

Esercitazioni Strutture per Veicoli Spaziali

De Trane Giorgio
s275514

November 20, 2020



*Anno accademico
2020-2021*

1 Esercitazione 1

L'esercitazione é svolta utilizzando uno script in Fortran, messo a disposizione in un archivio denominato *MUL2* [3] e contenente anche un file di input ad hoc, in formato *.dat*, oltre a degli utili script di esempio per *gnuplot* [1], un libre software utilizzato poi per plottare tutti i grafici che seguono.

In campo subsonico, con ripressurizzazione nulla e temperatura dell'aria di circa 23 °C, vale:

$$\tau = 3.5 \cdot 10^{-3} \left(\frac{V_c}{A_{eff}} \right) \quad (1)$$

In campo sonico, con ripressurizzazione nulla e temperatura dell'aria di circa 23 °C, vale:

$$\Omega \approx 0.025 \left(\frac{V_c}{A_{eff}} \right) \left[(0.5283\tilde{p}^o)^{\frac{1}{7}} - 1 \right] \quad (2)$$

Sono state fatte diverse assunzioni per tutta l'esercitazione:

- La depressurizzazione é:
 - *lenta* ($t > 10\text{ s}$)
 - *rapida* ($t < 10\text{ s}$)
 - *esplosiva* ($t < 500\text{ ms}$)
- Il volume delle camere é *costante*
- Il volume dell'atmosfera é supposto *infinito*
- L'aria é trattata come *gas ideale*
- Si utilizza un modello *0D*, ossia con proprietá uniformi per tutta l'aria contenuta nel volume in analisi
- La quota rimane *costante* durante la depressurizzazione
- L'effetto dell'umiditá relativa e dei calori latenti vengono trascurati
- Il modello utilizzato é di tipo quasi-stazionario, implementato attraverso un *algoritmo numerico*, il cui output fornisce del feedback sugli input forniti e sulla supercriticitá (campo supersonico) o subcriticitá (campo subsonico) del fenomeno.

```

giorgiopop-os:/tmp/prova$ ls
Input.dat  MUL2_Rapid_Dec.zip  Plot_Dp.ply  Plot_p.plt  Rapid_Decompression.exe
giorgiopop-os:/tmp/prova$ wine Rapid_Decompression.exe
001b:err:ntoskrnl!ZwLoadDriver failed to create driver L"\\Registry\\Machine\\System\\CurrentControlSet\\Services\\wineusb": c0000142
|-----|
|-----| Rapid Decompression analysis
|-----| for pressurized Aircraft Fuselage
|-----| and Spacecraft launch
|-----| MUL2.com
|-----| for didattic use only
|-----|



READING INPUT:
Analysis duration [s]:      0.450
Time step [micro-s]:        50.000
Number of compartments:      2
Compartments volumes [m3]:   4.000
                           16.000
Cabin Temperature [C]:       23.000
Ambient Temperature [C]:     -10.000
Cabin Pressure [kPa]:        117.016
Ambient Pressure [kPa]:      62.881
Charact. time of launcher [s]: 0.000
Pass. vent./breach areas [m2]:
0.00000E+00  0.35000E+00  0.16000E+00
0.35000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00
0.16000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00

No. of hinged BOPs:          0
No. of transll BOPs:         0

RUNNING ANALYSIS:
Supercritical ph. duration:  0.00000
Subcritical ph. duration:   0.43105
Total decompr. duration:    0.43105

END. SEE OUTPUT FILES.
Fortran Pause - Enter command<CR> or <CR> to continue.

```

Fig1: stdout dello script

1.1 Esempio

Il caso esaminato é quello dell'Esempio 2, i cui dati sono quelli forniti di default nel file input.dat .

La configurazione in esame consiste in due camere comunicanti attraverso una ventilazione passiva, con un breach sull'ambiente esterno.

