



CE51 TOGETHER

D.T1.2.1

Materiale tecnico transnazionale.
L'efficienza energetica e le fonti
rinnovabili negli edifici pubblici

Version 2
05.2017



1. L'efficienza energetica degli edifici.....	
2. Come utilizzare l'energia in modo più efficace.....	
3. Caratteristiche base del risparmio energetico.....	
4. Diagnosi energetica & attestato di prestazione energetica.....	
4.1 Sopralluoghi di audit.....	
4.2 Analisi dei costi dalle bollette di fornitura energetica.....	
4.3 Audit energetico standard.....	
4.4 Audit energetico dettagliato.....	
5. Prodotti che impiegano energia.....	
6. Riqualificazione energetica dell'edificio (modernizzazione degli impianti, cambiamento della fonte energetica per riscaldamento, acquisto di apparecchiature a basso consumo).....	
6.1 Involucro dell'edificio.....	
6.2 Riscaldamento e raffreddamento.....	
6.3 Illuminazione.....	
6.4 Apparecchiature.....	
7. Installazione di fonti rinnovabili (RES - Renewable Energy Sources).....	
7.1 Energia solare.....	
7.2 La geotermia.....	
7.2.1 Pompe di calore.....	
7.3 Biomassa.....	
7.3.1 Le potenzialità delle biomasse.....	
7.4 Energia eolica.....	
7.5 Energia Idroelettrica.....	
8. Scegliere lo scenario ottimale per il miglioramento dell'efficienza energetica di un edificio.....	
9. Integrazione di diverse misure tecniche, e di misure tecniche con altre soluzioni di efficientamento energetico.....	
10. Casi studio ed esercizi.....	
10.1 Audit energetico e Certificato di prestazione energetica.....	
10.2 Ristrutturazione energetica dell'edificio.....	
10.3 Sostituire il generatore di calore.....	
10.4 Installazione di RES.....	
10.5 Ammodernamento degli impianti interni dell'edificio, inclusa l'illuminazione.....	
10.6 Acquisto di apparecchiature a basso consumo energetico.....	
10.7 Scelta dello scenario ottimale di miglioramento dell'efficienza energetica per un edificio.....	
10.8 Integrazione di misure tecniche tra di loro e con altri tipi di soluzioni di efficienza energetica.....	
10.9 Coinvolgimento degli utenti degli edifici negli interventi tecnici di efficientamento energetico	



.....

ALLEGATO 1.....

ALLEGATO 2.....

BIBLIOGRAFIA.....



1. L'efficienza energetica degli edifici

Il risparmio energetico e l'uso efficiente dell'energia inizia con la sensibilizzazione: l'energia non deve essere data per scontata in quanto non è disponibile in quantità illimitate. La sua produzione richiede costi relativamente elevati e ha una grande influenza sull'ambiente. Bisogna tenere in considerazione che l'utilizzo ragionato e pianificato dell'energia non riguarda solo il bilancio familiare, ma anche l'intera economia, il settore pubblico e l'ambiente.

La maggior parte degli edifici pubblici, soprattutto quelli più datati, hanno un grande potenziale di risparmio energetico. La riduzione del consumo energetico del 10% potrebbe essere raggiunta senza grossi investimenti, con un utilizzo più razionale dell'energia e una migliore organizzazione. Questo significa per lo più l'energia necessaria per il riscaldamento, l'energia elettrica e l'acqua. Un ulteriore 5% del consumo energetico potrebbe essere risparmiato grazie ad una migliore organizzazione del lavoro e ad una maggiore consapevolezza degli utenti finali.

Secondo le stime, opportuni investimenti su misure di tipo tecnico e tecnologico potrebbero portare il potenziale di risparmio energetico fino al 30%.

Il consumo di energia dipende da fattori esterni come le condizioni meteorologiche e l'oscillazione della temperatura, il prezzo delle fonti energetiche, ma anche dal numero, dalla struttura e dalla mentalità degli utenti. Anche la consapevolezza degli utenti per l'uso efficiente dell'energia, le fonti rinnovabili di energia e l'ecologia hanno una grande influenza sul consumo energetico. Un grande miglioramento è l'introduzione di un monitoraggio regolare dei consumi e dei costi energetici negli edifici. Il monitoraggio può essere effettuato con degli audit e la verifica delle bollette relative alle singole forniture energetiche oppure attraverso una contabilizzazione energetica assistita.

- La Commissione intraprende controlli di *prima facie* e di conformità per gli Stati membri che hanno notificato misure di recepimento.

Per i rapporti sui NZEB (edifici a energia quasi zero) e sui calcoli del costo ottimale, la definizione dello stato si basa sul fatto che siano stati ricevuti i rapporti e non sulla base della completezza dei rapporti. La Commissione sta analizzando le relazioni ricevute.



Tabella 1: l'Efficienza Energetica: recepimento della Direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (2010/31/EU del 19 maggio 2010), data di recepimento: 9 luglio 2012

Member State	Energy performance of buildings directive*		
	Transposition	NZEB** report	Cost-optimal calculations
Austria	Yellow	Red	Red
Belgium	Yellow	Green	Red
Bulgaria	Yellow	Green	Red
Cyprus	Green	Red	Red
Czech Republic	Green	Red	Red
Denmark	Green	Green	Red
Estonia	Yellow	Red	Red
Finland	Green	Green	Red
France	Yellow	Green	Red
Germany	Yellow	Green	Red
Greece	Green	Red	Red
Hungary	Green	Green	Red
Ireland	Green	Green	Red
Italy	Red	Red	Red
Latvia	Yellow	Red	Red
Lithuania	Green	Green	Red
Luxembourg	Yellow	Red	Red
Malta	Green	Red	Red
Netherlands	Yellow	Green	Red
Poland	Yellow	Red	Red
Portugal	Red	Red	Red
Romania	Yellow	Red	Red
Slovakia	Green	Green	Red
Slovenia	Red	Red	Red
Spain	Red	Red	Red
Sweden	Green	Green	Red
United Kingdom	Green	Green	Red

- **CHECKLIST:**

- Qual è la misura più economica per ridurre il consumo di energia? (un uso più razionale e una migliore organizzazione)
- Il consumo di energia dipende dalle condizioni atmosferiche? (Si)
- I comportamenti degli utenti influenzano il consumo di energia di un edificio? (si)

2. Come utilizzare l'energia in modo più efficace

Organizzazione del lavoro: (fino al 10 % di possibili risparmi)

- Con monitoraggi continui e misurazione del consumo
- Con un sistema di contabilità energetica
- Con la sensibilizzazione degli utenti



- Con altre misure organizzative (p.e. valutando fornitori con tariffe più basse, o il coordinamento delle attività nel tempo).

Riscaldamento:

- con opportuno isolamento termico (dal 15 al 25% di possibili risparmi, investimenti grossi e a lungo termine)
- con l'isolamento termico del sottotetto, (che porta la riduzione della perdita di trasmissione, fino a 50 kWh/m² di risparmio, investimento medio e a medio termine)
- con finestre e porte di alta qualità (da 10% a 60% di possibili risparmi),
- con la sigillatura delle finestre, che consente una minore perdita di ventilazione (fino al 15% del risparmio)
- con utilizzo della termoregolazione dell'impianto mediante valvole miscelatrici sui circuiti di riscaldamento e installazione di valvole termostatiche sui radiatori (fino al 10% di risparmio, investimento basso o medio e a breve termine)
- con corretto bilanciamento dei circuiti di riscaldamento (fino all'8% dei risparmi, investimento basso o medio e a breve termine)
- con l'introduzione della regolazione climatica della temperatura di mandata dell'impianto in funzione della temperatura esterna (fino al 7% dei risparmi, investimento medio e a breve termine)
- con un'organizzazione adeguata e razionale del lavoro
- con l'introduzione di fonti rinnovabili di energia

Consumo elettrico:

- con l'uso di moderni apparecchi / dispositivi di risparmio energetico
- con l'uso di illuminazione moderna, lampade a risparmio energetico e sistemi di regolazione in funzione della luce diurna (20% fino al 40% di risparmio, investimento medio e a breve termine),



- con il rifasamento, il monitoraggio ed il controllo dei carichi per evitare i picchi di consumo (fino al 10% di risparmio, investimento medio e a breve termine)
- con manutenzione regolare

Consumo dell'acqua:

- con uso deliberato di acqua calda e fredda (fino al 20% di risparmio, investimento basso e a breve termine)
- con manutenzione regolare e controllo dei dispositivi
- con lavatrici e lavastoviglie a risparmio energetico

CHECKLIST:

- in quali aree possiamo lavorare per ridurre il consumo di energia?
- Fai una lista di cinque piccoli interventi per ridurre il consumo termico di energia!

3. Caratteristiche base del risparmio energetico

Vi sono diverse forme di energia. I parametri che descrivono tali forme di energia sono misurabili attraverso la potenza, il consumo, le proprietà di isolamento dei materiali, il rendimento, etc.

Risparmio energetico nelle famiglie

La domanda è se tale risparmio possa essere conseguito, in quanto abbiamo bisogno di un ambiente residenziale confortevole, di acqua calda, di condizioni per la preparazione di alimenti, ecc. Sembra che l'organizzazione e gli stili di vita delle famiglie moderne non consentano di utilizzare in modo efficiente l'energia. Ma finestre e porte scarsamente sigillate, pareti poco isolate, perdite di acqua calda, luci accese quando non sono necessarie rappresentano delle possibili misure di risparmio energetico delle famiglie.

Riscaldamento e utilizzo efficiente dell'energia

Il calore necessario per il riscaldamento degli ambienti proviene da varie fonti energetiche: legno, carbone, olio combustibile, gas, energia elettrica, teleriscaldamento. Il riscaldamento serve a compensare le perdite di calore dell'edificio, e rappresenta circa il 70% del consumo totale di energia domestica. Le perdite di calore sono strettamente connesse a vari fattori che possono



essere ridotti (ma non impediti) con alcune semplici soluzioni tecniche che consentono risparmi energetici e riduzione dei costi di riscaldamento.

Acqua

E' cruciale essere consapevoli che l'acqua potabile pulita e incontaminata è preziosa. Salvare l'acqua non è solo una sfida energetica ma anche un'esigenza ecologica. Quando si utilizza l'acqua calda bisogna tenere a mente il consumo di energia. In media, le famiglie consumano dal 10% al 20% della quantità totale di energia per la produzione di acqua calda. Le diverse abitudini ed i diversi tipi di generatore di calore hanno una forte influenza sul consumo di energia per la produzione dell'acqua calda sanitaria.

Illuminazione

Una grande quantità di energia elettrica viene utilizzata per l'illuminazione interna e stradale. I costi dell'energia elettrica sono spesso elevati a causa dell'uso inappropriato e disattento delle luci. Una stanza vuota con la luce accesa o una lampadina a risparmio energetico in una stanza raramente usata non rappresentano affatto delle buone scelte.

Nuove tendenze nel campo dell'utilizzo efficiente dell'energia

In futuro, verranno prese in considerazione le seguenti tipologie di misure:

- vetri e finestre ad alta efficienza energetica
- cogenerazione del calore e dell'elettricità
- sistemi di regolazione del calore negli appartamenti e negli edifici pubblici più grandi
- monitoraggio mirato dell'utilizzo efficiente dell'energia nell'industria e nel settore pubblico con sistemi di monitoraggio centralizzati / sistema informativo di contabilità energetica
- la biomassa legnosa come fonte domestica inutilizzata di energia
- combustibili a gas e dispositivi di riscaldamento

CHECKLIST:

- Descrivere brevemente le caratteristiche del risparmio energetico relative al riscaldamento.



- Indica un cattivo esempio concernente l'illuminazione

4. Diagnosi energetica & attestato di prestazione energetica

Il termine "audit energetico" è ampiamente utilizzato e può avere significati diversi a seconda della società di servizi energetici. L'audit energetico degli edifici può variare da un breve sopralluogo nella struttura all'analisi dettagliata con la simulazione oraria al computer delle prestazioni dell'edificio (o del processo analizzato). In generale, si possono distinguere quattro tipi di audit energetico:

- il sopralluogo
- l'analisi dei costi dalle bollette di fornitura energetica
- l'audit energetico standard
- l'audit energetico dettagliato

4.1 Sopralluoghi di audit

Questa attività di audit consiste in una breve visita in loco della struttura per individuare le aree in cui azioni semplici e poco costose possono generare un risparmio immediato di energia oppure un risparmio dei costi di gestione. Alcuni professionisti si riferiscono a questi tipi di azioni come misure di gestione e manutenzione (O&M, Operations and Maintenance). Esempi di misure O&M includono l'impostazione della temperatura di set-point di riscaldamento, la sostituzione di finestre rotte, l'isolamento di tubi di acqua calda o di vapore e la regolazione della combustione della caldaia.

Redazione del report

L'audit inteso come sopralluogo può essere un compito a sé stante o una parte di un audit energetico standard. In genere, questo tipo di audit è sufficiente per piccoli edifici dotati di semplici sistemi energetici, tra cui edifici residenziali e semplici spazi commerciali. I compiti fondamentali da svolgere in questo tipo di audit comprendono:

- Descrivere i sistemi energetici di base dell'edificio, tra cui la costruzione dell'involucro, sistemi meccanici e sistemi elettrici. Le osservazioni e le specifiche dei disegni architettonici, meccanici ed elettrici possono essere utilizzate per descrivere le caratteristiche dell'edificio.



- Eseguire test di base e misure per valutare le prestazioni dei vari sistemi energetici. Queste misurazioni possono dipendere dal tipo di edificio e dai suoi sistemi nonché dal tempo disponibile per l'audit. Per gli edifici residenziali, si raccomanda di eseguire una prova di pressurizzazione o di depressurizzazione usando il kit del "blower door test". In tutti i tipi di costruzione, la misurazione per almeno un giorno della temperatura dell'aria interna e dell'umidità relativa all'interno degli ambienti è utile per ottimizzare le impostazioni delle temperature di set-point dell'impianto e identificare o controllare eventuali problemi di comfort.
- Incontrarsi e discutere con gli occupanti o i referenti dell'edificio per individuare eventuali problemi di disagio ed eventuali cause di sprechi di energia all'interno dell'edificio. Questo passaggio è spesso utile per definire le potenziali misure di gestione e manutenzione, nonché le misure di risparmio energetico.
- Identificare alcune potenziali misure di gestione e manutenzione (O&M), le misure di risparmio energetico (ECMs, Energy Conservation Measures) nonché tutte le misure necessarie per migliorare i problemi di comfort. Fornire i dettagli di implementazione e il costo dell'attuazione, richiedendo i preventivi a imprenditori / ditte locali).
- Valutare il risparmio energetico (o le esigenze se sono necessarie misure per migliorare il comfort) utilizzando metodi di analisi semplificati, come quelli presentati in questo materiale formativo.
- Eseguire analisi di costo basate sul metodo del tempo di ritorno semplice per determinare l'efficacia degli investimenti delle misure di O&M e delle misure di risparmio energetico. Si dovrebbero formulare delle stime adeguate e, se necessario, stimare i risparmi sui costi energetici affinché le raccomandazioni siano basate sulle analisi economiche. I dati relativi ai costi devono essere presi dalle stime effettive degli appaltatori.

4.2 Analisi dei costi dalle bollette di fornitura energetica

Lo scopo principale di questo tipo di audit è quello di analizzare attentamente i costi operativi dell'edificio. In genere, vengono valutati i dati di fornitura energetica per alcuni anni per identificare i profili di utilizzo dell'energia, i picchi di domanda, gli effetti del clima e il potenziale di risparmio energetico. Per eseguire questa analisi, è consigliabile che l'auditor effettui un sopralluogo per conoscere il fabbricato e i suoi sistemi energetici.



È importante che l'auditor capisca chiaramente la struttura dei prezzi delle forniture energetiche applicati all'utenza, per diversi motivi tra cui:

- Controllare i costi delle forniture e garantire che non siano stati commessi errori nel calcolo delle fatture periodiche. In particolare, la struttura dei prezzi dell'approvvigionamento energetico per gli impianti commerciali e industriali può essere abbastanza complessa, con penalizzazioni legate ai fattori di potenza.
- Determinare le spese maggiori nelle bollette. Ad esempio, i costi dovuti ai picchi di domanda possono rappresentare una parte significativa della spesa energetica soprattutto quando vengono applicate penalizzazioni tariffarie associate a limiti di potenza o consumo. Le misure di riduzione dei picchi possono quindi essere consigliate per ridurre queste parti della spesa.
- Individuare se l'utenza può trarre vantaggio dall'utilizzo di altre tariffe o fornitori per l'acquisto di combustibili a prezzi più bassi e per la riduzione dei costi di gestione. Questa analisi può portare ad una significativa riduzione delle bollette, in particolare con l'avvento del mercato libero dell'energia e della tariffazione in tempo reale (RTP, real-time pricing), cioè l'adeguamento del prezzo in base alla variazione del costo di produzione.

Inoltre, analizzando i dati di fornitura, l'auditor può determinare se l'edificio può essere candidato a progetti di retrofit energetico. Infatti, l'utilizzo di energia dell'edificio può essere normalizzato e confrontato con gli indici di riferimento (ad esempio, l'utilizzo di energia per unità di superficie nel caso di edifici commerciali o per unità di un prodotto nel caso di impianti industriali).

4.3 Audit energetico standard

L'audit standard fornisce un'analisi completa dei sistemi energetici dell'edificio. Oltre alle attività descritte per il sopralluogo e all'analisi dei costi di fornitura descritta in precedenza, l'audit energetico standard include lo sviluppo di una baseline dell'utilizzo di energia dell'edificio e la valutazione dei risparmi energetici dal punto di vista dei costi-benefici derivanti dalle misure di risparmio energetico opportunamente selezionate. L'approccio "step-by-step" dell'audit energetico standard è simile a quello dell'audit dettagliato descritto nel paragrafo successivo.

In genere, nell'audit standard vengono utilizzati degli strumenti semplificati per sviluppare modelli energetici di base e per prevedere il risparmio energetico dovuto alle misure da adottare. Tra questi strumenti ci sono i metodi dei Gradi Giorno e i modelli di regressione lineare (Fels, 1986). Inoltre, viene generalmente eseguita una valutazione del payback semplice per determinare i costi e i



benefici delle misure di conservazione dell'energia. Esempi di audit standard sono forniti nel capitolo 17.

Relazione di un audit standard

La relazione di un audit standard è più completa di una relazione di sopralluogo. Infatti, un audit standard, include attività aggiuntive e richiede più sforzo e tempo. Questo tipo di audit è tipicamente adatto agli edifici di grandi dimensioni e quelli con sistemi energetici complessi. Inoltre, i costi energetici per grandi edifici come quelli commerciali e istituzionali sono elevati e possono giustificare il livello di dettaglio richiesto da un audit standard. Oltre ai compiti descritti per l'esecuzione del sopralluogo, l'audit standard può comprendere le seguenti attività:

- Eseguire un'indagine dettagliata sull'illuminazione e sulle apparecchiature elettriche. L'obiettivo principale di questo compito è stimare il livello di illuminamento e la potenza delle apparecchiature all'interno delle varie stanze.
- Identificare i sistemi di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione (HVAC, Heating Ventilating and Air Conditioning) e gli orari di funzionamento. Questo compito è spesso cruciale perché l'energia utilizzata dai sistemi HVAC è una parte significativa dell'energia totale consumata negli edifici di grandi dimensioni.
- Rilevare i principali motivi di discomfort e le lamentele degli occupanti attraverso un questionario ben progettato. Gli occupanti interpellati forniscono molto spesso informazioni importanti sulle prestazioni dell'edificio e dei suoi sistemi energetici durante il corso dell'anno.
- Raccogliere e analizzare i dati di consumo delle bollette per almeno tre anni. I dati delle bollette di un solo anno sono spesso insufficienti per stimare le prestazioni energetiche storiche di un edificio. In alcuni casi, determinate condizioni come eventi speciali o condizioni climatiche estreme possono influenzare l'utilizzo di energia dell'edificio.
- Effettuare tutte le misure rilevanti, come i livelli di illuminamento, le termografie a infrarossi, le misure delle temperature interne, le portate delle unità di trattamento aria e gli usi finali di energia elettrica, nonché gli indicatori sulla qualità della fornitura dell'energia elettrica.
- Modellare l'edificio esistente utilizzando uno strumento di simulazione energetica dettagliato. Assicurarsi che il modello di simulazione sia ben calibrato utilizzando i dati di



consumo delle bollette. In genere, è richiesta la calibrazione dei calcoli mensili entro il 10% per aumentare il livello di certezza nelle previsioni del modello di simulazione energetica dell'edificio.

- Effettuare i calcoli per stimare i risparmi energetici dovuti alle potenziali misure di risparmio energetico utilizzando sia il modello di simulazione energetica calibrato sia le procedure di calcolo semplificate descritte nel presente materiale formativo.
- Eseguire un'analisi economica utilizzando metodi di valutazione del payback semplice, del valore attuale netto (VAN), o l'analisi del costo del ciclo di vita (LCC) per tutte le misure di risparmio energetico. È necessario stimare i dettagli e le spese di esecuzione per ogni misura prevista.
- Selezionare le misure di risparmio energetico da consigliare. Inoltre, specificare i vantaggi aggiuntivi di ciascuna misura (come il miglioramento del comfort termico o visivo), i costi di realizzazione e tutte le informazioni per aiutare il cliente a implementare tali misure.

Il report dell'audit energetico standard dovrebbe riepilogare i risultati di tutte le suddette azioni. A seguire viene riportata uno schema di relazione per un audit standard. Va notato che lo stesso schema può essere utilizzato anche per riportare i risultati di un audit energetico dettagliato.

