



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Seconda sessione 2019

PRIMA PROVA SCRITTA DEL 14 NOVEMBRE 2019

SETTORE INDUSTRIALE

Tema n. 1:

Il candidato presenti il concetto di modellizzazione e il ruolo di essa nell'ingegneria industriale.

Tema n. 2:

Il candidato discuta il ruolo della previsione della domanda nell'ambito del processo di pianificazione integrata dei materiali di una qualsivoglia azienda manifatturiera. In particolare, descriva: contesti di applicazione, principi di funzionamento, parametri chiave, modelli di previsione, indicatori di prestazione.

Tema n. 3:

L'elevato costo degli stampi necessari alla produzione di particolari in materiale polimerico, attraverso la tecnologia di trasformazione dello stampaggio per iniezione, ha richiesto la creazione di software dedicati alla simulazione del processo di stampaggio con algoritmi estremamente complessi.

Il candidato discuta i vantaggi e i limiti delle simulazioni di flusso nella progettazione del pezzo, nella progettazione dello stampo e nell'ottimizzazione dei parametri di processo.

Tema n. 4:

L'ingegnere meccanico è una figura professionale specializzata in progettazione, produzione, installazione e manutenzione di componenti meccanici, motori, macchine e impianti.

Il candidato argomenti le fasi di realizzazione (dallo studio al collaudo e messa in servizio) di un componente, una macchina o un sistema a sua scelta.

Handwritten signature



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Seconda sessione 2019

SECONDA PROVA SCRITTA DEL 22 SETTEMBRE 2019

SETTORE INDUSTRIALE

Classi di laurea appartenenti al settore:

LM/31 - Ingegneria gestionale;

LM/25 - Ingegneria dell'automazione;

LM/33 - Ingegneria meccanica / Ingegneria meccanica dei materiali.

Tema n. 1 (classe LM/33 - Ingegneria meccanica):

I principali componenti di un impianto industriale o di un sistema energetico sono le macchine a fluido e gli scambiatori di calore. Il candidato descriva il principio di funzionamento, le principali caratteristiche e gli indici caratteristici di una macchina a fluido o di uno scambiatore di calore a sua scelta. Si discuta inoltre l'applicazione del componente all'interno di un impianto a scelta.

Tema n. 2 (classe LM/33 - Ingegneria meccanica dei materiali):

Descrivere le principali prove per la caratterizzazione termica e di resistenza alla fiamma dei materiali polimerici. Il candidato illustri, inoltre, l'influenza della temperatura sul comportamento meccanico sotto carico dei materiali polimerici mettendo in evidenza, soprattutto per il fenomeno di creep e di fatica, le ripercussioni di interesse ingegneristico dei comportamenti sopra descritti ed i possibili accorgimenti da adottare nelle fasi di progettazione del pezzo, scelta del materiale e progettazione dello stampo.

Tema n. 3 (classe LM/31 - Ingegneria Gestionale):

Il candidato illustri i principi generali, i criteri e i principali approcci metodologici utilizzabili per la gestione dei materiali in ambito industriale. Si distingua in particolare tra gestione a scorta e gestione a fabbisogno.

Relativamente alla gestione a fabbisogno, si consideri e risolva il seguente caso industriale.

SanGiacomo è un noto marchio di acqua minerale, la cui produzione è concentrata nello stabilimento di Sondrio. Per la pianificazione della produzione viene utilizzato un sistema software MRP, la cui elaborazione è lanciata giornalmente, con periodo di due giorni ed orizzonte di dieci (2 settimane lavorative da 5 gg cadauna). Tale sistema viene alimentato dagli ordini ricevuti dai clienti, integrati con le previsioni di vendita elaborate dalla funzione marketing dell'azienda.

Uno dei formati di punta è quello delle bottiglie da 50 cl, vendute in confezioni da sei, che si realizzano attraverso tre macro-fasi produttive.

Una linea integrata di imbottigliamento & tappatura, che realizza le bottiglie finite, con un lead time complessivo di due periodi. Si consideri il fatto che l'imbottigliamento comporta una perdita media di 1 cl d'acqua per ogni bottiglia che viene riempita.

Il controllo qualità, che scarta in media il 3% delle bottiglie prodotte dalla fase precedente, essenzialmente a causa della tappatura non ermetica.

Il confezionamento, che interviene sulle sole bottiglie che superano il controllo qualità. Tale operazione viene realizzata attraverso una macchina impacchettatrice che utilizza 0,6 m² di film plastico per ogni confezione, e richiede un lead time di un periodo.

Considerando i dati nel seguito riportati, al candidato è richiesto di:

- Costruire la distinta base del prodotto finito immesso sul mercato
- Eseguire il calcolo del piano d'ordini per tutti i codici della distinta base

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Domanda confezioni acqua	400	200	300	500	250	400	600	400	700	800

Tabella 1: Fabbisogni confezioni 6 bottiglie acqua SanGiacomo da 0,5 l per i prossimi 10 periodi

Voce	Confezioni acqua [# conf.]	Bottiglie finite [# pezzi]	Film [mq]	Tappi [# pezzi]	Bottiglie vuote [# pezzi]	Acqua [litri]
Scorta iniziale	400	800	200	5.000	0	2.500
Impegnato ad oggi	50	-	-	-	-	-
Ordini in corso (disponibili al periodo 1)	500	3.200	400	-	6.000	-
Scorta di sicurezza	200	600	300	400	400	300
Lotto di riordino	500	3.800	600	6.400	6.000	3.500
Lead time produzione o acquisto [# periodi]	1	2	1	1	2	1

Tabella 2: Dati gestionali relativi ai diversi codici

c. Il candidato discuta inoltre le diverse possibili modalità di risoluzione delle eventuali infattibilità, anche nel caso in cui non dovessero presentarsi. Per ciascuna possibile leva, si faccia riferimento a: applicabilità pratica, impatti, costi attesi.

d. Il candidato illustri infine per quale motivo, a suo avviso, tale scenario logistico-produttivo non potrebbe essere gestito con eguale efficacia attraverso politiche di gestione a scorta.

Tema n. 4 (classe LM/25 – Ingegneria dell'automazione; classe LM/33 - Ingegneria meccanica):

Il candidato presenti i diversi schemi di controllo basati controllori PID applicati in ambito industriale per sistemi SISO e MIMO, evidenziandone vantaggi e criticità. Si corredi la trattazione con esempi e schemi.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Seconda sessione 2019

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 6 DICEMBRE 2019

SETTORE INDUSTRIALE

Classi di laurea appartenenti al settore:

LM/31 - Ingegneria gestionale;

LM/25 - Ingegneria dell'automazione;

LM/33 - Ingegneria meccanica.

Tema n. 1 (classe LM/33 - Ingegneria meccanica):

Un ciclo di turbina a gas semplice, operante in condizioni ISO, ha le seguenti caratteristiche:

- rapporto di compressione $\beta=15$,
- potenza elettrica netta prodotta 80 MW (PCI combustibile = 48 MJ/kg),
- rapporto massico aria/combustibile $\alpha = m_{aria}/m_{comb} = 46$,
- rendimento elettrico netto 34 %,
- perdita di carico a valle della turbina pari a 3 kPa (Δp tra scarico turbina ed ambiente)
- potenza termica entrante al sistema da calcolare come $m_{gas} \cdot c_p \cdot (TIT - T_{out, compressore}) / \eta_{combustore}$

Si considerino sia aria che gas combusto come gas perfetto con $c_p=1.04$ kJ/kgK (costante) e $\gamma=c_p/c_v=1.4$. Si assumano invece valori ragionevoli per il rendimento isoentropico di turbina e compressore e per il rendimento del combustore.

Al candidato è richiesto di:

1. Disegnare lo schema d'impianto assegnando un numero ad ogni flusso/punto del ciclo, utile per il prosieguo dell'esercizio.
2. Determinare le portate e le pressioni e temperature di ogni punto del ciclo.
3. Disegnare il ciclo a gas risultante nel piano T-s.

Si consideri ora di avere a disposizione due turbogas identici (con le condizioni operative e portate calcolate in precedenza) i cui gas di scarico vengono inviati a due distinte ma identiche caldaie a recupero per la produzione di vapore alle stesse condizioni operative (p, T, h, portata). Le caldaie a recupero sono caratterizzate da un solo livello di pressione e possono essere suddivise nelle tre sezioni: surriscaldatore, evaporatore ed economizzatore. Il vapore surriscaldato prodotto dalle due distinte caldaie a recupero viene miscelato per alimentare un'unica turbina a vapore ed unico condensatore. L'acqua, in uscita dal condensatore, viene poi suddivisa in due rami e inviata tramite due distinte pompe di alimento alle due caldaie a recupero.

Caratteristiche dell'impianto:

- $\Delta T_{sub-cooling} = 0$ °C

- Pressione di condensazione = 0.05 bar
- $\Delta T_{\text{pompa}} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$
- $c_p \text{ acqua} = 4.186 \text{ kJ/kgK}$

Si assumano valori ragionevoli per il rendimento isoentropico di turbina a vapore, il rendimento idraulico delle pompe e il rendimento delle caldaie a recupero. Si assumano inoltre valori ragionevoli per le differenze di temperatura $\Delta T_{\text{approach-point}}$ e $\Delta T_{\text{pinch-point}}$ (comuni ad entrambe le caldaie a recupero).

