

## **Insegnamenti del corso**

### **Introduzione all'efficienza energetica negli edifici**

Introduzione all'efficienza energetica negli edifici. Il clima e le fonti energetiche. Introduzione al quadro normativo e ai sistemi di classificazione. Architettura ed energia.

### **Lo stile della costruzione in laterizio**

Inquadramento storico. Il linguaggio contemporaneo internazionale del laterizio. Le culture architettoniche emergenti. Introduzione ai prodotti e ai sistemi attuali in laterizio.

### **Efficienza energetica degli edifici: inquadramento normativo**

Normativa: Direttiva Europea 2002/91/CE; Direttiva 2006/32/CE; D.Lgs 52/05, D.Lgs 192/05 corretto ed integrato dal D.Lgs 311/06 e relative Linee guida nazionali; L. R. n. 31/02 e successive modifiche ed integrazioni; Delibera dell'Assembleare Legislativa regionale n. 156/2008. Normativa tecnica: le norme armonizzate CEN; le norme nazionali UNI TS 11300. Procedure tecnico-amministrative per la realizzazione degli interventi.

### **Fondamenti di Energetica**

Primo e secondo principio della termodinamica. Elementi di termocinetica e trasmissione del calore. Benessere termoigrometrico negli ambienti confinati. Terminologia e grandezze termofisiche (forme di energia ed energia primaria). Il bilancio energetico del sistema edificio-impianti: scambi termici, apporti termici interni e gratuiti, rendimenti del/i sistemi impiantistici. Fonti e vettori energetici: il rapporto tra energia primaria e l'energia consegnata, le emissioni di gas climalteranti. Cicli e rendimenti termodinamici. Valori limite di fabbisogno energetico di un edificio e influenza delle variabili climatiche (GG) e geometriche (S/V) nella loro determinazione. Gli indicatori di prestazione energetica degli edifici: indice globale (EP<sub>tot</sub>) e indici parziali (fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale, la produzione di acqua calda sanitaria, la climatizzazione estiva, l'illuminazione). Metodologie e criteri di classificazione energetica di un edificio.

### **La costruzione massiva in laterizio**

L'opera muraria in terra cruda. L'opera muraria in laterizio a vista. Murature portanti armate. Murature rettificata. Solai e coperture.

### **La progettazione dell'efficienza energetica**

Principi di progettazione per l'efficienza energetica. Soluzioni costruttive e risparmio energetico. Esempi di architetture ad elevata prestazione. Architettura a zero emissioni.

### **Efficienza energetica degli impianti per la climatizzazione invernale e la produzione di ACS**

Tipologie e caratteristiche di impianti termici tradizionali e di ultima generazione.

Soluzioni progettuali e costruttive per l'ottimizzazione e il miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti, con particolare riguardo alle soluzioni innovative suggerite dalla legislazione vigente (caldaie a condensazione, pompe di calore, ecc.):

- materiali e tecnologie, prestazioni energetiche dei componenti e dei sistemi impiantistici;
- controllo delle perdite e delle dispersioni: ventilazione meccanica controllata, il recupero di calore;
- valutazioni economiche degli investimenti;
- esempi di soluzioni tecniche per il miglioramento della prestazione energetica di impianti esistenti, anche attraverso interventi di efficientamento e/o di integrazione.

Aspetti da considerare nel calcolo dei dimensionamenti e dei rendimenti.

### **Comfort abitativo e sostenibilità ambientale degli organismi edilizi 1**

Soluzioni progettuali e costruttive bioclimatiche (serre solari, sistemi a guadagno diretto, ecc.) e criteri di progettazione in relazione alle caratteristiche del sito.

- Localizzazione dell'edificio e luogo climatico. Elementi architettonici per il contenimento energetico. Soluzioni costruttive e normativa, controllo solare.
- Criteri di valutazione della sostenibilità degli edifici.

La casa passiva: ricerche ed esperienze europee. Il progetto Cepheus. Esempi di soluzioni progettuali.

### **Comfort abitativo e sostenibilità ambientale degli organismi edilizi 2**

Bio eco-compatibilità dei materiali, dei componenti e dei sistemi utilizzati per la costruzione, con particolare riguardo al ciclo di vita (LCA). Metodi e sistemi di classificazione/certificazione della sostenibilità ambientale degli edifici. Materiali da costruzione, materiali di sintesi chimica, materiali naturali.

