 5.41 Crearea unui model de motor policilindric – Accesare Data-Checking Wizard

Crearea unui model de motor policilindric

În funcție de rezultatul verificărilor, în dreptul unei categorii pot să apară următoarele simboluri:



Pass

Promovat – valorile (**data value**) introduse au trecut toate testele de verificare.



Warning

Avertisment – mesajele de avertizare apar atunci când o valoare (**data value**) sau un tip de dată (**data type**) este incorectă sau nu a fost setată și, în anumite scenarii, este posibil să nu fie utilizată, motiv pentru care acest lucru ar putea fi acceptabil.

Exemplu: deoarece într-un câmp utilizatorul nu a introdus date, valoarea respectivă este considerată ca fiind nulă.



Comment

Comentariu – comentariile apar atunci când o valoare (**data value**) este în afara intervalului normal de valori (definit prin valori minime și maxime – doar acolo unde este aplicabil).



Error

Eroare – în acest caz utilizatorul consideră că o valoare (**data value**) introdusă de către utilizator este greșită, indiferent de scenariul aplicat.

Exemplu: neintroducerea unei valori într-un câmp care este obligatoriu, respectiv introducerea unei valori greșite, negative sau în afara intervalului de valori.

ATENȚIE! Așa cum s-a menționat anterior, programul efectuează verificări doar din punct de vedere al calității și cantității, însă *utilizatorul este responsabil să se asigure că datele corespund sistemului analizat.*

Pas 2 – Corectare erori/Reverificare

Pentru corectarea aspectelor problematice (spre exemplu valoarea umidității specifice – fig. 5.42) se accesează **Data** → **Test Conditions** → **Edit Steady State Test Data** (fig. 5.42) – alternativ se pot efectua modificări și accesând **Data** → **Test Conditions** → **Steady State Test Data Summary** (?). După rezolvarea tuturor aspectelor semnalate în urma verificărilor inițiale este importantă realizarea unei reverificări a modelului. În cazul în care toate testele automate de verificare au fost trecute cu succes (✓ – fig. 5.41) se poate trece la următoarea etapă, respectiv rularea simulării (**run simulation**) care presupune efectuarea calcului utilizând modelele matematice implementate.

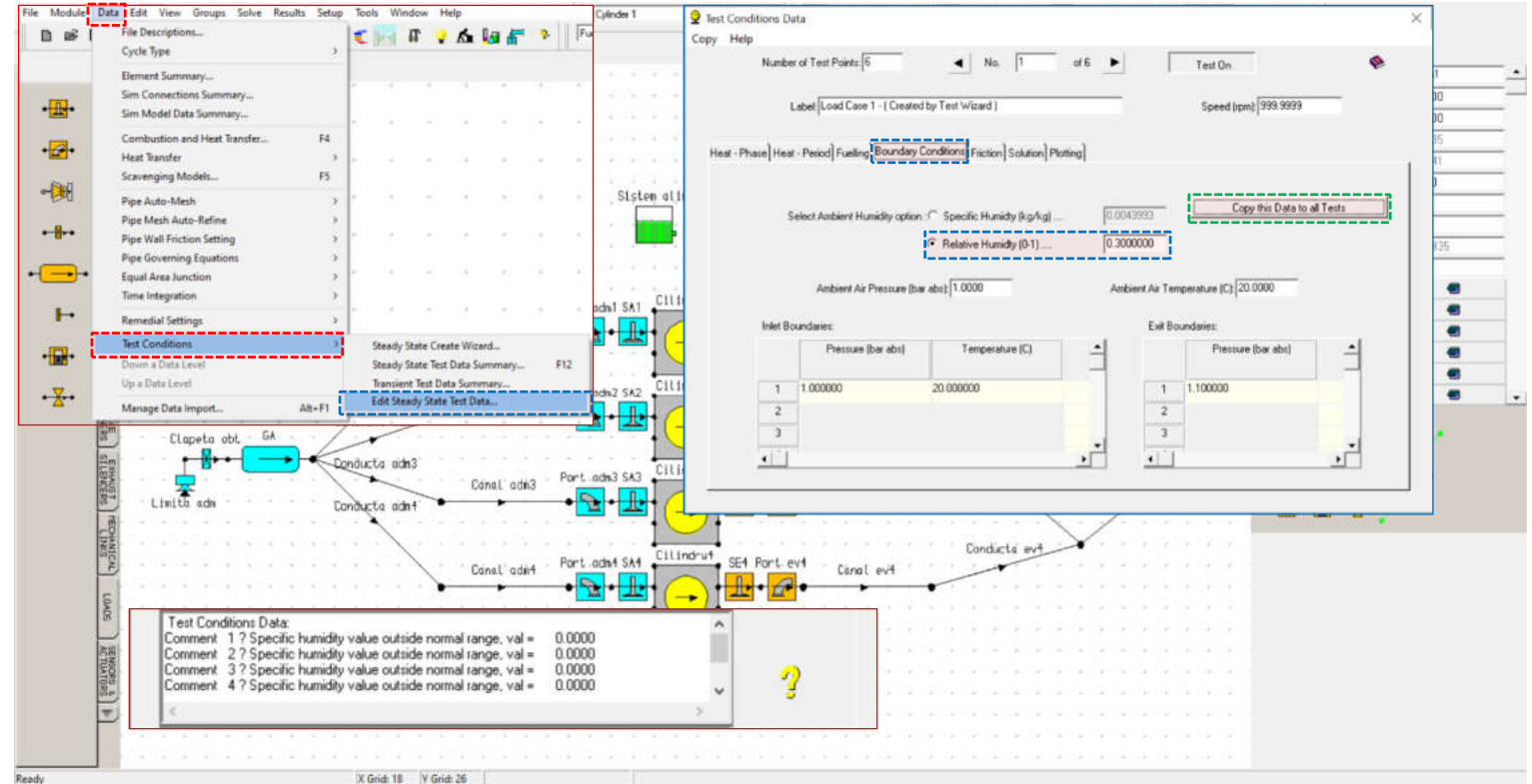



Fig. 5.42 Crearea unui model de motor policilindric – Corectare erori/Reverificare

Crearea unui model de motor policilindric

5.2.7. Rularea simulării

Așa cum s-a menționat anterior, rularea simulării (**run simulation**) presupune efectuarea calcului utilizând modelele matematice implementate. Pentru a porni simularea este necesară definirea locației de salvare a datelor. Suplimentar, se pot defini aspecte care privesc **solver**-ul (partea din program responsabilă cu efectuarea calcului numeric). În acest scop se accesează **Engine Simulation Solver** din **Solve** → **Solver control** sau apăsând .

Pas 1 – Date generale

Accesând **Engine Simulation Solver** se deschide o nouă fereastră de lucru (fig. 5.43) în care se introduc datele:

Denumire		Valoare
ro	en	
Etichetă	Label	basic 4 cylinder model - run 1
Selecțiați oricare	Select either	Currently Held Data
Numele fișierului pentru salvarea rezultatelor de tip text (*.mrs)	File Name to Save Text Results as (*.mrs)	4_cylinder_basic_1
Numele fișierului pentru salvarea rezultatelor grafice (*.prs)	File Name to Save Graphical Results as (*.prs)	4_cylinder_basic_1
Afișează informare la finalizarea calculului	Display Prompt on Completion of Job	Selecțiați această opțiune

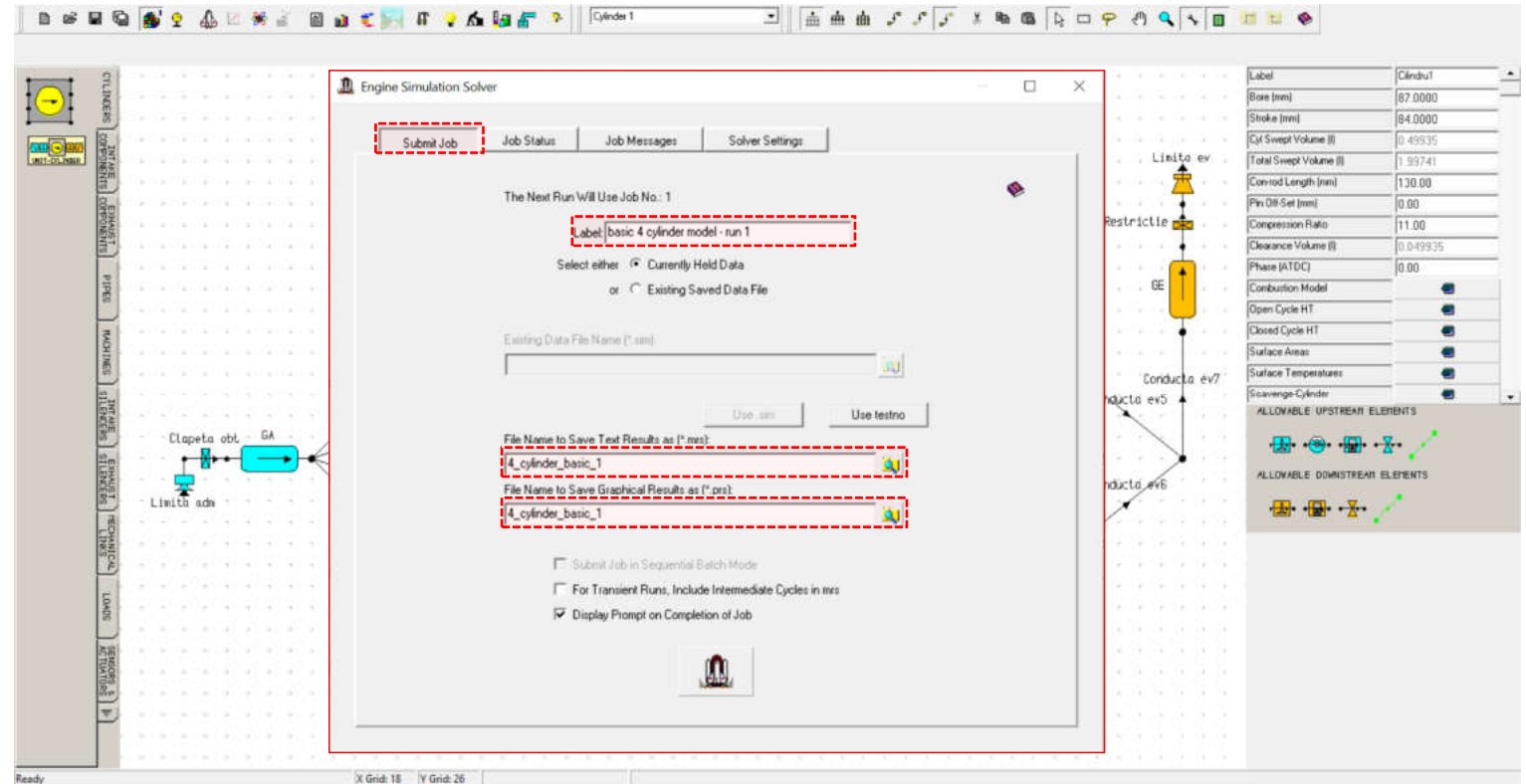


Fig. 5.43 Crearea unui model de motor policilindric – Engine Simulation Solver – Date generale

Pas 2 – Setări solver

În categoria **Solver Settings** (setări solver) se atrage atenția asupra numărului unităților de procesare utilizate (**number of CPUs to use**): acest lucru permite calculul, în paralel, al mai multor cazuri, ceea ce scurtează durata totală a simulării (fig. 5.44). Se menționează faptul că valoarea implicită pentru numărul unităților de procesare utilizate (**number of CPUs to use**) este 1 și că modificarea ei (în intervalul permis) are efect doar acolo unde procesorul calculatorului dispune de mai multe nuclee de calcul.

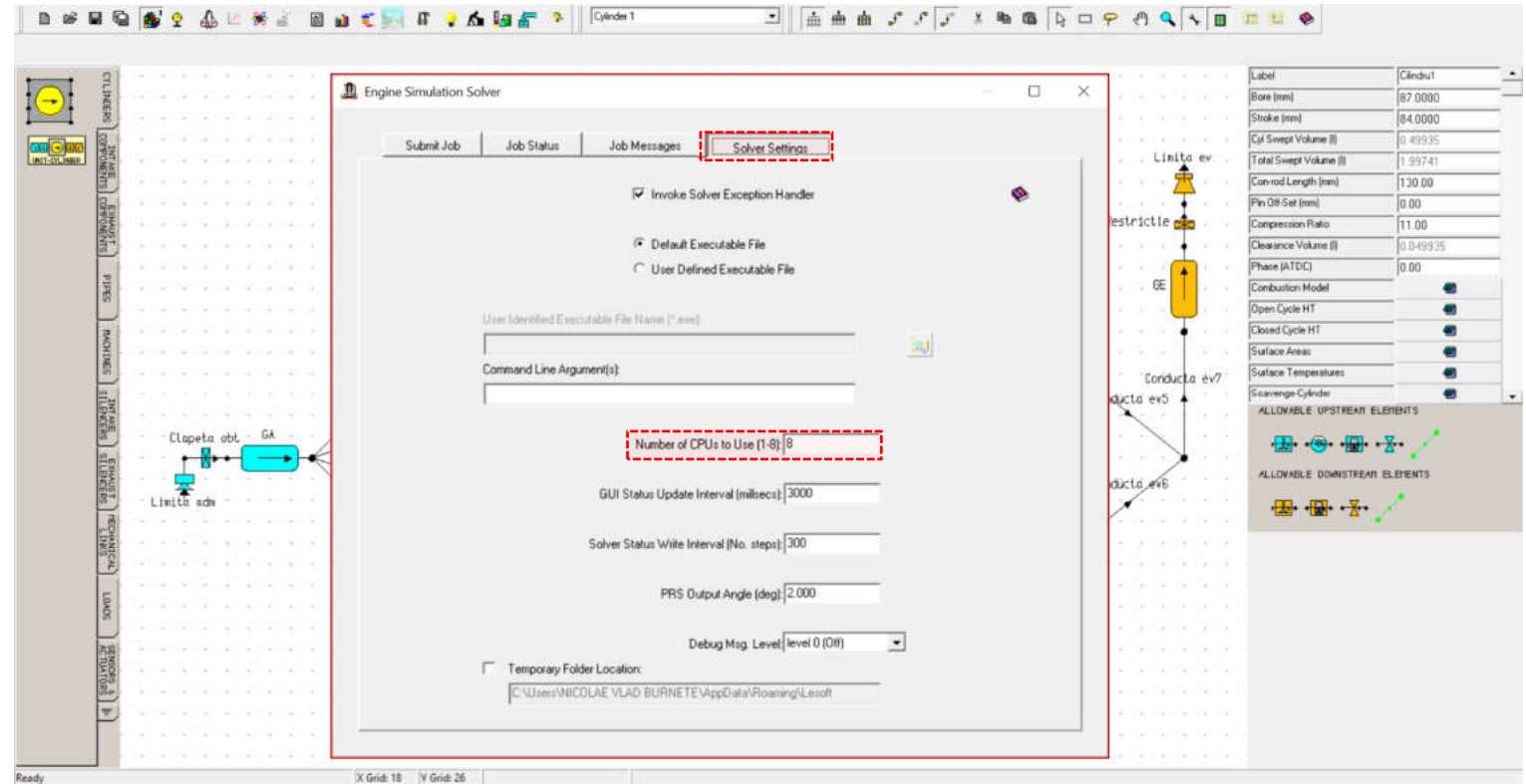


Fig. 5.44 Crearea unui model de motor policilindric – Engine Simulation Solver – Solver Settings – Selectarea numărului de unități de procesare utilizate

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 3 – Rularea și monitorizarea simulării

După pornirea simulării, utilizatorul poate urmări evoluția procesului prin accesarea secțiunii **Job Status** (stare sarcină de lucru). Informațiile care pot fi urmărite sunt (fig. 5.45):

Denumire	
ro	en
Numărul de sarcini active	Number of Active Jobs
Sarcina afișată ...	Showing Job ...
Cilindrul afișat ...	Showing Cylinder ...
Timp scurs	Elapsed Time
Timp rămas (estimare)	Remaining (estimated)
Grad de finalizare (%)	Complete (%)
Numărul testului	Test Number
Turația (rpm)	Speed (rpm)
Numărul ciclului	Cycle Number
Unghiul de rotație al arborelui cotit (°)	Crank Angle (deg)
Tip sarcină	Job Type
Etichetă sarcină	Job Label

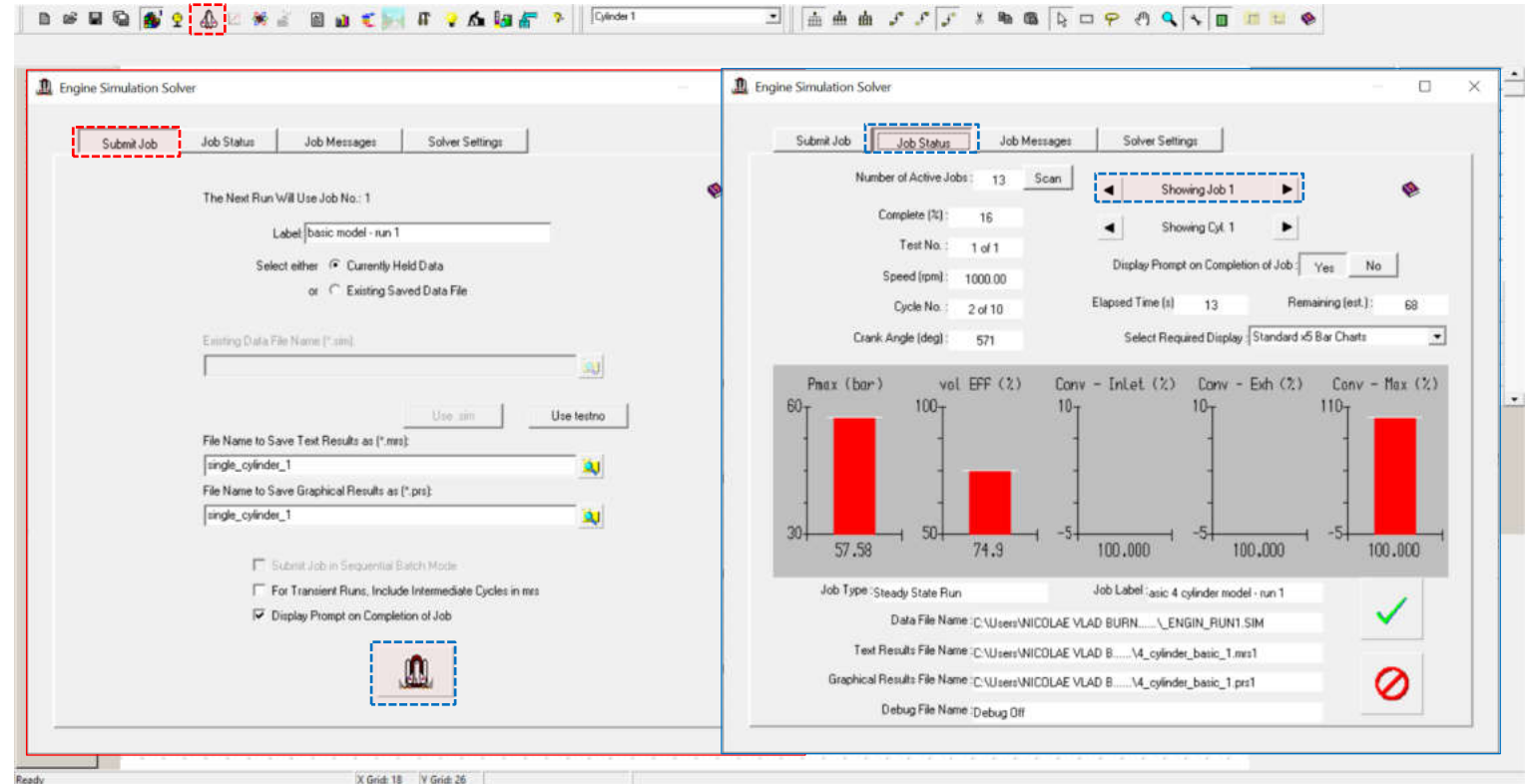


Fig. 5.45 Crearea unui model de motor policilindric – Rularea și monitorizarea simulării

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 4 – Efectuare calcul (rulare simulare)

Progresul simulării poate fi urmărit și în ferestrele vizibile în figura 5.46 în care se poate observa pasul de calcul pentru fiecare caz în parte.

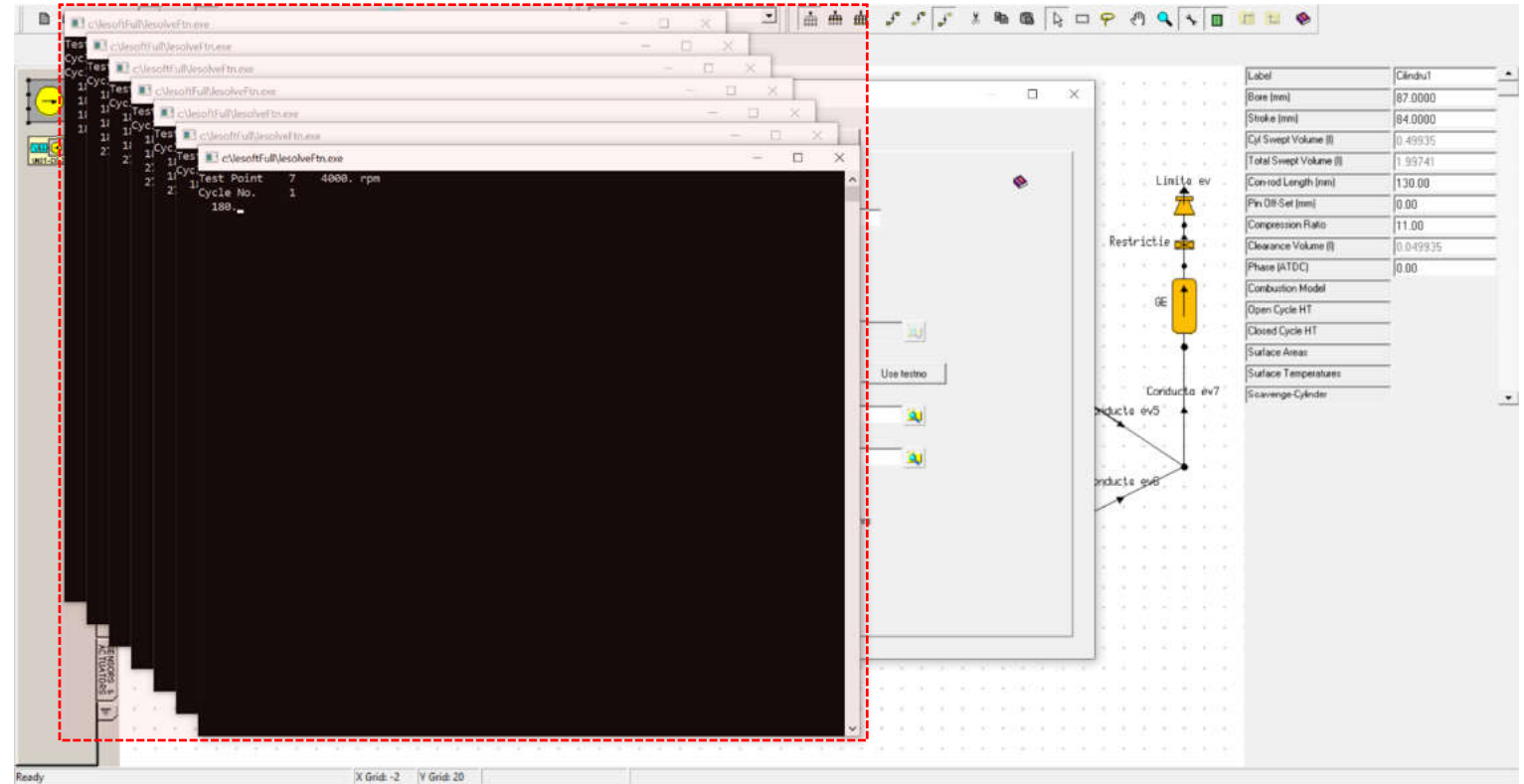


Fig. 5.46 Crearea unui model de motor policilindric – Rulare simulare

Pas 5 – Încărcare rezultate

La finalizarea procesului de simulare, dacă la pasul 1 a fost bifată opțiunea **Display Prompt on Completion of Job** (fig. 5.43) se deschide o nouă fereastră (fig. 5.47) care informează utilizatorul cu privire la acest lucru și permite selectarea pașilor următori. Mai precis, utilizatorul poate alege să încarce rezultatele de tip text (**load text results (.mrs)**) sau **load graphics results (.mrs)**), respectiv a rezultatelor grafice (**load graphics results (.prs)**) în utilitarele dedicate (se menționează faptul că aceste utilitare nu se deschid automat). În cazul de față se bifează opțiunile: **Load Text Results (.mrs)**, **Load Graphics Results (.mrs)** și (**Load Graphics Results (.prs)**), iar apoi se apasă pe butonul **Load** (încarcă).

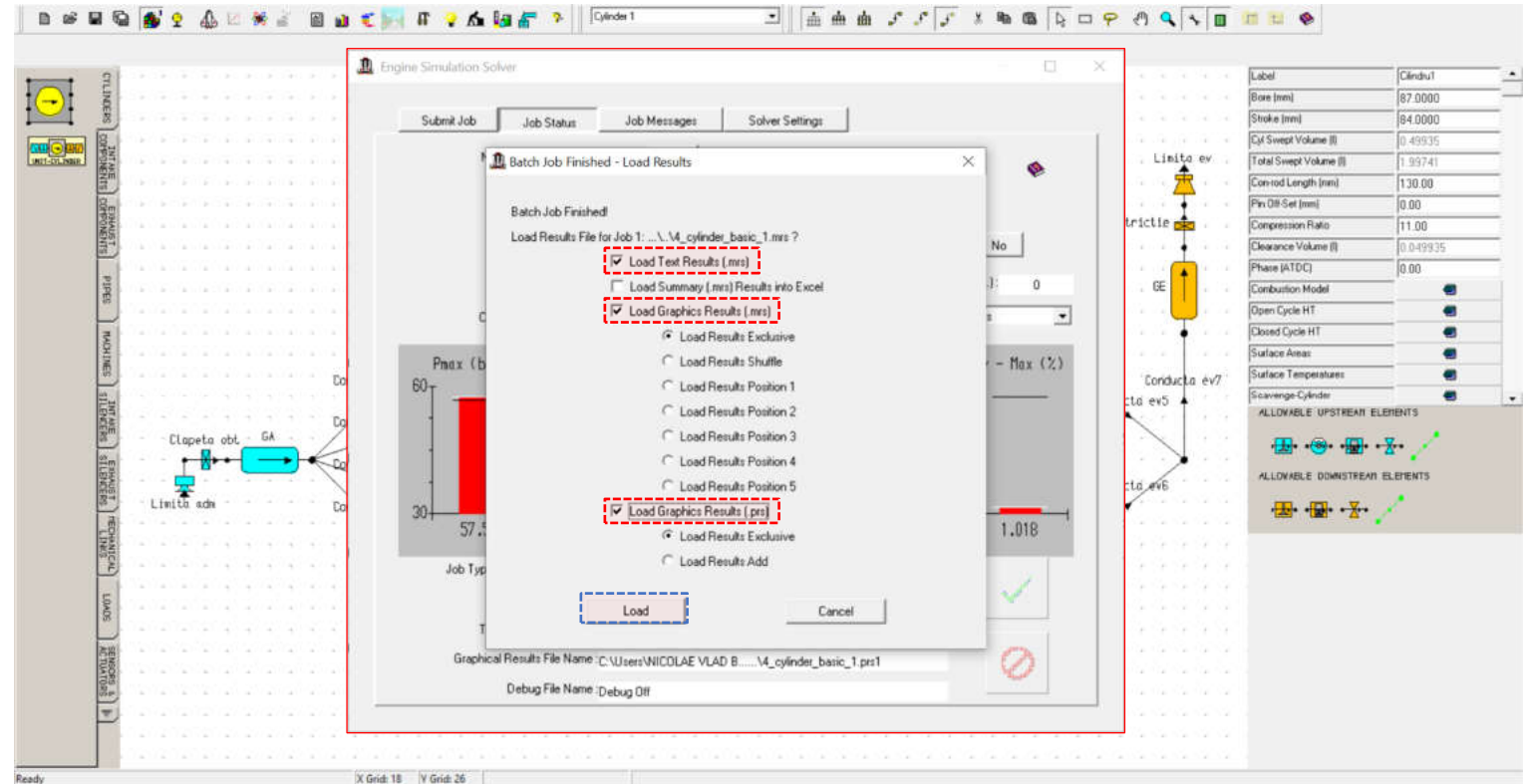





Fig. 5.47 Crearea unui model de motor policilindric – Încărcare rezultate

5.2.8. Vizualizarea rezultatelor

Pas 1 – Rezultate MRS – Încărcare date

În cazul în care nu s-au încărcat datele conform pasului 5 din capitolul 5.2.7 (fig. 5.47) există posibilitatea încărcării acestor date direct din utilitarele utilizate pentru vizionarea lor. În acest scop, pentru încărcarea datelor de tip text se accesează **Results File Text Viewer** sau . În noua fereastră de lucru se accesează **File → Load Results** (fig. 5.48) care îi permite utilizatorului să aleagă fișierul care conține datele dorite. Se procedează în mod analog și pentru prezentarea grafică a rezultatelor de tip text **Results Graphs** sau , respectiv pentru rezultatele grafice **To prs Results Viewer** sau  (fig. 5.48). Mai multe de privind accesarea datelor grafice sunt prezentate la pasul 8.

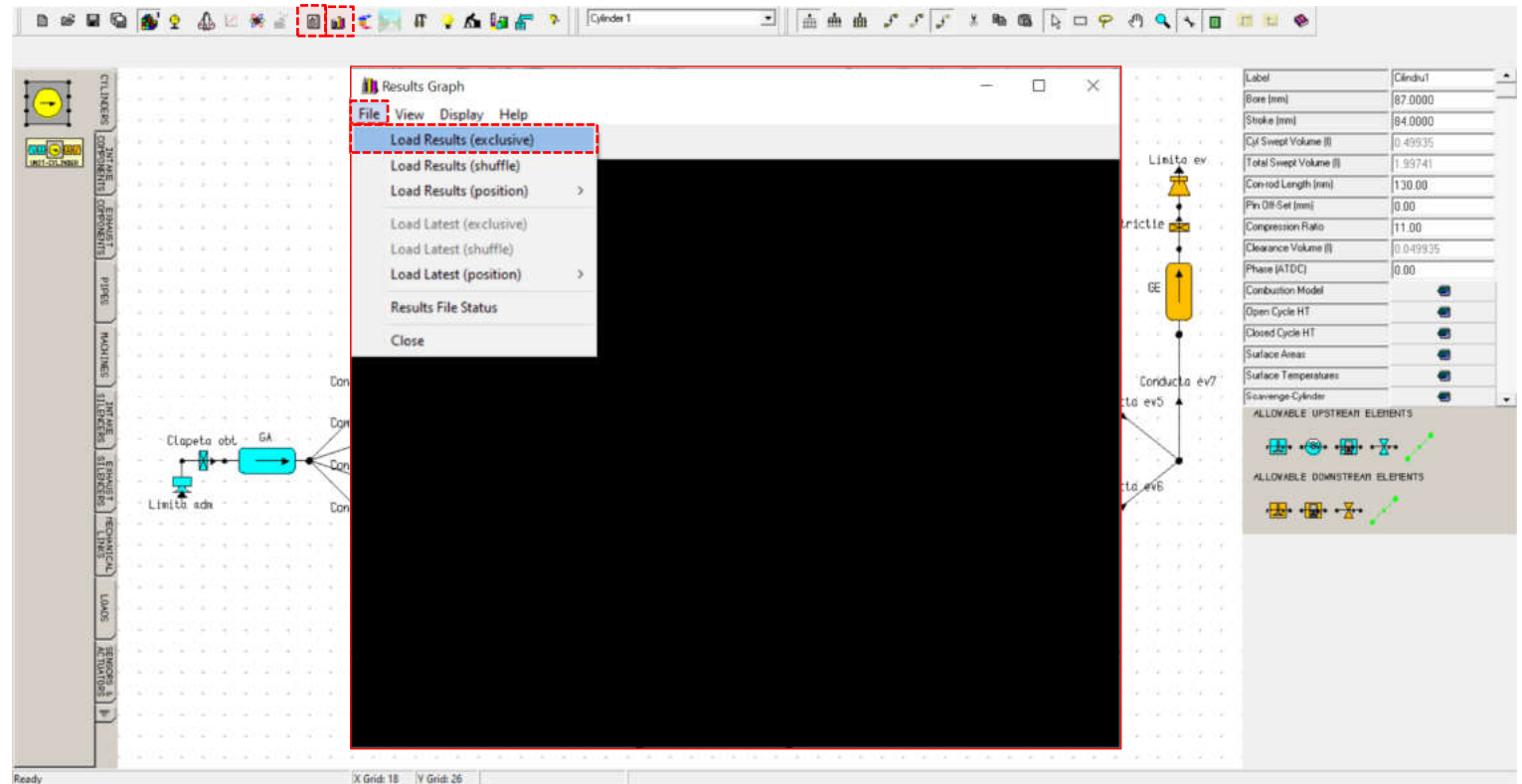



Fig. 5.48 Crearea unui model de motor policilindric – Accesare și încărcare date

Pas 2 – Rezultate MRS – Vizualizare date

După încărcarea rezultatelor simulării se face click pe **Results Graph** () sau **Results** → **.mrs Results** → **Results Graph** ceea ce va deschide o nouă fereastră de lucru, în care sunt prezentate grafic rezultate preluate din fișierele text. Pentru o vizualizare corectă, după deschiderea ferestrei **Results Graph** se va face click pe **View** → **Autoscale**, pentru a realiza o adaptare automată a scării graficelor. Pentru exemplificare, în figura 5.49 sunt prezentate:

- ▶ **Performance Summary** (sumar de performanțe) – conține curbele de variație ale puterii (**power**), momentului motor (**torque**), consumului specific efectiv (**break specific fuel consumption – BSFC**) și presiunii medii efective (**break mean effective pressure – BMEP**);
- ▶ **Airflow Summary (Inlet)** (sumar privind curgerea aerului pentru limita de pe admisie) – conține curbele de variație ale presiunii la limita de pe admisie (**inlet pressure**), temperaturii la limita de pe admisie (**inlet temperature**), presiunii din elementul plenum (**plenum pressure**) și eficienței umplerii (**volumetric efficiency**).

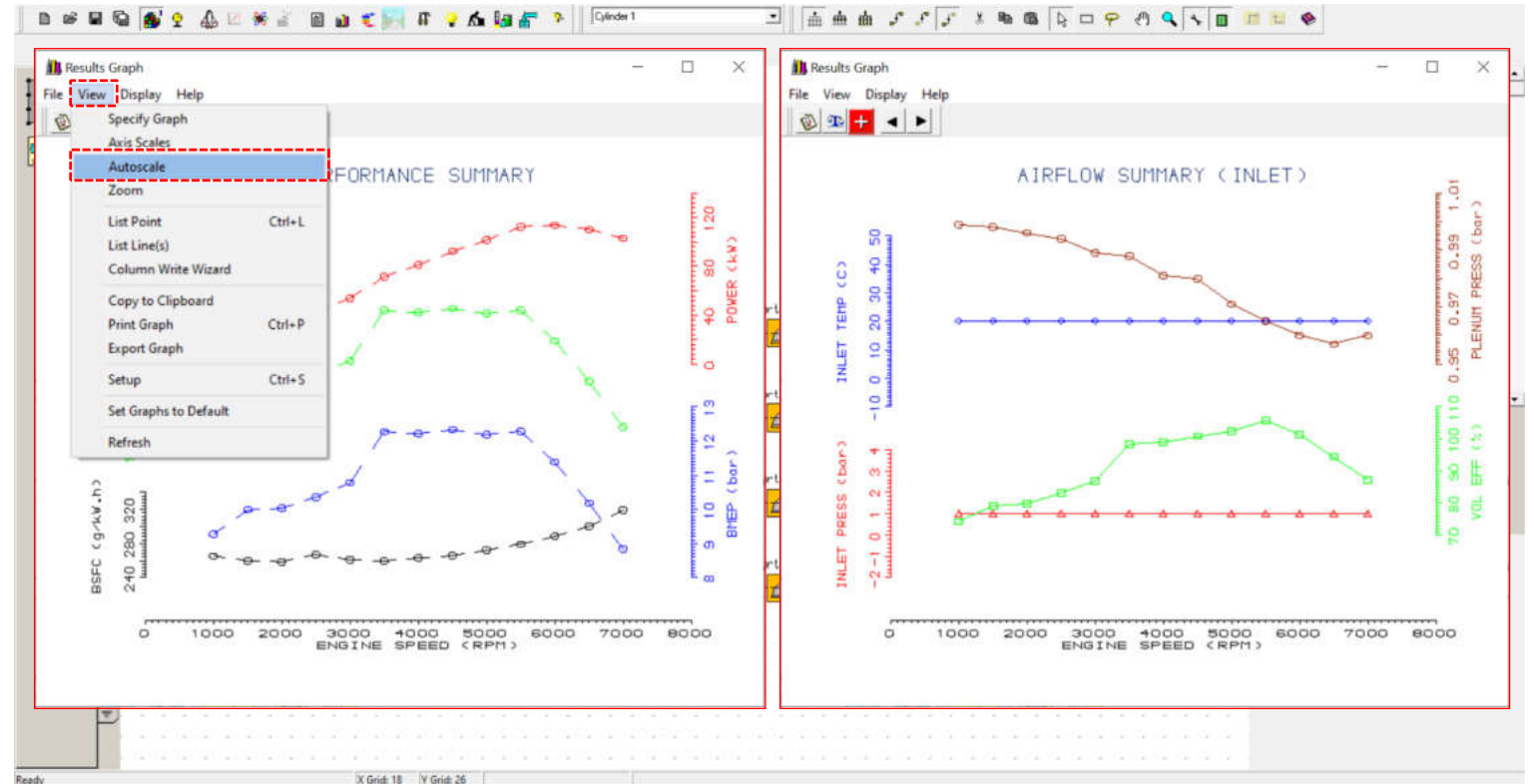


Fig. 5.49 Crearea unui model de motor policilindric – Results Graph – Accesare Autoscale

Pas 3 – Rezultate MRS – Comparare date

În continuare se propune compararea rezultatelor simulării modelului actual cu modelul creat în capitolul 4. În acest scop, de la File se va alege **Load Results (shuffle)**. Se poate constata faptul că adăugarea elementelor suplimentare are un efect considerabil asupra performanțelor motorului, principalul motiv fiind creșterea numărului de cilindri (fig. 5.50).

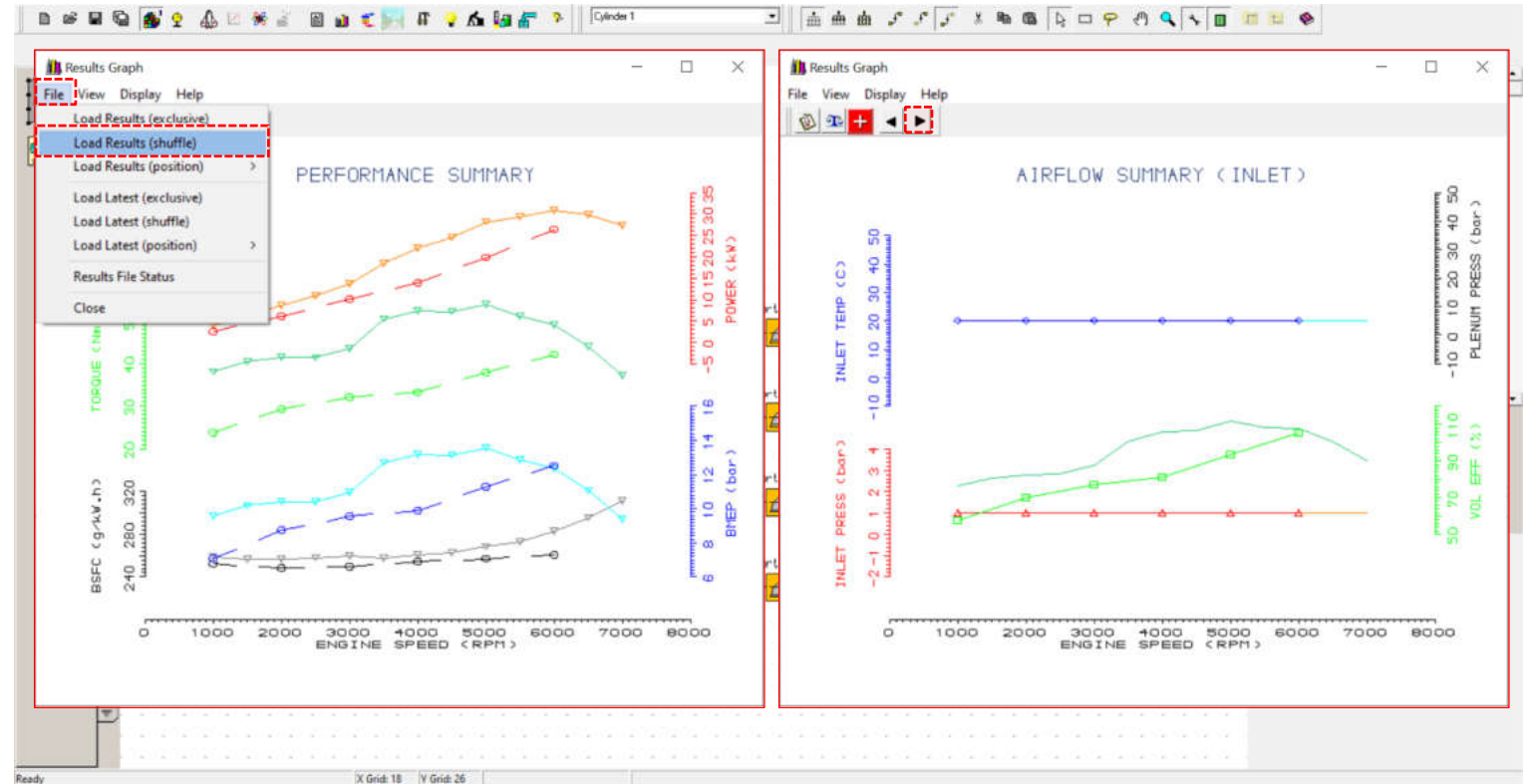


Fig. 5.50 Crearea unui model de motor policilindric – Results Graph – Accesare Load Results (shuffle)

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 4 – Rezultate MRS – Exportare date

Datele din aceste grafice pot fi exportate sub formă de fișiere text accesând **View** → **List Line(s)** (fig. 5.51). În noua fereastră se poate selecta volumul de informație care să fie inclus în fișier prin accesarea **List** → **Graph** → **All Graphs**. Pentru salvare click pe **List** → **Save Text to File**.

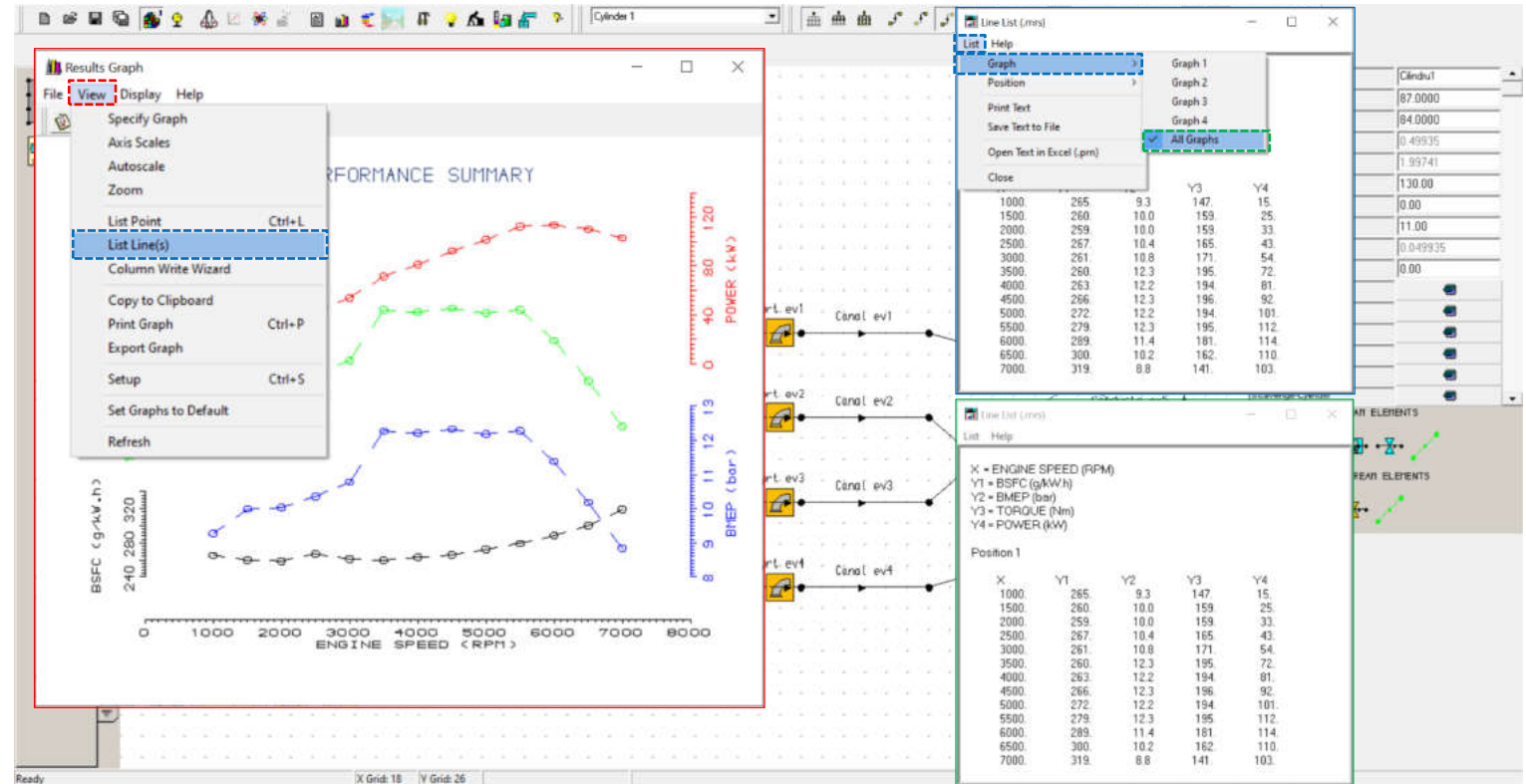


Fig. 5.51 Crearea unui model de motor policilindric – Results Graph – Accesare List Line(s)

Pas 5 – Rezultate Text

Alternativ, rezultatele pot fi vizualizate sub formă de text prin accesarea **Results File Text Viewer** (). În noua fereastră de lucru (fig. 5.52) sunt expuse informațiile din fișierul text care conține rezultatele simulării, unde apar informații cu privire la fiecare componentă în parte și la nivel de motor, date de intrare, respectiv rezultate. Utilizatorul poate vizualiza datele de performanță (**performance data**) sub formă tabelară prin click pe **View → Go to Concise Summary**. Astfel, acesta va fi dus direct la zona din fișierul text unde sunt afișate aceste rezultate.

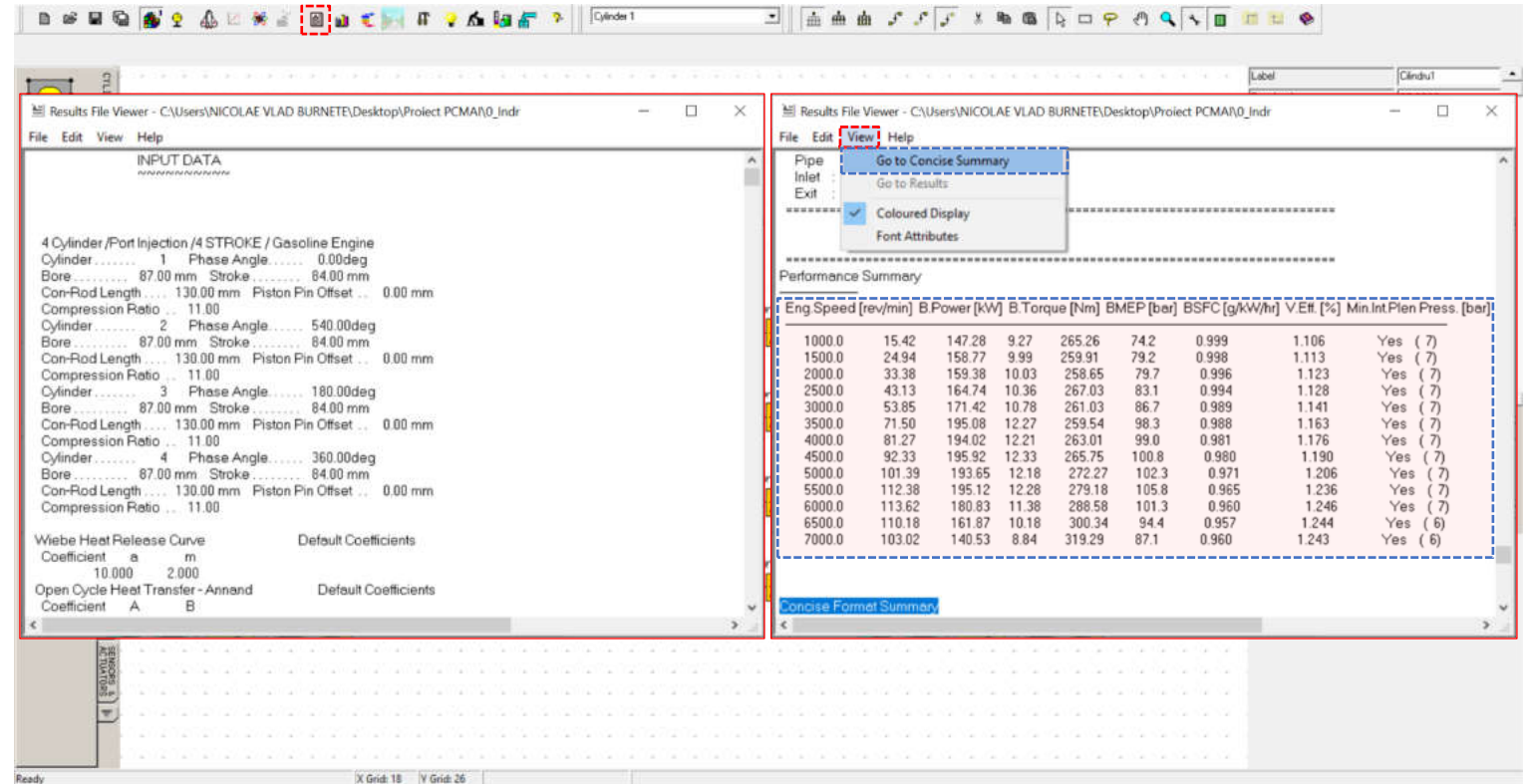


Fig. 5.52 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate Text

Pas 6 – Rezultate PRS – Încărcare date

Suplimentar față de rezultatele text, utilizatorul poate accesa și rezultate grafice prin intermediul **To prs Results Viewer** (). Astfel, interfața de lucru a programului software Lotus Engine Simulation se va modifica, trecând la modul de vizualizare grafică a rezultatelor. În cazul în care în această interfață se intră după finalizarea simulărilor, iar în fereastra de informare de la final s-a bifat opțiunea **Load Graphics Results (.prs)** (încarcă rezultatele grafice (.prs)) (fig. 5.48), datele vor fi deja încărcate. În caz contrar acestea vor trebui adăugate de utilizator prin accesarea **Load .prs Results File** () sau din **Results → .prs Results → .prs Files → .prs File Add**.

Acest lucru îi va permite utilizatorului să selecteze fișierul din care vor fi încărcate rezultatele.

În partea stângă a acestei interfețe (fig. 5.48) se poate observa modelul creat, iar în dreapta, grafice ale presiunii (**pressure**), temperaturii (**temperature**), debitului masic (**mass flow rate**) și vitezei de curgere (**velocity**) – acestea sunt mărimile implicite (la nevoie, utilizatorul poate modifica mărimile afișate). Suplimentar față de aceste grafice utilizatorul mai poate urmări evoluția presiunii ținând cont de un cod de culori (albastru – presiune scăzută (**low pressure**), roșu – presiune ridicată (**high pressure**)) prin intermediul **Shaded Display** ().

Pentru afișarea de date în aceste grafice utilizatorul trebuie să selecteze elementul/locația din model pentru care dorește vizualizarea de date. Alegerea unui element sau altul este indicată printr-o lupă (fig. 5.54).

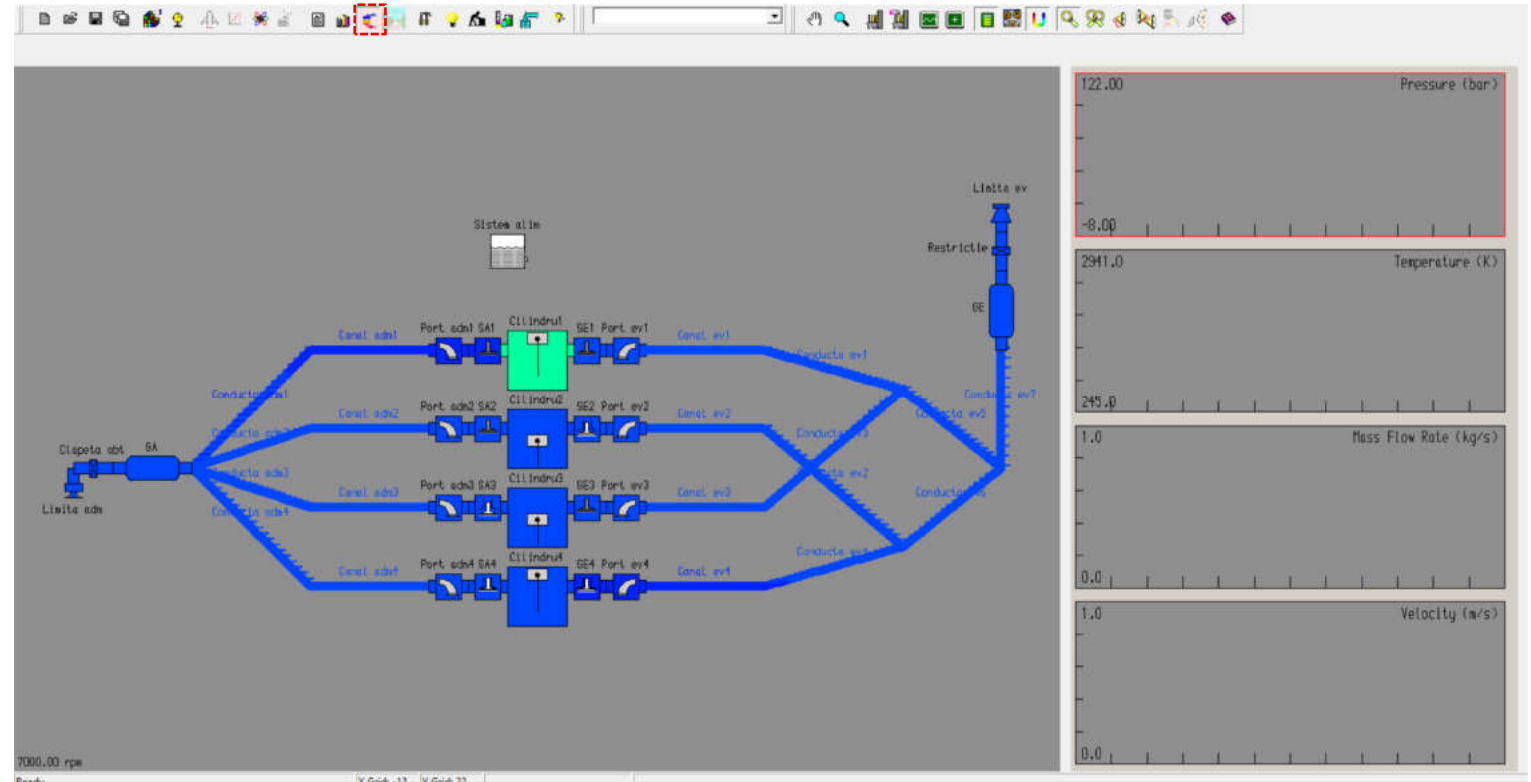


Fig. 5.53 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Încărcare date

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 7 – Rezultate PRS – Vizualizare date cilindru 1000 și 7000 min⁻¹

După ce datele au fost încărcate, utilizatorul poate alege care dintre acestea sunt afișate accesând **.prs Results File Status**. În noua fereastră se pot selecta:

Denumire	
ro	en
Toate turațiile	All Speeds
Alege turațiile	Pick Speeds
O singură turație	Single Speed
Adaugă	Add
Șterge	Remove
Șterge toate	Remove All
Afișat	On Display

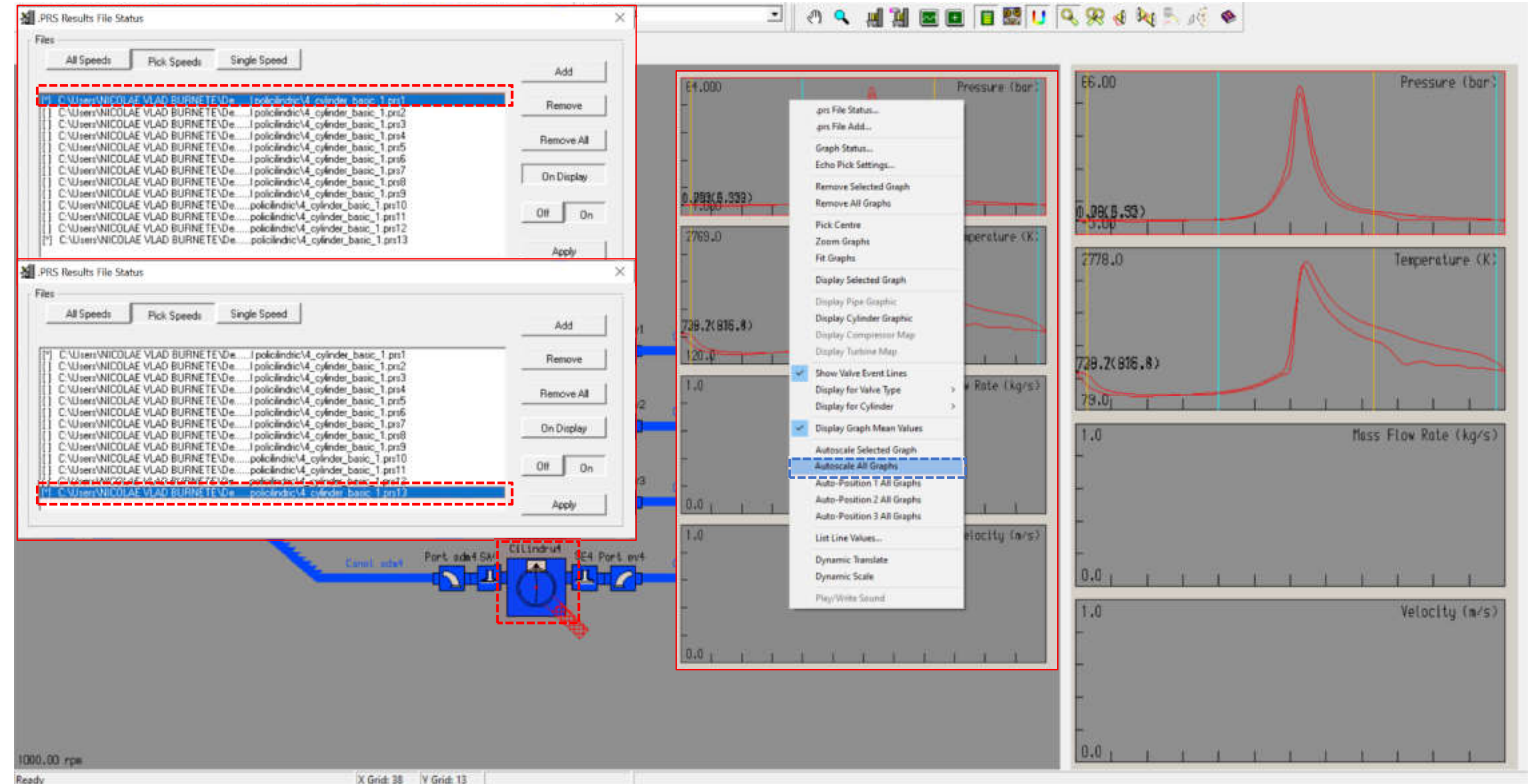


Fig. 5.54 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Comparare date cilindru 1000 și 7000 min⁻¹

Lista de rezultate se poate modifica prin adăugarea (**add**) și/sau ștergerea (**remove** sau **remove all**) de rezultate. După aplicarea opțiunilor dorite se face aplică modificările dorite prin click pe **Apply**, iar apoi **Autoscale all Graphs**. În cazul de față se va opta pentru alegerea turațiilor afișate (**pick speeds**), care permite afișarea pe același grafic a mai multor curbe de variație. După ce în fereastra de lucru s-a ales **Pick Speeds**, pe rând, se face click pe fișierele cu rezultatele corespunzătoare turației de 1000 min⁻¹, respectiv 7000 min⁻¹ (acest lucru poate fi identificat ușor pe baza denumirii fișierelor care conțin și numărul cazului de testare – a se vedea și figura 5.32).

În figura 5.54 sunt puse în evidență, comparativ, rezultatele pentru elementul cilindru (**cylinder**) la turația de 1000 min⁻¹ (**fișierul *.prs1**), respectiv la turația de 7000 min⁻¹ (**fișierul *.prs13**). În graficele din partea dreaptă se pot observa evoluțiile presiunii (**pressure**) și temperaturii (**temperature**) în funcție de unghiul de rotație al arborelui cotit (**crank angle**). Se poate constata faptul că evoluțiile diferă cu precădere în apropierea PMS (**TDC**), când are loc procesul de ardere.

Pas 8 – Rezultate PRS – Vizualizare date curgere 1000 și 7000 min⁻¹

În figura 5.55 sunt puse în evidență, comparativ, rezultatele pentru orificiul de admisie (**intake port**) la turația de 1000 min⁻¹ (**fișierul *.prs1**), respectiv la turația de 7000 min⁻¹ (**fișierul *.prs13**). În graficele din partea dreaptă se pot observa evoluțiile presiunii (**pressure**), temperaturii (**temperature**), debitului masic (**mass flow rate**) și vitezei de curgere (**velocity**) în funcție de unghiul de rotație al arborelui cotit (**crank angle**). Se poate observa frecvența oscilațiilor de presiune (**pressure oscillations**) și amplitudinea undelor de presiune (**pressure wave amplitude**), care diferă semnificativ pentru cele două turații. Totodată se poate observa faptul că temperatura urmează o evoluție similară cu cea a presiunii. Din punct de vedere al debitului masic (**mass flow rate**) și vitezei de curgere (**velocity**), creșterea turației duce la o creștere semnificativă a valorilor acestora. Spre exemplu, viteza de curgere (**velocity**) crește de la aproximativ 30 m/s la 1000 min⁻¹ la aproximativ 140 m/s la 7000 min⁻¹. Unul dintre motive este faptul că, odată cu creșterea turației numărul de aspirații ale motorului crește, astfel că presiunea de pe admisie va scădea. Deoarece presiunea atmosferică rămâne aproximativ constantă, viteza de curgere va crește.

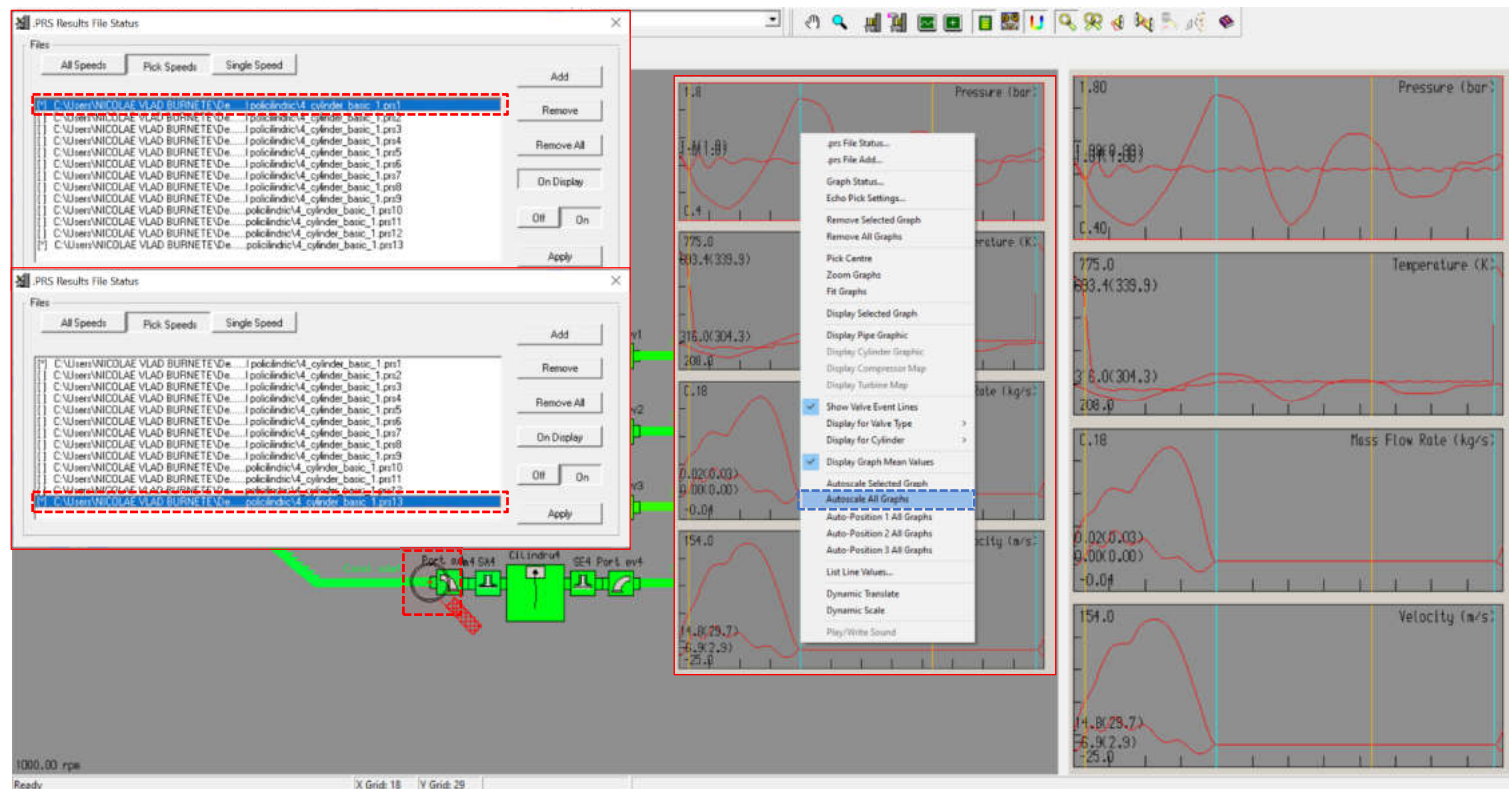


Fig. 5.55 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Vizualizare date curgere 1000 și 7000 min⁻¹

Pas 9 – Rezultate PRS – Comparare date curgere între conducte la 1000 min⁻¹

O altă posibilitate este compararea evoluțiilor fenomenelor gazodinamice din orificiile tuturor celor patru cilindri (figurile 5.56 și 5.57). Acest lucru permite identificarea deficiențelor din punct de vedere al umplerii celor patru cilindri în scopul uniformizării funcționării motorului. Totodată, analiza graficelor permite identificarea ordinii de aprindere (1-3-4-2). În figura 5.57 sunt prezentate comparativ rezultatele pentru turația de 1000 min⁻¹. Se poate observa faptul că evoluțiile sunt similare, principalul motiv fiind construcția simetrică a motorului. În cazul motoarelor reale, construcția conductelor și chiar a canalelor de admisie / evacuare poate să difere semnificativ.

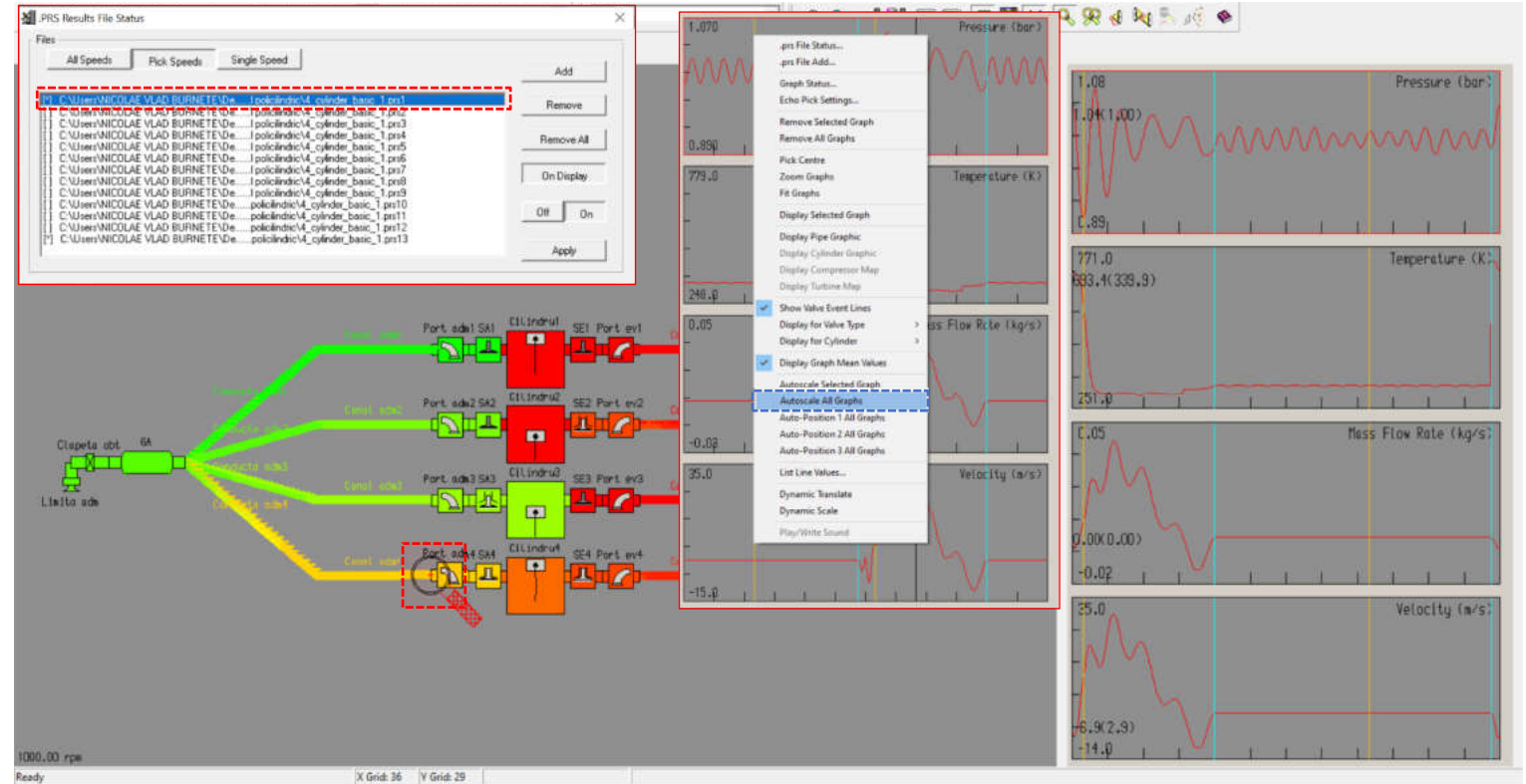


Fig. 5.56 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Selectare Canal Adm4 pentru comparare date curgere la 1000 min⁻¹

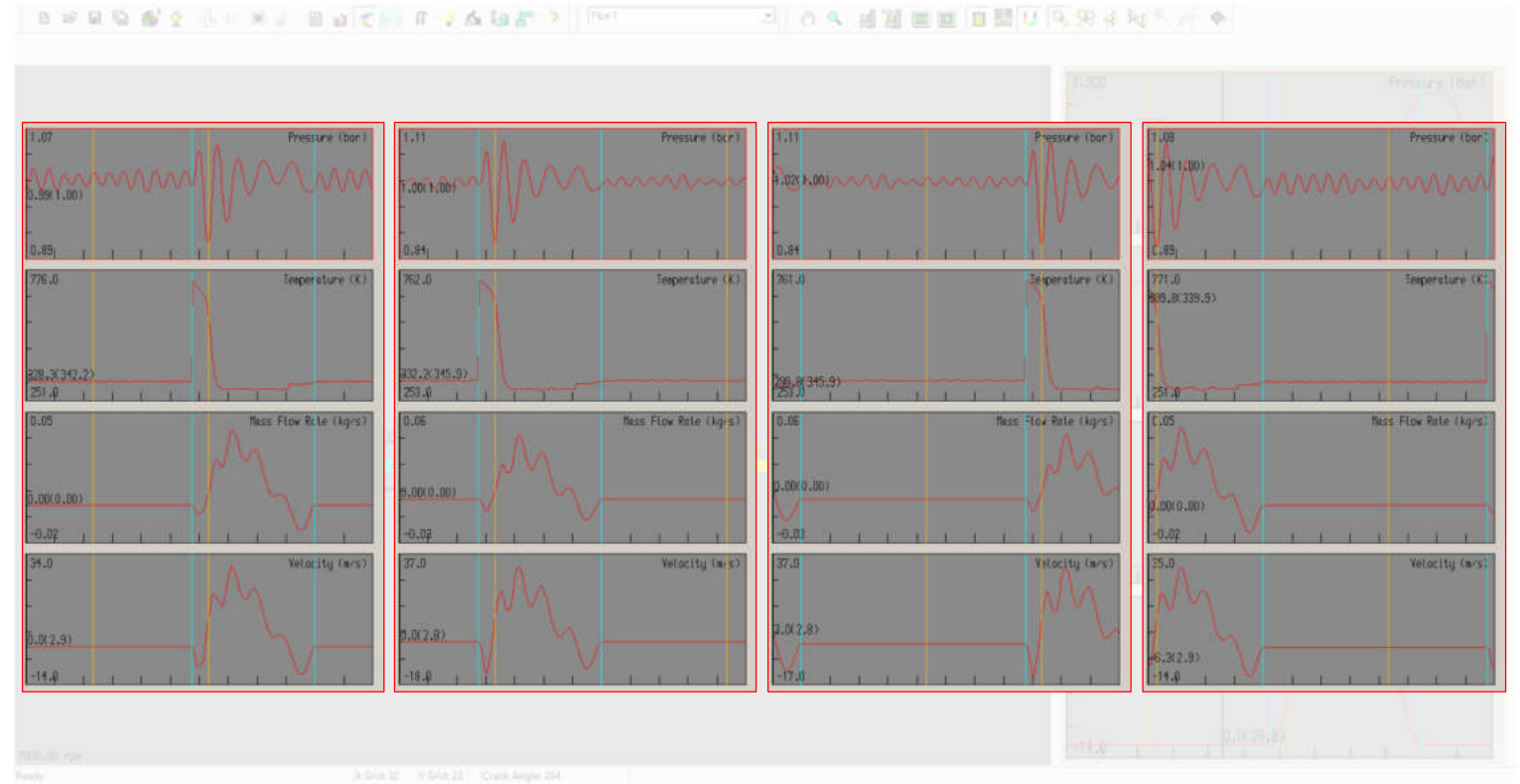


Fig. 5.57 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Comparare date curgere între conducte la 1000 min^{-1}

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 10 – Rezultate PRS – Comparare date curgere între conducte la 7000 min⁻¹

Analog turației de 1000 min⁻¹, în figura 5.58 sunt prezentate comparativ rezultatele pentru turația de 7000 min⁻¹ (este necesară selectarea fișierului *.prs13). Și în acest caz se poate observa că evoluțiile sunt similare, principalul motiv fiind construcția simetrică a motorului.

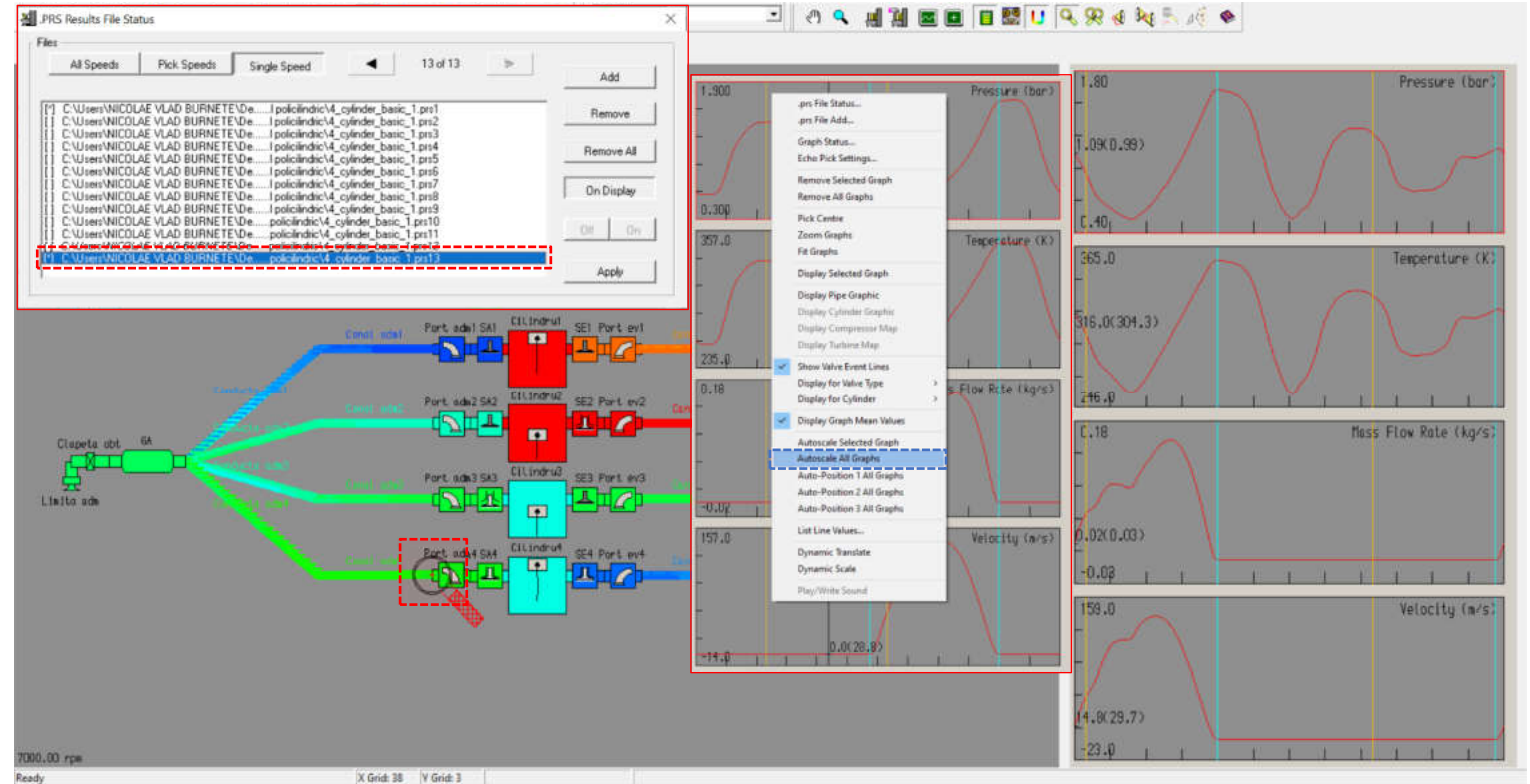


Fig. 5.58 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Selectare Canal Adm4 pentru comparare date curgere la 7000 min⁻¹

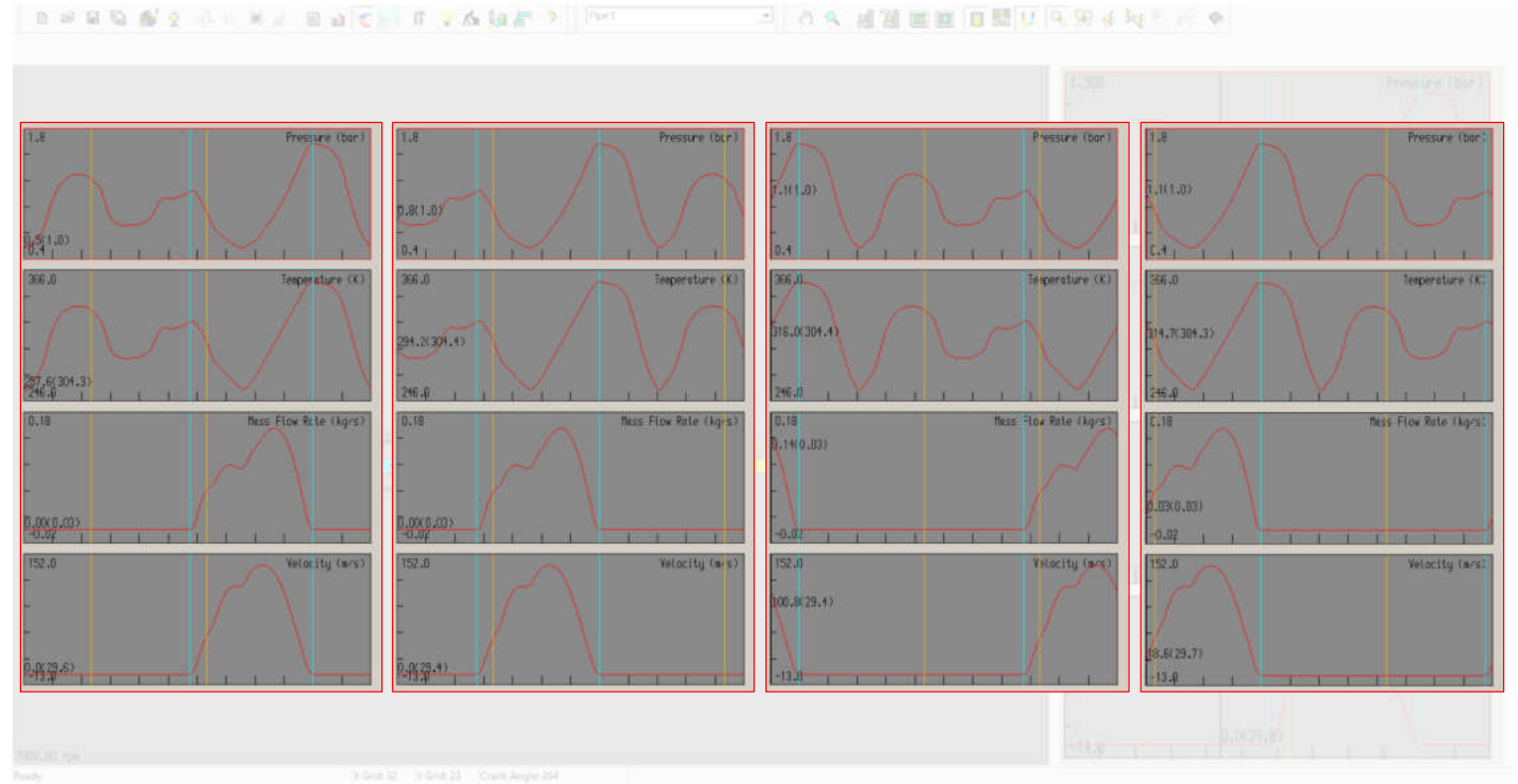



Fig. 5.59 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Comparare date curgere între conducte la 7000 min⁻¹

Pas 11 – Rezultate PRS – Vizualizare date conductă

În cazul în care dorește, utilizatorul are posibilitatea de a vizualiza mai multe date despre conducta aleasă (fig. 5.60) prin click dreapta pe grafice și selectând opțiunea **Display Pipe Graphic** (fig. 5.55).

Astfel, se deschide o nouă fereastră de lucru, numită **Pipe Graphical Display** în care se poate observa inclusiv discretizarea conductei (**mesh points**) (fig. 5.60). Înainte de a începe analiza se recomandă ajustarea automată a modului de afișare prin click pe **View** → **Autoscale**.

Acolo unde sunt mai multe conducte conectate este posibilă afișarea acestora prin click pe **View** → **Visibilities** → **Attached Pipes**.

Suplimentar, se poate urmări, sub forma unui video, evoluția presiunii în conductă pe parcursul unui ciclu. Pentru pornirea, oprirea etc. a secvenței video se pot utiliza comenzile de control ().

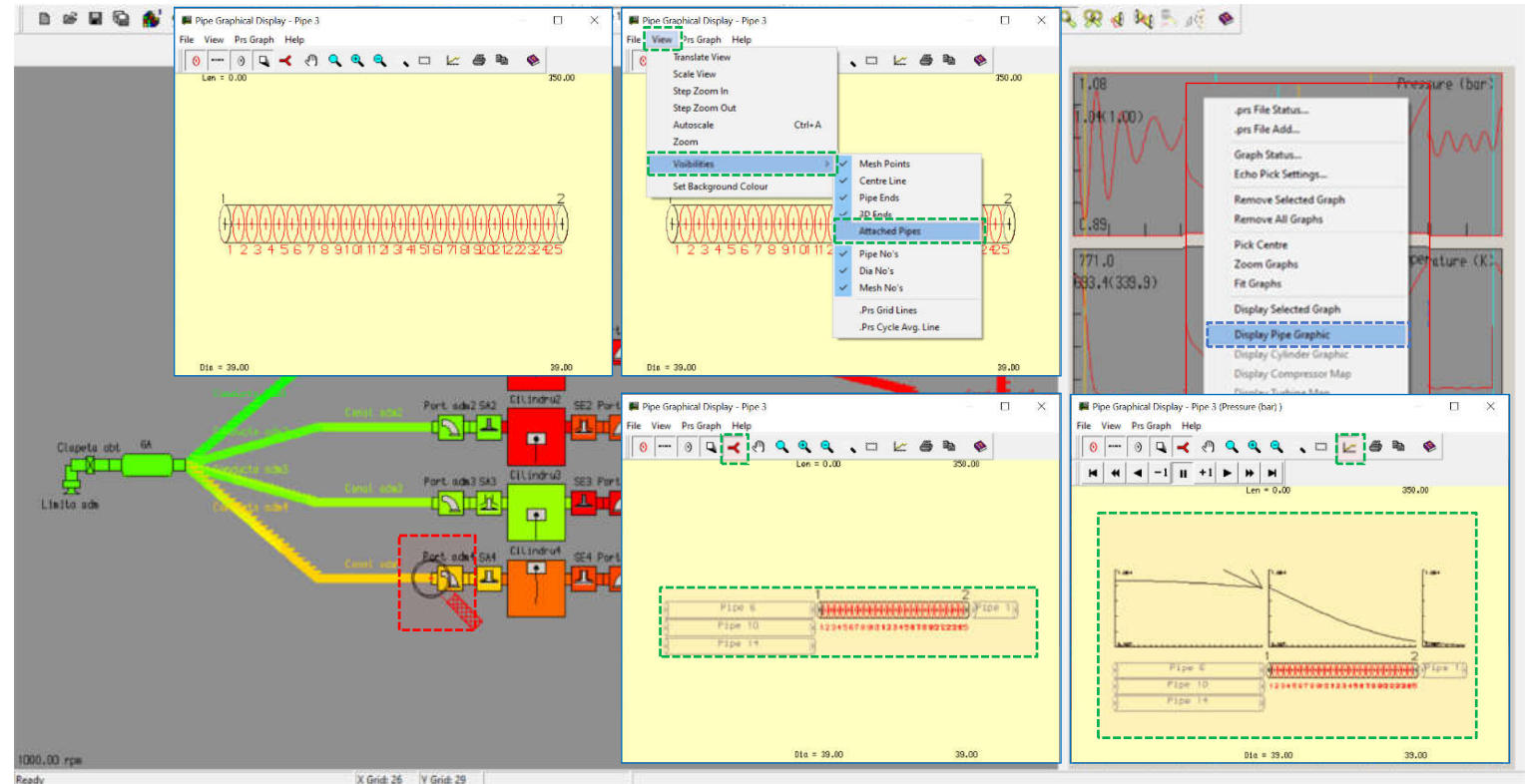




Fig. 5.60 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Vizualizare date conductă

Pas 12 – Rezultate PRS – Vizualizare animație sistem complet

Analog conductelor individuale, și pentru modelul complet se poate urmări, sub forma unui video, evoluția presiunii în conducte pe parcursul unui ciclu prin accesarea **.prs Video Control** sau  (fig. 4.61). Pentru pornirea, oprirea etc. a secvenței video se pot utiliza comenzile de control ().

Se face mențiunea că scara graficelor afișate influențează direct scara culorilor.

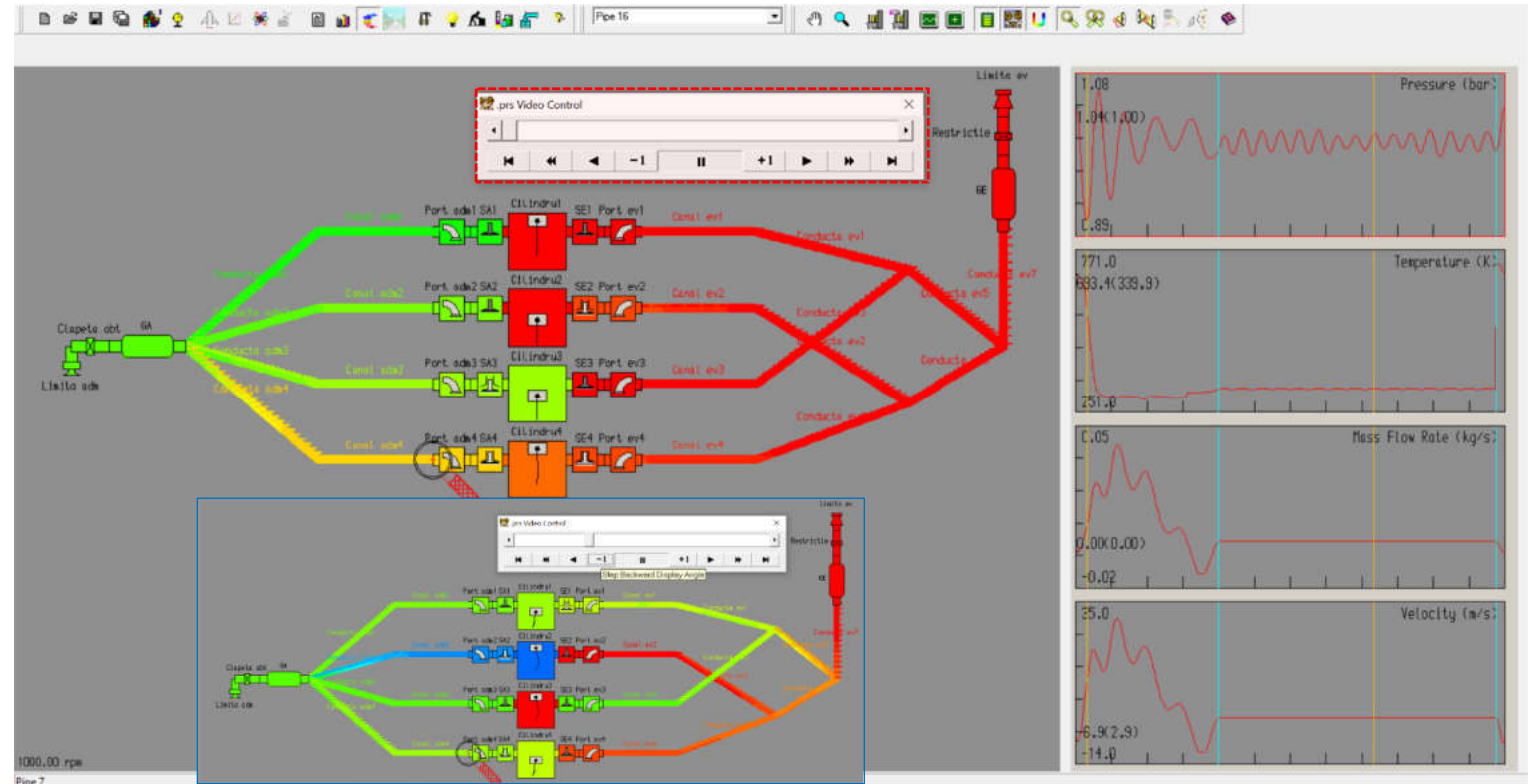


Fig. 5.61 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Vizualizare animație sistem complet

Pas 13 – Rezultate PRS – Vizualizare animație cilindru

Analog conductelor individuale și modelului complet, programul software oferă posibilitatea de a urmări, sub forma unui video, evoluția presiunii în cilindru pe parcursul unui ciclu prin click dreapta pe grafice și alegerea opțiunii **Display Cylinder Graphic** (fig. 5.62). Înainte de a face acest lucru utilizatorul trebuie să selecteze elementul cilindru pentru care dorește vizualizarea. Pentru pornirea, oprirea etc. a secvenței video se pot utiliza comenzile de control din interfață (-1 || +1 ▶▶). Se face mențiunea că scara graficelor afișate influențează direct scara culorilor.

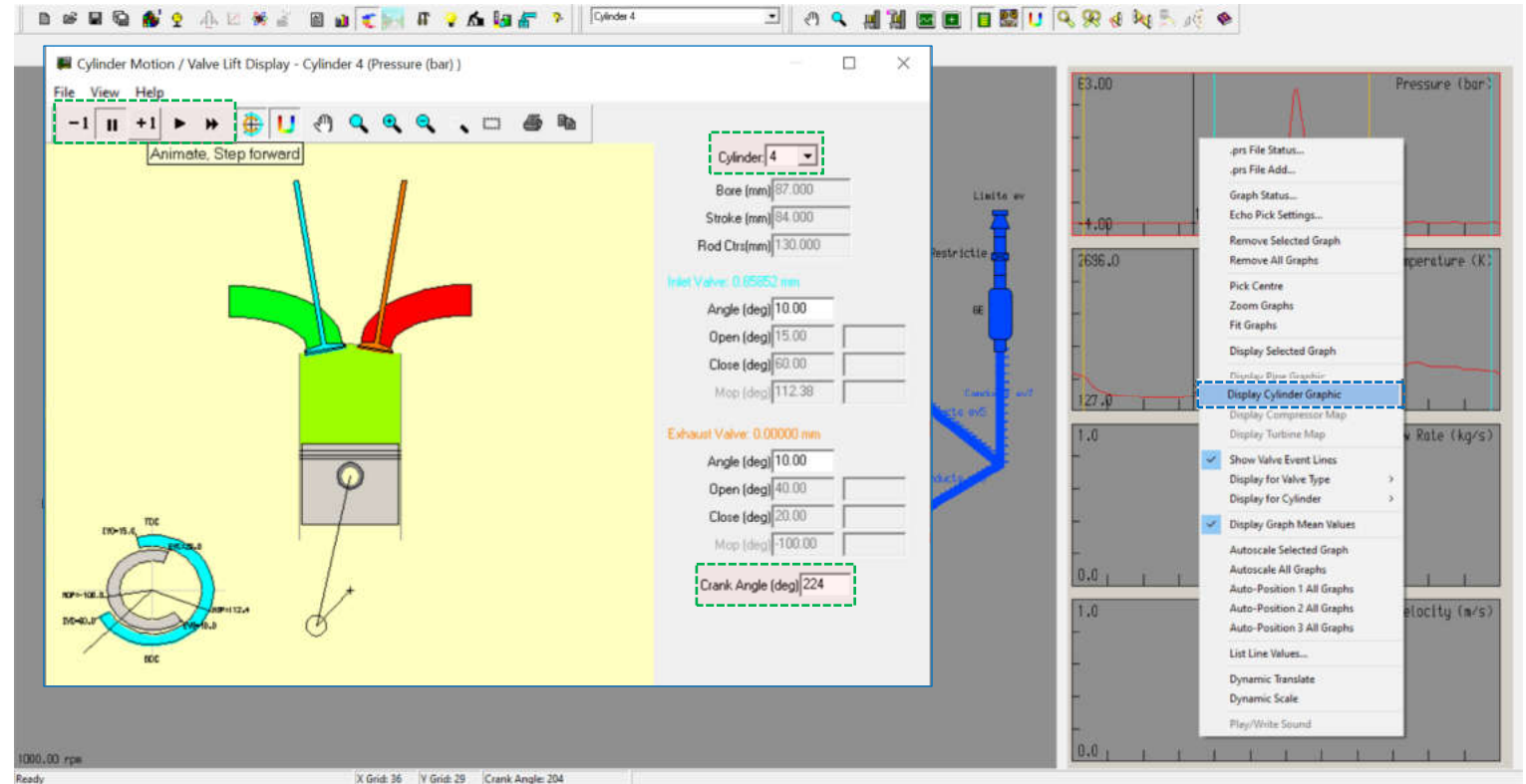


Fig. 5.62 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Vizualizare animație cilindru

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 14 – Rezultate PRS – Exportare date

În cazul în care se dorește analiza datelor într-un alt program software și/sau prezentarea lor sub o altă formă, programul software Lotus Engine Simulation oferă utilizatorului posibilitatea de a extrage aceste date. În acest scop, se face click dreapta pe graficul cu valorile dorite, iar apoi se selectează **List Line Values** (afișează valorile curbei) (fig. 5.63). Acest lucru deschide o nouă fereastră de lucru (**line list**) în care sunt prezentate tabelar datele extrase.

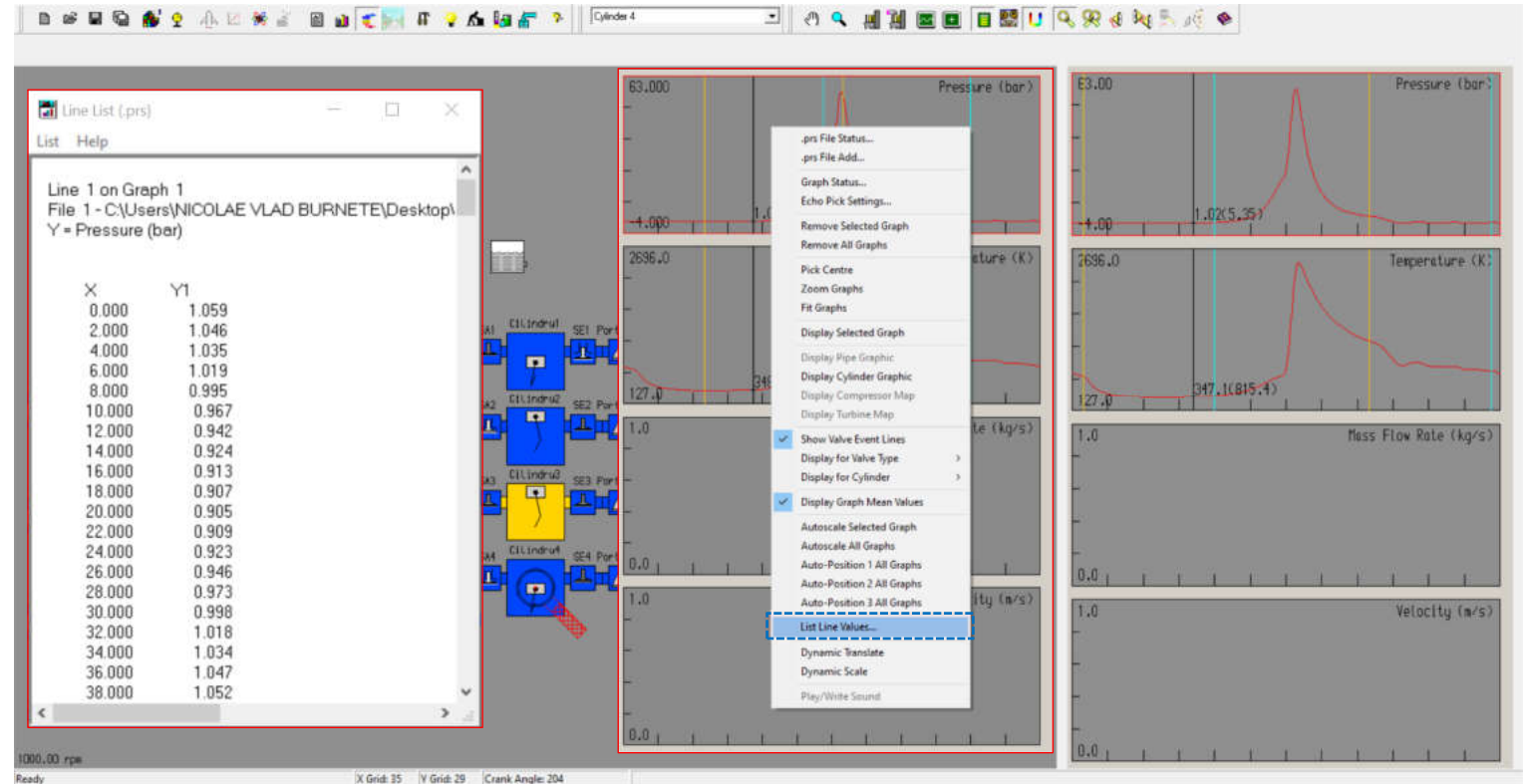


Fig. 5.63 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Accesare List Line Values

Crearea unui model de motor policilindric

Pas 15 – Rezultate PRS – Exportare date

Pentru a salva aceste date sub forma unui fișier text, click pe **List** → **Save Text to File** (fig. 5.64), iar apoi se specifică denumire fișierului și locația de salvare.

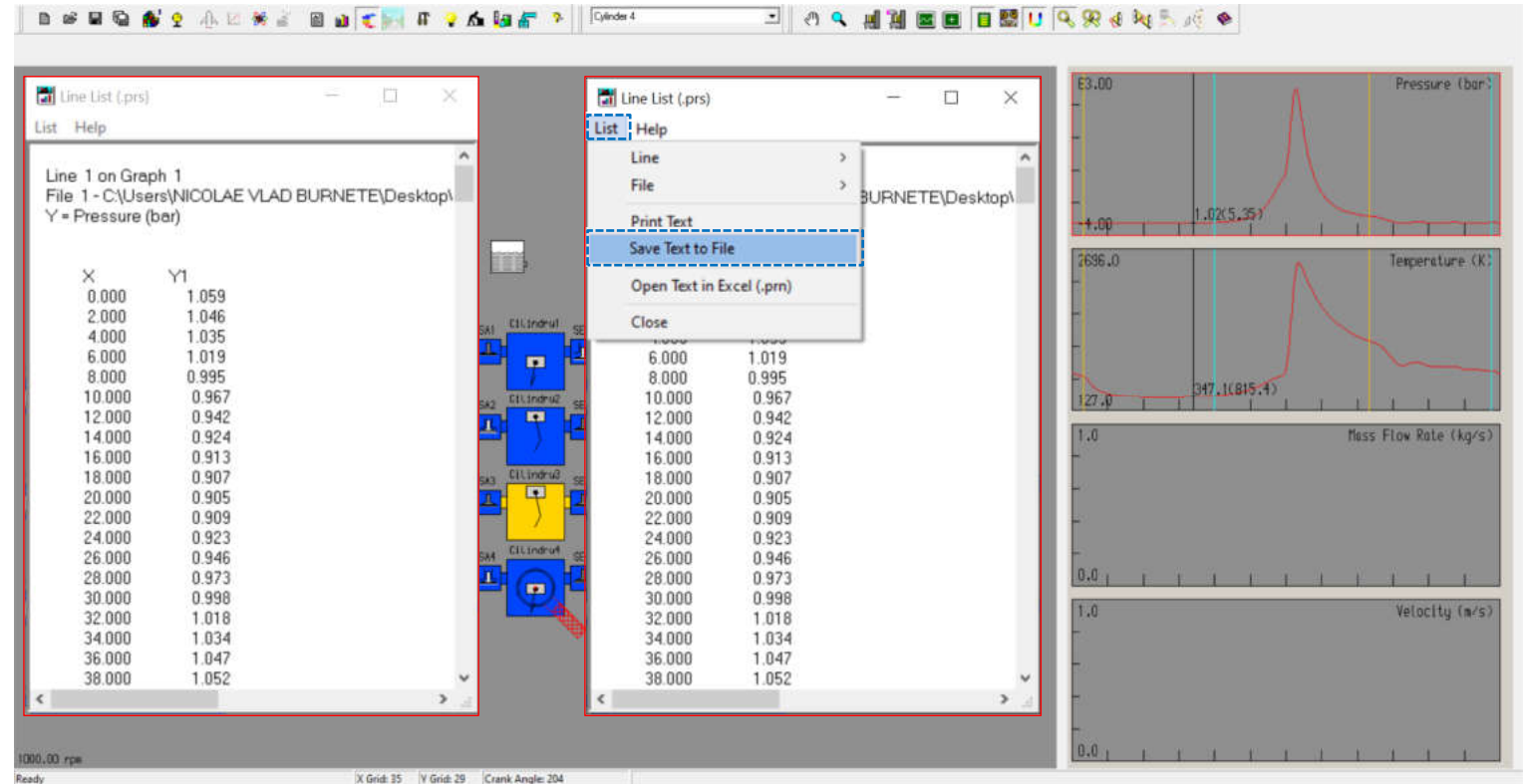


Fig. 5.64 Crearea unui model de motor policilindric – Rezultate PRS – Accesare Save Text to File

Pas 16 – Rezultate PRS – Revenire la interfața de lucru

În cazul în care se dorește revenirea la interfața de lucru, click pe **To Builder Interface** (🏠) (fig. 5.65).