Al candidato è richiesto di:

4. Disegnare lo schema d'impianto assegnando un numero ad ogni flusso/punto del ciclo, utile per il prosieguo dell'esercizio.
5. Determinare la portata di vapore prodotta da una singola caldaia a recupero a 2 diverse pressioni di evaporazione 20, 80 bar.
6. Disegnare i punti del ciclo a vapore sul pianto T-s.
7. Rappresentare il diagramma di scambio termico T-Q di una singola caldaia a recupero, calcolando la potenza termica scambiata nelle tre zone di scambio termico e la temperatura dei gas di scarico in uscita dalla caldaia a recupero.
8. Determinare le prestazioni del ciclo combinato completo.
9. Discutere brevemente i risultati ottenuti alle due diverse pressioni di evaporazione.

Per il calcolo delle proprietà termodinamiche, si allegano le tabelle del vapor saturo e del vapore surriscaldato.

TABELLE VAPORE SATURO

t °C	p bar	volume specifico (v ₁ , v _g)		m ³ /kg v _g	Entalpia kJ/kg		Entropia kJ/kg K		t °C		
		v ₁	v _g		h ₁	h _g	s ₁	s _g			
0	0.006 117	0.001 000 2	206.298	206.299	-0.0	2501.6	3501.6	-0.0	9.1578	9.1578	0
0.01	0.006 112	0.001 000 2	206.162	206.163	+0.0	2501.6	3501.6	0	9.1575	9.1575	0.01
2	0.007 035	0.001 000 1	179.922	179.923	8.4	2496.8	2503.2	0.0306	9.0741	9.1047	2
4	0.008 129	0.001 000 0	157.271	157.273	16.8	2492.1	2508.9	0.0611	8.9915	9.0526	4
6	0.009 345	0.001 000 0	137.779	137.780	25.2	2487.4	2512.6	0.0913	8.9102	9.0015	6
8	0.010 720	0.001 000 1	120.965	120.966	33.6	2482.6	2516.2	0.1213	8.8300	8.9513	8
10	0.012 270	0.001 000 3	106.429	106.430	42.0	2477.9	2519.9	0.1510	8.7510	8.9020	10
12	0.014 014	0.001 000 4	93.834	93.835	50.4	2473.2	2523.6	0.1805	8.6731	8.8536	12
14	0.015 973	0.001 000 7	82.899	82.900	58.8	2468.5	2527.2	0.2098	8.5963	8.8060	14
15	0.017 139	0.001 000 8	77.977	77.977	62.9	2466.1	2529.1	0.2243	8.5382	8.7826	15
16	0.018 168	0.001 001 0	73.383	73.384	67.1	2463.8	2530.9	0.2388	8.5205	8.7593	16
18	0.020 624	0.001 001 3	65.086	65.087	75.5	2459.0	2534.5	0.2677	8.4456	8.7135	18
20	0.023 366	0.001 001 7	57.837	57.838	83.9	2454.3	2538.2	0.2963	8.3721	8.6684	20
25	0.031 660	0.001 002 9	43.401	43.402	104.8	2443.5	2547.3	0.3670	8.1922	8.5592	25
30	0.042 415	0.001 004 5	32.928	32.929	125.7	2430.7	2556.4	0.4365	8.0181	8.4546	30
35	0.056 216	0.001 006 0	25.344	25.345	146.6	2416.8	2565.4	0.5049	7.8495	8.3543	35
40	0.073 750	0.001 007 8	19.545	19.546	167.5	2406.9	2574.4	0.5721	7.6861	8.2583	40
45	0.095 820	0.001 009 9	15.275	15.276	188.4	2394.9	2583.3	0.6383	7.5277	8.1661	45
50	0.123 35	0.001 012 0	12.045	12.046	209.3	2382.9	2592.2	0.7035	7.3741	8.0776	50
55	0.157 41	0.001 014 5	9.577 9	9.578 9	230.2	2370.8	2601.0	0.7677	7.2248	7.9925	55
60	0.199 20	0.001 017 1	7.677 5	7.678 5	251.1	2358.6	2609.7	0.8310	7.0798	7.9108	60
65	0.250 09	0.001 019 9	6.201 3	6.202 3	272.0	2346.3	2618.4	0.8933	6.9388	7.8321	65
70	0.311 62	0.001 022 8	5.045 3	5.046 3	293.0	2334.0	2626.9	0.9548	6.8017	7.7565	70
75	0.385 49	0.001 025 9	4.133 1	4.134 1	313.9	2321.5	2635.4	1.0154	6.6681	7.6835	75
80	0.473 60	0.001 029 2	3.408 1	3.409 1	344.9	2308.8	2643.8	1.0753	6.5380	7.6133	80
85	0.578 03	0.001 032 6	2.827 8	2.828 8	355.9	2296.1	2652.0	1.1343	6.4111	7.5454	85
90	0.701 99	0.001 036 1	2.360 3	2.361 3	376.9	2283.2	2660.1	1.1925	6.2875	7.4798	90
95	0.845 26	0.001 039 9	1.981 2	1.982 2	398.0	2270.2	2668.1	1.2501	6.1665	7.4168	95
100	1.013 25	0.001 043 7	1.672 0	1.673 0	419.1	2256.9	2676.0	1.3069	6.0485	7.3554	100
105	1.208 0	0.001 047 7	1.418 3	1.419 3	440.2	2243.6	2683.7	1.3630	5.9331	7.2962	105
110	1.432 7	0.001 051 9	1.204 9	1.205 9	461.3	2230.0	2691.5	1.4183	5.8203	7.2398	110
115	1.690 6	0.001 056 2	1.035 3	1.036 3	482.5	2216.2	2698.7	1.4733	5.7099	7.1852	115
120	1.985 4	0.001 060 6	0.890 46	0.891 52	503.7	2202.2	2706.0	1.5276	5.6017	7.1329	120
125	2.321 0	0.001 065 2	0.769 17	0.770 23	525.0	2188.0	2713.0	1.5813	5.4957	7.0769	125
130	2.701 5	0.001 070 0	0.667 07	0.668 14	546.3	2173.6	2719.9	1.6344	5.3917	7.0261	130
135	3.130 8	0.001 075 0	0.580 74	0.581 81	567.7	2158.9	2726.6	1.6869	5.2897	6.9766	135
140	3.613 8	0.001 080 1	0.507 41	0.508 49	589.1	2144.0	2733.1	1.7390	5.1894	6.9284	140
145	4.155 2	0.001 085 3	0.444 89	0.445 97	610.6	2128.7	2739.3	1.7906	5.0910	6.8815	145
150	4.760 0	0.001 090 8	0.391 36	0.392 45	632.1	2113.2	2745.4	1.8416	4.9941	6.8358	150
155	5.433 3	0.001 096 4	0.345 55	0.346 64	653.8	2097.4	2751.2	1.8923	4.8989	6.7913	155
160	6.180 6	0.001 102 2	0.305 66	0.306 76	675.5	2081.3	2756.7	1.9425	4.8050	6.7473	160
165	7.007 7	0.001 108 2	0.271 29	0.272 40	697.3	2064.8	2762.0	1.9923	4.7126	6.7048	165
170	7.920 2	0.001 114 5	0.241 44	0.242 55	719.1	2047.9	2767.1	2.0416	4.6214	6.6630	170
175	8.924 4	0.001 120 9	0.215 42	0.216 54	741.1	2030.7	2771.8	2.0906	4.5314	6.6221	175
180	10.027	0.001 127 5	0.192 67	0.193 80	763.1	2013.2	2776.3	2.1393	4.4426	6.5819	180
185	11.233	0.001 134 4	0.172 63	0.173 86	785.3	1995.2	2780.4	2.1876	4.3548	6.5424	185
190	12.551	0.001 141 5	0.155 18	0.156 32	807.5	1976.7	2784.3	2.2356	4.2680	6.5036	190
195	13.987	0.001 148 9	0.139 69	0.140 84	829.9	1957.9	2787.8	2.2833	4.1821	6.4654	195
200	15.549	0.001 156 5	0.126 01	0.127 16	852.4	1938.6	2790.9	2.3307	4.0971	6.4278	200
205	17.245	0.001 164 4	0.113 87	0.115 03	875.0	1918.8	2793.8	2.3778	4.0128	6.3906	205
210	19.077	0.001 172 6	0.103 07	0.104 24	897.7	1898.5	2796.2	2.4247	3.9293	6.3539	210
215	21.060	0.001 181 1	0.093 45	0.094 63	920.6	1877.6	2798.3	2.4713	3.8463	6.3176	215
220	23.198	0.001 190 0	0.084 85	0.086 03	943.7	1856.2	2799.9	2.5178	3.7639	6.2817	220
225	25.501	0.001 199 2	0.077 15	0.078 34	966.9	1834.3	2801.2	2.5641	3.6820	6.2461	225
230	27.976	0.001 208 7	0.070 24	0.071 43	990.3	1811.7	2802.0	2.6102	3.6006	6.2107	230
235	30.632	0.001 218 7	0.064 03	0.064 24	1013.8	1788.5	2802.3	2.6561	3.5194	6.1756	235
240	33.478	0.001 229 1	0.058 42	0.058 64	1037.6	1764.6	2802.2	2.7020	3.4386	6.1406	240
245	36.523	0.001 239 9	0.053 37	0.053 60	1061.6	1740.0	2801.6	2.7478	3.3579	6.1057	245
250	39.776	0.001 251 3	0.048 79	0.049 02	1085.8	1714.7	2800.4	2.7935	3.2773	6.0708	250
255	43.246	0.001 263 2	0.044 79	0.045 02	1110.2	1688.5	2798.7	2.8392	3.1968	6.0359	255
260	46.945	0.001 275 6	0.040 86	0.041 10	1134.9	1661.5	2796.4	2.8848	3.1161	6.0010	260
265	50.877	0.001 288 7	0.037 43	0.037 67	1159.9	1633.5	2793.5	2.9306	3.0353	5.9658	265
270	55.038	0.001 302 5	0.034 29	0.034 53	1185.2	1604.6	2789.9	2.9763	2.9541	5.9304	270
275	59.436	0.001 317 0	0.031 42	0.031 66	1210.9	1574.7	2785.5	3.0222	2.8725	5.8947	275
280	64.082	0.001 332 4	0.028 80	0.029 04	1236.8	1543.6	2780.4	3.0683	2.7903	5.8586	280
285	69.086	0.001 348 7	0.026 36	0.026 60	1263.2	1511.3	2774.5	3.1146	2.7079	5.8220	285
290	74.461	0.001 365 9	0.024 17	0.024 41	1290.0	1477.6	2767.6	3.1611	2.6257	5.7848	290
295	80.037	0.001 384 4	0.022 13	0.022 37	1317.3	1442.6	2759.8	3.2079	2.5439	5.7469	295
300	85.927	0.001 404 1	0.020 25	0.020 49	1345.1	1406.0	2751.0	3.2552	2.4629	5.7081	300
305	92.144	0.001 425 2	0.018 41	0.018 65	1373.4	1367.7	2741.1	3.3029	2.3826	5.6685	305
310	98.700	0.001 448 0	0.016 88	0.017 12	1402.4	1327.6	2730.0	3.3513	2.3026	5.6278	310
315	105.61	0.001 472 6	0.015 09	0.015 33	1432.1	1285.5	2717.6	3.4002	2.2226	5.5858	315
320	112.89	0.001 498 5	0.013 98	0.014 22	1462.6	1241.1	2703.7	3.4501	2.1426	5.5423	320
325	120.56	0.001 528 9	0.013 67	0.013 91	1494.0	1194.0	2688.0	3.5008	2.0626	5.4969	325
330	128.63	0.001 561 5	0.013 43	0.013 67	1526.5	1143.6	2670.2	3.5528	1.9826	5.4490	330
335	137.12	0.001 597 8	0.013 26	0.013 50	1560.3	1089.5	2649.7	3.6063	1.9016	5.3979	335
340	146.05	0.001 638 7	0.013 14	0.013 38	1595.5	1030.7	2626.2	3.6616	1.8211	5.3427	340
345	155.45	0.001 685 8	0.013 07	0.013 31	1632.5	966.4	2598.9	3.7193	1.7411	5.2828	345
350	165.35	0.001 741 1	0.013 06	0.013 30	1671.9	895.7	2567.7	3.7800	1.6616	5.2177	350
355	175.77	0.001 808 5	0.013 05	0.013 29	1713.6	813.8	2530.4	3.8449	1.5823	5.1442	355
360	186.75	0.001 889 5	0.013 04	0.013 28	1764.2	721.3	2483.4	3.9210	1.5030	5.0660	360
365	198.33	0.002 016 0	0.013 03	0.013 27	1818.0	618.0	2428.0	4.0021	1.4238	4.9759	365
370	210.54	0.002 213 6	0.013 02	0.013 26	1880.2	452.6	2342.8	4.1108	1.3446	4.8144	370
374	220.81	0.002 842 7	0.013 01	0.013 25	2046.7	109.5	2156.2	4.3493	1.1692	4.5185	374
374.15	221.20	0.003 17	0	0.003 17	2107.4	0	2107.4	4.4429	0	4.4429	374.15