4.4 Audit energetico dettagliato

Questo è il tipo di audit più completo ma anche di più lunga esecuzione. In particolare, l'audit energetico dettagliato prevede l'utilizzo di strumenti per misurare l'utilizzo di energia dell'intero edificio o di alcuni dei sistemi energetici presenti all'interno dell'edificio (ad esempio: sistemi di illuminazione, attrezzature per ufficio, ventilatori, refrigeratori, ecc.). Inoltre, in questo tipo di audit vengono impiegati dei software sofisticati di simulazione per valutare e selezionare gli interventi di ristrutturazione dell'edificio.

Le tecniche disponibili per eseguire le misurazioni per un audit energetico sono diverse. Durante la visita in loco, strumenti portatili o fissi possono essere utilizzati per determinare la variazione di alcuni parametri dell'edificio come la temperatura dell'aria interna, il livello di illuminamento e i consumi elettrici.

Quando sono necessarie misurazioni a lungo termine, vengono tipicamente utilizzati dei sensori collegati a un sistema di acquisizione dati, in modo tale che i dati misurati possano essere memorizzati e essere accessibili in remoto. Recentemente, sono state proposte tecniche non distruttive di monitoraggio dei carichi (NILM, Non Intrusive Load Monitoring) (Shaw et al., 2005). La



tecnica NILM può misurare in tempo reale l'utilizzo di energia dei carichi elettrici significativi dell'edificio, utilizzando un unico set di sensori all'ingresso dell'impianto. Il basso impegno richiesto dalla tecnica NILM rispetto all'approccio tradizionale di misurazione (che richiede un set separato di sensori per monitorare il consumo di energia per ogni utilizzo finale) rende il NILM una tecnica di monitoraggio del carico molto interessante e poco costosa per le società di servizi energetici e per i proprietari degli edifici.

I programmi di simulazione del computer usati nell'analisi dettagliata possono in genere fornire i dati di distribuzione dell'utilizzo di energia divisi per tipo di utenza (cioè utilizzo di energia per l'illuminazione, ventilatori, refrigeratori, caldaie, ecc.). Tali simulazioni sono spesso basate su valutazioni termiche di tipo dinamico dei vari sistemi energetici degli edifici e richiedono in genere un livello elevato di competenze tecniche e di formazione. Questi programmi di simulazione spaziano da quelli basati sul metodo bin (Knebel, 1983) a quelli che forniscono carichi termici ed elettrici come DOE-2 (LBL, 1980) su base oraria.

In questo tipo di audit, vengono generalmente effettuate valutazioni economiche più rigorose delle misure di risparmio energetico. In particolare, i costi-benefici degli interventi di ristrutturazione possono essere determinati in base all'analisi del costo del ciclo di vita (LCC) anziché alla semplice analisi del tempo di ritorno semplice. L'analisi dei costi del ciclo di vita tiene conto di una serie di parametri economici quali interessi, inflazione e imposte. Il capitolo 3 descrive alcuni degli strumenti analitici di base utilizzati spesso per valutare i progetti di efficienza energetica.

Procedura generale per un audit energetico dettagliato

Per eseguire un audit energetico dettagliato, in genere vengono svolte diverse attività a seconda dell'oggetto dell'audit e della dimensione e funzione dell'edificio analizzato. Alcune delle attività possono essere ripetute, ridotte o persino eliminate in base ai risultati di altre attività. Pertanto, l'esecuzione di un audit energetico dettagliato è spesso un processo non lineare e piuttosto iterativo. Tuttavia, per la maggior parte degli edifici è possibile definire uno schema generale di procedura.

Fase 1: Analisi dei dati dell'edificio e delle forniture energetiche

Lo scopo principale di questa fase è quello di valutare le caratteristiche dei sistemi energetici e le modalità di utilizzo dell'energia nell'edificio. Le caratteristiche dell'edificio possono essere raccolte dai disegni architettonici/meccanici/elettrici o dal confronto diretto con i gestori degli edifici. I profili di consumo energetico possono essere ottenuti da un'analisi delle bollette di fornitura energetica su diversi anni. L'analisi della variazione dei consumi nel tempo consente all'auditor di verificare se vi siano effetti stagionali e meteorologici che condizionano l'uso dell'energia. Alcune



delle attività che possono essere eseguite in questa fase sono riportate qui di seguito e vengono indicati i risultati chiave attesi per ciascuna attività:

- Raccogliere almeno tre anni di dati di consumo (per identificare un modello di utilizzo dell'energia su base storica).
- Individuare i tipi di combustibile utilizzati (elettricità, gas naturale, gasolio, ecc., per determinare i vettori energetici che rappresentano i consumi maggiori di energia).
- Determinare i modelli di utilizzo del vettore energetico, per ogni tipo di vettore energetico (per identificare i picchi di domanda di ogni vettore energetico).
- Capire la struttura dei prezzi delle forniture energetiche (regimi di consumo e picchi di domanda, per valutare se l'edificio è penalizzato dai picchi della domanda e se si può acquistare un combustibile a prezzi più economici).
- Analizzare l'effetto del clima sul consumo di combustibile (per individuare eventuali variazioni di utilizzo energetico legate alle condizioni meteorologiche estreme).
- Eseguire un'analisi appropriata dei consumi a seconda del tipo e dimensione dell'edificio (può essere determinata la firma energetica dell'edificio, inclusi gli utilizzi di energia per ogni zona termica: per eseguire il confronto con gli indici di riferimento).

Fase 2: sopralluogo

Attraverso questa fase vanno individuate le potenziali misure di risparmio energetico. I risultati del sopralluogo sono importanti perché fanno capire se sono necessarie ulteriori indagini e misurazioni. Alcune attività previste in questa fase sono:

- Identificare gli interessi, le esigenze e le preoccupazioni del cliente.
- Controllare le attuali procedure di gestione e di manutenzione.
- Determinare le condizioni operative delle principali apparecchiature che utilizzano energia (illuminazione, sistemi HVAC, motori, ecc.).



- Stimare il livello di occupazione, di funzionamento delle apparecchiature e di illuminazione (variazione dei consumi nel tempo e ore di funzionamento).

Fase 3: Baseline dei consumi di energia dell'edificio

Lo scopo principale di questa fase è quello di sviluppare un modello di base che rappresenti l'attuale profilo energetico e le condizioni di funzionamento dell'edificio. Questo modello deve essere utilizzato come riferimento per stimare i risparmi energetici derivanti dalle misure di risparmio energetico opportunamente selezionate. I compiti principali da eseguire durante questa fase sono:

- Ottenere e revisionare i disegni architettonici, meccanici, elettrici e dei sistemi di controllo.
- Ispezionare, verificare e valutare le attrezzature dell'edificio dal punto di vista dell'efficienza, delle prestazioni e dell'affidabilità.
- Ottenere tutti gli orari di occupazione e di funzionamento degli apparecchi (compresi i sistemi di illuminazione e HVAC).
- Sviluppare un modello di base con il profilo di consumo dell'edificio.
- Normalizzare il modello di base utilizzando i dati delle bollette o i dati delle misure energetiche.

Fase 4: Valutazione delle misure di risparmio energetico

In questa fase, viene determinato un elenco di misure di risparmio energetico efficaci dal punto di vista costi-benefici, considerando quindi sia le stime dei risparmi energetici che l'analisi economica. Per raggiungere questo obiettivo, si raccomandano le seguenti attività:

- Preparare un elenco completo delle misure di risparmio energetico (utilizzando le informazioni raccolte nel sopralluogo).
- Determinare la riduzione dei consumi e dei costi dovuta alle varie misure di risparmio energetico usando il modello di simulazione dell'energia indicata nella fase n.3.
- Stimare i costi iniziali necessari per l'attuazione delle misure di risparmio energetico.



- Valutare l'efficacia economica di ciascuna misura di risparmio energetico utilizzando un metodo di analisi economica (tempo di ritorno semplice o analisi del costo del ciclo di vita).

CHECKLIST:

- Qual è il primo passo in un audit energetico (che tipo di audit)?
- Descrivi brevemente quali sono le fasi per una procedura generale di un Audit Energetico di Dettaglio.

5. Prodotti che impiegano energia

I prodotti che utilizzano energia, come i dispositivi elettrici ed elettronici o le apparecchiature di riscaldamento, sono responsabili di una grande percentuale del consumo di risorse naturali e di energia, con importanti impatti ambientali. In questo contesto l'UE ha pubblicato la direttiva 2005/32/CE per la definizione di requisiti di progettazione ecocompatibile per i prodotti che consumano energia.

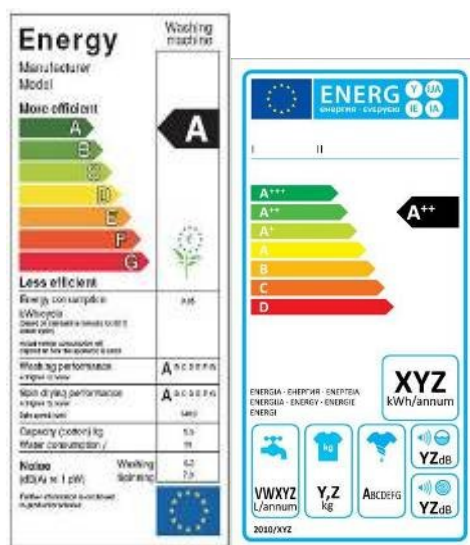


Figura 5.1: vecchia (sinistra) e nuova (destra) etichetta energetica delle lavatrici

La nuova etichetta contiene:

- Informazioni sull'efficienza energetica del prodotto (codificate in 7 classi ed altrettanti colori)
- Consumo di energia e di acqua



- Performance (volume, capacità di carico, livello di rumore)

L'Eco-design è un approccio preventivo, progettato per ottimizzare le prestazioni ambientali dei prodotti, pur mantenendo le qualità funzionali. La direttiva non introduce requisiti direttamente vincolanti per i vari prodotti, ma definisce le condizioni e i criteri per definire, attraverso successive misure di attuazione, i requisiti e le caratteristiche del prodotto rilevanti dal punto di vista del rispetto dell'ambiente, con l'obiettivo di migliorarli rapidamente ed efficacemente. In particolare, la direttiva promuove il miglioramento dell'efficienza energetica dei prodotti.

I prodotti che consumano energia e in particolare gli elettrodomestici (i cosiddetti elettrodomestici bianchi) hanno già l'indicazione mediante etichettatura e informazioni standard sul consumo energetico. Questo era già stato promosso dalla direttiva 92/75/CEE. Le etichette di energia mirano a informare e convincere gli acquirenti a prendere una decisione più ecologica e più efficiente in termini di energia per quanto riguarda gli elettrodomestici. Le etichette energetiche forniscono informazioni che hanno un impatto economico della decisione di investimento, mostrando che i costi iniziali superiori sono restituiti da minori costi energetici per tutta la durata dell'apparecchio.

Quando si acquistano nuove apparecchiature è consigliabile scegliere le più efficienti, perché lavorano meglio usando meno energia. È anche consigliabile sostituire i vecchi apparecchi con nuovi e più efficienti, ma in questo caso dovrebbe essere eseguita un'analisi tecnico-economica per valutare correttamente questo investimento.



L'efficienza energetica dei prodotti nell'UE è valutata in livelli energetici che vanno da A ++ (il più efficiente dal punto di vista energetico) a G (meno efficiente). Oltre a una classificazione a colori, sull'etichetta energetica sono presenti anche altre informazioni come il consumo energetico, il consumo di acqua o la generazione di rumore. Un'etichettatura simile è prevista anche per l'intero edificio, secondo la direttiva sull'efficienza energetica degli edifici (EPBD - 2010/31/UE). Inoltre, sono stati creati diversi strumenti web per aiutare i consumatori a scegliere apparecchi più efficienti dal punto di vista energetico, per esempio i Top Ten (www.topten.info). Si tratta di uno strumento di ricerca online orientato al consumo, che presenta i migliori apparecchi in diverse categorie di prodotti. Nelle istituzioni pubbliche sono inoltre valide le direttive sugli appalti pubblici (2004/17/CE e 2004/18/CE), oltre alle etichette di efficienza energetica. Tali direttive comprendono le considerazioni ambientali nei criteri di selezione e di aggiudicazione degli appalti pubblici, nonché criteri prestazionali per i rispettivi contratti. La tabella che segue mostra altre etichette di efficienza energetica e ambientale utilizzate sia nell'UE che nel mondo.

Un aspetto molto importante dei prodotti che consumano energia, in particolare delle apparecchiature elettroniche, è che continuano ad utilizzare l'elettricità anche in modalità stand-by o spegnimento, a causa di alcuni dispositivi elettrici che possiedono. In qualsiasi casa, molti chilowattora all'anno possono essere imputati alle modalità stand-by oppure off. I produttori stanno migliorando le attrezzature per ridurre questi consumi, pertanto quando si acquistano attrezzature nuove devono essere analizzate le caratteristiche tecniche per scegliere quelle che assorbono la minore potenza in stand-by (i valori tipici, insieme al consumo dei dispositivi quando sono accesi, sono riportati nella tabella dell'allegato 1).

CHECKLIST:

- Come sono classificati i prodotti energetici efficienti? (quale lettera)?
- Con quale unità è misurato il consumo di energia elettrica?

6. Riqualficazione energetica dell'edificio(modernizzazione degli impianti, cambiamento della fonte energetica per riscaldamento, acquisto di apparecchiature a basso consumo)

6.1 Involucro dell'edificio

L'involucro dell'edificio, cioè l'insieme delle strutture esterne del fabbricato, comprende il tetto, le pareti, i pavimenti, le finestre e le porte. Anche un edificio ben costruito e ben mantenuto perderà una parte del calore da tutte queste componenti dell'involucro, con diverse percentuali così come mostrato nella figura seguente.

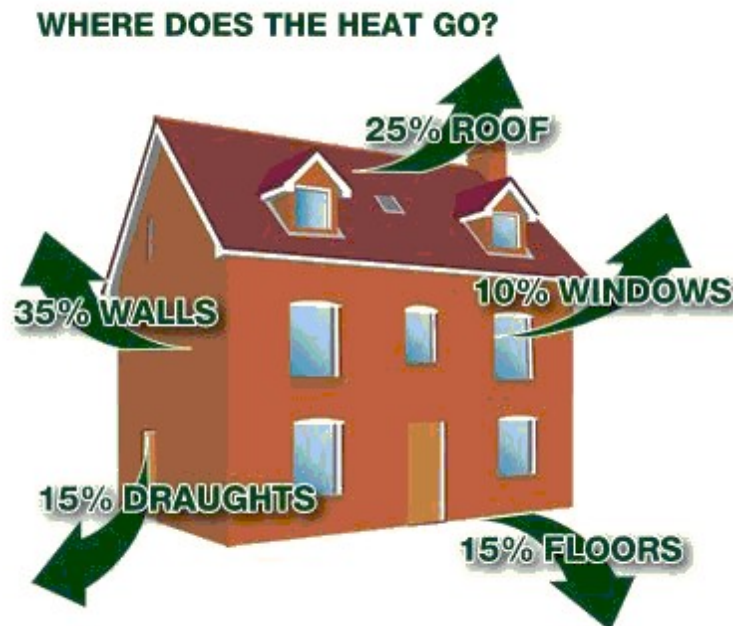


Figura 6.1: le perdite di calore dell'edificio

Alcune misure di contenimento dei consumi energetici comunemente raccomandate per migliorare l'efficienza termica dell'involucro edilizio sono:

- **Isolamento del tetto** riduce la necessità di riscaldamento in inverno e raffreddamento in estate, rendendo l'edificio un luogo più confortevole. In estate, il calore radiante proveniente da un tetto non isolato crea disagio negli occupanti i quali, per contrastare questo problema, fanno funzionare il condizionatore ad una temperatura più bassa. Se l'edificio non è affatto isolato, le soluzioni di isolamento del tetto sono generalmente più economiche rispetto all'isolamento di pavimenti e pareti.
- **Molti edifici sono costruiti su una solaio sospeso e non isolato.** Nei climi più freddi questo causerà probabilmente agli occupanti la sensazione di freddo ai piedi. L'isolamento del solaio migliorerà il comfort degli occupanti, anche se dal punto di vista delle dispersioni termiche la soluzione potrebbe essere meno efficace rispetto all'isolamento del tetto.
- **L'isolamento delle pareti** riduce la necessità di riscaldamento e raffreddamento dell'edificio. I costi di intervento dipendono dalla superficie esterna delle pareti, dal rapporto parete-finestra e dal tipo di isolamento scelto.



Figura 6.2: Esempio di isolamento termico

- **Aumentare l'ombreggiatura delle finestre:** sia le persiane che le tapparelle interne ed esterne sono disponibili come opzioni di ombreggiatura. Le ombreggiature interne sono meno efficaci per proteggere l'edificio dal surriscaldamento rispetto a quelle esterne. Le persiane interne danno agli occupanti un certo controllo sulla luce e sulla temperatura del loro ambiente. Sul lato est e ovest, le persiane verticali possono essere più efficaci delle tapparelle orizzontali, che sono più efficaci a sud.

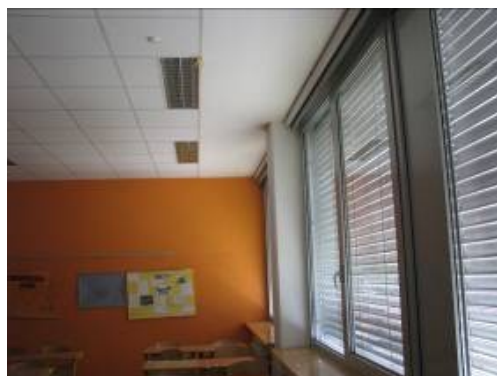


Figura 6.3: Ombreggiamento della finestra mediante veneziane

- **Aumento del livello di isolamento dei vetri:** lo strato d'aria racchiuso tra le lastre di vetro agisce come isolamento. Così, un'ulteriore intercapedine realizzata con un vetro aggiuntivo diminuisce la necessità di riscaldamento quando il clima è freddo e la necessità di raffreddamento quando il clima è caldo. Tuttavia, la sostituzione delle finestre può risultare costosa e non conveniente; in certi casi, se i telai lo consentono, può essere valutata la sostituzione dei soli vetri ed il miglioramento delle guarnizioni di tenuta.
- **Aumentare l'isolamento del telaio:** il calore è trasferito dentro (o fuori) dell'edificio anche attraverso i telai delle finestre. I telai in alluminio con taglio termico contengono uno strato isolante tra due metallici, quello interno e quello esterno, quindi conducono meno calore rispetto ai telai di alluminio standard. Il legno è meno conduttivo dell'alluminio. Visto



che la sostituzione delle finestre è un'operazione generalmente costosa, è importante considerare il materiale del telaio quando si installano nuove finestre.

- **Installare un frangisole riflettente:** si tratta di una lama orizzontale installata a circa due terzi dalla finestra. Il frangisole serve al doppio scopo di evitare l'abbagliamento degli occupanti che si trovano vicino alle finestre e di distribuire la luce naturale verso gli occupanti seduti più lontano. Dal frangisole, la luce si riflette sul soffitto e in profondità nell'ufficio. L'installazione di un frangisole comporta generalmente costi piuttosto alti e produce risparmi significativi se viene abbinato un sistema di controllo e automazione dell'illuminazione artificiale.
- **Cambiare il colore del tetto:** i tetti di colore più scuro assorbono più calore dal sole, mentre i tetti di colore chiaro riflettono più luce, mantenendo l'edificio più fresco. Mantenere il calore fuori dall'edificio è particolarmente importante, soprattutto per gli edifici adibiti a ufficio.
- **Cambiare il colore della parete:** le pareti esterne chiare riflettono più radiazione solare rispetto alle pareti scure e possono ridurre il calore assorbito dalle strutture dell'edificio. Anche le pareti interne, se sono più chiare, illuminano meglio le aree di lavoro attraverso la luce riflessa.

6.2 Riscaldamento e raffreddamento

Anche se un edificio può essere riscaldato e/o raffreddato fino alle temperature di comfort, non significa che sia riscaldato e/o raffreddato in modo efficiente. Diversi tipi di sistemi di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione (HVAC) possono essere utilizzati negli edifici. Le caldaie e i bruciatori, sistemi combinati con UTA e pompe di calore, i corpi scaldanti e i climatizzatori individuali per singoli ambienti, i sistemi di teleriscaldamento sono solo alcuni esempi della componente riscaldamento dei sistemi HVAC. Di conseguenza, si può considerare un gran numero di misure per migliorare le prestazioni energetiche dei sistemi HVAC primari e secondari, e alcuni di essi sono elencati di seguito.



Figura 6.4: alcuni esempi di sistemi per il riscaldamento e raffreddamento

6.2.1. Sistemi ad aria

Talvolta le griglie sono posizionate o regolate in modo tale che la distribuzione dell'aria non è efficace e non raggiunge tutto lo spazio occupato. Può essere semplice reimpostare o riposizionare le griglie delle bocchette di alimentazione per migliorare la distribuzione dell'aria.

Rimuovere gli ostacoli al flusso d'aria: blocchi parziali o totali possono svilupparsi all'interno dei condotti d'aria, a causa di accumulo di sporcizia e polvere o per ostruzione da parte di oggetti solidi (a volte gli occupanti posizionano dei cartoni oppure degli stracci in modo da adattare la distribuzione dell'aria al proprio gusto). Questo impatta sul corretto funzionamento del sistema, con una possibile riduzione dell'efficienza energetica.

Pulizia dei filtri: i filtri dell'aria vengono utilizzati per bloccare l'ingresso e la diffusione nell'edificio di particelle di polvere e inquinanti. Questi devono essere puliti regolarmente perché l'accumulo di particelle nel filtro dell'aria riduce i flussi di aria e l'efficienza dei ventilatori.

