UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Civile/Meccanica

Programma delle Lezioni per il corso di IMPIANTI TERMOTECNICI (6 CFU)

Prof. Ing. Paolo Maria Congedo

Anno Accademico 2017-2018

Programma del Corso

1. Introduzione al Corso 3
2. Richiami di Fisica Tecnica 3
3. Applicazioni della Psicrometria 3
4. Condizioni Ambientali di Benessere 3
5. Qualità dell'Aria in Ambienti Confinati 3
6. Termofisica dell'Edificio e Case Passive 3
7. La Progettazione degli Impianti Tecnici 3
8. Progetto di un Impianto di Riscaldamento - Normativa di riferimento 4
9. Progetto di un Impianto di Condizionamento/Climatizzazione 4
10. Componenti Principali di un Impianto Termico 4
11. Sistemi di Regolazione 5
12. Dimensionamento delle Reti per l'Acqua e per l'Aria 5
13. Circolazione dei Fluidi Bifase 5
14. Impianti Solari Attivi 5
15. Impianti a Pompa di Calore Geotermica 5
16. Dichiarazione Ispesl 6
17. Il rumore negli Impianti Tecnologici 6
18. Diagnostica dell'Involucro Edilizio e degli Impianti 6
19. Certificazione Energetica e di Sostenibilità Ambientale Itaca 6

Docente: ing. Paolo Maria Congedo

Obiettivi del Corso: Le parole chiavi del corso sono energia e ambiente. Una parte del corso è dedicata all'impiantistica per la climatizzazione degli edifici, sia industriali che civili.
Obiettivo del corso è la presentazione di una casistica delle più moderne tecniche di climatizzazione ambientale e di controllo delle condizioni di benessere, per poter correttamente progettare gli impianti tecnologici anche alla luce delle numerosissime leggi, decreti e regolamenti esistenti.
Si vedranno, pertanto, le tipologie impiantistiche più ricorrenti per il riscaldamento e per il condizionamento ed i principali impianti ad energia rinnovabile.

Articolazione della didattica: I singoli argomenti saranno inizialmente introdotti e dibattuti in aula, anche con l'uso di strumenti di supporto e di ausilio didattico (proiettori, computer per simulazioni, etc) e poi applicati su casi concreti. Potranno anche essere svolte tesine specifiche, che potranno essere presentate agli esami. Sono anche previsti approfondimenti tematici con incontri seminariali e con contributi didattici anche esterni.

Risultati di apprendimento: dopo il corso lo studente dove essere in grado di realizzare un progetto esecutivo di un impianto di climatizzazione con i dettagli di caratterizzazione termica dell'involucro edilizio.

Conoscenze preliminari: Fisica Tecnica.

Modalità di esame: Progetto individuale di un impianto di climatizzazione di un edificio e prova orale.

Orario di ricevimento: Martedì e Giovedì, ore 9:00 – 11:00

Testi Consigliati: Le dispense di Impianti Termotecnici, in 6 volumi, possono essere scaricati liberamente dagli Allievi via Internet all'indirizzo www.gcammarata.net. Il materiale didattico verrà distribuito durante le lezioni sotto forma di cartelle condivise in rete.

1. Giuliano Cammarata: Impianti Termotecnici, Vol. 1°-6°

CONTENUTI DISCIPLINARI

1. INTRODUZIONE AL CORSO

Problematiche energetiche ed ambientali, consumi energetici mondiali, europei e nazionali, il contributo del settore dell'edilizia, l'opportunità della certificazione energetica.

2. RICHIAMI DI FISICA TECNICA

Richiami di termodinamica, meccanica dei fluidi e trasmissione del calore.

3. APPLICAZIONI DELLA PSICROMETRIA

Diagramma psicrometrico, Operazioni fondamentali sull'aria umida, Misura dell'umidità relativa, Controllo dell'umidità negli edifici, Permeabilità al vapore, Verifica della portata minima di rinnovo, Verifica di Glaser, Uso di software per la verifica di Glaser.

