



Master in Edilizia Sostenibile ed Efficienza Energetica

Master universitario di II livello - Prima edizione 2011/2012



**POLITECNICO
DI TORINO**

Facoltà di Architettura

Gestito da

COREP

In collaborazione con



Il protocollo *LEED*® 2009 Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni

Verifica dell'applicabilità del Prerequisito 2 dell'area tematica

“Energia e Atmosfera” a un edificio storico

Tutor accademico: Prof. Vincenzo Corrado
Tutor aziendale : Ing. Lorenzo Balsamelli

Studente: Daniela Stimolo

I protocolli LEED/GBC

La certificazione degli edifici LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design* - fu introdotta negli Stati Uniti nei primi anni '90 dall'*U.S. Green Building Council (USGBC)* e viene oggi applicata in più di 140 paesi al mondo.

- LEED® for New Construction & Major Renovations;
- LEED® for Existing Building: Operation & Maintenance;
- LEED® for Core & Shell;
- LEED® for Commercial Interiors;
- LEED® for Retail;
- LEED® for Homes;
- LEED® for Neighborhood Development;
- LEED® for Schools;
- LEED® for Healthcare.



Gli standard LEED, elaborati da USGBC, sono presenti anche in Italia grazie al lavoro di GBC Italia che ne ha creato una versione locale.

Il Protocollo LEED® 2009 Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni

Il protocollo *LEED® 2009 Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni* consiste nella trasposizione del protocollo *LEED® for New Construction & Major Renovations* al contesto italiano con l'adattamento alle normative italiane ed europee

AREE TEMATICHE

- Sostenibilità del Sito (26 punti);
- Gestione delle Acque (10 punti);
- Energia e Atmosfera (35 punti);
- Materiali e Risorse (14 punti);
- Qualità ambientale Interna (15 punti);
- Innovazione nella Progettazione (6 punti);
- Priorità Regionale (4 punti).

RATING SYSTEM

Base (40 – 49 punti);
Argento (50 – 59 punti);
Oro (60 – 79 punti);
Platino (80 punti e oltre).

Base
(40-49 punti)



Argento
(50-59 punti)



Oro
(60-79 punti)



Platino
(80 punti e oltre)



Area Tematica “Energia e Atmosfera”



OBIETTIVI

- riduzione della domanda di energia per la climatizzazione invernale ed estiva;
- riduzione della domanda di energia per l’illuminazione artificiale;
- produzione di energia a partire da fonti energetiche rinnovabili;
- riduzione delle emissioni inquinanti.

Prerequisito 1	<i>Commissioning</i> di base dei sistemi energetici dell'edificio	Obbligatorio
Prerequisito 2	Prestazioni energetiche minime	Obbligatorio
Prerequisito 3	Gestione di base dei fluidi frigogeni	Obbligatorio
Criterio 1	Ottimizzazione della prestazioni energetiche	1 - 19
Criterio 2	Produzione in sito di energie rinnovabili	1 - 7
Criterio 3	<i>Commissioning</i> avanzato dei sistemi energetici	2
Criterio 4	Gestione avanzata dei fluidi frigogeni	2
Criterio 5	Misure e collaudi	3
Criterio 6	Energia verde	2
INCIDENZA SUL PUNTEGGIO TOTALE (35 SU 110)		31,8%

OPZIONE 1 procedura semplificata per la determinazione della prestazione energetica (da 1 a 3 punti)

OPZIONE 2 simulazione energetica in regime dinamico dell’intero edificio (da 1 a 19 punti)

EA Prerequisito 2 - “Prestazioni energetiche minime”

OPZIONE 1:

Procedura semplificata per la determinazione della prestazione energetica dell'edificio

$$EP_{tot} = EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill} + EP_{proc} - EP_{rinn}$$

Riduzione percentuale del fabbisogno di energia primaria rispetto all'edificio di riferimento

$$\left(1 - \frac{EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill} + EP_{proc} - EP_{rinn}}{EP_{i,lim} + EP_{e,lim} + EP_{acs,lim} + EP_{ill,lim} + EP_{proc}}\right) \cdot 100$$