6.2.2. Uso dei sistemi di controllo - Sistemi di controllo centralizzati

Installare sistemi di controllo per l'ottimizzazione del funzionamento dell'impianto, che accendono e spengono i sistemi HVAC in modo che l'edificio funzioni alla temperatura nominale mentre l'edificio è occupato. Il sistema di controllo registra la temperatura dell'aria interna e esterna e determina quanto tempo ci impiega l'edificio per riscaldarsi o raffreddarsi, spegnendo e disattivando l'aria condizionata nei momenti appropriati.



Ridurre le ore di funzionamento programmate: è sufficiente rivedere gli orari del timer dell'impianto in modo da ridurre le ore di funzionamento del sistema HVAC. Se la temperatura aumenta o diminuisce leggermente al termine del periodo di occupazione dell'edificio non è un problema, ma il vantaggio energetico di queste piccole regolazioni, in particolare nelle stagioni di punta, potrebbe invece essere significativo.

Ridurre l'area riscaldata/raffreddata oltre l'orario: il funzionamento del sistema HVAC oltre l'orario di servizio può essere impostato solo per una piccola parte dell'edificio. Potrebbe dunque essere isolata parte del sistema perché venga servito in modo indipendente in funzione delle esigenze oltre l'orario di servizio.

6.2.3 Impianto di refrigerazione

Si possono registrare dei significativi risparmi di energia sostituendo il refrigeratore esistente con un'unità più appropriata o aggiornata.

Miglioramento della corrispondenza con il profilo di carico: l'efficienza dei diversi tipi di refrigeratori dipende anche dal funzionamento sui diversi carichi, quindi l'impianto deve essere adeguato al profilo di carico e il tipo di refrigeratore deve essere appropriato per ottimizzare l'efficienza energetica.

La corretta regolazione del sistema di controllo del funzionamento del refrigeratore è importante per il funzionamento efficiente dell'impianto, specialmente quando vi sono più refrigeratori che operano in cascata.

I ventilatori della torre di raffreddamento possono essere regolati con velocità variabile per ridurre il consumo energetico.

L'acqua di condensazione può essere utilizzata per il recupero del calore per il riscaldamento di acqua calda sanitaria o per il riscaldamento degli ambienti.

Compressore a chiller: a seconda delle dimensioni e del tipo di installazione, verrà determinato il tipo di compressore più efficace da utilizzare.

Sostituire le torri di raffreddamento: le torri di raffreddamento esistenti possono essere inefficienti nel loro funzionamento, consentendo significativi risparmi energetici con la loro sostituzione con nuove unità.



Il sistema di controllo dell'acqua refrigerata e del set-point dell'acqua di condensazione possono essere regolati in modo da soddisfare al meglio la domanda di carico, ottenendo così un miglioramento dell'efficienza energetica.

6.2.4 Impianto a caldaia

Si possono registrare dei risparmi significativi di energia attraverso la sostituzione della caldaia esistente con un tipo più appropriato o aggiornato.

Miglioramento della corrispondenza con il profilo di carico: l'efficienza energetica può essere ottimizzata in base alle dimensioni e al numero di caldaie operanti a un determinato carico.

Piccole regolazioni alle impostazioni ed alle calibrazioni delle caldaie possono migliorare l'efficienza.

La corretta regolazione dei comandi di sequenziamento delle caldaie, in base alle variazioni del carico di riscaldamento, sarà importante per il funzionamento efficiente dell'impianto di riscaldamento.

Regolazione delle temperature dell'acqua calda: i set-point del sistema di regolazione del riscaldamento possono essere regolati in modo da soddisfare meglio la domanda di carico, raggiungendo così un'efficienza energetica globale più elevata.

Controllo dello stato dei sensori che regolano la combustione: i controlli automatici della caldaia sono in grado di variare la velocità del ventilatore e quindi la pressione interna in base all'eccesso di aria rilevato nella caldaia. Questo ottimizza l'efficienza della caldaia.



6.2.5 Circolazione dell'acqua fredda e calda

- **Decentralizzare la produzione di acqua fredda/calda:** le installazioni centralizzate di riscaldamento e raffreddamento possono includere tubature estese che danno origine a elevate perdite di distribuzione. Maggiore efficienza energetica può essere raggiunta utilizzando un numero di refrigeratori/caldaie più piccoli situati più vicino ai carichi.
- **Centralizzare l'acqua refrigerata e/o la produzione di calore:** laddove esistono più refrigeratori o caldaie relativamente vicini, tenendo conto del profilo di carico, è possibile migliorare l'efficienza utilizzando una singola centrale o caldaia. Si ottengono anche riduzioni dei costi di manutenzione.



Figura 6.5: distributore moderno di acqua calda



- **Funzionamento a velocità variabile:** l'utilizzo di motori a velocità variabile per le pompe di circolazione di acqua refrigerata/acqua calda può migliorare notevolmente l'efficienza energetica del sistema.
- **Ridotto volume di circolazione:** è possibile che una maggiore quantità di acqua refrigerata/calda rispetto a quella necessaria circoli nell'impianto per soddisfare i carichi di picco. Il bilanciamento del sistema consentirà di ridurre le portate e quindi i consumi.
- **Modulazione delle temperature di circolazione in base alla domanda:** la riduzione delle temperature di funzionamento può essere possibile con conseguenti risparmi in termini di diminuzione delle perdite di distribuzione.
- **Ridurre le ore di circolazione:** molti sistemi operano più a lungo di quanto necessario. Riducendo le ore di funzionamento della pompa, anche il consumo di energia sarà ridotto.
- **Migliorare l'isolamento delle tubazioni:** se l'isolamento delle tubazioni è in cattivo stato o non ha uno spessore sufficiente, sarà bene sostituire l'isolamento con uno nuovo, riducendo così la quantità di energia sprecata.
- **Migliorare l'isolamento delle valvole:** l'isolamento intorno alle valvole si rompe nel tempo. Sostituendolo con un tipo più flessibile le perdite in corrispondenza delle valvole saranno ridotte.
- **Ridurre la lunghezza delle tubazioni:** la capacità della pompa e le perdite di energia delle tubazioni sono associate alla lunghezza del percorso. Può essere possibile reindirizzare i tubi in modo che le lunghezze siano ridotte.

6.2.6 Impianto generale



- **Sostituire motori, pompe, inverter:** è improbabile che le apparecchiature che sono vicine alla fine della durata utile funzionino in modo efficace. Sostituendo le apparecchiature, l'efficienza complessiva sarà maggiore, vi saranno risparmi energetici e la riduzione dei costi di manutenzione.
- **Rispondere al carico:** quando si installa qualsiasi elemento dell'impianto è importante che sia dimensionato per soddisfare la richiesta. Se viene ridotta la capacità dell'apparecchiatura per rispondere al carico effettivo, migliorerà l'efficienza dell'unità consentendo risparmi e maggiore durata delle apparecchiature.
- **Installare un ciclo economico nella gestione dell'aria:** un ciclo economico consente di riciclare l'aria nei periodi in cui non è necessaria l'aria fresca. Il risultato sarà la riduzione di riscaldamento o raffreddamento inutili dell'aria esterna e conseguenti risparmi energetici.
- **Nei periodi in cui l'aria non viene ri-circolata,** l'apparecchiatura di recupero del calore aria-aria consentirà il trasferimento di calore tra i flussi d'aria in aspirazione e scarico. Il risultato sarà la riduzione di riscaldamento/raffreddamento inutili e conseguenti risparmi energetici.
- **Installare un sistema di recupero di calore nel refrigeratore:** questo utilizza il calore normalmente emesso in atmosfera dal refrigeratore per riscaldare l'acqua per il riscaldamento degli ambienti o l'acqua calda sanitaria. Il risultato complessivo è un risparmio energetico.

6.2.7 Acqua calda sanitaria (ACS)

L'acqua calda sanitaria può essere prodotta con caldaie, sistemi con fonti energetiche rinnovabili o teleriscaldamento.

La scelta tra di essi dipende dalla disponibilità di risorse energetiche, dai requisiti di domanda, dalla sicurezza e dalle considerazioni economiche. Ci sono quattro modi fondamentali per tagliare le bollette: utilizzare meno acqua calda, abbassare il termostato sul generatore ACS, isolare il generatore ACS e sostituire il generatore con un nuovo modello più efficiente.

Alcune semplici misure possono contribuire a fornire acqua calda usando meno energia:

- **Ridurre la temperatura di stoccaggio:** se la temperatura di stoccaggio dell'acqua calda è superiore a quella necessaria, diminuendo questa temperatura diminuirà anche la perdita di calore e l'energia sprecata. La temperatura non può essere ridotta sotto i 60°C in quanto al di sotto di questo limite è possibile che si sviluppi il batterio della Legionella .



- **Riduzione della temperatura di circolazione acqua calda:** se la temperatura di mandata dell'acqua calda è superiore al necessario, la diminuzione della temperatura di distribuzione diminuirà anche la perdita di calore dalle tubazioni di distribuzione. La temperatura di distribuzione non dovrebbe tuttavia essere inferiore a 55°C.
- **Riduzione dei flussi del rubinetto:** installando un dispositivo di riduzione del flusso sui rubinetti, l'utilizzo di acqua calda può essere ridotto in modo significativo senza creare



disagi all'utente.

Figura 6.6: La combinazione di un serbatoio di stoccaggio dell'acqua calda e fredda, caldaia e pompa di calore reversibile nella sottocentrale termica.

- **Ridurre i flussi della doccia:** installando un dispositivo di limitazione dei flussi nella doccia, o sostituendo la doccia stessa, è possibile ridurre notevolmente l'uso dell'acqua calda senza creare disagi all'utente
- **Decentrare la produzione di acqua calda sanitaria:** i generatori per la produzione di acqua calda centralizzata possono includere un vasto reticolo di tubazioni che provoca elevate perdite di calore per distribuzione. Maggiore efficienza energetica può essere raggiunta



utilizzando una serie di piccole unità di produzione di acqua calda più vicine ai punti di utilizzo dell'acqua calda stessa.

- **Coordinamento della produzione di acqua calda sanitaria e produzione:** l'acqua calda può essere utilizzata per diversi scopi all'interno di un edificio. Coordinando l'uso dell'acqua calda per scopi diversi e in tempi diversi, può essere possibile ridurre i requisiti di stoccaggio dell'acqua calda o la massima richiesta simultanea. Ciò potrebbe portare ad una riduzione del dimensionamento delle centrali di produzione di acqua calda, con conseguente riduzione di un costo energetico complessivo.

6.3 Illuminazione

L'illuminazione degli edifici richiede energia e denaro, non solo per il consumo di energia elettrica, ma anche per la manutenzione del sistema di illuminazione. Il risparmio energetico può derivare dalla combinazione tra diversi tipi di lampade con i loro specifici hardware di supporto (come gli apparecchi di illuminazione e gli alimentatori) e il modo in cui i sistemi di illuminazione vengono attivati nell'utilizzo quotidiano. L'efficienza dell'illuminazione può essere migliorata adottando le misure riportate di seguito.

Pianificazione dell'illuminazione

- **Pulizia delle superfici riflettenti degli apparecchi:** la pulizia degli apparecchi di per sé non porta ad un risparmio energetico diretto, ma con gli apparecchi più puliti è possibile mantenere un migliore livello di illuminazione a parità di utilizzo e consumo.
- **Sostituzione di lampade con unità con efficienza superiore:** i tubi fluorescenti standard da 26 mm sono il 10% più efficienti rispetto ai predecessori da 38 mm. I CFL sono circa 4 volte più efficienti delle lampade ad incandescenza equivalenti.



Figura 6.7: illuminazione fluorescente moderna con controllo DALI

- Laddove i livelli di illuminamento superino gli standard o non sono adeguati alle esigenze degli utenti (si veda l'allegato 2), è possibile risparmiare energia rimuovendo le lampade inutili.
- Sostituzione selettiva di tubi, vale a dire la sostituzione dei tubi fluorescenti a monofosforo con rendimento inferiore con tubi fluorescenti a trifosforo con rendimento superiore. Il risparmio energetico conseguente a questa misura si raggiunge attraverso la componente "selettiva", in quanto sono necessari meno tubi per soddisfare gli stessi livelli di illuminamento complessivo.
- L'installazione di auto-trasformatori fornisce un metodo alternativo per ridurre l'utilizzo di energia ed il rendimento di un impianto. Gli auto-trasformatori lavorano sulla tensione nei circuiti di illuminazione, diminuendo così il flusso luminoso e l'utilizzo di energia.
- La sostituzione dei diffusori può migliorare l'efficienza se accompagnata dal de-tubing;
- Riducendo il numero di apparecchi di illuminazione, è possibile ridurre i problemi di sovrailluminazione, migliorando così il comfort degli occupanti e l'efficienza energetica. Il posizionamento degli apparecchi rispetto alle aree di lavoro utilizzate può ridurre il numero di apparecchi necessari, ridurre i disturbi e migliorare i livelli di luce.
- La sostituzione dei reattori delle lampade fluorescenti può portare ad un certo risparmio energetico.



- In alcuni casi è più economico sistemare vecchi apparecchi di illuminazione che sostituirli. La loro sostituzione può essere più o meno economica a seconda del tipo di lampade da sostituire.

Controllo dell'illuminazione

- Stimolare lo spegnimento delle luci da parte degli occupanti: il modo più efficace per assicurare che le luci siano spente è assegnare ad una persona in ogni area di lavoro la responsabilità di controllare che le luci siano spente alla fine del turno o del servizio.
- Stimolare lo spegnimento delle luci da parte degli addetti alle pulizie e del personale di sicurezza: si sa che gli addetti alle pulizie hanno generalmente la tendenza ad accendere le luci dell'intero edificio e poi spegnere le luci progressivamente mentre puliscono ogni area. Dovrebbero invece illuminare un'area alla volta, piano per piano.
- Ottimizzare i tempi di accensioni/spegnimento a zona:
 - Modelli di utilizzo in parallelo: avere solo un interruttore per controllare le luci su un intero piano è molto inefficiente, soprattutto nelle ore in cui solo una o due persone potrebbero essere nell'edificio. Provvedere alla possibilità di spegnimento delle singole zone utilizzate è molto più efficiente.
 - Modelli di utilizzo in funzione della luce diurna: significa che le luci non necessarie durante le ore diurne possono essere spente, lasciando accese le luci nelle zone dell'edificio che non sono naturalmente illuminate.
 - Migliorare l'accessibilità: spostare e etichettare gli interruttori per renderli più accessibili porterà in ultima analisi al risparmio energetico.
- Migliorare la manutenzione dei sistemi di controllo: l'automazione dei comandi di illuminazione è utile solo quando funzionano bene. L'esperienza dimostra che la probabilità di interferenze tra gli occupanti e i comandi automatici di illuminazione è elevata. È importante controllare regolarmente i comandi e assicurarsi che lavorino in modo efficiente.
- I sistemi automatizzati di controllo della presenza utilizzano sensori di movimento per controllare l'accensione e lo spegnimento delle luci. L'introduzione di un controllo automatico con sensori di presenza può talvolta portare a ridurre le ore di funzionamento e quindi al risparmio energetico. È necessario provvedere alla loro manutenzione per assicurare che questi sistemi funzionino favorendo le esigenze degli occupanti senza creare disservizi o diminuzione del comfort.



- I sistemi di controllo della luce diurna possono risparmiare energia riducendo le ore di funzionamento dell'illuminazione. I sistemi di controllo automatici contengono sensori di luminosità e spengono alcune o tutte le luci in un'area quando i livelli di illuminamento sono abbastanza alti. Se le luci sono dotate di reattori elettronici dimmerabili, le luci possono anche essere ridotte in base alle condizioni ambientali. È preferibile utilizzare un sistema variabile anziché un sistema di spegnimento on/off per regolare i livelli di luce, in quanto gli occupanti tendono ad essere irritati dalle luci che si accendono e spengono continuamente.



Figura 6.8: Sensore di presenza legato all'impianto di illuminazione; centralina di controllo dell'illuminazione a 4 scenari

6.4 Apparecchiature

Apparecchiature domestiche

I frigoriferi e i congelatori utilizzano elettricità per produrre freddo. Alcune semplici misure possono contribuire a ridurre in modo notevole i consumi:

- L'apparecchiatura prende calore dall'interno del sistema e lo rilascia all'esterno. Quanto più calda è l'aria intorno all'apparecchiatura, tanto meno sarà efficiente. Pertanto, il loro corretto posizionamento fa una grande differenza nel livello di efficienza.
- Controllare l'apparecchio per verificare che non sia refrigerato al di sotto delle temperature consigliate: aumentando la temperatura dello spazio raffreddato di solo 1°C potrebbe



ridurre il consumo energetico del 2% (temperature consigliate per i frigoriferi: da 3 a 5°C , per i congelatori: -15°C).

- Assicurarsi che le porte non vengano lasciate aperte per periodi più lunghi di quanto necessario: completare il carico e lo scarico il più rapidamente possibile.
- Considerate il raffreddamento piuttosto che la refrigerazione: alcuni prodotti rimarranno freschi con un leggero raffreddamento piuttosto che una refrigerazione attiva.
- Controllare periodicamente le impostazioni di controllo per assicurarsi che restino a livelli ottimali.
- Tenere i condensatori esterni puliti e privi di intralci.
- Controllare il livello di isolamento ripristinandolo quando necessario.
- Rispettare le istruzioni del produttore per una adeguata manutenzione.
- Mantenere il cibo in spazi chiusi: lo scambio di acqua tra cibo e aria consuma energia.
- Evitare l'introduzione di alimenti più caldi di 35-40°C (si consiglia di raffreddarli prima fuori dal frigo).
- Spegnerne i frigoriferi quando non sono necessari, soprattutto nei periodi di vacanza.
- Non riempire il frigorifero in modo eccessivo per permettere la circolazione dell'aria.
- Il cibo deve essere distribuito in base alle varie necessità di freddo (il posto più freddo nel frigorifero è la parte inferiore).

I forni e i fornelli usano l'energia per produrre il calore necessario per cucinare gli alimenti. Il calore può essere generato da resistenze elettriche, da combustione del gas o da radiazioni (microonde).

Alcuni consigli utili per risparmiare energia sono:

- Durante la cottura, preriscaldare il forno in un tempo più breve di quello consigliato.



- Utilizzare la luce e un timer per controllare la cottura evitando di aprire il forno.
- Promuovere una migliore circolazione di calore e una cottura più veloce attraverso l'uso del ventilatore.
- Spegnerne il forno 15 minuti prima di terminare la cottura: utilizzerà il calore rimanente.
- Utilizzare contenitori di vetro o di ceramica in quanto conservano più calore.
- Utilizzare il più possibile il forno a microonde.
- Pulire regolarmente il forno e i fornelli.

In ogni caso, e per qualsiasi tipo di elettrodomestico, è importante scegliere l'apparecchiatura considerando l'efficienza energetica (cioè quelli con la migliore classificazione nell'etichetta energetica). Attualmente il mercato offre innumerevoli opzioni di elettrodomestici con eccellenti prestazioni energetiche. Inoltre, è opportuno scegliere di volta in volta le apparecchiature con la capacità adeguata per le proprie esigenze.

Dispositivi da ufficio

Tra le apparecchiature per ufficio sono generalmente inclusi i computer, i monitor, i fax, le fotocopiatrici, le stampanti, i telefoni, i telefoni cellulari, i modem, ecc. Anche se i risparmi energetici in questo campo possono essere realizzati sul lungo termine acquistando apparecchiature a basso consumo energetico, alcuni suggerimenti significativi per il risparmio energetico sono:

- Disattivare le apparecchiature di notte: spegnere i dispositivi durante la notte è una misura semplice che può comportare un notevole risparmio energetico. I PC, per esempio, utilizzano 100-150 W di potenza, e gli uffici e le scuole ne hanno centinaia all'interno. Occorre responsabilizzare le persone a disattivare le apparecchiature e prevedere una campagna prolungata a favore dello spegnimento.
- Disattivare l'apparecchiatura quando non è in uso: incoraggiare il personale a spegnere le apparecchiature delle loro postazioni di lavoro prima di uscire per il pranzo o per le riunioni. Se i tempi di riscaldamento di alcuni dispositivi quali fotocopiatrici o fax sono



fastidiosi, usare il pulsante 'stand-by'. Se non si desidera attendere l'avvio del computer, spegnere almeno lo schermo può ridurre il consumo energetico di più della metà.

- Attivazione delle funzionalità di Energy Star: le più moderne attrezzature per ufficio dispongono di funzioni di risparmio energetico integrate nell'ambito del programma Energy Star, ma normalmente queste funzionalità devono essere attivate.



Figura 6.9: stampante, microfono

CHECKLIST

- Elenca almeno 3 misure per migliorare l'involucro dell'edificio.
- Elenca almeno una misura di risparmio riguardante i consumi di acqua (ad esempio nel campo della circolazione dell'acqua)
- Cosa possiamo cambiare nel settore dell'illuminazione?

7. Installazione di fonti rinnovabili (RES - Renewable Energy Sources)

Questa strategia dovrebbe essere uno degli obiettivi principali per la salvaguardia del nostro pianeta e per la salvaguardia delle condizioni naturali attuali. L'Europa, e in particolare l'Italia, ha iniziato ad attuare diverse misure legate all'efficienza energetica e all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili.

Ci sono molte opzioni per l'utilizzo di energie rinnovabili nell'edilizia, dall'illuminazione esterna alimentata a energia solare, all'acquisto di energia rinnovabile dalle imprese locali, fino alla produzione di elettricità a casa con pannelli fotovoltaici (PV).