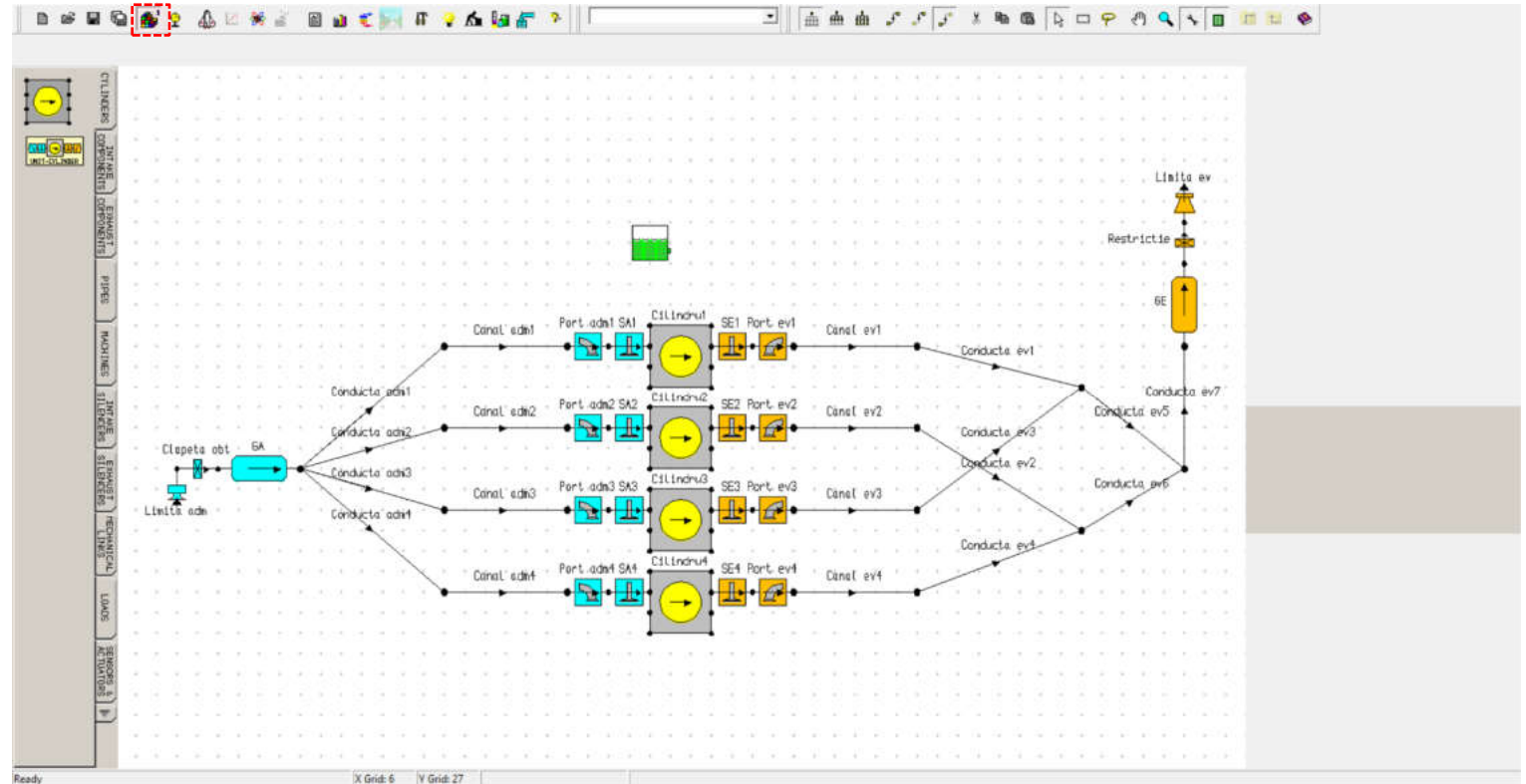


Fig. 5.65 Crearea unui model de motor policilindric – Revenire la interfața de lucru

6. Realizarea unei analize parametrice

Scop

- ▶ Realizarea unei analize parametrice pentru un motor monocilindric având conducte de admisie și de evacuare.

Obiective educaționale și de formare a competențelor specifice

- ▶ Formarea abilităților de utilizare a unor metode moderne de optimizare a motoarelor cu ardere internă.
- ▶ Însușirea de competențe avansate în procesele de modelare și simulare computerizată.

Prezentarea lucrării

Lucrarea urmărește stabilirea unor cunoștințe de bază privind analiza parametrică în scopul optimizării unui motor cu ardere internă. În acest scop utilizatorul va face uz de utilitarul **Simulation Parametric / Optimizer Tool** din programul software Lotus Engine Simulation.

Desfășurarea lucrării

Pornind de la motorul monocilindric din capitolul 4 se vor crea grupuri de elemente, care ulterior vor fi utilizate în cadrul analizei parametrice. Această analiză presupune determinarea influenței momentului de închidere al supapei de admisie (**intake valve**) asupra performanțelor motorului (**engine performance**) cu precădere asupra coeficientului de umplere. Ulterior se va realiza o analiză în care variază atât lungimea conductei de admisie cât și (**intake runner / pipe**) cât și a momentului de închidere al supapei.

6.1. Modelul final de simulare

Modelul care se va obține în urma parcurgerii pașilor din acest capitol este prezentat în figura 6.1.

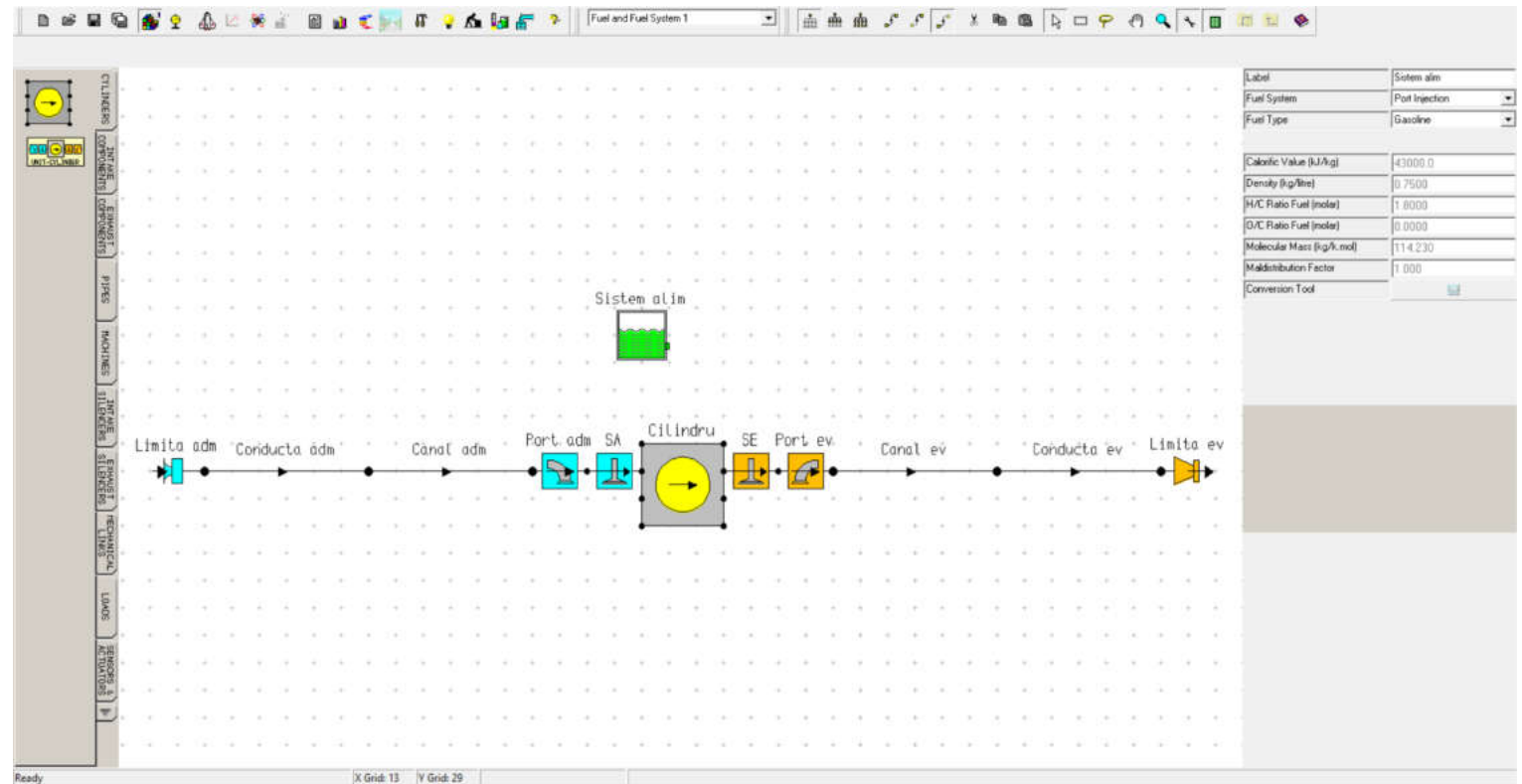


Fig. 6.1 Realizarea unei analize parametrice - Modelul final

6.2. Modelare și simulare

6.2.1. Partea motorului selectată pentru simulare

În această etapă modelul este completat cu părțile marcate cu verde, care reprezintă conducta de admisie, respectiv de evacuare (fig. 6.2). Acest lucru este necesar pentru a surprinde efectele gazodinamice din conducte (zona marcată cu galben reprezintă partea motorului de la care sa pornit). În continuare se neglijează celelalte componente, inclusiv numărul de cilindri ai motorului. Se menționează faptul că, pentru o simulare de precizie este necesară modelarea întregului sistem, deoarece apar o serie de fenomene, care nu pot fi surprinse de modelul prezentat aici.

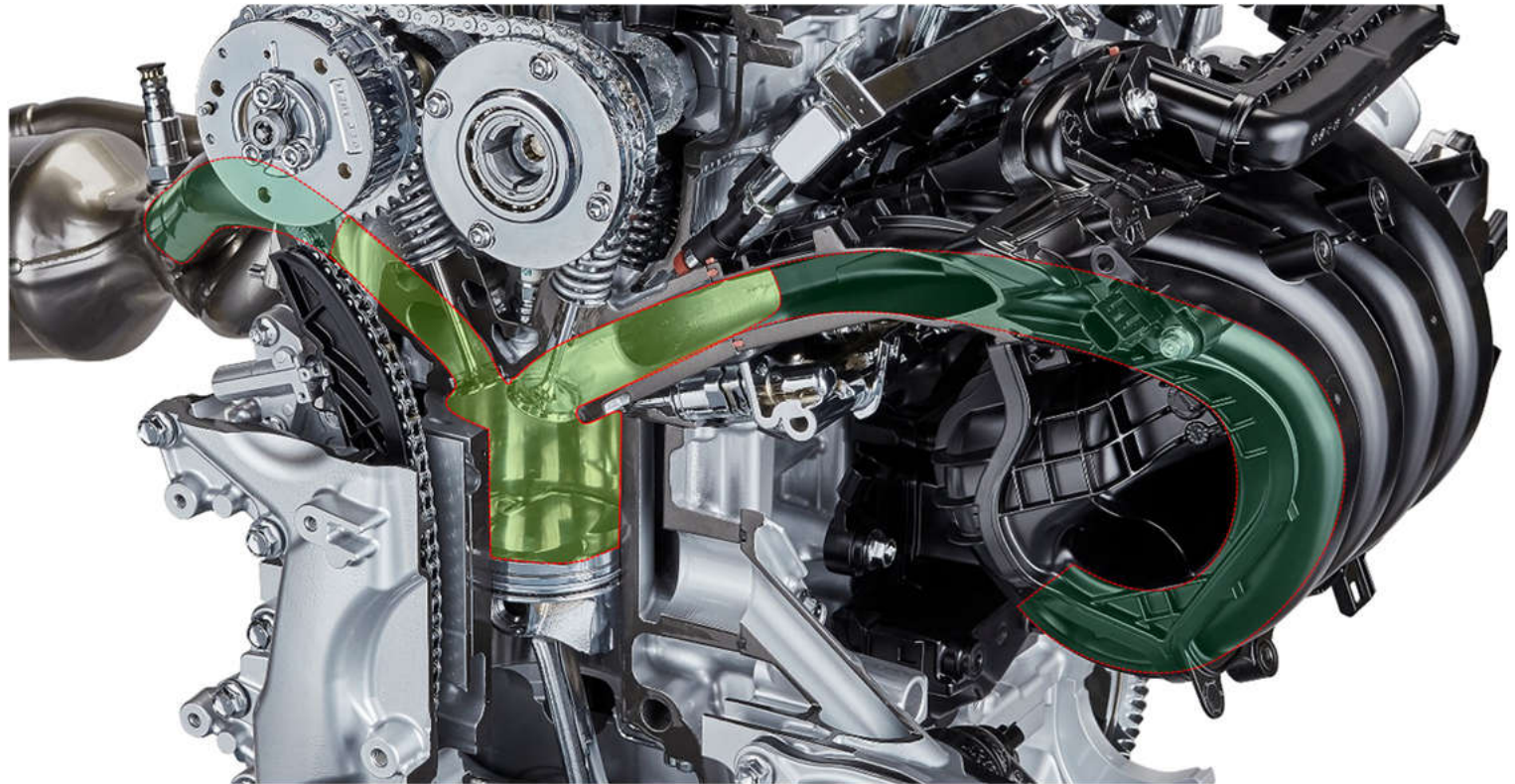


Fig. 6.2 Realizarea unei analize parametrice - Partea motorului selectată pentru simulare (adaptare după [25])

6.2.2. Elementele modelului de simulare

Pas – Modelul de lucru

Pentru realizarea studiului propus în acest capitol se va porni de la modelul dezvoltat în capitolul 4 (fig. 6.3) care poate fi copiat din modelul creat anterior sau duplicat cu ajutorul **File** → **Save As**.

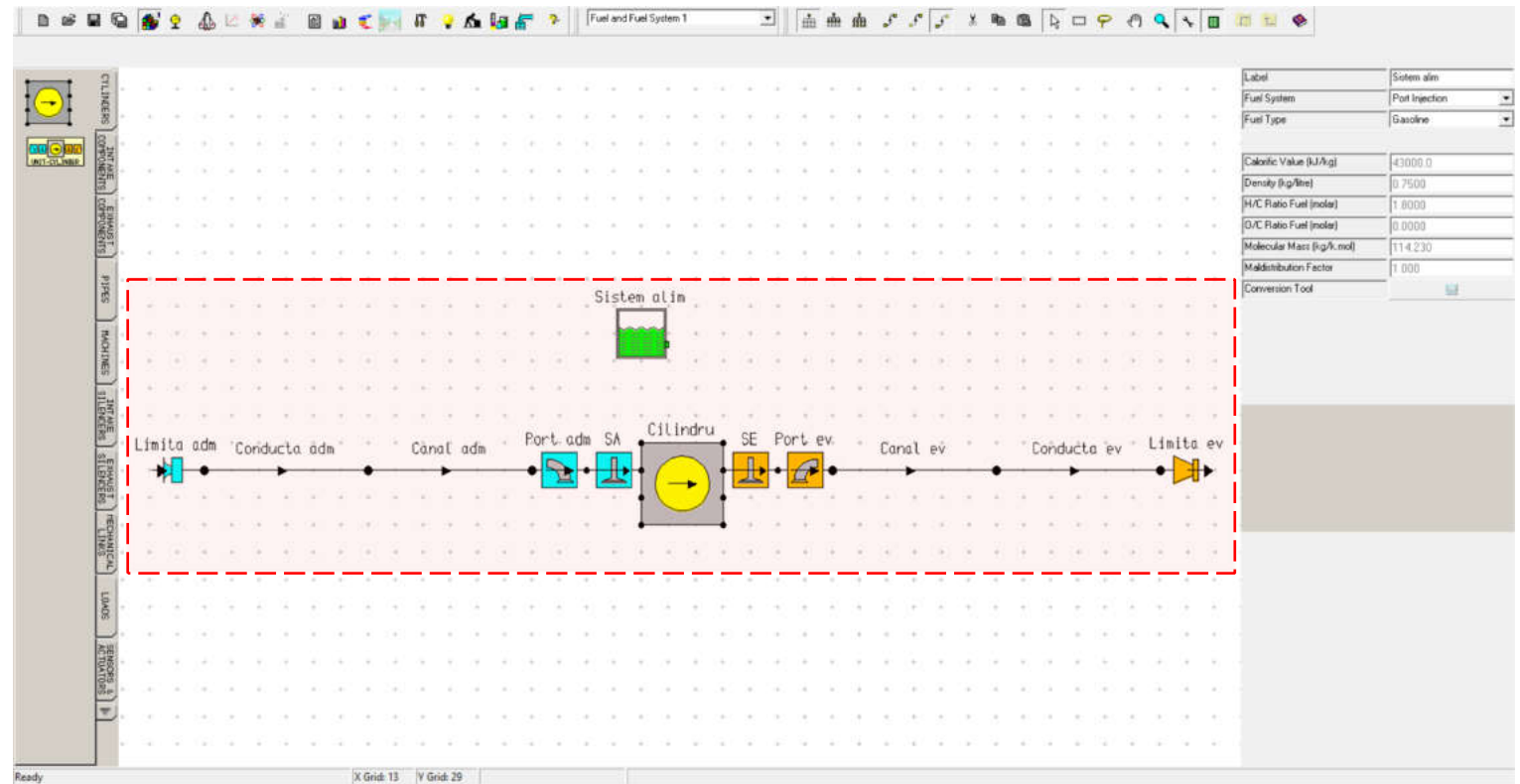


Fig. 6.3 Realizarea unei analize parametrice - Modelul de lucru

6.2.3. Definirea grupurilor

Pas 1 – Crearea grupurilor

Ca prim pas pentru realizarea unei analize parametrice (**parametric analysis**) este necesară definirea de grupuri (**groups**) de componente (fig. 6.4). În cazul de față se vor defini două astfel de grupuri:

Group	Denumire
1	Supape admisie
2	Conducta admisie

În acest scop se va accesa **Groups** → **New...**

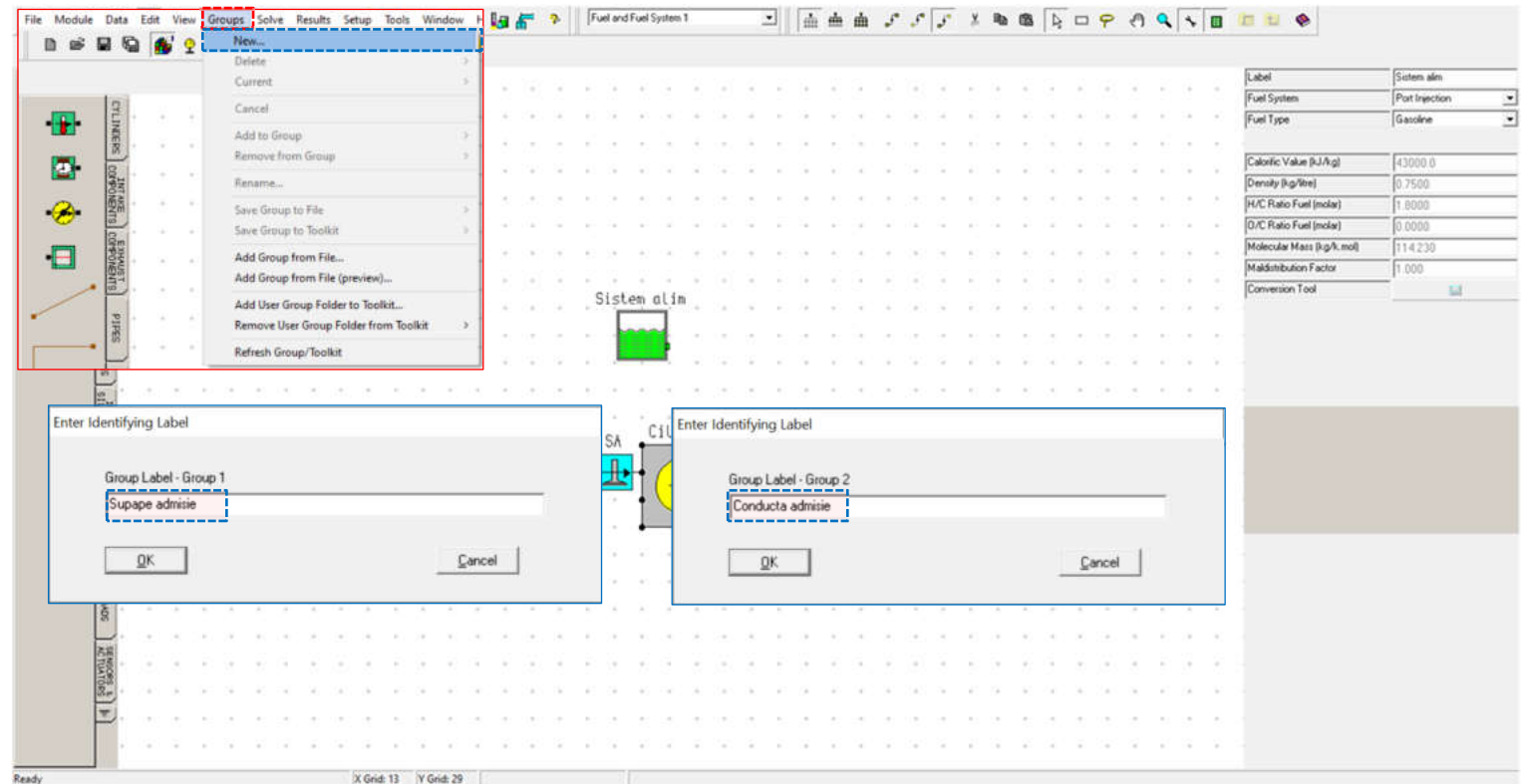


Fig. 6.4 Realizarea unei analize parametrice - Crearea grupurilor

Realizarea unei analize parametrice

Pas 2 – Adăugarea de elemente în grupuri

Pentru adăugarea în grupuri se vor selecta elementele dorite, iar apoi click pe **Groups** → **Add to Group** → ***Numele grupului** (figurile 6.5 și 6.6). Pentru analiza din acest capitol se vor adăuga în grupurile create următoarele elemente:

Element	Group
SA	Supape admisie
Conducta adm	Conducta admisie

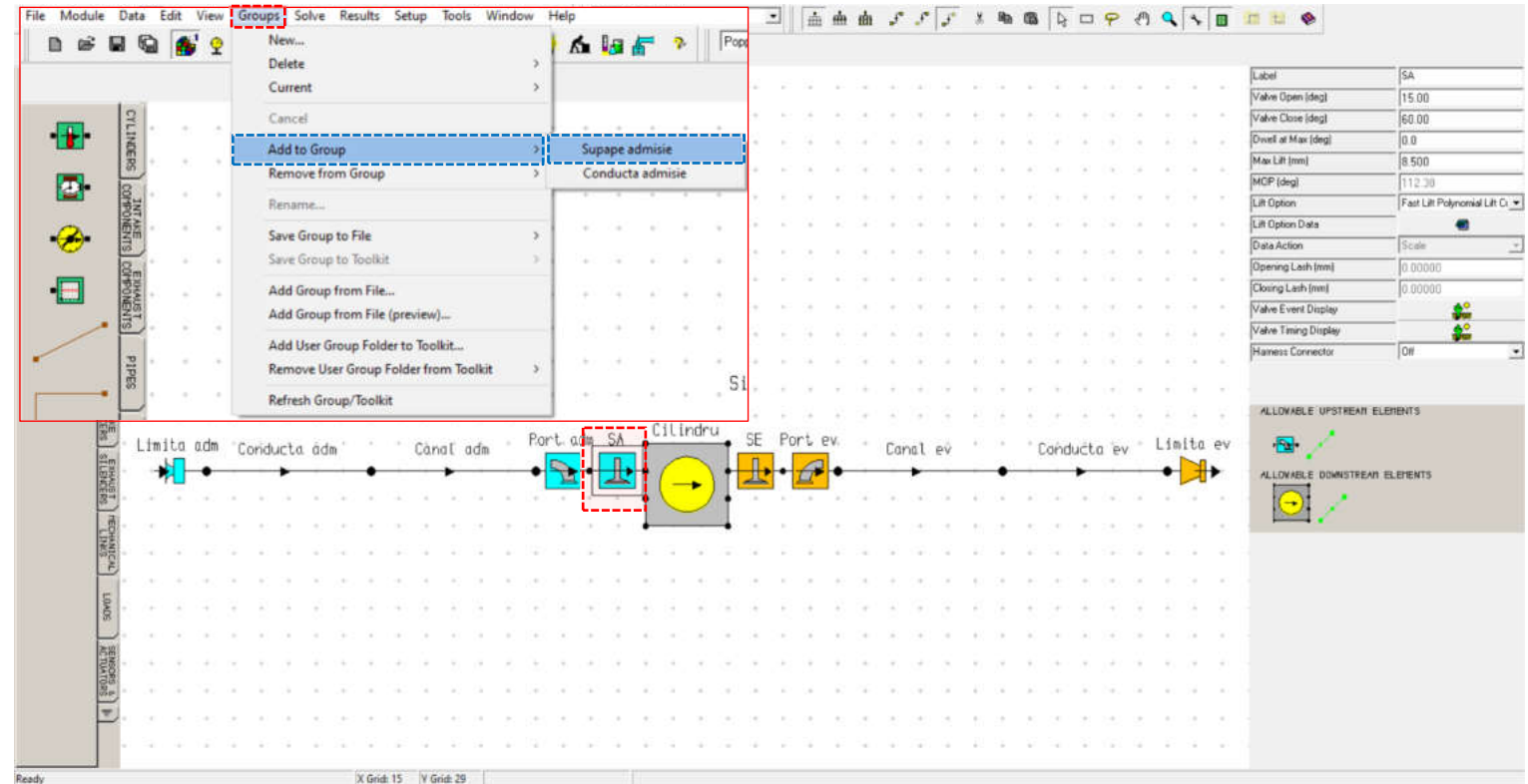


Fig. 6.5 Realizarea unei analize parametrice - Adăugarea de elemente în grupuri (Supape admisie)

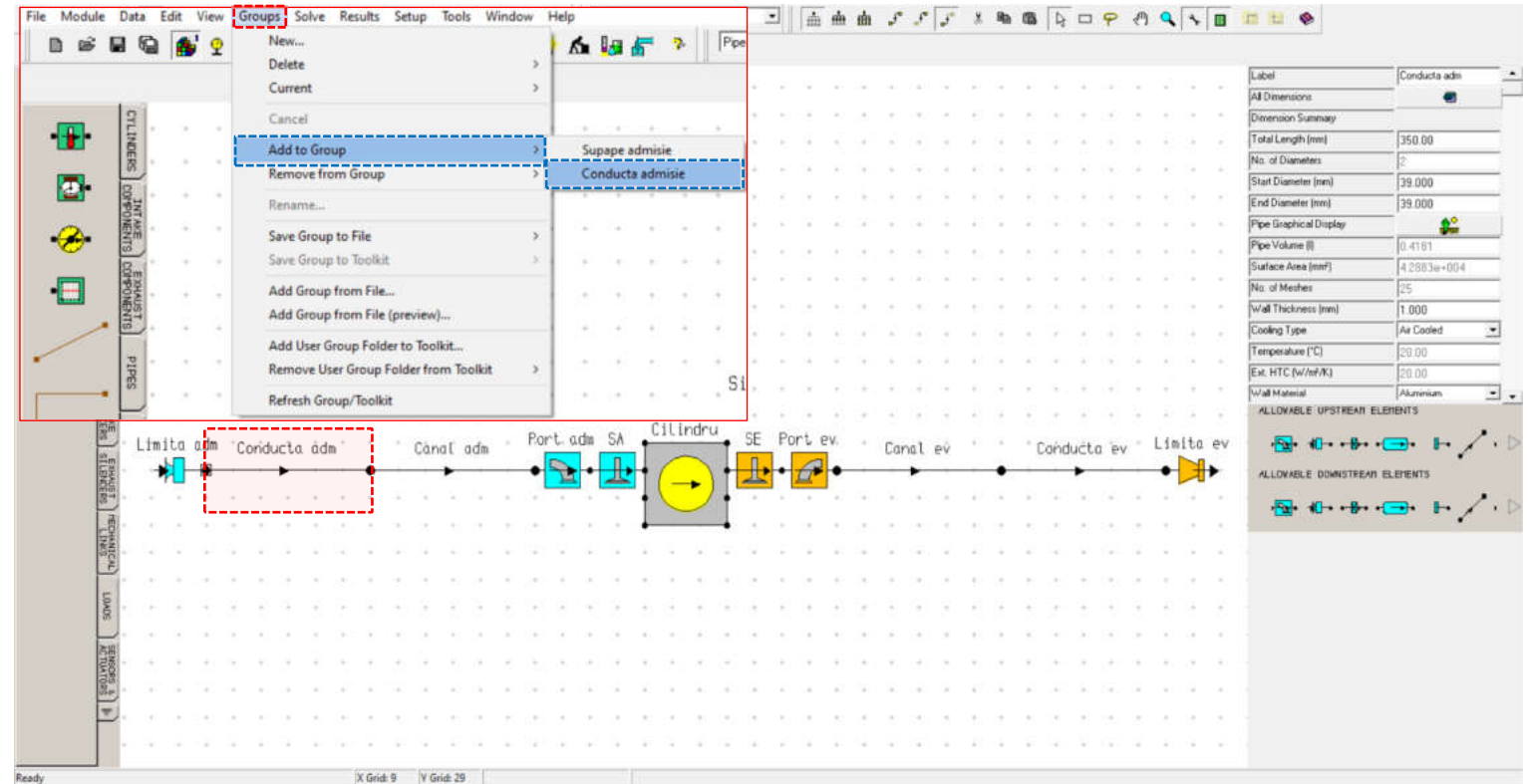


Fig. 6.6 Realizarea unei analize parametrice - Adăugarea de elemente în grupuri (Conducta admisie)

Realizarea unei analize parametrice

Pas 3 – Vizualizarea elementelor dintr-un grup

Pentru a vizualiza elementele dintr-un grup se poate accesa **Groups** → **Current** → ***Numele grupului** (figurile 6.7 și 6.8). Astfel, în interfața de lucru vor fi afișate doar acele elemente care fac parte din grupul selectat. Acest lucru îi permite utilizatorului să verifice dacă toate elementele au fost incluse în grupul corect. În figurile 6.7 și 6.8 este exemplificat modul de afișare al elementelor din cele două grupuri create anterior: **Supape de admisie**, respectiv **Conducta de admisie**. Pentru a reveni la afișarea tuturor elementelor, click pe **Groups** → **Cancel** (Grupuri → Anulare).

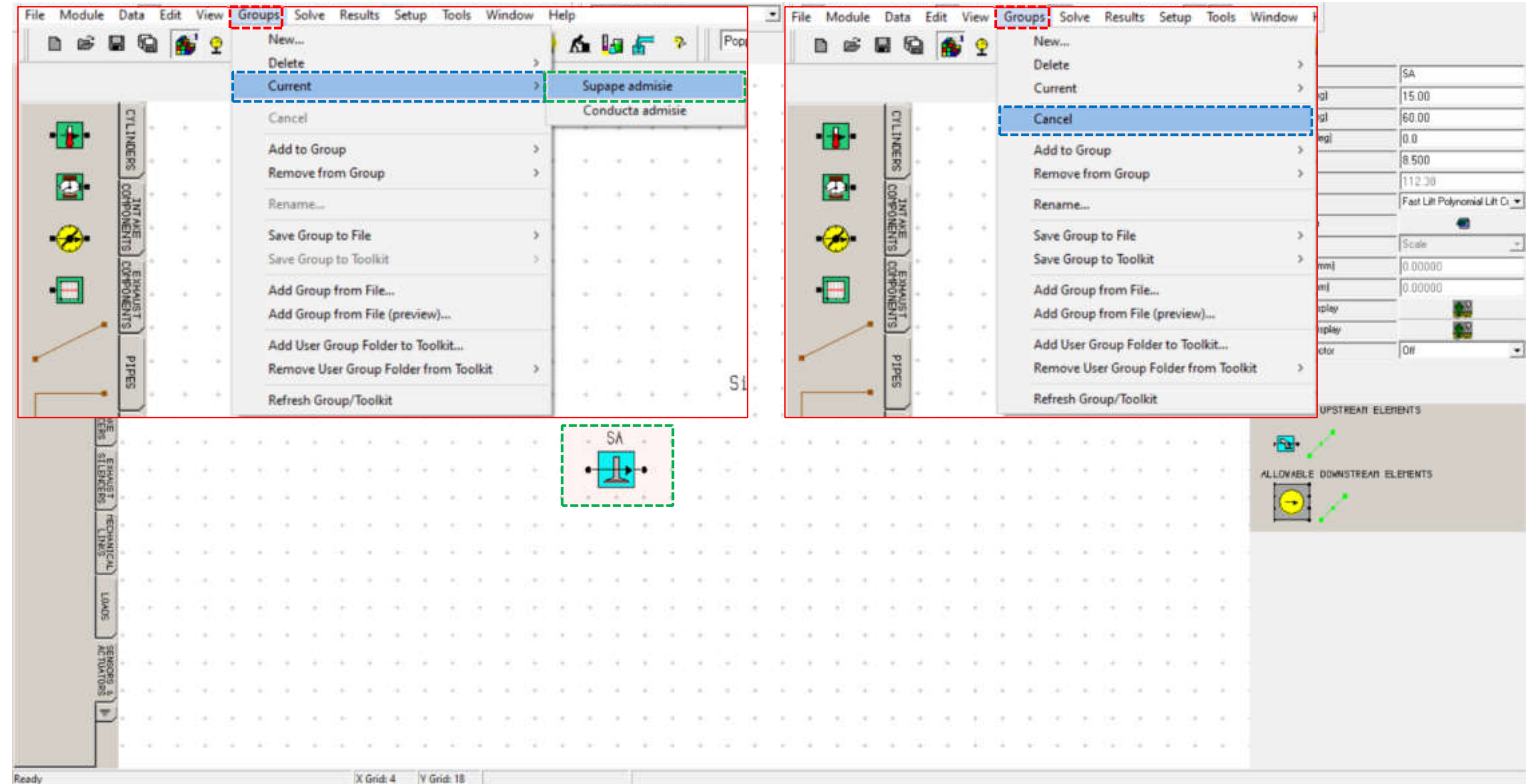


Fig. 6.7 Realizarea unei analize parametrice - Vizualizarea elementelor dintr-un grup (Supape admisie)

Realizarea unei analize parametrice

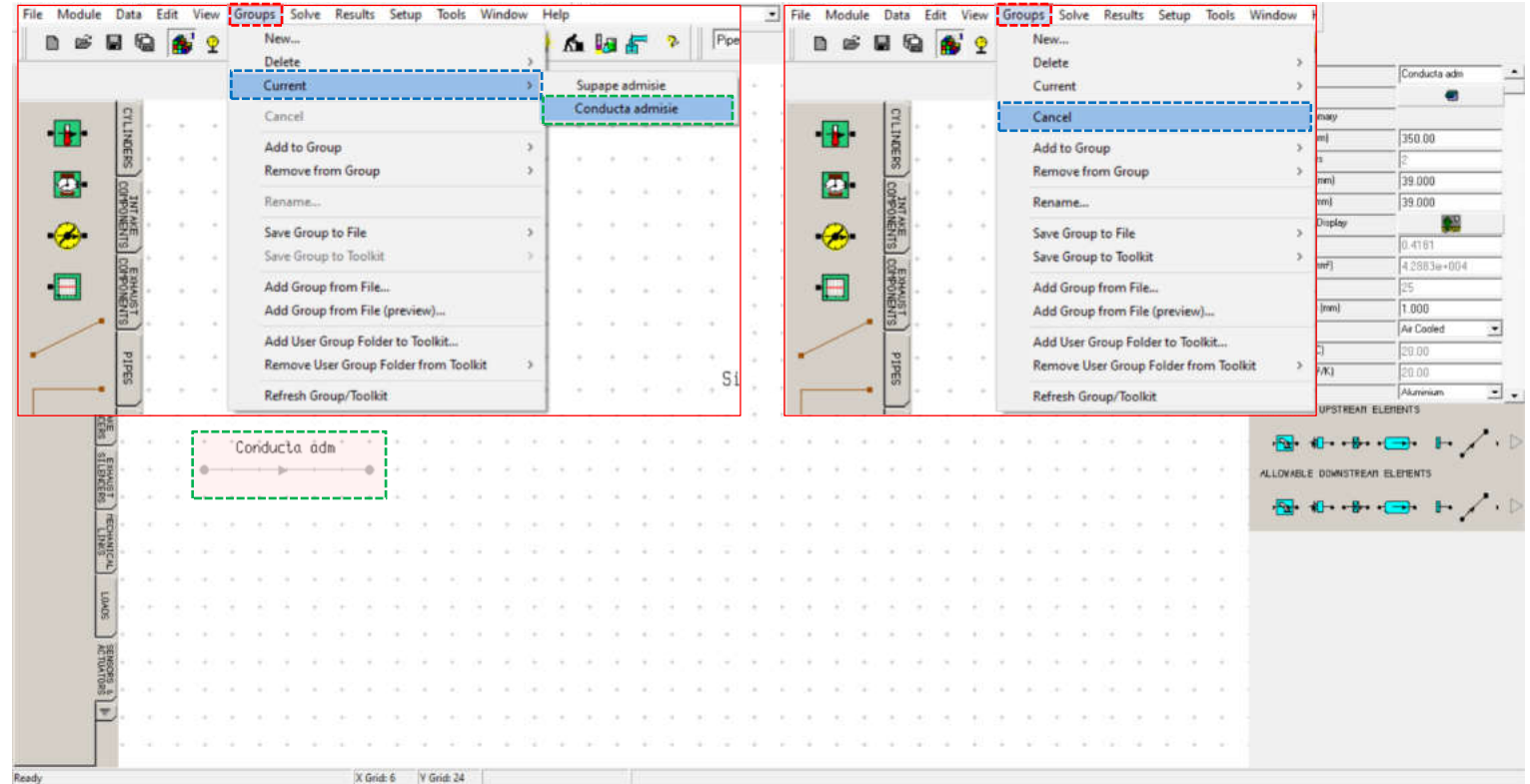


Fig. 6.8 Realizarea unei analize parametrice - Vizualizarea elementelor dintr-un grup (Conducta admisie)

6.2.4. Definirea și modificarea condițiilor de simulare

După crearea modelului și definirea tuturor elementelor componente este necesară definirea condițiilor de simulare (**test conditions**). În continuare se prezintă pașii de urmat pentru definirea acestora.

Pas 1 – Steady State Test Data Wizard

În cazul de față se va opta pentru o definire rapidă a condițiilor de simulare cu ajutorul utilizatorului **Steady State Create Wizard**, care accesează din bara de meniu **Data** → **Test Conditions** → **Steady State Create Wizard** (fig. 6.9).

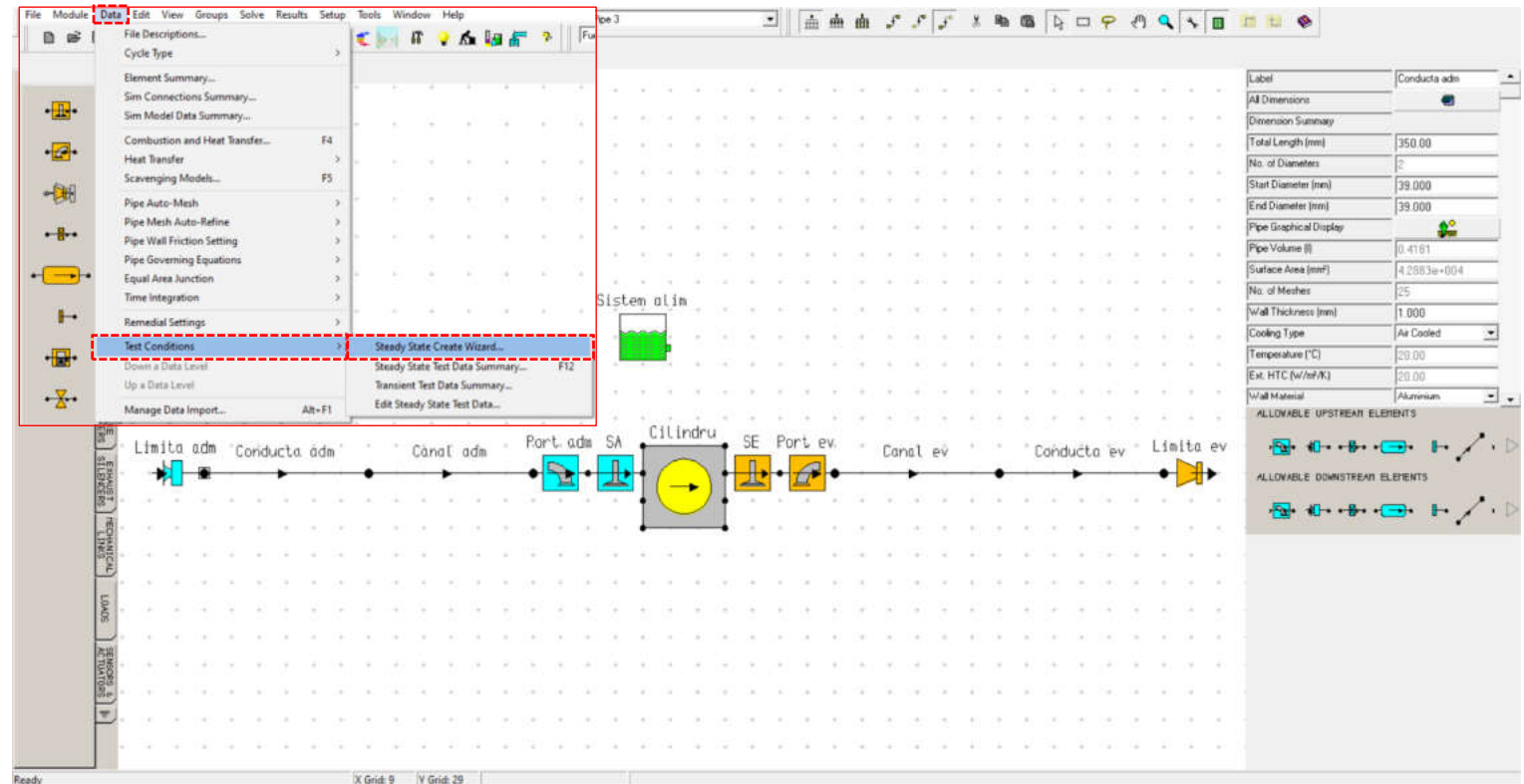


Fig. 6.9 Realizarea unei analize parametrice - Accesare Steady State Test Data Wizard

Pas 2 – Generare cazuri de testare

După accesarea **Steady State Create Wizard** se deschide o fereastră de lucru în care se alege opțiunea **By No. of Tests** (fig. 6.10), iar apoi se introduc datele necesare pentru crearea cazurilor de testare:

Denumire		Valoare U.M.	
ro	en		
Numărul de teste	Number of Tests	13	-
Turația minimă	Minimum Speed	1000	min ⁻¹
Turația maximă	Maximum Speed	7000	min ⁻¹
Presiunea ambientală (absolută)	Ambient Air Pressure (absolute)	1	bar
Temperatura ambientală	Ambient Air Temperature	20	°C
Presiunea la limita de admisie (absolută)	Inlet Pressure (absolute)	1	bar
Temperatura de admisie	Inlet Temperature	20	°C
Presiunea la limita de evacuare (absolută)	Exit Pressure (absolute)	1.1	bar
Raportul de echivalență	Equivalence Ratio	1.1	-
Umiditatea specifică	Specific Humidity	0	kg/kg

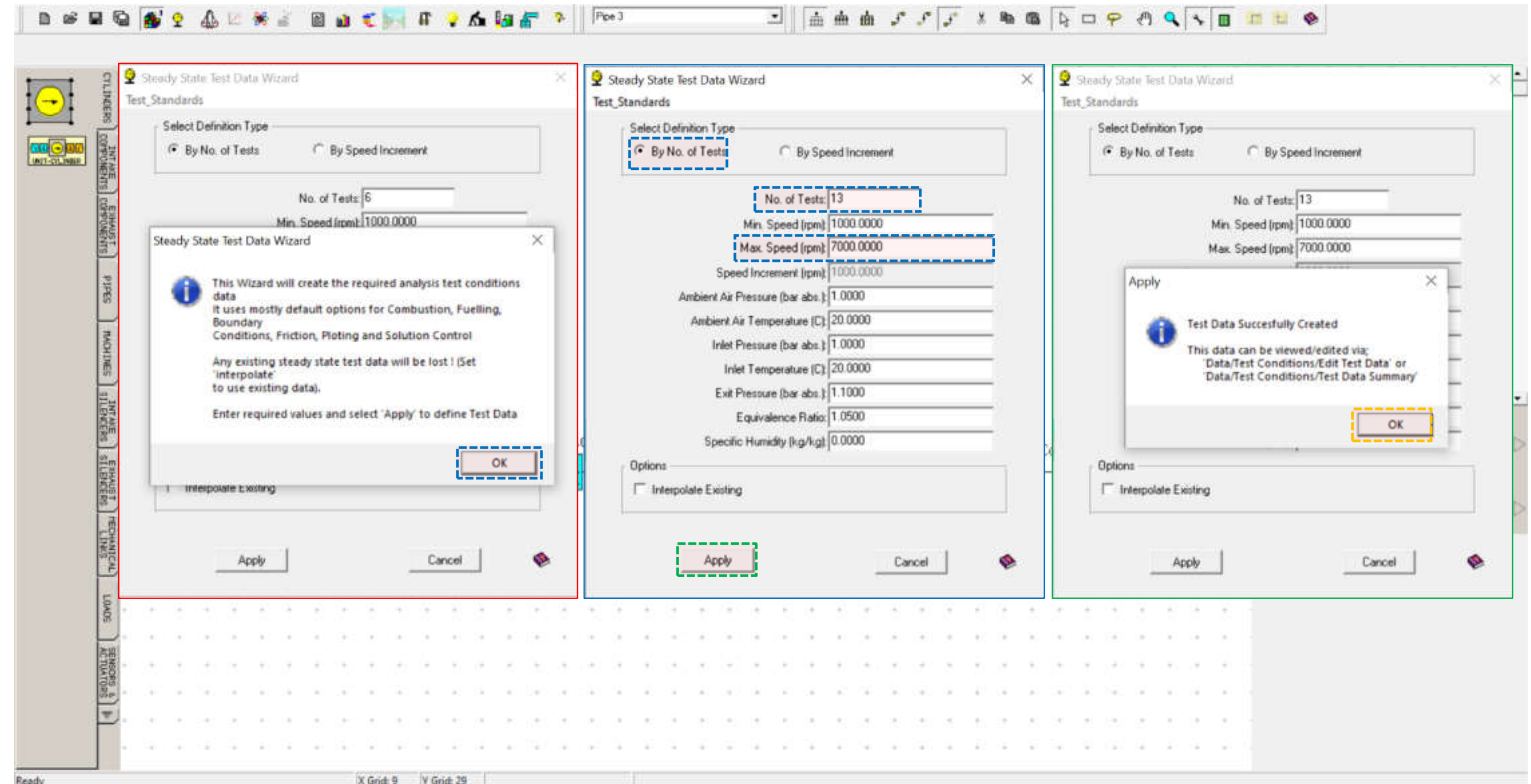


Fig. 6.10 Realizarea unei analize parametrice – Generare cazuri de testare

Pas 3 – Condițiile de testare – Test Points

După definirea cazurilor de testare se va accesa **Steady State Test Data** (fig. 6.11) pentru a verifica datele introduse. La categoria **Test Points** se observă faptul că există un număr de 13 cazuri (**test points**) cu turația variind de la 1000 la 7000 rpm. Totodată, toate cazurile sunt active pentru calcul (**solve-on**).

Test Point	Speed (rpm)	Solve	Label	Case Type	Load Finder Units	Load Finder Value	Control Group	Control Variable	Upper Bound	Lower Bound	No of Cycles(1)	No of Cycles(2)
1	1000	On	Load Case 1 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
2	1500	On	Load Case 2 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
3	2000	On	Load Case 3 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
4	2500	On	Load Case 4 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
5	3000	On	Load Case 5 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
6	3500	On	Load Case 6 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
7	4000	On	Load Case 7 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
8	4500	On	Load Case 8 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
9	5000	On	Load Case 9 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
10	5500	On	Load Case 10 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
11	6000	On	Load Case 11 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
12	6500	On	Load Case 12 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
13	7000	On	Load Case 13 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								

Fig. 6.11 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare condiții de testare – Test Points

Pas 4 – Condițiile de testare – Heat - Phase

În secțiunea **Heat Phase** (faza arderii) se observă (fig. 6.12) faptul că poziția în ciclu a procesului de ardere (**phase option**) este stabilită pe baza modului implicit de determinare a acesteia (**default heat release phase**). Mai multe detalii cu privire la acest aspect sunt prezentate în capitolul 2.

Test Point	Speed (rpm)	Phase Option	Cylinder Data	Cylinder No.	Phase angle (deg)	Pmax (bar-abs)
2	1500	Default Heat Release Phase	Common	All		
3	2000	Default Heat Release Phase	Common	All		
4	2500	Default Heat Release Phase	Common	All		
5	3000	Default Heat Release Phase	Common	All		
6	3500	Default Heat Release Phase	Common	All		
7	4000	Default Heat Release Phase	Common	All		
8	4500	Default Heat Release Phase	Common	All		
9	5000	Default Heat Release Phase	Common	All		
10	5500	Default Heat Release Phase	Common	All		
11	6000	Default Heat Release Phase	Common	All		
12	6500	Default Heat Release Phase	Common	All		
13	7000	Default Heat Release Phase	Common	All		

Fig. 6.12 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare condiții de testare – Heat - Phase

Pas 5 – Condițiile de testare – Heat - Period

În secțiunea **Heat Period** (durata arderii) se observă (fig. 6.13) faptul că durata procesului de ardere (**period option**) este stabilită pe baza modului implicit de determinare a acesteia (**default combustion duration**). Mai multe detalii cu privire la acest aspect sunt prezentate în capitolul 2.

Test Point	Speed (rpm)	Period Option	Cylinder Data	Cylinder No.	Release Period (deg)	No. of Points	List Data	Angle (deg)	Mass Fraction (0-1)
1	1000	Default Combustion Duration	Common	All					
2	1500	Default Combustion Duration	Common	All					
3	2000	Default Combustion Duration	Common	All					
4	2500	Default Combustion Duration	Common	All					
5	3000	Default Combustion Duration	Common	All					
6	3500	Default Combustion Duration	Common	All					
7	4000	Default Combustion Duration	Common	All					
8	4500	Default Combustion Duration	Common	All					
9	5000	Default Combustion Duration	Common	All					
10	5500	Default Combustion Duration	Common	All					
11	6000	Default Combustion Duration	Common	All					
12	6500	Default Combustion Duration	Common	All					
13	7000	Default Combustion Duration	Common	All					

Fig. 6.13 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare condiții de testare – Heat - Period

Realizarea unei analize parametrice

Pas 6 – Condițiile de testare – Fueling

În secțiunea **Fueling** (alimentare cu combustibil) se pot observa următoarele aspecte (fig. 6.14):

Denumire		
ro		en
Modul de caracterizare a procesului de ardere	Combustion Option	
Eficiența procesului de ardere	Combustion Efficiency	
Modul de caracterizare a alimentării cu combustibil	Fuelling Option	
Datele cilindrului	Cylinder Data	
Numărul cilindrului	Cylinder Number	
Raportul aer-combustibil al amestecului reținut în cilindru	Trapped Air Fuel Ratio	
Raportul de echivalență	Equivalence Ratio	
Debitul de combustibil (mm ³ /inj)	Fueling Rate (mm³/inj)	

Test Point	Speed (rpm)	Combustion Option	Combustion Efficiency (0-1)	Maldistribution Factor	Fuelling Option	Cylinder Data	Cylinder No.	Trapped Air Fuel Ratio	Equivalence Ratio	Fueling Rate (mm ³ /inj)
1	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
2				0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
3				0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
4				0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
5				0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
6				0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
7	4000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
8	4500	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
9	5000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
10	5500	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
11	6000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
12	6500	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
13	7000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	

Fig. 6.14 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare condiții de testare – Fueling

La nevoie, dacă este necesară modificarea vreunui din parametri (spre exemplu **fueling option**) cu aceeași valoare/opțiune pentru toate cazurile, se va modifica valoarea/opțiunea la unul din cazuri, iar apoi, prin click pe numărul cazului (fig. 6.14) se va selecta opțiunea **Copy this Tests Fueling Data to All Tests** (copiază caracteristicile alimentării cu combustibil ale acestui caz și pentru celelalte cazuri).

Realizarea unei analize parametrice

Pas 7 – Condițiile de testare – Boundary Conditions

În secțiunea **Boundary Conditions** (condiții la limită) se pot observa următoarele aspecte:

Denumire	
ro	en
Modul de caracterizare a umidității	Humidity Option
Umiditatea specifică (kg/kg)	Specific Humidity (kg/kg)
Umiditatea relativă	Relative Humidity
Presiunea absolută a aerului ambiental (bar)	Ambient Air Pressure (bar) - absolute
Temperatura aerului ambiental (°C)	Ambient Air Temperature (°C)
Numărul limitei de admisie	Inlet Number
Presiunea absolută la limita de admisie (bar)	Inlet Boundary Pressure (bar) - absolute
Temperatura la limita de admisie (°C)	Inlet Boundary Temperature (°C)
Numărul limitei de evacuare	Exit Number
Presiunea absolută la limita de evacuare (bar)	Exit Boundary Pressure (bar) - absolute
Modul de inițializare al temperaturii pe evacuare	Exit Temperature Initialisation
Temperatura la limita de evacuare (°C)	Exit Boundary Temperature (°C)

Test Point	Speed (rpm)	Humidity Option	Specific Humidity (kg/kg)	Relative Humidity (0-1)	Ambient Air Pressure (bar-abs)	Ambient Air Temperature (C)	Inlet No.	Inlet Boundary Pressure (bar-abs)	Inlet Boundary Temperature (C)	Exit No.	Exit Boundary Pressure (bar-abs)	Exit Temp Initialisation	Exit Boundary Temperature (C)
1	1000	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
2	1500	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
3	2000	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
4	2500	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
5	3000	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
6	3500	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
7	4000	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
8	4500	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
9	5000	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
10	5500	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
11	6000	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
12	6500	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	
13	7000	Relative Humidity (0-1)	0.0043993	0.3000000	1.00000	20.00	1	1.00000	20.00	1	1.10000	Use Cyl 1 at EVO	

Fig. 6.15 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare condiții de testare – Boundary conditions

La nevoie, dacă este necesară modificarea vreunui din parametri (spre exemplu **humidity option**) cu aceeași valoare/opțiune pentru toate cazurile, se va modifica valoarea/opțiunea la unul din cazuri, iar apoi, prin click pe numărul cazului (fig. 6.15) se va selecta opțiunea **Copy this Tests Boundary Data to All Tests** (copiază condițiile la limită ale acestui caz și pentru celelalte cazuri).

Pas 8 – Condițiile de testare – Friction

În secțiunea **Friction** („pierderi” prin frecare) este specificat modelul de calcul al pierderilor prin frecare (fig. 6.16), respectiv **H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model** (modelul de calcul al pierderilor prin frecare într-un motor pe benzină al lui H.B. Moss).

Test Point	Speed (rpm)	Friction Option	Cylinder Data	Cylinder No.	FMEP (bar)	Efficiency (0-1)	Main Bearing Type	No. of Mains	Main Dia. (mm)	Main Brg. Length (mm)	Crankpin 1
1	1000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
2	1500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
3	2000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
4	2500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
5	3000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
6	3500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
7	4000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
8	4500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
9	5000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
10	5500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
11	6000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
12	6500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
13	7000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							

Fig. 6.16 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare condiții de testare – Friction

Realizarea unei analize parametrice

Pas 9 – Condițiile de testare – Solution

În secțiunea **Solution** (soluție) se pot defini următoarele aspecte (fig. 6.17):

Denumire	
ro	en
Modul de determinare a pasului de calcul	Step Size Option
Supapele de admisie și evacuare deschise simultan	Inlet + Exhaust Open
Supapele de admisie sau de evacuare deschise	Inlet or Exhaust Open
Toate supapele închise	All Valves Closed
Limita de cicluri	Cycle Limits
Numărul de cicluri parcurs înainte de verificarea convergenței	Before Convergence Check
Numărul maxim de cicluri parcurse (dacă nu s-a atins convergența)	Maximum Number for Simulation
Numărul ciclului de la care începe scrierea rezultatelor	From which Results are Written

Test Point	Speed (rpm)	Step Size Option	Inlet + Exhaust Open	Inlet or Exhaust Open	All Valves Closed	Cycle Limits	Before Convergence Check	Max No for Simulation	From which Results are Written
1	1000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
2	1500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
3	2000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
4	2500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
5	3000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
6	3500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
7	4000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
8	4500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
9	5000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10

Fig. 6.17 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare condiții de testare – Solution

În cazul de față valorile utilizate sunt cele implicite.

Pas 10 – Condițiile de testare – Plotting

În secțiunea **Plotting** (trasare a graficelor) se precizează informațiile care vor fi înregistrate de program (în fișierele de tip PRS) pentru a putea fi vizualizate de către utilizator (fig. 6.18). În acest caz, la **Plotting Option** se va alege **User Defined Plotting Options**. Apoi, pentru **Cylinder Options** se va alege opțiunea **Cylinder + Gas Stored** pentru toate cazurile de testare.

Denumire	
ro	en

Modul de definire a opțiunilor de înregistrare **Plotting Option** a datelor pentru grafice

Opțiuni cilindru	Cylinder Options
Opțiuni volum	Plenum Options
Opțiuni conductă	Pipe Options
Opțiuni curgere	Flow Options
Opțiuni turbină	Turbine Options

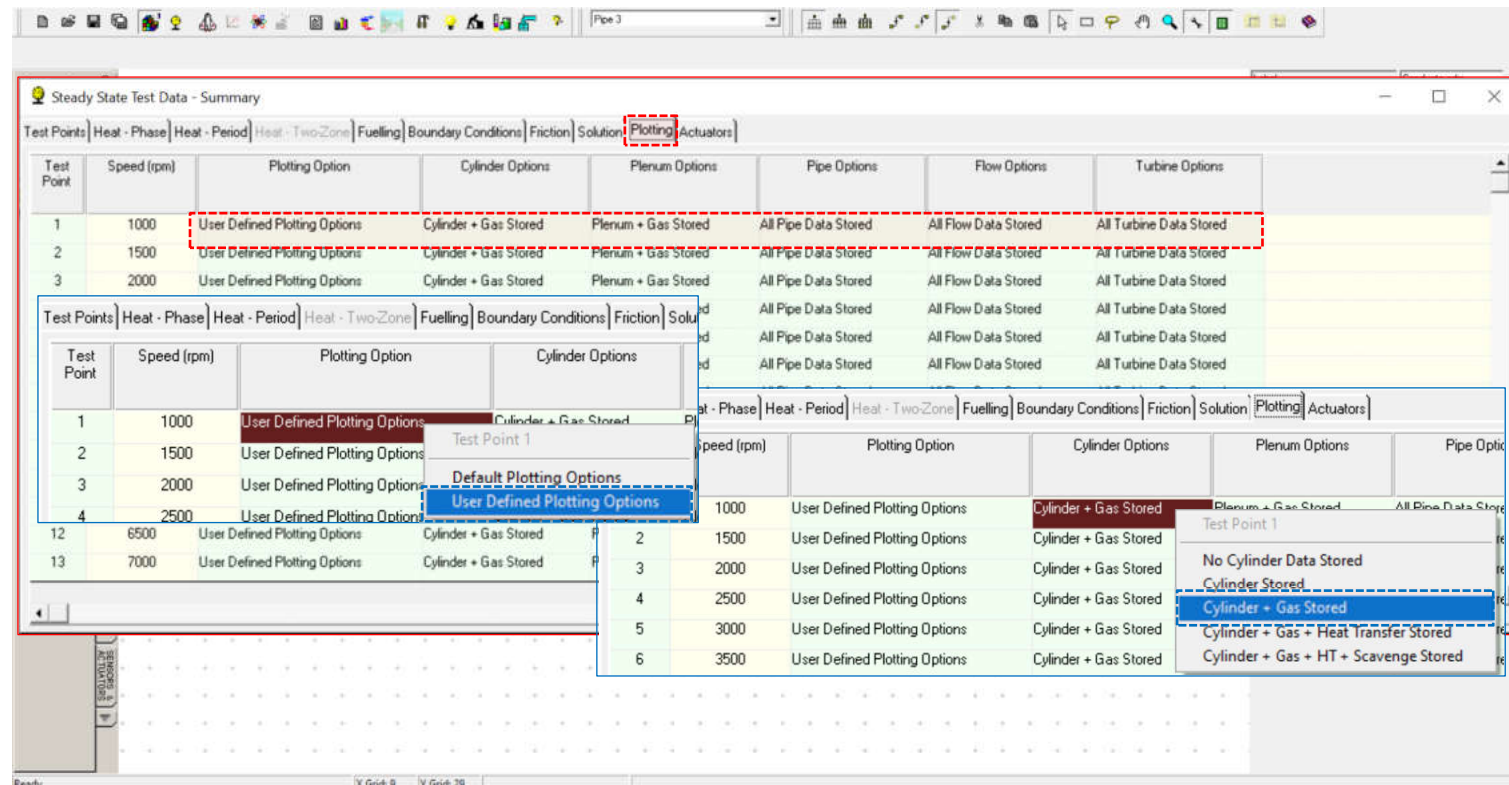


Fig. 6.18 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare condiții de testare – Plotting

Pas 11 – Condițiile de testare – Actuators

În secțiunea **Actuators** (actuatori) se poate observa faptul că nu există niciun caz (fig. 6.19). Motivul este acela că, în modelul creat, nu au fost introduse elemente de tip **Actuator**, acest lucru urmând a se realiza într-un capitol viitor.

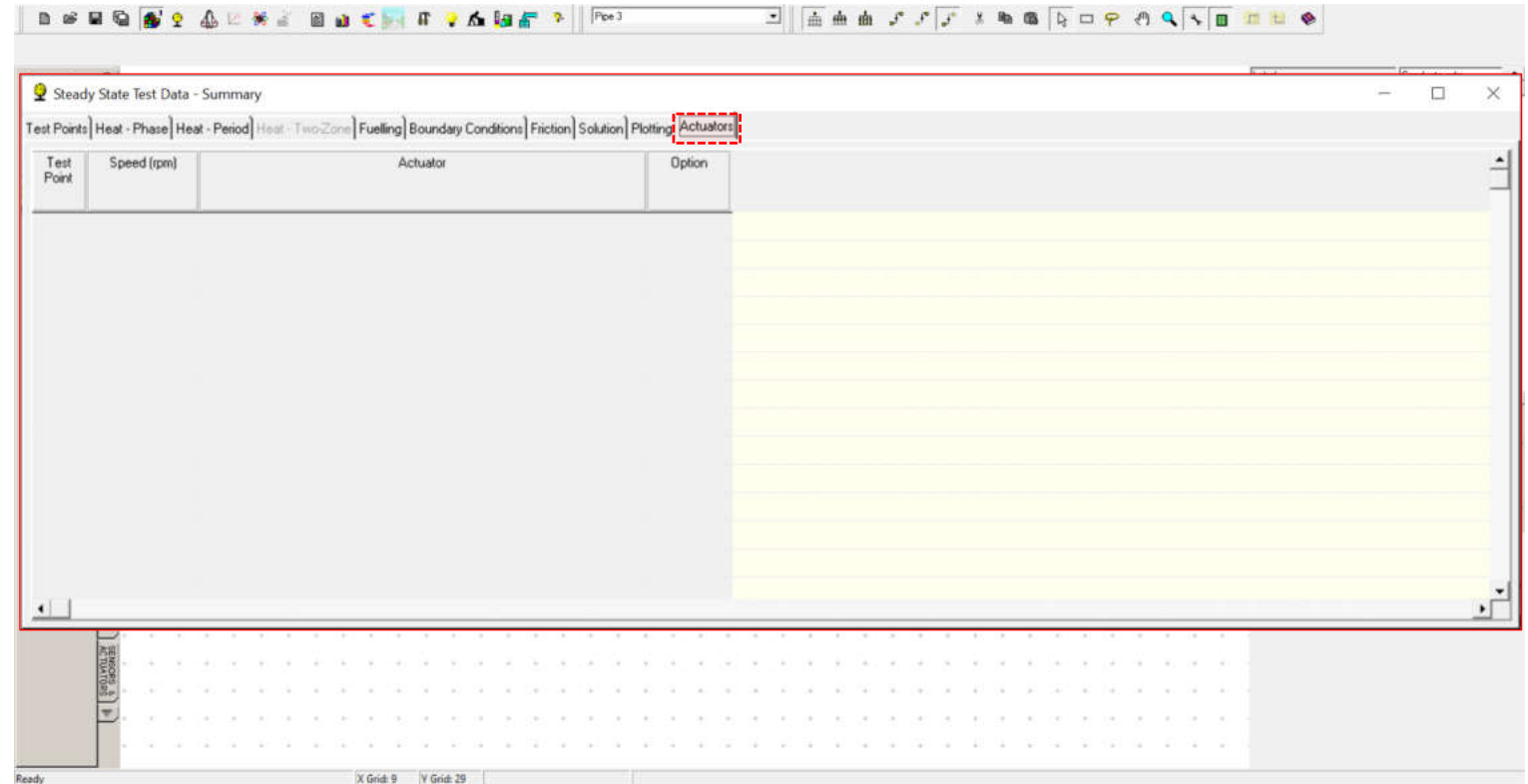



Fig. 6.19 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare condiții de testare – Actuators

6.2.5. Verificarea modelului

După ce s-au parcurs toți pașii necesari creării modelului și definirii cazurilor de testare este deosebit de importantă verificarea corectitudinii datelor introduse, respectiv a modelului în ansamblu. În acest scop, se accesează **Data-Checking Wizard** din **Tools** → **Data-check Wizard** sau prin click pe .

Pas 1 – Verificare model

Accesând **Data-Checking Wizard** se deschide o nouă fereastră (fig. 6.20) în care este prezentat rezultatul verificărilor automate (din punct de vedere al calității și cantității) pentru următoarele categorii:

Denumire	
ro	en
Senzori și actuatori	Sensors and Actuators
Rețea	Network Builder
Condiții de testare	Test Conditions
Reflecții	Reflections
Legături	Links
Conexiuni	Connections
Orificii și supape	Ports and Valves
Baleiaj	Scavenging
Ardere și schimb de căldură	Combustion and Heat Transfer
Combustibil și sistem de alimentare	Fuel and Fuels System
Motor de bază	Base Engine

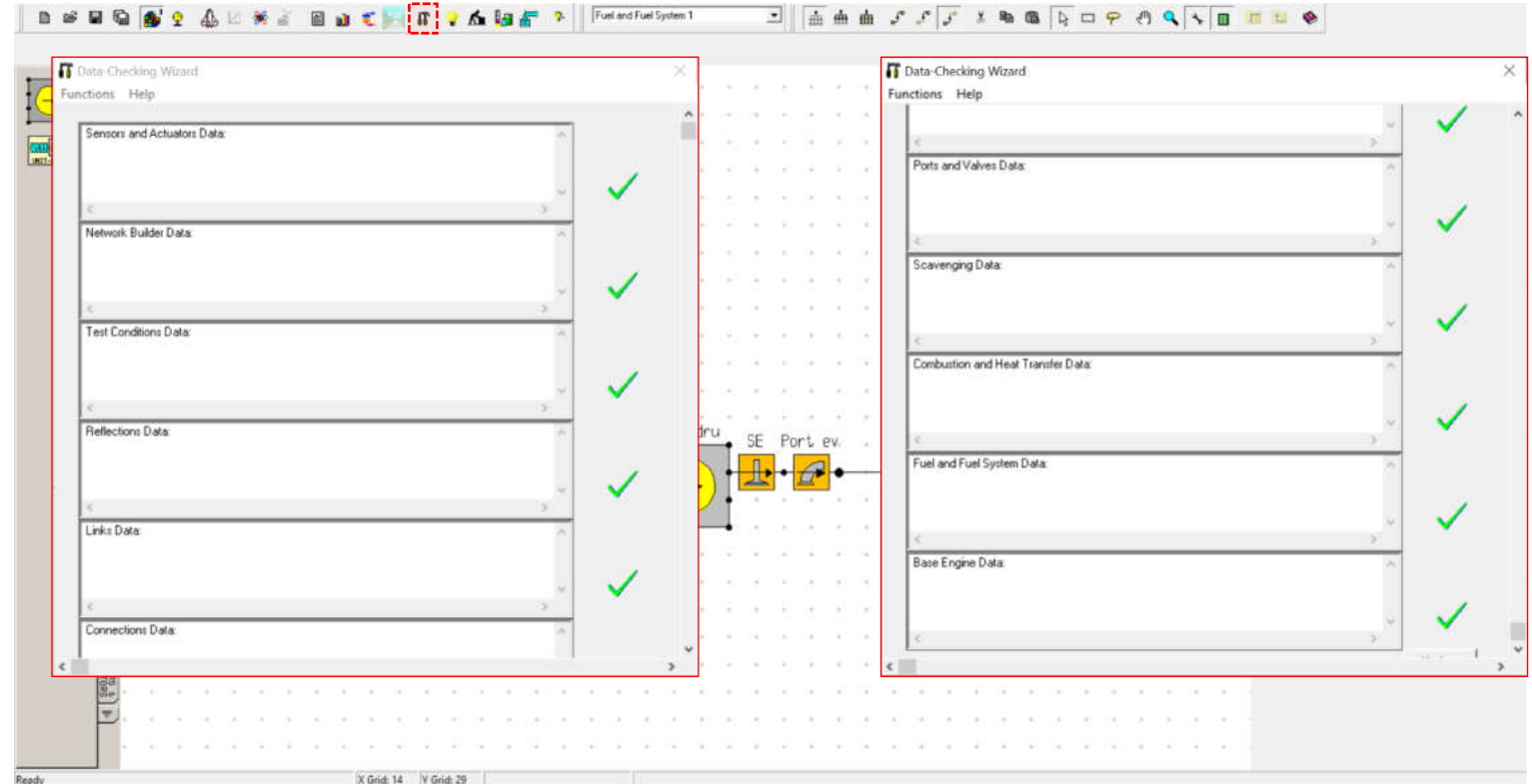


Fig. 6.20 Realizarea unei analize parametrice – Accesare Data-Checking Wizard

Realizarea unei analize parametrice

În funcție de rezultatul verificărilor, în dreptul unei categorii pot să apară următoarele simboluri:



Pass

Promovat – valorile (**data value**) introduse au trecut toate testele de verificare.



Warning

Avertisment – mesajele de avertizare apar atunci când o valoare (**data value**) sau un tip de dată (**data type**) este incorectă sau nu a fost setată și, în anumite scenarii, este posibil să nu fie utilizată, motiv pentru care acest lucru ar putea fi acceptabil.

Exemplu: deoarece într-un câmp utilizatorul nu a introdus date, valoarea respectivă este considerată ca fiind nulă.



Comment

Comentariu – comentariile apar atunci când o valoare (**data value**) este în afara intervalului normal de valori (definit prin valori minime și maxime – doar acolo unde este aplicabil).



Error

Eroare – în acest caz utilizatorul consideră că o valoare (**data value**) introdusă de către utilizator este greșită, indiferent de scenariul aplicat.

Exemplu: neintroducerea unei valori într-un câmp care este obligatoriu, respectiv introducerea unei valori greșite, negative sau în afara intervalului de valori.

ATENȚIE! Așa cum s-a menționat anterior, programul efectuează verificări doar din punct de vedere al calității și cantității, însă *utilizatorul este responsabil să se asigure că datele corespund sistemului analizat.*

Pas 2 – Corectare erori/Reverificare

Pentru corectarea aspectelor problematice (spre exemplu valoarea umidității specifice – fig. 6.21) se accesează **Data** → **Test Conditions** → **Edit Steady State Test Data** (fig. 6.21) – alternativ se pot efectua modificări și accesând **Data** → **Test Conditions** → **Steady State Test Data Summary** (?). După rezolvarea tuturor aspectelor semnalate în urma verificărilor inițiale este importantă realizarea unei reverificări a modelului. În cazul în care toate testele automate de verificare au fost trecute cu succes (✓) se poate trece la următoarea etapă, respectiv rularea simulării (**Run Simulation**) care presupune efectuarea calculului utilizând modelele matematice implementate.

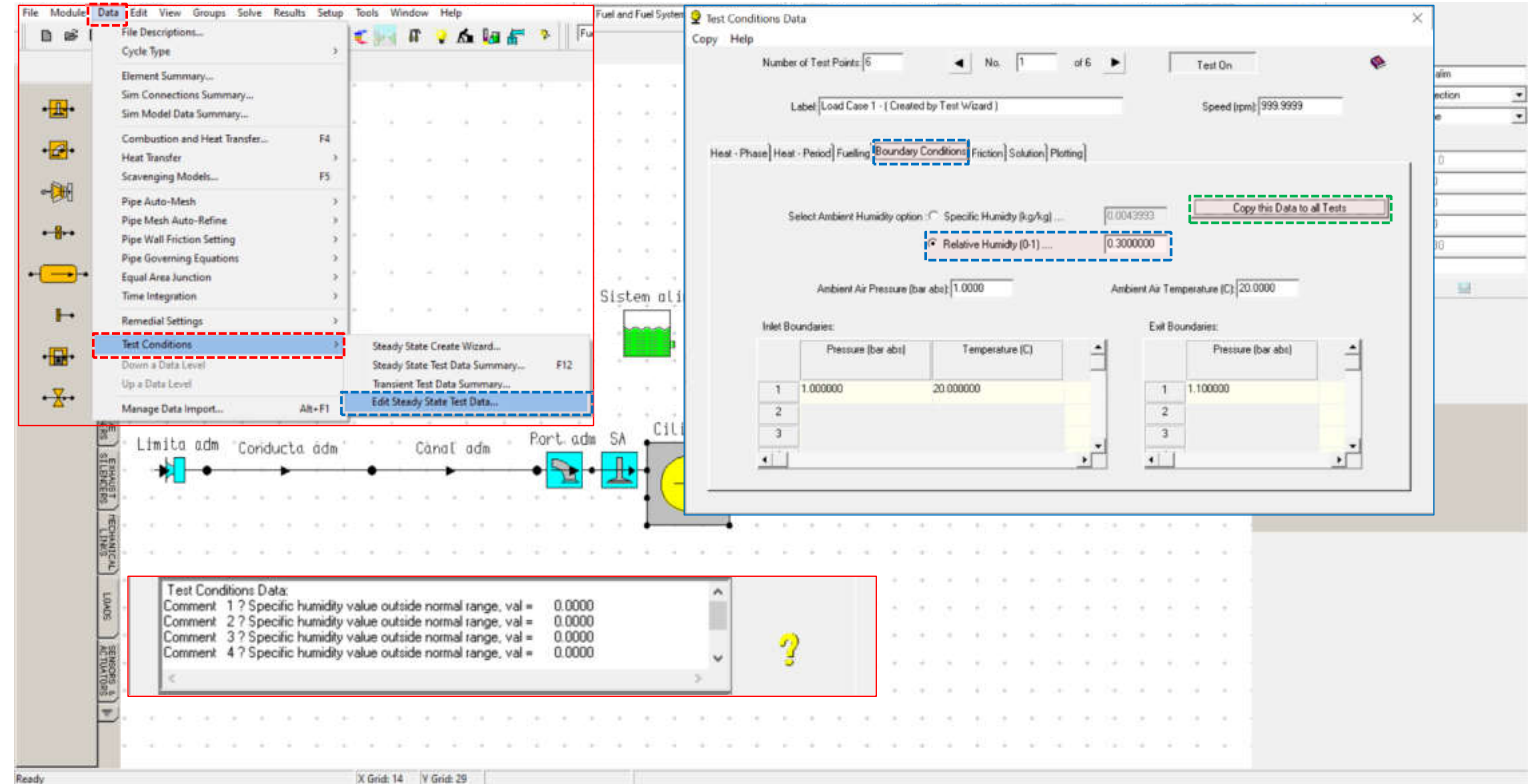



Fig. 6.21 Realizarea unei analize parametrice – Corectare erori/Reverificare

6.2.6. Optimizare 1D

Pas 1 – Simulation Parametric / Optimizer Tool

Programul software Lotus Engine Simulation dispune de un utilitar numit **Simulation Parametric/Optimizer Tool** (fig.6.22) care permite utilizatorului să efectueze studii parametrice/de optimizare. Mai precis utilitarul permite utilizatorului să realizeze o serie de teste (în care o proprietate caracteristică a unui element variază) fără modificarea modelului inițial. În acest scop se creează grupuri (**groups**) de componente. Ulterior, parametrii tuturor elementelor din grup pot fi modificați automat utilizând **Parametric Tool**. **Optimization Tool** lucrează într-un mod similar, cu excepția faptului că, în acest caz, este posibil să se identifice soluția optimă mai rapid, fără a se parcurge întreaga matrice de teste.

Utilitarul **Simulation Parametric/Optimizer Tool** poate fi accesat prin click pe  sau din bara de meniu prin click pe **Solve** → **Parametric/Optimizer Tool**. În noua fereastră de lucru, într-o primă etapă utilizatorul este informat cu privire la pașii care trebuie parcurși pentru utilizarea acestui utilitar (fig. 6.22):

- ▶ se selectează variabila (**select variable**), iar apoi se definesc valorile (**values**) și penalitățile (**penalties**) (utilizate pentru calculul unui punctaj care să permită soluției optime);
- ▶ se definesc parametrii de analiză prin selectarea grupului (**group ID**) și a variabilei, urmate de specificarea intervalului de variație al acesteia din urmă;

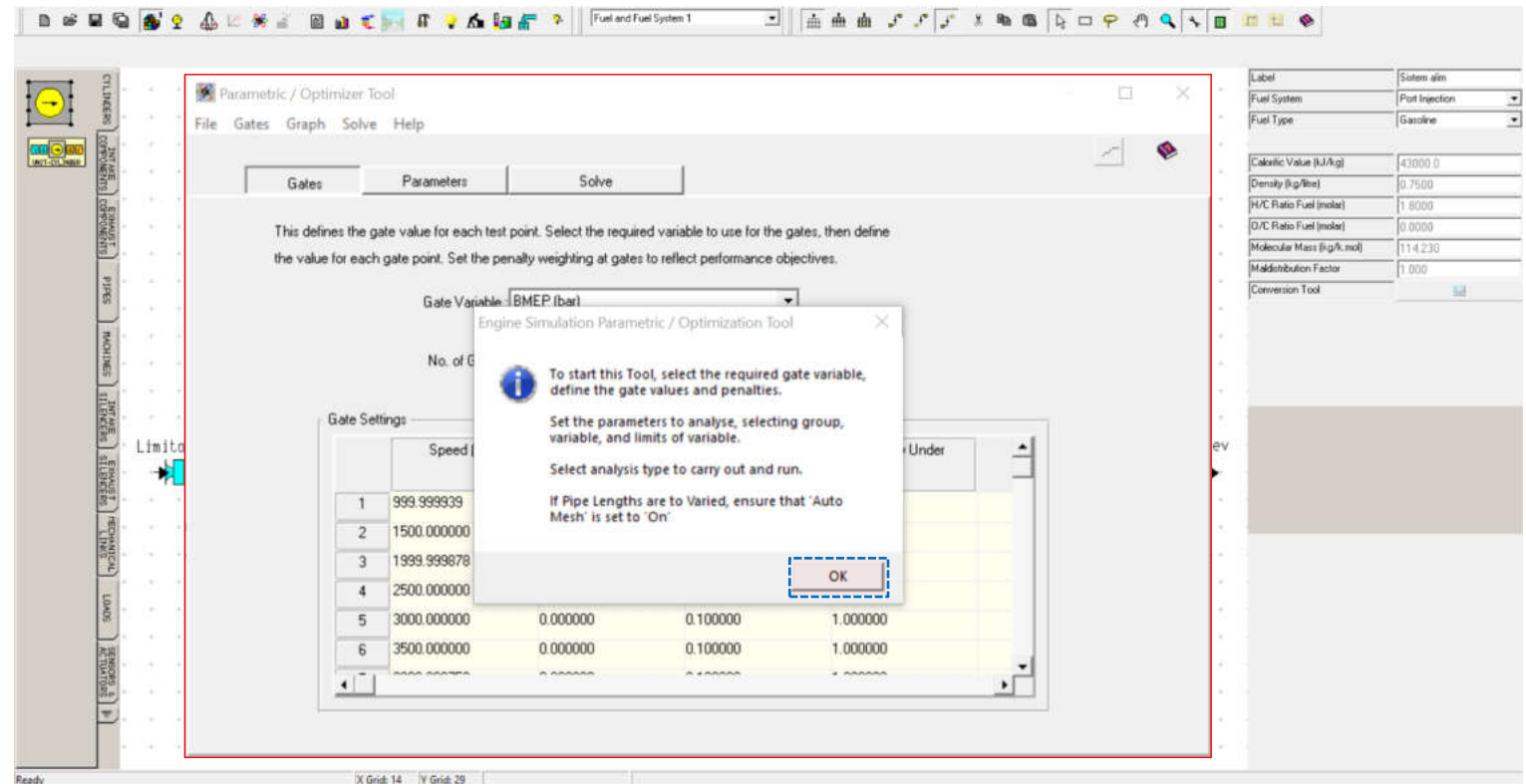


Fig. 6.22 Realizarea unei analize parametrice – Simulation Parametric / Optimizer Tool

Realizarea unei analize parametrice

- ▶ se alege tipul de analiză, iar apoi se începe analiza (**run**).

ATENȚIE! În cazul în care se variază lungimi de conducte (**pipe lengths**) este necesară activarea (**on**) opțiunii de generare automată a grilei de calcul (**auto mesh**).

Pas 2 – Obiectivul optimizării 1D

Obiectivul îl reprezintă variabila selectată (**gate variable**) de către utilizator în secțiunea **Gates**:

- ▶ obiectivul optimizării (moment motor efectiv (**brake torque**), coeficient de umplere (**volumetric efficiency**), consum specific efectiv (**BSFC – brake specific fuel consumption**), putere efectivă (**brake power**), presiune medie efectivă (**BMEP – brake mean effective pressure**), putere litrică (**specific brake power**) sau moment litric (**specific brake torque**)) poate fi specificat pentru fiecare turație;

- ▶ obiectivele pot fi definite ca:
 - o caracteristică de performanță existentă;
 - o caracteristică de performanță dorită (**target**).

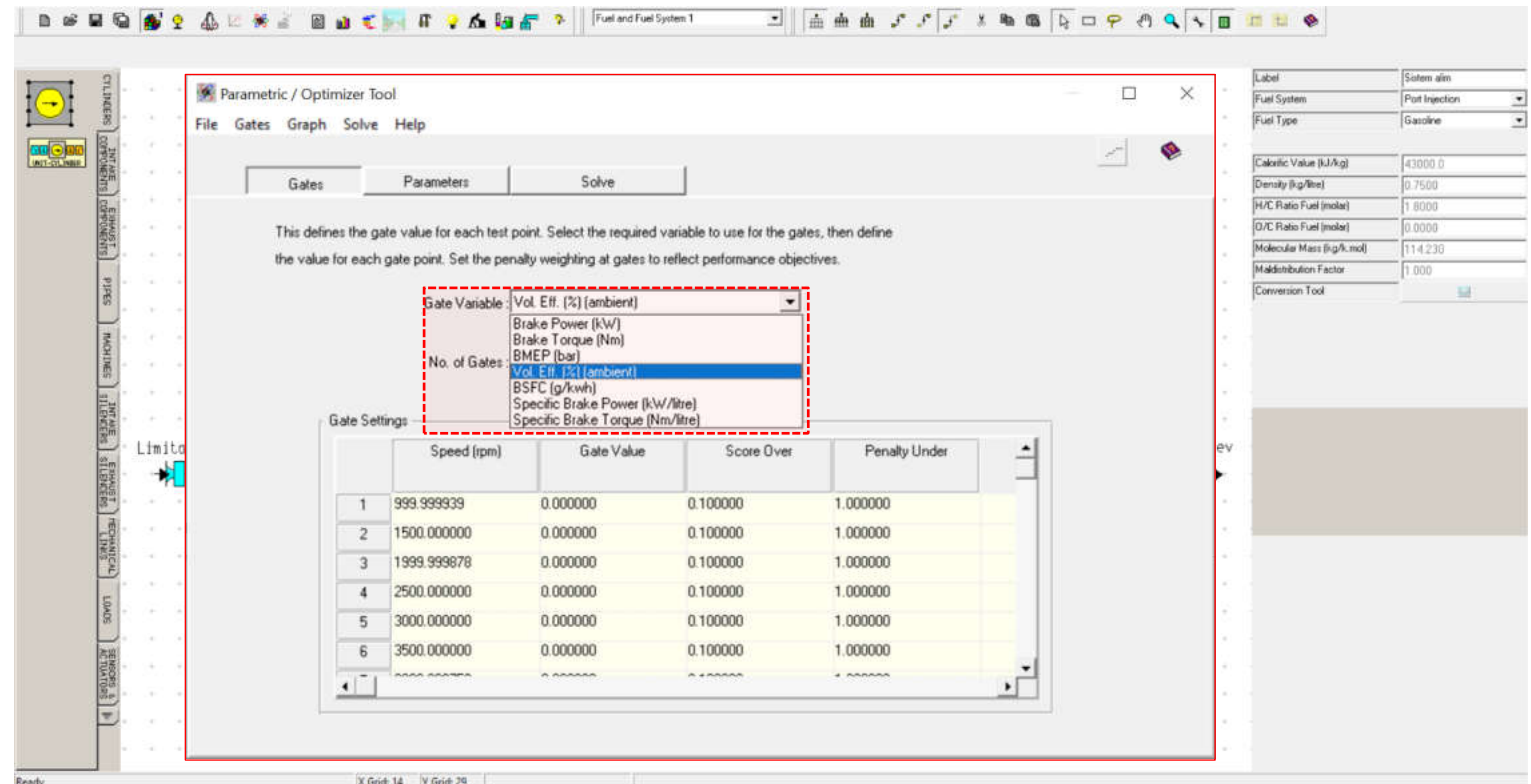


Fig. 6.23 Realizarea unei analize parametrice – Selectarea obiectivului optimizării 1D

Realizarea unei analize parametrice

Pentru a facilita procesul de optimizare și analiză a rezultatelor s-a implementat un sistem de punctare conform căruia punctajul (scorul (**score**)) aferent fiecărei turații este calculat prin înmulțirea unei ponderi (**weighting coefficient**) cu diferența dintre valoarea actuală (calculată) și valoarea specificată a obiectivului (**gate value**). apoi, la diferențele (dintre valoarea actuală și valoarea specificată) calculate se introduc și bonusuri (**bonus**) sau penalități (penalty).

În cazul de față se va urmări îmbunătățirea coeficientului de umplere raportat la condițiile ambientale (**Volumetric Efficiency** → **Vol. Eff. % (ambient)**) prin variația momentului de închidere al supapelor de admisie (**intake valve closing**) – momentul de deschidere al supapelor de admisie (**intake valve opening**) și înălțimea maximă de ridicare (**maximum valve lift**) rămân constante – ceea ce înseamnă că va fi afectată durata deschiderii supapelor (**valve opening duration**).

Pas 3 – Generarea datelor de referință pentru optimizarea 1D

Valoarea obiectivului (**gate value**) poate fi specificată de către utilizator fie direct, fie prin completare automată a câmpurilor de valori. Pentru simplitate se va opta pentru cea de a doua opțiune. În acest scop, din fereastra utilitarului **Parametric/Optimizer Tool** se va selecta **Gates** → **Run Baseline to fill Gates** (fig. 6.24). După alegerea acestei opțiuni programul va efectua un calcul (fig. 6.25) în vederea determinării valorilor necesare (fig. 6.26).

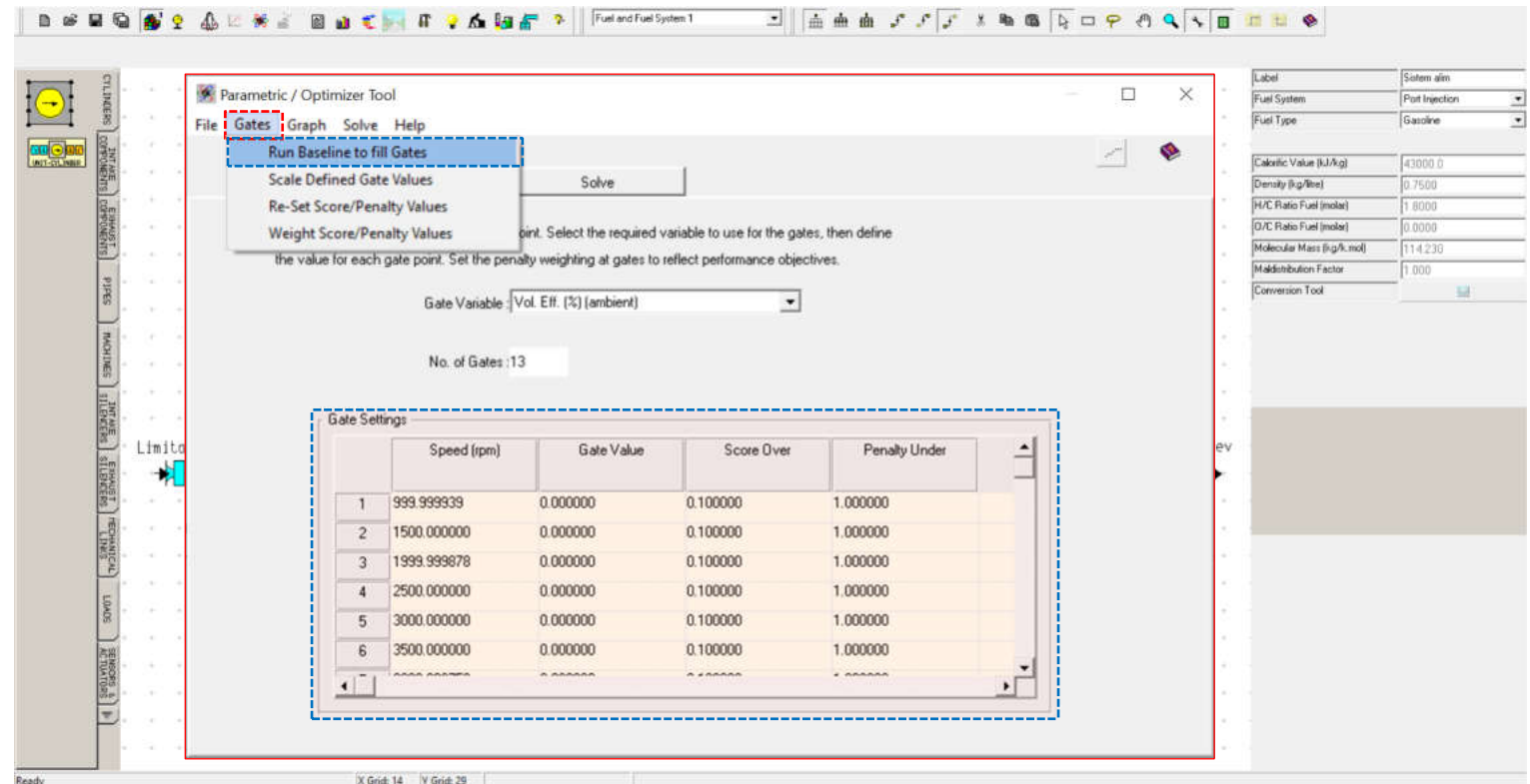


Fig. 6.24 Realizarea unei analize parametrice – Generarea datelor de referință pentru optimizarea 1D

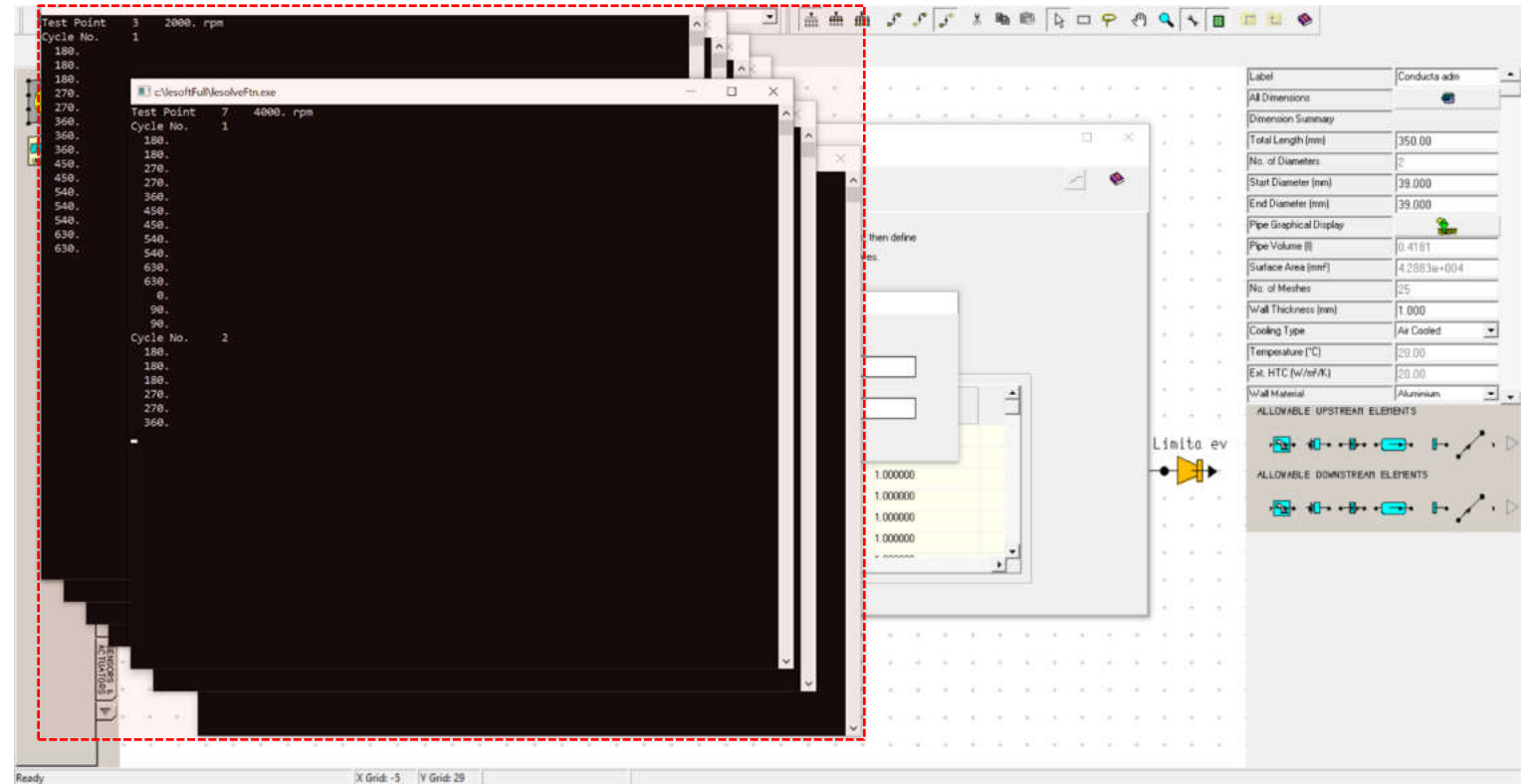


Fig. 6.25 Realizarea unei analize parametrice –Rulare simulare de referință

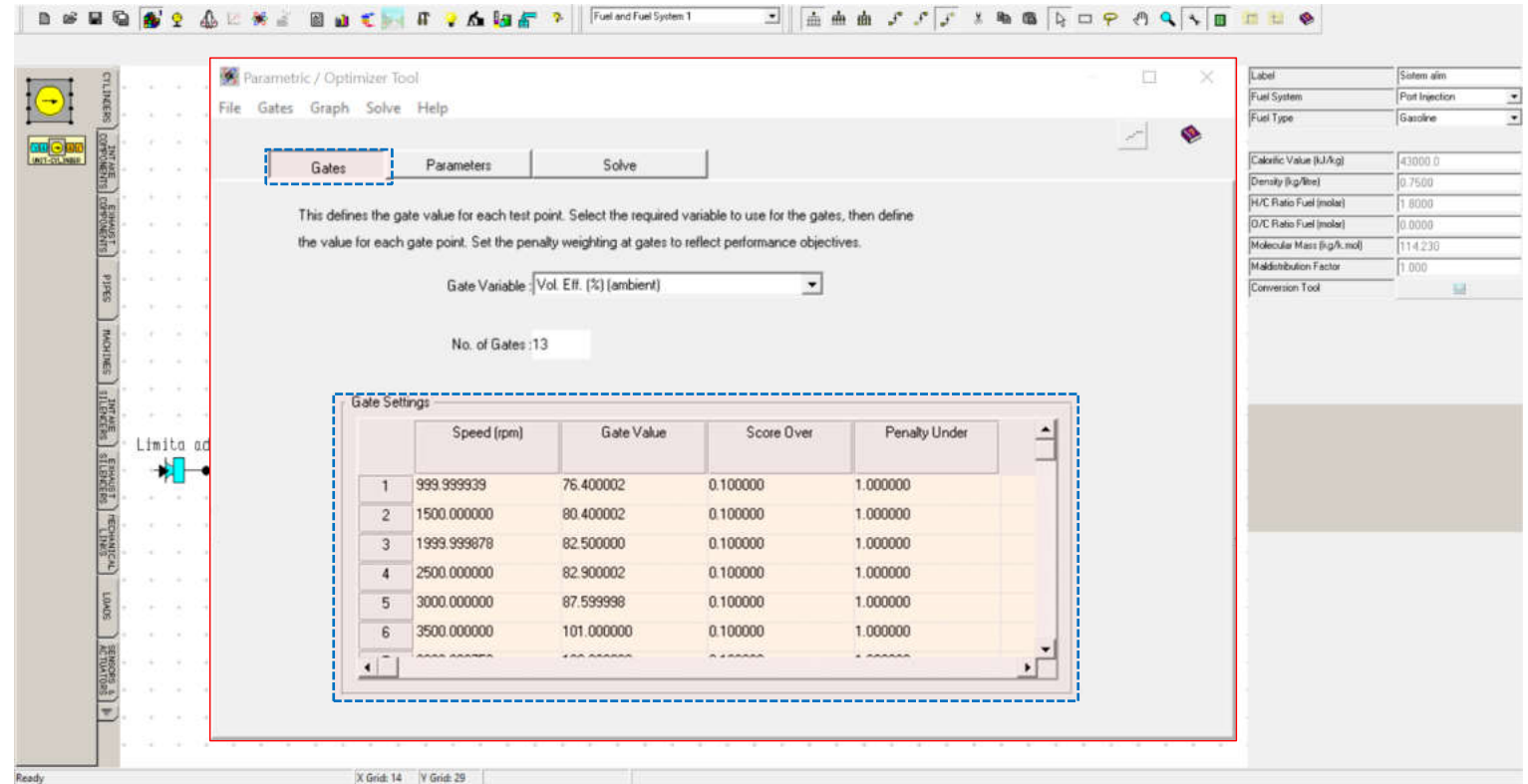


Fig. 6.26 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare Gates – Gate Settings

Pas 4 – Definirea limitelor de analiză pentru optimizarea 1D

După completarea valorilor necesare în secțiunea **Gates**, se definesc limitele de variație ale parametrilor selectați de pentru studiu în secțiunea **Parameters**. Într-o primă etapă, pentru identificarea unei soluții care să permită optimizarea obiectivului (coeficientul de umplere – **volumetric efficiency**) se va analiza un singur parametru (**no. of parameters**): momentul de închidere al supapei de admisie (**intake valve closing**) (fig. 6.27). În acest scop, la **Group Id** se alege opțiunea **Supape admisie**, iar la **Variable** se alege **Valve Close (deg)**. Pentru specificarea intervalului de variație se alege **Value** și se completează cu următoarele valori:

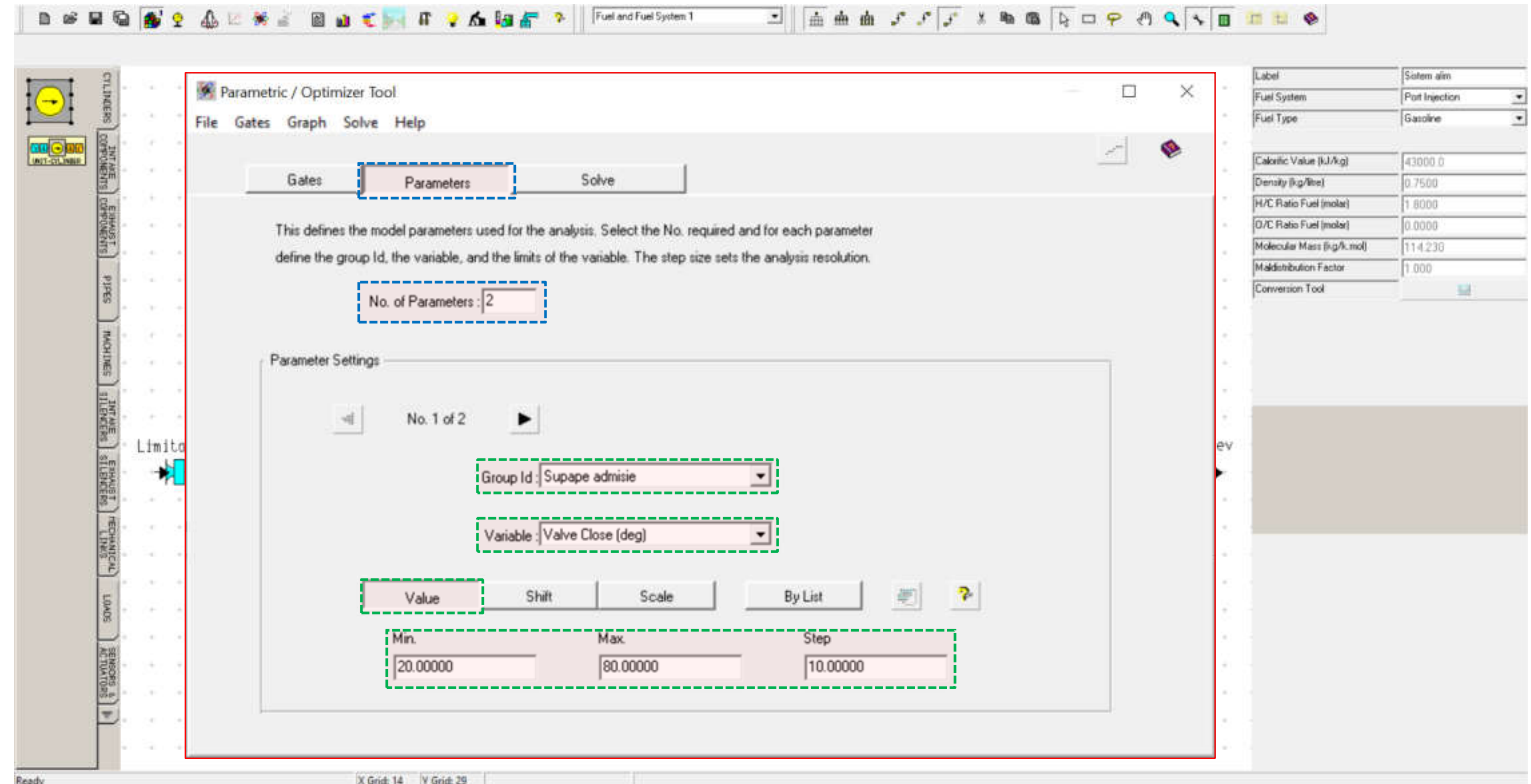



Fig. 6.27 Realizarea unei analize parametrice – Definirea limitelor de analiză pentru optimizarea 1D

	Denumire		Valoare
	ro	en*	
Min.	Min.		20
Max.	Max.		80
Pas	Step		10

Pas 5 – Rularea simulărilor pentru analiza parametrică 1D

Pentru a porni analiza se accesează secțiunea **Solve**, unde se alege **1D Param**, iar apoi se face click pe  (**run analysis**) (fig.6.28). În continuare, utilizatorul va trebui să aleagă parametrul utilizat pentru analiză, în acest caz **Supape admisie: Valve Close (deg)**, iar apoi click pe **OK** pentru a porni analiza (fig. 6.29 – 6.32).

