



Med-EcoSuRe



Convegno

## VERSO LA NUOVA DIRETTIVA EPBD

Piano di Azione politico, strategico e di progetto per edifici universitari Carbon Neutral

Napoli, Mostra d'Oltremare  
Venerdì, 31 marzo 2023

# ASPETTI TECNICI E LEGISLATIVI SULL'EFFICIENZA ENERGETICA DELL'EDIFICIO E SUGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSI UNIVERSITARI

GRUPPO DI LAVORO:

- ING. PH.D. DIANA D'AGOSTINO
- ING. FEDERICO MINELLI
- PROF. ING. FRANCESCO MINICHIELLO

Università degli Studi di Napoli Federico II  
Dipartimento di Ingegneria Industriale  
email: [francesco.minichiello@unina.it](mailto:francesco.minichiello@unina.it)



@MedEcoSure



[enicbcmmed.eu/projects/med-ecosure](http://enicbcmmed.eu/projects/med-ecosure)



SOLARTYS



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

DIDA



Project funded by the European Union, under the ENI CBC MED programme

This document has been produced with the financial assistance of the European Union under the ENI CBC Mediterranean Sea Basin Programme. The contents of this document are the sole responsibility of ANEA and can under no circumstances be regarded as reflecting the position of the European Union or the programme management structures.



# SOMMARIO

INTRODUZIONE

ASPETTI LEGISLATIVI TRA PRESENTE E  
FUTURO

SOLUZIONI ENERGETICAMENTE  
EFFICIENTI

CONCLUSIONI

# INTRODUZIONE



Attualmente in Europa il settore civile è responsabile di circa il 40% del consumo totale di energia e di circa il 36% delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Riguardo ai **complessi universitari italiani**, questi coprono 4,5 milioni di m<sup>2</sup>; circa il 20% degli immobili necessita di interventi di ristrutturazione e il 66% ha bisogno di adeguamento in termini di **funzione green e sostenibilità\***.

\*Fonte: Istituto Scenari Immobiliari

# LEGISLAZIONE

## Principali prescrizioni legislative su efficienza energetica e FER in edilizia:

- ✘ 1976: legge 373/76 (abrogata) e suoi decreti attuativi (DPR 1052/77 e altri)
- ✘ 1991: legge 10/91 e suoi decreti attuativi (tra cui il DPR 412/93)
- ✘ **2002: Direttiva europea 2002/91/CE (“EPBD”)** e suo recepimento a livello nazionale (DLgs 192/05, DLgs 311/06, ecc.)
- ✘ Direttiva europea 2009/28/CE (detta RED) sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili; DLgs 28/2011 («Decreto rinnovabili»)
- ✘ Direttiva europea 2018/2001 (detta RED II) sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili; DLgs 199/2021;
- ✘ 2010-2012: **Direttiva eur. 2010/31/UE (“EPBD recast”)** e suo recepimento a livello nazionale (D.L. 63/13, L. 90/13, DM 26.6.2015 «Decreto requisiti minimi», «Relazioni tecniche», «Linee-guida» APE, DPR 74/2013, DPR 75/2013, ecc.)
- ✘ **Direttiva 2018/844/UE - EPBD (efficienza energetica degli edifici)**
- ✘ Direttiva Europea 2012/27/UE su efficienza energetica e suo recepimento in Italia mediante i DLgs 102/2014 e DLgs 141/2016; Direttiva 2018/2002 che modifica la Direttiva 2012/27/UE su efficienza energetica
- ✘ 2017: DM 11.01.2017 e DM 11.10.2017 (Criteri Ambientali Minimi per l’Edilizia – CAM); il Decreto 23 giugno 2022 n. 256 sostituisce il DM 11.10.2017

# LEGISLAZIONE

Per accelerare il processo di efficientamento degli edifici civili (e non solo), l'Unione Europea ha emanato diverse Direttive



## ENERGY PERFORMANCE of BUILDINGS DIRECTIVE (EPBD) (2002, 2010, 2018)

ART.1 "L'EPBD MIRA A PROMUOVERE IL MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI ALL'INTERNO DELL'UNIONE EUROPEA, TENENDO CONTO DELLE CONDIZIONI CLIMATICHE ESTERNE E LOCALI, NONCHÉ DEI REQUISITI DI CLIMA INTERNO E DELL'EFFICACIA IN TERMINI DI COSTI."

# VERSO LA NUOVA LEGISLAZIONE

## Emissioni zero al 2050

Presentato dalla Commissione europea nel 2021, il pacchetto “**Fit for 55**” consentirà all'Unione europea di ridurre le sue emissioni nette di gas serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990 e di raggiungere la neutralità climatica nel 2050.

## NUOVA EPBD 2023!!!

L'UE ha recentemente approvato la nuova EPBD detta «**Direttiva Case Green**» la cui finalità è quella di censire e monitorare il **patrimonio edilizio esistente** aumentandone l'efficienza energetica qualora ce ne fosse bisogno.



EPBD

### EDIFICI NON RESIDENZIALI E PUBBLICI:

- Raggiungimento **classe energetica E** entro il **2027**
- Raggiungimento **classe energetica D** entro il **2030**

### EDIFICI RESIDENZIALI:

- Raggiungimento **classe energetica E** entro il **2030**
- Raggiungimento **classe energetica D** entro il **2033**

# LEGISLAZIONE: TRA PRESENTE E FUTURO

## NUOVA EPBD 2023!!!

Tra le altre novità più importanti della nuova Direttiva:

- A partire da **gennaio 2026**, gli **edifici pubblici di nuova costruzione dovranno essere a emissioni zero** (zero emission buildings), mentre per tutti gli altri edifici nuovi l'obbligo slitta al 2028.
- Dovranno essere installati **impianti solari**:
  - entro **24 mesi** dalla data di entrata in vigore della direttiva, su tutti i nuovi edifici pubblici e i nuovi edifici non residenziali
  - entro il 31 dicembre **2026**, su tutti gli edifici pubblici esistenti e gli edifici non residenziali
  - entro il 31 dicembre **2028**, su tutti i nuovi edifici residenziali e i parcheggi coperti
  - entro il 31 dicembre **2032**, su tutti gli edifici sottoposti a ristrutturazione importante



Per le **residenze universitarie** il D.M. 1256/2021 stabilisce che **"Non sono consentiti gli acquisti e le installazioni di caldaie a gas naturale."**

- A partire da **gennaio 2024** non saranno più **incentivabili acquisto ed installazione di generatori a combustibili fossili**, ad eccezione dei **sistemi ibridi e ad idrogeno**

# VERSO LA NUOVA LEGISLAZIONE

## NUOVA EPBD 2023!!!

**Gli Stati membri provvedono affinché il **Global Warming Potential (GWP)** del ciclo di vita (espresso in  $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{m}^2$  di superficie coperta utile) sia calcolato su un periodo di riferimento di 50 anni e reso noto mediante l'attestato di prestazione energetica (APE) dell'edificio dal 1° gennaio 2027, per tutti gli edifici di nuova costruzione.**

Entro il 31 dicembre 2025 la Commissione adotta un atto che integri la presente direttiva per stabilire un quadro armonizzato dell'UE per il **calcolo del GWP** del ciclo di vita, sviluppato in un processo inclusivo dei portatori di interessi e basato sulla norma **EN 15978**.