- Un nuovo edificio offre maggiori possibilità di essere progettato fin da subito con l'obiettivo di sfruttare al meglio l'energia del sole. Un edificio ben orientato permette grazie alla bassa inclinazione del sole nei mesi invernali di ridurre la bolletta per il riscaldamento e di mitigare l'impatto del sole estivo che ha invece una angolatura alta, riducendo le bollette energetiche per il raffrescamento.
- Molti consumatori in tutta l'UE acquistano elettricità prodotta da RES come il sole, il vento, l'acqua, la biomassa e l'energia geotermica. Questa energia è talvolta chiamata "energia verde".
- L'acquisto di energia verde è uno dei modi più semplici per utilizzare energia rinnovabile, senza dover investire in impianti specifici o preoccuparsi di manutenzioni supplementari.



Figure 7.1: Portale di Wikipedia delle Energie Rinnovabili

Uno degli usi principali dell'energia solare è per il riscaldamento dell'acqua. I sistemi solari per il riscaldamento dell'acqua sono rispettosi dell'ambiente (durante un periodo di 20 anni, un impianto solare termico può evitare l'emissione di più di 50 tonnellate di CO₂) e possono essere installati su tutti i tetti degli edifici. Inoltre, se c'è una piscina o una vasca idromassaggio, l'energia solare può essere usata per ridurre i costi di riscaldamento della piscina. La maggior parte dei sistemi di riscaldamento solare delle piscine è competitiva in termini di costi rispetto ai sistemi convenzionali.

Riferimento: IRENA - Our - World Runs on Energy

<http://www.youtube.com/watch?v=hwVJoVW4MN>



Consigli di risparmio a lungo termine

- Se l'edificio è stato realizzato nel modo più efficiente dal punto di vista energetico e se le bollette elettriche continuano a essere elevate, se c'è una buona esposizione solare del sito si dovrebbe considerare la possibilità di generare l'energia elettrica utilizzando i pannelli fotovoltaici. Sono disponibili anche prodotti innovativi che integrano le celle fotovoltaiche nel tetto, rendendole meno visibili rispetto ai sistemi più tradizionali. Tuttavia, è necessaria un maggiore approfondimento se si decide di investire in un impianto fotovoltaico.
- Esistono altri sistemi che sfruttano il potenziale delle fonti rinnovabili prodotte a livello locale, come i sistemi a biomassa per il riscaldamento degli edifici (legna da ardere, cippato o pellet), o le pompe di calore geotermiche, utilizzate per riscaldare l'edificio in inverno e raffreddare durante l'estate, ecc. La decisione di procedere con questo tipo di impianti deve basarsi su una corretta analisi di fattibilità tecnico-economica.

7.1 Energia solare

La luce solare può essere convertita in elettricità direttamente, utilizzando le celle fotovoltaiche (PV - photovoltaic), o indirettamente attraverso i concentratori solari (CSP - concentrating solar power), che normalmente concentrano l'energia del sole per portare la temperatura dell'acqua fino ad ebollizione e successivamente produrre energia elettrica, oppure altre tecnologie, come i generatori basati sui motori Stirling.

Il fotovoltaico è stato inizialmente utilizzato per alimentare piccole o medie apparecchiature, dalla calcolatrice alimentata da una singola cella solare ad alcune case fuori dalla rete, alimentate da una serie di pannelli fotovoltaici. L'unico problema significativo dell'energia solare è il costo dell'impianto. L'energia solare può essere combinata con altre fonti di energia per garantire una potenza continua.

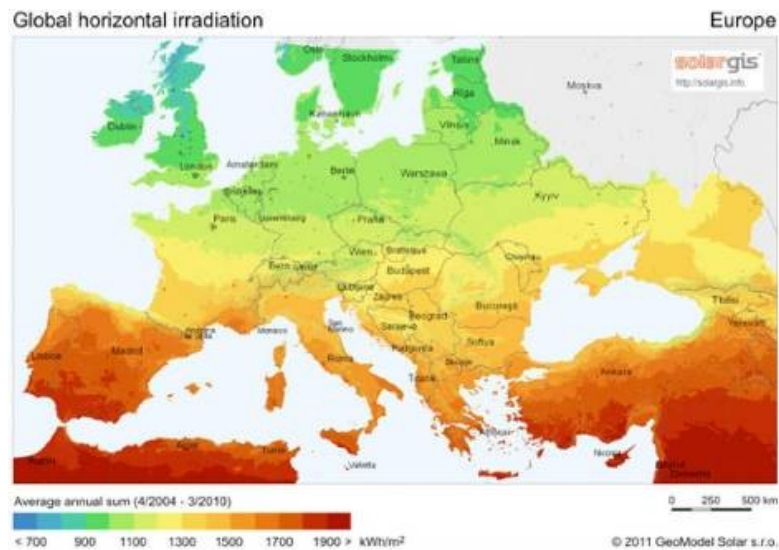


Figura 7.2: Mappa dell'energia solare potenziale in Europa

fonte: Mappa della radiazione solare in Europa: irradianza globale sul piano orizzontale, Solar GIS 2011

7.1.1 Energia solare

L'energia solare può in ogni modo essere al primo posto tra le fonti energetiche rinnovabili. Il sole emette radiazioni elettromagnetiche, una parte delle quali raggiunge la Terra. La Terra è riscaldata dalla radiazione solare, che si trasforma in altre forme di energia - in energia cinetica del vento e poiché guida anche il ciclo dell'acqua, si trasforma in energia potenziale e cinetica dei corsi d'acqua. Non c'è fotosintesi e quindi nessuna biomassa senza radiazione solare (Medved e Arkar, 2009).

Per misurare l'energia ricevuta dal sole vengono utilizzate due misure:

- Radiazione solare: la potenza per unità di superficie irradiata in $[W/m^2]$
- Irradianza solare: l'energia ricevuta su una determinata superficie e registrata in un certo periodo in $[Wh/m^2]$ o $[J/m^2]$.

L'irraggiamento solare rappresenta il più grande flusso di energia che interessa la superficie terrestre e la sua atmosfera. La densità del flusso in cima all'atmosfera è mediamente di $1.367 W/m^2$ (costante solare). L'energia dovuta all'irraggiamento solare può essere misurata in modi diversi: globalmente o attraverso solo una delle sue componenti, quella diffusa o quella diretta. L'irraggiamento solare globale è definito come la somma totale della radiazione solare che cade su una superficie orizzontale ed è influenzato da cinque fattori:



- fattore astronomico: l'orbita della Terra intorno al Sole,
- attività solare,
- fattori meteorologici: nuvolosità, umidità,
- permeabilità dell'atmosfera,
- rilievi: altezza sul livello del mare, configurazione e forma della superficie.



Figura 7.3: diverse tecnologie per la conversione dell'energia solare

La radiazione diffusa è la luce solare riflessa che viene distribuita nell'atmosfera da molecole e particelle. Quando non vi sono nuvole, la radiazione diffusa è più bassa di quella diretta, ma diventa importante in caso di nuvolosità quando non c'è la radiazione diretta.

L'energia della radiazione solare viene misurata con i radiometri. Misurano la differenza di temperatura tra corpi isolati bianco e nero e calcolano il flusso di energia ricevuto. L'accuratezza dei sensori è di circa 5-10%. Per misurare la radiazione globale e diffusa usiamo i solarimetri o i piranometri, per misurare la radiazione diretta utilizziamo i pireliometri. Il sensore per la radiazione diffusa è lo stesso di quello per misurare la radiazione globale, solo che ha un anello ombreggiato.

Per misurare singole parti dello spettro (radiazioni ultraviolette, radiazioni infrarosse) occorre filtrare il sole (Meteorologia: le misurazioni della radiazione solare, 2005).



L'apporto annuo di calore e di elettricità prodotta dai sistemi solari dipende dall'efficienza dell'impianto e dalla quantità annua di irraggiamento solare nella determinata località. Quando si pianifica l'installazione di qualsiasi sistema è necessario considerare le condizioni per la selezione dei componenti del sistema e i dati sull'irraggiamento solare. Infine deve essere eseguita un'installazione di qualità.

Dalle figure che mostrano la radiazione solare annua media del periodo 1971-2000 si può vedere come l'irraggiamento solare cambi attraverso le diverse stagioni.

I dati di mappe di questo tipo possono essere interpretati come potenzialità di sfruttamento dell'energia solare. Poiché la quantità di luce solare ricevuta varia, dobbiamo essere cauti quando analizziamo e confrontiamo i dati.

Per avere un'idea indicativa della durata dell'irraggiamento solare e del potenziale di sfruttamento, i dati con i valori medi di periodi più lunghi sono appropriati.

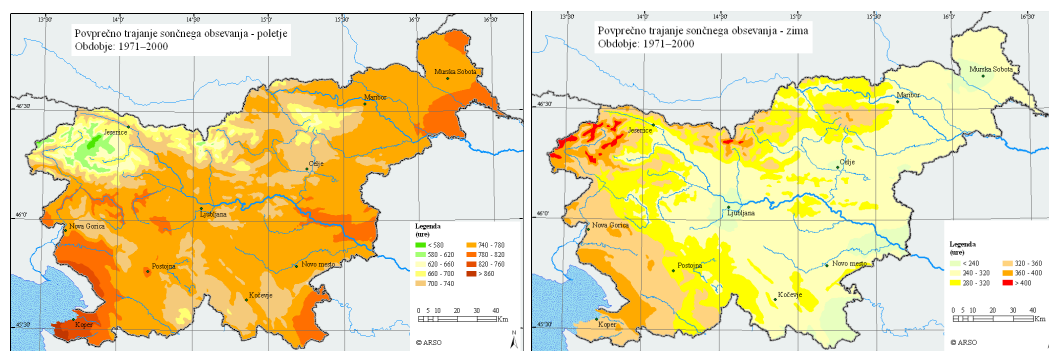


Figura 7.4: durata media della radiazione solare durante l'estate e l'inverno 1971-2000
 (Fonte: ARSO, <http://meteo.arslo.gov.si/met/sl/climate/maps>, 10/6/2011)



7.1.2 Sistema fotovoltaico (PV)

Il sole è il vettore di energia - sotto forma di luce solare - per i pannelli solari. Essi convertono direttamente la luce in elettricità. La potenza dell'impianto per la conversione diretta di onde elettromagnetiche in elettricità dipende dai requisiti del sistema e dalla luce solare disponibile. I moduli sono costituiti da celle solari di diversi materiali (celle di silicio monocristallino o policristallino, arsenide di gallio, silicio amorfo ecc.).



Figura 7.5: Associazione Europea dell'Industria del Fotovoltaico <http://www.epia.org>

In un sistema autonomo o in un sistema non collegato alla rete di distribuzione elettrica, la batteria del sistema accumula l'energia prodotta dai pannelli solari per renderla disponibile nel momento in cui non è più sufficiente la radiazione solare. Il quadro di controllo collega i moduli fotovoltaici alla batteria e alle utenze. Al tempo stesso protegge la batteria dai sovraccarichi e dalla scarica. Gli inverter servono per convertire la corrente continua della batteria in corrente alternata. Grazie agli inverter si possono utilizzare tutti i dispositivi elettrici ordinari che funzionano utilizzando la tensione/corrente di rete. Gli inverter vengono utilizzati anche con impianti solari operanti in parallelo alla rete elettrica, per la conversione della corrente continua del pannello fotovoltaico in corrente alternata e per la sincronizzazione. Nei sistemi autonomi, un generatore ausiliario ha talvolta il ruolo di fonte ausiliaria di energia elettrica. Insieme ai caricabatterie viene usato per integrare le batterie in caso di consumo più elevato. ([Http://lab.fs.uni-lj.si/opet/knjiznica/pv_v_stavbah.pdf](http://lab.fs.uni-lj.si/opet/knjiznica/pv_v_stavbah.pdf), 28/5/2011)

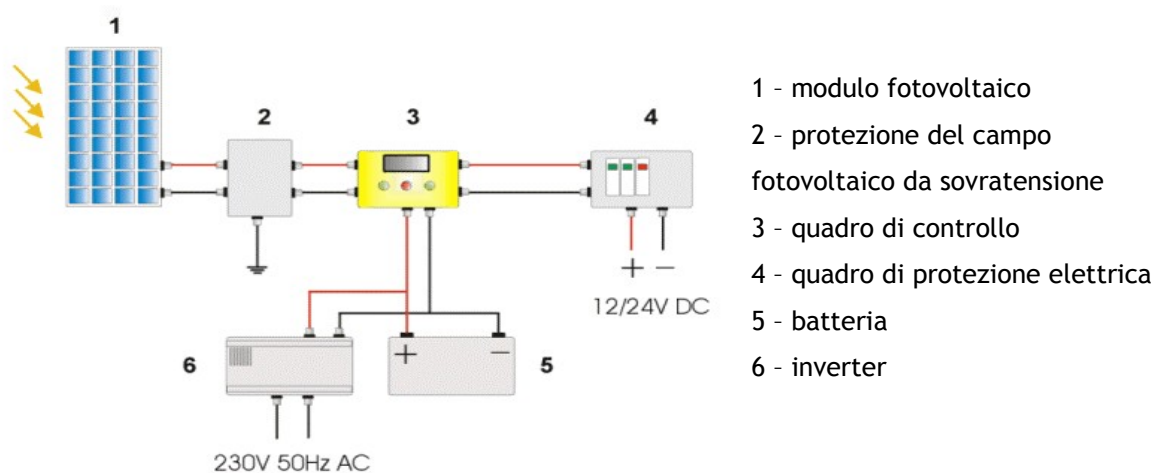


Figure 7.6: Schema del sistema fotovoltaico

(Fonte: http://lab.fs.uni-lj.si/opet/knjiznica/pv_v_stavbah.pdf, 28/5/2011)

Sistemi fotovoltaici di rete: i moduli solari sono collegati alla rete elettrica pubblica tramite un inverter di rete. Le eccedenze di energia vengono inviate alla rete elettrica pubblica.

Sistemi fotovoltaici autonomi: L'elettricità dai moduli solari viene immagazzinata in batterie per utilizzarla quando la radiazione solare è troppo debole per l'operatività del sistema (durante la notte, in caso di maltempo, ecc.). Il quadro di controllo protegge la batteria da sovraccarico e/o scarico.

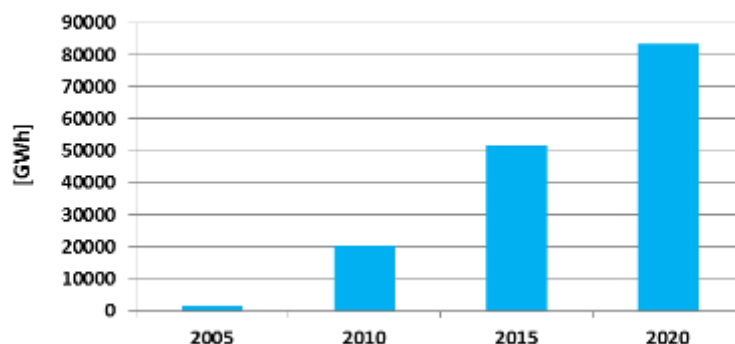




Figura 7.7: Proiezioni di produzione di elettricità di fotovoltaico in Europa per il periodo 2005-2020 [ECN 2011]

Dopo la scoperta dell'effetto fotovoltaico nel 1839, la quantità di applicazioni fotovoltaiche è cresciuta nel corso degli anni, con un decollo degli impianti di grandi dimensioni dall'inizio del XXI secolo. Sulla base dei Piani d'azione nazionali per l'energia rinnovabile degli Stati membri europei, l'energia elettrica prodotta con il fotovoltaico in Europa aumenterà da 1.470 GWh nel 2005 a 83.375 GWh nel 2020 (Figura 7.7).

7.1.3 Solare termico

Il solare termico offre un altro modo per trarre vantaggio dalla risorsa energetica più abbondante ovvero dal sole. Il principio di funzionamento del solare termico è abbastanza semplice: l'energia solare viene catturata dall'assorbitore di un collettore posto sul tetto dell'edificio. L'assorbitore converte la radiazione solare in calore che viene quindi conferito ad un mezzo per la distribuzione del calore, che può essere un fluido o l'aria. Ai pannelli solari sono abbinati dei sistemi di accumulo per immagazzinare l'acqua riscaldata dal sole per usarla do notte e nei periodi in cui i livelli di irraggiamento sono bassi.



Figure 7.8: pagina web del solare termico: <http://solarprofessional.com/>



È possibile installare un sistema solare termico per una vasta gamma di esigenze, dalle piccole installazioni ai grandi sistemi termici. A seconda dell'applicazione prevista, l'energia solare viene utilizzata per la preparazione di acqua calda (ASC) o per integrare il riscaldamento. A causa della variabilità dell'irraggiamento solare durante il giorno e durante l'anno, i sistemi solari termici sono costruiti come sistemi di riscaldamento bivalente. Ciò significa che, oltre all'accumulo solare, è sempre prevista un'altra fonte di calore, per esempio una caldaia a condensazione. Alcuni diverse applicazioni con utilizzo dell'energia solare termica sono presentati qui di seguito.

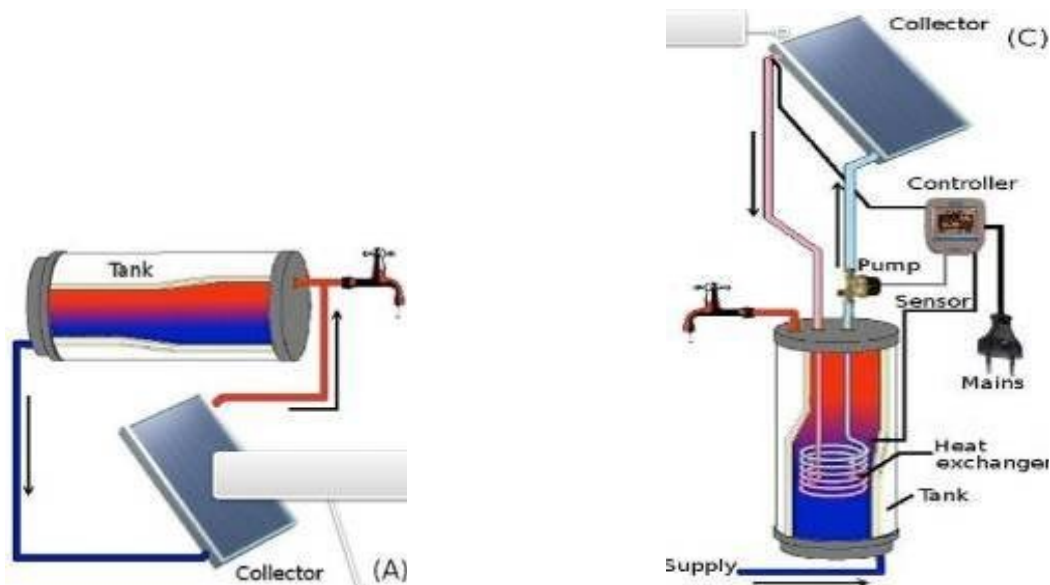


Figure 7.9: Sistema di riscaldamento passivo diretto semplice e sistema di riscaldamento indiretto

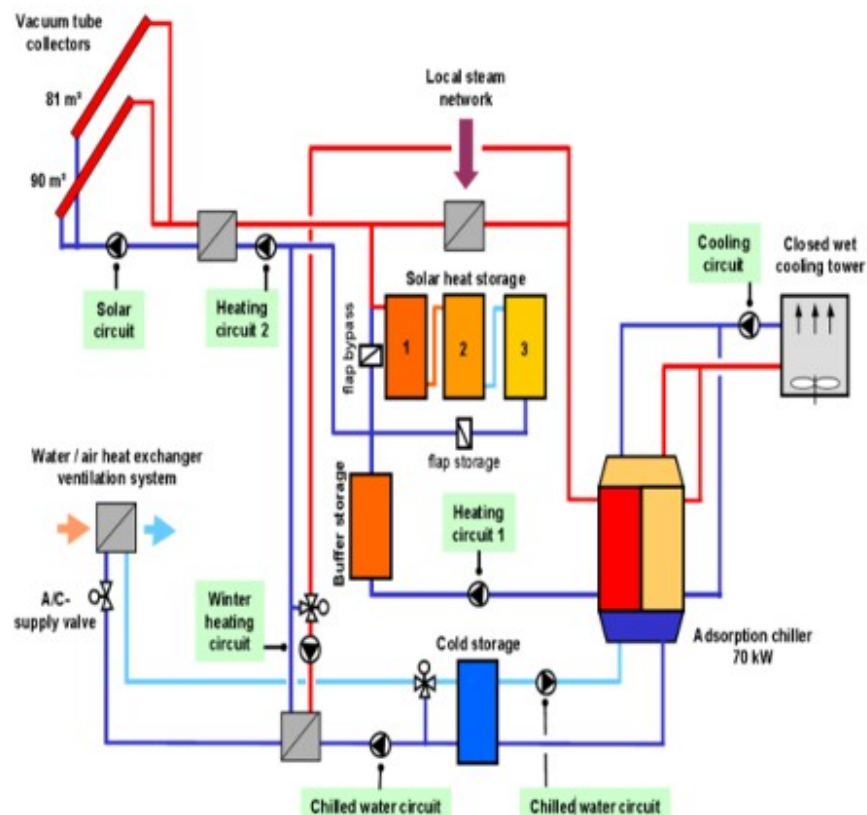


Figura 7.10: Schema di un impianto solare per riscaldamento e raffreddamento con sistema ad assorbimento.

