

Corso di Impianti di Produzione dell'Energia Elettrica – Prima Lex

A.A. 2019-2020 – Prof. Fabio Bignucolo

Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia Elettrica – anno I – semestre 1

Benvenuti in questo Corso di Laurea Magistrale!

Breve Presentazione del docente

Orari di lezione

- i. Lunedì 12.15 – 14.15 (aula OB Vallisneri)
- ii. Mercoledì 14.15 – 16.15 (aula Ee, DII/G)

Calendario delle lezioni

- i. Festività – Assenze del docente
- ii. Moodle per eventuali variazioni
- iii. Visita tecnica?

Sett.	da	a	Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Ore lezioni settimanale	Ore lezioni progressivo	
40	30/09/19	06/10/19	■		■			4	4	2019
41	07/10/19	13/10/19	■		■			4	8	
42	14/10/19	20/10/19	■		■			4	12	
43	21/10/19	27/10/19	■		■			4	16	
44	28/10/19	03/11/19	■		■			4	20	
45	04/11/19	10/11/19	■		■			4	24	
46	11/11/19	17/11/19	■		■			4	28	
47	18/11/19	24/11/19	■		■			4	32	
48	25/11/19	01/12/19	■		■			4	36	
49	02/12/19	08/12/19	■		■			4	40	
50	09/12/19	15/12/19	■		■			4	44	
51	16/12/19	22/12/19	■		■			4	48	
52	23/12/19	29/12/19						0	48	
1	30/12/19	05/01/20						0	48	
2	06/01/20	12/01/20			■			0	48	
3	13/01/20	19/01/20	■		■			0	48	
4	20/01/20	26/01/20	■					0	48	
5	27/01/20	02/02/20						0	48	
6	03/02/20	09/02/20				■		0	48	
7	10/02/20	16/02/20						0	48	
8	17/02/20	23/02/20						0	48	
9	24/02/20	01/03/20				■		0	48	

Rosso: lezioni frontali/seminari

Giallo: eventuale recupero lezioni frontali

Azzurro: esame (modalità teorica-scritta)

Corso di Impianti di Produzione dell'Energia Elettrica – Prima Lex

A.A. 2019-2020 – Prof. Fabio Bignucolo

Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia Elettrica – anno I – semestre 1

Materiale didattico

- i. Libro di testo: R. Caldon, F. Bignucolo, *Impianti di produzione dell'energia elettrica – Criteri di scelta e dimensionamento*, Società editrice Esculapio
- ii. Presentazioni messe a disposizione – Moodle DII (psw ImpProdEE-19-20)
- iii. Facoltativo: appunti delle lezioni (approfondimenti alla lavagna)

**Argomenti e
sezioni non
trattati a lezione**

Libro di testo

**Contenuti richiesti per il
superamento dell'esame**

**Attività
seminariali**

**Visita
tecnica?**

- Spiegazioni alternative;
- Dimostrazioni;
- Esempi pratici

*Lezioni frontali e
relative slide*

Corso di Impianti di Produzione dell'Energia Elettrica – Prima Lex

A.A. 2019-2020 – Prof. Fabio Bignucolo

Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia Elettrica – anno I – semestre 1



CAPITOLO 4. Impianti idroelettrici 71

4.12 Le turbine idrauliche per grandi impianti

Lo studio delle turbine si basa sulle leggi fondamentali che regolano i fattori caratteristici delle correnti fluide: velocità e pressione. In questo contesto tuttavia lo scopo non è lo studio delle turbine, quanto le procedure della relativa scelta secondo il tipo e la potenza più conveniente, al fine di una razionale impostazione del progetto di una generica centrale elettrica (► figura 4.34).

► Figura 4.34 Schema generico di centrale idroelettrica.

4.12.1 Definizioni di base

Si definisce *caduta o salto disponibile totale* la differenza tra le altezze totali (energie) associate a due punti *m* a monte e *v* a valle:

$$H_d = \left(H_m + \frac{V_m^2}{2g} + \frac{p_m}{\gamma} \right) - \left(H_v + \frac{V_v^2}{2g} + \frac{p_v}{\gamma} \right) \cong H_m - H_v = \Delta H_{\text{geodetico}}$$

La semplificazione indicata in formula è possibile essendo normalmente trascurabili le differenze tra le quote cinetiche e piezometriche.

