



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Civile
e Ambientale

La certificazione energetica come strumento di progettazione

prof. ing. Paolo Baggio - Univ. di Trento

DICA - Dip. di Ingegneria Civile e Ambientale

In altre parole:

- Perché seccare i progettisti costringendoli a redigere il bilancio energetico degli edifici ?
- Dove vogliamo andare a finire ?



Contenuti

- Outlook dei consumi energetici
- Direttive/legislazione nazionale/Normativa
- Bilancio Energetico
- Simulazioni dettagliate
- Conclusioni



Outlook consumi Energetici



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria
Civile e Ambientale

P. Baggio TRENTO - oct. 2009

4

Il traguardo: Zero Energy Building

"net zero energy building" significa un edificio nel quale, come risultato dell'alto livello di efficienza energetica dell'edificio, il consumo complessivo di energia primaria è minore o eguale della produzione di energia da fonti rinnovabili on site (dalla Decisione del Parlamento Europeo dell' Aprile 2009)



Osservazioni Preliminari (giusto per capirci!)

Energia primaria

Energia che non sia stata soggetta a qualsiasi processo di conversione o trasformazione.

NOTA 1 L' *Energia primaria* può includere energia non-rinnovabile ed energia rinnovabile. Se ambedue le fonti vengono considerate, può essere chiamata Energia primaria totale.

NOTE 2 Per un edificio, è l'energia complessivamente utilizzata per produrre quella consegnata all'edificio stesso. Viene calcolata a partire dall'ammontare dei vettori energetici in ingresso ed in uscita utilizzando opportuni fattori di conversione .



Osservazioni Preliminari (giusto per capirci!)

Energia rinnovabile

energia da fonti che non si esauriscono a causa del prelievo, come l'energia solare (termica e fotovoltaica), eolica, idroelettrica, biomassa rinnovabile

NOTA nella norma ISO 13602-1:2002, la fonte rinnovabile è definita come "una risorsa naturale per la quale il rapporto tra la produzione di risorsa naturale e la quantità estratta dai sistemi naturali per consegnarla alla "tecnosfera" è maggiore o uguale ad uno.



Osservazioni Preliminari (giusto per capirci!)

Energia primaria e bilancio energetico (degli edifici)

Quando viene redatto il bilancio energetico degli edifici, bisogna ricordare che elettricità ottenuta da fonti fossili e calore hanno un contenuto di energia primaria alquanto diverso.

Buona parte dell'elettricità viene prodotta in impianti termoelettrici a partire da olio combustibile, gas naturale o carbone e quindi, in media il rapporto tra energia elettrica ed energia primaria utilizzata per produrla va da 2 a 3.



Osservazioni Preliminari (giusto per capirci!)

	Primary energy factors f_p		CO ₂ production coefficient K
	Non-renewable	Total	kg/MWh
Fuel oil	1,35	1,35	330
Gas	1,36	1,36	277
Anthracite	1,19	1,19	394
Lignite	1,40	1,40	433
Coke	1,53	1,53	467
Wood shavings	0,06	1,06	4
Log	0,09	1,09	14
Beech log	0,07	1,07	13
Fir log	0,10	1,10	20
Electricity from hydraulic power plant	0,50	1,50	7
Electricity from nuclear power plant	2,80	2,80	16
Electricity from coal power plant	4,05	4,05	1340
Electricity Mix UCPTe	3,14	3,31	617

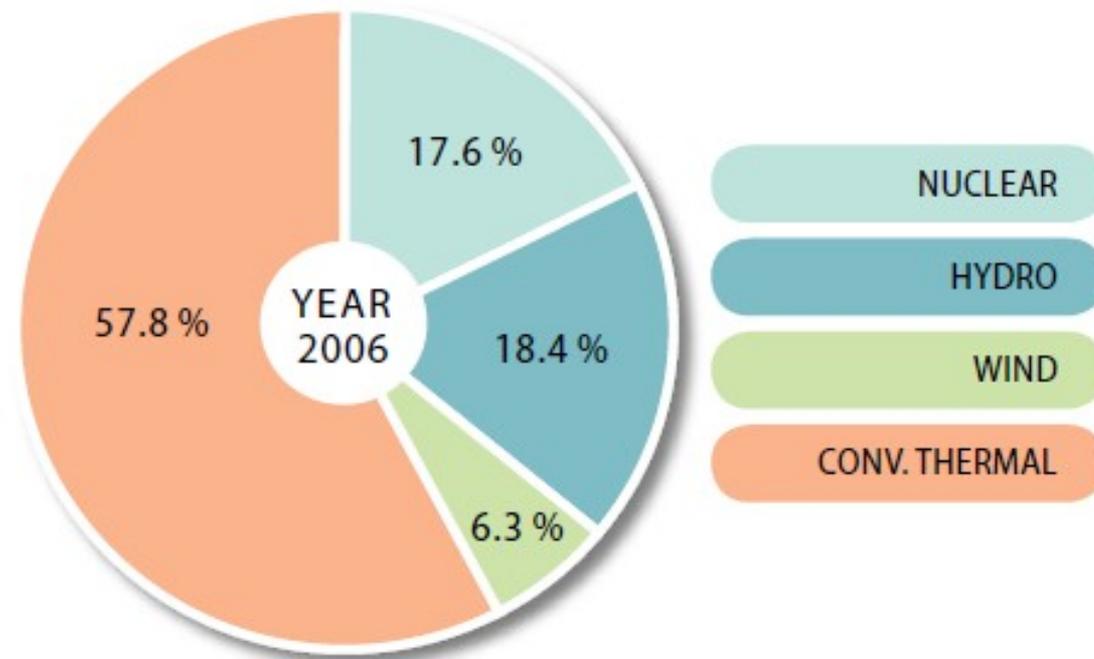
Source: Oekoinventare für Energiesysteme - ETH Zürich (1996).

Primary energy factors and CO₂ production coefficients



Osservazioni Preliminari (giusto per capirci!)

Electricity Production Capacity – EU-27 in GW



Sources used for electricity production in Europe

(source: EU energy and transport in figures 2009 - © European Communities, 2009)

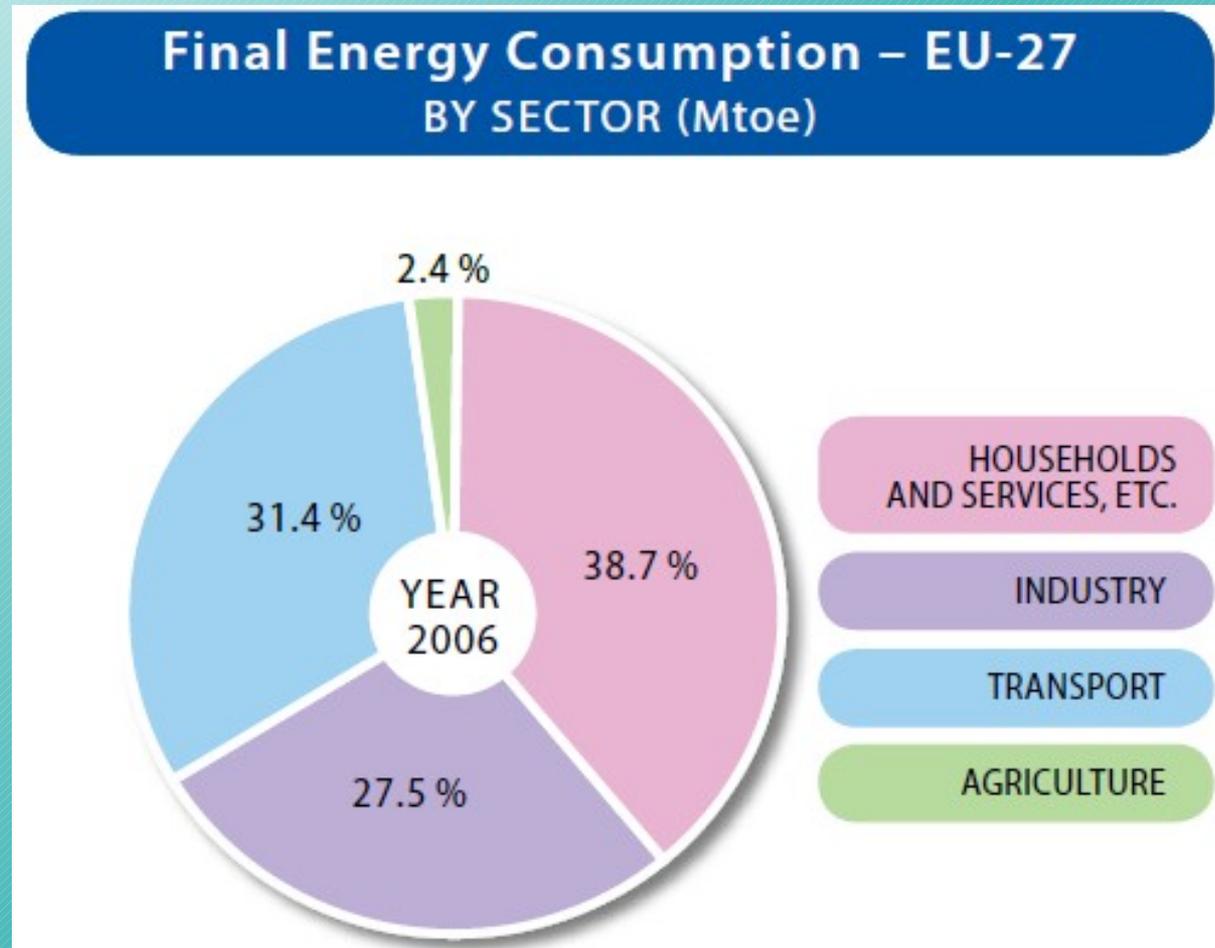
P. Baggio TRENTO - oct. 2009



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria
Civile e Ambientale

PERCHE' "LOW ENERGY BUILDINGS" ?



Final energy consumption in Europe

(source: EU energy and transport in figures 2009 - © European Communities, 2009)

P. Baggio TRENTO - oct. 2009



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria
Civile e Ambientale

PERCHE' "LOW ENERGY BUILDINGS" ?

1.1.3 Buildings Share of U.S. Primary Energy Consumption (Percent)

	Buildings			Industry	Transportation	Total	Total Consumption (quads)
	Residential	Commercial	Total				
1980(1)	27.4%	18.3%	45.7%	36.0%	18.3%	100%	57.9
1990	22.4%	17.5%	40.0%	38.9%	21.1%	100%	76.1
2000	21.1%	17.7%	38.8%	36.1%	25.2%	100%	97.2
2006	20.9%	18.0%	38.9%	32.7%	28.4%	100%	99.5
2010	21.5%	18.1%	39.7%	32.2%	28.1%	100%	103.3
2015	21.0%	19.0%	40.0%	31.6%	28.4%	100%	107.3
2020	21.1%	19.8%	40.9%	30.9%	28.2%	100%	110.8
2025	21.1%	20.6%	41.6%	30.5%	27.9%	100%	114.5
2030	21.2%	21.2%	42.4%	29.6%	28.0%	100%	118.0

Note(s): 1) Renewables are not included in the 1980 data.

Source(s): EIA, State Energy Data 2005: Consumption, February 2008, Tables 8-12, p. 18-22 for 1980-2005; and EIA, Annual Energy Outlook 2008, Mar. 2008, Table A2, p. 117-119 for 2008-2030 data and Table A17, p. 143-144 for non-marketed renewable energy.

Final energy consumption in USA

(from 2008 Buildings Energy Data Book edited by NREL/DOE)

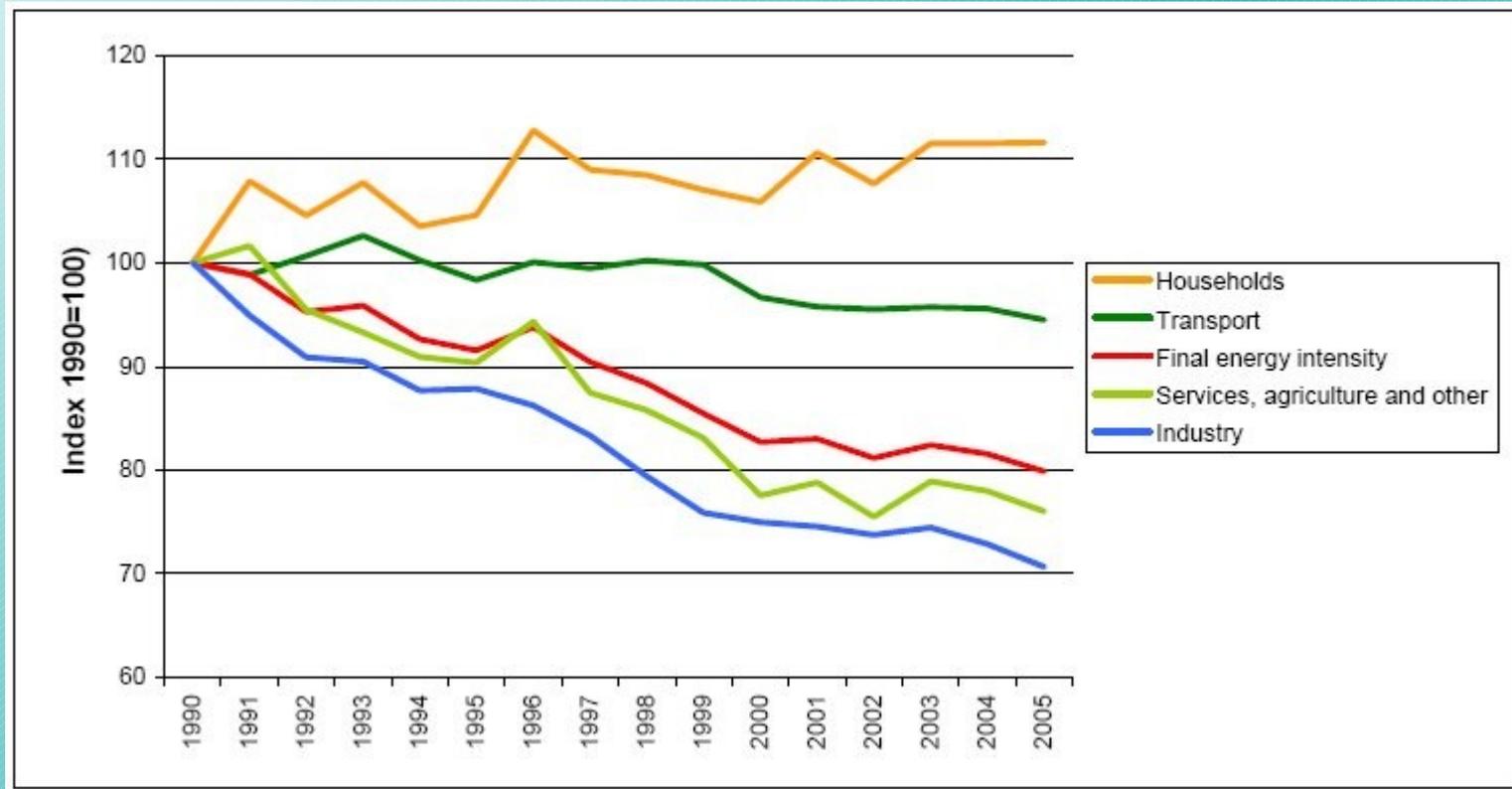


PERCHE' "LOW ENERGY BUILDINGS" ?

