

Andrea Belingardi

Energia sostenibile Energia sostenibile cambiamento climatico e aria pulita

per: domande, suggerimenti, critiche e proposte:

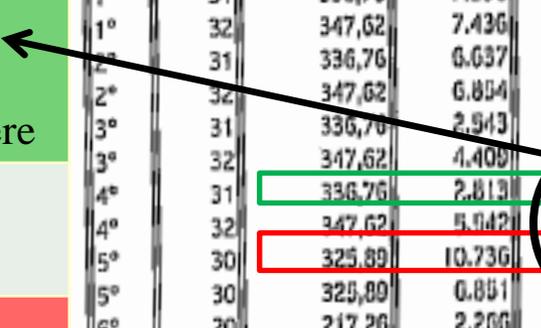
andrea.belingardi@libero.it

7. Riscaldamento in casa

Stagione 2020 / 2021

P I A N O	M/M	30% TELERISCALD. E SPESE GENERALI	CONSUMO	* 70% TELERISCALD.	N.	LETTURA RIPARTITORI	SPESE PERSONALI	TOTALE CONSUNTIVO	SAL - A + .
NEG.	13	141,22	7.668	698,56	2	7,70		847,48	
NEG.	12	130,36			2	7,70		138,06	
NEG.	15	162,95	4.000	364,40	3	11,55		538,90	
NEG.	14	152,08	20	1,82	2	7,70		161,60	
NEG.	15	162,95	21.341	1.944,18	7	26,95		2.134,08	
NEG.	25	271,58						271,58	
NEG.	30	325,80						325,89	
NEG.	15	162,95						162,95	
NEG.	13	141,22						141,22	
1°	31	336,76	7.896	719,33	8	30,80		1.086,89	
1°	32	347,62	7.436	677,42	7	26,95		1.051,99	
2°	31	336,76	6.637	604,63	8	30,80		972,19	
2°	32	347,62	6.854	624,40	8	30,80		1.002,82	
3°	31	336,76	2.943	231,67	8	30,80		599,23	
3°	32	347,62	4.409	401,66	7	26,95		776,23	
4°	31	336,76	2.813	256,27	8	30,80		623,83	
4°	32	347,62	5.042	504,88	8	26,95		879,45	
5°	30	325,89	10.736	978,06	8	26,95		1.330,90	
5°	30	325,89	6.851	624,13	8	30,80		980,82	
6°	20	217,26	2.206	206,43	6	23,10		446,79	
6°	20	217,26	8.081	736,18	6	23,10		976,54	
	504	5.475,02	105.003	5.574,02	104	400,40		15.449,44	
NEG.	15	162,95						162,95	
1°	33	358,40	4.139	377,07	6	23,10		758,65	
1°	24	260,71	1.708	162,89	6	23,10	22,00	468,70	
1°	31	336,76	3.904	303,86	8	30,80		731,42	
2°	33	358,40	7.893	716,32	8	30,80		1.105,60	
2°	24	260,71	101	14,67	5	19,25		294,63	
2°	31	336,76	3.096	323,95	7	26,95		687,66	
3°	33	358,40	1.838	167,17	8	30,80		556,45	
3°	24	260,71	7.905	725,62	6	23,10		1.009,43	
3°	31	336,76	7.826	685,62	7	26,95		1.049,33	
4°	33	358,40	2.904	272,76	8	30,80		662,04	
4°	24	260,71	445	40,54	6	23,10		324,35	

Spesa consumo riscaldamento	caratteristiche	
256,27 € + 100 € elettricità	Vetri doppi	Pompa calore in due camere
504,88 €	Vetri doppi	
976,06 €	Vetri singoli	



Il costo per il riscaldamento è la metà rispetto all'identico alloggio del piano di sopra (infissi senza doppi vetri) e addirittura il 26% relativamente al consumo

In casa il calore che esce deve essere reintegrato col calore che entra.

Da dove esce il calore?

1. Ricambio aria
2. infissi
3. Muri perimetrali
4. Ponti termici
5. Alloggi confinanti se non riscaldati
6. Pavimenti e soffitti se in comunicazione con tetti, cantine, androne, vano scale



Per il **ricambio aria** bastano 5 minuti al giorno di finestre bene aperte: si cambia l'aria e non si raffredda la stanza.

Per vedere quale parte dell'edificio disperde più calore si possono usare **termografie ad infrarosso**

Da questa termografia, ad esempio, si capisce che il calore è disperso dagli infissi (rossi), mentre il tetto della casa (blu) è ben isolato





In mancanza di una macchina fotografica sensibile ai raggi infrarossi (il costo parte da alcune centinaia di euro) si può usare un **pirometro** tipo il termoscaner che usiamo per misurare la temperatura corporea (ce ne sono però tipi che non funzionano sotto i 32°C)

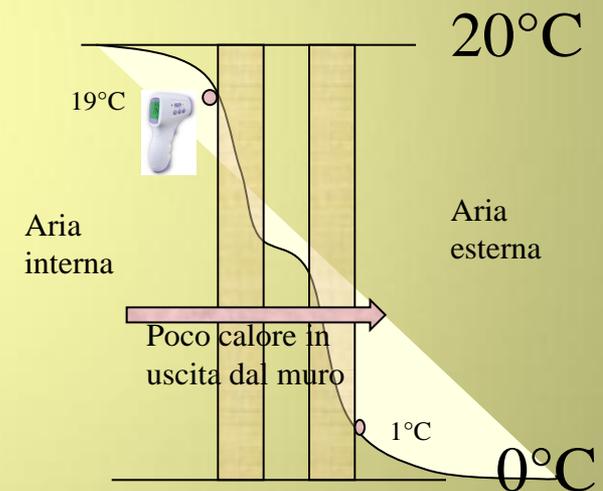
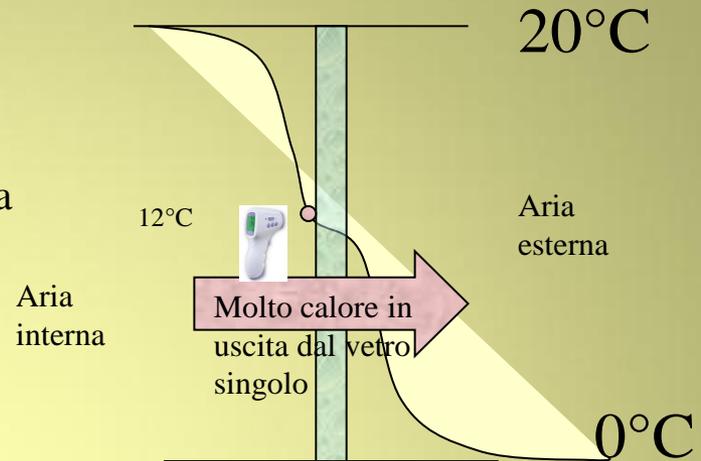
Sappiamo che due corpi a contatto in mancanza di fonti di calore tendono ad assumere la stessa temperatura, mentre il gradiente di temperatura varia dal corpo caldo al corpo freddo in maniera proporzionale al potere isolante del materiale

E l'aria è isolante o conduttrice?

La risposta è molto complessa. L'aria è un ottimo isolante se ferma o in strato sottile, ed è conduttrice se libera di muoversi specie ad alta velocità (es. forte vento)

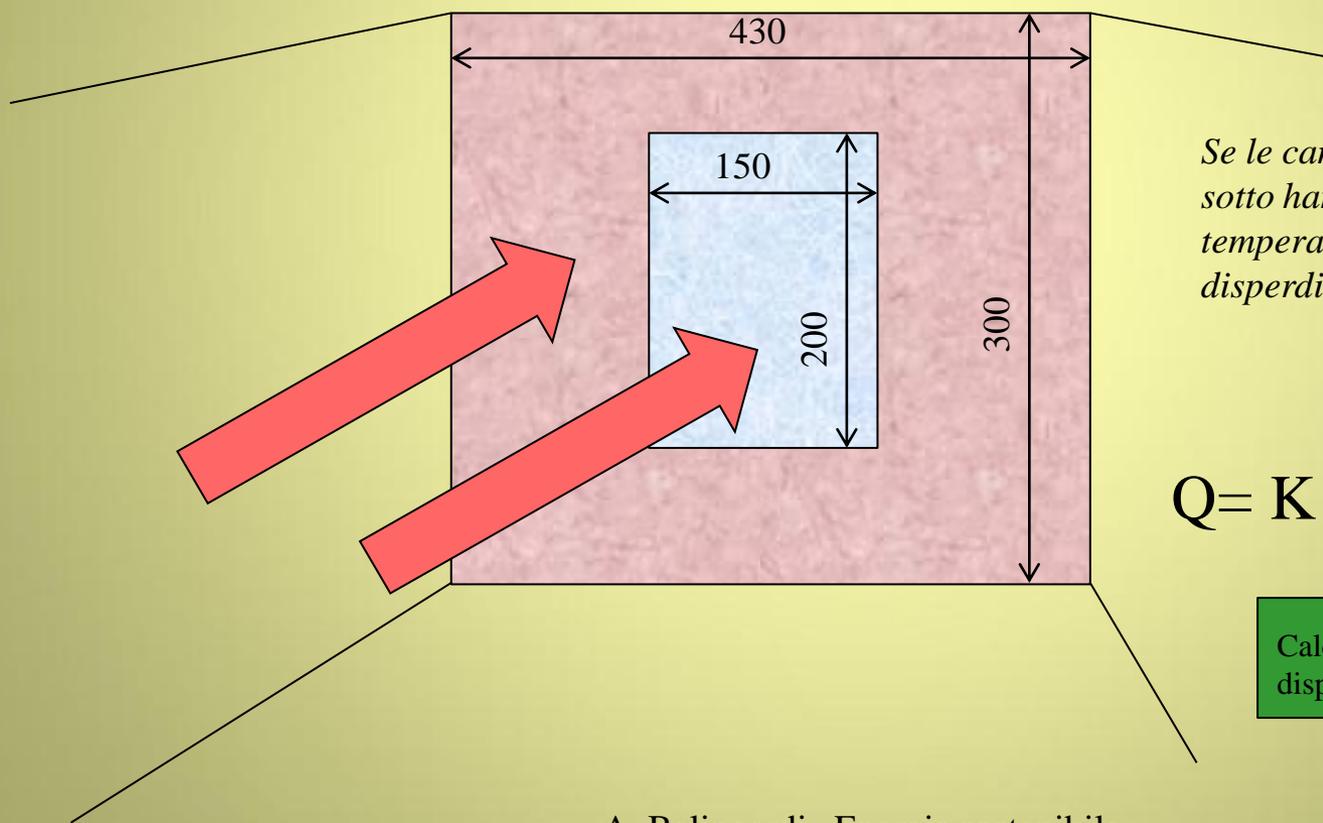
Nei diagrammi a fianco vediamo che sopra l'aria è la parte più isolante (comportamento con vetro singolo conduttore perché sottile), sotto si comporta da conduttrice (comportamento con mattone doppio isolante e intercapedine di dieci cm di aria con moti convettivi)

Quindi misurando la temperatura sul muro (18-9°C) e sul vetro (12°C) posso risalire alla quantità di calore uscito dal perimetro della casa



In azzurro il conduttore in beige l'isolante

Calcolo potenza termica dispersa verso l'esterno in assenza di ponti termici (punti di fuga del calore come cassonetti delle tapparelle, davanzali, muri scale ecc) per una stanza con perimetro sull'esterno di 10 m^2 di muro e 3 m^2 di finestra. Purtroppo è un **calcolo molto teorico** perché non tiene conto ad esempio degli alloggi confinanti da cui non c'è isolamento (l'isolamento del mattone che separa l'alloggio vicino è poco superiore all'infisso col vetro singolo)

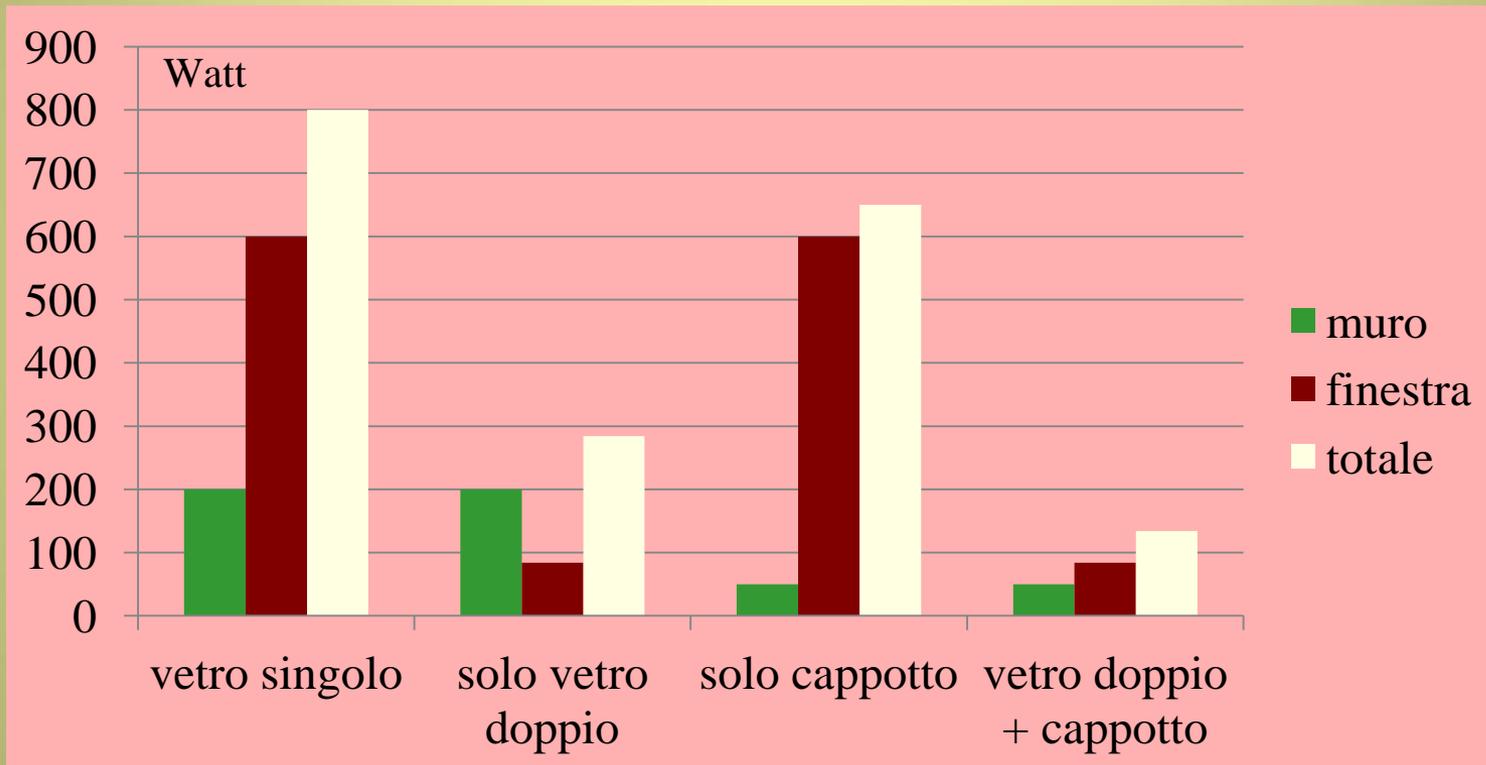


Se le camere a fianco sopra e sotto hanno la stessa temperatura non ci sono altri disperdimenti

$$Q = K S (T_i - T_e)$$

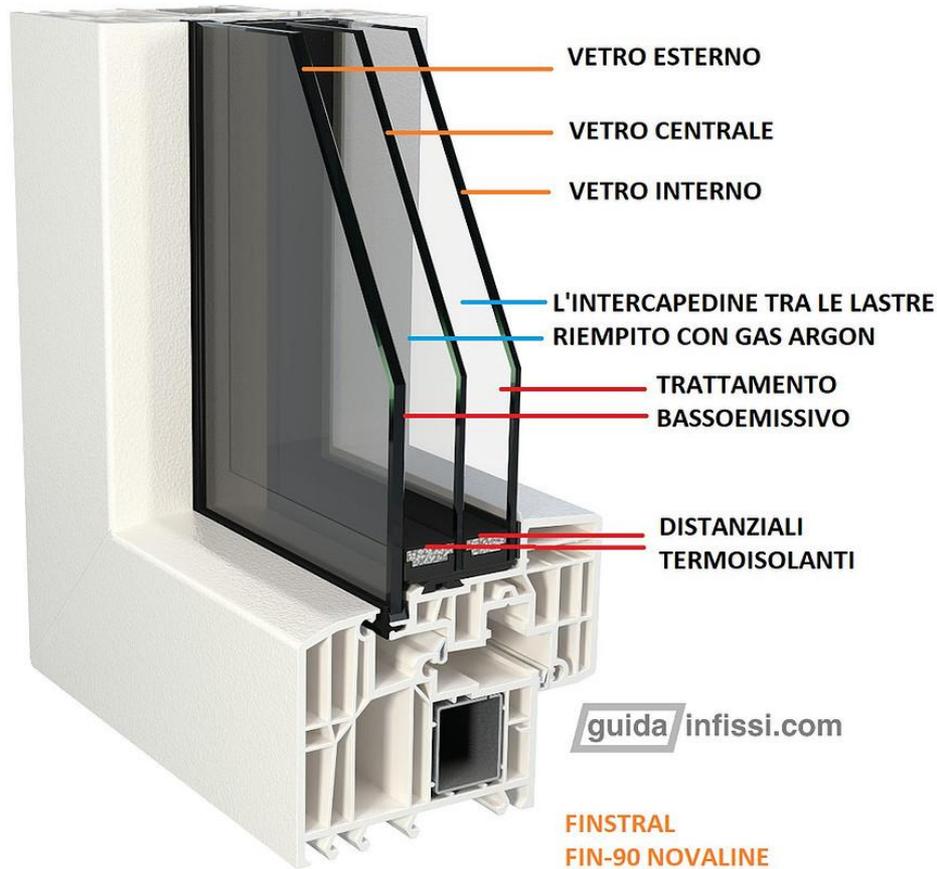
Calcolo
disperdimenti

Considerando $K = 1$ per il muro, 1,4 per l'infisso col vetro doppio e 6-10 per l'infisso con vetro singolo, 0,04 per l'isolante del cappotto, dai calcoli in appendice (o cliccando sul diagramma, e guardando dati) otteniamo i seguenti valori



TRIPLO VETRO

guida infissi.com



Infissi con doppio e triplo vetro sono ottimi isolanti

Il telaio della finestra può essere in PVC (polivinilcloruro, polimero del cancerogeno cloruro di vinile), in legno o in alluminio.

Lo **spessore** optimum dell'intercapedine d'aria è **1,6 mm**, (spessori maggiori permettono moti convettivi)

$$K \text{ vetro semplice} = 6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$K \text{ vetro doppio} = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$$

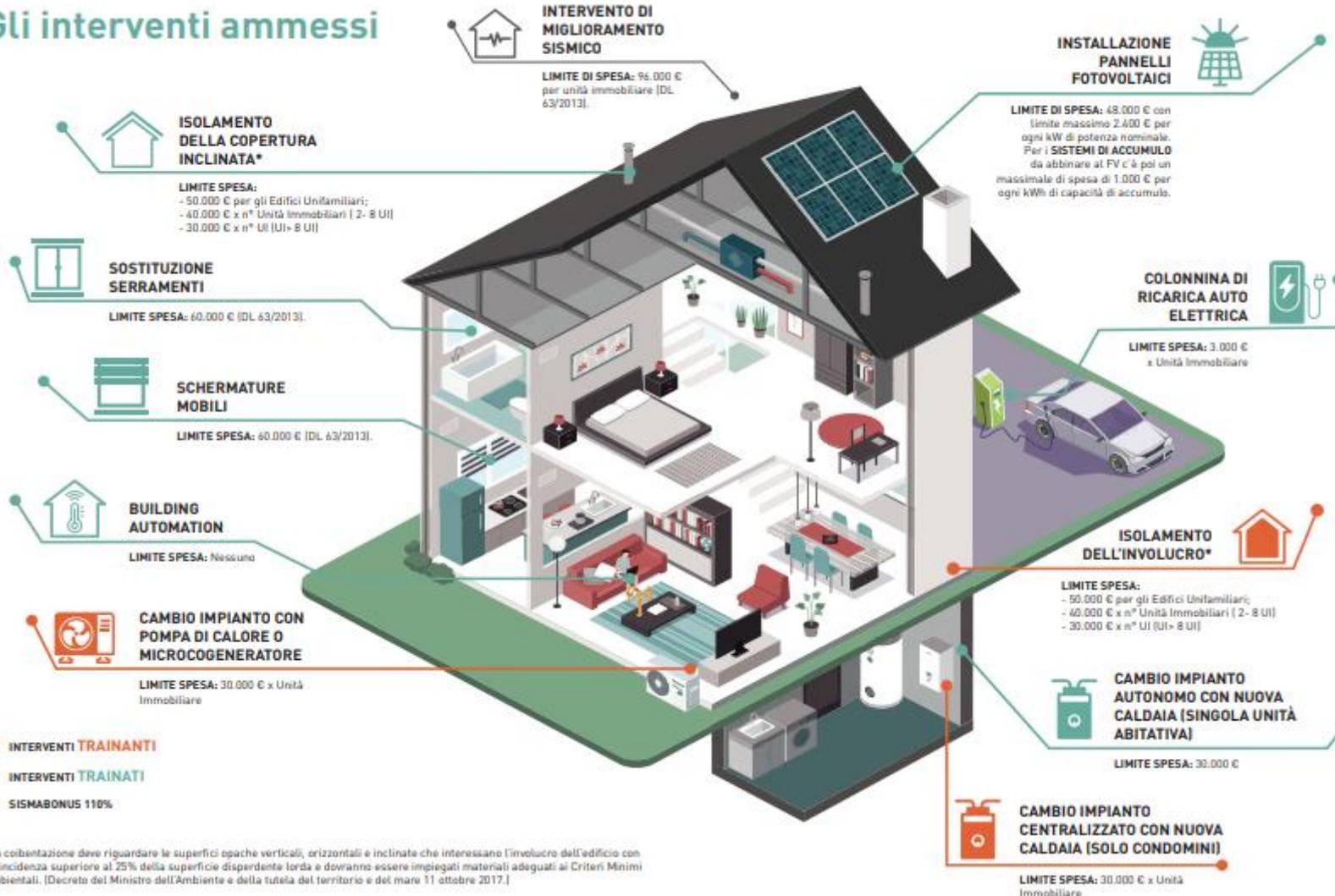
$$K \text{ vetro triplo} = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$K \text{ muro perimetrale} = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Interventi per bonus al 110%

heating & cooling solutions

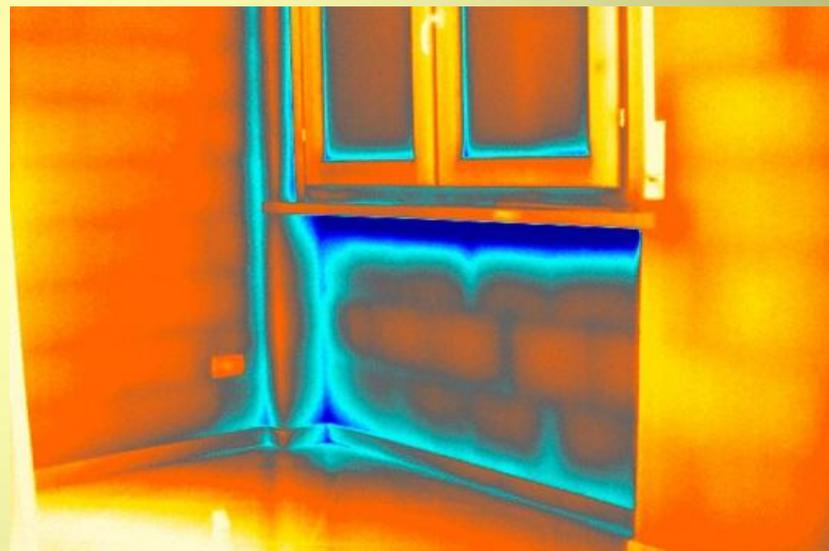
Gli interventi ammessi



*La coibentazione deve riguardare le superfici opache verticali, orizzontali e inclinate che interessano l'involucro dell'edificio con un'incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda e dovranno essere impiegati materiali adeguati ai Criteri Minimi Ambientali. (Decreto del Ministro dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare 11 ottobre 2017.)

Bisogna fare particolare attenzione ai **ponti termici** cioè a punti particolari della stanza che possono risultare conduttori perché poco isolati e vanificare tutto il nostro lavoro e i costi di isolamento. Ad esempio i cassoni delle tapparelle o i davanzali.

Anche dietro al termosifone (quando è posto sotto la finestra) lo spessore del muro è “stranamente” ridotto ed allora è comodo inserire un pannello isolante termoriflettente ad esempio di alluminio lucido



Nelle foto IR scattate dall'interno dell'edificio i punti deboli (freddi) sono quelli in Blu. I punti isolati meglio sono in colore giallo

Nel caso si abbiano disperdimenti dal soffitto (ultimo piano) si può ricorrere ad un controsoffitto in materiale isolante previo trattamento antimuffa.

Materiale	Coefficiente conduzione per 10 cm	Polveri /fibre	Costo materiale (€/m²) Spessore 10 cm	combustibili	traspirante
Lana di roccia	0,4	possibili	11	No	Si
Lana di vetro	0,4	possibili	12	no	Si
sughero	0,45	no	30	Poco	Medio
polistirolo	0,5 (possibili ponti termici)	no	5	si	No
cellulosa	0,5	possibili	23	poco	si

Per i pavimenti c'è un piccolo aiuto all'isolamento da parte di moquette e parquet (20-40%) rispetto al tavellone di cui è in genere costituito, ma il senso di calore dato da questi materiali è più dovuto alla minore trasmissione per contatto. Nel riscaldamento a pavimento è da preferire il gres

PAVIMENTO	CONDUCIBILITA' TERMICA	K per spessore 1 cm (W/ m² °C)
Gres porcellanato	1,3 W/(mK)	130
Cotto	0,9 W/(mK)	90
Parquet stratificato ed incollato	0,16 W/(mK)	16
Marmo	3,4 W/(mK)	34
Moquette	0,09 W/(mK)	9
cemento	1 W/(mK)	100
Tavellone forato	0,24	2,4 (spessore 10 cm)

Questo calore disperso deve essere compensato fornendolo con un mezzo idoneo:

- Calore dal sole
- Impianto a termosifone
- una stufa elettrica o di altro tipo
- una pompa di calore
- Pannelli radianti sottopavimento
- Lampade ad irraggiamento
- Altri apparecchi elettrici funzionanti.
- Già solo una **persona** che vive in una stanza 24 h al giorno dà un calore di 2,4 kWh (è il famoso effetto stalla utile in particolare nelle aule scolastiche!!)