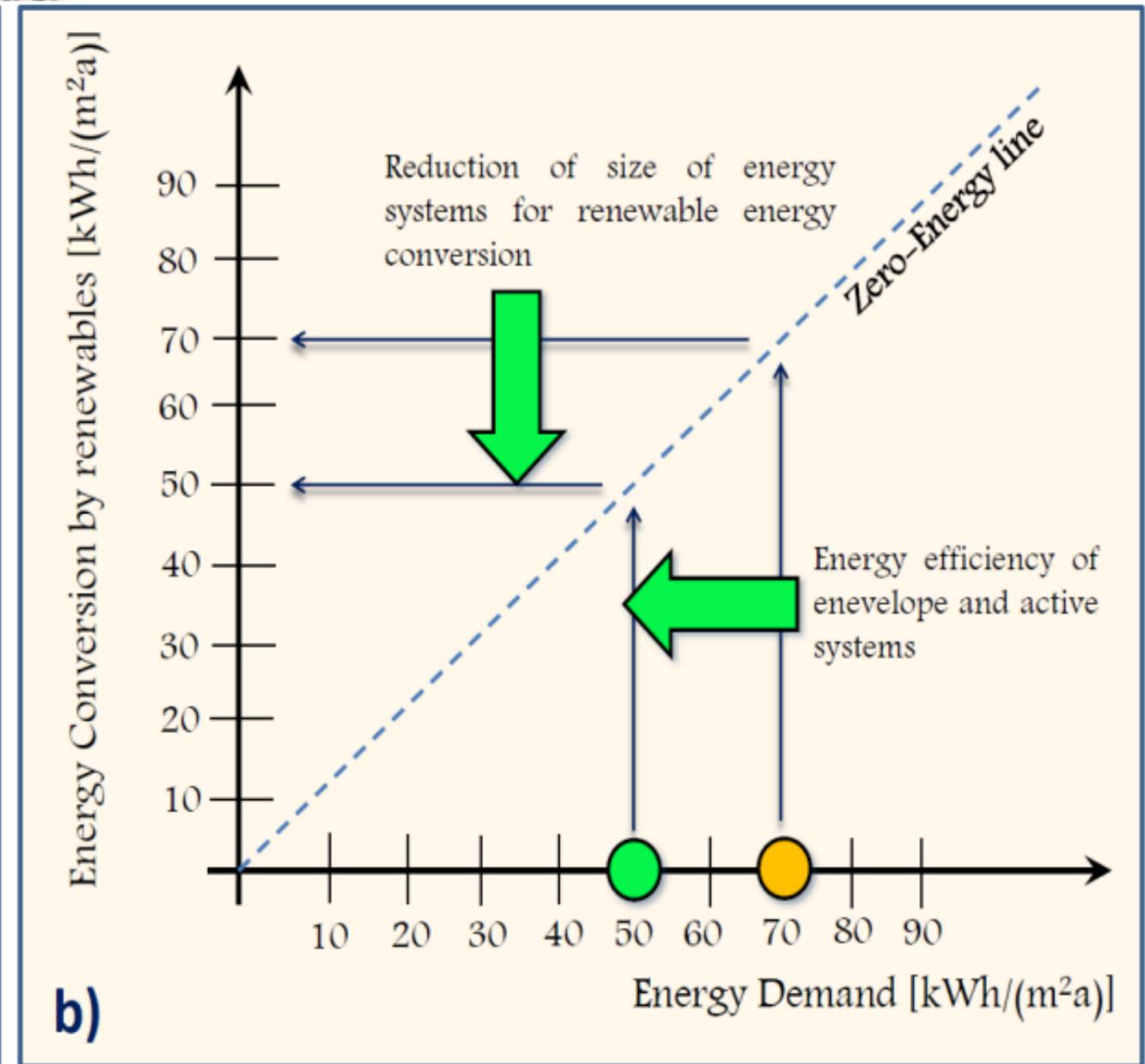
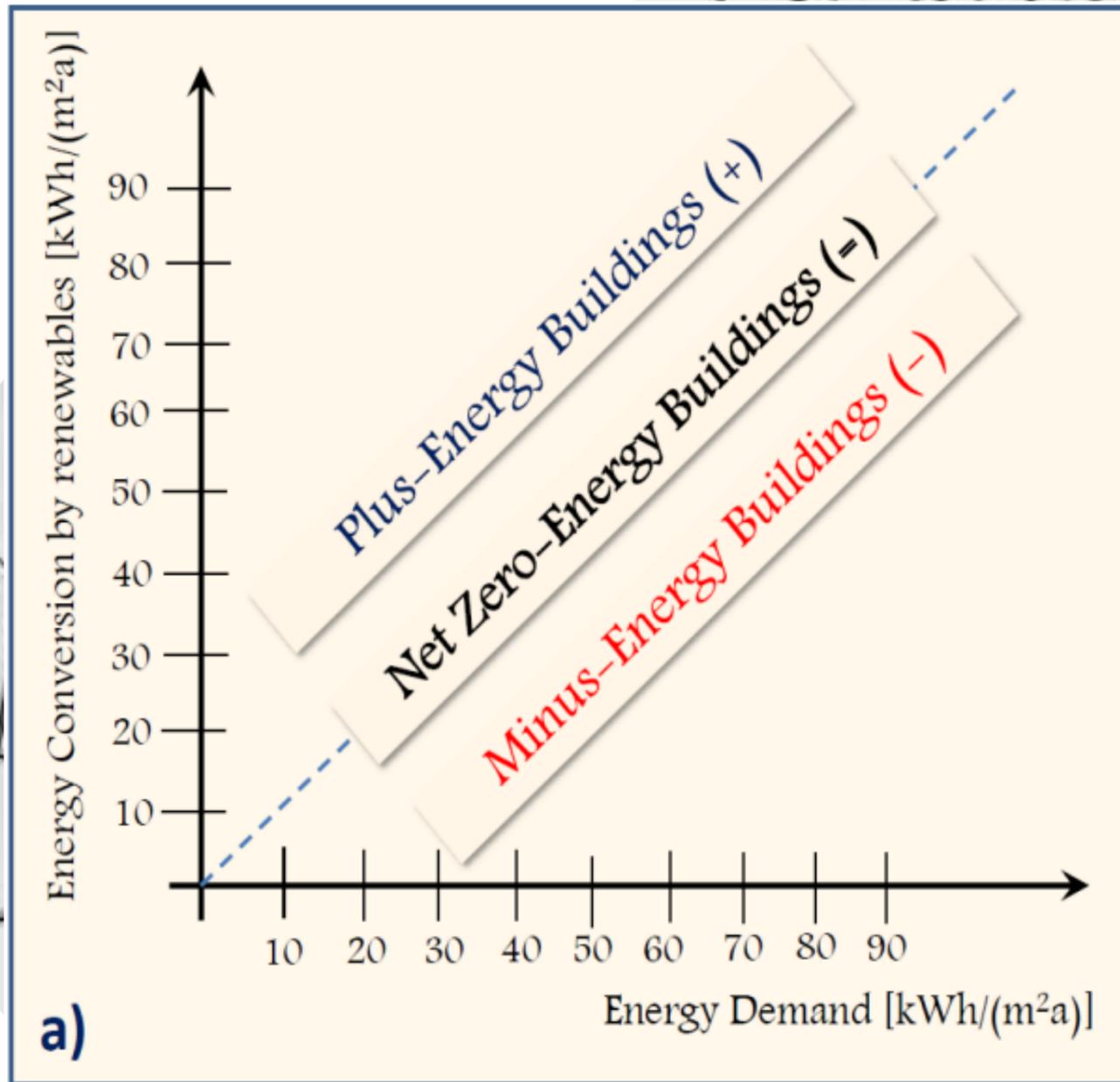
**Entro il 1° gennaio 2027, per garantire riduzioni delle emissioni di gas a effetto serra, gli Stati membri pubblicano una tabella di marcia che specifica l'introduzione di valori limite del GWP totale cumulativo del ciclo di vita di tutti gli edifici di nuova costruzione e fissano obiettivi per gli edifici di nuova costruzione a partire dal 2030, tenendo conto di una progressiva tendenza al ribasso, e requisiti massimi, dettagliati per zone climatiche e tipologie di edifici differenti.**

# LEGISLAZIONE ATTUALE

## GIA' ORA GLI EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE DEVONO ESSERE AD ENERGIA QUASI ZERO

Già dal 2021 vige l'obbligo che tutti gli edifici di nuova costruzione siano ad energia quasi zero (nZEB) e questo comporta che vengano rispettati gli obblighi di legge per la verifica di questo target indicati nel **D.M. 26/06/2015 «Requisiti Minimi»**.

Le verifiche del nZEB riguardano le prestazioni energetiche del sistema edificio-impianti e l'uso di fonti energetiche rinnovabili.



Fonte: Fabrizio Ascione, «Nearly Zero Energy Buildings Application in Mediterranean Climates», Convegno Stress 29 gennaio 2016

# EFFICIENZA ENERGETICA DEI COMPLESSI UNIVERSITARI: COME INTERVENIRE?

Considerando i **complessi universitari** si può dire che è possibile lavorare su due obiettivi:



In entrambi i casi bisogna considerare le «**3 leve dell'efficienza energetica**» in edilizia:

1. EDIFICIO
2. IMPIANTI A SERVIZIO DELL'EDIFICIO
3. USO DELLE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI

Basandosi sulle leve dell'efficienza energetica, per efficientare un complesso universitario esistente la prima cosa che bisogna fare è agire sull'involucro edilizio e sugli impianti.