- “ Dal momento che gli edifici sono responsabili del 40% dei consumi totali di energia in EU, la riduzione dei consumi di energia negli edifici e l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili nel settore edilizio costituisce una parte importante delle misure necessarie per ridurre la dipendenza energetica dell' EU's e le emissioni di gas serra” (dalla Decisione del Parlamento Europeo dell' Aprile 2009)



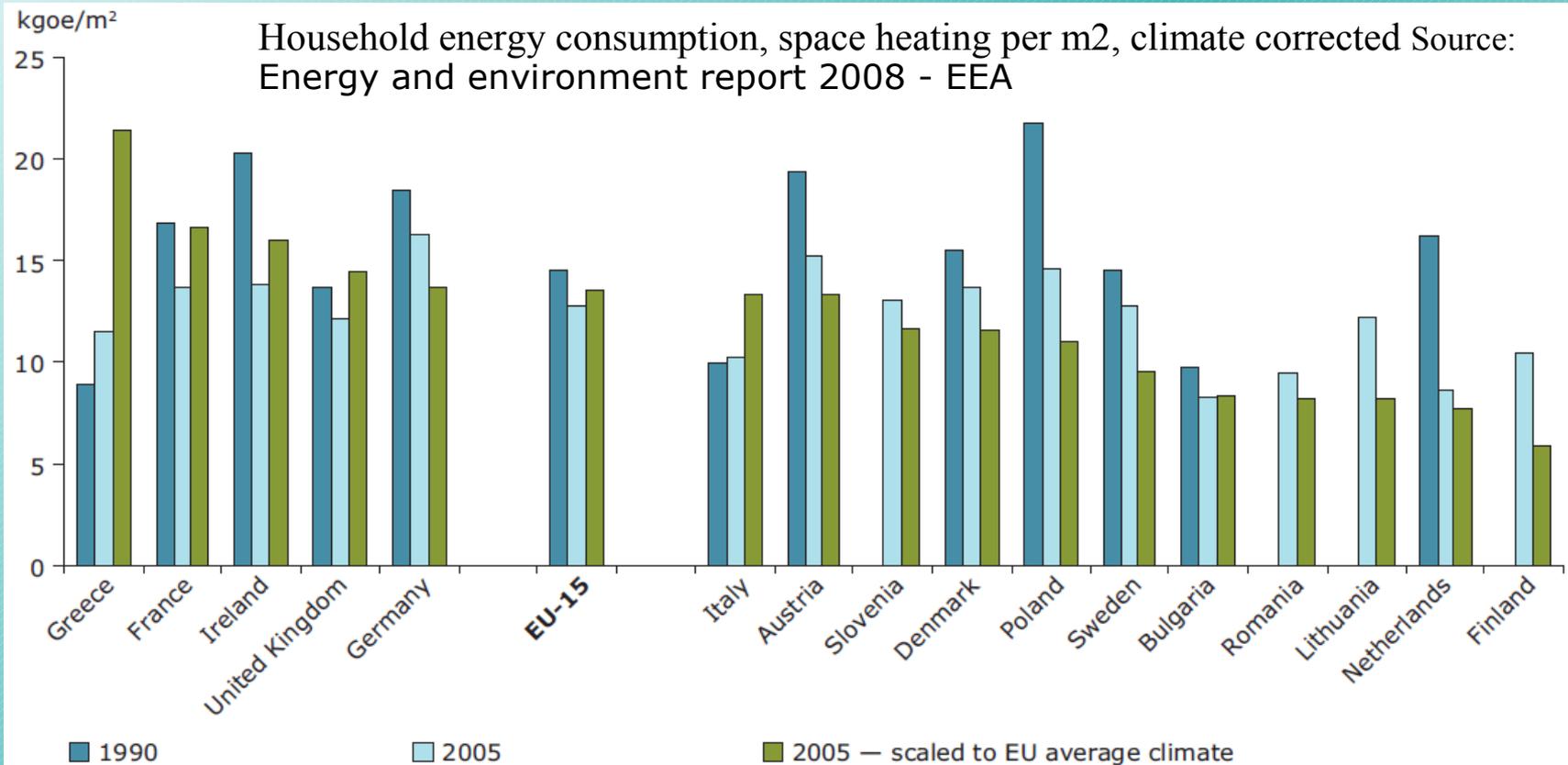
PERCHE' "LOW ENERGY BUILDINGS" ?



Data source: Eurostat and the European Commission's Ameco database.



PERCHE' "LOW ENERGY BUILDINGS" ?



Note: 1990 and 2005 data are climate corrected against each country's long-term average climate, whereas the last series is climate corrected and scaled against the EU long-term average climate to account for temperature differences between countries.

1 kgoe = 11,4 kWh

Source: Odyssee.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria
Civile e Ambientale

P. Baggio TRENTO - oct. 2009

15

PERCHE' "LOW ENERGY BUILDINGS" ?

- Malgrado i leggeri miglioramenti di efficienza energetica nei nuovi edifici, il miglioramento delle condizioni di vita ha controbilanciato buona parte del potenziale di risparmio energetico.
- Il consumo medio di energia per il riscaldamento degli edifici in Europa si aggira intorno a 150 – 160 kWh/ m²



PERCHE' "LOW ENERGY BUILDINGS" ?

- Non è difficile progettare e costruire una casa che richieda 40 - 60 kWh/ m² per anno per il riscaldamento(questo è il minimo correntemente richiesto in molti stati per gli edifici di nuova costruzione): i costi addizionali sono usualmente trascurabili (meno del 2% senza considerare il costo del terreno)
- Accettando costi iniziali più alti del 10 -15 % di quelli standards è possibile progettare edifici che richiedano meno di 10-20 kWh/ m² per anno (casa passiva)
- I costi addizionali sono facilmente recuperabili in pochi anni con i risparmi sui costi di esercizio



WHY LOW ENERGY BUILDINGS ?

- Il potenziale di risparmio energetico del settore edilizio è immenso, probabilmente il maggiore fra tutti i settori
- Come mai non è ancora stato sfruttato ?
 - E' difficile effettuare il retrofit degli edifici esistenti (che sono la grande maggioranza).
 - Il settore delle costruzioni è tradizionalista e conservatore, e l'innovazione procede con un passo molto lento.
 - Vi sono studi che dimostrano che il settore è affetto da inefficienze che portano a costi per l'utente finale che sono significativamente più alti di quelli ottimali (si potrebbero ridurre del 30-35 %)



Situazione Italiana



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

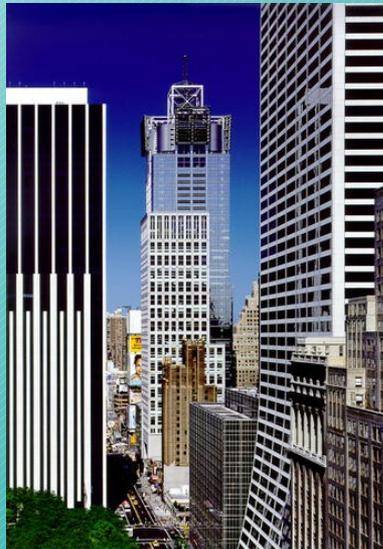
Dipartimento di Ingegneria
Civile e Ambientale

P. Baggio TRENTO - oct. 2009

19

Il punto di partenza !

- Il progettista architettonico/edile concepisce l'edificio.



- Il progettista termotecnico dimensiona gli impianti .



Il punto di partenza !

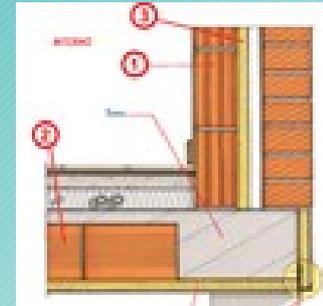
La domanda che il progettista degli impianti si pone è :

- **Qual'è la potenza necessaria ?**



Legge 373/1976

- Inizia (qualche) interazione tra progettisti.
- Si aggiunge una nuova domanda: ci sto dentro con il **Cd** o devo isolare di più ?
- Viene inoltre imposta una limitazione alla potenza della caldaia installata.



Legge 10/1991 (1a parte)

- La collaborazione tra progettisti architettonici e degli impianti dovrebbe farsi più stretta.
- Il nuovo approccio di calcolo (UNI 10344) considera il bilancio energetico complessivo dell'edificio e quindi anche l'interazione edificio impianto.



Legge 10/1991 (2a parte)

- A questo scopo vengono introdotti una serie di nuovi parametri da considerare:
 - ➔ apporti gratuiti (Q_g).
 - ➔ fattore di utilizzazione (η)
 - ➔ rendimento globale medio stagionale degli impianti (η_g)
 - ➔ fabbisogno di energia primaria (Q)



Legge 10/1991 (3a parte)

- Ma di buone intenzioni è lastricato l'inferno !
- Il **Cd** viene lasciato invariato ai valori del 1986 e si continua ad isolare poco.
- Il **bilancio energetico** dell'edificio non viene “interiorizzato” dai progettisti ma visto come l'ennesima seccatura.
- In particolare viene percepito come seccatura η_g , l'unico parametro realmente restrittivo !



Direttiva 2002/91/CE – 16 dic. 2002 (Energy Performance of Buildings Dir. - EPBD)

Art. 1 – Obiettivo

L'obiettivo della presente direttiva è promuovere il miglioramento del **rendimento energetico degli edifici** nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi.



Direttiva 2002/91/CE – 16 dic. 2002 (Energy Performance of Buildings Dir. - EPBD)

I tre “pilastri” della direttiva sono:

- **Metodologia per il calcolo** della prestazione energetica integrata degli edifici
- **Certificazione energetica** degli edifici
- **Ispezione periodica degli impianti e “revisione periodica” del certificato**

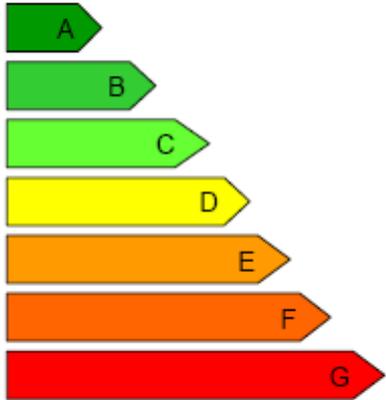
Agli stati membri (e/o Regioni e Province autonome) spetta la determinazione dei requisiti minimi di rendimento energetico degli edifici *(di nuova costruzione, sottoposti a importanti ristrutturazioni ed esistenti)*



Etichetta energetica (Energy label)

La direttiva
2002/91/CE
 (EPBD) e la
 legislaz. naz.
 richiedono la
 certificazione di
 ogni edificio, che
 va dotato di un
 etichetta
 energetica non
 dissimile da quella
 di frigoriferi e
 lavatrici

P. Baggio T

Energy certificate	Building Energy Performance		As built	In use
	Space to make reference to the certification scheme used		Asset rating	Operational rating
	Very energy efficient  Not energy efficient		C	D
	Name of the indicator used unit		calculated 130	measured 170
Space to include additional information on building energy use				
Administrative information: address of the building, conditioned area date of validity certifier name and signature...				



Decreto Legislativo 192/2005

Il D.Lgs n. 192 del 19/8/2005 come modificato dal D.Lgs n. 311 del 29/12/2006 (e succ. modifiche)

- **Recepisce la direttiva 2002/91/CE (EPBD)**
- **Fissa dei requisiti minimi nazionali (relativi alle prestazioni invernali per gli edifici di nuova costruzione) sia per i consumi energetici degli edifici che per la trasmittanza (U) dei componenti dell'involucro**
- **Fissa limiti più restrittivi per il rendimento globale medio stagionale degli impianti: $\eta_g = [75 + 3 \log (P_n)] \%$**
- **Subordina agevolazioni fiscali alla certificazione energetica.**



Certificazione Energetica Prov. Trento

Classificazione complessiva – fase transitoria

	Fabbisogno in kWh/m ² a		
	Riscaldam.	Acqua c. san.	Totale
CLASSE A+	≤22	≤9	≤30
CLASSE A	≤22	≤18	≤40
CLASSE B+	≤35	≤18	≤50
CLASSE B	≤45	≤18	≤60
CLASSE C+	≤60	≤21	≤80
CLASSE C	≤100	≤21	≤120
CLASSE D	≤155	≤24	≤180
CLASSE E	≤195	≤30	≤225
CLASSE F	≤230	≤36	≤270
CLASSE G	>230	>36	>270



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria
Civile e Ambientale

P. Baggio TRENTO - oct. 2009



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Normativa in vigore

In un certo senso la normativa è più avanzata della progettazione corrente ma non sempre i tecnici ne sono pienamente coscienti !

In ogni caso l'integrazione edificio impianto non può più essere trascurata !