Percentuali minime di energia risparmiata con le relative soglie di punteggio			
REQUISITI	Nuove costruzioni	Ristrutturazioni	Punto
Prerequisito	10%	5%	-
Criterio 1	15%	10%	1
	20%	15%	2
	≥25%	≥20%	3

EA Prerequisito 2 - “Prestazioni energetiche minime”

OPZIONE 1:

Procedura semplificata per la determinazione della prestazione energetica dell'edificio

$$EP_{tot} = EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill} + EP_{proc} - EP_{rinn}$$

Riduzione percentuale del fabbisogno di energia primaria rispetto all'edificio di riferimento

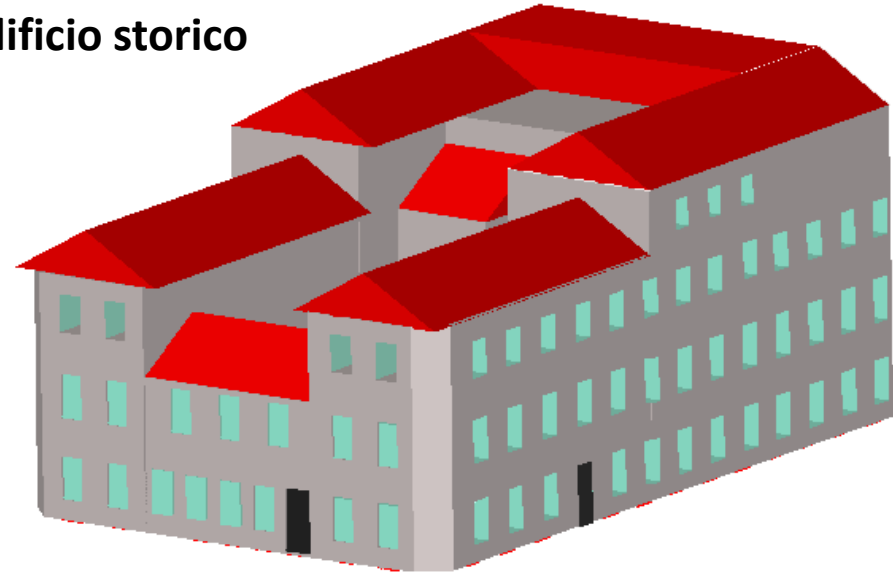
$$\left(1 - \frac{EP_i + EP_e}{EP_{i,lim} + EP_{e,lim}}\right) \cdot 100$$

- EP_i , EP_e secondo la UNI/TS 11300 Parti 1, 2, 3;
- $EP_{i,lim}$ è il limite massimo ammissibile dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale secondo il D.Lgs 311/2006;
- $EP_{e,lim} = \frac{EP_{ei,lim}}{COP \cdot R_s \cdot \eta_{el}}$
 - $EP_{ei,lim}$ è valore limite dell'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo relativo al fabbricato secondo il D.P.R. 59/2009;
 - COP è un coefficiente di prestazione di riferimento, dipendente dal tipo di sistema in uso;
 - R_s pari a 0,9 rappresenta il rendimento dei sottosistemi;
 - η_{el} pari a 0,46 rappresenta il rendimento del sistema elettrico nazionale.

Applicazione del prerequisito EA 2 del protocollo *LEED® 2009 NC Italia* al caso studio

Progetto di ristrutturazione integrale di un edificio storico

- sito a Torino
- fine del XIX secolo
- attività scolastiche
- soggetto a tutela ai sensi dell'articolo 10 del D.Lgs. 42/2004



DATI GENERALI	
Volume lordo riscaldato V (m ³)	20490
Superficie utile (m ²)	3311
Superficie disperdente S (m ²)	6500
Rapporto S/V (m ⁻¹)	0,317
Zona climatica / GG	E / 2617
Destinazione d'uso (DPR 412/93)	E.7

- Pareti perimetrali in mattoni pieni (60 cm)
- Copertura non coibentata, prevalentemente a falde inclinate
- Elementi finestrati in legno e vetro singolo
- Piano seminterrato e sottotetto non riscaldati