Il *salto motore netto disponibile* per la turbina si ottiene detraendo le perdite di carico associate alle opere di adduzione $\Delta H_{a,c}$ e di scarico $\Delta H_{s,c}$, poste a monte e a valle della turbina:

$$H = H_d - \Delta H \quad \text{con} \quad \Delta H = \Delta H_m + \Delta H_v$$

La *potenza idraulica immessa in turbina* vale:

$$P_i = 9,81 \cdot Q \cdot H \quad [\text{kW}] \quad \text{con} \quad Q \text{ [m}^3/\text{s}] \text{ e } H \text{ [m]}$$

La *potenza meccanica disponibile all'asse turbina* è espressa da:

$$P_m = h_t \cdot P_i \quad [\text{kW}]$$

126 IMPIANTI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

di posa è tipica delle coperture sia civili che industriali. Viene incrementata la produttività giornaliera estiva (favorita dal basso angolo di inclinazione a fronte di una elevazione solare alta) a discapito di quella invernale (quando i raggi solari hanno elevazione decisamente inferiore);

- con disposizione delle falde est-ovest, la perdita di produttività è comunque accettabile. In termini di profili giornalieri di generazione, l'esposizione est privilegia la generazione nelle prime ore di luce della giornata, mentre l'esposizione ovest favorisce la generazione pomeridiana;
- l'installazione verticale (es. finestre, facciate di palazzi come in ► figura 5.24a, dettaglio costruttivo in ► figura 5.24b) è ancora accettabile (produttività unitaria pari a circa 2/3 di quella massima conseguibile nel sito di installazione) in caso di orientazione favorevole. In questo caso, la produzione invernale è favorita dalla maggiore ortogonalità dei raggi solari con le superfici fotovoltaiche.

Orientation/Tilt	0°	15°	36°	45°	60°	90°
South	-14.2%	-4.7%	0%	-1.2%	-6.5%	-33.1%
SE-SW	-14.2%	-7.7%	-5.3%	-7.1%	-13.0%	-36.1%
East-West	-14.2%	-15.4%	-20.1%	-23.1%	-30.2%	-50.1%
NE-NW	-14.2%	-23.7%	-37.9%	-44.0%	-53.3%	-70.1%
North	-14.2%	-27.2%	-46.4%	-54.4%	-66.7%	-81.7%

► Tabella 5.2 Perdita di produttività unitaria di un impianto in funzione della disposizione dei pannelli fotovoltaici (orientazione e inclinazione, con riferimento ad un sito a Padova).

► Figura 5.24 Esempio di impianto su facciata verticale di edificio (Torino). Vista d'insieme della facciata sud dell'edificio (a) e particolare costruttivo dei pannelli fotovoltaici (b).

Nel prezzo di copertina è compreso anche l'accesso alla versione elettronica e ad una piattaforma on-line con contenuti extra

Corso di Impianti di Produzione dell'Energia Elettrica – Prima Lex

A.A. 2019-2020 – Prof. Fabio Bignucolo

Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia Elettrica – anno I – semestre 1

Argomenti del corso (e struttura del libro di testo di riferimento)

Sezione A

INTRODUZIONE AGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE ELETTRICA

1. Fabbisogno energetico e ruolo della produzione elettrica
2. La pianificazione e la gestione economica della produzione elettrica
3. Tipologia delle centrali elettriche