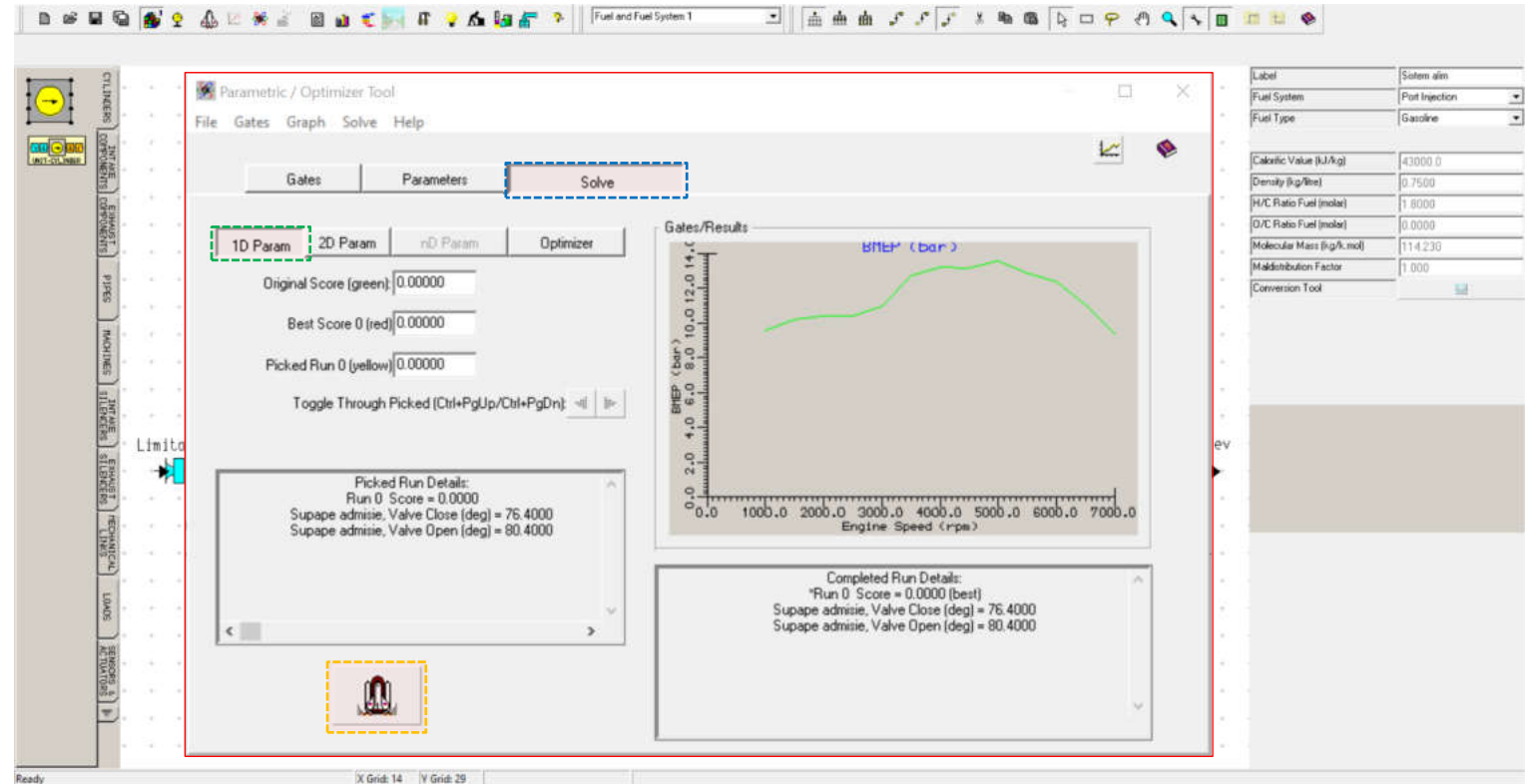


Fig. 6.28 Realizarea unei analize parametrice – Rularea simulărilor pentru analiza parametrică 1D

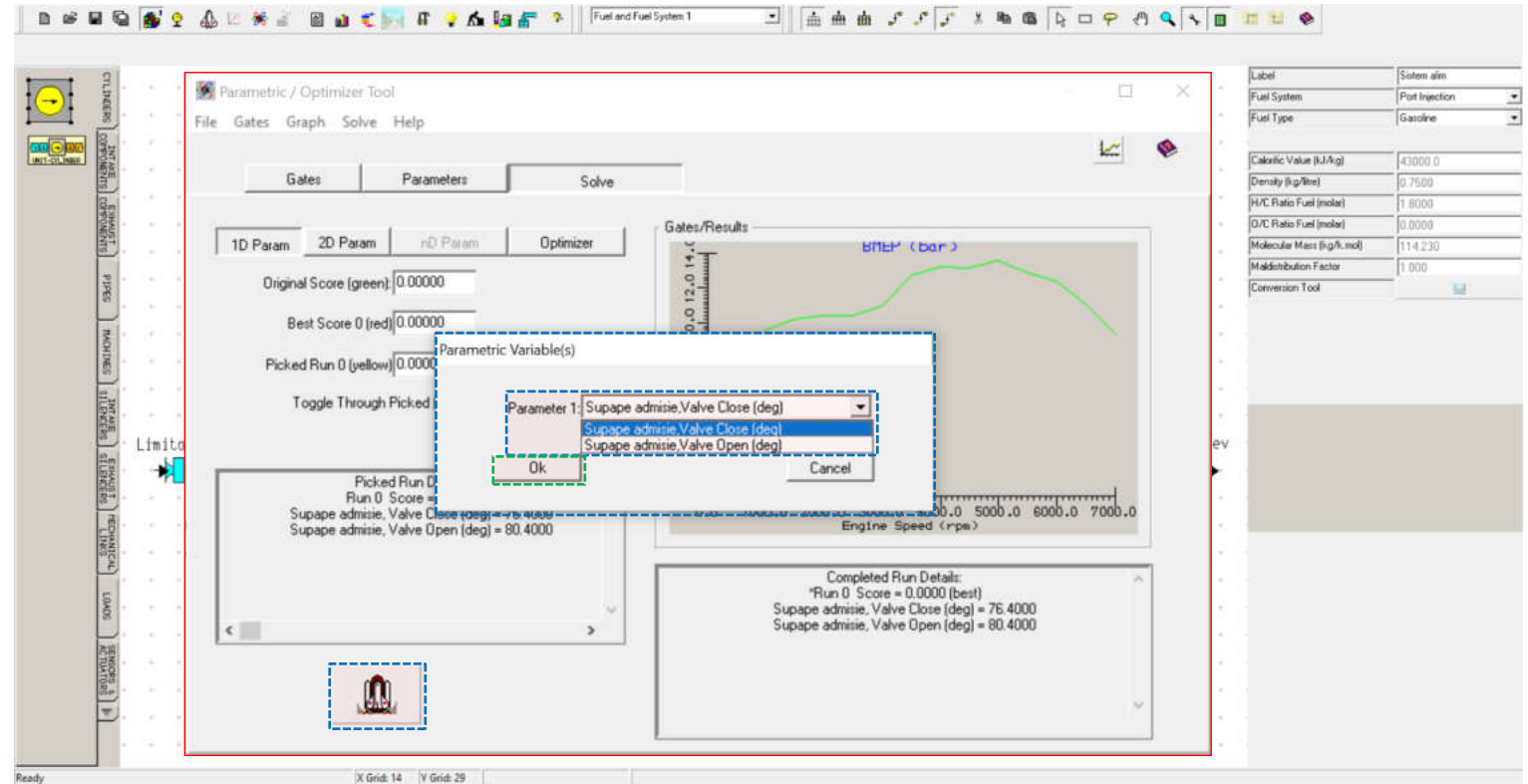


Fig. 6.29 Realizarea unei analize parametrice – Selectarea parametrului utilizat pentru simularea 1D

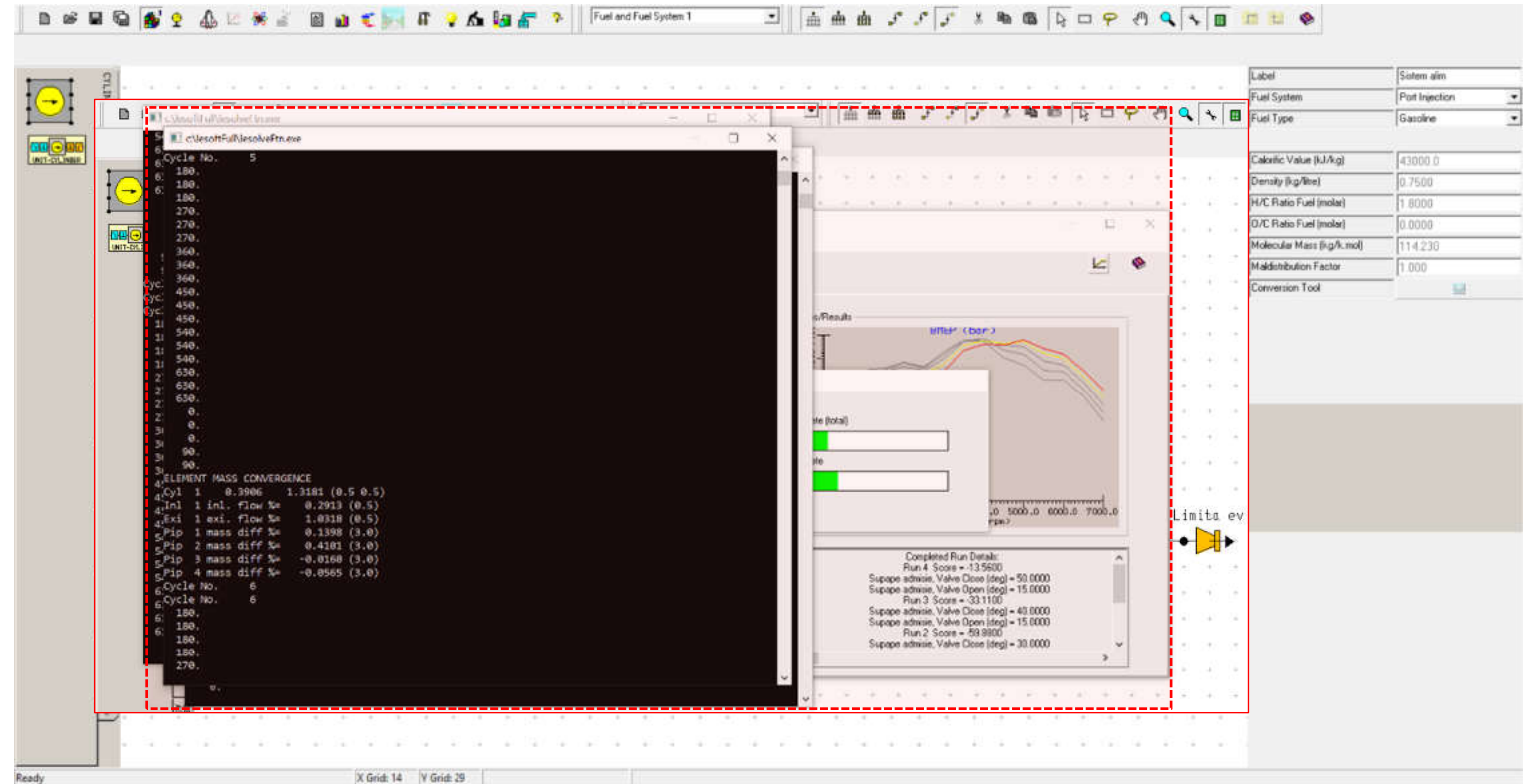


Fig. 6.30 Realizarea unei analize parametrice – Rulare simulări consecutive

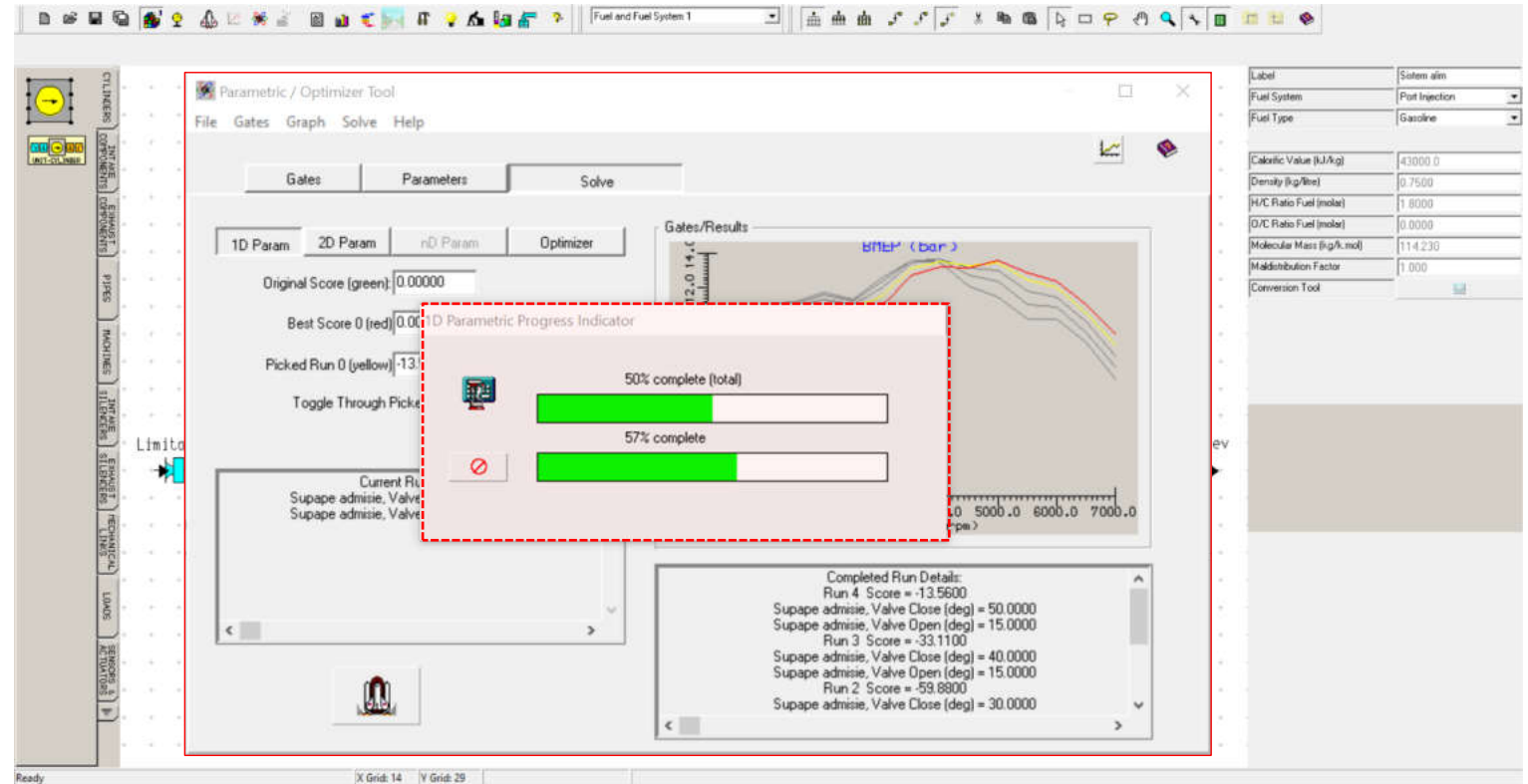


Fig. 6.31 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizarea progresului simulărilor

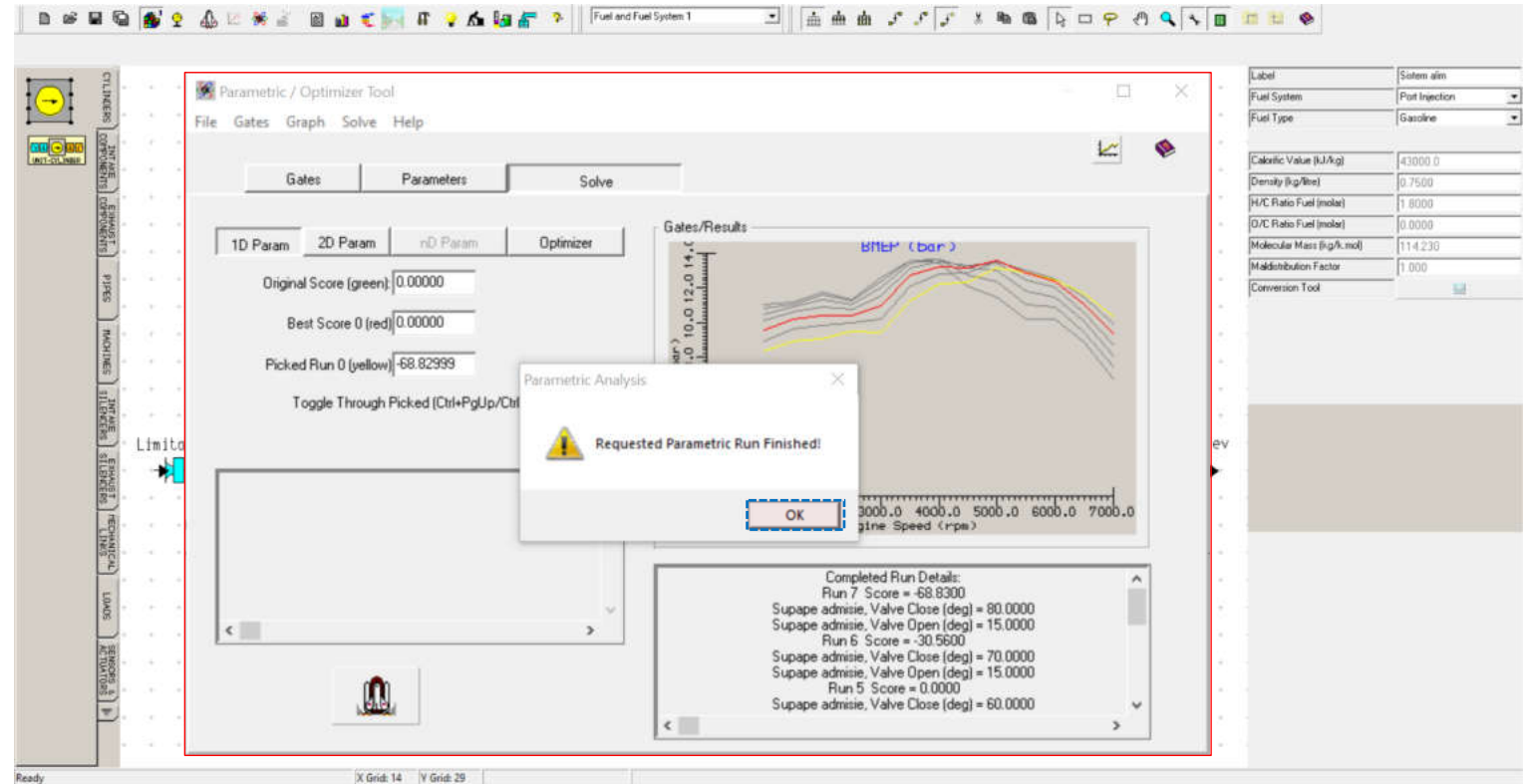


Fig. 6.32 Realizarea unei analize parametrice – Mesaj finalizare simulare analiză parametrică 1D

Pas 6 – Salvarea rezultatelor

În cazul în care dorește, utilizatorul poate salva rezultatele analizei efectuate din **File** → **Save Current Results** (fig. 6.33). În continuare se prezintă modul de realizare a optimizării 2D, iar apoi modul de vizualizare a rezultatelor. Pentru a nu pierde datele se recomandă salvarea modelului cu rezultatele actuale și copierea acestuia / crearea unui model, nou pentru analiza 2D.

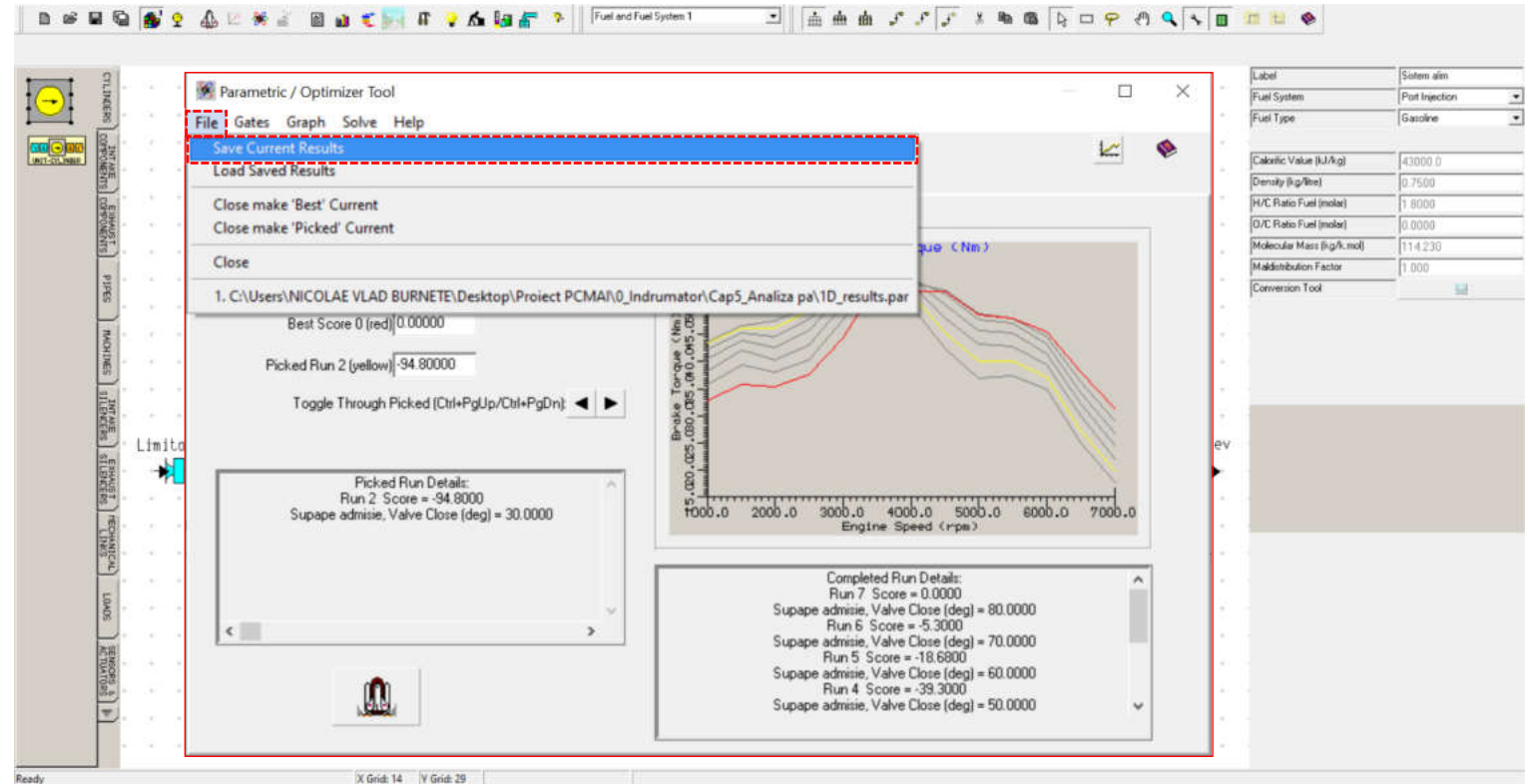


Fig. 6.33 Realizarea unei analize parametrice – Salvarea rezultatelor (Save Current Results)

6.2.7. Optimizare 2D

Pas 1 – Obiectivul optimizării 2D

În cazul optimizării 2D se urmărește de asemenea îmbunătățirea coeficientului de umplere raportat la condițiile ambientale (**Volumetric Efficiency → Vol. Eff. % (ambient)**) însă, de această dată, prin variația:

- ▶ momentului de închidere al supapelor de admisie (**intake valve closing**) – momentul de deschidere al supapelor de admisie (**intake valve opening**) și înălțimea maximă de ridicare (**maximum valve lift**) rămân constante – ceea ce înseamnă că va fi afectată durata deschiderii supapelor (**valve opening duration**);
- ▶ lungimea conductei de admisie (**intake runner length**).

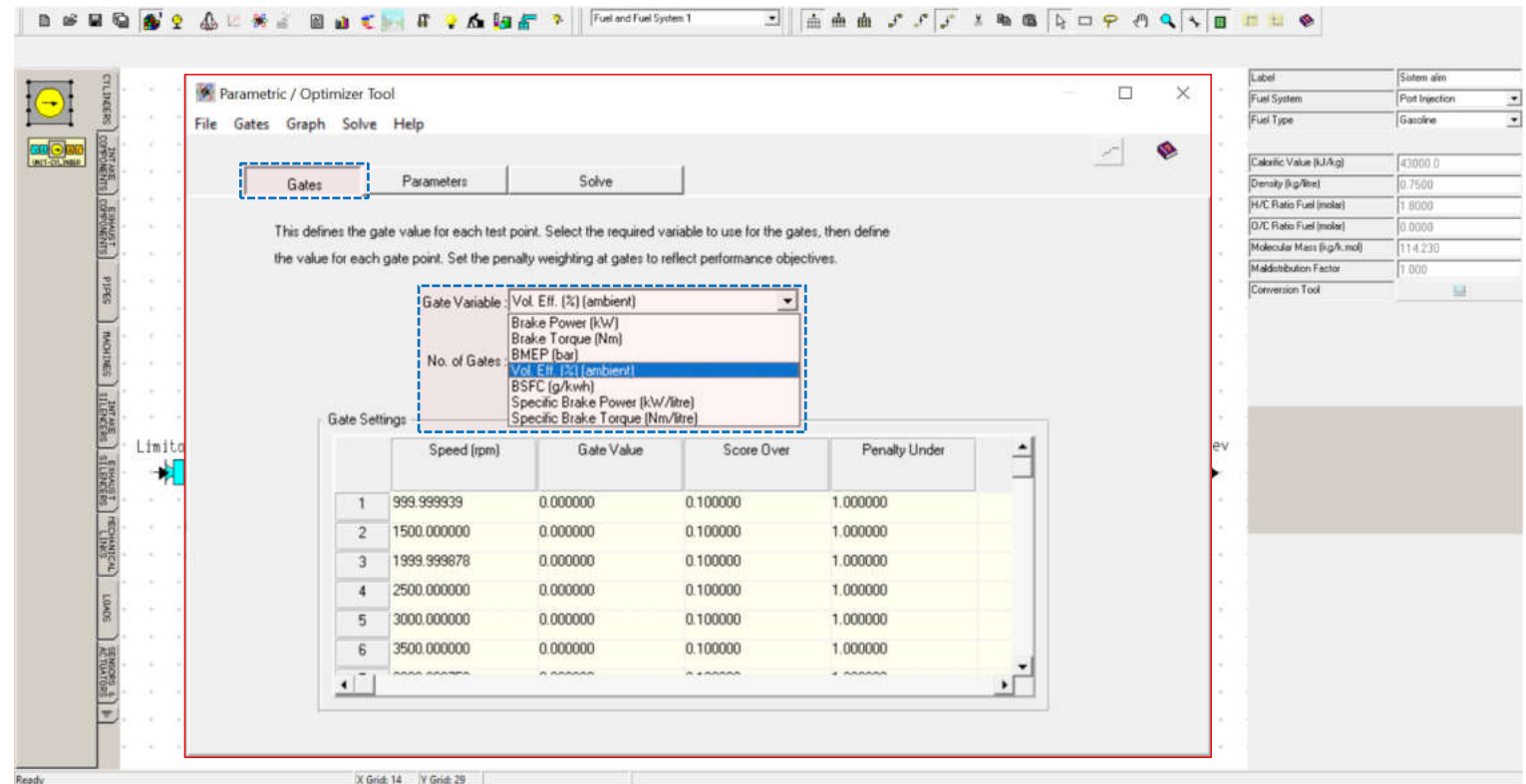


Fig. 6.34 Realizarea unei analize parametrice – Obiectivul optimizării 2D

Pas 2 – Generarea datelor de referință pentru optimizarea 2D

Analog Optimizării 1D, valoarea obiectivului (**Gate Value**) poate fi specificată de către utilizator fie direct, fie prin completare automată a câmpurilor de valori. Pentru simplitate se va opta pentru cea de a doua opțiune. În acest scop, din fereastra utilitarului **Parametric/Optimizer Tool** se va selecta **Gates** → **Run Baseline to fill Gates** (fig. 6.35). După alegerea acestei opțiuni programul va efectua un calcul (fig. 6.36) în vederea determinării valorilor necesare (fig. 6.37).

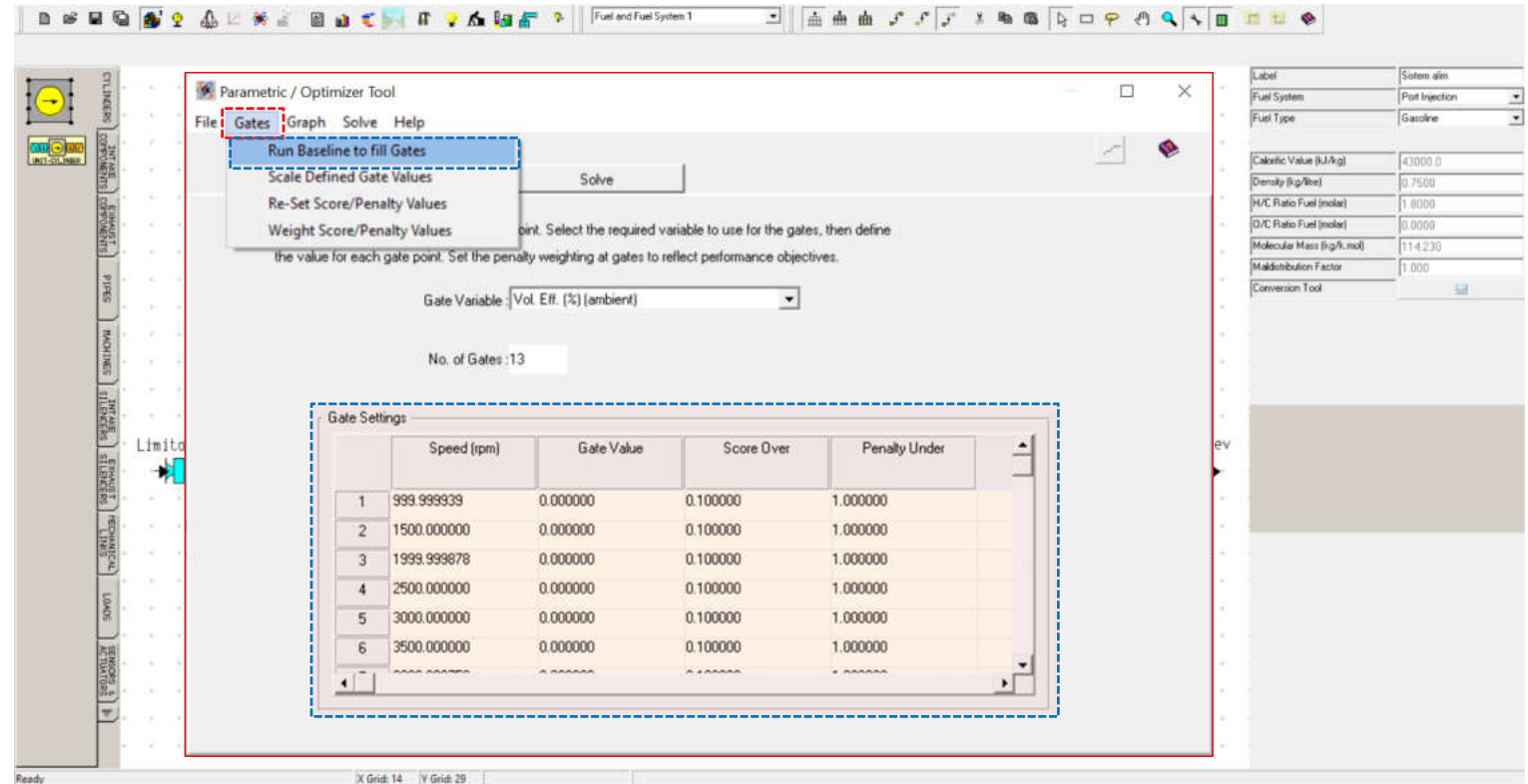


Fig. 6.35 Realizarea unei analize parametrice – Generarea datelor de referință pentru optimizarea 2D

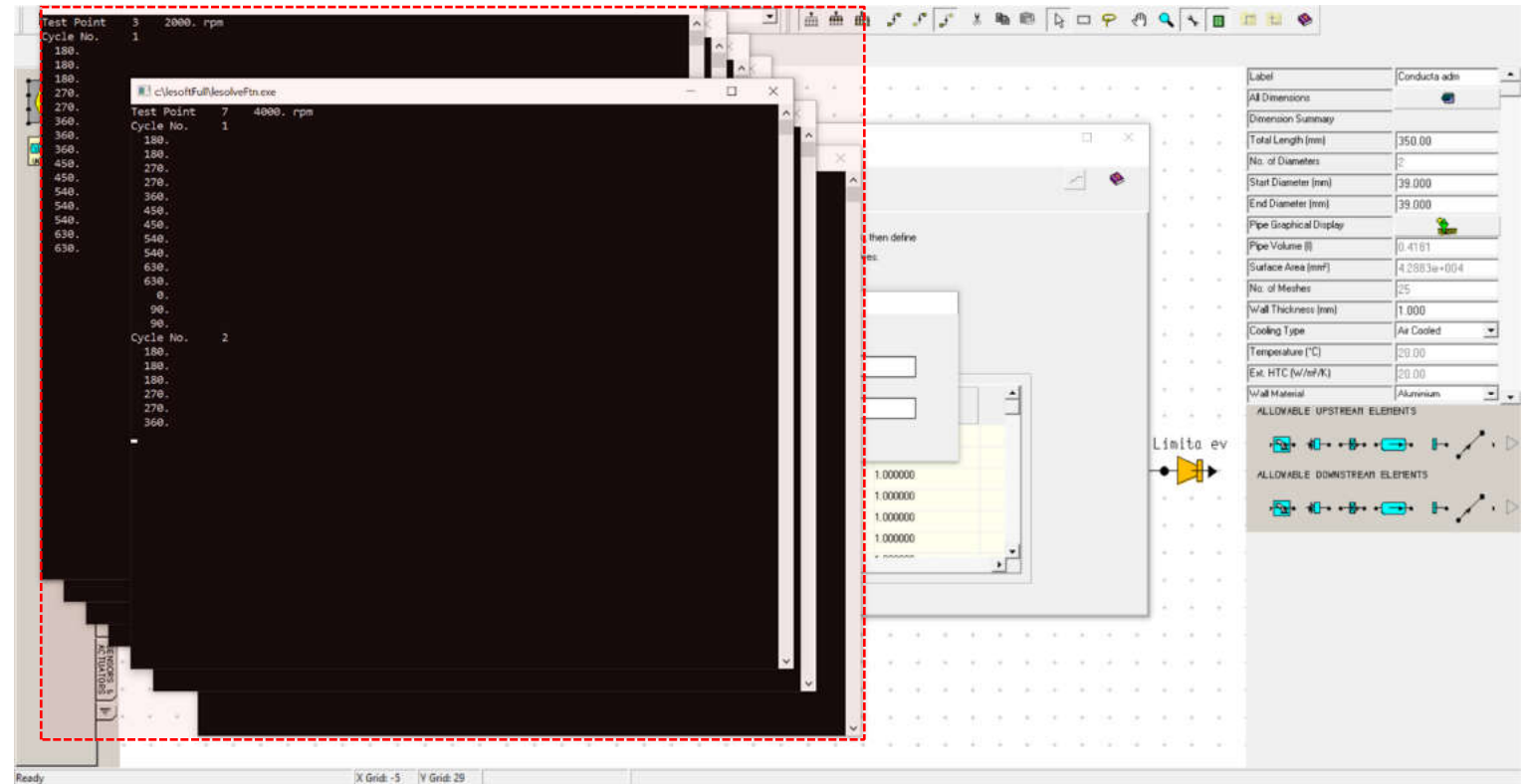


Fig. 6.36 Realizarea unei analize parametrice – Rulare simulare de referință

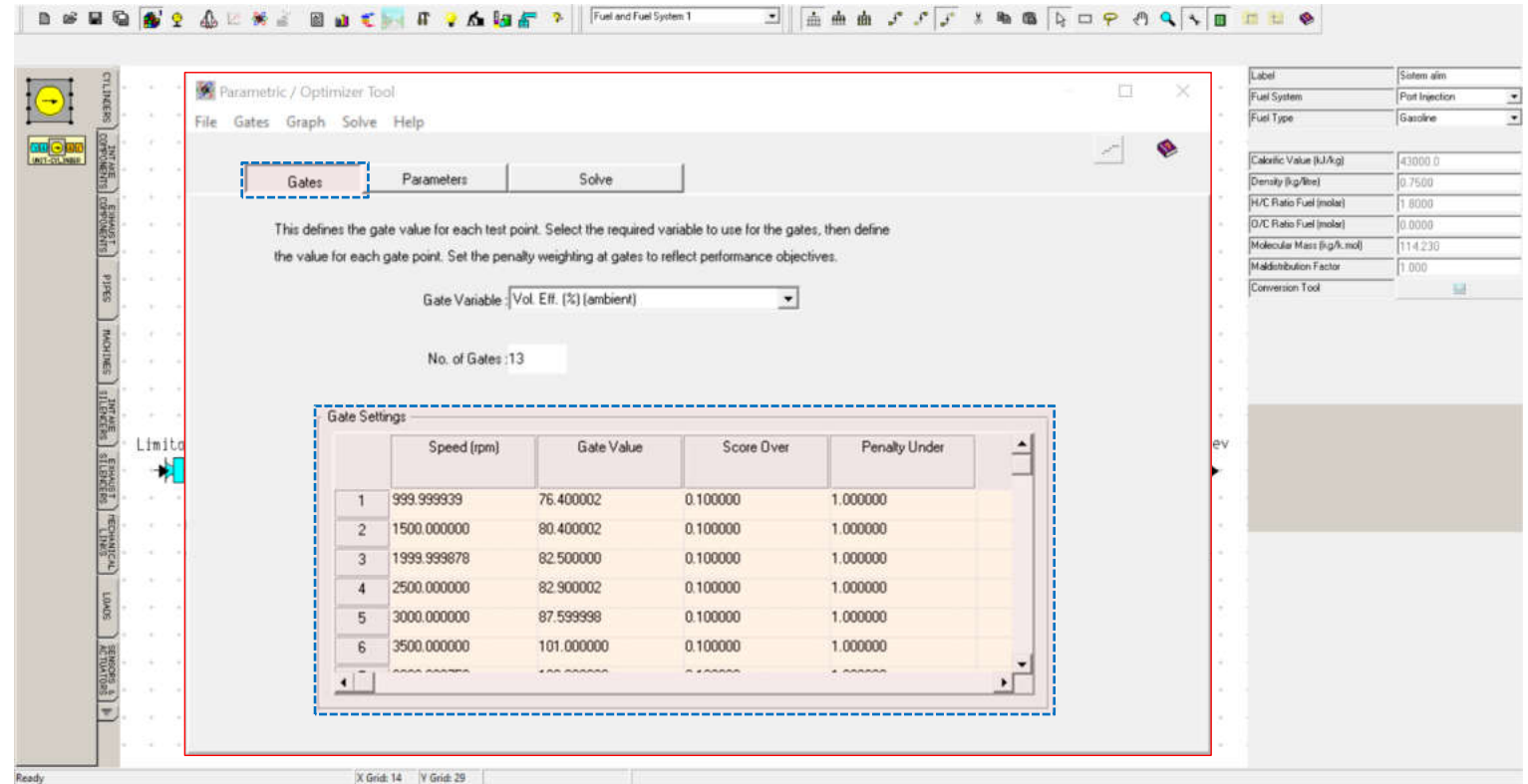


Fig. 6.37 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare Gates – Gate Settings

Pas 3 – Definirea limitelor de analiză pentru optimizarea 2D

Analog cazului 1D, după completarea valorilor necesare în secțiunea **Gates**, se definesc limitele de variație ale parametrilor selectați pentru studiu în secțiunea **Parameters**. Se face mențiunea că, în cazul în care se continuă studiul după parcurgerea capitolului 6.2.6, utilizatorul poate fi atenționat că datele anterioare vor fi șterse (fig. 6.38). În această etapă, pentru identificarea unei soluții care să permită optimizarea obiectivului (coeficientul de umplere – **volumetric efficiency**) se vor analiza doi parametri (**no. of parameters**): momentul de închidere al supapei de admisie (**intake valve closing**), lungimea conductei de admisie (**intake runner length**). În acest scop introduc următoarele date (figurile 6.27 și 6.39):

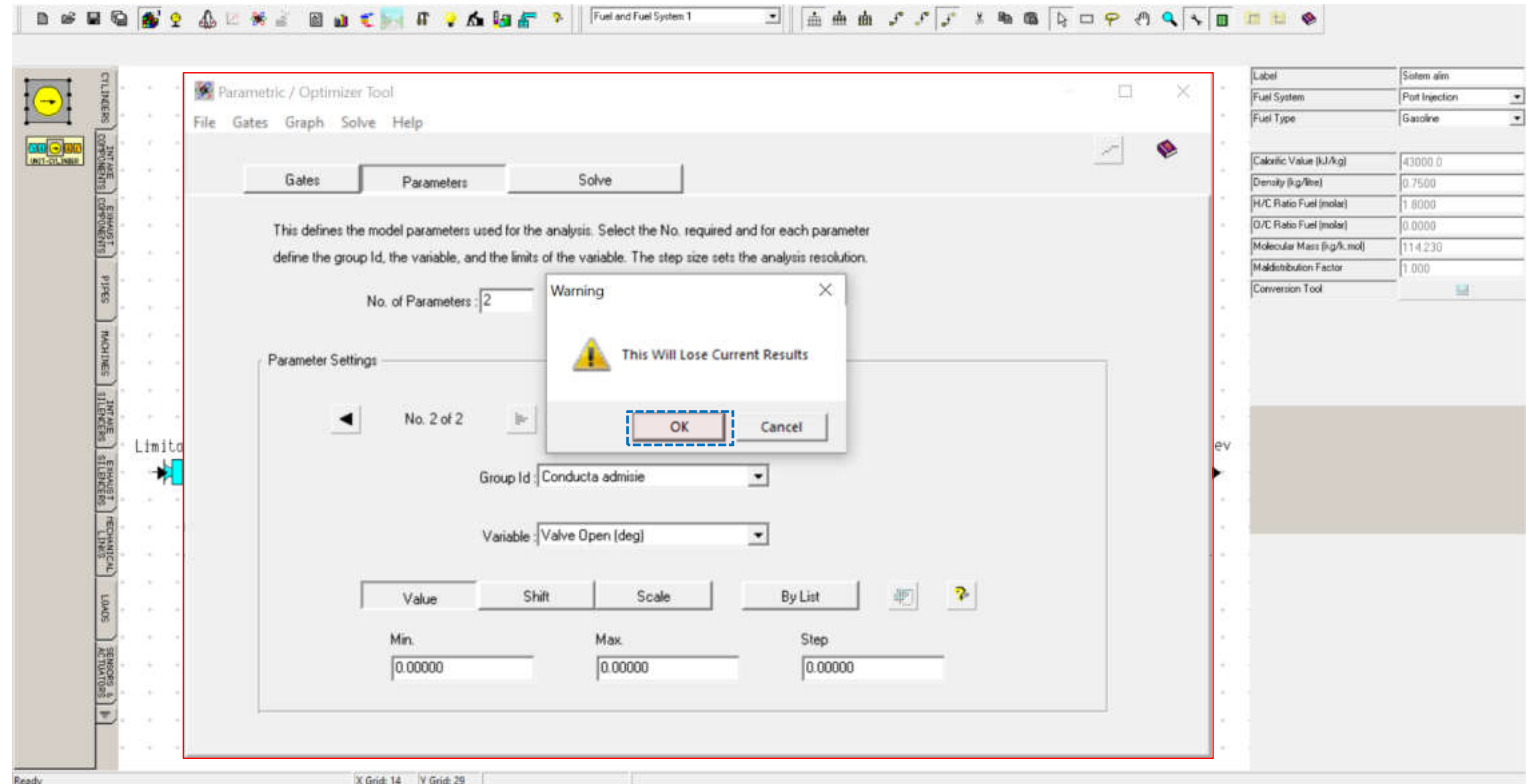


Fig. 6.38 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare mesaj de atenționare

Group Id	Supape admisie		Group Id	Conducta admisie	
Variable	Valve Close		Variable	Last Length	
Denumire	Denumire	Valoare	Denumire	Denumire	Valoare
ro	en*		ro	en*	
Min.	Min.	20	Min.	Min.	100
Max.	Max.	80	Max.	Max.	600
Pas	Step	10	Pas	Step	50

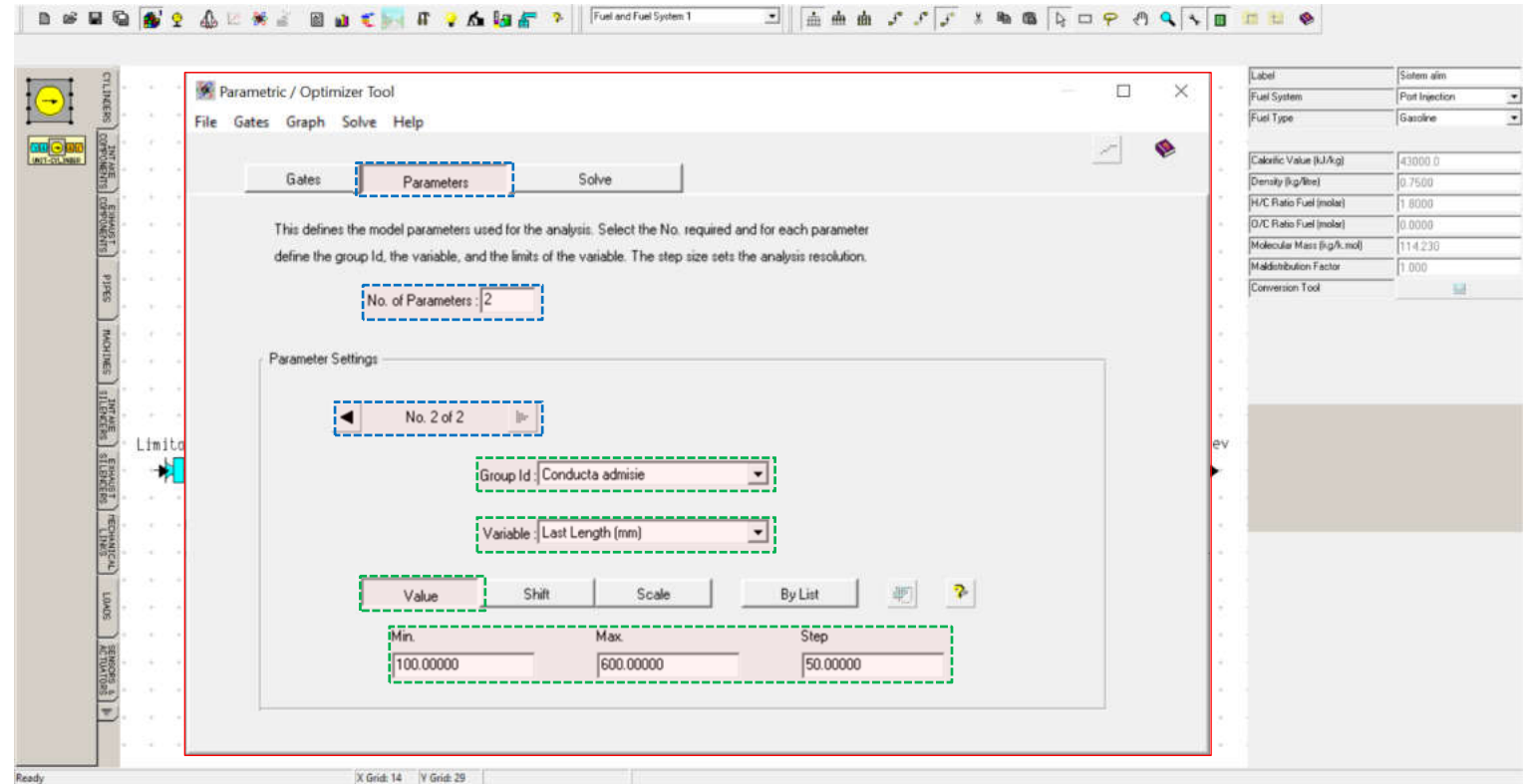



Fig. 6.39 Realizarea unei analize parametrice – Definirea limitelor de analiză pentru optimizarea 2D (parametrul Conducta admisie)

Pas 4 – Rularea simulărilor pentru analiza parametrică 2D

Pentru a porni analiza se accesează secțiunea **Solve**, unde se alege **2D Param**, iar apoi se face click pe  (**run analysis**) (fig. 6.40). În continuare, utilizatorul va trebui să aleagă parametrul/parametrii utilizați pentru analiză (fig. 6.41), iar apoi click pe **OK** pentru a porni analiza (fig. 6.42 – 6.44). Pentru analiză se aleg următorii parametri:

Parameter	Se alege:
1	Supape admisie, Valve Close (deg)
2	Conducta admisie: Last Length (mm)

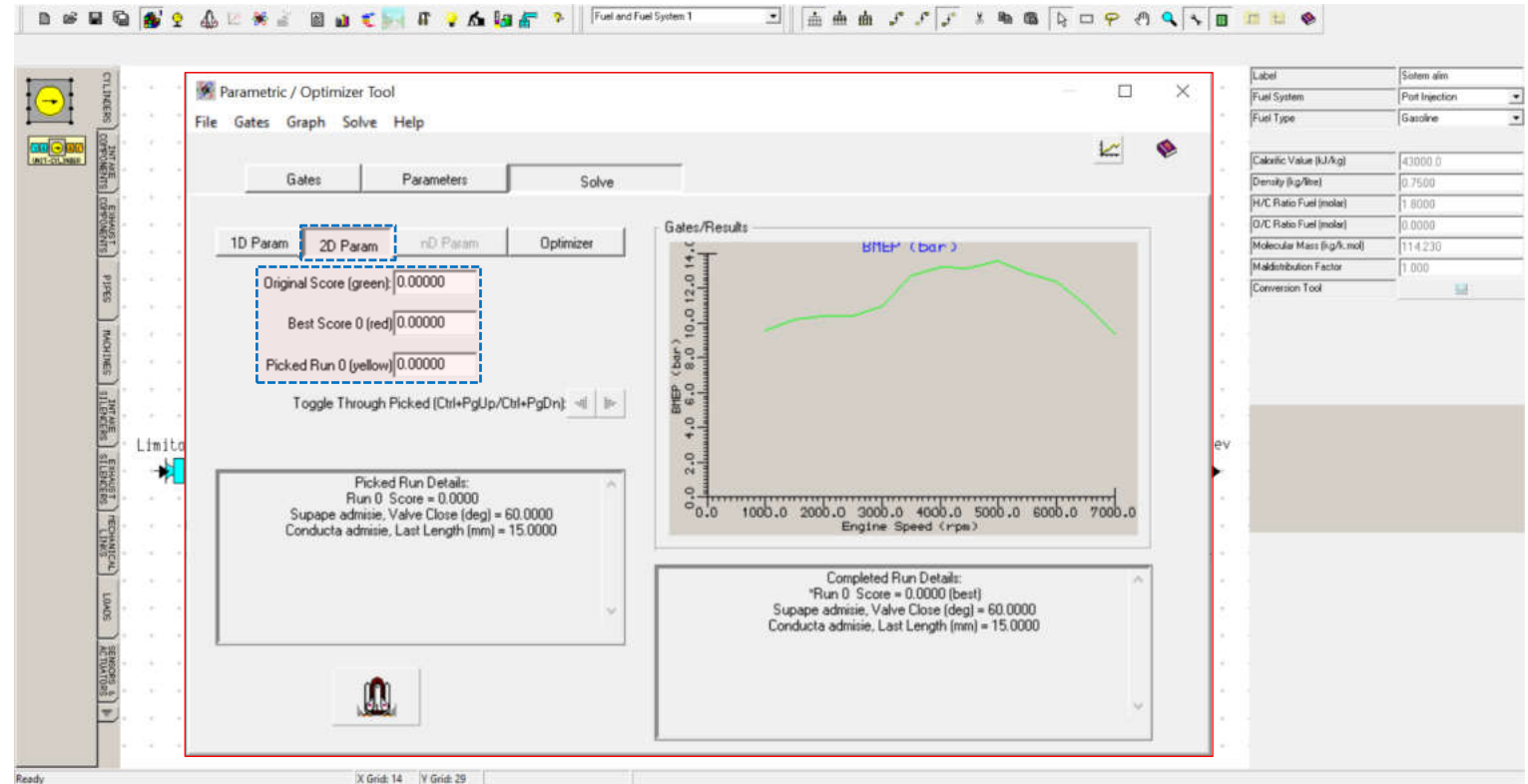


Fig. 6.40 Realizarea unei analize parametrice – Rularea simulărilor pentru analiza parametrică 2D

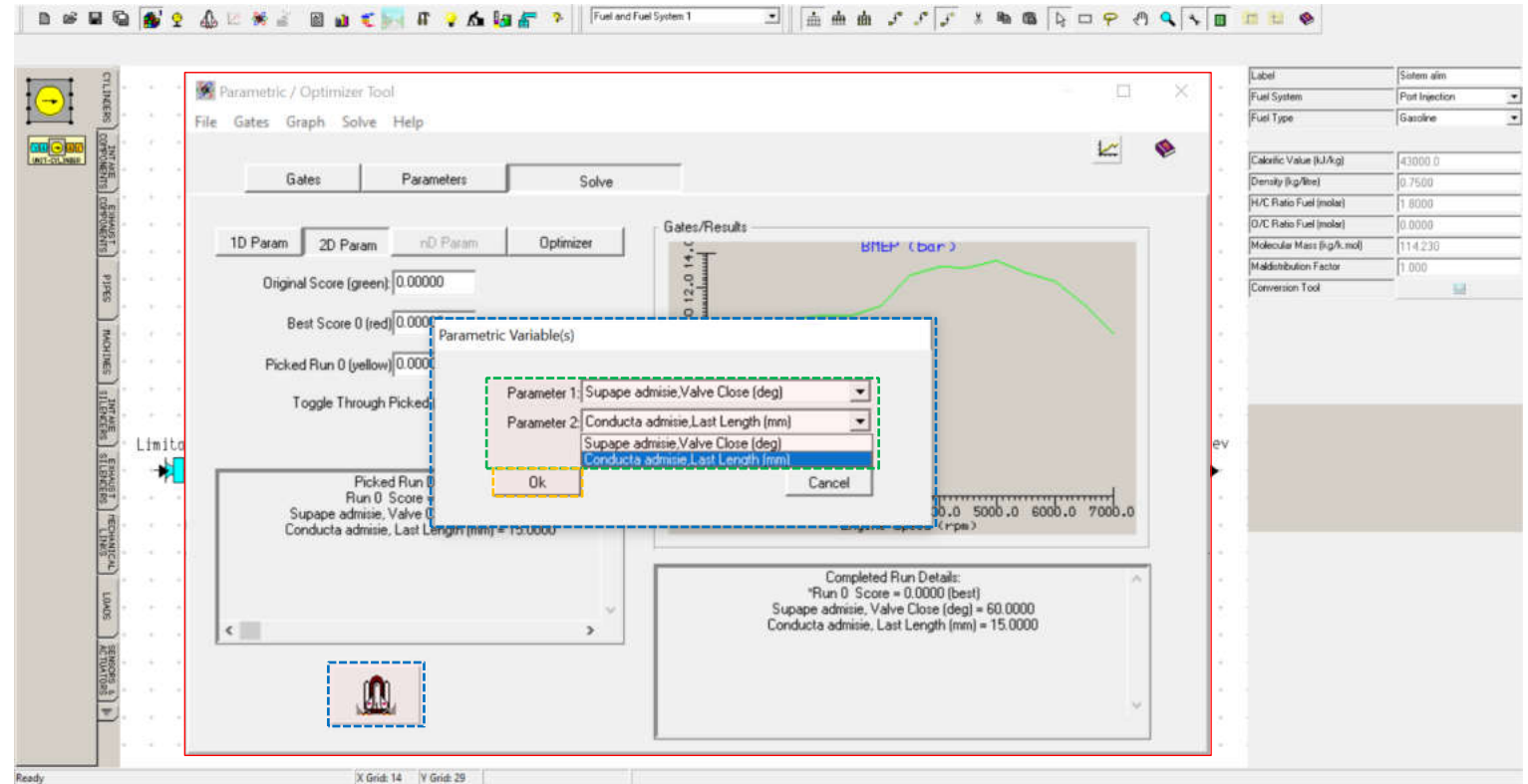


Fig. 6.41 Realizarea unei analize parametrice – Selectare parametrilor utilizați pentru analiza 2D

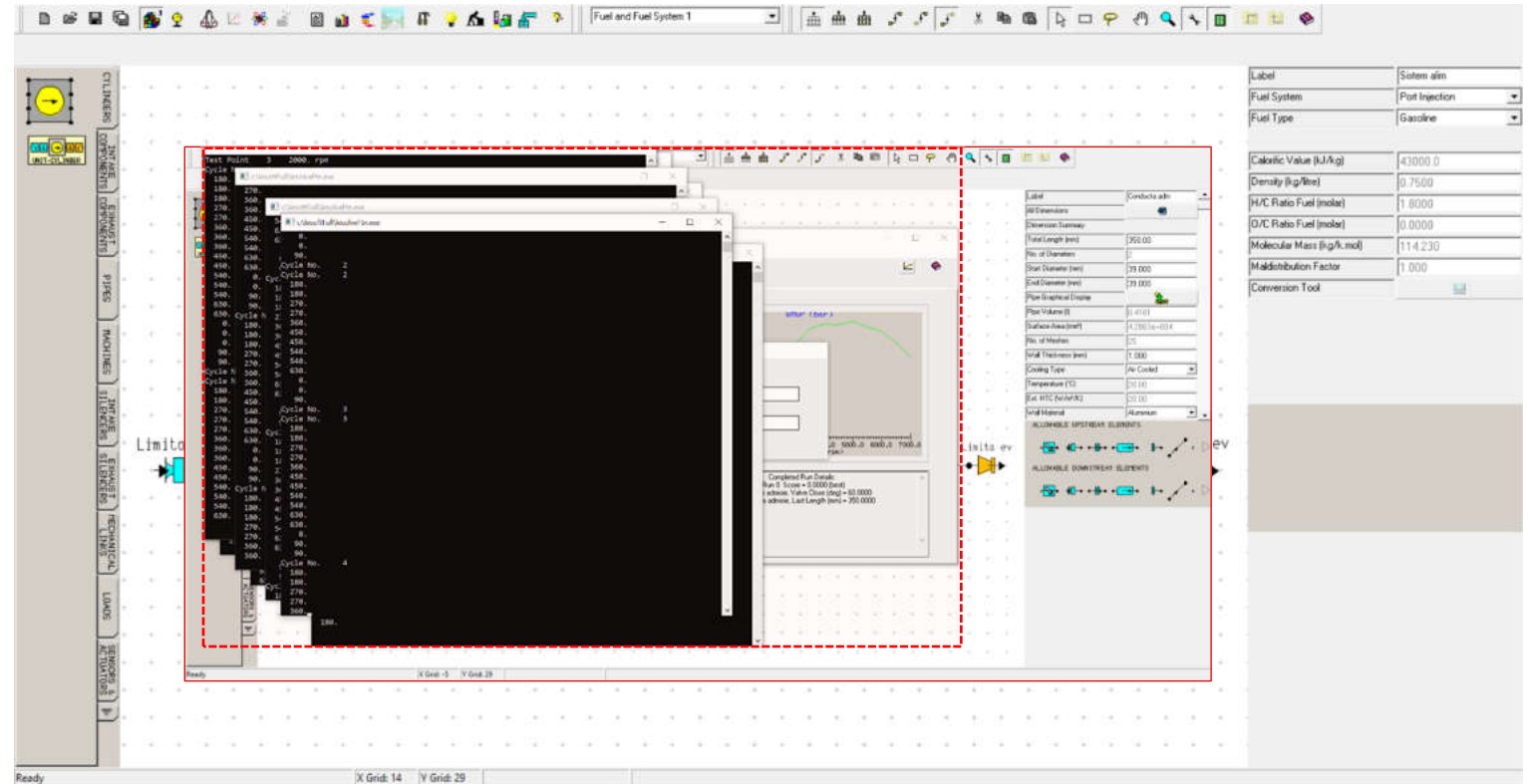


Fig. 6.42 Realizarea unei analize parametrice – Rulare simulări

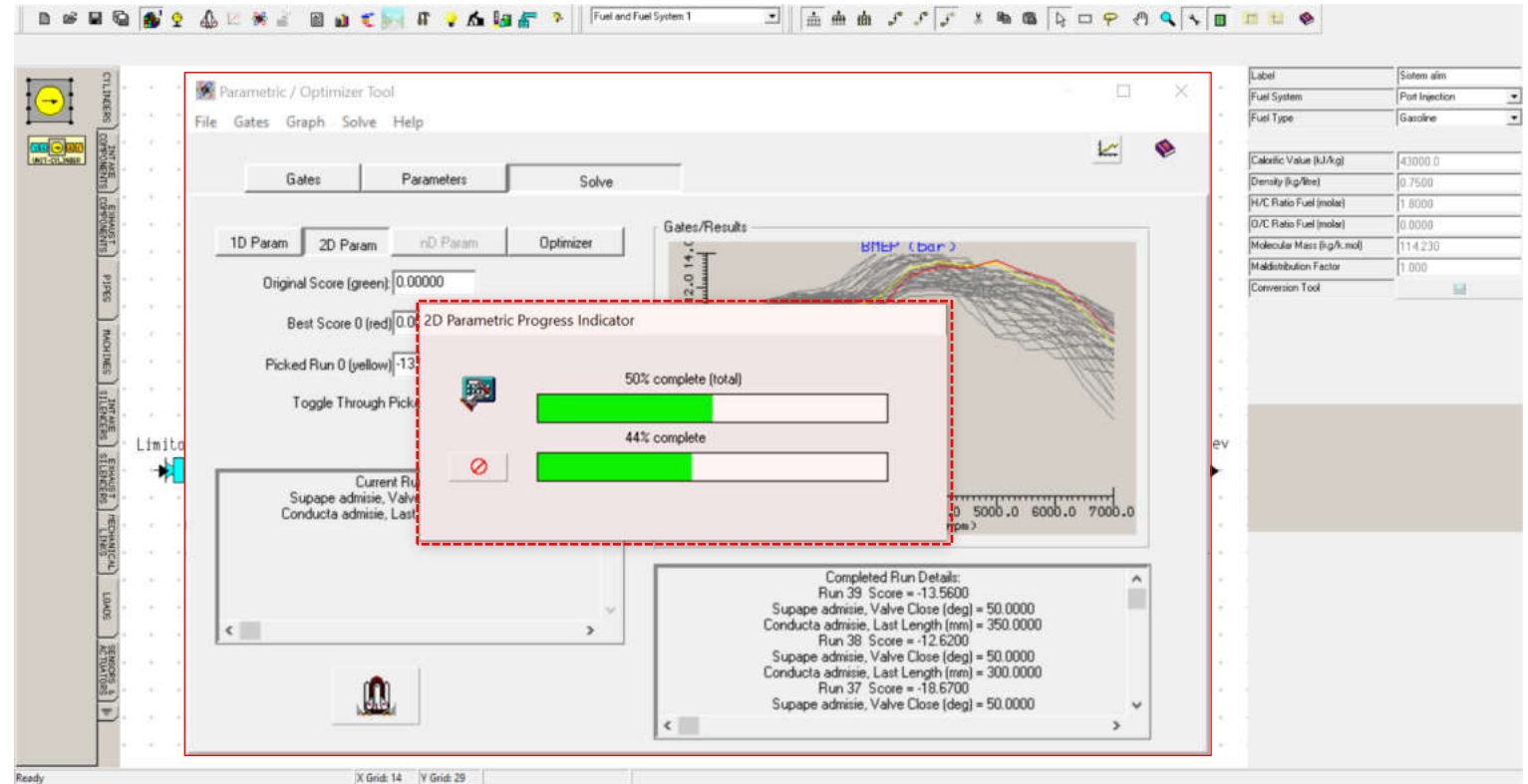


Fig. 6.43 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare progresului simulărilor

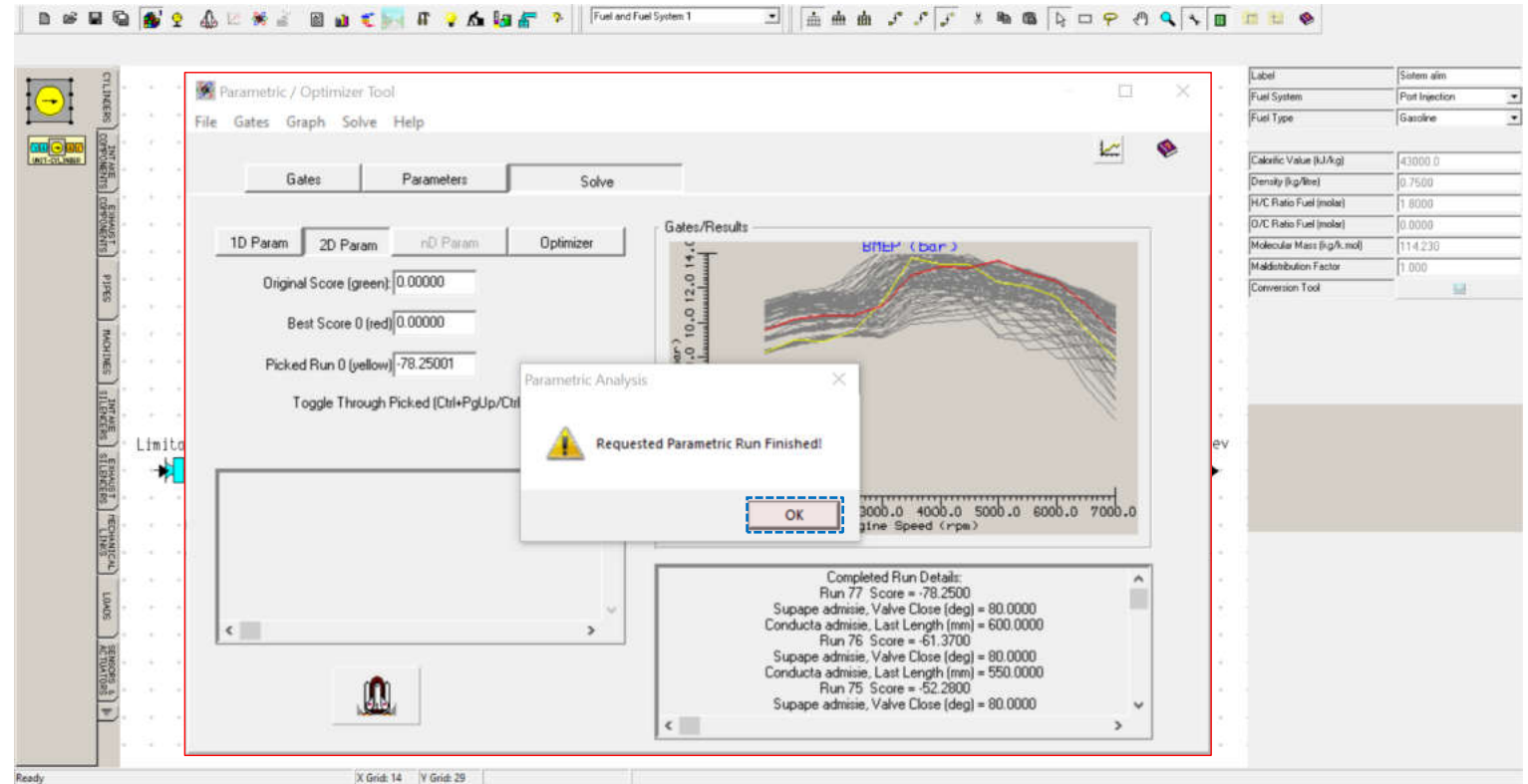


Fig. 6.44 Realizarea unei analize parametrice – Mesaj finalizare simulare analiză parametrică 2D

Pas 5 – Salvarea rezultatelor

În cazul în care dorește, utilizatorul poate salva rezultatele analizei efectuate din **File** → **Save Current Results** (fig. 6.45).

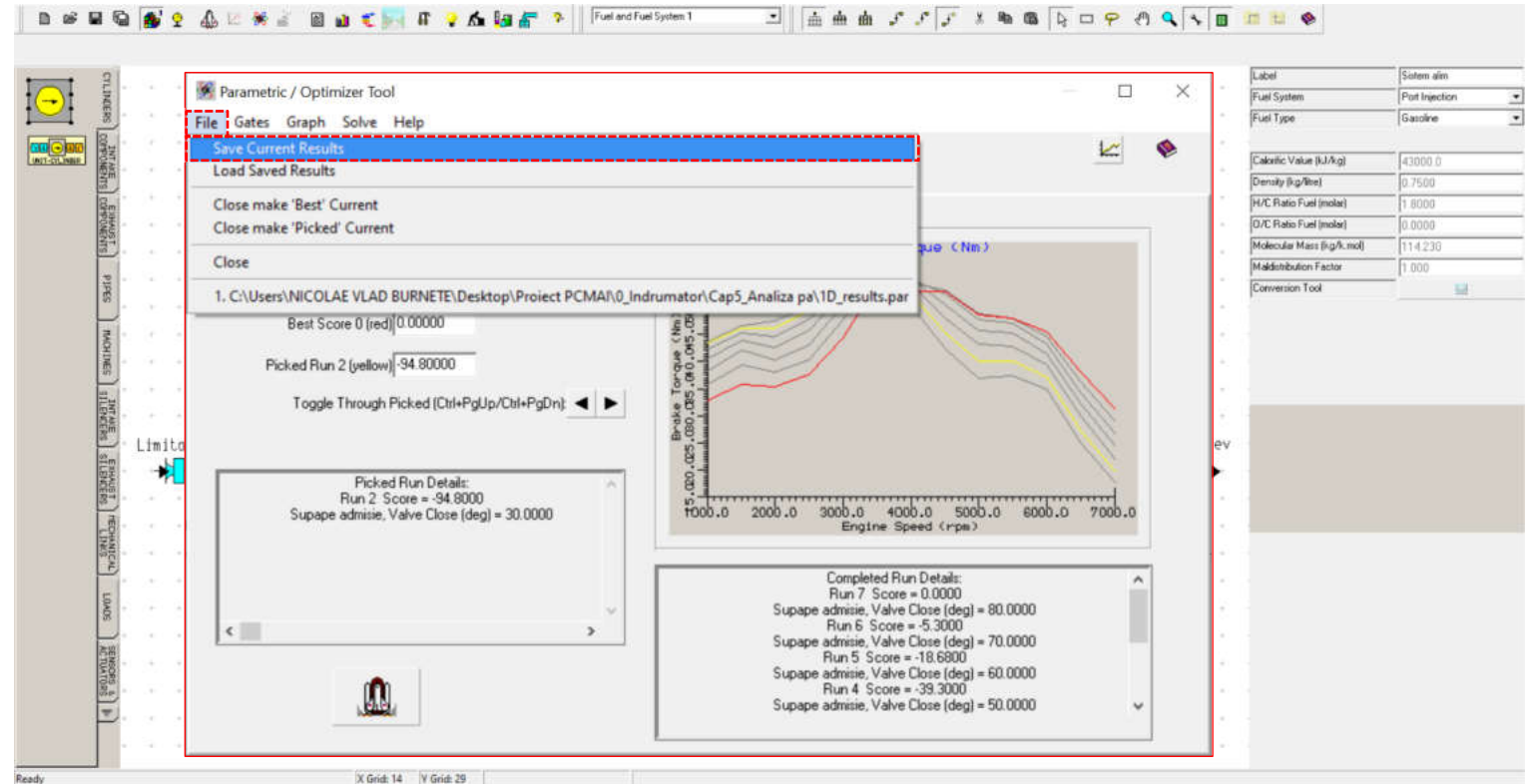


Fig. 6.45 Realizarea unei analize parametrice – Salvarea rezultatelor (Save Current Results)

6.2.8. Preluarea și exportarea rezultatelor

Pas 1 – Exportarea rezultatelor

În situația în care dorește, utilizatorul are posibilitatea de a salva punctajele obținute în urma analizei într-un fișier text accesând **Solve** → **Write Scores to File** (fig. 6.46).

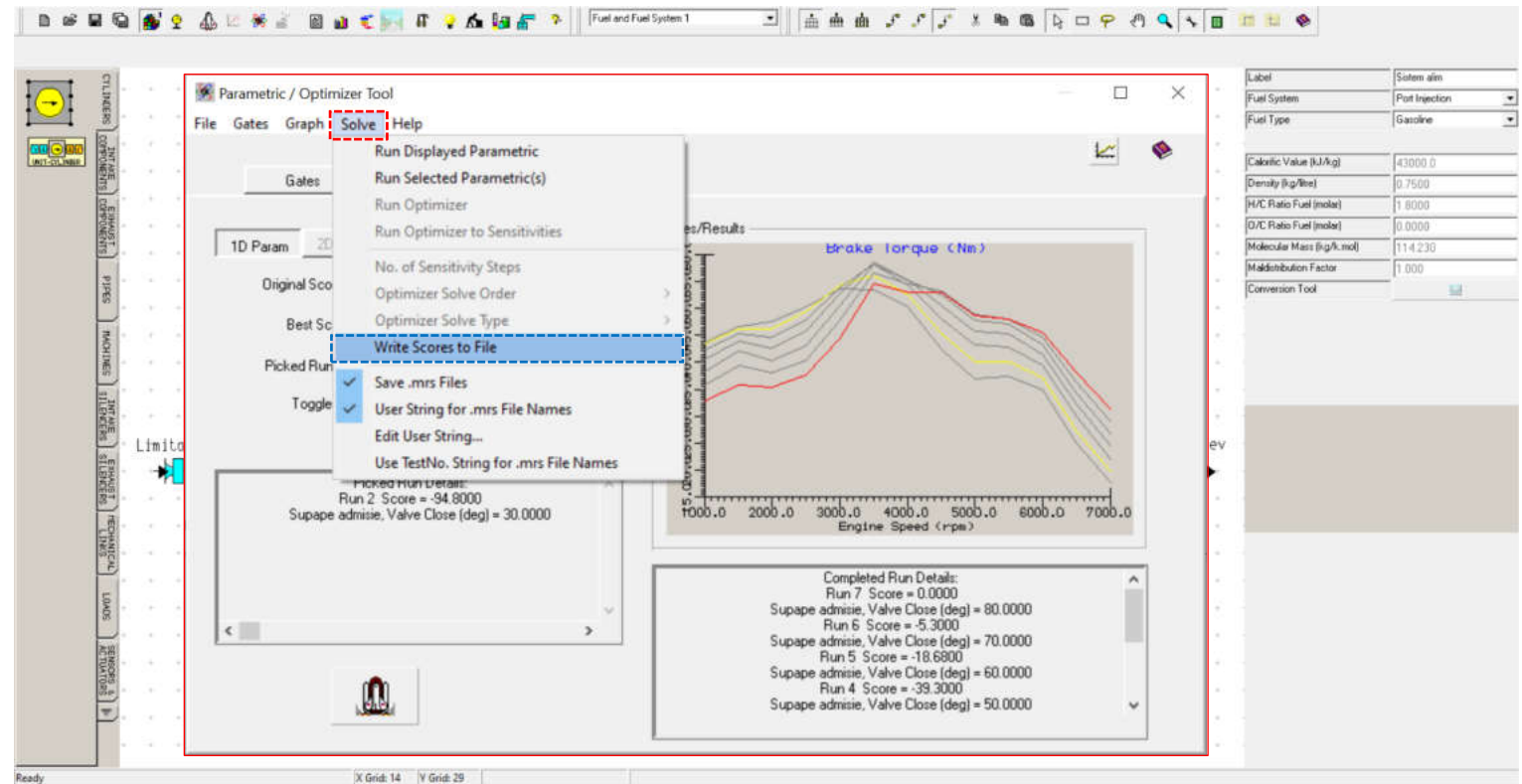


Fig. 6.46 Realizarea unei analize parametrice – Exportarea rezultatelor

Pas 2 – Preluarea soluției optime

După finalizarea analizei, utilizatorul poate alege să implementeze soluția identificată (să preia datele în propriul model) ca fiind optimă (**best**) accesând **File** → **Close make 'Best' Current** (începe și utilizează „cea mai bună soluție”) (fig. 6.47).

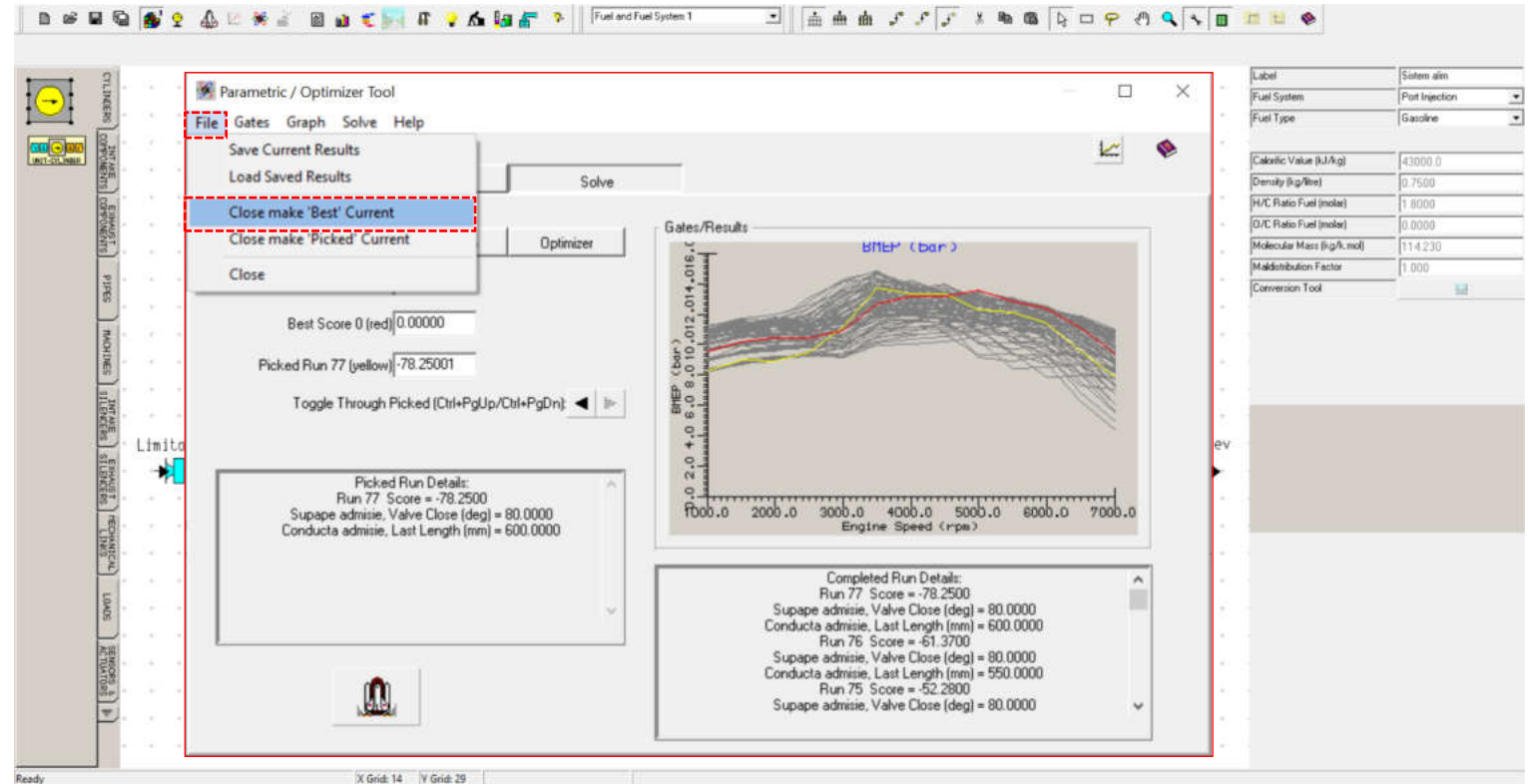


Fig. 6.47 Realizarea unei analize parametrice – Preluarea soluției optime

Pas 3 – Preluarea unei soluții oarecare

Alternativ, utilizatorul poate implementa o soluție aleasă (**picked**) de el accesând **File** → **Close make 'Picked' Current** (încide și utilizează varianta „aleasă”) (fig. 6.48).

The screenshot shows the 'Parametric / Optimizer Tool' window. The 'File' menu is open, with 'Close make 'Picked' Current' highlighted. The main area displays a graph of BMEP (bar) versus Engine Speed (rpm). The graph shows multiple curves representing different engine speeds, with a red curve indicating the best score and a yellow curve indicating the picked run. The 'Best Score 0 (red) 0.00000' and 'Picked Run 39 (yellow) -13.56000' are displayed. The 'Picked Run Details' box shows: Run 39 Score = -13.56000, Supape admisie, Valve Close (deg) = 50.00000, Conducta admisie, Last Length (mm) = 350.00000. The 'Completed Run Details' box shows: Run 77 Score = -78.25000, Supape admisie, Valve Close (deg) = 80.00000, Conducta admisie, Last Length (mm) = 600.00000; Run 76 Score = -61.37000, Supape admisie, Valve Close (deg) = 80.00000, Conducta admisie, Last Length (mm) = 550.00000; Run 75 Score = -52.28000, Supape admisie, Valve Close (deg) = 80.00000.

Fig. 6.48 Realizarea unei analize parametrice – Vizualizare

6.2.9. Vizualizarea rezultatelor

Pas 1 – Modificarea axelor

Pentru a putea vizualiza rezultatele în forma dorită, utilizatorul are posibilitatea de a modifica caracteristicile graficului. Astfel, pentru a modifica intervalele de afișare a datelor pe cele două axe se va accesa **Graph** → **Edit Axis Settings** (fig. 6.49).

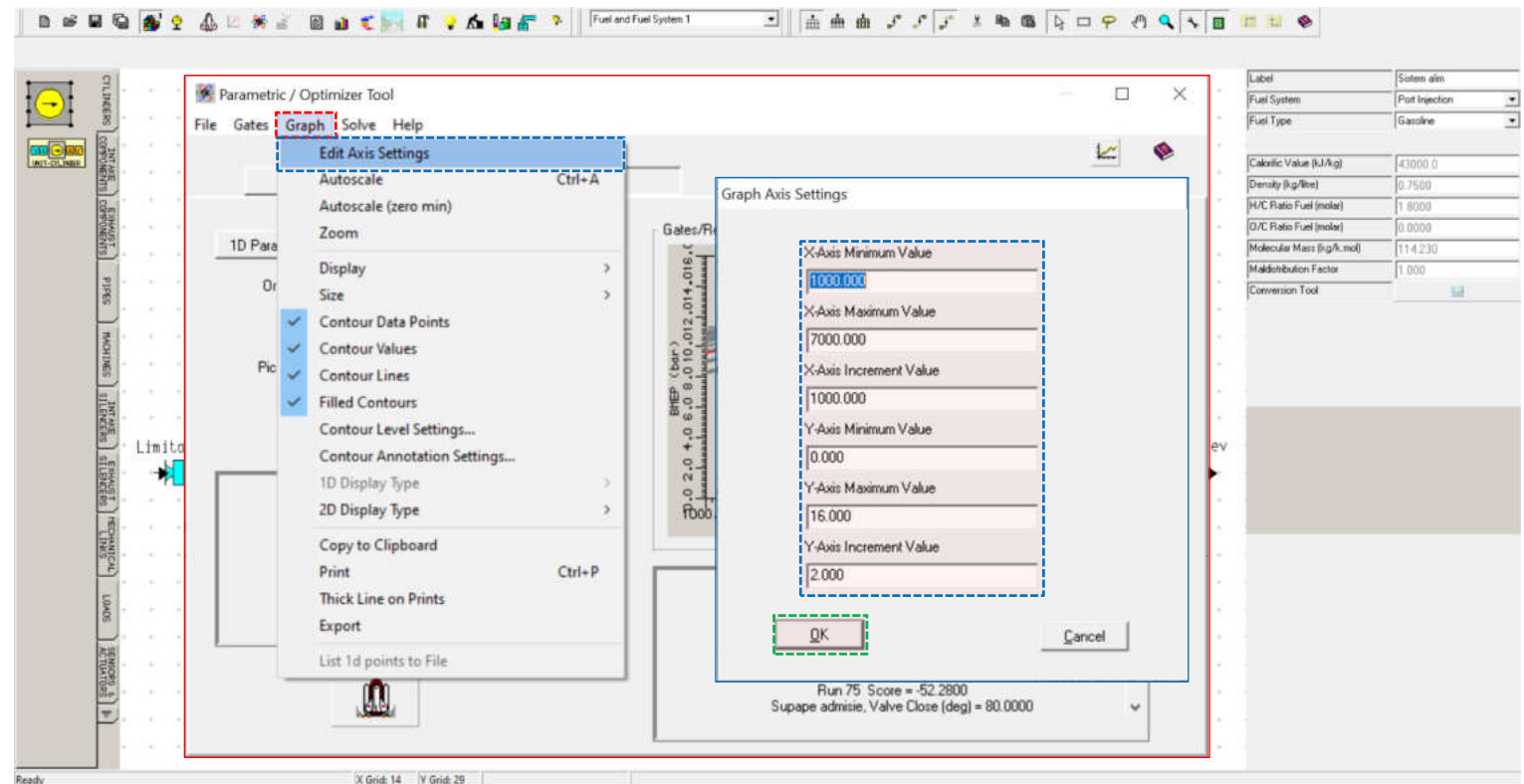


Fig. 6.49 Realizarea unei analize parametrice – Modificarea axelor

Realizarea unei analize parametrice

Pas 2 – Modificarea dimensiunii graficului

O altă posibilitate este de schimba afișarea graficului pe întreaga lățime a utilitarului alegând **Graph** → **Size** → **Large** (fig. 6.50).

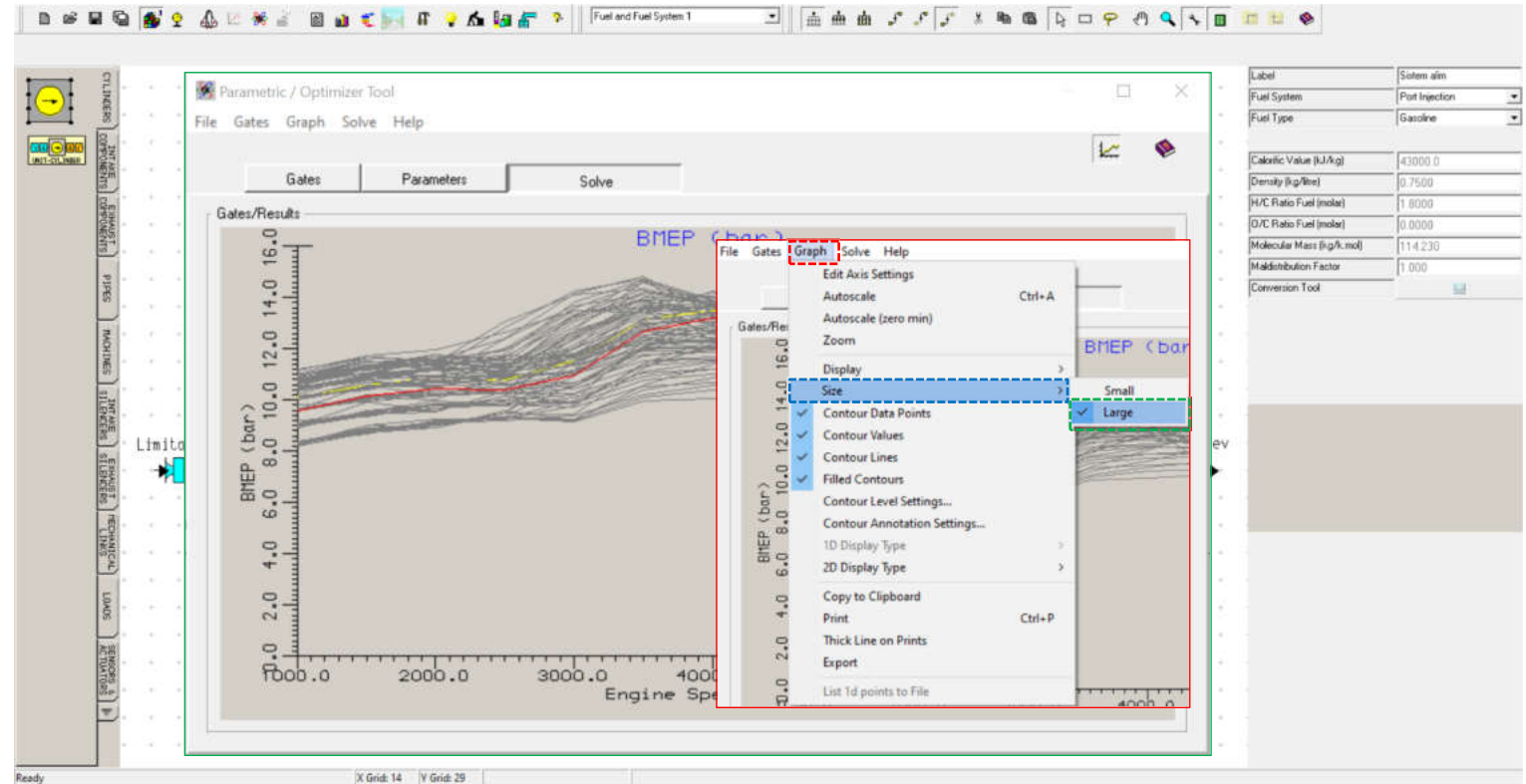


Fig. 6.50 Realizarea unei analize parametrice – Modificarea dimensiunii graficului

Realizarea unei analize parametrice

Pas 3 – Modificarea mărimii afișate

De asemenea, suplimentar față de variabila aleasă pentru optimizare (**volumetric efficiency**), utilizatorul are posibilitatea de a afișa și alte mărimi (fig. 6.51) precum:

Denumire		U.M.
ro	en*	
Puterea efectivă	Brake Power	kW
Momentul motor efectiv	Brake Torque	Nm
Presiunea medie efectivă	Brake Mean Effective Pressure (BMEP)	bar
Consumul specific efectiv	Brake Mean Specific Fuel Consumption (BSFC)	g/kWh
Puterea litrică	Specific Brake Power	kW/l
Momentul motor litric	Specific Brake Torque	Nm/l
Fluxul termic prin chiulasă	Cylinder Head Heat Transfer Rate	kW
Fluxul termic prin piston	Piston Heat Transfer Rate	kW
Fluxul termic prin cilindru	Liner Heat Transfer Rate	kW
Fluxul termic prin chiulasă și canalele de admisie/evacuarea	Cylinder Head + Ports Heat Transfer Rate	kW
Mai multe opțiuni...	More Options...	-

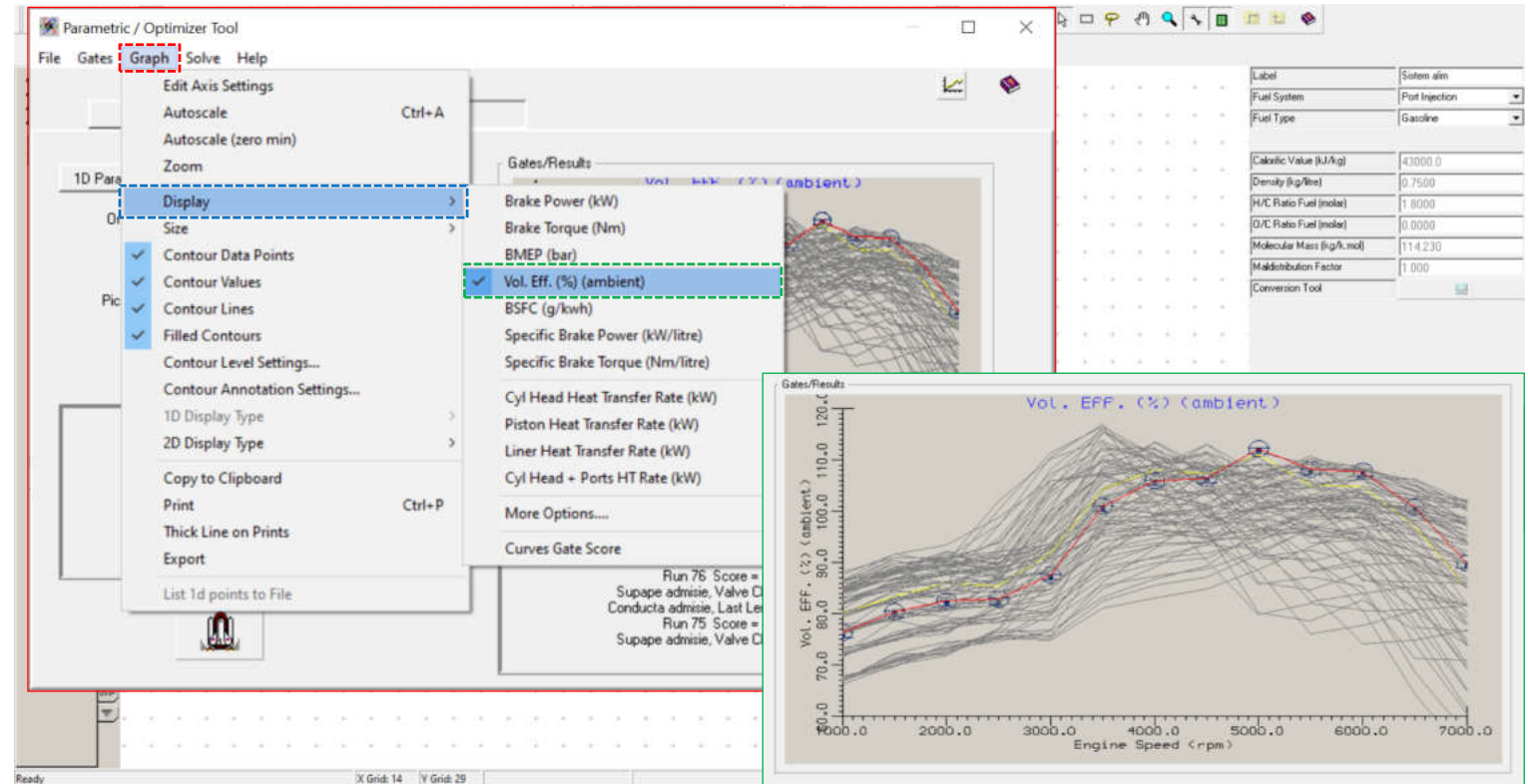


Fig. 6.51 Realizarea unei analize parametrice – Modificarea mărimii afișate

6.3. Studii de caz

În continuare, pentru aprofundare se propun o serie de studii de caz și analize.

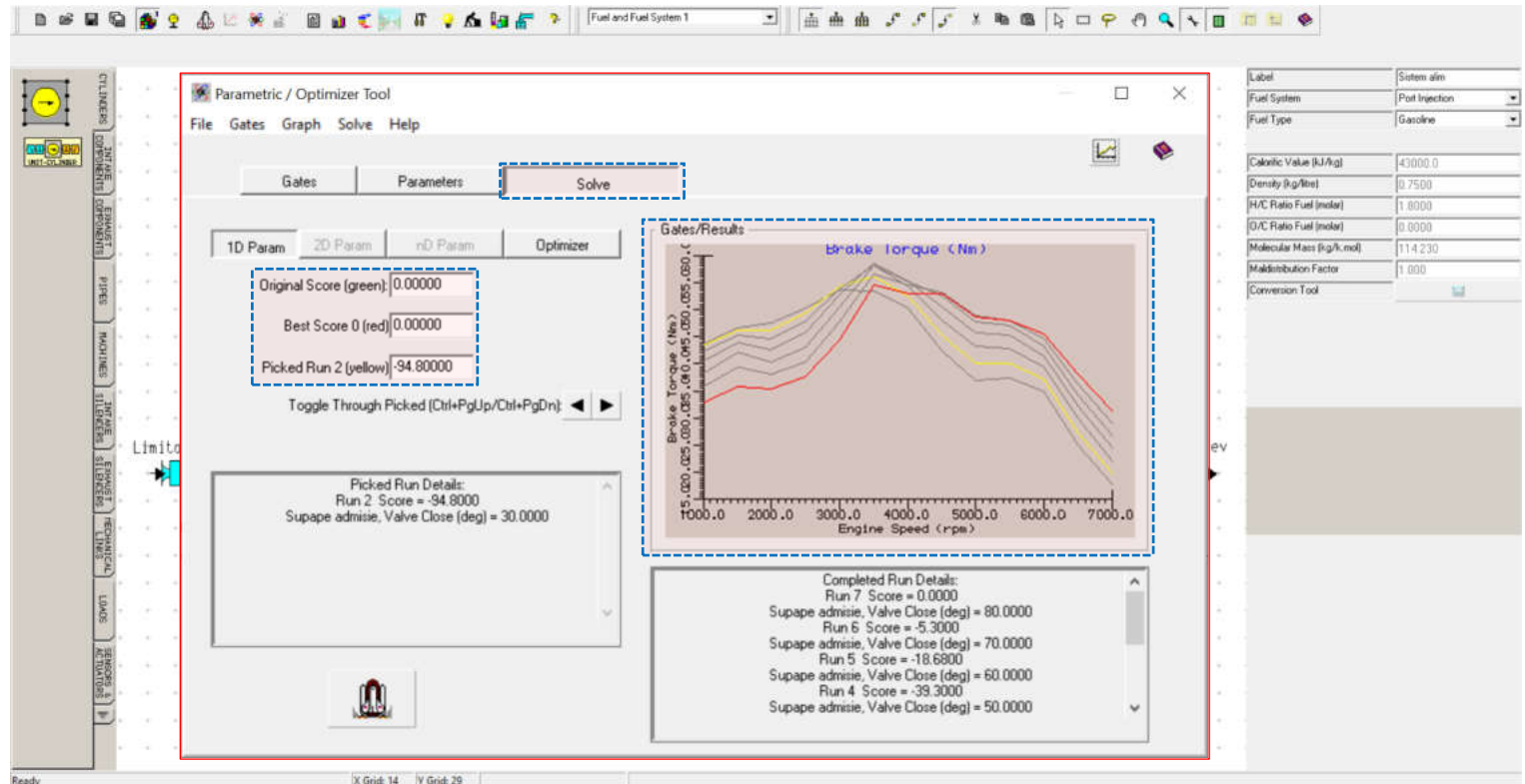
6.3.1. Analiză 1D – Identificare soluții optime

Pe baza rezultatelor obținute să se identifice soluția optimă pentru a obține:

1. Momentul motor maxim în intervalul de turație 1000-4000 min^{-1} .
2. Momentul motor maxim în intervalul de turație 4000-7000 min^{-1} .

A se avea în vedere faptul că nu doar valoarea momentului motor este importantă, ci și intervalul de turație pe care valoarea acestuia este ridicată.

Rezultatele obținute vor fi trecute într-un tabel precum tabelul 6.1. Analizând valorile să se răspundă la următoarele întrebări:



Tabel 6.1 Soluții optime pentru analiza parametrică 1D

Fig. 6.52 Realizarea unei analize parametrice – Studiu de caz 1

Intervalul de turație [min^{-1}]	Închiderea supapei de admisie (Valve Close) [$^{\circ}\text{RAC}$]
1000-4000	
4000-7000	

1. Soluția optimă este aceeași sau este diferită? Justificați.
2. Ce concluzii se pot trage din această analiză?
3. Ce soluții tehnice propuneți pentru obținerea soluției optime în toate punctele de funcționare?

6.3.2. Studiu de caz 1D

Pentru o mai bună înțelegere a importanței pe care o are procesul de schimbare a gazelor asupra performanțelor motorului se propune o analiză parametrică având ca variabilă înălțimea de ridicare a supapei de admisie (fig. 6.53). Limitele de variație pentru acest studiu sunt (fig. 6.54):

Denumire ro	en*	Valoare	U.M.
Minim (valoarea minimă a înălțimii de ridicare a supapei)	Minim	7	mm
Maxim (valoarea maximă a înălțimii de ridicare a supapei)	Maxim	10	mm
Pas (incrementul din punct de vedere al înălțimii de ridicare a supapei)	Step	0.5	mm

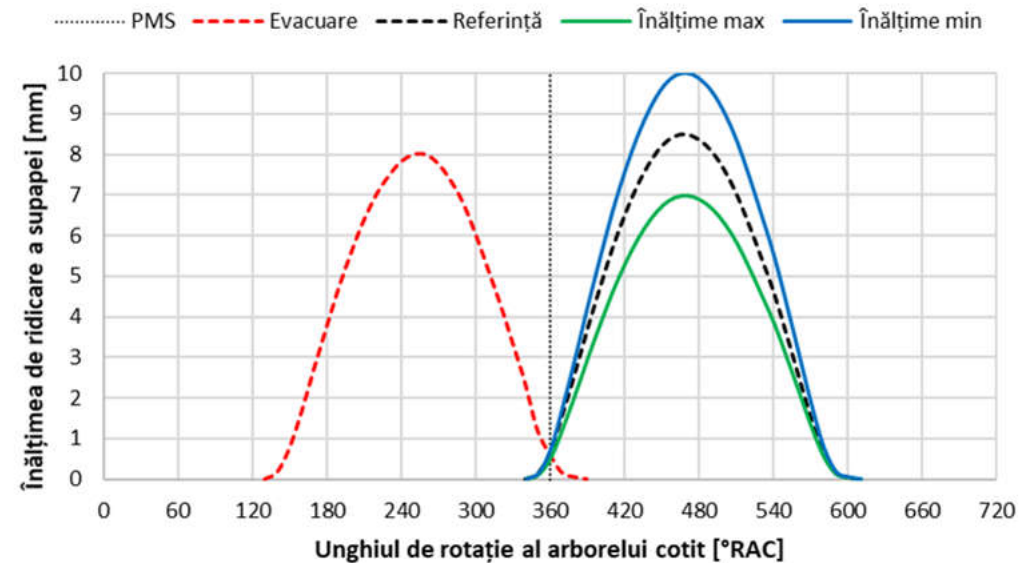


Fig. 6.53 Realizarea unei analize parametrice – Diagrama fazelor distribuției desfășurată pentru studiul de caz 2

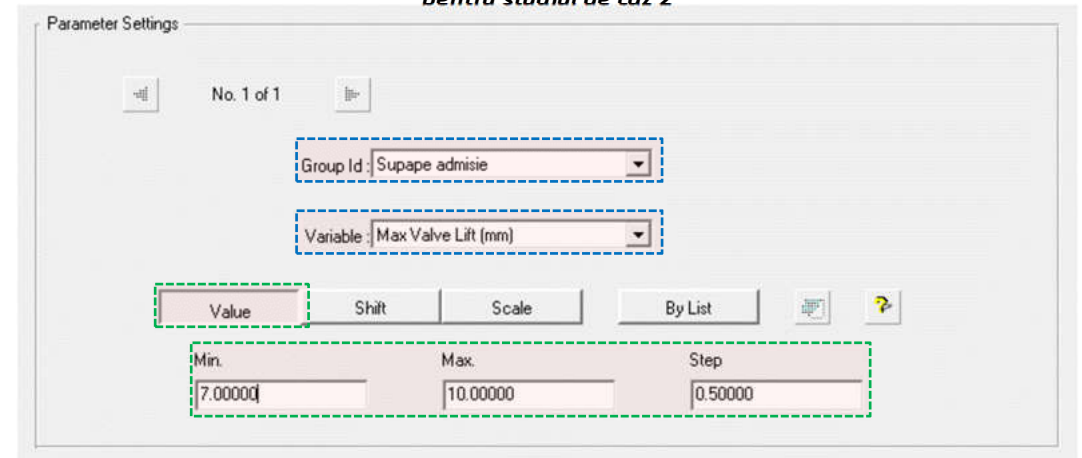


Fig. 6.54 Realizarea unei analize parametrice – Limitele de variație pentru studiul de caz 2

6.3.3. Analiză 2D – Identificare soluții optime

Pe baza rezultatelor obținute să se identifice soluția optimă pentru a obține:

1. Momentul motor maxim în intervalul de turație 1000-3500 min^{-1} .
2. Momentul motor maxim în intervalul de turație 3500-5000 min^{-1} .
3. Momentul motor maxim în intervalul de turație 5000-7000 min^{-1} .

A se avea în vedere faptul că nu doar valoarea momentului motor este importantă, ci și intervalul de turație pe care valoarea acestuia este ridicată.