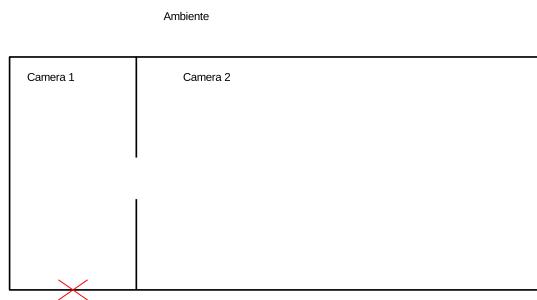


Fig2: Esempio2

1.1.1 DATI

- $T_0 = -10\text{ }C;$
- $T_{c0} = 23\text{ }C;$
- $p_0 = 62.8812\text{ }kPa;$
- $p_{c0} = 117.0162\text{ }kPa;$
- $V_{C1} = 4\text{ }m^3;$
- $V_{C2} = 16\text{ }m^3;$
- $A_{1-0} = 0.2\text{ }m^2;$
- $A_{1-2} = 0.5\text{ }m^2;$
- $CD_{1-0} = 0.8;$
- $CD_{1-2} = 0.7;$

1.1.2 RISULTATI

Sono riportati i grafici ottenuti plottando i file di output generati dallo script.

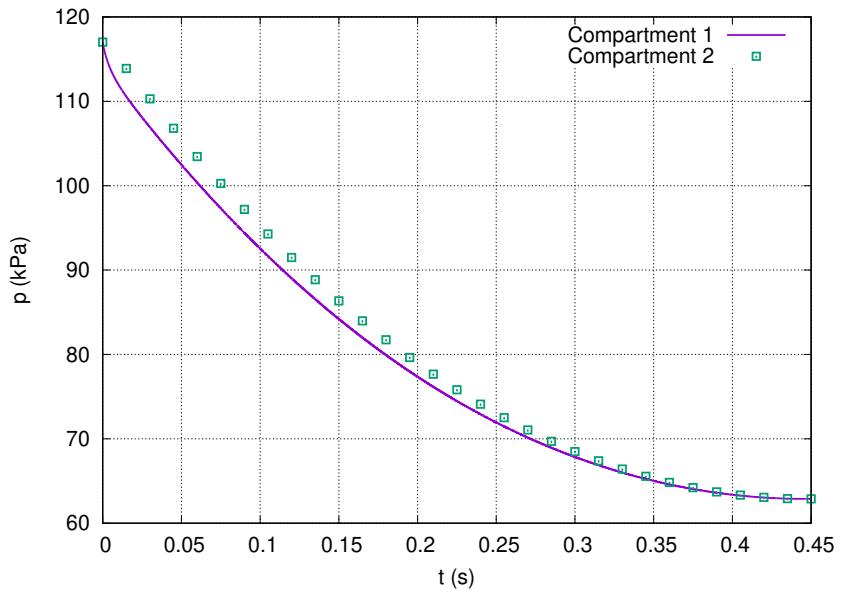


Fig.3: Pressioni di entrambe le camere nel tempo

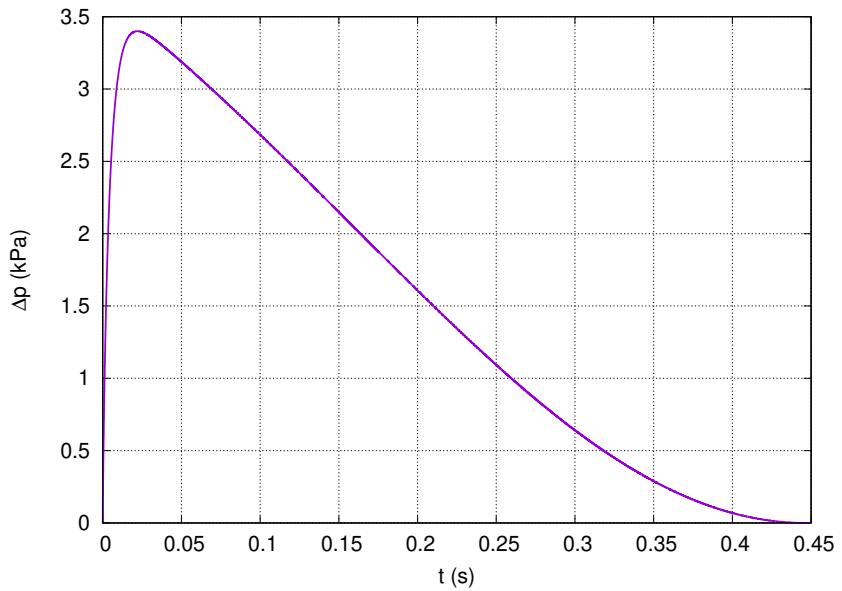


Fig.4: Gradiente di pressione tra le due camere

1.2 Esercizio 1

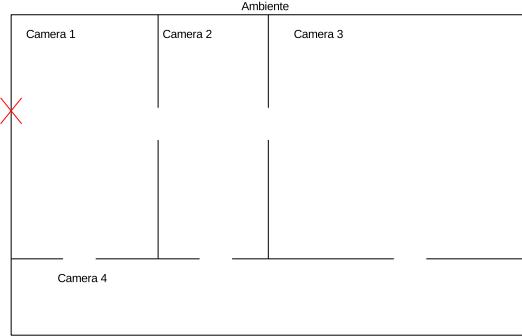


Fig.5: Esercizio 1

1.2.1 DATI

- $T_0 = -49.85\text{ }C;$
- $T_{c0} = 23\text{ }C;$
- $p_0 = 26.5\text{ }kPa;$
- $p_{c0} = 89.876\text{ }kPa;$
- $V_{C1} = 4\text{ }m^3;$
- $V_{C2} = 3\text{ }m^3;$
- $V_{C3} = 198\text{ }m^3;$
- $V_{C4} = 67\text{ }m^3;$
- $A_{1-0} = 1\text{ }m^2;$
- $A_{1-2} = 0.6\text{ }m^2;$
- $A_{2-3} = 0.6\text{ }m^2;$
- $A_{1-4} = 0.8\text{ }m^2;$
- $A_{3-4} = 0.8\text{ }m^2;$
- $CD_{1-0} = 0.8;$
- $CD_{1-2} = [0, 0.5, 1];$
- $CD_{2-3} = 0.7;$