Normativa in vigore

- La **certificazione energetica** si basa sul bilancio energetico dell'edificio
- Tale bilancio deve essere:
 - ragionevolmente realistico ed accurato
 - redatto secondo regole prestabilite che riducano al minimo le scelte arbitrarie
- Ricorda, quindi, il bilancio entrate – uscite richiesto alle attività economiche



Metodologia di calcolo della prestazione energetica

- **Può essere differenziata a livello regionale (o di provincie autonome)**
- **Deve seguire una impostazione comune in modo da contribuire alla creazione di un contesto omogeneo per le iniziative di risparmio energetico degli Stati membri nel settore edile e introdurre un elemento di trasparenza sul mercato immobiliare comunitario**



Metodologia di calcolo della prestazione energetica

Principale normativa tecnica di riferimento
(la cui adozione è obbligatoria !)

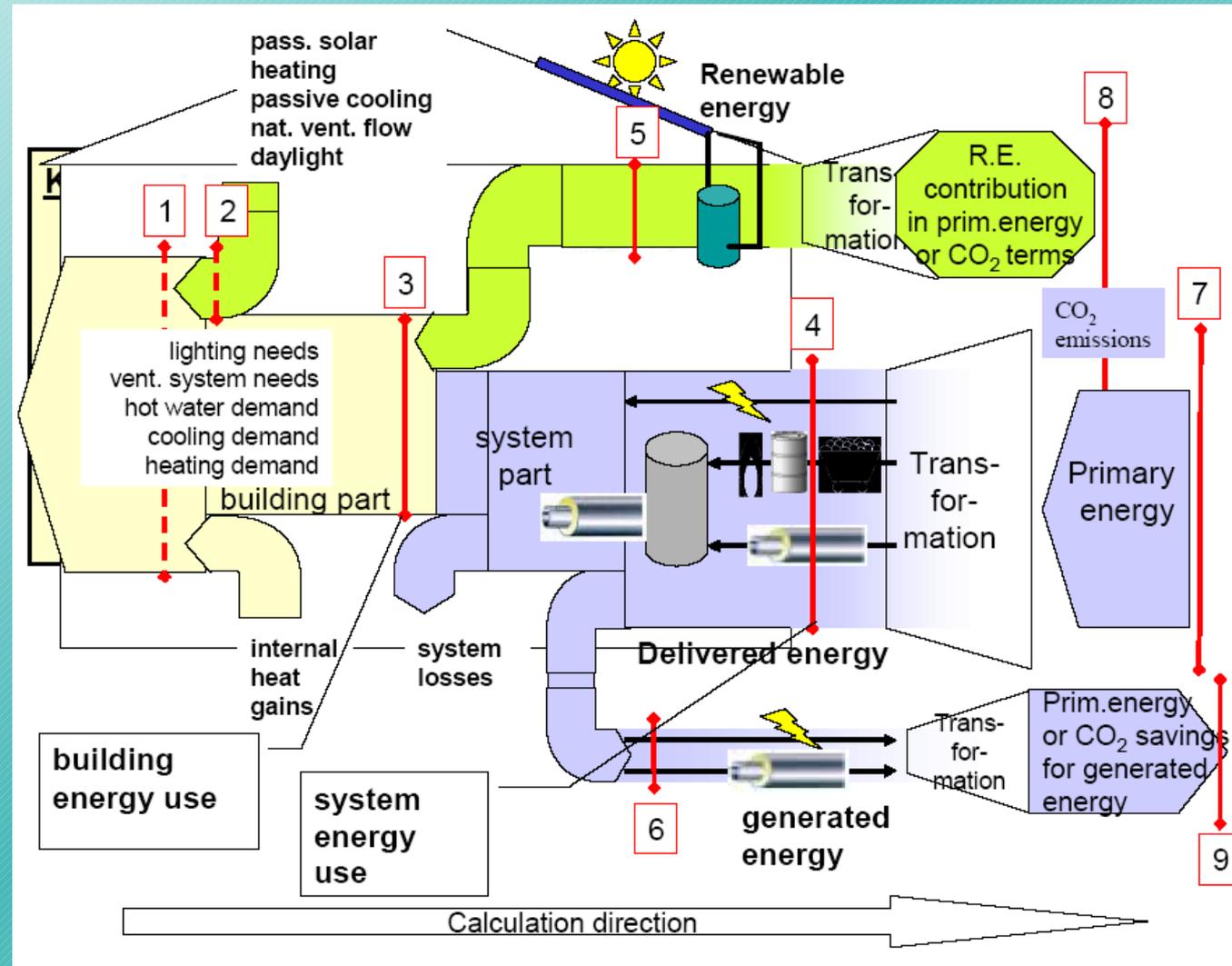
- **UNI EN ISO 13790 (giugno 2008) “Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling”**
(aggiorna la UNI EN ISO 13790:2005 e sostituisce anche la UNI EN 832 che aveva sostituito la UNI 10344)
- **UNI EN 15603 (luglio 2008) “Energy use, for space heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting, inclusive of system losses and auxiliary energy; and definition of energy ratings”**
- **UNI EN 15217 (settembre 2007) “Ways of expressing energy performance (for the energy certificate) and ways of expressing requirements (for regulations); content and format of energy performance certificate”**
- La Commissione intende sviluppare altre norme per i sistemi di condizionamento dell’aria e l’illuminazione



Metodologia di calcolo della prestazione energetica

Flussi di energia

(da UNI EN 15615)



UNI/TS 11300 – perché TS ?

- Il documento è coerente con le norme elaborate dal CEN nell'ambito del mandato M/343 a supporto della Direttiva Europea 2002/91/CE sulle prestazioni energetiche degli edifici.
- La presente specifica tecnica fornisce **univocità di valori e di metodi** per consentire la **riproducibilità** e confrontabilità dei risultati ed ottemperare alle condizioni richieste da documenti a supporto di disposizioni nazionali.



UNI/TS 11300

La determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici richiede metodi di calcolo per:

- 1) il fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento ambiente;
- 2) il fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria;
- 3) il rendimento e il fabbisogno di energia primaria degli impianti di climatizzazione invernale;
- 4) il rendimento e il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria;
- 5) il risparmio di energia primaria ottenibile utilizzando energie rinnovabili ed altri metodi di generazione per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria;
- 6) il rendimento e il fabbisogno di energia primaria degli impianti di climatizzazione estiva.



UNI/TS 11300

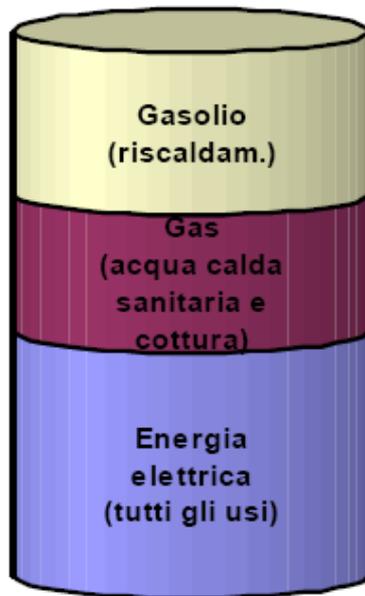
- **UNI/TS 11300 - 1** Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- **UNI/TS 11300 - 2** Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
- **UNI/TS 11300 - 3¹** Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
- **UNI/TS 11300 - 4¹** Prestazioni energetiche degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e produzione di acqua calda sanitaria

¹ in corso di preparazione



Tipi principali di valutazione energetica

Valutazione energetica
d'esercizio



Valutazione energetica
di calcolo



Bilancio energetico dell'edificio – termini inclusi

- Perdite per trasmissione e ventilazione dagli spazi riscaldati verso l'esterno
- Scambi termici per trasmissione e ventilazione verso zone adiacenti
- Apporti interni
- Apporti di energia solare
- Perdite (degli impianti) nella produzione distribuzione emissione e regolazione
- Fabbisogno di energia primaria (degli impianti)



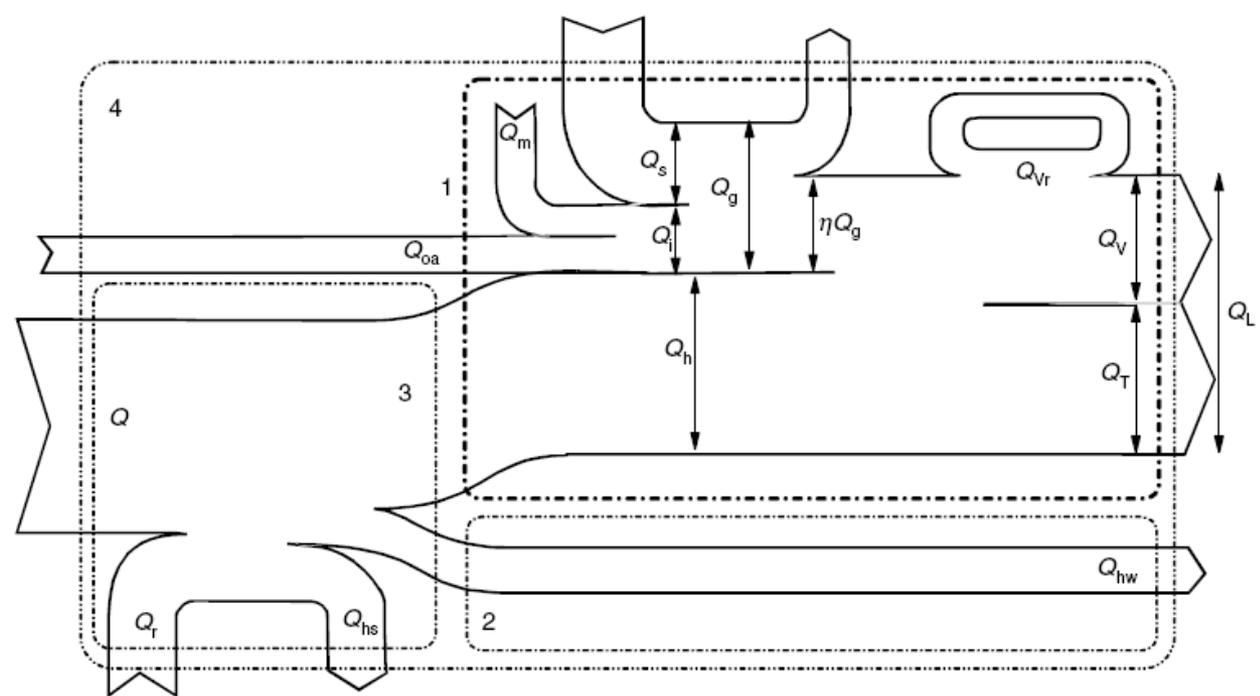
Bilancio energetico dell'edificio – procedura di calcolo

- Vanno definiti i confini della zona riscaldata e degli eventuali spazi non riscaldati
- Lo spazio riscaldato va suddiviso in zone omogenee per temperatura e apporti solari
- Per i dati climatici attualmente si usa la norma **UNI 10349**
- Normalmente si effettua il calcolo **su base mensile**
- E' prevedibile l'evoluzione verso il metodo di calcolo orario (estivo / intermittenza funzion.)



Bilancio energetico dell'edificio (riscald.)

(da EN ISO 13790:2004)