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI

- **NUOVA COSTRUZIONE E RISTRUTTURAZIONE** – alcune scelte per efficientamento dell'involucro edilizio:



Riguardo ai **componenti opachi dell'involucro edilizio**:

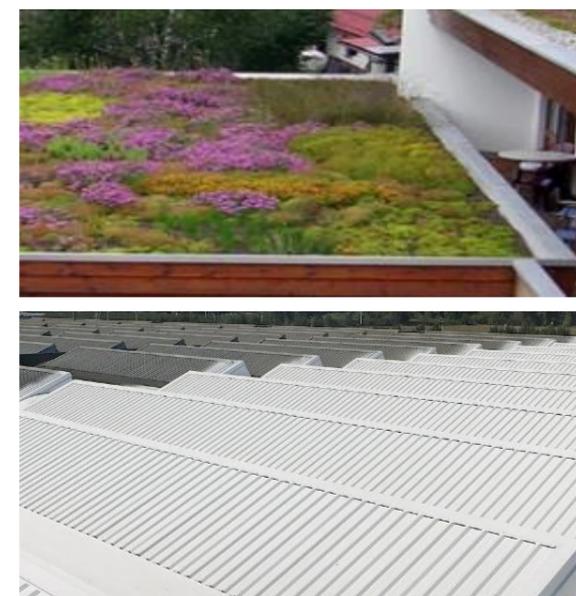
- riduzione della trasmittanza termica stazionaria  $U$  [ $W/m^2K$ ];
- riduzione della trasmittanza termica dinamica  $Y_{IE}$  [ $W/m^2K$ ], aumento dello sfasamento [h] e riduzione del fattore di attenuazione.



Riguardo ai **componenti trasparenti dell'involucro edilizio**:

- riduzione della trasmittanza termica stazionaria  $U_w$  [ $W/m^2K$ ];
- utilizzo di vetri con basso fattore solare  $g$  con eventuali sistemi schermanti:

$g_{gl+sh}$  ottimali attorno a 0,3-0,35.



Interventi per ridurre l'effetto «isola di calore» e i consumi per la climatizzazione estiva (tetti verdi, cool roof, etc.)

# RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI (e quindi anche dei COMPLESSI UNIVERSITARI esistenti)

Il D.M. 26/06/2015 «Requisiti Minimi» stabilisce **TRE** tipi di intervento:

- **RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO**: l'intervento riguarda **l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 50%** della superficie disperdente lorda e, inoltre, comprende anche la **ristrutturazione globale dell'impianto di climatizzazione**.
- **RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI SECONDO LIVELLO**: l'intervento **riguarda l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 25 %** della superficie disperdente lorda e **può interessare** alcuni sottosistemi dell'**impianto di climatizzazione**.
- **RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA**: gli interventi interessano **l'involucro edilizio con un'incidenza inferiore o pari al 25 %** della superficie disperdente lorda e/o consistono nella **nuova installazione o ristrutturazione dell'impianto di riscaldamento/raffrescamento** asservito all'edificio, o in altri interventi parziali sugli impianti, compresa la **sostituzione del generatore di calore**.

# SINTESI SULLE PRINCIPALI VERIFICHE PREVISTE DAL DM «Requisiti minimi» NEL CASO DI EDIFICIO NUOVO O SOGGETTO A RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO

1) CONDENSA E MUFFA –  
SUPERFICI OPACHE E  
PONTI TERMICI – SECONDO  
UNI 13788

2) COEFFICIENTE MEDIO  
GLOBALE DI SCAMBIO  
TERMICO:  
 $H'_T < H'_{T, LIMITE}$

3) TRASMITTANZA DEI  
DIVISORI  
 $U_{DIVISORI}:$   
 $U_{divisori} \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

4) RIDUZIONE RADIAZIONE  
SOLARE ENTRANTE –  
COMPONENTI VETRATI:  
 $A_{sol-equiv-estiva} / A_{sup\ utile}$

5) INERZIA TERMICA -  
INVOLUCRO OPACO:  
 $Y_{ie}, M_s$

6) RIFLETTANZA DELLE  
COPERTURE

7a) ENERGIA TERMICA  
UTILE IN REGIME  
INVERNALE:  
 $EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$

7b) ENERGIA TERMICA  
UTILE IN REGIME ESTIVO:  
 $EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$

8) EFFICIENZE MEDIE  
GLOBALI STAGIONALI  
IMPIANTI:  
 $\eta_H \geq \eta_{H,limite}$   
 $\eta_C \geq \eta_{C,limite}$   
 $\eta_W \geq \eta_{W,limite}$

9) ENERGIA PRIMARIA  
GLOBALE TOTALE:  
 $EP_{GLOB,TOT} < EP_{GLOB,TOT,limite}$

10) OBBLIGHI SULLE FER  
TERMICHE E SULLE FER  
ELETTRICHE (\*)

11) ALTRE VERIFICHE  
RIGUARDANTI  
SOPRATTUTTO GLI  
IMPIANTI

(\*) Nel caso di ristrutturazione importante di primo livello, tale verifica è obbligatoria solo se si ricade nel caso di «ristrutturazione rilevante»

# SINTESI SULLE PRINCIPALI VERIFICHE PREVISTE DAL DM «Requisiti minimi» NEL CASO DI EDIFICIO NUOVO O SOGGETTO A RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO

## LEGENDA RELATIVA ALLA SLIDE PRECEDENTE:

VERIFICA RELATIVA AL COMPORTAMENTO TERMOIGROMETRICO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

VERIFICHE RELATIVE ALL'EFFICIENZA ENERGETICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO PER RIDURRE LE DISPERSIONI TERMICHE INVERNALI: 2), 3), 7a)

VERIFICHE RELATIVE ALL'EFFICIENZA ENERGETICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO PER RIDURRE I CARICHI TERMICI ESTIVI: 4), 5), 6), 7b)

VERIFICHE RELATIVE ALL'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI IMPIANTI: 8), 10), 11)

VERIFICA RELATIVA ALL'EFFICIENZA ENERGETICA DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTI: 9)

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI EDIFICI ESISTENTI SOGGETTI A «RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI SECONDO LIVELLO» O «RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA»

## Interventi sull'involucro edilizio – obblighi:

- A) verifica a condensa interstiziale e rischio di formazione di muffe (solo per pareti opache che dividono il volume riscaldato dall'esterno e che sono oggetto di intervento);
- B) per i componenti opachi e/o trasparenti disperdenti soggetti all'intervento, trasmittanza termica unitaria stazionaria, comprensiva dei ponti termici,  $U < U_{max}$  (valori di  $U_{max}$  riportati nelle diapositive seguenti);

(\* Per componenti di involucro edilizio disperdenti si intendono pareti, solai e componenti vetrati che dividono il volume climatizzato dall'esterno o da locali non climatizzati.

*Nota: in caso di isolamento termico dall'interno o in intercapedine, indipendentemente dall'entità della superficie coinvolta, i valori di  $U_{max}$  sono incrementati del 30% (ma attenzione al maggior rischio di condensa!!).*

DM 26.6.2015 – Requisiti minimi

Tabella 1- Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

Tabella 2 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

DM 26.6.2015 – Requisiti minimi - Appendice B (Allegato 1)

Tabella 3 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,48	0,42
C	0,42	0,38
D	0,36	0,32
E	0,31	0,29
F	0,30	0,28

Tabella 4 - Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2021 <sup>(2)</sup>
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

*N.B.: i valori massimi di  $U_{window}$  per accedere agli sgravi fiscali («ecobonus», «super-ecobonus 110%») sono diversi da questi qui riportati e sono indicati in altri decreti.*

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI EDIFICI ESISTENTI SOGGETTI A «RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI SECONDO LIVELLO» O «RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA»

## Interventi sull'involucro edilizio – obblighi:

**C)** per i componenti vetrati con orientamento da est a ovest passando per sud, se oggetto di intervento, verifica sul fattore (di trasmissione) solare totale ( $g_{gl+sh} \leq 0,35$ );

**D)** per edifici dotati di impianto termico non a servizio di singola unità immobiliare residenziale (quindi per edifici dotati di impianto di riscaldamento centralizzato) , in caso di riqualificazione energetica dell'involucro edilizio, coibentazioni delle pareti o installazione di nuove chiusure tecniche trasparenti, è anche obbligatoria l'installazione di valvole termostatiche o di altro sistema di termoregolazione per singolo ambiente o singola unità immobiliare, assistita da compensazione climatica del generatore (che può essere omessa in presenza di sistemi di controllo equivalenti o nel caso non sia tecnicamente realizzabile).