Prestazioni energetiche dell'edificio di riferimento

EDIFICIO DI RIFERIMENTO



$$EP_{i,lim} + EP_{e,lim}$$

- $EP_{i,lim}$ è il limite massimo ammissibile dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale secondo il D.Lgs 311/2006

$EP_{i,lim}$ secondo il D.Lgs. 311/2006 (kWh/m³)

14,06

- $EP_{e,lim} = \frac{EP_{ei,lim}}{COP \cdot R_s \cdot \eta_{el}}$

$EP_{ei,lim}$ è pari a 10 kWh/m³ anno

COP di riferimento è pari a 3,5

$$EP_{e,lim} = 6,9 \text{ kWh/m}^3$$

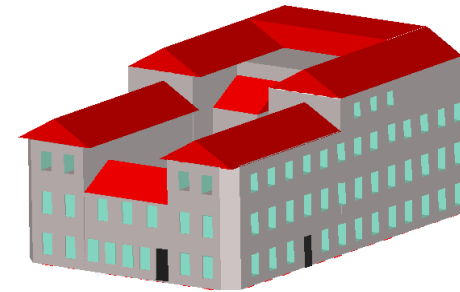
$$EP_{i,lim} + EP_{e,lim} = 20,96 \text{ kWh/m}^3$$

Descrizione del caso studio

Progetto di ristrutturazione integrale di un edificio storico

Il progetto di ristrutturazione prevede :

- sostituzione dei serramenti;
- coibentazione della copertura;
- installazione di una pompa di calore;
- sostituzione dei terminali di impianto;
- realizzazione di un impianto di ventilazione meccanica.



Descrizione	U (W/m ² K)	
Copertura	0,30	Pompa di calore geotermica: - COP 4,9 - EER 7,67 Sistema di regolazione climatica e di zona Impianto con pannelli a pavimento
Elementi finestrati in vetrocamera basso-emissivi e telaio in legno	2	

L'impianto di ventilazione meccanica a doppio flusso, con recuperatore di calore dell'aria (efficienza pari a 0,6), è caratterizzato da un ricambio d'aria di picco pari a 1,7 h⁻¹.

Prestazioni energetiche del caso studio

Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

UNI/TS 11300:2008 Parti 1, 2

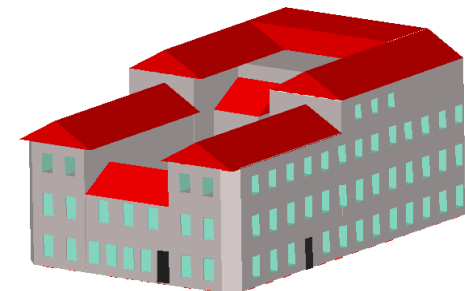
$$EP_i = 11,45 \text{ kWh/m}^3$$

Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva

UNI/TS 11300-3:2010 ($EP_e = Q_{C,P}/V$)

$$EP_e = 1,89 \text{ kWh/m}^3$$

$$EP_i + EP_e = 13,34 \text{ kWh/m}^3$$



Confronto dei risultati

CASO STUDIO – EDIFICIO DI RIFERIMENTO

- Climatizzazione invernale
- Climatizzazione estiva

$$\left(1 - \frac{EP_i + EP_e}{EP_{i,lim} + EP_{e,lim}}\right) \cdot 100$$

$$\left(1 - \frac{11,45 + 1,89}{14,06 + 6,9}\right) \cdot 100 = 36,3\%$$

Miglioramento della prestazione energetica del 36,3%

Procedura di calcolo semplificata

Percentuali minime di energia risparmiata con le relative soglie di punteggio			
REQUISITI	Nuove costruzioni	Ristrutturazioni	Punto
Prerequisito	10%	5%	-
Criterio 1	15%	10%	1
	20%	15%	2
	≥25%	≥20%	3