Rezultatele obținute vor fi trecute într-un tabel precum tabelul 6.2. Analizând valorile să se răspundă la următoarele întrebări:

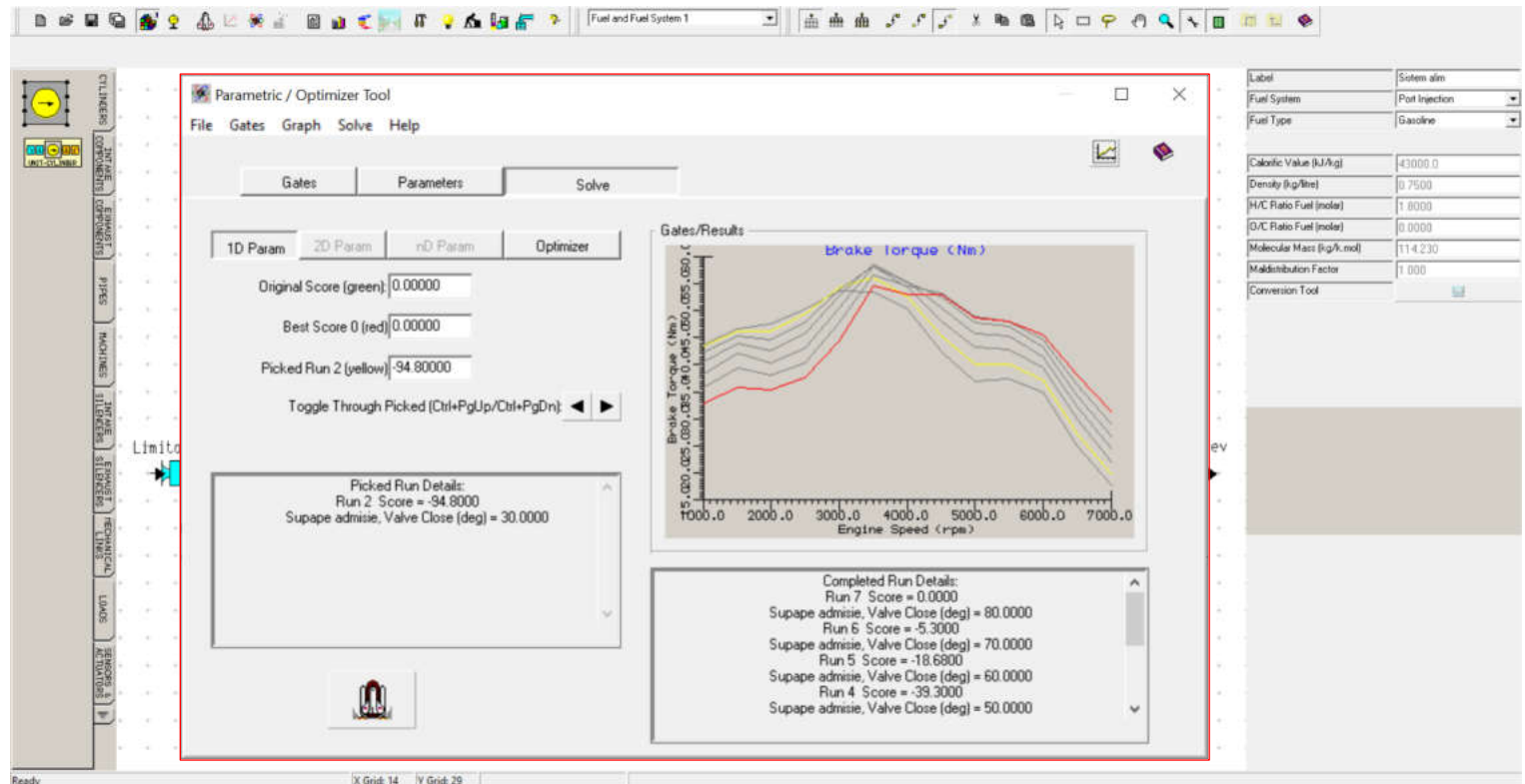


Fig. 6.55 Realizarea unei analize parametrice – Studiu de caz 3

Tabel 6.2 Soluții optime pentru analiza parametrică 1D

Intervalul de turație [min^{-1}]	Închiderea supapei de admisie (Valve Close) [$^{\circ}\text{RAC}$]
1000-4000	
4000-7000	

1. Soluția optimă este aceeași sau este diferită? Justificați.
2. Ce concluzii se pot trage din această analiză?
3. Ce soluții tehnice propuneți pentru obținerea soluției optime în toate punctele de funcționare?

6.3.4. Studiu de caz 2D

Similar cu studiul de caz se propune o analiză parametrică având ca variabile înălțimea de ridicare a supapei, respectiv întârzierea la închiderea supapelor de admisie (fig. 6.56). Limitele de variație pentru acest studiu sunt (figurile 6.57 și 6.58):

Denumire ro	en*	Valoare	U.M.
<u>Supape de admisie – Max. Valve Lift (mm)</u>			
Minim (valoarea minimă a înălțimii de ridicare a supapei)	Minim	7	mm
Maxim (valoarea maximă a înălțimii de ridicare a supapei)	Maxim	10	mm
Pas (incrementul din punct de vedere al înălțimii de ridicare a supapei)	Step	0.5	mm
<u>Supape de admisie – Valve Close (deg)</u>			
Minim (valoarea minimă a înălțimii de ridicare a supapei)	Minim	0	°
Maxim (valoarea maximă a înălțimii de ridicare a supapei)	Maxim	60	°
Pas (incrementul din punct de vedere al înălțimii de ridicare a supapei)	Step	10	°

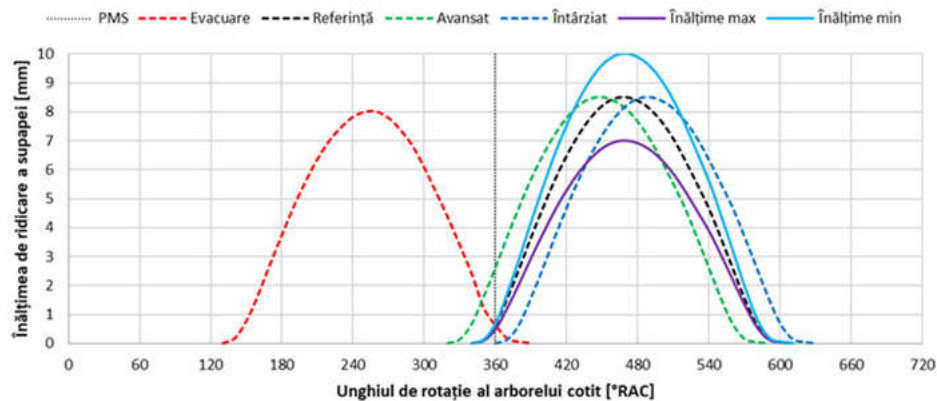


Fig. 6.57 Realizarea unei analize parametrice – Diagrama fazelor distribuției desfășurată pentru studiul de caz 4

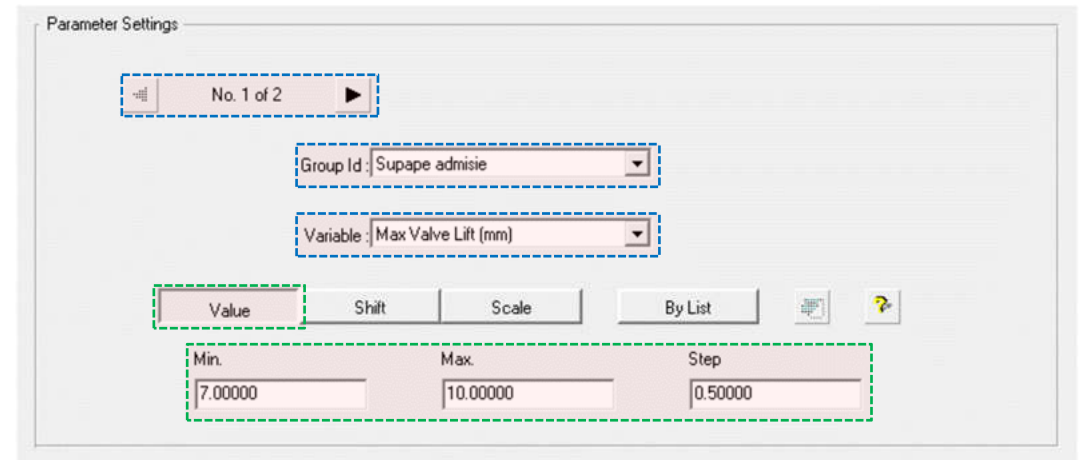


Fig. 6.56 Realizarea unei analize parametrice – Limitele de variație pentru înălțimea maximă de deschidere a supapei de admisie (studiul de caz 4)

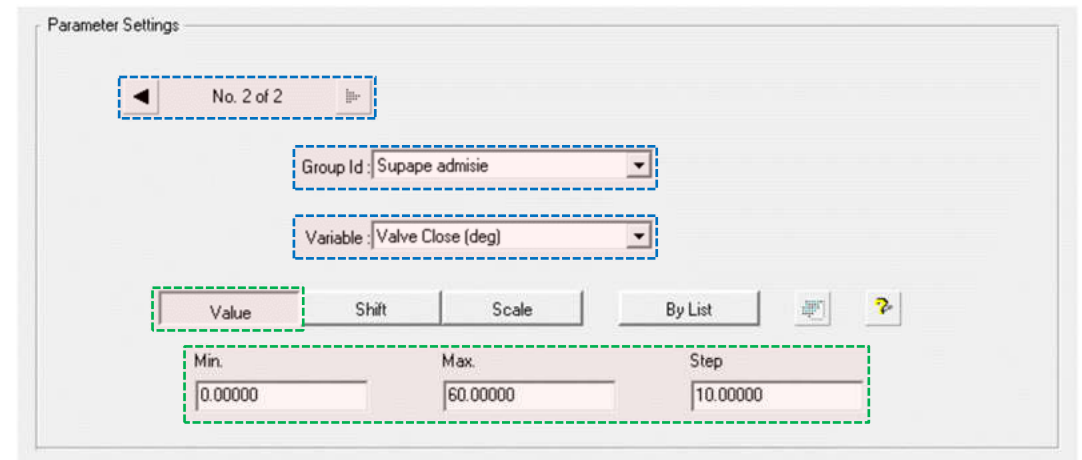


Fig. 6.58 Realizarea unei analize parametrice – Limitele de variație pentru închiderea a supapei de admisie (studiul de caz 4)

7. Implementarea unui element de acționare

Scop

- ▶ Crearea, parametrizarea și simularea unui model de motor policilindric cu aprindere prin scânteie cu umplere normală și distribuție variabilă.

Obiective educaționale și de formare a competențelor specifice

- ▶ Extinderea abilităților de utilizare a unor metode moderne de investigare a proceselor funcționale ale motoarelor cu ardere internă.
- ▶ Însușirea de competențe avansate în procesele de modelare și simulare computerizată.

Prezentarea lucrării

Lucrarea urmărește stabilirea unor cunoștințe de bază privind posibilitățile de implementare a distribuției variabile în scopul optimizării umplerii unui motor policilindric cu aprindere prin scânteie cu umplere normală.

Desfășurarea lucrării

Pornind de la modelul de motor policilindric de la capitolul 5 se vor introduce o serie de elemente noi: senzor (**sensor**) de turație și un element de acționare pentru modificarea fazelor distribuției. După introducerea acestor elemente se va defini caracteristica de variație a fazelor distribuției în funcție de turație.

Implementarea unui element de acționare

7.1. Modelul final de simulare

Modelul care se va obține în urma parcurgerii pașilor din acest capitol este prezentat în figura 7.1.

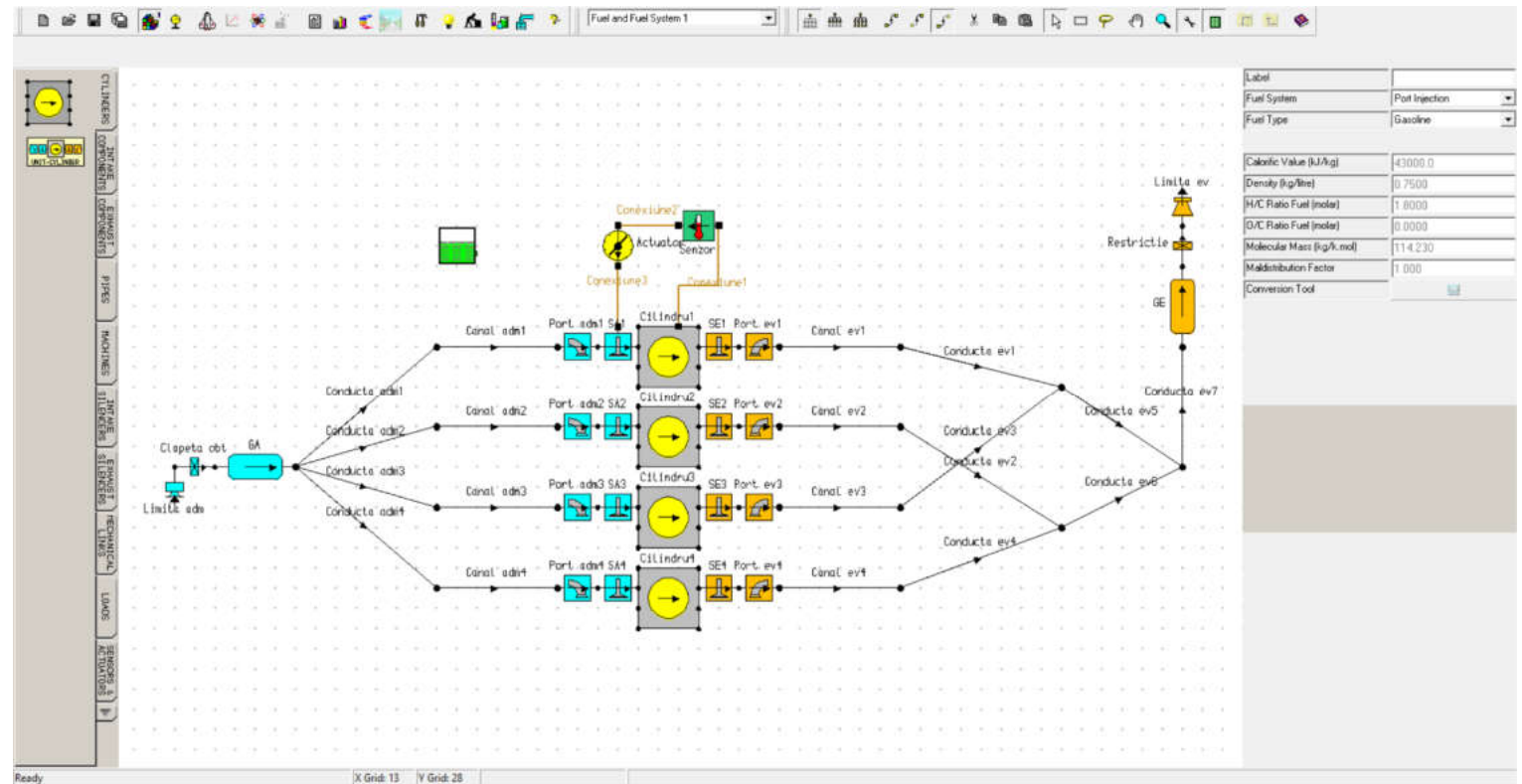


Fig. 7.1 Implementarea unui element de acționare - Modelul final

7.2. Modelare și simulare

7.2.1. Partea motorului selectată pentru simulare

În această etapă modelul este completat cu părțile marcate cu verde, albastru deschis, galben și mov, care reprezintă conductele de admisie, respectiv albastru închis care reprezintă galeria de admisie (Fig. 7.2). Pentru evacuare s-a marcat o a doua conductă cu roșu. Acest lucru este necesar pentru a surprinde efectele gazodinamice din conducte (zona marcată cu galben reprezintă partea motorului de la care sa pornit). Pentru acest model se includ toți cei patru cilindri ai motorului și se iau în considerare (parțial) pierderile suplimentare din sistemul de admisie și de evacuare.

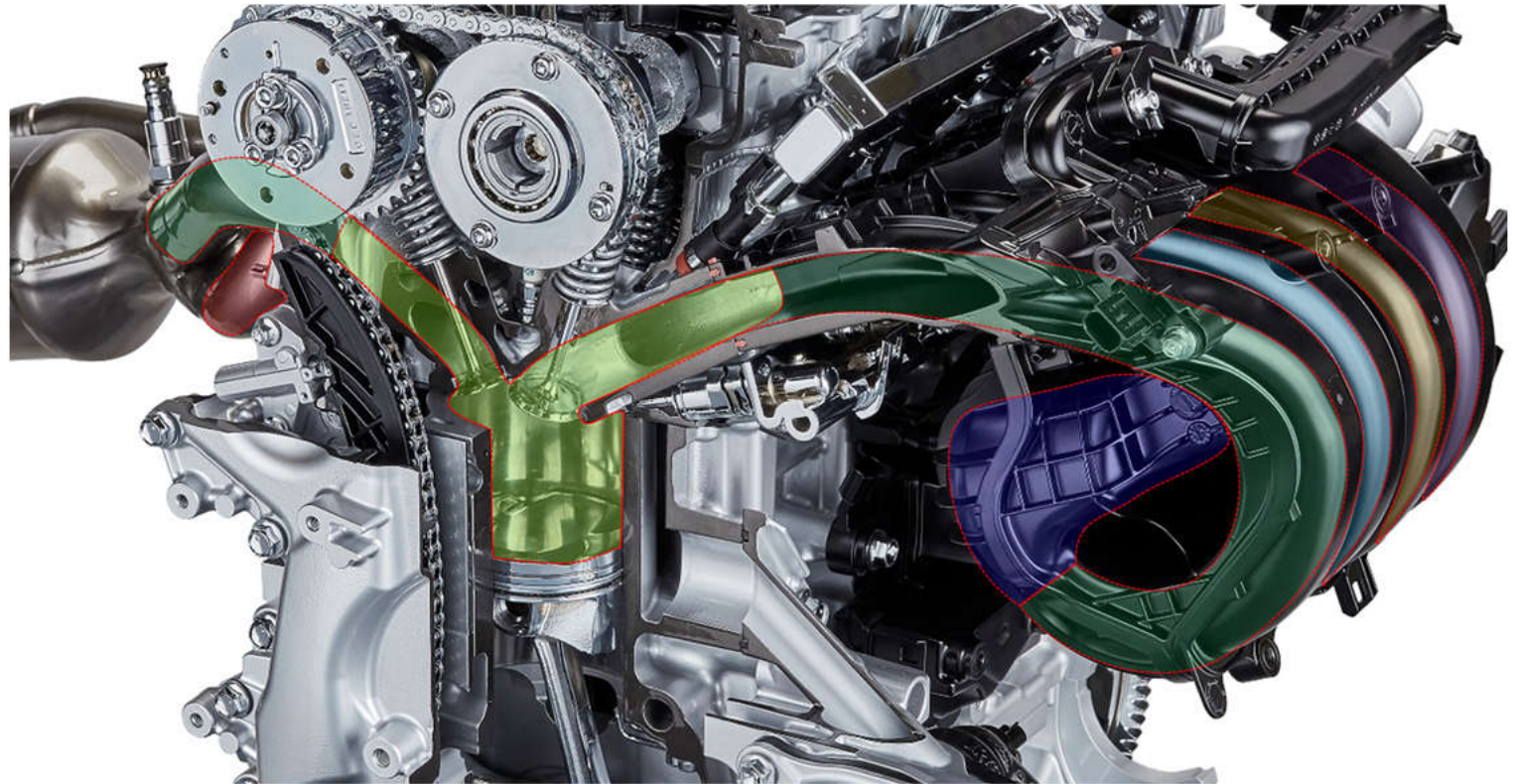


Fig. 7.2 Implementarea unui element de acționare - Partea motorului selectată pentru simulare (adaptare după [25])

7.2.2. Elementele modelului de simulare

Pas 1 – Modelul de bază

Pentru realizarea studiului propus în acest capitol se va porni de la modelul dezvoltat în capitolul 5 (fig. 7.3).

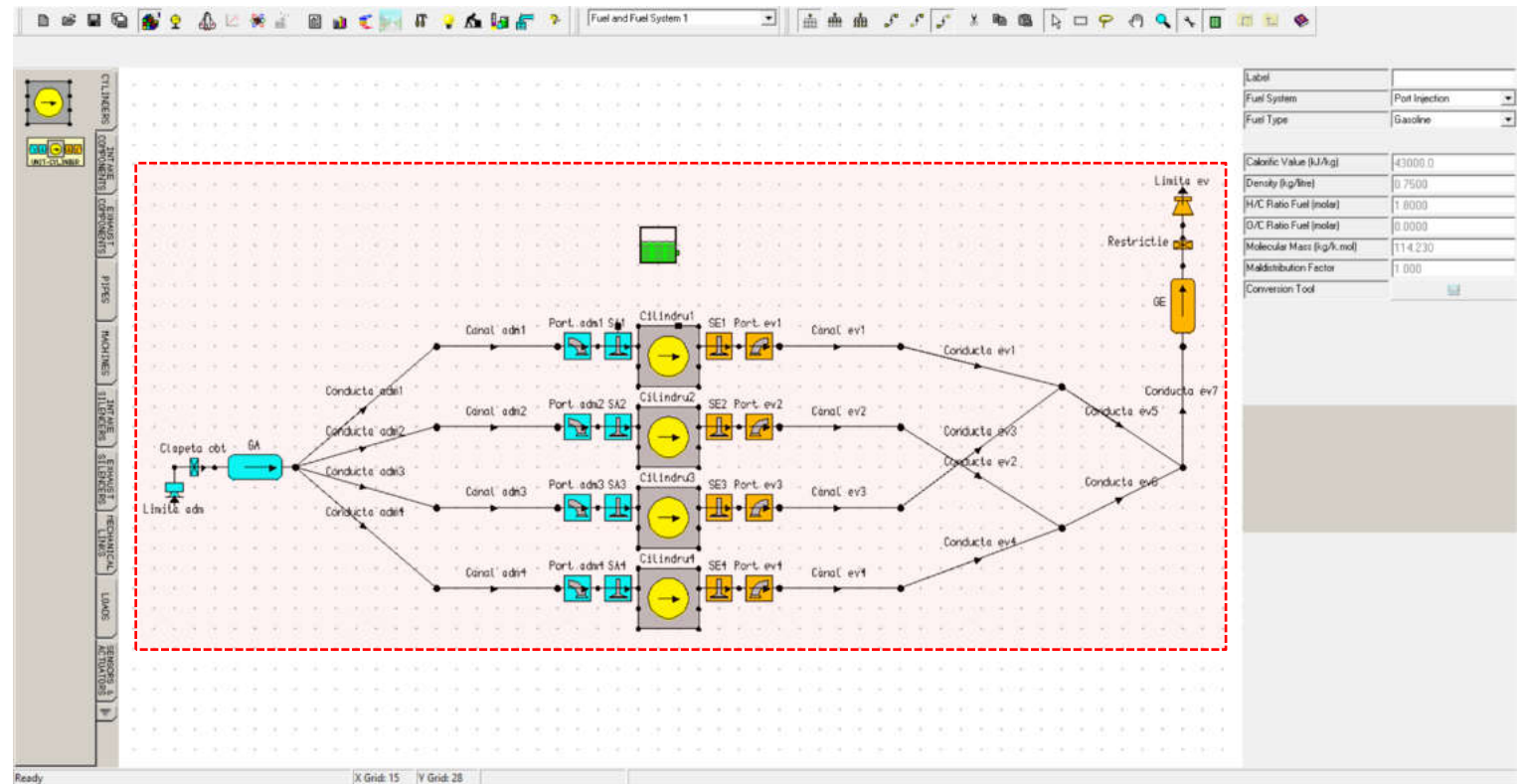


Fig. 7.3 Implementarea unui element de acționare – Modelul de bază

Implementarea unui element de acționare

Pas 2 – Senzorul (de turație)

Elementele de tip **sensor** (senzor) facilitează „măsurarea” valorilor proprietăților unei componente. Aceste proprietăți pot fi:

- ▶ o mărime fizică (lungime (**length**), diametru (**diameter**), volum (**volume**) etc.);
- ▶ o mărime momentană calculată (presiune (**pressure**), debit masic (**mass flow**), temperatură (**temperature**) etc.).

Pentru aceste determinări utilizatorul poate apela la una din cele trei variante de senzori:

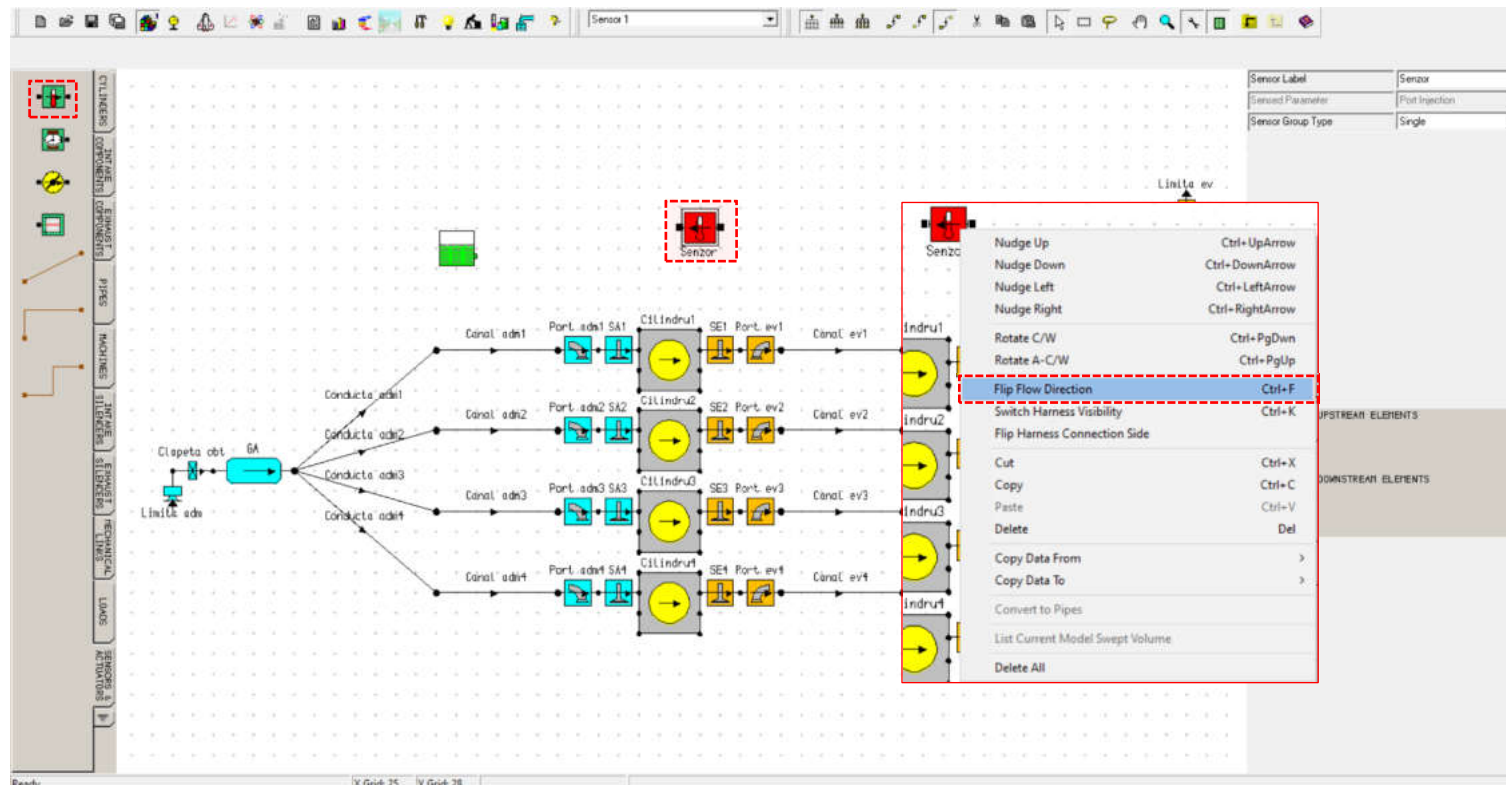


Fig. 7.4 Implementarea unui element de acționare – Implementarea senzorului (de turație)

Denumire		Utilizare
ro	en*	
Senzor generic	Generic sensor element	„măsurarea” valorii unui parametru și transmiterea acestuia spre un element de acționare
Senzor de timp	Time sensor	determinarea timpului momentan al simulării
Senzor pentru grafic	Plot sensor	mecanism prin care parametri „măsurati” individual pot fi afișați într-un singur grafic

Un element de tip **sensor** (senzor) poate avea doar o singură intrare (**input**), însă mai multe ieșiri (**output**).

În cazul analizei din acest capitol, pentru a putea implementa elementul de acționare dorit este necesară cunoașterea turației motorului (**engine speed**). În acest scop, din grupa **SENSORS & ACTUATORS** se va alege un element de tip **sensor** (). După adăugarea și poziționarea în model (fig. 7.4), senzorului îi va fi schimbat sensul de „curgere” al informației prin click dreapta pe element și selectarea **Flip Flow Direction**.

Pas 3 – Element de acționare (VVT)

Spre deosebire de elementele de tip **sensor** (senzor), utilizate pentru „măsurare”, elementele de acționare (**actuators**) sunt utilizate pentru a modifica valoarea proprietății unei componente a modelului. Aceste proprietăți pot însă să fie doar mărimi fizice precum o lungime (**length**), un diametru (**diameter**), un volum (**volume**) etc. Pentru a putea funcționa, elementele de acționare necesită informații de la senzori.

Spre deosebire de elementele de tip **sensor** (senzor), elementele de acționare (**actuator**) pot avea mai multe intrări (**input**), însă doar o singură ieșire (**output**).

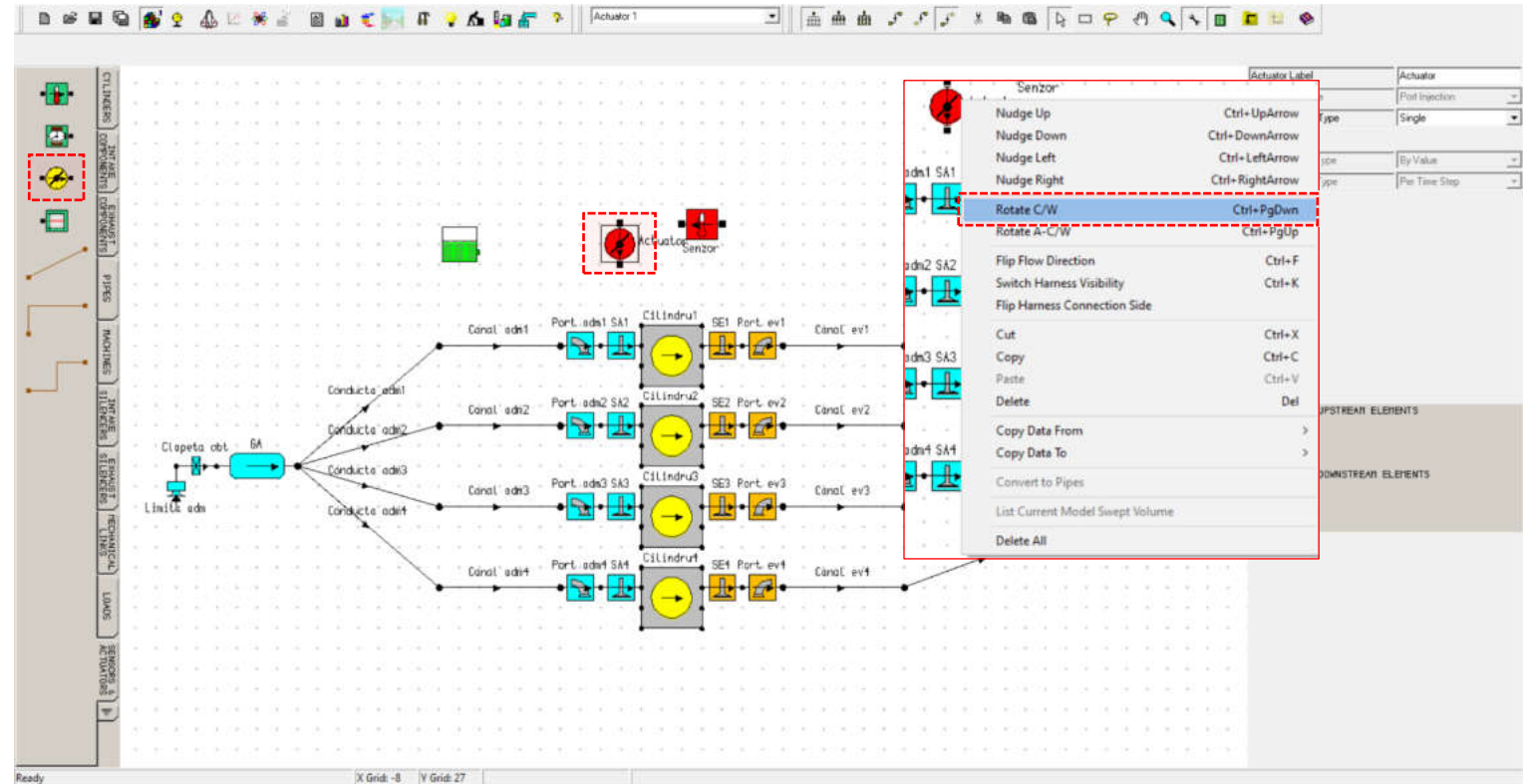


Fig. 7.5 Implementarea unui element de acționare – Implementare element de acționare (VVT)

În cazul analizei din acest capitol, pentru se va implementa un element de acționare (**actuator**) pentru controlul fazelor distribuției (**valve timing**) în funcție de turația motorului (**engine speed**). În acest scop, din grupa **SENSORS & ACTUATORS** se va alege un element de acționare (). După adăugarea și poziționarea în model (fig. 7.5), elementul de acționare va fi rotit în sens orar prin click dreapta pe element și selectarea **Rotate C/W (clockwise)**.

Implementarea unui element de acționare

Pas 4 – Activarea conectorilor

După ce au fost adăugate, cele două elemente (senzorul și elementul de acționare) trebuie conectate la celelalte elemente ale modelului astfel:

- ▶ senzorul (**sensor**) se conectează la elementul cilindru pentru a „măsura” turația pe care, apoi să o transmită elementului de acționare;
- ▶ elementul de acționare (**actuator**) se conectează la supapele de admisie pentru a modifica parametrul acestora (fazele distribuției – **valve timing**) în funcție de turație, conform specificațiilor utilizatorului.

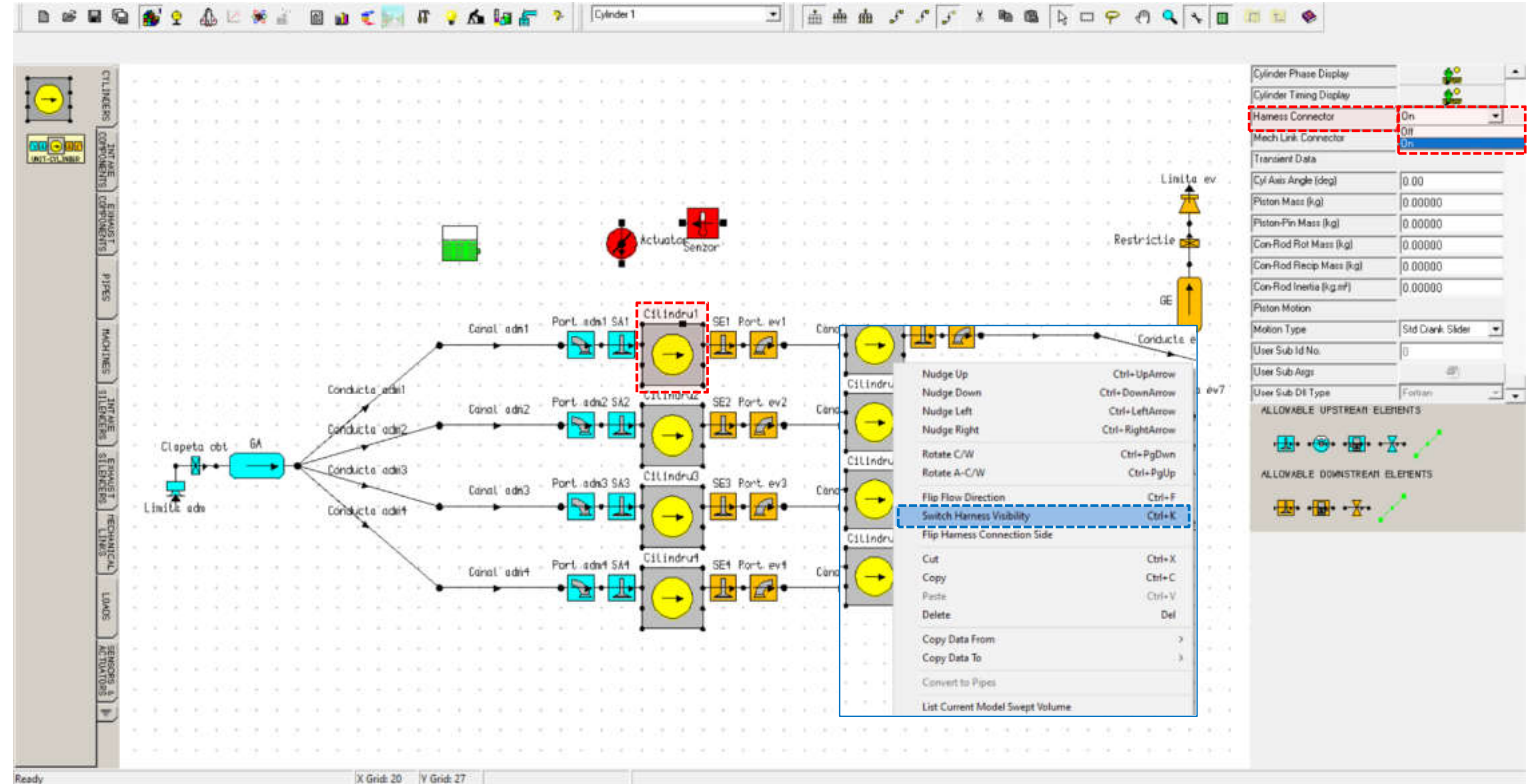


Fig. 7.6 Implementarea unui element de acționare – Modul de activare a conectorilor(cilindru)

Pentru a realiza aceste conexiuni este necesară activarea conectorilor (**harness connector**) elementelor cilindru (**cylinder**) (fig. 7.6) și supapă de admisie (**intake valve**) (fig. 7.7). **Harness Connector** se activează (**on**) fie din meniul de definire al elementelor, fie prin click dreapta pe elementul dorit și selectarea **Switch Harness Visibility**, care schimbă vizibilitatea conectorului (în cazul în care conectorul este deja vizibil/activat, prin această opțiune acesta va fi ascuns/dezactivat).

Implementarea unui element de acționare

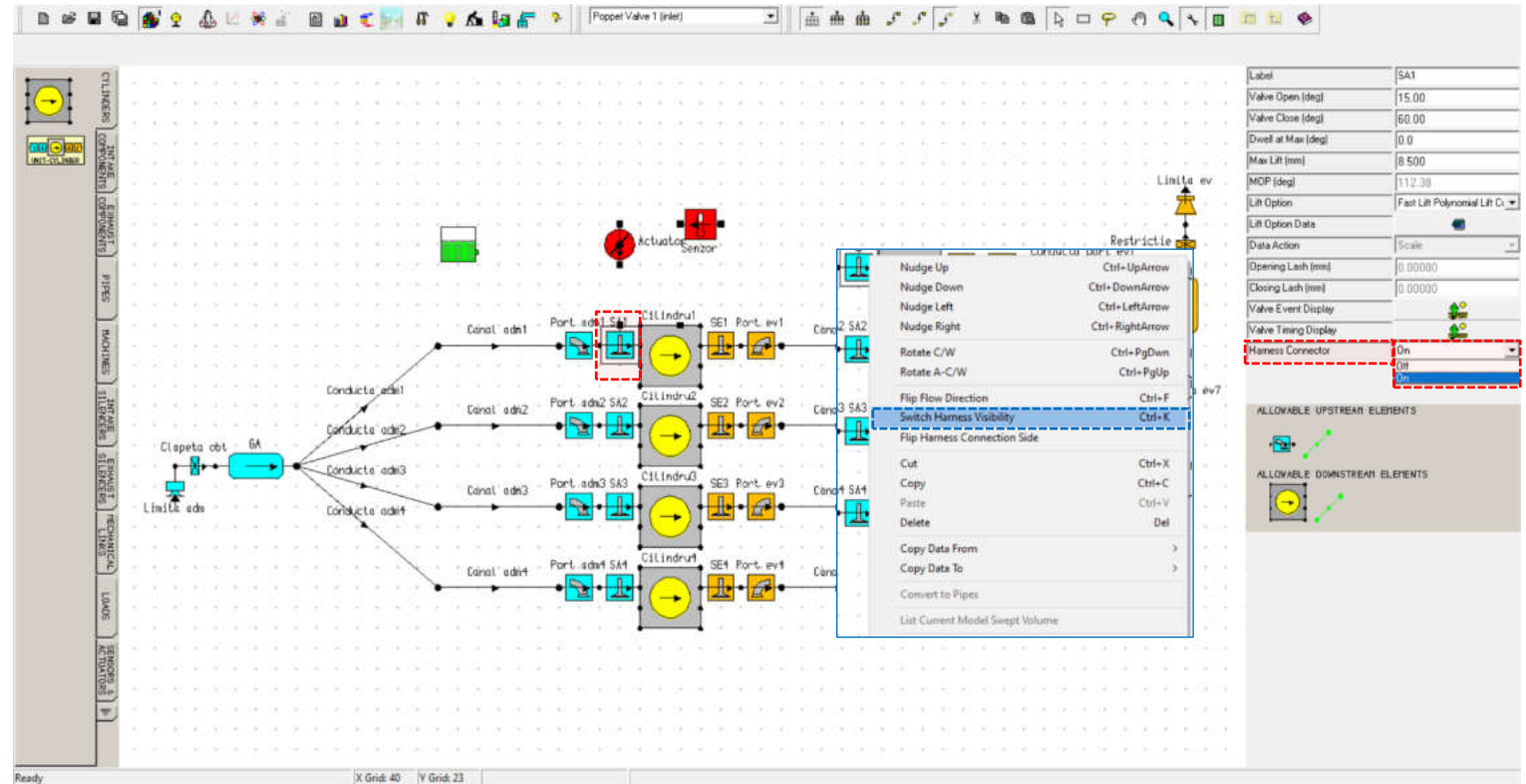
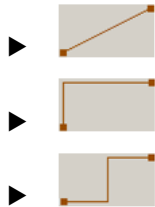


Fig. 7.7 Implementarea unui element de acționare - Modul de activare a conectorilor(supapă admisie)

Pas 5 – Elementele de conectare

După ce toți conectorii (**conector**) au fost activați, se pot introduce elementele de conectare de tip **wire** (cablu), aranjându-se precum în figurile 7.8 – 7.10. După cum se poate observa, utilizatorul poate alege între trei elemente de acest fel:



Se menționează faptul că între aceste elemente nu există nicio diferență din punct de vedere funcțional. Singura diferență este din punct de vedere vizual, acestea având rolul de a sprijini utilizatorul în crearea unui model cât mai ușor vizibil și „curat”.

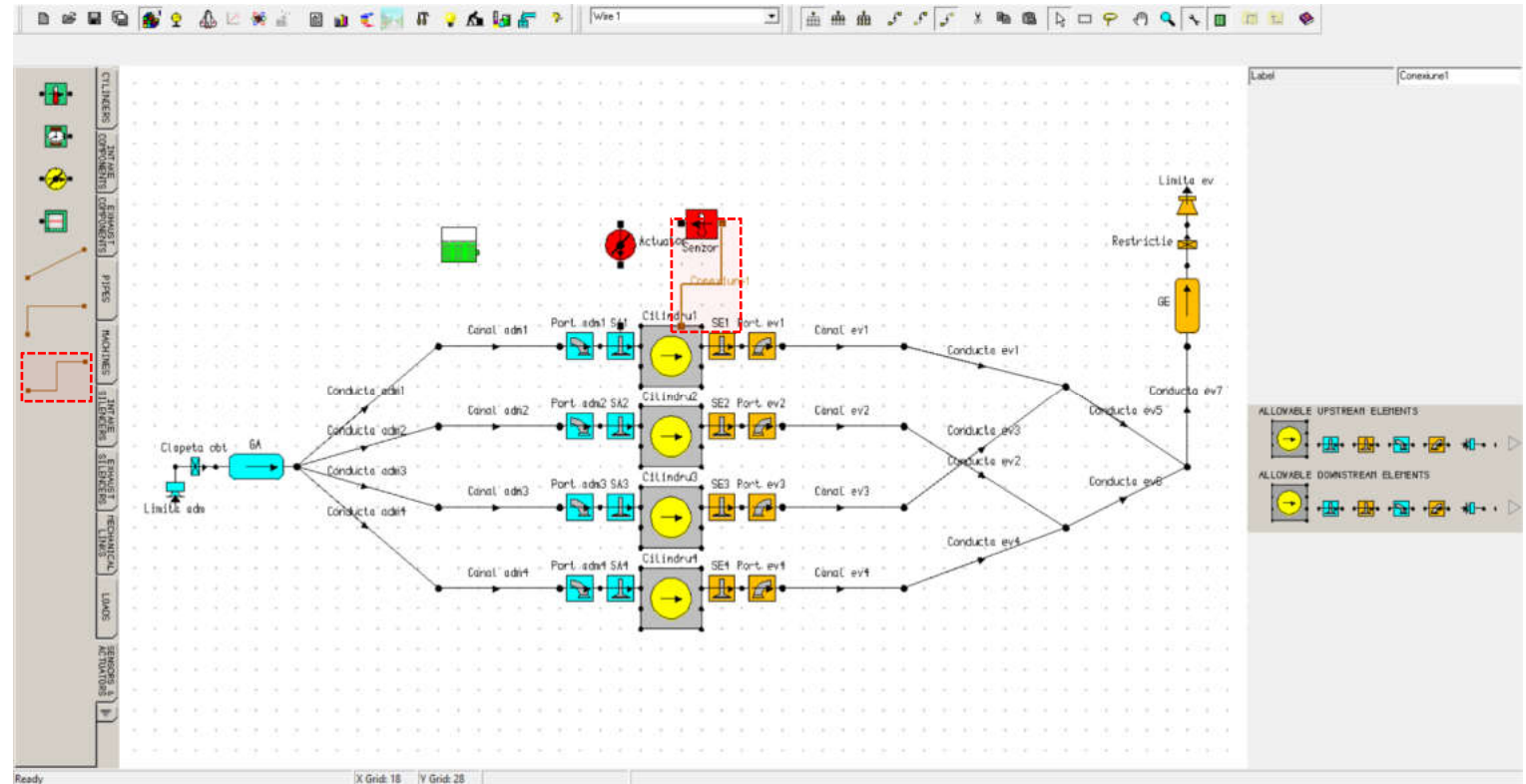


Fig. 7.8 Implementarea unui element de acționare - Element de conectare (cilindru – senzor)

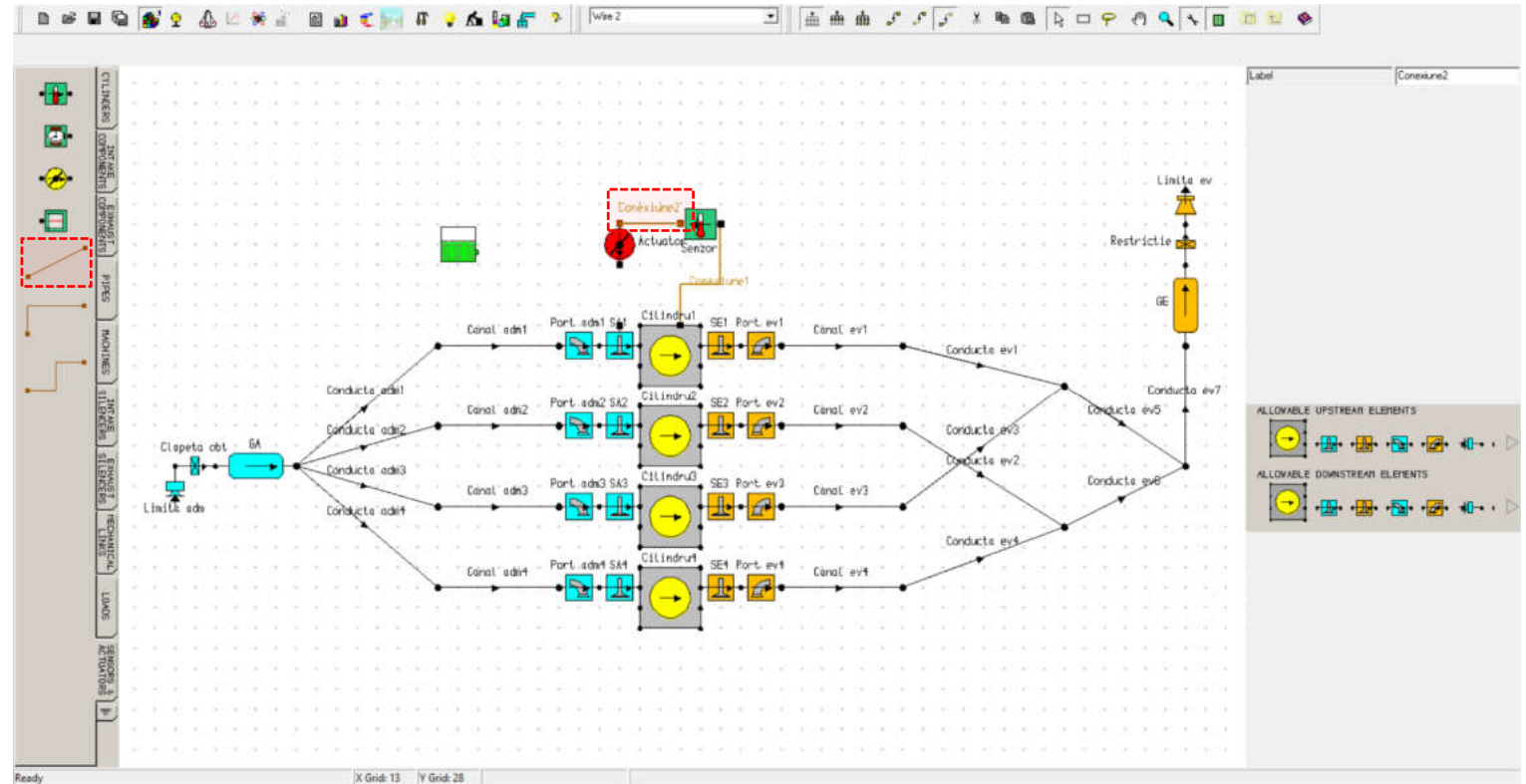


Fig. 7.9 Implementarea unui element de acționare - Element de conectare (senzor – element de acționare)

Implementarea unui element de acționare

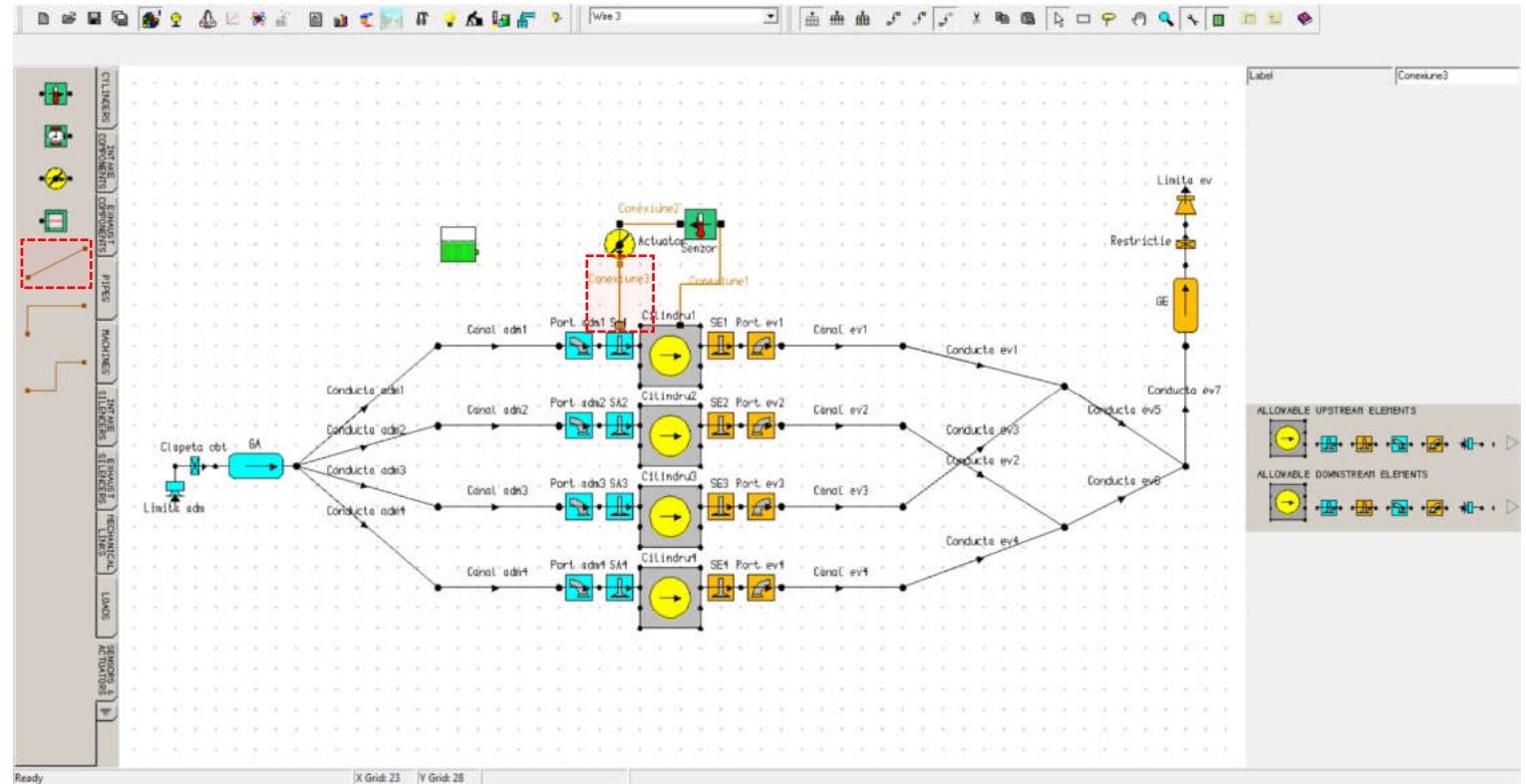


Fig. 7.10 Implementarea unui element de acționare - Element de conectare (element de acționare – supapă admisie)

Implementarea unui element de acționare

Pas 6 – Lista de elemente

Înainte de a trece la definirea elementelor se recomandă verificarea listei de elemente (ținând cont de numărul de elemente din fiecare tip) pentru a nu exista scăpări (fig. 7.11):

Denumire ro	Denumire en*	Număr elemente
Cilindru	Cylinder	4
Conductă	Pipe	19
Supapă admisie	Poppet Valve (inlet)	4
Supapă evacuare	Poppet Valve (exhaust)	4
Orificiu admisie	Port (inlet)	4
Orificiu evacuare	Port (exhaust)	4
Galerie de admisie	Plenum (inlet)	1
Galerie de evacuare	Plenum (exhaust)	1
Clapetă obturatoare	Throttle (inlet)	1
Restricție	Throttle (exhaust)	1
Limită admisie	Inlet	1
Limită evacuare	Exit	1
Senzor	Sensor	1
Element de acționare	Actuator	1
Cablu	Wire	3

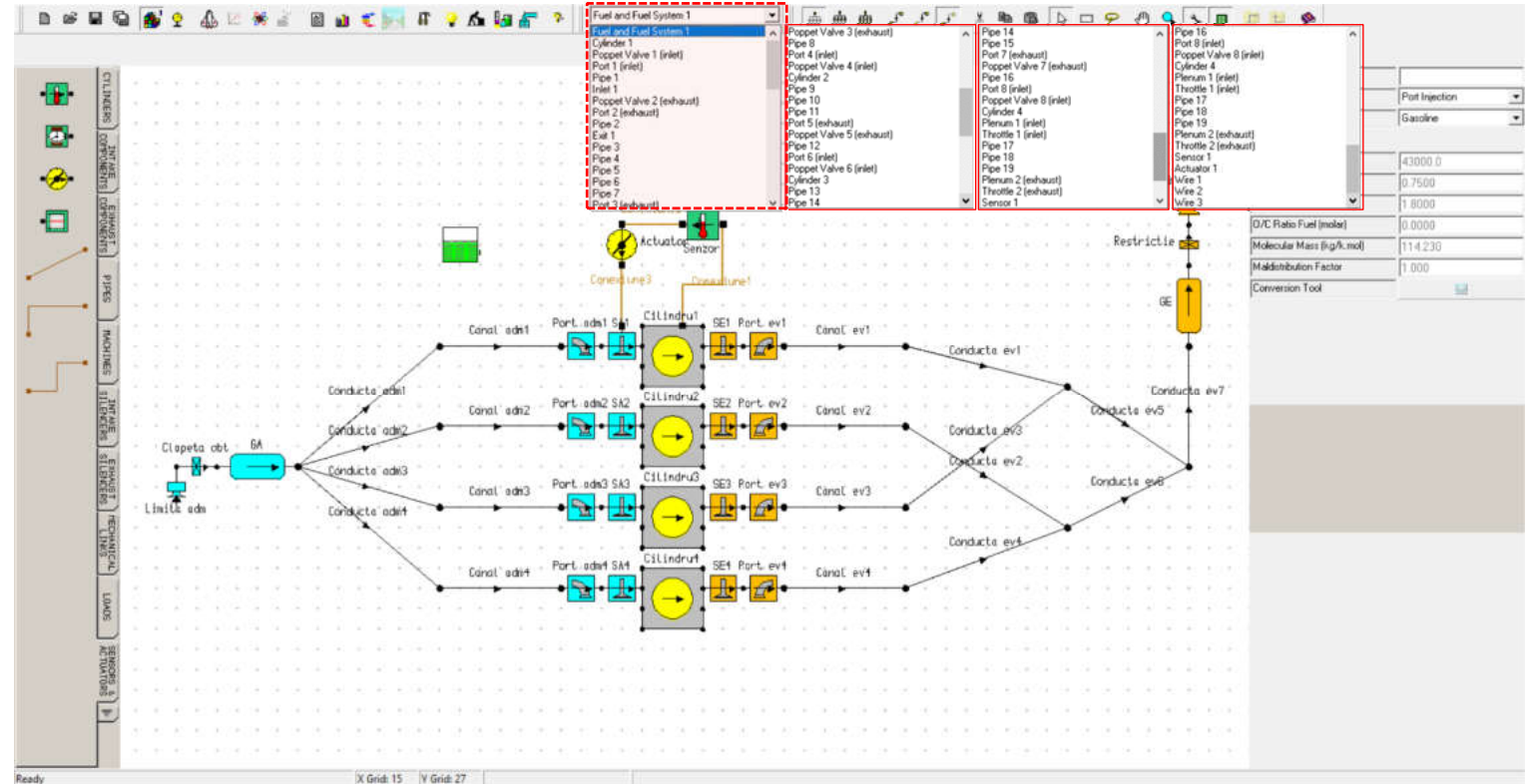


Fig. 7.11 Implementarea unui element de acționare - Lista de elemente

*Denumirile în limba engleză reprezintă denumirea tipului de element din Lotus Engine Simulation utilizat pentru a reprezenta componenta și nu sunt întotdeauna o traducere corectă.

7.2.3. Definirea grupurilor

Pas 1 – Crearea grupurilor

Înainte de implementarea elementului de acționare este necesară definirea unui grup (**group**) de componente (fig. 7.12). Scopul este de a utiliza un singur element de acționare. În cazul de față se va defini un singur grup:

Group	Denumire
1	Supape admisie VVT

În acest scop se va accesa **Groups** → **New...**

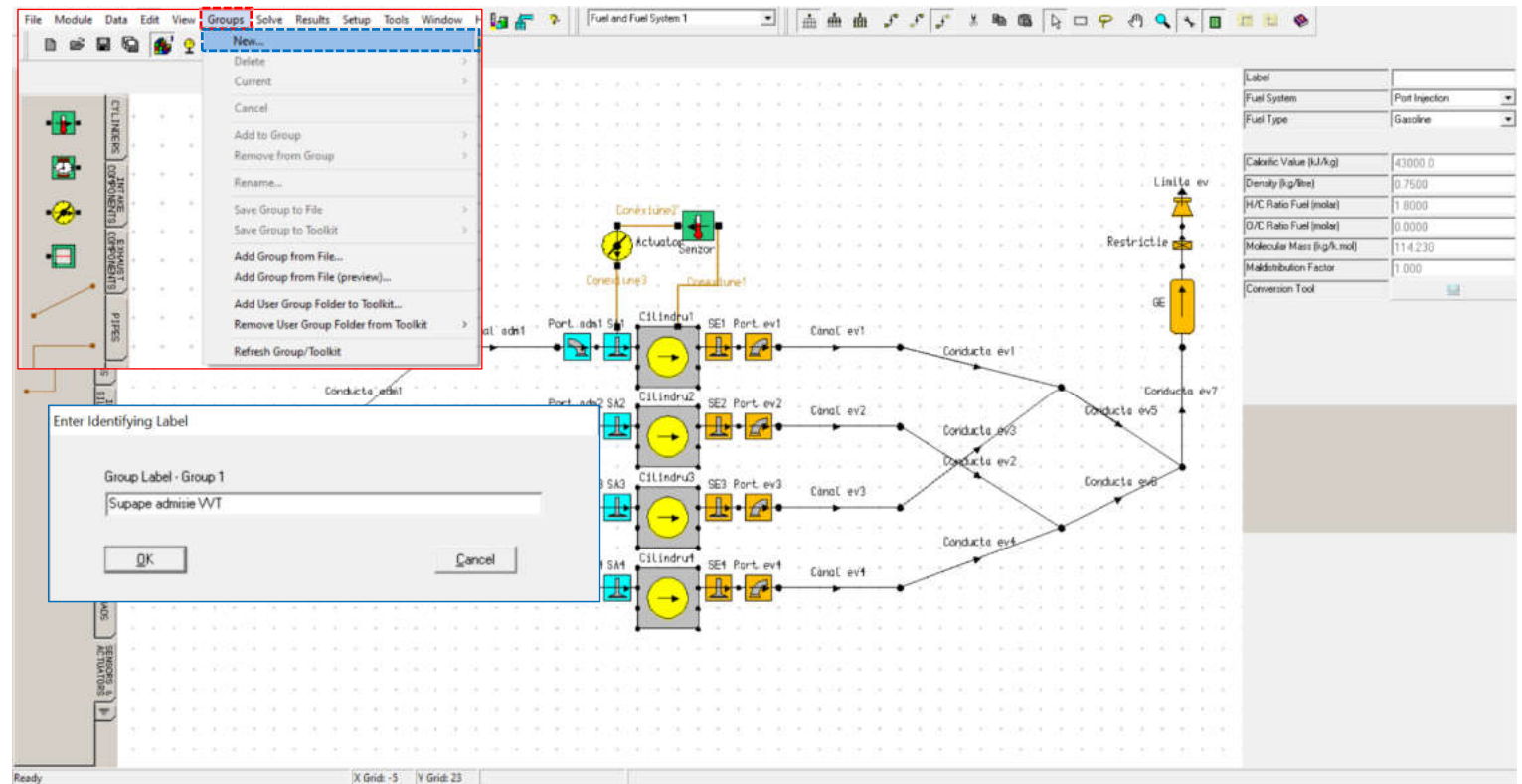


Fig. 7.12 Implementarea unui element de acționare - Crearea grupurilor

Implementarea unui element de acționare

Pas 2 – Adăugarea de elemente în grupuri

După crearea grupului se vor adăuga supapele de admisie (**intake valves**) prin selectarea acestora cu ajutorul **Rectangle Area Pick** () sau individual, iar apoi click pe **Groups** → **Add to Group** → **Supape admisie VVT** (fig. 7.13). Pentru analiza din acest capitol se vor adăuga în grupul creat următoarele elemente:

Element	Group
SA1 – SA4	Supape admisie

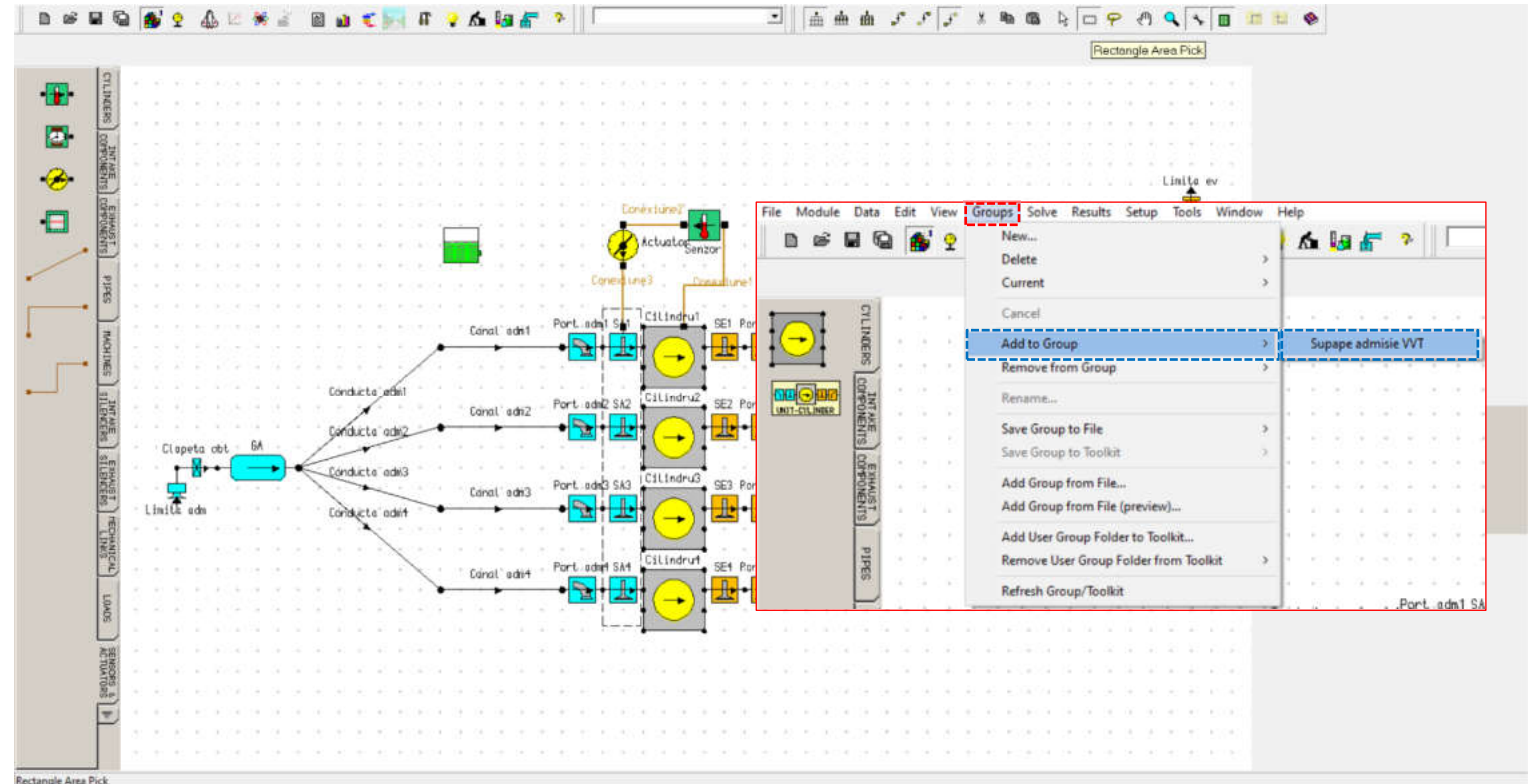


Fig. 7.13 Implementarea unui element de acționare - Adăugarea de elemente în grupuri

Implementarea unui element de acționare

Pas 3 – Vizualizarea elementelor dintr-un grup

Pentru a vizualiza elementele din grupul creat se poate accesa **Groups** → **Current** → *Numele grupului (fig. 7.14). Astfel, în interfața de lucru vor fi afișate doar elementele care fac parte din grupul **Supape admisie VVT**, respectiv **SA1, SA2, SA3 și SA4**.

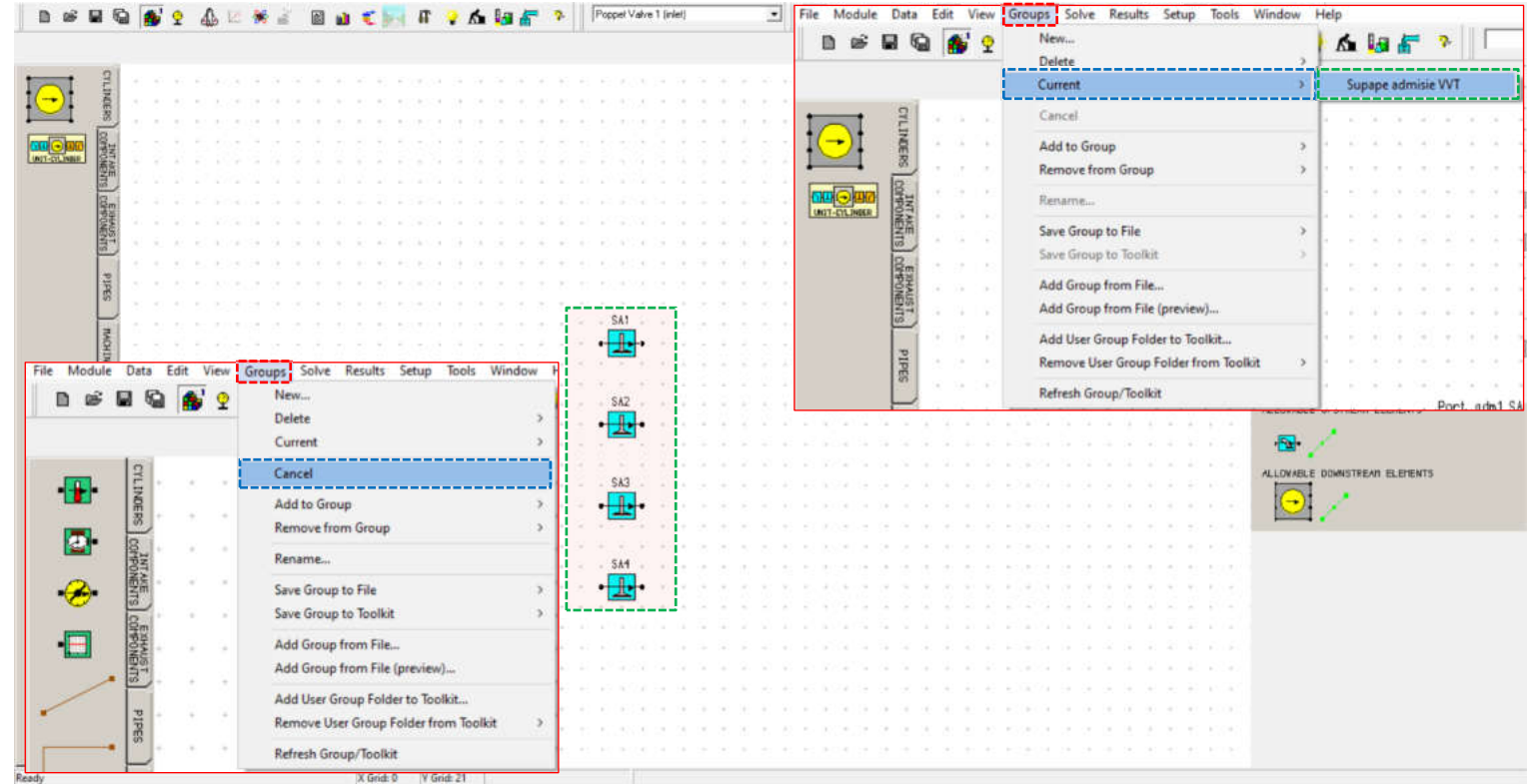


Fig. 7.14 Implementarea unui element de acționare - Vizualizarea elementelor dintr-un grup

7.2.4. Definirea elementelor modelului de simulare

Pas 1 – Elementele care suferă modificări

Dintre elementele modelului policilindric creat, doar o parte necesită definire, pentru restul păstrându-se datele inițiale. Acestea din urmă sunt marcate în figura 7.15.

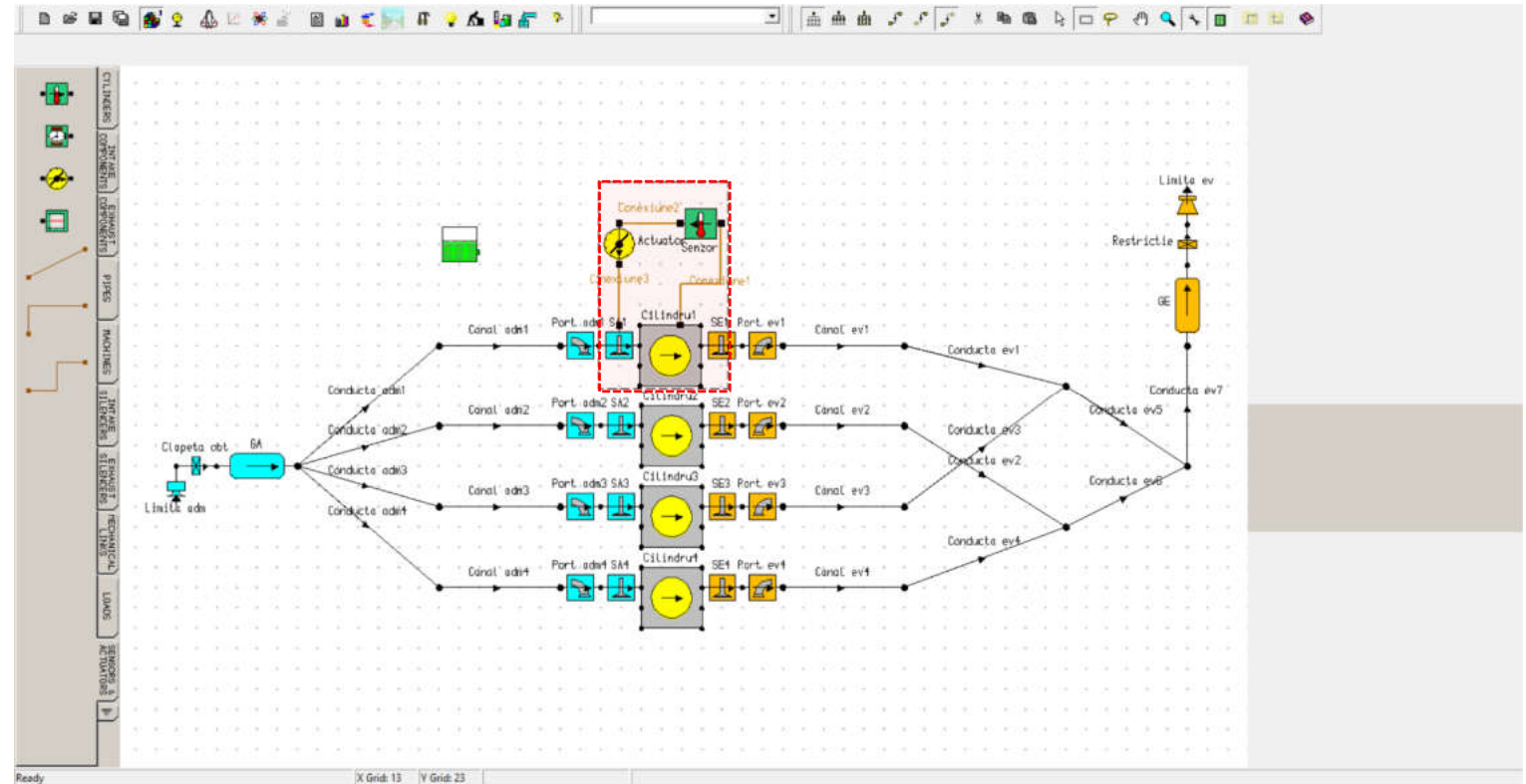


Fig. 7.15 Implementarea unui element de acționare - Elementele care suferă modificări

Pas 2 – Senzorul (de turație)

Așa cum s-a precizat anterior, elementul de tip senzor (**sensor**) a fost introdus în model pentru a prelua informații (a „măsură”) de la elementul de tip cilindru (**cylinder**), respectiv turația motorului (**engine speed**). În acest scop, după selectarea elementului de tip senzor (**sensor**), la **Sensed Parameter** (parametru „măsurat”) se va alege **Crank Speed (rpm)** (turația mecanismului motor = turația motorului). Se poate observa faptul că, pentru elementul cilindru (**cylinder**) există un număr mare de mărimi care pot fi „măsurate” de către senzor (fig. 7.16). De la alte elemente se vor putea prelua alte informații.

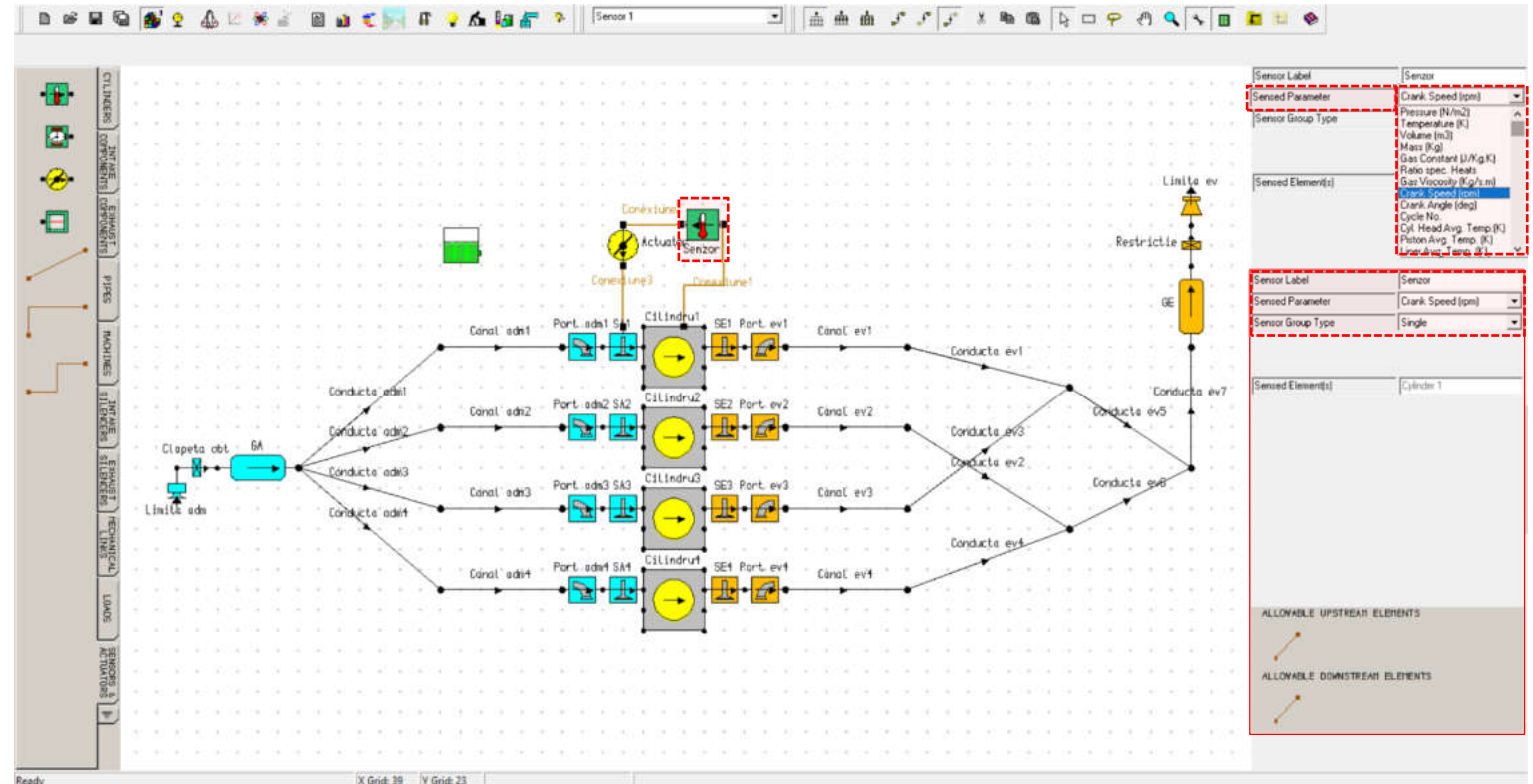


Fig. 7.16 Implementarea unui element de acționare - Senzorul (de turație)

Pas 3 – Elementul de acționare (VVT)

Similar senzorului (**sensor**) și pentru elementul de acționare (**actuator**) este necesară specificarea parametrului de interes. În acest caz, elementul de acționare va acționa asupra punctului de ridicare maximă a supapei (**valve maximum opening point – valve MOP**). Pentru analiza din acest capitol, elementul de acționare (**actuator**) va modifica valoarea **valve MOP** supapelor de admisie (**intake valves**) în funcție de valoarea turației motorului (**engine speed**). Pentru definire se introduc următoarele date (figurile 7.17 – 7.18):

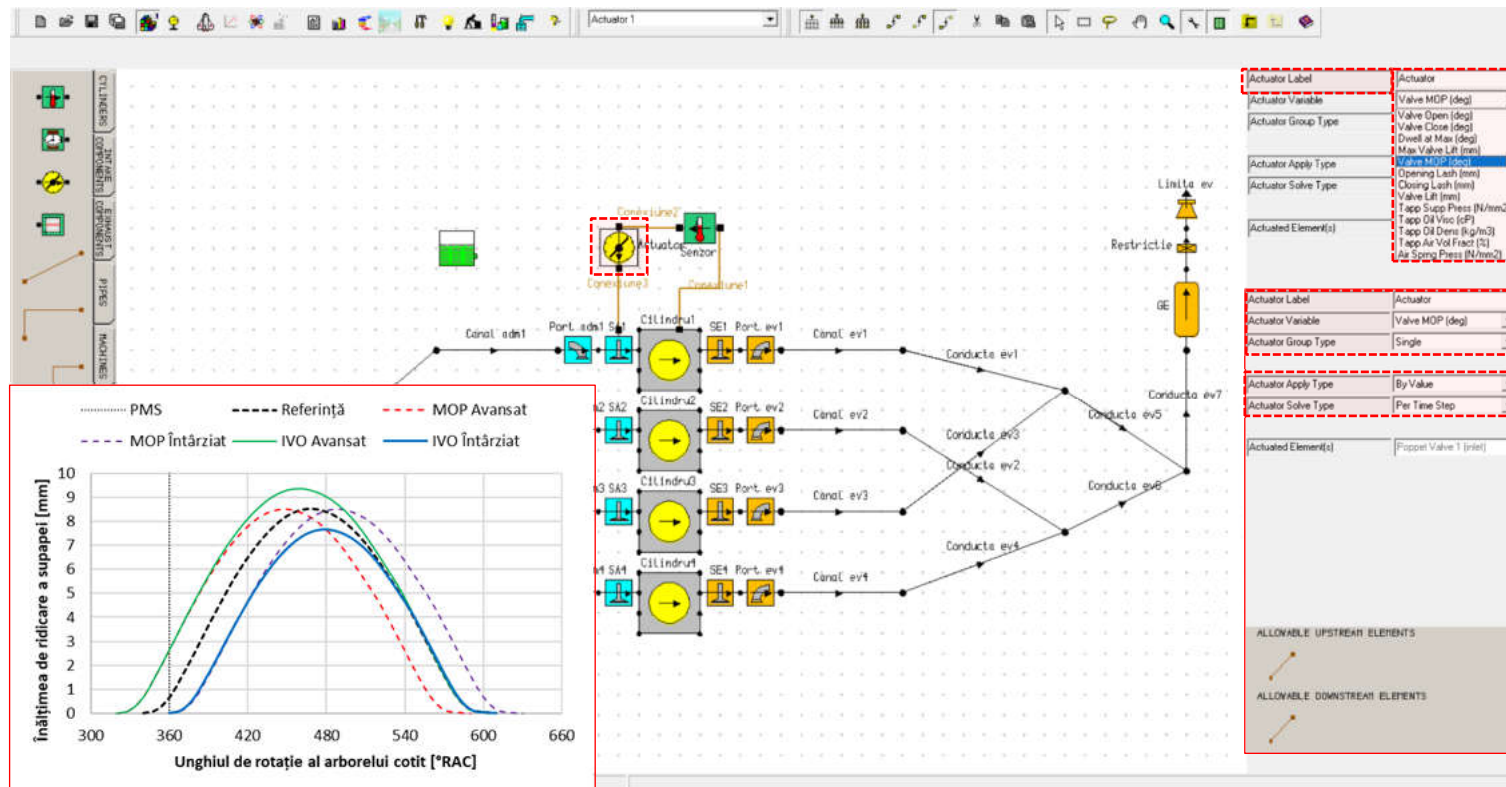



Fig. 7.17 Implementarea unui element de acționare - Element de acționare (VVT)

Denumire		Valoare
ro	en*	
Etichetă	Label	Actuator
Variabilă element de acționare	Actuator Variable	Valve MOP (deg)

Se menționează faptul că **valve MOP** a fost ales pentru a permite modificarea fazelor distribuției (fig. 7.17) prin avansarea (**advance**) sau întârzierea (**retard**) momentelor de deschidere / închidere a supapelor (**valve opening / closing**). Modificarea **valve MOP** afectează în aceeași măsură deschiderea supapelor de admisie – DSA (**intake valve opening – IVO**) și închiderea supapelor de admisie – ÎSA (**intake valve closing – IVC**), iar ca atare, durata deschiderii supapelor (**valve opening duration**) va rămâne constantă. În cazul în care se alege doar DSA (**IVO**) sau doar ÎSA (**IVC**) se va modifica doar valoarea aleasă, cealaltă rămânând neschimbată. În consecință, se va modifica și durata deschiderii supapelor (**valve opening duration**). Înălțimea de ridicare este aceeași în ambele situații.

Implementarea unui element de acționare

Celelalte date ale elementului de acționare (**actuator**) rămân neschimbate (fig. 7.18).

Următorul pas este definirea modului de variație al **valve MOP**. În acest scop se selectează elementul de acționare (**actuator**) din model, iar apoi se face click pe **Down a Data Level** () (intră în următorul nivel de date).

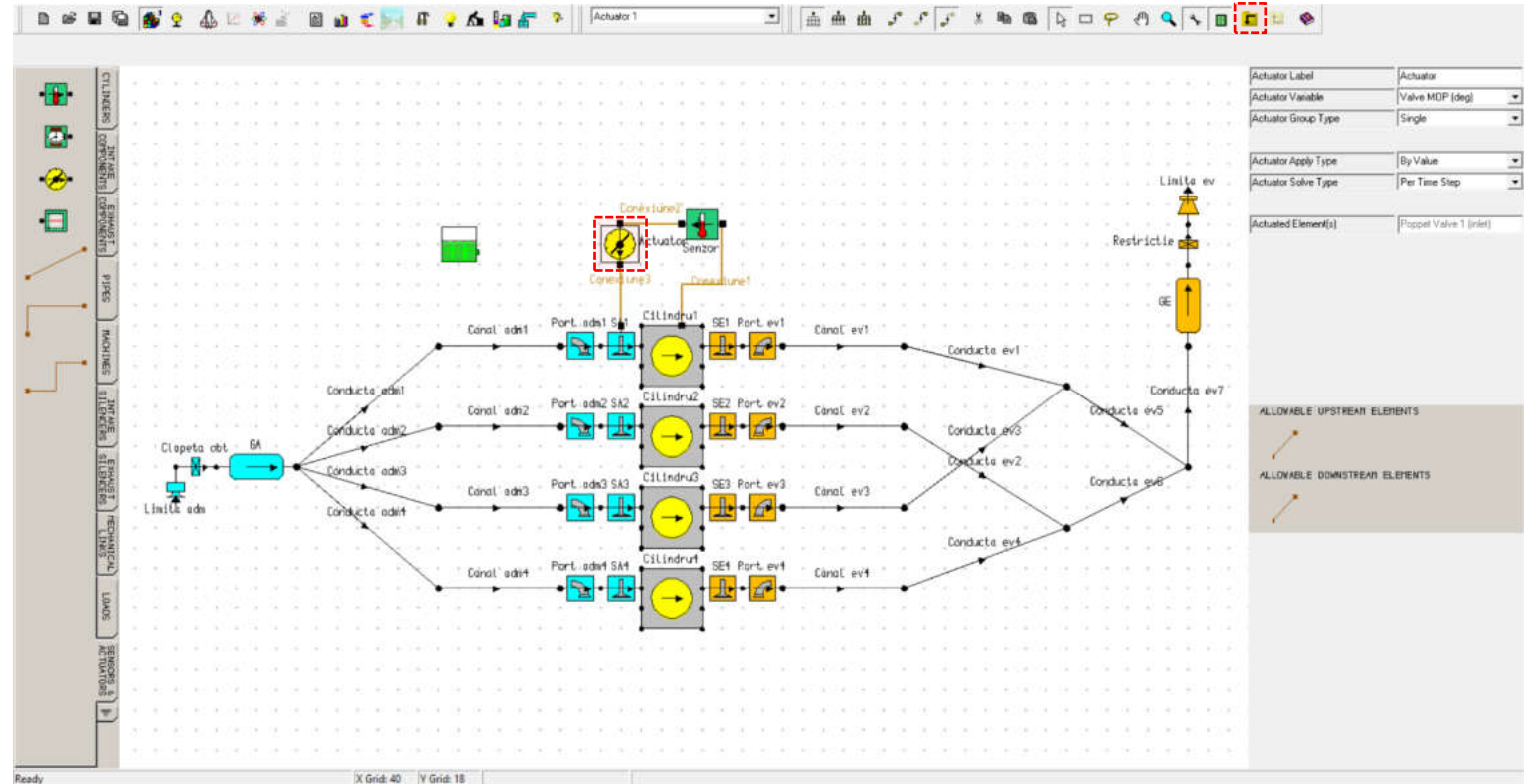



Fig. 7.18 Implementarea unui element de acționare – Accesare Down a Data Level

Implementarea unui element de acționare

După accesarea următorului nivel de definire a datelor **Down a Data Level** () utilizatorului îi va fi afișată o nouă interfață de lucru (fig. 7.19) unde sunt introduse deja două elemente:

- ▶ IN – reprezintă semnalul de intrare;
- ▶ OUT – reprezintă semnalul de ieșire.

Inițial aceste două elemente sunt conectate, însă pentru pasul următor ele trebuie separate precum în figura 7.19.

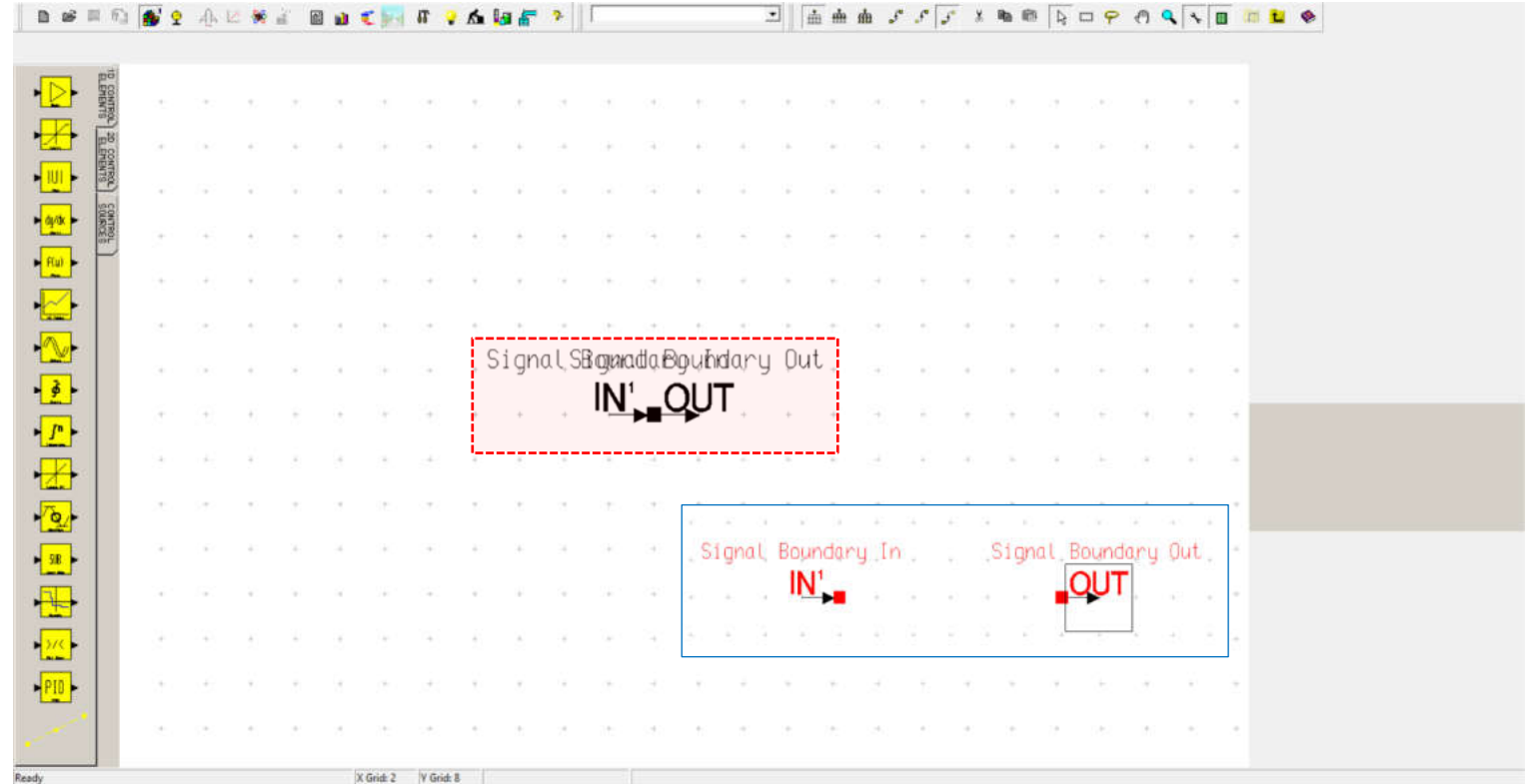



Fig. 7.19 Implementarea unui element de acționare – Separare semnale de intrare și de ieșire

Implementarea unui element de acționare

Definirea modului de variație al **valve MOP** (punctul maxim de ridicare al supapei) în funcție de turație se va face tabelor. În acest scop se alege elementul **1D Table** () la care se conectează elementele **IN** și **OUT** precum în figura 7.20.

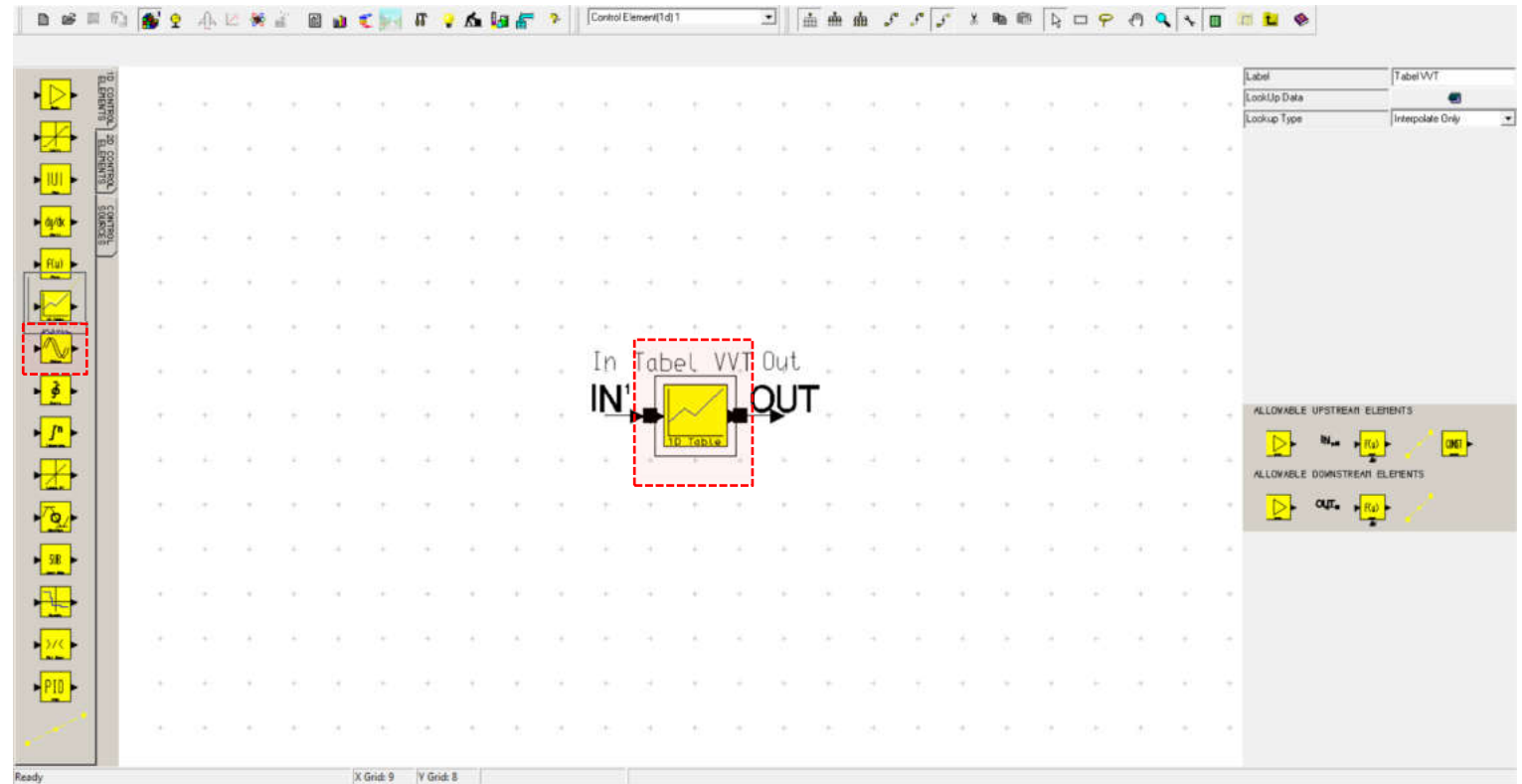


Fig. 7.20 Implementarea unui element de acționare – Conectare element 1D Table

Implementarea unui element de acționare

Pentru a introduce datele dorite în acest tabel se accesează **LookUp Data**, ceea ce va deschide o nouă fereastră de lucru (fig. 7.21). Datele care trebuie introduse sunt:

No. Of Values	13
X	Y
1000	102
1500	102
2000	142
2500	142
3000	142
3500	142
4000	142
4500	152
5000	152
5500	152
6000	152
6500	152
7000	142

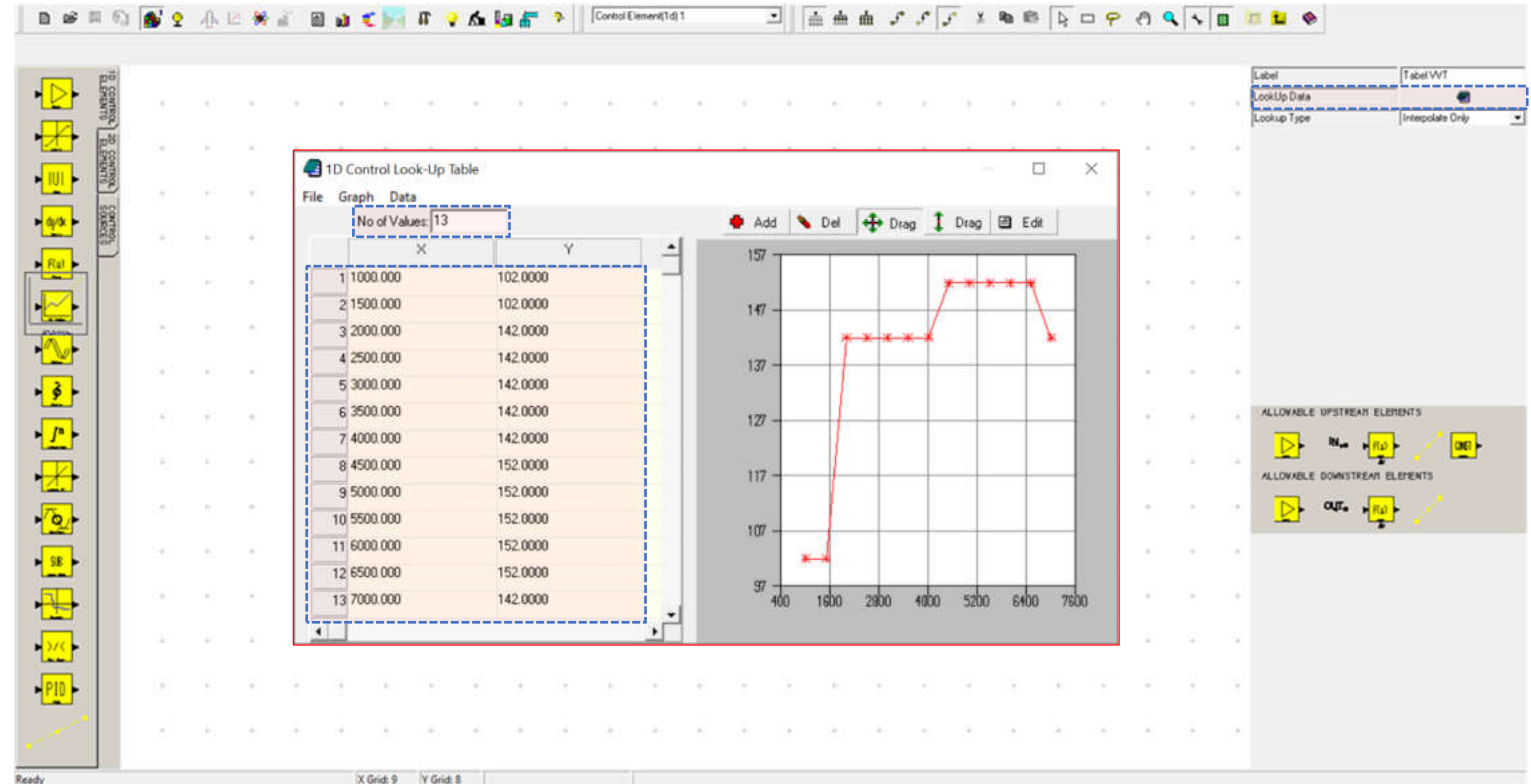



Fig. 7.21 Implementarea unui element de acționare – Date pentru elementul 1D Table

Pe coloana X sunt introduse valorile turației motorului (**engine speed**), iar pe coloana Y valorile punctului de ridicare maximă al supapei (**valve MOP**).

Implementarea unui element de acționare

După ce au fost introduse toate datele necesare se poate reveni la interfața de lucru inițială prin click pe **Up a Data Level** () (ieși la următorul nivel de date) (fig. 7.22).

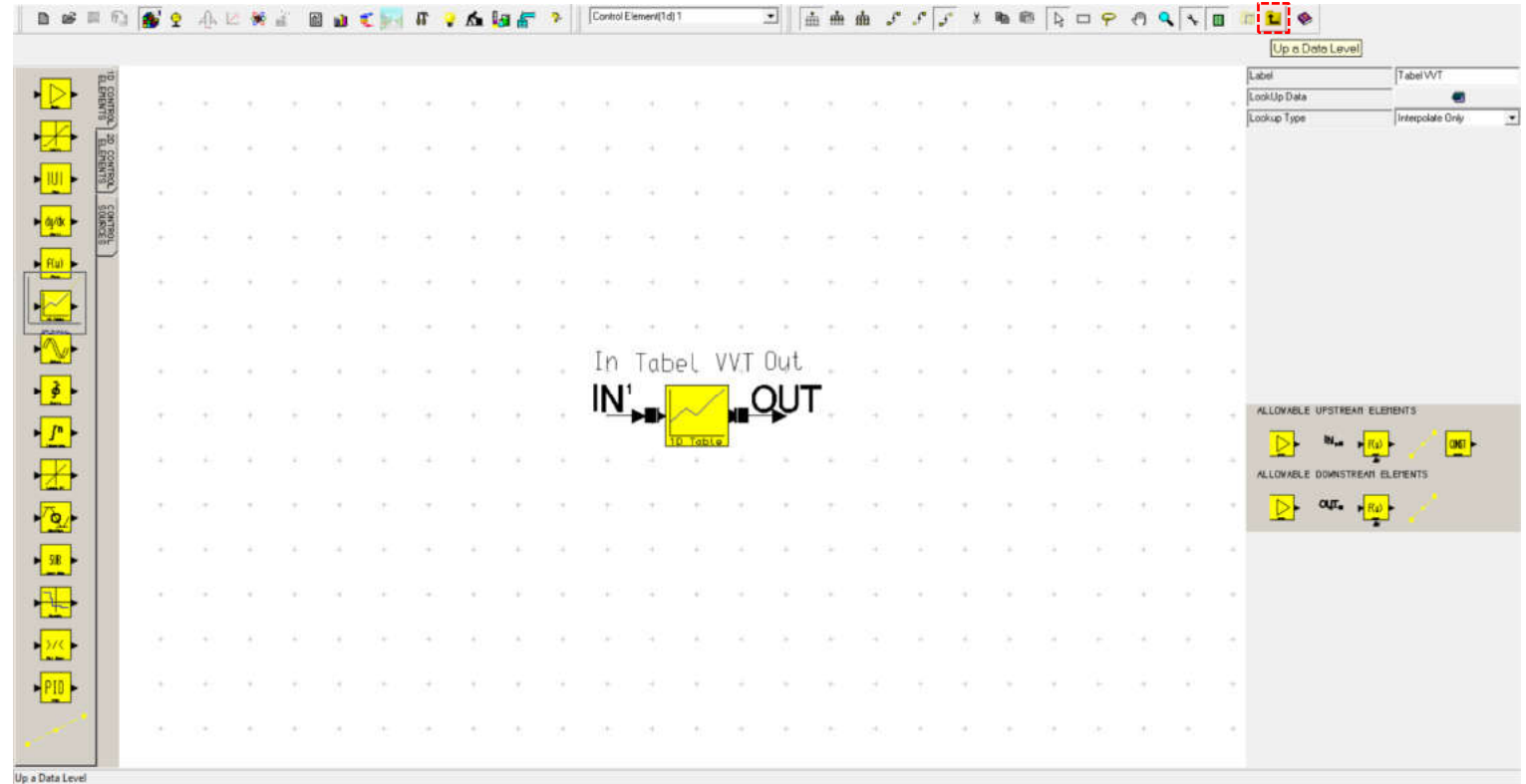


Fig. 7.22 Implementarea unui element de acționare – Accesare Up a Data Level

7.2.5. Definirea și modificarea condițiilor de simulare

După crearea modelului și definirea tuturor elementelor componente este necesară definirea condițiilor de simulare (**test conditions**). În continuare se prezintă pașii de urmat pentru definirea acestora.