DM 26.6.2015 – Requisiti minimi

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI EDIFICI ESISTENTI SOGGETTI A «RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI SECONDO LIVELLO»

## Prescrizioni per i soli interventi di ristrutturazione importante di secondo livello

Oltre a quanto riportato nelle 4 diapositive precedenti, per le parti dell'involucro edilizio su cui si interviene:

- il **coefficiente globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente ( $H'_{T}$ )**, determinato per l'intera porzione dell'involucro oggetto dell'intervento (parete verticale, copertura, solaio, serramenti, ecc.), comprensiva di tutti i componenti (*anche quelli che non sono stati modificati? Si veda FAQ MISE Agosto 2016, FAQ 2.15*), deve risultare inferiore al corrispondente valore limite di legge, per tutte le categorie di edifici.

DM 26.6.2015 – Requisiti minimi

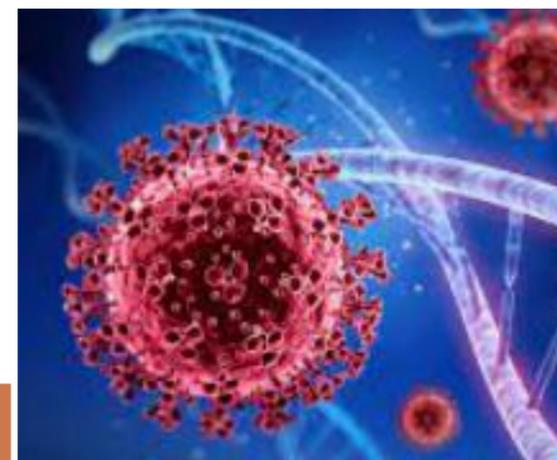
# IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSI UNIVERSITARI

Questi impianti hanno la funzione di:

1. **GARANTIRE IL BENESSERE TERMOIGROMETRICO DELLE PERSONE NEI LOCALI**, bilanciando i carichi termici (che grazie agli interventi passivi devono essere ridotti al minimo!)
2. **GARANTIRE UN'ADEGUATA QUALITA' DELL'ARIA.**



TEMA PARTICOLARMENTE RILEVANTE NELL'ERA COVID!



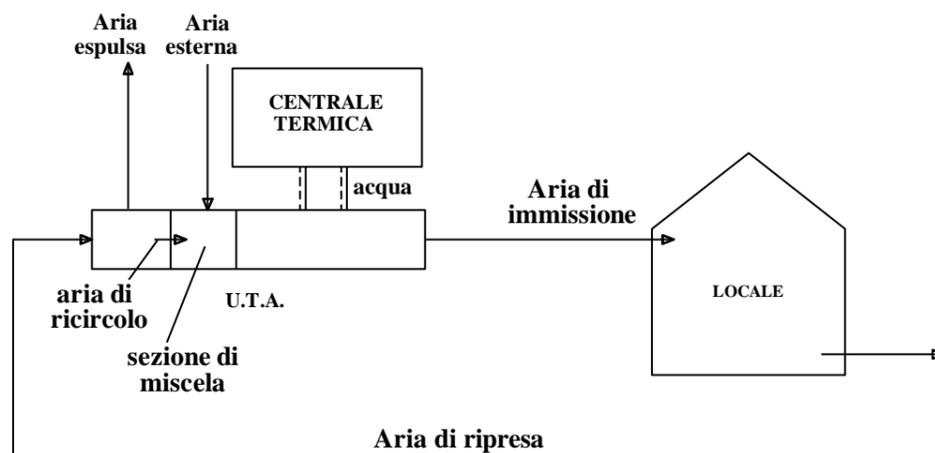
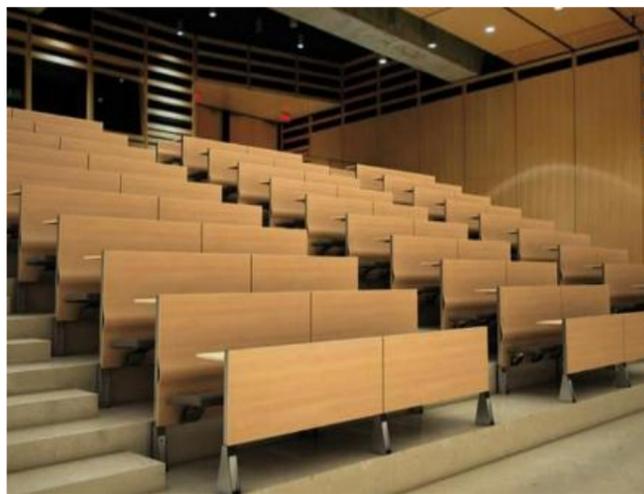
Per i complessi universitari si può prendere a riferimento il **D.M. 18/12/1975**, che indica i **ricambi d'aria esterna minimi per garantire un'adeguata qualità dell'aria**:

- 1 - **Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo: coefficiente di ricambio 5 vol/h**
- 2 - **Altri ambienti di passaggio, uffici: coefficiente di ricambio 1,5 vol/h**
- 3 - **Servizi igienici, palestre, refettori: coefficiente di ricambio 2,5 vol/h**

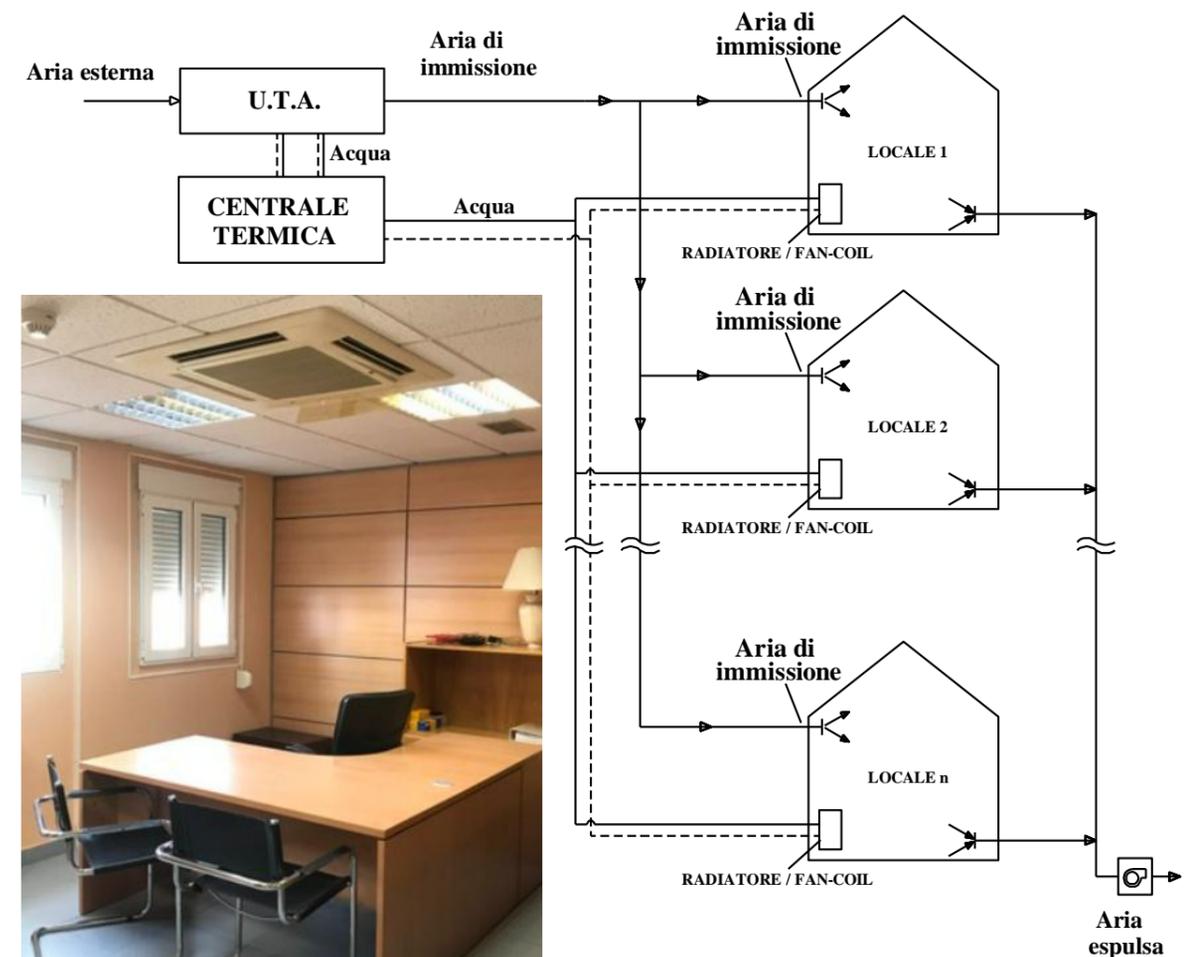
# TIPOLOGIE DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSI UNIVERSITARI

