



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**I PROVA SCRITTA – INGEGNERIA INDUSTRIALE - SEZ. A**

Il candidato, in relazione al proprio specifico curriculum accademico, descriva una tecnologia, un impianto, un'apparecchiatura, o un processo, analizzandone in dettaglio le caratteristiche principali, gli aspetti legati alla sicurezza e all'impatto ambientale.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI**  
**FACOLTA' DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE**  
**ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**  
**ANNO 2015 - II SESSIONE**

**II PROVA SCRITTA – INGEGNERIA MECCANICA - SEZ. A**

Il candidato individui le problematiche energetiche, fluidodinamiche e strutturali nella progettazione di una turbina Pelton. Descriva le procedure per la progettazione e l'ottimizzazione delle prestazioni.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**III PROVA SCRITTA – INGEGNERIA MECCANICA - SEZ. A**

Un serbatoio per lo stoccaggio di un fluido industriale (densità 860 kg/mc) presenta i seguenti dati di progetto:

- Pressione nominale: 20 atm
- Volume: 120 mc
- Temperatura: 150°C

Il serbatoio, disposto orizzontalmente, richiede la presenza delle seguenti aperture:

Servizio	Quantità	Diametro Interno
Passo d'uomo	1	20"
Piping	2	18"
Ingresso prodotto	1	16"
Uscita prodotto	2	12"
Ingresso lavaggio	1	6"
Uscita lavaggio	1	6"
Attacco manometro	2	2"
Attacco livello	2	2"

Il candidato effettui il dimensionamento delle parti principali del serbatoio: fasciame, fondi, i tronchetti, di cui, per uno a scelta, anche i rinforzi necessari.

Effettui inoltre la verifica sia del serbatoio sia della struttura di sostegno (gonna o sella).

Il candidato operi le opportune assunzioni tecniche relativamente ai dati non espressamente forniti, giustificando opportunamente le scelte effettuate.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**II PROVA SCRITTA – INGEGNERIA ELETTRICA/ENERGETICA - SEZ. A**

Il candidato descriva gli elementi costruttivi e il funzionamento del motore asincrono trifase, le applicazioni e le problematiche di gestione (avviamento, manovra, ecc.), anche con riferimento all'efficienza energetica, all'interno di uno stabilimento industriale.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**III PROVA SCRITTA – INGEGNERIA MECCANICA/ENERGETICA - SEZ. A**

Un capannone industriale avente dimensioni in pianta  $24 \times 14 \text{ m}^2$  e altezza pari a 12 m necessita della realizzazione di un impianto di climatizzazione a sola aria.

I carichi e le dispersioni termiche dell'edificio sono riportate nel seguente prospetto.

	<b>Carico</b>	<b>Dispersione</b>
Calore sensibile [kW]	35	32
Calore latente [kW]	4	6

La destinazione d'uso del capannone richiede il mantenimento di condizioni interne identificate da  $T_i=26^\circ\text{C}$  e  $\varphi_i=50\%$  e 1 ricambio/h d'aria esterna.

Le condizioni di riferimento esterne sono quelle per la località in cui si trova ubicato l'impianto industriale (Cagliari).

In merito a tale progetto, il candidato sviluppi il dimensionamento preliminare dell'impianto, valutando in particolare le potenzialità e le dimensioni delle principali sezioni dell'U.T.A. (batterie, umidificatori, ventilatori) ed effettuando il dimensionamento della rete aeraulica di mandata e ripresa. Il candidato effettui anche una valutazione economica preliminare relativamente ai costi di esercizio dell'impianto, considerando che l'azienda opererà per 8 ore/giorno per 5 giorni a settimana, mediamente per 4 settimane/mese, tranne agosto (1 sola settimana) e dicembre (3 settimane). A tal fine si operino le opportune assunzioni tecniche ed economiche relativamente ai dati non espressamente forniti, giustificando opportunamente le scelte effettuate.