p	t	Volume specific m ³ /kg		Entalpia kJ/kg			Energia interna kJ/kg		Entropia kJ/kg K			p
		v _g	v _f	h _g	h _f	h _{fg}	u _g	u _f	s _g	s _f	s _{fg}	
0.006 02	0	0.001 009 2	306.298 7	-0.0	2501.6	2501.6	-0.0	2375.6	-0.0	9.1578	9.1578	0.006 02
0.006 11	0.61	0.001 009 2	306.162 9	+0.0	2501.6	2501.6	0	2375.6	0	9.1575	9.1575	0.006 11
0.010	6.98	0.001 009 1	129.210 7	39.3	3485.0	2514.4	29.5	2383.2	0.1060	8.6706	8.9767	0.010
0.020	17.51	0.001 008 2	67.011 6	79.5	3460.2	2535.6	73.5	2399.6	0.2606	8.4640	8.7246	0.020
0.030	24.10	0.001 002 7	45.670 0	101.0	3444.6	2545.6	101.0	2408.6	0.3543	8.3343	8.3785	0.030
0.040	28.98	0.001 004 0	34.803 3	121.4	3433.1	2534.5	121.4	2413.3	0.4225	8.0530	8.4755	0.040
0.050	32.90	0.001 005 2	28.194 5	137.8	3423.8	2561.6	137.8	2420.6	0.4763	7.9197	8.3960	0.050
0.060	36.18	0.001 006 4	23.740 4	151.5	3416.0	2567.5	151.5	2425.1	0.5209	7.8103	8.3312	0.060
0.070	39.03	0.001 007 4	20.530 4	163.4	3409.2	2572.6	163.4	2428.9	0.5591	7.7176	8.2767	0.070
0.080	41.34	0.001 008 4	18.103 8	173.9	3403.2	2577.1	173.9	2432.3	0.5926	7.6370	8.2295	0.080
0.090	43.79	0.001 009 4	16.203 4	182.3	3397.9	2581.1	182.3	2435.3	0.6224	7.5657	8.1881	0.090
0.10	45.83	0.001 010 2	14.673 7	191.8	3392.9	2584.8	191.8	2438.1	0.6493	7.5018	8.1511	0.10
0.15	54.00	0.001 014 0	10.022 1	226.0	3373.2	2599.2	226.0	2448.9	0.7549	7.2544	8.0093	0.15
0.20	60.09	0.001 017 2	7.649 2	251.5	3358.4	2608.9	251.5	2456.9	0.8331	7.0773	7.9094	0.20
0.25	64.99	0.001 019 9	6.204 0	272.0	3346.4	2618.3	272.0	2463.2	0.8933	6.9390	7.8323	0.25
0.30	69.13	0.001 023 3	5.229 0	289.3	3336.1	2625.4	289.6	2468.2	0.9441	6.8254	7.7695	0.30
0.35	72.71	0.001 024 5	4.525 5	304.3	3327.2	2631.5	304.3	2473.1	0.9878	6.7288	7.7166	0.35
0.40	75.89	0.001 026 5	3.993 2	317.7	3319.2	2636.9	317.7	2477.2	1.0261	6.6448	7.6709	0.40
0.45	78.74	0.001 028 4	3.576 1	329.6	3312.0	2641.7	329.6	2480.8	1.0603	6.5703	7.6306	0.45
0.50	81.35	0.001 030 1	3.240 1	340.6	3305.4	2646.0	340.5	2484.0	1.0912	6.5053	7.5947	0.50
0.60	85.95	0.001 033 3	2.731 7	359.9	3293.6	2653.6	359.8	2489.7	1.1455	6.3872	7.5327	0.60
0.70	89.96	0.001 036 1	2.364 7	376.8	3283.3	2660.1	376.3	2494.6	1.1921	6.2883	7.4804	0.70
0.80	93.51	0.001 038 7	2.086 9	391.7	3274.0	2665.8	391.6	2498.8	1.2330	6.2022	7.4352	0.80
0.90	96.71	0.001 041 2	1.869 1	405.2	3265.6	2670.9	405.1	2502.7	1.2696	6.1258	7.3954	0.90
1.00	99.63	0.001 043 4	1.693 7	417.5	3257.9	2675.4	417.4	2506.0	1.3027	6.0571	7.3598	1.00
1.013 25	100.00	0.001 043 7	1.673 0	419.1	3256.9	2676.0	419.0	2506.5	1.3069	6.0483	7.3554	1.013 25
1.20	104.81	0.001 047 6	1.428 1	439.4	3244.1	2683.4	439.3	2512.0	1.3609	5.9375	7.2984	1.20
1.40	109.32	0.001 051 3	1.236 3	458.4	3231.9	2690.3	458.3	2517.2	1.4109	5.8356	7.2463	1.40
1.60	113.32	0.001 054 7	1.091 1	475.4	3220.9	2696.2	475.2	2521.6	1.4550	5.7467	7.2017	1.60
1.80	116.93	0.001 057 9	0.977 18	490.7	3210.8	2701.5	490.5	2525.6	1.4944	5.6677	7.1622	1.80
2.00	120.23	0.001 060 8	0.885 40	504.7	3201.6	2706.3	504.5	2529.2	1.5301	5.5967	7.1268	2.00
2.50	127.43	0.001 067 6	0.718 40	535.4	3181.0	2716.4	535.1	2536.8	1.6072	5.4448	7.0520	2.50
3.00	133.54	0.001 073 5	0.605 53	561.4	3163.2	2724.7	561.1	2543.0	1.6717	5.3192	6.9909	3.00
3.50	138.88	0.001 078 9	0.523 97	584.3	3147.3	2731.6	583.9	2548.2	1.7273	5.2118	6.9392	3.50
4.00	143.63	0.001 083 9	0.462 20	604.7	3132.9	2737.6	604.3	2552.7	1.7764	5.1179	6.8943	4.00
4.50	147.92	0.001 088 5	0.413 73	623.2	3119.7	2742.9	622.7	2556.7	1.8204	5.0342	6.8547	4.50
5.00	151.85	0.001 092 8	0.374 66	640.1	3107.4	2747.5	639.6	2560.2	1.8604	4.9588	6.8192	5.00
6.00	158.84	0.001 100 9	0.315 46	670.4	3085.0	2755.3	669.7	2566.2	1.9308	4.8267	6.7575	6.00
7.00	164.96	0.001 108 2	0.272 68	697.1	3064.9	2762.0	696.3	2571.1	1.9918	4.7134	6.7052	7.00
8.00	170.41	0.001 115 0	0.240 26	720.9	3046.5	2767.5	720.0	2575.3	2.0457	4.6139	6.6596	8.00
9.00	175.36	0.001 121 3	0.214 82	742.6	3029.5	2772.1	741.6	2578.8	2.0941	4.5251	6.6192	9.00
10.00	179.88	0.001 127 4	0.194 30	762.6	3013.6	2776.2	761.5	2581.9	2.1382	4.4447	6.5828	10.00
11.00	184.06	0.001 133 1	0.177 39	781.1	3099.6	2779.7	779.9	2584.6	2.1786	4.3712	6.5498	11.00
12.00	187.96	0.001 138 6	0.163 21	798.4	3084.3	2782.7	797.0	2586.8	2.2160	4.3034	6.5194	12.00
13.00	191.60	0.001 143 8	0.151 14	814.7	3070.7	2785.4	813.2	2588.9	2.2509	4.2404	6.4913	13.00
14.00	195.04	0.001 148 9	0.140 73	830.1	3057.7	2787.8	828.5	2590.8	2.2836	4.1813	6.4657	14.00
15.00	198.28	0.001 153 8	0.131 67	844.6	3045.3	2789.9	842.7	2592.4	2.3144	4.1262	6.4406	15.00
16.00	201.37	0.001 158 6	0.123 70	858.5	3033.2	2791.7	856.6	2593.8	2.3436	4.0740	6.4176	16.00
17.00	204.20	0.001 163 3	0.116 64	871.8	3021.6	2793.4	869.8	2595.1	2.3712	4.0246	6.3958	17.00
18.00	207.11	0.001 167 8	0.110 33	884.5	3010.3	2794.8	882.4	2596.2	2.3976	3.9776	6.3751	18.00
19.00	209.79	0.001 172 3	0.104 67	896.6	3000.3	2796.1	894.6	2597.2	2.4227	3.9327	6.3555	19.00
20.00	212.37	0.001 176 6	0.099 549	908.6	2991.3	2797.2	906.2	2598.1	2.4468	3.8899	6.3367	20.00
25.00	223.94	0.001 197 2	0.079 913	961.9	2959.9	2800.9	958.9	2601.1	2.5342	3.6994	6.2537	25.00
30.00	233.84	0.001 216 3	0.066 632	1008.3	2934.0	2802.3	1004.7	2602.4	2.6455	3.5383	6.1838	30.00
35.00	242.54	0.001 234 5	0.057 028	1049.7	2922.2	2802.0	1043.4	2602.4	2.7252	3.3976	6.1229	35.00
40.00	250.33	0.001 252 1	0.049 749	1087.4	2912.9	2800.3	1082.4	2601.3	2.7965	3.2720	6.0683	40.00
45.00	257.41	0.001 269 1	0.044 035	1122.1	2905.6	2797.7	1116.4	2599.5	2.8612	3.1579	6.0191	45.00
50.00	263.92	0.001 285 8	0.039 425	1154.5	2899.7	2794.2	1148.1	2597.1	2.9207	3.0528	5.9735	50.00
55.00	269.94	0.001 302 3	0.035 834	1184.9	2895.0	2789.9	1177.7	2594.0	2.9758	2.9551	5.9309	55.00
60.00	275.56	0.001 318 7	0.032 433	1213.7	2891.3	2785.0	1205.8	2590.4	3.0274	2.8633	5.8907	60.00
65.00	280.83	0.001 335 0	0.029 714	1241.2	2888.3	2779.5	1232.5	2586.4	3.0760	2.7766	5.8526	65.00
70.00	285.80	0.001 351 4	0.027 368	1267.5	2886.0	2773.4	1258.0	2581.8	3.1220	2.6941	5.8161	70.00
75.00	290.51	0.001 367 8	0.025 323	1292.7	2884.1	2766.9	1282.4	2577.0	3.1658	2.6152	5.7810	75.00
80.00	294.98	0.001 384 3	0.023 521	1317.2	2882.7	2759.9	1306.1	2571.7	3.2077	2.5393	5.7470	80.00
85.00	299.24	0.001 401 0	0.022 023	1340.8	2881.6	2752.4	1328.9	2566.1	3.2480	2.4661	5.7141	85.00
90.00	303.31	0.001 417 9	0.020 493	1363.8	2880.8	2744.6	1351.0	2560.2	3.2867	2.3952	5.6820	90.00
95.00	307.22	0.001 435 1	0.019 206	1386.2	2880.2	2736.3	1372.6	2553.8	3.3242	2.3264	5.6506	95.00
100.00	310.96	0.001 452 6	0.018 041	1408.1	2879.7	2727.7	1393.6	2547.3	3.3606	2.2592	5.6198	100.00
110.00	318.04	0.001 488 7	0.016 007	1450.6	2878.8	2709.3	1434.2	2533.2	3.4304	2.1292	5.5596	110.00
120.00	324.64	0.001 526 7	0.014 285	1491.7	2878.5	2689.2	1473.4	2517.8	3.4973	2.0083	5.5003	120.00
130.00	330.81	0.001 567 1	0.012 800	1531.9	2878.1	2667.0	1511.5	2500.6	3.5614	1.8795	5.4409	130.00
140.00	336.63	0.001 610 5	0.011 498	1571.5	2877.9	2642.4	1549.0	2481.4	3.6241	1.7564	5.3804	140.00
150.00	342.12	0.001 657 8	0.010 343	1610.9	2878.3	2615.1	1586.0	2460.0	3.6857	1.6323	5.3180	150.00
160.00	347.32	0.001 710 2	0.009 309 9	1650.4	2879.3	2584.9	1623.0	2435.9	3.7470	1.5063	5.2533	160.00
170.00	352.26	0.001 769 5	0.008 372 1	1691.6	2880.0	2551.6	1661.5	2409.3	3.8066	1.3749	5.1856	170.00
180.00	356.96	0.001 839 9	0.007 497 3	1734.8	2881.0	2513.9	1701.7	2378.9	3.8766	1.2362	5.1127	180.00
190.00	361.44	0.001 926 2	0.006 675 9	1778.7	2882.3	2470.5	1742.1	2343.7	3.9430	1.0900	5.0330	190.00
200.00	365.71	0.002 037 4	0.005 874 5	1823.6	2883.6	2418.2	1785.9	2308.7	4.0151	0.9259	4.9410	200.00
210.00	369.79	0.002 201 8	0.005 022 5	1869.3	2884.3	2347.5	1840.1	2242.0	4.1040	0.7172	4.8222	210.00
220.00	373.78	0.002 366 5	0.003 734 7	1916.3	2884.3	2186.3	1951.6	2144.4	4.2034	0.2881	4.5814	220.00
221.3												