Data la necessità non solo di riscaldare e raffrescare ma anche di garantire elevati ricambi d'aria esterna, tra le tipologie di impianti di climatizzazione più adatte ai complessi universitari si segnalano:

## GRANDI AULE -> IMPIANTO A TUTT'ARIA



## PICCOLE AULE O UFFICI -> IMPIANTO MISTO ARIA-ACQUA

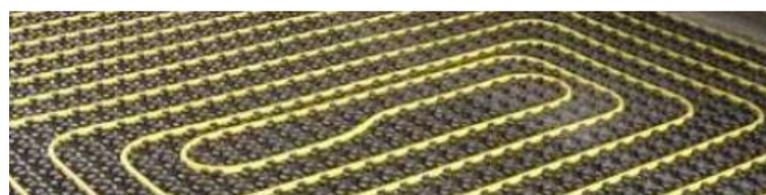


# TIPOLOGIE DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSI UNIVERSITARI



Gli impianti a tutt'aria più diffusi per i complessi universitari sono caratterizzati da una centrale termofrigorifera ed **Unità di Trattamento dell'Aria con batterie idroniche.**

In alternativa, **Roof-Top.**



Gli impianti misti aria/acqua più diffusi per i complessi universitari sono del tipo a **fan-coil più aria primaria;** meno frequenti gli impianti a **pannelli radianti più aria primaria.**

# IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE A TUTT'ARIA PER COMPLESSI UNIVERSITARI

- **IMPIANTO A TUTT'ARIA ESTERNA O A PARZIALE RICIRCOLO ?**
- **PROBABILMENTE, CONSIDERANDO ANCHE LE PROBLEMATICHE CONNESSE AL RISCHIO DI INFEZIONI (COVID E SIMILARI), SI DOVREBBE TENDERE SEMPRE PIU' SPESSO ALLA SOLUZIONE CON TUTT'ARIA ESTERNA, MA CON RECUPERATORI DI CALORE AD ALTA EFFICIENZA PER LIMITARE I CONSUMI ENERGETICI**

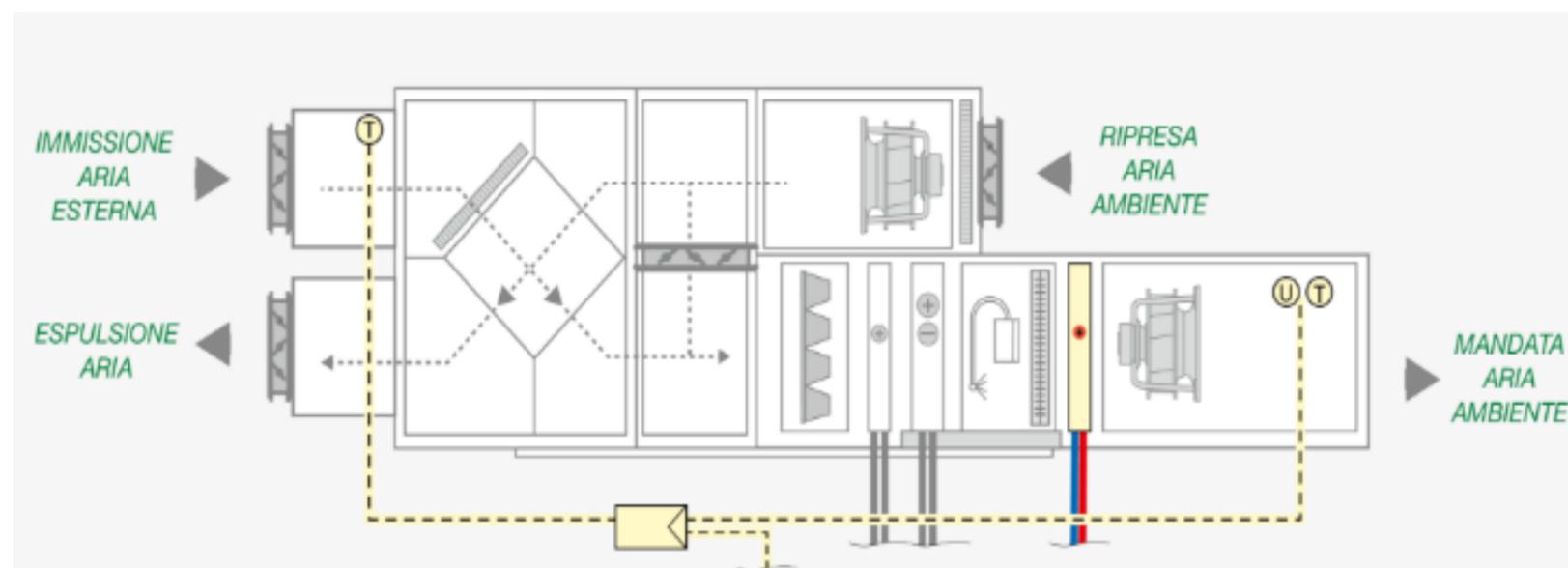
# TIPOLOGIE DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSI UNIVERSITARI

Le **Unità di Trattamento dell'Aria (UTA)** sono caratterizzate da un **notevole consumo energetico** soprattutto quando le portate d'aria esterna sono notevoli.

Nell'ottica di aumentarne l'**EFFICIENZA ENERGETICA**, le UTA vengono spesso dotate di **RECUPERATORE di CALORE**.

I recuperatori di calore sono degli **scambiatori di calore** che fanno sì che l'aria ambiente da estrarre, caratterizzata da condizioni termometriche migliori rispetto all'aria esterna, prima che venga espulsa scambi energia termica con l'aria esterna di immissione.

In tal modo si ottiene un **RISPARMIO ENERGETICO** dovuto al fatto che la potenza termica necessaria a raggiungere le condizioni termometriche di immissione è minore rispetto al caso base.



# TIPOLOGIE DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSI UNIVERSITARI

I recuperatori di calore aria-aria del tipo **rotativo** presentano efficienze maggiori rispetto a quelli **statici a piastre**, ma sono meno pregiati dal punto di vista igienico (maggior rischio di contaminazione del flusso d'aria esterna di rinnovo).

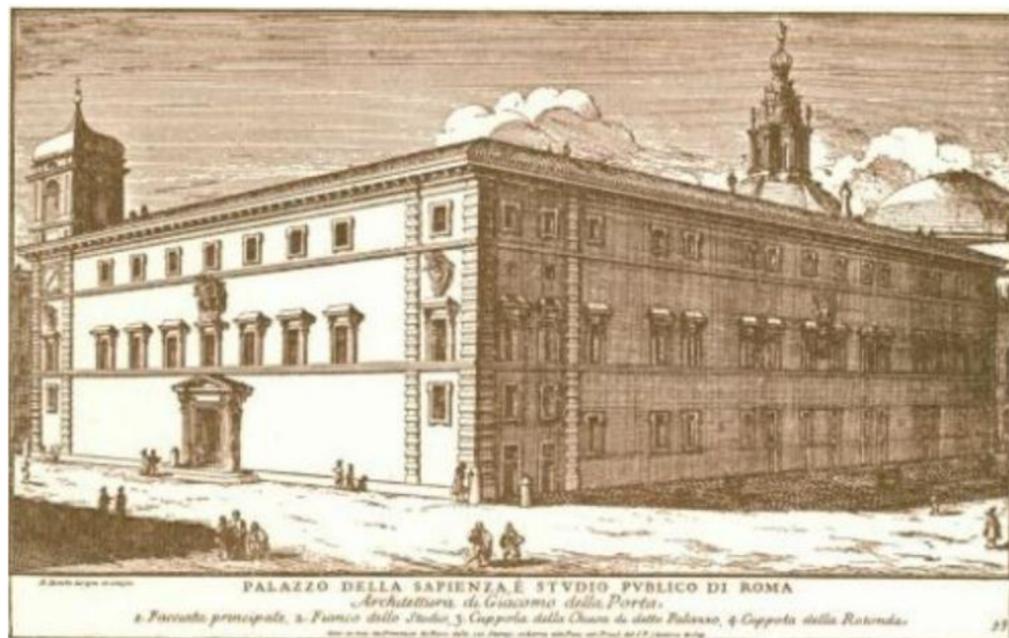
Invece i recuperatori di calore del tipo **a doppia batteria** sono i migliori dal punto di vista igienico ma presentano efficienze minori.