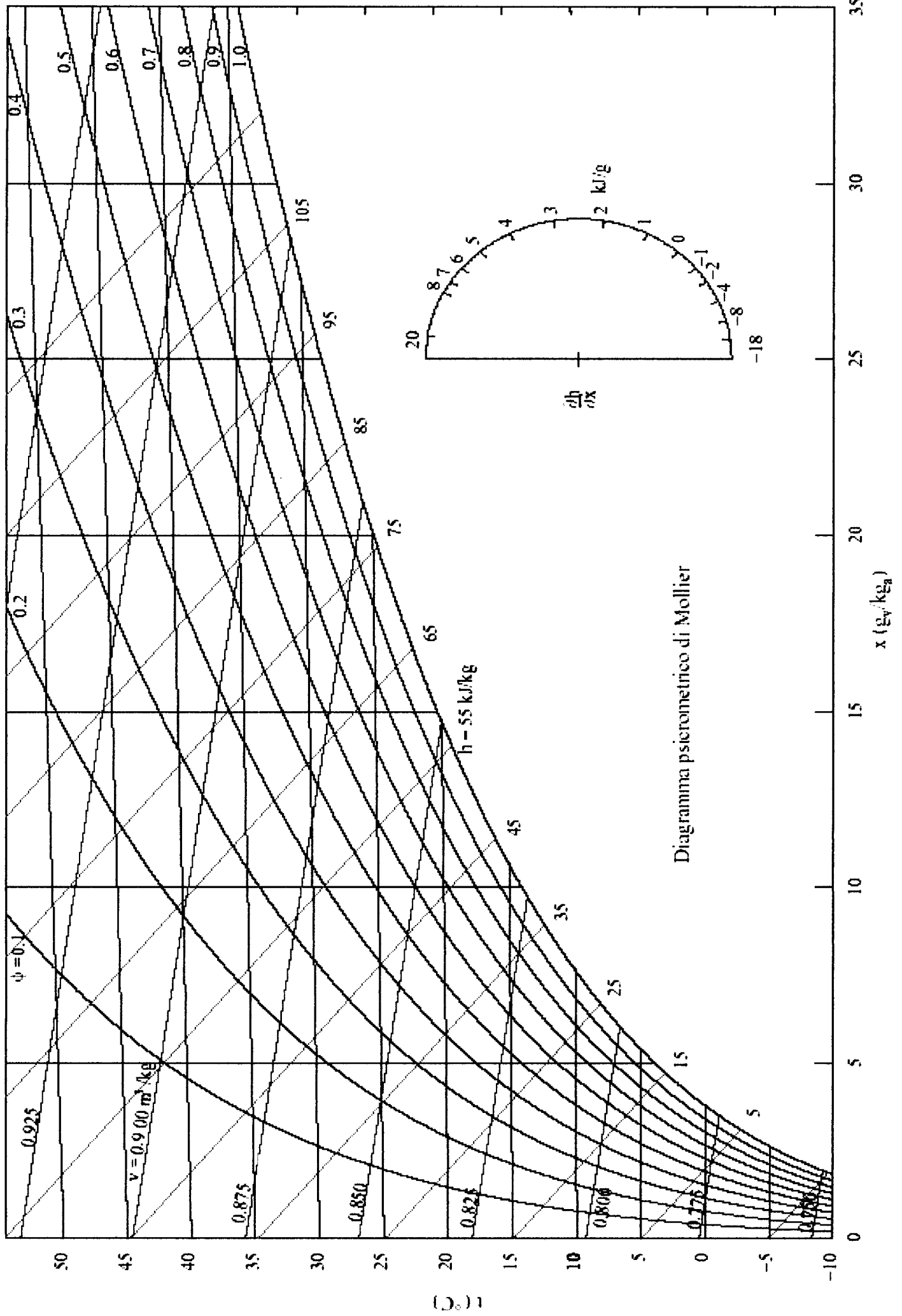


Diagramma psicrometrico di Mollier

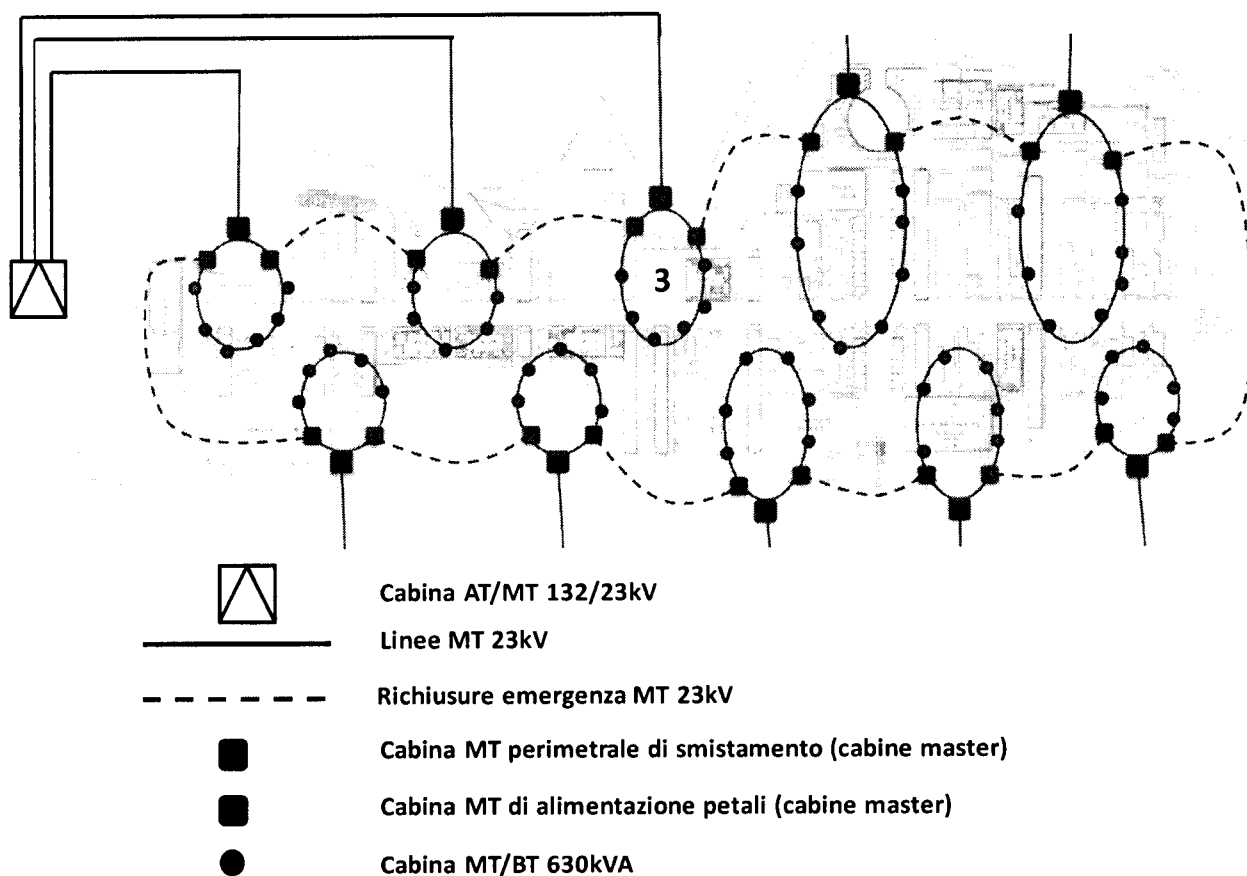


## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI FACOLTA' DI INGEGNERIA

### ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE ANNO 2015 - II SESSIONE

#### III PROVA SCRITTA – INGEGNERIA ELETTRICA/ENERGETICA - SEZ. A

La smart grid dell'EXPO di Milano 2015 è alimentata da una cabina AT/MT secondo uno schema magliato illustrato in figura. In particolare sono presenti 10 cabine perimetrali di smistamento, alimentate dalla stazione AT/MT, che alimentano 10 petali magliati, e ciascun petalo alimenta un numero variabile di cabine MT/BT, per un totale di 80, con trasformatori da 630kVA, a loro volta alimentanti le varie utenze MT e/o BT costituenti i diversi padiglioni.