- $CD_{2-4} = 0.7;$
- $CD_{1-4} = 0.7;$
- $CD_{3-4} = 0.7;$

1.2.2 File di input

Il file di input viene modificato rispetto all'esempio, inserendo ovviamente i dati forniti dal problema e rispettando la leggenda dello script.

In particolare, la matrice delle aree effettive, ossia le singole aree fisiche che separano le camere, moltiplicate per i rispettivi coefficienti di efflusso, risulta:

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.56 & 0.8 \\ 0 & 0 & 0.42 & 0.56 & 0 \\ 0 & 0.42 & 0 & 0.56 & 0 \\ 0.56 & 0.56 & 0.56 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Per $CD_{1-2} = 0$;

$$\begin{pmatrix} 0 & 0.3 & 0 & 0.56 & 0.8 \\ 0.3 & 0 & 0.42 & 0.56 & 0 \\ 0 & 0.42 & 0 & 0.56 & 0 \\ 0.56 & 0.56 & 0.56 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Per $CD_{1-2} = 0.5$;

$$\begin{pmatrix} 0 & 0.6 & 0 & 0.56 & 0.8 \\ 0.6 & 0 & 0.42 & 0.56 & 0 \\ 0 & 0.42 & 0 & 0.56 & 0 \\ 0.56 & 0.56 & 0.56 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Per $CD_{1-2} = 1$;

1.2.3 RISULTATI

Sono di seguito plottati gli andamenti delle pressioni e del gradiente di pressione tra le camere 1 e 2, nel dominio del tempo.