L'inserimento recuperatori di calore dev'essere però soggetto ad un'analisi preliminare (eccetto i casi in cui sono obbligatori per legge), poiché il risparmio ottenibile con il recuperatore può essere annullato per l'aumento di **assorbimento elettrico del ventilatore**, che dovrà sopperire all'aumento di perdita di carico nell'UTA.

# TIPOLOGIE DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSI UNIVERSITARI

.. È sempre possibile ricorrere a queste tipologie impiantistiche?

Nel caso di **edifici esistenti** da riqualificare, l'installazione di impianti che prevedono l'immissione di aria esterna trattata è spesso ostacolata da **vincoli architettonici** che impediscono o rendono difficile l'inserimento dei canali dell'aria, soprattutto nel caso di **edifici storici**.



Pertanto, sebbene le tipologie di impianti di climatizzazione prima citate siano ricorrenti nei complessi universitari, è bene valutare caso per caso quali siano le strategie migliori da attuare, specialmente nel caso di edifici storici.

# TIPOLOGIE DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSI UNIVERSITARI

## POMPE DI CALORE

Come generatori di calore, **vanno preferite le pompe di calore ad alta efficienza**, quali ad esempio le **pompe di calore geotermiche e quelle acqua-acqua**, soprattutto se nella versione con **recupero di calore (parziale o totale)** o nella versione **polivalente**.

Anche i **roof-top a recupero termodinamico attivo** sono indicati in alcuni casi.

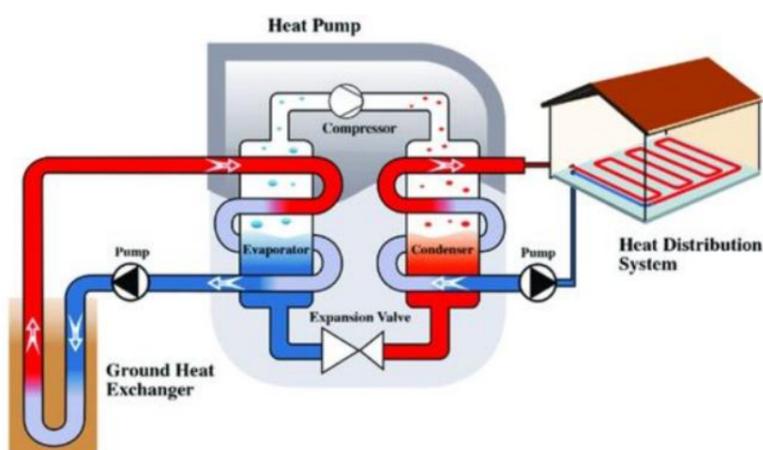
Una pompa di calore all'avanguardia presenta un'efficienza energetica molto maggiore rispetto ad una caldaia (anche se a condensazione), ma costi maggiori.

Quando l'energia elettrica che alimenta la pompa di calore viene prodotta utilizzando fonti rinnovabili, si ottengono riduzioni notevolissime delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

# TIPOLOGIE DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSI UNIVERSITARI

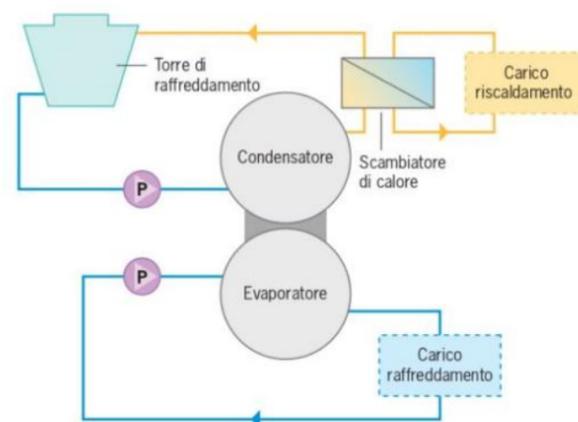
## POMPE DI CALORE

Tra le tipologie che manifestano la maggiore efficienza energetica si segnalano:



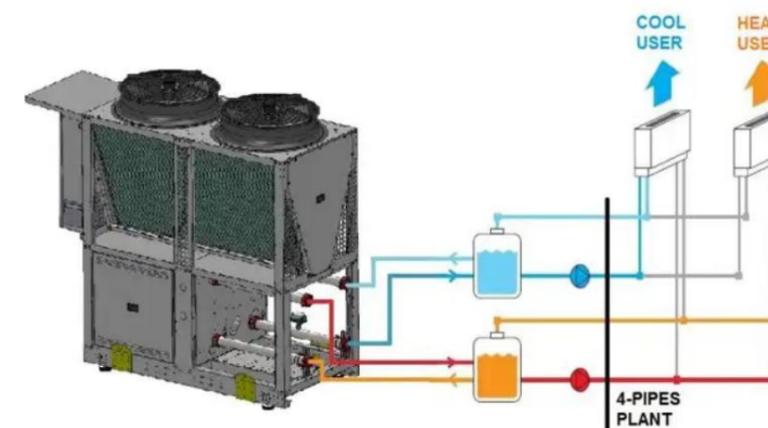
### POMPE DI CALORE GEOTERMICHE

Pompe di calore acqua/acqua. Temperature allo scambiatore lato sorgente più miti rispetto a quelle dell'aria esterna consentono di raggiungere valori elevati di efficienza sia in inverno (COP fino a 6) che in estate.



### POMPE DI CALORE A RECUPERO PARZIALE O TOTALE

Produzione contemporanea di acqua refrigerata e di acqua calda per ACS e/o post-riscaldamento estivo della UTA, anche utile nel caso di necessità contemporanea di raffreddare alcuni locali e riscaldare altri (situazione frequente nei complessi universitari in inverno e nelle mezze stagioni). Alte efficienze energetiche.



### POMPE DI CALORE POLIVALENTI

Consentono la produzione contemporanea di acqua refrigerata e di acqua calda. Consigliabili soprattutto in presenza di sostanziale contemporaneità di carichi termici di segno opposto (situazione frequente nei complessi universitari in inverno e nelle mezze stagioni). Altissime efficienze (COP > 6) ma costi maggiori.

# CONCLUSIONI (1 DI 2)

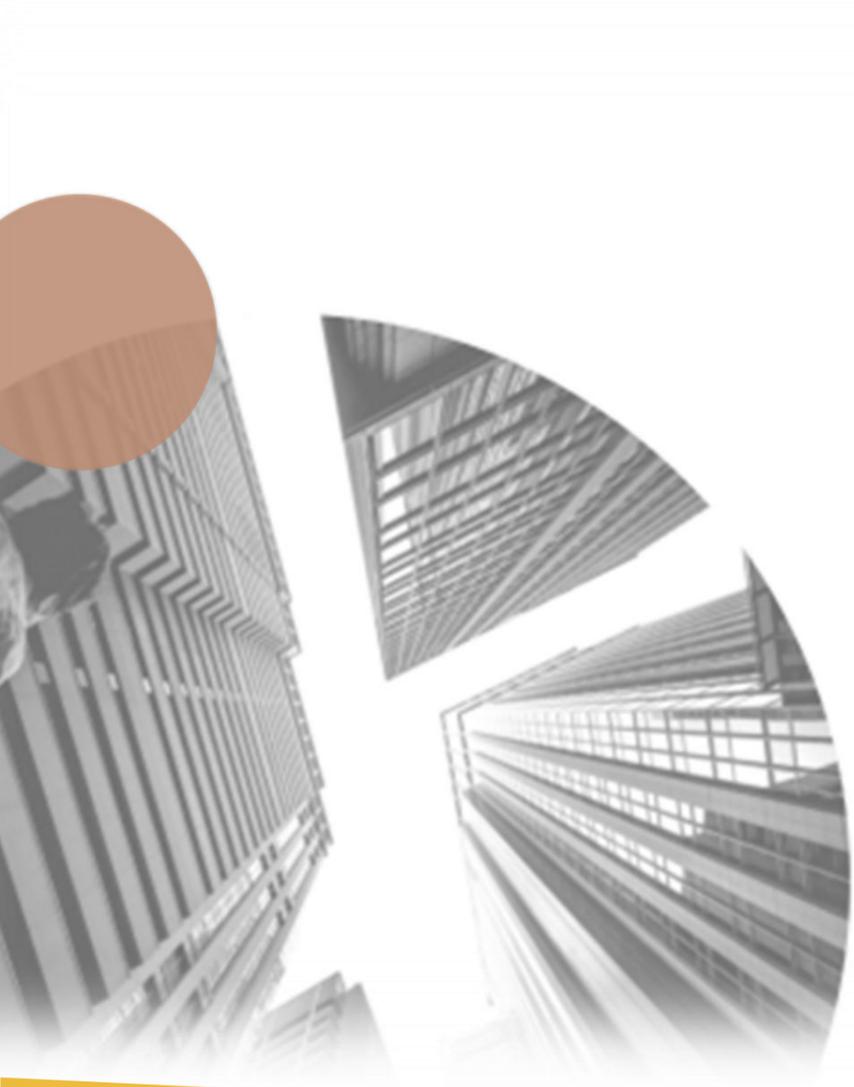
**E' necessario che anche i complessi universitari adottino soluzioni energeticamente efficienti, attraverso:**