Pas 1 – Steady State Test Data Wizard

În cazul de față se va opta pentru o definire rapidă a condițiilor de simulare cu ajutorul utilizatorului **Steady State Create Wizard**, care se accesează din bara de meniu **Data** → **Test Conditions** → **Steady State Create Wizard** (fig. 7.23).

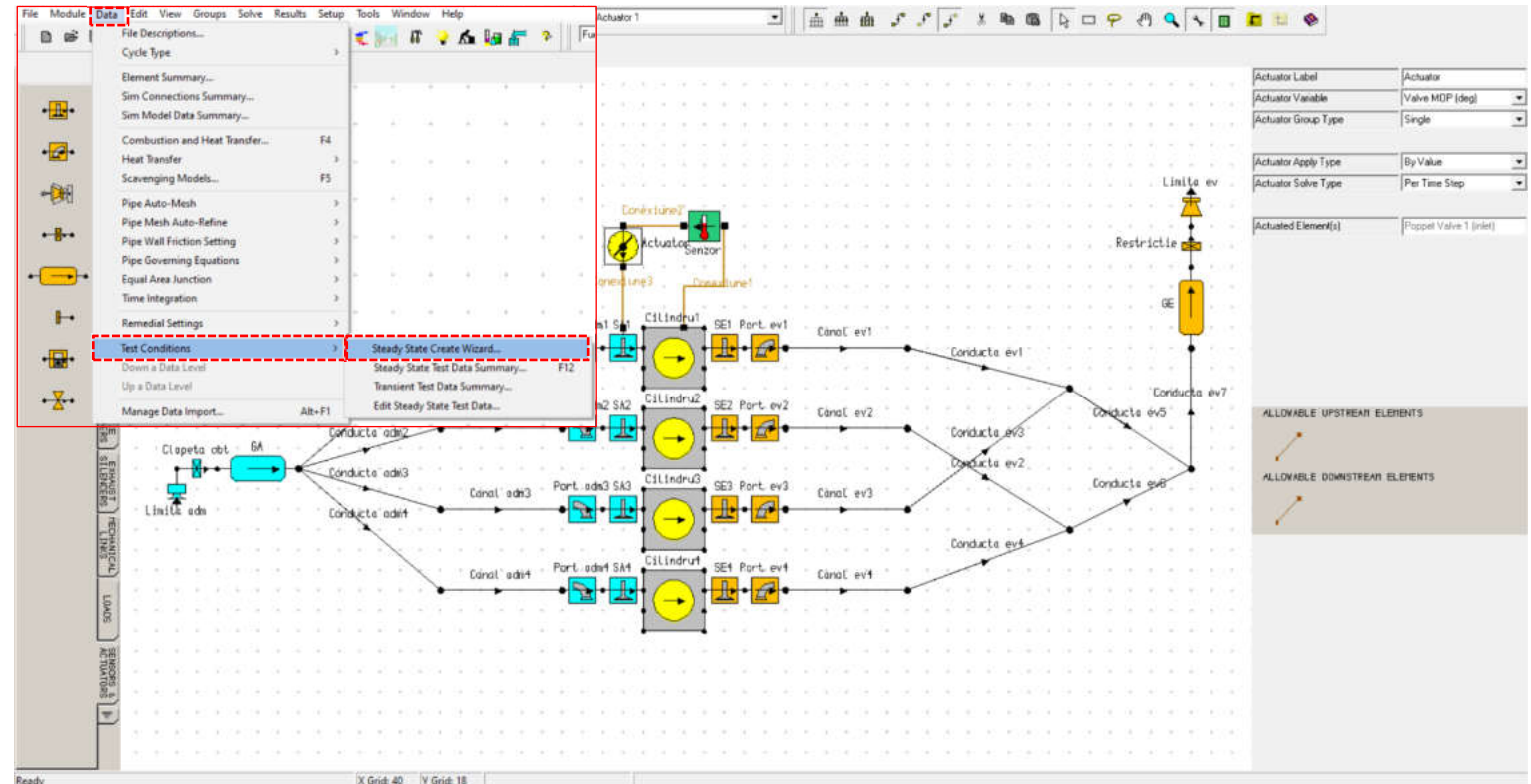


Fig. 7.23 Implementarea unui element de acționare - Accesare Steady State Test Data Wizard

Pas 2 – Generare cazuri de testare

După accesarea **Steady State Create Wizard** se deschide o fereastră de lucru în care se alege opțiunea **By No. of Tests** (fig. 7.24), iar apoi se introduc datele:

Denumire		Valoare U.M.	
ro	en		
Numărul de teste	Number of Tests	13	-
Turația minimă	Minimum Speed	1000	min ⁻¹
Turația maximă	Maximum Speed	7000	min ⁻¹
Presiunea ambientală (absolută)	Ambient Air Pressure (absolute)	1	bar
Temperatura ambientală	Ambient Air Temperature	20	°C
Presiunea la limita de admisie (absolută)	Inlet Pressure (absolute)	1	bar
Temperatura de admisie	Inlet Temperature	20	°C
Presiunea la limita de evacuare (absolută)	Exit Pressure (absolute)	1.1	bar
Raportul de echivalență	Equivalence Ratio	1.1	-
Umiditatea specifică	Specific Humidity	0	kg/kg

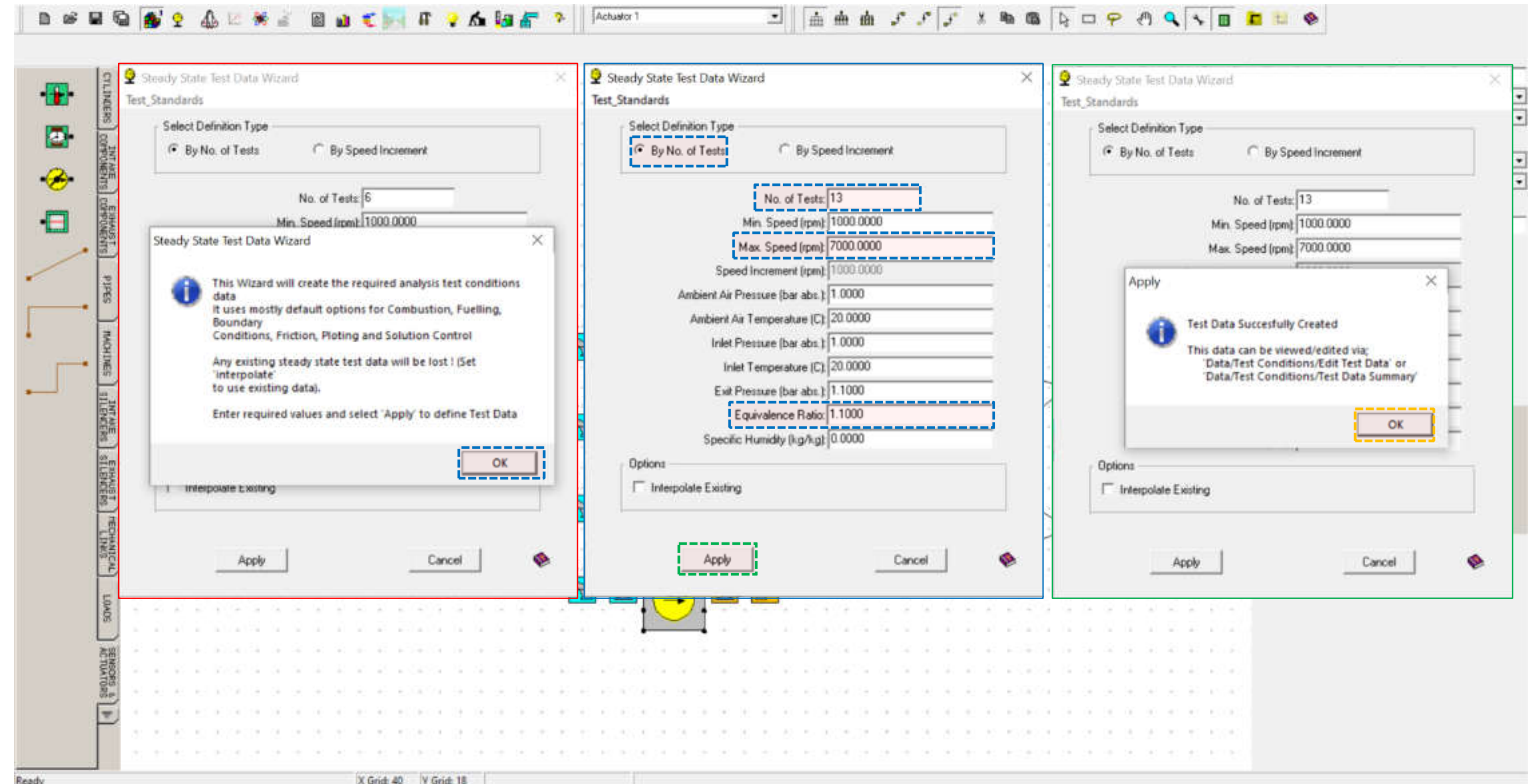
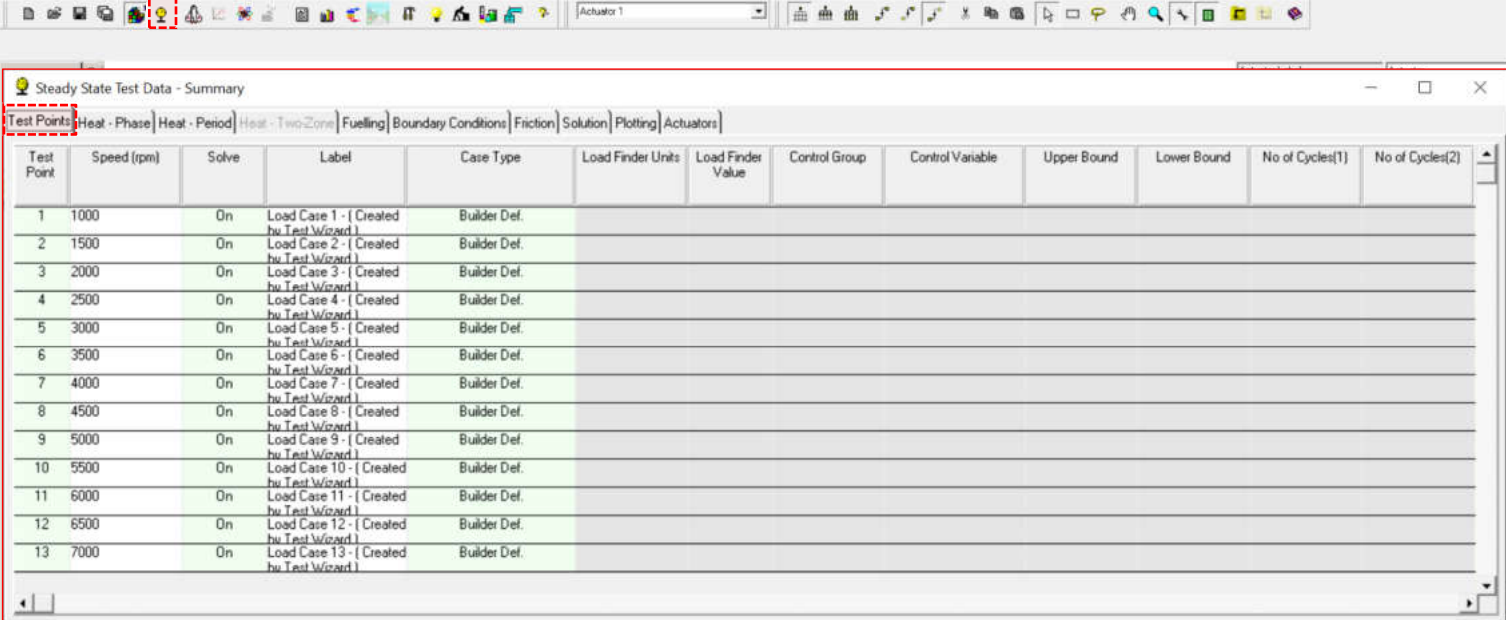


Fig. 7.24 Implementarea unui element de acționare - Generare cazuri de testare

Pas 3 – Condițiile de testare – Test Points

După definirea cazurilor de testare se va accesa **Steady State Test Data** pentru a verifica datele introduse. La categoria **Test Points** se observă faptul că există un număr de 13 cazuri (**test points**) cu turația variind de la 1000 la 7000 min^{-1} . Totodată, toate cazurile sunt active pentru calcul (**solve-on**).



Test Point	Speed (rpm)	Solve	Label	Case Type	Load Finder Units	Load Finder Value	Control Group	Control Variable	Upper Bound	Lower Bound	No of Cycles(1)	No of Cycles(2)
1	1000	On	Load Case 1 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
2	1500	On	Load Case 2 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
3	2000	On	Load Case 3 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
4	2500	On	Load Case 4 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
5	3000	On	Load Case 5 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
6	3500	On	Load Case 6 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
7	4000	On	Load Case 7 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
8	4500	On	Load Case 8 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
9	5000	On	Load Case 9 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
10	5500	On	Load Case 10 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
11	6000	On	Load Case 11 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
12	6500	On	Load Case 12 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								
13	7000	On	Load Case 13 - [Created hu.Test.Wizard]	Builder Def.								

Fig. 7.25 Implementarea unui element de acționare - Vizualizare condiții de testare – Test Points

Pas 4 – Condițiile de testare – Heat - Phase

După definirea cazurilor de testare se va accesa **Steady State Test Data** (fig. 7.26) pentru a verifica datele introduse. La categoria **Test Points** se observă faptul că există un număr de 13 cazuri (**test points**) cu turația variind de la 1000 la 7000 min^{-1} . Totodată, toate cazurile sunt active pentru calcul (**solve-on**).

Test Point	Speed (rpm)	Phase Option	Cylinder Data	Cylinder No.	Phase angle (deg)	Pmax (bar-abs)
2	1500	Default Heat Release Phase	Common	All		
3	2000	Default Heat Release Phase	Common	All		
4	2500	Default Heat Release Phase	Common	All		
5	3000	Default Heat Release Phase	Common	All		
6	3500	Default Heat Release Phase	Common	All		
7	4000	Default Heat Release Phase	Common	All		
8	4500	Default Heat Release Phase	Common	All		
9	5000	Default Heat Release Phase	Common	All		
10	5500	Default Heat Release Phase	Common	All		
11	6000	Default Heat Release Phase	Common	All		
12	6500	Default Heat Release Phase	Common	All		
13	7000	Default Heat Release Phase	Common	All		

Fig. 7.26 Implementarea unui element de acționare - Vizualizare condiții de testare – Heat - Phase

Implementarea unui element de acționare

Pas 5 – Condițiile de testare – Heat - Period

În secțiunea **Heat Period** (durata arderii) se observă (fig. 7.27) faptul că durata procesului de ardere (**period option**) este stabilită pe baza modului implicit de determinare a acesteia (**default combustion duration**). Mai multe detalii cu privire la acest aspect sunt prezentate în capitolul 2.

Test Point	Speed (rpm)	Period Option	Cylinder Data	Cylinder No.	Release Period (deg)	No. of Points	List Data	Angle (deg)	Mass Fraction (0-1)
1	1000	Default Combustion Duration	Common	All					
2	1500	Default Combustion Duration	Common	All					
3	2000	Default Combustion Duration	Common	All					
4	2500	Default Combustion Duration	Common	All					
5	3000	Default Combustion Duration	Common	All					
6	3500	Default Combustion Duration	Common	All					
7	4000	Default Combustion Duration	Common	All					
8	4500	Default Combustion Duration	Common	All					
9	5000	Default Combustion Duration	Common	All					
10	5500	Default Combustion Duration	Common	All					
11	6000	Default Combustion Duration	Common	All					
12	6500	Default Combustion Duration	Common	All					
13	7000	Default Combustion Duration	Common	All					

Fig. 7.27 Implementarea unui element de acționare - Vizualizare condiții de testare – Heat - Period

Implementarea unui element de acționare

Pas 6 – Condițiile de testare – Fueling

În secțiunea **Fueling** (alimentare cu combustibil) se pot observa următoarele aspecte (fig. 7.28):

Denumire		
ro		en
Modul de caracterizare a procesului de ardere	Combustion Option	
Eficiența procesului de ardere	Combustion Efficiency	
Modul de caracterizare a alimentării cu combustibil	Fuelling Option	
Datele cilindrului	Cylinder Data	
Numărul cilindrului	Cylinder Number	
Raportul aer-combustibil al amestecului reținut în cilindru	Trapped Air Fuel Ratio	
Raportul de echivalență	Equivalence Ratio	
Debitul de combustibil (mm ³ /inj)	Fuelling Rate (mm³/inj)	

Test Point	Speed (rpm)	Combustion Option	Combustion Efficiency (0-1)	Maldistribution Factor	Fuelling Option	Cylinder Data	Cylinder No.	Trapped Air Fuel Ratio	Equivalence Ratio	Fuelling Rate (mm ³ /inj)
1	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
2	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
3	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
4	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
5	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
6	1000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
7	4000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
8	4500	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
9	5000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
10	5500	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
11	6000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
12	6500	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	
13	7000	Efficiency + Maldistribution	1.0000	0.0100	Equivalence Ratio	Common	All		1.100	

Fig. 7.28 Implementarea unui element de acționare - Vizualizare condiții de testare – Fueling

La nevoie, dacă este necesară modificarea vreunui din parametri (spre exemplu **fueling option**) cu aceeași valoare/opțiune pentru toate cazurile, se va modifica valoarea/opțiunea la unul din cazuri, iar apoi, prin click pe numărul cazului (fig. 7.28) se va selecta opțiunea **Copy this Tests Fueling Data to All Tests** (copiază caracteristicile alimentării cu combustibil ale acestui caz și pentru celelalte cazuri).

Pas 7 – Condițiile de testare – Boundary Conditions

În secțiunea **Boundary Conditions** (condiții la limită) se pot observa următoarele aspecte:

Denumire	
ro	en
Modul de caracterizare a umidității	Humidity Option
Umiditatea specifică (kg/kg)	Specific Humidity (kg/kg)
Umiditatea relativă	Relative Humidity
Presiunea absolută a aerului ambiental (bar)	Ambient Air Pressure (bar) - absolute
Temperatura aerului ambiental (°C)	Ambient Air Temperature (°C)
Numărul limitei de admisie	Inlet Number
Presiunea absolută la limita de admisie (bar)	Inlet Boundary Pressure (bar) - absolute
Temperatura la limita de admisie (°C)	Inlet Boundary Temperature (°C)
Numărul limitei de evacuare	Exit Number
Presiunea absolută la limita de evacuare (bar)	Exit Boundary Pressure (bar) - absolute
Modul de inițializare al temperaturii pe evacuare	Exit Temperature Initialisation
Temperatura la limita de evacuare (°C)	Exit Boundary Temperature (°C)

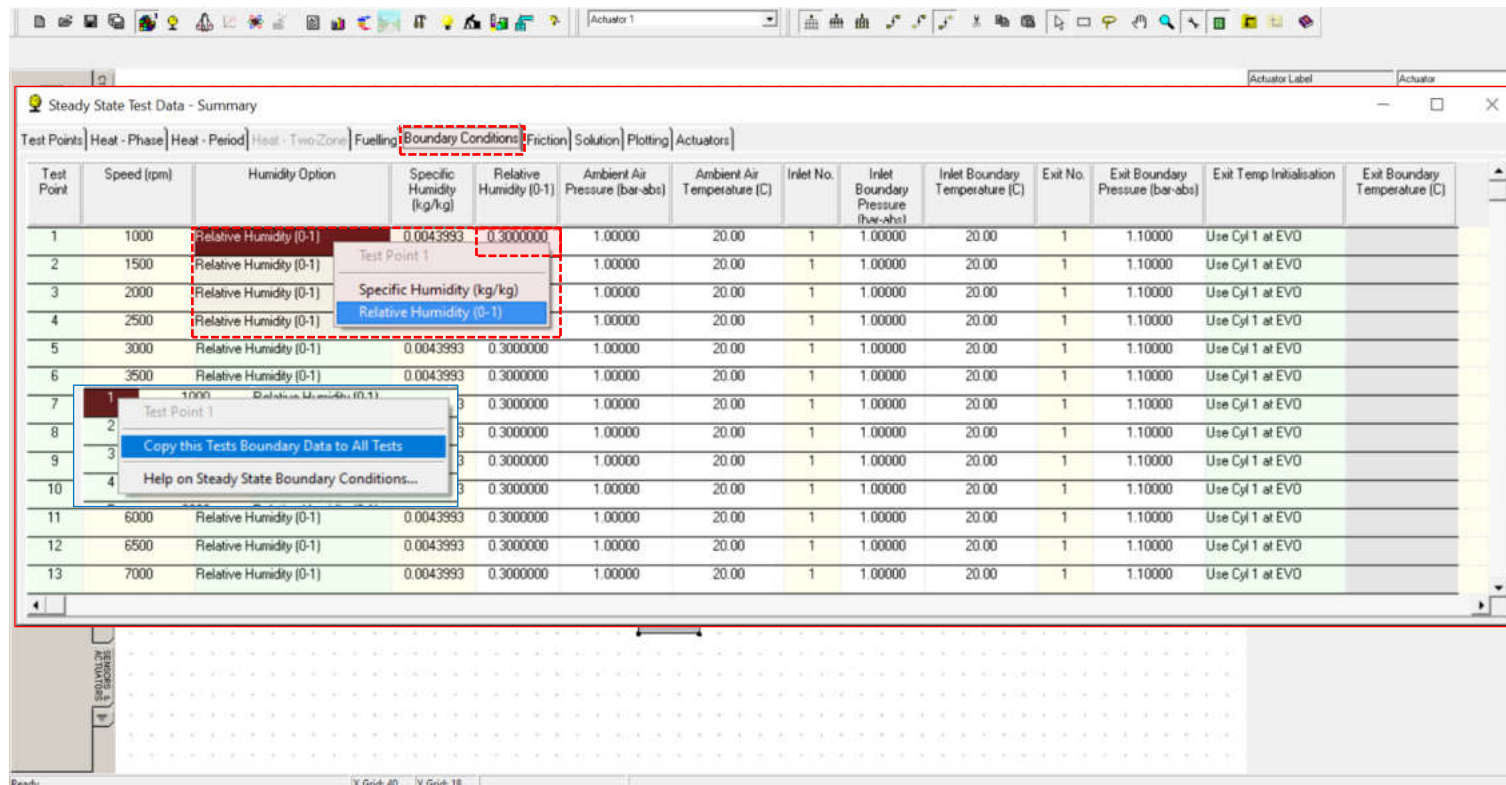


Fig. 7.29 Implementarea unui element de acționare - Vizualizare condiții de testare – Boundary conditions

La nevoie, dacă este necesară modificarea vreunui din parametri (spre exemplu **humidity option**) cu aceeași valoare/opțiune pentru toate cazurile, se va modifica valoarea/opțiunea la unul din cazuri, iar apoi, prin click pe numărul cazului (fig. 7.29) se va selecta opțiunea **Copy this Tests Boundary Data to All Tests** (copiază condițiile la limită ale acestui caz și pentru celelalte cazuri).

Pas 8 – Condițiile de testare – Friction

În secțiunea **Friction** („pierderi” prin frecare) este specificat modelul de calcul al pierderilor prin frecare (fig. 7.30), respectiv **H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model** (modelul de calcul al pierderilor prin frecare într-un motor pe benzină al lui H.B. Moss).

Test Point	Speed (rpm)	Friction Option	Cylinder Data	Cylinder No.	FMEP (bar)	Efficiency (0-1)	Main Bearing Type	No. of Mains	Main Dia. (mm)	Main Brg. Length (mm)	Crankpin 1
1	1000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
2	1500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
3	2000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
4	2500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
5	3000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
6	3500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
7	4000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
8	4500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
9	5000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
10	5500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
11	6000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
12	6500	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							
13	7000	H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model	Common	All							

Fig. 7.30 Implementarea unui element de acționare - Vizualizare condiții de testare – Friction

Implementarea unui element de acționare

Pas 9 – Condițiile de testare – Solution

În secțiunea **Solution** (soluție) se pot defini următoarele aspecte (fig. 7.31):

Denumire	
ro	en
Modul de determinare a pasului de calcul	Step Size Option
Supapele de admisie și evacuare deschise simultan	Inlet + Exhaust Open
Supapele de admisie sau de evacuare deschise	Inlet or Exhaust Open
Toate supapele închise	All Valves Closed
Limita de cicluri	Cycle Limits
Numărul de cicluri parcurs înainte de verificarea convergenței	Before Convergence Check
Numărul maxim de cicluri parcurse (dacă nu s-a atins convergența)	Maximum Number for Simulation
Numărul ciclului de la care începe scrierea rezultatelor	From which Results are Written

Test Point	Speed (rpm)	Step Size Option	Inlet + Exhaust Open	Inlet or Exhaust Open	All Valves Closed	Cycle Limits	Before Convergence Check	Max No for Simulation	From which Results are Written
1	1000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
2	1500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
3	2000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
4	2500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
5	3000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
6	3500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
7	4000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
8	4500	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10
9	5000	Default Crankshaft Maximum Angle Step Sizes	0.500	0.500	0.500	Default Cycle Limits	4	10	10

Fig. 7.31 Implementarea unui element de acționare - Vizualizare condiții de testare – Solution

În cazul de față valorile utilizate sunt cele implicite.

Pas 10 – Condițiile de testare – Plotting

În secțiunea **Plotting** (trasare a graficelor) se precizează informațiile care vor fi înregistrate de program (în fișierele de tip **PRS**) pentru a putea fi vizualizate de către utilizator (fig. 7.32). În acest caz, la **Plotting Option** se va alege **User Defined Plotting Options**. Apoi, pentru **Cylinder Options** se va alege opțiunea **Cylinder + Gas Stored** pentru toate cazurile de testare.

Denumire	
ro	en

Modul de definire a opțiunilor de înregistrare a datelor pentru grafice

Plotting Option

Opțiuni cilindru

Cylinder Options

Opțiuni volum

Plenum Options

Opțiuni conductă

Pipe Options

Opțiuni curgere

Flow Options

Opțiuni turbină

Turbine Options

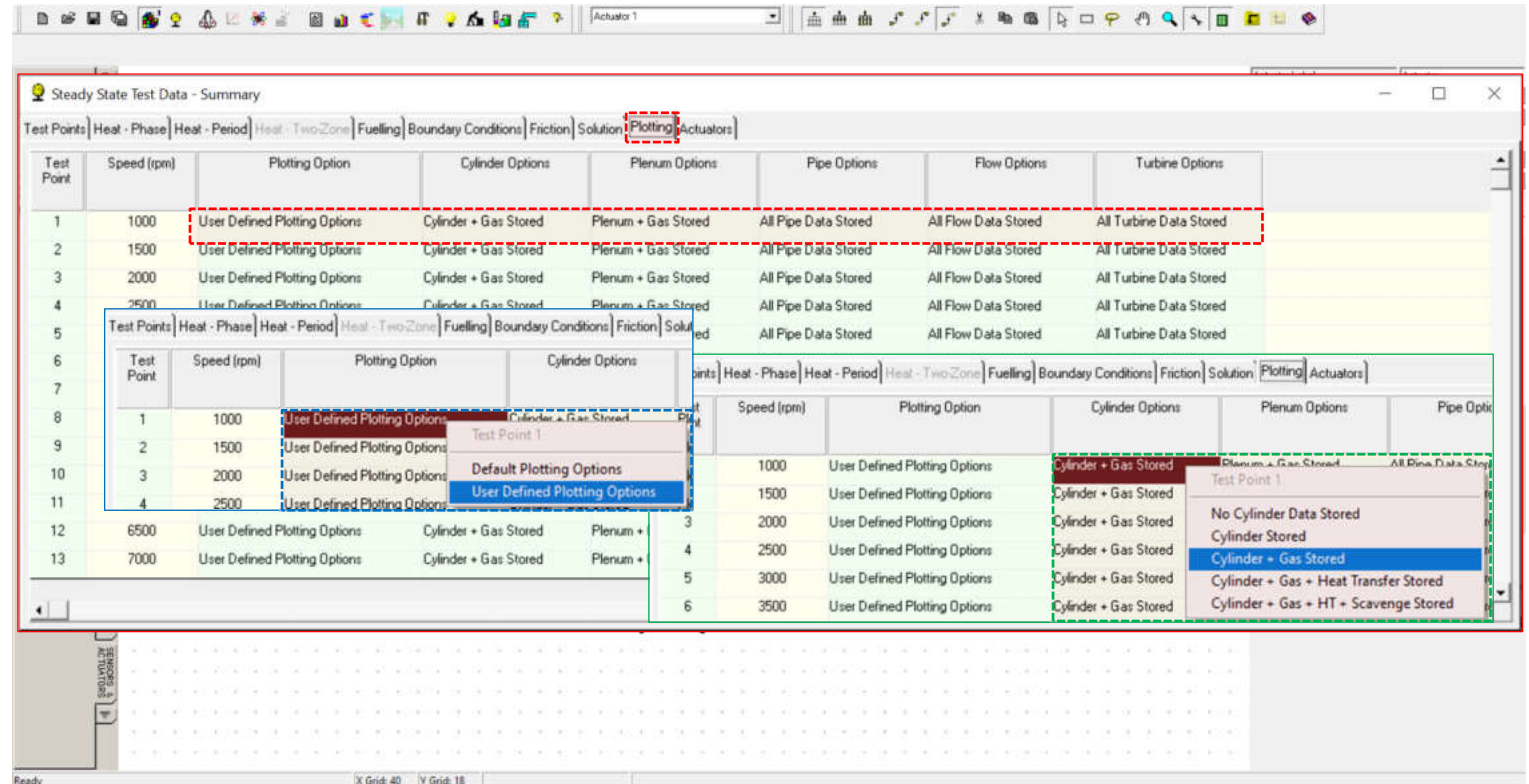


Fig. 7.32 Implementarea unui element de acționare - Vizualizare condiții de testare – Plotting

Pas 11 – Condițiile de testare – Actuators

Spre deosebire de modelele analizate în capitolele anterioare, la categoria **Actuators** sunt incluse informații privind elementele de acționare din model, respectiv:

- denumirea – specificată în coloana **Actuator**;
- starea (activ – **on** / inactiv – **off**) – specificată în coloana **option**.

În cazul în care se dorește, pentru elementele de acționare se poate modifica starea (activ – **on** / inactiv – **off**) prin click dreapta pe opțiunea (**option**) din dreptul unui caz de testare și alegerea:

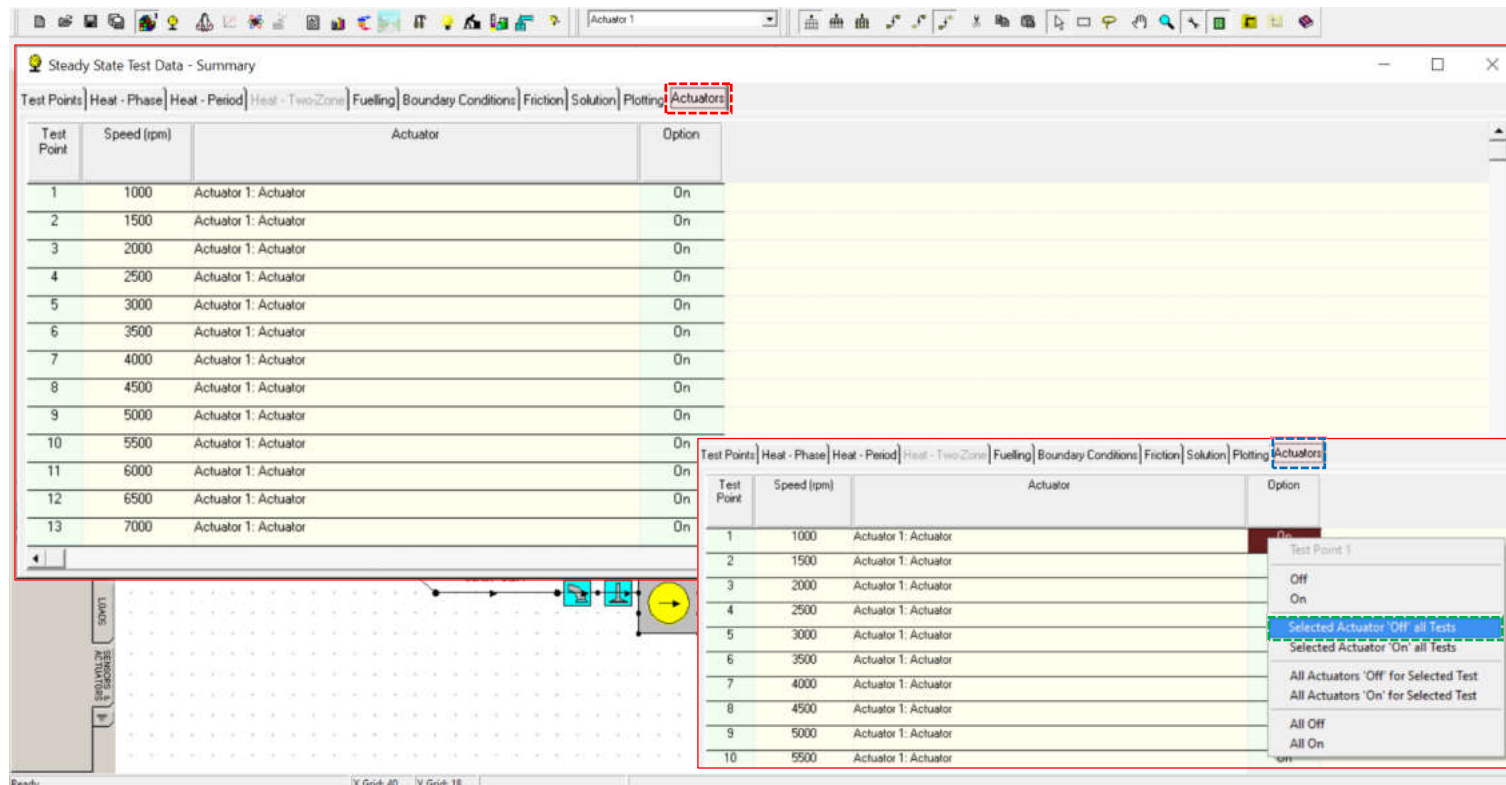



Fig. 7.33 Implementarea unui element de acționare - Vizualizare condiții de testare – Actuators

ro	Denumire	en*
Inactiv / Activ		Off / On
Elementul de acționare selectat inactiv / activ pentru toate testele		Selected Actuator 'Off' / 'On' all Tests
Toate elementele de acționare inactice / active pentru testul selectat		All Actuators 'Off' / 'On' for selected Test
Toate inactice / active		All Off / All On

7.2.6. Verificarea modelului

După ce s-au parcurs toți pașii necesari creării modelului și definirii cazurilor de testare este deosebit de importantă verificarea corectitudinii datelor introduse, respectiv a modelului în ansamblu. În acest scop, se accesează **Data-Checking Wizard** din **Tools** → **Data-check Wizard** sau prin click pe .

Pas 1 – Verificare model

Accesând **Data-Checking Wizard** se deschide o nouă fereastră în care este prezentat rezultatul verificărilor automate (din punct de vedere al calității și cantității) pentru următoarele categorii:

Denumire	
ro	en
Senzori și Elemente de acționare	Sensors and Actuators
Rețea	Network Builder
Condiții de testare	Test Conditions
Reflecții	Reflections
Legături	Links
Conexiuni	Connections
Orificii și supape	Ports and Valves
Baleiaj	Scavenging
Ardere și schimb de căldură	Combustion and Heat Transfer
Combustibil și sistem de alimentare	Fuel and Fuels System
Motor de bază	Base Engine

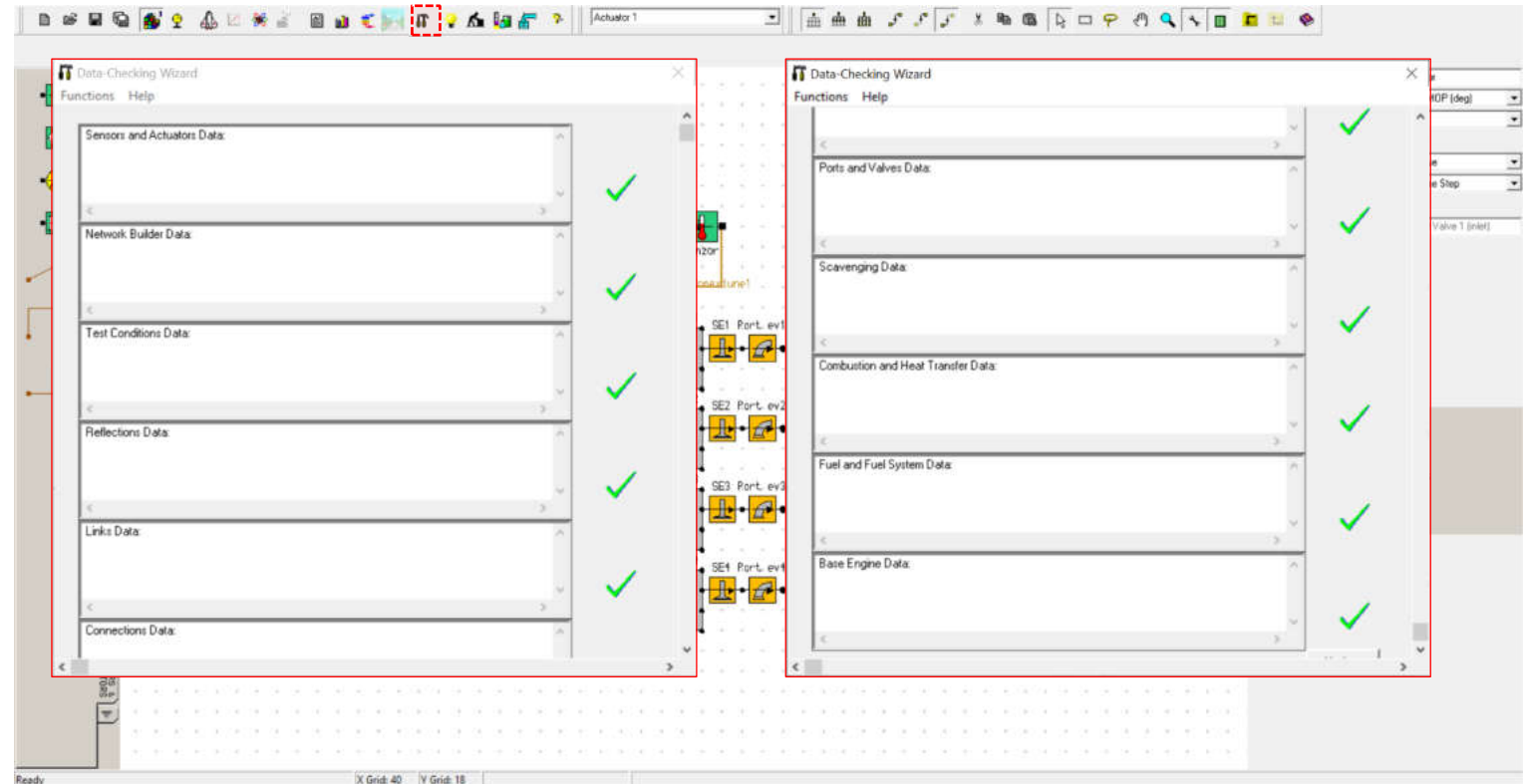






Fig. 7.34 Implementarea unui element de acționare - Accesare Data-Checking Wizard

Implementarea unui element de acționare

În funcție de rezultatul verificărilor, în dreptul unei categorii pot să apară următoarele simboluri:

- | | | |
|---|----------------|--|
|  | Pass | <i>Promovat</i> – valorile (data value) introduse au trecut toate testele de verificare. |
|  | Warning | <i>Avertisment</i> – mesajele de avertizare apar atunci când o valoare (data value) sau un tip de dată (data type) este incorectă sau nu a fost setată și, în anumite scenarii, este posibil să nu fie utilizată, motiv pentru care acest lucru ar putea fi acceptabil.
Exemplu: deoarece într-un câmp utilizatorul nu a introdus date, valoarea respectivă este considerată ca fiind nulă. |
|  | Comment | <i>Comentariu</i> – comentariile apar atunci când o valoare (data value) este în afara intervalului normal de valori (definit prin valori minime și maxime – doar acolo unde este aplicabil). |
|  | Error | <i>Eroare</i> – în acest caz utilizatorul consideră că o valoare (data value) introdusă de către utilizator este greșită, indiferent de scenariul aplicat.
Exemplu: neintroducerea unei valori într-un câmp care este obligatoriu, respectiv introducerea unei valori greșite, negative sau în afara intervalului de valori. |

ATENȚIE! Așa cum s-a menționat anterior, programul efectuează verificări doar din punct de vedere al calității și cantității, însă *utilizatorul este responsabil să se asigure că datele corespund sistemului analizat.*

Pas 2 – Corectare erori/Reverificare

Pentru corectarea aspectelor problematice (spre exemplu valoarea umidității specifice – fig. 7.35) se accesează **Data** → **Test Conditions** → **Edit Steady State Test Data** (fig. 7.35) – alternativ se pot efectua modificări și accesând **Data** → **Test Conditions** → **Steady State Test Data Summary** (🔍). După rezolvarea tuturor aspectelor semnalate în urma verificărilor inițiale este importantă realizarea unei reverificări a modelului. În cazul în care toate testele automate de verificare au fost trecute cu succes (✅ – fig. 7.34) se poate trece la următoarea etapă, respectiv rularea simulării (**run simulation**) care presupune efectuarea calcului utilizând modelele matematice implementate.

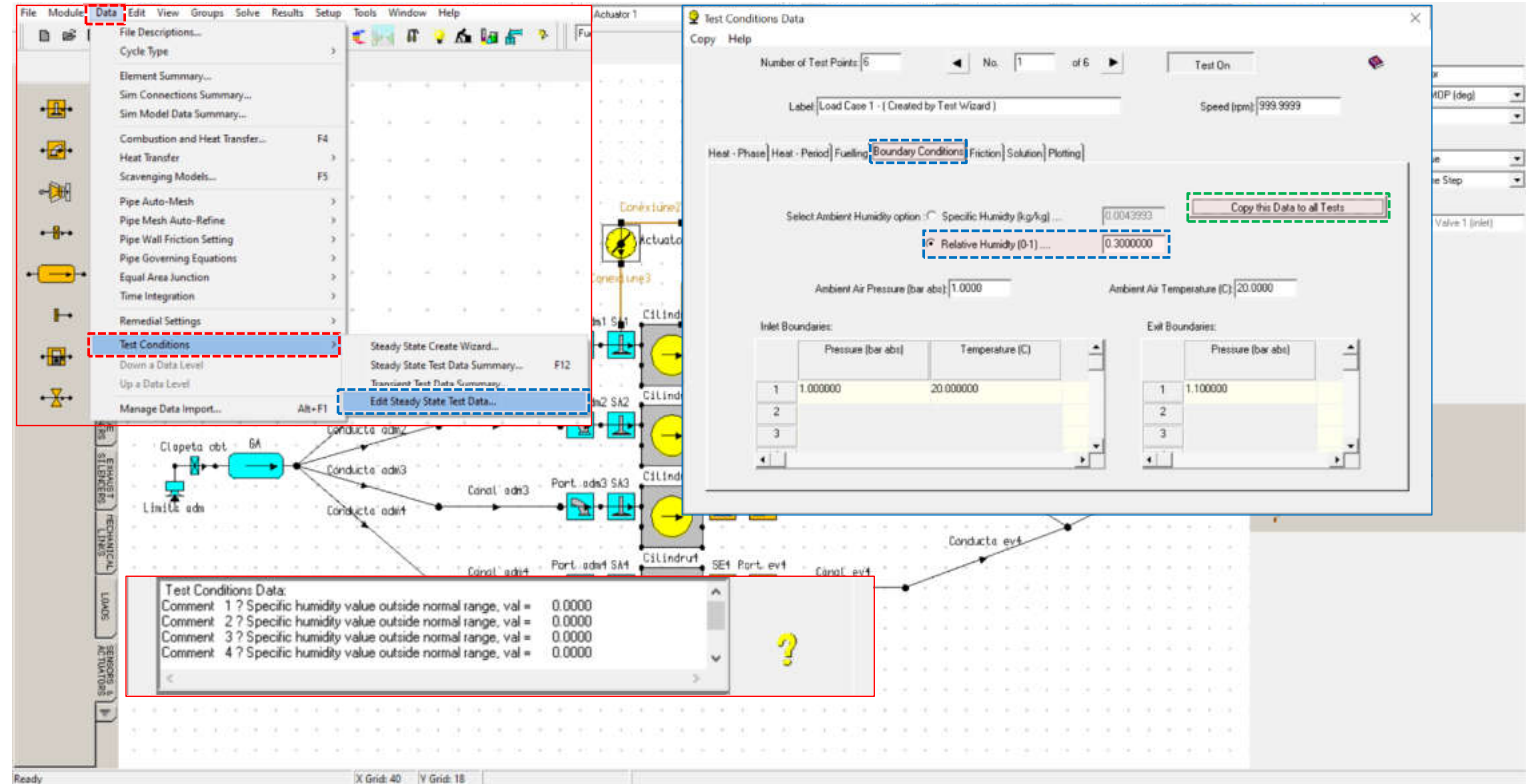



Fig. 7.35 Implementarea unui element de acționare - Corectare erori/Reverificare

7.2.7. Rularea simulării

Așa cum s-a menționat anterior, rularea simulării (**run simulation**) presupune efectuarea calcului utilizând modelele matematice implementate. Pentru a porni simularea este necesară definirea locației de salvare a datelor. Suplimentar, se pot defini aspecte care privesc **solver**-ul (partea din program responsabilă cu efectuarea calcului numeric). În acest scop se accesează **Engine Simulation Solver** din **Solve** → **Solver control** sau apăsând .

Pas 1 – Date generale

Accesând **Engine Simulation Solver** se deschide o nouă fereastră de lucru (fig. 7.36) în care se introduc următoarele date:

Denumire		Valoare
ro	en	
Etichetă	Label	vvt 4 cylinder model - run 1
Selecția oricare	Select either	Currently Held Data
Numele fișierului pentru salvarea rezultatelor de tip text (*.mrs)	File Name to Save Text Results as (*.mrs)	4_cylinder_vvt_1
Numele fișierului pentru salvarea rezultatelor grafice (*.prs)	File Name to Save Graphical Results as (*.prs)	4_cylinder_vvt_1
Afișează informare la finalizarea calculului	Display Prompt on Completion of Job	Selectați această opțiune

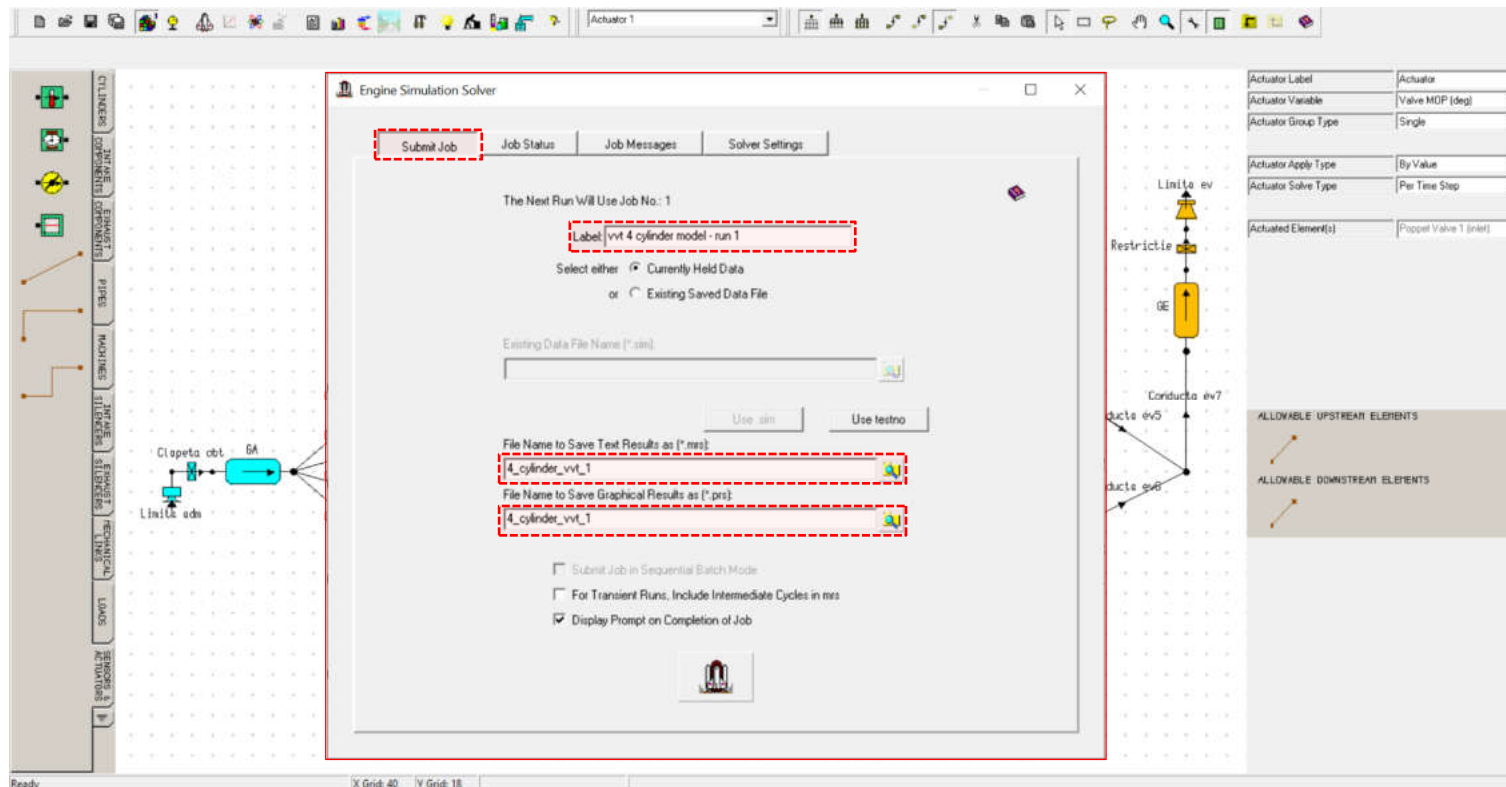


Fig. 7.36 Implementarea unui element de acționare - Engine Simulation Solver – Date generale

Implementarea unui element de acționare

Pas 2 – Setări solver

În categoria **Solver Settings** (setări solver) se atrage atenția asupra numărului unităților de procesare utilizate (**number of CPUs to use**): acest lucru permite calculul, în paralel, al mai multor cazuri, ceea ce scurtează durata totală a simulării (fig. 7.37). Se menționează faptul că valoarea implicită pentru numărul unităților de procesare utilizate (**number of CPUs to use**) este 1 și că modificarea ei (în intervalul permis) are efect doar acolo unde procesorul calculatorului dispune de mai multe nuclee de calcul.

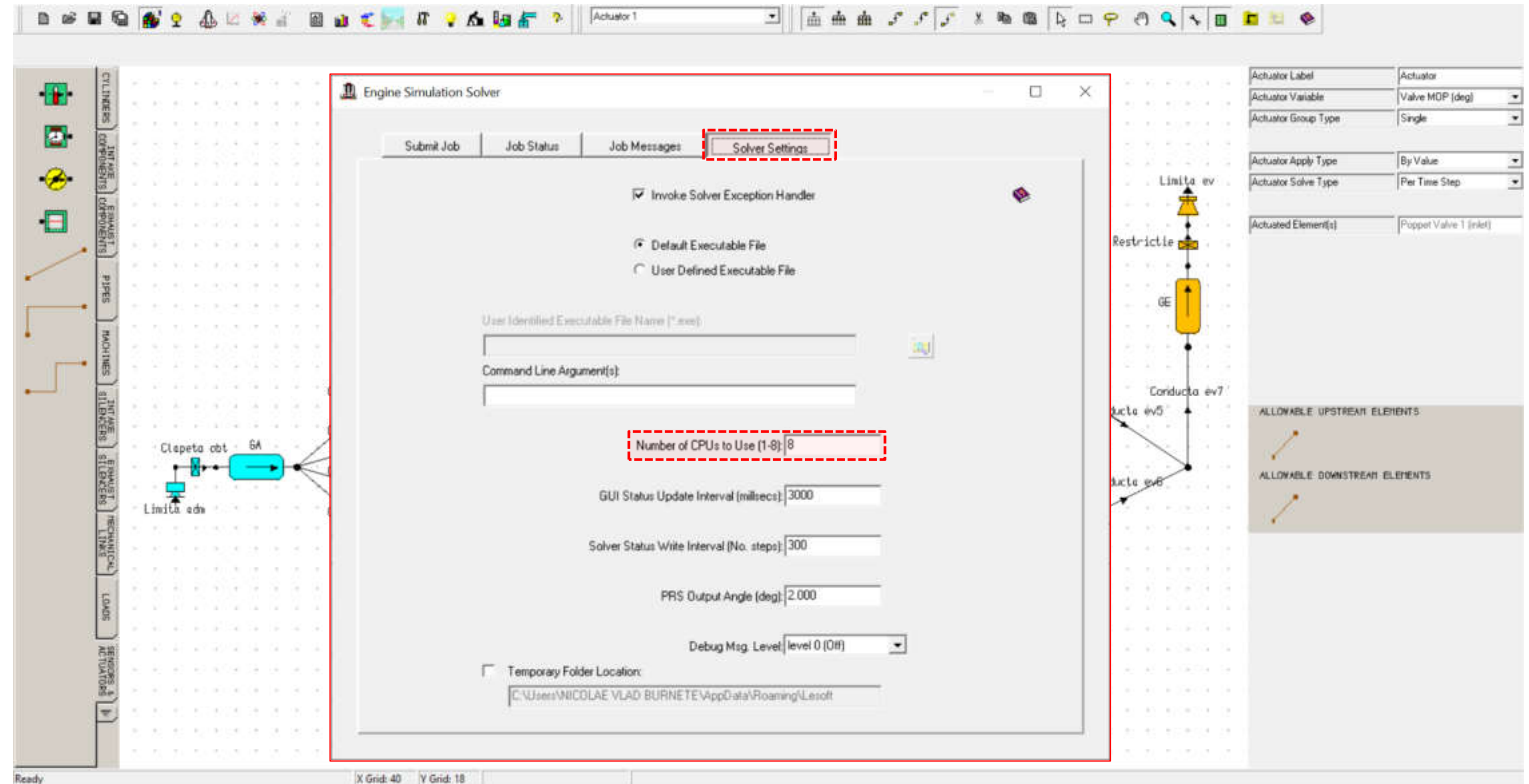


Fig. 7.37 Implementarea unui element de acționare - Engine Simulation Solver – Solver Settings – Selectarea numărului de unități de procesare utilizate

Implementarea unui element de acționare

Pas 3 – Rulare și monitorizarea simulării

După pornirea simulării, utilizatorul poate urmări evoluția procesului prin accesarea secțiunii **Job Status** (stare sarcină de lucru). Informațiile care pot fi urmărite sunt (fig. 7.38):

Denumire	
ro	en
Numărul de sarcini active	Number of Active Jobs
Sarcina afișată ...	Showing Job ...
Cilindrul afișat ...	Showing Cylinder ...
Timp scurs	Elapsed Time
Timp rămas (estimare)	Remaining (estimated)
Grad de finalizare (%)	Complete (%)
Numărul testului	Test Number
Turația (rpm)	Speed (rpm)
Numărul ciclului	Cycle Number
Unghiul de rotație al arborelui cotit (°)	Crank Angle (deg)
Tip sarcină	Job Type
Etichetă sarcină	Job Label

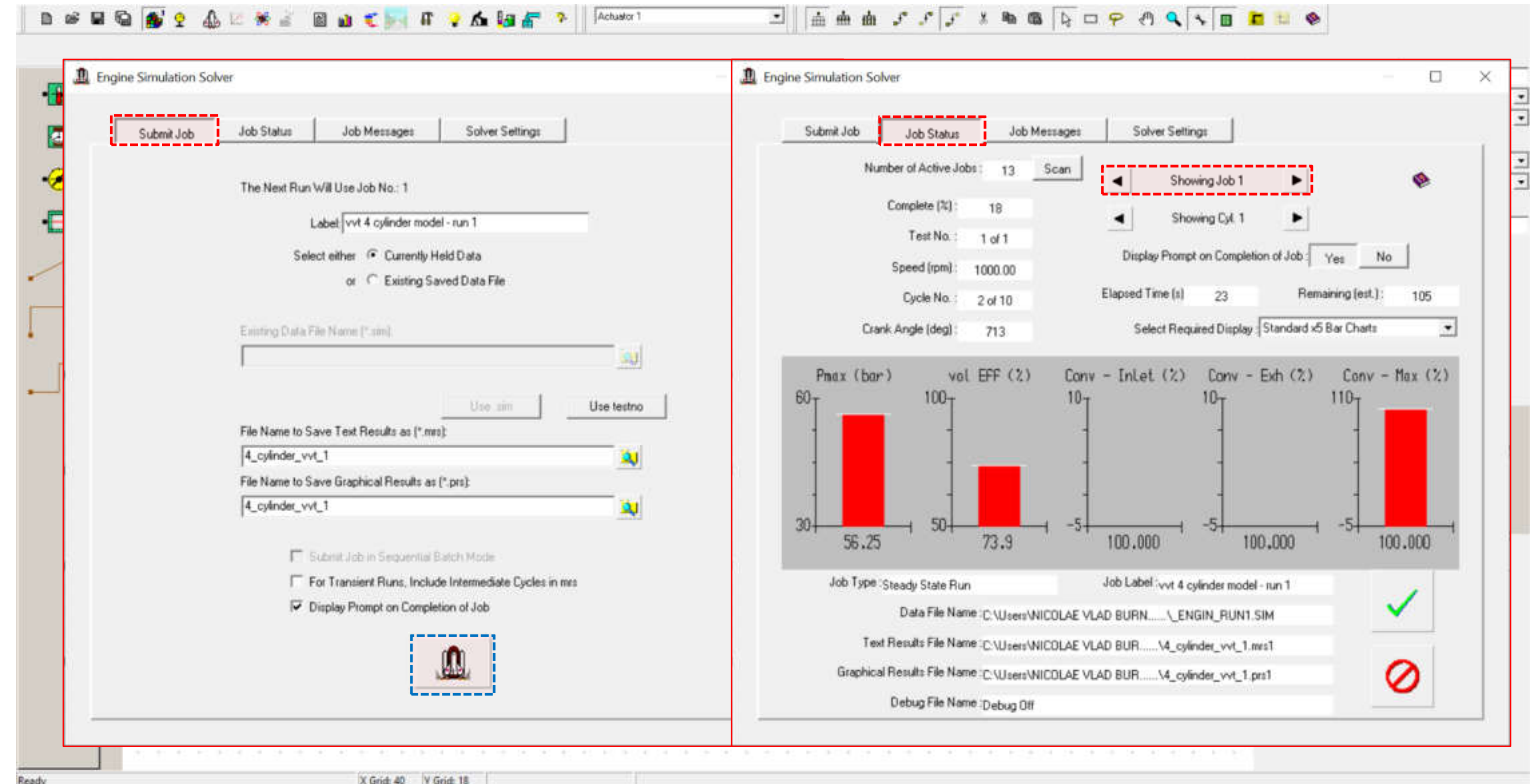


Fig. 7.38 Implementarea unui element de acționare - Rulare și monitorizarea simulării

Implementarea unui element de acționare

Pas 4 – Efectuare calcul (rulare simulare)

Progresul simulării poate fi urmărit și în ferestrele vizibile în figura 7.39 în care se poate observa pasul de calcul pentru fiecare caz în parte.

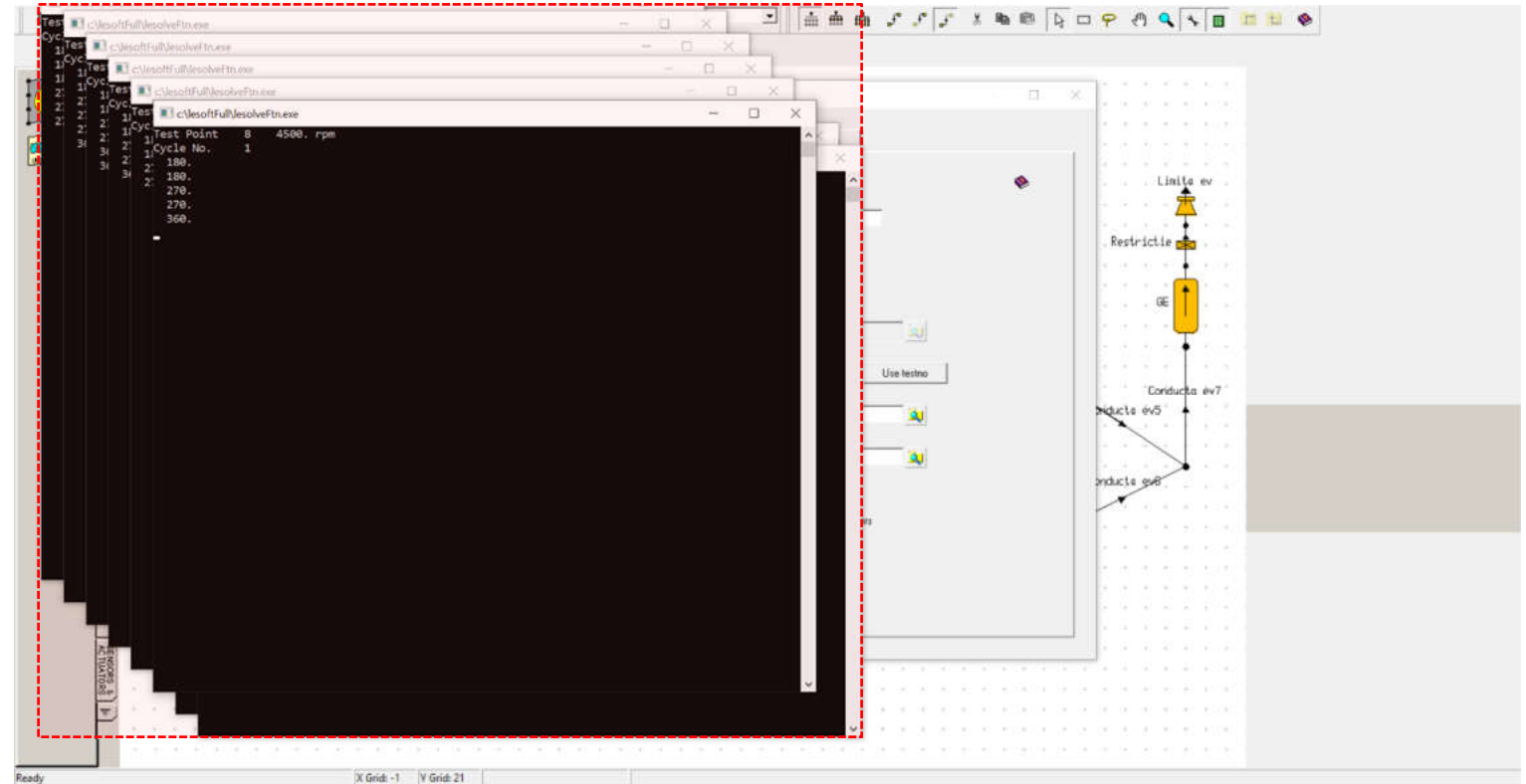


Fig. 7.39 Implementarea unui element de acționare - Rulare simulare

Pas 5 – Încărcare rezultate

La finalizarea procesului de simulare, dacă la pasul 1 a fost bifată opțiunea **Display Prompt on Completion of Job** (fig. 7.38) se deschide o nouă fereastră (fig. 7.40) care informează utilizatorul cu privire la acest lucru și permite selectarea pașilor următori. Mai precis, utilizatorul poate alege să încarce rezultatele de tip text (**load text results (.mrs)**) sau **load graphics results (.mrs)**), respectiv a rezultatelor grafice (**load graphics results (.prs)**) în utilitarele dedicate (se menționează aceste utilitare nu se deschid automat). În cazul de față se bifează opțiunile: **Load Text Results (.mrs)**, **Load Graphics Results (.mrs)** și (**Load Graphics Results (.prs)**), iar apoi se apasă pe butonul **Load** (încarcă).

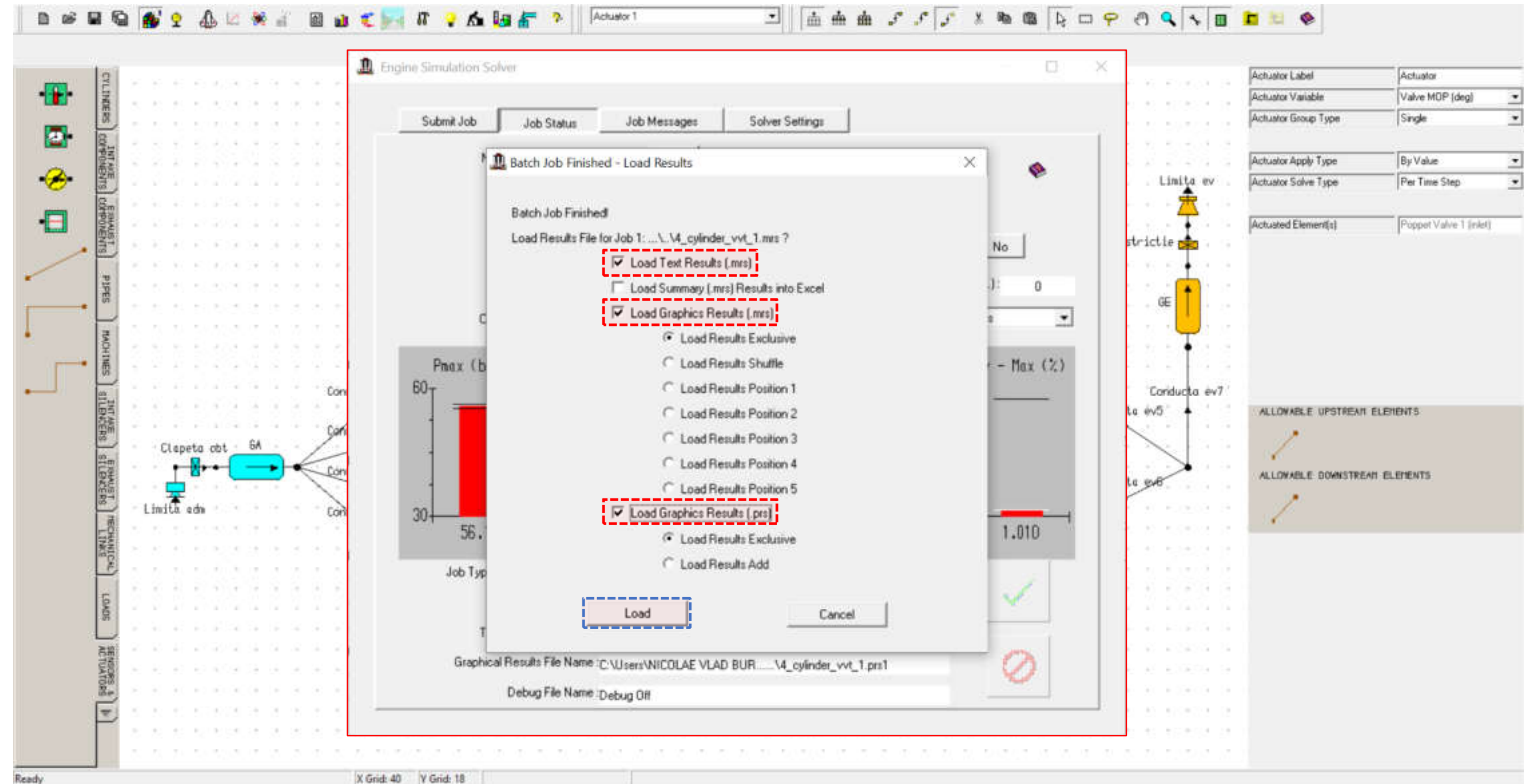





Fig. 7.40 Implementarea unui element de acționare - Încărcare rezultate

7.2.8. Vizualizarea rezultatelor

Pas 1 – Rezultate MRS – Încărcare date

În cazul în care nu s-au încărcat datele conform pasului 5 din capitolul 7.2.7 (fig. 7.40) există posibilitatea încărcării acestor date direct din utilitarele utilizate pentru vizionarea lor. În acest scop, pentru încărcarea datelor de tip text se accesează **Results File Text Viewer** sau . În noua fereastră de lucru se accesează **File → Load Results** (fig. 7.41) care îi permite utilizatorului să aleagă fișierul care conține datele dorite. Se procedează în mod analog și pentru prezentarea grafică a rezultatelor de tip text **Results Graphs** sau , respectiv pentru rezultatele grafice **To prs Results Viewer** sau  (fig. 7.41). Mai multe de privind accesarea datelor grafice sunt prezentate în capitolul 5 la pasul 8.

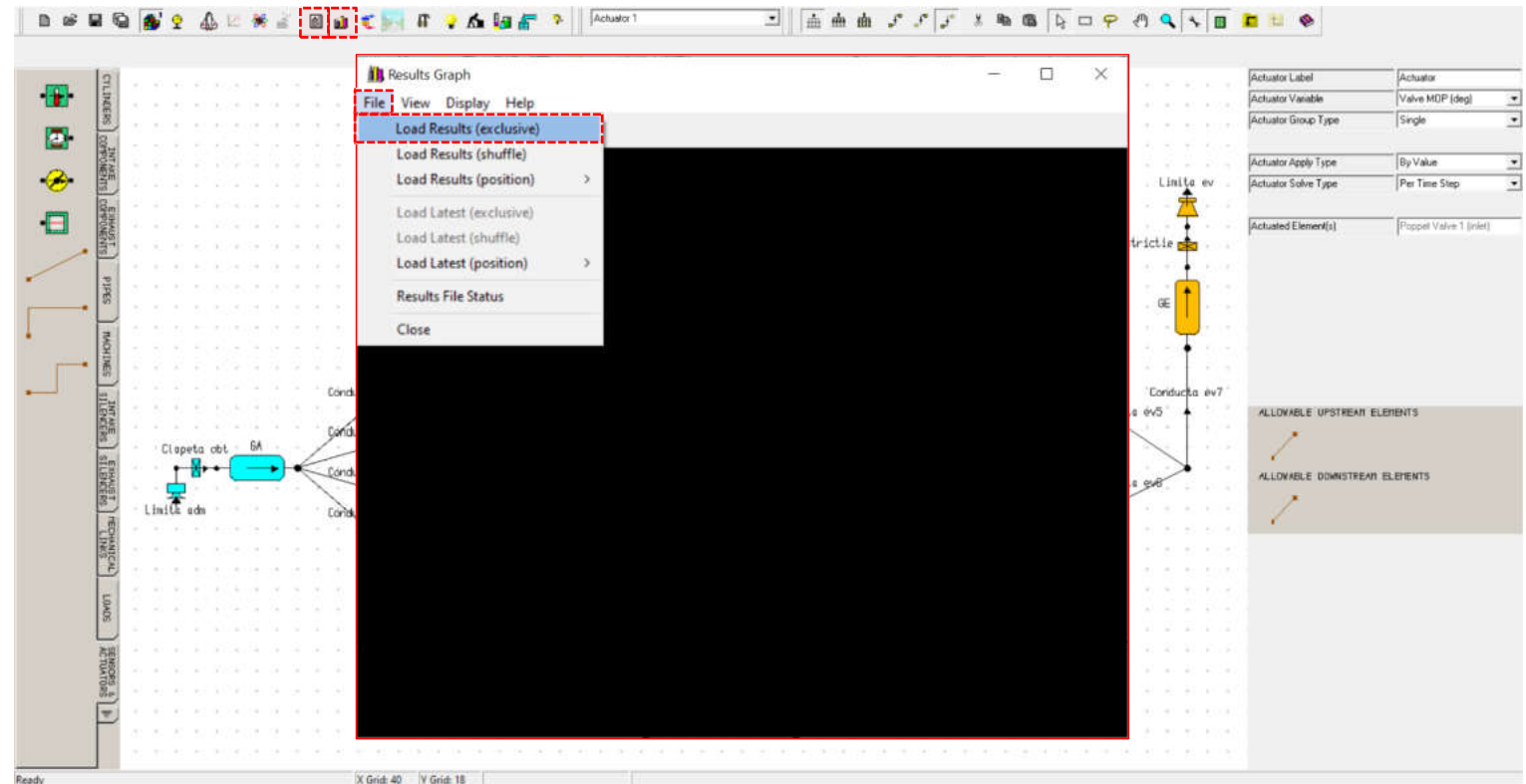



Fig. 7.41 Implementarea unui element de acționare - Accesare și încărcare date

Pas 2 – Rezultate MRS – Vizualizare date

După încărcarea rezultatelor simulării se face click pe **Results Graph** () sau **Results** → **.mrs Results** → **Results Graph** ceea ce va deschide o nouă fereastră de lucru, în care sunt prezentate grafic rezultate preluate din fișierele text. Pentru o vizualizare corectă, după deschiderea ferestrei **Results Graph** se va face click pe **View** → **Autoscale**, pentru a realiza o adaptare automată a scării graficelor. Pentru exemplificare, în figura 7.42 sunt prezentate:

- **Performance Summary** (sumar de performanțe) – conține curbele de variație ale puterii (**power**), momentului motor (**torque**), consumului specific efectiv (**break specific fuel consumption – BSFC**) și presiunii medii efective (**break mean effective pressure – BMEP**);

Airflow Summary (Inlet) (sumar privind curgerea aerului pentru limita de pe admisie) – conține curbele de variație ale presiunii la limita de pe admisie (**inlet pressure**), temperaturii la limita de pe admisie (**inlet temperature**), presiunii din elementul plenum (**plenum pressure**) și eficienței umplerii (**volumetric efficiency**).

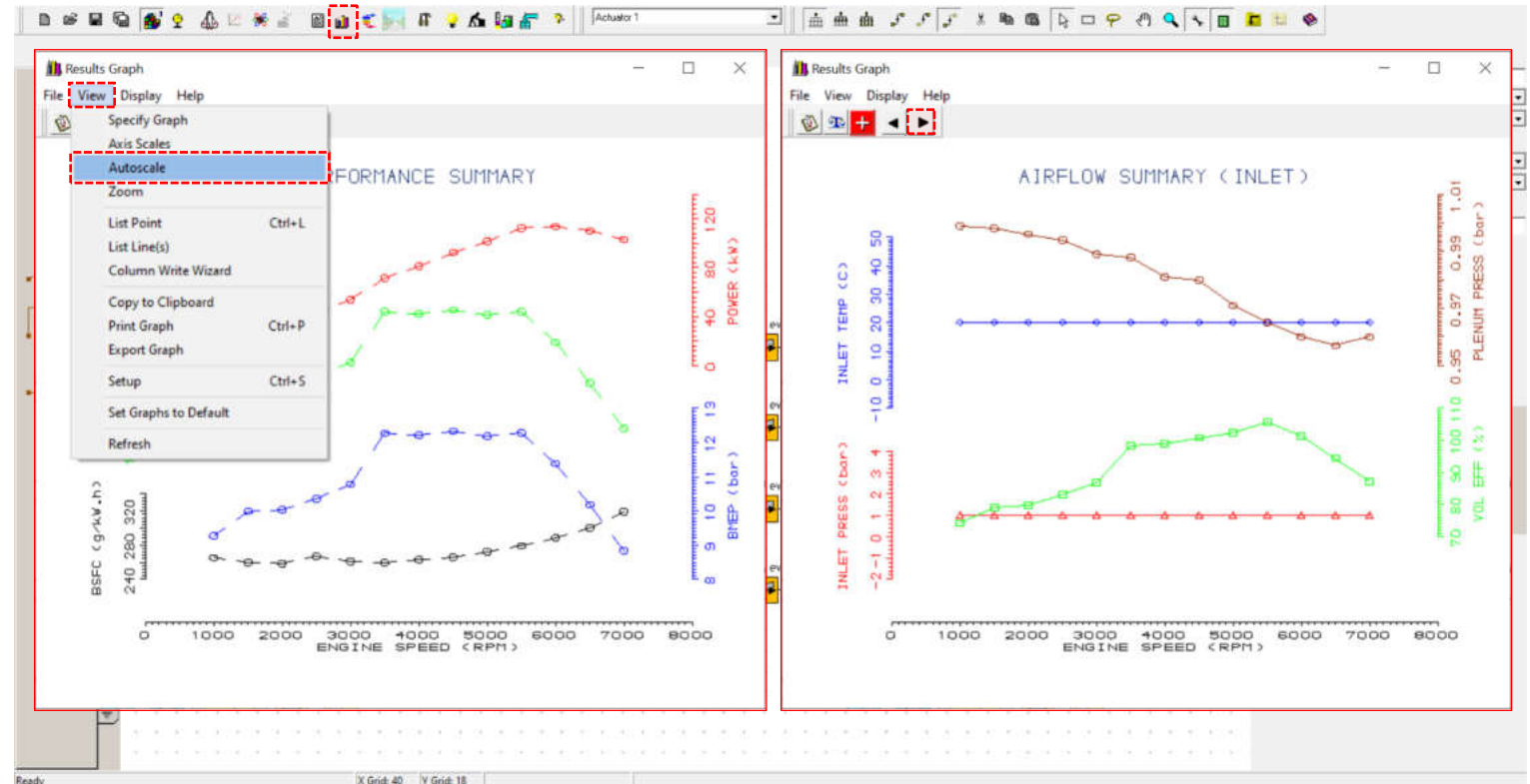


Fig. 7.42 Implementarea unui element de acționare - Results Graph – Accesare Autoscale

Pas 3 – Rezultate MRS – Comparare date

În continuare se propune compararea rezultatelor simulării modelului actual (linia întreruptă) cu modelul creat în capitolul 5 (linia continuă). În acest scop, de la File se va alege **Load Results (shuffle)** (fig. 7.43). Se poate constata faptul că adăugarea elementelor de acționare are un efect considerabil asupra performanțelor motorului (fig. 7.43), principalul motiv fiind modificarea diagramei fazelor în mod corespunzător.

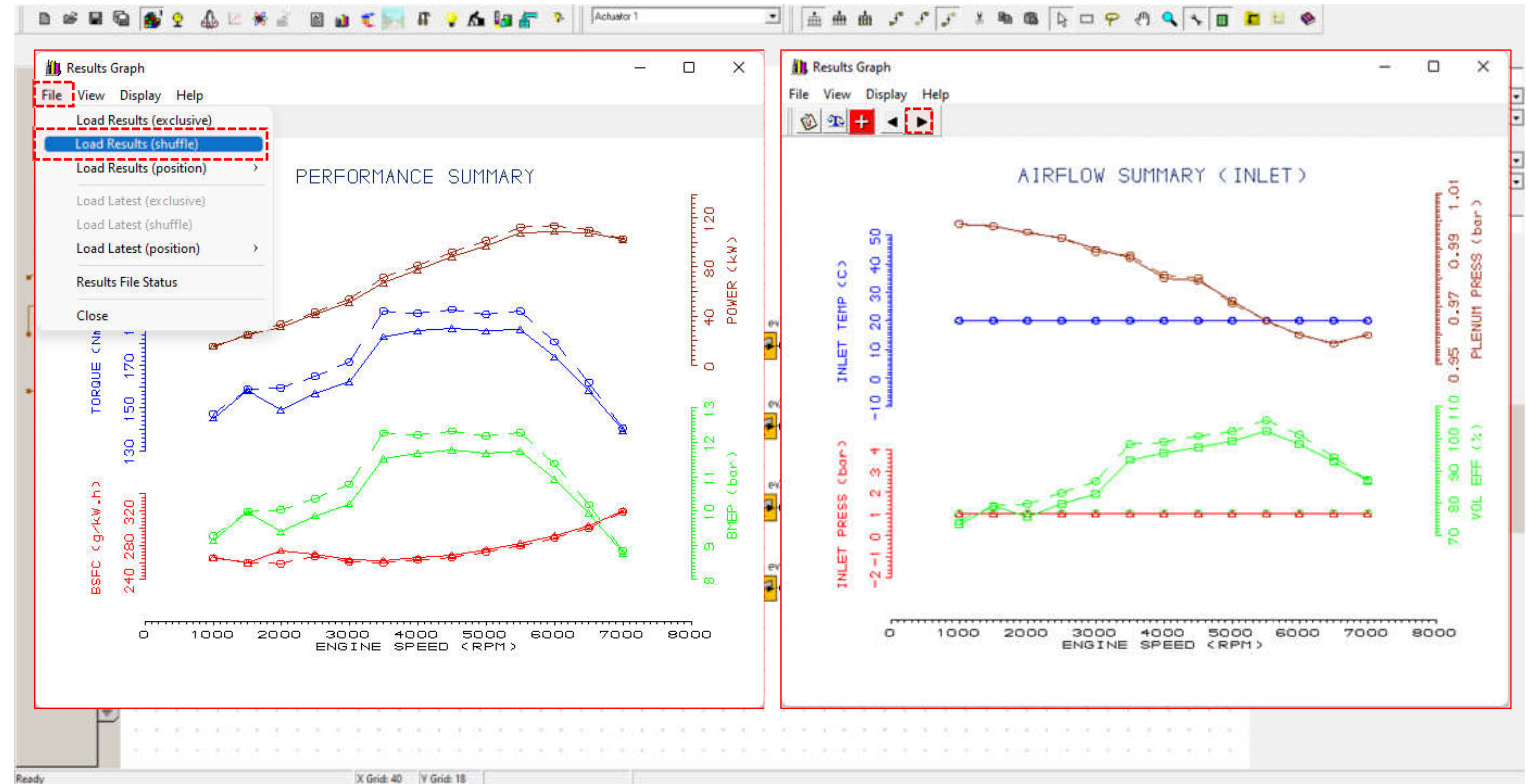


Fig. 7.43 Implementarea unui element de acționare - Results Graph – Accesare Load Results (shuffle)

Pas 4 – Rezultate MRS – Exportare date

Datele din aceste grafice pot fi exportate sub formă de fișiere text accesând **View** → **List Lines** (fig. 7.44). În noua fereastră se poate selecta volumul de informație care să fie inclus în fișier prin accesarea **List** → **Graph** → **All Graphs**. Pentru salvare click pe **List** → **Save Text to File**.

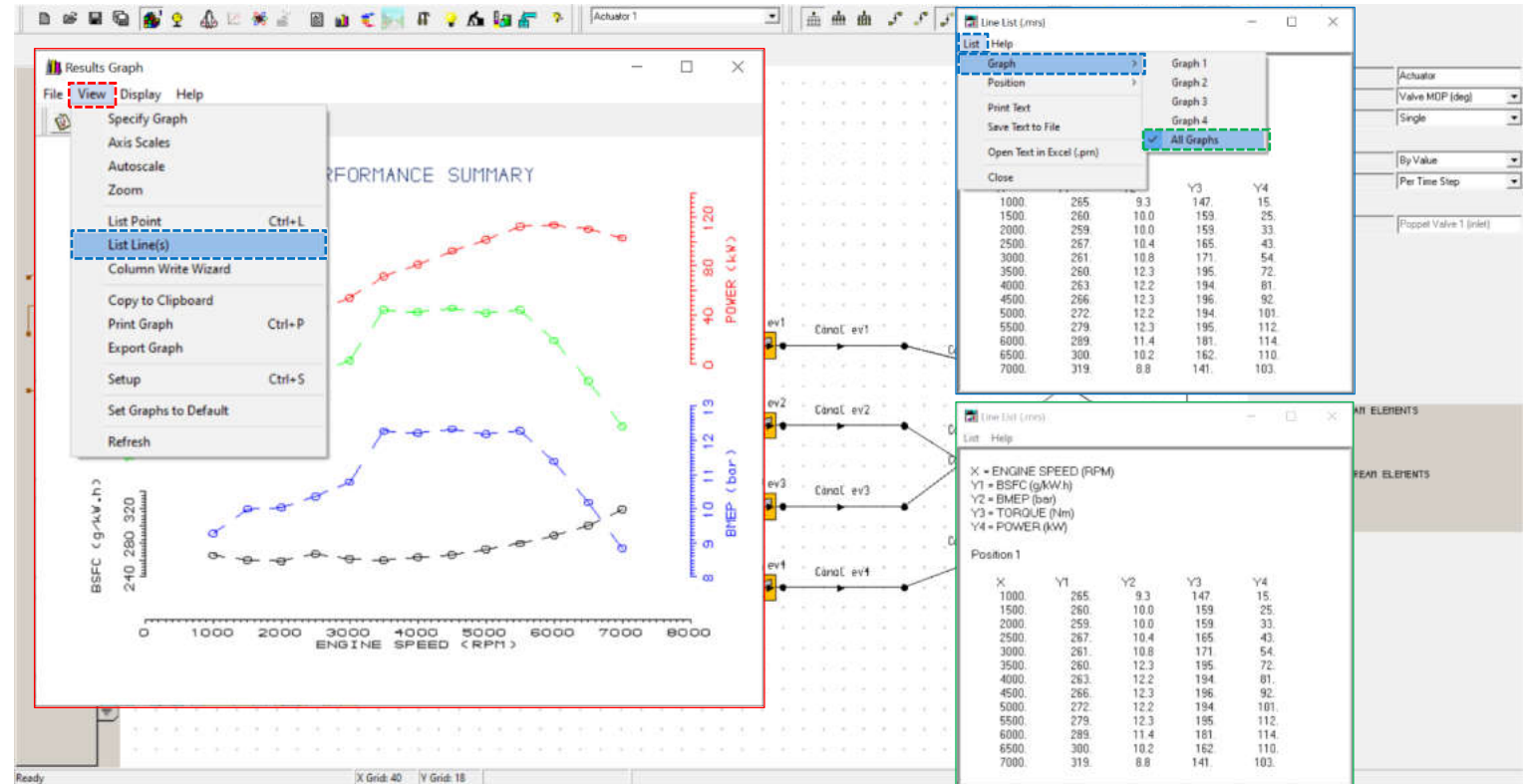


Fig. 7.44 Implementarea unui element de acționare - Exportare date

Pas 5 – Rezultate Text

Alternativ, rezultatele pot fi vizualizate sub formă de text prin accesarea **Results File Text Viewer** (). În noua fereastră de lucru (fig. 7.45) sunt expuse informațiile din fișierul text care conține rezultatele simulării, unde apar informații cu privire la fiecare componentă în parte și la nivel de motor, date de intrare, respectiv rezultate. Utilizatorul poate vizualiza datele de performanță (**performance data**) sub formă tabelară prin click pe **View → Go to Concise Summary**. Astfel, acesta va fi dus direct la zona din fișierul text unde sunt afișate aceste rezultate.

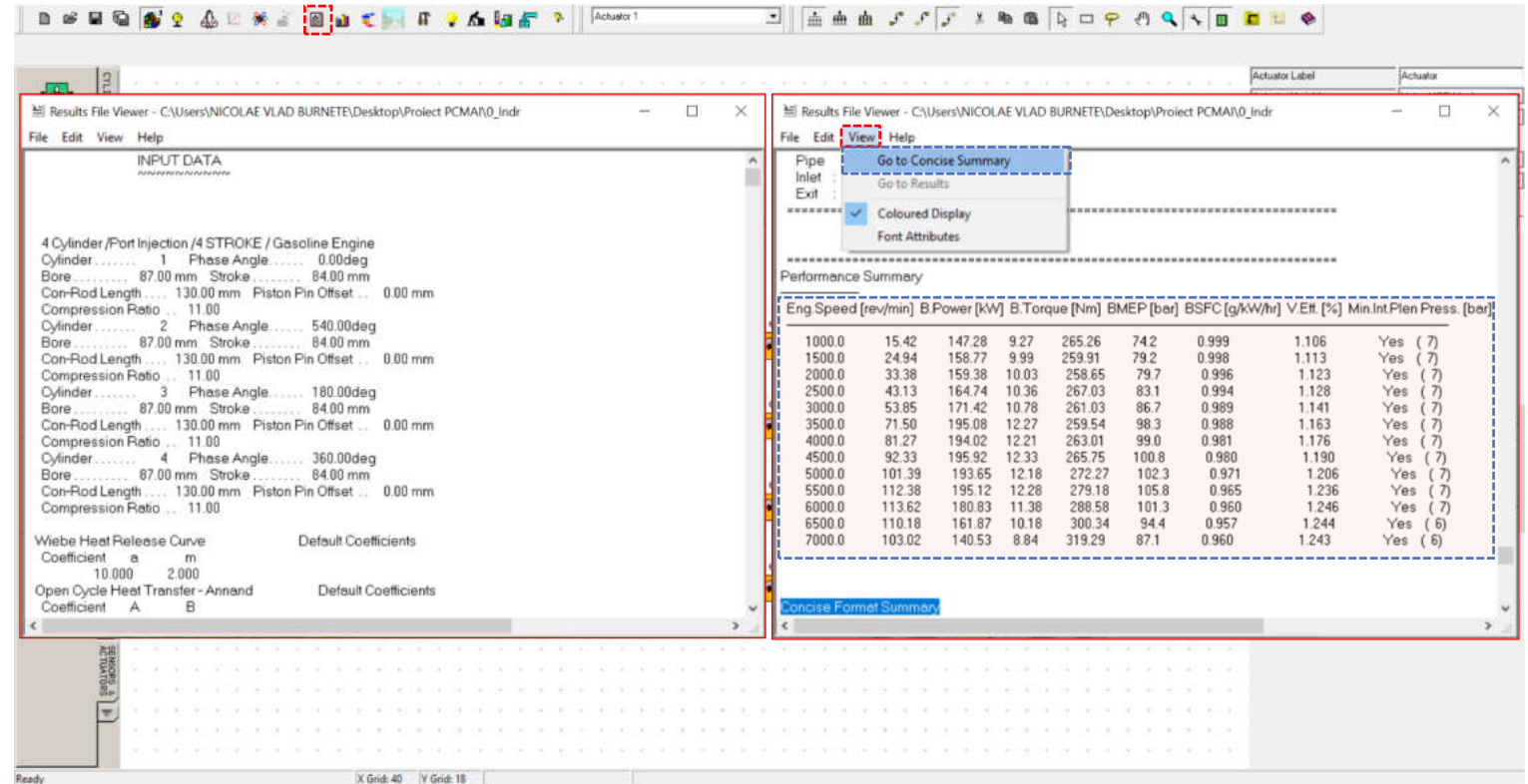





Fig. 7.45 Implementarea unui element de acționare - Rezultate Text

Implementarea unui element de acționare

Pas 6 – Rezultate PRS – Încărcare date

Suplimentar față de rezultatele text, utilizatorul poate accesa și rezultate grafice prin intermediul **To prs Results Viewer** () (fig. 7.46). Astfel, interfața de lucru a programului software Lotus Engine Simulation se va modifica, trecând la modul de vizualizare grafică a rezultatelor. În cazul în care în această interfață se intră după finalizarea simulărilor, iar în fereastra de informare de la final s-a bifat opțiunea **Load Graphics Results (.prs)** (încarcă rezultatele grafice (.prs)) (fig. 7.41), datele vor fi deja încărcate. În caz contrar acestea vor trebui adăugate de utilizator prin accesarea **Load .prs Results File** () sau din **Results → .prs Results → .prs Files → .prs File Add**.

Acest lucru îi va permite utilizatorului să selecteze fișierul din care vor fi încărcate rezultatele.

În partea stângă a acestei interfețe (fig. 7.46) se poate observa modelul creat, iar în dreapta, grafice ale presiunii (**pressure**), temperaturii (**temperature**), debitului masic (**mass flow rate**) și vitezei de curgere (**velocity**) – acestea sunt mărimile implicite (la nevoie, utilizatorul poate modifica mărimile afișate). Suplimentar față de aceste grafice utilizatorul mai poate urmări evoluția presiunii ținând cont de un cod de culori (albastru – presiune scăzută (**low pressure**), roșu – presiune ridicată (**high pressure**)) prin intermediul **Shaded Display** ().

Pentru afișarea de date în aceste grafice utilizatorul trebuie să selecteze elementul/locația din model pentru care dorește vizualizarea de date. Alegerea unui element sau altul este indicată printr-o lupă (fig. 7.46).

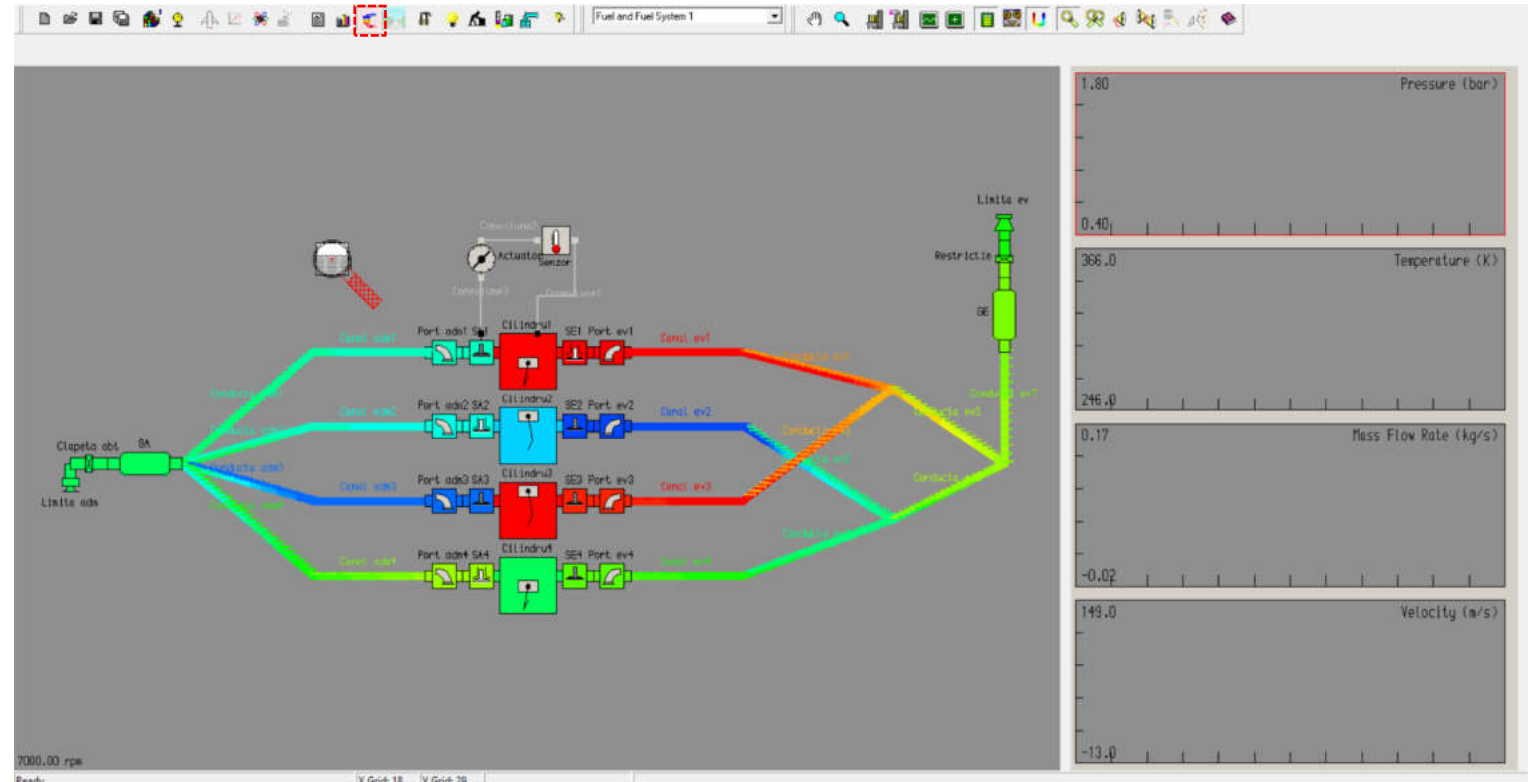


Fig. 7.46 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Încărcare date

Pas 7 – Rezultate PRS – Vizualizare date cilindru 1000 și 7000 min⁻¹

După ce datele au fost încărcate, utilizatorul poate alege care dintre acestea sunt afișate accesând **.prs Results File Status**. În noua fereastră se pot selecta:

Denumire	
ro	en
Toate turațiile	All Speeds
Alege turațiile	Pick Speeds
O singură turație	Single Speed
Adaugă	Add
Șterge	Remove
Șterge toate	Remove All
Afișat	On Display

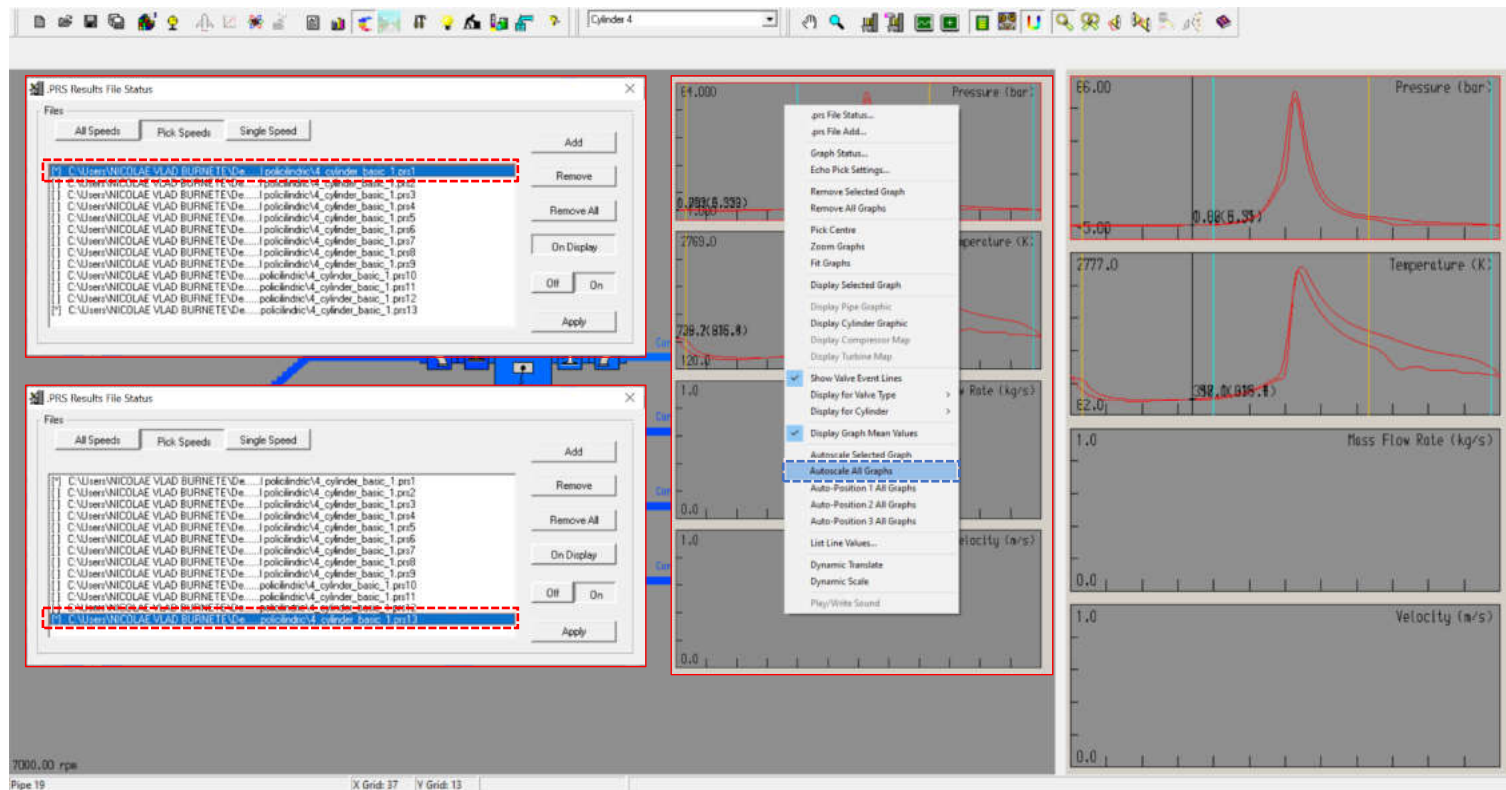


Fig. 7.47 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Comparare date cilindru 1000 și 7000 min⁻¹

Lista de rezultate se poate modifica prin adăugarea (**add**) și/sau ștergerea (**remove** sau **remove all**) de rezultate. După aplicarea opțiunilor dorite se face aplică modificările dorite prin click pe **Apply**, iar apoi **Autoscale all Graphs**. În cazul de față se va opta pentru alegerea turațiilor afișate (**pick speeds**), care permite afișarea pe același grafic a mai multor curbe de variație. După ce în fereastra de lucru s-a ales **Pick Speeds**, pe rând, se face click pe fișierele cu rezultatele corespunzătoare turației de 1000 min⁻¹, respectiv 7000 min⁻¹ (acest lucru poate fi identificat ușor pe baza denumirii fișierelor care conțin și numărul cazului de testare – a se vedea și figura 7.25).

În figura 7.47 sunt puse în evidență, comparativ, rezultatele pentru elementul cilindru (**cylinder**) la turația de 1000 min⁻¹ (**fișierul *.prs1**), respectiv la turația de 7000 min⁻¹ (**fișierul *.prs13**). În graficele din partea dreaptă se pot observa evoluțiile presiunii (**Pressure**) și temperaturii (**Temperature**) în funcție de unghiul de rotație al arborelui cotit (**Crank Angle**). Se poate constata faptul că evoluțiile diferă cu precădere în apropierea PMS (**TDC**), când are loc procesul de ardere.

Pas 8 – Rezultate PRS – Vizualizare date curgere 1000 și 7000 min⁻¹

În figura 7.48 sunt puse în evidență, comparativ, rezultatele pentru orificiul de admisie (**intake port**) la turația de 1000 min⁻¹ (**fișierul *.prs1**), respectiv la turația de 7000 min⁻¹ (**fișierul *.prs13**). În graficele din partea dreaptă se pot observa evoluțiile presiunii (**pressure**), temperaturii (**temperature**), debitului masic (**mass flow rate**) și vitezei de curgere (**velocity**) în funcție de unghiul de rotație al arborelui cotit (**crank angle**). Se poate observa frecvența oscilațiilor de presiune (**pressure oscillations**) și amplitudinea undelor de presiune (**pressure wave amplitude**), care diferă semnificativ pentru cele două turații. Totodată se poate observa faptul că temperatura urmează o evoluție similară cu cea a presiunii. Din punct de vedere al debitului masic (**mass flow rate**) și vitezei de curgere (**velocity**), creșterea turației duce la o creștere semnificativă a valorilor acestora. Spre exemplu, viteza de curgere (**velocity**) crește de la aproximativ 30 m/s la 1000 min⁻¹ la aproximativ 140 m/s la 7000 min⁻¹. Unul dintre motive este faptul că, odată cu creșterea turației numărul de aspirații ale motorului crește, astfel că presiunea de pe admisie va scădea. Deoarece presiunea atmosferică rămâne aproximativ constantă, viteza de curgere va crește.