### **Sostenibilità ambientale dei sistemi in laterizio**

Prodotti e nuovi sistemi performanti in laterizio. Energia incorporata, LCA, costo globale dei sistemi in laterizio. Massa ed efficienza energetica. Il metodo di valutazione dinamico in confronto a quello statico.

### **Il rivestimento in laterizio**

Il rivestimento a spessore. Involucri sottili in laterizio. Schermi traforati. Schermi mobili. Dispositivi tecnico-morfologici di progetto.

### **Project Work 1/3**

Illustrazione del Project Work. Progettazione di edificio ad alta efficienza.

### **Organismi e tecniche costruttive**

Involucri ad alta prestazione. La parete: il sistema a cappotto. Solai contro terra. Innovazione nei materiali e nei componenti. Massa e inerzia termica. Il tetto: piano, ventilato, tetti verdi. La finestra: prestazione dei vetri, telai ad alta efficienza, pareti trasparenti; vetri attivi e/o speciali; schermature.

### **Le prestazioni energetiche dell'involucro edilizio e degli elementi tecnici che lo compongono, in regime invernale**

Trasmissione del calore attraverso strutture opache e trasparenti; aspetti da considerare nel calcolo delle trasmittanze termiche; calcolo della trasmittanza termica di strutture di nuova realizzazione; esempi di soluzioni progettuali per la realizzazione di involucro edilizi ad elevata prestazione. Soluzioni tecniche per i nodi critici della costruzione. Riduzione dei ponti termici.

### **Le prestazioni energetiche dell'involucro edilizio e degli elementi tecnici che lo compongono, in regime estivo**

Trasmissione del calore attraverso strutture opache (inerzia termica, sfasamento e smorzamento dell'onda termica, trasmittanza termica periodica, ecc.) e trasparenti. Esempi di soluzioni progettuali per la protezione dall'irraggiamento e la realizzazione di involucro edilizi ad elevata prestazione. Efficienza energetica degli impianti per la climatizzazione estiva:

- tipologie e caratteristiche di impianti di condizionamento e raffrescamento tradizionali e di ultima generazione. Soluzioni progettuali e costruttive per l'ottimizzazione dell'efficienza energetica degli impianti, con particolare riguardo alle soluzioni innovative e alla interazione edificio/impianto:
- materiali e tecnologie, prestazioni energetiche dei materiali;
- ventilazione e raffrescamento naturali;
- valutazioni economiche degli investimenti.

Esempi di soluzioni tecniche per il miglioramento della prestazione energetica di impianti esistenti, anche attraverso interventi di efficientamento e/o di integrazione.

### **Materiali: inquadramento normativo**

Marcatura CE. Resistenza al fuoco. Protezione acustica.

### **Project Work 2/3**

Discussione del lavoro sulle tematiche dell'involucro.

### **Efficienza energetica delle facciate**

Riduzione del carico termico. Pareti ventilate in laterizio. Riqualificazione delle facciate. Ombreggiamento e controllo solare.

### **Progetto strutturale**

Normativa nazionale NTC ed Eurocodici. La sismicità del territorio. Congruenza tra sicurezza strutturale e prestazione energetica. Strumenti di calcolo e verifica.

### **Tipologie e caratteristiche degli impianti di produzione ed utilizzo di energia da fonti energetiche rinnovabili**

Biomasse, geotermia, solare termico, solare fotovoltaico, eolico, cogenerazione ad alto rendimento, ecc... Potenzialità e livelli ottimali di dimensionamento degli impianti, anche in riferimento alle opportunità di integrazione con reti/vettori esistenti. Risparmio energetico e building automation: soluzioni impiantistiche per il controllo e l'automazione di funzioni connesse all'utilizzo degli edifici.

### **Project Work 3/3**

Discussione del lavoro sulle tematiche dell'impiantistica.

