

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2018 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 10: MECCANICA – IMPIANTI

Un'Azienda produttrice di prodotti alimentari di varia tipologia, derivanti dal processo di concentrazione, decide di installare all'interno del suo impianto una nuova linea per la produzione di succhi di frutta alla pesca. Lo schema semplificato del processo di preparazione del succo di pesca è illustrato in Figura 1.

Il nuovo impianto ha una capacità produttiva pari a 200 t/giorno di materia prima entrante (pesche). La produzione è stagionale e si svolge su un arco di 70 giorni/anno. L'impianto lavora su 3 turni, ciascuno da 8 h/giorno. Per ogni fase del processo è nota la resa della materia prima, come indicato in Tabella 2 (seguito).

1. Realizzare la progettazione dell'impianto di concentrazione del prodotto, avendo i seguenti dati (Tabella 1):

Tabella 1 - Caratteristiche principali dell'impianto di concentrazione del succo di pesca.

Concentrazione iniziale	15%
Concentrazione finale	65%
# effetti	3
p0 (bar)	2.1
P2 (bar)	1.2
p3 (bar)	0.5

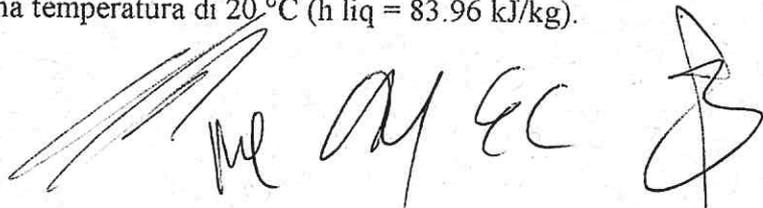
1.1 Rappresentare lo schema dell'impianto di concentrazione ad effetti multipli ed il relativo diagramma entropico (provvisorio), indicando tutti gli stati dei fluidi durante il ciclo del processo di concentrazione del prodotto.

1.2 Calcolare:

- la portata di prodotto in uscita dalla fase di concentrazione e la relativa resa;
- i valori di pressione, temperatura e entalpia per lo stato 1, rappresentativo del vapore in uscita dal primo evaporatore – utilizzare la Tabella 3 ed eventualmente spiegare come cambia il diagramma entropico del punto 1.1;
- la portata di vapore in ingresso al primo evaporatore;
- le portate di vapore generate nei vari stadi di concentrazione;
- le potenze scambiate da ciascun evaporatore.

1.3 Dimensionare la superficie degli evaporatori sapendo che i loro coefficienti di scambio termico globale sono: $A_1=2600 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$; $A_2=2250 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$; $A_3=1530 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.4 Dimensionare la portata di acqua al condensatore barometrico (realizzare uno schema di impianto) posto a valle dei 3 evaporatori, sapendo che l'acqua per il condensatore barometrico è presa dal serbatoio generale ed ha una temperatura di 20°C ($h_{\text{liq}} = 83.96 \text{ kJ/kg}$).



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2018 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 10: MECCANICA – IMPIANTI

1.5 Determinare i consumi di acqua (kg/h) e di vapore (kg/h) per questa fase del processo, ipotizzando che l'acqua utilizzata non venga ricircolata in nessuna delle fasi del processo.

2. Avendo ora i consumi di acqua, vapore e energia elettrica per tutte le fasi, valutare i costi di esercizio annui sapendo che:

- il vapore è generato da una caldaia alimentata a pellet (potere calorifico 5.3 kWh/kg; costo pellet 24€/q);
- il costo dell'energia elettrica è 0.35 €/kWh;
- il costo dell'acqua è 1.3 €/m³.

3. Il prodotto finale viene venduto in confezioni da 250g l'una. Il costo della confezione è 0.03 €/pz e il prezzo di vendita è 0.15 €/confezione. Sapendo che l'investimento iniziale della nuova linea ammonta a 1 200 000 € e ipotizzando che ogni anno tutta la produzione venga completamente venduta, valutare con il metodo del VAN in quanti anni l'Azienda è in grado di far rientrare l'investimento, utilizzando un tasso di interesse pari al 7%.

Per tutti i dati mancanti utilizzare valori di buona norma.

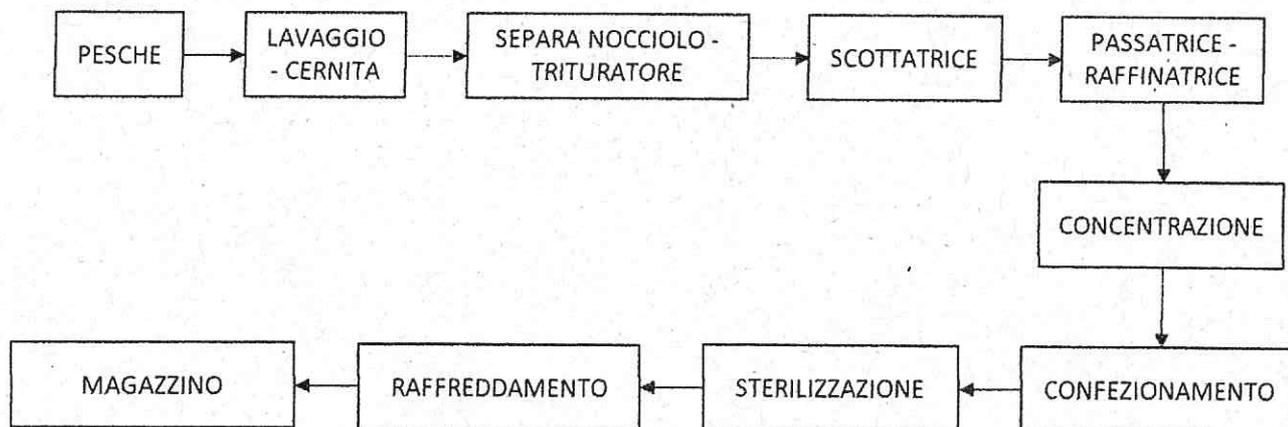


Figura 1 - Schema qualitativo e semplificato del processo di produzione del succo di pesca.