Sezione B

IMPIANTI DI PRODUZIONE A FONTE RINNOVABILE

4. Impianti idroelettrici
5. Impianti fotovoltaici
6. Impianti eolici

Sezione C

IMPIANTI DI PRODUZIONE A FONTE FOSSILE

7. Impianti termoelettrici
8. Impianti turbogas, ciclo combinato e speciali
9. Impianti nucleari

Sezione D

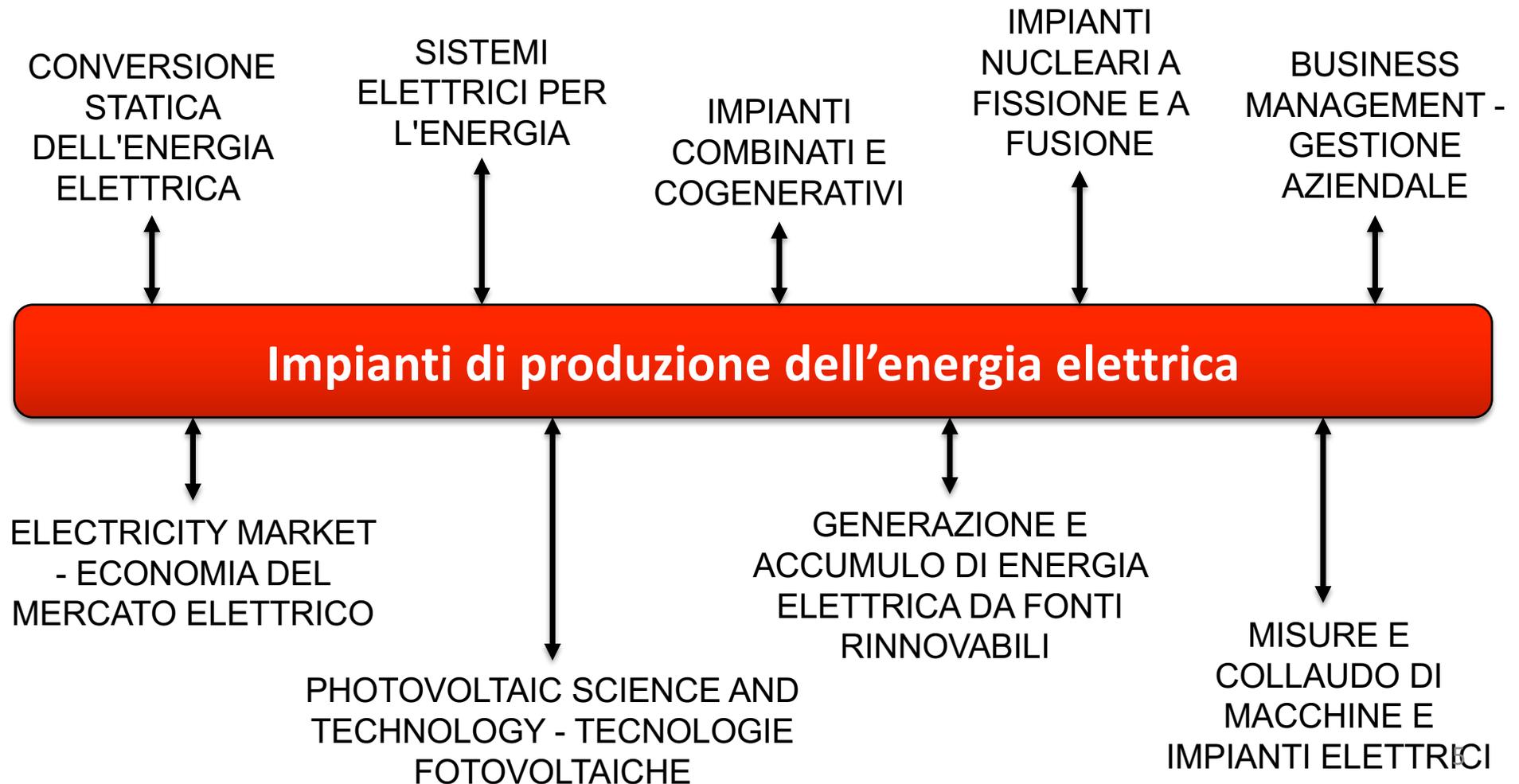
SISTEMI AUSILIARI DI CENTRALE

10. Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche
11. Regolazione frequenza e potenza attiva
12. Regolazione della tensione
13. La protezione degli impianti di produzione

Corso di Impianti di Produzione dell'Energia Elettrica – Prima Lex

A.A. 2019-2020 – Prof. Fabio Bignucolo

Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia Elettrica – anno I – semestre 1



Corso di Impianti di Produzione dell'Energia Elettrica – Prima Lex

A.A. 2019-2020 – Prof. Fabio Bignucolo

Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia Elettrica – anno I – semestre 1

Obiettivi complessivi del corso

1. Conoscere le tecnologie di generazione, saperle valutare e confrontare in termini di vantaggi e svantaggi
2. Per le tecnologie di generazione sviluppate, acquisire le nozioni rilevanti sui componenti chiave di centrale e su come questi si riflettono sulla gestione dell'impianto e del sistema elettrico nel complesso
3. Acquisire padronanza degli ordini di grandezza