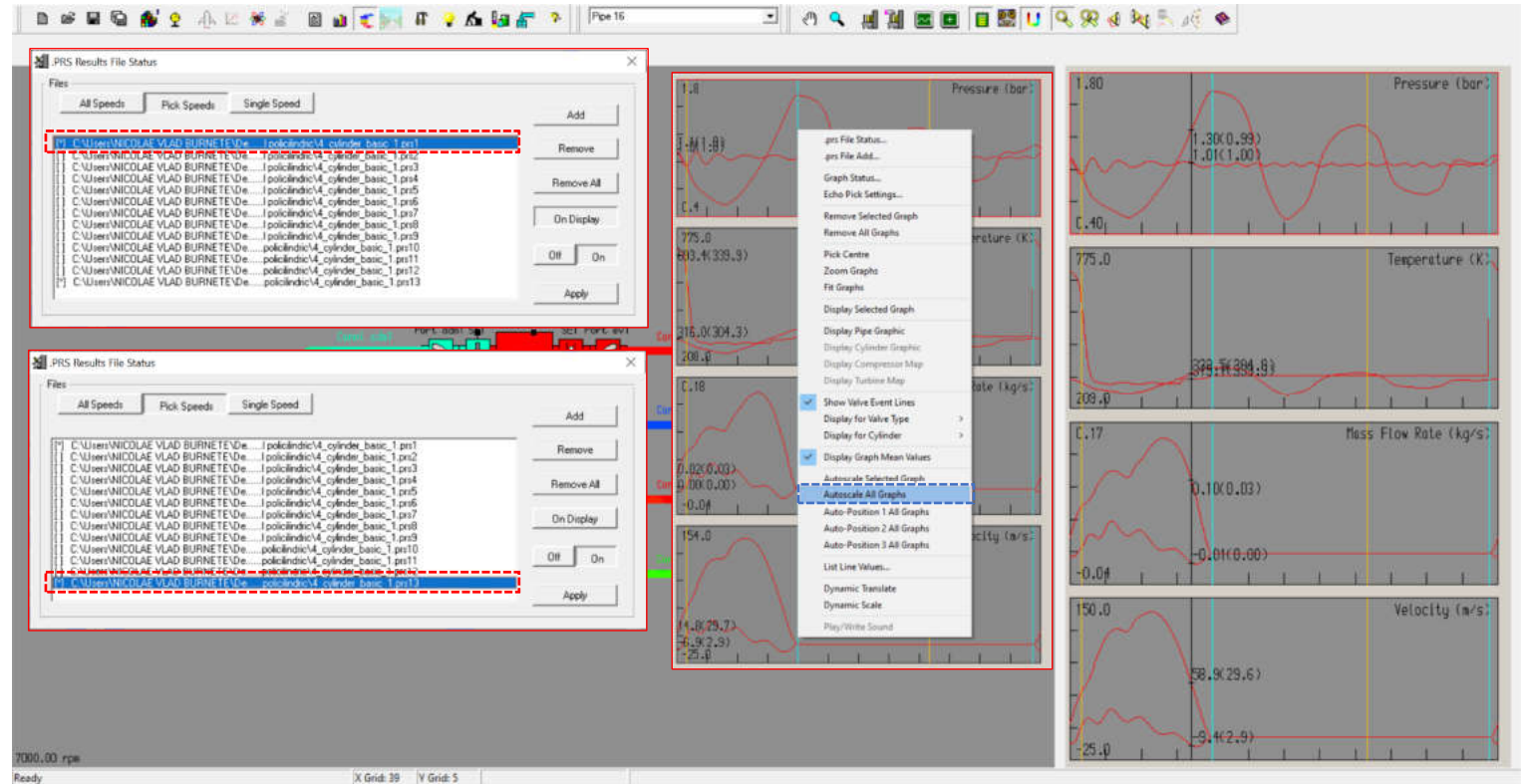


Fig. 7.48 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Comparare date curgere 1000 și 7000 min⁻¹

Pas 9 – Rezultate PRS – Comparare date curgere între conducte la 1000 min⁻¹

O altă posibilitate este compararea evoluțiilor fenomenelor gazodinamice din orificiile tuturor celor patru cilindri (figurile 7.49 și 7.50). Acest lucru permite identificarea deficiențelor din punct de vedere al umplerii celor patru cilindri în scopul uniformizării funcționării motorului. Totodată, analiza graficelor permite identificarea ordinii de aprindere (1-3-4-2). În figura 7.50 sunt prezentate comparativ rezultatele pentru turația de 1000 min⁻¹. Se poate observa faptul că evoluțiile sunt similare, principalul motiv fiind construcția simetrică a motorului.

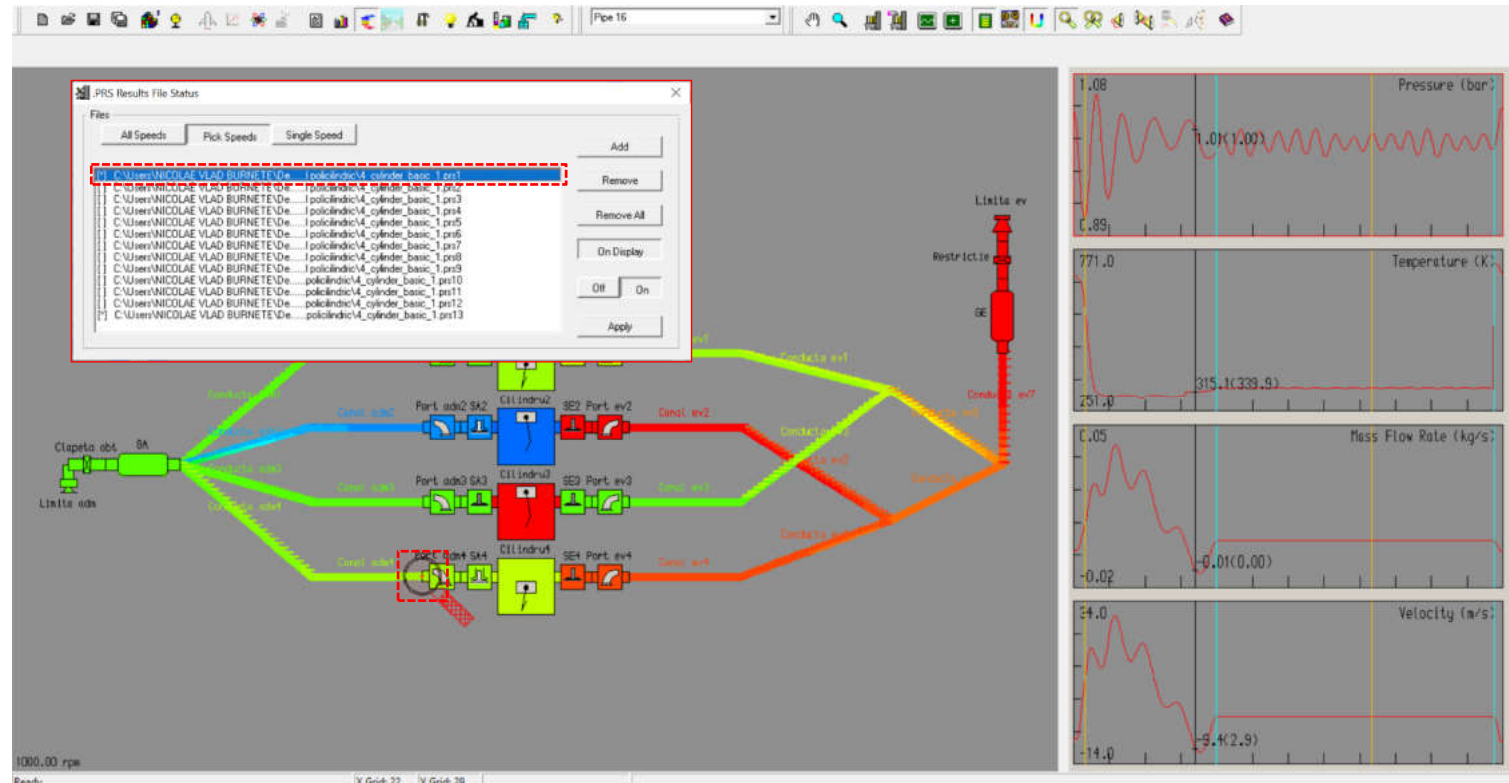


Fig. 7.49 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Selectare Canal Adm4 pentru comparare date curgere între conducte la 1000 min⁻¹

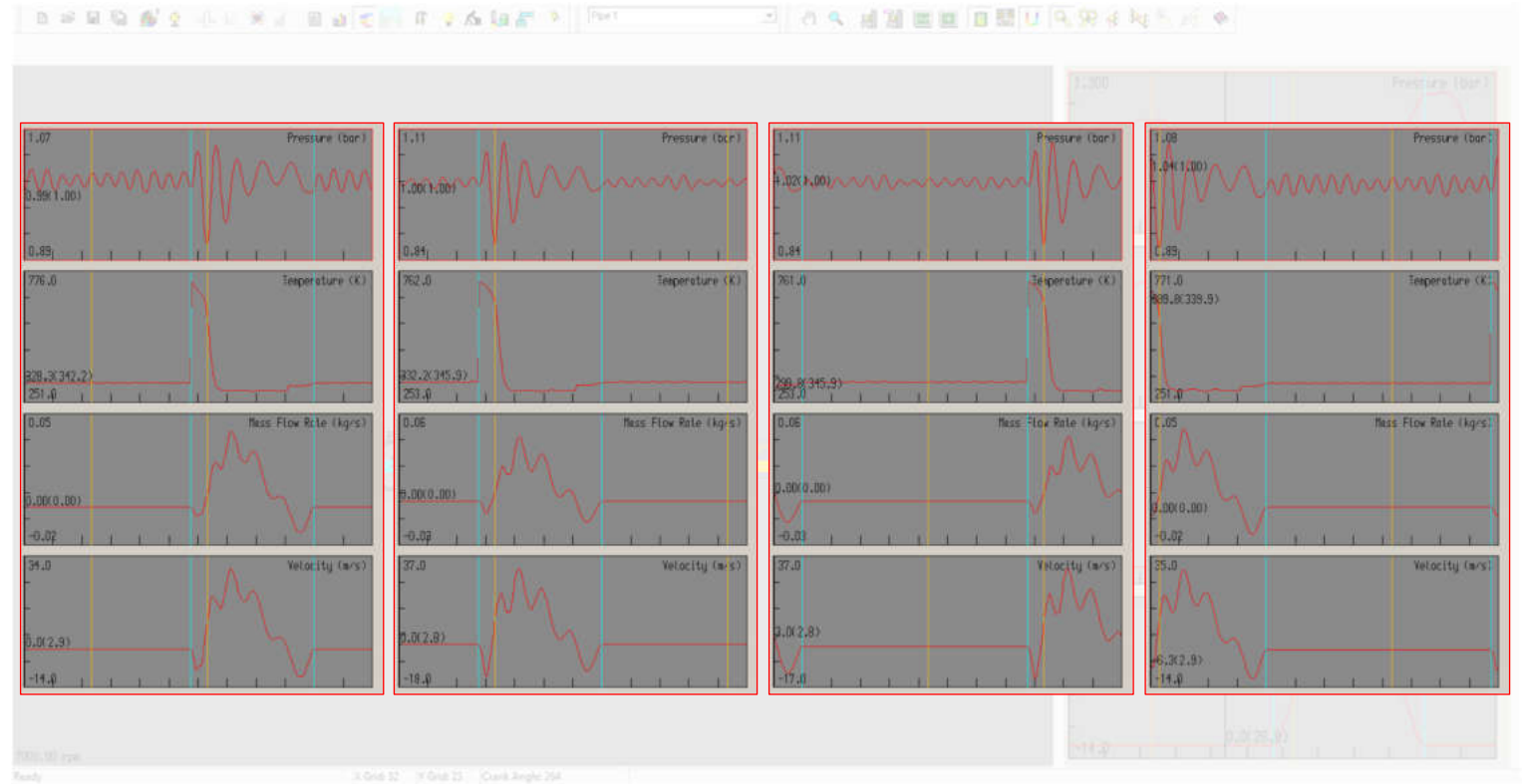


Fig. 7.50 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Comparare date curgere între conducte la 1000 min^{-1}

Implementarea unui element de acționare

Pas 10 – Rezultate PRS – Comparare date curgere între conducte la 7000 min⁻¹

Analog turației de 1000 min⁻¹, în figura 7.51 sunt prezentate comparativ rezultatele pentru turația de 7000 min⁻¹. Și în acest caz se poate observa că evoluțiile sunt similare, principalul motiv fiind construcția simetrică a motorului.

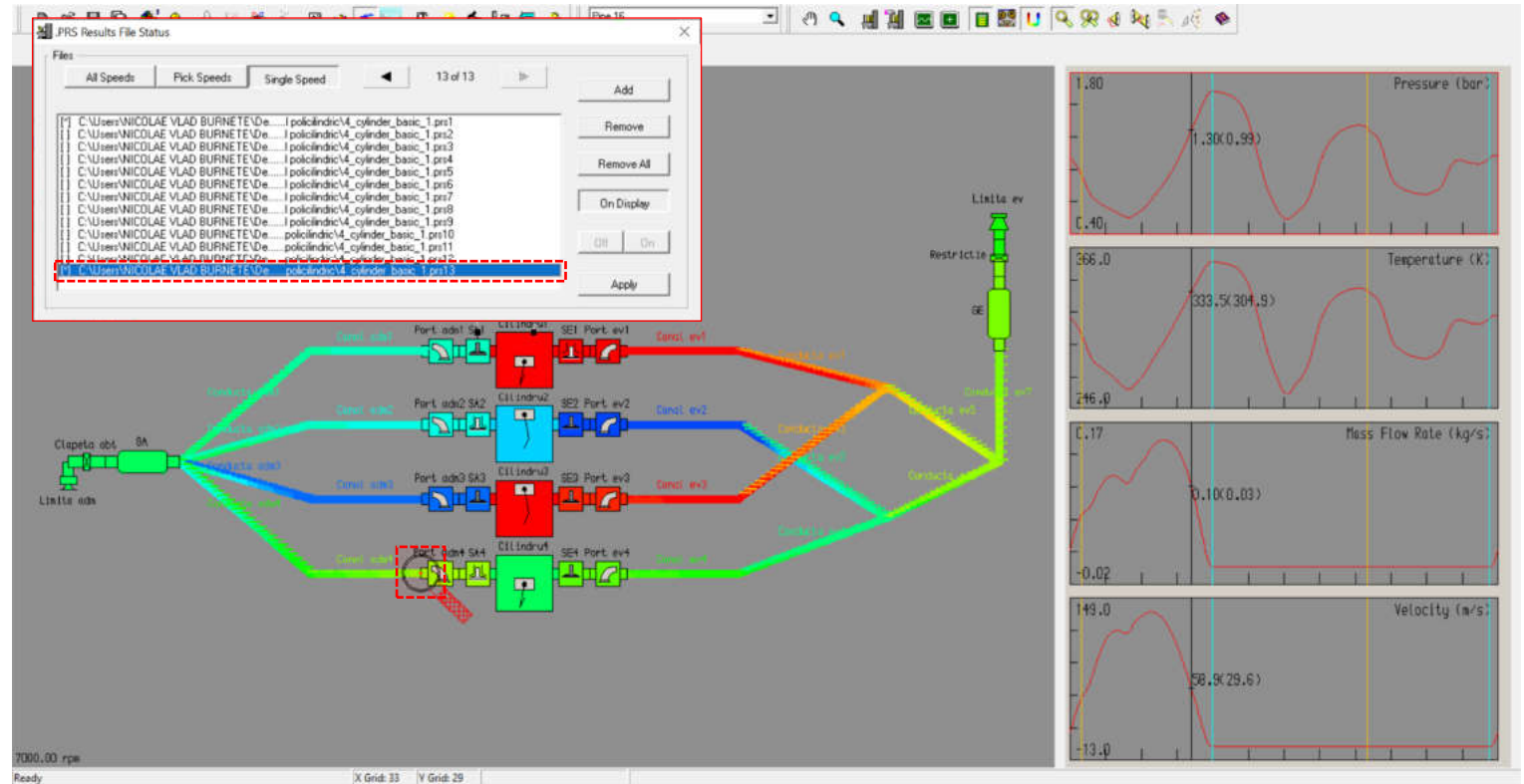


Fig. 7.51 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Selectare Canal Adm4 pentru comparare date curgere la 7000 min⁻¹

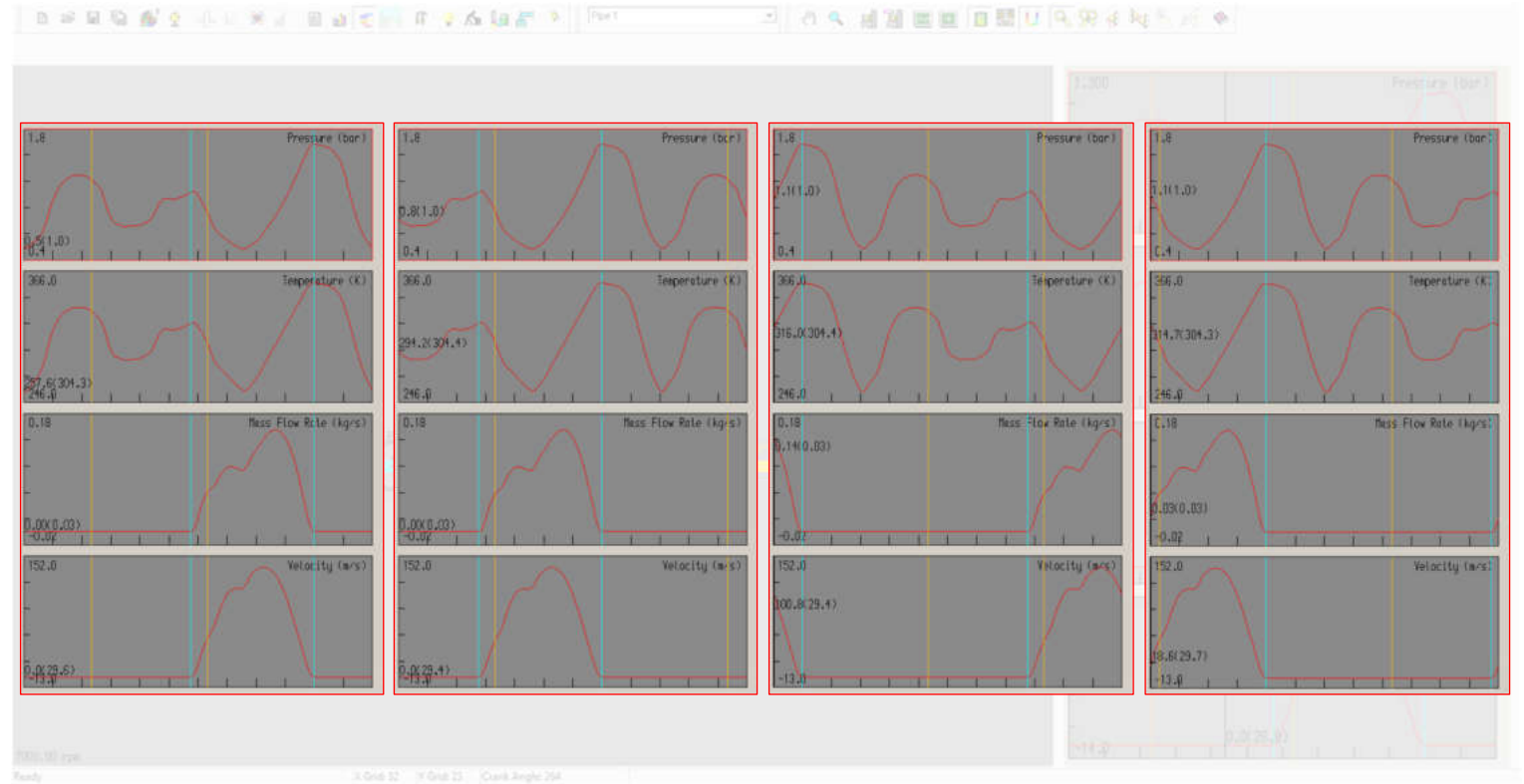



Fig. 7.52 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Comparare date curgere între conducte la 7000 min⁻¹

Pas 11 – Rezultate PRS – Vizualizare date conductă

În cazul în care dorește, utilizatorul are posibilitatea de a vizualiza mai multe date despre conducta aleasă (fig. 7.53) prin click dreapta pe grafice și selectând opțiunea **Display Pipe Graphic** (fig. 7.48).

Astfel, se deschide o nouă fereastră de lucru, numită **Pipe Graphical Display** în care se poate observa inclusiv discretizarea conductei (fig. 7.53). Înainte de a începe analiza se recomandă ajustarea automată a modului de afișare prin click pe **View** → **Autoscale**.

Acolo unde sunt mai multe conducte conectate este posibilă afișarea acestora prin click pe **View** → **Visibilities** → **Attached Pipes**.

Suplimentar, se poate urmări, sub forma unui video, evoluția presiunii în conductă pe parcursul unui ciclu. Pentru pornirea, oprirea etc. a secvenței video se pot utiliza comenzile de control ().

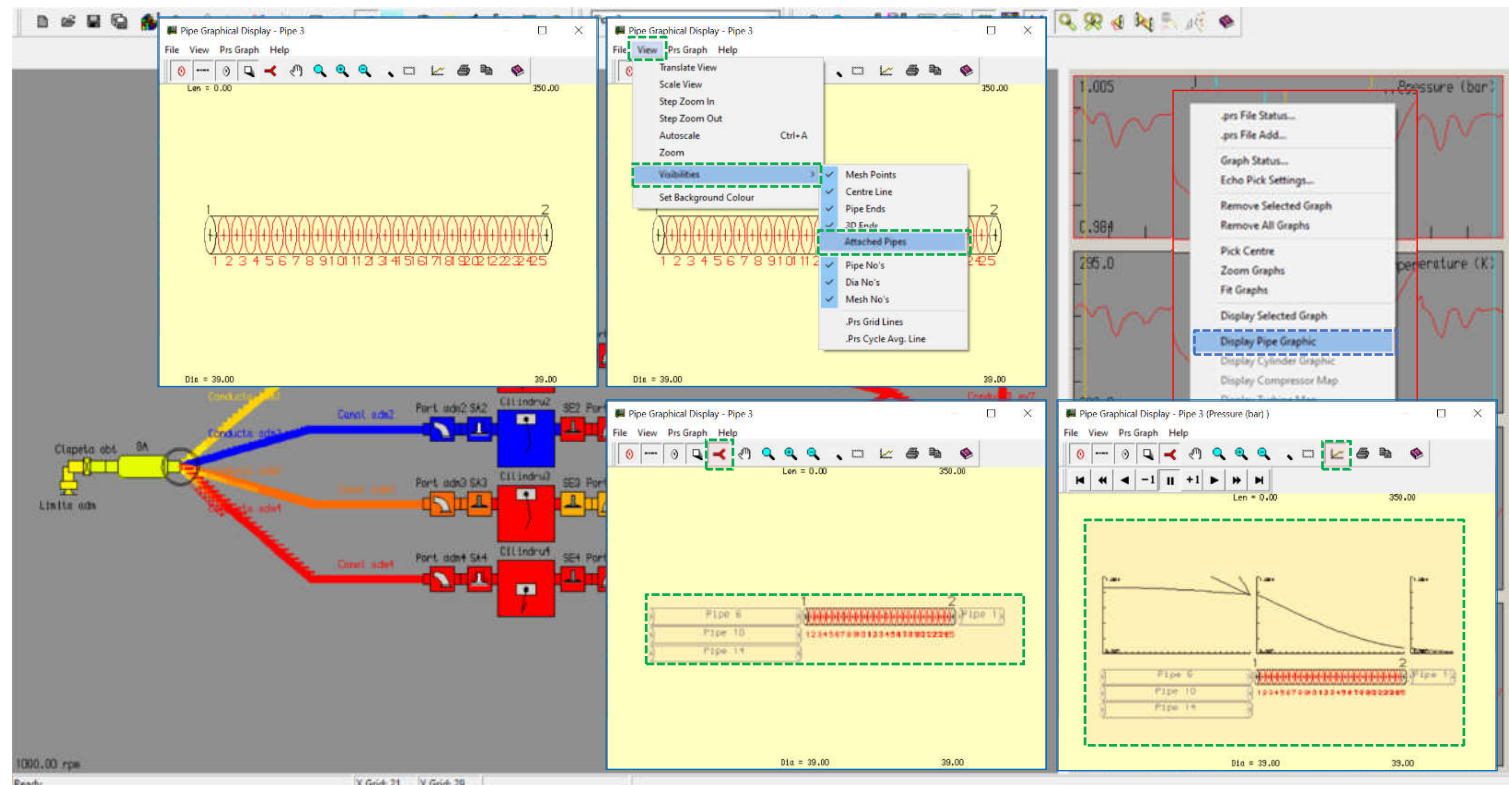

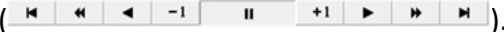


Fig. 7.53 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Vizualizare date conductă

Implementarea unui element de acționare

Pas 12 – Rezultate PRS – Vizualizare animație sistem complet

Analog conductelor individuale, și pentru modelul complet se poate urmări, sub forma unui video, evoluția presiunii în conducte pe parcursul unui ciclu prin accesarea  (fig. 7.54). Pentru pornirea, oprirea etc. a secvenței video se pot utiliza comenzile de control (). Se face mențiunea că scara graficelor afișate influențează direct scara culorilor.

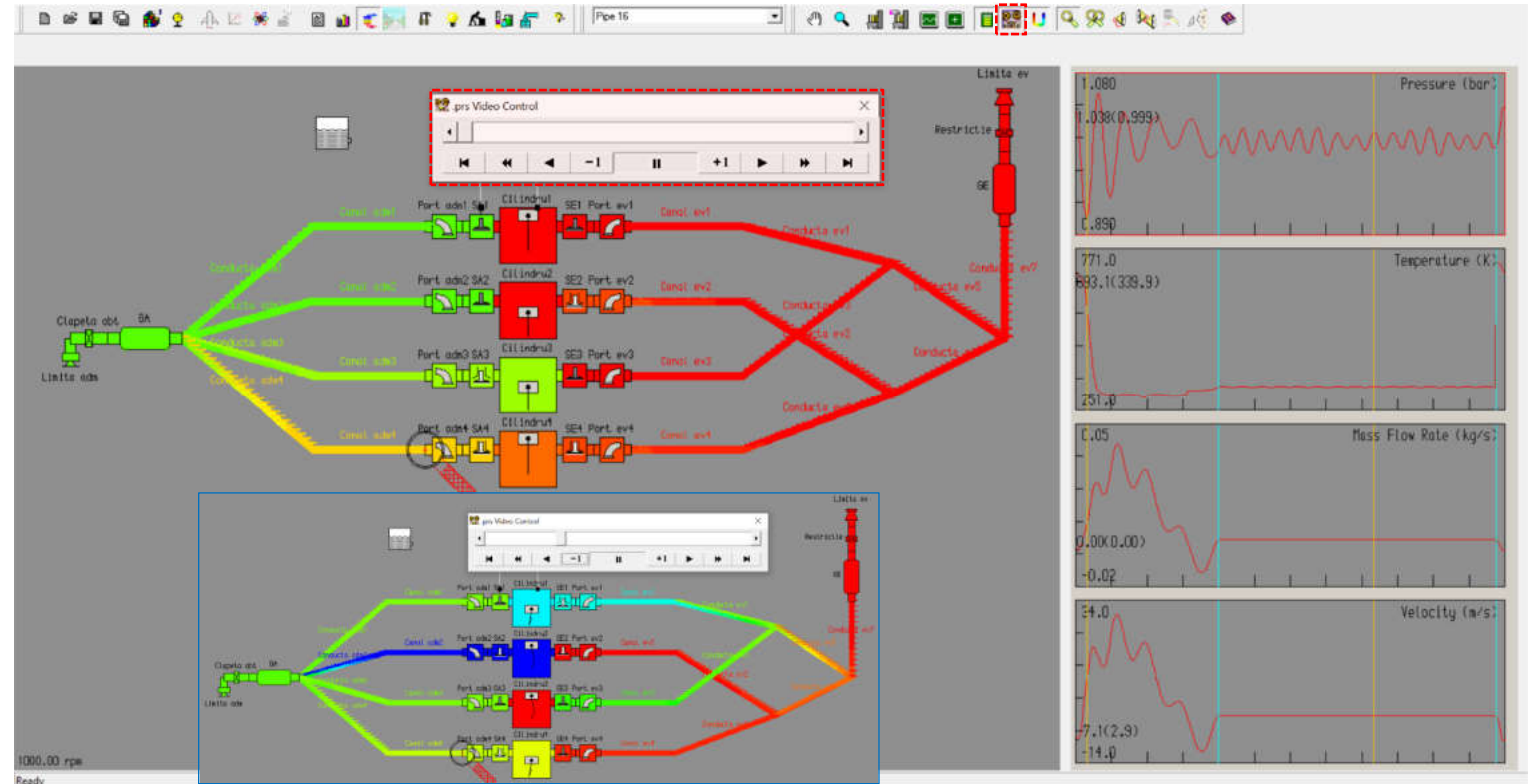


Fig. 7.54 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Vizualizare animație sistem complet

Implementarea unui element de acționare

Pas 13 – Rezultate PRS – Vizualizare animație cilindru

Analog conductelor individuale și modelului complet, programul software oferă posibilitatea de a urmări, sub forma unui video, evoluția presiunii în cilindru pe parcursul unui ciclu prin click dreapta pe grafice și alegerea opțiunii **Display Cylinder Graphic** (fig. 7.55). Înainte de a face acest lucru utilizatorul trebuie să selecteze elementul cilindru pentru care dorește vizualizarea. Pentru pornirea, oprirea etc. a secvenței video se pot utiliza comenzile de control din interfață (-1 || +1 ▶▶). Se face mențiunea că scara graficelor afișate influențează direct scara culorilor.

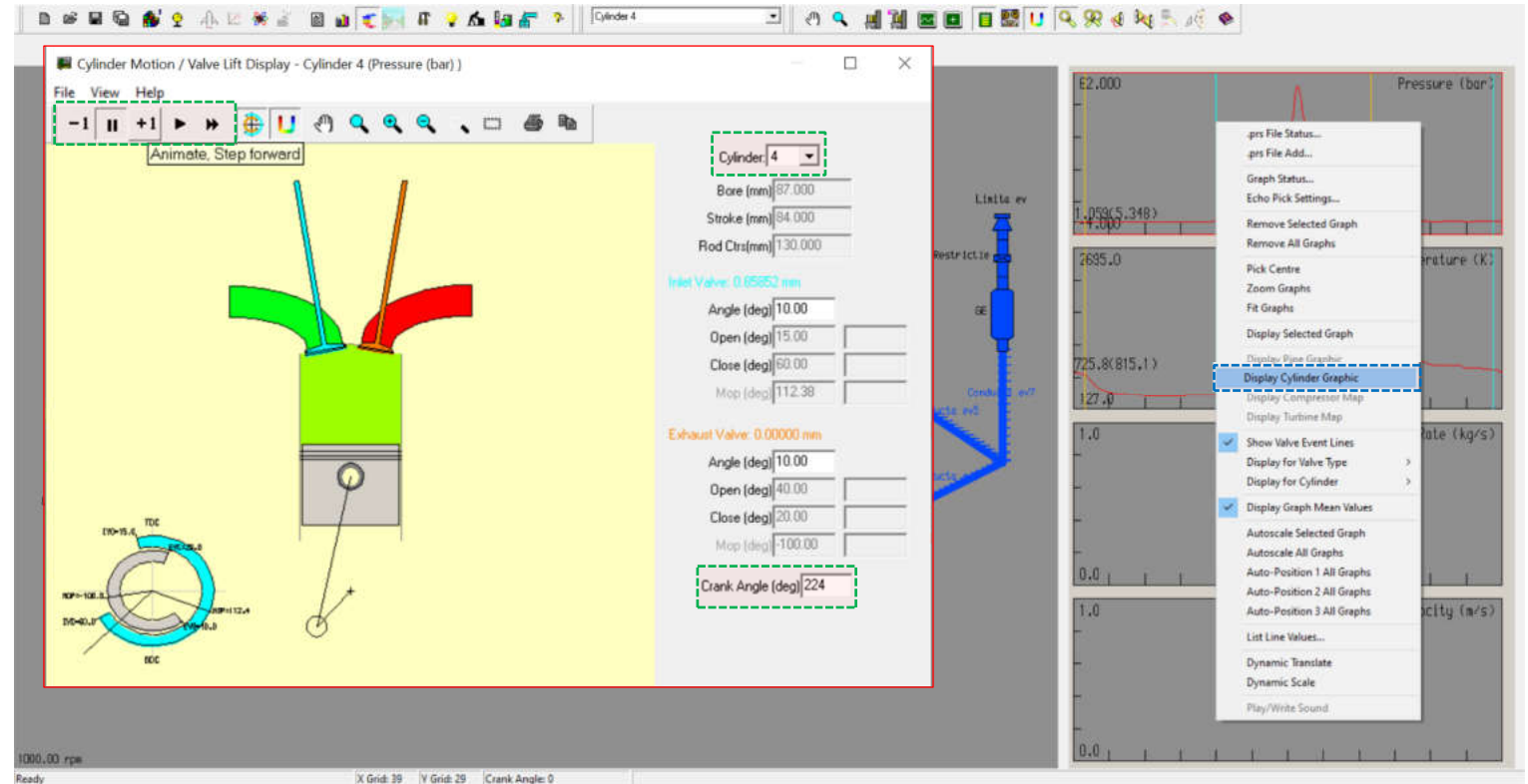


Fig. 7.55 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Vizualizare animație cilindru

Pas 14 – Rezultate PRS – Exportare date

În cazul în care se dorește analiza datelor într-un alt program software și/sau prezentarea lor sub o altă formă, programul software Lotus Engine Simulation oferă utilizatorului posibilitatea de a extrage aceste date. În acest scop, se face click dreapta pe graficul cu valorile dorite, iar apoi se selectează **List Line Values** (afișează valorile curbei) (fig. 7.56). Acest lucru deschide o nouă fereastră de lucru (**line list**) în care sunt prezentate tabelar datele extrase.

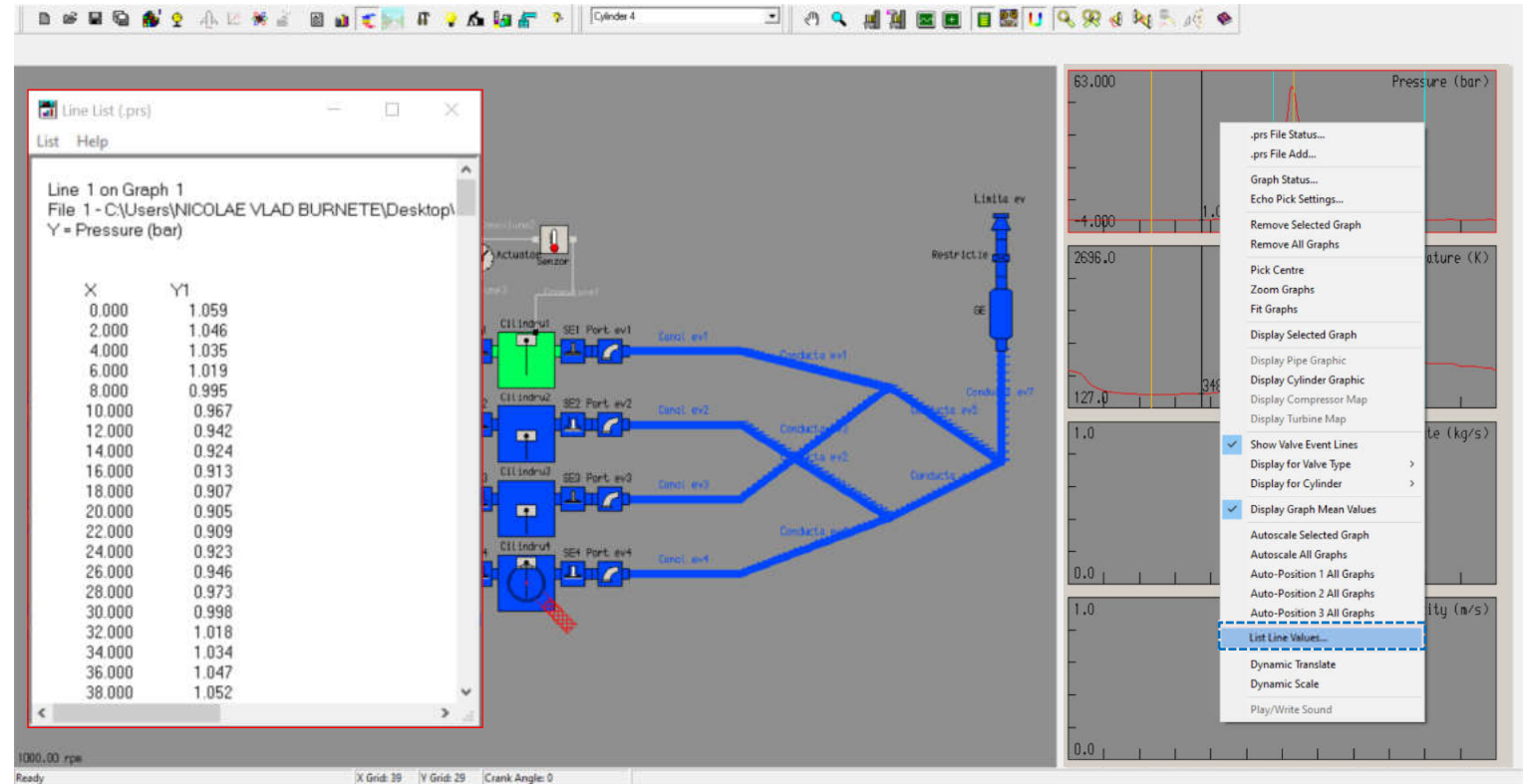


Fig. 7.56 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Accesare List Line Values

Implementarea unui element de acționare

Pas 15 – Rezultate PRS – Exportare date

Pentru a salva aceste date sub forma unui fișier text, click pe **List** → **Save Text to File** (fig. 7.57), iar apoi se specifică denumire fișierului și locația de salvare.

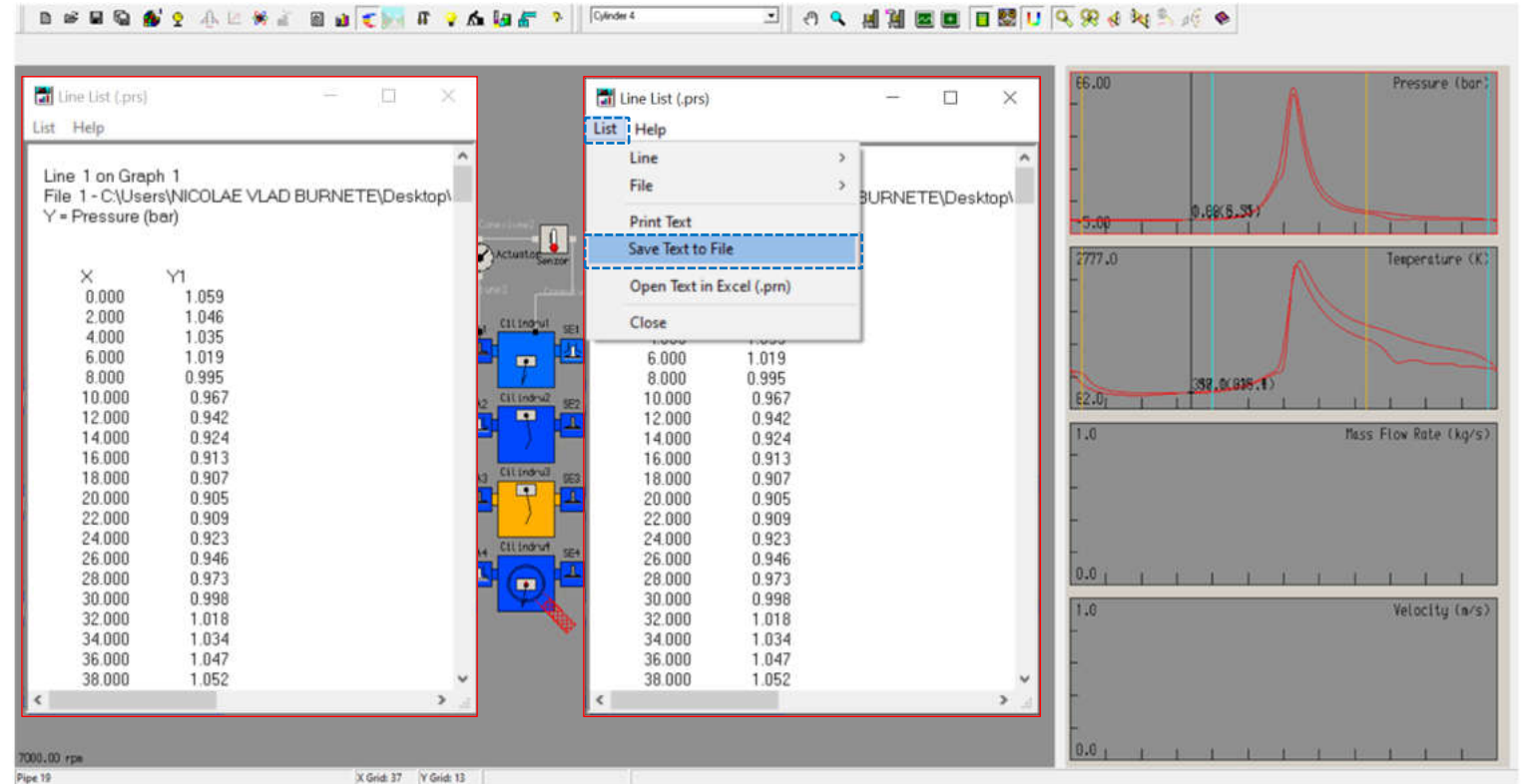



Fig. 7.57 Implementarea unui element de acționare - Rezultate PRS – Accesare Save Text to File

Pas 16 – Rezultate PRS – Revenire la interfața de lucru

În cazul în care se dorește revenirea la interfața de lucru, click pe **To Builder Interface** () (fig. 7.58).

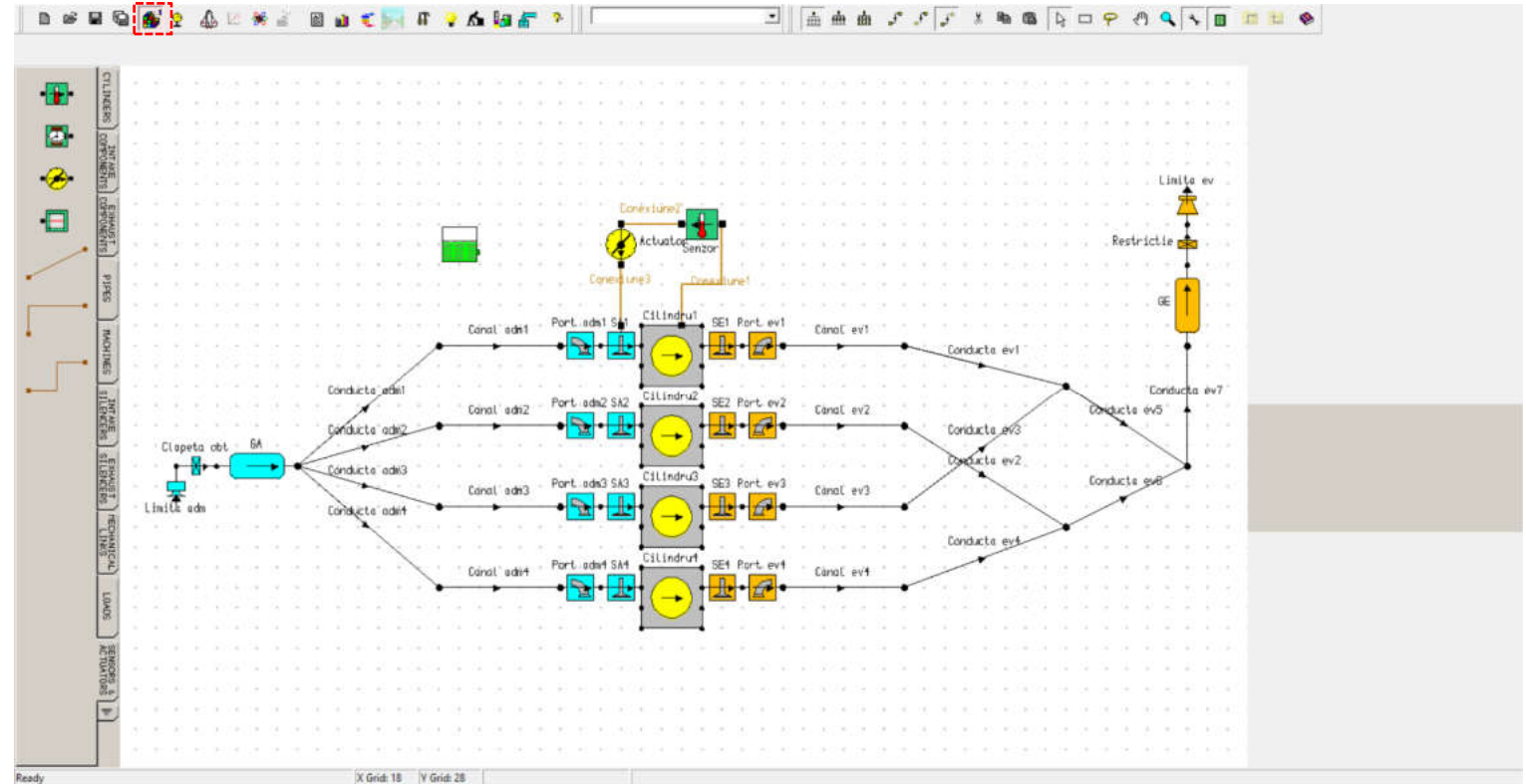


Fig. 7.58 Implementarea unui element de acționare - Revenire la interfața de lucru

8. Implementarea unui turbocompresor

Scop

- ▶ Crearea, parametrizarea și simularea unui model de motor policilindric cu aprindere prin scânteie cu supraalimentare.

Obiective educaționale și de formare a competențelor specifice

- ▶ Extinderea abilităților de utilizare a unor metode moderne de investigare a proceselor funcționale ale motoarelor cu ardere internă și a simulării sistemelor de supraalimentare.
- ▶ Însușirea de competențe avansate în procesele de modelare și simulare computerizată.

Prezentarea lucrării

Lucrarea urmărește stabilirea unor cunoștințe de bază privind posibilitățile de implementare a unui sistem de supraalimentare în scopul optimizării umplerii unui motor policilindric cu aprindere prin scânteie.

Desfășurarea lucrării

Pornind de la modelul de motor policilindric de la capitolul 5 se vor introduce o serie de elemente noi: turbocompresor, volum admisie, volum evacuare și conducte evacuare. Dintre aceste elemente, definirea turbocompresorului necesită o mai mare atenție datorită volumului mare de date necesare. Suplimentar față de elementele nou introduse se va realiza și o rearanjare a unora dintre existente pentru a obține un model ușor de înțeles și analizat.

Implementarea unui turbocompresor

8.1. Modelul final de simulare

Modelul care se va obține în urma parcurgerii pașilor din acest capitol este prezentat în figura 8.1.

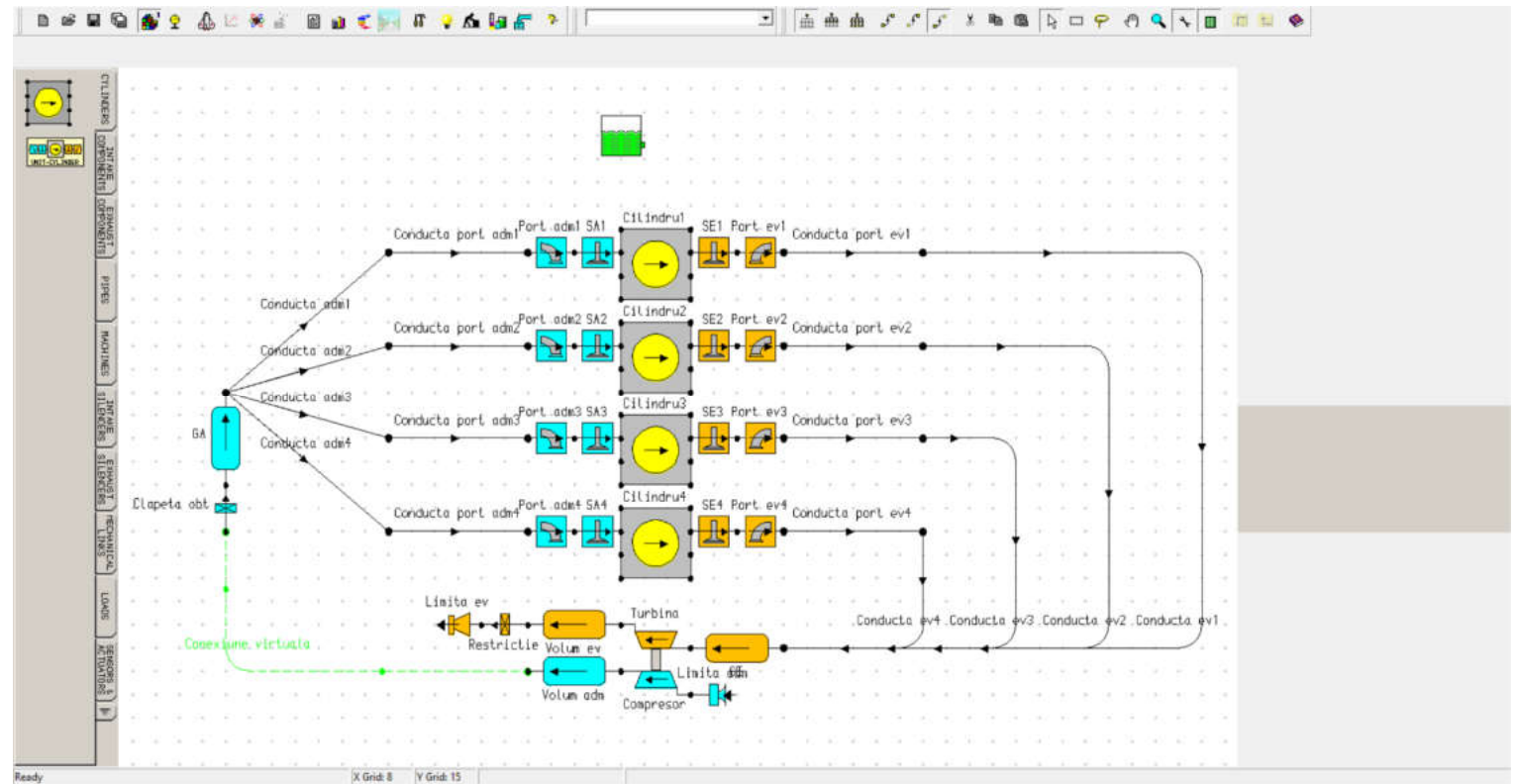


Fig. 8.1 Implementarea unui turbocompresor - Modelul final

8.2. Modelare și simulare

8.2.1. Partea motorului selectată pentru simulare

În această etapă modelul este completat cu părțile marcate cu verde, albastru deschis, galben și mov, care reprezintă conductele de admisie, respectiv albastru închis care reprezintă galeria de admisie (Fig. 8.2). Pentru evacuare s-a marcat o a doua conductă cu roșu, respectiv turbocompresorul (în chenar separat – cu albastru este marcat compresorul, iar turbina cu galben). Acest lucru este necesar pentru a surprinde efectele gazodinamice din conducte (zona marcată cu galben reprezintă partea motorului de la care sa pornit). Pentru acest model se includ toți cei patru cilindri ai motorului și se iau în considerare (parțial) pierderile suplimentare din sistemul de admisie și de evacuare.

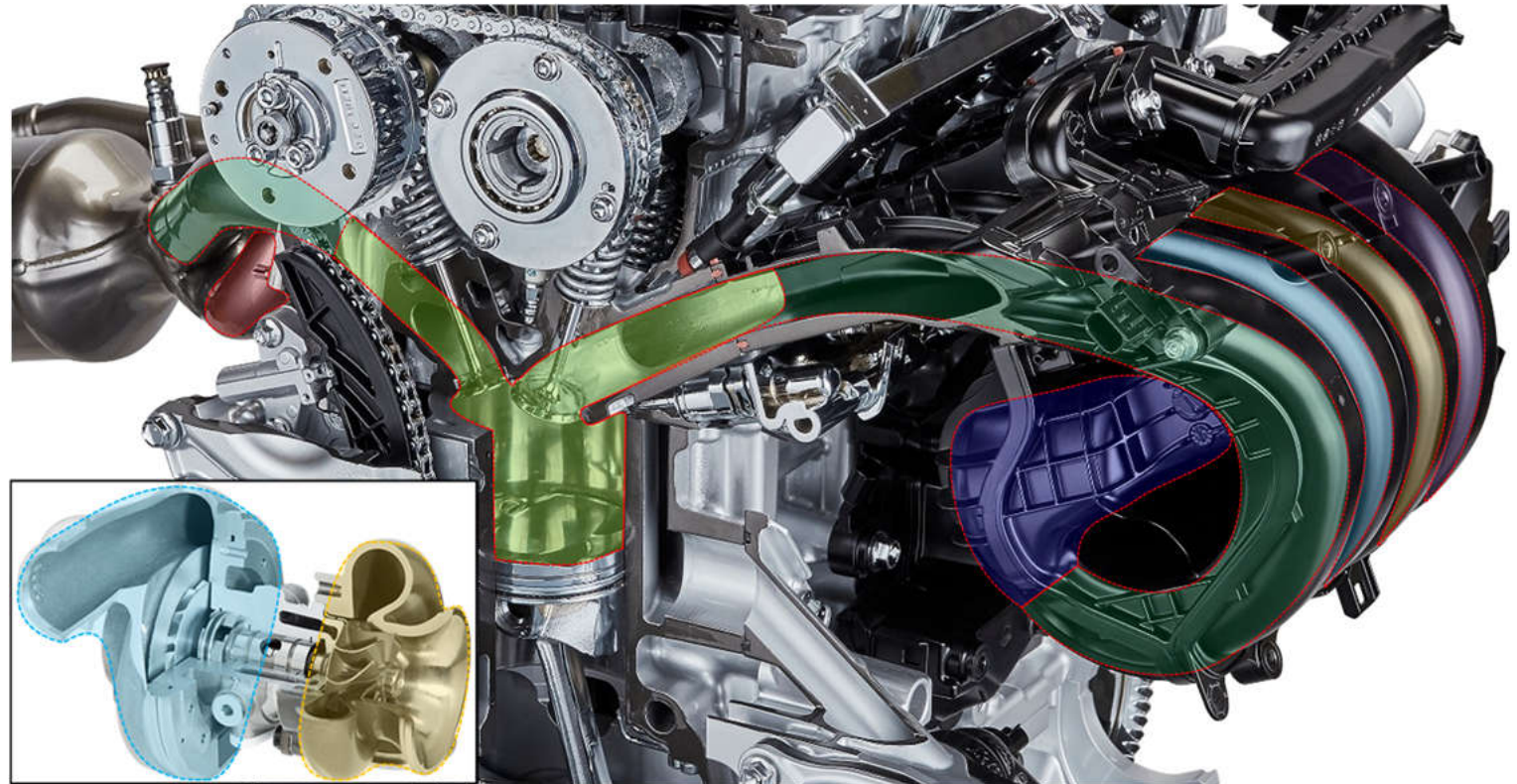


Fig. 8.2 Implementarea unui turbocompresor - Partea motorului selectată pentru simulare (adaptare după [25] și [26])

8.2.2. Elementele modelului de simulare

Pas 1 – Modelul de bază

Pentru dezvoltarea modelului propus în acest capitol se va porni de la modelul dezvoltat în capitolul 5 (fig. 8.3).

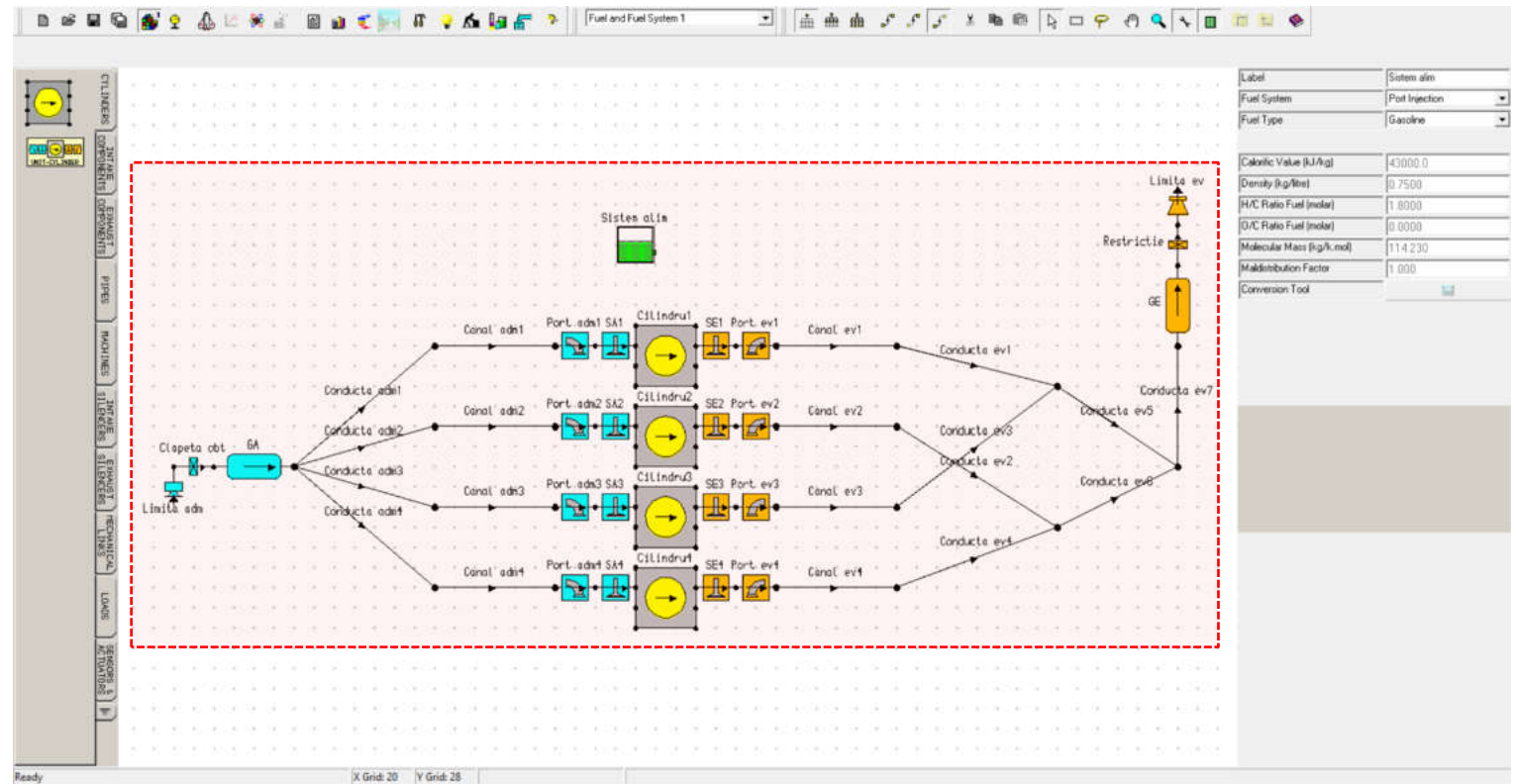


Fig. 8.3 Implementarea unui turbocompresor - Modelul de bază

Pas 2 – Turbocompresorul

Într-o primă etapă, în interfața de lucru se va introduce un turbocompresor (**turbocharger**) care poate fi găsit în secțiunea **MACHINES** (fig. 8.4). Pentru a pregăti adăugarea următoarelor elemente se vor reorienta cele două părți componente, respectiv compresorul (**compressor**) și turbina (**turbine**). În acest scop se va face click dreapta pe element, iar apoi (fig. 8.5):

- ▶ **Rotate C/W** (rotire în sens orar) sau **Rotate A-C/W** (rotire în sens anti orar) de două ori;
- ▶ **Flip Compressor** (inversare compresor);
- ▶ **Flip Turbine** (inversare turbină).

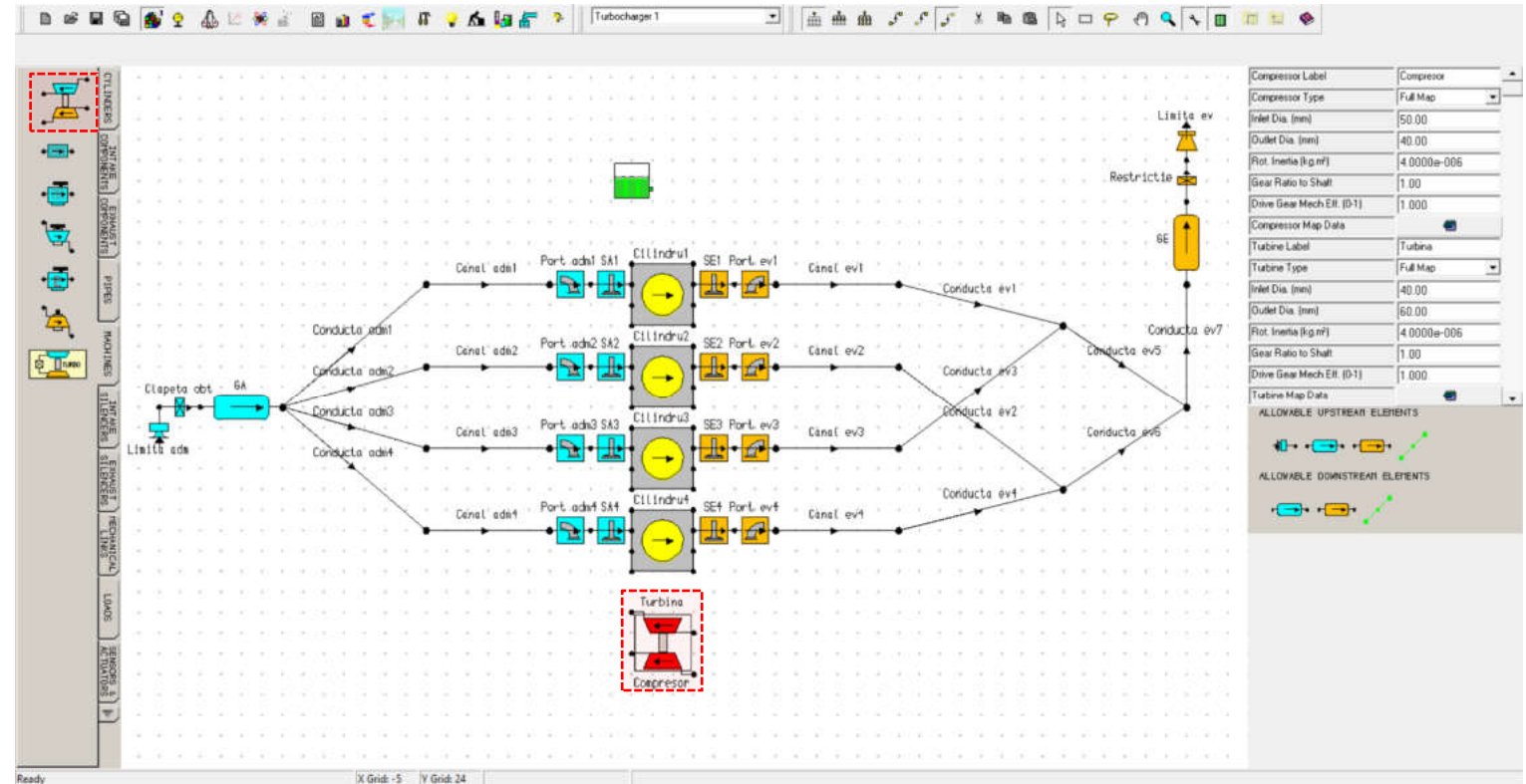


Fig. 8.4 Implementarea unui turbocompresor - Turbocompresorul

Implementarea unui turbocompresor

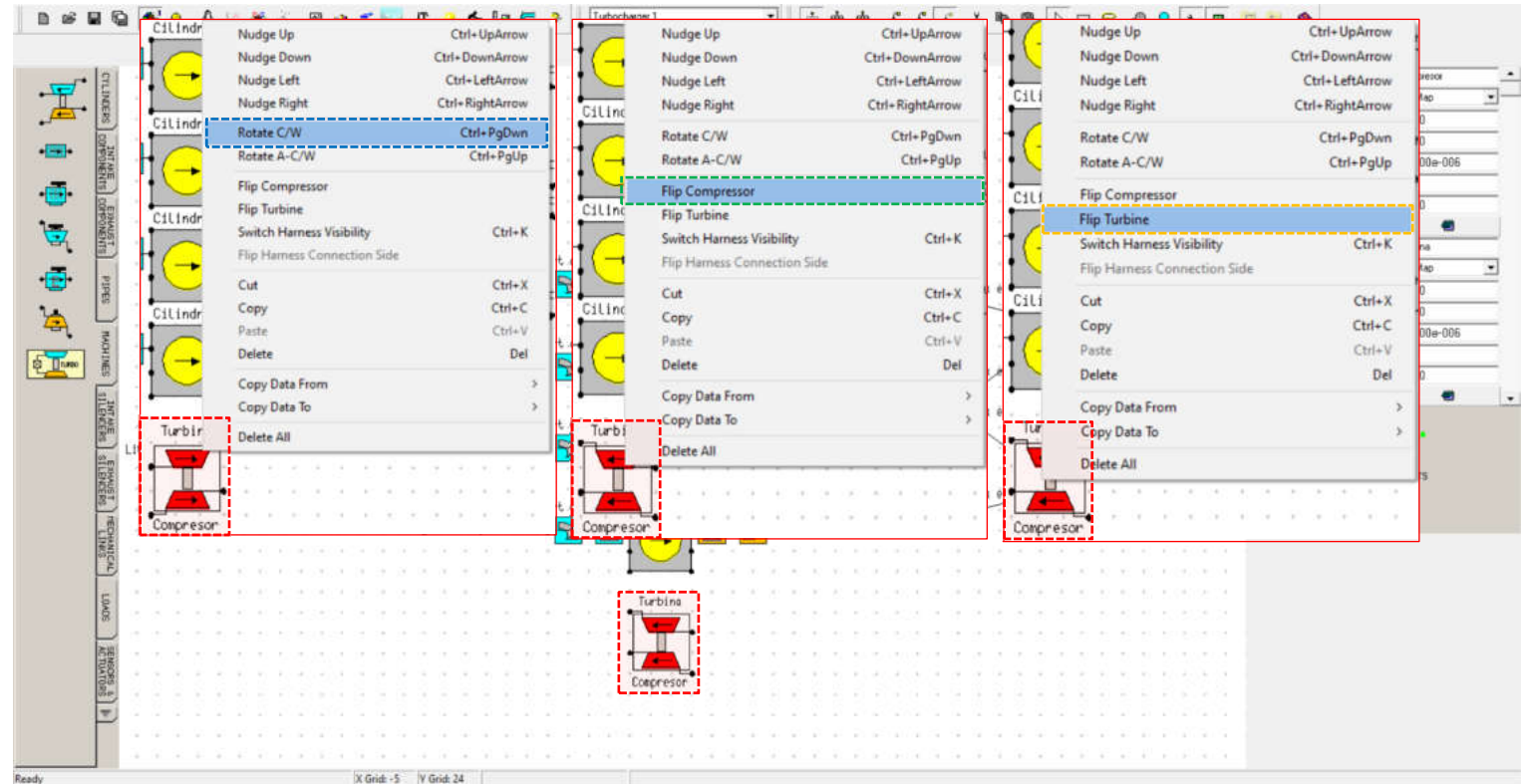


Fig. 8.5 Implementarea unui turbocompresor – Opțiuni de rotire al elementului turbocompresor

Implementarea unui turbocompresor

Pas 3 – Repoziționarea limitei de admisie

După poziționarea corectă a turbocompresorului (**turbocharger**) se va repoziționa limita admisiei precum în figura 8.6.

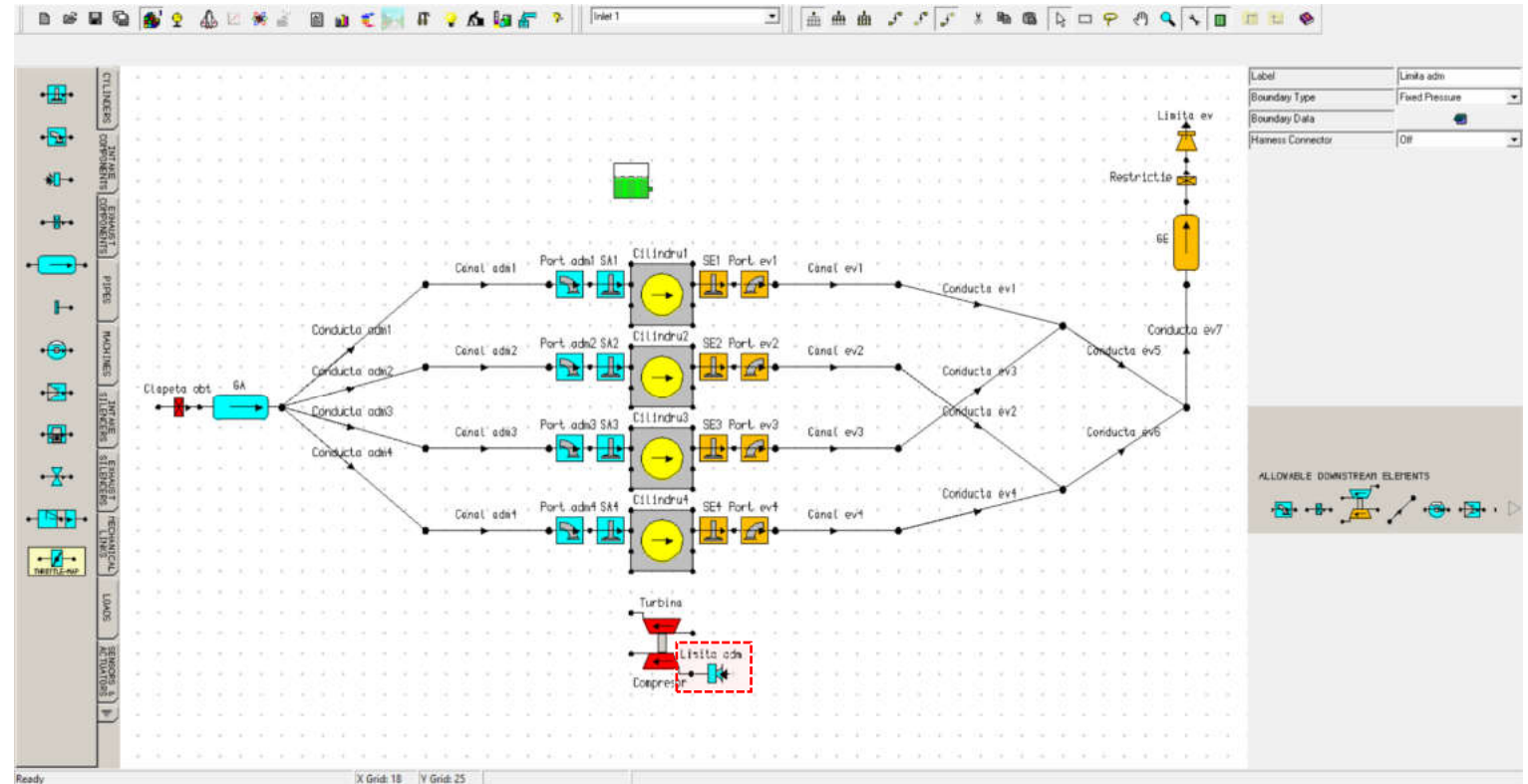


Fig. 8.6 Implementarea unui turbocompresor - Repoziționarea limitei de admisie

Implementarea unui turbocompresor

Pas 4 – Volumul suplimentar de pe admisie

În continuare, pe partea de admisie se va adăuga un element de tip **Plenum** (volum) care să reprezinte un volum suplimentar. Acesta se va poziționa după compresor (fig. 8.7), în sensul de curgere al acestuia din urmă. Pentru a inversa sensul de curgere al elementului nou introdus, se va face click dreapta, iar apoi se va alege **Flip Flow Direction**.

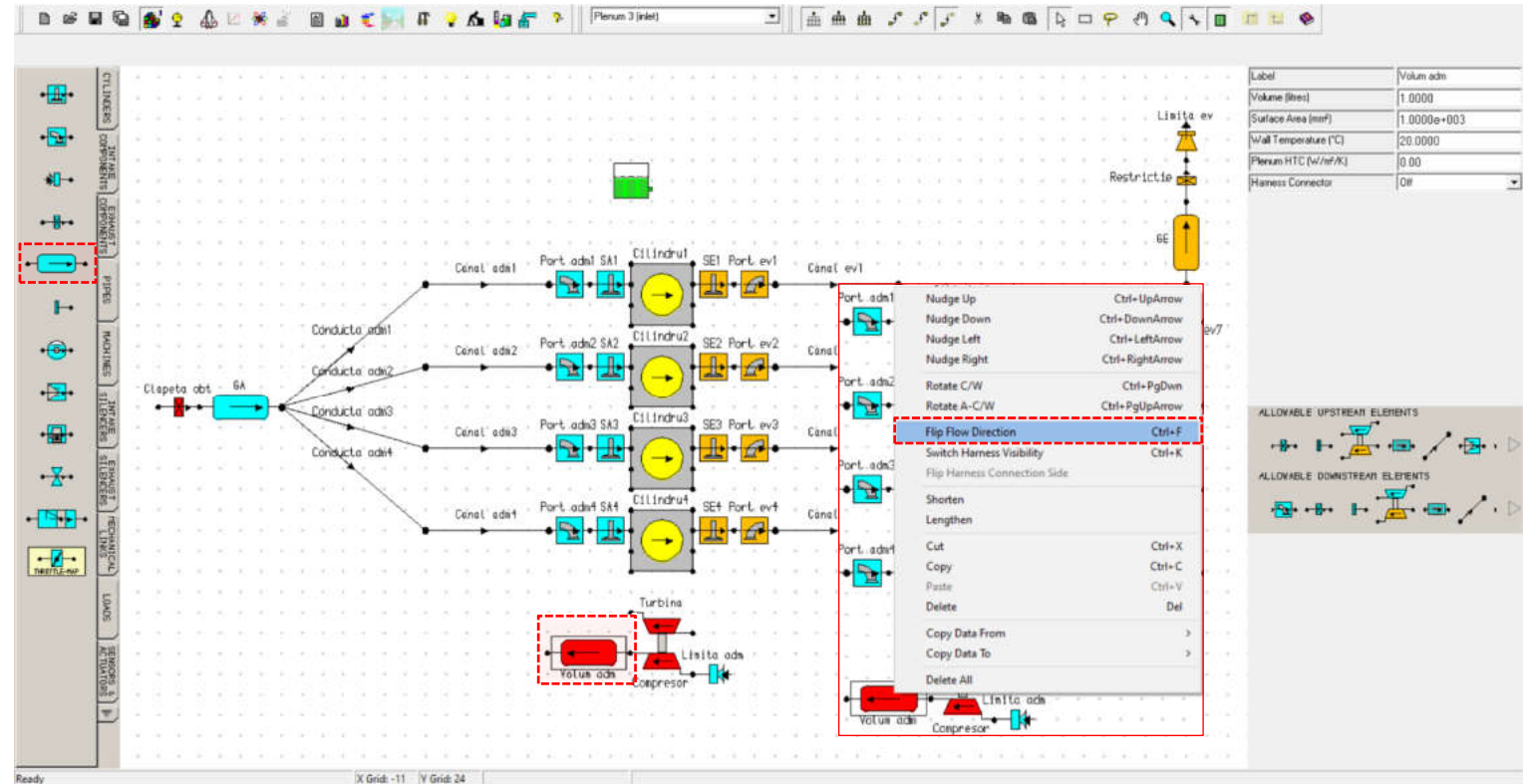


Fig. 8.7 Implementarea unui turbocompresor - Volumul suplimentar pe admisie

Pas 5 – Repoziționarea galeriei de admisie și a clapetei obturatoare

Următorul pas este repoziționarea unor elemente pentru ca, după adăugarea restului de elemente, modelul rezultat să fie ușor de înțeles, iar componentele ușor de distins între ele. În acest scop, se va face click dreapta pe elementele galerie de admisie (**GA – intake manifold**) și clapetă obturatoare (**throttle valve**), iar apoi se va alege opțiunea **Rotate C/W** (rotire în sens orar) sau **Rotate A-C/W** (rotire în sens anti orar) până când acestea vor avea direcția indicată în figura 8.8. Apoi, elementele se vor repoziționa conform aceleiași figuri.

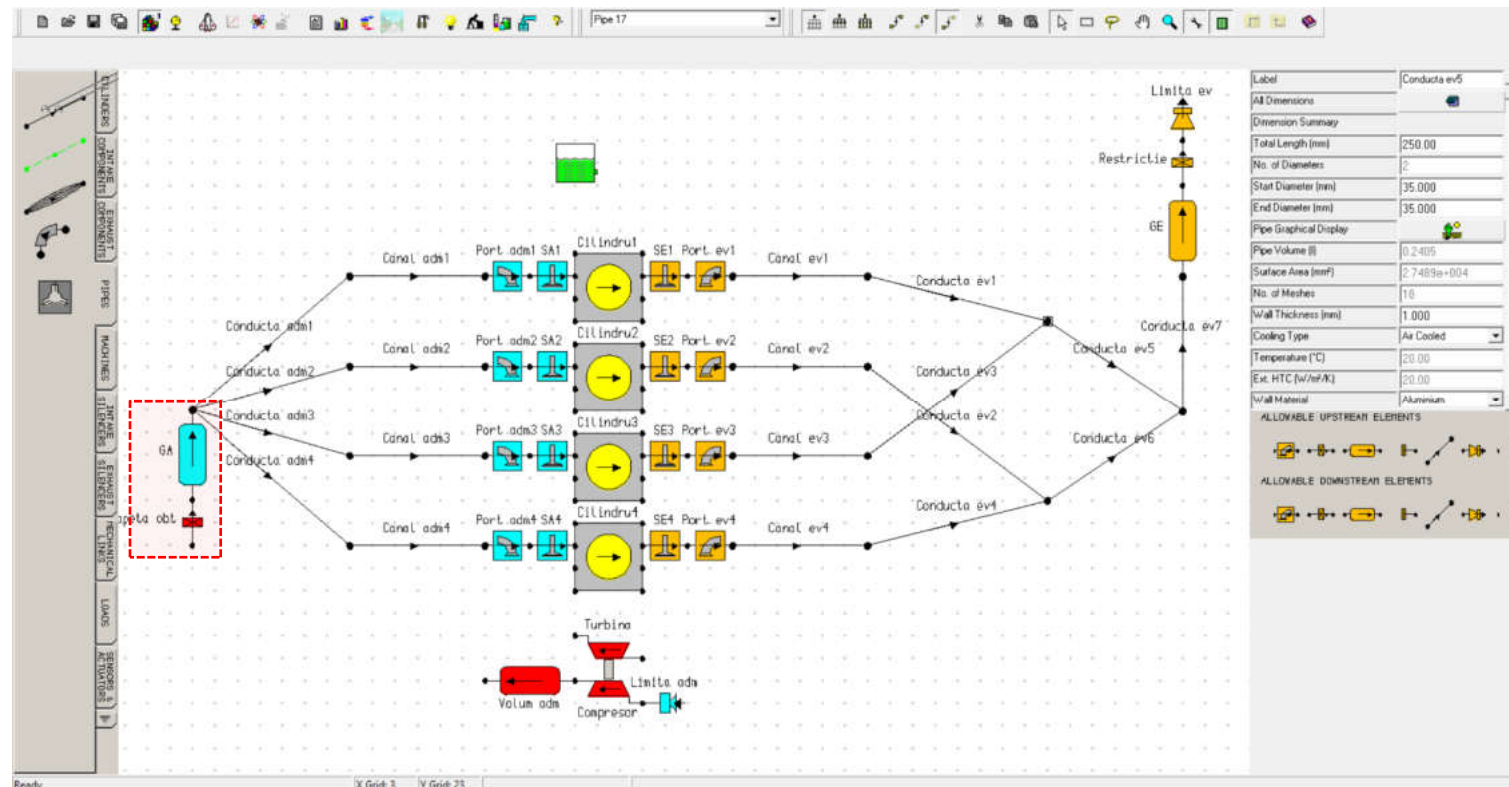


Fig. 8.8 Implementarea unui turbocompresor - Repoziționarea galeriei de admisie și a clapetei obturatoare

Pas 6 – Conexiunea virtuală

În continuare, pentru a putea conecta două elemente care, datorită poziționării în model, nu pot fi conectate direct (fără conducte suplimentare - **pipes**) se va utiliza o conexiune virtuală (**virtual link**), care poate fi găsită în secțiunea **PIPES** (fig. 8.9). După selectarea elementului **Virtual Link** (conexiune virtuală) se conectează elementele **Volum adm** și **Clapeta obt.** Apoi, click dreapta pe noua conexiune pentru a alege opțiunea **Single Bend**. Următorul pas este rotirea acestui element prin **Rotate C/W** (rotire în sens orar) sau **Rotate A-C/W** (rotire în sens anti orar) până când se obține poziționarea din figura 8.9.

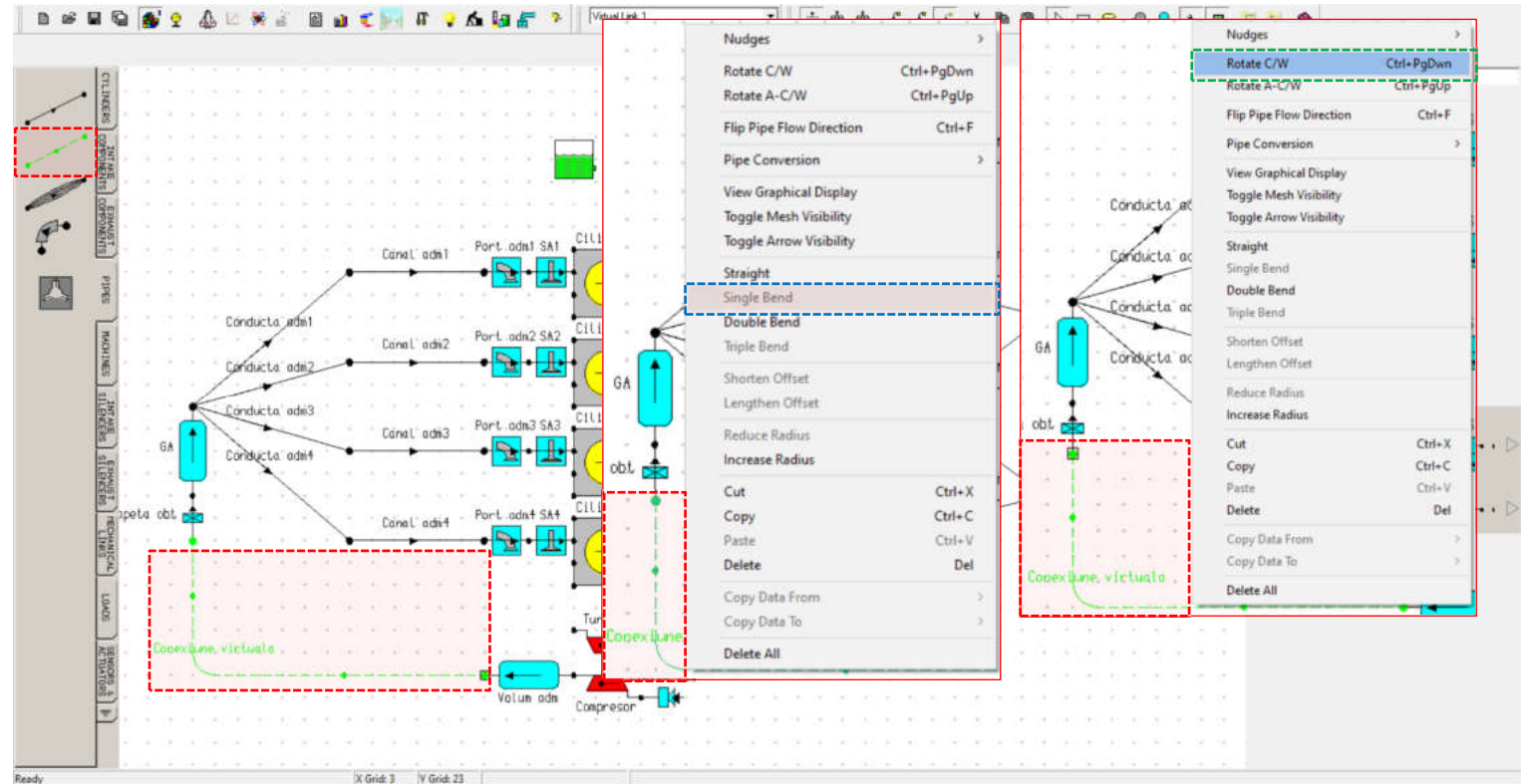


Fig. 8.9 Implementarea unui turbocompresor - Conexiuni virtuale

Implementarea unui turbocompresor

Pas 7 – Volumul suplimentar de pe evacuare

Analog părții de admisie și pe partea de evacuare se va adăuga un element de tip **Plenum** care să reprezinte un volum suplimentar. Acesta se va poziționa după turbină (fig. 8.10), în sensul de curgere al acesteia.

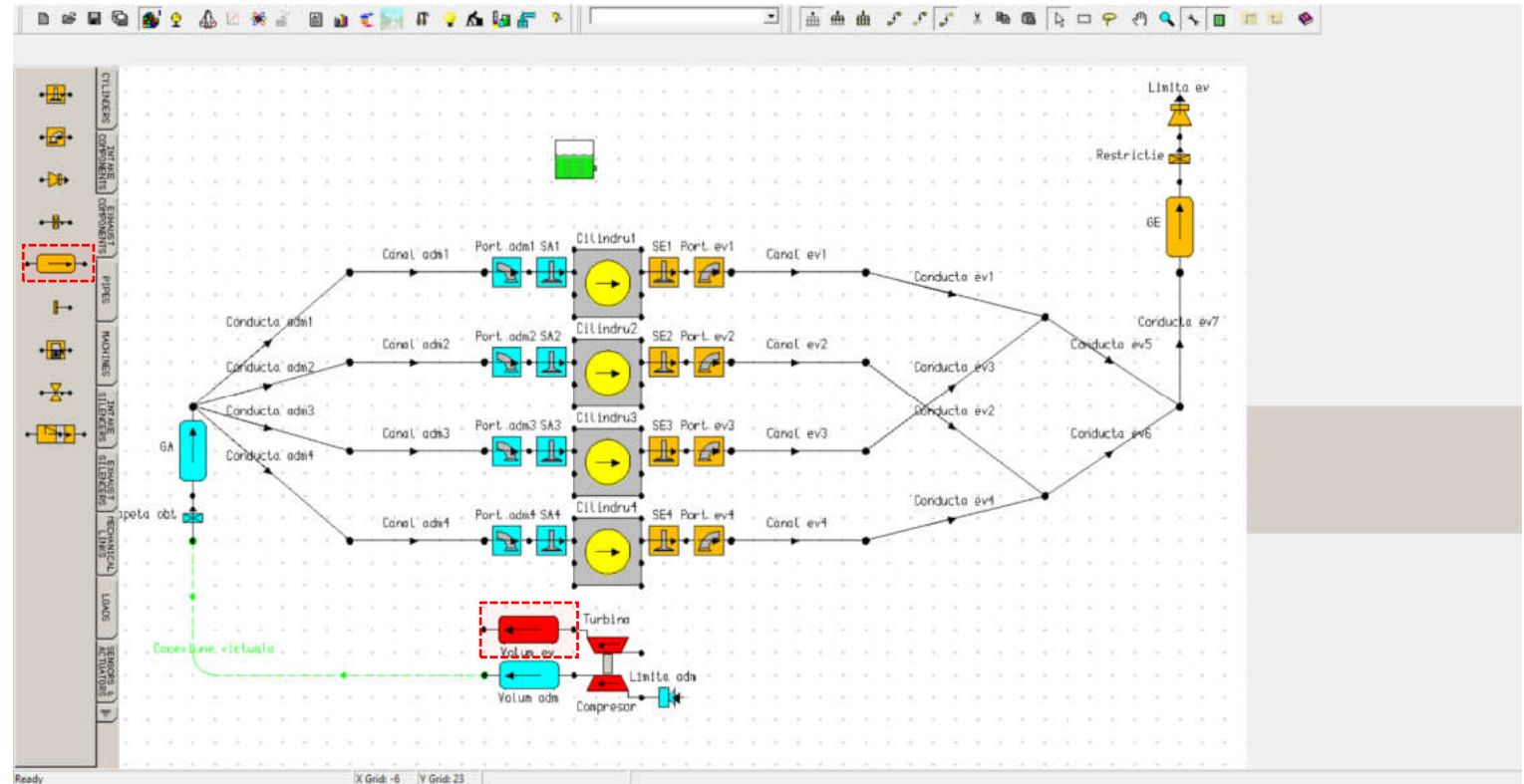


Fig. 8.10 Implementarea unui turbocompresor - Volumul suplimentar pe evacuare

Implementarea unui turbocompresor

Pas 8 – Repoziționarea galeriei de evacuare, a restricției și a limitei

Următorul pas este repoziționarea elementelor galeriei de evacuare (**GE – exhaust manifold**), restricție (**restriction**) și limită pe partea de evacuare (**exit boundary**), iar apoi se va alege opțiunea **Rotate C/W** (rotire în sens orar) sau **Rotate A-C/W** (rotire în sens anti orar) până când acestea vor avea direcția indicată în figura 8.11. Apoi, elementele se vor repoziționa conform aceleiași figuri.

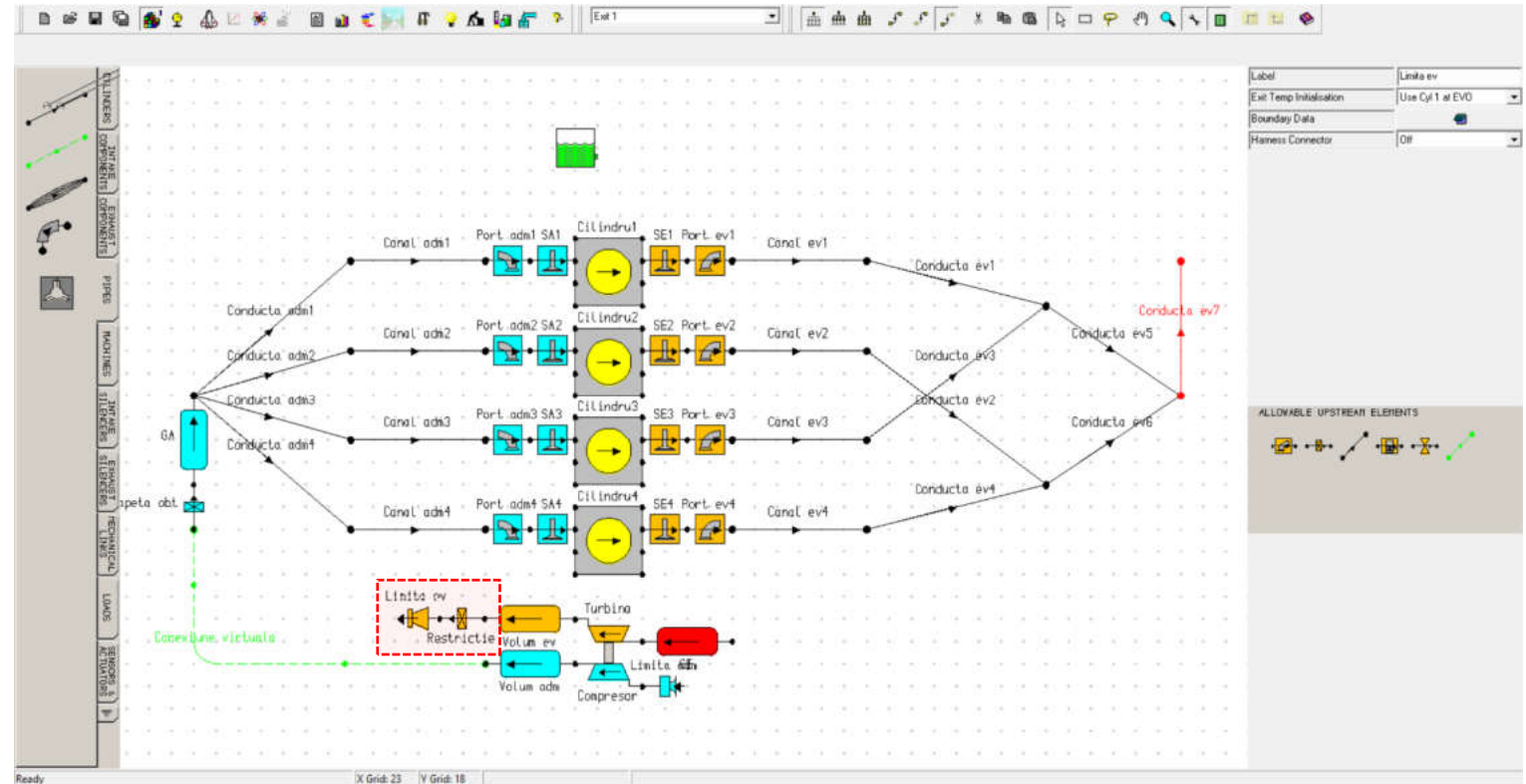


Fig. 8.11 Implementarea unui turbocompresor - Modelul

Implementarea unui turbocompresor

Pas 9 – Eliminarea unor conducte de evacuare

Pentru modelul din aceste capitole se vor elimina trei conducte de evacuare (exhaust pipes), respectiv:

- ▶ Conducta ev5;
- ▶ Conducta ev6;
- ▶ Conducta ev7.

După eliminarea acestora, modelul va arăta precum în figura 8.12.

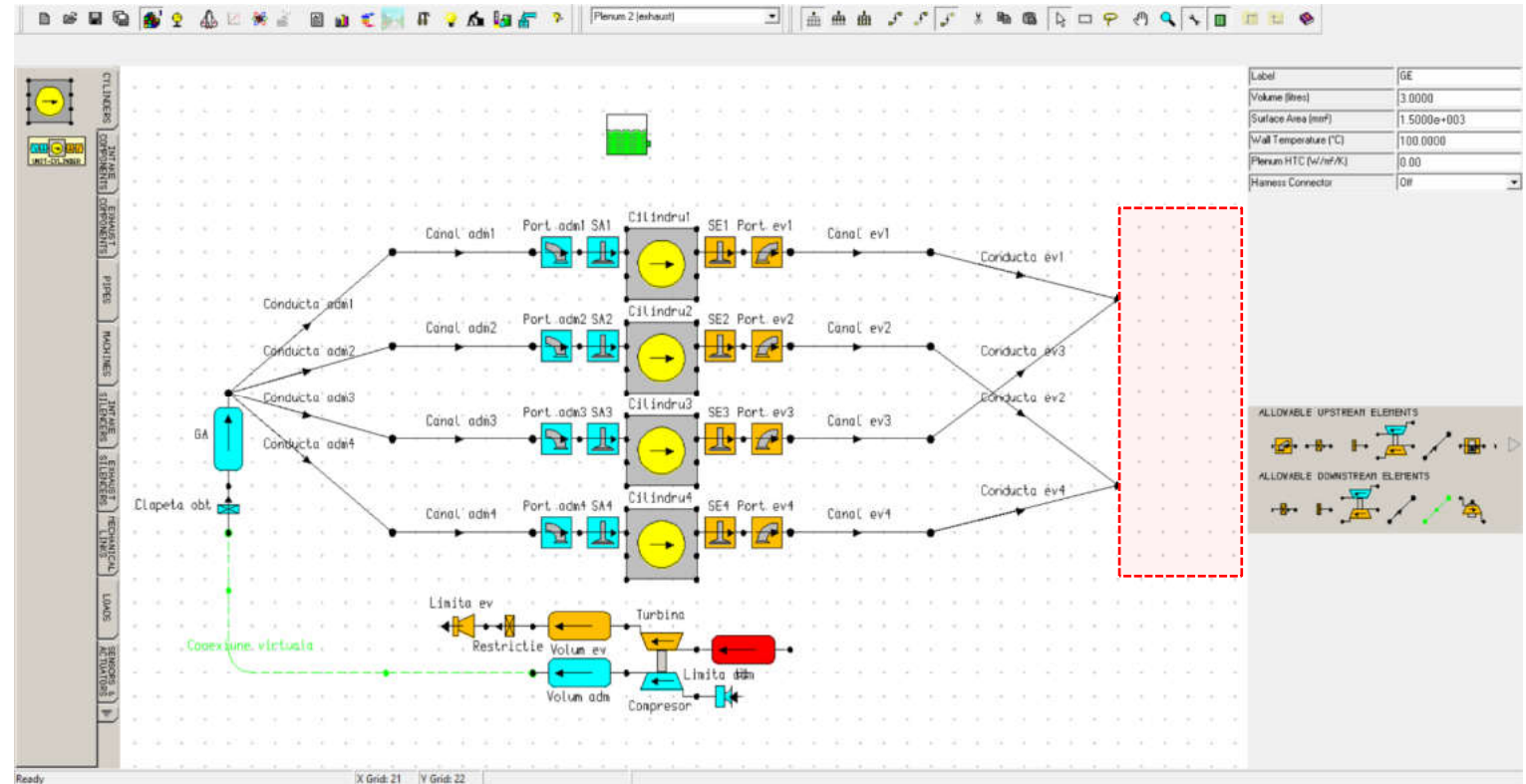


Fig. 8.12 Implementarea unui turbocompresor - Eliminarea conducte de evacuare

Pas 10 – Repoziționarea conductelor de evacuare

După eliminarea conductelor care nu mai sunt necesare, se va proceda la repoziționarea celorlalte conducte de pe evacuare, respectiv **Conducta ev1**, **Conducta ev2**, **Conducta ev3** și **Conducta ev4**.

Într-o primă etapă click dreapta pe **Conducta ev4** pentru a selecta opțiunea **Single Bend**. Apoi, conducta se va conecta la intrarea în galeria de evacuare (**GE – exhaust manifold**), conform figurii 8.13. La nevoie se pot aplica opțiunile **Rotate C/W** (rotire în sens orar) sau **Rotate A-C/W** (rotire în sens anti orar) până când se obține orientarea dorită.

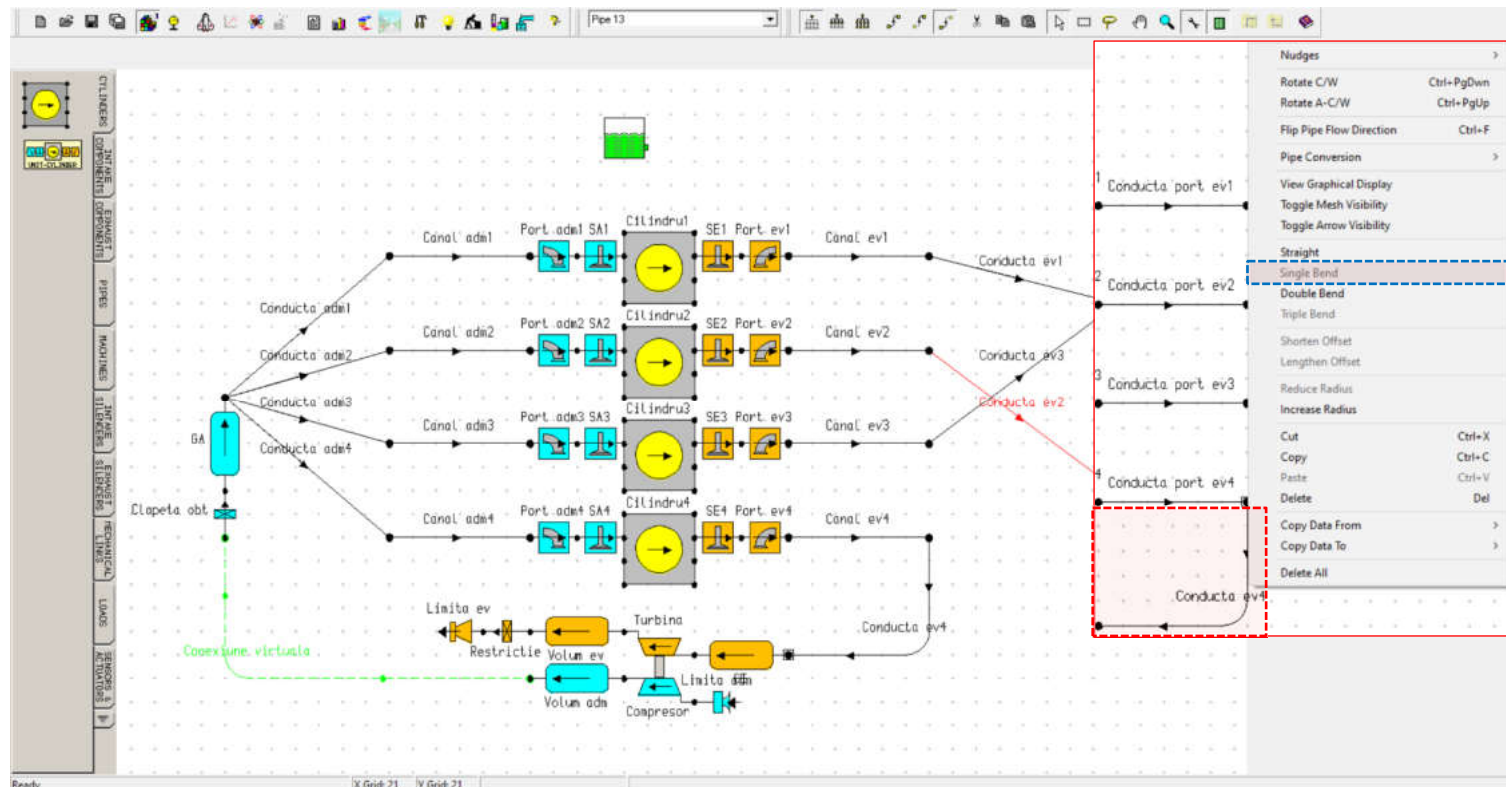


Fig. 8.13 Implementarea unui turbocompresor - Repoziționarea conductelor de evacuare

Implementarea unui turbocompresor

Analog se procedează și pentru conductele **Conducta ev1**, **Conducta ev2** și **Conducta ev3**, cu mențiunea că, în locul opțiunii **Single Bend** se va alege opțiunea **Double Bend**. Suplimentar pentru aceste conducte este necesară aplicarea opțiunii **Lengthen Offset** (mărește decalaj) pentru a obține aranjarea din figura 8.14.