### **Metodologie di determinazione del rendimento energetico di un edificio**

Riferimenti normativi, ambito e limiti di utilizzo, criteri di raccolta, analisi ed elaborazione dei dati:

- metodo di calcolo di progetto o di calcolo standardizzato;
- metodi di calcolo da rilievo sull'edificio;
- metodi semplificati e metodi basati sui consumi reali.

Strumenti di calcolo informatizzato: caratteristiche di affidabilità e limiti di utilizzo.

Criteri per il calcolo e/o la verifica e/o il monitoraggio della prestazione energetica a partire dai consumi energetici: costruzione della baseline dei consumi e valutazione secondo la norma EN 15603.

### **Criteri per il calcolo della prestazione energetica: le norme 11300 TS**

Criteri per il calcolo della prestazione energetica di progetto secondo le UNI TS 11300:

- dati di ingresso e parametri termofisici dell'involucro edilizio, anche in relazione alla destinazione d'uso;
- criteri e metodologie di calcolo per la determinazione del comportamento termico dell'involucro edilizio;
- valutazione degli scambi termici ed apporti gratuiti;
- rendimenti degli impianti termici per la climatizzazione invernale/estiva e la produzione di acqua calda sanitaria: aspetti da considerare per la scelta, per il calcolo dei dimensionamenti e per le ricadute sulla determinazione della prestazione energetica;
- contributo delle fonti rinnovabili nel calcolo degli indicatori di prestazione energetica: rendimenti degli impianti alimentati con fonti rinnovabili e assimilati (norme tecniche di riferimento, metodologie di calcolo e valutazioni di tipo speditivo).

### **La valutazione delle caratteristiche energetiche degli edifici esistenti**

Diagnosi energetica attraverso valutazioni speditive (comparazioni con abachi o soluzioni tecniche analoghe) e/o valutazioni strumentali (misure di conduttanza in opera e tecniche di termografia): ambiti e limiti di utilizzo, potenzialità e sinergie. Bioarchitettura e recupero energetico. Edifici storici e moderni: normative e strategie progettuali di intervento. Soluzioni progettuali e costruttive per il miglioramento delle prestazioni di edifici esistenti:

- materiali e tecnologie, prestazioni energetiche dei materiali;
- criteri e metodi di valutazione economica degli investimenti.

Esempi di soluzioni progettuali per il miglioramento della prestazione energetica di involucri edilizi esistenti.

### **Ruolo e funzione del soggetto certificatore**

Obblighi e responsabilità, modalità e requisiti per l'accreditamento regionale: aspetti giuridici e gestione del contenzioso, analisi delle problematiche legali e delle possibili soluzioni.

Requisiti organizzativi, gestionali ed operativi per la gestione del processo di certificazione: la certificazione UNI EN ISO 9001 o le procedure documentate previste dal sistema di accreditamento regionale.

### **Efficienza energetica e spazio urbano**

Il progetto territoriale dell'efficienza energetica: il concetto di Zona Clima.

Architettura ad alta efficienza e contesto. Esempi realizzati di case passive e ad alta efficienza.

### **La ventilazione degli edifici**

Ventilazione e salute. Ventilazione meccanica controllata. Esempi di realizzazioni. Controllo delle perdite e delle dispersioni: ventilazione meccanica controllata, il recupero di calore.

### **Ingegneria finanziaria**

La determinazione dei costi e dei benefici per i progetti di investimento nell'ambito del settore energetico. Valutazioni economiche degli investimenti, anche in relazione ai sistemi incentivanti in vigore e cenni sulle relative procedure:

- valutazione costi/benefici e cenni di ingegneria finanziaria;
- modalità di finanziamento ed incentivi per il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici.

Analisi costi-ricavi. Analisi costi-benefici. Analisi costi-efficienza.

### **Project work 1**

Prova pratica: determinazione del rendimento energetico e redazione del relativo attestato con applicazione del metodo di calcolo da progetto. Metodologie di calcolo.

### **Project work 2**

Prova pratica: determinazione del rendimento energetico e redazione del relativo attestato con applicazione del metodo di calcolo da rilievo su edificio esistente, anche con utilizzo di procedure strumentali.

### **Project work 3**

Prova pratica: determinazione del rendimento energetico e redazione del relativo attestato con applicazione del metodo di calcolo da rilievo su edificio esistente, anche con utilizzo di procedure strumentali.