Al candidato viene chiesto di:

1. dimensionare la cabina primaria AT/MT, ipotizzando la presenza di un trasformatore da 630kVA per ciascuna cabina MT/BT (per un totale di 80);

2. verificare la cdt sulla la linea MT a 23kV, con struttura radiale, realizzata con conduttore in cavo da  $185\text{mm}^2$ , necessaria per alimentazione della cabina di smistamento 3, considerando una lunghezza di 5 km dalla cabina primaria;
3. facendo le opportune ipotesi di dimensionamento e gestione dei trasformatori AT/MT presenti nella cabina primaria e individuati al punto 1., calcolare il valore della corrente di cto-cto sulle sbarre MT della cabina primaria e sulla cabina di smistamento 3;
4. disegnare uno schema unifilare, comprensivo di tutti gli elementi necessari per la connessione delle cabine di smistamento, delle cabine di alimentazione dei petali e delle cabine MT/BT, (interruttori/sezionatori, elementi entra/esci ecc.) per la realizzazione di n. 2 petali e del loro collegamento alla cabina primaria.

Sono forniti i seguenti dati:

- Trasformatori AT/MT, 132/23 kV/kV, taglia variabile da 25 a 40 MVA,  $V_{cc}\%=15\%$ ,  $P_o\%=1\%$ ;
- Linea in cavo MT  $185\text{mm}^2$ ,  $R= 0,09 \Omega/\text{km}$  ,  $X= 0,098 \Omega/\text{km}$ ,  $I_z=430\text{A}$ ;

Eventuali ulteriori dati tecnici necessari per lo svolgimento dovranno essere ipotizzati dal candidato.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**III PROVA SCRITTA – INGEGNERIA MECCANICA/ENERGETICA - SEZ. A**

L'audit energetico condotto in una azienda agro-alimentare ha evidenziato i seguenti consumi medi mensili di olio denso BTZ e di energia elettrica.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Olio combustibile (kg/mese x 1000)	32	27	38	35	36	26	26	19	15	14	16	24
Energia elettrica (MWh/mese)	270	210	260	250	260	270	280	270	210	160	130	160

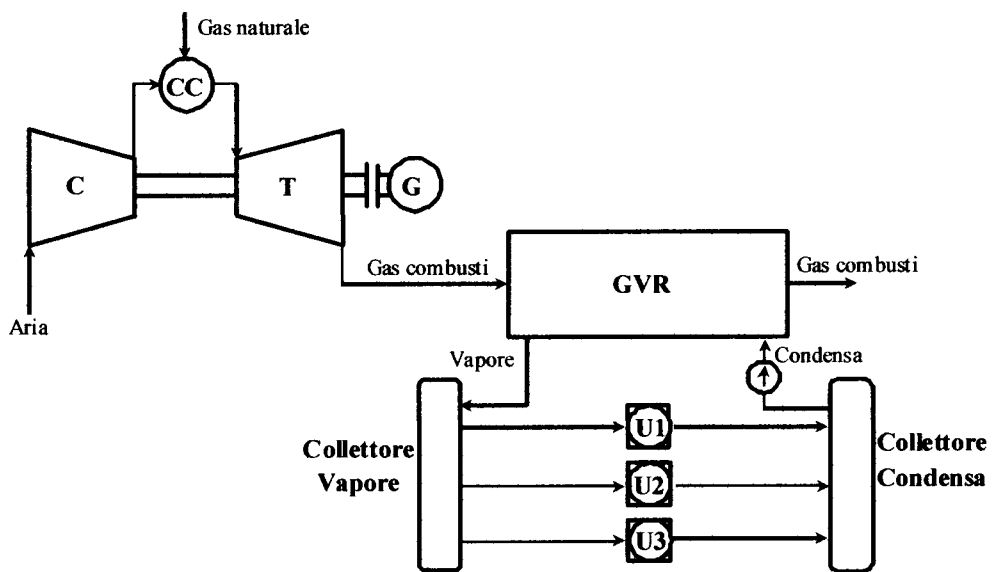
L'azienda opera per 8 ore/giorno per 5 giorni a settimana, ogni mese dell'anno. Il consumo nelle ore non lavorative (compresa tutta la giornata di sabato e domenica) è pari al 50% di quello che si rileva, costante, durante le ore lavorative. Il costo medio dell'olio combustibile per l'azienda è di 550 €/t mentre quello di approvvigionamento dell'energia elettrica dal distributore di rete è di 150 €/MWh.