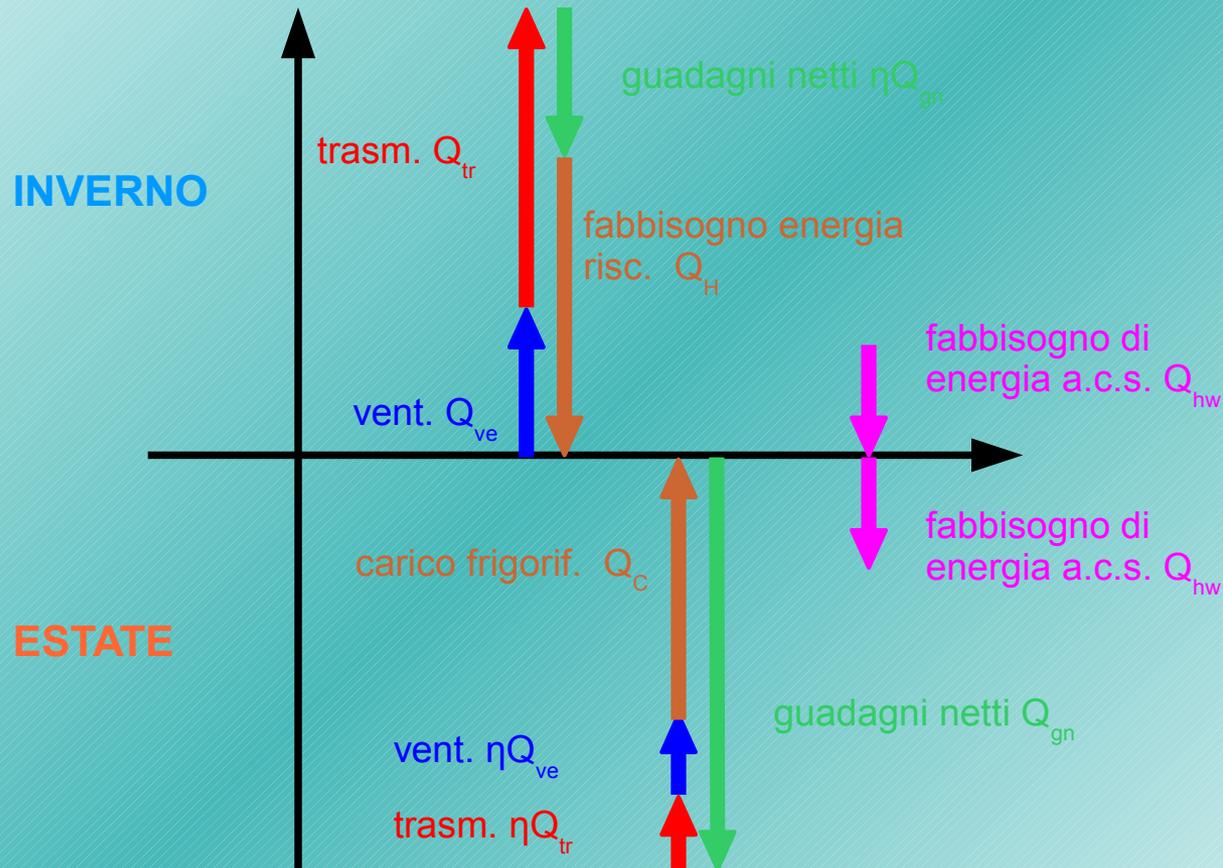


Key

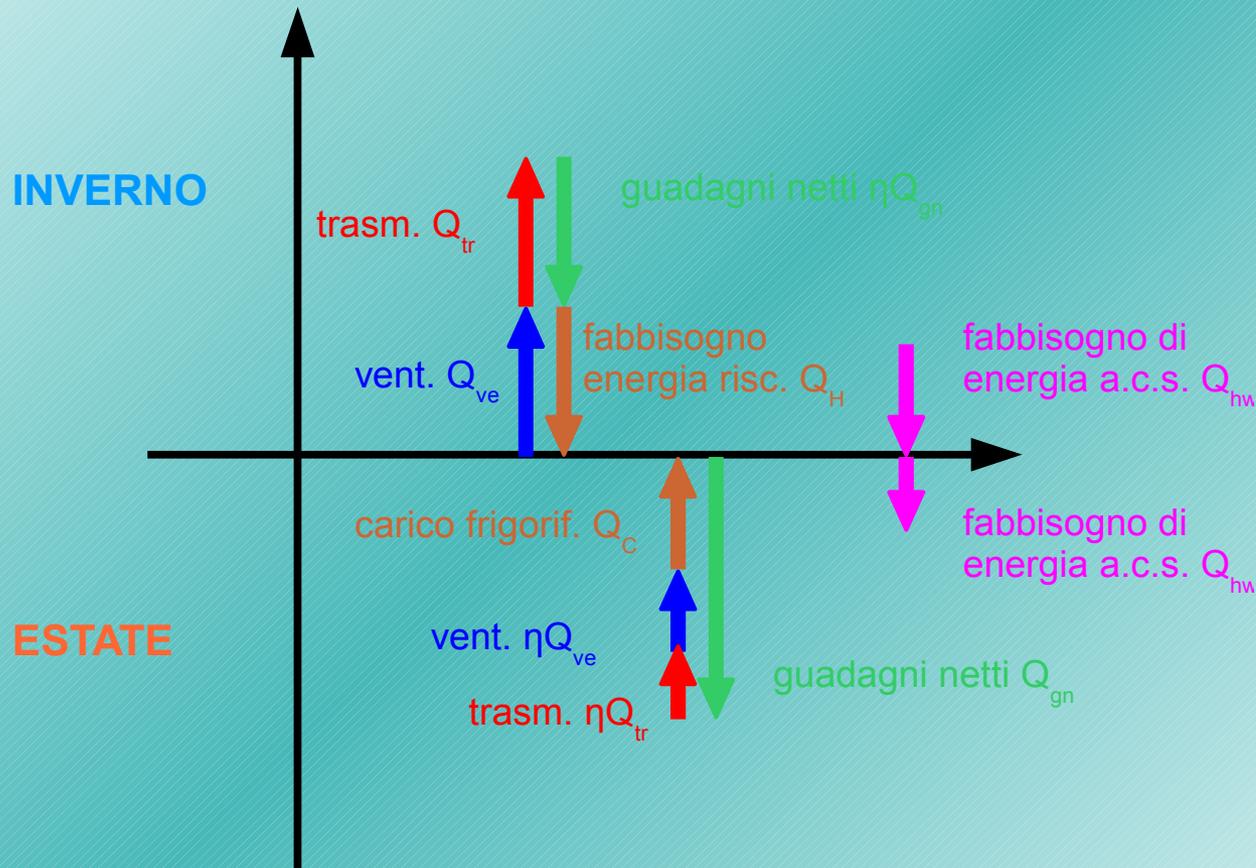
Q	Energy use for heating	Q_h	Heat use
Q_{oa}	Heat from other appliances	Q_v	Ventilation heat loss
Q_r	Recovered energy	Q_{vr}	Ventilation heat recovery
Q_{hs}	Losses from the heating system	Q_T	Transmission heat loss
Q_m	Metabolic heat	Q_{hw}	Heat for hot water preparation
Q_s	Passive solar gains	Q_L	Total heat loss
Q_i	Internal gains	1	Boundary of the heated zone
Q_g	Total gains	2	Boundary of the hot water system
ηQ_g	Useful gains	3	Boundary of the heating plant
		4	Boundary of the building



Bilancio energetico dell'edificio (ante 2005)



Bilancio energetico dell'edificio (post 2006)



Evoluzione del bilancio energetico dell'edificio (1/3)

- Diminuiscono le perdite di calore per trasmissione:
 - pareti: U da 0,6 - 0,7 a 0,3 $W/m^2 K$
 - finestre: U da 3,5 - 3,3 a 1,5 $W/m^2 K$
- Aumenta il **guadagno solare** delle finestre (differenza tra perdite ed ingressi di energia) specie se poste a Sud



Evoluzione del bilancio energetico dell'edificio (2/3)

- Diminuiscono i consumi complessivi dell'edificio: da 140-160 a meno di 50 kWh/m².
- Diventano convenienti i sistemi a bassa temperatura (che possono fornire calore con superfici di scambio ragionevoli) le pompe di calore e si va verso il riscaldamento solare passivo.

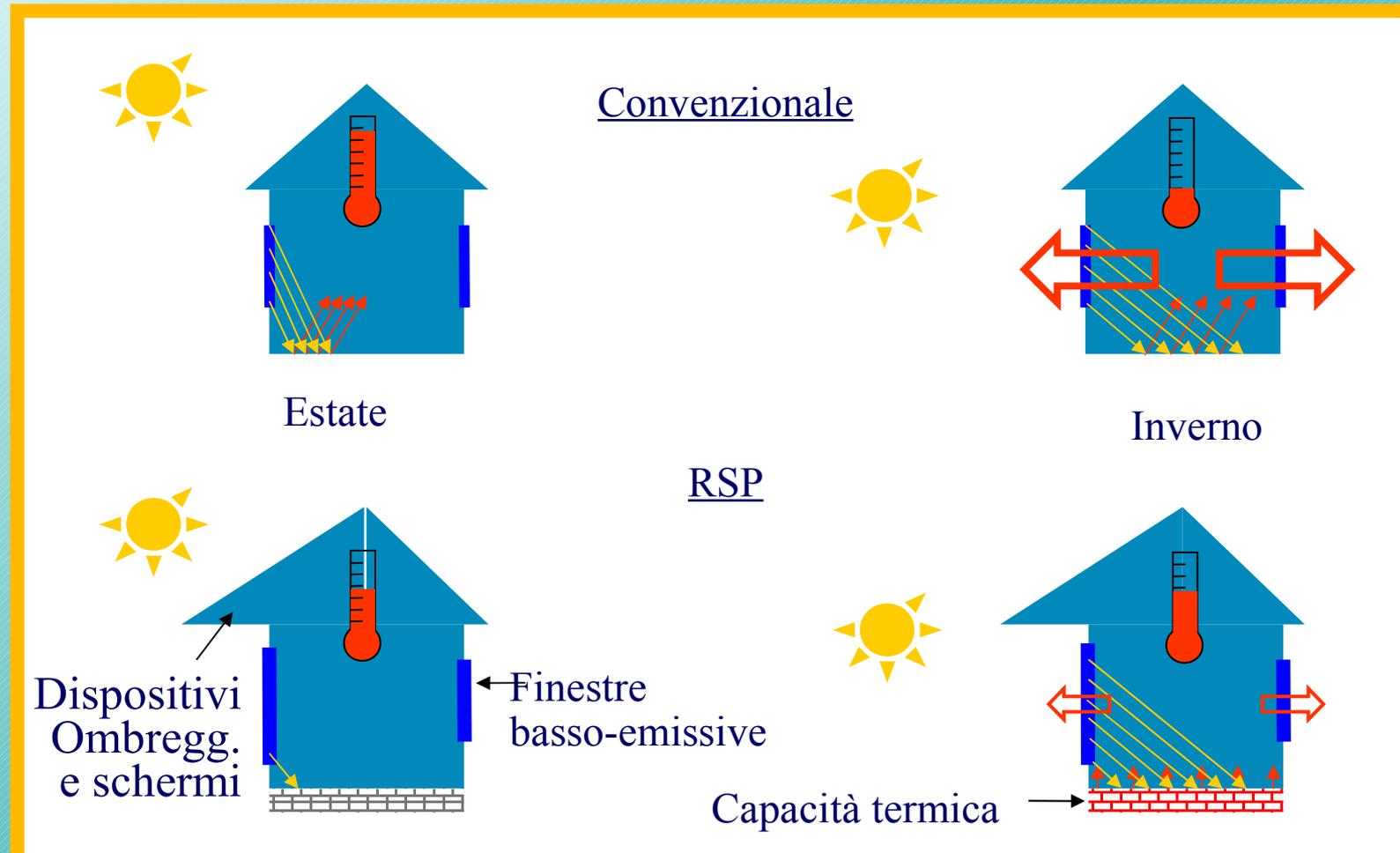


Evoluzione del bilancio energetico dell'edificio (3/3)

- Va prestata **molta attenzione** al comportamento estivo (considerando, in particolare, l'entità della radiazione solare in Italia)
- Occorre pertanto:
 - evitare un ingresso eccessivo di radiazione solare attraverso le superfici trasparenti
 - assicurare un'adeguata capacità termica alle strutture evitando gli edifici leggeri.



Riscaldamento Solare Passivo



Certificazione energetica - Requisiti passivi

ESTIVI per gli edifici nuova costruzione

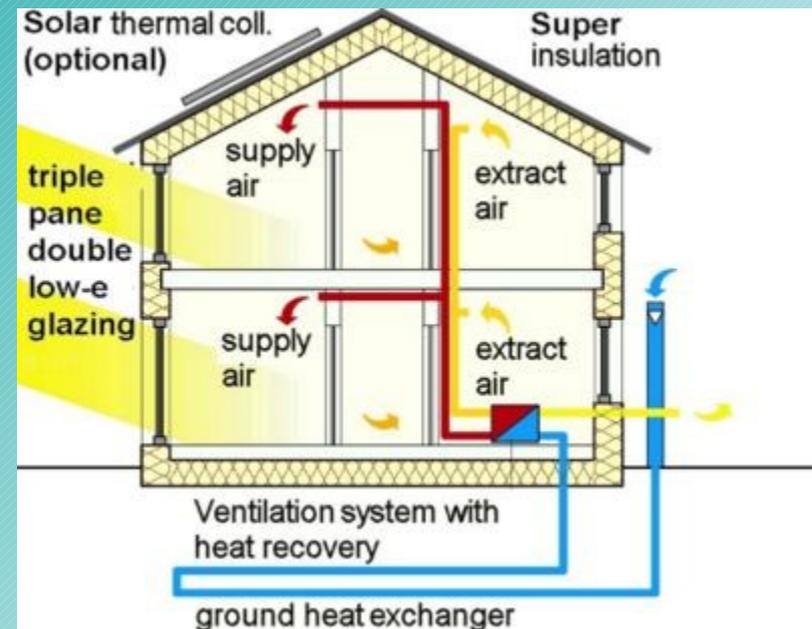
Radiazione solare (2b)

- La capacità termica complessiva C_t va calcolata come al punto precedente secondo UNI EN 13786, incluse le pareti interne
- L' apporto complessivo giornaliero di energia dovuta alla radiazione solare attraverso le superfici vetrate Q_s andrà calcolato a partire dai dati climatici riportati nella norma UNI 10349 utilizzando lo stesso metodo basato sulla norma UNI EN 832 impiegato per il calcolo degli apporti solari gratuiti nel periodo invernale

Evoluzione del bilancio energetico dell'edificio

- La ventilazione diviene una quota importante del fabbisogno complessivo (può incidere per 20- 30 kWh/m²)

Sistemi di ventilazione controllata con recupero termico



Ventilazione controllata (1/4)

- In uso da tempo per edifici commerciali e uffici con indici di affollamento elevati (i.e. impianti di condizionamento) dove è ormai prassi consolidata il recupero termico (ruote entalpiche, etc.).
- Ultimamente vengono proposti anche per gli edifici residenziali



Ventilazione controllata (2/4)

- Negli edifici residenziali occorre prestare attenzione a:
 - portata aria non inferiore a 0,5 vol./h (sorgenti interne di inquinamento: cucina, persone, candele)
 - compatibilità con cucine, stufe (in maiolica), caminetti, e **le indispensabili prese d'aria (di sicurezza !)**.
 - i consumi elettrici dovuti a ventilatori pompe di circolazione ed eventuale piastra di cottura



Ventilazione controllata (3/4)

- Negli edifici residenziali occorre prestare attenzione a:
 - manutenzione (pulizia e sostituzione filtri): chi la fa, chi la paga ?
 - il funzionamento nelle mezze stagioni: nei climi umidi potrebbero essere necessarie portate più elevate (o l'apertura delle finestre)
 - il funzionamento estivo: il ventilatore può facilmente surriscaldare l'aria ed il raffrescamento geotermico potrebbe non essere sufficiente !