4. CONDIZIONI AMBIENTALI DI BENESSERE

Comfort termico e richiami storici, bilancio energetico nell'Uomo, Equazione del benessere di Fanger, Condizioni di regime stazionario, Regolazione della temperatura corporea, Equazione di bilancio corporeo in regime transitorio, Abachi e curve per la valutazione del benessere, Nuovo diagramma ASHRAE del benessere, Influenza della distribuzione dell'aria, Conseguenza della L. 10/91 sulle condizioni di benessere, Superficie del corpo umano, Fattore di ricoprimento, Legislazione sul benessere ambientale.

5. QUALITÀ DELL'ARIA IN AMBIENTI CONFINATI

Concetto di qualità dell'aria, Sostanze inquinanti, Indicatori di qualità dell'aria, Controllo dell'inquinamento indoor, Il metodo Decipol, Calcolo della portata di ventilazione e di diluizione, Implicazioni energetiche della ventilazione, Standard ASHRAE 62/89, Norma UNI-10339, Ventilazione e percentuali di insoddisfatti, Sick Building Syndrome, Nuovo Standard ASHARE 62/89, Prescrizioni vigenti in Italia, La storia del Decipol, Correlazione sperimentale PPD - Decipol, Inquinamento causato da persone e materiali, Tecniche di diffusione dell'aria, Portata di ventilazione con il metodo di Fanger, Controllo dei parametri ed indagini sociologiche.

6. TERMOFISICA DELL'EDIFICIO E CASE PASSIVE

L'edificio come sistema termodinamico, Transitorio termico negli edifici, Propagazione del calore in regime periodico stabilizzato, Transitorio di riscaldamento e raffreddamento di un corpo, costante di tempo di un edificio, Parametri che influenzano il transitorio termico di un edificio, Temperatura aria sole, Qualità termofisiche delle finiture superficiali, Pareti con intercapedine d'aria, Pareti opache interne, Effetti della massa delle pareti interne, Pareti trasparenti, Caratteristiche ottiche dei vetri, Effetto serra negli edifici, Effetto serra nell'atmosfera terrestre, Bilancio energetico di un edificio, Accumulo termico ed effetti sul transitorio termico, Bilancio energetico per l'aria ambiente, Variabilità del carico con le condizioni esterne, Modelli ambientali complessi, Modellizzazione degli ambienti termicamente interagenti, Riduzione dei modelli multi-room, Metodologia di analisi del transitorio termico negli edifici, Il metodo delle Traiettorie di Stato, Riduzione del modello equivalente.

7. LA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI TECNICI

Principali richiami legislativi, La progettazione di qualità, Scopo di un impianto di climatizzazione, Fasi principali per la realizzazione e conduzione degli impianti, Codificazione della tipologia impiantistica, Richiesta di un progetto, Contenuti di un progetto, Dati di progetto per un impianto di climatizzazione, Dati geografici e termo-igrometrici, Coefficienti di trasmittanza termica, Affollamento

negli ambienti, Illuminazione ed utenze elettriche, Valori limiti nella progettazione, Maggiorazioni varie, Dati per il dimensionamento delle apparecchiature per la climatizzazione, Collaudo degli impianti tecnici, Elaborati tecnico-economici per la progettazione impiantistica, Analisi dei prezzi, Elenco dei prezzi unitari, Computo metrico estimativo, Elenco materiali, Lista dei materiali.

8. PROGETTO DI UN IMPIANTO DI RISCALDAMENTO - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La L. 10/91 sul risparmio energetico, DPR 551/99 e modifiche al DPR 412/94, Criteri generali di applicazione della L. 10/91, Scambi edificio – terreno, pavimenti appoggiati su terreno, Piani interrati, Caratterizzazione delle zone climatiche, Caratterizzazione delle capacità dispersive degli edifici, Verifica energetica, Calcolo del FEN, Fabbisogno utile mensile, Rendimento globale di impianto, Osservazioni sull'applicazione della L. 10/91. Nuovi D.Lgs 192/05 e D.Lgs 311/06 e loro implicazioni impiantistiche e architettoniche.