I plot sono ordinati a due a due per $CD_{1-2} = [0, 0.5, 1]$;

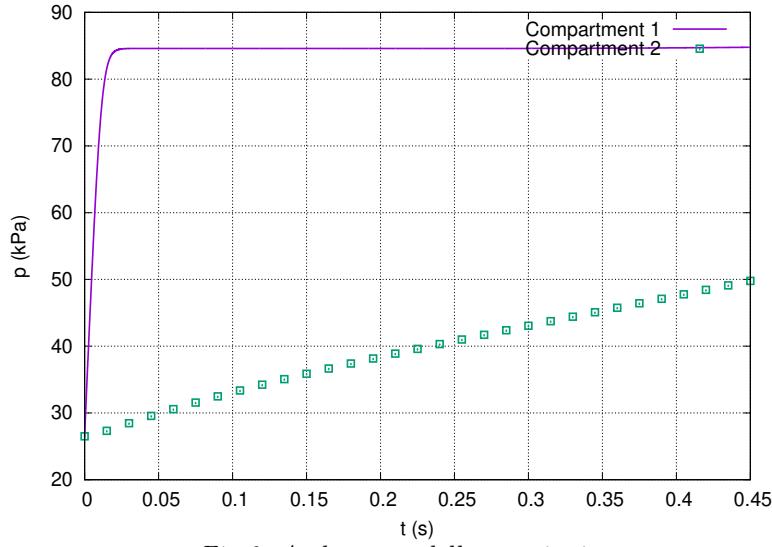


Fig.6: Andamento delle pressioni

