

**CORSO DI LAUREA IN ING. MECCANICA \_ IND. PROPEDEUTICO  
MACCHINE – PROF. PERSICO– PROVA SCRITTA DEL 4.2.2013**

**ESERCIZIO 1 (8 punti)** Due pompe centrifughe identiche sono collegate in parallelo. Ciascuna pompa è caratterizzata da:

- Diametro girante :  $d_2=250$  mm
- Velocità di rotazione: 1300 rpm
- Angolo della palettatura allo scarico  $\beta_2 = -30$  deg
- Altezza di pala allo scarico girante :  $b_2 = 0.15*d_2$

L'impianto è caratterizzato da due bacini a pelo libero posti ad una differenza di quota di 10 m e connessi da una tubazione di diametro  $D_t=100$  mm, coefficiente di attrito 0.03 e sviluppo pari ad una lunghezza di 15 m in aspirazione e 15 m in mandata.

1. **In ipotesi di macchine ideali**, si calcoli la portata erogata e la potenza assorbita dall'impianto
2. Assunta come curva di NPSH di ciascuna pompa la relazione  $NPSH_r=1+Q*10$  e nota la tensione di vapore dell'acqua pari a 0.025 bar, si calcoli la massima quota di installazione della stazione di pompaggio rispetto al pelo libero del bacino di aspirazione.
3. In ipotesi di fuori servizio di una delle due pompe, si calcoli la velocità di rotazione richiesta alla sola pompa in funzionamento per garantire nell'impianto la stessa portata.
4. Si valuti la massima quota di installazione della stazione di pompaggio nel funzionamento in emergenza descritto in 3 e la si confronti con quella ottenuta al punto 2.

soluzione ese 1 in ultima pagina

**ESERCIZIO 2 (8 punti)** Una macchina per movimentazione aria è costituita da due giranti affacciate controrotanti ad asse orizzontale. Ciascuna delle due giranti è caratterizzata da :

- Diametro medio:  **$D_m= 1.5$  m** ; altezza di pala  **$h=0.5$  m**; velocità di rotazione: **1000 rpm**.
- Portata nominale  **$Q = 140$  m<sup>3</sup>/s** ; rendimento :  **$\eta_{tt} = 0.8$**

L'aria dopo avere attraversato la prima girante entra nella seconda e ne esce con direzione **puramente assiale**.

La macchina aspira aria da un ambiente a pressione  $P_0=1$ bar. **IL FLUIDO DI LAVORO DEVE ESSERE**

**CONSIDERATO NON COMPRIMIBILE A DENSITA' COSTANTE PARI A  $\rho=1.2$  Kg/m<sup>3</sup>.**

1. Sapendo che il primo rotore impone al flusso relativo una deflessione  **$\Delta\beta=20$  deg**, si calcoli l'incremento di pressione totale del fluido nell'attraversamento del primo rotore
2. Si calcoli la deflessione richiesta alla palettatura del secondo rotore per ottenere un flusso assoluto allo scarico puramente assiale
3. Si calcoli la potenza assorbita all'asse della macchina e l'incremento di pressione totale rispetto all'ambiente complessivamente ottenuto a valle del secondo rotore.
4. Si calcoli la sezione di scarico necessaria per scaricare in ambiente la portata elaborata dalla macchina.

<b>Pt0</b>	<b>100000 Pa</b>
<b>rho</b>	<b>1.2 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>dm</b>	<b>1.5 m</b>
<b>b</b>	<b>0.5 m</b>
S	2.356195 m <sup>2</sup>
<b>rpm</b>	<b>1000 rpm</b>
omega	104.7198 rad/s
u	78.53982 m/s
<b>Q</b>	<b>140 mc/s</b>
vax	59.41784 m/s
P1	97881.71 Pa
w1	98.48342 m/s