TABELLE VAPORE SURRISCALDATO

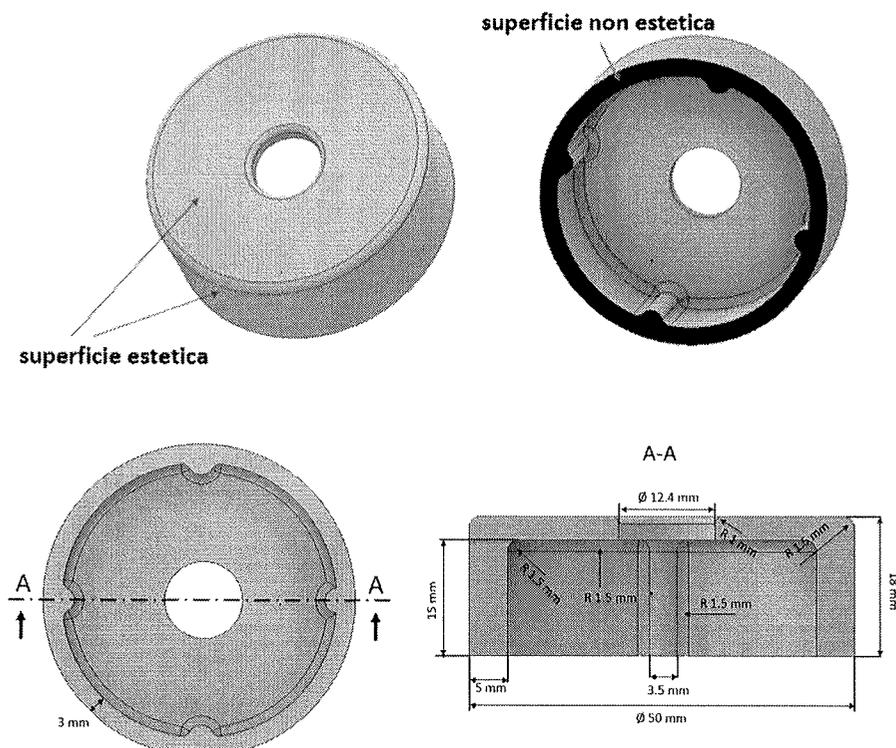
Pressione bar (kPa sat. °C)		50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
0.02 (17.5)	v	74.524	86.080	97.628	109.171	120.711	132.251	143.790	155.329	178.405	201.482	224.558	247.634
	h	2584.4	2688.5	2783.7	2880.0	2977.7	3076.8	3177.3	3279.7	3489.2	3703.6	3928.8	4158.7
	s	8.9226	9.1934	9.4527	9.6479	9.8441	10.0251	10.1934	10.3512	10.6413	10.9044	11.1464	11.3712
0.04 (29.0)	v	37.240	43.027	48.806	54.580	60.351	66.122	71.892	77.662	89.201	100.740	112.278	123.816
	h	2593.9	2688.3	2783.5	2879.9	2977.6	3076.8	3177.4	3279.7	3489.2	3703.6	3928.8	4158.7
	s	8.6016	8.8730	9.1129	9.3279	9.5241	9.7051	9.8735	10.0313	10.3214	10.5845	10.8265	11.0513
0.06 (36.2)	v	24.812	28.676	32.532	37.383	40.232	44.079	47.927	51.773	59.467	67.159	74.852	82.544
	h	2593.5	2688.0	2783.4	2879.8	2977.6	3076.7	3177.4	3279.6	3489.2	3703.6	3928.8	4158.7
	s	8.4125	8.6854	8.9251	9.1406	9.3369	9.5179	9.6863	9.8441	10.1342	10.3973	10.6394	10.8642
0.08 (41.5)	v	18.598	21.501	24.395	27.284	30.172	33.058	35.944	38.829	44.599	50.369	56.138	61.908
	h	2593.1	2687.8	2783.2	2879.7	2977.5	3076.7	3177.3	3279.6	3489.1	3703.5	3928.8	4158.7
	s	8.2797	8.5321	8.7921	9.0077	9.2041	9.3851	9.5535	9.7113	10.0014	10.2646	10.5068	10.7314
0.10 (45.8)	v	14.889	17.195	19.512	21.825	24.136	26.445	28.754	31.062	35.679	40.295	44.910	49.526
	h	2592.7	2687.5	2783.1	2879.6	2977.4	3076.6	3177.3	3279.6	3489.1	3703.5	3928.8	4158.7
	s	8.1757	8.4486	8.6886	8.9045	9.1010	9.2820	9.4504	9.6083	9.8984	10.1616	10.4036	10.6284
0.50 (81.2)	v	0.001012	3.4181	3.8883	4.3560	4.8205	5.2839	5.7467	6.2091	7.1335	8.0574	8.9810	9.9044
	h	209.29	2683.6	2780.1	2877.7	2976.1	3075.7	3176.6	3279.0	3488.7	3703.2	3928.6	4158.5
	s	0.70349	7.6933	7.9406	8.1587	8.3564	8.5380	8.7068	8.8649	9.1352	9.4185	9.6666	9.8855
1.00 (99.6)	v	0.001012	1.6953	1.9363	2.1723	2.4061	2.6387	2.8708	3.1029	3.5653	4.0277	4.4898	4.9517
	h	209.33	2678.2	2770.1	2875.4	2974.5	3074.5	3175.6	3278.2	3488.1	3703.4	3928.2	4158.3
	s	0.70347	7.3618	7.6137	7.8349	8.0342	8.2166	8.3858	8.5442	8.8348	9.0982	9.3405	9.5654
2.00 (120.2)	v	0.001012	0.001044	0.939.54	1.0804	1.1989	1.3162	1.4328	1.5492	1.7812	2.0129	2.2442	2.4754
	h	209.42	419.14	2768.5	2876.5	2971.2	3072.1	3173.8	3276.7	3487.0	3704.0	3927.8	4157.8
	s	0.70342	1.30679	7.2794	7.5072	7.7096	7.8937	8.0638	8.2226	8.3739	8.7778	9.0201	9.2452
3.00 (133.5)	v	0.001012	0.001044	0.633.74	0.716.35	0.796.44	0.875.29	0.953.52	1.031.14	1.1865	1.3412	1.4857	1.6499
	h	309.5	419.21	2760.4	2865.5	2967.9	3069.7	3171.9	3275.2	3486.0	3703.2	3927.0	4157.3
	s	0.70338	1.30671	7.6771	7.3119	7.5176	7.7034	7.8744	8.0338	8.3257	8.5898	8.8325	9.0577
4.00 (143.6)	v	0.001012	0.001044	0.470.66	0.534.26	0.595.19	0.654.85	0.713.85	0.772.50	0.889.19	1.0054	1.1214	1.2372
	h	209.59	419.29	2752.0	2860.4	2964.5	3067.2	3170.0	3273.6	3484.9	3702.5	3926.4	4156.9
	s	0.70335	1.30664	6.9285	7.1708	7.3800	7.5635	7.7395	7.8994	8.1919	8.4563	8.6992	8.9246
5.00 (151.8)	v	0.001012	0.001044	0.001091	0.424.96	0.47443	0.522.58	0.570.05	0.617.16	0.710.78	0.803.95	0.896.85	0.989.56
	h	209.68	419.36	632.16	2855.1	2961.1	3064.8	3168.1	3272.1	3483.8	3701.5	3925.8	4156.4
	s	0.70328	1.30656	1.84161	7.0592	7.2721	7.4614	7.6343	7.7948	8.0979	8.3626	8.5957	8.8213
6.00 (158.8)	v	0.001012	0.001043	0.001091	0.352.04	0.393.91	0.434.39	0.474.19	0.513.61	0.591.84	0.669.63	0.747.14	0.824.47
	h	209.76	419.44	632.23	2849.7	2951.6	3062.3	3166.2	3270.6	3482.7	3700.7	3925.1	4155.9