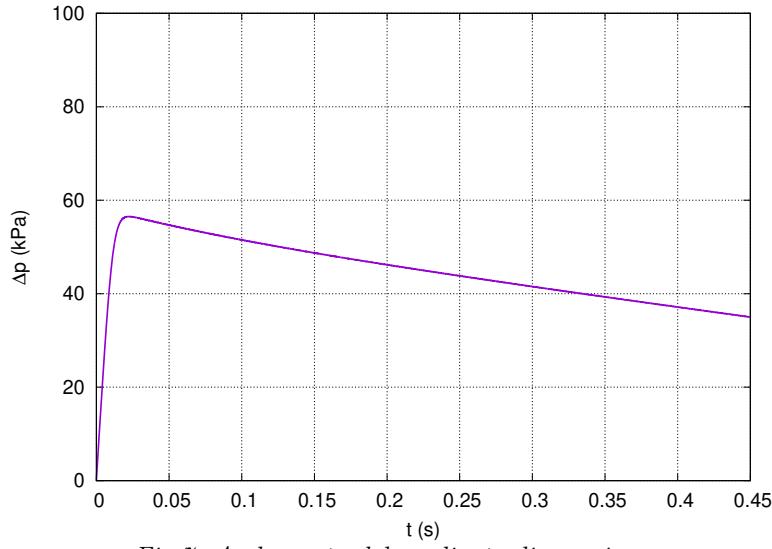
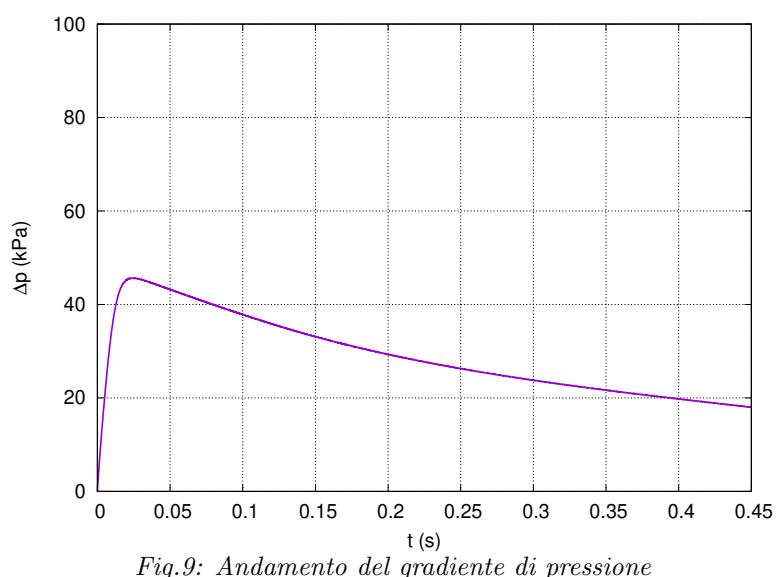
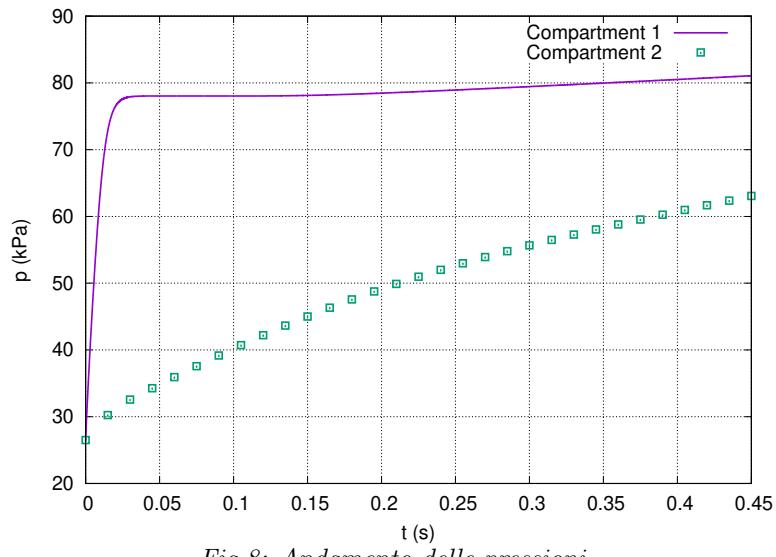