Le caratteristiche tecniche di base del sistema ad assorbimento per riscaldamento e raffreddamento:



Central air-conditioning unit

Technology	closed cycle
Nominal capacity	70 kW _{cold}
Type of closed system	Adsorption
Brand of chiller unit	Nishiyodo NAK 20/70
Chilled water application	supply air cooling
Dehumidification	occasionally
Heat rejection system	closed wet cooling tower

Solar thermal

Collector type	vacuum tubes
Brand of collector	Seido 2-16
Collector area	167 m ² aperture
Tilt angle, orientation	30° and 45°, south
Collector fluid	water-glycol
Typical operation temperature	75 °C driving temperature for chiller operation

Configuration

Heat storage	6 m ³ water
Cold storage	2 m ² water
Auxiliary heating support	condensating steam heat exchanger, driven by the Hospital steam network
Use of auxiliary heating system	Auxiliary driving source for chiller, auxiliary driving source for supply air heating in winter
Auxiliary chiller	no

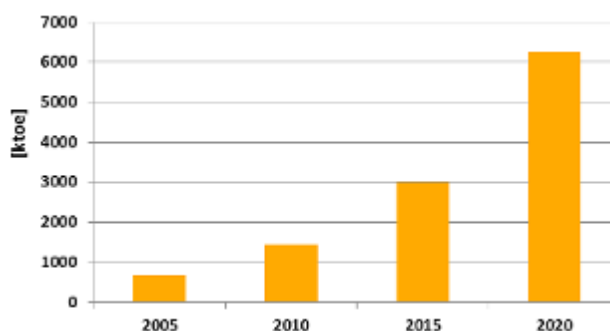


Figura 7.11: proiezioni dell'energia solare termica [ktoe] in Europa nel periodo 2005-2020 [ECN 2011]

La crescita della superficie dei collettori nei paesi europei e in Svizzera, secondo i dati dell'Associazione europea per il riscaldamento solare (ESTIF), è stata del 60% più elevata nel 2008 rispetto al 2007. Sulla base dei Piani d'azione nazionali per le energie rinnovabili degli Stati membri europei, il numero di impianti solari termici nei paesi dell'UE aumenterà ulteriormente per raggiungere gli obiettivi vincolanti dei piani nazionali degli Stati membri.



7.1.4 L'energia solare negli edifici pubblici

I sistemi fotovoltaici e solari termici sono adatti per l'installazione in edifici pubblici. Due cose devono essere considerate per l'installazione:

- la quantità di radiazione solare e
- l'idoneità del tetto dell'edificio.

L'irraggiamento solare dell'area specifica può essere verificato con l'utilizzo di strumenti online e con misurazioni sul posto. Le misurazioni sono naturalmente obbligatorie, poiché l'area in cui viene previsto l'impianto solare non deve essere in una zona ombreggiata. Gli strumenti on line non mostrano gli ombreggiamenti locali (ad esempio, accade frequentemente che l'area in cui è posizionato l'edificio ha molta radiazione solare ma il tetto dell'edificio è interessato dall'ombra dell'edificio vicino più alto).

Se i livelli misurati di radiazione solare sono adatti, si deve verificare il tetto dell'edificio. Un solo modulo fotovoltaico da 250 W pesa circa 20 kg compresa la struttura di supporto, quindi è necessario verificare la struttura statica del tetto. La temperatura di lavoro dei moduli supera i 50°C pertanto va verificato l'isolamento del tetto.

Lo stesso vale per i sistemi solari termici.

7.2 La geotermia

L'energia geotermica è una fonte di energia rinnovabile, immagazzinata sotto forma di calore nel terreno. L'energia geotermica è energia ottenuta sfruttando il calore della Terra, di solito presente in profondità, chilometri sotto la crosta terrestre. È costoso costruire una centrale elettrica, ma i costi operativi sono bassi, con conseguenti costi energetici ridotti per i siti adatti. In definitiva, questa energia deriva dal calore del nucleo della Terra. Tre tipi di centrali elettriche sono utilizzate per generare energia da energia geotermica: impianti a vapore saturo secco, impianti flash e impianti binari.

Gli impianti a vapore saturo secco prendono il vapore dalle fratture nel terreno e lo utilizzano per azionare direttamente una turbina che alimenta il generatore. Gli impianti flash prelevano acqua calda nel terreno, normalmente a temperature superiori a 200°C e mentre sale in superficie l'acqua



inizia a bollire, quindi nei separatori acqua/vapore viene separata la fase di vapore che poi viene spinto nella turbina. Negli impianti binari, l'acqua calda scorre attraverso degli scambiatori di calore, portando ad ebollizione un fluido organico che alimenta la turbina. Il vapore condensato e il fluido geotermico restante, in tutti e tre i tipi di impianto, vengono iniettati nuovamente nella roccia calda per recuperare ulteriore calore.

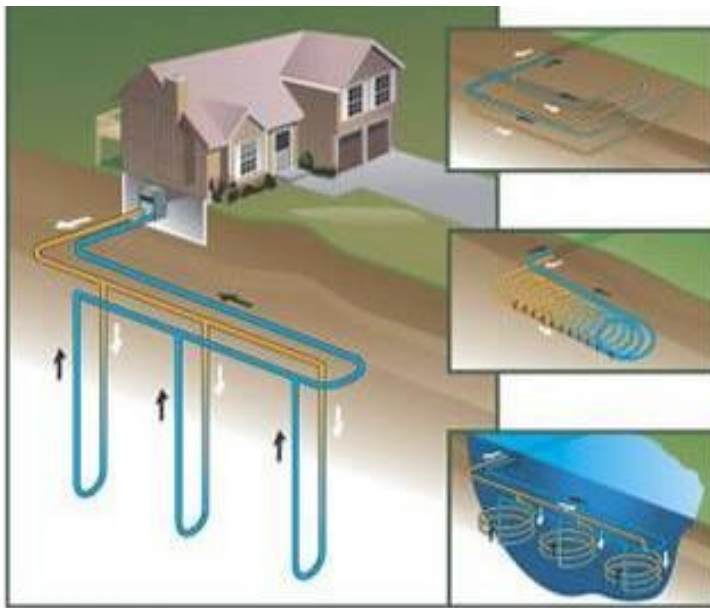


Figura 7.12: l'impiego dell'energia geotermica per riscaldare degli edifici residenziali

fonte: <http://www.geotech.si/sl/geotermalna-energija>

Esempio: nel 2005, 24 paesi hanno generato un totale di 56.786 GWh (204 PJ) di energia elettrica da energia geotermica. Nel 2007 la capacità globale era di 10 GW.

Le fonti di energia geotermica più vicine alla superficie terrestre può essere utilizzata per il riscaldamento e raffreddamento degli edifici mediante pompe di calore. Questi sono depositi a basso entalpia. Le pompe di calore consentono il riscaldamento diretto di un edificio o il trasferimento del calore in una rete con più utenti. (Barometro dell'energia geotermica, 2007).

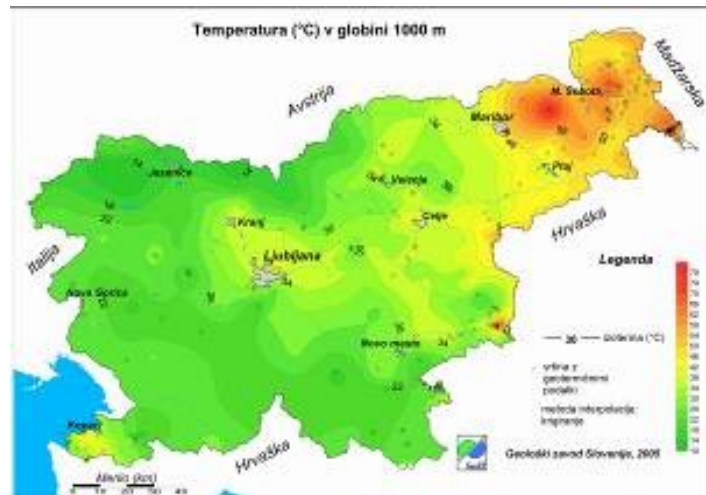


Figura 7.13: la mappa della geotermia in Slovenia
 (Fonte: http://www.geo-zs.si/UserFiles/File/geoterm_karta.jpg, 1/7/2011)

Lo sfruttamento dell'energia geotermica in Slovenia avviene per la maggior parte sotto forma di pompe di calore per il riscaldamento. Recentemente l'impiego di energia geotermica è stato allargato al settore del raffreddamento. La Figura 4.13 rappresenta il potenziale geotermico evidenziando le condizioni di temperatura 1.000 m di profondità, indicando che le temperature più alte (fino a 78°C) ad 1 km sotto la superficie sono nel nord-est del paese.

7.2.1 Pompe di calore

La pompa di calore è una soluzione universale sia per il riscaldamento che per il raffreddamento e può essere impiegata per l'intera gamma di esigenze di climatizzazione degli ambienti domestici e commerciali. La pompa di calore va distinta dalla pompa di calore dell'acqua calda sanitaria. La pompa di calore viene utilizzata principalmente e prevalentemente per scaldare/raffreddare le stanze, ma può essere utilizzata anche per il riscaldamento dell'acqua sanitaria.

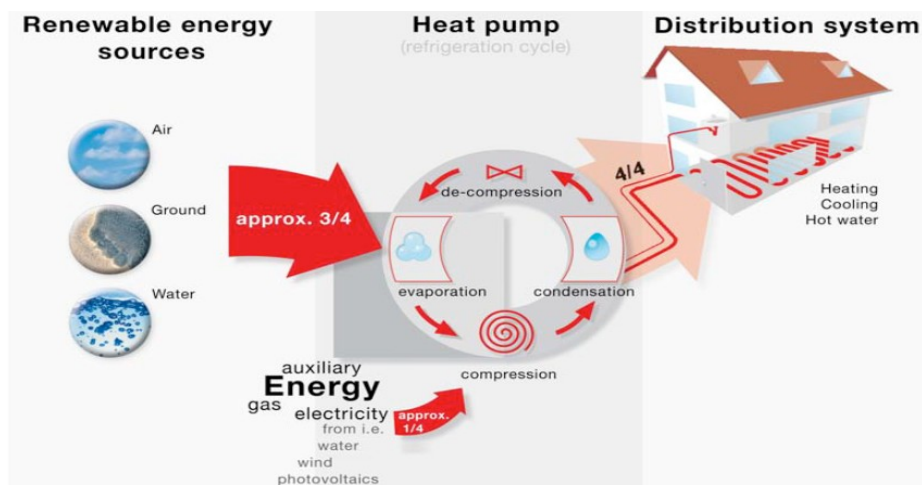


Figura 7.14: I principi della pompa di calore
 Fonte: Associazione Europea delle Pompe di Calore (EHPA)/Alpha Innotec

Molte delle tradizionali esigenze di riscaldamento e raffreddamento possono essere soddisfatte utilizzando la tecnologia senza fiamma delle pompe di calore, in modo efficiente e rispettoso dell'ambiente. Utilizzando una piccola quantità di energia per l'azionamento (elettricità, combustibile o calore di scarico ad alta temperatura) le pompe di calore possono trasferire l'energia contenuta nelle sorgenti di calore naturali dei dintorni (come l'aria ambiente e l'aria di scarico, l'acqua del sottosuolo e il terreno) o nelle fonti di calore artificiali (come i rifiuti domestici) agli edifici (Figura 4.14). Con una pompa di calore efficiente è possibile acquisire il 75% dell'energia dall'ambiente, in modo che con il restante 25% di energia elettrica sia possibile produrre il 100% dell'energia richiesta. Un modo di impiego particolarmente diffuso delle pompe di calore combina i concetti di recupero energetico da sorgenti a bassa temperatura con le opportunità offerte dalle altre fonti di energia rinnovabile.



Figura 7.15: l'Associazione Europea delle Pompe di Calore, <http://www.ehpa.org/>



7.3 Biomassa

La biomassa viene creata dalla fotosintesi dalla conversione dell'energia solare che, insieme a CO₂, acqua e sostanze nutritive, consente la crescita delle piante. Il termine biomassa si riferisce sia piante fresche che morte. Può essere utilizzata direttamente nella combustione, il cui risultato è l'energia termica, o può - con diversi processi tecnologici - essere convertita in combustibili liquidi o gassosi (i cosiddetti biodiesel e biogas).

Per ottenere il combustibile dalla biomassa, quest'ultima deve essere trattata correttamente. Ci sono diversi processi quali la combustione, la digestione anaerobica, la conversione termochimica e la gassificazione. La biomassa adeguatamente trasformata può essere classificata in tre gruppi: biomassa solida (legna, scarti e colture agricole); combustibili liquidi dalla biomassa (bioetanolo, biodiesel); gas da biomassa (biogas, gas di discarica) (Medved e Arkar, 2009).

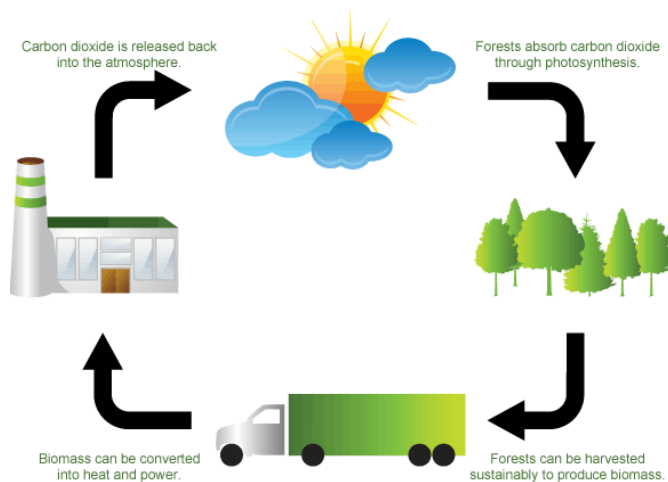


Figura 7.16: I cicli delle biomasse

7.3.1 Le potenzialità delle biomasse

La biomassa può essere definita come materiale organico, che è considerato fonte di energia primaria. Il termine biomassa comprende:

- legno e residui di legno (biomassa legnosa),



- residui agricoli,
- piante non legnose adatte alla produzione di energia,
- residui vegetali di produzione industriale,
- rifiuti domestici ordinati / separati,
- residui o sedimenti e frazione organica dei rifiuti urbani e delle acque reflue dell'industria alimentare.

Nella valutazione delle potenzialità della biomassa in Slovenia, la biomassa di legno è quella più frequentemente presa in considerazione. La Slovenia, per esempio, è uno dei paesi più boscosi d'Europa. Tuttavia, non dovrebbero essere trascurate altre fonti di biomassa. Nel processo di acquisizione dei dati questi sono spesso inappropriati e incompleti. I residui vegetali agricoli sono fonte teorica di biomassa per lo sfruttamento a fini energetici, tuttavia la pratica consolidata in Slovenia è che i residui siano compostati o arati, aumentando pertanto la materia organica nel terreno oppure vengono trasportati e utilizzati per scopi diversi (biancheria da letto). Considerando o prevedendo una crescita teorica delle colture a scopi energetici, occorre prendere particolari precauzioni perché sono sempre più alte le preoccupazioni relative all'autosufficienza alimentare.

Le possibili biomasse da legno comprendono:

- legno da foreste,
- legno da superfici boscate in fase di crescita,
- legno da superfici agricole e urbane,
- residui di legno di lavorazione primaria e secondaria del legno e
- legno di scarto (incontaminato).

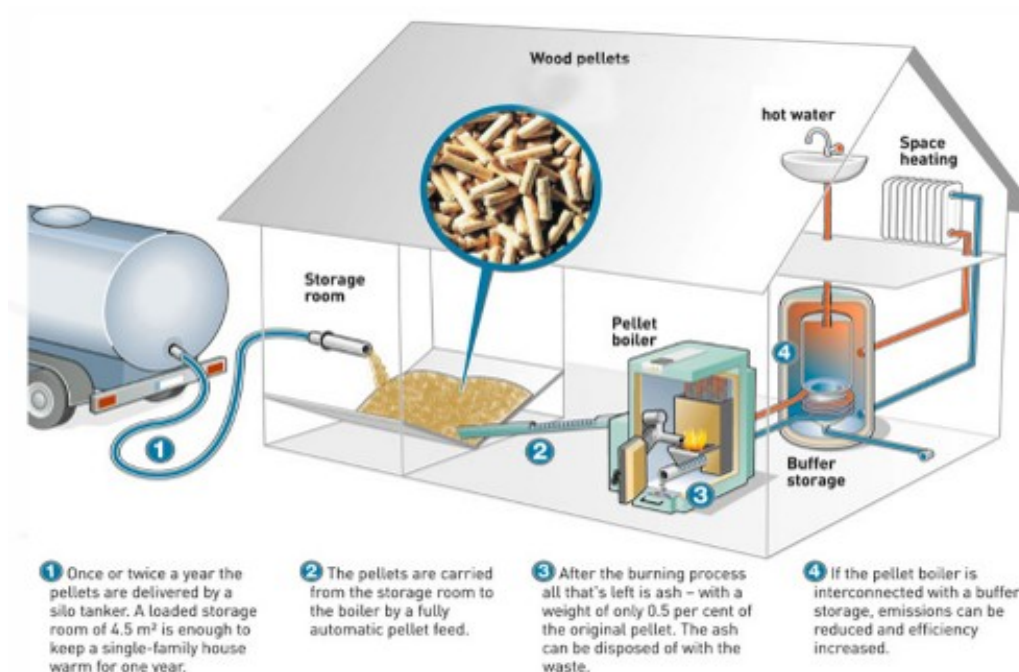


Figura 7.17: sistema di riscaldamento a pellet <http://www.unendlich-viel-energie.de>

I seguenti elementi sono considerati un potenziale effettivo di biomassa:

- biomassa legnosa da lavori di gestione e protezione delle foreste,
- biomassa legnosa da aree di rigenerazione/bonifica
- biomassa legnosa dovuta aa nuove costruzioni o manutenzioni delle infrastrutture in zone boschive (deforestazione a causa di costruzioni stradali e slitte, manutenzione di cablaggi elettrici ecc.)

Il **biogas** è prodotto dalla digestione anaerobica, con batteri anaerobici o fermentazione, di materiali biodegradabili come fertilizzanti, reflui fognari, rifiuti urbani, rifiuti verdi, materiali vegetali e colture. Si tratta principalmente di metano (CH₄) e di anidride carbonica (CO₂) e può avere piccole quantità di idrogeno solforato (H₂S), umidità e silossani. Maggiori informazioni sul biogas sono disponibili sul sito: <http://en.wikipedia.org/wiki/Biogas>



Figura 7.18: EUBIA, Associazione Europea dell'Industria di biomassa, <http://www.eubia.org/>

7.4 Energia eolica

Il vento è disponibile praticamente ovunque sulla terra, anche se con ampie variazioni nella forza del vento. La risorsa complessiva è vasta, si stima circa un milione di GW con una copertura totale del terreno. La forza del vento consente di convertire l'energia eolica in una forma utile di energia, come ad esempio utilizzando le turbine a vento per produrre energia elettrica, i mulini a vento per ottenere energia meccanica, le pompe eoliche per il pompaggio o il drenaggio dell'acqua o le vele per spingere le navi. Le grandi centrali eoliche sono costituite da centinaia di turbine a vento indipendenti, collegate alla rete di trasmissione dell'energia elettrica.



INCLUDEPICTURE

"http://www.vetrna-

energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" * MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE



"http://www.vetrna-energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" * MERGEFORMATINET
INCLUDEPICTURE "http://www.vetrna-energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" *
MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE "http://www.vetrna-
energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" * MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE
"http://www.vetrna-energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" * MERGEFORMATINET
INCLUDEPICTURE "http://www.vetrna-energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" *
MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE "http://www.vetrna-
energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" * MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE
"http://www.vetrna-energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" * MERGEFORMATINET
INCLUDEPICTURE "http://www.vetrna-energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" *
MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE "http://www.vetrna-
energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" * MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE
"http://www.vetrna-energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" * MERGEFORMATINET
INCLUDEPICTURE "http://www.vetrna-energija.si/data/upload/.omrezne1.thumb-550x315.jpg" *



MERGEFORMATINET

Figura 7.19: Palo di sostegno di una turbina eolica e campo eolico.



Figura 7.20: Schema di un impianto eolico a isola; <http://www.vetrna-energija.si>

7.5 Energia idroelettrica

Nel 2013 l'energia idroelettrica ha fornito una notevole quantità di energia in tutto il mondo ed è presente in più di 100 paesi, contribuendo per circa il 15% della produzione mondiale di elettricità. I primi 5 mercati di maggiore potenza idrica in termini di capacità sono il Brasile, il Canada, la Cina, la Russia e gli Stati Uniti d'America. La Cina supera in modo significativo gli altri, pari al 24% della capacità globale installata.

L'energia idroelettrica viene utilizzata principalmente per generare elettricità. Le categorie più diffuse includono:

- Centrali idroelettriche convenzionali, con riferimento alle dighe idroelettriche.
- Centrali idroelettriche sui fiumi, che catturano l'energia cinetica dei fiumi o dei corsi d'acqua, senza l'uso di dighe.
- Piccoli progetti idroelettrici, da 10 megawatt o meno, spesso senza serbatoi artificiali.
- I micro progetti idroelettrici, che forniscono da alcuni chilowatt a poche centinaia di chilowatt per case isolate, villaggi o piccole industrie.
- I progetti idroelettrici in condotta, che utilizzano l'acqua che è già stata deviata per essere utilizzata altrove, ad esempio in un sistema idrico comunale.



- I sistemi di accumulo idroelettrico, che usano l'acqua pompata in periodi di bassa domanda e rilasciata quando la domanda è elevata.

Il cosiddetto “micro idroelettrico” è un tipo di energia idroelettrica che produce tipicamente fino a 100 kW di energia elettrica usando il flusso naturale dell'acqua. Queste installazioni possono fornire potenza a una casa isolata o a una piccola comunità. Ci sono molte di queste installazioni in tutto il mondo, in particolare nelle nazioni in via di sviluppo in quanto possono fornire una fonte economica di energia senza l'acquisto di carburante. I micro impianti idroelettrici talvolta completano i sistemi fotovoltaici perché in molte zone il flusso d'acqua e quindi l'energia idroelettrica disponibile sono più alti d'inverno quando l'energia solare è al minimo. L'impianto consiste spesso solo in una piccola vasca chiusa da una diga, in cima ad un salto o ad un significativo dislivello, con parecchie centinaia di metri di tubo che conducono ad un piccolo generatore domestico.