[Handwritten signatures and initials]

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2018 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 10: MECCANICA – IMPIANTI

Tabella 2 - Rese e consumi di acqua, energia elettrica e vapore tecnologico necessari per elaborare 100 q di materia prima in ingresso all'intero processo.

ase processo	Lavaggio- Cernita	Separa nocciolo- Trituratore	Scottat rice	Passatrice- Raffinatrice	Concentra zione
Resa materia prima (-)	0.97	0.9	1	0.92	?
Consumi di acqua (m3/h)	197	-	-	-	?
Potenza elettrica (kW)	125	56	26	141	97
Consumi di vapore (kg/h)	-	-	5808	-	?

Fase processo	Confezionamento	Sterilizzazione	Raffreddamento
Resa materia prima (-)	0.995	1	1
Consumi di acqua (m3/h)	-	-	108
Potenza elettrica (kW)	30	30	46
Consumi di vapore (kg/h)	-	49	-

Handwritten signatures and initials, including a large signature and the initials 'ME', 'EE', and 'S'.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2018 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 10: MECCANICA – IMPIANTI

Tabella 3 - Proprietà del vapore saturo d'acqua.

Temp. °C	Press. bars	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Temp. °C
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
50	.1235	1.0121	12.032	209.32	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	.7038	8.0763	50
55	.1576	1.0146	9.568	230.21	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	.7679	7.9913	55
60	.1994	1.0172	7.671	251.11	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	.8312	7.9096	60
65	.2503	1.0199	6.197	272.02	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	.8935	7.8310	65
70	.3119	1.0228	5.042	292.95	2469.6	292.98	2333.8	2626.8	.9549	7.7553	70
75	.3858	1.0259	4.131	313.90	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	7.6824	75
80	.4739	1.0291	3.407	334.86	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	7.6122	80
85	.5783	1.0325	2.828	355.84	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	7.5445	85
90	.7014	1.0360	2.361	376.85	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	7.4791	90
95	.8455	1.0397	1.982	397.88	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	7.4159	95
100	1.014	1.0435	1.673	418.94	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	7.3549	100
110	1.433	1.0516	1.210	461.14	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	7.2387	110
120	1.985	1.0603	0.8919	503.50	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	7.1296	120
130	2.701	1.0697	0.6685	546.02	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	7.0269	130
140	3.613	1.0797	0.5089	588.74	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	6.9299	140
150	4.758	1.0905	0.3928	631.68	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	6.8379	150
160	6.178	1.1020	0.3071	674.86	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	6.7502	160
170	7.917	1.1143	0.2428	718.33	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	6.6663	170
180	10.02	1.1274	0.1941	762.09	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	6.5857	180
190	12.54	1.1414	0.1565	806.19	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	6.5079	190
200	15.54	1.1565	0.1274	850.65	2595.3	852.45	1940.7	2793.2	2.3309	6.4323	200
210	19.06	1.1726	0.1044	895.53	2599.5	897.76	1900.7	2798.5	2.4248	6.3585	210
220	23.18	1.1900	0.08619	940.87	2602.4	943.62	1858.5	2802.1	2.5178	6.2861	220
230	27.95	1.2088	0.07158	986.74	2603.9	990.12	1813.8	2804.0	2.6099	6.2146	230
240	33.44	1.2291	0.05976	1033.2	2604.0	1037.3	1766.5	2803.8	2.7015	6.1437	240
250	39.73	1.2512	0.05013	1080.4	2602.4	1085.4	1716.2	2801.5	2.7927	6.0730	250
260	46.88	1.2755	0.04221	1128.4	2599.0	1134.4	1662.5	2796.6	2.8838	6.0019	260
270	54.99	1.3023	0.03564	1177.4	2593.7	1184.5	1605.2	2789.7	2.9751	5.9301	270
280	64.12	1.3321	0.03017	1227.5	2586.1	1236.0	1543.6	2779.6	3.0668	5.8571	280
290	74.36	1.3656	0.02557	1278.9	2576.0	1289.1	1477.1	2766.2	3.1594	5.7821	290
300	85.81	1.4036	0.02167	1332.0	2563.0	1344.0	1404.9	2749.0	3.2534	5.7045	300
320	112.7	1.4988	0.01549	1444.6	2525.5	1461.5	1238.6	2700.1	3.4480	5.5362	320
340	145.9	1.6379	0.01080	1570.3	2464.6	1594.2	1027.9	2622.0	3.6594	5.3357	340
360	186.5	1.8925	0.006945	1725.2	2351.5	1760.5	720.5	2481.0	3.9147	5.0526	360
374.14	220.9	3.155	0.003155	2029.6	2029.6	2099.3	0	2099.3	4.4298	4.4298	374.14