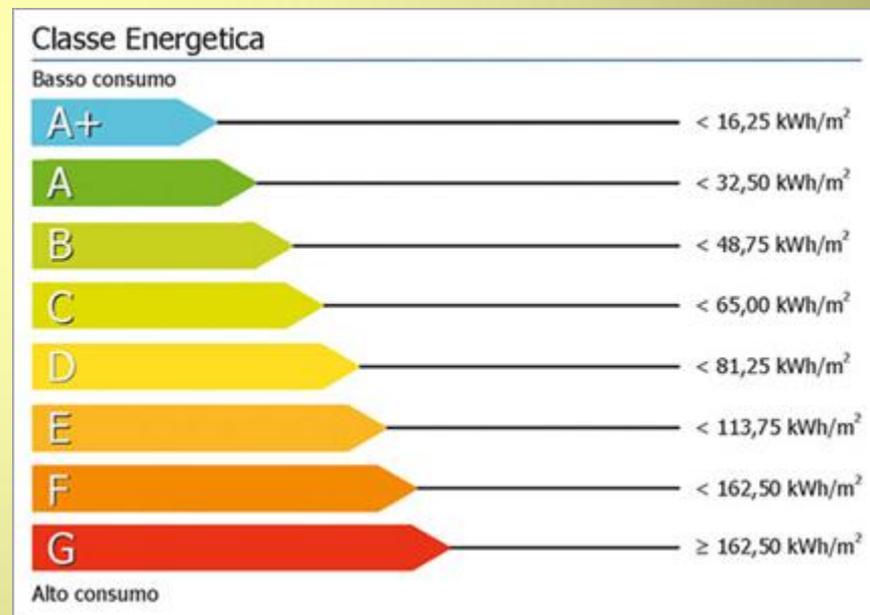
Di che **classe energetica è la nostra casa?**

Un conto di massima è assolutamente semplice:

Abbiamo visto (appendice) che con 1€ di metano fornisco (prezzi 2021) circa 7 kWh di calore se il costo di riscaldamento annuo è 800 € significa che consumo circa $(7 \text{ kWh/€} \times 800 \text{ €}) = 5600 \text{ kWh}$ per il riscaldamento annuo della casa (meglio prendere in bolletta il valore dei m^3 di metano consumati). Se la casa è di 100 m^2 consumo 56 kWh al m^2 . Nel caso dell'esempio sarei di classe C

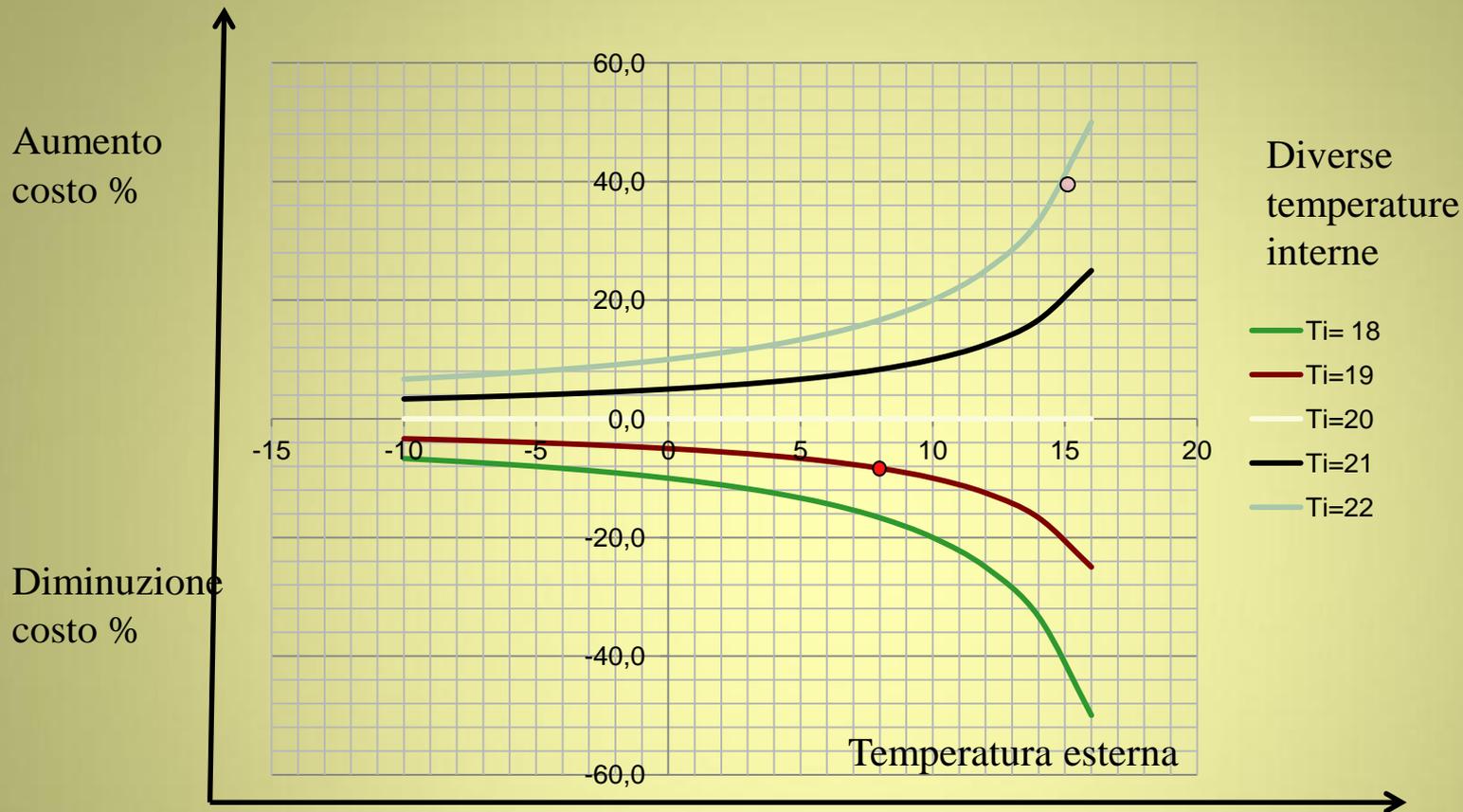
In realtà il discorso deve essere fatto con dati più certi: qualche condomino utilizza pompe di calore, qualcuno ha l'alloggio vuoto e riscaldamento spento, il teleriscaldamento ci costa il 10% in meno del metano (quindi significa consumo 10% superiore) ...

N.B. La stessa casa spostata in un clima diverso avrebbe diversa classe energetica perché diverso sarebbe il consumo energetico



Se (a Torino) mantengo in casa una temperatura superiore a 20°C ho una spesa di circa il 10% in più per ogni grado in più
Se tengo una temperatura inferiore ho una spesa di circa il 10% in meno per ogni grado in meno
e questo per due motivi:

1. Maggior differenza 15°C al posto di 14°C di temperatura fra interno ed esterno (temperatura media esterna a Torino è di 6°C) comportano un 7% in più di consumo.
2. Minor differenza dei temperatura (34°C al posto di 35°C) fra radiatore (55°C) e ambiente (21°C) comportano un 3% in più di consumo



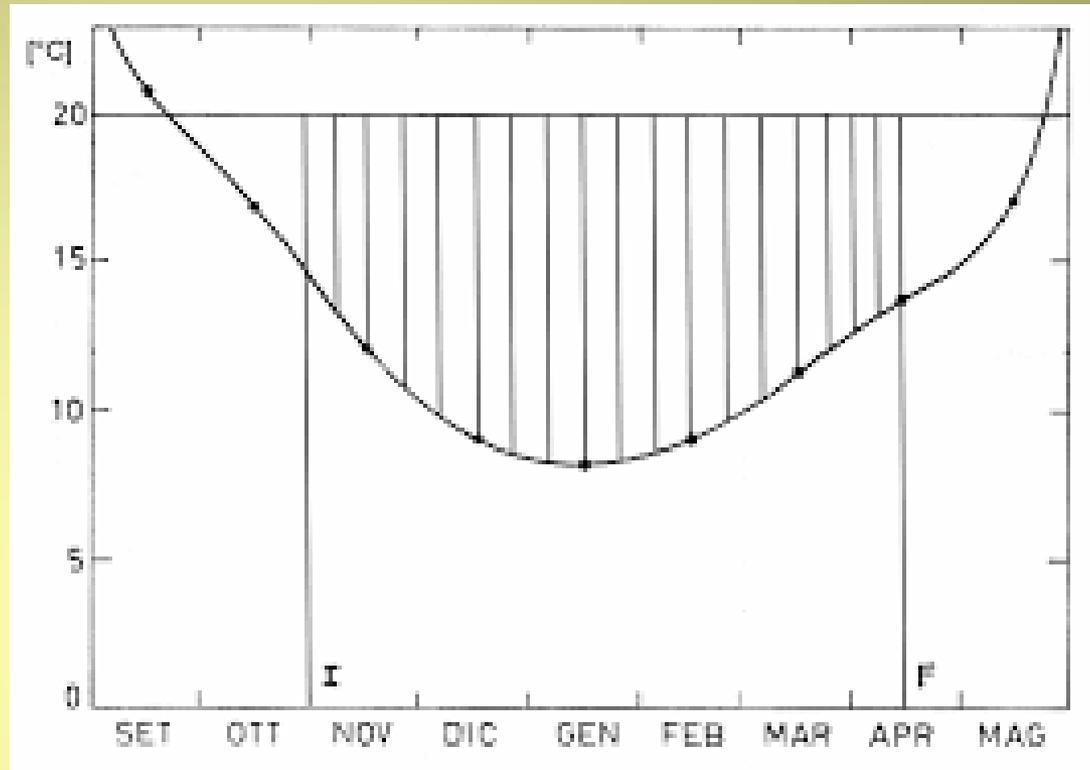
Variazione costi riscaldamento a seconda delle temperature esterne (asse delle ascisse) per diverse temperature interne richieste. Esempio: se con una temperatura di 15° C esterni voglio una temperatura interna di 22° C consumo il 40% in più. Se con 8° C esterni voglio una temperatura interna di 19° C consumo il 5% in meno. Quanto detto è valido per riscaldamento a radiatori senza contare il 3% di maggiore/minore efficienza del radiatore visto la pagina precedente

Un altro modo per fare il **calcolo della classe energetica** è considerare il dispendio energetico della mia camera tipo (6,8 kWh, calcolo in appendice per camera con infissi con doppi vetri) e moltiplicare ad esempio per 5 ambienti del mio alloggio: 34 kWh, Questo valore, aumentato del 10% per tener conto del ricambio di aria, porta a 37 kWh per temperatura esterna di 0°C.

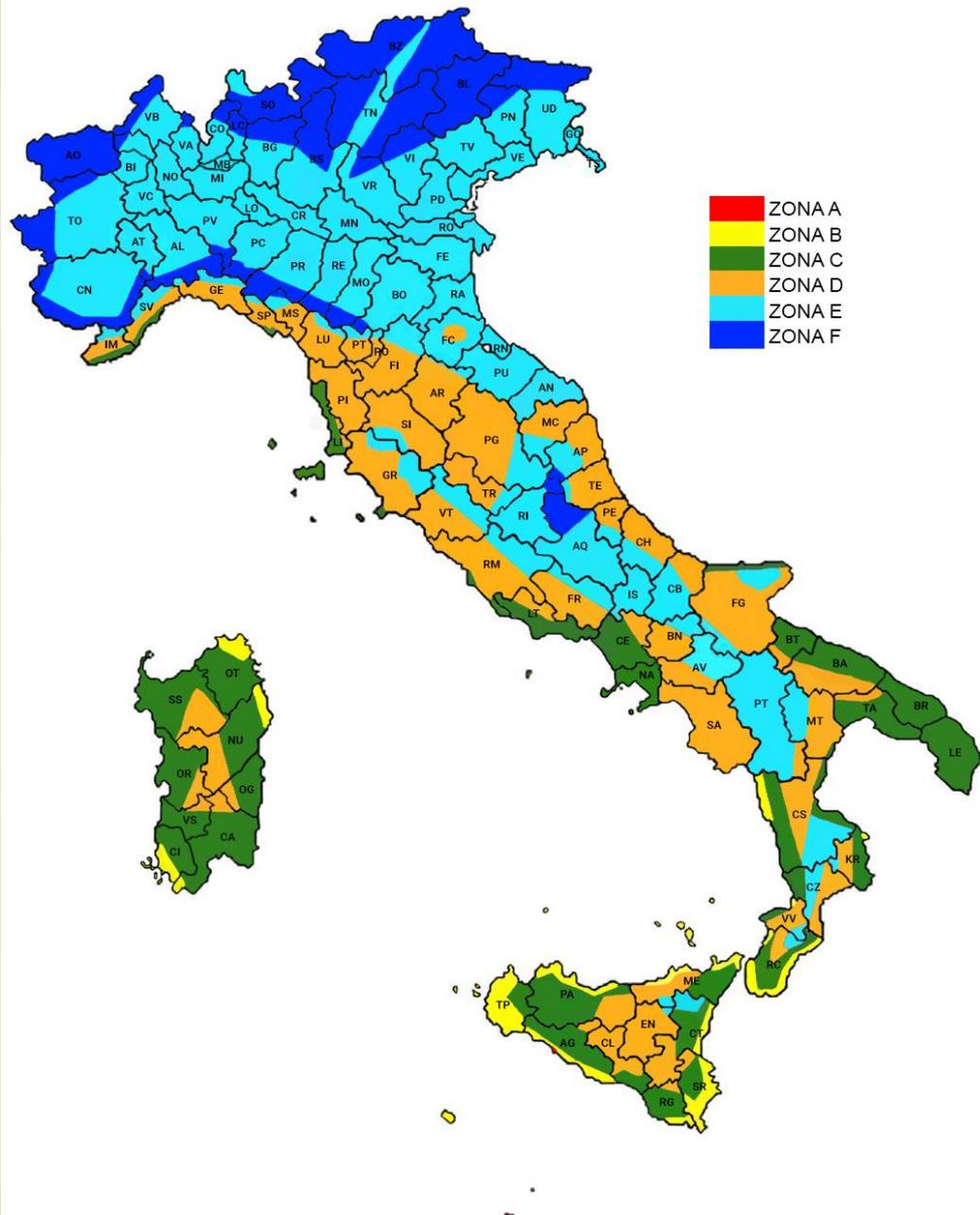
Torino è in classe climatica E ed ha 2617 gradi giorno, che significa che dividendo per 180 giorni di riscaldamento ho una differenza di calore media, fra dentro (20°C) e fuori, di 14°C nel periodo invernale . Facendo la proporzione non consumerò quindi tutti i giorni 30 kWh per il riscaldamento bensì $37 \times 14/20 = 26$ kWh/giorno di media pari a circa 4700 kWh /anno cioè 47 kWh/m² . Secondo questo calcolo il mio alloggio sarebbe al limite fra classe B (con triplo vetro) e classe C. In effetti dal consumo assegnatomi nella ripartizione della spesa condominiale c'è però la quota parte e il costo necessari a compensare le dispersioni dal tetto, dalle scale, dall'androne (meglio se c'è una bussola) che nel secondo metodo non viene calcolato, ma ne devo tenere conto, quindi posso dire che anche con questo metodo il mio appartamento è confermato di classe C

I gradi giorno si ottengono sommando per ogni giorno la differenza di temperatura tra 20°C interni e la temperatura media della giornata

Qui a fianco il diagramma rappresenta i gradi giorni di **Genova** (che si trova in classe climatica D, stagione di riscaldamento da 1-11 a 1-4, un mese in meno di) con 1435, il 55% di quelli di Torino per cui la spesa per riscaldamento di un analogo alloggio a Genova sarà circa 440 € al posto degli 800 € di Torino



Bardonecchia invece si trova in zona climatica F con 3043 gradi giorno, quindi 16% in più di consumo e di spesa rispetto a Torino, considerando però gli alloggi vicini tutti abitati (altrimenti sono guai!). **Sestriere** ha 5165 gradi giorno e la spesa per il riscaldamento per la nostra casa sarebbe di 1500 € all'anno. **Aosta** in classe E con 2850 gradi giorno. **Palermo** classe B con 751 gradi giorno



Zona climatica	gradi giorno
B	600-900
C	900 -1400
D	1400-2100
E	2100-3000
F	> 3000

A seconda dei gradi giorno, sono stabilite le durate dell'accensione del riscaldamento condominiale

Il decreto legislativo 3-3- 2011 impone per il riscaldamento degli edifici di nuova costruzione, impianti solari o pompe di calore. È ammesso, dove c'è, il teleriscaldamento:

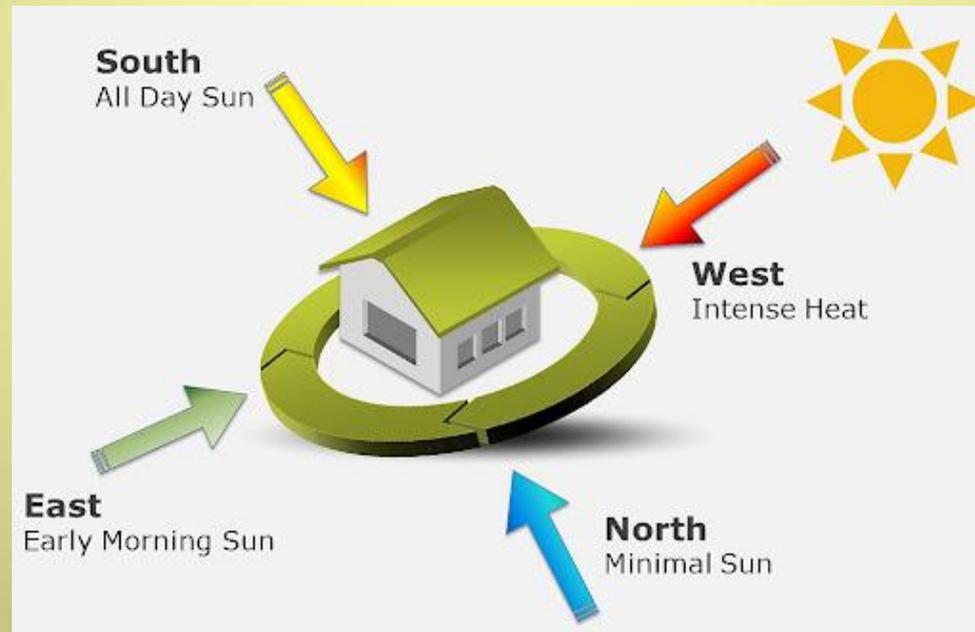
- l'85% degli edifici usano impianti solari (di cui il 61 % di tipo fotovoltaico, il 39% solare termico)

- Il 48% ha una pompa di calore

quindi essendo la somma superiore al 100% significa che diversi edifici (il 33%) utilizzano entrambi i metodi; d'altra parte il riscaldamento solare non è sufficiente nelle giornate con tempo avverso

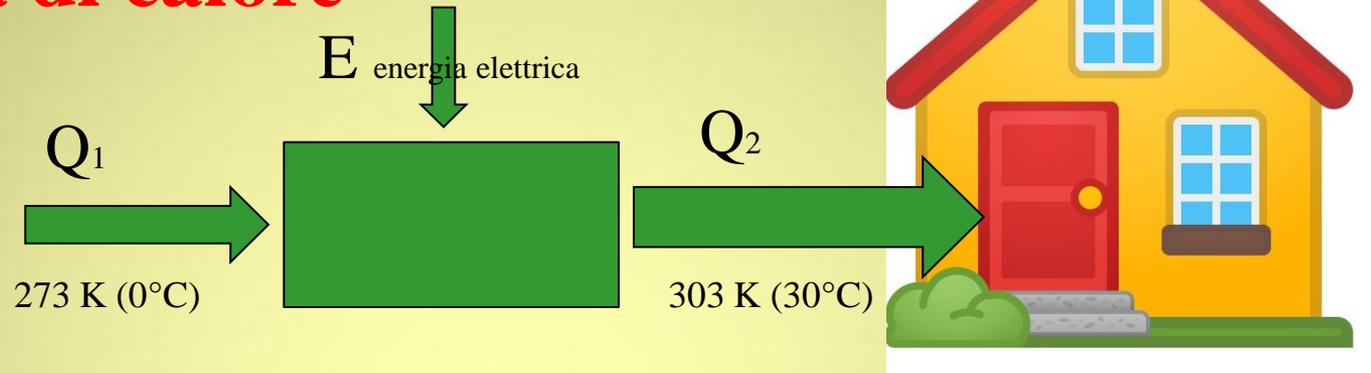
Calore dal sole

Tutti sanno la bellezza di avere un appartamento esposto a sud (anche se a luglio ed agosto è meno bello!); oltre che dare buonumore, il sole dà calore. Se poi nell'esposizione a sud c'è un balcone verandato, grazie all'effetto serra della veranda di vetro o di plastica (di norma politene), d'inverno si può, nelle belle giornate, evitare addirittura di riscaldare



Il più comodo e conveniente metodo di riscaldamento artificiale è la

pompa di calore

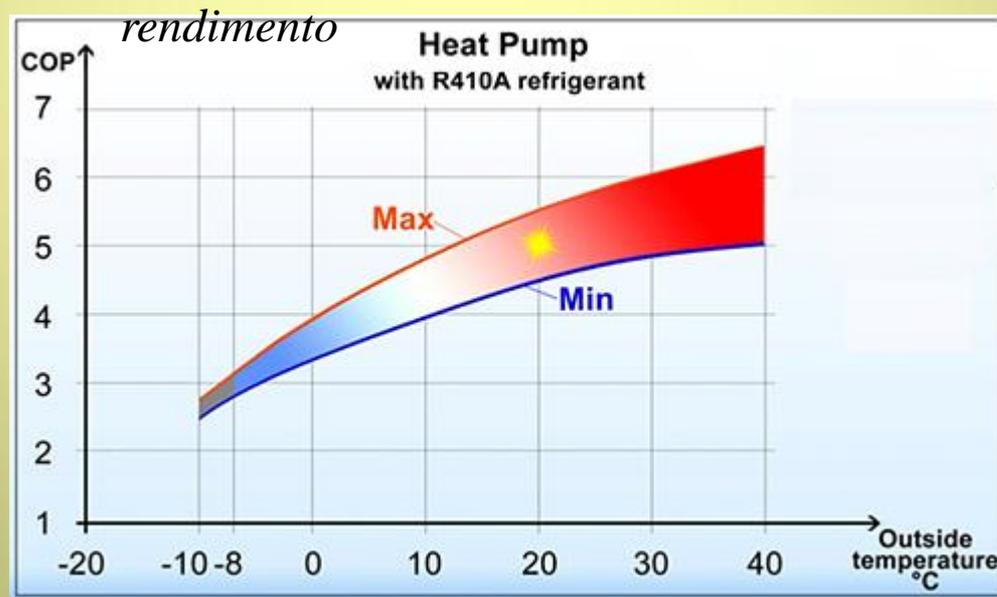


La pompa di calore, prende aria esterna con un certo calore Q_1 (ricorda che si trova ad es. a 273 K), lo cede ad un fluido e, tramite un ciclo del tutto analogo a quello del frigorifero, che scalda “dietro”, con l’aiuto di una certa quantità di Energia elettrica, porta all’interno il calore Q_2 . In realtà per funzionare il congegno, il fluido deve prendere calore almeno a 5°C in meno e cederlo almeno a 5°C in più.

Per un maggiore rendimento l’**evaporatore** (presa di calore esterna) deve essere messo nel punto più caldo del balcone, ma purtroppo questo punto deve anche essere il punto più freddo d’estate per un migliore efficienza del condizionatore nelle giornate calde.

La pompa di calore ha un **rendimento** (detto **COP**) tanto maggiore (3-4) quanto più alta è la temperatura a cui si preleva il calore (allora l'evaporatore e il motore devono essere posti a sud, possibilmente in veranda, oppure in una casa monofamiliare in cantina ecc). Intorno ai $2-5^{\circ}\text{C}$ il rendimento scende decisamente (*il diagramma è, a mio parere, un po' ottimistico in quanto molti affermano che non funzionano già a -5°C*).

Siccome la pompa di calore d'estate funziona da condizionatore, il motore deve però essere posto all'ombra in un ambiente meno caldo. Sarebbe quindi meglio a nord, ma chiaramente non è possibile spostarla.



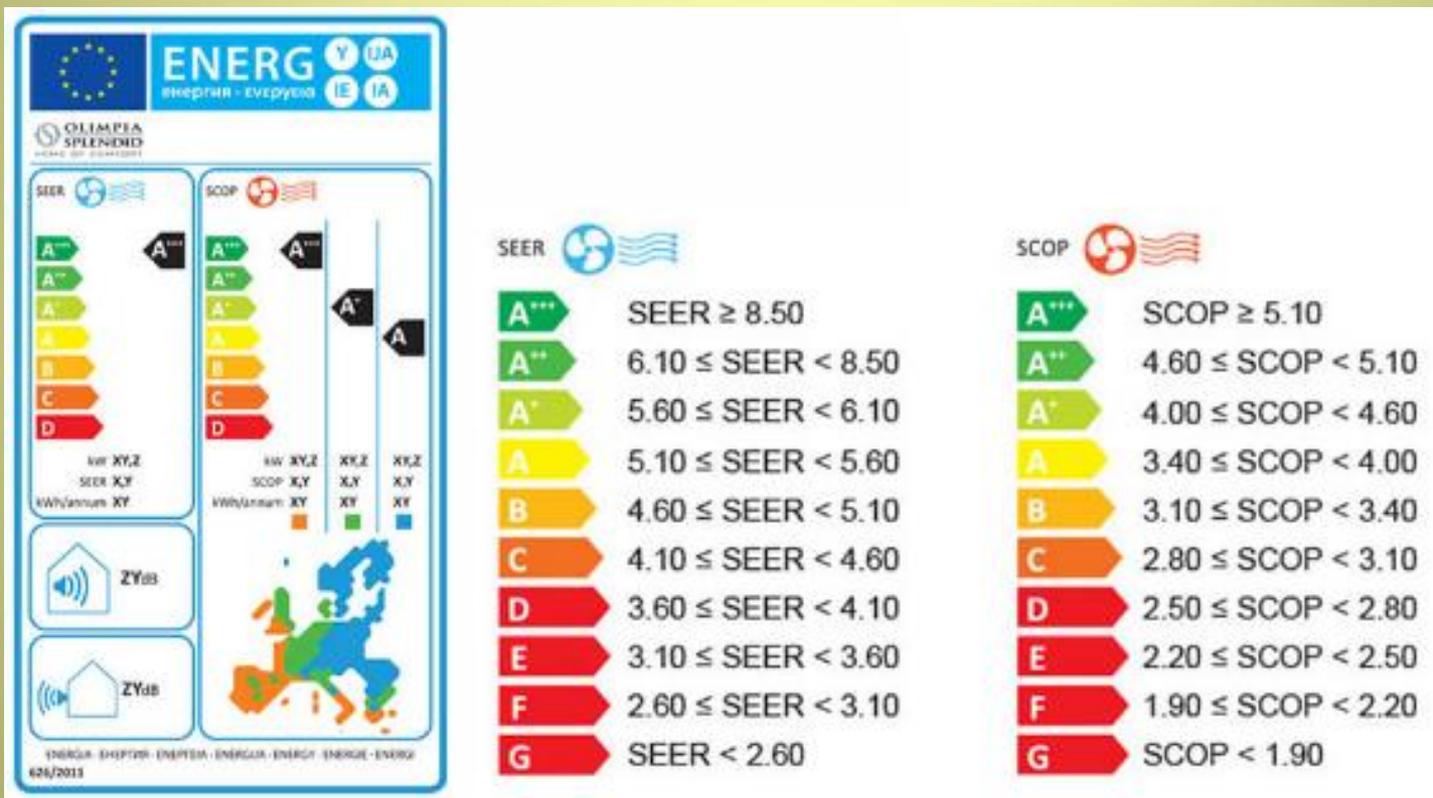
Consumo della pompa di calore

In pratica la pompa di calore, dopo uno spunto iniziale per andare a regime, (impegnando circa 1000 W, a diminuire fino a 300 W nella prima ora) , impegna ad esempio (dipende ovviamente dalle dimensioni) circa 300 W elettrici fornendo 1000 W di calore* o con 600 W elettrici circa 2000 W termici (circa 9000 BTU, vedi dopo). L'apparecchio quindi deve stare in funzione buona parte della giornata se abbiamo finestre a vetro singolo ma solo 6 h (pompa più piccola o 3 ore pompa più grande) al giorno per stanza con finestre a vetro doppio.