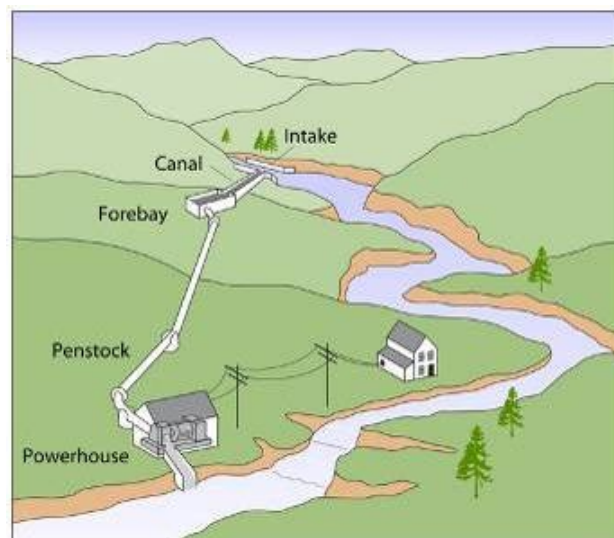


Figura 7.21: esempio di impianto di produzione ibrido; l'acqua viene deviata verso un bacino; alcuni tipi di generatori possono essere posizionati direttamente nel flusso del corso d'acqua.



Figura 7.22: Associazione Europea dei piccoli impianti idroelettrici (ESHA), <http://www.esha.be/>

CHECKLIST

- Elenca i tipi di fonti energetiche rinnovabili.
- Quale impianto di produzione di energia rinnovabile dipende dalla dimensione del tetto dell'edificio e dall'ombreggiatura?
- Indica un tipo di dispositivo che utilizza l'energia geotermica.
- L'energia del vento può essere utilizzata per alimentare le lampade stradali?

8. Scegliere lo scenario ottimale per il miglioramento dell'efficienza energetica di un edificio

Si propone un breve riassunto per la scelta dello scenario ottimale. Una descrizione dettagliata su ciascuna opzione si trova nel "Catalogo degli scenari di ottimizzazione per migliorare il processo decisionale nella realizzazione di un efficiente programma di gestione energetica", disponibile in versione elettronica, redatto nell'ottobre 2014.

Esistono diverse categorie di opzioni finalizzate all'ottimizzazione:

1. Ventilazione

Impiegare sistemi di allarme cui livelli di CO₂ per incoraggiare l'apertura manuale delle finestre



- Facilitare il ricambio dell'aria all'interno di uno spazio o di una successione di spazi attraverso l'apertura (manuale o meccanica) delle finestre. In molte scuole l'aria fresca è cambiata troppo spesso o troppo raramente, causando perdite di calore o aumento di CO₂. L'utilizzo di semplici sistemi di allarme correlati ai livelli di CO₂ nelle aule, in combinazione con regole comportamentali chiare sulle aperture delle finestre e delle porte, può contribuire a risparmiare energia e ottimizzare il comfort.
- Questo scenario è particolarmente efficace per le scuole in climi caldo-umidi e aree temperate durante i periodi caldi, poiché riducendo la percentuale di umidità e aumentando la velocità dell'aria, si limita la domanda di condizionamento meccanico.
- È particolarmente indicato nelle aule delle grandi scuole, soprattutto dopo un intervento di miglioramento della tenuta dell'aria dell'involucro.

La programmazione delle aperture finestra/porte può essere effettuata in una settimana, a seconda dell'installazione del sistema di controllo CO₂.

Fase 1: Valutazione dello stato di fatto. È necessario verificare con i responsabili della scuola se c'è un'apertura programmata effettuata dagli utenti: altrimenti è necessario verificare il comfort e il riscontro degli utenti delle scuole al fine di valutare preliminarmente le condizioni attuali dell'utente.

Fase 2: Installare il sistema di controllo CO₂. Una volta definite le stanze in cui è richiesta una migliore qualità dell'aria, il sistema di controllo del CO₂ può essere installato ove necessario. Spetta al responsabile scolastico e al tecnico scegliere il numero e la posizione dei sensori.

Fase 3: Impostare e programmare un numero di aperture predefinite per le stanze selezionate. Il responsabile scolastico può verificare il numero di allarmi attivati durante la settimana e, di conseguenza, può impostare una frequenza di apertura predefinita delle finestre per assicurare una serie di ricambi d'aria che garantisca la qualità dell'aria stessa.

Migliorare la manutenzione del sistema esistente di ventilazione forzata

Spesso nelle scuole il sistema di ventilazione forzata non è correttamente mantenuto e questo problema porta ad una inefficienza globale che può pesantemente influenzare i consumi energetici.



L'obiettivo è quello di evitare sprechi di energia a causa di malfunzionamenti, di una manutenzione scarsa e dell'usura dei componenti. Il controllo che i sistemi HVAC funzionino correttamente contribuirà a impedire loro di utilizzare l'energia in modo inefficace e ridurre anche il rischio di guasti e di costi conseguenti.

FASI DI IMPLEMENTAZIONE:

Fase 1: Valutazione della tecnologia e degli impianti

Una analisi approfondita dei sistemi HVAC, delle apparecchiature elettriche e di tutte le apparecchiature utilizzate a scuola deve essere eseguita da un tecnico qualificato per avere un quadro chiaro delle strategie necessarie per la manutenzione.

Fase 2: Pianificazione della manutenzione

Il responsabile scolastico, unitamente ai tecnici, fornirà un piano di manutenzione programmato in base agli impianti, alle attrezzature e al budget. È importante dare priorità alle azioni per garantire non solo il risparmio energetico, ma anche il comfort degli utenti delle scuole.

Installazione di un sistema di controllo delle aperture (porte e finestre) in base ai livelli termici e ai livelli di CO₂.

Per migliorare la qualità dell'aria, senza interferire con le attività didattiche e e limitare le dispersioni termiche, è necessario usare dei dispositivi elettronici per l'apertura di telai o griglie di aerazione. I dispositivi, detti attuatori, sono collegati a dei sensori specifici, posizionati all'interno di ogni classe, per rilevare la quantità di CO₂ presente nell'aria.

Attraverso un programma di Building Energy Management System (BEMS) è possibile impostare il livello di comfort richiesto, mantenendo una miscela di aria ottimale per le attività quotidiane in classe.



Questa soluzione è particolarmente efficace per le scuole che si trovano in climi caldo-umido e aree temperate durante i periodi caldi, poiché riducendo la percentuale di umidità e aumentando la velocità dell'aria, si limita la domanda di condizionamento meccanico.

I rivelatori misurano a intervalli regolari la concentrazione di CO₂ nell'aria, provvedendo all'apertura delle finestre o delle griglie di ventilazione o attivando il sistema di Ventilazione Meccanica Controllata (Mechanical Controlled Ventilation).

Un attuatore è un dispositivo che consente di aprire e chiudere una finestra in modo automatico. Si tratta di un dispositivo hardware che si adatta alla finestra e che spinge e tira la finestra, aprendola e chiudendola automaticamente invece di dover ricorrere all'azionamento manuale.

L'automazione della finestra è utilizzata prevalentemente per la ventilazione naturale e l'evacuazione del fumo.

Un attuatore automatico della finestra ha un costo compreso tra 50 e 100 €, a seconda della finestra, della struttura e dell'attuatore stesso.

Si devono considerare diversi parametri quali: altezza e ampiezza dell'apertura (punti di fissaggio e protezione agli agenti atmosferici), materiale (plastica, alluminio, legno), ferramenta e cerniere, peso. Per aprire, quale area libera è richiesta?

Può essere utile per esempio all'interno di una scuola, per limitare l'apertura delle finestre entro determinati limiti di tempo, utilizzare un timer programmabile su 7 giorni.

FASI DI IMPLEMENTAZIONE:



La programmazione delle aperture di finestre e porte può essere effettuata in una settimana, a seconda dell'installazione del sistema di controllo CO₂.

Fase 1: Valutazione dello stato di fatto

È necessario verificare con i responsabili scolastici se c'è un'apertura programmata eseguita dagli utenti: altrimenti è necessario verificare il comfort e la opinione degli utenti delle scuole al fine di valutare preliminarmente le condizioni attuali dell'utente.

Fase2: installare il sistema di controllo CO₂

Una volta selezionate le stanze in cui è richiesta una migliore qualità dell'aria, il sistema di controllo basato sul livello di CO₂ può essere acquistato e installato ove necessario. Spetta al manager della scuola e ai tecnici scegliere il numero e la posizione dei sensori.

Fase 3: Programmare il numero di aperture predefinite per le stanze selezionate

Il responsabile scolastico può verificare il numero di allarmi attivati durante la settimana e di conseguenza può impostare una frequenza di apertura predefinita delle finestre per garantire i necessari cambi d'aria e la qualità dell'aria stessa.

2. Condizionamento dell'aria

Verificare della tenuta delle serrande.

Il gestore/proprietario dell'edificio scolastico deve assicurare che sia eseguita la corretta manutenzione delle serrande e garantire che le ispezioni siano eseguite secondo i requisiti previsti dalle leggi e dalla regolamentazione locali.

È obbligatorio affidarsi sempre a un'azienda certificata e qualificata per controllare e mantenere adeguatamente le serrande.

Ogni 6 mesi: prova del ciclo (aperto e chiuso) di tutte le serrande motorizzate, prova di tutti i sistemi dedicati al controllo del fumo e degli incendi.

12 mesi: prova tutti i sistemi di controllo diversi dal sistema antincendio.



Ogni 24 mesi: ispezionare tutte le serrande tagliafuoco e gli evacuatori di fumo e calore.

Affidarsi ad un professionista certificato e qualificato per controllare e fare della manutenzione dei sensori.

PUNTI DI ISPEZIONE: I punti di ispezione ove possibile devono essere rimossi, tutte le serrande devono essere azionate per verificare che si chiudano completamente. Se necessario, controllare il dispositivo di bloccaggio, lubrificare le parti mobili, reinstallare o sostituire le parti non funzionanti.



Migliorare il filtraggio dell'aria nel sistema HVAC

HVAC è una sigla inglese, molto usata in tutti i campi dell'industria, che sta per *Heating, Ventilation and Air Conditioning*, ovvero "riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria".

Tenere i filtri puliti ha diversi vantaggi: migliore distribuzione dell'aria pulita, meno rumore, l'impianto di riscaldamento/raffreddamento si mantiene pulito ed efficiente, l'aria esterna è correttamente filtrata prima di entrare nella zona occupata, infine la possibilità di creare una leggera sovra-pressione nelle stanze per ridurre l'infiltrazione di contaminanti.

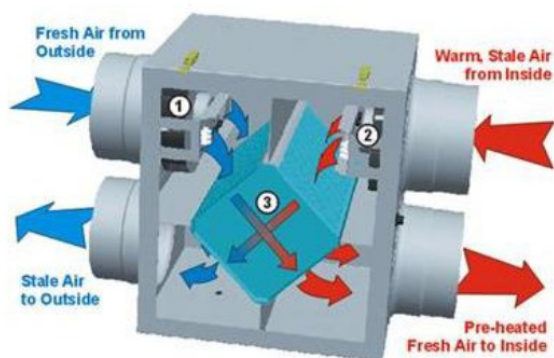
Sigillare i condotti di ventilazione e trattamento aria

L'ermeticità dei canali d'aria del sistema HVAC è essenziale per ridurre al minimo le perdite d'aria attraverso i condotti, per mantenere il sistema HVAC alla massima efficienza, risparmiare energia e denaro. La presenza di perdite d'aria può essere rilevata eseguendo un test di tenuta. L'aria riscaldata o raffreddata persa dai condotti del sistema HVAC sfugge dal sistema di riscaldamento o raffreddamento, riducendo l'efficienza dell'impianto di climatizzazione e aumentando sia la domanda di energia termica, sia la quantità di aria necessaria per riscaldare o raffreddare l'edificio. Inoltre, anche quando il sistema di riscaldamento e raffreddamento è spento, la presenza di perdite nei condotti aumenta le perdite per ventilazione dell'edificio e quindi la necessità di energia termica per la climatizzazione.

Controllare l'isolamento delle tubazioni

Tutte le tubazioni per l'acqua calda e il riscaldamento che escono dalle aree riscaldate dell'edificio, sono potenziali fonti di perdita di calore. Per questo motivo, il controllo della qualità dell'isolamento, in particolare in corrispondenza dei giunti e delle valvole, è un'operazione consigliata per rendere il sistema di riscaldamento maggiormente efficiente e risparmiare energia.

- Migliorare l'efficienza complessiva del sistema HVAC con un sistema di controllo a frequenza variabile con più sensori di temperatura.
- Installare un sistema di recupero di calore (per esempio un sistema di recupero di calore dall'aria di scarico per ii sistemi di ventilazione meccanica, come riportato nella figura seguente)



- Migliorare il sistema di controllo dei sistemi HVAC utilizzando sensori di controllo CO₂: prevenire le perdite di energia da sovra-ventilazione mantenendo la qualità dell'aria interna. I sensori di CO₂ sono considerati una tecnologia matura e sono offerti in combinazione con tutte le principali apparecchiature HVAC.
- Installare un economizzatore sulle UTA (Unità di Trattamento Aria) per ridurre l'utilizzo dei sistemi di raffreddamento meccanici quando non necessari, al fine di risparmiare energia.
- Riquilibrare l'UTA per migliorare l'efficienza del sistema HVAC.



3. Impianto elettrico

- Implementare le regole di comportamento per risparmiare energia (ricordarsi di disattivare i dispositivi non utilizzati, chiudere le finestre quando il sistema HVAC è acceso, ecc.).
- Aumentare il fattore di potenza ($\cos\phi$).
- Chiedere ai fornitori di sostituire i distributori automatici inefficienti. Rivedere il contratto di fornitura in base ai consumi energetici.

4. Riscaldamento

- Utilizzare dei ventilatori per ridurre la stratificazione del calore in grandi ambienti.
- Apportare dei miglioramenti ai radiatori e ai terminali.
- Verificare che la manutenzione della centrale termica sia conforme alle norme esistenti.
- Isolare l'accumulo dell'acqua calda sanitaria
- Installare un sensore di temperatura esterna collegato alla centrale termica.
- Installare valvole termostatiche sui radiatori.
- Installare un sistema di misurazione del calore a zone accoppiato con il sistema di allocazione dei costi.
- Riquilibrare il generatore di calore prevedendo il controllo della combustione.
- Riquilibrare il generatore di calore prevedendo un sistema a condensazione.
- Sostituire il generatore di calore.

5. Illuminazione

- Migliorare l'efficienza di illuminazione.



- Introdurre un sistema di controllo dell'illuminazione basato sulla presenza.
- introdurre un sistema di controllo del livello di illuminazione (dimmeraggio).
- Installare un sistema di schermatura mobile per adattare la luminosità.

6. Strategie di gestione e regolazione

- Ottimizzare i set-point di regolazione del termostato durante il giorno mantenendolo al livello minimo consentito (ad esempio passare da 21 °C a 20°C).
- Ottimizzare i set-point di regolazione del termostato in base ai tempi di occupazione della scuola.
- Ventilazione notturna: tenere le finestre aperte in estate per far entrare aria fresca.
- Regolare i timer per ottimizzare l'accensione del sistema di riscaldamento prima dell'occupazione.
- Implementare un sistema di controllo remoto dei radiatori (zonizzazione per stanza), con la possibilità di programmazione.

7. Componenti dell'involucro edilizio

- Installare un sistema automatico di chiusura delle porte esterne.
- Ridurre le perdite d'aria dell'edificio.
- Installare filtri solari ai vetri.
- Sostituire le finestre esterne con nuovi infissi provvisti di vetrocamera isolante.
- Utilizzare soluzioni di raffreddamento del tetto (scandole bianche, rivestimenti riflettenti)



- Isolare i ponti termici.
- Installare schermature fisse o mobili esterne per proteggere dal sole.
- Isolare l'involucro dell'edificio.

8. Opzioni sul contesto

- Ombreggiare con alberi e/o introdurre sistemi frangivento.

9. Strutture sportive

- Piscine:controllare la temperatura dell'acqua della piscina.
- Piscine:programmare il controlavaggio dei filtri.
- Piscine:usare una copertura per la vasca.
- Piscine:installare un sistema di riscaldamento dell'acqua con pannelli solari.
- Palestre: sostituire le lampade agli alogenuri metallici.
- Palestre: sostituire il sistema di riscaldamento se obsoleto.

10. Rinnovabili

- Installare un impianto solare termico.
- Ottimizzare l'utilizzo dell'impianto solare termico.
- Installare un sistema fotovoltaico (PV).
- Ottimizzare l'utilizzo del sistema fotovoltaico.
- Installare una caldaia a biomassa.



- Migliorare l'uso della caldaia a biomassa.
- Installare una piccola turbina eolica.
- Migliorare l'utilizzo della piccola turbina eolica.
- Installare un sistema di stoccaggio di energia termica stagionale (STES - Seasonal Thermal Energy Storage).
- Installare una pompa di calore geotermica (GSHP - Ground Source Heat Pump).
- Ottimizzare l'utilizzo della pompa di calore geotermica.

11. Gestione del comportamento

- Effettuare un'analisi dei consumi per illuminazione.
- Effettuare l'analisi dei sistemi HVAC.
- Verificare gli elettrodomestici e le altre apparecchiature elettriche presenti.
- Eseguire sopralluoghi e audit energetici.
- Aumentare la consapevolezza dello staff, degli alunni e del personale scolastico.
- Introdurre il risparmio energetico nel curriculum degli studenti.
- Assicurarsi che le luci siano spente durante le pause e al termine delle lezioni.
- Esporre il certificato energetico.
- Consentire agli studenti e al personale di suggerire possibili strategie per il risparmio energetico.



- Pubblicizzare le dimensioni e il valore dei risparmi in termini di denaro, energia, CO₂ evitata.
- Comunicare con il personale e con gli studenti.
- Monitorare i contratti di fornitura di energia, inclusi eventuali contratti di global service.

Fonte: "Un catalogo di scenari di ottimizzazione per migliorare il processo decisionale nella realizzazione di un efficiente programma di gestione energetica"

9. Integrazione di diverse misure tecniche, e di misure tecniche con altre soluzioni di efficientamento energetico

Diverse misure tecniche possono essere integrate tra di loro. Ci sono due possibili combinazioni:

- combinare le misure tecniche per ridurre il consumo di energia elettrica e
- combinare le di misure tecniche per la riduzione del consumo di energia termica.

Tutte le misure sono state descritte nei capitoli precedenti, ma la spiegazione delle opzioni per combinarle sono presentate in questo capitolo.

Per entrambe le combinazioni possibili, il primo passo è una verifica mediante audit energetico, per individuare i punti deboli e le aree di possibile ottimizzazione dei consumi/efficienza.

Fase 1: fare un sopralluogo e un audit energetico;

Fase 2: selezionare l'area di miglioramento (termica o elettrica);

Fase 3: attuare le misure tecniche per il miglioramento dell'EE.

Prendiamo per esempio l'energia elettrica. La sostituzione delle vecchie apparecchiature inefficienti con nuove attrezzature a basso consumo energetico (le lampadine per esempio, come misura più economica) ridurrà il consumo di energia elettrica. Se combiniamo questa azione con l'installazione di fonti energetiche rinnovabili (p.e. impianto fotovoltaico), la misura di efficienza energetica



ridurrà la quantità di energia elettrica consumata e l'impianto elettrico produrrà energia elettrica, in modo da avere un'eccedenza di energia elettrica e ricavare denaro da questa, vendendo l'energia extra.

Lo stesso principio si applica all'energia termica. Ci sono molte combinazioni possibili, ma dipendono dal budget disponibile.

- cambiare la caldaia e isolare l'edificio,
- introdurre le valvole termostatiche e acquistare radiatori più efficienti,
- installare pompe di calore o collettori solari e cambiare le guarnizioni delle finestre,
- ecc.

Tutte le misure tecniche possono essere combinate tra di loro se il budget lo permette (compatibilmente con le specifiche dell'edificio).

Un esempio semplice è presentato nel prossimo capitolo.

10. Casi studio ed esercizi

10.1 Audit energetico e Certificato di prestazione energetica

10.1.1 Caso Studio

10.1.2 Esercizio

Sopralluogo nell'edificio

Il sopralluogo consente di raccogliere informazioni di base sull'involucro edilizio (finestre, pareti e porte) nonché sui dispositivi di illuminazione, sulle apparecchiature e sui sistemi HVAC. Durante il sopralluogo l'auditor dovrebbe interrogare i proprietari e gli utenti dell'edificio per determinare i settori problematiche dal punto di vista del comfort termico e delle prestazioni energetiche.

L'obiettivo principale di questa ispezione è quello di fornire raccomandazioni per migliorare l'efficienza energetica dell'edificio considerando le misure di gestione e manutenzione (O&M) e le misure di risparmio energetico (ECMs, Energy Conservation Measures) con brevi periodi di payback.

Relazione del sopralluogo



Il sopralluogo può essere un'operazione a sé stante oppure una parte di un audit energetico standard. In genere, il sopralluogo è sufficiente per edifici di piccole dimensioni e dotati di sistemi energetici semplici, tra cui edifici residenziali e semplici spazi commerciali. Le attività fondamentali da svolgere per un sopralluogo includono:

Attività 1: Descrivere i sistemi energetici di base dell'edificio, tra cui l'involucro edilizio, i sistemi meccanici e i sistemi elettrici. Le osservazioni derivanti dal sopralluogo così come le specifiche contenute nei disegni architettonici, meccanici ed elettrici possono essere utilizzate per descrivere le caratteristiche dell'edificio.