	s	0.70324	1.30648	1.8415	6.9662	7.1829	7.3749	7.5479	7.7090	8.0627	8.2678	8.5111	8.7368
7.00 (165.0)	v	0.001012	0.001043	0.001091	0.299.92	0.336.37	0.371.39	0.405.71	0.439.64	0.506.89	0.573.68	0.640.21	0.706.53
	h	209.85	419.51	632.29	2844.2	2944.0	3059.8	3164.3	3269.0	3481.6	3699.3	3924.5	4155.5
	s	0.70319	1.30641	1.84139	6.8859	7.1066	7.2997	7.4743	7.6333	7.9303	8.1959	8.4395	8.6653
8.00 (170.4)	v	0.001012	0.001043	0.001091	0.260.79	0.293.21	0.324.14	0.354.34	0.384.16	0.443.17	0.501.72	0.560.01	0.618.11
	h	209.93	419.59	632.33	2838.6	2938.4	3057.3	3162.4	3267.5	3480.5	3699.1	3923.9	4155.0
	s	0.70314	1.30632	1.84128	6.8148	7.0397	7.2348	7.4107	7.5729	7.8878	8.1336	8.3772	8.6093
9.00 (175.4)	v	0.001012	0.001043	0.001091	0.230.32	0.259.63	0.278.39	0.314.40	0.341.01	0.393.61	0.445.76	0.497.62	0.549.33
	h	210.02	419.66	632.41	2832.7	2946.8	3054.7	3160.5	3266.0	3479.4	3698.2	3923.3	4154.5
	s	0.7031	1.30624	1.84116	6.7508	6.9800	7.1771	7.3540	7.5169	7.8124	8.0785	8.3225	8.5486
10.00 (179.9)	v	0.001012	0.001043	0.001091	0.205.92	0.232.75	0.257.98	0.282.43	0.306.49	0.353.96	0.400.98	0.447.73	0.494.30
	h	210.11	419.74	632.47	2828.8	2943.0	3052.1	3158.5	3264.4	3478.3	3697.4	3922.7	4154.1
	s	0.70305	1.30616	1.84105	6.6922	6.9259	7.1251	7.3031	7.4663	7.7627	8.0292	8.2734	8.4997
15.00 (198.3)	v	0.001011	0.001043	0.001090	0.132.38	0.151.99	0.169.70	0.186.53	0.202.92	0.235.03	0.266.66	0.298.03	0.329.21
	h	210.34	420.11	632.78	2794.7	2923.5	3038.9	3148.7	3256.6	3472.8	3693.5	3919.6	4151.7
	s	0.70302	1.30577	1.8405	6.4508	6.7099	6.9207	7.1044	7.2709	7.5703	7.8383	8.0838	8.3108
20.00 (212.4)	v	0.001011	0.001043	0.001090	0.001156	0.113.45	0.125.50	0.138.66	0.151.13	0.175.53	0.199.50	0.223.17	0.246.66
	h	210.97	420.49	633.09	852.55	2902.4	3025.0	3138.6	3248.7	3467.3	3689.2	3916.5	4149.4
	s	0.70258	1.30538	1.83994	2.32995	6.5454	6.7866	6.9596	7.1296	7.4323	7.7022	7.9483	8.1763
25.00 (223.9)	v	0.001011	0.001043	0.001089	0.001156	0.086.985	0.098.925	0.109.75	0.120.04	0.139.87	0.159.21	0.178.26	0.197.14
	h	211.4	420.86	633.4	852.76	2879.5	3010.4	3128.2	3240.7	3461.7	3683.1	3913.4	4147.0
	s	0.70235	1.30499	1.83939	2.32916	6.4077	6.6470	6.8442	7.0178	7.3240	7.5956	7.8431	8.0716
30.00 (233.8)	v	0.001011	0.001042	0.001089	0.001155	0.070.551	0.081.159	0.090.536	0.099.310	0.116.08	0.132.34	0.148.32	0.164.12
	h	211.83	421.24	633.71	852.96	2854.8	2995.1	3117.5	3232.5	3456.5	3681.0	3910.3	4144.7
	s	0.70212	1.3046	1.83883	2.32838	6.2857	6.5422	6.7471	6.9246	7.2345	7.5079	7.7564	7.9857
35.00 (242.5)	v	0.001011	0.001042	0.001089	0.001155	0.058.693	0.068.424	0.076.776	0.084.494	0.099.088	0.113.15	0.126.94	0.140.54
	h	212.26	421.62	634.03	853.17	2829.1	2979.0	3106.5	3224.2	3450.6	3676.9	3907.2	4142.8
	s	0.70188	1.30421	1.83828	2.32759	6.1732	6.4491	6.6656	6.8443	7.1580	7.4332	7.6828	7.9128
40.00 (250.3)	v	0.001011	0.001042	0.001088	0.001154	0.001251	0.058.833	0.066.446	0.073.376	0.086.341	0.098.763	0.110.90	0.122.83
	h	212.69	421.99	634.34	853.37	1085.78	2962.0	3095.1	3215.7	3443.0	3672.8	3904.1	4140.0
	s	0.70165	1.30382	1.83773	2.32681	2.79343	6.3642	6.5870	6.7733	7.0909	7.3680	7.6187	7.8495
45.00 (257.4)	v	0.001011	0.001041	0.001088	0.001154	0.00125	0.051.336	0.058.696	0.064.721	0.076.427	0.087.370	0.098.423	0.109.10
	h	213.12	422.37	634.65	853.58	1085.77	2944.2	3083.3	3207.1	3439.3	3668.6	3901.0	4137.7
	s	0.70142	1.30343	1.83716	2.32603	2.79221	6.2852	6.5182	6.7093	7.0211	7.3100	7.5619	7.7934