L'olio combustibile viene utilizzato per produrre vapore saturo a 12 bar mediante una caldaia che opera con un rendimento medio del 75%. La condensa (a 6 bar e 80 °C) viene raccolta e tramite una pompa riportata in caldaia.

L'azienda intende realizzare un impianto di cogenerazione basato su una turbina a gas a ciclo semplice e generatore di vapore a recupero, dimensionato per soddisfare completamente il carico termico e sostituire la caldaia (che rimarrebbe solo come unità di riserva). La tipologia considerata per la turbina a gas presenta un rapporto di compressione pari a 14 e una temperatura massima di 1150 °C, con alimentazione a GPL (costo di 0,420 €/l).

In merito a tale progetto, il candidato sviluppi il dimensionamento preliminare dell'impianto, valutando in particolare le portate di vapore in gioco, la potenza della turbina a gas, il consumo di GPL e il risparmio energetico rispetto alla situazione preesistente. Il candidato effettui anche una valutazione economica preliminare dell'iniziativa, considerando un opportuno costo specifico dell'impianto di cogenerazione. A tal fine si operino le opportune assunzioni tecniche ed economiche relativamente ai dati non espressamente forniti, giustificando opportunamente le scelte effettuate.

La seguente figura 1 illustra lo schema di processo dell'impianto di cogenerazione.



**Figura 1** – Schema semplificato dell'impianto di cogenerazione.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**I PROVA SCRITTA – INGEGNERIA INDUSTRIALE - SEZ. B**

Il candidato, in base al suo curriculum formativo, descriva un impianto per la produzione o utilizzazione di energia nelle sue forme elettrica, meccanica o termica, e le implicazioni in termini di sicurezza e impatto sull'ambiente.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**II PROVA SCRITTA – INGEGNERIA ELETTRICA - SEZ. B**

Il candidato descriva le modalità di funzionamento e i criteri da seguire per la scelta e il dimensionamento degli interruttori magnetotermici negli impianti di bassa tensione a 400/230V.



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI FACOLTA' DI INGEGNERIA

## ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE ANNO 2015 - II SESSIONE

### III PROVA SCRITTA – INGEGNERIA ELETTRICA - SEZ. B

Si deve dimensionare la cabina di trasformazione di un'industria manifatturiera. La cabina è alimentata da una linea in cavo alla tensione nominale primaria di 15 kV.

La cabina deve alimentare in BT:

- n. 3 linee trifasi di alimentazione quadri generali che richiedono una potenza di 25 kW ciascuna;
- n. 3 linee trifasi di alimentazione quadri generali che richiedono una potenza di 10 kW ciascuna;
- n. 2 linee monofasi per l'illuminazione che richiedono una potenza di 10 kW ciascuna.
- n.1 linea trifase uffici  $\sim 3kW$

Tenendo conto che il valore della potenza di corto circuito, fornito dall'Ente distributore, è pari a 500 MVA e che è previsto un impianto di rifasamento, il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie, stabilite le caratteristiche generali del progetto e individuate le lunghezze delle varie linee, proponga una soluzione progettuale e rappresenti lo schema unifilare dell'impianto, ipotizzando la presenza di gruppo elettrogeno in grado di fornire almeno il 50% della potenza complessivamente richiesta dall'impianto.