PREREQUISITO 2: SODDISFATTO

$$36\% > 5\%$$

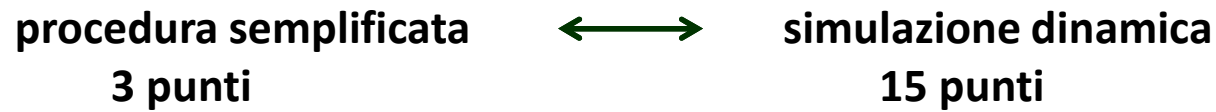
CREDITO 1: 3 PUNTI



Simulazione dinamica **15 PUNTI**

Considerazioni

- Punteggio LEED in funzione della procedura di calcolo:



- Edificio di riferimento
Edifici storici (vincoli di tutela)
- Confronto $EP_e - EP_{e,lim}$

LEED 2009 NC Italia	UNI/TS 11300-3:2010
$EP_{e,lim}$	EP_e
$\frac{EP_{ei,lim}}{COP \cdot R_s \cdot \eta_{el}}$	$\sum_k \left[\sum_x \frac{q'_{c,nd,k,x} + q_{c,l,ngen,k,x} - q_{rr,k,x} + q_{v,k,x}}{\eta_{mm,k,x} \cdot \eta_x} \right] + \sum_k \frac{q_{aux,k}}{\eta_{el}}$

Valutazione alternativa del miglioramento della prestazione energetica

EDIFICIO DI RIFERIMENTO = EDIFICIO ESISTENTE PRE-INTERVENTO

COMPONENTI DI INVOLUCRO OGGETTO DI INTERVENTO	U (W/m²K)	
	ESISTENTE	PROGETTO
Copertura piana in laterocemento	2,65	0,3
Elementi finestrati	5,67	2

SISTEMA DI VENTILAZIONE	Ricambio d'aria di picco (h ⁻¹)
EDIFICIO ESISTENTE: ventilazione naturale	1,6
PROGETTO: ventilazione meccanica	1,7

IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	ESISTENTE	PROGETTO
Rendimento di regolazione	87%	95%
Rendimento di emissione	89%	97%
Rendimento di distribuzione	91,3%	99,8%
Rendimento di generazione	88%	351,6%
Rendimento globale medio annuo	61,7%	216,7%

IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

- EP_i secondo la UNI/TS 11300 Parti 1 e 2;

$$EP_e = \frac{EP_{ei}}{COP \cdot R_s \cdot \eta_{el}}$$

- EP_{ei} è l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo relativo al fabbricato (pari a 3,59 kWh/m³ anno)
- COP di riferimento è pari a 3,5

INDICE	DEFINIZIONE	Riduzione
EP _i	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (kWh/m ³)	79,92%
EP _e	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (kWh/m ³) (valori calcolati con metodi diversi, non coerenti)	23,8%

Ep_i	Indice di prestazione energetica (kWh/m³)	57,02	11,45	79,92%
-----------------------	---	-------	-------	---------------

Variazioni introdotte da aggiornamenti normativi. Progetto di norma E0201C591

Fabbisogno ideale di energia termica per il riscaldamento

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$

Fabbisogno ideale di energia termica per il raffrescamento

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

UNI/TS 11300-1:2008	UNI/TS 11300-1:2012 – Progetto di norma E0201C591
Scambio di energia termica per trasmissione nel caso di riscaldamento	
$Q_{h,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \times t$	$Q_{h,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) F_{r,l} \Phi_{r,mn,u,l} \right\} \times t$
Scambio di energia termica per trasmissione nel caso di raffrescamento	
$Q_{C,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \times t$	$Q_{C,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) F_{r,l} \Phi_{r,mn,u,l} \right\} \times t$
La nuova norma tiene conto dell'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste relativo ai componenti edilizi degli ambienti non climatizzati	

Fabbisogno di energia termica per umidificazione e deumidificazione UNI/TS 11300-1:2012 – Progetto di norma E0201C591
Quantità di calore latente, sotto forma di vapore acqueo, che deve essere fornita o sottratta ad un ambiente climatizzato per mantenere una specifica umidità minima o massima durante un dato periodo di tempo.
Fabbisogno di energia termica latente per umidificazione
$Q_{H,hum,nd} = - \min [0 ; Q_{WV,int} - Q_{H,WV,ve}]$
Fabbisogno di energia termica latente per deumidificazione
$Q_{C,dhum,nd} = \max [0 ; Q_{WV,int} - Q_{C,WV,ve}]$
La norma 11300-1:2008 non contemplava il calcolo di questi fabbisogni.