Fig.7: Andamento del gradiente di pressione



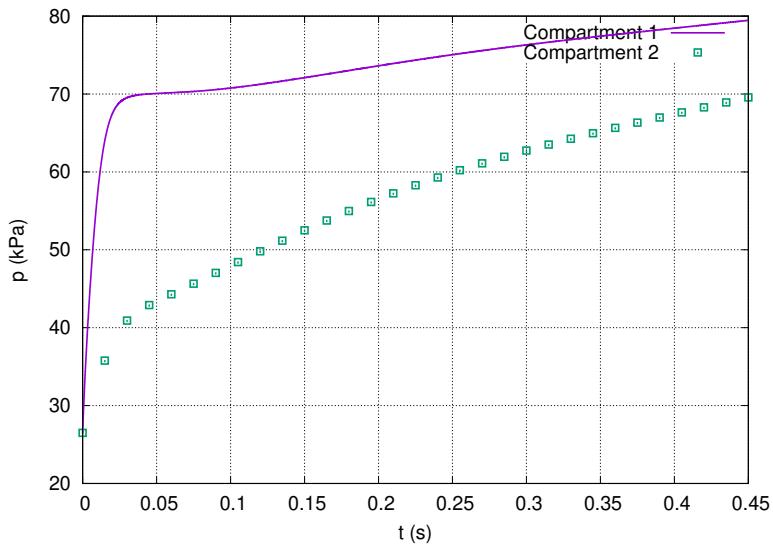


Fig.10: Andamento delle pressioni

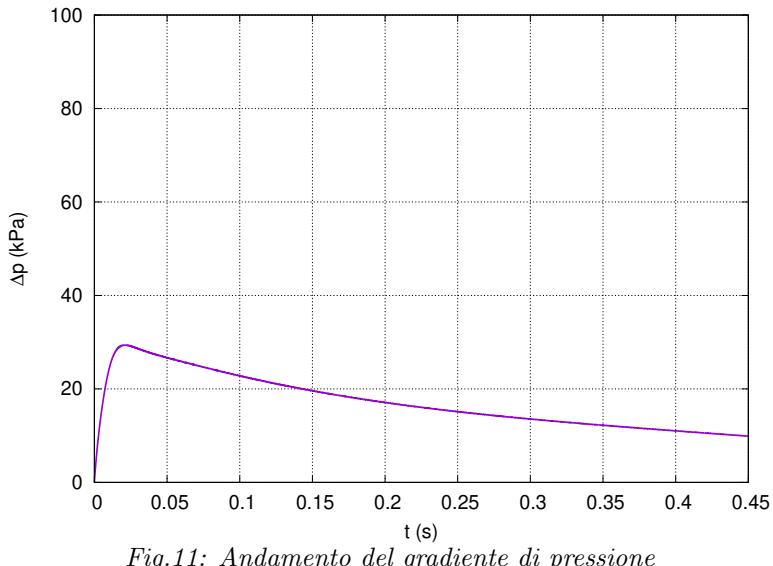


Fig.11: Andamento del gradiente di pressione

1.3 Esercizio 2

Viene presa in analisi la depressurizzazione dell'*UPM-Sat1* [2], in un tempo di 225 s.

L'analisi é svolta assumendo un *coefficiente di efflusso* unitario, rispettando inoltre il modello fornito di depressurizzazione della camera esterna: la pressione inizialmente ha un determinato valore, che non puó piú essere considerato costante come nei casi precedenti, ma avrá un andamento esponenziale del tipo:

$$\frac{p_e}{p_i} = e^{-\left(\frac{t}{t_p}\right)^2} \quad (3)$$

Dove t_p é un tempo caratteristico, pari a 0.75 s in questo caso.

Infatti, mentre il volume esterno era assunto infinito per l'Esercizio 1 (1.2), va chiaramente considerato finito in questo caso, con la conseguenza che la pressione diminuisce.

Il volume dell'unica camera considerata é pari a 0.13 m^3 , mentre l'area che la separa dall'esterno é presa in tre valori test differenti, ossia:

$$24 \cdot [10^{-5} \text{ m}^2 \quad 10^{-6} \text{ m}^2 \quad 10^{-7} \text{ m}^2]$$

Anche in questo caso, sempre tramite lo script in Fortran fornito a lezione, vengono calcolate le pressioni nel tempo e il gradiente di pressione Δp agente sulle pareti del satellite, pottando poi il tutto con *gnuplot*.

I plot sono ordinati a due a due, per ogni area considerata.