Il candidato determini inoltre:

- la potenza del trasformatore da installare; ✓
- le caratteristiche elettriche delle apparecchiature di manovra e di protezione lato MT e lato BT; ✓
- dimensioni le sezioni dei conduttori lato MT e lato BT;
- calcoli il valore della corrente di cto-cto sul lato MT del trasformatore, sul lato sbarre BT, e in corrispondenza di uno dei quadri generali; ✓
- descriva le modalità realizzative e i criteri di dimensionamento dell'impianto di terra.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**II PROVA SCRITTA – INGEGNERIA ENERGETICA/MECCANICA - SEZ. B**

Valutare la possibilità di utilizzo di un sistema cogenerativo per soddisfare la richiesta energetica di un caseificio di medie dimensioni. Valutare le scelte progettuali da effettuare e i vantaggi conseguibili in termini tecnico-economici.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**III PROVA SCRITTA – INGEGNERIA MECCANICA/ENERGETICA - SEZ. B**

Un capannone industriale avente dimensioni in pianta  $24 \times 14 \text{ m}^2$  e altezza pari a 12 m necessita della realizzazione di un impianto di climatizzazione a sola aria.

I carichi e le dispersioni termiche dell'edificio sono riportate nel seguente prospetto.

	<b>Carico</b>	<b>Dispersione</b>
Calore sensibile [kW]	35	32
Calore latente [kW]	4	6

La destinazione d'uso del capannone richiede il mantenimento di condizioni interne identificate da  $T_i=26^\circ\text{C}$  e  $\phi_i=50\%$  e 1 ricambio/h d'aria esterna.

Le condizioni di riferimento esterne sono quelle per la località in cui si trova ubicato l'impianto industriale (Cagliari).

In merito a tale progetto, il candidato sviluppi il dimensionamento preliminare dell'impianto, valutando in particolare le potenzialità e le dimensioni delle principali sezioni dell'U.T.A. (batterie, umidificatori, ventilatori) ed effettuando il dimensionamento della rete aeraulica di mandata. A tal fine si operino le opportune assunzioni tecniche relativamente ai dati non espressamente forniti, giustificando opportunamente le scelte effettuate.





**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**III PROVA SCRITTA – INGEGNERIA MECCANICA - SEZ. B**

Un serbatoio per lo stoccaggio di un fluido industriale (densità 860 kg/mc) presenta i seguenti dati di progetto:

- Pressione nominale: 20 atm
- Volume: 120 mc
- Temperatura: 150°C

Il serbatoio, disposto orizzontalmente, richiede la presenza delle seguenti aperture:

<b>Servizio</b>	<b>Quantità</b>	<b>Diametro Interno</b>
Passo d'uomo	1	20"
Piping	2	18"
Ingresso prodotto	1	16"
Uscita prodotto	2	12"
Ingresso lavaggio	1	6"
Uscita lavaggio	1	6"
Attacco manometro	2	2"
Attacco livello	2	2"

Il candidato effettui il dimensionamento delle parti principali del serbatoio: fasciame, fondi, tronchetti. Effettui inoltre la verifica del serbatoio oppure della struttura di sostegno (gonna o sella).