Ad esempio in camera da letto si può accendere alle 17 di sera e per le 23 abbiamo 22°C (apparentemente di più, ma la temperatura scende subito, appena spento l'apparecchio causa l'inerzia termica di muri e mobili) che tornano a 20°C alle 17 del giorno dopo. Nella mezza stagione si può accendere alle 20 e spegnere alle 22. Mediamente 3,5 h x 400 W x 180 giorni = 260 kWh per ogni stanza (52 € all'anno per camera, 260 € per l'alloggio di 5 camere al posto di 800 € col riscaldamento a metano). Ma le 5 pompe devono essere usate in ore diverse, pena non poter utilizzare gli altri elettrodomestici

** il rendimento non può essere maggiore di 1. Qui apparentemente lo è ed allora al posto di rendimento si preferisce parlare di coefficiente di prestazione COP)*

Classe di efficienza estiva –invernale del condizionatore – pompa di calore.
 Approssimativamente gli apparecchi scendono di una classe per tecnologia vecchia di tre anni. Se un apparecchio venduto nel 2020 è mediamente di classe A+ , un apparecchio venduto nel 2005 è mediamente di classe E. l'efficienza di ogni apparecchio è diversa a seconda delle zone climatiche. Migliore nelle zone più calde

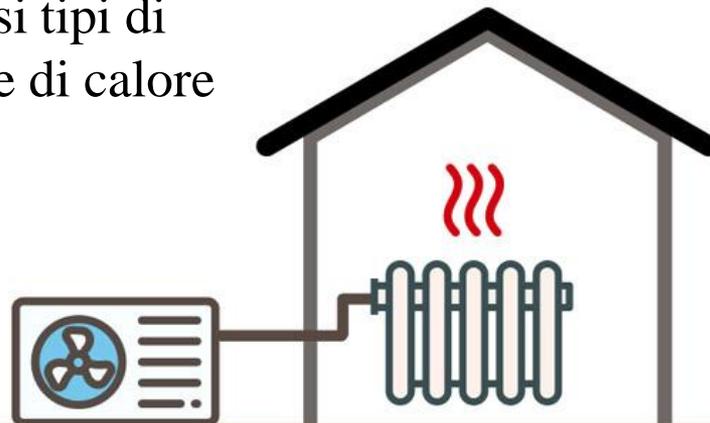


AEROTERMICA

Diversi tipi di
pompe di calore

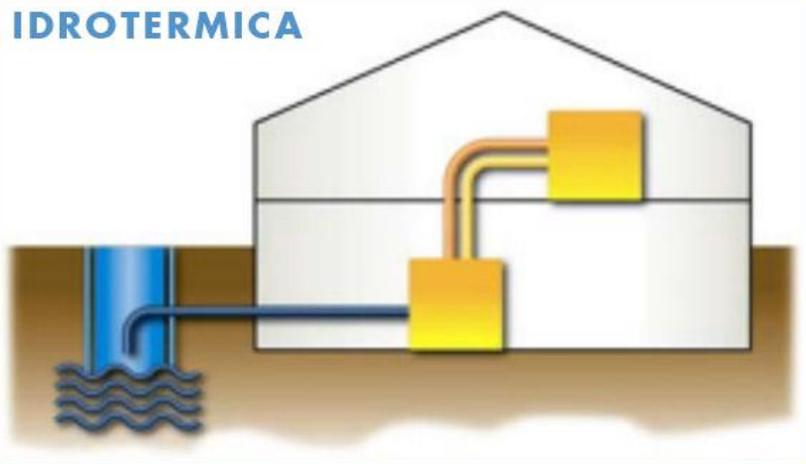


ARIA - aria



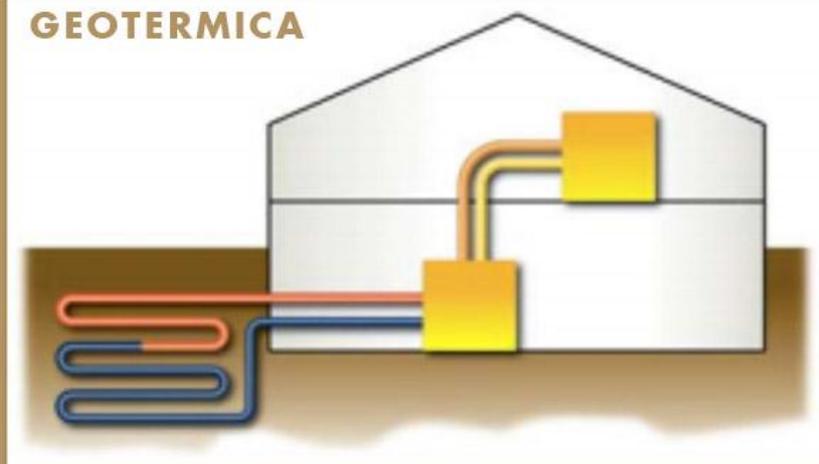
ARIA - acqua

IDROTERMICA



ACQUA

GEOTERMICA



TERRA

Come indicato nello schema a pagina precedente il calore esterno può anche essere preso dal terreno (qualche metro sotto terra la temperatura del terreno è abbastanza costante tutto l'anno ed è intorno ai 8-12°C d'inverno, 18-20° d'estate) , dall'acqua di pozzo (più calda dell'aria ed ha un buon coefficiente di scambio), dalla cantina (di norma ha una minore variazione di temperatura nell'anno)

Condizionatore

Ne parlo ora perché la macchina usata per il raffrescamento è la stessa usata per la pompa di calore, ma è fatta funzionare al contrario.

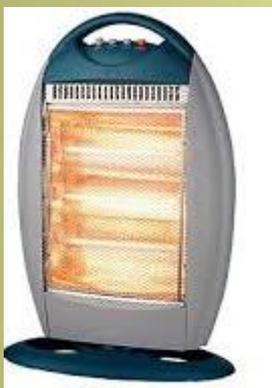
I dati di targa sono normalmente espressi in BTU (Sembra farlo apposta per non farci capire, i BTU sono un'unità inglese per l'energia: British Termal Unit) $1 \text{ Kcal} = 4 \text{ BTU}$ (circa) e $9000 \text{ BTU} = 3000 \text{ Wh} = 3 \text{ kWh}$ (circa) di energia termica sottratta.

Ma anche qui il rendimento (COP intorno al 5,5) è tale che per sottrarre 3 kWh di calore utilizzo circa 0,6 kWh elettrici (dopo un certo tempo iniziale per andare a regime, quindi conviene tenere inserita la macchina per un certo periodo di tempo consecutivo e non per intervalli minori di un ora). Quindi per ottenere una temperatura di 25°C nella mia stanza (con temperatura esterna di 35°C) con finestre con doppi vetri basterebbe poco più di 1 h di funzionamento col consumo di circa 0,6 kWh (1 kWh nella prima ora) . Tenendo la macchina accesa per più ore e la porta della stanza aperta posso rinfrescare, anche se in maniera non uniforme, tutto l'appartamento.

Contemporaneità di più apparecchi elettrici in uso

Per quanto le pompe di calore/condizionatori non consumino molto 250/700 W a seconda del tipo e la modernità, un loro limite è l'accensione contemporanea (specie nella prima ora) con altri elettrodomestici come forno elettrico o lavastoviglie. Il limite di prelievo potenza domestico è di norma 3 kW, anche se il contatore è tarato per 3,3 kW e tollera piccoli superamenti per brevi periodi di tempo (spunti). Ovviamente questo problema non si ha utilizzando una caldaia a gas.

Una **stufa elettrica** avrebbe consumato circa 800-1000 kWh/anno (180-220 €) per stanza con vetro doppio (circa 3-4 volte di più rispetto alla pompa di calore) e non sarebbe sufficiente la potenza installata in casa per riscaldare tutto un appartamento specie nelle giornate fredde. E' utile, quando è utilizzata per pochi giorni all'anno (es. piccola casa al mare) grazie al basso costo di impianto.



Termoarredo-scaldasciugamani,
utile in bagno (può essere
elettrico o ad acqua calda)



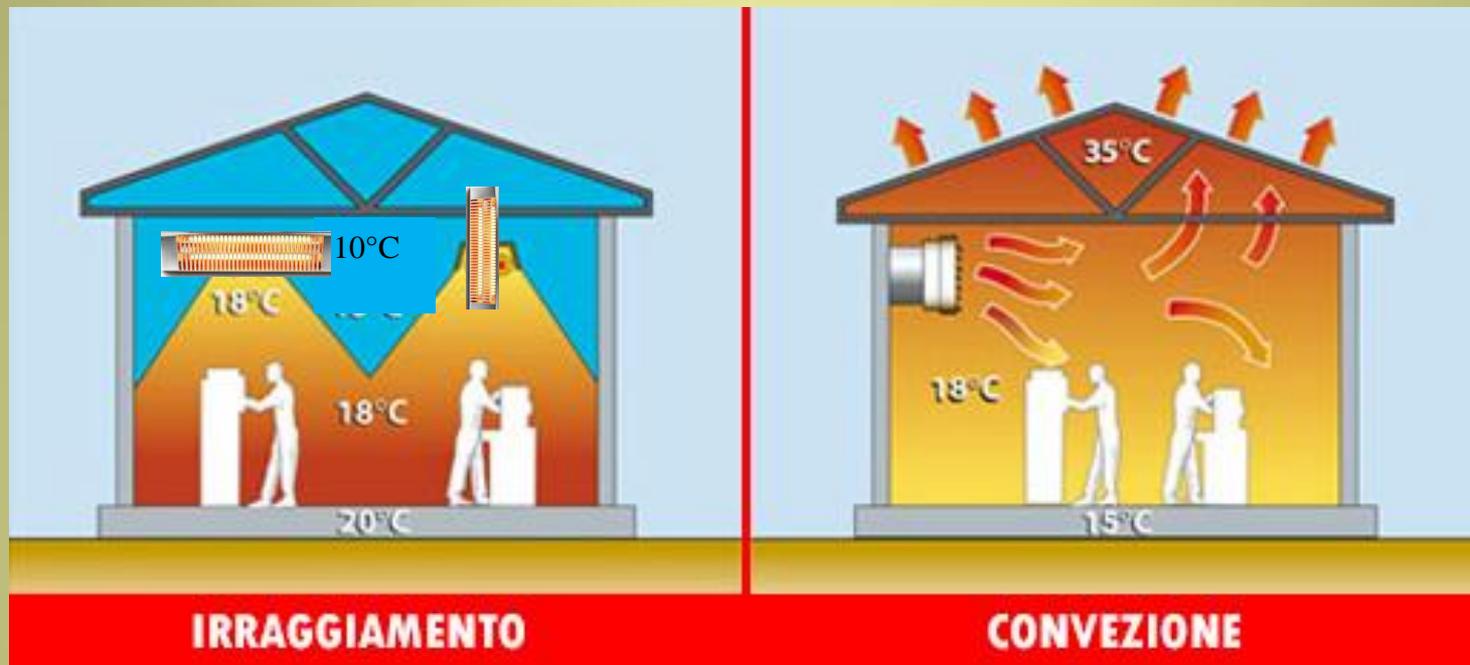
Termosifone a
olio alternativa o
in aggiunta al
termosifone
centralizzato

Sistemi a
irraggiamento, utili
quando soggiorni
nella stanza.

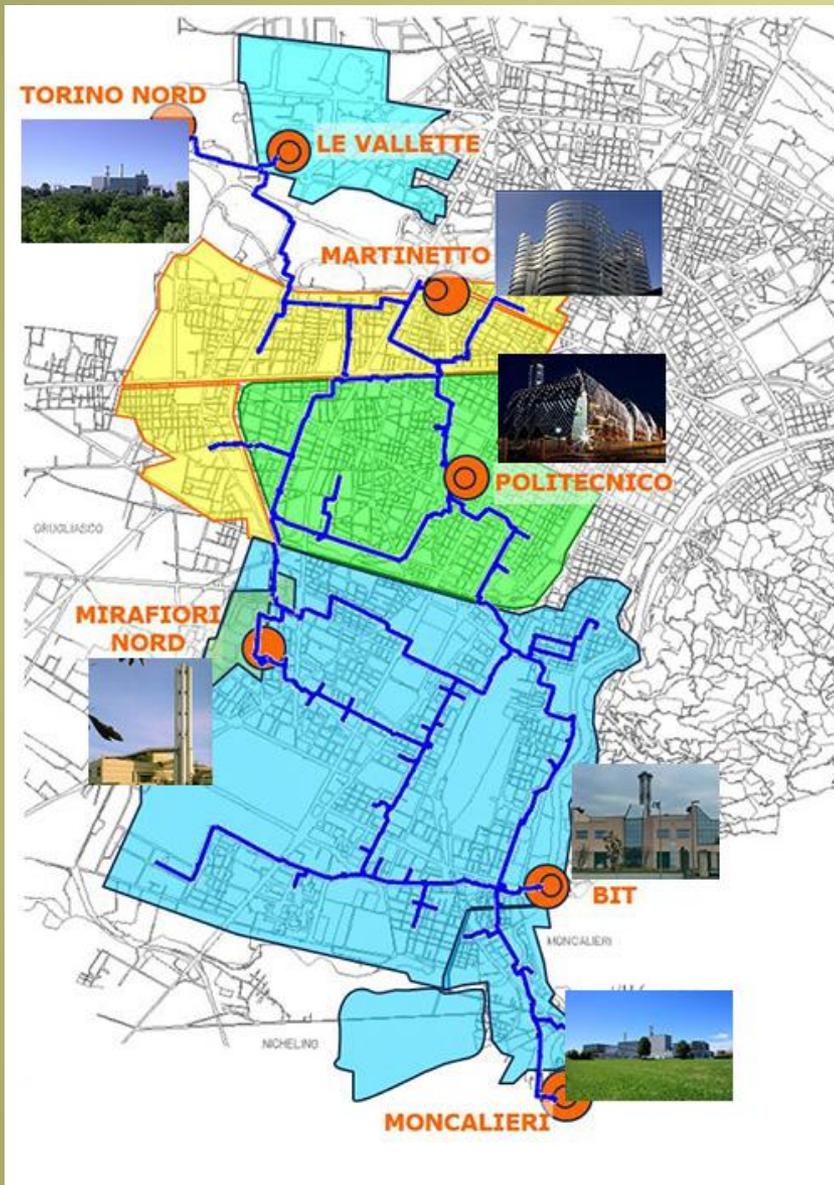


Termoventilatore,
utile per riscaldare
velocemente, per
poco tempo
Alto consumo
(2000 W)

L'irraggiamento sfrutta radiazioni emessa da corpi ad alta temperatura (in genere lampade alogene o carburo di silicio a 1000°C o più) ma il calore si sente già dai 40°C di un radiatore



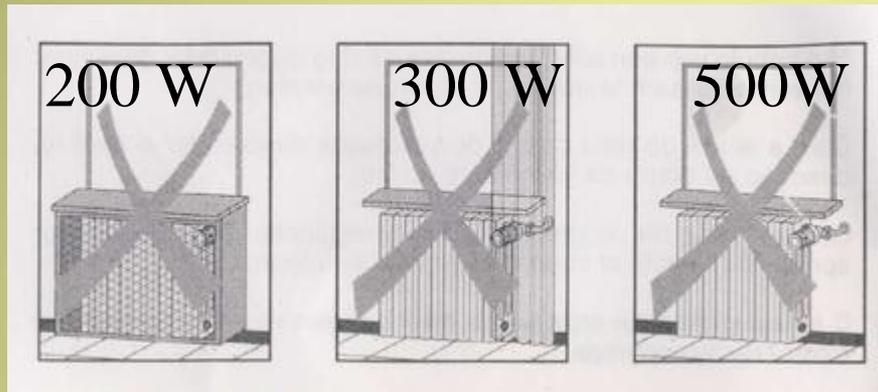
L'irraggiamento permette il riscaldamento solo dove serve e solo nelle ore in cui serve. Evita di riscaldare inutilmente le zone non utilizzate. Ottimo nelle fabbriche, nelle chiese, nei magazzini.



il teleriscaldamento dal punto di vista ecologico è forse il miglior sistema di riscaldamento, con in cantina uno scambiatore al posto di una caldaia. L'acqua calda arriva dalla centrale termoelettrica in genere a meno di 5 km di distanza in tubi di diametro di circa 1 m e quindi con minime dispersioni di calore. Ma nonostante il contacalorie e le valvole termostatiche, il teleriscaldamento **soffre di rigidità condominiali** (le ore di accensione le decide il condominio, i coefficienti dei radiatori li decide un tecnico senza dare i risultati chiari ...)



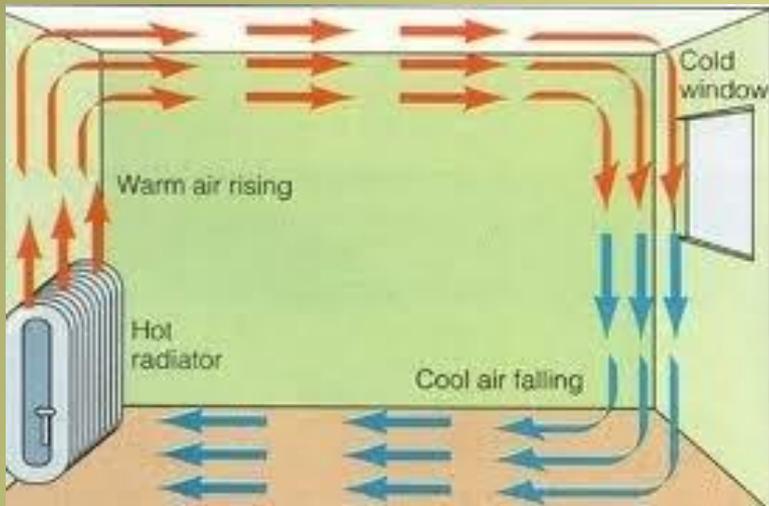
Il calore fornito da **un radiatore di 1 m² di superficie** è 250-750 W. La grande variabilità di questo valore dipende dalla sua posizione ed è maggiore quanto maggiore è la velocità dell'aria che lo attraversa. Forniscono circa 100 W ad elemento



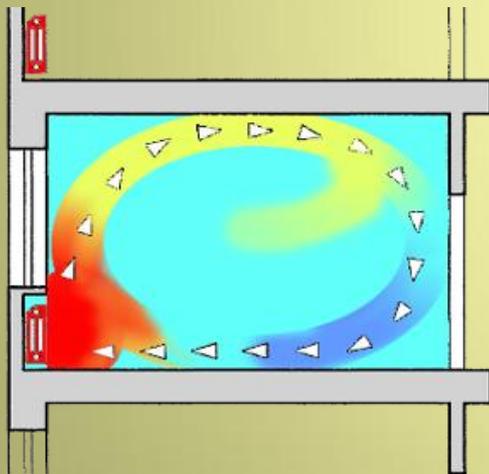
Il **coefficiente di scambio K**, questa volta, **deve essere il massimo possibile**, quindi i termo migliori sono in alluminio (più conduttivo rispetto all'acciaio/ghisa) e con aria in movimento, quindi non mettiamo una mensola sopra il termosifone (spesso però sono posizionati sotto i davanzali) né copritermosifoni, né tendoni davanti.

A seconda dei valori di progetto, calcolo le dimensioni del radiatore. In genere i radiatori sono più grandi all'ultimo piano (per compensare le dispersione dal tetto) e nelle camere esposte a nord .

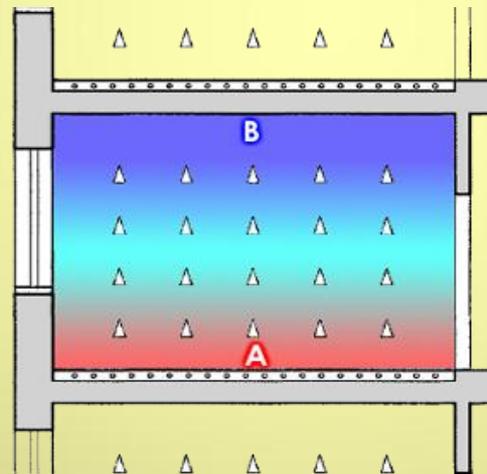
Calcolo calore
fornito



Nella convezione si ha circolazione di aria, ma il calore è preferibilmente in alto. Nelle pubblicità dei concorrenti riscaldamenti a pavimento (dove è sufficiente acqua a 30°C) si evidenzia per i termo forte disparità di calore con freddo in basso dove stanno le persone



Moti convettivi
in un impianto a radiatori



Irraggiamento
in un impianto a pannelli

Ma gli impianti radianti a pavimento avevano in compenso difficile regolazione e problemi di manutenzione. Nelle tubazioni possono proliferare batteri e alghe che lo otturano. Deve allora circolare acqua a circuito chiuso, distillata e trattata. Nati negli anni '60 sono stati sospesi per più di 30 anni e tornati di moda oggi con opportuni accorgimenti



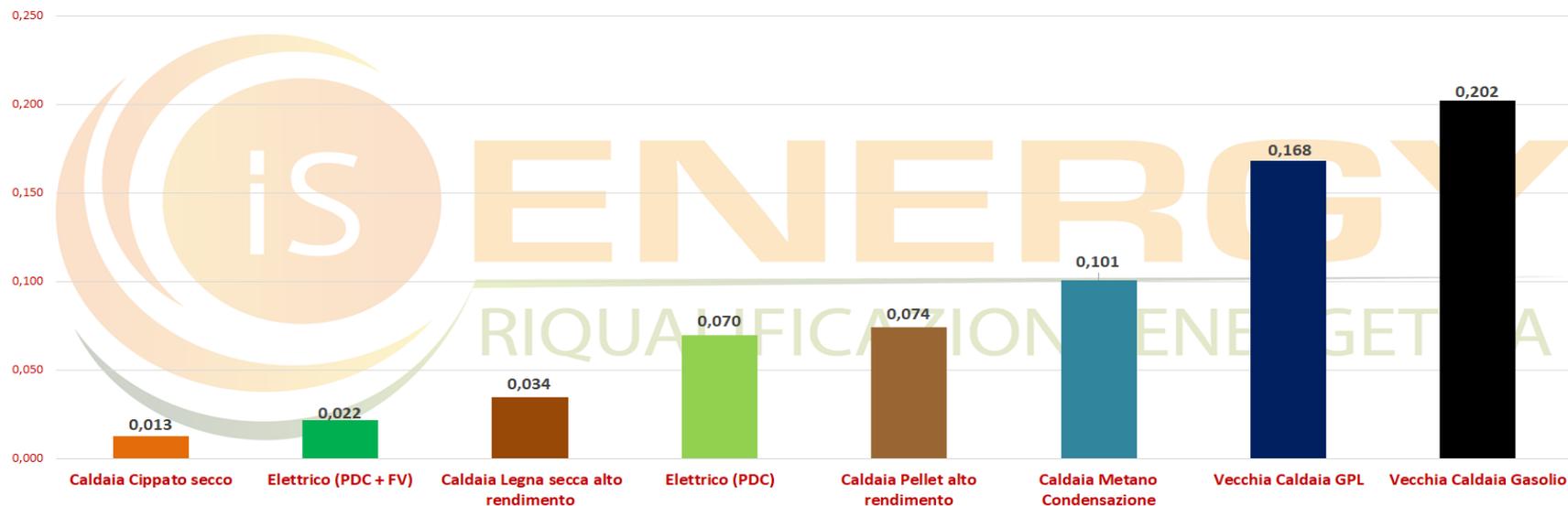
Valvola
termostatica

contacalorie

La valvola termostatica (chiaramente deve essere libera e non sotto un coprithermosifone) sente il calore della stanza e chiude l'arrivo di acqua calda se si superano i 20°C o comunque il livello di regolazione (es.3) impostato. Spesso dicono che convenga mantenere costante la temperatura tutto il giorno, ma ciò è vero solo per chi ha una caldaia autonoma. Personalmente regolo su 5 (23°C) in bagno al mattino (all'accensione) per avere una buona temperatura per lavarci, quindi chiudo la valvola fino al giorno dopo (il contrario farà chi preferisce fare la doccia la sera). In camera da letto prima di avere la pompa di calore mettevolo sul 5 alle 17 di sera e spegnevo alle 22 ottenendo la migliore temperatura alle giuste ore.

Confronto costi per diversi sistemi di riscaldamento

Costo €/kWh energia per riscaldamento (caldaia su pavimento radiante)



Tipo di generazione termica	Quantità	Energia prodotta	Costo a kWh termico
Caldaia autonoma a gas metano	1 metro cubo	8,0 kWh	0,10 €
Caldaia centralizzata a gasolio	1 litro	8,5 kWh	0,17 €
Stufa o caldaia a pellet	1 kg pellet	4,2 kWh	0,07 €
Pompa di calore elettrica	1 kWh elettrico	4,0 kWh	0,04 €

Il confronto sull'energia prodotta è più complesso perché le quantità di combustibile sono espresse in modo diverso. Inoltre incide molto sul costo il fattore imposte che sul gasolio è ad esempio molto alto

Pannelli fotovoltaici

Chi possiede una casa monofamiliare (ma non solo, il nostro condominio in montagna cel'ha sul tetto) può prendere in considerazione la possibilità di installare sul tetto dei pannelli fotovoltaici, dispositivi che hanno avuto negli ultimi anni uno sviluppo enorme.

Solo 30- 40 anni fa era maggiore l'energia impiegata per la loro costruzione rispetto all'energia che potevano produrre nel corso della loro vita ed allora si usavano solo per applicazioni particolari, dove non era conveniente costruire una linea elettrica (es. isole, rifugi di montagna, case isolate...).

Inoltre nel 2001 (prezzo del petrolio al barile era 34 dollari) l'energia fornita col pannello fotovoltaico costava 10 volte di più rispetto a quella ottenuta dal petrolio.

Ma già nel 2005 il costo era solo più 5 volte maggiore ed ora abbiamo una produzione di elettricità per pannelli ben posizionati, nel Nord Italia, al costo di 10 cent/kWh ancora riducibile se abbiamo un bonus del 50% per l'installazione, mentre il costo del kWh in bolletta sono 22-23 cent/ kWh (costi 2021)

Il pannello fotovoltaico ha attualmente un costo d'installazione di 2 000 €/kW di picco

Il sole fornisce a livello terra circa $0,8 \text{ kW/m}^2$ che vuol dire che in 10 h di sole su m^2 di pannello può arrivare 8 kWh che scendono a 1 kWh col tempo nuvoloso, meno in caso di pioggia. In una bella giornata di ottobre si può arrivare a 8 kWh/giorno (*su meteo.it i valori per ogni giorno insieme alle previsioni del tempo*)

•Quanta energia posso effettivamente captare coi pannelli fotovoltaici ?

Questo dipende anche dalla inclinazione del pannello rispetto ai raggi solari ed al rendimento del pannello stesso che coi tipi più recenti continua a salire (attualmente siamo intorno al 20% quindi, ad ottobre, possiamo disporre di 160 W/m^2 e produrre $0,8 \text{ kWh/m}^2$ di pannello al giorno (media 5 h di utile tra esposizione e tempo meteorologico)

Per avere **la potenza di 3 kW** occorrerebbero quindi circa **20 m^2 di superficie**, ($160 \text{ W/m}^2 \times 20 \text{ m}^2$) da cui produciamo 12 kWh/giorno ad ottobre (di più in estate e col sole, di meno in inverno o con la pioggia) con un costo di installazione di circa 7000 euro.