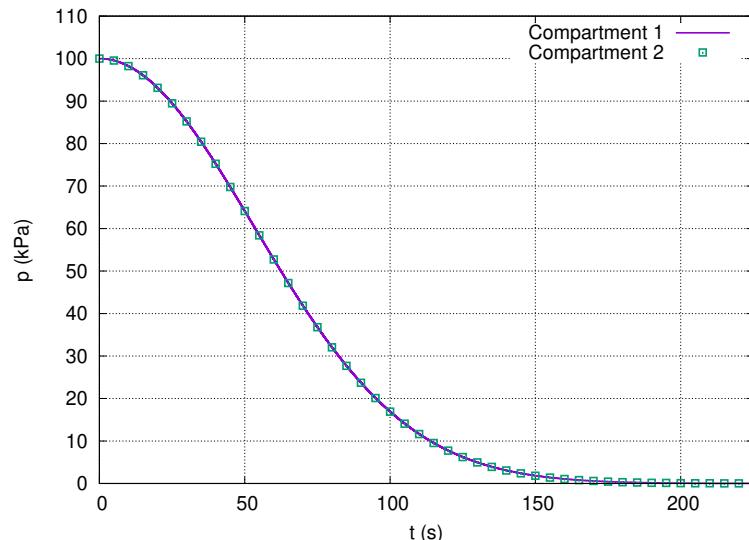


Fig.12: Andamento delle pressioni

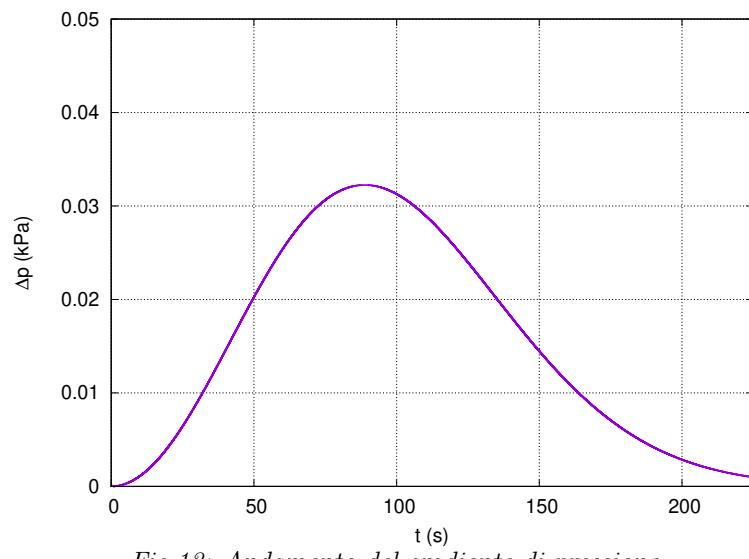


Fig.13: Andamento del gradiente di pressione

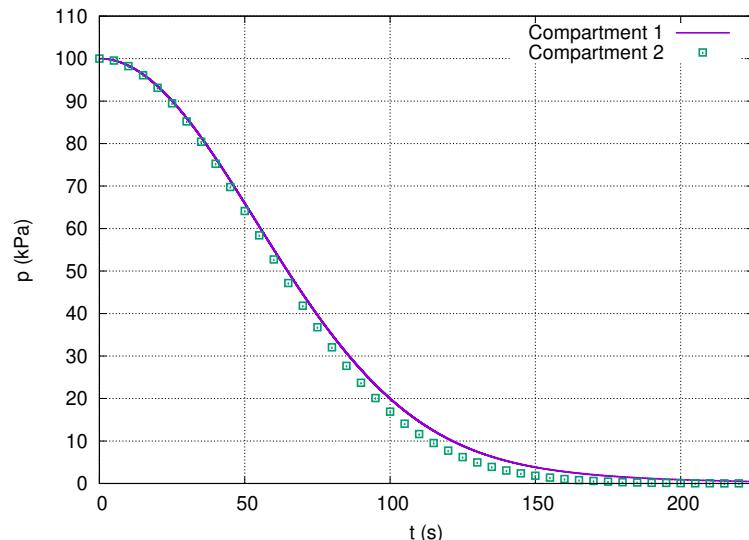


Fig.14: Andamento delle pressioni

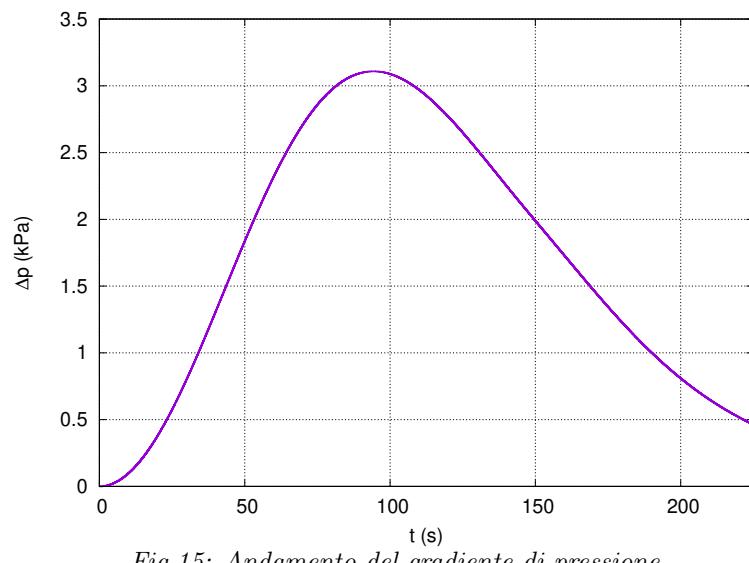


Fig.15: Andamento del gradiente di pressione

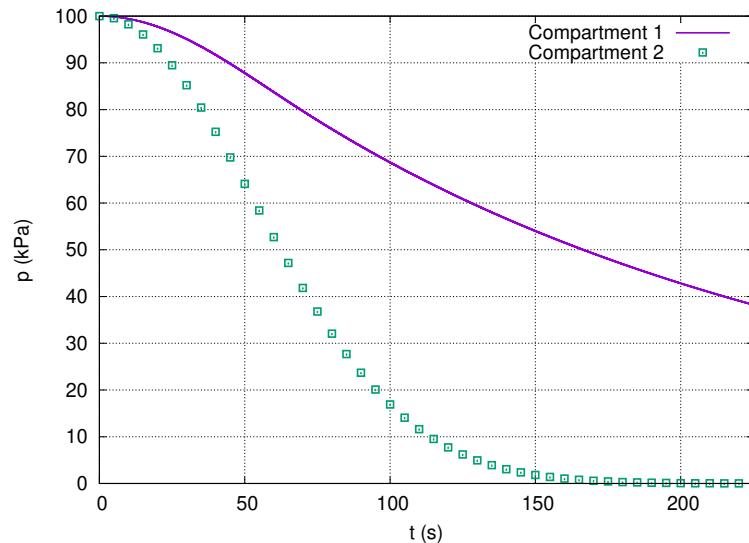