Attività 2: Eseguire test di base e misure per valutare le prestazioni dei vari sistemi energetici. Queste misurazioni possono dipendere dal tipo di edificio e dai suoi sistemi nonché dal tempo disponibile per l'audit. Per gli edifici residenziali, si raccomanda di eseguire una prova di pressurizzazione o di depressurizzazione usando il kit del "blower door test". In tutti i tipi di costruzione, la misurazione per almeno un giorno della temperatura dell'aria interna e dell'umidità relativa all'interno degli ambienti è utile per ottimizzare le impostazioni delle temperature di set-point dell'impianto e identificare o controllare eventuali problemi di comfort.

Attività 3: Incontrarsi e discutere con gli occupanti o i referenti dell'edificio per individuare eventuali problemi di disagio ed eventuali cause di sprechi di energia all'interno dell'edificio. Questo passaggio è spesso utile per definire le potenziali misure di gestione e manutenzione, nonché le misure di risparmio energetico.

Attività 4: Identificare alcune potenziali misure di gestione e manutenzione (O&M), le misure di risparmio energetico (ECMs, Energy Conservation Measures) nonché tutte le misure necessarie per migliorare i problemi di comfort. Fornire i dettagli di implementazione e il costo dell'attuazione, richiedendo i preventivi a imprenditori / ditte locali).

Attività 5: Valutare il risparmio energetico (o le esigenze se sono necessarie misure per migliorare il comfort) utilizzando metodi di analisi semplificati, come quelli presentati in questo materiale formativo.

Attività 6: Eseguire analisi di costo basate sul metodo del tempo di ritorno semplice per determinare l'efficacia degli investimenti delle misure di O&M e delle misure di risparmio energetico. Si dovrebbero formulare delle stime adeguate e, se necessario, stimare i risparmi sui costi energetici affinché le raccomandazioni siano basate sulle analisi economiche. I dati relativi ai costi devono essere presi dalle stime effettive degli appaltatori.



La relazione di un sopralluogo di audit può essere breve e dovrebbe includere almeno le raccomandazioni di base per misure di O&M e ECM a costi contenuti, vale a dire i risultati dell'attività 6 descritta in precedenza. Tuttavia, si raccomanda vivamente di elaborare una relazione più dettagliata per documentare i risultati e le osservazioni emerse da ogni attività. In particolare, la relazione deve descrivere le caratteristiche fondamentali dell'edificio sottoposto ad analisi e tutti i settori problematici individuati durante l'audit. Inoltre, dovrebbero essere presentati i calcoli per stimare i consumi di energia e il risparmio sui costi derivanti dalle misure raccomandate. Inoltre, dovrebbero essere fornite alcune referenze e alcune specifiche per l'implementazione delle O&M e delle ECM raccomandate. La relazione finale dovrebbe includere le seguenti sezioni:

1. Disegni leggibili e completi.
2. Breve descrizione delle caratteristiche architettoniche dell'edificio (tipo di costruzione, orientamento, sistemi solari, ecc.).
3. Analisi delle bollette per stimare l'intensità dei consumi energetici, la temperatura di set-point e i carichi di base. È utile eseguire questa operazione prima di effettuare il sopralluogo *in situ*.
4. Descrizione di eventuali prove o misurazioni effettuate durante l'audit, compresa la misura delle temperature ed il test di tenuta all'aria. Di quest'ultimo, è importante fornire tutti i dettagli pertinenti alle analisi di prova e calcolo, evidenziando le eventuali ipotesi di lavoro. Assicurarsi di indicare le zone in cui si registrano perdite d'aria come pure le velocità di infiltrazione nelle condizioni di riferimento (cioè $\Delta P = 4$ Pa) e nelle condizioni meteorologiche tipiche (media annuale e media della stagione di riscaldamento).
5. Descrizione delle attività svolte e dei risultati. In particolare, evidenziare tutte le preoccupazioni e le segnalazioni degli occupanti, anche in merito a potenziali misure di O&M e ECM.
6. Descrivere i dettagli del calcolo utilizzato per stimare i consumi energetici e i risparmi economici derivanti dalle misure di O&M e ECM suggerite. I riferimenti a questi calcoli dovrebbero essere inseriti della relazione includendo tutte le ipotesi che sono state fatte per eseguire le stime.



7. Descrivere i risultati dell'analisi economica. In particolare, fornire la procedura generale e il costo per l'attuazione di ciascuna misura di risparmio energetico.
8. Fornire al cliente raccomandazioni specifiche per ridurre i costi delle bollette o per migliorare l'ambiente interno dell'edificio.
9. Allegare alcune foto per evidenziare le caratteristiche e i settori problematici dell'edificio.



10.2 Ristrutturazione energetica dell'edificio

10.2.1 Caso Studio

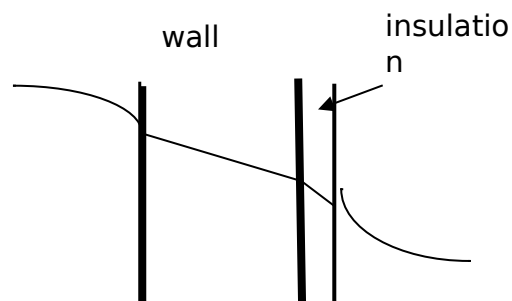
10.2.2 Esercizio

TRASFERIMENTO DI CALORE

Quando il calore viene trasferito da un fluido ad un altro fluido (può essere aria, acqua, ecc.) attraverso una parete posta tra i due fluidi, allora possiamo parlare di trasferimento di calore tra due ambienti.

Per una parete omogenea:

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta T \quad [W]$$



Il trasferimento di calore avviene attraverso la facciata interna, attraverso la parete e infine lo strato esterno (isolamento).

Significato dei simboli:

- Q Flusso termico [W]
- k Coefficiente di trasferimento del calore [W/m²K] - noto anche come valore di trasmittanza termica U
- A Superficie [m²]
- ΔT Differenza di temperatura (temperatura interna-temperatura esterna) [K]
- T Temperatura [°C]



Per calcolare il coefficiente di trasferimento del calore “k” prendiamo il coefficiente del trasferimento di calore della superficie interna e della superficie esterna. Per un fluido che permette il movimento per esempio l’aria: $\alpha = \alpha_k + \alpha_s$, e per un fluido che non permette il movimento, ad esempio acqua: $\alpha = \alpha_k$.

Per una parete omogenea:
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_o} + \frac{\sum d_i}{\lambda_i}$$

α_i coefficiente di trasferimento di calore della superficie interna

α_o coefficiente di trasferimento di calore della superficie esterna

d spessore dello strato (spessore del singolo materiale)

Prendiamo per esempio una parete costituita da uno strato di mattoni da 60 cm.

Diciamo che la superficie interna ha un coefficiente $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (valore normale) e la superficie esterna $\alpha_o = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ (secondo lo standard per il calcolo dei fabbisogni per riscaldamento - DIN 4701).

$$d_{\text{wall}} = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m} \quad \lambda_{\text{mattoni}} = 0,75 \text{ W/mK}$$

Stiamo cercando il valore del coefficiente di trasferimento del calore k:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_o} + \frac{d_{\text{wall}}}{\lambda_{\text{wall}}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{25} + \frac{0,6}{0,75} = 0,965 \Rightarrow k = 1,04 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Questo calcolo deve essere eseguito per ogni parete. Si tratta di un calcolo semplice, ma il problema è che non sempre si trovano i dati di costruzione nella documentazione di progetto, ammesso che la documentazione sia disponibile. A volte gli edifici sono molto vecchi e non ci sono dati sui materiali e sugli spessori delle pareti. I calcoli sono quindi affidabili per costruzioni nuove o di prossima costruzione. Per gli edifici più vecchi si consiglia di misurare il coefficiente di trasferimento del calore in opera, attraverso l’utilizzo di strumenti quali il TESTO 635.



Esercizio: misurare il coefficiente di trasferimento del calore di un muro utilizzando lo strumento TESTO 635.

1. Posizionare le termocoppie sulla parete interna come mostrato nella figura sottostante.



2. Sulla
posizionare la sonda wireless sulla parete esterna approssimativamente alla stessa altezza delle
termocoppie. Altre indicazioni nel video: <https://www.youtube.com/watch?v=QJ0bK4HrRp4>

10.3 Sostituire il generatore di calore

10.3.1 Caso studio

10.3.2 Esercizio

È meglio affidarsi agli esperti prima di cambiare il sistema di riscaldamento.

Ci sono molti fattori da prendere in considerazione prima di determinare la potenza più adatta per il sistema di riscaldamento (o di raffreddamento).

Generalmente non è una buona scelta installare un sistema di riscaldamento che possiede la stessa potenza di quello precedente. Senza un corretto calcolo termico non è possibile determinare la corretta potenza del generatore.

I generatori esistenti, nella maggior parte dei casi, sono fortemente sovradimensionati, hanno una potenza installata troppo alta e funzionano con un'efficienza molto bassa. Pertanto, prima di acquistare una nuova caldaia è necessario verificare la sua potenza. Questo lavoro deve essere eseguito da un professionista.



10.4 Installazione di RES

10.4.1. Caso studio

10.4.2 Esercizio

Diciamo che il tetto di un edificio pubblico ha una superficie di 150 m^2 adatta per l'installazione di impianti fotovoltaici. Calcolare la potenza approssimativa installabile e la produzione annua dell'impianto fotovoltaico, considerando un modulo fotovoltaico da 250 W e 2 m^2 .

I pannelli solari convertono l'energia solare in energia elettrica. Lo schema tipico è mostrato nella figura seguente. Le caratteristiche di un pannello solare sono rappresentate da una curva che correla la corrente elettrica alla tensione in base alle diverse resistenze del circuito elettrico che collega gli elettrodi del pannello.

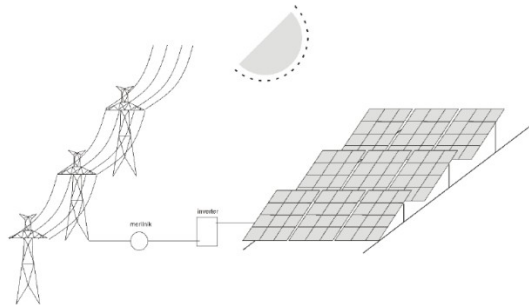


Figura 10.4.1: Matrice tipica di un impianto fotovoltaico

Per un confronto più preciso tra i pannelli solari, esistono standard internazionali per la prova dei moduli fotovoltaici, basati su condizioni di funzionamento di riferimento: intensità della radiazione solare di 1000 W/m^2 e temperatura ambiente di 25°C .

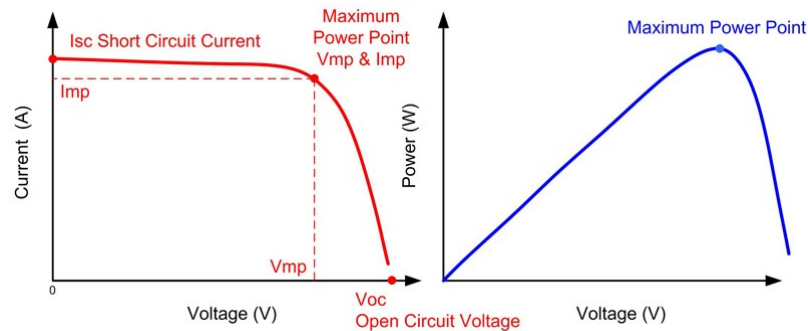


Figure 8.2: caratteristica dei pannelli fotovoltaici

Il valore massimo della potenza è chiamato Watt di picco (W_p). L'efficienza della produzione di energia elettrica dipende dalla radiazione solare e dalla temperatura ambientale e può essere calcolata:

$$\eta_{PV} = \eta_r \left[1 - \frac{\beta_{PV}}{100} (T_{PV} - T_r) \right]$$

Dove η_{PV} è l'efficienza dei pannelli solari, η_r l'efficienza dei pannelli solari alle condizioni di riferimento, β_{PV} il coefficiente di temperatura ($\%/^{\circ}\text{C}$), T_{PV} la temperatura dei pannelli solari and T_r la temperatura di riferimento.

L'efficienza di riferimento di un pannello fotovoltaico è:

$$\eta_r = \frac{W_p}{G_r A_{PV}} 100\%$$

Dove W_p è la potenza di picco del pannello solare in condizioni di riferimento (W_p), G_r il livello di riferimento della radiazione solare (W/m^2), e A_{PV} l'area dei pannelli solari (m^2).

La produzione annuale di un impianto fotovoltaico è definita da:

$$Q_{el,PV} = A_{PV,cel} \eta_{PV} H_B$$

Dove $Q_{el,PV}$ è la produzione di energia elettrica del sistema fotovoltaico (kWh/anno), A_{PV} superficie totale dei pannelli fotovoltaici (m^2) e H_B la radiazione solare annuale sulla superficie dell'impianto (kWh/ m^2 anno).

Numero di moduli fotovoltaici:



$$N = 150 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}^2 = 75 \text{ moduli FV}$$

$$\text{Potenza installata: } 75 \times 250 \text{ W}_p = 18750 \text{ W}_p = \mathbf{18,75 \text{ kW}_p}$$

$$\eta_r = \frac{W_p}{G_r A_{PV}} 100 = \frac{18750}{1000 \times 150} 100\% = 12,5\%$$

Per stimare la produzione annuale dell'impianto fotovoltaico è necessario conoscere l'intensità della radiazione solare annuale incidente sulla superficie dell'impianto. Questo valore può essere ricavato da diversi strumenti o immagini online. Un esempio è la figura 8.3.

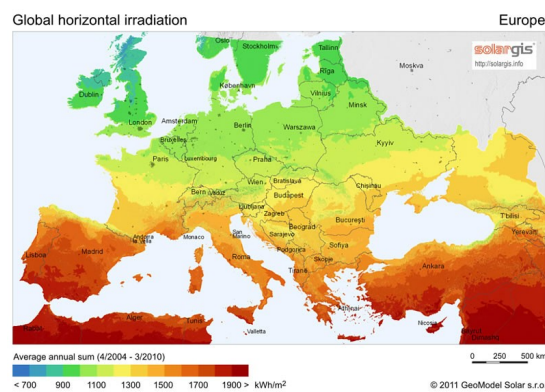


Figura 8.3: mappa della radiazione solare annuale

Supponiamo che l'impianto fotovoltaico sia a Berlino. Dalla figura 8.3 possiamo vedere che il colore è verde, il che significa che la radiazione solare annuale è intorno a 1000 kWh/m².

$$Q_{el,PV} = A_{PV,ccel} \eta_{PV} H_{\beta} = 150 \times 12,5\% \times 1000 = \mathbf{18750 \text{ kWh/anno.}}$$

10.5 Ammodernamento degli impianti interni dell'edificio, inclusa l'illuminazione

10.5.1 Caso studio

10.5.2 Esercizio



Una casa per studenti ha 10 piani e ogni piano dispone di 10 stanze. Ogni camera dispone di 2 lampadine da 100 W con luminosità di 1600 lm. Calcola il risparmio energetico se le lampadine sono sostituite con lampade a LED da 15 W con la stessa luminosità. Supponiamo che le luci siano accese per 5 ore al giorno e che il prezzo per 1 kWh sia di 0,1 €.

Potenza totale installata nelle camere:

$$P = 10 \text{ piani} \times 10 \text{ camere} \times 2 \times 100 \text{ W/lampada} = 20000 \text{ W}$$

Il consumo di energia al giorno è:

$$t = 5 \text{ h}, P = 20000 \text{ W}, Q_{\text{ill}} = P \times t = 20000 \times 5 = 100000 \text{ Wh} = 100 \text{ kWh}$$

Prezzo dell'energia consumata al giorno:

$$C = Q_{\text{ill}} \times \text{prezzo} = 100 \text{ kWh} \times 0,1 \text{ €/kWh} = 10 \text{ €/giorno}$$

Stesse equazioni per le lampade a LED:

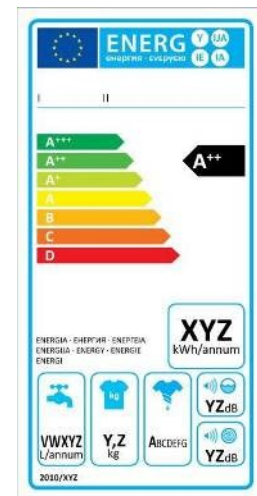
$$P = 10 \text{ piani} \times 10 \text{ camere} \times 2 \times 15 \text{ W/lampada} = 3000 \text{ W}$$

Il consumo di energia al giorno è:

$$t = 5 \text{ h}, P = 3000 \text{ W}, Q_{\text{ill}} = P \times t = 3000 \times 5 = 15000 \text{ Wh} = 15 \text{ kWh}$$

Prezzo dell'energia consumata al giorno:

$$C = Q_{\text{ill}} \times \text{prezzo} = 15 \text{ kWh} \times 0,1/\text{kWh} \text{ €} = 1,5 \text{ €/giorno}$$



Lampadine classiche	Lampade a LED
t = 5 h/giorno	t = 5 h/giorno,
P = 20000 W	P = 3000 W
$Q_{\text{ill}} = P \times t = 100000 \text{ Wh} = 100 \text{ kWh}$	$Q_{\text{ill}} = P \times t = 3000 \times 5 = 15000 \text{ Wh} = 15 \text{ kWh}$
$C = Q_{\text{ill}} \times \text{prezzo} = 100 \text{ kWh} \times 0,1 \text{ €} =$	$C = Q_{\text{ill}} \times \text{prezzo} = 15 \text{ kWh} \times 0,1 \text{ €} =$
10 €/giorno	1,5 €/giorno
	85% risparmio



10.6 Acquisto di apparecchiature a basso consumo energetico

10.6.1 Caso studio

10.6.2 Esercizio

Le apparecchiature a basso consumo energetico possono essere riconosciute dalla classe energetica riportata sull'apposita etichetta che ci indica, oltre alla classe energetica, anche il consumo annuo del dispositivo. A seconda del tipo di apparecchiatura, una semplice equazione può essere utilizzata per calcolare il consumo di energia del dispositivo o dei dispositivi.

Formula per la stima del consumo energetico

È possibile utilizzare questa formula per stimare l'utilizzo di energia di un apparecchio elettronico:

Potenza (W) × Ore utilizzate ogni giorno (h/giorno) ÷ 1000 = consumo giornaliero in chilowattora (kWh/giorno)

(1 kW = 1000 Watt)

Moltiplicare questo dato per il numero di giorni in cui si utilizza l'apparecchio durante l'anno per ottenere il consumo annuo. È quindi possibile calcolare il costo dei consumi energetico di un apparecchio moltiplicando il kWh annui per il costo specifico applicato dal fornitore di energia per ogni kWh consumato.

Esempi:

Ventilatore:

$(200 \text{ W} \times 4 \text{ h/giorno} \times 120 \text{ giorni/anno}) \div 1000 = 96 \text{ kWh}$

$96 \text{ kWh} \times 8,5 \text{ centesimi/kWh} = 8,16 \text{ €/anno}$

Personal Computer e Monitor:



$((120+150) \text{ W} \times 4 \text{ h/giorno} \times 365 \text{ giorni/anno}) \div 1000 = 394 \text{ kWh}$
 $394 \text{ kWh} \times 8,5 \text{ centesimi/kWh} = 33,51 \text{ €/anno}$

10.7 Scelta dello scenario ottimale di miglioramento dell'efficienza energetica per un edificio

10.7.1 Caso studio

10.7.2 Esercizio

Ventilazione

Un responsabile scolastico deve introdurre un sistema per l'apertura programmata delle finestre per favorire l'ingresso dell'aria esterna negli ambienti in cui si svolgono le attività. Per aumentare la velocità dell'aria e, di conseguenza, il completo ricambio d'aria, è preferibile scegliere sistemi di ventilazione trasversale che sfruttano le finestre disposte su pareti opposte dello stesso ambiente (ad esempio su una chiusura e una partizione interna).

Il responsabile della scuola e il tecnico devono prestare particolare attenzione:

- Alle aree in cui si verificano particolari condizioni di inquinamento atmosferico e rumore, anche all'interno.
- Orientamento relativo delle chiusure e dei sistemi di protezione solare.
- Possibile formazione di correnti d'aria nocive all'interno delle aule.

Migliorare la manutenzione del sistema di ventilazione forzata esistente

Alcuni esempi di attività di manutenzione sono descritti nei seguenti punti:

- Manutenzione regolare per ottenere delle prestazioni ottimali

I componenti HVAC devono essere tenuti in condizioni adeguate di pulizia, eliminando possibili ostruzioni, per poter funzionare in modo efficace. Una revisione complessiva del sistema deve essere eseguita annualmente da un tecnico manutentore o da un professionista esterno. La



manutenzione ordinaria deve essere effettuata regolarmente per individuare in tempo i potenziali problemi.

- Fare manutenzione alle caldaie

Le caldaie devono essere soggette a manutenzione, generalmente da parte di una ditta affidabile. Le caldaie a gas dovrebbero essere controllate una volta all'anno; le caldaie a olio due volte all'anno. Una caldaia regolarmente controllata può portare a un risparmio fino al 10% sui costi annui di riscaldamento.

- Controllare i condensatori

I condensatori si trovano di solito all'esterno degli edifici e smaltiscono il calore che è stato rimosso dall'interno dell'edificio dal sistema di raffreddamento. Occorre assicurarsi che i dispositivi di condensazione e di evaporazione siano puliti e ben mantenuti, e controllare che i condensatori non siano ostruiti, ad esempio con attrezzature o vegetazioni.