9. PROGETTO DI UN IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO/CLIMATIZZAZIONE

Condizionamento estivo, Carichi termici con il Metodo Carrier, Calcolo dei disperdimenti attraverso le pareti, Calcolo dei disperdimenti attraverso le finestre, Carichi termici interni, Carico sensibile per ventilazione ed infiltrazione, Calore latente, Carico termico totale dell'edificio, Metodi di calcolo dei carichi di raffreddamento degli edifici, Metodi esatti e metodo TFM, I fattori di risposta, Bilancio globale di un ambiente mediante i fattori di risposta, Applicazione del Metodo TFM, Carico frigorifero, Selezione delle apparecchiature in funzione del calore estratto, Retta ambiente per il condizionamento estivo, Impianti a tutt'aria con ricircolo parziale, Condizionamento invernale a tutt'aria con e senza ricircolo, Le batterie alettate, Efficienza di saturazione, Potenzialità delle batterie di scambio, Processo reale di raffreddamento e deumidificazione, Metodologie di progetto per il caso estivo, Potenzialità delle batterie nei processi reali, Ciclo estivo reale con ricircolo, Potenzialità delle batterie con postriscaldamento, Impianti multizona, Impianti a doppio condotto, Limiti di applicazione degli impianti a doppio condotto, Calcolo delle portate negli impianti *dual conduit*, Impianti di condizionamento ad acqua, Impianti misti ad aria primaria, Caratteristiche e prestazioni dei fan coil, Considerazioni progettuali per gli impianti misti, Criteri di progetto per gli impianti misti, Criteri di progetto dei ventilconvettori, Confronto fra le tipologie impiantistiche.

10. COMPONENTI PRINCIPALI DI UN IMPIANTO TERMICO

Generatori termici, Caldaie a modulazione di fiamma, Caldaie a condensazione, Caldaie a temperatura scorrevole, Caldaia a più passaggi di fumi, Funzionamento dei generatori di calore, Temperatura teorica di combustione, Rendimenti e Perdite.

- **Bruciatori:** Bruciatori Atmosferici, Bruciatori premiscelati, Analisi delle tipologie di caldaie a seconda del combustibile, Generatori a gasolio, Generatori a gas, Sistema Generatore – Camino.
- **Il Camino**: Tiraggio Naturale, Tiraggio Forzato, Uso dei CAD per la selezione dei camini, Canne fumarie.
- **Centrali termiche**: Generatori Elettrici, Tipi di fluidi termovettori, Circuiti ad acqua: pompa di circolazione e corpi scaldanti, Pompa di circolazione.
- **Corpi scaldanti:** Radiatori, Pannelli Radianti, Raffrescamento con pannelli radianti.
- **Vaso di espansione**: Vasi di espansione aperti, Vasi di espansione chiusi.
- **Valvola di sicurezza**: Valvola di scarico termico.
- **Fluidi di lavoro diversi dall'acqua**: L'aria come fluido di lavoro.
- **Sistemi Split**: Fluidi frigorigeni.
- **Tipi di terminali per la cessione dell'energia**: Termoconvettori, Termoventilconvettori (fan coil), Bocchette e Diffusori,
- **Centrali di trattamento dell'aria: CTA**: Selezione dei Filtri, Unità di Condizionamento Compatte, Sistema *Idrosplit*, Recuperatori di calore.

11. SISTEMI DI REGOLAZIONE

Necessità della regolazione degli impianti, Controllore a circuito aperto, Controllore a circuito chiuso, Caratteristiche di regolazione, Regolazione a due posizioni, Regolazione ad azione proporzionale, integrale e derivativa, Controllori a più azioni combinate PID, Le valvole nella regolazione impiantistica, Elementi sensibili, Sistemi di regolazione computerizzati, Regolazione della temperatura negli impianti di riscaldamento, Equazione della centralina di regolazione, Conseguenze del regime di parzializzazione sulle caldaie, Regolazione di zona, Regolazione localizzata, Conseguenza della regolazione sul funzionamento della pompa di circolazione, regolazione degli impianti di condizionamento, Regolazione del carico termico sensibile, Regolazione del carico termico latente, Ciclo termico in regime di parzializzazione, Controllo dell'umidità relativa, Regolazione con postriscaldamento della batteria.