Meteo Giornaliero	Sab 30	Dom 31	Lun 1	Mar 2	Mer 3	Gio 4	Ven 5	Fino al 13
	6° 10°	9° 11°	8° 13°	5° 15°	6° 13°	5° 14°	5° 13°	
Previsioni Triorarie	Previsioni Orarie	Sperimentali	Bollettino PDF ▼	Altri dati Meteo				
Ora	Tempo	T (°C)	Vento (km/h)	Precipitazioni	Quota 0°C	Visibilità	U.R.	
01	sereno	6.8°	W 11 / 21 moderato	- assenti -	2240m	>10km buona	91%	
04	sereno	5.7°	W 9 / 19 debole	- assenti -	2250m	>10km buona	82%	
07	sereno	4.6°	W 7 / 14 debole	- assenti -	2170m	>10km buona	79%	
10	poco nuvoloso	10.5°	W 5 / 7 debole	- assenti -	2160m	>10km buona	65%	
13	poco nuvoloso	15.1°	calma	- assenti -	2190m	>10km buona	56%	
16	poco nuvoloso	14.7°	calma	- assenti -	2180m	>10km buona	67%	
19	nubi sparse	9.9°	E 2 debole	- assenti -	2090m	>10km buona	85%	
22	nubi sparse	8.4°	ENE 2 debole	- assenti -	2050m	>10km buona	92%	
DATI SOLARI TOTALI				PRECIPITAZIONI TOTALI				
3337 Wh/mq Impianto 3kW produzione energia 8 kWh				Pioggia: - Neve: -				

Meteo Giornaliero	Sab 30	Dom 31	Lun 1	Mar 2	Mer 3	G
	6° 10°	9° 11°	8° 13°	5° 15°	6° 13°	5°
Previsioni Triorarie	Previsioni Orarie	Sperimentali	Bollettino			
Ora	Tempo	T (°C)	Vento (km/h)	Precipitazioni		
02	pioggia debole	9°	NW 4 / 7 debole	0.3 mm modeste		
04	pioggia debole	8.8°	NW 4 / 7 debole	0.8 mm modeste		
07	pioggia debole	8.7°	NW 4 / 6 debole	0.5 mm modeste		
10	pioggia debole	9.9°	NW 4 / 5 debole	0.9 mm modeste		
13	pioggia	10.9°	NNW 3 / 4 debole	1.1 mm modeste		
16	pioggia debole	11°	NW 3 / 4 debole	0.3 mm modeste		
19	pioggia debole	10.2°	NW 3 / 4 debole	0.6 mm modeste		
22	coperto	10°	WNW 3 / 4 debole	0.3 mm modeste		
DATI SOLARI TOTALI				PRECIPITAZIONI		
802 Wh/mq Impianto 3kW produzione energia 1.9 kWh				Pioggia: 4.9 mm Neve: -		



Dati di 31-10 e 2-11- 2021



Anche in una giornata di pioggia qualcosa può essere prodotto

Dividendo il costo di installazione 7000 € per circa 3000 kWh annui prodotti e per 25 anni di utilizzo dell'impianto otteniamo circa il costo di 9-10 centesimi al kWh, meno della metà di quanto ci è richiesto in bolletta



Il rendimento del pannello ovviamente diminuisce con l'età e con la polvere, dipende dall'orientazione Est-Sud-Ovest del tetto, e dall'inclinazione del pannello rispetto ai raggi solari.

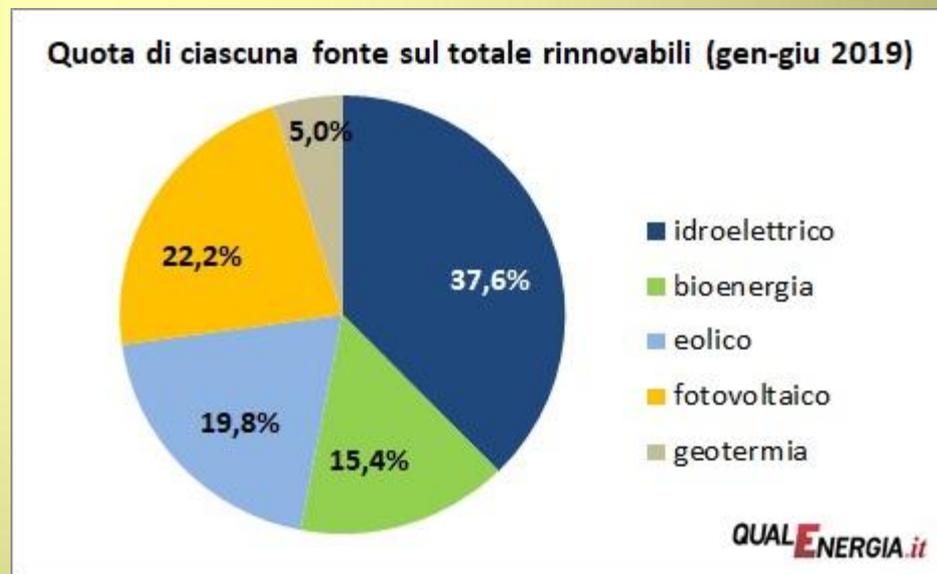
Riguardo a quest'ultimo parametro, riporto per Torino, i Wh /giorno ottenibili in media, a seconda dell'inclinazione dal nostro impianto di 20 m² . A luglio col sole a picco converrebbe posizionare il pannello su un tetto piano, a dicembre su un tetto spiovente a 60°. Questa è la situazione (se possibile) effettivamente preferita per avere potenza buona tutto l'anno

città	Inclinazione pannello	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic
TORINO 45° 11'	0°	1160	1670	2520	3290	3940	4200	4290	3780	2790	1850	1070	930
	30°	1904	2315	3013	3431	3763	3889	4092	3957	3325	2570	1676	1628
	45°	2142	2466	3039	3285	3498	3582	3800	3791	3351	2740	1857	1854
	60°	2258	2487	2913	2970	3027	3049	3279	3426	3209	2766	1938	1976
	90°	2107	2141	2247	1919	1558	1392	1644	2191	2472	2387	1787	1882

Dal 2007 al 2017 la potenza fotovoltaica installata nel mondo è passata da 8 a 402 GW (la maggior parte in Cina), costituisce il 2% delle fonti rinnovabili (la gran parte delle rinnovabili, il 73% è data dall'idroelettrico) e lo 0,4% della potenza totale mondiale. Un grande impianto di produzione di energia fornisce circa 1 GW. In Italia l'8% della produzione nazionale di energia elettrica viene dal fotovoltaico (*dati 2017 da Mercalli" il clima che cambia" 2019 Bur*)

Se tutti i tetti d'Italia avessero pannelli fotovoltaici, potremmo chiudere tutti gli altri tipi di centrali di produzione. Rimane però il problema della incostanza e dell'accumulo

Energia rinnovabile in Italia

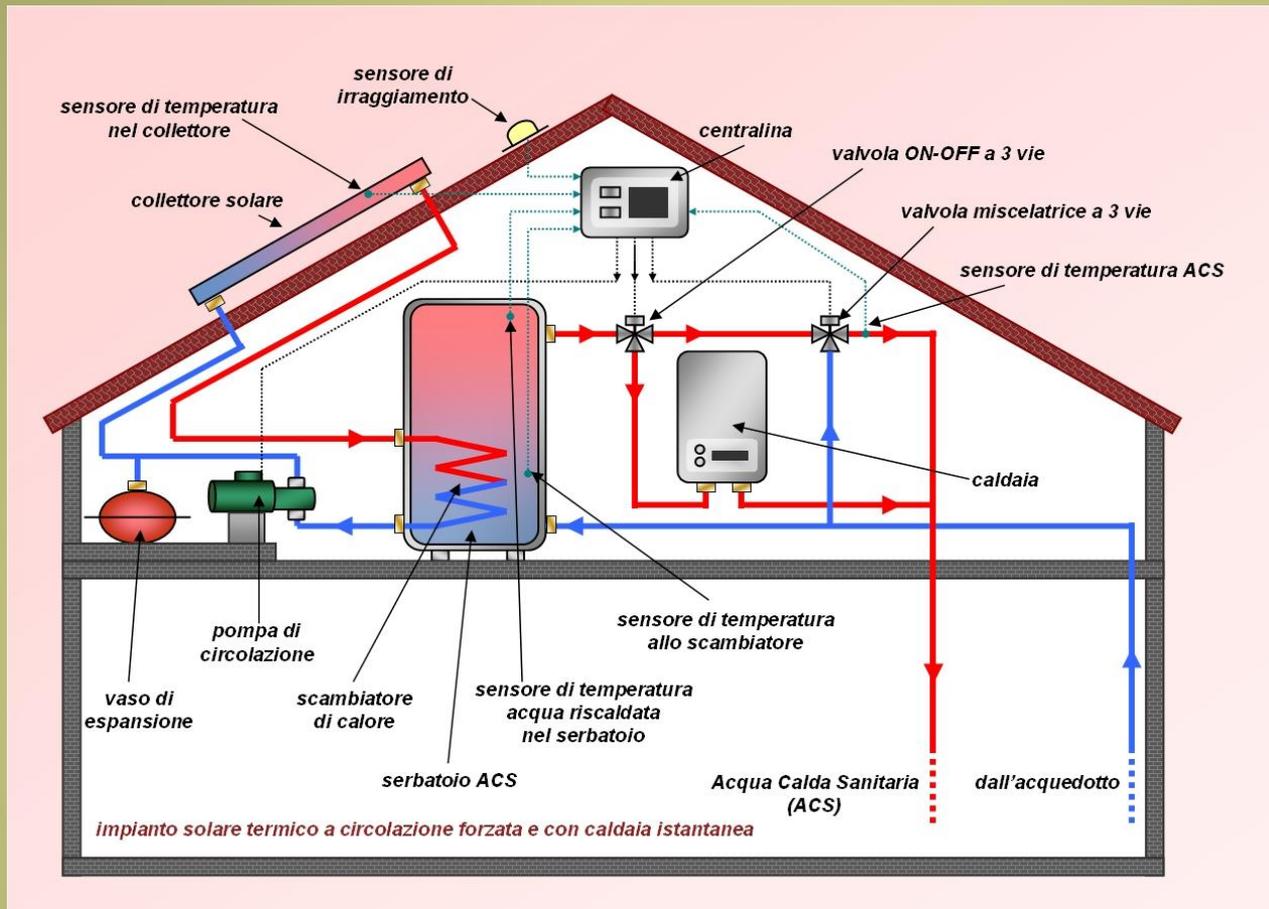


Solare termico

Il solare termico è nato prima del pannello fotovoltaico ma ha avuto meno sviluppo ed alcuni fallimenti tanto che nel tempo (causa anche la complessità di collettori e tubazioni) ha lasciato maggiormente il posto alla tecnologia “cugina”.

Utile per ottenere acqua calda sanitaria. E' possibile l'accumulo di acqua calda in un serbatoio cosa molto più difficile con l'elettricità (bisognerebbe avere idonee batterie)





L'acqua calda riscaldata dal sole contiene antigelo ed anticalcare e quindi è diversa dall'acqua calda sanitaria che prende calore da uno scambiatore posto nel serbatoio di accumulo (circa 200 litri)

Un impianto solare termico per una famiglia tipo costa intorno ai 4000 € per acqua calda sanitaria mentre per il riscaldamento ambiente può essere inserito solo nel caso si abbia riscaldamento autonomo e quindi termosifoni collegati in serie e dovrebbe comunque essere integrato (ad esempio da una pompa di calore) perché nei giorni freddi e piovosi occorre più calore e l'impianto solare ne fornisce di meno. Considerando 200 € annui di risparmio per il riscaldamento dell'acqua sanitaria dovrebbe ammortizzarsi in circa 20 anni, ma considerando i bonus fiscali anche in metà tempo.

8. Impianti solari per produzione di energia

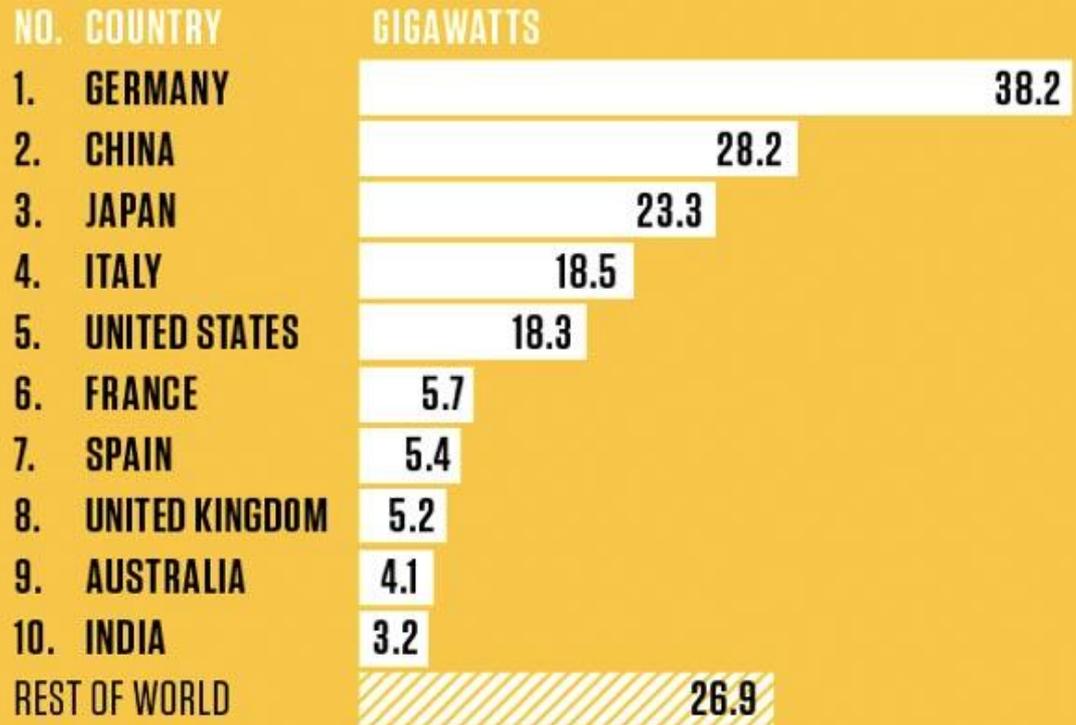


introduzione

TOP 10 SOLAR COUNTRIES

Total Global Solar PV Capacity at the End of 2014

Adapted from REN21 Renewables 2015 Global Status Report



 @CLIMATEREALITY  FACEBOOK.COM/CLIMATEREALITY



n.b. i confronti sono sempre difficili, perché:

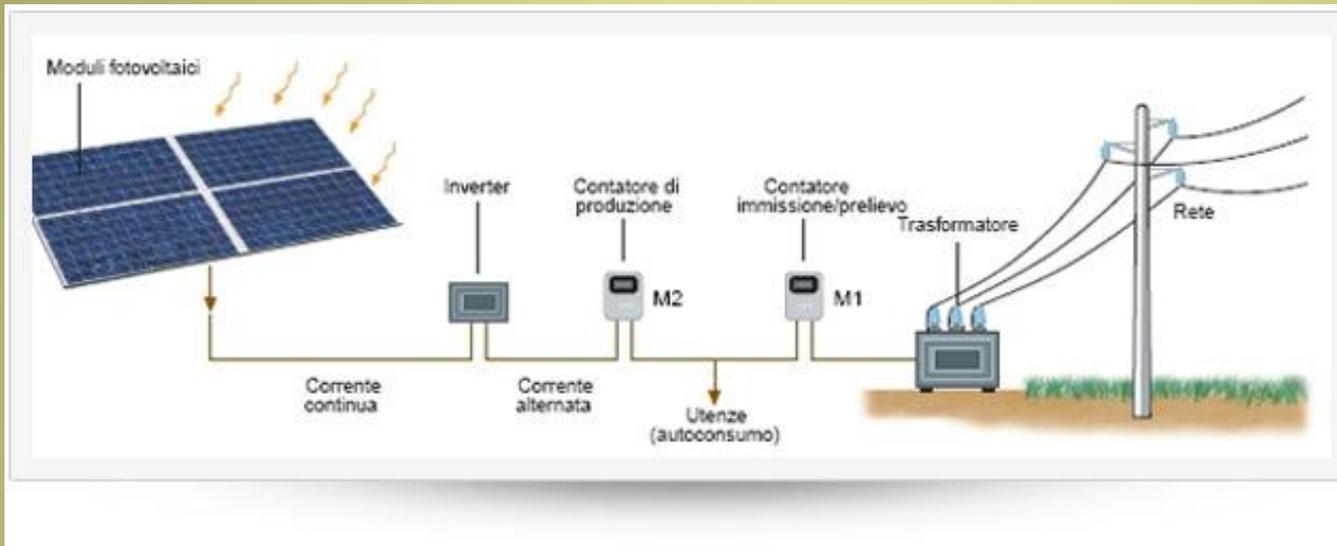
- 1. Non è facile trovare dati che si riferiscono allo stesso anno*
- 2. Alcuni confronti sono fatti in valori totali (in questo caso, come in questa pagina appaiono più virtuose le nazioni i paesi più grandi)*
- 3. Di norma i dati parlano di fonti per produrre energia elettrica, che è solo una parte dell'energia consumata, ma è la più facile da contabilizzare*

Numero impianti fotovoltaici: 880.090



Anno
2019

Solare fotovoltaico

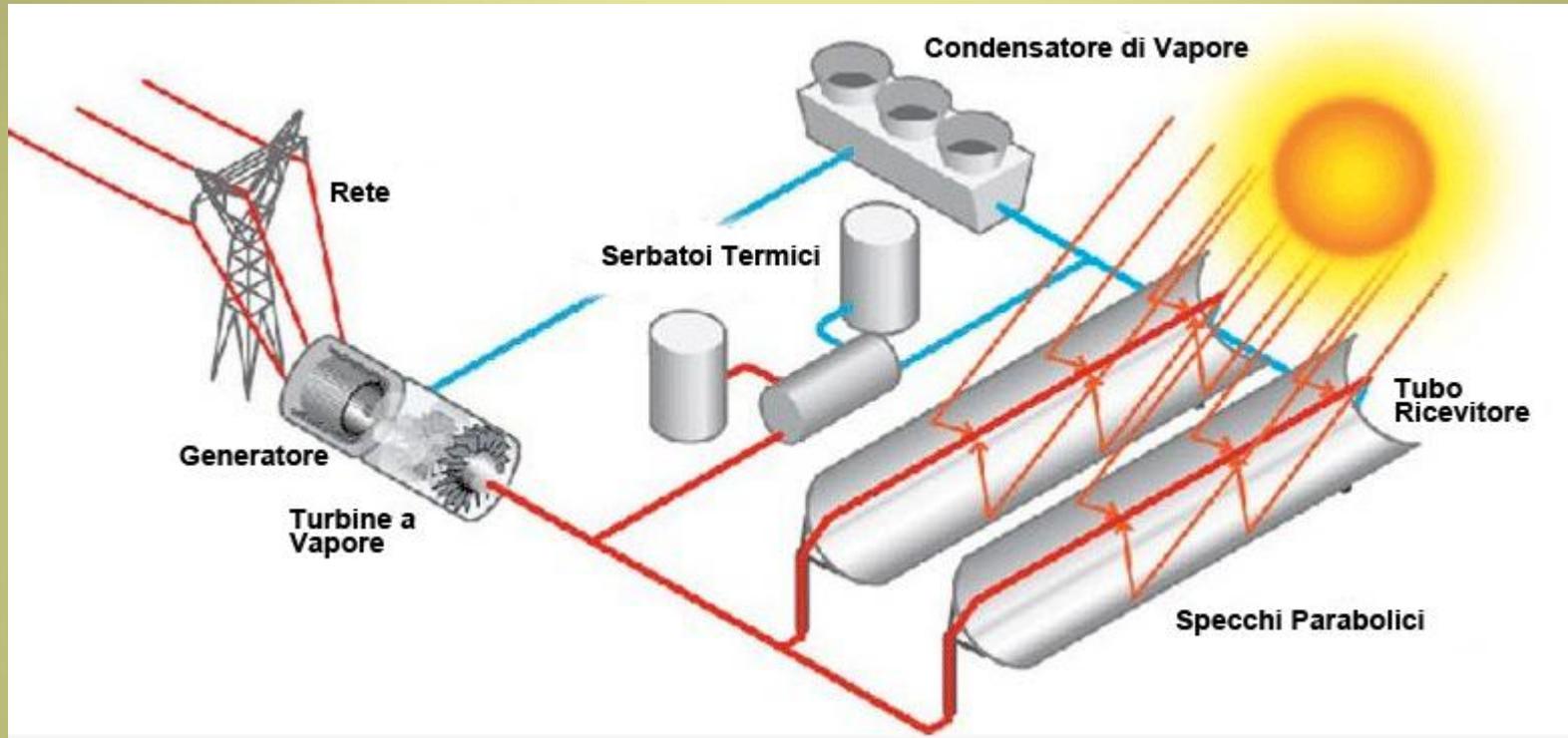


In Italia abbiamo 20 GW installati, negli ultimi anni soprattutto sono cresciuti gli impianti domestici da 3-30kW

Lo schema di produzione di energia industriale o domestico con pannelli fotovoltaici è per lo più analogo variano solo le dimensioni

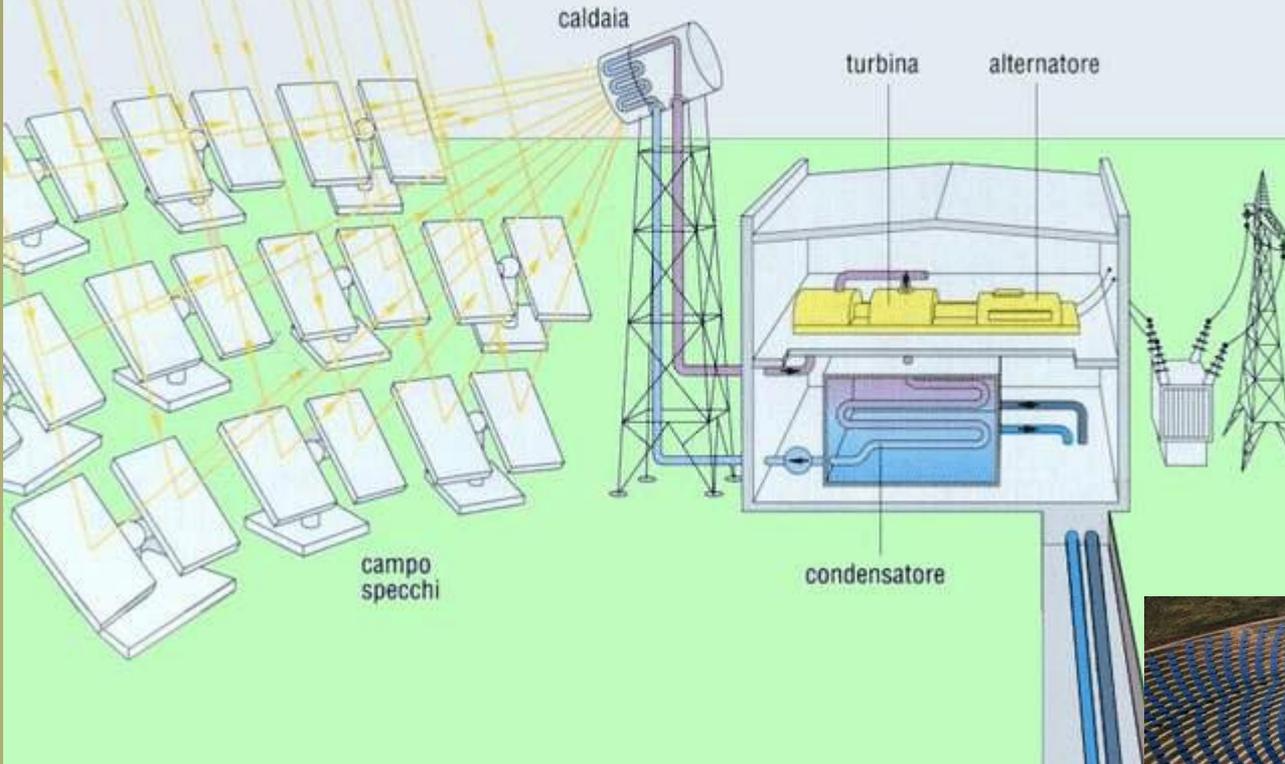


Energia elettrica dal solare termico



A livello di produzione di energia era stato fatto un impianto a energia solare a collettori ad Adrano in Sicilia nel 1981 durò pochi anni con purtroppo esito negativo

Solare termico a torre



Ma non ci arrendiamo...

Oggi a **Quarzazate** (*che significa porta del deserto*) in **Marocco** è stato fatto l'impianto più grande del mondo con $1,4 \text{ km}^2$ di superficie di pannelli solari, con potenza di 300 MW, con specchi che ruotano seguendo il sole. Oli speciali accumulano calore a 350°C . il costo di produzione è ancora alto $0,22 \text{ € /kWh}$.

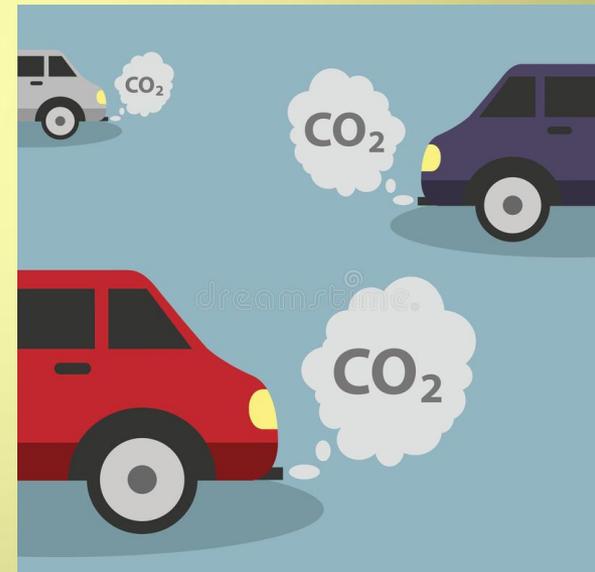
Inoltre ci vuole acqua per le turbine e ...



... per pulire gli specchi



5. Combustione e suoi prodotti. Gas Serra e inquinanti



Il caminetto, sogno di ogni soggiorno



Fuori la neve che cade leggera con grandi fiocchi. Dalla finestra vedo i pini coprirsi di neve e le montagne sullo sfondo sotto il manto ovattato che provoca un surreale silenzio. All'interno un dolce tepore. Si sente appena la legna crepitare nel caminetto mentre seduto alla poltrona sto leggendo un buon libro. Atmosfera magica ripresa quante volte dalla pubblicità. Ma fortunatamente oltre il caminetto in soggiorno che è più che altro di figura abbiamo vicino un bell'impianto di termosifone a metano, ed il caminetto lo spengo prima di andare a dormire.

Gli uomini primitivi si scaldavano col fuoco alla cui importanza sono legati vari miti.

Ma l'ambiente riscaldato a legna è uno dei più inquinati.

Innanzitutto la legna deve essere non trattata e **non può essere legna di recupero di manufatti che sono entrate in contatto con tinture o collanti** (magari contenenti atomi di cloro) che durante il riscaldamento volatilizzerebbero spandendosi nell'ambiente.

Il potere calorifico della legna poi è inferiore a quello degli altri combustibili siano essi carbone, gasolio, metano, ciò significa che per avere la stessa quantità di calore devo utilizzare una maggior quantità di legna.