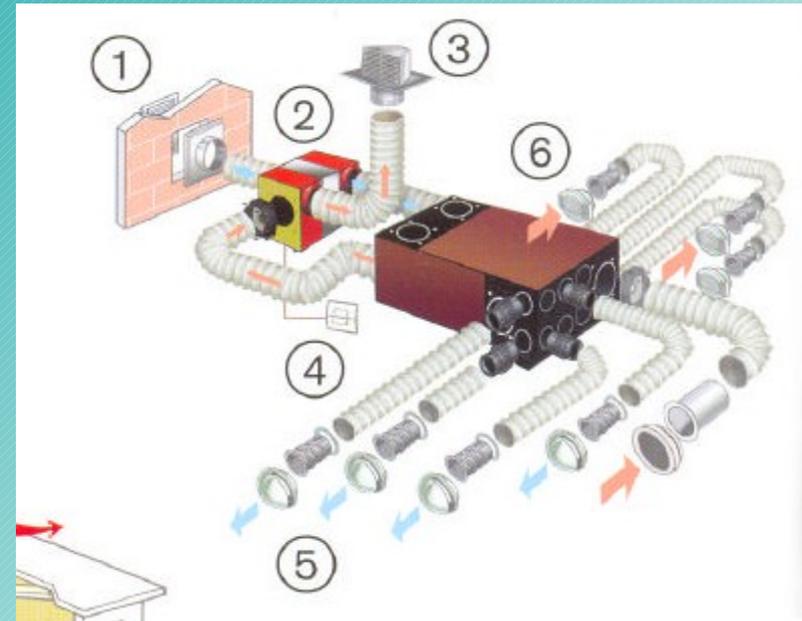


Ventilazione controllata (4/4)

- Può essere una nuova opportunità, ma va studiata e messa in opera con molta cura
- L'utente deve essere preparato

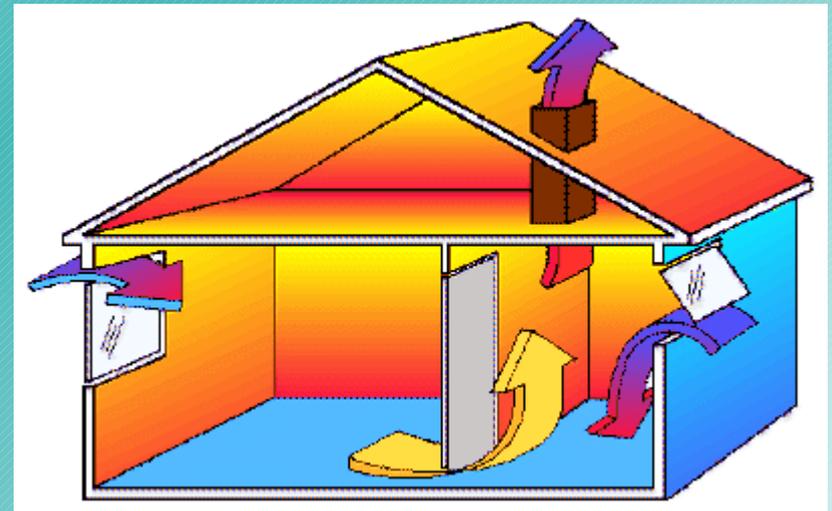
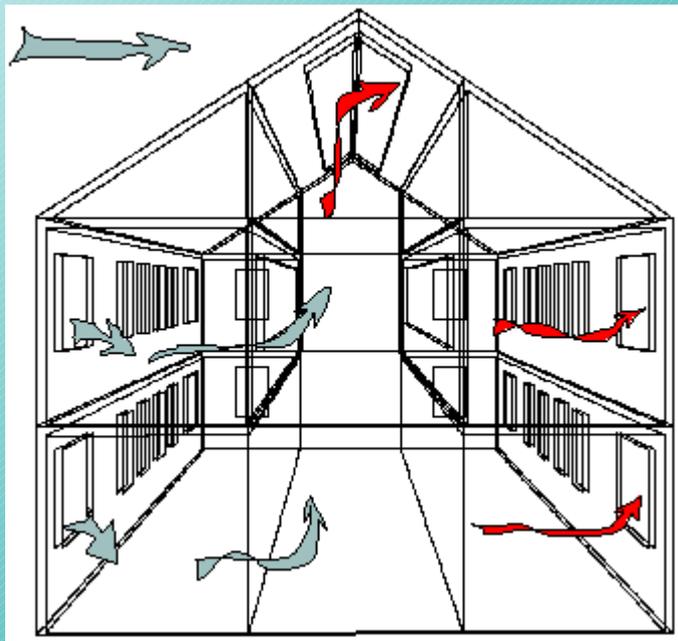


Materiali illustrativo fonte: aldes



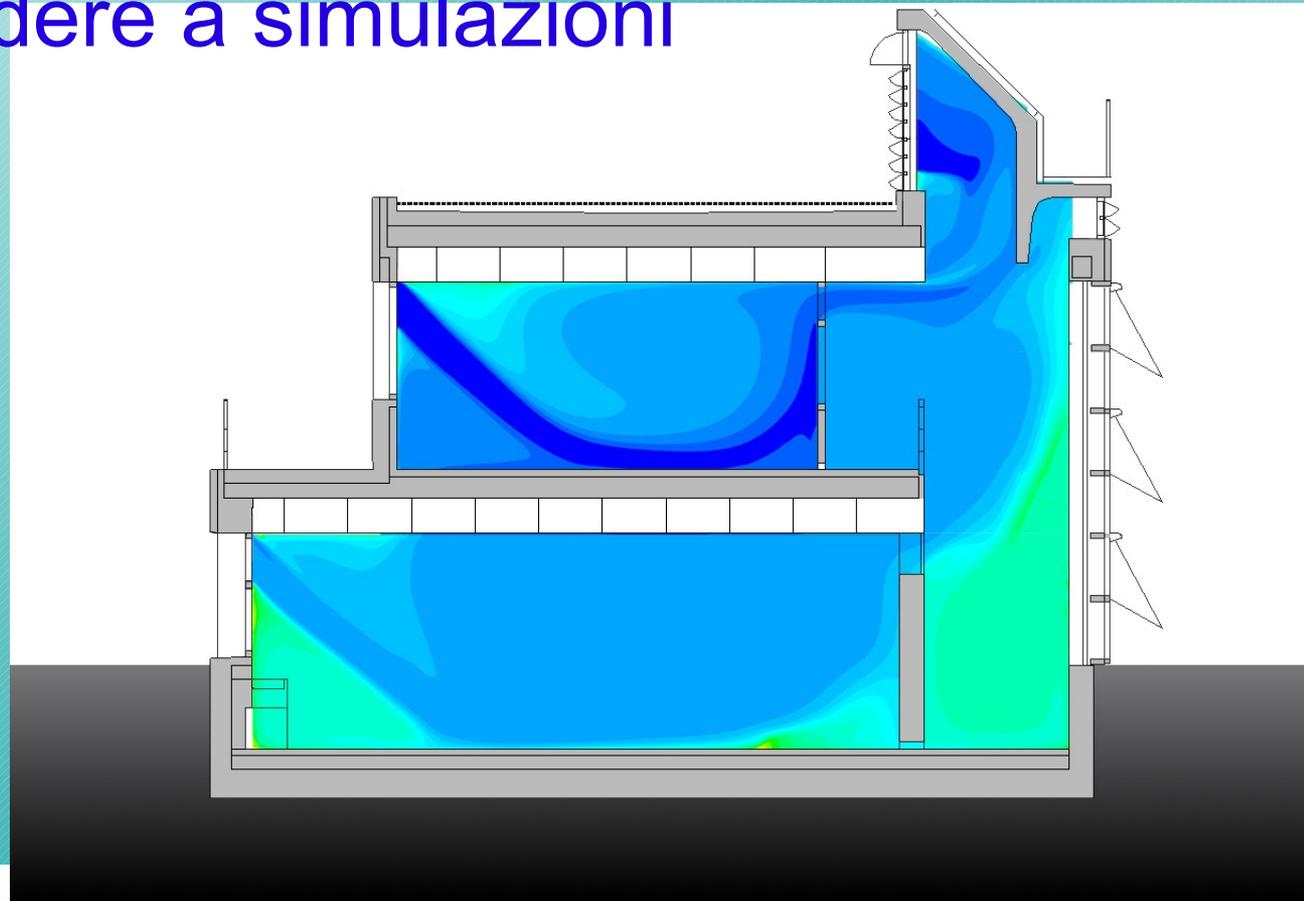
Ventilazione controllata (4/4)

- Va in ogni caso progettata anche la ventilazione dell'edificio



Ventilazione

- Nei casi più complessi è opportuno procedere a simulazioni



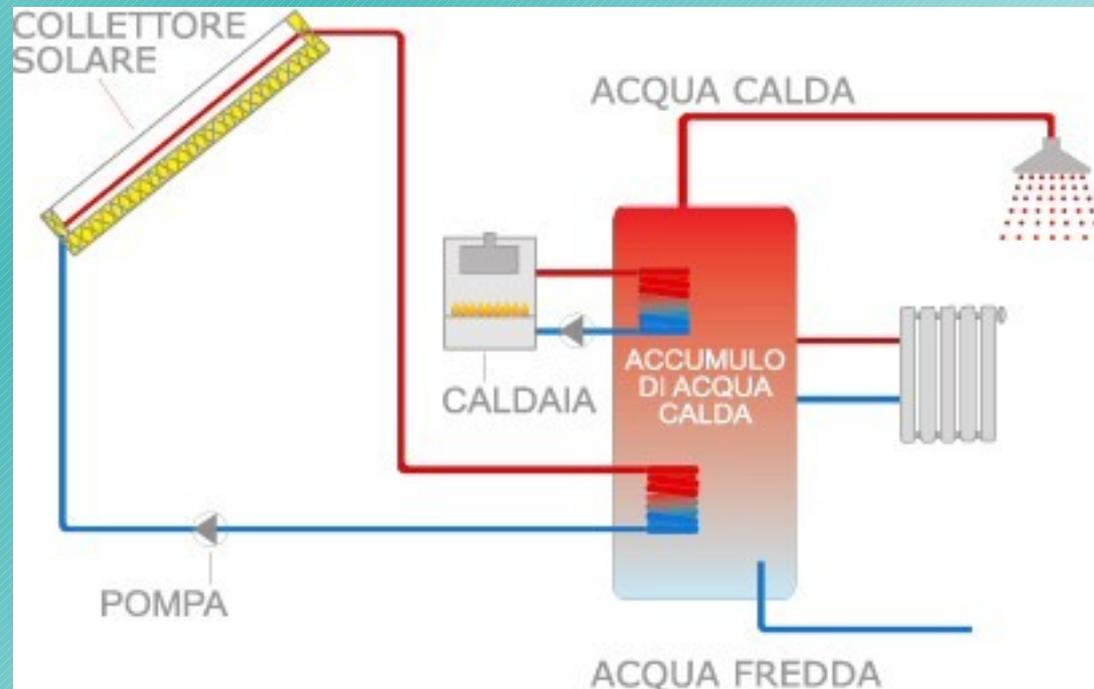
Impianti a bassa temperatura

- Con fabbisogni energetici ridotti diventano interessanti i sistemi di riscaldamento a bassa temperatura
- Terminali:
 - Panelli radianti
 - Ventilconvettori
 - Radiatori sovradimensionati



Impianti a bassa temperatura

- Produzione di calore:
 - Caldaie a bassa temperatura
 - Integrazione con sistemi solari
 - Pompe di calore (geotermiche e non)



Il rendimento globale medio stagionale

- Il progettista degli impianti deve curare in modo particolare l'effettivo valore assunto dal rendimento globale medio stagionale (**spesso > 80%**).
- Da questo punto di vista assume particolare rilievo una corretta regolazione che spesso manca



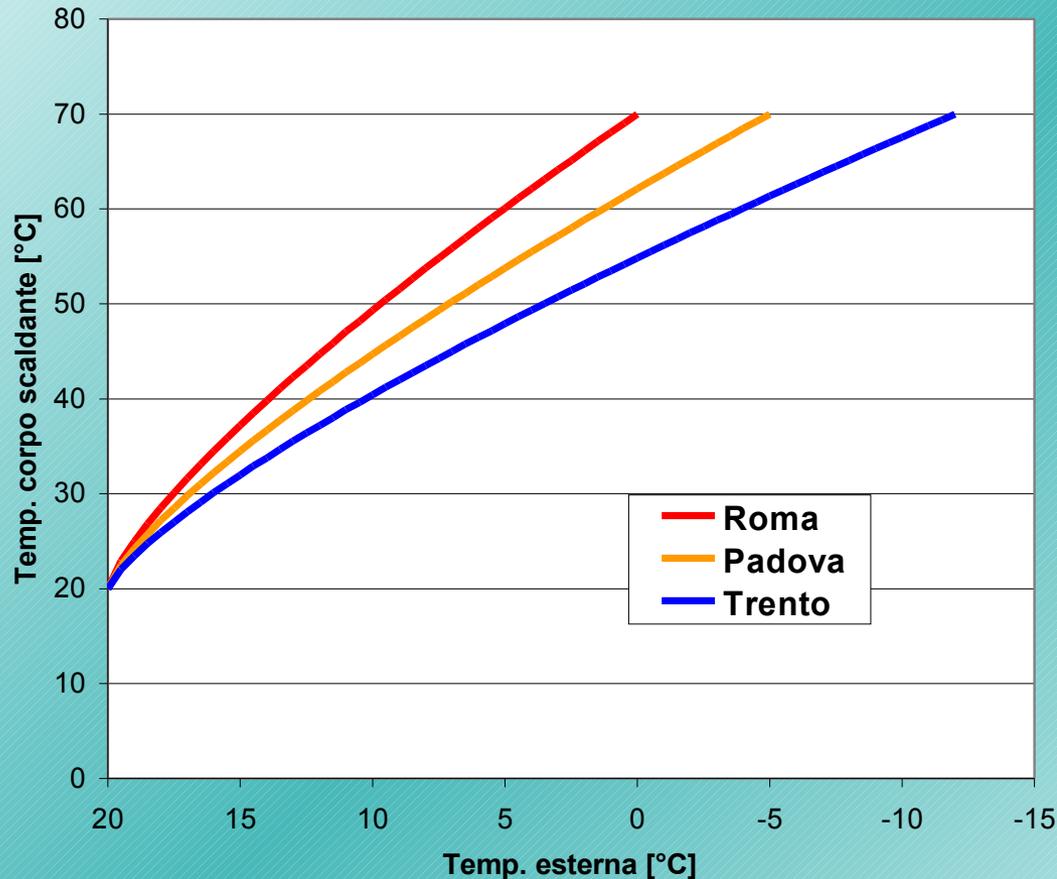
Il rendimento globale medio stagionale

Regolazione climatica

- Per evitare gli sprechi è fondamentale dosare il calore erogato in funzione del fabbisogno effettivo.
- Il metodo più semplice (e che da i migliori risultati) consiste nella regolazione della temperatura dell'acqua di mandata in funzione della temperatura esterna (**regolazione climatica**)



Il rendimento globale medio stagionale



Curve (teoriche) di regolazione climatica per radiatori con riferimento alle temperature minime di progetto secondo UNI 5364 per le tre città di Trento Padova e Roma