- ❑ LE SCELTE DEVONO RISPETTARE I REQUISITI DI EFFICIENZA ENERGETICA DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTI ALLA LUCE DELL'ATTUALE LEGISLAZIONE E, NEL PROSSIMO FUTURO, DELLA NUOVA «DIRETTIVA CASE GREEN».**
- ❑ INTERVENTI PASSIVI SULL'INVOLUCRO EDILIZIO TALI DA RIDURRE IL CARICO TERMICO INVERNALE ED ESTIVO. QUESTI INTERVENTI, SE FATTI SU COMPLESSI ESISTENTI, DEVONO ESSERE POCO INVASIVI PER GLI UTENTI IN MODO DA TUTELARE LA FRUIBILITA'.**
- ❑ E' FONDAMENTALE SCEGLIERE IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE CHE OLTRE AL CONTROLLO TERMOIGROMETRICO GARANTISCANO UN'ADEGUATA QUALITA' DELL'ARIA.**



# CONCLUSIONI (2 DI 2)

- LE NOTEVOLI PORTATE D'ARIA ESTERNA RICHIESTE SPINGONO VERSO DISPOSITIVI DI RISPARMIO ENERGETICO COME I RECUPERATORI DI CALORE.
- ALLE CALDAIE VANNO PREFERITE LE POMPE DI CALORE AD ALTA EFFICIENZA, SOPRATTUTTO QUELLE DOTATE DI RECUPERO DI CALORE O POLIVALENTI.
- PER GLI EDIFICI ESISTENTI, SOPRATTUTTO QUELLI STORICI, LA SCELTA OTTIMALE DELL'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE DEVE SEMPRE TENER PRESENTE DEI VINCOLI ARCHITETTONICI.





Med-EcoSuRe



# ASPETTI TECNICI E LEGISLATIVI SULL'EFFICIENZA ENERGETICA DELL'EDIFICIO E SUGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSI UNIVERSITARI

## GRUPPO DI LAVORO:

- ING. PH.D. DIANA D'AGOSTINO
- ING. FEDERICO MINELLI
- PROF. ING. FRANCESCO MINICHIELLO

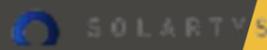
Università degli Studi di Napoli Federico II  
 Dipartimento di Ingegneria Industriale  
 email: [francesco.minichiello@unina.it](mailto:francesco.minichiello@unina.it)



@MedEcoSure



[enicbmed.eu/projects/med-ecosure](http://enicbmed.eu/projects/med-ecosure)



Project funded by the European Union, under the ENI CBC MED programme

*This document has been produced with the financial assistance of the European Union under the ENI CBC Mediterranean Sea Basin Programme. The contents of this document are the sole responsibility of ANEA and can under no circumstances be regarded as reflecting the position of the European Union or the programme management structures.*



REGIONE AUTONOMA DI SARDEGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Med-EcoSuRe

# APPENDICE

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI NUOVA COSTRUZIONE O DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO

In fase progettuale bisognerà effettuare le verifiche globali sull'intero sistema edificio-impianti di seguito sintetizzate.

- 1) Verifica termo-igrometrica**, che prevede la verifica dell'assenza di condensa interstiziale e dell'assenza del rischio di formazione di muffe. La verifica deve essere effettuata con riferimento alla norma tecnica UNI EN ISO 13788 e considerando le classi di concentrazione di vapore definite nella stessa norma.
- 2) Coefficiente medio globale di scambio termico dell'edificio**,  $H't$  [W/m<sup>2</sup>K], che dev'essere inferiore ad un valore limite ricavabile dalla seguente tabella:

Tabella 10 - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico  $H't$  (W/m<sup>2</sup>°K)

Numero Riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	$S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	$0,7 > S/V \geq 0,4$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
Numero Riga	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
4	Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

Minore è il rapporto di forma, più stringente è la verifica!

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI NUOVA COSTRUZIONE O DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO

## 3) Verifica sulla trasmittanza termica unitaria stazionaria dei divisori (si veda anche FAQ MISE Agosto 2016, FAQ 2.29):

*Per divisori si intendono i componenti opachi (verticali e orizzontali) di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti.*

**Per tali «divisori» deve risultare  
 $U \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$**

ad eccezione degli edifici adibiti ad attività artigianali o industriali.

Tale requisito è obbligatorio nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione importante di primo livello di edifici esistenti (in quest'ultimo caso limitatamente alle demolizioni e ricostruzioni, da realizzarsi in zona climatica C, D, E ed F).

*Tale verifica va effettuata anche per tutte le pareti opache (verticali ed orizzontali) che dividono i locali non riscaldati dall'esterno, se sono adiacenti a locali riscaldati.*

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI NUOVA COSTRUZIONE O DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO

4) **Verifica sulle prestazioni estive dell'involucro edilizio** (per limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e contenere la T interna degli ambienti):

**verifica dell'area solare equivalente estiva (dei componenti vetrati)**

Il rapporto tra tale **Area solare equivalente estiva  $A_{sol}$  [m<sup>2</sup>]** e l'intera superficie utile dell'edificio dev'essere inferiore ad un valore limite da tabella:

Tabella 11 - Valore massimo ammissibile del rapporto tra area solare equivalente estiva dei componenti finestrati e l'area della superficie utile  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$  (-)

#	Categoria edificio	Tutte le zone climatiche
1	Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3)	$\leq 0,030$
2	Tutti gli altri edifici	$\leq 0,040$

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI NUOVA COSTRUZIONE O DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO

## 5) Verifica sulla trasmittanza termica periodica $Y_{IE}$ [W/m<sup>2</sup>K] e sulla massa superficiale $M_s$ [kg/m<sup>2</sup>].

Per le località (esclusa la zona F) in cui l'irradianza media mensile su superficie orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, è pari o superiore a 290 W/m<sup>2</sup>, per le pareti opache soggette a irraggiamento solare, va verificato che:

- per le **pareti orizzontali e inclinate** (tetto), il modulo della trasmittanza termica periodica (o dinamica)  $Y_{IE}$  sia inferiore a 0,18 W/m<sup>2</sup>K;
- per le **pareti verticali**, escluse quelle orientate verso nord-ovest/nord/nord-est, deve essere soddisfatta almeno una delle seguenti verifiche:
  - la massa superficiale  $M_s$  (massa della parete per unità di superficie, esclusi gli strati di intonaco) è superiore a 230 kg/m<sup>2</sup>;
  - il modulo della trasmittanza termica periodica  $Y_{ie}$  è inferiore a 0,10 W/m<sup>2</sup>K.

Verifica molto importante per l'efficienza energetica dell'involucro in condizioni estive.