Pressure bar (Temp. Sat. °C)		50	100	150	200	350	300	350	400	500	600	700	800
50.00 (263.9)	v	0.00101	0.001041	0.001088	0.001153	0.001349	0.045 301	0.051 941	0.057 791	0.064 494	0.071 614	0.088 446	0.098 093
	h	213.55	423.74	634.96	853.79	1085.76	29155	3071.2	3198.3	3433.7	3664.5	3897.9	4135.3
	s	0.70119	1.30504	1.83663	2.32525	2.791	6.2103	6.4345	6.6508	6.9770	7.3578	7.5108	7.7431
60.00 (275.6)	v	0.001009	0.001041	0.001087	0.001152	0.001248	0.056 145	0.062 222	0.067 379	0.073 392	0.085 184	0.073 478	0.081 587
	h	214.41	423.49	635.58	854.21	1085.75	2885.0	3045.8	3188.1	3422.2	3658.2	3891.7	4130.7
	s	0.70072	1.30227	1.83554	2.3237	2.78839	6.0692	6.3386	6.5462	6.8813	7.1664	7.4217	7.6530
70.00 (285.8)	v	0.001009	0.00104	0.001086	0.001151	0.001246	0.029 457	0.035 333	0.039 922	0.048 086	0.055 590	0.062 787	0.069 798
	h	215.26	424.25	636.21	854.63	1085.75	2839.4	3018.7	3161.2	3410.6	3647.9	3885.4	4126.0
	s	0.70026	1.30149	1.83445	2.32217	2.78621	5.9327	6.2333	6.4536	6.7993	7.0880	7.3456	7.5808
80.00 (295.0)	v	0.001009	0.00104	0.001086	0.00115	0.001244	0.024 264	0.029 948	0.034 310	0.041 704	0.048 394	0.054 770	0.060 956
	h	216.12	425	638.84	855.06	1085.77	2786.8	2989.9	3141.6	3398.8	3639.5	3879.2	4121.5
	s	0.69979	1.30073	1.83337	2.32064	2.78386	5.7942	6.1349	6.3694	6.7262	7.0191	7.2790	7.5154
90.00 (303.3)	v	0.001008	0.001039	0.001085	0.001149	0.001245	0.001402	0.025 792	0.029 29	0.036 737	0.042 798	0.048 534	0.054 089
	h	216.98	425.75	637.47	855.49	1085.79	1344.55	2999.0	3121.2	3286.8	3631.1	3875.0	4116.7
	s	0.69933	1.29985	1.83229	2.31913	2.78153	3.25329	6.0408	6.2915	6.6600	6.9574	7.2196	7.4579
100.00 (311.0)	v	0.001008	0.001039	0.001084	0.001148	0.001244	0.001398	0.022 421	0.026 408	0.032 760	0.038 320	0.043 546	0.048 580
	h	217.84	426.5	638.1	855.92	1085.83	1343.36	2925.8	3099.9	3374.6	3622.7	3866.8	4113.0
	s	0.69887	1.29919	1.83121	2.31761	2.77923	3.24878	5.9489	6.2182	6.5994	6.9013	7.1660	7.4038
110.00 (327.8)	v	0.001007	0.001037	0.001083	0.001146	0.001236	0.001388	0.016 123	0.020 910	0.025 590	0.030 259	0.034 510	0.038 682
	h	219.98	428.39	639.67	857.03	1085.96	1346.63	2828.0	3042.9	3343.3	3601.4	3851.1	4100.3
	s	0.69771	1.29728	1.82854	2.31587	2.77357	3.23797	5.7155	6.0481	6.4654	6.7796	7.0504	7.2942
120.00 (342.1)	v	0.001006	0.001036	0.001081	0.001143	0.001232	0.001378	0.011 462	0.015 661	0.020 795	0.024 884	0.028 587	0.032 086
	h	221.13	430.27	641.26	858.14	1086.16	1338.25	2694.8	2979.1	3310.6	3579.8	3855.4	4088.6
	s	0.69656	1.29638	1.8259	2.31018	2.76894	3.22776	5.4467	5.8876	6.3487	6.6764	6.9536	7.2013
130.00 (354.6)	v	0.001005	0.001036	0.00108	0.001141	0.001229	0.001369	0.001716	0.012 460	0.017 389	0.021 043	0.024 314	0.027 376
	h	224.27	432.16	642.83	859.27	1096.41	1336.14	1662.62	2906.3	3276.5	3575.8	3879.7	4077.0
	s	0.69541	1.29551	1.82326	2.30655	2.76265	3.21808	3.764	4.2632	4.8352	5.3784	5.8698	6.3213
140.00 (365.7)	v	0.001003	0.001034	0.001078	0.001139	0.001225	0.001361	0.001666	0.009 947 0	0.014 771	0.018 161	0.021 111	0.023 843
	h	226.41	434.05	644.45	860.43	1096.72	1334.26	1647.18	2829.5	3241.1	3535.5	3835.8	4065.3
	s	0.69427	1.29614	1.82068	2.30296	2.75737	3.20885	3.73684	4.2585	4.8456	5.3843	5.8753	6.3211
150.00 (377.8)	v	0.000999	0.001029	0.001072	0.00113	0.001211	0.001322	0.001554	0.002 830 6	0.008 680 8	0.011 436	0.013 647	0.015 619
	h	224.95	441.62	650.9	865.2	1098.42	1328.69	1610.04	2161.8	3085.0	3443.0	3739.7	4018.5
	s	0.68971	1.2843	1.81053	2.28907	2.73735	3.17565	3.64552	4.1496	4.6972	5.2340	5.7560	6.2688
160.00 (390.0)	v	0.000995	0.001024	0.001066	0.001122	0.001198	0.001308	0.00149	0.001 909 1	0.005 615 6	0.008 088 4	0.009 950 2	0.011 521
	h	243.46	449.22	657.44	870.2	1099.76	1325.39	1589.69	1954.1	2906.8	3346.4	3674.8	3971.7
	s	0.68519	1.27714	1.80072	2.27584	2.71879	3.14688	3.58848	4.1190	4.7462	5.4035	6.0791	6.6606
170.00 (402.1)	v	0.000991	0.00102	0.001061	0.001114	0.001187	0.001287	0.001444	0.001 729 1	0.003 882 2	0.006 111 3	0.007 719 7	0.009 075 9
	h	251.94	456.83	664.08	885.4	1093.61	1323.69	1576.39	1877.7	2723.0	3248.3	3610.2	3925.3
	s	0.68069	1.27014	1.79123	2.26319	2.70145	3.12127	3.54361	4.0083	4.5182	5.0707	5.6338	6.2022
180.00 (414.2)	v	0.000988	0.001016	0.001055	0.001107	0.001176	0.00127	0.001408	0.001 632 4	0.002 915 5	0.004 835 0	0.006 269 0	0.007 460 3
	h	260.39	464.46	670.74	889.76	1096.88	1323.17	1567.15	1847.3	2579.6	3151.6	3547.0	3879.6
	s	0.67622	1.26531	1.78203	2.25105	2.68513	3.09806	3.5099	3.9383	4.3974	4.8977	5.4477	6.0031
190.00 (427.3)	v	0.000984	0.001012	0.00105	0.001101	0.001166	0.001254	0.001379	0.001 567 1	0.002 466 8	0.003 971 9	0.005 256 6	0.006 320 8
	h	268.81	472.1	677.46	886.27	1100.51	1323.57	1560.58	1827.8	2467.1	3060.4	3486.3	3835.3
	s	0.67173	1.25662	1.76308	2.23937	2.66967	3.07674	3.473	3.8855	4.3688	4.8931	5.4562	6.0797
200.00 (440.4)	v	0.000980	0.001008	0.001045	0.001094	0.001157	0.00124	0.001355	0.001 518 0	0.002 188 1	0.003 379 2	0.004 519 3	0.005480 5
	h	277.2	479.75	684.28	891.92	1104.43	1324.7	1555.92	1814.2	2397.4	2980.3	3428.7	3792.8
	s	0.66733	1.25006	1.75438	2.22811	2.63497	3.05896	3.4456	3.8425	4.2888	4.7895	5.3470	6.0034
210.00 (454.5)	v	0.000977	0.001004	0.001041	0.001088	0.001149	0.001227	0.001334	0.001 478 8	0.002 012 9	0.002 966 8	0.003 964 2	0.004 840 7
	h	285.55	487.4	691.12	897.87	1108.62	1326.43	1552.7	1804.6	2349.9	2913.5	3374.6	3752.4
	s	0.6629	1.24363	1.75593	2.21721	2.64093	3.03845	3.41686	3.8059	4.2662	4.7468	5.2479	6.0179
220.00 (468.6)	v	0.000973	0.001	0.001036	0.001082	0.001141	0.001216	0.001315	0.001 448 4	0.001 893 4	0.002 668 1	0.003 535 6	0.004 341 1
	h	293.87	495.07	698	903.53	1113.02	1328.62	1550.6	1797.6	2316.1	2857.5	3324.4	3714.3
	s	0.65848	1.23732	1.74764	2.20666	2.62748	3.02102	3.38225	3.7738	4.1913	4.6303	5.0879	6.0297