Ovviamente, poi, **per avere la legna devo abbattere gli alberi**. Un po' di ricambio di alberi, un corretto sfoltimento non fa male, anzi, è il nuovo albero in crescita che assorbe anidride carbonica dall'aria per costruire nuova cellulosa. Gli alberi però dovrebbero poi essere utilizzati in toto nel senso che il tronco e le parti pregiate servono per i mobili. La cellulosa per fare la carta. I rami come combustibile e materiale da costruzione. Rametti e fogliame opportunamente mescolati con rifiuti organici possono dare il compost, o trattati e messi a fermentare possono dare biomassa da cui ricavare combustibile. Anche questa biomassa ha bassa resa energetica relativamente a biomassa di altre provenienze.

La combustione poi è imperfetta, avete visto il **colore della fiamma di legna rispetto a quella del metano**? Una è gialla l'altra è blu perché? In teoria il metano, piccola molecola gassosa dovrebbe bruciare dando solo acqua ed anidride carbonica. Le piastre del fornello ed il fondo delle pentole allora non dovrebbero mai sporcarsi. Se la combustione è perfetta in genere è così ma la perfezione non esiste ed ogni tanto si è costretti alla pulizia. **Il colore giallo della fiamma della legna è invece prodotto dalla riflessione dei solidi** (ceneri ed incombusti) volatili, minuscole particelle che bruciate solo parzialmente formano polveri carboniose di varie dimensioni, che vengono trasportate insieme all'aria calda in giro per la stanza. Queste polveri spesso contenenti composti a struttura aromatica policondensata, **sono potenti cancerogeni** si ottengono dalla lenta combustione a bassa temperatura, similmente alla combustione della carta di sigaretta.

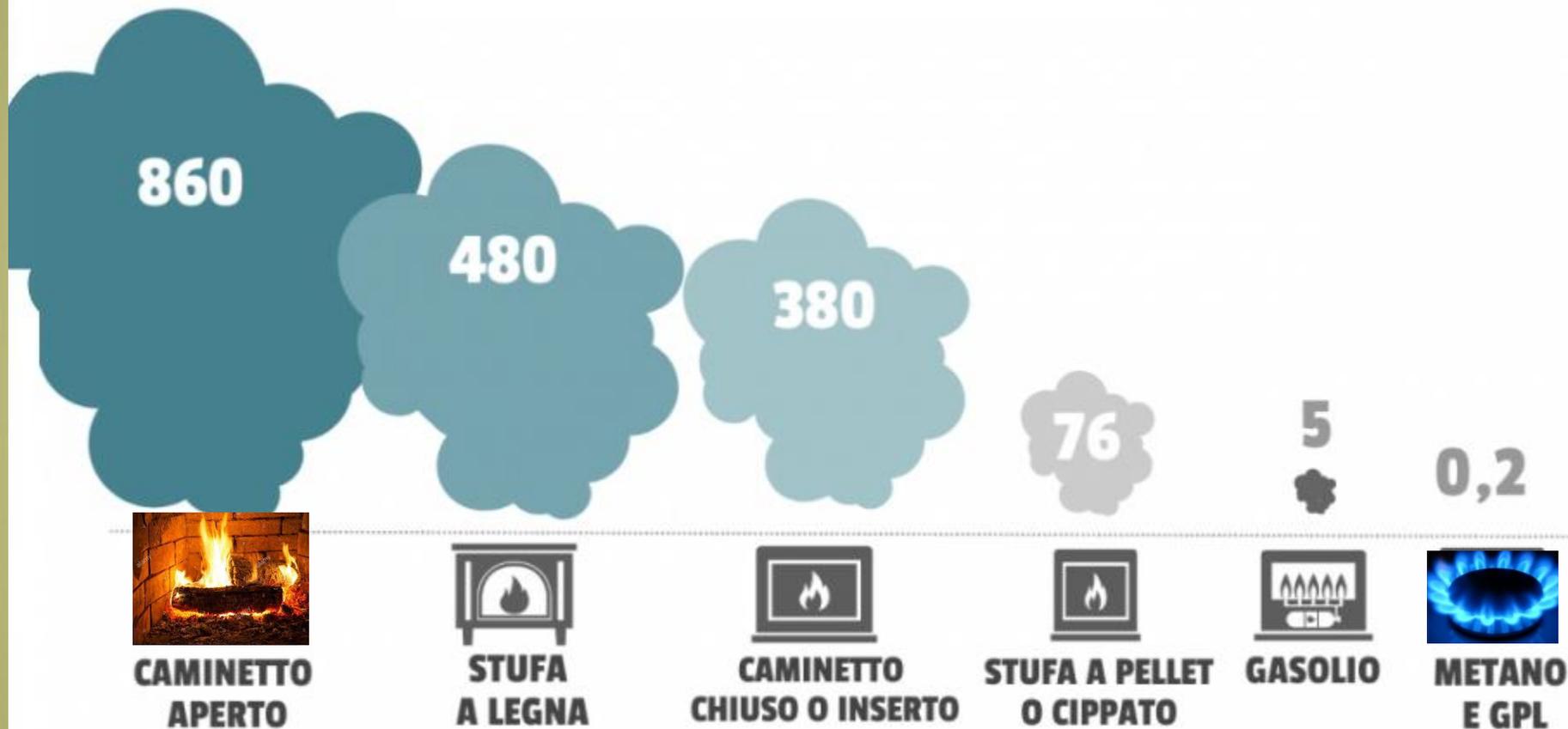
Dalla legna come da tutti i combustibili solidi dove il contatto fra aria e combustibile è meno buono si sviluppa anche ossido di carbonio e sostanze dannose volatili. L'ossido di carbonio ogni anno viene tragicamente alla ribalta delle cronache per le morti che provoca in alcune situazioni particolari.

Quando la combustione è buona si ha comunque produzione di anidride carbonica (effetto serra) con basso rendimento

Il camino infine si sporca e necessita di spazzacamino per essere pulito, mestiere non più degno dei nostri tempi perché pericoloso per la salute di chi lo pratica

PM10: fattori di emissione medi per combustibile domestico (g/GJ)

Grammi di PM10 emesso in atmosfera per Giga joule (GJ) di combustibile bruciato



Fonte: aggiornamento dell'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Emilia-Romagna (INEM/PR-ER2013), ArpaE 2017

Combustibili solidi per riscaldamento

Il **particolato** presente in città deriva, oltre che dal traffico veicolare, anche dalla combustione dei combustibili per il riscaldamento



Carbone, sporco per sua natura non può essere depurato più di tanto, contiene anche zolfo, azoto, IPA (idrocarburi policiclici aromatici, che sono cancerogeni) Purtroppo impurità del genere le contengono anche prodotti di **biomassa** (vedremo poi) come **il legno** (d'altra parte il carbone deriva da foreste fossili) ed il **pellet** (cilindretti di legno pressato, prodotti a partire da residui di segatura e trucioli residui di lavorazione del legno) o il **cippato** (legno ridotto in scaglie, con dimensioni variabili da alcuni millimetri a qualche centimetro, prodotto a partire da tronchi e ramaglie) Oltretutto **i combustibili solidi bruciano male** con molti residui incombusti e fumi neri (i PM 10 e 2,5)

Combustibili per le centrali termoelettriche

Fino a 30 anni fa si usava molto il petrolio, ora, **in Italia**, utilizziamo circa:

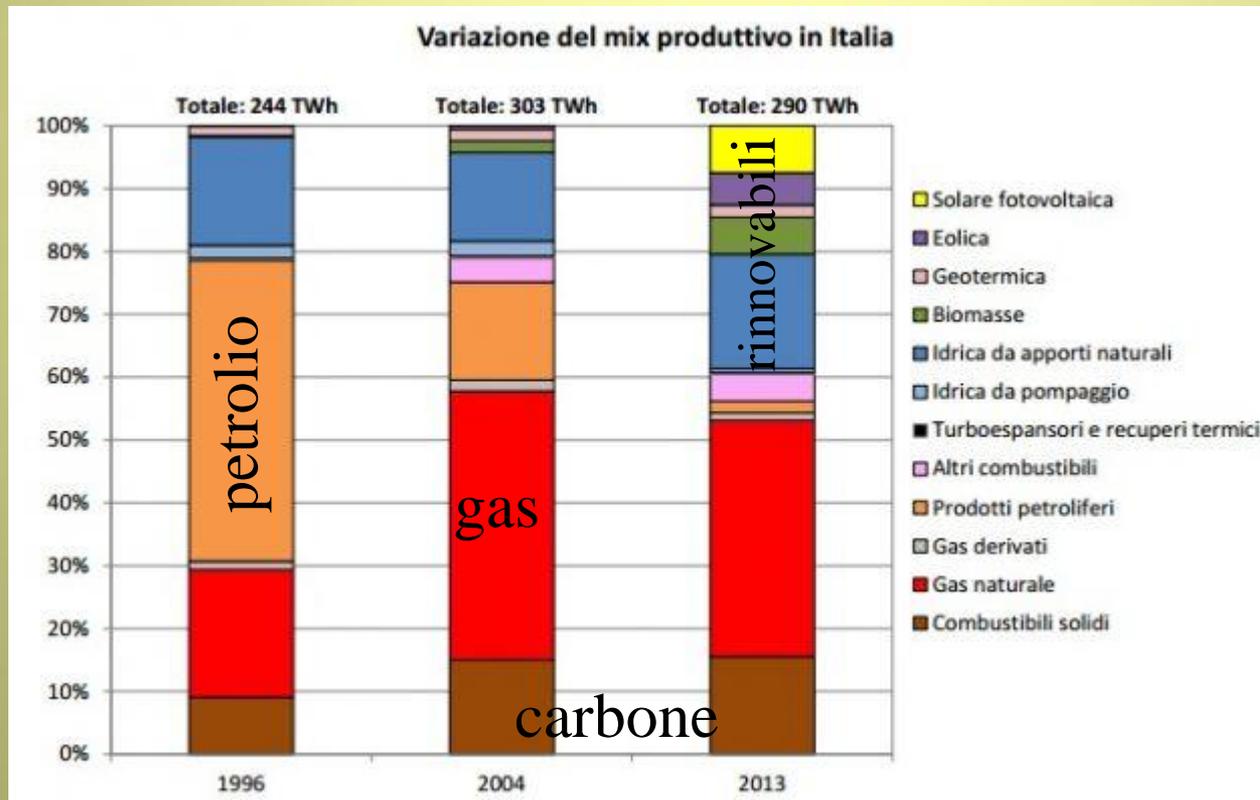
15% di carbone (purtroppo!!)

10% di petrolio

65 % di gas metano

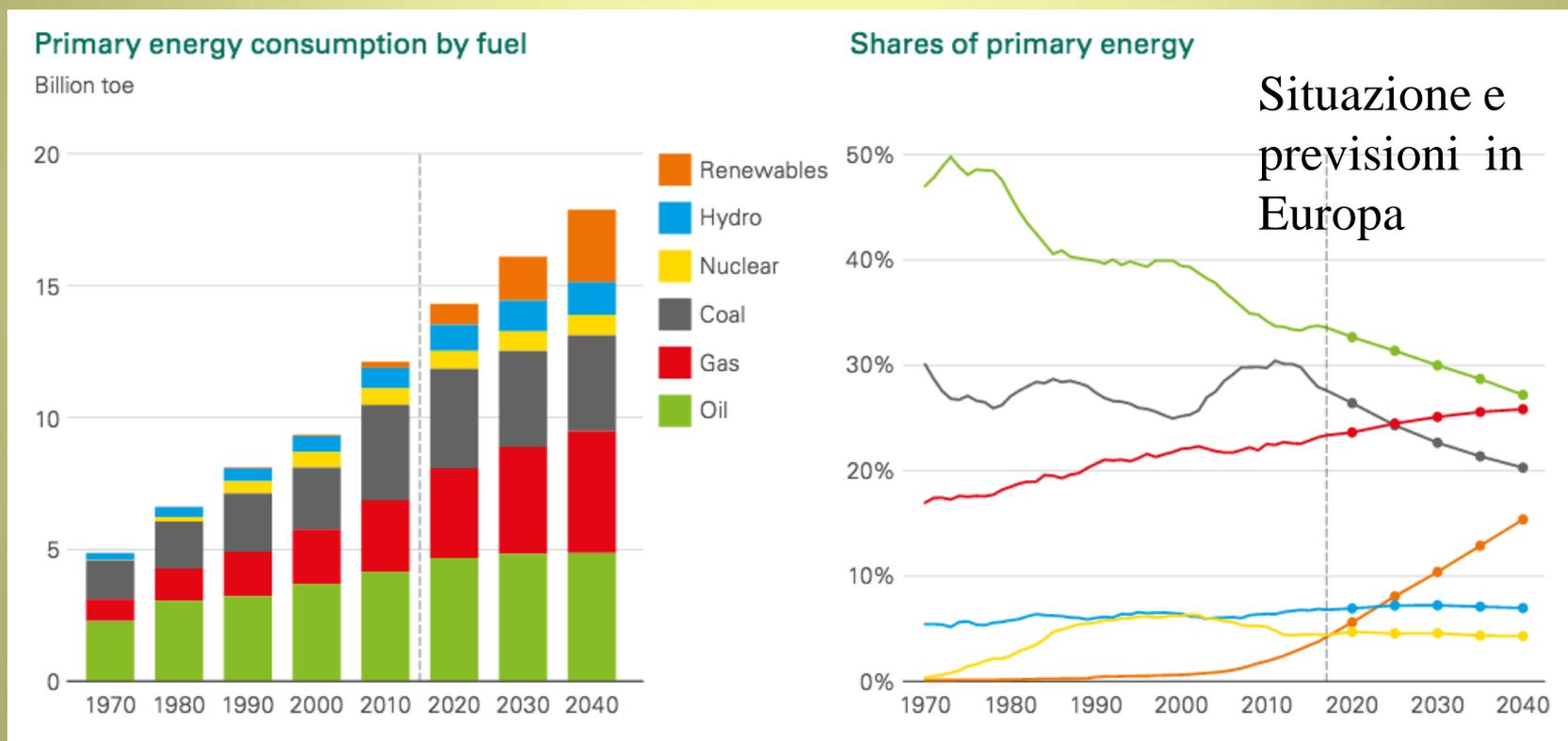
5% di rifiuti

5% prodotti della geotermia



Nel mondo la quota di carbone è superiore a quella italiana e, per problemi di inquinamento, di effetto serra e di pericolosità nell'estrazione dovrebbe essere eliminato assolutamente, ma è un problema per i paesi più poveri che si oppongono alla decarbonizzazione.

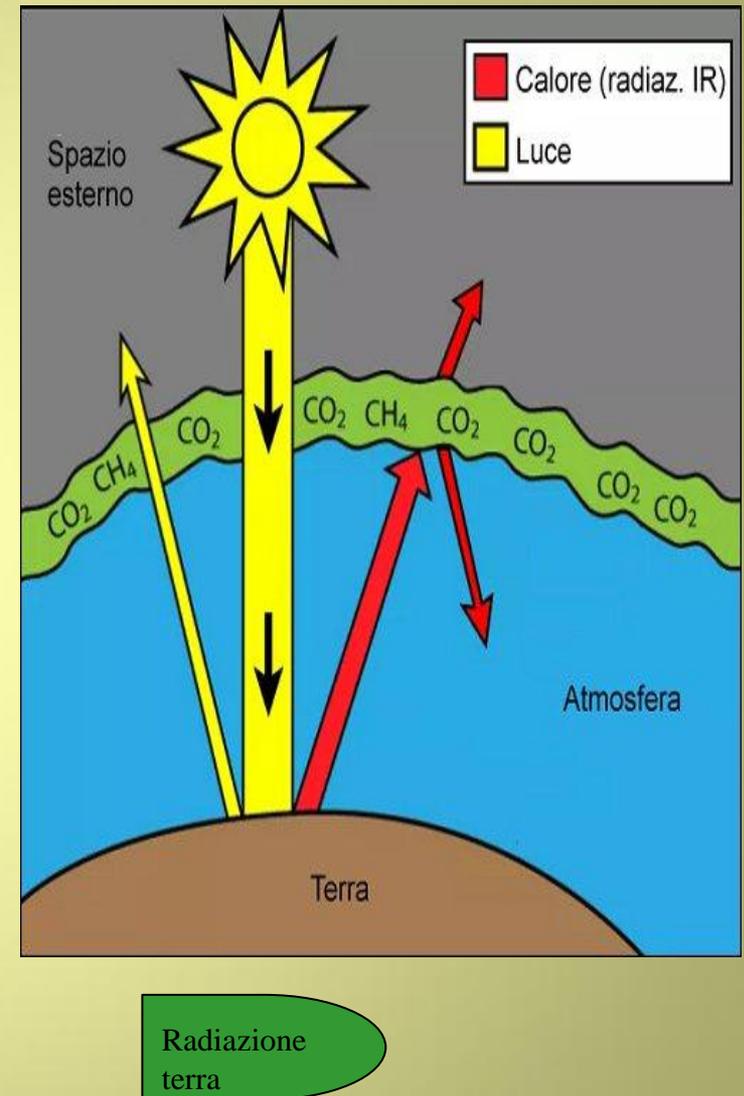
In Cina, nell'aria, si raggiungono i 1000 microgrammi/m³ di particolato mentre noi ne abbiamo intorno ai 50 microgrammi/m³ (attuale limite di legge < 40 microg/m³)



Gas serra e riscaldamento globale

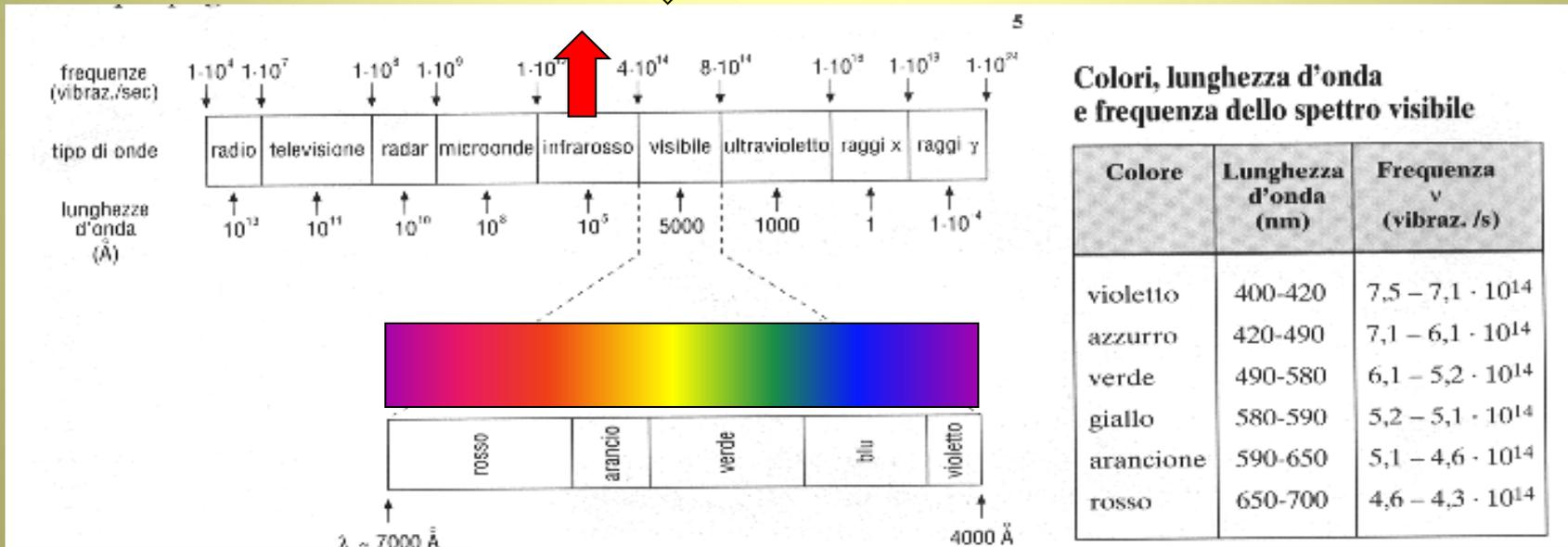
Cominciamo con l'affermare che la temperatura media sulla terra, al posto di $+15^{\circ}\text{C}$ sarebbe di -15°C se non ci fosse il vapore acqueo, il più importante gas serra presente.

I gas serra sono tutte e sole **le molecole gassose composte da tre o più atomi** come H_2O , CO_2 , NO_2 , N_2O , CH_4 ecc, (mentre non sono gas serra i gas biatomici O_2 , N_2 , H_2 , NO , CO). I gas serra assorbendo le radiazioni infrarosse (IR) che la terra emette le impediscono di dissipare parte del calore che arriva dal sole per lo più sotto forma di energia luminosa.



La lunghezza d'onda a cui arriva sulla terra l'energia dal sole è circa per il 3% nell'UV per il 46% nel visibile e per il 51 % nell'infrarosso. La radiazione riemessa dalla terra è nel MIR (medio infrarosso con il massimo intorno ai 10-15 micrometri, invisibili per noi). La lunghezza d'onda della radiazione emessa dipende dalla temperatura del corpo emittente (così sappiamo la temperatura della superficie di sole e stelle)

Calcolo lunghezza d'onda



← Bassa energia Radiazioni alta energia →

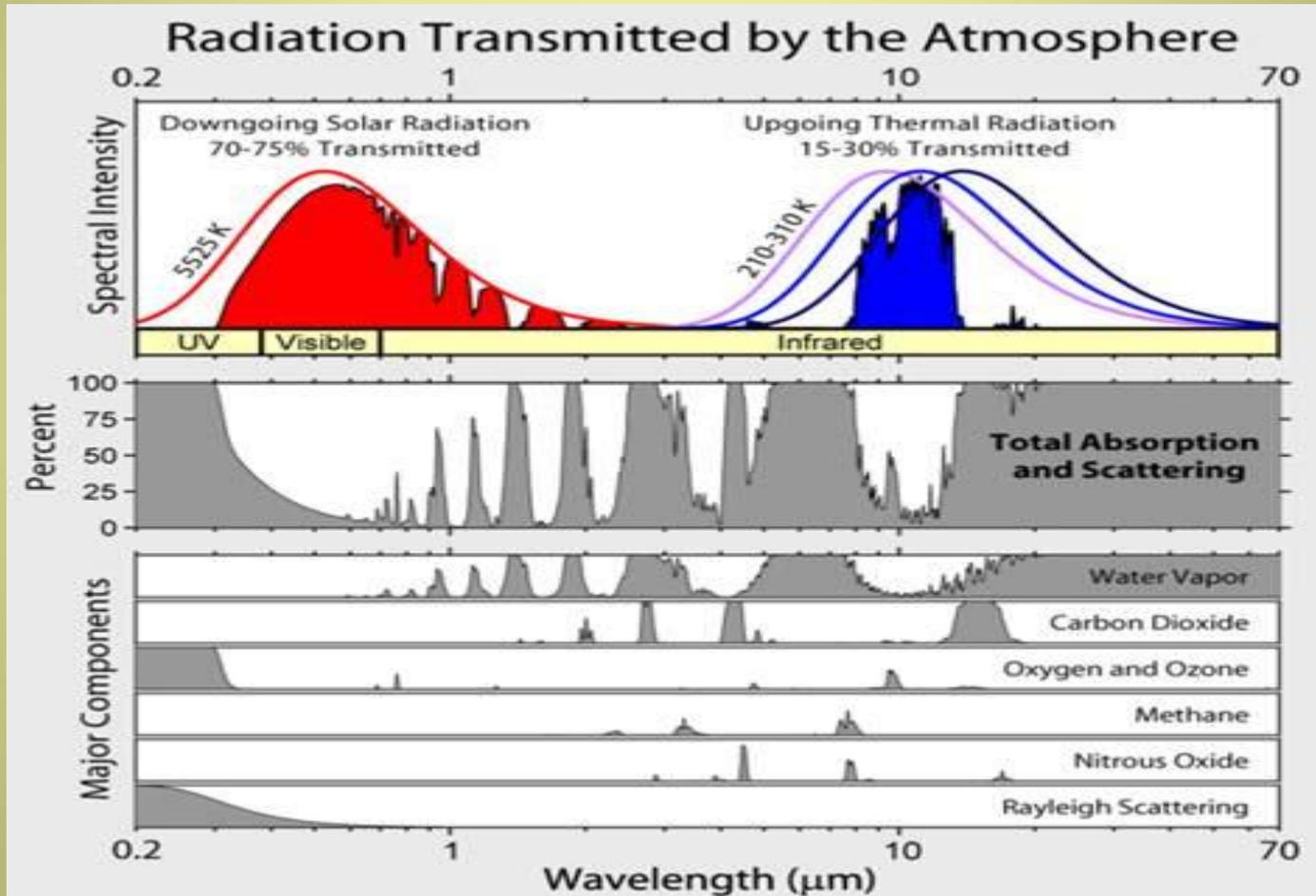
La trasparenza di una sostanza o un gas ad una radiazione non è un concetto assoluto, ma dipende dalla lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica incidente

(si ha assorbimento quando l'energia della radiazione è dell'ordine di grandezza dell'energia del legame chimico della sostanza che è colpita)

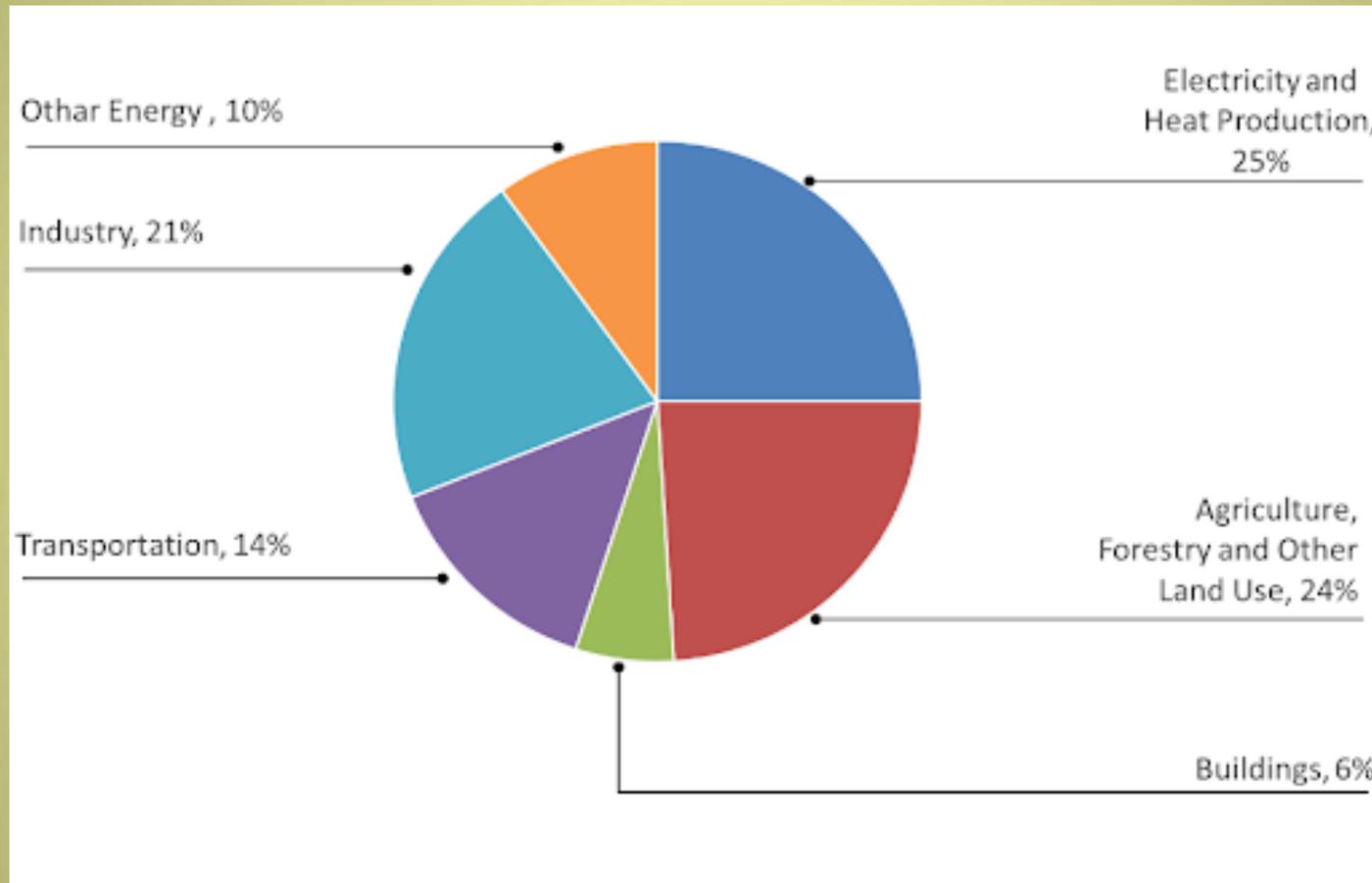
L'aria (**ossigeno ed azoto**) è fortunatamente opaca alla radiazione UVC del sole (che pertanto è fermata), **L'ozono** è opaco all'UVB e solo grazie a ciò si è potuta sviluppare la vita sulla terra (le radiazioni sarebbero così energetiche da rompere il nostro DNA). Ciò sarà un problema per colonizzare la Luna o Marte che sono senza o quasi senza atmosfera

Il **piombo** è opaco ai raggi X, le **gallerie** sono opache alle onde radio

l'anidride carbonica, il metano e il vapore acqueo sono piuttosto opachi nell'IR



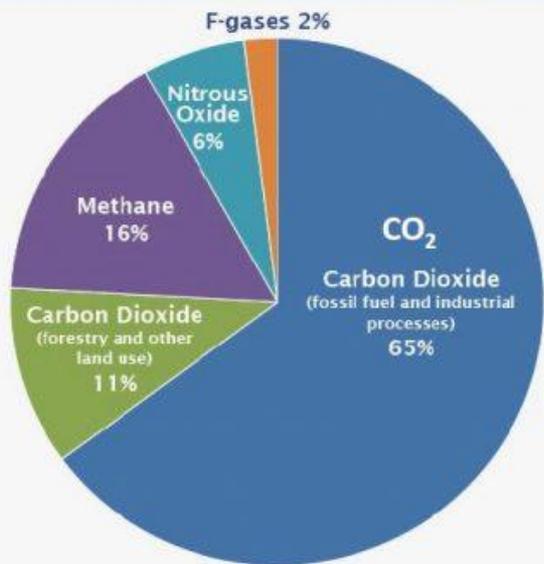
Questi gas serra provengono dai più vari settori di attività



EMISSIONI DI GAS SERRA E CONTRIBUTO DELL'EUROPA

Le emissioni di CO₂ rappresentano circa il 65% delle emissioni di gas serra nel mondo.