- Controllare l'impianto di climatizzazione e raffreddamento

Assicurarsi che l'impianto di raffreddamento sia regolarmente controllato e revisionato per evitare che funzioni in modo poco efficace. Sostituire l'isolamento sulle tubazioni del refrigerante, poiché i problemi nell'isolamento influenzeranno la temperatura del refrigerante che scorre nel sistema e quindi aumenterà i consumi per mantenere la temperatura desiderata. Prestare particolare attenzione alle tubazioni situate al di fuori dell'edificio. Controllare la carica del refrigerante e le perdite. Se l'impianto di refrigerazione contiene più di 3 kg di refrigerante, secondo le norme F-Gas è necessario disporre di un programma di ispezione regolare periodico di eventuali perdite di gas.

- Pulire i ventilatori, i filtri e i condotti d'aria per migliorare l'efficienza (fino al 60%)

L'efficienza di un impianto viene ridotta se l'aria condizionata viene bloccata da qualche ostruzione prima di raggiungere lo spazio di lavoro. I blocchi nei sistemi HVAC sono comuni e aumentano i costi di gestione, pertanto occorre verificare che i filtri siano puliti o sostituiti regolarmente. Si consiglia di verificare le misure dei manometri per capire quando è necessaria la sostituzione dei filtri.

La scelta dello scenario ottimale per un edificio specifico dipende (tra le altre cose) dal budget disponibile.



Per selezionare lo scenario ottimale con un budget limitato è necessario analizzare il consumo dell'edificio, il che significa che dobbiamo controllare le fatture dell'energia elettrica e termica (per il riscaldamento e l'acqua calda).

Alcuni esempi sono elencati nelle tabelle di seguito:

Ottimizzazione dei consumi di energia termica	
Stato dell'involucro edilizio	Stato delle facciate
	Isolamento delle fondazioni
	Isolamento del tetto
Se l'edificio non è isolato, sarà limitato anche l'effetto della sostituzione delle caldaie e delle fonti di riscaldamento (le perdite sono elevate). Se il budget lo permette, isolare l'edificio.	
<u>Budget</u>	
ALTO	BASSO
Isolare l'edificio, se possibile. Sostituire e integrare i generatori di calore (caldaie a biomassa, pompe di calore, collettori solari, ecc.).	<ul style="list-style-type: none"> - Isolare i tubi dell'acqua calda sanitaria, sostituire le guarnizioni delle finestre e utilizzare sistemi di ombreggiatura in modo efficiente (utilizzare i sistemi di ombreggiatura per abbassare l'aria condizionata e sfruttare la luce solare quando è possibile per ridurre l'utilizzo dell'impianto di illuminazione). - Installare valvole termostatiche sui radiatori. - Chiudere le finestre quando i radiatori sono in uso e chiudere le valvole del radiatore quando si aprono le finestre per ventilare la stanza. - Ventilare la stanza più volte al giorno per brevi periodi (il radiatore non si raffredderà molto e si otterrà nuovamente la temperatura desiderata con meno energia).

Ottimizzare l'utilizzo dell'energia elettrica	
Stato delle attrezzature dell'edificio	Tipo di illuminazione
	Tipo di apparecchiature e dispositivi da ufficio TV, LCD, Plasma, LED TV, ecc.
<u>Budget</u>	
ALTO	BASSO



<p>Sostituire le apparecchiature presenti nell'edificio con apparecchiature a basso consumo energetico (classe A o superiore, A + ecc.).</p>	<p>Uso efficiente dell'attrezzatura esistente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spegnere i dispositivi quando non sono in uso (i vecchi dispositivi hanno un elevato consumo anche in stand-by).
<p>Installare un impianto fotovoltaico (misura della differenza netta: devono essere confrontate l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico e l'energia consumata nell'edificio; quindi, alla fine del mese, viene pagata la sola differenza oppure si riceve il rimborso se si produce più di quanto è stato consumato).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Isolare i boiler dell'acqua (rimane calda più a lungo e abbassa la frequenza di accensione dei boiler elettrici). - Sostituire le lampadine con LED. - Installare sensori di movimento nei corridoi. - Installare contatori di energia elettrica per ogni piano (in questo modo si individueranno più facilmente i consumi più elevati e si potrà mirare all'efficientamento di un piano specifico e non dell'intero edificio).

Per le aree ad alta densità di edifici, il teleriscaldamento o il riscaldamento centralizzato multi-unità condiviso tra più edifici residenziali rappresentano la soluzione migliore e meno costosa, se vengono utilizzati con una fonte di energia rinnovabile.

Non è necessaria una caldaia per ogni abitazione.

- un impianto di riscaldamento centralizzato è più efficiente e produce un carico ambientale inferiore rispetto ai singoli sistemi autonomi in ogni abitazione;
- comodo, non bisogna preoccuparsi della gestione e manutenzione.

Per aree a bassa densità abitativa, il riscaldamento bio-solare (biomassa + solare): un uso combinato di energia solare e biomassa rappresenta la migliore soluzione nel nostro clima.

In caso di fonti di calore geotermiche, il vantaggio sul riscaldamento è ancora più grande!

Ingegnerizzazione dell'edificio e forniture energetiche: raffreddamento, ventilazione



Il cambiamento climatico ha portato all'aumento della temperatura media e dei valori di picco delle temperature estive. Se nell'edificio è installato solo un sistema di raffreddamento meccanico, il costo del raffreddamento estivo può superare di gran lunga il costo del riscaldamento in inverno, addirittura può essere pari a 2-3 volte. Ma se un edificio richiede di essere raffreddato, questo significa che non è stato progettato bene. Cosa si dovrebbe fare:

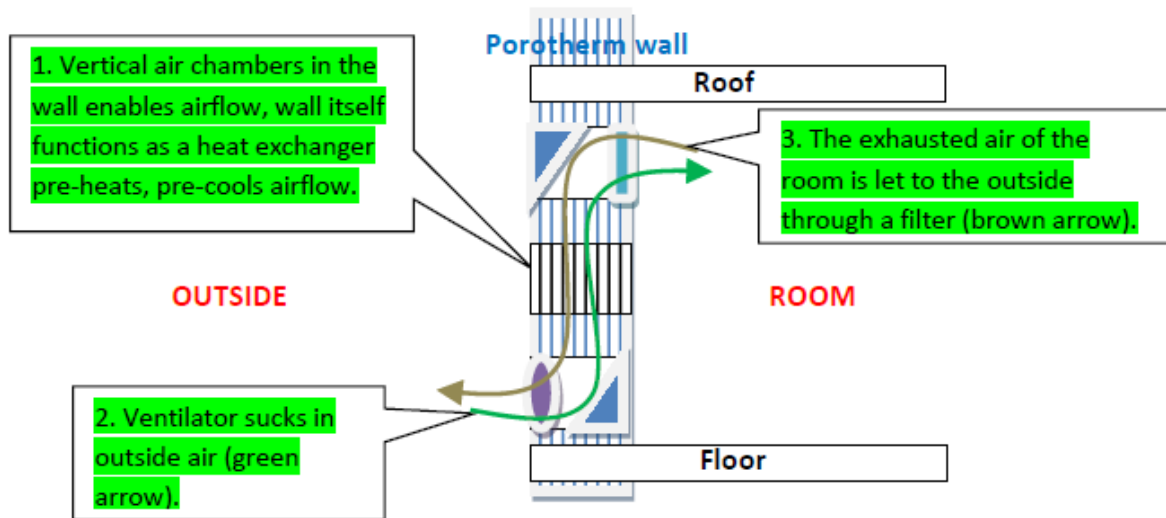
1. Protezione solare con ombreggiatura.
2. Refrigerazione passiva, attraverso la ventilazione naturale notturna (cioè aprendo le finestre).

Questo è il modo più efficace se la casa è ben isolata e se la struttura dell'edificio può accumulare il calore, con un conseguente effetto di raffreddamento che dura tutta la giornata.

3. Applicazione di tecnologie passive di ventilazione

Sono forme moderne di soluzioni tradizionali per la ventilazione, basate sulla gravità, sulla filtrazione, su nuove soluzioni emerse come ulteriori miglioramenti ai camini solari e ai camini eolici, provenienti dal mondo arabo. Lo scopo più importante della ventilazione passiva oggi è la sostituzione temporanea o totale della ventilazione meccanica per ridurre le necessità energetiche.

4. Applicazione di tecnologie meccaniche di ventilazione
 - I sistemi tecnologici avanzati per la ventilazione meccanica sono scambiatori di calore e pompe di calore. L'aria fresca viene prelevata attraverso un tubo interrato sotterraneo. Questo sistema dà un significativo contributo al riscaldamento invernale e può anche funzionare in modalità di raffreddamento, rendendo superflua l'aria condizionata estiva.
 - Una versione interessante e a basso costo per i sistemi di recupero di calore è il Fluctuent, la cui modalità di funzionamento è schematizzata nella figura seguente.



Ingegnerizzazione dell'edificio e forniture energetiche: sviluppo

C'è un principio di base in tema di approvvigionamento elettrico: poiché la generazione di elettricità è costosa, l'energia elettrica dovrebbe essere utilizzata solo per il suo scopo e minimizzarne l'uso quanto più possibile.

NOTA: l'attuale domanda di picco dell'elettricità può essere ridotta aumentando la consapevolezza negli usi elettrici (cioè spegnere la luce quando non si è nella stanza).

La generazione autonoma dell'elettricità è possibile nei seguenti modi:

- Pannelli solari fotovoltaici.
- Generatori azionati dal vento o dall'acqua.
- Co-generazione o tri-generazione da biocarburanti (la produzione di calore e di elettricità allo stesso tempo è chiamata cogenerazione o tri-generazione, cioè produzione di calore + elettricità + raffreddamento).

Se l'energia viene generata ma non è necessaria per l'edificio, deve essere conservata in qualche forma. Sono disponibili le seguenti possibilità:

- Soluzioni di smart grid: l'energia in eccesso viene convogliata al sistema energetico centrale, ma è possibile solo se il fornitore di energia rende disponibile questa opzione.



- Accumulo locale di energia: può essere effettuato usando batterie, ma esistono anche soluzioni innovative, come la riconversione dell'elettricità dall'acqua precedentemente pompata a quote più elevate, con la possibilità di farla scorrere nelle ore non di picco attraverso un generatore idroelettrico. Questa soluzione è piuttosto costosa su piccola scala.
- Anche quando viene presa in considerazione l'altra sfida energetica (cioè la mobilità), i sistemi Vehicle to Grid (V2G) e Vehicle to House (V2H) rendono possibile la cooperazione tra il veicolo, l'edificio e la sua rete elettrica. Le auto in media stanno per il 90% de tempo nel parcheggio. Durante questo periodo, le auto elettriche sono collegate alla rete. Possono ricaricarsi dal sistema ma possono anche restituire l'elettricità.

Progettare le part esterne ed interne dell'edificio: ombreggiatura

L'installazione di strutture vetrate senza una adeguata ombreggiatura è un atto audace. Le vetrate sono molto utili in inverno, contribuiscono al riscaldamento captando l'energia solare, ma in estate possono causare un aumento della domanda di raffreddamento.

Quando si pianifica l'ombreggiatura, è necessario essere consapevoli delle caratteristiche essenziali del movimento del sole e delle teorie di progettazione dei sistemi di ombreggiatura. È importante considerare un semplice principio riguardo ai sistemi di ombreggiatura:

- il calore che passa attraverso la vetrata riscalda gli ambienti interni. In questo modo i dispositivi di ombreggiatura montati all'esterno offrono protezione contro il riscaldamento con una maggiore efficacia rispetto alle soluzioni installate all'interno.

Tipi di ombreggiatura:

- Sistemi fissi di ombreggiamento (lamelle fisse, tende da sole, portici, ecc.).
- Sistemi mobili di ombreggiatura (tende a braccio, avvolgibili e veneziane, tende e tendaggi, ecc.).
- Ombreggiatura con l'impiego di vegetazione: in caso di edifici più piccoli, la piantumazione di alberi decidui come fonte di ombreggiamento risulta la migliore opzione possibile. Nel periodo di fioritura, le foglie dell'albero o delle piante fanno



ombra, mentre in inverno le piante "nude" lasciano filtrare il sole. Oltre alla creazione di ombra, la vegetazione incide sull'umidità e produce ossigeno.

Progettare le part esterne ed interne dell'edificio: porte e finestre

Per quanto riguarda l'energia, le finestre e le porte vetrate sono tradizionalmente le strutture più deboli dell'edificio. Tuttavia, queste strutture hanno visto uno sviluppo sostanziale negli ultimi anni e se installati adeguatamente, possono operare come "riscaldatori".

- La prima innovazione è stata l'introduzione della vetrata isolante a doppio strato.
- Il secondo passo in avanti è stata la diffusione dei trattamenti basso-emissivi (BE o LOW-E).
- Il terzo passo ulteriore è stato il vetro a tre strati con il gas inserito nell'intercapedine, legato all'affermarsi del concetto di casa passiva.

Porte e finestre: acquistarne di nuove o rinnovarle?

Parlando di porte e finestre, è importante chiarire le possibili soluzioni di ristrutturazione delle porte e delle finestre esistenti. Si possono elencare 4 soluzioni:

1. La ristrutturazione con ripristino delle condizioni originali; questo tipo di intervento ha senso solo negli edifici storici che sono soggetti a particolari vincoli, in quanto le porte e finestre vecchie non sono per nulla efficienti e pertanto questo tipo di intervento è particolarmente costoso.
2. Miglioramento della qualità tecnica con strutture supplementari, la soluzione più economica è il miglioramento della tenuta d'aria mediante l'applicazione di guarnizioni di tenuta in gomma.
3. Il miglioramento delle proprietà tecniche con sostituzione parziale è un'alternativa a basso costo rispetto alla sostituzione completa.
4. La sostituzione completa delle porte e delle finestre è l'opzione migliore per quanto riguarda gli aspetti energetici, ma è anche costosa.



10.8 Integrazione di misure tecniche tra di loro e con altri tipi di soluzioni di efficienza energetica

10.8.1 Caso studio

10.8.2 Esercizio

Combiniamo gli effetti dell'installazione di RES e misure tecniche per ridurre il consumo di energia elettrica. Combinando gli esercizi 10.1.2, 10.4.2, 10.5.1 e 10.6.2 si produce:

- un audit energetico semplificato (sopralluogo di audit),
- l'acquisto di apparecchiature di illuminazione efficienti,
- la sostituzione degli apparecchi di illuminazione,
- l'installazione di RES.

Per l'edificio descritto al punto 10.5.2 con il tetto descritto al punto 10.4.2, gli effetti sarebbero:

- riduzione del consumo di energia elettrica di 85 kWh al giorno e
- produzione di energia elettrica 18750 kWh/anno.

Se si stima che il risparmio in 252 giorni lavorativi (come nel 2016) con la sostituzione di apparecchi di illuminazione corrisponda a $252 * 85 \text{ kWh} = 21420 \text{ kWh}$ (risparmio di 85% per ogni giorno lavorativo), e che l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico sia di 18750 kWh all'anno, otteniamo come risultato un consumo di circa il 5% dell'energia elettrica necessaria per l'illuminazione che utilizzavamo prima dell'introduzione di queste misure.



10.9 Coinvolgimento degli utenti degli edifici negli interventi tecnici di efficientamento energetico

10.9.1 Caso studio

10.9.2 Esercizio

Un liceo ha 15 professori e 15 persone come personale di supporto (segretari, amministratori, ecc.). Ognuno di essi dispone di un computer in ufficio e ci sono 3 stampanti disponibili per tutti.

Purtroppo, la maggior parte delle persone non spegne le proprie apparecchiature al termine della giornata lavorativa e non sono consapevoli che le loro apparecchiature stanno ancora consumando energia. La potenza di stand-by tipica per i diversi dispositivi è riportata nell'Allegato 1: 10 W per i computer, 5 W per i monitor e 15 W per le stampanti. Assumiamo che i dispositivi siano in uso 6 ore al giorno e rimangano 18 ore in stand-by.

Il numero di computer è 30, con 30 monitor.

Consumo di computer dopo l'orario di lavoro

La potenza di stand-by per tutti i pc è $P = 15 \times 10 \text{ W} = 150 \text{ W}$, per i monitor $P = 15 \times 5 \text{ W} = 75 \text{ W}$ e per le stampanti $P = 3 \times 15 \text{ W} = 45 \text{ W}$.

Potenza totale di stand-by: $P = 150 + 75 + 45 = 270 \text{ W}$

Energia sprecata al giorno: $Q = P \cdot t = 270 \text{ W} \cdot 18 = 4860 \text{ Wh} = 4,86 \text{ kWh/giorno}$

Costo giornaliero dell'energia sprecata (utilizzando il costo di 0,1 €/kWh):

$C = 4,86 \cdot 0,1 = 0,486 \text{ €/giorno}$

Tale importo può sembrare piccolo, ma bisogna tenere conto che rappresenta solo la quantità sprecata di energia e di denaro per singolo giorno lavorativo, quindi 22 giorni al mese. Se includiamo anche i fine settimana possiamo calcolare la perdita mensile.

4 week-end al mese: $4 \cdot 2 \cdot 24 = 192 \text{ ore}$

Energia sprecata durante i fine settimana: $Q = P \cdot t = 270 \text{ W} \cdot 192 \text{ h} = 51840 \text{ Wh} = 51,84 \text{ kWh}$



Energia sprecata durante i giorni lavorati: $W = 7,56 \text{ kWh} * 22 \text{ giorni} = 166,32 \text{ kWh}$

Totale dell'energia sprecata: $W = 80,64 + 166,32 = 246,96 \text{ kWh/mese}$

Costo mensile dell'energia sprecata : $C = 246,96 * 0,1 = 24,7 \text{ €/mese}$



ALLEGATO 1

Potenza di stand-by delle apparecchiature elettriche/elettroniche più comuni e la potenza tipicamente assorbita per il funzionamento (in Watt)

Dispositivo	Potenza tipica di stand-by (W)	Potenza tipica (W)
Microonde	7	800
Fornello	5	130
TV	5	70-120
Schermo TV al plasma	1-18	350-700
Videoregistratore	5	35
Caricabatterie del telefono	6	
Telefono cordless	8	
Segreteria telefonica	8	
Stereo	10	400
Decoder digitale	15	
Lavatrice	2	350-500
Computer	10	120
Stampante	15	
Monitor del computer	5	150

Formola per la stima del consumo energetico

È possibile utilizzare questa formola per stimare l'utilizzo di energia di un apparecchio:

Potenza × ore di impiego al giorno ÷ 1000 = consumo giornaliero di chilowattora (kWh)

(1 kW = 1000 W)

Occorre moltiplicare questo numero per i giorni in cui si utilizza l'apparecchio durante l'anno per ottenere il consumo annuo. È quindi possibile calcolare il costo annuale relativo all'utilizzo del dispositivo moltiplicando i kWh annui per il costo unitario dell'energia applicato dal fornitore locale.

Esempi:

Ventilatore:

$(200 \text{ W} \times 4 \text{ ore/giorno} \times 120 \text{ giorni/anno}) \div 1000 = 96 \text{ kWh}$

$96 \text{ kWh} \times 8,5 \text{ centesimi/kWh} = 8,16 \text{ €/anno}$

Personal computer e monitor:

$(120+150 \text{ W} \times 4 \text{ ore/giorno} \times 365 \text{ giorni/anno}) \div 1000 = 394 \text{ kWh}$

$394 \text{ kWh} \times 8,5 \text{ centesimi/kWh} = 33,51 \text{ €/anno}$



ALLEGATO 2

Livello di illuminamento raccomandato rispetto all'edificio e agli usi

Locali	Illuminamento (lumen/m ² =lux)
Spazi all'aperto in generale e strade rurali	7-12
Giardini, zone industriali	15-25
Strade e autostrade	30-50
Ingressi, parcheggi	50
Luoghi di interesse all'aperto, negozi, sale ricevimenti, corridoi, scale, bagni, attività generali	150
Sale da pranzo, locali pubblici	200
Sale riunioni, lavanderie, uffici, stanze di hotel, attività che richiedono precisione	300
Postazioni di lavoro, grandi negozi, laboratori	500
Spazi lettura o disegno, aule, cucine, attività che richiedono un elevato grado di dettaglio	750
Vetrine dei negozi	1000-3000



BIBLIOGRAFIA

- Beggs, C., 2002. *Energy: Management, Supply and Conservation*. Butterworth-Heinemann, Elsevier Science.
- EI-education, 2008. *EI-Education guidebook on energy intelligent retrofitting*. Available at ei-education.aarch.dk, consulted on 12.12.08.
- European Commission, Directorate General XII, (1995). *Energy Management System*.
- EnerBuilding, 2008. *Energy efficiency in households Guide*. Enerbuilding.eu Project, May.
- EU, 2008. *The EU Energy Label*. Available at <http://www.energy.eu/#energy-focus>, consulted on 9/12/08.
- EU Top Ten, 2006. Available at <http://www.topten.info/>, consulted on 12/12/08.
- GREENBUILDING, 2008. *Green Building Guidelines and Technical Modules*. Available at <http://www.eu-greenbuilding.org>, consulted on 12/12/08.
- Green Labels Purchase, 2006. *Green Labels Purchase: making a greener procurement with energy labels*. Available at www.greenlabelspurchase.net, consulted on 12/12/08.
- ISO, 2008. *Building environment design - Guidelines to assess energy efficiency of new buildings - ISO 23045:2008*. International Organization for Standardization, Switzerland.
- Krarti, M., 2000. *Energy Audit of Building Systems - An Engineering Approach*. CRC Press.
- *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2009 and inventory report 2011*, EEA, Copenhagen, 2011 (citirano 1.6.2011). Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2011>.
- *BP Statistical Review of World Energy 2010*, British Petroleum (1.6.2011)
- *A Catalogue of "Optimization Scenarios" to enhance decision-making in establishing an efficient energy management programme*, Electronic Version, October 2014".