Tema n. 2 (classe LM/33 - Ingegneria meccanica dei materiali):

Il candidato svolga tutti gli esercizi proposti:

1. Una barra in materiale polimerico viene deformata elasticamente con una tensione monoassiale di trazione pari a 7.6 MPa e quindi vincolata. Tenendo conto che:
 - il polimero ha modulo di Young $E = 2,7 \text{ GPa}$;
 - la barra si mantiene in campo elastico;
 - dopo 40 giorni a 20°C lo sforzo è diminuito a 4.8 MPa;determinare la costante di rilassamento del materiale, lo sforzo dopo 60 giorni a 20°C ed il suo modulo $E(t)$ valutato al tempo $t = 10$ giorni. Determinare, inoltre, il carico da applicare all'istante iniziale alla barra (diametro iniziale = 25 mm - lunghezza iniziale = 1,2 m) per ottenere a 40 giorni a 20°C una tensione residua di 4.5 MPa, nonché la corrispondente deformazione.
2. Un'asta rettilinea a sezione circolare, con diametro $d=5\text{mm}$ e lunghezza $l=1\text{m}$ viene realizzata in materiale polimerico caratterizzato da un comportamento viscoelastico lineare. La cedevolezza a creep in torsione per questo materiale e' pari a: $J(t) = (4 - 2\exp(-t/10))(1 + \nu)$ con $[t]=\text{ore}$, $[J]=\text{GPa}^{-1}$, $\nu = \text{coeff. di Poisson}$. L'asta viene sospesa in verticale e ad un suo estremo viene appesa una massa $M=15\text{kg}$. Determinare la lunghezza che l'asta raggiunge dopo 50h dall'applicazione del carico.
3. Si vuole realizzare con la tecnologia dello stampaggio a iniezione un manufatto in plastica da realizzarsi in ABS (LUSTRAN/NOVODUR P2L/AT). Il candidato esegua un'analisi delle principali proprietà riportate nel bollettino tecnico allegato, utilizzate nella selezione del materiale, con particolare riferimento alla rigidità, duttilità, HDT e ritiro da stampaggio. Al candidato è inoltre richiesto di:
 - schematizzare uno stampo a due cavità di tipo ibrido e dimensionare il sistema di raffreddamento della parte fissa e della parte mobile dello stampo. Sulle superfici estetiche evidenziate nella figura non devono risultare segni dovuti alla presenza del punto di iniezione.
 - eseguire un dimensionamento di massima della pressa ad iniezione da utilizzare (gruppo di iniezione e gruppo di chiusura).



Lustran® ABS / Novodur®

Injection molding grades

General-purpose grades

Typical Properties	Test Conditions	Units	Standards	Injection molding grades			
				Novodur P21-A1	Novodur P22	Novodur P21-A1	Novodur P21-A1

Rheological properties

Property	Test Conditions	Units	Standards	Novodur P21-A1	Novodur P22	Novodur P21-A1	Novodur P21-A1
C Melt volume-flow rate	220 °C; 10 kg	cm ³ / (10 min)	ISO 1133	45	31	37	12
C Molding shrinkage, parallel		%	ISO 294-4	0.4 - 0.6	0.4 - 0.6	0.4 - 0.6	0.4 - 0.7
C Molding shrinkage, normal		%	ISO 294-4	0.4 - 0.6	0.4 - 0.6	0.4 - 0.6	0.4 - 0.7

Mechanical properties (23 °C/50 % r.h.)

Property	Test Conditions	Units	Standards	Novodur P21-A1	Novodur P22	Novodur P21-A1	Novodur P21-A1
C Tensile modulus	1 mm/min	MPa	ISO 527-1,-2	2700	2600	2500	2500
C Yield stress	50 mm/min	MPa	ISO 527-1,-2	45	45	44	46
C Yield strain	50 mm/min	%	ISO 527-1,-2	2.1	2.2	2.1	2.4
Stress at break	50 mm/min	MPa	ISO 527-1,-2				
Strain at break	50 mm/min	%	based on ISO 527-1,-2	> 15	> 15	> 15	> 15
C Charpy impact strength	23 °C	kJ/m ²	ISO 179-1eU	70	100	100	180
C Charpy impact strength	-30 °C	kJ/m ²	ISO 179-1eU	70	80	80	90
C Charpy notched impact strength	23 °C	kJ/m ²	ISO 179-1eA	10	15	16	20
C Charpy notched impact strength	-30 °C	kJ/m ²	ISO 179-1eA	4	7	7	11
Izod notched impact strength	23 °C	kJ/m ²	ISO 180-1A	10	16	16	18
Izod notched impact strength	-30 °C	kJ/m ²	ISO 180-1A	4	7	7	10
Flexural modulus	2 mm/min	MPa	ISO 178	2550	2450	2400	2400
Flexural strength	2 mm/min	MPa	ISO 178	72	75	70	71
Ball indentation hardness		N/mm ²	ISO 2039-1	120	115	110	105

Thermal properties

Property	Test Conditions	Units	Standards	Novodur P21-A1	Novodur P22	Novodur P21-A1	Novodur P21-A1
C Temperature of deflection under load	1.80 MPa	°C	ISO 75-1,-2	92	94	92	92
C Temperature of deflection under load	0.45 MPa	°C	ISO 75-1,-2	96	97	96	96
C Vicat softening temperature	50 N; 50 °C/h	°C	ISO 306	96	97	95	96
C Coefficient of linear thermal expansion, parallel	23 to 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ISO 11359-1,-2	0.9	0.9	0.9	0.9
C Burning behavior UL 94 (1.6 mm)	1.6 mm	Class	UL 94	HB	HB	HB	HB

Electrical Properties (23 °C/50 % r.h.)

Property	Test Conditions	Units	Standards	Novodur P21-A1	Novodur P22	Novodur P21-A1	Novodur P21-A1
C Relative permittivity	100 Hz	-	IEC 60250	3.1	3.1	3	3.1
C Relative permittivity	1 MHz	-	IEC 60250	3	2.9	2.9	2.9
C Dissipation factor	100 Hz	10 ⁻⁴	IEC 60250	80	80	85	80
C Dissipation factor	1 MHz	10 ⁻⁴	IEC 60250	80	80	90	80
C Volume resistivity		Ω * m	IEC 60093	1E+13	1E+13	1E+13	1E+13
C Surface resistivity		Ω	IEC 60093	1E+15	1E+15	1E+15	1E+15
C Electric strength	1 mm	kV/mm	IEC 60243-1	31	36	34	30
C Comparative tracking index CTI	Solution A	Rating	IEC 60112	600	600	600	600

Other properties (23 °C)

Property	Units	Standards	Novodur P21-A1	Novodur P22	Novodur P21-A1	Novodur P21-A1
C Density	kg/m ³	ISO 1183	1050	1050	1050	1050

Processing conditions for test specimens

Property	Units	Standards	Novodur P21-A1	Novodur P22	Novodur P21-A1	Novodur P21-A1
C Injection molding-Melt temperature	°C	ISO 294	240	240	240	240
C Injection molding-Mold temperature	°C	ISO 294	70	70	70	70
C Injection molding-Injection velocity	mm/s	ISO 294	240	240	240	240

Tema n. 3 (classe LM/31 - Ingegneria Gestionale):

La OIL4YOU Srl, azienda familiare che produce lattine in alluminio per l'imbottigliamento di olio di mais, dispone di una linea di produzione flessibile in grado di realizzare tre diversi formati di prodotto, rispettivamente da 1, 2 e 5 litri.

Da un'analisi effettuata dal Sig. Frantoio, storico fondatore e titolare dell'azienda, la domanda media complessiva risulta pari a 600.000 lattine/anno, di cui il 50% per il formato da 5l ed il restante 50% equamente ripartito tra 1l e 2l, con una deviazione standard di 3.000 lattine/anno.