Fig.16: Andamento delle pressioni

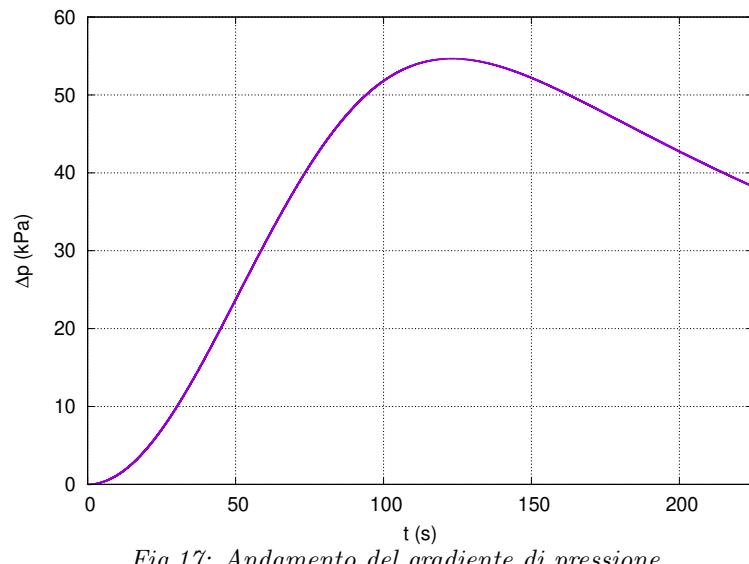


Fig.17: Andamento del gradiente di pressione

References

- [1] *gnuplot*. <http://www.gnuplot.info/>. Accessed on 2020-15-11.
- [2] Universidad Politécnica de Madrid. *UPM-Sat*. <http://www.idr.upm.es/index.php/es/programas-de-satelites-upm-sat>. Accessed on 2020-20-11.
- [3] *MUL2*. <https://www.mul2.com>. Accessed on 2020-15-11.