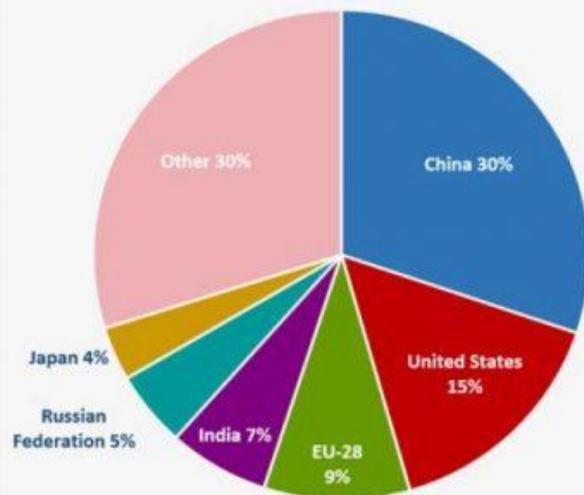
Global Greenhouse Gas Emissions by Gas



IPCC 2014

Le emissioni di CO₂ dell'UE-28 corrispondono a circa il 9% delle emissioni mondiali di CO₂.

2014 Global CO₂ Emissions from Fossil Fuel Combustion and Some Industrial Processes



IPCC 2014

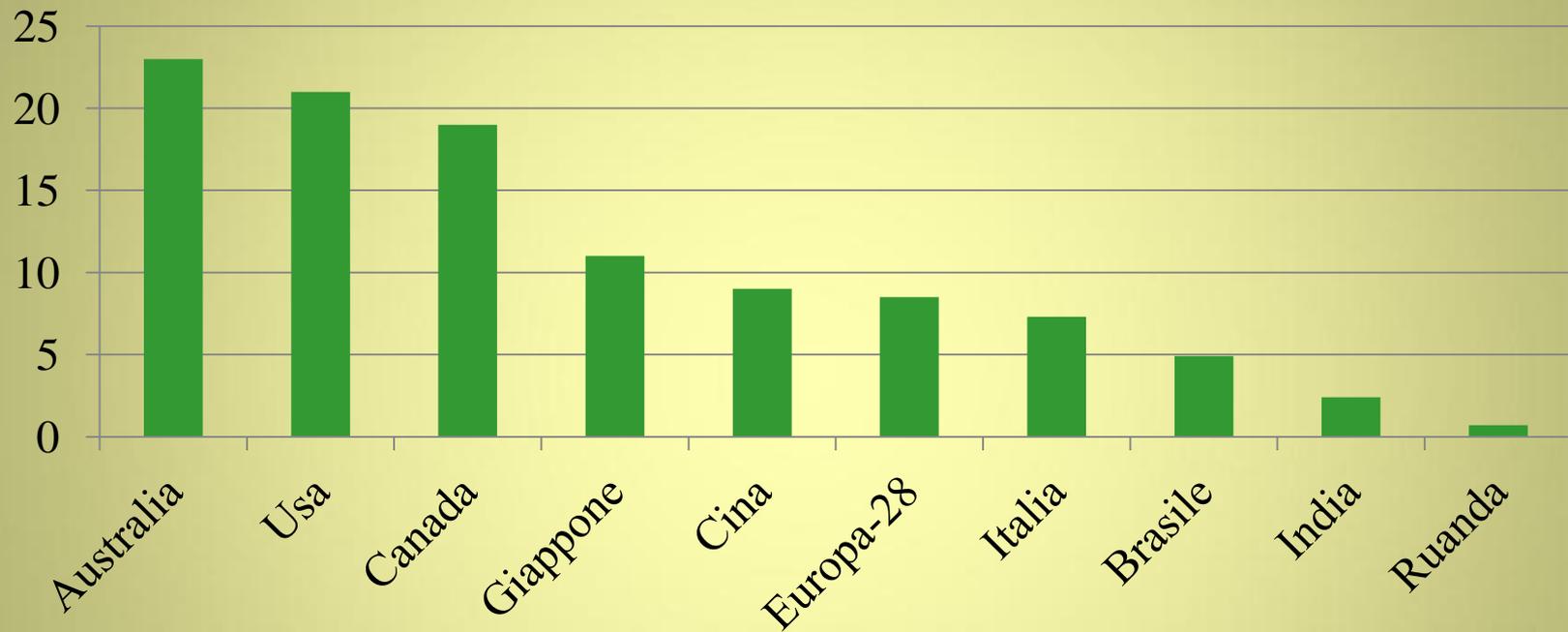
Azioni globali?

Delta emix 2018 Mt _{CO2}	
Europa	- 50
China	+ 230
India	+ 105
Altri	+275
WORLD	+560

IEA 2019

POLITECNICO MILANO 1863

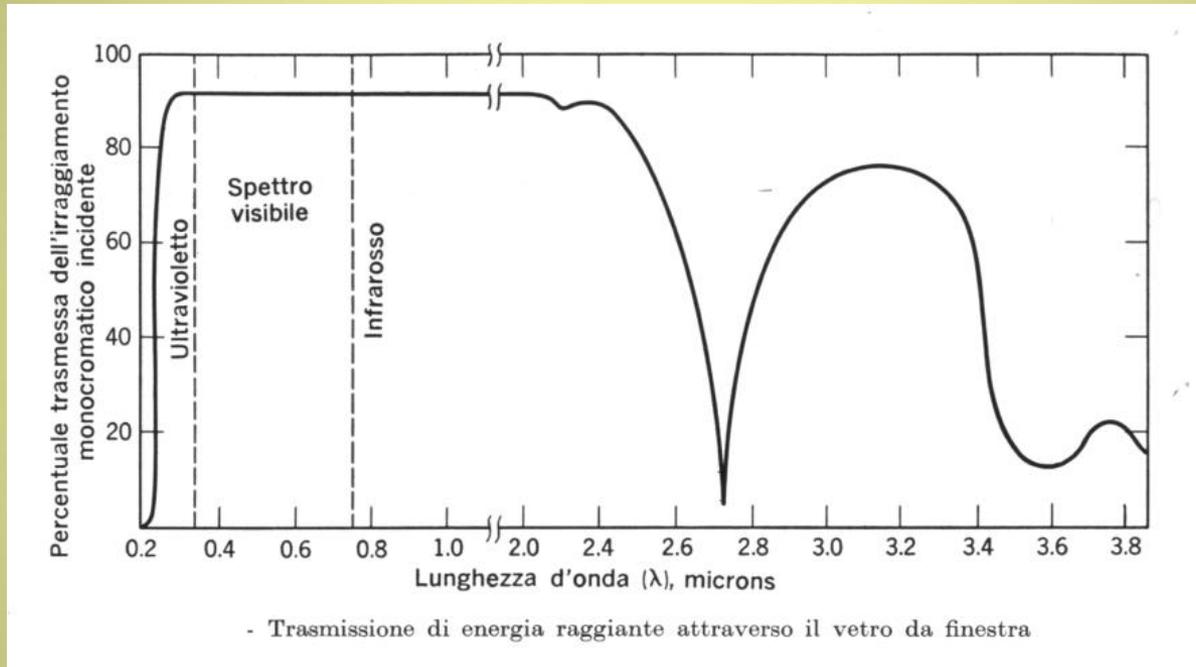
emissioni annue pro capite di gas serra (2016) tonnellate di CO₂ equivalente



N.B. non è una classifica, sono degli esempi

Consumo generale

L'effetto serra è tipico del vetro ma non solo (ad esempio della plastica simil vetro come i policarbonati), trasparente alle lunghezze d'onda del visibile (e vicino IR solare) e per lo più opaco all'IR a cui emette la terra è intorno ai 10-15 micrometri



Nell'analisi chimica UV e IR non si possono usare strumentazioni di vetro

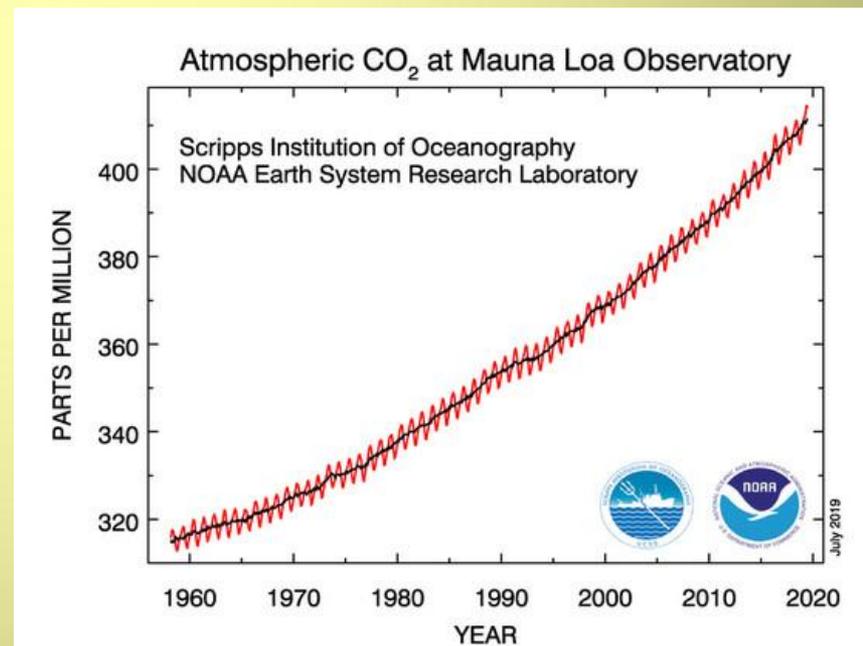
Radiazione
terra

Pertanto la **anidride carbonica**, tossicologicamente innocua, è invece uno dei principali gas serra anche perché la sua concentrazione nel giro di 50 anni è passata dallo 0,03% allo 0,04%.

Ovviamente la CO₂ non è prodotta solo dalla attività antropica per la produzione di energia, ma anche (2%) dai vulcani e dagli incendi. E' prodotta anche da noi quando respiriamo e, quando facciamo sport o andiamo in bicicletta, ne produciamo il doppio rispetto che che a riposo.

Effetto a catena

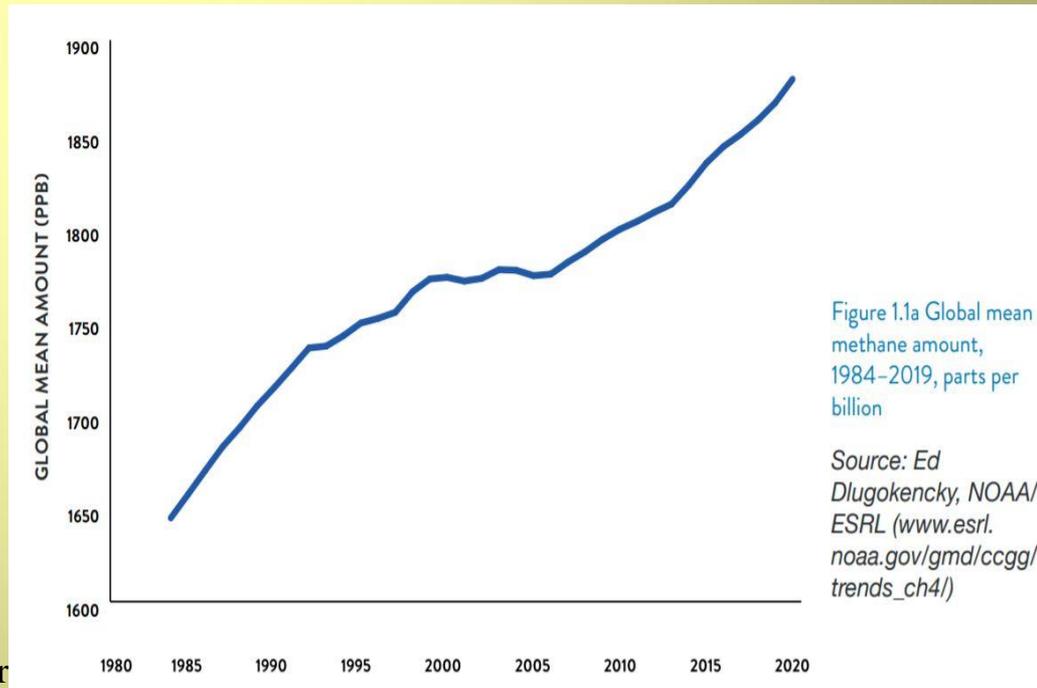
L'aumento di temperatura poi fa aumentare il vapore acqueo in atmosfera, fa diminuire l'estensione dei **ghiacciai** che riflettono la luce solare, e diminuire l'anidride carbonica sciolta nei mari, tutti effetti che provocano ulteriore effetto serra



Di **metano** nell'aria ce n'è di meno, ma è dannoso 23-25 volte la CO₂ perché più pericoloso, sia perché più “opaco” della CO₂, più leggero dell'aria sale alle alte quote (dove lentamente è ossidato grazie anche ai raggi UV) sia perché non solubile in acqua e quindi non eliminabile con la pioggia come invece è parzialmente eliminata l'anidride carbonica.

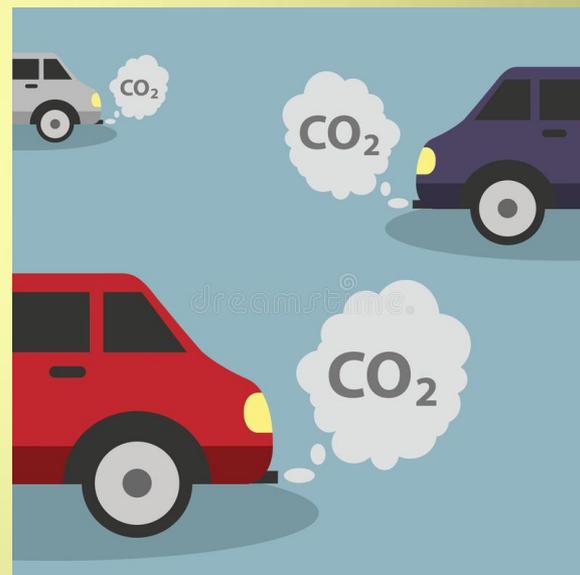
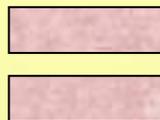
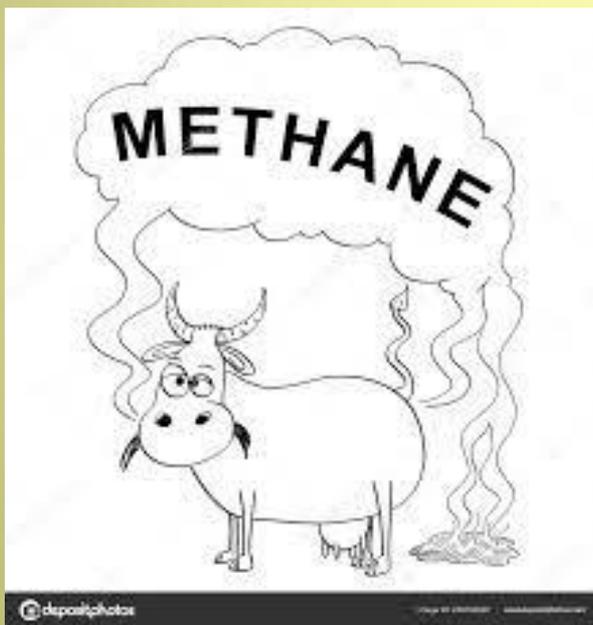
È rilasciato in atmosfera

- Un tempo **dalle industrie petrolifere**, quando non ritenevano importante recuperarlo.
- Da perdite dei metanodotti. .
- È il componente principale del **grisù** delle miniere di carbone (che se non più sfruttate debbono essere sigillate).
- Dalla **combustione di biomassa umida incontrollata** (es. residui di fogliame)
- da forni e caminetti per incompleta e cattiva combustione



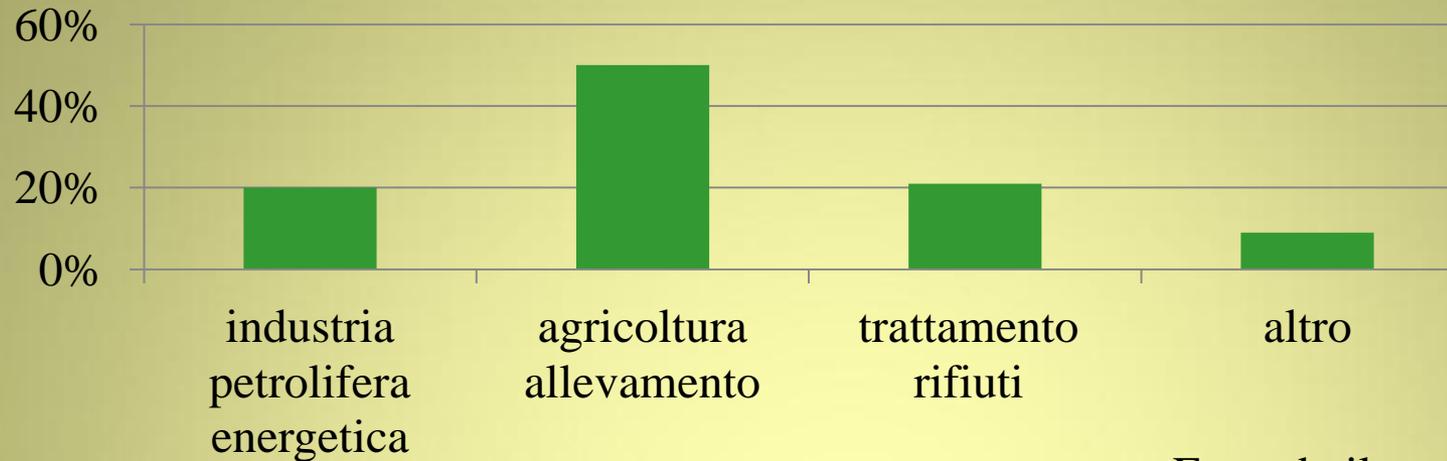
Il metano è prodotto principalmente dal comparto agricolo zootecnico (48%) nell'allevamento dei ruminanti. **Un bovino ne emette circa 300- 600 litri al giorno pari a circa 250-450 grammi di metano**, equivalente, come effetto serra, a 5 000-10 000 g di anidride carbonica, che è l'anidride carbonica emessa da un'auto media in una percorrenza di 50-90 km. Ma non basterebbe non mangiare più carne di ruminante (anche se potremmo ridurre la carne rossa a una sola volta la settimana) e limitare gli allevamenti: lo emettono anche le risaie, le paludi, le discariche dei rifiuti, ogni dove c'è **una fermentazione anaerobica**.

Parte si produce poi nello scongelamento del **permafrost dovuto al riscaldamento globale**.



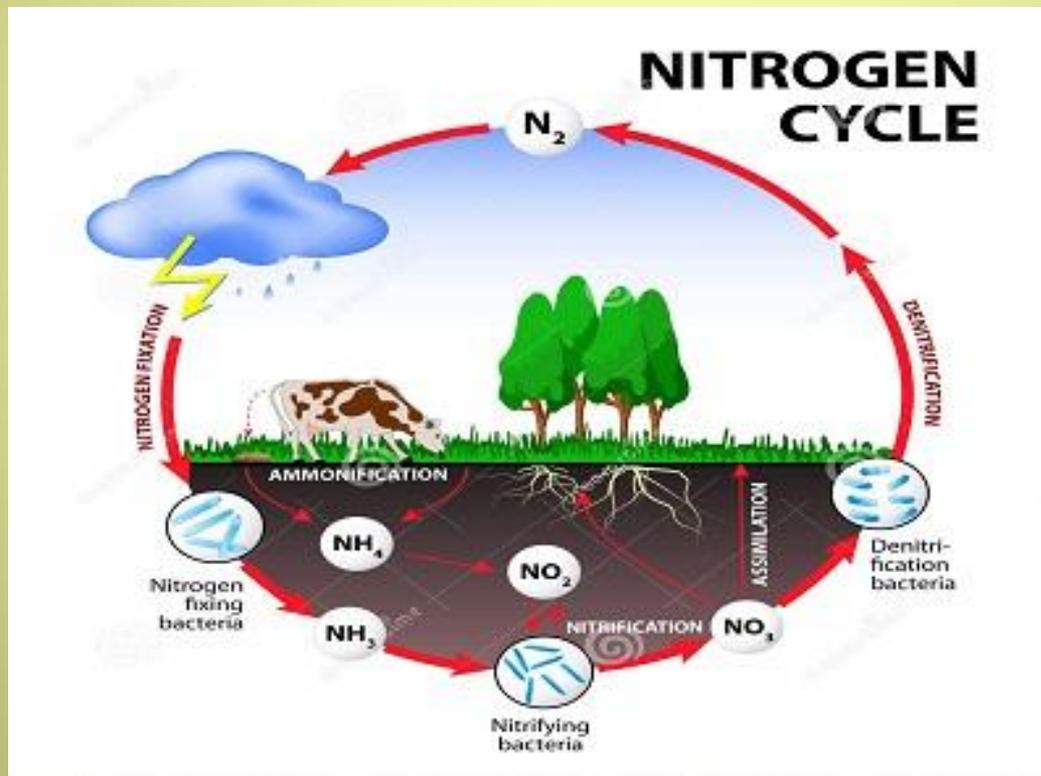
Mangiamo meno carne, più avicola e meno di carne di manzo. Limitiamo anche formaggi e latticini

Responsabili emissioni CH₄



Essendo il metano una risorsa si è provato a recuperarlo nelle stalle e nei grossi digestori anaerobici (vedi impianto Po-Sangone per il trattamento acque reflue di Torino) o almeno a bruciarlo per renderlo meno dannoso (nelle discariche e nelle torri petrolifere)

Ossidi di azoto: tanto il biossido NO_2 quanto in particolare il protossido N_2O derivano da processi microbiologici di nitrificazione-denitrificazione. N_2O è presente in atmosfera in quantità molto minore rispetto a CO_2 ma è 300 volte più nocivo



Cosa ha comportato l'effetto serra

- Aumento della temperatura media terrestre di 1 °C negli ultimi 20 anni. Previsto un aumento fra 1 e 4°C entro il 2050
- Diminuzione nivosità (A Torino in media degli ultimi 20 anni abbiamo avuto 20 cm di neve contro una media di 50 cm negli ultimi due secoli)
- Ritiro dei ghiacciai
- Aumento del livello dei mari di 10 cm negli ultimi anni, causa l'aumento della densità dell'acqua (l'acqua calda ha maggior volume) e lo scioglimento dei ghiacci

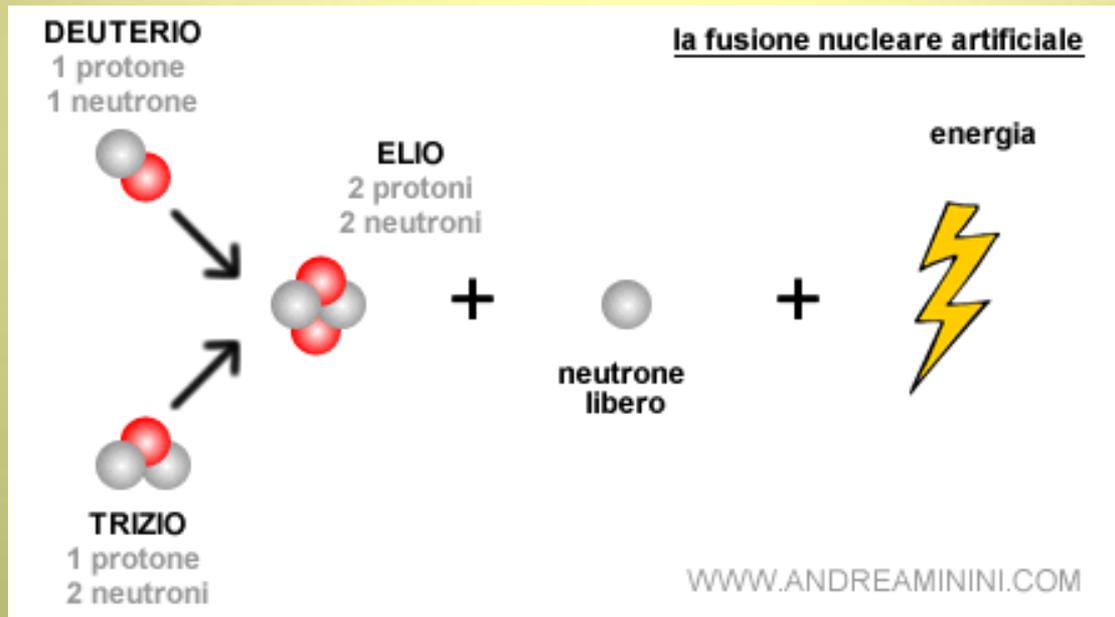
Riferimenti: Mercalli" il clima che cambia" BUR 19

Tornare al nucleare? Pregi e difetti del nucleare

Per impedire l'effetto serra una soluzione sarebbe il nucleare che qualcuno vuole considerare fonte rinnovabile o verde. Il nucleare non lavora per combustione chimica ma con reazioni sul nucleo.