beta1	-52.8913	
<b>etatt</b>	<b>0.8</b>	
<b>dbeta</b>	<b>20</b>	0.349066
beta2	2.144859	-32.8913
w2	70.76064	m/s
w2t	-38.4264	m/s
v2t	40.11342	m/s
v2	71.69077	m/s
l	<b>3150.501</b>	J/kg
		2520
<b>DPT(1,2)</b>	<b>3024.48</b>	Pa
P2t	103024.5	Pa
p2	99940.74	Pa
alfa2	<b>34.02357</b>	
alfa3	<b>-34.0236</b>	
v3t	-40.1134	m/s
w3t	-118.653	m/s
w3	132.6992	m/s
beta3	<b>-63.3997</b>	
w4t	-78.5398	m/s
w4	98.48342	m/s
beta4	<b>-52.8913</b>	
<b>l2r</b>	<b>3150.501</b>	J/kg
dbeta	10.50837	°
<b>dpt(3,4)</b>	<b>3024.48</b>	Pa
v5	100.4072	
<b>s5</b>	<b>1.394323</b>	mq
d5	1.332744	

**ESERCIZIO 3 (8 punti)** Uno stadio ideale di turbina assiale opera con gas combustibili (proprietà termofisiche  $c_{p,G} = 1250 \text{ J/(kgK)}$  e  $\gamma_G = 1.32$ ). Le condizioni termodinamiche totali di ingresso allo stadio sono  $P_{0T} = 10 \text{ bar}$  ;  $T_{0T} = 900\text{K}$ . Le pressioni statiche di uscita dallo statore e del rotore sono rispettivamente assegnate e  $P_1 = 7 \text{ bar}$ ,  $P_2 = 4 \text{ bar}$ . Sono assegnati anche gli angoli del flusso allo scarico dello statore e del rotore, assoluto e relativo rispettivamente,  $\alpha_1 = 72^\circ$ ,  $\beta_2 = -70^\circ$ . Lo stadio è progettato a diametro medio costante,  $D = 2 \text{ m}$ , il rapporto di forma all'uscita dello statore  $h_1/D$  è **0.05**, ed il rotore opera ad una velocità di rotazione  $n = 3000 \text{ rpm}$ .

Si calcolino l'altezza di pala allo scarico rotore e la potenza fornita, tenendo conto **che la velocità assiale non è assegnata costante nel rotore.**

<b>P0T</b>	<b>10 bar</b>
<b>T0T</b>	<b>900 K</b>
<b>P1</b>	<b>7 bar</b>
<b>P2</b>	<b>4 bar</b>
<b>alfa1</b>	<b>72</b>
<b>beta2</b>	<b>-70</b>
<b>D</b>	<b>2 m</b>
<b>b1/D</b>	<b>0.05</b>

**n**            **3000 rpm**  
**cp**           **1250 J/kgK**  
**gamma**       **1.32**

dtr        0.017453  
R         303.0303  
omega     314.1593 rad/s  
b1         0.1 m  
M1        0.751311  
T1        825.4495 K  
V1        431.7131 m/s  
V1t       410.5836 m/s  
V1a       133.4067 m/s  
U         314.1593 m/s  
W1t       96.42429 m/s  
beta1     35.85882 °  
rho1      2.798475 kg/mc  
G         234.5735 kg/s  
T2        720.7293 K  
W2        537.4899 m/s  
W2t       -505.075 m/s  
W2a       183.8324 m/s  
V2t       -190.916 m/s  
leu       188966.7 J/kg  
**W**        **44.32657 MW**  
rho2      1.831478 kg/mc  
**b2**        **0.110886 m**

**ESERCIZIO 4 (8 punti)** Il sistema turbogas riportato in figura è composto da un generatore di gas e da un albero di potenza, caratterizzato dalla sola turbina di bassa pressione e dal generatore elettrico.

Il generatore di gas aspira 100 kg/s di aria in condizioni  $T = 25^\circ\text{C}$ ,  $P = 1$  bar, e presenta un rapporto di compressione di 36, e una temperatura di ingresso in turbina di  $1300^\circ\text{C}$ .