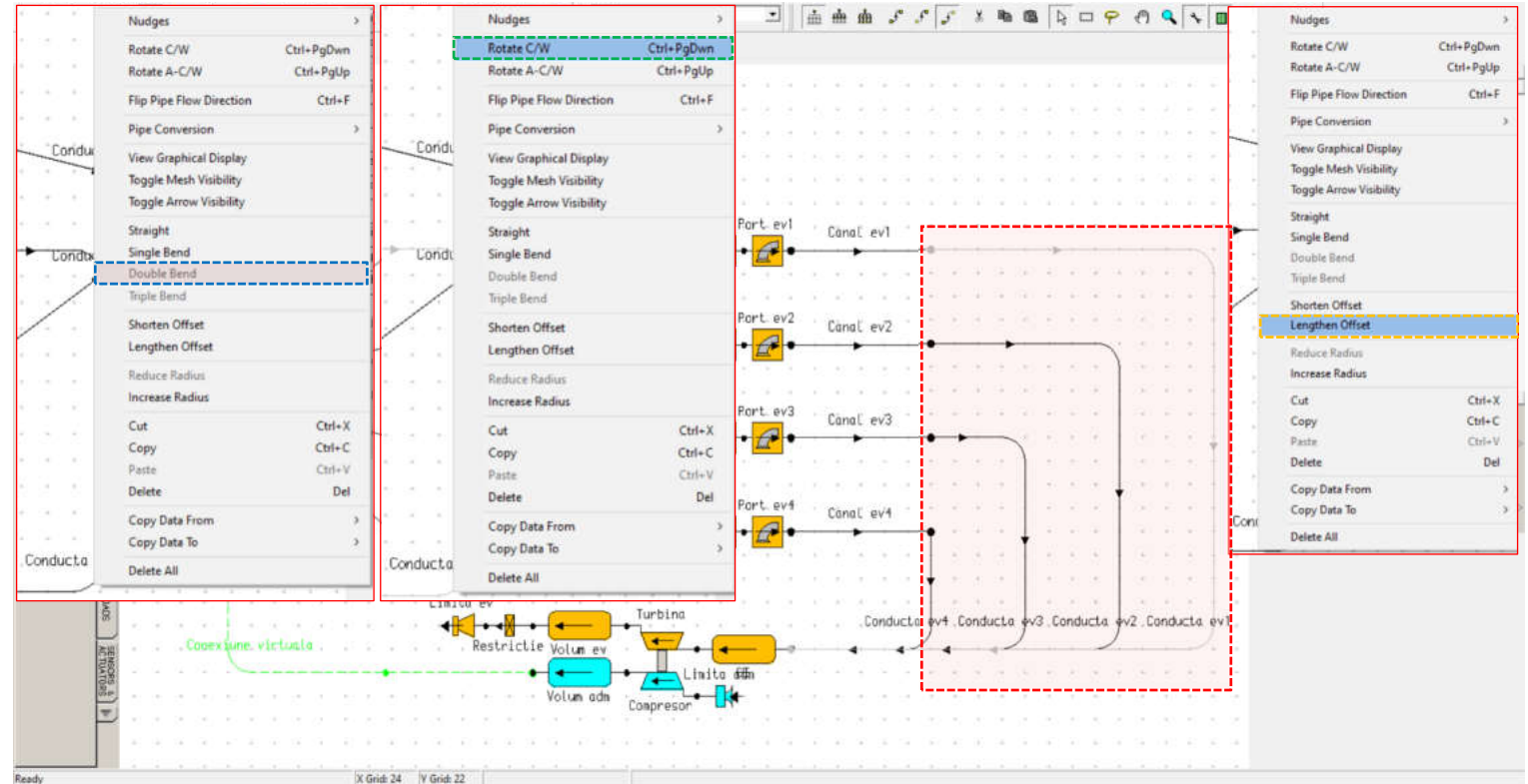


Fig. 8.14 Implementarea unui turbocompresor – Modelare vizuală a conductelor cu ajutorul opțiunilor **Double Bend** și **Lengthen Offset**

Implementarea unui turbocompresor

Pas 11 – Lista de elemente

În continuare, se recomandă verificarea listei de elemente (fig. 8.15) ținând cont de numărul de elemente de fiecare tip:

Denumire		Număr
ro	en*	elemente
Cilindru	Cylinder	4
Conductă	Pipe	16
Supapă admisie	Poppet Valve (inlet)	4
Supapă evacuare	Poppet Valve (exhaust)	4
Orificiu admisie	Port (inlet)	4
Orificiu evacuare	Port (exhaust)	4
Galerie de admisie	Plenum (inlet)	2
Galerie de evacuare	Plenum (exhaust)	2
Clapetă obturatoare	Throttle (inlet)	1
Restricție	Throttle (exhaust)	1
Limită admisie	Inlet	1
Limită evacuare	Exit	1
Turbocompresor	Turbocharger	1
Conexiune virtuală	Virtual Link	1

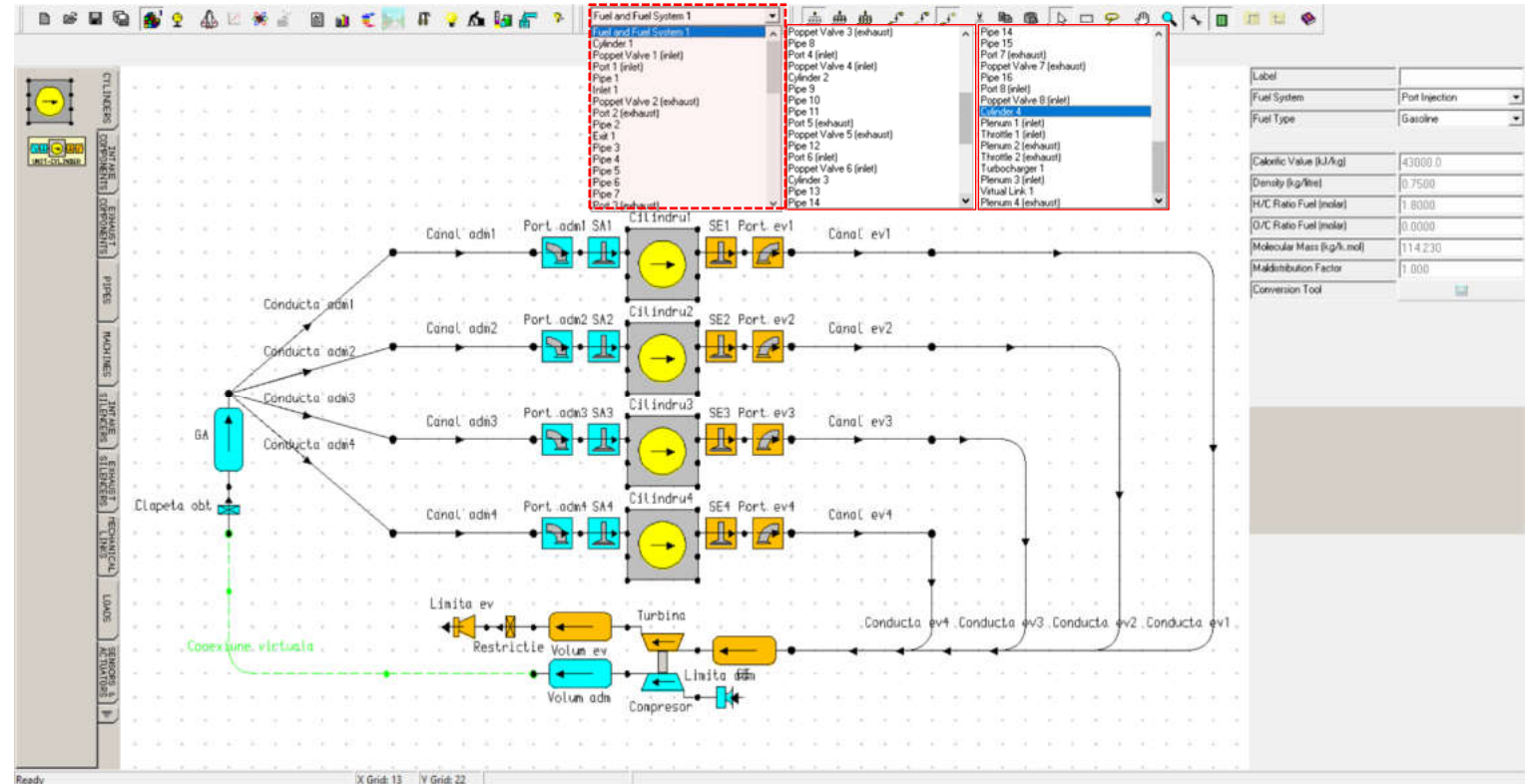


Fig. 8.15 Implementarea unui turbocompresor – Lista de elemente

*Denumirile în limba engleză reprezintă denumirea tipului de element din Lotus Engine Simulation utilizat pentru a reprezenta componenta și nu sunt întotdeauna o traducere corectă.

8.2.3. Definirea elementelor modelului de simulare

Pas 1 – Elementele care suferă modificări

Dintre elementele modelului policilindric creat, doar o parte necesită modificări, pentru restul păstrându-se datele inițiale (fig. 8.16).

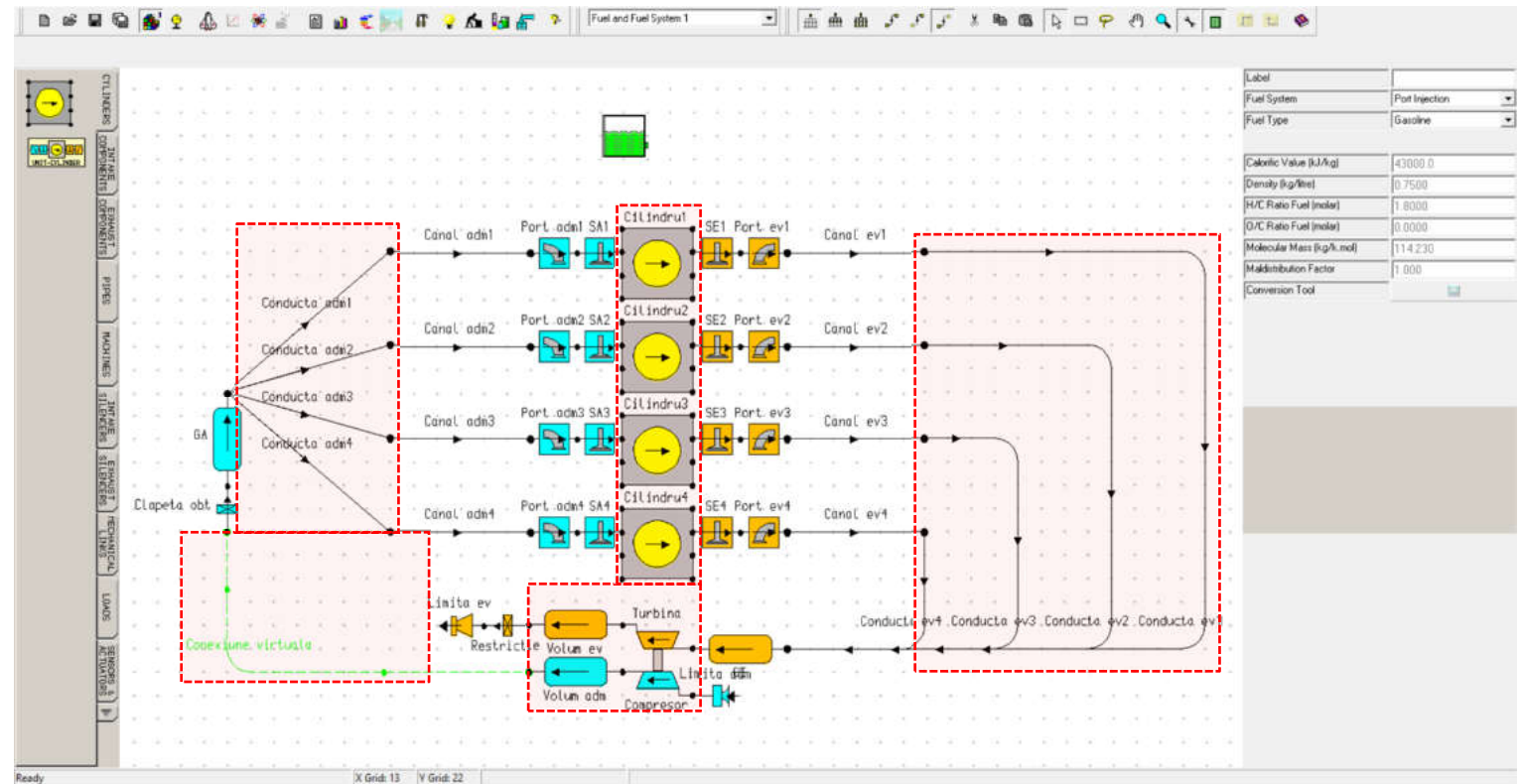


Fig. 8.16 Implementarea unui turbocompresor - Elementele care suferă modificări

Implementarea unui turbocompresor

Pas 2 – Volumul suplimentar de pe admisie

Pentru definirea, elementului de tip **plenum**, care reprezintă volumul suplimentar de pe admisie sunt necesare următoarele date (fig. 8.17):

Denumire		Valoare U.M.	
ro	en		
Etichetă	Label	Volum adm	
Volum	Volume	1	l
Aria suprafeței	Surface Area	10^3	mm ²
Temperatura peretelui	Wall Temperature	20	°C
Coefficientul de transfer termic al plenumului	Plenum Heat Transfer Coefficient	0	-

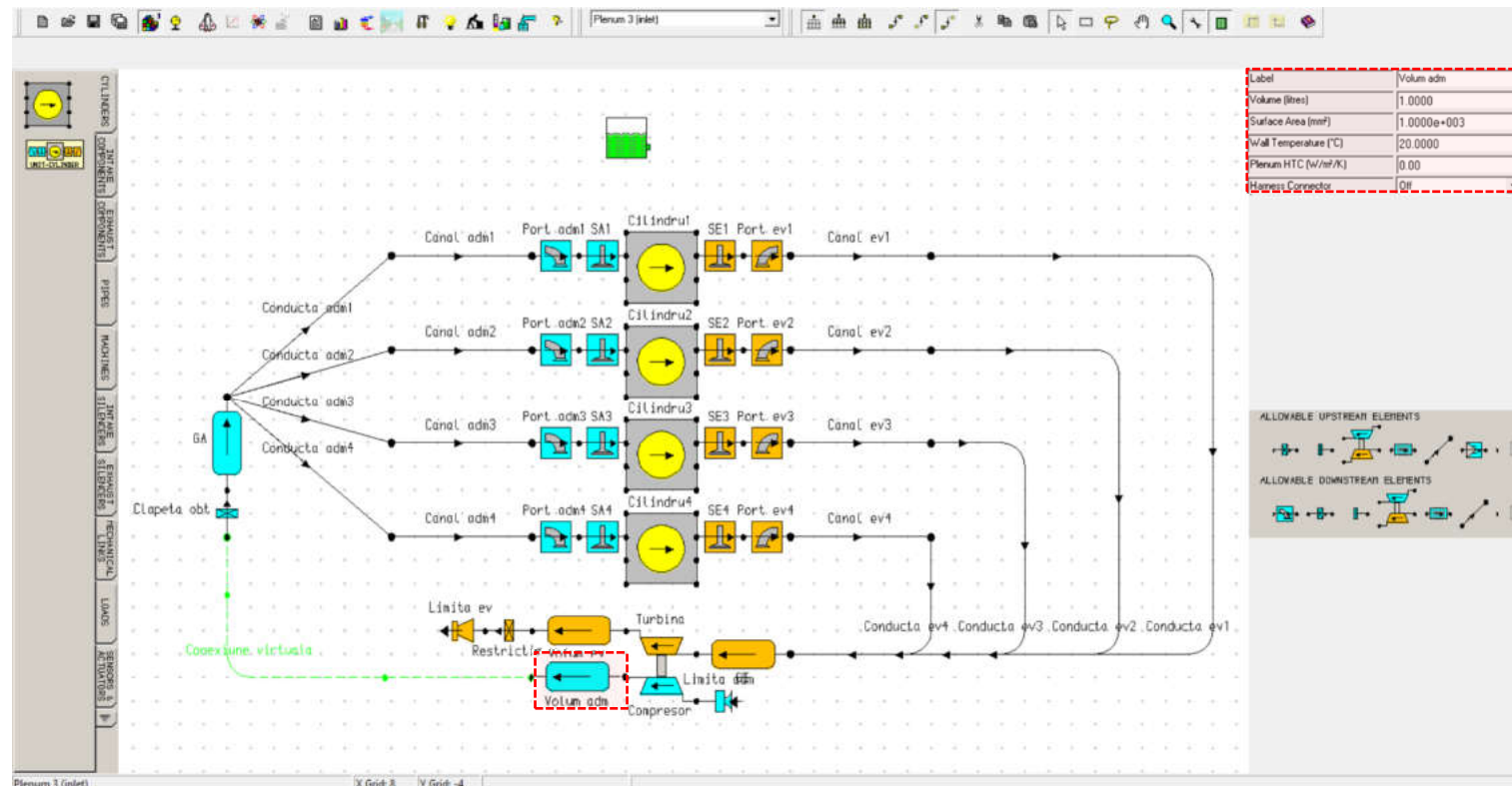


Fig. 8.17 Implementarea unui turbocompresor – Definire volum suplimentar de pe admisie

Implementarea unui turbocompresor

Pas 3 – Conducele de admisie

Deoarece modelul creat reprezintă un motor supraalimentat cu turbocompresor (**turbocharged engine**), conductele de admisie (**intake runners/pipes**) pot avea o lungime mai mică. Ca urmare, acestea se vor redefini (fig. 8.18):

Denumire		Valoare U.M.
ro	en	
Etichetă	Label	Conducta adm
Lungimea totală	Total Length	150 mm
Diametrul la intrare	Start Diameter	39 mm
Diametrul la ieșire	End Diameter	39 mm
Grosimea peretelui	Wall Thickness	1 mm
Tipul de răcire	Cooling Type	Air Cooled
Materialul peretelui	Wall Material	Aluminium

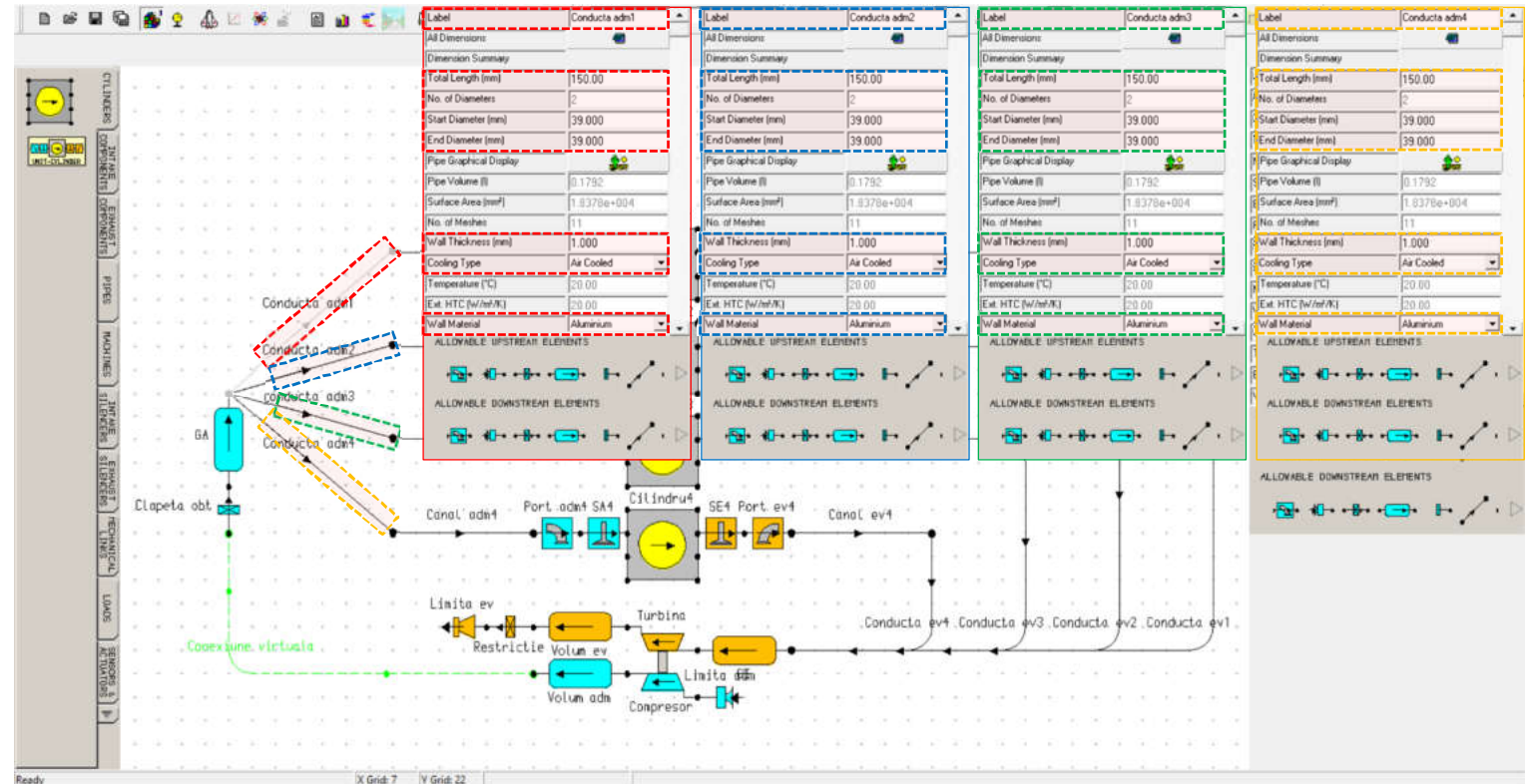


Fig. 8.18 Implementarea unui turbocompresor - Conducele de admisie

Pas 4 – Restricția

Pentru definirea restricției, reprezentată printr-un element de tip **throttle**, sunt necesare următoarele date (fig. 8.19):

Denumire		Valoare U.M.	
ro	en		
Etichetă	Label	Restricție	
Tipul de clapetă/restricție	Throttle Type	Simple Area	
Tipul de coeficient de debit	Discharge Data Type	CF Fixed Value	
Direcție de curgere	Discharge Directionality	Common	
Coeficientul de debit	Discharge Coefficient	1	-
Diametrul echivalent	Equivalent Diameter	60	mm

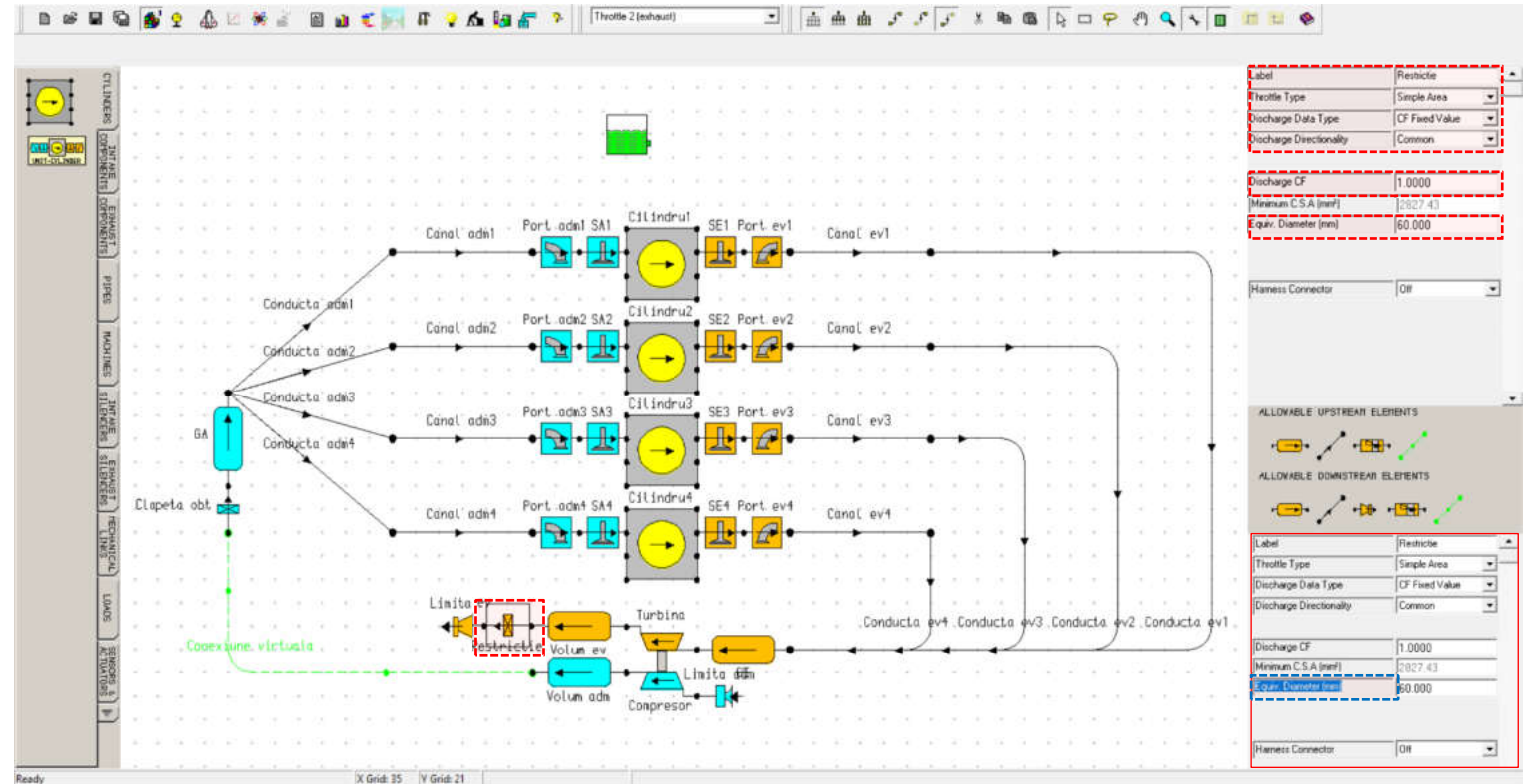


Fig. 8.19 Implementarea unui turbocompresor – Definire restricție

Implementarea unui turbocompresor

Pas 5 – Volumul suplimentar de pe evacuare

Pentru definirea, elementului de tip **plenum**, care reprezintă volumul suplimentar de pe evacuare sunt necesare următoarele date (fig. 8.20):

Denumire		Valoare U.M.	
ro	en		
Etichetă	Label	Volum ev	
Volum	Volume	3	l
Aria suprafeței	Surface Area	$1.5 \cdot 10^3$	mm ²
Temperatura peretelui	Wall Temperature	100	°C
Coefficientul de transfer termic al plenumului	Plenum Heat Transfer Coefficient	0	-

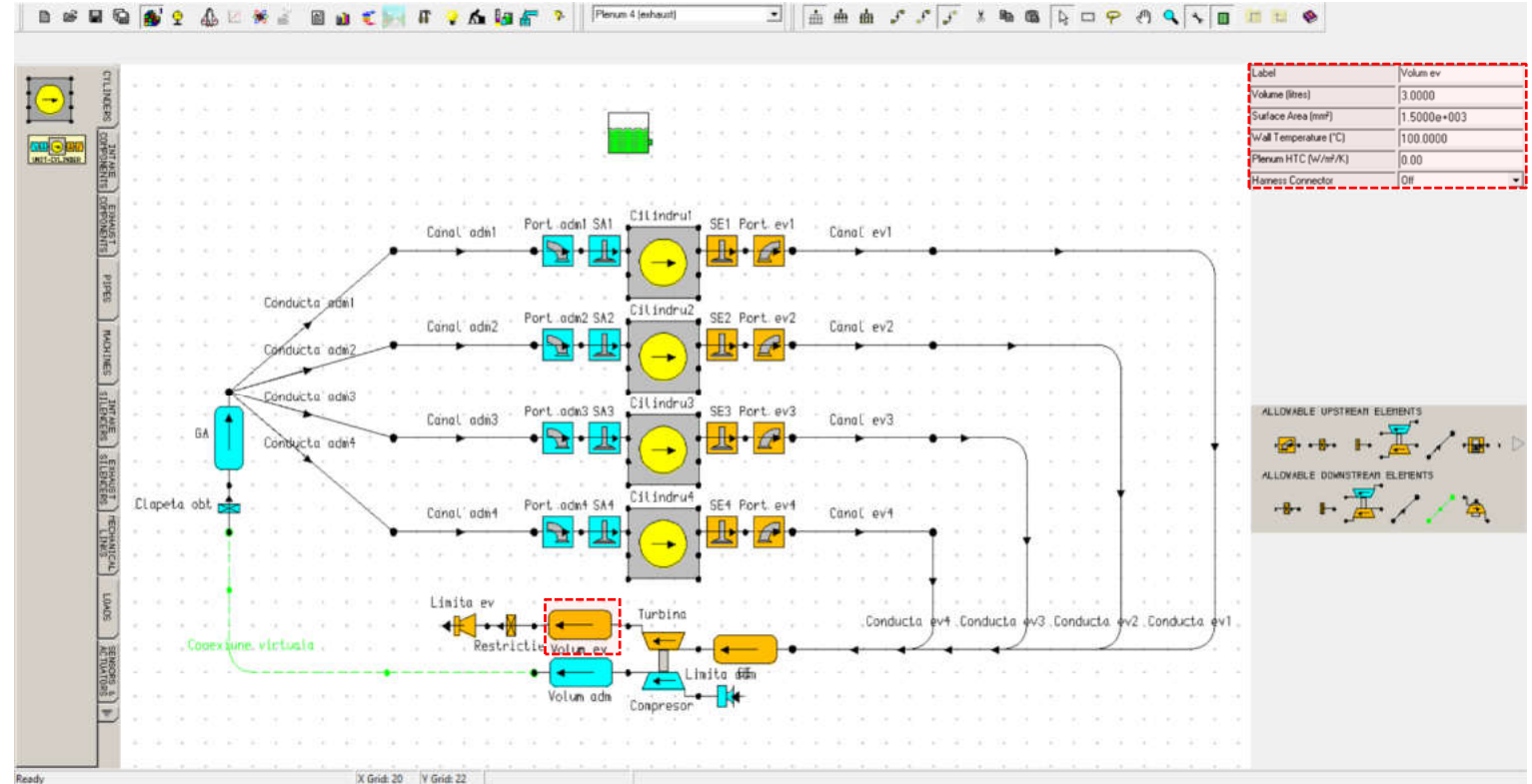


Fig. 8.20 Implementarea unui turbocompresor – Definiere volum suplimentar de pe evacuare

Implementarea unui turbocompresor

Pas 6 – Conducele de evacuare

Pentru modelul creat, conductele de evacuare (**exhaust pipes**) vor avea o lungime mai mică. Ca urmare, acestea se vor redefini (fig. 8.21):

Denumire		Valoare U.M.
ro	en	
Etichetă	Label	Conducta ev
Lungimea totală	Total Length	150 mm
Diametrul la intrare	Start Diameter	39 mm
Diametrul la ieșire	End Diameter	39 mm
Grosimea peretelui	Wall Thickness	1 mm
Tipul de răcire	Cooling Type	Air Cooled
Materialul peretelui	Wall Material	Steel

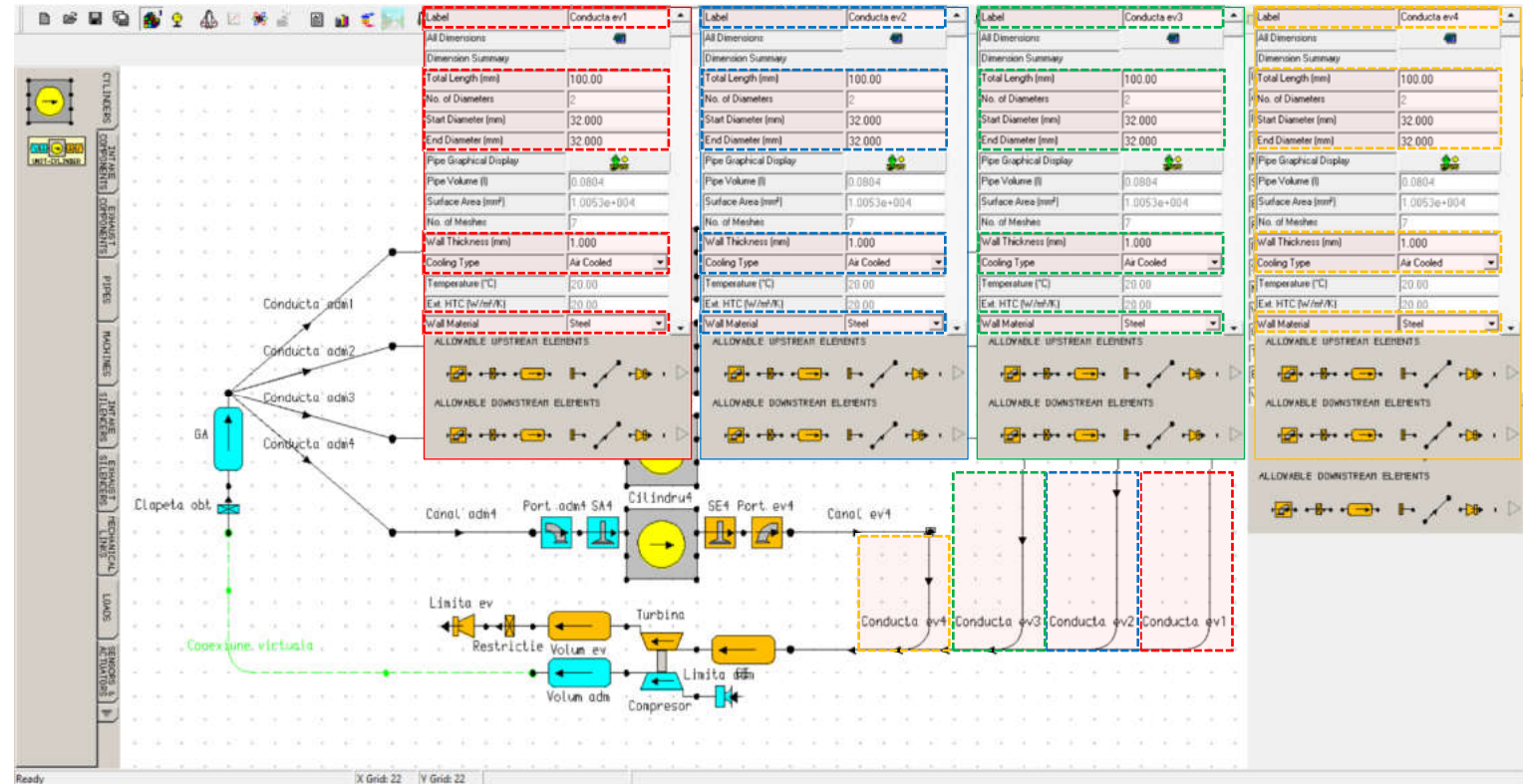


Fig. 8.21 Implementarea unui turbocompresor – Definire conducte de evacuare

Pas 7 – Cilindrii

Deoarece motorul cu aprindere prin scânteie (**spark ignition engine**) este supraalimentat cu turbocompresor (**turbocharged spark ignition engine**) este necesară reducerea raportului de comprimare (**compression ratio**) pentru a evita fenomenul de detonație (**knock**). Ca urmare, datele pentru cilindrii motorului sunt (fig. 8.22):

Denumire		Valoare U.M.
ro	en	
Etichetă	Label	Cilindru
Alezajul	Bore	87 mm
Cursa	Stroke	84 mm
Lungimea bielei	Con-rod Length	130 mm
Excentricitatea bolțului pistonului	Pin Off-set	0 mm
Raportul de comprimare	Compression Ratio	8 -

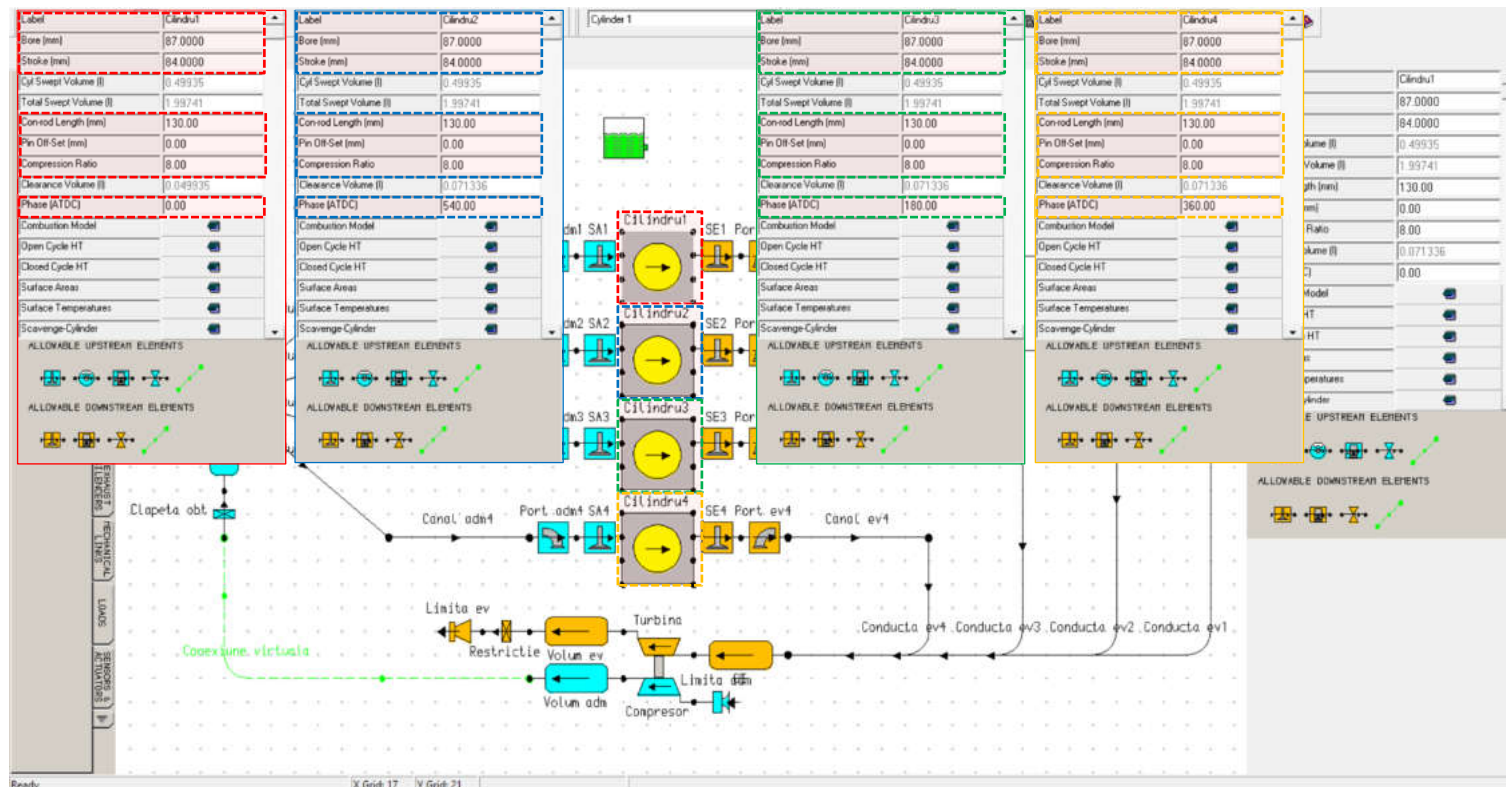


Fig. 8.22 Implementarea unui turbocompresor - Definire cilindrii

Cilindru	Phase (ATDC) [°RAC]
1	0
2	540
3	180
4	360

Implementarea unui turbocompresor

Pas 8 – Compresorul

Compresorul (**compressor**) face parte din ansamblul turbocompresor (**turbocharger**). Pentru definire, acest element necesită date cu privire la dimensiunile constructive, respectiv la caracteristica de funcționare (**compressor map**). În scopul definirii compresorului se vor parcurge următorii pași:

- ▶ Completare date constructive (fig. 8.23);
- ▶ Completare date caracteristică de funcționare;
- ▶ Completare date de scalare a caracteristicii de funcționare.

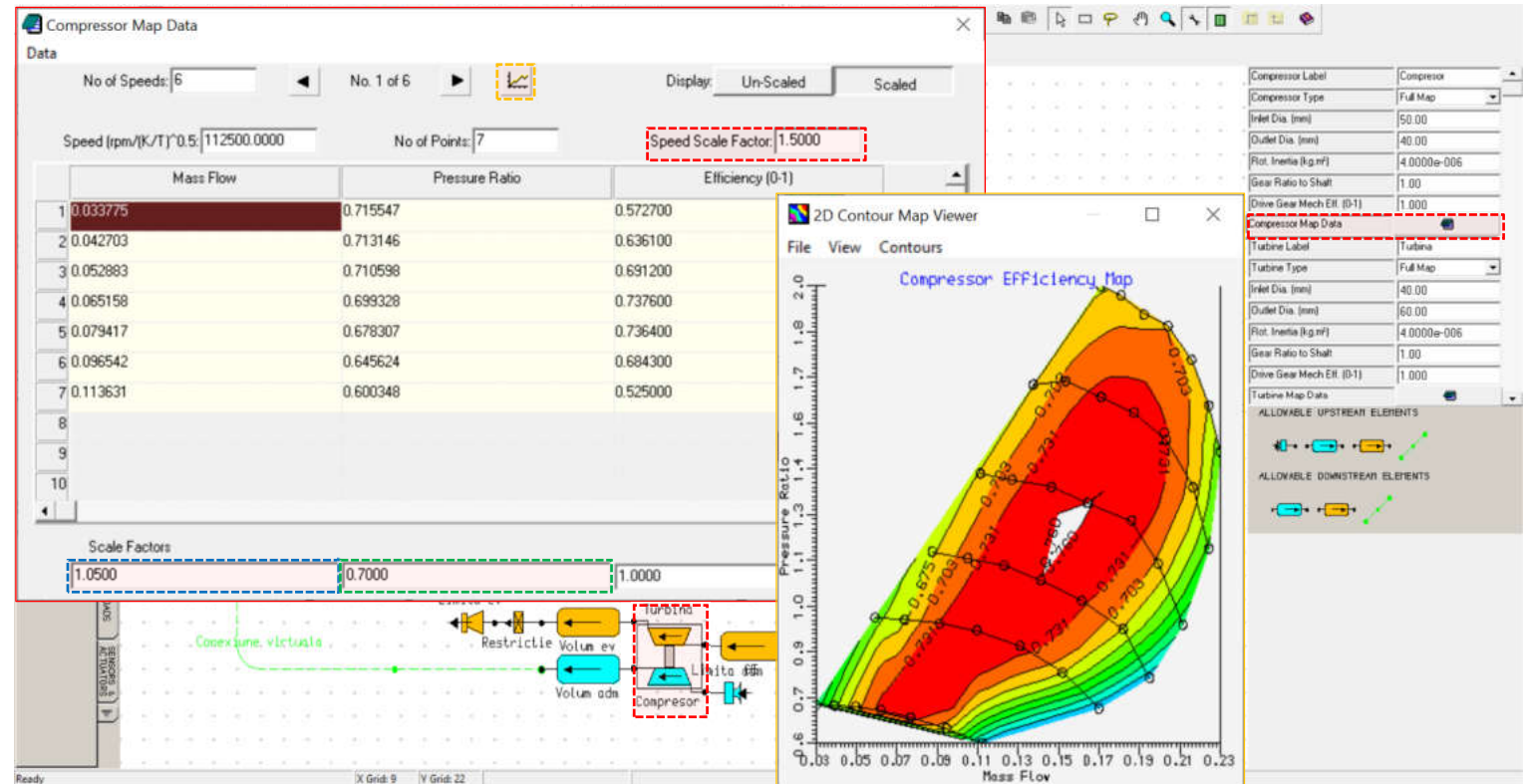


Fig. 8.23 Implementarea unui turbocompresor – Definiere compresor

Denumire	Valoare U.M.	
	ro	en
Etichetă compresor	Compressor Label	Compresor
Mod definire turbină	Compressor Type	Full Map
Diametru la intrare	Inlet Diameter	50 mm
Diametru la ieșire	Outlet Diameter	40 mm
Momentul de inerție	Rotation Inertia	4 · 10 ⁻⁶ kg·m ²
Raportul de angrenare cu axul de transmitere a mișcării	Gear Ratio to Shaft	1 -
Eficiența mecanică a mecanismului de antrenare	Drive Gear Mechanical Efficiency	1 -

Denumire	Valoare	
	ro	en
Numărul de turații	No. of Speeds	6
Numărul de puncte	No. of Points	7
Coefficientul de modificare a turației	Speed Scale Factor	1.5
Coefficientul de modificare a debitului masic	Mass Flow Scale Factor	1.05
Coefficientul de modificare a raportului de presiune	Pressure Ratio Scale Factor	0.7
Coefficientul de modificare a eficienței	Efficiency Scale Factor	1.0

Implementarea unui turbocompresor

Speed (Turația)	75000	min ⁻¹ /K ^{0.5}	Speed (Turația)	105000	min ⁻¹ /K ^{0.5}	Speed (Turația)	120000	min ⁻¹ /K ^{0.5}
Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)	Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)	Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)
0,032167	1,022210	0,572700	0,059254	1,393700	0,629600	0,085610	1,675030	0,669000
0,040670	1,018780	0,636100	0,072905	1,384390	0,671700	0,101850	1,647240	0,717100
0,050365	1,015140	0,691200	0,088865	1,369060	0,731800	0,118545	1,617210	0,758000
0,062055	0,999040	0,737600	0,106050	1,339310	0,755900	0,135450	1,552670	0,758900
0,075635	0,969010	0,736400	0,125930	1,272530	0,742000	0,154210	1,465450	0,736400
0,091945	0,922320	0,684300	0,145320	1,160810	0,676300	0,173215	1,344840	0,672800
0,108220	0,857640	0,525000	0,162050	1,005970	0,505900	0,185430	1,136870	0,515700

Speed (Turația)	135000	min ⁻¹ /K ^{0.5}	Speed (Turația)	150000	min ⁻¹ /K ^{0.5}	Speed (Turația)	165000	min ⁻¹ /K ^{0.5}
Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)	Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)	Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)
0,107556	2,008090	0,678700	0,132054	2,386930	0,673900	0,162960	2,807560	0,669300
0,122185	1,981000	0,719700	0,146755	2,401840	0,710300	0,172305	2,767730	0,681400
0,140280	1,950970	0,751500	0,163065	2,334430	0,739200	0,182805	2,686250	0,694300
0,156975	1,882020	0,759600	0,178185	2,268280	0,745400	0,193830	2,637670	0,700800
0,177170	1,806630	0,746300	0,193130	2,150820	0,732900	0,204610	2,492910	0,695200
0,189245	1,623370	0,696200	0,205205	1,950480	0,690000	0,212590	2,296910	0,673300
0,200655	1,363670	0,569400	0,212590	1,687630	0,611800	0,217910	2,099930	0,629100

Implementarea unui turbocompresor

Pas 9 – Turbina

Turbina (**turbine**) face parte din ansamblul turbocompresor (**turbocharger**). Pentru definire, acest element necesită date cu privire la dimensiunile constructive, respectiv la caracteristica de funcționare (**turbine map**). În scopul definirii compresorului se vor parcurge următorii pași:

- ▶ Completare date constructive (fig. 8.23);
- ▶ Completare date caracteristică de funcționare;
- ▶ Completare date de scalare a caracteristicii de funcționare.

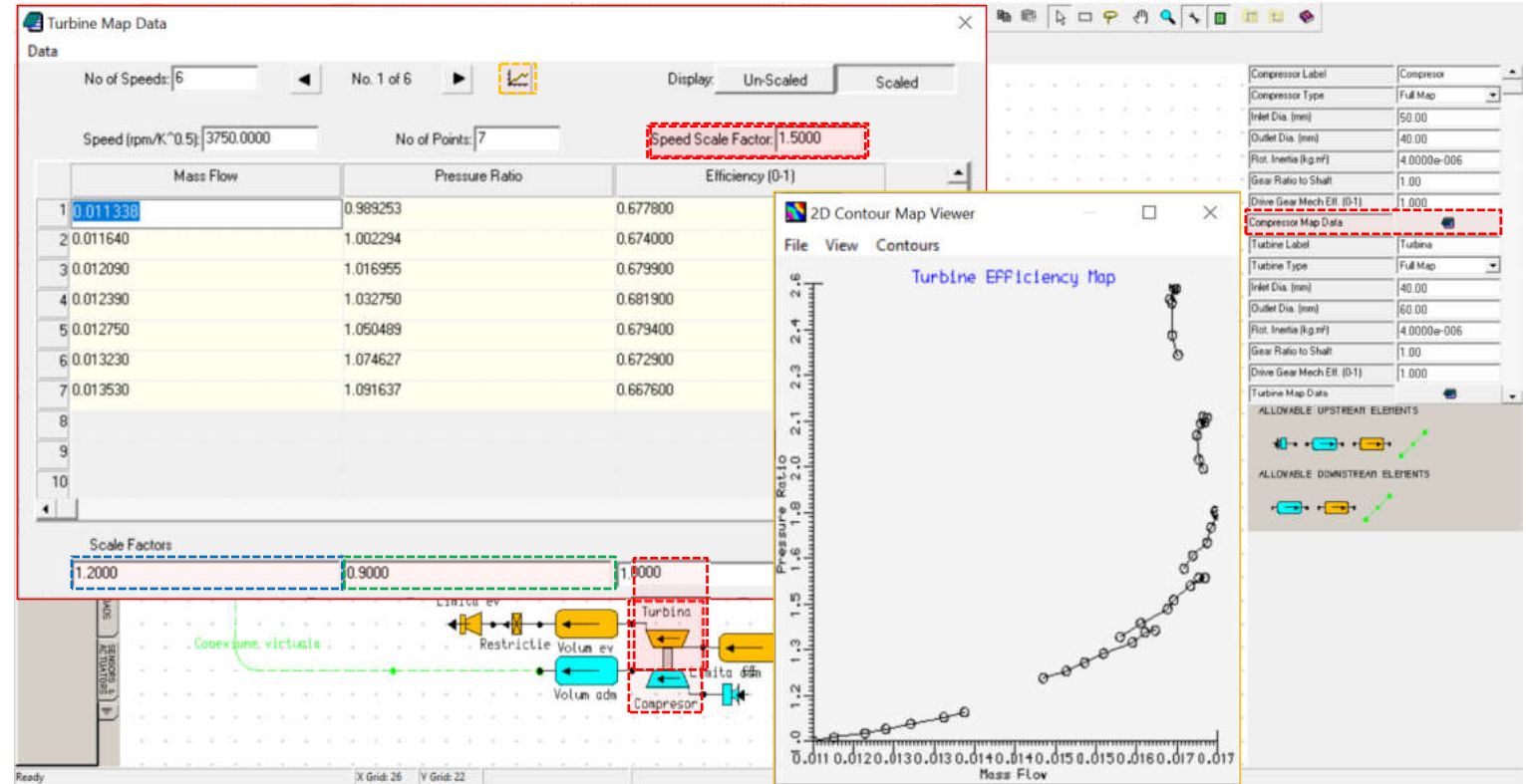


Fig. 8.24 Implementarea unui turbocompresor – Definire turbină

Denumire	ro	en	Valoare U.M.
	Etichetă turbină		
Mod definire turbină		Turbine Type	Full Map
Diametru la intrare		Inlet Diameter	40 mm
Diametru la ieșire		Outlet Diameter	60 mm
Momentul de inerție		Rotation Inertia	4 · 10 ⁻⁶ kg · m ²
Raportul de angrenare cu axul de transmitere a mișcării		Gear Ratio to Shaft	1 -
Eficiența mecanică a mecanismului de antrenare		Drive Gear Mechanical Efficiency	1 -

Denumire	ro	en	Valoare
	Numărul de turații		
Numărul de puncte		No. of Points	7
Coeficientul de modificare a turației		Speed Scale Factor	1.5
Coeficientul de modificare a debitului masic		Mass Flow Scale Factor	1.05
Coeficientul de modificare a raportului de presiune		Pressure Ratio Scale Factor	0.7
Coeficientul de modificare a eficienței		Efficiency Scale Factor	1.0

Implementarea unui turbocompresor

Speed (Turația)	2500	min ⁻¹ /K ^{0.5}	Speed (Turația)	3500	min ⁻¹ /K ^{0.5}	Speed (Turația)	3900	min ⁻¹ /K ^{0.5}
Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)	Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)	Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)
0,009448	1,099170	0,677800	0,012225	1,348200	0,707000	0,013150	1,510200	0,717500
0,009700	1,113660	0,674000	0,012500	1,375740	0,714500	0,013400	1,562580	0,721300
0,010075	1,129950	0,679900	0,012725	1,408230	0,716900	0,013725	1,619010	0,722200
0,010325	1,147500	0,681900	0,012950	1,444950	0,710800	0,013800	1,654020	0,720800
0,010625	1,167210	0,679400	0,013300	1,487700	0,708300	0,014000	1,711080	0,723600
0,011025	1,194030	0,672900	0,013450	1,527570	0,710100	0,014175	1,741500	0,721600
0,011275	1,212930	0,667600	0,013575	1,535580	0,710900	0,014100	1,741140	0,723400

Speed (Turația)	4400	min ⁻¹ /K ^{0.5}	Speed (Turația)	5000	min ⁻¹ /K ^{0.5}	Speed (Turația)	5400	min ⁻¹ /K ^{0.5}
Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)	Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)	Mass Flow (Debitul masic)	Pressure Ratio (Raportul presiunilor)	Efficiency (Eficiența)
0,013925	1,778580	0,723200	0,014155	2,170080	0,695700	0,013850	2,616120	0,664500
0,014025	1,829070	0,729500	0,014100	2,204820	0,706000	0,013780	2,693790	0,656500
0,014200	1,879830	0,717600	0,014075	2,301030	0,697000	0,013775	2,820330	0,638800
0,014250	1,939590	0,721900	0,014175	2,354130	0,686300	0,013800	2,879910	0,631200
0,014325	1,989090	0,720900	0,014150	2,373570	0,695300	0,013805	2,895570	0,632800
0,014305	2,001150	0,718700	0,014200	2,369790	0,691600	0,013825	2,876760	0,637200
0,014300	2,003130	0,719400	0,014125	2,347740	0,701400	0,013750	2,835000	0,649000

8.2.4. Definirea și modificarea condițiilor de simulare

După crearea modelului și definirea tuturor elementelor componente este necesară definirea condițiilor de simulare (**test conditions**). În continuare se prezintă pașii de urmat pentru definirea acestora.

Pas 1 – Steady State Test Data Wizard

În cazul de față se va opta pentru o definire rapidă a condițiilor de simulare cu ajutorul utilizatorului **Steady State Create Wizard**, care accesează din bara de meniu **Data** → **Test Conditions** → **Steady State Create Wizard** (fig. 8.25)

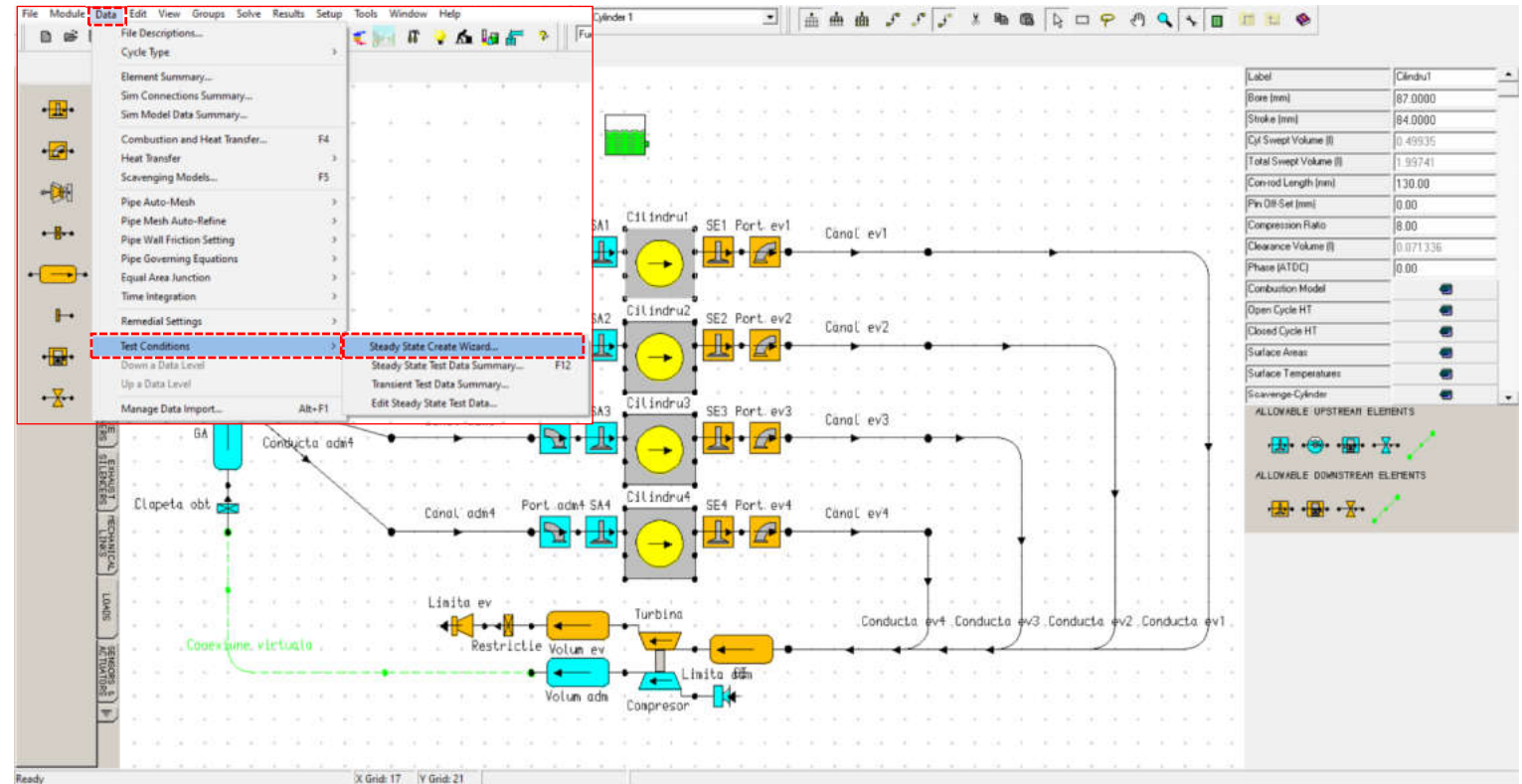


Fig. 8.25 Implementarea unui turbocompresor – Accesare Steady State Test Data Wizard

Pas 2 – Generare cazuri de testare

După accesarea **Steady State Create Wizard** se deschide o nouă fereastră de lucru în care se alege opțiunea **By No. of Tests** (după numărul de teste) (fig. 8.26), iar apoi se introduc datele pentru crearea cazurilor de testare:

Denumire	Valoare U.M.	
	ro	en
Numărul de teste	Number of Tests	13 -
Turația minimă	Minimum Speed	1000 min ⁻¹
Turația maximă	Maximum Speed	7000 min ⁻¹
Presiunea ambientală (absolută)	Ambient Air Pressure (absolute)	1 bar
Temperatura ambientală	Ambient Air Temperature	20 °C
Presiunea la limita de admisie (absolută)	Inlet Pressure (absolute)	1 bar
Temperatura de admisie	Inlet Temperature	20 °C
Presiunea la limita de evacuare (absolută)	Exit Pressure (absolute)	1.1 bar
Raportul de echivalență	Equivalence Ratio	1.1 -
Umiditatea specifică	Specific Humidity	0 kg/kg

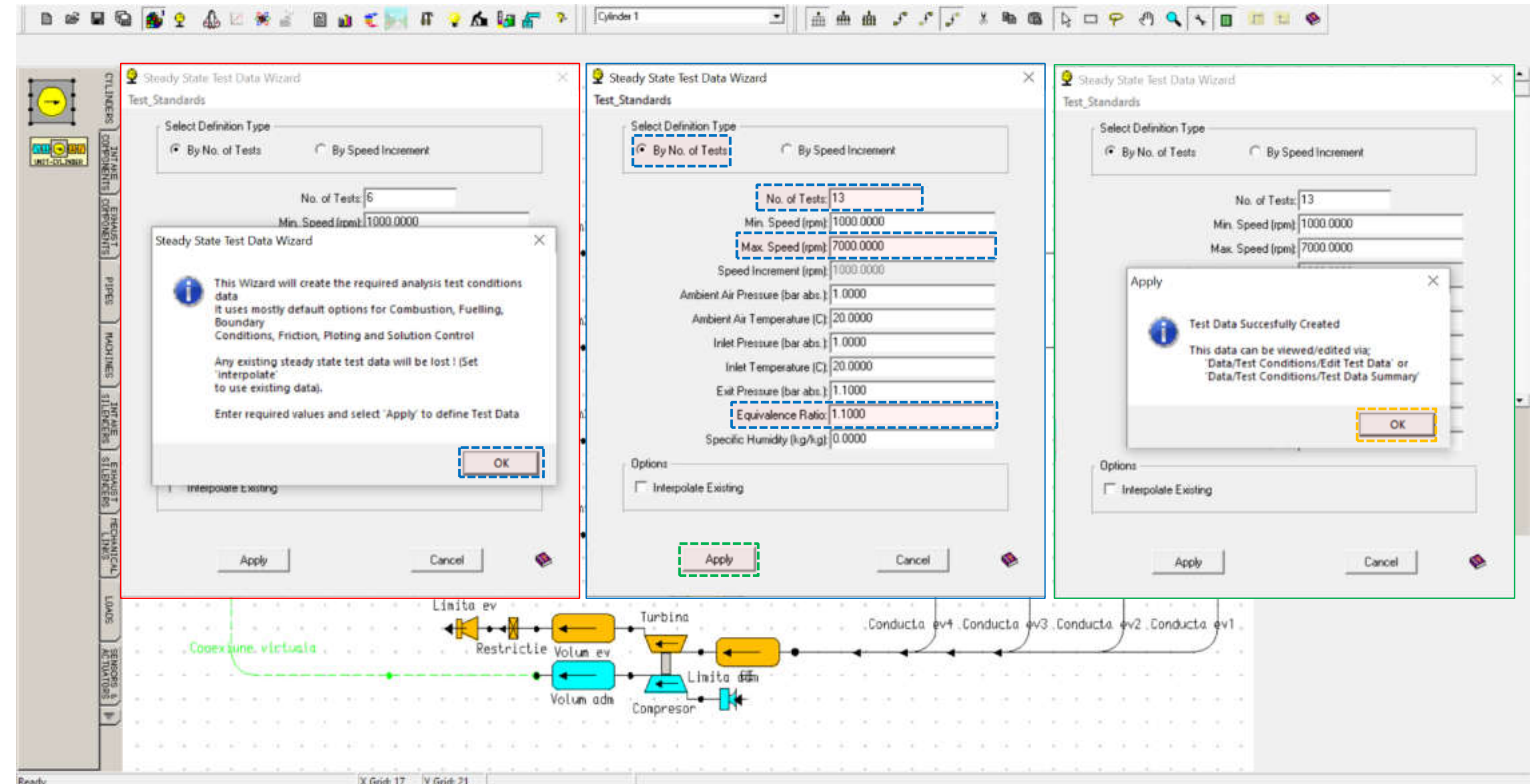


Fig. 8.26 Implementarea unui turbocompresor - Generare cazuri de testare

Pas 3 – Condițiile de testare – Test Points

După definirea cazurilor de testare se va accesa **Steady State Test Data** pentru a verifica datele introduse (fig. 8.27). La categoria **Test Points** se observă faptul că există un număr de 13 cazuri (**test points**) cu turația variind de la 1000 la 7000 rpm. Totodată, toate cazurile sunt active pentru calcul (**solve-on**).

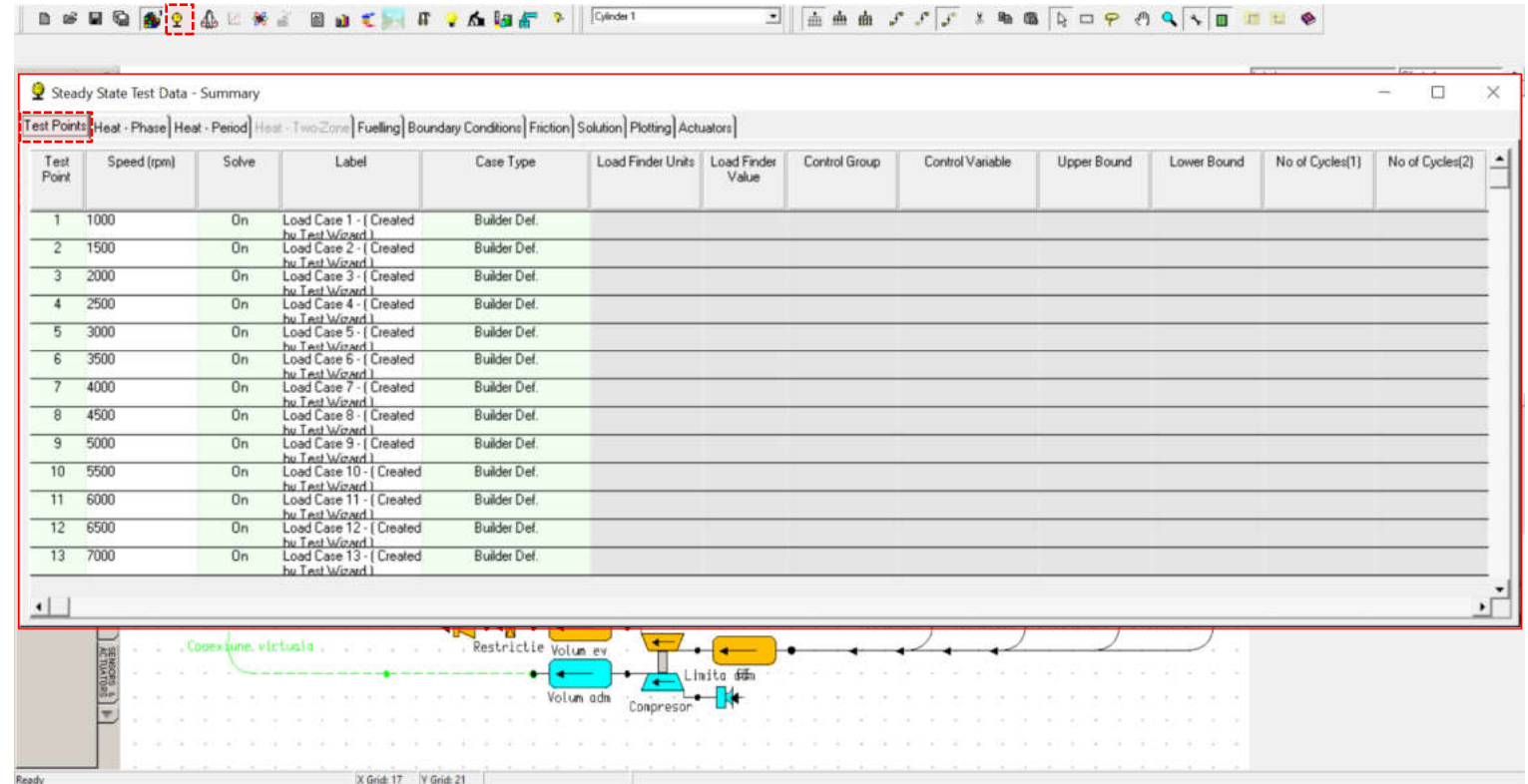


Fig. 8.27 Implementarea unui turbocompresor – Vizualizare condiții de testare - Test Points

Implementarea unui turbocompresor

Pas 4 – Condițiile de testare – Heat - Phase

În secțiunea **Heat Phase** (faza arderii) se observă (fig. 8.28) faptul că poziția în ciclu a procesului de ardere (**phase option**) este stabilită pe baza modului implicit de determinare a acesteia (**default heat release phase**). Mai multe detalii cu privire la acest aspect sunt prezentate în capitolul 2. De asemenea se poate observa faptul că la **Cylinder Data** (date cilindru) apare opțiunea **Common** (comun). În cazul în care este necesar, utilizatorul poate modifica această în **Individual** opțiune pentru a defini fiecare cilindru individual.

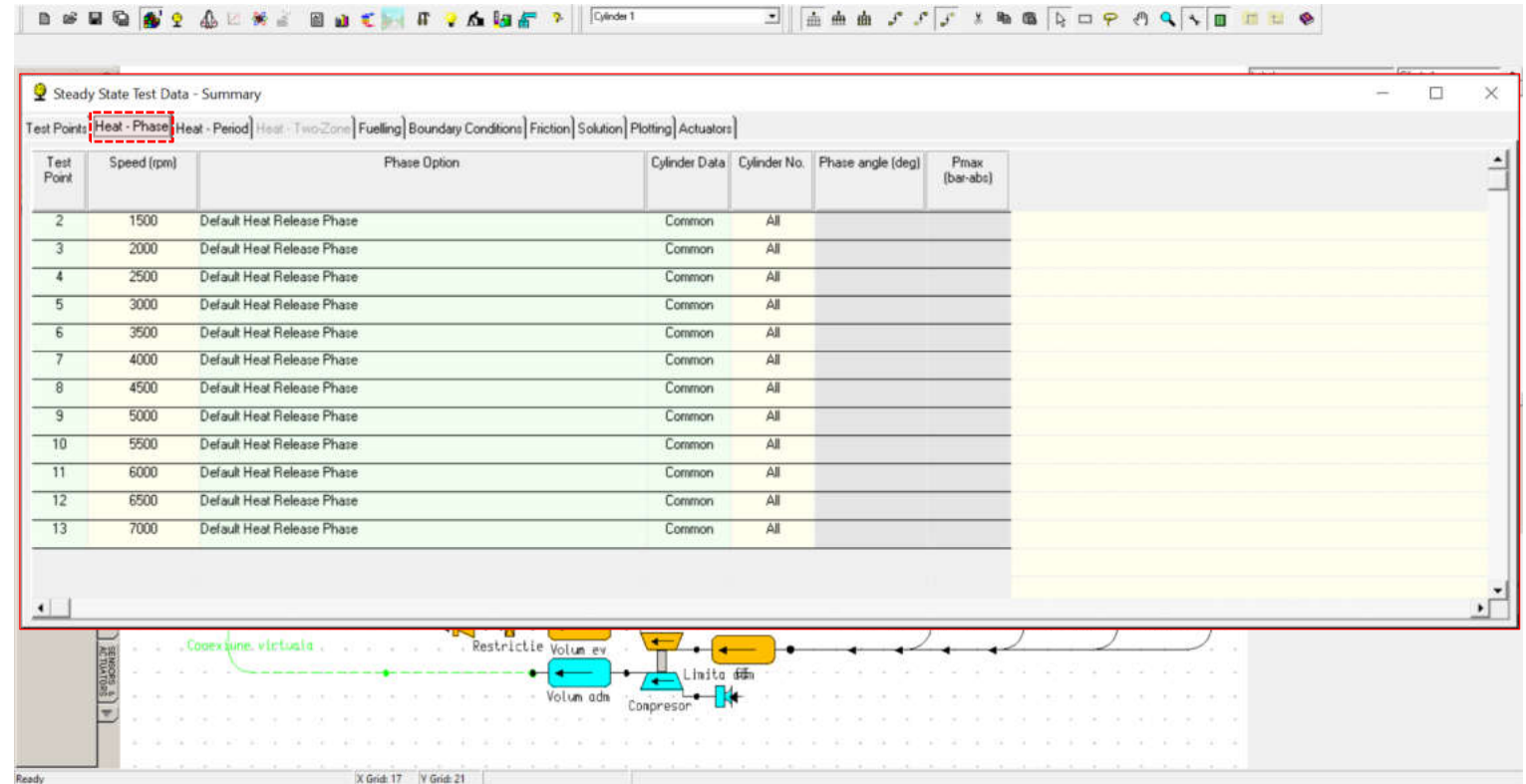


Fig. 8.28 Implementarea unui turbocompresor - Vizualizare condiții de testare – Heat - Phase

Pas 5 – Condițiile de testare – Heat - Period

În secțiunea **Heat Period** (durata arderii) se observă (fig. 8.29) faptul că durata procesului de ardere (**period option**) este stabilită pe baza modului implicit de determinare a acesteia (**default combustion duration**). Mai multe detalii cu privire la acest aspect sunt prezentate în capitolul 2. Și în acest caz există posibilitatea definirii individuale a cilindrului la **Cylinder Data** (date cilindru).

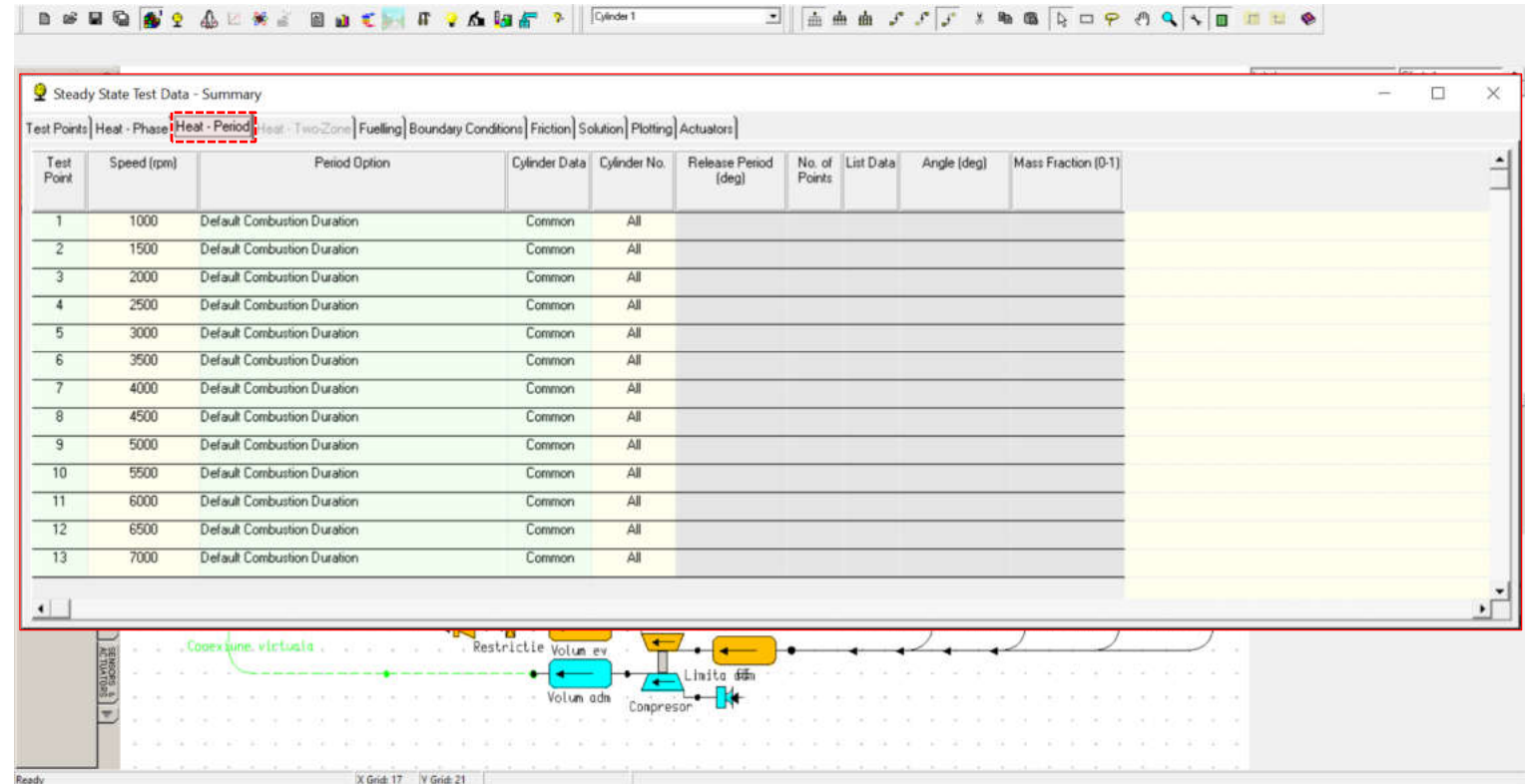


Fig. 8.29 Implementarea unui turbocompresor - Vizualizare condiții de testare – Heat - Period

Implementarea unui turbocompresor

Pas 6 – Condițiile de testare – Fueling

În secțiunea **Fueling** (alimentare cu combustibil) se pot observa următoarele aspecte (fig. 8.30):

Denumire	
ro	en
Modul de caracterizare a procesului de ardere	Combustion Option
Eficiența procesului de ardere	Combustion Efficiency
Modul de caracterizare a alimentării cu combustibil	Fuelling Option
Datele cilindrului	Cylinder Data
Numărul cilindrului	Cylinder Number
Raportul aer-combustibil al amestecului reținut în cilindru	Trapped Air Fuel Ratio
Raportul de echivalență	Equivalence Ratio
Debitul de combustibil (mm ³ /inj)	Fuelling Rate (mm³/inj)

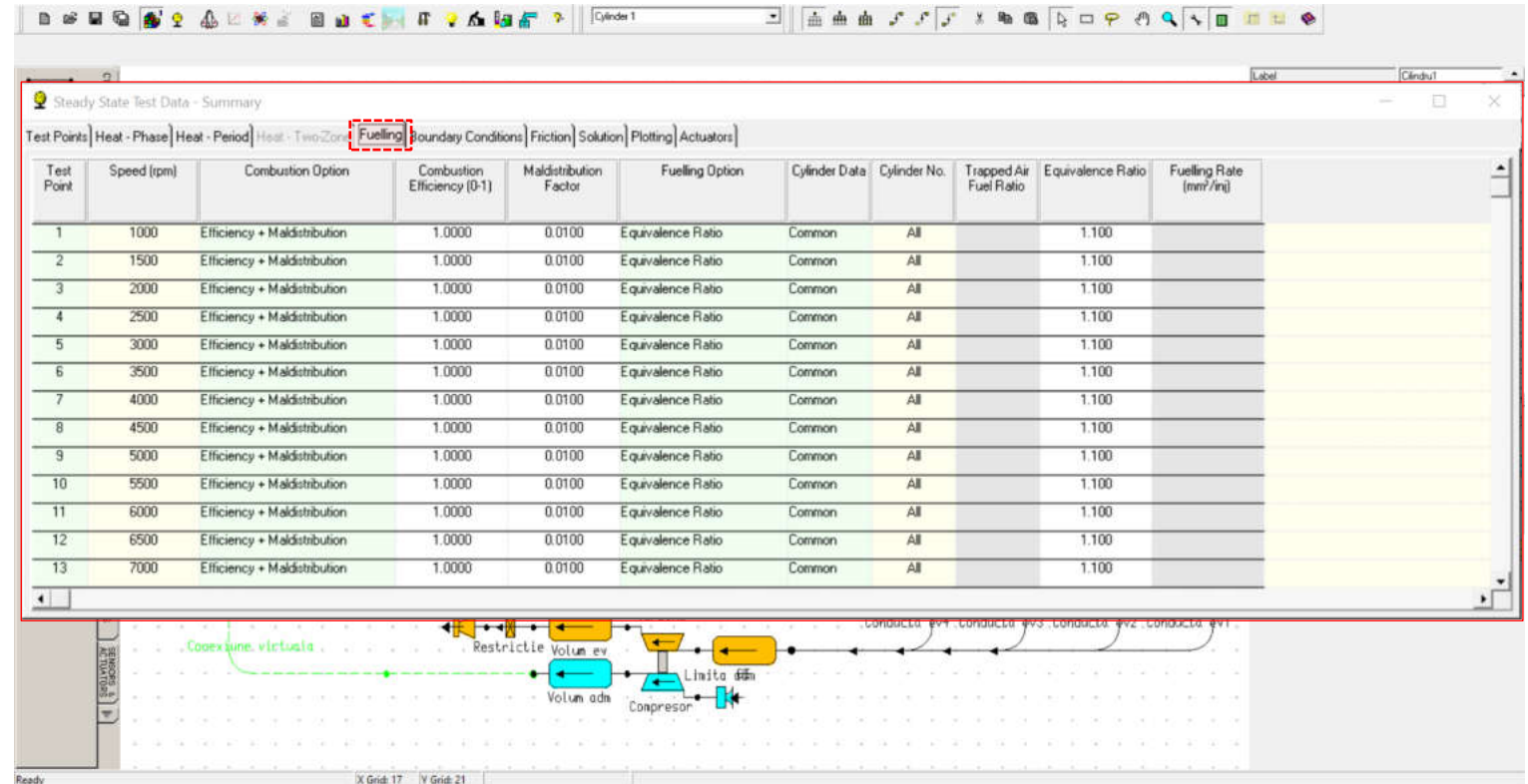


Fig. 8.30 Implementarea unui turbocompresor - Fueling

Dacă este necesară modificarea vreunui din parametri (spre exemplu **fueling option**) cu aceeași valoare/opțiune pentru toate cazurile, se va modifica valoarea/opțiunea la unul din cazuri, iar apoi, prin click pe numărul cazului se va selecta opțiunea **Copy this Tests Fueling Data to All Tests** (copiază caracteristicile alimentării cu combustibil ale acestui caz și pentru celelalte cazuri). Analog duratei și fazei arderii (**heat period** și **heat phase**) alimentarea cu combustibil poate fi definită individual pentru fiecare cilindru.

Implementarea unui turbocompresor

Pas 7 – Condițiile de testare – Boundary Conditions

În secțiunea **Boundary Conditions** (condiții la limită) se pot observa următoarele aspecte:

Denumire	
ro	en
Modul de caracterizare a umidității	Humidity Option
Umiditatea specifică (kg/kg)	Specific Humidity (kg/kg)
Umiditatea relativă	Relative Humidity
Presiunea absolută a aerului ambiental (bar)	Ambient Air Pressure (bar) - absolute
Temperatura aerului ambiental (°C)	Ambient Air Temperature (°C)
Numărul limitei de admisie	Inlet Number
Presiunea absolută la limita de admisie (bar)	Inlet Boundary Pressure (bar) - absolute
Temperatura la limita de admisie (°C)	Inlet Boundary Temperature (°C)
Numărul limitei de evacuare	Exit Number
Presiunea absolută la limita de evacuare (bar)	Exit Boundary Pressure (bar) - absolute
Modul de inițializare al temperaturii pe evacuare	Exit Temperature Initialisation
Temperatura la limita de evacuare (°C)	Exit Boundary Temperature (°C)

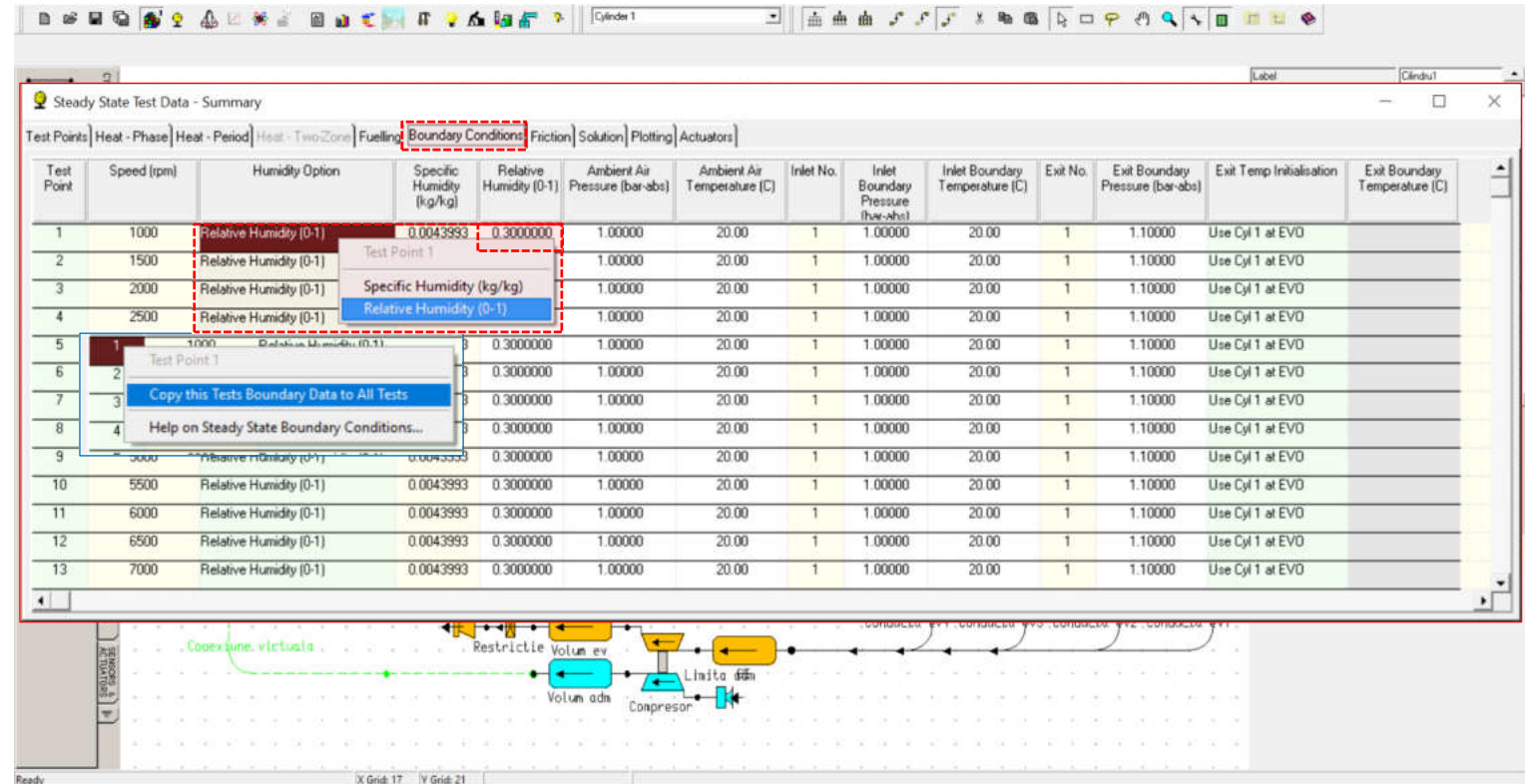


Fig. 8.31 Implementarea unui turbocompresor - Vizualizare condiții de testare – Boundary conditions

Dacă este necesară modificarea vreunui din parametri (spre exemplu **humidity option**) cu aceeași valoare/opțiune pentru toate cazurile, se va modifica valoarea/opțiunea la unul din cazuri, iar apoi, prin click pe numărul cazului (fig. 8.31) se va selecta opțiunea **Copy this Tests Boundary Data to All Tests** (copiază condițiile la limită ale acestui caz și pentru celelalte cazuri).

Implementarea unui turbocompresor

Pas 8 – Condițiile de testare – Friction

În secțiunea **Friction** („pierderi” prin frecare) este specificat modelul de calcul al pierderilor prin frecare (fig. 8.32), respectiv **H.B. Moss Gasoline Engine Friction Model** (modelul de calcul al pierderilor prin frecare într-un motor pe benzină al lui H.B. Moss).

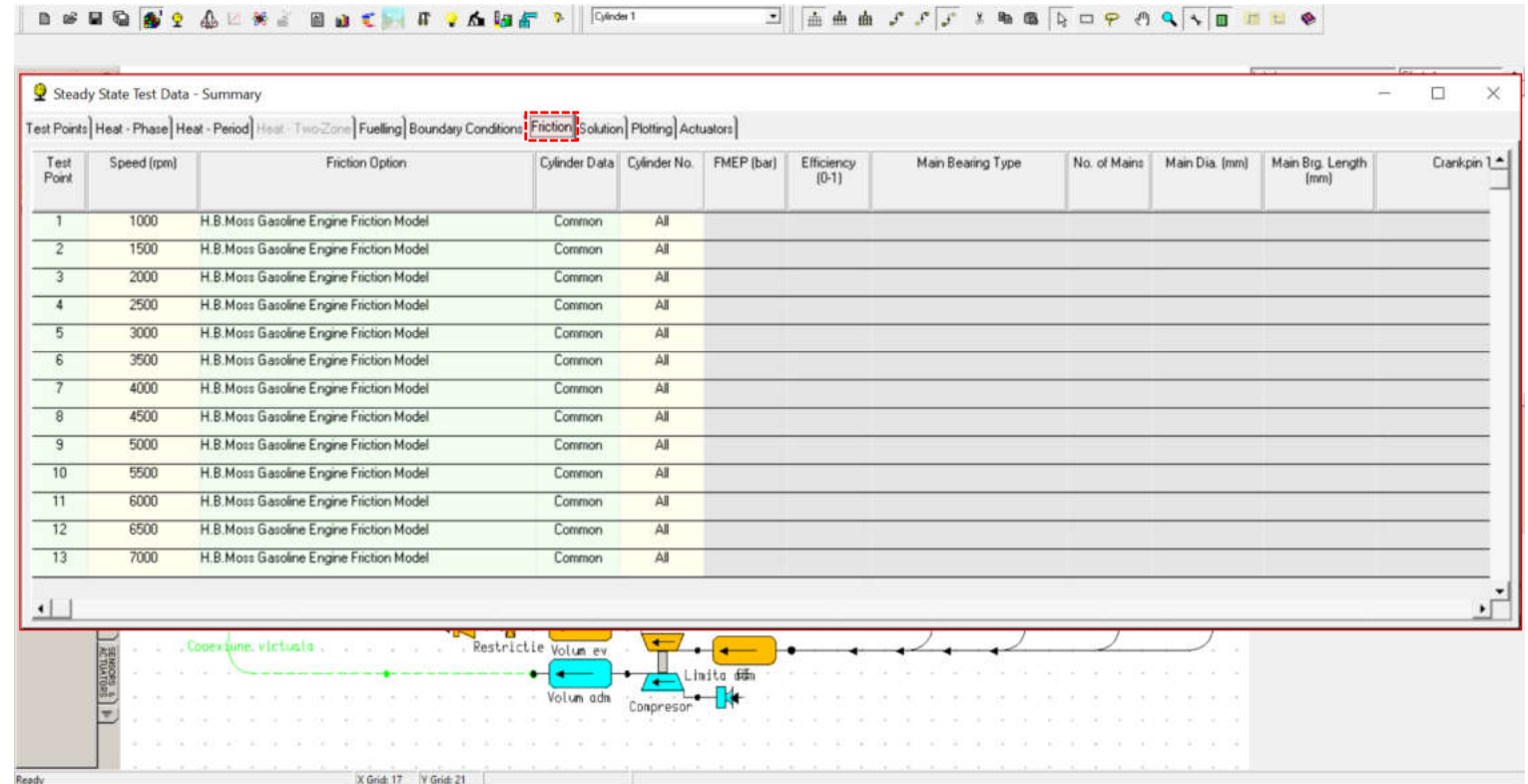


Fig. 8.32 Implementarea unui turbocompresor - Vizualizare condiții de testare – Friction

Implementarea unui turbocompresor

Pas 9 – Condițiile de testare – Solution

În secțiunea **Solution** (soluție) se pot defini următoarele aspecte (fig. 8.33):

Denumire	
ro	en

Modul de determinare a pasului de calcul **Step Size Option**

Supapele de admisie și evacuare deschise simultan **Inlet + Exhaust Open**

Supapele de admisie sau de evacuare deschise **Inlet or Exhaust Open**

Toate supapele închise **All Valves Closed**

Limita de cicluri **Cycle Limits**

Numărul de cicluri parcurs înainte de verificarea convergenței **Before Convergence Check**

Numărul maxim de cicluri parcurse (dacă nu s-a atins convergența) **Maximum Number for Simulation**

Numărul ciclului de la care începe scrierea rezultatelor **From which Results are Written**

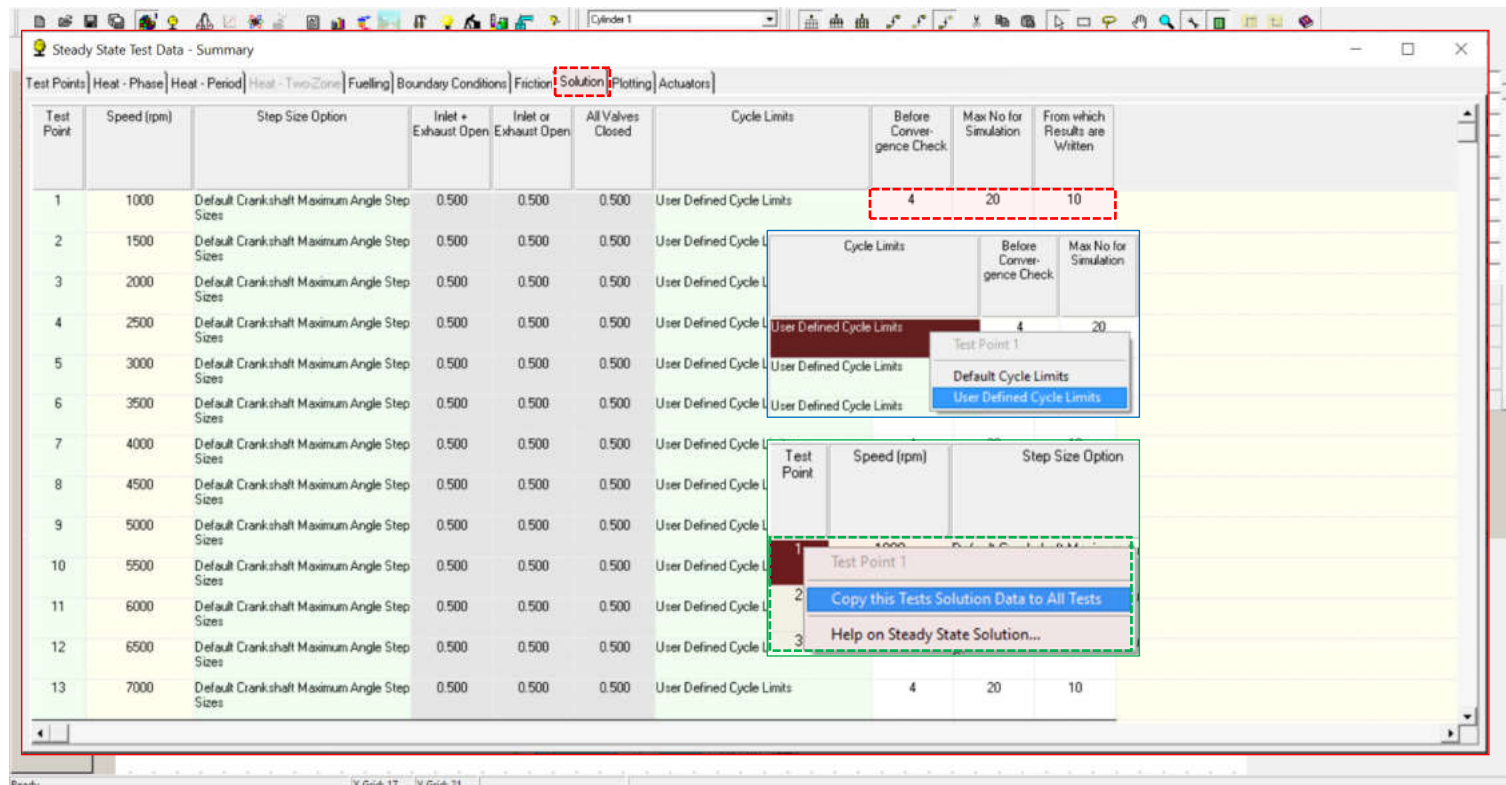


Fig. 8.33 Implementarea unui turbocompresor - Vizualizare condiții de testare – Solution

În cazul de față valorile utilizate vor fi diferite de cele implicite. Pentru a putea introduce valorile dorite pentru **Before Convergence Check** (verificare convergență), **Maximum Number for Simulation** (număr maxim de simulări) și **From which Results are Written** (de unde sunt scrise rezultatele) este necesară modificarea la **Cycle Limits** (limitele ciclului) din **Defaults Cycle Limits** (limite de cicluri implicite) în **User Defined Cycle Limits** (limite de cicluri definite de utilizator) prin click pe oricare dintre căsuțele care conțin aceste opțiuni (fig. 8.33). Astfel, se vor activa câmpurile pentru a introduce următoarele date:

Implementarea unui turbocompresor

Denumire		Valoare
ro	en	
Limita de cicluri	Cycle Limits	User Defined Cycle Limits
Numărul de cicluri parcurs înainte de verificarea convergenței	Before Convergence Check	4
Numărul maxim de cicluri parcurse (dacă nu s-a atins convergența)	Maximum Number for Simulation	20
Numărul ciclului de la care începe scrierea rezultatelor	From which Results are Written	20

În comparație cu valorile implicite se poate constata că noile valori sunt mai mari. Se menționează că acest lucru este necesar deoarece motoarele supraalimentate necesită un număr mai mare de cicluri pentru a ajunge la convergență. După efectuarea acestor modificări pentru oricare dintre cazuri, click pe numărul cazului respectiv pentru a alege opțiunea **Copy this Tests Solution Data to All Tests** (fig. 8.33).

Implementarea unui turbocompresor

Pas 10 – Condițiile de testare – Plotting

În secțiunea **Plotting** (trasare a graficelor) se precizează informațiile care vor fi înregistrate de program (în fișierele de tip **PRS**) pentru a putea fi vizualizate de către utilizator (fig. 8.34). În acest caz, la **Plotting Option** se va alege **User Defined Plotting Options**. Apoi, pentru **Cylinder Options** se va alege opțiunea **Cylinder + Gas Stored** pentru toate cazurile de testare.

Denumire	
ro	en

Modul de definire a opțiunilor de înregistrare a datelor pentru grafice

Plotting Option

Opțiuni cilindru

Cylinder Options

Opțiuni volum

Plenum Options

Opțiuni conductă

Pipe Options

Opțiuni curgere

Flow Options

Opțiuni turbină

Turbine Options

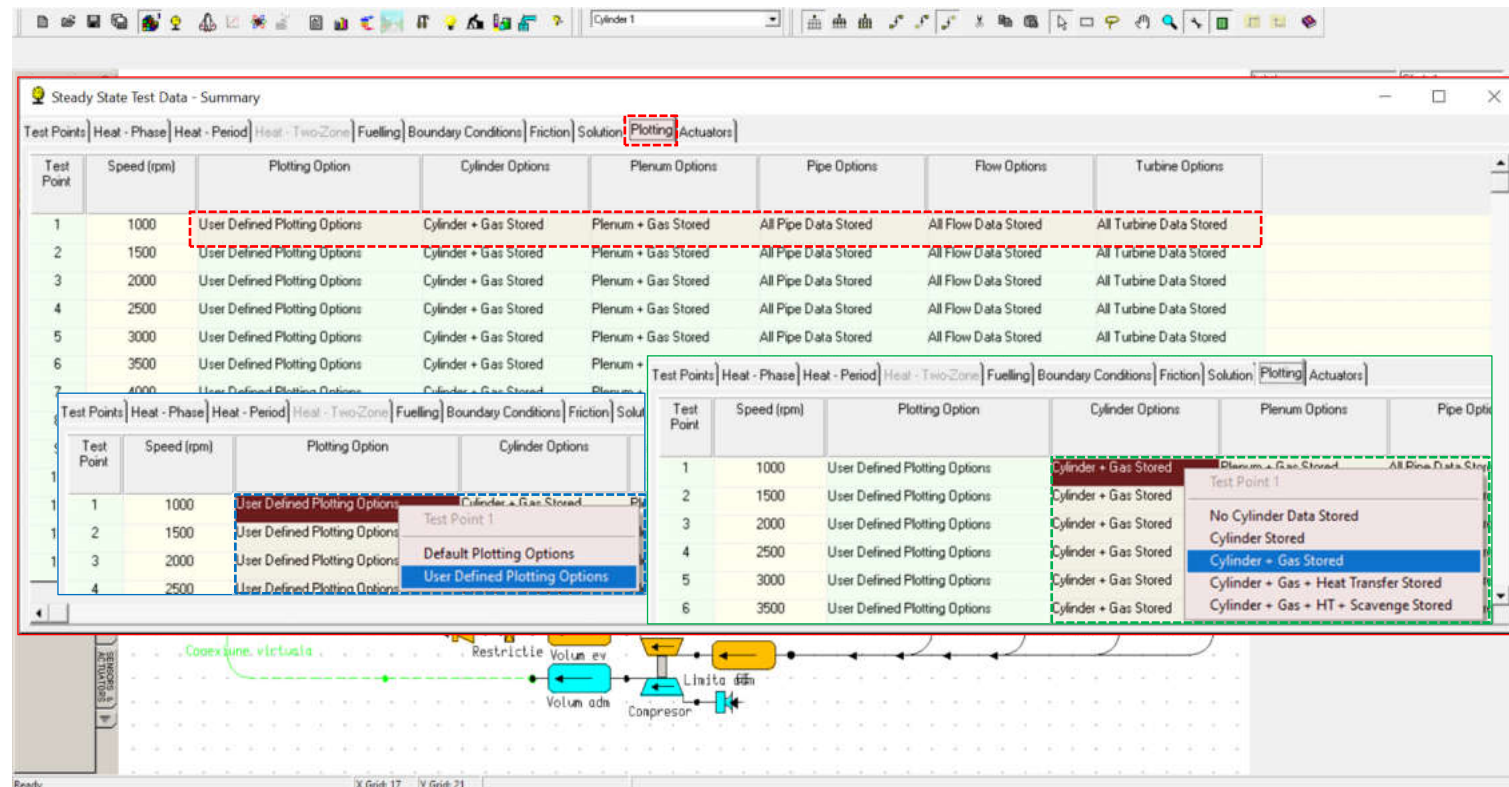


Fig. 8.34 Implementarea unui turbocompresor - Vizualizare condiții de testare – Plotting

Implementarea unui turbocompresor

Pas 11 – Condițiile de testare – Actuators

În secțiunea **Actuators** (elemente de acționare) se poate observa faptul că nu există niciun caz (fig. 8.35). Motivul este acela că, în modelul creat, nu au fost introduse elemente de tip **Actuator**.

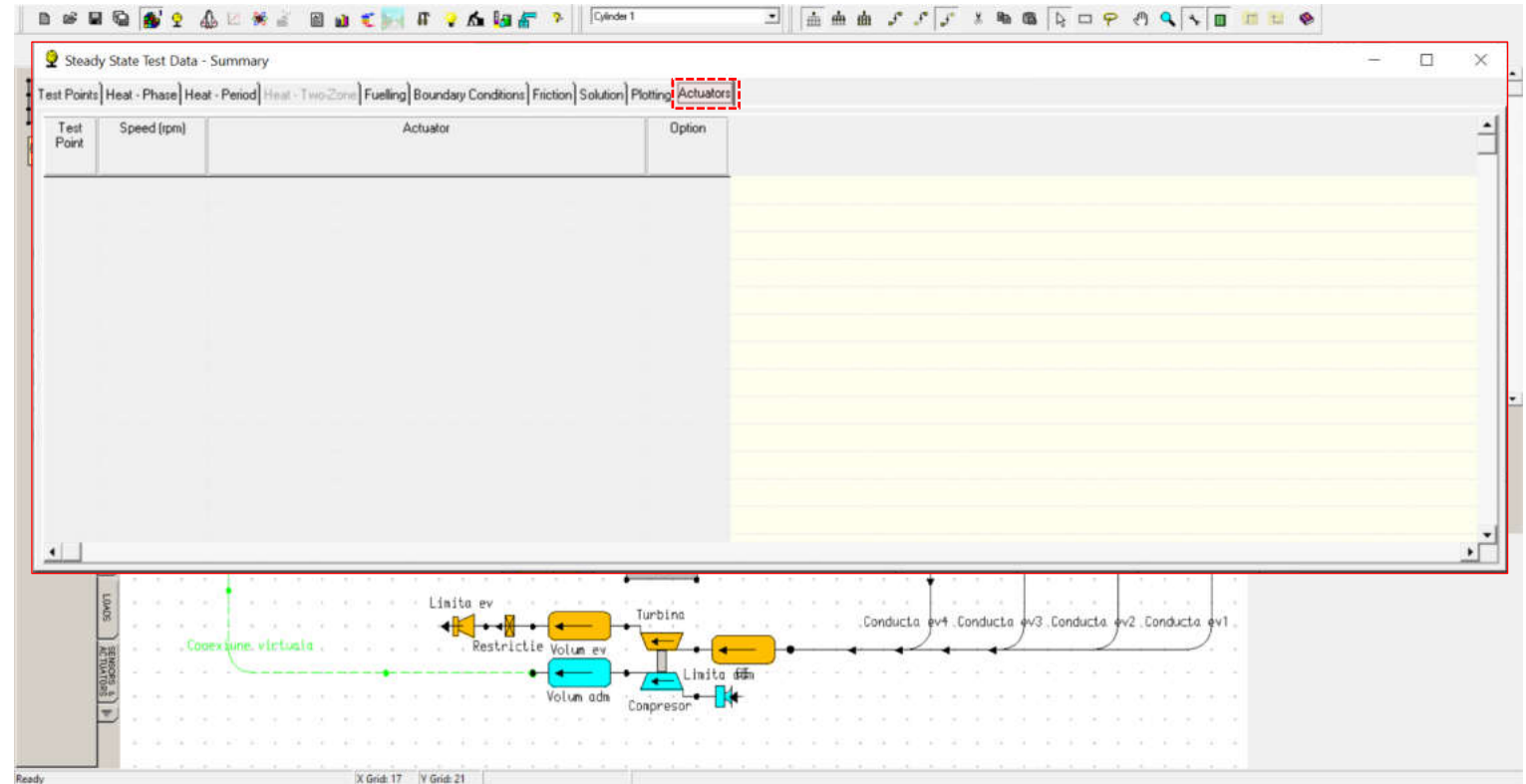



Fig. 8.35 Implementarea unui turbocompresor - Vizualizare condiții de testare – Actuators

8.2.5. Verificarea modelului

După ce s-au parcurs toți pașii necesari creării modelului și definirii cazurilor de testare este deosebit de importantă verificarea corectitudinii datelor introduse, respectiv a modelului în ansamblu. În acest scop, se accesează **Data-Checking Wizard** din **Tools** → **Data-check Wizard** sau prin click pe .

Pas 1 – Verificare model

Accesând **Data-Checking Wizard** se deschide o nouă fereastră în care este prezentat rezultatul verificărilor automate (din punct de vedere al calității și cantității) pentru următoarele categorii:

Denumire	
ro	en
Senzori și actuatori	Sensors and Actuators
Rețea	Network Builder
Condiții de testare	Test Conditions
Reflecții	Reflections
Legături	Links
Conexiuni	Connections
Orificii și supape	Ports and Valves
Baleiaj	Scavenging
Ardere și schimb de căldură	Combustion and Heat Transfer
Combustibil și sistem de alimentare	Fuel and Fuels System
Motor de bază	Base Engine

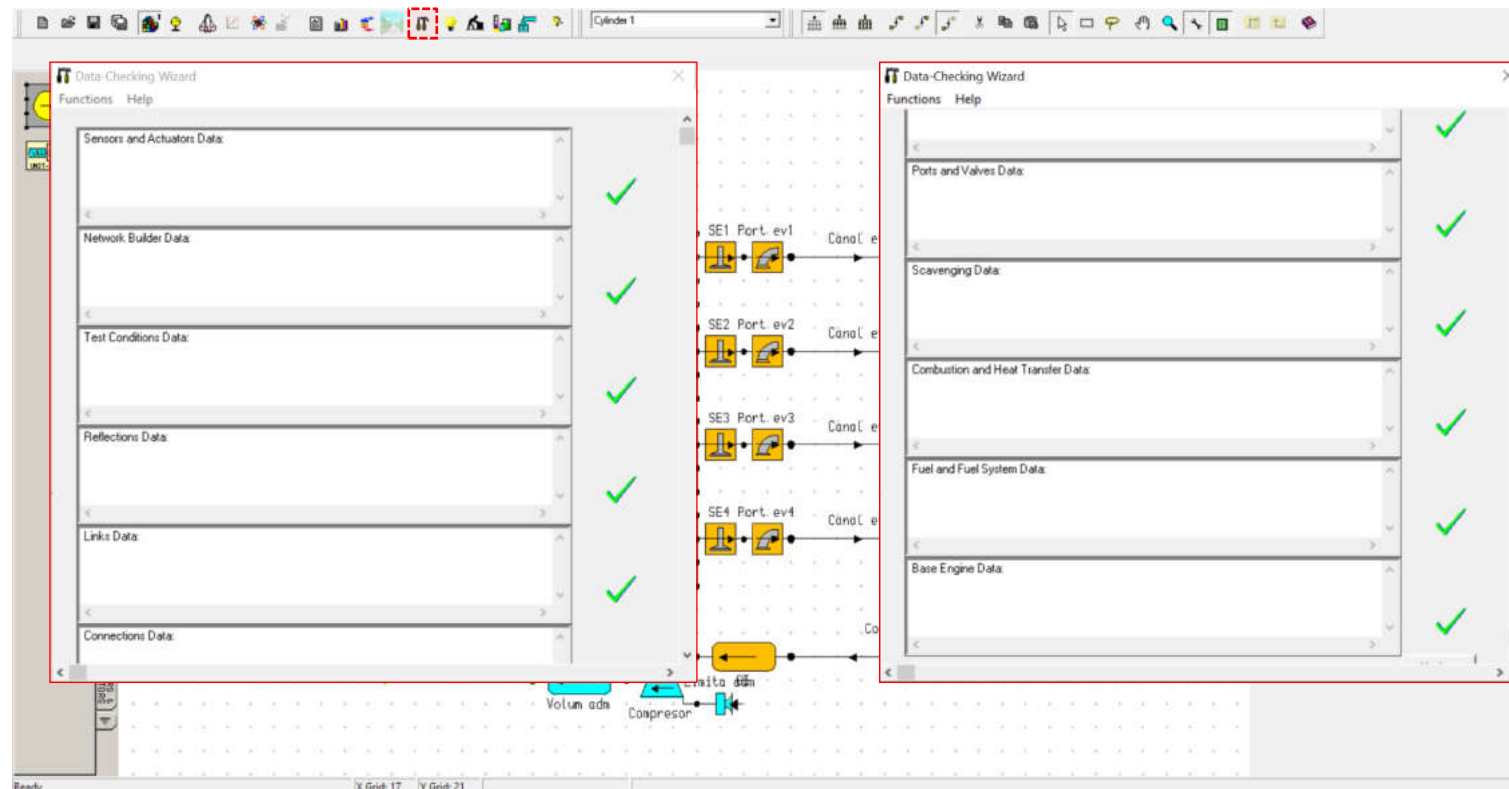






Fig. 8.36 Implementarea unui turbocompresor - Accesare Data-Checking Wizard

Implementarea unui turbocompresor

În funcție de rezultatul verificărilor, în dreptul unei categorii pot să apară următoarele simboluri:

- | | | |
|---|----------------|--|
|  | Pass | <i>Promovat</i> – valorile (data value) introduse au trecut toate testele de verificare. |
|  | Warning | <i>Avertisment</i> – mesajele de avertizare apar atunci când o valoare (data value) sau un tip de dată (data type) este incorectă sau nu a fost setată și, în anumite scenarii, este posibil să nu fie utilizată, motiv pentru care acest lucru ar putea fi acceptabil.
Exemplu: deoarece într-un câmp utilizatorul nu a introdus date, valoarea respectivă este considerată ca fiind nulă. |
|  | Comment | <i>Comentariu</i> – comentariile apar atunci când o valoare (data value) este în afara intervalului normal de valori (definit prin valori minime și maxime – doar acolo unde este aplicabil). |
|  | Error | <i>Eroare</i> – în acest caz utilizatorul consideră că o valoare (data value) introdusă de către utilizator este greșită, indiferent de scenariul aplicat.
Exemplu: neintroducerea unei valori într-un câmp care este obligatoriu, respectiv introducerea unei valori greșite, negative sau în afara intervalului de valori. |

ATENȚIE! Așa cum s-a menționat anterior, programul efectuează verificări doar din punct de vedere al calității și cantității, însă *utilizatorul este responsabil să se asigure că datele corespund sistemului analizat.*

Pas 2 – Corectare erori/Reverificare

Pentru corectarea aspectelor problematice (spre exemplu valoarea umidității specifice – fig. 8,35) se accesează **Data** → **Test Conditions** → **Edit Steady State Test Data** (fig. 8,35) – alternativ se pot efectua modificări și accesând **Data** → **Test Conditions** → **Steady State Test Data Summary** (?). După rezolvarea tuturor aspectelor semnalate în urma verificărilor inițiale este importantă realizarea unei reverificări a modelului. În cazul în care toate testele automate de verificare au fost trecute cu succes (✓ – fig. 8.36) se poate trece la următoarea etapă, respectiv rularea simulării (**Run Simulation**) care presupune efectuarea calcului utilizând modelele matematice implementate.