12. DIMENSIONAMENTO DELLE RETI PER L'ACQUA E PER L'ARIA

Caratteristiche termofluidodinamiche, Caratteristiche elasto–termometriche, Caratteristiche fluidodinamiche, Regimi di moto, Strati limiti dinamici, Leggi fondamentali della Fluidodinamica, Equazione dell'energia per i sistemi aperti stazionari, Equazione di Bernoulli per i sistemi aperti stazionari, Le perdite di pressione per attrito, Perdite per attrito distribuito, Teorema di Borda – Carnot, Diametro equivalente ai fini della portata, Diametro equivalente ai fini della perdita di pressione, Dimensionamento delle reti di condotti, Collegamento in serie dei condotti, Collegamento in parallelo dei condotti, Dispositivi per la circolazione dei fluidi, Le pompe di circolazione, Le soffianti, Ventilatori centrifughi con pale in avanti, Ventilatori centrifughi con pale rovesce, Ventilatori assiali , Collegamenti di pompe in parallelo e in serie, Dimensionamento dei Circuiti aperti, Dimensionamento dei Circuiti chiusi, Dimensionamento di reti per acqua, Metodo del ramo Principale , Criterio a velocità costante, Metodo a perdita specifica di pressione costante, I collettori complanari, Dimensionamento delle reti di distribuzione dell'aria, Metodo a velocità costante per i canali d'aria, Metodo a perdita specifica costante per i canali d'aria, Metodo a recupero di pressione, Uso di programmi di calcolo, Reti di distribuzione in acciaio, Reti di distribuzione in Rame, Canali per la distribuzione dell'aria, Progetto di Reti complesse di fluidi, Reti ad albero, Reti a maglia, Criteri di progetto delle reti complesse, Punto di lavoro di una pompa di circolazione, Punto di lavoro di una soffiante, Leggi di controllo dei ventilatori, Sistemi a portata d'aria variabile (VAV), Serranda di strozzamento sul premente, Alette direttrici di prerotazione, Variazione della velocità di rotazione del ventilatore, Ventilatore assiale con pale a passo variabile, Dimensionamento di un ventilatore per sistemi VAV, Bilanciamento delle portate, Metodo delle portate nominali, Modalità operative del bilanciamento delle reti, Bilanciamento con valvole di taratura, Isolamento Termico delle tubazioni.

13. CIRCOLAZIONE DEI FLUIDI BIFASE

Regimi di moto, perdite di pressione con metodi teorici (Hanford) e semiempirici (Martinelli e Nelson, Thom Martin e Lester), Punto di lavoro di un tubo bollitore, stabilità di un tubo bollitore nella circolazione verso l'alto e verso il basso.

14. IMPIANTI SOLARI ATTIVI

Analisi del funzionamento, Relazione di Hottel Whillier Bliss, Efficienza di raccolta dell'energia solare, Riscaldamento solare dell'acqua sanitaria, Criteri di progetto per i sistemi localizzati, Sistemi centralizzati per l'acqua calda sanitaria, Criteri di progetto di un impianto centralizzato, Metodo F – Chart, Calcolo della radiazione solare media, Osservazioni sul metodo f-Chart, Simulazione dei circuiti solari con l'anno tipo.

15. IMPIANTI A POMPA DI CALORE GEOTERMICA

Introduzione agli impianti geotermici, pompe di calore, sottosuolo e perforazioni, sonde geotermiche verticali, metodi di dimensionamento semplificati, metodi di dimensionamento analitici, Ground

Response Test, scambiatori alternativi, sonde geotermiche orizzontali, metodi di dimensionamento, sistemi a circuito aperto, acque di falda e di superficie, normativa di riferimento. Impianti geotermici ad aria.

16. DICHIARAZIONE ISPESL

La dichiarazione Ispesl per gli impianti termici. Analisi del modello di dichiarazione. Raccolta H, Raccolta R, Esempio di preparazione del modello di dichiarazione Ispesl.

17. IL RUMORE NEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Servizi a funzionamento continuo e discontinuo, Metodi di calcolo della rumorosità prodotta dagli impianti, Curve NC ed NR, Rumorosità interna, Valutazione della rumorosità delle soffianti e nei canali d'aria.

18. DIAGNOSTICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO E DEGLI IMPIANTI

Presentazione della strumentazione per la diagnostica degli edifici.

19. CERTIFICAZIONE ENERGETICA E DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE ITACA

D.Lgs. n. 192/2005 (Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia), integrato con il D. Lgs. 311/2006, Norme UNI TS 11300, fabbisogno di energia primaria, trasmittanza termica, rendimento globale medio stagionale, relazione tecnica, rapporti di controllo tecnico, rendimento di combustione, esempi di calcolo, software di calcolo. Cenni per la certificazione ambientale volontaria ITACA.