Ci sono due tipi di nucleare:

1. **Fusione** di 2 atomi di deuterio o trizio (che sono isotopi dell'idrogeno) fondono insieme per ottenere un atomo di elio. Questa reazione avviene sul sole da circa 7 miliardi di anni e dà moltissima energia.



Reattori sperimentali a fusione ne esistono da diversi anni, ma il costo della produzione dell'energia per questa via supera il ricavo che per ora si otterrebbe. Questo non è stato un problema per molte fonti di energia, ad esempio il fotovoltaico ha cominciato ad avere un rendimento complessivo positivo solo negli anni '90

Il problema è che occorrono contenitori che resistano a milioni di gradi, cosa risolta utilizzando come contenitore per la reazione un campo magnetico. Inoltre bisogna ricavare deuterio dall'acqua con processi a bassa resa mentre il trizio si ottiene per bombardamento di Deuterio, Boro o Litio

Qui però i costi in gioco sono enormi e i vari progetti finanziati da gruppi internazionali richiedono decine di miliardi di Euro.

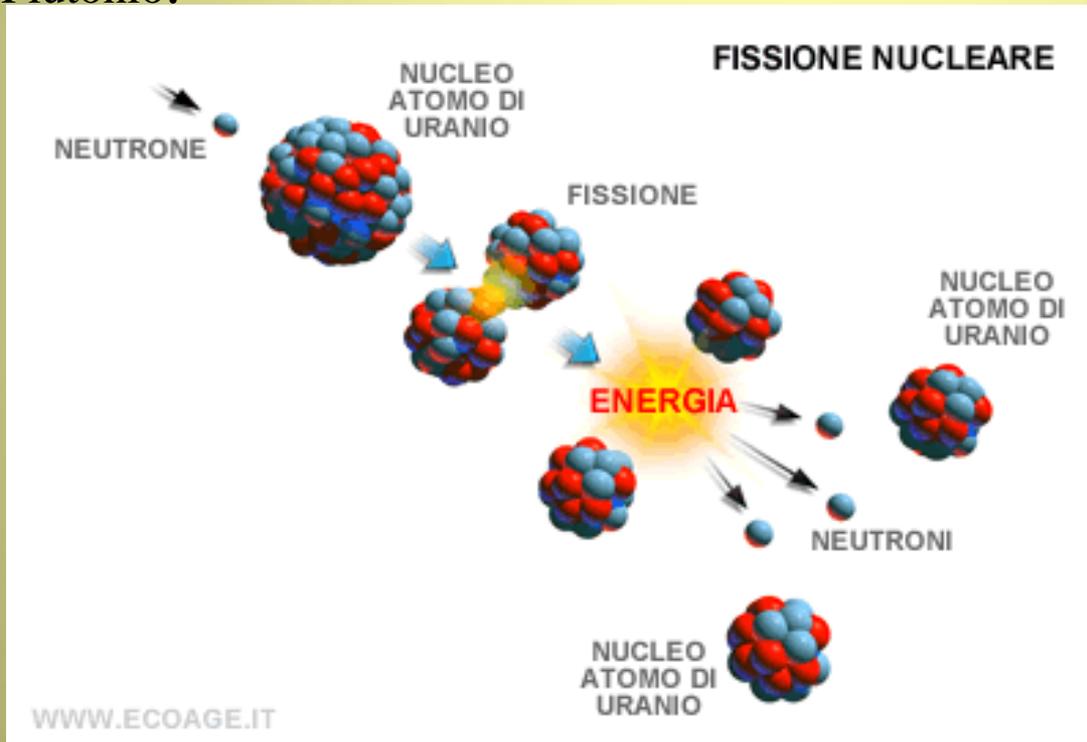
Sembra che **nel 2024 si comincino a realizzare prototipi con un rendimento positivo.**

Alcuni scienziati sono ottimisti, altri rimangono scettici anche per motivi di sicurezza:

Se va fuori controllo il reattore a fusione è una bomba H

Non produce scorie radioattive, ma alcune radiazioni emesse sono così energetiche (raggi gamma in particolare) che debbono essere bloccate

2. **fissione** di elementi pesanti come Uranio e Plutonio che per rottura dell'atomo danno elementi più leggeri radioattivi (come iodio , cadmio, stronzio ecc) e molta energia. **Problemi:** eventuali incidenti sono disastrosi. (Cernobil, Fukushima... ma anche eventuali atti terroristici o naturali imprevedibili) e non si sa dove mettere le **scorie prodotte**, pericolose, a seconda degli elementi prodotti, per tempi diversi: da ore (U239) , a settimane (iodio), a secoli (stronzio e cesio), a millenni Plutonio.



Sono stati selezionati 67 siti per il deposito delle scorie radioattive in Italia, 8 in Piemonte 6 in provincia di Alessandria, 2 in prov. di Torino
La protesta della popolazione è ovvia

10. Approfondimenti

In questa sezione sono riportati i calcoli a giustificazione di molte delle affermazioni fatte nella presentazione precedente

Il vapore d'acqua

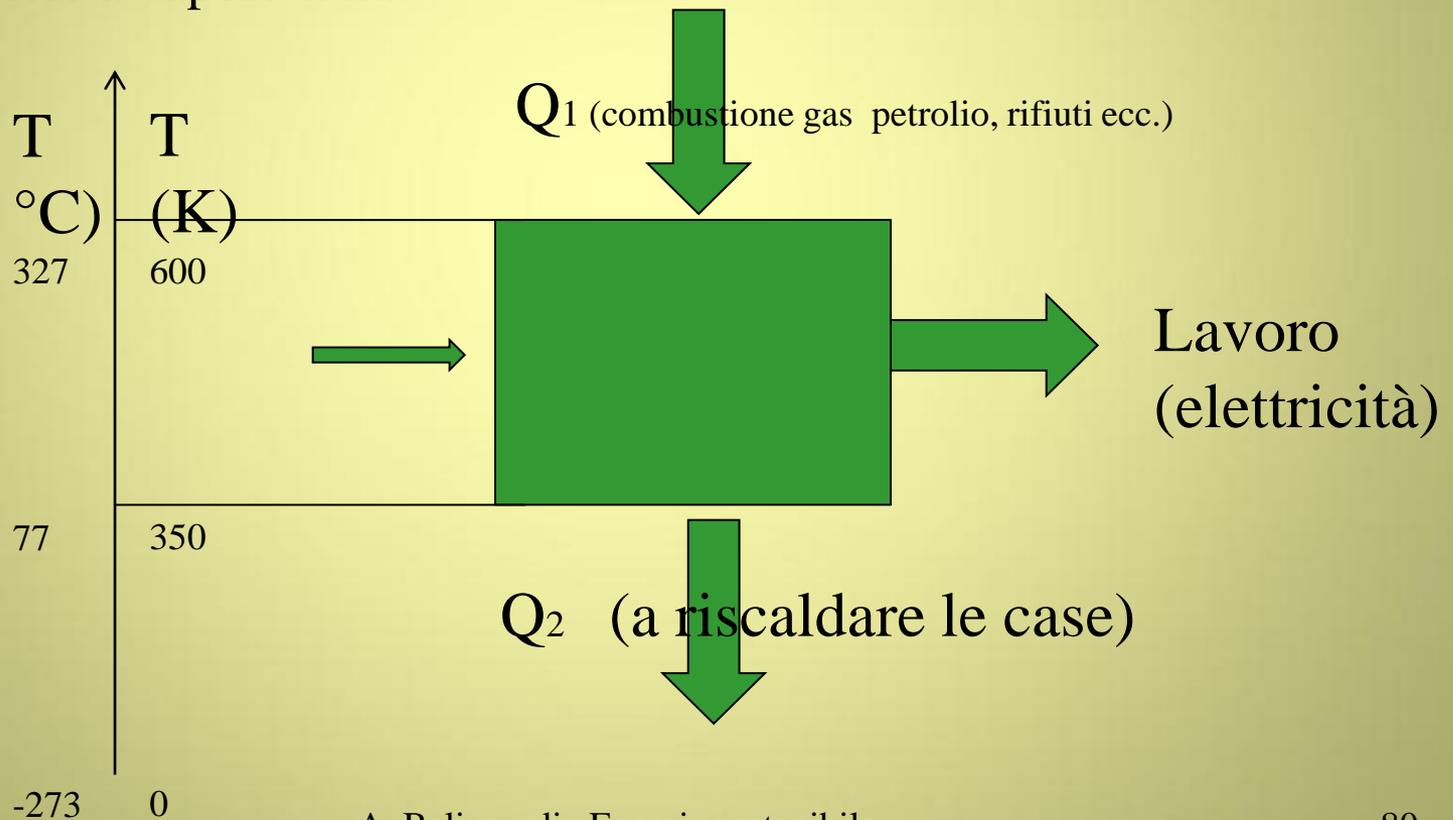
Il vapore acqueo esiste solo fra 0°C (273 K) e 374°C (657K), sopra l'acqua è un gas incondensabile.

L'ebollizione dell'acqua avviene a 100°C (373K) solo alla pressione atmosferica. Variando la pressione l'ebollizione avviene a temperature diverse

Pressione (atm)	Temperatura (°C)
0,1	46
0,2	60
0,3	70
1	100
2	121
5	152
20	212
100	311
200	366
221	374

Al ciclo
di Watt

Una macchina termica per funzionare ha bisogno di una sorgente di calore alla Temperatura T_1 (la più alta possibile) e di una pozza di calore ad una temperatura T_2 (la più bassa possibile), fornire lavoro (piccolo) su un liquido ed ottenere lavoro (grande) con un gas $L = P(V_1 - V_2)$
 Per un ciclo a vapore si ha:



$$R\% = \frac{L}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Limiti di temperatura nel ciclo Rankine

Il limite superiore di temperatura del ciclo Rankine è quello a cui l'acqua può condensare ($T_{critica} = 374^{\circ}\text{C}$) ma non si può per ragioni tecniche superare i 365°C (638 K) e siamo già a circa 200 atm di pressione di vapore.

Il limite inferiore è circa 54°C (327 K) perché a quella temperatura il vapore condensa a 0,15 atmosfere con volumi trattati enormi (grandi dimensioni apparecchiature e tubazioni).

Allora si usa in inverno condensare a 65°C con una minima riduzione di rendimento (3%) e l'acqua calda di scarto la si manda nelle case come **teleriscaldamento** evitando così l'impiego di caldaie e di altro combustibile, l'acqua si raffredda a $40^{\circ}\text{-}45^{\circ}\text{C}$ o meno e torna in ciclo.

Rendimento ciclo Rankine

Applicando la formula prima vista il rendimento di un ciclo di Watt-Rankine sarà in **estate** (acqua a 54°C)

$$R = (638 - 327) / 638 = 0,49 = \mathbf{49\%}$$

Ma con qualche astuzia (surriscaldamenti) si riesce a superare agevolmente il 55%

In **inverno** (acqua a 70°C)

$$R = (638 - 343) / 638 = 0,46 = \mathbf{46\%}$$

Quindi con una diminuzione del rendimento termoelettrico del 3% risparmio le caldaie per il riscaldamento

[Torna
indietro](#)

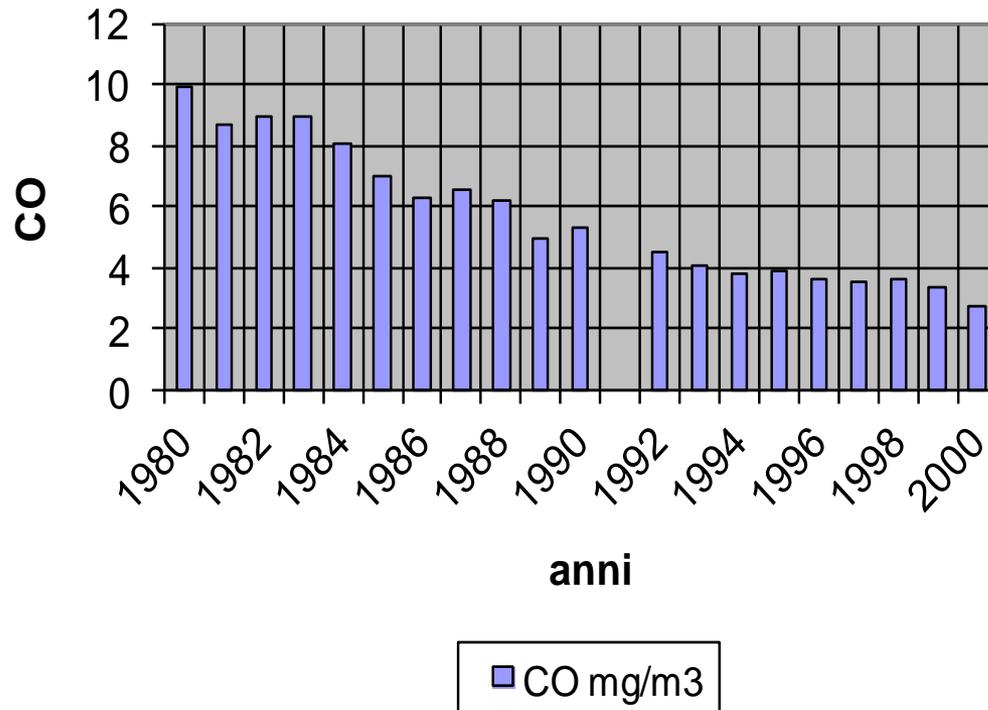
https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2018-10/robotto_arpa_rsa_2018.pdf

Vedere per l'aria diapositive 16-28

<http://www.arpa.piemonte.it/arpa-comunica/file-notizie/2019/presentazione-robotto-20giugno2019-def.pdf>

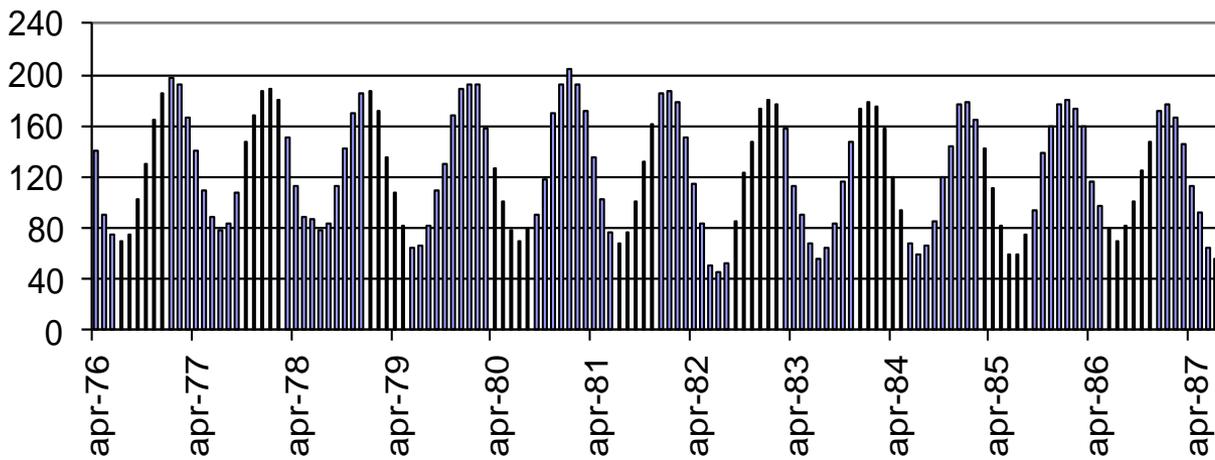
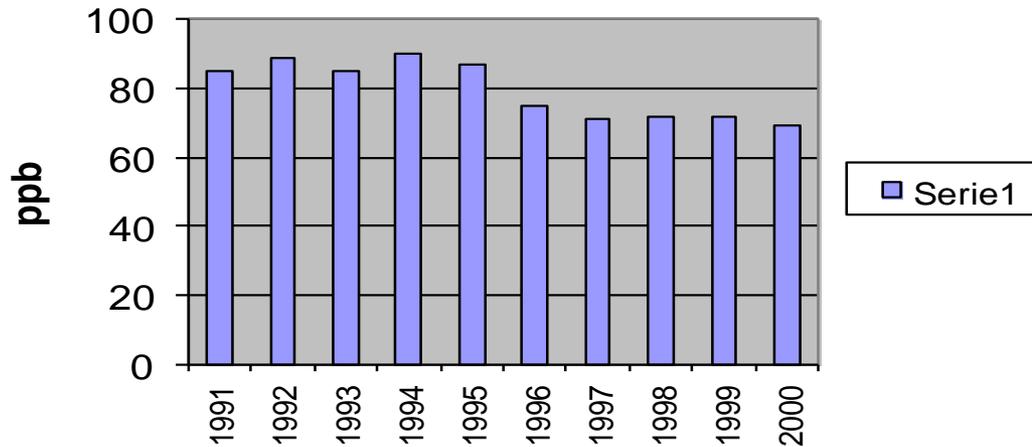
<https://st.ilsole24ore.com/art/impresa-e-territori/2016-12-09/le-dieci-cose-sapere-sull-inquinamento-dell-aria-154846.shtml?uuid=ADAltmAC>

concentrazioni medie annue di CO in mg/m³
(misurate a To Rebaudengo)

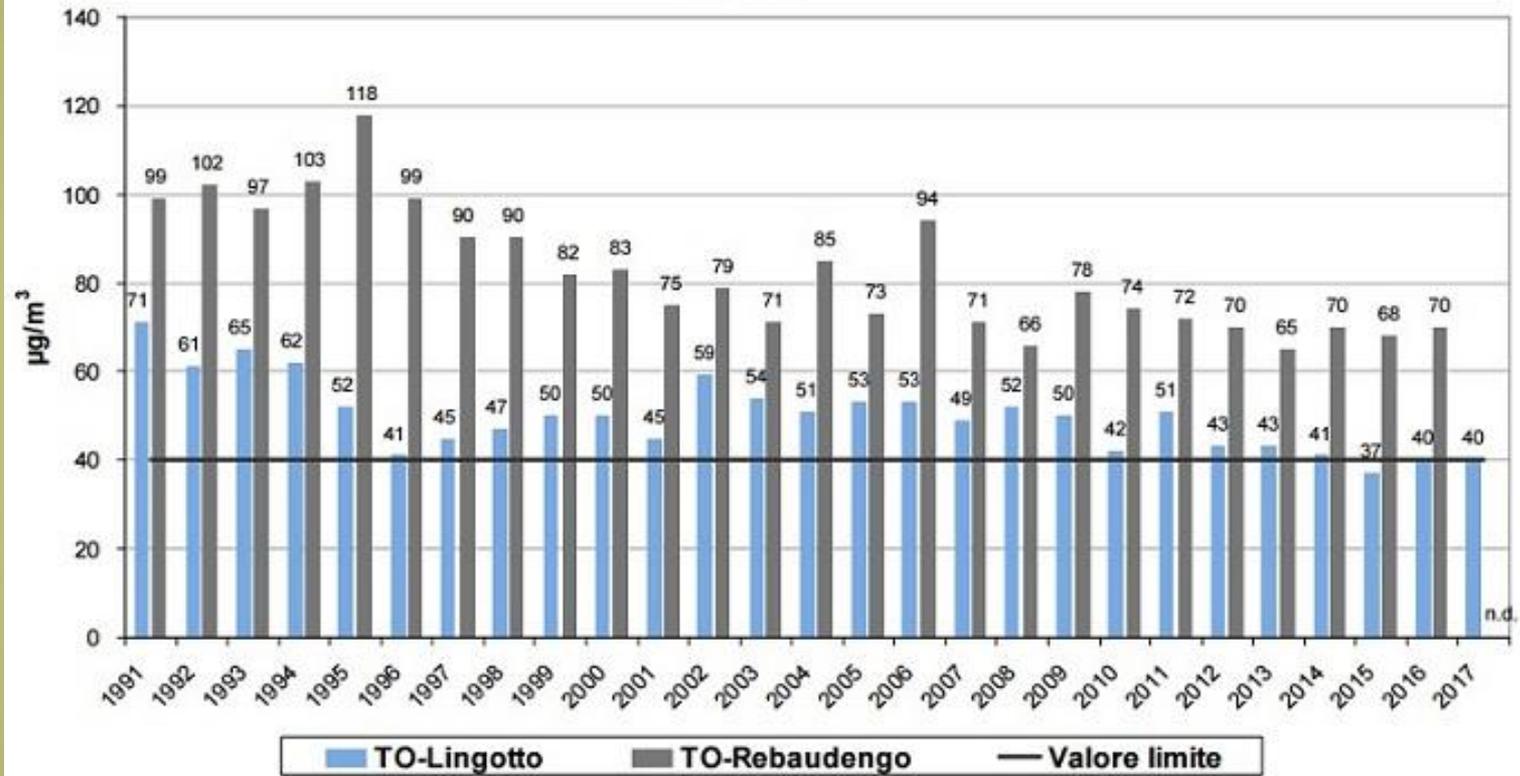


Il miglioramento, nonostante l'aumento del traffico nel periodo relativo è dovuto alla maggiore metanizzazione degli impianti di riscaldamento, al diffondersi dal '92 della marmitta catalitica, al bollino blu (dove però si privilegia il CO all'NO_x) alla chiusura di alcune fabbriche nel territorio torinese, la diffusione del teleriscaldamento
I limiti fissati dalla normativa 2000/69/CE per l'anno 2004 sono già da ora sostanzialmente rispettati

Concentrazioni medie annue NOx (medie di tutte le stazioni operanti a Torino)



**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO₂
1991-2017**



Concentrazioni medie annue di Particolato Totale Sospeso
stazioni di Torino - Consolata e Torino - I.T.I.S. Grassi
(1980 - 2000)

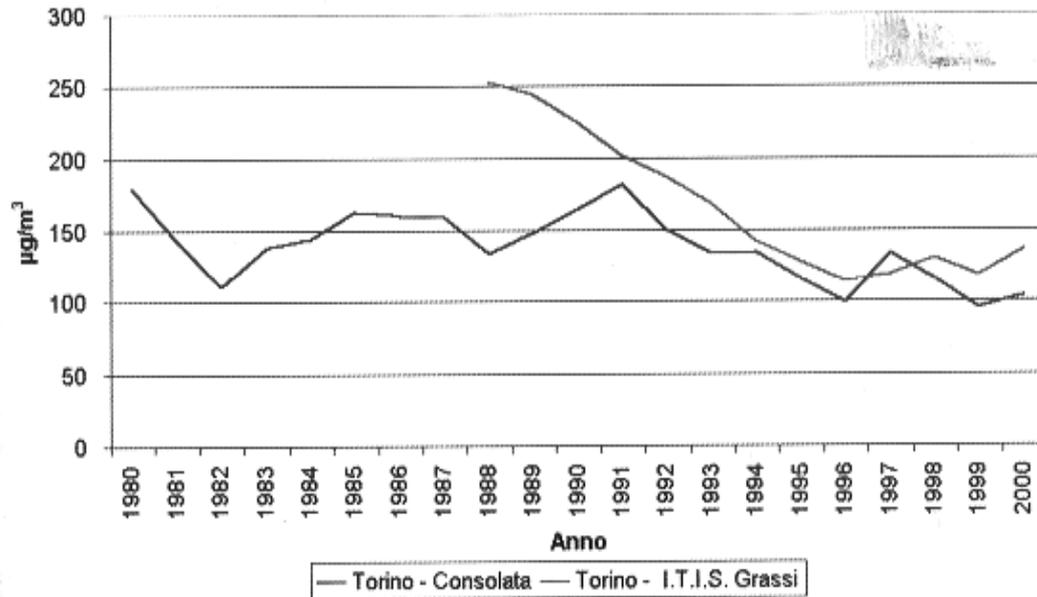
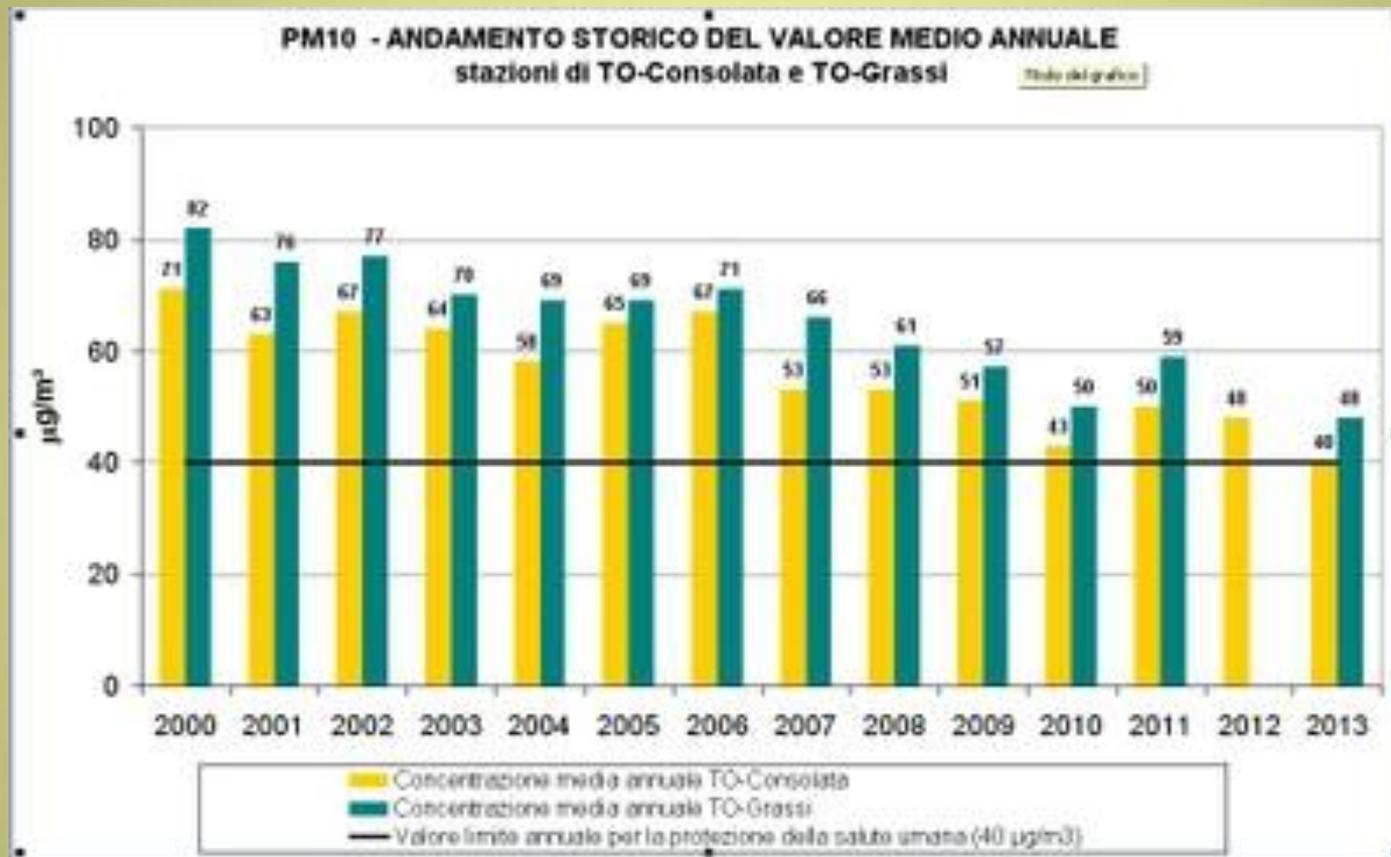