Il 20% della portata di gas in uscita dalla turbina di alta pressione viene spillato per usi industriali; la portata rimanente di gas combusti, prima di essere inviata alla turbina di bassa pressione, viene ri-combusta in un post-combustore, che porta la temperatura dei gas a  $1250^\circ\text{C}$ . Allo scarico della turbina di bassa pressione si assuma pressione atmosferica. Sono noti i seguenti parametri dei componenti:

Rendimento isentropico del compressore:	$\eta_{is,C} = 0.85$	
Rendimento isentropico della turbina AP:	$\eta_{is,TAP} = 0.87$	
Rendimento isentropico della turbina BP:	$\eta_{is,TBP} = 0.92$	
Proprietà termo-fisiche dell'aria:	$c_{p,A} = 1004 \text{ J}/(\text{kgK})$ ;	$\gamma_A = 1.40$
Proprietà termo-fisiche dei gas combusti:	$c_{p,G} = 1250 \text{ J}/(\text{kgK})$ ;	$\gamma_G = 1.32$
Potere calorifico inferiore del combustibile:	<b>LHV = 45000 kJ/kg (valutato a <math>T_{REF} = 25^\circ\text{C}</math>)</b>	

Si assumano unitari tutti i rendimenti non espressamente citati.

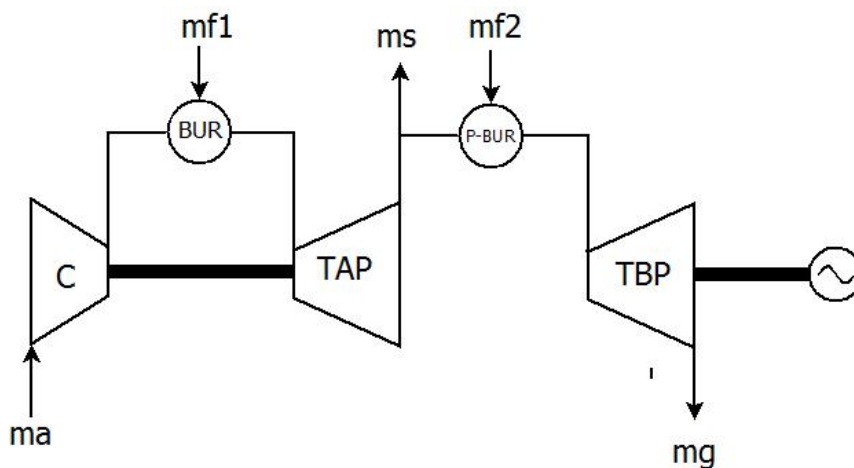
Si valutino il consumo di combustibile, la potenza erogata dal sistema ed il rendimento del ciclo.

**cpa**            **1004 J/kgK**  
**gama**        **1.4**

**cpg**                **1250 J/kgK**  
**gamg**              **1.32**  
**LHV**                **45000 kJ/kg**  
**Tref**                **298.15 K**  
**G**                    **100 kg/s**  
**beta**                **36**  
**TIT1**                **1573.15 K**  
**TIT2**                **1523.15 K**  
**ms/mGG**            **0.2**

cp medio  
1127

T2is    830.0278624 K  
T2      **923.8886617** K  
P2      36 bar  
T3      1573.15 K  
P3      36 bar  
alfa1   60.49914176      GC1    1.652916  
Ggg     101.652916 kg/s  
lc      628241.6163 J/kg  
Wc      62824161.63 W  
Wt-AP   62824161.63  
lt-AP   618026.1629 J/kg  
T4      **1078.72907** K  
T4is    1004.85008 K  
P4      **5.666220098** bar  
P5      5.7302482 bar  
T5      1523.15 bar  
alfa2   80.00428567  
GPS    81.32233281  
Gbp    82.33880751 kg/s      gc2    1.016475  
**P6**                **1**                gct    2.669391  
beta    5.666220098  
T6is    1000.29036 K  
T6      **1042.119131** K  
ltbp    601288.5865  
**W**                **49.50938518 MW**  
**mf**                **2.669390717 kg/s**  
**eta**                **0.412157184**



# soluzione esercizio 1

<b>Qf</b>	<b>0.0501 mc/s</b>
hf	28.66674 m
Yasp	9.33274
<b>W</b>	<b>14.08916 kW</b>

**Pv**            **0.254842 m**

Npshr	1.2505
<b>Hmax</b>	<b>-0.6444</b>
A	1
B	-0.9821
C	-281.221
u2/u1	17.26788

**omega1**        **138.143** 1319.169

qs	0.049372
hs	27.8397
hs	27.8397
npshr_(136)	1.49372
<b>npasr1(171)</b>	<b>1.538095</b>
	1.538095

**Hmax 1**        **-0.932**

NPSH-A	1.029708
NPSH-B	10.14745
NPSHreqII	1.538095 OK