I rendimento globale medio stagionale

Radiatori

Il radiatore cede calore all'ambiente per convezione e radiazione termica; l'effetto combinato dei due meccanismi viene usualmente rappresentato tramite un'equazione caratteristica del tipo (UNI-EN 442-2) :

$$\Phi = K_M \Delta T^n$$

Φ = potenza termica ceduta all'ambiente

ΔT = differenza di temperatura media tra radiatore e ambiente

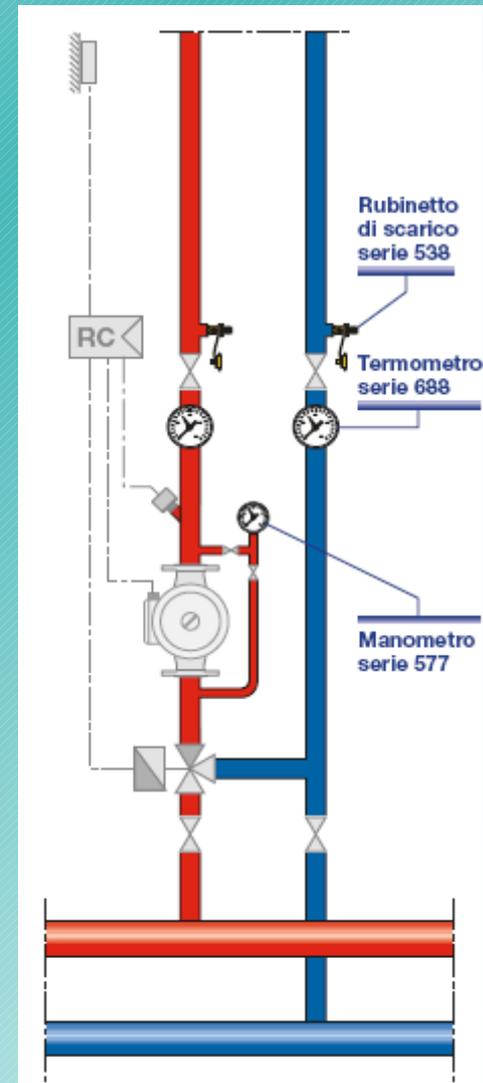
K_M = costante caratteristica

n = esponente del modello di corpo scaldante considerato

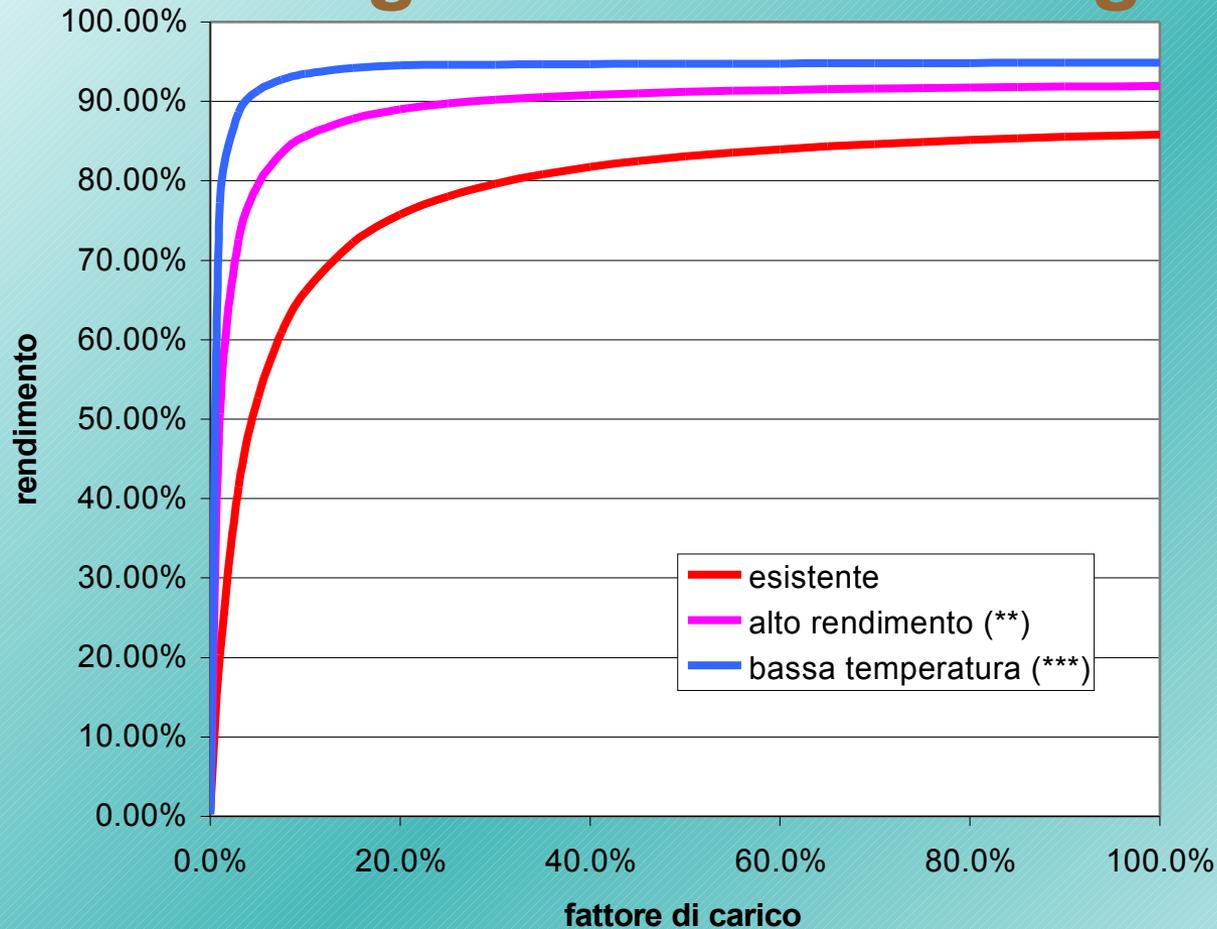
I radiatori in commercio hanno tipicamente un'esponente compreso tra 1,25 e 1,35



Regolazione climatica



Il rendimento globale medio stagionale



Curve di rendimento dei generatori di calore tradizionali

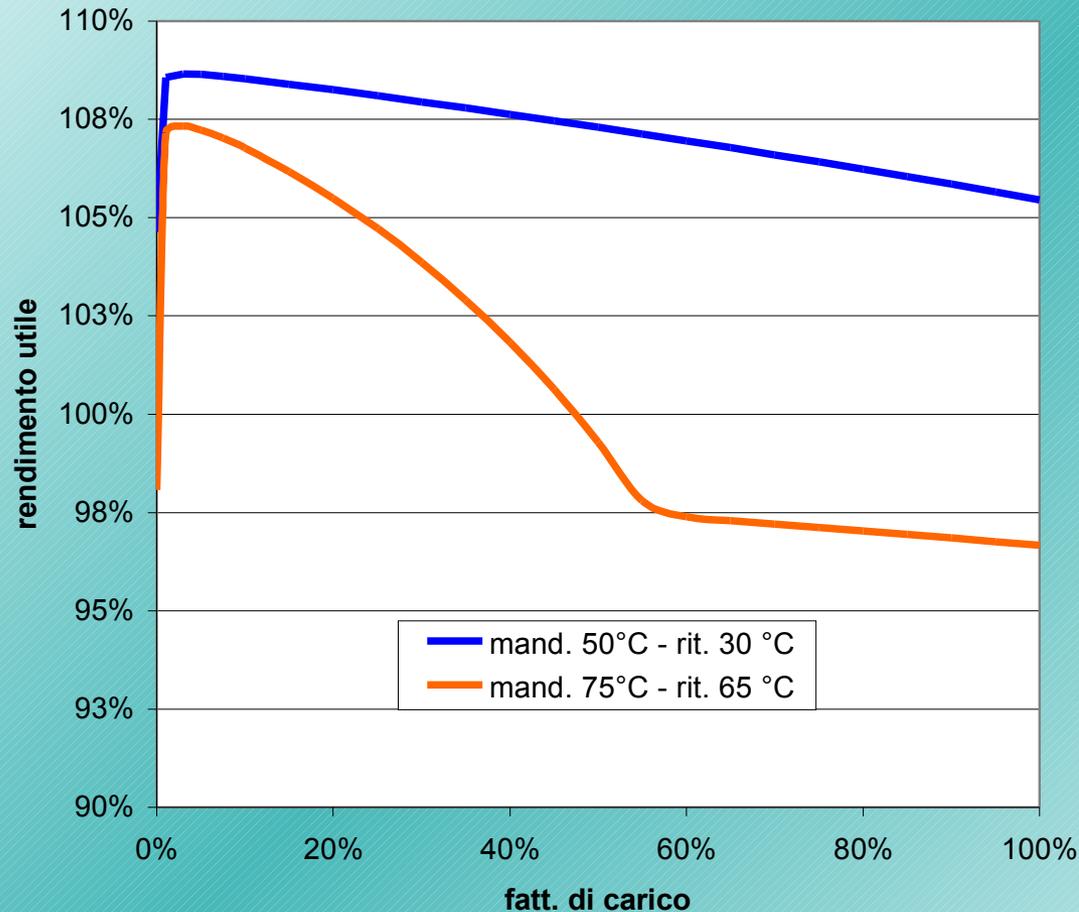
Il rendimento globale medio stagionale (generatori tradizionali)

- **esistente** - generatore installato prima del 29 ottobre 1993 che rispetta il rendimento minimo richiesto dal D.P.R. n.551/1999 per poter rimanere in esercizio;
- **alto rendimento** - generatore del tipo comunemente chiamato ad alto rendimento, di fatto corrispondente a marcatura 2 stelle (**) secondo la direttiva 92/42/CEE;
- **bassa temperatura** - generatore a bassa temperatura (che può funzionare con temperatura dell'acqua in caldaia fino a 40-50°C) corrispondente a marcatura 3 stelle (***) secondo la direttiva 92/42/CEE [5].

•



Il rendimento globale medio stagionale Caldaie a condensazione



Andamento del rendimento a carico parziale di una caldaia assumendo un eccesso d'aria del 20% e una differenza di temperatura tra prodotti della combustione uscenti e acqua di ritorno pari a 10 K



Prospettive future

● E' in corso di elaborazione la normativa europea relativa a:

- Rischio di **surriscaldamento estivo** e protezione da eccessiva radiazione solare
- Valutazione del **fabbisogno energetico per il raffrescamento / condizionamento** estivo
- Valutazione del fabbisogno energetico per illuminazione



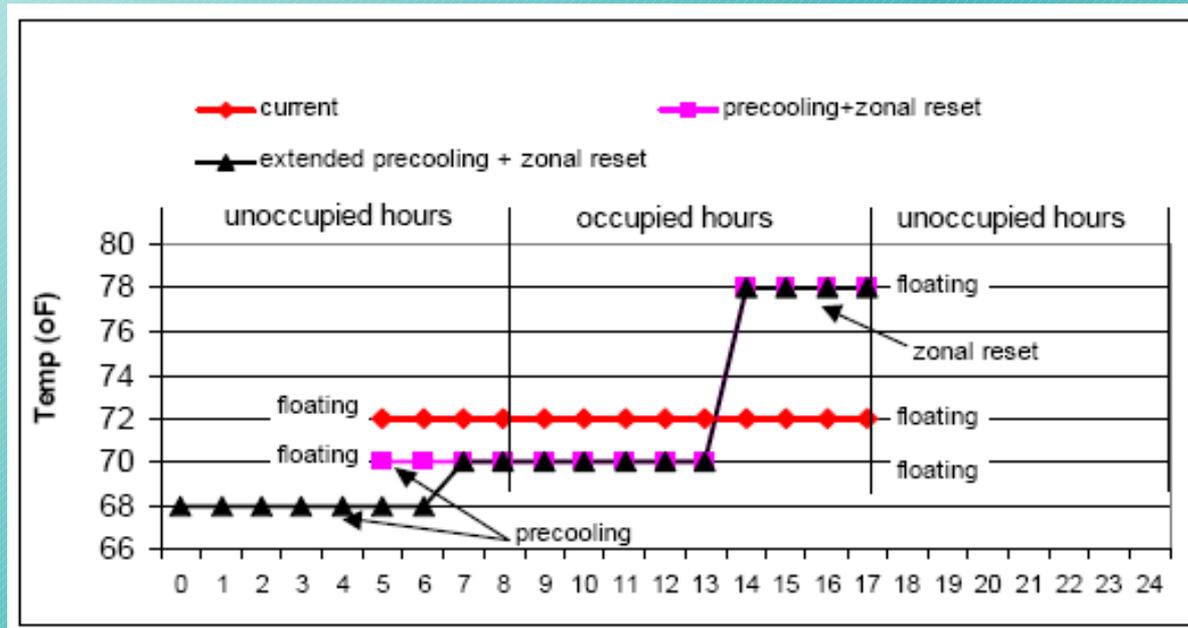
Controllo del clima estivo – Pre-Cooling e attivazione della massa termica

- E' possibile sfruttare la capacità termica dell'edificio con due strategie:
 - pre-cooling: pre-raffreddamento notturno tramite impianto di condizionamento
 - attivazione termica: alimentazione dei pannelli radianti con acqua fresca