Elementi di valutazione in sede di esame

1. Comprensione dei concetti presentati
2. Capacità di analisi e comparazione
3. Chiarezza espositiva (testuale e grafica)
4. Capacità di esprimersi con opportuna sensibilità ingegneristica

Corso di Impianti di Produzione dell'Energia Elettrica – Prima Lex

A.A. 2019-2020 – Prof. Fabio Bignucolo

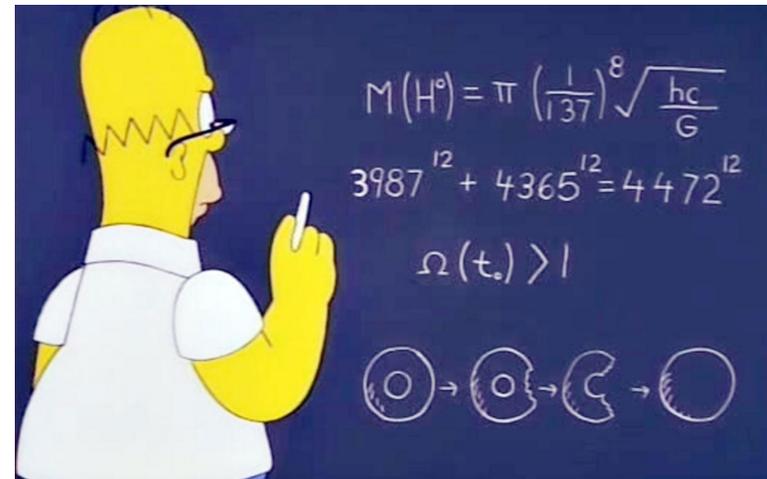
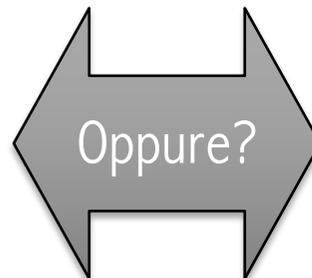
Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia Elettrica – anno I – semestre 1

Esame finale

1. Modalità di esame

1. **Esame teorico-scritto**: quesiti teorici in forma scritta (3-4 domande aperte)
2. **Esame orale tradizionale**

Libera scelta di ciascun studente tra le 2 modalità



Corso di Impianti di Produzione dell'Energia Elettrica – Prima Lex

A.A. 2019-2020 – Prof. Fabio Bignucolo

Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia Elettrica – anno I – semestre 1

Esame finale

1. Modalità di esame:

1. **Esame teorico-scritto**: quesiti teorici in forma scritta (3-4 domande aperte)

2. **Esame orale tradizionale**

Libera scelta di ciascun studente tra le 2 modalità

ii. 6 appelli:

1. 3 appelli in sessione invernale (gen-feb 2019)

2. 2 appelli in sessione estiva (giu-lug 2019)

3. 1 appello in sessione autunnale (set 2019)

iii. Tutti gli appelli sono già presenti nel calendario esami su Moodle

iv. Gestione di eventuali sovrapposizioni

v. Modalità di iscrizione e validità degli esiti positivi conseguiti: secondo regolamento didattico vigente (pubblicazione del voto con mail agli iscritti, accettazione del voto con silenzio/assenso)

Esame teorico-scritto	Esame orale tradizionale
20 gen, 6 feb, 27 feb	21 gen, 7 feb, 28 feb
24 giu, 14 lug	24 giu, 14 lug
14 set	14 set

Corso di Impianti di Produzione dell'Energia Elettrica – Prima Lex

A.A. 2019-2020 – Prof. Fabio Bignucolo

Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia Elettrica – anno I – semestre 1

Domande e chiarimenti

- i. Durante la lezione se attinenti all'argomento esposto
- ii. Al termine della lezione se argomenti correlati o indipendenti dall'argomento esposto
- iii. Modalità tradizionale: ricevimento in ufficio (previo appuntamento)
- iv. Modalità dinamica (se applicabile): via mail
- v. **NON ABBIATE PAURA A CHIEDERE CURIOSITA' E CHIARIMENTI!!**



*“La stupidità deriva dall'aver una risposta per ogni cosa.
La saggezza deriva dall'aver, per ogni cosa, una domanda.”*

Milan Kundera