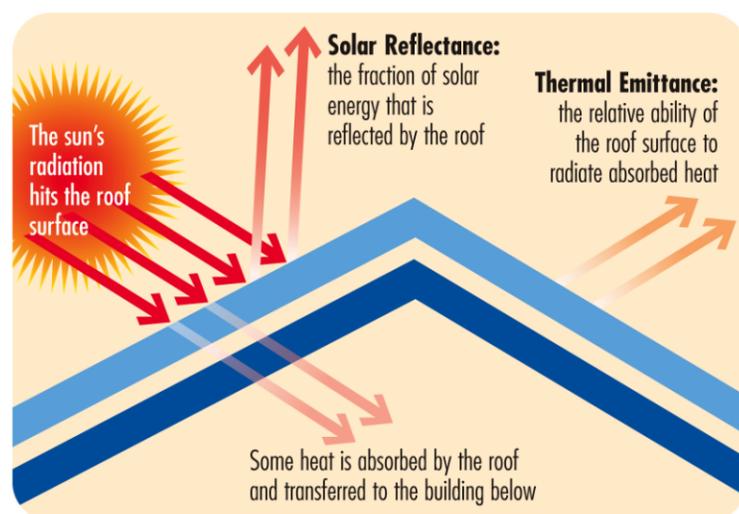
# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI NUOVA COSTRUZIONE O DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO

## 6) Miglioramento delle prestazioni estive dei componenti dell'involucro edilizio

Al fine di limitare il fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, nonché di limitare il surriscaldamento a scala urbana, per il tetto degli edifici è **obbligatorio verificare l'efficacia, in termini di rapporto costi-benefici**, dell'utilizzo di:

**A) materiali ad elevata riflettanza solare per le coperture («cool roof»)** (riflettanza maggiore di 0,65 per coperture piane e di 0,3 per coperture a falda)

**B) tecnologie di climatizzazione passiva (ventilazione, tetto verde...)**



# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI NUOVA COSTRUZIONE O DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO

7) Verifica che  $EP_{H,nd}$  e  $EP_{C,nd}$  siano minori dei corrispondenti valori limite (valutati per l'edificio di riferimento)

**$EP_{H,nd}$  (kWh/m<sup>2</sup>\*anno) = indice di prestazione termica utile per riscaldamento;**

- rappresenta l'energia termica per unità di superficie che occorre fornire all'edificio in regime invernale per mantenere all'interno la T di progetto (=  $Q_{H,nd}$ /superficie utile di calpestio);
- dipende soprattutto dalle trasmittanze stazionarie U dei componenti di involucro edilizio e dagli apporti termici interni e solari;

**$EP_{C,nd}$  (kWh/m<sup>2</sup>\*anno) = indice di prestazione termica utile per raffrescamento;**

- rappresenta l'energia termica per unità di superficie che occorre sottrarre all'edificio in regime estivo per mantenere all'interno la T di progetto (=  $Q_{C,nd}$ /superficie utile di calpestio);
- dipende soprattutto da: fattore di trasmissione solare  $g_{gl+sh}$  dei componenti vetrati; trasmittanze periodiche  $Y_{ie}$  dei componenti opachi di involucro edilizio.

**Entrambi  $EP_{H,nd}$  e  $EP_{C,nd}$  non dipendono dai rispettivi impianti (di riscaldamento e raffrescamento) ma solo dall'involucro edilizio.**

Inoltre, attenzione al fatto che, migliorando uno dei due parametri, talvolta si peggiora il secondo!

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI NUOVA COSTRUZIONE O DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO

8) Verifica che l'efficienza degli impianti di riscaldamento ( $\eta_h$ ), raffreddamento ( $\eta_c$ ) e produzione di acqua calda sanitaria ( $\eta_w$ ) siano superiori ai corrispondenti valori limite .

Tabella 7 – Efficienze medie  $\eta_u$  dei sottosistemi di utilizzazione dell'edificio di riferimento per i servizi di H, C, W

Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione $\eta_u$ :	H	C	W
Distribuzione idronica	0,81	0,81	0,70
Distribuzione aeraulica	0,83	0,83	-
Distribuzione mista	0,82	0,82	-

- $\eta_u$  è il prodotto delle efficienze dei sottosistemi di distribuzione, regolazione ed emissione
- H = Riscaldamento = climatizzazione invernale
- C = Raffrescamento = climatizzazione estiva
- W = Acqua calda sanitaria

DM 26.6.2015  
ALLEGATO 1 APPENDICE A

Tabella 8 – Efficienze medie  $\eta_{gp}$  dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per i servizi di H, C, W e per la produzione di energia elettrica in situ.

Sottosistemi di generazione:	Produzione di energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
- Generatore a combustibile liquido	0,82	-	0,80	-
- Generatore a combustibile gassoso	0,95	-	0,85	-
- Generatore a combustibile solido	0,72	-	0,70	-
- Generatore a biomassa solida	0,72	-	0,65	-
- Generatore a biomassa liquida	0,82	-	0,75	-
- Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3,00	(*)	2,50	-
- Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico	-	2,50	-	-
- Pompa di calore ad assorbimento	1,20	(*)	1,10	-
- Macchina frigorifera a fiamma indiretta	-	$0,60 \times \eta_{gp}$ (**)	-	-
- Macchina frigorifera a fiamma diretta	-	0,60	-	-
- Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1,15	1,00	1,05	-
- Cogeneratore	0,55	-	0,55	0,25
- Riscaldamento con resistenza elettrica	1,00	-	-	-
- Teleriscaldamento	0,97	-	-	-
- Teleraffrescamento	-	0,97	-	-
- Solare termico	0,3	-	0,3	-
- Solare fotovoltaico	-	-	-	0,1
- Mini eolico e mini idroelettrico	-	-	-	(**)

NOTA: Per i combustibili tutti i dati fanno riferimento al potere calorifico inferiore  
 (\*) Per pompe di calore che prevedono la funzione di raffreddamento di considera lo stesso valore delle macchine frigorifere della stessa tipologia  
 (\*\*) si assume l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI NEL CASO DI NUOVA COSTRUZIONE O DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI PRIMO LIVELLO

9) Verifica sull'indice di prestazione energetica globale totale (di energia primaria)  $EP_{gl,tot}$ , che deve essere inferiore a un valore limite (calcolato per l'edificio di riferimento)

$EP_{gl,tot}$  (kWh/m<sup>2</sup>anno) indice di prestazione energetica globale totale, somma di:

$EP_{H,tot}$  energia primaria (per unità di superficie) utilizzata per la climatizzazione invernale

$EP_{C,tot}$  energia primaria (per unità di superficie) utilizzata per la climatizzazione estiva

$EP_{W,tot}$  energia primaria (per unità di superficie) utilizzata per la produzione di ACS

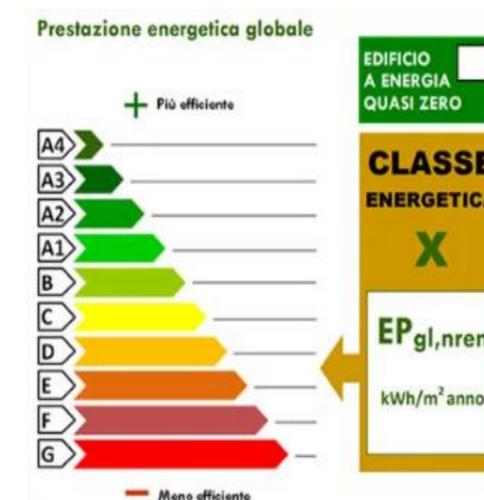
$EP_{V,tot}$  energia primaria (per unità di superficie) per eventuale ventilazione meccanica

$EP_{L,tot}$  energia primaria (per unità di superficie) utilizzata per l'illuminazione artificiale

$EP_{T,tot}$  energia primaria (per unità di superficie) utilizzata per il trasporto di persone (fabbisogno energetico per ascensori, scale mobili e tappeti mobili).

Il pedice gl (globale) evidenzia che si considerano tutti gli impianti sopra citati, mentre il pedice tot (totale) evidenzia che si tratta della somma dell'energia da fonti rinnovabili (pedice: ren) e da fonti non rinnovabili (pedice: nren).

**$EP_{gl,tot}$  dipende sia dall'involucro edilizio che dagli impianti sopra menzionati.**



# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEI COMPLESSI UNIVERSITARI

**10)** Alle precedenti verifiche, nel caso di **nuova costruzione** o di «**ristrutturazione rilevante**», vige l'obbligo di **installazione di impianti di produzione di energia termica e di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili**.

Il **D.Lgs 199/2021**, noto come **RED II**, in questi casi impone di coprire, con impianti di produzione di **energia termica da fonti rinnovabili**:

1. **almeno il 60 %** dei consumi di energia per la **produzione di ACS**;
2. **almeno il 60 %** dei consumi di energia previsti **per ACS + riscaldamento + raffrescamento**;

Per gli edifici pubblici la percentuale minima è del 65%.

Obbligo di produrre **energia elettrica da fonti rinnovabili** mediante impianti con una **potenza elettrica minima** pari a:

$$P=S*K$$

dove:

S (m<sup>2</sup>) è la superficie coperta in pianta dell'edificio

K è pari a: 0,05 per gli edifici nuovi e 0,025 per gli edifici esistenti.

Nel caso di edifici pubblici i valori sono innalzati del 10%.