Controllo del clima estivo – Pre-Cooling

fonte: LBNL-55800



Temperature impostate nell'arco della giornata



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

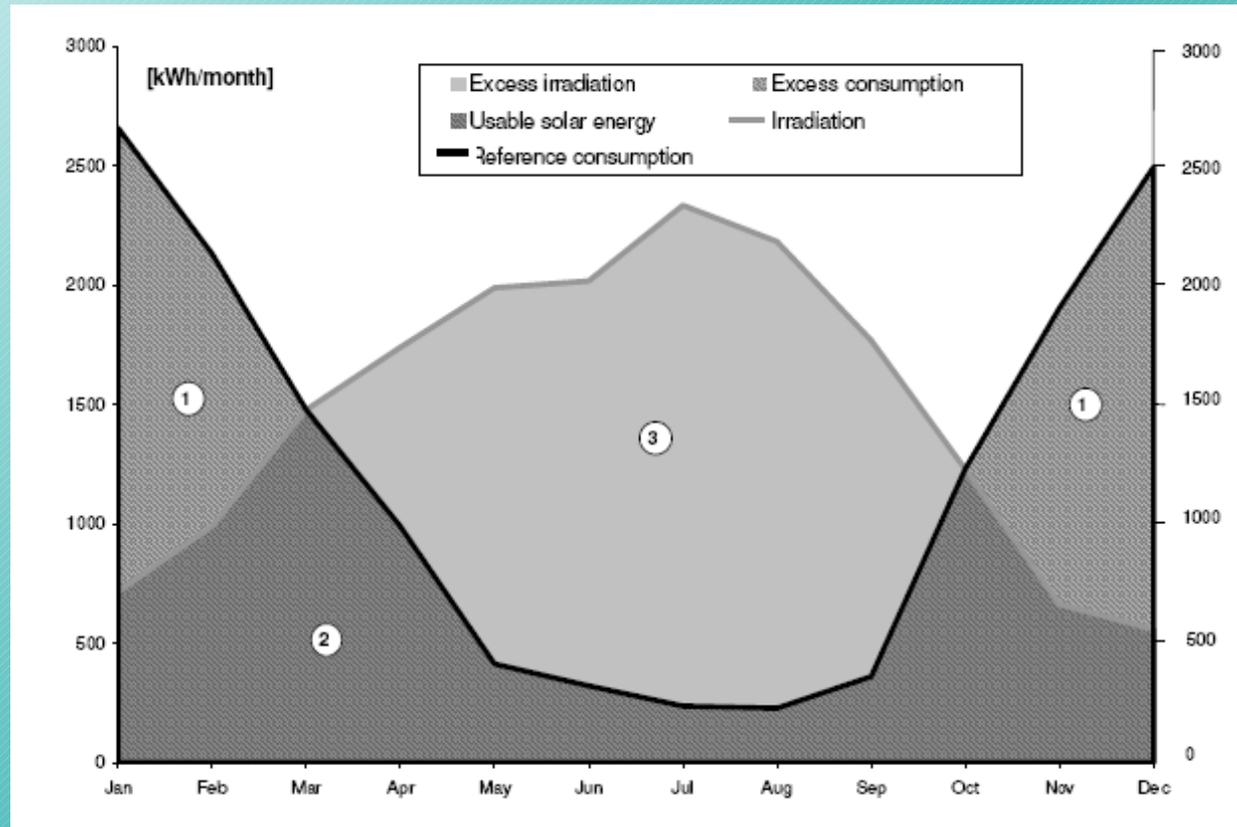
Dipartimento di Ingegneria
Civile e Ambientale

P. Baggio TRENTO - oct. 2009

69

Controllo del clima estivo – Solar cooling

fonte: TU Graz



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria
Civile e Ambientale

P. Baggio TRENTO - oct. 2009

70

Aspetti della progettazione integrata

- Pannelli solari termici e fotovoltaici correttamente integrati nella struttura: occorrono falde rivolte a Sud
- L'impiego delle pompe di calore geotermico richiede un attento coordinamento con le fondazioni.
- Spazi tecnici adeguati per gli impianti: canalizzazioni dell'aria, centrali e sottocentrali tecnologiche.

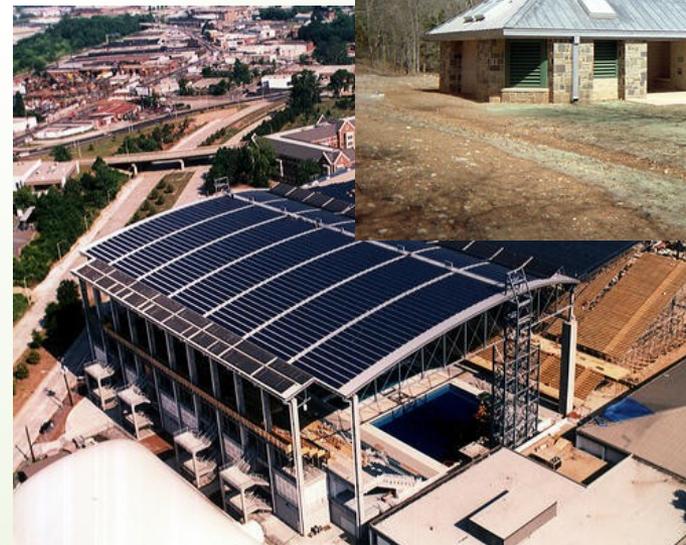


Aspetti della progettazione integrata: pannelli solari termici

NO



SI



Consumi elettrici (1/2)

- Il diavolo è nei dettagli: Attenzione ai consumi elettrici !
- Il rendimento della rete elettrica nazionale è pari a 0,36 \rightarrow **1,0 kWh_{el} = 2,78kWh_{th}**
- I consumi delle **pompe di circolazione** e dei **ventilatori** possono **annullare parte dei vantaggi** degli impianti innovativi.

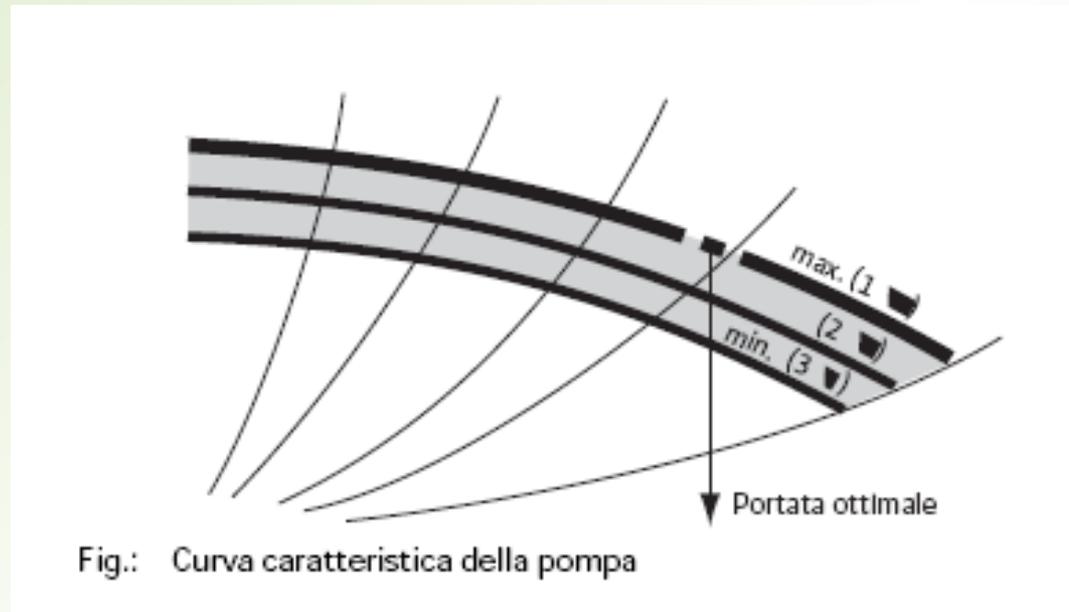


Consumi elettrici (2/2)

- Va curato il dimensionamento dei circuiti :
 - basse perdite di carico
 - selezione ottimale del punto di lavoro di pompe e ventilatori
 - portata variabile e gestione con inverter
- **NO alle resistenze elettriche** per coprire le punte di carico !
- Considerare anche le piastre di cottura elettriche



Consumi elettrici – Selezione circolatori



Fonte: WILO



prof. ing. Paolo Baggio
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

P. Baggio TRENTO - oct. 2009

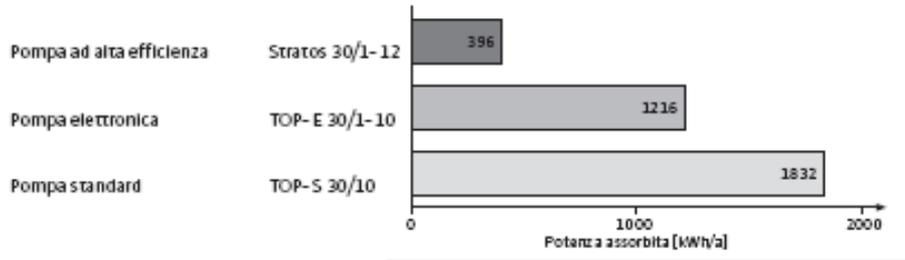
75

Master universitario di II livello in
integrated design
for energy efficiency

Consumi elettrici – Circolatori a portata variabile

Consumo annuale di una pompa per riscaldamento (DN 30) con regime ridotto *

Confronto fra diversi tipi di pompa



* Profilo del carico termico con 5500 ore all'anno:

2% (110 ore.) Q_N al 100% (carico massimo)
 25% (1375 ore.) Q_N al 65% (carico ridotto)
 40% (2200 ore.) Q_N al 30% (carico minimo)
 33% (1815 ore.) riduzione notturna



Fonte: WILO

Modo regolazione $\Delta p-c$

Con il modo regolazione $\Delta p-c$, la differenza di pressione generata dalla pompa è mantenuta costante al valore di consegna H_s , in tutto il campo di portata consentito.

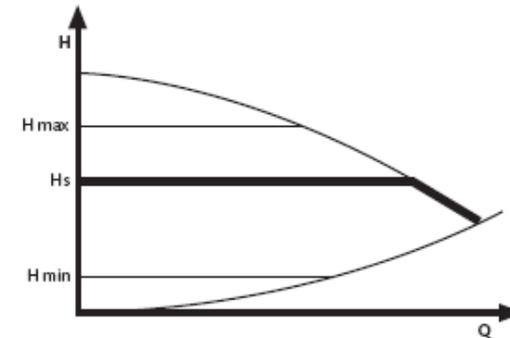


Fig.: Modo regolazione $\Delta p-c$

Modo regolazione $\Delta p-v$

Con il modo regolazione $\Delta p-v$, il sistema elettronico, varia linearmente il valore di consegna della prevalenza sviluppata dalla pompa linearmente fra H_s e $1/2 H_s$. Il valore di consegna differenza di pressione H varia con la portata Q .

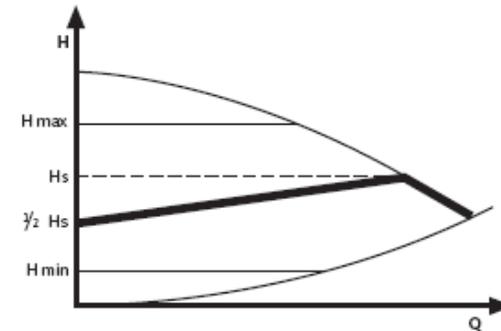


Fig.: Modo regolazione $\Delta p-v$



prof. ing. Fabio Baggio
 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
 DI TRENTO

P. Baggio TRENTO - oct. 2009

integrated design
 for energy efficiency

Prospettive future - problemi

- E' stato introdotto un metodo per il calcolo estivo semplificato non troppo dissimile da quello usato per la determinazione del fabbisogno invernale;
- Il problema è di coniugare un livello sufficiente di accuratezza nella previsione delle temperature interne e dei fabbisogni energetici con un livello di complessità ragionevole della metodologia di calcolo;
- Non è detto che le metodologie di calcolo idonee per il Nord Europa lo siano anche per l'Europa meridionale (Italia, Spagna, Grecia)



Prospettive future

- In futuro verranno emanate ulteriori prescrizioni relative a :
 - Rischio di **surriscaldamento estivo** e protezione da eccessiva radiazione solare
 - Valutazione del **fabbisogno energetico per il raffrescamento / condizionamento** estivo
 - Valutazione del fabbisogno energetico per **illuminazione**
- Anche questi aspetti andranno prima o poi inclusi nell'attestato di certificazione energetica



Simulazioni edificio impianto

- I metodi di calcolo proposti dalle norme possono non essere sempre sufficienti per una completa simulazione delle interazioni edificio-impianto
- Nei casi più complessi potrebbe essere necessario ricorrere alla simulazione con appositi codici di calcolo quali:
 - EnergyPlus
 - Trnsys



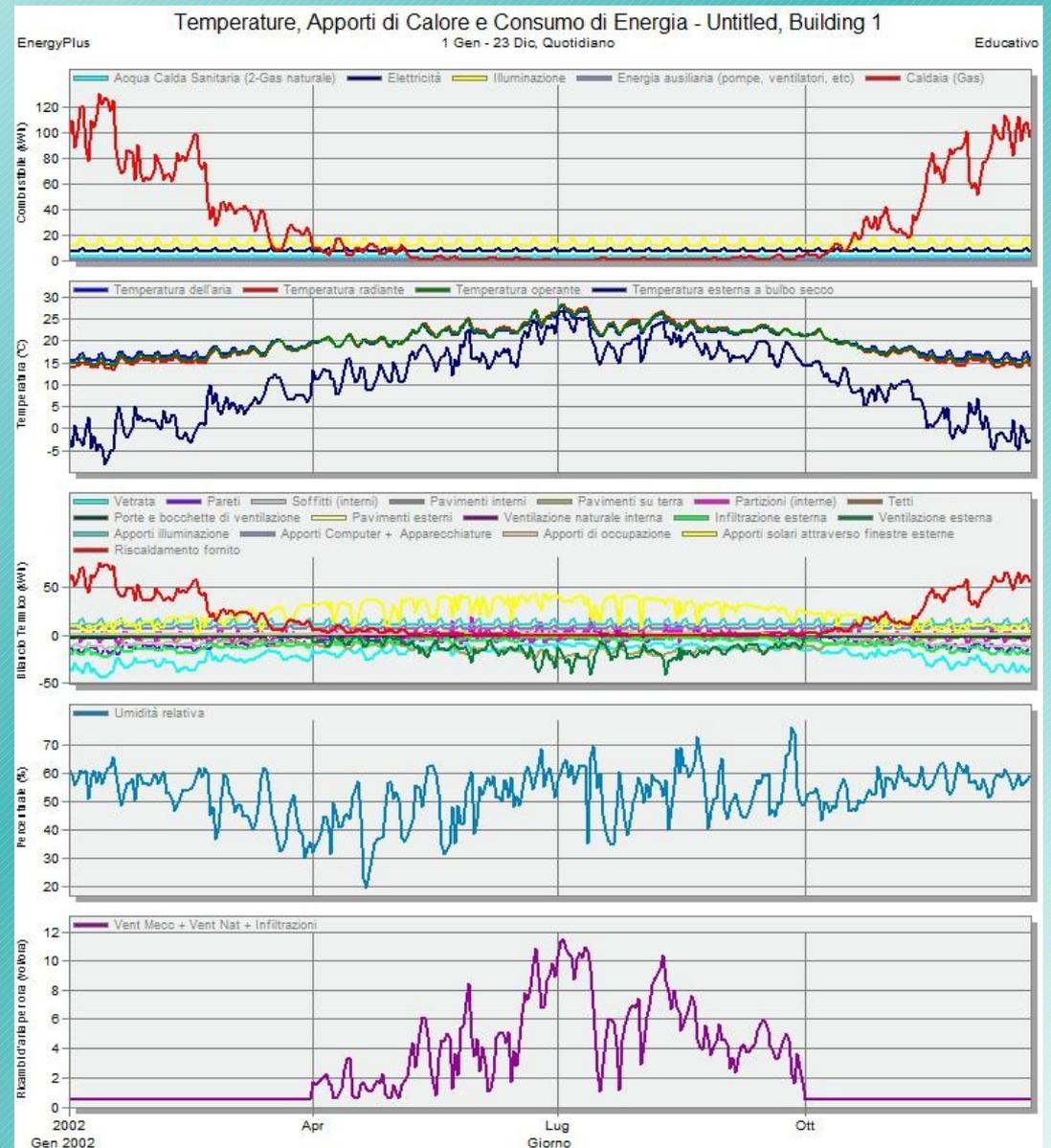
La nuova frontiera: la simulazione dinamica dell'edificio