FIGURA 18: parametro PTS, medie annuali misurate in due stazioni di Torino nell'ultimo ventennio



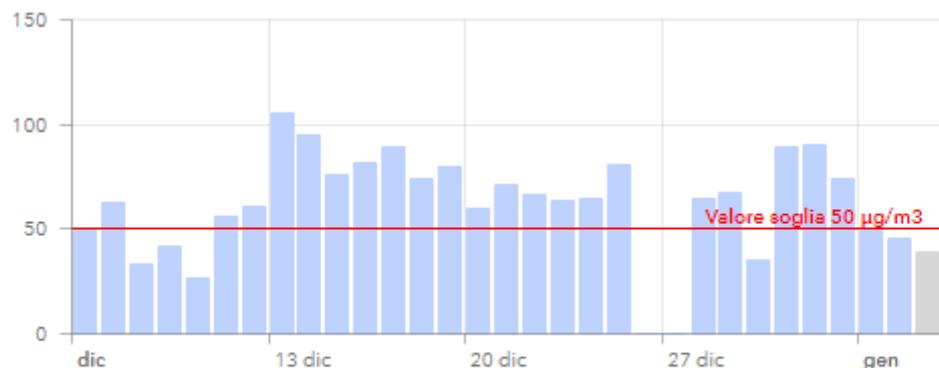
dati osservati e valutazioni per il 05/01/2022

temporale dal 06/12/2021 al 05/01/2022)

▼ < 5/1/2022 > ▼ Comune o stazione

Stazione di Torino - Rebaudengo

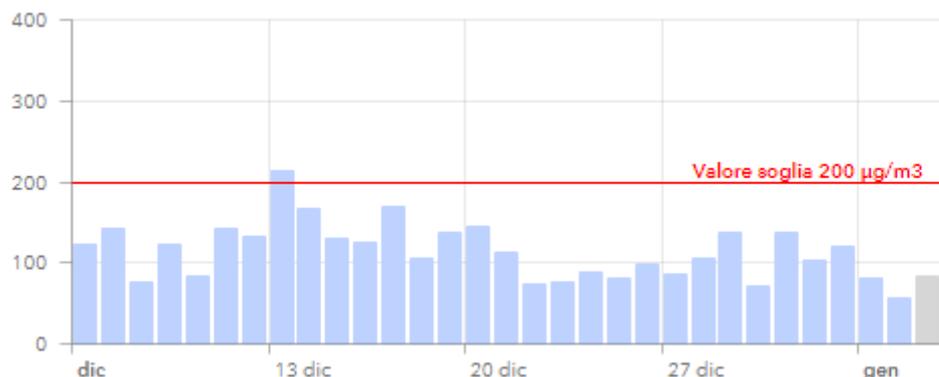
PM10 - Valore medio giornaliero - ultimi 30 giorni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



05/01/2022

PM10
39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NON VALIDATO

BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2) - Massima media oraria - ultimi 30 giorni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



NO_2
83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NON VALIDATO

Concentrazione della massima media giornaliera su base annuale di SO₂,
stazioni di Torino-Consolata
(1972 - 2000)

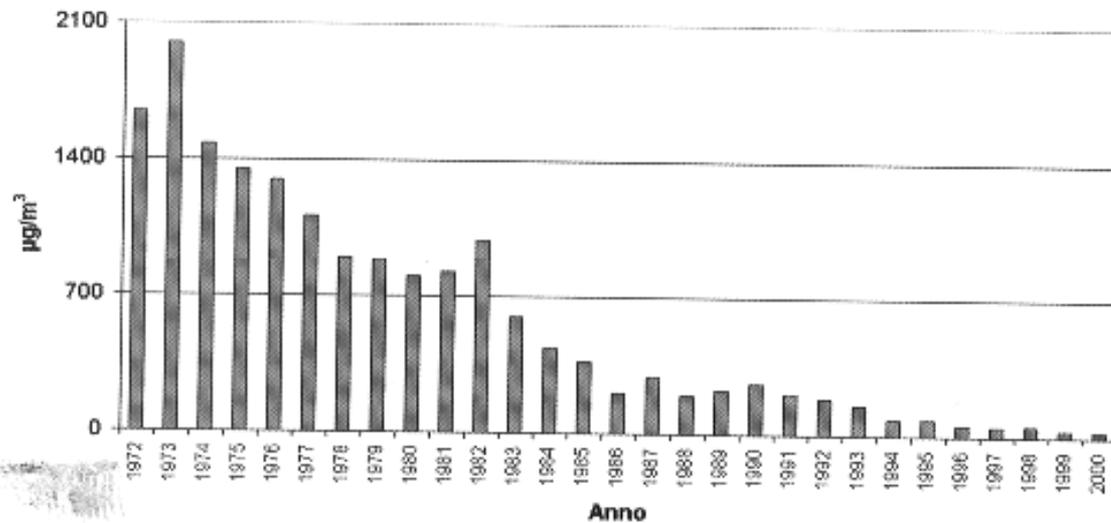
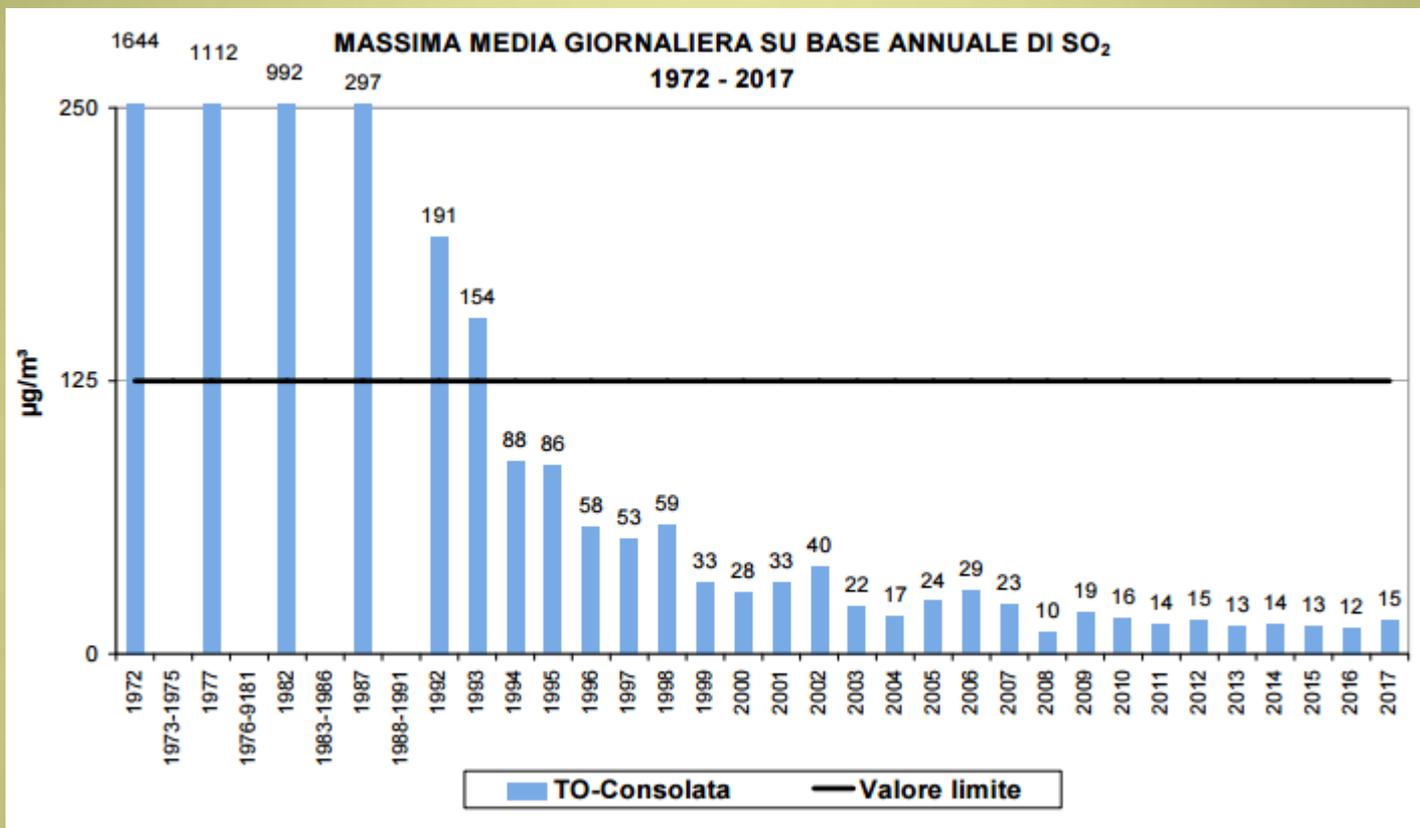


FIGURA 21: SO₂, media giornaliera massima su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di Torino-Consolata.



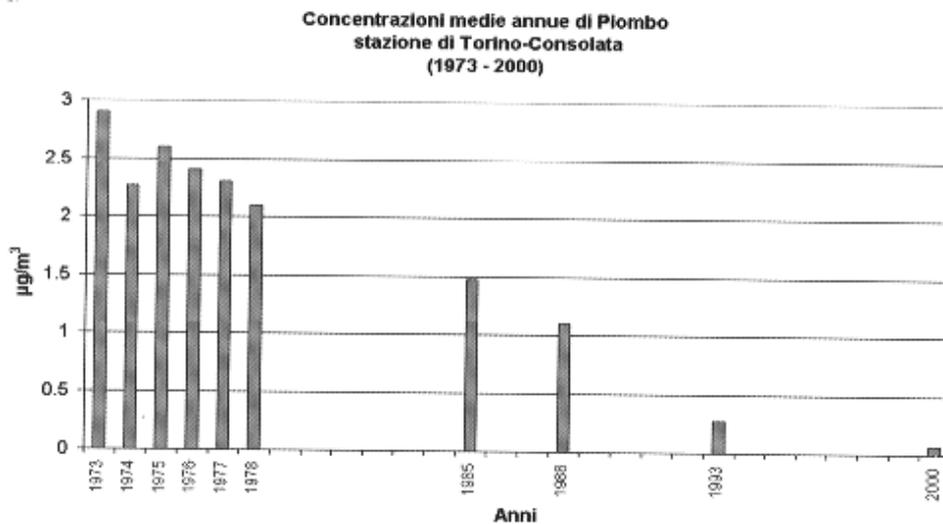


FIGURA 20: medie annuali dei valori giornalieri del piombo misurato presso la stazione di Torino-Consolata nell'ultimo trentennio.

La lunghezza d'onda λ di picco è data dalla **legge di Wien** e dipende dalla temperatura in K corpo emittente

$$T \lambda = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$$

La superficie del sole è a circa 6000 K da cui la lunghezza d'onda delle radiazioni emesse hanno un massimo nel giallo intorno ai 500 nm

La temperatura della terra si trova intorno a 300 k quindi emette una radiazione fra 5 e 20 micrometri bloccata dal vetro che risulta opaco a quelle lunghezze d'onda

Torna a
introduzione

Torna
indietro

Calcolo Potenza necessaria per un boiler elettrico istantaneo

Per scaldare di 25°C (da 15° 40°C) occorre una potenza data dalla formula:

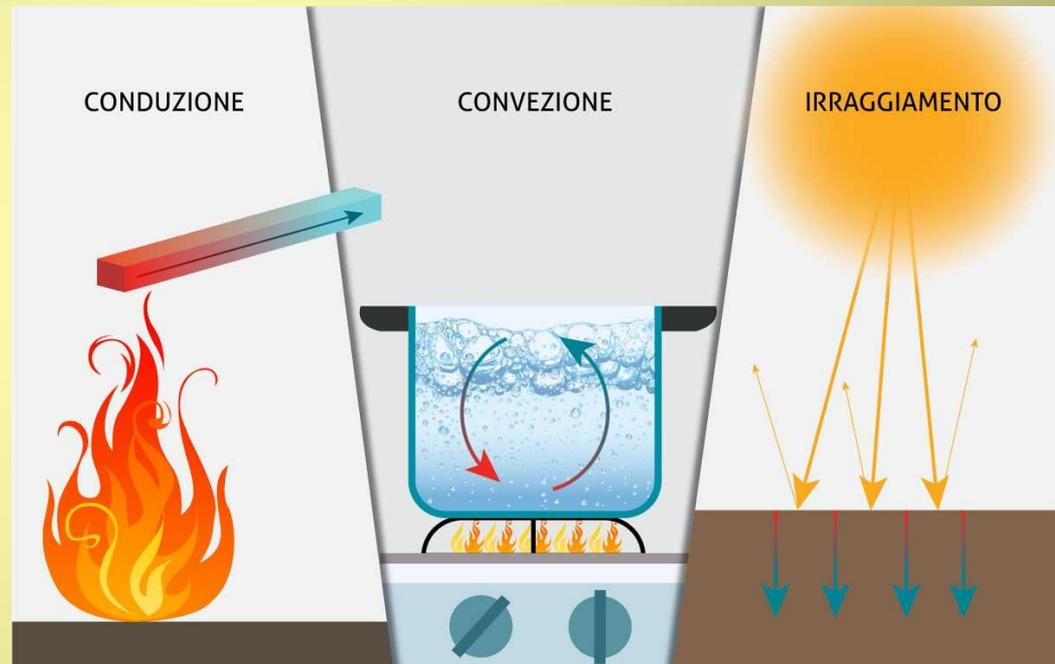
$Q/t = F c_p (T_2 - T_1)$ es per $F =$ portata = 1 litro (= 1kg) al minuto, che è una portata molto bassa di acqua (per una doccia abbiamo bisogno almeno di 3 ai 4 litri al minuto) occorre al minimo:

$Q/t = 3 \text{ kg}/60 \text{ s} \cdot 4,186 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} (25^\circ\text{C}) = 5,25 \text{ kW}$ di potenza ed in casa per il tutto possiamo disporre al massimo di 3 kW. Oltre che cambiare contratto (ancora possibile) bisogna cambiare i fili che devono essere opportunamente dimensionati ed è già più difficile

Torna
indietro

Modalità di trasmissione del calore

1. Conduzione
2. Convezione
3. Irraggiamento
4. Contatto
5. mescolamento



conduzione

La conduzione è dovuta allo scorrere degli elettroni e alle vibrazioni degli atomi per cui:

- Sono conduttori i metalli
- Sono isolanti: i gas, la plastica, il legno, il vetro

L'aria viene allora usata per isolare nei rivestimenti delle giacche a vento, dei moon boot, nei granelli di polistirolo . Sfruttiamo il suo isolamento coprendoci a strati (cipolla o carciofo) quanto alla conduzione lo strato di aria dovrebbe essere grande

Materiale (isolante)	Conducibilità W/mK
Aria (0°C)	0.022
Vapore acqueo (100°C)	0.026
Aria (100°C)	0.029
Sughero	0.04
Lana di roccia	0.052
Polistirolo espanso	0.054
Cartone ondulato	0.06
carta	0.16
cartongesso	0.21
Legno	0.3
Politene	0.35
Mattone	0.5
vetro	0.8
Vetro pirex	1.4
Marmo	1-3
quarzo	6-8
Materiale (conduttore)	Conducibilità W/mK
Acciaio inox	17
Piombo	30
grafite	40
Ferro, acciaio dolce, ghisa	40
Rame (impuro)	40-50
Sodio liquido	70
Zinco	90
Alluminio	205
Rame (puro)	385
Argento	420

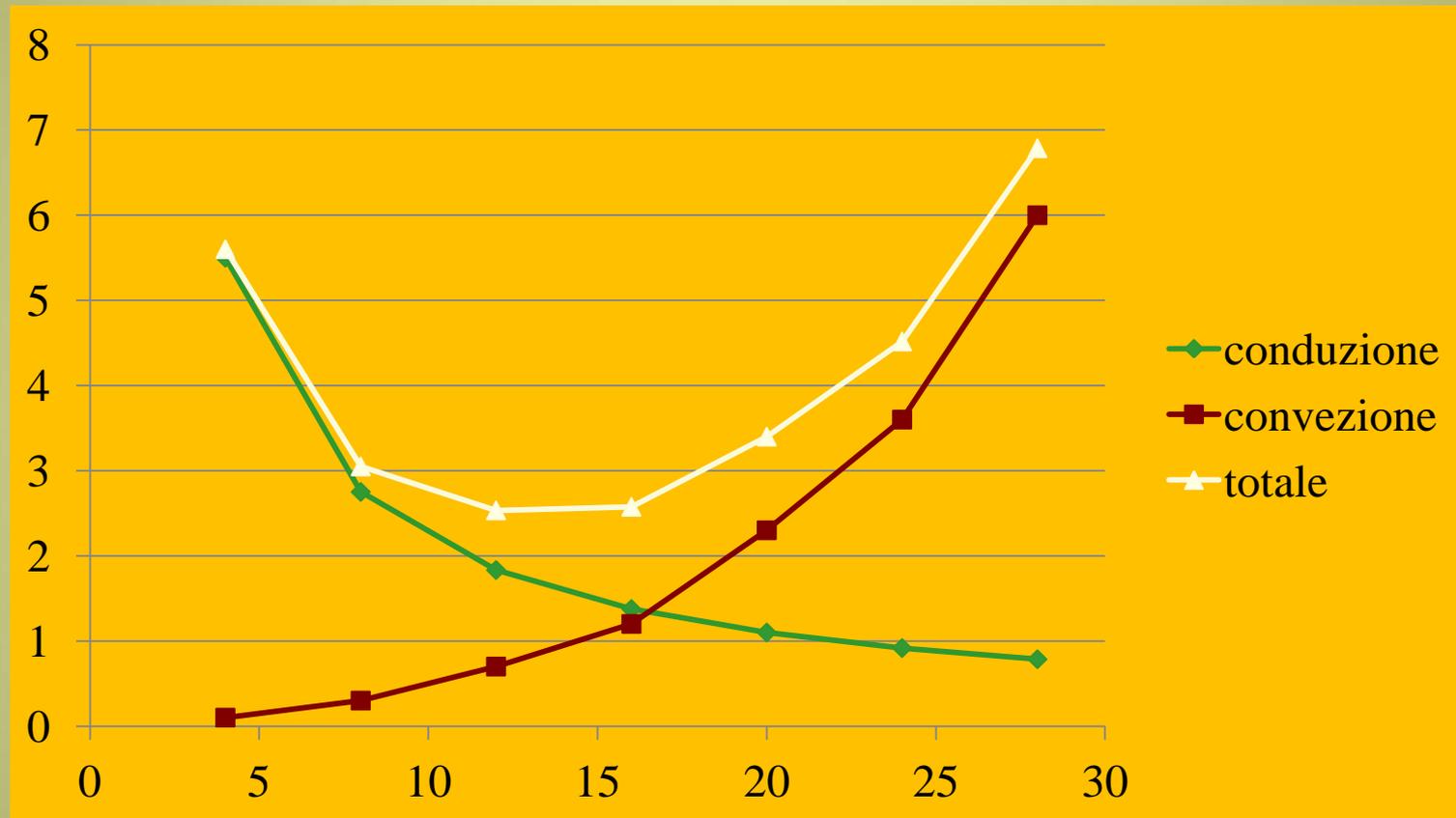
convezione

Avviene per movimento macroscopico di materiale, in particolare per liquidi e gas che caldi hanno minore densità e tendono a salire e freddi hanno minore densità e tendono a scendere

La convezione si instaura in pochi mm di materiale quindi per evitare la convezione lo strato di aria deve essere il minore possibile

Fluido	Coefficiente di scambio	
	Kcal/h m ² °C	W/ m ² K
Aria stagnante o aeriformi fermi in generale	3-30	4-40
Aria in moto (funzione del N° di Reynolds) o aeriformi in moto	30-150	35-170
Idrocarburi liquidi (valore maggiore se a bassa MM e se in moto).	100-1500	100-1700
Acqua stagnante	150-200	160-230
Acqua in moto (funzione del N° di Reynolds)	200-2000	230-2300
Vapori di idrocarburi che condensano o idrocarburi in ebollizione	1500-2000	1500-2500
Vapori di ammoniaca che condensano o ammoniaca in ebollizione	6000-8000	7000-10000
Acqua in ebollizione	2000-6000	2300-7500
Vapori di acqua che condensano	10 000	12 000

Trasmissione calore attraverso strati sottili di aria



Calcolo disperdimenti termici

Un muro ha un coefficiente di conduzione K di circa $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \times ^\circ\text{C})$ quindi una stanza di superficie verso l'esterno di 10 m^2 , con una differenza di T di 20°C fa fuoriuscire dal muro

$$Q = K \times A \times (T_i - T_e) = 200 \text{ Watt}$$

Una finestra in vetro semplice ha un coefficiente di conduzione di $10 \text{ W}/(\text{m}^2 \times ^\circ\text{C})$, (K sarebbe 6 ma ci sono anche in genere spifferi) quindi una finestra di 3 m^2 , con una diff di T di 20°C fa fuoriuscire dalla finestra

$$Q = K \times A \times (T_i - T_e) = 600 \text{ watt}$$

E' chiaro allora che prima di fare un eventuale cappotto termico occorre cambiare gli infissi.

La normativa prevede un coefficiente massimo di conduzione per gli infissi di 1,4 (vetri doppi) in città e di 1,0 in montagna (vetri tripli)

Per la nostra stanza e alla t esterna costante di 0°C abbiamo una fuoriuscita al giorno di

$Q = 200 \text{ W} \times 24 \text{ h} = 4,8 \text{ kWh/giorno}$ dal muro e

$Q = 600 \text{ W} \times 24 \text{ h} = 14,4 \text{ kWh/giorno}$ dalla finestra

Totale $Q = 19,2 \text{ kWh}$ con vetri semplici che diventano

$Q = 4,8 + 2,0 = 6,8 \text{ kWh}$ inserendo i doppi vetri

$Q = 4,8 + 1,4 = 6,2 \text{ kWh}$ con i tripli vetri

Il cappotto termico (14 cm) permette di abbassare il coefficiente K di trasmissione a $0,04 \text{ W}/(\text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C})$ per cui la nostra stanza avrebbe

$Q = 0,96 \text{ kWh/giorno}$ dal muro

$Q = 2,0 \text{ kWh/giorno}$ dalla finestra

Q totale $2,96 \text{ kWh}$ di fuoriuscita teorici

Ma il cappotto è molto delicato da montare (condizioni di umidità controllata al 40% se no fa muffa...) e se non è fatto ben dura solo pochi anni

Torna
indietro

Il calore fornito da **un radiatore ad acqua calda di 1 m² di superficie** è

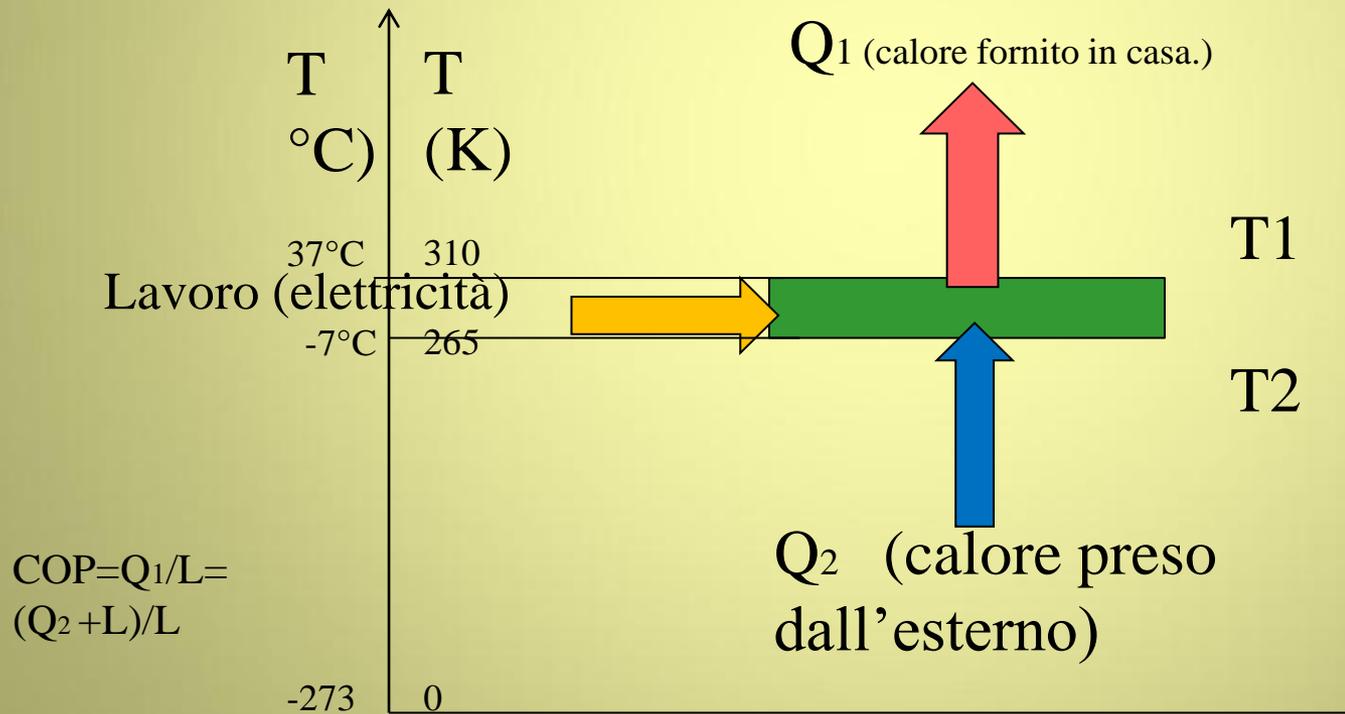
$$Q = K S (T_2 - T_1) = 10-30 \text{ W/ (m}^2 \text{)} \text{ } ^\circ\text{C} \times 1 \text{ m}^2 \times (55-20) \text{ } ^\circ\text{C} = 250-750 \text{ W}$$

K = coefficiente di conduzione dell'aria vicino al termosifone. Varia molto perché dipende dalla velocità di movimento

55°C è la temperatura dell'acqua nei radiatori

Torna
indietro

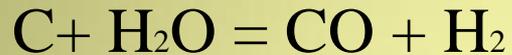
Funzionamento della pompa di calore un gas opportuno (HFC) prende calore dall'esterno dove bolle alla Temperatura T_2 e lo cede all'interno di una abitazione condensando alla temperatura T_1 . Per far ciò devo fornire una certa energia elettrica che serve a comprimere il gas:



$$\text{COP} = \frac{Q_1}{L} = \frac{Q_2 + L}{L}$$

Produzione di idrogeno

Il gas da città usato fino agli anni '60, prima del metano era essenzialmente idrogeno e ossido di carbonio, mix micidiale di tossicità ed esplosività, ottenuto dal carbone regito con acqua



Negli anni successivi per la produzione di idrogeno per l'industria (ammoniaca, metanolo ecc) si passa attraverso il metano e molte reazioni complesse che si possono riassumere nella seguente



Poche % di idrogeno molto puro e molto caro si ottengono per elettrolisi

Torna
indietro

Il metano si misura a m^3

Un metro cubo di metano contiene $1000/22,4 = 44$ moli
1 mole di metano pesa 16 g quindi in un m^3 ho 714 g di metano

Il gasolio si misura in litri. 1 litro corrisponde a 835 g

Torna
indietro

1 kg di combustibile	Energia prodotta kWh
metano	11,2
gasolio	10,2
pellet	4,2