Variazioni introdotte da aggiornamenti normativi. Progetto di norma E0201C591

Portata di ventilazione media mensile – Valutazione di progetto o standard			
UNI/TS 11300-1:2008	UNI/TS 11300-1:2012 – Progetto di norma E0201C591		
$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \times q_{ve,k}$	<p><i>Portata minima di progetto di aria esterna</i></p> $q_{ve,0} = (n_{per} \times q_{op} + A_f \times q_{os}) \times \frac{0,8}{\epsilon_{ve}} \times (C_1 \times C_2)$		
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none; width: 50%;">Categorie E.1 e E.8</td> <td style="border: none; width: 50%; text-align: center;">$q_{ve,0} = n \times V / 3600$</td> </tr> </table>	Categorie E.1 e E.8	$q_{ve,0} = n \times V / 3600$
Categorie E.1 e E.8	$q_{ve,0} = n \times V / 3600$		
Ventilazione naturale			
Edifici residenziali	Tasso di ricambio d'aria pari a 0,3Vol/h		
Altri edifici	Tasso di ricambio d'aria secondo la UNI 10339 con indice di affollamento pari al 60%		
$q_{ve,k,mn} = q_{ve,0,k} \times f_{ve,t,k}$			
Ventilazione meccanica a flusso semplice			
$q_{ve} = q_{ve,des} \times k$			
<p>k è il coefficiente di contemporaneità ($k=1$ per sistemi a portata fissa; $k=0,6$ per sistemi con portata igro-regolabile)</p>			
Ventilazione meccanica a doppio flusso			
$q_{ve} = q_{ve,des} \times (1 - \eta_{ve})$			
<p>η_{ve} è il fattore di efficienza dell'eventuale recuperatore di calore</p>			
$q_{ve,k,mn} = (\overline{q_{ve,0}} + \overline{q_{ve,x}})_k \times (1 - \beta_k) + (q_{ve,f} \times b_{ve} \times FC_{ve} + \overline{q_{ve,x}})_k \times \beta_k$			
<p>L'efficienza termica del recuperatore di calore entra in gioco nel termine b_{ve} (fattore di correzione della temperatura)</p>			

Variazioni introdotte da aggiornamenti normativi. Progetto di norma E0201C591

UNI/TS 11300-1:2008	UNI/TS 11300-1:2012 – Progetto di norma E0201C591
Apporti solari sui componenti trasparenti	
Fattore di esposizione Fw pari a 0,9	Fattore di esposizione in funzione del mese, dell'orientamento e del tipo di vetro presente (prospetto 20).
Ponti termici	
Calcolo secondo la UNI EN ISO 14683. Per edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, è possibile determinare lo scambio termico attraverso i ponti termici forfaitariamente (prospetto 4).	Calcolo secondo il punto 5 della UNI EN ISO 14683:2008. Nella valutazione sul progetto i valori di trasmittanza termica lineare determinati attraverso il calcolo numerico in accordo alla UNI EN ISO 20211 oppure attraverso l'uso di atlanti termici conformi alla UNI EN ISO 14683. Per gli edifici esistenti è ammesso in aggiunta l'uso di metodi di calcolo manuali conformi alla UNI EN ISO 14683. E' sempre da escludersi l'utilizzo dei valori di progetto della trasmittanza termica lineare riportati nell'allegato A della UNI EN ISO 14683:2008.
Trasmittanza termica dei componenti opachi in edifici esistenti	
APPENDICE A - Determinazione semplificata	-
Volume netto dell'ambiente climatizzato (in assenza di informazioni)	
Moltiplicare il volume lordo per un fattore fornito in funzione della tipologia edilizia (prospetto 7)	Moltiplicare l'area climatizzata per l'altezza netta dei locali. L'area climatizzata si ottiene moltiplicando l'area lorda per un fattore f_n . $f_n = 0,9761 - 0,3055 \times d_m$ (d_m =spessore medio delle pareti esterne)