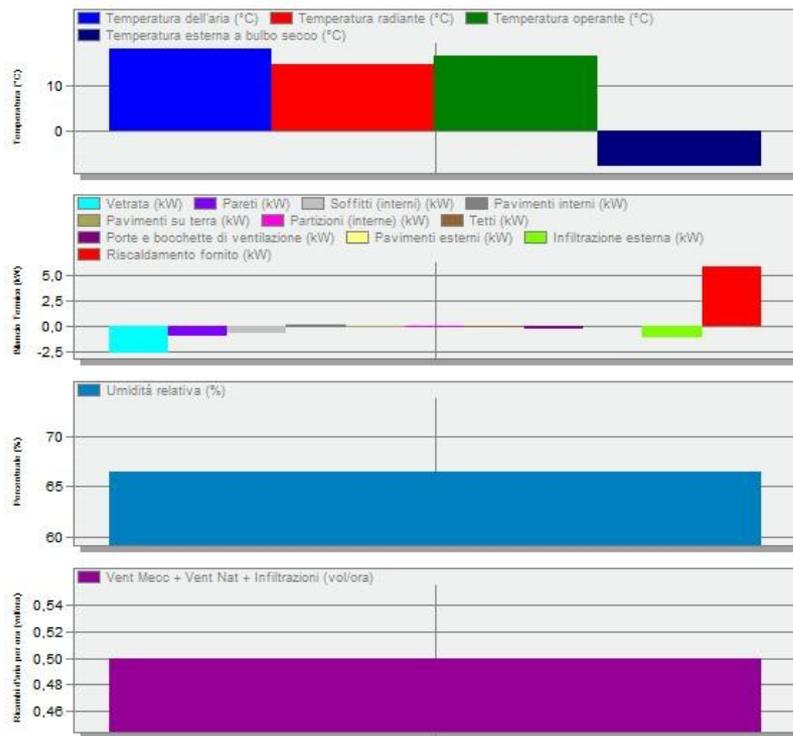


La nuova frontiera: la simulazione dinamica dell'edificio



La nuova frontiera: la simulazione dinamica dell'edificio (andamenti annuali)

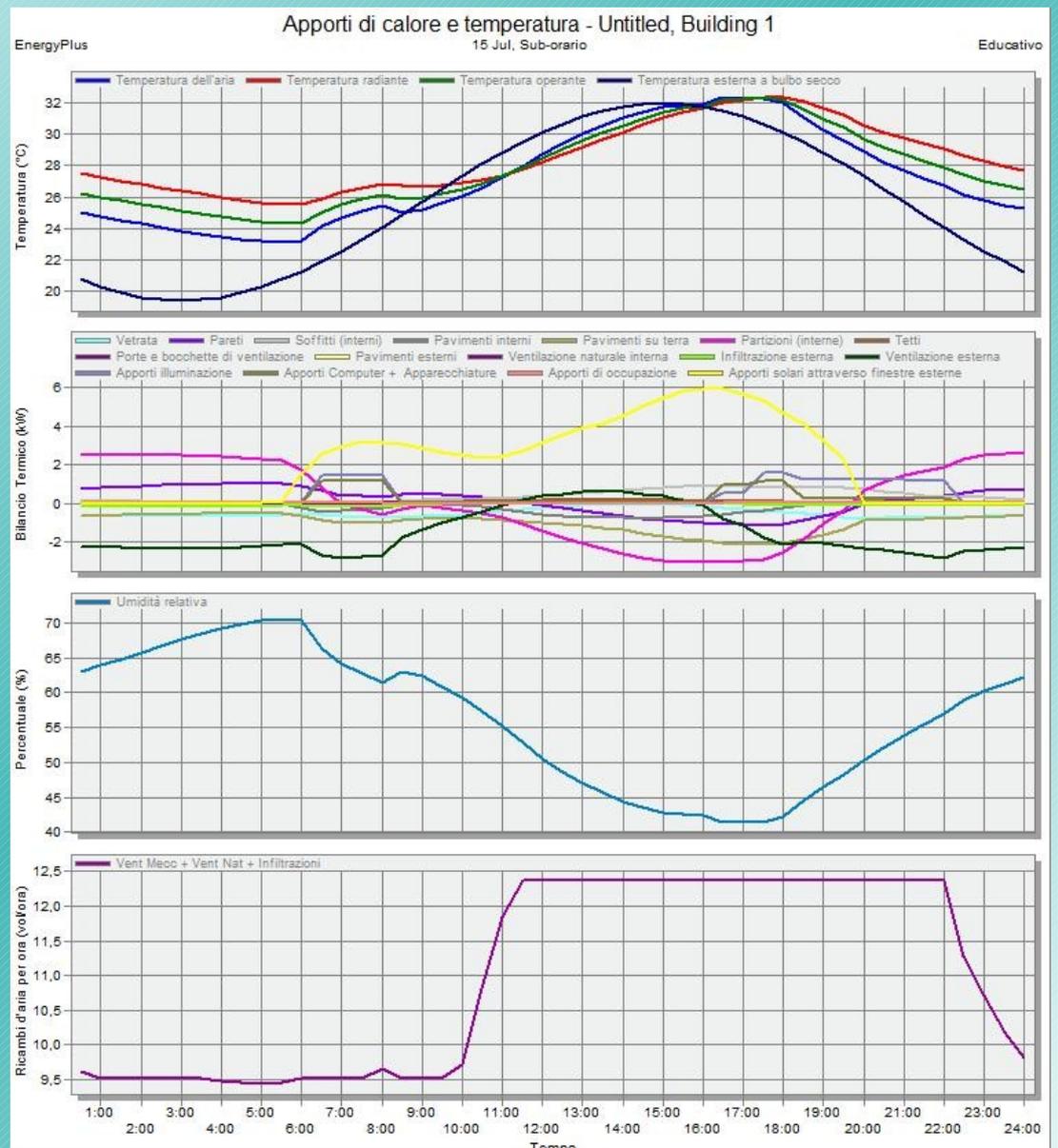




Temperatura dell'aria (°C)	18,15
Temperatura radiante (°C)	14,57
Temperatura operante (°C)	16,36
Temperatura esterna a bulbo secco (°C)	-8,10
Vetrata (kW)	-2,64
Pareti (kW)	-0,95
Soffitti (interni) (kW)	-0,65
Pavimenti interni (kW)	0,10
Pavimenti su terra (kW)	-0,12
Parizioni (interne) (kW)	-0,14
Tetti (kW)	-0,17
Porte e bocchette di ventilazione (kW)	-0,18
Pavimenti esterni (kW)	-0,02
Infiltrazione esterna (kW)	-1,09
Riscaldamento fornito (kW)	5,86
Umidità relativa (%)	66,51
Vent Mecc + Vent Nat + Infiltrazioni (vol/ora)	0,50

La nuova frontiera: la simulazione dinamica dell'edificio (dati invernali)

La nuova frontiera: la simulazione dinamica dell'edificio (giornata estiva)



Simulazioni Dinamiche

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

(EU)

- La norma UNI EN ISO 13790:2008 fissa alcuni vincoli sull'uso delle simulazioni energetiche degli edifici:
 - Si devono utilizzare i ponti termici previsti dalle norme europee
 - Il calcolo dinamico della trasmissione verso il terreno deve rispettare l'appendice D della UNI EN ISO 13370:2008
 - Il calcolo energetico della ventilazione deve rispettare le norme europee
 - Il calcolo delle infiltrazioni deve rispettare UNI EN 15241:2008 e UNI EN 15242:2008
 - Il calcolo dei consumi energetici per illuminazione deve rispettare la norma UNI EN 15193:2008
 - Annesso G da dei profili d'utilizzo standard ripresi anche dalla UNI/TS 11300-1:2008
 - Fissa alcune regole per il calcolo degli apporti solari
 - Prescrive l'uso dei parametri dinamici della UNI EN ISO 13786:2008 (metodo dell'ammittenza)



Simulazioni Dinamiche

NORMATIVA DI RIFERIMENTO (USA)

- Per avere dei valori di riferimento da inserire nelle simulazioni e per approfondire alcuni aspetti si ricorre all'uso della norma USA (ASHRAE 90.1-2007) ed in particolare all'appendice G.
- Altri dati utili possono essere trovati sul *ASHRAE Handbooks*

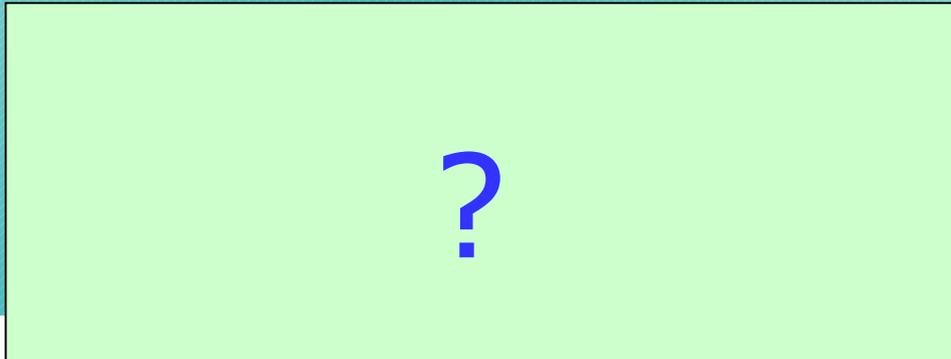
ASHRAE/IESNA 90.1-2004 Components	
Sezione 5	Involucro edilizio (inclusi spazi semi-riscaldati come i magazzini)
Sezione 6	Riscaldamento, ventilazione e aria condizionata (inclusa la ventilazione per le autorimesse, le protezioni dal gelo, il recupero dell'energia dall'aria di ricambio, e il calore recuperato mediante la condensazione per gli impianti di riscaldamento dell'acqua).
Sezione 7	Impianti di riscaldamento dell'acqua (incluse le piscine)
Sezione 8	Energia elettrica (compresi tutti gli impianti di distribuzione dell'energia elettrica)
Sezione 9	Illuminazione (comprese le luci per i segnali d'uscita di sicurezza, le luci per l'esterno dell'edificio e per le autorimesse).
Sezione 10	Altri impianti (inclusi i motori elettrici permanentemente allacciati).

Simulazioni Dinamiche

NORMATIVA DI RIFERIMENTO (EU)

In Europa la norma per la validazione dei software di simulazione dinamica è la UNI EN 15265:2008. La norma fissa degli input e in base all'errore sugli output classifica il software:

1. classe A: $e_{risc} < 5\% + e_{cond} < 5\%$
2. classe B: $e_{risc} < 10\% + e_{cond} < 10\%$
3. classe C: $e_{risc} < 15\% + e_{cond} < 15\%$



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria
Civile e Ambientale

P. Baggio TRENTO - oct. 2009

87

Simulazioni Dinamiche

NORMATIVA DI RIFERIMENTO (USA)

Per la norma ASHRAE 90.1 possono essere usati tutti i software che rispettano le caratteristiche segnalate nell'appendice G della norma stessa:

1. Simulazione di un intero anno
2. Simulazione con intervalli massimi di un'ora
3. Possibilità di programmi di funzionamento orari
4. Almeno 10 zone termiche
5. Tener conto degli effetti della massa (ritardi e sfasamenti)
6. Tener conto delle curve di prestazione degli impianti

- DOE 2
 - DOE 2.1
 - VISUAL DOE
 - Equest
 - EnergyPro
- HAP Carrier
 - TRACE Trane
 - Energy 10
 - ESP-r
 - Building Design Advisor
 - EnergyPlus
 - TRNSYS



Conclusioni

- Per raggiungere elevate efficienze e bassi consumi, occorre che **la progettazione venga effettuata in modo integrato**: chi progetta l'edificio e chi progetta l'impianto devono cooperare fin dalle prime fasi (conceptual design).
- Attenzione al comportamento estivo e alle caratteristiche climatiche (in particolare, nelle nostre zone, elevati apporti della radiazione solare e, spesso, elevati tassi di umidità per buona parte dell'anno); Soluzioni idonee in altri climi potrebbero non funzionare bene dalle nostre parti.
- Attenzione ai consumi elettrici (che vanno inclusi nel computo nel fabbisogno di energia primaria Q)



Conclusioni

- Le prestazioni dell'involucro devono migliorare.
- Le prestazioni degli impianti devono essere elevate ed essere mantenute tali.
- Siate preparati ad innovare !



**Grazie a tutti voi per
l'attenzione !**