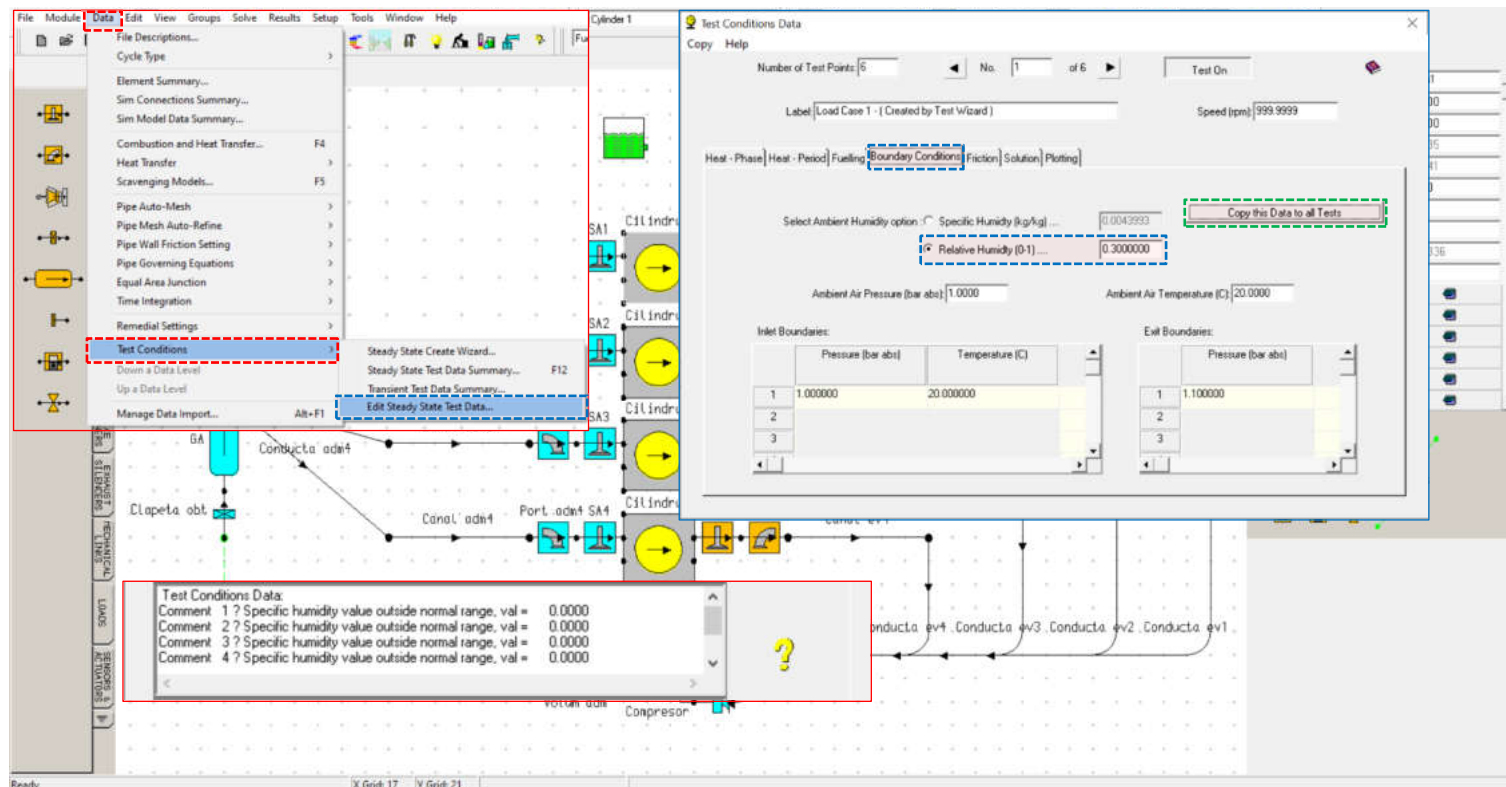



Fig. 8.37 Implementarea unui turbocompresor - Corectare erori/Reverificare

8.2.6. Rularea simulării

Așa cum s-a menționat anterior, rularea simulării (**run simulation**) presupune efectuarea calcului utilizând modelele matematice implementate. Pentru a porni simularea este necesară definirea locației de salvare a datelor. Suplimentar, se pot defini aspecte care privesc **solver**-ul (partea din program responsabilă cu efectuarea calcului numeric). În acest scop se accesează **Engine Simulation Solver** din **Solve** → **Solver control** sau apăsând .

Pas 1 – Date generale

Accesând **Engine Simulation Solver** se deschide o nouă fereastră de lucru (fig. 8.38) în care se introduc următoarele date:

Denumire		Valoare
ro	en	
Etichetă	Label	tc 4 cylinder model - run 1
Selecția oricare	Select either	Currently Held Data
Numele fișierului pentru salvarea rezultatelor de tip text (*.mrs)	File Name to Save Text Results as (*.mrs)	4_cylinder_tc_1
Numele fișierului pentru salvarea rezultatelor grafice (*.prs)	File Name to Save Graphical Results as (*.prs)	4_cylinder_tc_1
Afișează informare la finalizarea calculului	Display Prompt on Completion of Job	Selecția această opțiune

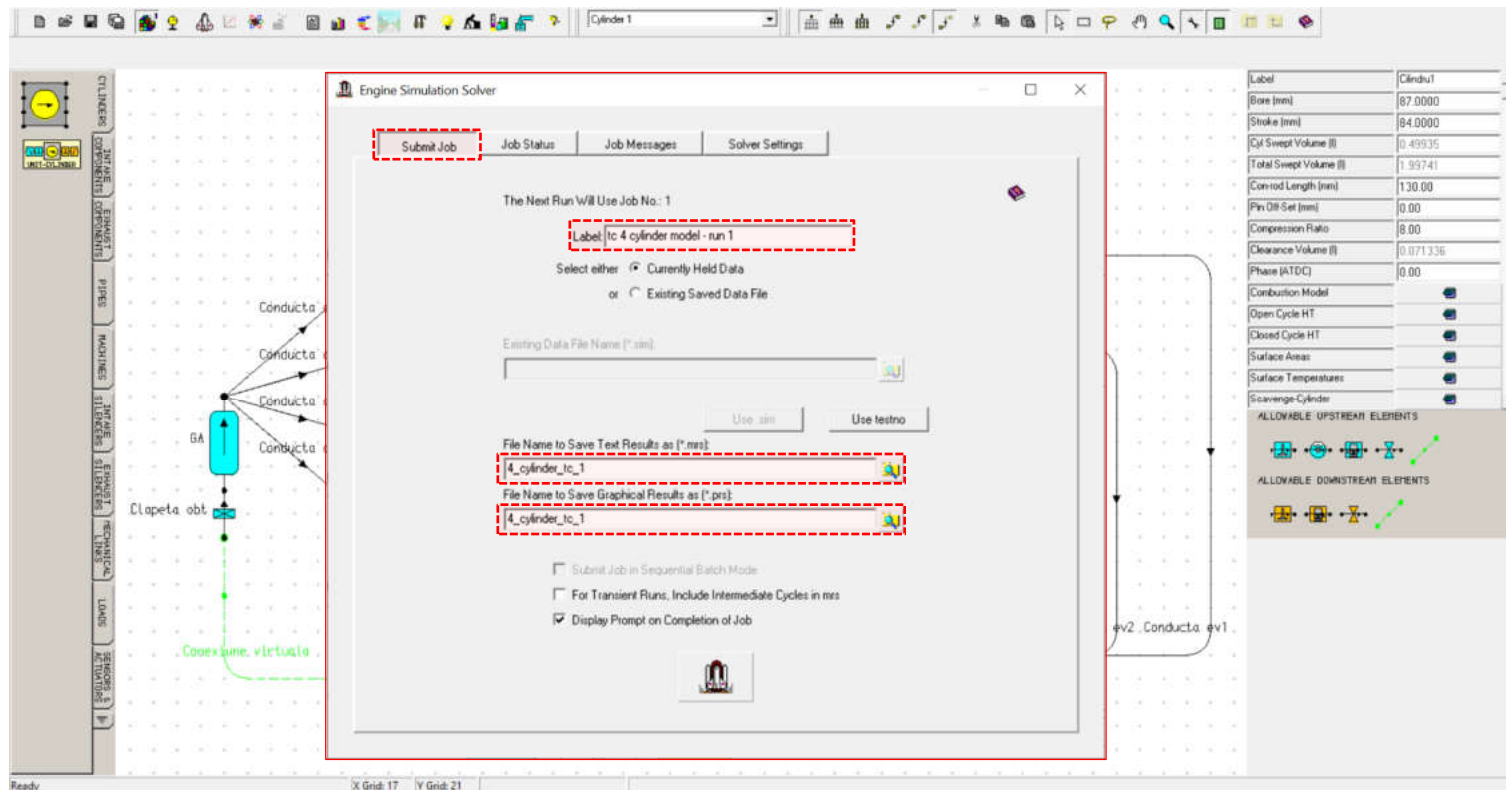


Fig. 8.38 Implementarea unui turbocompresor - Engine Simulation Solver – Date generale

Implementarea unui turbocompresor

Pas 2 – Setări solver

În categoria **Solver Settings** (setări solver) se atrage atenția asupra numărului unităților de procesare utilizate (**number of CPUs to use**): acest lucru permite calculul, în paralel, al mai multor cazuri, ceea ce scurtează durata totală a simulării (fig. 8.39). Se menționează faptul că valoarea implicită pentru numărul unităților de procesare utilizate (**number of CPUs to use**) este 1 și că modificarea ei (în intervalul permis) are efect doar acolo unde procesorul calculatorului dispune de mai multe nuclee de calcul.

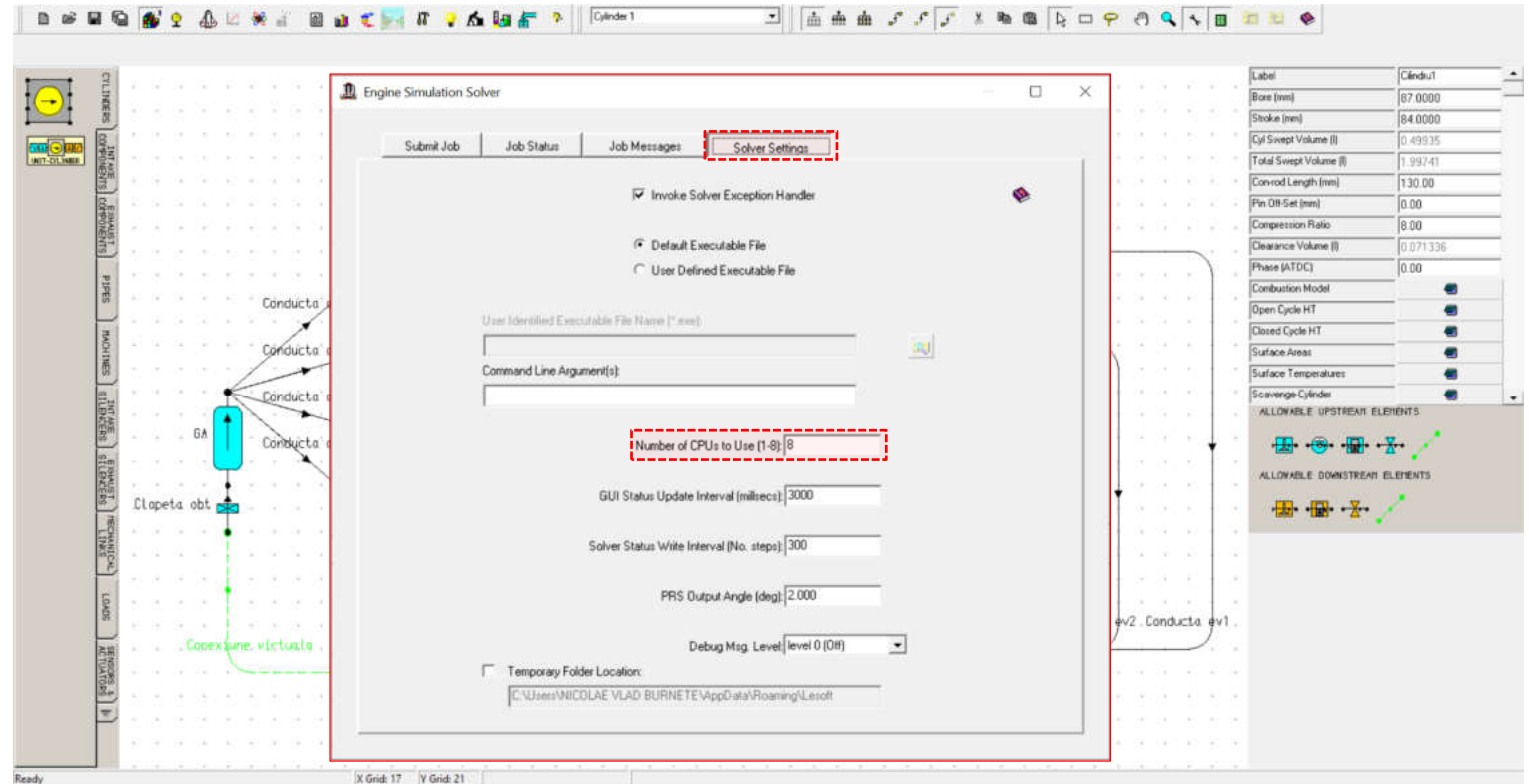


Fig. 8.39 Implementarea unui turbocompresor - Engine Simulation Solver – Solver Settings – Selectarea numărului de unități de procesare utilizate

Implementarea unui turbocompresor

Pas 3 – Rulare și monitorizarea simulării

După pornirea simulării, utilizatorul poate urmări evoluția procesului prin accesarea secțiunii **Job Status** (stare sarcină de lucru). Informațiile care pot fi urmărite sunt (fig. 8.40):

Denumire	
ro	en
Numărul de sarcini active	Number of Active Jobs
Sarcina afișată ...	Showing Job ...
Cilindrul afișat ...	Showing Cylinder ...
Timp scurs	Elapsed Time
Timp rămas (estimare)	Remaining (estimated)
Grad de finalizare (%)	Complete (%)
Numărul testului	Test Number
Turația (rpm)	Speed (rpm)
Numărul ciclului	Cycle Number
Unghiul de rotație al arborelui cotit (°)	Crank Angle (deg)
Tip sarcină	Job Type
Etichetă sarcină	Job Label

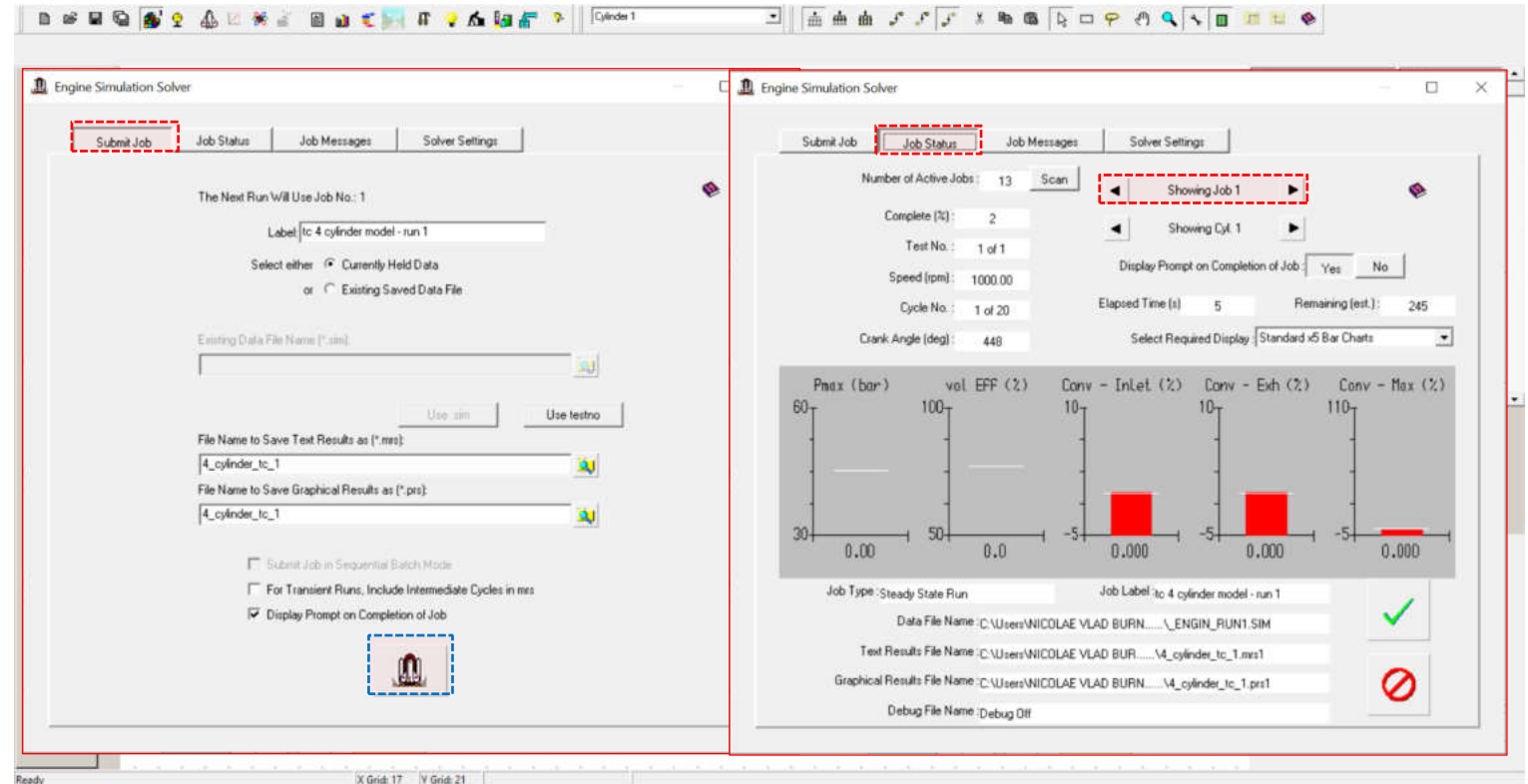


Fig. 8.40 Implementarea unui turbocompresor - Rularea și monitorizarea simulării

Implementarea unui turbocompresor

Pas 4 – Efectuare calcul (rulare simulare)

Progresul simulării poate fi urmărit și în ferestrele vizibile în figura 8.41 în care se poate observa pasul de calcul pentru fiecare caz în parte.

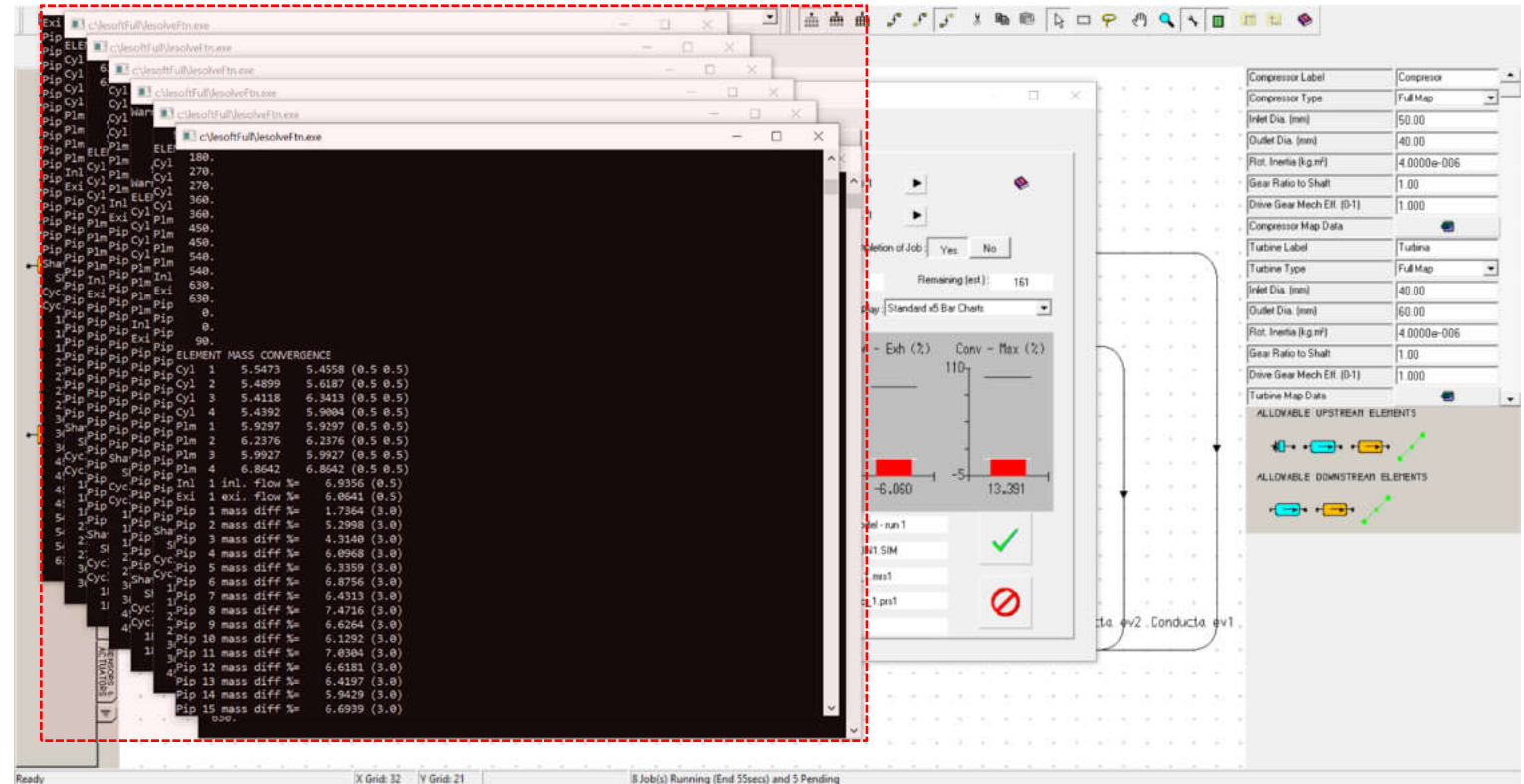


Fig. 8.41 Implementarea unui turbocompresor - Rulare simulare

Pas 5 – Încărcare rezultate

La finalizarea procesului de simulare, dacă la pasul 1 a fost bifată opțiunea **Display Prompt on Completion of Job** (fig. 8.38) se deschide o nouă fereastră (fig. 8.42) care informează utilizatorul cu privire la acest lucru și permite selectarea pașilor următori. Mai precis, utilizatorul poate alege să încarce rezultatele de tip text (**load text results (.mrs)**) sau **load graphics results (.mrs)**), respectiv a rezultatelor grafice (**load graphics results (.prs)**) în utilitarele dedicate (se menționează faptul că aceste utilitare nu se deschid automat). În cazul de față se bifează opțiunile: **Load Text Results (.mrs)**, **Load Graphics Results (.mrs)** și (**Load Graphics Results (.prs)**), iar apoi se apasă pe butonul **Load** (încarcă).

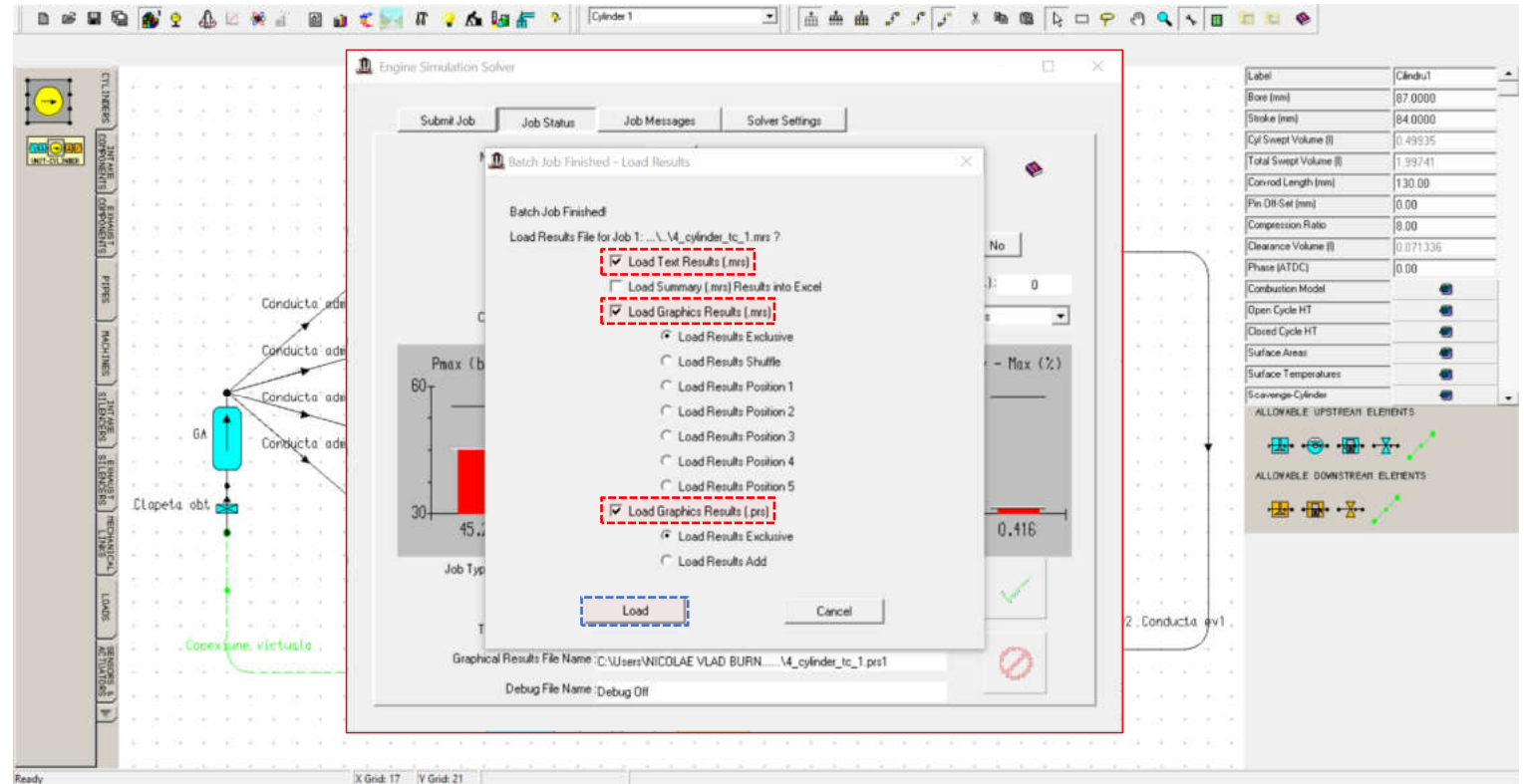





Fig. 8.42 Implementarea unui turbocompresor - Încărcare rezultate

8.2.7. Vizualizarea rezultatelor

Pas 1 – Rezultate MRS – Încărcare date

În cazul în care nu s-au încărcat datele conform pasului 5 din capitolul 8.2.6 (fig. 8.47) există posibilitatea încărcării acestor date direct din utilitarele utilizate pentru vizionarea lor. În acest scop, pentru încărcarea datelor de tip text se accesează **Results File Text Viewer** sau . În nou fereastră de lucru se accesează **File → Load Results** (fig. 8.43) care îi permite utilizatorului să aleagă fișierul care conține datele dorite. Se procedează în mod analog și pentru prezentarea grafică a rezultatelor de tip text **Results Graphs** sau , respectiv pentru rezultatele grafice **To prs Results Viewer** sau  (fig. 8.43). Mai multe de privind accesarea datelor grafice sunt prezentate la pasul 8.

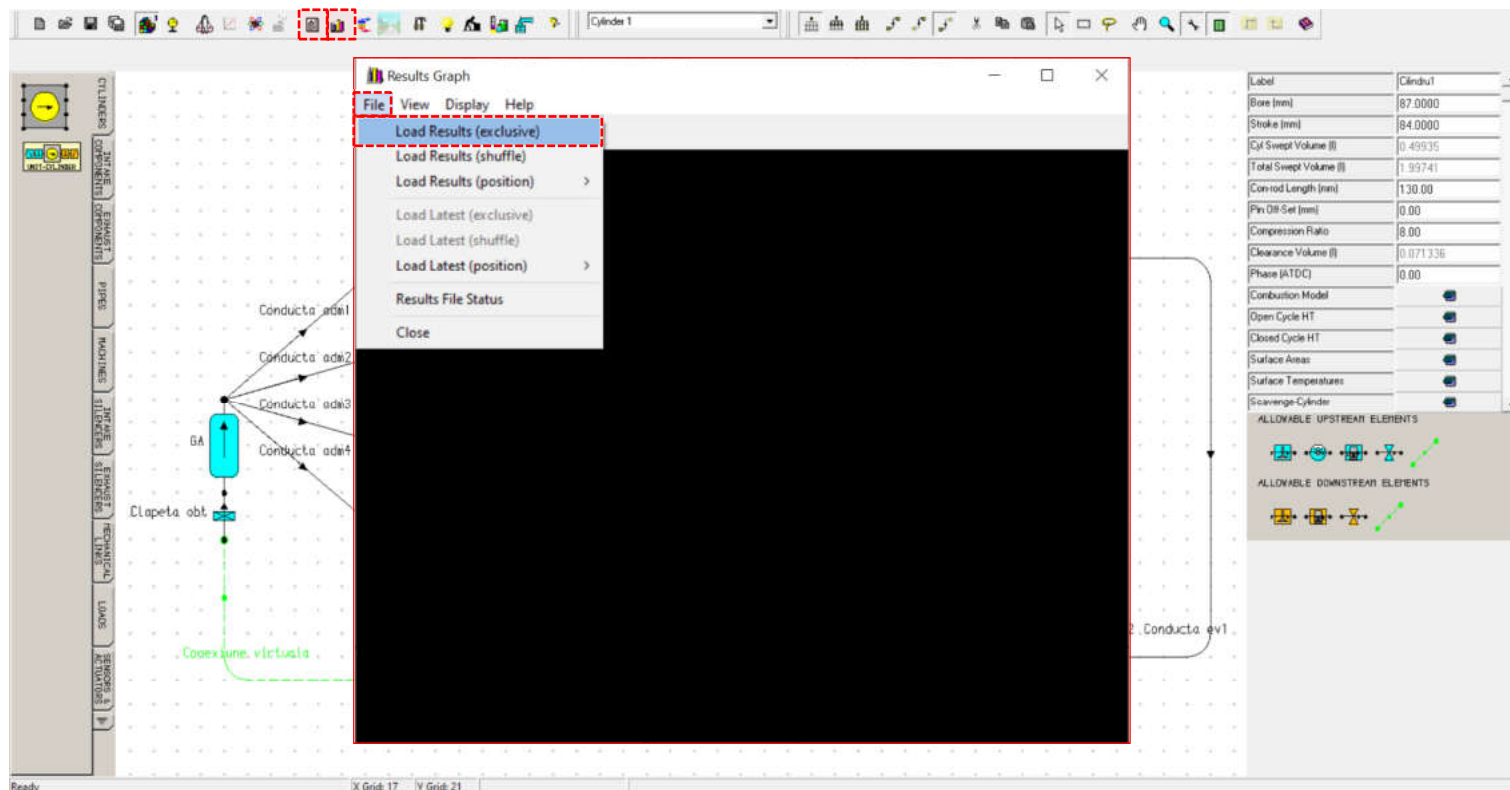



Fig. 8.43 Implementarea unui turbocompresor - Accesare și încărcare date

Pas 2 – Rezultate MRS – Vizualizare date

După încărcarea rezultatelor simulării se face click pe **Results Graph** () sau **Results** → **.mrs Results** → **Results Graph** ceea ce va deschide o nouă fereastră de lucru, în care sunt prezentate grafic rezultate preluate din fișierele text. Pentru o vizualizare corectă, după deschiderea ferestrei **Results Graph** se va face click pe **View** → **Autoscale**, pentru a realiza o adaptare automată a scării graficelor. Pentru exemplificare, în figura 8.44 sunt prezentate:

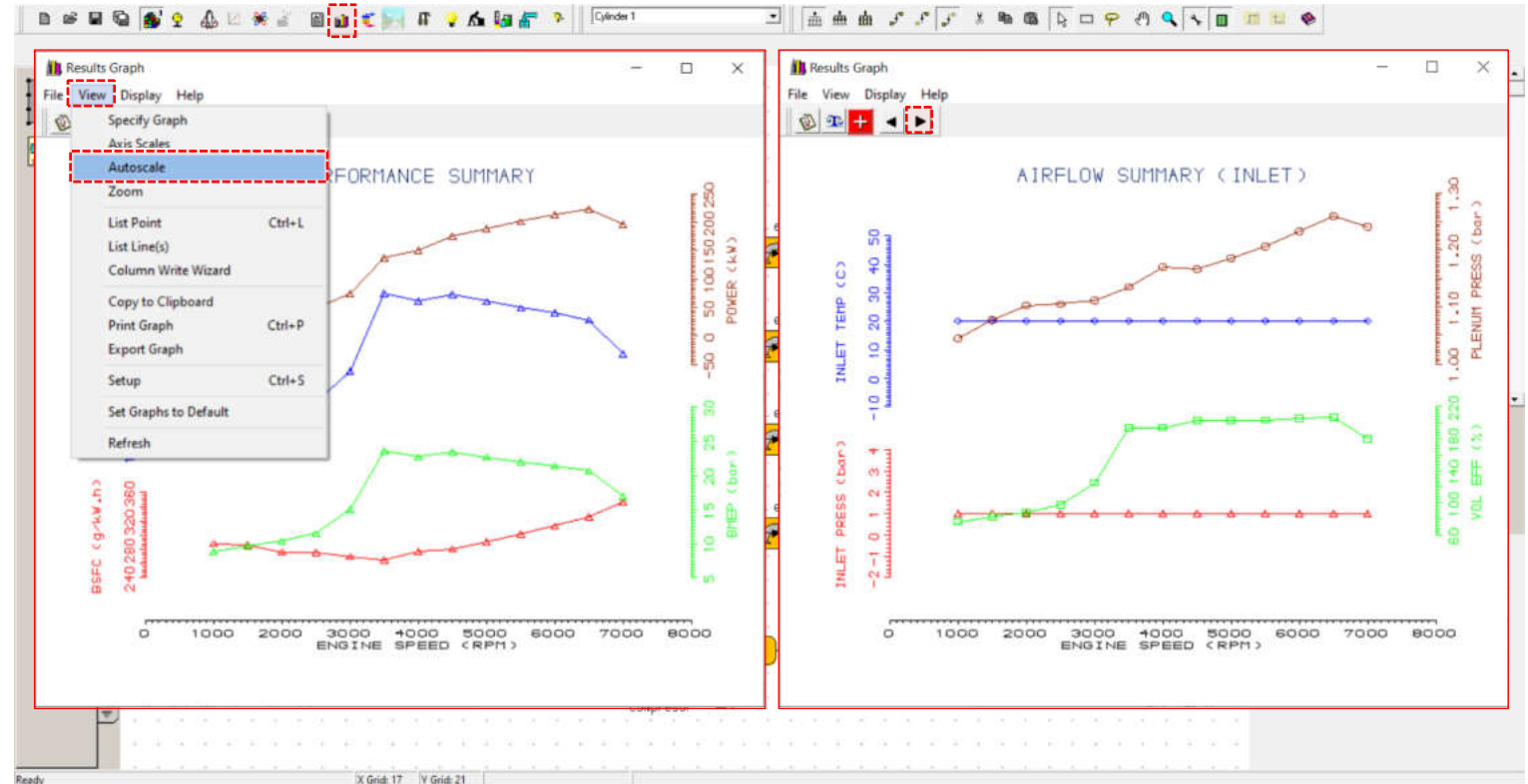


Fig. 8.44 Implementarea unui turbocompresor - Results Graph – Accesare Autoscale

- ▶ **Performance Summary** (sumar de performanțe) – conține curbele de variație ale puterii (**power**), momentului motor (**torque**), consumului specific efectiv (**break specific fuel consumption – BSFC**) și presiunii medii efective (**break mean effective pressure – BMEP**);
- ▶ **Airflow Summary (Inlet)** (sumar privind curgerea aerului pentru limita de pe admisie) – conține curbele de variație ale presiunii la limita de pe admisie (**inlet pressure**), temperaturii la limita de pe admisie (**inlet temperature**), presiunii din elementul plenum (**plenum pressure**) și eficienței umplerii (**volumetric efficiency**).

Pas 3 – Rezultate MRS – Comparare date

Datele sunt comparate cu modelul cu umplere normală din capitolul 5. Se poate constata faptul că începând cu turația de 2000 min^{-1} performanțele motorului cresc semnificativ. Acest lucru se datorează masei mai mare de amestec admisă în motor (fig. 8.45).

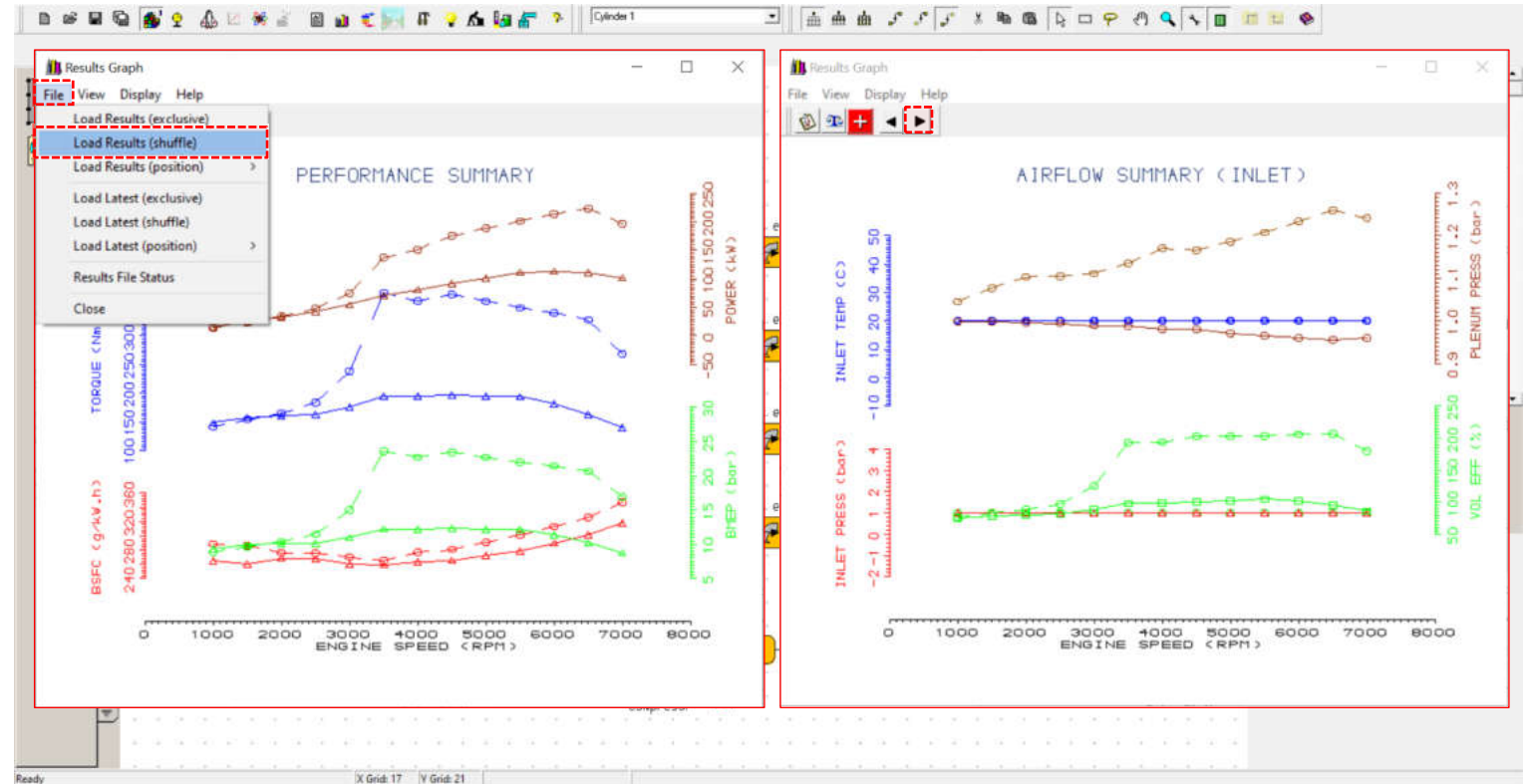


Fig. 8.45 Implementarea unui turbocompresor - Results Graph – Accesare Load Results (shuffle)

Pas 4 – Rezultate MRS – Exportare date

Datele din aceste grafice pot fi exportate sub formă de fișiere text accesând **View** → **List Lines** (fig. 8.46). În noua fereastră se poate selecta volumul de informație care să fie inclus în fișier prin accesarea **List** → **Graph** → **All Graphs**. Pentru salvare click pe **List** → **Save Text to File**.

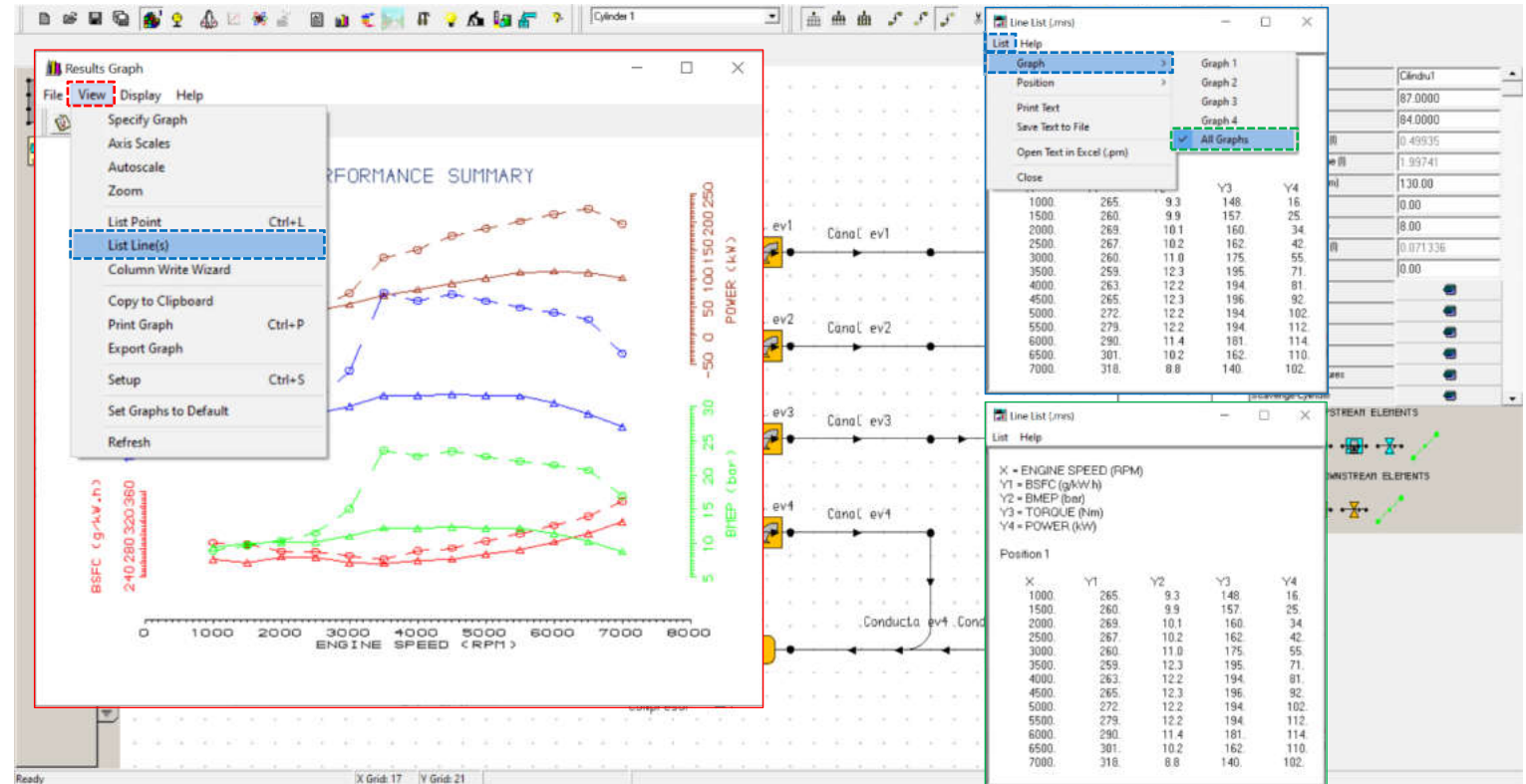


Fig. 8.46 Implementarea unui turbocompresor - Results Graph – Accesare List Line(s)

Pas 5 – Rezultate Text

Alternativ, rezultatele pot fi vizualizate sub formă de text prin accesarea **Results File Text Viewer** (). În noua fereastră de lucru (fig. 8.47) sunt expuse informațiile din fișierul text care conține rezultatele simulării, unde apar informații cu privire la fiecare componentă în parte și la nivel de motor, date de intrare, respectiv rezultate. Utilizatorul poate vizualiza datele de performanță sub formă tabelară prin click pe **View** → **Go to Concise Summary**. Astfel, acesta va fi dus direct la zona din fișierul text unde sunt afișate aceste rezultate.

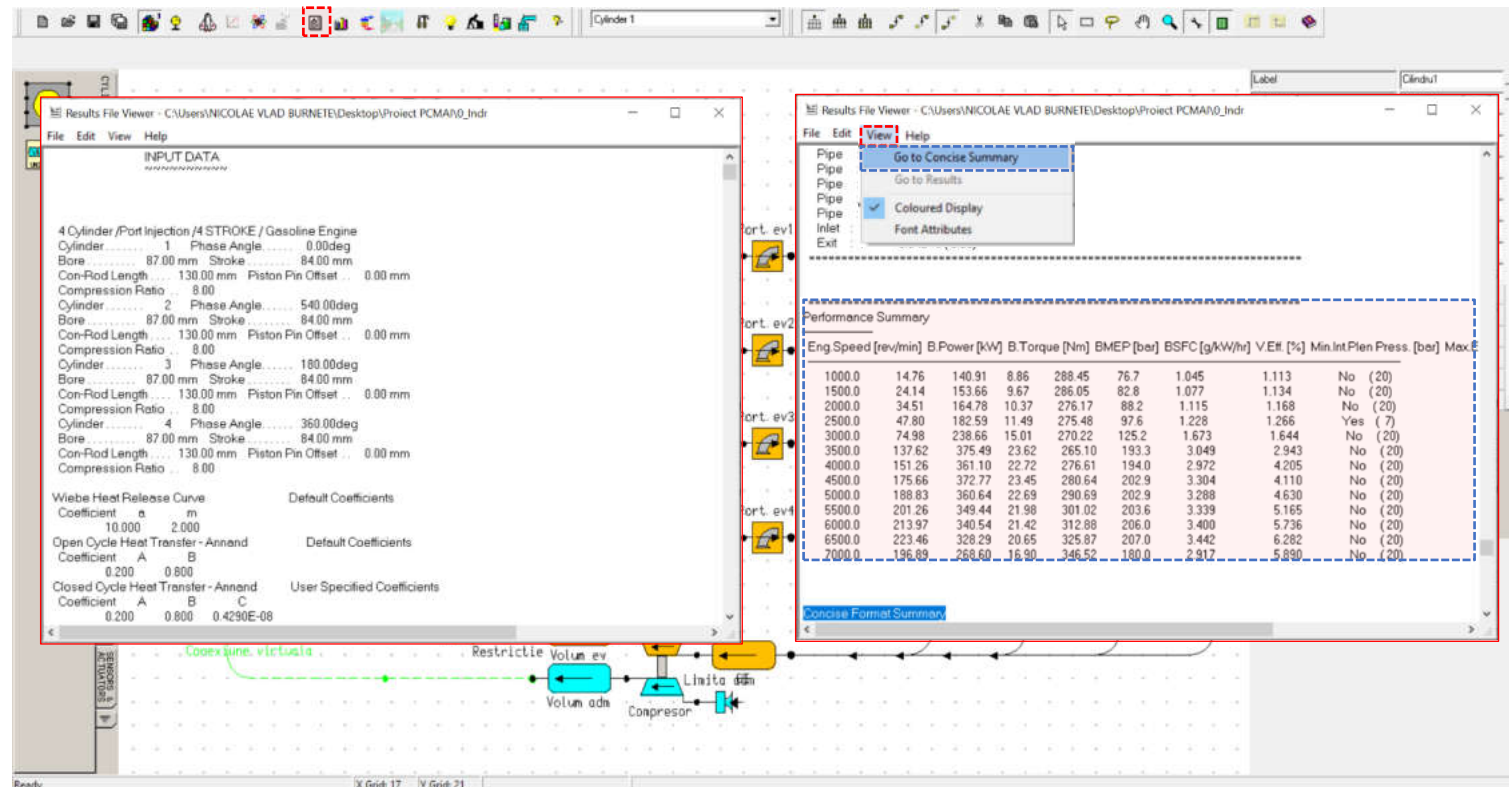





Fig. 8.47 Implementarea unui turbocompresor - Rezultate Text

Implementarea unui turbocompresor

Pas 6 – Rezultate PRS – Încărcare date

Suplimentar față de rezultatele text, utilizatorul poate accesa și rezultate grafice prin intermediul **To prs Results Viewer** () (fig. 8.48). Astfel, interfața de lucru a programului software Lotus Engine Simulation se va modifica, trecând la modul de vizualizare grafică a rezultatelor. În cazul în care în această interfață se intră după finalizarea simulărilor, iar în fereastra de informare de la final s-a bifat opțiunea **Load Graphics Results (.prs)** (încarcă rezultatele grafice (.prs)) (fig. 8.43), datele vor fi deja încărcate. În caz contrar acestea vor trebui adăugate de utilizator prin accesarea **Load .prs Results File** () sau din **Results → .prs Results → .prs Files → .prs File Add**.

Acest lucru îi va permite utilizatorului să selecteze fișierul din care vor fi încărcate rezultatele.

În partea stângă a acestei interfețe (fig. 8.43) se poate observa modelul creat, iar în dreapta, grafice ale presiunii (**pressure**), temperaturii (**temperature**), debitului masic (**mass flow rate**) și vitezei de curgere (**velocity**) – acestea sunt mărimile implicite (la nevoie, utilizatorul poate modifica mărimile afișate). Suplimentar față de aceste grafice utilizatorul mai poate urmări evoluția presiunii ținând cont de un cod de culori (albastru – presiune scăzută (**low pressure**), roșu – presiune ridicată (**high pressure**)) prin intermediul **Shaded Display** ().

Pentru afișarea de date în aceste grafice utilizatorul trebuie să selecteze elementul/locația din model pentru care dorește vizualizarea de date. Alegerea unui element sau altul este indicată printr-o lupă (fig. 8.49).

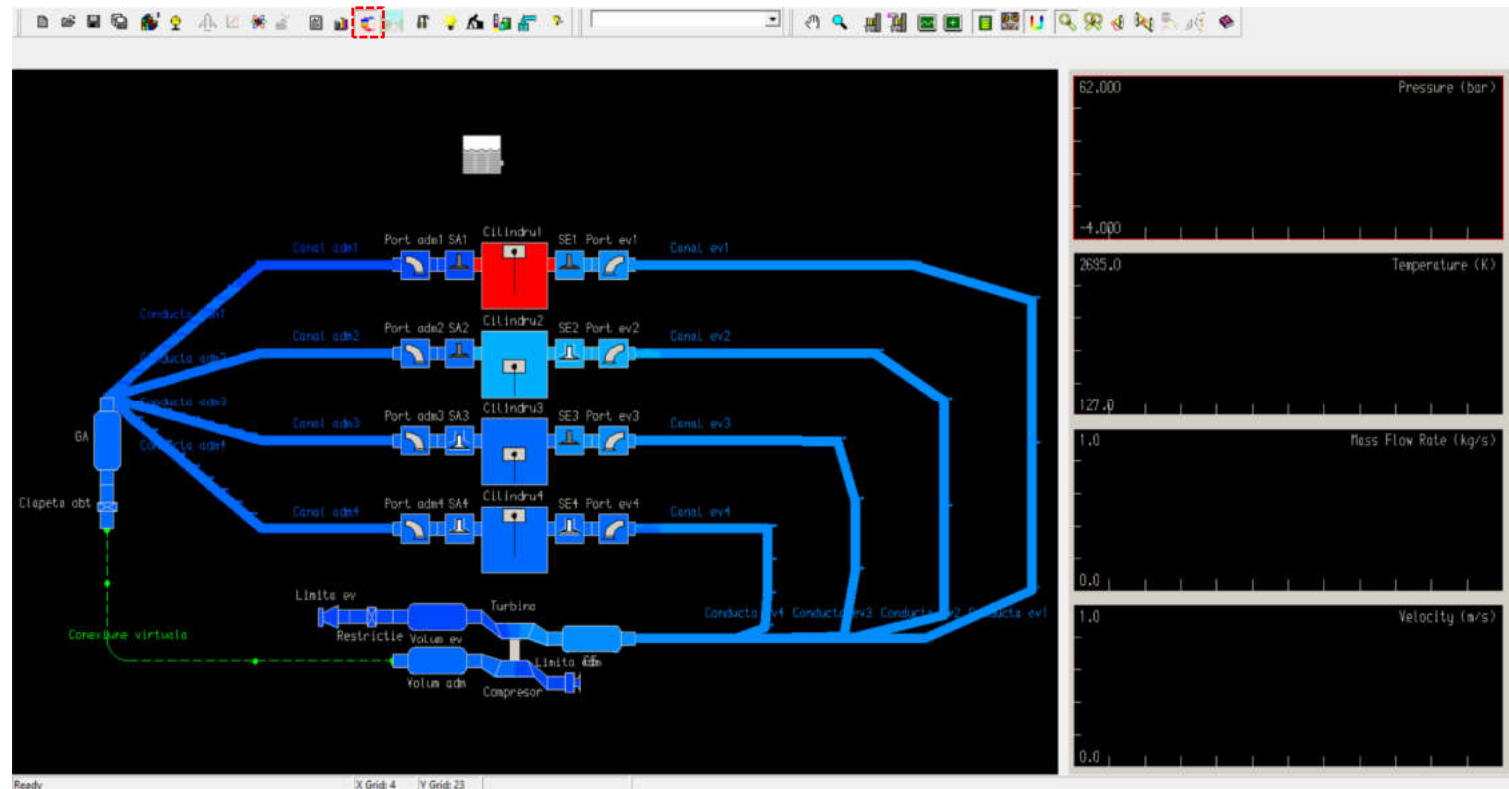


Fig. 8.48 Implementarea unui turbocompresor - Rezultate PRS – Încărcare date

Implementarea unui turbocompresor

Pas 7 – Rezultate PRS – Vizualizare date cilindru 3500 min⁻¹

După ce datele au fost încărcate, utilizatorul poate alege care dintre acestea sunt afișate accesând **.prs Results File Status**. În noua fereastră se pot selecta:

Denumire	
ro	en
Toate turațiile	All Speeds
Alege turațiile	Pick Speeds
O singură turație	Single Speed
Adaugă	Add
Șterge	Remove
Șterge toate	Remove All
Afișat	On Display

Lista de rezultate se poate modifica prin adăugarea (**add**) și/sau ștergerea

(**remove** sau **remove all**) de rezultate. După aplicarea opțiunilor dorite se face aplică modificările dorite prin click pe **Apply**, iar apoi **Autoscale all Graphs**. În cazul de față se va opta pentru alegerea turației afișate (**single speed**) și se face click pe fișierele cu rezultatele corespunzătoare turației de 3500 min⁻¹ ceea ce poate fi identificat ușor pe baza denumirii fișierelor care conțin și numărul cazului de testare – a se vedea și figura 8.49.

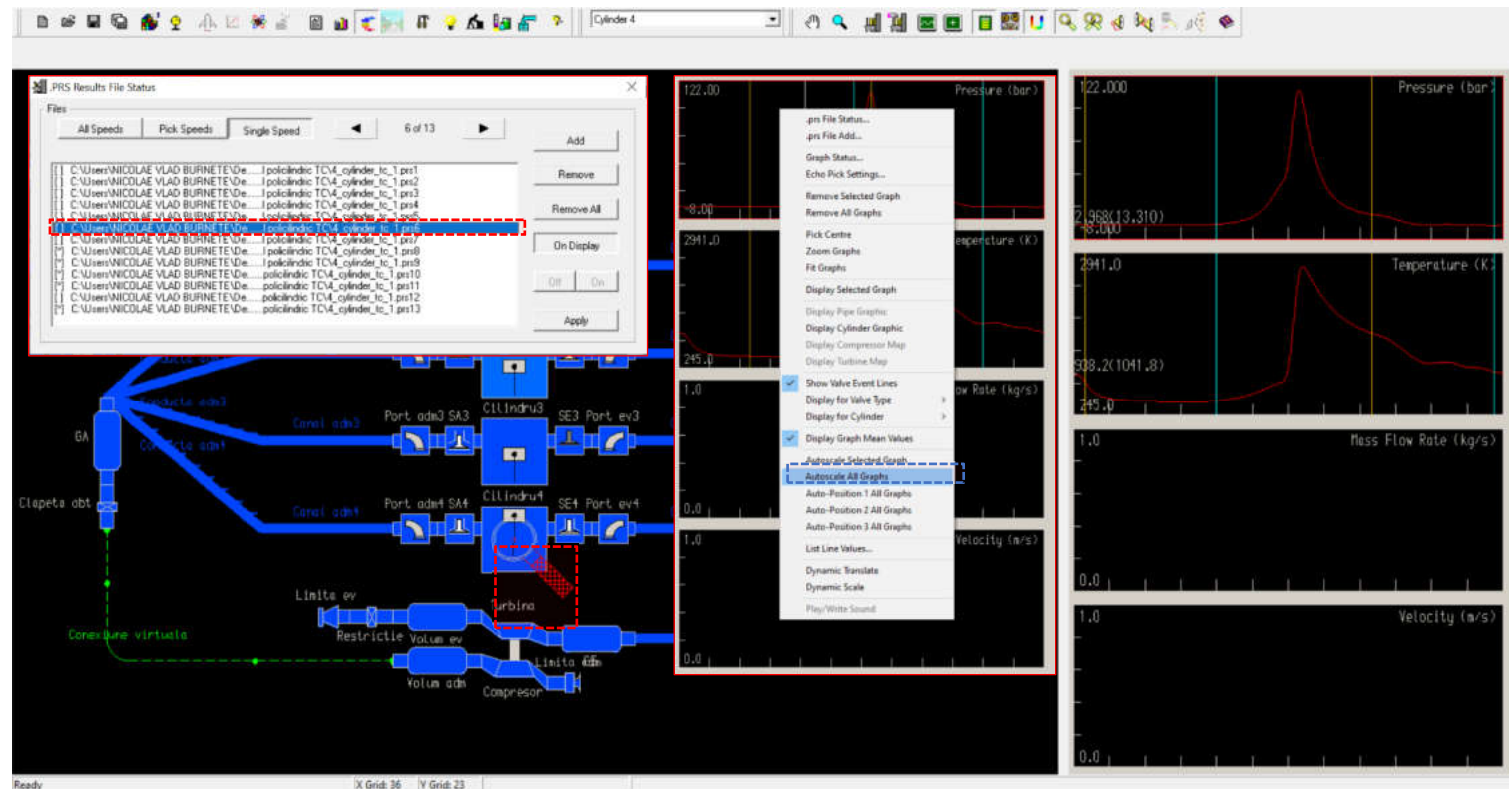


Fig. 8.49 Implementarea unui turbocompresor - Rezultate PRS – Vizualizare date cilindru 3500 min⁻¹

Pas 8 – Rezultate PRS – Vizualizare date curgere 3500 min⁻¹

În figura 8.50 se observă rezultatul pentru orificiul de admisie (intake port) la turația de 3500 min⁻¹ (fișierul *.prs6). În graficele din partea dreaptă se pot observa evoluțiile presiunii (pressure), temperaturii (temperature), debitului masic (mass flow rate) și vitezei de curgere (velocity) în funcție de unghiul de rotație al arborelui cotit (crank angle).

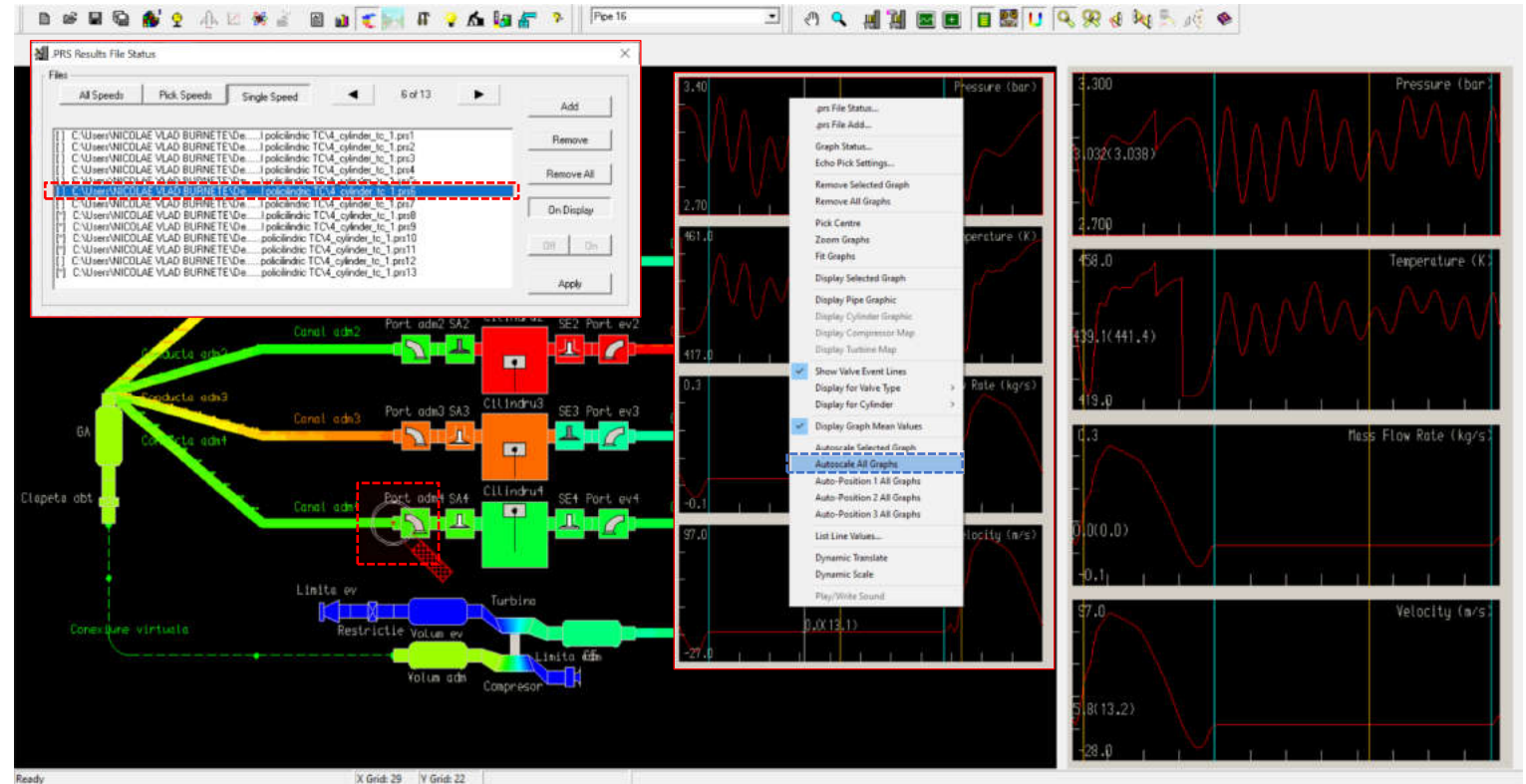




Fig. 8.50 Implementarea unui turbocompresor - Rezultate PRS – Vizualizare date curgere 3500 min⁻¹

Implementarea unui turbocompresor

Pas 9 – Rezultate PRS – Vizualizare animație sistem complet

Analog conductelor individuale, și pentru modelul complet se poate urmări, sub forma unui video, evoluția presiunii în conducte pe parcursul unui ciclu prin accesarea **.prs Video Control** sau  (fig. 8.51). Pentru pornirea, oprirea etc. a secvenței video se pot utiliza comenzile de control (). Se face mențiunea că scara graficelor afișate influențează direct scara colorilor.

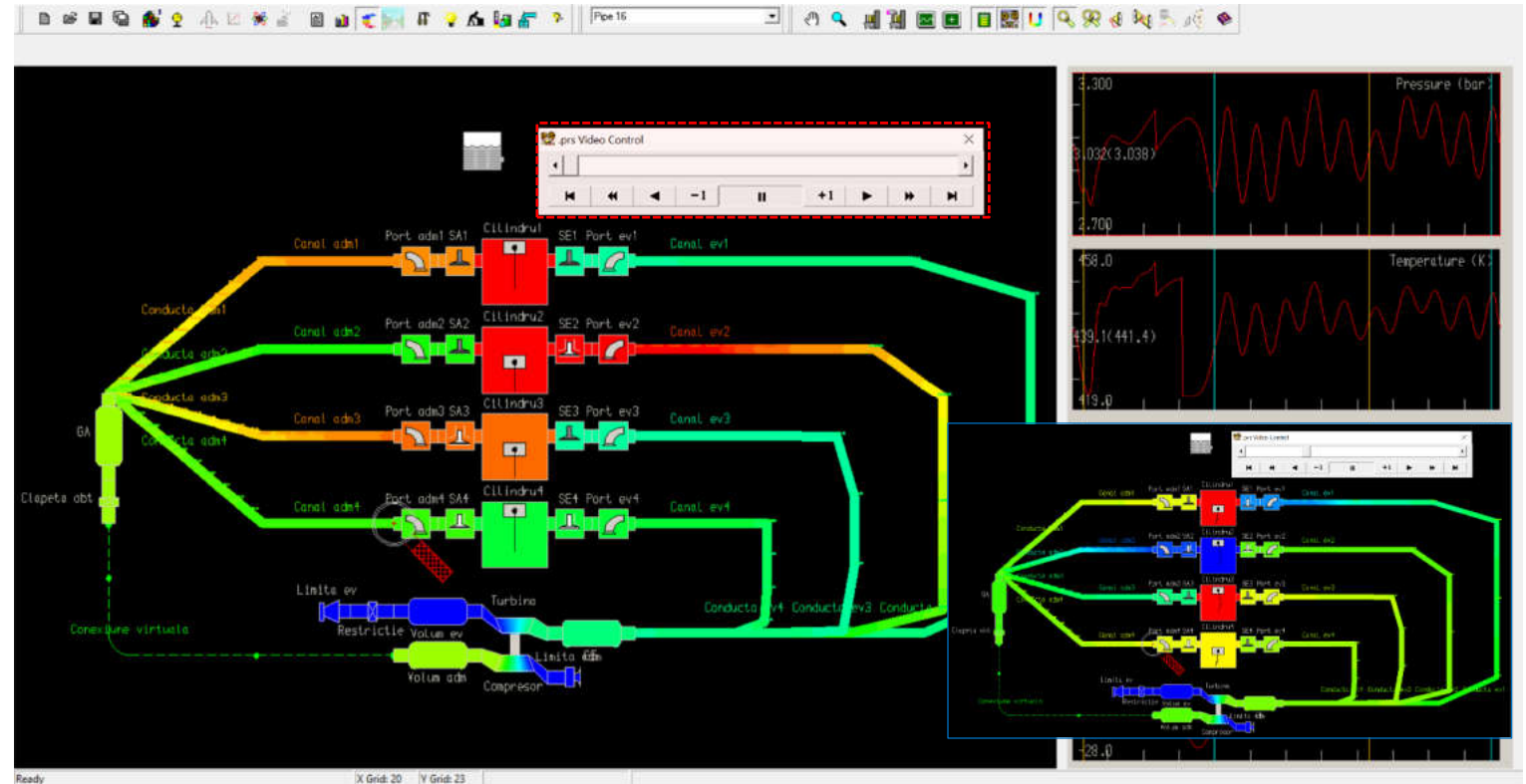


Fig. 8.51 Implementarea unui turbocompresor - Rezultate PRS – Vizualizare animație sistem complet

Pas 10 – Rezultate PRS – Vizualizare animație cilindru

Analog conductelor individuale și modelului complet, programul software oferă posibilitatea de a urmări, sub forma unui video, evoluția presiunii în cilindru pe parcursul unui ciclu prin click dreapta pe grafice și alegerea opțiunii **Display Cylinder Graphic** (fig. 8.52). Înainte de a face acest lucru utilizatorul trebuie să selecteze elementul cilindru pentru care dorește vizualizarea. Pentru pornirea, oprirea etc. a secvenței video se pot utiliza comenzile de control din interfață (-1 || +1 ▶▶). Se face mențiunea că scara graficelor afișate influențează direct scara culorilor.

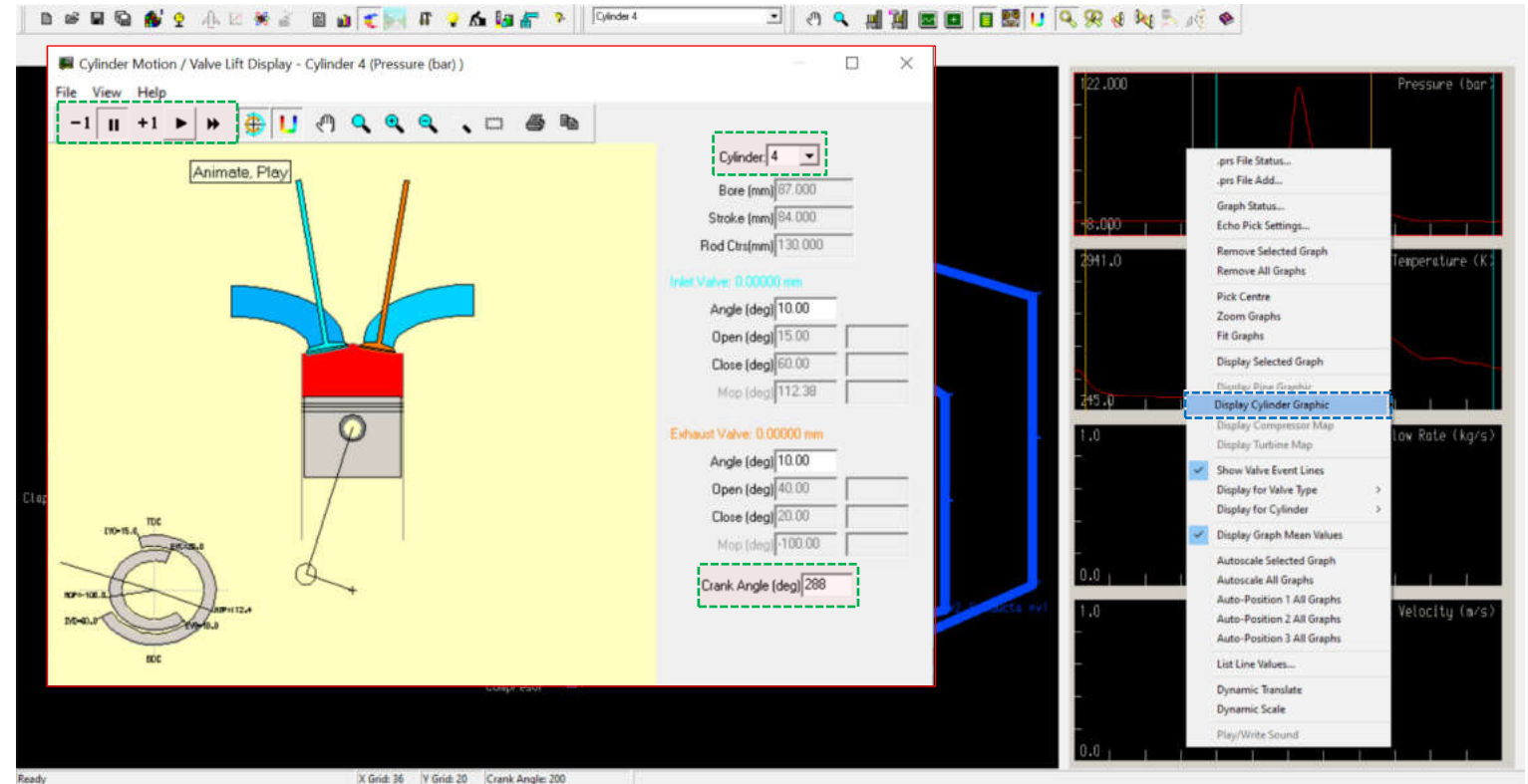


Fig. 8.52 Implementarea unui turbocompresor - Rezultate PRS – Vizualizare animație cilindru

Pas 11 – Rezultate PRS – Exportare date

În cazul în care se dorește analiza datelor într-un alt program software și/sau prezentarea lor sub o altă formă, programul software Lotus Engine Simulation oferă utilizatorului posibilitatea de a extrage aceste date. În acest scop, se face click dreapta pe graficul cu valorile dorite, iar apoi se selectează **List Line Values** (afișează valorile curbei) (fig. 8.53). Acest lucru deschide o nouă fereastră de lucru (**line list**) în care sunt prezentate tabelar datele extrase.

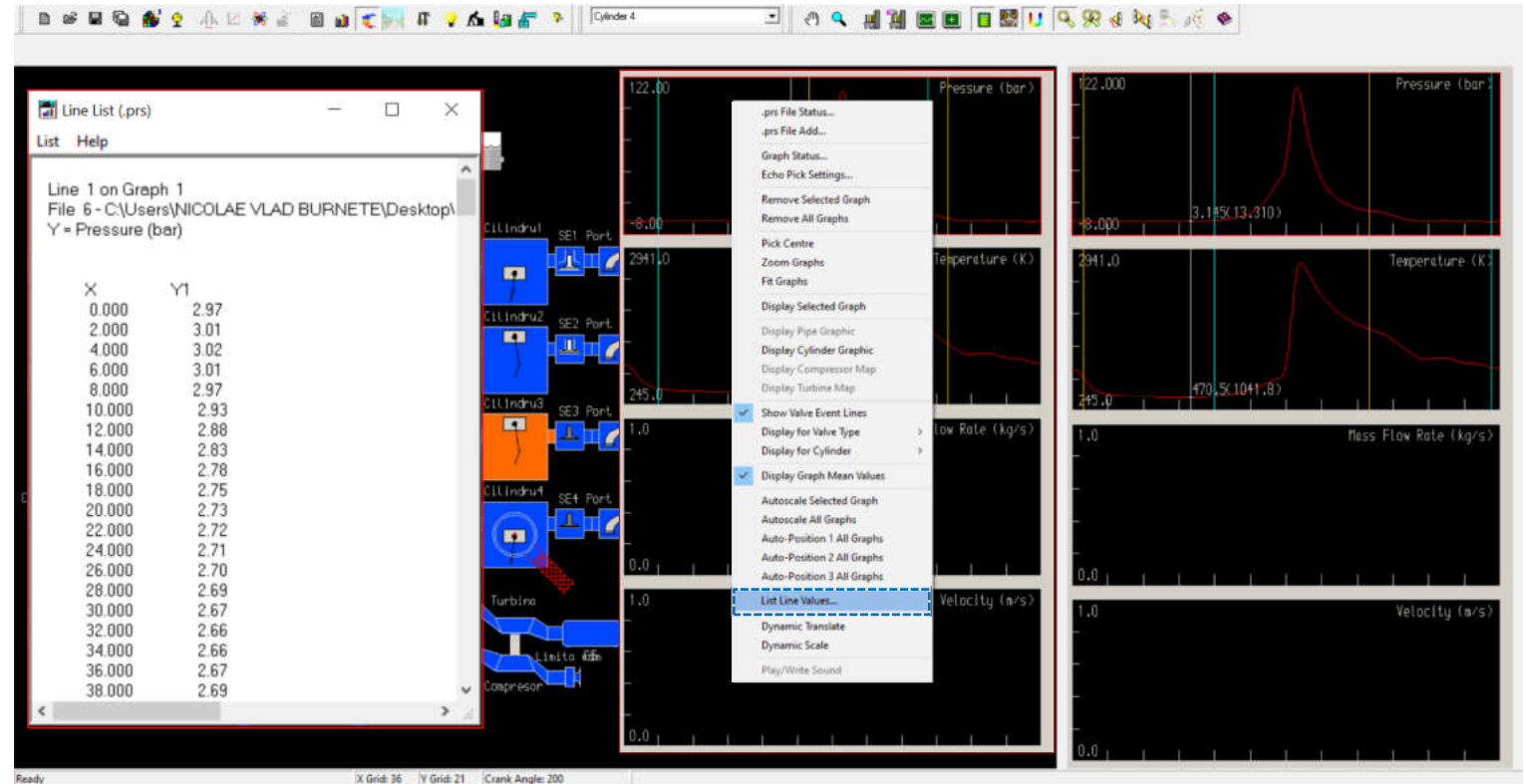


Fig. 8.53 Implementarea unui turbocompresor - Rezultate PRS – Accesare List Line Values

Implementarea unui turbocompresor

Pas 12 – Rezultate PRS – Exportare date

Pentru a salva aceste date sub forma unui fișier text, click pe **List** → **Save Text to File** (fig. 8.54), iar apoi se specifică denumire fișierului și locația de salvare.

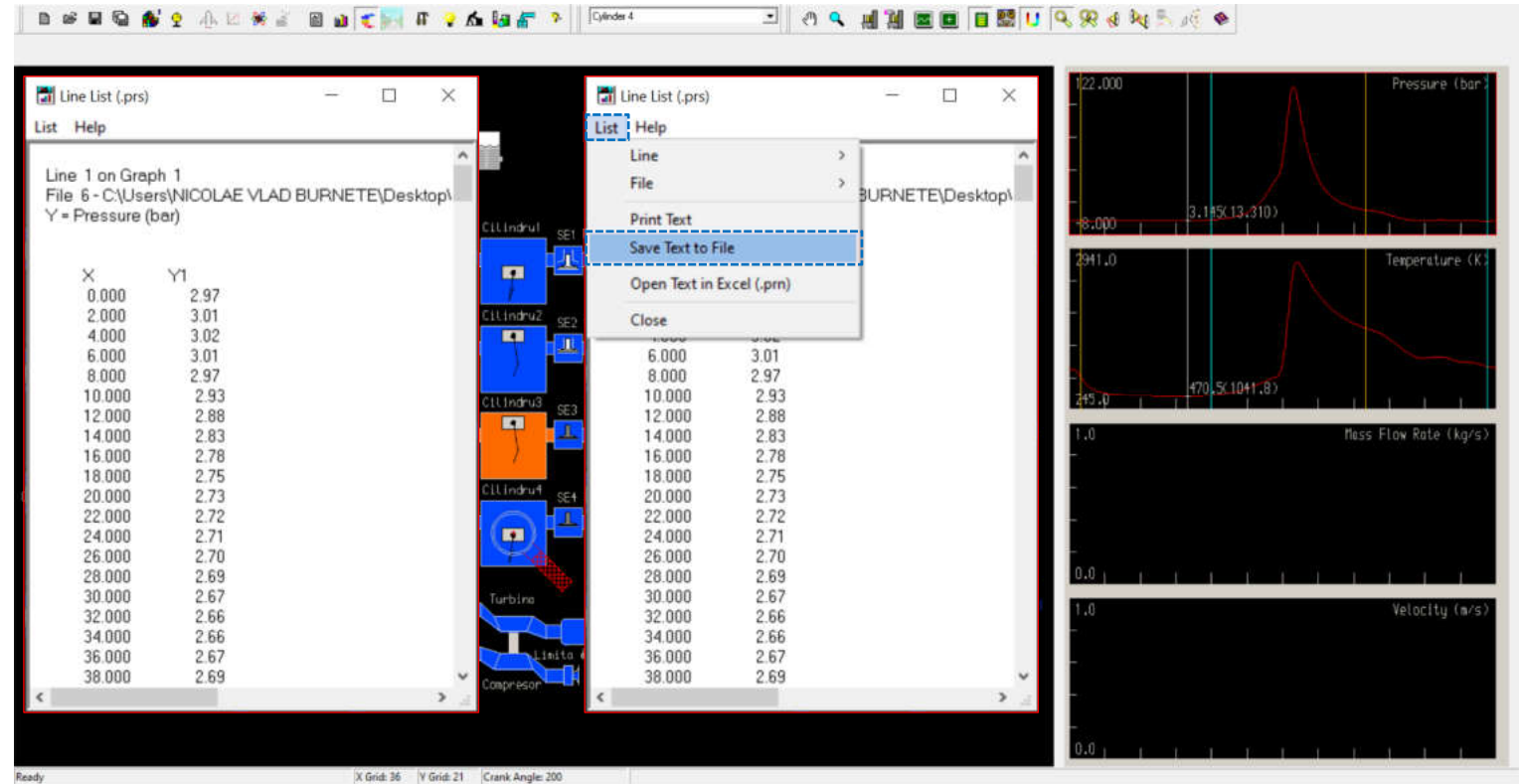



Fig. 8.54 Implementarea unui turbocompresor - Rezultate PRS – Accesare Save Text to File

Pas 13 – Rezultate PRS – Revenire la interfața de lucru

În cazul în care se dorește revenirea la interfața de lucru, click pe **To Builder Interface** () (fig. 8.55).

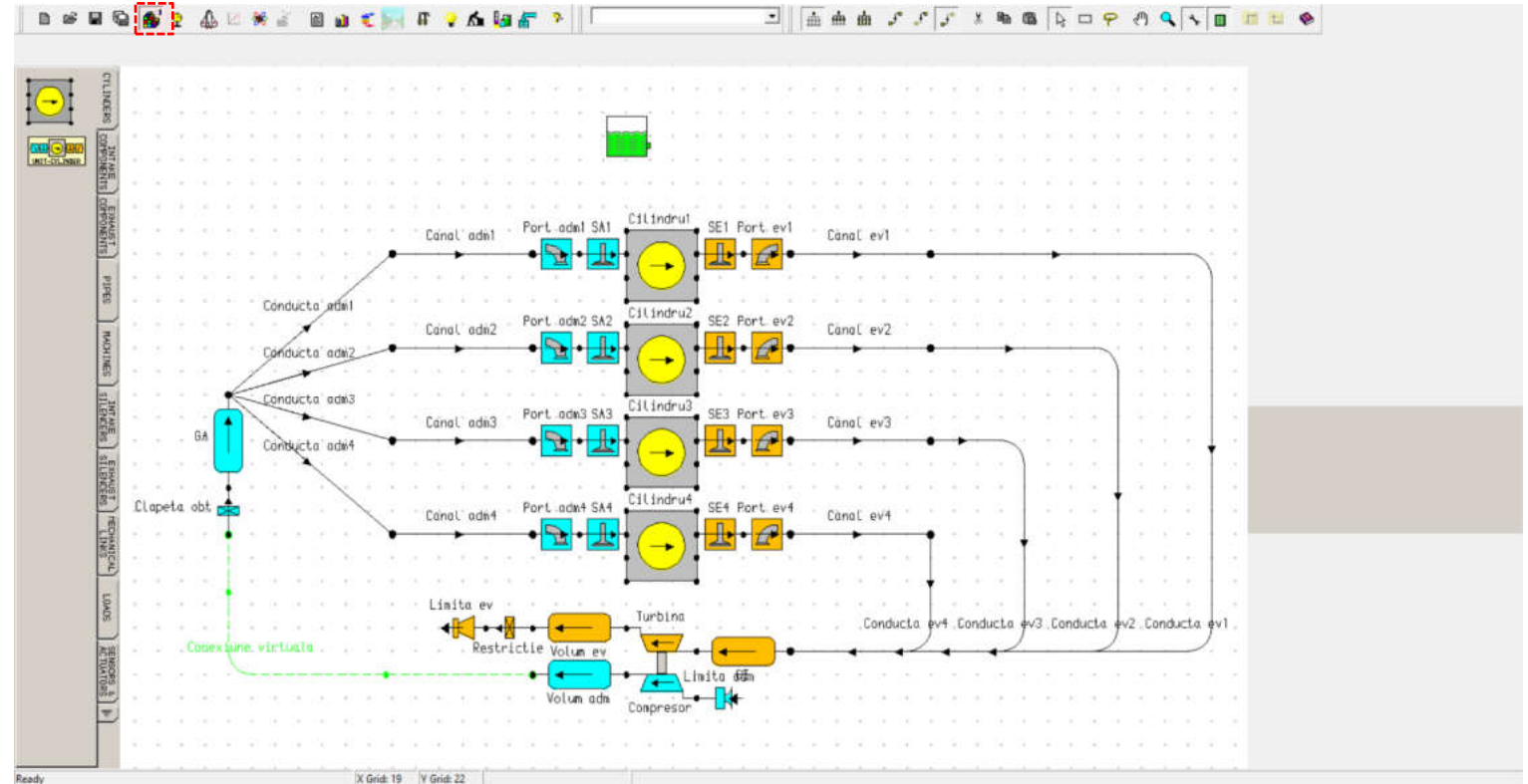


Fig. 8.55 Implementarea unui turbocompresor - Revenire la interfața de lucru

Bibliografie

- [1] Lotus Engineering, "Lotus Engine Simulation - Help." .
- [2] D. Winterbone and R. Pearson, *Design techniques for engine manifolds. Wave action methods for I.C. engines*. London: Professional Engineering Publishing, 2000.
- [3] R. S. Benson, J. H. Horlock, and D. E. Winterbone, *The Thermodynamics and Gas Dynamics of Internal-combustion Engines*, no. v. 1. Clarendon Press, 1982.
- [4] D. S. Miller, *Internal Flow Systems*. BHRA (Information Services), 1990.
- [5] M. D. Bassett, R. J. Pearson, N. P. Fleming, and D. E. Winterbone, "A multi-pipe junction model for one-dimensional gas-dynamic simulations," *SAE Trans.*, pp. 565–583, 2003.
- [6] M. D. Bassett, D. E. Winterbone, and R. J. Pearson, "Modelling engines with pulse converted exhaust manifolds using one-dimensional techniques," *SAE Trans.*, pp. 400–415, 2000.
- [7] ***AVL List GmbH, "AVL Boost User Guide." 2020.
- [8] J. B. Heywood, *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-hill New York, 1988.
- [9] N. Watson, A. D. Pilley, and M. Marzouk, "A Combustion Correlation for Diesel Engine Simulation," *Diesel Combust. Emiss.*, 1980.
- [10] N. V. Burnete and N. Burnete, *Motoare cu ardere internă și termodinamică. Noțiuni fundamentale*. UT Press, 2021.
- [11] T. and F. M. Group and W. J. D. Annand, "Heat transfer in the cylinders of reciprocating internal combustion engines," *Proc. Inst. Mech. Eng.*, vol. 177, no. 1, pp. 973–996, 1963.
- [12] G. Woschni, "A universally applicable equation for the instantaneous heat transfer coefficient in the internal combustion engine," SAE Technical paper, 1967.
- [13] G. Eichelberg, "Some new investigations on old combustion engine problems," *Engineering*, vol. 148, pp. 547–550, 1939.
- [14] Y. Cengel and A. Ghajar, *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications*, 6th ed. McGraw-Hill Education, 2020.
- [15] R. S. Benson and P. T. Brandham, "A method for obtaining a quantitative assessment of the influence of charging efficiency on two-stroke engine performance," *Int. J. Mech. Sci.*, vol. 11, no. 3, pp. 303–312, 1969.
- [16] W. A. Woods and S. R. Khan, "Paper 3: An Experimental Study of Flow through Poppet Valves," *Proc. Inst. Mech. Eng. Conf. Proc.*, vol. 180, no. 14, pp.

- 32–41, Jun. 1965.
- [17] L. J. Kastner, T. J. Williams, and J. B. White, “Poppet Inlet Valve Characteristics and Their Influence on the Induction Process,” *Proc. Inst. Mech. Eng.*, vol. 178, no. 1, pp. 955–975, Jun. 1963.
- [18] R. S. Benson and N. D. Whitehouse, *Internal combustion engines. Vol. 2.* 1979.
- [19] N. Watson and M. Janota, *Turbocharging the Internal Combustion Engine.* Macmillan Education UK, 1982.
- [20] H. W. Barnes-Moss, “A designer’s viewpoint,” *Proc. IMechE Conf. Passeng. Car Engines*, pp. 133–147, 1973.
- [21] B. W. Millington and E. R. Hartles, “Frictional Losses in Diesel Engines,” *SAE Trans.*, vol. 77, 1968.
- [22] S. K. Chen and P. F. Flynn, “Development of a single cylinder compression ignition research engine,” *Natl. Powerpl. Transp. Meet.*, 1965.
- [23] K. J. Patton, R. G. Nitschke, and J. B. Heywood, “Development and evaluation of a friction model for spark-ignition engines,” *SAE Trans.*, pp. 1441–1461, 1989.
- [24] “More Torque and Better Boost: 2017 Ford F-150 to Debut with All-New 3.5-Liter EcoBoost Engine and 10-Speed Transmission | Ford Media Center.” [Online]. Available: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2016/05/03/2017-ford-f150-more-torque-better-boost.html>. [Accessed: 07-Oct-2021].
- [25] “Toyota new gasoline ICEs with 40% thermal efficiency.” [Online]. Available: <https://www.sae.org/news/2018/04/toyota-unveils-more-new-gasoline-ices-with-40-thermal-efficiency>. [Accessed: 07-Oct-2021].
- [26] “High-heat-resistant ball bearing unit for automobile turbochargers - MinebeaMitsumi.” [Online]. Available: <https://www.minebeamitsumi.com/english/strengths/column/turbobrg/>. [Accessed: 07-Oct-2021].

Dicționar

2-Stroke	2 timpi
4-Stroke	4 timpi
A	
A/F Ratio	Raport aer combustibil (kg Aer / kg Combustibil)
Advanced Options	Opțiuni avansate
Aftertreatment Analysis	Analiza post-tratării gazelor arse
Air Cleaner / Air Filter	Filtru de aer
Air Equivalence Ratio	Raport de echivalență
Air Humidity	Umiditatea aerului
Angle	Unghi
Average Cell Size	Dimensiunea medie a celulelor (de calcul)
B	
Base	Bază
Baseline Map	Hartă de referință
Bearing	Rulment/Fus
Bending Radius	Rază de curbură
Bore	Alezaj
Boundary	Limită (a sistemului)
Burnt Gas Re-entrainment Factor	Factor de corecție a re-antrenare a gazelor arse
Burnt Gases	Gaze arse
C	
Calibration Factor	Factor de calibrare
Cam Angle	Unghiul de rotație al axului cu came
Cam follower	Tachet
Cam Length	Lungimea camei

Catalyst	Catalizator
Cell Density	Densitate de celule/canale
Chamber	Cameră
Channel	Canal
Channel Shape	Forma canalului
Chart	Grafic
Chemical Reactions	Reacții chimice
Combustion	Ardere
Combustion Chamber	Cameră de ardere
Combustion Parameter	Parametru de ardere
Combustion Products	Prođuși de ardere
Combustion System	Sistem de ardere
Compression Ratio	Raport de comprimare
Compressor	Compresor
Compressor Inlet/Outlet	Admisie/refulare compresor
Computing Resources	Resurse de calcul
Condition	Condiție
Conductivity	Conductivitate
Con-Rod Length	Lungimea bielei
Consumption	Consum
Continuous Injection	Injecție continuă
Convergence Control	Control convergență
Coolant	Lichid de răcire
Cooler	Răcitor
Corrected Volume Flow	Debit volumetric corectat
Correction	Corecție
Crank Angle	Unghi de rotație al arborelui cotit
Crankshaft	Ax cu came

Dicționar

Creation of Series Results	Creare de rezultate în serie
Cycle	Ciclu
Cycle Simulation	Simulare ciclu
Cylinder	Cilindru
Cylinder Heat	Chiulasă
D	
Default	Implicit
Delay	Întârziere
Delivery rate	Debit
Density	Densitate
Desired Engine Speed	Turația dorită
Diameter	Diametru
Diesel	Motorină
Discharge Coefficient	Coeficient de debit
Downstream	Aval
Dynamic	Dinamic
E	
Effective Blowby Gap	Fanta efectivă pentru scăpările de gaze din cilindru
Effective Flow Area	Aria efectivă de curgere
Electronic Control Unit	Unitate electronică de control
Energy Balance	Bilanț energetic
Engine	Motor
Engine Speed	Turația motorului
Enthalpy	Entalpie
Entropy	Entropie
Environment Variables	Variabile de mediu
Equivalent	Echivalent
Evaporation	Evaporare

Dicționar

Evaporation Heat	Căldura de vaporizare
Evaporation Heat Transfer	Transfer de căldură pentru evaporare
Excess Air Ratio	Coeficientul de exces de aer
Exhaust	Evacuare
Exhaust Manifold	Galerie de evacuare
Exhaust Pipe	Conductă evacuare
Exhaust Valve	Supapă de evacuare
Extended	Extins
External	Extern
F	
Filter Reaction Model	Modelul de reacții din filtru
Firing Angle	Unghi de aprindere
Firing Order	Ordine de aprindere
Flow Area	Aria de curgere
Flow Coefficient	Coeficient de curgere
Flow Type	Tip de curgere
Frequency Control	Control în frecvență
Friction	Frecare
Friction Coefficient	Coeficient de frecare
Friction Multiplier	Coeficient de corecție al frecării
Fuel	Combustibil
Fuel Film	Film de combustibil
Fuel Mass / Cycle	Masă de combustibil / Ciclu
Fuel Temperature	Temperatura combustibilului
Fuel Vapor	Vapori de combustibil
Fueling	Alimentare cu combustibil
Full Model	Model complet

G

Gain	Amplificare
Gas	Gaz
Gas Exchange	Schimb de gaze
Gasoline	Benzină
Gross	Brut
H	
Heat	Căldură
Heat Capacity	Capacitate termică
Heat Release	Degajare de căldură
Heat Transfer Coefficient	Coeficient de transfer termic
Hole Diameter	Diametrul orificiului
I	
Identical Cylinders	Cilindrii identici
Ignition Delay Multiplier	Factor de corecție al întârzierii la aprindere
Increment	Increment
In-cylinder Swirl Ratio	Cifra Swirl din cilindru
Initial	Inițial
Initial Conditions At EO	Condițiile inițiale la DSE
Initial Gas Composition	Compoziția inițială a gazului
Injection Angle	Unghiul (în °RAC) la care se realizează injecție
Injection Nozzle	Pulverizator
Injection Pump	Pompă de injecție
Injection Shift	Modificare moment injecție
Inlet/Outlet Collector	Colector intrare/ieșire
Inner Valve Seat Diameter	Diametrul interior al scaunului de supapă
Intake	Admisie
Intake Manifold	Galerie de admisie
Intake Pipe	Conductă admisie

Dicționar

Intake Port	Orificiu de admisie
Intake Valve	Supapă de admisie
Intermittent Injection	Injecție intermitentă
Internal	Intern
K	
Kinetic	Cinetic
L	
Lag Time	Timp de întârziere
Laminar	Laminar
Length	Lungime
Lift	Ridicare, Cursă
Liner	Cilindru (oglindea cilindrului)
Load Signal	Semnal de sarcină
Location	Poziție
Loss	Pierdere
Lower Heating Value	Putere calorică inferioară
M	
Mass fraction	Fracțiuni de masă
Mass flow	Debit masic
Maximum Needle Lift	Înălțime maximă de ridicare a acului injectorului
Mean Crankcase Pressure	Presiunea medie din carter
Measured	Măsurat
Measuring Point	Punct de măsurare
Mixture Preparation	Formarea amestecului
Model Creation	Creare model
Model Parameters	Parametri model
Monolith	Monolit
Motion	Mișcare

Dicționar

Multiplier	Multiplicator
N	
Net	Net
Needle	Ac
Normalized Rate of Injection	Viteza de injecție normalizată
Normalized Rate of Injection	Debitul de injecție normalizat
Normalized Valve Lift	Cursă supapă normalizată
Number Of Injector Holes	Numărul de orificii de injecție al injectorului
O	
Oil	Ulei
Open Frontal Area	Suprafață frontală deschisă
Output	Valoare de ieșire
Overall Air	Aer disponibil
P	
Parameter	Parametru
Particulate Filter	Filtru de particule
Peak	Vârf/maxim
Peak Firing Pressure	Presiunea maximă pe ciclul cu ardere
Peak Firing Temperature	Temperatura maximă pe ciclul cu ardere
Perfect Mixing	Amestecare perfectă
Physical Properties	Proprietăți fizice
Pilot	(Injecție) Pilot (= Pre-injecție)
Piston	Piston
Piston Pin Offset	Excentricitatea bolțului pistonului
Pollutant	Poluant
Port	Port
Preprocessing Log	Jurnal de preprocesare
Pressure	Presiune

Dicționar

Pressure Ratio	Raport presiuni
Production	Producție
Q	
Quantity	Cantitate
R	
Radius	Rază
Rail Pressure	Presiunea din rampă (rampa comună)
Rate Of Injection	Viteza de injecție Debitul de injecție
Ratio	Raport
Real Gas Factor	Factorul de gaz real
Reference	Referință
Reference Ambient Conditions	Condiții ambientale de referință
Reference Element	Element de referință
Reference Lift	Ridicare de referință
Released Energy	Energie eliberată
Residual Gas	Gaze reziduale
Rotary Piston Engine	Motor cu piston rotativ
Run Data	Date de intrare pentru simulare
S	
Saving Interval	Interval de salvare/scriere a datelor
Scaling Factor	Factor de scalare
Scavenge Model	Modelul de schimbare a gazelor
Setting	Setare
Shift	Deplasare/Modificare
Signal Off	Oprire semnal
Signal On	Pornire semnal
Simplified Model	Model simplificat

Dicționar

Simulation Interval	Interval de simulare
Soot	Funingine
Spatial Pipe Discretization	Discretizare spațială a conductelor (în celule de calcul)
Species Transport	Transportul speciilor chimice gazoase
Spray	Jet
Steady	Staționar
Stroke	Cursă
Surface Area	Aria suprafeței
Swirl Port	Canal de turbionare
T	
Tangential port	Canal tangențial
Target Outlet Temperature	Temperatură impusă de ieșire
Target Pressure Drop	Cădere de presiune impusă
Task	Sarcină
Temperature	Temperatură
Thickness	Grosime
Time Constant	Constantă de timp
Traces	Curbe (în funcție de timp - unghiul de rotația al arborelui cotit)
Transient	Tranzitoriu
Transients	Tranzitorii (valori în funcție de ciclul de simulare/de timp)
Trapping Efficiency	Eficiența de reținere
Turbine	Turbină
Turbine Discharge Coefficient	Coeficient de debit al turbine
Turbine Inlet/Outlet	Admisie/refulare turbină
Turbine Overall Efficiency	Eficiența globală a turbinei (ține cont și de eficiența mecanică a ansamblului turbocompresor)
Turbine Size Multiplier	Factor de corecție a dimensiunii turbinei
Turbine to Total Mass Flow	Raportul dintre debitul de gaze arse care trec prin turbină și debitul total de gaze arse
Turbocharger	Turbocompresor

Dicționar

Turbulent	Turbulent
Type	Tip
U	
Upstream	Amonte
User Defined	Definit de utilizator
V	
Value	Valoare
Valve	Supapă
Valve Clearance	Jocul supapei
Valve Closing	Închiderea supapei
Valve Lift	Cursă supapă
Valve Opening	Deschiderea supapei
Valve Timing	Timpii distribuției
Valve train	Mecanism de distribuție
Variable	Variabil, variabilă
Volumetric efficiency	Coeficient de umplere
W	
Wall	Perete
Wall Temperature	Temperatura peretelui
Work	Lucru mecanic

Abrevieri

AFR sau A/F Ratio	Air-Fuel Ratio	Raport aer-combustibil
BDC	Bottom Dead Center	Punct mort inferior (PMI)
BMEP	Brake Mean Effective Pressure	Presiunea medie efectivă
BSFC	Brake Specific Fuel Consumption	Consumul specific efectiv
CRA sau CA	Crank angle (°CA)	Unghiul de rotație al arborelui cotic (°RAC)
CFD	Computational Fluid Dynamics	Procesare computerizată în dinamica fluidelor
CPSI	Channels per Square Inch	Canale pe țol pătrat
DOC	Diesel Oxidation Catalyst	Catalizator de oxidare Diesel
DPF	Diesel Particulate Filter	Filtru de particule Diesel
EGR	Exhaust Gas Recirculation	Recircularea gazelor de evacuare
EO	Exhaust Opening	Deschiderea supapei de evacuare (DSE)
EVC	Exhaust Valve Closing	Închiderea supapei de evacuare (ÎSE)
EVO	Exhaust Valve Opening	Deschiderea supapei de evacuare (DSE)
FMEP	Friction Mean Effective Pressure	Presiunea medie pierdută prin frecare
IMEP	Indicated Mean Effective Pressure	Presiunea medie indicată
IVC	Intake Valve Closing	Închiderea supapei de admisie (ÎSA)
IVO	Intake Valve Opening	Deschiderea supapei de admisie (DSA)
ISFC	Indicated Specific Fuel Consumption	Consumul specific indicat
MFB	Mass Fraction Burned	Fracțiuni de masă arsă
NA	Naturally Aspirated	Normal aspirat
PID	Proportional Integral Differential	Proporțional Integral Diferențial
PF	Particulate Filter	Filtru de particule
PFI	Port Fuel Injection	Injectie în poarta supapei
ROI	Rate of Injection	Viteza de injectie Debit de injectie

Abrevieri

SHP	Start of High Pressure (=IVC)	Începutul ciclului de înaltă presiune (=ÎSA)
TC	Turbocharger	Turbocompresor
TDC	Top Dead Center	Punct mort superior (PMS)
TWC	Three-Way Catalyst	Catalizator cu trei căi
VVA	Variable Valve Actuation	Distribuție variabilă (acționare variabilă a supapelor)
VVL	Variable Valve Lift	Distribuție variabilă (variația înălțimii de ridicare a supapelor)
VVT	Variable Valve Timing	Distribuție variabilă (variația fazelor distribuției)
WG	Waste Gate	Supapă de bypass