Il candidato operi le opportune assunzioni tecniche relativamente ai dati non espressamente forniti, giustificando opportunamente le scelte effettuate.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
ANNO 2015 - II SESSIONE**

**III PROVA SCRITTA – INGEGNERIA MECCANICA/ENERGETICA - SEZ. B**

L'audit energetico condotto in una azienda agro-alimentare ha evidenziato i seguenti consumi medi mensili di olio denso BTZ e di energia elettrica.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Olio combustibile (kg/mese x 1000)	32	27	38	35	36	26	26	19	15	14	16	24
Energia elettrica (MWh/mese)	270	210	260	250	260	270	280	270	210	160	130	160

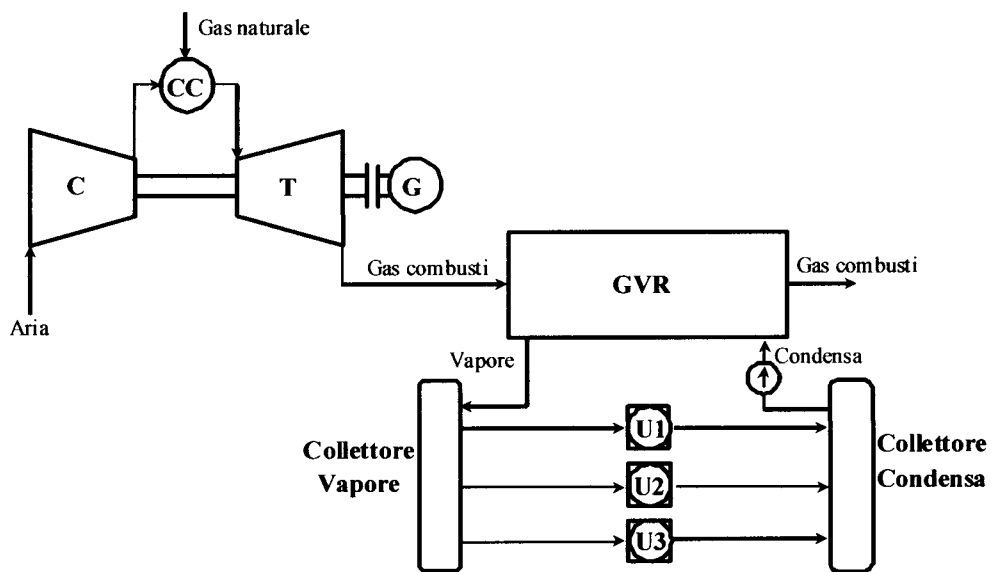
I consumi giornalieri possono ritenersi sostanzialmente costanti. Il costo medio dell'olio combustibile per l'azienda è di 550 €/t mentre quello di approvvigionamento dell'energia elettrica dal distributore di rete è di 150 €/MWh.

L'olio combustibile viene utilizzato per produrre vapore saturo a 12 bar mediante una caldaia che opera con un rendimento medio del 75%. La condensa (a 6 bar e 80 °C) viene raccolta e tramite una pompa riportata in caldaia.

L'azienda intende realizzare un impianto di cogenerazione basato su una turbina a gas a ciclo semplice e generatore di vapore a recupero, dimensionato per soddisfare completamente il carico termico e sostituire la caldaia (che rimarrebbe solo come unità di riserva). La tipologia considerata per la turbina a gas presenta un rapporto di compressione pari a 14 e una temperatura massima di 1150 °C, con alimentazione a GPL (costo di 0,420 €/l).

In merito a tale progetto, il candidato sviluppi il dimensionamento preliminare dell'impianto, valutando in particolare le portate di vapore in gioco, la potenza della turbina a gas, il consumo di GPL e il risparmio energetico rispetto alla situazione preesistente. Il candidato effettui anche una valutazione economica preliminare dell'iniziativa, considerando un opportuno costo specifico dell'impianto di cogenerazione. A tal fine si operino le opportune assunzioni tecniche ed economiche relativamente ai dati non espressamente forniti, giustificando opportunamente le scelte effettuate.

La seguente figura 1 illustra lo schema di processo dell'impianto di cogenerazione.



**Figura 1** – Schema semplificato dell'impianto di cogenerazione.