Allo stato attuale, la politica produttiva dell'azienda prevede di mettere in produzione un lotto pari alla domanda media settimanale. L'Ing. Cerignola, responsabile di produzione dell'azienda, è però afflitto dal dubbio di avere, per via di tale politica, tempi di attrezzaggio più elevati del dovuto. Più in ampio, è convinto manchi un'analisi strutturata dei costi relativi allo scenario attuale, da comparare poi con le seguenti alternative:

- aumentare la dimensione del lotto medio di produzione, fino a coprire 2 settimane di domanda;
- aumentare ulteriormente la dimensione dei lotti, rendendoli in grado di coprire 4 settimane di domanda.

Per svolgere una puntuale analisi dei costi, l'Ing. Cerignola ha raccolto una serie di informazioni, nel seguito riassunte:

- 1) Il costo medio di acquisto della materia prima (alluminio) è stimabile in 2 €/Kg
 - a. Lattina da 5l = 0,4 Kg
 - b. Lattina da 2l = 0,15 Kg
 - c. Lattina da 1l = 0,08 Kg
- 2) Il prezzo medio di vendita delle lattine è pari a 75 €/UdC;
- 3) Il n° medio di ordini ricevuti è di 10 ordini/settimana;
- 4) Il costo di stoccaggio a magazzino (a posti condivisi) è pari a 52 €/UdC*anno, comprensivo dei costi di occupazione dello spazio, dell'addetto che vi lavora a tempo parziale e delle attrezzature impiegate per lo stoccaggio e per la movimentazione interna;
- 5) Le scorte di sicurezza a magazzino sono pari a 6 UdC per ogni formato. Qualora tale scorta venga erosa dalla domanda all'interno di un certo periodo, la politica aziendale è quella di reintegrarla in corrispondenza del lotto di produzione successivo;
- 6) Il tempo necessario per riattrezzare la linea ogni qual volta si cambia formato è di 4 ore;
- 7) La manodopera che si occupa delle operazioni di attrezzaggio è costituita da 2 operatori dedicati, il cui costo orario è di 14 €;
- 8) Il costo del lubrificante necessario per eseguire ogni attrezzaggio è di 5 €, a cui è necessario sommare uno scarto di materia prima quantificabile in 3 Kg;
- 9) L'impianto lavora su di un turno giornaliero (8 ore) in condizioni di pieno utilizzo della capacità produttiva;
- 10) Il costo amministrativo imputabile al lancio di un lotto di produzione è di 10 €.
- 11) Il miglior investimento alternativo possibile sembra essere rappresentato da fondi esteri, in grado di promettere un interesse lordo dell'8 %, a fronte di una capacità di credito aziendale sostanzialmente esaurita;

Si assuma infine che:

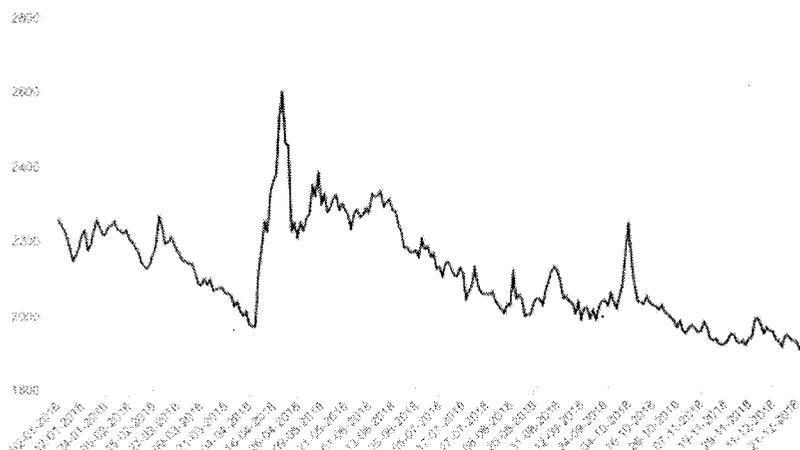
- 1 anno sia composto da 50 settimane
- 1 UdC = 50 lattine 5l = 150 lattine 2l = 250 lattine 1l

Alla luce delle informazioni sopra riportate, e di eventuale ipotesi aggiuntive formulate (e motivate) dal candidato, si richiede di:

- A. Identificare e descrivere le diverse possibili alternative produttive da mettere a confronto, evidenziandone qualitativamente pro e contro
- B. Identificare e descrivere le principali voci di costo che è necessario considerare per selezionare lo scenario produttivo ottimale
- C. Calcolare il costo totale legato a ciascuna alternativa produttiva, per ciascun formato di prodotto finito

- D. Identificare lo scenario produttivo ottimale per ciascun formato di prodotto, evidenziando l'eventuale delta costi rispetto allo scenario attuale
- E. Discutere il concetto di "Livello di Servizio" e descrivere in che modo rientra / dovrebbe rientrare nella valutazione quantitativa di cui sopra
- F. Alla luce dell'impatto delle diverse voci di costo quantificate, ed in funzione dell'andamento del costo della materia prima (alluminio) nel corso degli ultimi 12 mesi (si veda grafico nel seguito), si discuta dell'opportunità di prevedere acquisti speculativi e del relativo possibile impatto sulle valutazioni di cui sopra

LME ALUMINIUM HISTORICAL PRICE GRAPH



- G. Infine, è richiesto di discutere l'impatto sui costi e sulle valutazioni precedentemente formulate delle seguenti variazioni di scenario:
 - a. Surplus di capacità produttiva rispetto alla domanda (vs. capacità pari alla domanda)
 - b. Magazzino a posti dedicati (vs. condivisi)
 - c. Scorte di Sicurezza re-integrate con lotto *ad hoc* (vs. lotto di produzione successiva)
 - d. Attrezzaggi svolti direttamente dagli operatori di linea (vs. operatori dedicati)
 - e. Presenza di un investimento alternativo direttamente riconducibile alla linea produttiva, capace di garantire una resa del 7%, a fronte di una situazione finanziaria di indebitamento

Tema n. 4 (classe LM/25 - Ingegneria dell'automazione):

Sia dato il seguente sistema, basato su un motore c.c. (Figura 1) avente le caratteristiche riportate in Tabella 1.

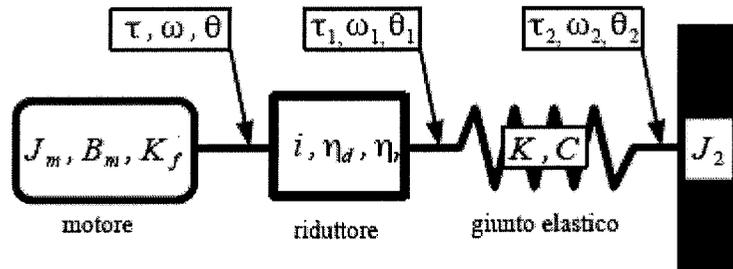


Figura 1: Sistema da modellizzare e controllare

Tabella 1: Caratteristiche del sistema da modellizzare

Parametro	Valore
K_t	0.053 Nm/A
K_e	0.053 V/rad/s
V	24 V
R	9.3 Ω
L	$1.5 \cdot 10^{-4}$ H
J_m	$4.2480 \cdot 10^{-6}$ kgm ²
B_m	$8.2277 \cdot 10^{-6}$ Nm/rad/s
K_f	0.00424 Nm
i	25
η_d	0.8
η_r	0.2
K	0.2676 Nm/rad
C	0.0057 Nms/rad
J_2	0.0031 kgm ²

PARTE A: MODELLIZZAZIONE

1. Calcolare, indicando i passaggi fondamentali, il sistema di equazioni differenziali non lineari che modellizza il sistema elettromeccanico in Figura 1.
2. Calcolare, indicando i passaggi fondamentali e indicando le assunzioni fatte, la funzione di trasferimento tra la tensione V e la posizione del volano θ_2 della porzione lineare del sistema in Figura 1.
3. Calcolare, indicando i passaggi fondamentali e indicando le assunzioni fatte (se ulteriori a quelle del punto 2), la descrizione nello spazio degli stati della porzione lineare del sistema in Figura 1

PARTE B: CONTROLLO

1. Si supponga di poter misurare la posizione angolare (θ_2) e la velocità angolare (ω_2) del volano J_2 . Supponendo di avere a disposizione un opportuno software di calcolo e simulazione, indicare le fasi e le scelte progettuali necessarie per la definizione di uno schema di controllo in cascata per il sistema. Riportare lo schema a blocchi del sistema con il controllo progettato.
2. Si supponga ora di poter misurare soltanto la posizione angolare di (θ_2) del volano J_2 . Supponendo di avere a disposizione un opportuno software di calcolo e simulazione, indicare le fasi e le scelte progettuali necessarie per la definizione dell'osservatore dello stato che permetta di ricostruire la velocità angolare ω_2 del volano J_2 in modo da poter utilizzare lo schema di controllo progettato al punto 1.

3. Supponendo che la matrice del guadagno dell'osservatore progettato in (2) sia nota e pari a $L=[l_1 \ l_2 \ l_3 \ l_4]$ e che i controllori di cui al punto (1) siano PID con parametri noti, si calcoli la versione digitale dei due controllori progettati al punto (1) e dell'osservatore calcolato al punto (2) quando il tempo di campionamento è pari a T_c .
4. Scrivere lo pseudocodice (o il codice matlab/c/fortran) che permetta di implementare lo schema di controllo progettato, comprensivo dell'osservatore.